

日 磁 歯 誌

J J Mag Dent

ISSN 0918-9629

2015

Volume 24. Number 1

JJMD

The Journal of the Japanese Society  
of Magnetic Applications in Dentistry

日本磁気歯科学会雑誌

第24巻

第1号

日本磁気歯科学会

The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry

# 日本磁気歯科学会雑誌

The Journal of the Japanese Society  
of Magnetic Applications in Dentistry

Vol. 24, No. 1 2015

日本磁気歯科学会発行

## 第25回 日本磁気歯科学会学術大会について

この度、第25回日本磁気歯科学会学術大会が下記の要綱で行われました。

会 期：平成27年11月14日（土）、15日（日）

会 場：東京医科歯科大学 歯学部附属病院 4階 歯学部特別講堂  
東京都文京区湯島 1-5-45

大会長：水口俊介（東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 高齢者歯科学分野 教授）

特別講演：平成27年11月14日（土）

演題：「痒みと痛みの脳内認知機構」

座長：水口 俊介（東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 高齢者歯科学分野）

講師：柿木 隆介（自然科学研究機構 生理学研究所 統合生理学研究系）

教育講演：平成27年11月15日（日）

演題：「最近のMRI装置 ―歯科用金属材料との関係を中心に―」

座長：石上 友彦（日本大学歯学部 歯科補綴学第Ⅱ講座）

講師：土橋 俊男（日本医科大学付属病院 放射線科）

シンポジウム：平成27年11月15日（日）

テーマ：「インプラントオーバーデンチャーにおける磁性アタッチメントの現状と将来展望」

座長：大久保力廣（鶴見大学歯学部 有床義歯補綴学講座）

講師：大山 哲生（日本大学歯学部 歯科補綴学第Ⅱ講座）

講師：田中 讓治（一般社団法人 日本インプラント臨床研究会）

講師：金澤 学（東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 高齢者歯科学分野）

### － 学術大会参加要綱 －

参加登録：参加登録費の振込みをもって参加登録と致します。

参加登録および登録費：

10月9日（金）迄 会員5,000円、非会員7,000円

10月10日（土）以降 会員6,000円、非会員8,000円

懇親会：平成27年11月14日（土） 18：00 ～

懇親会会場：東京医科歯科大学医学部附属病院B棟16階 オークラカフェ&レストランメディコ

連絡先：第25回日本磁気歯科学会学術大会実行委員会

準備委員長 金澤 学

大会事務局 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 高齢者歯科学分野

〒113-8549 東京都文京区湯島1-5-45

本学会では認定医制度を設けており、磁気に関する専門知識、臨床技能を有する歯科医師を認定医として認定しています。

## 第15回 国際磁気歯科学会のお知らせ

### THE 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MAGNETIC APPLICATIONS IN DENTISTRY GENERAL INFORMATION

#### GENERAL INFORMATION

The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry (President: Shinichi Masumi, Kyusyu Dental University) is a scientific association founded in 1991 and is devoted to furthering the application of magnetism in dentistry. The 15th International Conference on Magnetic Applications in Dentistry organized by JSMAD will take place on the Internet as follows.

**Meeting Dates:**

Monday, February 29 to Friday, March 18, 2016

**Location:**

JSMAD web site:<http://www.jsmad.jp/international-e.shtml>

**General Chair:**

Prof. Shunsuke Minakuchi, Tokyo Medical and Dental University

**Subjects:**

Researches and developments related to dentistry and magnetism such as:

- Magnetic attachments for dentures
- Orthodontic appliances using magnets
- Measurement of jaw movement using magnetic sensors
- Biological effects of magnetic fields
- Dental applications of MRI
- Others

#### REGISTRATION INFORMATION

**Registration:**

Send e-mail titled "registration for 15th international conference" with your Name, University or Institution, Postal address, Phone, Fax and E-mail address to conference secretariat.

**Registration Fees:**

No registration fees. Anyone who is interested in magnetic applications in dentistry can participate in the conference via the Internet.

**Publishing Charge for Proceedings:**

After the conference, the proceeding will be published. The publishing charge is 10,000 yen per page. (No charge for invited paper.)

#### GUIDELINES FOR PRESENTATION

**Deadlines:**

Entry: January 29, 2016

Poster submission: February 19, 2016

**Entry:**

Send Title and Abstract within 200 words with your Registration.

**Paper submission:**

Please send papers in Microsoft Word format to the conference secretariat by E-mail. All contents should be written in English. No multi-byte character, such as Japanese Kanji, should be contained. A template file can be obtained from the conference web site. Web presentations for the conference will be produced by the secretariat from the paper. The secretariat will not make any correction of the paper even miss-spelling, grammatical errors etc. Alternative format files are acceptable. Please contact to the secretariat for more detailed information.

**Discussion:**

Discussions will be done using a bulletin board on JSMAD Web Site via the Internet. The authors should check the board frequently during the meeting dates. If questions or comments on your presentation are posted, please answer them as soon as possible.

**Notice to Contributors:**

Freely-given informed consent from the subjects or patients must be obtained. Waivers must be obtained for photographs showing persons.

**Note:**

Copyright of all posters published on the conference will be property of the Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry. Copies of the posters will be made and transferred to JSMAD web site for continuous presentation after the meeting dates. For further information, send e-mail to [meeting25@jsmad.jp](mailto:meeting25@jsmad.jp)

#### CONFERENCE SECRETARIAT

Manabu Kanazawa, Tokyo Medical and Dental University  
E-mail : [m.kanzawa.gerd@tmd.ac.jp](mailto:m.kanzawa.gerd@tmd.ac.jp)  
Tel & Fax: +81-3-5803-5586

Visit JSDMD Home Page for updates!

[Http://www.jsmad.jp/](http://www.jsmad.jp/)

## 日本磁気歯科学会よりお知らせ

### ☆お願い☆

現在磁気歯科学会では、会員への情報伝達の省力化を考え、電子メールでの情報配信を目指し、会員の方々へ、メールアドレスの登録をお願いしています。事務局へメールアドレスの登録をお願いいたします。

### [新規入会]

入会希望者は、綴じ込みの会員登録用紙に必要事項を御記入の上、事務局宛に御送付ください。入会金、年会費は綴じ込みの郵便振替用紙を御利用ください。

入会金：5,000円

年会費：5,000円

### [未納会費の払込み]

既に会員の方で、旧年度の会費未納な方は綴じ込みに郵便振替用紙を用いて、該当年度の会費をお支払いください。

### [認定医制度のご案内]

平成17年度より日本磁気歯科学会認定医制度が発足しました。

詳細は、本雑誌綴じ込みの案内または、下記ホームページを参照してください。また、ご不明な点につきましては、事務局までお問い合わせください。

### [ホームページのご案内]

日本磁気歯科学会のホームページは <http://www.jsmad.jp/> です。ご活用ください。

### [事務局]

ご質問等は、以下事務局にお問い合わせください。

〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台1-1  
明海大学歯学部 機能保存回復学講座  
歯科補綴学分野内  
日本磁気歯科学会事務局  
Tel 049-279-2747 Fax 049-287-6657



## 目 次

## 総説論文

磁気の未来への応用 .....	1
森 正人	

## 特集1「磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために」

磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために —教育講演の総括— .....	11
會田英紀	

磁性アタッチメント吸引力向上のための試み .....	16
菊地 亮	

磁性アタッチメントの吸引力を引き出すために —歯科技工士の立場から— .....	23
前田祥博	

## 特集2「長期経過から磁性アタッチメントを再検する」

長期経過から磁性アタッチメントを再検する —シンポジウムの総括— .....	30
大川周治	

予後調査からみた磁性アタッチメントの現状 .....	32
高山慈子	

パーシャルデンチャーの長期経過症例と問題点への対応 .....	41
中村和夫	

## 特集3「ISO 対策委員会報告」

歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して —ISO/TC106ベルリン会議— .....	48
高田雄京	

## 原著論文

オーバーデンチャーにおける義歯床の力学的検討 .....	54
大林美穂, 金沢孝憲, 大山哲生, 梅川義忠, 中林晋也, 石井 拓, 齋藤五月, 館野 敦, 月村直樹, 石上友彦	

ニッケルレス磁性アタッチメントを目指した窒素固溶による磁気シールドリングの開発 .....	62
高田雄京, 山口洋史, 坂詰花子, 佐藤孝太郎, 笹崎浩司, 菊地 亮, 高橋正敏	

## 臨床論文

磁性アタッチメント義歯における設計の相違と予後との関連性について .....	68
曾根峰世, 浜坂弘毅, 大川 穰, 染川正多, 増田美至, 松井藍有美, 豊田有美子, 奥津史子, 松川高明, 岡本和彦, 大川周治	

コーヌステレスコープクラウンの内冠に磁性アタッチメントを応用した義歯修理の一例 .....	78
泉田明男	

## 安全基準検討委員会報告

- 「磁性アタッチメントとMRI」 歯科用磁性アタッチメント装着者のMRI安全基準マニュアル ..... 83  
日本磁気歯科学会 安全基準検討委員会

## 第24回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

- 低位咬合を伴う下顎臼歯部欠損に磁性アタッチメント義歯を応用した3年経過症例 ..... 104  
曾根峰世
- 審美性を考慮し磁性アタッチメントを用いた1症例 ..... 104  
田畑有希
- 試作した緩圧型磁性アタッチメントの維持力および被圧変位性 ..... 105  
鳥居麻菜, 脇 拓也, 小澤大輔, 鈴木恭典, 大久保力廣
- 三次元有限要素法を用いた歯冠外磁性アタッチメント義歯設計における力学的検討 ..... 106  
稲垣輝行, 神原 亮, 佐藤志貴, 齊藤 一, 中村好徳, 田中貴信
- 三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの最適構造の検討  
—磁石構造体およびキーパーの構造の違いが吸引力に与える影響— ..... 107  
永井秀典, 熊野弘一, 神原 亮, 安藤彰浩, 津田賢治, 岩田哲也, 中村好徳, 高田雄京, 田中貴信
- 磁性アタッチメントを用いた下顎即時荷重インプラントオーバーデンチャー  
—周囲骨吸収と生存分析— ..... 108  
宮安杏奈, 金澤 学, 大村友理, 水口俊介
- 歯冠外および歯冠内磁性アタッチメントを用いた下顎パーシャルデンチャーの1例 ..... 109  
津田尚吾, 鱒見進一, 槇原絵理, 河野稔広, 八木まゆみ, 有田正博
- 根面板上に必要なレジン床の厚み —模型実験による検討— ..... 110  
金沢孝憲, 梅川義忠, 石井 拓, 館野 敦, 永井栄一, 大谷賢二, 須田賢司, 石上友彦
- 根面板上に必要なレジン床の厚み —三次元有限要素法による検討— ..... 110  
大林美穂, 大山哲生, 中林晋也, 田所里美, 渋谷哲勇, 安田裕康, 大久保貴久, 石上友彦
- 磁石構造体の義歯への固定法に関する研究 ..... 111  
岡山章太郎, 新保秀仁, 鈴木恭典, 大久保力廣
- 磁性アタッチメント義歯における共通評価票の検討 (臨床評価委員) ..... 113  
永田和裕, 笠間 匠, 菅原佳広, 大山哲生, 曾根峰世, 増田達彦
- インプラントオーバーデンチャー維持装置の比較 ..... 113  
小坪義博
- 磁性アタッチメント義歯のリライン法について ..... 114  
平岡亜依子, 増田達彦, 田中 孝, 林 建佑, 白石浩一, 神原 亮, 中村好徳,  
伊藤太志, 岡田通夫, 田中貴信

## 日本磁気菌科学会事務局連絡

平成26年度 日本磁気菌科学会第2回理事会議事要旨 .....	116
平成27年度 日本磁気菌科学会第1回理事会議事要旨 .....	118
日本磁気菌科学会会則 .....	120
日本磁気菌科学会表彰制度規程 .....	121
日本磁気菌科学会認定医制度規則 .....	122
日本磁気菌科学会認定医制度施行細則 .....	123
日本磁気菌科学会認定歯科技工士制度規則 .....	124
日本磁気菌科学会認定歯科技工士制度施行細則 .....	125
日本磁気菌科学会倫理審査委員会規程 .....	126
日本磁気菌科学会倫理審査委員会規則 .....	128
研究等の利益相反に関する指針 .....	128
日本磁気菌科学会利益相反委員会規程 .....	131
「研究の利益相反に関する指針」の細則 .....	132
日本磁気菌科学会雑誌投稿規程 .....	133
日本磁気菌科学会雑誌「投稿の手引き」 .....	134
平成28年度日本磁気菌科学会役員 .....	137
日本磁気菌科学会 認定医名簿 .....	139
賛助会員・編集後記 .....	141



*The Journal of the Japanese Society  
of Magnetic Applications in Dentistry  
Vol. 24, No. 1, 2015*

Contents

Magnetic applications in the future .....	1
<i>Masahito Mori</i>	
Strategies for maximizing the attractive force of magnetic attachments Summary of educational symposium .....	11
<i>Hideki Aita</i>	
Simulation to increase the retentive force of dental magnetic attachments .....	16
<i>Akira Kikuchi</i>	
Maximizing the retentive force of magnetic attachments: From a dental technician's perspective .....	23
<i>Yoshihiro Maeda</i>	
Strategy to success with magnetic attachment dentures in long-term prognosis Summary of symposium in the 24th scientific meeting .....	30
<i>Shuji Ohkawa</i>	
Prognostic survey of magnetic attachments .....	32
<i>Yasuko Takayama</i>	
Long-term follow-up of patients treated by removable partial dentures with magnetic attachments, and how to cope with clinical troubles .....	41
<i>Kazuo Nakamura</i>	
A commission report of the ISO corresponding committee working toward the international standardization of dental magnetic attachments – ISO/ TC106 meeting in Berlin .....	48
<i>Yukyo Takada</i>	
Mechanical study of the denture base in overdentures .....	54
<i>Miho Obayashi, Takanori Kanazawa, Tetsuo Ohyama, Yoshitada Umekawa, Shinya Nakabayashi, Taku Ishii, Satsuki Saito, Atsushi Tateno, Naoki Tsukimura and Tomohiko Ishigami</i>	
Development of a magnetic shielding ring that consists of solid-solution containing nitrogen in stainless steel to take the first step toward nickel-free magnetic attachments .....	62
<i>Yukyo Takada, Hirofumi Yamaguchi, Hanako Sakatume, Kotaro Sato, Koji Sasazaki, Akira Kikuchi and Masatoshi Takahashi</i>	

Relationship between denture design and prognosis in removable denture using magnetic attachments .....	68
<i>Mineyo Sone, Hiroki Hamasaka, Yutaka Okawa, Shota Somekawa, Minori Masuda, Ayumi Matsui, Yumiko Toyota, Fumiko Okutsu, Takaaki Matsukawa, Kazuhiko Okamoto and Shuji Ohkawa</i>	
A case report of denture repair with application of a magnetic attachment to the inner crown of a telescopic crown .....	78
<i>Akio Izumida</i>	
Safety standards manual for MRI .....	83
<i>Safety Standards Committee</i>	



**総説 Review**Journal home page : [www.jsmad.jp/](http://www.jsmad.jp/)**磁気未来への応用**

森 正人

横浜 MM 研究所

**Magnetic applications in the future**

Masahito Mori

Yokohama MM Laboratory

**要旨**

夢の磁気浮上式鉄道が実現しようとしている。2027年、東京～名古屋を40分で結ぶリニア中央新幹線が開通する。超電導磁石を搭載し、リニア同期モーターにより最高時速505kmに達する。これはリニアモーターの水平利用である。あまり知られていないが、鉛直利用の研究開発も進んでいる。地上で無重力状態を創出するドロップタワー（落下塔）の制動装置としてリニア誘導モーターが用いられ、宇宙実験の予備実験施設として既に稼働している。ロケットの打ち上げ設備としてリニアモーターを使ったカタパルトの構想も検討されており、大幅に燃料を節約できるという結果も得られている。また、高層化する建物の移動手段として、従来と全く異なる駆動方式のエレベーターも提案されている。ワイヤーロープを使わずにリニアモーターでエレベーターのかごを直接駆動する方式である。磁気応用の一分野であるリニアモーターの進歩は、我々を未知の世界へと導いてくれる。

**Abstract**

The maglev train of dreams is coming. The Linear Chuo Shinkansen, linking Tokyo-Nagoya in 40 minutes, will start operation in 2027. The train will be driven by a superconducting magnet and a linear synchronous motor. This is a horizontal use of a linear motor, however, vertical uses have also been researched and developed.

In the zero gravity experimental facility (drop tower, DT), the linear induction motor has been used to decelerate a dropping capsule. Furthermore, the Linear Motor Catapult was proposed for launching a rocket. Recently, the DD elevator, in which an elevator cage is directly driven by a linear motor, has been discussed.

The progress of a linear motor, which is in the field of magnetic applications, leads us into an unknown world.

**キーワード**

(Key words)

リニアモーター (Linear motor),  
超電導磁気浮上式鉄道 (Superconducting Magnetic Levitation Railway),  
ドロップタワー (Drop Tower), リニアモーターカタパルト (Linear Motor Catapult),  
DDエレベーター (Direct Drive Elevator)

## I. まえがき

家庭で使う電磁調理器，医療分野のMRI，記憶装置のハードディスクドライブ，各種モーター等，これらは全て磁気の応用製品である．最近はリニアモーターも広く普及し鉄道でも利用されてきた．今，話題を呼んでいるのが東京～名古屋を40分で結ぶリニア中央新幹線．超電導磁石とリニアモーターを使ったリニアモーターカーが浮上・走行する「磁気応用」の夢のプロジェクトが遂に実現する．これはリニアモーターの水平利用であるが，鉛直利用の研究開発も進んでいる．

宇宙での無重力実験に先駆けて地上で行う予備実験のための施設（リニアドライブ方式ドロップタワー），宇宙機を効率的に打上げる施設（リニアモーターカタパルト）や，未来の超々高層ビル用のエレベーター（Direct Drive エレベーター）が検討されてきた．

本稿では，鉄道利用のリニアモーターカーを紹介すると共に，筆者が開発あるいは計画してきた後三者について解説する．

標題に真正面から取組めば学問的に意味のある内容にすべきであるが，ここでは敢えて未来への夢に焦点を当てた．

## 2. リニアモーターカー

### 2.1. 世界の主なリニアモーターカー

我が国においてリニアモーターの鉄道利用は，既に25年前に実現している．大阪市営地下鉄・長堀鶴見緑地線（1990年開業）であり，リニアメトロは現在，全国6路線で運行されている．浮上走行ではないので関心が低いのかも知れない．開業が決まったJR Maglevを含め，世界の主なリニアモーターカーを図1に示す．

JR Maglevは超電導磁石で10cm浮上し，超電導磁石を使ったリニア同期モーターで走行する．2014年に着工許可があり，2027年東京～名古屋を40分で結ぶリニア中央新幹線として登場する．最高速度は505km/h，夢の磁気浮上列車が実現する．

トランスラピッドはドイツが開発し，2003年中国が上海に導入した．常電導磁石の吸引力で約1cm浮上し，リニア同期モーターで走行する．最高速度は430km/h．2006年8月上海で走行中に車両火災が発生し，同年9月ドイツのエムスランド実験線で23人が死亡する衝突事故を起こした．2011年ドイツにおいて事業性が疑問視され開発は中止となった．



JR Maglev<sup>1)</sup>



トランスラピッド



HSST<sup>2)</sup>



リニアメトロ<sup>3)</sup>

図1. 世界の主なリニアモーターカー

HSST は常電導磁石の吸引力で約 1 cm 浮上し、リニア誘導モーターで走行する。最高速度は 100 km/h で、愛知高速交通東部丘陵線で運行されている。

リニアメトロは車体を車輪で支持しリニア誘導モーターで走行する。最高速度は 70~80 km/h 程度である。

2.2. 鉄道で使われるリニアモーター

(1) リニア同期モーター：図 2 に示すようにコイルと磁石から構成される。コイルに交流を流し発生する磁極と一方の磁石の磁極との吸引・反発力により推進する。磁石には永久磁石や電磁石（直流）が使われる。JR Maglev では超電導磁石、トランスラピッドでは常電導磁石が使われている。どちらも磁石を車両に搭載し、コイルを軌道に設置し、コイルに流す交流の周波数を変えて速度調整を行う。

(2) リニア誘導モーター：図 3 に示すようにコイルとプレート（電気伝導体）から構成される。コイルに交流を流し発生する交流磁界によりプレートに渦電流が生じ、この渦電流が磁界から受ける力により推進する。HSST、リニアメトロともコイルを車両に搭載し、プレートを軌道に設置する。コイルに流す交流の周波数を変えて速度調整を行う。

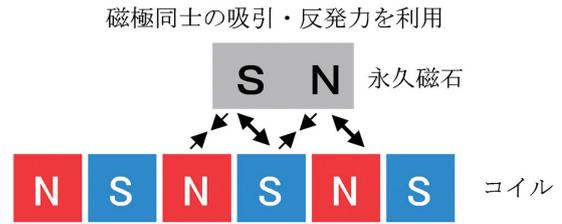


図 2. リニア同期モーター



図 3. リニア誘導モーター

2.3. 浮上・案内の原理

推進の方法は前項で述べた通りである。浮上・案内は、JR Maglev が採用している電磁誘導方式とトランスラピッドや HSST が採用している電磁吸引制御方式がある。

(1) 電磁誘導方式：図 4 に示すように走行路の側壁に取付けた浮上・案内コイルに車両の超電導磁石が近づくと、コイルに電流が流れ一時的に電磁石となり吸引・反発力が生じ車体を 10cm 浮上させる。また、両側の浮上・案内コイルはループを形成するように繋がれており、超電導磁石が左右どちらかに偏るとループに電流が流れ、超電導磁石を中心に戻そうとする力が働く<sup>4)</sup>。これらの上下と左右方向の力は制御なしで発生し、浮上・案内は安定した系となる。この方式では、低速時

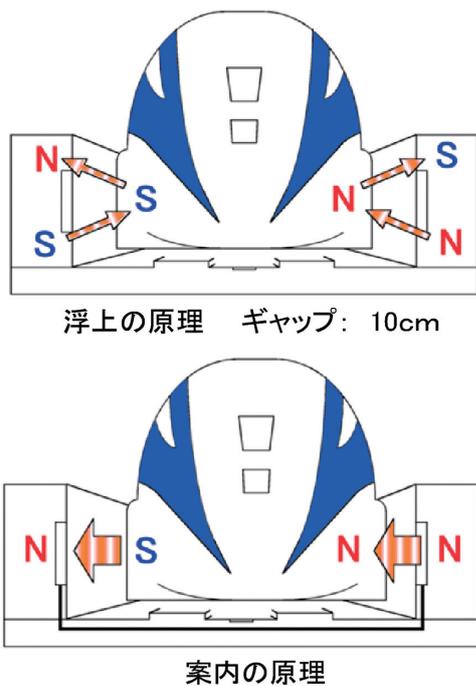


図 4. 電磁誘導方式<sup>4)</sup>

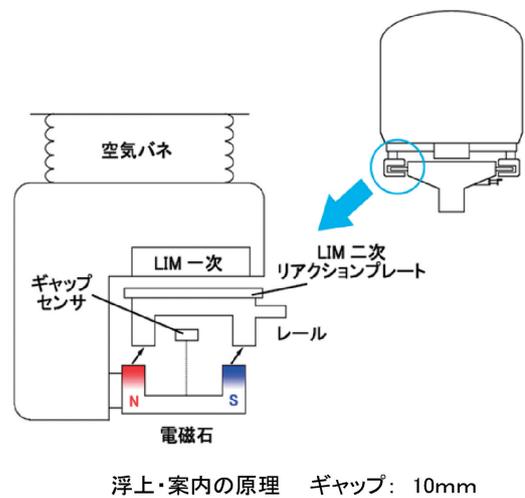


図 5. 電磁吸引制御方式<sup>5)</sup>

(150km/h以下)において浮上力および案内力が不足するため、支持車輪および案内車輪を出して走行する。

(2) 電磁吸引制御方式：図5はHSSTの浮上・案内の原理を示したものであり、車両下部に備えた電磁石と軌道側のレールとの間に働く吸引力により1cm浮上すると共に左右へのズレも吸引力により修正される。この間隔を維持するために常にギャップをセンシングして電磁石に与える電流を制御する。故にこの方式では車両が停止している時も1cmの浮上を確保できる。

#### 2.4. リニアモーターの利点、欠点

従来の回転型モーターを使う鉄道は、駆動力を車輪とレールの摩擦力に依存するため勾配や速度に限界があるが、リニアモーターの場合、車両と軌道の間直接電磁力が働くためこの問題が解消される。即ち急勾配や高速に強い。また、リニアモーターは扁平であるため車両高さを低くすることができ、トンネル断面積が減少する。リニアメトロはこの利点を活かしている。しかし、回転型モーターでは固定子と回転子の間のギャップが極めて小さい(1mm程度)のに対し、リニアモーターでは一次側と二次側のギャップが大きい(リニアメトロで12mm)ため、効率が低いという欠点もある。但し、JR Maglevでは超電導磁石の強磁界によりギャップのマイナス面は補われ必ずしも効率は悪くない。

#### 2.5. リニア中央新幹線

JR Maglevが2027年リニア中央新幹線として登場する。東京～名古屋を40分で結び、2045年には東京～大阪を67分で結ぶ。品川～橋本～甲府市大津町～飯田市上郷飯沼～中津川市千旦林～名古屋のルートも決まった。超電導磁石を搭載し10cm浮上し最高速度505km/hで運行される。現在の実験車両では超電導磁石として臨界温度10k(-263℃)のニオブ・チタン(NbTi)合金系が使われているが、営業開始時には臨界温度が高く取扱いが比較的容易なビスマス系やイットリウム系超電導体が使われると予想される。超電導磁石の強磁界による人体への影響については、車内外で停車中、走行中の磁界測定が行われ、国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)の基準値を十分クリアすることがJR東海の環境影響評価書で報告されている<sup>7)</sup>。なお、建設に当たっては、超電導磁石

により鋼材に電磁力や磁気吸引力が生じて走行抵抗にならないように超電導磁石から1.5m以内に於いて、電気抵抗が高く磁性の低い材料である高マンガン鋼やSUS304が使われる等の配慮がなされる。

### 3. リニアドライブ(LD)方式ドロップタワー

ドロップタワーとは、実験機器をカプセルに搭載し自由落下させ、落下中の無重力状態を利用して実験を行うための施設であり、宇宙で使用する機器の作動テストや宇宙で行う実験の予備実験に使われる。筆者等は、重力を受けて加速しながら落下するカプセルを非接触でソフトに制動するためにリニア誘導モーターを使った。図6にリニアドライブ方式ドロップタワーの概念図を示す。

#### 3.1. ドロップタワーの技術的課題

ドロップタワーの無重力時間は、 $s = gt^2/2$  ( $s$ :落下距離,  $g$ :重力加速度,  $t$ :落下時間)で決まり、2倍の時間を得るには4倍の落下距離が必要になり、地上では無重力時間を長くとれない。故にドロップタワーは予備実験施設としての位置づけになる。コンピューターの世界における電卓のような存在である。

無重力時間の問題を除けば、ドロップタワーの技術的課題は、①無重力の質の向上と②制動加速度の低減である。①は無重力の質を低下させる空

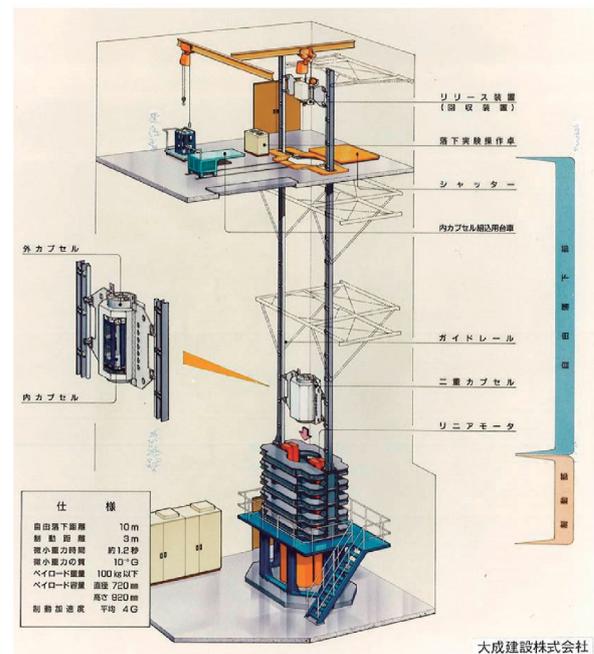


図6. リニアドライブ方式ドロップタワーの概念図

気抵抗を如何に排除するかである。②は実験機器に損傷を与えないように如何にソフトに止めるかである。

### 3.2. 技術的課題の解決策

(1) 二重カプセル：空気抵抗を排除するために二重カプセル方式を採用した。実験機器を内カプセルに搭載し、外カプセルの内部を自由落下させる方式である。外カプセルはガイドレールに沿って落下し、制動装置に正確に導かれる。内カプセルは外カプセルの内部を落下するため、落下時の空気抵抗やガイドレールからの振動を受けず、高品質の無重力状態が得られる。二重カプセルの外観を図7に示す。

(2) ダブル LIM (Linear Induction Motor)：向かい合うコイルの間に、プレート（外カプセルの翼）を落下させ、コイルに交流を流すことによりプレートに渦電流を発生させ、渦電流とコイルの磁界により生じる上向きの推力を利用して制動をかける方法である。

ダブル LIM を用いた制動装置を図8に、ダブル LIM の原理を図9に示す。



図7. 二重カプセルの外観<sup>8)</sup>



図8. ダブル LIM を用いた制動装置<sup>8)</sup>

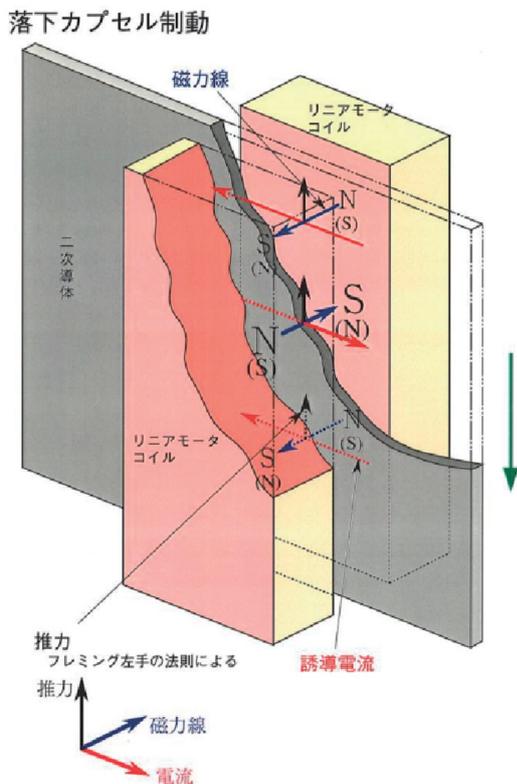


図9. ダブル LIM の原理

(3) その他：カプセル切離し時の衝撃を小さくするためのリリース装置、無重力になった瞬間に生じる内カプセルの縦振動を速やかに収束させるための制振鋼板、内カプセルが落下する外カプセルの内部空間の高さ設定等に工夫を凝らした。

### 3.3. LD方式ドロップタワーの仕様と特徴

#### (1) 仕様

- 自由落下距離 : 10m
- 微小重力時間 : 1.2秒以上
- 微小重力の質 :  $10^{-3}G$
- 制動距離 : 3 m
- 制動加速度 : 平均 4 G
- ペイロード重量 : 最大100 k g
- ペイロード容積 : 720mmΦ×920mm

#### (2) 特徴

- 二重カプセルのため高品質の微小重力状態が得られる.
- 制動加速度が極めて小さく, 実験機器にダメージを与えない.
- システム自動化によりカプセル回収時間が短く, 繰り返し実験が可能.
- 落下実験1回の電気料金は10数円であり, ランニングコストが極めて低い.

### 3.4. ドロップタワー性能の証明

図10に微小重力性能, 図11に制動加速度を示す. 微小重力の質は, 3軸方向ともに $10^{-3}G$ レベルが1.37秒間続き, 制動加速度は平均4G以下であることが証明された<sup>9)</sup>.

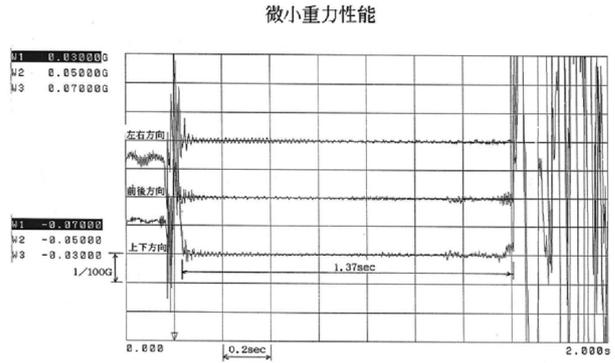


図10. 微小重力性能

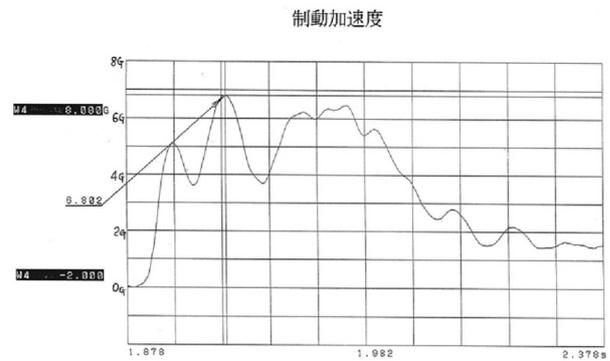


図11. 制動加速度

## 4. リニアモーターカタパルト

航空母艦の蒸気カタパルトは, 蒸気の圧力を使って戦闘機を発進させる. リニアモーターカタパルト (LMC) は, リニアモーターを使って宇宙往還機を打上げるシステムである.

従来のロケット打ち上げシステムは, 自分が搭載する燃料を燃やして離陸を行っていたが, LMCは地上からエネルギーを供給して宇宙往還機を宇宙に飛び立たせる<sup>10)</sup>.

#### 4.1. 従来の打ち上げ方式の問題点

世界の主なロケットの諸元を図12に示す<sup>11)</sup>. また全備重量に対するペイロード (図12では打上げ能力と記載) の比率をまとめたものを表1に示す. これらからペイロード比率が極めて低く, 効率的な打ち上げでないことが分かる. 例えば, 既に運用が終了したスペースシャトルを例にとれば, 総重量約2000トンのうち, 地球往還機が約100トン, ロケット機器本体が約200トン, 燃料が約1700トンであり, 総重量の大半を燃料が占めている. 燃料を如何に減らすかが大きな課題である.

またロケット点火後, 地表付近で大量の燃料を消費することが大気汚染に繋がっている.

このような背景から, 地上からエネルギーを供給しロケットが搭載する燃料を節約し, 地表付近での燃焼を削減できるリニアモーターカタパルトの必要性が高まる.

#### 4.2. リニアモーターカタパルトのシステム構成

リニアモーターカタパルトは, Space Vehicleをリニアモーターで加速し, 初期高度・初期速度を与えて宇宙へ打出すシステムであり, 以下の4つのシステムから構成される.

表1. 全備重量に対するペイロード比率

ロケット名	H-IIA	H-IIB	スペースシャトル	ソユーズU	長征3, 4
ペイロード比率(%) 低軌道	3.50	2.99	1.41	2.26	2.64
ペイロード比率(%) 静止軌道	1.42	1.45	--	0.55	1.20
備考			オービター-105t 5.1%		(長征3)

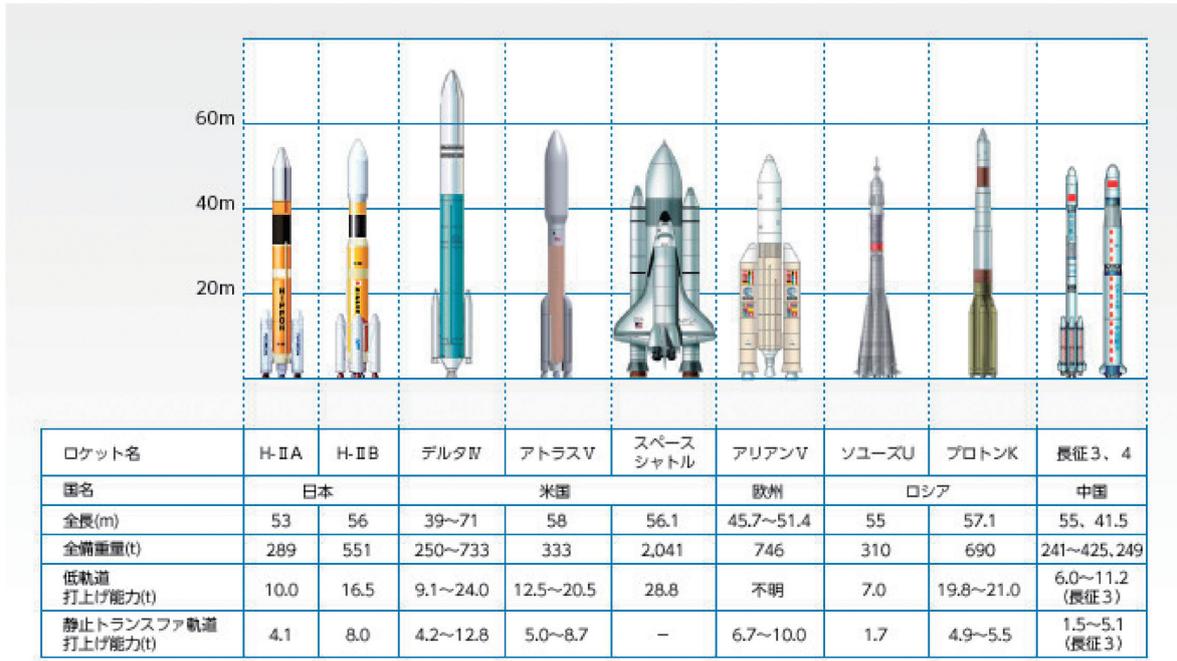


図12. 世界の主なロケットの諸元

(1) 塔状発射台：形状は図13に示す通りであり、全幅 1 km × 全長 3.65 km × 全高 2.1 km の鋼製構造物である。Space Vehicle は台車に搭載され、超電導リニアモーターにより加速され、高さ 1,600 m の地点で 630 km/h の速度に達し、台車から切り離され宇宙へ飛び出していく。台車は回収ラインに導かれ、出発点に戻される。従来のリフトオフ方式では、初速 0 km/h に対して、本方式では初速 630 km/h が与えられる。

(2) 超電導リニアモーター推進システム：台車の駆動は、超電導リニアモーターで行われる。軌

道側に推進コイルを敷設し、台車側に超電導磁石を搭載して構成される超電導リニア同期モーターにより加速し、切り離し点で 630 km/h に達する。1 回の打上げに必要な電力量は、凡そ  $22 \times 10^3$  kwh と算定される。

(3) 太陽光発電システム：この膨大な電力量は約 40 秒間で消費される。これを賄うためには、100 万 kw の原子力発電所が 2 基必要になる。しかし、打上げ回数が少なく、稼働率が低くなることから原子力発電で賄うのは現実性がない。そこで登場するのが太陽光発電システムである。赤道近辺の

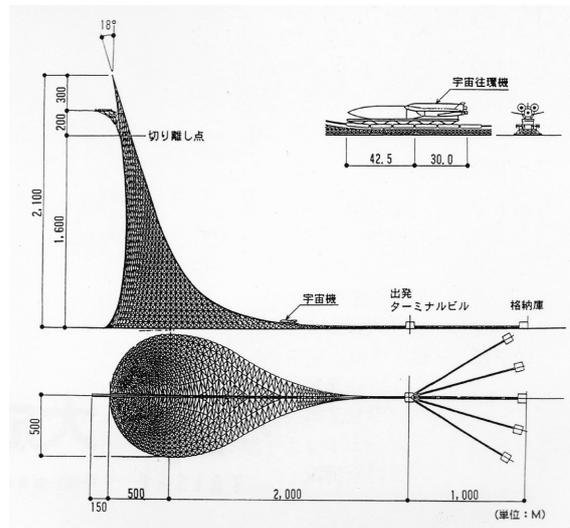
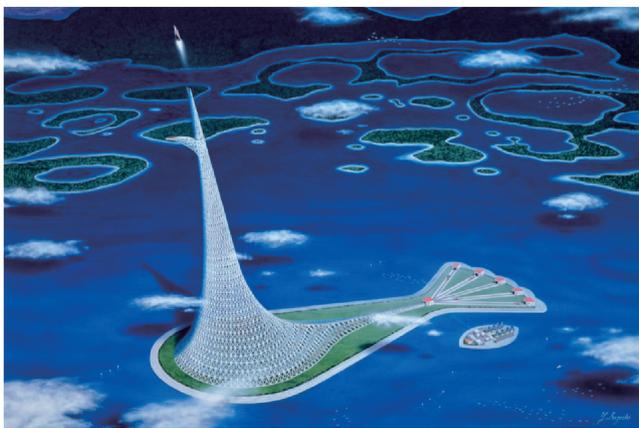


図13. リニアモーターカタパルト構想図

島で30m四方の太陽電池10セットを4日間稼働させることにより必要な電力量を確保することができる。

(4) 超電導電力貯蔵システム：太陽電池で発電した4日分の電力を貯蔵し、打上げ時に一気に供給するシステムである。超電導コイルに流す永久電流として電力を貯蔵するもので、コイルの材料やシステムが研究開発されており、規模が徐々に大型化され、将来、本件に適用できる大規模なシステムも夢ではなくなる。

#### 4.3. リニアモーターカタパルトのメリット

LMCの概要は上述の通りであり、そのメリットは以下のようにまとめられる。

- ①従来方式に比べ総重量の約15%の燃料を節約できる。
- ②燃料の節約により大気への影響が軽減される。
- ③打上げ時に大きな慣性力を持つため、リフトオフ方式に比べて安定性が高い。

### 5. DD (Direct Drive) エレベーター

DDエレベーターとは、ワイヤーロープを用いず、リニアモーターによりエレベーターのかごを直接駆動するエレベーターである。

ビルは益々高層化し、1000mを超えるビルも計画されている。また夢の構想として4000mもの超々高層都市計画(図14 X-SEED 4000)も発表されてきた<sup>12)</sup>。このような超々高層ビルあるいは超々高層都市では、従来のワイヤーロープ式エレベーターは移動手段として不都合な点が多い。それは以下のような問題点を有するからである。図15にワイヤーロープ式エレベーターの仕組みを示す。

#### 5.1. ワイヤーロープ式エレベーターの問題点

- ・ロープ強度、安全率等の点から揚程に限界(約800m)があり、それ以上の高さではエレベーターを乗り継がなければならない。
- ・1本のエレベーターシャフトに1台のかごしか投入できず、輸送力に限界が生ずる。
- ・直線移動しかできない。
- ・ビルが高くなるほどエレベーター専有面積が増え、空間の有効利用を妨げる。

ところが将来の大規模空間を有する超々高層ビルあるいは超々高層都市では以下のような機能が要求される。

#### 5.2. 超々高層ビル・都市が要求する移動手段

- ・乗継ぎなしで目的地に到達できる大揚程が必要である。
  - ・構造物の規模に見合う大規模な輸送力が求められる。
  - ・巨大空間内の鉛直移動、斜め移動、水平移動が可能であれば利便性が高まる。
  - ・乗継ぎなしで隣のビルの所定階に到達できる、隣接ビル間の移動ができれば、都市の利便性は更に高まる。
- そこで登場するのがDDエレベーターである。

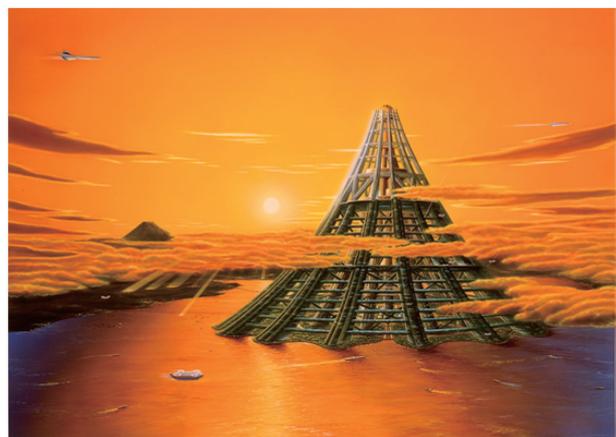


図14. X-SEED 4000

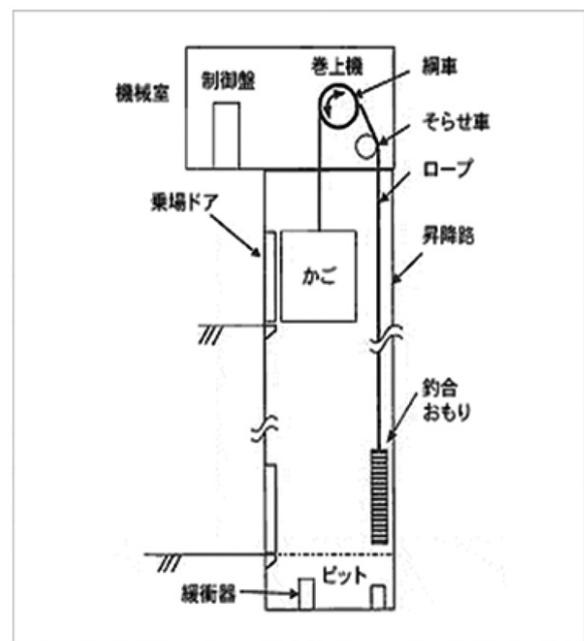


図15. ワイヤーロープ式エレベーター<sup>13)</sup>

### 5.3. DDエレベーターの概要

かごの駆動はリニア同期モーターで行う。エレベーターシャフトに一次コイルを敷設し、かご側に超電導磁石を搭載する。両者に働く推力によりかごが駆動されるため、シャフトが続く限りどこまでも移動することができ、揚程に制限が生じない。シャフトを鉛直、斜め、水平に設置することにより、巨大空間内を色々な方向に移動することができる。一つのシャフトに複数のかごを投入できるため輸送力が向上する。これによりシャフト数が減少し、エレベーター専有面積が減り、ビル内空間の有効利用が果たせる。また、シャフトを閉サイクルに繋ぐことにより循環運転が可能となり輸送力は更に向上する。隣接するビル間の地下でシャフトを繋ぐことにより、乗継ぎなしで隣のビルの所定階に到達することもできる。

DDエレベーターは、前節で述べたワイヤーロープ式エレベーターの問題点を解決すると共に、未来の超々高層ビル・都市が要求する移動手段として十分機能するシステムということができる。

図16は、DDエレベーターの一適用例である。中央の2シャフト内を複数のかごが一方方向に循環移動するメインエレベーターと、これらの停止階の間を補完するサブエレベーターから1セットが構成される。メインエレベーターは40階ごとに停止し、サブエレベーターは1ゾーン（40階分）に1かごずつ配置され各階に停止する。メインエレベーター内の追い越しの場合、追い越されるかごはサブエレベーターのシャフトに待避する。これは一例であり、施設規模に応じて導入するセット数や、メインエレベーターの停止階やサブエレベーターのゾーン分けを詳細に検討しなければならない。

### 5.4. DDエレベーターの実現に向けて

構想の一部を具現化するために、図17に示すように本物のリニア同期モーターを使った模型を製作した。ここでは、鉛直移動、水平移動、曲線移動、追い越しが可能であることを示した。建物側に一次コイルを敷設し、かごに永久磁石を搭載した。

将来の実用機では、推力の観点からかごには超電導磁石が必要になるが、重い冷凍機を必要としない超電導材料の開発が待たれる。常温超電導が実現すればDDエレベーターは一気に夢から現実の世界に突入する。

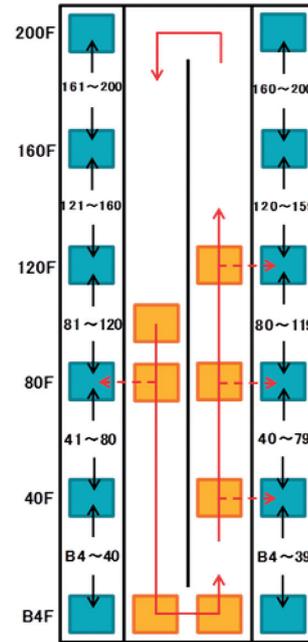


図16. DDエレベーターの一適用例



図17. DDエレベーターの模型

## 6. あとがき

以上4つのプロジェクトについて述べてきた。リニアモーターカーとリニアドライブ方式ドロップタワーは既に実現している。リニアモーターカタパルトとDDエレベーターは未だ構想の段階であり、実現する時期は要素技術の進歩にかかっている。こうした構想の発表が要素技術の進歩を

加速することを期待している。そうあってこそ企業や技術者は利益を追求するだけでなく、技術の発展を牽引するという社会的使命を果たすことになる。

これは工学の世界だけの話ではなく、医療分野についても同様であろう。日本磁気歯科学会の皆様、是非とも夢を抱き、その夢の実現に向けて努力を払い、歯科医療の発展に貢献されることを切に望みます。

“The dream is a driving force of the progress.” by M.M.

### 参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ.
- 2) 中部 HSST 開発(株)ホームページ.
- 3) 「大阪市交通局70系電車」『フリー百科事典ウィキペディア日本語版』. 2015年3月23日(土) 07:28 UTC.
- 4) 「超電導リニア」『フリー百科事典ウィキペディア日本語版』. 2015年3月8日(日) 07:04 UTC.
- 5) 「HSST」『フリー百科事典ウィキペディア日本語版』. 2015年3月14日(土) 18:54 UTC.
- 6) 長島 賢. やさしい超電導リニアモーターカーのお話(その2) JR-Maglev の原理. 超電導 Web21 2011; 4月号:21-24.
- 7) 東海旅客鉄道(株):中央新幹線(東京・名古屋間)環境影響評価書 資料編 山梨県, 平成26年8月.
- 8) 森 正人, 酒井佳人. 新型無重力実験塔. ハイテクインフォメーション 1996; No.81:21-22.
- 9) 奥谷 猛, 皆川秀紀, 森 正人. リニアドライブ方式ドロップタワーとドロップチューブ. 日本マイクログラビティ応用学会誌 1998; 15(2):79-85.
- 10) 森 正人. 超電導リニア方式のスペースシャトル発射台構想. 建設機械 1990; 26(1):56-63.
- 11) 宇宙航空研究開発機構ホームページ, 第一宇宙技術部門, 宇宙輸送技術, ロケットの基本, 海外ロケットとの比較.
- 12) 森 正人. 超超高層都市における移送手段. 建築雑誌 1991; Vol.106, No.1320.
- 13) 一般社団法人日本エレベーター協会ホームページ.

**特集 Feature**

磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために

**磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために  
— 教育講演の総括 —**

會田英紀

北海道医療大学歯学部咬合再建補綴学講座

**Strategies for maximizing the attractive force of magnetic attachments:  
Summary of educational symposium**

Hideki Aita

Division of Occlusion and Removable Prosthodontics,  
Health Sciences University of Hokkaido School of Dentistry**要旨**

磁性アタッチメントは、さまざまな技術改良を経て可撤性補綴装置の支台装置に求められる維持力を十分に発揮することが可能になっている。しかしながら、磁石構造体の吸引力はその大きさに依存しているため、必要な吸引力を有する大きさの磁石構造体の適応が難しい症例では、小型でより強力な磁性アタッチメントがもとめられる場合もある。現状では、磁石構造体のさらなる高性能化・小型化を実現させるのは困難なため、現在臨床応用されている磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すためのポイントをおさえた正確な操作が求められる。本教育講演では、①開発メーカー、②歯科技工士、③歯科医師のそれぞれの立場から磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すために必要な基礎知識、技工操作ならびに臨床操作について講演していただくことで、会員一同が情報を共有することを目指した。

**Abstract**

The attractive force of magnetic attachments has been improved up to a sufficient level required for retainers of removable prostheses. A smaller and stronger magnetic attachment is desired for some cases in which attachments are not suitably sized. However, this is a highly challenging mission at the present time. In this situation, precise laboratory and clinical procedures can lead to favorable clinical outcomes. The objective of this educational symposium was to share basic knowledge, laboratory procedures, and clinical procedures that maximize the attractive force of available magnetic attachments. This paper summarizes the educational symposium presented from the perspectives of the manufacturer, the dental technician, and the dentist.

**キーワード**

(Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic attachment), 吸引力 (Attractive force),  
維持力 (Retentive force), 技工術式 (Dental laboratory procedure),  
臨床術式 (Clinical procedure)

## I. はじめに

部分歯列欠損に適応される補綴装置の支台装置として、磁性アタッチメントは他の支台装置にはない多くのアドバンテージを有していることから、現在、臨床で最も多く使用されているアタッチメントとなっている。磁性アタッチメントの最大の特徴である吸引力は、様々な技術改良を経て最大で1,200gfまで向上しているため、各支台歯の負担能力に応じて磁性アタッチメントを選択し、それらを適切に配置することによって、多様な症例において可撤性補綴装置の維持ならびに安定を十分に得ることが可能となった。しかしながら一方で、装着にいたるまでのわずかなエラーにより磁性アタッチメントの吸引力が期待通りに発揮されない場合には、可撤性補綴装置の機能性が著しく低下してしまうことが広く認められている。したがって、磁性アタッチメントを用いる際には、本装置に対する正しい知識と精密な技工操作ならびに臨床操作が不可欠である。

そこで、第24回学術大会の教育講演では、①開発メーカー、②歯科技工士、③歯科医師のそれぞれの立場からご講演いただくことで、磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すための技工操作ならびに臨床操作についての基本的な知識の整理をすると共に、磁性アタッチメント吸引力向上のための技術開発についても情報を共有することを目指した。本稿は、教育講演の全体構成を概説するものである。

## II. 磁性アタッチメント吸引力向上のための試み

菊地 亮 先生には開発メーカーの立場から、磁性アタッチメントの吸引力に影響をおよぼす因子について整理していただいた後に吸引力のさらなる向上による磁石構造体の小型化の可能性についてご講演いただいた。

### 1) 吸引力に影響をおよぼす因子

吸引力を向上させるためには、①吸着面の磁束密度を大きくする、②吸着面の面積を大きくするという2つの方向性が考えられるが、歯科臨床における有用性を鑑みると十分な吸引力を保持したまま小型化することこそが命題であるため、前者へのアプローチが望まれる。

### 2) 吸着面の磁束密度を増加させるための試み

吸着面の磁束密度は、①残留磁束密度 ( $B_r$ )、

②飽和磁束密度 ( $B_s$ )、③磁気回路の影響を受ける。このうち、残留磁束密度は磁石構造体に用いる磁石材料の特性であり、高残留磁束密度材を使用することで吸引力は増大する。しかしながら、高残留磁束密度材は保磁力 ( $H_{c1}$ ) が低いという欠点があり、熱や外部磁場の影響を受けて吸引力が低下してしまう可能性があることから吸引力の長期的安定性の観点から不安要素が残る。次に飽和磁束密度はキーパーに用いる軟磁性材料の特性であり、飽和磁束密度の高い材料を使用することで吸引力は増大する。しかしながら、飽和磁束密度の高い材料は耐食性が劣るため口腔内で使用するためには被覆する必要がある。期待される吸引力を発揮できないことになる。最後に磁気回路に関しては磁石構造体とキーパーの間に閉磁路を形成することで磁束の漏洩を防ぎ磁束密度を高めることができる。現在、国内に流通している磁性アタッチメントの磁気回路設計は、サンドイッチ型とカップヨーク型のいずれかに分類される。このうちサンドイッチ型では小さな吸着面でも高い吸引力が得られやすい反面、吸引力に対して磁石構造体の高径が大きくなる傾向があることが問題となる。一方で、カップヨーク型では磁石構造体の高径を低く抑えることができるものの、必要な吸引力を発揮させるためにはより大きな吸着面が必要となる。吸着面の面積は、磁性アタッチメントが適用される支台歯の断面積やインプラント体の直径に制約を受けるものであり、可撤性補綴装置への磁性アタッチメントの適応をさらに拡大するためには、補綴空隙に柔軟に対応できるように磁石構造体の高径を可及的に小さくすることが命題と考えられる。

### 3) 磁性アタッチメント吸引力を維持するための配慮

メーカーの立場から、①磁石構造体を損傷させない、②磁石構造体とキーパーの間に間隙を生じさせない、③磁石構造体とキーパーを片当たりさせない、④吸着面が面あれした場合には磁性アタッチメントを交換することの4点が確認された。磁性アタッチメントの吸着面は口腔内に暴露されるだけでなく、補綴装置に加わる力が支台歯やインプラント体に伝わる部位でもあることから、前述の磁気特性ならびに耐食性に加えて、耐磨耗性などの機械的性質も考慮しなければならない。この

ように磁性アタッチメント吸引力向上による磁石構造体の小型化に関しては解決すべき課題が残されている。

### Ⅲ. 吸引力を最大限に引き出すための技工操作での注意点

前田祥博先生には歯科技工士の立場から、磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すための技工操作についてご講演いただいた。

#### 1) キーパー付き根面板の製作

磁束の漏洩を可及的に減らすために磁石構造体とキーパーの吸着面の密着度を最大限に高める必要がある。そのためにはキーパー上面部の平面性を損なわずにキーパー付き根面板を製作しなければならない。キーパー付き根面板の製作方法には、鋳接法とキーパーボンディング法（以下、KB法）があり、前者は鋳造後の研磨に際して細心の注意を払う必要があるのに対して、後者は鋳造に伴うキーパーの歪みやキーパー上面部の研磨を行う必要がないため吸着面の平面性を損なうことなく製作することができるという利点がある。さらに両者共にキーパーの設置方向を可及的に可撤性補綴装置の着脱方向に直交するようにサベイヤーを用いてワックスパターン内にキーパーならびにキーパーハウジングパターンを設置することが望ましい。

#### 2) ハウジングの製作

磁石構造体とキーパーの吸着面との間の間隙だけでなく、両者の位置関係に水平的なズレが生じた場合でも磁束の漏洩が生じるため、キーパーに対して磁石構造体を三次元的に正確な位置に合わせることができるハウジングの応用は極めて有効である。ハウジングには、レジンハウジングとメタルハウジングがあり、前者は後者に比べて製作が容易であるがレジンの重合収縮に対する配慮が必要であり、後者は高い堅牢性により磁石構造体を保護することから後述のリライン時にも再利用できるため長期間の使用が可能となる。

#### 3) 義歯へのハウジングの取り付けとリライン

口腔内で磁石構造体を可撤性補綴装置に組み込む臨床操作には細心の注意を払う必要があるが、補綴装置の製作段階においても義歯へのハウジングの取り付けが正確かつ簡便に行えるよう取り付けに使用するレジンが最小限となるようにあら

かじめ調整しておくなどの配慮が必要である。また、リライン時には義歯床から磁石構造体を一度取り外さなければならないことが多いが、ハウジングを介して磁石構造体を義歯に取り付けている場合は、ハウジングごと磁石構造体を撤去することができるため、磁石構造体を損傷させることなく対応できる。

#### 4) 補綴装置の維持力が不足する場合の対応

症例によっては、各支台歯に利用できる最大径の磁性アタッチメントを選択して技工操作に細心の注意を払うことにより吸引力を最大限に引き出したとしても、補綴装置の維持力が不足する可能性がある。そのような場合には、担当歯科医師とも十分に相談した上で、支台装置の把持性を高めたり、歯冠外アタッチメントあるいは歯根外アタッチメントとして磁性アタッチメントを追加するなどの対応をしている。

### Ⅳ. 吸引力を最大限に引き出すための臨床操作での注意点

梅川義忠先生には歯科医師の立場から、磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すための臨床操作を中心にご講演いただいた。

#### 1) 傾斜した支台歯への対応

磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すという観点からは、吸着面を可撤性補綴装置の着脱方向に直交させることが肝要であり、模型実験の結果からキーパー吸着面が15度傾斜すると吸引力が1割程度低下することがわかっている。一方で、支台歯保護の観点からは傾斜方向の配置が有利であるという考えもある。

#### 2) クリアランスが不足している場合の対応

一般的には、より高径の小さい小型の磁性アタッチメントを選択せざるを得ないと考えられているが、キーパーの装着方法を工夫することにより従来のものよりも高径の低いキーパー付き根面板を製作（インベストスペーサー法）できるため、適切な磁石構造体を使用するためのクリアランスを確保することが可能となる。また、現状では既製キーパーに比べて吸着力が劣るものの鋳造用磁性合金を用いて根面板を製作することは補綴装置設計の自由度が増すという点で有用であると考えられる。

#### 3) 歯根断面積が小さい場合の対応

磁性アタッチメントの吸引力は、磁石構造体の体積ならびに吸着面の面積に概ね比例している(図1, 2)。しかしながら、径の小さなキーパーに対して吸着面のより大きな磁石構造体を組み合わせることで吸引力の増大をはかってみても、実際には漏洩磁場が増加し、吸引力は低下することがわかっている。

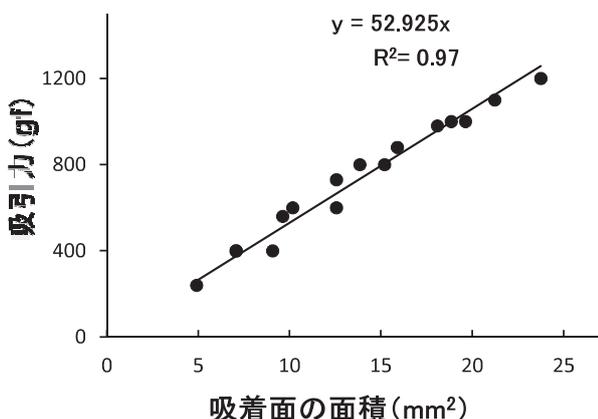


図1. 市販の各種磁性アタッチメントの吸引力と吸着面の面積

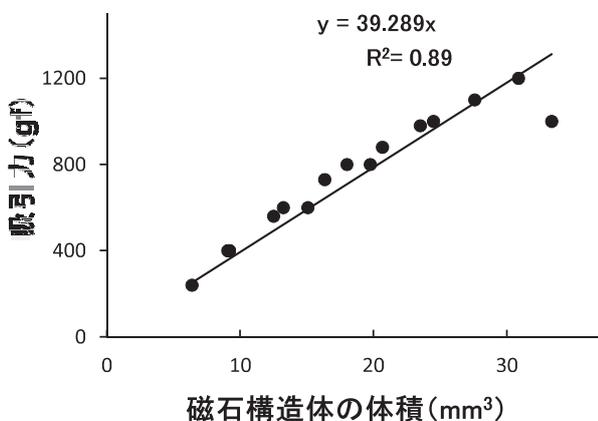


図2. 市販の各種磁性アタッチメントの吸引力と磁石構造体の体積

4) 常温重合レジンを用いた磁石構造体の装着

口腔内で磁石構造体を可撤性補綴装置に装着する際に常温重合レジンを用いることが多いが、その際にレジン硬化時の重合収縮により磁石構造体とキーパーの密着度が低下することにより、磁性アタッチメントの吸引力が低下すると考えられている。模型実験の結果より、装着に使用するレジンの量が増加するほど吸引力が低下することが確認されており、吸引力の小さな磁性アタッチメン

トほどその影響を受けやすい。

5) 磁性アタッチメントの配置

機能時における可撤性補綴装置の安定をはかる上では、咬合に対する配慮が不可欠であるが、同様に磁性アタッチメントの適切な配置についても配慮が必要である。特に非作業側に設置された磁性アタッチメントは可撤性補綴装置の転覆防止に有効であることから、補綴装置の設計の原則に則り、各磁性アタッチメントを結んだ仮想線によって構成される多角形が可及的に広い面積をもつような配置が望ましい。

6) 経年変化による吸引力の低下

口腔内にて一定期間機能した後に抜去されたキーパー表面には、面粗れならびにうねりが生じていた。また、それに伴い磁性アタッチメントの吸引力低下が認められた。このような場合には、キーパーを交換することが望ましいが、撤去できない場合には、口腔内で研磨する方法も吸引力の回復に有効である。

V. おわりに

安静時ならびに機能時における可撤性補綴装置の維持・安定は、歯列欠損患者にとっての最大の関心事のひとつである。可撤性補綴装置に求められる維持力についてのエビデンスを整理してみると、粘着性の高い食物が義歯を離脱させる力は500gf以下であり<sup>1,2)</sup>、引き抜き力に対する支台歯1歯当たりの生理的な負担能力は500~1,000gfであると報告されていることより<sup>3,4)</sup>、可撤性補綴装置全体として必要な維持力は700~1,000gf程度であると考えられている<sup>3,5,6)</sup>。したがって、現在臨床応用されている磁性アタッチメントは最大で1,200gfまで吸引力が向上しているため、既に必要十分な吸引力を有していると考えられる。しかしながら、磁石構造体の吸引力はその大きさに比例しているため、必要な吸引力を有する大きさの磁石構造体を選択することが難しい症例では、小型でより強力な磁性アタッチメントがもためられる。

本教育講演のテーマは「磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために」であったため、磁石構造体の吸引力をさらに向上させるための新規磁性体の開発や構造設計の最適化といった議論を期待された会員も多かったかも知れないが、磁石構

造体のさらなる高性能化・小型化を実現させるためには解決すべき課題が多い。現状では、磁性アタッチメントの特性を正しく理解して用いることによって、それぞれの磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すことが最も重要であると考えられる。本教育講演の解説論文が磁性アタッチメントを用いた補綴臨床のさらなる普及と発展に寄与することを期待する。

### 参考文献

- 1) Uhlig H. Artikulationslehre oder Prothesenlageranalyse. Dtsch Zahnärztl 1959; 14: 108.
- 2) Kraft E. Die Frontzahnkrone als Einzelkrone und Brückenanker-Planung, Indikation, Grenzen, Materialfragen. Dtsch Zahnärztl 1967; 22: 1113.
- 3) 長沢 亨, 久保雅彦, 前野信夫, 山科 透, 津留宏道. 各種アタッチメントにおける維持力の減衰に関する実験的研究. 広大歯誌 1978; 10: 63-69.
- 4) Spiekermann H, Gründer H (三谷春保, 虫本栄子). Die Modellguß-Prothese-Einleitfaden für Zahnarzt und Zahntechniker (ワンピースキャストパーシャルーその臨床と技工. 東京: クインテッセンス出版; 1978, 86), 1977.
- 5) 田中貴信. 磁性アタッチメントー磁石を利用した新しい補綴治療. 東京: 医歯薬出版; 1992, 33.
- 6) 足立敏行, 林 尚史, 武藤晋也, 安井雄一. 今、チェアサイド & ラボサイドで再考するリジッドデンチャーデザインング この欠損に、この設計 4th Lesson リジッドデンチャーにおけるアタッチメント応用の諸特徴および維持力. 歯科技工 2007; 35: 479-491.



特集 Feature  
磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために

磁性アタッチメント吸引力向上のための試み

菊地 亮

NEOMAXエンジニアリング株式会社

Simulation to increase the retentive force of dental magnetic attachments

Akira Kikuchi

NEOMAX Engineering Co., Ltd.

要旨

歯科用磁性アタッチメントが上市され20年余り経ち、使用される永久磁石材料の変化などにより吸引力が向上したが、近年はより吸引力の大きな磁性アタッチメントは現れていない。歯科用磁性アタッチメントの吸引力向上のためには、どのような磁気回路、永久磁石材料、軟磁性材料を選択するか、磁気回路の最適化が必要となる。本稿では、それらをどのような方向に進めることにより吸引力の向上が図れるかについて解説する。また、吸引力を向上させうる材料は、高磁場や高温下での熱減磁や、低耐食性のリスクが大きく、使用上問題がある。吸引力の向上のためには、これらリスクを回避することのできる永久磁石材料や軟磁性材料の開発が待たれる。

Abstract

Dental magnetic attachments have been used in the market for more than 20 years. Retentive forces have been increased with high-performance permanent magnets, but they have not been further increased for several years. It is needed to increase the retentive force that what kinds of magnetic circuit, permanent magnet materials, and soft magnetic materials are chosen and to design the suitable magnetic circuit. This paper explains how to increase the retentive force by choosing the proper materials and designing the suitable magnetic circuit. It also discusses the risks of heat demagnetization at high magnetic fields and high temperatures and low anti-corrosion properties with these materials. Additionally, it looks forward to the development of new permanent magnetic materials and soft magnetic materials without those risks.

キーワード (Key words)

歯科用磁性アタッチメント (Dental Magnetic Attachment), 吸引力 (Retentive Force),  
ネオジム磁石 (Neodymium Magnet), 高 Br (High Br), 軟磁性材料 (Soft Magnetic Material)

## 1. はじめに

日本国産の歯科用磁性アタッチメント（以下、磁性アタッチメントという）は1990年代初期に上市され、20年余りの歳月が経っている。磁性アタッチメントの Dental Magnetic Appliance 研究会における研究や、初期の製品には永久磁石とした Sm-Co 系希土類磁石が採用されていたが、その残留磁束密度（以下、Br という）は 1.1T と低い。そのため、現在のものと比較して大きく、吸引力も小さいものであった。その後、Nd-Fe-B 系希土類磁石（以下、Nd 磁石という）が採用され、吸引力は格段に向上した。しかし、その後10年以上吸引力の向上は見られていない。本稿では、磁性アタッチメントの磁気回路についてのおさらいをするとともに、磁性アタッチメントの吸引力を向上させるため、磁気回路からどのような方法が考えられるか、またその方法により吸引力を向上させた場合のリスクについて考察する。

## 2. 磁性アタッチメントの磁気回路

磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために、まず磁性アタッチメントの構造についておさらいをしたい。

### (1) 開磁気回路と閉磁気回路

具体的な磁気回路について考察する前に、磁性アタッチメントで用いられている磁気回路について説明する。磁性アタッチメントの磁気回路は、図1に示す開磁気回路と図2に示す閉磁気回路に大別される。これらの磁気回路は、ISO13017<sup>1)</sup>において定義されているものである。

#### (a) 開磁気回路

この磁気回路（図1）は、永久磁石を非磁性金属で包んだ磁石構造体と磁性金属からなるキーパーの組合せ、あるいは永久磁石を非磁性金属で包んだ2つの磁石構造体の組合せからできている。このような磁気回路は、図3に示すような周りに磁性金属が存在しない磁石と等価と考えることができる。Nから磁石外に放出される磁束は、際限なく広がり、それがSに集まり磁石内に戻る状態となっている。この状態では、磁極を通る磁束を十分に収束できないため磁石の能力を効率よく引き出すことができず、大きな吸引力は得られない。

#### (b) 閉磁気回路

この磁気回路（図2）は、永久磁石の両極に磁

性金属を配置した磁石構造体と、磁性金属からなるキーパーの組合せとなっている。これらの磁気回路は、図4に示すような磁石の周りを磁性金属で取り囲んだ場合と等価であると考えられる。N極から放出される磁束は、磁性金属の内部を通りS極に戻る状態となっており、磁極を通る磁束を十分に収束することができるため磁石の能力を効率よく利用でき、大きな吸引力が得られる。図2(a)に示した磁気回路の磁性アタッチメントは、その構造からサンドイッチ型と図2(b)はカップヨーク型と呼ばれている。閉磁気回路型の磁性アタッチメントにはこれらの他にも異なる構造のものがこれまでも研究がなされてきたが、国内メーカーはサンドイッチ型あるいはカップヨーク

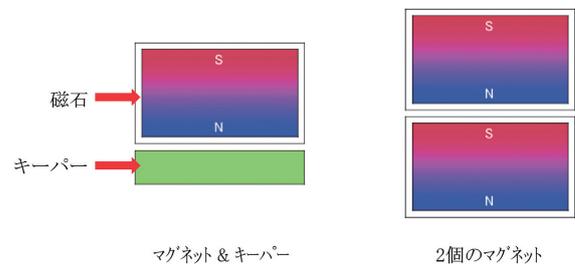


図1. 磁性アタッチメントの開磁気回路

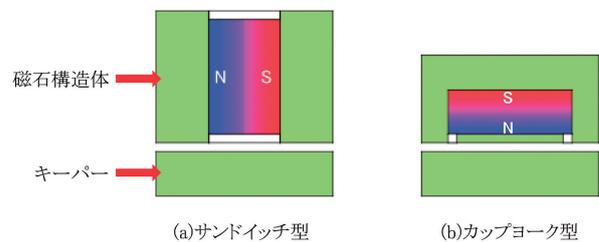


図2. 磁性アタッチメントの閉磁気回路

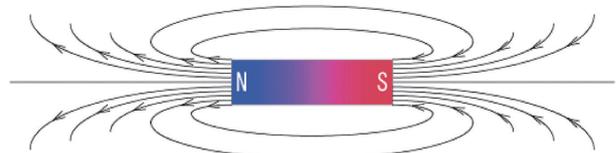


図3. 開磁気回路

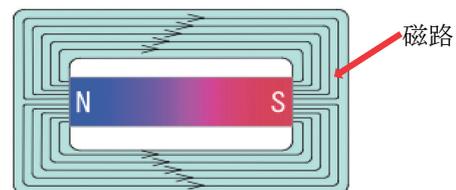


図4. 閉磁気回路

型の磁気回路を採用しており、弊社では後者を採用している。

(2) 国内メーカーの磁性アタッチメント磁気回路  
(a) サンドイッチ型

このタイプの磁性アタッチメントは以下の特徴がある。

- ①小さい吸着面でも高い吸引力が得られやすい。
- ②歯根の長径、短径に合わせた断面形状にしやすい。
- ③吸着面以外の3方向にも磁性体が吸着される。
- ④吸引力に対し磁石構造体厚さが大きくなる傾向がある。

サンドイッチ型の磁石構造体は、図2(a)に示されるように永久磁石の両極にフェライト系ステンレス鋼からなるヨークが配置されている。磁石構造体にキーパーが吸着した状態では、磁束が一方のヨークからキーパーを経由して他方のヨークに流入する構造となっており、ヨークに接する永久磁石の磁極面積や磁石構造体厚さを高くすることにより、比較的容易にヨーク吸着部の磁束密度を高めることができる。また、吸着面の形状はヨークの吸着面形状を変えることにより、円形から楕円形あるいは四角形とすることができるため、特に前歯部のように楕円形に近い歯根の形体に近い吸着面の断面形状にしやすい。

サンドイッチ型では、その構造から吸着面以外の3面にも磁性体を吸着することができる。そのため、キーパーが吸着された状態でも、それらの面に磁性体が近づくと磁石構造体との間に磁気回路が構成され吸着する可能性がある。義歯の設計にあたっては、この部分に磁性体が近づかないような配慮をする必要がある。一方、この性質を利用して磁石構造体の2面を吸着面とした歯冠外磁性アタッチメントも提案されている。

(b) カップヨーク型

このタイプの磁性アタッチメントは以下の特徴がある。

- ①磁石構造体の厚さを低く抑えることができる。
- ②吸着面以外には磁性体がほとんど吸着しない。
- ③吸着面断面積が大きくなる傾向にある。
- ④歯根形体と吸着面断面形状が異なっている。

カップヨーク型の磁石構造体は、図2(b)に示されるようにカップ状ヨークの内部に永久磁石を配置し、ディスク状のヨークにより蓋がされた構

造となっており、磁石構造体にキーパーが吸着した状態では、磁束はディスク状ヨークからキーパーを通り、カップヨーク吸着面に導かれる。このタイプの磁石構造体において吸引力を高くするには、永久磁石の断面積を大きくする必要があり、吸引力が高いほど磁石構造体の吸着面断面積が大きくなる。一方、サンドイッチ型のように永久磁石を磁石構造体の厚さ方向に大きくする必要が無く、磁石構造体の厚さを抑えることができる。また、永久磁石がカップヨークで囲われているため、吸着面以外の部分に磁性体が近づいても吸引力はほとんど働かない。

カップヨーク型は円形の断面形状であり、特に前歯部のように楕円に近い歯根形体と基本的には異なっている。しかし、なかには磁石構造体の側面をカットし歯根形体に近づけたものもある。

現在国内に流通している磁性アタッチメントには、上記のサンドイッチ型、カップヨーク型があるが、その特徴を理解して症例に有った吸引力、サイズおよび形体の磁性アタッチメントを選択することが重要であると考えられる。

### 3. 吸引力を向上させるためには

カップヨーク型、サンドイッチ型のいずれにおいても吸引力を高くするためには永久磁石の断面積を大きくしてヨークの吸着面を通る磁束量を増やす必要がある。

式(1)は吸引力Fの近似式を示している。

$$F = C * B^2 * S \quad (1)$$

C: 定数, B: 吸着面磁束密度,

S: 吸着面断面積

この式から、吸引力を向上させるには次の2つの方法が考えられる。

- ①吸着面の磁束密度を大きくする
- ②吸着面の面積を大きくする

しかし、磁性アタッチメントの特性として、吸着面面積を変えずに吸引力の向上を指向することが求められており、②の方法はこの方向に反することとなる。そのため、いかに吸着面の磁束密度を高くするかが磁性アタッチメントの吸引力を向上させるに求められる方法となる。この方法により吸引力を向上させるためには、以下の手段が考えられる。

- ①残留磁束密度  $B_r$  が高い永久磁石を用いる



表3. 永久磁石, 軟磁性材料の組合せによる吸引力

永久磁石	軟磁性材料	吸引力 (N)
NMX-S49CH	SUSXM27	5.0
	SS400	6.0
NMX-S52		6.9

S49CH を用いた場合のシミュレーションによる磁束密度分布を図7に示す. ヨーク材質として一般構造用鋼であるSS400を用いるとディスクヨーク外周部とカップヨーク外周部の磁束密度が大きくなっている. SUSXM27およびSS400をヨーク材として用いた場合, それぞれの吸引力は5.0Nと6.2Nであり, 高飽和磁化材料を用いることにより吸引力を向上させることがわかる.

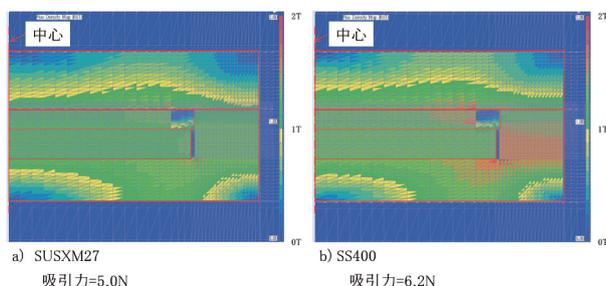


図7. 磁場解析結果

表3に永久磁石材料としてNMX-S49CH, NMX-S52, ヨーク材質としてSUSXM27, SS400を用いた場合の各組み合わせにおける吸引力の値を示す. NMX-S49CHとSUSXM27の組合せ, NMX-S52とSS400の組合せを比較すると吸引力は5.0Nと6.9Nであり, 吸引力を約40%向上させることが可能である.

吸引力を向上させるためには, 上述のように $B_r$ と $B_s$ の大きい材料を選択することにより実現は可能である. しかし,  $B_r$ が大きい永久磁石材料の場合, 保持力が小さくなるため熱減磁しやすく,  $B_s$ が大きい軟磁性材料の場合, 一般に鉄の含有量が多く,  $Cr$ のような耐食性を向上させる成分の含有量が少ないことから, 耐食性が劣っており口腔内での使用ができない欠点がある. 吸引力を向上させた磁性アタッチメントを提供するには耐食性に優れ,  $B_s$ が大きい軟磁性材料を見出すことが必要となる.

上述のように磁性アタッチメントの吸引力を大きくするためには, 使用する永久磁石材料, 軟磁

性材料の高性能化が必要となってくるが, それには今後の材料開発が待たれるところである.

#### 4. 吸引力の低下原因

磁性アタッチメントの吸引力は, 限定された大きさ, 使用できる永久磁石材料および軟磁性材料において, 使用条件を考慮した中で極力大きな値が得られるよう設計, 製造されている. しかし, 口腔内においてその吸引力を十分に発揮しただけ長期間それを維持させるには, 症例にあった(1) 義歯の設計, (2) 正しい磁性アタッチメントの装着, (3) 磁力を低下させない磁性アタッチメントの取り扱いが必要となる. (1), (2) については, これまでも数多くの症例報告, 研究報告がなされている. (3) については, 磁力低下による吸引力の低下を防止するために強磁場や高温にさらされないようにすることが取り扱い上の注意事項としてメーカー側から提供させていただいているのみであった.

本節では, 磁性アタッチメントが強磁場や高温にさらされた場合, なぜ磁力が低下するかについて説明したい.

##### (1) 減磁曲線

図8は磁性材料のヒステリシス曲線を示している. 磁化されていない永久磁石材料に外部磁場を加えると, 外部磁場を取り除いても磁束密度は0に戻らず, 磁場の強さおよび方向を変えた場合, ヒステリシスループを描くようになる. 減磁曲線は, このヒステリシス曲線の第2象限を表したもので, 破線はB-H曲線, 実線はJ-H曲線と呼ばれる. B-H曲線は, 永久磁石内の磁束密度と磁場の関係を示す曲線であり, J-H曲線は磁気分極と磁場の関係を示す曲線である.

減磁曲線の原点から斜めにひかれた直線と, B-H曲線との交点は永久磁石を用いた磁気回路の動作点と呼ばれ, その時の磁束密度 $B_i$ と外部磁場の強さ $H_i$ との比( $B_i/H_i$ )をパーミアンス係数 $P_c$ と呼ぶ.

また、B-H曲線と横軸との交点を保磁力  $H_{cb}$ 、J-H曲線と横軸との交点を固有保磁力  $H_{cj}$  と呼ぶ。

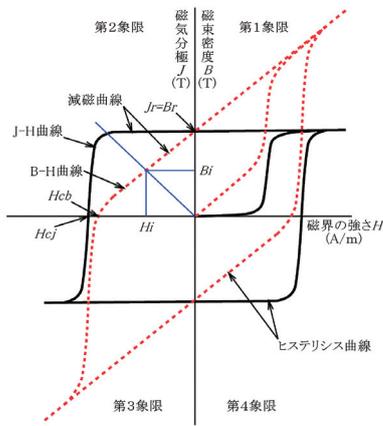


図8. 磁性材料のヒステリシス曲線

(2) 磁性アタッチメントが強磁場にさらされた場合

磁性アタッチメントが強磁場にさらされる機会は、MRI装置による画像診断がほとんどである。MRI装置は永久磁石や電磁石（一般に超伝導磁石）により撮像対象空間に平行磁場を発生させるが、その磁場の強さは0.2~3T程度が一般的である。このように外部磁場が磁性アタッチメントに作用する場合の、吸引力の低下について減磁曲線を用いて説明する。

図9の減磁曲線において、磁石構造体内部の磁石（以下、磁石という）の動作点をa点とする。a点からJ-H曲線に垂線を引き交点をbとする。外部から磁力Bが加わった場合、磁石の磁力bは、Bから直線O-bに平行な直線をJ-H曲線に引いた交点cに移動する。点cはJ-H曲線の屈曲部より低磁場側にあり、外部磁場を取り除いた場合、J-H曲線上をbに戻するため、磁石の磁束密度は低下せず吸引力の低下も起きない。

一方、図10の減磁曲線において、磁性アタッチメントに印加される外部磁場の強さがCの場合、CからJ-H曲線に直線O-bに平行な直線を引いた時の交点cは、J-H曲線の屈曲点より高磁場側に移動する。次に外部磁場を取り除くと、J-H曲線に平行に移動し直線O-b上の点b'に移動する。点b'から直線O-aに垂線を引いた交点a'が、外部磁場を取り除いた後の磁石の磁束密度となる。すなわち、外部磁場を印加する前の磁束密

度  $B_a$  が、外部磁場Cを印加されることにより  $B_{a'}$  まで低下する。このように外部磁場により磁石の磁束密度が低下し、吸引力が低下する。

磁性アタッチメントに印加される磁場の強さがCより更に大きくなると、 $B_{a'}$ は更に小さくなり、より磁力低下を招き、場合によっては、磁化の向きが反転することも生ずる。

磁性アタッチメントに作用するMRI装置の磁場が小さい場合磁力の低下は起きないが、永久磁石や磁性ステンレスには磁束が集中し、その周りの磁場のゆがみはキーパー単体の場合より大きくなる。より正確なMRI診断のため、磁石構造体を装着した義歯は取り外してMRI装置の近くには置かないことが必要となる。

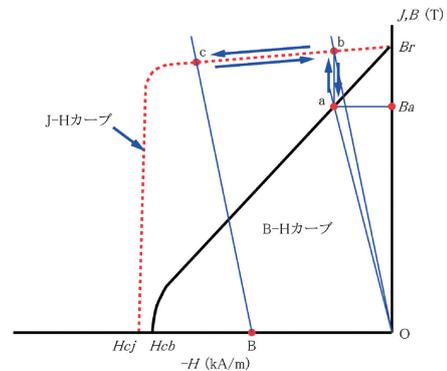


図9. 外部磁場による磁束密度の変化

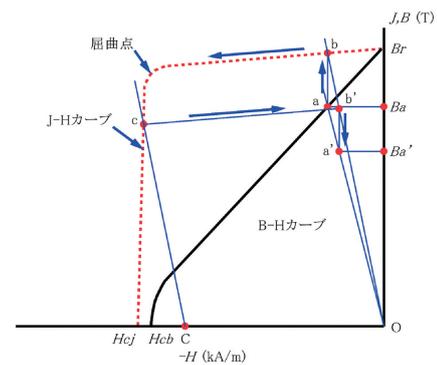


図10. 外部磁場による磁束密度の変化

(3) 磁性アタッチメントが高温にさらされた場合  
永久磁石は温度が上昇すると磁力が低下し、下降するとそれが回復する特性を持っている。図11はこれを模式的に示したB-H曲線である。この図を用いて磁性アタッチメントが高温に曝された場合の吸引力低下について説明する。室温（298 K）における磁石の動作点をa点とする。この点

と原点を結ぶ直線上に置いて、体温（310K）および高温滅菌器の温度（423K）でのB-H曲線との交点をそれぞれb点、c点とする。

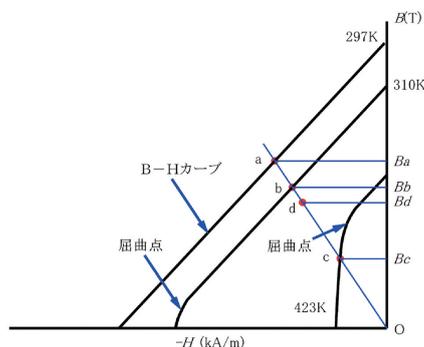


図11. 高温における磁束密度の低下

磁石の温度が室温と体温の間で温度変化した場合、室温および体温のB-H曲線は減磁曲線の範囲内で直線であり、a点およびb点はその直線上にある。磁石の温度が室温から体温に上昇することにより、磁束密度はBa点からBb点の磁束密度まで永久磁石の特性上僅かな磁力低下を示すが、室温に戻るとa点に回復し温度上昇、下降の前後では磁束密度に変化は生じない。

一方室温から高温滅菌器温度まで磁石の温度を上昇させると、磁石の磁束密度はBc点となる。c点はB-H曲線の屈曲点より高磁場側にあり、c点にある磁石を室温に戻すとその温度でのB-H曲線のd点となる。この時の磁束密度Bdはa点の磁束密度Baより小さく、その差分(Ba-Bd)だけ磁束密度が低下し、吸引力も低下する。

上記のように、磁性アタッチメントの外部磁場

や温度に対する特性は、磁性アタッチメントに用いられる永久磁石の特性に影響されることがわかる。外部磁場や温度の影響を受けにくくするためには、固有保磁力  $H_{cj}$  が大きい永久磁石を用いることが解決策の一つとして考えられるが、固有保磁力  $H_{cj}$  が大きい永久磁石は残留磁束密度  $B_r$  が小さくなる傾向にあり3章で述べた吸引力向上のために高  $B_r$  材料を用いることに反する。現状の磁性アタッチメントでは相反するこれらの特性のどこで折り合いをつけるかが問題となる。

## 5. まとめ

磁性アタッチメントの吸引力を向上させるには、①磁気回路の選択、②使用する永久磁石、軟磁性材料の選択、③本稿では説明を省かせていただいた磁気回路の最適化についての検討を行い、吸着面の磁束密度を大きくする必要がある。一方、吸引力を大きくすることが可能となる材料は、①高温、外部高磁場における減磁、②軟磁性材料の耐食性低下といったリスクが存在する。国内各社の磁性アタッチメントはこれらをバランスさせ、それぞれの製品でのパフォーマンスを最大限に引き出していると考えられる。

今後、更なる材料開発が進み、高  $B_r$ 、高  $H_{cj}$  の永久磁石材料、高  $B_s$ 、高耐食性軟磁性材料が提供されることに期待している。

## 6. 参考文献

- 1) ISO13017 : 2012 Dentistry - Magnetic Attachment



特集 Feature  
磁性アタッチメントの吸引力を向上させるために

『磁性アタッチメントの吸引力を引き出すために – 歯科技工士の立場から –』

前田祥博

鶴見大学歯学部歯科技工研修科

Maximizing the retentive force of magnetic attachments  
: From a dental technician's perspective

Yoshihiro Maeda

Dental Technician Training Institute, Tsurumi University School of Dental Medicine

## 要旨

わが国では磁性アタッチメントがオーバーデンチャーの支台装置として臨床応用されてから約20年が経過している。その間、基礎研究や臨床例が報告され、適切に臨床応用されていく一方で、吸引力が足りないなどの問題点もよく指摘される。

磁性アタッチメントは磁石構造体とキーパーを適切な位置に取り付けることで吸引力を発揮するため、本学では磁石構造体とキーパーを適切な位置で義歯に取り付けることができる自家製ハウジングの使用を提唱してきた。本稿では磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すためのキーパー付き根面板と自家製ハウジングの製作術式の詳細について、また、根面の大きさから使用する磁性アタッチメントに必要な吸引力が得られない場合に、キーパー付き根面板に把持効果を与えたり、磁性アタッチメントを追加することで維持の増大を図った、このような技工の対応についても紹介する。

## Abstract

It has been approximately 20 years since magnetic attachments were first used clinically as stud attachments for overdentures. Basic research and clinical cases have been previously reported; however, improvements have been made, and attachments are now being used more appropriately in the clinical environment. However, problems still remain, such as insufficient retentive forces.

Magnetic attachments exert appropriate retentive forces when the magnetic assemblies and keepers are correctly positioned. In our university, we have fabricated a novel housing that ensures correct placement of the magnetic assembly on the keeper. In this paper, we describe in detail how a root cap with a keeper coping and the novel housing that we fabricated help to maximize the retentive force of the magnetic attachment. Also, we explain various techniques for increasing the retention when adequate retentive force cannot be obtained with the magnetic attachment. Retention could be improved by applying a bracing effect to the root cap with the keeper coping or by adding a magnetic attachment.

## キーワード (Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic Attachment), 磁石構造体 (Magnetic Assembly),  
キーパー (Keeper), ハウジング (Housing)

## I. はじめに

わが国では磁性アタッチメントがオーバーデンチャーの支台装置として臨床応用されてから約20年が経過している<sup>1)</sup>。その間、基礎研究や臨床例が報告され、適切に臨床応用されていく一方で、吸引力が足りないなどの問題点もよく指摘される。磁性アタッチメントは磁石構造体とキーパーを適切な位置に取り付けることで吸引力を発揮するため、本学では磁石構造体とキーパーを適切な位置で義歯に取り付けることができる自家製ハウジングの使用を提唱してきた<sup>2,3)</sup>。

磁性アタッチメントの義歯を成功に導くために、①磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すための歯科技工上の工夫、②可撤性補綴装置の設計（製作）上、必要な吸引力をもった磁性アタッチメントが使用できない場合の対応、③歯科技工士の立場から磁性アタッチメントの吸引力をさらに向上させることで恩恵があるのかという3つの課題について考えた。

本稿ではこれらの課題に対応するための、磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すキーパー付き根面板と自家製ハウジングの製作術式の詳細について、また、根面の大きさから使用する磁性アタッチメントに必要な吸引力が得られない場合に、キーパー付き根面板に把持効果を与えたり、磁性アタッチメントを追加することで維持の増大を図った。このような技工についても紹介する。

## II. 技工術式

### 1. キーパー付き根面板の製作

#### 1) 鋳接法

鋳接法用には磁石構造体と維持棒がついたキーパーがセットで販売されている（図1-a）。図1-bは鋳接法によって製作されたキーパー付き根面板である。

パターン採得時にサベヤーを用いてキーパーを模型上の根面部に設置するが、専用のキーパーセッター（ニッシン）では径が小さいためにキーパーの設置時にうまく固定できない。そこでレジンディスクを保持するミニマンドレールの平面加工を利用し、ねじ穴にユーティリティーワックスを詰めてキーパーを固定している。直径があるためキーパーが安定し、設定した平面で設置することがで

きる（図2-a）。

パターン採得は図2-bのように、サベヤーで設定した平面で忠実に研磨できるようにするため、キーパー上面がワックスの上面よりも若干凸になるように仕上げる。図3-aの矢印で示す部位はキーパーを出来るだけ低く設定したためにキーパー底面が模型と接触しているため鋳込まれていないのが分かる<sup>4)</sup>。ポスト部の強度も考慮して根面形成を担当医と相談することが大切である。鋳接法での酸化膜除去は、酸処理を行うとキーパーと鋳接した金属との隙間腐食がおこるため<sup>5,6)</sup>、酸化膜の除去はサンドブラストを使用する。キーパー上面部の研磨の平面性は吸引力に影響するのできわめて重要である。図3-bのようにレジン製のジグを製作して研磨面を拡大させ、耐水ペーパーの600番から2000番へと同時に複数の研磨を行う（図3-c）。さらにジグを装着したままバフ研磨まで行い（図3-d,e）、キーパー上面部の研磨を終了させてから軸面部の研磨を行い完成する。

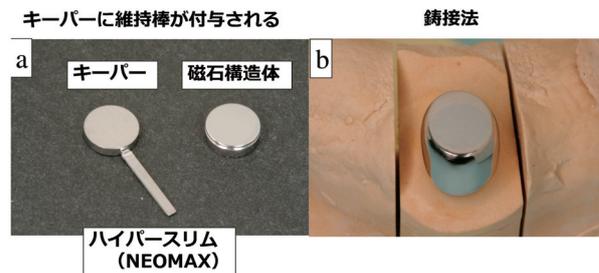


図1. 鋳接法  
a: ハイパースリム (NEOMAX)  
b: 鋳接法により製作されたキーパー付き根面板

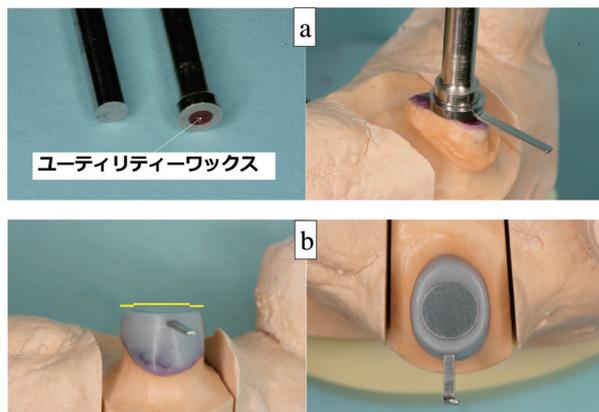


図2. ミニマンドレールを使用したパターン採得  
a: ミニマンドレール  
b: キーパー上部を凸に仕上げたパターン採得

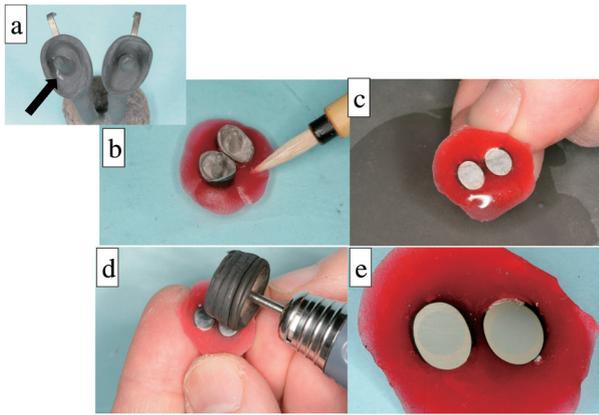


図3. パターン採得時の注意点とキーパー上部の研磨  
 a : 铸造後のパターン内面観  
 b : パターンレジンによるジグの製作  
 c : 600~2000番の耐水ペーパーによる研磨  
 d : ジグを装着したままのバフ研磨  
 e : バフ研磨終了

## 2) キーパーボンディング法 (KB法)

キーパーボンディング法<sup>7)</sup> (以下KB法) はキーパー上面部の平面精度を損なうことなく製作できるのが最大の特長である。図4-a,bはフィジオマグネット(ニッシン) (以下PM) とKB法により製作されたキーパー付き根面板である。パターン採得は鑄接法と同様にミニマンドレールとユーティリティーワックスで設置してパターン採得を行う。ハウジングパターン内にユーティリティーワックスが残っていないことを確認する (図5-a)。研磨は鑄接法とは異なり、軸面部の仕上げ研磨までとし、根面板上部の研磨は行わない (図5-b)。根面板上部の研磨は、超精密仕上げ用フィルム4000番 (3M) をガラス練板に貼付し、機械油を滴下して一方向に最小限の研磨量で行う (図5-c,d)。吸着面をテープでマスキングし、キーパーハウジング部とキーパーの合着面にサンドブラスト処理とプライマー処理を行い、図6-a~cのように磁石構造体とキーパーでカバーガラスを挟みハウジング内に接着性レジンセメントを盛り上げ、光照射して合着する。カバーガラスを用いることで、セメント層が滑沢に仕上がる。また、キーパー上面部に迷入した余剰なセメントを竹串で除去する (図6-d)。

KB法の利点はキーパーの吸着面が工場出荷状態のままなので、研磨による平面精度が失われない<sup>7)</sup>。鑄接法は、キーパーを低く設置でき、大きいサイズが選択できることが特徴である<sup>4)</sup>。平面

精度を損なわずに製作することが吸引力を最大限に引き出す第一歩であると考えられる。

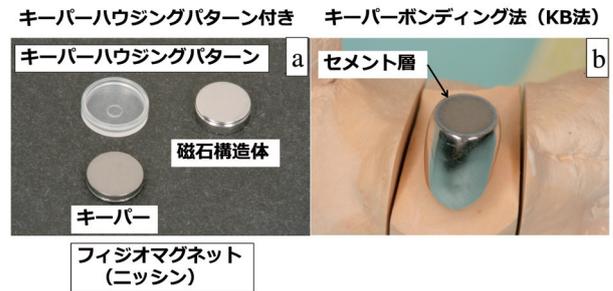


図4. キーパーボンディング法 (KB法)  
 a : フィジオマグネット (ニッシン)  
 b : KB法により製作されたキーパー付き根面板

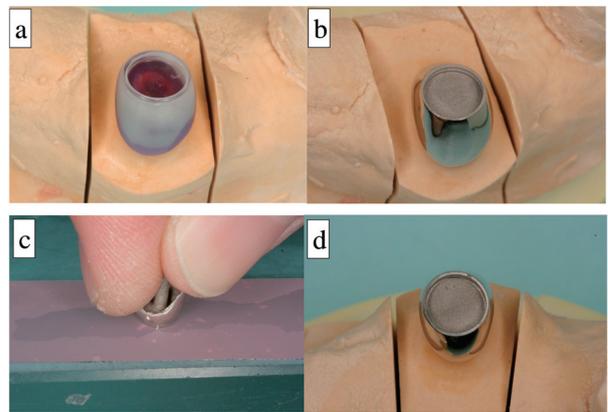


図5. パターン採得と研磨  
 a : キーパーハウジングパターンが設置されたワックスパターン  
 b : 根面板軸面部のみ仕上げ研磨  
 c : 超精密仕上げ用フィルム4000番 (3M)  
 d : 根面板上部の研磨終了

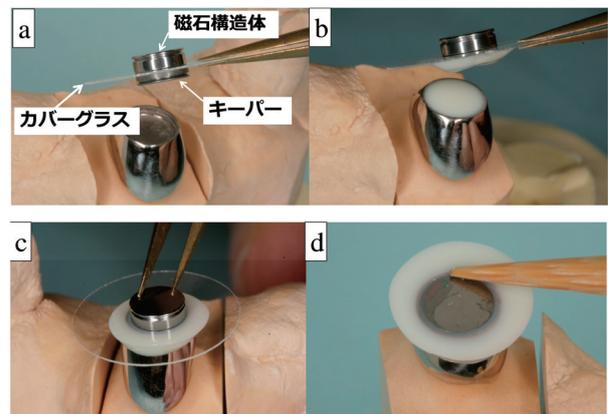


図6. カバーガラスを用いたキーパーの合着  
 a : 磁石構造体とキーパーでカバーガラスを挟む  
 b : 接着性レジンセメントの築盛  
 c : セメント層が滑沢に仕上がる  
 d : 迷入したセメントのバリ取り

## 2. ハウジングの製作

ハウジングの役割は、義歯の取り付け時に磁石構造体の位置ずれや多量の常温重合レジンを使用するために生ずる吸着面へのレジンの迷入や収縮によるエアギャップを防止することである。最大限の吸引力を発揮させるために、ハウジングを製作して磁石構造体とキーパーを三次元的に正確に位置付けてから義歯への取り付けを行う。また、口腔内での磁石構造体の義歯床への固定は最もストレスフルな臨床操作といわれており、ハウジングの使用は術者の負担軽減にも大きく寄与する。

### 1) レジンハウジング

根面板軸面部にワセリンなどの分離剤を塗布したキーパー付き根面板に、接着処理が施された磁石構造体を非磁性のピンセットを用いて所定の位置に設置する。常温重合レジン軸面部に築盛り、荷重をかけた状態で硬化させ、厚さ約0.5mmに調整し製作する (図7-a~d)。

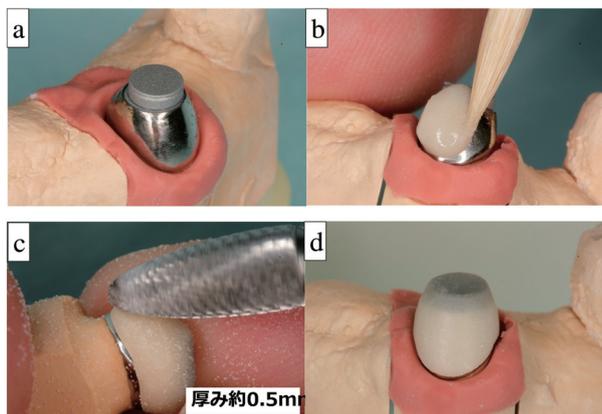


図7. レジンハウジングの製作  
 a : 磁石構造体を所定の位置に設置する  
 b : 常温重合レジン築盛り  
 c : 厚さ約0.5mmに調整  
 d : レジンハウジングの完成

### 2) メタルハウジング

ハウジング部をメタルにすることにより堅牢性が高まり、磁石構造体を保護し、長期使用を可能にする。また、リライン時にも再利用しやすいことが特長である。メタルハウジングの製作は、磁石構造体を所定の位置に設置し、セメント層として磁石構造体の軸面にワックスを一層塗布し、エステニア C&B (クラレノリタケデンタル) 付属の分離剤 CR セップⅢ (クラレノリタケデンタル) の塗布する。図8-a のパターンレジン

を築盛し、変形させないように、厚さ約0.4mmに調整し、リテンションビーズⅡSS (ジーシー) を付与する (図8-b)。埋没、鋳造後、酸化膜を除去し、適合の確認と内面の研磨を行う (図8-c,d)。磁石構造体とメタルハウジングをキーパー付き根面板の所定の位置に設置し、プライマー処理を行う (図9-a)。コンポジットレジンセメントパナビア F2.0 (クラレノリタケデンタル) を一方行から気泡が入らないように注入し、光照射を行い合着する (図9-b,c)。必要があればオペーク処理を施し完成する (図9-d)。図10にメタルハウジングとレジンハウジングの内面観を示す。

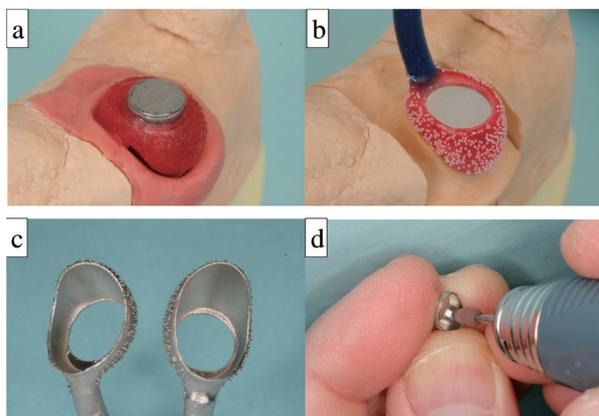


図8. パターン採得とメタル調整  
 a : パターンレジン築盛り  
 b : スプルー線とリテンションビーズの付与  
 c : 鋳造後のメタルハウジング内面観  
 d : メタルハウジングの内面研磨

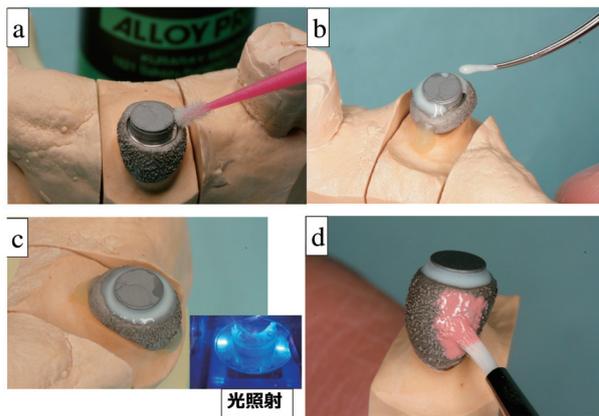


図9. 磁石構造体とメタルハウジングとの合着  
 a : 磁石構造体とメタルハウジングに被接着処理  
 b : 接着性レジンセメントの築盛り  
 c : 光照射によるセメントの硬化  
 d : オペーク処理

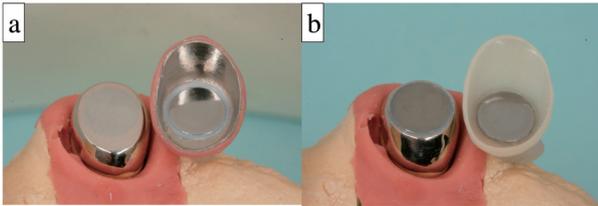


図10. ハウジングの完成  
a : メタルハウジングの内面観  
b : レジンハウジングの内面観

### 3. ハウジングの取り付けとリライン

新義歯への取り付けは、あらかじめ口腔内に合着されているキーパー付き根面板にメタルハウジングを設置する。適合試験材を用いて咬合圧下で義歯との接触を確認して、完全に接触が無くなるまでくり返し、常温重合レジンにて軽く咬合させる程度で取り付けを行う（図11-a~d）。

すでにハウジングが取り付けられている義歯のリラインは、メタルハウジング部をフィッシャーバーを用いてハウジングごと撤去する。取り付け時の常温重合レジンが付着しているため、溶剤にて除去する。ハウジングと磁石構造体は、コンポジットレジンで合着されているため常温重合レジンのみが除去できる（図12）。リライン終了後、前述の要領で再取り付けを行う。

## IV. 臨床例

可撤性補綴装置の設計、製作上、必要な吸引力をもった磁性アタッチメントが使用できなかった場合に対処した2症例を供覧する。

### 1. 義歯の維持力を高めるために 把持効果を与えた症例

症例は36, 37, 44, 45, 46欠損の症例である。患者は54歳、女性で審美的要求が高く、磁性アタッチメントを使用することで、この要求に対応することとした。義歯の最終形態を回復したコアを用いて、キーパー付き根面板の製作を行った。義歯の安定と維持力を考慮して軸面部を利用し、把持効果を高めた（図13）。磁性アタッチメントは、キーパーにフィジオマグネット（ニッシン）を使用し、磁石構造体は47にPM48（ニッシン）、43にPM30（ニッシン）、34, 35にはPM35（ニッシン）を選択した（図14）。対合歯との間のクリアランスが十分でなかったために支台装置の咬合

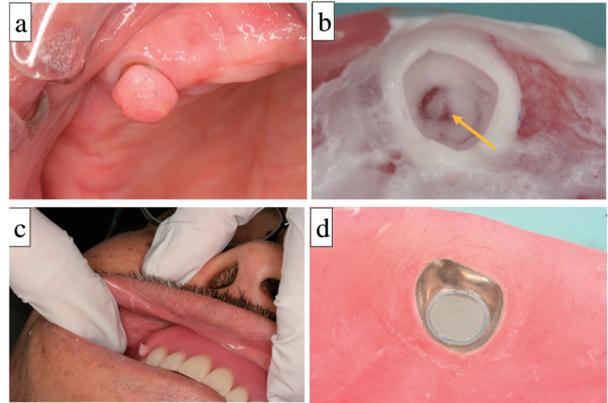


図11. メタルハウジングの義歯への取り付け  
a : メタルハウジングを所定の位置に設置  
b : 適合試験材による義歯へのあたりの確認  
c : 通路を設け常温重合レジンにて軽く咬合させる程度で取り付ける  
d : メタルハウジングが取り付けられた義歯床粘膜面観

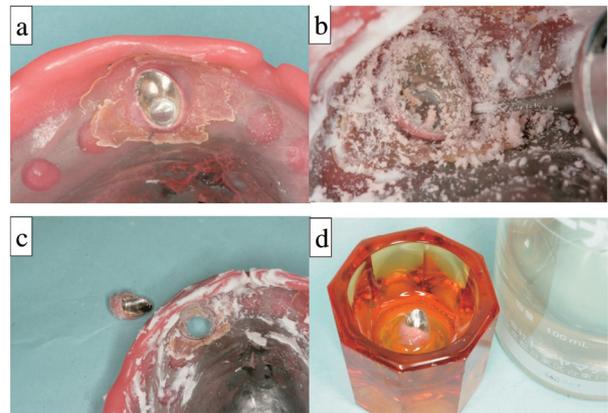


図12. リライン時の対処法  
a : ハウジングは使用可能  
b : ハウジングの撤去  
c : 取り付け時の常温重合レジンが付着している  
d : 溶剤による常温重合レジンの除去

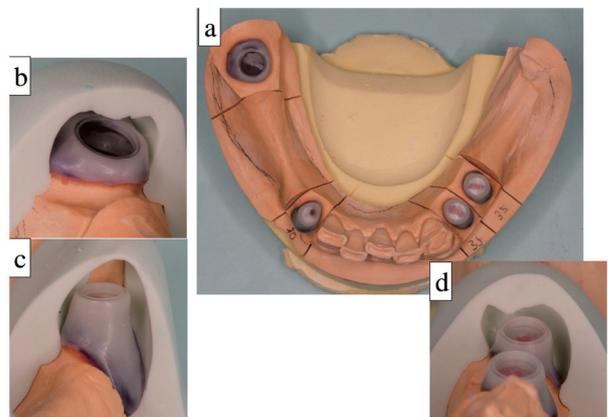


図13. 義歯の最終形態を回復して綿密な根面板の設計と製作  
a : キーパー付き根面板のパターン採得  
b : 48のパターン採得  
c : 43のパターン採得  
d : 34, 35のパターン採得

面をメタルにし、破損防止に対しても考慮した(図15)。現在、装着後約6年半が経過しているが、大きなトラブルもなく快適に使用されている(図16)。

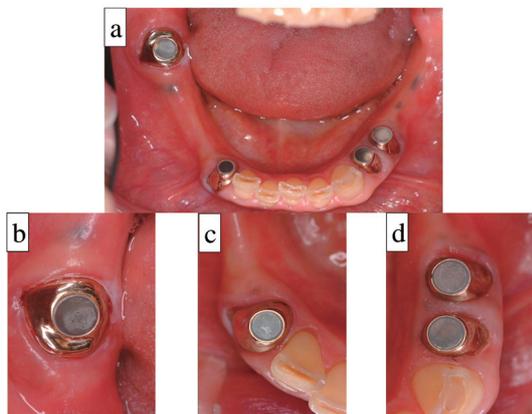


図14. キーパー付き根面板の種類と配置  
a : キーパー付き根面板が装着された下顎口腔内  
b : 48に PM48 (9.6N) を使用  
c : 43に PM30 (3.9N) を使用  
d : 34,35に PM35 (5.5N) を使用

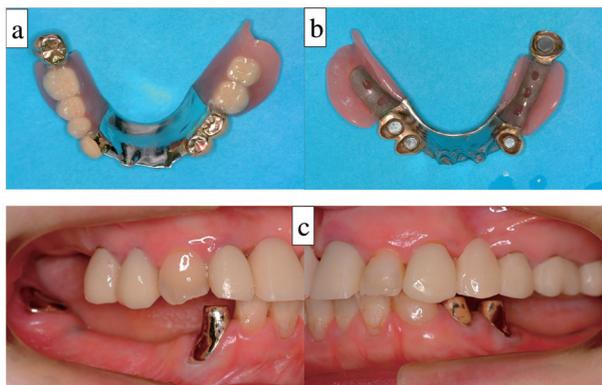


図15. 装着義歯と口腔内側面観  
a : 義歯床研磨面観  
b : 義歯床粘膜面観  
c : クリアランスが不足しているため破折に考慮した義歯の設計が不可欠である

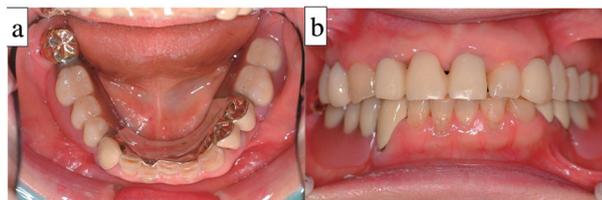


図16. 義歯装着時口腔内写真

## 2. 磁性アタッチメントの追加により維持の増大を図った可撤性ブリッジ

症例は45, 46, 47欠損の55歳, 女性で, 根面の

大きさから使用する磁性アタッチメントでは必要な維持力が得られないと推測された症例である<sup>8)</sup>(図17)。

患者はどうしても義歯が受け入れられないとのことで, 44,48支台の可撤性ブリッジを計画したが, 44の残存歯質の大きさから選択できる根面上の磁性アタッチメントだけでは必要な吸引力が得られないと判断し, 44のキーパー付き根面板に延長ポンティック様のハウジングを設置して磁性アタッチメントを追加した。義歯の着脱方向に対して軸面部の傾斜角度を2°に設定し, 着脱方向を規制して把持効果を高めて吸引力の不足を補うこととした(図18)。磁性アタッチメントの維持力も, 図19のように44はPM35(ニッシン)とL型キーパーを使用して約9.5N, 48はPM52(ニッシン)単体で約10.8Nであり, 両歯に吸引力のバランスを持たせる設計とした。

現在約8年半が経過しているが, 動揺や歯根の破折等もなく良好に経過している(図20)。

本症例で示したように必要な吸引力をもった磁性アタッチメントが使用できない場合は, 吸引力を把持効果で補う対応をしている。



図17. キーパー付き根面板合着前の口腔内

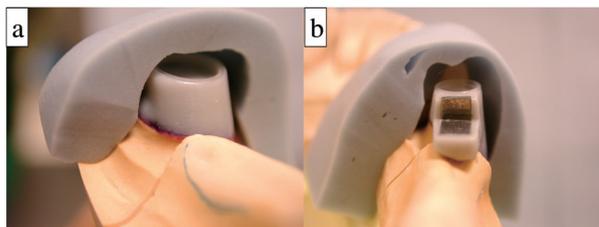


図18. 義歯の最終形態を回復して綿密な根面板の設計と製作  
a. b : 着脱方向に対し軸面の角度を2°に設定

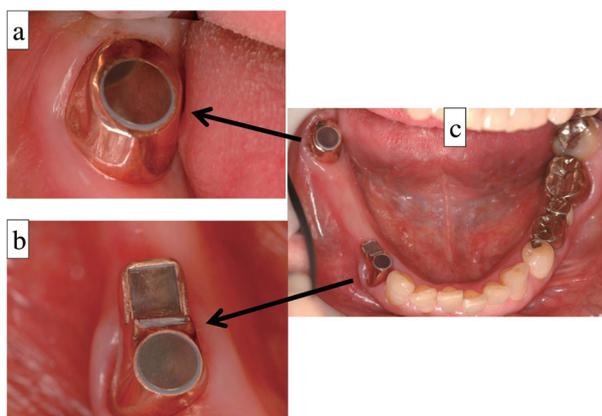


図19. 吸引力のバランス

- a : 48に PM52 (10.8N) を使用
- b : 44に PM35 (5.5N) と L型キーパー (4N) を使用
- c : 44の約9.5N と48の10.8N で吸引力のバランスを考慮

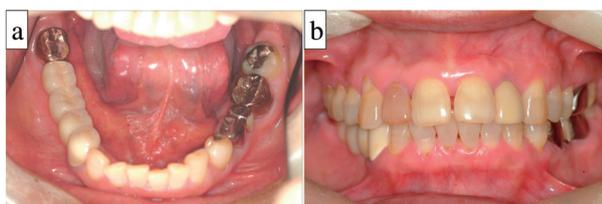


図20. 義歯装着時口腔内写真

### V. まとめ

磁性アタッチメントの吸引力を最大限に引き出すための歯科技工上の工夫について重要であるのは ①キーパー付き根面板は平面を損なわずに製作し、磁石構造体とキーパーの吸着面を三次元的に正確に位置付ける。②可撤性補綴装置の設計、製作上、必要な吸引力をもった磁性アタッチメントが使用できない場合は、把持効果を高めできるだけ大きなサイズの磁性アタッチメントを選択することである。加えて、平成19年の全国成人歯科保健調査報告書(表1)からも下顎前歯の残存率が高いことが明らかであり、これらの歯根に適用できる小型でさらに大きな吸引力を有する磁性アタッチメントの開発が期待される。もちろん、それに伴う磁石構造体と義歯との維持形態の検討も不可欠であると考えられる。

表1. 歯別に見た DMF 歯率の割合 (年齢階級別) (平成19年の全国成人歯科保健調査報告書より抜粋)

統計表 口腔-Q. 歯別に見たDMF歯率の割合 年齢階級別)

		上顎															
		右側								左側							
		18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
歯科全国健康調査	総数	9.1%	74.2%	82.6%	48.4%	44.8%	12.6%	33.0%	39.0%	37.6%	31.4%	11.9%	45.8%	49.7%	83.2%	73.8%	9.3%
	25歳未満	4.6%	53.7%	72.0%	31.4%	26.9%	10.3%	29.1%	33.1%	32.6%	25.1%	3.4%	30.3%	28.6%	76.0%	57.1%	7.4%
	25~29歳	8.1%	67.3%	78.8%	39.3%	36.5%	9.9%	28.9%	35.5%	34.7%	28.7%	9.8%	38.4%	41.4%	79.6%	65.1%	7.7%
	30~34歳	9.8%	77.1%	84.7%	51.3%	48.1%	12.6%	32.1%	37.2%	36.5%	31.5%	11.2%	49.4%	53.3%	84.3%	76.3%	10.6%
	35~39歳	11.2%	81.0%	86.4%	56.0%	51.4%	16.1%	39.4%	45.9%	42.0%	34.2%	16.5%	51.0%	56.8%	86.0%	82.0%	9.2%
40歳以上	5.9%	88.1%	84.7%	65.3%	61.9%	16.9%	43.2%	55.1%	55.1%	44.9%	22.9%	56.8%	66.1%	91.5%	89.0%	10.2%	
歯科疾患実態調査 平成17年	総数	12.4%	76.1%	83.9%	53.2%	50.4%	16.7%	35.3%	41.1%	42.1%	35.0%	18.7%	50.2%	53.7%	85.2%	81.0%	10.4%
	20~24歳	6.9%	48.3%	63.8%	21.7%	32.8%	6.9%	17.2%	19.0%	17.2%	21.7%	10.3%	24.1%	17.2%	67.2%	58.0%	10.3%
	25~29歳	12.6%	59.2%	77.7%	35.0%	35.0%	7.8%	19.4%	27.2%	24.3%	16.5%	6.8%	34.0%	35.0%	73.8%	67.0%	8.7%
	30~34歳	12.7%	80.3%	85.2%	52.8%	50.0%	16.2%	32.4%	36.6%	38.7%	33.1%	16.2%	47.2%	52.1%	88.7%	81.7%	12.7%
	35~39歳	10.8%	82.7%	87.1%	64.0%	56.1%	18.7%	37.4%	43.2%	47.5%	38.1%	23.7%	59.0%	62.6%	90.6%	87.8%	10.1%
40~45歳	15.0%	86.7%	90.8%	66.5%	61.3%	24.3%	51.4%	59.0%	59.5%	49.7%	26.6%	64.2%	71.1%	90.8%	90.8%	9.8%	

		下顎															
		右側								左側							
		48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
歯科全国健康調査	総数	12.5%	84.2%	91.0%	43.7%	18.3%	2.7%	2.5%	2.2%	2.3%	2.0%	2.8%	18.9%	43.5%	90.2%	83.9%	11.6%
	25歳未満	6.9%	66.9%	86.9%	25.1%	7.4%	2.3%	2.3%	1.1%	2.3%	1.1%	1.1%	8.6%	26.3%	84.6%	66.9%	5.7%
	25~29歳	9.6%	80.0%	88.7%	34.3%	13.2%	2.6%	2.9%	1.8%	2.2%	1.7%	3.0%	14.5%	35.9%	87.7%	78.8%	8.4%
	30~34歳	13.1%	86.9%	91.2%	47.1%	18.6%	2.4%	2.7%	2.6%	2.2%	2.4%	2.4%	18.7%	46.6%	91.1%	86.2%	12.5%
	35~39歳	16.6%	88.8%	93.7%	51.7%	25.0%	2.9%	1.6%	2.0%	2.5%	1.6%	3.0%	26.8%	49.4%	92.2%	90.1%	15.0%
40歳以上	15.3%	90.7%	95.8%	61.9%	33.1%	5.9%	3.4%	2.5%	2.5%	2.5%	4.2%	26.3%	56.8%	97.5%	91.3%	12.7%	
歯科疾患実態調査 平成17年	総数	15.9%	85.7%	91.5%	53.7%	26.2%	3.9%	3.9%	3.7%	4.1%	3.9%	3.3%	27.2%	55.3%	93.2%	87.3%	17.6%
	20~24歳	5.2%	62.1%	72.4%	17.2%	13.8%	1.7%	5.2%	3.4%	3.4%	6.9%	3.4%	12.1%	25.9%	79.3%	65.9%	5.2%
	25~29歳	11.7%	74.8%	88.3%	30.1%	8.7%	1.0%	2.9%	1.0%	2.9%	3.9%	0.0%	11.7%	33.0%	90.3%	77.7%	13.6%
	30~34歳	14.1%	88.7%	90.1%	54.9%	26.1%	0.7%	2.1%	2.1%	4.2%	4.2%	3.5%	23.2%	50.7%	91.6%	90.8%	20.4%
	35~39歳	18.7%	89.9%	95.0%	63.3%	30.9%	7.2%	3.6%	3.6%	3.6%	3.6%	3.6%	34.5%	68.3%	96.4%	90.6%	15.8%
40~45歳	21.4%	94.2%	98.3%	71.1%	37.0%	6.4%	5.8%	6.9%	5.2%	2.9%	4.6%	38.7%	71.7%	98.3%	94.8%	23.1%	

### 参考文献

- 1) 細井紀雄. 磁性アタッチメントの魅力. 日磁歯誌2009; 18(1)1-13.
- 2) 前田祥博, 水野行博, 土田富士夫ほか. 改良型メタルハウジングの製作法とその臨床応用. 日磁歯誌2007; 16(1)30-35.
- 3) 高山慈子, 前田祥博. 磁性アタッチメント義歯を成功に導くために「磁石構造体ハウジングを使っていますか?」Clinical View. 補綴臨床2012; 45(1)64-73.
- 4) 土田富士夫, 住永優子, 滝新典生ほか. 磁性アタッチメントにおける鋳接法とダイレクトボンディング法. 日磁歯誌2005; 14(1)53-61.
- 5) 森戸光彦, 長谷川欽司, 平野進ほか. 磁性アタッチメント用キーパーの臨床的観察. 日磁歯誌1996; 5(1)45-50.
- 6) 水谷憲彦. 磁性アタッチメント用ステンレス鋼の腐食および変色に関する基礎的研究. 愛院歯誌2000; 38(1)1-17.
- 7) 平野智一, 杉山浩一, 水野行博ほか. ダイレクトボンド法による磁性アタッチメントの技工術式の検討. 日磁歯誌2003; 12(1)40-45.
- 8) 小川 匠, 重田優子, 安藤栄里子ほか. 非定型歯痛患者に可撤性橋義歯を応用した一症例. 日磁歯誌2007; 16(1)36-42.



## 特集 Feature

### 長期経過から磁性アタッチメントを再検する

#### 長期経過から磁性アタッチメントを再検する — シンポジウムの総括 —

大川周治

明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野

#### Strategy to success with magnetic attachment dentures in long-term prognosis — Summary of symposium in the 24<sup>th</sup> scientific meeting —

Shuji Ohkawa

Division of Removable Prosthodontics, Department of Restorative and  
Biomaterials Sciences, Meikai University School of Dentistry

#### キーワード (Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic attachment), 長期的予後 (Long-term prognosis),  
オーバーデンチャー (Overdenture), パーシャルデンチャー (Partial denture)

磁性アタッチメントが実用化された支台装置として、1992年に我が国で初めて紹介<sup>1)</sup>されて以来、すでに20年以上が経過する。この間、維持力、磁場漏洩、腐食などに対する改良が加えられるとともに、2013年には国際規格 (ISO 13017) を取得<sup>2,3)</sup>し、我が国の磁性アタッチメントはグローバルスタンダードの支台装置として認知されつつある。

磁性アタッチメントは、維持力が減少しにくい、義歯の着脱が容易である、歯冠歯根比が改善される、負荷される側方力を小さくできる (根面アタッチメントの場合)、応用範囲が広い等の優れた特徴を有する反面、応用部位における義歯本体の機械的強度が劣る、支台歯周囲が不潔になりやすい、磁石構造体セット時の操作が煩雑であるとともに技術を要する等の難点から、義歯の破折、磁石構造体の脱離、支台歯の動揺、歯肉退縮などの問題が生じやすいことも否めない<sup>4-8)</sup>。そして、これらの難点は、磁性アタッチメントの臨床応用を推進していく上での大きい障害になっている可能性が高い。したがって、磁性アタッチメントの日常臨床における普及をさらに推進していくためには、

磁性アタッチメントを応用した症例の長期的な経過観察から磁性アタッチメントの有用性を示すことが重要である。

今回、2人の先生方に磁性アタッチメントを応用した補綴歯科治療による長期経過症例の実態をご提示いただき、磁性アタッチメントの有用性を再検討するシンポジウムを企画した。まず、鶴見大学の高山慈子先生には、「予後調査からみた磁性アタッチメントの現状」と題して、長期間にわたる予後調査のデータを基に、磁性アタッチメントの有用性についてご講演いただいた。その概要を以下に示す。

鶴見大学歯学部附属病院補綴科では、2002年から2013年の12年間に磁性アタッチメントを359症例 (586歯) に対して応用した。これらの症例のうち、2002年から2006年の5年間に磁性アタッチメントを装着し、詳細な記録を有している46名 (平均年齢: 72.5±7.3歳) の患者を対象に予後調査を行った。ただし、住所不明、死亡、体調不良などにより、調査に応じた患者は19名であった。19名の磁性アタッチメント装着歯数は34歯 (磁性アタッチメント装着時からの平均経過年数: 10.3

±1.4年), 支台歯の喪失11歯 (32.4%), 磁石構造体の喪失15歯 (44.1%) であった。装着約10年後の支台歯の生存率は67.6%, 磁石構造体は55.9%であった。また, 約10年後の支台歯の生存率に関する金属床義歯とレジン床義歯の比較では, 金属床義歯が70.4%, レジン床義歯が57.1%を示し, やはり金属床義歯の方が高い傾向にあった。支台歯の変化としては, 他の報告と同様にポケットの深さの増大が約60%に見られ, ポケット最深部の深さは4mmが最も多かった。以上より, 磁性アタッチメントを装着する支台歯の予後は必ずしも良好とは言えない結果が示された。しかし, 装着時の支台歯は, 歯冠歯根比の改善ののちも動揺を有する歯が42%, ポケットの深さも約半数が3mm以上を示しており, 最終義歯装着の段階で支台歯の骨植は不良であることが多い。しかも, 多くの症例で磁性アタッチメントはオーバーデンチャーの支台装置として使用されており, すでに歯周炎増悪のリスクを有していたことになる。高山先生は, 磁性アタッチメント義歯において長期的に良好な予後を得るためには, メンテナンスを定期的に行うことにより支台歯の歯周治療を徹底するとともに, 義歯の適合性や咬合関係を的確に調整していくことが必要不可欠である, と提言された。

山王病院の中村和夫先生には, 磁性アタッチメントとクラスプデンチャーを併用したパーシャルデンチャーの長期経過症例を中心にご提示していただいた。中村和夫先生は, 義歯の基本的な設計原則を守り, 義歯に適切な機械的強度を付与すること, そして口腔清掃を徹底するとともに, 支台歯歯周組織を健全に保つためには, 全身状態にも十分配慮することが重要である, と提言された。

以上のように, 2人の先生方に磁性アタッチメントを応用した補綴歯科治療を成功に導くための要点についてお話ししていただいた。当然のことと思われるが, 通常補綴装置と同様に, 印象採得, 咬合採得, そして磁性アタッチメントのセッティングを的確に行うことが肝要であり, そして設計においては, “力”(咀嚼力, 咬合カーブラキシズムによる病的な咬合力を含む) と “汚れ”

(プラークの付着など) への対応とともに, 全身状態の把握と全身疾患への対応も重要であることを2人の先生方は示された。また, 適用頻度の高いオーバーデンチャーでは, 最終義歯装着当初から支台歯歯周組織の状態が不良であることが多く, この点が比較的早期に支台歯を喪失する原因になっている可能性が高いことも示され, 今後の重要な検討課題と考えられた。なお, 各講演内容の詳細に関しては, 各シンポジストの方々の論文をご参照していただきたい。本特集が, 磁性アタッチメントの日常臨床における普及推進の一助となれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 田中貴信. 磁性アタッチメント —磁石を利用した新しい補綴治療—. 東京: 医歯薬出版; 1992.
- 2) ISO 13017: 2012(E), Dentistry-Magnetic Attachments.
- 3) 高田雄京. ISO 対策委員会報告 歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して. 日磁歯誌 2014; 23(1): 72-76.
- 4) 大川周治. 磁性アタッチメントの成功の秘訣. 日磁歯誌 2001; 10(1): 17-24.
- 5) Ai M. A concept of designing dentures and role of the magnetic attachment. In: Ai M, Shiao Y, editors, New magnetic applications in clinical dentistry. Tokyo: Quintessence; 2004, 58-69.
- 6) 秀島雅之. 磁性アタッチメントの診療ガイドライン策定. 日磁歯誌 2012; 21(1): 16-21.
- 7) 鱒見進一. 磁性アタッチメントの適用症例とその予後/特別企画 パーシャルデンチャーへの磁性アタッチメントの応用. 日歯評論 2014; 74(12): 25-35.
- 8) 石上友彦, 梅川義忠, 中林晋也. 磁性アタッチメントの長期経過症例からわかるトラブル対策/特別企画 パーシャルデンチャーへの磁性アタッチメントの応用. 日歯評論 2014; 74(12): 36-48.



特集 Feature  
長期経過から磁性アタッチメントを再検する

予後調査からみた磁性アタッチメントの現状

高山慈子

鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座

Prognostic survey of magnetic attachments

Yasuko Takayama

Department of Removable Prosthodontics,  
Tsurumi University School of Dental Medicine, Yokohama, Japan

要旨

鶴見大学歯学部附属病院補綴科にて2002～2006年の5年間に磁性アタッチメントを装着し、詳細な記録を有している46名の患者を対象にリコール調査を行った。しかし、実際に調査できたのは19名(41.3%)、支台歯数34歯であった。リコールまでの経過年数は $10.3 \pm 1.4$ 年で、喪失された支台歯は11歯(32.4%)、磁石構造体の喪失は15歯(44.1%、紛失4歯も含む)であった。支台歯は犬歯が最も多く、次に第一小臼歯であった。残存支台歯のポケット最深部の深さは1mm増大が35%、2mm増大が26%を占めていた。

今回リコールに応じた19名は定期的なメンテナンスを受けていたが、当大学では磁性アタッチメントを装着する支台歯は骨植不良歯が多く、支台歯の予後は必ずしも良好とは言えない。しかし、約10年の経過後、約7割の支台歯が残存していたのは、磁性アタッチメントの有効性を示すものと思われた。

Abstract

We conducted a recall survey targeting 46 patients who had been fitted with magnetic attachments, and for whom detailed records were maintained over a 5-year period from 2002 to 2006 at the Department of Removable Prosthodontics, Tsurumi University Dental Hospital. Responses were received from 19 of these 46 patients (41.3%), in whom 34 abutment teeth were studied. The mean time elapsed until recall was  $10.3 \pm 1.4$  years, the number of lost abutment teeth was 11 (32.4%), and a loss of magnetic assembly had occurred in 15 teeth (44.1%; including 4 missing magnetic assemblies). Canines were the most common abutment teeth, followed by first premolars. The maximum pocket depth of residual abutment teeth had increased by 1 mm in 35% of patients and by 2 mm in 26% of patients.

Although the 19 patients who responded to the recall had undergone regular maintenance, many of the abutment teeth to which the magnetic attachments were fitted at our university were unstable and did not necessarily have good prognoses. However, the fact that approximately 70% of the abutment teeth were still present after 10 years demonstrates that magnetic attachments are indeed effective.

キーワード (Key words)

磁性アタッチメント (magnetic attachment), オーバーデンチャー (overdenture), 予後調査 (prognostic survey), 長期経過 (long-term prognosis), 支台歯 (abutment teeth)

## I. はじめに

磁性アタッチメントは、日本では1992年に紹介され、側方力をほとんど受容しないことから支台歯に為害作用を及ぼさない支台装置として、今日まで広く臨床応用されてきた。形態もシンプルで長期にわたり吸引力の低下がないこと、着脱が容易なことから高齢患者にとっては扱いが容易であるなどの多くの利点を有している。その反面、MR撮像時のアーチファクト、義歯の破折、支台歯の歯周炎や二次ウ蝕などの課題も少なくない<sup>1)</sup>。またキーパーの平面性を保つこと、作業中に吸着面に傷を付けないこと、義歯への磁石構造体取り付け時に吸引力を低下させないことなど、正確な技工操作や臨床術式も求められる。

このような特徴を有する磁性アタッチメントは、107回、108回の歯科医師国家試験にもその機能等を問う問題が出題されており、今やオーバードンチャーの代表的な支台装置として揺るぎない地位を占めている。現在、磁性アタッチメントは歯根アタッチメントばかりでなく、可撤性ブリッジやインプラントの支台装置として、また顎義歯や歯冠外アタッチメントとしても幅広く使用されている。

鶴見大学歯学部附属病院で2002年から2013年までに装着された磁性アタッチメントの症例数を図1に示す。この12年間に当院では359症例に磁性アタッチメントを装着しているが、2003、2004年をピークに症例数は年々減少する傾向にある。図2は、この間に装着された磁性アタッチメントの支台歯数を示したもので、2003年が最大で88歯に、2013年が最小で18歯に磁性アタッチメントが装着され、総計は586歯であった。1症例あたりに使用された磁性アタッチメントの数は、1症例に1歯が最も多く66.6%を、次いで2歯が18.9%を占めていた(図3)。近年、磁性アタッチメントの使用数が減少している原因は一概には言えないが、オーバードンチャーの支台装置としての有効性は誰しも認めるところであろう。2012年にISO 13017が国際標準規格として発行され、磁性アタッチメントに関しては日本が世界をリードする立場にもなっている。

磁性アタッチメントの装着後の長期経過を観察することは、良好な臨床結果を得るために不可欠であり、診断や術式、メンテナンスに関する指

針の一助となると思われる。当院で多くの磁性アタッチメントが装着された2002年から2006年の5年間に、46名の患者についての詳細な記録が取られていた。今回、磁性アタッチメント装着歯の長期経過を観察し、その実態を把握することを目的としてリコール調査を行ったので報告する。

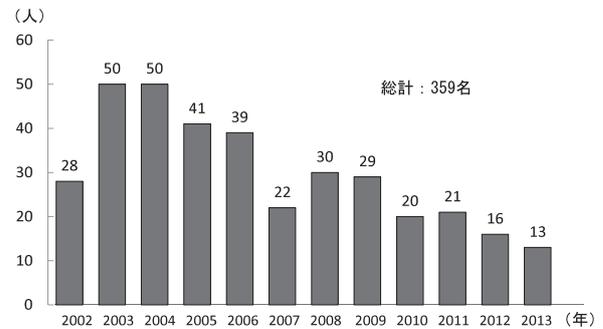


図1. 鶴見大学歯学部附属病院で装着された磁性アタッチメントの症例数

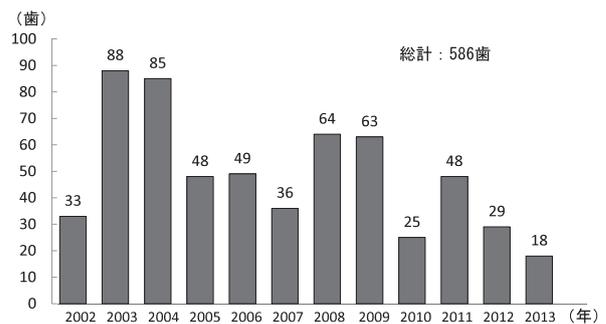


図2. 鶴見大学歯学部附属病院で装着された磁性アタッチメントの支台歯数

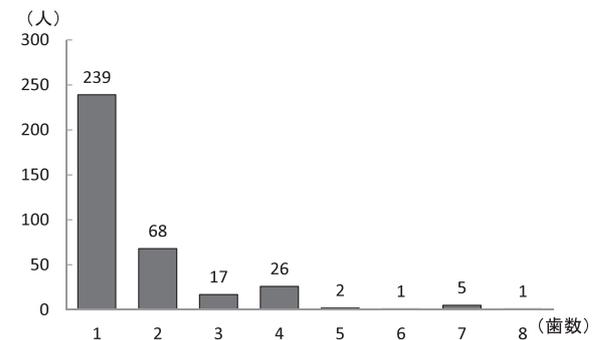


図3. 1症例あたり装着された磁性アタッチメントの支台歯数

## II. リコール調査の概要

調査対象は鶴見大学歯学部附属病院補綴科にて2002年から2006年の間に磁性アタッチメントを装着した患者46名80歯である(鶴見大学倫理審査委

員会承認番号020). 調査内容は、磁性アタッチメント装着時に記録が残されている義歯の種類・材質、Kennedy 分類, Eichner 分類, 残存歯数, 欠損歯数, 使用された磁性アタッチメントの種類, 支台歯の動揺, ポケットの深さ, デンタルX線写真による歯槽骨の吸収度合いなどである. 今回のリコール調査では, X線撮影を除く上記項目に加えて, 現在の義歯の状態, キーパーおよび磁石構造体の有無や表面粗さの測定などを行った.

### Ⅲ. 調査対象群の磁性アタッチメント装着時の概要

磁性アタッチメント装着時の調査対象群は, 男性9名, 女性37名の46名, 平均年齢は65.4±8.4歳で, 磁性アタッチメントを支台歯とした義歯は上顎25床, 下顎25床であった. 上顎義歯はコンプリートオーバーデンチャー (COD) 27%, 部分床義歯 (RPD) 73%で, 材質は金属床義歯52%, レジン床義歯48%, 下顎義歯は上顎と同様に COD 27%, RPD 73%で, 金属床義歯42%, レジン床義歯58%であった.

平均欠損歯数は上顎で8.9±3.7歯, 下顎で6.5±3.8歯である. Kennedy 分類に準じて分類を行うと, 上顎はI級が40%, 下顎はII級が32%で最も多く, コンプリートオーバーデンチャー (COD) は上下顎ともに28%を占めていた (図4). Eichner の分類ではC2が30%を占め, 症例の60%がB4からC3に分布していた (図5). 磁性アタッチメントは上顎に54.4%, 下顎に45.6%装着されており, 歯種では上下顎ともに犬歯が多く, 下顎では第一小臼歯も多かった (図6). 1症例あたりの磁性アタッチメント装着歯数は1歯が58.7%, 2歯が21.7%, 3歯13.0%, 4歯4.3%, 6歯2.2%であった.

キーパーは, 鋳接法 (ハイパースリム, 日立金属) が38%, キーパーボンディング法 (KB法) (フィジomagネット, 日立金属) が62%で, KB法が多く用いられていた. キーパーの選択は, 3513 (直径3.5mm, メーカー表示吸引力5.5N) が最も多く34%, ついで3013 (直径3.0mm, メーカー表示吸引力3.9N) が29%, 4013 (直径4.0mm, メーカー表示吸引力7.2N) が16%で, 3513および3013で全体の60%以上を占めており, ポストキーパーもわずかに使用されていた. また, 当科では義歯

への磁石構造体装着時にハウジングを用いることが多く, 今回の症例群でも77%にレジンハウジングが使用されていた.

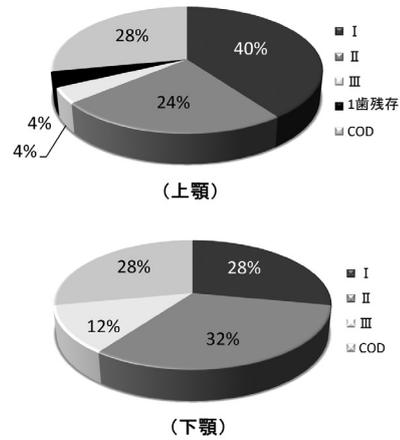


図4. 欠損状態 (Kennedy 分類に準じた分類)

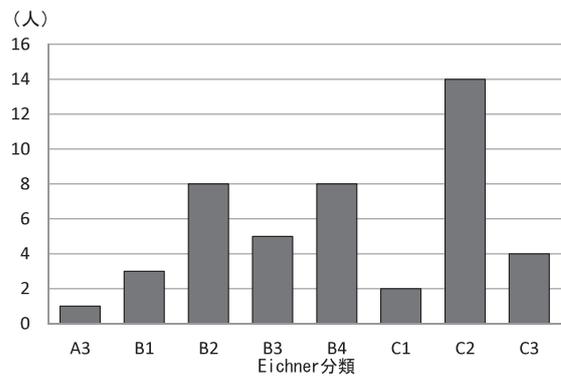


図5. Eichner 分類の分布

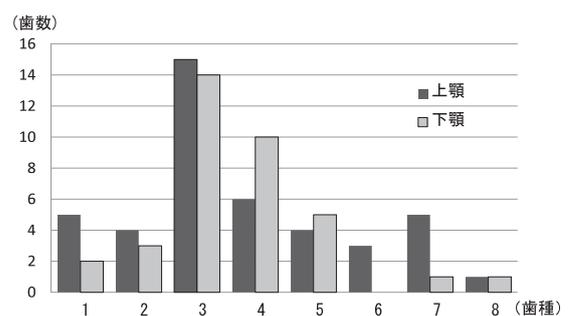


図6. 磁性アタッチメントの支台歯の歯種

支台歯の動揺度はM0が58%, M1が35%, M2が7%で, 歯冠歯根比の改善によってもM1, M2を示した支台歯は42%を占めていた. ポケット最深部の深さは2mmが43%, 3mmが28%, 4mmが16%で, 磁性アタッチメント装着時にすでに約半数の支台歯が3mm以上のポケットを有していた (図7). デンタルX線写真による支台歯の歯槽骨の

吸収程度は、歯根長の約1/3までの吸収が80%、1/2程度までが10%、2/3程度までが2%、2/3以上の吸収を示した支台歯が8%であった。前田ら<sup>2)</sup>は補綴装置を装着して5年以上の経過観察結果から、メンテナンス開始後に欠損が拡大した症例は、咬合支持が少ない、あるいはない症例、補綴完了時での歯周組織の状態が不良なケース、パラファンクションが存在する場合、メンテナンス開始時の年齢などを挙げている。磁性アタッチメント装着歯は歯冠歯根比の改善がなされているものの、対象群はほぼこれらの条件にあてはまり、一口腔単位としては予後不良群に属していると推測された。

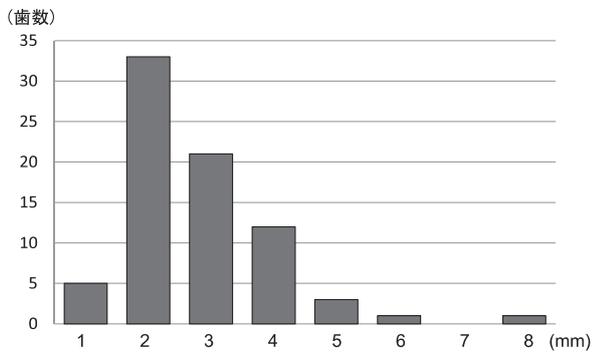


図7. ポケット最深部の測定結果

#### IV. リコール調査結果

今回これら46名の患者に電話連絡によるリコール調査を行ったが、住所不明、死亡、入院中や足が悪く来院できないなどの理由で、来院に応じた患者は19名、41.3%であった。この19名(男性1名、女性18名)は、現在も当院にて定期的なメンテナンスを受けている。平均年齢は72.5±7.3歳で、磁性アタッチメント装着時からの平均経過年数は10.3±1.4年である。19名の磁性アタッチメント装着歯数は34歯で、このうち支台歯が喪失していたのは11歯、32.4%、磁石構造体の喪失は紛失の4名を含めて15歯、44.1%であった。

##### 1. 典型的な症例から

リコールに応じた症例の中で典型的な3症例を示す。

第1症例は54歳の女性で、磁性アタッチメント装着時から約10年が経過している(図8)。磁性アタッチメントは上顎の前歯部に3歯装着されており、1歯が2513(KB法)(フィジオマグネッ

ト、日立金属)、2歯が3013(KB法)(フィジオマグネット、日立金属)で、どの支台歯も動揺度は装着時M0であったのがM1に、ポケットの深さも2mmが4mmに変化していた。支台歯のうち2歯についてはコーピング部に高さがあり、把持効果も求められていると推測された。4年前に審美性の改善のため上顎前歯部のみ人工歯の交換を行っている。現在、審美性、プラークコントロールともに良好で、保存・補綴科にて半年に1回のメンテナンスを行っている。

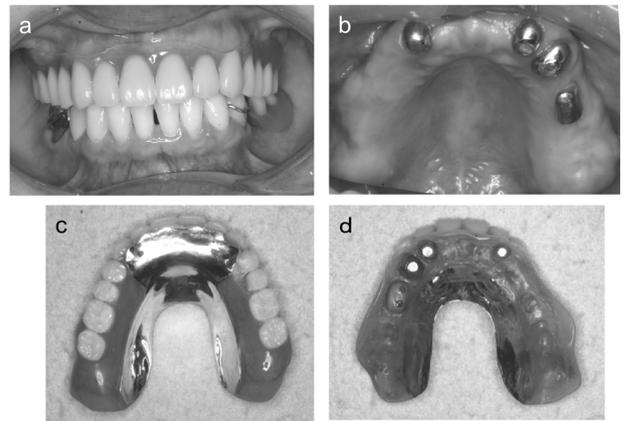


図8. 装着約10年経過症例。54歳。女性。

- 義歯装着時口腔内写真
- 上顎の口腔内写真。12, 22, 23に磁性アタッチメント, 25にコーピングが装着されている。
- 義歯咬合面観。破折防止のため金属床義歯にバックキングの設計。
- 義歯粘膜面観。

第2症例は82歳の女性で、磁性アタッチメント装着時から約12年が経過している(図9)。高齢ということもありプラークコントロールは不良で、咬合平面の乱れもあるが、平成14年より同じレジン床義歯を使用している。支台歯(下顎右側犬歯)は動揺度がM0からM2に、ポケットも2mmから4mmに変化しているが、特に不都合はないとのこと、このまま経過観察を希望している。

第3症例は70歳の女性で、上顎前歯部にポストキーパー、下顎犬歯に3513(KB法)(フィジオマグネット、日立金属)が装着されており、装着から11~12年経過している(図10)。平成22年に、3513が装着されていた上顎左側第二小臼歯は自然脱落した。またポストキーパーが装着されている上顎左側側切歯は歯根破折により抜歯予定となっている。他の支台歯は動揺度、ポケットの深さともに装着時からほぼ変わっておらず、3カ月に1

度は保存科にてメンテナンスを続けている。しかし近日、上顎右側中切歯、第二大臼歯も抜歯予定となり、上顎の金属床義歯の修理を予定している。

リコール調査の結果では、磁性アタッチメント装着時の年齢が若いほど口腔環境が良好に維持されている傾向にあった。また、磁性アタッチメント装着時から10年を経過すると、抜歯等により義歯の修理や再製作が必要な症例も見受けられた。磁性アタッチメントは側方力をほとんど受容しないことが大きな利点の一つとなっている。コーピング部の高さを可及的に低くすることにより、支台歯が受ける側方力や回転力に対する抵抗を少なくし、義歯に加わる外力を極力支台歯に伝達せず、義歯の離脱には抵抗し、側方力が加わった場合には義歯は離脱する。装着時点での支台歯の歯周組織の状態や義歯の設計にもよるが、支台歯に積極的に把持を求めている症例もあり、それが支台歯の予後に関わっている可能性も考えられた。しかし、喪失された支台歯の生存期間は2.3~10年とさまざまで、喪失状況も抜歯が8歯、自然脱落が2歯、脱離によってコーピングに変更されたものが1歯で、歯種、使用義歯、欠損歯数、動揺度ともに特徴的な傾向は見られなかった(表1)。

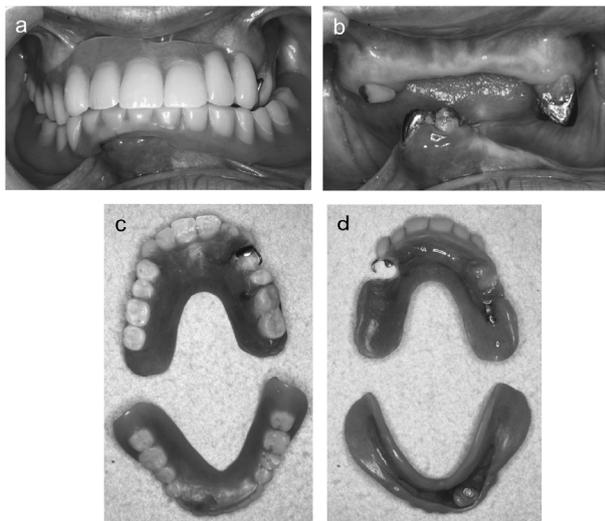


図9. 装着約12年経過症例. 82歳. 女性.

- a. 義歯装着時口腔内写真.
- b. 口腔内写真. 43にKB法にてフィジオマグネット3013が、42にコーピングが装着している。プラークコントロールは不良.
- c. 義歯咬合面観. 12年間使用している上下顎レジン床義歯.
- d. 義歯粘膜面観. 磁性アタッチメント部はループ状に補強されている.

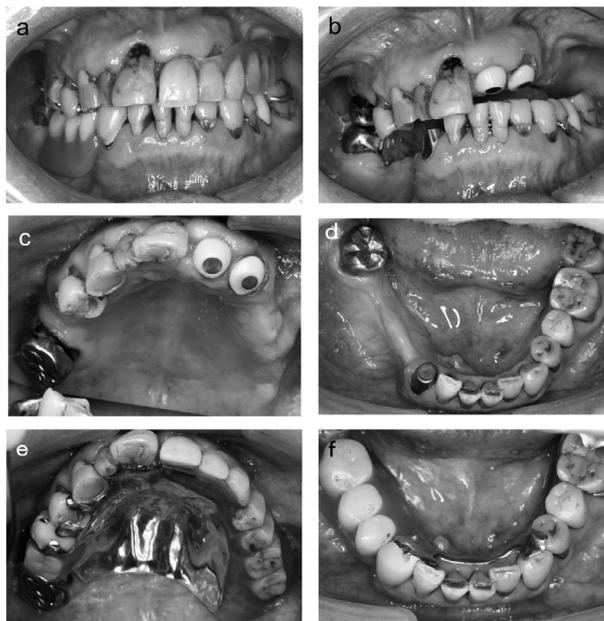


図10 装着後約12年経過症例. 70歳. 女性.

- a. 義歯装着時口腔内写真
- b. 口腔内写真. 21, 22にはポストキーパーが装着されており、磁性アタッチメントが装着されていた25は自然脱落している.
- c. 上顎口腔内写真. 21は動揺度1, ポケット深さ4mm, 22は動揺度1, ポケット深さ6mmである.
- d. 下顎口腔内写真. 43には磁性アタッチメントが装着されており、装着から12年経過しているが、動揺度は0, ポケット深さは3mmで装着時と変化がない.
- e. 上顎金属床義歯咬合面観. 歯冠のある残存歯にはすべてレストが設計され、クラスプは17のみで審美的に良好である.
- f. 下顎金属床義歯咬合面観. 大連結子にはリングアルバーを用い、クラスプは36のみ、43磁性アタッチメント部は金属で補強し、頬側は前装されている.

表1. 支台歯の喪失状況

症例	年齢	部位	使用義歯	欠損歯数(歯)	動揺度	ポケット最深部(mm)	喪失状況	生存期間(年)
A	83	4	PD	10	M1	2	抜歯	9
B	72	4	COD	12	M1	3	抜歯	9.5
B	3	PD	7	M1	5	脱離→COP	7.3	
C	70	5	PD	7	M1	3	自然脱落	7.1
D	73	5	PD	4	M0	2	抜歯	2.5
E	76	3	PD	10	M1	8	歯根破折→COP→自然脱落	2.5
F	77	3	PD	8	M0	5	抜歯	2.3
G	65	6	PD	5	M0	3	抜歯	5.5
H	76	4	PD	12	M0	1	抜歯	7.3
I	5	PD	12	M1	2	抜歯	7.3	
I	76	3	COD	12	M0	2	抜歯	10

2. 装着時との比較

リコール患者の欠損歯数は上顎では8.6±4.6歯、下顎では7.7±3.7歯で、装着時より約1~1.5歯増加していた。図11はEichner分類を示したもので、支持域が失われているC群は装着時に47.4%

であったのが、リコール時には57.9%に増加していた。

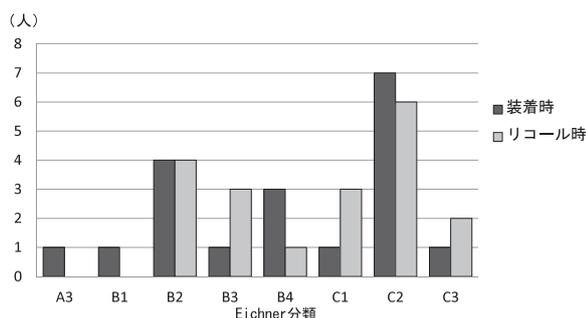


図11. 装着時とリコール調査時の Eichner 分類の比較

磁性アタッチメントが装着されている義歯は上顎11床、下顎10床の21床でCODが33%、RPDが67%を占めていた。レジン床義歯は7床で、このうち43%が装着時と同じ義歯を、14%が修理、43%が再製作を行っていた。金属床義歯は14床で57%が同じ義歯を、14%が修理、29%が再製作となっていた。Sigemoriら<sup>3)</sup>は磁性アタッチメントの支台歯の生存率に関する調査を行い、金属床義歯(135歯)では約10年後で88%、約15年後では77%、レジン床義歯(111歯)では約7年後で70%、10年後では53%を示したと報告している。症例数は少ないものの、我々の調査においても、約10年後の支台歯の生存率は金属床義歯では70.4%、レジン床義歯では57.1%を示し、やはり金属床義歯の方が高い傾向にあった。

19名の患者の磁性アタッチメントの装着歯種はやはり犬歯が多く、次いで第一小臼歯で(図12)、1症例あたりの磁性アタッチメントの装着歯数は68.4%が1歯、15.8%が3歯であった。

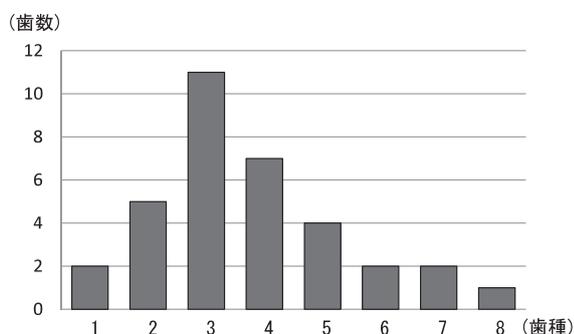


図12. 磁性アタッチメントが装着された歯種

残存していた23歯の支台歯の動揺度は、78%が装着時とリコール時で変化がなく、13%が増大、

9%に改善が見られた。装着時ではポケット最深部の深さは2mmが最も多かったのに対し、リコール時では4mmが多い結果となった(図13)。ポケットの深さは1mm増大が35%、2mm増大が26%を占め、65%の支台歯にポケットの深さの増大が認められた(図14)。Itoら<sup>4)</sup>は磁性アタッチメントの装着5年後の歯周状態について調査を行い、支台歯62歯(調査対象29名)のポケットの深さは、装着時よりもリコール時の方が増大しており、両者間に有意差が認められたと報告した。またレジン床義歯では、支台歯のポケット深さは装着時とリコール時で有意差が認められ、この原因はレジン床義歯の剛性の低さによると考察している。Gondaら<sup>5)</sup>は、マグフィットを装着した211歯の5年後の予後調査を行い、最も多く見られたのは歯周ポケットの増加で52.6%、炎症が28.9%、動揺度の増加が27.5%であり、マグネットの脱離が9%、義歯の破折が14.3%に認められたと述べている。

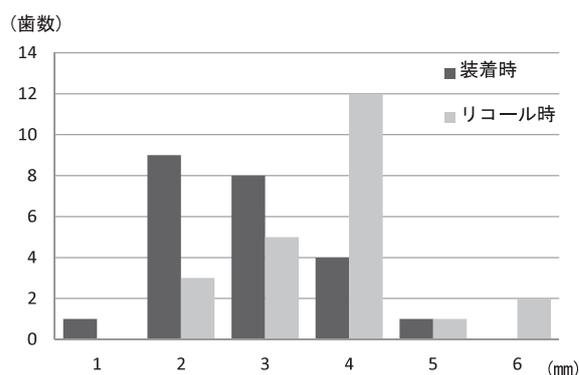


図13. 装着時とリコール調査時のポケット最深部測定値の比較

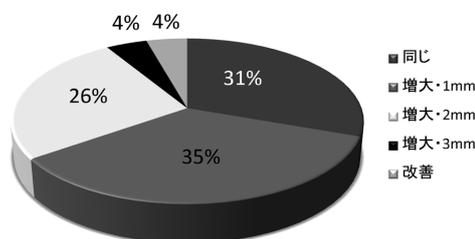


図14. 装着時とリコール調査時のポケット最深部測定値の変化

このように支台歯の変化としては、どの調査からも歯周組織の変化が挙げられている。もともと磁性アタッチメントはオーバードンチャーの支台装置として使用されることから、その欠点である

義歯の破折、歯周炎やウ蝕のリスクを有している。磁性アタッチメント義歯において良好な長期的予後を得るためには、定期的なメンテナンスにより義歯の適合や咬合状態を良好に保つこと、支台歯の歯周治療を継続していくことが必須である。同時に義歯の剛性を上げて義歯の動きを最小にし、支台歯の負担軽減を図る義歯の設計が重要と思われた。

### 3. キーパーと磁石構造体の表面粗さの変化

残存していた支台歯のキーパー（23個）と磁石構造体（19個）をブルーシリコーン（ジーシー、東京）を用いて印象採得し、非接触三次元測定装置（NH-4H、三鷹光器株式会社、東京）を用いて中心線平均粗さ Ra（カットオフ値0.8mm）の測定を行った。コントロールは使用前のフィジオマグネット35（日立金属、東京）を用い、硬化させたブルーシリコーン、コントロール、コントロールの印象面および症例のキーパー、磁石構造体の印象面の粗さを測定した。測定は任意の5箇所とし、これを平均してその値とした。

表2に測定結果を示す。平均表面粗さはキーパーが $0.44 \pm 0.32 \mu\text{m}$ 、磁石構造体が $0.76 \pm 0.75 \mu\text{m}$ であった。キーパーの平均表面粗さの最大値は $1.37 \pm 0.52 \mu\text{m}$ （このキーパーに対する磁石構造体の粗さ： $0.38 \pm 0.04 \mu\text{m}$ ）、最小は $0.17 \pm 0.03 \mu\text{m}$ （磁石構造体： $0.31 \pm 0.03 \mu\text{m}$ ）、磁石構造体の平均表面粗さの最大値は $2.94 \pm 0.49 \mu\text{m}$ （この磁石構造体に対するキーパーの粗さ： $0.35 \pm 0.07 \mu\text{m}$ ）、最小は $0.21 \pm 0.02 \mu\text{m}$ （キーパー： $0.57 \pm 0.15 \mu\text{m}$ ）であった。また上下顎で比較すると、上顎のキーパーの平均表面粗さは $0.38 \pm 0.32 \mu\text{m}$ 、下顎は $0.54 \pm 0.31 \mu\text{m}$ 、上顎の磁石構造体の平均表面粗さは $0.94 \pm 0.86 \mu\text{m}$ 、下顎は $0.40 \pm 0.15 \mu\text{m}$ を示し、Mann-Whitneyの検定では上下顎間の表面粗さに有意差は認められなかった。また、義歯の種類、欠損歯数、咬合支持域や装着期間等による明かな傾向は認められなかった。

磁性アタッチメントは長期の使用により、義歯の着脱や機能時の動き、歯ブラシによる清掃などによる影響をうけると考えられている。佐藤ら<sup>6)</sup>は、キーパーの表面粗さが磁性アタッチメントの維持力と漏洩地場に影響を及ぼすと考え、マグフィット EX600（ジーシー、東京）を用いて、Ra が0.1

$\mu\text{m}$  プラスになると維持力は93.7%に、 $0.5 \mu\text{m}$  プラスになると86.9%に減少すると報告した。また漏洩磁場も最初は176.3Gであったのが、Ra が $0.1 \mu\text{m}$  プラスになると184.4Gに、 $0.5 \mu\text{m}$  プラスになると235.4Gを示すと報告している<sup>6)</sup>。今回の予後調査では、キーパーは $0.44 \mu\text{m}$ 、磁石構造体は $0.76 \mu\text{m}$ を示したことから、多少の維持力の減少と漏洩磁場の増加が疑われた。一方で、Rutkunasら<sup>7)</sup>は、磁性アタッチメントを用いて着脱回数による維持力の変化について実験を行い、2000回の着脱後でも初期維持力の98%を保っていたと報告した。この結果は、磁性アタッチメントの維持力が低下しないことを報告している過去の研究を裏付けるものと述べている<sup>7)</sup>。また Huan gら<sup>8)</sup>は、磁性アタッチメントの維持力と表面摩擦の関係性を調べるために滑走試験を90000回サイクル行い、滑走後の磁性アタッチメントには明らかな表面摩擦が認められたものの、滑走前後で維持力に統計的な有意差が認められないことを示した。実際の磁性アタッチメントは、オーバードンチャーの支台装置として使用されており、複雑な環境下で機能している。本調査からも、長期使用中に磁性アタッチメントの表面粗さは増加していることが確認された。我々は、義歯の再製作時には磁石構造体の交換を行うことにしている。今回の調査では、磁性アタッチメント自体の維持力の減衰については不明であったものの、患者は義歯の安定に関して特に不満を訴えていなかった。

表2. リコール調査時のキーパーおよび磁石構造体の表面粗さ (Ra)

	ブルーシリコーン	コントロール	コントロールの印象面	リコール時
キーパー	0.12 (0.02)	0.07 (0.01)	0.17 (0.02)	0.44 (0.32)
磁石構造体	0.12 (0.02)	0.11 (0.01)	0.17 (0.03)	0.76 (0.75)

( $\mu\text{m}$ ) ( ) : SD

### V. 磁性アタッチメント装着歯の長期経過から考える

近年、天然歯に使用可能なオーバードンチャーの支台装置の選択範囲は多くなく、歯根アタッチメントとしては磁性アタッチメントやOPAが主流となっている。磁性アタッチメントを選択する支台歯は、歯冠歯根比の改善を求める歯や無髄歯が多く、支台歯としての条件は装着時点から良好ではない。またオーバードンチャーの欠点である

支台歯を床で覆うことから、歯周炎やう蝕のリスクが高まる可能性が大きい。支台歯の径から大きな吸引力を有する磁性アタッチメントを使用できないケースや、支台歯数が不足しているケースでは、コーピング部の形態に把持を求める設計を行い、義歯全体の維持・安定の向上を図ることも少なくない。このような場合には、側方力をほとんど受容しない磁性アタッチメントの最大の利点を失うことになる。

当大学では、磁性アタッチメントはコンプリートオーバーデンチャーや Eichner 分類の B4～C 群のような咬合支持が少ない、あるいはない症例に使用されることが多かった。また、直径3.0～3.5mmの磁性アタッチメントの使用が多く、1症例あたりに用いられる磁性アタッチメント数は1～2歯がほとんどであった。これらのことは義歯の維持・安定に寄与することを磁性アタッチメントが求められており、確実な吸引力が必要とされていることを示している。装着時の支台歯は、歯冠歯根比の改善ののちも動揺を有する歯が42%、ポケットの深さも約半数が3mm以上を示していた。装着約10年後の支台歯の生存率は67.6%、磁石構造体は55.9%で、生存率は金属床義歯の方が高かった。支台歯の変化としては、他の報告と同様にポケットの深さの増大が約60%に見られ、ポケット最深部の深さは4mmが最も多い結果となった。しかし、磁性アタッチメントを有している患者の義歯に対する満足度は高かった。

Coca ら<sup>9)</sup>は、テレスコープオーバーデンチャーの支台歯236歯の装着5年後の生存率は、上顎で86%、下顎では92%と報告している。Toolson ら<sup>10)</sup>はオーバーデンチャーを装着している89症例の10年間の経過観察を行い、支台歯の生存率は85.7%であり、77支台歯のうち抜歯となった11歯のうち7歯がう蝕、4歯が歯周疾患によるものであったと述べた。Budtz<sup>11)</sup>は35床のオーバーデンチャーの80支台歯について3年以上の口腔清掃のコントロールおよび1年間に2～4回の歯周治療を行った結果、口腔状態が不良な高齢者のオーバーデンチャーの支台歯を維持することが可能であったことを報告している。Renner ら<sup>12)</sup>はオーバーデンチャーを装着している7症例12支台歯について6カ月毎にリコールを行い、メンテナンスを4年間続けたところ、50%の支台歯が動揺がなく維

持され、25%の支台歯の動揺が減少したと報告した。これらの経過から、定期的なリコールによる歯周治療と補綴装置の調整は、オーバーデンチャーの良好な長期経過のための重要な因子であると結論づけている<sup>12)</sup>。

当大学では磁性アタッチメントを装着する支台歯は骨植不良歯が多く、支台歯の予後は必ずしも良好とは言えない。支台歯の生存率は Toolson ら<sup>10)</sup>の調査と比較しても低い値となった。多くの論文で示唆されているように、支台歯の延命には定期的な義歯と支台歯のメンテナンスの継続が必須である。同時に、支台歯の選択基準ばかりでなく、義歯の剛性を上げ、支台歯の負担軽減を図る設計が重要となる。これらは磁性アタッチメント義歯に限らず、補綴装置一般に言えることである。しかし、定期的なリコールやプラークコントロールは高齢化に伴って困難になっていく傾向にあり、その対策は今後の重要な課題となっている。磁性アタッチメントを使用した義歯は、適応範囲が広く、義歯の着脱や清掃、様々な口腔内の変化への対応も容易であることから、今後の高齢化社会で有益性が増すと思われる。

## 謝辞

本リコール調査に関して、装着時の記録を残して下さいました土田富士夫先生を始めとする鶴見大学歯学部補綴学第一講座の医局員の先生方、またこのリコール調査にご協力をいただいた有床義歯補綴学講座の徳江 藍先生、長田秀和先生に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 石上友彦：磁性アタッチメントの履歴と指針。日補綴会誌 2014；6：343-350.
- 2) 前田芳信：欠損を拡大しない補綴を目指して—5年以上のメンテナンス症例の観察結果から—。日補綴会誌 2012；4：178-182.
- 3) Shigemori T., Hoshiai K., Watanabe K., Ito R., Kawaguchi T., Yokoyama T., Miwata M., Kimura N., Tanaka Y. : Longitudinal study of magnetic attachments-Characteristic of long-term success cases-. JJ Mag Dent 2010；19：40-43.
- 4) Ito R., Hoshiai K., Tanaka Y., Ishigami

- T., Ishibasi K., Bando E., Sasaki H. : Longitudinal Study of Magnetic Attachments. *JJ Mag Dent* 2010 ; 19 : 35-39.
- 5) Gonda T., Yang TC., Maeda Y. : Five-year multicenter study of magnetic attachments used for natural overdenture abutments. *Oral Rehabil* 2013 ; 40 : 258-262.
- 6) 佐藤吉則, 北村晃一, 内田耕司, 永井栄一, 大谷賢二, 豊間 均, 丸尾貴之, 大金 誠, 大木一三, 掛谷昌宏, 西山 實 : 磁性アタッチメントの維持力に関する基礎的研究. *日本歯科医療管理学会雑誌* 1999 ; 34 : 84-88.
- 7) Rutkunas V1., Mizutani H., Takahashi H. : Evaluation of stable retentive properties of overdenture attachments. *Stomatologija* 2005 ; 7 : 115-120.
- 8) Huang Y1., Tawada Y., Hata Y., Watanabe F. : The change in retentive force of magnetic attachment by abrasion. *Odontology* 2008 ; 96 : 65-68.
- 9) Coca I., Lotzmann U., Pöggeler R. : Long-term experience with telescopically retained overdentures (double crown technique). *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2000 ; 8 : 33-37.
- 10) Toolson LB., Taylor TD. : A 10-year report of a longitudinal recall of overdenture patients. *J Prosthet Dent* 1989 ; 62 : 179-181.
- 11) Budtz-Jørgensen E. : Effect of controlled oral hygiene in overdenture wearers, a 3-year study. *Int J Prosthodont* 1991 ; 4 : 226-231.
- 12) Renner RP., Gomes BC., Shakun ML., Baer PN., Davis RK., Camp P. : Four-year longitudinal study of the periodontal health status of overdenture patients. *J Prosthet Dent* 1984 ; 51 : 593-598.



## 特集 Feature

### 長期経過から磁性アタッチメントを再検する

#### パーシャルデンチャーの長期経過症例と問題点への対応

中村和夫

山王病院

#### Long-term follow-up of patients treated by removable partial dentures with magnetic attachments, and how to cope with clinical troubles

Kazuo Nakamura

Sanno Hospital

#### 要旨

1992年から臨床応用が行われている磁性アタッチメントは、20年後の今日、補綴臨床にとって有用なものと考えられている。長期経過症例の報告からは磁性アタッチメントには多くの有用性のほかにいくつかの問題点も指摘されている。本報告では、磁性アタッチメントを用いたパーシャルデンチャーの長期経過症例を提示するとともに、その経過中に遭遇するトラブルと対応について述べる。

#### Abstract

In 1992, the magnetic attachment was first put to clinical use. After 20 years, the magnetic attachment is thought to be a useful system for prosthodontic practice. Follow-up studies suggest that the magnetic attachment has not only many advantages but also some clinical troubles. In this report, I present a long-term follow-up of patients treated by removable partial denture with magnetic attachments and discuss how to cope with clinical troubles.

#### キーワード (Key words)

磁性アタッチメント (magnetic attachment), パーシャルデンチャー (partial denture)  
予後 (prognosis)

#### I. 緒言

磁性アタッチメントは1992年に紹介されて以来すでに20年を超える歴史がある。当初は歯根アタッチメントならではの歯冠歯根比の改善効果や磁石の特性からくる有害な側方力を回避できる性質などから、従来からあるクラスプなどと比べ歯にやさしい支台装置として臨床応用されてきた<sup>1,2)</sup>。しかし、今日ではインプラントの支台装置などとして、より積極的な利用がみられるようになって

きている<sup>3)</sup>。磁性アタッチメントを応用した症例でも長期経過を経るにつれ、他の支台装置応用の有床義歯症例と同様に時にトラブルを生じる場合がある。さらには磁性アタッチメント特有の吸引力変化などのトラブルも考えられる。

今回はパーシャルデンチャーを中心に根面アタッチメントとして磁性アタッチメントを利用した症例を紹介し、長期経過症例でみられる問題点についてまとめてみる。

## II. 症例

最初の症例は58歳の女性で上顎左側犬歯の破損による義歯不適合を訴えて1992年に東京医科歯科大学歯学部附属病院に来院した。上顎左側犬歯に磁性アタッチメントを応用したが、咬合高径が低く咬合力も強かったために、その後の経過で問題を生じた。図1はキーパー付根面板で最初期のハイコレックスMD（モリタ）を応用しているためキーパーが大きく厚みもあり犬歯でもぎりぎりの大きさであった。図2は磁石構造体が入った義歯内面で、磁石構造体周囲を義歯のメタルフレームで補強するとともに咬合面側も金属で補強した。唯一対合歯と咬合接触のあった上顎左側犬歯を根面板としたことですれ違い咬合状態になった。



図1. キーパー付根面板 キーパーが厚く大きい



図2. 義歯内面 磁石構造体周囲を金属で補強してある

翌93年上顎右側犬歯の冠が支台築造体を含めて脱離した。齶蝕を除去した結果、残存歯質が少なくなったため磁性アタッチメントを応用することにした。94年には上顎左側犬歯が動揺著名となり抜歯に至った。すれ違い状態で下顎前歯の突き上げが強いことから、当初の義歯の右側犬歯部に93年に磁性アタッチメントを追加修理した部分から

磁石構造体が人工歯とともに脱落しやすくなった(図3)。左側犬歯の動揺の原因としては骨隆起を避けて床面積を小さくしたことによる咬合力負担の増大や支台築造体から脱離した状態で既に齶蝕が顕著な歯を利用したことにより微細な亀裂などが生じていた可能性もあり、歯にやさしい磁性アタッチメントといえども過大な負荷が加わっては経過不良を示すことになるので従来の義歯設計と同様に配慮が必要である。98年になり左側第一大臼歯が左側犬歯と同様に負担過重により動揺したため抜歯となった。この機会に新たに義歯を製作した。右側犬歯部は磁石構造体周囲をメタルフレームで補強したことから、その後破損せず経過した。図4のように咬合高径が低く正中の骨隆起を避けたために床面積が小さく義歯床による咬合力負担能力が低かったことや、すれ違い状態になった左側での負担過重も残存していた左側の歯を失った原因の一つではないかと考えられた。



図3. 磁石構造体追加修理部での義歯破損



図4. 咬合高径が低位 金属床で磁石構造体周囲を補強

次の症例は18年間経過を見られた症例である<sup>4,5)</sup>。

1992年に上顎右側中切歯前装冠が支台築造とと

もに脱落したことによる審美障害の訴えで東京医科大学歯科大学歯学部附属病院に来院した(図5)。残存歯質の齶蝕が著名なことから、歯肉縁下まで達する齶蝕歯質を除去後に磁石の吸引力を利用して挺出させ、磁性アタッチメントを用いて修復することにした。挺出量は約3mmで、挺出した歯根が安定してから図6のように磁性アタッチメントを用いて修復した。唇側に出ている対合歯との関係で審美的要求から人工歯を唇側に出さなければならず咬合力が根面板の唇側寄りにかかりやすい



図5. 初診時の状態 齶蝕が歯肉縁下におよんでいる



図6. 根面板装着時 義歯床の被覆, 服薬の影響で辺縁歯肉に炎症が残る



図7. 義歯装着状態

状態となった(図7)。心疾患があり抗凝固薬服用の影響で辺縁歯肉の炎症はこの後もなかなか改善しなかった。

図8は2年後, 図9は7年後の状態, いずれも特に根面板唇側の炎症が強い。7年後に下顎左側臼歯部ブリッジを齶蝕により失い下顎にも義歯を装着した。12年後には, 隣の側切歯が齶蝕と歯根の一部破折を起こしキーパー付根面板周囲にも炎症が及んでいた(図10)。図11は義歯の粘膜面で磁石構造体周囲の常温重合レジンがやや変色しているほかは吸着面の金属にも大きな傷は見られなかった。上顎右側側切歯を抜歯後に使用中の義歯を増歯修理して継続使用した。さらに2年経過後, 上顎左側臼歯部のブリッジを齶蝕と歯根破折で失い, この機会に上顎義歯を新しく製作した。図12, 13は18年後の状態, この間に患者の全身状態は次第に悪化し, 入院の機会も増え口腔清掃が不十分となり, さらに服用する薬のため口腔乾燥や出血傾向も強くなり, 感染にも弱くなってリコールも不定期になってきた。顎堤の吸収もあり応急的なリライニングやティッシュコンディショ



図8. 2年後の状態 辺縁歯肉の炎症が著名



図9. 7年後の状態 前歯部歯肉の炎症が著名

ニングでの対応となったが、ついに著しい動揺と痛みを訴えたため入院の上抜歯となった。最終的に上顎左右犬歯も動揺してきて義歯の動揺を抑えられなくなってきたが、それまでは両側の犬歯が義歯の安定を確保して磁性アタッチメント応用部を保護したためキーパー表面には摩耗による変形や大きな傷は見られず18年を経過した。



図10. 12年後の状態 隣在歯の破折のため歯肉の炎症が強い

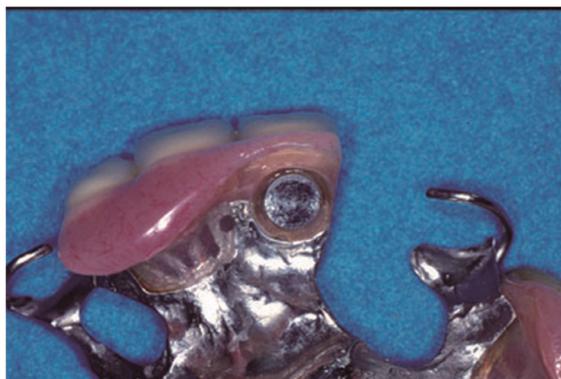


図11. 12年後の状態 磁石構造体に傷や腐食は見られない



図12：18年後の状態 キーパー表面に傷や腐食はない



図13：18年後の状態 磁石構造体に傷や腐食は見られない

### Ⅲ. 磁性アタッチメント応用義歯の長期経過でみられるトラブルと対応

磁性アタッチメントを応用した義歯における長期経過の間には破損のような義歯一般にみられるようなトラブルのほか磁性アタッチメント特有の問題点も発生する(表1)。

表1. 磁性アタッチメント応用症例の長期経過におけるトラブル

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 義歯の破折</li> <li>2. 磁石構造体の脱離</li> <li>3. 歯肉退縮, 支台歯の動揺, 歯根破折</li> <li>4. 磁石構造体やキーパーの磨耗</li> <li>5. 維持力の減少</li> </ol> |
|---|

義歯, 人工歯の破折は磁石構造体が埋入された部分で周囲のレジンなどの厚さが十分確保できないことにより強度不足が起こりやすいことから比較的頻度が高い。次に多いのは磁石構造体の脱落で, 磁石構造体の小型化によって高径も低くなってきており保持部分の接触面積が小さくなって脱落のリスクが増している。根面板周囲の清掃不良から歯周疾患の進行, 歯肉退縮や辺縁歯肉の炎症がおこることもある。また, 長期経過の症例では磁石構造体やキーパーが磨耗して吸着面の形状に変化がみられることもある。そして, 磁石の特性として維持力の変化が少ないとされる磁性アタッチメントでも長期間の使用により種々の原因で維持力の減少がみられることがある。次に, これらのトラブルの原因として考えられることと対応について述べてみたい。

## 1. 義歯の破折

人工歯とキーパーの間に磁石構造体が入っていることにより磁石構造体周囲にレジンの厚さが十分確保されないことによる強度不足、あるいは長期使用による義歯の摩耗や床用レジン、接着性レジンの劣化によって磁石構造体周囲から義歯が破損することがある。

特に咬合高径の低い症例や対合歯列に乱れがある場合には義歯床の破折がおりやすくなる。対応策としては磁石構造体周囲のレジんに厚みを確保できるようにすること、つまり磁石構造体のサイズ選択や側方運動時のクリアランスのチェックが有効となる。事前にクリアランスを検討するためにはサイズゲージを使うことも効果的である。

もう一つの方法は磁石構造体周囲を金属で補強する方法である。こちらは義歯の製作や磁石構造体をマウントするときの遁路形成が難しいという弱点がある。金属床による補強には周囲全体を金属で被覆する方法や舌側あるいは側面のみ金属構造で補強する方法がある。

長期経過症例では顎堤の吸収による義歯の適合不良から根面板や磁石構造体に負荷が集中して楔効果で義歯が破損する場合もあるので適切なライニングが必要である。

## 2. 磁石構造体の脱離

磁石構造体が脱離したケースでは多くの場合、磁石構造体はキーパーに吸着して口腔内に残り義歯の内面に磁石構造体の形をした穴があいている。これは磁石構造体の金属と義歯床レジン部分との接合部分で剥離していることが多いことを示している。

磁石構造体は臨床応用範囲を広げるため小型化や高吸引力化が求められており、それらの要求を満たすための改良の結果として磁石構造体そのものの高さが次第に低くなり、高吸引力化により磁石構造体とキーパーの間で引き合う力が大きくなってきている。そこで脱離予防のためには磁石構造体の保持構造やマウント時の金属やレジンに対する前処理といった配慮が重要になってくる。

磁石構造体の製品状態での脱離予防対策としては表面に接着を補強するためのコーティング処理や機械的嵌合力を増すための保持構造の付与が行われている。さらに術者側では床用レジンと接着しやすいよう磁石構造体の表面をあらかじめ接着

性レジンなどでコーティングしておくことや義歯床のレジン部分にプライマー処理を行うなどの対策も有効である。また、義歯にマウントするとき磁石構造体や義歯床内面の接着界面をできるだけ汚染しないようにすることも重要である。

破折の項で触れたように、たわみや亀裂などで義歯が破損することによって磁石構造体が脱離する場合もあるので、磁石構造体周囲のレジン厚さ確保や義歯床の補強は有効である。

## 3. 歯肉退縮、支台歯の動揺、歯根破折

歯肉退縮は長期間経過した症例ではしばしばみられる。歯周疾患の進行や高齢化による糖尿病などの全身疾患発症の影響、顎堤吸収の進行による義歯不適合から生じる負担過重などが原因と考えられる。歯周疾患を悪化させる要因としては支台歯の清掃不良、過大な負担の影響が大きい。清掃不良に対しては根面板やキーパー部分の滑沢さ、歯肉縁からの立ち上がり部分の形態などに配慮してブラークが貯留しにくくすることが大切である。

歯冠歯根比を改善し有害な側方力を回避する目的で磁性アタッチメントを用いる症例では、往々にして歯周疾患、齶蝕などで既に条件の悪い歯を支台歯として使うことになり、動揺や歯根破折がおりやすくなる。磁性アタッチメントは有害な側方力を回避できることから条件の悪い支台歯でも長期予後を期待できる。しかし、キーパーと磁石構造体が広い面で接触していることから接触面を通して伝わる義歯が支台歯を圧下させるような力までは回避させられない。そこで義歯の咬合調整にあたり、このような力が側方運動時にかからないよう注意する必要がある。

歯根破折に対してはポスト周囲の残存歯質の厚み確保、可能なら歯根頂部の歯質辺縁の被覆を行う。

二次齶蝕の発生や歯周疾患を悪化させないためには清掃が容易な根面板の形状、力のコントロール、清掃指導や適切なメンテナンスで対応する必要がある。

## 4. 磁石構造体やキーパーの磨耗

金属といえども長期間の使用では接触部分に磨耗を生じる場合がある。図14は下顎全部床オーバーデンチャー症例で支台歯に磁性アタッチメントを用い、17年経過後に抜歯となった症例<sup>6)</sup>の抜去した支台歯を示す。体調不良と軽度の認知障害から最後の2年間のリコールが途絶え、この間に適切

なりライニングなどのメンテナンスが行えなかったため、適合不良から義歯の動揺、沈下を生じ、負担過重から支台歯が動揺してきた。義歯の沈下や回転により磁石構造体との間で斜めの力が加わったために図で根面板左側にあたる遠心側が磨耗している。この状態のキーパーでは磁石構造体だけ更新しても本来の吸引力は得られなくなるうえ、磁場漏洩のおそれも出てくる。特に支台歯に動揺がみられる場合には義歯の動きによって支台歯が押されて動いていないか注意するとともに適切なライニングなどのメンテナンスが必要である。

一方、磁石構造体の磨耗に関しては、特に犬歯部などで側方運動時に対合歯との間のクリアランスが少ない場合に咬耗によって磁石構造体上部を被覆するレジンだけでなく磁石構造体そのままで磨耗していることがある(図15)。穿孔すれば腐食して吸引力を消失する可能性がある。

対策としては磁石構造体上部の義歯床の厚さが確保できているか術前に特に側方運動時について十分に診査することが有効である。



図14. 17年経過後のキーパー 動揺により傾斜した力が加わり偏った磨耗がみられる



図15: クリアランス不足から人工歯破折磁石構造体頂部の露出や磨耗がみられる

## 5. 維持力の減少

磁性アタッチメントは機械的嵌合力によらない維持装置であり、磨耗や変形による維持力の減少は少ないとされているが、長期間使用すれば吸着面の傷や図14のような偏った磨耗などで本来の吸引力が得られなくなることがある。傷や変形がひどい場合は磁石構造体やキーパー、根面板の交換が必要となる。また、ライニングや修理の際に吸着面間へのレジン埋入などで浮き上がりやずれを起こして維持力が十分得られなくなることがあるので慎重な操作が求められる。

さらに義歯を熱湯など高温にさらしたことで吸引力が低下したり、最近ではMRI装置に誤って義歯を装着したまま入って吸引力を消失させてしまうケースもあるので患者に対する注意喚起、指導も大切である。

## IV. まとめ

磁性アタッチメントを応用したパーシャルデンチャーの長期経過症例を示し、その経過で遭遇する可能性のある問題点について紹介した。義歯の破損や磁石構造体の脱離、損傷に対しては磁石構造体周囲のレジンの厚さ確保や義歯構造の補強、磁石構造体の露出や脱落、磨耗に関しては術前の対合歯とのクリアランスや人工歯排列状態に対する十分な診査、磁石構造体のレジンに対する接合強度の確保が求められる。

一方、キーパーを装着した支台歯に対しては根面周囲の清掃に対する配慮、咬合力負担が過大にならないような床形態や咬合関係に対する配慮が求められる。

磁性アタッチメントは機械的嵌合力を維持力の源とはしていないため、磁石の吸引力が損なわれなければ長期間にわたり維持力は保たれるはずであり、従来からパーシャルデンチャーやその支台歯に対して説明されているような設計原則<sup>7)</sup>に従って適切に設計、管理すれば良好な予後が期待できると考えられる。

## V. 文献

- 1) 水谷 紘, 石幡伸雄, 中村和夫: 藍 稔監修. 磁性アタッチメントを用いた部分床義歯. 東京: クインテッセンス出版; 1994.
- 2) 田中貴信. 磁性アタッチメント —磁石を利

- 用した新しい補綴治療一. 東京：医歯薬出版；1992.
- 3) 田中讓治. インプラント治療への積極的導入. 日磁歯誌 2010；19(1)：17-28.
- 4) Nakamura K. Case 10 Application after Extrusion of Abutment Root. In: Ai M, Shiau YY, editor, New Magnetic Applications in Clinical Dentistry, Tokyo：Quintessence Publishing;2004,129-131.
- 5) 中村和夫. 磁性アタッチメントを応用した部分床義歯補綴症例の18年間の経過. 日磁歯誌 2012；21(1)：83-89.
- 6) Nakamura K. Case 12 Application for Short Length Root - 2. In：Ai M, Shiau YY, editor, New Magnetic Applications in Clinical Dentistry, Tokyo：Quintessence Publishing；2004,134-136.
- 7) 後藤忠正. クラスピングー合理的な考え方と臨床一. 東京：医歯薬出版；1990, 1-39.



## 特集 Feature

ISO 対策委員会報告

### 歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して — ISO/TC106ベルリン会議 —

ISO 対策委員会 委員長 高田雄京  
東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

A commission report of the ISO corresponding committee  
working toward the international standardization of dental magnetic attachments  
— ISO/TC106 meeting in Berlin —

Yukyo Takada, Chairperson of the ISO Corresponding Committee  
Division of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry

#### 要旨

ISO 対策委員会が中心となり、NEDO の支援を受けて2005年から歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を推進してきた。2007年に NP（新規事業項目提案）申請（ベルリン会議）、2008年のイエテボリ会議では ISO/ TC106/ SC2に WG22が設立され、ISO 対策委員会が策定した WD（作業原案）が採用された。それ以降4年の時を経て、2012年に ISO 13017が歯科用磁性アタッチメントの国際標準規格として誕生した。同年の ISO/ TC106パリ会議では、歯科用磁性アタッチメントの維持力測定法の国際標準化を提案し、翌年に追補案（Amd.1）を添えて NP 申請を行った。2014年の DAM 投票（追補版の DIS 投票）で追補案は DAM.1（追補の国際規格案）として可決され、ISO/ TC106ベルリン会議で FDAM（最終国際規格案）に向けての審議が行われた。本稿では、DAM.1の進展とその後の経過について述べる。国際標準規格の策定プログラムは、NEDO 及び経済産業省（METI）の支援で行われた。

#### Abstract

The international standardization of dental magnetic attachments has been continued for ten years since the start of "Development and standardization of the dental magnetic attachment" supported by the NEDO grant in 2005. The NP (New Work Item Proposal) was presented at the ISO/TC 106/SC2 in Berlin meeting (2007), and the Japanese draft established by "The Magnetic Attachment Standardization Committee (The ISO Corresponding Committee in JSMAD)" was approved as WD 13017 (working draft) in the Goteborg meeting (2008). After four years, ISO 13017 was published on July 15, 2012. In the same year, NP (New Work Item Proposal) of the amendment of ISO 13017 was accepted in the Paris meeting (2012). The Japanese draft of the amendment was accepted as DAM.1 (ISO 13017: 2012/ DAmD 1) in DAM voting, and the DAM.1 was discussed in the Berlin meeting (2014). FDAM (final draft of amendment) voting will come in early September 2015. Here, I discuss the advance of the DAM.1 and its passage. This program was thankfully supported by a NEDO and a METI (Technical Regulations, Standards and Conformity Assessment Policy Division) grants in Japan.

#### キーワード

(Key words)

歯科用磁性アタッチメント (Dental magnetic attachment),  
国際標準化 (International standardization),  
国際標準化機構 (ISO) (International Organization for Standardization)

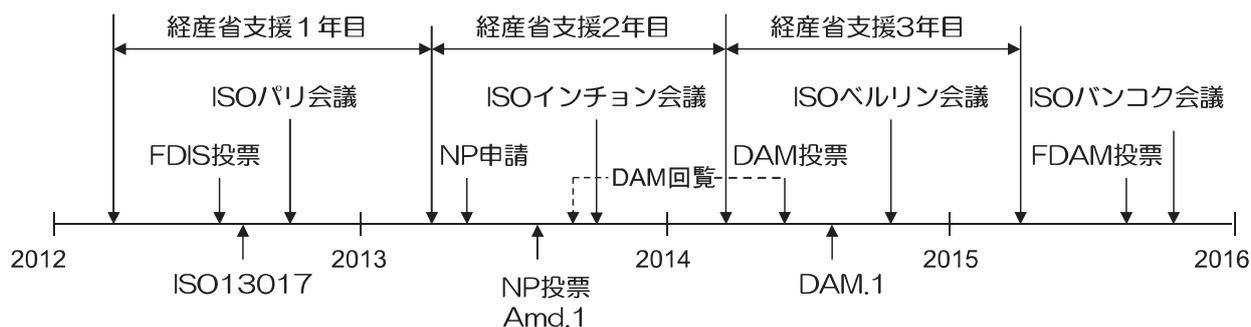


図1. 事業経過

## I. はじめに

歯科用磁性アタッチメントの国際規格策定は、2005年秋からISO対策委員会を中心となり、国際標準化に向けての準備を開始し、2007年のISO/TC106ベルリン会議でNP（新規事業項目提案）を申請したことに端を発する。2008年のイェテボリ会議で磁性アタッチメントの規格策定のためのワーキンググループ（WG22）がISO/TC106/SC2に設立され、本格的な国際規格策定が始まった。4年後の2012年7月に歯科用磁性アタッチメントの国際標準規格ISO 13017<sup>1)</sup>が発行されるに至ったが、4年という限られた期間内では維持力に関する規定など不十分な部分も含まれていた。そこで、完成度の高い国際規格を目指し、2010年からISO13017の規格策定と併行して行ってきた歯科用磁性アタッチメントにおける維持力測定法の国際標準化<sup>2)</sup>を2012年のISO/TC106パリ会議において提案した<sup>3)</sup>。翌年の7月末に行われたNP投票の結果、新たな維持力測定法の国際標準化がISO 13017のAmendment（追補）として可決された。NP投票後に日本提案のAmd.1（Amendment草案）は修正され、日磁歯誌23巻1号<sup>4)</sup>に記載したとおり、インチョン会議の審議後にDAM投票（追補のDIS投票）の結果を受けてDAM.1（追補の国際規格案）に昇格した。この投票において、ドイツが初めての反対票をコメント付きで投票したため<sup>4)</sup>、その対策が2014年のベルリン会議に向けて大きな課題となった。

本稿では、2014年9月中旬に開催されたISO/TC106ベルリン会議の内容、その準備や帰国後に行ってきたDAM.1の修正、更にFDAM投票（追補のFDIS投票）に向けての準備などの活動経過について報告する。

## II. 「国際標準開発事業」の経過

経済産業省METI基準認証ユニットの助成による3年継続事業の「国際標準開発事業」が、平成25年度から1年更新の経済産業省委託「社会ニーズ（安全・安心）・国際幹事等輩出分野に係る国際標準化活動」の名称になり、最終年度の平成26（2014）年度も助成の継続が採択された。我々ISO対策委員会のメンバーで主に構成される「歯科用磁性アタッチメントにおける維持力測定法」国際規格作成委員会が主体となり、最終年度の活動を行うことになった。（図1）

平成26年度の活動は、国内会議をISO/TC106ベルリン会議の前後に1回ずつ計2回開催し、ベルリン会議に向けての準備と事業成果のまとめを行った。昨年度から鱒見進一委員（九州歯科大学）と石上友彦委員（日本大学）がそれぞれコンビナとエキスパートを担当され、国際会議（ISO/TC106ベルリン会議）を主導した。

## III. ベルリン会議に向けての準備

### 1. DAM投票でのコメント対策

2014年4月30日にDAM投票結果が公開された。投票に参加したP-メンバー14カ国の内、賛成13、反対1でAmd.1（追補案）がDAM.1（追補の国際規格案）に昇格したが、ドイツから初めての反対票を得る結果となった。（図1）DAM投票における重要なコメントの一つは、日磁歯誌23巻1号<sup>4)</sup>に詳細を記したように、インチョン会議で可決された米国のコメントがAmd.1に反映されていないことであった。通常はISO会議後に修正したAmd.1を回覧し、DAM投票される。これに対し今回は、NP投票の際にDAMからの審査を希望し可決されたため、インチョン会議前にDAM登録したAmd.1を回覧していたことか

ら、ISO 会議の内容を Amd.1に反映できない状況であった。その旨を2014年9月に開催のベルリン会議で報告することで対応することとした。

DAM 投票後にもう一つ難しいコメントがオーストラリアから出された。維持力測定ジグにおける摺動部の摩擦力を"frictionless"と定義することは不適切であり、"low friction"と定義した上で摩擦係数などの数値を上げて規定すべきという指摘であった。DAM.1の規定では、ボールベアリングを用いたリニアスライダが使用されているが、維持力測定ジグとして組み上げたアセンブリにおける摩擦力の規定が必要になるため、実際の維持力測定ジグの摩擦力を測定することで数値による規定を行うと共に、測定データの処理法も含め規定することとした。詳細は「3. 維持力測定データの処理法」の項に記す。

### 2. インターラボラトリテスト

2013年の ISO/TC106インチョン会議において、ポストキーパー等の不規則な形状に対応した試料台への固定法を提案し、インプラント用の磁性アタッチメントに対応した固定法についても議論が行われた。これを受けて、会議後にドイツと中国のエキスパートから固定法に関するインターラボラトリテストに協力したいとの提案があり、2014年9月の ISO/TC 106ベルリン会議で結果報告を行うことになっていた。

本委員会では、2013年の NP 申請時から試料の固定法を確立する実験を行い、不規則な形状に対応した試料台の開発を行ってきた<sup>4)</sup>。2014年7月に行った第1回国内会議では、維持力(吸引力)測定値の精度、測定手順の妥当性、測定者の熟練度等を中心に、7機関(東北大、日大、鶴見大、愛院大、九歯大、(株)ジーシー、NEOMAX エンジニアリング(株))で測定した国内インターラボラトリテスト結果を理論的背景の構築に重点を置いてまとめ、ベルリン会議で発表する準備を進めた。(図2) これらの結論として、「試料を安定して取り付けることができるよう試料台を加工しても良い」という一文を DAM.1に追記する提案を行うこととした。

### 3. 維持力測定データの処理法

ISO13017においては、維持力測定ジグ摺動部(Moving head)の摩擦力を"frictionless"と定義していた。(図3) この定義については、全く摩

擦力のないリニアスライダは存在しないので、"low friction"に変更すべきであるとの指摘は国内においても受けていた。当然ながら低摩擦とした場合、その度合いを摩擦係数などの数値で規定しなければならないが、リニアスライダ本体の摩擦力ではなく、維持力測定ジグとして組み上げたアセンブリにおけるムービングヘッド(Moving head)の摩擦力の規定が必要になる。なぜなら、リニアスライダの取り付け精度によって摩擦力が大きく変化するからである。そこで、シャフトを移動させるのに必要な力(測定値)をムービングヘッドの質量、試料の吸引力、ムービングヘッドの動摩擦力の総和で表し、維持力は測定値(A)からムービングヘッドの質量と動摩擦力の和(B)を引いた値とすることを提案することとした。(図4) 摩擦力の度合いについては、試料を取り外したときの測定値(B)を測定することで動摩擦力を規定した。本委員会で開発した維持力測定ジグの動摩擦力の変化は2gの範囲内であったことから動摩擦力を0.02N以下と定義することも提案することとした。(図5)

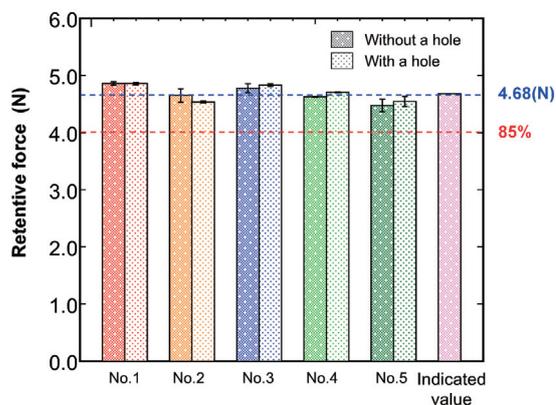


図2. 各機関で測定した維持力の比較

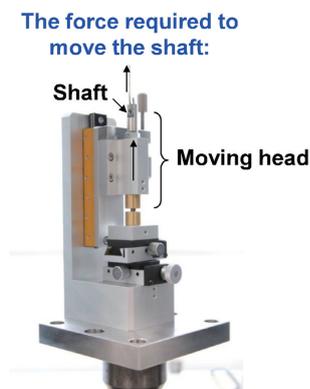


図3. 維持力測定ジグ

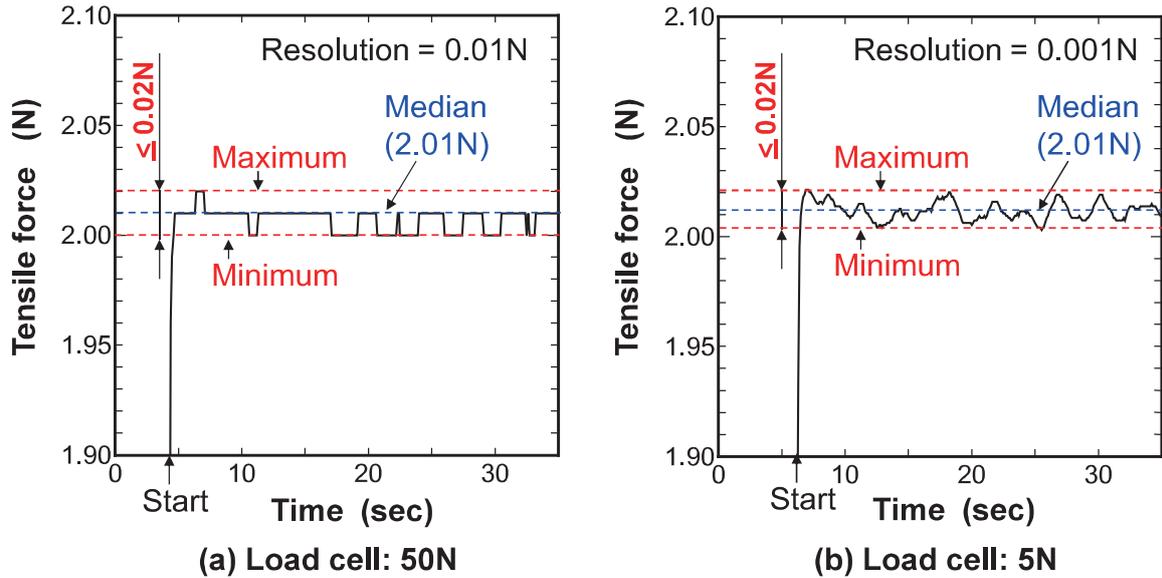


図5. 動摩擦力の変化

Megremis 及びコンビーナを書記に選出した。次に、コンビーナより、DAM 投票の結果が報告された。

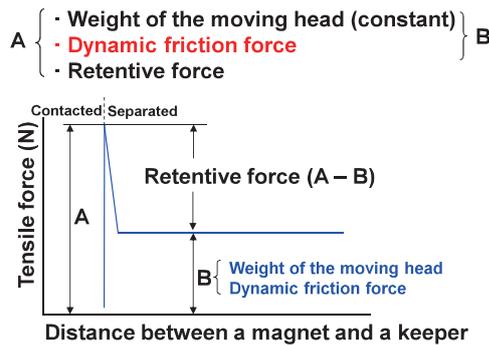


図4. 維持力曲線

#### IV. ISO/TC 106ベルリン会議

##### 1. SC2/ WG22会議

ISO/TC 106ベルリン会議は、首都ベルリンに位置するドイツ工業規格 DIN (Deutsche Industrie Normen) のビル内で 9月14~20日の期間に開催され、磁性アタッチメントの規格策定を行う SC2/WG22会議は9月18日の午前に行われた。(図6)。国際規格作成委員会から鱒見進一委員(コンビーナ)、石上友彦委員(エキスパート)、高田雄京委員長(オブザーバー)、の3名、海外協力者の Kent T. Ochiai (コンビーナ補助)、ISO 対策委員会から佐々木英機(オブザーバー)の1名が参加した。(図7)

コンビーナ(鱒見委員)が午前9時にWG22の開会宣言を行い、Kent T. Ochiai, Spiro



図6. ISO/TC 106の会場 (DIN のビル)



図7. TC106/SC2/WG22の常連メンバー

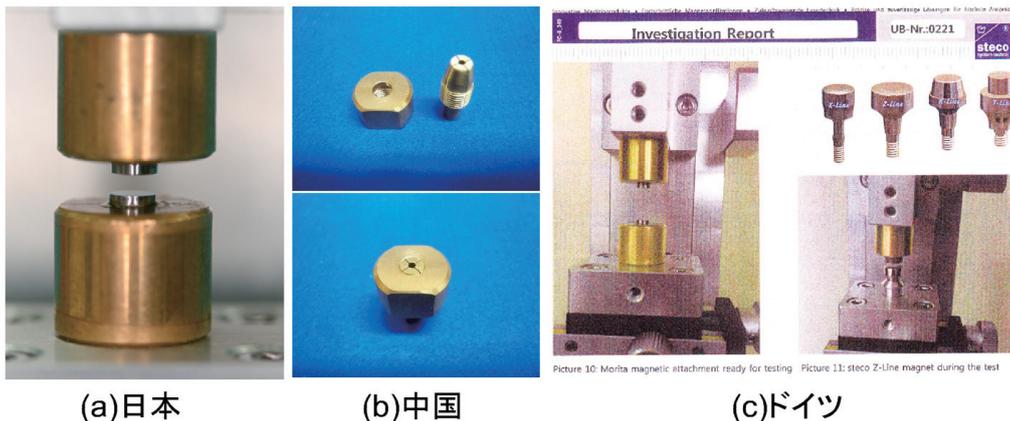


図8. 各国の試料台（インターラボラトリテスト）

日本、中国、ドイツがインターラボラトリテストの結果を報告した。インプラント用などの不規則な形状に対応した各国の試料台と固定法を提示し、測定した維持力が報告された。（図8）その結果、試料台については、各国で試験する磁性アタッチメントの形状に合わせて加工しても、維持力に影響を及ぼさないことが確認できたことから、試料台を加工してもよいという結論で一致した。

DAM投票における各国のコメントについては、日本の回答を一つ一つ提示してDAM.1に修正加筆を行い、すべての項目について承認が得られた。オーストラリアから指摘のあった"frictionless"については、測定データの処理法と動摩擦力の測定結果を日本側から提示し、"frictionless"を"low friction"に変更することに加え、測定データの処理法と動摩擦力を明記する提案を行った。審議の結果、日本提案の動摩擦力の規定値（0.02N以内）と維持力曲線の図（図4）を追記し、維持力測定における適切な計算方法をDAM.1に記載することが決定した。これらの修正加筆を行ったものをFDAM案とし、FDAM投票に進むことが出席したすべてのエキスパートによって承認された。WG会議終了後、これらの内容は書記により議事録として記録された。

## 2. SC2総会

SC2に所属する各WGのコンビーナは、WG会議で審議された事項をSC2総会で作業の進捗を含めて報告し、SC2総会での承認を得なければならない。ベルリン会議では、最終日の前日9月19日にSC2総会が開かれ、各WGのコンビーナより報告が行われた。WG22に関しては、議事録

の内容、FDAM投票に進むこと、次年度バンコクにおいて半日の会議をすることが承認された。（図9）



図9. SC2総会におけるWG22の報告

## V. 最終国際規格案の策定

ベルリン会議においてFDAM投票に進むことが決定したことにより、FDAM登録のための修正稿を年内（2014年末まで）にSC2事務局に提出することになった。帰国後、ベルリン会議での修正加筆と共に、維持力の計算法、摺動部の動摩擦力の規定、維持力曲線の図等を作成し、DAM.1に追記することでFDAM.1（最終国際規格案）を策定した。年末近くの完成のため、年内に国内委員会を開くことができず、メールによる会議を開き、FDAM.1をブラッシュアップした。このようにギリギリの攻防に支えられて、予定通り年末までにFDAM.1（FDAM登録した回覧用の国際規格案）をSC2事務局に提出することができた。

翌年（2015年）1月に第2回国内委員会を開き、FDAM.1の策定およびSC2事務局への提出についての進捗状況を報告し、次年度の計画および2015年のバンコク会議のための打ち合わせを行った。

## VI. 今後の活動

ISO 13017の Amendment（追補）は、経済産業省の支援を受けて3年間の期間内に完成する国際規格策定事業であった。2014年度で支援は終了し、「歯科用磁性アタッチメントにおける維持力測定法」国際規格作成委員会の活動から本来のISO対策委員会（日本磁気歯科学会）の活動に移行した。2014年度までにFDAM投票待ちの状況に至っており、計画通りの遂行であった。

当面の活動は、2015年9月2日が投票期限となっているFDAM投票の結果を受けてのコメント対策である。一般に、FDAMに関連するコメントは事務局からの書式に関するものであり、大きな誤りが無い限り、修正すれば可決されて半年以内に国際規格に昇格することになる。最後の締めとなる仕事であり、確実に遂行しなければならない。また、2015年9月末に開催されるバンコク会議に出席し、2017年から始まるISO規格の見直しについての審議を行う必要がある。ISO規格は、規格が発行されて5年経過すると、その修正を行うかどうかを審議し、修正が必要であれば従来どおりNP申請を行い、修正案がWD, CD, DIS, FDISを経て新しい規格となる。国際規格の維持には、長期的な活動が必要になるため、若い人材のISO国際会議への参加を促すことが重要であ

り、計画的で継続的な資金調達が課題である。

## VII. おわりに

ISO対策委員会報告は、本稿で4回目となる。2008年にISO規格策定を本格的に開始し、ISO対策委員会が中心となり策定した歯科用磁性アタッチメントの国際規格が2012年にISO 13017として交付されるに至った。2012年には、完成度の高い国際規格に向けた"Amendment"の提案が、2015年にはFDAM投票待ちとなり、追補版ではあるが第2の国際規格の交付を待つばかりである。前述のように、国際規格の維持は長期事業であり、継続的な資金と長期的な活動が必要不可欠である。今後も会員の皆様のご支援、並びにご協力をお願いする次第である。

## 参考文献

- 1) ISO 13017: 2012(E), Dentistry-Magnetic Attachments.
- 2) 高田雄京. ISO対策委員会報告 歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して. 日磁歯誌 2011; 20(1): 81-85.
- 3) 高田雄京. ISO対策委員会報告 歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して - ISO/TC 106パリ会議 -. 日磁歯誌 2013; 22(1): 65-68.
- 3) 高田雄京. ISO対策委員会報告 歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して - ISO/TC 106インチョン会議 -. 日磁歯誌 2014; 23(1): 72-76.



## 原著論文 Original paper

Journal home page : [www.jsmad.jp/](http://www.jsmad.jp/)

## オーバーデンチャーにおける義歯床の力学的検討

大林美穂<sup>1</sup>, 金沢孝憲<sup>1</sup>, 大山哲生<sup>1,2</sup>, 梅川義忠<sup>1,2</sup>, 中林晋也<sup>1,2</sup>, 石井 拓<sup>1</sup>,  
齋藤五月<sup>1</sup>, 館野 敦<sup>1</sup>, 月村直樹<sup>1,2</sup>, 石上友彦<sup>1,2</sup><sup>1</sup>日本大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座, <sup>2</sup>日本大学歯学部総合歯科研究臨床研究部門

## Mechanical study of the denture base in overdentures

Miho Obayashi<sup>1</sup>, Takanori Kanazawa<sup>1</sup>, Tetsuo Ohyama<sup>1,2</sup>, Yoshitada Umekawa<sup>1,2</sup>,  
Shinya Nakabayashi<sup>1,2</sup>, Taku Ishii<sup>1</sup>, Satsuki Saito<sup>1</sup>, Atsushi Tateno<sup>1</sup>,  
Naoki Tsukimura<sup>1,2</sup> and Tomohiko Ishigami<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Department of Partial Denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry<sup>2</sup>Division of Clinical Research, Dental Research Center, Nihon University School of Dentistry

## Abstract

Denture fracture is a common complication in overdentures because the thickness of the denture base is often insufficient above the copings. The thickness of the denture base should be sufficient for the prevention of denture fracture. However, what constitutes sufficient thickness of the denture base has not been clear. In this study, the correlation between the thickness of the resin and the stress concentration above the root cap was assessed using model testing and the three-dimensional finite element (FE) method. These models consisted of a plunger, a resin plate, and copings. A 3-point bending test and a 4-point bending test (cantilever model) were examined using both model testing and the FE method. The fractured part in model testing was similar to the part of high stress in the FE method. Increasing the thickness of the resin reduced the stress concentration and displacement of the resin plate. Those results suggest that the risk of denture fracture is reduced by increasing the thickness of the denture base. Further experimentation is warranted to identify the required thickness of the denture base.

## キーワード

(Key words)

オーバーデンチャー (overdenture), 曲げ強さ (bending strength),  
義歯床破折強度 (denture base strength),

## I. 緒 言

磁性アタッチメントを用いたオーバーデンチャーは、歯根を支台歯として利用し、歯槽骨吸収の防止、義歯の支持・維持や安定の確保および咀嚼時における歯根膜感覚の活用など様々な利点を有している<sup>1)</sup>。

しかし、オーバーデンチャーは、残存歯を義歯で被覆することから当該部の義歯の厚みが非薄となり、同部分が強度不足となる場合があり、機能時の荷重により義歯破折をきたすことも報告されている<sup>2)</sup>。特に、磁性アタッチメントを用いたオーバーデンチャーでは、根面板上面と対合歯間に義

歯床用レジンや人工歯に加えて、磁石構造体が入るスペースが必要となるため、通常のオーバーデンチャーに比べて、さらに同部位が脆弱化する<sup>3-6)</sup>。

本研究では、オーバーデンチャーを想定した解析モデルに対し、模型実験および三次元有限要素法を用いたシミュレーション実験を行うことにより、根面板上部のレジン床の厚みおよび根面板形態の違いが義歯床の力学的挙動に与える影響について検討を行った。

## II. 材料および方法

### 1. 模型実験

#### 1) 実験方法

三点曲げ試験 (JIS 規格 T6501) を参考に、孤立歯を想定した変則三点曲げ試験および、下顎両側犬歯に根面板のある片側遊離端義歯を想定した変則四点曲げ試験の2種類の曲げ試験を行った (図1)。

変則三点曲げ試験及び変則四点曲げ試験において、根面板形態は与える影響を検討するために半球型および台形型の根面板形態が陥凹された4種類のレジン板に対し、それぞれレジン板の厚みが異なる3種類の試験体を作製した。すなわち、変則三点曲げ試験において半球型根面板を想定したモデルAおよび台形型の根面板が陥凹された試験体をモデルB、変則四点曲げ試験において半球型根面板を想定したモデルCおよび台形型の根面板をモデル化したモデルD、それぞれに対し、根面板上のレジン板の厚みを0.5mm (以降, 0.5mm), 1.0mm (以降, 1.0mm), 1.5mm (以降, 1.5mm) とした。曲げ試験4種類、厚みがそれぞれ3種類の計12モデルを作製した (図2, 3)。

#### (1) 実験器具・装置

圧子として JIS 規格 T6501 に準じて製作した半径1.6mmの円柱状主部の外周面にて試験体を押す荷重プランジャ (東京技研社, 東京, 日本) を使用した (図3, 表1)。

#### (2) 根面板

根面板形態はキーパー付き根面板を模した基底部の直径が6.0mm, 高さが2.0mm<sup>7)</sup>, 上面の直径が4.5mmとなる円錐台形態となる台形形態と基底部の直径が6.0mm, 高さが2.0mmの半球形態となる2種類を作製し (図3) (東京技研社, 東京, 日本),

その2種類の根面板を用いて実験を行った (表1)。

#### (3) 試験体

実験に用いる試験体としてパラフィンワックスを用いて製作した長径64.0mm, 幅10.0mm, 任意の厚さ2.5mm, 3.0mm, 3.5mmの3種類の試験体原型をフラスコ埋没した後, 流ろうし, 試験体陰型の製作を行った (図3)。

上記の陰型をもとに下記のa), b) の試験体を作製した。

#### a) 変則三点曲げ試験

陰型の長径の左端より33mmの位置に根面板を装着し, メーカー指示に従い, ポリマー100g に対しモノマー43mlの比率で混和したレジン陰型内へ填入し, 70°C, 60分, 100°C, 30分にて湿式加熱重合を行った後, 大気中で自然放冷した。

#### b) 変則四点曲げ試験

下顎両側犬歯を想定し, 陰型の長径の左端より9.5mmと39.5mmの位置に根面板を装着し, 変則三点曲げ試験と同様に3種類の厚みの試験体を作製した。

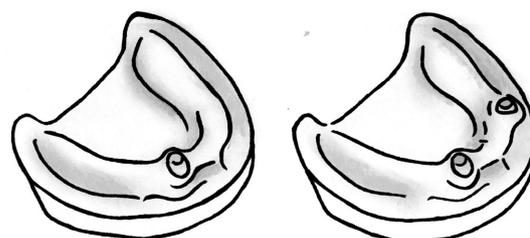


図1. 想定した症例を示す模式図

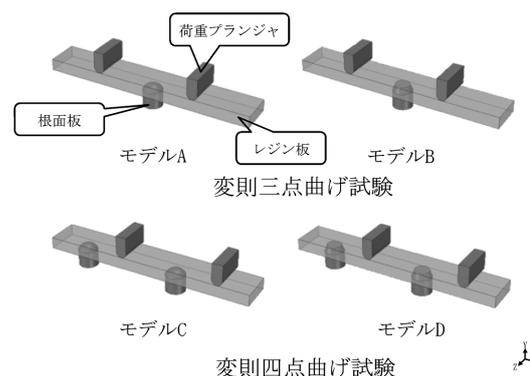


図2. 変則三点曲げ試験・変則四点曲げ試験 模式図

#### 2) 測定方法

測定器は, 小型卓上試験機 (EZ-Test, 島津製作所, 東京, 日本) を用いた (図4)。変則三点曲げ試験では, 小型卓上試験機下部に根面板を装着し, レジン板に対し荷重プランジャを支点間距

表 1. 使用材料および機器

材料・機器	商品名	材質	製造元	略号
加熱重合型 義歯床用レジン	アクリロン モノマーLot. 0604271 ポリマーLot. 1407161		ジーシー	レジン板
小型卓上試験機	EZ-Test		島津製作所	小型卓上試験機
パラフィンワックス	ムツミプレート パラフィンワックス		睦化学工業 株式会社	パラフィン ワックス
根面板モデル		ステンレス鋼 SUS400C	東京技研	根面板
荷重プランジャ		ステンレス鋼 SUS400C	東京技研	プランジャ

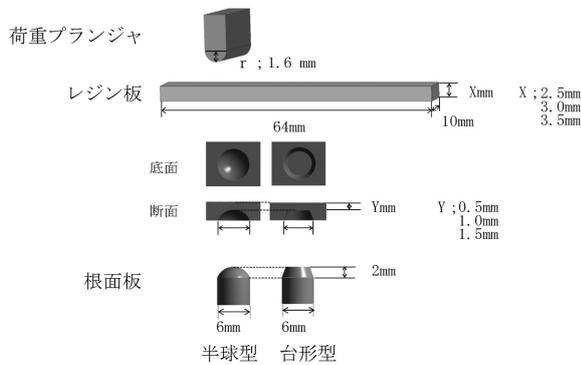


図 3. 試験用試料の模型図



図 4. 小型卓上試験機および試験体 (変則四点曲げ試験)

離 30.0 mm で装着，クロスヘッドスピード 5 mm/min で試験を行った。変則四点曲げ試験では，万能試験機下部に，同種の根面板 2 個を装着し，クロスヘッド部にプランジャを支点間距離 30.0 mm で装着し，クロスヘッドスピード 5 mm/min とし，試験を行った。レジン板は各条件ごとに 5 枚ずつ作製し，曲げ強さの測定を行った。

3) 統計解析

統計処理には IBM SPSS Statistics version22 (IBM corp., 東京, 日本) を用いて，等分散検定 (Levene 検定) を用いたのち，二元配置分散分析および多重比較 (Tukey 検定) を用い，危険率 5 % にて統計処理を行った。

2. シミュレーション解析

1) 有限要素モデルの構築

解析モデルは Space Claim Direct Modeler (Space Claim Corp., 以降 SCDM) および ANSYS Workbench Rel 15.0 (ANSYS inc., 以降 ANSYS) を用いて模型実験と同条件とした有限要素モデルを構築し，変則三点曲げ試験および変則四点曲げ試験の曲げ試験を行った。荷重プランジャ，レジン板，根面板を SCDM で構築し，ANSYS で解析した (図 2, 3)。

シミュレーション実験は模型実験と同様に変則三点曲げ及び変則四点曲げ試験において，根面板形態の影響を検討するために半球型および台形型の根面板を想定した 4 種類のモデルに対し，それぞれレジン板の厚みが異なる 3 種類のモデルを構築した。すなわち，変則三点曲げ試験において半球型根面板を想定したモデル A および台形型の根面板をモデル化したモデル B，変則四点曲げ試験

において半球型根面板を想定したモデルCおよび台形型の根面板をモデル化したモデルD、それぞれに対し、0.5mm, 1.0mm, 1.5mmの曲げ試験4種類、厚みがそれぞれ3種類の計12モデルに対し解析を行った(図2, 3)。解析モデルの構築に用いた絶対座標系は、XY平面が前頭面、YZ平面が矢状面、XZ平面が水平面となる直交座標系であり、咬合平面はXZ平面と平行になるように設定した。

#### (1) 荷重プランジャモデル

プランジャは模型実験と同様にJIS規格T6501に準じて半径1.6mmの円柱状主部の外周面にて試験体を押す荷重プランジャとした(図3)。

#### (2) レジン板モデル

レジン板は、模型実験と同様に長径64.0mm、幅10.0mm、高さを任意の2.5, 3.0, 3.5mmとしたモデルを構築した(図3)。

#### (3) 根面板モデル

根面板は模型実験と同様の規格にて構築を行った。

### 2) 構成材料と材料特性値

解析モデルは荷重プランジャ<sup>8)</sup>、レジン板<sup>9)</sup>、根面板<sup>10)</sup>の3種から構成され、各構成材料および材料特性値は、過去の報告に従い設定を行った(表2)。

表2. 材料特性値

構築材料	ヤング率 (MPa)	ポアソン比
プランジャ	$1.930 \times 10^5$	0.31
レジン板	$1.896 \times 10^3$	0.31
根面板	$1.930 \times 10^5$	0.31

### 3) 解析条件

#### (1) 荷重条件

レジン板の曲げ強さおよびレジン板の厚さ0.5mmとし、荷重量はJIS規格T6501による曲げ強さの計算式を参考に算出し、荷重量を設定した。計算式は次の通りである。

$$\delta = \frac{3FL}{2bh^2}$$

ただし、 $\delta$ : 曲げ強さ (MPa),  $F$ : 最大荷重量 (N),  $L$ : 支点間の距離 (mm),  $b$ : 試験片の幅 (mm),  $h$ : 試験片の厚さ (mm) とした。各数値は  $\delta$ : 80 (MPa)<sup>11)</sup>,  $L$ : 30 (mm),  $b$ : 10 (mm),  $h$ : 2.5 (mm) とする。以上の式より荷重量は、合計110Nとした。荷重プランジャ上面にそれぞれ55N, 合計110Nの荷重を-Y軸方向にかけた。

#### (2) 拘束条件

根面板モデル底面を全自由度に対して完全拘束とした。

#### 4) 解析項目

応力に関する解析項目として、レジン板の破断部分に引張応力がレジン板破断に大きく影響する引張応力のパラメータとして、最大主応力分布および最大主応力の最大値を用いた。変位に関する分析として、レジン板上に左側から2mmの間隔で設定した計33点の測定点の変位量を用いた。計測点をK1からK33とし、変則三点曲げ試験では根面板をK17, 荷重プランジャをK9, 10およびK24, 25の間とし、変則四点曲げ試験では根面板をK4, 5の間およびK19, 20の間とし荷重プランジャをK13, 14の間およびK28, 29の間に設定した(図5)。

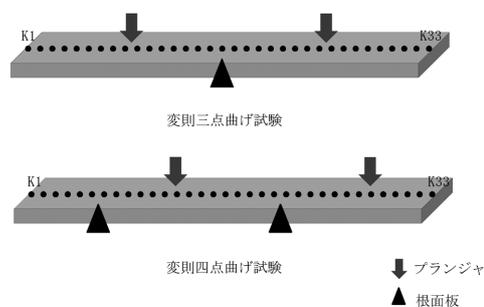


図5. 分析計測点

## III. 結果

### 1. 模型実験

変則三点曲げ試験では、モデルAにおける曲げ強さの平均値は、根面板上の厚み0.5mmでは136.0N, 1.0mmでは242.7N, 1.5mmでは327.0Nであった。また、モデルBにおいても、その平均値は根面板上の厚み0.5mmで144.0N, 1.0mmでは222.7N, 1.5mmでは303.4Nであった。モデルAおよびモデルBにおいてそれぞれ3種の厚み間で危険率5%において統計学的に優位な差が認められた。変則

三点曲げ試験では根面板形態の違いによる曲げ強さの差は認められなかった。また根面板形態とレジンの厚み間に交互作用は認められなかった(表3, 図6)。

変則四点曲げ試験では, モデルC, D両モデルとも根面板上の厚み1.5mmにおいては万能試験機の荷重領域内で破折しなかったため, 曲げ強さの値を求めることができなかった。モデルCにおいて根面上の厚み0.5mmで285.3N, 1.0mmでは417.6N, またモデルDにおいては0.5mmで265.8N, 1.0mmでは411.2Nであり, 両モデルとも危険率5%で統計学的に優位な差は認められた。しかし, 変則三点曲げと同様に根面板の形態においては, 危険率5%で統計学的に優位な差は認められなかった。また根面板形態とレジンの厚み間に交互作用は認められなかった(表4, 図6)。

根面板上の厚み1.0mmの試験体における破断した下面観の一例を図5に示す。半球型であるモデルAでは, すべてのレジンの厚みで球面の頂点及び,

表3. 変則三点曲げ試験 等分散分析表

F値	d f 1	d f 2	有意確率
3.012	5	24	0.030

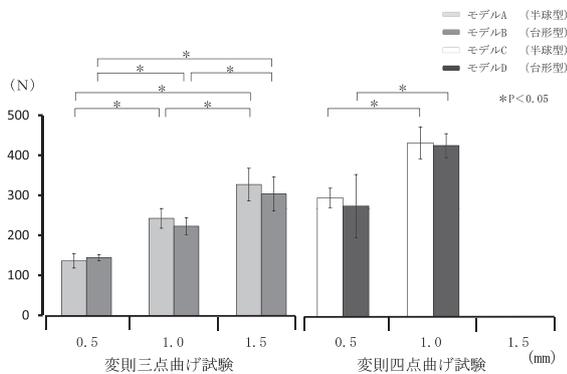


図6. レジン板の曲げ強さ

表4. 変則三点曲げ試験 分散分析表

変動因	平方和 (SS)	自由度 (df)	平均平方 (MS)	分散比 (F <sub>0</sub> )	有意確率
根面板形態	1032.827	1	1032.827	1.264	0.272
レジンの厚み	153602.688	2	76801.344	93.956	0.000
根面板形態×レジンの厚み	1484.807	2	742.404	0.908	0.417
誤差	19618.075	24	817.420		
合計	1752485.51	30			

わずかに片側に変位した位置からの破折を認めた。台形型であるモデルBでは, すべてのレジンの厚みで根面板上面の辺縁にあたる位置からの破折を認めた。モデルCとDでは, 1.5mmのレジンを除くすべてのレジンの厚みにおいて左のプランジャ相当部である両根面板の間からの破折が認められた(図7)。

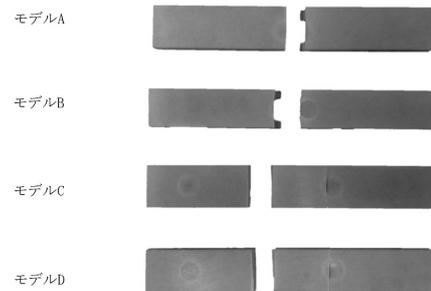


図7. レジン板破断面の一例 (根面板上のレジンの厚み 1.0mm)

2. シミュレーション解析

1) レジン板の最大主応力について

モデルAは, レジン板表面の根面板相当部全体に応力が集中している傾向がみられ, モデルBはレジンの厚みが増すにしたがって根面板上部辺縁部に応力が集中している傾向を認めたが, 厚みが増すにしたがって応力集中の緩和を認めた(図8)。モデルC, Dにおいて荷重プランジャ相当部, レジン板下面部および根面板上部, レジン板表面に応力が集中している傾向を認めた(図9)。特にモデルCでは, レジン板表面, 根面板相当部全体に応力が集中するのに対し, モデルDは根面板上部辺縁部に応力が集中する傾向を認め, モデルC, Dともに厚みが増すにつれて応力集中の緩和が認められた。

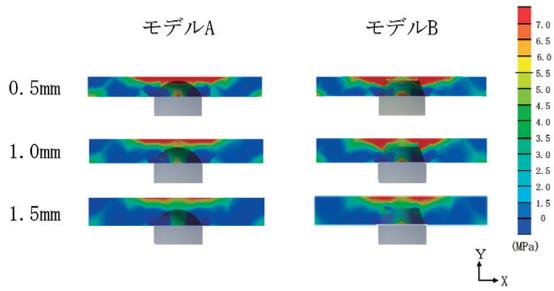


図8. 変則三点曲げ試験 (最大主応力)

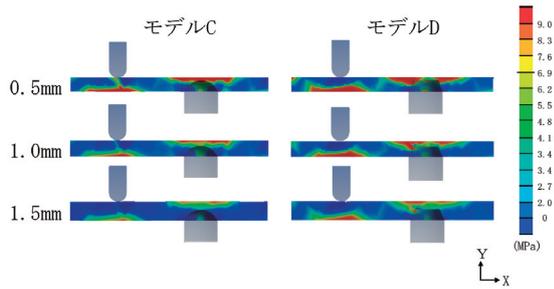


図9. 変則四点曲げ試験 (最大主応力)

2) レジン板の最大主応力の最大値について

モデルA, Cは、根面板頂点相当部, モデルB, Dは根面板上部辺縁部のレジン板表面に最大主応力の最大値を認めた。根面板上部の厚みの異なるレジン板にそれぞれ荷重をかけ、最大主応力の最大値を測定した結果、レジン板の厚みが増すほど最大主応力最大値が減少する傾向が認められた(図10)。半球型, 台形型間では、大きな差は、認められなかった。モデルA, B間には特に差は見られなかったが、モデルC, DではモデルDがわずかに最大主応力の最大値が大きい傾向が認められた。

表5. 変則四点曲げ試験 等分散分析表

F 値	d f 1	d f 2	有意確率
4.587	5	24	0.006

表6. 変則四点曲げ試験 分散分析表

変動因	平方和 (SS)	自由度 (df)	平均平方 (MS)	分散比 (F <sub>0</sub> )	有意確率
根面板形態	558.793	1	558.793	0.391	0.538
レジン板厚み	889716.865	2	444858.432	311.106	0.000
根面板形態×レジン板厚み	492.764	2	246.382	0.172	0.843
誤差	34318.243	24	1429.927		
合計	2511845.173	30			

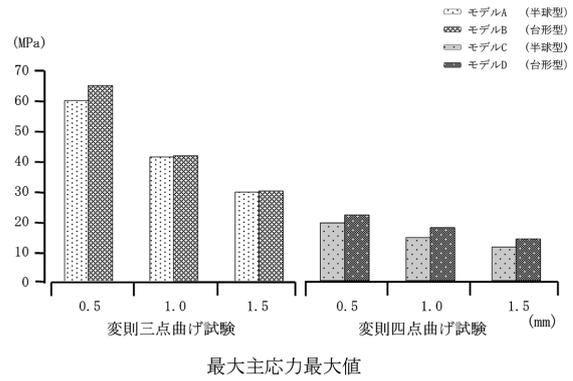


図10. 最大主応力最大値

3) レジン板の変位について

レジン板上に左側から2mmの間隔で設定した計33点の測定点の変位量をレジン板上面に設定し、垂直方向への変位量を分析した(図11)。モデルA, Bとも根面板を起点に左右均等に変位し、厚みが厚いほど変位量は減少する傾向が認められた。変則四点曲げ試験の変位においても計測点は三点曲げ試験と同じく、レジン板上面に設定し、垂直方向への変位を分析した。各モデルにおいてレジン板の厚みの増すにつれ変位量は減少する傾向を認めた。

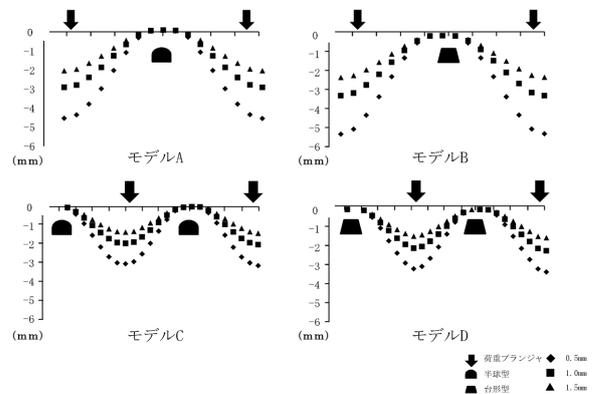


図11. 変位

## IV. 考察

### 1. シミュレーション実験の評価項目について

レジン板と根面板が接触している部分については圧縮応力がみられ、レジン板表面においては引張応力がみられた。レジンのような脆性材料は、圧縮応力よりも引張応力のほうがより小さい応力で破壊するという特性をもつため、引張応力のかかるところから破断が起こることが観察された<sup>12)</sup>。また、レジンのような脆性材料を評価するには、最大主応力を用いることが多い<sup>13-14)</sup>。そこで、今回は引張応力に着目し、最大主応力を用いて評価した。模型実験での破断時のレジン板を考えると、シミュレーション解析での最大主応力の集中部分と破断部分が一致しており、応力集中部分の検討を行うことができた。

### 2. 根面板形態の差について

本研究における模型実験では、変則三点曲げ試験では全ての試験体において、支台歯を支点とし、レジン板の破折が認められ、変則四点曲げ試験においては根面板上部の厚さ0.5mm、1.0mmではプランジャ直下で破折が認められ、厚さ1.5mmでは本実験に用いた万能試験機の荷重範囲を越えたため、破断は認められなかった。シミュレーション解析における応力集中部位においても変則三点曲げ、変則四点曲げともに模型実験と一致する傾向を認めた。

変則三点曲げの破折は、模型実験では根面板接触部から生じるものの半球型、台形型間に明らかな差は認められなかった。シミュレーション解析を用いて同部位を観察すると、半球型根面板では頂点に応力の局所的集中が認められ、台形型の根面板では根面板上部辺縁部に応力が集中する傾向が認められた。すなわち、根面板上の義歯破折は半球型根面板では頂点から、台形型根面板では根面板上部辺縁部を起点に生じやすく、半球型根面板とした方が義歯破折を起こしにくいと考えられる。

オーバーデンチャーは、支台歯上の義歯断面積の不足や被圧変位量の違いによって支台歯を支点として義歯の破折が生じやすいとの報告<sup>2)</sup>がなされているが、今回の変則四点曲げではプランジャ直下にてレジン板の破折が認められた。またシミュレーション解析においても変則四点曲げの応力分

布は根面板上部およびプランジャ直下に同程度の集中が認められ、模型実験と同様の傾向が確認された。

### 3. 根面板上部のレジン板の厚みの差について

根面板上部に必要とされるレジン板の厚みに関して着目すると、今回の実験における根面板上部の厚みを最も薄く設定した0.5mmにおいてレジン試験体の破折に要した荷重量は約150Nとなった。この値は、過去の報告における成人男性の義歯装着患者の最大咬合力が約60.87N<sup>15)</sup>となることと比較すると2倍以上の強度となる。

また、変則三点曲げ、変則四点曲げともに模型実験において0.5mm厚みが増すごとに35%~77%のレジン板の強度増加が認められた。シミュレーション解析においても、厚みが増加するにつれ最大主応力の最大値が減少する傾向にあり、破折の危険性はレジン床の根面板上部の厚みをもたせることによって大きく低減できるものと推察される。また、模型実験において1.5mmでは破折しなかったことから1.5mm以上厚みを確保することで破折に対して強度を持つことができることが分かった。

今回はオーバーデンチャーの根面板周囲に生じる応力の分布を検証するために、より単純化したモデルを用いた。また、実際の義歯に生じる荷重は噛みしめ、タッピング運動だけでなく、臼磨運動や繰り返し荷重による義歯の破折となること、さらに人工歯の影響や磁石構造体による義歯構造の違いや、金属線などの補強材による影響など様々な因子が義歯の破折に関与することが考えられる<sup>1)</sup>。本研究のみで根面板上のレジン破折を起こさない厚みを断定することは困難であったが根面板の形態とレジン床の厚さと力学的関係を確認することができた。

本研究では模型実験とシミュレーション実験を行ったが、模型実験では模型そのものの破断していく様相をとらえることができたが、わずかな条件の違いによって試験体ごとに製作時に誤差を生じることが考えられる。一方でシミュレーション実験では明確な数値とともに様々な条件でも設定できたが、メッシュ数や設定条件によっては異なる結果となり、設定を慎重に行わねばならなかった。今回は力学的な挙動を見るためにより単純化していったが、今後は試験体の形態をより臨床に

近いものとし、模型実験では疲労試験など様々な条件を加味したものやシミュレーション実験においても生体により近似した条件により臨床に即した実験モデルでさらなる検討を行うとともに模型実験とシミュレーション実験との整合性についても確認する必要があると考えられる。

## V. 結論

- 模型実験では根面板形態による差異を認めなかったが、シミュレーション解析では応力分布の違い見られた。
- 模型実験では根面板上の厚みが増すにつれ曲げ強さは大きくなり、シミュレーション実験では、最大主応力の減少を認めた。

本論文の要旨は第24回日本磁気歯科学会（熱海）において発表した。

本研究は JSPS 科研費 26462940 および日本大学総合歯学研究所研究費の助成を受けたものである。

## VI. 参考文献

- 1) 田中貴信. 磁性アタッチメント—磁石を利用した新しい補綴治療—. 東京：医歯薬出版；1992, 2-205.
- 2) 野崎乃里江, 田中貴信, 出崎義規, 岸本康男, 佐藤徹, 中村好徳ほか. 磁性アタッチメントのレジン義歯床の曲げ強さに及ぼす影響. 日磁誌 1999；8(1)：63-69.
- 3) 石幡伸雄, 水谷紘, 藍稔. 磁性合金の補綴領域における応力 第5報 磁性アタッチメントとその骨植不良歯への応用. 補綴誌 1987；31：1445-1453.
- 4) 田中貴信. マグフィット・システム—その臨床の要点—. 東京：デンタルダイヤモンド；1993, 6-10.
- 5) 田中貴信. 続磁性アタッチメント—108問108答—. 東京：医歯薬出版；1995, 120-121.
- 6) 中村好徳. 有限要素によるオーバーデンチャーと磁性アタッチメントの力学的解析. 補綴誌 1998；42：234-245.
- 7) 岸本悦央, 尾形和彦, 河原研二. ブラッシングしやすいオーバーデンチャー維持歯の形態—シミュレータによる評価—. 口腔衛生会誌 1997；47：132-138.
- 8) 長谷川正義. ステンレス鋼便覧. 東京：日刊工業新聞；1973, 103.
- 9) 新倉久一. 総義歯の応力解析に関する研究 第一報 構成材料の力学的特性とくにヤング率, ポアソン比について. 補綴誌 1981；25(1)：24-43.
- 10) 高木有哉. 補綴装置の三次元有限要素法による力学的解析 下顎第二大臼歯 1 歯残存症例の支台装置の相違による検討. 日大歯学 2005；79(1)：57-67.
- 11) 平林茂, 中西敏, 立野治雄, 三宅裕昭, 平澤忠. 歯科用メタクリルレジンに関する研究 (第10報) 加熱重合レジン, ヒートショックレジン, 流し込みレジンおよび常温重合レジンの物理的性質について. 日歯材会誌1984；3(3)：350-358.
- 12) 東郷敬一郎. 材料強度解析学 基礎からの複合材料の強度解析まで. 東京：内田老鶴圃；2004, 77-96.
- 13) Darbar U., BDS, Huggett R., Harrison A., Williams K. Finite element analysis of stress distribution at the tooth-denture base interface of acrylic resin teeth debonding from the denture base. J Prosthet Dent 1995；74(6)：591-594.
- 14) Nagata K., Takahashi H., Ona M., Hosomi H., Wakabayashi N., Igarashi Y. Reinforcement effects of fiberglass on telescopic dentures using a three dimensional finite element analysis and fracture test. Dent Mater J 2009；23(5)：649-656.
- 15) 中島美穂子, 沖本公繪, 松尾浩一, 寺田善博. 高齢者における咀嚼能力についての研究—有歯顎者と義歯使用者との比較—. 補綴誌 2003；47：779-786.

**原著論文 Original paper**Journal home page : [www.jsmad.jp/](http://www.jsmad.jp/)**ニッケルレス磁性アタッチメントを目指した窒素固溶による磁気シールドリングの開発**高田雄京<sup>1</sup>, 山口洋史<sup>1</sup>, 坂詰花子<sup>1</sup>, 佐藤孝太郎<sup>1</sup>, 笹崎浩司<sup>1</sup>, 菊地 亮<sup>2</sup>, 高橋正敏<sup>1</sup><sup>1</sup>東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野<sup>2</sup>NEOMAX エンジニアリング株式会社**Development of a magnetic shielding ring that consists of solid-solution containing nitrogen in stainless steel to take the first step toward nickel-free magnetic attachments**Yukyo Takada<sup>1</sup>, Hirofumi Yamaguchi<sup>1</sup>, Hanako Sakatume<sup>1</sup>, Kotaro Sato<sup>1</sup>,Koji Sasazaki<sup>1</sup>, Akira Kikuchi<sup>2</sup> and Masatoshi Takahashi<sup>1</sup><sup>1</sup>Division of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry<sup>2</sup>NEOMAX Engineering Co.,Ltd.**Abstract**

A new type of nickel-free closed magnetic circuit attachments is expected to develop to offer excellent safety for metallic allergy, although magnetic shielding materials containing nickel have been used for closed magnetic circuit attachments, as shown in ISO 13017. In this study, nickel-free magnetic shielding material could be developed using ferritic stainless steel SUS XM27 with the absorption of nitrogen gas. SUS XM27 specimens in the shape of a rod were kept at 1200°C for 1-10 hours in the nitrogen gas atmosphere at a pressure of 1 atm. The absorption of nitrogen gas changed a magnetic alpha phase to a non-magnetic gamma phase in the vicinity of the specimen's surface. The thickness of the gamma phase layer grew toward the center of a rod as the heating time increased. The growth rate of the thickness was approximately 100 m/hr, and it was found that the thickness could be controlled by the heating time. The gamma phase layer is, admittedly, useful as a magnetic shield material to form a nickel-free magnetic circuit of dental magnetic attachments.

**キーワード**

(Key words)

窒素 (Nitrogen), 固溶体 (Solid-solution), オーステナイト (Austenite),  
非磁性 (Non-magnetism), 磁気回路 (Magnetic circuit)**I. 緒言**

磁気回路を持つ閉磁路型の磁性アタッチメントでは、国内外を問わず Ni を含む SUS316L などの非磁性ステンレス鋼<sup>1)</sup>を磁気シールド材料として利用している。カップヨーク型の磁石構造体では、カップヨークとディスクヨークの境界部にこ

の透磁率の低い非磁性ステンレス鋼製のシールドリングがレーザー溶接され、磁気シールドの役割を果たすことで磁気回路を形成しているが、幅と高さが約0.2mm未満の非常に小さい部品である<sup>2)</sup>。このため、希土類磁石を除く構成材料全体に対してニッケル含有量の割合は0.3%前後と極めて少

なく<sup>3)</sup>, 磁石構造体からニッケルイオンが溶出したという報告も現在のところ見当たらない。しかしながら, 2012年に発行された磁性アタッチメントの国際規格 ISO 13017では, 0.1%以上のニッケルを含む場合には, 有害元素としてのニッケルを含有する申告が義務付けられている<sup>4)</sup>。安全性重視の国内外事情を考慮すると<sup>5)</sup>, ニッケルを全く含有しない極めて安全性の高い磁気シールド材料の開発が望まれている。

このような現状から, ニッケルを全く含まない新しい磁気シールド材料として, 歯科で従来から利用され高い実績を持つチタンに注目し, ヨークに用いられている磁性ステンレス鋼とのレーザー溶接を評価した。しかしながら, 磁性ステンレス鋼に含まれる鉄とチタンの金属間化合物があらゆる組成で析出し, それらの脆性により, 溶接部のビードが容易に破壊するため, 実用性に乏しいことが明らかとなった<sup>6)</sup>。

そこで, 新たな磁気シールド材料として, 窒素固溶による磁性ステンレス鋼の非磁性化に着目した。Fe-Cr合金であるフェライト系ステンレス鋼は磁性を示すフェライト相( $\alpha$ 相)から成るが, 窒素を固溶することでオーステナイト相( $\gamma$ 相)に変態し, 非磁性を示す。岡本らは, クロムが12~40mass%のFe-Cr合金を1250°Cで窒素を固溶させると, クロム濃度に関わらず $\gamma$ 相を生成し, 23mass%以上のクロム濃度では, 水中急冷してもマルテンサイト分解せず $\gamma$ 相が得られることを報告している<sup>7)</sup>。Kurodaらは, フェライト系ステンレス鋼(Fe-24Cr-2Mo)に1200°Cで窒素を固溶させると $\gamma$ 相が得られ, 20~40%の伸びと1000MPa前後の引張強さを示すことを報告している<sup>8,9)</sup>。これより, フェライト系ステンレス鋼から窒素固溶により得られる熱分解しない安定な $\gamma$ 相は, 23mass%以上のクロムが必要であり, 24mass%のクロム含有量では歯科材料として十分な伸びと強さを持つ機械的性質であることがわかる。

本研究では, 磁性アタッチメントに用いられている磁性ステンレス鋼の中から, 26mass%のクロムを含有するSUS XM27(Fe-26Cr-1Mo)を対象とし, 窒素固溶による $\gamma$ 相を利用したニッケルを全く含まない磁気シールドリングの可能性を明らかにすることを目的とした。

## II. 実験方法

### 1. 材料

磁性アタッチメントのヨーク及びキーパーに用いられている磁性ステンレス鋼の中からSUS XM27(Fe-26Cr-1Mo)を選び,  $\phi$ 2.6mm丸棒を実験に用いた。SUS XM27は23mass%以上のクロムを含有するため, 窒素固溶により安定な $\gamma$ 相を室温で得ることが可能である。市販されているカップヨーク型磁性アタッチメントの中でも使用頻度の高い3.5mm径のディスクヨークと同径であることから,  $\phi$ 2.6mmの丸棒を採用した。長さ63mmに切断後, エタノール脱脂し試料とした。

### 2. 方法

スパン60mmの支持台(試料台)に $\phi$ 2.6mm $\times$ 63mmの試料を乗せ, 真空熱処理炉(TG14234, 東栄科学産業(株))を用いて1200°Cの真空( $6\times 10^{-2}$ Pa)中で30分加熱した。次に, その温度を保ったまま窒素ガスを導入して0.1013 MPa(1atm)に達した後に5 mL/min以下の流速で窒素ガスを流した。窒素ガスが0.1013MPaに達してから1~10時間窒素雰囲気中に試料を係留し, 所定の時間が経過したら窒素雰囲気中の冷却部に移動して1 L/min以上の流速で窒素ガスを吹き付け急冷した。窒素固溶のための熱処理炉の模式図を図1に, 窒素固溶処理の条件を表1に示す。

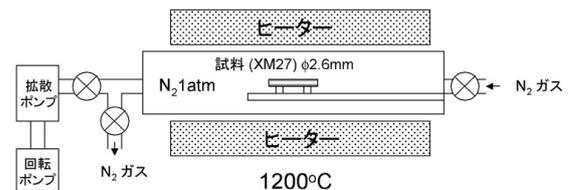


図1. 窒素固溶処理のための真空熱処理炉

表1. 窒素固溶処理の条件

試料	SUS XM27 (Fe-26Cr-1Mo)
固溶処理温度 (°C)	1200
固溶処理時間 (時間)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10 時間
真空度 (Pa)	$6\times 10^{-2}$
窒素ガス分圧 (MPa)	0.1013

窒素ガスで十分に冷却した窒素固溶処理後の試料を電気炉から取り出し, 直径及び長さ方向に切断し, 樹脂包埋を行った。#180~#1500の耐水エメリー紙で研磨後, 窒素固溶相がそのまま観察

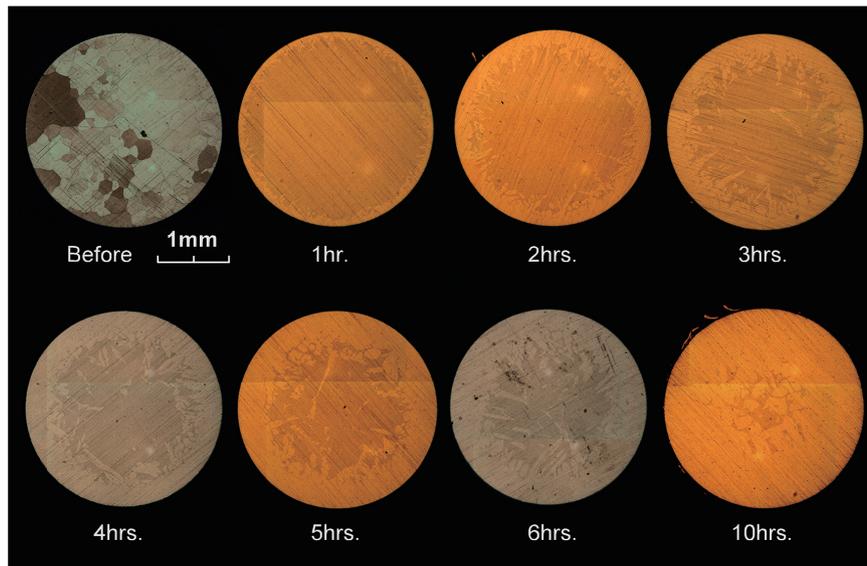


図2. 窒素固溶処理における金属組織変化と処理時間の関係

できるように  $6\ \mu\text{m}$  のダイヤモンドサスペンションで仕上げ研磨を行った。

はじめに、窒素固溶処理後の試料に Nd-Fe-B 磁石を当てて非磁性化していることを確認した。次に、光学顕微鏡 (PMG-3, オリンパス(株)) により、各固溶処理時間における金属組織の観察及び固溶相の厚さの測定を行い、処理時間と固溶相の厚さの関係を求めた。ここで、断面の中心を通る5本の直線で断面の領域を10等分した後、各直線が外周に生成した固溶相を通過している部分の長さを固溶相の厚さとして測定し、それらの平均値と標準偏差で固溶相の厚さを表すこととした。同時に、EDS (Energy dispersive X-ray spectrometry) を備えた走査型電子顕微鏡 (JSM-6060, 日本電子(株)) を用いて金属組織の観察及び窒素のセミ定量分析を行い、窒素の固溶部位を明らかにした。

### Ⅲ. 実験結果

窒素の固溶処理時間における金属組織変化を図2に示す。固溶処理前の試料は、Nd-Fe-B 磁石に強く吸着し、外周から内部まで  $200\sim 300\ \mu\text{m}$  の結晶粒が一様に観察された。しかしながら、固溶処理時間が増すごとに Nd-Fe-B 磁石への吸着力は減少し、10時間の処理ではほとんど吸着しなくなった。1時間の固溶処理で試料断面外周に薄い固溶相の析出が現れ、外周全域に渡って観察された。2時間の固溶処理では、外周から内部に向

かって固溶相が成長し、時間が増すごとに内部へ進行する様子が観察された。10時間の固溶処理では、中心部のわずかな領域を除き、その他の領域がすべて固溶相を呈していた。

窒素固溶処理を6時間行った試料の直径および長さ方向の断面における金属組織を図3に示す。直径方向の断面では、前述のように試料外周から内部に向かって窒素固溶相が現れ、優先的に成長し内部まで到達した固溶相も見られた。長さ方向においても同様であり、直径方向の断面は切断位置によらずほぼ同様の傾向を示すことが明らかになった。

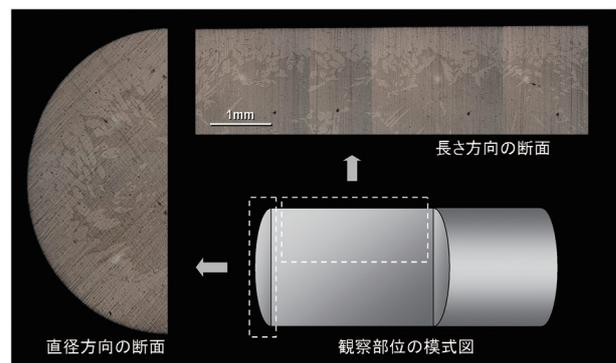


図3. 直径および長さ方向の断面における金属組織 (固溶処理6hrs.)

窒素固溶処理を4時間行った試料の電子顕微鏡による組成像と EDS による窒素のセミ定量分析結果を図4に示す。図4 a) と b) にそれぞれ示した試料全体と分析位置の組成像においても、

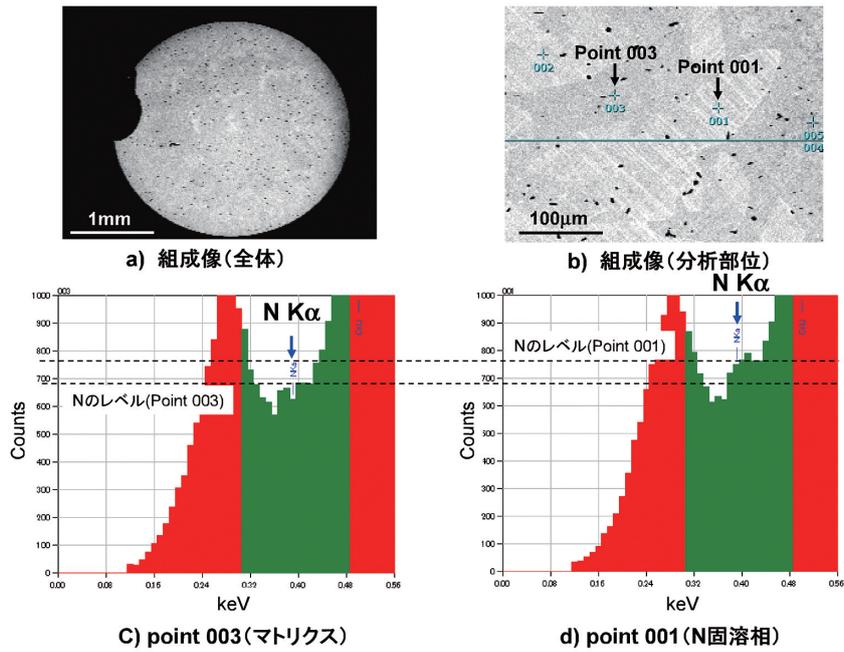


図4. 組成像観察及び EDS による窒素分析 (固溶処理4hrs.)

試料外周に明るく現れた固溶相が確認できた。図 4 c) と d) にそれぞれ示した明暗領域の分析点である Point 001と Point 003の窒素分析結果では、明るい領域に窒素の分布を示すピークが現れ、試料外周に窒素が固溶していることが示された。

窒素固溶相の厚さと固溶処理時間の関係を図5に示す。固溶相の厚さと処理時間には比例関係が成り立ち、固溶処理時間が長くなるにつれて標準偏差が大きくなったが、1時間で約100 $\mu\text{m}$ の成長速度であった。

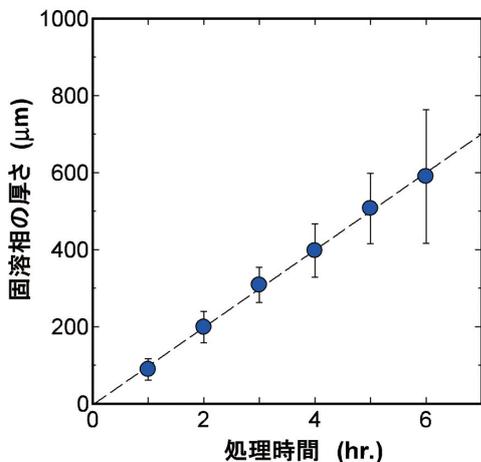


図5. 窒素固様相の厚さと固溶処理時間の関係

#### IV. 考察

##### 1. 窒素固溶による $\gamma$ 相の安定化

著者らが着目した窒素固溶によるフェライト系ステンレス鋼のオーステナイト化は、高温で存在するオーステナイト相 ( $\gamma$ 相) を窒素の固溶で安定化し、急冷することで非磁性の $\gamma$ 相を室温でも準安定な状態で利用できるようにする方法である<sup>10)</sup>。縦軸に温度を加え、本研究で作成した Fe-Cr-N 系状態図を図6に示す。SUS XM27はモリブデンを1 mass%含んでいるが、クロムを26 mass%含有する Fe-Cr 合金であり、図6に示した破線上の組成である。この組成では、いかなる温度でも $\gamma$ 相は存在しないが、窒素濃度を上げる(窒素を固溶させる)と $\gamma$ 単相領域となり、急冷することで室温でも $\gamma$ 相を得ることができる<sup>7)</sup>。

図7に示すクロム含有量26mass%における Fe-Cr-N 系状態図<sup>11)</sup>によれば、 $\gamma$ 相は1100 $^{\circ}\text{C}$ 以上で安定であるため、本研究における固溶処理温度を1200 $^{\circ}\text{C}$ に設定した。この温度では、窒素が徐々に固溶し、窒素濃度が高くなると、 $\alpha$ 相から $\alpha + \gamma$ の2相共存領域を経て $\gamma$ 単相に至る。この状態から徐冷すると $\text{Cr}_2\text{N}$ が析出し $\alpha$ 相と2相共存となり、 $\gamma$ 相は消失するが、急冷すれば準安定相として $\gamma$ 相を室温で得ることができると予想される。

本研究では、1200 $^{\circ}\text{C}$ で窒素固溶を行った後、窒

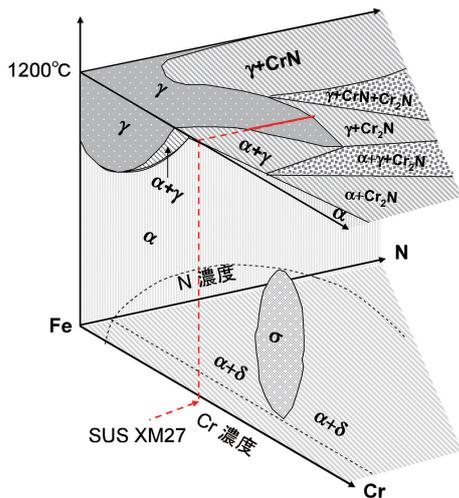


図 6.

F

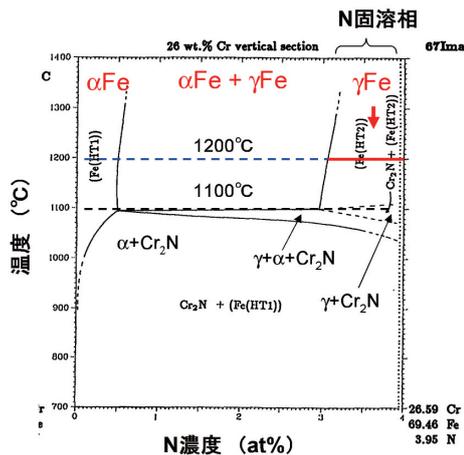
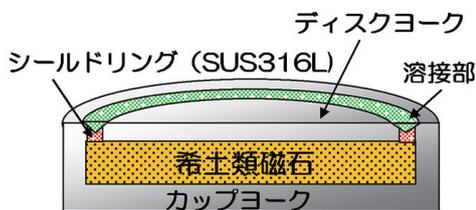
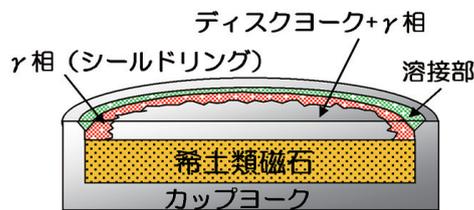


図 7. SUS XM27の組成付近 (26mass%Cr) における合金相と窒素濃度の関係



a) 一般のカップヨーク型磁性アタッチメント



b)  $\gamma$ 相を利用した磁性アタッチメント

図 8. 従来のカップヨーク型磁性アタッチメントと  $\gamma$ 相をシールドリングに用いたニッケルを含まない磁性アタッチメントの内部構造

素ガスを吹き付けて急冷し、窒素の固溶相を得ることができた。窒素固溶後の金属組織は、外周から内部に進行するように固溶相が現れ、EDSの分析によれば窒素が分布し、磁石に吸着しないことから非磁性の $\gamma$ 相であることがわかる。これより、磁性アタッチメントの磁気シールド材料を前提としたニッケルを含まない非磁性の $\gamma$ 相は、SUS XM27を1200°Cの0.1013MPaの窒素雰囲気中で加熱し、窒素ガス吹き付けによる急冷で得ることができることが明らかとなった。

## 2. $\gamma$ 相の磁気シールドリングへの応用

閉磁路型の磁性アタッチメントは、磁気回路によって超小型で維持力が高く、磁場の漏洩が少ない特徴を示すが、磁性ステンレス鋼とニッケルを含む非磁性ステンレス鋼をクラッド加工し、数ミクロンの精度で非磁性ステンレス鋼の厚さを調整する必要がある。このような従来の磁気回路では、製造コストが高く、加工できる業者も非常にわず

かになり、将来的な製造に大きな困難を抱える現状がある。これに対し、図8に示すカップヨーク型の磁性アタッチメントでは、ヨークに用いられている磁性ステンレス鋼に窒素を周囲から固溶させて表面のみを非磁性の $\gamma$ 相に変態させ、これをシールドリングに見立てれば、クラッド加工なしに従来と同等の磁気回路を形成できる可能性がある。

本研究では、窒素固溶による $\gamma$ 相の厚さを固溶処理時間を変えることで容易に制御できることを明らかにした。従来のシールドリングの厚さは150~200 $\mu$ mであり<sup>2)</sup>、本研究で明らかになった毎時100 $\mu$ mの固溶速度であれば、十分に精度良く $\gamma$ 相の厚さを調整できる。また、同一の磁性ステンレス鋼のみを用いるため、異種金属接触腐食が無く耐食性に優れ、部品点数と製造工程の低減化を実現し、ニッケルを全く含まない閉磁路型の磁性アタッチメントの製造を可能にできると考えら

れる。

これより、磁性ステンレス鋼である SUS XM 27に窒素を固溶させることで、ディスクヨークと一体化したニッケルを全く含まない $\gamma$ 相のシールドリングを製造可能であることが示唆された。

## V. 結論

磁性アタッチメントのヨークに用いられている磁性ステンレス鋼の SUS XM27を0.1013MPaの窒素雰囲気中で1200°Cに加熱し、窒素固溶処理を行った後に窒素吹き付けによる急冷を行うと、オーステナイト化し、非磁性の $\gamma$ 相を室温で得ることができた。窒素の固溶速度は毎時100 $\mu$ mであり、磁性ステンレス鋼の外周から所定の厚さだけ $\gamma$ 相を生成させることでディスクヨークと一体化したニッケルを全く含まないシールドリングが形成可能である。そのため、クラッド加工を除くことができ、従来の製造工程よりもはるかに簡便になり、新しいシールドリングの製法として期待できることが示唆された。

## 参考文献

- 1) 田中良平. ステンレス鋼の選び方・使い方. 日本規格協会, 第1版, 東京, 池田印刷; 1994, 22-32.
- 2) Takada Y., Takahashi M., Kikuchi A., Tenkumo T. Electrochemical evaluation of the corrosion resistance of cup-yoke-type dental magnetic attachments, *Dent Mater J* 2014; 33: 859-864.
- 3) 高田雄京, 白戸 純, 菊地聖史, 高橋正敏. 磁性ステンレス鋼と Ni フリーシールドリング材料のレーザー溶接. *歯材器* 2011; 30(5): 325-325.
- 4) ISO 13017, *Dentistry-Magnetic attachments*: 2012.
- 5) 丸山登久子, 片岡裕美, 扇間昌規, 伊藤善志男. マウスにおけるニッケルアレルギーの評価. *薬学雑誌* 2003; 123(8): 707-715.
- 6) 高田雄京, 高橋正敏, 菊地 亮, 佐藤秀樹, 天雲太一, 中村好徳ほか. 磁気シールド材料としての Ti と SUS 447J1のレーザー溶接. *日磁歯誌* 2013; 22(1): 90-95.
- 7) 岡本正三, 内藤武志. Fe-Cr-N 系状態図について. *鉄と鋼* 1963; 49(13): 1915-1921.
- 8) Kuroda D., Hanawa T., Hibiru T., Kuroda S., Kobayashi M. Torsion and tensile properties of thin wires of nickel-free stainless steel with nitrogen absorption treatment, *Materials Transactions* 2004; 45(1): 112-118..
- 9) Kuroda D., Hanawa T., Hibiru T., Kuroda S., Kobayashi M. Mechanical properties and microstructures of a thin plate of nickel-free stainless steel with nitrogen absorption treatment, *Materials Transactions* 2003; 44(7): 1363-1369..
- 10) 土山聡宏, 高木節雄. 固相窒素吸収法の特徴と得られる高窒素ステンレス鋼の特性, *電気製鋼* 2006; 77(2), 163-169.
- 11) ASM: Ternary Alloy Phase Diagrams CD ROM, 2001.

**臨床論文 Clinical paper**Journal home page : [www.jsmad.jp/](http://www.jsmad.jp/)**磁性アタッチメント義歯における設計の相違と予後との関連性について**

曾根峰世, 浜坂弘毅, 大川 穰, 染川正多, 増田美至, 松井藍有美,  
豊田有美子, 奥津史子, 松川高明, 岡本和彦, 大川周治  
明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野

**Relationship between denture design and prognosis in removable denture using magnetic attachments**

Mineyo Sone, Hiroki Hamasaka, Yutaka Okawa, Shota Somekawa, Minori Masuda,  
Ayumi Matsui, Yumiko Toyota, Fumiko Okutsu, Takaaki Matsukawa,  
Kazuhiko Okamoto and Shuji Ohkawa  
Division of Removable Prosthodontics, Department of Restorative  
and Biomaterials Sciences, Meikai University School of Dentistry

**Abstract**

The follow-up of patients treated by removable dentures using magnetic attachments were reported.

Case1 : The patient, a 59-year-old female, complained of an aesthetic dissatisfaction and masticatory dysfunction. As a definitive denture, a mandibular removable overlay denture with coping magnetic attachments and a maxillary removable partial denture with extracoronal magnetic attachments and porcelain fused to metal crowns were fabricated.

Case2 : The patient, a 63-year-old female, complained of a masticatory dysfunction. As a definitive denture, a removable maxillary overlay denture with a coping magnetic attachment as a definitive prosthesis was fabricated.

Case3 : The patient, a 65-year-old male, had a partially edentulous mandible with the chief complaint of masticatory dysfunction. As a definitive denture, a maxillary complete overlay denture was fabricated with magnetic attachments and a metal framework made of titanium alloy.

In Case3, three abutment teeth were extracted, and the definitive denture was set after eight months. However, definitive prostheses have been used with no problems for four years in Case1 and three years in Case2.

**キーワード****(Key words)**

磁性アタッチメント (magnetic attachment), 予後 (prognosis),  
支台歯間線 (fulcrum line), 圧負担能力 (stress-bearing ability)





に⑥54③|ブリッジが脱離し、それに伴い残存歯の著しい動揺と咀嚼困難を自覚したため、他院を受診したところ当科を紹介され来院した(図10)。臨床診断名：重度歯周炎を伴う臼歯部低位咬合による咀嚼障害



図9. 症例2の最終義歯および支台装置

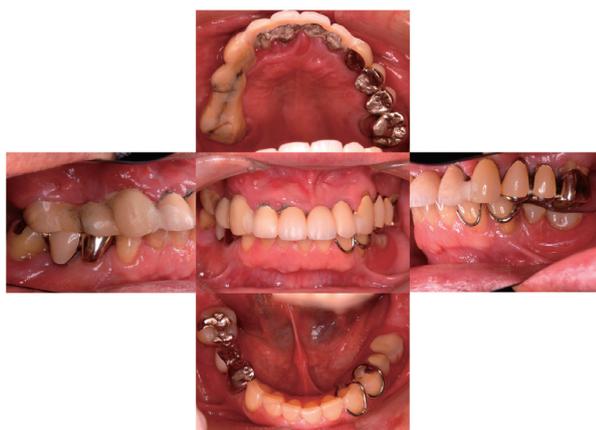


図10. 症例3の初診時の口腔内写真

治療内容：デンタルエックス線写真および歯周基本検査の結果(図11, 12)より、上下顎ともに抜歯適応である残存歯が多数存在しており、また保存可能であっても歯冠歯根比の改善を行った上でコーピングとする必要があった。そのため、上顎ブリッジ除去および321|抜歯後に即時義歯を装着し、歯冠を切除した6|23に対してコンポジットレジンによる根面板を製作し、磁性アタッチメント( |23ギガウス D400・6|ギガウス D1000, ジージー)を装着することにより早期に維持・安定を獲得した。また、患者には予後不良により支台歯を抜去する可能性について十分説明し同意を得て行った。その後、咬合挙上および下顎位の修正を行うことにより、咀嚼機能の回復を図った。

最終義歯は、上顎にコンプリートオーバーデンチャー(チタン合金製のフレームワークを用いた金属床義歯)、下顎にアクリルレジン床による部分床義歯を製作、装着した(図13)。

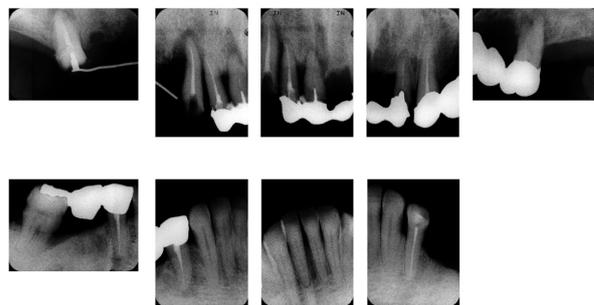


図11. 症例3のデンタルエックス線写真

BOP			○			○	○	○		○	○				○	
Mobility			2			2	2	2		2	2				2	
PCR																
EPP (mm)			333			474	448	746		823	433				523	
			263			336	468	996		433	533				643	
Location	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
EPP (mm)			686		333	222	222	333	333	333	223	222				
			746		223	322	322	333	433	333	322	222				
PCR																
Mobility			1		1	0	1	1	1	1	0	0				
BOP			○		○	○	○	○	○	○	○					

図12. 症例3の歯周基本検査

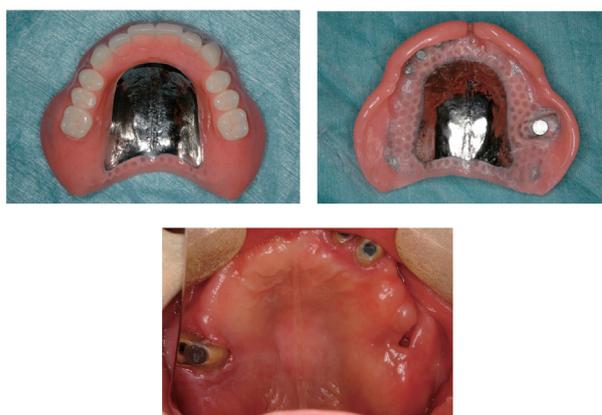


図13. 症例3の最終義歯および支台装置

### Ⅲ. 予後経過

#### 1. 症例1

定期検診は1か月毎に行い、現在、最終義歯装着後4年が経過している。その間、装着後のリラインを含めた義歯修理は行っていない。また、歯周基本検査の結果についても、歯周ポケット、動揺度ともに最終補綴装置装着時と比較して大きな変化は認めない(図14)。

#### 2. 症例2

定期検診は1か月毎に行い、現在、最終義歯装着後3年が経過している。その間、比較的早期に

ワイヤークラスプの破折が生じたが、破折部位の補強を伴う義歯修理により対応し、その後のトラブルは生じていない。また、歯周基本検査の結果については、歯周ポケット、動揺度ともに最終補綴装置装着時と比較して大きな変化は認めない(図15)。



図14. 症例1の装着4年後の口腔内写真



図15. 症例2の装着3年後の口腔内写真

### 3. 症例3

定期検診は1か月毎に行っていたが、最終義歯装着後8か月経過時に、磁性アタッチメントを装着していた支台歯(6|23)の動揺度が増加し、周囲歯周組織の炎症を伴った疼痛症状が生じたため抜歯となり、上顎は無歯顎となった(図16)。その後、義歯より磁石構造体を撤去し、その部位をリラインすることでコンプリートデンチャーへと移行させた。これに関しては、治療計画時より患者に十分説明していた対応だったため患者納得の上で行うことができた。その後2年が経過しているが大きなトラブルは生じていない(図17)。

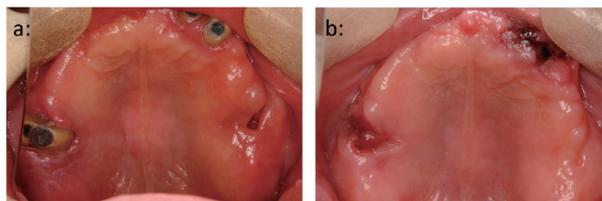


図16. 症例3の抜歯前後の口腔内写真  
(a: 抜歯前 b: 抜歯後)



図17. 症例3の装着2年後の口腔内写真

## 4. 3症例における磁性アタッチメントの応用内容について

今回、報告した3症例における「支台装置の種類」と「支台歯数」は、根面アタッチメントが8歯(6|×1, 3|×1, 1|×1, 2|×2, 3|×1, 5|×1, 7|×1)、歯冠外アタッチメントが2箇所(32|134を支台歯とする6歯連結冠の両端に設置)であった。その中で予後不良により抜去となった支台歯は3歯(6|×1, 2|×1, 3|×1)であり、その3歯すべてが、少数歯残存のコンプリートオーバーデンチャーに応用した症例3であった。

## IV. 考察

### 1. 義歯の設計について

#### 1) 支台歯の本数および配置について

##### (1) 症例1

症例1の上顎支台歯には、5|1257に磁性アタッチメントのキーパー付き根面板を、7|には根面板を装着した。磁性アタッチメントの配置について、秀島ら<sup>16)</sup>は上顎のシミュレーション模型を使った実験において左右対称に配置することが維持力を増大させる上では有利であると報告しているが、支台歯の予経過への影響については報告していない。しかし、左右対称に多数の支台歯が配置さ

れることは、支台歯間線の多角化が図られることとなり、支台歯の負担軽減と義歯の力学的安定性の向上という点では十分有効であると考えられる<sup>17)</sup>。今回、症例1の上顎に関しては、7]の根面板を含めると、臼歯部支台歯が左右対称に4か所配置され、12を含めると支台歯間線は六角形となる。このように、適切な支持・安定が得られるような支台歯の配置となったことが良好な予後に影響したと考えられる。

症例1の下顎支台歯には、321|134（2は先天性欠如）を連結冠とする磁性アタッチメントを応用した歯冠外アタッチメントを装着した。安藤ら<sup>18)</sup>は、三次元有限要素法を用いた歯冠外磁性アタッチメントの応力解析の結果より、犬歯までを含めた3歯連結モデルにおいて、支台歯の応力分布は大幅に緩和傾向を示したと報告している。今回症例1の下顎においては、術前検査の結果から支台歯の負担能力に大きい問題は認められなかったが、全ての支台歯を連結固定（クロスアーチ・スプリント）することにより、支台歯の支持・把持能力の向上を図ったことが良好な予後に影響したと考えられる。

## (2) 症例2

症例2の上顎支台歯には、3]に磁性アタッチメントのキーパー付き根面板を、23には根面板を、加えて歯冠形態を有した7|567に環状型クラスプ（頬側：白金加金製ワイヤークラスプ、口蓋側：メタルアップ）が装着されていた。磁性アタッチメントは着脱方向の自由度が大きいため、着脱方向が規制されるクラスプとの併用は特に問題はないとされている<sup>19,20)</sup>。本症例においては同顎に環状型クラスプと磁性アタッチメントを併用した。これにより、支台歯の前後左右への配置とともに、支台歯間線の多角化が図れた。さらに、歯冠形態を有する臼歯部支台歯は、根面板形態の支台歯と比較して、把持機能は優れており、3]に装着した根面タイプの磁性アタッチメントの負担は軽減されたと考えられる。

## (3) 症例3

症例3の上顎支台歯には、6|23に磁性アタッチメントのキーパー付き根面板を装着した。症例3（上顎）は症例1（上顎）と同様に、根面タイプの磁性アタッチメントのみを支台歯としている。しかし、支台歯の配置は症例1（上顎）がほぼ左

右対称に広く配置しているのに対して、症例3（上顎）は配置が左側前歯部と右側臼歯部に偏っており、支台歯数も症例1（上顎）の6歯と比較して3歯と少数であった。本学会が策定した「磁性アタッチメントの診療ガイドライン2013」<sup>21)</sup>によれば、少数歯残存のオーバーデンチャーへの磁性アタッチメントの適応は「弱いレベルの推奨」となっている。中でも耐久性と歯周組織の健康に関しては、エビデンスに基づく良否が明らかにされておらず、口腔内や支台歯の状況、患者の要望や予後を考慮して総合的に判断することが推奨されている。つまり、少数の支台歯に磁性アタッチメントを適応したオーバーデンチャーの場合には、義歯床形態の適切な設定や平衡咬合を付与することができたとしても、支台歯および歯周組織が機能時に常に咬合圧を受けることとなり、予後不良となる可能性があると考えられる。本症例においても、支台歯間線は6]と23間にほぼ1本の線で結ばれる形になっているため、義歯の回転に対して常に支台歯が負担を強いられる状況になっており、粘膜負担の大きいコンプリートデンチャーの義歯床形態であっても支台歯への負担は軽減されなかったことが支台歯の抜去という結果につながったと考えられる。また、支台歯間線の多角化が図れない少数歯残存のオーバーデンチャー症例においては、インプラントを適切な部位に埋入することによって支台歯の負担を軽減することが可能であり、その際選択すべき支台装置として磁性アタッチメントが非常に有効であるとの報告がある<sup>8,22)</sup>。本症例においては、患者がインプラント治療に難色を示したために施術できなかったが、インプラント支台を設けることができれば今回の結果とは異なる予後経過を辿った可能性は十分に考えられる。

このように、支台歯の負担能力が乏しい少数の支台歯に磁性アタッチメントを適応する場合には、予後不良となる可能性を十分考慮して治療計画を立てるとともに、インプラントを併用した治療方法に関しても患者へ十分な説明を行ってから対応する必要があると考えられる。

## 2) 最終義歯装着時における支台歯の歯周組織について

星合ら<sup>23)</sup>は、磁性アタッチメントの術後調査の

中で、抜去となった支台歯の磁性アタッチメント装着時におけるプロービング値（以下、PD 値）は、残存している支台歯の値よりも大きいと報告している。今回の3症例においても、症例1および2における残存している支台歯の装着時における平均PD 値が3.2であるのに対して、症例3における抜去となった支台歯の装着時における平均PD 値は6.3と、約2倍の値を示しており、星合らの報告と同様の傾向が認められた。また、症例1の4年経過時および症例2の3年経過時のPD 値は、装着時と比較して大きい変化は見られなかった。以上より、最終義歯装着時における支台歯周囲組織の状態は、予後に大きい影響を与える可能性が高いと考えられる。

### 3) 磁性アタッチメントの応用方法について

今回の報告において、根面タイプの磁性アタッチメントは上顎9歯であり、歯冠外タイプの磁性アタッチメントは2箇所（321|134を支台歯とする6歯連結冠の両端に設置）であり、そのうち根面タイプの3歯が抜去となった。

一般に磁性アタッチメントは根面タイプとして適応されることが基本とされている<sup>24)</sup>。それは、歯槽骨の吸収により歯冠歯根比が悪いような残存歯であっても、作用点を低くして咬合力による側方圧を軽減することで支台歯として利用することが可能であるからである<sup>17)</sup>。いずれの症例においても、固定性の不良補綴装置を長期間装着しており、歯槽骨吸収が著しいことから、上顎支台歯9本のいずれにも根面タイプの磁性アタッチメントを選択した。しかし、このように負担能力が低下した歯を支台歯とすることは、予後不良となる可能性も高い。水谷<sup>1)</sup>は、結論づけることは難しいと前置きをした上で、磁性アタッチメント装着直前の支台歯の骨植状態によって抜去率は変わってくると述べている。症例3の支台歯に関しても、デンタルエックス線写真の所見より比較的大きい歯槽骨吸収は確認できていたが、設計上必要と判断し、あえて根面アタッチメントを応用したことが、早期に喪失することになった原因と考える。

歯冠外アタッチメントは、一般に歯質の削除量が少ないために有髄歯に適応可能であるが、作用点が歯冠外になり支台歯への負担は増える<sup>17)</sup>。しかし、支台歯の負担能力が高ければ、支持・把持能力を支台歯が多く担うことで安定性の高い義歯

を製作することが可能となる。加えて、磁性アタッチメントを応用した場合には他の支台装置と比較してスムーズな着脱が行えるなどの利点もある。今回、症例1（下顎）の支台歯は6本中2本が有髄歯であり、歯冠歯根比も1:1程度の範囲に収まっていたことから、支台歯全ての連結固定を行った後、歯冠外タイプの磁性アタッチメントを応用した。また、装着した下顎金属床義歯は大連結子にリングプレートを用い、支台装置舌側面にはミリングテクニックを応用して誘導面とインターロック部を付与した。これにより、下顎義歯は歯冠外アタッチメントを介して支台歯と2次的に固定され、安定性が向上したと考えられる。

このように、磁性アタッチメントの応用方法は多様性をもっており、術前の検査結果から支台歯の負担能力を考慮して選択することが、良好な予後経過を得るために必要であると考えられる。

### 4) 義歯床形態について

上顎義歯の床形態は、症例1、2ともに口蓋部が被覆されていないのに対し、症例3は口蓋部を被覆する形態であった。支台歯の負担軽減のためには、粘膜負担の増強が推奨されているが、今回は口蓋部を床で被覆していない症例1、2と比較して、口蓋部を被覆している症例3の支台歯の方が抜去となった。大川<sup>25)</sup>は、磁性アタッチメントが支台装置として機能するためには、臨床的に適切な支持機能、把持機能を付与することが必要であると報告している。石幡<sup>26)</sup>は、できるだけ義歯の動揺を抑えた上で、磁性アタッチメントを使用すれば、抜歯の対象となるような状態の悪い場合でも、維持歯として十分活用できると報告している。今回抜去となった症例3の支台歯に関しては、デンタルエックス線写真の所見と歯周基本検査の結果から初診時より負担能力が乏しかったと考えられる。また、口腔内に支持機能、把持機能を負担する代わりに支台歯も存在しなかったため、口蓋部を被覆するコンプリートデンチャーの義歯床形態であっても、支台歯の負担を軽減させる効果までは得られなかったと考えられる。

また、根面板周囲の義歯床辺縁の設定位置に関しては、3症例ともに歯肉頬移行部まで延長していた。本学会では義歯床による支台歯周囲の歯周炎誘発を避けるために、根面板辺縁と義歯床辺縁を一致させるか、床内面で覆う場合はポケット部

を一層リリーフすることを提唱している<sup>27)</sup>。今回の3症例に関しては、いずれも内面をリリーフする方法を選択し、可及的に延長した床辺縁の辺縁封鎖による維持力増強を図った。結果として、症例3においては3本の支台歯すべて抜去となったが、同様の対応を行った他の2症例においては良好な予後経過をたどっており、義歯床辺縁の設定位置に関する予後への影響は不明である。

## 2. プラークコントロールについて

プラークコントロールレコード（以下、PCR）は、症例1が初診時88.5%、最終補綴終了時20.8%であり、症例2が初診時73.4%、最終補綴終了時19.6%であったのに対して、症例3は初診時79.6%、最終補綴終了時37.4%であり、一般に口腔内の十分なプラークコントロールが達成されていると考えられる20%<sup>28)</sup>から大きく逸脱していた（図18）。これは、上顎支台歯抜去の可能性を患者が認識していたために、口腔衛生に対する十分なモチベーションが得られず清掃技術が向上しなかったことに加え、プロフェッショナルケアも奏功しなかったためだと考えられる。

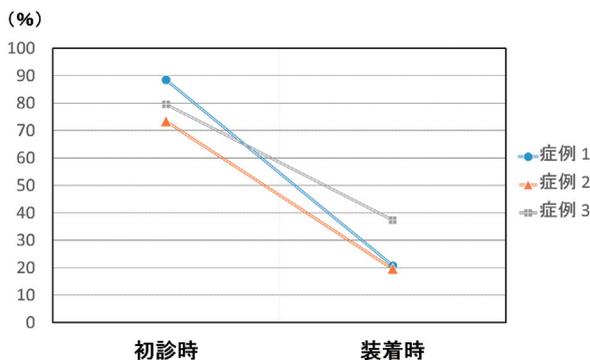


図18. プラークコントロールレコード (PCR) の推移

また、根面アタッチメントに関しては、症例1および2においては白金加金合金を使用材料としてKB法を用いてキーパー付き根面板を製作したのに対して、症例3においては、残根状態の支台歯をコンポジットレジンにより補強した後、接着性レジンセメントを用いて直接キーパーを装着して製作した。田中<sup>29)</sup>は、支台歯の形成直後にキーパーを歯科用合着材で直接歯根に合着する方法を紹介し、一定の臨床成果が得られたと報告している。前田ら<sup>30)</sup>は、キーパーを装着する根面板の材料に、従来の金属ではなく、コンポジットレジンを用いる術式を報告している。しかし、材料の表

面性状から考えると高分子材料の方が金属材料と比較して自浄性に劣り、プラークリテンションファクターになりやすいため、今回コンポジットレジンを使用した症例3のPCRに影響を与えた可能性が考えられる<sup>31)</sup>。

磁性アタッチメント義歯におけるメンテナンスは極めて重要である<sup>32,33)</sup>。今回の3症例におけるメンテナンスの間隔は、1～2か月毎として行った。メンテナンスとして行った項目は、PMTC、アタッチメントブラシなどの各種清掃用具による清掃および清掃指導、塩酸クロルヘキシジンによる支台歯周囲の消毒などであり、半年毎に口腔内と義歯におけるプラークの染出しを行った（図19）。また、歯冠外アタッチメントについては連結冠間とアタッチメント基底部のフロッシングを行った。なお、3症例いずれに対しても同様のメンテナンスを行っているが、症例3のみの支台歯に喪失が起こった原因として、細菌感染に対する歯周疾患の増悪とともに、機能運動時の支台歯に加わる力による過重負担の可能性も否定できないと考えられる。

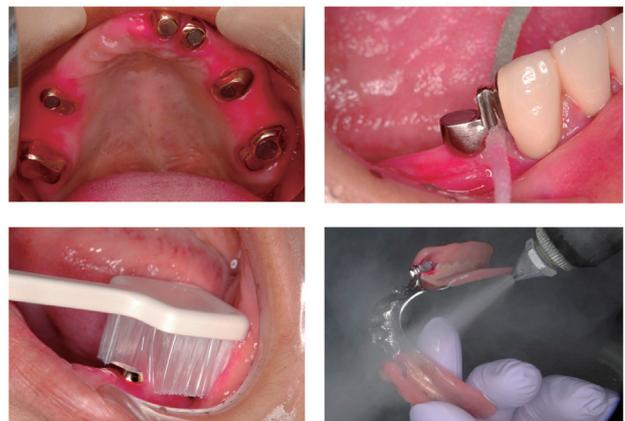


図19. メンテナンス

## V. まとめ

今回、本学会で過去に発表した3症例に関して予後経過を検討した結果、以下の結論を得た。

1. 磁性アタッチメント義歯が良好な予後経過を獲得するためには、デンタルエックス線写真の所見と歯周基本検査の結果より支台歯の圧負担能力を的確に捉え、その本数と配置から支台歯間線の多角化が可能であるかを把握した上で、支持・把持機能の負担を考慮したアタッチメントの形態ならびに義歯設計を立案する必要があると考えられた。

2. PD値が大きく、骨植の悪い少数歯残存に対するオーバーデンチャーとしての磁性アタッチメントの応用は、メンテナンス等によりプラークコントロールに配慮しても、予後不良により支台歯が抜去される可能性が低くなく、術前にその後の対応に関して十分検討しておく必要があると考えられた。

### 引用文献

- 1) 水谷紘：磁性アタッチメントの特徴と適応症. 補綴誌2004；48：10-19.
- 2) 鱒見進一：磁性アタッチメントの適応は、どのような点に有効か？, 日磁歯誌2013；22：30-35.
- 3) 田中貴信：「蝶々に育った毛虫さん」—磁性アタッチメント開発秘話—, 日磁歯誌2014；23：31-39.
- 4) 長谷川みかげ：MRIにおけるキーパーの安全性試験の結果について, 日磁歯誌2011；20：27-31.
- 5) 阿部有希, 長谷川みかげ, 内田天童：キーパーボンディング法におけるセメントのキーパー維持力の検討, 日磁歯誌2011；20：37-43.
- 6) 岡田通夫, 中村好徳, 田中貴信ほか：磁性アタッチメントとしての有髄歯への適応, 日磁歯誌2010；19：29-38.
- 7) 河野稔広, 鱒見進一, 楨原絵理ほか：磁性アタッチメントを応用した可撤性歯肉の一例, 日磁歯誌2012；21：75-78.
- 8) 田中譲治. インプラントオーバーデンチャーの基本と臨床 磁性アタッチメントを中心に, 東京：医歯薬出版；2012, 50-97.
- 9) 高田雄京：歯科用磁性アタッチメントの国際標準化を目指して—ISO/TC106インチョン会議—, 日磁歯誌2014；23：72-76.
- 10) 庄司和伸, 増田達彦, 神原亮ほか：磁性アタッチメントの国際規格（ISO13017）吸引力測定法の信頼性について, 日磁歯誌2014；23：88-91.
- 11) 中村和夫：磁性アタッチメントを応用した部分床義歯補綴症例の18年間の経過, 日磁歯誌2012；21：83-89.
- 12) 鱒見進一, 石上友彦, 梅川義忠, 中村晋也, 土橋俊男：パーシャルデンチャーへの磁性アタッチメントの応用—長期経過からわかってきた効果的な活かし方, 日歯評論2014；74：25-57.
- 13) 曾根峰世, 根来理沙, 奥津史子ほか：低位咬合をともなう下顎臼歯部欠損に磁性アタッチメント義歯を応用した1症例, 日磁歯誌2012；21：66-69.
- 14) 曾根峰世, 松井藍有美, 奥津史子ほか：即時義歯装着により下顎位を保持した後に磁性アタッチメント義歯へ移行した1症例, 日磁歯誌2013；22：103-107.
- 15) 曾根峰世, 川上寧, 奥津史子ほか：磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーにより咬合再建を行った1症例, 日磁歯誌2014；23：98-103.
- 16) 秀島雅之, 都甲雅俊, 福本幹介ほか：磁性アタッチメントの配置が床義歯の動態に及ぼす影響, 日磁歯誌2008；17：80-81.
- 17) 三谷春保, 小林義典, 赤川安正 編, 歯学生のパーシャルデンチャー 第5版, 東京, 医歯薬出版；2009, 107.
- 18) 安藤彰浩, 中村好徳, 神原亮ほか：三次元有限要素法による歯冠外磁性アタッチメント支台歯周囲組織の応力解析, 日磁歯誌2009；18：32-41.
- 19) 石上友彦, 永井栄一：磁性アタッチメントの現状—その特徴と設計・製作上の注意点, 日歯評論2009；69：58-66.
- 20) 神原亮, 中村好徳, 田中貴信：初めての磁性アタッチメントを成功させるために, 日磁歯誌2014；23：31-39.
- 21) 秀島雅之：ガイドライン策定経緯と遊離端義歯への磁性アタッチメント適用の診療ガイドライン, 日磁歯誌2014；23：45-49.
- 22) 城戸寛史：インプラントと天然歯の共存を考慮した咬合再構成, 日補綴会誌2014；6：149-154.
- 23) 星合和基, 伊藤瑠, 三輪田衛ほか：磁性アタッチメントの術後調査—支台歯のプロローピング値との関係についての検討—, 日磁歯誌2011；20：68-75.
- 24) 石上友彦：磁性アタッチメントの履歴と指針, 日補綴会誌2014；6：343-350.
- 25) 大川周治：磁性アタッチメントの成功の秘訣,

- 日磁歯誌2001；10：17-24.
- 26) 石幡伸雄, 水谷 紘, 藍 稔：磁性合金の補綴領域における応用 第5報 磁性アタッチメントとその骨植不良歯への応用. 補綴誌1987；31：119-127.
- 27) 石上友彦：磁性アタッチメントの失敗と対策. 日磁歯誌2013；22：24-29.
- 28) 宮武光吉, 末高武彦, 渡邊達夫, 雫石聰 編, 口腔保健学 第2版, 東京：医歯薬出版；2001, 94.
- 29) 田中貴信. 続・磁性アタッチメント 108問108答. 東京：医歯薬出版；1995, 61.
- 30) 前田祥博, 高山慈子, 大久保力廣ほか：ハイブリット型コンポジットレジンを用いたキーパー付き根面板の製作. 日磁歯誌2012；21：133.
- 31) 細井紀雄, 平井敏博, 大川周治, 市川哲雄 編, 無歯顎補綴治療学 第2版, 東京：医歯薬出版；2010, 276.
- 32) 榊原由希子, 安井智美, 松下和子：アタッチメント磨けてますか？—歯科衛生士による磁性アタッチメント義歯利用患者への口腔衛生指導—. 日磁歯誌2011；20：76-80.
- 33) 永田和裕：「支台歯の二次カリエスの予防法」. 日磁歯誌2014；23：40-44.

**臨床論文 Clinical paper**Journal home page : [www.jsmad.jp/](http://www.jsmad.jp/)**コーヌステレスコープクラウンの内冠に磁性アタッチメントを応用した義歯修理の一例**

泉田明男

東北大学病院総合歯科診療部

**A case report of denture repair with application of a magnetic attachment to the inner crown of a telescopic crown**

Akio Izumida

Department of Comprehensive Dentistry, Tohoku University Hospital

**Abstract**

Magnetic attachments have been applied as retainers for removable dentures, and these devices can be applied clinically in various cases. This case report describes denture repair with the application of a magnetic attachment to the inner crown of a telescopic crown. A 70-year-old female patient had been using a denture with three conical telescopic crowns (maxillary right central incisor (11), maxillary left first premolar (24), and maxillary left second premolar (25)) for 15 years. Her chief complaint was swelling and pain in the apical region of 11, which was diagnosed as acute apical periodontitis. After the inner crown of 11 was removed, root canal treatment was performed. Following prosthetic treatment, the patient strongly requested to continue using the denture. Therefore, a magnotelescopic (MT) crown was fabricated for 11 and adapted to the existing outer crown. The patient did not express any dissatisfaction regarding the aesthetics or stability of the repaired denture. However, the three abutment teeth and the prosthetic device must be observed to evaluate the treatment's prognosis.

**キーワード**

(Key words)

磁性アタッチメント (Magnetic attachment), MT冠 (Magnotelescopic crown), 内冠 (Inner crown)

**I. 緒言**

歯科用磁性アタッチメントは1992年に発売されて以来、臨床に応用されるようになって四半世紀近くが経過した。その間、小型化、維持力や耐食性の向上などにより<sup>1)</sup>一般臨床においても扱い易いものとなり、適応範囲が広がった<sup>2,3)</sup>。また2012年7月に歯科用磁性アタッチメントの国際規格 (ISO 13017) が発行<sup>4-6)</sup>されるに伴い、患者へ説明する際、使用に対して同意を得やすくなったと

感じることも多い。患者側としては、安心安全な医療を受けたいという意識が働いているものと考えられる。

磁性アタッチメントは無髄歯に用いられることが多く、その形態としては、根面板型、マグノテレスコピッククラウン (MT冠)、歯冠外型が挙げられる。今回、コーヌステレスコープクラウンを用いた義歯の修理にMT冠を応用する機会を得たのでその症例について報告する。

## II. 症例

### 1. 症例の概要

患者：70歳，女性

初診：1999年8月4日。

主訴：顔面部の外傷による痛み。

一般既往歴：急性肝炎（1973年），交通事故による外傷（1999年），イブプロフェンによる薬疹，アレルギー性鼻炎

現病歴：1999年8月，交通事故による外傷にて東北大学歯学部附属病院第一口腔外科（現東北大学病院歯科顎口腔外科）を受診した。受診時，上顎左側側切歯は事故時に消失，上顎左側中切歯，上顎左側犬歯は脱臼にて保存不可能と判断され抜歯となり，抜歯後，第一補綴科（現咬合修復科）へ院内紹介となり同年10月に著者が担当医となった。初診時の口腔内写真を図1に示す。当時，治療計画を立てる際，これら3歯欠損に対してブリッジは推奨されないことから，インプラント，部分床義歯による補綴が検討されたが，患者の希望としてこれ以上の外科的処置を望まなかったことから部分床義歯による補綴が選択された。同年12月に部分床義歯を装着したが，患者は部分床義歯のクラスプが見えることを望まなかったため，再度検討を加えた結果，上顎右側中切歯，上顎左側第一小臼歯，上顎左側第二小臼歯に内冠を装着し，同部位に外冠を備えた義歯を製作することとした。金属は白金加金を用い，2000年11月に内冠を装着し同年12月に義歯を装着した。患者の満足感良好で，2003年まで経過観察を行い一旦終診とした。



図1. 初診時の口腔内写真  
(1999.10.20)

現症：2014年11月，上顎右側中切歯部の痛みを主訴に東北大学病院に来院した。来院時の口腔内写

真を図2，3に，主訴である上顎右側中切歯部のエックス線写真を図4に示す。義歯を装着した15年前と比較して上顎右側第二大臼歯が欠損しており上顎右側第三大臼歯と上顎右側第一大臼歯を支台歯とするブリッジが装着されていた。また，上顎左側第二大臼歯には全部铸造冠による補綴処置が施されていた。義歯の適合はおおむね良好であったが，内冠の歯頸部付近にプラークを認めた。上顎右側中切歯についてはポケットが5mmで，垂直性の打診痛と唇側根尖相当部歯肉の発赤，腫脹，



図2. 2014年来院時の義歯をはずした口腔内写真  
(2014.12.1)



図3. 2014年来院時の義歯を装着した口腔内写真  
(2014.12.1)



図4. 2014年来院時の上顎右側中切歯の  
デンタルエックス線写真 (2014.12.1)

圧痛を認めた。上顎右側中切歯以外の歯は骨植もよく、ポケットはおおよそ2～4mmであり、下顎歯頸部に歯石を認めた。他院も含め10年程度歯科への通院がないこともあり、口腔清掃状態は良好とは言い難い状態であった。

診断：上顎右側中切歯の急性 Per. 全顎的慢性歯周炎。また、上顎右側中切歯内冠除去後の義歯不適による咀嚼障害ならびに審美障害。

上顎右側中切歯の感染根管治療については当院歯内歯周療法科に依頼した。歯内歯周療法科の担当医からは当該歯について感染が疑われることから上顎中切歯内冠除去の依頼を受けた。補綴については、上顎右側中切歯内冠の除去を含め、著者が改めて担当医となった。

## 2. 治療計画

本症例のような欠損補綴では、多くの場合、それぞれの内冠部分は単冠で処置し、欠損部分に対して部分床義歯もしくはインプラントによる方法が選択される。一方、症状が現れる以前の状態を回復する視点にたてば、義歯装着後15年経過していることを考慮して、3支台歯に再び内冠を製作し外冠を含めた義歯を再製作する方法も考えられる。

しかしながら、前回は比較的自由に治療方法が選択できたのに対し、今回は、患者から現在の義歯に不満はなく今後も継続して使用したいということと、治療は必要最小限にとどめて欲しいという希望が出された。このため既存の義歯の外冠に適合させた上顎右側中切歯の内冠のみを製作する方法を検討したが、この方法では技工作業の困難が伴うことが予想され妥当ではないと判断した。

そこで今回、支台歯の状態が再度補綴可能であること、外冠内部に磁石構造体を設置することが可能<sup>7)</sup>であることが判断されたことから患者に磁性アタッチメントによる治療を提示した。患者は当初、磁性体の使用について懸念を露わにしていたが、生体に為害作用のないことを説明し了承を得た。

以上のことを踏まえて、治療計画としては、

- 1) TBI, 歯周基本治療
- 2) 上顎右側中切歯内冠を除去し感染根管治療
- 3) MT冠の製作
- 4) 磁石構造体の装着
- 5) メンテナンス

とした。

## 3. 治療

歯周基本治療を行いながら、補綴治療については以下のように行った。

### 1) 上顎右側中切歯の感染根管治療

上顎右側中切歯内冠除去時の写真を図5に示す。歯頸部に歯肉の発赤を認める。支台歯そのものにほとんど腐蝕は認められない。但し、感染根管治療前の電気診では失活が確認された。また除去した内冠には内面にセメント（接着性レジンセメント）が認められた。根充後のエックス線写真を図6に示す。痛みなどの臨床症状は消失している。

内冠除去後、既存の義歯の上顎右側中切歯外冠内面を常温重合レジンにて調整を行い暫間的に使用することとした（図7）。



図5. 上顎右側中切歯内冠除去時の口腔内写真、および除去した内冠（2014.12.1）



図6. 上顎右側中切歯根充後のデンタルエックス線写真（2015.1.20）



図7. 義歯を暫間的に使用中の口腔内写真、および義歯の内面観（2015.3.9）

2) 治療方針の確認

図8は治療計画決定時のパノラマエックス線写真である。上顎左側第一小臼歯，上顎左側第二小臼歯とも歯根に問題はないと判断されたため，それぞれの内冠についてはそのまま使用することとした。

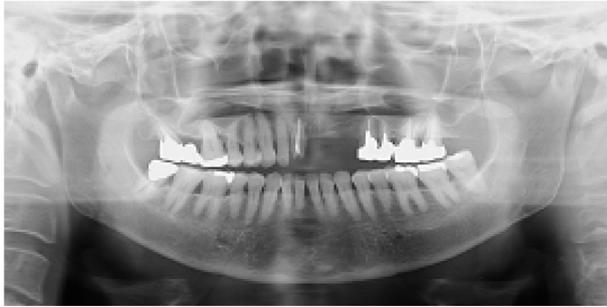
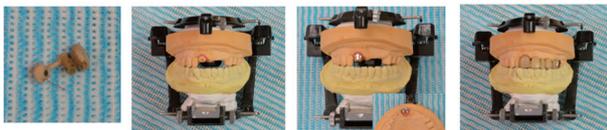


図8. 治療計画立案時のパノラマエックス線写真 (2015.4.20)

3) MT冠の製作

通法に従って印象採得後，義歯の外冠との適合を図るため義歯は預かることとし，完成までの間，仮義歯を装着した。MT冠のワックスアップは，支台歯に軟化圧接法にてポスト部分を形作り歯冠部分はワックスを築盛しながら外冠との適合をはかることでワックスパターンを完成させた。鋳造後の製作過程の一部を図9に示す。それぞれ，鋳造時，模型への試適時，預かっていた義歯との調整後の写真である。金属は外冠に合わせて白金加金を用いた。既存の外冠内面に適合させるため，磁性アタッチメントは入手可能なものの中で最小のものを選択（ギガウス C300，GC，Japan）した。また，可能な限りキーパーを収めるスペースを確保するため，KB法ではなく，鋳接法を選択した。



・ 鋳造時                      ・ 試適時                      ・ 義歯外冠との調整後

図9. MT冠製作過程 (2015.6.20)

4) MT冠の装着

MT冠装着時の写真を図10に示す。正中歯肉に仮義歯の不適合によるものと思われる発赤が認められた。MT冠装着後，当日は磁石構造体の装

着を行わず図6のように常温重合レジンにて外冠内面の調整を行い，発赤部分の改善が得られた後に磁石構造体を装着することとした。



図10. MT冠装着時 (2015.7.9)

5) 磁石構造体の装着

磁石構造体装着時の写真を図11, 12に示す。試適時に磁石構造体が外冠内部で干渉が無いことを適合試験材により確認した後，外冠内面にプライマー処理を施し常温重合レジンにて磁石構造体を装着した。その際，患者の希望により既存の前装部を除去し，新たに前装して装着した。



図11. 磁石構造体装着時—その1 (2015.7.24)



図12. 磁石構造体装着時—その2 (2015.7.24)

III. 結果と考察

装着後，現在のところ患者の満足感が高く，以前と同様の使用感であるとのことであった。義歯

そのものは装着から15年が経過している。著者が15年前に治療を行った際、上顎右側中切歯は有髄歯であり、上顎左側第一小臼歯、上顎左側第二小臼歯は失活歯であったこと、欠損部の近心側の維持は上顎右側中切歯のみであることから、有髄歯の削除の多さだけでなく、負担過重の観点からも懸念が残った。しかしながら、治療を最小限にとどめたいとの患者の希望と両側大臼歯部によるパーティカルストップが十分機能していたことから本症例の義歯を設計するに至ったことを記憶している。また欠損の原因はう蝕や歯周病ではなく、交通事故によるものであり、患者は口腔清掃状態が良いとは言えない状態であるが、15年前と比較して、口腔内の状態が年齢相応よりも緩やかな変化にとどまっていることから、歯周病、う蝕のリスクは比較的低いと考えられた。さらに夜間義歯を外すことによって、支台歯への負担が軽減されていた。これらの要因により、結果として義歯を長期にわたって使用することができたものと推測される。

今回、既存の義歯を最大限利用することを目標に補綴治療を行った。既存の義歯を利用するのであれば、義歯を正中部で切断し、上顎右側中切歯に内冠と外冠を製作した後、外冠を正中部でろう着するのが妥当と考えられる。しかしながら、本症例では内冠にMT冠を外冠に磁性アタッチメントを使用することで対応した。磁性アタッチメントの使用の同意を得るにあたっては、患者説明時に国際規格について触れることができたことも大きい。さらに本症例における上顎右側中切歯の外冠は、もともと有髄歯を形成したものであったため、その外冠は理想的なものよりもやや大きく、その分だけ磁石構造体を入れるスペースも確保しやすいことも製作時には有利に働いた。MT冠の辺縁形態について、清掃性の良さを重視するならば一般的にはサニタリータイプのほうが優れていると考えられるが<sup>8)</sup>、今回は内冠と同様の形態を与えるためシーリングタイプに近い形態とした。また、既存の義歯を使用したことについて、患者

の費用負担の点では優れていると思われるが、ひとつの補綴装置のなかにMT冠と内冠が混在していることから、それぞれの支台装置の予後について定期的なメンテナンス、リコールは必要である。

#### IV. 結論

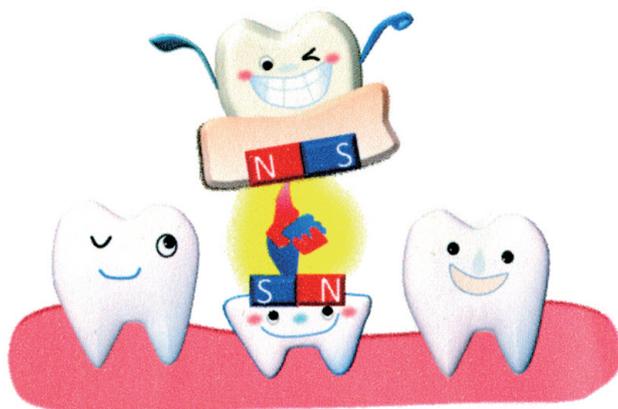
今回、磁性アタッチメントの積極的利用法であるMT冠による補綴の機会を得た。既存の義歯を修理することで対応したが、3支台歯中1歯のみに磁性アタッチメントを適用したことが妥当か否かについては経過を追って確認したいと考えている。

#### 参考文献

- 1) Okuno O., Ishikawa S., Iimuro F.T., et al.: Development of sealed cup yoku type dental magnetic attachment, Dent. Marer. J., 1991; 10: 172-184.
- 2) 田中貴信. マグフィット・システム—その臨床活用の要点. 東京: 株式会社ジーシー; 1994, 6-10.
- 3) 細井紀雄. 磁性アタッチメントの魅力. 日磁歯誌 2009; 18(1): 1-13.
- 4) ISO13017 Dentistry-Magnetic attachments, International Organization for standardization, 2012.
- 5) 水谷 紘. 歯科用磁性アタッチメントの国際規格 (ISO 13017) に向けての道程. 補綴誌 特別2012; 4: 113.
- 6) Yoshinobu T. The Caterpillar turns into the Butterfly. J J mag dent 2013; 22(1): 1-12.
- 7) 神原 亮, 中村好徳, 田中貴信. 初めての磁性アタッチメントを成功させるために. 日磁歯誌 2014; 23(1): 31-39.
- 8) 永田和裕. 「支台歯の二次カリエスの予防法」. 日磁歯誌 2014; 23(1): 40-44.

# 「磁性アタッチメントとMRI」

歯科用磁性アタッチメント装着者のMRI安全基準マニュアル



監修

日本磁気歯科学会 安全基準検討委員会

2015年7月

# 「磁性アタッチメントとMRI」

歯科用磁性アタッチメント装着者のMRI安全基準マニュアル

監修

日本磁気歯科学会 安全基準検討委員会

2015年7月

## 目 次

はじめに .....	1
1. MRI (Magnetic Resonance Imaging, 磁気共鳴断層撮像法) とは .....	1
2. 歯科用磁性アタッチメントとは .....	1
3. MR 撮像における注意点 .....	3
1) MR 装置の磁場による力学的影響 (偏向力) .....	3
2) MR 装置の発熱による温度上昇の影響 .....	3
3) キーパーアーチファクトによる診断への影響 .....	3
キーパーの除去について .....	6
おわりに .....	6

## 参考資料

磁性アタッチメントの安全性試験 .....	7
1. 偏向力試験 .....	7
2. 加温試験 (高周波による発熱試験) .....	9
3. アーチファクトの測定 .....	10
4. トルク力の測定 .....	13
考察 .....	14
参考文献 .....	16

## はじめに

MRI 検査は、近年のめざましい技術進歩によって、装置の高磁場化・高出力化による画質の向上や検査時間の短縮が可能となったことから、医科領域において脳ドッグを含め急激に需要が高まっています。それに伴い、体内金属装着者における人体への為害作用が問題視されるようになってきました。

歯科治療では、特に高齢者に磁石（磁性アタッチメント）を用いて義歯を維持安定させる処置が普及しています。また、高齢者は、様々な全身疾患を有している可能性が高く、さらに口腔領域はMRI 検査頻度が非常に高い脳頭蓋と近接しているため、磁性アタッチメント（特に口腔内に装着するステンレス製キーパー）のMR 装置に対する安全性について、情報提供が必要です。

日本磁気歯科学会では現状のMRI 検査現場での混乱や情報の不統一に対応するため、国際規格（ASTM 規格）に準じ口腔内に使用する磁性アタッチメントのMRI 検査における安全性について、偏向力試験、発熱試験およびトルク測定試験を行い、MR 装置の磁場に対する安全性を検討しました。また、生体安全性とは直接関連しませんが、口腔内に設置されたキーパーによる金属アーチファクトの発生がMRI の診断に及ぼす影響についても検討を加えました。これらの結果の一部を本学会第20回学術大会（2010年11月）において発表致しました。

ここに、現時点での日本磁気歯科学会としてのMRI 撮像に対する安全基準を、をまとめ、歯科医療従事者および診療放射線技師を対象にマニュアル化することに致しました。なお、本マニュアルを作成するにあたり、安全性試験を行いましたので、その結果を参考資料として巻末に掲載しました。

## 1. MRI (Magnetic Resonance Imaging, 磁気共鳴断層撮像法) とは

人体の大部分を占める水素原子核 (proton) と磁場を利用して、人体内部の情報をコンピュータで画像にする方法です。

MR 装置には磁場強度の異なる装置があり、現時点では0.3~3.0T の装置が普及しています。我が国で現在使用されている機種の一覧を示します (表1)。

## 2. 歯科用磁性アタッチメントとは

歯科用磁性アタッチメントは磁石構造体（磁石）とキーパー（磁性ステンレス）からなり、義歯に取り付けられる磁石と口腔内の歯根に取り付けられるキーパーとの間の吸引力により義歯は吸着し維持されます (図1)。

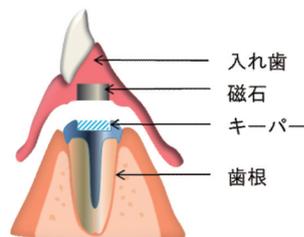


図1. 磁性アタッチメントの構造

口腔内に設置されるキーパーは磁性ステンレスであり、主に SUSXM27, SUS430, SUS447J1, SUS444 (AUM20) のいずれかで製作されています。重量はおおよそ30~120mgw です。

現在、市販されている歯科用磁性アタッチメントを表2に示します。

表3にステンレス鋼の化学成分を示します。

キーパーは磁石ではありませんので、義歯を外して撮像を行った場合、磁石の吸着が損なわれる心配はありません。また、MRI 検査後にキーパーに磁力が残留する心配もありません。

しかし、義歯を装着したまま撮像を行ったりMR 室内へ入ると、磁石の吸引力が喪失したり義歯が飛び出したりする危険性がありますので注意してください (図2)。

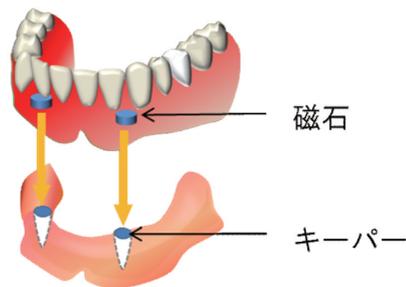


図2. 磁性アタッチメント義歯

表1. 我が国で使用されているMRI装置 (2015, 7時点)

社名	GEヘルスケアジャパン		シーメンス旭メテック		東芝メディカルシステムズ		フィリップスエレクトロニクスジャパン		日立メディコ		ESAOTE (株式会社メディックフューチャー)	
	機種名	3.0 T	3.0 T	MAGNETOM Skyra	Vantage Titan™ 3T	3.0 T	Achieva 3.0T TX	3.0 T	TRILLIUM OVAL	3.0 T	G-SCAN	0.25 T
シグナ	SIGNA™ Pioneer	3.0 T	3.0 T	MAGNETOM Skyra	Vantage Titan™ 3T	3.0 T	Achieva 3.0T TX	3.0 T	TRILLIUM OVAL	3.0 T	G-SCAN	0.25 T
	Discovery MR750 3.0T	3.0 T	3.0 T	MAGNETOM Prisma	Vantage Titan™	1.5 T	Achieva 1.5T A-series	1.5 T	ECHELON OVAL	1.5 T	O-SCAN	0.31 T
	Discovery MR750w 3.0T	3.0 T	3.0 T	MAGNETOM Verio	Vantage Elan™	1.5 T	Ingenia 3.0T	3.0 T	ECHELON RX	1.5 T	S-SCAN	0.25 T
	Optima MR450w 1.5T	1.5 T	3.0 T	MAGNETOM Spectra		3.0 T	Ingenia 1.5T	1.5 T	OASIS	1.2 T		
	SIGNA™ Explorer Newgrade	1.5 T	3.0 T	MAGNETOM Trio		3.0 T	Multiva 1.5T	1.5 T	APERTO Lucent	0.4 T		
	SIGNA™ Explorer	1.5 T	3.0 T	MAGNETOM Aera		1.5 T		1.5 T	AIRIS Vento	0.3 T		
	SIGNA™ Creator	1.5 T	3.0 T	MAGNETOM Avanto		1.5 T		1.5 T	AIRIS Vento LT	0.3 T		
	Optima MR360 Advance 1.5T	1.5 T	3.0 T	MAGNETOM Amira		1.5 T		1.5 T	AIRIS Lite	0.25 T		
	Brivo MR355 Inspire 1.5T	1.5 T	3.0 T	MAGNETOM ESSENZA		1.5 T		1.5 T	Altaira (販売終了)	0.7 T		
		1.5 T	3.0 T			1.5 T		1.5 T				

\*島津製作所はMRI装置の販売は終了しており、現在はありません。

表2. 市販されている歯科用磁性アタッチメント (2015, 7時点)

製造	商品名	磁石構造体		キーパー		吸引力 gf N	その他		
		吸着面 積(円)	吸着面径 (mm)	高さ (mm)	高さ (mm)		磁石構造体	キーパー	
ジーシー	メガウスC	C300	3.2×2.45	1.3	2.8×2.1.45	0.6	300	その他	
		C400	3.5×2.7	1.3	3.1×2.7	0.6	400	キーパー	
		C600	4.1×3.3	1.3	3.7×3.3	0.7	600	磁石: Nd-Fe-B	
		C800	4.5×3.8	1.3	4.5×3.6	0.8	800	ヨーク: SUSXM27	
		D400	φ3.0	1.3	φ3.0	0.6	400	キーパー: SUSXM27	
		D600	φ3.6	1.3	φ3.6	0.7	600		
		D800	φ4.2	1.3	φ4.2	0.8	800		
		D1000	φ4.9	1.3	φ4.9	0.8	1000		
		2513	φ2.5	1.3	φ2.5	0.8	230	2.3	錆接用
		3013/3013PK	φ3.0	1.3	φ3.0	0.8/5.8	330	3.2	磁石: Nd-Fe-B
		3513/3513PK	φ3.5	1.3	φ3.5	0.8/5.8	470	4.6	ヨーク: SUS447J1
		4013	φ4.0	1.3	φ4.0	0.8	640	6.3	キーパー: SUS447J1
		4513	φ4.5	1.3	φ4.5	0.8	780	7.6	
		2513	φ2.5	1.3	φ2.5	0.8	240	2.4	
		3013	φ3.0	1.3	φ3.0	0.8	400	3.9	
3513	φ3.5	1.3	φ3.5	0.8	560	5.5			
4013	φ4.0	1.3	φ4.0	0.8	730	7.2			
4513	φ4.5	1.3	φ4.5	0.8	880	8.6			
4813	φ4.8	1.3	φ4.8	0.8	980	9.6			
5213	φ5.2	1.3	φ5.2	0.8	1100	10.8			
5513	φ5.5	1.3	φ5.5	0.8	1200	11.8			
25	φ2.5	1.3	φ2.5	0.8	240	2.4			
30	φ3.0	1.3	φ3.0	0.8	400	3.9			
35	φ3.5	1.3	φ3.5	0.8	560	5.5			
40	φ4.0	1.3	φ4.0	0.8	730	7.2			
45	φ4.5	1.3	φ4.5	0.8	880	8.6			
48	φ4.8	1.3	φ4.8	0.8	980	9.6			
52	φ5.2	1.3	φ5.2	0.8	1100	10.8			
55	φ5.5	1.3	φ5.5	0.8	1200	11.8			
600W	3.8×2.8	1.8	3.8×2.8	1.0	600	5.9			
400W	3.4×2.4	1.5	3.4×2.4	0.8	400	3.9			
DX800	φ4.4	1.3	φ4.4	0.8	800	7.8			
DX600	φ4.0	1.2	φ3.6	0.7	600	5.9			
DX400	φ3.4	1.0	φ3.0	0.5	400	3.9			
S	φ4.7	1.4-1.8	φ3.3	7.5	400	3.9			
L	φ5.2	1.6-2.0	φ3.7	7.7	600	5.9			
マグフィットEX	3.4×2.4	1.5	φ4.0	5.8	800	7.8			
マグフィットDX	φ4.0	1.2	φ3.6	5.7	600	5.9			
マグフィットSX2	φ4.4	1.4	φ4.4	6.0	600	5.9			
マグフィットRKR/マグフィットDXC	RKDX-FL	1.3	φ4.0	5.7	600	5.9			
	RKDX-FS	1.2	φ4.0	5.7	600	5.9			
	RKDX-D	1.4	φ4.4	6.0	600	5.9			
	リムーフキーパー	1.2	φ3.6(最外径φ4.0)	0.8/1.6	600	5.9			
	インプラント用各種								

表3. ステンレス鋼の化学組成 (mass%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	N	その他	Fe
SUS444	<0.025	<1.00	<1.00	<0.040	<0.030	17.00-20.00	1.75-2.50	<0.025	Ti, Nb, Zr < 0.80	Bal.
SUSXM27	<0.010	<0.40	<0.40	<0.030	<0.020	25.00-27.50	0.75-1.50	<0.015	-	Bal.
SUS447J1	<0.010	<0.40	<0.40	<0.030	<0.020	28.50-32.00	1.50-2.50	<0.015	-	Bal.

### 3. MR 撮像における注意点

#### 1) MR 装置の磁場による力学的影響 (偏向力)

キーパーそのものが外れかかっていたり、キーパーが取り付けられている口腔内の補綴装置 (根面板、インプラント、歯冠外アタッチメントなど (図3)) が緩んでいたりすると、MR 装置の磁場により、口腔内でキーパーが脱離して口腔粘膜を損傷したり、誤嚥、誤飲を引き起したりする恐れがあります。口腔内のキーパーや、周囲の歯科用装置が緩んでいないか確認してください。まれに、MR 装置から受ける磁力により、患者がキーパー周囲の違和感や疼痛を訴える事があります。わずかでも異常を訴えた場合には、検査を中止し、歯科医院に連絡するように患者に指示してください。

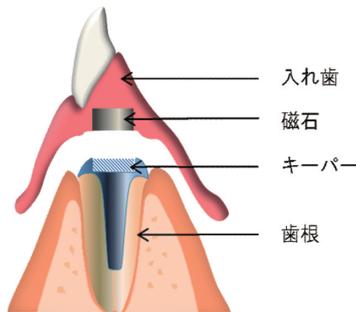


図3-1. 根面板

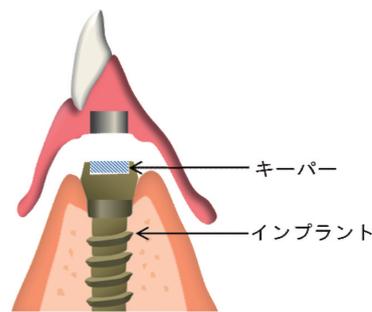


図3-2. インプラント

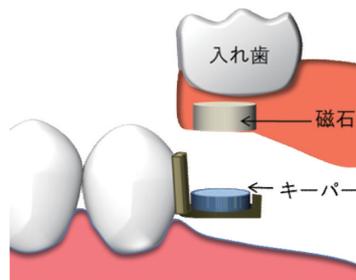


図3-3. 歯冠外アタッチメント

図3. 様々な形を有する磁性アタッチメント

磁場の影響を最も受ける (磁場の傾斜が最も急な)MR 装置のガントリ付近 (装置の入口) で注意が必要になります。最も大きいキーパーでは、3.0-T の MR 装置によっておよそ9.0 gf 程度の力学的作用を受けます。しかし、キーパーを付けている歯科用セメントの接着強さは、40N (約4kgf) 以上あり、十分な耐性を有すると考えられます (参考資料15ページ参照)。

#### 2) MR 装置の発熱による温度上昇の影響

磁性アタッチメントのキーパー付き歯科用装置は、MR 撮像中のラジオ波の影響により発熱が認められます。発熱試験の結果では、キーパー付き歯科用装置は、3.0-T MR 装置 (Philips 社製 Achieva 3.0T Nova Dual および GE 社製 Signa HDxt 3.0T) での20分間の最大 RF 照射により最大で0.8°Cの温度上昇を記録しました。RF 照射6分程度の時点では、キーパー付き歯科用装置の温度上昇は0.2~0.3°Cであり、撮像時間が15分以内であれば0.5°Cを上まわりません。つまり、通常の撮像時間では、生体への影響はないと考えられます (参考資料17ページ参照)。

#### 3) キーパーアーチファクトによる診断への影響

キーパーによる金属アーチファクトの出現を阻止することは困難です。アーチファクトはMR 装置の静磁場強度や装置の性能に大きく左右されますが、一概に高磁場装置の方が金属アーチファクトの影響が大きくなるとは限りません。スピネコー法 (SE 法) におけるアーチファクトの範囲はおおよそ半径4~8 cmであり、キーパーの設置部位によってアーチファクトの出現部位が変わります。MRIで読影する部位や、選択された撮像方法、すなわち疑われる疾患によって、読影の可否が決まります。診

断部位が口腔底、舌、咽頭などの口腔周囲組織である場合や、磁化率の影響を強く受ける撮像方法を用いる場合には、アーチファクトにより、診断は困難となります（参考資料20ページ参照）。

キーパーの除去が必要と判断された場合、歯科医院にてキーパーを除去する事が可能ですので、患者または歯科医師まで指示してください。応用頻度の高い下顎犬歯と脳頭蓋に最も近く検査への影響が大きい上顎第二大臼歯にキーパーが設置された場合のスピンエコー法での T1強調画像のアーチファクトの範囲をアキシャル断面とサジタル断面（図4）を示します。

スピンエコー法 T1強調画像 アキシャル断面



図 4 - 1



図 4 - 2

図 4 - 1. 磁性アタッチメントなし

図 4 - 2. 下顎左側犬歯に磁性アタッチメント（GIGAUSS D600）装着時

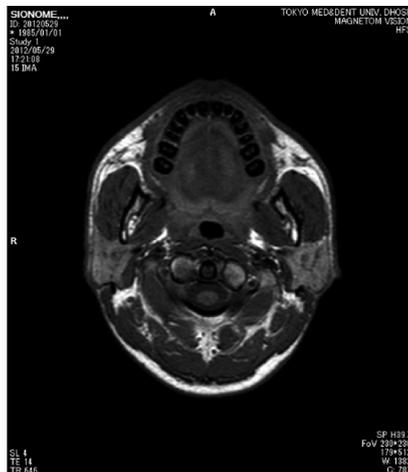


図 4 - 3



図 4 - 4

図 4 - 3. 磁性アタッチメントなし

図 4 - 4. 上顎左側第二大臼歯に磁性アタッチメント（GIGAUSS D600）装着時

スピノエコー法 T1強調画像 サジタル断面



図 4-5



図 4-6

図 4-5. 磁性アタッチメントなし

図 4-6. 下顎左側犬歯に磁性アタッチメント (GIGAUSS D600) 装着時



図 4-7

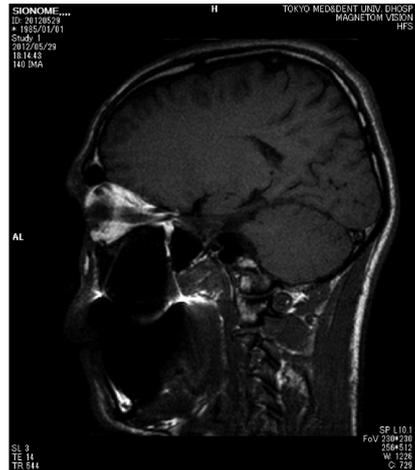


図 4-8

図 4-7. 磁性アタッチメントなし

図 4-8. 上顎左側第二大臼歯に磁性アタッチメント (GIGAUSS D600) 装着時

キーパーの除去について

口腔、舌、咽頭などの口腔周囲組織を読影する場合、アーチファクトにより、診断は困難になります。この場合、キーパーの除去が必要ですがキーパーを鑄接法でなく、キーパーボンディング法（KB法）により根面板に設置しておくことで容易に除去できます（図5、6）。



図5. 鑄接法（左）とKB法（右）



図6. KB法で合着されたキーパーの除去

KB法：セメントによりキーパーを根面板に固定する方法

鑄接法：鑄造によりキーパーを根面板に固定する方法

なお、磁性アタッチメントのキーパーと磁石でなく、キーパーの代わりに市販されている鑄造用磁性合金と磁性アタッチメントの磁石を用いて義歯を製作する術式があります。しかし、この術式はキーパーよりも多量の磁性合金を用いるため、アーチファクト、偏向力や発熱の影響が大きくなり、口腔内からの磁性合金の除去も容易ではありません。鑄造用磁性合金でなくキーパーと磁石の使用を推奨致します（参考資料15～24ページ参照）。

おわりに

近年、医療現場においてMRI撮像は脳ドック利用者などの増加により、普及が進んでいます。これに伴い、歯科用磁性アタッチメントを装着する患者の生体安全性に関する対応マニュアルの必要性が課題になっていました。本学会では、第20回学術大会（2010年）でシンポジウム「MR撮像時における磁性アタッチメントの影響」—MR撮像時の安全基準マニュアルの作成に向けて—を開催しました。また、その内容を日本磁気歯科学会雑誌20巻1号に公表しました。加えて、磁場による力学的影響としてトルクに関する試験結果を改訂版では参考資料に追加記載しました。今後もMR装置の高磁場化は進んでいくと考えられますが、体内金属を装着している患者の生体安全性については継続して検討していくことが必要と考えられます。金属アーチファクトについても、その発生を極力抑制し、発生したアーチファクトを低減する技術の開発も期待されます。いずれにしても、磁性アタッチメントが適切な診断のもとに、正しい方法で使用されればほとんどのMRI撮像に関して問題がないことを理解して頂ければ幸いです。

2015. 7

日本磁気歯科学会安全基準検討委員会

2010年度～2012年度		2013年度～2015年度	
委員長	細井 紀雄	委員長	大久保 力廣
委員	倉林 亨	委員	芥川 正武
	土田 富士夫		石上 友彦
	土橋 俊男		土田 富士夫
	長谷川 みかげ		長谷川 みかげ
	水谷 鋤		倉林 亨
			土橋 俊男

## 参 考 資 料

## 磁性アタッチメントの安全性試験

## 検討項目

1. 偏向力試験 (ASTM F2052-06e1)<sup>1)</sup>
2. 加温試験 (発熱試験 ASTM F2182-09)<sup>2)</sup>
3. アーチファクト測定 (ASTM F2119-07)<sup>3)</sup>
4. トルク試験 (回転力)

## MR 装置

Philips 社製 Achieva 3.0T Nova Dual

Siemens 社製 MAGNETOM Verio syngo 3.0T

Hitachi Medical 社製 AIRIS Vento 0.3 T

## 調査する歯科用金属

磁性アタッチメントの安全性試験に用いた材料の組成および質量を表 4 に示す。

表 4. 使用した磁性アタッチメントと歯科用鋳造用合金

Material	Trade name	Composition	Dimension (mm)	Weight (g)
Keeper	GIGAUSS D400	UNS S44627	$\phi 3.0 \times 0.6$	0.034
	GIGAUSS D600	UNS S44627	$\phi 3.6 \times 0.7$	0.058
	GIGAUSS D1000	UNS S44627	$\phi 4.9 \times 0.8$	0.119
Casting alloy	Pallatop 12 Multi	12% Au, 20% Pd, 50% Ag, 15% Cu		0.941

本項では、上記の ASTM 基準に基づく MRI 適合性評価方法に準じ、磁性アタッチメントへの安全性試験適応のため一部試験方法を変更させて試験を実施した。

## 1. 偏向力試験

## 規格 ASTM F2052-06e1

偏向力とは、静磁場によるインプラント等の部品に働く吸引力を磁力と比較して測定する方法で、紐で吊るした部品が、重力と吸引力に引かれる合成力を測定する。装置の磁場の傾斜が最も大きくなる部位を予備実験にて求め、図 7 に示すような偏向力測定器を設置し、被検体を糸で吊るし、装置の持つ磁力により吸引される角度である「偏向度  $\alpha$ 」を測定する。偏向力が 45 度以内であれば、被検体が日常的に受けている重力の影響よりも装置から受ける影響の方が小さいため安全であるとする試験である。

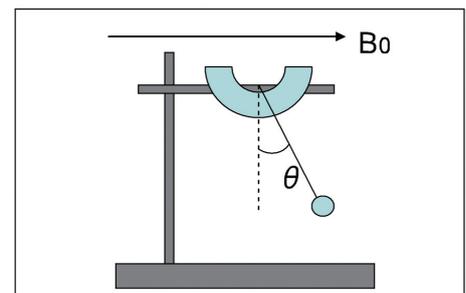


図 7. 偏向力測定器 模式図

MR 装置

Philips 社製 Achieva 3.0T Nova Dual

測定方法

アクリル板に設定した支点到極細の糸 (15mm, 2 mg) を固定し, 検体を吊り下げ, 吸引力によって生じる振れ角度  $\theta$  が測定できる自作の測定器具を作製した.

MR 装置の検体に対する吸引力は, 磁場中心よりもガントリ開口部付近で最も強くなることが知られている. MR 装置の磁場傾斜の最も強いガントリ開口部付近をガウスメータにて測定し決定する.

(Philips 社製 Achieva 3.0T Nova Dual では磁場中心からの距離83cm, テーブルからの高さ14.5cm) 検体を瞬間接着剤にて紐に固定し, 振れ角度を測定する. 振れ角度より偏向力を算出する.

$$\text{計算方法} \quad F = mg \tan \theta \quad (m: \text{検体の質量}, g: \text{重力加速度}, \theta: \text{振れ角度})$$

偏向力試験結果

偏向力試験の結果を図8, 9に示す. 各キーパーは, 磁場方向に強く吸引され, 90度を大きく上まわり, 偏向度の測定が不可能であった. そのため, 各キーパーに重りを付加し, 偏向度が45度以下になる重さを求めた. 図8に各キーパーの偏向度45度以下までに有する加重量のグラフを示す. D400では3グラム重, D600では5グラム重, D1000では9グラム重の加重が必要であった. 図9に各キーパーの偏向度より求めた偏向力を示す. D400では2697.4ダイン, D600では4022.6ダイン, D1000では8460.3ダインであった.

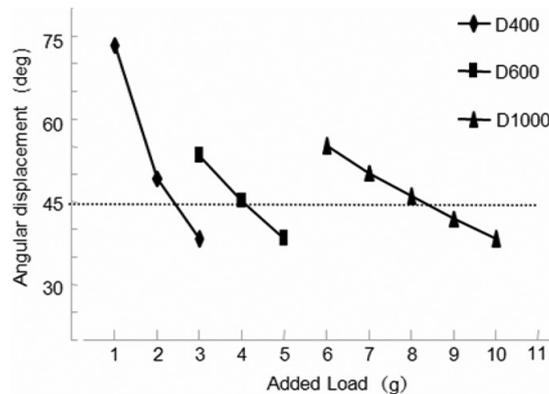


図8. 各キーパーの偏向度が45度以下になるまでに要した荷重量

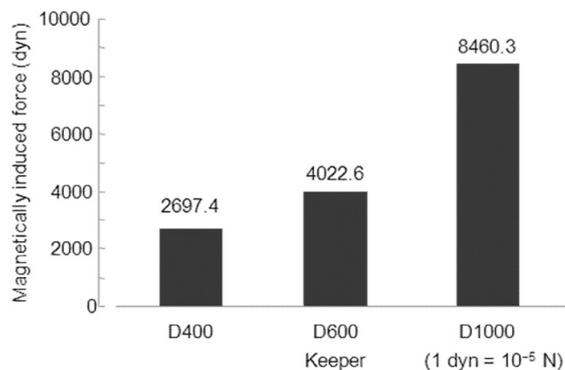


図9. 各キーパーの偏向力

## 2. 加温試験（高周波による発熱試験）

### 規格 ASTM F2182-09

この試験は、体内に埋め込まれた電子回路を内在しないインプラントが、MRI 検査においてラジオ波によって発熱し、患者に傷害をもたらす危険性がないか確認するための試験である。測定にはファントムを使用し、最も発熱が見込まれる試験条件を設定することによって、それぞれの試験体に起こりうる最大の発熱を測定する。

### MR 装置

Siemens 社製 MAGNETOM Verio syngo 3.0T

### 試験体および測定部位

図10に測定に用いたキーパー、キーパー付き根面板および鋳造用磁性ステンレス製根面板を示す。

測定部位はそれぞれ歯肉縁相当部とポスト先端部とした（測定部位 図中1～7）。

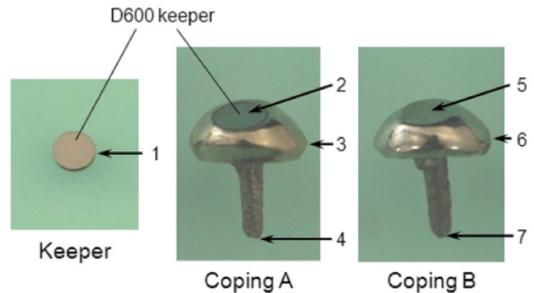


図10. 左：キーパー 中：キーパー付き根面板 右：鋳造用磁性ステンレス製根面板

### 測定方法

測定機器：蛍光ファイバー式温度計

(Model 3300; LumaSense Technologie 9

ファイバープローブ

(MedFP; LumaSense Technologies)

温度計は熱電対温度計にて校正し、ファイバーセンサーの先端が測定部位に接するように設定する。温度測定は、撮像開始2分前から撮像後2分間までとし、1秒ごとに測定する。発熱は、15分間のRF照射における最大温度上昇で評価する。

ファントム:

人体等価ファントムと実験室温度が等しくなるように、撮影室に12時間以上放置後、発熱実験を行った。

ファントムは、人体の軟組織と電気的特性が等価となるように蒸留水25ℓに塩化ナトリウムを1.31g/ℓ、また、温度測定中にファントム内溶液が移動しないような十分な粘性を持たせるため、ポリアクリル酸を10g/ℓ溶解する。測定に際し、十分な大きさをもつアクリル容器（65×42×10）に9cmまでゲルを満たし、検体は表面より2cmでサイドより2cmの位置に埋没する（図11）。

### 撮像シーケンス

適当とされる最大 SAR 値を決定するために、熱伝導率0.47S/m の食塩水ファントム2.5g/ℓ（65×42×10）を用い、15分間のRF照射を行い、温度上昇を測定した。温度上昇の結果より、SAR 値を求めた。（計算値：2.1 W/kg, 画面表示値：1.4 W/kg）（表5）。

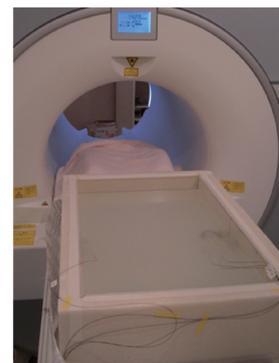


図11. ファントム

表5. 撮像シーケンス

MR system	Magnetom Verio
Pulse sequence	T-SE
Coil	Body coil
TR	864 ms
TE	8.3 ms
Echo train length	5
Plane	Axial
Flip angle	120°
Band width	201 Hz/px
Field of view	400 cm
Matrix	256 × 256
Section thickness	10 mm
Total slices	9
WB-SAR	1.4 W/kg
NEX	20
Scan time	15 min
Exposed body SAR	3.1 W/kg
Head SAR	0 W/kg
Torso SAR	7 W/kg
Leg SAR	7 W/kg

加温試験結果

ラジオ波照射の間、補綴装置の温度は徐々に上昇した。ASTM F2182-09に則った Siemens 社製 MAGNETOM Verio syngo 3.0T による15分間のラジオ波の照射による加温試験の結果、ファントムゲルの温度は+1.13 °C、キーパーは+1.21 °C、キーパー付き根面板は+1.42 °C、鋳造用磁性合金製根面板は+1.30 °Cであった（表6）。

表6. 加温試験結果

Device	Maximum temperature increase (°C)
<b>Keeper</b>	
Point 1	+1.21
Without the prosthesis	+1.13
<b>Coping A</b>	
Point 2	+1.42
Point 3	+1.36
Point 4	+1.36
Without the prosthesis	+1.13
<b>Coping B</b>	
Point 5	+1.30
Point 6	+1.24
Point 7	+1.19
Without the prosthesis	+1.13

3. アーチファクトの測定

規格 ASTM F2119-07

金属がMR画像に及ぼすアーチファクトの大きさを検討した。  
 (撮像シーケンスは通常の診断で用いられるものを想定した。)

MR装置

Philips 社製 Achieva 3.0T Nova Dual

ファントム

20×20×20mmの亚克力容器の中央に、亚克力棒を設置。検体は瞬間接着剤にて亚克力棒に固定した。ファントム内溶液は、シリコンオイルとした（図12）。

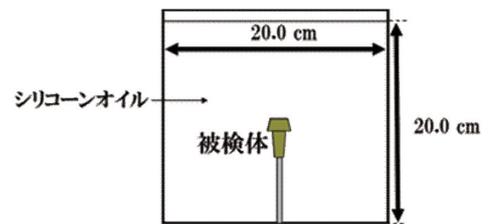


図12. アーチファクト撮像用ファントム



図13- 1. 鋳造用磁性合金根面板 (0.927gw)



図136- 2. キーパー付き根面板 (0.941gw)



図13- 3. 金銀パラジウム合金による全部鋳造冠 (2.58gw)

### 試験体・撮像シーケンス

図13-1, 2, 3に用いた磁性アタッチメントを示す。撮像にはスピネコー法およびグラジエントエコー法を用いた。それぞれの撮像シーケンスを表7に示す。用いた試験体を表8に示す。

表7. MRI撮像に用いたシーケンス

撮像シーケンス	スピネコー法 T2強調画像	グラジエントエコー法 T2強調画像
FOV read	250 mm	250 mm
Slice thickness	5.0 mm	5.0 mm
TR	4500 ms	25 ms
TE	100 ms	2.3 ms
Flip angle	90 deg	20 deg
Band width	58.0 KHz	56.5 KHz
Echo spacing	11.3 ms	
Turbo factor (ETL)	15	

表8. MRI撮像を行った検体の材料および組成

材料	製品名	組成	製造
鑄造用磁性合金	アトラクティ P (208495)	Au, Ag, Pd, Co	徳力本店
キーパー	GIGAUSS D600 (0804141)	SUSXM27 UNS S44627	GC
歯科用金銀 パラジウム合金	パラトップ12マルチ (D671367)	Au, Pd, Ag, Cu	デンツプライ三金

### アーチファクト測定結果

アーチファクト試験の結果を図14, 15, 16に示す。

スピネコー法 コロナル像およびアキシャル像, また, グラジエントエコー法 アキシャル像の比較では, 全部金属冠のアーチファクトが小さいのに対して, 鑄造用磁性合金 (アトラクティ P) のアーチファクトはファントム容器の大きさを上まわった。また, キーパー付き根面板との比較では, 鑄造用磁性合金の方が大きい結果となった。これは, キーパー付き根面板のキーパーが0.034グラム重であるのに対して鑄造用磁性合金が0.927グラム重とおよそ25倍の強磁性体の質量の違いを有していることによると考えられる。アーチファクトの影響を受けやすいグラジエントエコーでは, 各被検体ともスピネコー法よりも大きい結果となった。

スピリエコー法 コロナル像の比較

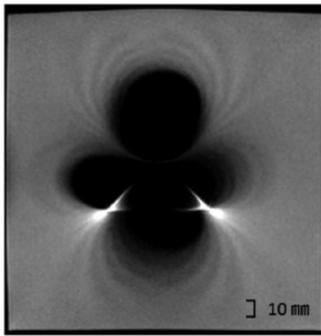


図14-1.  
鋳造用磁性合金根面板

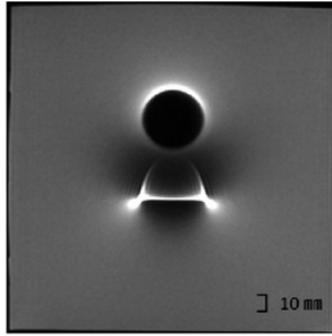


図14-2.  
キーパー付き根面板

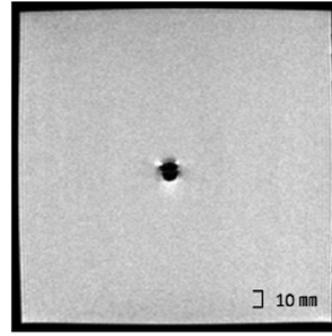


図14-3.  
全部鋳造冠

スピリエコー法 アキシャル像の比較

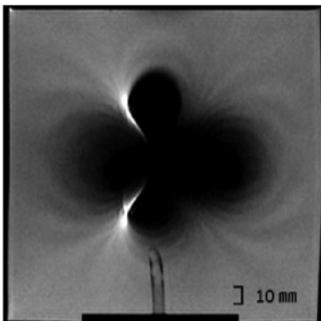


図15-1.  
鋳造用磁性合金根面板

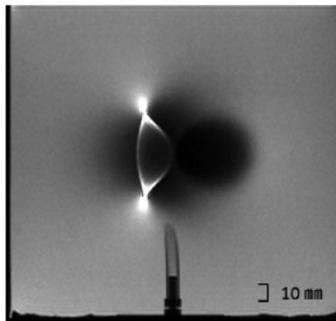


図15-2.  
キーパー付き根面板

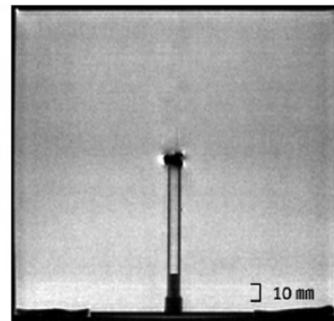


図15-3.  
全部鋳造冠

グラジエントエコー法 アキシャル像の比較

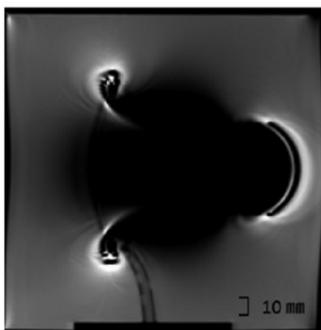


図16-1.  
鋳造用磁性合金根面板

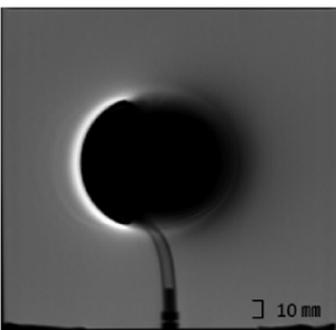


図16-2.  
キーパー付き根面板

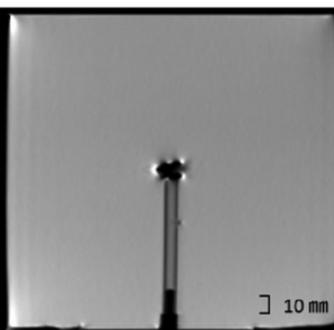


図16-3.  
全部鋳造冠

## 4. トルク力の測定

MR 装置 Hitachi Medical 社製 AIRIS Vento 0.3 T

### トルク回転角度指示装置

回転角度指示装置は MRI による磁場により影響のない非金属材料を用いて製作し、試験体回転台部、バネ強度調節部、回転角度測定のための分度器、トルクドライバー接続部により構成されている (図17). 試験体は試験体回転台部に固定され、MRI 装置中において磁性アタッチメントに生じる微量なトルク力により試験体にトルク力が生じたとき、回転台ごと回転する。また、トルク力の大きさに応じて、装置に設置されたバネの太さや長さを調節し、ねじりバネ定数を変化させ、バネの強度を調整する。分度器にて試験体に生じたトルク力の最大回転角度を計測する。

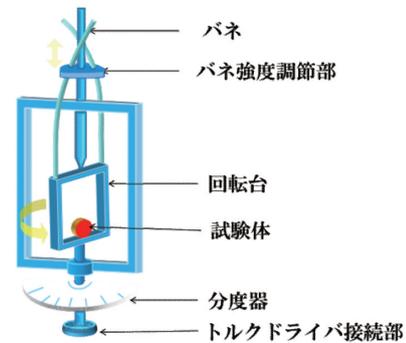


図17. 回転角度指示装置

### 測定方法

試験体を試験体回転台部に固定し、MRI 装置中の磁場中心において磁性アタッチメントに生じるトルク力により、回転台ごと回転させ、角度を測定した。その後、MRI 室外にてトルクドライバー接続部に直読式マイクロトルクドライバー (東日製作所 社製) を接続させ、回転した角度を再現しトルク力を測定した (図18)。



図18. マイクロトルクドライバー接続時

### トルク力の測定結果

トルク力測定試験の結果を図19に示す。0.3 T MRI 装置中でキーパーに生じるトルク力は GIGAUSS D 400, 600および1000でそれぞれ0.32, 1.10および1.60 mN・m とキーパーの体積が大きくなるのに伴って大きくなった。また、コーピング A で0.96 mN・m, コーピング B で1.90 mN・mであった。GIGAUSS D600によって製作したコーピング A は、非磁性体である金銀パラジウムの重さが加わったため、GIGAUSS D600単体と比較してトルク力が小さくなった。また、鋳造用磁性合金製によって製作されたコーピング B は、磁性ステンレスの体積が大きいため、最大のトルク力を示した。

トルク力は静磁場強度に比例するので、3.0 T MRI 装置中でキーパーに生じるトルク力は GIGAUSS D400, 600および1000でそれぞれ3.20, 11.0および16.0 mN・m, また、コーピング A で9.60, コーピング B で19.0 mN・m であると考えられる。

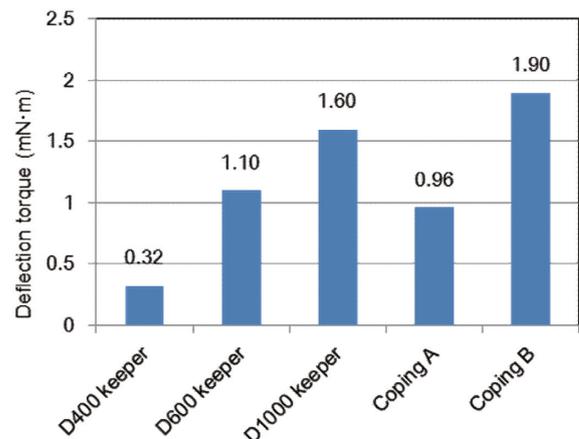


図19. 0.3 T MRI 装置中で磁性アタッチメントに生じるトルク力

## 考察

磁性アタッチメントの使用とMRIの需要の増加により、多くの磁性アタッチメント義歯装着患者がMRI検査を受診することが予想される<sup>4,11)</sup>。主な問題は磁性アタッチメントの発熱と磁気により誘導される変位力による危険性である<sup>1, 2, 12-18)</sup>。本研究は口腔内に装着され、撤去が困難な磁性アタッチメントのキーパーとMRIとの適合性を評価した。

### 1) 偏向力について

体内金属である磁性アタッチメント装着者がMRI検査を行うにあたって、一つの懸念事項は、MRI装置の強力な磁場による磁性アタッチメントへの力学的作用である<sup>1, 16)</sup>。MRI検査での力学的評価は、偏向力試験によって行われる。ASTM規格の偏向力試験では、偏向力が45°以下ならば力学的作用は地磁気による重力よりも小さいので安全とされる<sup>1)</sup>。本実験では、キーパーは質量が非常に小さいわりに磁化率が大きいので、キーパーに作用する力学的作用は大きく、測定された角度は90°以上であった。したがって、キーパー単体では“not MR safe”に分類される。しかし各キーパーに3.0-9.0gfの負荷を与えることで45°以下になることが実証された。臨床ではキーパーを単体で用いる事は考えにくく、歯科補綴装置に歯科用セメントにて合着させるか鋳接して使用されるが、歯科用セメントの引っ張り強さは、弱い物でも40N (4,000,000 dyn)程度あり、キーパーの偏向力(8460.3 dyn)に対して470倍程度であることから十分に拮抗すると考えられた<sup>28)</sup>。しかし、長期使用による劣化や衝撃により、キーパーが根面板から脱離しかけている可能性も否定できないため、検査前にキーパーの合着状態を確認することが重要である<sup>23-31)</sup>。

### 2) 発熱について

SAR値はMRIの発熱に関する安全性の報告には必ず使用され、発熱の指標とされている<sup>2)</sup>。しかし現時点では、SAR値はMRI装置ごとに算出方法が異なり、異なる装置間において必ずしも相関性がなく、問題視されている<sup>19-21)</sup>。したがって、体内インプラントの安全性を判断するのにMRI装置のコンソール画面に表示されるSAR値を用いるのは相関性が低い事から危険な場合もある。ASTM F2182-09の加温試験規格では、加温試験を行う前に、実験で照射されるSAR値の総量を食塩水ファナムによって求める実験が追加された。

今回、Siemens社製MAGNETOM Verio syngo 3.0Tによる15分間のラジオ波の照射の結果、MRI装置のコンソール画面に表示されるSAR値は1.4W/kgであったが、食塩水ファナムの温度上昇より求めたWB-SAR値は2.1W/kgであった。また、加温試験では、磁性アタッチメントの温度はラジオ波照射の間、徐々に上昇した。ファナムゲルの温度は+1.13°C、キーパーは+1.21°C、キーパー付き根面板は+1.42°C、鋳造用磁性合金製根面板は+1.30°Cであった。

キーパー付き根面板は支台歯の歯根に設置され、またインプラントは歯槽骨に埋入される。支台歯に設置された磁性アタッチメントが温度上昇を引き起こした場合、歯根のセメント質への為害作用、歯根膜の破壊、歯槽骨の壊死、または疼痛を起す可能性がある<sup>22-24)</sup>。Eriksson<sup>25)</sup>らは、根管内の温度が50-60°C以上になると硬組織のタンパク変性が起こる可能性があるとしている。また、歯槽骨に埋入されたインプラントの発熱では、インプラントの脱落、歯槽骨の壊死または疼痛を引き起こすことが危惧される。ErikssonやAlbrektsson<sup>22)</sup>によると、44-47°C(体温の7-10°C以上)の歯槽骨の温度変化で歯槽骨壊死を誘発させるとしている。さらにRamsköldらの報告によると、歯周組織が1分間あたり10°Cの温度上昇をすると、歯に隣接した組織に有害となるが、血管の新生に優れているため、骨と較べて影響は少ないとしている<sup>26,27)</sup>。

今回の検討では、磁性アタッチメントの温度上昇は、口腔内の組織が安全とされる制限の10°Cにほど遠い。また、全て医療用インプラントに対して、組織の損傷および患者に不快感を与えないように規格(SENELLEC規格prEN45502-2-3)にて定められている指標である2.0°Cも上回らなかった。

### 3) 金属アーチファクトについて

キーパーは生体との磁化率が著しく異なるため、MR画像上に歪みや信号の消失としてアーチファク

トが生じる<sup>32-38)</sup>。キーパーによるアーチファクトは、装置の静磁場強度と金属の磁化率に比例し、周波数エンコード用傾斜磁場強度に反比例する<sup>36)</sup>。そのため、MR装置の静磁場強度や装置の性能、キーパーの大きさや数、または撮像方法に大きく左右される。実際の臨床では、低磁場装置ではSNRの向上のために、周波数域（バンド幅）が狭く設定されているため、一概に高磁場装置の方が金属アーチファクトの影響が大きくなるとは限らない。

アーチファクトの大きさへ影響を与える因子は多数あり、大きさを定量化することは不可能であるが、スピリエコー法（SE法）はグラジエントエコー法（GRE法）に比較してアーチファクトの影響は小さいが、そのアーチファクトの範囲はおおよそ半径4～8cmであった。アーチファクトの影響を小さくしたい場合には、SE法では1ピクセル当たりの周波数域の広いシーケンスを選択する必要がある<sup>36,38)</sup>。GRE法ではそれに加え、エコータイム（TE）が短い撮像方法を選択する必要がある。装置の種類によりBWの設定が出来ない場合は、TEを変化させることで連動して変化させるとよい。しかし、これらの設定を行うと、画像のSNRが低下することに加えて、アーチファクトの縮小効果には限度がある。そのため、MRIで診断する部位や選択された撮像方法が磁化率の影響を強く受ける場合には読影は困難となり、歯科医院にてキーパーの除去が必要になる。そうした場合、医師、MRI検査担当者、歯科医師および磁性アタッチメント装着者の連携が重要である。

#### 4) トルク力について

トルクは、ある長さを持つ金属材料が磁力線と角度を持った場合に、磁力線と平行になろうとする回転力、すなわちねじれる力である。この力は、静磁場強度、磁化率の大きさ、および磁性体の長さとの角度が関係する<sup>39,40)</sup>。偏向力と異なり磁場が均一である場合には磁場勾配には無関係であるとされるため、トルクの影響はガントリ内の静磁場中心で一番大きくなる。しかしながら、今回の検討において、キーパーの磁化率は高いためMRI装置中で磁化され、3.0-T MRI装置の磁場中心において、均一磁場を著しく乱し、キーパーに不均一な偏位力が生じたため安定したトルク力の測定は困難であった<sup>39-42)</sup>。また、ASTM F2213に記されているトルク力測定方法は、磁化率の低い試験体を予期して作製されているため、規格の適応が難しかった。そこで、今回は、再現性の良い簡単なトルク力測定方法を考案し数値化するとともに、強磁性に加わる不均一な偏位力の影響を可能な限り減少させるため、低地場MRI装置（0.3-T）を用いて検討を試みた。また、トルク力は静磁場強度に比例するので、3.0-T MRI装置中でどの程度のトルク力が働くのか、計算にて求めた。

その結果、3.0 T MRI装置中でキーパーに生じるトルク力は最も大きなキーパーであるGIGAUSS D1000で16.0 mN・m程度、また、鋳造用磁性合金製のコーピングBで19.0 mN・mであると予期された。この値は、通常のインプラント治療のメンテナンス時において、スクリューに対して加える締め付けのトルク力が種々のメーカーが推奨値で20 N・m以上（Steri-Oss 推奨値35 N/cm, Sulzer Calcitek 推奨値 28 N/cm）であることと比較して十分に小さいと考えられる<sup>43)</sup>。

本参考資料は、下記の内容を要約したものである。

Hasegawa M, Miyata K, Abe Y, Ishigami T. Radiofrequency heating of metallic dental devices during 3.0 T MRI. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42:20120234.

Miyata K, Hasegawa M, Abe Y, Tabuchi T, Namiki T, Ishigami T. Radiofrequency heating and magnetically induced displacement of dental magnetic attachments during 3.0 T MRI. *Dentomaxillofac Radiol* 2012; 41:668-674.

Hasegawa M, Miyata K, Abe Y, Ishii T, Ishigami T, Ohtani K, Nagai E, Ohyama T, Umekawa Y, Nakabayashi S. 3-T MRI safety assessments of magnetic dental attachments and castable magnetic alloys. *Dentomaxillofac Radiol* impress

## 参考文献

- 1) American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM F2052-06 standard test method for measurement of magnetically induced displacement force on medical devices in the magnetic resonance environment. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2006.
- 2) American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM F2182-02a standard test method for measurement of radio frequency induced heating near passive implants during magnetic resonance imaging. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2002.
- 3) American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM F2119-07 standard test method for evaluation of MR image artifacts from passive implants. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2007.
- 4) Gillings BR. Magnetic retention for complete and partial overdentures. Part I. J Prosthet Dent 1981 ; 45 : 484-491.
- 5) Gillings BR. Magnetic retention for complete and partial overdentures. Part II. J Prosthet Dent 1983 ; 49 : 607-618.
- 6) Highton R, Caputo AA, Matyas J. Retentive and stress characteristics for a magnetically retained partial over denture. J Oral Rehabil 1986 ; 13 : 443-450.
- 7) Tanaka Y. Dental magnetic attachment. Tokyo : Ishiyaku, 1992, pp. 29-70.
- 8) Watanabe I, Hai K, Tanaka T, Hisatsune K, Atsuta M. In vitro corrosion behavior of cast iron-platinum magnetic alloys. Dent Mater 2001 ; 17 : 217-220.
- 9) Gonda T, Ikebe K, Ono T, Nokubi T. Effect of magnetic attachment with stress breaker on lateral stress to abutment tooth under overdenture. J Oral Rehabil 2004 ; 31 : 1001-1006.
- 10) Maeda Y, Nakao K, Yagi K, Matsuda S. Composite resin root coping with a keeper for magnetic attachment for replacing the missing coronal portion of a removable partial denture abutment. J Prosthet Dent 2006 ; 96 : 139-142.
- 11) Hasegawa M, Umekawa Y, Nagai E, Ishigami T. Retentive force and magnetic flux leakage of magnetic attachment in various keeper and magnetic assembly combinations. J Prosthet Dent 2011 ; 105 : 266-271.
- 12) Gegauff AG, Laurell KA, Thavendrarajah A, Rosenstiel SF. A potential MRI hazard : forces on dental magnet keepers. J Oral Rehabil 1990 ; 17 : 403-410.
- 13) Bartels LW, Smits HF, Bakker CJ, Viergever MA. MR imaging of vascular stents : effects of susceptibility, flow, and radiofrequency eddy currents. J Vasc Interv Radiol 2001 ; 12 : 365-371.
- 14) Shellock FG. Metallic neurosurgical implants: evaluation of magnetic field interactions, heating, and artifacts at 1.5-Tesla. J Magn Reson Imaging 2001 ; 14 : 295-299.
- 15) Shellock FG, Cosendai G, Park SM, Nyenhuis JA. Implantable microstimulator : magnetic resonance safety at 1.5 Tesla. Invest Radiol 2004 ; 39 : 591-599.
- 16) Walsh EG, Brott BC, Johnson VY, Venugopalan R, Anayiotos A. Assessment of passive cardiovascular implant devices for MRI compatibility. Technol Health Care 2008 ; 16 : 233-245.
- 17) Weigel M, Hennig J. Development and optimization of T2 weighted methods with reduced RF power deposition (Hyperecho-TSE) for magnetic resonance imaging. Z Med Phys 2008 ;

18 : 151-161.

- 18) Muranaka H, Horiguchi T, Ueda Y, Tanki N. Evaluation of RF heating due to various implants during MR procedures. *Magn Reson Med Sci* 2011 ; 10 : 11-19.
- 19) Baker KB, Tkach JA, Nyenhuis JA, Phillips MD, Shellock FG, Gonzalez-Martinez J, Rezai AR. Evaluation of specific absorption rate as a dosimeter of MRI-related implant heating. *J Magn Reson Imaging* 2004 ; 20 : 315-320.
- 20) Baker KB, Nyenhuis JA, Hrdlicka G, Rezai AR, Tkach JA, Shellock FG. Neurostimulation systems: assessment of magnetic field interactions associated with 1.5- and 3-Tesla MR systems. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 21 : 72-77.
- 21) Baker KB, Tkach JA, Phillips MD, Rezai AR. Variability in RF-induced heating of a deep brain stimulation implant across MR systems. *J Magn Reson Imaging* 2006 ; 24 : 1236-1242.
- 22) Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat induced bone tissue injury : a vital-microscopy study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 1983 ; 50 : 101-107.
- 23) Saunders EM. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. 2. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *Int Endod J* 1990 ; 23 : 268-274.
- 24) Kreisler M, Al-Haj H, D'hoedt B. Intrapulpar temperature changes during root surface irradiation with an 809-nm GaAlAs laser. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002 ; 93 : 730-735.
- 25) Eriksson AR, Albrektsson T, Grane B, McQueen D. Thermal injury to bone. A vital-microscopy description of heat effects. *Int J Oral Surg* 1982 ; 11 : 115-121.
- 26) Ramsköld LO, Fong CD, Strömberg T. Thermal effects and antibacterial properties of energy levels required to sterilize stained root canals with an Nd : YAG laser. *J Endod* 1997 ; 23 : 96-100.
- 27) Gutknecht N, Franzen R, Meister J, Vanweersch L, Mir M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci* 2005 ; 20 : 99-103.
- 28) 阿部有希, 長谷川みかげ, 内田天童, 木内美佐, 諸隈正和, 秋田大輔, 渋谷哲勇, 小川 泰, 永井栄一, 月村直樹, 石上友彦. キーパーボンディング法におけるセメントのキーパー維持力の検討. *日磁歯誌* 2011 ; 1 : 37-43.
- 29) Wang NH, von der Lehr WN. The direct and indirect techniques of making magnetically retained overdentures. *J Prosthet Dent* 1991 ; 65 : 112-117.
- 30) Huang HM, Liu DZ, Shiau YY, Yeh CY, Lin CT, Lee SY. Natural frequency assessment of stability of root keeper magnetic devices. *Med Biol Eng Comput* 2004 ; 42 : 388-393.
- 31) Near J, Romagnoli C, Bartha R. Reduced power magnetic resonance spectroscopic imaging of the prostate at 4.0 Tesla. *Magn Reson Med* 2009 ; 61 : 273-281.
- 32) 中村和夫, 石川 晋, 藍 稔, 水谷 紘, 土井史子, 奥野 攻. MRI 対策としてのキーパー可徹法の検討. *日磁歯誌* 1992 ; 1 : 71-75.
- 33) 大川周治, 田嶋英明, 赤川安正, 櫻井裕也, 山田宏秀. 磁性アタッチメントの可徹式キーパーに関する一考案 - MRI 対策として - *日磁歯誌* 1993 ; 2 : 37-42.
- 34) 鱒見進一, 尾座本まゆみ, 城戸寛史, 有田正博, 守川雅男. 既製キーパーを利用した可徹式機構の検討. *日磁歯誌* 1994 ; 3 : 30-35.
- 35) Iimuro FT. Magnetic resonance imaging artifacts and the magnetic attachment system.

Dent Mater J 1994 ; 13 : 76-88.

- 36) 土橋俊男, 榎 利夫, 鈴木 健, 藤田 功. SE法における metal artifact について. -各種 parameter と metal artifact の関係-. 日本放射線技術学会雑誌 1997. 53 ; 798-805.
- 37) 正木文浩, 内藤宗孝, 石上友彦, 宮尾宣行, 林 正之, 田中貴信, 有地榮一郎. 磁性アタッチメントのキーパー形態がMR画像に与える影響. 歯科放射線 1997 ; 37 : 156-163.
- 38) 土橋俊男, 藤田 功, 榎 利夫, 北川松雄, 鈴木 健. 歯科用アタッチメントのMR画像への影響. 日本放射線技術学会雑誌 1998 ; 54 : 517-520.
- 39) ASTM Standard F2213-06, 2011. Standard test method for measurement of magnetically induced torque on medical devices in the magnetic resonance environment. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- 40) Shellock FG, Shellock VJ. Metallic stents: evaluation of MR imaging safety. AJR Am J Roentgenol 1999 ; 173 : 543-547.
- 41) Luechinger R, Duru F, Scheidegger MB, Boesiger P, Candinas R. Force and torque effects of a 1.5-Tesla MRI scanner on cardiac pacemakers and ICDs. Pacing Clin Electrophysiol 2001 ; 24 : 199-205.
- 42) Sasaki Y, Akutagawa M, Emoto T, Tegawa E. Theoretical study of evaluation method for MRI metal artifact. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2013 ; 1073-6.
- 43) Weiss EI, Kozak D, Gross MD. Effect of repeated closures on opening torque values in seven abutment-implant systems. J Prosthet Dent 2000 ; 84 : 194-199.

## 第24回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

日 時 平成26年11月 8 日(土)・9 日(日)

会 場 静岡県熱海市 ホテル ニューアカオ

### 演題番号 1 「認定医申請口演」

低位咬合を伴う下顎臼歯部欠損に磁性アタッチメント義歯を応用した3年経過症例

○曾根峰世

明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野

#### 【症例の概要】

患者は59歳の女性、咀嚼困難を主訴に来院した。約10年前、上顎に対してロングスパンブリッジを、下顎両側遊離端欠損に対して部分床義歯を製作、装着したが、下顎義歯に関しては装着直後よりクラスプの金属色および義歯床が沈下する感覚に対する不快感から、未装着のまま放置していた。しかし最近になって上顎ブリッジの動揺とともに、咀嚼困難を自覚するようになったため当科を受診した。

#### 【治療内容】

前処置として、不良補綴装置の除去、保存不可能と診断した支台歯の抜去の後、暫間補綴装置による咬合挙上を行った。挙上量は、顔面計測法のWillis法と下顎安静位法を参考にして、臨床症状と患者感覚を確かめながら約3mmとした。最終補綴装置として、上顎には根面タイプの磁性アタッチメントを応用した無口蓋型のオーバーデンチャーを、下顎には連結した陶材焼付金属冠に歯冠外タイプの磁性アタッチメントを応用した部分床義歯を装着した。

#### 【経過と考察】

現在、装着後3年が経過しているが大きいトラブルは生じていない。これは、上顎は残存歯の負担能力を考慮して根面タイプに、下顎は審美性を考慮して歯冠外タイプとしたことにより、審美面および機能面における問題点は解消され、義歯の装着が可能となったことによると考えられる。今後も1か月毎のメンテナンスを行うとともに、経過を観察して行く予定である。

質問（愛知学院大学・中村好徳）

コーピングの外冠の金属は？

回答（明海大学・曾根峰世）

コーピングはレジンタッチでレジンコーピングの状態です。

質問（日本大学・石上友彦）

PCRの値が88%の患者に歯冠外アタッチメントを使用した理由は何ですか？上顎臼歯部の歯冠歯根比が悪いのだから抜髄して根面版にした方がよかったのでは？

回答（明海大学・曾根峰世）

クラスプの金属色に拒否反応を示し義歯を装着しなかった患者だったので、審美的に優れる歯冠外アタッチメントを用いることで義歯を装着できるようにし、顎口腔機能の回復を期待しました。PCRに関してはモチベーションを上げることとメンテナンスで改善できると考えました。上顎右側第一大臼歯は生活歯だったので、当時の私の考えではオーバートリートメントと考えて抜髄は行いませんでしたが、今現在であれば支台歯の予後を考えて行うかもしれません。

### 演題番号 2 「認定医申請口演」

審美性を考慮し磁性アタッチメントを用いた1症例

○田畑有希

日本大学歯学部歯科補綴学第II講座

#### 【症例の概要】

上顎前歯部の審美障害を主訴として来院した患者に対し、全顎的な補綴処置と磁性アタッチメントの活用により、良好な経過を得ることが出来たので報告する。患者は58才女性、上下顎前歯部はフレアーアウトと動揺が認められ、また咬合高径の低下と咬合平面の乱れが認められた。顎位を修正するため全顎的にクラウンおよび義歯にて補綴処置を行い、負担能力が低下している上顎前歯部

には、審美性も考慮して磁性アタッチメントを適用した。

#### 【治療内容と経過】

まず咀嚼機能を回復するため、保存不可能な歯と歯冠歯根比の改善により保存可能と思われる歯を診断し、抜歯並びに根管治療と歯冠部切断を行うと同時に、咬合の確保のため上顎に即時義歯を装着した。咬合高径が低下し、デンチャースペースが不足していたため、口腔内で咬合再構成が行えるよう、臼歯部にはレジン付メタルキャップクラスプを用いた義歯を装着した。歯周初期治療と並行して根管治療を行い、義歯およびTEKにて咬合を修正しながら、状態が安定した所で最終補綴を行った。上顎前歯部は歯冠補綴に不安があったので、審美性を考慮しキーパー付き根面板を装着した。また歯周組織に不安のあった歯には義歯による2次固定を求め、把持面を形成したクラウンおよび前装冠を製作し、取り込み印象にて最終義歯を装着した。

最終補綴からおおよそ半年後に下顎右側第一小臼歯の動揺が2度を呈してきたため、根管治療を行い、キーパー付き根面板を装着した。その後は安定した経過をたどっている。現在術後約3年が経過し、定期的なメンテナンスを行っているが経過は良好である。

#### 【考察】

即時義歯を装着することで早期に咬合の安定を確保し、審美的および機能的に患者の安心感と信頼を得ることが出来た。磁性アタッチメントを用いることで歯冠修復には不安な歯の保存が可能であり、歯の保存と良好な審美性という患者の要求を満たすことが出来たと考える。

質問（愛知学院大学・熊野弘一）

夜間における義歯の患者指導はどのようにしていますか？

回答（日本大学・石上友彦）

通常通り夜間は外していただいています。残存歯へのプラークコントロールは特に注意していただいています。

### 演題番号 3

試作した緩圧型磁性アタッチメントの維持力および被圧変位性

○鳥居麻菜, 脇 拓也, 小澤大輔, 鈴木恭典,  
大久保力廣

鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座

#### 【目的】

顎堤粘膜とインプラントの被圧変位量の差を減少させ、インプラント周囲骨への応力集中を防ぐためインプラントオーバーデンチャーに緩圧型アタッチメントを応用することは有効である。当講座ではインプラントに対し垂直、水平方向の応力を緩和することが可能な緩圧型磁性アタッチメントの試作を行い繰り返し荷重後の維持力、被圧変位量について実験的検討を行った。

#### 【方法】

アタッチメントはロケーター、マグネットSX、マグネットMCS、SBBアタッチメントと試作の緩圧型磁性アタッチメントを選択し、5万回の繰り返し荷重試験後に維持力および被圧変位量の計測を行った。ロケーターアタッチメントのナイロンキャップは最も低い維持力と公表されている青色を使用した。繰り返し荷重試験は5kgf、0.8sec/回サイクルで5万回まで行った。変位補正量は微小変位量計を組み込んだ定荷重圧縮試験機を用い、5kgf荷重時の変位量を測定した。維持力は分離時に要した最大荷重量を維持力と規定し、定荷重圧縮試験機を用いてクロスヘッドスピード5mm/minにて各15回引張試験を行った。各種アタッチメントの維持力と変位量の計測は繰り返し荷重10,000回毎に行った。

#### 【結果、考察】

繰り返し荷重によりロケーターアタッチメントは維持力が、マグフィットMCSは被圧変位量が低下し、試作の緩圧型磁性アタッチメントは維持力、被圧変位量とも大きな低下は認められなかった。上顎におけるインプラントは下顎と比較して骨質が悪いことや、粘膜の被圧変位量が大きい点から成功率が低いという報告が多い。よって症例やインプラント埋入部位により強固な維持力が必要な物と緩圧性を持つ物の使い分けが必要になると

考える。試作した磁性アタッチメントについては維持力、被圧変位性ともに既存のアタッチメントに比較し、遜色ない物である事が示唆された。その上で小型化とより臨床に近い条件での実験が必要であると考えられる。

質問（日本大学・石上友彦）

緩圧型の義歯は歴史的に失敗しているのに使用する理由はなぜですか？

また、磁性アタッチメントとしての利点が失われてしまっているのではないですか？

回答（鶴見大学・大久保力廣）

上顎のインプラントは下顎と比較して成功率が劣っているため、症例やインプラント埋入部位により、強固な維持力が必要なケースと緩圧性を必要とするケースで使い分けが必要になると考えております。

質問（日本大学・大山哲生）

使用したロケーターの種類は何ですか？

回答（鶴見大学・鳥居麻菜）

ロケーターは最も維持力が低いとされている青を使用しました。

#### 演題番号 4

三次元有限要素法を用いた歯冠外磁性アタッチメント義歯設計における力学的検討

○稲垣輝行, 神原 亮, 佐藤志貴, 齊藤 一,  
中村好徳, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

【目的】歯冠外磁性アタッチメントを用いた義歯設計は、その形態がカンチレバー構造であるため、特に力学的配慮が重要となる。また、臨床現場では、片側遊離端欠損症例では、大連結子に対する異物感による患者の要求から、片側処理による設計を止むを得ず行うことも少なくはない。

本研究は、三次元有限要素法を用いて、これら歯冠外磁性アタッチメントを用いた各種義歯設計がもたらす支台歯およびその周囲組織への力学的影響について検討することを目的とした。

【方法】解析モデルは、片側遊離端欠損に対して、歯冠外型磁性アタッチメントにブレースアーム

を併用した片側のみの義歯設計モデル、このモデルからブレースアームを除いたモデル、近心レストを設置したモデル、リングバーにて反対側へ維持を求めたモデルの計4種の設計とした。解析条件は、解析モデルの顎堤粘膜、歯根膜に材料非線形性を適用し、荷重条件は臨床に即した荷重量を設定し応力解析を行った。

【結果、考察】本解析にて得られた支台歯周囲組織への発生応力、義歯や支台歯の変位量から、4種の義歯設計に特徴的な違いが観察でき、興味ある知見が得られた。

質問（日本大学・大山哲生）

力学的にどのような義歯設計がいいと思われませんか？今回の発表にはありませんでしたが、今後臨床的な指針を出してほしいと思います。

回答（愛知学院大学・稲垣輝行）

レスト、ブレースアーム、リングバーの設計がよいのではないかと考えております

質問（日本大学・石上友彦）

レストも厚みによってはブレースアームに代わりその働きをしようのですが、今回関係性は見られましたか？

回答（愛知学院大学・稲垣輝行）

今回はレストの深さによる違いは検討していないのでわかりません。今回レストモデルにおいて良好な効果が出ておりますが、第一、第二小臼歯のレストの立ち上がり部の適合が関係しているとは考察できるものの、結論は出せておりません。今後の検討課題としたいと思います。

## 演題番号 5

三次元有限要素を用いた磁性アタッチメントの最適構造の検討 —磁石構造体およびキーパーの構造の違いが吸引力に与える影響—

○永井秀典, 熊野弘一, 神原 亮, 安藤彰浩,  
津田賢治, 岩田哲也, 中村好徳, 高田雄京<sup>1</sup>,  
田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

<sup>1</sup>東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

現在の磁性アタッチメントは、様々な基礎研究により、米粒大の大きさでも臨床的に有用なレベルの吸引力を発揮するように設計されている。しかし、近年の目覚ましい有限要素法解析による磁場解析技術の発展により、さらに小型で強力な吸引力発揮する臨床価値の高い磁性アタッチメントの開発も可能であると考えられる。

そこで今回、さらなる磁性アタッチメントの高性能化を目的とし、シールドディスクおよびキーパー内部構造の違いが吸引力に及ぼす影響について三次元有限要素法を用いて解析し、磁気回路の最適化について検討を行った。

解析モデルの構築には、汎用有限要素プリ・ポストプロセッサ (Marc Mentat2010, MSC) を、解析ソフトとして電磁界解析システム ( $\mu$ -MF,  $\mu$ -TEC) を用いた。解析項目として、解析モデルにおける磁石構造体内のシールドディスク中心部およびキーパー吸着面中心部に非磁性体を設定し、シールドディスク中心部には半径を0.05mmから0.50mmまで0.05mmずつ、キーパー吸着面中心部には半径を0.05mmから1.00mmまで0.05mmずつ、深さを0.10mmから0.60mmまで0.10mmずつ変化させ、それぞれを組み合わせ、計1200通りの解析を行った。解析結果の評価は、磁束密度分布および吸引力にて行った。

解析結果より、磁石構造体内のシールドディスク中心部及びキーパー吸着面中心部の一部に非磁性体を設定することで、磁性アタッチメントの吸着面における磁束密度の上昇が確認できた。吸引力が最大値を示すキーパー吸着面に設定した非磁性体の半径が0.5mmまでは、キーパー吸着面中心部に設定した非磁性体の深さの影響が少ないこと

が確認できた。今回の解析モデルにおける最適な内部構造は、シールドディスク中心部に非磁性体を半径0.15mm、キーパー吸着面中心部に非磁性体を半径0.5mmで設定したモデルで、基本モデルと比較して約110%の吸引力の上昇が確認できた。

質問 (日本大学・石上友彦)

ヨークの外壁に磁束の集中像が見られないのはなぜですか？

回答 (愛知学院大学・熊野弘一)

今回の解析結果ではわかりづらいとは思いますが、磁束密度の上昇は起きています。

## 座長総括 (演題番号 3, 4, 5)

日本大学・大山哲生

本セッションでは、磁性アタッチメントの開発や義歯設計の最適化に関して、力学的な手法を用いて検討を行い、今後の臨床応用に有益な研究成果の発表が行われた。

(演題 3)

特に上顎に埋入されたインプラント体への負担過重を防止する目的で開発された応力緩和機構を付与した試作インプラント用磁性アタッチメント、ロケーターアタッチメント、マグフィット SX, マグフィット MCS および SBB マグネットを用いて、5万回の繰り返し荷重試験を行い、荷重試験後の維持力および被圧変位量の測定を行った研究である。試作インプラント用磁性アタッチメントは、維持力や被圧変位量共に変化が少なく、他のアタッチメントに対して優位性を示す結果であり、小型化の必要との課題はあるものの、今後の研究開発に向けて続報を期待したい。

(演題 4)

歯冠外磁性アタッチメントに関わる義歯設計が、支台歯および周囲組織の力学的応答におよぼす影響に関して、三次元有限要素法を用いて詳細に検討した研究であり、特に本研究では、片側または両側設計、ブレーシングアームの有無、レストの有無により 4 種の解析モデルについて検討を行っている。義歯設計が周囲組織におよぼす力学的な影響は非常に複雑であり、本研究においても各設計に特徴的な力学的挙動を示した。今後は、さら

に各構成要素の影響を詳しく検討可能なモデル化を行うことで、支台歯および周囲組織への影響の少ない設計指針を得ることが出来ると期待される。(演題5)

磁性アタッチメントのさらなる改良を目指して、三次元有限要素法の磁場解析を用いて、シールドディスクおよびキーパー中心部に非磁性体を組み込むことで磁気回路を変化させた場合の影響を、磁束密度分布および吸引力の観点から検討を行った研究である。その結果、シールドディスクおよびキーパーに非磁性体を組み込むことにより磁束密度の上昇も観察されたが、逆に過飽和が起こる可能性も示された。今後さらなる磁気回路の最適化を行うことで、次世代の磁性アタッチメントの開発に繋がる研究であり、今後を期待したい。

## 演題番号 6

磁性アタッチメントを用いた下顎即時荷重インプラントオーバーデンチャー — 周囲骨吸収と生存分析 —

○宮安杏奈, 金澤 学, 大村友理, 水口俊介  
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科  
高齢者歯科学分野

### 【目的】

McGill Consensus Statementにおいて、下顎無歯顎症例に対する第一選択は2本のインプラントを維持源としたインプラントオーバーデンチャー(以下2-IOD)であると述べられている。当分野のこれまでの研究により、磁性アタッチメントを用いた下顎即時荷重2-IODは患者満足度をより早期に上昇させることができる術式であることが示唆されているが、客観的評価による妥当性については未だ明らかではない。そこで本研究では、無作為化比較臨床試験により、磁性アタッチメントを用いた下顎2-IOD患者のインプラント周囲骨吸収と累積生存率に関して、即時荷重群と通常荷重群で比較することを目的とした。

### 【方法】

下顎無歯顎患者19名を即時荷重群10名と通常荷重群9名に割り付けた。全部床義歯製作後、CTによるダブルスキャンを行い、サージカルガ

イドを製作した。これを用い、フラップレスによるインプラント埋入術を施行した。即時荷重群はインプラント埋入同日、通常荷重群は埋入から3カ月後にキーパー及び磁石構造体(マグフィットIP, 愛知製鋼)を装着した。通常荷重群は3カ月間インプラントに応力をかけないように、粘膜面をリリースした義歯を使用した。埋入直後、埋入3ヶ月、6ヶ月及び1年後にデンタルX線画像を撮影し、周囲骨吸収量を測定した。骨吸収量は各評価時期における2群に対してt検定を行った。また、1年後の累積生存率を算出し、log-rank検定を行った。有意水準は5%とした。

### 【結果, 考察】

即時荷重群では評価期間が長くなるにつれて、骨吸収量が大きな値を示す傾向が認められたが、各評価時期における周囲骨吸収量の変化量に即時荷重群と通常荷重群に有意な差は認められなかった。また、1年後の累積生存率は即時荷重群が100%、通常荷重群が89%となり、2群間に有意な差は認められなかった。以上より、本研究では磁性アタッチメントを用いた即時荷重2-IODは有用であるが、周囲骨吸収の変化を慎重に観察する必要があることが示唆された。

質問(鶴見大学・大久保力廣)

ロストケースはシュミレーション通りの埋入位置なのですか?

また、すべての埋入において術後CTによる確認はされているのですか?

回答(東京医科歯科大学・金澤 学)

シュミレーション通りの埋入位置に埋入しております。ロストした症例についてはプランニング時のミスであると考えています。術後の確認CTは被爆に関する倫理の問題で撮っておりません。質問(愛知学院大学・尾澤昌悟)

今回の研究ではn数が少なかったため差がなかったのではないのですか?このまま結論としていいのでしょうか?また、埋入時のトルクは何Nで埋入していますか?

回答(東京医科歯科大学・金澤 学)

初期トルクは45N以上で埋入しております。有意な差にならなただけで、差がないわけではないと考えており、今後継続して研究を続けたいと考えています。

質問（日本大学・石上友彦）

骨吸収を測定するには、アバットメントに直接設置できるゲージを用いるなどしないと測定は困難ではなんでしょうか？

回答（東京医科歯科大学・金澤 学）

計測用のガイドはマグネットでアバットメントに装着していますので、測定は正確だと考えています。

## 演題番号 7

歯冠外および歯冠内磁性アタッチメントを用いた下顎パーシャルデンチャーの1例

○津田尚吾, 鱒見進一, 榎原絵理, 河野稔広, 八木まゆみ, 有田正博

九州歯科大学口腔機能学講座顎口腔欠損再構築学分野

【目的】患者は67歳の女性。某歯科医院において76|456欠損に対しノンメタルクラスプデンチャーを装着したが、維持部が歯肉に食い込み痛くて装着不可能であったため、義歯返却とともに返金後、ノンメタルクラスプデンチャー以外の方法で審美的に考慮したパーシャルデンチャーを希望して、2014年4月17日当科を受診した。

【方法】直接支台装置である5|7は失活歯、|3は生活歯であったため、5|7はマグノテレスコープクラウン、|3は歯冠外アタッチメントを付与したレジン前装冠とした。3歯ともギガウスC600を使用した。5?7内冠装着後、5|37のクラウンを仮着してピックアップ印象採得後、通法にしたがいパーシャルデンチャーを製作した。

【結果、考察】完成したパーシャルデンチャーは、審美的に良好であり、着脱や清掃も容易であるため、患者、術者共に満足いくものであった。

質問（愛知学院大学・尾澤昌悟）

本年中に装着していたレジン床を作り変える予定とおっしゃいましたが、患者さんの審美的要求を満たすためにどのような義歯を製作する予定ですか？

回答（九州歯科大学・津田尚吾）

レジン床ではやはり破折をおこしてしまうと考えられるので、患者さんと相談の上、金属床を考

えています。

質問（愛知学院大学・神原 亮）

治療の経過では顎関節症状改善の後、義歯新製を行っていますが、その間、顎関節症状の発現は見られなかったのですか？

回答（九州歯科大学・津田尚吾）

顎関節症状の改善は15年前のことであり、今回はそのような症状は見られませんでした。

質問（愛知学院大学・安藤彰浩）

歯冠外型磁性アタッチメントを単独歯に適応するエビデンスはありますか？

今後どのような問題点が起きうるとお考えですか？

また、審美性を考慮するのであれば長期経過を考慮し、レジン前装冠を用いるのではなく、セラミックを用いるべきだったのではないのでしょうか？

回答（九州歯科大学・津田尚吾）

今のところ疼痛などは発現しておりません。遊離端欠損ではないが負担の多さは予想されます。今後、連結も考えながら経過を見ていきたいと考えております。レジン前装冠については患者と相談して決めましたが、再製作時はセラミックを検討したいと思います。

## 座長総括（演題番号6, 7）

愛知学院大学・尾澤昌悟

本セッションでは、磁性アタッチメントを臨床応用した症例について発表が行われた。最初の演題（演題6）ではインプラントオーバーデンチャーに関する実験的研究について報告があった。インプラントオーバーデンチャーは、無歯顎に対する補綴治療において、第一に推奨される治療方法であり、McGillのコンセンサスレポート（2002）や当学会で策定された診療ガイドラインにて取り上げられている。演題7は、審美的な要求度の高い患者に対する磁性アタッチメントの応用例について報告された。

演題6

磁性アタッチメントを下顎の即時荷重インプラントオーバーデンチャーに応用し、インプラント周囲骨の状態と術後成績を追跡調査した報告であっ

た。研究の対照群として通常荷重群を設定し、術後1年後までの周囲骨の吸収量を測定し、統計解析を行っている。結果は、両者に有意差は認められなかったという報告であったが、症例数が少ないこと、観察期間が短いことにより、明確な結論は得られておらず、今後の更なる検討が期待される。インプラント周囲の骨吸収量の計測に際しては、専用の治具の使用も検討すべきであるという、示唆に富んだ討論であった。

#### 演題7

ノンメタルクラスプデンチャーによって治療を受けたがその治療に満足せず、磁性アタッチメントにより再治療を行った症例報告であった。歯冠外磁性アタッチメントおよびマグノテレスコープクラウンを使用し、審美性だけでなく、患者の既往歴であった顎関節症状の改善にも貢献したと報告された。歯冠外磁性アタッチメントは有髄歯に適用されるが、遠心傾斜に対する対応や、各種のアタッチメントの使用により、部分床義歯の破折のリスクが高まることに対する対応処置について討論がなされた。最終義歯の設計や術後経過についても、今後の報告が期待される。

#### 演題番号 8

根面板上に必要なレジン床の厚み — 模型実験による検討 —

○金沢孝憲, 梅川義忠, 石井 拓, 舘野 敦,  
永井栄一, 大谷賢二, 須田賢司, 石上友彦

日本大学歯学部歯科補綴学第II講座

【目的】 オーバーデンチャーを用いた補綴治療において、根面板装着部のレジン床に破折が生じることがしばしば報告されている。その原因の一つとして、根面板装着部のレジン床の厚みが菲薄となることや、根面板が支点となり義歯がひずむことが挙げられる。破折防止のための義歯床の要件については古くから検討されているが、義歯床破折は多くの要因により発生するため、最終的な結論は得られていない。本研究では、根面板装着が義歯床の強度に与える影響を評価するため、形状

の異なる2種類の根面板上に設定した義歯床用レジンの厚みを変え、その曲げ強さについて模型実験により検討した。

【方法】 半球型および台形型の2種類の根面板モデル、JIS規格に準じた荷重プランジャおよび加熱重合レジンによる板状試験体を製作した。板状試験体は2.5mm, 3.0mm, 3.5mmの厚さを持つ3種類を各実験ごとに5枚ずつ用意した。実験は、万能試験機の下部に根面板モデルを装着し、その上に乗せた板状試験体を荷重プランジャで支点間距離30.0mm, クロスヘッドスピード5.0mm/minで曲げ試験を行った。曲げ試験は、変則の3点曲げ試験、および片持ち梁を想定した変則の4点曲げ試験を行った。試験は破折時の最大点荷重を曲げ強さとして記録し、得られたデータは、二元配置分散分析およびチューキーの方法による多重比較により統計処理を行った。

【結果, 考察】 変則3点曲げ試験および変則4点曲げ試験のいずれにおいても、試験体の厚さが増加するとともに曲げ強さも増加し、変則4点曲げ試験では厚さ3.5mmの試験体は試験力490Nまでの範囲で破折は認められなかった。試験体の破折には根面板上のレジンの厚みにより有意な差が認められたが、根面板モデル形態による影響は認められなかった。

質問, 回答

演題9と合同での質疑応答

#### 演題番号 9

根面板上に必要なレジン床の厚み — 三次元有限要素法による検討 —

○大林美穂, 大山哲生, 中林晋也, 田所里美,  
渋谷哲勇, 安田裕康, 大久保貴久, 石上友彦

日本大学歯学部歯科補綴学第II講座

#### 【目的】

臨床においてオーバーデンチャーは多くの利点から選択される治療法の一つである。ところが、オーバーデンチャーにすることで残存歯上の義歯床部にしばしば破折を認める。しかし、力学的に詳細に解析・検討した報告は少ない。そこで三次

元有限要素法を用いて、根面板上部のレジン床の厚みおよび根面板形態の違いが義歯床の力学的挙動に与える影響について検討した。

#### 【方法】

本実験で用いた解析モデルは荷重プランジャ、レジン板、根面板から構成される。

解析モデルは、厚みによる影響を検討するために、2種類の曲げ試験を模して作製した。

通常の三点曲げ試験を模した変則三点曲げ試験および下顎の両側3番に根面板のある片側遊離端を想定した変則四点曲げ試験の2種類、さらに各々の曲げ試験毎に、根面板形態の影響を検討するために、半球型および台形型の根面板をモデル化し、計4モデル、および各々にレジン板の厚みが3種類のモデルを構築した。すなわち、変則3点曲げ試験で、半球型および台形型の根面板、変則4点曲げ試験で、半球型および台形型の根面板、さらに、各々でレジン板の厚みを0.5, 1.0, 1.5mmとした3種のモデルを構築し、計12モデルを構築した。プランジャ上面にそれぞれ55N、合計110Nの荷重をかけ、根面板底面を完全拘束した。

#### 【結果、考察】

変則三点曲げ試験、変則四点曲げ試験、ともに厚さが増すほど最大主応力の減少が認められた。レジン板の厚さが厚くなるほど変位の減少が認められた。根面板上部形態が半球型であるモデルにおいてはレジン板上面中央部に応力が集中し、根面板上部形態が台形型であるモデルにおいては根面板の上部辺縁部に応力の集中が認められた。すなわち本研究により、実モデルの破断実験と同様に厚みが増すほど破折の危険性が減少すること、および実実験では見ることが出来ない厚みおよび根面板の形態に対する細部にわたる影響を観察することが出来た。

質問（東京医科歯科大学・秀島雅之）

臨床的には義歯の根面板周囲に一定の厚みを付与しても他部位に比較し応力は集中していると考えられるので、補強構造が必須ではないかと思うのですが、その点についてはいかがお考えでしょうか？

回答（日本大学・大林美穂、金沢孝憲）

今回の実験では単純化を図りました。最終的には根面板状に必要なレジンの厚み等の指針を出し

たいと考えておりますので、その際に補強構造の追加が臨床的に必要であると考えれば追加していきたいと思っております。

質問（愛知学院大学・中村好徳）

最大主応力と破折の関係はこの実験からどのような結論が導き出せたとお考えですか？

また、最大主応力で評価したのはどのような理由からでしょうか？

回答（日本大学・大林美穂、金沢孝憲）

今回は最大主応力でどのような応力がレジン床にかかるかということを見ております。応力が大きい部位は模型実験においても破折している傾向があるので、この実験を企図しました。床用レジンは引っ張りに弱いという特性があり、そのため最大主応力で判定するのが適切であると考えました。

質問（愛知学院大学・板倉 崇）

今回検討した各パーツの接触条件の設定はどのように設定しておられますか？また、アクリル板に固定条件を設定しておられないようですが、間に食片が介在し、動くといったことに対しどのような対処をされているのか教えていただけませんか？

回答（日本大学・大林美穂、金沢孝憲）

各種要素については全接触面に自動接触プログラムで接触要素を規定しております。今回は模型実験との比較実験なのであくまでも垂直方向の動きをみる設定にしているので、今後より臨床的なモデルを構築していきたいと考えております。

## 演題番号 10

### 磁石構造体の義歯への固定法に関する研究

○岡山章太郎, 新保秀仁, 鈴木恭典, 大久保力廣  
鶴見大学歯学部有床義歯補綴学講座

#### 【目的】

磁性アタッチメントの大きな問題点として、磁石構造体の義歯へのわずかな取り付け誤差により吸引力が著しく減少してしまうことが挙げられる。本研究は従来の固定法とは異なる磁石構造体の取り付け法に関して実験的検討を行った。

#### 【方法】

実験には市販の磁石構造体（フィジオマグネット35：コントロール）とアンダーカット（3種）を付与した試作磁石構造体を使用した。磁石構造体の表面処理材は2種、義歯床への固定材料として軟質裏装材、光重合型床用レジン、レジン系仮封材、試作レジン、常温重合レジンを使用した。固定後、磁石構造体が義歯床レジンから離脱する引張強さを測定し保持力とした。また、繰り返し耐久試験（37°C、10,000回）を行い、保持力の変化を記録した。

#### 【結果、考察】

試作磁石構造体はコントロールに比較して有意に高い固定効果を示した。着脱回数1万回後の保持力において、試作レジンおよびレジン系仮封材は1.5倍粉液比の軟質裏装材の3～4倍の保持力を示し、特にレジン系仮封材でアンダーカットを付与した試料は従来の常温重合レジン同様にジグより磁石構造体が脱離してしまい、計測不能であった。吸引力はアンダーカット0mm（コントロール）と4.5mmの両方において、レジン、レジン系仮封材、調整レジン、1.5倍粉液比の軟質裏装材の順となった。吸引力の減衰率は常温重合レジンが最少であったが、アンダーカット0mmと4.5mmの減衰率の差は試作レジンが最も増加傾向を示し、磁石構造体にアンダーカットを付与することの効果認められた。レジン系仮封材においては常温重合レジンより劣るものの、着脱回数1万回まで大きな吸引力の低下は認められなかった。試作レジンには良好な保持力を示したが、着脱回数の増加に伴い、一部試料で脱離が認められたため、改善の必要性が認められた。レジン系仮封材は常温重合レジンに近似した良好な結果を示し、臨床応用できる可能性が示唆された。

#### コメント（東京医科歯科大学・秀島雅之）

ユニファストⅢはバルビツールになって薄い層が硬化しにくいのではないのでしょうか？Ⅲ級アミン系を用いたものを使うとまた結果が変わるかもしれないと思います。

#### 質問（日本大学・石上友彦）

軟質レジンに変色や汚染が伴うと思うのですが、暫間、もしくは緩圧性を考えて検討していらっしゃるのでしょうか？また、クロスヘッドスピードに関してはどのように決定したのでしょうか？

#### 回答（鶴見大学・岡山章太郎）

今回デュラシールは結果的に使用できるという結果になりましたが、暫間材料である認識は必要であると考えております。今後はパーマメントかつアンダーカットを無視できるような材料を模索していきたいと考えております。また、クロスヘッドスピードに関しては軟質裏層材の弾性回復を考慮したものとさせていただきました。

#### 座長総括（演題番号8, 9, 10）

##### 東京医科歯科大学・秀島雅之

演題8と9は同一講座の一連の研究報告のため、発表、質疑応答は2題一緒に行った。

#### 演題8, 9

磁性アタッチメントを適用したオーバーデンチャーに生じやすい義歯床レジンの破折について、根面板部のレジンの厚みと根面板の形状・配置を変え、破折への影響について分析した報告である。

臨床に準じてレジンの厚みを0.5～1.5mmに変え、根面板は球状と台形状とで比較し、支台歯は1歯と2歯の場合を比較して、模型実験と3次元有限要素法とで破折の様相を分析した結果、両者でほぼ同様の傾向を示した。

臨床的にはオーバーデンチャーの根面板部は、構造的に他の部位より義歯床は薄く、機能力が加わる上に、支台歯を支点とした義歯のシーソー運動を伴うため応力が集中しやすい。そのため義歯の長期経過の安定を図るには、義歯床の破折防止を配慮した補強線等による補強の設計が必須となる。

今後レジン床の厚みと補強線のデザイン等が、義歯床レジンの破折防止に及ぼす影響について詳細に分析されれば、より臨床に即した有意義なデータが提供されるものと期待される。

#### 演題10

磁性アタッチメントの磁石構造体の義歯への固定法について、固定材料、表面処理材、磁石構造体の形状を変え、維持力の違いを比較した報告である。

試作のアンダーカット付与の磁石構造体は市販の磁石構造体よりも、より強い固定効果を示し、

また即時重合レジンよりもデュラシール等のレジン系仮封材の方が、強い固定効果を示す結果となった。

口腔内での義歯への磁石構造体の着実な固定は、磁性アタッチメント義歯の安定と、長期経過を左右する重要なステップである。市販の磁石構造体は義歯床から脱離はしていても、レジンから分離して不安定な状況も散見される。そのため薄さと加工性を加味した、レジンと勘合しやすい形状が求められる。

レジン系仮封材は粘りを有するため、固定効果は高いかもしれないが、長期使用時の耐久性、汚れを配慮すると不向きと考えられる。ただ支台歯に緩圧的な効果を及ぼし、負担過重を懸念される症例への短期的な適用は可能かもしれない。

今後もより簡便で着実に磁石構造体を固定できる器材、手技等の改良が望まれる。

## 演題番号 11

磁性アタッチメント義歯における共通評価票の検討（臨床評価委員）

○永田和裕，笠間 匠，菅原佳広，大山哲生<sup>1</sup>，  
曾根峰世<sup>2</sup>，増田達彦<sup>3</sup>

日本歯科大学新潟病院総合診療科

<sup>1</sup>日本大学歯学部補綴学第Ⅱ講座

<sup>2</sup>明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野

<sup>3</sup>愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

### 【目的】

安全で、効果的な磁性アタッチメント義歯の臨床応用では、客観的な予後評価を行うとともに、長期使用に伴う問題点を詳細に分析することが不可欠となることから、本報告では、予後評価に必要とされる評価項目とともに、共通の評価シートについて報告した。

### 【方法】

支台歯の評価項目では、支台歯の喪失の評価と同時に、発生頻度の高い二次カリエスや歯周病の増悪に関する評価を行う。また、義歯の評価項目では、義歯の維持安定や使用感、破損・再製を評価項目として挙げている。評価票は Microsoft Excel のシートを利用し、データの転記やくし刺し演算が可能となる留意した。

### 【結果，考察】

評価シートには、必要とされる予後評価項目がすべて包含される必要があるが、項目が多すぎると記載が煩雑となり、未記載となる可能性も高くなる。したがって項目は、必要かつ最小限にとどめることが望ましく、適切な評価項目の選択に関しては、今後、会員に公開し確認を行っていく所存である。

質問（愛知学院大学・神原 亮）

紙媒体でのカルテを用いている場合、修正や追加の際にはどう対処するのですか？

回答（日本歯科大学新潟病院・永田和裕）

シートをコピーして使用していただくことで対応できるかと思います

## 演題番号 12

インプラントオーバーデンチャー維持装置の比較

○小坪義博

こつば歯科

近年、無歯顎症例や多数歯欠損症例特有の条件から、義歯の維持や安定が得られず、咀嚼障害に悩んでいる高齢患者が多く見られる。そこで機能回復を図るためインプラント治療を選択することが進んでいるが、メンテナンスが重要なインプラント治療において、高齢者が容易にメンテナンスが出来ないのは致命的と考えられる。そこでメンテナンスが容易にできるオーバーデンチャーの設計は有効であり、もし介助の方がメンテナンスをすることになっても安心であると考えられる。注意点は、支台装置であるインプラントを埋入するポジションによって維持装置の選択に影響が出る事である。粘膜の厚み、骨の形態、幅、高さ、骨質、あるいは、上顎洞および下顎管などにより埋入位置が制約を受ける場合には、適切な維持装置を選ぶ事が大切である。

これからの、超高齢化社会を迎えるにあたり、認知症、寝たきりなどの不遇に見舞われる事も考えられる。そのような場合でも、インプラントの上部構造をシンプルに仕上げる事は、介護者にとってもメンテナンスしやすいはずである。インプラ

ントを用いたアタッチメントは、義歯の安定を容易にするので、これからの治療法として広く普及して行くと思われる。支持装置としてインプラントを使う事は、義歯の安定と咀嚼効率の向上に非常に有効であり、患者の QOL の改善をとまなう。維持装置として、いくつかの方法が考えられるが、その中でも、バーアタッチメントと磁性アタッチメントは比較的安定度の高い方法であると思われる。

質問（鶴見大学・鈴木恭典）

インプラントオーバーデンチャーの支台に磁性アタッチメントを使用し、維持力が少ない場合はインプラントの本数を追加したようですが、ロケーターアタッチメントなど他の維持力の強いアタッチメントの使用については考えなかったのでしょうか。

回答（こつぼ歯科・小坪義博）

維持力の増強が必要で、インプラント体の追加が出来ない場合には、ロケーター、バーの選択も考えられると思います。しかしロケーター、バーはメール部が歯肉より突出しており、義歯を外した時に舌感が気になったり、フィメールの交換時期は約半年程度です。マグネットであれば、キーパーは殆ど歯肉と同じ程度の高さのレベルであり、舌感が気になるケースは稀です。さらに、平面で維持力を発揮するのは磁性アタッチメントだけです。維持力は永久的であり、確実な装着をすれば交換の必要がありません。

今回の発表では4本のインプラント体の埋入を基本としています。今までの症例では、フラットタイプの磁性アタッチメントを使えば維持力に不満を唱えられた患者さんは居ませんでした。また現在、愛知製鋼では、さらに磁力の強いタイプを開発していますので、そちらを使えばまず問題ないと考えます。それでも、維持力の不満を患者さんが訴えれば、ロケーター、バーの選択を考えれば良いと思います。

質問（鶴見大学・鈴木恭典）

上顎にバーアタッチメントを使用しカンチレバーの設計になっていますが、インプラントに対して負担過重にはならないのでしょうか。

回答（こつぼ歯科・小坪義博）

インプラントに対する負担過重はカンチレバーの長さ、インプラント体の直径と長さ、周囲骨の

状態にもよると思いますが、10mm以内程度であれば特に問題は無いと考えます。本症例は12年の経過観察を行っていますが、特に問題はありません。これは口蓋を被覆し適切な咬合圧の負担配分を行い義歯の安定を図っているため、インプラント体への影響が少ないと考えられます。今回の症例は、インプラントの埋入位置が歯槽骨の条件により限られていましたので、カンチレバーを用いたバーを選択しました。埋入条件が整いインプラント体の植立が適切な位置に出来れば、バーを選択せずに磁性アタッチメントを第一選択肢した方が良いと思います。

### 演題番号 13

磁性アタッチメント義歯のリライン法について

○平岡重依子, 増田達彦, 田中 孝<sup>1</sup>, 林 建佑, 白石浩一, 神原 亮, 中村好徳, 伊藤太志<sup>1</sup>, 岡田通夫<sup>1</sup>, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

<sup>1</sup>愛知学院大学歯学部付属病院歯科技工部

義歯を長期間使用すると、咬合関係の不調和や義歯床の劣化などの変化が起こる。また、これに伴い、不均一な咬合力が顎堤に加わり顎骨の吸収により義歯床の不適合が発生する。これらの問題点に対して定期検診において診査を行い、義歯不適合が確認された場合、リラインを行う機会も見受けられる。社団法人日本補綴歯科学会発行のガイドラインのなかで、そのリラインに関しては、軽度の義歯不適合に対しては直接法、中等度以上に対しては間接法が推奨されている。しかしながら、磁性アタッチメント義歯において、リライン操作によりキーパーと磁石構造体との間にリライン材が介在しエアーギャップが生じると、吸引力が大幅に低下することが危惧される。

そこで今回我々は、磁性アタッチメント義歯に対する適切なリライン方法について報告することを目的とした。

直接法としては、磁石構造体を取り外さずリラインを行う方法と磁石構造体を取り外してリラインを行う方法を行い、間接法としては、義歯床をトレーとして機能印象後義歯を預かり、技工室で

リラインを行う方法の3症例を行った。

今回行なった、各種リライン方法においては、義歯の維持力に主観的な差は認められなかった。

磁性アタッチメント義歯におけるリラインでは、磁石構造体の取り外しが可能であるか否かで大きく処置法が異なる。すなわち、磁石構造体がレジジン接着であれば取り外しが可能であり、直接法と間接法が選択できる。セメント合着であれば取り外し不可能であり間接法が推奨される。また、磁石構造体の取り外しだけでなく、義歯床の不適合の程度、義歯床の大きさ、キーパー付根面板の形状、金属床の形態によってもリラインの難易度が大きく異なる。

今後リライン前後における義歯の維持力の変化などを客観的で定量的な結果として求め、最も適切なリライン方法を選択するための基準の検討が必要である。

質問（日本大学・石上友彦）

- ・光重合レジジンを用いるのであれば磁石構造体を外す必要はないのではないのでしょうか？
- ・リラインした後の咬合調整は必要ですか？
- ・金属床自体が不適合だったとは考えられませんか？

回答（愛知学院大学・中村好徳）

リラインを確実にを行うことを主眼に置いたので磁石構造体を先に外す手法をとりました。

金属床の不適合に関しては軽度であったため大きな問題はなかったと考えています。

リライン後には咬合調整もちろん行っております。

## 座長総括（演題番号11, 12, 13）

千葉県開業・田中讓治

### 演題11

磁性アタッチメントを評価するにあたっては予後評価が不可欠となるが、学会として統一した評価システムが確立していないのが現状である。本報告は、それにつながる有益な報告である。詳細な予後評価をおこなうためには多くの項目が望まれるが、実際の使用にあたり未記載が多くなってしまいうようでは現実的でなく、共通評価票として

は、適切でない。報告のあった共通評価票はそのような点も考慮して必要かつ最小限となっている。また、評価票はMicrosoft Excelのシートを利用しており、さまざまな分析を簡便にできるよう工夫されている。磁性アタッチメントのさらなる発展のためにもこのような共通評価票を学会全体としても検討し確立していくことが期待される。

### 演題12

インプラントオーバーデンチャーの維持装置比較の臨床報告で、超高齢社会を迎え広く普及しつつあるインプラントオーバーデンチャーを扱うにあたりとても有益な報告であった。症例としてはbar systemとmagnet systemを提示しておりどちらも信頼性の高いものと示している。ただし、インプラント間の距離や埋入方向に影響を受けにくく、舌感も考えるとmagnet systemは有利で、演者は最初の選択肢としては治療期間の短縮とコストの面からmagnet systemを採用していると報告があった。

インプラントオーバーデンチャーは確実に普及していくことが予想されるが、それにあたりどの維持装置を使用するかが現在注目されており、これを機に、あらためてmagnetの有用性を学会レベルで広くアピールしていくことが期待される。

### 演題13

磁性アタッチメント義歯の長期使用にあたって、リラインをどのようにするかは重要な検討課題であり本研究はいくつかの具体的臨床例を提示しており有益な報告であった。磁性アタッチメントを使用するにあたっては、キーパーと磁石構造体との密着性を保つことが不可欠でいかにリラインによりギャップが生じないようにするかが重要となる。

本報告は、直説法として磁石構造体を取り外さない方法と取り外す方法、間接法として技工室でおこなう方法の3症例を示している。特に金属床などのメタルハウジングを用いて磁石構造体をレジジン接着でなくセメント合着した場合のリライン法については興味深い。本研究によりそれぞれの症例に応じた適切な方法を選択することが肝要であることが示されたが、リライン方法を選択するための基準が示されるよう今後もさらなる研究が期待される。

## 平成26年度 日本磁気歯科学会 第2回理事会議事要旨

日時：平成26年11月8日（土）10：00～12：00

場所：ニューアカオ 本館15階「翡翠の間」

出席：理事長：鱒見進一

会計：秀島雅之

編集：中村好徳

学術：越野 寿

安全基準：大久保力廣

広報：芥川正武

医療：秀島雅之

認定医：石上友彦

臨床評価：永田和裕

ISO対策：高田雄京

会則検討：中村和夫

理事：大山哲生，田中讓治，田中貴信，  
土田富士夫，楨原絵理，都尾元宣，  
菅田雄司

監事：東風 巧

幹事：河野稔広（理事長）

曾根峰世（庶務）

梅川義忠（認定医）

神原 亮（編集）

金澤 学（用語）

菅原佳広（臨床評価）

オブザーバー：佐々木英機

### 1. 理事長挨拶

鱒見理事長より挨拶があった。また、平成26年4月13日逝去された本学会名誉会員の三浦維四先生に対して黙祷が捧げられた。

### 2. 報告事項

#### 1) 会務報告

##### (1) 庶務

鱒見理事長から、平成26年9月30日現在の会員数（正会員361名，名誉会員7名，賛助会員7社，購読会員12団体）についての報告がなされた。新規賛助会員として日本メディカルテクノロジー（株）が入会する旨の報告がなされた。細井紀雄先生に対して本年度総会において名誉会員証が授与される旨の報告がなされた。医学文献検索サービスメディカルオンラインは今後も継続していく旨の報告がなされた。国内で定期刊行されている雑誌や要覧，新聞・通信類などを収録対象とする総合目録「雑誌新聞総かたろぐ」に本学会雑誌も次年度より新規掲載する旨の報告がなされた。

#### 2) 委員会報告

##### (1) 編集委員会

中村好徳委員長から、第23巻1，2号投稿論文数は、それぞれ16編および6編であり、広告掲載数は、それぞれ15社および14社である旨の報告がなされた。内容に関しては編集委員会で審査された旨の報告がなされた。また、神原幹事より投稿規程の変更点についての報告がなされた。

##### (2) 学術委員会

越野委員長から、第24回学術大会で開催予定のシンポジウムの内容について報告がなされた。

##### (3) 安全基準検討委員会

大久保委員長から、草稿段階のMRI安全基準マニュアルの英語版が提示され、今後これに検討を加えて完成させていく旨の報告がなされた。

##### (4) 広報委員会

芥川委員長から、ホームページに対するご意見・ご要望を今後も鋭意反映させていく旨の報告がなされた。

##### (5) 医療委員会

秀島委員長から、診療GLの策定に関して、外部部評価者の評価内容を可及的に反映させ改訂した診療GL案をHPに掲載し、現在歯科医学会に申請手続き中である旨の報告がなされた。第23回学術大会における診療ガイドラインシンポジウムの講演内容を学会誌に投稿し、23巻1号に掲載予定である旨の報告がなされた。厚労省への医療技術提案書に関しては今年度も申請を見送る旨の報告がなされた。また、医科の混合診療の動向と磁気歯科学会の対応に関して、委員会で今後調査していく旨の報告がなされた。

##### (6) 認定医審議委員会

石上委員長から、現在の認定医数は40名であること、および前回更新予定だった1名の承認と今回更新予定だった1名の審議が継続している旨の報告がなされた。新規認定医は2名発表予定である旨の報告がなされた。また、明日開催予定の委員会において、認定技工士制度の概要と今後の認定医申請および登録の時期を検討する旨の報告がなされた。

##### (7) 磁性アタッチメント臨床評価委員会

永田委員長から、術後調査の共通フォーマットを作成中であり、本学術大会において素案を発表する旨の報告がなされた。また新たに日本歯科大学新潟病院の菅原佳広先生が幹事

として加わる旨の報告がなされた。

(8) ISO 対策委員会

高田委員長から、ISO 規格に関しては最終企画案の投票を行うところまで来ており、1か月後に規格取得の見込みである旨の報告がなされた。また、委員会活動として、ベルリンにおいて9月15日より1週間にわたり開催された国際会議に出席した旨の報告がなされた。

(9) 用語検討委員会

水口委員長(代理金澤委員)から、磁性アタッチメント関連用語集作成のため、引き続き用語の検討を行っていく旨の報告がなされた。

(10) 会則検討委員会

中村和夫委員長から、今回協議事項で挙げられている倫理審査・利益相反の規程と会則とのすり合わせが必要であれば今後行っていく旨の報告がなされた。

(11) プロジェクト検討委員会

市川委員長(代理鱒見理事長)から、文科省および経産省へのプロジェクト研究テーマの申請を今後も進めていく旨の報告がなされた。

3) 第24回学術大会、第14回国際磁気歯科インターネット会議

大久保大会長から、本学術大会プログラムについての詳細な説明があった。第14回国際磁気歯科学会インターネット会議が平成27年3月2日から20日に開催予定である旨の報告がなされた。

4) 第25回学術大会、第15回国際磁気歯科インターネット会議

水口大会長(代理金澤先生)から、次年度の学術大会は平成27年11月14日・15日に東京医科歯科大学の校内施設で開催する予定である旨と、諸般の事情により会場変更が考えられるので決まり次第正式に案内する旨の報告がなされた。

5) 日本歯科医学会認定分科会

鱒見理事長から、日本歯科医学会からの助成金が例年より30,000円減の120,000円であった旨の報告がなされた。また、平成28年10月21日(金)から23日(日)までの3日間、福岡(主会場:福岡国際会議場)で開催する第23回日本歯科医学会総会(学術大会)での分科会プログラムへの参加は見送る方針である旨の報告がなされた。日本歯科医学会会長との懇談会は、先方の都合により本学術大会においては開催されない旨の報告がなされた。

### 3. 協議事項

1) 平成26年度決算について

秀島理事から、平成26年度収支決算についての報告がなされ、ISO 国際会議出張費は雑費に費目されることが報告された。東風監事から、平成26年度収支決算の監査報告が行われた後、審議の結果、全会一致で承認され、平成27年度第1回平成26年度第1回総会に諮ることとなった。またISO 対策準備金運用に関する会計報告は、ISO 対策委員会の高田委員長より今後行われる旨が再度確認された。

2) 平成27年度予算案について

秀島理事から、平成27年度予算案の上程がなされ、また鱒見理事長からISO 対策準備金の費目立てについての補足説明、協議がなされた後、本予算案が諮られ、全会一致で承認され、平成26年度第1回総会に諮ることとなった。

3) 第26回学術大会、第16回国際磁気歯科インターネット会議

鱒見理事長から、都尾元宣先生(朝日大学)を大会長として開催する旨が報告され、承認された。都尾大会長より、詳細については今後協議していく旨が報告され、承認された。

4) 次期役員について

鱒見理事長より、田中貴信先生に代わって會田英紀先生を理事に推挙する旨が諮られ、承認された。それ以外については、鱒見進一理事長のもと、平成27・28年度まで継続して現役員で運営していく旨が諮られ、承認された。また、各委員会については委員長一任のもの委員の追加・変更が行われる旨が承認された。

5) 平成24年度総会次第について

総会次第は、理事会次第に準じて作成された内容が諮られ、了承された。

6) 歯科医学研究等の研究倫理および利益相反の適切な管理に向けた本学会の対応について

鱒見理事長より、倫理審査委員会委員長に大川副理事長、委員に越野理事、利益相反委員会委員長に大山理事、幹事に中林先生(日大)を推挙する旨が諮られ、承認された。また、鱒見理事長より、両委員会の規程・規則等の草案が示され、全会一致で承認された。また、雑誌等への規程の掲載は正式施行後に行うことが承認された。

7) その他

(1) 「学会のあり方検討協議会中間報告書に関する日本歯科医学会役員会の見解」に対する各分科会からのパブリックコメントの要請。

鱒見理事長から、日本歯科医学会の法人化に対するパブリックコメントの要請について、各理事よりメールにて回答してもらい、事務局が取りまとめる旨の報告があり、承認された。

(2) 学術大会発表時の優秀賞について

越野委員長から、学術大会発表時の優秀賞選定が提案され、承認された。詳細については次回の理事会までに学術委員会で協議することとなった。

(3) 医療機関に対する MRI 撮影時の磁性アタッシュメント義歯の安全性周知に関して

鱒見理事長ならびに田中貴信理事より、MRI 撮影時における磁性アタッシュメント義歯

の安全性に関して、広く医療機関に認知してもらうべく、安全基準ならびに広報委員会が精力的に活動していくよう提案があり、承認された。

(4) 診療ガイドラインについて

鱒見理事長から、本学会診療ガイドラインの Minds 掲載に関しては、秀島委員長に一任する旨が提案され、承認された。

(5) 抄録について

田中貴信理事より、事前の抄録の郵送をお願いしたい旨が提案され、承認された。

以上

## 平成27年度 日本磁気歯科学会 第1回理事会議事要旨

日時：平成27年4月13日（月）13：00～15：00

場所：東京医科歯科大学 歯科外来事務棟4F 演習室

出席：理事長：鱒見進一

副理事長：大川周治

庶務：大川周治

会計：秀島雅之

編集：中村好徳

安全基準：大久保力廣

広報：芥川正武

医療：秀島雅之

認定医：石上友彦

臨床評価：永田和裕

用語検討：水口俊介

プロジェクト検討：市川哲雄

理事：會田英紀，大山哲生，田中譲治，土田富士夫，榎原絵理，増田達彦，都尾元宣

監事：東風 巧

幹事：河野稔広（理事長）

曾根峰世（庶務）

梅川義忠（認定医）

神原 亮（編集）

金澤 学（用語検討）

オブザーバー：佐々木英機

### 1. 理事長挨拶

鱒見理事長より挨拶があった。

### 2. 報告事項

#### 1) 会務報告

##### (1) 庶務

大川理事より、平成27年3月31日現在の会員数（正会員354名，名誉会員7名，賛助会員6社，購読会員12団体）について報告がな

された。なお、新入会員は6名，退会会員11名であった。医学文献検索サービス メディカルオンラインの契約継続と新たな追加契約（新たな著作権使用料について）を締結した旨の報告がなされた。また、平成27年4月より本学会会員に関しては、会員専用 ID/PW によりメディカルオンライン HP 上にて本学会雑誌を自由に閲覧，ダウンロードできるサービスが開始された旨の報告がなされた。

平成26年度日本歯科医学会会長賞授賞者として本学会より推薦した，奥野 攻 先生（本学会名誉会員）について、日本歯科医学会より授賞は見送らせていただきたい旨の通知があったとの報告がなされた。

#### (2) 会計

秀島理事より、平成27年度中間会計報告があった。賛助年会費が1社未収である旨の報告がなされた。

#### 2) 委員会報告

##### (1) 編集委員会

中村好徳委員長から、第23巻1，2号投稿論文数は、それぞれ16報および6報であり、発行部数は各500部であった旨の報告がなされた。雑誌作成経費に関する詳細な報告がなされた。

また、24巻1号の掲載予定の内容（特別講演 解説論文1報，シンポジウム解説原稿6報）について報告がなされた。

##### (2) 学術委員会

越野委員長より第25回学術大会の企画案に関しては第25回学術大会報告と重複する内容のため、その項で一括して報告する旨が報告された。

##### (3) 安全基準検討委員会

- 大久保委員長から、MRI 安全基準マニュアルの英語版の HP 掲載を順次進めていく旨の報告がなされた。また他学会（医科・放射線関連）の HP から本学会 HP へ Link できるように関係各位に働きかけていく旨の報告がなされた。
- (4) 広報委員会  
芥川委員長より、第14回国際磁気歯科インターネット会議のアクセス数の集計が報告された。また HP への要望等が各理事および委員会よりあれば広報委員会までお寄せいただきたい旨の報告がなされた。
- (5) 医療委員会  
秀島委員長より、診療ガイドライン CQ12 題を「磁性アタッチメントの診療ガイドライン2013」として、学会 HP に掲載した旨の報告がなされた。歯科医学会への診療ガイドライン申請に関しては、Minds もしくは歯科医学会ライブラリー掲載を目指して現在申請中である旨の報告がなされた。  
また、歯科医学会より医療技術の保険収載のためのワークショップに関しては当学会では磁性アタッチメントの保険収載に統一見解が得られていないため、不参加とした旨の報告がなされた。
- (6) 認定医審議委員会  
石上委員長より、現在の認定医数は42名であり、1名が更新申請中である旨の報告がなされた。次回学術大会時の委員会での更新予定者は15名である旨の報告がなされた。
- (7) 磁性アタッチメント臨床評価委員会  
永田委員長より、長期（10年）の術後調査から、他装置と比較した磁性アタッチメントの優位性をアピールしていく旨の報告がなされた。その際の分析方法として歯周組織検査は6点法を用いる旨の報告がなされた。また各大学で臨床評価の責任者の選出の依頼があった。
- (8) ISO 対策委員会  
高田委員長（代理 鱒見理事長）より、日本歯科材料研究協議会から委嘱された ISO/TC 106/SC 2/WG 22（歯科用磁性アタッチメント）分科会として、2回の国内会議を開催し、ISO/TC106ベルリン会議に出席し、予定どおり FDAM ステージに進めることが承認された旨の報告がなされた。また、今後はコンビーナを次の世代に代替わりしていく旨の報告がなされた。
- (9) 用語検討委員会  
水口委員長より、本学会用語集作成に関して、補綴用語集との重複箇所を含めて用語の選定に入っていきたい旨の報告がなされた。また、それに関して各理事に分担して担当していただきたい旨の依頼があった。
- (10) 会則検討委員会  
中村和夫委員長（代理大川副理事長）より、今回追加・改正された規則および細則と会則との整合性を検討して行く旨の報告がなされた。
- (11) プロジェクト検討委員会  
市川委員長より、今後も各種外部資金申請およびその獲得を目指していく旨の報告がなされた。  
また、平成27年度8020研究事業公募に関して応募する旨の報告がなされた。
- 3) 第24回学術大会、第14回国際磁気歯科学会  
大久保大会長より、平成26年11月8、9日に開催された第24回学術大会の参加者数や収支について報告がなされた。また、第14回国際磁気歯科学会のアクセス数について報告がなされた。
- 4) 第25回学術大会、第15回国際磁気歯科学会  
水口大会長より、第25回日本磁気歯科学会の開催場所、開催準備スケジュール、学術大会日程および予算案について詳細な報告がなされた。  
また、特別講演、教育講演およびシンポジウムの内容について報告がなされた。
- 5) その他  
「平成26年度日本歯科医学会 第1回ワークショップ報告書」、「健康長寿社会に寄与する歯科医療・口腔保健のエビデンス2015」、「医学中央雑誌 収載誌目録」、「子どもの食の問題に関する調査報告書」を回覧した。
3. 協議事項
- 1) 平成27年度事業計画  
鱒見理事長より、平成27年度事業計画として、学術大会ならびにインターネット会議開催、学会雑誌発行、磁気歯科関連用語の整理、ISO/TC106会議への参加、ガイドラインの策定、臨床評価の整理、会員名簿の整理および会員数の増加を行っていく旨が諮られ、承認された。さらに、ISO13017取得を受けての HP の充実、広報、講習会、学会誌、商業誌への執筆、国際学会での発表、学会としての著書作成を行っていく旨が諮られ、承認された。
- 2) 第26回学術大会、第16回国際磁気歯科医インターネット会議  
鱒見理事長より、当該の学術大会およびインターネット会議は、都尾理事を大会長とし、

- 朝日大学を主幹として開催される旨が諮られ、承認された。
- 3) 日本歯科医学会会長との懇談会について  
鱒見理事長より、第25回学術大会時に日本歯科医学会会長との懇談会ならびに懇親会を開催し、同会長を招聘する旨が諮られ、承認された。
- 4) 選定療養として導入すべき事例又は既存の選定療養の見直しに係る提案・意見等の募集について  
鱒見理事長より、磁性アタッチメントを応用したコンプリート・オーバーデンチャーに関して選定医療の新規導入として厚労省に提案する旨が諮られ、承認された。また、提案書の作成は、医療委員会に一任する旨が諮られ、承認された。
- 5) 平成27年度日本歯科医学会会長賞授賞候補者の推薦について  
鱒見理事長より、同賞の候補者を推薦する場合は庶務に連絡をしていただき、もし期日までに候補者が挙がらなかった場合は奥野攻先生を再度本学会より推薦する旨が諮られ、承認された。
- 6) 名誉会員の推薦について  
鱒見理事長より、田中貴信先生（愛知学院大学 中村好徳理事推薦）を名誉会員に推薦する旨が諮られ、承認された。
- 7) 宛先不明会員について  
大川理事より、宛先不明会員について説明があり、会費を3年以上滞納している宛先不明会員については退会扱いとする旨が諮られ、

承認された。ただし、宛先不明会員の方々と関連する理事の方から、会員継続の意思の有無について確認していただき、継続を希望される場合は必要書類を送付すべく改めて宛先を庶務にご連絡いただく旨も併せて諮られ、承認された。

- 3) その他
- (1) 中村好徳委員長より、投稿規程の改定案（投稿方法の概要、原稿の様式）が諮られ、承認された。
- (2) 越野委員長より、学会優秀賞に関連した表彰制度規程の制定案が提示された。  
大川理事より、本表彰制度規程（案）とともに、学会功労賞の規程（案）についても会則検討委員会で協議した上で、次回理事会において引き続き審議していく旨が諮られ、承認された。
- (3) 石上委員長より、認定歯科技工士制度規則および認定歯科技工士制度施行細則が提示され次回理事会までに内容を理事各位で検討していただきたい旨が諮られ、承認された。
- (4) 石上委員長より、認定医制度規則および細則の改正として認定医の認定期間を12月1日より5年後の11月末日までとする旨が諮られ、承認された。
- (5) 梅川幹事（認定医審議委員会）より認定医申請時に必要な術後評価表を臨床評価委員会作成のものと同じフォーマットにしたい旨が諮られ、承認された。

以上

## 日本磁気歯科学会会則

### 1. 名称

本会は日本磁気歯科学会（JAPANESE SOCIETY OF MAGNETIC APPLICATIONS IN DENTISTRY）と称する。

### 2. 目的

本会は磁気の歯科領域への応用に関する研究の発展ならびに会員の知識の向上をはかることを目的とする。

### 3. 会員

- 1) 本会の会員は下記の通りとする。
- (1) 正会員 磁気に関する学識又は関心を有するもので本会の目的に賛同する者。
- (2) 賛助会員 本会の目的、事業に賛同する法人又は団体。
- (3) 名誉会員 本会の目的達成に多大の貢献を果

たし理事会の議決を経た者。

- 2) 本会に入会を希望する者は入会金とその年度の会費を添え申し込むこと。
- 3) 会員は下記のいずれかの号に該当する時は理事会の決定によって会員の資格を失うことがある。
- ①会費を1年以上滞納した時。
- ②本会の会則に違反する行為があった時。

### 4. 会計

- 1) 本会の経費は、会費、寄付金、その他で支弁する。その収支は総会において報告し承認を得るものとする。
- 2) 正会員については入会金5,000円、年会費5,000円とする。また、賛助会員については入会金10,000円、年会費10,000円とする。
- 3) 本会の事業年度は1月1日より12月31日とする。
- 4) ただし、会計年度は10月1日より翌年の9月30

日とする。

## 5. 役員

- 1) 本会に次の役員を置く。  
理事長 1 名, 副理事長 1 名, 監事, 理事, 幹事各若干名。
- 2) 理事長, 副理事長, 理事は理事会を組織し, 本会の目的達成のための必要事項を審議, 企画および処理を行う。学術大会大会長ならびに次期学術大会大会長は理事として理事会に出席する。幹事は理事を補佐し, 会務を分担する。
- 3) 理事長および副理事長は理事会でこれを推薦し, 総会において選出する。理事は理事会において適当と認められ, 総会で承認を得たものとする。監事は理事会の推薦により会長が任命し, 職務を委嘱する。
- 4) 役員の任期は 2 年とする。但し, 再任を妨げない。

## 6. 事業

- 1) 本会は毎年 1 回総会を開き, 会務を報告し, 重要事項を審議する。

- 2) 本会は毎年 1 回以上学術大会を開き, 会員は学術および臨床研究について発表, 討論を行う。
- 3) 本会は毎年機関誌を発刊し, 会員に配布する。
- 4) 本会は各種委員会を理事会の承認のもとで設置することが出来る。
- 5) 本会は表彰事業を行う。
- 6) 本会は本会の目的達成のために必要な事業を行う。

## 7. 事務局

事務局は理事長がこれを定める。

## 8. 会則の変更

本会会則の改廃は理事会の審議を受け, 総会の決議により行う。

## 附則

- 本会則は平成 3 年 12 月 6 日より施行する。
- 平成 8 年 11 月 16 日 一部改定
- 平成 22 年 10 月 31 日 一部改定
- 平成 25 年 11 月 2 日 一部改定
- 平成 27 年 11 月 15 日 一部改定

# 日本磁気歯科学会表彰制度規程

## 1. 趣旨

日本磁気歯科学会(以下「本会」という。)会則 6.事業 5) 表彰事業は, この規程の定めるところによる。

## 2. 目的

本会の目的並びに対象とする領域における学問及び技術等の発展・充実に寄与する優れた学術論文・学術口演等の発表者を表彰するため学会優秀賞を, 並びに本会において特に功労が顕著であったと認められる者を表彰するため, 学会特別功労賞を設ける。

## 3. 種類

賞の種類は, 次のとおりとする。

- 1) 学会優秀賞
  - (1) 優秀学会論文賞
  - (2) 優秀奨励論文賞
  - (3) 優秀口演賞
  - (4) 優秀ポスター賞
- 2) 学会特別功労賞

## 4. 資格

- 1) 各賞は, 次の各号に該当する功績を対象とする。
  - (1) 優秀学会論文賞は, 学術論文を介して, 本会の発展に顕著に貢献した研究者を顕彰するた

めに設けるものであり, 応募対象年度の本会機関誌に掲載された原著論文とする。

- (2) 優秀奨励論文賞は, 本会の進歩発展に貢献し, 若く優れた研究者を育成かつ助成する目的から設けるものであり, 対象年度の本会機関誌に掲載された原著論文とする。
  - (3) 優秀口演賞並びに優秀ポスター賞は, 本会学術大会の口演並びにポスター発表を介して, 会員相互の学際的学術交流を深め, 本会の発展に顕著に貢献した研究者を表彰する目的から設けるものであり, 対象年度の本会学術大会において, 口頭並びにポスターによって発表された学術研究とする。
  - (4) 学会特別功労賞は, 本会において特に功労が顕著であったと認められる者を表彰するために設けるものであり, 多年にわたり学会会務並びに学会活動に関し, 特に顕著な貢献があったと認められた本会会員に授与する。
- 2) 各賞の対象者は, 次の各号に該当する者とする。
    - (1) 優秀学会論文賞は, 応募年度において, 40 歳以上の者とする。
    - (2) 優秀奨励論文賞は, 当該論文の筆頭者で, 応募年度において, 39 歳以下の者とする。
    - (3) 前各号の賞においては, 応募年度を含め 3 年以上継続して本会会員である者とする。

- (4) 優秀口演賞並びに優秀ポスター賞は、本会学術大会において、口演並びにポスターによる発表者とする。
- (5) 前号の賞においては、発表時において本会会員である者とする。

## 5. 募集等

優秀学会論文賞並びに優秀奨励論文賞の募集は、本会機関誌において行う。また、優秀口演賞並びに優秀ポスター賞については、本会学術大会開催時の広報活動において行う。

## 6. 選考

各賞は、学会優秀賞推薦委員会もしくは学会特別功労賞推薦委員会において、それぞれ毎年2名以内を選考し、各賞の選考経過並びに表彰候補者を理事長に報告する。

## 7. 決定

- 1) 学会優秀賞受賞者は、理事長の承認を経て決定する。
- 2) 学会特別功労賞受賞者は、理事会の承認を経て決定する。
- 3) 各表彰者には、賞状を総会その他適当な機会において授与する。
- 4) 各表彰者の氏名、業績内容等を本会機関誌に公表する。

## 8. 学会優秀賞推薦委員会

- 1) 各賞の候補者を調査選考するため、掲載論文と

- 学術大会発表とにおいて各推薦委員会を設ける。
- 2) 推薦委員は、理事長が理事を含む評議員の中から若干名を指名する。
  - 3) 各推薦委員会の委員長は、理事長が理事の中から指名し、委員会の会務を統括し、議長となる。
  - 4) 各推薦委員会委員長は、各賞に必要な事項を審議し、その結果を理事長に報告する。
  - 5) 各推薦委員会は、当該年度をもって解散する。

## 9. 学会特別功労賞推薦委員会

- 1) 本賞の候補者を調査選考するため、推薦委員会を設ける。
- 2) 推薦委員は、理事長が理事を含む評議員の中から若干名を指名する。
- 3) 推薦委員会の委員長は、理事長が理事の中から指名し、委員会の会務を統括し、議長となる。
- 4) 推薦委員会委員長は、本賞に必要な事項を審議し、その結果を理事長に報告する。

## 10. 細則

この規程の施行についての細則は、理事会の議決を経て、別に定める。

## 11. 改廃

この規程を改廃する場合は、庶務担当理事の発議により、会則検討委員会の協議のうえ、理事会の承認を得なければならない。

## 附 則

- 1) この規程は、平成27年11月14日から施行する。

# 日本磁気歯科学会認定医制度規則

## 第1章 総 則

**第1条** 本制度は、磁気歯科学の専門的知識および臨床技能を有する歯科医師を育成・輩出することにより、医療水準の向上を図り、もって国民の保健福祉の増進に寄与することを目的とする。

**第2条** 前条の目的を達成するために日本磁気歯科学会（以下「本会」という）は、磁気歯科認定医（以下「認定医」という）の制度を設け、認定医制度の実施に必要な事業を行う。

**第3条** 認定医は、磁気歯科学領域における診断と治療のための高い歯科医療技術を修得するとともに、認定医以外の歯科医師または医師等からの要請に応じて適切な指示と対応がとれるように研鑽を図る。

## 第2章 認定医の条件

**第4条** 認定医は、次の各号をすべて満たさなければならない。

- (1) 本会正会員であること。
- (2) 本会学術大会（本会の認める学術大会を含む）に出席すること。
- (3) 磁気歯科学に関連する研究活動に参加・発表を行うこと。
- (4) 磁気歯科学に関連する領域の診療を行うこと。

**第5条** 前述に拘わらず、本会理事会が特別に認めた場合には認定医になることができる。

## 第3章 認定医申請者の資格

**第6条** 認定医の資格を申請できるものは、次の各号の全てを満たすことを必要とする。

- (1) 日本国歯科医師の免許を有すること。
- (2) 認定医申請時において、3年以上連続した学

会の会員歴を有すること。

- (3) 第4条の認定医の各号に掲げる条件を満たすこと。

#### 第4章 認定医の申請

**第7条** 認定医の資格を取得しようとするものは、本会に申請し、資格審査を受け認証されなければならない。

**第8条** 認定医申請者は、別に定める申請書類を認定手数料とともに本会事務局に提出しなければならない。

#### 第5章 認定医審議委員会

**第9条** 認定医および認定歯科技工士としての適否を審査するために、認定審議委員会（以下「審議会」という）を設置する。

**第10条** 審議会は10名以内の委員で構成する。

2. 委員は認定医である理事および認定歯科技工士の中から理事長が推薦し、理事会の議を経て総会の承認を受ける。
3. 委員の任期は2年とし、連続2期までとする。
4. 委員長及び副委員長各1名を委員の互選により選出する。

**第11条** 審議会は、委員の3分の2以上の出席をもって成立する。

- 2 資格の適否は、委員長を除く出席委員の過半数をもって決し、可否同数の場合は委員長の決するところによる。その結果は理事会に報告する。
- 3 審議会は、必要に応じ開催する。

#### 第6章 認定医登録

**第12条** 審議会の審査に合格した者は、所定の登録料を納入しなければならない。

**第13条** 本会は前項に基づき認定医登録を行い、合格者に認定証を交付するとともに、日本磁気歯科学会雑誌及び本会総会において報告する。

#### 第7章 資格の更新

**第14条** 認定医の認定期間は12月1日より5年後の11月末日までとする。

**第15条** 認定医は5年ごとに資格の更新を行わなければならない。

**第16条** 認定医の資格の更新に当たっては、5年にわたる認定期間の間に別に定める条項を満たさなければならない。

**第17条** 資格更新申請者は、別に定める更新申請書類を更新手数料とともに本会事務局に提出しなければならない。

#### 第8章 資格の消失

**第18条** 認定医は、次の各号の条件を欠いたとき、審議会の議を経て、その資格を失う。

- (1) 本人が資格の辞退を申し出たとき。
- (2) 日本国歯科医師の免許を喪失したとき。
- (3) 本会会員の資格を喪失したとき。
- (4) 認定医資格の更新手続きを行わなかったとき。
- (5) 審議会が認定医として不適当と認めるとき。

**第19条** 認定医の資格を喪失した場合であっても、喪失の理由が消滅したときは、再び認定医の資格を申請することができる。

#### 第9章 補則

**第20条** 審議会の決定内容に異議のある者は、理事長に申し立てることができる。

**第21条** この規則の改訂については、理事会の承認を必要とする。

#### 附 則

- ・この規則は、平成17年4月22日から施行する。
- ・この規則は、平成22年4月23日から施行する。
- ・この規則は、平成27年11月14日から施行する。

#### 認定期間変更にとまなう暫定処置

**第1条** 認定医であるものは、認定年限の11月末日まで認定期間を延長する。

## 日本磁気歯科学会認定医制度施行細則

(平成17年4月22日)

**第1条** 日本磁気歯科学会認定医制度規則（以下「規則」という）に定めた条項以外については、この細則に基づき運営する。

**第2条** 規則第4条に基づく認定医の基本的条件としては、次の各号の要求が満たさなければならない。

- (1) 日本磁気歯科学会（以下「本会」という）が主催する学術大会（本会の認める学術大会を

含む）への出席（3年間で3回以上）

- (2) 学術大会（本会の認める学術大会を含む）発表（1回以上）
- (3) 学会誌（本会の認める学会誌を含む）投稿（1編以上）
- (4) 磁気歯科学を活用した検査・診断および治療症例のケースプレゼンテーション（2症例：なお1症例は3年以上経過例であり本会学術

- 大会での発表を行い審査を受ける)
- 第3条** 規則第5条に規定する認定医とは、本会に永年顕著に貢献した会員で、理事会の承認を得たものでなければならない。
- 第4条** 規則第2条を満たし認定医の資格を申請する者は、次の各号に定める書類に認定医申請書を添えて本会に提出しなければならない。
- (1) 認定医申請書(様式1)
  - (2) 履歴書(様式2)
  - (3) 歯科医師免許証の写し
  - (4) 本会会員歴証明書(様式3)
  - (5) 学術大会出席証明書(様式4)
  - (6) 学術大会発表および学会誌投稿を証明する書類(様式5)
  - (7) ケースプレゼンテーション申請書(様式6)
  - (8) ケースプレゼンテーションの症例記録(様式7, 8)
  - (9) 術後調査票
2. 認定医資格を認められた者は登録料を添えて認定医登録申請書(様式9)を提出しなければならない。
- 第5条** 規則第8条, 第12条, 細則第17条に定める手数料は次の各号に定める。
- (1) 認定手数料 1万円
  - (2) 登録料 2万円
  - (3) 更新手数料 2万円
- 第6条** 前条に定める即納の認定手数料, 登録料, 更新手数料は, いかなる理由があっても返却しない。
- 第7条** 認定医の資格の更新に当たっては, 5年間に次の各号における要件を全て満たさなければ

ならない。

- (1) 学術大会(本会の認める学術大会を含む)への出席(3回以上)
- (2) 学術大会(本会の認める学術大会を含む)発表(1回以上)もしくは磁気歯科学を活用した検査・診断および治療の症例(1例以上)
- (3) 学会誌(本会の認める学会誌を含む)投稿(1編以上)もしくは磁気歯科学を活用した検査・診断および治療の症例(1例以上)

- 第8条** 認定医の資格を更新しようとする者は, 認定医更新申請書(様式10), 磁気歯科学会学術大会ならびに関連学術大会出席記録(様式11), 磁気歯科学に関する発表記録(様式12)もしくは磁気歯科学を活用した検査・診断および治療の症例記録(様式13)を更新手数料を添えて本会に提出しなければならない。
2. 認定医更新申請書の提出期限は, 認定が失効する年の9月末日までとする。
  3. 認定医の更新を認められたものは認定医更新登録申請書(様式14)を本会に提出しなければならない。

- 第9条** 本会が認める学術大会, 学会誌とは磁気歯科学に関するものであり, 審議会の認めるものをいう。

- 第10条** この細則の改定については, 審議会の議を経て, 理事会の承認を得なければならない。

#### 附 則

この細則は, 平成17年4月22日から施行する。  
この細則は, 平成22年4月23日から施行する。  
この細則は, 平成27年11月14日から施行する。

## 日本磁気歯科学会認定歯科技工士制度規則

### 第1章 総則

- 第1条** 本制度は, 磁気歯科学の専門的知識および技工技能を有する歯科技工士を養成することにより, 医療水準の向上を図り, もって国民の保健福祉の増進に寄与することを目的とする。
- 第2条** 前条の目的を達成するために日本磁気歯科学会(以下「本会」という)は, 日本磁気歯科学会認定歯科技工士(以下「認定歯科技工士」という)の制度を設け, 認定歯科技工士制度の実施に必要な事業を行う。
- 第3条** 認定歯科技工士は, 磁気歯科学領域における診断と治療のための高い歯科技工技術を修得する。

### 第2章 認定歯科技工士の条件

- 第4条** 認定歯科技工士は, 次の各号をすべて満たさ

なければならない。

- (1) 本会正会員であること。
- (2) 本会学術大会(本会の認める学術大会を含む)に出席すること。
- (3) 磁気歯科学に関連する研究活動に参加・発表を行うこと。
- (4) 磁気歯科学に関連する領域の歯科技工を行うこと。

- 第5条** 前述に拘わらず, 本会理事会が特別に認めた場合には認定歯科技工士になることができる。

### 第3章 認定歯科技工士申請者の資格

- 第6条** 認定歯科技工士の資格を申請できるものは, 次の各号の全てを満たすことを必要とする。
- (1) 日本国歯科技工士の免許を有すること。
  - (2) 認定歯科技工士申請時において, 3年以上連

続した本会の会員歴を有すること。

- (3) 第4条の認定歯科技工士の各号に掲げる条件を満たすこと。

#### 第4章 認定歯科技工士の申請

**第7条** 認定歯科技工士の資格を取得しようとするものは、本会に申請し、資格審査を受け認証されなければならない。

**第8条** 認定歯科技工士申請者は、別に定める申請書類を認定手数料とともに本会事務局に提出しなければならない。

#### 第5章 認定審議委員会

**第9条** 認定歯科技工士としての適否は、日本磁気歯科学会認定医制度規則に定められた認定審議委員会（以下「審議会」という）により審査する。

#### 第6章 認定歯科技工士登録

**第10条** 審議会の審査に合格した者は、所定の登録料を納入しなければならない。

**第11条** 本会は前項に基づき認定歯科技工士登録を行い、合格者に認定証を交付するとともに、日本磁気歯科学会雑誌及び本会総会において報告する。

#### 第7章 資格の更新

**第12条** 認定歯科技工士の認定期間は12月1日より5年後の11月末日とする。

**第13条** 認定歯科技工士は、5年ごとに資格の更新を行わなければならない。

**第14条** 認定歯科技工士の資格の更新に当たっては、5年にわたる認定期間の間に別に定める条項を満たさなければならない。

**第15条** 資格更新申請者は、別に定める更新申請書類を更新手数料とともに本会事務局に提出しなければならない。

#### 第8章 資格の消失

**第16条** 認定歯科技工士は、次の各号の条件を欠いたとき、審議会の議を経て、その資格を失う。

- (1) 本人が資格の辞退を申し出たとき。
- (2) 日本国歯科技工士の免許を喪失したとき。
- (3) 本会会員の資格を喪失したとき。

(4) 認定歯科技工士資格の更新手続きを行わなかったとき。

(5) 審議会が認定歯科技工士として不適当と認められたとき。

**第17条** 認定歯科技工士の資格を喪失した場合であっても、喪失の理由が消滅したときは、再び認定歯科技工士の資格を申請することができる。

#### 第9章 補則

**第18条** 審議会の決定内容に異議のある者は、理事長に申し立てることができる。

**第19条** この規則の改定については、理事会の承認を必要とする。

#### 附 則

規則施行にともなう暫定処置

**第1条** 本会の正会員であって、日本国歯科技工士の免許を有し、本会が認める学術集会または機関誌に磁気歯科学に関する発表を行った者は、申請により認定歯科技工士となることができる。また、特に理事会の認めた者に関しては、この限りではない。

**第2条** 附則第1条を満たし認定歯科技工士の資格を申請する者は、次の各号に定める書類に認定手数料を添えて本会事務局に提出しなければならない。

- (1) 認定歯科技工士申請書（様式1）
- (2) 履歴書（様式2）
- (3) 歯科技工士免許証の写し
- (4) 本会会員歴証明書（様式3）

**第3条** 暫定処置期間中の審議会は、理事がこれにあたる。

**第4条** 本会の会員歴が通算3年以上の者は、申請により認定歯科技工士となることができる。また、特に理事会の認めた者に関しては、この限りではない。

**第5条** 暫定処置の期間は、本制度発足より3年間（平成27年11月14日より平成30年11月の理事会開催予定日まで）とする。

**第6条** 暫定処置期間中の申請締切は年2回（6月30日・12月31日）とする。

この規則は、平成27年11月14日から施行する。

## 日本磁気歯科学会認定歯科技工士制度施行細則

**第1条** 日本磁気歯科学会認定歯科技工士制度規則（以下「規則」という）に定めた条項以外については、この細則に基づき運営する。

**第2条** 規則第4条に基づく認定歯科技工士の基本的条件としては、次の各号の要件を満たさなければならない。

- (1) 日本磁気歯科学会（以下「本会」という）が主催する学術大会（本会の認める学術大会を含む）への出席（3年間で2回以上）
- (2) 学術大会（本会の認める学術大会を含む）発表（1回以上）
- (3) 歯科用磁性アタッチメントを応用した症例（5症例：なお1症例は本会学術大会での発表を行い審査を受ける）
- 第3条** 規則第5条に規定する認定歯科技工士とは、本会に永年顕著に貢献した会員で、理事会の承認を得たものでなければならない。
- 第4条** 細則第2条を満たし認定歯科技工士の資格を申請する者は、次の各号に定める書類に認定手数料を添えて本会事務局に提出しなければならない。
- (1) 認定歯科技工士申請書（様式1）
- (2) 履歴書（様式2）
- (3) 歯科技工士免許証の写し
- (4) 本会会員歴証明書（様式3）
- (5) 学術大会出席証明書（様式4）
- (6) 学術大会発表および学会誌投稿を証明する書類（様式5）
- (7) ケースプレゼンテーション申請書（様式6）
- (8) 歯科用磁性アタッチメントを応用した症例記録（様式7）
2. 認定歯科技工士資格を認められた者は登録料を添えて認定歯科技工士登録申請書（様式8）を提出しなければならない。
- 第5条** 規則第8条、第10条、第15条に定める手数料は次の各号に定める。
- (1) 認定手数料 1万円
- (2) 登録料 2万円
- (3) 更新手数料 2万円
- 第6条** 前条に定める既納の認定手数料、登録料、更新手数料は、いかなる理由があっても返却し

ない。

- 第7条** 認定歯科技工士の資格の更新に当たっては、5年間に次の各号における要件のうち（1）および（2）または（3）のいずれかを満たさなければならない。
- (1) 学術大会（本会の認める学術大会を含む）への出席（3回以上）
- (2) 学術大会（本会の認める学術大会を含む）発表（1回以上）もしくは歯科用磁性アタッチメントを応用した症例（1例以上）
- (3) 学会誌（本会の認める学会誌を含む）投稿（1編以上）もしくは歯科用磁性アタッチメントを応用した症例（1例以上）
- 第8条** 認定歯科技工士の資格を更新しようとする者は、認定歯科技工士更新申請書（様式9）、磁気歯科学会学術大会ならびに関連学術大会出席記録（様式10）、磁気歯科学に関する発表記録（様式11）もしくは歯科用磁性アタッチメントを応用した症例記録（様式7）を更新手数料を添えて本会に提出しなければならない。
2. 認定歯科技工士更新申請書の提出期限は、認定が失効する年の9月末日までとする。
3. 認定歯科技工士の更新を認められたものは認定歯科技工士更新登録申請書（様式12）を本会に提出しなければならない。
- 第9条** 本会が認める学術大会、学会誌とは磁気歯科学に関するものであり、審議会の認めるものをいう。
- 第10条** この細則の改定については、審議会の議を経て、理事会の承認を得なければならない。

#### 附則

この細則は、平成27年11月14日から施行する。

## 日本磁気歯科学会 倫理審査委員会規程

（平成26年11月8日制定）

- （設置）
- 第1条** 日本磁気歯科学会（以下、本学会）会則第6条第4項に基づき、本学会に倫理審査委員会（以下、本委員会）を置く。
- （目的）
- 第2条** 本委員会は倫理審査委員会をもたない医療施設および研究機関で本学会に所属する会員が行う、ヒトを対象とした医学・歯学研究に対して、ヘルシンキ宣言（1975年東京総会で修正、2000年エディンバラ修正）を規範とし、

厚生労働省のヒト医学研究に関する指針を参考とし、倫理的配慮をはかることを目的とする。

- 2 厚生労働省のヒト医学研究に関する指針を以下に示す。
- (1) ヒトゲノム・遺伝子解析に関する倫理指針
- (2) 疫学研究に関する倫理指針
- (3) 遺伝子治療臨床研究に関する指針
- (4) 臨床研究に関する倫理指針
- (5) 手術等で摘出されたヒト組織を用いた研究開発のあり方

## (6) ヒト幹細胞を用いる臨床研究に関する指針

## (組織)

**第3条** 本委員会の組織について、以下のように定める。

- (1) 本学会副理事長1名
- (2) 本学会理事1名以上
- (3) 倫理・法律を含む人文・社会科学の有識者(本学会非会員)1名以上
- (4) 一般の立場を代表する外部の者(本学会非会員)1名
- (5) その他本学会理事長(以下、理事長)が必要と認められた者(本学会会員)若干名

2 本委員会の委員は、男女両性により構成する。

3 委員は、理事長が委嘱する。

4 本委員会に委員長を置き、委員の互選により定める。

5 委員の任期は当該審議を終了したときをもって解任されるものとする。ただし、再任は妨げない。

6 委員に欠員が生じた場合は、これを補充するものとし、その任期は、前任者の残任期間とする。

7 委員長に事故のあるときは、委員長があらかじめ指名した委員がその職務を代行する。

8 本委員会が必要と認めるときは、当該専門の事項に関する学識経験者に意見を聞くことができる。

9 委嘱された学識経験者は、審査の判定に加わることはできない。

## (運営)

**第4条** 本委員会の運営にあたっては、以下のように定める。

- (1) 委員長は本委員会を招集し、その議長となる。
- (2) 本委員会は委員の3分の2以上が出席し、かつ本学会会員以外の委員が少なくとも1名出席しなければ開催できないものとする。
- (3) 審議の結論は、原則として出席委員全員の合意を必要とする。
- (4) 審議経過および内容は、記録として保存する。

## (審査)

**第5条** 本学会会員が医学倫理上の判断を必要とする研究を行おうとするときは、理事長に研究計画の審査を申請するものとする。理事長は、申請を受理したときは、速やかに本委員会に審査を付託するものとする。

## (審査内容)

**第6条** 本委員会は前条の付託があったときは、速やかに審査を開始するものとし、特に次の各号に掲げる観点に留意して、審査を行うものと

する。

- (1) 研究の対象となる個人(以下「個人」という。)の権利および情報の擁護
- (2) 個人に理解を求め同意を得る方法
- (3) 研究によって生ずる個人への不利益ならびに危険性に対する予測

## (判定)

**第7条** 審査の判定は、次の各号に掲げるものとする。

- (1) 非該当
- (2) 承認
- (3) 条件付き承認
- (4) 変更の勧告
- (5) 不承認

## (再審査の請求)

**第8条** 申請者は、審査の結果に異議があるときは、理事長に対して再審査を求めることができる。

## (情報公開)

**第9条** 本委員会における情報の公開等について、以下のように定める。

- (1) 本委員会の議事録、委員名簿等は、公開を原則とする。
- (2) 個人のプライバシーや研究の独自性、知的財産権等を保持するため、本委員会が必要と認めるときは、これを非公開とすることができる。

## (守秘義務)

**第10条** 委員および委員であった者は、正当な理由がある場合でなければ、その任務に関して知り得た秘密を、他に漏らしてはならない。

## (申請手続き)

**第11条** 倫理審査の申請手続きに関し、以下のように定める。

- (1) 本委員会での審議を希望する者は、所定の倫理審査申請書に必要事項を記載し、理事長に提出しなければならない。
- (2) 理事長は申請事項を本委員会に諮問し、本委員会は審議を行う。
- (3) 委員長は、審議の結果を理事長に答申する。
- (4) 理事長は、答申を受けた内容を理事会の議を経て、その判定を所定の審査結果通知書により、申請者に通知する。
- (5) 前項の通知をするにあたって、条件付き承認、変更の勧告あるいは不承認のいずれかである場合には、その条件または変更内容、不承認の理由等を記載しなければならない。

(補 則)

第12条 申請者は本委員会に出席し、申請内容を説明するとともに、意見を述べるができる。

第13条 この規程の施行についての規則は、理事会の議決を経て、別に定める。

(改 廃)

第14条 この規程の改廃は、本委員会の発議により、会則検討委員会での協議の上、理事会の承認を得なければならない。

附 則

1 この規程は、平成26年11月8日から施行する。

## 日本磁気歯科学会 倫理審査委員会規則

(平成26年11月8日制定)

### 第1章 趣 旨

第1条 この規則は、日本磁気歯科学会倫理審査委員会規程（以下、本規程）第13条に基づき、日本磁気歯科学会倫理審査委員会（以下、本委員会）の運営に関して必要な事項を定めるものとする。

### 第2章 申請者

第2条 本規程第11条の規定に基づき申請できる者は、日本磁気歯科学会(以下、本学会)の会員とする。

### 第3章 申請方法

第3条 申請者は、倫理審査申請書（様式1）および研究計画書（様式2）に必要な事項を記入し、委員長に提出しなければならない。

2 申請者は、当該研究の内容が本委員会の審議事項に該当するか否かについて疑義があるときは、あらかじめ申請書提出時において委員長に対し、その旨、申し出るものとする。

### 第4章 審査結果の通知

第4条 委員長は、審査終了後速やかに、その判定を審査結果通知書（様式3）をもって申請者に通知しなければならない。

2 前項の通知をするにあたっては、審査の判定が本規程第7条第3号、第4号または第5号である場合は、その条件または変更・不承認の理由などを記載しなければならない。

### 第5章 異議の申立

第5条 本委員会の審査結果に対して異議のある場合に、申請者は、異議申立書（様式4）に必要な事項を記入して、委員長に再度の審議を1回に限り、申請することができる。この場合、異議申立書に異議の根拠となる資料を添付するものとする。

2 異議申立書を受理した委員長は、提出された異議申立書および資料をもとに、本委員会で再度審議の上、本委員会としての意見をまとめ別紙様式5による再審査結果通知書により申請者に通知するものとする。

### 第6章 違反等

第6条 委員長は、申請者が本規程に違反したとき、または違反する恐れがあるときは、本学会理事長（以下、理事長）に報告するものとする。

2 理事長は、前項の報告を受けたときは、委員会の意見を聴取し、実施計画の修正または中止ないし取り消しを命じることができる。

### 第7章 補 則

第7条 この規則の改廃は、本委員会の発議により、会則検討委員会での協議のうえ、理事会の承認を得なければならない。

附 則

1 この規則は、平成26年11月8日から施行する。

## 日本磁気歯科学会 研究等の利益相反に関する指針

(平成26年11月8日制定)

序 文

日本磁気歯科学会（以下、本学会）は、磁気歯科学領域への応用に関する研究の発展ならびに会員の知識向上を図ることを通して、国民の健康長寿に貢献できることを目指している。

そのなかで、産学連携による研究（基礎研究、臨床研究、臨床試験など）が盛んになればなるほど、公的な存在である大学や研究機関、学術団体などが特定の企業の活動に深く関与することになり、その結果、教育、研究という学術機関、学術団体としての責任と、

産学連携活動に伴い生じる個人が得る利益と衝突・相反する状態が必然的・不可避的に発生する。こうした状態が「利益相反 (conflict of interest : COI)」と呼ばれるものであり、この利益相反状態を学術機関・団体が組織として適切に管理していくことが、産学連携活動を適切に推進するうえで乗り越えていかなければならない重要な課題となっている。

本学会は、会員などに本学会事業での発表などにおいて、一定の要件のもとに COI 状態を開示させることにより、会員などの COI 状態を適正に管理し、社会に対する説明責任を果たすために、以下のように利益相反指針を策定する。

### 第1条 目的

本学会は、会員の研究等の利益相反 (Conflict of Interest : COI) 状態を公正に管理するために「研究等の利益相反に関する指針」(以下、利益相反指針)を策定し、会員の研究等の公正・公平さを維持し、透明性、社会的信頼性を保持しつつ産学連携による研究等の適正な推進を図るものとする。

### 第2条 対象者

利益相反指針は、COI 状態が生じる可能性のある以下の対象者に適用する。

- (1) 本学会会員
- (2) 本学会が実施する学術集会等の発表者
- (3) 本学会が発行する機関誌および学術図書等の著者
- (4) 本学会が実施する研究・教育及および調査に係る研究者
- (5) (1) ~ (4) の対象者の配偶者、一親等の親族、または収入・財産を共有する者

### 第3条 対象となる事業活動

利益相反指針の対象となる事業活動の例は、以下のとおりである。

- (1) 本学会学術集会等の開催
- (2) 本学会機関誌および学術図書等の発行
- (3) 本学会が実施する研究・教育および調査事業
- (4) その他、本学会会員の目的を達成するために必要な事業活動

### 第4条 申告すべき事項

対象者は、個人における以下の (1) ~ (10) の事項について、利益相反指針の定める基準を超える場合には、その正確な状況を、所定の様式により、本学会理事長に申告するものとする。申告された内容の具体的な開示、公開方法は利益相反指針の定めるところにより行うものとする。

- (1) 企業・法人組織、営利を目的とする団体の役

員、顧問職、社員などへの就任

- (2) 企業の株の保有
- (3) 企業・法人組織、営利を目的とする団体からの特許権使用料
- (4) 企業・法人組織、営利を目的とする団体から、会議の出席 (発表) に対し、研究者を拘束した時間・労力に対して支払われた日当 (講演料など)
- (5) 企業・法人組織、営利を目的とする団体がパンフレットなどの執筆に対して支払った原稿料
- (6) 企業・法人組織、営利を目的とする団体が提供する臨床研究費 (治験、臨床試験費など)
- (7) 企業・法人組織、営利を目的とする団体が提供する研究費 (受託研究、共同研究、寄付金など)
- (8) 企業・法人組織、営利を目的とする団体がスポンサーとなる寄付講座
- (9) 企業・法人組織、営利を目的とする団体に所属する人員、設備・施設が、研究遂行に提供された場合
- (10) その他、上記以外の旅費 (学会参加など) や贈答品などの受領

### 第5条 COI 自己申告の基準

前条で規定する基準は以下の通りとする。下記の基準の金額には消費税額を含まないものとする。

- (1) 企業・組織や団体の役員、顧問職については、1つの企業・組織や団体からの報酬額が年間100万円以上とする。
- (2) 株式の保有については、1つの企業についての年間の株式による利益 (配当、売却利益の総和) が100万円以上の場合、あるいは当該全株式の5%以上を所有する場合とする。
- (3) 企業・組織や団体からの特許権使用料については、1つの権利使用料が年間100万円以上とする。
- (4) 企業・組織や団体から、会議の出席 (発表) に対し、研究者を拘束した時間・労力に対して支払われた日当 (講演料など) については、1つの企業・団体からの年間の講演料が合計50万円以上とする。
- (5) 企業・組織や団体がパンフレットなどの執筆に対して支払った原稿料については、1つの企業・組織や団体からの年間の原稿料が合計50万円以上とする。
- (6) 企業・組織や団体が提供する研究費については、1つの企業・団体から歯科医学研究 (受託研究費、共同研究費、臨床試験など) に対して支払われた総額が年間200万円以上とする。

- (7) 企業・組織や団体が提供する奨学（奨励）寄付金については、1つの企業・組織や団体から、申告者個人または申告者が所属する部局あるいは研究室の代表者に支払われた総額が年間200万円以上の場合とする。
- (8) 企業・組織や団体が提供する寄付講座に申告者らが所属している場合とする。
- (9) その他、研究とは直接無関係な旅行、贈答品などの提供については、1つの企業・組織や団体から受けた総額が年間10万円以上とする。

## 第6条 COI 自己申告書の取り扱い

- 1 本学会の学術集会等での発表に係る抄録登録時、本学会機関誌への論文投稿時、あるいは本学会が実施する研究・教育および調査事業の実施にあたり、研究倫理審査申請書と併せて提出されるCOI自己申告書は、受理日から5年間、本学会理事長の監督下に本学会事務所で厳重に保管されなければならない。ただし、本学会機関誌の投稿規程等において、COI自己申告について別に定めのある場合は、その定めによる申告をもって、利益相反指針におけるCOI自己申告に代えることができる。
- 2 COI情報は、原則として非公開とする。COI情報は、本学会の活動、各種委員会の活動などに関して、本学会として社会的、道義的な説明責任を果たすために必要があるときは、理事会の議を経て、必要な範囲で本学会の内外に開示若しくは公表することができる。ただし、当該問題を取り扱うに適切な特定の理事に委嘱して、利益相反委員会（以下、COI委員会）の助言のもとにその決定をさせることを妨げない。この場合、開示もしくは公開されるCOI情報の当事者は、理事会若しくは決定を委嘱された理事に対して意見を述べることができる。ただし、開示もしくは公表について緊急性があって意見を聞く余裕がないときは、その限りではない。
- 3 本学会の非会員から特定の会員を指名しての開示請求（法的請求も含めて）があった場合、妥当と思われる理由があれば、本学会理事長からの諮問を受けてCOI委員会が個人情報の保護のもとに適切に対応する。しかし、COI委員会で対応できないと判断された場合には、本学会理事長が指名する会員若干名および外部委員1名以上により構成される利益相反調査委員会を設置して諮問する。利益相反調査委員会は開示請求書を受領してから30日以内に委員会を開催して可及的すみやかにその答申を行う。

## 第7条 利益相反委員会（COI委員会）

- 1 本指針の第1条に基づき、利益相反委員会

（COI委員会）を置く。

- 2 COI委員は知り得たCOI情報についての守秘義務を負う。
- 3 COI委員会は、理事会と連携して、利益相反ポリシーならびに本指針に定めるところにより、会員のCOI状態が深刻な事態へと発展することを未然に防止するためのマネジメントと違反に対する対応を行う。
- 4 委員にかかるCOI事項の報告ならびにCOI情報の取扱いについては、第6条の規定を準用する。
- 5 COI委員会についての規程は、理事会の議を経て、別に定める。

## 第8条 違反者に対する措置

提出されたCOI自己申告事項について、疑義もしくは社会的、道義的問題が発生した場合、本学会として社会的説明責任を果たすためにCOI委員会が十分な調査、ヒアリングなどを行ったうえで適切な措置を講ずる。深刻なCOI状態があり、説明責任が果たせない場合には、理事長は理事会で審議のうえ、当該発表予定者の学会発表や論文発表の差止めなどの措置を講じることができる。既に発表された後に疑義などの問題が発生した場合には、理事長は事実関係を調査し、違反があれば掲載論文の撤回などの措置を講じ、違反の内容が本学会の社会的信頼性を著しく損なう場合には、必要な措置を講じることができる。

## 第9条 不服申し立て

- 1 不服申し立て請求

第8条により、違反措置の決定通知を受けた者は、当該結果に不服があるときは、理事会議決の結果の通知を受けた日から7日以内に、理事長宛ての不服申し立て審査請求書を本学会事務局に提出することにより、審査請求をすることができる。審査請求書には、理事長が文書で示した決定理由に対する具体的な反論・反対意見を簡潔に記載するものとする。その場合、理事長に開示した情報に加えて異議理由の根拠となる関連情報を文書で示すことができる。

- 2 不服申し立て審査手続

(1) 不服申し立ての審査請求を受けた場合、理事長は速やかに不服申し立て審査委員会（以下、審査委員会という）を設置しなければならない。審査委員会は理事長が指名する本学会会員若干名および外部委員1名以上により構成され、委員長は委員の互選により選出する。COI委員会委員は審査委員会委員を兼ねることはできない。審査委員会は審査請求書を受領してから30日以内に委員会を開催してその審査を行う。

- (2) 審査委員会は、当該不服申し立てにかかるCOI委員会委員長ならびに不服申し立て者から意見を聴取することができる。ただし、定められた意見聴取の期日に出頭しない場合は、その限りではない。
- (3) 審査委員会は、特別の事情がない限り、審査に関する第1回の委員会開催日から1か月以内に不服申し立てに対する答申書をまとめ、理事会に提出する。
- (4) 理事会は不服申し立てに対する審査委員会の裁定をもとに最終処分を決定する。

#### 第10条 守秘義務違反者に対する措置

COI情報をマネジメントする上で、個人のCOI情報を知り得た本学会事務局職員は本学会理事、関係役職者と同様に第6条第2項に定める守秘義務を負う。正規の手続きを踏まず、COI情報を意図的に部外者に漏洩した関係者や事務局職員に対して、理事会は罰則を科すことが出来る。

#### 第11条 指針の変更

利益相反指針は、社会的要因や産学連携に関す

る法令の改変などから、個々の事例によって一部に変更が必要となることが予想される。理事会は利益相反指針の見直しのための審議をCOI委員会に諮問し、その答申をもとに変更を決議することができる。

#### 附 則

##### 1 施行期日

本指針は、平成26年11月8日から試行期間とし、平成27年4月1日より完全実施とする。

##### 2 本指針の改正

本指針は、社会的要因や産学連携に関する法令の改正、整備ならびに医療および臨床研究をめぐる諸条件の変化に適合させるために、原則として数年ごとに見直しを行うこととする。

##### 3 第8条「違反者への措置について」

本指針の試行開始後、当分の間、第8条「違反者への措置について」については施行を見合わせる。この間、理事会は利益相反委員会とともに本指針の趣旨説明に努め、COI報告の完全実施を督促する。

## 日本磁気菌科学会 利益相反委員会規程

(平成26年11月8日制定)

#### (設置)

**第1条** 日本磁気菌科学会（以下、本学会）会則第6条第4項の規定、ならびに本学会の「研究等の利益相反に関する指針」第1条および第7条に基づき、本学会に利益相反委員会（以下、本委員会）を置く。

#### (目的)

**第2条** 本委員会は産学連携活動により生じる利益相反問題に適切に対処（マネジメント）することにより、会員および本学会の名誉および社会的信用を保持することを目的とする。

#### (所掌事項)

**第3条** 本委員会は、次の事項を所掌する。

- (1) 利益相反状態にある会員個人からのあらゆる質問、要望への対応（説明、助言、指導を含む）
- (2) 利益相反の管理ならびに啓発活動に関する事項
- (3) 利益相反に関する調査、審議、審査マネジメント、改善措置の提案、勧告に関する事項
- (4) その他、利益相反に係る必要事項

#### (組織)

**第4条** 本委員会は、次に掲げる委員および幹事1名をもって組織する。

(1) 本学会理事長（以下、理事長）が指名する会員若干名

(2) 外部有識者1名以上

2 本委員会の委員は、男女両性により構成する。

3 委員および幹事は、理事長が理事会に諮って委嘱する。

4 委員長は委員の互選により選出する。

5 委員長、委員および幹事の任期は2年とし、再任を妨げない。

6 委員に欠員が生じた場合は、これを補充するものとし、その任期は、前任者の残任期間とする。

7 委員長に事故のあるときは、委員長があらかじめ指名した委員がその職務を代行する。

#### (会議)

**第5条** 本委員会は、必要の都度、委員長が招集する。

2 本委員会は、委員の3分の2以上の出席をもって成立する。

3 本委員会が必要と認めるときは、委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

#### (補則)

**第6条** この規程の施行に関する必要事項は、理事会の議決を経て、別に定める。

#### (改廃)

**第7条** この規程の改廃は、本委員会の発議により、

会則検討委員会での協議のうえ、理事会の承認を得なければならない。

## 附 則

1 この規程は、平成26年11月8日から施行する。

# 日本磁気歯科学会 「研究の利益相反に関する指針」の細則

(平成26年11月8日制定)

日本磁気歯科学会（以下、本学会）は、役員、会員および研究発表者の利益相反（conflict of interest：COI）状態を公正に管理するために「研究の利益相反に関する指針」（以下、「利益相反指針」）を策定した。本指針は本学会における研究の公正・公平さを維持し、学会発表での透明性、社会的信頼性を保持しつつ産学連携による研究の適正な推進を図るために策定したものである。本指針の適正かつ円滑な運用のために「研究の利益相反に関する指針の細則」を次のとおり定める。

## 第1条 本学会学術大会などにおける COI 事項の申告および開示

第1項 会員、非会員の別を問わず、発表者は本学会が主催する学術大会などで歯科医学研究に関する発表・講演を行う場合、筆頭発表者は、配偶者、一親等内の親族、生計を共にする者も含めて、今回の演題発表に際して、研究に関連する企業や営利を目的とした団体との経済的な関係において、過去1年間における COI 状態で開示すべき事項がある場合は、抄録登録時に「自己申告による COI 報告書」（様式1）により自己申告しなければならない。

第2項 筆頭発表者は該当する COI 状態について、発表スライドの最初（または演題・発表者などを紹介するスライドの次）に、あるいはポスターの最後に、「自己申告による COI 報告書」（様式1-A, 1-B）により開示するものとする。

第3項 発表時に自己申告すべき COI 状態は、「利益相反指針」第4条で定められたものとする。各々の開示すべき事項において、自己申告が必要な金額は「利益相反指針」第5条に従うものとする。

第4項 発表演題に関連する「歯科医学研究」とは、医療における疾病の予防方法、診断方法および治療方法の改善、疾病原因及び病態の理解ならびに患者の生活の質の向上を目的として実施される基礎的ならびに臨床的研究であって、人間を対象とするものをいう。人間を対象とする歯科医学系研究には、個人を特定できる人間由来の試料および個人を特定できるデータの研究を含むものとす

る。個人を特定できる試料またはデータに当たるかどうかは厚生労働省の「臨床研究に関する倫理指針」に定めるところによるものとする。

## 第2条 本学会機関誌などにおける COI 事項の申告および開示

第1項 本学会の機関誌（日本磁気歯科学会雑誌）などで発表（総説、原著論文など）を行う著者全員は、会員、非会員を問わず、発表内容が「利益相反指針」第4条に規定された企業・組織や団体と経済的な関係をもっている場合、投稿時から遡って過去2年間以内における COI 状態を「自己申告による COI 報告書」（様式2）を用いて事前に学会事務局へ届け出なければならない。

第2項 筆頭著者は当該論文にかかる著者全員からの COI 状態に関する申告書を取りまとめて提出し、記載内容について責任を負うことが求められる。「COI 開示」の記載内容は、論文末尾、謝辞または参考文献の前に掲載する。規定された COI 状態がない場合は、「論文発表に関連し、開示すべき COI 関係にある企業などはありません」などの文言を同部分に記載する。

第3項 投稿時に自己申告すべき COI 状態は、「利益相反指針」第4条で定められたものとする。各々の開示すべき事項において、自己申告が必要な金額は「利益相反指針」第5条に従うものとする。日本磁気歯科学会雑誌以外の本学会刊行物での発表もこれに準じる。なお、発表者より届けられた「COI 開示」は論文査読者に開示しない。

## 第3条 役員、委員長、委員などにおける COI 申告書の提出

第1項 本学会の役員（理事長、副理事長、理事、監事）、常置委員会、臨時委員会の委員長、学術大理事長、学会の従業員は、「利益相反指針」第4条に従って、就任時の前年度1年間における COI 状態の有無を所定の様式3に従い、新就任時と、就任後は2年ごとに、COI 自己申告書を理事会へ提出

しなければならない。既に COI 自己申告書を届けている場合には提出の必要はない。

第2項 「自己申告による COI 報告書」(様式3)に記載する COI 状態については、「利益相反指針」第4条で定められたものを自己申告する。各々の開示すべき事項において、自己申告が必要な金額は、「利益相反指針」第5条で規定された基準額とし、様式3に従って項目ごとに金額区分を明記する。様式3は就任時の前年度1年分を記入し、その算出期間を明示する。ただし、役員などは、在任中に新たな COI 状態が発生した場合は、8週以内に様式3をもって報告する義務を負うものとする。

#### 第4条 (細則の変更)

本細則は、社会的要因や産学連携に関する

法令の改変などから、個々の事例によって一部に変更が必要となることが予想される。理事会は本細則の見直しのための審議を COI 委員会に諮問し、その答申をもとに変更を決議することができる。

#### 附則

##### 第1条 (施行期日)

本細則は、平成26年11月8日から試行期間とし、平成27年4月1日より完全実施とする。

##### 第2条 (本細則の改正)

本細則は、社会的要因や産学連携に関する法令の改正、整備ならびに医療及び臨床研究をめぐる諸条件の変化に適合させるために、原則として数年ごとに見直しを行うこととする。

## 日本磁気菌科学会雑誌投稿規程

(平成4年10月1日 制定)  
 (平成6年10月1日一部改定)  
 (平成22年10月1日一部改定)  
 (平成23年10月1日一部改定)  
 (平成24年10月1日一部改定)  
 (平成25年11月1日一部改定)  
 (平成26年11月8日一部改定)  
 (平成27年11月14日一部改定)

### 1. 投稿資格

本誌に投稿する著者(共著者)は、本学会会員あるいは所定の手続きを済ませた非会員に限る。ただし、編集委員会が認めた者はこの限りではない。

### 2. 原稿内容

- 1) 原稿の内容は、本学会の目的に沿った研究成果、臨床報告などで、他誌に未発表のものに限る。
- 2) 原稿の種別は、総説、原著論文、臨床論文、その他講演抄録とする。著者としての希望は投稿時に原稿の表紙に明示すること。ただし、その決定は編集委員会で行う。

### 3. 倫理規定

ヒトを研究(実験)対象とする内容については、ヘルシンキ宣言を遵守して、倫理的に行われており、被験者あるいは患者のインフォームドコンセントが得られていなければならない。また、所属施設の倫理委員会等の承認が得られていなければならない。

動物を研究(実験)対象とする内容については、所属施設の動物実験委員会が設置された後の研究については当該委員会の承認が得られていなければならない。また、各種の動物保護や愛護に関する法律や基準に則していなければならない。

### 4. 利益相反

投稿にあたってすべての著者は投稿時から遡って過去1年以内における利益相反について申告する。利益相反関係については論文の末尾に、謝辞または文献の前に記載する。

#### 記載例:

本研究は〇〇の資金提供を受けた。  
 〇〇の検討にあたっては、〇〇から測定装置の提供を受けた。

### 5. 原稿投稿方法、査読、採否、掲載順序

- 1) 総説、原著論文、臨床論文、その他講演抄録の投稿は、日本磁気菌科学会雑誌編集担当へEメールにより送信する。
- 2) 投稿された原稿は、編集委員会が査読を行い、採否を決定する。必要に応じて査読委員を委嘱する。
- 3) 掲載順序は、編集委員会が決定する。

### 6. 投稿料

- 1) 投稿料は刷り上がり1頁当たり10,000円とする。また、カラー印刷、トレース、英文抄録校閲費などの実費は別途に算出して著者負担とする。ただ

- し、非会員の依頼論文、講演抄録の掲載料は無料とする。
- 2) 別刷り希望の場合は原稿投稿のおり編集委員会宛に申し出ること、その経費は著者負担とする。
  7. 著作権  
本誌に掲載された論文の著作権（著作財産権 copyright）は本会に帰属する。本会が必要と認めたとときあるいは外部からの引用の申請があったときは、編集委員会で審議し、掲載ならびに版權使用を認めることがある。
  8. 複写権の行使  
著者は当該著作物の複写権および公衆送信権の行

使を本会に委任するものとする。

9. 校正  
著者校正は原則として初校のみとする。組み版面積に影響を与えるような加筆、変更は認めない。
10. 原稿の様式  
投稿原稿は「日本磁気菌科学会雑誌」投稿の手引きに従って執筆する。準拠しない原稿は加筆、訂正を申し入れる。または却下する場合がある。
11. 改廃  
この規程の改廃は、編集委員会の発議により、理事会での協議のうえ、理事会の承認を得なければならぬ。

## 日本磁気菌科学会雑誌「投稿の手引き」

日本磁気菌科学会雑誌への投稿では、投稿規程のほかは本手引きに準拠する。

### 1. 投稿方法の概要

- 1) 投稿は、日本磁気菌科学会編集委員会宛へEメールにより送信する。
- 2) 原稿は次の順に作成し、番号ごとに改頁する。  
表題の頁を第1頁とし、頁番号を下段中央に記す。表は本文末に表ごとに改頁して添付し、図はPower Point ファイルに貼りつける。
  - (1) 表題、著者名、所属、キーワード5語以内（和文、英文）、別刷り数、PDFの要否
  - (2) 和文抄録（総説論文の場合のみ必要）400字以内
  - (3) 英文抄録、200 words 以内
  - (4) 本文原稿
  - (5) 文献
  - (6) 図表のタイトル
  - (7) 表

### 2. 原稿の様式

- 1) 文章および表はMS-Wordに記載し、特に表については本文末に表ごとに改頁して添付すること。また図に関しては、Power Pointにて作成することとする。
- 2) 図表については、全段または片段を指定し、白黒またはカラーを図表ごとに明記すること。
- 3) 原稿は、漢字混じり平仮名、口語体、横書きとし、A4版、余白（全て25mm）、行数（36~40行程度）、文字の大きさ（10.5pt）で記載すること。歯式はFDI方式を使用すること、英文も同様。本文中の句読点は、カンマ（,）ピリオド（.）を使用すること。また、数字、欧文はすべて半角で入力し、欧文における単語間は半角とする。
- 4) 本文の他に、和文抄録（総説の場合のみ：400字以内）、英文抄録（200 words 以内）、キーワード

（英訳つき、5語以内）を記載すること。

- 5) 必ず表紙を付け、表紙には、表題、著者名（フルネーム）、所属（以上には英語訳を付ける）、キーワード（英訳付き、5語以内）、別刷り数、pdf（別刷りのpdfです）の要否を記載すること。
- 6) 原稿（表紙、和文抄録、英文抄録、本文、引用文献、図表のタイトル、表を含む）（Author\_txt.doc）と図（Author\_ppt）の2つのファイルに分けて送ること。図表には、表1、図1等の番号とタイトルをつけ、挿入箇所を本文の右欄外または文中（カッコ書きで図表の番号を記入）に朱記すること。図表内容の詳細な説明はタイトルに記載しないこと。
- 7) 総説、原著論文は原則として刷り上がり20頁以内、臨床論文は10頁以内、その他は5頁以内とし、講演抄録は本文を800字以内とする。なお、講演抄録には、図表および英文抄録は付けない。

### 3. 文献の記載様式

- 1) 本文で引用した順序に一連番号を付して列記し、本文の末尾に記載する、同一箇所でも複数引用した場合は年代順とする。
- 2) 著者名は姓、名（外国人のFirst Nameはイニシャルのみ）の順とする。
- 3) 共著の場合は筆頭者を含め6名まで記して、7人目からは、「ほか」または[et al.]と略す。ただし、広報編集委員会が認めれば7名以上を記載することができる。
- 4) 引用文献の表示は原著の表示に従う。英文の場合は、文頭の語の頭文字のみ大文字とする。
- 5) 雑誌文献引用記載は次の方式による。
  - (1) 雑誌論文は著者、表題、雑誌略名、発行年（西暦表示とする）；巻：頁-頁、の順に記載する。頁は通巻頁を原則とするが、頁表記が1号ごとに第1ページから始まる（通し頁でない）雑誌

に限り、号も記載する。

- (2) 雑誌の略名は当該誌が標榜する略称（付：学術雑誌略号一覧参照）とする。それ以外は医学中央雑誌の略名表と Index Medicus に準拠する。
- (3) 原書あるいは原論文が得られずに引用する場合は、末尾に（から引用）と付ける。
- (4) 受理されたが未発刊の文献は末尾に印刷中（英文の場合は、in press）と記載する。
- (5) Web ページの引用記載様式は、Vancouver style とする。

一般例：

田中貴信, 中村好徳, 神原 亮, 庄司和伸, 熊野弘一, 増田達彦ほか. 磁性アタッチメントの新たな適応症を求めて一歯冠外アタッチメントへの挑戦一. 日磁誌 2000 ; 15 : 256-264.

Kanbara R., Nakamura Y., Ando A., Kumano H., Masuda T., Sakane M. et al. Stress analysis of an abutment tooth with extracoronary magnetic attachment. J J Mag Dent 2010 ; 19 : 356-357.

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK,

<<http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>>; 2003 [accessed 13.03.03].

通し頁でない雑誌の例：

宮田利清, 中村好徳, 安藤彰浩, 庄司和伸, 新実 淳, 熊野弘一ほか. 磁性アタッチメントの加熱による吸引力への影響. 日磁誌 2009 ; 19 (5) : 15-20.

Kanbara R., Nakamura Y., Tanaka K. Three-dimensional finite element stress analysis. Dent Mater J 2012 ; 31 (3) : 29-33.

- 6) 単行本文献引用記載は次の方法による。

- (1) 単行本は著者. 書名. 発行地：発行者；発行年, 頁一頁. の順に記載する。
- (2) 単行本の書名は略記しない。
- (3) 単行本を2カ所以上で引用する際は、各々の引用頁を記載する。

例：

田中貴信. 磁性アタッチメント. 東京：医歯薬出版；1995, 122-130.

Glickman I. Clinical Periodontology. Philadelphia : Saunders ; 1953, 76-78.

Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Brackett SE. Fundamentals of fixed prosthodontics, 3rd ed. Chicago : Quintessence ; 1997, 155-169, 211-223.

- 7) 分担執筆の単行本文献引用記載は次の方式による。分担執筆の単行本は分担執筆者. 分担執筆の表題.

編者または監修者, 書名, 巻などの区別, 発行地：発行者；発行年, 頁一頁. の順に記載する。

例：

津留宏道. テレスコープシステムの理論と実際.

林都志夫, 保母須弥也, 三谷春保ほか編, 日本の補綴, 東京：クインテッセンス出版；1981, 277-291.

Ogle RE. Preprosthetic surgery. In : Winkler S, editor, Essentials of complete denture prosthodontics, Philadelphia : Saunders ; 1979, 63-89.

- 8) 翻訳書文献引用記載は次の方式とする。

翻訳の単行本, 論文は著者（翻訳者）. 書名（翻訳書名. 発行地：発行者；発行年, 頁一頁.）, 発行年. の順に記載する。

例：

Hickey JC, Zarb GA, Bolender CL (川口豊造). Boucher's prosthodontic treatment for edentulous patients (パウチャー無歯顎患者の補綴治療. 東京：医歯薬出版；1988, 397-399.), 1985.

4. 図と表の書き方

- 1) 図表は、片段あるいは両段を指定し、白黒あるいはカラーの区別を明記すること。
- 2) 図表のタイトルおよび説明文を併記する。
- 3) 図と表（写真を含む）は本文で引用順に、表は表1, 表2…, 図（写真を含む）は図1, 図2…のように一連番号をつける。表および図は1枚ごとに改頁する。
- 4) 表1, 図1等の番号とタイトルをつけ、挿入箇所を本文右欄外または本文中に朱書する。
- 5) 図ファイル（Power Point）の総データサイズが15メガバイト（MB）未満となるよう可能な範囲内でできるだけ鮮明に図表の画像データを調整する。もし画像解像度が著者の満足する水準に至らない場合は、投稿論文受領後、出版前最終校正時に所望する画像データを日本磁気歯科学会編集委員会へ送付する。

5. 学会誌掲載時の校正

- 1) 学会誌掲載時の校正は著者が行う。学会事務局から電子メールで著者に送付されるPDFファイルの校正用原稿に、日本工業規格（JIS Z8208-2007）に準拠した形式で校正を行う。
- 2) 校正を終了した原稿は、電子メールもしくはファックスで速やかに返送する。

6. その他論文作成上の留意事項

- 1) 見出しは次の順に項目をたて、順に行の最初の一行をあける。

- I, II, III, IV, V,  
1, 2, 3, 4, 5,  
1) 2) 3) 4) 5)  
(1) (2) (3) (4) (5)  
a, b, c, d, e,  
a) b) c) d) e)  
(a) (b) (c) (d) (e)
- 2) 材料, 器材の表記は, 一般名(製品名, 製造社名, 所在地, 国名)を原則とする.  
例: 即時重合レジン(ユニファースト, GC, 東京, 日本)
- 3) 歯学学術用語などについては平成4年日本歯科学会発行の「学術用語集歯学編(増訂版)」, 平成21年社団法人日本補綴歯科学会発行の「歯科補綴学専門用語集(第3版)」に準拠する.
- 4) 計測データとその取り扱い: 計測データは, 原則

として, 平均値, 標準偏差等の統計値を用いて表現されるべきである. また, データの属性や分布に応じて, 適切な統計解析を行わなければならない. 詳細については「統計解析のガイドライン」を参照する.

- 5) 数字は算用数字とする.  
6) 数字を含む名詞, 形容詞, 副詞(例: 十二指腸, 三角形など)は漢数字とする.  
7) 単位は原則として国際単位系の基本単位, 補助単位および組み立て単位を使用する(温度は摂氏を使用する). また, 量を表す記号に続く単位に付する記号は「( )」を使用する.

参照: 単位及び単位間換算表: 日本金属学会編(及川洪). 「改訂二版金属データブック」(1984) 丸善(株)

## 原稿の様式の例

原稿は, 以下の順に作成し, 番号ごとに改頁する.  
表題の頁を第1頁とし, 頁番号を下段中央に記す.  
表は本文末に表ごとに改頁して添付し, 図はPower Point ファイルに貼りつける.

### 1. 表紙

#### ①表題(英語訳を付ける)

磁気歯科学会雑誌のための原稿の書き方

How to write draft for J J Mag Dent

#### ②著者名, 所属(英語訳を付ける)

著者名: 磁気太郎, 磁石花子<sup>1</sup>, 根面板介, 吸引力<sup>1</sup>  
Taro Jiki, Hanako Jishaku<sup>1</sup>, Bansuke Konmen  
and Chikara Kyuin<sup>1</sup>

所属名: 江戸大学歯学部歯科理工学講座

<sup>1</sup>上方大学歯学部歯科理工学講座

Department of dental Materials Science,  
School of Dentistry, Edo University

<sup>1</sup>Department of dental Materials Science,  
School of Dentistry, Kamigata University

#### ③キーワード(英訳付き, 5語以内)

磁性アタッチメント(Magnetic attachment), 磁石(Magnet), キーパー(Keeper), 磁石構造体(Magnetic assembly), 金合金(Gold alloy)

#### ④別刷数

別刷数 100部

#### ⑤pdf(別刷りのpdfです)の可否を記載のこと.

pdf 要

-----改ページ-----

### 2. 和文抄録(総説論文の場合のみ必要)

400文字以内

-----改ページ-----

### 3. 英文抄録

Max 200 words

-----改ページ-----

### 4. 本文

1. 諸言, 2. 材料および方法, 3. 結果, 4. 考察, 参考文献の順に記載すること.

文献は引用箇所に番号をつけ, 本文の末尾に引用順に並べる.

-----改ページ-----

図表のタイトルを引用文献の後につける.

図1 .....

図2 .....

表1 .....

表2 .....

-----改ページ-----

表は本文末に表ごとに改頁して添付する

表1

-----改ページ-----

表2

図はPower Pointにて作成する

### 原稿送付先

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座内

日本磁気歯科学会編集委員会

委員長 中村好徳

〒464-0056 名古屋市千種区末盛通り2-11

TEL: 052-759-2152 FAX: 052-759-2152

E-mail: jjmag@jsmad.jp

## 平成28年度日本磁気歯科学会役員

(平成28年1月1日～平成28年12月31日)

理事長：鱒見 進一 (九歯大・歯・教授)  
 副理事長：大川 周治 (明海大・歯・教授)  
 庶務担当理事：大川 周治 (明海大・歯・教授)  
 編集担当理事：中村 好徳 (愛院大・歯・准教授)  
 会計担当理事：秀島 雅之 (東医歯・歯・講師)  
 学術担当理事：越野 寿 (北医療大・歯・教授)  
 監事：東風 巧 (千葉県開業)  
 田中 貴信 (愛院大・名誉教授)  
 水谷 紘 (東医歯大・歯・非常勤講師)

理事：(50音順)

會田 英紀 (北医療大・歯・准教授)	土田富士夫 (神奈川県開業)
芥川 正武 (徳島大・工・講師)	中村 和夫 (山王病院 歯科)
石上 友彦 (日大・歯・教授)	永田 和裕 (日歯新潟・歯・准教授)
市川 哲雄 (徳島大・歯・教授)	誉田 雄司 (福島県開業)
大久保力廣 (鶴見大・歯・教授)	蒔田 真人 (静岡県開業)
大山 哲生 (日大・歯・診療准教授)	槇原 絵理 (九歯大・歯・講師)
倉林 亨 (東医歯大・歯・教授)	増田 達彦 (愛院大・歯・講師)
高田 雄京 (東北大・歯・准教授)	水口 俊介 (東医歯大・歯・教授)
田中 讓治 (千葉県開業)	都尾 元宣 (朝日大・歯・教授)

編集委員会：中村好徳 (委員長), 會田英紀, 芥川正武, 石上友彦, 高田雄京, 中村和夫, 鱒見進一

学術委員会：越野 寿 (委員長), 芥川正武, 尾澤昌悟, 秀島雅之, 槇原絵理, 鱒見進一

用語検討委員会：水口俊介 (委員長), 石上友彦, 高田雄京, 中村好徳, 秀島雅之, 鱒見進一

プロジェクト検討委員会：市川哲雄 (委員長), 大久保力廣, 越野 寿, 高田雄京, 土田富士夫, 秀島雅之

会則検討委員会：中村和夫 (委員長), 大川周治, 大山哲生, 秀島雅之

安全基準検討委員会：大久保力廣 (委員長), 芥川正武, 石上友彦, 土田富士夫, 長谷川みかげ, 倉林 亨, 土橋俊男,

医療委員会：秀島雅之 (委員長), 梅川義忠, 尾澤昌悟, 河野稔広, 河野 舞, 鈴木恭典, 田中讓治, 永尾 寛, 西山 暁, 星合和基

広報委員会：芥川正武 (委員長), 大山哲生, 越野 寿, 誉田雄司, 槇原絵理, 和達重郎

認定医審議委員会：石上友彦 (委員長), 田中讓治, 中村好徳, 鱒見進一, 都尾元宣

臨床評価委員会：永田和裕 (委員長), 大山哲生, 曾根峰世, 増田達彦

ISO 対策委員会：高田雄京 (委員長), 石上友彦, 梅川義忠, 神原 亮, 中村好徳, 槇原絵理, 鱒見進一

オブザーバー：菊地 亮, 眞塩 剛

倫理審査委員会：大川周治 (委員長), 越野 寿

利益相反委員会：大山哲生 (委員長), 大川周治, 槇原絵理

理事長幹事：河野稔広 (九歯大・歯)

庶務幹事：曾根峰世 (明海大・歯)

編集幹事：神原 亮 (愛院大・歯)

認定医審議幹事：梅川義忠（日本大・歯）  
学 術 幹 事：豊下祥史（北医療大・歯）  
用語検討幹事：金澤 学（東医歯大・歯）  
プロジェクト検討幹事：石田雄一（徳島大・歯）  
臨床評価幹事：菅原佳広（日歯新潟・歯）  
I S O 幹 事：高橋正敏（東北大・歯）  
利益相反幹事：中林晋也（日本大・歯）  
安全基準検討幹事：鈴木恭典（鶴見大・歯）

事 務 局：日本磁気歯科学会事務局

明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野内

〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台1-1

TEL：049-279-2747 FAX：049-279-2747

## 日本磁気歯科学会 認定医名簿

(平成27年12月現在)

認定医番号	氏名	所属
1	田中貴信	愛知学院大学歯学部
2	石上友彦	日本大学歯学部
3	星合和基	愛知学院大学歯学部
4	石橋寛二	岩手医科大学歯学部
5	水谷 紘	東京医科歯科大学
6	鱒見進一	九州歯科大学
8	大川周治	明海大学歯学部
12	細井紀雄	鶴見大学歯学部
13	中村和夫	東京都開業
15	磯村哲也	康生歯科医院
16	田中讓治	田中歯科医院
20	細見洋泰	細見デンタルクリニック
21	井上 宏	大阪歯科大学
22	佐々木英機	佐々木歯科医院
23	平井敏博	北海道医療大学歯学部
24	津田賢治	中花ファミリー歯科
25	誉田雄司	誉田歯科医院第一診療所
28	中村好徳	愛知学院大学歯学部
29	石川 晋	石川歯科医院
30	水野直紀	みずの歯科医院
31	蒔田真人	敬天堂歯科医院
32	平田幹男	平田歯科医院
33	大貫昌理	鶴見大学歯学部
34	土田富士夫	鶴見大学歯学部
35	大山哲生	日本大学歯学部
36	佐々木秀隆	東京医科歯科大学歯学部
37	大塩恭仁	徳島大学歯学部
38	郡 元治	徳島大学歯学部
39	大草大輔	大草歯科医院
41	松崎慎也	中村歯科医院
42	楨原絵理	九州歯科大学歯学部
43	蓮池敏明	明海大学歯学部
44	藤本俊輝	日本大学歯学部
45	千草隆治	千草歯科医院

認定医番号	氏名	所属
46	都尾元宣	朝日大学歯学部
47	薩摩登誉子	徳島大学歯学部
48	佐藤志貴	さとう歯科
49	八木まゆみ	九州歯科大学歯学部
50	宮前真	愛知学院大学歯学部
51	長谷川信洋	愛知学院大学歯学部
52	天野優一郎	愛知学院大学歯学部
53	倉田秀	三井住友銀行診療所
54	中村浩子	愛知学院大学歯学部
56	安藤智宏	東京医科歯科大学歯学部
57	山本公珠	愛知学院大学歯学部
58	庄司和伸	愛知学院大学歯学部
59	武藤亮治	鶴見大学歯学部
60	石田雄一	徳島大学歯学部
61	熊野弘一	愛知学院大学歯学部
62	増田達彦	愛知学院大学歯学部
63	神原亮	愛知学院大学歯学部
64	曾根峰世	明海大学歯学部
65	田端有希	日本大学歯学部

## 賛助会員 (五十音順)

愛知製鋼株式会社	〒476-8666	愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 電子・磁性部
医歯薬出版株式会社	〒113-0021	東京都文京区本駒込1-7-10 歯科宣伝
株式会社 ジーシー	〒113-0033	東京都文京区本郷3-2-14
株式会社 モリタ	〒564-8650	大阪府吹田市垂水町3-33-18
日本メディカルテクノロジー株式会社	〒176-0014	東京都練馬区豊玉上2-2-5 桜台ツーウッズビル2F
NEOMAXエンジニアリング株式会社	〒370-2115	群馬県高崎市吉井町多比良2977番地
和田精密歯研株式会社	〒532-0002	大阪府大阪市淀川東三国1-12-15 辻本ビル6F

## — 編集後記 —

日本磁気歯科学会雑誌24巻の作製にあたりまして、本年度も多数の企業様から御協力を頂き、発行に至ることができました。我々学会員も益々学会の発展に尽力していかなければならないと考えております。

今後も会員の皆様に充実した雑誌を提供できますよう編集委員会も努力して参ります。会員の皆様の活発なご投稿をお待ちしております。

◆次号の原稿締切りは、平成28年5月31日の予定です。随時投稿受付を行っておりますので、お早めにご準備のほどお願い申し上げます。編集の迅速化と印刷費低減のため、メールあるいはCD送付などの電子媒体でのご投稿にご協力ください。メールでのご投稿は下記のメールアドレスまで宜しくお願い致します。

jmag@jsmad.jp

編集幹事 神原 亮

編集委員長 中村好徳 (愛知学院大学)  
 編集委員 會田英紀 (北海道医療大学)  
 (五十音順) 芥川正武 (徳島大学)  
 石上友彦 (日本大学)  
 高田雄京 (東北大学)  
 中村和夫 (東京都開業)  
 鱒見進一 (九州歯科大学)  
 編集幹事 神原 亮 (愛知学院大学)

日本磁気歯科学会雑誌 第24巻・第1号

2015年12月1日発行

発行者 鱒見進一

発行所 日本磁気歯科学会

事務局 明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野内

〒350-0283 埼玉県坂戸市けやき台1-1

TEL: 049-279-2747 FAX: 049-279-2747

印刷 東北大学生生活協同組合キャンパスサポートセンター

〒989-3121 宮城県仙台市青葉区郷六字久保8-1

TEL: 022-226-3886・3887 FAX: 022-223-4518