

日磁歯誌  
J J Mag Dent  
ISSN 0918-9629

2009 Volume 18. Number 1



The Journal of the Japanese Society  
of Magnetic Applications in Dentistry

# 日本磁気歯科学会雑誌

第18卷

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. 18, No. 1 2009

日本磁気歯科学会発行

## 第19回 日本磁気歯科学会学術大会の開催について

この度、第19回日本磁気歯科学会学術大会を下記の要綱で行うことになりましたので、ご案内いたします。

会期：平成21年11月14日（土）、15日（日）  
会場：岩手医科大学60周年記念館（岩手医科大学附属病院循環器センター9階）  
岩手県盛岡市内丸19番1号  
大会長：石橋寛二（岩手医科大学歯学部 教授）  
特別講演：平成21年11月14日（土）  
演題：Volume Extractor – 3次元画像処理と形状再構成  
講師：土井章男（岩手県立大学 教授）  
シンポジウム：平成21年11月15日（日）  
テーマ：QOLを高める補綴装置・磁性アタッチメント  
座長：田中貴信（愛知学院大学 教授）  
演題：多様な臨床条件下での術後経過（講師：河口日出男、千葉県市川市開業）  
演題：インプラン治療への積極的導入（講師：田中譲治、千葉県柏市開業）  
演題：歯冠外アタッチメントとしての有髓歯への適用（講師：岡田通夫、愛知学院大学技工部）

### －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。

大会参加費：会員3,000円 非会員5,000円（9月11日（金）迄）

会員5,000円 非会員7,000円（9月12日（土）以降）

参加登録振込先：銀行名（岩手銀行 本町支店）

口座番号（普通貯金 2036000）

口座名（第19回日本磁気歯科学会学術大会 大会長 石橋寛二）

（なお、複数名分をまとめてお振り込みの場合には、代表者名にてお振り込みいただき、  
お手数ですが、E-mailにて事前申込者名をお知らせ下さい。）

懇親会：平成21年11月14日（土）午後6時30分～

懇親会会場：盛岡グランドホテル 地下1階 飛龍の間

会費：7,000円（参加登録費と一緒に振り込み下さいますようお願い致します。なお、参加者名を  
メールでお知らせ下さい。）

連絡先：第19回日本磁気歯科学会学術大会実行委員会

準備委員長 伊藤創造

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座

TEL019-651-5111（内線4127） FAX019-654-3281

e-mail: jmd2009@iwate-med.ac.jp

本学会では認定医制度を設けており、磁気にに関する専門知識、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。本学会HPの認定医制度規則をお目通しの上奮って学術大会にご参加下さい。

## 第9回 国際磁気歯科学会のお知らせ

### The 9th International Conference on Magnetic Applications in Dentistry

#### General Information

The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry (President: Tomohiko Ishigami, Nihon University) is a scientific association founded in 1991 and is devoted to furthering the application of magnetism in dentistry. The 9th International Conference on Magnetic Applications in Dentistry organized by JSMAD will take place on the Internet as follows.

#### Meeting Dates:

Monday, March 1 to Friday, March 19, 2010

#### Location:

JSMAD web site  
<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/index-e.shtml>

#### General Chair:

Kanji Ishibashi  
(Iwate Medical University, School of Dentistry)

#### 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 9th 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 8,000 yen per page. (No charge for invited paper.)

#### Guidelines for Presentation

##### Deadlines:

Entry: February 5, 2010  
Poster submission: February 19, 2010

##### 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 multibyte 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 [sozoito@iwate-med.ac.jp](mailto:sozoito@iwate-med.ac.jp)

##### Conference Secretariat:

E-mail: [sozoito@iwate-med.ac.jp](mailto:sozoito@iwate-med.ac.jp)  
Tel: +81-196-651-5111 Fax: +81-196-654-3281

Visit JSDMD Home Page for updates!

[Http://wwwspoc.nii.ac.jp/jmd/index-e.shtml](http://wwwspoc.nii.ac.jp/jmd/index-e.shtml)

## 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。不明は、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://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/>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。

〒803-8580 北九州市小倉北区真鶴2-6-1

九州歯科大学顎口腔欠損再構築学分野内

日本磁気歯科学会事務局

Tel 093-582-1131 Fax 093-582-1139

## 目 次

## 総 説 論 文

磁性アタッチメントの魅力	1
細井紀雄	
オーロラと磁場	14
門倉 昭	

## 原 著 論 文

オーバーデンチャーにおける支台歯根面板上面の傾斜角度の違いが周囲皮質骨に及ぼす影響	19
片倉祐輔、大山哲生、石上友彦、永井栄一、山中大輔、小豆畠拓夫、田所里美、白石康博	
磁性アタッチメントの加熱による吸引力への影響	25
宮田利清、中村好徳、安藤彰浩、庄司和伸、新実 淳、熊野弘一、増田達彦、田中茂生、高田雄京、田中貴信	
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	
安藤彰浩、中村好徳、神原 亮、大野芳弘、田中貴信	32
光弾性実験を用いた各種磁性アタッチメント義歯の応力解析	42
中村浩子、中村好徳、田中貴信	

## 臨 床 論 文

インプラント用 Titanmagnetics® の臨床使用経験	52
森田巨樹 森田玲子 森田知生	
磁性アタッチメント用キーパーを金銀パラジウム合金にて鋳接した8年経過の一症例	60
泉田明男	
キャストクラスプへの磁性アタッチメントの応用 —Magnetic Rest Clasp の考察—	64
蓮池敏明、草野寿之、奥津史子、松川高明、曾根峰世、大川周治	

## 第18回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

ブリッジポンティック部に設置した歯冠外磁性アタッチメントの臨床例	69
山本公珠	
磁性アタッチメントを用いたフルマウスリコンストラクション	69
庄司和伸	
長期にわたる磁性アタッチメントの術後調査 その1. 金属床義歯について	70
伊藤 瑠、星合和基、長谷川信洋、連 直子、川口卓行、野田和秀、渡辺敬一郎、田中貴信	
長期にわたる磁性アタッチメントの術後調査 その2. レジン床義歯について	71
川口卓行、星合和基、長谷川信洋、連 直子、伊藤 瑠、野田和秀、渡辺敬一郎、田中貴信	
高感度磁気センサ (MI センサ) を用いた高齢者を対象とした嚥下診断に関する研究	71
谷田弓磨、芥川正武、木内陽介、市川哲雄	
ラットの液体資料飼育が血清抗酸化能に及ぼす影響	72
—電子スピン共鳴装置を用いたスピンとラッピング法による測定—	
鈴木裕仁、越野 寿、平井敏博	
インベストスペースによるキーパー付き根面板の新たな作製法	73
長谷川みかげ、石上友彦、高村昌明、馬嶋藍子、坂口節子、齋藤秀雄	
MI センサ内蔵姿勢検出センサの仮想咬合平面設定への応用	73
石田雄一、佐藤 裕、永尾 寛、市川哲雄	

---

海外製磁性アタッチメントの漏れ磁界解析	74
西田美奈子、手川歓謙、木内陽介	
分割式栓塞子に磁性アタッチメントを応用した顆義歯症例	74
金田 桂、大貫昌理、細井紀雄、鈴木清貴、西山雄一郎	
ウシ副腎髓質細胞の容積調節機構に及ぼす変動強磁界の影響	75
池原敏孝、川添和義、木内陽介、宮本博司	
クロスヘッドスピードが磁性アタッチメントの吸引力に与える影響	76
小川 泰、梅川義忠、石上友彦、竹内義真、月村直樹、大谷賢二、大野 繁	
根面板の軸面傾斜角度がオーバーデンチャーの支台歯に及ぼす影響	77
山中大輔、大山哲生、片倉祐輔、永井栄一、三橋 裕、中林晋也、石上友彦	
常温重合レジンによる磁石構造体合着時の義歯撤去のタイミングについて	77
遠藤茂樹、石上友彦、宮田和幸、豊間 均、小野貴子、露無益子、小豆畑拓夫	
支台歯に天然歯とインプラントを混在させたT M C S およびインプラントのみを用いた2症例	78
芥川秀康、芥川芳秀、中島雅幸	
T M C S (磁性アタッチメントを用いたチタン製可撤式ブリッジ) の臨床	
－機能的審美的機能的咬合平面を使用したインプラント症例－	
東風 巧、誉田雄司、中島雅幸、菊地 亮	79
磁性アタッチメントに用いられるステンレス鋼とチタンの接触腐食	79
高田雄京、勝原久佳、小松正志、奥野 攻	
三次元有限要素法による歯冠外型磁性アタッチメント支台歯の連結効果	
－第二報 CTデータからの有限要素モデルの構築－	
安藤彰浩、神原 亮、宮田利清、増田達彦、小澤隆幸、門井 聰、中村好徳、田中貴信	80
三次元有限要素法による歯冠外アタッチメント症例におけるプレーシングアームの効果について	
神原 亮、安藤彰浩、熊野弘一、松村晋也、宮田信男、中村好徳、田中貴信	81
磁性アタッチメントの加熱による吸引力への影響	
－第二報 義歯床用レジンの重合について－	
宮田利清、新実 淳、安藤彰浩、庄司和伸、熊野弘一、増田達彦、佐藤志貴、中村好徳、田中貴信	81
有限要素法による磁性アタッチメントの吸引力特性の解析	
熊野弘一、増田達彦、山岡裕幸、野村紀代彦、中村好徳、田中貴信	82
インプラントオーバーデンチャー用角度補正型マグネットアタッチメントの開発	
鎌田奈都子、大久保力廣、新保秀仁、細井紀雄、田中康弘、菊地 亮	83
仮想空間内のマグネットデンチャー設計 simulation system についての検討	
小川 匠、重田優子、井川知子、安藤栄里子、土田富士夫、前田祥博、水野行博、細井紀雄、 横原絵理、鰐見進一	83
小型磁石を用いた多自由度顆運動計測	
石原尚樹、芥川正武、木内陽介	85
カーボン芯を用いたキーパーセメントボンド法 第1報 技工術式	
松原 恒、水谷 紘、秀島雅之、西山 曜、佐々木英隆、松崎慎也、中村和夫、五十嵐順正	85
すれ違い咬合に磁性アタッチメント部分床義歯で対応した1症例	
福本幹介、秀島雅之、都甲雅俊、安藤智宏、水谷 紘、五十嵐順正	86
インプラントオーバーデンチャーの評価 一文献的考察－	
水谷 紘、安藤智宏、大草大輔、石川 晋、佐藤雅之、五十嵐順正	86
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 (第2報)	
都甲雅俊、秀島雅之、福本幹介、水谷 紘、五十嵐順正	87

---

---

キャストクラスプへの磁性アタッチメントの応用 —Magnetic Clasp の考案— 草野寿之、奥津史子、松川高明、曾根峰世、蓮池敏明、大川周治	87
平成20年度 日本磁気歯科学会第2回理事会議事要旨	89
平成21年度 日本磁気歯科学会第1回理事会議事要旨	90
編集委員会報告	93
日本磁気歯科学会会則	94
日本磁気歯科学会認定医制度規則	95
日本磁気歯科学会認定医制度施行細則	96
日本磁気歯科学会雑誌投稿規定	97
平成21年度日本磁気歯科学会役員	98
日本磁気歯科学会 認定医名簿	99
磁気歯科診療ガイドライン作製のためのアンケート予備調査のお願い	101
賛助会員	103
編集後記	103

The Journal of the Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry  
Vol. 18, No. 1, November 2009  
Contents

Attractive Magnetic Attachments Toshio Hosoi .....	1
Relationship between aurora and magnetic field Akira Kadokura .....	14
Influences of the inclination of coping surface on the abutment teeth for overdentures Yuusuke Katakura, Tetsuo Ohyama, Tomohiko Ishigami, Eiichi Nagai, Daisuke Yamanaka, Takuo Azuhata, Satomi Tadokoro and Yasuhiro Shiraishi .....	19
Influence of the heating on the attractive force of the magnetic attachments Toshikiyo Miyata, Yoshinori Nakamura, Akihiro Ando, Kazunobu Shouji, Jun Niimi, Hirokazu Kumano, Tatsuhiro Masuda, Shigeo Tanaka, Yukyo Takada and Yoshinobu Tanaka .....	25
Effect of abutment tooth connection of an extracoronal magnetic attachment on the stress distribution in their periodontal tissues analyzed by the three dimensional element method Akihiro Ando, Yoshinori Nakamura, Ryo Kanbara, Yoshihiro Ohno and Yoshinobu Tanaka .....	32
Stress analysis of removable partial dentures with magnetic attachments using the photoelastic experiments Hiroko Nakamura, Yoshinori Nakamura and Yoshinobu Tanaka .....	42
Clinical report about the use of Titanmagnetics® for implant-supported overdentures Ohki Morita, Reiko Morita and Tomonari Morita .....	52
A magnetic attachment with a casting junction between the keeper of a magnetic attachment and a Ag-Pd-Au cast alloy was used for eight years: A case report Akio Izumida .....	60
Application of a Magnetic Attachment to a Cast Clasp —Development of a Magnetic Rest Clasp— Toshiaki Hasuike, Toshiyuki Kusano, Fumiko Okutsu, Takaaki Matsukawa, Mineyo Sone and Shuji Ohkawa .....	64

## 磁性アタッチメントの魅力

細井紀雄

Attractive Magnetic Attachments  
Toshio Hosoi

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から歯根膜に為害作用を及ぼさない支台装置として、コンプリートおよびパーシャルオーバーデンチャーの根面アタッチメントとして広く普及している。我々の教室では磁性アタッチメントのこの特性を利用して、根面アタッチメント以外にも支台装置に応用している。そこで、磁性アタッチメントの魅力を、キーパーの固定法（ダイレクトボンディング法）、磁石構造体の固定法（ハウジング法）、可撤性ブリッジへの応用、歯冠外アタッチメントへの応用、歯根挺出装置への応用、インプラント支台装置への応用、顎義歯への応用、鋳造磁性白金鉄合金製キーパーと磁石構造体の組み合わせの8項目について術式、症例を供覧した。

Magnetic attachments have been widely applied as retainers for removable dentures, as such attachments do not affect the periodontal ligament of the abutment tooth because there is hardly any lateral force produced by those devices.

In Tsurumi University Dental Hospital, magnetic attachments have been applied to several retainers except for those with a stud attachment. Here, we report on the benefits of magnetic attachments, discuss the eight steps included in the technique, and present representative cases. The report contains a discussion of the following subjects: fixation of the keeper/(direct bonding method); fixation of the magnetic assembly/(housing method); application of a removable bridge; application of an extracoronal attachment; a device for the extrusion of tooth roots; the development of an angle abutment magnetic attachment for implant supported overdentures; the application of an obturator for maxillofacial prostheses; and the application of a cast iron-platinum keeper.

**Key words :** 磁性アタッチメント (magnetic attachment)  
ダイレクトボンディング法 (direct bonding method)  
ハウジング法 (housing method)  
歯冠外磁性アタッチメント (extracoronal magnetic attachment)  
角度補正型マグネットアタッチメント (compensating angle magnetic attachment)

鶴見大学歯学部

Tsurumi University School of Dental Medicine

## はじめに

歯科用磁性アタッチメントが臨床に応用されるようになって約20年になる。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から歯根膜に為害作用を及ぼさない支台装置として多くの臨床家の支持を得ている。今日、コンプリートおよびパーシャルオーバーデンチャーの根面アタッチメントとして広く普及していることは周知の事実である。我々の教室では磁性アタッチメントの吸引力の方向と吸引力があらかじめわかっている特性を利用して、根面アタッチメント以外にも種々の補綴装置に応用している。そこで、磁性アタッチメントの魅力と題して、その応用法を紹介する。

1. キーパーの固定法（ダイレクトボンディング法）
2. 磁石構造体の固定法（ハウジング法）
3. 可撤性ブリッジへの応用
4. 齒冠外アタッチメントへの応用
5. 歯根挺出装置への応用
6. インプラント支台装置への応用
7. 顎義歯への応用
8. 鋳造磁性白金鉄合金製キーパーと磁石構造体の組み合わせ
  - 1) エピテーゼへの応用
  - 2) 折りたたみ義歯への応用

### 1. キーパーの固定法（ダイレクトボンディング法）

ダイレクトボンディング法<sup>1, 2)</sup>はキーパーを鋳接により根面板に固定するのではなく、根面板に直接、セメント合着して固定する。このため加熱によるキーパーのすき間腐食や酸化被膜が生じて吸引力が低下するおそれがない。ここでは、フィジオマグネット35（ニッシン）（図1a, b, c）を使用したダイレクトボンディング法（以下DB法）を説明する。

DB法ではキーパーハウジングを使用するため、根面の大きさに合わせてキーパーの大きさを選択する。そこで自家製キーパーハウジングサイズゲージを作成した（図2a, b）。ワックスアップした根面板に選択した大きさのハウジングパターンを設置し、根面板とキーパーハウジングが一体となったワックスパターンを鋳造して研磨、完成する

（図3a, b）。超精密仕上げ用フィルム4000番をガラス練板上に貼付して機械油を滴下し、鋳造され

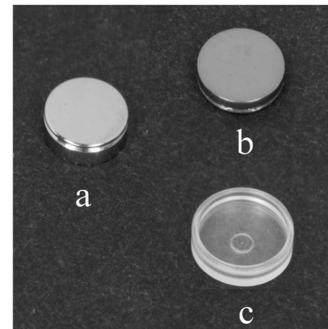


図1. ダイレクトボンディング法（DB法）に用いる磁性アタッチメント（フィジオマグネット35、ニッシン）

- a. 磁石構造体
- b. キーパー
- c. キーパーハウジングパターン

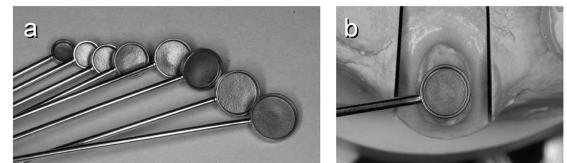


図2. 自家製キーパーハウジングサイズゲージ

- a. サイズゲージ（8種）
- b. 根面板の大きさに合わせてキーパーのサイズを選択

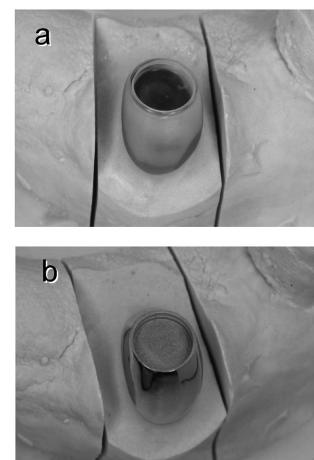


図3. キーパーハウジング付き根面板の製作  
a. キーパーハウジングと根面板を一体としてワックスアップ  
b. 鋳造、研磨して完成

たキーパーハウジングを一方向に研磨して仕上げる。キーパーハウジング部とキーパーにアルミナサンドブラスト処理を行った後、金属接着性プライマー（アロイプライマー、クラレメディカル）を塗布して接着処理を行い、キーパーをハウジング部にレジンセメント（パナビア F2.0、クラレメディカル）で合着する。この際、磁石構造体とキーパーの間にカバーグラスを介在させハウジング内にレジンセメントを満たして圧入すると、キーパー上面に余剰のセメントが溢れることなく滑沢に仕上げることが出来る（図4 a, b, c）。光照射してキーパーを根面板に合着し、はみ出た僅かなバリを取り除く（図4 d）。DB法と鋳接法の吸引力を比較した結果、DB法は平均4.98N、鋳接法は平均4.81NでDB法が有意に高い吸引力を示した<sup>3, 4)</sup>（図5）。キーパーの表面を三次元計測装置で測定した結果、鋳接法によるキーパーの上面はDB法よりも盛り上がっており、表面粗さも有意に大きかった<sup>5)</sup>。これは根面板の鋳造収縮によ

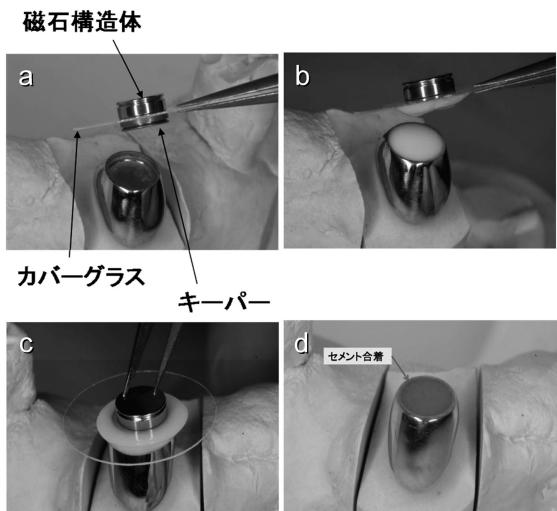


図4. キーパーをハウジング部にセメント合着  
 a. 根面板、磁石構造体、キーパー、カバーグラス  
 b. レジンセメントをキーパーハウジングに満たす。  
 c. カバーグラスを介して磁石構造体でキーパーを圧入する。  
 d. DB法により根面板にセメント合着されたキーパー  
 キーパー上面の平面性を損なうことなく根面板に固定することができる。

りキーパーが変形を起こし、かつ研磨により表面の滑沢性が低下したためと考えられた。次に、磁性アタッチメント（ハイパースリム 3513、日立金属）、OPAアタッチメント（井上アタッチメント）とコーピングテレスコープの維持力を比較した。クロスヘッドスピード20mm/min.で大気中と水中浸漬後取り出して濡れた状態（wet）で引っ張り試験を行った。磁性アタッチメントの維持力は大気中ではOPAよりも大きく、コーピングよりも小さかったが、wet状態では維持力の低下が認められなかった。これに対して、OPAアタッチメントとコーピングテレスコープはwet状態では大気中よりも維持力は低下した<sup>6)</sup>（図6）。口腔内の湿潤下ではOPAアタッチメントとコーピングテレスコープは、いずれも維持力が大気中の測定値よりも減少するが、磁性アタッチメントはその影響を受けないことが示唆された。

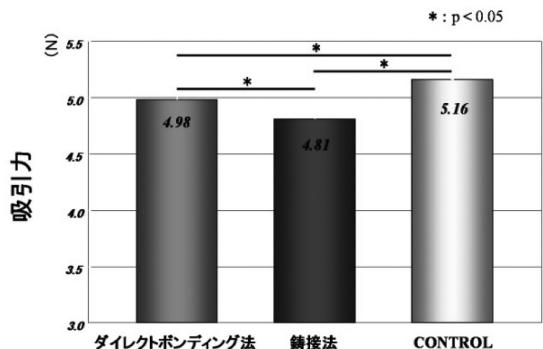


図5. ダイレクトボンディング法と鋳接法の吸引力の比較

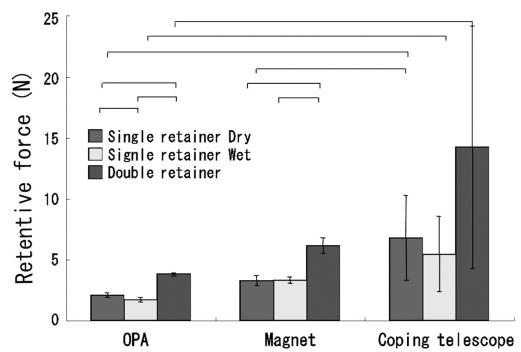


図6. OPAアタッチメント、コーピングテレスコープと磁性アタッチメント（ハイパースリム3513、日立金属）の吸引力の比較

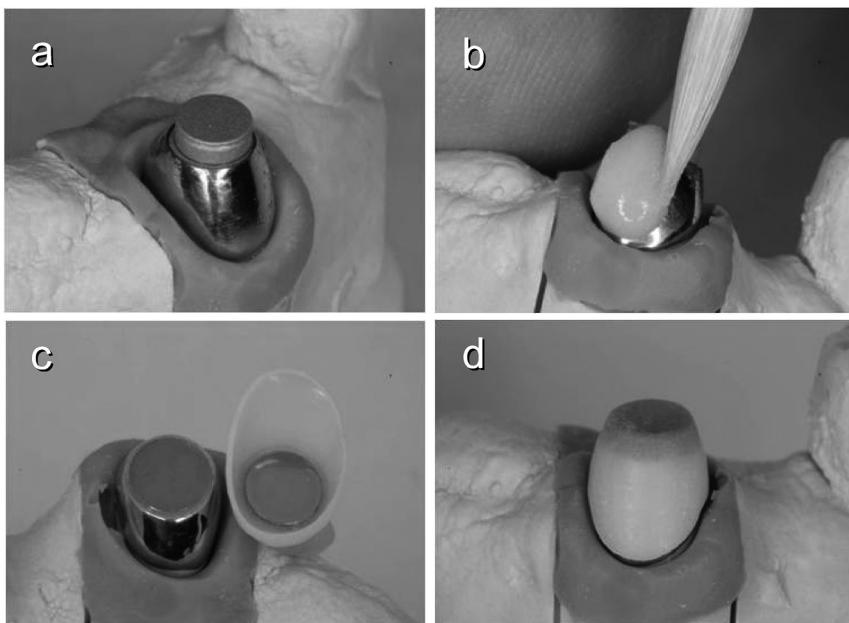


図7. レジンハウジングの製作

- a. 根面板に合着されたキーパーと磁石構造体
- b. 常温重合レジンを筆積みして磁石構造体を含むハウジングを製作
- c. 磁石構造体を包むレジンハウジングの内面
- d. レジンハウジングの完成

## 2. 磁石構造体の固定法（レジンハウジングとメタルハウジング）

従来、磁石構造体を義歯に固定する際、常温重合レジンを筆積みして口腔内で直接取り付けていた。この方法はレジンの硬化時、収縮により磁石構造体が変位してキーパーとの接着面が密着しないという懸念があった。そこで、取り付け時に吸引力を低下させない方法として磁石構造体用のハウジングを考案した。ダイレクトボンディング法で製作されたキーパー付き根面板に磁石構造体を吸着させ、根面板と磁石構造体をくるむように、常温重合レジンを筆積みしてレジンハウジングを製作する（図7 a, b, c, d）。完成した磁石構造体付きレジンハウジングを筆積み法で義歯に取り付けることにより、キーパーと磁石構造体は三次元的にずれることなく取り付けられるため、吸引力を最大限に発揮することが可能になる。さらに、咬合力が強い場合やすれ違ひ咬合では、磁石構造体の周囲を補強するためにメタルハウジングにすることも有効である<sup>7)</sup>（図8）。これは、義歯床のリラインや修理が必要になった場合、磁石構造

体を傷つけることなく一塊として取り出して再利用できるというメリットがある。メタル色を透過させないために、オペークレジンを外面に塗布しておくと審美的である。なお、磁石構造体を義歯床に取り付ける時期は、義歯製作時や装着時でなく、歯根膜と粘膜の被圧変位量がある程度、調整される義歯装着後1週間経過時が良い。



図8. メタルハウジングの製作

ハウジングを鋳造後、磁石構造体をセメント合着する。

## 3. 可撤性ブリッジへの応用

磁性アタッチメントをクラウンの支台装置に応用して可撤性ブリッジにした症例は既に幾つか報

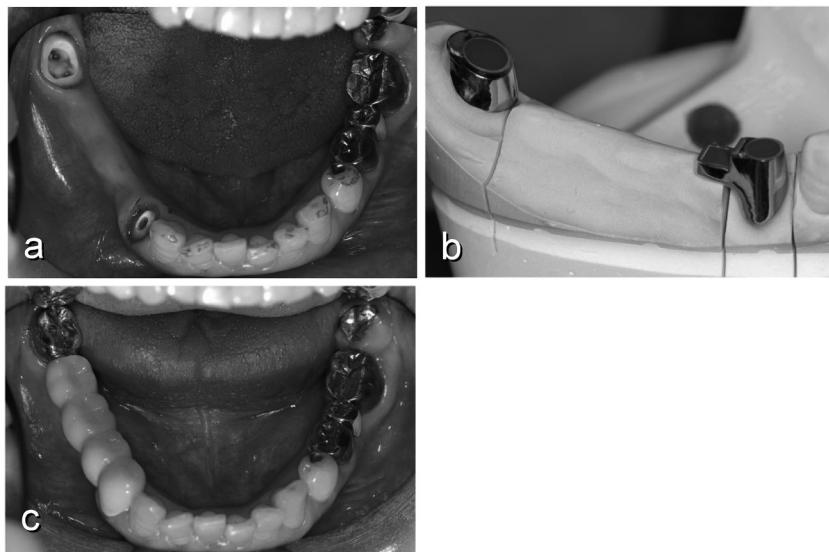


図9. 可撤性ブリッジへの応用

- ブリッジ除去後の口腔内の状態
- 支台装置に取り付けられたキークリップ  
4| 8| にフィジオマグネットのキークリップ、4| 遠心隣接面にL字型キークリップを設置（フィジオマグネット35.52、ニッシン。試作磁石構造体、日立金属）
- 可撤性ブリッジの装着、1年6ヶ月経過している。

告されている<sup>8)</sup>。我々もダイレクトボンディング法とハウジング法により磁性アタッチメントを支台装置とした可撤性ブリッジを製作した。

患者は55歳の女性で下顎右側臼歯部の疼痛を訴えて来院した。診察の結果、疼痛の原因が特定出来ず症状などからいわゆる非定型性歯痛と診断された。非定型性歯痛は突発性歯痛とも呼ばれ、歯または抜歯後疼痛が持続しレントゲン画像などの異常所見がなく診断が困難な状態をいう。好発部位は第二小臼歯または第一大臼歯で、特に女性が多い。本症例は歯の欠損は765]と3歯であり、8]が残存している(図9a)。パーシャルデンチャーの装着を薦めたが審美的な理由により同意が得られなかったため、歯根膜・粘膜負担の可撤性ブリッジを装着する治療方針が選択された。支台装置は磁性アタッチメント(4] フィジオマグネット35と試作磁石構造体、8] フィジオマグネット52、ニッシン)を選択して、4]には咬合面にフィジオマグネットのキークリップを、遠心隣接面にL字型キークリップをそれぞれ設置した。4]と8]の支台歯の内冠にキークリップをダイレクトボンディング法により取り付けた(図9b)。上部構造として可撤性ブリッジのフレームを製作し、外冠の内面に

磁石構造体をメタルハウジング法により取り付け、硬質レジン前装冠のブリッジを製作し、装着した(図9c)。2008年10月現在、装着後1年6ヶ月であるが患者は審美的、機能的に満足しており経過は良好である<sup>9)</sup>。

#### 4. 歯冠外アタッチメントへの応用

磁性アタッチメントを支台歯隣接面に応用する方法を考案した。利点は①クラスプを用いないため審美的である。②支台歯を切削しないため侵襲が少ない。③支台歯に側方力が加わらないため支台歯を保護する。であり、欠点は①操作が難しい。②維持力が小さい。である。

パーシャルデンチャーの維持装置として使用する場合、磁性アタッチメントの特性を考慮すると他の残存歯に支持、把持機能を設定する必要がある。ここでは磁性アタッチメントを支台歯隣接面に応用した2症例を紹介する。

症例1. 56歳、女性。

患者は8]と4]を支台歯とした部分床義歯を装着していたが、う蝕により4]は抜歯となった。3]にクラスプを設計する通常の義歯は審美的理由から同意が得られなかったため、3]遠心に磁

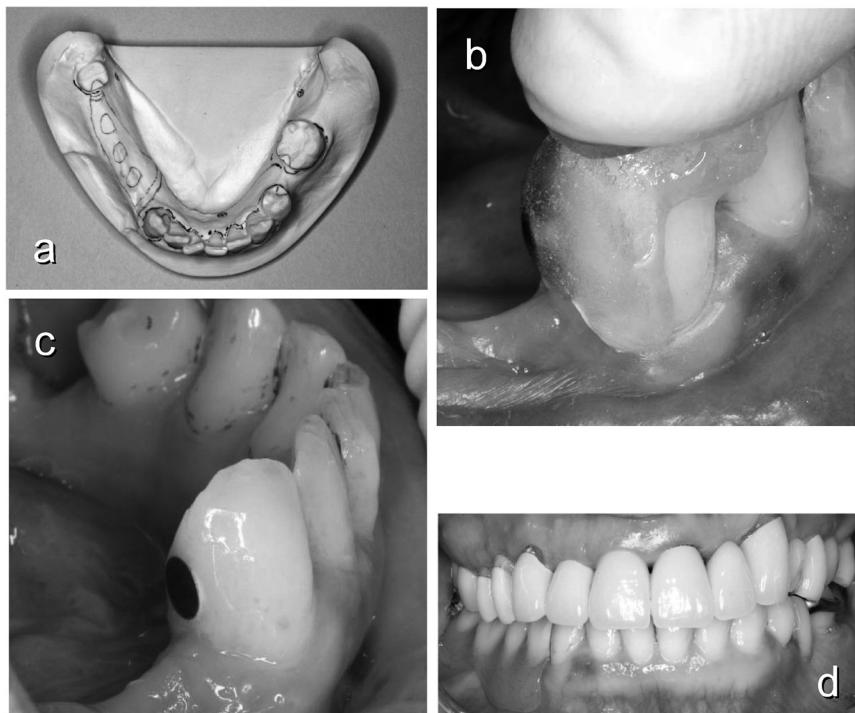


図10. 歯冠外アタッチメントへの応用

- 研究用模型、 $\overline{3}$  遠心隣接面に歯冠外磁性アタッチメント、 $\overline{4-8}$  にレスト、 $\overline{6}$  に Akers クラスプを設置する金属床義歯の設計
- $\overline{3}$  遠心隣接面にキーパーをセメント合着、シェルに組み込まれたキーパーを光重合レジンで接着する。(フィジオマグネット35、ニッシン)
- 隣接面にセメント合着されたキーパー (フィジオマグネット35、ニッシン)
- 歯冠外磁性アタッチメント義歯の装着。審美的にも、機能的にも患者の満足が得られた。

性アタッチメント、 $\overline{4}$  人工歯部に磁石構造体、 $\overline{8}$  近心レスト、 $\overline{4}$  近遠心レスト、 $\overline{6}$  Akers クラスプの治療方針とした (図10a)。サベイングの後、 $\overline{3}$  遠心隣接面にキーパーを取り付ける位置を決定し、キーパーを接着するためのシェルを常温重合レジン (クリア) を用いて製作した。遠心隣接面の歯面にエッチング、ボンディング処理を行い、磁石構造体とキーパー (フィジオマグネット35、ニッシン) が組み込まれたシェル内面に分離剤を塗布後、接着性レジンを満たして支台歯に装着した。余剰のレジンを取り除いた後、光照射して接着した。硬化後、シェルを除去さらに余剰のレジンがあれば整理する (図10b, c)。正面からは見えない位置にキーパーは接着され審美的にも、機能的にも患者の満足が得られた<sup>10)</sup> (図10d)。本症例は装着後3年経過している。

#### 症例2. 66歳、男性。

上顎無歯頬、下顎は $\overline{3}|\overline{3}$  残存である。下顎義歯は維持、支持、安定が不良のため咀嚼不良を訴えている。過去に7回義歯を製作したが満足出来なかった。上顎は全部床義歯を装着している。 $\overline{3}|\overline{3}$  の近遠心隣接面に磁性アタッチメントを設置して維持、把持を図り、金属切縁レストにより支持を得る設計とした。近心隣接面にはマグフィット (EX600W、愛知製鋼) のキーパーを、遠心隣接面には試作したL字型キーパー (日立金属) の一部を設置し (図11a, b)、義歯側に磁石構造体を取り付けて口腔内に装着した (図11c)。本義歯は装着後3年経過しているが、装着時の維持力は保持され咀嚼機能は向上した (図11d)。しかし、支台歯にブレーキの付着が認められ、清掃性に問題を残した。

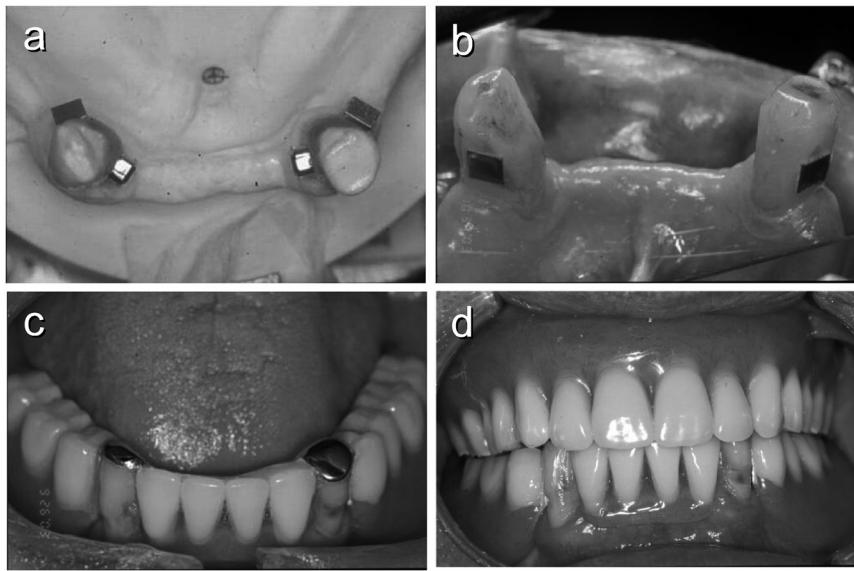
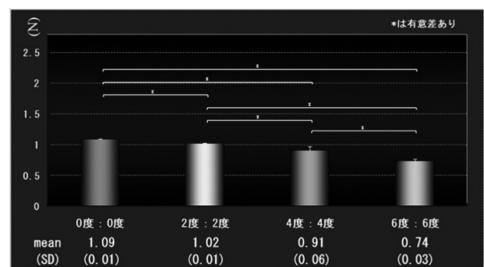


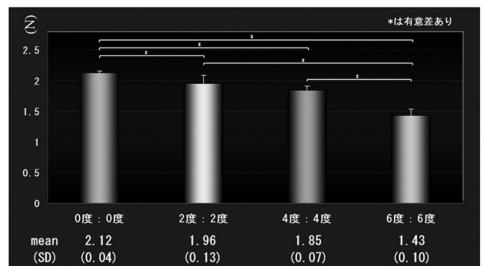
図11. 歯冠外磁性アタッチメントの応用

- 模型上で  $\overline{3|3}$  残存歯の近心と遠心隣接面にそれぞれ磁石構造体とキーパーを設置 (EX600W、愛知製鋼、試作磁石構造体、日立金属)
  - 遠心隣接面に合着されたキーパー (L字型キーパー、日立金属)
  - $\overline{3|3}$  に切縁レストを設けた歯冠外磁性アタッチメント義歯の装着
  - 上下顎義歯装着
- 3|3 に金属クラスプがなく、審美的である。

磁性アタッチメントを支台歯隣接面に応用した場合の維持力について模型実験を行い検証した。下顎第一小臼歯を模したアクリルレジン製の支台歯模型を用意し、0, 2, 4, 6 度のテーパーを付与した近遠心隣接面にキーパーを合着した。フィジオマグネット35 (ニッシン) を取り付け、デジタルフォースゲージ (日本電産シンボ) にてクロスヘッドスピード80mm/min.で維持力を測定した。それぞれ10回計測し、一元配置分散分析後、Scheffe の多重比較を用いて危険率 5 %で検定した。遠心隣接面に磁性アタッチメントを設置した場合の維持力はテーパー0度が最も大きく、1.1N であり、6 度では0.7N であった<sup>11)</sup>。近遠心にアタッチメントを設置した場合も 0 度が最も大きくテーパーが大きくなるに従い、維持力は減少した (図12a, b)。近遠心隣接面にアタッチメントを設置しない場合の維持力についても測定した結果、0 度のみ0.3N が測定されたが、2, 4, 6 度では全く維持力は出現しなかった。支台歯形成、維持力の付与から考慮すると隣接面に磁性アタッチメントを使用する場合、4ないし6 度のテーパーが妥当と考えられた。



a



b

図12. 磁性アタッチメントを支台歯隣接面に応用了した場合の維持力

- 遠心隣接面が磁性アタッチメント (フィジオマグネット35) の場合
- 両隣接面とも磁性アタッチメントの場合

## 5. 歯根挺出装置への応用

歯肉縁下にある歯周組織が健全な歯根を単独冠、あるいは義歯の支台歯として有効活用することができれば、咬合の回復に有利である。このような歯根を挺出させる試みは種々の方法により行われて来たが、教室の阿部らは磁性アタッチメントによる歯根挺出装置を考案、製作して歯根の挺出を図っている。本装置は厚み0.4mmのキーパー（ハイパースリム3513、日立金属）を特注により製作し、これを10枚重ねてレーザーで溶接し、磁石構造体と組み合わせて使用する<sup>12)</sup>（図13）。症例は|2が残根状態であるが根管処置が適切に施され、歯周組織も良好である。|2の根面に磁石構造体を常温重合レジンで接着し、上顎歯列を覆うリテーナーを製作する。そのリテーナーの内面にキーパーを積層した本装置を取り付け、キーパーと磁石構造体の間に僅かなギャップを付与して装着する（図14a, b）。個人差はあるが約1週間で、そのギャップが埋まり歯根がキーパーと接触するようになる。

その時、キーパーを1枚除去し、再びクリアランスを付与する。このようにして歯根を徐々に挺出させる。レントゲン写真は挺出中の|2と歯根挺出後に前装冠を装着した状態を示す（図14c, d）。

## 6. インプラント支台装置への応用

教室ではインプラント支台のオーバーデンチャーの支台装置に角度補正型マグネットアタッチメン

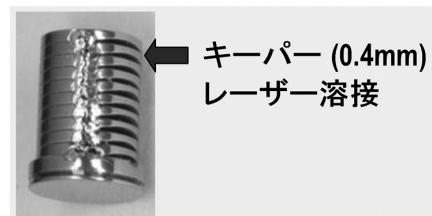


図13. 歯根挺出装置への応用

厚さ0.4mmのキーパーを10枚積層してレーザー溶接した歯根挺出装置（ハイパースリム3513、日立金属）

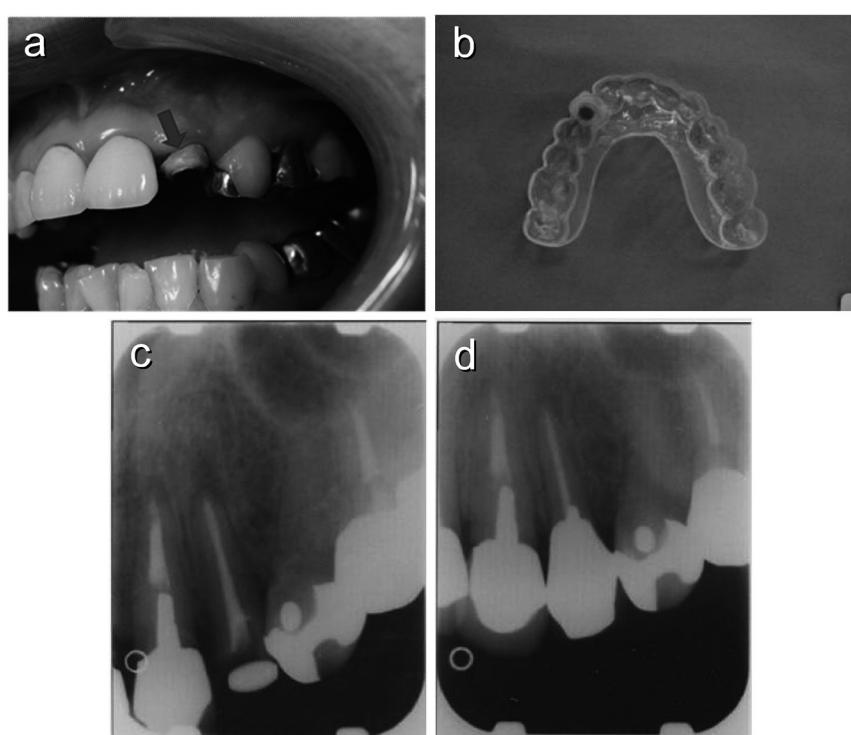


図14. 歯根挺出の1例

- a. 磁石構造体を歯根に設置
- b. 積層キーパーをリテーナーに設置
- c. 歯根挺出中のレントゲン写真
- d. 歯根挺出後前装冠装着時のレントゲン写真

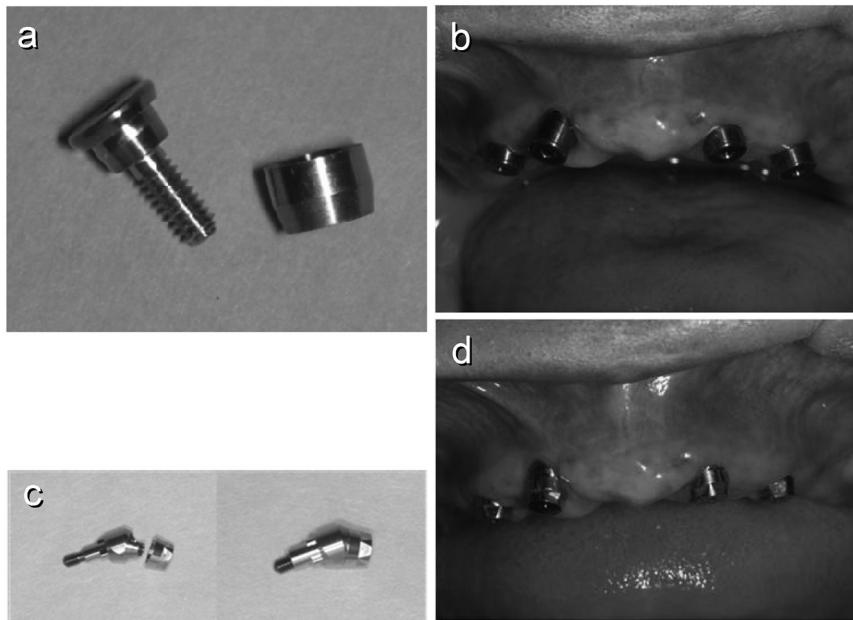


図15. インプラント支台装置への応用

- a. インプラントに用いる従来型磁性アタッチメント（マグフィット IP IFN 30、愛知製鋼）
- b. インプラントに取り付けられた従来型磁性アタッチメント
- c. インプラントに用いる角度補正型磁性アタッチメント（フィジオマグネット 40、ニッシン）
- d. インプラントに取り付けられた角度補正型磁性アタッチメント

トを開発している<sup>13)</sup>。特に上顎無歯顎にインプラントを埋入して支台装置に磁性アタッチメントを使用するとき、骨の状態からインプラントが唇・頬側に開いて植立されることが多い。このためアバットメントによる角度補正を行わないと、これに取り付ける既製のマグネットが咬合平面に対して垂直にならないため十分な維持力が得られなかつた（図15a, b）。そこで、角度補正型アバットメントに取り付けられるキーを開発した。試作キーはフィジオマグネット40（ニッシン）を使用し、キーの中央部をネジ切りしてangled abutmentにネジ止め固定する。これにより、キーと磁石構造体は咬合平面に対してほぼ直角になり、メーカー表示に近い吸引力が発揮される（図15c, d）。2008年10月現在、3症例に応用して良好な結果が得られている。

## 7. 顎顔面補綴装置への応用

顎義歯の義歯部と中空型栓塞子（obturator）部の接合にマグネットが使用されている<sup>14)</sup>。我々

も中空型の obturator と義歯部の接合に工夫を凝らし、磁性アタッチメントを使用した症例を経験した。腫瘍摘出後に生ずる上顎骨欠損は広範囲に及ぶことが多く、顎義歯による欠損補綴は困難を極める。その理由として、顎義歯の維持力が得にくくこと、大型化した栓塞子の着脱が困難になることなどが挙げられる。本症例は外科手術後の瘢痕収縮で開口制限があり、大型の顎義歯を患者自身が装着することは不可能と考えられた。そこで義歯部と栓塞子部を分割し、別々に装着して口腔内で磁性アタッチメントにより連結する方法を選択した。

患者は76歳、男性。主訴は入れ歯が落ちてきて食事がしにくいである。1978年に上顎洞癌の手術を受け、近医にて顎義歯を装着した。以後義歯調整を続けていたが2007年本学補綴科に紹介された。口腔内所見：上顎は無歯顎で1+7にかけて広範な顎骨欠損が生じて上顎洞と交通しており、Aramany分類I型であった。下顎はすべて歯が残存していた。

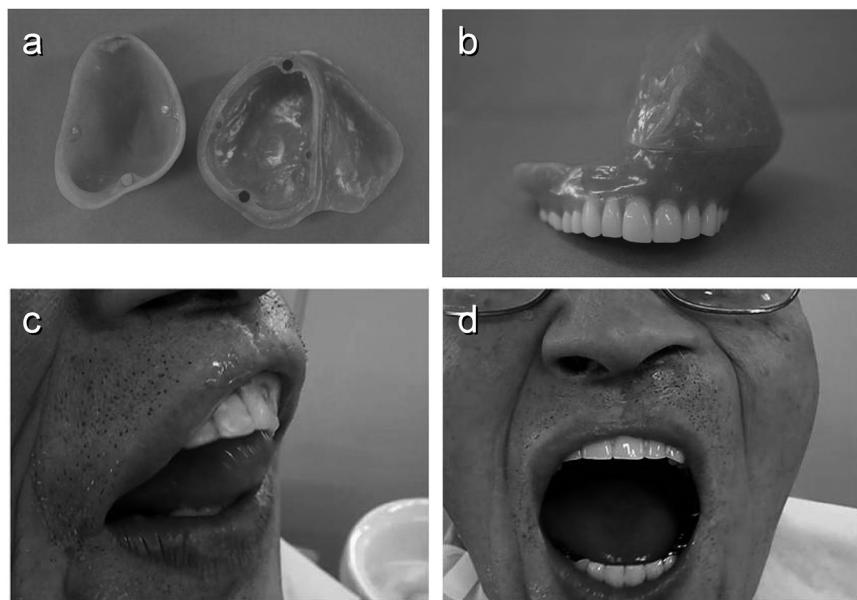


図16. 頸義歯への応用

- a. キーパーを obturator に、磁石構造体を義歯部に設置（フィジオマグネット、48.30ニッシン）
- b. obturator 付き頸義歯の完成
- c. 使用していた頸義歯、舌で押さえないと脱落する。
- d. 新しい頸義歯、大きく開口しても脱落しない。

頸義歯の所見：頸義歯は天蓋開放型で約15年使用してきたがリラインが繰り返されレジンの劣化が認められた。開口するとすぐに脱落する状態である。

治療経過：精密印象は個人トレーによりシリコーン印象材を用いて行った。さらに頸欠損部の精密印象を行い、義歯部と obturator 部を別々に製作した。義歯部と obturator 部を接合するため口腔内で接合部の印象を採得して両者の接合面同士が完全に接触するように調整した。obturator と義歯部に、磁石構造体（フィジオマグネット48, 30、ニッシン）を使用し、obturator 部にキーパーを、対応する義歯部に磁石構造体をそれぞれ4カ所取り付けた（図16a, b）。obturator を口腔内に装着後、義歯を装着し、マグネットの吸引力により頸義歯として一体化した。obturator による辺縁封鎖と重量が73 g から66 g に軽量化されたことに伴い、頸義歯は大きく開口しても落ちなくなったり。旧義歯は開口時に舌で押させていたが新義歯ではその必要がなくなり、楽に食事が出来るようになった（図16c, d）。現在、約1年3カ月経過し

ているが、清掃性は向上し、発語が明瞭になり、歌が歌えるようになり、QOL の向上により患者は非常に満足している<sup>15)</sup>。

## 8. 鋳造磁性合金製キーパーと磁石構造体の組み合わせ

磁性アタッチメントは磁石構造体とキーパーが一組として発売されている。しかし、症例によっては既製のキーパーが使用できない場合がある。磁性合金を鋳造してキーパーとして用いることにより、磁石構造体と組み合わせると症例の選択肢が広がる。

### 1) エピテーゼへの応用

患者は40歳、白人男性。1988年に銃によるアクシデントのため顔面正中部を欠損した。1998年眼窩周囲骨にプローネマルクインプラントを埋入し、インプラントを維持装置として顔面エピテーゼを作成することになった。製作は、Monte Fiore Medical Center (New York)、長崎大学歯学部、鶴見大学歯学部の3施設のコラボレーションにより行われた<sup>16)</sup>。4本のプローネマルクインプラン

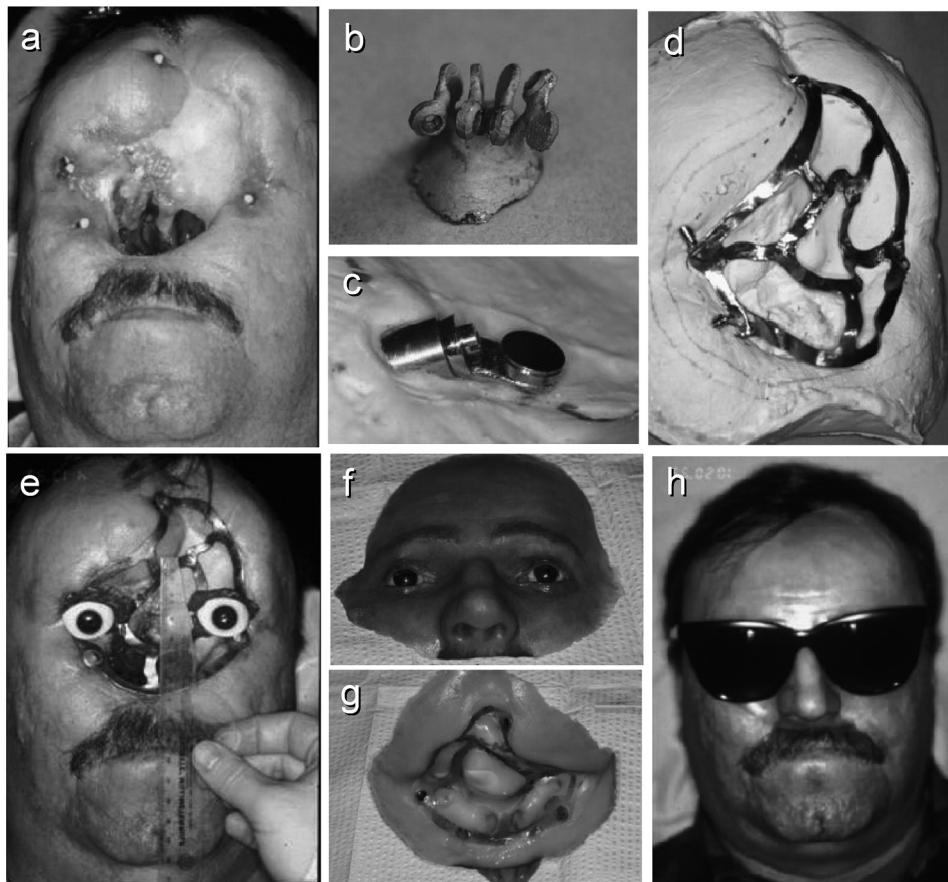


図17. 鋳造磁性白金鉄合金を用いたインプラント維持エピテーゼ

- Fire accident による顔面損傷で 4 本のブローネマルクインプラントを埋入した。
- 磁性白金鉄合金によるキーパー部の鋳造
- インプラントにキーパーと磁石構造体を接続
- エピテーゼの重量軽減のため、チタンフレームワークを鋳造して製作した。
- チタンフレームワークと磁石構造体をインプラントに固定
- シリコーンマスクの製作
- シリコーンマスクとチタンフレームワーク
- エピテーゼの装着

トを埋入したのち（図17a）、顔面部の印象採得を行い、作業用模型を製作した。エピテーゼ辺縁部に厚みがないためキーパーを磁性白金鉄合金で鋳造してインプラントに取り付けた（図17b, c）。この状態で印象採得を行い、耐火模型を製作してチタンのフレームワークを鋳造した（図17d）。チタンのフレームワークと磁石構造体を固定し、シリコーンを重合してエピテーゼを完成した（図17e, f, g）。なお、磁石構造体はハイコレックススリム（日立金属）を使用した。磁性アタッチメントにより、エピテーゼの着脱は容易となりチタン

のフレームにより軽量化が図られたため、装着感が良好になった（図17h）。

## 2) 折りたたみ義歯への応用

患者は69歳、女性。50歳代より、リューマチによる開口障害が発症した。 $7654 \mid 4567$ 欠損となり、1999年本学補綴科を受診した。開口訓練により開口量は25mmまで回復したが、通常の部分床義歯の挿入、着脱は困難と考えられたため、磁性アタッチメントを組み込んだ折りたたみ義歯を製作することとした<sup>17)</sup>。印象採得は分割式トレーにより、左右別々に採得して口腔外で一体化して作業用模

型を製作した。分割式の咬合床により、咬合採得を行い、蝶義歯により 咬合をチェックした。折りたたみ義歯の断面模式図に示すようにフレームワークの舌側辺縁にヒンジを蝶着して義歯を頬側に折りたためるように設計した(図18)。さらに鋳造した磁性白金鉄合金の平面キーパーにコバルトクロムのフレームワークをレーザー溶接した。磁石構造体はハイパースリム4013(日立金属)を使用した。カスタムメイドのキーパーに磁石構造体を3個吸着させ、スイングロックアタッチメントを用いて折りたたみ義歯を完成した。この義歯を口腔内に挿入するときは、咬合面を跳ね上げておき、所定の位置に義歯を位置付けたのち、咬合面を頬側に折たたんで装着した(図19a, b, c)。2008年10月現在、5年経過しているが支障なく使用している。

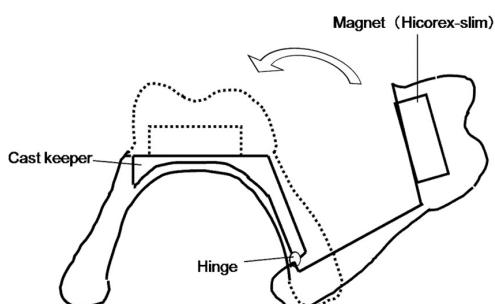


図18. 折りたたみ義歯の模式図

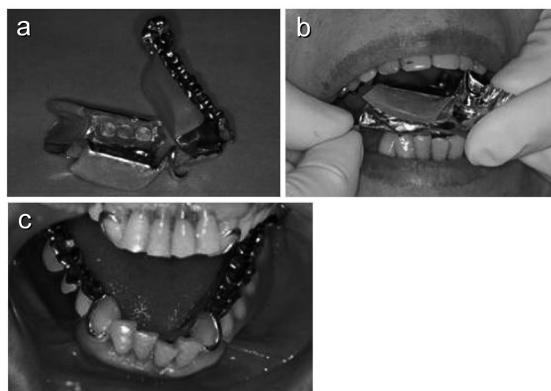


図19. 折りたたみ義歯の装着

- カスタムメイドキーパーに3つの磁石構造体(ハイパースリム4013.日立金属)を吸着させ、スイングロックアタッチメントを用いて折りたたみ式とした。
- 口腔内挿入時に咬合面部を上げておく。
- 口腔内で頬側に折りたたんで装着する。

## まとめ

磁性アッタチメントは可撤性義歯の支台装置、殊に歯根アッタチメントとして揺るぎない地位を占めている。加えて、本稿で示したように可撤性ブリッジやインプラントの支台装置として、顎義歯における obturator の維持装置として、審美やミニマルインターベンション(MI)と関わる歯冠外アッタチメントとして、さらに、歯根挺出装置として幅広く応用されている。磁性合金を鋳造してキーパーの役割をもたせることにより複雑な形状の義歯やエピテーゼにもマグネットが使用されており、その魅力は尽きない。今後も磁性アッタチメントの特性を生かした臨床応用が開発され、患者の QOL の向上に貢献することを期待したい。

## 謝 辞

本稿を執筆するにあたり、本学歯学部歯科補綴学第1講座並びに歯科技工研修科の研究業績を提供して頂いたことを付記し、各位に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 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ッタチメントの技工術式の検討, 日磁歯誌, 12: 40-45, 2003.
- 土田富士夫, 住永優子, 滝新典生, ほか: 磁性アッタ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, 14: 53-61, 2005.
- F. Tsuchida, Y. Suminaga, N. Takishin, and T. Hosoi : Comparison of attractive force for cast-bonding and direct-bonding technique on dental magnetic attachments, J J Mag Dent 15(2) : 1-4, 2006.
- F. Tsuchida, Y. Suminaga, N. Takishin, T. Hosoi and A. Ohshima : Comparison of the attractive forces of dental magnetic attachments fabricated by cast- and direct-bonding techniques, Prosthodont Res Prac, 6 : 46-49, 2007.
- Suminaga, Y., Tsuchida, F., Takishin, N.

- ,Hosoi,T. and Sugiyama,K. : Surface analysis of keepers on dental magnetic attachments—Comparison of cast-bonding technique and direct-bonding technique, Prosthodont Res Pract 3 : 62-68, 2004.
- 6) Xiaong Wang, Ohkubo C., Hosoi T., Shimpo H., Kurihara D. and Murata T. : Retentive forces of 3 types of attachments for root-retained overdentures, Prosthodont Res Pract .6 : 104-108, 2007.
- 7) 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方法とその臨床応用, 日磁歯誌16 : 30-35, 2007.
- 8) 東風 巧: 可撤性ブリッジへの応用, DE61 : 15-18, 2007.
- 9) 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, 16 : 36-42, 2007.
- 10) R. Mutou, M. Abe,F. Tsuchida, T. Hosoi, Y.Maeda, M.Yamaguchi, Y.Miyama and Y.Mizuno : Magnetic attachment on the proximal surface of an abutment tooth-Second Report, J J Mag Dent. 16 (2) : 62-66, 2007.
- 11) 三山善也, 山口将弘, 水野行博, ほか: 磁性アタッチメントの隣接面応用における維持力の基礎的研究 一第1報ー, 日磁歯誌, 17 : 30-35, 2008.
- 12) 本永三千雄, 阿部 實, 土田富士夫, ほか: 層状構造を有するキーパーと磁性アタッチメントを用いた歯根挺出装置に関する検討, 日本磁気歯科学会 第12回学術大会抄録集, 2002.11.16.
- 13) 鎌田奈都子, 大久保力廣, 新保秀仁, ほか: インプラントオーバーデンチャー用角度補正型マグネットアタッチメントの開発, 日本磁気歯科学会第18回学術大会抄録集, 2008.10. 26.
- 14) 石上友彦, 田中貴信, 岸本康男, ほか: 他院で製作されたインプラント顎義歯を磁性アタッチメントを適用して再製した1症例, 顎顔面補綴 22 : 106, 1999.
- 15) 金田 桂, 大貫昌理, 細井紀雄, ほか: 分割式栓塞子に磁性アタッチメントを応用した顎義歯症例, 日本磁気歯科学会第18回学術大会抄録集, 2008.10.25.
- 16) 大久保力廣, K.S.Kurtz, 渡辺郁哉, ほか: 純チタンフレームワークを用いたインプラント維持エピテーゼの製作, 第4回日本顎顔面インプラント学会抄録, 2000.10.28-29.
- 17) Ohkubo, C.Watanabe I.,Tanaka Y. : Application of cast iron-platinum keeper to a collapsible denture for a patient with constricted oral opening—A clinical report, J Prosthet Dent 90 : 6-9, 2003.

## オーロラと磁場

門倉 昭

Relationship between aurora and magnetic field

Akira Kadokura

---

極域超高層大気の発光現象であるオーロラについて、これまでの研究の歴史、今日までに明らかにされ蓄積されてきた科学的な事実や成果、未だに未解明な課題などについて紹介し、オーロラ現象と磁場との間には密接な関係があることについて述べたい。

---

A brief history of scientific research, several scientific results, and still unresolved problems of aurora are described. A close relationship between aurora and magnetic field is shown.

---

**Key words :**

国立極地研究所

National Institute of Polar Research

## オーロラ研究の歴史

「オーロラ」とは、ローマ神話の「曙の女神」の名前で、17世紀初めにガリレオ・ガリレイにより命名されたと言われている。中世ヨーロッパでは、オーロラは、天上にゆらめくローソクの炎、刀がかち合うときの火花、または不吉の前兆などと考えられていた。日本においても、「日本書記」や「明月記」などに、「天に赤色の気が現れた」、「赤氣あり人々恐れる」といったオーロラを指すと思われる記述が見られる。ノルウェーの探検家ナンセンは、19世紀終わりに帆船フランム号による北極探検を行い、自分の目で見たオーロラの詳細な形を数多くの美しい木版画に描いている。

オーロラの科学的な研究は19世紀後半より始まり、主として北欧の研究者により形態や動態の目視観測が行われた。オーロラ出現頻度の世界的な分布についても調べられ、磁極を取り巻くドーナツ状の地域で出現頻度が高いことが示され、この地域は「オーロラ帯」と名付けられた。ノルウェーの物理学者ビルケランドは「人工オーロラ発生装置」を開発し、独自のオーロラ理論を発表するとともにその実証実験を行った。

1957~58年の「国際地球観測年(IGY)」には、全天のオーロラの写真撮影を行う装置「全天カメラ」が北半球の約50ヶ所に設置され、地球規模で変動するオーロラの全体像が、ロシアのフェルドシュタインやアラスカの赤祖父俊一らにより調べられ、その瞬間瞬間のオーロラの世界分布は、丸い輪ではなく、昼間側がより高緯度側へシフトした卵型（オーバル）をしていることが分かり、「オーロラオーバル」と名付けられた。また、「オーロラオーバル」の大きさや太さは時事刻々変化すること、その変化には「オーロラ嵐（オーロラサブストーム）」と呼ばれる特有の発達過程があることなども示された。南極の日本の昭和基地はIGY期間の1957年に建設され、その年からオーロラ観測が開始された。

1971年に打ち上げられたISIS-2衛星は高度1400kmの上空からオーロラの全体像を撮像することに初めて成功し、その後、DMSP衛星、DE-1衛星、Polar衛星、IMAGE衛星と人工衛星によるオーロラ観測は引き継がれてきている。撮像方法も、初期のフォトメータを走査する方法から、CCD

カメラを使用してスナップ画像を取得する方法へと技術的な進歩がなされてきた。

### 1. オーロラについての諸知識

#### 2.1. オーロラの高さ

オーロラの高さは、離れた地上2点での三角測量やロケット観測、レーダー観測により求められている、上空100kmから500kmの熱圏と呼ばれる領域に現れ、緑のオーロラの最も明るい部分は110km付近、赤いオーロラの最も明るい部分は250km付近であることが分かっている。この領域は地球の大気が太陽からの紫外線を受けて電離している場所（電離圏）である。

#### 2.2. オーロラの光

上空100kmから500kmの地球大気の主成分は、窒素分子、酸素分子、酸素分子が太陽紫外線を浴びて作られる酸素原子、からなり、上空にいけばいくほど、重さの軽い酸素原子と窒素分子の割合が大きくなる。オーロラはこの高さにある酸素原子や窒素分子が光る発光現象である。

オーロラの光のスペクトルをとると、紫や青は窒素分子イオン ( $N_2^+$ ) から、ピンク色は窒素分子 ( $N_2$ ) から、明るい緑や赤の光は酸素原子 (OI) からのものであることが分かる。また、目には見えない紫外線や赤外線の領域の光や、地球大気の主成分にはない水素原子 (H) からの光も観測される。このようにオーロラ光のスペクトルは太陽光のような連続スペクトルではなく、それぞれの原子や分子からの輝線スペクトルが組み合わさったものとなっている。

#### 2.3. 発光メカニズム

オーロラ帯には、千ボルトから1万ボルトくらいまでの電圧で加速された電子（オーロラ粒子）が、地球の外から地球の磁力線に沿って大気中に飛び込んで来る。飛び込んできたオーロラ粒子は厚い大気に遮られてある高さで止められ、持っていたエネルギーを周囲の大気に与える。これにより、大気中の酸素原子や窒素分子はよりエネルギーの高いより不安定な状態に励起され、再び安定なよりエネルギーの低い状態に戻るととき、その差分のエネルギーを光として放出する。その光がオーロラとして見えるものである。

エネルギーの高いオーロラ粒子ほどより低い高度まで侵入出来、より多くのエネルギーを大気に与えるため、一般に明るいはっきりしたオーロラほど高度が低いところに現れることになる。しかし酸素原子の赤色の光（波長630.0nm）については、発光までの時定数が約110秒と長く、発光する前に周囲の大気との衝突でエネルギーを失うため、大気密度の大きい低高度ほど光が弱くなる。従って赤くぼんやりとしたオーロラは高度250km付近に明るさのピークを持つことになる。

## 2.4. オーロラの形

オーロラがカーテンのように線状に見えるのは、荷電粒子であるオーロラ粒子が磁力線に沿って動き、その途中で少しずつエネルギーを失い大気を光らせるためで、オーロラのカーテンは夜空に浮び出た地球の磁力線といえる。

オーロラのカーテンは、東西方向には地平線から地平線まで1000km以上にわたって長く伸びているのに対し、南北方向の幅は非常に薄く、仰ぎ見る角度により、遠くにあるときは東西にわたる帯（バンド）か弧（アーク）のように見え、頭上近くに来ると一点から放射状に広がる形（コロナ状）に見える。

オーロラには、カーテンや弧のように見えるはっきりした（ディスクリート）オーロラの他に、空にぼんやりと広がる拡散型（ディフューズ）オーロラがあり、それはしばしば複雑な斑点のように切れ切れに分布し、10秒程度の周期で光の明滅を繰り返し、脈動（パルセーティング）オーロラと呼ばれる。拡散型オーロラや脈動オーロラは、オーロラ嵐の発達の後半に、特に朝方に現れやすいことが分かっている。電子の他に陽子（プロトン）もオーロラ粒子として降り込んできている。大気との衝突により陽子は励起された中性の水素原子となり、自らが発光しながら上空に拡がる。このようなオーロラは空に薄くぼんやりと拡がって見え、「プロトンオーロラ」と呼ばれる。

## 2.5. オーロラの動き

オーロラのカーテンはいつもゆらめいていて、明るさが増すとその動きも速くなる。またカーテン全体がゆっくりと遠くの空から真上へと移動することもある。オーロラ嵐が起こると、カーテン

は散り散りに壊れ、もの凄い速さで空全体に広がり、大きな渦がカーテンを巻き込んで現れ、あっという間に遠くへ走り去ってゆく。残された空にはあちこちで複雑に明滅を繰り返す脈動オーロラが現れ、そのぼんやりした領域全体が西や東にゆっくりと移動してゆくのが見られる。

こうしたオーロラの動きは、光っている上空の酸素原子や窒素分子などが実際動いているわけではなく、オーロラ粒子が降り込んでくる場所が次々に変わっているためで、オーロラ粒子を生み出している地球の周りの状態がつぎつぎに変化していることを反映したものである。

## 2.6. 低緯度オーロラ

太陽で規模の大きな「太陽フレア」などが発生すると、中低緯度の地上磁場強度が数日間にわたって大きく減少する「磁気嵐」という現象が起こることがある。大きな磁気嵐の際には、日本の北海道などでも北の地平線近くにぼんやりとした赤いオーロラが観測されることがある。こうしたオーロラは「低緯度オーロラ」と呼ばれる。「低緯度オーロラ」は、高緯度のオーロラ帯の上空250km付近の酸素原子赤色線（波長630.0nm）の発光強度が顕著に増大したときに低緯度側から見られるものである。

## 2.7. 「磁気圏」とオーロラ粒子

地球は磁気双極子で近似される固有の磁場を持っている。物質がプラスとマイナスの荷電粒子に分かれた状態をプラズマと呼ぶが、地球のまわりの磁場は、太陽から吹くプラズマの風「太陽風」の圧力を受けて、太陽に向いた方向は押しつぶされ、逆の方向には引き伸ばされたような形をしている。こうした磁場が押し込められた領域を「磁気圏」と呼ぶ。

太陽風プラズマは磁気圏内にも侵入して来て、南極と北極を結ぶ「閉じた」磁力線の間にたまりこんでおり、こうしたプラズマ密度の高い場所を「プラズマシート」と呼ぶ。このプラズマシートから極域に降り込む荷電粒子がオーロラ粒子となる。

オーロラ粒子は磁力線に沿って動きながら南極域と北極域に同時に降り込んで来る。プラズマシートは地球をぐるりと取り囲んでいて、その磁力線の根元は南極や北極上空を取り巻く輪のような形

になる。これがオーロラオーバルとして人工衛星で観測されるものである。

## 2.8. オーロラ帯とオーロラオーバル

地球磁場（地磁気）の磁気双極子の軸は地球の自転軸とは少しずれている。地磁気の南極、北極の位置をそれぞれ地磁気の南緯90度、北緯90度とし、それら地磁気の極と自転軸の極を通る大円の経度を、磁気経度0度とした座標系を地磁気座標系という。

オーロラの出現領域は、地理座標系よりも地磁気座標系により深く関係していて、出現頻度が高い磁気緯度60度～70度の領域は「オーロラ帯」と呼ばれる。日本の昭和基地はちょうどオーロラ帯のど真ん中に位置している。

一方、「オーロラオーバル」とは、宇宙から地球を眺めたとき、“その瞬間瞬間にオーロラが現れている場所”、を意味する。昭和基地はオーロラ帯に位置しているが、昼間の時間帯ではオーロラオーバルの低緯度側に位置することになり、たとえ極夜の時期であっても、昼間にオーロラを見ることは通常は出来ない。

## 2.9. 太陽風

「太陽風」とは、太陽のコロナ（高温ガス）が外側に流れ出したもので、陽子と電子を主成分とする完全電離プラズマである。地球近傍での速度、密度、温度はそれぞれ、約400km/s、数個/cm<sup>3</sup>、10万°Cである。太陽風と共に太陽の磁場も外側に流れ出していく、地球近傍では数nTの強度となっている。

## 2.10. オーロラと太陽

磁気圏の形は、太陽風の圧力や太陽風の中の磁場の向きによって常に変動している。太陽風磁場が南を向くと、昼間側で、北向きの地球磁場との間で「磁場のつなぎ換え」が起こり、太陽風磁場が地球磁場と結合し、太陽風プラズマやエネルギーが磁気圏の中に侵入しやすくなり、プラズマシートの密度は増加し、オーロラオーバルも明るさを増す。このようにオーロラ活動は太陽の活動と深い関係がある。

太陽は地球から見て約27日周期の自転をしており、太陽表面に太陽風速度の速い領域や磁場が南

を向いた領域があると、それらは27日毎に地球磁気圏に影響を与え、オーロラ活動にも27日周期の変動が現れる。また地球の公転による季節変動も現れる。太陽の活動は約11年周期の変動をしているが、オーロラ活動にもそれに対応した11年周期の変動があることも知られている。

## 2.11. オーロラと地上磁場変動

オーロラ粒子が上空の大気と衝突すると、中性の大気が電離され、大量のイオンや電子が生成され、電気伝導度が増大し、強い電流が高度120km付近を流れ、地上の磁場が大きく変動することになる。大規模な「オーロラ嵐」の際には、全電流量数千万アンペアにも達する、「オーロラジェット電流」と呼ばれる強い西向き電流が流れ、1000nTを超えるような北向き磁場成分の減少が観測されることがある。

## 2.12. オーロラ嵐（サブストーム）

全地球的なオーロラ活動のうち、成長相－爆発（拡大）相－回復相、というある一定の発達過程をもったもので、太陽風から磁気圏へのエネルギーの流入・蓄積過程、磁気圏内でのエネルギー解放過程、元の状態への回復過程、をそれぞれ反映したものと理解されている。地上観測と人工衛星観測を組み合わせた総合的な研究が行われているが、サブストームが一体いつ、磁気圏内のどこで、どのようなメカニズムで始まるのか、など未解明な問題が数多く残されている。

## 2.13. 他の惑星のオーロラ

オーロラは、大気があり、大気を励起させるオーロラ粒子があり、オーロラ粒子をためておける「磁気圏」を持つ惑星であれば、地球以外の星でも見ることが出来る。実際、木星や土星でも南北両極に光るオーロラオーバルが、ハッブル宇宙望遠鏡などにより観測されている。

## 3.まとめ：オーロラと磁場の関係

オーロラと磁場の関係についてまとめると、以下のようになる。

（1）オーロラ粒子は地球の磁力線に沿って降下してくる。つまり地球の磁力線はオーロラ

粒子の運動を決め、オーロラの形、光る場所を決める。

- (2) オーロラ粒子は磁気圏内のプラズマシートに蓄えられている。つまり地球に磁場があるためにオーロラ粒子を溜めておくことが出来る。
- (3) オーロラが光ると上空をオーロラジェット電流が流れ、地上の磁場が変動する。逆に地上の磁場変動の観測からオーロラ活動の様子を推定することが出来る。
- (4) オーロラ活動は太陽風磁場の南北成分の変動に密接に関係する。

このように、オーロラと磁場には非常に密接な関係があると言える。

## オーバーデンチャーにおける支台歯根面板上面の傾斜角度の 違いが周囲皮質骨に及ぼす影響

片倉祐輔\*、大山哲生\*\*、石上友彦\*\*、永井栄一\*\*

山中大輔\*、小豆畠拓夫\*、田所里美\*、白石康博\*

Influences of the inclination of coping surface on  
the abutment teeth for overdentures

Yuusuke Katakura\*, Tetsuo Ohyama\*\*, Tomohiko Ishigami\*\*,

Eiichi Nagai\*\*, Daisuke Yamanaka\*, Takuo Azuhata\*

Satomi Tadokoro\*, Yasuhiro Shiraishi\*

Magnetic attachments for dentures demonstrate maximum retentive force in the vertical direction on the upper surface of the keeper and the magnetic assembly. In addition, support of the prosthesis is strengthened when the keeper is set in parallel to the occlusal plane, thus this setting is generally recommended. However, if the abutment tooth is inclined in the alveolar bone, it may be subject to harmful side force by the occlusal force. Hence, it was examined the influence of the angle of inclination of the coping upper surface on the abutment tooth and denture support tissue using a three dimensional finite element method.

Within the limitations of this in vitro study, the following conclusions were made. It is suggested that the load of the abutment tooth were reduced for the model in which the tooth was set at an incline of 15 degrees in comparison with the other models. It is thought that the stress to teeth was equalized for the direction of the tooth axis.

**Key words :** 磁石構造体 (magnetic assembly)  
オーバーデンチャー (overdenture)  
有限要素法 (finite element method)  
応力解析 (stress analysis)

日本大学歯学部歯科補綴学教室Ⅱ講座\*

日本大学歯学部総合歯学研究所臨床研究部門\*\*

\*Department of Partial Denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry

\*\*Division of Clinical Research, Dental Research Center, Nihon University School of Dentistry

## I. 緒 言

少数歯残存症例に応用するオーバーデンチャーは、残存歯の歯根を支台歯として利用することによる歯槽骨吸収の防止、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、多くの利点を有している<sup>1)</sup>。通常、オーバーデンチャーの支台歯には根面板が使用されるが、近年、この根面板に付与する維持装置として磁性アタッチメントが広く日常臨床で応用されるようになった。

磁性アタッチメントは、義歯床内に組み込まれた磁石構造体と根面板に付与した磁性ステンレスのキーパーにより構成され、両者が接合することで磁力による吸着力が発揮され、オーバーデンチャーの維持・安定を図ることができる維持装置である。磁性アタッチメントは、オーバーデンチャーの脱着方向がキーパーの吸着面に対して垂直方向に設置されたとき、最も大きな維持力を発揮する<sup>2)</sup>。さらに、キーパーを咬合平面と平行に設置することにより、咬合平面に対しオーバーデンチャーの支持機能が強化されるとともに、咬合平面が義歯脱着方向に対して垂直な場合は、磁性アタッチメントの吸着力も最大限に発揮される。そのため、臨床ではキーパー吸着面を咬合平面に対して平行に設置することが推奨されている。

しかし、オーバーデンチャーの支台歯として唇側傾斜した前歯を利用する場合、キーパーの吸着面を咬合平面と平行とし、義歯の支持機能を重視すると、支台歯には咬合圧により回転力が加わることが考えられる。すなわち、傾斜した支台歯に根面板を設計する際、咬合平面に対するキーパー吸着面の角度の相違により、支台歯にかかる負荷の方向が異なり、同時に支台歯周囲の義歯床下皮質骨に加わる応力も異なることが考えられる。

そこで本研究では、両側臼歯部における咬合荷重下において、オーバーデンチャーに加わる応力が、支台歯の根面板上面の傾斜角度の違いにより、支台歯およびその周囲の組織にどのように影響するかを三次元有限要素法による力学的解析を行い、比較検討した。

## II. 材料および方法

### 1. 有限要素モデルの作製

解析モデルは、下顎右側犬歯1歯残存症例に対して、根面板を装着した全部床型オーバーデンチャーを想定し作製した。モデル原型は、頭蓋骨複製模型 (Dental Study Model P10-SB1R、ニッシン) の下顎骨部および複製歯牙模型 Dental Study Model B3-SB1R (ニッシン) を使用した。解析モデルおよびモデル原型は、複模型製作用印象材(デュプリコーン、松風)により印象採得して、高透明注型用樹脂 (デブコン ETR、藤倉応用化工) を注入し、下顎骨モデル原型および下顎右側犬歯モデル原型を製作した。

成型したモデル原型は、X線CT (マルチディテクターCT、東芝) により撮像し、汎用CADプログラム (Rhinoceros Ver.1.0, Robert McNeil & Associates) およびANSYS Re11.0 (ANSYS) を用いて有限要素モデルを構築した。下顎右側犬歯の歯軸傾斜は、Dempsterら<sup>3)</sup>の報告を参考に、咬合平面に対して前頭面で90°、矢状面で15°の角度にて植立した。その他の構成材料は、過去の報告<sup>4~6)</sup>を参考にANSYSを用いて構築した(図1)。

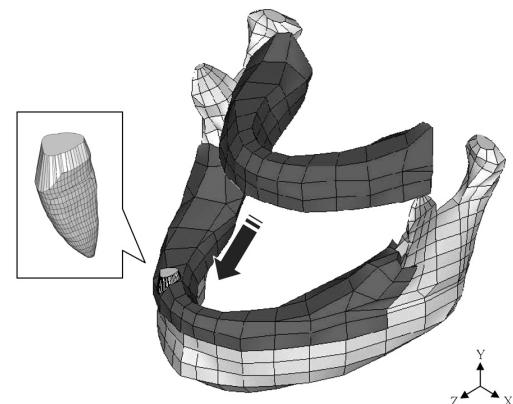


図1. 解析モデル

下顎犬歯支台歯に装着する根面板は、上面を咬合平面と平行とし、高さは下顎舌側頸堤から2.5mm、根面板側面のテーパーを6°に設定したモデルAを構築した。次に、モデルAを根面板上面最舌側部を支点に、上面を唇側へ15°傾斜させたモデルB、30°傾斜させたモデルCを構築した(図2)。

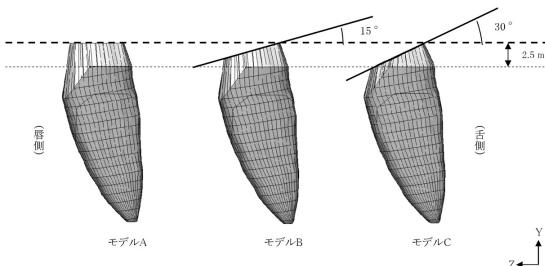


図2. 根面板モデル

根面板は、臨床においてセメントによって合着されることから、ポスト部はモデルの単純化のために省略した。また、磁性アタッチメントを想定し、根面板と義歯床は接触させた。

構築に用いた絶対座標系は、切歯点を原点とし、前頭面をx-y平面、矢状面をy-z平面、水平面をx-z平面と平行な面とした。咬合平面の設定は、原点を通り、x-z平面と平行とした。

## 2. 構成材料と材料特性値

解析モデルの構成材料は、象牙質、皮質骨、海綿骨、義歯床、根面板、頸堤粘膜および歯根膜の8種類から構成され、各構成材料の材料特性値は、従来の報告<sup>7~14)</sup>に従って設定した（表1）

表1 解析モデルの材料特性値

構成材料	ヤング率 (MPa)	ポアソン比
象牙質	$1.172 \times 10^4$	0.3
皮質骨	$1.041 \times 10^4$	0.3
海綿骨	88.30	0.3
義歯床	$1.896 \times 10^3$	0.3
根面板	$1.108 \times 10^5$	0.3
頸堤粘膜	0.045	0.49
歯根膜	0.049	0.49 (第一荷重時) 0.7 (第二荷重時)

(文献7-14より引用)

## 3. 解析条件

### 1) 荷重条件

荷重条件は、左右両側臼歯部における咬合時の筋力を想定し、Korioth<sup>15)</sup>の報告に従い、表2に示す負荷を与えた。閉口筋の設定部位は、上條<sup>4)</sup>の報告を参考として筋突起相当部に側頭筋付着部を、下顎角相当部に咬筋付着部を、また、翼突筋粗面相当部に内側翼突筋付着部を設定した。筋の荷重方向は、表3に示した。

表2 筋力の大きさ

筋	節点数		筋力 (N)	
	右側	左側	右側	左側
咬筋	浅部	15	15	190.4
	深部	7	7	81.6
内側翼突筋		16	16	132.8
		19	19	154.8
側頭筋	前部	14	14	91.8
	中部	19	19	72.6
	後部			154.8

(文献15より引用)

表3 筋力の単位ベクトル

筋	右側			左側		
	COS-X	COS-Y	COS-Z	COS-X	COS-Y	COS-Z
咬筋	浅部	-0.207	0.884	0.419	0.207	0.884
	深部	-0.546	0.758	-0.358	0.546	0.758
内側翼突筋		0.486	0.791	0.373	-0.486	0.791
		-0.149	0.988	0.044	0.149	0.988
側頭筋	前部	-0.222	0.873	-0.500	0.222	0.837
	中部	-0.208	0.474	-0.855	0.208	0.474
	後部					-0.855

(文献15より引用)

### 2) 拘束条件

拘束条件は、高木<sup>16)</sup>の報告を参考に、下顎頭上部と義歯床上の咬合接触点相当部10点において完全拘束とした。

### 4. 解析項目

皮質骨の応力に関する解析は、皮質骨表面の最小主応力分布について行った。

## III. 実験結果

各解析条件下における皮質骨表面の最小主応力の応力分布様相を図3に示す。応力分布パターンは、すべてのモデルにおいて類似した傾向を示し、とくに支台歯唇舌側歯頸部では赤色で示される高い応力の集中が見られた。

モデルAにおいて、左側前歯部はモデルCと同程度の応力集中を示し、また、モデルBおよびモデルCと比較して、左側大臼歯相当部は右側大臼歯相当部より広範囲に応力集中が認められた。さらに、右側臼後隆起相当部は応力集中の範囲が小さかった。

すべてのモデルにおいて、臼歯部と比較して前歯部に応力集中を示したが、モデルBでは、モデルAおよびモデルCと比較して左側前歯相当部の応力集中の範囲が小さかった。

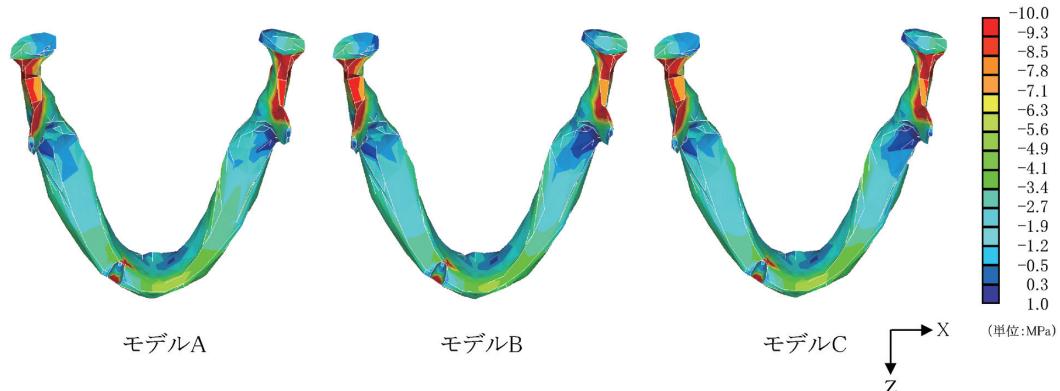


図3. 皮質骨の最小主応力分布

皮質骨骨頂部における各解析点の最小主応力値を図4に示す。すべてのモデルにおいて、最大応力値を示す部位は、左側犬歯近心相当部であり、最小応力値を示す部位は右側犬歯遠心相当部であった。切歯点からの距離が大きくなるに従い、左右側での応力値の差が小さくなる傾向が認められた。

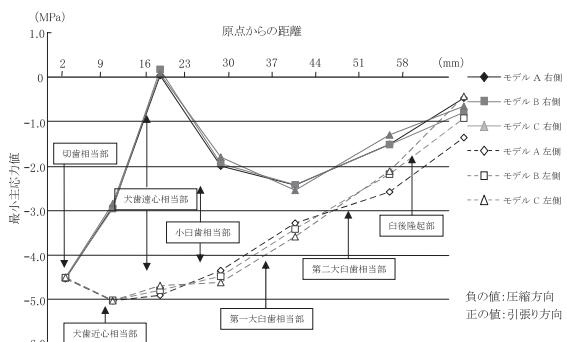


図4. 皮質骨の最小主応力値

#### IV. 考 察

天然歯において、前歯は、臼歯と比較して咬合平面に対して傾斜して萌出している傾向が認められる<sup>4)</sup>。歯軸が咬合平面に垂直な場合には、咬合力が支台歯に加わる際に、その大部分が垂直方向に伝えられるが、支台歯が傾斜している場合には、歯を傾斜させる方向に伝えられると考えられる。咬合面に加わる荷重について、病理学的あるいは力学的検討から、歯の支持組織は水平力によって負担過重を生じやすいことが報告されている<sup>16~20)</sup>。

本研究では、根面板上面の傾斜角度を変化させ

た場合、咬合力に対して、すべてのモデルで支台歯相当部皮質骨の唇舌側歯頸部に著しい圧縮応力の集中を示した。これは、義歯床が沈下することで支台歯の歯頸部が舌側に圧迫されたためと考えられる。

今回、すべてのモデルで左側前歯相当部に応力集中が認められたが、これは右側の支台歯による義歯床の沈下の抑制によって左側の沈下量が大きくなり、顎堤の唇舌側的幅径の小さい同部位に応力が集中したためと考えられ、臨床での義歯装着時の咬合負担が反映されたものと推測できる。

今回の実験において、モデルAでは左側前歯相当部に応力集中が認められた。また、右側大臼歯相当部と比較して左側大臼歯相当部において、より広範囲に高い応力値を示した。すなわち、右側と比較して左側において、より大きな義歯床の沈下が生じたものと考えられる。モデルBは、モデルAと同様に左側前歯相当部に応力集中が認められたが、モデルAよりも応力集中の範囲は小さく、左側大臼歯相当部においても応力集中の範囲は小さくなる傾向を示した。したがって、根面板の上面角度を15°に設定したモデルBの義歯床は、左右両側荷重ではモデルAおよびモデルCよりも負担圧が分散され、より安定した状態を示していると考えられる。

#### V. 結 論

オーバーデンチャー装着時の床下組織は、両側臼歯部における咬合を想定した荷重において、本

研究のすべてのモデルで支台歯の唇舌側に高い応力集中を認めた。しかし、歯軸が $15^{\circ}$ 傾斜している支台歯に対して、根面板の上面角度を咬合平面と $15^{\circ}$ の角度に設定した、すなわち、歯軸と垂直となるように設定した支台歯においては、根面板の上面が咬合平面と平行になるよう設定した支台歯および $30^{\circ}$ に設定した支台歯と比較して、応力集中の範囲は小さくなる傾向を示すとともに、左右の大臼歯相当部における皮質骨表面の応力が均等化する傾向を示した。

以上のことから、下顎右側犬歯1歯残存症例における全部床型オーバーデンチャーの支台歯に対して根面板を用いる場合、その根面板上面を歯軸と垂直となるように設計することにより、両側臼歯部による咬合時においては、義歯床下皮質骨への応力の緩和が図れることが示唆された。

本研究は、平成18年度および平成20年度大学院整備重点化経費、平成19年度日本大学歯学部佐藤研究費ならびに平成20年度日本大学歯学部総合歯学研究所研究費（一般研究B）の助成を受け行われた。

## VII. 参考文献

- 1) 長岡英一：オーバーデンチャーの支持組織の変化に関する実験的研究－咬合力の負担条件の影響－，補綴誌，25（3）：611-628，1979.
- 2) Sarnat AE : The efficiency of cobalt samarium (Co5Sm) magnets as retention units for overdentures, J.Dent., 11 : 324-333, 1983.
- 3) Dempster WT, Adams WJ and Duddles RA : Arrangement in the jaws of the roots of the teeth. J Am Dent Assoc, 67 : 779-797, 1963.
- 4) 上条雍彦：口腔解剖学，第1巻，骨学（頭蓋学），アナトーム社，東京，156-224，1966.
- 5) 藤田恒太郎：歯の解剖学，第22版，金原書店，35-78, 1967.
- 6) 寺倉 健：頸堤粘膜厚径に関する研究－無歯頸補綴における診断への可能性について－，補綴誌，32（3）：546-560, 1988.
- 7) 横尾定美：人の四肢骨の緻密骨および骨幹の圧縮試験，京府医大誌，51：291-313, 1952.
- 8) Stanford JW, Weigel KV and Paffenbarger GC : Compressive properties of hard tooth tissues and some restorative materials. J Am Dent Assoc, 60 : 746-756, 1960.
- 9) 宮下恒太：頸堤粘膜の局所被圧変位度と咬合力による義歯の沈下度に関する研究，歯科学報，70 : 38-68, 1970.
- 10) 後藤建機：歯牙の生理的動搖に関する実験的研究，歯科学報，71（6）：1415-1444, 1971.
- 11) 岸 正孝：歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての実験的研究，歯科学報，72 : 1043-1071, 1972.
- 12) 池田弘一, 中沢 勇, 松田浩一, 浜中人土：クラスプ用金属材料の機械的性質に関する研究 第1報 鋳造クラスプ用市販合金の弾性的性質について，口病誌，41（3）：233-246, 1974.
- 13) 丹根一夫, 作田 守：歯および歯周組織に生ずる応力の力学的解析－数値解析法としての有限要素法の利用について－. 日矯歯会誌, 38（4）：372-382, 1979.
- 14) 新倉久市：総義歯の応力解析に関する研究 第1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，25（1）：24-43, 1981.
- 15) Korioth TW, Hannam AG : Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. J Dent Res, 73（1） : 56-66, 1974.
- 16) 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, 79（1） : 57-67, 2005.
- 17) 黒崎公絵, 右近晋一, 自見 忠, ほか：荷重下における歯牙および支持組織の応力分布について 第1報 二次元光弾性実験，補綴誌，17 : 104-109, 1973.
- 18) 野首孝嗣, 堤 定美, 山賀 保, ほか：有限要素法による歯, 歯根膜および歯槽骨の力学解析（第1報）－二次元非線形解析－，歯材器誌, 33 : 369-378, 1976.

- 19) 新井 泉：咬合力の歯牙・歯周組織に及ぼす応力に関する力学的研究，補綴誌，22（4）：865-874, 1978.
- 20) 猪野照夫, 岡本和彦, 天野秀雄：咬合面荷重時における歯根膜部の応力解析, 補綴誌, 37(6) : 1344-1351, 1993.

## 磁性アタッチメントの加熱による吸引力への影響

宮田利清、中村好徳、安藤彰浩、庄司和伸、新実 淳、  
熊野弘一、増田達彦、田中茂生、高田雄京\*、田中貴信

Influence of the heating on the attractive force of  
the magnetic attachments

Toshikiyo Miyata, Yoshinori Nakamura, Akihiro Ando  
Kazunobu Shouji, Jun Niimi, Hirokazu Kumano, Tatuhiko Masuda  
Shigeo Tanaka, Yukyo Takada\* and Yoshinobu Tanaka

A magnetic attachment has achieved excellent clinical results, and has been recognized as a clinically significantly tool with numerous advantages compared with a conventional mechanical retainer.

A Nd magnet, recently available on the market, has been widely adopted in commercial magnetic attachments. The magnet has the temperature related characteristic of magnetic force loss at low relative temperatures. This is considered to be disadvantages of the Nd magnet. The clinical use conditions including the sterilization procedures and the laboratory processing should be thus considered for evaluation.

We compared the attractive force of each magnetic assembly before and after heating to investigate the influence of heating.

**Key words :** 磁性アタッチメント (dental magnetic attachment)  
ネオジム磁石 (Nd - Fe - B magnet)  
吸引力 (attractive force)

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University

\*東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

\*Division of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry

## I. 緒 言

永久磁石の高性能化は近年急速に実現し、歯科医学分野においても磁気の応用は目ざましいものがある。その中でも、義歯の維持・安定に利用される磁性アタッチメントは、従来の機械的支台装置に比べ多くの臨床的利点を備えた極めて有用なシステムとして、既に多くの臨床実績を得ている<sup>1~3)</sup>。最近市販されている多くの磁性アタッチメントに利用されるネオジム磁石は、現在、最も強力な永久磁石とされている。しかしながら、比較的低い温度で磁力を失うという温度特性を有しており、これはネオジム磁石の欠点の一つとされている。この欠点は、歯科臨床のみならず、滅菌処理過程や技工操作工程などの多種多様な諸条件を考慮すると、問題無いレベルとは断言できない。今回我々は、磁石構造体への各種加熱操作による吸引力への影響を確認することを目的として、磁性アタッチメント義歯を作製する上で各作業工程において考えられる磁石構造体への加熱状態を想定した、オートクレーブ滅菌、各種レジン重合を、ネオジム磁石を内蔵した磁性アタッチメントに加え、それらの処置の前後における磁石構造体の吸引力を測定し、比較検討を行った。

## II. 材料と方法

### 1. 実験材料

本実験の試料であるカップヨーク型歯科用磁性アタッチメント（ギガウス D 600® ジーシー）と（フィジオマグネット 35® 日立金属）を（図 1）に示す。各製品の寸法は、ギガウス D 600®において磁石構造体が  $\phi 3.6 \times 1.3\text{mm}$ 、キーパーが  $\phi 3.6 \times 0.7\text{mm}$  であり、フィジオマグネット 35®において磁石構造体が  $\phi 3.5 \times 1.3\text{mm}$ 、キーパーが  $\phi 3.6 \times 0.8\text{mm}$  である。各製品における吸引力のメーカー参考値は、ギガウス D 600において約 600gf、フィジオマグネット 35において約 560gf である。各実験における試料数は、各製品それぞれ 5 個ずつとし、実験項目ごとに未使用の製品を使用した。



ギガウス D 600



フィジオマグネット 35

図 1. 歯科用磁性アタッチメント

### 2. 実験項目

#### 1) 恒温炉中の加熱による影響

まず、磁石構造体の熱特性を知るための基礎的加熱実験を行う為、恒温炉での加熱による、吸引力への影響を確認した。

各実験試料を恒温炉（ラボクリーン QC-1, ジーシー）（図 2）に、まず 50°C、100°C での稽留を行い、120°C～320°C は、20°C 間隔で各 1 時間の係留を行った。その後、体氣中に 24 時間放冷して、試料温度が室温まで低下した時点での吸引力を測定した。各温度における吸引力を非加熱時の吸引力と比較することで、その影響について検討した。



図 2. 恒温炉

## 2) オートクレーブ滅菌による影響

次に磁石構造体およびキーパーを滅菌処理した場合を想定した、オートクレーブ滅菌時の加熱による影響について検討した。

各実験試料を歯科用オートクレーブ（オサダブチクレーブDA5、長田電気工業）（図3）を用いて、135°C、4分間、0.23MPaの滅菌処理後、体温中にて24時間放冷した後、各試料の吸引力を測定した。滅菌前と滅菌後における吸引力を比較することで、その影響について検討した。



図3. 歯科用オートクレーブ

## 3) レジン重合による影響

磁石構造体の本体を作業用模型に設置したまま義歯床用レジンの重合を行った場合を想定し、2種類のレジン重合法を用いたレジン重合時の加熱による影響について検討した。

本実験では、マイクロ波重合法と湿熱加熱重合法の二種類のレジン重合法により作製された仮想義歯床であるレジンプレート内に埋入された磁石構造体の吸引力を測定した（図4）。

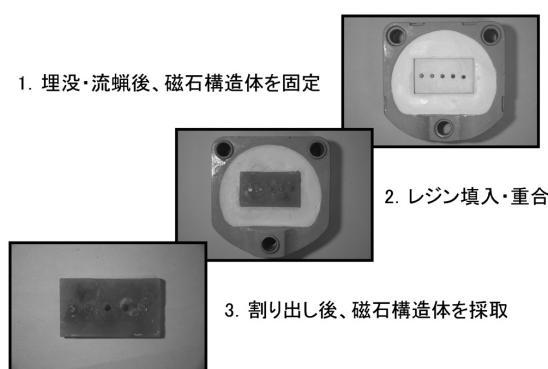


図4. レジンプレート作製方法

マイクロ波重合法では、電子レンジ（RE-Z6-H6P、シャープ）を用いて出力500ワットで3分間重合し、また湿熱加熱重合法では70°Cで60分、100°Cで30分、重合した後、24時間大気中に放冷後、それぞれレジン内より磁石構造体を取り出し、吸引力を測定した。各重合法における重合前と重合後における吸引力を比較することで、その影響について検討した。

本実験ではさらに、填入するレジンの厚さを3種類に設定することで、各レジン厚さにおける吸引力の変化についても検討を行った。

レジンプレートの作製方法は、まず、成型したパラフィンワックスを通法にしたがって義歯埋没用石膏（アドバストーン、ジーシー）を用いて、フラスコ内に埋没し、流蟻後、そのスペースに磁石構造体をシアノアクリレート系接着材（アロンアルファ、東亞合成）にて固定した。

マイクロ波重合法ではマイクロ波重合型義歯床用レジン（アクロンMC NO. 8ライブピンク、ジーシー）を、湿熱加熱重合法では 加熱重合型義歯床用レジン（アクロンNO. 8ライブピンク、ジーシー）を填入した。重合後、完成したレジンプレートを割り出し、磁石構造体を採取した。作製したレジンプレートの寸法は、35×60mmとし、厚さを5、10、15mmの三種類に設定した（図5）。

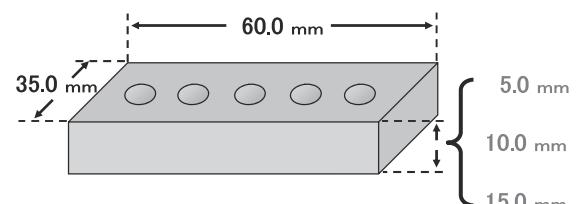


図5. レジンプレート寸法

## 3. 実験条件

各実験項目における実験条件は、実験項目1)、2) では、開磁路状態の磁石構造体のみのもの、および閉磁路状態のキーパーと磁石構造体を一体にしたもの2条件とした。実験項目3) では、開磁路のみの1条件にて実験を行った。

## 4. 吸引力の測定

吸引力測定は、小型卓上試験機（EZ Test、島津製作所）を用いて、ロードセル5kgf、クロスヘッドスピード5mm/minにて行った。各条件ご

とに、同一の磁石構造体について、10回の吸引力測定を行い、その平均値を吸引力とした。各実験前後における、磁石構造体の吸引力を比較検討した。測定においては吸引力の値を正確に計測するために、当講座開発の専用治具<sup>4)</sup>を用いた(図6)。

得られたデータから統計解析としてt検定を用いて、有意水準1%で検定を行なった。統計解析には統計解析ソフト(Dr. SPSSII for Windowsスタンダードバージョン、SPSS)を使用した。

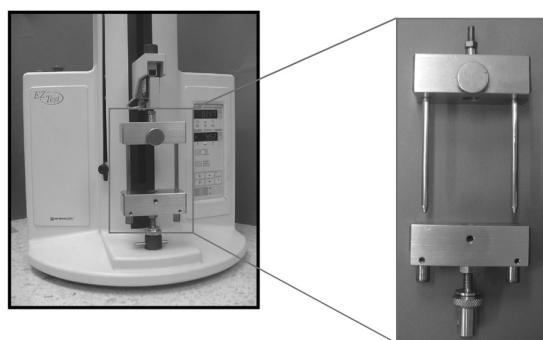


図6. 小型卓上試験機と吸引力測定用治具

### III. 結 果

#### 1. 恒温炉中での加熱による影響

開磁路では、ギガウスD600、フィジオマグネット35とともに120°Cから、吸引力の減少傾向を示した。また220°Cにて、吸引力は、室温時の50%以下に減少した。さらに、温度を上げると、ギガウスD600は260°C、フィジオマグネット35は300°Cにて吸引力が完全に失われる結果となった(図7)。閉磁路では、ギガウスD600、フィジオマグネット35ともに、220°Cから吸引力の減少傾向を示した。開磁路の場合と異なり、両製品ともに260°Cまで吸引力は400gf以上を示す結果となった。さらに温度を上げると、ギガウスD600では300°C、フィジオマグネット35では320°Cにて吸引力が完全に失われる結果となった(図8)。

#### 2. オートクレーブ滅菌の加熱による影響

開磁路において、ギガウスD600とフィジオマグネット35の両者とも滅菌前と比較して、滅菌後の吸引力の低下が確認された(図9)。一方、閉磁路では、滅菌前と滅菌後の吸引力に差は見られなかった(図10)。

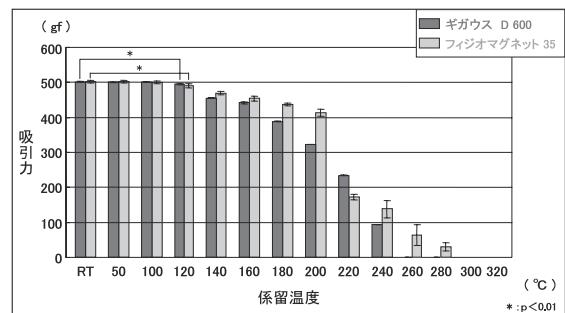


図7. 開磁路での恒温炉加熱による吸引力への影響

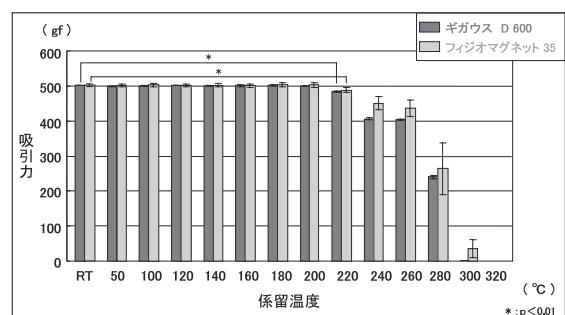


図8. 閉磁路での恒温炉加熱による吸引力への影響

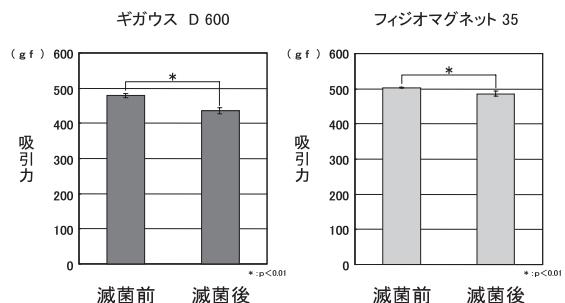


図9. 開磁路でのオートクレーブ滅菌による吸引力への影響

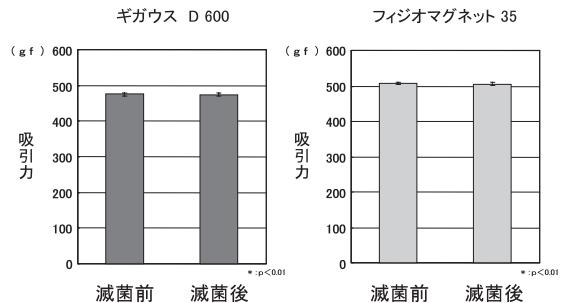


図10. 閉磁路でのオートクレーブ滅菌による吸引力への影響

### 3. レジン重合時の加熱による影響

マイクロ波重合法において、ギガウス D600とフィジオマグネット35の両者とも重合前と比較して重合後の吸引力に若干の低下が確認された(図11)。湿熱加熱重合法においても、マイクロ波重合法と同様に、重合前と比較して重合後の吸引力に若干の低下が確認された(図12)。

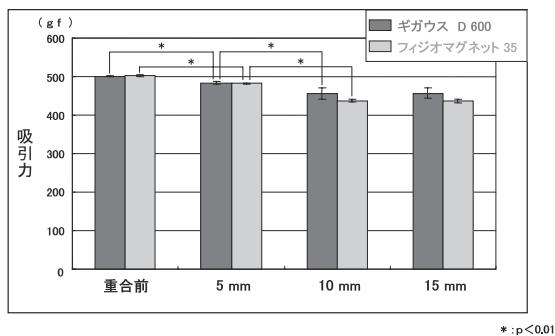


図11. マイクロ波重合法による吸引力への影響

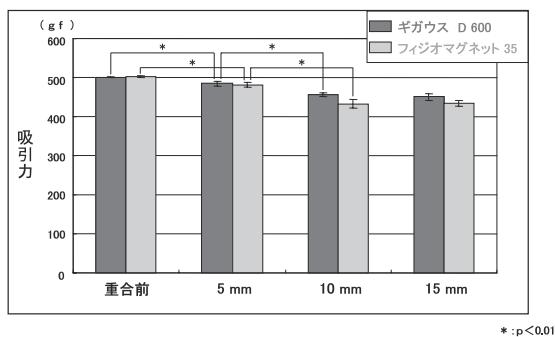


図12. 湿熱加熱重合法による吸引力への影響

レジンの厚みによる影響については、厚さ10mmでは5mmと比較してより著しい吸引力の低下が確認された。一方、10mmと15mmでは吸引力に明確な差は確認されなかった。湿熱加熱重合法においても、マイクロ波重合法と同様に、重合前と比較して、重合後の吸引力の低下が確認された。レジンの厚みによる影響についてもマイクロ波重合法と同様に、厚さ5mmと10mmでは吸引力の低下の差が確認されたが、10mmと15mm間では吸引力に明確な差は確認されなかった。

## IV. 考 察

永久磁石はすべて特定の温度以上に加熱されると磁力を失い、その後冷却しても磁力は回復しな

い。磁力を失う温度、いわゆる「キュリー温度」はそれぞれの磁石の材料によって決まる。現在市販されている磁性アタッチメントのほとんどは、ネオジム磁石を利用するようになってきた。同じ希土類磁石でも、ネオジム磁石はサマリウム・コバルト磁石よりも大きな磁力を発揮する事が知られていたが、当初歯科用磁性アタッチメントにこのネオジム磁石を採用することに関係者が躊躇してきた主な理由は、その温度特性にあった。すなわち、サマリウム・コバルト磁石は約300°Cまで本来の磁力を維持するが、ネオジム磁石は100°C付近から磁力低下が観察されるような材質であった<sup>1)</sup>。しかし、関係者の努力により、近年このネオジム磁石の欠点も大幅に改良され、最近では200°C程度まで磁気特性の安定した磁石の入手が可能となり、今日における磁性アタッチメントとしての歯科的応用を広めるに至った。一方、口腔内では100°Cを越える環境はあり得ないため、この種の用途における現実的な問題は少ないと意見もみられたが、この比較的デリケートな材料であるネオジム磁石に対する、複雑、多様な臨床環境での各操作工程で加えられる熱に対する影響は確認されなければならない。例えば、オートクレーブ滅菌も出来ない様な製品では、過酷な臨床環境で安心して長期間利用できる保証は得られないからである。

そこで今回、一般的に市販されているカップヨーク型歯科用磁性アタッチメントであるギガウスD600(ジーシー)と、フィジオマグネット35(日立金属)の2種類を試料とし、まず、それぞれの製品における基礎的熱特性を知る目的で恒温炉における直接加熱を行った。さらに、オートクレーブ滅菌、各種レジン重合により磁石構造体の吸引力に変化が生じるか否かについて検討を行った。

### 1. 恒温炉中の加熱による影響について

磁石の加熱による磁力減少は磁性アタッチメントの吸引力に直接影響を与えるものである。磁力減少の原因は、一般に原子磁石の方向変化によるものとされている。すなわち、一定の方向に揃って磁石としての極性を示している原子磁石の方向が、加熱による原子の振動エネルギーによりその配列の拘束が破られ、物質としてより安定した元

のバラバラの方向になり、磁力が中和してしまうためである。また、これらの不可逆的な温度変化は、磁石の材質の他、磁石形状によるパラミアンス係数も重要なファクターとなる<sup>5)</sup>。本実験の結果、磁性アタッチメントへの直接的な加熱により吸引力が減少する事が認められた。また、その傾向は磁石構造体のみの開磁路にて加熱した場合、より著明であった。本実験は、製品として一般的に市販されている磁性アタッチメントの熱特性を知るために行った一種の熱耐久試験である。今回得られたデータはこれらの製品が、一般的臨床応用すなわち口腔内温度レベルでの使用になんら問題無いということを証明するものと考えられる。一方、今回の結果は、磁石構造体のみでの過度の加熱が磁力低下を示す可能性が大きい事を示すものであり、同条件下での滅菌処理や技工操作等の危険性が示唆された。

## 2. オートクレーブ滅菌の加熱による影響について

近年、歯科用医療器具は院内感染防止の観点からディスポーザブルのものが多くなっている。一方、再利用可能な器具に対しては、使用前に確実な消毒、滅菌が要求される<sup>6)</sup>。歯科用磁性アタッチメントの磁石構造体は、再利用可能な医療器具であり対消毒、滅菌処理性は必須と考えられる。薬液による消毒操作は、磁石構造体表面の腐蝕により間接的に磁石構造体の吸引力に影響を与える可能性がある。一方、オートクレーブによる加熱滅菌操作は、磁石構造体が高温中にさらされるため、直接的に磁石構造体の吸引力に影響を与える可能性があるため、特に注意が必要と考えられる。

本実験の結果、磁石構造体のみの開磁路条件下では、オートクレーブ滅菌での加熱により、吸引力が減少する事が示唆された。しかしながら、磁石構造体およびキーパーを一体とした閉磁路条件下での吸引力の低下は認められなかった。本実験に使用した歯科用オートクレーブの滅菌処理温度は135°Cであり、実験1で行った恒温炉中の加熱における結果と比較しても、本実験の結果は十分な妥当性を有するものと考えられる。

本結果は、閉磁路条件下でのオートクレーブ滅菌の安全性を示すものと考えられる。

## 3. レジン重合時の加熱による影響について

磁石構造体をレジン床義歯に合着する場合、常温重合レジンを使用するのが一般的であるが、義歯に設定された遁路周囲には、亀裂や着色を生じやすい<sup>7)</sup>。磁石構造体を直接、加熱重合レジンで結合する義歯作製方法は完成義歯に常温重合レジンが使用されていないため、義歯粘膜面の審美性や磁石構造体とレジンとの接着性に優れており、一般的に物性としてより安定した義歯が得られるとしてされる。この方法は、義歯新製時のみならず間接リベース時にも有効であると考えられる<sup>8)</sup>。一方、磁石構造体は開磁路条件下で直接的に加熱されることが予想されるため、吸引力への影響が危惧される。

本実験において、義歯床用レジン重合時における重合方法ならびに、レジンの厚みによる重合熱の影響について検討を行った結果、各種重合法による影響についてはマイクロ波重合法、湿熱加熱重合法ともに各製品の重合後の吸引力は重合前と比べて減少し、重合前後において有意な差が認められた。さらに、レジンの厚みによっても吸引力の変化が認められた。これらの結果は、磁石構造体を直接、加熱重合レジンで結合する義歯作製方法が磁石構造体の吸引力を減少させる可能性があることを示唆している。また、填入したレジンの厚みによっても吸引力に差が認められたことより、フラスコ内部の温度特性のみならずレジン本体の内部温度も関与すると考えられる。

マイクロ波重合法では、義歯に維持装置などの金属が用いられていると、局所的に電磁波のエネルギーが集中して加熱され、金属周囲のレジンが焦げたり、金属そのものの物性が変化することが報告されている<sup>8, 9)</sup>。しかし、これら内部における温度特性の把握は一般的に容易ではなく、電子レンジの電磁波が金属性の磁石構造体にどのような影響を与えていているかについても現時点では明確ではないため、今後さらなる検討が必要であると考えられる。

中村ら<sup>6)</sup>は、ネオジム磁石を内蔵したカッピヨーク型磁性アタッチメント用い、開磁路条件下において各種加熱実験を行った結果、オートクレーブ滅菌やレジン重合による加熱が吸引力への影響を及ぼさなかったと報告している。しかし、これら熱特性は各製品によるアタッチメントの形状や、

内蔵されるネオジム磁石の組成により大きく影響を受けるため、製品の違いによって、異なる様相を示すことは十分考えられる。

また、磁性アタッチメントは、現在、国内外多くのメーカーから多種多様な形状、吸引力の製品が発売されており、内蔵されるネオジム磁石は旧来の製品より小型化、高性能化されている。一方、その代償として耐熱性が低下している可能性も否定はできない。今回の結果は、加熱条件下における磁性アタッチメントの使用に対して十分な配慮が必要であるということを示唆するものと考えられる。

## V. 結 論

磁石構造体への加熱による吸引力への影響を確認する目的で、磁石構造体に、臨床的に考えられる各種の加熱操作を加え、加熱前後の吸引力について比較検討した結果、以下の結論を得た。

1. 恒温炉における加熱実験の結果、磁石構造体はそれぞれ一定の温度を超えると、吸引力が減少する傾向を示した。また、その傾向は各製品間や回路の違いにより、異なる様相を示すことが確認された。
2. オートクレーブによる滅菌では、閉磁路での滅菌処理前後の影響は確認されなかった。一方、開磁路では各製品とも吸引力は減少し、滅菌処理前後において有意な差が認められた。
3. 各種重合法による影響についてはマイクロ波重合法、湿熱加熱重合法ともに重合後の磁石構造体の吸引力は減少傾向を示した。しかし、重合方法の違いによる磁石構造体の吸引力の差は明確には認められなかった。
4. 義歯床用レジンの厚みを変化させた場合、義歯床用レジンの厚さ 5 mmでは、重合後の磁石構造体の吸引力は約 4 %減少し、厚さ 10 mmでは約 10 %減少した。また、10 mmと 15 mmでは吸引力に差は認められなかった。

## VI. 参考文献

- 1) 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ー，医歯薬出版（株），東京，1992.

- 2) 田中貴信：マグフィット・システムーその臨床活用の要点ー，デンタルダイヤモンド，東京，1993.
- 3) 田中貴信：続・磁性アタッチメントー108問108答ー，医歯薬出版（株），東京，1995.
- 4) Y.Terao, Y.Nakamura, T.Ishida, A.Ando, H.Nakamura, et : Measuring Methods of the Attractive Force of Magnetic Attachment, 日磁歯誌, 16 (2) : 14~19, 2007.
- 5) 中村和夫, 水谷 純, 深沢直樹, 森田智子, 藍 稔：磁性アタッチメントの吸引力と加熱との関係, 日磁歯誌, 5 (1) : 60~70, 1997.
- 6) 中村好徳, 田中貴信, 石田 隆, 津田賢治, 金澤 肇 ほか：各種臨床工程が磁性アタッチメント「マグフィット®」の吸引力に及ぼす影響に関する実験的研究, 愛院大歯誌, 36 (4) : 731~735, 1998.
- 7) 植田耕一郎, 武田友考, 一和多寿樹, 小林 公, 中村隆之 ほか：義歯床の着色に関する研究ー第1報表面粗さおよび嗜好品が及ぼす影響についてー, 補綴誌, 29 (1) : 85~93, 1985.
- 8) 木村 博, 寺岡文雄：マイクロウェーブ重合の基本を考えるーマイクロウェーブ重合をよりよくするためにー, Q D T, 13 : 91~98, 1998.
- 9) 林 純子, 古山貴敏, 刑部仁三, 大木一三, 廣瀬英明, 西山 寛：マイクロ波重合法の応用に関する研究 第1報 金属床義歯におけるメタクリリートレジンの重合について, 補綴誌, 36 (3) : 612~620, 1993.

## 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

安藤彰浩、中村好徳、神原 亮、大野芳弘、田中貴信

Effect of Abutment Tooth Connection of an Extracoronal Magnetic Attachment on the Stress Distribution in their Periodontal Tissues analyzed by the Three Dimensional Element Method  
Ando A., Nakamura Y., Kanbara R., Ohno Y., Tanaka Y.

An extracoronal magnetic attachment design has been developed which may be universally applied to either vital or non-vital tooth treatment situation.

A unilateral distal extension partial denture treatment is traditionally considered to be unfavorable due to potential direct stress concentration.

However, if a patient desired the unilateral designed denture, we have to consider interconnecting several tooth are adjacent to missing area.

The purpose of this study was to investigate splinting interconnection and the effect of unilateral partial dentures on the abutment tooth interconnection using the finite element method and a digitized modeling record of an anatomic 3-D Computer Assisted Tomography generated patient model.

The following results were obtained :

1. Real size FEM models may be constructed with excellent physiologic modeling of complicated structures using actual patient data and cast.
2. FEM stress evaluations demonstrated highest concentrations to the two proximal abutment teeth in all test load situations.
3. FEM evaluations of tooth displacement were similar in distribution to the load transfration for including an third tooth if practicable. Further splinting efforts will not appear to improve resistance to tooth displacement nor load distribution.

**Key words :** 磁性アタッチメント (magnetic attachment)

歯冠外アタッチメント (extracoronal attachment)

有限要素法 (finite element method)

応力解析 (stress analysis)

モデリング (modeling)

## I. 緒 言

有床義歯を用いた補綴治療を安全かつ有効に行うためには、義歯の力学的挙動を把握することが重要である。特に遊離端義歯の人工歯部に機能的な荷重が加わった場合、補綴物と床下組織のそれぞれに如何なる応力分布が発現するかは、臨床成績に直結する重要な問題点として、詳細に検討する必要がある。

近年、患者の歯科に対する審美的な要求も増している。磁性アタッチメントは、適用スペースの関係から基本的に失活歯を適応とした維持装置であるが、その機能性は勿論、審美性も優れていることから、患者・術者、双方から高い満足を得てきた<sup>1-4)</sup>。筆者らは、磁性アタッチメント開発当初から、その臨床的適用範囲を広げるために、磁性アタッチメントを歯冠外アタッチメント様式で利用することで、有髓歯への応用にも挑戦してきた<sup>1)</sup>。最近、既成パターンを利用した精密かつ簡便な臨床システムを完成し<sup>5-8)</sup>、大きな臨床実績を上げている。すなわち、磁性アタッチメントは、クラスPなどの既存の支台装置との併用も可能である事を主要な特長の一つとしているが、有髓歯への利用も可能となれば、磁性アタッチメントのみを利用した、着脱方向の制限をほとんど有しない、使用感の優れた義歯の適用が可能となり、その臨床価値は極めて大きいものである。

遊離端欠損症例の片側処理は、義歯に加わった機能圧が最後方支台歯に直接伝達され、負担過重に成り易いことから、一般的に禁忌とされている。しかし、多くの患者は大型の両側性の義歯を嫌い、片側処理を要求することが多い。この様な、片側処理の義歯に、この歯冠外型磁性アタッチメントを用いた場合にも、当然のことながら、義歯のカンチレバー作用による支台歯の負担過重が懸念される。この場合、義歯の安定性、支台歯の安全性を得るために、欠損部に隣接する複数の残存歯が支台歯として利用されるが、支台歯数の決定は術者の臨床的経験から決定されることがほとんどである。しかし、単純に複数の残存歯を連結固定して支台歯に利用するとは言っても、生体への負担を考えれば、その数は必要最小限にすべきであることは当然である。そして、その決定はより科学的な根拠に基づいて行われるべきである。

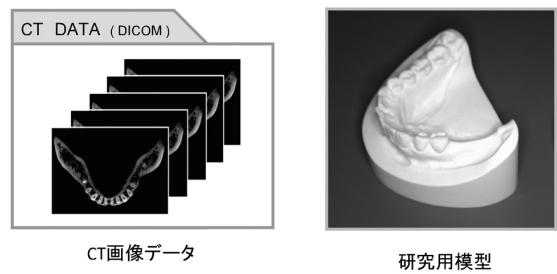
そこで今回、我々は、片側遊離端欠損症例において、支台装置として歯冠外型磁性アタッチメントを片側義歯に適応する場合、その支台歯数の決定に理論的根拠を与えるために、連結支台歯数と義歯周囲組織の応力分布の関係を、有限要素法を用いて検討した。

解析モデルの構築に関しては、本学インプラント科にて診断・治療が終了した患者のCTデータを基に、解析モデルを構築した。義歯及び連結冠部は、その患者の研究用模型上で、模擬的に作製したものを解析モデルに組み込むことで、より生体に近似したモデルを作製すると共に、補綴物の形態も詳細に再現したものである。

## II. 解析モデル

### 1. 生体情報

今回の解析モデルは、生体のデータを基に構築した。具体的には、本学インプラント科にて、診断・治療が終了した患者の中から、本研究に合致した、適切な症例を検索し、その患者のCT画像データおよび研究用模型を用いた(図1)。該当した患者には、本研究の趣旨を十分に説明し、臨床資料の研究への利用に関する同意を得た。



CT画像データ

研究用模型

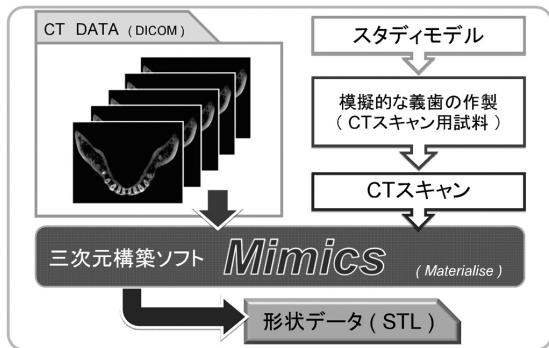
図1. CT画像データおよび研究用模型

患者は、42歳女性で、左側臼歯部欠損による咀嚼障害のため、本学インプラント科に来院し、既に所定の治療が全て終了している。今回利用した術前のデータでは、下顎左側第一・第二大臼歯欠損で、骨植良好、歯周組織に異常は認められなかった。

### 2. 形状データの作成

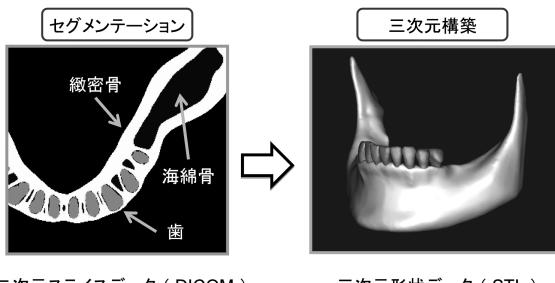
表1に、形状データ作成までのフローチャートを示す。

表1. 形状データの作製のフローチャート



## 1) CTデータ処理

CT撮影により得られた DICOM フォーマットデータを三次元画像処理・編集ソフト (Mimics ver. 11.0, Materialise) を用いて、CT濃度値より形状を抽出し、それを歯ならびに下顎骨の皮質骨・海綿骨にセグメンテーションした。三次元構築された形状は、STL フォーマット形式で出力した (図 2)。



二次元スライスデータ (DICOM)

三次元形状データ (STL)

図2. CTデータ処理

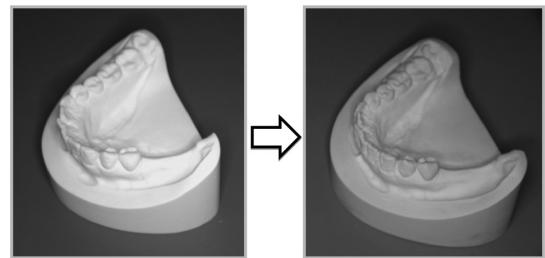
## 2) CTスキャン用義歯、アタッチメント、クラウンの作製

当患者に適応された補綴物と想定した、歯冠外アタッチメントや義歯などの複雑な形状を再現するために、実際に CTスキャン用試料を作製し、CTスキャンした。

その作製手順を以下に示す。

## (1) 作業用模型作製

診断時に作製され保管されていた、研究用模型の複模型を作製し、作業用模型とした (図 3)。この作業用模型を実際の口腔内に見立て、模擬的に義歯やクラウンを作製した。



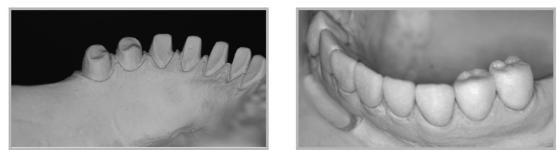
研究用模型

作業用模型

図3. 作業用模型作製

## (2) 仮想支台歯形成とレジンクラウンの作製

作業用模型上で、仮想支台歯形成を行った (図 4 a)。その後、テンポラリークラウンを作製する要領で、レジンクラウンを築盛した (図 4 b)。なお、試料の製作にはX線不透過性即時重合レジン (スキャニングレジン、山八歯材工業) を用いた。スキャニングレジンは、X線造影剤が均質に分散しているため、形状を読み取るのに適している。



a 仮想支台歯形成

b 支台歯部の補綴物完成像

図4. レジンクラウン作製

## (3) アタッチメントの設置

歯冠外アタッチメント用既製プラスチックパターン (ギガウス C600KBキーパートレートレーEC、GC) をスキャニングレジンで複製し、通法にしたがい、第二小臼歯遠心部に設置した。第二小臼歯舌側をミリングし、第一小臼歯との歯冠部に、インターロック部を形成した (図 5)。

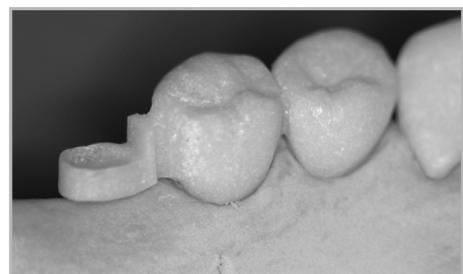


図5. 歯冠外アタッチメント部付与

## (4) メタルフレーム部の築盛

設置されたアタッチメントに適合するよう、メタルフレーム部を築盛し、着脱可能なものとした(図6)。



図6. メタルフレーム部築盛

## (5) 義歯床相当部の築盛

メタルフレーム部に、義歯床相当部を築盛、形態修整を行った(図7a)。

## (6) CT撮影・三次元構築

上記の試料を、産業用マイクロフォーカスX線CT(SMX-225CT、島津製作所)で撮影した。撮影したデータ形式はTiffフォーマットである。これを三次元画像処理・編集ソフト(Mimics ver. 11.0, Materialise)を用いて、形状抽出した(図7b)。

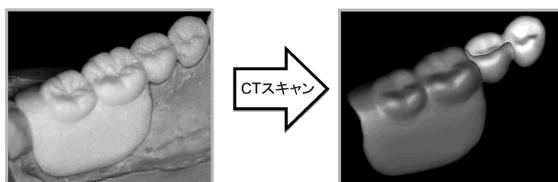


図7. 義歯の三次元構築

## 3. 有限要素解析用モデルの構築

## 1) 形状データの合成

これまでに得られた全ての形状データを、CAE環境統合プリ・ポスト総合ソフト(Patran 2007r1b, MSC Software)にインポートした。3次元空間において、CTから得られた歯頸部と、今回作製したクラウンの歯頸部が一致するようにして、咬合平面、パノラマX線写真等を参考に、トータル的なバランスを加味して位置づけた(図8)。

## 2) メッシュワークの改善

取り込まれた三次元形狀は、莫大な数の三角形で形成されたポリゴンデータである。円滑な計算処理を達成するために、主たる観察領域の特に不均等な要素については、手作業にて各三角形要素のアスペクト比の改善を行なった。さらに、観察領域から離れた部分については、可及的な要素数の削減を目的として、メッシュワークの改善を行った<sup>9)</sup>。

## 3) ソリッドデータへの変換

外側の改善されたメッシュワークを用い、サーフェイスデータの内側を、ソリッドデータへと自動変換した。

## 4) 有限要素モデルの完成

完成した有限要素解析モデル全体像を示す(図9)。この基本モデルは、第一小臼歯と第二小臼歯を連結させたモデルである。

## III. 解析

構築した有限要素モデルに力学的物性値を入力し、境界条件を付与した後、汎用非線形構造解析ソルバー(Marc2005r3, MSC Software)を用いて、演算した。

## 1. 解析条件

義歯と粘膜、支台歯と支台装置の境界面に接触条件を設定した。摩擦タイプはクーロン摩擦タイプとし、摩擦係数には、 $\mu = 0.01$ を採用した。解析タイプは、線形弾性応力解析を用い、要素タイプには、三次元四面体および、五面体要素を用いた。解析用コンピュータはDELL PRECISION 470(DELL)である。

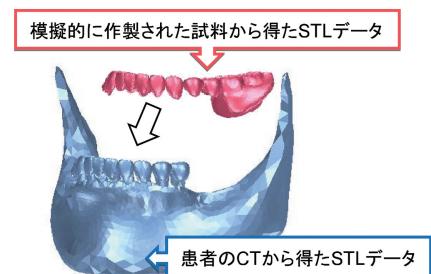


図8. 形状データの合成

## 1) 構成要素と力学的物性値

モデルの構成要素と、各力学的物性値を以下に

示す(表2)。クラウン・アタッチメント・メタルフレーム部に用いた金属は、実際、臨床で頻繁に用いられる歯科用メタルセラミック修復用貴金属材料(デグメントユニバーサル、デンツプライ三金株式会社)を想定した物性値とした。また、歯根膜においては、予備的な実験を行い、歯の沈下量が既知の値<sup>10)</sup>に近づくように設定した。

表2. 構成要素および力学的物性値

	ヤング率(MPa)	ポアソン比
歯根膜	1.00	0.45
頸堤粘膜	0.10	0.45
皮質骨	11,760	0.25
海綿骨	1,470	0.30
歯根	11,760	0.35
金属	94,080	0.30
義歯床	2,450	0.30

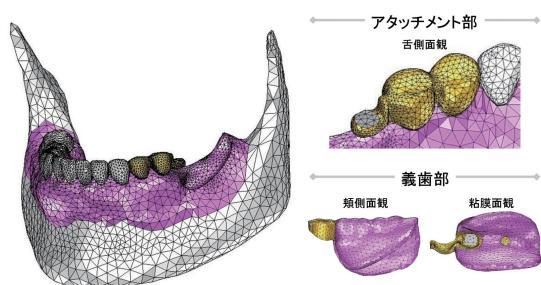


図9. 有限要素モデル全体像

## 2) 境界条件

拘束条件は、下顎両側筋突起相当部を完全拘束とした。荷重条件は、咬合平面に垂直になるように、義歯の人工歯咬合面相当部に、合計10Nの荷重を与えた(図10)。

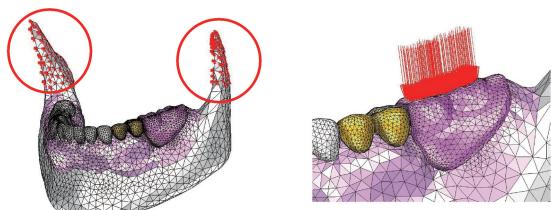


図10. 境界条件

## 2. 解析項目

今回構築した解析基本モデルは、第一・第二小臼歯連結モデルであるが、コンピュータ上で、連結歯数を近心へ一歯ずつ連結させたモデルをそれぞれ作製し、連結支台歯の歯数による効果を検討した。構築したモデルは、2歯、3歯、4歯、5歯連結モデルの4種とし、それぞれの要素数、節点数を(表3)に示す。

表3. 解析項目



## IV. 結 果

### 1. 応力分布

#### 1) 支台歯

支台歯を解析モデルから抽出した。遠心舌側から観察した各モデルの応力分布図を図11a-dに示す。左から第二小臼歯、第一小臼歯、犬歯、側切歯、中切歯の順である。

##### (1) 2歯連結モデル(図11a)

最後方支台歯のクラウンマージン部遠心に応力集中がみられ、歯頸部から歯根に及ぶ、比較的広範囲の応力分布が確認できる。第一小臼歯においても同様な分布を示した。

##### (2) 3歯連結モデル(図11b)

犬歯を支台歯として連結させた3歯連結モデルでは、2歯連結モデルに比べ、最後方支台歯の歯根部への分布は著しく緩和傾向を示した。応力集中は、第二小臼歯の遠心クラウンマージン部及び、第一小臼歯の遠心クラウンマージン部に現れた。犬歯においては、若干の分布はみられたが、限局した応力集中は観察されなかった。

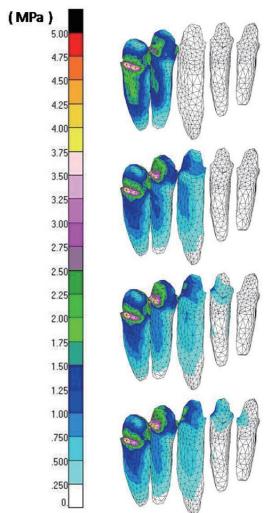


図11. 支台歯応力分布図

a. 2歯連結モデル

b. 3歯連結モデル

c. 4歯連結モデル

d. 5歯連結モデル

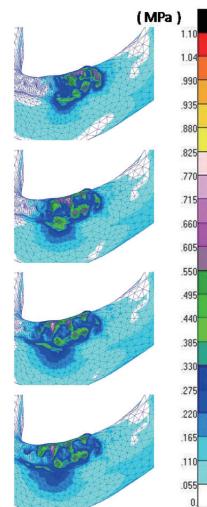


図12. 皮質骨応力分布図

## (3) 4歯連結モデル(図11c)

側切歯を含む4歯連結モデルは、応力集中は、3歯連結モデルと同様に、第一・第二小臼歯の遠心クラウンマージン部であった。側切歯への応力分布は、歯冠部に若干の分布が確認できた。

## (4) 5歯連結モデル(図11d)

連結支台歯が中切歯までの5歯連結モデルでは、支台歯となるすべての歯に分布が見られるが、側切歯・中切歯への分布はごく僅かであり、歯根への分布もほとんどみられない。

応力集中部位は、すべてのモデルに共通して、第一・第二小臼歯の遠心クラウンマージン部であった。歯根への広い範囲の分布は、2歯連結モデルにおいてのみ観察された。最後方支台歯の遠心クラウンマージン部における応力集中は、連結歯数を増やしても若干の緩和傾向はみられるが、比較的に変化が少ない傾向を示した。

## 2) 皮質骨

皮質骨の結果を図12a-dに示す。皮質骨をモデルから抽出した。皮質骨を前方から観察した分布図である。

## (1) 2歯連結モデル(図12a)

支台歯周囲皮質骨、および最後方支台歯根尖相当部に限局した応力集中が見られた。

## (2) 3歯連結モデル(図12b)

最後方支台歯の限局した応力集中は緩和されたが、犬歯歯槽窩唇側、および犬歯・第一小臼歯歯間部付近に応力集中が見られた。

## (3) 4歯連結モデル(図12c)

犬歯歯槽窩唇側の集中は緩和傾向にあり、側切歯・犬歯歯間部付近に応力集中が確認できる。

## (4) 5歯連結モデル(図12d)

応力集中部位は4歯連結モデルと同様である。中切歯歯槽窩唇側におよぶ分布が若干確認された。

連結する支台歯に伴って、最後方支台歯周囲皮質骨の応力集中は緩和されていく結果となった。

## 2. 変位

## 1) 支台歯

支台歯の遠心方向の変位を図13に示す。計測点は、最後方支台歯の咬頭頂とした。連結する支台歯数が増えることで、変位は減少傾向を示した。犬歯を支台歯に含めた3歯連結モデルのときの減少が著しく、2歯連結モデルより約50%の減少を示した。連結歯数をそれ以上増やした場合も、変位量は減少するが、比較的緩やかな変化率であった。

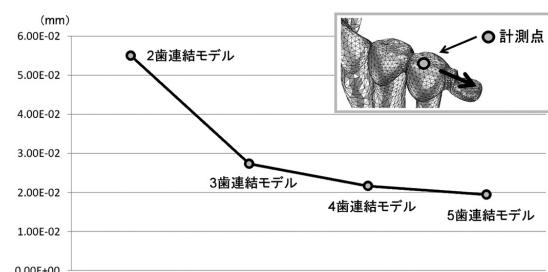


図13. 支台歯変位量

## 2) 義歯

義歯の沈下方向への変位を図14に示す。計測点は義歯後縁とした。連結する支台歯数が増えることで、沈下量が減少する傾向を示した。これも、犬歯を支台歯に含めた3歯連結モデルのときの減少が著しく、2歯連結モデルより約35%の減少を示した。連結歯数をそれ以上増やしても、更なる義歯の著明な沈下は観察されなかた。

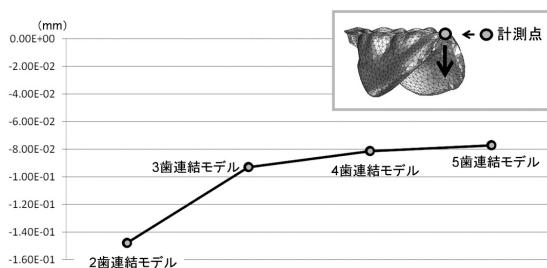


図14. 義歯後縁沈下量

## V. 考 察

### 1. 解析方法について

応力解析の方法としては、ストレインゲージ法<sup>11-13)</sup>、光弾性法<sup>14-17)</sup>などの物理的模型実験がある。しかし、ストレインゲージ法は、ゲージを添付した物体表面の情報しか得られず、内部の応力を知ることは出来ない。一方、光弾性法は、表面応力のみではなく、内部応力についても測定が可能であるが、材料定数の比を反映した複雑なモデルを作製することは、極めて困難であると共に、連続的な測定も容易ではない。

有限要素法は、本実験のように、基本モデルを部分的にコンピュータ上で改良することが可能であり、実際に模型を製作することなく、容易に他のモデルを作製することも可能である。さらに、有限要素法は、ストレインゲージ法や、光弾性法では困難である、各モデルに、同一な拘束条件及び、荷重条件を確実に付与することが可能である。

口腔内は、歯、義歯、支台装置及び頸骨といった複雑な形状を有し、様々な構成要素の複合体であるため、口腔内における義歯の応力解析を行うには、有限要素法が極めて有効な手段だと考えられる。

### 2. 有限要素モデルの構築法について

これまで我々は、モデル構築の技術的な問題と、

コンピュータの解析能力の問題により、要素数軽量化、モデル構築の左右対称化、便宜的にモデルを単純化し解析を行ってきた<sup>18-22)</sup>。しかし、実際の口腔内では、歯はアーチ状に存在し、歯根は弯曲を呈し、頸堤粘膜の厚径も決して一定ではない。つまり、これまでの解析は、モデルの単純さがゆえ、解析結果に整合性はあるものの、現実的に臨床のエビデンスとするには信頼性に疑問があるものと考えている<sup>21, 22)</sup>。

今回の構築法は、実際の生体のCTデータや、印象された模型から有限要素モデルを作製しており、個々の症例における有床義歯による補綴処置を、より正確にシミュレーションできたと考える。

### 3. 解析モデルについて

現在では、コンピュータの処理能力の向上や、画像解析技術の進歩に伴い、三次元モデルにおける有限要素法を用いた理論的解析も多数報告される時代となった。しかし、その中で構築されている解析モデルは、乾燥頸骨標本を基に作製したもの<sup>23)</sup>や、解剖学的に平均的な寸法にもとづいた模型から構築されたもの<sup>24)</sup>がほとんどである。解析モデルを生体から作成した報告<sup>25)</sup>もあるが、床義歯や支台装置などの補綴物を詳細に再現した報告は少ない。今回の実験結果からみて、この方法により生体の口腔内の形状を忠実に再現できたものと考える。すなわち、今回は倫理的な観点から、インプラント治療患者の試料を研究用に転用するという、便宜的な手段に妥協したが、本法は、今後部分床義歯患者の義歯設計に、そのまま応用できるシステムであることが確信された。

#### 1) 欠損部頸堤粘膜の厚径について

これまでこの種の報告では、粘膜の厚径は、生体計測に基づく平均値を参考にしてモデルに組み込んでいた<sup>23, 24)</sup>。本実験では、CTから得られた皮質骨の表面と、模擬的に作製した義歯粘膜面で形成される空間を、粘膜に置き換える技法を用いた。このモデル構築法により、患者の粘膜の厚みそのものが、忠実に再現できたと考える。実際、モデルの粘膜の厚径は、欠損部の頸堤頂部で4-6mm、頬舌側部で1-2mmであり、寺倉<sup>26)</sup>らが示す生体実測値とほぼ同等の値で、妥当なモデルが構築できたものと考えられる。

#### 2) 歯根膜

歯根膜部のモデル構築において、CTデータで

は細密な構造が表現できないため、支台歯歯根周囲に厚さ0.2mmの歯根膜層を付与した。

### 3) 接触条件について

支台歯と支台装置、義歯と頸堤粘膜の界面において、物体同士の接触状態を再現できる接触要素を取り入れた。摩擦係数については、熊野の報告<sup>21)</sup>を参考に設定した。

### 4) 拘束条件について

拘束条件は解析結果に大きく影響し、場合によっては、特定部位に不自然な応力集中が出現するという報告もある<sup>27, 28)</sup>。下顎の開閉口運動は、両側の下顎頭が回転軸とされており、下顎頭を完全拘束するのが最も合理的であると考えられるが、本学インプラント科の歯科用CT撮影範囲は、患者の被曝を最小限に抑えるため、撮影の後方限界域が筋突起部より前方とされている。そのため、荷重点から可及的に離れた部位の場合、応力分布に影響を及ぼさないという報告を参考に<sup>21)</sup>、今回の拘束条件を、筋突起部の完全拘束した。

### 5) 荷重条件について

#### (1) 荷重方向

義歯の挙動は、咀嚼運動によって大きく影響されるが、実際の咀嚼運動時の義歯に加わる機能力は、垂直方向のみならず、さまざまな方向の分力を含んでいることは当然である<sup>27)</sup>。今回の解析は、単純に支台歯の連結歯数の検討を行なったため、最も支台歯に荷重が伝達しやすいと考えられる、咬合面に対して垂直方向の荷重とした。

#### (2) 荷重量

解析モデルには、粘弾性を有する頸堤粘膜、および歯根膜が含まれている。これら粘弾性に対する解析には、石田<sup>19)</sup>や増田<sup>20)</sup>らが行った材料非線形解析が不可欠である。しかし、一般的に軟組織における粘弾性値の設定は、解への収束が得られにくいことや、解析時間の極端な延長などの問題があるために、難しく、現段階では一般的なコンピュータの能力では対応しにくいのが現状である。そこで今回は、頸堤粘膜および歯根膜を、便宜的に弾性体として設定し、人工歯部への荷重量は10Nとした。この荷重量では、頸堤粘膜や歯根膜は弾性変形を示す範囲内であると考えられる<sup>19)</sup>。

### 4. 解析結果について

川崎らの報告<sup>30)</sup>では、第一・第二大臼歯欠損に対して、第一・第二小臼歯を支台とした、アッ

チメントに代表される一次固定と、コーンスのような二次固定におけるリジットタイプのパーシャルデンチャーへの荷重時における両固定法の応力分布を比較している<sup>27)</sup>。その中で、一次固定では、義歯の回転沈下に伴い、第二小臼歯の遠心傾斜と沈下が起こり、第一小臼歯が遠心へ回転しながら浮上するという解析結果を示している。本実験においても、支台歯が2歯のとき、第一小臼歯の近心1/2は浮上しながら傾斜した。支台歯が3歯のときには犬歯が、4歯のときには側切歯が、5歯のときは中切歯が同様な動態を示した。つまり、欠損側から最も離れた支台歯は浮上しながら回転する傾向が確認された。

支台歯の連結を、第二小臼歯から犬歯まで含めた3本支台においては、第一小臼歯遠心マージン部に応力集中が現れた。これは、2本支台では、最後方支台歯が遠心へ引き込まれたが、3本支台では、支台歯の連結効果により、その力に対し耐え得るものとなったためであり、つまり、浮上・沈下の回転中心が近心へ変化した結果と考えられる。

最後方支台歯の遠心変位と義歯の沈下量は、3本支台では、著しく軽減され、それ以上に連結歯数を増やしてもその後の変化量は僅かなものであった。連結支台歯が2歯の場合、荷重に対する抵抗は一直線上であるが、3本支台では、歯列の形態により連結支台歯の三脚効果により、荷重に対する抵抗力が増加したためでもあると考えられる。

片側遊離端欠損症例の片側処理は、原則的に禁忌であると考えられている。アタッチメント義歯の片側処理も、義歯の沈下に伴って、支台歯に対してカンチレバー作用が発現する。しかし、患者の希望に沿って、やむをえず片側処理する場合は、支台歯の状態、対合関係、パラファンクションの有無などを考慮して適切な支台歯数を選択した設計をすべきである。本研究の結果は、それに関する基本的な示唆を与えることができるものである。

## VII. 結論

この種の有限要素法解析において最も重要なモデル構築法について、実在する患者のCTデータ、研究模型から実際の生体に非常に近似した有限要素解析モデルの構築法を考案した。

また、今回作製した片側遊離端欠損の解析モデルにおいて、片側処理設計とした場合の支台歯連結効果を検討し、以下の結果を得た。

1. 今回のモデル構築法は、患者に侵襲を与えることなく、さまざまな補綴物を模擬的に作製することで、比較的簡便に、現実的な寸法・構造を有する有限要素モデルの構築が可能となった。患者の口腔内の形態には個体差があるが、個々の患者のモデルが簡便に作製できれば、将来的に臨床の場においても、最適な義歯設計の理論的なエビデンスを有限要素解析から提案できると考える。
2. 片側処理で歯冠外アタッチメントを用いた場合、支台歯の連結数を増やすことで、支台歯にかかる応力は緩和傾向を示し、義歯の沈下量も減少した。
3. 犬歯まで含めた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が、それ以上に連結歯数を増やしたモデルでの応力緩和は僅かなものであった。

## VII. 文 献

- 1) 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ー，医歯薬出版（株），東京，1992.
- 2) 田中貴信：マグフィット・システムーその臨床活用の要点ー，デンタルダイヤモンド，東京，1993.
- 3) 田中貴信：続・磁性アタッチメントー108問108答ー，医歯薬出版（株），東京，1995.
- 4) Tanaka, Y., Nakamura, Y. and Hoshiai, K.: General remarks concerning magnetic attachments in dentistry. Proceedings of the Japan Academy, May : 97-105, 2002.
- 5) 田中貴信, 星合和基, 中村好徳, 今泉洋子, 岡田通夫, 長谷川 明: 磁性アタッチメントの新たな適応症を求めてー歯冠外アタッチメントへの挑戦ー，日本磁気歯科学会雑誌，15（1）：1-13, 2006.
- 6) Kumano H., Nakamura Y., Ishida T., etc: Stress Analysis of Extracoronal Magnetic Attachment using Finite Element Method. J J Mag Dent, 16 (2) : 44-48, 2007.
- 7) 増田達彦, 熊野弘一, 中村好徳, ほか：三次元有限要素法を用いた歯冠外アタッチメントの応力解析, 日本磁気歯科学会雑誌, 16 (1) : 18-22, 2007.
- 8) 中村好徳：磁性アタッチメントの新たな適応症ー歯冠外型磁性アタッチメントー，愛知学院大学歯学部同窓会誌, 53 : 21-28, 2008.
- 9) WALSHAW C, CROSS M : Multilevel Mesh Partitioning for Optimising Aspect Ratio. Lect Notes Comput Sci, 1573 : 285-300, 1999.
- 10) 後藤建機：歯牙の生理的動搖に関する実験的研究, 歯科学報, 71 (6) : 1415-1444, 1971.
- 11) Brill N : Adaptation and hybrid prosthesis. J Prosthet Dent, 5 : 811-824, 1955.
- 12) Miller PA : Complete dentures supported by natural teeth. J Prosthet Dent, 8 : 924-928, 1958.
- 13) Benzing, U R, and Gall, H. : Biomechanical aspects of two different implant-prosthetic concepts for edentulous maxillae. Int J Oral Maxillofac Implants, 10 : 188-198, 1995.
- 14) Kratochvil, F . J . and Caputo, A.A. : Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures. J Prostet Dent, 32 (1) : 52-61, 1974.
- 15) Thompson. W. D., Kratochvil. F. J. and Caputo, A.A. : Evaluation of designs bilateral distal-extension removable partial dentures. J Prostet Dent, 38 (3) : 261-273, 1977.
- 16) Nakamura, H. , Nakamura, Y. , Kent T. Ochiai, etc : Comparison of Load Transmission by Removable Partial Dentures with Magnetic Attachments. J J Mag Dent, 15 (2) : 22-27, 2006.
- 17) 中島伸一郎：光弾性実験法による歯槽骨および頸堤の力学的研究ーKennedy II級I類に対する補綴処置の相違についてー，日大歯学, 76 : 343-352, 2002.
- 18) 中村好徳：有限要素法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, 42(2) : 234-245, 1998.
- 19) 石田 隆: 非線形特性と滑り要素を加えた有限要素モデルの構築に関する研究, 愛院大歯誌, 39(1) : 51-65, 2001.
- 20) 増田達彦: クリープ特性を導入した有限要素法による有床義歯の力学的解析, 愛院大歯誌, 41(1) : 1-12, 2003.
- 21) 熊野弘一: 三次元有限要素法による Akers クラスプと RPI クラスプとの力学的解析, 愛院大歯誌, 44(1) : 71-83, 2006.
- 22) Ando A., Kumano H., Miyata T., etc : The effect of tooth connection with a magnetic extracoronal attachment using the Three Dimensional Finite Element Method. J J Mag Dent, 17(2) : 22-30, 2008.
- 23) 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, 79 : 57-67, 2005.
- 24) 荒木知久: 片側性咬合が下顎骨におよぼす影響に関する力学的検討—三次元有限要素法による解析—, 歯科学報, 98(7) : 65-82, 1998.
- 25) 本橋具和: 圧迫骨短縮術の三次元有限要素法による力学解析, 日顎変形誌, 17(1) : 1-8, 2007.
- 26) 寺倉 健: 顎粘膜厚径に関する研究無歯顎補綴における診断への可能性について, 補綴誌, 32 : 546-560, 1988.
- 27) 濱川富士: 有限要素法による応力解析入門 1 版, ブレイン図書出版, 東京, 85-114, 1974.
- 28) 戸川隼人: 有限要素法へのガイド 1 版, サイエンス社, 東京, 1-18, 1979.
- 29) 岸 正孝: 歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての実験的研究, 歯科学報, 72 : 1043-1071, 1972.
- 30) 川崎 貴生, 山田 亨, 星井 守ほか: 有限要素法を利用した遊離端欠損症例における応力解析—第 1 報 維持装置の連結機構の違いによる応力分布—, 補綴誌, 31 : 287-295, 1987.

# 光弹性実験を用いた各種磁性アタッチメント義歯の応力解析

中村浩子、中村好徳、田中貴信

Stress Analysis of Removable Partial Dentures with Magnetic

Attachments using the Photoelastic Experiments

Nakamura H., Nakamura Y., Tanaka Y.

Advances in technology have resulted in improved magnets for dental applications. These improvements have increased the potential for the use of magnets as retaining elements for prostheses. The purpose of this study was to photoelastically compare the forces exerted on the supporting structures by bilateral distal extension removable partial denture designs employing magnetic attachments.

A composite photoelastic model was made of a mandible bilaterally edentulous distal to the second premolars. Individual simulant materials were used for tooth structure, periodontal ligament, and alveolar bone. The teeth, roots, and tissue contours of the model were of average size and shape. Three partial dentures incorporating magnetic attachments were fabricated with retaining keepers in different positions. Simulated occlusal loads were applied to the dentures. The stresses which developed in the supporting structures were photographed in the field of a circular polariscope.

For all load conditions, the RPI extracoronal clasp design demonstrated the most uniform stresses about the supporting abutment tooth. Of the magnetic designs, the overdenture radicular-type coping keeper design generated the most uniform stresses, and was similar to the RPI. The MT crown and the Extracoronal attachment produced higher stress with a tendency towards distal rotation of the abutment tooth.

**Key words :**光弹性法 (Photoelasticity)

磁性アタッチメント (Magnetic Attachments)

歯冠外磁性アタッチメント (Extracoronal Magnetic Attachment)

MT 冠 (Magnotelescopic Crown)

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

Department of Removable Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University

## I. 緒 言

有床義歯の設計・製作において、口腔内の残存組織の保全と義歯自体の高い機能とを追求することは不可欠の事項である。特に遊離端義歯に機能的な荷重が加わった場合、義歯、支台歯、および床下組織にどのような応力が発生するかについては、口腔内実験や模型実験等を通じて様々な検討がなされている<sup>1-3)</sup>。しかし、口腔内での直接計測に関しては、計測方法に関する物理的な制限が多く、測定結果の再現性も不安定になりがちである。また、理論的解析では、複雑な生体の諸条件に関するシミュレーションに限界があり、また、口腔生体組織の物性値については、いまだ不明な点が多い。

光弾性実験法もシミュレーションには限界があるが、調査対象物の幾何学的形状の再現性が有限要素法に比較して優れている。この実験法は、以前より UCLA の Dr. Caputo<sup>4-8)</sup>を中心に行われている一連の歯科臨床を対象としたバイオメカニクスの研究として、顎顔面口腔系に発生する応力とその相互作用をより深く理解するための基礎知識を提供し、より予知性の高い歯科治療の実践を容易にしてきた。また、補綴領域においても複雑な形状の補綴装置や支台歯に関する応力解析も行われている<sup>6, 7)</sup>。特に、インプラントやコーヌステレスコープ義歯等については、今まで様々な検討が試みられている<sup>8, 9)</sup>。しかし、本法を用いた磁性アタッチメント義歯についての解析は見当たらない。

磁性アタッチメントは安定した維持力、優れた操作性、良好な審美性、支台歯の負担軽減などの数多くの利点を有し、臨床現場での利用頻度が増加している<sup>10-13)</sup>。そこで、口腔内における磁性アタッチメント義歯の力学的挙動、支台装置、支台歯の挙動を把握することが重要であり、歯根を利用するオーバーデンチャーにおいて、機能時に歯根部と床下粘膜にどのような荷重が加わり、その応力分布が義歯形態と如何に関係するのか、今まで多くの研究が行われて来ている<sup>14-17)</sup>。当講座においても有限要素法を用いた磁場解析や応力解析の研究が行われて来てきた<sup>18-21)</sup>。しかし、非常に複雑な力系を示す磁性アタッチメントは、単純な理論的解析や模型実験、有限要素解析を安易に

適用しにくい機構とされている。

本研究では、実際の磁性アタッチメントを用いることが可能な光弾性法を用いて、磁性アタッチメント義歯における応力分布の様相および力学的特性を明らかにすることを目的としたものであり、各種磁性アタッチメント義歯設計に対して RPI 痛義歯との比較も行った。

## II. 材料および方法

### 1. 光弾性実験法

光弾性応力実験法<sup>4, 5)</sup>は、特殊な光透過性の材料が、その内部に生じた応力によって通過する光の速度を変化させるという性質を利用する。通過した光の波の角度によって速度の変化に違いが生じ、干渉した結果が色模様となって見える。この色模様を等色線フリンジパターンと呼ぶが、生じた色模様（赤、黄、青、緑など）は、材料内部の応力分布の強さに対応している。このような現象が生じることを光弾性効果と呼ぶが、光弾性応力解析は、これをを利用して物体の内部に生じる応力を解析しようとするものである。

### 2. 実験材料

今回の光弾性モデルの構成要素は、歯、下顎骨、歯根膜の3種とした。光弾性実験材料として、Caputo<sup>4-7)</sup>らが使用している材料を用いた。すなわち、歯には PLM-1 (Measurements Group, Raleigh, North Carolina, USA)、下顎骨には PL-2 (Measurements Group)、歯根膜には Solithane (Uniroyal Chemical Co, Inc, Middlebury, Connecticut, USA) を用いた。これらは、それぞれ構成要素に近似した弾性率比を持つ光弾性材料で作製した（表1）。

表1. 材料特性

	ヤング率 (MPa)	ポアソン比
PLM-1	207	0.36
PL-2	2,931	0.42
Solithane	7	0.45



図1. 光弾性モデル（人工歯）



図2. 光弾性実験モデル

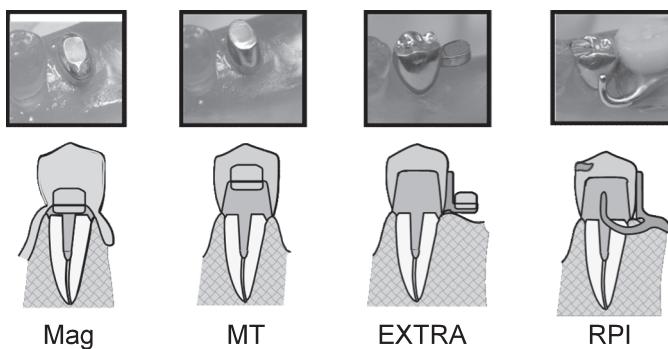


図3. 解析対象とした義歯のデザイン

### 3. 実験モデルの製作

実験モデルは下顎両側第一・第二大臼歯欠損の両側遊離端欠損症例を想定したモデルを採用した。光弾性モデルの残存歯は、人工歯モデル (DENTAL MODEL BS-305 : 32S、ニッシン) を元に、これをシリコーンにて印象採得し、その陰型に PLM-1 を注入して作製した (図1)。

欠損原型モデルは、デンタルモデル (E50-522, ニッシン) の抜歯窩モデルをシリコーン印象を行い、その陰型に PL-2 を注入して、下顎骨相当部を作製した。原型モデルの残存歯の歯槽窩については、残存歯の歯根全周に 0.2mm の空隙が得られるよう削除し、光弾性モデルの残存歯歯根膜の空隙を確保した。この下顎骨モデルに歯根膜として Solithane を注入し、咬合面コアを用いて、PLM-1 で作製した人工歯を配列した。完成した光弾性解析モデルを図2に示す。

### 4. 解析対象

解析対象として、両側第二小臼歯を支台歯とし、支台歯上に、以下の1) - 3) の磁性アタッチメントを用いた義歯の設計を行った。また、比較対照として、第二小臼歯に RPI を設計した義歯の

計4種とした (図3)

- 1) 磁性アタッチメントの基本的利用形態であるキーパー根面板 (Mag)
- 2) 磁性アタッチメントをコーヌステレスコープクラウンと組み合わせた、マグノテレスコピッククラウン (MT)
- 3) 磁性アタッチメントを歯冠外アタッチメントとして利用する、歯冠外型磁性アタッチメント (EXTRA)
- 4) Kratochvil 型の RPI クラスプ (RPI)

### 5. メタルフレーム作製

光弾性モデル欠損部の頸堤部に粘膜のスペースとして、パラフィンワックス一枚 (約1.5mm厚) を均等圧接して印象採得し、メタルフレーム作製の作業用模型とした。メタルフレームにはコバルトクロム合金を用い、大連結子はリンガルバーとした。

### 6. メタルフレーム試適、義歯完成

クロロフォルムに解いたルージュをフレームの支台歯に接している部分に塗り解析モデルに試適を行い、強く接触している部分を調整した (図4)。調整の終了したメタルフレームを光弾性実験モ

ルに設置し、支台歯周囲に応力が発生しないことを確認した。調整の終わったメタルフレーム上に、通法どおりワックスアップ、人工歯排列、重合、研磨を行い、義歯を完成させた。疑似粘膜として、完成した義歯の粘膜面部に、メタルフレーム作製の作業用模型上に確保したスペース部の厚みのシリコンラバー（Reprosil Light Body : Type1, DENTSPLY）を貼り付けた（図5）。

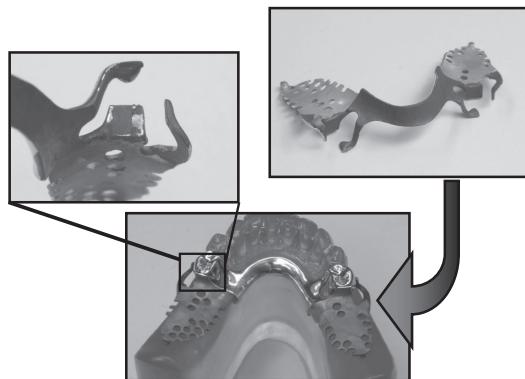


図4. メタルフレーム試適



図5. 完成義歯

## 7. 荷重条件

荷重方向は、垂直荷重と側方荷重の2種とし、荷重部位は第一大臼歯咬合面とした。

垂直荷重に関しては、義歯の下顎右側第一大臼歯に金属プレートをおき、その中心部に荷重を加えた両側荷重（図6）と、右側第一大臼歯咬合面中心窩のみに荷重を加えた片側荷重（図7）の2種とした。側方荷重としては、下顎右側第二大臼歯部に45°の斜面を有する四角錐をつけ、各斜面に近心・遠心・頬側・舌側の4方向から荷重を与えた（図8, 9）。荷重量<sup>22)</sup>は、それぞれ133.4N（30lb）とした。これらの荷重量は、義歯装着の咀嚼時に観察される値であること、また応力縞が観察しやすいこと。そして、模型に損傷を与えない値であること等を根拠に選定した。

荷重は、可動式のロードセルを装着した荷重装置を用いて行った。荷重の大きさは、ストレインゲージ・コンディショナー（Model 2130, 2120A, Instruments Division, Measurements Group）の数値によって制御した。

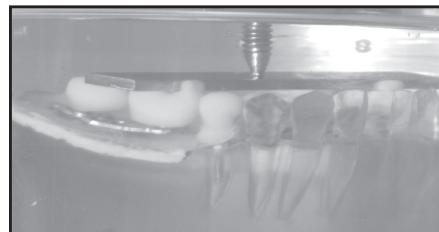


図6. 垂直荷重（両側荷重）

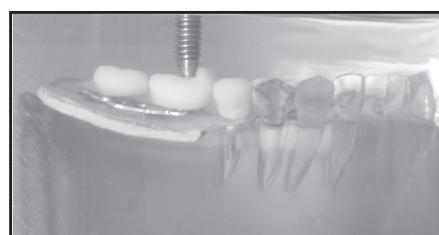


図7. 垂直荷重（片側荷重）

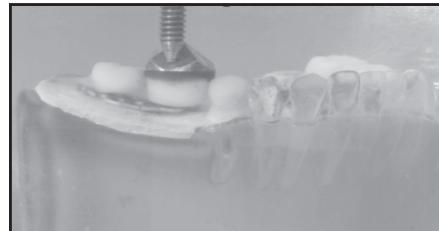


図8. 側方荷重

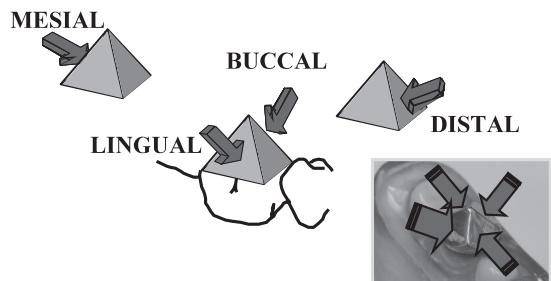


図9. 側方荷重模式図

## 8. 撮影方法および応力解析

応力解析にあたっては、（図10）に示す疑似三次元光弾性法解析システム<sup>4, 5)</sup>を用いた。特に支台歯である下顎両側第二小臼歯およびその周辺組

織に着目し、それらに生じる等色線フリンジ・パターンを撮影して最大剪断応力を観察し、応力集中の部位とその程度を比較・分析した。

疑似三次元光弾性実験方法は、応力の強さを示す等色線と応力の方向を示す等傾線が観察される。磁性アタッチメント義歯の力学的メカニクスを検討するうえで重要なのは、応力の発生部位とその強さであり、これは、等色線から得ることが可能である。本実験では、 $1/4$ 波長板をもつ円偏光器を用いることで等傾線を除去し、等色線のみ観察を行った。

撮影部位は、両側下顎第二小臼歯の側面観とした。円偏光器の配置は、光源、散光器、偏光器、 $1/4$ 波長板、偏光器およびカメラの順となってい (図10)。模型表面での光の屈折を抑え、より鮮明なカラーフリンジを得るために、ミネラルオイルを満たした容器に模型を入れて観察した。結果の再現性を高めるため、オイルの温度は24~25°Cで一定になるようにした。内部応力の解析にあたっては、円偏光器にて光弾性模型の等色線フリンジ・パターンを観察しその程度や広がりについて検討を行った。

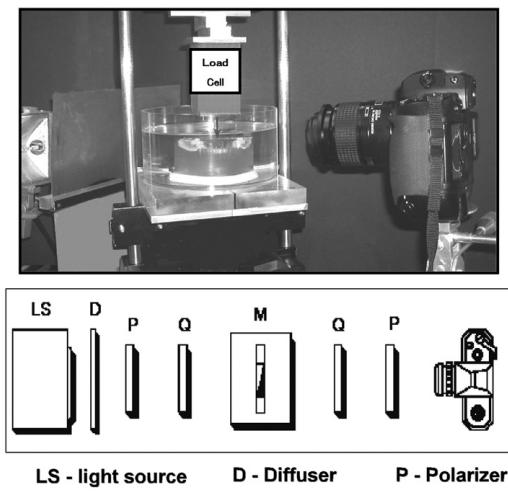


図10. 擬似三次元光弾性実験法解析システム

荷重された光弾性模型を観察した場合、カラフルな縞模様が観察される。このカラーフリンジは、まず黒色から始まり、順次黄色・赤色そして青色・緑色・黄色となり再び赤色へと変化する。この赤色のフリンジは、1st フリンジ・2nd フリンジ・

3rd フリンジと呼び、応力の程度を判定する指標に用いる (図11)。これをフリンジオーダーと言い、フリンジ数が多いほど応力は強く、間隔が狭いほど集中の程度が強いと評価される。すなわち、フリンジオーダーは、応力の大きさに比例し、フリンジの色は規則性を持って繰り返し現れる<sup>4,5)</sup>。

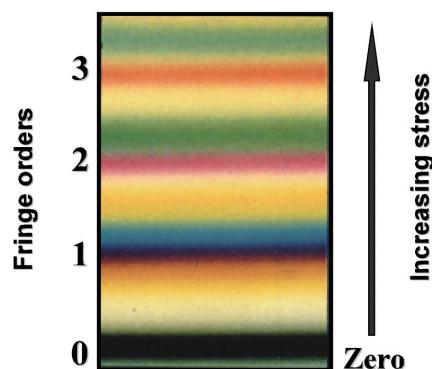


図11. フリンジパターン

### III. 結 果

#### 1. 垂直荷重の応力分布

##### 1). 両側荷重時

下顎両側第一大臼歯に垂直方向に両側荷重を加えた結果、基本形態の磁性アタッチメント Mag と RPI は、いずれも根尖部周囲にわずかな応力を認めるものの、均等な応力分布が認められた。次に MT 冠、EXTRA は、両側荷重において、RPI や Mag に比較して支台歯遠心歯頸部付近、根尖部、近心根尖部付近を中心に強い応力の集中が観察された (図12)。

##### 2). 片側荷重時

右側第一大臼歯咬合面中心窩に垂直方向に片側荷重を加えた結果、両側荷重時と同様に、Mag と RPI はもっとも応力の集中が少なく、MT 冠と EXTRA は、支台歯遠心歯頸部付近、根尖部、近心根尖部付近を中心に特に強い応力の集中が観察された。また、非荷重側における応力分布は、各モデルにおいて大きな差は認められなかった (図13)。

#### 2. 側方荷重時の応力分布

今回、側方荷重時において、頬側方向荷重、遠

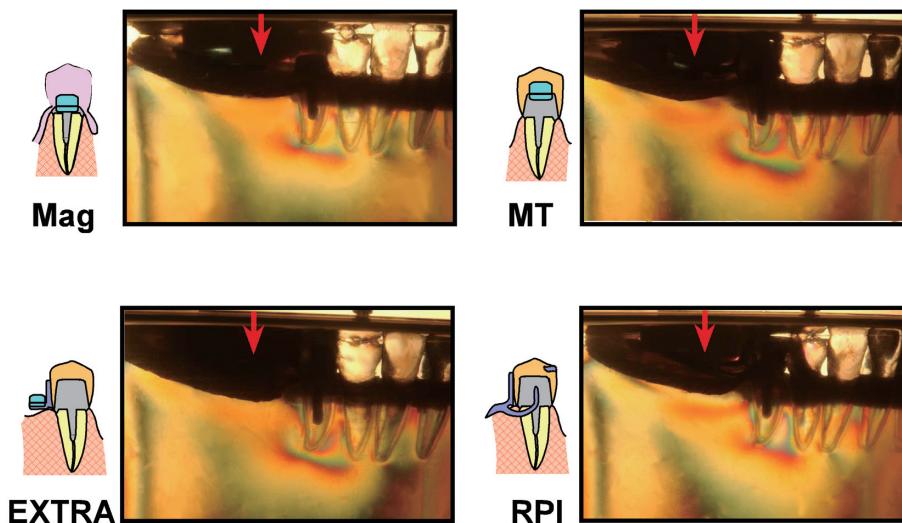


図12. 垂直荷重時（両側荷重）

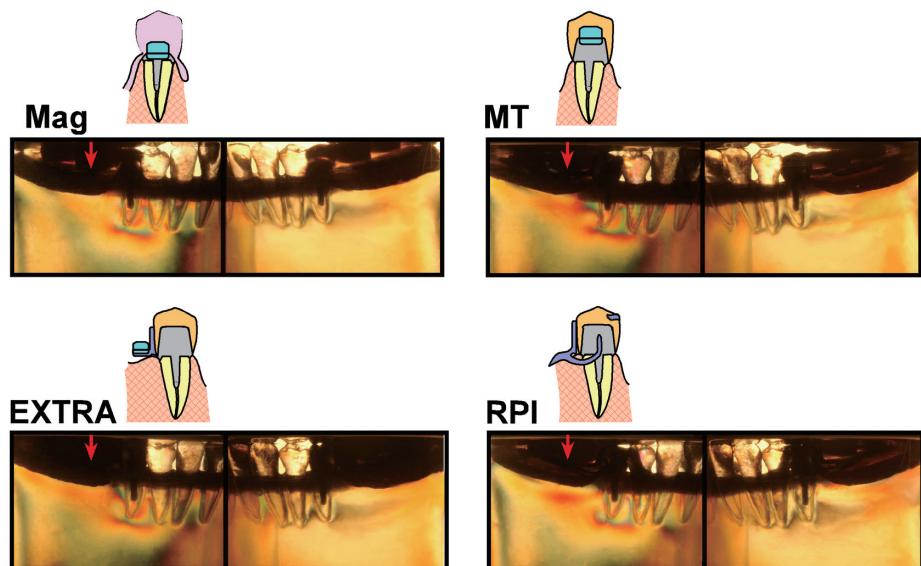


図13. 垂直荷重時（片側荷重）

心方向荷重においては、義歯の転覆により応力分布の観察は出来なかった。そのため、近心方向、舌側方向荷重時の応力分布を示す。

### 1) 近心方向荷重

近心方向への側方荷重時の結果、第二小臼歯遠心部付近を見ると、Magにおいて最も応力の集中が少なく、応力の分散が観察された。RPIに近心荷重を加えた場合、支台歯と第一小臼歯それぞれの歯根内部と根尖部周辺および支台歯遠心歯頸部、第一小臼歯歯冠部に応力の集中が観察され

た。MT 冠においても同様の結果が得られた。また、EXTRAについては、近心方向荷重を加えた場合、RPI. MT 冠と同様に支台歯、第一小臼歯それぞれの歯根内部に応力の集中が少なく、根尖部周囲にはより大きな応力の集中が観察された(図14)。

### 2) 舌側方向荷重

舌側方向への側方荷重時の結果、Magにおいて最も応力集中が少なく応力の分散が認められた。また、MT 冠については Mag より応力の集中は

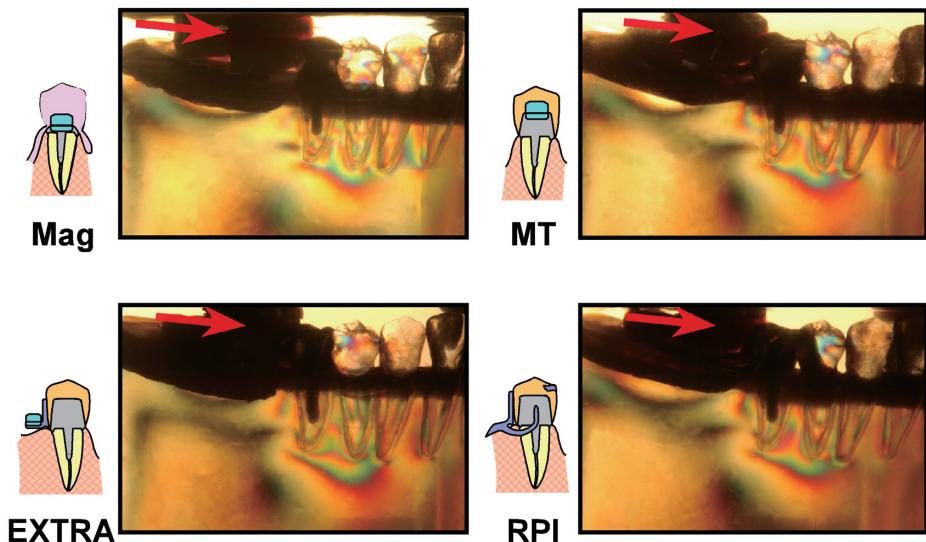


図14. 側方荷重時（近心方向荷重）

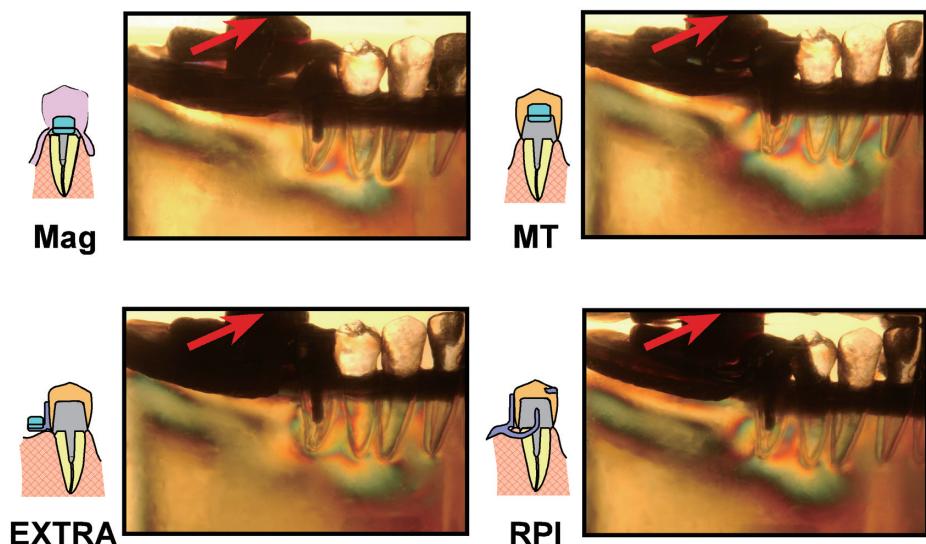


図15. 側方荷重時（舌側方向荷重）

強いが同様の結果が得られた。RPI, MT 冠において、支台歯遠心歯根中央部付近、支台歯近心歯根部、歯根周囲に強い応力の集中が観察された(図15)。

#### IV. 考 察

応力の分布を解明するために歯学領域で用いられる方法としては、理論的方法である有限要素法および実験的方法であるモアレ法、ストレインゲー

ジ法<sup>1-3)</sup>、ホログラフィー法、そして光弾性実験法などがあげられる。このうちモアレ法、ストレインゲージ法は、表面応力の測定には適当ではあるが、内部応力および内部の歪みを測定することは出来ない。有限要素法は、解析の対象を三角形あるいは四角形要素に分割した解析モデルを製作するが、ヒトの歯やそれに施される補綴物など複雑な曲線、曲面で構成されるものに関しては、三次元的にその形態を詳細に近似化することは困難である。また形態を簡略化した解析モデルでは、

簡略化の方法および要素分割などによって解析結果が大きく異なる危険のあることが指摘されている<sup>15)</sup>。

## 1. 光弾性実験法について

光弾性実験法は、弾性理論による計算の困難な形態、とくに下顎骨のような構造物においても、その表面および内部の応力分布様相を連続的に可視化して解析ができる利点があることから、両側性遊離端義歯の支台歯および欠損部頸堤の広範囲な応力解析に最も適すると考えられる。光弾性実験法には、二次元法、三次元（応力凍結法）<sup>23, 24)</sup>、擬似三次元法などがある<sup>4, 5)</sup>。

### 1) 擬似三次元法について

今回の実験で採用した擬似三次元光弾性実験法は、Caputo と Standlee<sup>4, 5)</sup>によって考案されたものであるが、対象とする歯・歯槽骨および歯列弓に類似した模型を作製することで、生体に近い形態で三次元的な内部応力の観察が可能である。応力凍結法などの三次元光弾性実験法と比較し、模型を破壊することなく、荷重条件を変えて繰り返し負荷をかけることが可能であるという利点がある。このことは、同一条件下で様々な荷重をかけた状態での応力解析を可能にすることを意味する。従って、今回の実験においては、一つの光弾性模型上に様々なデザインの磁性アタッチメント義歯を作製した上で、様々な荷重条件下で応力解析の比較検討を行うには、疑似三次元法が最も妥当な方法であると考える。

### 2)撮影方法および応力解析について

擬似三次元光弾性実験法を用いた場合も、他の光弾性実験法と同じく、応力の方向を示す等傾線と等色線が観察される。歯科領域で必要とされる情報は、主に応力の集中する場所とその強さである。それがわかれば、破損や変形を起こしやすい補綴物の構造上の潜在的欠損部分や弱点、また支台歯周囲への応力の解析も行うことができる。これらの情報は光弾性実験法の場合、等色線から得ることが可能である。通常、等色線はその縞次数が多くなるほど応力強度も大きくなり、縞が互いに近づくほど応力の集中度は増す。応力集中は接触による負荷部分、不連続な形状的特徴を持つ部分、および構造物の弾性係数が異なる部位の状況下で発現することがわかっている。この等色線の観察を容易にするためには、等傾線を除去しなけ

ればならない。そこで本実験では、1/4 波長板を持った円偏光器を用いて等色線のみを観察する方法で応力集中部位の観察を行った。

### 3) 実験材料について

光弾性実験は一種の模型実験であり、負荷条件と弾性体の幾何学的な形状が相似するなら、応力分布は材料の弾性係数に無関係である。したがって、高分子光弾性材料を用いて光弾性的に得られた応力分布は、そのまま実際の構造物の応力分布の考察に適応できる。このことが光弾性応力分布の基礎をなす。しかし、2種以上の構造物からなるものを模型化する際は、その構造物の弾性比率が近似した材料を使用する必要がある<sup>6, 7)</sup>。

そこで今回、それぞれの構成要素に近似した弾性率比を持つ光弾性材料を用いた。歯には PLM-1、下顎骨には PL-2を、歯根膜には Solithane を用いた。

## 2. 実験結果について

### 1) 垂直荷重時

垂直荷重において、RPI と Mag は両側荷重・片側荷重時のいずれにおいても、支台歯とその周辺組織に生じる内部応力に関して良好な荷重伝達特性を示した。これは、支台歯とそれを支持する歯根膜、歯槽骨および頸堤粘膜への応力分散バランスが良いためであると考えられる。

また、MT 冠、EXTRA は、両側荷重において、RPI や Mag に比べて支台歯遠心歯頸部付近、根尖部、近心歯根部付近を中心とする応力の集中が観察され、その傾向は、両側荷重に比べ片側荷重時においてより顕著であった。

MT 冠は、内冠がすべてを覆うような外冠によって支持、把持力を得る方法であり、支台歯に過剰な力が加わってしまうことが考えられる。EXTRA は、支台歯遠心側に直径3.7×3.3mmの大きさのキー・バーを取り付けた構造であり、支台歯に対してカンチレバーの作用によるより大きな遠心方向への傾斜が生じ、支台歯周囲に大きな応力集中が生じたものと考えられる。よって MT 冠、EXTRA は、咬合力が加わると支台歯を遠心傾斜する力がより大きく働き、遠心への回転により支台歯の遠心歯頸部付近に圧縮応力、近心歯根部付近に引張り応力の集中が観察されたと考えられる。

### 2) 側方荷重時

Mag は、近心方向、舌側方向への側方荷重時

において、他の3種のモデルに比べ一番応力の集中が少なく適度な応力分散傾向を示した。これは、磁石構造体の垂直移動時に磁石の機能は最大限発揮されるが、側方移動時において理論的には吸引力はキーパーとの摩擦のみで、約40-60gの吸引力しか発揮されないと言う磁石特有の特性であると考えられる<sup>14)</sup>。

RPIに近心方向荷重を加えた場合、支台歯と第一小臼歯それぞれの歯根内部と根尖部周辺および支台歯遠心歯頸部、第一小臼歯歯冠部に応力の集中が観察された。MT冠でも同様の結果が得られた。これは、義歯と支台歯が一体となって横揺れに抵抗しているためと考えられる。

EXTRAに近心方向荷重を加えた場合、RPI、MT冠と同様に支台歯、第一小臼歯それぞれの歯根内部に応力の集中が観察され、支台歯遠心歯頸部は、RPI、MT冠に比べ応力の集中が少なく、根尖部周囲にはより大きな応力の集中が観察された。これは、近心方向荷重が加わった場合、支台歯に近心傾斜する力が加わり、同時に歯冠部遠心に設置されたキーパー部のカンチレバー作用で遠心傾斜する力が加わり、結果的には、支台歯の長軸方向に応力が伝達されたものと考えられる。

舌側方向荷重時のMagは、義歯が水平方向にスライドするため、支台歯への応力集中が少ない。すなわち、Magは側方荷重に対して転覆しやすいため、臨床使用時の特に義歯の安定を考える場合、間接支台装置との併用、あるいは根面板形態の再考が必要であると考えられる。

RPI、MT冠において舌側方向荷重時、支台歯歯根周囲に強い応力の集中が観察された。これは、義歯と支台歯が一体となって横揺れに抵抗しているためと考えられる。

## V. 結 論

磁性アッチャメント義歯における支台装置の各種デザインと代表的なクラスプであるRPIを用いた部分床義歯において、光弾性実験法を用いて支台歯周囲の応力分布を比較検討した結果、以下の結論を得た。

- 1) 磁性アッチャメントをキーパー根面板形態として用いた場合、RPIと同様に、支台歯周

囲組織に均一な応力分布を示した。

- 2) MT冠は、MagとRPIに比べ、単一な支台歯では根尖部付近に大きな応力集中が認められことから、支台歯数を増やす必要があると考えられる。
- 3) EXTRAは、根尖部周囲と支台歯の遠心歯頸部に大きな応力集中が認められた。これは、荷重時に支台歯を遠心に傾斜する力が働いていることが考えられる。このため、臨床では、単一歯で利用するのは避け、支台歯を連結固定後この支台装置を利用する必要性を示唆している。
- 4) 光弾性実験法を用いることで、シミュレーションが非常に難しいとされてきた磁性アッチャメント義歯の三次元応力解析が可能となった。
- 5) 磁性アッチャメント義歯は、側方荷重時に他の装置と比較して支台歯への応力集中が非常に少ないとから、従来から言われている「歯に優しい維持装置である」ことの科学的根拠が示された。

なお、この全ての実験は、UCLAにおいてDr, Angelo Caputoの指導の下で行われた事を付記し、彼の御協力に心よりお礼申し上げます。

## VI. 文 献

- 1) Miller PA.: Complete dentures supported by natural teeth. *J Prosthet Dent*, 8: 924-928, 1958.
- 2) Brill N.: Adaptation and hybrid prosthesis. *J Prosthet Dent*, 5: 811-824, 1955.
- 3) Benzing U R. and Gall H.: Biomechanical aspects of two different implant-prosthetic concepts for edentulous maxillae. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 10: 188-198, 1995.
- 4) Caputo AA., Standlee JP., 伊藤秀美、他: *歯科臨床とバイオメカニクス*. 東京: クインテッセンス出版, 1995.
- 5) Caputo AA., Standlee JP.: Biomechanics in Clinical Dentistry, Chicago, Quintessence Publishing, 1987.
- 6) Kratochvil FJ., Caputo AA.: Photoelastic

- analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures. *J Prosthet Dent*, 32 : 52-61, 1974.
- 7) Kratochvil FJ., Thompson WD., Caputo AA. : Photoelastic analysis of stress patterns on teeth and bone with attachment retainers for removable dentures. *J Prosthet Dent*, 46 : 21-28, 1981.
- 8) Nishimura RD., Ochiai K., Caputo AA., et al : Photoelastic stress analysis of load transfer to implants and natural teeth comparing rigid and semirigid connectors. *J Prosthet Dent* 81 : 696-703, 1999.
- 9) 佐々木真文, 伊藤秀美, 村山聰, 他 : 片側性遊離端義歯・支台歯の応力解析—コーンスクリーネとパラレロコーンスの比較—. *補綴誌*, 44 : 66, 2000.
- 10) 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ー, 医歯薬出版(株), 東京, 1992.
- 11) 田中貴信 : マグフィット・システムーその臨床活用の要点ー, デンタルダイヤモンド, 東京, 1993.
- 12) 田中貴信 : 続・磁性アタッチメントー108問 108答ー, 医歯薬出版(株), 東京, 1995.
- 13) Tanaka Y., Nakamura Y. and Hoshiai K., : General remarks concerning magnetic attachments in dentistry. *Proceedings of the Japan Academy*, May : 97-105, 2002.
- 14) 田中貴信, 星合和基, 中村好徳, 今泉洋子, 岡田通夫, 長谷川 明 : 磁性アタッチメントの新たな適応症を求めてー歯冠外アタッチメントへの挑戦ー. *日本磁気歯科学会雑誌*, 15 (1) : 1-13, 2006.9.1.
- 15) Kumano H., Nakamura Y., Ishida T., etc : Stress Analysis of Extracoronal Magnetic Attachment using Finite Element Method. *J J Mag Dent*, 16 (2) : 44-48, 2007.
- 16) 増田達彦, 熊野弘一, 中村好徳, 他 : 三次元有限要素法を用いた歯冠外アタッチメントの応力解析. *日本磁気歯科学会雑誌*, 16 : 18-22, 2007.
- 17) 中村好徳 : 磁性アタッチメントの新たな適応症ー歯冠外型磁性アタッチメントー. *愛知学院大学歯学部同窓会誌*, 53 : 21-28, 2008.
- 18) 中村好徳 : 有限要素法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*, 42 (2) : 234-245, 1998.
- 19) 石田 隆 : 非線形特性と滑り要素を加えた有限要素法モデルの構築に関する研究. *愛院大歯誌*, 39 (1) : 51-65, 2001.
- 20) 増田達彦 : クリープ特性を導入した有限要素法による有床義歯の力学的解析. *愛院大歯誌*, 41 (1) : 1-12, 2003.
- 21) 熊野弘一 : 三次元有限要素による RPI クラスプと Akers クラスプの力学的解析. *愛院大歯誌*, 44 (1) : 71-83, 2006.
- 22) 森谷良谷 : 総義歯の咬合力に関する研究補遺, *補綴誌*, 11 : 1-26, 1967.
- 23) 中臺一介 : 光弾性実験法による歯槽骨および顎堤の力学的研究ー下顎片側遊離端義歯の大連結子の形態についてー. *日本大歯学*, 75 : 365-375, 2001.
- 24) 中島信一郎 : 光弾性実験法による歯槽骨および顎堤の力学的研究ーKennedy II級一類に対する補綴処置の相違についてー. *日大歯学*, 76 : 343-352, 2002.

## インプラント用 Titanmagnetics®の臨床使用経験

森田巨樹、森田玲子、森田知生

Clinical report about the use of Titanmagnetics® for  
implant-supported overdentures

Ohki Morita, Reiko Morita, Tomonari Morita.

We report clinical uses of Titanmagnetics®(TM) for implant-supported overdentures (ISODs). Case 1 was for total edentulous maxilla, and case 2 was for total edentulous mandible. In case 1, four TM/implants were applied to an ISOD. After the treatment, TM showed good retentive power. However, the ISOD lost stability due to an excessively shortened denture base. Therefore, the stability had to be regained with the use of clip-type attachments.

In Case 2, two TM/implants were applied intraforaminaly to an ISOD. TM resulted in good retention and satisfactory prognosis.

From these experiences we concluded that TM had enough power for denture stability, but appropriate denture design was necessary.

**Key words :**チタンマグネティクス (Titanmagnetics)  
インプラント (implant)  
オーバーデンチャー (overdenture)

森田歯科

Morita dental office

## 緒 言

Titanmagnetics<sup>®</sup> (以下TM) は、Steco-system-Technik 社 (以下ステコ社、Germany) の製造、販売する有床義歯用磁性アタッチメントであり、ドイツを中心にヨーロッパでポピュラーな磁性アタッチメントとして知られている<sup>1~3)</sup>。しかし日本製品が高品質である事と、TMが厚生労働省の認可をまだ得ていない事から日本での知名度は低い。

TMは、日本製のものと異なりサマリウムコバルト磁石 ( $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ ) を使用している。また キーパー側、義歯側共に磁石を使用したデュアルマグネット方式を採用している点において他社製の磁性アタッチメントと一線を画した製品である。

TMのインプラントマグネットデンチャー用アタッチメントは3種類あり、皿形 (スフェリカル) をした標準形である X-line、10度のテーパーを持たせた円錐形 (コニカル) の K-line、磁石を大きくした皿形の Z-line があり、それぞれ状況に応じて選択するシステムである。(表1)

表1. 有床義歯用TMの種類

	X-line	K-line	Z-line
直径(mm)	4.8	5.2	5.8
義歯側磁石			
φマグネットコア(mm)	φ 4 × 2	φ 4 × 2	φ 5 × 2.5
インプラント側磁石			
φマグネットコア(mm)	φ 4 × 2	φ 3.5 × 2.5	φ 5 × 2.5
維持力	1.6N(163g)	1.6N(163g)	3.0N(306g)

\*インプラント側磁石高径(H)は、各インプラントシステムによって変動

今回インプラント用 TM (標準形 X-line) を用いた症例を経験し、経過観察する機会を得たため報告する。

なお同製品の使用にあたっては、厚生労働省未認可のため、十分な説明のもと患者の同意を得た上で使用している。

また TMには、上記の製品の他に顔面補綴専用の T-line があるが、目的が異なるため今回は言及していない。

## 症例 1

患者は68才男性、平成16年4月上顎総義歯の動揺による咀嚼障害を主訴に当院を受診し、インプラントによる咬合再建を強く希望した。問診において、インプラントの施術に障害となるような全身疾患は認められなかった。

口腔外所見では、骨格性の下顎前突傾向を示し、問診でもそれは確認された。

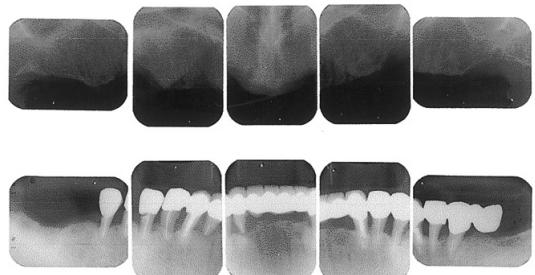


図1. 症例1 初診時全顎デンタルレントゲン写真

口腔内所見では、上顎は無歯顎、下顎には5432|345の残存を認めたが、著しい動搖を示し、すべて保存不可能の状態であった。しかし上下顎ともにインプラントを行うに十分な高さと厚みのある歯槽堤が残存していた。

患者は、上下顎ともに固定式のインプラント補綴を希望していた。しかし骨格性下顎前突傾向があることから Meicske-Stern ら<sup>4)</sup>の指摘に従い、上顎に関しては有床義歯での対応する必要がある旨説明し、合意を得た。ただし口蓋部の被覆範囲をなるべく小さくしたいとの患者の希望を入れ、

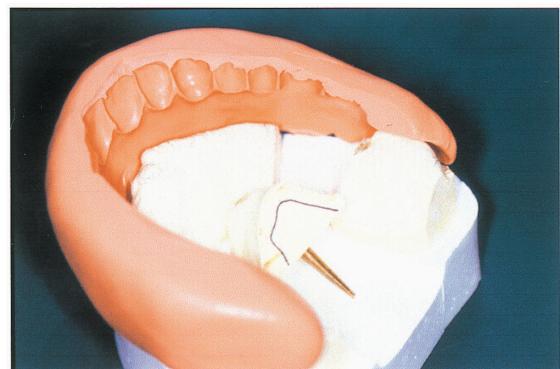


図2. 症例1 上顎のインプラント埋入位置を決定するため義歯のシリコンコア採取と顎堤測定を行った。

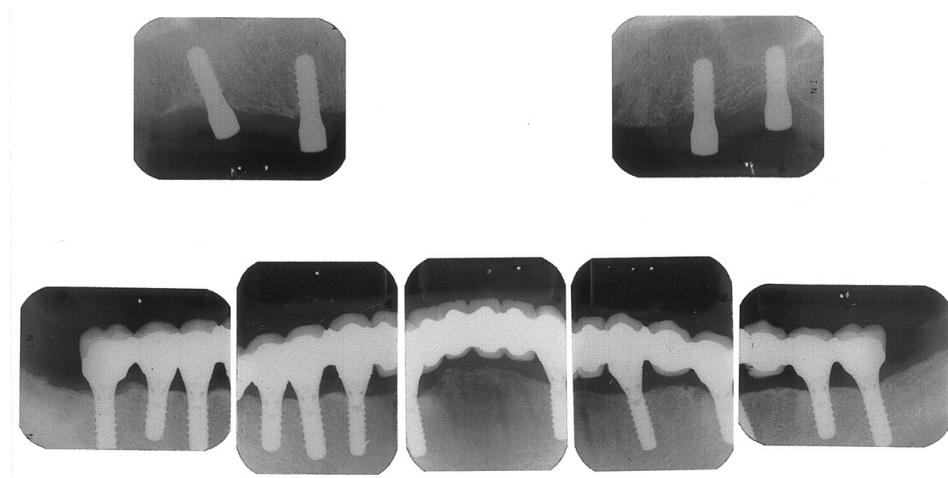


図3. 症例1 治療終了時（平成18年4月時）全顎デンタルレントゲン写真



図4. 症例1 上顎義歯完成時（平成18年4月時）の上顎咬合面観全てのインプラントにTMが締結されている。

TMを使用したインプラントオーバーデンチャーを計画した。下顎は術者可撤式骨支持型のインプラントブリッジを計画した。

計画にあたっては、まず全顎的な頸堤測深（ボーンサウンディング）を行った。特に上顎のインプラント埋入位置に関しては、インプラントメーカー及びステコ社の指定に従って、可及的に咬合平面に対して垂直にそして整った多角形に配置され、尚かつ義歯の歯槽部内にTMが収まる様仮義歯のシリコンコア及び上記の頸堤測深結果を利用して決定した。

治療は下顎を先行して行った。まず残存歯の抜歯後平成16年7月から平成17年2月にかけて下顎にインプラント（ストローマンインプラントStraumann AG Swiss）を7本（ $\phi 4.1RN\ 10mm$

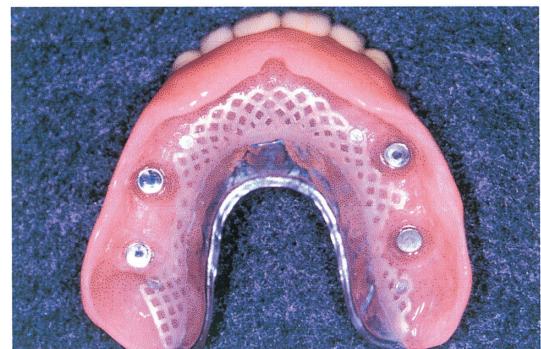


図5. 症例1 完成時（平成18年4月時）の上顎義歯内面 全てのインプラント部にTMが装着されている。

3本  $\phi 4.1RN\ 8mm$  2本  $\phi 3.3RN\ 10mm$  2本）埋入を行い平成17年7月下顎の骨支持型のブリッジを装着した。

上顎は、平成17年7月より順次4本のインプラント埋入手術を行い（ストローマンインプラント $\phi 4.1RN\ 10mm$  3本、 $\phi 4.1RN\ 8mm$  1本）平成18年4月TMの締結及び義歯の装着を行った。

義歯の安定度は良好で経過観察およびメインテナンスに移行した。平成18年8月ステコ社からのアドバイスにより口蓋部のメタルフレームの短小化を図った。しかし義歯の維持力が著しく低下したため前方部2本のインプラントをTMからクリップ型のアタッチメント（Locater<sup>TM</sup> Zest Anchors U.S.A.）に変更し、維持力の強化を図った。

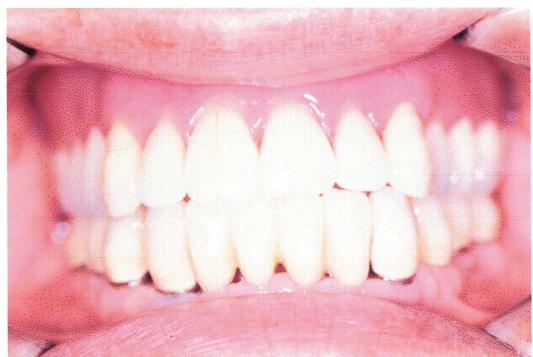
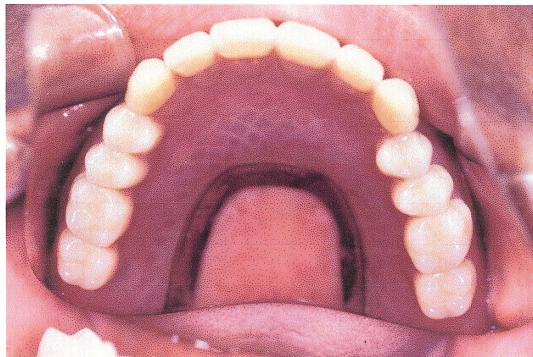


図6. 症例1 完成した上顎義歯が装着された口腔内状況（咬合面観、正面観平成18年4月時）

その後は機能的に問題なく、人工歯のわずかな破折、摩耗はみられるものの良好に経過している。



図7. 症例1 現在の上顎咬合面観 前方部インプラントはクリップタイプのアタッチメントに変更されている。インプラント周囲粘膜に炎症所見は認められない。



図8. 症例1 現在の上顎義歯内面

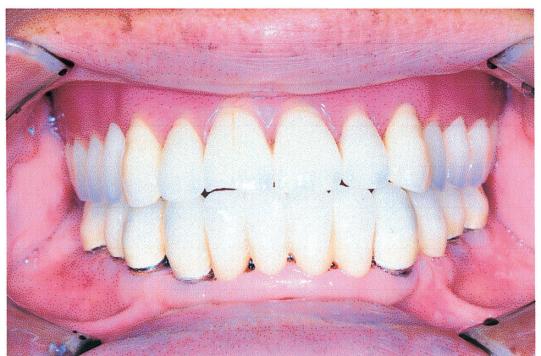
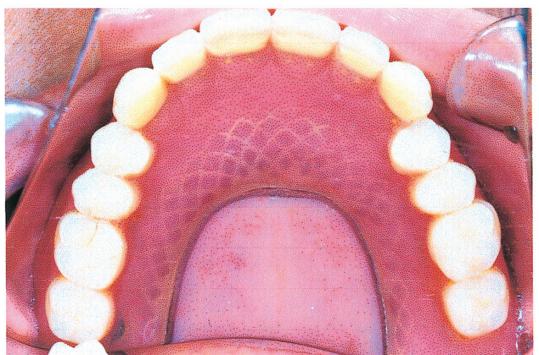


図9. 症例1 現在の上顎義歯が装着された口腔内状況（咬合面観、正面観）



図10. 症例1 上顎に埋入されたインプラント部のデンタルレントゲン写真インプラント周囲の骨に変化は認められない。

## 症例2

患者は、72才女性、平成16年9月義歯の疼痛、咀嚼障害を主訴として当院を受診した。被爆者手帳を持たれていたが、健康状態は良好で歯科治療に問題となる事項はなかった。

口腔内所見では、下顎には残存する $\overline{3}\overline{2}\overline{1}\overline{2}$ の修復物脱離及び $\overline{1}\overline{1}\overline{3}$ の抜歯窩、上顎は無歯顎で前歯部分のフラビーガムを認めた。

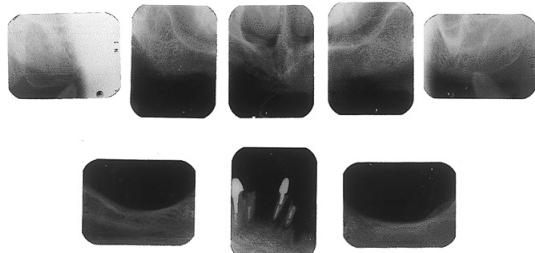


図11. 症例2 初診時の全顎デンタルレントゲン写真

処置方針として $\overline{3}\overline{2}\overline{1}\overline{2}$ の負担軽減、保存のため磁性アタッチメントへの移行、上顎の総義歯、下顎のオーバーデンチャーの作製を計画し、平成17年3月完了した。しかしその後残存歯、特に $\overline{1}\overline{2}$ に疼痛、動搖をきたしはじめたため次々と抜歯となり、結果的に $\overline{3}\overline{1}$ のみを残す状態となった。



図12. 症例2 残存する下顎前歯部に磁性アタッチメント (G C ギガウス C600, 400を使用) が装着された時のデンタルレントゲン写真

その後時々調整とメインテナンスをかねて通院されていたが、平成19年4月残存する $\overline{3}\overline{1}$ の動搖、疼痛及び下顎義歯床下粘膜の褥創を訴え再来院した。義歯の調整および残存する $\overline{3}\overline{1}$ の負担軽減の

ための磁石構造体の付け直し、そして歯牙周囲の清掃消毒を数回にわたって行った。しかし $\overline{3}\overline{1}$ の疼痛は軽減したが、動搖は収束せず下顎義歯床下粘膜の痛みもたびたび生じた。



図13. 症例2 平成19年4月再来院時の口腔内状況

そこで下顎のインプラントオーバーデンチャーによる解決を提案したところ同意を得られたため再度治療を開始した。術前診査の後まず平成19年7月 $\overline{3}$ 相当部にインプラント（ストローマンインプラント  $\phi 3.3\text{ RN }10\text{mm}$ ）を埋入及びTM X-lineの締結を行い、手術後3週より早期加重を開始した。続いて左側インプラント周囲粘膜の治癒を待って、同年11月 $\overline{3}\overline{1}$ の抜歯とインプラントの即時埋入（ストローマンインプラント TE type  $\phi 3.3\text{ }10\text{mm}$ ）を行った。治癒期間を経て $\overline{3}\overline{1}$ 相当部インプラントへTM X-lineの締結、平成20年2月下顎のみ新義歯作製を行った。



図14. 症例2  $\overline{3}\overline{1}$ 部埋入手術術後1週目の口腔内状況 TMは手術中インプラントに締結された。

経過は良好で、現在はTMの締結状態の確認およびインプラント周囲の診査、咬合状態の確認を定期的に行っている。

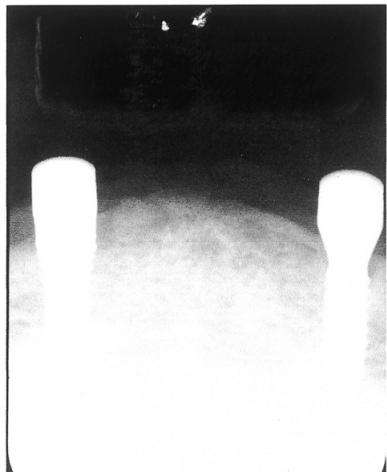


図15. 症例2  $\overline{3}$ ] 相当部インプラントにTMが締結された時の口腔内状況及びデンタルレントゲン写真

## 考 察

今回ステコ社の製造販売するインプラント用TM標準型X-lineを臨床応用した症例を提示した。TMは、義歯用としては、30種類のインプラントシステムに対応しており、対応可能なシステムを表3にまとめた。TMには、インプラントだけではなく支台歯に対応する製品も存在している。が、図19に示した様に義歯内に設置する磁石構造体だけでも日本製磁性アタッチメントに比して高径が高く、臨床応用には制限があると考えられる。このことからTMはインプラントへの応用を主目的とした製品と考えた方がよいだろう。インプラントへの応用においてもその高径のため、インプラントの埋入深度及び埋入方向に関して配慮が必要であり、より綿密な治療計画が必要と感じられた。

TMは、日本製磁性アタッチメントと比較して



図16. 症例2 完成した下顎義歯の装着された口腔内状況（咬合面観、正面観）



図17. 症例2 下顎完成義歯の内面観

数値上の維持力（静止時維持力）は160g～306gと少ないものの、臨床実感では、遜色ない維持力が、得られているという実感を得た。Boecklerら<sup>5)</sup>の報告によれば、キーパーとアタッチメントの間隙が0.1mm離れた時点でTMの維持力は89%残留するのに対して日本製も含め他社の製品、特に閉磁路の製品の維持力は0.4～16%となりその維持力が逆転する。この性質によりTMを使用した義歯は、義歯転覆時及び側方移動時の復元力が

表2. TMと日本製磁性アタッチメントの比較

	TM	日本製磁性アタッチメント
磁石の高径（補綴自由度）	△*	◎
漏洩磁场への対応	×	◎
静止時維持力	○	◎
脱離時復元力	◎	△
耐熱性（オートクレーブ、加熱重合）	◎	×
耐摩耗性	△	◎
インプラントメーカーとの情報の共有化	◎	×

◎：良好 ○：おむね良好 △：やや不良 ×：不良

\* インプラント中心のシステムであり、埋入深度調節で対応可能と考えたため△とした。

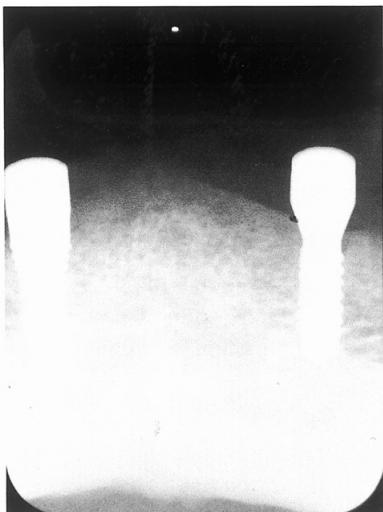


図18. 症例2 現在の下顎に埋入されたインプラント及びTMの状況 インプラント周囲組織（骨、粘膜）に変化は認められない。

高いと考えられる。その点より症例2の様に対義歯の動的要素が大きく維持力に影響が出やすい場合有用性が高いと思われた。ただTMの維持力は、前述の様に静止時維持力が日本製品に比して少ない点、磁石が曲面で接触することで動きに自由度を与えてることより過度の負担がインプ

表3. TMに適応するインプラントシステム

インプラントシステム	メーカー
Ankylos	Friadent
Frilit-2/XIVE	Friadent
IMZ	Friadent
Bonelock	Stryker-Leibinger
BPI	BPI
Branemark	Nobel Biocare
Nobel Replace	Nobel Biocare
Replace	Nobel Biocare
Steri-oss	Nobel Biocare
Camlog	Camlog
Compress	IGZ
Dyna	Dyna
Endopore	Sybron
Pitt-easy Bio-oss	Sybron
Impla	Shütz
Impladent	Lasak
IQ : Nect	Heraeus Kulzer
Microplant	Komet
Neoss	Neoss
Omniloc	Calcitek
Osfix	Osfix
Screw Vent	Zimmer Dental
Semados	Bego
SPI	Thommen
Straumann	Straumann
TG-osseotite	3i
tioLogic	Dentaurum implants
Tiolox	Dentaurum implants
wi-tal	Wieland
ZL-Dulaplant	ZL Microdent

\* 頸顎面補綴用は除く

ラントにかかる様にしてあるようだ。このことより過度の力が加わった場合外れることで支台装置にかかる負担を軽減するという日本製品の考え方となんら異なるものではないと思われた。

これに対し円錐形のK-lineは少々考えが異なるようであるが、次回使用症例を報告時に言及する予定のため今回は割愛させていただいた。

症例1では、義歯の口蓋部の短小化を図った後

より義歯の安定度を失った。これは、TMの維持力の問題ではなく、骨格性下顎前突の咬合関係であったこと、口蓋部短小化により義歯そのものの吸着力が低下したためと考えられ、術者側の設計ミスによるものと考えられる。現在、同症例は、前方部2本のインプラントをクリップタイプのアタッチメントに変更し維持力の改善を図っているが、この前方部インプラントへの過剰な側方力が懸念される。しかし現在までのところ前方部インプラント周囲骨への悪影響は観察されていない。後方のTMと相補的に機能しているのかもしれない。現在、患者自身による義歯撤去にかなり力がいるとのことなので、患者がさらに高齢となった場合クリップタイプのアタッチメントを再度磁性アタッチメントに変更し、床面積を拡大した義歯を再製する必要があるかもしれない。



図19. TMと日本製磁性アタッチメントの比較  
左：ギガウスD1000（G C）右：TM X-Line（義歯側のみ）

Hosoiら<sup>6)</sup>の報告によればTMは、開磁路を採用しているため閉磁路を採用する製品に比して漏洩磁場が大きく、WHOのガイドラインを上まわると報告されている。静的磁場の長期的影響に関する結論は出ていないが<sup>7)</sup>、TMのデュアルマグネット方式は義歯撤去後も磁場が口腔内に存在し続ける点はやはり問題であろう。しかしあえてTMを臨床応用した理由は下記の2点である。

- 1) 歯科治療のなかで最も動的要素の大きい有床義歯と最も小さいインプラントをつなぎ止めるアタッチメントにはその差を受け止めるだけの幅のある維持力が必要と考えた点。
- 2) 今回使用したTM（X-line）はストローマン社が直接供給していることからもインプラントメー

カーとの情報の共有化がなされており、使用上の安心感がある点。

当院では今回提示した2症例の他にも数例TMの使用経験があり（最長経過観察3年）、現在までのところ問題なく経過はしているものの注意深い経過観察が必要であると考えている。

またステコ社にはTMのこの有利な特性を生かしつつWHOガイドラインをクリアする製品の開発を期待したい。

## 参考文献

- 1) Wirz, J., Jäger, K., Schmidli, F.: Magnetverankerte (Implantatgesicherte) Totalprothesen - Ein Beitrag zur Altersprothetik. Schweiz Monatsschr Zahnmed 104, 1235-1244 1994.
- 2) Ziesche, U. : Tragekomfort und Selbstsicherheit durch magnetretinierte Totalprothetik auf Implantaten. Zahntech. Mag 2, 10 : 614-627 1998.
- 3) Jäger, K., Wirz, J. : Das neue Konus-Titanmagnetic-Insert in der Hybridprothetik. Schweiz Monatszeitschr Zahnmed 110 : 1160-1170 2000.
- 4) Mericske-Stern,R.D., Taylor,T.D., Belser, U. : Management of the edentulous Patient. Cli.Oral Impl. Res 11(Suppl) : 108-125, 2000.
- 5) Boeckler, A.F., Morton, D., Ehring,C. : Mechanical properties of magnetic Attachments for removable prostheses on teeth and implants: J.prosthodont 17 : 608-615, 2008.
- 6) T. Hosoi, C. Ohkubo, Y. Takada. : Foreign magneticattachment:The7th International conference on magnetic applications in dentistry. Session 8 NEDO Grant Symposium 2007.
- 7) van Rongen,E., Saunders, R.D., van Deventer, E.T. : Static fields : Biological effects and Mechanisms relevant to exposure limits. Health Physics, 92 (6) : 584-590, 2007.

# 磁性アタッチメント用キーパーを金銀パラジウム合金にて 鋳接した8年経過の一症例

泉田明男

A Magnetic Attachment with a Casting Junction between  
the Keeper of a Magnetic Attachment and a Ag-Pd-Au Cast  
Alloy Was Used for Eight Years: A Case Report

Akio Izumida

A case of a magnetic attachment denture is reported. In this case, a coping with a casting junction between the keeper of a magnetic attachment and a Ag-Pd-Au cast alloy was used for eight years.

The magnetic attachment denture and the coping were used in the oral cavity without replacement or failure of the restoration. The denture was examined and adjusted every three months. The attractive force was acceptable from a clinical standpoint. The patient did not express any dissatisfaction regarding the attractive force and stability of the partial denture.

The results of this study indicate that the use of a magnetic attachment and its keeper serve as useful prostheses.

**Key words :** 磁性アタッチメント (Magnetic Attachment)  
キーパー (Magnetic Keeper)  
鋳接 (Cast-joining)

東北大学大学院歯学研究科口腔修復学講座咬合機能再建学分野

Division of Fixed Prosthodontics, Department of Restorative Dentistry,  
Tohoku University Graduate School of Dentistry

## I. 緒 言

近年の磁性アタッチメントは小型化、維持力、耐腐食性の向上など<sup>1)</sup>一般臨床においても扱い易いものとなっている。しかしながら、健康保険に適用となっている金銀パラジウム合金を用いて鋳接したキーパーが臨床的に問題なく使用可能かどうかについては検討の予知がある<sup>2,3)</sup>。今回、金銀パラジウム合金を用いて鋳接したキーパーと磁性アタッチメントを用いた義歯が8年経過したことを機にその症例を報告する。

## II. 症 例

### 1. 症例の概要

患者：53歳、女性。

主訴：下顎右側第二小臼歯抜歯による咀嚼障害。

初診：1997年（平成9年）1月、東北大学歯学部附属病院補綴科（現東北大学病院附属歯科医療センター、咬合修復科・咬合回復科）に来院。

既往歴、現病歴：特記事項なし。

現症：当科来院時、当院保存科にて残存歯の歯周治療中であった。歯周ポケットは2～5mmの範囲にあった。また、それまでに根管治療、およびう蝕治療がなされ、修復物が多く認められた。

### 2. 治療計画

補綴科に来院した時点で、歯周治療については長期に渡るものと考えられたため、主訴の咀嚼障害に対応するため、速やかに義歯の増歯修理を行い、歯周治療がメインテナンスに入った後、上下顎義歯の製作を行うこととした。義歯は、今後の歯周病の進行に伴い、歯の喪失が予想されたため、増歯、修理が比較的容易に行うことが可能なレジン床とした。

### 3. 治療と経過

#### 1) 1997年（平成9年）1月に旧義歯の

増歯修理後、当病院保存科にて歯周治療を継続して行った。その間、義歯の取り扱いを含め、ブラークコントロール指導を行った。1998年（平成10年）4月より、義歯製作を開始し、6月に装着、以後経過観察とした。

### 2) 義歯の経過

上下義歯とも装着後2年程度は良好に経過した。下顎義歯については、何度か破折したもののその都度修理調整を行い、現在に至っている。

上顎義歯については、2000年（平成12年）11月に、左側側切歯および左側犬歯の前装冠がう蝕のため脱離した。このため、保存科に依頼して犬歯の抜歯、根充を行った（図1）。側切歯については、無髓歯で臨床症状が認められなかったことから、そのまま補綴処置にはいることとした。補綴の治療方針として、上顎左側側切歯は歯周組織の状態および歯冠歯根比などを考慮し、歯冠修復が困難と考えられたため、根面板での修復を行うとともに義歯に増歯を行った。上顎左側犬歯については、歯根の長さが比較的長く、骨植も充分であることから、支台建築を行った後、硬質レジン前装铸造冠の再製作を行った。その後、2006年（平成18年）2月に歯周病の悪化に伴い、左側第二小臼歯および左側第二大臼歯が保存困難と判断されたため抜歯を行った。また2008年（平成20年）9月には左側犬歯がう蝕、ならびに歯肉縁に近い部位での歯根破折のため、前装冠が建築体とともに脱離、除去した（図2）。欠損部ならびに歯冠が失われた部位はその都度義歯の増歯修理を行った。



図1. 上顎左側犬歯抜歯  
根充後のデンタル  
X線写真  
(2000.12.5)



図2. 経過観察時のデンタルX線写真  
(2008.9.8)



図3. 現在のデンタルX線写真  
(2009. 7. 21)



図4. 現在の口腔内写真 -正面観-  
(2009. 7. 21)

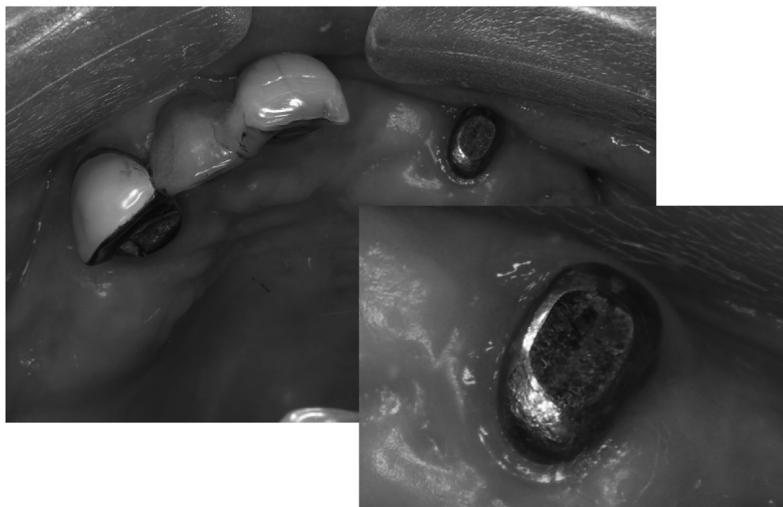


図5. 現在の口腔内写真 -咬合面観およびキーパーと根面板の拡大- (2009. 7. 21)

### 3) アタッチメントを用いた修復

歯冠修復が困難と判断された上顎左側側切歯の根面板について、維持装置としての働きを積極的に行なうことを意図して、磁性アタッチメントのキーパーを12%金銀パラジウム合金にて鋳接した根面板を2001年（平成13年）2月14日に装着した。また、同日義歯にマグネット（マグフィット400：GC）を装着した。根面板ならびにマグネットについては以後、脱離、交換することなく8年を経過し、現在に至るまで使用が続いている（図3～5）。

### III. 考 察

著者が患者を担当したのは、1997年（平成9年）1月からであるが、患者の本院初診は1972年（昭和47年）3月であり、それまでの診療録を含めて、本症例の患者は、カリエスリスク、歯周病リスクとも比較的高いと推測される。

口腔内の所見について、著者担当時より咬合は緊密であり、初診時、左側の側方運動時のガイドは側切歯および犬歯による誘導であった。2000年（平成12年）の前装冠脱離の際、側切歯については、歯根の状態と側方運動時の負担を考慮し、歯冠修復は行わずオーバーデンチャーとした。また、

根面については磁性アタッチメントを用いた修復を行った。その結果、歯根に過渡な負担がかからず、その後の比較的良好な予後をたどる一因になったものと思われる。しかしながら、左側の側方運動時のガイドは義歯上の人工歯である側切歯と前装冠により修復された犬歯による誘導へと変化した。このことは、犬歯に対する負担が増したと考えられる。また、本症例の場合、前述の通り、カリエスリスク、歯周病リスクが比較的高いと考えられることから、歯肉縁下カリエスの進行ならびに歯周病の進行に伴い歯根破折、および修復物の脱離に至ったものと推測された。

磁性アタッチメント装着後、8年間経過した現時点において根面板および磁性体とも表面の微細な傷は観察されるものの、根面板の鋸接部の明らかな腐食は認められない(図5)。また、この8年間において根面板の脱離および、義歯からの磁性体の脱落も認められなかった。このことは中間欠損部に用いられていること、側方力からは比較的負担が軽減されていることがその理由として挙げられる。さらに患者自身が、研磨剤の入っていない歯磨剤を使用していること、含嗽剤の使用はほとんどないことなどもキーパー表面の鋸接状態には好ましい方向に働いたものと考えられる<sup>4~7)</sup>。継続した義歯調整により現在においても吸引力が低下した様子は認められず、患者自身においてもこれに関しての不満は出でていない。今後の治療としては、犬歯の修復も含め、義歯の再製作を予定している。

#### IV. 結 語

支台歯の保護に関して、磁性アタッチメントの有効性が確認された。しかしながら、ブラークコントロールの重要性も再認識させられた症例であり、同時に定期的リコールの重要性が本症例より明らかとなった。

#### 文 献

- Okuno, O., Ishikawa, S., Iimuro, F.T., et al. : Development of sealed cup yoku type dental magnetic attachment, Dent. Mater. J., 10 : 172-184, 1991.

- 浅野彰夫, 都尾元宣, 堀 誠, ほか: 磁性アタッチメント用キーパーと金銀パラジウム合金との鋸接—第1報係留温度の影響—, 補綴誌, 44 : 122-128, 2000.
- 浅野彰夫, 山内六男, 堀 誠, ほか: 磁性アタッチメント用キーパーと金銀パラジウム合金との鋸接—第2報鋸造方法の影響—, 補綴誌, 44 : 410-415, 2000.
- 澤田尚晶, 浅野彰夫, 堀 誠, ほか: 磁性アタッチメントのブラッシングによる磨耗に対する検討, 日磁歯誌, 7 : 41-51, 1998.
- 水本登志雄, 新家光雄, 赤堀俊和, ほか: 腐食環境における歯科用金銀パラジウム合金の摩擦摩耗特性, 歯材器, 22 : 459-468, 2003.
- Lin-Jin, 澤田尚昌, 浅野彰夫, ほか: 磁性アタッチメントに対する義歯洗浄剤および含嗽剤の影響, 日磁歯誌, 8 : 10-15, 1999.
- 澤田尚昌, 浅野彰夫, 堀 誠, ほか: 磁性アタッチメントに対する歯磨剤薬効成分の影響, 日磁歯誌, 8 : 16-20, 1999.

# キャストクラスプへの磁性アタッチメントの応用 － Magnetic Rest Clasp の考案－

蓮池敏明、草野寿之、奥津史子、松川高明、曾根峰世、大川周治

Application of a Magnetic Attachment to a Cast Clasp

－ Development of a Magnetic Rest Clasp –

Toshiaki Hasuike, Toshiyuki Kusano, Fumiko Okutsu

Takaaki Matsukawa, Mineyo Sone and Shuji Ohkawa

The heightened emphasis on physical appearance in contemporary society has increased the demand for esthetic dental treatment. The metallic color of buccal clasps on premolars or canines is one of the common causes of patient rejection.

The appearance would be vastly improved if metal buccal clasps were eliminated. However, the retentive function of clasps in which the buccal arms are eliminated is extremely poor. We developed a new retainer without a buccal clasp arm and with a magnetic attachment in the occlusal rest clasps (Magnetic Rest Clasp).

In this report, the fabrication of a new retainer, called a “Magnetic Rest Clasp,” for lower premolars using a plastic jaw model with artificial teeth is described.

**Key words :** 磁性アタッチメント (magnetic attachment)

マグネティックレストクラスプ (magnetic rest clasp)

キャストクラスプ (cast clasp)

明海大学歯学部機能保存回復学講座歯科補綴学分野

Division of Removable Prosthodontics, Department of Restorative and

Biomaterials Sciences, Meikai University School of Dentistry

## I. 緒 言

患者の審美性に対する要求は近年さらに高まりをみせており、審美障害の改善は歯科臨床を行う上で極めて重要である。磁性アタッチメント応用により、クラスプの無い審美的に良好な部分床義歯の製作は可能である<sup>1~3)</sup>が、磁性アタッチメントを従来の歯冠内アタッチメントや根面アタッチメントとして応用した場合<sup>4, 5)</sup>には、歯質の削除量が多くなること、部分床義歯撤去時における審美性の低下や支台歯と対合歯との咬合接触が喪失するなどの問題が残されている<sup>6, 7)</sup>。今回我々は、キャストクラスプのレスト部に磁性アタッチメントを応用し、頬側アームの無い新しい支台装置 Magnetic Rest Clasp を考案した。今回は臨床応用の可能性を検討する目的で、エポキシ樹脂の模型上で支台歯形成を行い、本支台装置を作製したので、その概要を報告する。

## II. 材料と方法

今回作製した Magnetic Rest Clasp は、下顎左側第一および第二小臼歯（以下  $\text{45}$ ）を支台歯とし、頬側アームの無い双子鉤の形態とした。

図1は今回使用した磁性アタッチメント（ギガウスC 400、ジーシー）のキーパーとキーパー用ハウジングパターン（ギガウスC KB キーパートレー（400用）、ジーシー）を、図2に磁石構造体と磁石構造体用ハウジングパターン（ギガウスC ハウジングパターン（400用）、ジーシー）を示す。 $\text{45}$ の支台歯の形態は無髓歯における全部铸造冠の支台歯形成に準じ、咬合面では機能咬頭上で1.5mm、非機能咬頭上では1.0mmのクリアランスが得られるように削除し、軸面の傾斜角は6度、辺縁形態はシャンファー型となるよう削除した。

図3、4はエポキシ樹脂の模型上で形成した支台歯を印象採得して作製した作業用模型である。磁石構造体とキーパーを配置するスペースを確保するために、 $\text{4}$ 支台歯の遠心舌側隅角部および、 $\text{5}$ 支台歯の近心舌側隅角部にボックス様の形態を付与した。なお、キーパー用ハウジングパターン（外寸法 $3.95 \times 3.55 \times 1.00\text{mm}$ ）が、両支台歯間のほぼ中央に収納されるとともにキーパー上面相当部から咬合面との間に磁石構造体と磁石構造体

用ハウジングパターンが収納可能となるように、支台歯におけるボックス様形態の削除量を決めた。すなわち、咬合面から支台歯のボックス様形態の底面までの距離が3.8mm、図4のaが7.0mm、図4のbが3.0mmとなるように支台歯形成を行った。

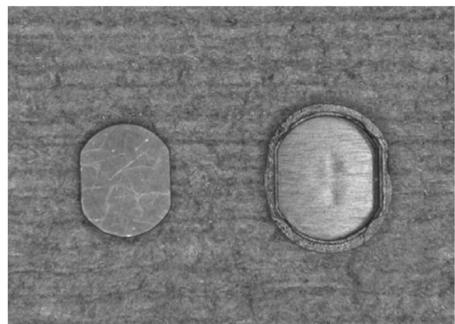


図1. キーパーとキーパー用ハウジングパターン

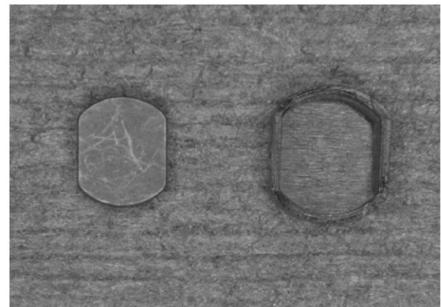


図2. 磁石構造体と磁石構造体用ハウジングパターン



図3. 作業用模型（舌側面観）

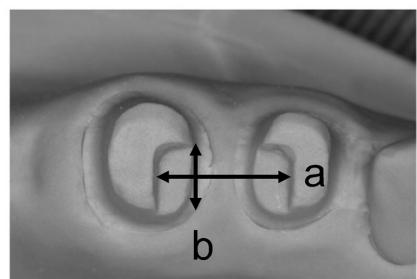


図4. 作業用模型（咬合面観）

図5は、作業用模型上で連結全部鋳造冠のワックスアップを行ったところを示す。なお今回の術式では45を連結冠として作製した。ワックスアップは盛り上げ法で行い、舌側にはブレーシングアームに対応する誘導面を付与した。



図5. 連結全部鋳造冠のワックスパターン

図6はセベイヤーにセットしたアンダーカットゲージを用いて、キーパー用ハウジングパターンの収納スペースを確認しているところである。キーパー用ハウジングパターンが可及的に咬合平面と平行になるように、キーパー用ハウジングパターンの底面部が接する箇所のワックスパターンの形態を整えた。



図6. キーパー用ハウジングパターンを収納するスペースの確認

図7はキーパー用ハウジングパターンがワックスパターンの該当部に収納、固定された状態を示す。この時、キーパーの上面相当部からワックスパターンの咬合面までの間に、磁石構造体と磁石構造体用ハウジングパターンを配置できるスペースが確保されていることを確認した。

キーパー用ハウジングパターンを収納したワックスパターンにスプルーラインを植立し、通法に従って埋没、焼却を行ったのち歯科鋳造用12%金銀パラジウム合金（キャストウェルM.C.、ジーシー）を用いて鋳造を行った。

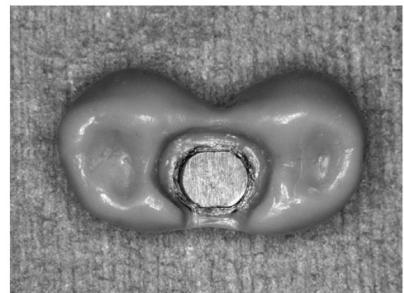


図7. キーパー用ハウジングパターンの固定

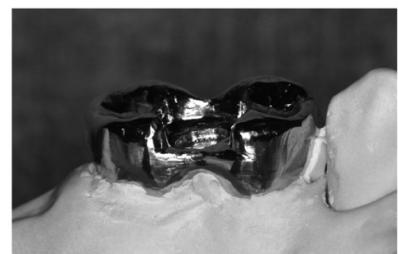


図8. 連結全部鋳造冠（舌側面観）

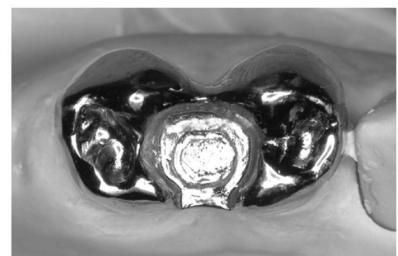


図9. 連結全部鋳造冠（咬合面観）

鋳造後、スプルーラインを切断、除去し、通法に従って形態修正、研磨を行った（図8、9）。なお、キーパー取り付け部の内面に関してはアルミナサンドblast処理を行った。

キーパーの合着には接着性レジンセメント（スーパー・ボンドC&B、サンメディカル）を用いた。キーパーを合着した連結全部鋳造冠をエポキシ模型上の支台歯に装着したのち取り込み印象を行い、クラスプ部分のパターンを作製するための作業用模型を作製した。

図10はキーパーが収納された連結全部鋳造冠を有する作業用模型である。この作業用模型上で、クラスプ部分のパターンを作製した。

キーパーの上面に磁石構造体用ハウジングパターンを配置したのち即時重合レジン（パターンレジ

ン、ジーシー）を筆積み法で築盛し、クラスプ部分と連結子部分のパターンを作製した。

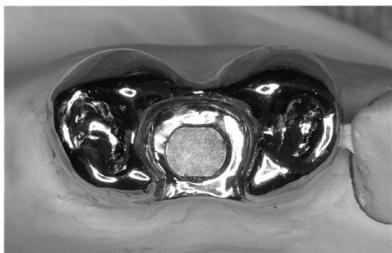


図10. キーパーが収納された連結全部鋳造冠

図11は完成した、クラスプ部分と連結子部分のパターンを示す。

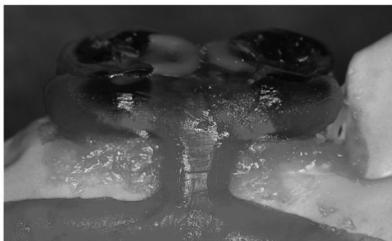


図11. クラスプ部分と連結子部分のパターン

作製したパターンは、全部鋳造冠と同じく通法に従って埋没、焼却を行ったのち12%金銀パラジウム合金（キャストウェルM.C.、ジーシー）を用いて鋳造した。

鋳造後は、通法に従って形態修正、研磨を行い、磁石構造体取り付け部の内面に関しては全部鋳造冠と同様にアルミナサンドblast処理を行った（図12）。



図12. Magnetic Rest Clasp（舌側面観）

図13は磁石構造体を合着し、完成したMagnetic Rest Claspの内面観である。磁石構造体の合着は、キーパーの合着と同様に、接着性レジンセメント（スーパー・ボンドC&B、サンメディカル）

を用いて行った。

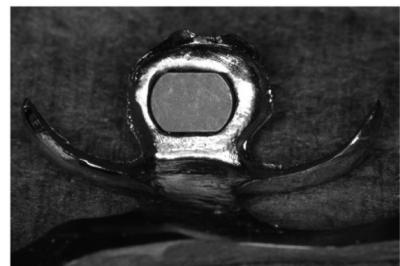


図13. Magnetic Rest Clasp（内面観）

図14～16は完成したMagnetic Rest Claspを連結全部鋳造冠に適合させた時の舌側面観、咬合面観および頬側面観である。

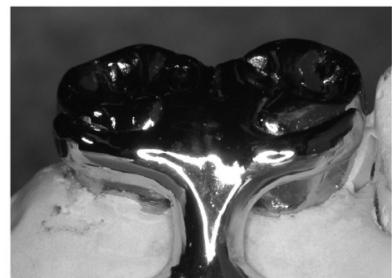


図14. Magnetic Rest Claspが装着された連結全部鋳造冠（舌側面観）



図15. Magnetic Rest Claspが装着された連結全部鋳造冠（咬合面観）

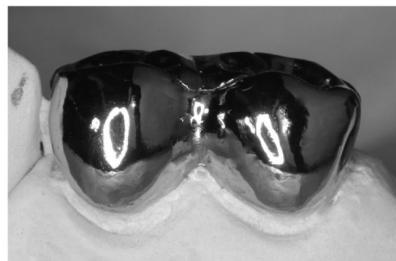


図16. Magnetic Rest Claspが装着された連結全部鋳造冠（頬側面観）

レストとしてはかなり大き目のサイズとなっているが、2本の支台歯間に磁性アタッチメントが収納できる可能性が示された。

### III. 結果と考察

部分床義歯の支台装置として双子鉤を採用した場合、頬側アームによる審美障害や異物感を生じることが少なくない。また、支台装置としてテレスコープアタッチメントを採用した場合、義歯撤去時に支台装置部での咬合接触が失われるとともに内冠による審美障害が生じることになる。

そこで今回、磁石構造体を収納するとともに機能咬頭を避けた形態のレストを連結全部鋳造冠の連結部に設置し、さらに舌側アームを組合せることで、把持力の増強を図った支台装置として、Magnetic Rest Clasp を考案、試作した。

頬側アームを無くすることで、従来型のクラスプで問題とされた金属アームによる審美障害は大幅に改善されるが、咬合面部における金属露出度は少ないとはいはず、歯冠外タイプや根面タイプと比較すると、審美的にはやや劣ると考えられる。また連結全部鋳造冠連結部にアタッチメントが収納されることから下部歯間空隙の狭小化は避けられない。したがって、下部歯間空隙の狭小化による歯周組織への悪影響も難点の1つとして挙げられるため、歯冠長の短い症例では適用を避けるべきであろう。

把持に関しては、舌側アーム鉤尖部に channel を付与するなどの改善が必要と考えられた。これによりレスト部と舌側アーム肩部との間に集中する応力が緩和されるとともに把持力が増強されると考えられる。また、磁性アタッチメント収納部における支台歯の削除量がやや大きくなるのが難点として挙げられるが、無歯歯であれば臨床応用は可能であることが示された。

今後は陶材焼付鋳造冠を支台歯とした場合や、犬歯ないし大臼歯への応用とともに実用化に向けての検討を行っていく予定である。

### IV. 結論

今回我々は、キャストクラスプ（双子鉤）レスト部に磁性アタッチメントを応用し、頬側アーム

の無い、新しい支台装置 Magnetic Rest Clasp を考案した。磁性アタッチメント収納部における支台歯の削除量がやや多くなるが、無歯歯であれば臨床応用は可能であることが示された。

### V. 参考文献

- 1) 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, 69 (7) : 58-66, 2009.
- 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ー、医歯薬出版、東京, 1992.
- 3) 田中貴信、星合和基、金澤 毅、ほか：磁性アタッチメントの臨床とその展望—更なる臨床活用への提案ー、日磁歯誌, 10 (1) : 31-44, 2001.
- 4) 津留宏道、大川周治：各種テレスコープの選択基準、リジッドサポートによるパーシャルデンチャーの設計指針／補綴臨床別冊, 104-107, 医歯薬出版、東京, 1990.
- 5) 大川周治：磁性アタッチメントの成功の秘訣、日磁歯誌, 10 (1) : 17-24, 2001.
- 6) 石上友彦、田中貴信、川澄勝久：マグフィット EX600を用いた Magnotelescopic Crown (MT 冠) の製作法、歯科技工, 25 (12) : 1486-1491, 1997.
- 7) 鮎見進一、楳原絵理、有田正博、ほか：Magnotelescopic Crown を用いた床付き可撤性ブリッジの1症例、日磁歯誌, 15 (1) : 47-50, 2006.

## 第18回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

日 時 平成20年10月25日・26日  
会 場 彩の国すこやかプラザ

### 1. ブリッジポンティック部に設置した歯冠外磁性アタッチメントの臨床例

○山本公珠

愛知学院大学歯学部 高齢者歯科学講座

**I. 緒言** ブリッジポンティック部に歯冠外磁性アタッチメントを設置することで、義歯の設計がコンパクトになり、しかも審美性や装着感および支台歯の清掃性も向上した症例を紹介し、その有用性について報告する。

**II. 症例の概要** 症例1：補綴科初診時35歳女性。咀嚼および発音障害を主訴に来科した。5|4-7は欠損し、装着されている冠はほとんどが辺縁部適合不良で、また感染根管も多く認めた。症例2：初診時55歳男性。咀嚼障害を主訴に来科した。76|67が欠損し、8|8の近心傾斜がみられる。

**III. 治療内容と経過** 症例1：H14. 3. 5|4-7の暫間義歯を装着したが異物感を訴える。H14. 11. ⑥45③のブリッジ装着後に4-7の金属床を装着し、咀嚼および発音障害は改善したが、クラスプによる審美障害を訴えた。H17. 5. ②①① 2 ③ 4と⑦⑥54③のブリッジを装着し、4延長ポンティック遠心と54ポンティック部に歯冠外磁性アタッチメントを設置した金属床を装着し、審美性が改善された。症例2：患者はリンガルバー等の大連結子に異物感を訴えたので、左右二つの補綴装置に分けた。H17. 8. 85|4を支台歯とし、76ポンティック部に歯冠外磁性アタッチメントを設置した可撤性ブリッジを装着した。H17. 12. |8を根面CAPにし、45連結冠の遠心に歯冠外磁性アタッチメントを設置した部分床義歯を装着した。

**IV. 結果** 症例1, 2ともに、ブリッジポンティック部に歯冠外磁性アタッチメントを設置することで、装着感のよい審美的に優れた義歯を装着することができた。

### 2. 磁性アタッチメントを用いたフルマウスリコンストラクション

○庄司和伸

愛知学院大学歯学部 歯科有床義歯学講座

磁性アタッチメントは、磁力を利用した維持効果により、患者、術者、双方から、非常に高い満足を得るシステムとして既に多くの臨床実績を得ている。今回、審美障害・咀嚼障害を主訴として本科を受診した患者に対し、磁性アタッチメントの特性を利用した全顎的補綴処置を行ったので報告する。

患者は42歳女性、約15年前に下顎右側臼歯部のインプラント治療を受けるが3年で脱落した。上下顎臼歯部は欠損状態で長期間放置することによる、咬合平面の乱れ、咬合高径の低下が見られた。患者は、新義歯作製において審美的な要求が強く、義歯のクラスプに対して強い抵抗があった為、今回、磁性アタッチメントを用いた全顎的補綴処置を行った。まず、研究用模型をフェースボウを用いて咬合器に装着し、診断用ワックスアップを行った後、それに基づいたプロビジョナルレストレーションを作製した。このプロビジョナルレストレーションにて、咬合関係・歯周環境、審美的要素を確立するとともに、患者の要望も取り入れた形態に調整した。

最終補綴では、残存歯それぞれの状態を考慮し、各歯に適した磁性アタッチメント形態を設計した。上顎では、前歯部にはメタルボンドクラウンを装着し、左側3番遠心部に審美性に優れる歯冠外型の磁性アタッチメントを、右上臼歯部には、磁石の積極的な利用法であるMT冠を採用した。下顎においては、前歯部には、連結のメタルボンドクラウンを装着し、両側3番遠心部に歯冠外型アタッチメントを用い、左側臼歯部にはキーパー根面板を採用した。

今回、支台装置に磁性アタッチメントを用いた

ことで、患者の審美的要求は満たされ、義歯の維持力も良好で、機能的にも満足が得られた。現時点では、術後経過に問題はない。しかし、審美性・機能性を追求したがゆえ複雑な設計の補綴物となつた為に、今後は、定期的なメインテナンスを行い長期的に良好な経過を期待したい。

### 認定医申請講演総括 (演題番号 1, 2)

東京都・中村和夫

1. 従来の磁性アタッチメント応用例では基本的に歯根アタッチメントとしての利用が主体となり、有齶の場合や歯冠形態を冠で回復させたい場合には困難さが増すことが多かった。今回の発表にある歯冠外アタッチメントとしての応用はその解決策として有用性が期待されるものである。本発表ではクラスプによる審美障害や義歯の構造が大型になることによる装着感の不良への対応、通常のブリッジでは装着が困難な傾斜した支台歯への応用が報告されており、臨床応用にあたり新たな選択肢として歯冠外磁性アタッチメントを設置することで、義歯の設計がコンパクトになり、しかも審美性や装着感および支台歯の清掃性も向上し有用性が大きいことが明らかとなった。傾斜した支台歯の経過や歯冠外磁性アタッチメント部周囲の清掃状態の変化について今後も追跡して報告されることを期待する。

2. 審美障害・咀嚼障害を主訴とし、これまでに種々の試みが行われながら満足が得られなかつた困難な症例に対し磁性アタッチメントを応用した全顎的補綴処置を行った報告である。咬合平面の乱れ、咬合高径の低下の改善、審美的な要求への対応のため診断用ワックスアップを行った後、それに基づいたプロビジョナルレストレーションを作製し、咬合関係、歯周環境への対応、審美的要求も取り入れた形態を求めた上で、残存歯の状態を考慮し、それぞれの支台歯に適した種々の磁性アタッチメント形態を応用した全顎的補綴処置を行っている。短期間の経過のため、現時点では術後経過に問題はないとのことであるが、審美性、機能性の追求が優先され複雑な設計の補綴装置と

なったことや支台歯の条件などから、定期的なメインテナンスが必須であり長期的な経過について今後報告されることを期待したい。

### 3. 長期にわたる磁性アタッチメントの術後調査 その1. 金属床義歯について

○伊藤 瑠、星合和基、長谷川信洋、連 直子  
川口卓行、野田和秀、渡辺敬一郎、田中貴信

愛知学院大学歯学部 有床義歯学講座

われわれは、愛知学院大学歯学部附属病院で10年間にわたり臨床適用された磁性アタッチメントの術後調査を行って本学会に報告しており、さらに、その結果をまとめて本学会誌にも報告している。今回はさらに術後経過を継続・追加して行い、約15年間の長期にわたる術後経過としてまとめ報告した。調査対象歯は平成5年から15年までに適用された磁性アタッチメントの約1400歯であり、このうちの105床の金属床義歯に適用された252歯が調査対象である。この磁性アタッチメントの調査開始時から平成20年までの推移を観察すると、抜歯にいたった支台歯は29歯、調査打ち切りになった支台歯は117歯、残存している支台歯は106歯であった。支台歯全体の累積生存率は10年時には約88%であったが、15年経過時では約77%と低下した。歯種別に累積生存率を検討すると前歯の生存率は156ヶ月で67%、犬歯は161ヶ月で78%、小臼歯は161ヶ月で80%、大臼歯は157ヶ月で86%となった。しかし、歯種別間での生存率に差はみられなかった。また、部分床義歯学の各種分類から支台歯の生存率を検討すると、Kennedyの分類を用いて遊離端欠損症例と中間欠損症例を比較すると、遊離端欠損症例のほうが生存率は低かったが、有意差はなかった。Eichnerの分類では、咬合支持域の全く失われた少数歯残存症例の生存率は、咬合支持域の一部失われた症例の生存率よりも有意に高かった。桜井の分類では、片側犬歯にコーピングのある症例、両側犬歯にコーピングのある症例、犬歯にコーピングのない症例に磁性アタッチメントを適用した症例について生存率を比較検討したが、有意差はなかった。

#### 4. 長期にわたる磁性アタッチメントの術後調査 その2. レジン床義歯について

○川口卓行、星合和基、長谷川信洋、連 直子  
伊藤 瑠、野田和秀、渡辺敬一郎、田中貴信

愛知学院大学歯学部 有床義歯学講座

愛知学院大学歯学部附属病院において平成5年から平成15年の間にレジン床義歯に適用した磁性アタッチメント1133歯のうち無作為に抽出した111歯について術後調査を行った。調査時期は平成20年6月である。

調査開始時の111歯は、今回の調査では残存歯67歯、抜歯16歯、打ち切り28歯と調査開始時と比較すると変化した。レジン床全体の生存率は約7年経過時では約70%だったが、今回の調査時の10年経過時では53%と低下した。

調査開始時の歯種別割合では小臼歯、犬歯、大臼歯、前歯の順に多く、大臼歯と前歯は同じ割合であったが、今回の調査時ではその割合に変化は無かった。歯種別において生存率を比較すると、前歯は107ヶ月で約91%、犬歯は121ヶ月で約58%、小臼歯は121ヶ月で約53%、大臼歯は105ヶ月で約62%であり、小臼歯が最も低い値であったが、歯種別間では有意差は無かった。

磁性アタッチメント装着時の年齢別比較では、レジン床、金属床それぞれ65歳までの群、65から75歳の群、75歳以上の群に分類して生存率を検討したが、金属床とレジン床間での比較では、金属床の75歳未満の群とレジン床の65歳以上の群の間で有意差がみられ、金属床の75歳未満の生存率が有意に高かった。

磁性アタッチメント装着後に発生する問題点を観察したところ、義歯床においては修理、再製作が発生し、支台歯についてはキーパー根面板の再着および再製作が行われたが、両項目とも床用材料による大きな違いは見られなかった。

#### 5. 高感度磁気センサ（MIセンサ）を用いた高齢者を対象とした嚥下診断に関する研究

○谷田弓磨、芥川正武\*、木内陽介\*  
市川哲雄\*\*

徳島大学大学院先端技術科学教育部

\*徳島大学大学院先端技術科学研究部

\*\*徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部

#### 「背景・目的」

現在、リハビリテーションの領域において、摂食嚥下障害は重大な問題となっている。この嚥下障害への有力な診断方法はVFといわれているが、諸般の事情により全ての医療施設でこの診断が可能なわけではないのが現状である。そこで、本研究では嚥下障害のスクリーニング法である反復唾液嚥下テスト（RSST）を自動化する診断装置の開発を最終的な目標としている。

#### 「原理・方法」

今回、試作した測定装置の原理は被検者の喉頭部に小型磁石を、首の付け根に磁気センサを取り付け、その状態で被検者に嚥下を行ってもらい、喉頭の動きに伴う磁石の動きを磁気センサで検出し、得られた結果を解析することで、嚥下の有無や回数の判定を行うものである。

しかし、RSSTの方法にのっとり、被検者の姿勢は座位の状態で測定を行ったところ、高齢者の場合は嚥下時の体動等の影響により、余分な動きをセンサが検出してしまうことで、正確な結果が得られなかった。

今回は、それらの体動の影響や、より嚥下を誘発する姿勢の検討、誤嚥防止を目的として、測定時に被検者の姿勢を変化させ測定することで、姿勢の変化による嚥下運動の評価を行っている。

#### 「結果」

今回は数名の若年者を対象に測定を行った結果、ほぼ全ての被検者が、頸部屈曲位での測定時に嚥下運動が顕著に現れ、明瞭な結果が得られた。逆に立位での測定時には非常に不明瞭な結果が得られ、測定には不向きなことが判明した。

#### 「今後の課題」

若年者での測定結果から、頸部屈曲位での測定を行うことで嚥下運動を明確に磁気センサで検出

できることが判明したので、高齢者でも同様の測定が有効と考えられる。そのため、今後はこの測定方法で高齢者を対象とした測定を進めることができ課題として挙げられる。同時に、得られたデータの解析方法の検討も必要であり、測定時の体動等のノイズにも対応できるような解析プログラムの考案を進めていく予定である。

### 座長総括

(演題番号 3, 4, 5)

九州歯科大学・鰐見進一

3, 4. 愛知学院大学歯学部有床義歯学講座における磁性アタッチメント応用症例に関する平成5年からの長期にわたる術後調査報告であり、金属床義歯とレジン床義歯についてそれぞれ検討したものであった。磁性アタッチメントの累積生存率がレジン床よりも金属床の方が高かったという報告は興味深い。十数年間にわたる術後調査は他の臨床応用機関では類がなく演者らの地道な努力の賜と感銘した。また、このような報告は現在臨床応用しているすべての歯科医師にとって貴重なデータであり、詳細に関する学会誌への投稿を希望する。

5. 高感度磁気センサを高齢者の嚥下診断に応用するための報告であった。発想ならびに着眼点は非常に興味深いものがあり、システムが完成すれば非常に有用な診断機器となりうることが伺えたが、現段階ではクリアしなければならない課題もかなりあるように思われた。演者らの今後の発展を期待するところである。

## 6. ラットの液体資料飼育が血清抗酸化能に及ぼす影響

—電子スピン共鳴装置を用いた

スピントラッピング法による測定—

○鈴木裕仁、越野 寿、平井敏博

北海道医療大学歯学部口腔機能修復

・再建学系咬合再建補綴学分野

### 【目的】

スーパーオキサイドなどの活性酸素は生体障害性を有していること、また、生体には活性酸素に対する防御機構が備わっているものの、その産生能と消去能のバランスが崩壊することによって、種々の疾患が発症することが報告されている。

本研究では、ラットの液体飼料飼育による咬合・咀嚼障害が酸化ストレスを誘導するか否かを明らかにすることを目的として、好中球におけるスーパーオキシドの産生能と血清の抗酸化能を測定した。

### 【方法】

9週齢のWister系雄性ラットを用い固形飼料で10週齢まで飼育した後、同一成分の固形飼料と液体飼料で飼育する2群を設定した。なお、液体飼料と固形飼料は同じ栄養素を有するように調製した。

飼料変更日を0日目として、その後、1週間隔で尾部より採血を行い、血清についてはその抗酸化能を測定した。また、好中球におけるスーパーオキシドの産生能については、カゼインを用いて好中球を回収した。

血清抗酸化能の測定には電子スピン共鳴装置(ESR)を用い、スーパーオキサイドの消去能をスピントラッピング法にて測定した。また、好中球のスーパーオキサイドの産生能をシトクロムC還元法により測定した。

### 【結果と考察】

スーパーオキサイドの産生能は、飼料変更7日目、14日目、21日目において固形飼料群に比べて液体飼料群に有意な増加が認められた。

血清の抗酸化能は、飼料変更7日目、14日目では2群に有意差は認められなかったが、21日目および28日目では、固形飼料群に比べて液体飼料群

に有意な低下が認められた。

以上のことから、飼料変更によってスーパー キサイドの產生能は比較的早期に増加することが、また、血清抗酸化能は比較的後期に低下することが示唆された。

本研究結果から、咀嚼機能の低下や障害がストレッサーとなり、生体における活性酸素の產生系と消去系のバランスが崩壊する酸化ストレス状態に陥り、ホメオスタシスに為害作用をもたらしていることが窺えた。

## 7. インベストスペーサーによるキーパー付き根面板の新たな作製法

○長谷川みかげ\*、石上友彦\*\*、高村昌明\*  
馬嶋藍子\*、坂口節子\*\*\*、齋藤秀雄\*

日本大学歯学部歯科補綴学教室II講座

\*\*日本大学歯学部総合歯学研究所臨床研究部門

\*\*\*日本大学歯学部付属歯科技工専門学

**【緒言】**近年、MR I の普及が著しく、その対応としてキーパーが比較的容易に除去でき、再装着が可能なキーパーボンディング法が推進されている。しかし従来のキーパーボンディング用の根面板製作では、キーパー合着のためのスペースを確保するためにキーパートレーを用いてワックスアップを行うため、トレーの厚みにより、根面板の高さや幅が大きくなりがちであった。そこで第11回日本補綴歯科学会第東京支部学術大会において、埋没材によりキーパーのパターン（インベストスペーサー）を作製し、これをスペーサーとして用いて根面板をワックスアップした後、キーパーをセメント合着する方法を報告した。今回は、さらに詳細な製作方法や特徴について報告した。

**【材料および方法】**パターンをG C社製モデルインベストメントにより、キーパーと磁石構造体とを重ねたものとほぼ同じ大きさ形状に製作した。パターンは、根面板のワックスアップおよび埋没のためにアンダーカットを付与した。パターンを用いてキーパーのスペースを確保した根面板をワックスアップし铸造を行い、GIGAUSS C600 KB キーパーを合着し、キーパー付き根面板を完成さ

せ、従来の方法と今回のインベストキーパー法による根面板形状を比較検討した。

**【結果および考察】**本法は従来のキーパートレーを用いた場合より铸造法に近い大きさの根面板の製作が可能で、MR I撮像時に比較的簡単にキーパーの撤去が行える。キーパーが铸造時に高温にさらされることなく、KB法でのトレー焼却のための煩雑な係留操作も必要ないなど、技工操作も容易であった。ワックスアップ時には磁石構造体のクリアランスも確認ができ臨床に極めて有用な方法である。

## 8. M I センサ内蔵姿勢検出センサの仮想咬合平面設定への応用

○石田雄一、佐藤裕、永尾 寛、市川哲雄

徳島大学ヘルスバイオサイエンス研究部

顎面補綴学分野

M I センサを内蔵した愛知製鋼製姿勢検出センサ（以下、センサ）は、3次元軸の角度変化の計測が可能である。本センサを用いた診療支援システムは、角度計測を必要とする歯科治療のみならず、整形外科・リハビリ分野への応用も可能であることを第16回日本磁気歯科学会学術大会にて報告した。

我々は、本診療支援システムに改良を加え、これまで1つであったセンサ部を2つ同時に使用することで、センサ間の相対的な角度変化を計測し、リアルタイムモニタを介して確認することを可能にした。これにより、センサの取り付け自由度が増し、頭部の姿勢変化に対応し易くなった。

今回、この改良したシステムを全部床義歯製作時の上顎仮想咬合平面設定に使用すること目的に、有効性の検討を行った。

**<目的>**模型基底面と咬合堤平面を一致させるタスクを姿勢検出センサシステムを用いて行った。

**<方法>**咬合堤平面と模型基底面のずれを目視で確認した後、咬合堤を模型から外した状態で調整を行った。これを平面が一致したと思うまで繰り替えし、コントロールとした。次にセンサを使用時には、まず模型基底面と咬合堤調整用ヘラにセ

ンサを設置し、模型基底面と咬合堤調整用ヘラのヘラ部の平面を一致させた。その後、センサシステムで角度変化を確認しながら、咬合堤を調整した。なお、咬合堤はあらかじめ、ワックスを溶かす操作のみで調整できるよう設定した。調整後は、正面観、側面観をカメラで撮影し、PC上で角度を測定した。また、同時に調整時間も測定した。

＜結果＞正面観、側面観とともに、目視の方が約0.4°精度が高い結果となったが、有意差は認められなかった。調整時間は、センサを使用した場合、コントロールに比べ約半分となり、有意に短い時間となった。

＜考察＞仮想咬合平面設定における姿勢検出センサシステムの応用の可能性が示されたが、一連のシステムの改良、センサ精度の向上などの課題も残った。

## 9. 海外製磁性アタッチメントの漏れ磁界解析

○西田美奈子\*、手川歓識\*\*、木内陽介\*\*\*

\*徳島大学大学院先端技術科学教育部

\*\*徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部

\*\*\*徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

### 【目的】

磁性アタッチメントは口腔内において長期間使用されるため、漏れ磁界が生体へ与える影響を調べることが必要である。今回は、海外製の磁性アタッチメントについて漏れ磁界解析を行い、生体に対する安全性の検討を行った。

### 【方法】

海外製磁性アタッチメントの断面図を基に、Dyna system, Titanmagnetics, Microplant Magnetic Attachment, Multipurpose Magnet System, Magnedisc 800, Smart Magnet Kit の解析モデルを作製し、有限要素法（3次元電磁場解析システム  $\mu$ -MF、 $\mu$ -TEC 製）を用いて漏れ磁界の解析を行った。構造の違いによる漏れ磁界を比較するため、材料の特性は全て、磁石の磁化の強さ1.3T、軟磁性材料の飽和磁束密度  $B_s = 1.6\text{ T}$ 、比透磁率  $\mu_r = 5000$ とした。漏れ磁界の安全性の評価には、ICNIRP（国際非電離放射線防

護委員会）およびWHO（世界保健機構）により提案されている静磁界の安全基準である40mTを用いた。

### 【結果、考察】

Dyna system, Titanmagnetics, Microplant Magnetic Attachment, Multipurpose Magnet System は開磁路型のため、漏れ磁界は大きく、歯肉等の口腔内組織があると考えられる位置において40mTを超える漏れ磁界が見られた。Magnedisc 800, Smart Magnet Kit は内部構造がそれぞれカップ型、サンドイッチ型であるため、同位置における漏れ磁界は Magnedisc 800 が0.7mT, Smart Magnet Kit が8.15mTとなり、ICNIRP およびWHOによる安全基準を満たす結果が得られた。

## 10. 分割式栓塞子に磁性アタッチメントを応用した顎義歯症例

○金田 桂、大貫昌理、細井紀雄、鈴木清貴  
西山雄一郎

鶴見大学歯学部歯科補綴学第一講座

患者は76歳の男性で、義歯の脱離による咀嚼、会話困難を主訴として来院した。上顎は無歯顎で右側中切歯から左側第二大臼歯相当部の顎骨および後方は軟口蓋にいたる欠損を認めた。上顎骨の広範囲な欠損に対し、分割式の中空型栓塞子に磁性アタッチメントを応用した顎義歯を装着し、義歯の維持、安定を図ることとした。

義歯製作において、義歯本体と栓塞子はそれ別に印象採得し、重合後、両者を口腔内で連結し、義歯を完成した。義歯と栓塞子の接合部分は義歯床基底面に近い位置に設定し、維持装置として Physiomagnet (Nissin Co, Japan) を用いた。義歯本体における栓塞部の前後方向には直径4.8mm、左右方向には直径3.0mmのマグネットを即時重合レジンにて固定し、栓塞子にキーパーを取り付けた。

患者に装着した顎義歯は義歯床面積を大きくすることにより十分な維持力を発揮し、患者の主訴であった食事時の義歯脱落や咀嚼障害、発音障害

は改善され、審美的にも満足が得られた。顎義歯装着後、義歯機能評価とアンケートによる評価で治療効果を判定した。その結果、最大咬合力は207.8Nから418.1Nに向上了し、食事ではピーナツや堅焼き煎餅などの咬度の高い食品の摂取が可能となつた。また装着時の痛みや顔貌など義歯に対する満足度ではが著しく向上した。本症例では栓塞子に中空型を用いたが、顎義歯では不利である栓塞子内側の清掃性も患者自身が分割でき、簡潔な形態を付与したことにより飛躍的に向上した。また栓塞子と義歯の接合部に溝を付与したことでの栓塞子内部への水の侵入を防ぐことが可能であった。今後は分割の位置や溝の深さ、維持力の設定について検討課題であると思われた。

## 11. ウシ副腎髓質細胞の容積調節機構に及ぼす変動強磁界の影響

○池原敏孝、川添和義\*、木内陽介\*\*、

宮本博司\*\*\*

安田女子大薬学部

\*徳島大学病院薬剤部

\*\*徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス

研究部生命機能工学

\*\*\*徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス

研究部生理機能学分野

ウシ副腎髓質クロマフィン細胞を変動強磁界に曝すとアクチン蛋白質に影響をおよぼすことを見出した。この細胞内アクチン蛋白質は細胞容積に重要な役割を演じており、特に非等張浸透圧溶液に交換した後の細胞容積調節機構に密接に関与していると報告されている。そこで、変動磁界がアクチンの機能に影響を及ぼすか否かを調べた。この実験では、先ずこの細胞が低浸透圧作用による容積調節機構を持つか否かを調べた。

この細胞に Calcein-AM を取り込ませた後、ARGUS 20CA システムを装着させた蛍光顕微鏡のステージに細胞を置き、低浸透圧溶液交換後の容積変化を蛍光強度の変化より計測した。Na<sup>+</sup>濃度を減じた低張溶液（156及び177mOsM）に曝すと、液交換直後に容積が増大し、その後液交

換以前の値に回復することを示した。すなわちこの細胞でもいわゆる調節性容積減少（RVD）の生じることがわかった。そこでこの細胞を 2 時間変動強磁界に曝露し、低張液中の RVD への影響を調べた。

先ず、2 時間の磁界曝露後のクロマフィン細胞への影響を調べると、①アセチルコリン添加による一過性細胞内 Ca<sup>2+</sup>増加を抑制した。②ミトコンドリア膜電位を脱分極させた。③F-actin の細胞内分布の変化と F-actin 量の低下が観察された。

この曝磁細胞を低張液に曝すと、液交換直後の容積上昇が対照群より増強され、液交換以前の値への回復時間も延長する傾向があった。これは、アクチン重合阻害剤 cytochalasin D 添加群と同様な結果であった。これは明らかにアクチン重合、脱重合に磁界が影響を及ぼしていると見られる。そこで、アクチン量の時間的変化を Rhodamin phalloidin を用いて測定したところ、対照群、磁界作用群および cytochalasin D 作用群とも初期低下を示したが、その後対照群が増加傾向にあるにもかかわらず後者 2 群は低下を継続した。

以上の結果から変動磁界曝露は F-actin の脱重合化を促進することにより容積調節機構に影響を及ぼしたものと推察される。

## 座長総括

(演題番号 9, 10, 11)

東北大学・高田雄京

本セッションでは、磁性アタッチメントにおける漏れ磁界と応用範囲を広げた臨床例の報告、そして強磁界の細胞に及ぼす影響について発表がなされた。

9. 海外製磁性アタッチメントは、歯科用インプラントを前提とし、磁石をチタンで覆った開磁路型が多いことが最近になって明らかとなった。そのため、海外製磁性アチメントでは国産の閉磁路型に比べ漏れ磁界が大きくなることが懸念されるが、それに関する情報はほとんど見当たらないのが現状である。本講演では、有限要素法を用いて海外製磁性アタッチメントの漏れ磁界を詳細に解析し、開磁路型の磁性アタッチメントの中に

WHOの安全基準を超えるものがあることを示した。軟磁性体の種類に合った飽和磁束密度を用いず、平均的な数値を用いているため、実際との誤差はあると思われるが、磁性アタッチメントの安全性を表す指標の一つ明らかにしたことは重要であり、磁性アタッチメントのISO規格創成にも寄与するといえる。今後は、各軟磁性体に合った物理データを用いた精度の高いシミュレーションを期待したい。

10. 歯科用磁性アタッチメントの新たな臨床応用として、分割式栓塞子に磁性アタッチメントを応用了した顎義歯症例が報告された。義歯の脱落や咀嚼障害などの改善を十分に行うことができ、発音障害や審美性の改善も可能であることが示された。特に、顎義歯では難しい栓塞子内側の清掃が容易になり、患者自身で清潔な義歯を保つことができるることは磁性アタッチメントの新たな応用によるQOL向上といっても過言ではない。しかしながら、このような症例ではどの程度の維持力が必要であるかなどの基礎的データが不足しているので、臨床的データの充実が今後の課題と思われる。そのためにも、多くの歯科医師に歯科用磁性アタッチメントの新しい臨床応用を数多く試みていただきたい。

11. 磁界の生体に対する効果や安全性は、非常に重要な課題であり、数多く議論されてきたが、その明瞭な答えは一部を除き未だにつかめていない。本講演では、変動強磁界を細胞に付与し、細胞の容積調整機構に及ぼす効果を調べ、変動強磁界が容積調節機構の遅延を招くことを示した。演者らは、その現象がF-アクチン重合阻止剤を添加した時と同様であることから、磁界がアクチンの重合・脱重合に影響を与えることを明らかにした。この結果のみでは、変動強磁界が生体組織に対して有害か無害かを断定することはできないが、少なくとも細胞のいろいろな調節機構に変化を与えることが推定できる。すなわち、変動磁場の利用方法によっては、それが有益にも、有害にも作用するといえる。このような基礎的研究の充実によって、磁界の生体に対する効果が明らかとなり、磁界を有効に利用できる未来を期待したいものである。

## 12. クロスヘッドスピードが磁性アタッチメントの吸引力に与える影響

○小川 泰\*、梅川義忠\*\*、石上友彦\*, \*\*

竹内義真\*、月村直樹\*\*, 大谷賢二\*, \*\*

大野 繁\*

\*日本大学歯学部歯科補綴学教室II講座

\*\*日本大学歯学部総合歯学研究所臨床研究部門

**【緒言】**磁性アタッチメントの吸引力については様々な実験条件下で数多くの研究が行なわれている。しかし、吸引力測定を行う際にクロスヘッドスピードが測定結果に重大な影響を与えることが知られているが、クロスヘッドスピードに規定はなく、それぞれの研究においてクロスヘッドスピードは異なっている。そこで、本実験ではクロスヘッドスピードが磁性アタッチメントの吸引力測定に与える影響を評価し、引張試験の際に安定した測定を行うことのできるクロスヘッドスピードについて検討した。

**【材料および方法】**引張試験は、万能試験機(EZ-Test 島津製作所) および引張試験用治具(東京技研)を使用した。磁性アタッチメントはGIGAUSS D400、D600およびD800(GC)を各5個使用した。吸引力はクロスヘッドスピード0.5mm/min から500mm/minまでの43段階で5回の測定結果を平均し、算出した。

**【結果および考察】**D400では、クロスヘッドスピードが0.5mm/minで3.4N、500mm/minで0.3N。同様な傾向がD600とD800でもみられ、D600では、0.5mm/minで5.1N、500mm/minで0.5N。D800では、0.5mm/minで7.0N、500mm/minで1.1Nと、すべての材料においてクロスヘッドスピードの増加とともに吸引力は低下した。また、クロスヘッドスピード0.5mm/minでの測定結果をコントロールとし統計処理を行ったところ、D400、D600では6.0mm/min以降に有意差を認め、D800では11mm/min以降で有意差が認められた。今回の結果より磁性アタッチメントの吸引力を測定する際には、5.0mm/min以下のクロスヘッドスピードにより測定する必要性が示唆された。

### 13. 根面板の軸面傾斜角度がオーバーデンチャーの支台歯に及ぼす影響

○山中大輔\*、大山哲生\*\*、片倉祐輔\*

永井栄一\*\*、三橋 裕\*、中林晋也\*

石上友彦\*\*

\*日本大学歯学部歯科補綴学教室II講座

\*\*日本大学歯学部総合歯学研究所臨床研究部門

少数歯残存症例において残存歯や頸堤の長期的な保存および咬合の安定を目的に、オーバーデンチャーを設計することがある。オーバーデンチャーの支台歯に磁性アタッチメントを応用する場合、根面板の高径、軸面傾斜角度およびキーパーの傾斜角度等は支台歯および周囲組織の応力分布に影響を与え、支台歯の保護と義歯の安定にも大きく関与する。

本研究では、義歯が両側および片側荷重を受けた場合、根面板の軸面傾斜角度の違いが支台歯の挙動に与える影響を知る目的で三次元有限要素法を用いて解析し比較検討を行った。

解析モデルとして、支台歯は下顎右側犬歯を想定し解剖学的平均値を参考に咬合平面に対し15度唇側傾斜させて構築した。根面板の上面を咬合平面と平行とし、高径を舌側頸堤粘膜から1mmに設定し、根面板の軸面傾斜角度を0°, 30°, 45°とした3種の根面板モデルを構築した。拘束条件は義歯床において咬合接触点相当部10ヶ所と下顎頭上部とした。下顎頭上部における拘束は、両側荷重時では両側の下顎頭上部を完全拘束とし、片側荷重時では作業側下顎頭上部を完全拘束し、平衡側下顎頭上部を垂直方向にのみ拘束した。荷重条件は、閉口運動時の咀嚼筋の各収縮量を絶対座標系のベクトルとして変換し各筋付着相当部に設定した。支台歯の変位量と変位方向および周囲組織の応力分布により以下の結論を得た。

今回、構築した解析モデルにおいて、3種類とも同じ荷重条件下では応力分布に大きな差はみられなかった。変位方向についても同じ条件下では大きな差は見られなかった。変位量については軸面傾斜角度を増大した場合、わずかながら増加する傾向がみられたが大きな差は見られなかった。今後はさらに支台歯の選択、根面板の高径、など

の種々の条件を変化させた場合の影響や、荷重条件を変えた場合における影響を検討し、臨床へフィードバックするべく、データの蓄積と検討を続けていく予定である。

### 14. 常温重合レジンによる磁石構造体合着時の義歯撤去のタイミングについて

○遠藤茂樹\*、石上友彦\*\*、宮田和幸\*

豊間 均\*\*、小野貴子\*、露無益子\*

小豆畠拓夫\*

\*日本大学歯学部歯科補綴学教室II講座

\*\*日本大学歯学部総合歯学研究所臨床研究部門

**【緒言】** レジン床義歯に常温重合レジンを用いて磁石構造体を合着する際、常温重合レジンの完全硬化後に義歯を撤去することが望ましい。しかし、歯肉溝や根面板のアンダーカットへ常温重合レジンが迷入することもあり、義歯撤去を困難にさせる原因となる。また、撤去が早期であれば適切に合着できないこともある。そこで今回、磁石構造体合着時の、義歯撤去のタイミングについて検討した。

**【材料および方法】** 常温重合レジン（ユニファストIII, GC）と石膏スペーサー（GC）を用いて実験用レジンブロックを製作した。その後、遁路を付与し、筆積みの常温重合レジンにてGIGAUSS D400, D600およびD800（GC）を合着した。筆積み開始から圧接までの時間は、40秒、50秒および60秒の3段階、撤去時間は筆積み開始より90秒から170秒の10秒間隔で9段階に設定した。実験はそれぞれの磁性アタッチメントにおいて27通りの組み合わせで5個ずつ、計405回行った。磁石構造体が所定の位置に取り付けられ、かつメーカー参考値の吸引力以上の結果のものを合着成功と判定した。なお、吸引力測定には、万能試験機（EZ-Test, 島津製作所）、および引張試験用治具（東京技研）を用いた。

**【結果および考察】** 圧接まで40秒では、圧接時の常温重合レジンのフローがよいため、遁路から溢出が少なく、圧接まで60秒では、常温重合レジンが硬すぎ、磁石構造体を所定の位置に圧接できな

いものがあった。その結果、筆積みから磁石構造体圧接までは50秒程度が望ましいと考えられた。圧接まで50秒において合着が成功する時間は、D400は筆積み開始より130秒であり、同様にD600では140秒、D800では160秒であった。以上より、吸引力が大きい磁性アタッチメントを用いる際は、小さいものに比べ、撤去時間を延長させる必要があると考えられた。

### 座長総括

(演題番号 12, 13, 14)

徳島大学・市川哲雄

12. 磁性アタッチメントの吸引力測定を行う際のクロスヘッドスピードが測定結果に与える影響に関する報告であった。NEDOとも関係する磁性アタッチメントのISO規格を定めることから考えても極めて重要な報告であった。

13. 磁性アタッチメントを装着する根面板の軸面傾斜角度の違いが支台歯の挙動に与える影響を三次元有限要素法で解析した報告であった。本実験条件では有意な差がないとのことであったが、FEMであるため、実験条件の設定など今後のさらなる解析とデータ蓄積が必要と考えられた。

14. レジン床義歯に常温重合レジンを用いて磁石構造体を合着する際、常温重合レジンの硬化状態を見計らって撤去するのだが、そのタイミングは臨床上悩むことが多い。本研究はそれを標準化しようとするもので臨床家にとって非常に有意義な報告と考えられた。

### 15. 支台歯に天然歯とインプラントを混在させたTMCSおよびインプラントのみを用いた2症例

○芥川秀康、芥川芳秀、中島雅幸\*

芥川歯科（松戸市）

\*東風歯科医院（松戸市）

症例1：63歳男性、初診日：平成13年3月13日、主訴：下顎の義歯が合わず食事がしにくい。診断名：一部重度歯周炎。治療経過：歯周組織再生療法を含めた歯周病治療後 $\overline{56}|\overline{6}$ 相当部にインプラント植立治療。

$\overline{65421}|\overline{3456}$ を支台に、TMCSを平成13年8月25日に装着。

$\overline{54321}|\overline{2345}$ を支台にTMCSを平成14年10月22日に装着。現在まで比較的良好な経過を維持している。

症例2：46歳男性、初診日：平成16年1月29日、主訴：歯周病がひどく食べ物が噛めない。診断名：全額重度歯周炎  $\frac{4}{7-2}|\frac{6}{2-6}$ 。治療経過：全歯牙を抜歯後、総義歯を製作。 $\frac{321}{6531}|\frac{123}{1356}$ インプラント植立治療。 $\frac{321}{65}|\frac{123}{1356}$ では自家骨移植+メンブレンを使用。

下顎は平成17年11月28日TMCSを装着。上顎は平成18年5月20日チタン製のフレームで磁石構造体を使用したデンチャーを装着。現在まで良好な経過を維持している。

以上、2つの症例を報告したい。

## 16. TMCS（磁性アタッチメントを用いたチタン製可撤式ブリッジ）の臨床 －機能的審美的機能的咬合平面を使用したインプラント症例－

○東風 巧、誉田雄司\*、中島雅幸、菊地 亮\*\*

東風歯科医院（松戸市）

\*誉田歯科第一診療所（福島市）

\*\*日立金属株式会社

磁性アタッチメントの吸引力を有効に使う方法としてTMCS（Titanium Magnetic Crown System）を臨床に応用して10年以上になり、数多くの症例を検討して解った事は、補綴装置が長期に安定するには、磁性アタッチメントの吸引力の強さを追求する事でなく、正しい咬合関係を保つことが大切であった。

そこで、高度咬耗症の症例に審美的機能的咬合平面を設定し咬合挙上を行い顎関節の状態を確認した後に、インプラントを用いて顎位を確保し、インプラントに対する側方的な力のコントロールとメインテナンスのために磁性アタッチメントを使用し10年以上経過した症例を供覧し、インプラントと磁性アタッチメントとの共存の可能性を報告したい。

## 17. 磁性アタッチメントに用いられるステンレス鋼とチタンの接触腐食

○高田雄京、勝原久佳\*、小松正志\*、奥野 攻

東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

\*東北大学大学院歯学研究科歯科保存学分野

歯科用磁性アタッチメントは、義歯の維持だけでなく、歯科用インプラントの上部構造の維持にも利用されるようになってきた。希土類磁石をチタンに封入した磁性アタッチメントも海外で製造販売されているが、閉磁路の磁性アタッチメントでは、希土類磁石を磁性ステンレス鋼製のヨークで覆うものが多い。これより、チタン製の歯科用インプラントへ安全に応用するためには、磁性ス

テンレス鋼とチタンの異種金属接触腐食を十分に把握する必要がある。本研究では、磁性アタッチメント用の磁性ステンレス鋼とチタンの異種金属接触腐食をイオンの溶出挙動から調べた。

磁性ステンレス鋼のSUS444（新日本製鐵）、SUSXM27（日本高周波真空）、SUS447J1（日本高周波真空）、非磁性ステンレス鋼のSUS316L（日新製鋼）、JIS一種純チタン板（神戸製鋼）を使用した。各ステンレス鋼と純チタンを電気的に接続した試料を作製し、溶存酸素を飽和（O<sub>2</sub>=6 ppm）にした37°CのNaCl水溶液に7日間浸漬後、その浸漬液をICP（AIRIS\_AP、ジャーレルッシュ）で定量分析して溶出イオン量を求めた。

各磁性ステンレス鋼（444, XM27, 447J1）から溶出したイオンは主にFeイオンであり、純チタンとの接触にかかわらず、Cr含有量が多いほど減少する傾向を示した。磁性ステンレス鋼とチタンが等面積比の場合には、チタンとの接触によって溶出量が接触しないものより約2.3倍増加することが明らかとなった。純チタンは、各ステンレス鋼よりも常時低い自然電位を示したが、不動態化による電位の上昇がステンレス鋼に比べて非常に遅かった。これより、チタンとの接触は、ステンレス鋼の電位を強制的に下げるため、浸漬初期におけるステンレス鋼の不動態皮膜形成を遅らせ、結果的にFeイオンの溶出量が増加したと考えられる。

## 座長総括

（演題番号 15, 16, 17）

愛知学院大学・星合和基

15. 磁性アタッチメントを利用したインプラント症例の臨床報告であった。2症例の報告が行われたが、2症例とも重度の歯周疾患が進行した状態であった。これらの症例を外科的処置、歯内療法処置、歯周疾患処置など、いわゆる補綴前処置を適切に行い、術前の状態では補綴処置そのものが困難と思われる状態の口腔内環境を整備して補綴処置が行われていた。このような症例ではいかに口腔内環境を良好に整備して、その状態を悪化することなく保つことが重要な問題であるかが分かる内容であった。演者はこの術後管理にも十分配

慮した治療を行ったことを報告していた。重度の歯周疾患が存在する症例に対して、有効に磁性アタッチメントを用いて補綴処置を行っており、そのような症例に対して参考になる症例発表であった。

16. インプラントと残存歯が混在する場合に、これを連結するかあるいは分離するか意見が分かれることである。この症例発表は2症例とも上部構造を一塊として作製し、2次的に連結・固定する方法を探っていた。2症例とも10年の術後経過観察が行われており、このような2次的固定の有効性が示されたものと思われる。

17. 磁性アタッチメントの用いられるステンレス鋼とチタンの接触腐食についての報告であった。方法はステンレス鋼と純チタンを等面積で接合し、溶出イオンを測定するものである。海外の各種磁性アタッチメントは、ほとんどが希土類磁石をチタンで封入したものであるため、当然この接触腐食の問題が発生することになる。ただし、チタンが不動態化するまでの時間は約1日(24時間)であり、ステンレス鋼用材料の金属は数時間で不動態化することで、このギャップが問題となることであった。ただし、一般臨床で提供されるものは十分に時間が経過しているため、問題とならないことであったが、ステンレス鋼を削除切削するがあれば、当然腐食が発生する環境になると思われる。この場合は水中に浸漬し不動態化を促すべきであるとのことであった。この接触腐食の問題は日本だけでなく、国際的に統一して研究を行うとのこともNEDOのシンポジウムで報告がなされていた。今後の研究成果に注目したい。

## 18. 三次元有限要素法による歯冠外型磁性アタッチメント支台歯の連結効果 —第二報 CTデータからの有限要素モデルの構築—

○安藤彰浩、神原 亮、宮田利清、増田達彦  
小澤隆幸、門井 聰、中村好徳、田中貴信

遊離端欠損症例の片側処理は、義歯に加わった機能圧が最後方支台歯に直接伝わるため、一般的に禁忌とされている。しかし、日々の臨床において患者の要望は、大型の両側性の義歯を嫌い、片側処理を要求することも少なくない。この場合には、義歯の安定性を確保するために、欠損部に隣接する複数の残存歯が支台歯として利用せざるを得ないが、連結支台歯の歯数の決定は術者の臨床的経験から選択されることが多いである。我々は、支台装置として歯冠外型磁性アタッチメントを用いた場合、この支台歯数決定に理論的根拠を与えるために、連結支台歯数における義歯周囲組織の応力分布への影響を、有限要素法を用いて検討してきた。しかし、これまで我々は、モデルの構築技術の問題から単純な形態のモデルで解析を行ってきたが、モデルの単純さがゆえ、解析結果に整合性はあるものの、現実的に臨床のエビデンスとして参考するまでには至らなかった。

そこで、今回は、より臨床的に実態に則した知見を得るために、患者のCTデータを基に解析モデルの構築を行い、支台歯の連結歯数における支台歯および義歯床下組織の応力分布を検討し、以下の結果を得た。

支台歯の連結を、第二小臼歯から犬歯まで含めた3歯とすることで、最後方支台歯の遠心傾斜と義歯の沈下量は、著しく減少した。それ以上に連結歯数を増やしても僅かな減少となった。これらは、単純に連結歯数の増加によるものと、犬歯の歯根が比較的長いことがあいまって出された結果だと考えられる。

今回のモデル構築法は、患者に侵襲を与えることなく、さまざまな補綴物を模擬的に作製することで、比較的簡便に、現実的な寸法・構造を有する有限要素モデルの構築が可能となった。患者の口腔内の形態には個体差があり、個々の患者のモ

デルが簡便に作製できれば、将来的に臨床の場において、最適な義歯設計の理論的なエビデンスを有限要素解析から提案できると、我々は考える。

## 19. 三次元有限要素法による歯冠外アタッチメント症例におけるブレーシングアームの効果について

○神原 亮、安藤彰浩、熊野弘一、松村晋也  
宮田信男、中村好徳、田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

部分床義歯の遊離端症例における片側処理において、支台装置として歯冠外型磁性アタッチメントを用いた場合、義歯のカンチレバー作用を考慮した設計が必要である。その際、複数の支台歯を連結したり、歯冠外型磁性アタッチメントにブレーシングアーム、インターロックを併用した設計が必要と考える。しかし、このブレーシングアーム、インターロックの技工操作は比較的煩雑で、熟練された技工技術が要求される。そこで今回、ブレーシングアームの効果を三次元有限要素法を用いて検討し、ブレーシングアームの代替となる支台装置の模索を行った。

解析モデルは下顎第一、第二大臼歯欠損の片側遊離端症例を想定した。基本モデルとして、歯冠外アタッチメントにブレーシングアームを付与したブレーシングアームモデル（B-A モデル）、ブレーシングアーム部を除去したブレーシングアーム less モデル（B-A less モデル）、左下45°に近心レストを設置したレストモデル（レストモデル）、反対側の右下56°へ双歯鉤を設置し、リングルバーで連結したリングルバーモデル（L-B モデル）の計4種を作製し、比較検討し、以下の結果を得た。

支台歯、義歯における応力値、変位量の結果から、片側遊離端欠損症例における義歯の設計においては、L-B モデルの両側処理が最も適切と考える。ブレーシングアームは、片側処理の設計において歯冠外アタッチメントへの応力を緩和し、最後方支台歯遠心マージンへの応力も緩和する傾向があった。また、レストモデルにおいて、近心レストの設置がブレーシングアームの代替となる可

能性が示唆された。

今後様々な条件を設定し、ブレーシングアームの効果、またその代替となる設計を明らかにしていきたい。

## 20. 磁性アタッチメントの加熱による吸引力への影響

### －第二報 痛歯床用レジンの重合について－

○宮田利清、新実 淳、安藤彰浩、庄司和伸  
熊野弘一、増田達彦、佐藤志貴、中村好徳  
田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

磁性アタッチメントは従来の機械的維持装置に比べ、多くの臨床的利点を備えた極めて有用なシステムとして、既に多くの臨床実績を得ている。しかしながら、最近市販されている磁性アタッチメントのほとんどに使用されているネオジム磁石は、その加熱時の特異点が比較的低いのが欠点とされ、歯科医療における多様な臨床術式との関係で、全く問題ないレベルとは言い難い。そこで今回我々は、一般的に市販されている磁性アタッチメントへの直接加熱ならびに、義歯床用レジン重合時の加熱が磁性アタッチメントの吸引力に与える影響について検討を行った。

まず、磁石構造体の加熱による吸引力の変化を知るための基礎的実験として、市販の磁石構造体2種を、恒温炉中に稽留し、磁石構造体における吸引力の変化を確認した。レジン重合については湿熱加熱重合法と急速加熱重合法の2種類にてそれぞれ重合後、24時間室温にて放冷後、レジン内より磁石構造体を取り出し、試料とした。実験条件は、恒温炉による加熱実験において、磁石構造体とキーパーが一体となった閉磁路および磁石構造体のみの開磁路の2条件とした。またレジン重合時の加熱実験においては、開磁路のみの1条件とした。

恒温炉における加熱実験の結果、アタッチメントの吸引力は、各製品ともに開磁路では220°Cで

約50%以上の減少を示した。一方、閉磁路においては、240°Cまで400gf以上の吸引力を保つ結果を示した。各種レジン重合法においては、湿熱加熱重合法、急速加熱重合法のいずれにおいても、開磁路の条件下では、重合後の吸引力に若干の減少が認められた。

重合時の磁石構造体への加熱による影響については、現時点ではフラスコ内部の温度特性の把握が容易でなく、電子レンジの電磁波が金属性の磁石構造体にどのような影響を与えていたかについても明確ではない。また、床用レジンの厚みによる重合熱の変化による影響等、今後さらなる詳細な検討が必要である。

### 座長総括

(演題番号 18, 19, 20)

北医療大・越野 寿

本セッションでは、磁性アタッチメントにおける有限要素法と磁性アタッチメントの吸引力に及ぼす影響について検討した結果が発表された。

18. 従来、解剖学的寸法に基づいて有限要素法のモデルが構築されていたが、本研究では、患者のCTデータを元に解析モデルを構築した。その結果、従来の単純モデルでは不鮮明であった皮質骨への応力分布も可能となった。現段階では、CTデータから解析モデル構築まで数ヶ月を要するため、リアルタイムでのチアーサイドでの解析、患者説明ツールとしての活用は困難であるが、必要時間の短縮によって診断用ツールとしての期待が高いと思われる。

19. 本研究は、前述の患者のCTデータを元に解析モデルを構築した三次元有限要素法を用いて、歯冠外アタッチメント症例におけるブレーシングアームの効果を検討したものである。片側遊離端症例におけるブレーシングアーム、間接支台装置の効果を支台歯周囲組織の応力分布や、義歯の運動が定量的に明示されており、片側遊離端症例における設計の在り方を示すデータといえる。今後、通法による補綴装置との対比等を提示し、欠損ごとの設計の在り方の提示が期待される。

20. 本研究は、義歯床の重合時の加熱・発熱による磁性アタッチメントの吸引力の変化を検討したものである。現在、一般に行われている義歯の製作過程では、磁石構造体に直接熱が加わることはまれにあっては来ているが、今後の磁性アタッチメントの多様化を踏まえると必要になる基礎的検討であるといえる。本研究結果から、閉磁路では240°Cまで400gfの吸引力を保持することが確認されており、加熱が避けられないような状況でも磁性アタッチメント使用が可能であることが示唆された。

本セッション全体を通じて、臨床で直面する問題をテーマに掲げた発表であったため、非常に活発な討議がなされた。

---

### 21. 三次元有限要素法による歯冠外アタッチメント症例におけるブレーシングアームの効果について

○熊野弘一、増田達彦、山岡裕幸、野村紀代彦  
中村好徳、田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

---

現在、日本で販売されている磁性アタッチメントにおける磁石構造体の基本的磁気回路は大きく分けてキャップ型とサンドウィッヂ型の2種類である。これらの磁性アタッチメントの吸引力は、磁石構造体とキーバー間のエアーギャップによって大きく変化することが知られている。このような磁石の吸引力および復元力の動態は非常に複雑であり、模型実験などでは、その力系を解明するのは大変困難である。そこで注目されるのは有限要素法解析である。サンドウィッヂ型における有限要素法を用いた解析は、既に当講座の中村が報告している。そこで、今回はキャップ型の有限要素法解析を行い、比較・検討を行うこととした。キャップ型の解析の試料として、現在最も多く使用されている磁性アタッチメントの一つであるGC社製ギガウスD600を参考とした。モデル化に先立って、その形状の測定を行った。内部形状についてはメーカーからの発表が無いため、アタッチメントを包埋・切断・形状測定を行った。モデ

ル構築には MENTAT (MSC Software)、解析条件の入力には GiD (CIMNE)、解析には、MAGNA/FIM (CTC)、解析結果の表示には GiD (CIMNE) を用いた。MENTAT と GiD 間のファイルの交換は nastran 形式とした。石は Ne-Fe-B、ヨークは SUS447J1、キーパーも SUS447J1 を想定、B-H 曲線を近似し、その磁気特性とした。

磁石構造体の水平変位における吸引力の低下は、垂直変位と比較すると全般的に緩やかである。吸引力の減弱の傾向は、キャップ型、サンドウィッヂ型ともに近似した傾向を示した。

今後は、3 次元モデルを視野に入れ、さらにサンドウィッヂ型のモデルも再構築した上で、より詳細な解析を行いたいと考える。

## 22. インプラントオーバーデンチャー用角度補正型マグネットアタッチメントの開発

○鎌田奈都子、大久保力廣、新保秀仁、細井紀雄、田中康弘\*、菊地 亮\*\*

鶴見大学歯学部歯科補綴学第一講座

\*香川大学工学部材料創造工学科

\*\*日立金属株式会社

インプラントオーバーデンチャーにおいてマグネットアタッチメントを適用する際、インプラントが傾斜埋入されるとアンダーカットが生じたり、キーパー上面が傾斜してしまい維持力が十分に発揮されないことがある。この角度を補正するために既製キーパーや鋳造用磁性合金を用いたカスタムメイドキーパーの鋳造製作が行われていたが、技工操作が煩雑で、吸引力が低下するなどの問題があった。これらの問題点を改善するため、より簡便に角度補正できるマグネットアタッチメントの開発が望まれていた。

そこで我々はブローネマルクシステム、リプレイスセレクト（ノーベル・バイオケア）と共に使用できる角度補正型マグネットアタッチメントキーパー（以下、試作キーパー）の開発を試みた。試作キーパーは角度や高さの種類が豊富なマルチユニット・アバットメントの上部にスクリュー固定

し使用するため、ストレートタイプのマルチユニット・アバットメントにも装着することができる。キーパーの組成は Fe 72%以上、Cr26%、その他 2%である。

また、試作キーパーと鋳造用磁性合金製カスタムメイドキーパーの吸引力を測定した。鋳造用磁性合金は、開発中の Fe-Pt 合金と市販のアトラクティーピー（パナソニックデンタル）を用いた。コントロールとしてフィジオマグネットキーパー（日立金属） #40 を用いた。

吸引力測定試験の結果、試作キーパーは、コントロールと遜色ない吸引力を示した。Fe-Pt 合金は鋳造が困難であり、鋳造欠陥のため吸引力がばらつき試作キーパーの吸引力に比較して有意に低い値を示した。アトラクティーピーは鋳造性に優れるものの吸引力は試作キーパーおよびコントロールの約 50% 程度の低い値を示した。

以上より、試作したインプラントオーバーデンチャー用角度補正型マグネットアタッチメントキーパーは簡便で十分な吸引力を発揮することから、臨床応用可能であることが示唆された。

## 23. 仮想空間内でのマグネットデンチャー設計 simulation systemについての検討

○小川 匠、重田優子、井川知子、安藤栄里子、土田富士夫\*、前田祥博\*\*、水野行博\*\*、細井紀雄\*、槇原絵理\*\*\*、鰐見進一\*\*\*

鶴見大学歯学部歯科補綴学第二講座

\*鶴見大学歯学部歯科補綴学第一講座

\*\*鶴見大学歯学部歯科技工研修科

\*\*\*九州歯科大学口腔機能再建学

顎口腔欠損再構築学

仮想空間内でマグネット義歯における術前シミュレーションを行うシステムを開発し、その臨床応用について報告する。

今回開発した Magnetic Attachment Denture Simulation System は、以下の手順で行った。

1. 義歯装着時、非装着時の研究用模型
2. 両研究用模型の表面形状データの採得

3. 研究用模型の3次元再構成画像の作製
  - 1) 義歯非装着時
  - 2) 義歯装着時
4. Virtual Reality 複製義歯の製作
  - 1) 義歯装着と非装着3次元再構成像の重ね合わせ
  - 2) 義歯装着模型画像から義歯非装着模型画像を除する
  - 3) 義歯の外形のトリミング
  - 4) 床、人工歯にシェードを付与
5. デザインとプランニング
  - 1) 磁性アタッチメントの選択
  - 2) 幅径、高径の決定
6. 支台装置、義歯の製作

研究用模型の表面形状計測は、3次元表面形状測定装置(shofu. Ink)を用いた。得られた表面形状データからVirtual Reality複製義歯を作製するために、VRMeshV4.1 (ViratualGrid Co.)を、設計はFreeform modeling Ver9.1 (SensAble Technologies, Inc.)を用いて行った。本研究の対象は義歯の再製作を主訴に来院した患者で、旧義歯の維持安定の不良による違和感を訴えていた。歯周検査およびX線検査からマグネット支台装置の適応と診断した。

旧義歯の調整後、前述した手順でVR複製義歯を作製後、上顎左側第一小臼歯の歯の幅径、義歯と根面板との距離から磁性アタッチメントとしてフィジオマグネット40(株式会社ニッシン)を選択した。そして、アタッチメントのサイズに合わせた設計を仮想空間内で行い、技工部との連携から支台装置の設計、製作を行った。今回開発したMagnetic Attachment Denture Simulation Systemは定量的な支台装置の設計や、それらの情報を、技工サイドに正確に伝達することを可能とした。

### 座長総括

(演題番号 21, 22, 23)

東京医科歯科大学大学院・水谷 紘

21. 国内で市販されている磁性アタッチメントにおける磁石構造体の基本構造の多くはカップ型とサンドイッチ型の2種類である。そのうちいまだ

十分に解析されていないカップ型における磁性アタッチメント吸引力の様相を明らかにした研究である。カップ型とサンドイッチ型では高さをより低くできるカップ型、幅をより狭くできるサンドイッチ型など、それぞれ固有の特性が示されたが、それぞれをどのようなケースで応用すればよいか具体的な指針を示すべくさらなる研究を期待したい。

22. インプラントオーバーデンチャーに磁性アタッチメントを応用する頻度が多くなってきている。しかし、前歯部と臼歯部とではインプラントの埋入方向が大きく異なるため、キーパーの吸着面を可及的に平行に設置しようとすると、種々の問題を引き起こしてしまう。また、それらを解決するためにキーパーを鋳造製作することにより角度補正が行われているが、より簡便にするために既製の角度補正型マグネットアタッチメントの開発を試みた画期的な研究である。従来の鋳造磁性合金により製作したキーパーと比較しても角度補正型マグネットアタッチメントは十分な吸引力を有することを明らかにし、臨床応用に向けて今後の研究に期待したい。

23. アタッチメントを使用する場合、必ず垂直的・水平的補綴空隙との問題が関わってくる。磁性アタッチメントを応用する場合も例外ではなく、キーパーのサイズ、クリアランスに悩まされることも多い。そこで仮想空間内でマグネット義歯の設計についてシミュレーションシステムを構築し、臨床に応用しようとした研究である。術前に口腔外で補綴装置を検討することが可能となり、歯科医師および患者双方にとって有益なものとなろう。ただし、義歯装着有りと無しとでは画像の重ね合わせが難しいなど検討しなくてはならない問題もいくつかあるが、今後の実用化に向け更なる研究を期待したい。

## 24. 小型磁石を用いた多自由度顎運動計測

○石原尚樹、芥川正武\*、木内陽介\*

徳島大学大学院先端技術科学教育部

\*徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部  
生命機能工学

### 【目的】

顎関節症の診断において、顎運動を知ることは重要な要素の一つとされている。

本研究はこれまで測定対象の顎に小型円柱磁石装着させ、計算機シミュレーションにより理論的に磁石の位置推定、方向推定が行われ、平均位置誤差7 μm、角度誤差0.002度という結果を得ることができた。

現在の研究は、シミュレーションに即した装置を作成し、実験的に磁石の位置推定、方向推定を行い、将来的には顎運動計測が可能となるような推定(位置誤差では数10 μm、角度誤差では0.1度程度)を行えるようにすることが目標である。

### 【方法】

一边10cmの立方体の測定領域内において、既知の位置および向きに小型円柱希土類磁石を置き、磁石の周辺に配置した18個の3次元磁気センサ(AMI501、アイチ・マイクロ・インテリジェント製)が磁石の発する磁束密度の値をとらえる。とらえた磁束密度の値からニューラルネットワークの解析方法を用いて磁石の位置と方向の計6次元を推定する。

なお、本研究の学習で用いたニューラルネットワークは、入力数55個、中間ユニット数65個、出力ユニット数1個の3層ニューラルネットワークであり、このニューラルネットワークを用いて6次元分の学習を行う。

### 【結果、考察、今後の課題】

磁石の位置と方向をそれぞれ平均4 mm、3.5度程度の誤差の精度で推定することができた。しかし、これまで行われてきた計算機シミュレーションほど精度良く位置や方向推定を行うことができなかった。

原因としては3次元磁気センサの出力がニューラルネットワークの学習で使用するダイポール近似式とのずれが生じたからだと考える。

今後はセンサの較正を行い、誤差をできる限り小さくしていくことが課題である。

## 25. カーボン芯を用いたキーパーセメントボンド法 第1報 技工術式

○松原 恒\*、水谷 紘、秀島雅之、  
西山 曜\*\*、佐々木英隆、松崎慎也、  
中村和夫、五十嵐順正

\*東京医科歯科大学 歯学部付属病院  
歯科技工部

\*\*東京医科歯科大学大学院顎関節咬合学分野  
東京医科歯科大学大学院部分床義歯補綴学分野

**《目的》** キーパーセメントボンド法は、キーパーを加熱させることなく製作を進めることができるの、キーパーが本来備えている物性を活用でき、加熱を必要とする鋸接法に比べ磁気特性、耐腐食性、吸引力など優れている面が多い。しかし根面板にキーパーを設置するスペース付与のための従来の技工術式には少なからず問題点があった。そこで我々はパイロットスタディとして、筆記用カーボン芯を使用し、根面板にキーパー設置のためのスペースを確実に付与するための技工術式について検討したので報告する。

**《方法》** 技工術式検討のため試用した数種の筆記用カーボン芯の中から、GRAFSTONE 780 HB(カランドッシュ社 スイス)を使用し、カーボン芯の加工法、カーボンパターンの形状、実際の技工術式を想定したときの、加熱による寸法変化等も検討をした。その後加工したカーボンパターンを使用し、キーパースペースを確保した根面板の鋳造を行い、その鋳造体表面の状態の確認、キーパーの試適等を検討した。

**《結果と考察》** 今回のカーボンパターンを使用した方法には精度、確実性、最小限のスペースでキーパーが設置できキーパー選択の自由度が増すなど様々な利点が確認できた。しかし今回検討できなかったキーパーの合着法や、既製品化に向けた検討を加えていく所存です。

## 26. すれ違ひ咬合に磁性アッチャメント部分床義歯で対応した1症例

○福本幹介、秀島雅之、都甲雅俊、安藤智宏  
水谷 紘、五十嵐順正

東京医科歯科大学大学院部分床義歯補綴学分野

すれ違ひ咬合、すれ違ひ一步手前の類すれ違ひ咬合は、残存歯、歯周組織および顎堤の損傷が多く、また補綴装置の破損やトラブルも多く、難症例として知られている。宮地はこうした欠損形態を最も難しい崩壊エリアと称し、積極的な補綴介入を行うべきと提唱している。今回そのような症例に前処置として磁性アッチャメントを適用し、支台歯の負担軽減、義歯の維持、安定を図る処置法を検討した。

症例は74歳男性で、残存歯は右上2～6、左上7、右下3、左下1～6の13歯で、咬合支持数1の類すれ違ひ咬合である。上顎旧義歯は破折を繰り返し、咬合支持の右下3には動搖が認められた。そこでまず右前歯部で保持された咬合高径を指標に、破折を繰り返す上顎レジン床義歯を先に製作した。孤立歯で挺出の著しい左上7には磁性アッチャメントを適用した。義歯の破折防止のために補強線、レスト、フック等を一塊で鋳造、有窓型の補強線構造とし、補強線断面形態がT字型になるよう中央部に梁を付与した。また支台装置にはワイヤークラップを設置し、把持効果を高めるためにエンプレジャーフックを付与した。

上顎義歯を装着し十分調整を行った後、動搖のある右下3の歯冠を切断し、磁性アッチャメントを適用して下顎レジン床義歯を製作した。下顎残存歯列には強力な双子鉤を配置して、義歯の維持・安定を図り、支台歯周囲はメタルで被覆して義歯の補強と支台歯の清掃性を図った。上下義歯を装着した状態では、初診時の右前歯部で咬合していた咬合高径が再現され、新義歯への順応も早く、リジッドな設計により上下義歯の横揺れも少なく、安定した咬合を得ることができた。

現在上顎義歯装着より3年を経過したが、定期的にメンテナンスを行い、上顎義歯のワイヤークラップの調整、側方滑走時に義歯の横揺れを生じやすいため、人工歯の咬合調整を行っている。今

後長期的な経過観察を行い、前処置、義歯の設計等の妥当性を検証する予定である。

## 27. インプラントオーバーデンチャーの評価 —文献的考察—

○水谷 紘、安藤智宏、大草大輔、石川 晋  
佐藤雅之、五十嵐順正

東京医科歯科大学大学院部分床義歯補綴学分野

### 目的

1992年の McGill Consensus で提唱されたごとく、下顎無歯顎患者に対するインプラントを支台とするオーバーデンチャーは、機能や審美的な面ばかりでなく、経済的な面でも有効な手だてといえる。しかし、患者の満足度を含め、その成否に影響を及ぼす因子については必ずしも明らかではない。本研究の目的はインプラントの術式や磁性アッチャメントを含む支台装置の種類がインプラントオーバーデンチャーの予後に及ぼす影響について文献的に考察を加え、明かにしようとするものである。

### 方法

MEDLINE/PubMed、EMBASE、CCTR、Google Scholar のデータベースを使用して文献検索を行った（最終検索：2007年12月15日）。202の論文中、調査期間が短い、被験者数が不十分、メタアナリシスされていない等の理由により最終的には35の論文が今回の発表対象として選択された。インプラントオーバーデンチャーの術後成績の良否に影響を及ぼすファクターとして、「インプラントの生存率」、「インプラント体周囲の組織炎症パラメータ」、「義歯内アッチャメントのアクティベート又は交換」、「義歯の維持力」、「義歯修理の有無」、「上顎義歯の成績評価」を取り上げた。

### 結果と考察

- 埋入したインプラント10年間の累積成功率は84%から100%を示した。
- インプラント体周囲の組織炎症はアッチャメントの種類よりもインプラントの種類や術式に影響される傾向を示した。
- 磁性アッチャメントは早期の交換が必要であった。

4. バーアタッチメントのリライニングの回数は他のアタッチメント義歯より有意に低い値を示した。これはバーが他のアタッチメントより歯牙負担性が強いためと思われる。

5. いずれのアタッチメントが優れているという結論を示した論文はなかった。

6. 上顎インプラントオーバーデンチャーを用いて治療効果を判定しようとした論文はなかった。

## 28. 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（第2報）

○都甲雅俊、秀島雅之、福本幹介、水谷 紘  
五十嵐順正

東京医科歯科大学大学院部分床義歯補綴学分野

磁性アタッチメントは広く臨床応用され、良好な臨床成績を残しているが、どのような配置だと効果的に維持力を発揮するか、逆にどのような配置が支台の経過に好ましくないか等の十分な指標は得られていない。磁性アタッチメントの残存歯列における種々の配置での義歯の動態について、実験模型によるシミュレーションモデルで分析し、第17回磁気歯科学術大会にて発表した。

今回はさらに磁性アタッチメントの大きさを変え、一方には前歯・臼歯部ともに同じ大きさ、吸引力の磁性アタッチメントを配置し、もう一方には臼歯部に吸引力の大きい磁性アタッチメントを配置してその効果的な配置について検討した。

実験用模型として、上顎歯列を想定してアクリル平面板の左右前歯・臼歯部に8個のキーパーを設置し、実験床にもアクリル板を使用し、キーパーに対応する各部に着脱可能な磁性アタッチメントを付着した。この実験床の左右23, 67間に4カ所にフックを付与し、ボールチェーンで牽引して万能試験器で抵抗力を測定し、磁性アタッチメントの配置を変えた際の違いを分析した。

その結果4歯左右対称の2, 3, 6, 7配置では、臼歯部サイズの大きい（臼歯L）場合に後方牽引で最大7.1Nの抵抗力を示した。支台2歯ではサイズの同じ（臼歯S）場合に左右対称の配置が大きな抵抗力を示したのに対し、臼歯Lでは

非対称の臼歯連続2歯配置が大きな抵抗力を示した。支台3歯では臼歯S、Lとともに、連続2歯と反対側1歯の配置が大きな抵抗力を示した。

したがって、両側遊離端症例などにおいて前歯部2歯のみを支台とする場合は左右対称の配置が有効であるが、臼歯部に大きめの磁性アタッチメントを配置できる症例では、左右対称性を問わず臼歯の連続する2歯を支台歯として配置すると有効との示唆が得られた。

## 29. キャストクラスプへの磁性アタッチメントの応用 —Magnetic Clasp の考案—

○草野寿之、奥津史子、松川高明、曾根峰世  
蓮池敏明、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

患者の審美性に対する要求は近年さらに高まりをみせており、審美障害の改善は歯科臨床を行う上で極めて重要である。磁性アタッチメント応用により、クラスプを有さない審美的に良好な部分床義歯の製作が可能だが、磁性アタッチメントを従来の歯冠内アタッチメントや根面アタッチメントとして応用した場合には、歯質の削除量が多くなること、部分床義歯撤去時における審美性の低下や支台歯と対合歯との咬合接触が喪失するなどの問題が残されている。今回我々は、キャストクラスプのレスト部に磁性アタッチメントを応用し、頬側アームを有しない新しい支台装置 Magnetic Clasp を考案した。今回は臨床応用の可能性を検討する目的で、エポキシ樹脂の模型上で支台歯形成を行い、本支台装置を作製したので、その概要を報告する。

### 1. 支台歯形成

磁性アタッチメントとしてギガウスC400（ジーク社製）を選択した。

支台歯は下顎左側第一・第二小臼歯（失活歯）とし、全部鋳造冠に準じて支台歯形成を行った。なお、両支台歯間のほぼ中央に磁性アタッチメントが収納されるようにキーパーのハウジングパターンを基に同部の支台歯の形態を調整した。

## 2. フィメール部の作製

作業用模型上で第一・第二小臼歯における連結全部鋳造冠のワックスアップを行い、キーパー用ハウジングパターンをワックスパターンのフィメール部に収納した後、埋没、鋳造を行った。鋳造後、合着用セメント（スーパー・ボンドC&B）を用いて、フィメール部のハウジング内にキーパーを合着し、フィメール部を完成させた。

## 3. メール部の作製

キーパーが収納された連結全部鋳造冠を有する作業用模型上で、クラスプと連結子からなるメール部のパターンをパターンレジンとインレーワックスの築盛により作製したのち、埋没、鋳造を行った。なお、フィメール部、メール部のいずれも12%Au-Ag-Pd合金を用いて作製した。合着用セメント（スーパー・ボンドC&B）を用いて、メール部（レスト部）のハウジング内に磁石構造体を合着し、Magnetic Claspを完成させた。

**質問 福島市・誉田雄司**

実際に患者さんにセットはしたのですか？セットされる予定はありますか？

**回答**

今回は、臨床応用の可能性を検討する目的でエポキシ樹脂の模型上で行いました。まだ臨床応用はしていません。

**質問 福島市・誉田雄司**

審美的な要求だとすると、全部鋳造冠だと金属色が露出しているので意味がないのではないですか？

**回答**

全部鋳造冠でも十分な厚みが確保できるのかということが危惧されたので、臨床応用が可能かどうか確認のために今回はまず全部鋳造冠で行いました。今回の研究より、支台歯の形態についてもある程度のことは確認できたので、これを踏まえて今後、陶材焼付鋳造冠でも応用していきたいと考えています。また、今回の発表にあったインペストスペースーの応用や、高磁性でより小さなマグネットの開発により、多くの適用範囲を得られる可能性も期待できるので、今後検討していくと考えています。

## 平成20年度日本磁気歯科学会第2回理事会議事要旨

日時：平成20年10月25日（土）11：00－12：00

場所：彩の国すこやかプラザ 会議室

出席：

会長：水谷 紘

副会長：石上友彦

庶務：石上友彦

会計：星合和基

編集：鰐見進一

学術：芥川正武

安全基準：細井紀雄

広報：越野 寿

臨床評価：星合和基

認定医：中村和夫

NEDO：奥野 攻

理事事務：田中貴信、服部正巳、木内陽介

田中譲治、菅田雄司、豊田 實

大川周治、石川 晋、高田雄京

伊藤創造（石橋寛二代理）

監事：佐々木英機

幹事：安藤智宏（会長） 大山哲生（庶務）

オブザーバー：蓮池敏明（第18回大会担当）

### 1. 会長挨拶

水谷学会長より挨拶があった。

### 2. 報告事項

#### 1) 会務報告

##### (1) 庶務

石上理事より、庶務報告として、平成20年10月24日現在の会員数（正会員374名、名誉会員3名、賛助会員11社、購読会員12団体）について報告があった。また、平成21年度より名誉会員として新たに坂東永一先生が加わることが報告された。

#### 2) 委員会報告

##### (1) 編集委員会

鰐見理事より、平成20年9月1日に学会誌第17巻1、2号を発行し会員への発送作業を行ったとの報告があった。なお、第1巻は、総説論文2編、原著

論文4編、臨床論文3編、第2巻は、19編の Proceeding を掲載し、印刷部数は、500部との事であった。

#### (2) 学術委員会

芥川理事より、本年度の国際磁気歯科インターネット会議WGを、本学術大会2日目である平成20年10月26日（日）に彩の国すこやかプラザ会議室にて行う予定が報告された。また、積極的に国際磁気歯科インターネット会議への発表をお願いしたいとの事であった。

#### (3) 認定医審議委員会

中村理事より、認定医数が54名であることが報告された。また、暫定期間措置が本年4月21日にてその期間が終了したとの報告があった。今後とも、積極的な認定医への応募をお願いしたいとの事であった。

#### (4) 安全基準検討委員会

細井理事より、現在報告事項は、特に無いとの事であった。

#### (5) 広報委員会

越野理事より、WEBページの更新状況についての報告があった。

#### (6) 磁性アタッチメント臨床評価委員会

星合理事より、術後5年の術後調査が開始されたとの報告があった。また、各機関において更なる臨床ケースの報告をお願いしたいとの報告があった。

#### (7) NEDO 対策委員会

奥野理事より、磁性アタッチメント国際規格としてISOへの登録作業が開始されたとの報告があり、その過程の詳細な報告があった。

#### 3) 第18回学術大会、第8回国際磁気歯科インターネット会議

大川大会長より、第18回学術大会準備状況について報告があった。また、第8回国際磁気歯科インターネット会議を例年通り、平成21年2月6日を抄録締め切りとして、3月2日～20日の日程にて行うことが報告

された。

4) 第19回学術大会、第9回国際磁気歯科インターネット会議

石橋大会長（代理伊藤創造）より、第19回学術大会を、平成21年11月14～15日の日程で、岩手医科大学50周年記念館にて行う予定が報告された。また、第9回国際磁気歯科学会は、詳細は未決定ですが例年通り開催を予定しているとの報告があった。

5) 日本歯科医学会認定分科会

水谷会長より、日本歯科医学会認定分科会に再度応募を行ったとの報告があった。審査結果については来年1月に開催予定の評議委員会にて最終決定されるとのことであった。

### 3. 協議事項

1) 平成20年度決算

星合理事より、平成20年度決算について報告があった。

2) 会計監査報告

佐々木監事より、会計監査報告があった。すべての帳簿、領収書等を精査したところ、間違いなく運営されていることが確認されたとの事であり、承認された。

3) 平成21年度予算

星合理事より、平成21年度予算について報告があり、承認された。

4) 第20回学術大会、第10回国際磁気歯科インターネット会議

第20回学術大会および第10回国際磁気歯科学会は、大会長を愛知学院大学 田中貴信理事として、開催する事が承認された。

6) 次期役員について

水谷 紘会長の任期満了に伴う新会長の選出について、平成21・22年度新会長に、石上友彦副会長が推薦され、満場一致にて承認された。他役員に関しては、次期会長に一任するとして了承された。

7) 平成19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、了解された。

8) NEDO 対策委員会について

NEDO 研究費の終了に伴い、委員会の呼称を ISO 対策委員会と変更し、引き続き磁性アタッチメントの国際規格として ISO への正式登録を目指すこととして、承認された。

以上

## 平成21年度日本磁気歯科学会第1回理事会議事要旨

日時：平成21年4月17日（金）13：00－16：00

場所：東京医科歯科大学歯科研究棟7F会議室

出席：

会長：石上友彦

副会長：鱈見進一

庶務：鱈見進一

会計：星合和基

編集：高田雄京

学術：芥川正武

安全基準：細井紀雄

広報：越野寿

認定医：蓮池敏明（大川周治代理）

臨床評価：星合和基

ISO 担当：奥野攻

医療：五十嵐順正

理 事：石橋寛二、市川哲雄、木内陽介、

東風匠、田中譲治、中村和夫、

中村好徳、秀島雅之、水谷 紘

監 事：佐々木英機、奥野攻（兼務）

幹 事：永井栄一（会長）楨原絵理（庶務）

秀島雅之（医療、兼務）

蓮池敏明（認定医）

### 1. 会長挨拶

石上会長より挨拶の後、各理事の自己紹介を行った。

### 2. 報告事項

1) 会務報告

（1）庶務

鰐見理事より、庶務報告として平成21年4月17日現在の会員数（正会員373名、名誉会員4名、賛助会員10社、購読会員13団体（退会1団体））についての報告があった。また、医学文献検索サービスの継続について報告があった。

#### (2) 会計

星合理事より、平成21年度会計中間報告があった。

### 2) 委員会報告

#### (1) 編集委員会

高田理事より第17巻1、2号投稿論文数は、それぞれ8編および19編であったとの報告があった。また、雑誌印刷所の変更について提案があり承認された。

#### (2) 学術委員会

芥川理事より、ワーキンググループ数の変更について提案があった。第8回インターネット会議においてポスターへのアクセス数が全978回、Q&A件数が全52件であったと報告があった。国際磁気歯科インターネット会議期間中および学術大会前後の学会webサイトへのアクセス件数が、通常期間に比べ高いとの報告があり、更なる発展をWGと共に進めているとの報告があった。

#### (3) 安全基準検討委員会

細井理事より、報告事項は特にないとの報告があった。

#### (4) 広報委員会

越野理事より、WEBページの更新状況について報告があり、関連学会に日本歯科学会が加えられたとの報告があった。

#### (5) 認定医審議委員会

蓮池幹事より、暫定期間措置が終了し、今後、学術大会において一般応募による認定医審査を行う予定であるとの報告があった。

#### (6) 磁性アタッチメント臨床評価委員会

星合理事より、本年度から日本大学歯

学部も術後調査に加わり、さらに新たな臨床ケースの報告を行っていく予定であるとの報告があった。

#### (7) ISO 対策委員会

奥野理事より、第1、2回ISO対策委員会の報告があった。

### 3) 第18回学術大会報告および第8回国際磁気歯科学会報告

蓮池先生（大川大会長代理）より、平成20年10月25、26日に開催された第18回学術大会への参加者数や会計状況について報告があった。また、第8回学術大会への演題数やアクセス数等について詳細な報告があった。

#### 4) 第19回学術大会

石橋大会長より、平成21年11月14日（土）、15日（日）に盛岡市の岩手医科大学60周年記念館にて行う事が報告された。特別講演は、岩手県立大学ソフトウェア情報学部土井章男教授に依頼しており、シンポジウムも企画中であるとの報告があった。

#### 5) その他

石上学会長より、平成21年度プロジェクト研究費公募について報告があった。また、鰐見理事より、日本歯科医学会江藤会長との懇談会を第19回学術大会会期中に開催することが提案され承認された。

### 3. 協議事項

#### 1) 平成21年度事業計画

石上学会長より、平成21年度事業計画について、ISO/TC会議への参加・支援に関し、ISO援助積立金は毎年20万円とし、次回の総会で承認を得ることになった。磁性アタッチメントの臨床評価、会員数の増加、学会誌の発行、第19回学術大会の開催、第8回国際磁気歯科インターネット会議の報告があった。また、歯科医師会への磁性アタッチメントの啓発および普及活動について提案があり、各都道府県歯科医師会へ当学会の活動内容をアピールすることが承認された。その他、MRI撮像時の対応マニュアル作成についての提案があり、承認された。

2) 第20回学術大会、第10回国際磁気歯科インターネット会議

石上会長より、愛知学院大学田中貴信理事の主管により開催する事が決まったとの報告があり、承認された。また、場所・日時等、詳細については未定との報告があった。

3) 名誉会員証について

石上会長より、第19回学術大会総会にて徳島大学坂東永一名誉教授へ名誉会員証の贈呈を行うことが提案され、承認された。

4) 医療委員会の発足

石上会長より、日本歯科医学会の認定分科会への加入に伴い、本年度より医療委員会を発足することが提案された。また五十嵐担当理事より、まずは治療に対するガイドライン作成を行うことが提案され、承認された。

5) 会員登録用紙変更

石上会長より、入会登録用紙に日本歯科医師会会員の有無についての記載欄を新たに付け加えることが提案され、さらにホームページ上において現会員への周知を行うことが承認された。

6) 平成20、21年度日歯生涯研修事業

鰐見理事より、日歯生涯研修事業についての報告があり、承認された。

以上

## 編集委員会報告

日 時：平成21年8月

場 所：東京医科歯科大学「特別講師控室」

出席者：石上友彦、木内陽介、高田雄京、

中村和夫、鰐見進一、水谷 紘

(五十音順)

日本磁気歯科学会雑誌第18巻第1号の編集作業を行い、以下の事項について検討を行った。

1. 今回は、9編の投稿論文を受領し、それぞれについて査読結果を討議した。
2. 各論文についての査読結果は、編集委員会でまとめ、各著者にその内容を連絡するとともに、修正加筆等の検討をお願いした。

3. 著者から返送された各投稿論文については、著者からの回答と修正原稿を編集委員会で確認した。その結果、総説論文2編、原著論文4編、臨床論文3編として、第18巻第1号に掲載することになった。

4. 今回から、論文収集時間の短縮と他誌の投稿形式を受け、メールでの投稿受付を試行的に行うこととした。
5. 第17巻1号と同様に、今回も英文抄録の英文校正をネイティブスピーカーを有する業者に委託した。校正料は著者に請求することとした。

日本磁気歯科学会雑誌編集委員長  
高田 雄京

## 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。  
会長1名、副会長1名、監事、理事、幹事

各若干名。

- 2) 会長、副会長、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) 会長および副会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。

### 7. 事務局

事務局は会長がこれを定める。

### 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

# 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及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「学会」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ぬ。

- (1) 日本国歯科医師の免許であること。
- (2) 学会学術大会に出席すること。
- (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、学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、学会に申請し、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学会事務局に提出しなければならない。

## 第5章 認定審議会

### 第9条

認定医としての適否を審査するために、認定審議会（以下「審議会」という）を設置する。

### 第10条

1. 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の中から会長が推薦し、理事会の議を経て理事・評議委員会の承認を受ける。
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

1. 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

学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学会総会において報告する。

## 第7章 資格の更新

### 第14条

認定医は、5年ごとに資格の更新を行わなければならない。

### 第15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16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学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17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) 学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。

### 第18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19条

審議会の決定内容に異議のある者は、会長に申し立てることができる。

### 第20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。

## 規則施行にともなう暫定処置

### 第1条

本学会の会員歴が通算8年以上あって、学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1回以上行った者は、申請により認定医となることができる。

### 第2条

暫定処置期間中の審議会は、理事がこれにあたる。

### 第3条

暫定処置の期間は、本制度発足により3年間（平成17年4月22日より平成20年4月21日まで）とする。

## 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「学会」という）が主催する学術大会等への出席  
…… 3年間で3回以上
- (2) 学会（本学会の認める学会を含む）発表  
…… 1回以上
- (3) 学会誌（本学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診査・診断及び治療症例のケースプレゼンテーション  
…… 2症例（第1症例は学会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、本学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条を満たした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学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) 学会会員歴証明書（様式3）
- (5) 学術大会出席証明書（様式4）
- (6) 学会発表及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）  
(様式8)

認定医資格を認められたもの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16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求をすべて満たさなければならない。

- |               |         |
|---------------|---------|
| (1) 学術大会等への出席 | …… 3回以上 |
| (2) 学会発表      | …… 1回以上 |
| (3) 学会誌投稿     | …… 1編以上 |

### 第8条

1. 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会出席記録（様式11）、磁気歯科学に関する発表記録（様式12）を更新手数料を添えて学会に提出しなければならない。

2. 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13）を学会に提出しなければならない。認定医更新の申請は、認定医失効期日の1年前から6ヶ月前までとする。

### 第9条

本学会が認める学会、学会誌とは磁気歯科学に関するものであり、認定審議会の認める物をいう。

### 第10条

この細則の改定については、認定審議会の議を経て、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日から施工する。

## 日本磁気歯科学会雑誌投稿規定

1. 本誌への投稿は、特別の場合を除き、本会員に限る。
2. 他の雑誌に発表された論文は掲載しない。
3. 掲載論文の著作権は本学会に所属する。
4. 原稿の採否は編集委員会で決定する。
5. 原稿は総説、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。
6. 投稿料は刷り上がり1頁当たり8,000円とする。また、カラー印刷、トレース等の実費は別途に算出して著者負担とする。ただし、講演抄録の掲載料は無料とする。
7. 別刷り希望の場合は著者校正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。
8. 原稿の様式
  - (1) 邦文原稿は、漢字混じり平仮名、口語体、横書きとし、B5版400字詰め原稿用紙に黒インクまたはボールペンで清書すること。ワープロ使用の場合には、B5版縦長横書きとし、一頁当たり20字×20行とすること。
  - (2) 記載順序は標題、著者名、所属（以上には英語訳を付けること）、英文抄録、キーワード（5語以内；英訳付き）、および本文とすること。ただし、本文は表題等とは別に、頁を改めて書くこと。
  - (3) 英文抄録は200語以内で、図表は除くものとする。必ずダブルスペースでタイプライターまたはワープロ使用のこと。
  - (4) 欧文原稿はタイプライターまたはワープロにてダブルスペースで清書したものとし、必ず邦文抄録（600字以内）を付けること。
  - (5) 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。
  - (6) 本文中の各項目の細分は次のように定める。  
I. II. …、1. 2. …、1) 2) …、(1) (2) …、a. b. …、a) b) …、(a) (b) …
  - (7) 人名、地名は原綴りを原則とするが、他は特別の場合を除き、外来語をそのまま使用しない。特にカタカナ書きは必要最小限にとどめる。
  - (8) 数字は算用数字を原則とし、数量、温度等は次に準ずるものとする。  
(例) m, cm, mm, μm, cm<sup>2</sup>, l, ml, kg, °C, Hz, Gy, G, Oe  
その他はSI, CGS, またはMKSA単位とする。
- (6) 表、図（写真も含む）は本文末にまとめ、表1、図1等の番号と説明をつけ、挿入箇所を本文右欄外に朱書する。原則として図表はB5版大とし、厚紙台紙は使用しないこと。図は必ず墨または黒インクで清書し、天地・印刷寸法を明示すること。写真は必ず印画紙に焼きつけたものとし、カラー印刷の場合を除き、スライドのままの原稿は受けつけない。
- (A) 大きさについて（プリントの紙の大きさではなく、画像の大きさ）

- 片段組用（横70ミリ以内・縦自由）両段組用（横100~146ミリ以内・縦自由）とし、拡大縮小およびトリミングの必要なものを原則とする。
- (B) グラフ等の文字は、上記の雑誌掲載時で文字の大きさが、7~9ポイントとなること、書体は明朝体を使用すること。
- (C) グラフ等の網かけについて  
グラフの色わけのための網点は、あまり細かいものは使用しない。  
プリンターは、1,200dpi以上の精度を持つものでプリントすること。この際必ず指定サイズでプリントすること。  
\*作成したグラフの網かけ等が使用できるか否かの判断はコピー機でコピーした際に、忠実に再現されるかどうかで判断できます。コピー機でムラが出たものはプリンターまたは網かけのパーセントに問題があります。
- (10) 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こと。記号様式は雑誌の場合、著者（3名まで）、表題、雑誌名、巻、号、頁（始めと終わり）、発行年（西暦）の順とし、単稿本では著者、書名、引用頁（始めと終わり）、発行所、発行年（西暦）の順とする。
- (例)
- 1) 原 正明、奥野 攻、三浦維四、ほか：閉磁路型歯科用磁性維持装置の研究、歯材器、4(3) : 236-242, 1985。
  - 2) 藤田恒太郎：歯の解剖学、1~130、金原出版、東京、京都、1957。
  - 3) Jackson, T.R. : The application of rare earth magnetic retension to osseointegrated implants. Int.J.Oral Maxillofac, Implants 1(2) : 77-89, 1986.
  - 4) Chalian, V.A., Drane, J.B. and Standish, S.M. : Maxillofacial prosthetics, 133-162, William & Wilkins Co., Baltimore, 1971.
  9. 原稿はコピー（図表も含む）2部を添え、必ず書留めで送付のこと。原稿は特別の場合を除き返却しない。なお、印刷業務の迅速化をはかるため、出来れば、図説も含めた原稿のフロッピーディスクを添えてください。
  10. 著者校正是1回とする。校正済ゲラ刷りが指定された期日に編集委員会に返却されない場合には、校正が無効になることもある。なお、原則として、原稿に表示された範囲以外の変更を要する構成は認めない。

### 原稿送付先

日本磁気歯科学会編集委員会  
 東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野内  
 〒980-8575 仙台市青葉区星陵町4-1  
 TEL : 022-717-8316 FAX : 022-717-8319

## 日本磁気歯科学会雑誌 第19巻 第1号 原稿募集要項

原稿受付締切：平成22年5月31日

発行予定：平成21年10月1日

## 平成21、22年度日本磁気歯科学会役員

(平成21年1月1日～平成22年12月31日)

会長	石上 友彦 (日本大学歯学部)	教授)
副会長	鰐見 進一 (九州歯科大学)	教授)
庶務担当理事	鰐見 進一 (九州歯科大学)	教授)
編集担当理事	高田 雄京 (東北大学大学院歯学研究科)	准教授)
会計担当理事	星合 和基 (愛知学院大学歯学部)	准教授)
学術担当理事	芥川 正武 (徳島大学工学部)	講師)
会計監事	佐々木英機 (徳島県)	開業)
	奥野 攻 (東北大学)	名誉教授)
理事	事: (50音順)	
	石橋 寛二 (岩手医大・歯・教授)	田中 貴信 (愛院大・歯・教授)
	五十嵐順正 (東医歯・歯・教授)	田中 譲治 (千葉県・開業)
	市川 哲雄 (徳島大・歯・教授)	中村 和夫 (国際医療大・部長)
	大川 周治 (明海大・歯・教授)	中村 好徳 (愛院大・歯・講師)
	奥野 攻 (東北大学・名誉教授)	秀島 雅之 (東医歯・歯・講師)
	木内 陽介 (徳島大・名誉教授)	水谷 紘 (東医歯・歯・非常勤講師)
	越野 寿 (北医療大・歯・准教授)	細井 紀雄 (鶴見大・名誉教授)
	東風 巧 (千葉県・開業)	菅田 雄司 (福島市・開業)

編集委員会: 高田雄京 (委員長)、石上友彦、木内陽介、中村和夫、鰐見進一、水谷 紘

学術委員会: 芥川正武 (委員長)

(国際インターネット会議実行委員会)

: 芥川正武 (委員長)、伊藤創造、大山哲生、菊池聖史、越野 寿、蓮池敏明、秀島雅之

安全基準検討委員会: 細井紀雄 (委員長)、多氣昌生、土田富士夫

広報委員会: 越野 寿 (委員長)

認定審議委員会: 大川周治 (委員長)、石上友彦、田中貴信、豊田 實、鰐見進一、水谷 紘

磁性アタッチメント臨床評価委員会

: 星合和基 (委員長)

ISO対策委員会: 奥野 攻 (委員長)、木内陽介、田中貴信、水谷 紘、石上友彦、細井紀雄、高田雄京、鰐見進一、中村好徳

医療委員会: 五十嵐順正 (委員長)、東風 巧、田中譲治、市川哲雄

オブザーバー: 佐々木英機、菊地 亮、京谷郁男、荒井一生

会長幹事: 永井栄一 (日本大学歯学部)

庶務幹事: 横原絵理 (九州歯科大学)

編集委員会幹事: 宮戸圭子 (東北大学大学院歯学研究科)

認定審議委員会幹事: 蓮池敏明 (明海大学歯学部)

事務局: 日本磁気歯科学会事務局

九州歯科大学顎口腔欠損再構築学分野内

〒803-8580 福岡県北九州市小倉北区真鶴2-6-1

TEL: 093-582-1131 FAX: 093-582-1139

## 日本磁気歯科学会 認定医名簿

(2009年現在)

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	鰐 見 進 一	九州歯科大学
7	木 村 幸 平	東北大学大学院
8	大 川 周 治	明海大学歯学部
9	豊 田 實	神奈川歯科大学
10	兼 松 登	かねまつ歯科医院
12	細 井 紀 雄	鶴見大学歯学部
13	中 村 和 夫	東京医科歯科大学大学院
14	中 納 良 秀	なかのう歯科医院
15	磯 村 哲 也	康生歯科医院
16	田 中 讓 治	田中歯科医院
17	佐 野 恭 之	さの歯科室
18	佐 藤 圭	ケイ歯科クリニック
19	有 田 正 博	九州歯科大学
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
26	小 竹 雅 人	雨森歯科医院
27	金 澤 育	愛知学院大学歯学部
28	中 村 好 徳	愛知学院大学歯学部
29	石 川 晋	石川歯科医院

認定医番号	氏 名	所 属
30	水野直紀	みずの歯科医院
31	蒔田眞人	散天堂歯科医院
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
40	成川史子	なるかわ歯科医院
41	松崎慎也	中村歯科医院
42	槇原繪理	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
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
55	阿部實	鶴見大学歯学部
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

提出済みの方は記載不要

平成21年12月14日

日本磁気歯科学会 会員各位

日本磁気歯科学会  
医療委員会 委員長 五十嵐順正磁気歯科診療ガイドライン作成のためのアンケート予備調査のお願い  
—クリニカル クエスション (CQ) —

冠省

近年根拠に基づく医療の必要性、多様化した患者の価値観に対応する医療の質の向上が求められ、医・歯学系各学会で診療ガイドラインの作成が行われております。

当 日本磁気歯科学会においても、診療ガイドライン作成が急務のため、医療委員会で取り組むこととなりました。

現在診療ガイドラインの作成には各国共通のルールが適用され、設問形式でまず臨床上の疑問 (Clinical Question:CQ)を呈示し、それに対して文献的なエビデンス、医師の技量、患者側因子等を総合的に評価して、推奨する回答を記載する様式が一般的です。日本医療機能評価機構(Minds)のホームページ等にも、掲載されていますのでご参照下さい。

CQ の書式としては臨床で行っている治療法を、「ある問題(症例)に対して、次のような治療・検査を行うと、行わない場合 (or 従来の方法) に比べて、どう違うか?」という命題で表現します。従来のガイドラインは CQ を取り入れていないか、ガイドライン作成者 (学会の専門家 etc.) が一般臨床医の疑問や治療法を取り入れずに、独自の判断で策定された場合が多く見受けられます。

そこで今回、様々な立場の先生方がどのような CQ を持っているかを予備調査することとしました。職場もしくは知り合い等の臨床医に広く配布頂き、磁性アタッチメントに関する臨床的疑問点 (CQ) を募集致します。

また磁性アタッチメントの保険導入の是非についての質問も加えました。

各質問、記載欄にご記入の上、医療委員会幹事 (秀島雅之 FAX : 03-5803-5515, E-mail : [m.hidemitsu.rpro@tmr.ac.jp](mailto:m.hidemitsu.rpro@tmr.ac.jp)) 宛に、アンケート用紙のみFAX もしくはメールにてご送付下さい。用紙はホームページ (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/>) の医療委員会(診療ガイドライン)の欄からもダウンロードできます。

本アンケート調査は匿名で行いますので、個人情報の漏洩はございません。また回答は調査以外の目的に使用したり、個別の回答内容を第三者に公表したりすることはございません。

ご多用中まことに恐れ入りますが、ご協力の程よろしくお願い申し上げます。

草々

## 診療ガイドライン作成のためのアンケート調査 ークリニカル クエスション(CQ)ー

質問にお答え下さい(□は該当項にチェックをつけて下さい) 記載日:平成 年 月 日

質問1: 臨床経験は何年ですか?

研修医 2~5年未満 5~10年未満 10年以上

質問2: 現在の主な職場はどちらですか?

大学病院 一般病院(大学を除く)歯科 開業歯科 診療所(開業以外) 他(\_\_\_\_\_)

質問3: 日本磁気歯科学会の会員(認定医)ですか?

非会員 会員( 磁気歯科認定医 )

質問4: 磁性アタッチメントをどれ位使用したことがありますか?

無し 1~5例未満 5~10例未満 10例以上

質問5: あなたは磁性アタッチメントの臨床適用に対し、どのような疑問をお持ちでしょうか?

以下の書式で1個以上、5個以内ご記入下さい。

どんな症状(症例)に どんな検査・治療に	～は	～よりも	効果があるか? 有効か?
例1) 下顎少數歯残存(両側犬歯)症例に対し 例2) インプラントオーバーデンチャーへの 例3) 磁性アタッチメントの支台歯のキーパーは	磁性アタッチメントの適用は 磁性アタッチメントの適用は 平坦な根面形態の方が	クラスプ義歯よりも 他の装置よりも ドーム型形態より	経過がよいか? 有効か? 義歯の安定が良いか?
①			
②			
③			
④			
⑤			

質問6: 磁性アタッチメントの保険導入についてどのようにお考えですか? (賛成,反対の理由も記載下さい)

賛成 \_\_\_\_\_ 反対 \_\_\_\_\_ 条件付きで賛成(条件: \_\_\_\_\_) わからない どちらでもよい  
(賛成, 反対の理由等の詳細は以下の枠内にご記入下さい)

\*診療ガイドラインへのご意見、保険導入賛成・反対の理由等ございましたら以下にご記入下さい。

ご協力ありがとうございました。

**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 ニッシン	〒621-0001	京都府亀岡市旭町22-1
株式会社 モリタ	〒564-8650	大阪府吹田市垂水町3-33-18
日立金属株式会社	〒360-8577	埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地
ペントロンジャパン株式会社	〒140-0014	東京都品川区大井4-13-17 レ・ジュ大井町6階

**－編集後記－**

- ◆平成21年8月に行われました編集会議を経て、第18巻第1号が仕上がりましたので、会員の皆様にお届けいたします。
- ◆本巻からメールでの原稿受付を試行いたしておりますが、大きなトラブルもなく、無事に発刊することができました。会員の皆様のご協力に感謝いたします。
- ◆本誌に論文を投稿される場合は、末巻の「投稿表」および「チェックシート」に必要事項をご記入頂き、投稿規定に沿っているかどうかをご確認の上、原稿に添えてご投稿ください。次号の原稿締切は、平成22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。メールでの受け付けも可能ですので、ご希望の方は下記のメールアドレスまでご連絡ください。

takada@mail.tains.tohoku.ac.jp

- ◆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。

編集委員長 高田雄京

**日本磁気歯科学会雑誌 第18巻・第1号**

編集委員長 高田雄京（東北大学）  
 編集委員 石上友彦（日本大学）  
 （五十音順）木内陽介（徳島大学）  
 中村和夫（国際医療大）  
 鰐見進一（九州歯科大学）  
 水谷 紘（東京医科歯科大学）

2009年11月1日発行  
 発行者 石上友彦  
 発行所 日本磁気歯科学会  
 事務局 九州歯科大学顎口腔欠損再構築学分野内  
 〒803-8580 福岡県北九州市小倉北区真鶴2-6-1  
 TEL: 093-582-1131  
 FAX: 093-582-1139  
 印刷 東北大学生活協同組合プリントコープ