

日 磁 齒 誌  
J J Mag Dent  
ISSN 0918-9629

2010 Volume 19. December 1



The Journal of the Japanese Society  
of Magnetic Applications in Dentistry

# 日本磁気歯科学会雑誌

第19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. 19, No. 1 2010

日本磁気歯科学会発行

## 第20回 日本磁気歯科学会学術大会の開催について

この度、第20回日本磁気歯科学会学術大会が下記の要綱で行われました。

- 会期：10月30日（土）、31日（日）  
会場：愛知学院大学歯学部楠本講堂  
愛知県名古屋市千種区楠本町1-100  
大会長：田中貴信（愛知学院大学歯学部 教授）  
特別講演：平成22年10月31日（日）  
演題：「超電導になる磁石の物理学」  
講師：佐藤憲昭（名古屋大学大学院理学研究科 教授）  
シンポジウム：平成22年10月30日（土）  
テーマ：「MR撮像時における磁性アタッチメントの影響」  
座長：細井紀雄（鶴見大学 名誉教授）  
演題：「本学会におけるMRIアーチファクトへの取り組み」  
（講師：水谷絢、東京医科歯科大学）  
演題：「MRIにおけるキーパーの安全性試験の結果について」  
（講師：長谷川みかけ、日本大学歯学部）  
演題：「MR撮像時の現状」（講師：土田富士夫、鶴見大学歯学部）  
演題：「歯科放射線専門医の立場から」（講師：倉林亨、東京医科歯科大学）

### －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5,000円 非会員7,000円（9月17日（金）迄）  
会員7,000円 非会員9,000円（9月18日（土）以降）  
参加登録振込先：銀行名（三菱東京UFJ銀行 覚王山支店）  
口座番号（普通貯金 0023733）  
口座名（第20回日本磁気歯科学会学術大会 実行委員長 中村 好徳）  
(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22年10月30日（土） 18:30～  
懇親会会場：名古屋東急ホテル 4階 「雅の間」  
会費：8,000円（参加登録費と一緒に振り込み下さい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20回日本磁気歯科学会学術大会実行委員会  
実行委員長 中村 好徳  
愛知学院大学歯学部有床義歯顎講座  
TEL 052-759-2152 FAX 052-759-2152  
e-mail : nakamura@dcp.agu.ac.jp

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

## 第10回 国際磁気歯科学会のお知らせ

### The 10th International Conference on Magnetic Applications in Dentistry

#### General Information

The Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry (President: Prof. Tomohiko Ishigami, Nihon University) is a scientific association founded in 1991 and is devoted to furthering the application of magnetism in dentistry. The 10th International Conference on Magnetic Applications in Dentistry organized by JSMD will take place on the Interneta follows.

#### Meeting Dates:

Monday, March 7 to March 19, 2011

#### Location:

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

#### General Chair:

Prof. Yoshinobu Tanaka.  
(Aichi Gakuin 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 10th 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 JPY perpage. (No charge for invited paper.)

#### Guidelines for Presentation

##### Deadlines:

Entry: February 7, 2011

Poster submission: February 25, 2011

##### Entry:

Send Title and Abstract within 200 words with your Registration.

##### Paper submission:

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

##### Discussion:

Discussions will be done using a bulletin board on JSMD 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 JSMD web site for continuous presentation after the meeting dates. Forfurther information, send e-mail to kumano@dpc.aichi-gakuin.ac.jp

##### Conference Secretariat:

E-mail: [kumano@dpc.aichi-gakuin.ac.jp](mailto:kumano@dpc.aichi-gakuin.ac.jp)

Tel: +81-52-759-2152 Fax: +81-52-759-2152

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

## 医療分野におけるボリュームビジュアライゼーションとその応用

土井章男 ..... 1

## 特集「QOLを高める補綴装置・磁性アタッチメント」

## マグネットデンチャーの術後経過

河口日出男 ..... 11

## インプラント治療への積極的導入

田中謙二治 ..... 17

## 歯冠外アタッチメントとしての有髓歯への適応

岡田通夫, 中村好徳, 田中貴信 ..... 29

## 原 著 論 文

## 磁石固定式上部構造におけるインプラント支持歯槽骨の光弾性応力解析

友竹偉則, 石田雄一, 後藤崇晴, 永尾 寛, 市川哲雄 ..... 39

## 鋳造用磁性合金で作製されたキーパーの厚径に対する吸引力の影響

岩井孝充, 宮田利清, 中村好徳, 吉原健太郎, 熊野弘一, 大野芳弘, 大野友三,  
今岡勢喜, 高田雄京, 田中貴信 ..... 47

## 三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの吸引力特性について

## —キーパーサイズの変化が吸引力に及ぼす影響—

熊野弘一, 増田達彦, 中村好徳, 神原 亮, 岩井孝充, 秦 正樹, 松川良平,  
大野友三, 今岡勢喜, 高田雄京, 田中貴信 ..... 54

## キーパートレー材料の違いによる鋳造精度への影響

小木曾太郎, 中村好徳, 神原 亮, 安藤彰浩, 秦 正樹, 増田達彦, 田中 孝,  
岡田通夫, 大野友三, 今岡勢喜, 高田雄京, 田中貴信 ..... 61

## 臨 床 論 文

## New Technique for Making Root Copings for Magnetic Attachment Using a Keeper Spacer Made with Refractory Investment

Mikage Hasegawa, Shigeki Endo, Kazuyuki Miyata, Yoshimasa Takeuchi,  
Yoshitada Umekawa, Eiich Nagai, Tomohiko Ishigami ..... 69

## Magnetic Rest Clasp の考案 第2報 メタルボンドクラウンへの応用

蓮池敏明, 草野寿之, 奥津史子, 松川高明, 曽根峰世, 大川周治 ..... 74

## 第19回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

## 審美性を考慮して磁性アタッチメントを応用した一症例

武藤亮治 ..... 81

## すれ違い咬合症例に Virtual Reality Dental Planner を応用した一例

小川 匠, 重田優子, 井川知子, 笠間慎太郎, 安藤栄里子, 佐藤洋平, 土田富士夫,  
前田祥博, 水野行博, 大久保力廣, 細井紀雄, 横原絵理, 鰐見進一 ..... 82

---

マグノテレスコープを用いた上顎可撤性ブリッジの一症例	82
河野稔広, 横原絵理, 鮎見進一	
磁性アタッチメントを用いたナイトガードによるブラキシズム患者への対応	83
鴨川紫乃, 月村直樹, 諸隈正和, 鈴木奈央未, 竹内義真, 大野 繁, 小豆畠拓夫, 石上友彦	
Magnetic Rest Clasp のメタルボンドクラウンへの応用	85
蓮池敏明, 草野寿之, 奥津史子, 松川高明, 曽根峰世, 大川周治	
M I センサを応用した姿勢検出センサの補綴治療への応用（第2報）臨床プロトタイプ	85
石田雄一, 後藤崇晴, 永尾 寛, 荒井一生, 市川哲雄	
磁性アタッチメント吸引力測定法の違いにおける吸引力への影響	85
庄司和伸, 宮田利清, 中村好徳, 安藤彰浩, 岩井孝充, 小木曾太郎, 佐野恭之, 佐藤 徹, 田中貴信	
MRI 対策としての KB 法キーパー着脱方法とセメントのキーパー維持力の検討	86
阿部有希, 長谷川みかげ, 宮田和幸, 梅川義忠, 豊間 均, 中林晋也, 片倉祐輔, 石上友彦	
鋳造用磁性合金で作製されたキーパー厚径に対する吸引力の影響	88
岩井孝充, 中村好徳, 庄司和伸, 増田達彦, 大野芳弘, 神原 亮, 大滝昇宏, 安藤正憲, 田中貴信	
カーボン芯を用いたキーパーセメントボンド法 第2報 既製化に向けての試作品	89
松原 恒, 水谷 純, 秀島雅之, 青藍一郎, 五十嵐順正, 荒井一生	
人工歯肉付作業用模型から得られたキーパー付き根面板の形態	89
岡野佐貴子, 永井栄一, 大谷賢二, 梅川義忠, 深瀬康公, 内田天童, 月村直樹, 石上友彦	
キーパートレー材料の違いによる鋳造精度への影響	90
小木曾太郎, 坂根 瑞, 中村好徳, 庄司和伸, 岡田道夫, 伊藤太志, 山岡裕幸, 田中貴信	
磁性アタッチメントの診療ガイドライン作成のためのアンケート調査	91
—クリニカル クエスション (CQ) の調査と選定—	
秀島雅之, 五十嵐順正, 市川哲雄, 田中譲治, 東風 巧, 石上友彦, 安藤智宏, 西山 曜	
CAD/CAM で製作した磁性アタッチメントを用いたインプラントオーバーデンチャー	92
尾澤昌悟, 松田純典, 鯨井 修, 田中貴信	
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	93
その 2 —角度補正前後の吸引力の比較—	
鎌田奈都子, 大久保力廣, 千葉ひかり, 前田祥博, 細井紀雄, 菊地 亮	
磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーの撤去方向に伴う維持力の相違	94
平田俊介, 梅川義忠, 小川 泰, 長谷川みかげ, 永井栄一, 大谷賢二, 木内美佐, 石上友彦	
磁性アタッチメントの術後調査 —支台歯のプロービング値の検討—	95
伊藤 瑠, 星合和基, 田中貴信, 石橋寛二, 坂東永一, 石上友彦, 佐々木英樹	
磁性アタッチメントの長期的術後経過について —長期成功症例の特徴—	96
渡邊敬一郎, 星合和基, 重盛登世, 伊藤 瑠, 川口卓行, 横山直史, 三輪田衛, 木村尚美, 田中貴信	
磁性アタッチメントキーパーを設置した内冠型支台歯の長期経過	97
古川良俊, 石橋寛二	
片側遊離端欠損症例における各種義歯設計の力学的検討	98
大野芳弘, 神原 亮, 中村好徳, 熊野弘一, 宮田利清, 安藤彰浩, 岡田道夫, 杉本太造, 田中貴信	
歯冠外磁性アタッチメント症例における支台歯周囲組織の応力解析	99
—三次元有限要素法における材料非線形解析の導入—	
神原 亮, 中村好徳, 大野芳弘, 安藤彰浩, 増田達彦, 岡田道夫, 野村紀代彦, 今泉 章, 田中貴信	
	100

---

三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの吸引力特性について —キーパー厚径の違いによる影響—	101
増田達彦, 熊野弘一, 宮田利清, 中村好徳, 安藤彰浩, 宮田信男, 佐藤志貴, 田中貴信	
3.0T-MRI 装置の歯科用磁性ステンレスキーパーの R F 発熱と偏向力の検討	102
長谷川みかげ, 宮田和幸, 阿部有希, 梅川義忠, 斎藤秀雄, 山中大輔, 遠藤茂樹, 石上友彦	
キーパーによる MR 画像アーティファクトの理論的検討	103
鈴嶋秀幸, 手川歓識, 芥川正武, 木内陽介	
MRI で関節円板の断裂が疑われた顎関節症患者の検討	104
東海林理, 石橋寛二, 小豆嶋正典	
シンポジウム「QOL を高める補綴装置・磁性アタッチメント」	106
田中貴信	
平成21年度 日本磁気歯科学会第 2 回理事会議事要旨	107
平成22年度 日本磁気歯科学会第 1 回理事会議事要旨	108
日本磁気歯科学会会則	111
日本磁気歯科学会認定医制度規則	112
日本磁気歯科学会認定医制度施行細則	113
日本磁気歯科学会雑誌投稿規定	114
平成22年度日本磁気歯科学会役員	116
日本磁気歯科学会 認定医名簿	117
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	119
賛助会員	121
編集後記	121

The Journal of the Japanese Society of Magnetic Applications in Dentistry  
Vol. 19, No. 1, November 2010  
Contents

Volume visualization in medical fields and its applications Akio Doi .....	1
Progress report on a magnetic denture Hideo Kawaguchi .....	11
Magnetic Attachments - for Improved Quality of Life —Strategic Application to Implant Dentistry— Jyoji Tanaka .....	17
Clinical Application of the Extracoronal Magnetic Attachment Michio Okada, Yoshinori Nakamura and Yoshinobu Tanaka .....	29
Photoelastic Analysis of Load Transfer to Implant-supporting Bone by Magnet-Retained Superstructure Tomotake Y., Ishida Y., Goto T., Nagao K., and Ichikawa T. ....	39
Influence of the Thickness of Keepers Made of a Cast Magnetic Alloy on the Attractive Force of a Magnetic Attachment Takamitsu Iwai, Toshiyuki Miyata, Yoshinori Nakamura, Kentaro Yoshihara, Hirokazu Kumano, Yoshihiro Ohno, Ryohei Matsukawa, Yuzo Ohno, Seiki Imaoka, Yukyo Takada and Yoshinobu Tanaka .....	47
Analysis of the Characteristics of Attractive Force of Magnetic Attachment Using a Three – Dimensional Finite Element Method – Influence of the Keeper Size – Hirokazu Kumano, Tatsuhiko Masuda, Yoshinori Nakamura, Ryo Kanbara, Takamitsu Iwai, Masaki Hata, Ryohei Matsukawa, Yuzo Ohno, Seiki Imaoka, Yukyo Takada and Yoshinobu Tanaka .....	54
The Influence of Keeper – Tray Materials on Their Casting Precision Taro Kogiso, Yoshinori Nakamura, Ryo Kanbara, Akihiro Ando, Masaki Hata, Tatsuhiko Masuda, Takashi Tanaka, Michio Okada, Yuzo Ohno, Seiki Imaoka, Yukyo Takada and Yoshinobu Tanaka .....	61
New Technique for Making Root Copings for Magnetic Attachment Using a Keeper Spacer Made with Refractory Investment Mikage Hasegawa, Shigeki Endo, Kazuyuki Miyata, Yoshimasa Takeuchi, Yoshitada Umekawa, Eiich Nagai and Tomohiko Ishigami .....	69
Development of a Magnetic Rest Clasp Part 2. An Application of a Porcelain Fused to Metal Crowns Toshiaki Hasuike, Toshiyuki Kusano, Fumiko Okutsu, Takaaki Matsukawa, Mineyo Sone, Shuji Ohkawa .....	74



## 医療分野におけるボリュームビジュアライゼーションとその応用

土井章男

岩手県立大学ソフトウェア情報学部

Volume visualization in medical fields and its applications

Akio Doi

Department of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

### 要旨

コンピュータの高性能化、メモリ容量の増大、64ビットアドレッシングOSの登場、グラフィックスアダプターの高性能化等により、商用のグラフィックスアダプターを装着した汎用パーソナルコンピュータで、コンピュータ断層撮影 (Computed Tomography : CT) で得られた3次元画像（ボクセルモデル）を直接取り扱うことが可能になっている。

本稿では、医療分野で使用される3次元画像に焦点を当てて、3次元画像の表示原理と可視化手法、GPUを利用したボリュームレンダリング、3次元再構成とラピッドプロトタイピング技術について述べる。また、X-ray CTやMRIで得られた3次元画像から、3Dプリンタで作成した造形事例を紹介する。

### Abstract

With recent advancements in computing capabilities (i.e., increased memory, operating systems with 64 bits addressing, and improved capabilities of graphics adapters), personal computers with commercial graphics adapters can be used for processing 3D images (voxel models) obtained with computed tomography (CT). In this paper, we describe the principles of volume visualization of 3D images in medical fields, GPU-based volume visualization, 3D shape construction, and rapid prototyping techniques. We also show several replica models generated by a 3D printer by utilizing 3D images obtained with X-ray CT and MRI devices.

### キーワード

可視化

3次元画像処理

コンピュータグラフィックス  
ラピッドプロトタイピング

### (Key words)

(Visualization)

(3D Image Processing)

(Computer Graphics)  
(Rapid Prototyping)

## 1. はじめに

近年、人体の3次元計測では、レーザーによる表面計測やコンピュータ断層撮影(Computed Tomography: CT)がよく使用されている。レーザー計測装置は、a) 高精度、b) 安全性(欠損なし)、c) 高速、d) 低コストの観点から、使用されており、照射されたレーザーを受光器で受け取ることで、表面の形状を計測する。しかしながら、遮蔽された部分や内部は計測不能である。また、対象物によってはレーザーが吸収され、鋭角な部分や先端部では、レーザーの反射光を受け取れないことがある。また、表面計測方式で複数方向から表面形状を計測しても、それらを接続する必要があるため、正確な表面積や周囲長の精度は低下する。

表面形状と内部構造を正確に把握するためには、CTが有効である。CTでは、放射線や磁場の変化を利用して、物体を走査し、コンピュータを用いて、物体の内部画像を構成する。広義には、CTに核磁気共鳴画像法(Magnetic Resonance Imaging: MRI)、ポジトロン断層法(Positron Emission Tomography: PET)、光干渉断層計(Optical Coherence Tomography: OCT)などの各種検査法を含むが、本稿では、X線を用いたCTのことをCTと呼ぶ。CTはMRIに比較して、検査時間が短く、空間分解能が高い。また、普及率は高く、値段も相対的に安い。

CT装置は、大別すると、医療用CT装置と産業用CT装置に分けられる。医療用CT装置は、測定対象を人体と限定して、主に病院等で検査や診断で使われている。1970年代にCTが実用化されて以来、医療用CT装置は、ヘリカルCT、マルチスライスCT、要素技術である検出器技術、再構成技術、被爆低減技術などの開発を得て、処理スピードや解像度が大幅に改善されている。

産業用CT装置は、医療用CT装置と比較して、X線照射部のX線エネルギーが大きく、ビームの種類もファンビームである(産業用CT装置のX線強度は、医療用CT装置の約4~5倍程度である)。測定対象は、樹脂、自動車のエンジンブロック、電子部品などで、その用途は非破壊検査であり、樹脂、木材、土器、石器等

にも応用可能である(表1)。

表1. 医療用CT装置と産業用CT装置の比較<sup>(1)</sup>

	医療用CT	産業用CT
ビームの種類	コーンビーム	ファンビーム
測定対象	人体	ゴム、プラスチック、ダイキャスト製品、鉄
X線エネルギー	100keV程度	100keV~12MeV
用途	検査・診断	非破壊検査

MRIはCTとは全く異なる方式で内部を画像化している。CTは体内を通過したX線を検出器で捉えて、組織のX線吸収率の違いを画像化しているが、MRIでは水素原子核(プロトン)の核磁気共鳴の状態を画像化している。人体は、60~65パーセントがこのプロトンを含む水(H<sub>2</sub>O)から構成されているため、水分を多く含む内臓、筋肉、血管、腫瘍、大脳、小脳等の組織の違いを識別しやすくなる。その可視化の原理は、まず、各プロトンに対して、一定強度の静磁場で、組織内のプロトンをある方向を向けておき、その磁力を消失させる。その際、ある方向を向いていたプロトンは、元のバラバラな状態に戻ろうとする。この戻り時間(緩和時間と呼ばれる)は、組織ごとに異なり、その状態の違いを計測することで画像化している。より詳細なMRIの原理やその応用に関しては、参考書(例えば、文献<sup>(2,4)</sup>)を参照して頂きたい。MRIの出力は、CTと同様、ボリュームデータとなるため、以下に述べる3次元表示やラピッドプロトタイピングが可能である。また、PET、OCT等も同様なデータ形式となる。

CT、MRI、PET、OCT等は断層単位の2次元画像群であるが、スライス画像間の幅を密にとることで、3次元画像として扱える。また、そのデータ構造は直方格子分割と見做せる。また、各スライス画像の画素値は格子構造内部に存在するデータとして扱える。本稿では、医療分野で使用される3次元画像に焦点をあてて、その表示原理や可視化手法、3次元画像から3次元形状への変換(再構成)、造形方法と造形事例について概説する。

## 2. ボリュームビジュアライゼーション

直方格子構造のデータ群は、3次元空間に格

子状に並んでいる小さな立方体の集合として表現され、このような表現方法をボクセル表現、その立方体をボクセルと呼ぶ。また、ボクセル表現された各ボクセルの値は、ボリュームデータと呼んでいる（図1）。また、サイエンティフィックビジュアライゼーションの分野において、ボリュームデータを分かりやすく可視化することをボリュームビジュアライゼーションと呼んでいる<sup>(5)</sup>。

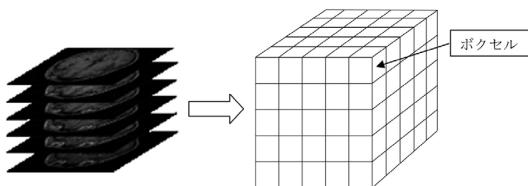


図1. 3次元画像とデータ構造  
(ボクセル表現とボクセル)

ボリュームデータの表示方法は、大別すると、ボリュームデータを直接表示する方法（直接法）と等値面などを用いて表示を行う方法（間接法）に分類される。どちらもボリュームデータを可視化する手法であるが、間接法である等値面表示は、等値面を三角形（サーフェース）に近似するため、サーフェース表示に分類されることもある。本稿では、等値面生成を行わない直接法による画像生成法を「ボリュームレンダリング」と呼び、間接法である等値面生成による表示は「サーフェスレンダリング（Surface Rendering）」と呼ぶ。レンダリング（Rendering）とは、コンピュータグラフィックス（Computer Graphics : CG）分野において、「画像生成」を意味する用語であり、3次元の形状モデルを決められた視点やスクリーンサイズで、映像化する作業全体を含んでおり、その出力結果は、2次元画像として、モニターやスクリーンに表示・投影される。

直接法では、主に計算の大部分をCPU(Central Processing Unit)で行い、最終的に表示される結果は2次元画像である。そのため、視点変更や、スクリーンサイズの変更で、再度、同じ作業を行う必要がある。間接法の等値面表示では、等値面生成により、3次元空間上に表裏の決まった3角形によるポリゴン集合を先に生成・保存するため、視点変更やスクリー

ンサイズの変更では、再度、等値面生成を行う必要がない。

図2は、頭部MRI画像に対して、直接法（後述する空間サンプリングによるボリュームレンダリング）で表示した事例である。MRI画像の画素値からスクリーン上の色情報に変換する変換情報は、「伝達関数」と呼ばれ、画素値のヒストグラム分布に対して、伝達関数を指定する必要がある。図3、図4は、同じMRI画像から表皮部分の等値面を生成し、表示したものである。等値面はポリゴン集合であるため、

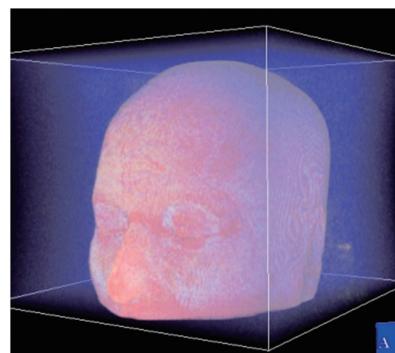


図2. 直接法

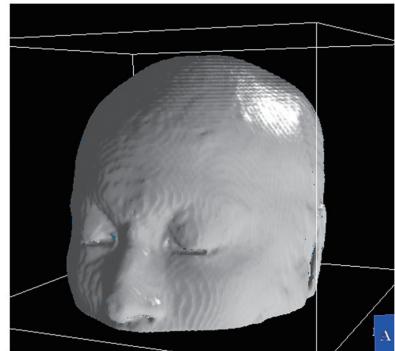


図3. 間接法（等値面表示）

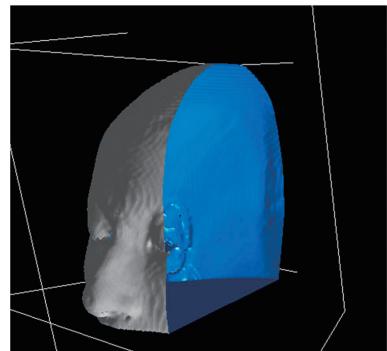


図4. 切断面

任意平面で切断すると、内部は空洞である。

ボリュームレンダリングの長所は、任意の伝達関数を指定することで、骨、歯、肉、表皮などの同時表現や、興味のある領域のみの強調表示を行える点である。等値面表示では、元画像のCT値やセグメンテーションされた境界値を直接指定することでボリュームを表現するため、骨、歯、肉、表皮を同時に表現するためには、各領域の等値面を生成して、半透明表示で重ね合わせる必要がある。

等値面生成の長所は、必要な画素領域（例えば、海面骨や皮質骨の領域）をあらかじめ、抽出（セグメンテーションと呼ばれる）しておけば、その領域の表面部分を3角形ポリゴンに近似して、シミュレーション用の4面体構造や6面体のメッシュデータに変換出来る点にある。また、これらのポリゴンデータは、3Dプリント用の造形データ作成にも利用可能である。

一般に、サーフェスモデルに比較して、ボクセルモデルは、データ量が大きく、専用ハードウェアが必要であった。しかしながら、最近では、コンピュータの高性能化、メモリ容量の増大、64ビットアドレッシングOS(Operating System)の登場、グラフィックスアダプターの高性能化等により、商用のグラフィックスアダプターを装着した汎用パーソナルコンピュータで、ボクセルモデルを直接取り扱うことが可能となっている。

### 3. 3次元画像の表示原理と表示法

#### 3.1 3次元画像の表示原理

ボリュームレンダリングの原理は、視点からボリュームデータに対して、光線（レイ）を飛ばし、レイが交差する3次元画像のボクセルに対する透明度と色情報を使用して、レイ上の減衰を考慮しながら、最終的な色を決定する。3次元画像の画素値から透明度と色情報への変換は、3次元画像のヒストグラムに対して透明度と色情報を定義した伝達関数（トランスファー・ファンクションと呼ばれる）が使用される。伝達関数は、3次元画像のヒストグラムを表示して、色情報と不透明度情報を対話的に指定することが多い。図5は伝達関数を指定するダイアログとその伝達関数を用いてボリュームレンダ

リングを行った表示例である。図5のダイアログには、3次元画像のヒストグラムとそれに対応する色情報および透明度情報を表示している。ユーザは、各画素値に対して、色を指定して、その中間の画素は、補間した色となる。図5の折れ線は、透明度を表わしており、ここでは、ヒストグラムの値の小さい領域は透明、値の大きな領域は不透明に指定している。左側に表示されている伝達関数のアイコンは、あらかじめ、定義された伝達関数である。

視点からスクリーンの画素を通過する光線（レイ）を投げかけて、ボクセル内部をサンプリングしながら、レイ上で積算計算を行うため、「レイキャスティング法（Ray Casting Method）」とも呼ばれる。レイの数は、投影面の画素数の数になり、各ボクセルの幅より短い区間でサンプリングを行う必要があるため、計算時間を要していた（図6）。GPU(Graphics Processing Unit: GPU)が登場する前は、これらの計算をすべて、CPUで行っていた。

GPUは、幾何形状の変換やラスター化（レタッチ）などの作業を、専用のハードウェアや集積回路で行うため、汎用のCPUに比べて、その処理速度を飛躍的に向上させている。具体的には、内部で並列化（複数のスレッドに分かれ、並列計算が可能）や演算部の計算能力が強化されており、GPUとグラフィックスアダプターに装備されたメモリ（汎用のCPUが使用する主記憶メモリと区別するため、以下では「ビデオメモリ」と呼ぶ）間の転送速度も速く、リアルタイムな処理に向いている。

ビデオメモリは、高性能なグラフィックスアダプターの場合、数Gバイトの容量があり、表示画面（フレームバッファ）、作業用領域（ステンシルバッファ）、テクスチャ画像、幾何情報（座標値、ポリゴン情報）、光学属性などの情報を保持して、CPUと独立に計算を行えるアーキテクチャになっている。

#### 3.2 GPUの機能を利用したボリュームレンダリング

表示原理で述べた、1) レイ上でサンプリング、2) サンプリングごとに色情報と透明度情報を変換、3) レイ上で色情報と透明度情報を積算計算の一連の処理は、GPUのテクスチャ

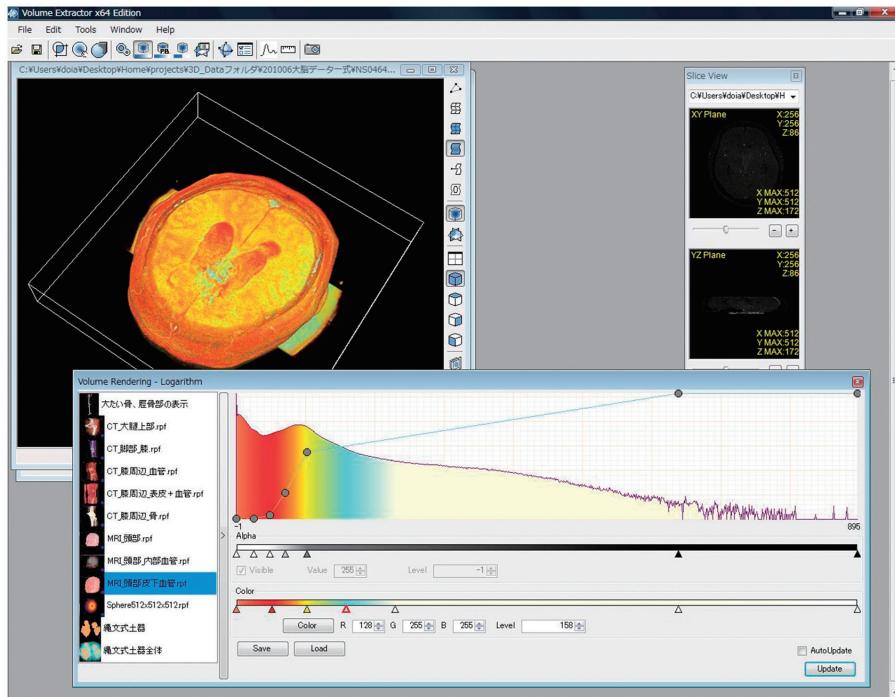


図5. 伝達関数の作成

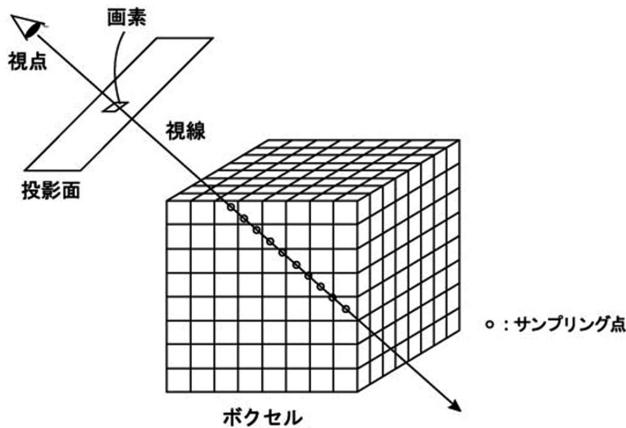


図6. 直接法によるレイキャスティングの原理

マッピング機能と $\alpha$ ブレンド機能を用いて、高速化することが可能である。

3次元画像の各画素に対する色情報(R、G、B値)と透明度情報( $\alpha$ (アルファ)値と呼ばれる)は、GPU側のビデオメモリ内部にテクスチャ画像として保存する。GPUの $\alpha$ ブレンディング機能は、各画素の透明度 $\alpha$ を使って、2次元画像を積算する機能であり、半透明なポリゴンの重ね合わせ演算をハードウェアで行え

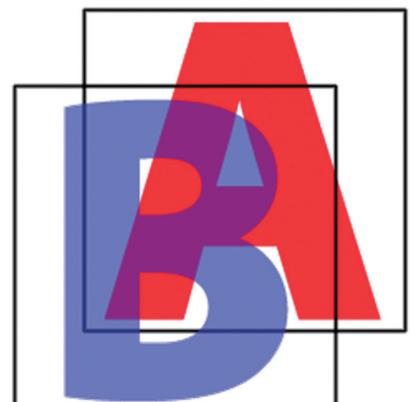


図7. 半透明なポリゴンの重ね合わせ

る(図7)。これらの処理は、CPUに依存しないため、処理速度が速い。

表示する際は、最初にX、Y、Z方向に対するテクスチャマッピングされたポリゴン列をあらかじめ作成しておく。視点が変更された際は、どの向きのポリゴン列を表示するかを、面の法線ベクトルおよび視線ベクトル情報を用いて、決定する(視線方向に対して、一番正面に向いているポリゴン列を使用する)(図8)。

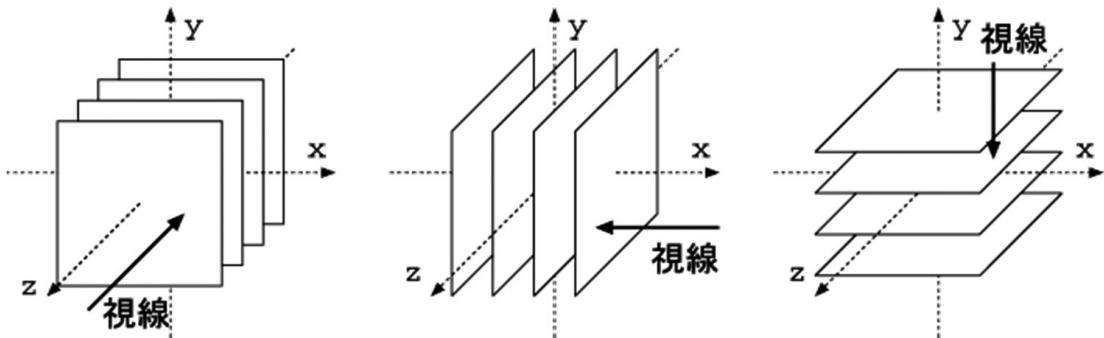


図8. 各軸（x、y、z 軸方向）に対するポリゴン列の作成

図9は、透明度を含んだポリゴン列を作成して、配置した概念図である。透明度を含んだ各ポリゴンを重ね合わせることで、ボリュームレンダリングを行った画像と同じ効果を得る。

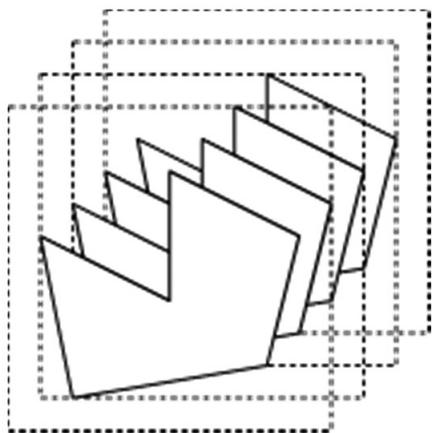


図9. 透明度を含んだポリゴン列の作成と配置

上記方式では、あらかじめ、X、Y、Z 軸に対して直交するポリゴン列を作成したが、ポリゴン列を視線方向に対して、直交するポリゴン列（レイに対して垂直な面となる）で作成することで、メモリの有効利用が可能である。この場合、視点が変更されるたびに3次元画像をレイに対して垂直な面で切断しながら、各切断面を積算する必要がある。3次元画像と平面が交差する交点計算は、文献<sup>(6)</sup>を参照して頂きたい。

### 3.3 3D テクスチャの保存と圧縮

ビデオメモリ上に、色情報と不透明度のテクスチャ画像（3次元画像）を保管する際、そのテクスチャ画像の画像圧縮を行って、ビデオメモリを有効に使用することが可能である。この

技術は、ゲーム業界やビデオ業界で業界標準となり、現在では、DirectX<sup>(7)</sup>、OpenGL<sup>(8,9)</sup>でサポートされている。この技術を用いると、比較的小さなビデオメモリのグラフィックスアダプターでも3次元画像を表示することが可能になってくる。テクスチャ画像の圧縮アルゴリズムは、S3TC<sup>(9-12)</sup>（Microsoft社の DirectX 6.0 で利用可能となり、DXTC（DirectX Texture Compression）とも呼ばれる）が使用されている。

本アルゴリズムは、単純なメモリアクセスと固定レートによるデータ圧縮（DXT5の場合、32ビットの16ピクセルを128ビットデータに変換するため、元画像は、4分の1に圧縮される）であるため、ハードウェア圧縮に向いており、広く使用されるようになった。

圧縮率や画像の種類によって、DXT1～DXT5の種類があり、DXT5が一番高品質である。OpenGLでも、OpenGL Ver. 3からその仕様が決められた<sup>(13)</sup>。

また、当初、2次元テクスチャを用いて、大理石や木目内部や霧などを表現することは困難であったため、表面だけではなく、内部情報も含んだ3次元テクスチャが考案された<sup>(8,9,14)</sup>。2次元テクスチャのみを使用する場合、図6の3方向の2次元テクスチャを各視点方向に対して用意しておく必要があった。しかしながら、この3次元テクスチャ技術を用いると、どの方向からもアクセスが可能になるため、必要とするビデオメモリの容量は3分の1になる。そのため、3次元画像のボリュームレンダリング表示の場合、より効率的に行えるようになった。

さらに S3TC と併用することで、大規模なボ

リュームデータの可視化にも適用可能となった。もともと、3DテクスチャやS3TCは、ゲームやビデオ業界におけるアーリティ向上とメモリ節約に対する強い要望から生まれた技術であったが、大容量のメモリを消費するポリュームレンダリング表示にも適している。

#### 4. 3次元形状再構成とラピッドプロトタイピング

##### 4.1 3次元形状再構成

究極の3次元表現を考えた場合、仮想空間の物体と同一の形状、模様、質感で、実際に触れることが可能な物体の再現が望ましい。この目標を達成する可能性がある技術の一つとして、3Dプリンタや光造形機が挙げられる。3Dプリンタや光造形機は、CAD (Computer Aided Design) から生まれた装置であり、物体表面を3角形のポリゴンデータで表現することで、その形状を再現する。そのため、3次元画像から、必要な3次元形状モデルを再構成する必要がある。この作業は、「3次元形状再構成」と呼ばれる。ユーザが任意に指定した輝度値に対して、その輝度値に等しい面を取り出して、その隣接する要素をつなぐ操作は、「等値面生成」と呼ばれており、作成した面はポリゴンデータとなるため、他のアプリケーションで使用可能である。骨など、他の領域に比較して、明確な輝度値の差がある場合は、2値化処理だけで分離が可能である。抽出する領域の輝度値が他の領域と余り変わらない場合（表面形状が明確でない場合）、対象領域の抽出作業（「セグメンテーション」と呼ばれる）が必要となる。特に、1) 対象とする領域の輝度値が他の領域の輝度値と類似している、2) 対象とする領域の輝度値が徐々に変化する、3) 使用する3次元画像にノイズや誤差が含まれている、などの場合、そのセグメンテーションは一般に困難な作業となる。セグメンテーション手法には、対話形式、画像処理フィルタ、変形モデル、統計的手法など多くのアプローチ、また、これらの手法を組み合わせた方式などが提案されているが、その詳細は参考文献 [例えば、15] を参照して頂きたい。

##### 4.2 ラピッドプロトタイピング技術

コンピュータ内の3次元形状データから実際

の3次元的な造形物を迅速に作り出す技術は、「ラピッドプロトタイピング (Rapid Prototyping: RP)」と呼ばれている。その造形原理は、任意の3次元形状を高さ方向に一定間隔でスライスして得られる2次元輪郭（断面）を、順次、接合することで、3次元形状を復元する。この造形方式は「積層造形法」と呼ばれ、加熱して溶かした樹脂を積層する熱溶解積層方式、光に当ると硬化する樹脂を使用する光造形方式、粉末樹脂を積み重ね焼結させる粉末造形方式などがある。

熱溶解積層方式では、加熱して、溶かした樹脂を微細なノズルから出しながら、積層することで3次元形状を造形する。本方式では、造形と同時にサポート材を作成することで、積層した造形物をサポートする。Stratsys社のDimension<sup>(16)</sup>が有名であり、ノズルはXYZ軸で駆動制御することで、3次元構造物を形成する。

光造形方式は、光に当ると硬化する特殊な樹脂（例えは、アクリル系紫外線硬化型樹脂）に紫外線などのレーザーを照射して、造形を行う。光造形方式は、早い段階から製品化されたが、一般に高価格である。

粉末造形方式は、粉末樹脂を積み重ね、燃焼させながら、造形する方式（粉末焼結法）と、樹脂粉末を使用して、ノズルからの接着剤により固めて、積層する方式（粉末接着法）があり、樹脂粉末のテーブルを下降させながら、次のスライス面と接合させる。

粉末焼結法は、樹脂粉末をレーザーにより、溶融焼結させながら、造形するため、多種の材料を使うことが可能となっている。また、樹脂をコーティングした金属粉末を溶融焼結することで、金属製のモデルも作成できる。

粉末接着法では、Z社のZprinter 450, 650が有名である。本装置は、他の方式に比べて、造形時間が速い特徴があり、積み重ねた領域に対する色づけやテクスチャマッピングが可能である。

各プリンタの造形方式は異なるが、その入力となる3次元形状の記述には、業界標準であるSTL (STereoLithography)、VRML (Virtual Reality Modeling Language)、PLY (Stanford

Triangle Format) 等が使用されている。特に STL ファイルフォーマットは、単純な 3 角形集合の記述であり、ASCII 型（文字型）とバイナリー型の 2 通りのフォーマットが存在している。

#### 4.3 適用事例

図10は、脳の MR 画像（T2強調画像）から、大脳部分と表皮を造形した例である。大脳部分は領域拡張法を用いて、抽出している。図11は、等値面生成された 3 角形のポリゴン面に元画像を切断面に貼りつけた仮想モデルと造形モデル

である。図12は、大脳部分と表皮部分を色分けした仮想モデルと造形モデルである。図11の右側頭部の切除は、3 次元画像に対して行い、等値面へのテクスチャ貼り付けと大脳部分の色付け作業は、対話作業で行った。図13は、歯科用 CT 画像から等値面生成を行い、右側の図の下顎の矩形のくり抜きは 3 次元画像に対して、行っている。図14は、頭部を 8 個のブロックに分割し、各ブロックの切断面にテクスチャマッピングを施している。このように 3 次元画像と形状、テクスチャを組み合わせることで、よりリアル

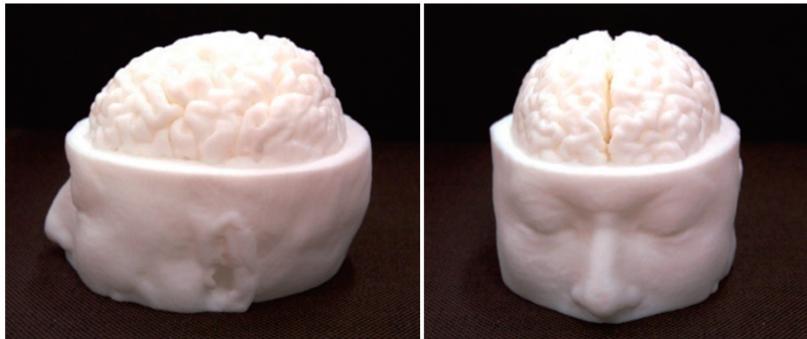


図10. 3 Dプリンタによる出力例（1）



図11. 3 Dプリンタによる出力例（2）

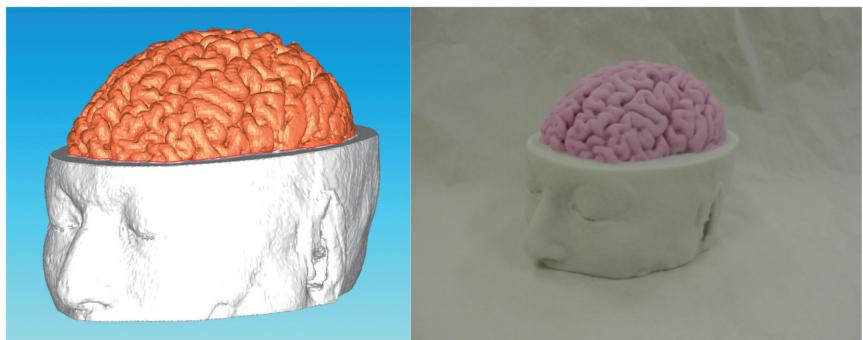


図12. 3 Dプリンタによる出力例（3）

なモデルが作成可能になり、腫瘍の位置把握が理解しやすくなる。

図10、11、12、13、14の造形作成に使用したソフトウェアは、(株)アイプランツ・システムズのVolume Extractor<sup>(17)</sup>とZ社のZEditである。使用した3Dプリンターは、図10がStratasys社のDimension、図12、図13がZ社のZPrinter 450である。各造形物の造形時間は、図10が約8時間、図12、13、14が約3～6時間である。

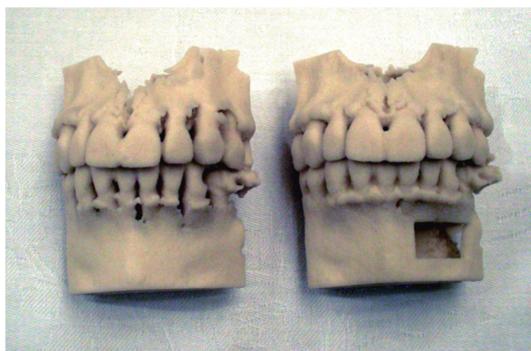


図13. 3Dプリンタによる出力例（4）

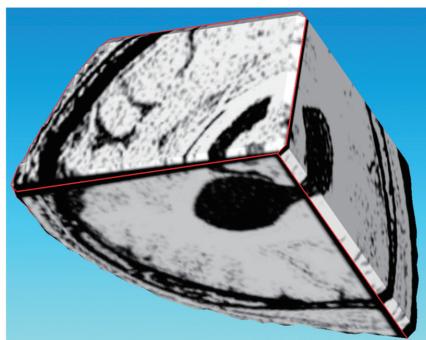


図14. 3Dプリンタによる出力例（5）

## 5. 終わりに

本稿では、ボリュームビジュアライゼーションで使用される3次元画像の表示原理と可視化手法、GPUを利用したボリュームレンダリング、3次元再構成とラピッドプロトタイピング技術、その造形事例について述べた。

トランジスタの集積密度は、18～24カ月ごとに倍になると言われており、コンピュータのCPU性能やメモリ容量は、年々、改善されている。同時にGPUは、CPUの弱かった部分を補いながら、継続的な性能向上と低価格化が進

んでいる。注目すべき点は、CPUとGPUがお互いに機能を分担（補完）し合うことで、従来では考えられなかった処理能力を生み出している点である。また、CPU、GPUに関連するOS環境やソフトウェアも著しい進化を遂げている。例えば、64ビットアドレッシングOSの登場や、可視化研究に関する成果〔例えば、18, 19, 20, 21, 22〕、GPU応用に関する研究成果〔例えば、23〕等が挙げられる。そのため、従来は、専用コンピュータや大型コンピュータでしか処理出来なかった大規模な3次元画像処理が、汎用パーソナルコンピュータ上でも処理可能になっている。

また、表示装置などの周辺機器も大きな進化を遂げている。例えば、1) 複数の高性能なGPUによる並列処理、2) 偏光レンズや液晶シャッタ、レンティキュラーレンズ等による3次元立体視、3) マルチパネルディスプレイ、空間没入型ディスプレイ、複数プロジェクターを使用した大型スクリーン投影による大画面化、などが挙げられる。また、最新の3Dプリンタでは、短時間で、より精密な複製モデルの造形が可能になっている。実際に造形された実体モデルは、空間的な位置関係の理解が分りやすくなるため、術前計画支援、手術シミュレーション、医療教育、患者へのインフォームドコンセントなどに利用されている。

## 謝 辞

本研究に使用したCT画像、MRI画像のデータ取得には、千葉大学医学部、岩手医科大学、中川歯科クリニック中川孝男氏の協力を得ました。また、Zプリンタによる造形では、日本バイナリー株式会社電子機器部の池田潔氏の協力を得ました。深く感謝します。

## 参考文献

- 1) 見原俊介：理研に新しく導入した工業用CT装置の機能、性能とその利用環境について、理化学研究所、システム研究会、報告、2007.
- 2) 高原太郎：MRI自由自在、メディカルビュー社、2002.
- 3) 蜂屋順一、高原太郎：MRI準備体操、メ

- ディカルビュー社, 2004.
- 4) 笠井俊文, 土井司(編著) : MR撮像技術学, オーム社出版局, 2001.
  - 5) 藤代一成, 奥富正敏, 他17名: ビジュアル情報処理—CG・画像処理入門—, (財)画像情報教育振興協会(CG-ARTS協会), pp. 115-116, 2007.
  - 6) G. Hoffmann : Cube Plane Intersection, "<http://www.fho-emden.de/~hoffmann/cubeplane12112006.pdf>", 2003.
  - 7) Microsoft Corp. : DirectX 開発者向け技術情報, "<http://msdn.microsoft.com/ja-jp/directx/default.aspx>" , Microsoft DirectX デベロッパーセンター, 2010.
  - 8) D. Shreiner, M. Woo, J. Neider, T. Davis : Open GL Programming Guide Fifth Edition - The Official Guide to Learning OpenGL, Version 2, Addison-Wesley Pearson Education, 2006.
  - 9) E. Lengyel : The OpenGL EXTENSIONS GUIDE, pp. 21-86, Charles River Media, INC., 2003.
  - 10) P. Brown : EXT\_texture\_compression\_s3tc, "[http://www.opengl.org/registry/specs/EXT/texture\\_compression\\_s3tc.txt](http://www.opengl.org/registry/specs/EXT/texture_compression_s3tc.txt)", 2009.
  - 11) P. Brown, M. Agopian : EXT\_texture\_compression\_dxt1.txt, "[http://www.opengl.org/registry/specs/EXT/texture\\_compression\\_dxt1.txt](http://www.opengl.org/registry/specs/EXT/texture_compression_dxt1.txt)" 2008.
  - 12) Wikipedia : S3 Texture Compression, "[http://en.wikipedia.org/wiki/S3\\_Texture\\_Compression](http://en.wikipedia.org/wiki/S3_Texture_Compression)", 2010.
  - 13) B. Lichtenbelt : OpenGL 3 Updates, "[http://www.opengl.org/discussion\\_boards/ubbthreads.php?ubb=showflat&Number=229374#Post229374](http://www.opengl.org/discussion_boards/ubbthreads.php?ubb=showflat&Number=229374#Post229374)", 2007.
  - 14) AMD : 3D (Volume) texturing and Volume Texture compression, "[http://developer.amd.com/gpu/radeon/archives/radeon\\_sdk\\_introduction](http://developer.amd.com/gpu/radeon/archives/radeon_sdk_introduction)", "ATI Radeon SDK Introduction Archive | AMD Developer Central", 2010.
  - 15) I. N. Bankman (Editor) : Handbook of Medical Imaging Processing and Analysis, pp. 69-214, Academic Press, 2000.
  - 16) 丸紅情報システムズ株式会社 : Dimension 3Dプリンタ, "<http://www.marubeni-sys.com/de/dimension/>", 2008.
  - 17) A. Doi, K. Matsui, F. Yamasa, F. Ito, S. Suzuki : Volume Extractor Ver. 3.0 operation manual, <http://www.i-plants.jp/hp>, 2010.
  - 18) James J. Thomas and Kristin A. Cook, editors : Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics, National Visualization and Analytics Center, 2005.
  - 19) C. Johnson, R. Moorhead, T. Munzner, H. Pfister, P. Rheingans, T. S. Yoo : NIH/NSF Visualization Research Challenges Report, 2006.
  - 20) C. D. Hansen and C. R. Johson: The Visualization Handbook, Elsevier Academic Press, 2005.
  - 21) K. Shi, H. P. Seidel, H. Theisel, T. Weinkauf, and H. Hege, "Robler : Visualizing Transport Structures of Time-Dependent Flow Fields, IEEE Computer Graphics and Applications, 28 (5), pp. 24-36, 2008.
  - 22) F. Robler, R. P. Botchen, and T. Ertl : Dynamic Shader Generation for GPU-based Multi-Volume Ray Casting, IEEE Computer Graphics and Applications, 28 (5), pp. 66-77, 2008.
  - 23) M. Pharr (Editor): GPU Gems 2 - Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation, Addison-Wesley, 2005.



特 集 Feature  
QOL を高める補綴装置・磁性アタッチメント  
Journal home page : [wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html](http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html)

## マグネットデンチャーの術後経過

河口日出男

河口歯科医院

Progress report on a magnetic denture

Hideo kawaguchi

Kawaguchi Dental Office

### 要旨

歯槽骨縁下に歯根が10mm以下の歯に対する歯冠補綴は、脱離や歯根破折の原因となり困難である。しかし、歯冠部を削合して根面板形態にした磁性アタッチメントは支台歯に対して水平的応力を緩和するため有用性が高い。

当院において、磁性アタッチメントを用いた支台歯の15年間経過観察をして得られた結果をペリオテスト<sup>®</sup>およびX線写真を用いて検討した。

### Abstract

Retention of a denture with roots less than 10mm is more difficult because of the likelihood of tooth fracture or detachment of the cast post and core. However, a prosthesis with a magnetic attachment is advantageous in such cases because the abutment tooth can be freed from destructive forces lateral and/or rotational stress. We have maintained records for 15 years of cases in which magnetic denture attachments were used. Results were analyzed by PRRIOTEST<sup>®</sup> and X-ray.

### キーワード

磁性アタッチメント  
術後経過  
ペリオテスト<sup>®</sup>

### (Key words)

(Magnetic attachment)  
(Prognosis)  
(PERIOTEST<sup>®</sup>)

## 1. 緒 言

歯槽骨縁下の歯根の長さが10mm以下の歯に対して歯冠補綴を行うと、ポスト形成が短く、歯冠歯根比も不利となり歯根破折や補綴装置の脱離が高い確率で起こると考えられるため、義歯の維持歯として利用することは困難である。

しかし、そのような歯を、根面板形態にして磁性アタッチメントを用いた義歯において、磁性アタッチメントが支台歯の応力を緩和する働きがあるため<sup>(1~3)</sup>、支台歯としての有用性は高い。

そこで今回、当院において磁性アタッチメントを使用した症例を長期にわたり経過観察を行い、ペリオテスト<sup>®</sup><sup>(4)</sup>の値やX線写真の読影による評価をしたので、その結果を示す。

## 2. 症 例

症例1は7年経過した85歳男性である(図1)。上下に義歯を装着しており、人工歯には金属歯を使用している。義歯の維持装置として、78にはDiskタイプ800g、3|、5、7に600g



図1 症例1：口腔内・義歯写真

上顎			
Tooth No.	3	7	8
Perio Test			
2年後 H17. 10	-1(0)	1(0)	3(0)
6年後 H21. 8	-3(0)	0(0)	8(0)

下顎		
Tooth No.	7	5
Perio Test		
3年後 H17. 10	-1(0)	12(1)
7年後 H21. 8	-1(0)	6(0)

図2 症例1：ペリオテスト<sup>®</sup>値

のマグフィット<sup>®</sup>(愛知製鋼)のみを使用している。図2にペリオテスト<sup>®</sup>値を示すが、ブランシングも良好で8のみが術後に数値が上がっている他はすべて下がっており、5はM<sub>1</sub>→M<sub>0</sub>に変化している。図3、4からわかるように、歯槽骨に顕著な骨吸収はみられなかった。

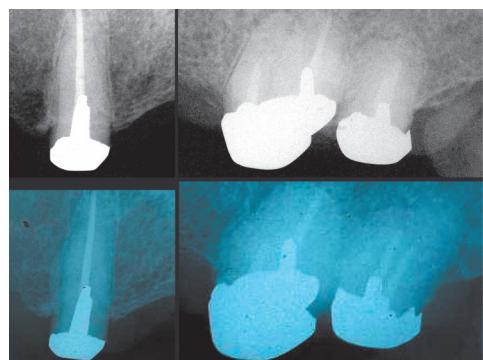


図3 症例1：上顎X線写真

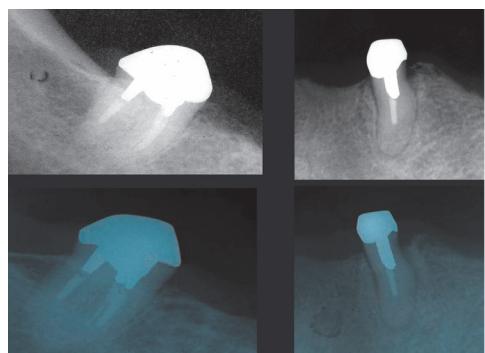


図4 症例1：下顎X線写真

症例2は6年経過した63歳男性である(図5)。オーバーデンチャーの形態にはせず、床を最小限にして自浄性を考慮した義歯設計にした。54 | 3456に磁性アタッチメントを使用し、7に装着されていた全部鋳造冠は、冠を再製すると抜歯に至る可能性が高く、咬合位の確認のためにそのままとし、また維持装置も付与しなかった。図6、7に示すように歯槽骨状態も良好であった。しかし、5は治療当初よりポケットも深く、術後6年目に抜歯に至った。抜去歯には根尖まで達する破折線を認めた。破折の原因として、習慣咀嚼側が左側であったためと考えられる。

症例3は7年経過した76歳男性である(図8)。図9に示すように、4は義歯装着後1年目に



図5 症例2：口腔写真・義歯写真

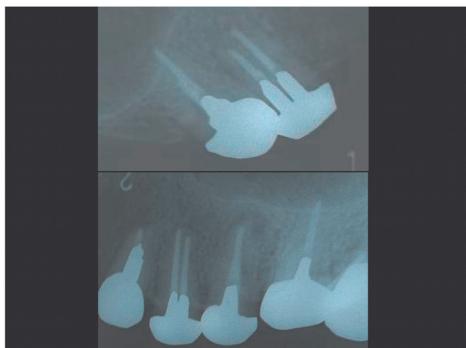


図6 症例2：上顎X線写真

Tooth No.	5	4	3	4	5	6
Perio Test						
H13. 10. (初診時)	17(I) 15(I)		0(0)	4(0)	4(0)	7(0)
H17. 10. (2年後)	5(0) 0(0)		0(0)	4(0)	4(0)	7(0)
H21. 7. (6年後)	5(0) 1(0)		0(0)	1(0)	8(0)	3(0)

図7 症例2：ペリオテスト®値



図8 症例3：口腔内写真・義歯写真

ペリオテスト®値30（III）、1年半後には21（II）と順調に回復している様子だが、2年後の平成17年10月17日にP急発を起こした。炎症が消失してから再調査したところ、ペリオテスト®値34（III）で移行していた。現在ペリオテスト®値50（III）である。X線写真上で歯周組織の過度の吸収がみられ、症状があれば抜歯適用であるが、炎症や咬合痛が無いため、そのまま経過観察している。



図9 症例3：ペリオテスト®値

症例4は9年経過した84歳男性である（図10）。ブラッシング状態は不良で、図11、12に示すように、5|は歯周組織の状態も悪く抜歯になった。図13、14に示すように、4|はペリオテスト®値が50（III）となっていた。原因として、左側での咬合習慣があるためと考えられる。その他の歯槽骨状態は良好で目立った変化はみられなかった。

症例5は11年経過した59歳女性である（図15）。図16に示すように、8|のクラスプにレストは付与せず、義歯の沈下を妨げないようブレーシングアームのみの設計とした。8|にレストを付与すると、左側は中間欠損、右側は遊離端欠損の複合義歯になり、左右の義歯沈下量が変わる。患者は無意識に左側の咬み癖がつき、3の負担が大きくなると考えられる。図17に示すように、ペリオテスト®値は全体的に安定していた。図18に示すように、磁性アタッチメントを使用した鈎歯の補綴側の骨吸収が義歯装着1年後でもみられなかった。

症例6は15年経過した81歳女性である（図19、20）。口腔清掃状態が改善され、動搖度のステージが2段階良くなり、15年間安定した経過をた



図10 症例4：口腔内写真

Tooth No.	5	4	3	1	3	4	5
Perio Test							
H14. 2. (1年後)	18(I)	12(I)	-1(O)	-1(O)	-2(O)	1(O)	3(O)
H17. 9. (4年後)	23(II)	14(I)	-1(O)	-1(O)	-3(O)	-2(O)	0(O)
H21. 7. (8年後)	H21. 6. Ext	20(II)	0(O)	-1(O)	-4(O)	-2(O)	1(O)

図11 症例4：上顎ペリオテスト®値

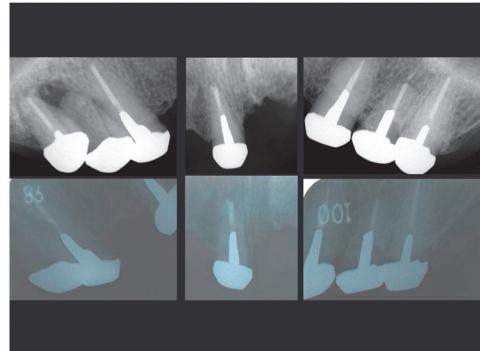


図12 症例4：上顎X線写真

Tooth No.	3	3	4
Perio Test			
H14. 2. (2年後)	1(O)	1(O)	24(II)
H17. 9. (5年後)	-1(O)	0(O)	23(II)
H21. 7. (9年後)	2(O)	2(O)	50(III)

図13 症例4：下顎ペリオテスト®値

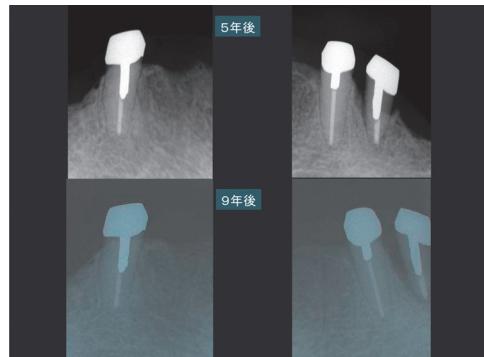


図14 症例4：下顎X線写真



図15 症例5：口腔内写真



図16 症例5：義歯写真

Tooth No.	3	3
Perio Test		
H10. 6. (装着時)	0(O)	1(O)
H17. 11. (7年後)	2(O)	2(O)
H21. 7. (11年後)	2(O)	5(O)

図17 症例5：ペリオテスト®値

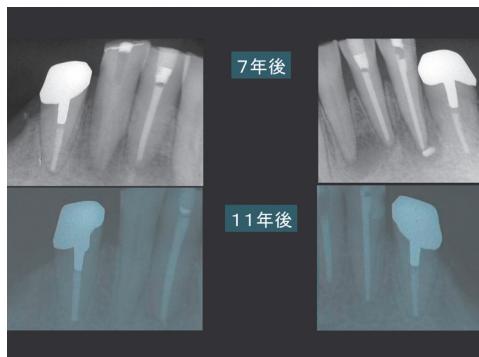


図18 症例5：X線写真



図19 症例6：口腔内写真



図20 症例6：義歯写真

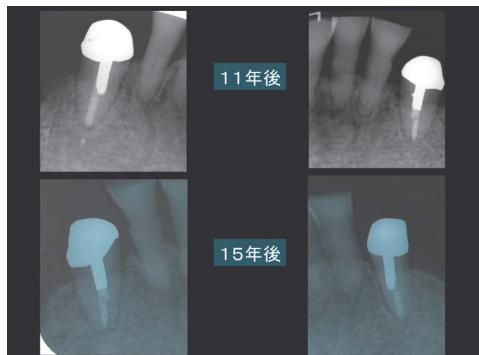


図21 症例6：X線写真

どっており、図21、22に示すように歯槽骨吸収の変化もわずかで、補綴側にみられる急激な骨吸収も認められなかった。

Tooth No. Perio Test	3	3
H 4. 7. (初診時)	24 (II)	23 (II)
H10. 8. (4年後)	3 (0)	1 (0)
H17. 11. (11年後)	8 (0)	9 (0)
H21. 10. (15年後)	10 (I)	8 (0)

図22 症例6：ペリオテスト®値

### 3.まとめ

義歯の鉤歯として従来のクラスプを維持装置に用いるには不安がある状態の支台歯に対して、根面板形態にして磁性アタッチメントを使用することは、支台歯に求められる維持力が磁力により期待でき、かつ支台歯の歯冠歯根比が改善され、支台歯の保護にも有用であると考えられる。しかし、多数歯欠損症例では基本的に粘膜負担に依存する義歯が多く、粘膜と支台歯との支持バランスを十分に考慮する必要がある。特に小臼歯部、大臼歯部を利用した場合には、垂直的な咬合力が強くかかるため、マグネットデンチャーといえどもある程度良好な状態の歯を選択しなければならない。さらに患者の習慣性咀嚼側を考慮した咬合を経時的に確認する必要性も今回の症例から示唆された。

また、フラビーガムのように粘膜の被圧縮量が大きく義歯の沈下量が大きくなる<sup>(5)</sup>部分に近い支台歯は、通常よりも負担量が増すと考えられる。そのため、義歯の沈下を補償する緩圧機能を持つ新しい磁性アタッチメント（少なくともミリ単位で可動する）の開発も必要であると思われた。また、就寝時、義歯の装着なくしては咬合の安定が得られない場合や、残存歯による咬合性外傷が考えられる場合には義歯を装着して就寝することが望ましい。

### 参考文献

- 田中貴信：磁性アタッチメント一磁石を利

- 用した新しい補綴治療—， 医歯薬出版，  
1992.
- 2) 田中貴信：マグフィットシステム—その臨  
床活用の要点—， デンタルダイヤモンド，  
1993.
- 3) 水谷 紘：磁性アタッチメントを用いた部  
分床義歯， クインテッセンス出版株式会社，  
1994.
- 4) 山根雅仁， 紙本 篤， 小森規雄， ほか：ペ  
リオテスト®に関する研究 歯種， 構打部  
位及び経日変化に伴う測定値の変動， 日本  
臨床歯内療法学会雑誌， 21巻 1号：27–32，  
2000.
- 5) 栗田賢一：口腔外科の疾患と治療， 永末書  
店， 2005.



特 集 Feature  
QOL を高める補綴装置・磁性アタッチメント  
Journal home page : [wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html](http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html)

## インプラント治療への積極的導入

田中 譲治

日本インプラント臨床研究会, MACS 研究会

Magnetic Attachments in Implant Dentistry Offer Improved Quality of Life

Jyoji Tanaka

Clinical Implant Society of Japan, MACS Implant Center

### 要旨

インプラント治療は優れた治療として広く普及してきているが、多数歯欠損においては、外科的侵襲、経済面、術者の治療技術などから多数のインプラント埋入が躊躇されていることが多い。ここで、磁性アタッチメントを利用することで、高度な技術を伴わずに少数のインプラントで高い治療効果が得られ、QOLを高めることができるので報告する。

インプラントにおける磁性アタッチメントの利点としては、「インプラント植立方向、位置に制約が少ない」「支台の負担を軽減」「顎堤の保全、咬合支持の改善に優れる」「少ないクリアランスに適応でき天然歯との併用も容易」「部分床義歯の応用も簡便」「メインテナンスが容易」などがあげられる。このように、磁性アタッチメントはインプラントと非常に相性がよく、この2つを組み合わせたハイブリッドデンチャーは、その相乗効果でこれまでにない優れた利点が発揮され、インプラント治療の適応症を大幅に広げることができる。

### Abstract

Implant dentistry is a widely used and excellent solution for the replacement of missing teeth. For patients with many missing teeth, however, dentists are often reluctant to place multiple implants due to the invasive nature of the surgery, the increased cost of the treatment, and the requirements for sophisticated therapeutic skills. This article addresses our experience in treating patients lacking multiple teeth using a small number of implants and magnetic attachments.

Magnetic attachments can simplify the treatment procedure and improve the patient quality of life (QOL) while reducing the number of implants required. The advantages of magnetic attachments in implant dentistry include i) less restriction in the implant position/angulation, ii) reduced burden on abutments, iii) better bone preservation and occlusal support, iv) ease of use in regions with limited interarch space, v) ease of implant/natural tooth combination, vi) application to partial dentures, and vii) ease of maintenance. Thus, magnetic attachments are very effective when combined with dental implants. Hybrid dentures, comprising dental implants and magnetic attachments, produce therapeutic synergy that allows the expanded use of dental implants.

### キーワード

磁性アタッチメント

### (Key words)

(magnetic attachments)

インプラント

(dental implants)

インプラントオーバーデンチャー

(implant overdentures)

ハイブリッドデンチャー

(hybrid-dentures)

補綴設計

(prosthetic design)

## 1. 緒言

現在インプラント治療は予知性の高い治療法として実証され欠損補綴における優れた選択肢の1つとして広く普及している。しかし、多数歯欠損においては、外科的侵襲、経済面、治療の難易度から多数のインプラント埋入を躊躇してインプラントを治療選択肢から除外してしまっていることが臨床上多くみられる。ここで、注目される治療法として磁性アタッチメントを用いたインプラント支台オーバーデンチャーが挙げられる。すなわち、磁力という特殊な維持力を利用した磁性アタッチメントは、従来からの機械的な機構を利用した維持装置にはないさまざまな特性をもち<sup>(1,2)</sup>、その特性はインプラントの多くの課題を克服する可能性を秘めている<sup>(3,4,5,6)</sup>。磁性アタッチメントとインプラントを組みあわせることによる相乗効果で、これまでにない優れた有用性が発揮され、インプラント適応症を大幅に広げることができQOLを高めるので、磁性アタッチメントのインプラントへの積極的導入について報告する

## 2. インプラント支台オーバーデンチャーの利点

インプラント治療は一般的に固定性補綴として広く普及してきているが、超高齢社会を迎えようとしている現在、少数のインプラントでの治療が可能なインプラント支台オーバーデンチャーがあらためて関心を集めている(図1)。

インプラント支台オーバーデンチャーの利点を以下に示す<sup>(7,8,9,10)</sup>。

- ① インプラント本数を少なくできる：外科的侵襲や経済性という意味で優れる。
- ② 適切なアーチフォームの回復：歯列付与の自由度があるため適切な咬合付与ができアンバランスな上下顎関係にも対応できる
- ③ 顔貌（リップサポート）の回復：インプラントは歯牙は取り戻せても頸堤の回復は困難で高度な頸堤吸収の場合には歯肉フレンジが有用となる
- ④ 審美回復：頸堤吸収の進んでいる場合にはスマイルラインやガムラインの回復には義歯のもつ審美性が有利となる。
- ⑤ 発音機能の回復（“T”、“D”）：口蓋の頸堤吸収がある場合にはエアもれによる

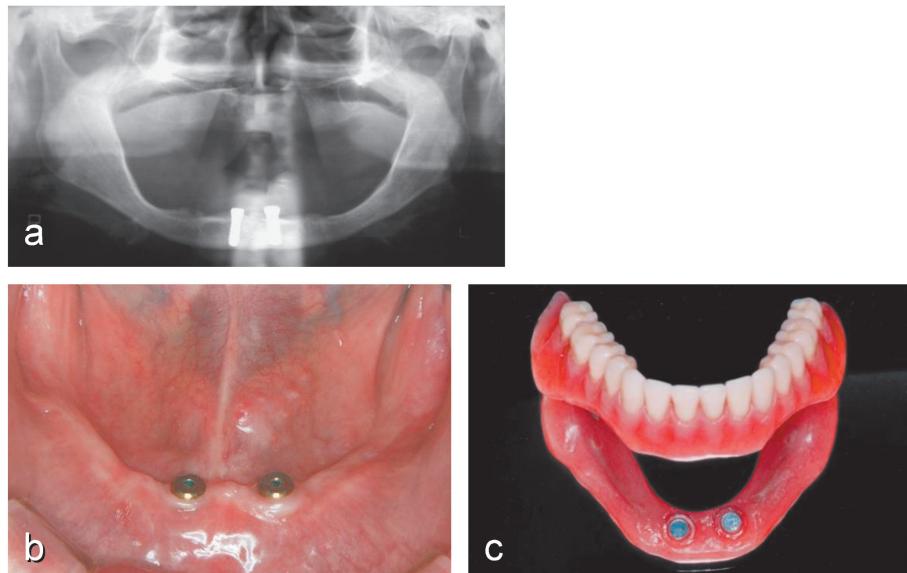


図1. 78歳女性。骨吸収が著しく、義歯不安定、咀嚼障害で来院。2本のインプラントを利用したインプラント支台オーバーデンチャーを施行。維持安定も良く少数のインプラントで高い治療効果が得られ、経過良好。2002年にカナダで提唱されたMcGillコンセンサスにおいて、下顎無歯顎においてインプラント2本を利用したオーバーデンチャーを標準治療とすべきではないかと示された。(a, b, c)

発音障害がおこりやすく口蓋フレンジによる是正が望まれる。特に義歯に慣れ親しんだ上顎症例へのインプラント治療においては有利。

- ⑥ スムーズな食事：上部構造と粘膜の間が封鎖されていることから、頸堤吸収が進んでいる場合には固定性インプラントより食品を咬合面に運びやすくなる<sup>(11)</sup>、また、口腔前提への食塊停滞を防止できる。特に高齢で唾液量が少なく口腔周囲の筋力が低下している場合には有利。
- ⑦ メインテナンスに有利：外して清掃ができるメインテナンスが容易である。特に吸収の進んでいる場合の固定性インプラントは口腔衛生に困難を伴うことが多い。

### 3. インプラントの難点を克服

インプラント支台オーバーデンチャーは前述のように優れた治療ではあるが、特に、不良な義歯を長期に使用していた場合など、骨吸収が進んで骨幅が少ないことが多い。そのため理想的な方向や位置に埋入するためには骨造成が必要となる場合が多く見受けられる。さらに、多数歯欠損においては免荷期間中も義歯を使用せざるを得ないため、骨造成には高度な技術が必要となってくる。

ここで、磁性アタッチメントの特長が優れた効果を發揮する。スタッダタッチメント（ボールアタッチメント）は一般的に植立方向の相互間の許容範囲が10°程度で、傾きが強い場合には、強い摩擦やアタッチメントへの負担がかかり維持力の調整が難しく、また頻繁にアタッチメントの交換が必要となったり破折を招くことがある。これに対して磁性アタッチメントはメール、フィーメールに相当する部分が平面であるため植立方向に制約が少なく、骨造成をしてまで無理に理想的な方向に植立しなくとも問題となる場合が多い。また、磁性アタッチメントは、小型でシンプルな構造であるためクリアランスも少なくすみ、バーアタッチメントのように舌房を侵害することもなく、植立位置についても制約が少ない。そのため、植立位置を骨量の多い部位を選択することで骨造成を回避しやすい（図2）。

このように、多数歯欠損においては骨吸収が進んでいることが多くインプラント植立には高度な技術を必要とすることが多いが、磁性アタッチメントを応用することでこの難点を克服することができる。加えて、このことは外科的侵襲を抑えることにもつながる。そして、過度な側方力に弱いと言われているインプラントにとって、磁性アタッチメントは側方力を逃すという優れた特長をもっており、この意味でも磁性アタッチメントはインプラントに非常に相性のよい維持装置といえよう（図3）。

### 4. インプラントにおける磁性アタッチメントの利点

磁性アタッチメントの特長として／有害な側方力や回転力を逃がす／維持力を数値として認識でき、さらにそれ以上の維持力を発現しない／歯冠歯根長比を改善できる／着脱方向が限定されない／義歯の取り外しエネルギーが少ない／長期使用に伴う維持力の減衰がない／審美性、使用感に優れる／義歯の着脱が簡便／メインテナンスが容易などがあげられ<sup>(1,2)</sup>、臨床的観点から「支台の保護（優しさ）」「義歯のバリアフリー（使いやすさ）」「審美補綴（美しさ）」の大きく3つの利点があると考えている<sup>(6,12)</sup>。このようなさまざまな特性をもつ磁性アタッチメントはインプラント支台オーバーデンチャーに応用において優れた利点があげられるので以下にまとめる。

#### 1) 植立方向、着脱方向に制限が少ない（外科的侵襲を抑える）

多数歯欠損においては骨幅が吸収していることが多く理想的な方向に植立することが困難な場合があるが、植立方向が限定されないため有利であり、外科的侵襲を抑えることにもつながる。また、義歯の着脱方向の規制が少ないと設計の自由度も高く、上顎犬歯部の豊隆や下顎犬歯周囲のアンダーカットがある場合でも、着脱方向が規制される維持装置と異なり義歯床の削合が最小限ですむ。

#### 2) 植立位置に制約が少ない

連結する必要がないため植立位置に制約が少なく、植立位置を骨量の多い部位に選択できる。バーアタッチメントでは適切な蝶番運動ができる

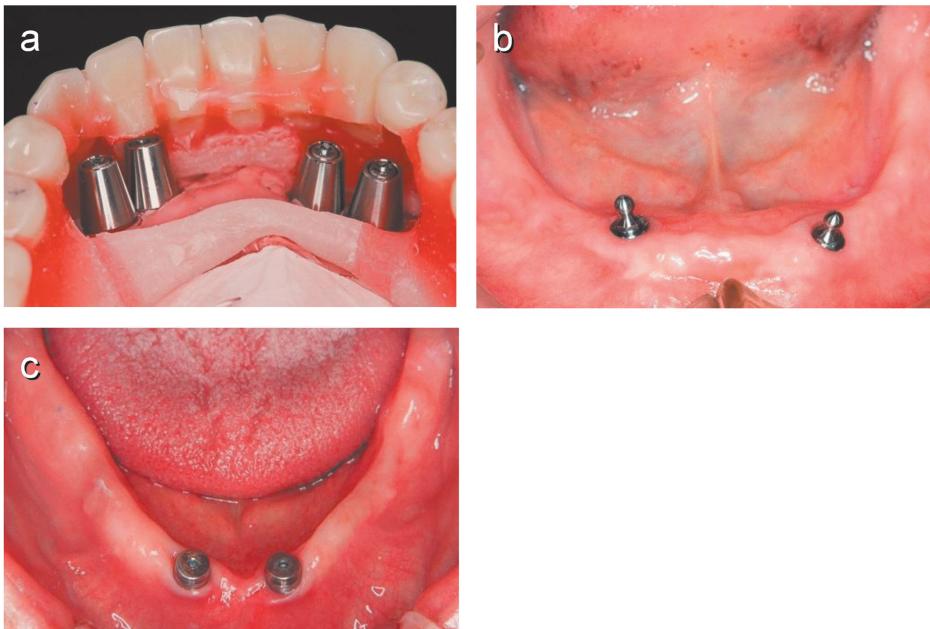


図2. a. バーアタッチメントは、把持力や維持力は優れるが、装置スペースが大きく取られるため、舌房を侵害しないように慎重に植立位置や設計を検討することが肝要となる。b. ポールアタッチメントは磁性アタッチメント同様に術式等簡便であるが、植立方向が不良であると維持力のコントロールが難しくなり、また、O-リング等の交換が頻繁に必要になったり破折を招くことがあるので注意する。c. 磁性アタッチメントは、植立方向・位置に制約が少ないので、適切なクリップ長さのためにインプラント間を15mm以上必要とするバーアタッチメントと異なり、このような“V-shape”の頸堤形態でも簡便に適応できる。

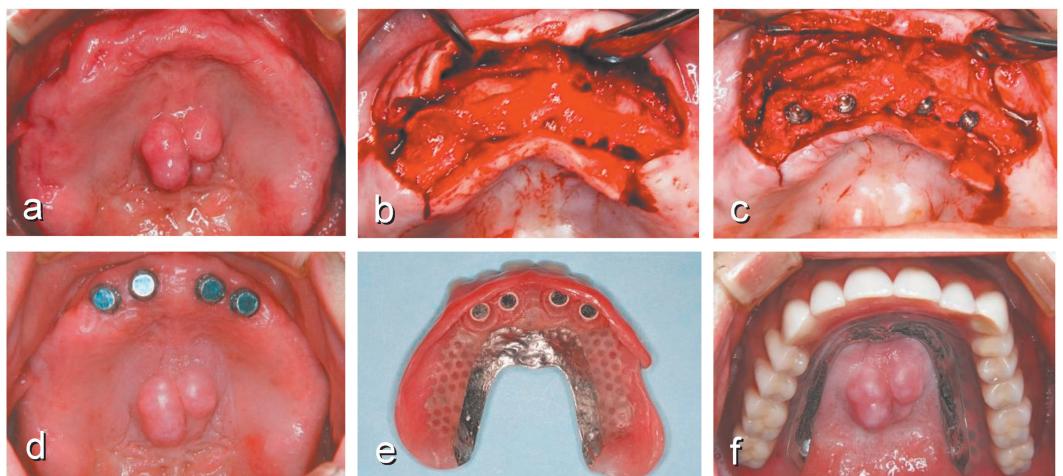


図3. a. b. c. 54歳女性。義歯不安定及び、嘔吐反射があり、口蓋床への嫌悪感を主訴として来院。インプラントを利用した無口蓋義歯を計画。一見、頸堤は良好であったが、実際に剥離すると骨幅は少ない。しかし、維持装置として、磁性アタッチメントを予定しているため、インプラントの埋入方向、位置に自由度が高く、骨造成を必要とせずに埋入できた。d. e. f. 約3ヶ月の免荷期間を置いた後、キーパーを取り付け、磁性アタッチメントを利用したインプラント支台オーバーデンチャーを完成させた。無口蓋であるが、維持安定もよく、経過良好。磁性アタッチメントを利用することで、高度な技術を伴わず、簡便に少数のインプラントで高い治療効果が得られた。下顎が両顎遊離端欠損症例であり、上顎前歯部にインプラントを利用することでコンビネーションシンドロームの予防としても有効と考えられる。

るようバーコンポーネントを左右顎頭と平行になるよう にすることが肝要で、また、適切な維持を得るためにクリップ長が15mm以上が望まれ、ときには舌房を大きく侵害してしまうことがある。そのためインプラント植立位置は慎重に決める必要があるが、磁性アタッチメントでは自由度が高い。

### 3) 支台の負担を軽減

磁性アタッチメントは他の維持装置と異なり メール、フィーメールに相当する部分が平面であるため側方力や回転力を逃すためインプラン トへの負担を軽減できる。

### 4) 頸堤の保全に有利

Zarb が「有床義歯の使用は頸堤吸収というバイオロジカルコスト（生物学的代償）を払っていることになる」と提唱しているように有床 義歯の使用により頸堤は徐々に吸収することが 知られている<sup>(13)</sup>。これを積極的に抑制する 方法がインプラント支台オーバーデンチャーで Kordatzis らは5年間にわたる研究において総 義歯での頸堤吸収が平均1.63mmに対してインプラント支台オーバーデンチャーでは0.69mmであったと報告している<sup>(14)</sup>。このようにインプラント 支台オーバーデンチャーは頸堤保全に有用であることが明らかになっているが、特に磁性アタッチメントにおいては、咬合力をキーパー平面で受け止めることのできる構造であるため、バーアタッチメントやボールアタッチメントの構造に比較してより有利であると考えられる。

### 5) 咬合支持の改善に優れる

磁性アタッチメントはメールにあたるキーパー が平面であるため、咬合力を確実に受けとめら れる、咬合支持を簡便に改善できる。加えて、 磁性アタッチメントは他の維持装置に比較して、 インプラントを引き倒すような側方力を抑える ことのできる特徴があるため<sup>(6)</sup>、少数のイン プラントでも負担加重になりずらく予知性の高い 治療ができると考えられる。

### 6) 天然歯との併用が容易

天然歯は生理的動揺があるためインプラント と連結することは好ましくないといわれている。 そのため少数歯残存症例へのインプラント治療 においては、残存天然歯をどのように対応するか 設計に困難を伴うことが多い。この点、磁性

アタッチメントは連結する必要がなく、また、 フレキシブルな維持装置であるため天然歯との併用も問題とならないと考えられる。

### 7) 少ないクリアランスにも適応

磁性アタッチメントはインプラントに直接接続できる構造で、また小型でシンプルであるためアタッチメントが必要とするスペースが少ない。そのためクリアランスが少なくて適応でき、舌房を侵害することも少なく、義歯の形態や強度、審美回復にも有利である。

### 8) 部分床義歯の応用も簡便（審美性向上および残存歯の保護）

これまでインプラント支台のオーバーデンチャーは維持装置の扱い方に制約が多く、設計が困難であったため全部床義歯に対するものがほとんどであったが、小型でさまざまな特長のある磁性アタッチメントを利用することで部分床義歯にも容易に応用できる。そして、ノンクラスプとすることができるため鉤歯への負担を取り除き残存歯の保護としても有用性が高く、加えて審美性の向上によりアンチエイジング効果も高い<sup>(12, 15)</sup>。

### 9) メインテナンスが容易

磁性アタッチメントは取り外しが楽で、特に 超高齢社会を迎える手の不自由さや介護者のことを 考えると高い有用性がある。また、他の維持 装置と異なり、磁力という特殊な維持力を利 用しているため使用に伴う維持力の減衰がなく、 維持力の調整やフィーメールの交換の必要性を おさえられることも優れた特徴といえる。

## 5. インプラント支台磁性アタッチメント の積極的活用

インプラントは優れた治療法として認められ 広く普及されているが、多数歯欠損に対しては 敬遠されてしまっていることが多い。これは患者 サイドの経済面や外科的侵襲への懸念とともに、術者自らの治療技術への不安が理由ではないかと考えられる。ここで、インプラントと磁 性アタッチメント組み合わせたハイブリッドデン チャーを用いることで、前述したように多数歯欠損でも高度な技術を伴わず簡便にインプラント を利用できる。そして、さまざまな有用性により QOL を高めインプラント適応範囲を大

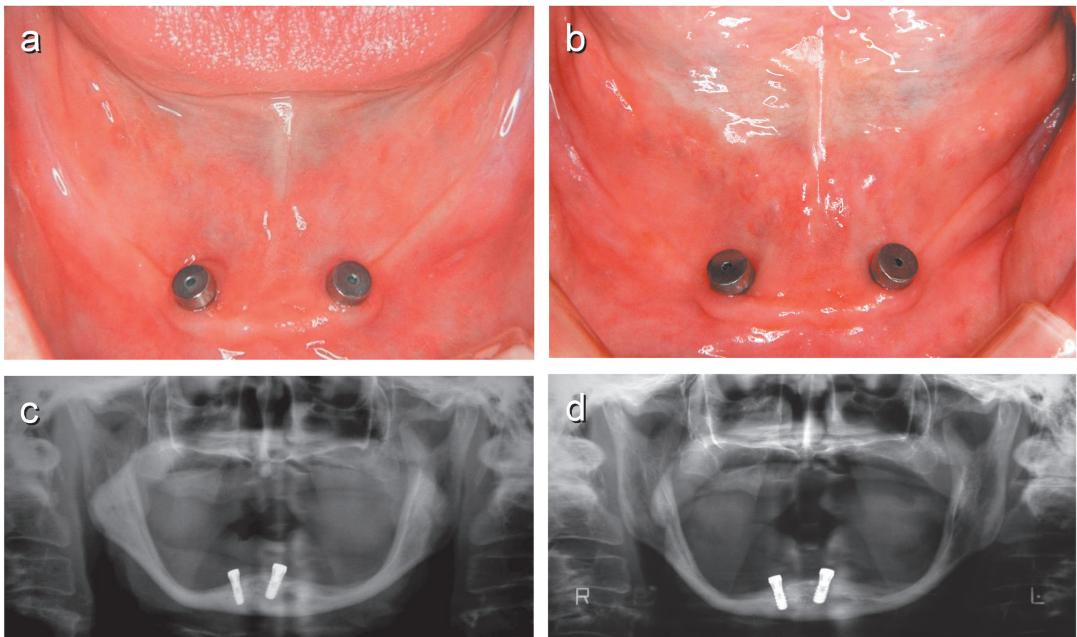


図4. 著しい顎骨吸収があり、理想的な方向位置にインプラント植立することが困難な症例であったが、植立方向、位置の自由度が高い磁性アタッチメントを用いることで簡便に施行できた。8年経過後においても維持安定よく経過良好。(a, c装着時 b, d 8年経過後)

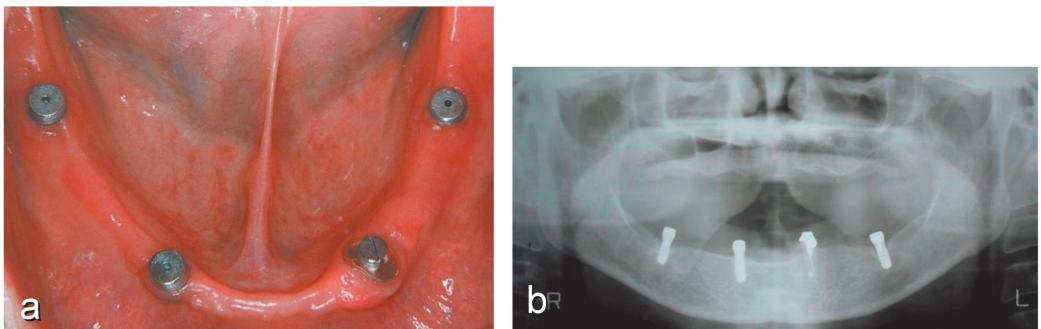


図5. インプラント3本及び3部天然歯を用いた磁性アタッチメントによるインプラント支架オーバーデンチャー。12年経過後も顎堤の吸収をほとんど認められず、オーバーデンチャーにより顎堤吸収を抑制できたと考えられる。また、バーと異なり、天然歯との併用も簡便である。(装着12年経過後の口腔内写真とパノラマエックス線写真)

幅に広げることができると考えられる(図4, 5, 6, 7)<sup>(16, 17)</sup>。

欠損補綴を考えるにあたり欠損病態の悪化スピードを診断することが肝要でありEichnerの分類や宮地の咬合三角などが用いられているが、補綴だけでは治療後も欠損病態の分類エリアは変わらず、インプラントの応用をもってのみ安定した分類エリアに回復できる<sup>(12, 18)</sup>。ここでも、磁性アタッチメントは優れた利点が発揮

される(図8, 9)。すなわち他の維持装置でも設計可能な症例もあるが、磁性アタッチメントはメール、フィーメールが平面であるため咬合支持を確実に改善でき、かつ側方有害力を逃すため少数インプラントでも過重負担とならずに適応できる。また、後述するように磁性アタッチメントは維持のみを期待する使用法もできるため、骨量が少なく、短いインプラントしか植立できない場合にも適応可能となる。



図6. 齒根温存部位と歯根喪失部では、明らかに頸堤吸収の差がある。天然歯をできるだけ残すために磁性アタッチメントを利用することや、欠損した場合に早期にインプラントを用いたオーバーデンチャーにすることが、高い有用性があることが示唆される。

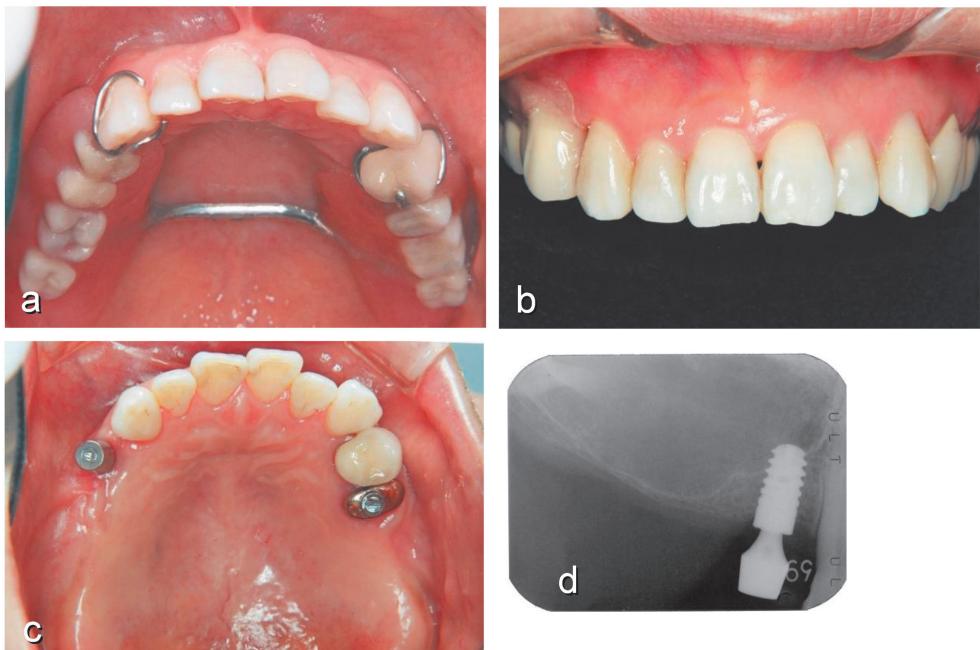


図7. 54歳女性。クラスプによる審美障害、および鉤歯動搖の懸念のため来院。4部に植立したインプラントと5残根天然歯を利用した磁性アタッチメントによるオーバーデンチャーとした。ノンクラスプにでき、審美的にも、また残存歯保護にも高い有用性があると考えられる。上顎洞底が著しく低下していたが、残存歯周囲の骨を利用して簡便に施行できた。なお、5においては、MRI 対策のためにキーパーが外せるリムーブキーパー (KO デンタル) を使用。(a 術前 b, c, d 術後)

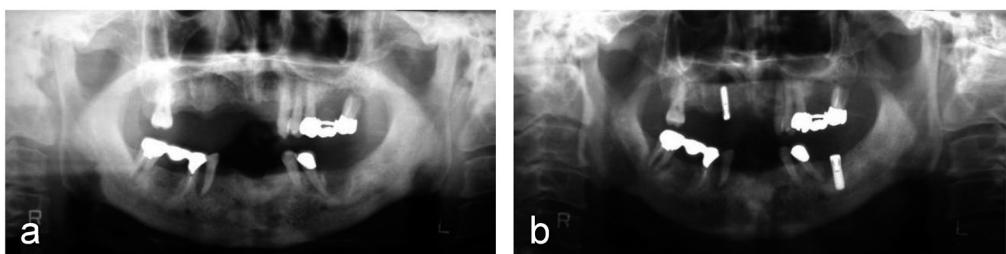


図8. Eichner の分類B2で欠損病態の悪化進行スピードが高く、咬合崩壊をおこしつつある症例。多数のインプラントの使用も有効であるが、2本のインプラントを植立し、インプラント支台オーバーデンチャーを利用することで、簡便にEichner の分類A3に改善することができる。(a 術前 b 術後)

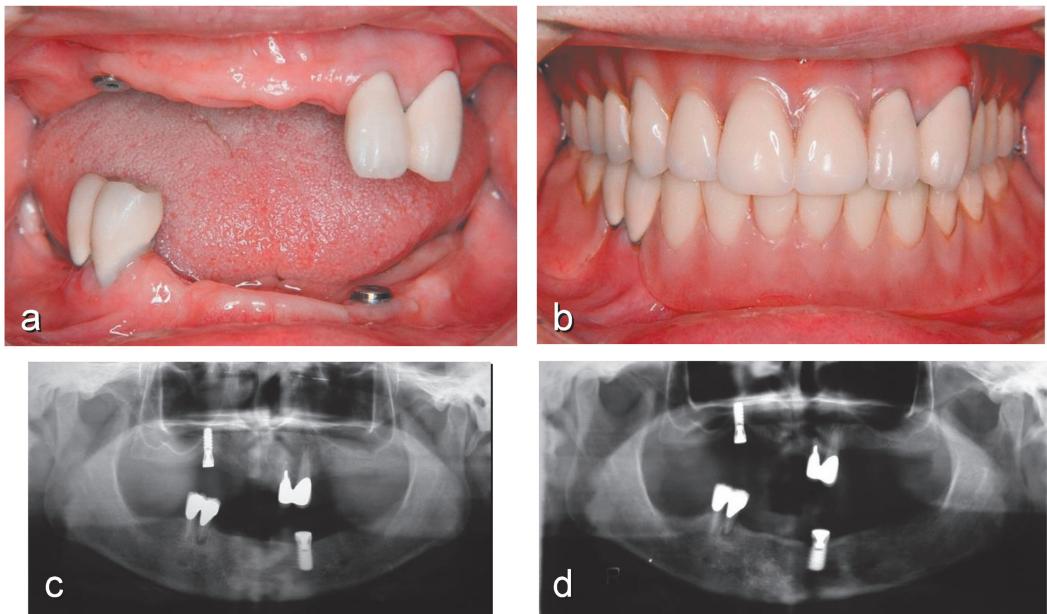


図9. 65歳女性。義歯の左右転覆による義歯不安定で来院。欠損補綴において難症例であるすれ違い咬合においてもインプラント支台オーバーデンチャーを用いることで簡便に安定を得ることができる。7年経過においても義歯の安定は良く、経過良好。(a, b, c装着時、d 7年経過後)

以上のようにインプラント支台磁性アタッチメントを積極的に活用することで欠損病態の悪化を抑えるとともに、前述したように顎堤の保全にも優れた効果を発揮し、部分床義歯においては審美性向上とともに残存歯への負担も最小限に抑えることができる。また、超高齢社会を迎える、インプラントにより口腔衛生不良や咬傷の原因の誘発が危惧されているが、インプラント支台磁性アタッチメントであれば取り外しも容易で口腔衛生にも有利となる。手の不自由さにも考慮され、介護者にとっても喜ばれるユニバーサルデザインを重視した補綴設計である「ユニバーサルサポート」<sup>(6,12)</sup>としても優れた義歯といえよう。また、小型でシンプルなため咬傷の原因にもなりにくく、仮に不良になってしまって連結されていないため除去も容易である。このように磁性アタッチメントを用いたインプラント支台オーバーデンチャーは高齢者にとっても非常に有利な治療法といえる。

## 6. インプラント支台磁性アタッチメントの設計指針

磁性アタッチメントは側方力を逃して支台に

対して負担が少なくできることが広く認知されているが、図10に示すように義歯内面とキーパー側面に間隙を設けることではじめて側方力を逃すことができる。逆に側面と間隙を設けないことで磁性アタッチメントにおいてもリジッドサポートの設計とすることもできる。このようにメール、フィーメールが平面で「把持なしで維持力を発現する」という磁性アタッチメントならではの特筆すべき性能<sup>(19)</sup>を最大限に引き出せるように、著者らは使用目的を表1に示すよう大きく3つに分類して設計指針としている<sup>(6,20)</sup>(表1、図11)。

Type Rは「支台の保護」を重視した使用法で、構造としては、狭義では垂直的緩衝機能を兼ね備えた磁性アタッチメント(マグソフトやSelf Adjusting At、愛知製鋼)の使用、または、通常の磁性アタッチメントにおいては取り付けにおいて弾性材料を用いる使用法を示す(図12)。これにより維持機能のみで支持も把持も期待せず支台への負担を最小限にすることができる<sup>(12,21)</sup>。ただし、支持機能は期待できないため咬合支持の改善を目的とした設計には不向きである。なお、広義では垂直的緩衝機能の構

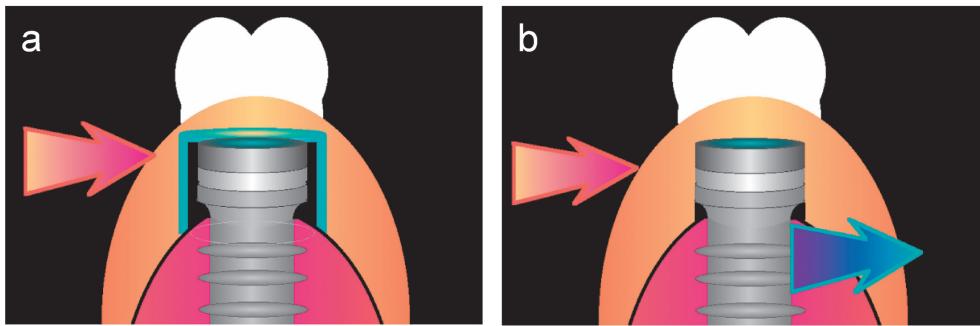


図10. a. 義歯内面とキーパー側面に間隙を確保した、側方力を逃がす構造。TypeR・TypeSR の際に使用する構造。b. 義歯内面とキーパー側面に間隙を設げず、把持機能を持たせる構造。TypeBSR の際に使用する構造。

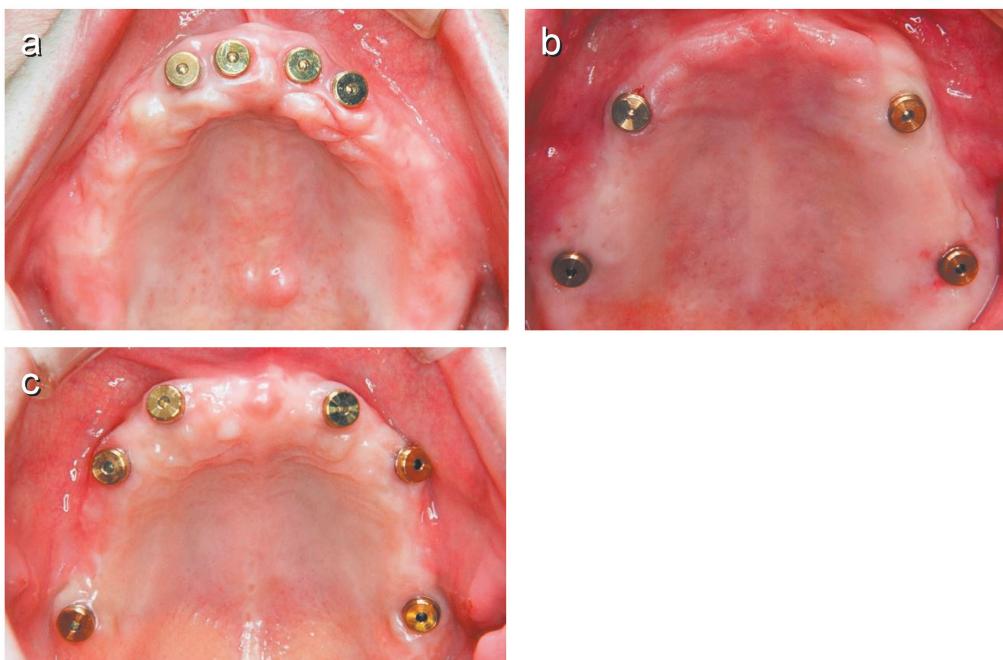


図11. a. TypeR 使用の症例。臼歯が骨量不十分な場合の設計で、咬合支持を粘膜に期待し「支台の保護」を重視した設計。適応インプラントは下顎で長さ 8mm 以上、上顎で 10mm 以上、ナローサイズ以上。b. TypeSR 使用の症例。維持のみでなく咬合支持の改善も期待できる。ただし、把持機能を持たないため側方力を逃がし支台に負担のかかりづらい磁性アタッチメントならではの設計。適応インプラントは長さ 10mm 以上、レギュラーサイズ以上。c. TypeBSR 使用の症例。維持・支持のみならず、把持機能をもつ「機能回復」を重視した設計。骨量が十分で多数のインプラントの使用が望まれる。適応インプラントは長さ 10mm 以上、レギュラーサイズ以上。

造がなくても咬合支持の改善を期待しない部位（主に前歯部）に使用した場合も便宜上 Type R として扱う。インプラントとしては負担が少ないので、太さはナローサイズでも適応となり長さは下顎で 8mm 以上、上顎では 10mm 以上が望ましい。

Type SR は咬合支持の改善を期待するので、

太さはレギュラーサイズ以上が望ましいが、把持機能をもたず側方力を逃す磁性アタッチメントならではの構造であるため、支台への負担は少なく、多数歯欠損に対して少数歯のインプラントで耐えられる設計となる。

Type BSR は把持をも期待するので「機能回復」の点では優れるが、その分インプラント

表1 磁性アタッチメントの使用目的による分類

Type R 使用（ソフト・デザイン）：維持（Retention）のみを主たる目的とし、支持および把持を期待しない磁性アタッチメントの使用法。構造としては、側方力を逃せるように義歯内面とキーパー側面に間隙を確保する。咬合支持は粘膜に期待する「支台の保護」を重視した補綴設計となる。
Type SR 使用（サポート・デザイン）：維持のみでなく支持（Support）をも目的とし、咬合支持の改善も期待する磁性アタッチメントの使用法。構造としては、側方力を逃せるように義歯内面とキーパー側面に間隙を確保する。支台により咬合支持の改善を期待した補綴設計となる。
Type BSR 使用（リジッド・デザイン）：維持、支持のみならず把持（Bracing）も目的とし、リジッドサポートを期待する磁性アタッチメントの使用法。構造としては、把持機能をもつように義歯内面とキーパー側面に間隙を設けず、「機能回復」を重視した補綴設計となる。

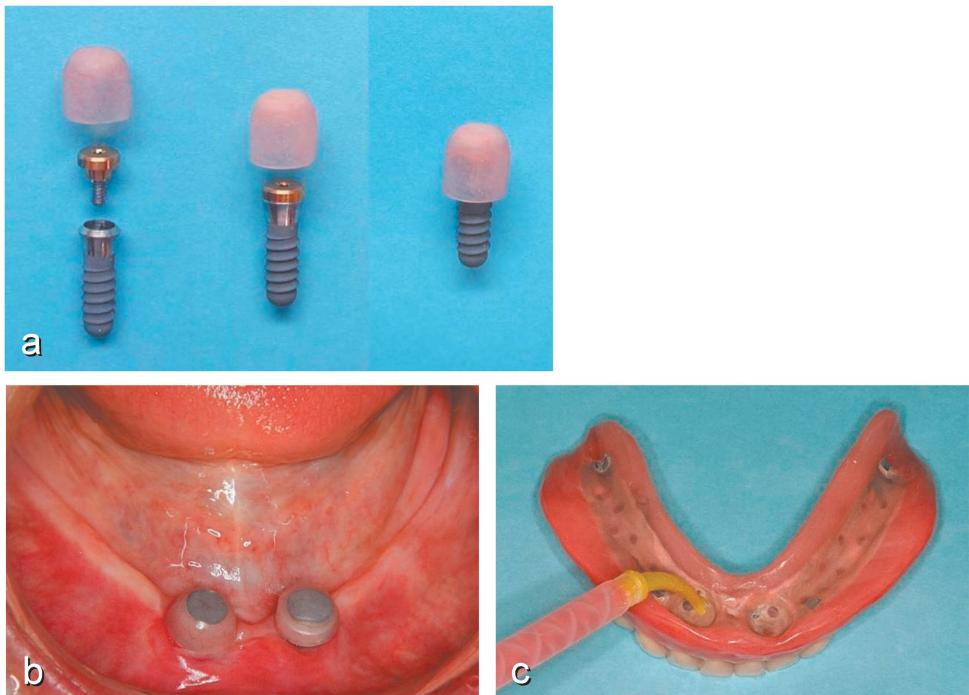


図12. 磁性アタッチメントの取り付けに、弾性材料を用いることで、狭義の TypeR 使用となる。垂直的緩衝機能および、インプラントと粘膜の被圧変位の差の問題を解消できる。なお、磁石構造体と弾性材料の接着が問題となるが、あらかじめ磁石構造体にレジンキャップを付与した MACS System (<http://www.macssystem.jp>) を利用することで簡便におこなえる。(a, MACS System, b, キーパーにレジンキャップ付マグネットを吸着、この状態で義歯の印象採得。c, 凹部内面を一層削り弾性材料（ソフリライナータフ：トクヤマ）にて取り付け)

には負担が大きいので骨量が十分で多数のインプラントを使用できる際に使用する。

以上のように、設計を考えるにあたっては、欠損状態や骨量、患者の期待度などから「機能回復」と「支台の保護」の達成目標により使用法を検討して設計することが肝要で、それにより優れた効果が得られると考えている。

## 7. 結語

現在、インプラントは優れた治療として認められ欠損補綴の一つの選択肢として不可欠な存在になってきている。一方磁性アタッチメントも磁力という特殊な維持力発現機構により、従来の維持装置がない優れた特長を持つ。そして、この2つを組み合わせたハイブリッドデンチャー

は、これまでにはないさまざまな補綴設計上の利点が発揮され、インプラント治療の幅を大きく広げることができると考えられる。

このように磁性アタッチメントはこれまでの維持装置にない優れた可能性を秘めており、今後も、その利点を最大限発揮するためにも、磁性アタッチメントの利用を踏まえた新しい補綴設計学がより検討され、構築されていくことが期待される。

### 参考文献

- 1) 田中貴信：磁性アタッチメント 第1報，18-20, 29-39, 医歯薬出版, 東京, 1992.
- 2) 藍 稔, 水谷紘, 石幡伸雄ほか：磁性アタッチメントを用いた部分床義歯, 28-42, クインテッセンス出版, 東京, 1994.
- 3) Jackson, T. R.: The application of rare earth magnetic relation to osseointegrated implants. Int. J. Oral Maxillofac. Implants, 1 : 81-92, 1986.
- 4) 石上友彦, 栗田賢一, 大崎千秋, ほか：磁性アタッチメントを利用したインプラント義歯, 歯科ジャーナル, 38 (1) : 49-55, 1993.
- 5) 田中譲治, 鳥居秀平, 柏原 肅ほか：インプラントにおける磁性アタッチメントの応用, 日口腔インプラント誌, 8 : 162-168, 1995.
- 6) Jyoji Tanaka, Kazumasa Hoshino: A Prosthetic Design Guideline for Effective Usage of Magnetic Attachments – Application to Restorations Supported by Implants-, 日本磁気歯科学会誌, 12 (1) : 10-25, 2003.
- 7) Zitzmann NU, Marinello CP: Treatment plan for restoring the edentulous maxilla with implant supported restorations: removable overdenture versus fixed partial denture design, J Prosthet Dent, 82 : 188-96, 1999.
- 8) Feine JS, Carlsson GE, Awad MA, et al: The McGill consensus statement on overdentures. Mandibular two-implant overdentures as first choice standard ofcare for edentulous patients. Montreal, Int J Oral Maxillofac. Implants, 17 (4) : 601-602, 2002.
- 9) 田中譲治：インプラント支台のオーバーデンチャー, QDT 別冊 (クインテッセンス) インプラント上部構造の現在 Part 3 : 83-94, 2002.
- 10) 小宮山彌太郎：インプラントを支台とするオーバーデンチャー, 日本磁気歯科学会雑誌, 17 (1) : 1-11, 2008.
- 11) Feine JS, et al: Within-subject comparisons of implant-supported mandibular prostheses: evaluation of masticatory function, J Dent Res, 73 : 1646-1656, 1994.
- 12) 田中譲治：磁性アタッチメントを用いたインプラント支台オーバーデンチャー, 補綴臨床, 42(4) : 414-432, 2009.
- 13) 前田芳信：臨床に生かすオーバーデンチャーアインプラント・天然歯支台のすべて-, pp.12-23, クインテッセンス出版, 東京, 2003.
- 14) Kordatzis K, Wright PS, Meijer HJ: Posterior mandibular residual ridge resorption in patients with conventional dentures and implant overdentures. Int J Oral Maxillofac Implants, 18 : 447-452, 2003.
- 15) 田中譲治, 星野和正：磁性アタッチメントによる欠損部審美補綴, 歯科審美, 14 : 196-203, 2002.
- 16) A Damien Walmsley : 編著. 前田芳信 監訳マグネットを用いたインプラントの臨床, pp.64-69, 73-76, 109-111, 115-117, クインテッセンス出版, 東京, 2005.
- 17) 田中譲治：入れ歯でアンチエイジングー注目のインプラント&マグネットデンチャー(磁石式入れ歯), pp.51-138, 現代書林, 東京, 2008.
- 18) 榎本紘昭, 武田孝之, 宮地建夫：欠損歯列のかかえる問題点とインプラントの役割, 日本歯科評論増刊 : 9-30, 2003.
- 19) 水谷紘：パーシャルデンチャーの支持, 把持, 維持を考える—特に把持に重点をおい

- てー水谷紘, 星野悦郎監著, 可撤式オーバーデンチャーの概念, 日本歯科評論: 201–210, 1995.
- 20) 田中譲治, 星野和正, 鳥居秀平, ほか: インプラントにおける磁性アタッチメントの応用—第4報 磁性アタッチメントの使用目的による分類—, 日口腔インプラント誌, 14: 313–321, 2001.
- 21) 田中譲治: 磁性アタッチメントを用いた無歯顎症例へのインプラント治療, 林揚春, 武田孝之編集, 基本症例におけるIMPLANTS 臨床編, pp.283–301, 医歯薬出版, 東京, 2009.



特 集 Feature  
QOLを高める補綴装置・磁性アタッチメント  
Journal home page : [wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html](http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html)

## 歯冠外アタッチメントとしての有髓歯への適応

岡田通夫, 中村好徳<sup>1</sup>, 田中貴信<sup>1</sup>  
愛知学院大学歯学部付属病院 歯科技工部  
<sup>1</sup>愛知学院大学歯学部 有床義歯講座

Clinical Application of the Extracoronal Magnetic Attachment

Michio Okada, Yoshinori Nakamura<sup>1</sup> and Yoshinobu Tanaka<sup>1</sup>  
Aichi-Gakuin University School of Dentistry Laboratory of Dental Hospital  
<sup>1</sup>Prostodontic Department Aichi-Gakuin University School of Dentistry

### 要旨

歯科用磁性アタッチメントは、今日では、臨床的評価も高く支台装置の選択肢の一つとして、臨床現場で多用されるようになった。我々は、歯冠外形態としての磁性アタッチメントの応用を目指して、長年に亘る試行錯誤を繰り返し、歯冠外部の強度や支台歯の連結を考慮すれば良好な結果を確認してきた。しかし、その技工操作が若干煩雑となることから、これを可及的に簡便にしたいという当初の思いで、専用のプラスチックパターンを開発した。今回、この専用のプラスチックパターンやそれに関係する幾つかの付属品を紹介し、これらを用いた義歯の製作方法や今後の課題について述べたものである。

### Abstract

Magnetic attachments have become a popular prosthetic means. And more than 1,200,000 pieces of them have been clinically used in Japan. The magnetic attachment is mainly applied to a non-vital abutment as a stud attachment. We have recently developed a new specific accessory to extend its clinical indication as an extracoronal attachment to a vital tooth.

To fabricate an extracoronal magnetic attachment, a specific table has to be designed to hold a keeper at the defected side of an abutment. On the other hand, a magnetic assembly is set in the denture base to meet the keeper. A metal housing is generally necessary for this portion to make sure mechanical strength. From our clinical experiences, making this kind of wax pattern is frankly rather complicated and time-consuming.

Then, a set of ready-made plastic patterns which simplify laboratory works to make the wax pattern for the male and female part of the extracoronal attachment, was developed. One is L-shaped pattern with keeper tray.

This new specially designed accessory is confirmed to be very useful to make any type of removable partial dentures with magnetic attachments. Of course we can make a magnetic denture by using a stud-type together with an extracoronal-type according to the clinical condition of each abutment.

### キーワード

磁性アタッチメント  
歯冠外磁性アタッチメント  
キーパートレー  
プラスチックパターン

### (Key words)

(Magnetic attachment)  
(Extracoronal magnetic attachment)  
(Keeper try)  
(Plastic pattern)

## 1. はじめに

磁性アタッチメントは義歯の支台装置として広く臨床に用いられているが、その物理学特徴から、着脱方向の自由度が大きいため、部分床義歯にクラスプ等の他の維持装置と併用されることもその利点とされている。しかし、この場合、義歯は磁性アタッチメントが使用されているにも拘らず、磁性アタッチメントの特性を十分に生かすことが難しくなり、特に着脱に関してはクラスプ本来の種々の規制が優位となり、患者の満足も得られにくくことも事実である。

我々は、磁性アタッチメントの開発当初から、アタッチメントの価値を最大限に高めるには、磁性アタッチメントのみを利用した義歯が望ましいと考え、多様な支台歯への適応範囲の拡大を目的として、有髓歯への利用も検討してきた<sup>(1-4)</sup>。現在市販されている磁性アタッチメントが、将来さらに小型化され、有髓歯の歯冠内に収まるサイズと成れば、臨床範囲もさらに拡大し、磁性アタッチメントの吸引力だけを利用した義歯が存分に活用できることは言うまでもない。しかし、開発初期の物に比べはるかに小型化された現時点でも、有髓歯の歯冠内に磁性アタッチメントを収めることは不可能である。

このような事情から、我々は歯冠外形態としての磁性アタッチメントの応用を目指して、長年に亘る試行錯誤を繰り返してきた<sup>(5)</sup>。歯冠外アタッチメントに関しては、旧くから不潔域の拡大やカンチレバー作用等の臨床的に不利な問題点も指摘されているが、歯冠外部の強度や支台歯の連結固定を考慮すれば、良好な結果を確認している<sup>(6-10)</sup>。しかし、技工操作が若干煩雑になるころから、その簡略化と機械的強度を保障する形状の規格化を図り、片側処理の義歯にも対応可能な専用の既製のプラスチックパターン（EC キーパートレー® ジーシー社）を4年前に開発した<sup>(11-13)</sup>。今回のシンポジウムでは、この歯冠外専用のプラスチックパターンやそれに関する幾つかの附属品を紹介し、これらを用いた義歯の製作方法や歯冠外に適応した他の症例を供覧した。

## 2. 既製プラスチックパターンと専用付属品の概要

歯冠外磁性アタッチメント用の既製プラスチックパターン（EC キーパートレー®）は、いわゆるアタッチメントのメール部に相当するが、ギガウス C 600®（ジーシー）を対象としてデザインした鋳造用プラスチックパターンで、パターンの材質は鋳造操作に影響の少ないフィラーレを含まないポリメタクリル酸メチルが主原料である（図1）。その概形は、L字型であるが、底部にキーパートレー状のセメントスペースを設けたギガウス C 600®専用キーパー収納部を有し、それに直交する一对のガイドグループ（直径1.0mm）を備えた連結部から構成されており、キーパー収納部の外側面と立ち上がりの側面には4°のテーオーが付与されている。これらの機構は、義歯の着脱方向の決定に伴うアタッチメントの位置決めや、義歯の側方力や回転動搖への抵抗を目的とするものである。トレー部と固定部との移行部の形態は、完成した支台装置の強度や自浄性に最も影響するため、極めて重要な部分であるが、この部分に関しては、3次元有限要素法による応力分析<sup>(11-12)</sup>と基礎的な荷重試験<sup>(13)</sup>を繰り返し、12%金銀パラジウムを使用した場合、キーパー部単体でおよそ500Nまでの荷重に対応できる設計となっている。本システムでは、義歯側の磁石構造体の収まるメタルハウジング部（フィメール部）にガイドグループと嵌合する形態を付与し、ブレーシングアームさらにはインターロックの付与を推奨している<sup>(14)</sup>。これらは完成したメール部上で、それぞれレジンパターンで成形した物を鋳造して製作することになるが、その結果として、メール、フィメールの両者が一体化した状態で、歯冠外勘合部の金属の厚みは4mm以上となり、およそ1,000Nの荷重に対応できる構造となる<sup>(13)</sup>。しかし、技工操作時における移行部や底面の切削による被薄化は、歯冠外部のメタルフレームの強度不足を招来するため避けなければならない<sup>(11-13)</sup>。このアタッチメントの臨床的要件については、対合歯との臨床的スペースとして、最低4mm以上から適用が可能となるが、スペースに余裕がない場合には、義歯側の咬合面部は金属とすることで多くの場合対応可能である。

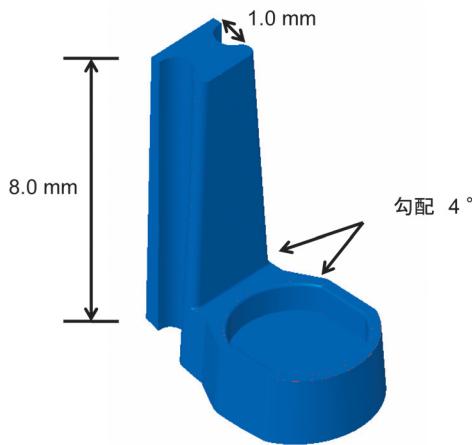


図1. EC キーパートレー模式図

今後、現行のECキーパートレーの材質と形態に若干の変更が予定されている。材質に関しては、鋳造体の面精度を向上させるためにポリエチレンへ変更し、形態についても、プラスチックパターンの2本ガイドグループの間隔を1.2mmから1.6mmに広げ、グループの深さを若干浅めにすることで、本体の強化と勘合部における鋳造体同士の擦り合わせ研磨による適合調整の簡略化を図ることを目的としている(図2)。

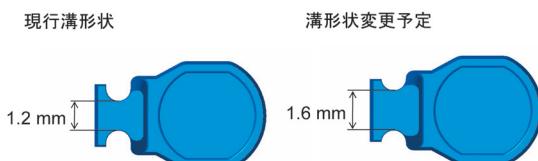


図2. ガイドグループ間隔の変更点

専用附属品として準備したECハウジングダミーは、キーパーと磁石構造体の正確な位置関係をメタルフレームに置換するための一体型のプラスチック製のダミーであり、ECキーパートレーとハウジングパターンの、両方の内面形態に精密に適合する外形を有している。主成分は、使い勝手を考慮して、若干弾性のあるポリプロピレン樹脂を採用した。もちろん、これは再利用が可能である。

ハウジングパターンC600は既に市販されているものと同一品で、歯科用金属にて鋳造することにより、磁石構造体に適合する強固な金属製の収納部を作成することができる(図3, 4)。



図3. EC キーパートレーセット

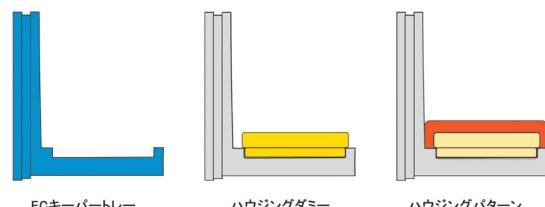


図4. EC キーパートレーセットの模式図

### 3. 臨床症例における技工手順

既製のECキーパートレーを用いて歯冠外磁性アタッチメントを適用した臨床例の技工手順について供覧したい。

#### 症例1

下顎両側性遊離端欠損症例において歯冠外磁性アタッチメントを適用した症例である。

既に、暫間補綴物が装着された口腔内の状態と精密印象後のトリミングの終了した作業用模型を示す(図5, 6)。全ての支台歯はメタルボンドクラウンにて修復することになるが、支台歯や欠損部のクリアランスも十分あるため、左右の残存歯の犬歯、第一・第二小臼歯をそれぞれ連結固定し、その遠心部にそれぞれ磁性アタッチメントを適用することになった。通法に従い各支台歯のワックスアップを行い、パラレロメー



図5. プロビジョナルレストレーション

ターによりECキーパートレーを別売のユニバーサルパラレルホルダー（ブレーデント社製、日本歯科商社）（図7）に取り付け、着脱方向や設置位置の確認をしながらワックスパターンに固定する（図8～10）。



図6. 精密印象後の作業用模型



図7. ユニバーサルパラレルホルダー  
(日本歯科商社)



図8. 支台装置のワックスアップと人工歯排列

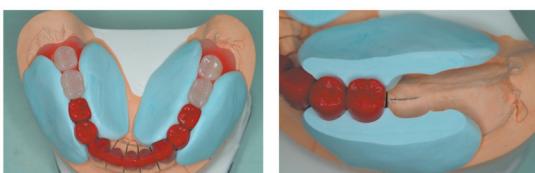


図9. ECキーパートレーの設置位置の確認



図10. ユニバーサルパラレルホルダーを用いて所定の位置に設定

歯冠外底面部と粘膜表面との間は不潔域になり易いが、術者の考え方に基づいて歯冠外部の底面を任意の形態に調整することができる。筆者らは通常、同部にスペースが多い場合には適宜ワックスを添加し、最終仕上げの段階で、デンタルフロスや歯間ブラシ等で清掃し易い船底形態とすることが多い（図11, 12）。また、義歯の側方力や回転動搖を抑制し、アタッチメント部に掛る咬合力や側方力などを分散する目的で、ECキーパートレーと隣接する舌側面部に、 $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$  のテーパーを付与したガイディングサーフェイスとインターロック部のワックスミリングを行う（図13～15）。埋没、鋳造操作に関しては、ECキーパートレーへのワックスパターン清掃剤の塗布は面荒れを誘発する事があるた



図11. 左右ECキーパートレーの底面と粘膜面の状態左側の隙間が大きいがトレー底面の隅角部の切削は禁忌

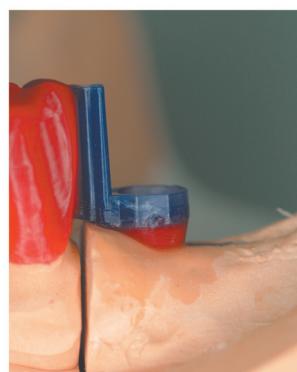


図12. ECキーパートレー底面にワックスを盛り足した状態

め使用を避け、キーパーハウジング部の内面に気泡を埋入させない様に留意する。EC キーパートレーはレジン系のパターン材料であるため、急速加熱方式の铸造は避け、250°Cで1時間係留後、炉内温度を上昇させるなどの注意が必要である。

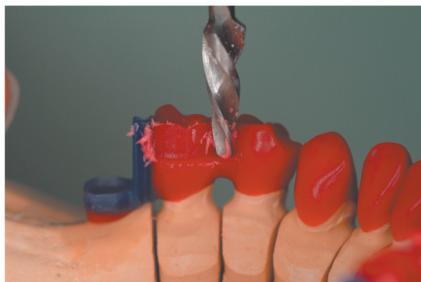


図13. ブレーシングアーム部のワックストリミング  
(症例に応じて4° ~6° のワックスカッターを用いる)

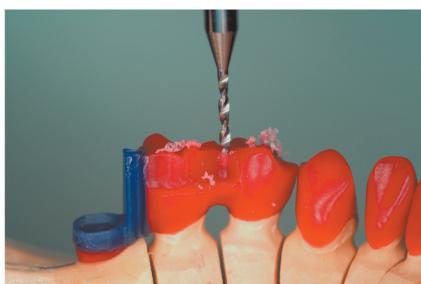


図14. インターロック部の形成  
(φ1.0mmのワックスドリル)



図15. ワックスパターンの完成

铸造後、前装部のポーセレンを焼成したメタルフレームは、口腔内に試適した後トランスファー印象を行い、新たな作業用模型を製作する。(図16)。トランスファーされたメタルフレームの平行性の確認や切削調整は、ミリングマシンを用いて行い、アタッチメントのガイドグループとインターロック部に直径1.0mmのミリング

バーを用いて仕上げ研磨を行う(図17~19)。



図16. トランスファー印象後のフレームワーク用作業用模型



図17. インターロック部の研磨  
(φ1.0mmのミリングバー)



図18. 仕上げ研磨  
(アーカンサスストーン)



図19. 研磨完了

メタルフレームのキーパーハウジング部に専用のECハウジングダミー設置した後(図20)、それにハウジングパターンを被せることで磁性アタッチメントの位置決めが容易となる(図21)。パターンレジンを用いて、ハウジングパターンを基にブレーシングアーム部や床連結子のワックスアップを行う。ブレーシングアームやガイドグループは、軟質ワックスを一層コーティングした後、パターンレンジを築盛することで、適合の向上を図る(図22、23)。本症例では、リングルバーを適用し左右の義歯を連結した(図24)。鋳造したメタルハウジングを含む可撤部は、グラファイトペースト等の研磨剤を用いて固定部の支台装置との擦り合わせを行い、可撤部の着脱が抵抗なくスムーズになるまで調整する(図25)。



図20. ECハウジングダミーの設置

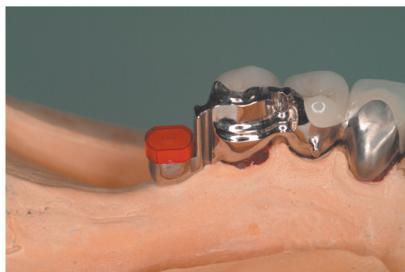


図21. ハウジングパターンの設置



図22. ブレーシングアーム部のワックスアップ



図23. ハウジングパターンとブレーシングアームの一体化

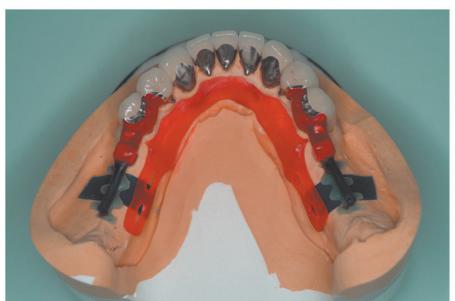


図24. フレームワークの完成(パターンレジン)

通常、可撤部や大連結子などのフレームワークを組み込んだ蠶義歯を口腔内に試適し、適合に支障がなければ完成することになるが、本症例では、義歯の機能時における床と粘膜との適合を更に図るために、欠損部のみを機能印象による模型に置き換えるオルタードキャスト法にて、流し込みレジンにより義歯の製作を行った(図26~28)。

歯冠外磁性アタッチメント義歯製作の最終工程のとなる、キーパーや磁石構造体の合着は、技工作業の流れの中で最も注意を必要とする操作である。なぜなら、両者のどちらか一方にずれが生じても所定の吸引力が大幅に低下する可能性があるからである<sup>(14)</sup>。

キーパーの合着はキーパーハウジングの内径がキーパーより若干大きく設計されているため、カバーガラスを磁石構造体とキーパーの間に介在させる事で、キーパー吸着面とキーパーハウジング辺縁の高さを完全に一致させる事ができる(図29、30)。合着を確実にするための前準備として、合着面のサンドブラスト処理とメタルプライマー等の金属接着材料を一層塗布し、合着剤にはデュアルカルキュータイプの流动性に優



図25. 擦り合わせと研磨

図26. コレクターワックスによる機能印象採得・  
オルタードキャスト法

図27. 改床後の模型と蝶義歯



図28. 義歯の完成

れた、歯科接着用レジンセメントを使用する。磁石構造体の合着は、キーパーの合着と同様に、合着面のサンドブラスト処理と金属接着材料の塗布を行った後、義歯側のメタルハウジング内に前述の歯科接着用レジンセメントを注入する。磁石構造体をメタルハウジングの最深部まで押し込み、磁石構造体の吸着面側に流出した余剰なセメントを、別途用意した米粒状の綿球を用いて素早く拭き取り、流動性の残る状態で支台

図29. KBキーパーの合着  
カバーガラスを磁石構造体との間に介在させて行う

装置の所定の位置に装着する（図31）。これらの一連の操作には、磁力に影響を受けないチタン製や竹製のピンセット等を使用することで利

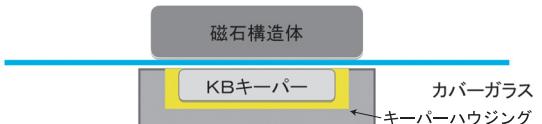
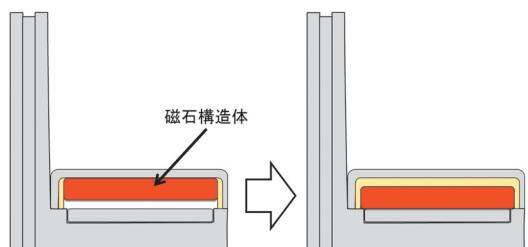


図30. カバーガラスを用いることでキーペーハウジングの側壁の高さと同一の高さにキーパーを合着出来る

図31. 磁石構造体の合着  
メタルハウジング内に挿入した磁石構造体が、  
磁力によりキーパーに吸引され、所定の位置に  
収まる。

便性が向上する。

既に合着されたキーパーとの間に磁気的吸引力が発現し、メタルハウジング内で磁石構造体がキーパーと密着するまで自動的に移動する事になる。その結果、レジンセメントの硬化後に、



図32. 磁石構造体が合着された完成義歯



図33. 歯冠外磁性アタッチメント義歯

図34. 完成義歯装着  
審美的にも満足が得られた

図35. 支台装置



図36. 完成義歯咬合面観

必然的に磁石構造体とメタルハウジングの間にレジンセメントの引けが生じるが、義歯を外した後に引けた箇所は、新たなレジンセメントを追加補填して、歯冠外磁性アタッチメント義歯の完成となる<sup>(16)</sup> (図32, 33)。

完成義歯は口腔内で優れた審美性と磁性アタッチメント義歯特有のスムースな着脱を保持し、長期間の使用においても他のアタッチメントで経験する維持力の低下もない (図34~36)。

## 症例 2

症例は、下顎右側第一、第二大臼歯欠損の遊離端症例に、本システムを適用して片側遊離端処理の設計に対応した症例である。本症例では、支台歯の犬歯、第一・第二小臼歯を連結メタルボンドクラウンとし、その遠心部に歯冠外磁性アタッチメントを適用したが、機能的にも、審美的にも満足すべき結果を得た (図37~39)。

歯冠外アタッチメントの欠点の一つに、当該

部の自浄性が低下することが挙げられるが、歯間ブラシやデンタルフロスを活用する徹底した患者指導や定期的なメインテナンスにより、充分な対処ができると考える。



図37. 片側遊離端義歯と支台装置



図38. 口腔内に装着された支台装置



図39. 痛齒を装着した口腔内

#### 4. おわりに

磁性アタッチメントの研究や臨床活用が進む中、臨床的な利用価値を高め適用範囲を広げる目的として開発した歯冠外磁性アタッチメントの活用は、患者と術者双方にとって有意義な結果をもたらすものと考えている。臨床技法に関しては、本システムを利用することで、比較的煩雑であった技工操作を簡略化し、義歯に必要な基本形態を備えた臨床的価値の高い補綴物の

製作が極めて容易となるが、一般的に、インプラントやアタッチメントを使用する難度の高い症例については、術前の審査、診断、設計などをラボサイドと連携して行うことが望ましく、今回紹介した歯冠外磁性アタッチメントに関しても、同様な対応が求められる。

本稿は、平成21年11月15日に、岩手医科大学で開催された日本磁気歯科学会第19回学術大会において、「QOLを高める補綴装置・磁性アタッチメント」をテーマとしたシンポジウムの中で、「歯冠外アタッチメントとしての有髓歯への適用」と題して講演した内容をまとめたものである。

#### 謝辞

本シンポジウムの発表に関して、貢献して戴きました本学有床義歯学講座の安藤彰浩先生、浅見和哉先生、秦正樹先生に紙面をお借りし感謝致します。

#### 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：統・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. 日磁歯誌, 15 (1) : 1–13, 2006.
- 6) 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. 愛院大歯誌, 53 : 21–28, 2008.
- 7) 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.
- 8) 安藤彰浩, 中村好徳, 神原亮, 大野芳弘, 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. *日磁歯誌*, 18 (1) : 32–41, 2009.
- 9) Ando A., Nakamura Y., Kanbara R., Kumano H., Miyata T., Ohno Y., TakadaY., Tanaka Y.: The Effect of Abutment Tooth Connection with Extracoronal Attachment using the Three Dimensional Finite Element Method - Part 2. The Construction of Finite Element Model from CT Data -. *J J Mag Dent*, 18 (2) : 50–61, 2009.
- 10) Nakamura Y., Shoji K., Ando A., TanakaT., Okada M., Imaoka S., Ohn o Y., Takada Y., Tanaka Y.: The Full MouthReconstruction using Magnetic Attachments. *J J Mag Dent*, 18 (2) : 1 – 7, 2009.
- 11) 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. *日磁歯誌*, 16 (1) : 18–22, 2007.
- 12) Kumano H., Nakamura Y., Ishida T., etc: Stress Analysis of Extracoronal MagneticAttachment using Finite Element Method. *J J Mag Dent*, 16 (2) : 44–48, 2007.
- 13) Nakashima H., Kumano H., Nakamura Y., Masuda T., Ando A., Miyata T., Hasegawa A., Tanaka Y.: Development of the extracoronal attachment "GIGAUSS C 600 EC keeper tray". *J J Mag Dent*, 16 (2) : 39–43, 2007.
- 14) Kanbara R., Ando A., Nakamura Y., Masuda T., Miyata T., Ohno Y., TakadaY., Tanaka Y.: The effect of Bracing Arm with Extracoronal Attachment useevaluated by Three Dimensional Finite Element Method. *J J Mag Dent*, 18 (2) : 62–72, 2009.
- 15) 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.
- 16) 岡田道夫:臨床でいきる研磨のすべて. *歯科技工別冊* : 136–145, 2002.



原著論文 Original paper  
Journal home page : [wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html](http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html)

## 磁石固定式上部構造におけるインプラント支持歯槽骨の光弾性応力解析

友竹偉則, 石田雄一, 後藤崇晴, 永尾 寛, 市川哲雄

徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部口腔顎顔面補綴学分野

Photoelastic Analysis of Load Transfer to Implant-supporting

Bone by Magnet-Retained Superstructure

Tomotake Y, Ishida Y, Goto T, Nagao K, and Ichikawa T

Department of Oral & Maxillofacial Prosthodontics and Oral Implantology,

The University of Tokushima, Institute of Health Biosciences

### **Abstract**

The purpose of this study was to photoelastically compare the load transfer characteristics of new telescopic magnetic abutments for an implant-supported fixed partial denture with screw- and cement-retained abutments.

A photoelastic model was fabricated of a left mandible edentulous distal to the first premolar. Two implants were placed at the sites of the second premolar and the second molar. Superstructures were fabricated to the same occlusal scheme using the following abutment types: 2.5° tapered magnetic, 6° tapered magnetic, cement-retained, and screw-retained. Vertical loads were applied to the prostheses at fixed cusp and fossa locations. The stresses which developed in the supporting structure were observed and recorded photographically in the field of a circular polariscope.

For all abutment connections, locations of loading had a large influence on the stress transfer characteristics. Though somewhat higher stresses were observed with both magnetic abutments, differences among the abutment connections tested were slight small on the whole of load transfer. Consequently, the new telescopic magnetic attachment may be a viable alternative for implant-supported fixed partial dentures.

### **キーワード**

光弾性法

磁性アタッチメント

磁性合金アバットメント

磁石固定式上部構造

### **(Key words)**

(Photoelasticity)

(Magnetic Attachment)

(Magnetic Alloy Abutment)

(Magnet-Retained Superstructure)

## I. 緒 言

インプラント治療の成功は、オッセオインテグレーションの獲得に基づく欠損歯列の機能や形態の回復であり、最終的にはその長期的な維持によって評価される。そして、その経過に影響を与える因子として負担過重と感染が挙げられる<sup>(1,2)</sup>。

インプラント治療が必要になった患者の多くは、齲歎あるいは歯周病による感染症を原因に歯を失っており、細菌性プラークの付着と継発する周囲炎に対してハイリスクの患者群であると考えられる。これまでにも、歯周病の罹患率の高い患者においては長期の経過では成功率が低下することが報告<sup>(3-7)</sup>されており、インプラント補綴の維持のためには恒常的に口腔衛生状態を維持することが重要となる。

インプラントと上部構造を固定する方法として一般的に用いられているスクリュー固定式とセメント固定式はそれぞれ長所、短所が指摘されてきた<sup>(8,9)</sup>。一方で、近年著しい進歩が認められる磁性アタッチメントを、患者可撤式として固定性上部構造の固定方法に用いることはセルフメインテナンス性を向上させるために有効であると考えられる。

本研究では、遊離端欠損を想定した欠損形態において、把持力を与えた新しい形態の磁性アタッチメントによる固定方法と従来からの固定方法の応力分布を、疑似三次元光弾性実験を用いて比較し、磁石固定式上部構造の有用性を評価した。

## II. 材料および方法

### 1. 磁性アタッチメント

今回使用した2種類の愛知製鋼試作の磁性アタッチメントを図1に示す。本磁性アタッチメントは、インプラント体に連結する内冠に相当する磁性合金アバットメントと外冠に相当する磁石構造体からなる。現在臨床使用されている磁性アタッチメントと同様に、磁石構造体に内蔵されている磁石は42MGOe級のNdFeB焼結磁石であり、磁性合金アバットメントは磁性ステンレス鋼AUM20(19Cr-2Mo-0.2Ti)製の内冠とインプラントに連結固定するスクリュー部からなっている。アバットメント部の軸面角

度を2.5°のもの(Mag2.5)と6°のもの(Mag6)を用意し、それぞれに対応した磁石構造体を用意した。本アタッチメントは、軸面部による把持力と維持力は磁石によるもので約6Nであり、コーンスルは発揮されないものである。

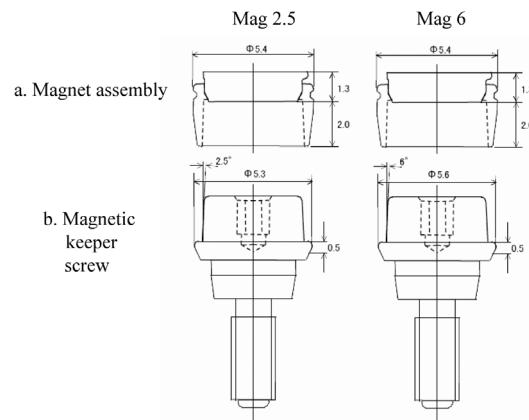


図1. 今回使用した2種類の磁性アタッチメントの模式図  
左：アバットメント部の軸面角度2.5°(Mag2.5)  
右：アバットメント部の軸面角度6°(Mag6)

### 2. 光弾性モデルの作製

疑似三次元光弾性解析を行うため、第二小臼歯から遠心側の遊離端欠損を想定した実寸大の下顎骨左側の光弾性モデルを作製した。下顎骨、歯、歯根膜を模して、それぞれ異なる光弾性材料を使用した(表1)。

光弾性モデルの第二小臼歯と第二大臼歯に相当する部位にスクリュータイプインプラント(直径3.75mm, 長さ10mm, 3i, Palm Beach Gardens, FL)を設置し、混和した光弾性レジンをインプラント周囲に流し込み重合させることによって、完全にオッセオインテグレーションした状態を再現した。2本のインプラントの位置関係は、角度的な影響を抑制するため、頬舌方向には平行とした。一方で近遠心方向では、実際の適応に沿って、第二小臼歯部には咬合平面に垂直に植立させ、第二大臼歯部は歯槽骨の形態に合わせて小臼歯に対して近心側に10°傾斜させた配置とした(図2)。

### 3. 上部構造の作製

上部構造の作製のために、通法に従い、光弾

表1. 光弾性モデル材料の材料特性

対象組織	材料	弾性係数 (MPa)	ポアソン比
下顎骨	PL-2*	207	0.42
第一小白歯	PLM-1*	2,931	0.36
歯根膜	Solithane**	7	0.45

\* Measurements Group, Inc., Raleigh, NC.

\*\* Uniroyal Chemical Co., Inc., Middlebury, CT.

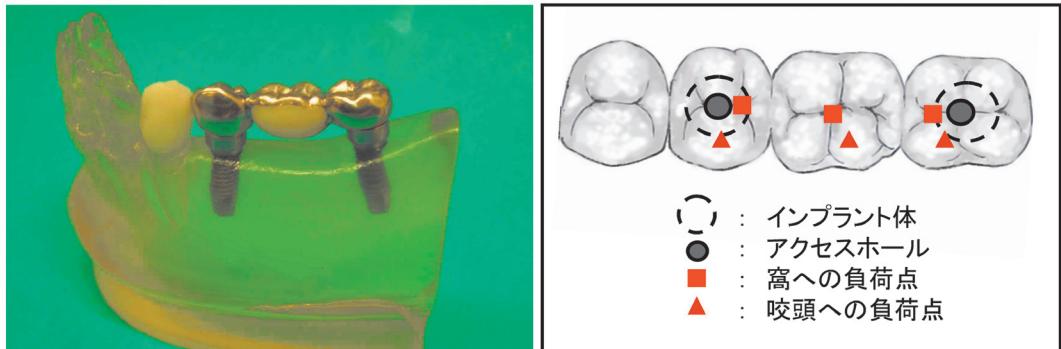


図2. 光弾性モデル（左）と咬合面の荷重点（右）

性モデルのインプラントを印象採得して、作業用模型を作製した。作業用模型のインプラントレプリカに磁性合金アバットメント (Mag2.5) を装着した。アバットメント上にパターンレンジンで連結フレームを作製してから、2本のインプラントを連結する3ユニットブリッジのワックスパターンを作製した。同一形態の歯冠を作製するため、シリコーンパテで歯冠形態のコアを採得した。

順次、作業用模型のインプラントレプリカに磁性合金アバットメント (Mag6)、スクリュー固定式アバットメント (Conical Abutment, 3i, Palm Beach Gardens, FL、以下 Sc) およびセメント固定式のアバットメント (GingHue Post, 3i, Palm Beach Gardens, FL、以下 Ce) を装着して、歯冠形態のコアを用いて、それぞれの上部構造のワックスパターンを作製した。スクリュー固定式アバットメントの上部構造用シリンドラーはワックスパターンに取り込み、磁性合金アバットメントおよびセメント固定式アバットメントは歯冠パターンのみを、通常法に従って、埋没、金銀パラジウム合金 (Castwell® M.C.12% GOLD, GC, 東京) で鋳造後、形態修正ならびに研磨して仕上げた（図3）。

図3. 各アバットメントに対応する上部構造の形態  
左：咬合面 右：接合面。  
上から Mag2.5, Mag6, Sc, Ce.

磁石構造体と作製した上部構造は、作業用模型に磁性合金アバットメントを装着した上でレジン系接着剤（パナビア®、クラレメディカル、東京）を用いて固定した。

セメント固定式上部構造は仮着セメント（ハイボンド® ハード、松風、東京）を用いて測定時にモデルに装着した。

#### 4. 光弾性解析

モデル表面での光の屈折を最小限にするためにミネラルオイルで満たした容器内にモデルを

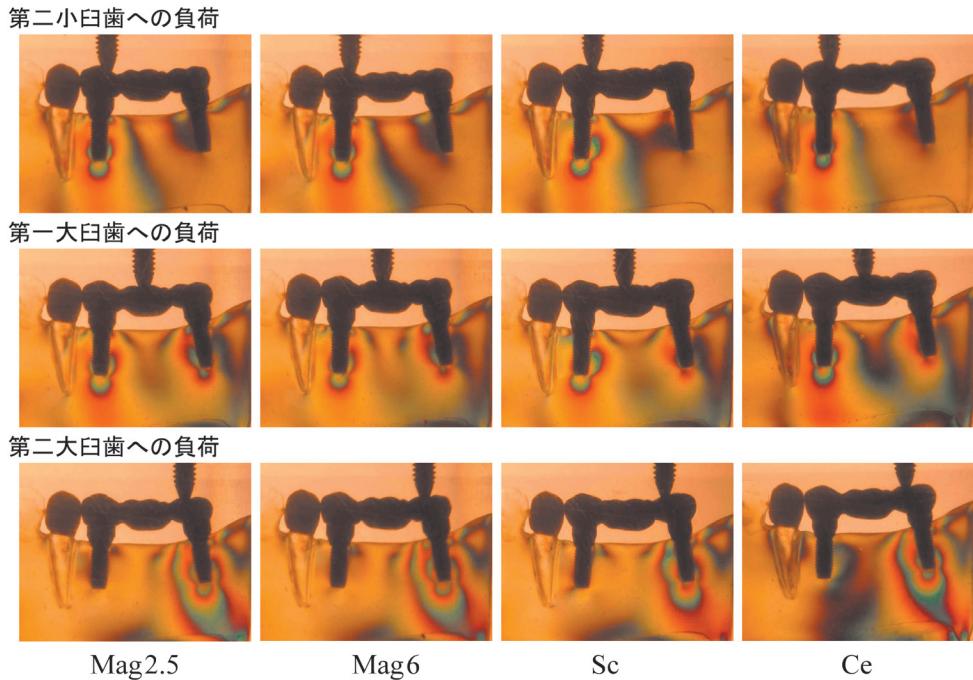


図4. 各歯冠の中心窩への加重時の応力分布  
上段：第二小臼歯への負荷，中段：第一大臼歯への負荷，  
下段：第二大臼歯への負荷

固定した。円偏光器を用いて観察し、モデル内に残留応力が発生していないことを確認した。また、各上部構造を装着した後にも、モデルに応力が発生していないことを確認した。

荷重を加える位置は、各歯冠の中心窩と頬側咬頭の6点とし、垂直の荷重を加えることとした（図2右）。後方歯ほど作用する咬合力が高いことを反映させて、荷重量は小臼歯部で89N、大臼歯部で134Nと設定した<sup>(11)</sup>。

各荷重条件下で、モデルに発生した応力分布を写真撮影して記録し、画像をコンピュータに取り込んで、分析、比較した。

### III. 結 果

#### 1. 中心窩への垂直方向の荷重

いずれの上部構造の装着時においても、負荷下のインプラント周囲に応力が大きく発生し、他方への伝播は少なかった（図4）。第二小臼歯への負荷では、直下の前方のインプラント周囲への応力伝達に、アバットメント間での差は認められなかった。

第一大臼歯部への負荷では、両方のインプラ

ントへ応力が伝達されていた。その応力の分布では、後方のインプラントの近心側の頸部ならびに先端部で、ScやCeに比べMag2.5、Mag6で大きくなっていることが観察された。しかし、前方のインプラント周囲の応力分布に比べると、いずれも小さいものであった。

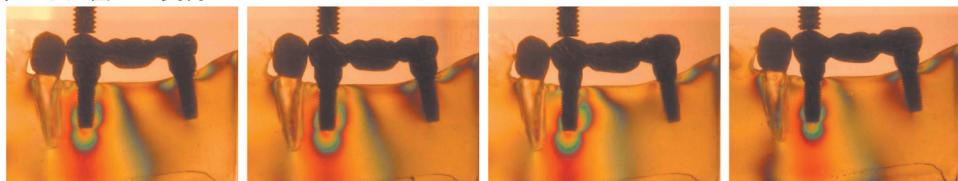
第二大臼歯部への負荷では、直下の後方のインプラント周囲での応力分布が大きく、前方への伝達はほとんどみられなかった。また、アバットメント間の差もなかった。

#### 2. 頬側咬頭への垂直方向の荷重

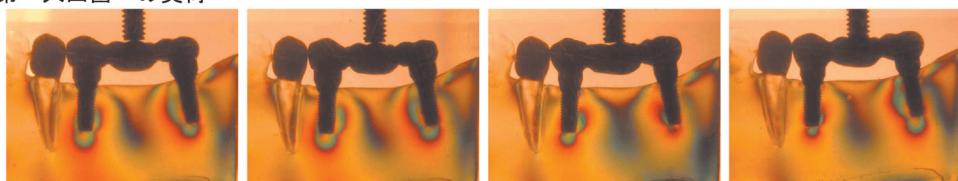
中心窩への負荷時と同様で、どの上部構造の装着時においても、直下のインプラント周囲に応力が大きく発生し、後方への伝播は少なかった（図5）。アバットメント間での差はなかったが、中心窓への負荷時に発生した応力に比べて大きくなっていることが観察された。

第一大臼歯部への負荷では、両方のインプラントへ応力が伝達されていた。ScやCeに比べてMag2.5、Mag6では、前方のインプラントの周囲の応力が大きくなっていた。また、Sc

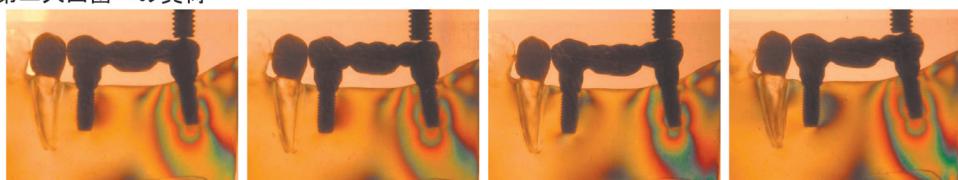
## 第二小臼歯への負荷



## 第一大臼歯への負荷



## 第二大臼歯への負荷



Mag2.5

Mag6

Sc

Ce

図5. 各歯冠の頬側咬頭への加重時の応力分布  
上段：第二小臼歯への負荷，中段：第一大臼歯への負荷，  
下段：第二大臼歯への負荷，左列から Mag2.5, Mag6, Sc, Ce

と Ce を比べると Ce が小さかった。後方のインプラント周囲の応力分布では Mag2.5、Mag 6、Ce は同等であったのに対して Sc で小さかった。しかしながら、観察される差はインプラント直上に負荷した場合に発生する応力に比べると格段に小さいものであった。

第二大臼歯部への負荷では、直下の後方のインプラント周囲での応力分布が大きく、前方への伝達はほとんどみられなかった。また、アバットメント間での差はなかったが、中心窩への負荷時に発生した応力に比べて大きくなっているのが観察された。

## IV. 考 察

本研究では、新しく試作した磁性アタッチメントによる固定方法と従来から用いられているスクリュー固定式やセメント固定式でのインプラント周囲への荷重伝達特性を比較して、患者が着脱可能な固定性上部構造 (Fixed Partial Denture) の有効性を検討した。

## 1. 疑似三次元光弾性実験法とモデルの設定について

今回の研究で採用した疑似三次元光弾性実験法は、Caputo と Standlee によって考案され、これまでに歯科臨床を対象とした応力解析において、多くの報告<sup>(10-17)</sup> がされてきた。対象とする歯槽骨や歯、歯根膜に類似した模型をそれぞれの構成要素に近似した弾性比率を持つ光弾性材料を用いて作製することで、生体に近い形態で三次元的な内部応力の観察が可能となる。そして、荷重条件を変えて、繰り返し負荷をかけることができる利点があり、同一の光弾性模型上に様々な固定方法の上部構造を装着させて応力分布の比較検討を行うには、妥当な方法であると考える。

今回の実験では、インプラント補綴の適用頻度の高い下顎遊離端欠損症例を想定した実寸大の光弾性モデルを作製した。臼歯部のインプラント補綴では、審美観よりも機能回復に重点が置かれ、その長期性の維持からは清掃が不良になりやすいことが問題になる。2本のインプラントの位置関係は、角度的な影響をできるだけ

除外するために頬舌方向には平行とした。一方で、近遠心方向では、大臼歯は歯槽骨の形態に合わせて近心傾斜させた。また、実際の治療においても埋入用器具の操作性から近心方向に傾斜させる場合がほとんどであることからも今回の埋入設計とした。

## 2. 磁性アタッチメントを用いた上部構造について

一般的なインプラントー上部構造の固定方法はスクリュー固定式とセメント固定式であり、その用途に応じたアバットメントが選択されているが、現在では歯冠部の審美性や強度の観点からセメント固定式が頻用されてきている。しかしながら、歯肉縁下へのセメントの残留や、一度合着してしまうと撤去が難しいために清掃が不十分となる傾向にあり、経年に周囲粘膜炎から周囲炎に進行してインプラントの予後に影響を与えることが考えられる<sup>(2,9)</sup>。

インプラント治療が必要になった患者の多くは、歯周病が原因で歯を喪失しており、歯周病の罹患率も高い患者群であることが想像できる。長期予後においても、特に歯周病罹患者においては5年経過で89%のインプラントの生存率が7年経過では75%に低下するという報告<sup>(3)</sup>があり、さらには歯周病によって歯を喪失した患者の方が他の原因によって喪失した患者に比べて有意に感染がおきやすいと報告<sup>(4)</sup>されている。従って、インプラントの維持のためには、天然歯と同様にプラークコントロールが重要である。

一方、スクリュー固定式上部構造は術者可撤性であり、その着脱性からメインテナンスを重視する場合に有効である。定期観察ごとに上部構造を取り外して、周囲組織の清掃と上部構造の洗浄を行うことは、継続的な口腔衛生の重要性を患者に認識させるためにも効果的な方法である。

本研究で提案した磁性アタッチメントによる上部構造は、さらに清掃性を向上させ、セルフメインテナンスのできる患者可撤式で、構造は固定式上部構造と同等である。

インプラントーオーバーデンチャーには、機械的な嵌合力を有するスタッドタイプ、バークリップタイプの他に、磁性アタッチメントも利用されるようになってきている。磁性アタッチメントは、他の機械的な維持をするアタッチメ

ントに比べ、その維持力は弱いとされるが<sup>(18,19)</sup>、経時的な減衰が少ないと考えられる<sup>(20-23)</sup>。

今回使用した磁性アタッチメントは、内冠に相当する磁性合金製のアバットメントと上部構造に取り込まれて磁石による維持を発揮する外冠から成っている。インプラントに締結固定される内冠は、インプラントに対応するアバットメントスクリューと支台部分を有している。外冠はその長径3mm程の支台部分を被覆する冠状の形態で、接合位置の再現性に優れる形態であるが、外冠と内冠で軸面の接触は付与されておらず、磁力による維持のみが発揮される構造である。また、インプラント間の平行性の補正を考慮して、支台の軸面角度、テーパー角が2.5°と6°の内冠を用意した。

磁性合金と磁石構造体との間に隙間が生じると吸引力は極端に減じるため、技工操作や装着操作が難しく、また、高温に曝してしまうと磁力に著しい影響を及ぼす<sup>(21,24)</sup>。そのため、補綴装置への装着方法は限られてくる。今回の上部構造の作製は、作業用模型の各インプラントに装着した磁性合金アバットメントに対応する外冠（磁石構造体）を設置した上に作製した上部構造と外冠をレジン系の接着剤で固定することとした。また、内冠のテーパー角が2.5°では、前後のインプラント間での平行性から着脱に問題が生じたため、後方インプラントに締結する内冠の近心を削合して装着させることとした。このようなアバットメントの形態や技工操作上の問題については、今後も改善していく必要があると考えられる。

## 3. 各アバットメントにおける応力分布について

本モデルにおいては、荷重部位が応力の伝達に影響した。第二小臼歯ならびに第二大臼歯への荷重に対しては、直下のインプラント周囲に応力伝達され、他方のインプラントへの伝達はほとんどなかったが、アバットメント間での差は少なものであった。

第一大臼歯部への負荷時においては、磁性合金アバットメントではセメント固定式、スクリュー固定式のアバットメントに比べて、後方のインプラントの近心側で応力発生に若干の相違が見られた。これは磁性アタッチメントの接合様式の特性であり、内冠の磁性合金と外冠の磁石構

造体との間でわずかな滑走が起こったためと考えられる。つまり、後方のインプラントに連結した内外冠の接合面の傾斜によって上部構造が前方に滑走し、外冠の遠心側軸面によってインプラントへの近心方向にかかる分力が増えたことで近心側に発生する応力が大きくなつたと考えられる。しかしながら、その差の大きさは負荷を直下で受けるインプラント周囲に発生した応力に比べると格段に小さいものであり、アバットメントの違いによる応力分布への影響は少ないといえる。

また、いずれのアバットメントにおいても、各歯冠における咬頭への負荷が、中心窩への負荷に比べて応力が大きくなる傾向を示した。つまり、インプラント長軸上から離れた位置での負荷は応力を増加させる傾向が認められた。しかしながら、その差は僅かであった。スクリュー固定式とセメント固定式のアバットメント間で応力分布に若干の相違がみられた。スクリュー固定式とセメント固定式の上部構造における応力分布を比較した光弾性解析の報告<sup>(12,25)</sup>では、セメント固定式での応力発生が小さい傾向を示しており、セメント層の介在によって上部構造の適合補正と応力の均等な分散が図れると推測されている。今回の結果も応力伝達の相違によるものと考えられる。磁性アタッチメントでは偏心方向の力に対して内冠と外冠の軸面間の隙に制限された範囲での滑走のため、他のアバットメントと同様に増加する結果となつた。これらの結果から、磁性アタッチメントによる固定性上部構造を応用する場合、咬合接触の付与にはインプラント長軸方向に咬合力が収束していくような調整が重要であると考えられる。

カンチレバー部を持たない臼歯部少数歯欠損症例において、新しく試作した磁性アタッチメントを用いた固定性上部構造は、従来型のセメント固定式、スクリュー固定式と比較して、応力解析の面からは同等であると考えられる。また、磁性アタッチメント間を比較した場合、テーパー角2.5°とテーパー角6°では応力分布に関して、ほとんど相違を認めなかつた。そのため、インプラント間の平行性から考えられる適応範囲や技工操作の面からはテーパー角6°の方が有用であると考えられた。

## V. 結 論

把持力を付与した磁性アタッチメントは、応力分布の面から、従来から用いられているスクリュー固定式やセメント固定式の上部構造との相違は僅かであり、少数歯欠損症例における患者可撤式固定性上部構造として有効であることが示唆された。

## 謝 辞

本研究は、UCLAにおいてDr. Angelo Caputoの指導の下で行われたことを付記し、深甚なる謝意を表します。

## 参考文献

- Van Steenberghe D., Lekholm U., Bolender C., et al.: The applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: A prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Imp*, 5 : 272 – 281, 1990.
- Quirynen M., De Sorte M., Van Steenberghe D.: Infectious risks for oral implants: A review of the literature. *Clin Oral Impl Res*, 13 : 1 – 19, 2002.
- Brocard D., Barthet P., Bausse E., et al.: A multicenter report on 1022 consecutively placed ITI implants. A 7-year longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Imp*, 15 : 691-700, 2000.
- Karoussis I.K., Salvi G.E., Heitz-Mayfield L. J., et al.: Long term implant prognosis in patient with and without a history of cohort study of the ITI dental implant system. *Clin Oral Impl Res*, 14 : 329 – 339, 2003.
- Roos-Jansaker A.M., Renvert S., Egelberg J.: Treatment of peri-implant infections: a literature review. *J Clin Periodontol*, 30 : 467-485, 2003.
- Schou S., Holmstrup P., Worthington H., et al.: Outcome of implant therapy in patients with previous tooth loss due to periodontitis. *Clin Oral Impl*

- Res, 17 : 104-123, 2006.
- 7) Norowski P.A., Bumgardner J.D.: Biomaterial and antibiotic strategies for peri-implantitis: a review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 88 (2) : 530-543, 2009.
- 8) Michalakis K., Hirayama H., Garefis P.D.: Cement-retained versus screw-retained implant restorations: A Critical Review. *Int J Oral Maxillofac Imp*, 18 : 719-728, 2003.
- 9) Weber H., Kim D., Ng M., et al.: Peri-implant soft-tissue health surrounding cement- and screw- retained implant restorations: a multi-center, 3-year prospective study. *Clin Oral Impl Res*, 17 : 375-379, 2006.
- 10) Caputo A.A., Standlee J.P.: *Biomechanics in clinical dentistry*, Chicago, Quintessence Publishing, 1987.
- 11) Caputo A.A., Standlee J.P., 伊藤秀美, 他: *歯科臨床とバイオメカニクス*. 東京, クイントセシス出版, 1995.
- 12) Guichet L.D., Caputo A.A., Choi H., Sorensen A.J.: Passivity of fit and marginal opening in screw- or cement-retained implant fixed partial denture designs. *Int J Oral Maxillofac Imp*, 15 (2) : 239-246, 2000.
- 13) Guichet D.L., Yoshinobu D., Caputo A.A.: Effect of splinting and interproximal contact tightness on load transfer by implant restorations. *J Prosthet Dent*, 87 (5) : 528-35, 2002.
- 14) Jeong C.M., Caputo A.A., Wylie R.S., et al.: Bicortically stabilized implant loadtransfer. *Int J Oral Maxillofac Imp*, 18 (1) : 59-65, 2003.
- 15) Ochiai K.T., Ozawa S., Caputo A.A., et al.: Photoelastic stress analysis of implant-tooth connected prostheses with segmented and nonsegmented abutments. *J Prosthet Dent*, 89 (5) : 495-502, 2003.
- 16) Itoh H., Caputo A.A., Kuroe T., et al.: Biomechanical comparison of straight and staggered implant placement configurations. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 24 : 47-55, 2004.
- 17) 中村浩子, 中村好徳, 田中貴信. : 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. 日本磁気歯科学会雑誌, 18 (1) : 42-51, 2009.
- 18) 後藤崇晴, 内藤禎人, 渡邊恵, ほか. : インプラントオーバーデンチャーのアタッチメントに関する文献考察. 日補綴会誌, 1 : 175-184, 2009.
- 19) 権田知也, 楊宗傑, 高橋利士, ほか. : インプラントオーバーデンチャー用維持装置の機能特性: 磁性アタッチメント, アンカーならびにスタッドタイプアタッチメントの比較. 日口腔インプラント誌, 22 : 15-20, 2009.
- 20) Sets J., Lee SH., Engel E.: Retention of prefabricated attachments for implant stabilized overdentures in the edentulous mandible: an in vitro study. *J Prosthet Dent*, 80 : 323-329, 1998.
- 21) Arai K., Honkura Y.: Development of magnetic attattement for dental implant. *Intermag*, 2003. 2003.
- 22) 前田芳信, Walmsley AD. : マグネットを用いたインプラントの臨床. 東京, クイントセシス出版, 2005.
- 23) 永尾寛, 石田雄一, 山本哲彦, ほか. : 磁性アタッチメントの吸着力の経時的変化. 日本磁気歯科学会雑誌, 16 (1) : 7-12, 2007.
- 24) 宮田利清, 中村好徳, 安藤彰浩, ほか. : 磁性アタッチメントの過熱による吸引力への影響. 日本磁気歯科学会雑誌, 18 (1) : 25-31, 2009.
- 25) Kim D.W., Jacobson Z., Nathanson D.: In vitro stress analyses of dental implants supporting screw-retained and cement-retained prostheses. *Implant Dentistry*, 8 : 141-151, 1999.

## 鋳造用磁性合金で作製されたキーパーの厚径に対する吸引力の影響

岩井孝充, 宮田利清, 中村好徳, 吉原健太郎, 熊野弘一,

大野芳弘, 大野友三, 今岡勢喜, 高田雄京<sup>1</sup>, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

<sup>1</sup>東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

Influence of the Thickness of Keepers Made of a Cast Magnetic

Alloy on the Attractive Force of a Magnetic Attachment

Takamitsu Iwai, Toshikiyo Miyata, Yoshinori Nakamura,

Kentaro Yoshihara, Hirokazu Kumano, Yoshihiro Ohno,

Yuzo Ohno, Seiki Imaoka, Yukyo Takada<sup>1</sup> and Yoshinobu Tanaka

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

<sup>1</sup>Division of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry

### Abstract

Magnetic attachments have multiple clinically useful features such as small size, a stable retentive force, and improved operability, and have become a widely available clinical system for clinically based studies. The conventional magnetic attachment consists of a magnetic assembly and a keeper. Using a conventional magnetic attachment often causes some difficulty in designing prostheses due to the limited space for the keeper. Attract P (Tokurikihonten Co.) is the only commercially available moldable magnetic alloy that attaches to a magnet. The use of Attract P for the fabrication of arbitrary keepers may allow the expansion of magnetic attachment applications. However, few studies dealing with the mechanical properties of Attract P are available. Basic data of Attract P is now required to use this alloy for the wide variety of prosthetic designs available. In the present study, we made sample keepers following the same horizontal shape as GIGAUSS C 600 and with a thickness varying from 0.2mm to 1.8mm with Attract P. The attractive force of these handmade keepers and magnetic assembly was measured and compared with that of a GIGAUSS C 600 prototype keeper.

### キーワード

磁性アタッチメント

鋳造用磁性合金

ハンドメイドキーパー

吸引力

### (Key words)

(dental magnetic attachment)

(Magnetic Alloy)

(handmade keeper)

(attractive force)

## I. 緒 言

磁性アタッチメントは数多くの基礎研究と長年にわたる臨床経験に基づく試行錯誤の結果、現在では、小型で長期間安定した維持力を備え、臨床・技工操作性にも優れた、新たな臨床システムとして、多くの臨床現場で活用されている<sup>(1,2)</sup>。このシステムの基本的な利用法は、一対の既製の磁石構造体とキーパーとの組み合わせにより、その両者間に発現する磁気的吸引力を、可綴性補綴物の維持・安定に利用するものである。しかし、複雑・多岐にわたる臨床条件の中では、極めて限定されたスペースや、歯根の傾斜、隣在歯の影響などにより、小型とは言え、既製の形態では設置が容易でない症例も少なくない。

そこで、我々は補綴物の設計に、より大きな自由度を与え、磁性アタッチメントの適用範囲を拡大するために、このような症例にそれぞれの臨床条件を考慮したハンドメイドのキーパーを適用することを目的として、鋳造用磁性合金に着目し、その臨床利用の可能性を検討している。鋳造用磁性合金とは、磁石に吸着する鋳造可能な合金である。現在、歯科用鋳造用磁性合金としては、Attract P®（徳力本店）が商品化されている唯一のものである。しかし、現時点で当合金に関して、臨床利用を目指した基本的な諸要件に関する確認は十分とは言えない。今後、Attract Pを磁性アタッチメント・システムに組み込んでいくためには、当然のことながら、多くのデータの蓄積が不可欠である。

そこで先ず、本研究は、この合金を利用したハンドメイドのキーパーの吸引力を測定し、その厚径との関係を、既製のキーパーとの比較も加え、検討したものである。

## II. 材料及び方法

### 1. 材料

本実験で用いた鋳造用磁性合金である Attract P のインゴットと、メーカー表示の理工学的性質を示す（図1、表1）。すなわち、歯科用鋳造用磁性合金 Attract P は鋳造用 Pd-Co-Ag 系磁性合金である。



図1. 「Attract P」（徳力本店）

表1. 理工学的性質

主要成分	Au ; 3% Pd ; 48% Ag ; 14% Co ; 32% (その他; Zn, In 含む)
色調	銀白色
融点	1148-1192°C
铸造温度	1300°C
比重	10.5 g/cm <sup>3</sup>
铸造後の硬さ	Hv 197
耐力	300 MPa
伸び	13.5%

### 2. 実験方法

Attract P を用いて、市販のキーパー（Gigauss C600®、ジーシー）の水平面的形態を同一とし、厚みのみを1.8mm～0.2mmまで、各0.1mmずつ変化させた試料（Attract P キーパー）を製作した。この各試料と、磁石構造体（Gigauss C600、ジーシー）との吸引力の測定を行った。コントロールは、市販の Gigauss C600 キーパーとした（図2）。試料数は各6個とし、それぞれの試料を同条件にて作製し、計測を行った。

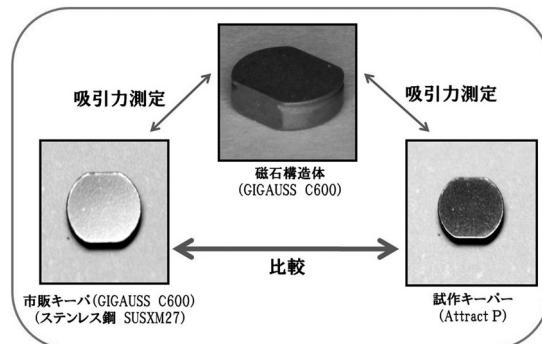


図2. 実験フローチャート

### 3. 試料作製方法

試料の作製は Gigauss C600キーパートレーを 2 個重ね合わせ、その中にインレーワックスを注入して成形したものを原型とした。スプルには、レディーキャスティングワックス R32、R40（ジーシー）を用いた（図 3）。



図 3. キーパートレーで作製したパターン

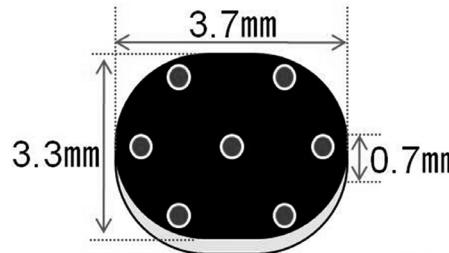
埋没材にはメーカーの指示通り、リン酸塩系埋没材セラベスト（ジーシー）を用いた。パターン埋没後、通法通り鋳造した。鋳造機は真空鋳造機（キャスコム、KDF）とし、セラミックるつぼを用い（図 4）、鋳造温度は1.300°Cとした。



図 4. Cascom とセラミックルツボ

鋳造後、パラクリーンを用いて酸処理を行い、側面は Gigauss C600キーパーと同じ形態となる様にハンドピースを用いて、形態修正を行った。それぞれの試料の厚みは、メジャリングデ

バイスを用いて 7 点法にて計測しながら、#100 の研磨紙を用いて調整した。七点法とは、試料の中心と周囲 6 か所の厚みを測定することで、その試料の厚みを規定する方法である（図 5）。



● 計測点

図 5. 七点法

その後、研磨機（ECOMET 3、BUEHLER）を用いて #1000まで研磨し、次いで、鏡面が出るまでバフにて研磨後、30分間超音波洗浄し1.8 mmの試料とした。（図 6）

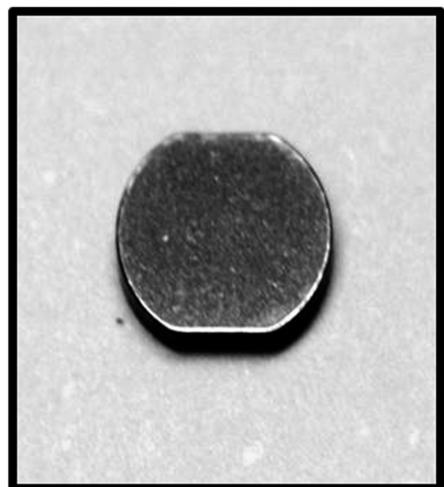


図 6. Attract P にて作製したキーパー

吸引力測定後、試料の非吸着面を再び #100 の研磨紙を用いて、順次厚みを0.1mmずつ削除した。その後の研磨は先に述べた工程で行い、各厚みにおける試料の完成とした。この行程を試料の厚みが最小0.2mmになるまで、6 試料に対して繰り返し行った（図 7）。

### 4. 吸引力測定方法

吸引力は、当科にて考案した特製治具と金型を用い、測定器としては小型卓上試験機（EZ テスト、SHIMAZU）を用いた（図 8）。クロスヘッドスピードは 5 mm/min、測定回数は各

試料につきそれぞれ10回とした。

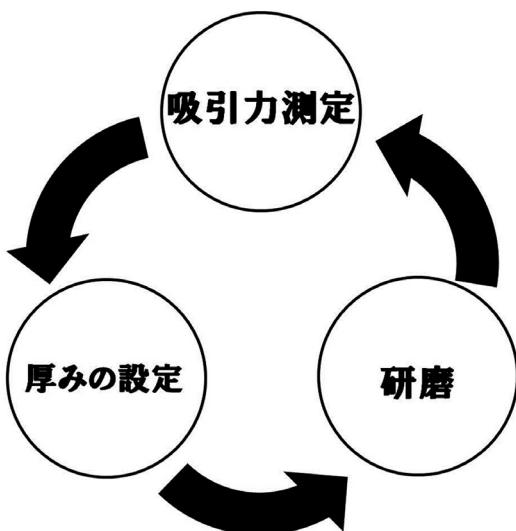


図7.測定の流れ

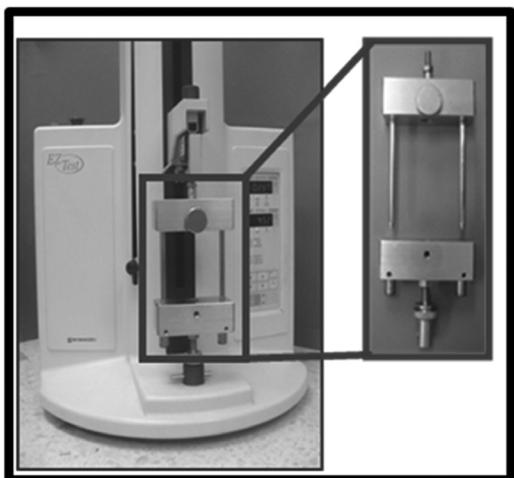


図8. 小型卓上試験機と吸引力測定用治具

## 5. 統計解析

全ての試料について吸引力の測定後、各厚みにおける6試料の吸引力をもとに平均値を求め、その値を実験値とした。1.8mm～0.2mmまでの各厚みにおける吸引力の値を比較し、吸引力の変曲点を求めた。その際、統計処理として、一元配置分散分析とシェフエの方法による多重比較を行い、有意水準は5%とした。解析には統計解析ソフト(Dr. SPSS II for Windowsスタンダードバージョン、SPSS)を使用した。

## III. 結 果

今回、歯科用鋳造用磁性合金 Attract P の試作キーべーを作製し、各厚みの吸引力の測定を行ったが、各試料から得られた吸引力を図9に示す。1.8mm～0.7mmの厚みでは、5%有意水準において、有意差は認められなかった。0.7mmの厚みから吸引力の低下が認められ、有意な差が認められる結果となった。0.7mm以上の厚みにおいては、330～340gfの吸引力を示した。この値は Gigauss C600キーべーに対して、約65%の吸引力を示すものである。

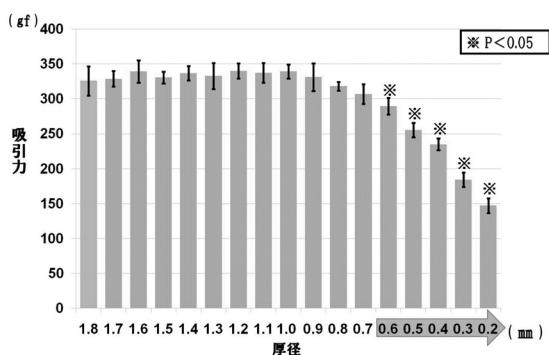


図9. 厚みと吸引力の比較

次に、Attract P キーベー0.7mmとGigauss C 600キーべーとの吸引力の比較を示す(図10)。その結果、Attract P キーベー0.7mmはGigauss C 600キーべーに対して、約60%の吸引力を示した。

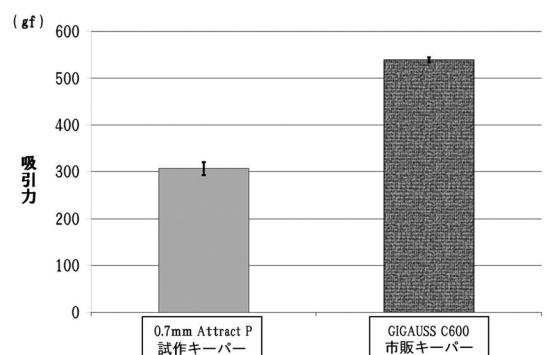


図10. 吸引力の比較

## IV. 考 察

- 歯科用鋳造用磁性合金 Attract Pについて  
江田<sup>(5)</sup>らは当合金について市販歯科用金銀パラジウム合金および金合金と比較して、鋳造

性および鋳造による鋳造体表面性状、組織観察、機械的性質の検討を行っている。それによると、鋳造性ならびに鋳造体の表面性状は市販の金銀パラジウム合金および金合金と同程度であり、当合金の鋳造体における元素の分散状態も比較的均一であったと述べている。また、当合金の硬さおよび弾性係数は、市販の合金に比べて相対的に高い値を示したと述べている。

さらに岡本ら<sup>(6)</sup>は、既製キーパーを使用し、金銀パラジウム合金および金合金と鋳接した試料と Attract P のみで作製した試料の腐食と総溶出イオン量について実験を行っている。それによると、当合金は各種合金の溶出量と比較して低い値を示し、従来の歯科用合金レベルの安全性を十分に満足したと述べ、金属アレルギーの問題からも、金属の溶出量が少ない本合金是有用と評価している。このように、Attract P は鋳造精度や腐食に問題がなく、一般臨床に用いることが可能であると評価されている。

## 2. 試料の鋳造方法について

江田ら<sup>(5)</sup>は、Attract P の鋳造について、プローパイプを用いた遠心鋳造による融解、鋳造法についても検討しており、この方法は高周波鋳造やアルゴンアーク鋳造法に比べ、鋳込み時の鋳型温度がやや高くなり、それが、鋳造体表面に影響するとし、当合金の鋳造は不活性ガス中で行うか、プローパイプ時には鋳造温度ができるだけ低くし、合金の融解および、鋳造操作をできるだけ手早く行うことが望ましいと述べている。

そこで、本実験では、鋳造温度の設定が可能な真空鋳造機を用いた。本装置を用いることにより、精度の高い試料の作製が可能となったと考えられる。

## 3. 吸引力測定方法について

磁性アタッチメントの吸引力の実態は若干複雑である。すなわち、磁力の分布そのものが三次元的に複雑な勾配を有し、また、それが磁石やキーパーそれぞれの形態および両者の相互的位置関係に大きく依存するためである。磁性アタッチメントの吸引力に関しては、従来より多様な機械的実測や有限要素法に基づく理論的解析が行われてきた。

磁性アタッチメントの吸引力の実測において

は、アタッチメントの実際的な特性の一つとして、その最大値を正確に求める必要がある。そのためには、磁石構造体とキーパーの吸着面に對して垂直方向に引っ張ることが重要であるとされている。しかし、簡易な引っ張り試験では、磁性アタッチメントの特徴の一つである横滑りが生じやすく、信頼性のある値を得ることが困難であった。この問題点を解決するため、当科にて開発した、引っ張り方向を規定する専用の治具と金型を用いて、磁性アタッチメントの吸引力の測定を行った。これまでの多くの実験結果からみても、この方法を用いることにより、比較的簡便に引っ張り方向を規定することが可能となり、再現性のある値を得ることができる事が確認されている<sup>(8)</sup>。

一方、試料の Attract P キーパーにおいては、ハンドメイドのため、上面、下面の平行性が確実とは言えない。そのため、引っ張り試験機の金型に磁石構造体とキーパーを固定する際、磁石構造体とキーパーにエアギャップが生じる可能性が考えられる。すなわち、特製治具と金型を用いる方法は、既製の磁石構造体とキーパーの組み合わせのように上面、下面に平行性が確実なものでは容易であるが、本実験の試料のように、上面、下面の平行性が確実でないものには注意が必要である。

## 4. 実験結果について

江田ら<sup>(5)</sup>は Pd-Co-Ag 系磁性合金で作製された既製キーパーと同サイズの鋳造キーパーの吸引力について、市販磁性構造体（マグフィット）を用いて比較している。その結果、既製キーパーとは有意差がなく、単位面積あたりに換算すると、既製キーパーとほぼ同等の吸引力が得られたと報告している。

岡本ら<sup>(7)</sup>は歯科用鋳造用磁性合金 Attract P の吸引力について、市販の磁性アタッチメントの Gigauss およびマグフィットを用いて、既製キーパーと比較している。試料として Attract P で作製した  $4\text{ mm}\phi \times 3\text{ mmH}$ 、 $4\text{ mm}\phi \times 5\text{ mmH}$  のキーパーを作製した。この試料と既製キーパーとを比較した結果、既製キーパーの 90 %以上の吸引力が得られたことから、既製キーパーの値と同等であり、臨床上問題ないと述べている。また、同時に、単位体積当たりの吸引

力を比較し、既製キーパーと試料とした Attract P の吸引力には有意な差がないと述べている。

本実験では、既製キーパーと同サイズの鋳造キーパーの吸引力について、Gigauss C600 磁石構造体を用いて行ったが、Attract P キーパーの吸引力は Gigauss C600 キーパーに対して、約 60% の吸引力を示すに留まった。また、厚みを増しても既製キーパーに対して約 65% の吸引力を留まった。一般的に厚みを増しても、吸引力の増加は緩やかであると考えられるが、先に述べた岡本らの結果と比較するためにも、今後、Attract P の厚みを増した場合の吸引力についても検討を行う必要があると考える。

Fe-Cr を主成分とする既製キーパーは規格品として工場生産されているため、平面精度が極めて安定した鏡面仕上げされたものであるが、それに比べ、鋳造キーパーの平面精度は若干劣るものと考えられる。磁石構造体とキーパーとのエアギャップによる吸引力の変化については、いくつかの報告がある。田中ら<sup>(1)</sup> は約 0.2mm の間隙での吸着力は約 1/10 と大きく減少し、また、江田ら<sup>(7)</sup> は、磁石とキーパーの接触面の距離が 0.05mm で 1/2 ~ 1/3 に減少し、0.2mm では 1/6 程度まで減少すると述べている。そのため、鋳造キーパーの作製においては、いかに平面精度を保てるかが吸引力に大きく影響する。今回の実験においても、測定時には特製治具を用いるものの、磁石とキーパーの接触面の平面精度から生じるわずかなエアギャップによる影響は大きく、今後も試料作製方法、測定条件を考慮しなければならないと考える。今回、先に述べた特製治具と金型を用いて行っていることから、江田、岡本らとは、実験方法が異なる。岡本らの先に述べた研究において、Gigauss C600 既製キーパーを用いた場合でも、その吸引力が 438gf であったのに対し、本研究での Gigauss C600 の吸引力は 538.2gf であった。同じ条件での測定において、実測値にこれ程のばらつきが出ていることは、測定方法の違いによるものであることを示唆し、Attract P キーパーの吸引力にも違いがでたものと考えられる。今後、有限要素法を用いた磁場解析や磁束密度についての解析も加えた、更なる検討が必要であろう。

磁場解析については Pd-Co 合金に対して一部行われている。木内ら<sup>(9)</sup>によると Pd-Co 合金は、Sm-Co 系磁石に対して効果的な磁気特性を持っているとしている。中でも、特に、Pd-Co-Ni 合金は、溶融が容易で高耐食性であるため、通常の歯科用鋳造用合金と同様に用いることが可能ではないかと述べている。

磁石構造体とキーパーの吸引力は、磁石構造体の構造と使用した材料、それにキーパーに使用する材料により異なることが知られており、田中<sup>(1)</sup> はキーパーのある一定の厚みの減少で吸引力の急激な低下があると述べている。本実験では、本合金の厚みが 0.7mm 以下から吸引力の低下が認められ、有意な差が認められる結果となり、約 0.7mm の厚み付近に吸引力の変曲点があることが示唆された。

実際の臨床において、キーパートレーを用いて、Gigauss C600 の既製キーパーをセメント合着する場合、キーパーの部分のみでも、少なくとも 1.2mm 以上のスペースが必要となる。しかし、Attract P を用いた場合は、0.7mm の厚みでの製作が可能となる。また、本実験では吸引力の比較のため、既製キーパーと同形態のものを対照としたが、実際の臨床では Attract P を用いて自由に設計された補綴物自体が、キーパーに利用できることになる。

今回、Attract P キーパーが 0.7mm の厚みで 310gf の吸引力を示し、同じ厚みの Gigauss C600 既製キーパーに対して、約 60% の吸引力を示したことから、Attract P について更なる検討が必要であると考える。

Attract P は磁石に吸着する鋳造可能な合金であり、臨床上、補綴物として自由な設計が可能となり、様々なケースに有用であると期待できる。Attract P は有髓歯への適用も含めて、今後の磁性アタッチメントの臨床応用に大きな変化を与えるものと考える。

## V. 結論

鋳造用磁性合金 Attract P で作製されたキーパー厚径に対する吸引力の影響を確認する目的で、厚径を変化させた際の吸引力の値について比較検討した結果、以下の結論を得た。

1. Attract P キーパーは厚径 0.7mm 以下にお

- いて吸引力の大幅な低下傾向を示した。
2. Attract P キーパーは厚径0.7mm以上において、330~340gf の吸引力を示した。
  3. Attract P キーパーの吸引力に対する変曲点は厚径0.7mm付近に存在することが示唆された。
  4. Attract P キーパーは Gigauss C600 キーパーに対して約60%の吸引力を示した。

### 参考文献

- 1) 田中貴信：磁性アタッチメント—磁石を利用した新しい補綴治療—，医歯薬出版（株），東京、1992.
- 2) 田中貴信：続・磁性アタッチメント—108問108答一，医歯薬出版（株），東京，1995.
- 3) 岡本桂三，江田和夫，宮崎光治，成瀬重靖：鋳造用磁性合金に関する基礎的研究，歯科材料機械，17（5）：309–314, 1998.
- 4) 岡本桂三，江田和夫，宮崎光治，成瀬重靖：鋳造用 Pd-Co-Ag 系磁性合金，歯科材料機械，18（2）：102–108, 1999.
- 5) 江田和夫，岡本佳三，宮崎光治，成瀬重靖：Pd-Co-Ag 系磁性合金の鋳造面性状と特性，歯科材料機械21（4）：202–209, 2002.
- 6) 岡本佳三，成瀬重靖，何陽介，松家茂樹：磁性アタッチメント用キーパーの腐食と溶出，福岡歯大誌35（1）：17–24, 2009.
- 7) 岡本桂三，成瀬重靖，何陽介，松家茂樹：磁石に吸着する鋳造用磁性合金アトラクティP の吸着力，歯界展望 vol.113 No.5, 2009.
- 8) Terao Y., Nakamura Y., Ishida T., Ando A., Nakamura H., Kumano H., Shoji K., Tanaka Y.: Measuring Methods of the Attractive Force of Magnetic Attachment, J J Mag Dent, 16 (2) : 14–19, 2007.
- 9) Kinouchi Y., Ushita T.: Pd-Co Dental Casting Ferromagnetic Alloys, J DENTRES, 60 : 50–58, 1981.

## 三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの 吸引力特性について

### —キーパーサイズの変化が吸引力に及ぼす影響—

熊野弘一, 増田達彦, 中村好徳, 神原 亮, 岩井孝充, 秦 正樹,  
 松川良平, 大野友三, 今岡勢喜, 高田雄京<sup>1</sup>, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

<sup>1</sup>東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

Analysis of the Characteristics of Attractive Force of Magnetic  
 Attachment Using a Three-Dimensional Finite Element Method  
 — Influence of the Keeper Size —

Hirokazu Kumano, Tatsuhiko Masuda, Yoshinori Nakamura,  
 Ryo Kanbara, Takamitsu Iwai, Masaki Hata, Ryohei Matsukawa,  
 Yuzo Ohno, Seiki Imaoka, Yukyo Takada<sup>1</sup> and Yoshinobu Tanaka

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

<sup>1</sup>Division of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry

#### **Abstract**

The clinical advantages of a magnetic attachment have been widely demonstrated. They include a small lateral load on an abutment tooth due to its non-mechanical retentive force and an aesthetic appearance. However, the problem of space constraints for a keeper is often encountered, and partial processing of a keeper is sometimes inevitable to enhance clinical results. In the present study, we investigated the influence of the size of a keeper on the attractive force of a magnetic attachment using a three-dimensional finite element method.

A decrease in the attractive force was observed with a change in the keeper size. This is attributed to the change in the magnetic flux distribution in the keeper caused by the change in the contact area between the keeper and the magnetic assembly and the keeper volume.

#### **キーワード**

磁性アタッチメント  
 有限要素法  
 磁場解析

#### **(Key words)**

(magnetic attachment)  
 (finite element method)  
 (magnetic analysis)

## I. 緒 言

磁性アタッチメントは、機械的な維持力を使用しないため、支台歯に有害とされる横方向の荷重が小さいことや、審美性に優れているなど、その臨床的有用性が高く評価されている<sup>1,3)</sup>。キーパー・磁石構造体とともに、可及的に小さなサイズで臨床的に有効な吸引力を発揮するようそれぞれ設計されている。しかし、臨床上、対合歯の状態や、キーパーを設置する歯根の頬舌的、近遠心的な形態に起因する、アタッチメント設置スペースの不足という問題がしばしば経験される。市販の磁性アタッチメントキーパーに切削などの加工を加えることは吸引力特性、耐食性の劣化をもたらす恐れがあるため、基本的には望ましくないことである。しかし、臨床効果が期待される場合は、選択肢の一つとして部分加工は有用であると考えられる<sup>4)</sup>。このような手法をとる場合、その影響について把握しておく必要があると思われる。

磁性ステンレスの磁気特性は非線形性を示すため、磁性アタッチメントにおける正確な吸引力を計算することは、相当複雑である<sup>5)</sup>。そのため、この種の解析には、現在、有限要素法が最も合理的な手段であると考えられている。本研究は、キーパーの厚径、長径、短径の変化が、吸引力に及ぼす影響について三次元有限要素法を用いて解析、検討を行ったものである。

## II. 解析方法

### 1. 解析モデル

解析の試料には、現在我国で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C600を基本形態とした(図1)。モデル化に先立って、その形態の測定を行った。アタッチメントの外部形状については、メーカー発表の数値と実測値を照らし合わせた。また内部形態については、メーカーからのデータ提供が得られないため、アタッチメントを包埋後、ダイヤカッター(BUEHLER)を用いて切断、VF-7510(KEYENCE)を用いて形態測定を行った。この計測値を元に解析モデルを構築した。

今回の解析におけるプログラムフローを図2に示す。モデル構築には、MENTAT(MSC Software)

Software)、解析条件の入力には、GiD(CIMNE)、解析には、MAGNA/FIM(CTCソリューションズ)、解析結果の表示には、GiDを用いた。MENTATとGiD間のファイルの交換はnastran形式とした。

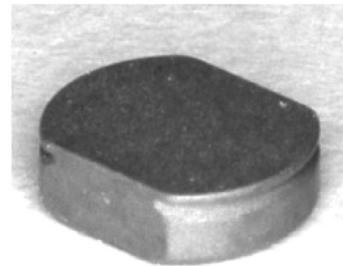


図1. ギガウス C600 (GC)  
モデル構築 MENTAT ( MSC Software )

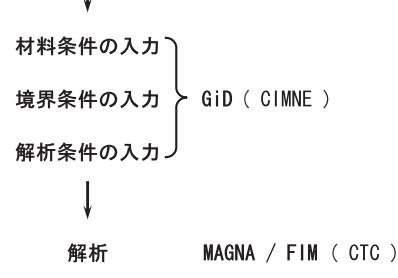


図2. プログラムフロー

要素タイプは、三次元六面体要素とした。解析領域は縦・横10.0mmの範囲を要素分割、解析対象範囲とした。

今回、基本形態としたギガウスC600は形態が橢円形であり1/4をモデル化することで、妥当な解析が可能である。そこで短径断面の1/4の三次元モデルを構築した。図3に、構築した解析モデルの寸法を示す。

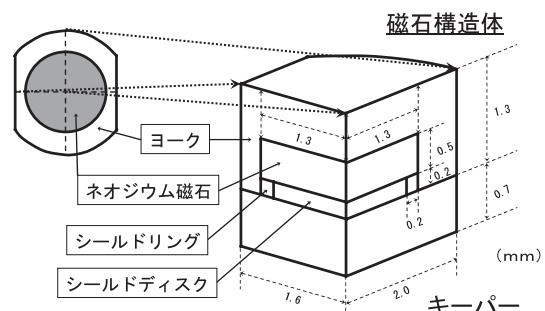


図3. 解析モデルの寸法

## 2. 解析条件

磁石構造体内部における磁石は Nd-Fe-B (ネオジム・鉄・ボロン) とし、その形態は円板型とした。磁石自体の磁気特性については、当講座の宮田らの実験<sup>6)</sup>より得られたギガウス C 600 の熱特性のデータと、メーカーの発表値を元に数値を決定した。ヨークおよびキーパーの材料は、本来 SUSXM27 であるが、その詳細な磁気特性が公表されていないため、これに最も近い磁気特性を持つと思われる SUS447J1 の数値を代入し、これらの数値より B-H 曲線を近似し、その磁気特性とした (表 1, 2)。今回用いた B-H 曲線の近似式は、 $B = B_s \{1 - e^{-x_p} (-\mu_r \cdot \mu_0 \cdot H/B_s)\}$  (式 1) である ( $B_s$ : 飽和磁束密度、 $\mu_r$ : 比透磁率、 $\mu_0$ : 真空中の透磁率、 $H$ : 磁界の強さ)<sup>7)</sup>。

解析結果の評価は、キーパーの寸法を変化させたときの磁束密度分布および吸引力とした。

表 1. 解析条件 (構成要素)

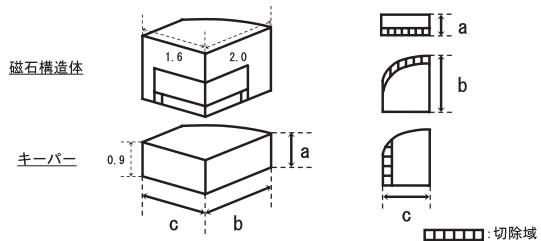
磁石構造体	磁石	Nd-Fe-B
	ヨーク	SUS447J1
キーパー		SUS447J1

表 2. 解析条件 (磁気特性)

磁石	(BH) max = 46 MGOe
	残留磁束密度 = 1.22 T
ヨーク	飽和磁束密度 = 1.35 T

## 3. 解析項目

解析項目を図 4 に示す。



解析 1 キーパー厚径(a)を底面から0.05mmずつ減少させた11段階の解析

解析 2 キーパー長径(b)の側面を0.05mmずつ減少させた11段階の解析

解析 3 キーパー短径(c)の側面を0.05mmずつ減少させた6段階の解析

図 4. 解析項目

### 1) 解析 1

キーパー厚径の変化による吸引力への影響について検討するため、キーパーの厚径を0.90 mmから0.30 mmまで底面を0.05 mmずつ変化させた13段階の項目とした。

### 2) 解析 2

キーパー長径の変化による吸引力への影響について検討するため、キーパー長径が2.00 mmから1.50 mmになるまで側面を0.05 mmずつ減少させた11段階の項目とした。

### 3) 解析 3

キーパー短径の変化による吸引力への影響について検討するため、キーパー短径が1.60 mmから1.35 mmになるまで側面を0.05 mmずつ減少させた6段階の項目とした。

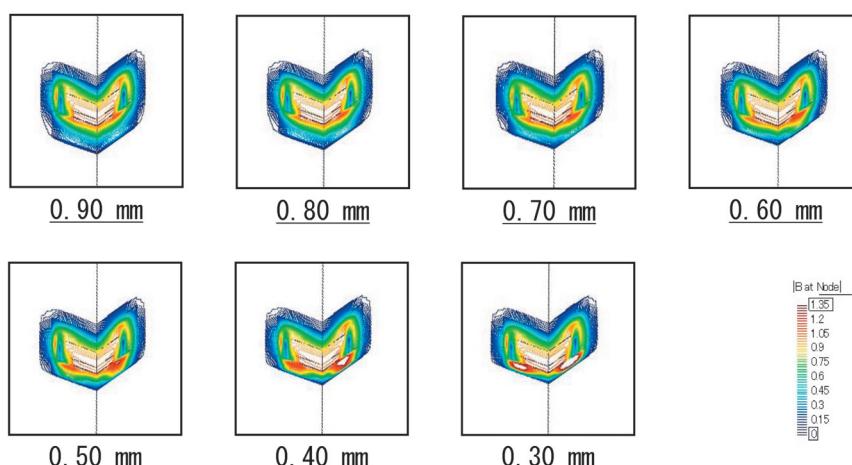


図 5. 解析結果 (磁束密度分布)

### III. 解析結果

#### 1. 解析1（キーパーの厚径の変化）

##### 1) 磁束密度分布について

キーパー厚径を変化させた時の磁束密度分布の代表的な一例を図5に示す。キーパー厚径が、0.90mm、0.80mm、0.70mm、0.60mmの時には、それぞれ磁石構造体とキーパーとの吸着面周囲に、設定した飽和磁束密度が観察されるが、磁石構造体、キーパー内部における磁束密度分布に大きな違いは確認できなかった。キーパー厚径が0.50mm、0.40mm、0.30mmと薄くなるほど、磁束密度分布の増加が観察され、飽和磁束密度に達した部分が広がっていった。また飽和磁束密度の中に磁束密度の過飽和状態が確認でき、その範囲もキーパー厚径が薄くなるほど広がっていった。キーパー内における長軸面と短軸面で磁束密度分布を比較すると、キーパーが薄いほど、飽和磁束密度の範囲の違いが顕著に観察され、長軸方向で過飽和状態の広がりが大きかった。

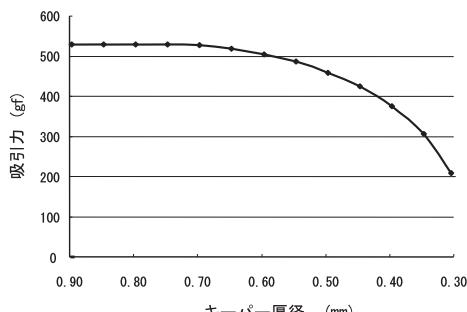


図6. 解析結果（吸引力）

##### 2) 吸引力について

キーパー厚径と吸引力の関係を図6に示す。キーパーの厚径が0.70mm以上では、吸引力は520～530gfであったが、0.70mm以下になると、吸引力が低下傾向を示した。キーパー厚径が0.70mmの時の吸引力を100%とすると、0.60mmで95%、0.50mmで86%、0.40mmで71%、0.30mmで38%を示した。

#### 2. 解析2（キーパー長径の変化）

##### 1) 磁束密度分布について

キーパー長径を変化させた時の磁束密度分布の代表的な一例を図7に示す。キーパー長径が、2.00mm、1.90mm、1.80mmと長径のサイズが減少するにつれ、磁石構造体の短径部における磁束密度分布の増加が観察され、飽和磁束密度に達した部分が広がっていった。さらにキーパー長径が、1.70mm、1.60mm、1.50mmとサイズが減少するにつれ、磁石構造体の短径部に過飽和状態の広がりが大きくなっていくのが観察された。

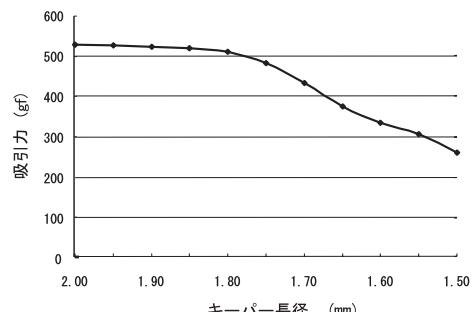


図8. 解析結果（吸引力）

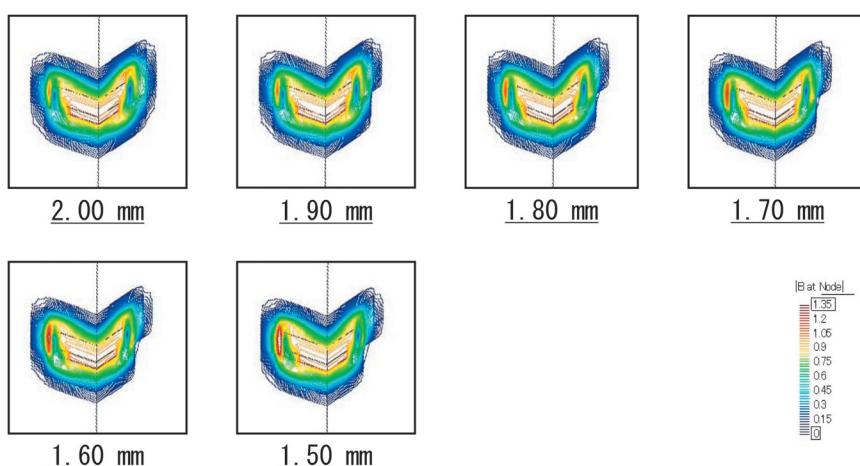


図7. 解析結果（磁束密度分布）

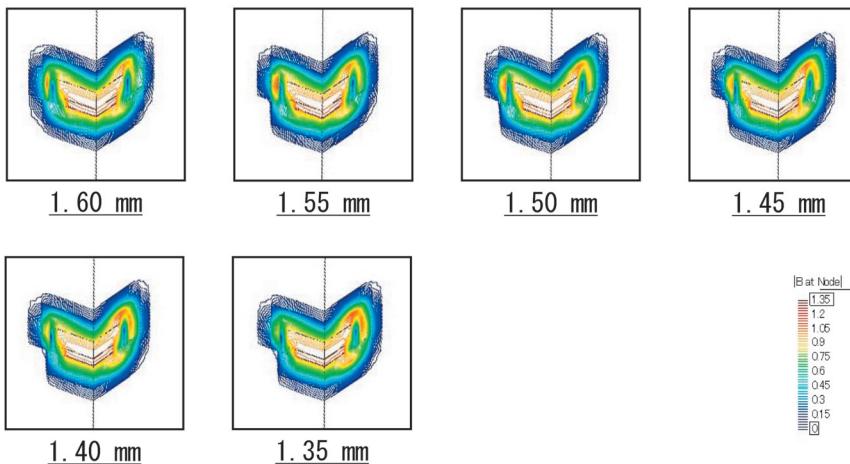


図9. 解析結果（磁束密度分布）

## 2) 吸引力について

キーパー長径と吸引力の関係を図8に示す。キーパー長径が1.80mmまでは、吸引力が500gf以上であったが、1.75mm以下になると、吸引力が減少傾向を示した。キーパー長径が、2.00mmの時の吸引力を100%とすると、1.70mmでは90%以下となった。

## 3. 解析3（キーパー短径の変化）

### 1) 磁束密度について

キーパー短径を変化させた時の磁束密度分布の代表的な一例を図9に示す。キーパー短径が1.50mmまで減少しても、磁石構造体およびキーパー内における磁束密度分布に大きな変化は観察されなかった。しかし、キーパー短径が、1.45mm、1.40mm、1.35mmと減少するにつれ、磁石構造体の短径部における磁束密度分布の減少が観察された。一方、磁石構造体の磁束密度分布をみると、短径の減少について、長径部の磁束密度分布の増加が確認できた。

### 2) 吸引力について

キーパー短径と吸引力の関係を図10に示す。キーパー短径が1.50mmまで、吸引力は500gf以上であるが、1.45mm以下になると、吸引力は減少傾向を示した。キーパー短径が、1.60mmの時の吸引力を100%とすると、1.45mmでは90%以下となった。

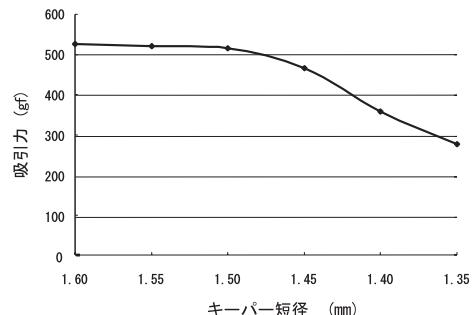


図10. 解析結果（吸引力）

## IV. 考 察

### 1. 解析方法について

磁石が生み出す吸引力や反発力を動態の詳細に関しては、未だ不明な部分が少くない。磁力や磁場を、専用機器を用いて直接計測することは可能であるが、計測結果から最大限の磁力を発生する磁石を設計し、最小限の漏洩磁場とする最適化の検証等は非常に難しい問題である。また、磁性アタッチメントの吸引力を計算する事は、磁石や磁性ステンレスの持つ磁気特性が非線形性を示すため、極めて複雑である。これらを検証する方法として、有限要素法（A- $\phi$ 法、T- $\Omega$ 法）、併用法（有限積分方程式法、有限・境界要素法）、および積分方程式法（磁気モーメント法、境界要素法）などがある<sup>7,9)</sup>。これらの手法は、その動態を可視化し、条件を変化させながらシミュレーションを行うことが可能である。今回の解析は、磁場解析であり、一

般的に行われている構造解析とは異なり、空間部にも磁場分布を持つため、解析領域内の空間部も要素分割する必要がある。そのため、周囲の空間部も解析対象に加えた有限要素法を用いた。有限要素法は Maxwell の偏微分方程式を用いる手法で、解析における記憶容量や計算時間の短縮などのメリットがあり、精度が高く汎用性が高い手法と考えられる。

これまで当講座において行ってきた構造解析<sup>10-12)</sup>と同様に、磁場解析においてもモデルの要素数、設定条件が解析結果に与える影響は大きく、特に、異なる材料間や空気層の要素分割は重要事項であり、必要に応じて何段階かの予備解析を必要とすることになる。

## 2. 解析モデルについて

解析モデルの参考とした試料の内部構造を実測し、その数値をもとに解析モデルを構築したため、形状の再現は妥当なものと考えられる。また磁石構造体内部のシールドリングについては、非磁性体であることから、透磁率の最も低い空気層とみなした設定を行った。

磁場解析においては、解析モデルだけでなく、空間部分にも磁場分布を持つため、モデル周囲の空気層や解析モデル間（磁石構造体とキーパーの界面）のエアギャップ層、いわゆる積分路についても適切に細分割されていることが必須条件である<sup>8)</sup>。モデル周囲X、Y、Z軸10.0mmを解析領域として要素分割を行い、可及的に、解析に対して影響が出ないようにした。また、磁性アタッチメントの特徴として、磁石構造体とキーパーとの間にわずかなエアギャップ層が存在することにより、吸引力の低下を招くことが知られている。そのため、特に磁石構造体とキーパーのエアギャップ層については予備解析を行い、エアギャップ層を影響が最も少ないと思われる0.01mmと設定した。設定したエアギャップ層における要素分割の大きさの比率を、可及的に1:100以下にした。その理由として、有限要素法の解析上、アスペクト比の悪い要素が解析モデルに含まれると、計算精度を落とす原因になるため、この点に留意して、解析精度の向上を試みた。その上で磁石構造体とキーパーの最適化を行い、最終的な解析を行ったため、本モデルによる解析精度は高いものと考える。

## 3. 解析条件について

磁場解析において、磁性ステンレスや磁石の磁気特性は、非常に重要である。しかし、これらの詳細な磁気特性は、総ての材料に関して十分に知られてはいない。そこで、今回の解析では、磁性ステンレスであるSUSXM27の磁気特性の代用として、最も近い磁気特性を持つと思われるSUS447J1の数値を代入し、B-H曲線を近似し、その磁気特性とした。この点については、SUSXM27の正確な数値の測定、そして、現在用いられている磁性ステンレス以上に有利な磁気特性を持つ材料の開発等が今後の課題の一つと思われる。特に、磁性ステンレスにおける磁気特性の一つである飽和磁束密度が大きくなると、吸引力の増加が見込まれ、その臨床応用範囲が広がるものと考えられる。また、磁石構造体に含まれる磁石に関する不明な点が多く、今回に関しては、当講座の宮田ら<sup>6)</sup>が行った磁石構造体の熱特性とメーカー発表の数値を参考にその磁気特性を決定したが、こちらに関しても、今後更に詳細な検討が必要と思われる。

## 4. 解析結果について

キーパーの形態の変化が、磁束密度分布と吸引力に及ぼす影響について詳細に検討した。

今回用いた磁石構造体の解析モデルはカップヨーク型であるため、磁束密度はキーパー吸着面に集中する特徴があり、磁束に直交する断面積が大きく取れるため、磁気飽和が起こりにくく、サンドチッヂ型と比較すると、キーパー厚径の変化の影響を受けにくいと考えられる。長径と短径をそれぞれ小さく加工していく場合を比較すると、同じ加工量でも、相対的に加工率の大きい短径の方がアタッチメントの機能により大きな影響を与えることになる。

キーパーは、臨床的には高い方が望ましいが、ある値以下になると磁気回路の抵抗が大きくなり、流れる磁力線の数量が減少し、吸引力が低下する。また磁石の性能を上げたとしても、飽和傾向を示すようになり、吸引力の増大を望めなくなる。今回用いた試料の磁気回路は閉磁路であり、磁束は吸着面に集められて、磁束密度を効果的に上げる機構となっているが、左右対称でない橢円形の磁石構造体、キーパーの場合、

その長径、短径の変化、ひいては磁石構造体内部の磁石とキーパーの位置関係のずれが、磁束密度の乱れを引き起こしやすく、臨床上、最適な形態を維持できない場合、維持装置としての機能を保持する範囲を知ることは重要である。

磁性アタッチメントは、非常に精密な製品であるが、それでも製品間誤差の存在や、過酷な口腔内環境下での吸着面の磨耗や変形などによる吸引力の低下が発現することがある。義歯の機能性から見れば、現状の磁性アタッチメントの維持力は決して大き過ぎる程のものではなく、この種の僅かな吸引力の減弱でも、臨床的には重要な因子と成り得る。しかし、もともと小さな歯根への適応が前提であり、臨床上、使用している磁性アタッチメントの実際の吸引力を確認することは非常に難しいと考えられる。今回の吸引力の解析結果においては、基本モデルの吸引力を100%とし、その値に対して90%以上の値を維持できたものを臨床的に許容できる一つの目安と判断した。

## V. 結 論

キーパーの厚径、長径、短径の変化が吸引力に及ぼす影響について、三次元有限要素法を用いて解析、検討を行い、以下の結果を得た。

1. キーパー厚径を0.7mm以下に加工すると、飽和磁束密度分布の顕著な広がりが観察された。キーパー厚径0.7mm、530gfを境界として、吸引力の著名な低下が観察された。90%吸引力が保持されるのは、0.55mmまでであった。
2. キーパー長径を変化させた場合、90%の吸引力が保持されるのは、1.75mmまでであった。
3. キーパー短径を変化させた場合では、90%の吸引力が保持されるのは、1.50mmまでであった。

## 参考文献

- 1) 田中貴信：磁性アタッチメント－磁石を

利用した新しい補綴治療－，医歯薬出版，1992.

- 2) 田中貴信：続磁性アタッチメント－108問108答－，医歯薬出版，1995.
- 3) 田中貴信、星合和基、中村好徳ほか：磁性アタッチメントの新たな適応症を求めて－歯冠外アタッチメントへの挑戦－，日磁歯誌，15（1）：1–13, 2006.
- 4) 水谷紘、門山訓丈、藍稔ほか：磁性アタッチメントのキーパーの面積および設置位置の違いが吸引力に及ぼす影響，日磁歯誌，1（1）：61–70, 1992.
- 5) 木内陽介：磁性アタッチメントの基礎物理学，歯科ジャーナル，38（1）：17–26, 1993.
- 6) T.Miyata, J.Niimi, A.Ando, et al : Influence of heating of a magnetic attachment on the attractive force. JJ Mag Dent 17 : 44–50, 2008.
- 7) 手川歛識、木内陽介：臨床的使用条件がカップヨーク型磁性アタッチメントの吸引力に及ぼす影響，日磁歯誌，5（1）：31–38, 1996.
- 8) 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 : 422–431, 1999.
- 9) 中村好徳、田中貴信、石田 隆、ほか：有限要素法における磁性アタッチメント「マグフィット EX600R」の吸引力に関する理論的検討－2次元と3次元との比較検討－，日磁歯誌，8（1）：57–62, 1999.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.



原著論文 Original paper  
Journal home page : [wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html](http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/jjsmad-j.html)

## キーパートレー材料の違いによる鋳造精度への影響

小木曾太郎, 中村好徳, 神原 亮, 安藤彰浩, 秦 正樹, 増田達彦,  
田中 孝<sup>1</sup>, 岡田通夫<sup>1</sup>, 大野友三, 今岡勢喜, 高田雄京<sup>2</sup>, 田中貴信

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

<sup>1</sup>愛知学院大学歯学部歯科技工部

<sup>2</sup>東北大学大学院歯学研究科歯科生体材料学分野

The Influence of Keeper-Tray Materials on Their Casting Precision

Taro Kogiso, Yoshinori Nakamura, Ryo Kanbara, Akihiro Ando,  
Masaki Hata, Tatsuhiko Masuda, Takashi Tanaka<sup>1</sup>, Michio Okada<sup>1</sup>,  
Yuzo Ohno, Seiki Imaoka, Yukyo Takada<sup>2</sup> and Yoshinobu Tanaka

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

<sup>1</sup>Aichi-Gakuin University School of Dentistry Laboratory of Dental Hospital

<sup>2</sup>Division of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dentistry

### **Abstract**

A cast-bonding method is now one of the most popular techniques to fabricate a keeper coping for a denture with magnetic attachments. In this system, the keeper is cemented to the metal housing. We developed a ready-made plastic pattern, called a "keeper tray" to make laboratory work easier. It is cast to a dental alloy as a part of the coping. Several types are currently commercially available. However, most of them have encountered clinical problems, such as rough surfaces or defects on the inside of the cast keeper housing resulting in time-consuming adjustments of the cast in the laboratory or dental office. We are trying to find a better material for this ready-made pattern to solve this problem.

The purpose of the present study was to evaluate a new ready-made pattern and to compare it to the type currently in use with regard to casting precision.

### **キーワード**

磁性アタッチメント  
キーパー<sup>1</sup>  
キーパートレー<sup>1</sup>  
金属ハウジング  
プラスチックパターン

### **(Key words)**

(magnetic attachment)  
(keeper)  
(keeper try)  
(metal housing)  
(plastic pattern)

## I. 緒 言

磁性アタッチメントを用いた義歯におけるキー  
パー根面板の製作方法には、鋳接法、セメント  
合着法など、幾つかの手法がある<sup>(1-4)</sup>。既製の  
プラスチックパターンを歯科用合金に置換して  
利用する「セメント合着法」は筆者らが開発し  
たシステムであるが、その技工操作が比較的容易  
であること、鋳接過程におけるキーの変形やキー  
表面の面荒れ等の問題がないことなどから、現在主流の製作法となっている。しかし、この方法により製作された根面板は、キー  
パーとの接合部、つまり鋳造されたキーのハウジングの内面が、表面荒れを起こすことや、  
角の部分のなめられ等が問題点として指摘され  
ることを、技工士サイドからも頻繁に指摘され  
ている。その対応として、技工過程、またチ  
エアーサイドにおいて、キーパートレー内面の切  
削調整が必要になる(図1)。

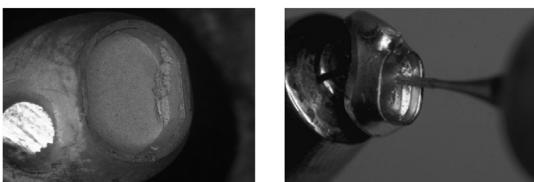


図1. キーパートレー内部の切削調整

そこで今回我々は、キーパートレーを用いた  
キーの根面板の鋳造精度向上を目的に、新たな  
材料を用いたパターンを試作した。比較対象  
として、現在市販されている既製パターンを用  
いた試料をそれぞれ作製し、その鋳造体の表面  
性状を比較検討した。

## II. 材料および方法

### 1. 実験材料

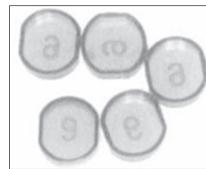
市販されている既製パターンとして、ギガウ  
ス C600KB パターン(ジーシー)を用いた。  
その主成分はアクリル樹脂である。

試作したパターンとしては、ギガウス C600  
KB パターンのそれと同形である(図2)が、  
主成分はポリエチレンである。

### 2. 実験方法

#### 1) 試料

以下に示す4種の試料を各5つずつ作製した  
(図3)。



市販品：アクリル



試作品：ポリエチレン

図2. 実験材料

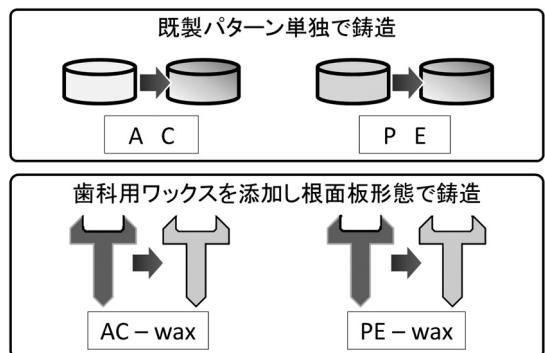


図3. 実験試料

- (1) ギガウス C600KB プラスチックパターン単独で鋳造したもの(以下AC)
- (2) 試作プラスチックパターン単独で鋳造したもの(以下PE)
- (3) ギガウス C600KB プラスチックパターンにインレーワックスを添加し根面板形態で鋳造したもの(以下AC-WAX)
- (4) 試作プラスチックパターンにインレーワックスを添加し根面板形態で鋳造したもの(以下PE-WAX)

#### 2) 作製方法

鋳造工程では、埋没材としてクリストバライ  
ト系埋没材(クリストクイックII, ジーシー)  
を用い、金属には金銀パラジウム合金(キャス  
トウェルMC, ジーシー)を使用した。

#### (1) AC および PE

パターン単独を埋没し、鋳造した。

#### (2) AC-WAX 及び PE-WAX(図4)

##### ①根面形成

レジン製頸付模型(デンタルスタディモデル  
552, ニッシン)を用い、臨床的な磁性アッ  
チメント義歯の適用を想定し、残存犬歯に通法  
どおり根面形成を行った。

##### ②作業用模型の作製

支台歯の印象を複模型製作用シリコーン印象

材（ヘラフォーム、ヘレウス）を用いて採得し、作業用模型を作製した。

#### ③キーパー根面板のワックスアップ

支台歯に铸造用ワックス（インレーワックスミディアム、ジーシー）と既製パターンであるキーパートレーを用いて、通常どおりワックスアップを行った。

#### ④铸造

得られたキーパー根面板のパターンを埋没、铸造した。

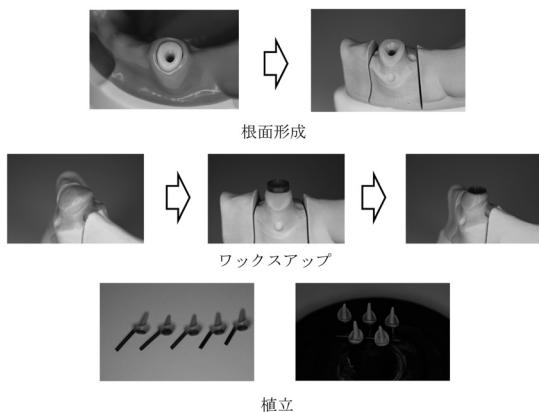


図4. AC-WAX 及び PE-WAX の作製手順

### 3) 鋳造条件

鋳造条件を図5に示す。使用した鋳造器は、真空圧迫鋳造器（ヘラキャスト RC、ヘレウス）である。得られた鋳造体をスチーマーにて清掃し、さらに金銀パラジウム合金用清掃液（パラクリーン、ジーシー）を用い、5分間超音波洗浄した（図6）。

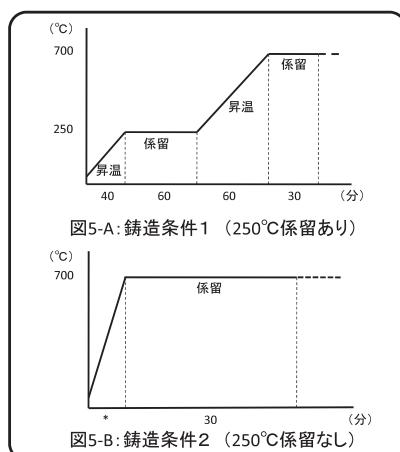


図5. 鋳造条件



図6. 完成した鋳造体

#### (1) 250°C係留あり（図5-A）

パターン埋没後、室温にて30分乾燥し250°Cまで昇温した炉内で60分係留、その後700°Cまで昇温した炉内で30分係留させた。

#### (2) 250°C係留なし（図5-B）

700°Cに昇温した炉内で30分係留させた。

### 4) 評価項目

#### (1) 実体顕微鏡による鋳造体の観察

各試料について、実体顕微鏡による鋳造体表面の気泡やバリ、鋳巣、なめられ等の鋳造欠陥の有無を観察した。

#### (2) 鋳造体の表面粗さの計測

測定には、デジタルマイクロスコープ（VHX-500、KEYENCE）を使用した（図7）。次いでキーパートレー内部の表面の状態を3次元的に観察し、表面の凹凸の高低差を測定し、表面粗さとした。なお、統計処理には一元配置分散分析とシェフェの検定を用い、有意水準は5%とした。

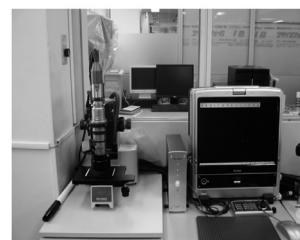


図7. Digital Microscope VHX-500 (KEYENCE)

## III. 結 果

### 1. 実体顕微鏡による鋳造体の観察

#### 1) ACとPEの比較（図8, 9）

鋳造条件にかかわらず、いずれも大きな鋳造

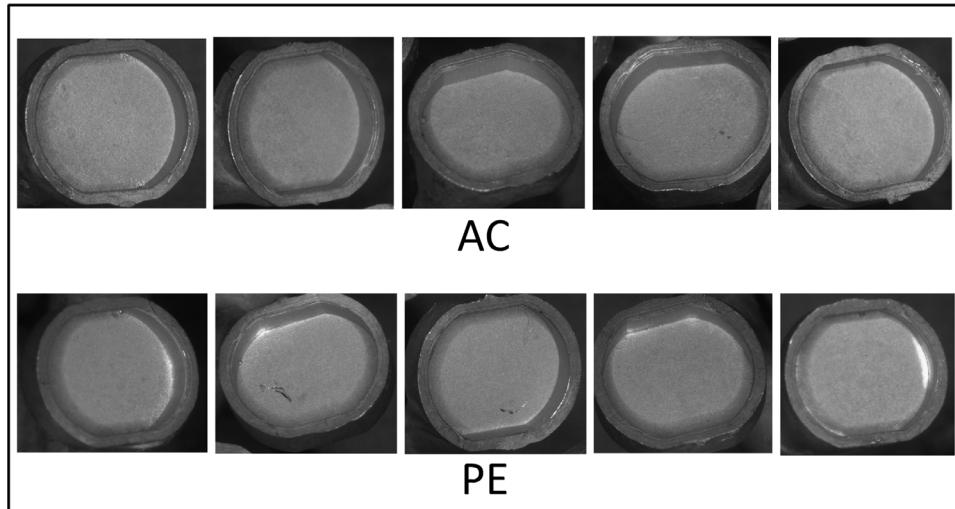


図8. 250°C係留ありにおけるACとPEの比較

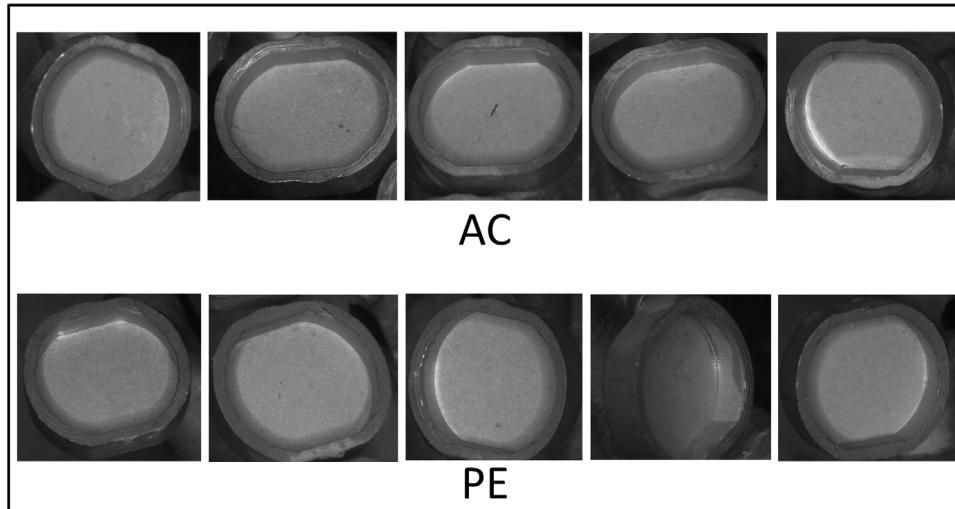


図9. 250°C係留なしにおけるACとPEの比較

欠陥は見られなかった。

## 2) AC-WAXとPE-WAXの比較(図10, 11)

250°C係留ありの鋳造条件の場合、AC-WAXのトレー内面に気泡様の著明な凸部が全ての試料にみとめられた。PE-WAXでは、大きな鋳造欠陥は見られなかった。250°C係留なしの鋳造条件では、AC-WAXにおいて巣やバリ、また角の部分が盛り上がるといった欠陥が認められた。一方、PE-WAXでは大きな鋳造欠陥は見られなかった。

## 2. 鋳造体の表面粗さ計測

### 1) ACとPEの表面粗さ

250°C係留ありの鋳造条件では、ACにおい

て $3.9 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 、250°C係留なしの鋳造条件では、 $4.6 \pm 0.3 \mu\text{m}$ であった。

一方PEは、250°C係留ありの鋳造条件では $4.3 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 、250°C係留なしの鋳造条件では $4.2 \pm 0.3 \mu\text{m}$ であった。

### 2) AC-WAXとPE-WAXの表面粗さ

AC-WAXにおいて、250°C係留ありの鋳造条件では $8.3 \pm 0.8 \mu\text{m}$ 、250°C係留なしの鋳造条件では $16.3 \pm 4.2 \mu\text{m}$ であった。

PE-WAXにおいて、250°C係留ありの鋳造条件では $4.3 \pm 0.4 \mu\text{m}$ 、250°C係留なしの鋳造条件では $9.5 \pm 2.4 \mu\text{m}$ であった。

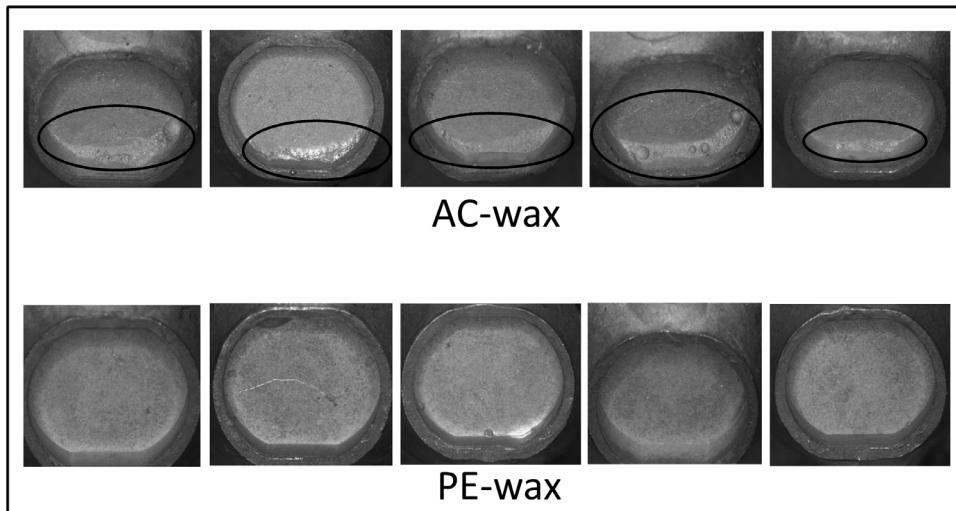


図10. 250°C係留ありにおける、AC-WAX と PE-WAX との比較

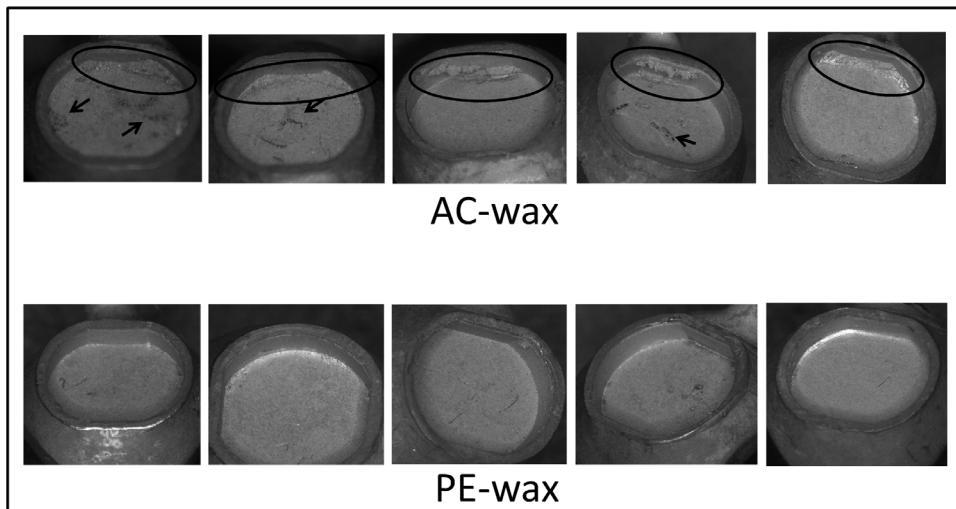


図11. 250°C係留なしにおける、AC-WAX と PE-WAX との比較

## 3) 表面粗さの比較(図12, 13, 14)

250°C係留ありの铸造条件において、AC と AC-WAX、AC-WAX と PE-WAX に統計学的有意差がみられなかった。また、PE と PE-WAX には、統計学的有意差はなかった。

250°C係留なしの铸造条件においても、AC と AC-WAX に統計学的有意差があり、PE と PE-WAX には統計学的有意差がなかった。

铸造条件の違いによる比較では、AC-WAX、PE-WAX それぞれにおいて、統計学的有意差がみられた。

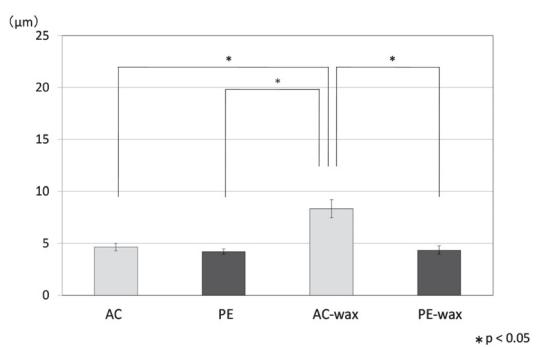


図12. 鋳造体の表面粗さ (250°C係留あり)

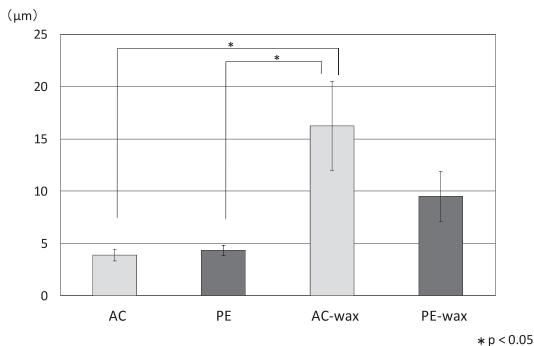


図13. 鋳造体の表面粗さ (250°C 係留なし)

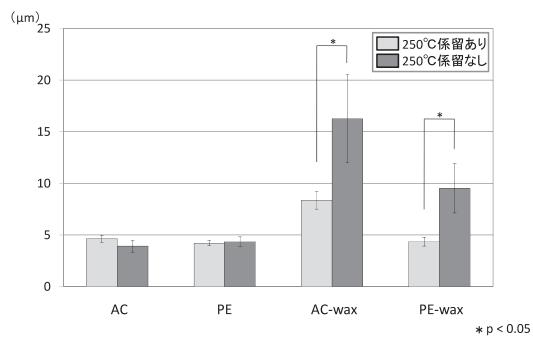


図14. 鋳造条件の違いによる比較

#### IV. 考 察

##### 1. キーパートレーについて

キーパー根面板の作製法、すなわちキーパーの支台歯への結合に関しては、磁性アタッチメント開発当初は、豊田らが開発した<sup>(5)</sup>鋳造時に既製のキーパーをその蠅型内に組み込んで一塊として鋳造する、いわゆる鋳接法が標準技法とされてきた。この方法は、術式が比較的簡便であるため、臨床的価値は高いものと評価されてきた。しかし、多くの臨床的あるいは基礎的検討の結果、この鋳接法には本質的な問題点があることが試適されるようになった。すなわち、鋳接時にキーパーも埋没材内で高温にさらされることから、鏡面仕上げされているその表面に酸化膜が形成されること、鋳造金属の収縮によりキーパーが変形すること、高温履歴によりキーパーの磁気特性や耐食性<sup>(6)</sup>が変化する危険がある事などである<sup>(7,8)</sup>。これらはいずれも磁性アタッチメントの吸引力の低下にも結びつく、無視し得ない問題点である。

そこで田中らは、キーパーを除いた根面板部分のみを鋳造・成形して、それに改めてキーパー

を無処置のままセメント合着する術式を開発した<sup>(1-4)</sup>。そのためには、根面板の所定の位置にキーパーのスペースを確保する必要があるが、ワックスアップ操作を確実かつ容易にするために、既製のプラスチックパターン（キーパートレー<sup>(2)</sup>）を開発した。これは厚さ0.3mmの鋳造用アクリリックレジン製で、鋳造後に適切なセメントスペースを残す内径寸法を備えている。本法によれば、そもそもキーパーに鋳造用の埋没材に固定するホルダーを付与する必要もなく、鏡面仕上げされ、吸着面をそのまま利用できるという大きな利点がある<sup>(9)</sup>。

##### 2. 試作プラスチックパターンについて

アクリル樹脂は、150°C以上で圧縮成形できるため熱可塑性に優れ、極めて広範囲の用途を有しており、コスト面においても非常に優位にある<sup>(10)</sup>。そのため、市販されている各種の既製パターンにも採用されている。しかし、特に他材料と併用して鋳造した場合の鋳造欠陥が問題点として指摘されることが、技工士サイドからも頻繁に指摘されてきた。市販されている既製パターンの主成分であるアクリル樹脂の一般的な性質としては、耐候性、電気絶縁性、耐水性に優れるが、耐薬品性は持ち合わせていないなどの特性が挙げられる<sup>(12,13)</sup>。このような性質が原因で、歯科用ワックスと同時に焼却すると何らかの化学的相互作用が起こり得ることを推察し、先ずアクリル樹脂の代わりになるプラスチック材料を探すための予備実験を行った。予備実験において、耐薬品性に優れているという理由でポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリアセタール(POM)、ABS樹脂を選出して、それぞれの試料を鋳造したところ、最も表面精度が高かったのがポリエチレンであった。ポリエチレンの一般的な性質としては、乳白色半透明で水より軽く、焼却するとパラフィンと同様な溶解状態を示し、その溶融温度は130°C前後と低い。また、特に高分子量のポリエチレンは、耐酸・耐アルカリ性に優れている<sup>(12,13)</sup>。これらの特徴を考慮し、歯科用ワックスと同時に焼却しても影響が少ないものと考え、今回は基材としてポリエチレンを採用した。

今回作製した4種の試料について、パターン単独で鋳造することは臨床的にはないが、材料

自体の铸造性を確認することを目的に、アクリル樹脂(AC)およびポリエチレン(PE)を作製した。また、臨床上必要となる歯科用ワックスとの併用など、その他の要素が影響する場合を想定してAC-WAX、PE-WAXを作製した。

### 3. 鋳造条件について

現在の歯科用合金の铸造においては、中低温での中小型の铸造物製作には石膏系埋没材が汎用されている<sup>(14)</sup>。これらの埋没材は、通常埋没後1時間以上経過してから焼却過熱を開始し、最小限1時間かけて700℃まで加熱して用いるのがよいとされている<sup>(15)</sup>。これは、鑄型の焼却加熱時における蝶型の膨張やシリカの変態に伴う急激膨張による鑄型の破損を防止するためである。しかしながら、このような焼却加熱の手順では、铸造開始までに相当の時間を必要とすることになり、臨床技工において、埋没後できるだけ速やかに焼却加熱を開始終了したいという要望には対応できない。

そこで、近年、埋没材練和後30分で700℃の炉に入れることができるといわれる、急速加熱型石膏系埋没材が、国内において数社から販売されるようになった。その臨床応用についての詳細な検討も行われ、急速型は操作性において従来型と同程度であり、铸造結果も十分臨床に耐えるものであることが明らかになっている<sup>(16)</sup>。以上のことから、今回の実験においても、現在臨床現場で最も使用されている、急速加熱型石膏系埋没材(クリストクイックⅡ、ジーサー)を用いた。

焼却については、歯科用ワックスがパターン材料の焼却が、プラスチック部分に何らかの影響をおよぼしているのではないかと想定し、焼却方法を通常レジンパターンの焼却法である250℃係留したものと、急速加熱型石膏系埋没材のメーカー指定の方法である250℃係留を行わないものの2つの方法について比較・検討した。

### 4. 鋳造体の観察について

拡大顕微鏡により铸造体を観察したところ、AC、PEともに著明な铸造欠陥は見られなかった。また、表面粗さの結果からも、AC、PEとともに、単独で铸造した場合、いずれの数値も良好な値を示し、その差は見られなかった。これらのことより、アクリル樹脂、ポリエチレン

とともに、単独では熱可塑性に優れ、铸造性に関しても問題ないものと考えられる。

铸造欠陥であるバリの原因は、当然のことながら鑄型の亀裂によって生じる。ワックスパターン単独で铸造した際は、通常、鑄型に衝撃を与えた場合、あるいは埋没後の急加熱・過加熱した場合などに生じるとされている<sup>(17)</sup>。しかし、今回の実験においては、急速加熱型石膏系埋没材を用い、上記のような铸造欠陥の原因となるような操作は行っていないため、ワックスパターンとプラスチック材料を同時に焼却していること自体が、主として関与していると考えるのが自然である。

また、アクリル樹脂とポリエチレンを比較してみると、AC-WAXでは、铸造欠陥が疑われるバリやなめられが多くみられたが、PE-WAXではほとんど見られなかった。表面粗さの結果からも、アクリル樹脂をワックスパターンと同時に焼却・铸造した際は、アクリル樹脂単体で铸造した際よりも、約5倍高い値となった。それに対し、ポリエチレンはワックスパターンと同時に焼却・铸造しても、ポリエチレン単独で铸造した際の表面粗さとの差は見られなかった。これらのことより、ポリエチレンは耐酸・耐アルカリ性に優れ、液状化する温度が130℃とアクリル樹脂より低く、ワックスが沸騰する温度で焼却、あるいは埋没材に浸透し、通気性を阻害しないことが示唆された。一方、アクリル樹脂においては、150℃にて熱可塑性を示す程度であり、ワックスが沸騰する温度付近で軟化したアクリル樹脂が通気性を阻害し、蒸気となつたワックスが鑄型を破壊した可能性が示唆された。

## V. 結論

今回、新たに試作したキーパートレーと市販されているキーパートレーの铸造精度を比較、検討した結果、以下の結論を得た。

1. 鋳造体の観察の結果、パターンを単独で铸造した場合、パターンの主成分に関わらず、大きな铸造欠陥は見られなかった。
2. 鋳造用ワックスを添加し、試料を根面板形態にした場合、アクリル樹脂を用いたパターンでは著明な铸造欠陥が見られなかった。

鋳造欠陥が見られたのに対し、ポリエチレンを用いた試料では大きな鋳造欠陥は見られなかった。

以上より、ポリエチレンを主成分としたパタンは、今後、臨床的な問題点を解決するための、有用な材料として利用できることが示唆された。

### 参考文献

- 1) 田中貴信：磁性アタッチメント－磁石を利用した新しい補綴治療－，医歯薬出版，1992.
- 2) 田中貴信，星合和基，中村好徳ほか：磁性アタッチメントの新たな適応症を求めて－歯冠外アタッチメントへの挑戦－，日磁歯誌，15（1）：1-13, 2006.
- 3) 田中貴信：続・磁性アタッチメント－108問108答－，医歯薬出版，1995.
- 4) 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－，日磁歯誌，10（1）：31-44, 2001.
- 5) 三宅茂樹，豊田静夫：Sm-Co合金磁石を用いた根面板アタッチメントの臨床例，第9回DMA研究会，日立金属高輪和彌館，1984.
- 6) Takada Y and Okuno O : Effect of heat history on the corrosion of ferritic stainless Steels used for dental magnetic attachments. Dent Mater J 24 : 391-397, 2005.
- 7) 水谷憲彦：磁性アタッチメント用ステンレス鋼の腐食および変色に関する基礎的研究，愛院大歯誌，38：1-17, 2000.
- 8) 出崎義規，岸本康男，田中貴信，ほか：磁性アタッチメントキーパーの腐食に関する実験的検討，日磁歯誌，5（1）：67-73, 1996.
- 9) 石田 隆，田中貴信，中村好徳，ほか：キーパートレー（Keeper-tray）を用いたキーパーのセメント固定法に関する実験的検討，補綴誌，42〔99特別号〕，100, 1998.
- 10) 倉田正也：プラスチック材料技術読本，日刊工業出版：170-175, 1989.
- 11) 浅見高：プラスチック材料講座－アクリル樹脂－，日刊工業出版，1970.
- 12) 高分子学会編：共重合3 工学解析，培風館，1987.
- 13) 工業調査会編：プラスチック技術全書8－ポリエチレン樹脂－，1970.
- 14) Phillips, R. W. : Skinners science of dental materials, 9th ed., W. B. Saunders Co., 393-412, 1991.
- 15) 金竹哲也：新訂版歯科理工学通論，末永書店，168-180, 1978.
- 16) 高橋英和，中村英雄，岩崎直彦，ほか：急速加熱型埋没材の特性，歯科材料・器械 Vol.12 (6) 714-723, 1993.
- 17) 長谷川二郎：明解歯科理工学，学建書院：279-283, 1999.



## New Technique for Making Root Copings for Magnetic Attachment Using a Keeper Spacer Made with Refractory Investment

Mikage Hasegawa, Shigeki Endo, Kazuyuki Miyata, Yoshimasa Takeuchi,  
Yoshitada Umekawa, Eiich Nagai and Tomohiko Ishigami

Department of Partial Denture Prosthodontics  
Nihon University School of Dentistry, Tokyo, Japan

### 要旨

【目的】近年、MRIの普及が著しく、その対応として根面板はキーパーを除去、再装着できるキーパーボンディング法が推進されるが、キーパートレーの厚みにより、根面板が大きくなる傾向が問題である。そこで、新しい方法として、埋没材によりキーパーのスペーサー（インベストスペーサー）を作製し、これを用いてキーパー付き根面板を作製する方法を検討した。

【材料および方法】GC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の形状のスペーサーを用いて根面板を作製し、これにGIGAUSS C600 KBキーパーを合着して、キーパー付き根面板を作製し臨床に使用した。

【結果および考察】本法は鋳接法に近い大きさの根面板の製作が可能で、技工操作も容易である。また、製作時に磁石構造体のクリアランスも確認でき臨床に極めて有用な方法である。

### Abstract

Magnetic attachments can provide support and retention for overdenture abutments, and a remaining tooth can be used to support the coping with the keeper. Keepers made from ferromagnetic alloys, however, have a high magnetic moment and, therefore, may have the potential to cause clinically significant MR image degradation. Thus, the keepers must be removed before MRI diagnosis. In order to easily unfasten the keepers, it is recommended that they be cemented onto the root copings. Ordinary, plastic keepertrays are often used for this cemented keeper system. However, the tray results in gains in the coping height and width and reduces the advantage of the ability to dissipate lateral stress onto the abutment tooth. According to our a new keeper spacer made of refractory investment in which the surface is coated with a model coat, it is possible to fabricate a root coping that is as large as the cast-to keeper and that can be cemented onto the keeper.

### Key words

Magnetic attachment  
Magnetic assembly  
Keeper  
Ferromagnetic alloys  
MRI

### Introduction

Magnetic attachments have been widely used in prosthodontics to retain removable dentures and maxillofacial prostheses<sup>(1)</sup>. A keeper acts as an attachment site for a magnet placed within a removable prosthesis<sup>(2,3)</sup>. An overdenture using a magnetic attachment is a useful choice for an abutment tooth with chronic periodontal disease when there is a need to improve poor crown-to-root ratios. In addition, magnetic attachments dissipate the lateral stress component on abutment teeth<sup>(4,5)</sup>. Therefore, in many cases, copings for fragile teeth should be as low profile as possible<sup>(6)</sup>.

Magnetic resonance imaging (MRI) is a medical diagnostic technique that has recently been used with increasing frequency to image body components. Most dental alloys do not pose a problem because they have little or no magnetic moment<sup>(7)</sup>. Keepers, however, by definition, have high magnetic moment and, therefore, may have the potential to cause clinically significant MR image degradation. Thus, they must be removed before MRI diagnosis<sup>(8)</sup>. However, cast dowel keepers are difficult to remove, and, in some cases, whole root copings need to be removed because the keeper and cast dowel copings are fabricated as one piece using a cast-to technique (Fig. 1A). Other disadvantages of using the cast dowel keeper are roughness resulting from the formation of an oxide layer, change in the microstructure, which distorts the surface, and reduction in the attractive force of the magnetic attachment. In addition, the margin between the keeper and the dental cast material has poor corrosion resistance<sup>(9)</sup>. Accordingly, it is recommended that keepers be cemented onto the root copings

because the keeper can be more easily unfastened using a dental turbine and can be reinstalled after MRI diagnosis.

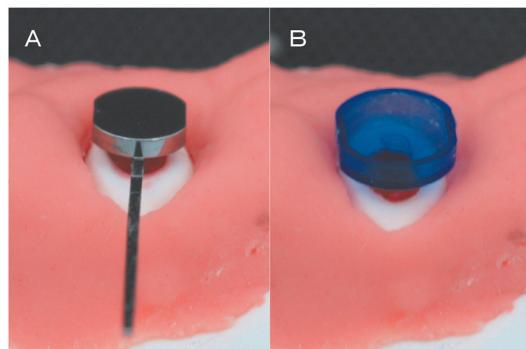


Fig. 1 A, Placement of the keeper (GIGAUSS C600) on the gum model. B, Placement of the keeper tray (GIGAUSS C600) on the gum.

Currently, root copings cemented onto keepers are fabricated using plastic patterns. The device for making such patterns is called a keeper tray and is used for the keeper spacers (Fig. 1B). Although the keeper tray is useful in laboratory procedures, it results in larger height and width of the copings, and places some lateral stress onto the abutment tooth or decreases the number of cases adaptation of magnetic attachments (Fig. 2).

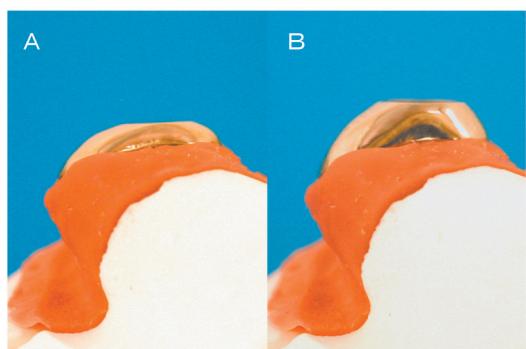


Fig. 2 A, Root coping cast with the keeper. B, Root coping cemented onto the keeper.

In this article, we describe a new technique for making root copings using a keeper spacer made of a refractory investment (Fig. 3). This procedure makes it possible to fabricate a root cap that is cemented onto the keeper and has a height approximately equal to that of the cast dowel keeper.

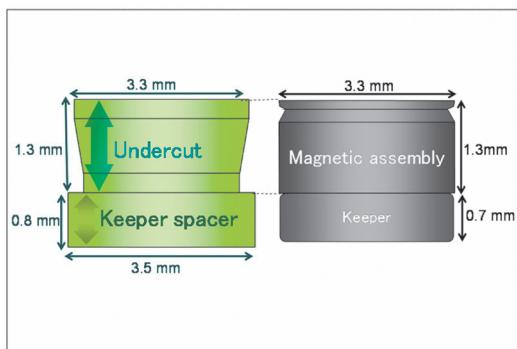


Fig. 3 Investment keeper spacer and magnet keeper.

## TECHNIQUE

1. An investment keeper spacer is made from a refractory investment cast (Cristobalite Model Investment, GC Japan), and the surface is coated with a model coat (Shofu, Japan). The spacer must have sufficient strength to resist laboratory procedures.
2. An investment keeper spacer is approximately the same size as a keeper and a magnetic assembly combined. Taking into account the cement space, part of the keeper spacer is 0.25mm larger (this dimension is equal to the internal diameter of the keeper tray) than the keeper itself. This investment keeper spacer is used for waxing. The wax pattern fabricated with the investment keeper spacer is completely surrounded by an additional investment, and, using the "lost wax" technique, the model cavity created is then filled with a metal to

form the root coping. To prevent an investment keeper spacer from moving during casting, it is given an undercut to retain its position (Fig. 3).

3. An investment keeper spacer is thereafter placed to ensure that it clears the magnet in the denture base and to determine where to place the keeper on the root coping (Fig. 4A).
4. The investment keeper spacer is then waxed, and part of the keeper spacer is covered. To make the keeper frame, the wax is leveled off with a hand instrument during the step of the investment keeper spacer (Fig. 4B, C).

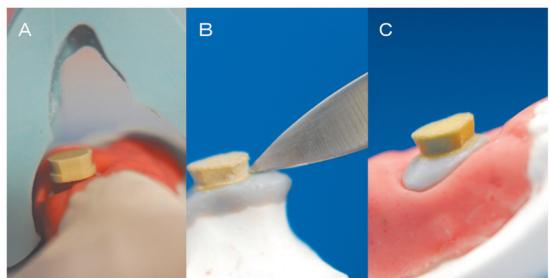


Fig. 4 A, Checking of the clearance of the magnet in the denture base. B, Waxing C, Complete waxing of the root coping with the investment spacer.

5. The sprue is thereafter attached to the wax pattern (Fig. 5A).

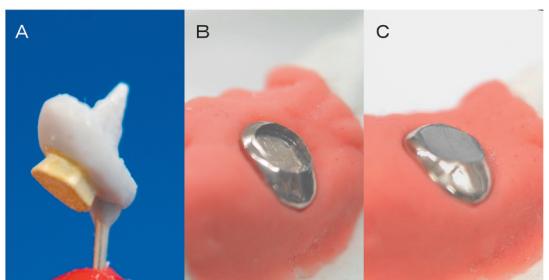


Fig. 5 A, Wax pattern with the investment keeper spacer attached to the sprue pin and mounted in the casting ring base. B, Root coping after casting. C, A keeper cemented onto the root coping.

6. The wax pattern with the spacer and the sprue is then invested and cast according to the standard procedures. The thermal expansion of an investment keeper spacer is approximately equal to that of the casting investment material; therefore, the investment keeper spacer does not require complicated maintenance procedures, unlike a keeper tray.
7. After casting the root coping, a keeper is installed using cement (Fuji Luting Cement, GC, Japan) (Fig. 5B, C).
8. The root coping with the keeper is then cemented to the abutment teeth (Fig. 6).



Fig. 6 Cementing of the root coping fabricated with an investment keeper spacer.

9. As shown in Figure 7, an investment keeper spacer is lower in position than

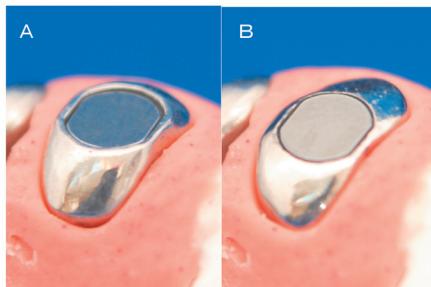


Fig. 7 Comparison between a root coping with a keeper tray and a root coping with an investment keeper spacer. A, Root coping using a keeper tray. B, Root coping using an investment keeper spacer.

the one cemented onto the keeper using a keeper tray. The investment keeper spacer method combines the advantages of using a cast dowel keeper and one that is cemented to the keeper.

## SUMMARY AND CONCLUSION

The investment keeper spacer enables the fabrication of a root coping that is as high as a cast dowel keeper. Moreover, the keeper does not undergo heating by casting because it is cemented onto the root coping. The keeper can be easily removed from the root coping in the event the patient undergoes MRI. In addition, the laboratory procedures for making the copings of magnetic attachments are not complicated.

## Acknowledgements

This study was supported by JSPS Grants-in-Aid for Scientific Research (21592475), The Promotion and Mutual Aid Corporation for Private Schools of Japan, and Grant from Dental Research Center, Nihon University School of Dentistry (2010)

## REFERENCES

- 1) Won-suck O, Eleni R. Dental implant-assisted prosthetic rehabilitation of a patient with a bilateral maxillectomy defect secondary to mucormycosis. *J Prosthet Dent*, 96 : 88–95, 2006.
- 2) Highton R, Caputo AA, Pezzoli M, et al. Retentive characteristics of different magnetic systems for dental applications. *J Prosthet Dent*, 56 : 104–106, 1986.
- 3) Akaltan F, Can G. Retentive characteristics of different dental magnetic systems. *J Prosthet Dent*, 74 : 422–427, 1995.

- 4) Highton R, Caputo AA, Matyas J. Retentive and stress characteristics for a magnetically retained partial overdenture. *J Oral Rehabil*, 13 : 443–450, 1986.
- 5) Gonda T, Ikebe K, Ono T. Effect of magnetic attachment with stress breaker on lateral stress to abutment tooth under overdenture. *J Oral Rehabil*, 31, 1001–1006, 2004.
- 6) Maeda Y, Nakao K, Yagi K. Composite resin root coping with a keeper for magnetic attachment for replacing the missing coronal portion of a removable partial denture abutment. *J Prosthet Dent*, 96 : 139–142, 2006.
- 7) New PFS, Posen BR, Brady TJ, et al. Potential hazards and artifacts of ferromagnetic and non-ferromagnetic surgical and dental materials and devices in unclear magnetic resonance imaging. *Radiology*, 147 : 139 – 148, 1983.
- 8) Kim A, Anthony G, Stephan F. Magnetic resonance image degradation from prosthetic magnet keepers. *J Prosthet Dent*, 62 : 344–348, 1989.
- 9) Yonglie C, Li Du. Comparative study of the surface characteristics, microstructure, and magnetic retentive forces of laser-welded dowel-keepers and cast dowel-keepers for use with magnetic attachments. *J Prosthet Dent*, 93 : 473 – 477, 2005.



## Magnetic Rest Clasp の考察 第2報 メタルボンドクラウンへの応用

蓮池敏明, 草野寿之, 奥津史子, 松川高明, 曽根峰世, 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

Development of a Magnetic Rest Clasp

Part 2. An Application of a Porcelain Fused to Metal Crowns

Toshiaki Hasuike, Toshiyuki Kusano, Fumiko Okutsu,  
Takaaki Matsukawa, Mineyo Sone and Shuji Ohkawa

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

### **Abstract**

An increasing emphasis on physical appearance in contemporary society has resulted in a greater demand for esthetic dental treatment. The metallic color of the buccal clasps on premolars or canines is a common cause of patient rejection. Appearance could be vastly improved if buccal clasp arms were eliminated. However, the retentive function of clasps in which buccal arms have been eliminated is extremely poor. We have developed a retainer without a buccal clasp arm with the magnetic attachment in the occlusal rest of the clasps (Magnetic Rest Clasp). In this study, we describe a new retainer, a "Magnetic Rest Clasp," to be used with porcelain fused to a metal crown on lower premolars; the one described here is used with a plastic jaw model with artificial teeth. The results presented here for the "Magnetic Rest Clasp" were esthetically acceptable and had fine retention for a partial denture.

### **キーワード**

磁性アタッチメント  
マグネティックレストクラスプ  
審美性  
キャストクラスプ

### **(Key words)**

(Magnetic attachment)  
(Magnetic rest clasp)  
(Esthetic)  
(cast clasp)

表1. 使用材料

Materials	Product name	Manufacturer
Magnetic attachment	GIGAUSS C400	GC
Housing pattern	Housing pattern (C400)	GC
Keeper tray	KB keeper tray (C400)	GC
Alloy for ceramic bonding (Type IV)	Bio Herador N	Heraeus-Kulzer
Alloy for framework (Type IV)	Bio Maingold SG	Heraeus-Kulzer
Veneering ceramics	VINTAGE Halo	SHOFU
Cementing material	Super-Bond C&B	SUN MEDICAL
Pattern resin	PATTERN RESIN	GC

## I. 緒 言

近年、補綴歯科治療に対する患者の要望は高まりつつあり、機能の回復が得られていても、さらに審美性や装着感などの改善を要求される症例も少なくない。特に部分床義歯で頻用されるエーカースクラスプに対して、審美的な不満を訴える患者が多い。

そこで、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として Magnetic Rest Clasp を考案した。本支台装置を応用した場合には、磁性アタッチメントを根面アタッチメントとして使用した場合<sup>(1-7)</sup>と比較して支台歯の削除量は少なく、かつ部分床義歯を撤去時している際も、支台歯と対合歯との咬合接触は維持されるという利点がある。

我々は、Magnetic Rest Clasp の連結全部鋳造冠への応用が可能であることを報告した<sup>(8-9)</sup>。今回は、さらに審美性を考慮した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、連結メタルボンドクラウンに対して Magnetic Rest Clasp を作製したので報告する。

## II. 材料と方法

表1は使用した磁性アタッチメントおよびその他の使用材料を示す。

図1の左列にキーパー(a)とキーパートレー(b)を、右列に磁石構造体(c)とハウジング(d)を示す。

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 45)を支台歯とし、頬側アームの無い双子鉤の形態とした。

2本の支台歯の形態は無髓歯におけるメタルボンドクラウンの支台歯形成に準じ、咬合面においては、機能咬頭上では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、頬側辺縁形態はショルダー型、舌側辺縁形態はシャンファー型となるように形成した。

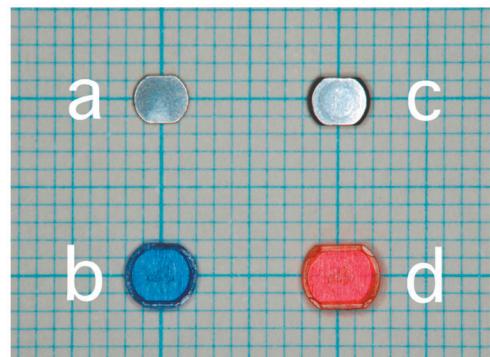


図1. 磁性アタッチメント一式

図2, 3はエポキシ樹脂の模型上で形成した支台歯を印象採取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、4支台歯の遠心舌側隅角部および、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、キーパートレー(外寸法3.95×3.55×1.00mm)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ハウジングパターン(外寸法4.40×3.60×1.80mm)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定した。なお、陶材前装部分の機械的強度を考慮して、楕円の形態を呈している磁石構造体の長軸が近遠心方向となるように配置した。すなわち、図2のa(近遠心

径) が7.0mm、b (頬舌径) が3.0mm、図3のc (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となるように支台歯形成を行った。



図2. 作業用模型 (咬合面観)

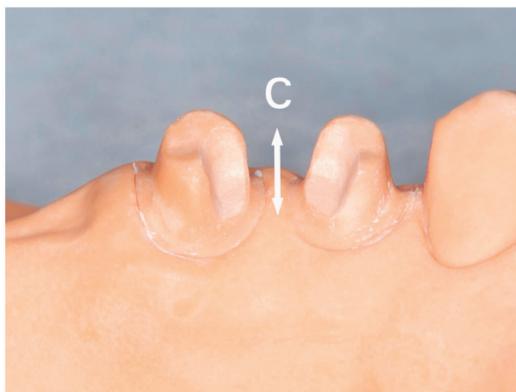


図3. 作業用模型 (舌側面観)

図4、5は作業用模型上の連結メタルボンドクラウンのワックスアップを示す。通法に従い、クラウン外形をワックスアップしたのち、ワックスをカットバックして金属焼付用陶材前装部と磁性アタッチメント収納部のスペースを付与した。

なお、今回の術式では45連結メタルボンドクラウンとして作製し、両支台歯の舌側面にはMagnetic Rest Claspのブレーシングアームに対応する誘導面と、ブレーシングアーム先端相当部にチャネルを付与した。

図6にキーパートレーを固定したワックスパターンを示す。キーパートレーの固定にはパラレロメータを使用し、キーパートレーの底面部が咬合平面と平行になるように位置づけた。審

美性に配慮し、Magnetic Rest Claspの金属部分が接するメタルボンドクラウン外側面部(舌側面と連結部隣接面を除く)以外の領域はすべて陶材を前装する形態とした。



図4. ワックスパターン (咬合面観)



図5. ワックスパターン (頬側面観)



図6. キーパートレーを収納したワックスパターン (咬合面観)

この時、キ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。

キーパートレー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、焼却を行ったのち陶材焼付用合金（バイオハラドルN、ヘラウスクルツァー）を用いて鋳造を行った。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を行った（図7、8）。なお、キーパー収納部の内面にはアルミナサンドブラスト処理を行った。



図7. 45連結メタルボンドクラウンのメタルコーピング（舌側面観）



図8. 45連結メタルボンドクラウンのメタルコーピング（頬側面観）

通法に従って、金属焼付用陶材（ヴィンテージハロー、松風）を前装したのちメタルボンドクラウン外側の金属面（キーパー上面を除く）を研磨した（図9、10）。

キーパーを合着した連結メタルボンドクラウン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11）。なお、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。



図9. 連結メタルボンドクラウン  
(支台装置・舌側面観)



図10. 連結メタルボンドクラウン  
(支台装置・舌側面観)



図11. キーパーを収納し、完成した連結メタルボンドクラウン（舌側面観）

図12、13は完成した  $\overline{45}$ 連結メタルボンドクラウンを示す。連結部基底面は清掃性を考慮し、歯肉側鼓形空隙を可及的に大きくした。



図12. 完成した  $\overline{45}$ 連結メタルボンドクラウン  
(舌側面観)



図13. 完成した  $\overline{45}$ 連結メタルボンドクラウン  
(舌側面観)

キーパーの上面にハウジングパターンを配置したのちパターン用常温重合レジン（パターンレジン、ジーシー）を筆積み法で築盛し、インレーワックスを用いて形態を整え、クラスプ部分と連結子部分のパターンを作製した（図14）。

作製したパターンは、通法に従って埋没と焼却を行ったのち歯科鋳造用白金加金（バイオマインゴールド、ヘラウスクルツァー）を用いて鋳造した。

図15は完成した Magnetic Rest Clasp の内面観を示す。クラスプおよび連結子部分の鋳造後は通法に従って形態修正と研磨を行い、連結メタルボンドクラウンのキーパー収納部と同様に、Magnetic Rest Clasp の磁石構造体収納部内面にアルミナサンドblast処理を行った。

こののち、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）を用いて磁石構造体の合着を行った。



図14. クラスプ部分と連結子部分の  
ワックスパターン



図15. Magnetic Rest Clasp (内面観)

図16～19に、完成した Magnetic Rest Clasp を連結メタルボンドクラウンに適合させた状態（図16：咬合面観、図17：舌側面観、図18：頬側面観、図19：近心面観）を示す。



図16. Magnetic Rest Clasp と連結メタルボンドクラウン (咬合面観)



図17. Magnetic Rest Clasp と連結メタルボンドクラウン（舌側面観）



図18. Magnetic Rest Clasp と連結メタルボンドクラウン（頬側面観）



図19. Magnetic Rest Clasp と連結メタルボンドクラウン（近心面観）

咬合面観では舌側半分においてメタルの存在が観察されるが、頬側面観および近心面観ではメタルの存在は認められず、良好な審美性が得られた。

### III. 結果と考察

部分床義歯症例に対して磁性アタッチメントを根面アタッチメントとして使用した場合、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喪失などの問題点がある。

また、一般にミリング法によるアタッチメントでは、義歯着脱時の摩耗によって維持力の低下が生じやすく、かつ低下した維持力の回復が困難となることが少なくない。

そこで我々は、キャストクラスプのレスト部に磁性アタッチメントを配置し、頬側アームの無い新しい支台装置として Magnetic Rest Clasp を考案した。本支台装置を応用した場合、磁性アタッチメントを根面アタッチメントとして使用した場合と比較して部分床義歯撤去時の審美性に与える影響は少なく、かつ部分床義歯を撤去している際も、支台歯と対合歯との咬合接触は維持される。またブレーシングアーム先端部に付与したチャネルによって把持効果が高まるなどの利点を有していると考えられる。

1歯当たりのクラスプの維持力として、奥野<sup>(10)</sup>は約500gf の維持力が経験的に標準とみなされていると記述し、1歯当たりの支台装置の維持力として、Körber<sup>(11)</sup>は500gf、長澤<sup>(12)</sup>は500～1,000gf、大川<sup>(13)</sup>は500～1,000gf が適切であると推測されると報告している。義歯の維持力として、Bates<sup>(14)</sup>は通常の食品では1kgf 程度で充分と記述している。また、Körberは歯周組織への為害作用を考慮すれば、義歯離脱時の負荷重は1歯当たり1,000gf 以下にすべきであるとしている。

以上より、維持力の大きさとして400gf はやや小さいと考えられるが、磁石構造体を収納しているレスト部が適合する鳩尾形態のレストシート側壁およびブレーシングアーム先端に付与したチャネルの側壁は0° に近いテーパーとなっている。したがって、本研究で考案した Magnetic Rest Clasp は、臨床的には義歯の離脱に対して十分抵抗しうる維持力を発揮するものと考えられる。ただし、Magnetic Rest Clasp の維持力に関しては、今後検討していく予定である。

### IV. 結論

今回、我々は連結メタルボンドクラウンに Magnetic Rest Clasp を応用したところ、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、無歯齶であれば臨床応用は可能であることが示された。

### 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ーの特徴と設計・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ー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 育, ほか: 磁性アタッチメントの臨床とその展望ー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, 横原絵理, 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.
- 8) 蓮池敏明, 草野寿之, 奥津史子, ほか: キャストクラスプへの磁性アタッチメントの応用ーMagnetic Rest Clasp の考案ー, 日磁歯誌, 18 (1): 64–68, 2009.
- 9) Toshiaki Hasuike, Toshiyuki Kusano, Fumiko Okutsu, et.al.: An application of a Magnetic Attachment to Cast Clasp-Development of a Magnetic Rest Clasp-, J J Mag Dent, 18 (2): 91–93, 2009.
- 10) 奥野善彦: キャストクラスプの形態と維持力, 阪大歯学誌, 28 (2): 155–166, 1983.
- 11) Korber K H : Konuskronen-Teleskope (6.Aufl). A Huthig, Heidelberg : 80–86, 1988.
- 12) 長澤 亨, 久保雅彦, 前野信夫, ほか: 各種アタッチメントにおける維持力の減衰に関する実験的研究, 広大歯誌, 10: 63–69, 1978.
- 13) 大川周治: テレスコープ冠の維持力に関する実験的研究, 広大歯誌, 18: 166–180, 1986.
- 14) Bates J F : The mechanical properties of the cobalt-chromium alloys and their relation to partial denture design, Brit Dent J 119: 389–396, 1965.

## 第19回日本磁気歯科学会学術大会 抄録

日 時 平成21年11月14日(土)・15日(日)  
会 場 岩手医科大学創立60周年記念館

### 演題番号 1 認定医申請講演

#### 審美性を考慮して磁性アタッチメントを応用した一症例

○武藤亮治

鶴見大学歯学部 歯科補綴学第一講座

可撤性部分床義歯において磁性アタッチメントを支台歯隣接面に使用する臨床術式と維持力に関する基礎実験の結果は、第16、17回本学術大会において、発表した。本法の特徴は、①有髓のまま使用できるため支台歯への侵襲が少ない、②前歯や小白歯に適用する場合には審美性に優れる、③クリアレジンでシェルを製作し、キーパーを隣接面に接着するので、術式が簡略化され正確に位置づけできる、などである。しかし、磁性アタッチメントを支台歯隣接面に応用する場合は、従来の根面アタッチメントと比較して維持力が約20%に減弱するため、他の支台装置と組み合わせて使用し、1義歯あたりの維持力を確保する必要がある。今回、本法を用いて良好な経過が得られた2症例について報告した。

症例1：56才、女性。7654欠損に対し、審美性に優れた部分床義歯を希望し来院。3を支台歯とし、その遠心面に磁性アタッチメントのキーパーを接着し、チタン床義歯を装着した。3クラスプが省略でき、機能的にも審美的にも患者の高い満足が得られた。

症例2：73才、男性。54欠損に対し、補綴処置を希望し来院。6を支台歯とし、その近心面に磁性アタッチメントのキーパーを接着し、コバルトクロム床義歯を装着した。本症例の改良点は、シェルの遁路を頬舌側と遠心側から、歯冠側へ変更したことである。余剰レジンの除去が容易になり、支台歯の形態修正や研磨も容易となった。

約3年間の経過観察を行ったが、磁性アタッチメントの維持力の低下や支台歯からのキーパー脱落は認められなかった。磁性アタッチメントを支台歯隣接面に応用する術式は、前述の利点に加え、隣接面板が維持力を持つことから、誘導面が正確に規制され義歯の安定性が増すこと、シェルの遁路の改良により容易に支台歯隣接面の正確な位置にキーパーを設置できることなども利点として付け加えられると考えられる。

質問：中村好徳（愛知学院大学）

- ①第一症例におきまして、支持、把持はどこに期待しているのでしょうか。
- ②第二症例には、磁石構造体とキーパーに表面荒れ等が無かったとあるが、磁石本来の機能が発揮されていましたか。

回答

- ①右下3舌側に基底結節レスト、右下8近心レスト、左下4遠心レスト、左下6近心レスト付エーカースクラップを設計し、義歯全体としての支持、把持、維持をもたらせました。
- ②磁石構造体を口腔内でセットする前と後で、明らかに維持力が増加し、キーパーの誘導面に沿った着脱方向に義歯が誘導される感触が得られました。

質問：中村和夫（東京都）

- ①犬歯舌側寄り側面にキーパーが設置されていて、義歯装着時に唇側での把持効果はどう考えていますか。
- ②側面設置の場合、着脱時に吸着面でこすれあうと考えられますが、傷がつきやすかったり表面形状が影響を受けないでしょうか。

回答

- ①右下3には、基底結節レストによる支持と遠心隣接面の磁性アタッチメントによる維持のみを求める設計とし、把持は求めていません。

②3年の経過観察では、傷や表面性状の肉眼的变化は認められなかった。

## 演題番号 2

### すれ違い咬合症例に Virtual Reality Dental Planner を応用した一例

○小川 匠, 重田優子, 井川知子, 笠間慎太郎,  
安藤栄里子, 佐藤洋平\*, 土田富士夫\*,  
前田祥博\*\*, 水野行博\*\*, 大久保力廣\*,  
細井紀雄\*, 横原絵理\*\*\*, 鮎見進一\*\*\*

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

**【目的】**第18回の本大会においてコンピューター技術を応用し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を行い、その臨床応用の可能性について報告した。今回我々は、シミュレーションソフトをすれ違い咬合患者へ応用したので報告する。

**【方法】**すれ違い咬合患者の補綴処置は、歯周疾患、不正咬合、咬合高径などの様々な問題に対処し、補綴処置に臨まねばならない難症例である。補綴的には、咬合高径と残存歯、およびデンチャースペースの関係は非常に重要であり、特に、支台装置にマグネットアタッチメントを選択する場合には、上部構造と支台装置との3次元的な位置関係を十分に考慮する必要性がある。そこで、補綴初診時の研究用模型をから、3次元再構築画像を構築後、仮想空間内で補綴シミュレーションを行うことから、治療計画を立案、治療を行った。

**【結果、考察】**今回、Virtual Reality Dental Planner をすれ違い咬合患者に応用して、治療計画の立案、治療の一連の過程について報告した。これらの、CAD技術は様々な補綴処置の局面において活用可能であり、技工サイドとの連携、患者様への説明などに特に有用だと考えられた。

**質問：竹内義真（日本大学）**

実際の垂直的顎間関係の診査の仕方はどのように行ったのですか

すれ違い咬合において咬合平面をPC（ショミレーション）において、決定するには基準が少ないのでないか。

**回答**

①旧義歯において垂直的顎間関係を試行錯誤的に調整する。これにより垂直的顎間関係を決定する。この時、咬合高径、安静位を測定する。

②その旧義歯（調整後）で研究用模型を仮想空間上で再現する。

③フェイスボウ、審美的測定ボウにて、咬合平面の形態的な診査を行う。

発表中で時間が無く、詳細な報告はかつあいした。しかし、本研究は、システム概要説明であることを理解して頂きたい。

**質問：中村好徳（愛知学院大学）**

①シミュレーションを行うにあたっての作業時間はどれくらいですか

②治療計画のシミュレーションの御発表と思いますが、義歯の設計には残存歯、歯周組織の状態が重要と考えますが。

**回答**

①作業用模型の仮想空間での製作は、約8方向のデータを統合して、約15分程度掛かります。

②残存歯、歯周組織については通方通りに行っております。また、CT等の画像を統合することからより精度の高いシミュレーションが可能です。

## 演題番号 3

### マグノテレスコープを用いた上顎可撤性ブリッジの一症例

○河野稔広, 横原絵理, 鮎見進一

九州歯科大学顎口腔欠損再構築学分野

#### 【目的】

審美性の要求が高い女性患者の中には、欠損があるにもかかわらずパーシャルデンチャーを

装着せず、口腔内環境が増悪となる場合が少な  
くない。

今回、このような女性患者1名に対し、マグノテレスコープを用いた床付き可撤性ブリッジ形態の上顎補綴装置を製作し良好な結果を得たので報告する。

### 【方法】

まず764 | 4-7欠損および53 | 3 残根部に対し咬合高径改善を目的に7-3 | 3-7の治療用義歯を装着した。咬合高径改善後、上顎前歯部の補綴装置を除去し、52 | 123支台歯にマグノテレスコープ内冠を31に根面板を装着した。上部構造は6⑤43②1 | ①②③4567の可撤性ブリッジとし、4-7部は床付きとした。

### 【結果、考察】

今回、審美的要求が高い義歯未経験の女性患者に対し、床付き可撤性ブリッジを装着したところ、審美性および装着感に対する満足度も非常に高く良好な結果を得ることができた。

**質問：**石上友彦（日本大学）

Br. 内冠に磁石を即時重合レジンを使用する方法を具体的に教えてください。

**回答**

キーパーにマグネットを吸着させた状態で  
Br. 内面に極少量の即時重合レジンを入れ口腔内に Br. を装着しました。

**質問：**田中貴信（愛知学院大学）

一部の残存歯には磁性アタッチメントを適用していないが、将来の変化に対応するために現時点では磁石構造体は利用しないとしても、根面板にはキーパー根面板を適用しておいた方が合理的であると考えるが如何か。

**回答**

31 については骨植状態が不良であり、明らかに予後不良であると判断しましたので根面板を用いました。

### 演題番号 4

### 磁性アタッチメントを用いたナイトガードによるブラキシズム患者への対応

○鴨川紫乃\*, 月村直樹\*\*, 諸隈正和\*, 鈴木奈央未\*, 竹内義真\*, 大野 繁\*, 小豆畠拓夫\*, 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科学研究所臨床研究部門

**【目的】** 睡眠時ブラキシズムを有する患者の残存歯を保護する目的で、就寝時に義歯装着を指示する場合があるが、その結果、義歯破損を誘発する症例もある。本症例は、上下顎への新しい補綴装置の装着に伴い、就寝時に旧義歯の使用を指示したが、強いブラキシズムによりレジン部の破折を繰り返し、チタン床にまで破折が及んだ。そこで今回、これに対応するため、磁性アタッチメントを用いたナイトガードを製作した。

**【方法】** 通常の義歯製作と同様の手順で印象採得を行い、作業用模型を製作した。次に現在使用している義歯のレプリカをワックスで製作し、これを用いて現在使用中の義歯と同様の高さで咬合採得を行った。作業用模型を咬合器付着後、レプリカをスプリント状に形態修正し、パテシリコンにてコアを製作した。義歯床用アクリル系レジンであるパラプレスヴァリオを用いて流し込み法にてナイトガードを製作した。

口腔内にて磁石構造体の位置決めを行い、オルソファストを用いてナイトガードに装着した。磁性アタッチメント付ナイトガードの外形は現在使用中の義歯と同様の形態とし、中心咬合位で全ての支持咬頭が点接触するように調整した。

**【結果、考察】** 一週間に一度、使用状況の確認を行っているが、今まで大きな接触点の消失もなく使用を続けている。患者からは、割れる心配がなく安心であるとの評価を得た。

今回、強い睡眠時ブラキシズムにより上下顎の補綴装置の破損を繰り返す症例に対して磁性アタッチメント付ナイトガードを製作した結果、補綴装置の破損を防ぐことができ、良好に経過している。今後は磁性アタッチメント付ナイトガードの状態確認を継続的に行い、キーパーや

磁石構造体の長期的な経過を追う必要があると思われる。

**質問：田中譲治（千葉県柏市 開業）**

夜間に義歯を外してもらうことについてはどうのように考えますでしょうか。

**回答**

この症例については、義歯を外した場合に噛み込みが強かったため、このような方法を行った。

**質問：佐々木英機（徳島県 開業）**

ブラキシズムといった難症例に対し、興味ある使用法と思いました。ナイトガードの使用時間帯と使用期間について教えてください。

**回答**

ナイトガードの使用は、就寝時のみに限っています。使用期間についてですが、長期使用により、顎位などに問題が生じる可能性も考えられますので、定期的な経過観察をして対応していく必要があると思います。

**質問：小川 匠（鶴見大学）**

本症例はブラキシズムのみとは考えられない。日中の対策、及びブラキシズムの定量的評価についてご質問したい。

**回答**

日中の対策としては、くいしばりを気付いた時点でやめるよう指導しています。本症例においては、夜間（就寝時）使用時に破損することが圧倒的に多かったため、ナイトガードを製作することで義歯など補綴装置の破損を防ごうと考えました。

**質問：田中貴信（愛知学院大学）**

ナイトガードの咬合調整に関してセントリックでの咬頭頂のみの点状接触を強調されていましたが、Bruxis 患者に対してこの様な咬合付与でよいのか。

**回答**

今回は歯ぎしりによる補綴装置の破損を防ぐために、製作したナイトガードですので、中心咬合位で支持咬頭？が点接触するようにし、側方力がかからないようテーブル状の形態にする

ことで、問題はほぼ解決できるのではないかと考えています。

**座長総括（演題番号 2, 3, 4）**

**佐々木英機（徳島県）**

**演題 2：**すれ違いこう合症例の義歯設計を行った報告であった。補綴初診時の研究用模型を用いて、CAD技術で磁性アタッチメントを適用した補綴治療計画を立案した。この立体画像は、技工、患者説明に有効であることを示した。CAD、CAM技術は補綴治療で活用されており、今後骨の情報、顎の運動情報も結合して、より正確な設計についても研究の発展が期待できると思われる。

**演題 3：**右上5321左上123歯牙に磁性アタッチメントを適用したブリッジと左上4-7床義歯を連結して右上6⑤4③②1左上①②③4567の可撤性ブリッジを装着し、患者の審美性要求、義歯に対する嫌悪感に対処していた。術後経過は患者の高い満足感を得て、良好である。今後は、床下粘膜の変化、キーパーへのこう合荷重支台歯の維持力の変化等、留意点も推察されることにより、経過観察についても予後報告を期待したい。

**演題 4：**強いブラキシズムにより義歯破折を繰り返す患者に磁性アタッチメントを用いたナイトガードを装着し、患者の満足と義歯破折に対処した症例報告であった。ナイトガードは力の分散、筋の緊張緩和をはかり歯牙、インプラント保守に使用される。本症例は欠損義歯の保守の為に使用して良好な結果を得ている。磁性アタッチメントの適用に工夫がなされた症例といえる。

**演題番号 5****Magnetic Rest Clasp のメタルボンドクラウンへの応用**

○蓮池敏明, 草野寿之, 奥津史子, 松川高明,  
曾根峰世, 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

**【目的】**近年、機能の回復が得られていても、更に審美性や装着感の改善を要求されるなど補綴歯科治療に対する患者の要望は高まりつつある。特に部分床義歯のエーカースクラスプに対して、審美的な不満を訴える患者は少なくない。そこで我々は、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た、頬側アームの無い新しい支台装置として Magnetic Rest Clasp を考案し、第18回日本磁気歯科学会学術大会において、Magnetic Rest Clasp の連結全部铸造冠への応用が可能であることを報告した。

Magnetic Rest Clasp では、クラスプのレスト部分に磁性アタッチメントを応用することにより、レストに支持機能とともに維持機能を付与していること、これによりクラスプ義歯の審美的な問題点であった頬側アームが不要になること、そして、義歯撤去時にも支台歯部における咬合関係が維持されることなどが、本装置の特徴として挙げられる。今回は、臨床応用に向けて、Magnetic Rest Clasp の連結メタルボンドクラウンへの応用の可能性を検討した。

**【材料と方法】**前報と同様にエポキシ樹脂の模型上で、下顎左側第一および第二小臼歯を支台歯とし、頬側アームの無い双子鉤のレスト部に磁性アタッチメント（ギガウス C400、ジーシー）を収納する形態とした。この楕円形態の磁性アタッチメントの長軸が歯列の近遠心方向と一致するように配置し、レスト部を鳩尾形とともに、Magnetic Rest Clasp の舌側アーム鉤尖部に channel を付与することによって把持力の向上を試みた。

**【結果と考察】**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配置した、頬側アームの無い新しい支台装置として考案した Magnetic Rest Clasp を連結メタルボンド

クラウンに応用し、臨床応用の可能性について検討した。その結果、Magnetic Rest Clasp は無齶歯を支台歯とする連結メタルボンドクラウンの連結部に磁性アタッチメントを収納しようとともに、良好な審美性が得られる可能性が示唆された。

**質問：石上 友彦（日本大学）**

しっかりした鳩尾形ですので舌側のアームは不安ですか？

**回答**

貴見のとおり、舌側アームを省略しても Magnetic Rest Clasp は機能しますが、アーム及びチャネルを付与したほうが長期的な使用が可能と考えられます。

**質問：中村好徳（愛知学院大学）**

- ①このシステムは有齶歯への応用は可能ですか？
- ②頬側の把持はどうするのですか？

**回答**

①歯齶腔の大きさ、歯間距離等の要因により、有齶歯に応用が可能な場合も存在すると思われますが、原則的に無齶歯への応用を考えております。

②Magnetic Rest Clasp 部に鳩尾形を付与しており、これより十分な把持力を持っておりま

**演題番号 6****MI センサを応用した姿勢検出センサの補綴治療への応用：第 2 報 臨床プロトタイプ**

○石田雄一, 後藤崇晴, 永尾 寛,

荒井一生\*, 市川哲雄

徳島大学ヘルスバイオサイエンス研究部顎頸面補綴学分野

\*愛知製鋼株式会社

微小磁場を検出できる MI センサ（愛知製鋼）と加速度センサを組み合わせた姿勢検出センサは、ピッキング・ヨーイング・ローリングといった 3 次元の全方位姿勢角度の計測が可能である。我々はこのセンサ内にバッテリーと送信部を内蔵することにより、ワイヤレスで情報を送信

できるようにし、その情報を分析するためのソフトウェアを開発したことを、第16回日本磁気歯科学会学術大会で報告した。

補綴治療の中には角度測定や平行性を必要とするものが多数存在する。この姿勢検出センサは、臨床経験の少ない歯科医師や学生のためのトレーニング用機器・教育用機器としての応用が可能であることを、第18回日本磁気歯科学会学術大会、及び第37回日本口腔インプラント学会学術大会で報告している。

一方、長時間の使用や激しい動作環境においては、磁気センサと加速度センサを用いている特性上、得られる値の誤差が大きくなり、またそれが蓄積していくという欠点があった。加えてセンサユニットの大きさも臨床で用いるには大きすぎるため、臨床応用するには解決しなければならない問題点が残っていた。

これまでの欠点を改善するために、姿勢検出センサを2つ同時に使用するといったシステム面での改良、より高性能な加速度センサと小型バッテリーを用いるといったハード面での改良、デジタルフィルタを付与するといったソフト面での改良を行った。これにより姿勢検出センサの精度、感度、および操作性は大きく向上している。

この最新の姿勢検出センサを用いれば、訓練用・教育用機器としてだけではなく、臨床の現場においても応用が可能なのではないかと期待しており、今後はこの新たな姿勢検出センサシステムを臨床で応用できるようにするため、様々な可能性を探っていく予定である。

#### 質問：小川 匠（鶴見大学）

角度センサーは新しく安価で精度が高い測定器である。しかし、位置情報とのレジストレーションが精度（測定）に大きく影響するのではないか。

#### 回答

位置と精度の関係ですが、これは姿勢検出センサ内の加速度センサが大きく関与していると思われます。新型のMIセンサAMI602では、加速度センサ部分大きく改善されており、新型無線式姿勢掲出センサの完成後、精度実験も行っていきたいと考えます。

#### 質問：田中貴信（愛知学院大学）

提示されたようなセンサは様々な分野で活用できることはあることは理解できるが、今回示された臨床術式に関連する手術は、その意義が理解できない。

①モニター見ながらのドリリングは手術が一層不安定になるのでは？

②蝶堤の咬合面部を模型基底面に一致させるのが咬合採得ですか？

#### 回答

①特にドリリング時にずっとモニタを見ている必要はなく、モニタを見るときにはドリリングを止めておけば問題ないと思われます。また、あらかじめ設定した任意の角度を超えるとアラームが鳴るようにすることも可能です  
②もちろんこれは咬合採得とは言えません。仮想咬合平面の設定を姿勢検出センサを用いて行うことを最終目標とした予備実験です。

この一連のシステムを臨床で応用して行くには改良しなければならない点も多く、その使用方法も色々と模索している最中です。

#### 演題番号 7

#### 磁性アタッチメント吸引力測定法の違いにおける吸引力への影響

○庄司和伸、宮田利清、中村好徳、安藤彰浩、岩井孝充、小木曾太郎、佐野恭之、佐藤徹、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の吸引力測定法に関しては、開発当時から現在まで数多くの工夫が試みられてきた。我々も試行錯誤の結果、現在では専用の特性治具を開発し、その有用性を確認している。しかし、2009年度のISO会議において、オーストラリアの磁石研究機関から、より簡便な吸引力測定方法についての提案があった。そこで今回、その提案に基づいた測定を行い、我々独自の方法との結果に関して比較検討を行なった。

提案された測定方法は、引っ張り試験を行う上で、磁石構造体とキーバーとの吸着部に起こ

る水平的な位置ずれを単純な治具で規制すれば、綿糸を用いた自由度のある牽引でも信頼できる吸引力が測定できる、というものであった。しかし、詳細な測定方法の提示がなかったので、推測から簡便な治具を作製した。すなわち、磁石構造体とキーパーの吸着部の方向性を規制する治具として、測定用金型にアクリル製のチューブを用いることにした。磁性アタッチメントとしては、ジーシー社製ギガウス C600を用い、EZ-test 引張試験機により試料数5、測定回数10回で吸引力を測定した。

測定後、吸引力の平均値を算出し、従来の測定法である特性治具を用いた測定、今回の簡易ガイドを用いた測定、全く規制なしの測定の3種の結果を比較した。

提案された吸引力測定法は、我々の開発した方法と比べ、測定値が低く、標準偏差も大きな結果となった。これは全く規制なしの測定とほぼ同程度の結果でもあり、一元配置分散分析と多重比較検定を行った結果、いずれも、測定値に有意な差が確認された。

簡易的なガイドで規制した測定では、外見上は規制されているように見えるが、本質的には機能していないと考えられる。

正確な吸引力測定には、牽引時の摩擦抵抗を生ずることなく、水平的なブレや傾斜を厳密に規制することが重要であることが確認された。

#### 質問：石上友彦（日本大学）

吸引力測定には正確なジグが必要である。自家製の高価なジグが優れていることには同意見ですが、市販のレールベアリングのほうが安価で精密なデータが出せると思います。

#### 回答

貴重なご指摘ありがとうございます。摩擦抵抗のコントロールがなされているので、より安価なものの方が一般への利点が大きいと思います。

#### 座長総括（演題番号 5, 6, 7）

越野 寿（北海道医療大学）

本セッションでは、磁性アタッチメントのク

ラスプとしての応用、姿勢検出センサの補綴治療への応用、磁性アタッチメントの吸引力について検討した結果が発表された。

**演題5：**従来、根面板タイプあるいはテレスコープタイプの形状をした支台歯に対応して、オーバーレイタイプの義歯を製作し、磁性アタッチ面を維持装置として組み込むのが一般的であった。本研究は、メタルボンドクラウンを補綴前処置として装着する症例をモデル化し、支台歯形態とメタルボンドクラウン連結部の形態の検討を行い、幅広い鳩尾形のレストとチャネルを付与した幅広いブレーシングアームを設計することで、従来のクラスプでは維持力発揮に不可欠であった維持腕のないMagnetic Rest Claspを考案した。本試みは、オーバーレイタイプに比較して、支台歯周辺の自浄作用の保全に優れており、新たな磁性アタッチメントの活用法の一つに発展することを期待する。

**演題6：**本研究は、微小磁場を検出できるMIセンサと加速度センサを組み合わせた姿勢検出センサに対して、ハードウェア、ソフトウェア、両面からの改良を加え、経験の少ない歯科医師や学生のトレーニング機器・教育用機器として活用することを目指しているものである。補綴処置を中心に、角度や平行性を把握する必要のある状況下で、簡単にそれらを知り得ることは、正確な診療を行う上で、極めて有用なことであり、さらなる進化を遂げ、一般臨床で広く活用できるようになることを期待する。

**演題7：**本研究は、磁性アタッチメントの吸引力測定法の違いによる、吸引力の差異を詳細に検討したものである。現在、ISOでの磁性アタッチメントの国際規格制定が検討されており、正確な、規格化された吸引力の測定、標示はそのため不可欠なものである。磁性アタッチメントの吸引力測定において不安定要素となるのは磁石構造体とキーパーとの水平的なズレであり、発表者らが考案した水性的ズレの発生しない装置、海外研究機関から提案された円筒状ガイドを有する簡易測定装置、ガイドなしの引張試験の3条件で測定を行い、簡易測定装置では

再現性の高い安定した吸引力の測定は困難であることを示した。この結果を受けて、ISOでの磁性アタッチメントの規格制定が更に前進することを期待する。

本セッション全体を通じて、臨床で直面する問題、あるいは現在進行中の課題に直結した発表であったため、非常に活発な討議がなされた。

### 演題番号 8

#### MRI 対策としての KB 法キーパー着脱方法とセメントのキーパー維持力検討

○阿部有希\*, 長谷川みかげ\*, 宮田和幸\*, 梅川義忠\*\*, 豊間 均\*\*, 中林晋也\*, 片倉祐輔\*, 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

**【目的】** MRI撮像前にキーパーの除去が要求される場合、現在は対応策の一つとしてKB法を用いたキーパー付き根面板を製作し、必要に応じてキーパーを削り取っている。この方法は患者の負担が大きく、根面板を傷つけるため、簡便なキーパー着脱方法として、根面板に遁路を付与することにより、キーパーを着脱する方法を考案した。さらにKB法に使用する種々の合着用セメントの、維持力および耐久性についても検討した。

**【方法】** 遁路付き根面板は、遁路のスペースとしてワックスパターンに炭素棒を組み込み製作し、臨床に応用した。

GIGAUSS C600 KB キーパートレー (GC) を鋳型として、金銀パラジウム合金 (デンツップライ三金) にて鋳造し、4種のセメントをメーカー指示に従って練和・合着後、37°C蒸留水中に24時間浸漬し、試験体とした。合着用セメントはスーパーセメント (松風、以下 SU)、フジ I (GC、以下 FI)、ハイボンドカルボセメント (松風、以下 CA)、フジルーティング S (GC、以下 FL) を使用した。万能試験機上で引張り試験を行い、セメントの維持力を測定した。加えてマグネットの吸着力と口腔内の温度変化を想定し、5.2N1000回繰り返し引張り、

サーマルサイクル2000回の2種の負荷試験を行い、セメントの耐久性についても検討した。

**【結果、考察】** FIにてキーパーを合着した遁路付き根面板は、日常の臨床で用いる器具にて、短時間でキーパーと根面板をほとんど傷つけずに、キーパーの撤去および再合着が可能であった。

維持力試験では、SU、FI、CAはFLと比較し有意に低い維持力を示した。耐久性試験では、今回の負荷条件では4種のセメントの維持力にはほとんど影響がないことが示唆された。SU、FI、CAはFLと比較してキーパーの着脱が容易であり、遁路付き根面板にキーパーを合着する際は、SU、FI、CAが適応と考えられた。

**質問：中村好徳（愛知学院大学）**

非常に重要な研究と考えますが臨床に応用する場合キーパーの装着に使用するセメントの維持力はどれくらい必要と考えるか？

**回答**

キーパー装着に使用するセメントの維持力として、少なくともマグネットの吸着力に耐えうることと、その維持力を長期間保持する耐久性が必要であると考えております。

### 演題番号 9

#### 鋳造用磁性合金で作製されたキーパー厚径に対する吸引力の影響

○岩井孝充, 中村好徳, 庄司和伸, 増田達彦, 大野芳弘, 神原亮, 大滝昇宏, 安藤正憲, 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数多くの臨床経験に基づく継続的な研究開発により、最近では、より小型で安定した維持力、優れた操作性等の数多くの利点を有した製品が供給されている。こうした中、通法の使用法である磁石構造体と既製のキーパーの組み合わせにおいては、キーパーの自由度が限られるため、補綴物の設計が難しいケースも報告されている。

現在唯一商品化されているパナソニックデンタル社製の磁性合金「アトラクティP」は、磁石に吸着する鋳造可能な合金である。技工現場で妥当と考えられる任意な形態のキーパーの製作に利用可能であるならば、磁性アタッチメントの適用症例の拡大にも有用な手段となるものと考える。しかし、現状では、アトラクティPの理工学的特性についての文献は少ない。今後、自由な設計を行うためには、当金属の基本データの確認は必要であると考える。

そこで今回、アトラクティPを用いて、ギガウスC600キーパーと平面形態が同一で厚径が異なる0.2mm～1.8mmの各種試作キーパーを作製した。そして、試作キーパーと磁石構造体との吸引力を測定し、市販のギガウスC600キーパーの結果と比較検討した。

実験の結果、アトラクティPのキーパーにおいて、キーパー厚0.7mmのもので市販のキーパーの約60%の吸引力を示した。0.7mm以上では、約70%となり、厚さによる変化はほとんど無く、0.7mm以下では、全般的に吸引力の低下を顕著に示した。

実際の臨床において、ギガウスC600のキーパーを用いた場合「キーパー厚0.7mm+トレーハー厚0.3mm+鋳造用メタル厚0.3mm以上」となり、少なくとも1.3mm以上のクリアランスが必要となる。今回、アトラクティPは0.7mmの厚みで310gfの吸引力を示したことから、生活歯への応用の可能性も示唆された。

今回の研究では、アトラクティPのギガウスC600との吸引力の比較のみであるが、今後他の磁石との比較についても検討する必要がある。また、本製品の鋳造精度、耐腐食性についても観察する必要もあると考える。

**質問：芥川正武（徳島大学）**

今回使用された鋳造用磁合金アトラクティPの飽和磁束密度あるいはB-H曲線等の磁気特性はわかっていますか。

**回答**

現在、まだ明らかになっておりませんので、今後追加してご報告をしていこうと考えております。ありがとうございました。

**質問：石上友彦（日本大学）**

キーの体積が大切で薄くして計測する理由を教えて下さい。

**回答**

ご指摘ありがとうございました。今後の方向性を見直して行きたいと思いました。今回、発表させていただいた「アトラクティP」をMT冠において内冠として利用することを考えるとき、吸着面を内冠表層すべてに出来るので…と考えました。そのために、今後は「白金鉄磁石」をその相手に利用していくら良いと考えております。

MT冠は現在、市販のキーパー、磁石を用いる限りでは、生活歯では用いにくといわれています。確かに失活歯では現在のもので十分と考えますが、生活歯の内冠として考えると抜髓せず用いるには薄いキーパーがあればと思います。

吸引力が60%と低いですが、症例によっては有効なものもあると思います。現在、福岡歯科大の江田先生によると、 $4\text{mm}\phi \times 3\text{mmH}$ 、 $4\text{mm}\phi \times 5\text{mmH}$ の体積では、ギガウスC600キーパーと、単位体積による吸着力の比較で、鋳造キーパーの3mmH、5mmHで104.7%とあります。今後、体積も考えて実験を進めていこうと思います。

## 演題番号 10

### カーボン芯を用いたキーパーセメントボンド法 第2報 既製化に向けての試作品

○松原 恒\*，水谷 純，秀島雅之，青藍一郎，五十嵐順正，荒井一生\*\*

東京医科歯科大学大学院部分床義歯補綴学分野

\*東京医科歯科大学歯学部附属病院技工部

\*\*愛知製鋼株式会社電磁品事業本部デンタル事業室

**【目的】**セメントボンド法におけるプラスティックパクーンは、その外径がプラスティックの厚みの分だけ大きくなり、限られたワックスパター内に設置するうえで不利である。その欠点を補うべく我々は前回の学術大会においてカーボン芯を用いた方法を発表した。今回は第2報としてその既製化に向けて検討を加えたので報告

する。

**【方法】** 対象としたキーパーはホルダーのない愛知製鋼社製マグフィット DX800である。このキーパーを根面板内にセメント合着できるようその寸法を若干大きくしたカーボンパターンを製作し、これに、ワックス消却時埋没材中で位置ずれをおこさないためのカーボンホルダーを一体型で成形したものが今回の試作品である。この試作品を埋入して根面板をワックスアップ・鋳造し、カーボンパターン面の鋳造面精度や埋没材の剥がれ易さ、スペースの寸法などを検討した。

**【結果、考察】** カーボンパターンの位置ずれはみられず、埋没材は剥がれ易く、面精度、性状も良好で、このカーボンパターンはキーパーセメントボンド法に極めて有効であることが確認された。

**質問：**不明（愛知学院大学）

カーボン素材の耐熱温度を650°Cのリング焼却温度に合わせた理由を教えて頂きたい。歯科用金属の溶融温度にあわせる必要があるのではないか？

**回答**

今回のパイロットスタディでは、提供をうけた素材が、説明では600°Cの耐熱性がないとのことでした。それ以上の耐熱性をもつ、工業用加工用カーボン素材がないことで、その中でもなんとか、技工的に短時間でかつ、低温で使用できないか、結果、600°C以上の状態変化を、20分の変化では650°Cが限界と見受けられました。

経験的に680～690°Cでなんとか実用にならぬか調べた結果です。（筆記用カーボン芯では、非常に好結果を得ています。）

## 演題番号 11

### 人工歯肉付作業用模型から得られたキーパー付き根面板の形態

○岡野佐貴子\*、永井栄一\*\*、大谷賢二\*\*、梅川義忠\*\*、深瀬康公\*\*、内田天童\*、月村直樹\*\*、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

\*\*\*日本大学歯学部総合歯学研究所生体工学研究部門

**【目的】** 磁性アタッチメントの有用性は現在広く認識され、臨床において多く使用されている。臨床において、どのようなキーパー付き根面板が装着されているかを知ることで磁性アタッチメントの今後の重要なデータとなると考えた。そこで、キーパー付根面板を装着した歯種の割合を調査するとともに、人工歯肉付作業用模型より作製したワックスパターンを測定し、臨床における根面板製作および模型上のキーパーサイズの選択方法の参考とすることを目的とした。

**【方法】** 試料は、当教室において平成19年から平成21年までにキーパー付根面板の製作に使用した人工歯肉付作業用模型100歯とし、歯種の割合を調査した。

試料を用いて、人工歯肉縁を基準平面とした根面板のワックスパターンを作製し、ワックスパターンをマイクロフォーカスX線CT装置にて撮影した後、得られた画像を基にCT画像解析ソフト（CT-Solver）を用い測定を行った。測定部位は、ポストの長さ、形成後のマージン部における幅径およびワックスパターン歯肉縁部上面の幅径について測定した。

次に、計測したワックスパターンの歯肉縁部上面および形成面上面の頬舌径または近遠心径のうち小さい方の値とキーパートレーの径を比較し、幅径の値より小さくかつ最大のキーパートレーを適応可能とし、キーパートレーの大きさを決定した。

**【結果、考察】** 今回は義歯設計などの情報がないため一概に言えないが、収集した人工歯肉付作業用模型において、キーパー付き根面板の支台歯として適用される歯は下顎に比べ上顎のほ

うが多く、歯種で比較すると、犬歯の頻度が高かった。ワックスパターンのポストの長さは様々であったが、およそ4mmから6mmの長さのポストが多いことがわかった。形成面上面の幅径より、ワックスパターン歯肉縁部の幅径の方が大きいため、キーパートレーは1サイズ大きいものを選択できる可能性が示唆された。

**質問：**中村和夫（東京都）

- ①人工歯肉付作業模型の方が幅径の大きな根面板にできるのは内縁上皮形態により合った形を作れたからでしょうか。
- ②人工歯肉なしの場合の症例との比較があれば良いと考えられます。ご検討ください。

**回答**

- ①当教室において内縁上皮に沿ったテープを付けた根面板を装着することは予後が良いとされているため今回は同様の形態で製作することを前提としたためもあると考えられます。
- ②今後の検討課題とさせて頂きます。

#### 演題番号 12

#### キーパートレー<sup>®</sup>材料の違いによる鋳造精度への影響

○小木曾太郎、坂根 瑞、中村好徳、庄司和伸、岡田通夫\*、伊藤太志\*、山岡裕幸、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歯科技工部

セメント合着法を前提として、既製のキーパートレーを利用して作製されたキーパー根面板において、キーパートレー内部部分の金属が表面荒れを起こしたり、角の部分がなめられてしまうという問題が、多くの関係者から指摘されている。そこで今回、我々は新たな材料を導入したキーパートレーを試作し、その鋳造精度を比較・検討した。

今回試作したキーパートレーは、ポリエチレンを主成分としたものであるが、従来市販されている製品は、アクリルを主成分としている。これらの双方を用いて、それぞれキーパートレーのみを鋳造したものと臨床使用に準じた歯科用

ワックスを添加して根面板にしたもの2種類を作製し試料とした。

評価として、まず実体顕微鏡により鋳造体表面の観察を行い、次に表面粗さを測定した。表面粗さ測定には、キーエンス社製デジタルマイクロスコープ VHX-500を使用し、それぞれの鋳造体のキーパートレー底面部の表面形状を3次元的に観察し、表面の凹凸の高低差を測定し、表面粗さとした。

鋳造体の観察の結果、従来型と試作型を単独で鋳造した場合、どちらも大きな鋳造欠陥は見られなかった。一方、歯科用ワックスを添加して根面板にした場合、従来型では著名な鋸歯やバリ、また角の部分に鋳造欠陥が見られたのに対し、試作型では大きな欠陥は見られなかった。試作したキーパートレーは、特に根面板形態の試料において従来型と比較して、良好な鋳造精度を示したといえる。

**質問：**中村和夫（東京都）

- ①アクリルとポリエチレンのパターン間の埋没材に対するぬれの比較検討はされましたか。
- ②ワックスパターンと付けた時の結果がパターンのみの場合より劣りますが、ワックスとの相互作用以外に技工操作やパターンのワックスアップ過程での操作の影響などもご検討ください。

**回答**

- ①パターンと埋没材のぬれに関しては今回の実験では検討しておりません。今後の検討とさせて頂きます。
- ②今回の実験では、キーパートレー単体で鋳造したものとワックスを付けた通常のキーパー根面板形態としての比較を検討したのみで、技工操作時の検討も今後検討させて頂きます。

**演題番号 13****磁性アタッチメントの診療ガイドライン作成のためのアンケート予備調査－クリニカル クエスション（CQ）の調査と選定－**

○秀島雅之, 五十嵐順正, 市川哲雄,

田中譲治, 東風 巧, 石上友彦, 安藤智宏\*,  
西山 晓\*\*

日本磁気歯科学会医療委員会

\*東京医科歯科大学大学院 部分床義歯補綴学分野

\*\*同 顎関節治療部

近年根拠に基づく医療の必要性、医療の質の向上が求められ、各学会で診療ガイドラインの作成が行われており、当医療委員会でも磁性アタッチメントの診療ガイドライン作成のために予備調査を行った。

現在診療ガイドラインは、設問・回答形式で臨床上の疑問点（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、日本歯科医学會も各分科会、認定分科会に推奨している。そこでCQのアンケート予備調査を本学会役員経験者宛にメールにて送付し、所属施設の診療スタッフを含め広く回答を得られるよう依頼した。また磁性アタッチメントの保険導入の是非についても調査した。CQは症例（P；～に対して）、介入（I；～は）、対象（C；～よりも）、結果（O；有効か？）の書式に準じ、記載例を呈示して複数の回答の記入を依頼した。

その結果51名から回答を得、延べ82問のCQを収集した。回答者51名中、臨床経験5年以上は43名と大半を占めた。主な職場は開業、診療所が28名、大学病院は23名だった。また本学会員は28名、非会員は23名だった。

CQ82問を内容別に分類するとインプラント関連12、欠損様式からみた他装置との比較30、咬合関係からみた他装置との比較7、磁性アタッチメントの支台歯配置・キーパーの形態17、管理・他16となった。各CQを職場別に比較するとインプラント、管理・他では開業、診療所の分布が多いのに対し、咬合、配置・形態では大学病院が多く、欠損様式ではほぼ同数の分布を

示した。

保険導入の是非については、賛成13名、条件付き賛成14名、反対16名であった。

今後は調査対象を増やし、幅広く収集して代表的なCQを選定し、各専門家に依頼してGRADEグループのシステムに準拠して、診療ガイドラインの策定作業を進める予定である。

**座長総括（演題番号 11, 12, 13）**

中村 和夫（東京都）

**演題11：磁性アタッチメント応用例の多くは歯根アタッチメントとしての利用が主体となっており、根面板の形態は使用可能なキーパーの大きさや歯周組織の健康に影響するため臨床応用にあたり適切な形態が求められる。**今回の発表においては臨床で用いられた人工歯肉付作業用模型を測定することで内縁上皮との接触角度をはじめ多くの情報から適応可能な根面板の形状やキーパーの大きさが示された。人工歯肉付作業用模型を用いることで内縁上皮との接触角度を適正に保ちながら根面の幅径より大きい根面板を製作できることが示唆されており、人工歯肉付作業用模型の有用性も示されている。

**演題12：キーパー鋳接時の加熱等を回避するためにキーパートレーを用いる場合、鋳造後のトレー内面や辺縁の性状はキーパーの適合に大きく影響する。**今回の発表ではトレーの材料の違いが鋳造性に及ぼす影響とともにワックスとの相互作用による影響も示唆された。鋳造過程での影響は解析が難しいところであるが、より詳細な検討とともに、今回試作された材料とこれまでのアクリル樹脂におけるワックスアップ時の操作性についても今後報告されることを期待したい。

**演題13：診療ガイドラインの作成は近年の医療に求められる社会的要請にこたえるためにも必須のものである。**このたび磁性アタッチメントの臨床応用に対する診療ガイドラインを当学会でも作成すべく医療委員会で作業が開始されたことは喜ばしいことである。今回はガイドライ

ン作成にあたり表示すべき臨床上の疑問点(CQ)を抽出するために行われた予備調査について報告された。アンケートの期間がまだ限られていたためか回答者の磁性アタッチメントを含めた臨床経験などに偏りが幾分見られ、回答数も決して多くないので会員各位にはより多くのCQが収集できるようアンケート調査に協力いただけるようお願いしたい。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。

#### 演題番号 14

#### CAD/CAMで製作した磁性アタッチメントを用いたインプラントオーバーデンチャー

○尾澤昌悟, 伊藤太志\*, 松田純典\*\*,

鯨井 修\*\*, 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技工部

\*\*株式会社ジーシー

**【緒言】**インプラント用磁性アタッチメントは、通常既製のものが使用されているが、角度変更等の症例に応じた細かな対応は困難である。今回CAD/CAMで製作したカスタムメイドの磁性アタッチメントを用いたインプラントオーバーデンチャーの症例を経験したので、その詳細を報告する。

**【症例の概要】**患者は72歳、男性。義歯が安定しないという主訴により、愛知学院大学歯学部附属病院口腔インプラント外来を受診した。診査の結果、義歯不適合による咀嚼障害と診断し、下顎に3本のインプラントを埋入し、上顎残存歯の処置も行い、上下顎でオーバーデンチャーを製作する治療計画を立てた。下顎のインプラントオーバーデンチャーは通常4本のインプラントにそれぞれ磁性アタッチメントを使用するのが当科の通例である。しかし残存骨の状態からインプラントの数を3本に減らしたので、カスタムメイドのアバットメントを製作するため、ジーシー社製 Aadv ギガウスオプションを使用した。キーパーは口腔内でセメント合着

し、その後義歯を製作した。今回は仮義歯の段階で患者が維持力の増強を希望したので、最終義歯製作前にキーパーサイズの変更を行った。新しいアバットメントは、再印象の行わずにCADソフト上で設計変更を行って削りだし、技工部で仕上げて口腔内で交換した。最終義歯は上下金属床を製作し、その審美面や機能面において患者の高い満足が得られた。咀嚼機能評価の結果も、最大咬合は199Nであり、試験食品を用いた咀嚼値はグミゼリーやワックスキューブのいずれも、全部床義歯患者の平均を大きく上回る数値が得られた。

CAD/CAMで製作された磁性アタッチメントは、キーパーとの適合も良好であり、必要に応じて設計の変更等の、個々の症例に適応したアバットメントの製作が可能である。しかし、CAD/CAM工程の前に、模型上のワックスアップをスキャンするといった作業の煩雑さやコスト高に関しては、今後の改善が必要な点と思われる。

**質問：石上友彦（日本大学）**

- ①3本埋入した理由。
- ②キーパー除去困難で設計がよくないのでは？
- ③アバットメント周囲はメタルタッチが良いのでは？

**回答**

- ①過去の経験より2本だけでは義歯の維持力が不十分であり、解剖学的理由により、4本はフィクスチャーが近接しすぎるため、3本としカスタムアバットを製作することにより磁性アタッチメントの生かそうとした。
- ②キーパー除去は今日アバットメント交換時に行いましたが中央部に穴を明けてこじることにより簡便に行うことができました。
- ③今回はメタルのハウジングを用いましたが、インプラントにかける側方力を逃がす目的で調整しやすいレジンを用いました。今後検討したいと思います。

**演題番号 15****「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」****その2 ～角度補正前後の吸引力の比較～**

○鎌田奈都子、大久保力廣、千葉ひかり、

前田祥博\*、細井紀雄、菊地 亮\*\*

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

\*\*NEOMAX エンジニアリング株式会社

**【目的】**インプラントが傾斜埋入されたときのアンダーカットの発生や吸引力の低下などの問題点を改善するため、角度補正型マグネットアタッチメントキーパーの開発中である。

本研究は、上顎無歯顎患者に対してマグネットアタッチメントを応用したインプラントオーバーデンチャーを装着することを想定し、従来通りキーパー上面が傾斜した場合と角度補正型マグネットアタッチメントを装着し、キーパー上面を咬合平面と平行にした場合の吸引力を比較した。

**【方法】**上顎無歯顎模型にインプラント（ノーベルバイオケア）を4本埋入した。インプラント埋入部位は側切歯部と第一小臼歯部付近を想定した。 $0^\circ$  のアングルマルチユニットアバットメント（ノーベルバイオケア）を使用したときを角度補正なし、 $30^\circ$  のアバットメントを使用した時を角度補正ありとした。角度補正した場合、しない場合のキーパーに磁石構造体（フィジオマグネット規格40、ニッシン）を設置し、吸引力をデジタルフォースゲージ FGP-2（日本電産シンポ）にて試験速度5 mm/minで測定した。吸引力の測定作用点は、4本のインプラント体を対角線で結んだ中点とした前方作用点と、義歯の咬合重心を想定した後方作用点の2カ所を設定した。

測定は5回行い、離脱に要した最大値の平均値を吸引力とした。

得られたデータはT検定を用いて統計解析を行った ( $p < 0.05$ )。

**【結果、考察】**角度補正をした場合と、角度補正をしなかった場合とを比較すると作用点が前方、後方どちらの場合も有意に吸引力は大きく

なった。2つの作用点を比較すると角度補正の有無にかかわらず、4本のインプラントの中点である前方で引張った方が約2.5倍から3倍の吸引力を発揮した。

離脱に抵抗するためには、インプラントの埋入方向を考慮し、吸引力増大のため角度を補正したキーパーを用いることの有効性が示唆された。

**質問：田中譲治（千葉県柏市 開業）**

- ①作用点を前方にした場合も検討して頂いた方がよいと考えますか？
- ②過大な側方力に弱いとされるインプラントにおいて角度補足した際のインプラントへの負荷についても今後検討してくだされば幸いです。

**回答：**本研究は傾向をみるために行った簡単なものです。今後、今日の他の質問もふまえさらに検討していきます。

**質問：中村好徳（愛知学院大学）**

- ①角度補正型マグネットアタッチメントは技工操作は必要に有要と考えるが有限要素における理論的解析では磁石構造体とキーパーが傾斜して離れるとき吸引力は同じであるという結果を得ております。このときにつきましてどのようにお考えでしょうか。
- ②1個700gfの磁石を用いて吸引力を測定していますが、4個用いても吸引力が10Nしか吸引力が発揮されないのは？

**回答**

- ①操作方向（離脱方向）による違いだと思います。咬合平面と垂直に引っ張るとキーパー上面の傾斜のないものの方が吸引力は増えると考えています。
- ②今後試料数を増やし試料精度も上げ検討していきます。

**質問：田中貴信（愛知学院大学）**

只今当講座の中村が指摘しました様に磁石の着脱方向に関係なく、キーパー離開する瞬間の抵抗力は常に同一なはずです。今回先生方の実験結果も事実だと信じますが磁気アタッチメントに関してはこれは極めて大事な事実と考えま

すので、その差異の理由をご専門の高田先生から御解説頂ければありがたいのですが。

**追加：高田雄京（東北大学）**

傾斜のついたキーパーの場合横方向の滑りが生じたことに傾斜補正よりも吸引力が低下した原因ではないか？理論的には傾斜も水平も吸引力は同じであるが実際の実験では傾斜の方が横滑りしやすいので理論的な値と異なってくると考えられる。

**回答：鎌田奈都子（演者）**

高田先生の御回答が回答です。

### 演題番号 16

#### 磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーの撤去方向に伴う維持力の相違

○平田俊介<sup>\*</sup>，梅川義忠<sup>\*・\*\*</sup>，小川 泰<sup>\*</sup>，長谷川みかげ<sup>\*</sup>，永井栄一<sup>\*・\*\*</sup>，大谷賢二<sup>\*・\*\*</sup>，木内美佐<sup>\*</sup>，石上友彦<sup>\*・\*\*</sup>

<sup>\*</sup>日本大学歯学部歯科補綴学教室II講座

<sup>\*\*</sup>日本大学歯学部総合歯学研究所臨床研究部門

**【目的】** 磁性アタッチメントを用いた全部床型オーバーデンチャーの維持力は、磁力および義歯床縁の封鎖が主体である。しかし、模型上でこれを再現した実験は困難であった。本研究では、人工唾液を介在させ、オーバーデンチャーの維持に磁性アタッチメントの配置が辺縁封鎖に及ぼす影響を調べることを目的とし、全部床型オーバーデンチャーの実験モデルを製作し、床縁の封鎖と磁性アタッチメントによる吸着が義歯の維持力に与える影響について、引張り試験により検討を行った。

**【方法】** 加熱重合レジンにより製作した顎骨モデル上にシリコーンラバーによる擬似粘膜を貼付し、無歯顎モデルを製作した。全部床型オーバーデンチャーのモデルを加熱重合レジンにより製作し、人工唾液の介在下で万能試験機(EZ-Test, 島津製作所)により引張り試験を行った。左右の上顎第一小臼歯および上顎第二大臼歯相当部の顎堤上に磁性アタッチメント(GIGAUSS D600, ジーシー)を設定し、日

大型引張り試験用ジグを用いて義歯モデルを牽引し、義歯機能時に転覆方向の離脱力が加わった場合を想定した維持力を測定した。

**【結果、考察】** 磁性アタッチメントを全部床型オーバーデンチャーの非作業側に配置することで、義歯床の浮き上がりに対して有意に大きな維持力の増加が見られた。また、非作業側小臼歯部の浮き上がりに対し、磁性アタッチメントを作業側の大臼歯に配置した場合には有意な影響は見られなかったが、義歯後方部の浮き上がりに対しては有意に大きな維持力の増加が見られた。

以上の結果より、磁性アタッチメントの配置と咬合接触との関係は、咀嚼機能時の義歯の安定に影響を与えることが示唆された。

**質問：秀島雅之（東京医科歯科大学）**

- ①顎堤の把持効果を考慮して疑似粘膜を適用し実験系を組み立てたとのことだが、まず平面もしくは石膏模型上等での単純なモデルでの実験を行ったか？
- ②マグネットの配置が維持力に影響しているか。顎堤形態、疑似粘膜が影響しているかを分析するにはまず単純なモデルでの傾向を見た方がよいと思われる。

**回答**

今回は口腔内を想定しての実験なので単純なモデルの実験は行っていない、今後の課題にさせて頂きます。

### 座長総括（演題番号 14, 15, 16）

秀島 雅之（東京医科歯科大学）

**演題14：インプラントオーバーデンチャーの症例に対し、当初装着した既製の磁性アタッチメントでは維持力が不十分なため、CAD/CAMにてキーパーを作製し、磁性アタッチメントを変更して対処した症例報告である。**

補綴処置途中での支台装置の変更は、日常臨床では少なくない。その際個々の症例に応じたカスタムメードのアタッチメントを、手軽に入手もしくは作製できるのが望ましい。CAD/CAMの一般臨床への導入は、現時点で実用化

は難しいが、将来的な可能性の示唆に富む内容である。

インプラントオーバーデンチャーは臨床医の関心も高く、本学会の診療ガイドライン策定の際にも必須のテーマのため、今後の臨床応用、研究の進展が望まれる。

**演題15：**昨年の第18回学術大会に続く、インプラントオーバーデンチャー用に日立金属と開発した角度補正型磁性アタッチメントキーパーの模型実験の報告である。顎堤形態、骨質によってインプラント支台の傾斜や、支台同士の平行性を失うことは少なくない。こうした臨床に即した器材の開発、改良は臨床医の要望も強く、臨床適用が可能となるよう研究の促進、早期の認可の取得が期待される。

今後は吸引力の計測だけでなく、機能力が負荷された際の側方力や耐久性等の分析も必要と考えられる。

**演題16：**上顎全部床義歯の形態に準じたオーバーデンチャーを想定し、磁性アタッチメント支台歯の配置を変えた際の離脱力を、模型実験にて検証した報告である。より臨床に近い状況を再現するため、シリコーンラバーによる擬似粘膜を貼付した顎モデルを用いて、興味深い結果を得ている。

本研究では支台の配置と牽引部位を変えて、その離脱力の違いを分析しているが、擬似粘膜部の顎堤形態、材質が及ぼす因子も関与するため、まず単純な顎モデルで傾向を把握し、その上で擬似粘膜モデルにて行った結果と比較した方が各因子の影響をより詳細に分析できるものと推察される。

## 演題番号 17

### 磁性アタッチメントの術後調査

#### 一支台歯のプロービング値の検討—

○伊藤 瑞、星合和基、田中貴信、石橋寛二\*

坂東永一\*\*、石上友彦\*\*\*、佐々木英樹\*\*\*\*

愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

\*岩手医科大学歯学部歯科補綴学講座冠橋義歯補綴学分野

\*\*徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部

\*\*\*日本大学歯学部歯科補綴学第二講座

\*\*\*\*佐々木歯科

日本磁気歯科学会では、平成15年度から全国的な磁性アタッチメントの術後調査を実施している。これは磁性アタッチメントを用いた支台歯の歯周組織の状態を調査するもので、特に支台歯のプロービング値の変化に着目し、磁性アタッチメント装着時と比較して継時の調査を行い、その変化について検討を行うものである。最初に術後調査用専用のプロトコールに、一口腔単位の状態を明確に記入し、次に磁性アタッチメントを適応した支台歯のプロービングの深さ（以下 PD 値）を 6 点法により測定し・記入した。今回は平成21年 6 月までに 5 年間の術後を取得できた症例を、術後調査の途中経過としてまとめて報告した。

調査開始時には44症例でしたが、12症例が打ち切り例となり、調査対象症例は29症例であった。装着された義歯床は上顎16床・下顎19床であり、支台歯数は62歯であったが、その内訳は前歯12歯・犬歯24歯・小臼歯17歯・大臼歯9歯であった。装着された義歯はレジン床21床・金属床14床であった。

調査対象症例を部分床義歯の分類で示すと、欠損形態によるケネディーの分類では 1 級 20 床・ 57% • 2 級 11 床 • 31% • 3 級 3 床 • 9% • 4 級 1 床 • 3 % であり、咬合支持域によるアイヒナーの分類では B-2 • 5 症例 • 17%、B-3 • 4 症例 • 14%、B-4 • 7 症例 • 24%、C 群 13 症例 • 45% であった。遊離端症例が約 90% をしめ、咬合支持域の失われた症例が約 70% を占めていた。

調査結果をまとめると、全支台歯の PD 値の最大値および 6 点法で測定した全測定点の変化を、装着時と 5 年経過時で比較したところ、両

者とも術前と5年経過時では有意差があり、PD値は術後5年経過すると有意に深くなつた。今回までの調査で、PD値の最大値の術前と5年経過時で有意差を確認した項目は、上顎、女性、レジン床であり、継時に歯周ポケットの最大値が深くなることが示された。

**質問：**石上友彦（日本大学）

n数が少ない時の有意差検定についてどのような方法が良いのか教えて下さい。

**回答：**星合和基（愛知学院大学）

今回の研究発表は、前向きのコホート研究だと思います。我々が報告しています。後向きの研究結果とほぼ同じ結果になっていますが、上顎に有意差がみられたことは、今後症例数を増加して検討する必要があると考えています。

**質問：**中村好徳（愛知学院大学）

まとめにおいて、5年後のPD値に有意な差があったのは、上顎・下顎、男性・女性の間であったが、この結果はどう考えますか。今後のこの種類の調査はどのように進めて行く予定ですか。

**回答：**伊藤 瑠（演者）

男女間においてはn数に差があるため、今後母数を増やして検討していきたい。上下顎においては、上顎は重力に逆らうため、牽引力が支台歯に加わることも一つの原因ではないかと考えております。

今後、2機関を加え、母数を増やした状態で再度各要素の比較検討を行って生きたいと考えています。また、不足している要素はないか、統計方法についても検討し、経過報告が出来るよう努めていきたいと考えています。

## 演題番号 18

### 磁性アタッチメントの長期的術後経過について 一長期成功症例の特徴—

○渡邊敬一郎、星合和基、重盛登世、伊藤 瑠、川口卓行、横山直史、三輪田衛、木村尚美、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現在補綴臨床では多用されている。この磁性アタッチメントの臨床的有用性を確認するために、平成5年から15年までに本学で適応された磁性アタッチメント約1400歯うちの、105床の金属床義歯に適応された252歯に対して術後調査を行ったところ、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117歯、残存している支台歯は106歯であり、支台歯の累積生存率は、約10年経過時は約88%であり、約15年経過時では約77%の生存率であった。

この金属床に用いた支台歯の生存率の推移に着目すると、継時に徐々に低下する傾向を示したが、磁性アタッチメント装着後約10年を経過するあたりから抜歯数が少くなり、継時に生存率が一定になり安定する傾向が認められた。今回はこの状態を示す金属床の支台歯がどのような状況で生存し、さらに、それらが臨床的に有意義な情報を有しているかを確認するために、調査内容を説明して協力・同意が得られた場合に術後調査を行うことにした。調査対象は17症例51歯であったが、このうち再調査が実施できたのは11症例・25歯であり、口腔内の所見、磁性アタッチメントの配置状態および歯周組織の状況、さらに使用している義歯の咬合力など機能的状態などを中心に再調査を行った。

その結果、約13年にわたる長期に残存した支台歯は、上顎では1床あたりの支台歯数が多く、下顎では1床あたりの支台歯数が少なく、遊離端症例に用いたものが多かった。上下顎とも咬合支持域が2箇所以上失われた症例が多かった。支台歯では、歯周ポケット・動搖度がいまだ良好な状態で残存し、使用義歯は摂食可能食品アンケートおよびプレスケールの結果からみて機能的に十分に咀嚼機能を果たしており、適応さ

れた磁性アタッチメントが部分床義歯の支台歯として非常に有用であったことを報告した。

#### 質問：曾根峰世（明海大学）

長期成功症例から我々は初診時の診査、検査での点に着目して磁性アタッチメントの適応を考えればよいか？（支持域、欠損、支台歯の状態など）

#### 回答

左右対称に支台歯が残存しているケースが多く成功していた（主観として）。

#### 質問：石上友彦（日本大学）

①リコール、リライニングしなくても術後が良かった症例の口腔内状態はどうでしたか。

②最大咬合力はどの部位で計測したのですか。

#### 回答

①現在リコール、リライニングにこられない患者でも過去に修理などで来院されている患者がほとんどではありました。ここ数年来院されていなかった患者の口腔内状態はマージン部に多少のプラークなどの付着はありましたがほとんどの症例において動搖もなく安定した状態でした。

②中心咬合位で計測しました（義歯を装着した状態）。しかし、おそらく患者自身が普段一番咬みやすい位置で咬合していたような感じではありました。

#### 演題番号 19

#### 磁性アタッチメントキーパーを設置した内冠型支台歯の長期経過

○古川良俊，石橋寛二

岩手医科大学歯学部歯科補綴学講座  
冠橋義歯補綴学分野

磁性アタッチメントキーパーの設置方法には、磁石構造体の回転や横ずれを許容する根面板型と軸面に把持部を有する内冠型がある。根面板型は支台歯の経過に不安のある症例に用いることが多く、内冠型は補綴装置に支持安定を強く求める場合に応用されるが、支台歯の負担にな

りやすい。今回、内冠型を応用した症例を14年間の長期にわたり観察したので報告する。患者は1995年初診時に67歳の女性。歯肉の腫脹を主訴に、岩手医科大学歯学部第2補綴科を受診した。全身状態に異常は認められず、既往歴に特記事項はない。歯周治療を行ったもの・と・は抜歯となり、咀嚼と審美改善のため欠損補綴が必要となった。また下顎左右臼歯部には不適合な部分床義歯も認められた。そこで、全顎的な歯周治療を行い、支台歯の歯周状態の改善を図った後に欠損補綴を行うこととし、さらに補綴終了後は、定期受診時に口腔清掃指導とメンテナンスを行なった。経過に不安のある・・・に対し冠・歯根比改善のため歯冠切断を行い、キーパー付内冠と磁性アタッチメント応用オーバーデンチャーを装着した。キーパーを設置した支台歯の経時的变化をみると、・は歯肉退縮が認められ、デンタルX線写真でも垂直性骨吸収が認められる。一方、・・では変化がほとんど認めず、後方支台装置を2003年に失ったにも関わらず、リライニングによる義歯の適合性の改善により負担増加が避けられ、患者の口腔清掃性に対する意識改善もあって良好に経過した。同じ口腔内にありながら、異なった経過をたどった原因は、咬合負担にかかる設計の違いにあったと推察される。本症例では定期受診による口腔衛生指導と補綴装置のメンテナンスを注意深く行うことで良好な経過をたどったが、把持効果を強く求めた内冠型キーパーの設計では、磁性アタッチメントの側方力を逃がす特性を利用できないため、咬合負担の影響を受けやすいので注意が必要となる。

#### 質問：中村好徳（愛知学院大学）

2007年2月に、下顎の義歯を直接リベースしていますが、磁性アタッチメント義歯のリベースは非常に難しいと考えております。何か特別なテクニックについて、アドバイスなどあれば教えてください。

#### 回答

磁性アタッチメントを応用した義歯のリライニングに関して、確立された術式として説明できないのですが、磁石構造体とキーパーの位置関係を乱すことなく、支台歯に無理な力が加わ

らないように注意深く即時重合床用レジンを盛りました。

### 座長総括（演題番号 17, 18, 19）

中村 好徳（愛知学院大学）

磁性アタッチメントを用いた義歯の術後調査についてのセクションであり、長期にわたる継続的な術後調査の結果をまとめたものである。これらは、今後の磁性アタッチメントの開発、発展していく上でも極めて重要な演題である。

演題17は、日本磁気歯科学会では、平成15年から全国的な磁性アタッチメントに関する術後調査を実施している。これは磁性アタッチメントを用いた支台歯の歯周組織の状態を中心に調査したもので、磁性アタッチメントを装着した歯周組織が経時にどのように変化するかを検討するために行っている。術後調査の結果、半数の支台歯には変化が認められた。今後、維持歯の選択や、咬合関係も含む対合歯の残存様式までを調査の要素に加えて頂き、今後の発表に期待したい。

演題18は、磁性アタッチメントの15年以上残存した長期症例について調査した結果、約10年以上残存した支台歯は、累積生存率が安定する傾向であることが示され大変興味深い知見であると思われる。さらに再調査した結果、長期成功症例の特徴として、1症例あたりの支台歯数が多く歯牙負担が明瞭な症例が多く、また、歯周組織も安定しており、摂取可能食品アンケートおよびプレスケールの結果からも十分な咀嚼が行われているとの結果を得ていることも大変興味深い。十数年間にわたる術後調査は、演者らの地道な努力の賜物だと思われる。また、この種のデーターは、磁気歯科学会においても非常に貴重なデータであり、今後の発表に期待したい。

演題19は、磁性アタッチメントの臨床応用が進む中で、当然のことながら、臨床症例においては、残存歯の状態が必ずしも劣悪ではない場

合も頻繁に遭遇することになる。その場合にも、いわゆる「歯に優しい」支台装置にこだわる根拠は乏しく、義歯自体の機能性を高めるためにも、より積極的な設計が選択される。この様な臨床要件に対処するために、磁性アタッチメントをコーンステレスコープクラウンと組み合わせた、MagnotelescopicCrown（MT冠）システムを開発された。これは維持力の基本を極めて不安定な摩擦力に依存する本来のコーンステレスコープクラウンの咬合面部に磁性アタッチメントを組み込むことで、長期間の安定した機能力を約束するものである。このMT冠を用いた長期経過症例についての貴重な発表である。今後、さらなる長期的な補綴物の維持、安定は、定期的なメンテナンスが必修でありさらに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。

### 演題番号 20

片側遊離端欠損症例における各種義歯設計の力学的検討

○大野芳弘、神原 亮、中村好徳、熊野弘一、宮田利清、安藤彰浩、岡田通夫\*、杉本太造、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歯科技工部

片側遊離端欠損症例において、一般的には反対側に間接維持装置を設置するのが設計の基本と考えられている。しかし、審美性や異物感の軽減を目的に、止むなく片側で処理する場合も少なくない。そこで、片側遊離端症例において、最適な義歯の設計を得ることを目的として、歯冠外アタッチメントを用いた場合や代表的なクラスプの一つである Akers clasp を用いた場合も含めた、各種の設計を行い、支台歯および周囲組織への影響を比較検討した。

解析モデルとしては、左下第一、第二大臼歯欠損の片側遊離端欠損症例を想定し、支台装置として、左側下顎第二小臼歯舌側にブレーシングアームを付与した歯冠外磁性アタッチメントのモデル（E-A モデル）、左側下顎第一小臼歯

近心、第二小臼歯遠心にエーカースクラスプをかけた片側処理のモデル、(A-C モデル)、左側下顎第二小臼歯遠心にエーカースクラスプ、右側下顎第二小臼歯、第一大臼歯に双子鉤をかけた間接維持装置のモデル、(L-B モデル) の 3 種とした。今回の実験において、義歯設計の違いによる支台歯周囲組織および義歯の挙動を比較するために、すべてのモデルにおいて、犬歯・第一・第二小臼歯の 3 歯の連結を共通条件として設定した。この 3 種類のモデルにおいて、支台歯周囲組織、義歯および支台歯の変位について観察した。

結果として、E-A モデルでは、義歯の沈下量は少ないが、歯周組織にかかる応力、支台歯の変位は、他の 2 種と比較して大きくなり、今回のモデルの中では最もリジッドな設計であることが確認できた。A-C モデルでは、義歯の沈下が最も大きくなつた。L-B モデルでは、支台歯周囲組織にかかる応力、義歯、支台歯の変位も少ないとから、今回のモデルの中では最も優れた設計であることが確認できた。

今回、3 次元有限要素法を用いた解析により、歯冠外アタッチメントだけでなくクラスプを用いた義歯設計の解析が可能となり、様々な設計を模索することが可能となつた。

**質問：**石上友彦（日本大学）

歯冠外アタッチメントは支台歯に負担が大きく良くないと思ってよいですか

**回答**

実際にクラスプの設計と比較しますと負担は大きいかとは思いますが、今回の結果では、支台歯の骨植が良ければ問題ないと思います。クラスプにしてもアタッチメントにしてもそれぞれ利点欠点がありますので、良いとも悪いとも言えません。

**質問：**山中大輔（日本大学）

①荷重部位、量について、歯種別に荷重量を変化させて（咬合力）としても良いのでは？  
②解析にフォン・ミーゼス圧力について考察した理由は？

**回答：**中村好徳（愛知学院大学）

①今回は義歯の挙動をみたかったのでこの解析

方法を使用した。

今後の課題とさせていただきます（演者）

②フォン・ミーゼスにより考察しても特に問題ないと思う。

今回は分かりやすいかたちでフォン・ミーゼスを用いて発表させていただきました。実際に工業界でも用いている方法ですので特に問題はないかと思います（演者）

## 演題番号 21

歯冠外磁性アタッチメント症例における支台歯周囲組織の応力解析

—三次元有限要素法における材料非線形解析の導入—

○神原 亮, 中村好徳, 大野芳弘, 安藤彰浩,  
増田達彦, 岡田通夫\*, 野村紀代彦,  
今泉 章, 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歯科技工部

有限要素法は、近年、歯科分野においても盛んに用いられるようになってきている。しかし、粘弾性を有する顆堤粘膜と支台歯の歯根膜は、単純な理論解析や模型実験、さらには弾性変形をベースとする安易な有限要素法をも拒絶する最大の難関とされてきた。

本研究は、これらの軟組織部分に材料非線形の概念を導入した三次元モデルを構築することにより、より生体の挙動に近似したシミュレーションを試みたものである。

軟組織部分では、荷重初期と荷重末期の挙動に違いがみられることに着目し、過去の各種の実測値の報告を参考として、その挙動を 2 相性で表現することで、生体に近似させることとした。解析 1 として、荷重初期での力学的物性値と最大応力を算出した。次に解析 1 で求めた力学的物性値でモデルに荷重を加え、求めた最大応力値に達した要素の力学的物性値を変換するプログラムを作成した。解析 2 として、その変換プログラムを用いて荷重末期での力学的物性値を算出した。解析 1、解析 2 の結果を用いて設定応力値に指定した力学的物性値に変換する

物性変換プログラムを構築した。このプログラムを用いて CT データから作成した磁性アタッチメント義歯モデル上での応力解析を行った。

解析を行った結果、頸堤粘膜と歯根膜部分において、2相性の挙動を示す非線形解析が可能となった。また、従来の線形解析では、最大荷重が10N 程度であったが、本法の導入により、それを上回る荷重での解析が可能となった。

**質問：**山中大輔（日本大学）

- ①荷重材料物性値を2回に分けて解析を行っているということですか？
- ②第一荷重、第二荷重といった設定とはどういった違いがあるのか？

**回答**

- ①今回プログラムを導入することにより、2回 解析を行うのではなく、解析中に材料物性値が変化するようにしている。
- ②第一荷重の結果を引き継いで、その状態で第二荷重付与という方法に関しては、静荷重に対する連続性に少し現実性が欠けているのではないかと考えましたので、今回物性値を変換させたいときの最大応力値を境として、その応力値になると物性を硬くしていくというプログラム（ユーザーサブルーチン）を用いて実現させました。その結果静荷重負荷に関しても連続した変換が可能となりました。

## 演題番号 22

### 三次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの吸引力特性について－キーパー厚径の違いによる影響－

○増田達彦、熊野弘一、宮田利清、中村好徳、安藤彰浩、宮田信男、佐藤志貴、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、機械的な維持力を利用しないため、支台歯に対する横方向の荷重が小さいことや、審美性に優れているなど、その臨床的有用性が高く評価されている。

キーパー・磁石構造体とともに、小さなサイズで大きな吸引力を発揮するよう設計されている

が、それでも臨床現場ではアタッチメント設置スペースの不足という問題がしばしば経験される。市販の磁性アタッチメントに切削などの加工を加えることは基本的には望ましくないことがあるが、臨床効果が期待される場合は、選択肢の一つとしてキーパーに対する部分加工は不可避な場合もある。このような手法をとる場合、そのアタッチメントの機能に関する影響について把握しておく必要がある。

そこで今回、キーパーの厚径に焦点を絞り、キーパーの厚径が吸引力に及ぼす影響について三次元有限要素法を用いて解析、検討を行った。

解析の試料として、ジーシー社製ギガウス C 600を参考にした。モデル構築には、MENTAT (MSC Software 社製)、解析条件の入力には、GiD (CIMNE 社製)、解析には、MAGNA／FIM (CTC ソリューションズ社製)、解析結果の表示には、GiD を用いた。要素タイプは三次元六面体要素とし、ギガウス C600短径断面の 1 / 4 の三次元モデルを構築した。要素数は 12052、節点数は 10395 である。解析範囲は縦・横 10mm の範囲である。解析項目は、キーパーの厚径を 0.30mm～0.90mm まで、0.05mmずつ変化させた 13 段階とした。磁石の磁気特性については、ギガウス C 600 の熱特性のデータと、メーカーの発表値を元に数値を決定した。

今回行った解析では、キーパー厚径を 0.7mm 以下に加工すると、530gf を境界として吸引力の低下が観察されたが、90% 吸引力が保持されるのは、0.55mm までであった。

**質問：**石上友彦（日本大学）

有限要素を行うときに、是非実測も行って頂きたい。

**回答**

御質問ありがとうございます。御指導の通り、理論解析と実測値を並べて発表させて頂いたほうがより理解が得られると思います。次回への参考にさせて頂きます。

**質問：**山中大輔（日本大学）

磁場解析による動解析はできるのでしょうか。

**回答**

今後、力学的および磁場解析を同時に取り入

れれば良いと考えています。現時点では難しいです。

**質問：**田中譲治（千葉県柏市 開業）

大変興味のある発表ありがとうございます。0.55mmで90%吸引力が得られているということで、この結果を利用してMR画像アーチファクトを少なくするという意味でのキーパー厚径をうすくするという研究にも利用して頂ければ幸いです。

**回答**

御質問ありがとうございます。理論上は、当然キーパーを小さくすればアーチファクトは軽減するものと思われます。しかし、その効果については小さいものだと考えます。

**追加：**田中貴信（愛知学院大学）

キーパーの大きさにより、アーチファクトを小さくすることよりも、撮影方向等により対処することの方が有効であると思われる。

（さらに詳しく）

キーパーが薄くなればMRI撮影時のアーチファクトが小さくなるのは事実ですが、かつての我々の実験から、現在利用されている磁性アタッチメントのサイズでは、ほぼ実際の診断には支障のないことを確認しております。もちろんアタッチメントの近辺には若干のアーチファクトは発現しますが、撮影技術でその方向位置を移動させて診断部位から外すことも可能あります。

### 座長総括（演題番号 20, 21, 22）

月村 直樹（日本大学歯学部）

20、21、22とも愛知学院大学歯学部有床義歯学講座における3次元有限要素法を用いた磁性アタッチメントの応力解析の報告であった。

まず、20では第1大臼歯、第2大臼歯欠損形態におけるエーカース、歯冠外磁性アタッチメント、リングルバーを用いた場合における異なった設計の比較をしたものである。結果からは、3歯連結した状況においても歯冠外磁性アタッチメントの使用は、間接維持装置を設けた場合より、支台歯や周囲組織にかかる応力分布は大

きくなった。したがって、その処置においては症例の状況を細かく吟味する必要があり、若干慎重にならざるを得ないとと思われた。

次に21では、材料非線形解析の導入をすることで頸粘膜と歯根膜の荷重を合理的に付与したモデルを構築した。このことより生体に近い挙動をシミュレーションできる可能性が示されたことは、今後の様々な症例の挙動を知るうえで大変有意義であると思われる。今後のバリエーションに富んだ症例の検討を期待したい。

次に22では、磁性アタッチメントの吸引力特性についてキーパーの厚径の違いによる影響を示した。0.7mm以下に厚径が小さくなると吸引力の減少が示された基礎的データは、様々な状況で磁性アタッチメントの活用する上で興味深い。

磁性アタッチメントの臨床への応用では、この厚径が材料的には限界であるかもしれないことが示された。

3つの演題とも、前回の歯冠外磁性アタッチメントの応用における報告を参考に、3歯連結したモデルでの報告であるが様々な動態を把握する上では、色々なバリエーションを組み込む必要性もあると思われた。演者らの今後の発展を期待するところである。

### 演題番号 23

#### 3.0T-MRI 装置の歯科用磁性ステンレスキーパーのRF発熱と偏向力の検討

○長谷川みかげ\*，宮田和幸\*，阿部有希，梅川義忠\*，齋藤秀雄\*，山中大輔\*，遠藤茂樹\*，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

**【目的】**磁気共鳴画像（MRI）装置は普及に伴い発達し、急速に高磁場化してきている。高磁場環境下での撮像は、医療用生体内金属に対する安全性が懸念され、様々な生体防御ガイドラインが定められている。本研究は、MRI撮像時に問題視されている磁性アタッチメントを患者の口腔内に装着する歯科医師の立場から、

患者または検査担当者に適切な情報を与える事を目的とした。そこで現在、多くのガイドラインに引用されている米国 ASTM の規格に準じてその発熱反応および偏向力を検討した。

**【方法】** MR 装置は、Philips 社製 Achieva 3.0-T Nova Dual を使用した。キーパーは GIGAUSS D600 (GC) を用い、キーパー付き歯科用インプラント (SETiO FIXTURE 10mm, GC)、およびキーパー付き根面板 (12%金銀パラジウム合金、デンツプライ三金) を検体とした。電気的特性が人体と等価となるようにファントムゲルを作製し、検体はファントム表面から 2.0 cm の位置にキーパーが水平となるように設置した。RF 照射時間は 20 分間を行い、撮像開始 2 分前から、終了後 2 分間の温度変化を光ファイバープローブの FL-2000.5M と光ファイバー式温度計 (安立計器) を用いて測定を行った。偏向力は、作製した測定器を用いて MR 装置の開口部付近で測定し、偏向度より算出した。

**【結果、考察】** キーパー、キーパー付き根面板、およびキーパー付きインプラントとも 20 分間の照射による発熱量は 1.0°C 以下であり、IEC 60601-2-33 (JIS Z 4951) の定める安全範囲内であった。キーパーの偏向力は大きく測定不可能であり、45° を下回るには、D400 では 3 g、D600 では 5 g、D1000 では 9 g の質量の加重が必要であった。本結果より、キーパーは撮像前に確実に合着されているのか確認が必要であると示唆された。

#### 質問：高田雄京（東北大学）

MRI によって金属材料が発熱する結果であったが、金属の種類で発熱しやすい金属はどのようなものか。長時間、あるいはくり返しによる分析で発熱が上昇する危険性はあるか。

#### 回答

発熱は、金属の種類の他に大きさや形状の影響を強く受けますが、過去の報告では、同じ形であれば鉄の発熱が大きくみられるようです。

発熱は、撮像の SAR という因子に作用されます。同じ静磁場強度を有する MR 装置でも、メーカーによって、SAR 値が異なります。高い SAR 値をもつ装置にて、長時間 RF 照射を行った場合、発熱は今回の結果よりも上昇する

と思います。

#### 質問：中村好徳（愛知学院大学）

キーパー根面板を MRI 装置内に設置し、MR 撮影時 0.4 度の温度上昇が認められましたが、例えば一口腔内に 5 ~ 6 個のキーパー根面板が装着されている場合、温度上昇はどれくらいと考えられますか？

#### 回答

キーパーや根面板などの金属が、口腔内で離れた位置にある場合には、それぞれのキーパーが 0.4 度ずつ温度上昇をするだけで、相乗効果はないと考えております。

#### 演題番号 22

### キーパーによる MR 画像アーティファクトの理論的検討

鮫嶋秀幸、手川歎識\*、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】

キーパーによる MR 画像のアーティファクトを理論的検討することにより、コンピュータシミュレーションから定量的に画像のアーティファクト範囲、歪みの形を決定できるようになることを目的とする。

#### 【方法】

MRI 機器の中に入ったキーパーは MRI の静磁界により磁化し、磁石のような振る舞いをする。磁化したキーパーにより MRI の位置情報エンコードのための磁界が歪められ、画像にアーティファクトが生じると考えられる。

磁気ダイポールの理論式を用い磁化したキーパーを近似し、周辺の磁束密度を調べることにより画像への影響を検討する。

その過程で磁化したキーパーが磁気ダイポールで近似可能かを、有限要素法で解析した結果と比較して確かめる。

今回の研究では定量的に歪みの範囲を確認す

るため、z 軸上での検討を行った。

想定した解析対象は、材料 SUS430、直径 4 mm、高さ 1 mm の円盤状のキーパーとし、静磁界 1.5T、傾斜磁界 30 mT/m での MRI スライス選定 (z 方向の位置エンコード) のみとした。

### 【結果、考察】

画像歪みに関係してくる磁気歪みに関して、有限要素法と磁気ダイポールの理論式での結果の比較より磁気ダイポール近似を用いた検討は十分可能と考えられる。

画像へのアーティファクトの原因は今回の研究により信号強度の変化、位置情報のずれの 2 種類あることが確認できた。

MRI 機器の位置エンコーディングの 1 つであるスライス選定において、信号強度の減少はキーパー近傍で見られ信号強度が弱くなることで、画像はほとんど表れないと考えられる。

キーパーから離れると位置情報のずれが見られ、特に傾斜磁界により磁界の強くなっている位置には 3 か所からの MRI の信号が含まれ、実際とは異なる信号が表示される。

また、全体として本来の位置よりも傾斜磁界により磁界の強くなる方向に MRI の信号が現れることがわかった。

**質問：高田雄京（東北大学）**

Z 軸方向のアーティファクトのずれを見ると、アーティファクトの一部は修正可能に思えるが、今後の展望として修正可能か？

**回答**

アーティファクトの範囲を小さくし、画像を見せやすくすることは可能かと思います。ただし、キーパーの近傍ではそれが大きく修正は不可能であると思われます。

### 演題番号 25

## MRI で関節円板の断裂が疑われた顎関節症患者の検討

○東海林理、石橋寛二\*、小豆嶋正典

岩手医科大学歯学部統合歯科学講座歯科放射線学分野

\*岩手医科大学歯学部歯科補綴学講座冠橋義歯補綴学分野

**【目的】** 顎関節症の疑いで MRI 検査を施行し、関節円板の断裂を疑う症例の特徴について検討した。

**【方法】** 2005～2008年の間に顎関節症の疑いで MRI 検査を行い、関節円板の連続性が絶たれ、上・下関節腔に joint effusion を認め関節円板の断裂を疑った 10 例を対象とした。それらについて、性別、年齢、症状、および断裂位置、骨変形などの MRI 所見について調査を行った。

**【結果、考察】** 性別は男性が 5 例、女性が 5 例、年齢は 40 歳代が 2 例、50 歳代が 2 例、60 歳代が 4 例、70 歳代が 2 例であった。症状は疼痛のみが 2 例、疼痛+雜音が 4 例、疼痛+雜音+開口障害が 4 例であった。断裂位置は円板内が 8 例、円板と後部組織間が 2 例、骨変形を認めたのは 6 例であった。

以上より顎関節症で関節円板の断裂を伴う症例は通常より男性の占める割合が高く、中・高年齢層で生じ、円板内で断裂し、骨変形を認める場合が多いことがわかった。

**質問：村 直樹（日本歯科大学）**

①断裂の原因となるような口腔内所見はあるか。  
②骨棘は円板のパーソフォレーション、断裂において起こる可能性が高いと思われるか。

**回答**

①すべてのケースについてパノラマエックス線写真を見たが、無歯顎～全歯を有するものと一定の傾向は見られなかった。今後の検討課題にしたい。  
②骨棘形成は日常見られる osteoarthritis で最も多い変形で、今回のケースも同様の傾向があると考える。

**質問：高田雄京（東北大学）**

高齢になるほど断裂が多くなると思ったが 60

歳代が最も多くそれに関する原因はあるか。

#### 回答

来院者全員の年齢構成は不明で、全体の対象人数も10人と少ないので明らかな理由は分からぬ。今後の検討課題としたい。

#### 座長総括（演題番号 23, 24, 25）

高田 雄京（東北大学）

本セッションでは、MRIに関する最近の話題がまとめられた。今後日本でもガイドラインが検討されているMRIによる金属のRF発熱や偏向力の問題、現在検討されているアーチファクトの問題、そしてMRIを用いた顎関節症の症例報告の3演題が発表された。

**演題23：**MRIの普及に伴い、より分解能の高い画像を得るために高磁場化が進んでいる。分析装置の高度化は歯科医療に大きな利益をもたらす一方、歯科材料や生体材料に及ぼす影響についての情報は未だ不十分である。本講演では、高磁場を有するMRIが歯科用磁性アタッチメントを構成する材料に対してどのような影響を与えるかをRF発熱および偏向力の観点から生体防御ガイドラインにあわせて報告がなされた。鉄を主成分とする金属のRF発熱は他の金属と比較して大きいが、磁性ステンレス鋼製のキーパーはわずかな温度上昇に留まり生体防御ガイドラインの範囲内であることが示された。しかしながら、偏向力に関しては、測定範囲を超える大きさであり、キーパーの固定法などに今後工夫が必要になることが明らかになった。生体防御ガイドラインが国内において適用される時期も近いと考えられるため、金属材料に対する高磁場化の影響についてさらに情報を充実して頂きたい。

**演題24：**磁性材料のアーチファクトは、MRI画像にとって大きな問題である。本講演では、キーパーのMRI画像に及ぼす影響を磁気ダイポールの近似を用いたシミュレーションによって論理的に解析がなされた。磁気ダイポールの近似によって、画像の歪みの範囲を定量的に求

めることができ、傾斜磁界の少ない位置に病変位置を配置することで歪みの少ない画像を得ることができる可能性が報告された。本講演の論理的解析によって、アーチファクトのより少ない位置に病変を誘導し、より正確な画像を得ることができることはMRIを用いる歯科医師に大きな利益をもたらすと考えられる。さらには、画像歪み範囲の定量的な解析を応用し、その周辺領域の歪みをできる限り補正できるシステムの開発が期待される。

**演題25：**MRIの高度化は、その臨床応用の範囲をますます増大させる傾向にある。本講演では、関節円板の断裂が疑われる顎関節症患者に対するMRI検査の臨床応用について報告された。関節円板の断裂を伴う症例は男性に多く、骨変形を伴った円板内での断裂であることが示された。年齢別にみると、60歳代が最も多かったが、症例数が少ないためその原因については特定できないとのことであった。MRIを応用することで、通常では特定できない病変を画像判断し、詳細な情報を得られることは今後の医療のQOLに大きく寄与すると考えられる。今後は顎関節症の症例数を増やし、性別、年齢、食生活などとの関連性を統計的に明らかにすることを試みていただきたい。

## シンポジウム 「QOLを高める補綴装置・磁性アタッチメント」

座長 田中貴信 愛知学院大学歯学部有床義歯学講座

### 「QOLを高める補綴装置・磁性アタッチメント」

座長 田中貴信

1976年の暮、初めてサマリウム・コバルト磁石に巡り合い、その一目惚の美人とのお付き合いをしておりましたが、その後、わが国で生まれた彼女の妹で、より魅力的なネオジム磁石を紹介され、以来30余年と、この才女にわが人生の生涯を捧げることとなりました。同年既に木内陽介、佐々木英機両先生が根面アタッチメントとして希土類磁石を利用する画期的なアイデアを報告されましたが、本質的に脆弱でまた腐食し易いこの種の材料の有効利用法の開発には、それなりの時間が必要でした。関係者のご尽力で、当時の工業会でも「不可能」と、逃げ腰であった幾つかの要件を克服し、1989年、ようやく実用性を備えた磁性アタッチメントが完成しました。

以来早くも20年、磁性アタッチメントは完全に臨床現場に定着し、多くの臨床家にとって、ごく当たり前の臨床技法の選択肢の一つとなりました。長らく本件に関わってきた者の一人として、大変うれしく思います。多くの臨床家によって、多様な症例に適用されて来た事実が、最も信頼できる実証的なエビデンスであることは当然であります。

ところで、誕生以来、多くの臨床経験を通じて、個々の臨床家が様々な工夫と挑戦を行い、本システムの改良に大きな貢献をされて来ました。今回は、石橋寛二大会長のご配慮で、それぞれの臨床現場で磁性アタッチメントを積極的

に多用されている河口日出男、田中譲治両先生、また、愛知学院大学歯学部附属病院技工部の岡田通夫技工士長のお三方にシンポジストをお願いし、それぞれの具体的な体験と成果をご教授願うこととなりました。まず河口先生には、磁性アタッチメント開発直後から活用されてきたお立場から、比較的長期的な術後経過についてご講評を頂き、次いで、田中先生には、早期からインプラントとの組み合わせに着眼され、多くの症例に応用されてきた具体的な体験を、最後に、岡田先生には、元来無随歯に根面アタッチメントの一つとして適用されることを想定して開発された磁性アタッチメントを、有随歯にも適用することに関する技工現場での様々な工夫をご紹介いただくことになっております。

それぞれの先生方のご講演内容の詳細は、お手元の抄録集に記載されている通りですが、いずれも貴重な情報を提供して下さるものと期待しております。これを機に、磁性アタッチメントの臨床的価値がさらに多くの関係者に理解され、患者のQOLを高めることに役立つことを願っております。

#### シンポジウム講演

1. 多様な臨床条件下での術後経過  
河口日出男 先生（市川市開業）
2. インプラン治療への積極的導入  
田中譲治 先生（柏市開業）
3. 歯冠外アタッチメントとしての有隨歯への適用  
岡田通夫 先生（愛知学院大学技工部）

---

特別講演「Volume Extractor – 3次元画像処理と形状再構成」土井章男 先生（岩手県立大学教授）、並びにシンポジウムの講師を担当された先生方のご講演内容は、本誌の特集欄に解説論文として掲載させていただきました。ご覧ください。（編集）

## 平成21年度日本磁気歯科学会第2回理事会議事要旨

日時：平成21年11月14日（土）11：00－12：00

場所：岩手医科大学創立60周年記念館 会議室

出席：

会 長	石上友彦
庶 務	鰐見進一（槙原絵理代理）
会 計	星合和基
編 集	高田雄京
学 術	芥川正武
認 定 医	大川周治
安全基準	細井紀雄
広 報	越野 寿
医 療	五十嵐順正
臨床評価	星合和基
ISO 対策	奥野 攻
理 事	石橋寛二、木内陽介、東風 巧、 田中譲治、田中貴信、中村和夫、 中村好徳、秀島雅之、誉田雄司
監 事	佐々木英機
幹 事	梅川義忠（会長） 槙原絵理（庶務）
オブザーバー	伊藤創造（第19回学術大会準備委員長）

### 1. 会長挨拶

石上会長より挨拶があった。

### 2. 報告事項

#### 1) 会務報告

##### (1) 庶務

槙原（鰐見庶務理事代理）より、庶務報告として、平成21年11月2日現在の会員数（正会員381名、名誉会員4名、賛助会員7社、購読会員13団体）について報告があった。

#### 2) 委員会報告

##### (1) 編集委員会

高田理事より、第1巻の掲載論文は総説論文2編、原著論文4編、臨床論文3編で、今回より投稿論文のメール受付および英文抄録の英文校正を開始したとの報告があった。またインターネット会議ファイルの英文校正も行うことが承認された。なお、

学会誌第18巻1、2号は年内に発行予定であるとの報告があった。

#### (2) 学術委員会

芥川理事より、次回国際磁気歯科インターネット会議は平成22年3月1～19日開催予定であると報告があった。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・参加をお願いしたいとのことであった。

#### (3) 認定医審議委員会

大川理事より、現在の認定医数は57名で、今回認定医申請者は1名であった。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、MRI撮像時の対応マニュアルを作成中であるとの報告があった。

#### (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) 医療委員会

五十嵐理事より、磁性アタッチメント適用の診療ガイドラインの策定のためのクリニカル・クエスチョンおよび保険導入の是非に関するアンケート予備調査を役員経験者に対して行ったこと、今後学術大会中およびホームページ上等でも、広く調査を実施する予定との報告があった。

#### (7) 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年の臨床評価が開始されたが報告数が少ないとの報告があった。これに対して、認定医申請時における必要事項として「ケースプレゼンテーション2例の術後調査票」を認定医制度施工細則に追加することが提案された。

#### (7) ISO 対策委員会

奥野理事より、NEDO委託事業の規定上、ISO対策委員会を一時休

止し、この間、標準化委員会（高田委員長）として活動するとの報告があった。これに伴い ISO 対策委員長は高田理事に交代したいとの申出があり了承された。高田理事より標準化委員会および ISO/TC106 大阪会議の報告があった。

3) 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  
石橋大会長より、第19回学術大会準備状況について報告があった。また、第9回国際磁気歯科インターネット会議を例年通り、3月2日～20日の期間内にて行ったとの報告があった。

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  
田中大会長より、第20回学術大会を平成22年10月30、31日の日程で中村好徳準備委員長のもと、愛知学院大学講堂にて行う予定が報告された。また、第10回国際磁気歯科インターネット会議も、詳細は未決定である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  
石上会長より、日本歯科医学会認定分科会として承認されたことを受け、日本磁気歯科学会へ分担金5万円の支払と助成金15万円の支給があったことが報告された。また今後プロジェクト研究にも参加する予定であることが報告された。

### 3. 協議事項

- 1) 平成21年度決算  
星合理事より、平成21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ことであり、承認された。
- 3) 平成22年度予算  
星合理事より、平成22年度予算について報告があり、承認された。
- 4) 第21回学術大会、第11回国際磁気歯科インターネット会議  
第21回学術大会および第11回国際磁気歯科インターネット会議は、東京医科歯科大学五十嵐順正大会長のもと開催することが承認された。
- 5) 次期役員について  
石上友彦会長のもと、平成22年度まで継続して現役員で運営していくことが了承された。
- 6) 平成21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。
- 7) その他  
複数同義語として使用されていた磁性アタッチメントに関する用語について見直しを行い、日本補綴歯科学会用語検討委員会へ発信していくことが承認された。

以上

## 平成22年度日本磁気歯科学会第1回理事会議事要旨

日時：平成22年4月23日（金）13:00～15:00

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	鰐見進一
庶務	鰐見進一
会計	星合和基
編集	高田雄京
学会	芥川正武

安全基準：細井紀雄

広報：越野寿

認定医：大川周治

臨床評価：星合和基

ISO 担当：高田雄京

医療：五十嵐順正

理事：木内陽介、東風巧、田中譲治、  
田中貴信、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）、  
           河野稔広（庶務）  
           秀島雅之（医療、兼務）

## 1. 会長挨拶

石上学会長より挨拶があった。

## 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22年4月8日現在の会員数（正会員393名、名誉会員4名、賛助会員8社（入会1社、退会1社）、購読会員13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22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18巻1、2号投稿論文数は、それぞれ9報および16報であったとの報告があった。雑誌印刷所の変更により、郵送費が格安になったことが報告された。今年度の掲載予定について報告があった。

#### (2) 学術委員会

芥川理事より、国際磁気歯科インターネット会議の位置づけについて、審議することが提案された。位置づけとしては国際学会のポスターセッションということに決定した。また、インターネット会議について海外の発表者については非会員でもよいが、国内の発表者の場合は発表者の中に責任持てる会員が一名いれば他は非会員でもよいと決定した。

#### (3) 安全基準検討委員会

細井理事より、第19回学術大会後、MRIの撮像時におけるキーパーによるアーチファクトの影響を検討し

ているとの報告があった。

### (4) 広報委員会

越野理事より、インターネット会議に向けての案内を随時行っているとの報告があった。WEBページの更新状況について報告があり、20回大会の準備を行っていくとの報告があった。

### (5) 医療委員会

五十嵐理事より、磁性アタッチメント適用の診療ガイドラインの策定について、また、磁性アタッチメントの保険導入の是非について報告があった。

### (6) 認定医審議委員会

大川理事より、更新手続きの必要な24名の認定医において、認定医期間の締切り日が平成22年11月11日であるとの報告があった。

### (7) 磁性アタッチメント臨床評価委員会

星合理事より、7機関分のデータが揃い次第まとめて報告する予定との報告があった。

### (8) ISO 対策委員会

高田理事より、磁性アタッチメント標準化委員会の活動について報告があった。

標準化準備委員会を4月3日に開催したことについて。ISOリオデジャネイロ会議の資金について報告があった。

### 3) 第19回学術大会報告および第9回国際磁気歯科学会報告

鰐見理事（石橋大会長代理）より、平成21年11月14、15日に開催された第19回学術大会の参加者数や会計状況について報告があった。また、第9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20回学術大会

田中大会長より、平成22年10月30（土）、31（日）の日程で中村好徳実行委員長のもと、愛知学院大学楠元講堂にて行う予定が報告された。中村好徳実行委員長より学会について詳細な報告があり、学会参加費の値上げについて協議し、2,000円ずつ値上げをすることで決定した。学

会発表について、発表者は各自 PC を持参することになった。

5) 会長幹事、庶務幹事の変更

石上会長より、会長幹事が永井栄一先生から梅川義忠先生へ、庶務幹事が槇原絵理先生から河野稔広先生へ変更したことが報告された。

6) その他

鰐見理事より、「新たな治験活性化 5 カ年計画の中間見直しに関する検討会報告」、「平成22年度プロジェクト研究費申請公募」について報告があり、石上学会長より、プロジェクト A に申請することが提案され承認された。

### 3. 協議事項

1) 平成22年度事業計画

石上学会長より、平成22年度事業計画について、磁性アタッチメントの国際規格作成 ISO/TC106会議への参加、支援、磁性アタッチメントの臨床評価、認定技工士制度の設立、会員数の増加、日本磁気歯科学会雑誌発行（第19巻1号、2号）、第20回学術大会、第9回国際磁気歯科インターネット会議、広報活動の推進、MRI撮像時の対応マニュアル作成について報告があった。

2) 第21回学術大会、第11回国際磁気歯科医インターネット会議

石上会長より、五十嵐先生の主幹により開催する事が決まったとの報告があり、秀島先生より 2011年11月12（土）、13（日）の日程で行う予定であるとの報告があった。

3) 会長から理事長への名称変更について  
石上会長より、会長から理事長への名称変更を行うことが提案され、承認された。第20回大会の総会で承認を得るべく対応していくこととなった。

4) 非会員からの学会誌購入希望について

鰐見庶務担当理事より、非会員より学会誌購入希望があった場合、バックナンバー、一冊につき2,500円代金を支払ってもらうことが提案され、承認された。また、この件に関しては、会則に盛り込むことが提案された。

5) 認定医審議委員会

大川委員長より、認定医・学会出席回数について報告があり、認定医書類様式の改正案、日本磁気歯科学会認定医制度規則および同施行細則について改正があることが提案され、承認された。

6) その他

磁性アタッチメント適用の診療ガイドラインの策定について、歯科医師会の学術宛にも調査および CQ のアンケートを依頼すること、CQ の選定については CQ が集まった時点で策定委員をつくることが決定した。

鰐見理事より、「Medical e-hon」より学会誌のインターネット配信許諾のお願いについての報告があり、現時点では承諾しないこととした。

石上会長より、第98回 FDI 年次世界歯科大会予告プログラムの送付について、日本歯科医学会会長賞受賞候補者の推薦について、8020研究事業公募について報告があった。

以上

## 日本磁気歯科学会会則

### 1. 名称

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

### 2. 目的

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

### 3. 会員

- 1) 本会の会員は下記の通りとする。
  - (1) 正会員 磁気に関する学識又は関心を有するもので本会の目的に賛同する者。
  - (2) 賛助会員 本会の目的、事業に賛同する法人又は団体。
  - (3) 名誉会員 本会の目的達成に多大の貢献を果たし理事会の議決を経た者。
- 2) 本会に入会を希望する者は入会金とその年度の会費を添え申し込むこと。
- 3) 会員は下記のいずれかの号に該当する時は理事会の決定によって会員の資格を失うことがある。
  - ①会費を1年以上滞納した時。
  - ②本会の会則に違反する行為があった時。

### 4. 会計

- 1) 本会の経費は、会費、寄付金、その他で支弁する。その収支は総会において報告し承認を得るものとする。
- 2) 正会員については入会金5,000円、年会費5,000円とする。また、賛助会員については入会金10,000円、年会費10,000円とする。
- 3) 非会員で雑誌購読を希望する者は、1部2,500円で購入できるものとする。
- 4) 本会の事業年度は1月1日より12月31日とする。
- 5) ただし、会計年度は10月1日より翌年の9月30日とする。

### 5. 役員

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

事務局は理事長がこれを定める。

### 8. 会則の変更

本会会則の改廃は理事会の審議を受け、総会の決議により行う。

### 附則

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

# 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「本会」という）は、磁気歯科認定医（以下「認定医」という）の制度を設け、認定医制度の実施に必要な事業を行う。

### 第3条

認定医は、磁気歯科学領域における診断と治療のための高い歯科医療技術を修得するとともに、認定医以外の歯科医師または医師等からの要請に応じて適切な指示と対応がとれるように研鑽を図る。

## 第2章 認定医の条件

### 第4条

認定医は、次の各号をすべて満たさなければならぬ。

- (1) 日本国歯科医師の免許を有すること。
- (2) 本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

審議会は10名以内の委員で構成する。

- (1) 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。
- (2) 委員の任期は2年とし、連続2期までとする。
- (3) 委員長及び副委員長各1名を委員の互選により選出する。

### 第11条

審議会は、委員の3分の2以上の出席をもって成立する。

- (1) 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。
- (2) 審議会は、必要に応じ開催する。

## 第6章 認定医登録

### 第12条

審議会の審査に合格した者は、所定の登録料を納入しなければならない。

### 第13条

本会は前項に基づき認定医登録を行い、合格者に認定証を交付するとともに、日本磁気歯科学会雑誌および本会総会において報告する。

## 第7章 資格の更新

### 第14条

認定医は、5年ごとに資格の更新を行わなければならぬ。

### 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ぬ。

### 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。
- ・この規則は、平成22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

本会の会員歴が通算8年以上あって、本会が認める学術集会または機関誌に磁気歯科学に関する発表を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。また、特に理事会の認めた者に関しては、この限りではない。

### 第2条

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。

平成19年4月20日 一部改変

## 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年間に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 10,000円
- (2) 登録料 20,000円
- (3) 更新手数料 20,000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ぬ。

- (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、A4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、A4版縦長横書きとし、一頁当たり25字×30~36行とすること。
  - (2) 記載順序は標題、著者名、所属（以上には英訳を付けること）、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（400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。
    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,  $\mu$ m,  $\text{cm}^2$ , 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等の番号とタイトルをつけ、挿入箇所を本文右欄外に朱書する。図表のタイトルには、内容の説明は記載しないこと。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) 図の大きさは（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ないものを原則とする。
- (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、600dpi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。
  - (D) 図表は、片段あるは両段を指定し、白黒あるいはカラーの区別を明記すること。
  - (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 earthmagnetic retention 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, 13~3-162, 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。
- E-mailによる電子ファイルでの投稿について**  
**(重要)**
- 編集作業の迅速化および印刷経費軽減のため、E-mailやその他（CD送付など）による電子ファイルでの投稿を推奨しております。書式等は、印刷紙での投稿に準じますが、異なる点がありますのでご注意ください。  
執筆要綱
- (1) 電子ファイルでの投稿を基本といたします。文章および表はMS-Word 2000、2003、2007、図はPowerPoint 2000、2003、2007で記載ください。図込みの表については、Power Pointでお書きください。また、図表については、全段または片段を指定し、白黒またはカラーを各図表ごとに明記してください。

- (2) 原稿は、漢字混じり平仮名、口語体、横書きとし、A4版、余白(全て25mm)、行数(30~36行程度)、文字の大きさ(10.5pt)で記載してください。書式の修正やフォントの設定は編集で行いますので、詳細な設定はしないでください。英文も同様です。
- (3) 本の他に、和文抄録(総説の場合のみ:400字以内)、英文抄録(200words以内)、キーワード(英訳つき、5語以内)が必要です。
- (4) 必ず表紙をお付けください。表紙には、表題、著者名(フルネーム)、所属(以上には英語訳を付けてください)、著者連絡先(住所、E-mailアドレス)、キーワード(英訳つき、5語以内)、別刷り数、pdf(別刷りのpdfです)の要否を記載ください。
- (5) 原稿は、表紙、和文抄録、英文抄録、本文、引用文献、図表のタイトルおよび説明の順となります。これらの項目ごとに必ず改頁をお願いいたします。
- (6) 原稿(表紙、和文抄録、英文抄録、本文、引用文献、図表のタイトルを含む)(Author\_txt.doc)、表(Author\_Table.doc)、図(Author\_ppt)の3つのファイルに分けてお送りください。図表には、表1、図1等の番号とタイトルをつけ、挿入箇所を本文の右欄外または文中(カッコ書きで図表の番号を記入)に朱記してください。図表内容の詳細な説明はタイトルに記載しないでください。
- (7) 以下、原稿の様式は、投稿規定の8と同様です。

#### 原稿の様式の例

##### 1. 表紙

①表題(英語訳を付けてください。)

磁気歯科学会雑誌のための原稿の書き方

How to write draft for J J Mag Dent

②著者名、所属(英語訳を付けてください。)

著者名: 磁気太郎, 磁石花子<sup>1</sup>, 根面板介, 吸引力<sup>1</sup>

Taro Jiki, Hanako Jishakul, Bansuke Konmen and Chikara Kyuin<sup>1</sup>

所属名: 江戸大学歯学部歯科理工学講座

<sup>1</sup>上方大学歯学部歯科理工学講座

Department of dental Materials Science, School of Dentistry, Edo University

<sup>1</sup>Department of dental Materials Science, School of Dentistry, Kamigata University

③キーワード(英訳付き、5語以内)

磁性アタッチメント(Magnetic attachment)、磁石(Magnet)、キーパー(Keeper)、磁石構造体(Magnetic assembly)、金合金(Gold alloy)

④別刷数

別刷数 100部

⑤pdf(別刷りのpdfです)の要否を記載ください。

pdf 要

-----改ページ-----

2. 和文抄録(総説論文の場合のみ必要)

400文字以内です。

-----改ページ-----

3. 英文抄録

Max 200 words

-----改ページ-----

4. 本文

1. 諸言、2. 材料および方法、3. 結果、4. 考察、参考文献の順に記載してください。

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てください。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)の順とします。(投稿規定参照)

-----改ページ-----

図表のタイトルを引用文献の後につけてください。

図1 .....

図2 .....

表1 .....

表2 .....

#### 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

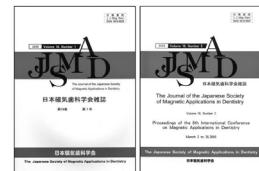
〒980-8575 仙台市青葉区星陵町4-1

TEL: 022-717-8316 FAX: 022-717-8319

E-mail: takada@m.tohoku.ac.jp

## 日本磁気歯科学会雑誌 第20巻 第1号 原稿募集

原稿受付締切: 平成23年5月31日 発行予定: 平成23年10月1日



## 平成22年度日本磁気歯科学会役員

(平成22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)	誉田 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: 高田雄京 (委員長)、石上友彦、木内陽介、佐々木英機、田中貴信、中村好徳、  
 細井紀雄、鰐見進一、水谷 紘

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: 梅川義忠 (日本大学歯学部)

庶務幹事: 河野稔広 (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

(2010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です

平成23年1月

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 秀島雅之

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(秀島雅之 FAX:03-5803-5515, E-mail:m.hidemitsu.rpro@tmd.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(Patient) どんな検査・治療に	～は(Intervention)	～よりも (Comparison)	効果があるか? 有効か?(Outcome)
例1) 下顎少歯残存症例に対し	磁性アタッチメントの適用は	クラスブ義歯よりも	経過がよいか?
例2) インプラントオーバーデンチャーへの	磁性アタッチメントの適用は	他の装置よりも	有効か?
例3) 磁性アタッチメントの支台歯のキーパーは	平坦な根面形態の方が	ドーム型形態より	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
ノーベル・バイオケア ・ジャパン株式会社	〒108-0075	東京都港区南2-16-4 品川グランドセントラルタワー8F
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
和田精密歯研株式会社	〒532-0002	大阪府大阪市淀川東三国1-12-15 辻本ビル6F

**－編集後記－**

- ◆平成22年9月3日（金）に行われました編集会議を経て、第19巻第1号が仕上りましたので、会員の皆様にお届けいたします。
- ◆前巻からメールでの原稿受付を試行いたしておりますが、本巻はメール原稿受付100%を達成いたしました。会員の皆様のご協力に感謝いたします。
- ◆ページデザインを一新し、本巻から新たな日本磁気歯科学会雑誌となりました。
- ◆次号の原稿締切は、平成23年5月31日の予定です。随時投稿受付を行っておりますので、お早めにご準備のほどお願い申し上げます。編集の迅速化と印刷費低減のため、メールあるいはCD送付などの電子媒体でのご投稿にご協力ください。メールでのご投稿は下記のメールアドレスまで。takada@m.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19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）

2010年12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