

厚生労働科学研究費補助金

長寿科学総合研究事業

低侵襲かつ簡便な摂食・嚥下機能評価システムの  
構築に関する研究

平成18年度～20年度 総合研究報告書

研究代表者 金高 弘恭

平成21（2009）年 4月

# 目 次

I. 総合研究報告	
低侵襲かつ簡便な摂食・嚥下機能評価システムの構築に関する研究	----- 1
金高弘恭	
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 13
III. 研究成果の刊行物・別刷	----- 16

I. 総合研究報告書

低侵襲かつ簡便な摂食・嚥下機能評価システムの構築に関する研究

研究代表者 金高 弘恭 東北大学大学院医工学研究科  
大学院歯学研究科（兼）・准教授

【研究要旨】

我が国は、世界に類を見ないほどのスピードで超高齢化社会を迎えようとしており、今後も活力ある社会を保ち続けるためには高齢者が健康で生き甲斐を持ち、自立して生活できるようにすることが必要不可欠である。そのような社会の実現のためには、高齢者に対する保健、医療、福祉がますます重要になっていくと思われ、なかでも高齢者の口腔機能障害の予防や機能向上の役割は大きなウェイトを占めるものと考えられる。実際、介護予防プログラムとして、摂食・嚥下機能の向上が、平成18年度より全国の市町村で実施されている。

摂食・嚥下機能障害は脳卒中などの疾患の後遺症としてだけでなく、加齢現象のひとつとして発現することも多く、経管栄養を必要とする場合があるなど「食べる楽しみ」を奪うだけでなく、誤嚥性肺炎や低栄養状態のリスクを高めるなど、高齢者の生活の質を著しく低下させる要因と考えられている。このような摂食・嚥下障害に対しては、現在、主としてビデオ嚥下造影検査（Video Fluorography：以下、VFと略す）やビデオ内視鏡検査（Video Endoscopy：以下、VEと略す）を利用した機能評価や治療が行われているが、長時間のX線被曝の問題や違和感の大きな内視鏡の挿入など、高齢者にとって負担の大きな検査であるのが現状である。

一方、これまで我々は超小型磁気マーカを利用した生体内位置検出システムの分野では、世界をリードする研究を行ってきている（米国特許第7402996号，国際特許出願番号PCT/JP2005/006275，特願2004-106789，特願2003-326034，特開2002-355264）。特に磁気マーカを複数用いることにより測定対象を3次元構築した上で、その運動を高精度（測定誤差1.0mm以内）で測定する技術は、我々の研究チーム以外では皆無の新規的な技術であり、その新技術を応用して、すでに顎運動測定システムの開発に成功している。

本研究では、口腔や咽頭など遮蔽された空間内での位置検出が可能な磁気式システムの特徴を生かし、摂食・嚥下機能の評価・治療に従来より用いられてきたVFやVEに代わりうる、①低侵襲で簡便、②高精度、かつ③低コストでの利用が可能な新しい摂食・嚥下機能評価システムを構築し、高齢者福祉および医療へ貢献していくことを目的とした。さらに、より効率的な「介護予防サービス」を提供すべく、口腔

機能向上プログラム対象者の選定、スタッフの専門性や歯科医療との関わりなどを解決しながら、よりよい介護予防プログラムへの改善を提言するために、市町村の住民健診における特定高齢者選定の際に専門の歯科医師により口腔内診査を行い、口腔衛生状態評価、基本チェックリスト項目（自覚症状）および口腔機能に関する検査（咀嚼力測定、反復唾液嚥下テスト(RSST)、口腔乾燥度)の評価結果を比較し、それらの間に認められる相関関係について検討を行った。

【分担研究者氏名・所属機関名及び所属機関における職名】

小坂 健 東北大学大学院歯学研究科・教授

五十嵐 薫 東北大学大学院歯学研究科・教授

藪上 信 東北学院大学工学部・准教授

栞 修一郎 東北大学電気通信研究所・助教

荒井 賢一 (財)電気磁気材料研究所・理事

## A. 研究目的

超高齢化社会を迎えた現在、咀嚼・嚥下機能障害は大きな社会的問題として認知されるようになり、実際、介護予防プログラムの大きな柱のひとつとして、「口腔機能の向上」が平成18年度より全国の市町村で実施されている。咀嚼・嚥下機能障害は脳卒中などの疾患の後遺症としてだけでなく、加齢的な現象として発現することも多く、経管栄養を必要とする場合があるなど「食べる楽しみ」を奪うのみでなく、患者の生活の質を著しく低下させる要因であり、咀嚼・嚥下機能障害に対する治療の需要は益々高まると考えられている。

しかしながら、従来からの口腔機能評価法は、ビデオ嚥下造影検査 (Video Fluorography : VF) やビデオ内視鏡検査 (Video Endoscopy : VE) など、X線被爆の問題や内視鏡挿入により摂食・嚥下を自然な状態で行うことが困難であるなど、簡便かつ非侵襲的にこれらの機能を詳細に測定する適切な方法は現在のところ存在しないのが実情である。

例えばVFを行う場合、高価な装置および特別な検査室が必要であり、X線の長時間にわたる被爆、造影剤誤嚥の危険性、側面もしくは正面からの2次元画像の評価しかできないなどの問題点がある。またVEでは、口腔から食道までの広範囲の同時観察が不可能なこと、内視鏡挿入のため自然な状態での嚥下が困難で検査時の負担が大きいこと、さらに咽頭痙攣や迷走神経反射による偶発症の危険性などの問題が考えられる。

一方、簡素な客観的評価法としては、反復唾液嚥下テスト(RSST)、水飲みテスト、咀嚼力評価、

フードテスト、舌圧・口唇圧テストなどが行われているが、咀嚼や嚥下の際に重要とされる舌や咽頭部での運動を詳細に評価するには必ずしも適してはいない。そのため、診断および治療に利用可能で簡便かつ高精度の測定装置開発が望まれてきた。

本研究では、生体への利用可能なモーションキャプチャシステムを新たに開発し、口腔内という遮蔽された特殊な空間内での舌や下顎の運動を正確に評価、さらには低下した機能に対するリハビリテーションにも応用可能なシステムを構築することで、高齢者の健康増進支援に役立てていくことを目的とした。

平成19年度には、前年度までに構築された基本システムをさらに発展させ、より詳細な生体運動の計測を可能とするために、30cm四方の空間内で同期的測定できるマーカ数を10個に増やし、位置検出精度が1.0mm程度となる摂食・嚥下機能測定用に特化したシステムを完成させた。さらに生体用として特化したLC共振型ワイヤレス磁気マーカの開発にも着手し、薄膜平面コイルを積層したもの及びアモルファスリボンを積層したものといった2つの系統で、Q値およびS/N比の向上を行った。また、位置精度向上のため、センサ配置についても検討を行った。さらに、特定高齢者及び要介護認定者への口腔機能評価結果についても、症例数を増やし、より詳細な検討を行った。

## B. 研究方法

### B-1 摂食・嚥下機能評価システムの構築

摂食・嚥下機能の客観的評価を行うために、生体計測用に特化したワイヤレスの磁気式モーションキャプチャシステムを構築し、システム全体の位置検出精度について検討を行った。

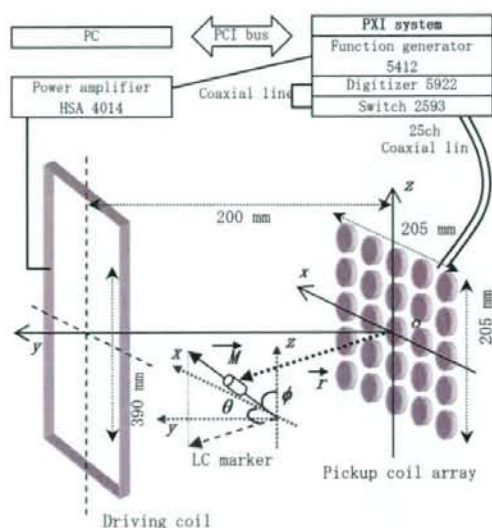


図1 システム全体の概略図

本システムは臨床応用を目的としていることから、磁気マーカは極小小型化もしくは薄膜化する必要がある。そのため生体への応用に際しては、薄膜コイルを積層したもの、もしくはアモルファスリボンを積層したものを磁気マーカとして利用する予定であるが、精度の検討は、ワイヤレスの交流磁界式モーションキャプチャシステムの基本技術を確立するために、直径3 mm、長さ10 mmのフェライト磁心 (TDK製L6, Ni-Znフェライト,  $\mu_r = 1,500$ ,  $B_s = 0.28$  T) に施した120~500回の巻線の両端にチップコンデンサが接続したものを外部磁界による駆動が可能なLC共振型ワイヤレス磁気マーカとして利用した。各マーカはコイル巻数とコンデンサ容量によって共振周波数を変化させた。

サイズは、直径4 mm、長さ10 mm、重さは0.5~0.8 g程度である。

一辺390mmの正方形型アクリル製巻き枠に巻かれた励磁コイル (線径0.26 mm×10回巻き) と、直径25 mmのアクリル製ボビンに巻かれた25個の検出コイル (線径0.1 mm×40回巻き) が45 mm間隔で5×5のマトリクス状に配置されている検出コイルアレイを200 mmの間隔かつ励磁コイルおよび検出コイルアレイ中心に配置した検出コイルの中心軸が一致するように対置している。また、各検出コイルはスイッチモジュールを介して誘起された電圧波形を計測するためのデジタイザに接続されている。これに加えて、励磁波を生成するための任意波形発生装置およびパワーアンプと、システム全体を制御しLCマーカの位置を算出するためのパソコンからなる。

(倫理面への配慮)

被検者を用いた摂食・嚥下機能測定に先立ち、東北大学大学院歯学研究科研究倫理専門委員会に研究計画書を申請し、承認を受けて測定を行うこととする。本研究に際し、被検者に対し、本研究の目的と方法について、十分に説明を行い同意を得た上 (同意書作成) で測定を行うこととする。

### 〈位置検出原理〉

本研究ではLCマーカから発生する誘導磁界をダイポール磁界に近似できると仮定して、

式(1)～(3)

からマーカの位置および方向を算出し、Gauss-Newton法により最適化を行った。

$$S(\vec{p}) = \sum_{i=1}^n \left| \vec{B}^{(i)}_{\text{meas}} - \vec{B}^{(i)}_{\text{cal}}(\vec{p}) \right|^2 \rightarrow \text{Minimum} \quad (1)$$

$$\vec{B}^{(i)}_{\text{cal}}(\vec{p}) = \frac{1}{4\pi} \left\{ -\frac{\vec{M}}{r_i^3} + \frac{3(\vec{M} \cdot \vec{r}_i) \cdot \vec{r}_i}{r_i^5} \right\} \quad (2)$$

$$\vec{p} = (x, y, z, \theta, \phi, M) \quad (3)$$

ここで $S(\vec{p})$ は評価関数、 $n$ は検出コイルの数、 $i$ は検出コイルの番号(1～25)、 $\vec{B}^{(i)}_{\text{meas}}$ は検出コイル $i$ における磁束密度の測定値、 $\vec{B}^{(i)}_{\text{cal}}$ はダイポール磁界を考慮した検出コイル $i$ における磁束密度の理論値、 $\vec{r}_i$ は検出コイル $i$ の中心からマーカまでの位置ベクトル、 $\vec{M}$ はマーカの磁気モーメント、 $\theta$ は $x$ - $y$ 平面に射影したモーメントの方向ベクトルと $x$ 軸とのなす角、 $\phi$ はモーメントの方向ベクトルと $z$ 軸のなす角(図1参照)、 $\vec{p}$ はマーカのパラメータにより構成されるベクトル量である。

### 〈生体用小型磁気マーカの開発 および特性の向上〉

本研究では、相互の磁界干渉を防ぎ、より高い測定精度が実現可能なLC共振型磁気コイルをワイヤレス磁気マーカとして利用する新しいシステムが基本的に動作可能であることを示したが、今後、LCマーカの一層の小型化および位置検出の高精度化をすすめ、実際の臨床現場での応用につなげていきたいと考えている。LCマーカ小型・薄膜化のために、薄膜平面コイルを積層したもの(図2-1)、もしくはアモルファスリボンを積層したもの(図2-2)について検討を行った。

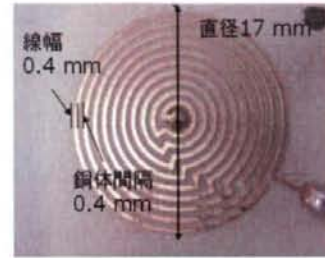


図2-1 薄膜平面コイル

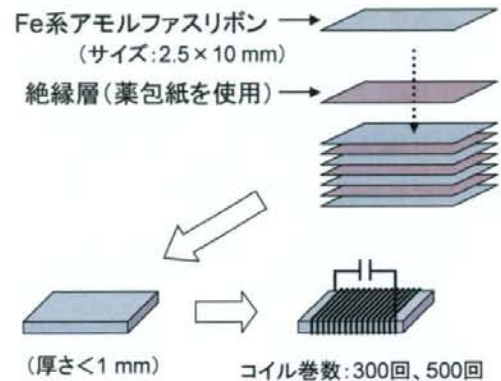


図2-2 積層アモルファス用いたLCマーカ

### B-2 高齢者に対する歯科健診および口腔機能 に対する検査との比較検討

仙台市A地区における一般住民健診受診者のうち、65歳以上の高齢者238名を対象に、歯科医師による歯科健診および質問紙調査、その他の口腔機能に関する検査を実施し、下記基本チェックリスト項目と口腔機能に関する検査結果の比較検討を行った。

〈基本チェックリストの3項目〉

- ①半年前に比べて固いものが食べにくくなりましたか。
- ②お茶や汁物等でむせることはありますか。
- ③口の渇きが気になりますか。

#### 〈口腔機能に関する検査〉

##### ①咀嚼力測定

被検者に咀嚼力判定ガム（（株）ロッセ）を噛んでもらい、2分後のガムの色の变化を評価した。色の变化の評価は付属のカラーチャートに従い、黄緑（スコア1：咀嚼力低い）から、赤（スコア4：咀嚼力高い）まで4段階に評価した。

##### ②反復唾液嚥下テスト(RSST)

30秒間の唾液（空）嚥下回数を測定した。

##### ③口腔乾燥度

口腔乾燥については口腔水分計（ムーカス）による測定を行った。

なお、咀嚼力判定ガム試験は、咀嚼開始から2分の時点でのガムの色彩の変化を調べ、4段階のうちの最良スコアを良好、スコア3以下を不良とした。

RSSTは30秒間の嚥下回数を調べ、3回以上を良好、3回未満を不良とした。

また、口腔乾燥については口腔水分計（ムーカス）による測定を行い、口腔水分計の測定値は、水分の少ない方から順に25%未満=1、25-26.9%=2、27-28.9%=3、29.9%=4、30%以上=5とした。

#### （倫理面への配慮）

倫理面への配慮としては、被検者を用いた口腔機能測定に先立ち、東北大学大学院歯学研究科研究倫理委員会に研究計画書を申請し、承認を受けて測定を行うこととした。被検者に対して、本研究の目的と方法について、十分に説明を行い同意を得た上で測定を行い、その際に同意書を作成した。

また個人情報保護のため、対象者に関するすべてのデータは一連の番号（ID番号）を付け、ID番号のみで照合を行った。統計解析においては、個人情報は除外されており、ID番号と個別情報の対応表なしに研究対象者を個別に同定することは不可能である。解析結果は個人が同定される形では決して公表されず、すべて統計処理を行った後、集団の成績として公表される。



## C. 研究結果

### C-1 摂食・嚥下機能評価システムの構築

平成19年度には、18年度までに構築された基本システムをさらに発展させ、より詳細な生体運動の計測を可能とするために、30cm四方の空間内で同期的測定できるマーカ数を10個に増やし、位置検出精度が1.0mm程度となる摂食・嚥下機能測定用に特化したシステムを完成させた(図3)。また、LCマーカに対する検出位置補正を専用ソフトウェアで行うことにより、位置検出精度の向上が認められた。

#### 摂食・嚥下機能評価システム概略図



図3 摂食・嚥下機能評価システム概略図

#### 〈生体用小型磁気マーカの開発

#### および特性の向上〉

薄膜平面コイルを積層、もしくはアモルファスリボンを積層することにより、磁気マーカの小型化および高性能化を行った結果、5mm角、厚さ1mmまでの小型化、およびS/N比が30程度となる薄型磁気マーカの開発に成功し、位置検出に十分な値が得られた。今後も引き続き、現在使用しているコイルより薄く、線幅、銅体間隔は小さく巻き数があるコイルを製作し、磁気マーカの特性向上を検討していく。

### C-2 高齢者に対する歯科健診および口腔機能

#### に対する検査との比較検討

より効率的な「介護予防サービス」を提供すべく、口腔機能向上プログラム対象者の選定、スタッフの専門性や歯科医療との関わりなどを解決しながら、よりよい介護予防プログラムへの改善を提言するために、高齢者に対する歯科健診および口腔機能に対する検査との比較検討を行った。

仙台市A地区における一般住民健診受診者のうち、65歳以上の高齢者238名を対象に、歯科医師による歯科健診および質問紙調査、その他の口腔機能に関する検査を実施し、基本チェックリスト項目と口腔機能に関する検査結果の比較検討を行ったところ、「①半年前に比べて固いものが食べにくくなりましたか」と咀嚼力判定ガムによる結果では、ガムによる判定と自覚症状による自己申告は一定の関係がみられた。しかしながら、「②お茶や汁物等でむせることはありますか」の質問項目と反復唾液嚥下テストについては、有意な相関はみられなかった。また、「③口の渇きが気になりますか」の質問項目と、実際にムーカスによる口腔水分量の測定結果では、明かな相関関係は認められなかった。

#### D. 考察

本研究では、低侵襲で簡便、高精度、かつ低コストでの摂食・嚥下機能評価のために、新しい摂食・嚥下機能測定装置を開発した。磁気マークとして、生体の運動を極力妨げないように、高周波用高透磁率薄型磁性体を用いた集積インダクタおよび薄膜コンデンサからなる大きさ5mm×5mm、厚さ1mmのLC共振型薄膜ワイヤレス磁気マークを生体用に特化し製作した。また、より詳細な摂食・嚥下機能評価のため、口腔周囲組織の動きがわかりやすいように、同期的測定が可能なマーク数を10個とし、位置検出精度が1.0mm以下となるようにセンサ配置などに対し工夫を行った。

ここで、本研究で開発された新しい装置の特色を下記に示す。

1. 固有周波数の異なる複数の磁気マークを使用することにより、6自由度運動測定が可能。
2. 磁気マークを測定部位に貼付するだけで測定可能であり、簡便である。
3. 磁気マークの超小型化(大きさ5mm×5mm、厚さ1mm)により、検査時の負担が小さい。
4. 交流式のLC共振型磁気マークを利用するため、外部磁界の変動による影響を受けにくく、磁気シールドルームなどの特別な検査室が必要ない。
5. 集積インダクタをLC共振型磁気マークに適用することにより、マークの誘導磁界を飛躍的に向上させ1.0mm以下の高い測定精度の獲得が可能となる。
6. 薄膜ワイヤレス磁気マークは安価にて製作でき、低コストでの検査が可能である。そのため、衛生面の配慮からも、使い捨て使用が可能である。システム自体でも300万円程度で構築可能である。

次に、装置の安全性を十分に確認した後、VFやVEと併用して本測定装置を利用し、機能障害を有する患者全体に共通して認められる問題点の特徴を明らかにし、特徴を顕著に表す計測基準点の抽出および設定を行った。計測基準点の運動を測定することにより、機能障害を有する患者のみならず健常者についてもデータベース化し、高齢者のための摂食・嚥下機能評価システムを構築する。

さらに、より効率的な「介護予防サービス」を提供すべく、口腔機能向上プログラム対象者の選定、スタッフの専門性や歯科医療との関わりなどを解決しながら、よりよい介護予防プログラムへの改善を提言するために、高齢者に対する歯科健診と口腔機能に対する検査との創刊についての比較検討を行った。

検査結果の比較検討を行ったところ、「①半年前に比べて固いものが食べにくくなりましたか」と咀嚼力判定ガムによる結果では、ガムによる判定と自覚症状による自己申告は一定の関係がみられた。しかしながら、「②お茶や汁物等でむせることはありますか」の質問項目と反復唾液嚥下テストについては、有意な相関はみられなかった。また、「③口の渇きが気になりますか」の質問項目と、実際にムーカスによる口腔水分量の測定結果では、明かな相関関係は認められなかった。

高齢者にとって、おいしく、楽しく、安全な食生活は高齢者が健康で生き生きとした生活を送る上で欠かすことの出来ないものである。また、おいしく自分で食べられることは、脱水や低栄養の

予防にもつながる。要介護度が重度化するにつれて嚥下性肺炎を起こす危険性が高くなると言われていることや、多くの高齢者においては肺炎まで至らなくても、知らないうちに誤嚥している (silent aspiration) が多くみられることがわかっている。このような中で、わが国で世界に先駆け口腔ケアが嚥下性肺炎の予防に対して重要な役割を担うことが証明されてきており、様々な原因疾患や高齢化により引き起こされる軽度の摂食・嚥下障害を有する高齢者に対して、口腔ケアや健口体操を始めとした口腔機能プログラムを行うことにより、高齢者の福祉に貢献していきたいと考えている。

## E. 結論

本研究では、市町村の実施する地域支援事業での基本チェックリスト25項目中、口腔機能向上の介護予防プログラム対象者（特定高齢者）選定に使用される、基本チェックリストの3項目について、それぞれに対応する口腔機能に関する検査（咀嚼力測定、反復唾液嚥下テスト (RSST)、口腔乾燥度）の結果との相関について検討を行ったが、その結果、咀嚼についてはある程度の相関がみられたが、むせることと反復唾液嚥下テスト、口腔乾燥と口腔水分量との関係は必ずしも相関しているとはいえなかった。そのため、スクリーニングの目的に合わせ簡便かつ精度の高い検査方法の開発が望まれた。

このような問題を解決するために、本研究では最新の磁気工学技術を応用し、これまでの評価法に代わりうる新しい摂食・嚥下機能評価システム

が開発されたが、多数の医療施設や福祉施設で、口腔機能障害の診断、治療、リハビリテーションなどに利用されることになれば、摂食・嚥下障害に悩んでいる多くの高齢者のQOLは著しく向上することとなり、その社会に対する貢献は、計り知れないほど大きいと考えられる。

さらに、全国の市町村において、介護予防プログラム対象者の選定に新しい摂食・嚥下機能評価システムが利用されるようになれば、より適格な対象者を把握することができるため、無駄を減らし、サービスが真に必要な人に対し効率的にサービスを提供できるようになり、厚生労働行政の観点からもその貢献度は高いと考えられる。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 小坂 健  
介護保険制度と介護予防について  
東北大学歯学雑誌 25; 1-6, 2006.
- 2) Mitani H, Takahashi I, Onodera K, Bae JW, Sato T, Takahashi N, Sasano Y, Igarashi K, Mitani H,  
Comparison of age-dependent expression of aggrecan and ADAMTSs in mandibular condylar cartilage, tibial growth plate, and articular cartilage in rats.  
Histochemistry and Cell Biology 126; 371-380, 2006.
- 3) Liu L, Igarashi K, Kanzaki H, Chiba M, Shinoda H, Mitani H,  
Clodronate inhibits PGE<sub>2</sub> production in compressed PDL cells.  
Journal of Dental Research 85; 757-760, 2006.
- 4) Hashi S, Yabukami S, Toyoda M, Ohya M, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK,  
Magnetic motion capture system using LC resonant magnetic marker composed of Ni-Zn ferrite core.  
Journal of Applied Physics 99; 08B312, 2006.

- 5) 豊田征治, 栢修一郎, 藪上 信, 大矢雅志, 石山和志, 岡崎靖雄, 荒井賢一  
複数LC共振型磁気マーカを用いた多点位置検出システム  
日本応用磁気学会誌 30; 391-395, 2006.
- 6) Hashi S, Toyoda M, Yabukami S, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK,  
Wireless magnetic motion capture system for multi-marker detection.  
IEEE Transactions on Magnetics 42; 3279-3281, 2006.
- 7) Hashi S, Toyoda M, Yabukami S, Ohya M, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK,  
Development of magnetic motion capture system for multi-position detection.  
Sensor Letters 5; 300-303, 2007.
- 8) 小坂 健  
介護保険制度の課題と今後の展望  
高齢者歯科医療懇話会誌 10; 2007.
- 9) 金高弘恭, 藪上 信, 荒井賢一  
生体内モーションキャプチャシステムを応用した非侵襲的な摂食・嚥下機能測定装置の開発  
医科学応用財団研究報告書24; 45-48, 2007.
- 10) Kanetaka H, Suzuki A, Tomizuka R, Urayama S, Takano-Yamamoto T,  
Development of a new ultra-precision-polished pure titanium mirror for dental treatment.  
Interface Oral Health Science 2007; 355-356, 2007.
- 11) Tomizuka R, Kanetaka H, Shimizu Y, Suzuki A, Urayama S, Takano-Yamamoto T,  
Effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement.  
Interface Oral Health Science 2007; 181-182, 2007.
- 12) Shimizu Y, Okayama K, Kano M, Kanetaka H, Kikuchi M,  
Osteoclast-mediated bone remodeling in guided bone regeneration using graft materials.  
Interface Oral Health Science 2007; 329-334, 2007.
- 13) Urayama S, Kanetaka H, Shimizu Y, Suzuki A, Tomizuka R, Takano-Yamamoto T,  
The effects of orthopedic forces with self-contained SMA appliance on cranial suture in rat.  
Interface Oral Health Science 2007; 353-354, 2007.
- 14) 藪上 信, 小笠原浩太, 齋藤秀樹, 栢修一郎, 豊田征治, 岡崎靖雄, 荒井賢一  
多点ワイヤレス磁気マーカによる指先のモーションキャプチャシステム  
Journal of the Magnetics Society of Japan 31; 439-444, 2007.
- 15) Hashi S, Toyoda M, Yabukami S, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai I K, Kanetaka H,  
Wireless magnetic motion capture system using multiple LC resonant magnetic markers with high accuracy.  
Sensors and Actuators A 142; 520-527, 2008.
- 16) Azuma S, Kohzuki M, Saeki S, Tajima M, Igarashi K, Sugawara J,  
Beneficial effects of orthodontic treatment on quality of life in patients with malocclusion.  
The Tohoku Journal of Experimental Medicine 214; 39-50, 2008.
- 17) 藪上 信, 加藤和夫, 加茂芳邦, 小澤哲也, 荒井賢一  
高周波キャリア型薄膜磁界センサを用いた心磁界測定  
Journal of the Magnetics Society of Japan 32; 483-486, 2008.
- 18) 小坂 健, 口腔ケアの実際  
調剤と情報 15 ; 18-21, 2009.
- 19) 野口有紀, 相田潤, 丹田奈緒子, 伊藤恵美, 金高弘恭, 小関健由, 小坂 健  
介護予防「口腔機能向上」プログラム対象者選定項目と歯科医療ニーズとの関連-要介護者を対象とした分析-  
日本口腔衛生学会雑誌, 2009(印刷中)
- 20) Hashi S, Ohya M, Uchiyama M, Yabukami S, Kanetaka H, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK,  
Study on downsizing of LC markers for a wireless magnetic motion capture system.  
Sensor Letters, 2009.(in press)

21) Hashi S, Yabukami S, Kanetaka H, K. Ishiyama K, Arai IK,  
Numerical Study on the Improvement of Detection Accuracy for a Wireless Motion Capture System. IEEE Transactions on Magnetics, 2009.(in press)

## 2. 学会発表

1) 藪上 信, 金高弘恭, 栢修一郎, 荒井賢一  
平面型ワイヤレス磁気マーカの検討  
第31回日本応用磁気学会学術講演会,  
2007年9月11-14日, 東京

2) Kanetaka H, Shimizu Y, Hosoda H, Tomizuka R, Suzuki A, Urayama S, Miyazaki S, Takano-Yamamoto T,  
Application of Ni-free Ti-based shape Memory Alloy Wire for Orthodontic Treatment. 1<sup>st</sup> Asian BioMaterials Congress, 2007.12.06-08, Tukuba, Japan

3) Shimizu Y, Kanetaka H, Hosoda H, Urayama S, Kano M, Okayama K, Kikuchi M,  
New Orthopaedic Treatment in Cranium using Ti-based SMA Wire. 1<sup>st</sup> Asian BioMaterials Congress, 2007.12.06-08, Tukuba, Japan

4) 金高弘恭, 幸地省子, 新井映子, 中條 哲  
摂食機能評価のための新しい検査用ゼリーの開発と臨床応用の試み  
第32回日本口蓋裂学会総会学術集会,  
2008年5月28-29日, 広島

5) 幸地省子, 金高弘恭, 尾崎史浩  
チューインガム法による口唇裂・口蓋裂患者における咀嚼能力の経年変化に関する研究  
第32回日本口蓋裂学会総会学術集会,  
2008年5月28-29日, 広島

6) 狩野充浩, 清水良央, 金高弘恭, 工藤忠明, 菊地正嘉  
ヒト喉頭蓋における喉頭腺の加齢変化  
第19回日本老年歯科医学会学術大会,  
2008年6月19日-6月20日, 岡山

7) Hashi S, Ohya M, Uchiyama M, Yabukami S, Kanetaka H, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK,  
Study on downsizing of LC markers for a wireless magnetic motion capture system. European Magnetic Sensors & Actuators Conference (EMSA 2008), 2008.6.30-7.02, Caen, France

8) 藪上 信, 栢修一郎, 金高弘恭, 荒井賢一  
ワイヤレス磁気マーカの位置検出システムにおける位置精度向の検討  
電気学会マグネティックス研究会,  
2008年7月31日-8月1日, 富山

9) 栢修一郎, 神坂文康, 藪上 信, 金高弘恭, 石山和志, 荒井賢一  
励磁コイル及び検出コイルアレイ一体型位置検出システムの検討  
第32回日本磁気学会学術講演会,  
2008年9月12日-15日, 多賀城

10) 藪上 信, 栢修一郎, 金高弘恭, 荒井賢一  
ワイヤレス磁気マーカによる位置検出精度向上の検討  
第32回日本磁気学会学術講演会, 2008年9月12日-15日, 多賀城

11) Hashi S, Yabukami S, Kanetaka H, Ishiyama K, Arai IK,  
Numerical Study on Improvement of Detection Accuracy for Wireless Magnetic Motion Capture System. Asian Magnetics Conference 2008 (AMC 2008), 2008.12.10-13, Pusan, Korea

12) Kanetaka H, Yabukami S, Hashi S, Arai IK,  
Wireless magnetic motion capture system for medical use. The 3<sup>rd</sup> International Symposium for Interface Oral Health Science, 2009. 1.15-16, Sendai, Japan

13) 神坂文康, 栢修一郎, 金高弘恭, 石山和志, 藪上信, 荒井賢一  
位置検出システム用アモルファスリボン積層薄型磁気マーカに関する検討  
平成21年電気学会全国大会,  
2009年3月17-19日, 札幌

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

1) ドイツ特許出願（PCT指定国移行）

名称：INSTRUMENT AND METHOD  
FOR MEASURING THREE-  
DIMENSIONAL MOTION IN  
LIVING BODY

ドイツ特許出願番号：112005000700.6

移行手続日：Oct. 2, 2006

発明者：Hiroyasu Kanetaka (33.3%), Ken-ichi  
Arai(33.3%), Shin Yabukami(33.3%)

特許出願人：Japan Science and Technology  
Agency(100%)

2) 中国特許出願（PCT指定国移行）

名称：INSTRUMENT AND METHOD  
FOR MEASURING THREE-  
DIMENSIONAL MOTION IN  
LIVING BODY

中国特許出願番号：200580017779.7

移行手続日：Nov. 30, 2006

発明者：Hiroyasu Kanetaka (33.3%), Ken-ichi  
Arai(33.3%), Shin Yabukami(33.3%)

特許出願人：Japan Science and Technology  
Agency(100%)

3) 米国特許取得

名称：INSTRUMENT AND METHOD FOR  
MEASURING THREE-DIMENSIONAL  
MOTION

登録番号：米国特許第7402996号

登録日：July. 22, 2008

発明者：Hiroyasu Kanetaka (33.3%), Ken-ichi  
Arai(33.3%), Shin Yabukami(33.3%)

特許出願人：Japan Science and Technology  
Agency(100%)

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

## Ⅱ. 研究成果の刊行に関する一覧表

### 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ

### 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
小坂 健	介護保険制度と介護予防について	東北大学歯学雑誌	25	1-6	2006
Mitani H, Takahashi I, Onodera K, Bae JW, Sato T, Takahashi N, Sasano Y, Igarashi K, Mitani H	Comparison of age-dependent expression of aggrecan and ADAMTSs in mandibular condylar cartilage, tibial growth plate, and articular cartilage in rats.	Histochemistry and Cell Biology	126	371-380	2006
Liu L, Igarashi K, Kanzaki H, Chiba M, Shinoda H, Mitani H	Clodronate inhibits PGE <sub>2</sub> production in compressed PDL cells.	Journal of Dental Research	85	757-760	2006
Hashi S, Yabukami S, Toyoda M, Ohya M, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK	Magnetic motion capture system using LC resonant magnetic marker composed of Ni-Zn ferrite core	Journal of Applied Physics	99	08B312	2006
豊田征治, 戸修一郎, 藪上 信, 大矢雅志, 石山和志, 岡崎靖雄, 荒井賢一	複数LC共振型磁気マーカーを用いた多点位置検出システム	日本応用磁気学会誌	30	391-395	2006

Hashi S, Toyoda M, Yabukami S, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK	Wireless magnetic motion capture system for multi-marker detection	IEEE Transactions on Magnetics	42	3279-3281	2006
Hashi S, Toyoda M, Yabukami S, Ohya M, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK	Development of magnetic motion capture system for multi-position detection	Sensor Letters	5	300-303	2007
小坂 健	介護保険制度の課題と今後の展望	高齢者歯科医療懇話会誌	10	13-18	2007
金高弘恭, 藪上信, 荒井賢一	生体内モーションキャプチャシステムを応用した非侵襲的な摂食・嚥下機能測定装置の開発	医科学応用財団研究報告書	24	45-49	2007
Kanetaka H, Suzuki A, Tomizuka R, Urayama S, Takano-Yamamoto T	Development of a new ultra-precision-polished pure titanium mirror for dental treatment	Interface Oral Health Science 2007		355-356	2007
Tomizuka R, Kanetaka H, Shimizu Y, Suzuki A, Urayama S, Takano-Yamamoto T	Effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement	Interface Oral Health Science 2007		181-182	2007
Shimizu Y, Okayama K, Kano M, Kanetaka H, Kikuchi M	Osteoclast-mediated bone remodeling in guided bone regeneration using graft materials	Interface Oral Health Science 2007		329-334	2007
Urayama S, Kanetaka H, Shimizu Y, Suzuki A, Tomizuka R, Takano-Yamamoto T	The effects of orthopedic forces with self-contained SMA appliance on cranial suture in rat	Interface Oral Health Science 2007		353-354	2007



藪上 信, 小笠原浩太, 齋藤秀樹, 栢修一郎, 豊田征治, 岡崎靖雄, 荒井賢一	多点ワイヤレス磁気マ ーカによる指先のモー ションキャプチャシス テム	Journal of the Magnetics Society of Japan	31	439-444,	2007
Hashi S, Toyoda M, Yabukami S, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK, Kanetaka H	Wireless magnetic motion capture system using multiple LC resonant magnetic markers with high accuracy.	Sensors and Actuators A	142	520-527	2008
Azuma S, Kohzuki M, Saeki S, Tajima M, Igarashi K, Sugawara J.	Beneficial effects of orthodontic treatment on quality of life in patients with malocclusion	The Tohoku J ournal of Exp erimental Med icine	214	39-50	2008
藪上 信, 加藤和夫, 加茂芳邦, 小澤哲也, 荒井賢一	高周波キャリア型薄膜 磁界センサを用いた心 磁界測定	Journal of the Magnetics So ciety of Japan	32	483-486	2008
小坂 健	口腔ケアの実際	調剤と情報	15	18-21	2009
野口有紀, 相田潤, 丹田奈緒子, 伊藤恵美, 金高弘恭, 小関健由, 小坂健	介護予防「口腔機能向 上」プログラム対象者 選定項目と歯科医療ニ ーズとの関連-要介護者 を対象とした分析-	日本口腔衛生 学会雑誌			2009 印刷中のため 別刷が用意で きていません
Hashi S, Ohya M, Uchiyama M, Yabukami S, Kanetaka H, Ishiyama K, Okazaki Y, Arai IK	Study on downsizing of LC markers for a wireless magnetic motion capture system	Sensor Letters			2009 in press 印刷中のため 別刷が用意で きていません
Hashi S, Yabukami S, Kanetaka H, Ishiyama K, Arai IK	Numerical Study on the Improvement of Detection Accuracy for a Wireless Motion Capture System	IEEE Transactions on Magnetics			2009 in press 印刷中のため 別刷が用意で きていません

### Ⅲ. 研究成果の刊行物・別刷

総説

## 介護保険制度と介護予防について

小坂 健

A new prevention service program under the Long-term Care Insurance System for the Elderly in Japan

Ken Osaka

東北大学歯学雑誌第25巻第1号 別刷 2006  
(平成18年6月発行)

Reprinted from TOHOKU UNIVERSITY DENTAL JOURNAL  
Vol. 25, No. 1, June, 2006

## 介護保険制度と介護予防について

小坂 健

東北大学大学院歯学研究科 国際歯科保健学分野

A new prevention service program under the Long-term Care Insurance System for the Elderly in Japan

Ken Osaka

Department of International Health, Graduate School of Dentistry, Tohoku University

**Abstract:** A new service program designed to prevent accelerated physical deterioration (*Kaigo-yobo*) in elderly persons has been established as part of the Long-term Care Insurance System for the Elderly in Japan. Over the past 5 years, the number of persons using the services has doubled, and total expenditures have risen by more than 10% per year. With a noticeable increase in utilization among persons with mild disabilities requiring lower levels of care, improvements and enhancements of services have been requested. The introduction of new services such as "strengthening of bone, muscle, and joint functions," "nutritional support" and "oral function improvement" represent initial steps in establishing systems that enable elderly persons to live independently and with dignity.

**Key words:** Prevention of conditions requiring long-term care, community-based care, dementia

### 1. はじめに

我が国の介護保険制度は2000年に導入された。以来、この制度を利用する高齢者数やそのサービス量も年々増加してきており、高齢者及び虚弱高齢者を抱える家族への欠くことの出来ない社会保障制度のひとつとなってきた。しかしながら、急激なサービス量の増加に伴って様々な問題点も指摘されてきていることや、予定されていた開始5年後の見直しにあたることから介護保険法の改正が行われ、2006年4月より施行(一部は2005年10月施行)されることとなった。

今回の改正では、介護保険の基本的な理念である自立支援、すなわちその人の生活・人生を尊重し、出来る限り自立した生活を送れるように支援することに立ち返り、この実現のため介護予防サービスの導入をすることとなった。この介護予防の具体的な体制として、これまで要支援及び要介護1に相当する軽度の要介護者に対する新予防給付と、そこまで至らないが虚弱である高齢者を対象とした地域支援事業の2つがある。この2つの体制において、口腔機能の向上等のプログラムが導入され、全ての市町村で実施されることになった。

### 2. 介護保険制度の現状と課題

介護保険制度施行後、サービス利用は急速に拡大し、介護サービスの利用者は約149万人(2000年4月)から329万人(2005年4月)へとこの5年間で2倍以上に増加している(図1)。サービス費用についても3.6兆円(2000年度実績)か

ら6.8兆円(2005年度実績)へ倍増している。利用者の増加については要介護度1,2といった軽度の要介護者において顕著であるが、通所介護や訪問介護といった単一のサービスを受けているが、要介護度の維持、改善という観点からすると、必ずしも効果的なサービスといえず、3割程度の要支援者及び要介護1の高齢者は重度化しているとする報告もある(図2)。必要のない電動車いすや電動ベッドなどの使用により、本人の身体活動が低下すること等により、介護保険の本来の目的である高齢者の自立した生活を支援するということから離れてしまっている場合もあるとの指摘もある。これら軽度の要介護者については、要介護になった主要原因についてみると、要介護4,5の高齢者が脳血管障害であるのと異なり、その多くがいわゆる廃用症候群であり、取り組みにより維持・改善が可能であると考えられている(図3)。

2015年にはいわゆるベビーブーム世代が65歳に到達し、その10年後には高齢者人口はピークを迎えることとなり、約3,500万人となると推定されており、これから高齢化の最後の急な上り坂の時期を迎える。さらに、2015年には高齢者の独居世帯は約570万世帯に増加し、高齢者夫婦のみ世帯も約610万世帯となると見込まれており、これらの独居高齢者の増加は特に都市部で著しいと予測されている。このような状況の中で、介護保険制度が今後も持続して信頼されるシステムとして確立されていくためには、将来予想されている急速な高齢化や独居老人の増加などの点を見据えて、給付の効率化や重点化を思い切って進める必要がある。

現行制度は、1990年以降のゴールドプランの成果を踏まえ