

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 17 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22592163

研究課題名（和文） 歯科治療手技の暗黙知と熟達化

研究課題名（英文） Tacit Knowledge and Expertise in Dental Treatment Techniques

研究代表者

大沢 聖子 (OSAWA SEIKO)

日本大学・松戸歯学部・助手

研究者番号：00152108

研究成果の概要（和文）： 歯科医師の暗黙知と熟達過程を認知的側面と技術的側面から分析した。

(1) 認知的側面：臨床年数 10 年以上 (Expert 群)、10 年未満(Novice 群)、学生(Beginner 群)に分けて、下顎印象採得の仕方を質問紙に記載させ、テキスト・マイニングした。その結果、印象材排出に関する記述が Novice 群および Expert 群で多く認められたが、Beginner 群では、ほとんど認められなかった。

(2) 技術的側面：印象採得時の技能の定量評価を行うため、トレーの押付荷重と動作を測定する装置を開発し、精度を評価した結果、治療手技の詳細な動きを測定するにあたり、十分であることが確認できた。今後はこの装置で定量評価手法を検討する。

研究成果の概要（英文）： We analyzed the cognitive and technical aspects of tacit knowledge and expertise among dentists.

(1) Cognitive aspects: We asked subjects to respond to a questionnaire on methods for taking mandibular impressions after dividing the subjects into three groups: dentists with at least 10 years of clinical experience (Expert); dentists with less than 10 years of clinical experience (Novice); and dental students (Beginner). Text mining analysis of the questionnaire responses identified numerous descriptions of elimination of impression materials among those ranked as Expert or Novice, but few such descriptions among those ranked as Beginner.

(2) Technical aspects: We developed a device for measuring tray load forces and behavior to assess impression-taking skills quantitatively. The device proved accurate enough for quantitative assessment and will be used in future quantitative assessments of impression-taking skills.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：暗黙知、熟達化、印象採得、メタ認知的言語化、テキスト・マイニング

## 1. 研究開始当初の背景

知識には言葉や数字で表現できる知識と、目に見えにくく表現しにくい暗黙知<sup>1)</sup>がある。暗黙知のなかでもスポーツや楽器演奏のような身体知は、体験的に学習するもので、言語化が難しいとされている。しかし、諏訪<sup>2)</sup>は、本来言語化が難しい身体知を、振り返りながらあえて言語化する試みが、身体知の獲得を促進するというメタ認知的言語化<sup>2)</sup>の有用性を説いており、まったく言語化が不可能なものではないと考えられる。暗黙知には、認知的側面（メンタルモデル、思い等）と技術的側面の2つの側面があり、両方がそろって暗黙知はその真価を發揮する<sup>3)</sup>といわれており、身体知研究においては、科学的計測とメタ認知を併用する方法論の構築が求められている<sup>2)</sup>。

歯科医師が行う補綴治療の中でも、義歯による印象から装着までの手技には、言葉で表現しきれない暗黙知が多く存在すると考えられる。臨床では、印象採得時の手指の動きや感覚、咬合位の決定時の勘所など言葉で表しきれない微細な特殊技能が求められるが、その手技を初学者に言葉ですべて教授することは、非常に困難を極める。

## 2. 研究の目的

歯科医師が体験を通して学習した治療手技、すなわち身体スキルという暗黙知を認知的側面と技術的側面から分析した報告はみられない。科学的計測とメタ認知の併用により、認知モデルを提唱できれば、歯科医師や歯科学士の臨床能力向上の一助となる。そこで、治療手技のうち比較的難易度の高い下顎印象採得に着目し、暗黙知について検討を行った。

## 3. 研究の方法

暗黙知には、認知的側面と技術的側面の2つの側面があることから、下顎印象採得について2つの側面からアプローチした。

### (1) 認知的側面

下顎印象採得時のメタ認知の内容を質問紙に記載させ、得られた内容をテキスト・マイニング(text mining；以下 TM)を行った。

被験者は、日本大学松戸歯学部付属病院補綴科の歯科医師で、臨床経験年数10年以上（以下 Expert 群）18名（男性16名、女性2名、平均年齢46.3歳）、10年未満（以下 Novice 群）17名（男性5名、女性12名、平均年齢28.5歳）、本学5年次歯科学士（以下 Beginner 群）18名（男性10名、女性8名、平均年齢22.9歳）を対象とした。下顎印象採得において、「トレーの口腔内への入れ方はどうしていますか」、「トレーの加圧は口腔内のどの位置から始め、どのように加圧していきますか」の2問からなる質問紙を作成し、自由記載さ

せた。得られた自由記載データを TM ソフトウェア WordMiner<sup>TM</sup>（日本電子計算株式会社）により、TM を行った。臨床経験や手技の熟達度による表現の違いを検討するために、文字数、用語数に関しては、3群間で Mann - Whitney の U 検定、Bonferroni 補正 ( $p < 0.017$ ) により比較検討した。使用される用語の比較は、(用語) × (熟達度) のクロス表から頻度2以上の用語について、WordMiner<sup>TM</sup>で頻度有意性検定<sup>4)</sup>を行った。また、文脈については、熟達者は同時に複数の動作を行い、独自の確認事項があると考えられることから「～ながら」、「同時に～」、「～しつつ」の並列動作を示す用語を含む文章と、「確認」を含む文章では、コンコーダンス（その用語の前後の文脈を示すメタデータ）から、3群の傾向を比較検討した。

なお、本研究は、日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認と、各被験者に対して実験の趣旨を説明し、同意を得て行った（倫理委員会承認番号：EC11-016号）。

### (2) 技術的側面

下顎印象採得の手技を定量的に評価するために、トレーの押付荷重と動作を測定する装置を開発した。

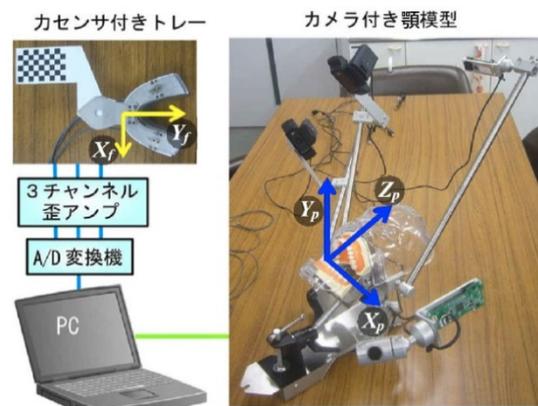


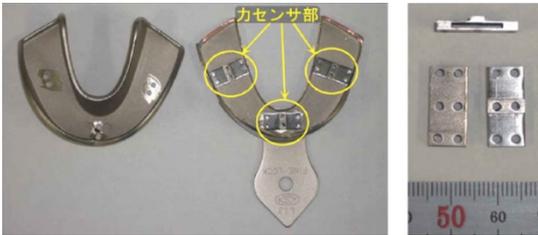
図1 測定システム

### ① システムの概要

本研究により開発した測定システムは、図1に示すとおり、カメラ付き顎模型、カセンサ付きトレー、歪みアンプ、A/D変換器とPCで構成される。施術者はトレーに印象材を充填させ、顎模型の歯牙に押し付ける。この時の押付荷重とその荷重中心は、トレーの内蔵された3つのカセンサから求める。また、トレーの位置の動作は、トレーに固定したマーカーを顎模型に固定した2台のカメラで撮影し、その画像を元に計算する。顎模型には上記とは別の2台のカメラが固定されており、図2に示すように2方向から動画として保存することで、施術者の手の動きなどの様子を確認することもできる。なお、図中の  $(X_p, Y_p)$  はトレーに、 $(X_p, Y_p, Z_p)$  は顎模型に固定



図2 作業の様子の撮影例



(a)下部トレー (b)上部トレー (c)カセンサ

図3 カセンサ付きトレーの部品

された座標系である。

### ② 押付荷重の測定

トレーと印象材の間に発生する荷重とその中心位置を測定するためにカセンサ付きトレーを製作した。これは図3に示す部品からなり、上部トレーと下部トレーは3個のカセンサを介して固定されている。このセンサは歪ゲージを4ゲージ法<sup>5)</sup>で貼り付けることでトレーとの固定面に対する垂直荷重に相当する出力電圧  $e_1 \sim e_3$  V を出力する。これらの値からトレーの押付荷重  $FN$ 、 $X_f$ 、 $Y_f$  軸周りのモーメント  $M_x$ 、 $M_y$  mNm、荷重の中心位置  $x_f$ 、 $y_f$  mm を下式より求める。

$$\begin{bmatrix} F \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} x_f = M_y / F \\ y_f = M_x / F \end{cases}$$

式中の  $a_{11} \sim a_{33}$  はセンサの感度や取付位置に関わり、これらを求めるキャリブレーションを行う必要がある。そこで、下部トレーを台に固定し、上部トレーに  $60 \times 60$  mm の範囲で  $10$  mm 間隔に  $\phi 2$  の凹みを付けてあるアクリル板を固定する。この凹みに  $0.1 \sim 5$  kg の錘を下げることで既知の荷重とモーメントを与え、そのとき取得した  $e_1 \sim e_3$  から最小二乗法により  $a_{11} \sim a_{33}$  を求める。

### ③ トレーの動作測定

位置測定のため、カセンサ付きトレーの作業を阻害しない位置にチェック模様のマーカを取り付けている。それを USB 接続のカメラ (HD Pro Webcam C920、Logicool) により解像度  $800 \times 600$  pixel で撮影した画像から OpenCV<sup>6)</sup> を利用してマーカの3次元位置と向

きを求める。高精度な測定を行うためには性格な補正式を用いることが必要であり、そのためのデータを取得するため、本研究では、マシニングセンタを利用した。マーカを付けた板を主軸頭に、カメラ付き顎模型をテーブルに固定し、 $200 \times 100 \times 100$  mm の測定範囲内を  $10$  mm 間隔でマーカを動かしながら、それをカメラで撮影した。この画像から求めるマーカの位置が主軸頭の座標から求めるそれと一致するように、最適化法を使い補正式の係数を求めた。

## 4. 研究成果

### (1) 認知的側面

#### ① 文字数と用語数による比較

熟達者は長期記憶に蓄えられた豊富な知識があり、それをどのような形にも変形できる能力を有していると考えられている。そのため質問紙に自由記載する際に、熟達の度合いにより、表現に違いが現れるのではないかと仮説から、印象採得手技の言語化がどのように行なわれているかについて検討した。その結果、文字数は、すべての群間に有意差を認めなかった (図4)。しかし、用語数では Expert 群と Beginner 群の間に有意な差が認められた (図5)。使用された用語数が最も多かったのは Expert 群であり、Beginner 群、Novice 群と比較して、独自の用語が多く用いられたことを示唆した。Beginner 群では印象採得経験が少ないことから、これまでに学んだマニュアルに記載された内容が記載に反映され、共通した用語が使用されたと考えられる。これに対し Expert 群では、印象採得経験が豊富な上に、個人的な経験の質も異なっていると考えられる。そのため記載で使用される用語にも様々なパターンがあり、文字数に差がないにもかかわらず、用語数が有意に多くなったものと考えられる。

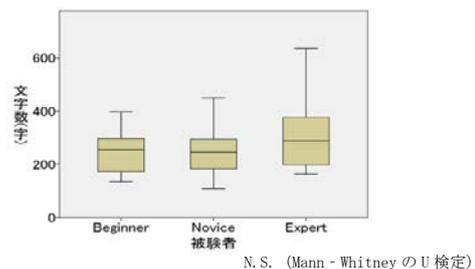


図4 質問の文字数による比較

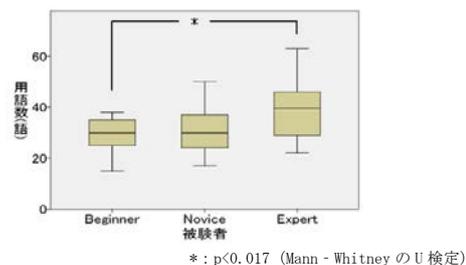


図5 質問の用語数による比較

## ②.被験者群と用語の関連性

3 群間における用語の出現頻度は、Expert 群で「開口」「左側」「終了」「保持」「一致」「歯列上」「方向」「感じ」、Novice 群では「均一」、Beginner 群では「臼歯部」「速さ」「スムーズ」「自分」「垂直」が有意に多かった(表1)。

頻度有意性検定より、Beginner 群で最も特徴的に使用された用語は「臼歯部」で、この用語はトレーを加圧する際に『臼歯部から前歯部へ向かって加圧する』という文脈で使われる場合がほとんどであった。これは、学生が使用するマニュアルでよく目にする文章であり、Beginner 群では印象採得手技について記載する際、マニュアル等から得た知識に偏った用語が、使用されるケースが多いことを裏づけるものであった。

表1 上位に抽出された用語

Expert		Novice	
順位	用語	順位	用語
上位1	開口 *	上位1	均一 *
上位2	左側 *	上位2	少し
上位3	終了 *	上位3	圧排
上位4	保持 *	上位4	辺縁
上位5	一致 *	上位5	手前
上位6	歯列上 *	上位6	レトラパッド
上位7	方向 *	上位7	臼歯
上位8	感じ *	上位8	顔

\*: p<0.05(頻度有意性検定)

Beginner	
順位	用語
上位1	臼歯部 *
上位2	速さ *
上位3	スムーズ *
上位4	自分 *
上位5	垂直 *
上位6	上
上位7	加圧
上位8	斜め

\*: p<0.05(頻度有意性検定)

## ③ 文脈の比較

出現頻度は高いものの頻度有意性検定において有意差が認められない、すなわち、各群で共通して使用された用語として「確認」があった。「確認」に関わる文脈は、印象採得手技の良し悪しをチェックする内容を示すものであり、熟達度の差が現れやすいと考えられる。よって、「確認」が自由記載文の中でどう用いられたかについて、コンコーダンス(「確認」の前後の文脈を示すメタデータ)から、3群を比較検討した。その結果、全ての群で「トレーの位置づけ」「トレーの柄の方向」についての記載が多くみられた(表2)。挿入時の「トレーの柄の方向」や加圧時の「トレーの位置づけ」に関する文脈は、経験が乏しくても注意を向けやすいため、各群で共通して多く認められたと考えられる。Expert 群と Novice 群では「印象材の排出」が多くみられたが、Beginner 群ではほとんど認められなかった。トレーからの印象材排出は、

表2 確認部位に関わる文脈の頻度

	Beginner	Novice	Expert
トレーの位置づけ	6	9	7
トレーの柄の方向	8	4	5
印象材排出	1	6	6
下唇の排除	1	2	2
舌の排除	0	3	1
口輪筋の緊張	0	0	3
骨隆起の有無	0	2	0
小帯の位置	0	1	1
患者の頭部固定	1	0	0
口腔前庭の位置	0	1	0
トレーと歯との接触	0	0	1
合計	17	28	26

トレー加圧後、あるいは加圧中に並行して確認していく内容であり、印象の辺縁形態の精密度に大きく関与するものである。しかし、Beginner 群ではトレーの加圧終了が印象採得終了を示す場合がほとんどであり、印象材排出を確認することの重要性が、意識されない傾向がうかがわれた。印象材排出については、マニュアルに記載されていない等の理由で知識として獲得されていなかったか、知識として獲得する機会があっても、トレーの加圧をしながら確認するという複雑な動作となったため、記憶として蓄えられなかった可能性も示唆された。

さらに動作の並列処理に関わる文脈について探索を行なった。その結果、並列する動作は「トレーの加圧と他の動作」、「トレーの挿入と他の動作」の2つに大別され、それらの頻度の合計は、Beginner 群で最も少なく、Novice 群でその2倍、Expert 群でその3倍であった。Beginner 群と比較し Expert 群、Novice 群では「頬粘膜の圧排・トレーの加圧」「舌運動・トレーの加圧」が多くみられ、全体的には Expert 群が一番多く、次いで Novice 群で、Beginner 群は明らかに少なかった(表3)。

表3 動作の並列に関わる文脈の頻度

	Beginner	Novice	Expert
トレーの挿入・頬粘膜圧排	3	2	1
トレーの挿入・トレーの回転	0	1	1
トレーの挿入・患者への気配り	1	0	0
トレーの加圧・舌運動	2	4	4
トレーの加圧・頬粘膜圧排	0	4	3
トレーの加圧・トレー位置確認	0	0	3
トレーの加圧・印象材排出	0	1	2
頬粘膜圧排・舌運動	0	0	3
トレー位置確認・患者へ指示	0	0	1
合計	6	12	18

これは、印象採得手技の経験が豊富になっていくにつれて、トレーの加圧および挿入と並列して他の動作を確認しながら行えるようになってきていることを示していると考えられる。一般的なスキルの獲得においては、繰り返し反復することによって、ある程度の技術は修得することができるが、熟達化を促すのは重要なポイントに着目できるかどうか

かであり、熟達者は初学者が気づかないような特徴ある情報、意味あるパターンに気づくことができることが特徴とされている。印象採得においては、トレーの挿入、加圧といった、ほぼ自動化された動作に並列して、舌運動、頬粘膜圧排、トレー位置確認や印象材排出などの動作を行なっている。さらに患者に不快な思いをさせない気配りや、印象材の硬化時間などを同時に考慮しながら遂行するという高度な作業になっている。よって、印象採得手技における熟達者の暗黙知は、経験の質に基づいて、このような並列した動作に関連して現れる可能性が高いことが示唆された。

## (2) 技術的側面

### ① 押付荷重の測定

本装置によるFの測定誤差の度数分布を図6に示す。標準偏差は0.698Nであり、95%のデータが $\pm 1.5$ N以内にある。また図7の白棒で示すデータは $x_p$ ,  $y_p$ の測定誤差の度数分布であるが、 $x_p$ 誤差の標準偏差は3.97mm、 $y_p$ 誤差は6.80mmになり、測定誤差が大きい。これに対して、図7の色付き棒で示す $F > 5$ Nのときの測定誤差の度数分布では、 $x_p$ 誤差の標準偏差は0.853mm、 $y_p$ 誤差は0.962mmとなり、95%のデータが $\pm 2$ mm以内にある。押付荷重は10~50Nといわれており、荷重とその中心位置の測定精度は十分なものと考えられた。

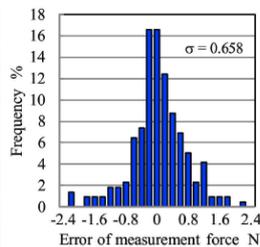


図6 押付荷重測定誤差の度数分布

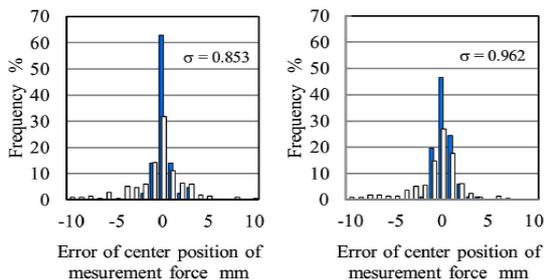


図7 押付荷重の中心位置測定誤差の度数分布

### ② トレーの動作測定

上記の方法で求めた係数を使って計算したマーカ位置における $X_p$ ,  $Y_p$ ,  $Z_p$ 方向の誤差の度数分布を図8に示す。標準偏差は、それぞれ0.13mm、0.23mm、0.41mmであり、95%のデータがある範囲は、それぞれ $\pm 0.3$ mm、

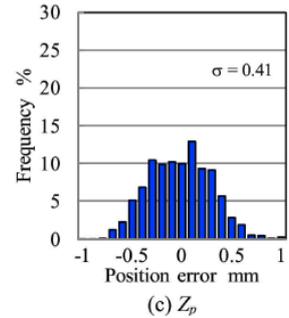
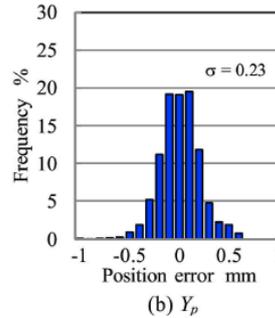
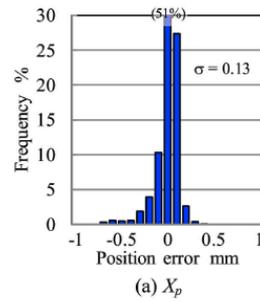


図8 トレー位置測定誤差の度数分布

$\pm 0.5$ mm、 $\pm 0.6$ mm以内にある。以上の結果は、作業の定量評価に必要な精度測定を満足するものであった。

### (3) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

印象採得の技術的側面の定量評価は、これからであるが、認知的側面の分析からは、熟達した歯科医師は、トレーの挿入、加圧といった、ほぼ自動化された動作に並列して、舌運動、頬粘膜圧排、トレー位置確認や印象材排出などの動作を行なっていた。印象採得手技における熟達者の暗黙知は、経験の質に基づき、このような並列した動作に関連して現れる可能性が高いことが示唆された。今後、定量的評価により、これらを裏付けるデータが得られれば、熟達した歯科医師の暗黙知の認知モデルを示す事が可能となる。歯科医師の暗黙知を認知的側面と技術的側面から分析した報告は、これまでみられないことから、この意義は大きい。

また、身体知研究においては、科学的計測とメタ認知を併用する方法論の構築が求められているが、今回、認知的側面についてはメタ認知の内容をTMにより検討した。メタ認知の内容を質的に分析する手法としては、従来、インタビューや質問紙の内容をコーディングすることにより行われていたが、TMによる評価が可能であることを示唆するものであった。さらに今回作製した印象採得測定システムは、技術面の定量評価を可能とするものであるが、今後、印象採得トレーニングシステムへの道を拓くものであり、歯学教育へも応用が可能となることから、この研究

の意義とインパクトは大きい。

#### (4) 今後の展開

今後は、精度が確認できた下顎印象採得測定システムを用い、トレー挿入時の三次元的な位置（方向・角度）や速度、トレー加圧時の印象圧データを測定することにより、並列して行われる動作の影響がどのように反映されるかについて解析を行う。さらに、歯科医師の無意識下にある暗黙知について詳細な検討を進める予定である。

#### 文 献

- 1) Polanyi, M. : 暗黙知の次元, 第4版, 筑摩書房, 東京, pp. 15-53, 2003.
- 2) 諏訪正樹: 身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化, 人工知能学会誌, 20:525-532, 2005.
- 3) 國領二郎, 野中郁次郎, 片岡雅憲: ネットワーク社会の知識経営, NTT出版, 東京, p.6, 2003.
- 4) 大隅 昇, 保田明夫: テキスト型データのマイニング—定性調査におけるテキスト・マイニングをどう考えるか—, 理論と方法, 19:135-159, 2004.
- 5) 鈴木俊晴, 稲岡喜作, 福岡俊道: ひずみゲージによる計測の理論と実際, 神戸大学大学院海事科学研究科紀要<商船・理工論編>, 99-102, 2010.
- 6) 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック制作チーム: OpenCV プログラミングブック, 第2版, 毎日コミュニケーションズ, 東京, 2007.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計1件)

- ① 橋本宣慶、栗原克彦、大沢聖子、多田充裕、伊藤孝訓、技能の解析を目的とした印象採得作業測定装置の開発、2013年度精密工学会春季大会、2013年3月14日、東京工業大学大岡山キャンパス。

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

大沢 聖子 (OSAWA SEIKO)  
日本大学・松戸歯学部・助手  
研究者番号: 00152108

##### (2) 研究分担者

伊藤 孝訓 (TAKANORI ITO)  
日本大学・松戸歯学部・教授  
研究者番号: 50176343  
橋本 宣慶 (HASHIMOTO NOBUYOSHI)  
青山学院大学・理工学部・助教  
研究者番号: 00433699