

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 31 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22592263

研究課題名（和文） 超音波診断装置を用いた4次元舌運動モデルに基づく
視覚的構音訓練法の開発研究課題名（英文） Development of visual feedback speech therapy technique based
on four-dimensional tongue movement model using ultrasound

研究代表者

山下夕香里（YAMASHITA YUKARI）

昭和大学・歯学部・普通研究生

研究者番号：50260906

研究成果の概要（和文）：口腔疾患を有する患者では様々な構音障害が生じることは良く知られている。これらの患者のリハビリテーションも注目されているが、その治療法は確立されていない。本研究では、超音波診断装置を用いて、側音化構音と舌癌術後患者の発音時の舌運動の実態を明らかにした。さらに、超音波画像を用いた舌の3次元形状の舌モデルを構築し、臨床応用の可能性について知見を得た。

研究成果の概要（英文）：It is well-known that patients with oral disorders often exhibit speech sound disorders, and speech therapy for these patients is drawing attention.

However, the therapy technique has not been well established. In this study, tongue movements during speech in patients with lateral articulation and glossectomy were demonstrated using ultrasound. Moreover, a three-dimensional tongue surface model was constructed, and provided insight into possible future clinical application.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2013年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・外科系歯学

キーワード：超音波診断装置、構音障害、口腔がん、機能性構音障害、構音訓練

1. 研究開始当初の背景

口腔疾患（顎変形症、舌小帯短縮症など）、口腔疾患手術後（口腔癌、口蓋裂など）あるいは全身疾患の後遺症（脳血管障害など）による口腔機能障害として、様々な言語障害が

生じることは良く知られている。また、これらの患者のリハビリテーションも注目されているが、その治療法は確立されていない。

これらの言語障害を適切に治療するためには、まず、障害の実態を客観的に解析し、そ

の結果を応用した、視覚的構音訓練法を開発することが有用であると考えられる。

われわれは、この領域の研究・臨床を長年行っている。これまではエレクトロパラトグラフィ(EPG)や音響分析によって構音障害の構音様式や音響的な特徴を客観的に解析して多くの成果を挙げている。

その結果を応用して視覚的構音訓練法を開発し、エレクトロパラトグラフィ(Yamashita Y, J Speech Hear Disord, 51:226-238, 1986)と発声発語訓練装置(Yamashita, J Speech Hear Res, 36:277-285, 1993)についてその有効性についても報告している。さらに文部省科学研究費の補助を得て継続的に研究を行っている。

今回はこれらの結果を日常臨床場面で簡便に用いることができるようにするために、超音波診断装置を用いた方法を開発しようとするものである。

2. 研究の目的

- 1) 健常人と側音化構音患者の発音時の舌運動を4次元超音波画像として解析する(研究1)。
- 2) 口腔癌術後患者や機能性構音障害患者の治療前後の舌運動を4次元超音波動画像として解析する(研究2)。
- 3) 超音波動画像を用いて患者に理解しやすい4次元舌運動モデルを作製する(研究3)

3. 研究の方法

1) 健常人と側音化構音(LA)患者の発音時の舌運動の観察(研究1)。

対象：昭和大学歯科病院口腔リハビリテーション科を受診した側音化構音患者17例と健常人12例とした。さらに追加実験として、口腔内に形態的・機能的に異常を認めない健常成人30例(男性14例, 女性16例)の舌超音波画像を描出し、発音時の舌形態および舌の最高部の位置を3次元的に評価した。

観察方法：本研究では、超音波診断装置(VOLUSON730EXPERT, GE Healthcare)と腹部用トランスデューサーを用いた。被検音はLAになりにくい母音/a/となりやすい/i/とした。各音を4回発音させ、得られた超音波画像と音声を録音・録画した。舌超音波像および舌運動様式は安静位および発音時の静止画像を白黒・カラーのビデオプリンターで印刷し、後日透明フィルム上にトレースして評価した。

検討項目：①安静時の舌超音波像

安静位の舌の前額断面のエコー領域の左右差について検討した。②前額断面での運動様式は、発音時の舌形態、発音時の舌縁の高さの左右差を評価した。発音時の舌形態は、平らな形態を「Flat型」、ドーム状に膨らむ形態を「Convex型」、舌縁が挙上し、舌中央に溝を形成する形態を「Groove型」とした。また発音時の舌縁の高さの左右差は、差がみられる場合を「有」、差がみられない場合を「無」と判定した。③矢状断面での運動様式は、発音時の舌の運動方向および舌の高さとし、それぞれの安静位と比較した。舌の運動方向は、安静時より前方に位置する症例を「前方」、ほぼ同じ位置の症例を「中央」、後方へ位置する症例を「後方」と判定した。発音時の舌の高さは安静時より上方へ位置する症例を「上方」、ほぼ同じ高さの症例を「同」、安静時より下方の症例を「下方」と判定した。

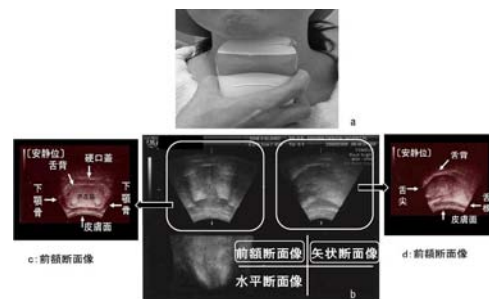


図1 観察方法

a: 3D/4D設定のトランスデューサーをオトガ

イ皮膚面に設置. b : 前額断面, 矢状断面, 水平断面の舌を描出.

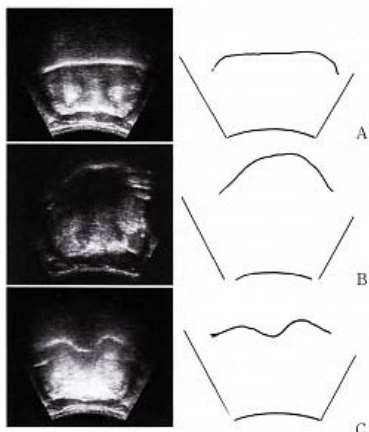


図2 発音時の舌形態 (前額断面像)

A : Flat 型 B : Convex 型 C : Groove 型

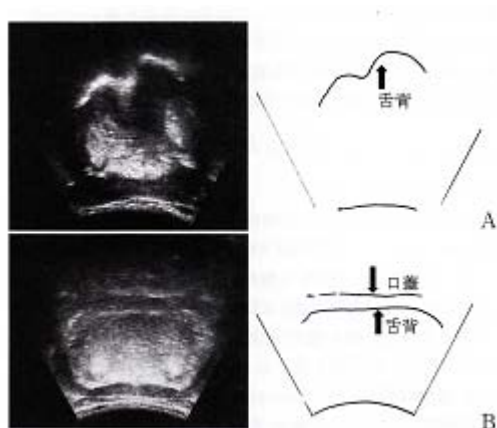


図3 発音時の舌縁の左右差 (前額断面像)

A: 左右差有 B: 左右差無

追加実験では、舌形態は舌がドームを形成する Convex 型 (C 型), 平らな舌を示す Flat 型 (F 型), 舌の正中に深い溝を形成する Groove 型 (G 型) およびそれぞれの間接型の Flat-Convex 型 (FC 型), Flat-Groove 型 (FG 型) の 5 型に分類した。発音時の舌の最高部の位置は安静時と比較して, 前方の場合を「前方」, ほぼ同じ位置の場合を「中央」, 後方の場合を「後方」とした。

2) 口腔癌術後患者や機能性構音障害患者の治療前後の舌運動を 4 次元超音波動画像として解析する (研究 2)。

症例 (研究 2-1): 構音検査で母音 /i/, イ列音, 拗音が側音化構音と診断された 19 歳男性。症例 2 (研究 2-2): 舌癌のため他院にて舌可動部全摘, 左中咽頭側壁切除, 左全頸部郭清術, 前外側大腿皮弁による再建を施行された 38 歳男性。

症例 3 (研究 2-3): T3N0M0 の診断の下, 術前照射および舌垂全摘出・左側保存的頸部郭清術・腹直筋皮弁による口腔再建術を受けた 50 歳男性。

3) 超音波動画像を用いて患者に理解しやすい 4 次元舌運動モデルを作製する (研究 3)

超音波診断装置により得られた前額断面画像の有効範囲を切り取り処理し, 2 値化, 領域抽出などの画像処理手法を適用して舌の表面部分を抽出した。さらに抽出された舌表面上の制御点を生成して舌表面の 3 次元化を行った。さらにこの処理を時系列ごとの画像に対して行い, 画像の間の舌表面形状を線形補間することで動画化を行った。



図4 舌の 3D モデリングの 1 例

4. 研究成果

1) 健常人と側音化構音 (LA) 患者の発音時の舌運動の観察 (研究 1)。

(1) 前額断面での安静位の舌超音波像は, 健常人では左右差はみられなかったが, LA 症例では 17 例すべてに左右差が認められた。

(2) 前額断面像の /a/ 発音時の運動様式は, LA 症例は健常人と同様, 多くの症例で Flat 型を示したが, Convex 型が 1 例みられた。舌の高さの左右差は, 健常人ではみられなかったが, LA 症例では 9 例みられた。

(3) 前額断面の /i/ 発音時の運動様式は, LA 症例は健常人と同様, 多くの症例で Groove

型を示したが、Convex型が2例みられた。だが、LA症例では11例にみられた。

(4) 矢状断面においてもLA症例は健常人と異なった舌運動様式を示した。

2) 口腔癌術後患者や機能性構音障害患者の治療前後の舌運動を4次元超音波動画像として解析する(研究2)。

研究2-1: 訓練前は、側音化構音「シ」発音時に舌中央部が挙上しており、呼気非流出側の舌側縁部が挙上した状態を保っているのに対し、呼気流出側である右舌側縁部は斜めに下降する左右非対象の運動がみとめられた。訓練後は、中央に陥凹が認められる正常な舌接触様式を示した。

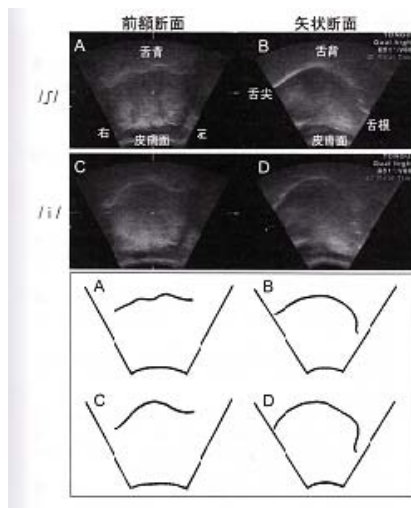


図5 訓練前の「シ」発音時の超音波画像

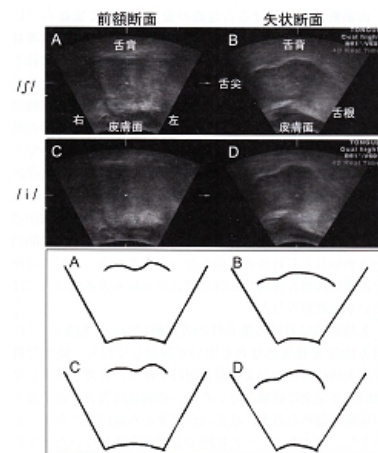


図6 訓練後の「シ」発音時の超音波画像

研究2-2: [術後2か月]超音波診断装置を用いて舌運動を評価したところ、安静時と比較して前額断面の舌の運動量は上方へ1.6mmとわずかであったが、矢状断面像では上方へ4.9mmの運動がみられた。会話明瞭度では、舌接触補助床(PAP)非装着時は明瞭度4「時々わかる語がある」と明瞭度5「まったく了解不能」が多かった。日本語100音節の総合正答率は、PAP非装着時14%、PAP装着時43%と低い成績であった。[術後6か月]PAPを常時装着することにより、残存舌の機能が改善した。超音波診断装置による舌運動の評価では、前額断面像では、6.6mm上方への運動がみられ、矢状断面像では、8.3mm前上方への運動がみられた。会話明瞭度検査でもPAP装着時に明瞭度5「よくわかる」と著しい改善がみられた。発語明瞭度検査の総合正答率でもPAP非装着時22%、PAP装着時57%と改善が認められた。本症例では、皮弁のボリュームが極端に減少し、重篤な構音障害が出現した。しかし、PAPを装着し構音訓練を実施することにより、構音機能が日常生活で支障がない程度まで改善される実態が舌超音波検査で明らかとなった。

図11 術後2か月時の安静時と母音「イ」発音時の超音波画像とトレース

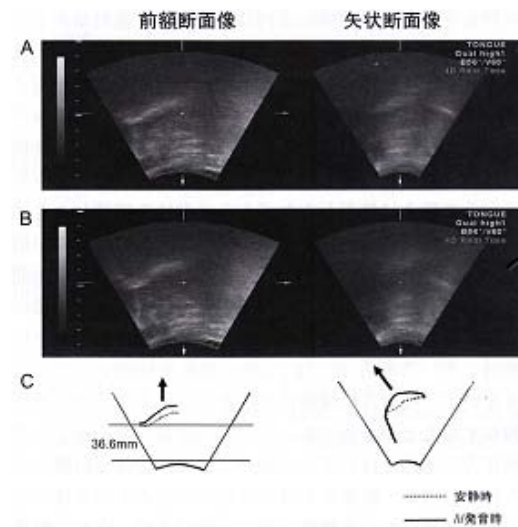


図7 術後6か月時超音波画像とトレース

研究 2-3 : 舌超音波検査では, 術後 2 年 5 か月時に比べ 5 年 4 か月時は再建舌の縮小がみられたが, 再建舌の左右にはねる運動が消失し, 残存舌と連動した上前方への運動量の増加傾向がみられた。以上より, 術後経過に伴い再建舌の縮小がみられたが, 代償的に舌後方部の運動量が増加し, 正常に近い構音機能が維持されたと考えられた。

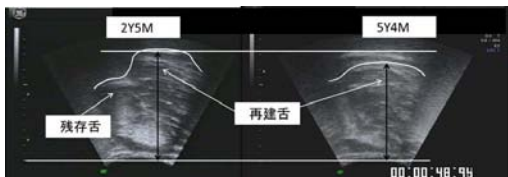


図 8 前額断面像安静位の舌超音波像

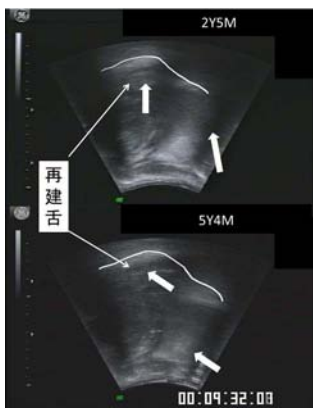


図 9 矢状断面「か」発音時の舌超音波像

3) 超音波動画像を用いて患者に理解しやすい 4 次元舌運動モデルを作製する (研究 3)

今回構築したシステムを用いることにより, 舌超音波画像から 3 次元形状を自動で生成することができた。また, 舌の 3 次元モデルを線形補間することで, 中間点での舌形状を構築することができ, 動画化も可能となった。

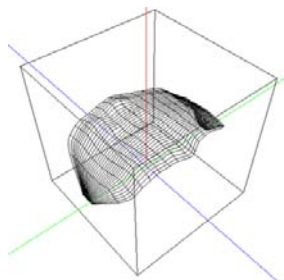


図 10 生成された NURBS 曲面 (メッシュモデル)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6 件)

1) 森 紀美江、山下夕香里、武井良子、綾野理加、高橋浩二：超音波診断装置を用いた側音化構音症例の舌超音波画像および舌運動様式の検討. 日本口腔科学会雑誌、査読有、60 巻、2011、246-253

2) 武井良子、山下夕香里、森 紀美江、綾野理加、高橋浩二：側音化構音の訓練による舌運動の変化—1 例の超音波診断装置による観察—. 日本口腔科学会雑誌、査読有、60 巻、2011、337-340

3) 山下夕香里、高橋浩二、宇山理紗、森 紀美江、武井良子、綾野理加：舌癌術後に舌接触補助床を装着した 1 症例の構音機能の改善過程—言語所見および超音波画像所見について—. 日本口腔科学会雑誌、査読有、60 巻、2011、349-355

4) 綾野理加、菊谷 武、高橋浩二、山下夕香里、他 6 名：構音・摂食・嚥下機能診断のための超音波診断装置の臨床応用. 障害者歯科 別冊、査読有、32 巻、2011、91-96

5) 山下夕香里、武井良子、石野由美子、森 紀美江、高橋浩二、他 6 名：昭和大学歯科病院口腔リハビリテーション科における 6 年間の言語障害患者の臨床統計—2004 年 2010 年. 昭和歯学会雑誌、査読有、31 巻、2011、45-54

6) 山下夕香里、森 紀美江、武井良子、中道由香、高橋浩二、斎藤健一：5 年間にわたり構音機能の経時変化を検討した舌亜全摘出手術施行例の 1 例—言語所見と超音波画像所見の変化について—. 日本口腔腫瘍学会誌、25 巻、2013、6 月掲載予定。

[学会発表] (計 12 件)

1) 武井良子、山下夕香里：側音化構音の実態に関する臨床統計学的検討. 第 36 回日本コミュニケーション障害学会学術講演会、2010 年 5 月 29 日、兵庫

2) 森 紀美江、山下夕香里、武井良子、綾野理加、高橋浩二：側音化構音の舌超音波画像による観察. 第64回日本口腔科学会学術集会、2010年6月24日、札幌

3) 山下夕香里、武井良子、森 紀美江、高橋浩二、他7名：昭和大学歯科病院における言語障害患者の臨床統計的検討—平成16年～平成21年度—. 第30回昭和歯学会総会、2010年7月4日、東京

4) 森 紀美江、山下夕香里、武井良子：超音波診断装置を用いた日本語5母音の舌運動の観察. 第55回日本音声言語医学回総会、2010年10月14日、東京

5) 森 紀美江：側音化構音症例の舌超音波画像の検討. 日本超音波医学会関東甲信越地方会第22回学術集会、2010年10月30日、東京

6) 森 紀美江、山下夕香里、武井良子、長谷川和子、高橋浩二：舌超音波検査における頭部固定装置の有用性の検討. 第65回日本口腔科学会学術講演会、2011年4月21日、東京

7) 武井良子、山下夕香里、森 紀美江、長谷川和子、高橋浩二：側音化構音の治療成績：機能性構音障害例について. 第37回日本コミュニケーション障害学会学術講演会、2011年5月28日、長野

8) 山下夕香里、森 紀美江、武井良子、長谷川和子、高橋浩二：超音波診断装置を用いた日本語5母音の舌運動の観察. 第37回日本コミュニケーション障害学会学術講演会、2011年5月28日、長野

9) 森 紀美江、山下夕香里、武井良子、中道由香、高橋浩二：超音波診断装置による発音時舌運動の観察—舌癌長期観察例における舌運動の変化について. 第30回日本口腔腫瘍学会総会、2012年1月27日、埼玉

10) 森 紀美江、山下夕香里、武井良子、

長谷川和子、高橋浩二：超音波診断装置を用いた健常成人の発音時舌運動の観察. 第66回日本口腔科学会学術集会、2012年5月18日、広島

11) 森 紀美江、山下夕香里、武井良子、向井信彦、高橋浩二：超音波診断装置による健常人の舌運動様式と超音波画像からの3D構築画像の作成について. 日本超音波医学会第24回関東甲信越地方会学術集会、2012年10月20日、大宮

12) 近藤貴大、向井信彦、森 紀美江、山下夕香里、武井良子、長谷川和子：超音波画像を用いた舌の3次元形状の構築. 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会 2012、2012年11月17日、東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下夕香里 (YAMASHITA YUKARI)

昭和大学・歯学部・普通研究生

研究者番号：50260906

(2) 研究分担者

高橋浩二 (TAKAHASHI KOJI)

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号：40197140

森 紀美江 (MORI KIMIE)

昭和大学・歯学部・兼任講師

研究者番号：20210114

武井良子 (TAKEI YOSHIKO)

昭和大学・歯学部・特別研究生

研究者番号：40534764

(3) 連携研究者

向井信彦 (MUKAI NOBUHIKO)

東京都市大学・知識工学部・教授

研究者番号：20350233