 原 著

超音波前額断規格撮影法による側音化構音の観察

加藤 正子¹⁾ 大塚 義顕²⁾ 向井 美恵²⁾ 今富 摂子¹⁾
 木村 智江¹⁾ 出世富久子³⁾

要 約：各被験者の口腔模型と生体の計測値から探触子の角度を決定することにより、舌背の断面部位が同定できる超音波前額断規格撮影法を用いて、側音化構音の舌運動を観察した。M/B モードで表示された前額断面の舌正中部と左右舌側縁最大豊隆部の舌背の動きを分析した。結果：1. 正常構音の場合、舌中央部は陥凹し、左右の舌側縁は対称的な動きを示し、中央部の動きが最も大きくかつ早かった。2. 側音化構音時、B モード上では呼気流出側の舌側縁が活発に上下運動する動きがみられた。M モード上でも中央部と呼気非流出側はほとんど舌の動きは認められなかったが、呼気流出側は舌の動きが大きかった。これらの所見は、描出断面部位が下顎第2小臼歯遠心面と下顎第2大臼歯遠心面の舌背面にみられた。3. 訓練後は正常構音と同様の舌形態と舌運動を示した。

以上の結果から、側音化構音は大臼歯と舌側縁で音がつくられ、呼気は歯列の頬側部を通り口腔前庭に流出すると考えられる。

索引用語：側音化構音，超音波前額断面規格撮影法，舌運動，構音訓練

Tongue Movements during Lateral Articulation

—Observation by Standardized Ultrasound Analysis in Coronal Section—

Masako Kato¹⁾, Yoshiaki Ohtsuka²⁾, Yoshiharu Mukai²⁾
 Setsuko Imatomi¹⁾, Tomoe Kimura¹⁾, Fukuko Shusse³⁾

Abstract: This study was designed to examine tongue surface movements during lateral articulation and to compare those movements with those of normal articulation using ultrasonography in coronal section.

The subjects included 3 normal speakers and 3 adults with lateral articulation, all of whom were treated with speech therapy. Tongue movements in producing the sounds /i, ʃi, ki/ were observed using a standardized ultrasound scanning method in coronal section, B/M mode, by maintaining the transducer probe at the proper angle and location under the mandible of each subject. The results were as follows.

昭和大学医学部形成外科学教室¹⁾，同 歯学部口腔衛生学教室²⁾：〒142-8666 東京都品川区旗の台1-5-8

昭和大学藤が丘リハビリテーション病院³⁾：〒227-0043 横浜市青葉区藤が丘2-1-1

¹⁾Department of Plastic Reconstructive Surgery, ²⁾Department of Hygiene and Oral Health, Showa University: 1-5-8, Hatanodai, Shinagawa-ku, Tokyo, 142-8666 Japan

³⁾Fujigaoka Rehabilitation Hospital, Showa University: 2-1-1, Fujigaoka, Aoba-ku, Yokohama, 227-0043 Japan

原稿受理：2001年3月27日

1. It was shown that during normal sound production, the tongue moved up and down as a whole, with the middle part of the tongue making faster and larger movements than the lateral parts of the tongue, which showed symmetrical movements.

2. The lateral part of the tongue on the air-stream moved up and down fast and showed large movements during lateral articulation. However, the middle part and the non-air-stream side almost never showed tongue movements.

3. In each subject, these tongue movements were found most significantly when the ultrasound image was on a coronal plane passing through the surface of both molars.

4. After speech therapy, the tongue showed normal movements in all cases.

Key words: lateral articulation, B/M mode, tongue movement, ultrasound, coronal section

はじめに

機能性構音障害者や口蓋裂患者にみられる構音障害の一つに側音化構音がある¹⁻³⁾。側音化構音時の舌運動について、著者らは側方頭部 X 線規格写真と硬口蓋並び歯冠ダイナミックパルトグラムで観察した^{4,5)}。その結果、舌と硬口蓋は完全に接触しているため、硬口蓋上に呼気の通路は認められない、また呼気のみ流出側と流出側では側方歯冠部への舌接触に差異がみられることを報告した。しかし、これらのパルトグラムで観察できる構音時の舌運動は、舌と硬口蓋並び歯冠への接触部位と接触範囲に限定されている。これを補い、舌の動きを実時間で視覚的に観察できる方法に超音波断層法がある。これまで超音波で側音化構音を観察した報告⁶⁾はあるが、撮影部位が同定され、再現性のある規格化された方法で観察した例は認められない。本報告は舌背面の断面部位の同定と再現性が可能な超音波前額断層規格撮影法を用いて、側音化構音を示す患者の訓練前後の舌運動を観察して、正常構音者と比較した。その結果、側音化構音時、舌側縁部の運動に左右差が認められた。また側方 X 線規格写真および歯冠パルトグラムの観察で得られた、舌接触部位で舌運動が実際に行われていることが認められたので報告する。

対象および対象音

対象はいわゆる機能性の構音障害者で側音化構音を示した 20 歳代の成人 3 例である (表 1)。症例 1 と 2 は「い」段と拗音のすべてに、症例 3 は /f, t ʃ, d ʒ/ と /k, g/ の「い」段と拗音に側音化構音が認められた。側音化構音の診断は聴覚判定、鼻息鏡並び触診によって行った。全例とも側音化構音時、呼気は口腔の正中部からではなく右側頬側部を通して口腔前庭に流出していた。全例、週 1 回 30 分の系統的構音訓練を行い、

症例 1 と 3 は 4 ヶ月後に、症例 2 は 6 ヶ月後に構音は改善した。この 3 症例の訓練前後と対照群として正常構音の 20 歳代、成人 3 名の舌運動を超音波前額断層描出法で観察した。

観察方法

観察方法は渡辺らの超音波前額断層撮影法⁷⁾を用いた。

1. 装置

装置は超音波診断装置 (東芝社製 SSA-250 A) に 5 MHz のコンパックス型探触子を接続し、B モード画像と M モード画像を同時に表示させた。画像と音はビデオテープレコーダー (ナショナル社製 AG-6400) に録画並び録音して、ビデオフリーズユニット (東芝社製 UIVF 250 A) を通して 1 秒間 157 フレームで解析した。

2. 計測部位

渡辺らの方法⁷⁾に基づき、口腔模型、生体および画像上での計測により、各個人に適した探触子の角度を算出した (図 1 a)。

被験者を歯科用ユニットに座させた後、フランクフルト平面が床面と平行になるように頭部を固定した。

表 1 側音化構音例

症例	年齢	性	誤り音	呼吸流出側	ST 回数 (期間)
L 1	21	男	い列音 拗音	右	12 (4 M)
L 2	24	女	い列音 拗音	右	24 (6 M)
L 3	21	女	f tʃ dʒ k g(-i, j)	右	15 (4 M)

対照群：正常構音の 3 例 (年齢 20 歳代)

図1 撮影方法。a: 計測部位と描出角度計算式。b: 探触子の回転方向 (渡辺ら 1995)

図2 観察部位 (超音波前額断像)

超音波描出方向はフランクフルト平面に垂直で、エコーウィンドは左右の下顎第2小白歯遠心面部(以下5D面)を通る顎下部に設定した。そして同一のエコーウィンド上で5D面の他に、下顎犬歯遠心面部(以下3D面)および、下顎第2大臼歯遠心面部(以下7D面)相当へ向けた前額断面における舌背面を描出した(図1b)。

3. 観察部位

観察部位はBモード画像上の舌背正中部(M)と左右の舌側縁最大豊隆部(L)と(R)として、この3点における舌の動きの変化を同時に表示されるMモード画像を併用して観察した(図2)。

1) 1音節発話時の舌背の運動変化

Mモード画像から1音節発話時の舌背正中部(M)の動きをもとにして舌の観察部位を、安静位(a期), 最

下降位(b期), 最挙上位(c期), 下降開始位(d期), 次の最下降位(e期)と5期に分類した。これと各期の左右の舌側縁最大豊隆部(R, L)の動きの変化をBモード画像上で比較した(図2)。

2) 5音節発話時の舌背の運動変化

5音節連続産生時の舌背正中中部と左右の舌側縁最大豊隆部の3個所における舌の動きの変化をMモード画像上で比較した。

4. 対象音

対象音は母音「い」、摩擦音「し」、破裂音「き」とした。音の提示方法は本装置を用いて正常構音者の舌運動を観察した雨宮⁹⁾の方法に準じた。各音節をメトロノーム(60秒80回)の速度に合わせて、連続5回発話させる試行を2-3回行った。その内、画像が安定しており、かつ最も頻度の多かった舌の動きを各症例の代表的舌運動として画像分析を行った。

結 果

1. 正常構音「き」の舌運動

Bモード画像

超音波前額断像をBモード, 5D面で観察した。正常構音者の5音節連続発話のうち, 第1音節「き」の舌背の動きを図3-1に示す。舌の正中中部は最下降位(b期)から挙上を始め, 最も高く挙上して, 口蓋を閉鎖する(c期)。その後, 舌正中中部は口蓋から離れ始めるが, 同時に音が聴取された(d期)。左右の舌側縁部は正中中部と同時に上下運動をするが, いずれの期も左右対称的な動きを示していた。

Mモード画像

同じ正常構音例の5音節連続発話時の「き」をMモードで観察すると, 舌の正中中部, 左右側縁部とも動きは認められるが, 正中中部の動きが左右に比べ, 早く大

図3-1 舌背の運動変化(正常構音の「き」)Bモード。

図3-2 音産生時のMモード(正常構音の「き」)

図4-1 舌背の運動変化（側音化構音の「き」症例1）Bモード。

図4-2 舌背の運動変化（訓練後の「き」症例1）Bモード。

きかった。また舌側縁部の動きの左右差は観察されなかった（図3-2）。

2. 側音化構音「き」の舌運動

Bモード画像

図4-1は症例1の「き」発話時のBモード、7D面の画像である。舌背正中部が最下降位の時（b期）、呼気非流出側である左側縁部は高く挙上しているが、呼気流出側である右側縁部は外側に向かって斜めに下降していた。その後、舌の右側縁部と正中部は挙上を始

め、正中部が最挙上位の時（c期）には、右側縁部は正中部よりも高く上がり、下降するとともに音が聴取された（d期）。その間、左舌側縁部に動きはみられず、挙上した状態を一貫して保持していた。

同じ症例1の訓練後の「き」発話時の舌運動をBモード、7D面の画像で観察した。舌の正中部は最下降位（b期）から挙上を始め、最も高く挙上して、口蓋を閉鎖し、舌正中部から舌が下がり始める時に、音が聴取された（d期）。左右の舌側縁部は挙上した状態を維持

図4-3 音産生時のMモード(症例1)。

していたが、いずれの期も舌の動きに左右差は認められなかった(図4-2)。

Mモード画像

5音節連続発話「き」の舌背運動をMモード画像上でみると、舌背の正中部と左側縁部は舌の動きがほとんどみられないが、呼気流出側である右側縁部は舌の上下の動きが顕著にみられた(図4-3上段)。

これに対し、訓練後のMモード画像は、舌の左右側縁部の動きはほとんどみられなかったが、正中部の舌の動きは大きかった(図4-3下段)。

症例2並びに症例3の「き」においても同様の結果が得られた。

3. 正常構音「し」の舌運動

正常構音の「し」をBモード、5D面の画像で観察すると、舌中央部の最下降位(b期)から舌全体が挙上し(c期)、舌全体が下降する時に音が聴取された(d期)。すべての期で、舌背正中部に陥凹がみられ、また左右の舌側縁部は対称的に動いていた(図5-1)。

5音節連続発話の「し」をMモード画像上でみると、舌背正中部が最も速い動きの変化を示した(図5-2)。

4. 側音化構音「し」の舌運動

図6-1は症例1の「し」発話時のBモード、7D面の画像である。舌背正中部が最下降位をとる時、呼気非流出側である左側縁部は挙上していた。一方呼気流出側である右側縁部の先端は外側に向かって斜めに下降していた(b期)。舌の正中部が最挙上位時(c期)においてもそのままの状態、音が聴取された(d期)。

同じ症例の訓練後のBモードは、いずれの期も、舌背の正中部が陥凹し、左右の舌の側縁部は対称的であ

る画像が観察された(図6-2)。

側音化構音の「し」の5音節連続発話をMモード画像で観察すると、呼気非流出側である左舌側縁部は舌の動きがみられなかった。一方、呼気流出側である右側縁部は規則的な舌の動きがみられた(図6-3上段)。

訓練後のMモード画像では、「し」発話時、左右の舌側縁はほとんど動かず、正中部に舌の動きがみられた(図6-3下段)。

5. 各描出断面部位における舌側縁部の左右差

側音化構音時における左右の舌側縁部の動きを前額断面の部位別に検討した。呼気非流出側が呼気流出側に比べ、より大きく動いた例はすべての症例において、またすべての音においても認められなかった。

Mモードの観察で呼気流出側の舌側縁が非流出側に比較して、大きく動いた症例数を音ごとに表2にまとめた。

「い」は描出断面部位が下顎第2小臼歯遠心面(5D面)で、1例のみ舌側縁部の動きに左右差がみられた。「し」は5D面で1例、下顎第2大臼歯遠心面(7D面)で1例において舌側縁部に左右差がみられた。一方、「き」については、すべての症例で5D面、7D面で舌側縁部に左右差がみられたが、5D面に比べ7D面の方が呼気流出側の動きが非流出側に比べて大きくみられた。

考 察

1. 側音化構音の構音動態について

「い」列音、拗音にみられる側音化構音の動態について、加藤らは側方頭部X線規格写真と硬口蓋ダイナミ

図5-1 舌背の運動変化（正常構音の「し」）Bモード。

図5-2 音産生時のMモード（正常構音の「し」）

ックパラトグラフで観察した⁴⁾。側方頭部X線規格写真では、「い」の側音化構音時、舌背は硬口蓋の後縁部を完全に閉鎖しており、硬口蓋と舌の間に呼気の開放が認められなかった。硬口蓋パラトグラムによる観察でも硬口蓋の正中部は舌で完全に閉鎖されており硬口蓋上に呼気の流出路は認められなかった。鈴木は側音化構音を軟口蓋パラトグラフにより観察した⁹⁾。そこでは側音化構音時、軟口蓋中央部から後方は舌接触がないが、硬口蓋後縁部から軟口蓋前方部に舌による完全閉鎖が認められた。また加藤は硬口蓋並び歯冠パラトグラフで側音化構音を観察し、呼気流出側と非流出側では側方臼歯の歯冠部と舌の接触様式に差があることを報告した⁵⁾。そこでは、側音化構音時、呼気非流出

側の側方臼歯の咬合面と口蓋側面は舌により完全に閉鎖されていたが、呼気流出側は、母音・摩擦音の側音化構音時、すべての側方臼歯の咬合面と最後臼歯の口蓋側面に舌接触が認められず、また破裂音は呼気流出側の方が非流出側に比べ、咬合面の舌接触が少なかったことが述べられている。今回はX線写真と歯冠パラトグラムで推察された構音部位で実際に舌の運動が行われているかを明らかにするために、舌の側縁部の動きが観察できる超音波前額断規格撮影法を用いて、正常構音者と側音化構音者の訓練前後の舌運動を観察した。その結果、正常構音の場合、母音「い」、摩擦音「し」、破裂音「き」の全音とも、Bモード上では舌背の中央部は陥凹し、その状態で上下運動し、舌側縁部の動きは

図6-1 舌背の運動変化（側音化構音の「し」症例1）Bモード。

図6-2 舌背の運動変化（訓練後の「し」症例1）Bモード。

左右対称的であった。また、Mモード上では、舌背の中央部の動きが左右側縁部の動きより大きく早かった。これは同一の方法で正常構音者13人の「か」、「た」、「ら」を観察した雨宮⁸⁾の結果と、また超音波の前額断画像データから母音、子音産生時の舌背を3次元形態で観察した Stone¹⁰⁾、Lundberg¹¹⁾と同じである。

破裂音の側音化構音の場合、音産生時中、Bモード上では舌背正中部と呼吸非流出側の舌側縁部は挙上した状態を保っていた。一方呼吸流出側の舌縁部は舌背の正中部より高く挙上し、降下する運動を音節ごとに反復した。Mモードにおいても、呼吸非流出側の舌縁部と正中部の動きはほとんど認められないか、小さか

図6-3 音産生時のMモード(症例1)。

表2 側音化構音時、呼気流出側の方が非流出側より舌側縁部の動きが大きかった断面部位(Mモード)

音	前額断面部位		
	3D	5D	7D
い	0	1	0
し	0	1	1
き	0	3	3

(数字：症例数)

ったが、呼気流出側は発話ごとに規則的な舌の運動が大きくみられた。

側音化構音時のこのような舌側縁部の左右差のある動きは、「き」においては全例、描出断面部位が左右下顎第2小臼歯遠心面(5D面)と下顎第2大臼歯遠心面(7D面)にみられた。「し」は5D面と7D面に各1例ずつ、「い」は5D面に1例みられた。「き」と比較して「い」と「し」については、舌側縁部の左右差がすべての症例でみられなかったことは、音の構音様式による差異と考えられる。完全閉鎖して開放する破裂音に比較して、母音・摩擦音は舌が口蓋と完全閉鎖せず、狭めを作った状態で音を産生するため、舌の動きの変化は小さい。しかし、明らかに左右差がみられた例はすべて、「き」と同様5D面と7D面であったことから、側音化構音は音に拘わらず、「き」とほぼ同様の場所で構音されていることが推察される。

側音化構音の臨床所見^{3,12)}は聴覚印象では「ち」が「き」に、「し」が「ひ」に、「じ」、「り」「に」が「ぎ」に近い歪み音であり、ステンレス板の所見では呼気流出側の口角部から呼気が口腔前庭に流出している。描出断面部位が左右下顎第2小臼歯遠心面と下顎第2大臼歯遠心面で舌側縁の左右差が明らかにみられた今回の結果から、側音化構音は音に拘わらず、側方歯列の犬歯と舌側縁部で狭めあるいは閉鎖・開放が行われ、呼気は咬合面、歯列の頬側部を通り口腔前庭から流出すると推定される。

今回はサウンドスペクトログラムと超音波画像を対応させなかったが、対応させた上で、側音化構音時、舌の後方を超音波前額断面像(Bモード)で観察し、「破裂音、摩擦音は舌全体が挙上し、閉鎖した後、後続母音に向けて呼気流出側の舌縁が下がる」と述べている阿部の報告⁹⁾と今回の結果は同様であったことから、舌が最挙上して、下降する時に音が産生され则认为るのは妥当であろう。

2. 側音化構音の訓練

側音化構音は自然改善が少ない構音障害であり、機能性構音障害の中では成人まで改善しない構音障害の代表的なものである。

臨床症状として、側音化構音時に口角や下顎を一侧に引くことがしばしばみられるので、以前は、口角、下顎の偏位を抑制することに訓練の主目的が置かれていた。しかしパラトグラムなどの機器により誤った舌運動の動態が明らかにされることによって、口角、下

顎の偏位は舌運動並び、呼吸の方向の異常さに付随するものであることが明らかにされた。それゆえ、下顎、口角の矯正より、舌そのものを正しい形にする訓練が趨勢となった。口腔視診では、正常構音の「い」段や/s, ʃ/の摩擦音には舌尖の平坦さ、舌正中部の陥凹、舌側縁の左右対称性がみられる。一方、側音化構音は舌背が拳上し硬口蓋を閉鎖し、舌尖の平坦さや舌正中部の陥凹がみられず、舌全体が丸くなり、舌縁が一側に偏位することが多い。

今回超音波前額断 (B モード) で観察した正常構音の舌背の形は舌正中部の陥凹がみられ、舌側縁部は左右対称的であった。一方、側音化構音を示した症例は左右対称性を持った舌背正中部の陥凹がみられなかったが、訓練後は正常者と同様、舌側縁部は左右対称的であり、正中部の陥凹が明らかにみられた。

超音波断層装置が構音訓練に有用であるという示唆があり¹³⁾、実際にバイオフィードバックとして、超音波断層画像 (矢状面断面) を構音訓練に用いた結果、/r/を/w/に置き換えていた9歳の女兒の構音が改善したという報告がある¹⁴⁾。口腔内の舌の動きは視診からでは観察が困難であるため、視覚的にフィードバックされることは訓練に有効である。ダイナミックパラトグラフは視覚的フィードバックという点で優れているが、各患者にあわせて人工口蓋を作成する必要がある、経費と時間がかかる。また、音・音節レベルで訓練を行う時は容易であるが、会話速度になるとパラトグラムで視覚的にフィードバックすることは難しくなる。それに比較して、超音波断層法は今回、会話においても、舌の形がダイナミックな動きとともに明らかに観察された。さらに超音波は被爆の心配がなく、また経済性、簡便さから考えて構音の訓練、特に成人例の構音訓練に使用することは有効と思われる。

側音化構音は、訓練を行えば改善する構音障害である。いずれの方法であれ、訓練者が効率よく訓練を行うためには、訓練法に習熟するとともに、各ケースの音の改善過程、特に般化¹⁵⁾過程について正確に評価して訓練計画を考える必要がある。

本稿をまとめるにあたり、ご協力頂いた昭和大学歯学部口腔衛生学教室の渡辺 聡先生、雨宮泰子先生、言語聴覚士の千本恵子先生、加藤 育先生、谷 真理子先生に感謝します。

本論文の要旨は、第26回日本聴能言語学会学術集会(2000年6月3日、大阪)において発表した。

文 献

1) 長沢泰子, 梅村正俊: 側音化構音の prevalence に

関する研究. 国立特殊教育研究所紀要, 16: 83-91, 1989.

- 2) 加藤正子, 岡崎恵子, 大久保文雄, 他: 口蓋裂児にみられる構音障害—口蓋化構音と側音化構音について—. 日本口蓋裂学会雑誌, 18: 172-180, 1993.
- 3) 加藤正子, 岡崎恵子, 阿部雅子: 側音化構音の臨床的特徴. 第33回日本音声言語医学会総会, 1988.
- 4) 加藤正子, 岡崎恵子, 鈴木規子, 他: 側音化構音の5症例. 音声言語医学, 22: 293-303, 1981.
- 5) 加藤正子: 側音化構音の動態について—エレクトロ歯冠パラトグラフによる観察—: 音声言語医学, 32: 18-31, 1991.
- 6) 阿部雅子, 石毛美代子, 森 浩一, 他: 側音化構音の構音動態の観察—超音波断層法による観察—. 音声言語医学, 39: 9-15, 1998.
- 7) 渡辺 聡, 綾野理加, 大塚義顕, 他: 超音波断層法による舌の動態解析—Mモード法前額断面による検討—. 障害者歯科雑誌, 16: 24-37, 1995.
- 8) 雨宮泰子, 渡辺 聡, 大塚義顕, 他: 発音時における超音波前額断描出法による舌の動態解析. 昭和歯学会雑誌, 17: 55-67, 1997.
- 9) 鈴木規子: 軟口蓋パラトグラムによる口蓋裂患者の異常構音の観察. 聴覚言語障害, 12: 61-69, 1983.
- 10) Stone, M., Lundberg, A.: Three-dimensional tongue surface of English consonants and vowels. J. Acoust. Soc. Am., 99: 3728-3737, 1996.
- 11) Lundberg, A., Stone, M.: Three-dimensional tongue surface reconstruction: Practical consideration for ultrasound data. J. Acoust. Soc. Am. 106: 2858-2867, 1999.
- 12) 岡崎恵子, 相野田紀子, 加藤正子: 口蓋裂の言語臨床, 医学書院, 東京, 31-33頁, 1997.
- 13) 新美成二: 構音障害患者に対する言語訓練における汎用超音波断層装置の有用性の検討. 臨床成人病, 19: 164-165, 1989.
- 14) Shawker, T.H., Sonies, B.C.: Ultrasound biofeedback for speech training, Instrumentation and preliminary results. Investigation Radiology, 20: 90-93, 1985.
- 15) 船山美奈子・岡崎恵子監訳: 構音と音韻の障害—音韻発達から評価・訓練まで—, 協同医書, 東京, 343-354頁, 2001. J.E. Bernthal, N.W. Bankson: articulation and phonological disorders, Allyn and Bacon 4th, ed. 1998.

別刷請求先: 〒142-8666 東京都品川区旗の台1-5-8

昭和大学医学部形成外科学教室

加藤正子