

エレクトロパラトグラフィ (EPG) 臨床活用に向けた日本語音韻
目標パターンの作成と構音点の定量的評価指標の算定

藤原 百合 山本 一郎 前川 圭子

音声言語医学 Vol. 49, No. 2 別刷

(2008年4月20日発行)

原 著

エレクトロパラトグラフィ (EPG) 臨床活用に向けた日本語音韻
目標パターンの作成と構音点の定量的評価指標の算定藤原 百合¹⁾ 山本 一郎²⁾ 前川 圭子³⁾

要 約: EPG を用いた構音訓練の目標として示す日本語音韻の EPG パターンを得ることを目的に、正常例の構音動態を分析した。顎口腔機能に異常がない成人 5 例を対象とし、日本語 5 母音と歯茎音・硬口蓋音・軟口蓋音を WinEPG システム (Articulate Instruments Ltd.) を用いて記録した。各音について最も舌と口蓋の接触が多いフレームを選択し、5 名の被験者の累積頻度パターンを作成した。また、舌と口蓋の接触が前後方向いずれに偏っているかを示す Center of Gravity (COG) 値の平均値を算出した。結果、累積頻度パターンは個人間の共通部分が明らかとなり、変動の許容範囲も示せるので、視覚的フィードバック訓練の有用な目標パターンとなった。COG 値は構音点の前後方向の違いを具現しており、構音場所の誤りを定量的に評価する指標となりうるということがわかった。

索引用語: エレクトロパラトグラフィ、視覚的フィードバック訓練、日本語音韻、EPG 目標パターン、構音点の定量的評価指標

EPG Target Pattern and Quantitative Analysis Criteria for
Japanese Sounds

—Aiming at Clinical Use of EPG—

Yuri Fujiwara¹⁾, Ichiro Yamamoto²⁾ and Keiko Maekawa³⁾

Abstract: The aim of this study was to acquire an EPG target pattern and quantitative analysis criteria for Japanese sounds used in EPG training.

The subjects were five adults without present or past speech, language, or hearing problems. After the EPG recording, a cumulative template was generated from the maximum contact frame for each sound and the “center of gravity” (COG) value was calculated as a quantitative measure.

The cumulative templates for each sound proved to be a good EPG target pattern for visual feedback training, because they display common interpersonal contact patterns and the area of tolerance. As the COG value represents the relative concentration of electrodes in the anterior-posterior dimension, it is useful for measuring progress from an

聖隷クリストファー大学リハビリテーション学部言語聴覚学専攻¹⁾: 〒433-8558 静岡県浜松市北区三方原町 3453

山本歯科医院・矯正歯科クリニック²⁾: 〒662-0811 兵庫県西宮市仁川町 2-3-8

西神戸医療センター³⁾: 〒651-2273 兵庫県神戸市西区靴台 5 丁目 7 番地 1

¹⁾Seirei Christopher University: 3453 Mikatahara, Kita-ku, Hamamatsu, Shizuoka 433-8558

²⁾Yamamoto Dental Clinic: 2-3-8, Ninkawa-cho, Nishinomiya-shi, Hyogo 662-0811

³⁾Nishi-Kobe Medical Center: 5-7-1, Koujidai, Nishi-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-2273

2007 年 7 月 23 日受稿 2007 年 10 月 11 日受理

incorrect posterior placement to a correct anterior placement.

Key words: electropalatography, visual feedback training, EPG target pattern, Japanese sounds, COG value

はじめに

口蓋裂術後、良好な鼻咽腔閉鎖機能が得られても舌の異常な習癖による構音障害が出現することがある。なかでも顕著なのが口蓋化構音であると報告されている¹⁾。岡崎ら(1980)はX線映画とダイナミックパラトグラフの手法を用いて口蓋化構音の動態を観察し、日本語子音の歯茎音産出時、舌尖は挙上せず舌背が硬口蓋後端に接触して作られる誤り音であると分析した²⁾。Yamashitaら(1991)は、ダイナミックパラトグラフとサウンド・スペクトログラフの手法で舌の異常な習癖に起因する口蓋化構音、側音化構音と鼻咽腔構音を分析し、口蓋化構音は硬口蓋後端あるいは軟口蓋前方で舌と口蓋の間に狭めや閉鎖が起こり、呼気は正中から流出すると報告した³⁾。口蓋化構音は、聴覚的には歯茎音(サ行音・タ行音など)が軟口蓋音(カ行音・ガ行音)に近い音に歪んだり置換されて、発話の明瞭度を著しく低下させる。こうした構音点の後方化が口蓋裂術後症例に多く出現し、改善に長期間を要することは、日本語に限らず報告されている^{4,5)}。

従来の構音訓練法としては、正しい音を繰り返し聴かせて模倣させる聴覚刺激法や、構音点を模式図や模型で示す構音位置付け法などが用いられてきた⁶⁾。しかし誤り音の聴覚的評価は主観的で指導者側も経験を要し、指導される側も理解するのが困難な場合が多い。また口腔外から舌運動を観察するには限度があり、具体的な練習目標を提示しにくく、練習効果も客観的に測りにくいという難点があった。そのため訓練期間が長期間にわたり、学齢期になっても改善のめど立たない症例が多く見受けられる。地域によっては指導者が不足しており、構音訓練を受ける機会に恵まれない症例や、遠隔地のため頻回な通院が困難な場合もある。

このような難治症例や、遠隔地居住症例に対する治療法として、2004年12月より electropalatography (EPG) を用いた自宅における視覚的フィードバック訓練を導入してきた⁷⁻⁹⁾。EPGは、微細な電極を埋め込んだ人工口蓋床を装着して発話時の舌と口蓋の接触を経時的に表示・計測する装置である。言語聴覚士の立場からすると、聴覚的評価に加えて舌運動をより客観的に評価できる、具体的な練習目標を提示できる、練

習効果を客観的に示せる、といった利点がある。一方、構音障害をもつ人の立場からは、目標が具体的でわかりやすい、練習結果が目に見える、といった利点が考えられる。

EPGについては、わが国では1970年代から1990年代にかけて、ダイナミックパラトグラフを用いた先駆的な研究が行われたが¹⁰⁾、種々の難点により臨床応用はあまりなされることなく終了した¹¹⁾。そのため、視覚的フィードバック訓練の目標として示すわかりやすい EPG の目標パターンは作られていない。

そこで本研究では、日本語音韻の EPG 目標パターンを作成し、舌と口蓋の接触部位に関する定量的評価指標を算定した。

方 法

1. 使用装置

EPG の人工口蓋床は、個々人の上顎印象から作成し、クラスプで上顎に固定される。口蓋床には直径 1.4 mm の電極が 62 個配置され、各電極からのエナメル線が左右に分かれて臼歯の後方から歯列弓の頬側を経て左右口角より口腔外に導かれる。電極配置の基準線は、前方は上顎中切歯歯茎部と口蓋との境界線、後方は硬・軟口蓋の境界線である。列と列の間の幅が、前方 4 列は後方 4 列の 1/2 になるよう 8 列の基準線を引き、最前列は 6 個、2 列目から 8 列目までは 8 個の電極が口蓋の垂直線の左右に分かれて配置されている(図 1)。

記録と分析には WinEPG システム (Articulate Instruments Ltd., Edinburgh) を使用した。このシス

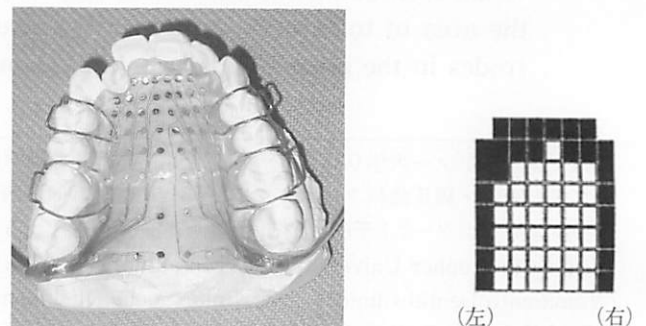


図1 EPG人工口蓋床とモニター表示図

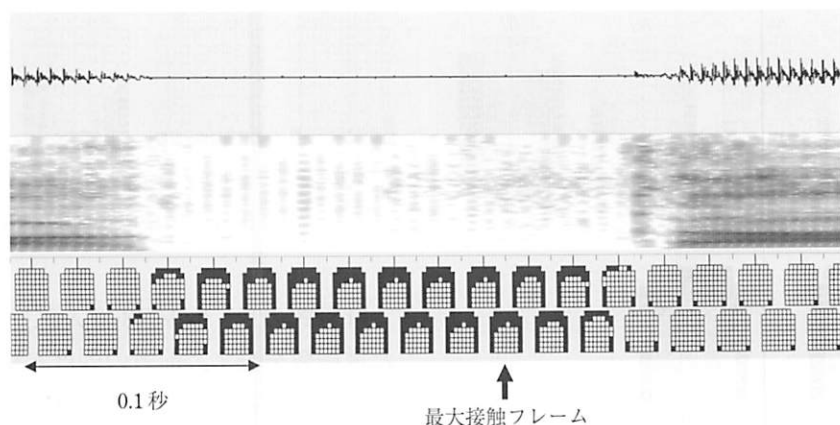


図2 [ata] 産生時の分析画面

上部：音声波形，中間部：サウンドスペクトル，下部：EPG パターン（100 Hz）

テムは Windows の PC に対応しており，ソフトウェア（Articulate Assistant™）をインストールすると，舌の口蓋への接触パターン（EPG パターン）と音声を同期させて記録・保存することができる。また，音声波形とサウンドスペクトル，EPG パターンを同期させた分析が可能である。モニターでは舌が接触した電極が点灯して見える。

2. 対象

対象は，関西圏在住の顎口腔機能に異常がない成人 5 名で，内訳は男性歯科医師 1 名，女性言語聴覚士 4 名で，年齢は 20 歳代 1 名，30 歳代 2 名，50 歳代 2 名であった。それぞれの上顎印象から EPG 人工口蓋床を作成し，口腔内に装着することに慣れ違和感がない状態で発話時の舌接触を記録した。

3. 発話課題

発話サンプルは，日本語 5 母音（Vowel: V）と歯茎音，歯茎硬口蓋音，軟口蓋音に分類される 14 種類の子音（Consonant: C）である。子音産生時の舌と口蓋との接触状態が際立つように各子音の CV 音節の前に母音/a/を挿入し，/ata/，/asa/などの VCV 音節をサンプルとして用いた。各音につき [ata, ata, ata] のように 3 回連続して記録し，2 番目のサンプルを資料として用いた。

4. EPG 累積テンプレートの作成

図 2 に Articulate Assistant で記録した [ata] 発話時の分析画面を示す。上部が音声波形，中間部がサウンドスペクトル，下部が EPG パターンである。EPG パターンは 100 コマ/秒で記録される。聴覚印象，音声波形，サウンドスペクトルから各音を同定し，舌が接触し始めてから開放するまでの間で最も接触が多いフレームを最大接触フレームとして選択した。被験者 5

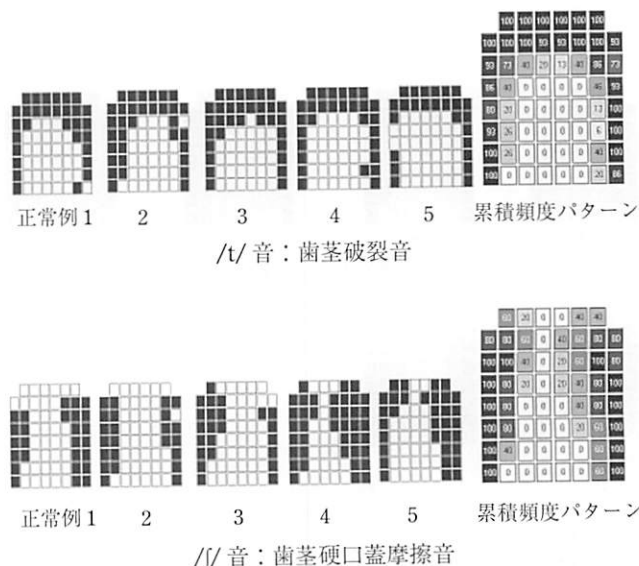


図3 歯茎破裂音/t/，歯茎硬口蓋摩擦音/j/産生時の各正常例の最大接触フレームと 5 例の累積頻度パターン

名の最大接触フレームから Articulate Assistant の累積機能を用いて各音の累積頻度パターンを作成した。McLead ら¹²⁾も同様の方法を用いて 8 人のオーストラリア英語話者を対象として 13 子音の累積テンプレートを作成している。

図 3 は，子音/t/と/j/について各被験者の最大接触フレームと累積頻度パターンを示している。歯茎破裂音/t/は歯茎部と口蓋側縁が完全に閉鎖しているのに対し，歯茎硬口蓋摩擦音/j/では歯茎部に呼気の流出する溝が形成されている点は，被験者間で共通しているが，舌が接触した電極数はさまざまに左右差もあり，練習の目標パターンとして用いるには不安定である。これらを累積して作成したパターンは，5 名全例で接触した電極を黒，接触しなかった電極を白，その間を

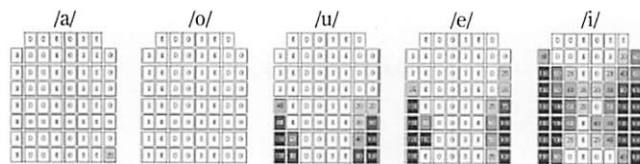


図4 a 日本語母音のEPG 累積頻度パターン

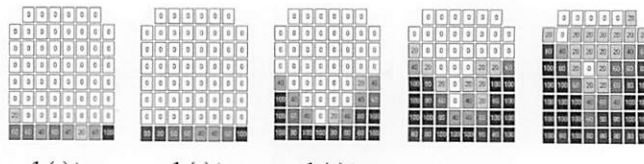


図5 後続母音による/k/音の変化

計算式の R1 から R8 は人工口蓋床の各列で接触した電極数を表す。前方の列ほど重み付けされているので、舌が口蓋の前方に接触するほど COG 値は高くなる。これまでも /k/音が /t/音に置換している症例の構音訓練前後の COG 値を比較するなど、訓練効果を客観的に示す手法として用いられている¹⁴⁾。今回は、口蓋化構音の改善過程を数値で示す指標を得るために、正常例被験者において各子音の最大接触フレームの COG 値を求め、5名の平均値を算出した。

結果

1. EPG 累積テンプレート

日本語母音の EPG 累積頻度パターンは、/a//o/ではほとんど接触が見られず、/u//e//i/と舌が前方に挙上するにつれて接触が多くなった(図4 a)。日本語子音では、歯茎音、歯茎硬口蓋音、硬口蓋音、軟口蓋音と構音点が前方から後方に移動しているのが累積頻度パターンでも明らかになった。また、破裂音 /t//d/では硬口蓋の両側と前方で馬蹄形に閉鎖しているのに対し、摩擦音 /s//ʃ//ç/では口蓋のほぼ正中に呼気の流出する間隙があるなど構音方法による違いも表されていた。弾音 /r/は5例全例で接触が見られた電極が少ないことがわかった。軟口蓋破裂音 /k//g/は舌が接触した電極数が他の子音に比べ少なかった(図4 b)。カ行音を後続母音別に見ると、母音の累積頻度パターンで接触がほとんど見られなかった /ka//ko/では最後列しか接触しないが、/ku//ke//ki/と後続母音が前方に接触する場合は /k/産生時も徐々に広汎に硬口蓋に接触するのがわかった(図5)。

2. COG 値

図6に被験者5例の COG 値の平均値を示す。歯茎音は5前後、硬口蓋音は3前後、軟口蓋音は2以下と、構音点が前方の音は高く後方に移動するほど低くなった。最大値・最小値の幅を見ると歯茎音・歯茎硬口蓋音の値は、硬口蓋音や軟口蓋音の値に比べて安定していた。

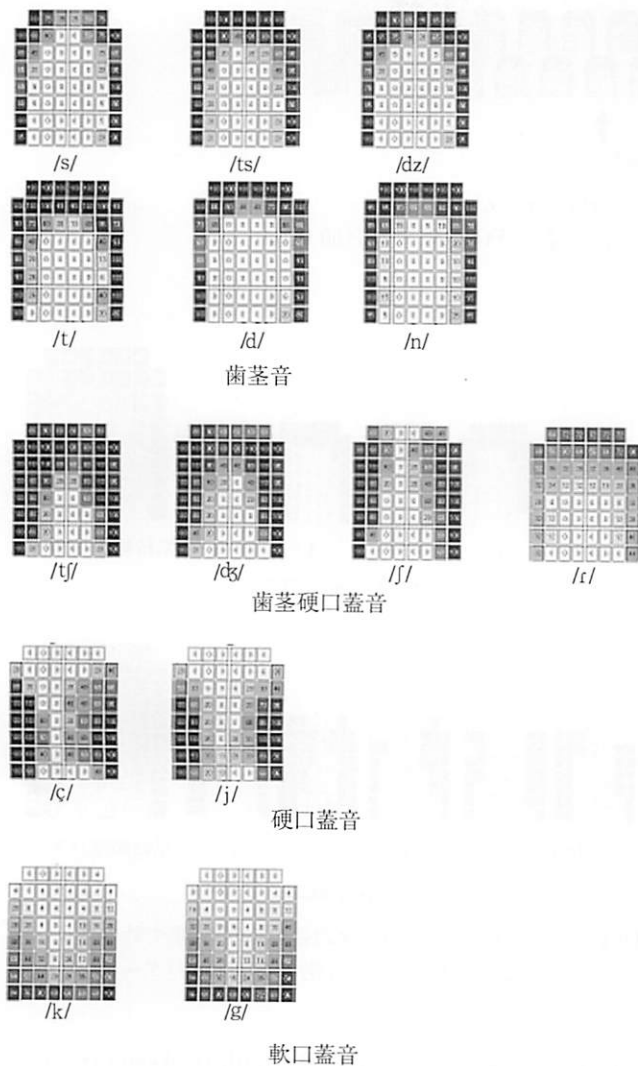


図4 b 日本語子音の累積頻度パターン

接触の度合いによってグラデーションで示している。これにより黒い共通部分が明らかとなり、変動の許容範囲も薄く示されるので、目標モデルとして適切な形態になった。

5. Center of Gravity (COG) 値

EPG パターンの定量的分析方法の一つである COG 値は、舌の口蓋への接触の前後方向における偏りを示す値である¹³⁾。

$$COG = \frac{(0.5 \times R8) + (1.5 \times R7) + (2.5 \times R6) + (3.5 \times R5) + (4.5 \times R4) + (5.5 \times R3) + (6.5 \times R2) + (7.5 \times R1)}{R8 + R7 + R6 + R5 + R4 + R3 + R2 + R1}$$

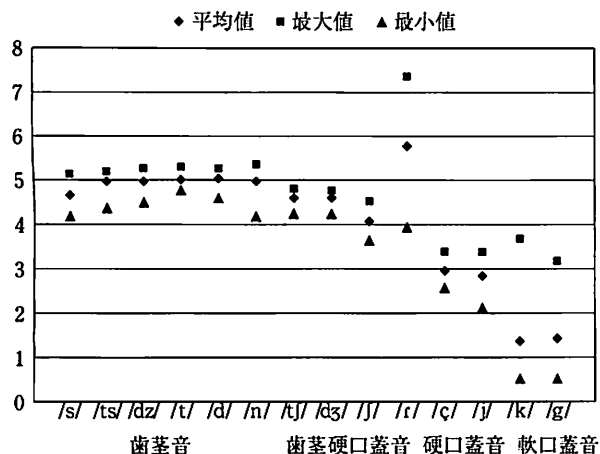


図6 日本語各子音のCOG値

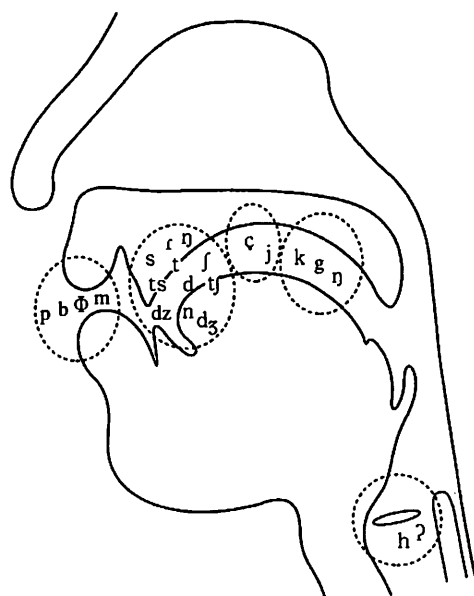


図7 構音点を示すために使用される模式図

考 察

これまで舌の接触位置を示すために用いてきた模式図(図7)では、点として捉えていたものが、EPGの累積頻度パターンを練習目標のテンプレートとして用いることにより、図4で示したように面として捉えることができるようになった。今回は被験者の例数は少ないが、言語聴覚士が各音の接触パターンを理解し患者に視覚的フィードバック訓練の目標として示すのに、これまでの模式図より具体的かつ有効であると考えられた。

これらのテンプレートを実際の視覚的フィードバック訓練の目標として示す際、注意すべき点がいくつかある。一つは、EPGパターンは各音発生時に舌が接触

した部位はわかるが、呼気の流出経路が示されない点である。たとえば、歯茎音/t//d//n/のテンプレートは類似しているが、歯茎破裂音である/t//d/は鼻咽腔が閉鎖し呼気は口腔から放出されるのに対し、歯茎通鼻音/n/の場合は鼻咽腔が開放し呼気は鼻腔に流れるなど、呼気操作は異なる。したがって視覚的フィードバック訓練にテンプレートを用いる際には、EPGパターンのみでなく呼気操作にも注意を払う必要がある。次に軟口蓋音/k//g/は後続母音によって人工口蓋床に対する舌の接触が変化する点である。EPGの人工口蓋床は硬口蓋部分しかカバーしていないので、舌と軟口蓋で閉鎖した場合は電極に接触しない。軟口蓋音が練習の目標音となる場合、EPGの視覚的フィードバックが使えない場合があることに留意したい。

COG値は、歯茎音など前方で産生される音と硬口蓋音・軟口蓋音など後方で産生される音の差が明らかであった。したがって、歯茎音の構音点が後方化する口蓋化構音の改善過程を示す定量的評価基準として有効であると思われる。

今回の研究は対象となった正常例が5例と少ないが、今後対象数を増やして日本語音韻の標準的EPGモデルおよびCOG値の評価基準を作成していきたい。

また、口蓋裂術後の症例は口蓋の形状が左右非対称であったり狭窄しているなど、正常例とは異なる場合が多い。正常例を対象として得たテンプレートを口蓋裂術後症例に対するEPG訓練の目標モデルとするのが適切かどうか、という懸念がある。かつてわが国で使用されていたEPG人工口蓋床は、数種類の既成電極を使用して口蓋形態に合わせて分断貼付されていた。この方法は安価に人工口蓋床を作成できる利点はあるが、症例によって電極数や配置が変動する。その結果、正常例とは異なったパターンになる可能性がある。今回使用したEPG人工口蓋床は、口蓋形状が異なっても、規則的な解剖学的ランドマークにそって同じ数の電極が配置されているので、モニター上では同様のパターンとして表示される。個人内・個人間の接触パターンを比較・分析するためのデータ集積には、電極数やその配置は同じルールに則った人工口蓋床が妥当だと思われる。そこで、妥当性を確認するため、口蓋裂術後、正常な構音を獲得している人を対象として、同様の研究を進める予定である。

ま と め

正常例の被験者5名のEPGパターンから、日本語

子音の累積頻度パターンを作成した。個人間の共通部分が明らかとなり、また変動の許容範囲も示せるので、視覚的フィードバック訓練の有用な目標パターンとなると考えられた。COG 値は、構音点の前後方向の違いを具現しており、構音場所の誤りを定量的に評価し、視覚的フィードバック訓練による改善過程をたどる指標となりうると思われた。

文 献

- 1) Ainoda N and Okazaki K: Results of systematic speech sound monitoring in children with cleft palate. *Folia Phoniatica Logopedics*, 48: 86-91, 1996.
- 2) 岡崎恵子, 鬼塚卓弥, 阿部雅子, 他: 口蓋裂における異常構音としての口蓋化構音について—ダイナミック・パラトグラフおよびX線映画による観察—. *音声言語医学*, 21: 109-120, 1980.
- 3) Yamashita Y and Michi K: Misarticulation caused by abnormal lingual-palatal contact in patients with cleft palate with adequate velopharyngeal function. *Cleft Palate-Craniofacial J*, 28: 360-366, 1991.
- 4) Trost JE: Articulatory additions to the classical description of the speech of persons with cleft palate. *Cleft Palate J*, 18: 193-203, 1981.
- 5) Whitehill TL, Stokes SF and Yonnie MYH: Electropalatography treatment in an adult with late repair of cleft palate. *Cleft Palate-Craniofacial J*, 33: 160-168, 1996.
- 6) 藤原百合: 訓練の方法とその選択. *言語聴覚療法臨床マニュアル*, 改訂第2版(小寺富子監修), 協同医書出版, 東京, 366-367頁, 2004.
- 7) 藤原百合, 井上 幸, 村口公子, 他: エレクトロパラトグラフィー (EPG) の過去・現在・未来 EPG の簡易装置を用いた家庭における視覚的フィードバック訓練を試行して. *言語聴覚研究*, 3: 79-81, 2006.
- 8) 山本一郎, 井上 幸, 藤原百合: エレクトロパラトグラフィーを用いた構音のホームトレーニングの効果—通常の訓練で改善が難しかった症例について—. *日本口蓋裂学会雑誌*, 31: 274-284, 2006.
- 9) Fujiwara Y: Electropalatography home training using a portable training unit for Japanese children with cleft palate. *Advances in Speech-Language Pathology*, 9: 65-72, 2007.
- 10) 桐谷 滋, 比企静雄: ダイナミック・パラトグラフとその応用. *日本音響学会誌*, 32: 335-342, 1976.
- 11) 藤原百合, 山本一郎: 我国におけるエレクトロパラトグラフィーを用いた研究の動向. *日本口蓋裂学会誌*, 31: 261-266, 2006.
- 12) McLead S and Roberts A: Templates of tongue/palate contact for speech sound intervention. *Proceedings of the 2005 Speech Pathology Australia National Conference* (edited by Heine C and Brown L), *Speech Pathology Australia*, Melbourne, pp 104-112, 2005.
- 13) Hardcastle WG and Gibbon F: Electropalatography and its clinical application. *Instrumental Clinical Phonetics* (edited by Ball MJ and Code C), Whurr Publishers, London, pp 149-193, 1997.
- 14) Wrench A, Gibbon F, McNeill AM, et al: An EPG therapy protocol for remediation and assessment of articulation disorders. *Proceedings of 7th International Conference on Spoken Language Processing*: 965-968, 2002.

別刷請求先: 〒433-8558 静岡県浜松市北区三方原町 3453
 聖隷クリストファー大学リハビリテーション学部言語聴覚学専攻
 藤原百合