原 著

歯間性構音の音響分析について

浜 雄一郎

要 約 : 「サ」行構音障害が認められる成人の歯間性構音者 16 名および正常構音者 16 名について, VCV 音節からなる検査音 “asa” の子音部 [s] の FFT によるパワースペクトログラム分析を行い, スペクトル包絡線で囲まれた部分の高域部 (4 kHz~8 kHz) と低域部 (0 kHz~4 kHz 未満) の面積比を求め, 正常構音 [s] と歯間性構音 [θ] の音響学的相違について検討を行った結果, 以下の結論を得た。

1. FFT によるスペクトル包絡線で囲まれた部分の高域部と低域部の面積比を求めることにより, 子音 [s] の正常構音群と歯間性構音群を分離でき, [s] 構音の特徴を客観的に評価することが可能となった。
2. 正常構音 [s] では, 低域部に対する高域部の音声スペクトルの面積比が 1.35 以上であった。
3. 歯間性構音 [θ] では, 低域部に対する高域部の音声スペクトルの面積比が 1.30 以下であった。

索引用語 : 子音 [s], 歯間性構音, FFT

Acoustic Analysis of Interdental Articulations

Yuichiro Hama

Abstract : The purpose of this study was to clarify the acoustical differences between normal articulation sounds [s] and interdental articulation sounds [θ].

Power spectrograph analysis was performed to test the sounds “asa” in 16 normal articulation speakers and 16 interdental articulation speakers. Using the Fast Fourier Transform (FFT) for the consonant [s], the ratio of energy in the high frequency area (4kHz~8kHz) to that in the low frequency area (0 kHz~4 kHz) was calculated.

The results were as follows.

1. Evaluation of consonant [s] sounds by the ratio of the high frequency area to the low frequency area showed interdental articulation sounds [θ] clearly distinguished from normal articulation sounds [s].
2. In normal articulation speakers, the ratio of the high frequency area to the low frequency area was over 1.35.
3. In interdental articulation speakers, the ratio of the high frequency area to the low frequency area was below 1.30.

Key words : consonant [s], interdental articulation, FFT

はじめに

歯科矯正臨床において、不正咬合者の不良習癖の一つである舌突出癖は一般に嚥下時や発音時に多く認められる。タングスラストなどの舌癖を有する場合、日本語ではとくに「サ」行構音障害が聴覚的に比較的容易に発見することができる。しかし、[s]音を正しく発音できず[θ]音となってしまう「サ」行を中心とした歯間性構音障害については、[s]音であるか、[θ]音であるか、言い換えれば、舌癖があるかないかといった二者択一的な判断がなされており、客観的な評価をする方法は確立されておらず、したがって、これに関連した研究¹⁻⁴⁾もきわめて少ない。そこで、本研究では、VCV音節からなる検査音のうち、子音部[s]を抽出し、正常構音および歯間性構音の音響学的特徴を調査し、両者の相違について検討を行った。

資料および方法

被験者は、「サ」行構音障害が認められるいわゆる歯間性構音者の本学学生16名(男子8名、女子8名)、平均23.4歳および対照群として正常構音を有する本学学生16名(男子8名、女子8名)、平均年齢24.3歳の計32名である。

検査音は、無声摩擦音[s]を含むVCV音節からなる“asa”であり、復唱法で収録した。発声音は防音室にてマイクロフォンと口元との距離を約25cmに保ち、デジタル・オーディオ・テープレコーダー(SONY社製TCD-D10)に収録した。録音した音声、A/Dコンバータによりサンプリング周波数20kHz、12bitsで量子化し、パーソナル・コンピュータに取り込み、子音[s]部分について、音声分析処理プログラム(ウエスタンビレッジ社製SIGA-I Ver.6.2β)を用いてFFT(高速フーリエ変換)によりスペクトル包絡を抽出した。子音[s]部の切り出しに関しては、ソナグラム画面上で子音定常部を確認しその中央部とした。そして、岡崎ら²⁾の方法を参考にして0kHz～4kHz未満の低域部と4kHz～8kHzの高域部の2つの領域について、おのおのパワースペクトルの強度積分により包絡線で囲まれた部分の面積を求め、高域部と低域部の比を算出し、歯間性構音群と正常構音群との比較を行った。

結 果

正常構音群と歯間性構音群の[s]のスペクトル包

表1 正常構音群における[s]の高域部の面積と低域部の面積および面積比

被験者	性別	面積 4～8 kHz	面積 0～4 kHz	面積比
1	女	5907	4102	1.44
2	女	7711	5019	1.54
3	女	6135	3949	1.55
4	女	6831	4704	1.45
5	女	7668	5529	1.39
6	女	5943	4043	1.47
7	女	7483	4832	1.55
8	女	7290	5154	1.41
9	男	8046	5594	1.44
10	男	8174	5183	1.58
11	男	8106	5678	1.43
12	男	7586	5562	1.36
13	男	7104	4990	1.42
14	男	8190	5198	1.58
15	男	7393	4747	1.56
16	男	7662	5459	1.40
MEAN				1.47
S.D.				0.07

表2 歯間性構音群における[s]の高域部の面積と低域部の面積および面積比

被験者	性別	面積 4～8 kHz	面積 0～4 kHz	面積比
1	女	6135	4929	1.24
2	女	6714	5220	1.29
3	女	6628	5329	1.24
4	女	6796	5497	1.24
5	女	6211	4905	1.27
6	女	6357	5228	1.22
7	女	6941	5348	1.30
8	女	6168	4799	1.29
9	男	7131	5737	1.24
10	男	5705	4561	1.25
11	男	7254	5920	1.23
12	男	6322	5349	1.18
13	男	6686	5440	1.23
14	男	7150	5525	1.29
15	男	6443	5484	1.17
16	男	6404	5246	1.22
MEAN				1.24
S.D.				0.04

絡の高域部 (4 kHz～8 kHz) と低域部 (0 kHz～4 kHz 未満) の面積および面積比は、表 1、表 2 に示し

図1 正常構音群における [s] の高域部と低域部の面積比

図2 歯間性構音群における [s] の高域部と低域部の面積比

図3 子音 [s] の低域部と高域部の相関図

たとおりである。正常構音群の面積比の平均値は 1.47, S.D.が 0.07 で、歯間性構音群の面積比の平均値は 1.24, S.D.が 0.04 であった。また、図 1 および図 2 に面積比を変数としたヒストグラムを示した。このヒストグラムを比較してみると、正常構音群では、面積比がすべて 1.35 以上であり、一方、歯間性構音群では面積比が 1.30 以下となっており、両群の [s] は明らかに異なっていた。さらに、子音 [s] のスペクトル包絡の低域部の平均レベルと高域部の平均レベルの関係をあらわしたのが図 3 である。正常構音群では、低域部の平均レベルの dB 値が高いと高域部の dB 値も高くなっている。歯間性構音群においても、低域部の平均レベルの dB 値が高いものほど高域部の dB 値が高くなっているが、その値は正常構音群に比べ常に低いという傾向が認められた。

考 察

不正咬合のもたらす悪影響の一つである発音障害の中でも、聴覚的に比較的容易に発見することができる「サ」行構音障害に関しては、貝田⁵⁾、大藤⁶⁾、白岩⁷⁾、布田⁸⁾、大島¹⁾らの研究がある。しかし、言語障害の分野においては、たとえば、口蓋裂患者に認められる側音化構音、口蓋化構音、鼻腔構音、声門破裂音などの構音障害についての研究に比較してその数は少なく、これは「サ」行構音障害が機能的な構音障害の一つであり、障害としての程度が軽度であるとされる傾向にあり、異常もしくは障害と捉えるべきか検討の余地があるとする研究者もいる現状にあるためと思われる。しかし、声道の一部を構成している前歯部および舌の状態が構音に微妙な変化を及ぼすことは明らかであり、歯科の分野での詳細な調査、研究が必要と考えられる。とくに、舌尖と前歯部の関係が反映される [s] 音については、歯列の変化や前歯交換期前後での構音の変化など、歯列矯正との関わりも深いものと思われる。

子音 [s] は、舌尖と上顎前歯の歯茎部付近でつくられる鋭い無声摩擦音である。すなわち、舌により声道に沿ってかなり長い溝がつけられ、呼気はその細い管を通り抜けて、先端の歯茎部のところで解放される。[s] の正しい発音は [ʃ] と [θ] の中間の位置をとるので非常に正確さを必要とする。歯茎摩擦音である [s] の調音位置は、舌尖と歯茎で行われる調音と、舌端と歯茎で行われる調音の 2 通りあり、いずれの調音を行うかは人によって異なる。日本語の場合、英語の舌端の [s] よりも舌が前方に出ており、舌尖が下の歯茎に触れる。調音位置は英語よりやや後ろで、歯茎

後部となる。上下顎の歯の間がほとんど開かないことは、英語も日本語も同じだが、英語では、舌端の左右の縁がごく軽く歯茎に触れ、舌の中央がくぼんで溝舌になる。日本語では、くぼみはごく浅く、平舌と考えて差し支えない。また、日本語の[s]では舌に緊張感がほとんどない⁹⁾。

「サ」行構音障害のうち、上下顎の歯の間に舌を挟んで発音する歯間性構音は、もっとも一般的で臨床においても発見される確率が高いが、さらに、接歯性、片側性、笛性、鼻声、唇歯性、喉頭性、代償性などに分類を行っている報告⁷⁾もある。歯間性構音は、*sigmatismus*あるいは歯擦音不全とも呼ばれ、聴覚的には[θ]音に聞こえる。正常な“th”の発音、すなわち、[θ]の調音位置は、通常、上顎切歯の裏であるが、とくに誇張して発音する場合に、舌尖を歯の間に出して発音することもある。[s]と[θ]の取り違いにはいくつかの形がある。舌尖が前へずれて上顎前歯切端に達し、[θ]の位置にくる。[s]の特徴である溝が消えていないので[θ]でなく[s]と[θ]の中間音が生じ、これは歯間歯擦音不全と呼ばれる¹⁰⁾。

中原¹¹⁾は、パラトグラフを用いた調音発達に関する研究の中で、歯間性構音を前歯部切縁上に狭めが形成され、舌の接触はほとんど歯面上に限られ、口蓋部への接触がないかわずかにみられる完全歯間型と、歯列歯頸部歯肉縁にそって口蓋後部から全部にかけて逆V状の接触があり、正中付近に狭めを形成するとともに、前歯部切縁上にも接触がみられ、正中付近に狭めを形成する不完全歯間型とに分けており、いずれの型とも“sa”発音時に認められたとしている。そして、「サ」行音の歯間性構音操作は、正常発達の過程で前歯の交換前には多く認められるパターンであるが、前歯交換直後に正常パターンに移行する例が多いと報告している。

また、大島¹²⁾は、小学校から高校までの児童・生徒を対象とした調査において、「サ」行構音障害が多数認められたことを報告している。この報告では、歯間性構音の誘因として鼻炎や扁桃肥大など開口を強制させる疾患の可能性を示唆しており、さらに、歯間性構音を、舌が完全に上下歯列間を越えて構音する完全型と、下顎歯列は越えるが上顎歯列は越えない不完全型とに分けて比較を行い、完全型は小学校高学年に至るまでは減少したが、その後、中・高校ではむしろ増加傾向を認めたという興味深い結果を示している。

このようなことから、前歯交換後も継続する歯間性構音についての動向の調査の必要性を強調する報告もある¹²⁾。

子音[s]の周波数分析を行っている研究は少なく、Heinzら¹³⁾による“moose”, “niece”, “salve”, などの英語の単語を検査音とした場合の[s]のdB値のピークは7 kHz付近であったという報告や、大泉ら¹⁴⁾による[s]のスペクトルは6.8 kHzで最大のdB値を示すという報告、4～6歳の小児において、[s]のdB値の特徴は高周波数部分の5～6 kHz付近にピークがあったとする大久保¹⁵⁾の報告などがあげられる。これらの研究では、検査音の違いや年齢、性別などによっても周波数分析の結果が異なっているが、最大エネルギー値が4 kHz以上であることは共通している。

和久本³⁾は、異常構音の一つである口蓋化構音の音響的特性の研究で、とくに検査音“sa”の正規化スペクトル包絡の比較において、正常構音では4.5 kHz以上の帯域に、口蓋化構音では4.5 kHz以下の帯域にスペクトル成分が多く認められたことから、高域部(5～7.5 kHz)の平均レベルと低域部(1.5～4 kHz)の平均レベルを求め両者の差をSES (Spectrum Envelope Score) として評価に用い、正常構音と口蓋化構音との分離が可能であったとしている。また、高橋¹⁶⁾は、側音化構音の評価の報告において、子音部に関し、正常構音と側音化構音とではスペクトル特性が明らかに異なっており、スペクトル包絡の高域(5～7.5 kHz)および低域(1.5～4 kHz)のおおの平均dB値の差(SES)を変数としたヒストグラム上で分布領域の相違が確認され、側音化構音の定量的評価にSESが有用であることを示している。

一方、岡崎ら²⁾は、口蓋化構音の音響分析の研究において、セクション分析の結果から、口蓋化構音群の[s]のエネルギーの最大値は4 kHz未満であったのに対し、正常構音群の[s]のエネルギーの最大値は5 kHz以上にあるという明らかな相違を見出し、4 kHz以上と4 kHz未満のスペクトルの包絡線で囲まれた部分の面積の比を求め、ヒストグラム上での観察から両群の特徴の分離が可能であったことを示している。

このように、子音[s]のスペクトル特性に関し正常構音と側音化構音もしくは口蓋化構音との比較を行った研究はあるが、正常構音と歯間性構音との比較を行った研究は見当たらない。

本研究では、[s]のスペクトル包絡の高域部(4 kHz～8 kHz)と低域部(0 kHz～4 kHz未満)の面積比が、図1および図2に示したとおり、正常構音群では面積比がすべて1.35以上であり、一方、歯間性構音群では面積比が1.30以下となっており、両群の明らかな相違が認められた。すなわち、正常構音の[s]では、高域部の音声スペクトルのエネルギーが大きく、

歯間性構音の $[\theta]$ では、図3の相関図からもわかるように、正常構音の場合ほど高域部と低域部でのエネルギーの差が大きいくはないことが示された。

以上のように、パワースペクトルの包絡線で囲まれた部分の面積を求め、高域部および低域部における面積比から、子音 $[s]$ を正常構音の $[s]$ 音と歯間性構音の $[\theta]$ 音とに分離でき、したがって子音 $[s]$ の特徴の客観的評価の可能性が示唆された。

結 論

1. FFTによるスペクトル包絡線で囲まれた部分の高域部(4 kHz~8 kHz)と低域部(0 kHz~4 kHz未満)の面積比を求めることにより、子音 $[s]$ の正常構音群と歯間性構音群を分離でき、 $[s]$ 構音の特徴を客観的に評価することが可能となった。

2. 正常構音 $[s]$ では、低域部に対する高域部の音声スペクトルの面積比が1.35以上であった。

3. 歯間性構音 $[\theta]$ では、低域部に対する高域部の音声スペクトルの面積比が1.30以下であった。

文 献

- 1) 大島弘至：学校検診における言語異常調査—サ行構音障害をめぐる一。音声言語医学，26：261-266，1985。
- 2) 岡崎恵子，加藤正子：口蓋化構音の音響分析— $[s]$ について—。音声言語医学，29：225-231，1988。
- 3) 和久本雅彦：異常構音の客観的評価法の開発—口蓋化構音の音響特性の検索—。日口蓋誌，14：21-43，1989。
- 4) 山本隆昭，今井 徹，中村進治，他：骨格性反対咬合者における無声摩擦音 $[s]$ の音響的特徴。日本音響学会誌，47：626-631，1991。
- 5) 貝田好美：「シグマチスムス」(「サ」行発音障害)。日本耳鼻臨床，33：9-12，1927。
- 6) 大藤敏三：片側性シグマチスムスについて。耳鼻咽喉科，4：43-49，1931。
- 7) 白岩延明：鼻性並に片側性「サ」行構音障碍の合併せる一例。耳鼻臨床，37：1096-1100，1942。
- 8) 布田栄作：不正咬合者の発音に関する研究 第1報 母音およびサ行について。口腔病誌，32：392-404，1965。
- 9) 梶矢好弘：英語音声学。第1版，こびあん書房，東京，135-137頁，1976。
- 10) Schubiger, M., 小泉 保 訳：新版音声学入門。第4版，大修館書店，東京，87-96頁，(1973)：Einführung in die Phonetik, 第1版，WALTER de GRUYTER & Co., 1972。
- 11) 中原寛子：正常児の調音発達—パラトグラフによる観察—。東北大歯誌，2：93-111，1983。
- 12) 澤島政行：臨床耳鼻咽喉科頭頸部外科全書第9巻 A。第1版，金原出版，東京，126-132頁，1991。
- 13) Heinz, J.M., Stevens, K.N. : On the properties of voiceless fricative consonants. J. Acoust. Soc. Amer., 33 : 589-596, 1962。
- 14) 大泉充郎，藤村 靖：音声科学。第1版，東京大学出版会，東京，148-151頁，276-304頁，1972。
- 15) 大久保一郎：小児の構音とその発達に関する研究—咬合状態からみて—。日大歯学，59：570-583，1985。
- 16) 高橋浩二：側音化構音の音響学的評価。日口蓋誌，11：178-193，1986。

別刷請求先：〒101 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

日本大学歯学部矯正学教室

浜雄一郎