

【研究報告】

/s//t//k/ の母音環境における調音結合の定量的測定

— エレクトロパラトグラフィ (EPG) を用いた評価 —

中村 哲也, 藤原 百合

聖隷クリストファー大学 リハビリテーション学部

E-mail : tetsuya-n@seirei.ac.jp

A Quantitative Evaluation of Co-articulatory Effect of Vowel Environments on the Consonant /s/, /t/, /k/

— Assessment Using Electropalatography (EPG) —

Tetsuya Nakamura, Yuri Fujiwara

Faculty of Rehabilitation Sciences, Seirei Christopher University

要旨

CVC の無意味音節において先行母音・後続母音が /s//t//k/ に及ぼす影響について定量的に検証することを目的に調査を行った。成人被験者 3 名を対象に 30 個の無意味音節について EPG を用いて測定した。無意味音節は /s//t//k/ における前後の母音の影響を検討できるような音節の組み合わせになるように、CVC 音節の一方の先行母音、あるいは後続母音を /a/ に統一し、もう一方を日本語 5 母音に変化させた。EPG から得られたデータは、各子音における最大接触フレームから累積パターンを作成し、舌の口蓋への接触の前後の程度を示す CoG を算出した。/s//t/ については、先行母音・後続母音に /i/ が来る場合に他の母音に比べて CoG の平均値が有意に低く、舌の接触範囲が後方に広がっていることが示唆された。また、/s/ においては硬口蓋中央部にかけて正中方向に接触が広がった。/k/ においては、先行母音・後続母音ともに CoG の平均値が [ika], [uuka]・[eka], [aka]・[oka] の順に低くなり、各音節群間に有意差が認められた。つまり、/i/ → /e//u/ → /a//o/ の順に接触面が前方に広がることが示唆された。これらは、効率的に構音するために先行母音や後続母音の舌の位置が子音に影響を与えているものと考えられ、先行・後続母音のような音環境を考慮した構音訓練が必要と思われた。

キーワード：調音結合, エレクトロパラトグラフィ, CoG

Key Words : co-articulation, electropalatography, CoG

1. はじめに

人が音を連続して構音するときには調音結合という現象が生じる。これは隣接する音素が互いに影響しあって構音運動が効率的に変化する現象のことをいう。機能性構音障害の指導場面において、単音節で [ka] が言えるようになって、[ika] といった単語になると単音節で上手に言えていた [ka] を誤るという場面がみられる。これは、単語になると前後の音素の影響で舌の位置が単音節とは異なるため、単語になると上手く構音出来なくなるという調音結合の影響もあるものと推測される。このように、音韻環境による運動学的な変化は、機能性構音障害における般化を促す上で考慮すべき要因であると考えられる。

母音環境における子音への調音結合の影響については、伊藤・山下 (1998) による電氣的パラトグラムを用いたものと、朱・波多野 (2010) の MRI を用いて調音結合の影響を検討した研究がある。伊藤・山下 (1998) による研究では、無意味音節については /s//t//k/ における先行母音と後続母音の影響について検討を行っている。/s//t/ では先行母音・後続母音ともに /i/ の場合に舌の接触が後方に広がる傾向があり、/s/ の場合には先行母音・後続母音が /u/ の場合に狭めの最も狭い部分の位置が後方化する傾向にあったことが示されている。また、/k/ では先行母音・後続母音ともに /i//u//e/ の場合に舌の接触が前方に広がることが示されていた。しかし、その結果は被験者ごとの接触パターンを観察したのみであり、その結果が定量的に検証されていない。一方、朱・波多野 (2010) の MRI を用いた調音結合研究では、/t//d/, /k//g/ における後続母音の影響について検討されている。/t//d/ においては、伊

藤・山下 (1998) と同様に後続母音に /i/ が来る場合に接触範囲が後方に移動しているとしている。しかし、/k//g/ の場合では後続母音ともに /i/ の場合にのみ舌の接触範囲が前方に広がる傾向にあるとし、接触範囲の前方化の程度には個人差があったと述べている。朱・波多野 (2010) の研究では、主に子音が母音に与える調音結合の影響を調査した研究であるために、先行母音の影響を検討する無意味音節が測定されていないこと、矢状断面による検討であるため舌の前後方向は分かるが舌の口蓋への接触パターンが分からない、症例検討であるために数値が定量的に検討されていないなどの問題がある。

機能性構音障害において単音から単語への般化を考える上では、調音結合の影響によって子音の舌の接触範囲が明らかに変化するかという知見が必要となってくる。音環境によって構音運動の違いが明らかであるとするならば、音環境による適切な構音運動の指導をすることで、構音への般化に繋げていくことが出来ると考えられる。

そのため、まずは成人被験者を対象に舌の口蓋への接触動態が定量的に測定できる EPG を用いて、機能性構音障害児が誤りやすい子音 /t//k//s/ について先行母音・後続母音の構音への影響について定量的に検証することを目的として調査を行った。

2. 対象および方法

1) 被験者

聴力障害の既往がなく、口腔器官の形態に明らかな異常のない成人 3 名 (20 代男性, 40 代男性, 60 代女性) を対象とした。なお、言語聴覚士 2 名が日常会話を聴取したところ、全ての被験者に構音の異常は認められなかった。

2) 発話サンプル

発話サンプルはCVC音節の一方の先行母音, あるいは後続母音を /a/ に統一し, もう一方を日本語5母音に変化させた30個の無意味音節を使用した(表1, 表2).

3) 測定方法

EPGの人工口蓋床は, 最前列が6個, 2~8列目までは8個の電極が配置されているものを上顎印象より作成した. まず, 人工口蓋床に慣れてもらうために, 人工口蓋床を装着した状態で5分ほど自由会話をを行った. その後, 各無意味音節を5回ずつ普段と同じ速度で構音するように指示した. 記録にはWinEPGシステム(Articulate Instruments Ltd., Edinburgh)を使用し, 舌の接触パターンと音声波形, サウンドスペクトルを同期させて記録した. なお, より自然な構音を分析する目的で2~4回目の発話を分析対象とした.

4) 分析方法

① EPG 累積パターン

EPGの分析データは, 被験者3名の各無意味音節における2~4回目の3回の発話, 計9サンプルについて検討を行った. EPGの分析対象フレームは, 各無意味音節において測定対象とする子音について音声波形とサウンドスペクトルで同定し, 舌が口蓋に接触してから開放するまでの間で舌が口蓋に最も多く接触している最大接触フレームとした. McLead & Roberts (1997)の方法に従って, 分析対象の最大接触フレーム9サンプルを累積し, Articulate Assistant softwareの累積機能を用いて累積パターンを作成した(図1). なお, 累積パターンにおける各電極の数字は9サンプルの接触率を示している. 9サンプル全て電極に接触している場合は100%となり黒で示されている. 接触率によって黒から白のグラデーションで示され, 全サンプルで接触がない場合には0%となり白で表示されている.

② 部位ごとの接触率

部位ごとの舌の接触率を明らかにするために, 最大接触フレームの人工口蓋床の前列からR1~R2(Alveolar), R3~R5(Palatal),

表1 先行母音の発話サンプル

| | /a/ | /i/ | /u/ | /e/ | /o/ |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| /s/ | [asa] | [isa] | [usa] | [esa] | [osa] |
| /t/ | [ata] | [ita] | [uta] | [eta] | [ota] |
| /k/ | [aka] | [ika] | [uka] | [eka] | [oka] |

表2 後続母音の発話サンプル

| | /a/ | /i/ | /u/ | /e/ | /o/ |
|-----|-------|--------|--------|-------|-------|
| /s/ | [asa] | [aci] | [asu] | [ase] | [aso] |
| /t/ | [ata] | [atei] | [atsu] | [ate] | [ato] |
| /k/ | [aka] | [aki] | [aku] | [ake] | [ako] |

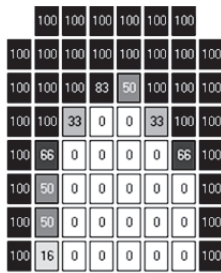


図1 [ata] の累積パターン

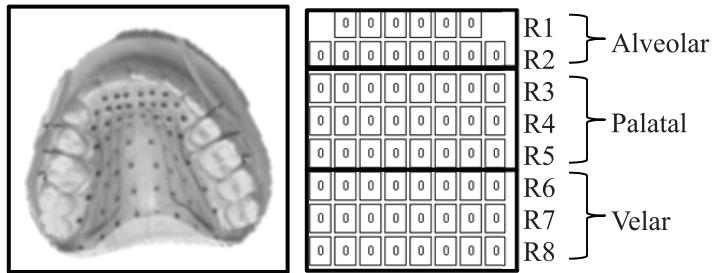


図2 接触部位における分類

R6～R8 (Velar) に分けて電極の接触数をカウントした (図2). カウントした各部位の接触数を電極数 (Alveolar 14, Palatal 24, Velar 24) で割り 100 を掛けたものを各部位ごとの接触率とした.

③ Center of Gravity (CoG)

Hardcastle & Gibbon (1997) の方法に従っ

て, EPG の定量的分析方法である CoG を算出した. CoG とは舌の口蓋への接触が前寄りか後ろ寄りかを示す指標である. 人工口蓋床の各列 (R1～R8) の接触数が前方に行くほど重みづけがなされているため, 前方に接触するほど CoG の数値が高くなる. CoG の計算方法は以下の通りである.

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

5) 倫理的配慮

聖隷クリストファー大学倫理委員会の承認後に, 被験者に対して研究の主旨と研究方法, 研究参加によるメリットとデメリットを説明して同意を得た (承認番号 15056).

3. 結果

1) /s/ の EPG パターン

① /s/ における先行母音の影響

/s/ における母音ごとの累積頻度パターン, 部位ごとの最大接触フレーム 9 サンプルの接触率の平均値と CoG の平均値をそれぞれ図3

～図5に示す. 図4より, 先行母音に /i/ がくる場合には Palatal と Velar の接触率が高くなる傾向がみられた. また, 各 CoG の平均値について 1 元配置の分散分析を行ったところ, F 値 2.517, 有意確立 0.056 となり, 各先行母音間の CoG の平均値に差がみられた. さらに, Turkey 法による多重比較を行ったところ, [asa] と [isa] の間に 1% 水準で有意差が認められており (図5), /s/ の構音時に先行母音 /i/ がくる場合には, 他の母音に比して舌の接触が歯茎から硬口蓋中央部にかけて正中部方向に向かって広がった.

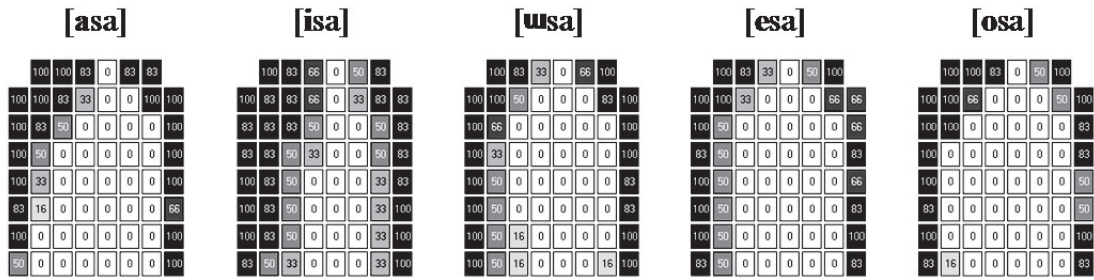


図3 /s/における各先行母音の累積パターン

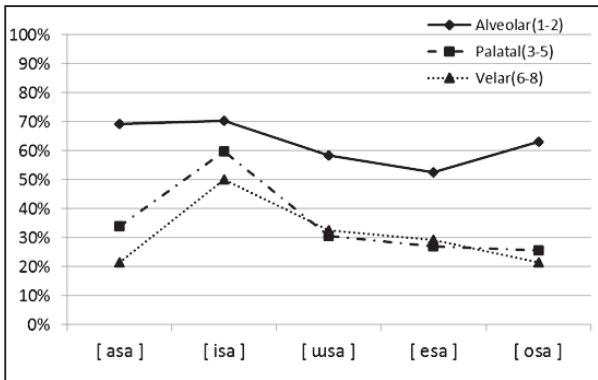


図4 /s/における各部位の接触率の平均

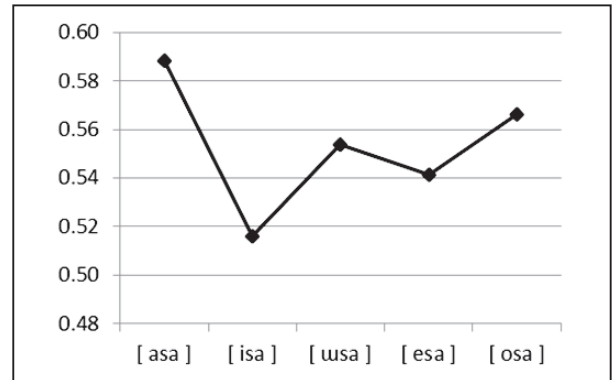


図5 /s/における先行母音別 CoG の平均

② /s/ における後続母音の影響

/s/ における母音ごとの累積頻度パターン、部位ごとの接触率の平均値と CoG の平均値をそれぞれ図6～図8に示す。先行母音と同様に、子音の後に母音 /i/ がくる場合には（日本語のサ行において後続母音が /i/ の場合に子音は [c] となる）、他の母音に比して舌の狭めの最も狭い部分の位置が後方に移動した。また、各

CoG の平均値について1元配置の分散分析を行ったところ、F 値 5.095、有意確立 0.02 となり、各先行母音間の CoG の平均値に差がみられた。さらに、Turkey 法による多重比較を行ったところ、[aci] と [asa] だけではなく [asu] との間にも 1%水準で有意差が認められた（図8）。

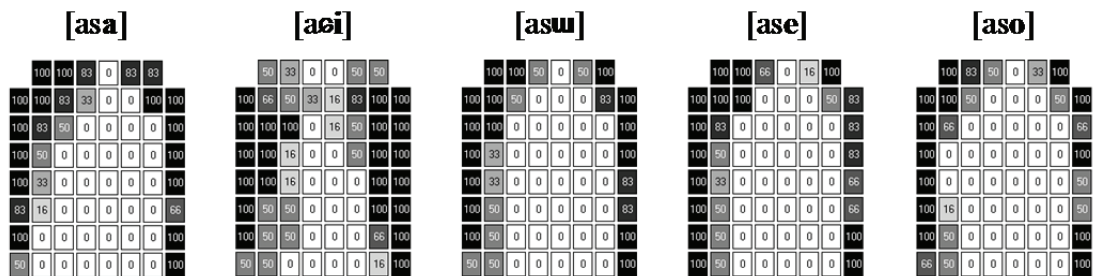


図6 /s/における各後続母音の累積パターン

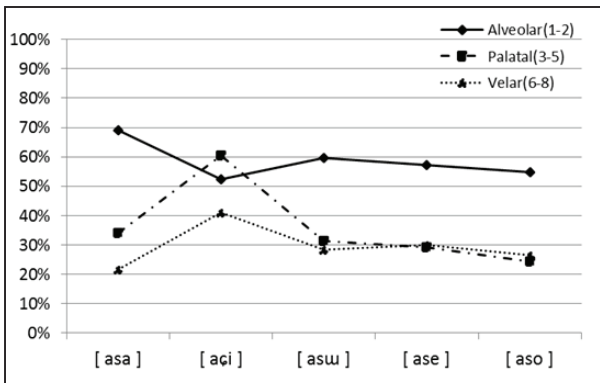


図7 /s/における各部位の接触率の平均

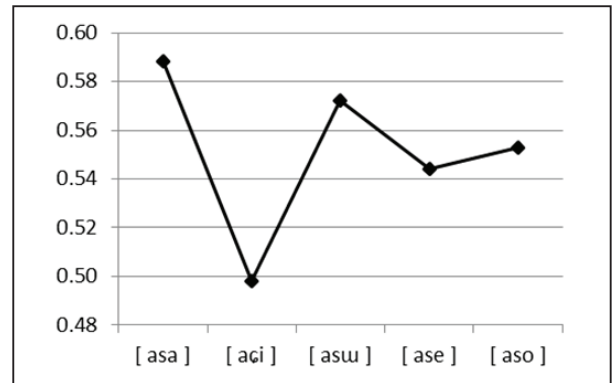


図8 /s/における後続母音別 CoG の平均

③ 先行母音と後続母音の差

先行母音と後続母音の CoG の平均値を図9に示す。先行母音と後続母音の影響の差を検討するために、それぞれの先行母音と後続母音の CoG について t 検定を行ったところ、いずれの母音においても有意差は認められなかった。 /s/ においては、先行母音と後続母音が子音に与える影響の差は認められなかった。

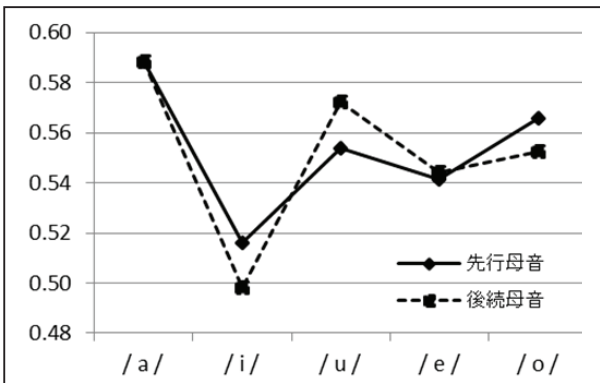


図9 /s/における先行母音 / 後続母音別 CoG の平均

2) /t/ の EPG パターン

① /t/ における先行母音の影響

/t/ における母音ごとの累積頻度パターン、部位ごとの接触率の平均値と CoG の平均値をそれぞれ図10～図12に示す。図11より、先行母音に /i/ がくる場合には Palatal と Velar の接触率が高くなる傾向がみられた。また、[ata] においても Palatal の接触率が [uta]・[eta]・[ota] に比して高く、舌がやや後方まで接触している傾向にあった。各 CoG の平均値について1元配置の分散分析を行ったところ、F 値 18.865、有意確立 0.001 となり、各先行母音間の CoG の平均値に差がみられた。さらに、Turkey 法による多重比較を行ったところ、[ita] と [ata]・[uta]・[eta]・[ota] において1%水準で有意差が認められており(図12)、/t/ の構音において先行母音 /i/ がくる場合には、他の母音に比して舌の接触範囲がより

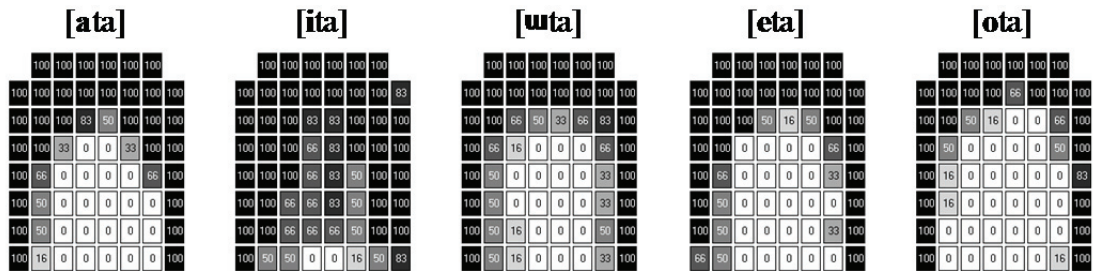


図10 /s/ における各先行母音の累積パターン

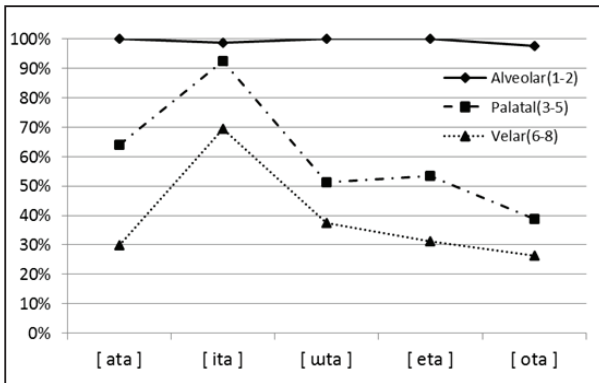


図 11 /t/ における各部位の接触率の平均

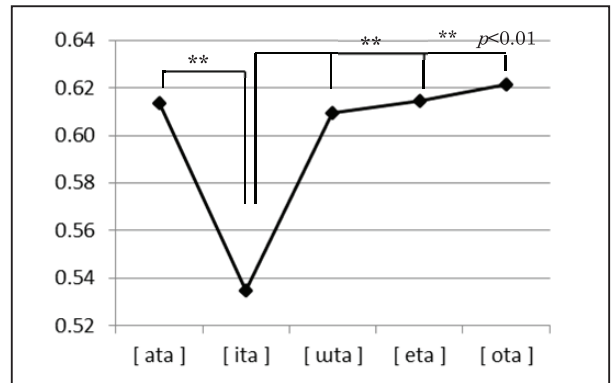


図 12 /t/ における先行母音別 CoG の平均

硬口蓋の後方にまで広がった。

② /t/ における後続母音の影響

/t/ における母音ごとの累積頻度パターン、部位ごとの接触率の平均値と CoG の平均値をそれぞれ図 13～図 15 に示す。先行母音と同様の傾向を示し、子音の後に母音 /i/ がくる場合に、他の母音に比して舌の接触が硬口蓋中部

～後部まで後方に移動した。各 CoG の平均値について 1 元配置の分散分析を行ったところ、F 値 5.753、有意確立 0.001 となり、各先行母音間の CoG の平均値に差がみられた。さらに、Turkey 法による多重比較を行ったところ、[atci] と [ata]・[atsuw]・[ato] において 1% 水準で有意差が認められた (図 15)。

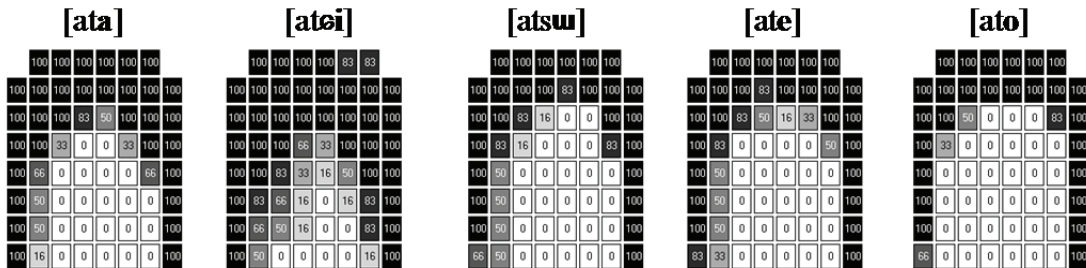


図 13 /t/ における各後続母音の累積パターン

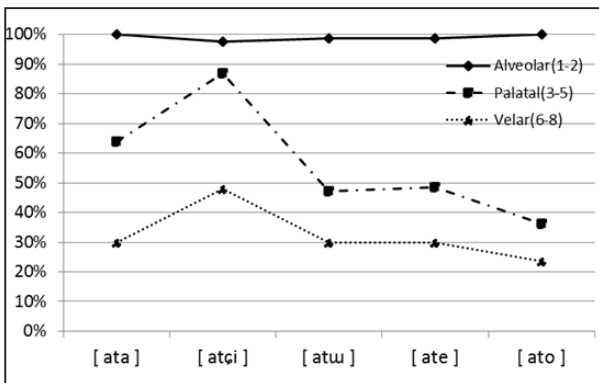


図 14 /t/ における各部位の接触率の平均

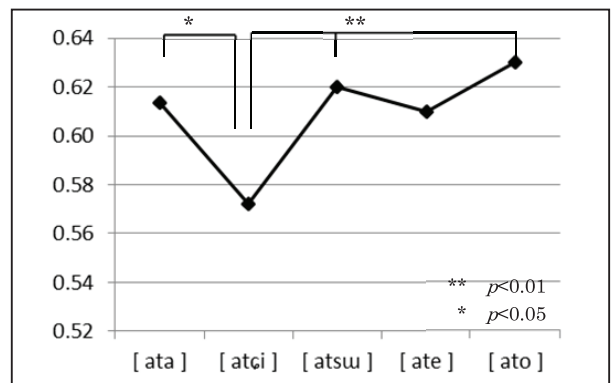


図 15 /t/ における後続母音別 CoG の平均

③先行母音と後続母音の差

先行母音と後続母音の CoG の平均値を図 16 に示す。先行母音と後続母音の影響の差を検査するために、それぞれの先行母音と後続母音の CoG について t 検定を行ったところ、/t/ において母音が /i/ の場合に先行母音と後続母音の CoG の平均値に差が認められた。つまり、/t/ においては、後続母音 [atei] よりも先行母音 [ita]の方が母音 /i/ の影響を強く受けて /t/ の構音時に舌がより後方に接触範囲が広がった。

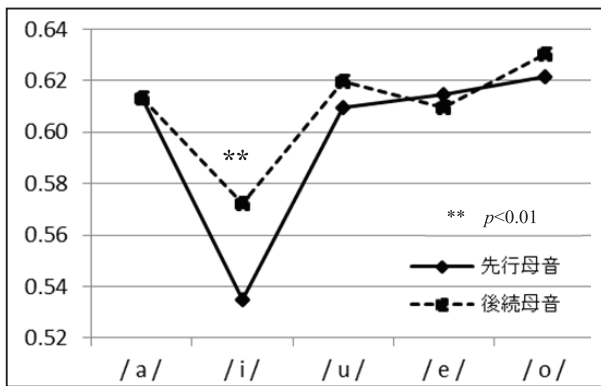


図 16 /t/ における先行母音 / 後続母音別 CoG の平均

3) /k/ の EPG パターン

① /k/ における先行母音の影響

/k/ における母音ごとの累積頻度パターン、部位ごとの接触率の平均値と CoG の平均値をそれぞれ図 17 ~ 図 19 に示す。図より、先行母音に /i/ がくる場合には、他の母音がくる場合と比べて Velar だけではなく Palatal においても接触率が高くなり、歯茎から硬口蓋全部にまで前方に接触する傾向がみられた。また、Velar の接触率は、先行母音が /i/ → /u//e/ → /a//o/ の順で少なくなっている (図 18)。/u//e/ については硬口蓋後部までの接触がみられたが、/a//o/ においては被検者によっては最後列の R8 でも接触がみられないことがあり、EPG 上では完全閉鎖がみられないことがあった。各 CoG の平均値について 1 元配置の分散分析を行ったところ、F 値 93.083, 有意確立 0.001 となり、各先行母音間の CoG の平均値に差がみられた。さらに、Turkey 法による多重比較を行ったところ、[ika], [uka]・[eka], [aka]・[oka] との間に 1% 水準で有意差が認められた (図 19)。つまり、/k/ の構音においては、先行母音が /i/ → /u//e/ → /a//o/ の順に舌の接触が前方に広がった。

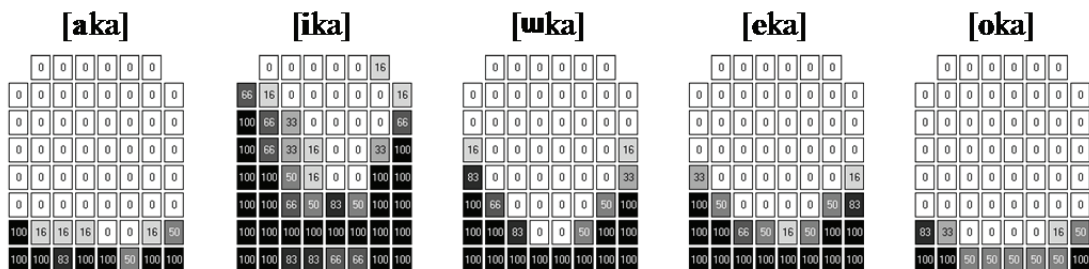


図 17 /k/ における各先行母音の累積パターン

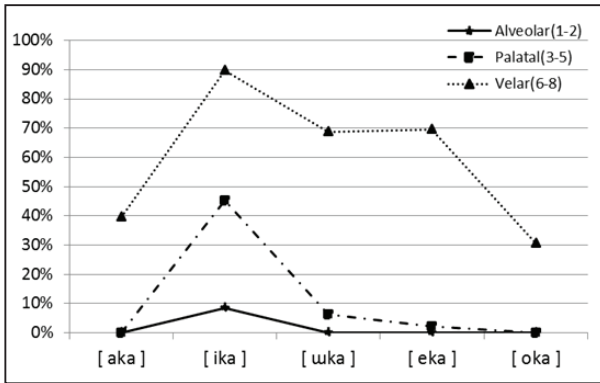


図 18 /k/ における各部位の接触率の平均

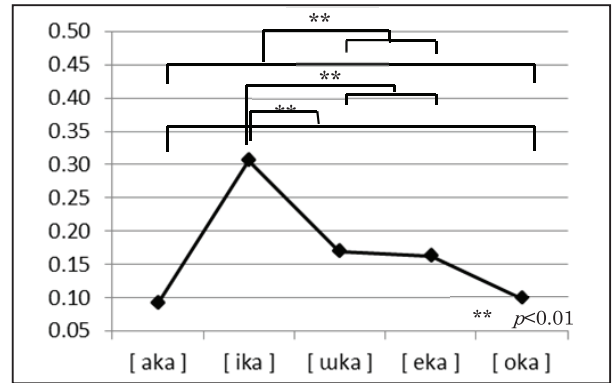


図 19 /k/ における先行母音別 CoG の平均

② /k/ における後続母音の影響

/k/ における母音ごとの累積頻度パターン、部位ごとの接触率の平均値と CoG の平均値をそれぞれ図 20～図 22 に示す。/k/ においても先行母音と同様の傾向を示し、後続母音が /i/ → /u//e/ → /a//o/ の順で舌の接触が後方に移動している。各 CoG の平均値について 1 元配置の分散分析を行ったところ、F 値 107.554、有意確立 0.001 となり、各先行母音間の CoG の平均値に差がみられた。さらに、

Turkey 法による多重比較を行ったところ、[akʲi], [aku]・[ake], [aka]・[ako] との間に 1%水準で有意差が認められている (図 21)。つまり、/k/ の構音においては、先行母音と同様に後続母音においても /i/ → /u//e/ → /a//o/ の順に舌の接触が前方に広がった。また、先行母音と同様に、[aka] や [ako] については、被検者によっては EPG 上では完全閉鎖がみられないことがあった。

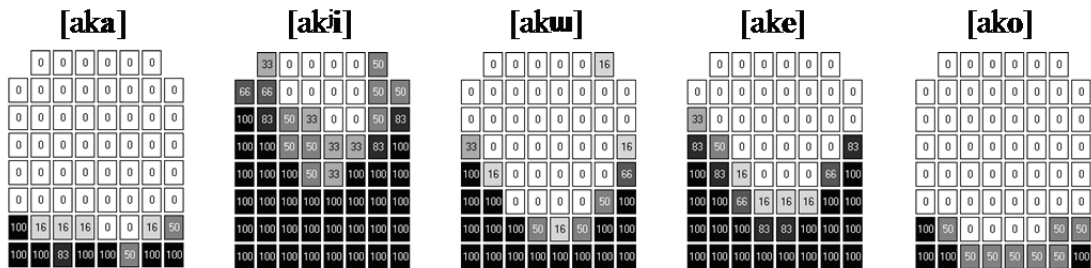


図 20 /k/ における各後続母音の累積パターン

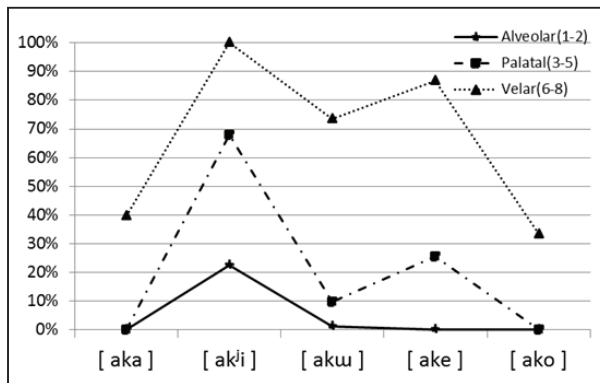


図 21 /k/ における各部位の接触率の平均

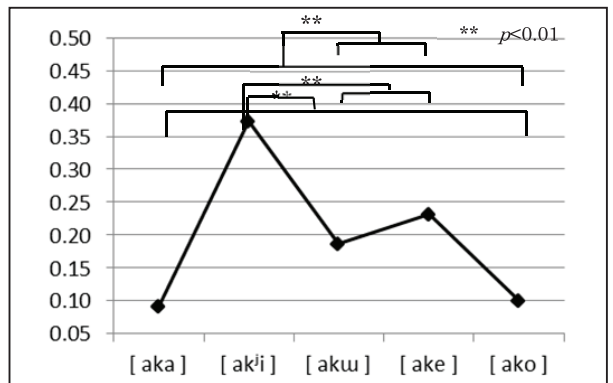


図 22 /k/ における後続母音別 CoG の平均

③先行母音と後続母音の差

先行母音と後続母音の CoG の平均値を図 23 に示す。先行母音と後続母音の影響の差を検討するために、それぞれの先行母音と後続母音の CoG について t 検定を行ったところ、/k/ において母音が /i/ と /e/ の場合に先行母音と後続母音の CoG の平均値に差が認められた。つまり、/k/ においては先行母音 [ika] [eka] よりも後続母音 [aki] [ake] の方が母音の影響を強く受けて /k/ の構音時に舌がより前方に接触していた。

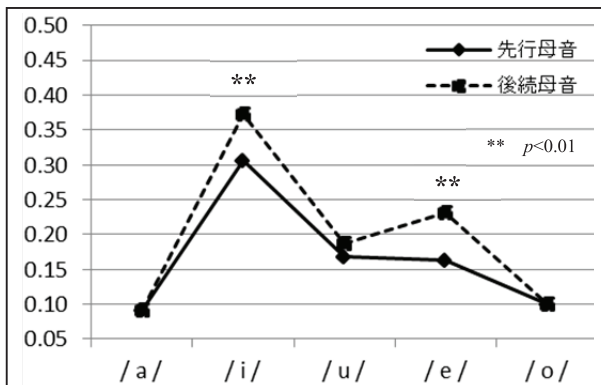


図 23 /k/ における先行母音 / 後続母音別 CoG の平均

4. 考察

1) /s/ における調音結合の影響

/s/ においては、先行母音と後続母音ともに /i/ の場合に、他の母音に比べて舌の接触が後方に移動していた。後続母音においては、日本語の「シ」の子音は硬口蓋化の影響によって歯茎硬口蓋摩擦音 [ç] となることが知られており、構音点が後方に移動したものと思われる。その

一方で、先行母音においても後続母音と同様に舌の接触が後方に広がっている。異なる点は、後続母音 [aci] の場合には [asa] よりも歯茎部の接触が少なくなり構音点が後方化しているのに対して、先行母音 [isa] では [asa] と比べて歯茎部の接触はそのまま、それに加えて後方の舌縁部に接触が広がっている (図 24)。これは、影響を与えている /i/ が前舌狭母音であるために、先行母音 [i] の構音時にはすでに舌縁部が口蓋に接触しており (藤原・山本・前川, 2008), その状態で [sa] を構音するためには舌縁部はそのまま舌尖部のみを接触させた方が効率的であるためと考えられた。

/s/ に与える調音結合の影響については、伊藤・山下 (1998) の先行研究とほぼ同様であり、先行母音と後続母音が /i/ の場合に口蓋中央～後部にかけて舌の接触が広がっていた。ただし、伊藤・山下 (1998) の結果では、「先行母音に /u/ が来る場合に口蓋後部で少し広い接触を示すものがいた」と報告されているが、本研究ではそのような傾向は認められなかった。朱ら (2010) は、MRI 動画撮影により単音節の /u/ を観測すると、従来日本語の /u/ は後舌母音といわれていたが、実は舌高点と舌根面の相対的位置は前舌母音の /i//e/ に近く、舌全体も口腔中前部にあると報告している。そのため、/u/ の前舌面の高さが影響して口蓋後部での接触が広がった可能性がある。しかし、伊藤・山下 (1998) の研究でも全ての被験者にみられる傾向ではないことから、これらの傾向には個人差がみられると思われる。

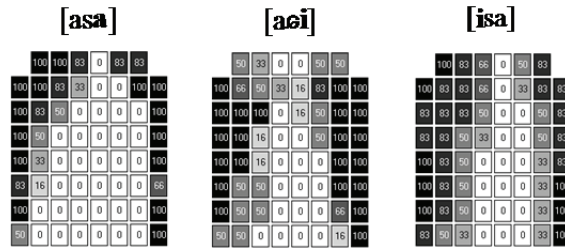


図 24 /s/ における /i/ の先行母音と後続母音の累積パターンの違い

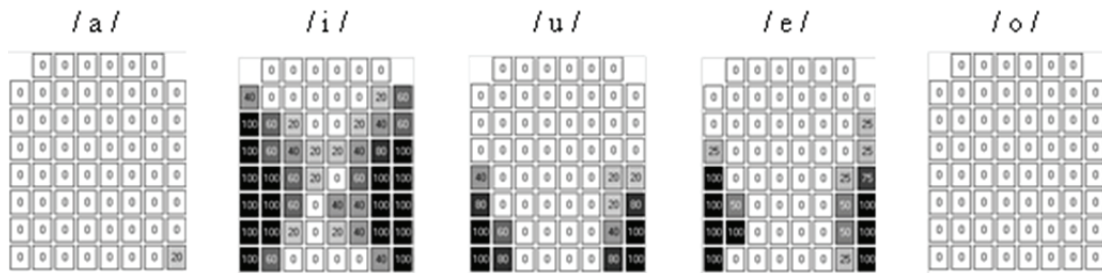


図 25 日本語母音の EPG 累積パターン (藤原ら, 2008)

2) /t/ における調音結合の影響

/t/ においては, 先行母音と後続母音ともに /i/ の場合に, 他の母音に比べて舌の接触が後方に移動する現象がみられた. 後続母音においては, 日本語の「チ」は [tɕi] となり, /t/ の後に歯茎硬口蓋摩擦音 [ɕ] が構音されて破擦音となる. そのため, [t] の構音時にはすでに歯茎硬口蓋の舌縁まで接触した状態で前舌だけ動かして破裂音を産生した方が効率的であるた

めと思われる (図 26). [atɕi] においては, 後続母音の /i/ だけではなく [ɕ] の影響も受けて構音運動が変化しているものと考えられる. 伊藤・山下 (1998) の先行研究も同様に先行母音と後続母音が /i/ の場合に口蓋中央~後部にかけて正中寄りに舌の接触が広がる傾向にあったと報告しており, 同様の傾向がみられている.

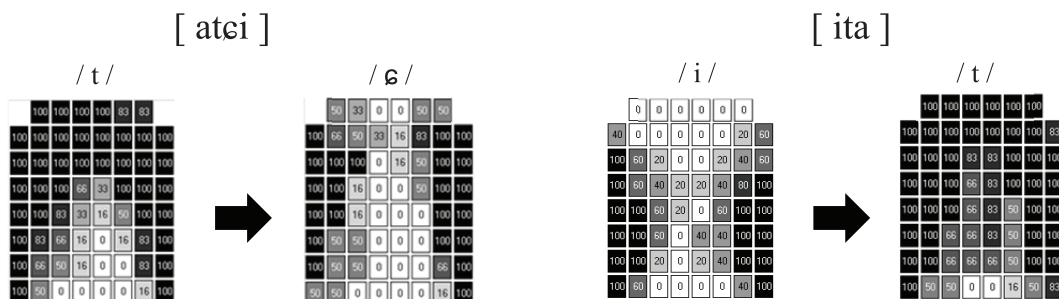


図 26 [atei] と [ita] の構音運動に伴う EPG 累積パターンの変化

一方、/t/においては、/i/だけではなく先行母音と後続母音に/a/がくる場合には/u//e//o/よりも舌の接触が後方に広がる傾向にあった。しかし、伊藤・山下(1998)の報告ではこのような傾向がみられていない。/a/は広母音であり、日本語5母音では舌と口蓋が最も離れている母音である。そのため、/a/の舌の状態から/t/の前舌を歯茎部まで拳上する運動をする際に舌が移動する距離が他の母音に比べて長いために、いくつかの運動パターンが可能であると考えられる。また、/a/の構音時の舌の形は、Flat型(平らな舌)とFlat-Groove型(舌の正中に浅い溝を形成する)が多いとされており(森・山下・武井・長谷川・中道・高橋, 2013), 舌の形はほぼ平らである。そのため、/t/の構音時に舌の形態をほぼ平らにした状態で前舌全体を歯茎部に接触するパターンと舌尖だけを拳上して閉鎖を作る運動パターンが考えられる。前者の場合には舌の接触が後方に広がるものと考えられ、この運動パターンの違いは構音の運動スピードに影響するものと推測される。これらの違いが構音スピードに影響するかどうかは、今後検討していく必要がある。

3) /k/における調音結合の影響

/k/においては、先行母音、後続母音ともに/i/⇒/e//u/⇒/a//o/の順で接触面が前方に広がる傾向にあった。/a//o/においては被検者によってEPG上では完全閉鎖がみられないことがあり、これはEPGの電極より後ろで閉鎖が起こっているためだと思われる。Liker & Gibbon (2008)の研究においても、前舌狭母音である/i/に限ってはEPG上では全員に完全な閉鎖がみられているが、それ以外の母音ではEPG上では完全に閉鎖していない場合があり、/k/における破裂音の閉鎖位置には個人差

があることが明らかとなっている。

調音結合の影響については、/i/においては、/s//t/と同様に口蓋化の影響によって構音点が口蓋に近づくことで舌の接触範囲が前方に広がったものと思われる。/e//u/においては、/e/は前舌半狭母音、/u/は後舌狭母音であり、母音の構音時に舌が口蓋部の舌縁に接触している(藤原他, 2008)。そのため、接触した状態からそのまま奥舌を拳上することで効率的に構音することが可能となるため、/k/の構音時に舌の接触が前方に広がるものと考えられた。

伊藤・山下(1998)の先行研究も同様に先行母音と後続母音が/i//u//e/の場合に舌の接触が前方に広く接触しているとしており、同様の傾向がみられた。また、先行母音と後続母音の影響の差については、/i/に関して先行母音に比べて後続母音の方がより前方部での閉鎖がみられていると報告されており、この結果も本研究と同様であった。一方、英語における母音の調音結合の影響についてEPGを用いて検討した研究では、/i/に関しては[aki]よりも[ika]の方が前方に舌が接触していることが報告されている(Liker & Gibbon, 2008)。つまり、英語では先行母音の方がより調音結合の影響を受けたとしており、日本語とは逆の傾向を示している。日本語において後続母音の方が調音結合の影響が強いのは、日本語は原則CV構造であり、そのためVCV音節においてVC-Vという音節のつながりよりもV-CVという音節のつながりの方が強いために後続母音の方が子音に強く影響を及ぼしたものと推測される。一方、英語の音節構造としてVC等の閉音節も存在すること、英語の/i/は日本語の/i/より舌と口蓋までの隙間が狭いため、より調音結合の影響を受けやすいことが影響しているものと考えられた。

また, /k/ は /s//t/ に比べて, 調音結合の影響を強く受ける傾向にあった. 朱・波多野 (2010) は, /k//g/ において調音点の変動することについて, 日本語における後舌面子音は /k//g/ のペアしかないため, 構音点自体が大きく変動しても他の子音と干渉して音韻体系に影響を与えることがないからであるとしている. そのため, /k/ に関しては, 発音がスムーズに出来るように舌が変化する幅が大きいため調音結合の影響を受けやすいものと考えられた.

4) 構音訓練における留意点

/t/ は先行母音・後続母音に /a//u//e//o/ が来る場合には /i/ とは異なり, 歯茎から硬口蓋前部までの舌尖部の接触のみで構音される必要がある. そのため, /t/ の指導の際には先行母音・後続母音に /a//u//e//o/ が来る場合には, 般化を考慮するために効率的に構音運動をさせるという視点から, 舌尖部だけで構音させることを意識させる必要がある.

また, /k/ を指導する場合には, 英語では接触範囲の広い前舌狭母音である [kʰi] から開始することが推奨されている (Liker & Gibbon, 2008). 一方, 日本語における /k/ の発達途上にみられる誤りについては, [ka] と [ko] は構音点が歯茎に前方化する誤りのみであるが, [ke]・[kw]・[kʰi] では構音点が歯茎硬口蓋に前方化する誤りが認められる (中村・藤原, 2015). つまり, 日本語の場合には舌が前に行きすぎてしまうと [tʰi] に置換することが多くなるため, 舌の接触範囲を調節する必要のある [kʰi] の構音操作はかえって難しいと考えられる. そのため, [ka]・[ko] の前方に舌の接触が前方に広がらず舌の細かい調節があまり必要のない音から開始し, [ke]・[kw] → [kʰi] の順で後続母音の影響を受けるグループごとに

単音節を指導していくことが効率的であろうと考えられる.

今回, 調音結合が子音に与える影響は, 後続母音だけではなく先行母音も子音に影響を与えることが定量的評価にて明らかとなった. そのため, 単語や会話になっても正確に構音出来るようにするためには, /k/ の前に /i//e//u/ を付けて繰り返し練習するなど, 訓練対象の子音に先行母音を付けて繰り返し練習する必要があるものと考えられる. このように, 音環境を考慮して訓練することによって般化が促される可能性があると考えられる. また, EPG 訓練の際には子音における構音運動の目標モデルとして本研究で得られた EPG の累積プレートを見本にしてフィードバックしながら指導することや, 訓練目標や改善の指標として CoG の値が参考になるものと考えられる. 今後は症例数を増やすことによって, より正確な EPG テンプレートや CoG の値の取り得る範囲を提示していくことが必要となろう. さらに, 実際の機能性構音障害の訓練において継次的に CoG の値を測定していくことによって, 般化がみられる CoG の値を検証していくことが課題となってくるものと思われる.

文献

- Cheng, H. Y., Murdoch, B. E., Goozee, J. V., & Scott, D. (2007). Electropalatographic assessment of tongue-to-palate contact patterns and variability in children, adolescents, and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 50*(2), 375-392.
- 藤原百合・山本一郎・前川圭子 (2008). 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 音声言語医学, 49(2), 101-106.
- Hardcastle, W. G., & Gibbon, F. E. (1997). *Instrumental Clinical Phonetics*, London: Whurr Publishers.
- 伊藤秀美・山下真司 (1998). 電氣的パラトグラムによる日本語子音調音の母音環境による変動 電子情報通信学会技術研究報告 SP, 音声, 98(317), 39-46.
- Liker, M., & Gibbon, F. E. (2008). Tongue palate contact patterns of velar stops in normal adult English speakers. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(2), 137-148.
- McLead, S., & Roberts, A. (2005). Templates of tongue/palate contact for speech sound intervention. *Proceedings of the 2005 Speech Pathology Australia National Conference*, 104-112.
- 森紀美江・山下夕香里・武井良子・長谷川和子・中道由香・高橋浩二 (2013). 超音波診断装置を用いた健常人の5母音発音時の3次元舌運動様式の検討 日本口腔科学会雑誌, 62(4), 274-280.
- 中村哲也・藤原百合 (2015). 日本語音 /k/・/ɾ/ において母音環境が子音に及ぼす影響 リハビリテーション科学ジャーナル, 11, 25-34.
- 朱春躍・波多野博顕 (2010). MRI 動画撮像により観測した日本語音節連鎖における調音結合 音声研究, 14(2), 45-56.

A Quantitative Evaluation of Co-articulatory Effect of Vowel Environments on the Consonant /s/, /t/, /k/

— Assessment Using Electropalatography (EPG) —

Tetsuya Nakamura, Yuri Fujiwara

Faculty of Rehabilitation Sciences, Seirei Christopher University

E-mail : tetsuya-n@seirei.ac.jp

Abstract

The aim of this study was to analyze co-articulatory effect of vowel environments on VCV contexts. The study used electropalatography (EPG) to record three normally speaking adults' tongue-palate contact patterns of /s//t//k/ in thirty VCV contexts. A cumulative template was generated from the maximum contact frame for each sound and the center of gravity (CoG) value was calculated, which represents the relative concentration of electrodes in the anterior-posterior dimension of the palate. The most fronted and most contact occurred in /i/ contexts during utterances with /s//t/. The tongue-to-plate contacts spread backward in the order /i/ → /e//u/ → /a//o/ during utterances with /k/. It is considered that different vowel contexts influence the tongue-palate contact of these consonants for efficient articulation.

Key Words : co-articulation, electropalatography, CoG