

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K02524

研究課題名(和文) 舌位置精密測定による子音クラスター調音運動の解析

研究課題名(英文) Precise measurement of tongue movement in consonant clusters

研究代表者

船津 誠也 (FUNATSU, Seiya)

県立広島大学・学術情報センター・准教授

研究者番号：30275383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：我々は母語に存在する子音クラスターと母語に存在しない子音クラスターとで、発話者の調音運動に差があるかどうかを舌位置を精密に測定することにより検証した。発話者は英語母語話者と日本語母語話者である。WAVE (NDI Corp.)を用いて舌先と下顎、下唇の運動を記録した。英語母語話者では母語と非母語で下顎と下唇の運動に顕著な差が見られた。母語ではすべての発話でほぼ同じ調音動作が生じていたが非母語では発話ごとの調音運動の差が大きかった。日本語母語話者はすべてのクラスターで発話ごとの調音運動の差が大きかった。英語母語話者においても母語に存在しないクラスターでは調音運動にばらつきが生じることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We investigated the difference of articulatory movement between native and non-native consonant clusters. English has consonant clusters, but Japanese does not. Therefore, speakers chosen for comparison were native English and native Japanese speakers. Speech samples were 4 words. We measured the movement of the tongue tip, the mandible and the lower lip by WAVE system (NDI corp.). There were remarkable differences in the mandible and the lower lip movement between native and non-native clusters in English speakers. Namely, with the non-native clusters the difference of the articulatory movement in the mandible and the lower lip of every utterance was quite large, however in native clusters the difference was quite small. For Japanese speakers it was large for all clusters. Thus, it was revealed that the articulatory movement of the mandible and the lower lip in non-native clusters was not stable in native English speakers, even though English has consonant clusters.

研究分野：音声科学

キーワード：調音運動 子音クラスター 非母語 下顎 舌先 英語

1. 研究開始当初の背景

非母語子音クラスターの発音には困難を伴うことがよく知られている。本研究では子音クラスター調音時の舌運動を精密に測定する方法を用い、発話者の調音器官の大きさの違いを取り除くことにより、正確な話者間比較を可能にすることを目的とする。さらにこの測定方法により、個々の話者が子音クラスター調音時にいかなる戦略を用いて調音器官を動かしているのか、を明らかにする。

2. 研究の目的

第二言語を習得する際に、母語に存在しない子音クラスターの発音には困難を伴うことがよく知られており、この場合、子音クラスターの第1子音が他の子音へ変化するか脱落が生じる、語頭音添加 (prothesis) が生じる、あるいは第1第2子音間への母音添加 (vowel epenthesis) が生じるといわれている (Davidson, 2005)。

我々が行なった過去の研究 (WAVE システムを用いた) で次のような疑問が生じた。日本語母語話者、英語母語話者ともに非母語子音クラスター発話時の舌運動は、発話者および子音クラスターの種類によるばらつきが大きく、子音クラスター発話には「一定の戦略 (ストラテジ) が存在しないのではないか」という疑問である。特に日本語母語話者においては、それぞれの話者がそれぞれの子音クラスターの発話において、各人各様の調音動作を行っており、いわば「出たところ勝負」の感すらある状態であった (船津ら, 2014)。

過去の研究では WAVE システムにより通常の方法で舌運動を測定した (鼻根点においた参照センサから舌上のセンサまでの距離を測定) が、この通常の方法では発話者の調音器官 (舌、口腔など) の大きさの違いにより測定値に差が生じてしまう。我々は発話者による調音器官の大きさの違いを除去する方法を考案したが (Funatsu et al. 2013)、ある程度の効果はあったものの完全には影響を除去できていない状態であった。

本研究では北村らが考案した咬合面の測定方法を用い、さらに発話者の口蓋を計測することにより非母語子音クラスターを発話する際の舌運動の精密な測定を行う。これにより話者間の正確な比較を可能にする。そして (1) 発話者がなんらかの戦略に基づいて子音クラスターを調音しているか、(2) 戦略に基づくのならいかなる戦略か、について明らかにする。

Seiya Funatsu, Masako Fujimoto (2013) A study of data normalization measured by an electro-magnetic articulograph. 21st International Congress on Acoustics Proceedings. 1-8.

船津誠也、今泉敏 (2014) 子音クラスター構音時のクラスター構成音素による影響、第59回日本音声言語医学会総会・学術講演会予稿集、73

3. 研究の方法

検査語

発話資料には、無意味語 blat, bnat, plat, pnat の4語を用いた。これらの子音クラスター /b/, /bn/, /pl/, /pn/ はいずれも日本語には存在しない。一方英語においては子音クラスター /b/ および /pl/ は実在し、/bn/ および /pn/ は存在しない。第1子音はすべて破裂音、第2子音の調音点はすべて歯茎である。これらの4語をキャリア文 “Say X” に埋め込み、各文5回ランダムな順序で発話した。

発話者

発話者は日本語話者3名 (J1, J2, J3 すべて男性) および英語話者 (E1 男性、E2 女性) であった。発話者はディスプレイの前に座り、画面上に表示される文章を読み上げた。発話者が文章を読み終わった段階で次の文章を提示した。

WAVE 計測

調音器官の運動および発話音声は WAVE System を用いて同時に記録した。WAVE のセンサは、正中面上の後舌 (TB)、舌背 (TM)、舌先 (TT)、下切歯 (LI)、上唇 (UL)、下唇 (LL) に配置した。さらに参照センサとして6D センサを鼻根点に配置した。各センサを配置した後、アクリル板で作成した咬合面測定板を各話者が噛むことにより咬合面を決定した。この後、歯科用印象材を用い口蓋形状を正確に形どりし、WAVE システムのプロープセンサで正中面をなぞって口蓋形状を決定した。各センサの運動解析には mview を用いた。TT の位置は咬合面および口蓋形状により補正した。

実験 1

TT および LL センサの Y 方向 (superior-inferior: いわゆる上下方向) の変位について測定した。検査語の区間において LL の極大点から TT の極大点までの時間を CCt、LL の極大点から LL の極小点 (母音 /a/ の調音点) までの時間を CCvt とした (図 1)。

結果

日本語話者および英語話者の CCt 値 (平均) を図 2 に示す。日本語話者の方が英語話者より調音に時間がかかっていることがわかる。言語および子音クラスターを因子として分散分析を行なったところ、言語による有意な主効果が認められた ($p < 0.0001$)。図 3 は CCvt 値 (平均) である。日本語話者、英語話者ともほぼ同じ値を示している。CCt 値と同様に、言語および子音クラスターを因子として分散分析を行なった。主効果、交互作用とも有意差は認められなかった。図 4 は CCt 値と CCvt 値の比 (CCt/CCvt) である。言語および子音クラスターを因子として分散分析を行なったところ、言語による有意な主効果が認められた ($p < 0.0001$)。

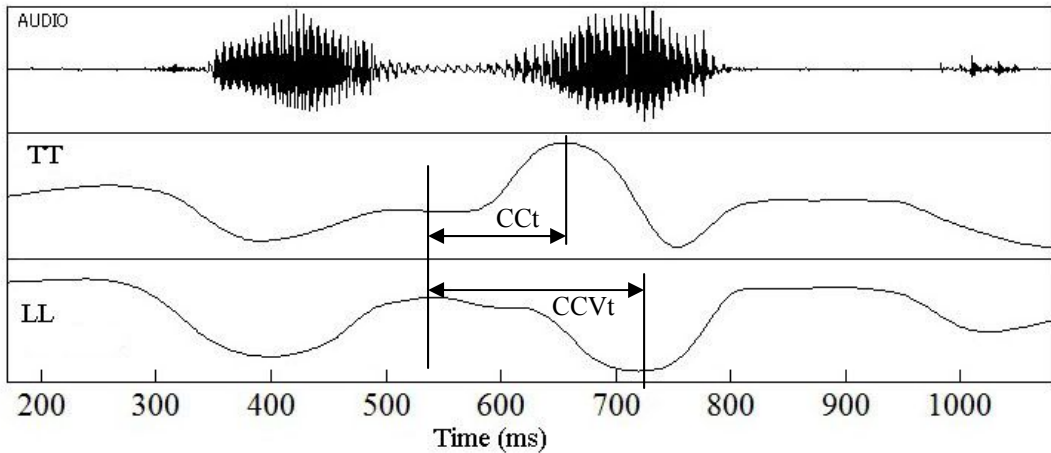


図 1 “Say blat” 調音時の TT および LL の上下方向の変化 (日本語話者)

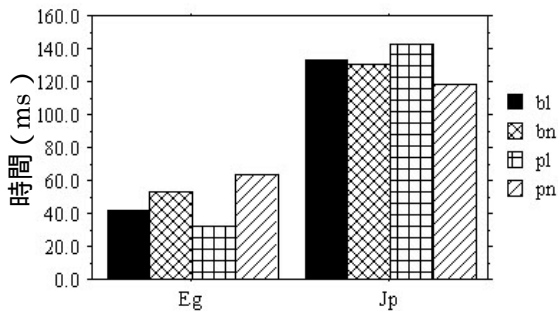


図 2 子音クラスターの調音時間

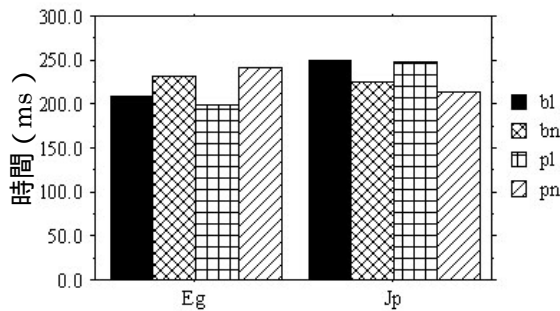


図 3 子音クラスター+母音の調音時間

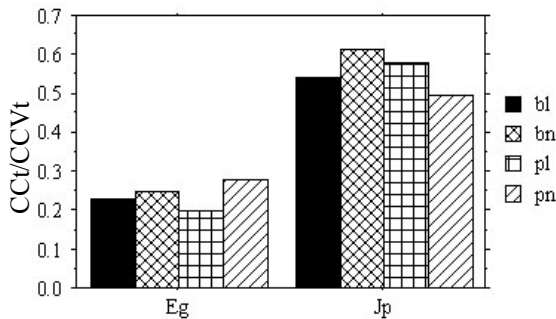


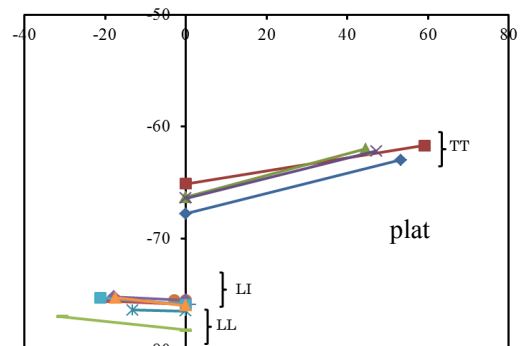
図 4 CCV 中の子音クラスターの割合 (比)

実験 2

TT、LI および LL センサの解析を行なった。この解析では、両唇音である第 1 子音の burst から歯茎に調音点がある第 2 子音の TT の最高点までの遷移時間、LI および LL の最高点から第 1 子音バーストまでの時間および TT、LI、LL の変位を計測した。

結果

図 5 は英語母語話者の例である。横軸は時間であり 0 は第 1 子音のバーストにとってある。実在する子音クラスタを含む“plat”においては LI および LL とも調音のばらつきは少ない。一方実在しない子音クラスタを含む“pnat”では、LI および LL とも調音毎のばらつきが大きく、バースト後に最高点に達する発話も存在した。母語に子音クラスタが存在する言語の話者（この場合は英語母語話者）が非母語子音クラスタを調音するとき、母語の調音戦略の適用により非母語子音クラスタであっても正確に調音できるとされてきた。しかしながら、この例からは英語母語話者であっても英語に存在しない子音クラスターの調音では、調音戦略ができていない可能性が推察された。図 6 は日本語母語話者の例である。英語母語話者とは異なり、“pnat”はもちろん“plat”においても調音毎のばらつき (LI および LL) が大きく調音戦略は存在していない可能性が大きいことがわかる。



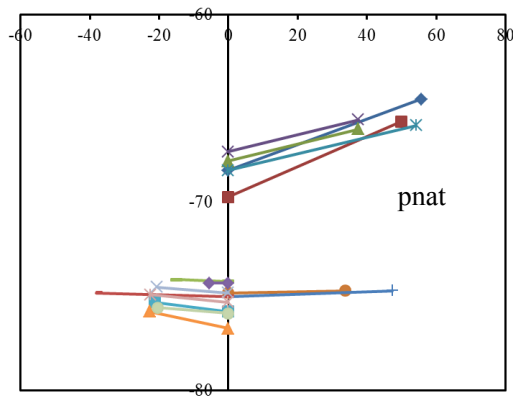


図 5 英語母語話者の例

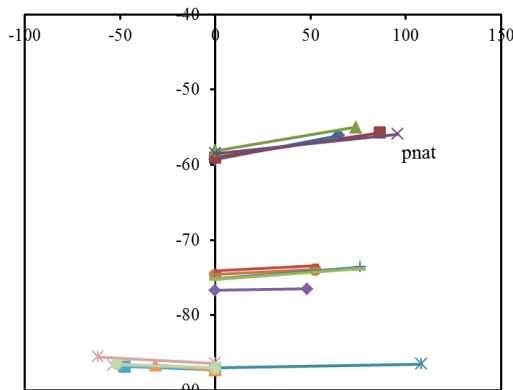
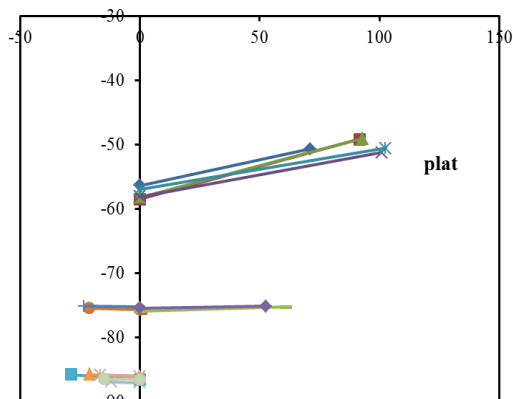


図 6 日本語母語話者の例

4. 研究成果

子音クラスター調音時の舌運動を精密に測定し、以下の成果を得た。子音クラスターが母語に存在するものであっても母語に存在しないものであっても舌先の調音運動は安定していた。一方で、下顎(LI)および下唇(LL)の運動は母語 vs. 非母語で大きく異なっており、子音クラスターを調音し慣れている英語母語話者でさえ非母語のクラスターの調音においてはかなりのばらつきが生じていた。つまり舌先の調音運動に関しては、母語、非母語にかかわらず一定の戦略をもって調音運動が行なわれている可能性が示唆されたが、下顎および下唇の調音運動については、非母語

では戦略が存在せずいわば「出たとこ勝負」で調音されている可能性が示唆された。外国語教育においては、今まで主に舌(舌先、舌背、後舌)の調音運動について指導が行われてきたようであるが、本研究から下顎および下唇の調音運動についても指導する必要があるのではないか、ということが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3件)

Masako Fujimoto, Seiya Funatsu, Airflow patterns of voiced geminate stops in Japanese., *Acoustical Science & Technology*, vol.39(2), pp. 66-74.

[doi:10.1250/ast.39.66]

Masako Fujimoto, Seiya Funatsu, Phil Hoole, Articulation of single and geminate consonants and its relation to the duration of the preceding vowel in Japanese., *The 18th International Congress of Phonetic Sciences*, PS2-SPA-I, pp.1-5.

<https://www.internationalphoneticassociation.org/icphs-proceedings/ICPhS2015/Papers/ICPHS0070.pdf>

Seiya Funatsu, Masako Fujimoto, Satoshi Imaizumi, Donna Erickson, Articulatory movement in non-native consonant clusters., *The 18th International Congress of Phonetic Sciences*, PS2-SPA-I, pp.1-4.

<https://www.internationalphoneticassociation.org/icphs-proceedings/ICPhS2015/Papers/ICPHS0503.pdf>

[学会発表](計 6件)

船津誠也、藤本雅子、(両唇・歯茎)型子音クラスターの調音機序、日本音響学会 2018 年春季研究発表会、2018 年 3 月、日本工業大学

船津誠也、藤本雅子、日本語話者は子音クラスターへ必ず母音を挿入するのか? 日本音響学会 2017 年秋季研究発表会、2017 年 9 月、愛媛大学

藤本雅子、北村達也、船津誠也、促音の調音運動のタイミング、日本音響学会 2017 年春季研究発表会、2017 年 3 月、明治大学

Seiya Funatsu, Masako Fujimoto, Articulatory movement in consonant clusters: A contrastive study of Japanese and English, 5th Joint Meeting Acoustical Society of America /Acoustical Society of Japan, 2016 年 11 月、ホノルル

藤本雅子、前川喜久雄、船津誠也、有声、無声子音の調音タイミング、日本音響学会 2016 年春季研究発表会、2016 年 3 月、桐蔭横浜大学

Masako Fujimoto, Seiya Funatsu, Articulation during Voiced and Voiceless Stops: An Analysis of cine-MRI, *LabPhon16*, 2018 年 6 月、リス

ボン（予定）

<http://labphon16.labphon.org/files/abstracts/posters/Fujimoto.pdf>

6．研究組織

(1)研究代表者

船津 誠也（FUNATSU, Seiya）

県立広島大学・学術情報センター・准教授

研究者番号：30275383

(2)研究分担者

藤本 雅子（FUJIMOTO, Masako）

早稲田大学・人間科学学術院・招聘研究員

研究者番号：30392541