

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：33303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25370444

研究課題名(和文)音響・調音データベースに基づくバイオフィードバックによる英文リズム学習方法の開発

研究課題名(英文)Exploration of methods of teaching English rhythm based on Acoustic and articulatory biofeedback

研究代表者

澁谷 良穂 (Shibuya, Yoshiho)

金沢医科大学・一般教育機構・教授

研究者番号：90154260

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：言語リズムの音響・調音の特徴を三次元磁気計測装置・ビデオデータを用いて調べ、英語学習者に効果的なフィードバックを与えるためのより深い理解を得られた。日本人・中国人話者と英語話者の違いを精査し、顎の開閉度がリズム構造を作っていることを報告した。日本語と中国語では顎の開きによる音節ストレスが、特に句末や発話末で(おそらく句頭も)、大きくなる傾向が見られるが、英語のストレスは階層構成となっており、各音節は特定のストレスを持っている。本研究の結果から、第二言語習得においては、母語と異なるリズムパターンを作り出すため、調音メカニズムを「再教育」(再訓練)することが重要である。

研究成果の概要(英文)：We explored acoustic/articulatory characteristics of language rhythm, to better understand how to give effective feedback to learners of English as a second language. We examined articulatory jaw displacement patterns of Japanese and Chinese utterances, and how these differ from those of English. We reported that the rhythmical organization of each of these languages is such that speakers use the jaw (mouth) to provide a basic underlying rhythmic structure of their language, as they produce each syllable in the utterance. Japanese and Chinese, for instance, tend to have increased syllable stress (implemented by increased jaw opening), at the end of phrases/ utterances, and maybe also at the beginning of phrases, while English has a hierarchical organization such that each syllable has a specific value of stress. For learning a second language, it is important to “retrain” articulatory mechanisms to produce the rhythmic pattern of the second language.

研究分野：言語学(音声学)

キーワード：language rhythm Teaching English Japanese Chinese articulation jaw F1

1. 研究開始当初の背景

国際語である英語をコミュニケーション手段として使う上で発音は重要であるが日本人話者(日話者)の発音には日本語の音韻・音声的特徴の影響が見られ、円滑なコミュニケーションの妨げになっている。それにはリズムと文強勢が大きな影響を与えており、顎と舌の動きが関与している。しかし英語の子音や母音の発音やイントネーションの指導法についての研究は多いが、句強勢やリズムパターンに関する研究は少ない。

2. 研究の目的

本研究では、音響・調音音声学及びビデオ・超音波の実験と分析を行い、(1)英語のリズム生成メカニズム及び英語特有のリズムの調音(顎と舌の動き)と文強勢パターンの関係を明確にし、(2)非英語母語話者へのリズムトレーニングのための新しいバイオフィードバックシステムを構築し、(3)それを用いた英語リズムトレーニングを行い、英語母語話者(英話者)による知覚評価を行うことによって、その有効性の実証を目指した。英語では各音節に数量的ストレスがあり、これは階層的な韻律の層によって割り当てられる韻律格子の数で決まる。また音節のストレスの強さは顎開閉度と一致する。そこで英語音節のストレスパターンをより深く理解し教授法に活かすため、非英話者(日本人、中国人、スペイン人)の発話について詳しく調べた。

3. 研究の方法

本研究では、磁気センサシステム(Electromagnetic-Articulography: EMA)及びビデオ・超音波を用いた。EMA 実験は北陸先端科学技術大学院大学で実施しデータは顎(下の中央切歯)、唇、及び舌のセンサーで採録した。より簡易に多数のデータ収集するための技術を模索し、ビデオ・超音波を用いた実験を会津大学で行った。EMA 実験では被験

者 25 名(英話者 5、日話者 11、中国人話者(中話者)9)、ビデオ(超音波含)実験では 10 名(英話者 2、日話者 5、スペイン人話者(ス話者)3)のデータを収集・分析した。

4. 研究成果

(1)リズムと顎開閉運動について

英話者 5 名の EMA 実験の結果、音節中の母音が同じでも、各音節は異なる顎の開閉度によって調音されることがわかった。顎の開閉の強弱サイクルの変動があり、それが F1 の強弱パターンの変動につながっているが、音の長さや強さの変動にはつながらないことが確認された。顎開閉の度合いは、発話中の語の位置の機能として変化する。つまり発話中の特定の音節のストレスの強さとの整合性が見られた。日話者、中話者の EMA 実験分析結果及びス話者のビデオ録画の分析結果から、英語同様たとえ音節中の母音が同じでも異なる顎の開閉度で発話されることがわかった。しかし顎開閉度のパターンは、英語とは異なっていた。英語はストレス言語と言われるが、中国語はトーン、日本語はモーラ、スペイン語はシラブル言語と言われ、異なる階層的な層を持っている。英語では韻律で決まったストレスのある音節で顎のより大きな動きが起こるのに対し、日、中、スペイン語では句で強さが決まるため、句末の音節に顎の大きな動きが起こる。また、発話の最後の句頭の音節に起こることもある。音響的に付随したのは英語同様 F1 であったが、中国語と日本語においては、音の伸長も見られた。一方、F0(ピッチアクセントあるいはトーン)は、英語同様いずれの言語でも見られなかった。以下の図 1 の箸、橋、端の顎運動パターンはこの喉頭の調音が喉頭の上の部分の調音と独立したものであることを示す。これは日本語、中国語、スペイン語、英語すべてで見られた傾向である。

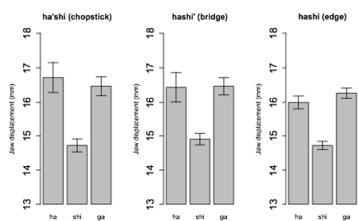


図 1. アクセントの異なる「はしがある」の3つ(箸、橋、端)の顎の動きのパターン(Kawahara et al. (2014))

(2)言語における一般的リズム構造について
 上述の調音データから得られた発見(顎とストレスの相関関係の確認、ピッチやトーンとの相関関係の欠如)は Osamu Fujimura の提唱する C/D implementation model と一致する。これによれば、句のストレスパターンは音節の異なるマグニチュードによって説明でき、それが結果として調音のパターンを作る。さらに句の切れ目は調音からアルゴリズム的に決まる。しかし、顎の動きの調音パターンから音節のマグニチュードを査定するには、母音の質(高・低母音等)が顎の開閉度に与える影響を排除する必要がある。米国人と日本人を被験者とした EMA 実験では低母音の方が高母音よりも顎の開きが大きい結果が得られ、英語では顎の開閉度は高・中・低母音間で約 2 mm 異なっていた。つまり、母音の質という要因を排除できれば、発話の句ストレスパターンを調べることが可能になる。図 2 は第一モーラが低母音の「はなだ」と高母音「いかだ」における顎の開きを示す。

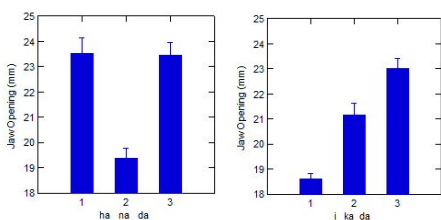


図 2. 「はなだ」「いかだ」における顎の開き (mm)

「はなだ」は全母音が低母音[a]であるが、顎の開閉度は発話中の母音の位置によって異なる。「いかだ」は高母音 [i] の調音の際の

顎の開きは[a]よりも少なく、最後の [a] は真ん中の[a]よりも顎の開きが少ない。そこで我々は、母音のニュートラル化アルゴリズムを用い、母音の質の影響をニュートラル化して、句頭と句末のストレスの韻律的影響のみを抽出した。それを図 3 に示す。

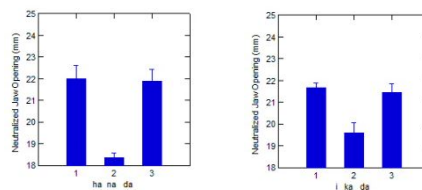


図 3. 母音の高さの影響を排除した顎の開き (mm)

(3)第一言語の顎運動パターンが第二言語の顎運動パターンに与える影響について

言語には、それぞれ異なった基調となる顎開閉度のパターンがあるので、第二言語を学習する際に、話者の第一言語が顎の動きのパターンに影響を与える可能性が高く、実際日本人英語学習者(以下、英学習者)の発話でも、日本語の影響が明らかに見られる。英語者とは異なり、日本人は英文発話時に句末の音節にストレスを置く(より大きな顎の開き / F1)。またこういった言語間干渉(第一言語の転移)は上級学習者においてはなくなっていく。

(4)ビデオ実験について

顎の開閉度のビデオ録画は、EMA に比べて容易かつ安価である。しかし、音声(特に両唇音)を発する際には皮膚の伸長を伴うことがあるため、顎先のマーカーのビデオ追跡では、顎自体の運動ではなく皮膚の動きを捉えてしまう問題が生じた。そこで我々は2名の北米英語者の発話データを EMA で採録し、音節核において母音周辺子音が顎の皮膚の伸長に与える影響、特に CVC 音節で母音が /ae/、あるいは [i]で、音節頭と音節末の子音が破裂音である場合について調べた。結果、1名において音節頭の子音で下の切歯と顎先のコイルが、音節核の調音の際に、大きな差を示すことがわかった。音節末の子音の影響

はなかった。ビデオ録画で連続会話における顎開閉度パタンの確認方法を開発する際にはこの点を考慮する必要がある。さらにビデオ・超音波同時実験における超音波プローブの顎の開閉への影響を調べた。3名のス話者での実験によればプローブの影響は多少あったものの、有意差は見られなかった。

(5) 調音フィードバック研究について

英学習者のための、日本語にない母音/ae/の発音の向上を目指したEMAによる調音フィードバックシステムを開発した。これは個々の学習者の頭の動きを調整した複数のセンサー及び目標となる調音位置を使ったりリアルタイムの視覚フィードバックを提供するものである。学習者は、49名の北米英語者から採取した動的データをもとにトレーニングを受けた。トレーニング前後のフォルマントを比較した結果、発音が有意に向上したことが明らかになった。さらに別の舌運動の研究では、英語発話の舌形状について、調音結合による影響を分析した。その結果、側音/l/の調音で、日話者と英語者では舌の形状が異なっていた。これは調音フィードバックメソッドの開発において、考慮する必要がある。

(6) 考察

第二言語学習の際は、その言語のリズムパターンを作るために、母語の調音メカニズムパターンをリセットし再トレーニングする必要がある。人が成長の過程で身につける第一言語の基調的調音パターンは、成人後には既に言語能力の一部として無意識に身につけており変えることは容易ではないが、それをリセット・再トレーニングし第二言語のパターンに置き換えることで、学習者の英語コミュニケーション能力を高められる。これは他の言語学習にも応用できると考えられる。

<引用文献>

Erickson, D., Suemitsu, A., Shibuya, Y., and Tiede, M. (2012). Metrical structure and production of English rhythm. *Phonetica*.69, pp. 180–190.

Erickson, D., Honda, K., Kawahara, S., Fujimura, O. (submitted). Interaction of jaw displacement and F0 peak in syllables produced with contrastive emphasis. *Speech Communication*.

Fujimura, O. (2000). The C/D model and prosodic control of articulatory behavior. *Phonetica* 57, pp. 128-138.

Jun, S.-A. (2005). Prosodic Typology. In S.-A. Jun (ed.) *Prosodic typology: The phonology of intonation and phrasing*, pp. 430-458. Oxford: Oxford University Press.

Kawahara, S., Erickson, D., and Suemitsu, A. (in press) A quantitative study of jaw opening: An EMA study of Japanese vowels. *Journal of International Phonetic Association*.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計17件)

Erickson, D., Kawahara, S. (2016). Articulatory correlates of metrical structure: Studying jaw displacement patterns. *Linguistic Vanguard* 2. De Gruyter Mouton. DOI 10.1515/lingvan-2015-0025. 査読有

Kawahara, S., Erickson, D., Suemitsu, A. (2015). Edge prominence and declination in Japanese jaw displacement patterns: A view from the C/D model. Special issue on the C/D model, *Journal of the Phonetic Society of Japan* 19.2, pp. 33-43. 査読有

Erickson, D., Kawahara, S. (2015). A practical guide to calculating syllable

prominence, timing and boundaries in the C/D model. *Journal of Phonetic Society of Japan*, 19.2, pp. 16-21 査読有

Suemitsu, A., Dang, J., Ito, T., Tiede, M. (2015). A real-time articulatory visual feedback approach with target presentation for second language pronunciation learning, *JASA Express Letters*, 138, 4, EL382-387, 査読有

Kim, J., Erickson, D., Lee, S. (2015). More about contrastive emphasis and the C/D model. *Special Issue on the C/D model. Journal of Phonetic Society of Japan*, 19.2, pp. 44-54. 査読有

Mori, Y., Hori, T., Erickson, D. (2014). Acoustic correlates of English rhythmic patterns for American vs. Japanese speakers. *Phonetica*, 71, 83-108. 査読有

Kim, J., Erickson, D., Lee, S., Narayanan, S. (2014). A study of invariant properties and variation patterns in the converter/distributor model for emotional speech. *Interspeech 2014.*, pp. 411-417. 査読有

Erickson, D., Kawahara, S., Shibuya, Y., Suemitsu, A., Tiede, M. (2014). Comparison of jaw displacement patterns of Japanese and American speakers of English: A preliminary report. *Journal of Phonetic Society of Japan*, 18, pp. 88-94. 査読有

Kawahara, S., Masuda, H., Erickson, D., Moore, J., Suemitsu, A., Shibuya, Y. (2014). Quantifying the effects of vowel quality and preceding consonants on jaw displacement: Japanese data. *Journal of Phonetic Society of Japan*, 18.2, pp. 54-62. 査読有

Kawahara, S., Erickson, D., Moore, J., Suemitsu, A., Shibuya, Y. (2014). Jaw

displacement and metrical structure in Japanese: The effect of pitch accent, foot structure, and phrasal stress. *Journal of Phonetic Society of Japan*, 18.2, pp.77-87. 査読有

Erickson, D., Kawahara, S., Williams, J.C., Moore, J., Suemitsu, A., Shibuya, Y. (2014). Metrical structure and jaw displacement: An exploration. *Speech Prosody 2014*, pp. 300-303. 査読有

Erickson, D., Kawahara, S., Moore, J., Menezes, C., Suemitsu, A., Kim, J., Shibuya, Y. (2014). Calculating articulatory syllable duration and phrase boundaries. *ISSP2014*. pp. 102-105 査読有

Erickson, D. (2013). Speech rhythm in English and applications to second language teaching. *Acoustical Science and Technology*, 34. 3, pp. 153-158. 査読有

Moriya, S., Y. Yaguchi, N. Terunuma, T. Sato, Wilson, I. (2013). 舌特徴空間における言語学習者の違いを比較するための正規化とマッチング手法. *IEICE Technical Report*, vol.113, No.308, SP2013-80, pp. 53-57. 査読有

Williams, J.C., Erickson, D., Ozaki, Y., Suemitsu, A., Minematsu, N., Fujimura, O. (2013). Neutralizing differences in jaw displacement for English vowels, *Proc. of International Congress of Acoustics*. POMA 19, DOI:060268, pp. 1-4 査読有

Menezes, C., Erickson, D. (2013). Intrinsic variations in jaw deviations in English vowels. *Journal of Acoustical Society of America*. 133, 3604 (2013); <http://dx.doi.org/10.1121/1.4806689> 査読有

Wilson, I. and Erickson, D. (2013). Effect

of syllable onset, coda, and nucleus on degree of skin stretching over the mandible. *Proceeding of International Congress of Acoustics*. vol.19. DOI: 10.1121/1.4799467 査読有

[学会発表](計8件)

Erickson, D. (2016). Jaw displacement patterns reflect metrical structure. *S. Narayanan Speech Lab, University of Southern California*, Los Angeles, California, U.S.A., Jan 11, 2016

Erickson, D. (2016). Jaw displacement patterns reflect metrical structure. *Phonetics Lab Meeting University of California*, Los Angeles, U.S.A., Jan 11, 2016

Erickson, D., Kawahara, S., Moore, J., Suemitsu, A., Wilson, I. (2015). Jaw displacement patterns reflect metrical structure. *Ninjal ICPP, 慶応大学, 港区, 東京*, September 25, 2015.

Erickson, D., Villegas, J., Wilson, I., Iguro, Y. (2015). Spanish articulatory rhythm. *Acoustical Society of Japan, Fall Meeting*, 会津大学, 会津若松, 福島, Sept 17, 2015

Erickson, D., Iwata, R., Moore, J., Suemitsu, A., Shibuya, Y. (2015). The jaw keeps the beat: Speech rhythm in English, Japanese and Mandarin. *Lexicon Festa-3, NINJAL*, 立川, 東京, Feb. 1, 2015.

末光厚夫, 党建武, 伊藤貴之, Tiede Mark (2014). 調音フィードバックシステムによる発音訓練後の学習効果の持続性についての検討, 日本音響学会 2014 年秋季研究発表会 北海学園大学, 札幌, 北海道, Sept. 4, 2014

Erickson, D., Kawahara, S., Wilson, I.,

Menezes, C., Suemitsu, A., Shibuya, Y., Moore, J. (2014). Jaw displacement patterns as articulatory correlates of metrical structure. *Phonetic Building Blocks of Speech. University of Victoria*, Victoria, British Columbia, Canada, Sept. 18, 2014.

Erickson, D., Kawahara, S., Menezes, C., Moore, J., Kim, J., Suemitsu, A., Shibuya, Y. (2014). Metrical structure and the C/D model. *Adventures in Speech Science Workshop*, 東京大学, 文京区, 東京, July 22,, 2014,

6 . 研究組織

(1)研究代表者

澁谷 良穂 (SHIBUYA, Yoshiho)
金沢医科大学・一般教育機構・教授
研究者番号：90154260

(2)研究分担者

エリクソン ドナ (ERICKSON, Donna)
金沢医科大学・一般教育機構・非常勤講師
研究者番号：80331586

ウィルソン イアン (WILSON, Ian)
会津大学・コンピュータ理工学部・教授
研究者番号：50444930

末光 厚夫 (SUEMITSU, Atsuo)
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
研究者番号：20422199