

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K02491

研究課題名(和文) 調音動作の組織化と音韻構造に関する理論的・実証的研究

研究課題名(英文) Articulatory Organisation and Phonological Structure: A Theoretical and Experimental Study

研究代表者

中村 光宏 (Nakamura, Mitsuhiro)

日本大学・経済学部・教授

研究者番号：10256787

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、音声生成・知覚機構における言語学的情報と、調音運動の制御原理との関係を解明することを目的とする実験音声学的・実験音韻論的研究である。様々な連続音声プロセスにおける音声実現形について、調音運動の動態観測と分析、音響的特徴の分析を遂行し、調音動作の協調タイミング、調音動作の変動性、音響的特徴、音形選択に関わる言語学的条件について検討を進めた。本研究の成果は、調音動作の組織化と音韻構造との関係に関する理解を深めることに貢献するとともに、音声生成における個人差の位置づけや、音韻論における生物学的基盤の役割という新たな問題(研究課題)を提起するものである。

研究成果の概要(英文)：This theoretical and experimental study explores the relationship between organizational principles of articulatory gestures and phonological structure. Based on the observations, measurements, and analyses of selected connected-speech processes, we systematically investigate patterns of articulatory timing and coordination, articulatory variability, acoustic characteristics, and linguistic conditioning factors. This study contributes to the better understanding of articulatory organization and linguistic structures in speech production processes. This study also raises some issues for further research, namely, the place of individual differences in vocal tract morphology in modeling speech production and the role of biological groundings in phonology.

研究分野：言語学・音声学

キーワード：音声学 音韻論 調音動作 音韻構造 連続音声プロセス

### 1. 研究開始当初の背景

「言語学的構造は話しことばの生成(産出)をどのように制約しているだろうか。」この問いは、話しことばの生成プロセス全体に関わるものである。話しことばの生成プロセスは、発話メッセージが言語化される言語学的段階、音声器官の運動を制御する生理学的段階、そして、音声波が生成される音響学的段階に大別される(Denes & Pinson 1993)。このようなプロセスにおいて、言語音は、発話計画・神経指令・調音運動・音声波と複数の変換を経て実現されると考えられている。冒頭の問いに効果的に接近するために、本研究では、調音音韻論(Articulatory Phonology)という接近法を理論的基盤として観測・調査・分析を進めることとした。

本研究の理論的基盤である「調音音韻論(Articulatory Phonology)」は1985年以降C.P. Browman博士とL.M. Goldstein博士によって、その研究プログラムが提唱され、以降、活発に研究が進んでいる(Browman & Goldstein 1985, 1992, 2016)。この理論では、発話運動を記述するための最小識別単位を「調音動作(articulatory gesture)」と仮定している。調音器官の空間的・時間的構造が、調音運動の的確な記述と音韻論の一般化における共通基盤となり得ることが示唆されており、音声産出・知覚機構の認知的側面と実現的側面の根本原理を解明するための出発点として注目されている。

本研究における調音運動の制御パターンを分析するにあたって、「調音動作」は重要な位置づけをもっている。「調音動作」は声道変数(tract variables)によって定義され、語彙項目における音韻対立を提示する機能をもつとともに、調音器官による狭窄の形成・開放を実行するための制御構成としても機能する。また、調音動作とその協調タイミングは、調音動作のスコア(gestural score)で表示される。調音動作が言語学的情報の単位と調音運動の単位という2つの役割をもち、範疇的(categorical)情報と漸次的(gradient)情報を直接的に捉える試みが可能となることは、調音音韻論の特徴のひとつである。

本研究において調音音韻論を理論的基盤としたのは、上に記述した特徴が音声生成の現実的かつ体系的な記述に有益であると判断されるためである。調音音韻論のモデルは、従来の「音素」や「素性」を最小識別単位とする接近法と大きく異なっている。従来の言語学的発話産出モデルでは、音素あるいは素性に基づく発話計画が、音韻表示・音声表示・音声実現という3段階の「翻訳」を経て音声の生成に至ると考えられている。この翻訳プロセスを仮定することには、様々な問題があることが指摘されている(例えば、Fowler et al. 1980)。

本研究では、冒頭に挙げた疑問点を検討するために、複数の連続音声プロセスを選定し、

そこで生じている調音運動を調査・分析する。そして、調査分析結果に基づき、調音動作の組織化と音韻構造の関係について考察を進めることとした。

### 2. 研究の目的

本研究は、音声生成・知覚機構における言語学的情報と調音運動の制御原理の関係を解明することを目的とする実験音声学的・実験音韻論的研究である。本研究では「言語音の調音に關与する喉頭から上の調音器官(喉頭、舌、両唇、顎、軟口蓋)はひとつの機能的単位である、その制御活動は言語学的役割を達成するために組織化される」という仮説に立って、調音運動の観測と統計的解析、生理学的および音響学的対応関係の検討、及び基本的制御過程のモデル化を進めることとした。

### 3. 研究の方法

本研究の調査分析は、音声コーパスからデータを収集し、観測・測定して、統計的解析を行うことを、その基本的手続きとした。音声データの収集に使用した音声コーパスは、(1) MOCHA-TIMIT(イギリス英語)、(2) MRI-TIMIT(アメリカ英語)、(3) ESPF-The Dialogue Corpus(スコットランド英語とイギリス英語)である。以下に各コーパスの内容の概略を記述する。

#### (1) MOCHA-TIMIT

Queen Margaret University(スコットランド)のA. Wrench博士によって作成されたイギリス英語(英国標準発音と地域アクセント)の調音・音響データベースである。460のテスト文を7名の話者が読み上げ、その収録には現在利用することができる音声記録機器(EMA(電磁的調音観測機)、ラリンググラフ(声帯振動の観測・記録機器)、EPG(動的人工口蓋)音響録音)が利用されている。

#### (2) MRI-TIMIT (USC-TIMIT)

University of Southern California(USC)のS. Narayanan博士・L. Goldstein博士・D. Byrd博士を中心として、現在も作成過程にあるアメリカ英語の調音・音響・MRIデータベースである。本データベースの特徴は、上述のMOCHA-TIMITと同じ460のテスト文が使用されており、リアルタイムMRI(リアルタイム磁気共鳴画像法)により、声道全体の連続的で円滑な動きを正中矢状面で捉えたデータと共に、上述のMOCHA-TIMITと同様に、EMA(電磁的調音観測器)を使用した口腔内の調音器官の運動データも収録されていることである。現在のところ10名の話者について調査・分析を実施することができる。

#### (3) ESPF-The Dialogue Corpus

ESPF (Edinburgh Speech Production

Facility)-The Dialogue Corpus は、音響・調音データを収録する設備を利用し、University of Edinburgh の A. Turk 博士と Queen Margaret University の J. Scobbie 博士を中心として作成された対話コーパスである。現在までに収録され調査・分析に利用できる対話は、9 つの「参加者 2 名による対話」(対話につき収録時間は各 30 分から 60 分)で、対話者はスコットランド出身者とイギリス標準英語話者である。対話に加えて、Map Task、'Comma Gets a Cure' の朗読など独話も収録されている。収録には、上記(1)(2)の音声コーパスと同様に、EMA(電磁的調音観測器)と音響録音が使用されている。また、一部のデータについては、Ultrasound(超音波映像)による舌の動き、MRI による声道全体の動きを観測することができる。

#### 4. 研究成果

本節では、次の 4 つの観点から研究成果を概説する。それらは、(1) 調音動作の変動性と逆行同化、(2) 調音動作の制御と単語の範疇、(3) 特定音韻環境における音形選択、(4) 調音目標である。そして最後に、本研究の成果から導き出される(5) 今後の展望について述べる。

##### (1) 調音動作の変動性と逆行同化

英語における単語境界を越えて生ずる調音位置の逆行同化(例えば、shot bears > sho[p] bears)を対象とし、調音動作の重複による歯茎音 /t, d/ の変動性を調査した。

調音動作の弱化と後続子音動作(すなわち、単語末位の /t, d/ に重複する調音動作)との関係についての仮説を検証した。/t, d/ の実現において、舌尖動作が弱化され、歯茎部閉鎖が無い場合、後続子音の調音動作が時間的に延長されることが予測される。この予測を確かめる試みとして、調音位置の同化による子音連続と語彙的子音連続(例えば、that pickpocket [pp] vs. slip poison /pp/, hot coffee [kk] vs. Hispanic costumes /kk/)との間に継続時間の違いがあるかどうかを検討した。下唇動作と舌背動作の EMA データにおける調音の平坦域(articulatory plateau)の継続時間を観測・比較した結果、同化による子音連続と語彙的子音連続との間に有意差は認められなかった。

本調査では、調音動作の重複と縮約に基づく仮説を検証するとともに、様々な調音パターンを網羅的に示し、話し手自身の発音習慣(あるいは音韻表示)が調音動作の組織化原理において重要な役割をもつことを明らかにした。(研究成果: 雑誌論文、と学会発表)

##### (2) 調音動作の制御と単語の範疇

単語末の歯茎鼻音 /n/ における舌尖・舌端

動作の制御については、これまでに得られている調査結果を補完するための調査・分析を遂行した。

連続音声における単語末閉鎖音 /n/ に関する先行研究では、当該音の削除(例えば、green beans > gree[m] beans)は(多くの場合後続音の同化を伴う)漸次的現象(gradient)であることが指摘されている。しかし、単語末鼻音 /n/ に関する本研究の分析結果は、従来の解釈に疑問を呈するものである。

本調査・分析結果では、舌尖・舌端動作の完全削除(調音運動として実現されない状態)が大多数を占めていた。このような音声実現の状況は、漸次的現象と特徴付けられるものではなく、分類的現象(categorical)と見なすことが可能である。更に、舌尖調音の配置は、内容語・機能語という単語範疇によって制御されており、前後の音声環境の影響を受けないことが分かった。このような結果は、調音タスクの心的表示のレベルにおいて、単語範疇が関与することを示唆するものである。(研究成果: 雑誌論文 と学会発表)

##### (3) 特定音韻環境における音形選択

非 R 音性アクセントの英語(例えば、英国標準発音)における /r/ 連音(r sandhi)の調査・分析を行った。この現象は連続音声プロセスのひとつで、連結・嵌入の R(例えば、hear it > hea[r]it; idea of > idea[r]of)が含まれる。この現象に関する先行研究には 2 つの問題点がある。ひとつは、大多数の先行研究が本現象の印象的記述と音響分析に留まっていることである。また、調音動作の調整という観点からは、先行研究において解釈に相違があり、まとまった知見が得られていない。

本調査分析では、まず連結・嵌入の R が生ずる潜在的音韻環境における音声実現の実態を調査し、その後、調音動作の時間的・空間的特徴の観測・解析を行った。

主な結果は次の 3 点である。音声実現形は R 挿入・きしみ声・声門閉鎖音挿入・母音連続・その他(例えば、弱音節の削除)に大別され、比率は話し手間で大きく変動する。連結の R は、そり舌と盛りり舌に大別でき、韻律位置(prosodic positions)による変動が観察された。具体的には、変動性は、そり舌調音では横方向の動きに、盛りり舌調音では縦方向の動きに制限されることが分かった。本調査分析では、韻律位置が /r/ の調音動作に与える独特の効果を明らかにし、話し手の発音習慣と音声実現形との関係を明らかにした。(研究成果: 雑誌論文、と学会発表、)

#### (4) 調音目標

USC-TIMIT データベースを利用して、rtMRI (リアルタイム MRI) で撮像された米国英語話者の /l/ の調音動作と母音化の時間的・空間的特徴を観測・分析した。声道全体の動きを観察し、舌の調音動作に関わるピクセル強度の変化を観測した。有声歯茎側面接近音 /l/ の生成では舌尖 (apical articulation) あるいは舌端調音 (laminal articulation) が自由選択されることは知られているが、それぞれの調音運動の制御実態については、ほとんど明らかになっていない。

本調査分析の結果、舌尖調音では、中舌部分における「くぼみ」の形成が、舌尖・舌端や舌背動作よりも先行して生起するが、一方、くぼみ形成は舌端調音では観察されないことが明らかになった。このような舌運動の時間的制御の特徴は、/l/ の母音化が生じている場合にも観察されることから、舌尖・舌端動作の実現の有無に関わらず、/l/ 音の生成に関与する動作であると解釈することができる。

本調査結果は更なる検証が必要であるが、2つの疑問を提起している。ひとつは、/l/ 音の生成における調音目標に関する疑問である。/l/ の調音動作は複数要素から構成されると考えられており、舌尖・舌端動作と舌背動作が音節内の生起位置によって規則的に変動することが分かっている (Sproat & Fujimura 1993)。したがって、舌尖・舌端動作による歯茎部の完全閉鎖と舌背動作の上昇が調音目標とされるのが一般的である。しかし、本調査分析の結果は、舌全体の独特な形状あるいは舌背の独特な形状を作り出すことが調音目標となる可能性を示唆している。

もうひとつの疑問は、調音動作の心的表示 (音韻表示) に関するものである。上述の結果は、舌尖調音と舌端調音には、調音動作の制御に典型的な差異があることを示している。これに加えて、本調査とは独立して実施した別の調査分析では、/l/ の母音化を実現するにあたって、舌背の配置をほぼ一定に維持する話者と、舌背の配置を (すなわち、顎の配置を) 上下方向に規則的に移動させる話者に大別されることが分かっている。つまり、/l/ の母音化を実現する調音動作の制御方法は、例えば、舌尖動作の不実現のように限定されているのではなく、話し手によって異なる方法 (戦略) が採られていることを示している。このような結果は、調音音韻論に基づく解釈では、調音動作の制御構成を担う音韻表示が話し手間において異なることを示唆している。(研究成果：学会発表)

#### (5) 今後の展望

本研究で研究対象とした音声事象は限られているため、今後更に調査分析事例を積み重ねて、検証を進めなければならない。しかしながら、本研究課題を遂行し、得られた研究成果・知見に基づいて、今後検討が必要とされる新たな問題点を (少なくとも) 2つ導き出すことができる。それらは、音声生成プロセスにおける言語学外の情報の位置づけと、個人差の位置づけである。以下では、それぞれについて、順に述べたい。

先行研究では、言語学的音声生成モデルにおける個人差の位置づけは、十分に検討されていない。本研究では、/r/ 連音の分析において、話し手が「R 挿入・きしみ声・声門閉鎖音挿入・母音連続・その他 (例えば、弱音節の削除)」を選択的に使用していることを明らかにした。このような話し手の好み (preference) の選択には、音韻環境のような言語学的要因だけではなく、言語学外の要素 (例えば、特定の音形に対する社会的評価) も影響していることが考えられる。話し手は、当該音形の調音動作の制御構成だけではなく、「その音形を選択することが適切であると知っている」と言い換えることができるだろう。このような見方を仮定すると、言語学外の情報は、音声生成プロセスとの関連において、どのように位置づけられるだろうか。

また、本研究では、側面接近音 /l/ に観察される舌尖調音と舌端調音では、調音動作の空間的・時間的制御パターンが異なることを明らかにした。この2種類の調音動作は、話し手によってどのように選択されているのだろうか。ひとつの可能性として、話し手の声道形態 (特に、上顎の曲率) が挙げられる。これは現在のところ予備的考察の域を超えるものではないが、調音動作の組織化と個人差の関係が重要な問題であることを示すとともに、低次の音声生成段階 (普遍音声学 (Chomsky & Halle 1968) の位置づけ) の再検討を促すものである。

#### < 引用文献 >

本文で引用した順に、以下にリストする。

- Denes, P.B. and E.N. Pinson, (1993) *The Speech Chain: The Physics and Biology of Spoken Language*, Second Edition, New York: W.H. Freeman & Company.
- Browman, C.P. and L. Goldstein, (1985) 'Dynamic Modeling of Phonetic Structure', In V. Fromkin (ed.) *Phonetic Linguistics*, New York: Academic Press, pp. 35-53.
- Browman, C.P. and L. Goldstein, (1992) 'Articulatory Phonology: An Overview', *Phonetica* 49, pp. 155-180.

Goldstein, L., D. Byrd, and E. Saltzman, (2016) 'The role of vocal tract action units in understanding the evolution of phonology', In M. Arbib (ed.) *Action to Language via the Mirror Neurons*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 215-249.

Fowler, C.A., R. Rubin, R.E. Remez, and M.T. Turvey, (1980) 'Implications for Speech Production of a General Theory of Action', In B. Butterworth(ed.) *Language Production*, New York: Academic Press, pp. 373-420.

Sproat, R. and O. Fujimura, (1993) 'Allophonic Variation in English /l/ and its implications for phonetic implementation', *Journal of Phonetics* 21, pp. 291-311.

Chomsky, N. and M. Halle, (1968) *The Sound Pattern of English*, New York: Harper & Row, Publishers.

## 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6件)

Mitsuhiro Nakamura, Exploring Regressive Place Assimilation in British English: A case study of word-final /t, d/, In *The Meaning of Language* (Ed. By Hans Gotzsche), Scholar Publishing, 2018年, pp.208-219.(査読有)

Mitsuhiro Nakamura, An Articulatory Prosody of the Linking /r/ Gesture in British English, 日本英語音声学会『英語音声学』, 第22号, 2018年, pp. 125-137.(査読有)

Mitsuhiro Nakamura, Gestural Reduction in Nasal Place Assimilation in British English: An EPG and EMA Study, In *Current Trends in Experimental Phonetics* (Eds. By V.M. Aguiar and E.E. Vilaplana), Madrid, Spain: Universidad Nacional de Educacion a Distancia, 2017年, pp. 64-68.(査読有)

Mitsuhiro Nakamura, Towards articulatory-acoustic characterizations of hiatus resolution strategies: An EMA Study of Linking /r/ in British English, In *Abstract Book: The Fourth International Scientific Conference of Contemporary Research in Phonetics and Phonology: Methods, Aspects and Problems* (Ed. By The Latvian Institute of the University of Latvia), 2017年, pp. 4-5.(査読有)

Mitsuhiro Nakamura, Exploring articulatory characteristics of

linking /r/ in British English, In *Proceedings of the 16th Australasian International Conference on Speech Science and Technology, Parramatta, Australia, 2016*, 2016年, pp. 105-108.(査読有)

中村光宏, 調音動作の重複と縮約: 事例研究, 日本音韻論学会(編)『現代音韻論の動向』東京: 開拓社, 2016年, pp. 192-195.(査読有)

[学会発表](計6件)

中村光宏, 英語/l/の調音動作: rtMRI データに基づく探索的分析, 日本大学英文学会 2017年度学術研究発表会(2017年12月9日発表) 於・日本大学文理学部. Mitsuhiro Nakamura, Gestural Reduction in Nasal Place Assimilation: An EPG and EMA Study, The Seventh International Conference on Experimental Phonetics (2017年11月24日発表), 於・Universidad Nacional de Educacion a Distancia, Madrid, Spain.

Mitsuhiro Nakamura, Towards articulatory-acoustic characterizations of hiatus resolution strategies: An EMA Study of Linking /r/ in British English, The Fourth International Scientific Conference of Contemporary Research in Phonetics and Phonology: Methods, Aspects and Problems (2017年5月11日発表) 於・The Latvian Institute of the University of Latvia. Mitsuhiro Nakamura, Exploring articulatory characteristics of linking /r/ in British English, The 16th Australasian International Conference on Speech Science and Technology(2016年12月8日発表) 於・Parramatta, Australia.

Mitsuhiro Nakamura, Gestural Reduction and Nasal Place Assimilation: a case study of word-final /n/ in British English, 11 Tagung Phonetik und Phonologie im Deutschsprachigen Raum, Phonetics and Phonology 11 (2015年10月8日発表) 於・Universitat Marburg, Germany.

Mitsuhiro Nakamura, Exploring Regressive Place Assimilation in British English: a case study, The 26th Scandinavian Conference of Linguistics (2015年8月20日発表) 於・Aalborg University, Denmark.

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

中村 光宏 (NAKAMURA Mitsuhiro)

日本大学・経済学部・教授

研究者番号: 10256787