

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 9 月 5 日現在

機関番号：34449

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K00597

研究課題名(和文)日本語音声の調音協調運動に関する総合的研究

研究課題名(英文)General study of the collaboration for the articulation in Japanese sounds

研究代表者

松井 理直(Matsui, Michinao)

大阪保健医療大学・大阪保健医療大学 保健医療学部・教授

研究者番号：00273714

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)：本科学研究費の研究では、日本語分節音の生理学的特性について、パラトグラフィやグロトグラフィを用いた生理学的実験と共に、藤村靖によって提案されたC/Dモデルの観点から日本語音声の時間特性について概観した。結論として、基底状態におけるモーラの重要性および基底状態に対するある固有の子音が持つ時間性の性質について明らかにした。また、日本語の音節構造として、結論として、付属モーラはC/Vスロットを持たず、その異音を引き起こす要因はコーダ位置という性質であることを明らかにした。このことは、日本語がモーラの上位構造として音節を持つことを示す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の最大の社会的意義は、日本語の分節音に関するいくつかの生理学的特性および時間特性が明らかになったことで、構音障害などの検査方法およびリハビリテーション技法に新たな知見をもたらせた点にある。例えば、これまで構音の訓練には「パタカラ体操」のように母音についてあまり考慮されてこなかった。しかし、実際には特に狭母音の特性を十分に考慮しなければならないことが明らかになった。この成果は摂食嚥下障害における口腔内運動訓練にも貢献することである。さらに、定量的な音声モデルや音韻理論における韻律構造にも一定の成果を得ることができ、これは近年特に重要性が高まっている音声合成に貢献する成果である。

研究成果の概要(英文)：This study proposed the some temporal features of Japanese speech sounds from the view points of the the Converter/Distributor model. The results of two experiments show that the mora-timing is the most basic feature of the ground state and the equi temporal feature of the unique consonant against the ground state. In conclusion, this paper shows that the Japanese special morae have no "C/V" slot and that the primary factor of the assimilation which causes the allophones of the special morae is the coda position. This result supports that the syllable takes precedence over the mora in Japanese. Furthermore, this paper proposes that the geminate consonant in Japanese has not a vacuous slot but the definite phonological information as well as the moraic nasal.

研究分野：言語学・音声学・音韻論・認知科学

キーワード：日本語音声 モーラ 音節 特殊拍 パラトグラフィ グロトグラフィ 定量的音声モデル

## 1 研究開始当初の背景

日本語分節音の性質や変異については、音響的指標や発音記号を用いた質的分析が多く行われてきた。これらの研究によって定性的な性質は明確になっているが、構音障害の分類に応用できるような量的な性質や詳細な変異の研究はそれほど多くない。

そこで、本研究(文部科学省科学研究費 18K00597, 研究代表者:松井理直)では、理論の枠組みとして藤村靖(2007)が提案した Converter/Distributor model (C/D モデル)を採用し、日本語分節音の調音運動に関する定量的性質の分析を目指した。

## 2 研究の目的

本研究の目的は、日本語音声の調音における発声喉頭制御、調音に係わる口腔内運動および鼻音に関わる口蓋帆制御、およびそれらの協調運動について、生理学的実証研究とその音韻理論研究によって解明することである。

## 3 研究の方法

前述した C/D モデルは、単性的な音韻情報を音節単位の集合としてまとめた定性的情報を入力として、実時間上の定量的な調音運動・音響情報を導出する枠組みである。音節単位の入力という点から、この理論では母音が調音動態の基底状態を成す。また、子音は音韻的な入力情報にしたがってインパルス応答という形で実時間上の広がりを持つ情報として展開されるため、子音の帯気音化や撥音前の母音鼻音化といった現象を実時間における音声情報のオーバーラッピングとして自然に導出でき、音声変異を全て音韻論内部で計算する必要がない。しかし、日本語において母音がどのように基底状態を成すか、無声化母音や拗音の硬口蓋要素は基底を成すのか、入力情報となる音韻情報はどのような特性を持っているか、その特性はどのようなインパルス応答として実現されるか、といった点は解決されていない問題である。本研究では、音響的測定やエレクトロパラトグラフィ・超音波測定・各種グロトグラフィといった生理学的手法を用いた実証的な研究によってこれらの問題を明らかにすると共に、実時間音声モデルへの貢献を目指した。本研究では、特に日本語の特殊拍や拗音、破裂子音や摩擦子音の特性に関する研究を通して、日本語音声の調音動態の解明を行った。

## 4 研究成果

### 4-(1) 母音の基底状態形成について

母音は調音の基底状態を成すため、英語などでは母音間に子音が挟まる  $V_1CV_2$  の環境においても、 $V_1$  と  $V_2$  の間に同時調音 (V-to-V coarticulation) が生じることが確認されている。この点について、フォルマント測定をはじめとする音響の実験および超音波測定と磁気センサーを用いた生理学の実験によって、日本語でも V-to-V coarticulation が生じることを確認した。特に、母音がア音・イ音・オ音の場合に、こうした同時調音はかなり明確に観察できる。一方、エ音では他の母音に対する影響が比較的少なく、その代わり、周りの母音によってエ音自体の特性が変動しやすい傾向を示す。また、ウ音は周囲の母音よりも、先行子音の影響を受けやすいことも明らかとなった。特に、先行子音が歯茎阻害音の場合、ウ音の調音位置は通常之母音と大きくずれ、いわゆる舌尖母音に近い特性を持つ。

このことは、日本語の母音が弁別素性として [± Back] の特性を持つというより、[± Front] (あるいは [± Palatal][± Palatal]) の特性を持つと考えた方が妥当であることを示唆していると考えてよい。[+ Back] 素性は後舌母音を表現できるが、舌尖母音の性質を導出することができないからである。一方、[- Front] 素性 ([- Palatal] 素性) は、後舌母音と共に舌尖母音の性質とも矛盾しない。

この素性表現の問題は、このままではウ音と同じ [- Front] 素性 ([- Palatal] 素性) を持つオ音も舌尖母音に変異する可能性があることを予測してしまう点にある。この問題は、ウ音とオ音を持つ素性表現の違いによって解決できるであろう。例えば、要素理論に従うなら (そして C/D モデルは音韻要素のような単一的な素性表現を入力とすることが前提となっている)、ウ音は U 要素を単独で持つが、オ音は U 要素と共に A 要素を内部に含む。この A 要素は舌背に関わる素性であるため、この A 要素によってオ音は舌尖母音に変異できないと考えてよいだろう。

以上の研究から、まず C/D モデルの基本前提を確認すると共に、基底状態を形成する母音の音韻入力情報を確定した。しかし、母音について解決できなかった問題もいくつかあり、その中で特に重要な課題と感じているものが、唇の形状に関する問題である。磁気センサーを用いた生理実験では、日本語のウ音の唇形状についてかなりの変動が観察された。このことは、[Labial] 素性をどのように扱うかという問題と深い関係を持つ。現時点では、円唇性について唇の突出と唇の狭め (口角の接触度) を区別することによって解決できるという予測を持っているが、この点については十分な根拠を集めることができなかったため、今後も検証を続けていく。

#### 4-(2) 無声化母音について

母音が基底状態を形成するという観点からは、日本語における無声化母音の存在も興味深いものであろう。日本語の母音無声化に関しては、音声的に母音が残存しているという見解と、母音は脱落しているという立場があり、決着がついているとは言いがたい。この点について、無声化を起こした状態でも V=to=V coarticulation が観察されるかを、生理学的指標を用いて検証を行った。まず、先行する無声子音が破裂音および無声両唇摩擦音の場合には一定の同時調音の影響が確認され、これは基底状態としての母音が残留していると考えられるのが妥当であることを示唆していると考えてよいだろう。また、無声声門摩擦音についても口腔内形状そのものが音韻的な後続母音の影響を残しており、これも母音の残留と見なしうる結果である。

これに対し、先行する子音が無声歯茎摩擦音および無声歯茎硬口蓋摩擦音・無声硬口蓋摩擦音の場合は、先行子音自体が延長し、基底状態を作っていると解釈せざるを得ないような調音動態も起こり得ることが明らかとなった。また、先行子音が無声歯茎破裂音・無声歯茎硬口蓋摩擦音の場合にも、破裂音よりも摩擦音に近い特性を示す。これらの子音については、調音動態からは母音の残留か母音脱落かを決定することが難しい。C/D モデルに基づく理論的な考察としても、入力情報に母音が含まれていても、母音が脱落していても、無声摩擦音・無声破裂音の場合には適切な予測が行えることが分かった。

#### 4-(3) 日本語の拗音について

開拗音の存在は、日本語の音節構造を考える上で興味深い問題を引き起こす。もし開拗音が 1 つの子音であると考えられるのであれば、日本語の頭子音に子音連鎖は認められない。これに対し、開拗音が子音+介音という構造を持っているのであれば、介音の位置づ

けが問題となろう。介音が頭子音の一部であるなら、限定的であるとはいえ、日本語は頭子音の子音連続を許すことになる。一方、介音が音節構造のピークに位置づけられるものであれば、それは母音の一種と考えられるため、日本語に /ie/, /ue/, /ue/ といった上昇二重母音を認めなければならない。

このことを明らかにするため、本研究では磁気センサーを用いた口唇形状およびパラトグラフィを用いた生理学的研究を行うと共に、拗音の実時間特性を音響的に観察し、日本語における拗音の構造に関する検討を行った。口唇形状についていえば、もし開拗音が [CiV] 構造を持っているのであれば [i] 音の性質が強く反映されるはずであるが、実際には [V] の性質が現れやすく、直音の口唇形状とほとんど有意差がない。したがって、開拗音は [k<sup>i</sup>V] か [kjV] という音声構造を持っていると考えられる。一方、舌運動パターンをEPGで調べて見ると、音節頭に硬口蓋要素が出現していないことがあり、完全閉鎖が終わった後の開放部では硬口蓋部分に側面狭窄が残っていく。このことは、[k<sup>i</sup>V] 構造よりも [kjV] 構造のほうが妥当性を持つことを示唆している。したがって、少なくともキャ行に関しては [kjV] 構造を持つと結論づけてよいであろう。同様の傾向はパ行とピヤ行の対立についても観察され、日本語拗音の基本的な性質であると考えられる。

しかし、チャ行に関しては、後続母音がウ音の時に、基底状態について特異な傾向が見出された。この性質に関しては、舌尖母音との関連が考えられ、更なる検討が必要であり、今後も研究を継続していく。

#### 4-(4) 撥音の変異について

撥音の変異については、閉鎖性を持つ破裂音や破擦音および弾き音が後続した場合に、調音位置の逆行同化が起こるという点について、先行研究で見解が一致している。しかし、閉鎖性を持たない摩擦音や接近音・母音が後続する場合については、研究者によって見解が食いちがっており、現在もはっきりとした結論が得られていない。この点について、パラトグラフィと超音波測定および口腔・鼻腔の気流測定を用いた生理学的検討を行った。超音波測定では、舌骨の影になるため口蓋垂の動態を観察することが難しい。そこで、口腔からの気流を測定することにより、口腔内に完全な閉鎖が起こっているか（いわゆる破裂鼻音であるか）否かの指標としている。こうした生理学的測定の結果、摩擦音や接近音・母音が後続した場合、いわゆる破裂鼻音に変異するとは限らず、鼻腔共鳴と共に、口腔内に一定の隙間が空くこともしばしば起こることが見出された。この結果は、撥音の変異において、調音位置と共に、調音方法に関する一部の素性も逆行同化として計算されていることを示す。

さらに、歯茎摩擦音・歯茎硬口蓋摩擦音・ア音・オ音が後続する時には調音位置の完全な逆行同化が起こらない場合があり、さらにその場合の変異は有声口蓋垂鼻音になるとは限らず、しばしば鼻音化した硬口蓋摩擦音や鼻音化した硬口蓋接近音（あるいは鼻音化したイ音）に近い特性を示すことも多いことが分かった。また、母音が後続する撥音の変異については、撥音前後に存在する母音のうち、より狭い母音が優先的な影響力を持つことも分かった。これらの結果は、撥音の調音位置が完全に空虚なものではなく、defaultの値を持っている可能性があることを示す。また、撥音自体がより狭い口腔空間（すなわちなるべく子音に近い特性）を好むことも示唆される。

こうした結果は、撥音の音韻的な入力情報に一致の知見を与えるものであろう。すなわち、調音位置に関しては、明示的な情報を持つわけではないものの、過少指定された素性

を補完するプロセスがあるか、あるいは音韻要素が一定の調音位置を implicit に持っていると考えられる。これらの知見に基づいて、撥音の入力情報および定量的なインパルス特性についての理論的研究も行った。

なお、特に母音間に生じる撥音については拘束変異が起こるとは限らず、後続母音が優先されるような調音動態も観察された。これは、撥音が先行母音が形成する基底状態の束縛から逃れていることを示唆しており、入力情報における音節構造の再考が必要である。この点について、現在も生理学的研究を継続し、データを累積していく。

#### 4-(5) 促音の特性について

東京方言や関西方言の促音は、撥音に比べて後続音の制限が強く、和語・漢語では基本的に無声阻害音しか後続せず、借用語でも、有声阻害音やラ行子音が後続することはあるものの、接近音や鼻音が後続することはない。これに対し、串木野方言の促音は接近音や鼻音の後続が許されており、また語末にも促音が生じうる。こうした串木野方言の特性は、促音を考える上で非常に興味深い。いくつかの先行研究では、促音は空の C-slot によって引き起こされると提案されているが、串木野方言の促音も同様の性質を持つのであれば、促音に鼻音が後続した場合に撥音と促音の中和が起こることを予測するであろう。しかし、串木野方言で撥音と促音の中和は基本的に起こらない。

この点を踏まえ、串木野方言の促音について磁気センサーによる口唇動態、エレクトロパラトグラフィによる口腔内動態およびグロトグラフィによる喉頭制御の調査を行った。これらの生理学的実験の結果、串木野方言の促音では阻害音が後続する条件では東京・関西方言に近い特性を示すが、接近音や鼻音が後続する場合には調音位置の同化と共に、声門閉鎖が伴うことを見出した。すなわち、口腔内における調音位置制御と調音位置としての喉頭制御が同時に行われる二重調音とみてよい。これによって、撥音との中和が避けられることになる。

また、この結果を受けて、関西方言話者の促音について喉頭制御の特性を生理学的に調査したところ、有声子音や無声摩擦音が後続する場合に声門閉鎖を伴う話者が一定数いることを確認した。これらの結果は、関西方言においても促音が単に空虚な C-slot を持つだけであるという見解に対する一定の反証といえるだろう。今後の課題として、串木野方言、関西方言以外の方言についても調査を進め、促音の音韻的な構造について理論的な考察を深める予定である。

以上の 4-(1)~(5) の結果から、口腔内制御と喉頭制御の協調運動について、いくつかの重要な知見を得ることができた。また、C/D モデルの枠組みを援用することで、日本語の実時間特性に関するインパルス応答の性質について一定のデータが得られると共に、定性的な音韻入力情報についても重要な証拠が得られた。これらの結果から、定量的な音声合成プログラムを組み、C/D モデルの精緻化も行えた。

同時に解明できていない問題、今後解明すべき課題も見出された。科学研究費の期間中に、これらの問題を明らかにできなかったことは残念であるが、問題点が明らかになったことで、今後の研究目標を明確に定めることができたため、今後も音響的・生理学的実証研究と理論的な研究の両面から、音声・音韻の特性について研究を継続していく。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 松井理直	4. 巻 37
2. 論文標題 アクセント規則の処理に関する一症例	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本認知科学会第37回大会予稿集	6. 最初と最後の頁 317 - 326
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 内山良則・水田秀子・松井理直	4. 巻 40-2
2. 論文標題 この外国語様発話は何に由来するものか	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高次脳機能 研究	6. 最初と最後の頁 319 - 327
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松井理直	4. 巻 24
2. 論文標題 日本語拗音の時間特性に関する事例研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin	6. 最初と最後の頁 27 - 44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 奥村正平・松井理直・山本一郎	4. 巻 4
2. 論文標題 短文発話時における発話速度の違いが舌口蓋接触に与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 大阪保健医療大学紀要	6. 最初と最後の頁 1 - 16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 松井理直	4. 巻 1
2. 論文標題 日本語発音に関する音節構造について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本認知科学会第36回大会論文集	6. 最初と最後の頁 193-198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松井理直	4. 巻 23
2. 論文標題 日本語音声の時間特性に関する基礎的研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical and Applied Linguistics in Kobe Shoin	6. 最初と最後の頁 49-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 川原繁人・高田三枝子・松浦年男・松井理直	4. 巻 22
2. 論文標題 有声性の研究はなぜ重要か	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 音声研究	6. 最初と最後の頁 56-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松井理直	4. 巻 35
2. 論文標題 モーラ子音の素性構造について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本認知科学会第35回大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 735-744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井上雅勝・藏藤健雄・松井理直	4. 巻 35
2. 論文標題 日本語全称量化詞の疑似量化解釈 - ガーデンパス現象による実証的検討 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本認知科学会第35回大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 620-627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松井理直	4. 巻 22
2. 論文標題 日本語開拗音の音声的特徴について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin	6. 最初と最後の頁 49-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 井上雅勝・藏藤健雄・松井理直	4. 巻 157
2. 論文標題 日本語量化詞「ほとんど」の疑似量化解釈 - ガーデンパス現象による実証的検討 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本言語学会第157回大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 98-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 日本語のアクセント規則の処理に関する一考察
3. 学会等名 日本認知科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 母音間における撥音の変異について
3. 学会等名 関西音声教育研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 日本語拗音の時間的性質に関する予備的調査
3. 学会等名 国語研プロソディー研究班 共同研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 日本語分節音の音声学的性質に関する再検討
3. 学会等名 Phonological Association in Kansai,
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 日本語の無声化母音再考
3. 学会等名 待兼山ことばの会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 日本語拗音のEPGパターンについて
3. 学会等名 音声障害研究会分科会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 日本語分節音の特徴とIPA表記について
3. 学会等名 大阪府言語聴覚士会・第1回構音障害分科会勉強会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 アクセントの脳内処理を示唆する言語障害の一症例
3. 学会等名 Phonological Association in Kansai
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 串木野方言の促音について
3. 学会等名 Phonological Association in Kansai
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 撥音と促音における同化現象の再検討
3. 学会等名 近畿音声言語研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 現代日本語の撥音と促音
3. 学会等名 待兼山ことばの会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 EPG から見た日本語音声の IPA 表記について
3. 学会等名 第 5 回 EPG シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井理直
2. 発表標題 モーラ子音の素性構造について
3. 学会等名 日本認知科学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 今泉敏(監修)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 306
3. 書名 言語聴覚士のための基礎知識『音声学・言語学 第2版』	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------