

非母語話者による日本語促音の生成と知覚に
関する特性分析

Analysis of non-native learners' characteristics of
Japanese geminate consonant production and
perception

2018年2月

早稲田大学大学院国際情報通信研究科
国際情報通信専攻 音声言語情報処理研究Ⅱ

張 琰龍
(ちょう えんりゅう)

目次

第 1 章 序論	1
1.1 日本語学習者の音声生成と知覚研究の目的	1
1.2 促音生成と知覚に関する主な先行研究	2
1.2.1 促音生成における時間制御問題	2
1.2.2 促音聴取における時間長知覚課題	6
1.3 本論文の構成	9
第 2 章 タイミング差異に基づく促音時間制御特性の分析	12
2.1 タイミング特性から見た促音時間制御課題	12
2.2 音節構造の違いを考慮した分析単語選択と音声収録	15
2.3 母語話者との比較による促音時間制御の定量的分析	21
2.3.1 発話速度による時間長変動の除去	21
2.3.2 習熟度に基づく母語話者との時間制御差異	22
2.3.3 音節構造による時間長差異の相違	25
2.3.4 単語間における時間長差異の相	28
2.4 母語話者との差異の顕在化に対する解釈	31
2.4.1 促音後続母音の伸長傾向	31
2.4.2 非促音最終音節の短縮傾向	34
2.4.3 第二言語学習経験から見た時間制御特性	37
2.5 まとめ	40
第 3 章 拍タイミングの習得を目指した発話学習法の提案	41
3.1 数拍連続音韻環境を用いた発話の試み	41
3.2 発話学習前後の学習者時間制御特性の比較	43
3.3 まとめ	45
第 4 章 促音聴取におけるラウドネス関与の分析	46
4.1 音響的時間長に着目した従来の分析	46
4.2 心理音響量に基づく分析の可能性	49
4.2.1 ラウドネスを反映した時間長知覚	49

4.2.2 促音におけるラウドネス関与の先行調査	54
4.3 非母語話者による促音聴取実験	56
4.3.1 違う母語を持つ実験参加者	56
4.3.2 促音と非促音知覚判断実験	57
4.4 促音聴取におけるラウドネス関与の解明	60
4.4.1 促音聴取における発話速度依存性の再確認	60
4.4.2 聴取正答率とラウドネス関連特徴量との相関分析	64
4.4.3 ラウドネス関与についての考察	68
4.5 まとめ	71
第5章 ラウドネスを用いた促音聴取難易度の推定	72
5.1 促音聴取難易度の差異を生じた種々の関連要素	73
5.2 推定モデルの構築	74
5.3 推定に利用したデータ	75
5.4 推定有効性の解明	78
5.4.1 韓国語母語話者にみられる促音聴取難易度の推定	78
5.4.2 中国語母語話者にみられる促音聴取難易度の推定	86
5.4.3 教育現場における提案の考察	93
5.5 まとめ	98
第6章 むすび	99
参考文献	101
研究業績一覧	107
謝辞	111

図目次

図 1	本論文の構成	11
図 2	ラベリング例	18
図 3	学習者と母語話者との時間長比の差異の計算流れ	22
図 4	習熟度の向上に伴う促音部子音長差異の減少	24
図 5	促音・非促音の音節構造の違いによる時間長差異の相違	27
図 6	促音・非促音単語間における時間長差異の相違.....	30
図 7	/C ₁ V ₁ Q-C ₂ V ₂ /重-軽構造の促音単語における後続母音伸長	33
図 8	/C ₁ V ₁ -C ₂ V ₂ (R/N)/軽-重構造非促音の最終音節短縮	36
図 9	学習者の音節タイミング特性に基づく時間制御.....	39
図 10	数拍連続発話前後の促音語末母音時間長の比較.....	44
図 11	従来判明した学習者促音聴取の発話速度依存性.....	48
図 12	知覚特徴量のラウドネス値の測定	51
図 13	時間-ラウドネスマーカモデル	53
図 14	学習者による促音・非促音聴取の発話速度依存性	63
図 15	学習者による促音誤聴取におけるラウドネス関与	66
図 16	促音聴取に関与するラウドネス特徴量の役割	70
図 17	韓国語母語話者による難易度推定における誤聴取傾向.....	79
図 18	韓国語母語話者による実測と推定の正答率との相関	84
図 19	韓国語母語話者による実測と推定の正答率の誤差	85
図 20	中国語母語話者による難易度推定における誤聴取傾向.....	87
図 21	中国語母語話者による実測と推定の正答率との相関	91
図 22	中国語母語話者による実測と推定の正答率の誤差	93

表目次

表 1	言語のリズム型によるタイミング制御単位の相違例	15
表 2	設計した促音のリズム構造	18
表 3	使用した促音・非促音単語	19
表 4	音声収録参加者の情報	20
表 5	促音聴取の関連ラウドネス特徴量	52
表 6	聴取実験に用いた促音・非促音単語セット	59
表 7	少ない誤聴取における有意ではない相関	67
表 8	難易度推定に用いた促音・非促音単語セット	77
表 9	韓国語母語話者の促音知覚における特徴量間の相関関係	80
表 10	韓国語母語話者の正答率推定値と実測値との相関係数.....	82
表 11	中国語母語話者の促音知覚における特徴量間の相関関係	88
表 12	中国語母語話者の正答率推定値と実測値との相関係数.....	90
表 13	聴取正答率の低い単語の上位 10 位	95
表 14	推定精度の誤差が大きい単語の上位 10 位	97

第 1 章 序論

1.1 日本語学習者の音声生成と知覚研究の目的

近年、グローバル化の進展に伴い、日本語を第二言語として学ぶ非母語学習者が急増している。国内で日本語教育を受ける在日外国人は約 19 万人となっているとともに、海外の日本語学習者数は約 365 万人に達した¹。世界中に日本語学習熱が高まりつつある一方、実際の外国人学習者向けの日本語教育現場では、音声教育は時間と労力がかかるため、文法、語彙といった他の学習項目より重視されていない。戸田（2008）によれば、音声の生成・知覚に特化した教育方法やカリキュラム、およびそれらに関連する生成・知覚特性の検討も不足しており、音声教育に関する未解決な課題が多く指摘されている。学習者が生成する日本語音声には、構文の間違いはなくても、学習者は気が付かない発音の不備が散見される。また知覚面では、母語話者による標準な日本語音声であっても、聞き間違ったものもよくある。特に、学習課題として、日本語には特有の特殊拍があるため、その時間制御に関連する生成・知覚は習得上の難点となっている。この現状に鑑みると、日本語を第二言語とする外国人学習者による音声の生成と知覚特性の理解、およびそれに基づいた教育提案、学習方法の確立は重要かつ緊急な課題である。

上記の音声教育現状に対し、近年、文部科学省では ICT（Information and Communication Technology）の活用推進事業が始まり、言語教育分野では CALL（Computer Assisted Language Learning）を用いる外国語学習教育が盛んになっている。「教師が標準日本語を教え、学習者が真似て生成する」といったような伝統的教育手段の改良策として、CALL を利用する音声教育への支援が期待されている。この CALL 教育を効果的に行うためには、学習者による日本語生成と知覚仕組みの科学的な理解が不可欠である。しかし、従来の分析は学習者による生成現象（ある音韻区分の過剰生成が見られたとか）や誤聴取傾向（あ

¹ この数字は平成 27 年末まで、文化庁の「日本語教育実態調査」、および国際交流基金の「海外日本語教育機関調査」による結果である。

る音声中の促音単語の知覚正答率が低かったとか)の観察のみにとどまったことが多数であり、その仕組みまでの把握にはまだ不十分である。この現状に基づき、学習者が直面している促音・非促音の課題を科学的に理解するためには、促音生成における時間制御特性の定量的な把握、および従来の音響的時間長より新たな関連要素による促音誤聴取に関わる聴知覚特性の解明が必須と考えられる。学習者の生成・知覚メカニズムに対する科学的な理解こそが、より合理的な音声教育、学習方法確立を導くものと確信する。

上記の内容を踏まえ、本研究は円滑な日本語コミュニケーションにつながる学習方法の確立を最終目的とする。このため、本論文では日本語学習課題である促音音声習得に取り組み、その生成と知覚メカニズムの科学的な理解を研究目的とする。生成面では現象の観察にとどまらず、母語話者との定量的な比較から時間制御特性を把握し、学習者母語 L1 と目標言語 L2 のタイミング制御差異から科学的に理解する。知覚面では物理的な音響的時間長による説明に代え、新たに人間の聴知覚特性が反映されるラウドネス要素を利用して学習者の知覚仕組みを把握する。さらに教育現場への実践を念頭に、上記の理解に基づいた有効かつ合理的な教育と学習方法の提案を試みる。

1.2 促音生成と知覚に関する主な先行研究

日本語音声教育では、特殊拍である促音、と非促音（普通拍）の区別が日本語を第二言語として学習する非母語話者（以下、学習者）にとって、生成・知覚の両面で大きな難点であることが知られている（内田 1993；関 1993, 2000；Toda 2003；木下 2011）。これまでの研究では、生成と聴取に際して、実測した音響的時間長をもとにした検討が主になされてきた。一方、この時間長は音韻環境の違いによって変わることが知られているため、学習者の促音生成・知覚仕組みを理解するには、音韻環境に関わる種々の要素との関与を分析する必要性が考えられる。このため、本節では、まず促音時間長の生成および知覚特性に関する従来研究を述べ、本研究で扱う課題を呈示する。

1.2.1 促音生成における時間制御問題

言語によりリズム構造は違っているため、学習者による L2 の時間制御は L1

の発話リズムに制約される可能性が考えられる。これまでは言語のリズム構造によりタイミング時間制御特性も異なっていることが指摘されている (Port et al. 1987 ; Low and Grabe, 1995 ; Grabe and Low 2002)。リズム言語とされている日本語はモーラ (拍) を単位とし、ほぼ等時性のあるモーラから構成されることは認められている。それに対し、音節を単位とするスペイン語など、典型的な音節拍言語も存在している。また、英語をはじめとする強勢拍リズム言語もあり、強勢が置かれる間隔がほぼ等時的であるといった特徴がある。このように、日本語特有の拍感覚のない非母語話者にとって、母語が有するリズム構造による負の転移が考えられ、促音・非促音や長・短母音の区別といったような日本語の時間制御は困難となる。

本論文は学習課題と認められている日本語特殊拍の促音を扱う。促音は日本語に母音/V/の後、後続する子音/C/の前に、破裂音の場合は閉鎖区間を、摩擦音の場合は摩擦部分を、1モーラ分引き伸ばしたものと定義されている (秋永 1968)。音声学的には/Q/と表記され、促音部子音/Qc/は普通の非促音子音/C/と対立する。促音自身一つが1モーラを形成し、促音と非促音は、主にその促音部の子音区間/QC/時間長によって、長ければ促音に、短ければ非促音として区別される。このように、促音部の子音区間の時間長差異は、促音と非促音を区別する最大な手がかりとして考えられる。一方、この区別の手がかりである音韻区間時間長は固定の長さを持つものではなく、音韻環境や発話速度などによって変化することが知られている (匂坂 1985)。このため、促音と非促音は時間長の違いによって区別されるものの、その判断境界となる時間長は発話速度や音韻環境によって変化し、拍感覚を持っていない学習者にとってさらに難しい学習課題となる。

促音と非促音は促音部子音の長さによって区別されるため、これまでの促音生成特性に対する研究は当該音韻区間時間長の比較を中心になされてきた。学習者と母語話者の時間長差異の分析として、村木・中岡 (1990) や Han (1992) では複数の母語を持つ学習者によって調べられている。村木・中岡 (1990) では、中国語および英語母語の学習者と、日本語母語話者との子音長を比べた。その結果、学習者は促音ではより短く、非促音ではより長い傾向が観察されて

いる。この事実は Han (1992) のアメリカ人による分析でも判明した。母語話者の促音部時間長は非促音の 2.8 倍となったが、アメリカ人は上級となっても 2 倍しかないと報告されている。また、学習者が発話した促音と非促音の時間長比較として、戸田 (1994a, 1997a) の調査から、英語話者日本語初級学習者による促音部時間長の平均値は非促音の 2 倍以下になっていることが確認された。一方、これらの初級学習者は非促音の時間長が長すぎる問題も顕著であり、促音との区別がなくなったことも報告されている。このため、学習者がより標準な促音を追求するには、非促音が既に長すぎるため、促音をさらに伸ばして発音する「過剰産出」の傾向が観察された。さらに、当該音韻区間である促音部時間長を対象とする研究のほか、隣接音韻の時間長に対する分析もある。Toda (1994) や戸田 (1997a) などでは、英語母語話者日本語初級学習者による促音の先行母音が非促音の先行母音より長く、これによって促音部が短くなることが報告されている。

現象として判明した上記の時間制御問題をもたらした原因の分析として、学習者の日本語音声生成ストラテジーに対する考察がなされている (鮎沢 1999 ; 戸田 1997a, 2003, 2008)。前述したように、言語のリズム構造によるタイミング制御単位が異なるため、学習者の L2 発話は L1 に制御される可能性が考えられる。これらの研究では、このような L1 と L2 の音韻的な違いから起こる負の転移 (L1 の音韻体系が L2 の音声習得にマイナスに影響すること) も指摘されていた。その一方、学習者が母語話者とは違うストラテジーで促音・非促音を区別して生成することや、正の転移 (L1 が L2 にプラスに影響すること) もあると報告されている。英語母語話者が、L1 の音韻知識を L2 の生成に利用し、日本語の促音を英語における形態素間、単語間に連続する無声子音に置き換えて生成する、といった中間言語の音声的特徴が指摘されている (例 : white-tie /wait-tai/, rock-cake /rok-keik/)。

このように、日本語学習者 L1 と L2 のタイミング制御の差異がどのように L2 日本語の時間制御に影響を与えているかはまだ不明である。また、学習者が母語話者と異なる生成ストラテジーを利用した原因も判明しておらず、何故母語話者と同じように日本語の時間制御ができないかという質問には明確な

答えも出されていない。以上の従来研究を踏まえ、L2 日本語の音声習得の難点を解明し、時間制御問題を解釈するために、学習者 L1 との音韻的な違いを定量的に詳しく調べ、リズム上の差異に基づいて理解する必要があると考えられる。この課題は、本論文の生成面で行き届く1つの課題となる。

さらに、学習者による時間制御特性を把握した上、それを踏まえた新たな教育法の確立など教育上への展開が考えられる。今まで判明した現象の結果を踏まえ、教育現場においてよりよい発音を目指した学習法の提案はこれまで検討されていたが、さらに改善する余地がある。特に、従来の問題となる音韻区間だけに着目した発話指導法に代え、拍タイミングの習得を目指したより広い時間区間に渡る特殊拍教育への転換がより妥当であり、合理的であると考えられる。従来研究として、Han (1992) は、日本語教育現場では「促音を非促音の3倍の長さで発音するように指導すべきである」と提言しているが、このような方法は、単に促音部時間長そのものに注目し、日本語が拍タイミングとしての制御特性が考慮されていない。促音部だけが十分長くても、隣接音韻区間の時間長の割合が崩れ、単語全体としてのモーラリズムが不自然になる恐れが考えられる。このため、従来の局所的な音韻時間長に着目した教育法より、日本語特有の拍タイミングの習得を目指した促音時間制御の訓練法が必要と考えられる。この課題は、本論文の生成面で行き届くもう1つの課題となる。

上記をまとめると、日本語非母語学習者による促音時間制御特性に対する従来研究には以下の不足点が考えられる。学習者と母語話者とは何かの差異があるといった現象の判明にとどまった研究が多く、その現象に対する言語のタイミング制御差異に基づいた定量的な理解はなされていない。また、これまでの音声指導として、ただ制御問題のある区間のみ注目することが多く（「長さが足りない部分をさらに長く生成する」と要求するとか）、日本語特有の拍タイミングを習得することが強調されていない。このため、1) 定量的に L1 と L2 のタイミング差異を分析し、L2 日本語の時間制御問題を理解すること；2) 拍タイミングの習得を目指し、促音部子音長だけに注意する教育をより広い時間区間にわたるタイミング現象としての教育法を提案すること、を調べる必要性が考えられる。本論文では生成面の検討として、この2つの課題に着目して

分析を展開する。

1.2.2 促音聴取における時間長知覚課題

生成とともに、促音・非促音の聴取区別も教育上の難点として専門家や教育者の間でよく知られている。促音部子音/QC₂/の時間長は促音・非促音区別の最も重要な手掛かりと認められ、知覚傾向や聴取特性に関する研究もその実測した音響的時間長を中心になされてきた(福居 1978 ; 平田 1990 ; 戸田 1998a ; Kingston et al. 2009)。「後続子音/C/を1モーラ分引き伸ばしたもの」という促音の定義により、促音部子音時間長が長ければより促音、短ければより非促音として聞き取りやすくなることが考えられる。このように、促音部子音の音響的時間長は発話速度によって変動するため、学習者による促音聴取の発話速度依存性に関する研究は多数なされてきた(Sonu et al. 2011, 2013 ; 張ほか 2014)。これらの研究では、「速い・普通・遅い」といった違う発話速度における促音・非促音音声サンプルに対し、学習者による知覚正答率を分析した。その結果、正答率は発話速度に強く依存する事実が判明し、発話速度によっては深刻な誤聴取が出ている。その対象実験として、母語話者の促音聴取に対する分析もなされてきた。母語話者は発話速度によらず、促音と非促音の時間長差異がよく区別できており、正答率がほとんど100%となっていることが観察された(Sonu et al. 2011, 2013)。このように、学習者による促音知覚の誤聴取傾向が判明した。

また、促音部子音の長短により促音か非促音として聞きやすくなるため、その子音の長さを変動させ、促音知覚の範疇境界値に対する研究がなされてきた。関(1987)では、韓国人学習者を対象とする分析により、学習者の知覚範疇化が明確ではなく、持続時間以外の音声的要因に基づいて判断を行う可能性が示唆された。Enomoto(1992)における学習者の日本語レベルに基づいた縦断分析から、初級学習者と比べ、上級学習者の促音知覚範疇化が進んでおり、母語話者と類似していく傾向が判明した。さらに、促音知覚範疇化の傾向は学習者の母語によって異なる事実も指摘された。戸田(1998a)では、英語話者初級学習者による知覚は母語話者と比べより曖昧で、判断境界値自体も母語話者と異なることが示された。この結果は、内田(1993)の中国語話者初級学習者の

結果とは逆であり、違う母語を持つ学習者の間には判断基準の違いが存在していることが示唆された。

戸田 (1998a) は、日本語母語話者による促音・非促音の区別は範疇知覚である一方、学習者による範疇知覚境界値は明確ではないと指摘している。戸田 (1998a) では、収録した母語音声に対し、2音節語/ $C_1V_1C_2V_2$ /の第2音節の/ C_2 /を16段階(60%から360%の間を20%ごと)に伸縮することにより、3音節後を作成した。この音刺激を用い、母語話者と学習者に1) 2音節語から3音節語(以下は上昇系列)、2) 3音節語から2音節語(以下は下降系列)で継続的に提示された。その結果、母語話者群の結果として、上昇系列と下降系列の間が非常に狭く接近していることがわかった。即ち、母語話者は明確な判断境界を持って、促音・非促音を区別していることが言える。母語話者による知覚範疇化は非常に顕著で、判断は曖昧な領域がほとんどない。一方、英語話者初級学習者による判断は曖昧な領域が広く、知覚範疇化が進んでいないことが示された。特に、判断境界値において下降系列が上昇系列より常に高いことが見られ、判断境界が定まらず判断の曖昧さが目立っている事実が考えられる。しかし、この英語話者初級学習者による結果は中国語話者初級学習者とは逆であり、上級学習者と同じである。この事実により、英語話者と中国語話者の間にはなんらかの判断基準の違いが存在することが示唆されているが、単なる促音部子音に着目した分析はまだ不十分であると考えられる。

一方、当該子音の時間長ばかりでなく、隣接する母音の音響的時間長による中国語および英語母語話者の聞き取りへの影響も指摘されている(渡部・平藤1985; 内田1993; 戸田1998a, 2003)。ただ、上記の分析により、隣接母音の長短パターンによる影響はまだ十分に理解されていない。それに対し、日本語母語話者の場合、先行母音が長く、後続母音が短いパタンの単語は促音と判断しやすいことが報告されている(大深ほか2005)。この事実から、学習者による促音知覚仕組みの理解には、音響的時間長だけでなく、聴知覚特性が反映される新たな特徴量の利用も考えられる。

上記のように、時間長知覚に関する研究はなされてきたが、物理的に実測した音響的時間長のみに着目した従来研究はまだ不十分であり、人間の聴知覚特

性がどのように考慮に入れるかは課題となる。一方、音声合成の自然性評価に関する従来研究により、合成音の時間長歪みに対し、聞こえの大きさ（ラウドネス）を用いた評価尺度は有効であると検証された（Kato et al. 1997, 1999, 2002）。人間の聴知覚特性が反映される評価尺度の考察として、時間長は基本的な評価尺度として知られているが、聞こえの大きさ（ラウドネス）はその時間長の知覚に対して影響を与えていると論じられている。聞こえの大きさが知覚的な顕在性（すなわち、目立ちやすさ）を増加させ、ラウドネスが大きい区分ほど時間長の不自然さに気づきやすくなるためと説明されている。この考え方に基づき、Kato et al. (1999) では、評価者の聴知覚特性を考慮するため、当該音素、および隣接音素区分のラウドネスによる時間長重み付けを行った知覚的特徴量（時間-ラウドネスマーカモデル）が提案され、その有用性が報告されている。さらに、中村（2008）では、外国人学習者の生成における主観的評価にもこのラウドネス重み付け特徴量は有効な変数であることが実験的に示されている。上記の事実に鑑み、時間長の知覚課題である促音聴取に対し、音響的時間長のみより、ラウドネスも考慮に入れた説明の有用性が期待される。

このように、促音知覚の発話速度依存性および範疇化といった従来研究から、実測した時間長は促音知覚の基本的な手がかりである一方、それだけによる説明は不十分であり、人間としての聴知覚特性も考慮に入れる必要がある。合成音の自然性評価におけるラウドネスを用いた評価尺度の有効性に鑑み、この時間長知覚課題をより一歩行き詰まり、促音の範疇知覚においてもラウドネスによる影響の可能性が考えられる。このため、学習者による促音知覚特性の理解には、音響的時間長に対する従来研究に代え、新たにラウドネスを導入する有用性を調べることは本論文の知覚面で扱う1つの課題となる。

さらに、別の見方からすると、上記の促音範疇知覚におけるラウドネス関与がある場合、それを用いて音声教育への展開が考えられる。ラウドネスといった促音知覚に関わる要素を説明変数として回帰分析に用いることで、促音単語それぞれの聴取難易度が推定できる。その回帰分析に用いられる説明変数として、上記の時間長やラウドネスのほか、母音や子音の生来的な時間長、近接音環境、アクセントといった時間構造に関わる種々の要因に対する従来研究もな

されてきた (Kato et al. 2003; Hirata and Whiton 2005; Hirata and Tsukada 2009 ; 匂坂・東倉 1984 ; 匂坂 1999)。中には、英語話者による促音の知覚は子音種に影響され、破裂音/t, /k/の知覚は習得順序が摩擦音/s/に先行することが指摘された (戸田 1998b)。アクセント型による聴取難易度の差異に関して多くの従来分析はあるが、まだ異論がある (皆川・桐谷 1996 ; 小熊 2000a)。このため、本論文では促音聴取難易度の推定における説明変数として、基本的な時間長要素、および前述した可能なラウドネス要素を主に利用する。推定された難易度により、「判断しやすく難易度が低い単語から、判断しにくく難易度が高い難しい単語へ習得する」といった教育法の確立も考えられる。以上により、促音知覚に関わる要素を利用した聴取難易度の数量的な規定は本論文の知覚面で取り組むもう1つの課題となる。

上記をまとめると、促音知覚面では以下の不足点が考えられる。音響的時間長のみに着目した従来の説明は人間の聴覚特性が十分に考慮されていない。また、知覚に関わる要素を回帰分析に用いることで、促音単語の聴取難易度の推定が可能である。このため、3) 学習者による促音聴取におけるラウドネス関与の判明、およびラウドネスを用いた促音誤聴取傾向への説明 ; 4) 促音知覚に関連する要素を用いた聴取難易度推定に基づいた教育方法の提案、を調べる必要性が考えられる。本論文では知覚面の検討として、この2つの課題に着目して分析を展開する。

1.3 本論文の構成

前述した内容を踏まえ、本論文の構成を図1に示し、各章で行った分析は以下の通りである。

第1章 序論

本章では、日本語を第二言語とする学習者に対する音声教育の現状を述べた上、本研究の目的と意義を説明した。特に、時間制御と知覚特性に関する従来分析の不十分さに焦点を当て、より科学的な理解に向けた研究課題をあげた。

第2章 タイミング差異に基づく促音時間制御特性の分析

本章では生成面の分析として、従来生成傾向の観察にとどまった分析に代

え、母語話者との時間長比較から学習者の促音時間制御特性が定量的に把握できた。特に、単語の音節構造により学習者と母語話者との時間長差が異なると考えられるため、その差が大きい音節構造に着目し、言語間のタイミング制御単位の差異に基づいた新たな解釈を求めた。

第3章 拍タイミングの習得を目指した発話学習法の提案

本章では引き続き生成面の分析として、前章で解明した時間制御問題の改善法を提案した。特に、従来の促音部子音長だけに注意する教育に代え、新たに日本語拍タイミングの習得を目指したより広い時間区間にわたるタイミング現象としての教育法を提案した。数拍連続音韻環境を用いた発話訓練を行い、訓練前後の時間長比較からその有効性が確認できた。

第4章 促音聴取におけるラウドネス関与の分析

これからの2章は知覚面の分析となる。従来の時間長差異に着目した音響的特徴量のみによる誤聴取傾向分析に、新たに聴知覚特性が反映されるラウドネスを導入した。学習者による促音・非促音の知覚正答率とラウドネスの相関関係を分析した。深刻な誤聴取にラウドネス関与が判明した結果から、ラウドネスは時間長知覚の手助けとなる可能性が考えられる。

第5章 ラウドネスを用いた促音聴取難易度の推定

本章では、前章で解明した促音聴取のラウドネス関与の教育上への展開として、新たにラウドネスを説明変数として回帰分析に用い、促音単語の聴取難易度を数量的に推定した。正答率推定値と実測値との相関分析および誤差分析から、提案した難易度推定の有効性が判明し、さらにそれを踏まえた「学習者に易しい単語から難しい単語へ習得させる」教育法の提案も考えられる。

第6章 むすび

本章では、上記の分析結果を整理し、日本語学習者による促音生成・知覚メカニズムに対する新たな科学的な理解を総括した。それに基づき、よりよい教育効果を実現するために必要と考えられる将来への課題を示した。

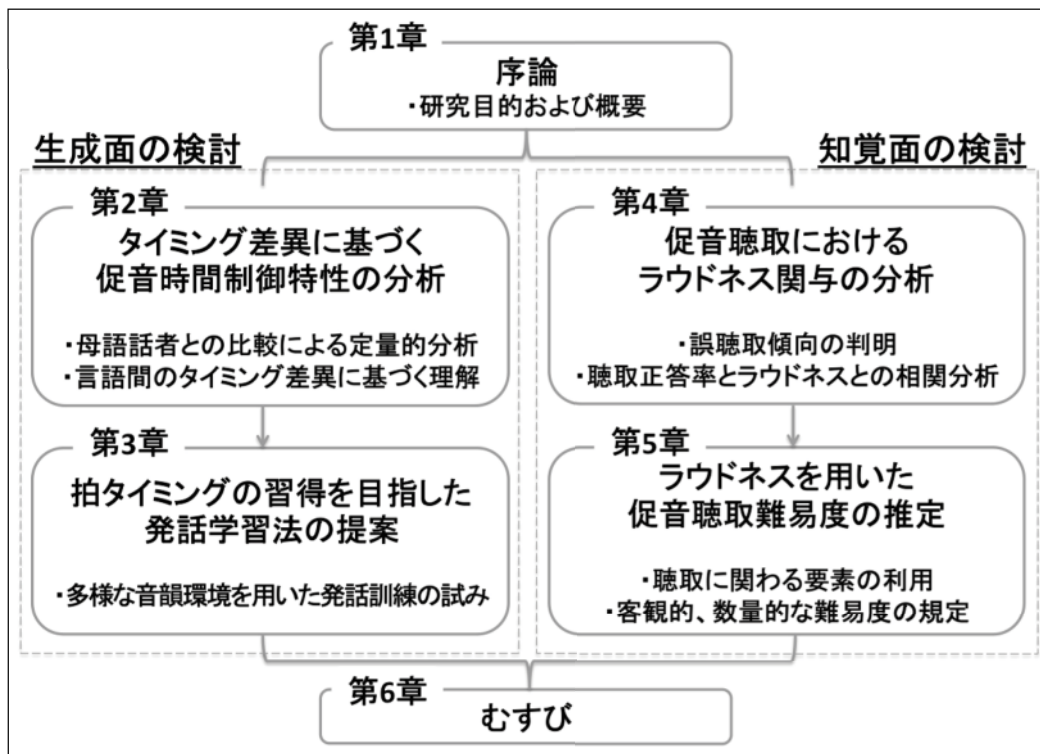


図1 本論文の構成

第2章 タイミング差異に基づく促音時間制御特性の分析

本章では、中国人学習者による日本語生成現象を音声科学として理解することを目指し、学習課題である促音単語の時間制御を分析する。学習者と母語話者の時間長差異分析から、時間制御がうまく行えていないリズム構造を定量的に解明する。L2 と L1 のタイミング差異に基づき、L2 促音時間制御における L1 の発話リズム制約の仕組みを科学的に理解する。

具体的には、以下の3点を考慮して分析を行った。第1点目は、音韻環境により時間制御難易度が異なると考えられるため、多様な子音種やモーラ数を持つ単語を用いた。次に、時間長差異の測定には、実測時間長は発話速度の影響を強く受けることも知られているため、実測した音響的時間長に代え、発話速度による時間長変動を除去する関連音韻長の比率を利用し、母語話者との差異を定量的に分析した。最後に、従来研究では習熟度が同一の学習者に対する分析が多数である現状に対し、日本語時間制御の習得過程を理解するため、初級・中級・上級といった異なる習熟度のデータを利用した。

以上の内容を踏まえ、2.1 節では学習者による日本語時間制御特性に対する従来研究を述べ、分析する必要がある課題を示す。2.2 節では言語のタイミング単位の差異を考慮し、用いる単語のリズム構造および録音・ラベリング作業を説明する。2.3 節では発話速度正規化を行った時間長に着目し、学習者と母語話者の差異を定量的に調べる。2.4 節では学習者による時間制御がうまく行えていない単語に対し、L1 と L2 のタイミング差異に基づき、母語話者との時間制御差異が生じた原因を考察する。上記を踏まえ、2.5 節では中国人学習者の促音時間制御特性をまとめる。

2.1 タイミング特性から見た促音時間制御課題

第二言語習得分野において、学習者母語 L1 と目標言語 L2 のタイミング差異は L2 の音声生成において、韻律上の自然性、ひいては音素区分時間長の区別に深刻な影響（即ち、母語による負の転移）を与えていることが知られている。このため、学習者による L2 時間制御特性への理解には、L1 と L2 のタイ

ミング差異を考慮した分析が考えられる。

日本語の L2 時間制御問題に関して、促音が課題として取り上げられている (戸田 2003 ; Sonu et al. 2011; 藤本ほか 1997)。促音/Q/は、長母音/R/及び撥音/N/とともに、日本語の特殊拍である。特殊拍は、子音/C/と短母音/v/の組み合わせ (e.g. 「か」, /ka/)、または短母音 1 つ (e.g. 「い」, /i/) といった普通拍と同様に、時間的に 1 拍を形成する (木下 2011)。普通拍と比べ、特殊拍を含む音韻区分はより長い時間長を保つことが観察されている (Fujisaki et al. 1975)。特殊拍と普通拍の長さの比率について、Campbell and Sagisaka (1991) において大規模の音声データベースを用いた分析がなされてきた。その結果、長・短母音の比率はほぼ 1.5:1 であり、促音・非促音のほうは 3:1 ぐらいとなっている。また、Sagisaka (2003) では、隣接モーラの間には一定の長さがある間隔を保とうとする働きがあることが観察された。この隣接音韻の時間制御に関する補償効果があるため、時間的に認められている事実として、日本語は基本的に 1 拍がリズム単位とされる (藤本ほか 1997)。

これまでは母語話者および学習者の促音時間制御特性に関する研究が数多くなされてきた。母語話者の場合、発話速度が変動しても、促音部子音長と単語全体時間長の比率はほぼ一定に保たれることが知られている (藤本ほか 1997)。このことから、母語話者は発話速度によらず、促音・非促音の時間長差異が制御できると考えられる。これに反して、学習者の促音時間制御は困難であることがよく知られている。1.2 節で述べたように、学習者による促音部子音は母語話者に比べ、促音単語では短く、非促音単語では長い、といった傾向が観察されている (村木ほか 1990 ; Han 1992 ; Toda 2003)。このような時間制御は、局所的に発話速度が変化する文ではさらに深刻な課題となる。

上記のように、明らかとなった生成現象にとどまらず、学習者の促音時間制御メカニズムの解明には、現象を引き起こしたリズム型の違い、およびタイミング時間制御上の原因をより深く理解することが必要である。前述したように、L1 (中国語) と L2 (日本語) にタイミング制御が異なる場合、中国人学習者による日本語発話では、母語の発話リズムに制約される可能性がある。このため、日本語 L2 の促音時間制御問題に対し、学習者母語 L1 とのタイミング単

位の差異から理解することが考えられる。

一方、言語間のリズム種類によるタイミング制御差異に関して、音声学ではその存在が既に知られている (Low and Grabe 1995 ; 木下 2011)。Low & Grabe (1995) では、タイミング種類の定量化を目指し、母音長の変動を手掛かりにした指標 PVI (Pairwise Variability Index) が提案された。PVI 指標によって、言語は英語のような「強勢が置かれる音節を中心とするまとまりが単位となる」強勢拍リズム (stress-timed rhythm), およびスペイン語のような「音節が単位となる」音節拍リズム (syllable-timed rhythm) で大別される。物理的に発話リズムを計測した上記の報告では、各言語の PVI 値により、英語 (57.2) とは違い、中国語 (27.0) は音節タイミングの言語であるスペイン語 (29.7) に近い事実から、中国語は普通の音節リズムに属されることと認められており、音節は基本的なタイミング制御単位として知られている。一方、日本語 (40.9) は特有の拍 (モーラ) が単位であるため、拍タイミングであることが認められる (藤本ほか 1997)。

より直観的に言語のリズム構造によるタイミング制御の違いを示すため、表 1 では例を挙げている。英語をはじめとする強勢拍リズム言語において、強勢が置かれる「●」の間隔はほぼ一定の長さである (This の [ɪ], apple の [æ], yesterday の [je])。それに対し、音節リズムの中国語は音節毎にほぼ等時的であるが、声調による影響があり、例えば「下がる・上がる」パタンの 3 声がより長い (Peng 2006)。このため、表に示しているように、「3 声の wo と 2 声の zuo」の間、および「3 声の mai と軽声の de」の間に、「●」の間隔がより長く見られた。さらに、日本語には仮名 1 文字 (1 モーラ) がほぼ等時的であり、モーラもしくは拍が基本的なタイミング単位であると観察されている。

このような言語間のタイミング制御単位の差異があるため、中国人学習者の L2 日本語 (拍タイミング) の発話に、L1 中国語 (音節タイミング) に制約されることが考えられる。このため、以下は母語話者との時間長比較から、L2 促音発話における L1 タイミング関与を定量的に解明する。次節では、多様な音韻環境を持つ単語を利用した音声収録実験を説明する。

表-1 言語のリズム型によるタイミング制御単位の相違例

リズム類型	リズム単位等時性の例
強勢拍リズム (英語)	<p style="text-align: center;">This is the apple I bought yesterday</p> <p style="text-align: center;">● ● ●</p>
音節拍リズム (中国語)	<p style="text-align: center;">zhè shì wǒ zuó tiān mǎi de píng guǒ</p> <p style="text-align: center;">这 是 我 昨 天 买 的 苹 果</p> <p style="text-align: center;">● ● ● ● ● ● ● ● ●</p>
モーラ (拍) リズム (日本語)	<p style="text-align: center;">korewakino u ka Q tari N godesu</p> <p style="text-align: center;">これはきのうかたりんごです</p> <p style="text-align: center;">● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●</p>

「木下 (2011) における例を参照」

2.2 音節構造の違いを考慮した分析単語選択と音声収録

前述したように、言語により基本的なリズム構造が異なるため、それぞれの母語話者が用いるタイミング制御単位も違っている。中国人学習者はL2日本語の拍タイミングを持っていないため、L1中国語の音節タイミングで日本語の時間制御を行う可能性が考えられる。このように、特殊拍である促音は1拍の時間長を占めているが、音節タイミングとして1拍と認識されない。このため、単語それぞれのリズム構造により、タイミング制御の難易度は異なる可能性が考えられる。

具体的な予測として、均一な音節構造からなる単語は学習者にとってより容易であるが、均一ではない音節構造はより困難である。非促音単語の場合、1拍1音節の/C₁V₁-C₂V₂/は易しいが、語末に特殊拍のある単語/C₁V₁-C₂V₂(R/N)/は、前後音節は均一ではないため、学習者にとって時間的に「短-長」と制御することが難しいと予測される。促音単語の場合、2拍1音節の促音単語/C₁V₁Q-C₂V₂(R/N)/は語中にも語末にも特殊拍のあるため、均一な長音節からなると言える。このため、語中だけに特殊拍のある促音単語/C₁V₁Q-C₂V₂/と比べ、前者が容易であることが予測される。

このようなタイミング制御差異を分析するため、これまで着目された普通拍の連続中に促音/Q/が表れる/C₁V₁QC₂V₂/構造に加え、語末に長母音/R/や撥音/N/を持つ単語を新たに分析に加えた。このため、表2に示した多様な音節構造を設計した。モーラ数を異なることにした。表3には今回の分析対象として選択した15セットの促音、および対立単語を示した。多様な音韻種について調べるため、促音部子音としては/k/, /t/, /s/, /ʃ/と/tʃ/を用いた。また、先行・後続母音も日本語5母音/a/, /i/, /u/, /e/と/o/の全てを含めた²。

設計した単語セットについて、日本語学習者31名(男性19名、女性12名)に音声収録に参加してもらった。音声収録をした時点で、全員が東京都に滞在していた中国語を母語とする18歳から25歳までの日本語学習者である(平均年齢21.3歳, S.D.=2.9)。中国における多種類の方言による影響を防ぐため、全ての学習者は華北地方の出身者とした。被験者は全員、北方方言(標準語(官話)として認められる)が話せる者からなる。習熟度の考慮には、滞日時間および日本語能力試験JPLTによる認定(N5からN1まで、日本語レベルの向上を意味する)を用いた。以下の分析では、表4に示したように初級、中級と上級学習者の3レベルに分割して扱う。学習者と比較するため、日本語の標準語と認められる東京方言を話す18歳から25歳までの関東出身者8名(男性5名、女性3名)により、母語話者の音声も収録した(平均年齢21.5歳, S.D.=2)。

今回の分析は、孤立単語の音節構造による生成特性の差異の把握を目指すた

²本論文における日本語の音素表記はLabrune (2012), Okada (1999) を参考し、IPAの簡易表記(broad transcription)に従う。特殊拍の表記は音韻論による規則に従い、促音は/Q/, 長母音は/R/, 撥音は/N/と表記する。

め、録音はキャリア文付きではなく、単語の単独発話と設計した。このため、ラベリング作業も孤立単語発話に対するラベリング規則に従った。録音前に、今回の分析で用いない“「抹殺」/maQsatsuu/・「摩擦」/masatsuu/”によって促音・非促音の違いを説明し、学習者全員が両者の差異を理解していることを確認した。録音手順も中国語で説明した。参加者に表 3 を提示し、自分なりの自然な発話速度で発話するように依頼した。録音は静かな教室で、パソコンに直結したマイクロフォンによって録音した。量子化ビット数は 16 ビット、量子化周波数は 48kHz とした。分析用の音声サンプルは計 1170 個（39 名参加者×30 個単語×促音・非促音 2 種類）からなる。

時間制御特性を分析するため、まずラベリング作業を行った。図 2 に示したように、ソフトウェア Praat を利用して作業した。音韻区間の区切りは、主に菊池ら（2003）、熊（2004）が指摘した内容を参照し、子音・母音種および音韻環境の差異に応じたそれぞれの基準に従った。波形とスペクトルなどの目視と聞き取りに基づき、手作業で音声刺激毎に各音韻区分の開始・終了時刻にラベルを付与した。促音時間制御に関する多数の従来分析と同様、本稿でも/QC₂/を 1 つの“促音部子音区間”とした。したがって、促音単語/C₁V₁QC₂V₂/の場合、/C₁/、/V₁/、/QC₂/、/V₂/で分けたラベリングがなされている。

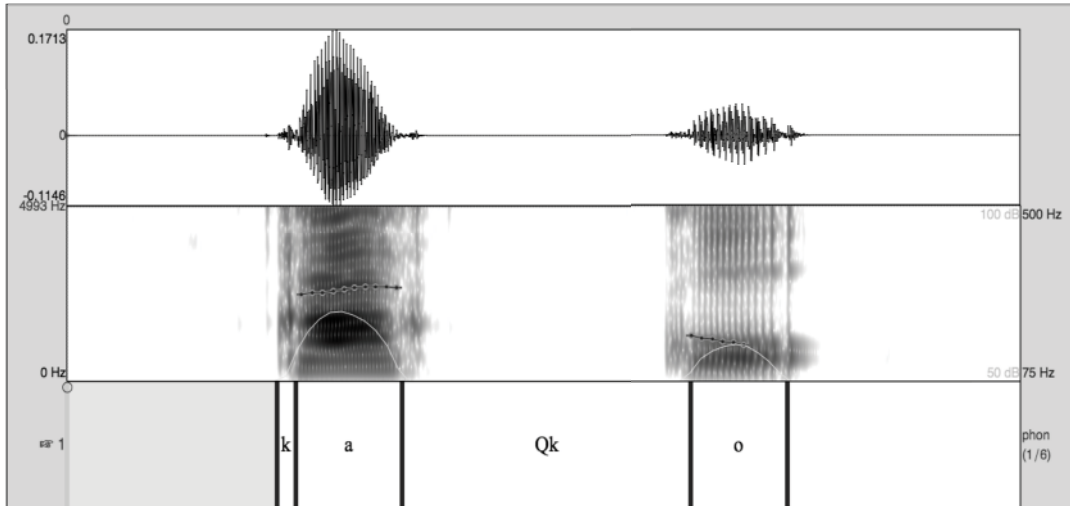


図-2 ラベリング例（発話内容：/kaQko/）

表-2 設計した促音のリズム構造

音節構造	例	セット数	モーラ数
$/(C_1)V_1QC_2V_2/$	/haQto/	5	3
$/(C_1)V_1QC_2V_2R/$	/haQseR/	6	4
$/(C_1)V_1QC_2V_2N/$	/haQkeN/	4	4

表-3 使用した促音・非促音単語

促音単語	音素表記	非促音単語	音素表記
/(C₁)V₁QC₂V₂/		/(C₁)V₁C₂V₂/	
はっ ハット	/haQto/	はと 鳩	/hato/
いっ いっそ	/iQso/	いそ 磯	/iso/
かっ 確固	/kaQko/	かこ 過去	/kako/
にっ 日誌	/niQji/	にし 西	/niji/
さっ 察知	/saQtji/	さち 幸	/satji/
/(C₁)V₁QC₂V₂R/		/(C₁)V₁C₂V₂R/	
はっせい 発生	/haQseR/	はせい 派生	/haseR/
いっしょう 一丁	/iQtjoR/	いしょう 胃腸	/itjoR/
いっこう 一行	/iQkoR/	いこう 以降	/ikoR/
いっしゅう 一週	/iQjuR/	いしゅう 異臭	/ijur/
じゅっちゅう 術中	/dʒwQtjuR/	じゅちゅう 受注	/dʒwtjuR/
りっとう 立冬	/riQtoR/	りとう 離党	/ritoR/
/(C₁)V₁QC₂V₂N/		/(C₁)V₁C₂V₂N/	
はっけん 発見	/haQkeN/	はけん 派遣	/hakeN/
はっさん 発散	/haQsaN/	はさん 破産	/hasaN/
とっしん 突進	/toQjiN/	としん 都心	/tojiN/
とったん 突端	/toQtaN/	とたん 途端	/totaN/

表-4 音声収録参加者の情報

習熟度	人数	滞日時間	能力試験の認定
初級 (男性7名, 女性3名)	10	<1年	N3 不合格 または 参加したことがない
中級 (男性6名, 女性4名)	10	1~2年	N3~N2
上級 (男性6名, 女性5名)	11	>2年	N1
母語話者 (男性5名, 女性3名)	8	対照グループとする	

2.3 母語話者との比較による促音時間制御の定量的分析

本節では、ラベリングした音声データに対し、学習者と母語話者の音韻区間時間長を比べ、学習者にとって時間制御が困難な箇所について調べた。まず、発話速度による影響を除去する手法を説明する。次に、習熟度に基づき学習者と母語話者のタイミング差異が大きい単語の音韻特徴を定量的に解明する。さらに L1 と L2 のタイミング差異に基づき、上記の結果を解釈する。

2.3.1 発話速度による影響の除去

ラベリング作業により、音韻区分毎に実測した音響的時間長が得られる。しかし、この時間長は発話速度や隣接音素環境など複数の要因によって変動することも知られている。このため、分析において、発話速度による時間長測定への影響を防ぐため、テンポを正規化することが必要である。本研究では、促音部子音の音響的時間長そのままの利用に代え、関連音韻区間時間長の比率の利用を考えた。

時間長比を用いた従来分析の中、実測した音韻区間時間長の比による正規化の有効性が示されている。Hirata and Whiton (2005) では、「促音部閉鎖区間/Q/対単語全体の時間長比率」を用いることにより、発話速度にもかかわらず、母語話者は 95.7~98%といった高い正確率で促音と非促音が分けられることが観察されている。さらに、Amano and Hirata (2010) の促音知覚境界に対する研究では、「閉鎖区間に後続子音を加えた区分/QC/対単語全体の時間長比率」が促音・非促音を区別する変数としてより有効であることが示されている。本稿では測定の簡便さから、この「後続子音も含む促音部/QC₂/対単語全体 total word の時間長比率」(以下は時間長比, ratio of QC₂ / total word) を採用し、発話速度による影響を防ぐことを試みた。

学習者による時間制御特性の理解には、母語話者との時間長比の差異に着目した分析が必要である。このため、音声サンプル毎に、各レベルの学習者による時間長比の平均値、および母語話者の平均値を計算した。単語毎に3つの時間長比の差異(3レベルごとに、母語話者との差)を得た。差異が大きければタイミング制御の難点であり、小さければ制御しやすいと考えられる。

2.3.2 習熟度に基づく母語話者との時間制御差異

差異の測定方法を図3に示し、以下のように説明する。1) 各参加者による各音声サンプルの時間長比を計算した。2) 音声サンプル毎に、各レベルの学習者全員による時間長比の平均値, および母語話者全員による該当音声の時間長比平均値を計算した。3) 各音声サンプルにおいて、学習者と母語話者の時間長比平均値の差が得られた。4) 本節ではまず習熟度に伴う全体的な傾向を調べるため、各レベルの全ての音声サンプルで、3) で求めた差の平均値, 標準偏差などを計算し、図4となる。図4に見られるように、母語話者との差異は促音・非促音両方とも、学習者が進むにつれて減少することが判明した。

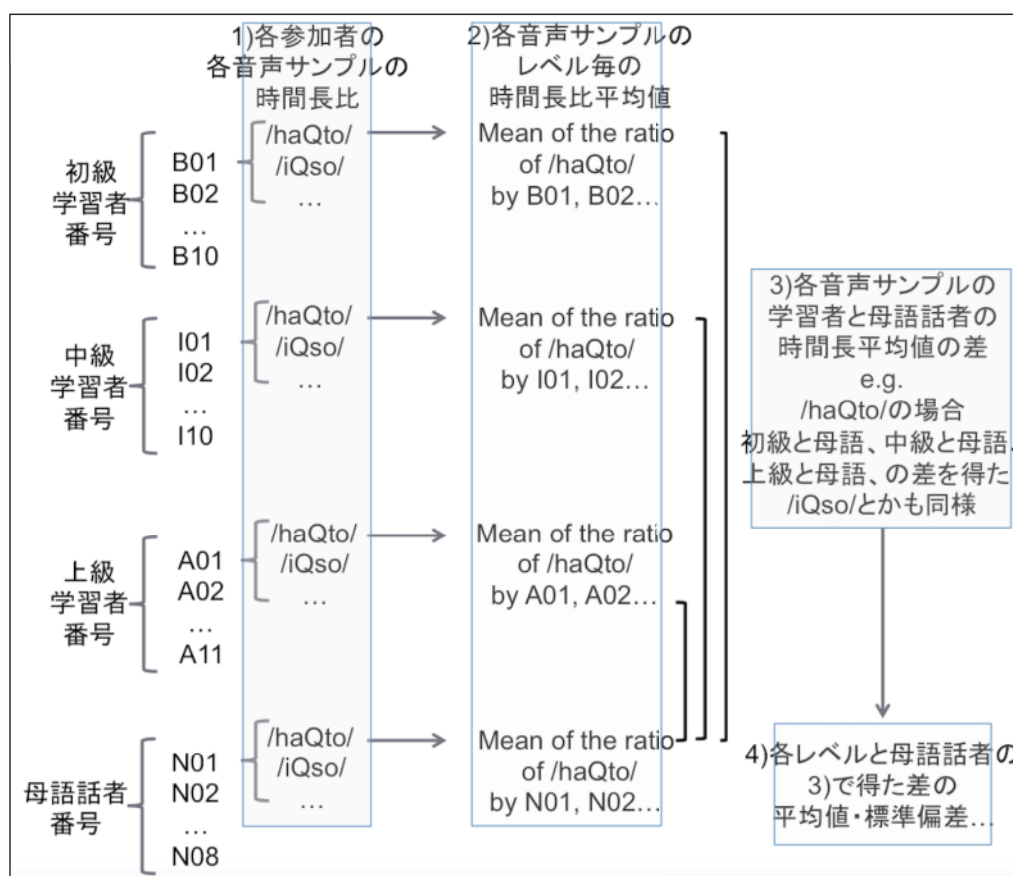


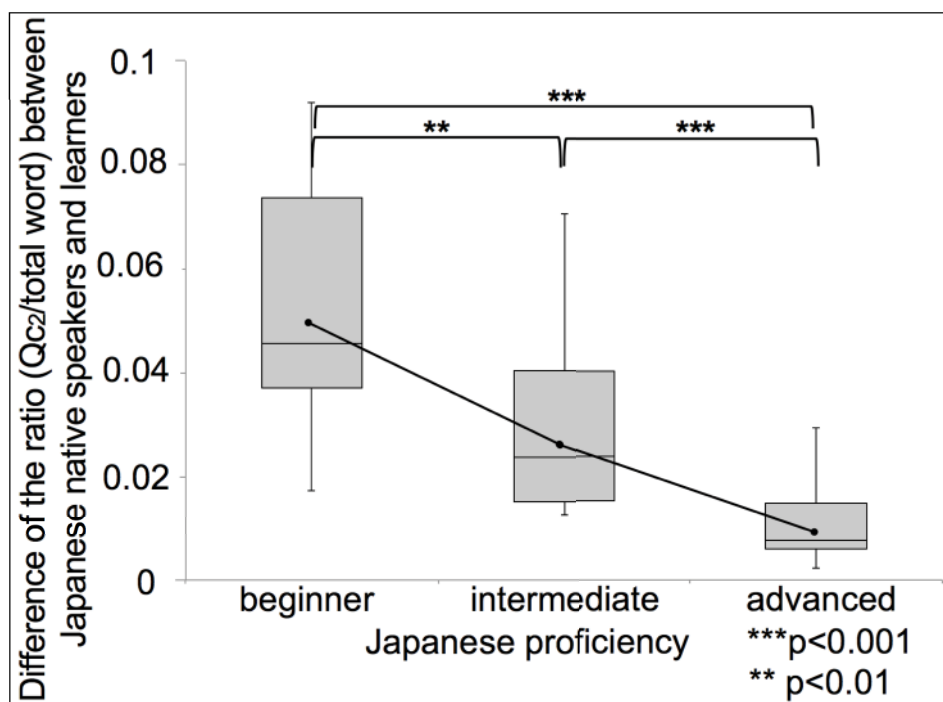
図-3 学習者と母語話者との時間長比の差異の計算流れ

図 4 中、太線は学習者と母語話者の差異の平均値減少を示す。(1) 促音単語では、初級→中級→上級といった習熟度で、学習者と母語話者の時間長比 (QC2/total word) の差異は 0.052→0.029→0.011 で減少した。減少の有意性を検証するため、t 検定を行った。この結果、初級と中級は $t(30)=3.18, p<0.01$ であり、中級と上級は $t(30)=3.92, p<0.001$ であり、減少の有意性が確認できた。

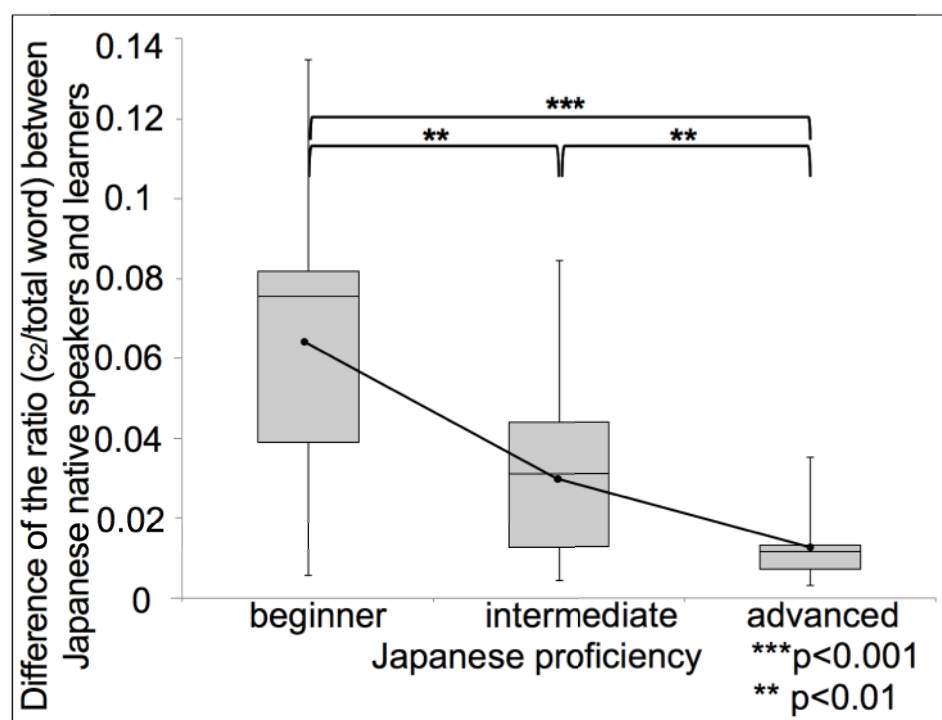
(2) 非促音単語でも、同様な傾向が観察された。初級→中級→上級といった習熟度の向上にしたがい、学習者と母語話者の非促音部時間長差異は 0.063→0.031→0.012 で減少した。その有意性を検証するため、t 検定を行った。この結果、初級と中級は $t(30)=2.77, p<0.01$ であり、中級と上級は $t(30)=2.85, p<0.01$ であり、減少の有意性が確認できた。以上のことから、習熟度の向上に伴い、学習者の促音・非促音時間制御は母語話者に有意に接近する事実が明らかとなっており、従来の分析と一致している (戸田 1997b, 1998b)。

一方、単語の間における差異の相違を把握するため、各レベルの平均値に対応する標準偏差を求めた。図 4 におけるボックスプロットおよびエラーバーでこの結果を表示した。促音でも非促音でも、各レベルにおいて単語間の差異の相違があることが判明した。習熟度に基づき、標準偏差の減少傾向も観察された。各レベルにおける全ての単語の時間長差の標準偏差 (S.D) は初級→中級→上級で、促音は 0.023→0.017→0.007、非促音は 0.037→0.024→0.008 で減少した。

以上の事実から、促音・非促音両方とも、習熟度に基づき時間制御が母語話者へ接近する一方、うまく行えていない単語もあることが判明した。難しい単語が持つ音節構造や音韻環境の特徴を調べるため、以下はより詳しく構造毎に、および単語毎に、母語話者との時間長比の差異を分析することにした。



(1) 促音単語



(2) 非促音単語

図-4 習熟度の向上に伴う促音部子音長差異の減少

2.3.3 音節構造の違いによる時間長差異の相違

前節で述べたように、全ての単語により学習者と母語話者の時間長比の差異がある一方、単語間における差異に相違があることも解明した。設計した単語が持っている3種類の音節構造による影響を調べるため、本節では促音・非促音単語それぞれ、レベル毎に、各構造に所属する単語による時間長比の差異の平均値を求めた。この結果、1) 各音節構造においても習熟度の向上に基づく差異の減少傾向を解明した。一方、2) 音節構造の違いにより、減少傾向は相違があることも明らかとなった。

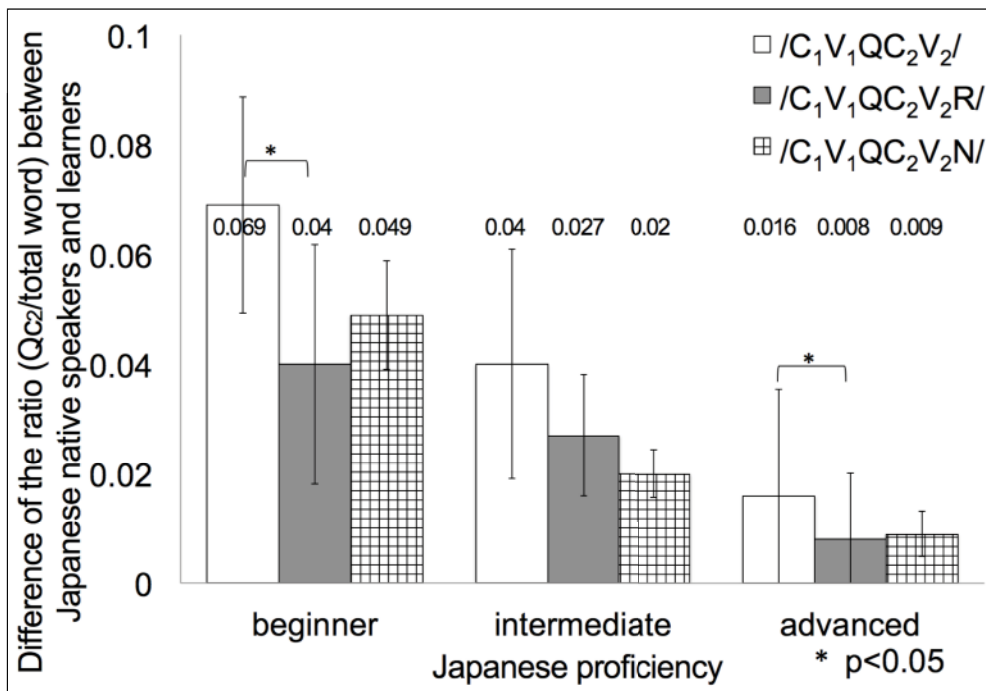
まず、1) について、各拍リズム構造において、促音や非促音によらず、習熟度の向上に基づく学習者と母語話者の時間長比差異の減少傾向を解明した。図5-(1)の促音単語も、(2)の非促音単語も、違う模様でリズム構造の差異を明記した。その減少傾向は具体的に、初級→中級→上級で：促音単語では、 $/C_1V_1QC_2V_2/$ 構造 0.069→0.040→0.016 ; $/C_1V_1QC_2V_2R/$ 構造 0.040→0.027→0.008 ; $/C_1V_1QC_2V_2N/$ 構造 0.049→0.020→0.009 であり、非促音単語では： $/C_1V_1C_2V_2/$ 構造 0.031→0.008→0.008 ; $/C_1V_1C_2V_2R/$ 構造 0.088→0.051→0.013 ; $/C_1V_1C_2V_2N/$ 構造 0.065→0.028→0.015 であった。減少の有意性検証には、t 検定を行った。この結果、非促音単語の $/C_1V_1C_2V_2/$ 構造の「中級→上級」だけを除き、全てのリズム構造では時間長比の差異の有意な平均値の減少が確認できた。この事実は前節の全体傾向より詳細に、習熟度に基づく時間制御の母語話者への接近を明らかに示している。

一方、前述した $/C_1V_1C_2V_2/$ 構造に「中級→上級」は有意な減少がない結果から、拍リズム構造間に学習者と母語話者のタイミング差異の相違があり、構造による時間制御難易度の差異が考えられる。このため、同様なデータで、拍リズム構造の違いによる時間長比の差異の相違を調べた。図5-(1)と(2)により、横軸に示した各レベルで、各構造の差異平均値を比べた。この結果、(1)の促音では、どのレベルでも、「白」で表記した $/C_1V_1QC_2V_2/$ 構造は他の語末に長母音や撥音のある構造より、差異が大きいことが判明した。具体的には、初級：0.069>0.040 と 0.049，中級：0.040>0.027 と 0.020，上級：0.016>0.008 と 0.009 であった。この相違の有意性検証には、t 検定を行った。この結果、初級

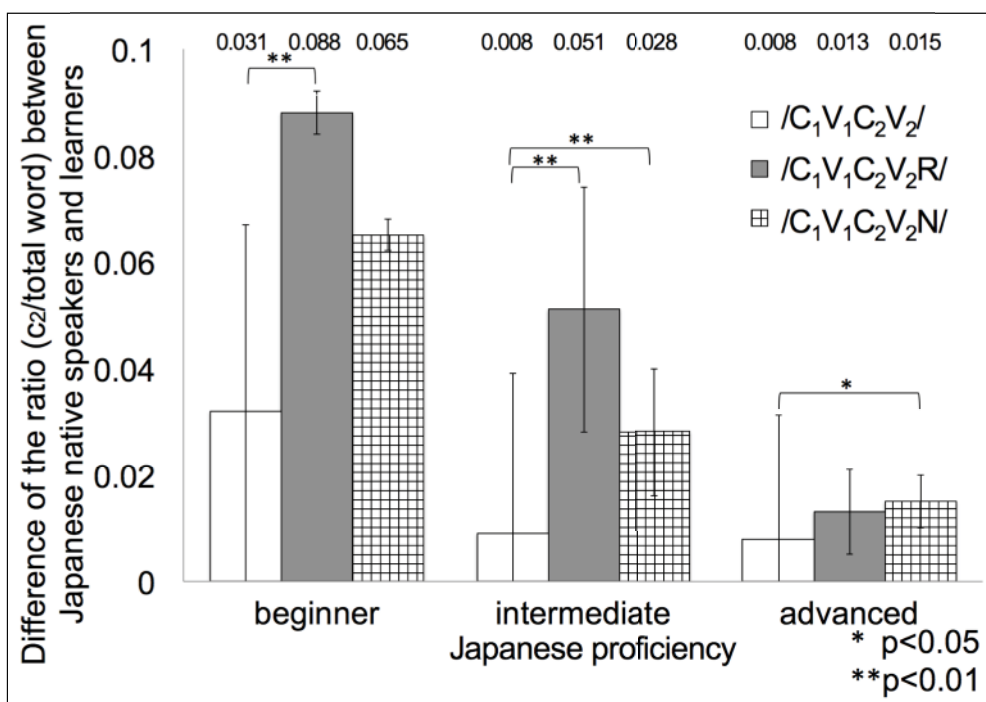
では/C₁V₁QC₂V₂/と/C₁V₁QC₂V₂R/の間に有意差が判明し、 $t(11)=2.33, p<0.05$ であった。上級では/C₁V₁QC₂V₂/と/C₁V₁QC₂V₂N/の間に有意差が判明し、 $t(11)=1.87, p<0.05$ であった。

促音とともに、(2)の非促音単語に対しても、同様な比較を行った。この結果、「白」で表記した/C₁V₁C₂V₂/構造は他の語末に長母音や撥音のある構造より、差異が小さいことが判明した。具体的には、初級：0.031<0.088 と 0.065，中級：0.008<0.051 と 0.028，上級：0.008<0.013 と 0.015であった。この相違の有意性検定として、t検定を行った。この結果、初級では/C₁V₁C₂V₂/と/C₁V₁C₂V₂R/の間に有意差があり、 $t(11)=2.87, p<0.01$ であった。中級では/C₁V₁C₂V₂/と/C₁V₁C₂V₂R/の間に有意差があり、 $t(11)=3.98, p<0.01$ であった。また、/C₁V₁C₂V₂N/との間にも有意差があり、 $t(9)=4.69, p<0.01$ であった。さらに上級でも、/C₁V₁C₂V₂/と/C₁V₁QC₂V₂N/との間に有意差があり、 $t(9)=2.37, p<0.05$ であった。

上記の構造による差異の相違を調べた結果から、学習者と母語話者のタイミング制御差異の相違が顕著に示されている。促音には/C₁V₁QC₂V₂/構造を持つ単語は時間制御がより難しく、非促音には/C₁V₁C₂V₂/構造を持つ単語は時間制御がより易しいことが考えられる。この事実に対し、構造毎の調査に代え、単語毎の調査で差異の相違をより詳しく理解することも必要である。このため、次節では各構造に所属する単語毎に時間長比の差異をさらに細かく分析した。



(1) 促音：どのレベルでも/C₁V₁QC₂V₂/構造は差異が大きい



(2) 非促音：どのレベルでも/C₁V₁C₂V₂/は差異が小さい

図-5 促音・非促音の音節構造の違いによる時間長差異の相違

2.3.4 単語間における時間長差異の相違

前節で音節構造による学習者と母語話者の時間長比差異の相違をより詳しく把握するため、本節では音節構造毎の分析に代え、単語毎にその差異を調べた。それぞれの単語で、各レベルの学習者と母語話者の時間長比差異の平均値を測定し、差異を求めた。この結果、促音・非促音両方とも、習熟度の向上に基づく差異の減少を持つ単語は多数であることを解明した。一方、単語によりその傾向は異なっている事実も観察され、減少傾向がない単語も存在していることを解明した。

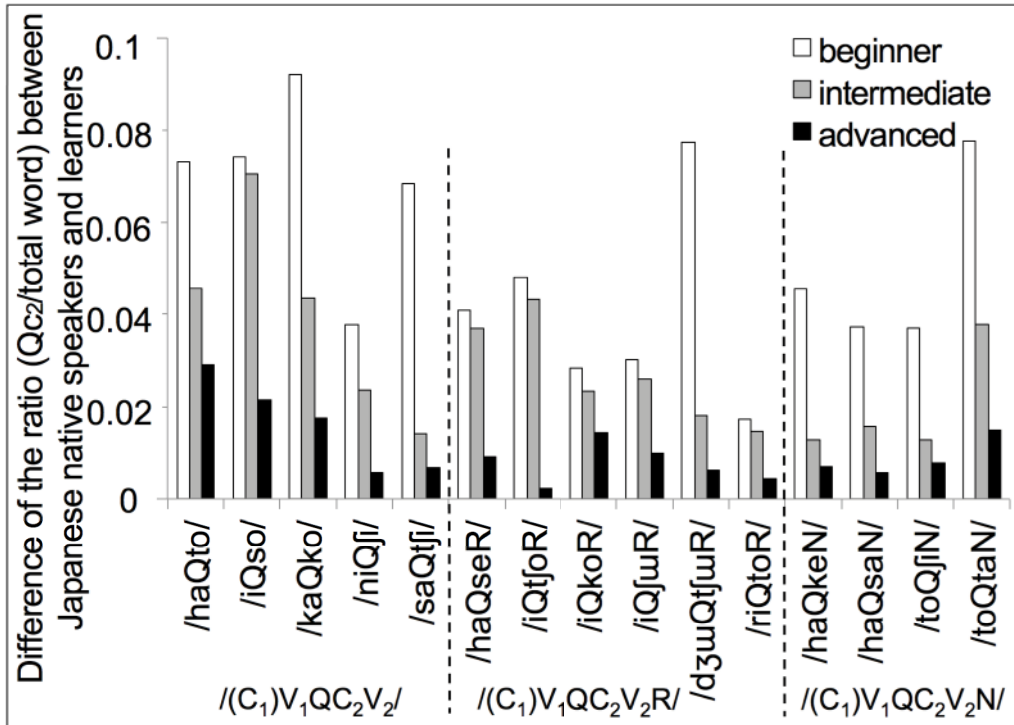
促音の場合、単語による時間長比の差異の相違を解明した。図6の(1)のように、横軸の真ん中と右の方で示している語末に長母音や撥音のある/C₁V₁QC₂V₂(R/N)/構造の単語は全て、差異の減少傾向が確認できた。上級学習者レベルまで、母語話者との差異がほとんど非常に小さくなることが観察された。「上級学習者と母語話者」の差異平均値は0.008 (S.D.=0.004)であった。この事実から、/C₁V₁QC₂V₂(R/N)/といった音節構造を持つ促音単語に対する学習者のタイミング制御は、習熟度の向上に基づき母語話者に接近することを解明した。これらの単語の時間制御は学習者の日本語レベルアップに伴い改善できると考えられる。

一方、/C₁V₁QC₂V₂/構造を持つ促音では、上級学習者でも、母語話者との差異が他の構造を持つ促音単語より、まだ大きい事実を解明した。全ての促音単語では、上級でも差異が大きい上位の3位は/haQto/(母語話者との差異が0.029, 以下も同様), /iQso/ (0.021) と/kaQko/ (0.018) である。これらの単語はいずれも/C₁V₁QC₂V₂/構造であることがわかった。/C₁V₁QC₂V₂/構造に、「上級学習者と母語話者」の差異平均値は0.023 (S.D.=0.006)であり、前の段落で述べた/C₁V₁QC₂V₂(R/N)/構造の平均値0.008より大きいと確認できた。この結果から、学習者と母語話者のタイミング制御差異は、単語の音節構造により、相違が確かにあることを解明した。とりわけ、/C₁V₁QC₂V₂/促音に差異がより顕著であり、この構造を持つ単語の時間制御は中国人学習者にとってより難しいと考えられる。

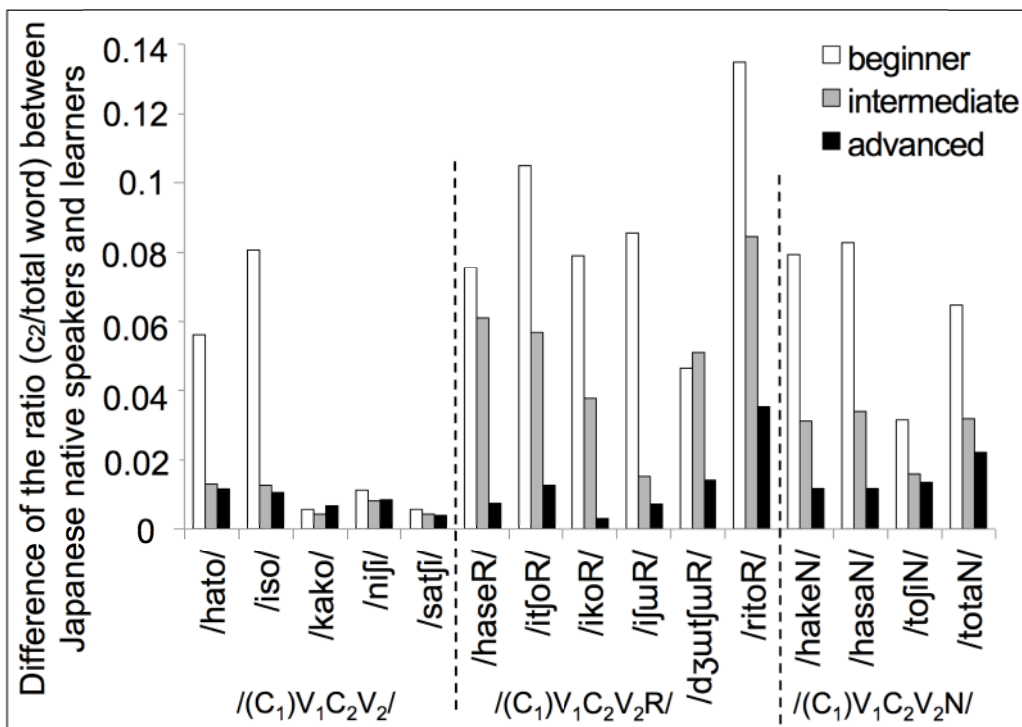
また、図6の(2)非促音単語に対し、同様な分析を行った。この結果、語

末に長母音・撥音のある/C₁V₁C₂V₂(R/N)/構造を持つ単語は全て、差異の減少傾向が判明した。一方、普通拍からなる構造/C₁V₁C₂V₂/を持つ単語は、いずれもその傾向がない事実が判明した。/hato/と/iso/は各々、中級から差異が既に小さくなり、中級と上級では有意差がないことが観察された。具体的には、初級→中級→上級で、/hato/: 0.056→0.013→0.012, /iso/: 0.081→0.013→0.011であった。さらに、/kako/, /nifi/, /satji/はいずれの習熟度でも母語話者との差異が小さく、習熟度間に有意差がないことが明らかとなった。具体的には、初級→中級→上級で、/kako/: 0.006→0.004→0.007, /nifi/: 0.011→0.008→0.009, /satji/: 0.06→0.005→0.004であった。上記のレベル間における有意差を t 検定で検証した結果、いずれも有意差はなかったことが判明した。この結果から、非促音単語でも、音節構造によるタイミング制御差異の相違を解明した。とりわけ、/C₁V₁C₂V₂/構造は語末に特殊拍のある構造より、差異が小さいことが明らかとなった。これは、/C₁V₁C₂V₂/構造は均一音節構造/CV/からなるため、タイミング制御がより容易にできたからであると考えられる。

上述した母語話者との時間長比の定量分析を行った結果、単語の音節構造により、学習者と母語話者のタイミング制御差異の相違を新たに解明した。促音の/C₁V₁QC₂V₂/構造、非促音の/C₁V₁C₂V₂(R/N)/構造では時間制御がうまく行えず、差異が顕在化されたことが観察された。一方、促音の長い音節だけからなる構造/C₁V₁QC₂V₂(R/N)/、非促音の短い音節だけからなる構造/C₁V₁C₂V₂/は、学習者にとってタイミング制御がより易しいと考えられる。このタイミング制御差異の相違を引き起こした原因を理解し、特に時間制御難点となる音韻区分を解明するため、次節では学習者と母語話者の音韻区分ごとの時間長比 (/C₁/, /V₁/, /V₂/それぞれと total word の割合) の比較を行った。



(1) 促音：/C₁V₁QC₂V₂/構造の単語は上級でも差異が大きい



(2) 非促音：/C₁V₁C₂V₂/構造の単語はどのレベルでも差異が小さい

図-6 促音・非促音単語間における時間長差異の相違

2.4 母語話者との差異に対する解釈

本節では、前節で解明した学習者と母語話者の促音部時間長比の差異の相違に対し、各音韻区間の時間長を調べることでその相違が生じた原因を解明する。以上の結果に対し、L1 と L2 のタイミング差異に基づいた解釈を述べる。

2.4.1 促音後続母音の伸長傾向

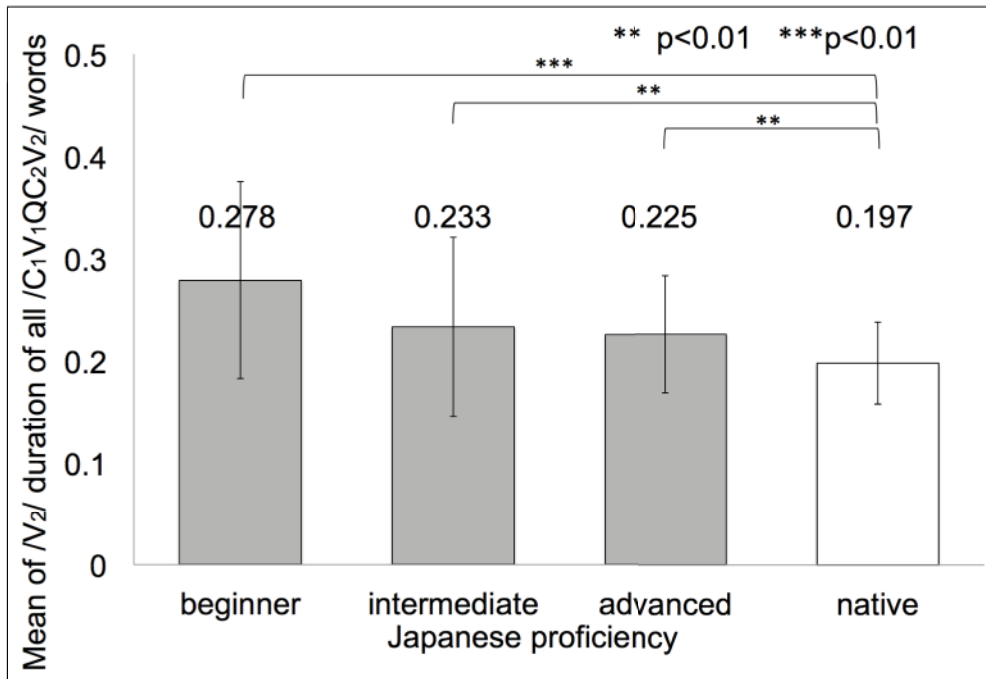
音節構造による学習者と母語話者の時間制御差異の相違を理解するため、各区間の時間長をそれぞれ調べた。母語話者との差異が大きい音韻区間に着目し、その大きな差異の原因を分析する。発話速度による影響を防ぐため、前節と同様、関連音韻区間の時間長比の利用を考えた。各音声刺激に対し、それぞれの音韻区間時間長を測定し、単語全長との割合（以下、時間長比）を用いて、学習者と母語話者の差異を比べた。その結果、促音単語の場合、時間長比の差異が顕著な/C₁V₁QC₂V₂/構造では、学習者による後続母音/V₂/が母語話者より長いことが判明した。一方、差異が小さい語末特殊拍構造/C₁V₁QC₂V₂(R/N)/では、このような語末の/V₂(R/N)/伸長がないことが観察された。

本節では、具体的に、1) それぞれの音節構造に所属する単語の学習者と母語話者の各音韻区間の時間長比平均値を分析する；2) さらに詳しく、母語話者との差異が大きい音節構造を解明した上、その構造に所属する単語毎の時間長比を分析する。まずはその 1) として、3 種類の構造で、各レベルの学習者による各音韻区分時間長比の平均値を求め、母語話者との比較を行った。この結果、/C₁V₁QC₂V₂/構造は先行子音/C₁/、先行母音/V₁/に母語話者との差異が小さい一方、後続母音/V₂/に大きな差異が判明した。図 7-(1)に示したように、/C₁V₁QC₂V₂/構造の促音は、学習者による後続母音/V₂/が母語話者より長いことが判明した。初級・中級・上級・母語話者で、/V₂/時間長は：0.278・0.233・0.225>0.197 であった。すなわち、習熟度に基づき、学習者の/V₂/時間長は母語話者に接近しているが、結局その伸長が解消できない事実である。t 検定を行った結果、いずれのレベルでも母語話者との有意差が確認できた。初級と母語話者：t(90)=5.01, p<0.001；中級と母語話者：t(90)=2.38, p<0.01；上級と母語話者：t(90)=2.66, p<0.01 であった。

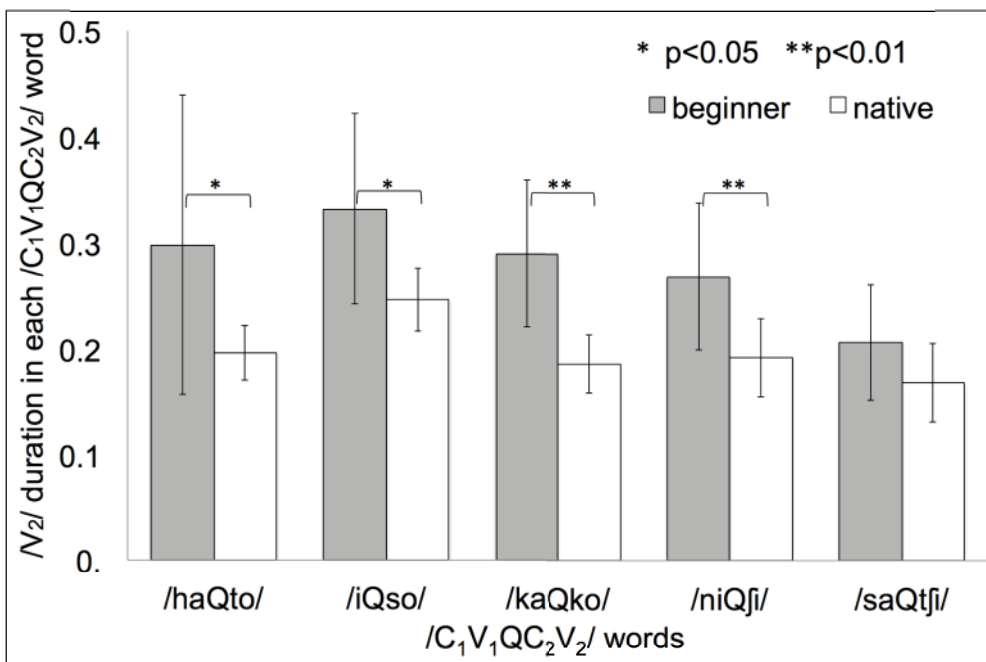
さらに、この/C₁V₁QC₂V₂/構造を持つ促音単語毎に、母語話者との音韻区分時間長比の比較を詳しく行った。今回用いた5つの単語に対し、それぞれの/V₂/時間長比を測定した。この結果、図7-(2)に示したように、初級学習者による/V₂/はいずれも、母語話者より長いことが判明した。t検定を行った結果、/saQtʃi/を除き、図中に示した4つの単語に有意差が確認できた。/haQto/: t(18)=2.00, p<0.05, /iQso/: t(18)=2.57, p<0.05, /kaQko/: t(18)=4.01, p<0.01, /niQʃi/: t(18)=2.80, p<0.01であった。一方、/V₂/とともに、他の音素区分も比較したが、有意な差異がなく、時間制御の問題点ではないことが示唆された。

上記の事実から、/C₁V₁QC₂V₂/構造を持つ単語において、後続母音/V₂/の時間制御は学習者にとって難しいと考えられる。実は上記の促音後続母音/V₂/の伸長は、中国人学習者が「音節」単位を基にして発話した結果であると考えられる。中国人学習者は拍の意識がないため、母語が有する「音節タイミング」で時間制御を行うことが考えられる。このため、/haQto/の場合、母語話者は/ha/, /Q/, /to/で3拍と発話することに対し、中国人学習者は/haQ/, /to/で2音節と発話する。後続母音/o/を含んだ音節/to/は、その前のより長い音節/haQ/と同じ音節感覚で制御するため、/o/が伸ばされたことが考えられる。一方、/haQsaN/といった構造の場合、母語話者は/ha/, /Q/, /sa/, /N/で4拍と発話するが、学習者は/haQ/, /saN/で2音節と発話する。前の/haQ/も後の/saN/も「2拍1音節」の均一構造であるため、同じ音節感覚でタイミング制御が容易にできる。このため、後続音節/saN/は伸長がないことが考えられる。

上記のように、学習者が用いる音節タイミングに起こされた後続母音の伸長は、2.3で判明した/C₁V₁QC₂V₂/構造における母語話者との「QC2/total word」差異の顕在化を引き起こした原因であると推論される。この時間長比「QC2/total word」を比較する上で、/C₁V₁QC₂V₂(R/N)/には学習者の/V₂/伸長がなく、差異が小さい一方、学習者による/V₂/伸長のある/C₁V₁QC₂V₂/には差異が顕在化されたと理解できる。



(1) /C₁V₁Q-C₂V₂/構造の全単語平均値で見る/N₂/伸長



(2) /C₁V₁Q-C₂V₂/構造の単語毎に見る/N₂/伸長

図-7 /C₁V₁Q-C₂V₂/重-軽構造の促音単語の後続母音伸長

2.4.2 非促音最終音節の短縮傾向

非促音単語間に見られるタイミング差異の相違を理解するため、促音と同様に、各音韻区分時間長と単語全長の比を分析した。この結果、語末特殊拍のある構造/C₁V₁C₂V₂(R/N)/は、学習者の最終音節/V₂(R/N)/が母語話者より短いことが判明した。一方、非促音のみからなる構造/C₁V₁C₂V₂/では、音韻区分長比の差異が小さいことは観察された。

音節構造による差異の相違を詳しく把握するため、設計した構造それぞれに、各レベルの学習者による音韻区分長比の平均値を求め、母語話者と比べた。この結果、図 8-(1)に示したように、語末が長母音の/C₁V₁C₂V₂R/も、撥音の/C₁V₁C₂V₂N/も、初級・中級学習者の/V₂(R/N)/は母語話者より短いことが判明した。初級・中級・上級・母語で：長母音パターン/C₁V₁C₂V₂R/は、0.384・0.424・0.489<0.504 であった。撥音パターン/C₁V₁C₂V₂N/は、初級 0.388・中級 0.446<母語話者 0.485 であった。t 検定を行った結果、初級および中級、と母語話者の間に、/V₂(R/N)/短縮の有意差が確認できた。有意差がある場合として、/C₁V₁C₂V₂R/：初級と母語話者：t(108)=7.74, p<0.001；中級と母語話者：t(108)=6.25, p<0.001 であった。/C₁V₁C₂V₂N/：初級と母語話者：t(72)=5.86, p<0.001；中級と母語話者：t(72)=2.38, p<0.05 であった。一方、普通拍だけからなる非促音/C₁V₁C₂V₂/は、語末音韻区間の短縮は観察されなかった。

さらに、上記の語末音節の短縮が判明した/C₁V₁C₂V₂(R/N)/構造について、各単語で音韻区分長比を詳しく分析した。今回の実験で用いた10単語それぞれに、各音韻区分長と単語全長の比を測定した。この結果、図 8-(2)に示したように、t 検定により、初級学習者の/V₂(R/N)/はいずれも、母語話者より有意に短いことが判明した。具体的な結果として、/haseR/：t(18)=2.88, p<0.01；/itfoR/：t(18)=2.85, p<0.01；/ikoR/：t(18)=2.60, p<0.01；/ifuR/：t(18)=3.58, p<0.01；/dzutfuR/：t(18)=5.81 p<0.001；/ritoR/：t(18)=4.25, p<0.001；/hakeN/：t(18)=2.00, p<0.05；/hasaN/：t(18)=2.89, p<0.01；/tojiN/：t(18)=4.46, p<0.001；/totaN/：t(18)=2.52, p<0.05 であった。

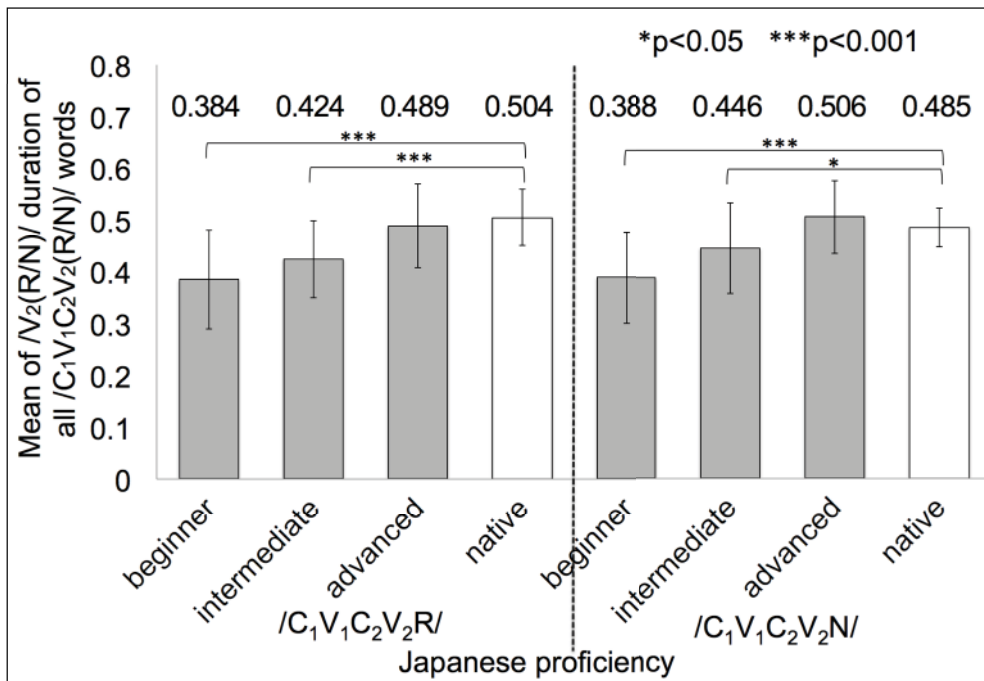
一方、特殊拍のない/C₁V₁C₂V₂/構造では、上記の分析も行ったが、語末音節/V₂/の短縮がないことが明らかとなった。他の音素区分に関しては有意な差異がないことも判明した。上記の事実から、語末に特殊拍がある非促音単語

/C₁V₁C₂V₂(R/N)/中の/V₂(R/N)/は時間制御の問題点である一方、普通拍だけからなる/C₁V₁C₂V₂/構造に対し時間制御が容易にできると考えられる。

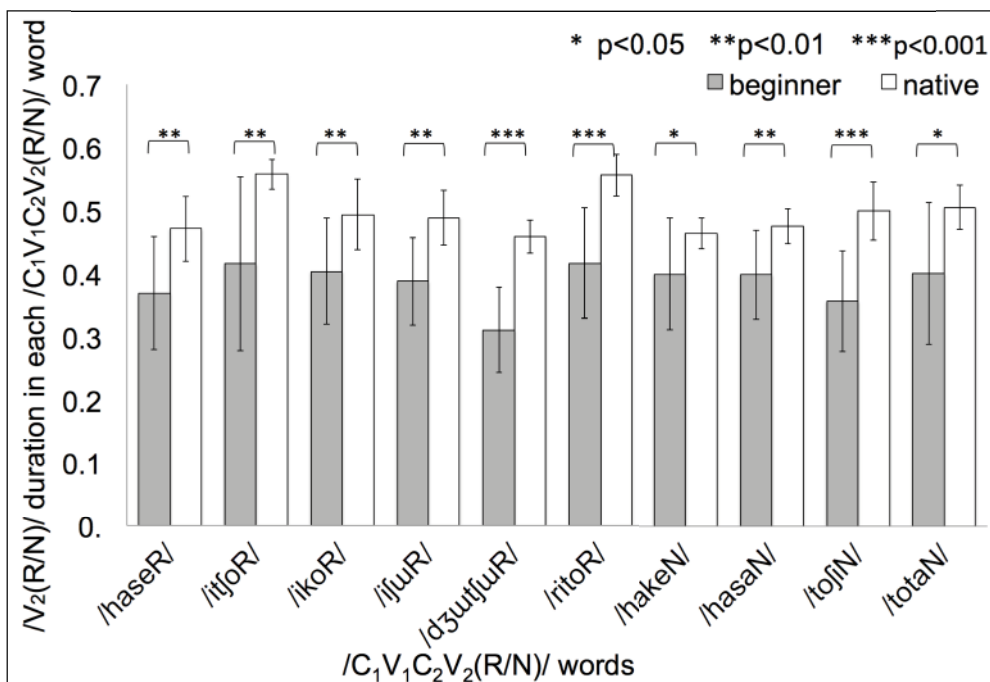
上記で判明した/V₂(R/N)/の短縮も、中国人学習者が「音節」単位を基にして発話した結果として考えられる。促音部と同様、拍の意識がないため、中国語の「音節タイミング」で時間制御を行っているものと考えられる。/hasaN/といった/C₁V₁C₂V₂(R/N)/構造の場合、母語話者は/ha/, /sa/, /N/を拍タイミングで発話するが、学習者は/ha/と/saN/を音節タイミングで発話しているため、前の/ha/と同じ時間感覚で、後ろの/saN/が短縮されたことが考えられる。一方、/hato/といった語末に特殊拍を持たない単語では、母語話者による/ha/と/to/の2拍タイミングと、学習者による/ha/と/to/の2音節タイミングとは一致している。前後とも同様な時間感覚のため、短縮がないことは想像される。

このように、学習者の音節タイミングによる最終音節短縮は、タイミング差異の顕在化を引き起こした原因であると推論される。2.3 で時間長比 (QC₂/total word) を比較する上で、/V₂/短縮のない/C₁V₁C₂V₂/構造の単語には差異が小さく、/V₂(R/N)/短縮のある/C₁V₁C₂V₂(R/N)/構造には差異が顕在化されたと理解できる。

以上のように、リズム構造によるタイミング差異の相違が判明した。1拍1音節のみの非促音/CV-CV/, または2拍1音節のみの促音/CVQ-CVR/, /CVQ-CVN/といった均一の音節単位からなる（「短-短」、または「長-長」）組み合わせは、中国人学習者L1のリズム構造に似ている。このため、学習者はL1のタイミング制御を行っても、これらのリズム構造には母語話者との差異が小さい。しかし、L1の典型的な均一音節リズム構造ではないL2リズム構造（促音なら「長-短」の/CVQ-CV/, 非促音なら「短-長」の/CV-CVR, CV-CVN/）には、L1のタイミングによる時間制御がうまく行えず、時間長比の差異が顕在化された。このように、上記の結果は日本語特有の「拍タイミング」のない中国人学習者が、「音節タイミング」で時間制御を行った結果であると理解できる。



(1) /C₁V₁-C₂V₂(R/N)/構造の全単語平均値で見る/V₂(R/N)/短縮



(2) /C₁V₁-C₂V₂(R/N)/構造の単語毎に見る/V₂(R/N)/短縮

図-8 /C₁V₁-C₂V₂(R/N)/軽-重構造の非促音単語の最終音節短縮

2.4.3 第二言語学習経験から見た時間制御特性

前章までに示したように、学習者 L1 タイミング特性に制約された日本語 L2 発話に対する分析から、従来の現象の観察より、新たに時間制御特性が定量的に、科学的に理解できた。実際、これまでの中国人日本語学習者に対する L2 音声教育現場の経験も前述した見解を支持している。

音韻論によれば、音節は 1 モーラの「軽音節」、2 モーラの「重音節」、3 モーラの「超重音節」といったように大別できる。朱 (2001) では、中国語の音節長は普通日本語の重音節/CVR/に近いと、学習者は日本語の軽音節/V/や/CV/を長く生成する傾向が論じられている。とりわけ、普通拍だけからなる単語に対する調査から、前後音節を均一して生成する傾向が指摘された。同一の音節連続でない「げん-き」の場合、中国人学習者は「げん-きい」といった重音節連続からなる構造で発話する教育経験が報告されている。

上記の調査は促音を含む単語に対して分析されていないが、同様な理論で今回判明したリズム構造による促音生成のタイミング制御差異の顕在化が理解できる。促音単語に対する中国人学習者の時間制御を図 9-(1)に示した。上は重音節連続からなる構造/C₁V₁Q-C₂V₂(R/N)/である。このような本来「重-重」の均一音節構造は、学習者 L1 の典型的な音節タミングに似ているため、制御しやすいと考えられる。今回の実験結果からも、この音節構造の単語には、母語話者との相違が小さいことが観察された。

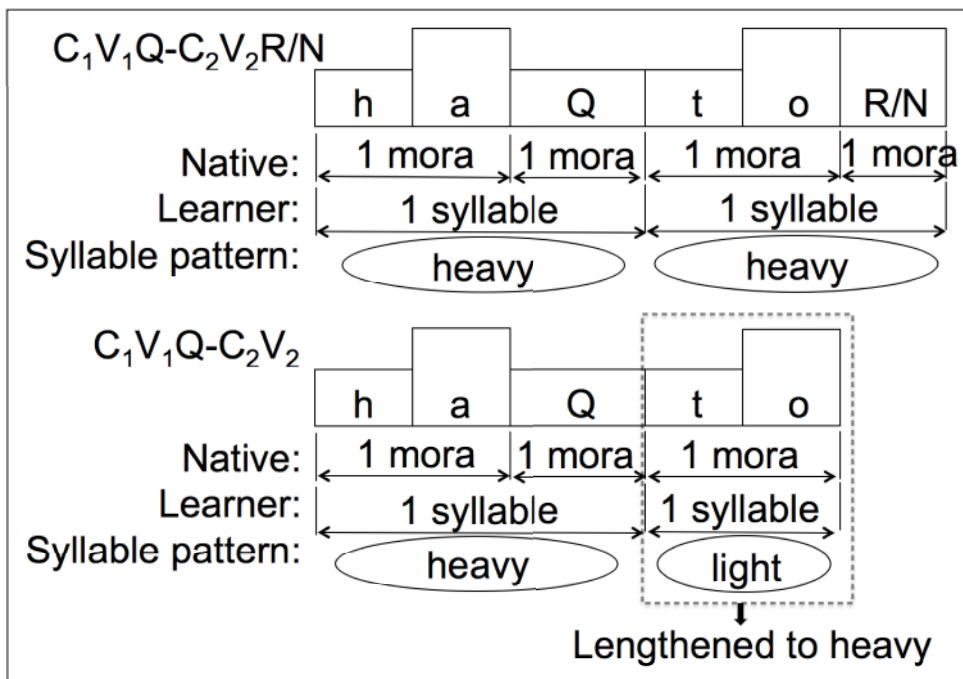
一方、その下は同一の音節連続でない/C₁V₁Q-C₂V₂/であり、「重-軽」構造である。朱 (2001) により、中国人学習者は「非均一」を「均一」にする傾向が考えられる。学習者にとって既に促音を含む単語として認識しているため、重音節/C₁V₁Q/はより短くすることができない。このため、後ろの軽音節/C₂V₂/が前の重音節の長さまで伸長される。「重-軽」は「重-重」となり、/V₂/が伸ばされることが理解できる。

同様な理由で、図 9-(2)に示した音節タイミングによる非促音単語の時間制御が考えられる。上は軽音節連続の/C₁V₁-C₂V₂/である。普通拍のみからなるため、「拍」意識のない中国人学習者は音節タイミングによって制御しても、容易に制御できると考えられる。今回の結果からも、この構造には母語話者との

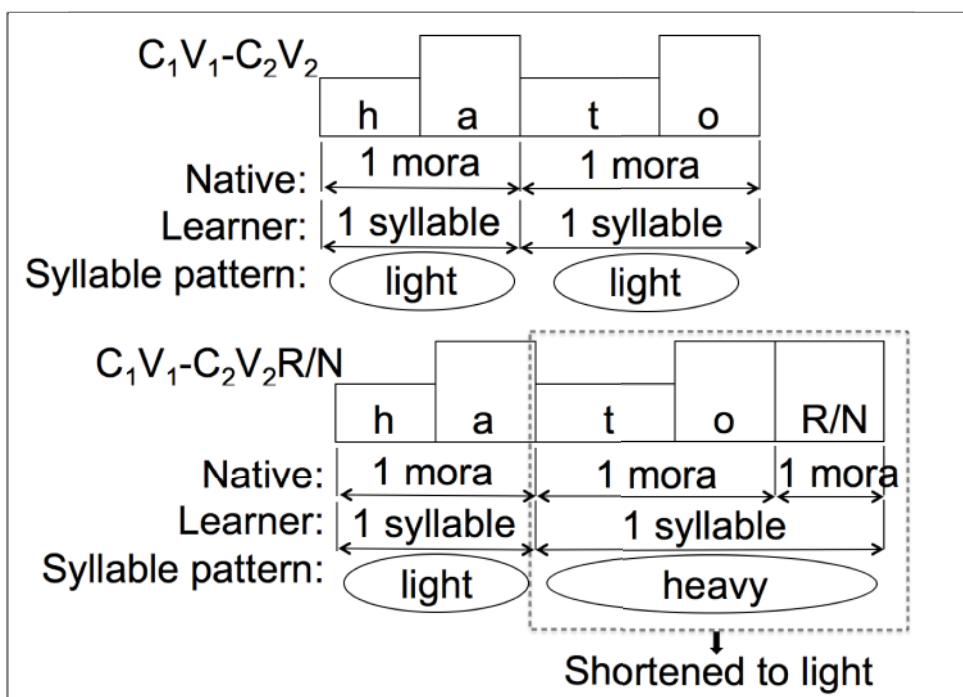
相違が小さいことが示されている。

一方、その下は同一の音節連続でない構造/ $C_1V_1-C_2V_2(R/N)$ /であり、「軽-重」音節構造である。前述した「均一にする傾向」といった教育経験により、学習者は既に非促音単語であると認識しているため、/ C_1V_1 /をより長く生成することができない。このため、後ろの重音節/ $C_2V_2(R/N)$ /が前の軽音節と同じぐらいの長さまで短くされた。「軽-重」は「軽-軽」となり、/ $V_2(R/N)$ /が縮められたことが理解できる。

このように、第二言語音声教育の経験も、本論文で行った中国人学習者の時間制御特性に対する定量的な分析とその理解を裏付けている。この理解を踏まえ、さらに多様なリズム構造の組み合わせによって、時間制御特性を幅広く理解することが考えられる。また、第二言語音声教育の展開として、構造の違いを考慮に入れた学習方法の試みも可能である。



(1) 促音単語



(2) 非促音単語

図-9 学習者の音節タイミング特性に基づく時間制御

2.5 まとめ

本章では、日本語第二言語音声習得の生成面の考察として、学習課題である促音・非促音の時間制御特性を調べた。生成現象の観察にとどまった従来研究より、音声科学として新たに L1 と L2 のタイミング差異から定量的に学習者の促音時間制御特性を理解した。多様なリズム構造を持つ単語で、習熟度が異なる中国人学習者と母語話者の時間長差異を分析した。この結果、1) 習熟度向上に伴うタイミング制御の母語話者への接近 ; 2) 構造の違いによる母語話者とのタイミング差異の相違 ; 3) 「均一音節のみからなる」リズム構造でない単語に差異の顕在化、が判明した。母語話者との差異が顕著な構造において、1) 促音に語末母音の伸長、2) 非促音に最終音節の短縮、が判明した。この結果は、学習者が L2 の「拍」意識がなく、L1 の「音節」タイミングで発話したためであると理解され、第二言語音声教育経験からも支持された。

第3章 拍タイミングの習得を目指した発話学習法の提案

本章では、学習者が促音時間制御問題を改善し、日本語特有の拍タイミングを身につけるため、新たに多様な音韻環境を用いた発話学習を試みた。前章までの分析から、学習者が拍感覚を理解するには、リズムを明確に意識するための拍連続が助けになることが予想される。数拍が連続する音韻環境により、音節タイミングによる促音語末音韻の伸長が無くなると考えられる。

このため、3.1 節では単なる孤立単語による発話学習に代え、拍連続に着目した発話学習を試みた。次いで 3.2 節では、学習後の促音音声を再度収録し、前章で収録した学習者音声、母語話者音声と比較し、発話試みの有用性を検証する。3.3 節では以上の内容をまとめる。

3.1 数拍連続音韻環境を用いた発話の試み

前章の結果が物語るように、中国人学習者は日本語の拍タイミング制御が難しい。学習者は L2 日本語の時間制御を行う際に、モーラではなく L1 の音節タイミングを用いることが考えられる。このため、促音における語末音韻の伸長問題をもたらした。

中国人学習者の音節タイミングを用いた促音生成特性は以上で解釈できたが、発話レベルの向上には確かに拍タイミングを身につけることが必要である。我々の促音に対する分析から、モーラが連続する感覚のない孤立の標準タイプ単語だけで、拍タイミングの習得は困難である。一方、これまでの語末母音伸長 (final lengthening) に対する分析により、語末に後続部を付加することで、その現象が改善される可能性が指摘された(黄 1983; Beckman 1990; 朱 2001)。朱 (2001) は、中国語話者による日本語音声の不足点に対し、指導方法を提案した。学習者が日本語の拍感覚を身につけるために、入門期でモーラを基本にした訓練を行った上、長・短音節が組み合わせたパターン練習に移る必要性が強調された。とりわけ、後部の短音節のモーラ伸長を回避するため、短音節で終わる語に 1 モーラの助詞をつけて発話する練習法が挙げられていた。

しかし、上記の提案はこれまで促音の時間制御問題に試されていない。前章

で判明した「/C₁V₁Q-C₂V₂/促音の/V₂/伸長」はあくまでも同じ「後部短音節のモーラ伸長」現象と言える。このため、その改善には後続部を付加することは効果的であり、さらに拍タイミングの習得にも役に立てることが考えられる。以上に基づき、本分析では、/V₂/伸長の改善法として、従来の当該拍子音長を念頭においた単語の発話に代え、単語に後続部を追加した数拍連続文の発話学習を試みた。

今回の学習では、前章で述べた学習者の後続母音伸長が深刻な上位3位の促音を含む以下の単語を対象とした：

・/haQto/ (ハット) , ・/iQso/ (いっそ) , ・/kaQko/ (確固)

発話学習に用いる数拍連続文の作成には、主に以下2つのやり方を考えた。1つ目は、以下で示すキャリア文を用い、対象となる/C₁V₁QC₂V₂/促音単語をその文に埋め込んだ。

・キャリア文：「___とはどういう意味ですか？」

・音素表記：/___toha doR iuu imi desuka?/

2つ目は、促音単語の後ろに、さらにモーラを追加し、より多くのモーラが連続する新しい単語を作るやり方である。これにより、前記の3つの促音を内包する以下の単語を用い、発話学習を行った。

・/haQto/ (ハット) → /haQtori/ (服部),

・/iQso/ (いっそ) → /iQsoku/ (一足),

・/kaQko/ (確固) → /kaQkotaru/ (確固たる)

前章で述べた音声収録に参加した初級学習者から、ランダムに5人を抽出し、今回の発話試みに参加させた。発話試みは5日間連続の形で行った。初めの日に学習者に上記2つの発話方法を説明した。練習中に毎日3回、毎回2方法で、10回重複して読ませることとした。結局、学習者1人で、1つの単語に対し、計300回(2方法×毎日3回×毎日に10回の重複×5日間)の発話試みが行われた。練習が終わった次の日に、もう1回その孤立単語である/hato/, /isso/と

/kaQko/の音声を収録し、発話学習後のデータとした。この5人の学習者による前章で収録した/haQto/、/iQso/と/kaQko/の音声を発話学習前のデータとした。前後2回の後続母音/V₂/時間長比 (V₂/total word) を比較した。対照として、前章で収録した母語話者音声からランダムに抽出した5人のデータを利用し、発話学習後の結果と比較した。上記の手順で、提案した数拍連続音韻環境を用いた発話学習の有用性を検証した。

3.2 発話学習前後の学習者時間制御特性の比較

上記のやり方で、発話学習後の音声と、1) 同じ学習者による発話学習前の音声、2) 母語話者による対象単語の音声と、/V₂/時間長比 (V₂/total word) を比較した。この結果を図10に示している。数拍連続文を用いた発話学習を経て、単語いずれも/V₂/が短くなったことが観察された。発話学習前→後の/V₂/時間長として、/haQto/: 0.368→0.295 ; /iQso/: 0.391→0.323 ; /kaQko/: 0.354→0.340 となった。t検定を行った結果、発話学習の前後、/haQto/には有意差があったことが判明した。具体的に : /haQto/: t(10)=1.96, p<0.05 ; /iQso/: t(10)=1.48, n.s ; /kaQko/: t(10)=0.55, n.s であった。このことから、今回提案した数拍連続文を用いた発話学習により、中国人学習者による促音生成における語末音節の伸長が改善できる可能性が考えられる。一方、発話学習後の結果と母語話者と比べたところ、発話後 (/haQto/ : 0.295 ; /iQso/ : 0.323 ; /kaQko/ : 0.340) は発話前より短くなっていても、まだ母語話者レベル (/haQto/ : 0.202 ; /iQso/ : 0.250 ; /kaQko/ : 0.177) に達していないことも観察された。t検定により、学習後と母語話者レベルとは差異がまだ有意であったことも観察された。その有意差として : /haQto/: t(10)=2.96, p<0.01 ; /iQso/: t(10)=2.03, p<0.05 ; /kaQko/: t(10)=7.55, p<0.001 であった。

上記の結果から、今回提案した数拍連続文を用いた発話学習により、学習者の音節タイミングによる促音語末の伸長傾向が消える可能性が考えられる。今回は手始めの提案であり、限られた単語数で数人数日間だけの試みであった。母語話者レベルまでまだ達していない事実から、参加者数・発話時間の増加、および用いた音声資料の更新と多様化が考えられる。

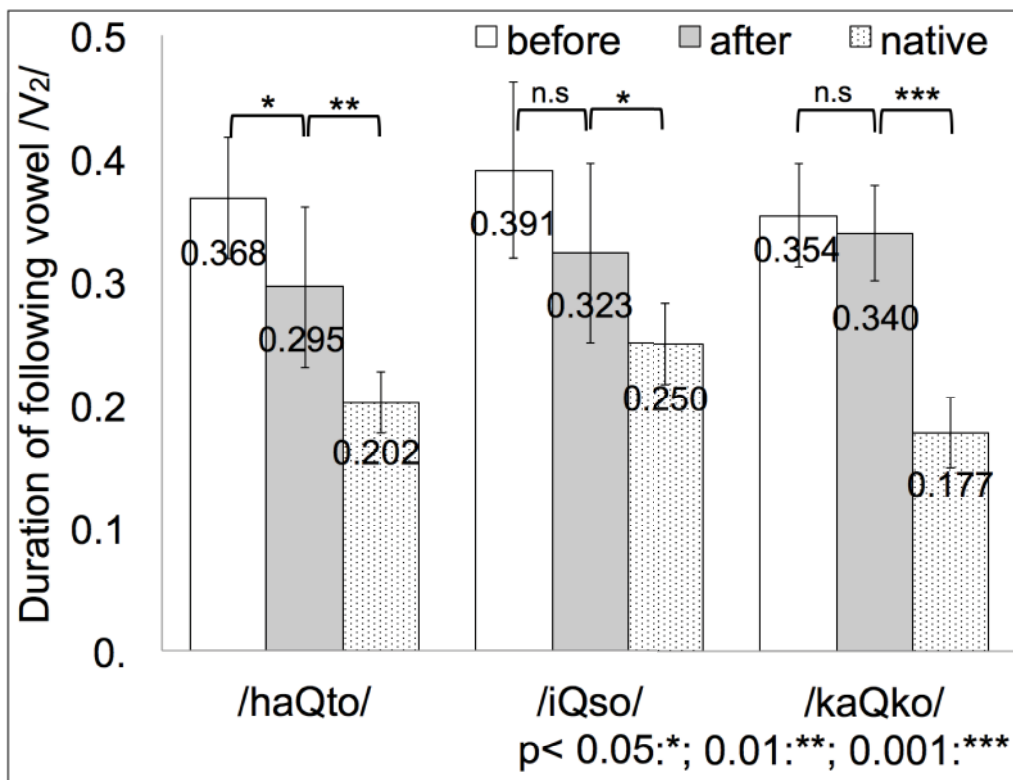


図-10 数拍連続発話前後の促音語末母音時間長の比較

3.3 まとめ

本章では、前章で判明した学習者による促音単語の語末母音伸長現象の改善、ひいては日本語特有の拍タイミングを身につけることを目指し、多様な音韻環境を用いた発話試みの有用性を検証した。 $/C_1V_1Q-C_2V_2/$ といった均一音節構造でない「重音節-軽音節」構造における $/V_2/$ 伸長を改善するため、数拍連続音韻環境が助けになると予測された。 $/V_2/$ まで終わらないようにするやり方として、1) 孤立単語をキャリア文に埋め込むこと；2) 孤立単語にさらに後続部を付加すること、といった2つの発話学習試みを提案した。学習者による上記の発話訓練前後の $/V_2/$ 時間長を比較した結果、 $/V_2/$ 伸長が短くなる改善傾向は明らかに観察された。有意差検定を行った結果、発話前後の $/V_2/$ 時間長差異が有意であった単語もあったと判明した。この結果から、数拍連続音韻環境を用いた発話は学習者に拍タイミングを習得させることに役に立つと考えられる。

第4章 促音聴取におけるラウドネス関与の分析

前章まで行った分析は生成面の検討である。促音のような特殊拍の学習はその生成と共に知覚面の検討が重要であることはよく知られている。本章からは知覚面の検討を述べる。特に、促音時間長知覚特性の理解には、従来の音響的時間長に代え、聞こえの大きさであるラウドネスの利用を考えた。

具体的には、以下の3点を考慮して分析を行った。第1点目は、時間長知覚において、新たに人間の聴知覚特性を考慮するため、音声合成の自然性評価に有用と判明したラウドネスを導入した。次に、学習者による促音・非促音の深刻な誤聴取を判明するため、発話速度の異なる多様な母語音声データを用いた。最後に、促音聴取におけるラウドネス関与のL2学習者の母語L1によらない普遍性を検証するため、違うL1を持つ学習者によって分析を行った。

以上を踏まえ、4.1節では学習者による促音・非促音知覚判断に関する従来研究を述べる。音響的時間長に加え、何かの要素で聴知覚特性を反映する必要性を示す。4.2節では、音声合成の自然性評価に知覚特性が反映されるラウドネスを用いた尺度の有用性を説明した上、促音聴取におけるラウドネス利用の可能性を述べる。4.3節では韓国語・中国語母語話者に対する促音・非促音聴取判断実験を行う。4.4節では誤聴取とラウドネス関連特徴量との相関関係を分析し、ラウドネスはどのように時間長知覚と関わっているかを解釈する。4.5節では以上の内容をまとめる。

4.1 音響的時間長に着目した従来への分析

序論で述べたように、生成上の問題とともに、促音・非促音の聴取区別も日本語L2音声習得の課題として知られている。促音/Q/自身一つが1モーラを形成するため、促音部子音/QC/と非促音子音/C/は、主に時間長の差異によって区別される。このように、促音・非促音の知覚判断に関する従来研究では、促音部子音区間の音響的時間長を中心にされてきた分析が多数である。

促音部子音/QC₂/の時間長は知覚の最大な手がかりであり、長ければより促音、短ければより非促音として聞き取りやすくなる（福居 1978；平田 1990；

戸田 1998a ; Kingston 2009 ; Amano and Hirata 2010)。このように、促音・非促音知覚区別は範疇知覚であると考えられ、その範疇知覚境界に対する研究がなされてきた。Enomoto (1992) では、日本語習熟度に基づき学習者の促音知覚範疇化が母語話者と類似していく傾向が判明した。戸田 (1998a) および内田 (1993) では、違う母語を持つ学習者の判断境界値を分析し、違う母語を持つ学習者の間に見られる判断境界の違いが示されている。また、関 (1987) の韓国語母語話者に対する分析では、学習者の知覚範疇化が明らかではなく、音響的時間長以外の要因が判断に影響を与えると述べられている。以上の研究を踏まえ、促音の知覚特性に対する理解では音響的時間長のみを分析することは足りなく、それ以外の要因を解明する必要性が考えられる。

時間長知覚に関わる要因の分析を進める上で、発話速度が時間長の聴取判断に影響することが考えられる。音響的時間長は発話速度によって変動するため、学習者による促音聴取の発話速度依存性に関する研究がなされてきた (李 2006; Sonu et al. 2011, 2013; 張 2014)。図 11 の分析結果が示すように、学習者による促音・非促音聴取判断正答率が発話速度の変動に強く依存している事実が判明した。とりわけ、1) 速い音声中の促音、および 2) 遅い音声中の非促音では、より深刻な誤聴取を生じている。対照分析が示すように、母語話者の正答率は発話速度によらず、ほぼ 100%である。このように、学習者による促音知覚の発話速度依存性が明らかに判明した。

上記をまとめると、誤聴取の科学的な理解のためには、発話環境に合わせた知覚の解明が必要と考えられる。これまで確かに発話速度が音韻環境の要素の1つとして分析されたが、発話速度が影響するのはあくまで音響的時間長そのものである。音響的時間長だけによる分析は学習者の聴知覚特性への理解が足りなく、「時間長の知覚」という課題として、聞く側である人間がどのように時間長を感じるかはまだ不明である。すなわち、人間が持つ聴知覚特性を考慮に入れる必要性はあるが、これまでは十分に考えられていない。このため、単なる物理的に測定した音響的時間長のみに着目した従来研究より、何かの特徴量で人間の知覚心理を反映することはより妥当であり、その心理音響量の解明が必要と考えられる。

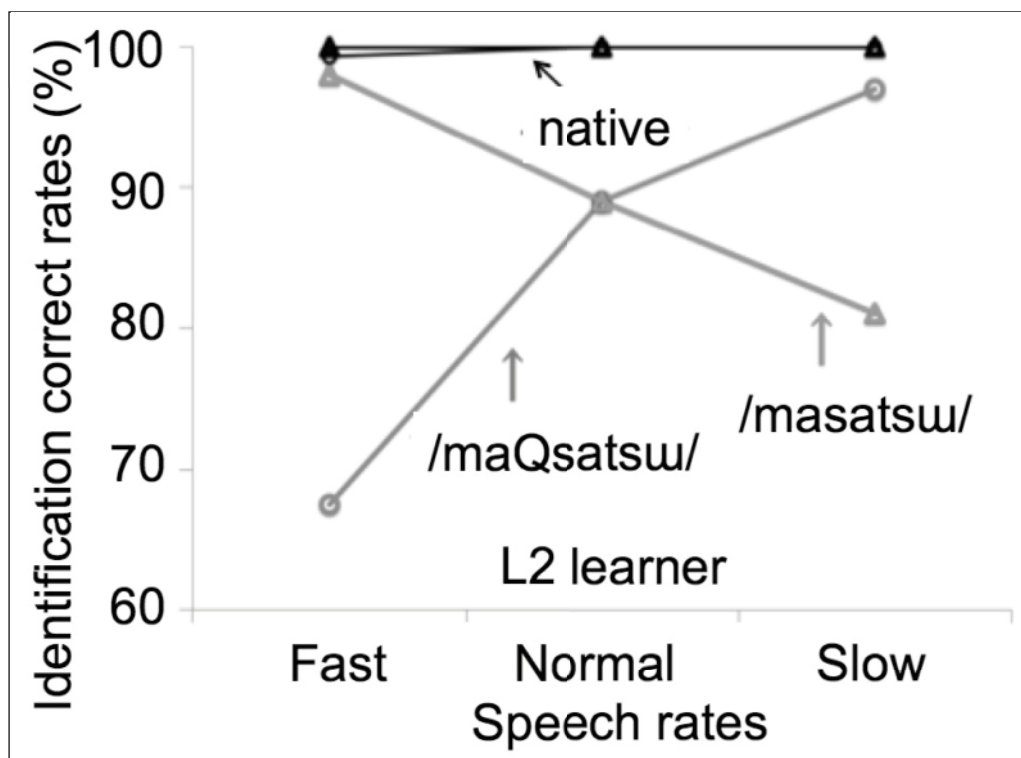


図-11 従来判明した学習者促音聴取の発話速度依存性
 (Sonu et al. 2011, 張他 2014 で用いられたデータの例より)

4.2 心理音響量に基づく分析の可能性

本節では、従来の時間長差異に着目した音響的特徴量だけによる誤聴取傾向の分析に、新たにラウドネスを考慮した知覚的特徴量の利用を述べる。まず、音声合成を対象とした音韻時間長の自然性評価に関する研究で用いられ、有用性が示されたラウドネス特徴量を説明する。次に、これまで第二言語音声研究分野におけるラウドネスの利用について述べた上、本論文で扱う促音知覚課題においてラウドネス特徴量を導入する可能性を説明する。

4.2.1 ラウドネスを反映した時間長知覚

これまで日本語音声を用いて行った音声区分の伸縮による自然性評価の一連の研究では、音素区分の聴こえの大きさ（以下は、ラウドネス）による時間長重み付けを行った知覚的特徴量の有用さが報告されている（Kato et al. 1997, 1999, 2002）。この時間長の自然性評価における効果は、ラウドネスの大きさが知覚的な顕在性（すなわち、目立ちやすさ）を増加させ、音韻区間の間におけるラウドネス落差（または、ラウドネスジャンプ）が大きい区分ほど時間長の不自然さに気づきやすくなるためと説明される。

ラウドネスは本来、心理音響量として心理学的な方法で推定される。ラウドネスは単に物理的な音声特徴を表す **Power** や **Intensity** とは違い、人間の知覚心理と音の関与関係を反映する長所が考えられる。合成音声の自然性評価に関する研究では、人が聞こえる音の大きさを表す特徴量として、各周波数帯域にラウドネスの違いによる重み付けをした音響量が測定されている（Kato et al. 1997, 1999, 2002）。この音響量を規定するために、積分する時間幅が必要である。本研究では、促音部子音および隣接母音のような短区間に対して、セグメンタルラウドネス（以下は簡便さを優先し、「ラウドネス」と略称する）を計算する。

本論文におけるラウドネスの測定方法はこれまでなされてきた音声合成の自然性評価に関する一連の研究と同様である。ある音韻区間のラウドネス値は、簡便性を優先し、ISO532-B 法（詳細は Zwicker et al.1991 まで）によって計算された連続的なラウドネス近似値から、その区間の代表値を抽出したものとす

る。図 12 は例として、対象となった音韻区間のラウドネス (L_p , L_c , L_f), およびそれらの間のラウドネス落差 (J_p , J_f , またはラウドネスジャンプ) を示している。表 5 では、上記それぞれの英語表記が代表するラウドネス特徴量を示している。ある区間の代表値は、直接に音声波形から連続的に測定したラウドネス値の中央値にした。

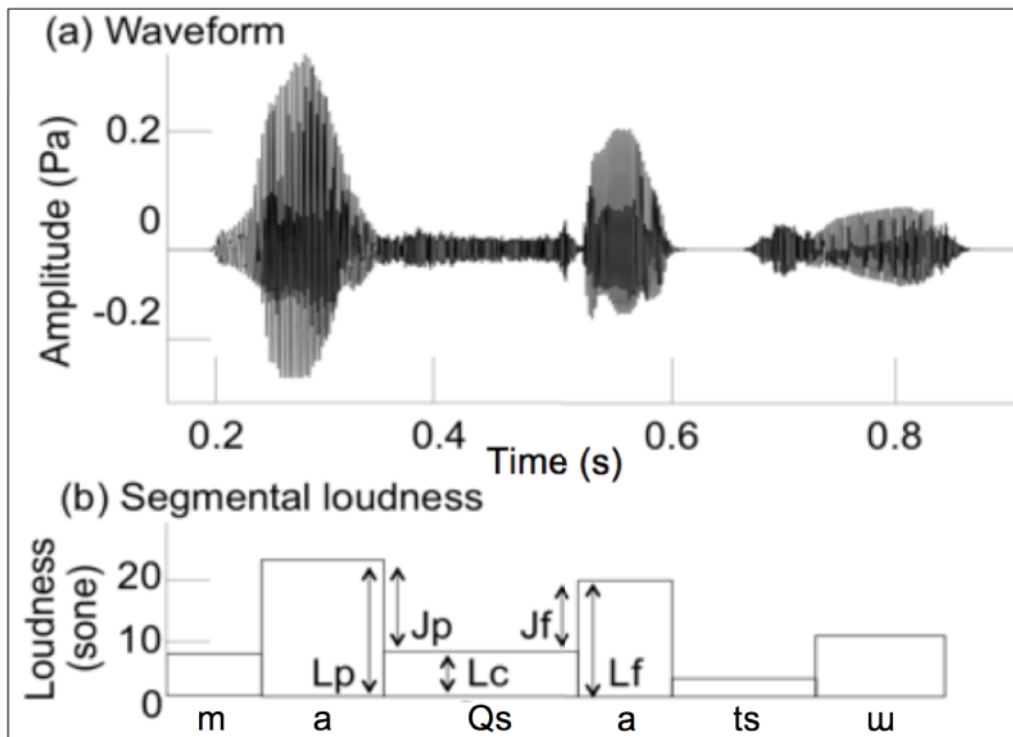


図-12 知覚特徴量のラウドネス値の測定

- (・収録した音声波形 (a) に対し，
 - 1) 2.2 節で述べたラベリング規則によって，音韻区分を区切りする；
 - 2) 4.2.1 節で述べた測定方法によって，連続的にラウドネスの瞬時値を測定する；
- ・各音韻区分において，一連の瞬時値のその区分における中央値を当該区分のラウドネス代表値として利用する「Lp, Lc, Lf」；
- ・隣接区分のラウドネス落差は 2 つの中央値の差とする「Jp, Jf」。

表-5 促音聴取の関連ラウドネス特徴量

特徴量	ラウドネス値	ラウドネス落差
Lp	先行母音	-
Lc	促音部子音	-
Lf	後続母音	-
Jp	-	先行母音と促音部子音の間
Jf	-	後続母音と促音部子音の間

上記のラウドネスは、最初に音声合成を対象とした音韻時間長自然性評価に関する研究で用いられた。Kato et al. (1997, 1999, 2002) では、主観評価者の知覚特性を考慮するため、図 13 に示すような、短区間ラウドネスで重み付けした時間長尺度である時間-ラウドネスマーカモデルを提案している。図 13 は、促音を含む単語/*maQsatsu*/とそれに対立する非促音単語/*masatsu*/の知覚区別を例として挙げている。この尺度は、音声波形から直接計算される特徴量である当該音韻区間の音響的な時間長、および前述した測定方法にしたがって求めた当該音韻のラウドネス値を用い、所与の時間歪みに対する人間の許容度を近似することが示されている。

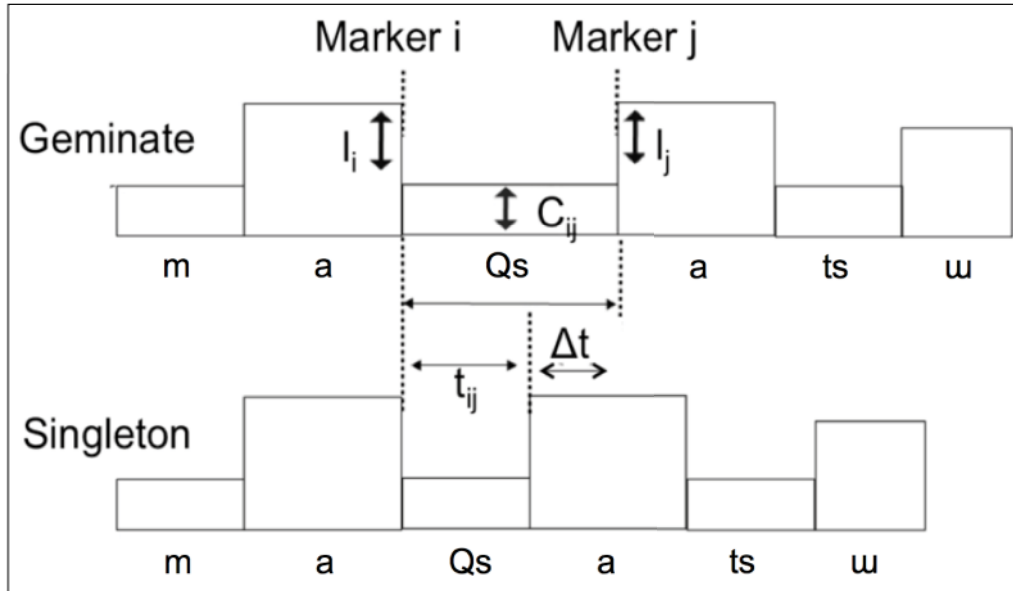


図-13 時間-ラウドネスマーカモデル

時間-ラウドネスマーカモデルを提案した関連研究 (Kato et al. 1997, 1999, 2002), およびそのモデルを利用した関連研究 (Nakamura et al. 2009 ; Sonu et al. 2011; 鮮于ほか 2013)により, 許容度の計算の流れは以下のようなものである。まず, Eq. (4.1) により, i, j 番目における長知覚の重み付け値 (W_{ij}) を計算する。今回はスケール調整のための定数 (b) は 1 に固定する。次に, 音素区分 (Marker i , Marker j) におけるそれぞれの短区間におけるラウドネス落差 (l_i, l_j), およびこの 2 つの音素区分で囲まれている音素区間のラウドネス値 (C_{ij}) を測定する。それらに関する知覚的な重み付け値 (W_{ij}) として以下の値を用いる。

$$W_{ij} = b \frac{(l_i + l_j)}{2} + C_{ij} \quad (4.1)$$

次, Eq. (4.2) のように, 許容度低下量 (l_{ij}) を求める。促音部子音と非促音部子音に対応するそれぞれの変化した時間の差 (Δt), i 番目と j 番目に囲まれる

区間の時間長 (t_{ij}), および 1 と設定したスケール調整のための定数 (a) を利用して, 許容度低下量が計算される。

$$l_{ij}(\Delta t) \cong a \frac{W_{ij} \cdot \Delta t^2}{\sqrt{t_{ij}}} \quad (4.2)$$

さらに, Eq. (4.3) のように, 対象とする発話の時間全体変形に対しては, これらの総和である許容度低下量(L)を求める。

$$L = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n l_{ij} \quad (4.3)$$

上記のラウドネスを考慮した合成音自然性評価尺度が有効であることは加藤らによる一連の実験で確認されている。さらに, このラウドネス重み付けされた時間長を第二言語音声の評価への利用が図られていた。Nakamura et al. (2009) では, 日本人英語学習者音声の客観評価に関する研究において, ラウドネス重み付けされた時間長を説明変数として用い, その有用性が検証された。上記の事実から, 合成音でも生成音声でも, 従来 of 時間長のみ注目した尺度より, ラウドネスを考慮した評価尺度がより妥当であり, 人間の聴知覚特性が反映されると考えられている。

4.2.2 促音におけるラウドネス関与の先行調査

上記の自然性評価に見られたラウドネスの時間長知覚特性への関与に鑑み, 同じ時間長知覚の課題である促音聴取における関与が想像できる。先行研究として, この許容度低下量を求める際に用いたラウドネス重み付け(W_{ij})を直接利用し, 同一音韻環境に固定した促音知覚に対する影響が調べられた (Sonu et al. 2011; 鮮于ほか 2013)。9 つの促音単語に対する母語話者音声によって, 上記の手続きにしたがって時間-ラウドネスマーカモデルを用いて, ラウドネス重み付け(W_{ij})を求めた。引き続き, ラウドネス重み付けと学習者の誤聴取率との相関分析を行った。この結果, 韓国語母語話者の促音誤聴取現象にはラウドネス重み付けとの有意な相関が判明した。発話速度が「速い」, および「普通」

の場合に相関係数が低く、有意ではなかった一方、発話速度が「遅い」場合にラウドネスの値と誤判断の間に有意な相関関係が判明した ($r=-0.91$, $p<0.01$)。この結果はラウドネスが小さければ誤判断が深刻になることを示唆した。

上記の先行調査により、学習者は促音・非促音の時間長差異を判断する際に、ある特定となる範囲ではあるが、聞こえの大きさが関与している可能性を示している。一方、ラウドネス関与に関して、以下の未解決な問題点が残されている。1) 前述した促音知覚におけるラウドネスが限られた範囲で判明した研究では、関連音韻区分のラウドネスとの直接的な関与ではなく、それらを利用して求めたラウドネス重み付けとの関与を分析した結果であった (Sonu et al. 2011; 鮮于ほか 2013)。このため、具体的にどの音韻区分のラウドネスが学習者の知覚判断に関与するか；2) 促音だけではなく、非促音も含めて、具体的にどのような発話条件で関与するか；3) 同一の母語を持つ学習者ではなく、ラウドネス関与は学習者母語によらない普遍性はあるか、といった3つの課題に対するさらなる分析の必要性がある。

上記の未解決な課題に対し、本論文は、1) 学習者の促音知覚にどの区分のラウドネスが利くかを調べるため、各音韻区間のラウドネスと誤聴取への関与を直接に調べる。2) ラウドネス関与が存在する音韻環境を調べるため、調査範囲を促音から非促音まで、より多様な発話速度で、より多くの音韻環境を含んだ音声サンプルに広げることにする。3) ラウドネス関与の普遍性を調べるため、本稿では手始めに韓国語、中国語といった異なる母語を持つ学習者による聴取実験を行って検証する。

関連音韻区間のラウドネス要素は以下に示す。これらの要素と促音・非促音の知覚正答率との相関分析を行った。

- 1) Lp : 促音部子音の先行母音ラウドネス
- 2) Lc : 促音部子音ラウドネス
- 3) Lf : 促音部子音の後続母音ラウドネス
- 4) Jp : 先行母音と促音部子音とのラウドネス落差 (以下, 先行落差)
- 5) Jf : 促音部子音と後続母音とのラウドネス落差 (以下, 後続落差)

4.3 非母語話者による促音聴取実験

本節では、学習者の促音誤聴取とラウドネス特徴量との相関関係を解明するため、異なる母語を持つ学習者による促音・非促音聴取判断実験を行った。実験に参加した非母語学習者の基本情報を述べる。次に、母語話者による音声データに対し、ラベリング作業を行い、4.2 節で述べた計算法でラウドネス特徴量の値を測定した。さらに、各音声サンプルに対する学習者の知覚判断正答率を求めた上、正答率とラウドネス値との相関関係を分析した。

4.3.1 違う母語を持つ実験参加者

促音聴取におけるラウドネス関与は L2 学習者の母語によるかどうかを解明するために、本研究は韓国語と中国語といった複数の母語を持つ学習者による聴取実験を行った。参加者全員は自己申告制による健聴者である。

まず、聴取判断実験は韓国語母語話者によって行った。実験を行った時点まで、日本に滞在していた韓国語を母語とする日本語学習者 9 名（全員 10 代から 20 代、男性 5 名、女性 4 名）が実験に参加した。参加者の日本滞在歴は 0 ヶ月から 24 ヶ月の間であった。全員は早稲田大学の学部 1 年生と 2 年生であり、早稲田大学日本語教育センターのレベル検定により、初級と判断された学習者からなる。このレベル検定は上記のセンターが実施するプレイスメントテストと呼ばれ、0（初級）から 8（超上級）レベルまでであり、数字が高ければ高いほどレベルが高い。本研究は 0 から 3 までの学生を参加者とした。

中国語母語話者によって同様な実験を行った。実験参加者 12 名（全員 10 代から 20 代、男性、女性各 6 名）は中国語を母語とする日本語学習者である。実験を行った時点まで、参加者全員は東京都内における日本語学校・進学塾に通っていた中国人学生であった。参加者の日本滞在歴は全員 1 年未満であった。日本語能力試験 JLPT（Japanese Language Proficiency Test, N5 級から N1 級まで、N1 がレベルが一番高い）検定により、全員は N3 級にも合格できていないものであった。したがって、JLPT の認定の目安により、参加者全員は「基本的な日本語を（ある程度）理解することができる」初級学習者である。

4.3.2 促音と非促音知覚判断実験

上記の学習者による聴取実験を行うため、母語話者による音声が必要となる。本研究で用いた音声データは、Tajima et al. (2008) で行った聴取テストに収録された音声データの一部である。語彙親密度を考慮し、上記のデータベースから対象となる単語を選出した。単語の親密度に関する研究は天野・近藤(2000)に基づき、親密度レベルは 1.0 から 7.0 まであり、高ければ高いほど母語話者にとって語彙が親密であることを意味する。ここで用いられた単語は全て親密度 5.0 以上のものとなっており、実験の信頼性が高いと考えられる。選出した単語を表 6 に示している。音韻種の差異による知覚判断への影響が考えられるため、単語の選出には音韻環境の多様性を考慮した。結局、選出した 32 対の促音・非促音単語セットは破裂音/k/ (17 セット), /t/ (5 セット), 摩擦音/s/ (7 セット), /ʃ/ (3 セット) といった 4 種類の促音部子音を持ち、/a/, /i/, /u/, /e/, /o/ といった 5 母音が全部含まれた単語からなる。促音単語のモーラ数は 3, 4, 5 である。他の特殊な音声特徴による影響を防ぐため、語末に長母音/R/, 撥音/N/, 当該子音に拗音/ja/, /ɕja/ などがあがる単語は全て除外した。

上記の 32 対の促音・非促音単語セットに対し、日本語の東京方言を自由に話せるように訓練された女性 1 名によって音声を収録した。防音室で、母語話者により、3 種類の発話速度 (速い・普通・遅い) で孤立単語の音声を収録した。量子化ビット数は 16 ビット、量子化周波数は 22.05 Hz であった。

この音声データを用いて、韓国語・中国語母語話者それぞれ、静かな教室で、パソコンにつながるヘッドホンによって聴取判断実験を行った。実験が始まる前に、促音・非促音の基本的な意味、およびその区別は参加者全員がすでにわかっていることを確認しておいた。実験では、学習者はランダムな順序で音声刺激を 1 つずつ聞き、促音か非促音かを回答した。聞いた音声と一致すると思った単語は、パソコン画面下の 2 つの選択肢 (促音か非促音か) から選び、対応するボタンをクリックした。学習者の違う単語に対する親密度差異による影響を防ぐため、画面下の選択肢は全部ローマ字 (アルファベット) で表記した。実験の進捗は参加者が自分でコントロールされるように設計し、音声刺激の繰り返しや途中の休憩は何回でも可能である。

より先に行った韓国語母語話者による実験では、回答した直後に正誤がフィードバックされ、誤答の場合は正答するまで同じ刺激への回答が繰り返されたと設定した。なお、学習者の日本語レベル個人差が正答率計算に誤差をもたらすため、1つの音声刺激に対し、1人ずつ初めて回答した結果だけを集計に含めた。その改良策として、後で行った中国語母語話者による実験では、計算の簡便性を優先するため、即時のフィードバックを無くすように設定した。1回だけ回答した結果のみを正答率計算に利用した。このように、それぞれの単語音声の聴取正答率を計算した。したがって、韓国語・中国語母語話者全員で、正答率計算に用いた音声実行数は 32 個×2 種類語（促音・非促音）×3 発話速度（速い・普通・遅い）×21 参加者（韓：9，中：12）からなる計 4032 サンプルとなる。

表-6 聴取実験に用いた促音・非促音単語セット

促音：音素表記「漢字」	非促音：音素表記「漢字」
促音部子音/k/	
/aQke/ 「呆気」	/ake/ 「開け」
/daQkai/ 「奪回」	/dakai/ 「打開」
/gaQka/ 「学科」	/gaka/ 「画家」
/haQkakuu/ 「発覚」	/hakaku/ 「破格」
/iQka/ 「一家」	/ika/ 「以下」
/iQki/ 「一気」	/iki/ 「息」
/kaQki/ 「活気」	/kaki/ 「下記」
/moQka/ 「目下」	/moka/ 「モカ」
/noQkeruu/ 「乗っける」	/nokeruu/ 「退ける」
/riQka/ 「立夏」	/rika/ 「理科」
/roQkotsuu/ 「肋骨」	/rokotsuu/ 「露骨」
/saQki/ 「さっき」	/saki/ 「先」
/saQkidatsuu/ 「殺気立つ」	/sakidatsuu/ 「先立つ」
/seQkai/ 「切開」	/sekai/ 「世界」
/jiQkakuu/ 「失格」	/jikaku/ 「資格」
/tsuQkaeruu/ 「つかえる」	/tsukaeruu/ 「使える」
/tsuQkiruu/ 「突っ切る」	/tsukiruu/ 「尽きる」
促音部子音/t/	
/iQtai/ 「一体」	/itai/ 「痛い」
/dziQtai/ 「実態」	/dzitai/ 「自体」
/seQtai/ 「接待」	/setai/ 「世帯」
/seQto/ 「セット」	/seto/ 「瀬戸」
/jiQtai/ 「失態」	/jitai/ 「姿態」
促音部子音/s/	
/hoQsoku/ 「発足」	/hosoku/ 「補足」
/dziQseki/ 「実績」	/dziseki/ 「次席」
/dziQsoku/ 「実測」	/dzisoku/ 「時速」
/kaQsai/ 「喝采」	/kasai/ 「火災」
/maQsatsu/ 「抹殺」	/masatsu/ 「摩擦」
/miQsetsuu/ 「密接」	/misetsuu/ 「未設」
/juQseki/ 「出席」	/juseki/ 「主席」
促音部子音/f/	
/buQji/ 「物資」	/buji/ 「武士」
/iQji/ 「一死」	/iji/ 「石」
/dziQfitsuu/ 「実質」	/dzifitsuu/ 「自室」

4.4 促音聴取におけるラウドネス関与の解明

本節では、学習者による促音聴取正答率とラウドネス特徴量の相関分析を行うことで、促音誤聴取におけるラウドネス関与を明らかにする。前述した聴取実験により、学習者による促音・非促音知覚判断の深刻な誤聴取を確認する。単なる音響的時間長を利用した判断は難しいため、ラウドネスが手がかりとして考慮されたことが考えられる。このため、韓・中の母語話者別に、正答率とラウドネスとの相関関係を調べ、その普遍性も検証する。さらに、学習者の促音聴取メカニズムを理解するため、促音聴取におけるラウドネス関与の特性を考察する。

4.4.1 促音聴取における発話速度依存性の再確認

聴取実験により、まず学習者の促音・非促音知覚正答率傾向を韓国語・中国語母語話者別に確認した。促音・非促音を分けて、音声サンプル毎に、正答した参加者が全員に占める割合を計算し、当該単語の正答率とした。引き続き、発話速度毎に、全ての単語による正答率の平均値、および標準偏差を計算し、図 14 に示した³。

図 14 はそれぞれ、(1) 韓国語、(2) 中国語母語話者による促音・非促音聴取判断の発話速度による正答率傾向を示している。この結果は従来研究と同様、学習者の母語によらず、聴取判断の発話速度依存性が再確認できた。まず、促音を含む単語の場合、発話速度が遅くなるとともに、学習者による知覚正答率は上昇することが観察された。標準偏差を調べた結果、正答率平均値が高くなるとともに標準偏差が小さくなることが見られた。「韓」の場合：「速い→普通→遅い」で、促音正答率は 64.5%(S.D=22.5) → 84.5%(S.D=19.2) → 93.9%(S.D=14.2)と上昇した。「中」の場合も同じような傾向であり、「速い→普通→遅い」で、促音正答率は 35.5%(S.D=21.1) → 85.7%(S.D=14.1) → 93.1%(S.D=7.3)と上昇した事実であった。

上記の傾向に対し、発話速度 2 つ毎の間に正答率の有意差を確認するため、t 検定を行った。その結果、学習者の母語によらず、促音・非促音聴取には有

³本論文は、音声サンプルの正答率とラウドネスとの相関関係に着目するため、ラウドネスの測定エラーがある若干の音声刺激は正答率の計算から既に除外した。

意差があった。「韓」の場合：促音では、「速い」と「普通」： $t(57)=3.7, p<0.01$, 「普通」と「遅い」： $t(56)=2.1, p<0.05$, 「速い」と「遅い」： $t(59)=6.1, p<0.01$ であった。「中」の場合：促音では、「速い」と「普通」： $t(57)=10.6, p<0.01$, 「普通」と「遅い」： $t(56)=2.5, p<0.01$, 「速い」と「遅い」： $t(59)=14.2, p<0.01$ であった。上記の結果から、学習者の母語によらず、「速い音声中の促音単語」の聴取判断はより困難であることが判明した。

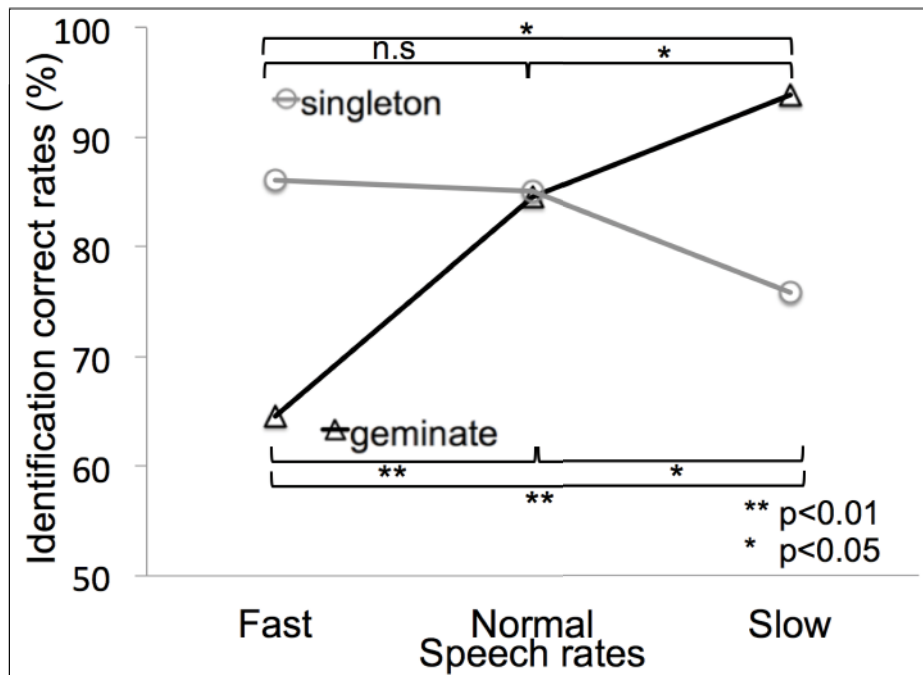
次に、促音単語とは違い、非促音単語に対する分析から、発話速度依存性の傾向は逆である事実が判明した。学習者の母語にかかわらず、発話速度が遅くなることにしたが、聴取判断正答率は減少していく事実が判明した。標準偏差を調べた結果、韓国語母語話者はほとんど変わらなかった一方、中国語母語話者の標準偏差が正答率の減少（誤聴取の増加）とともに大きくなることが観察された。「韓」の場合、非促音正答率は $86.1\%(S.D=16.4) \rightarrow 85.1\%(S.D=17.2) \rightarrow 75.9\%(S.D=16.0)$ と減少した。「中」の場合、非促音正答率は $93.6\%(S.D=8.4) \rightarrow 89.9\%(S.D=11.9) \rightarrow 64.9\%(S.D=19.1)$ と減少する傾向であった。

上記の減少傾向に対しても、発話速度2つ毎の間に正答率の有意差を確認するため、t検定を行った。その結果、「速い」と「普通」の間に有意差がなかった以外、他の条件における非促音聴取に有意差があった。「韓」の場合、非促音では、「普通」と「遅い」： $t(55)=2.1, p<0.05$, 「速い」と「遅い」： $t(57)=2.4, p<0.01$, 「速い」と「普通」： $t(56)=0.2, n.s$ であった。「中」の場合、非促音では、「普通」と「遅い」： $t(55)=5.9, p<0.01$, 「速い」と「遅い」： $t(57)=7.5, p<0.01$, 「速い」と「普通」： $t(56)=1.4, n.s$ であった。上記の結果により、学習者の母語によらず、「遅い音声中の非促音単語」の聴取判断はより困難であることが判明した。

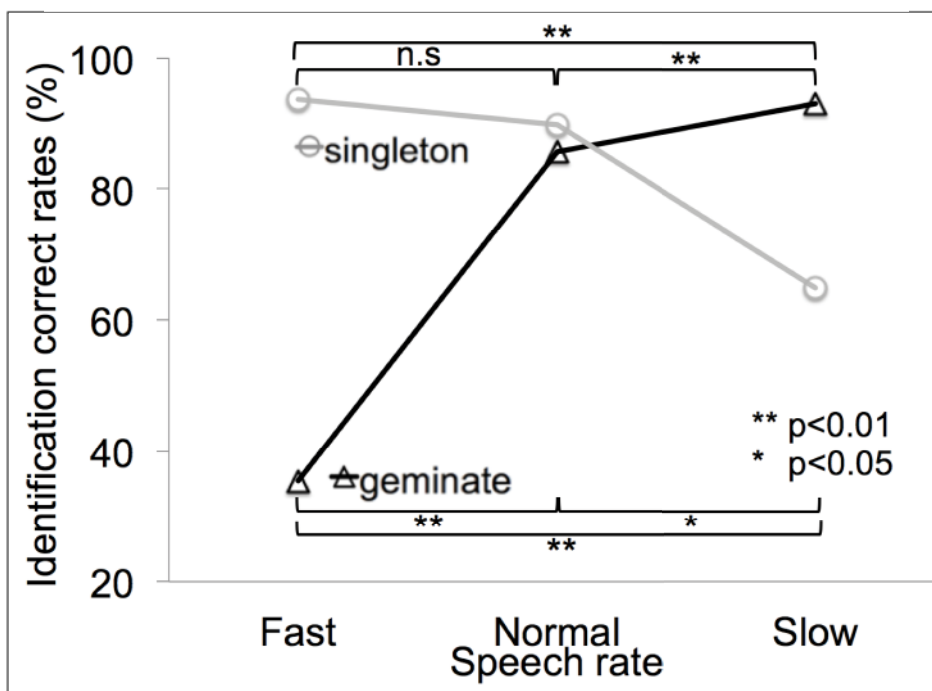
上記の発話速度依存性は Sonu et al. (2011) や張ほか (2014) で判明した結果とはほぼ一致している。「速い促音」と「遅い非促音」は学習者の母語によらず、聴取判断の課題であると確認した。その原因について以下の解釈が考えられる。促音部子音は非促音子音より、長い持続時間を持つことが知られている。このため、当該子音が長い場合に促音、短い場合に非促音、と判断されることが一般的である。より遅い音声中の促音（すなわち、促音部子音がより長

い), およびより速い音声の中での非促音 (すなわち, 促音部子音がより短い) 単語では, 当該子音の音響的時間長の絶対値が時間長の長短変化に基づいた判断基準と一致するため, 判断がより安く, 高い正答率が得られる。これに対し, 速い音声の中の促音, および遅い音声の中の非促音では, 速度による子音長の伸縮傾向が時間長の長短変化傾向に基づいた判断基準に反している。このため, 聴取の誤りが増加することも想像される。

上記の誤聴取傾向に対する解釈として, これまでは音響的時間長の代わり, 発話テンポの変化による影響を防ぐためにテンポの正規化を行った時間長の利用も試された (Sonu et al. 2011 ; 鮮于ほか 2013)。しかし, 人間の聴覚特性の科学的な理解には, 単なる音響的時間長に着目した分析は無理がある。前述した合成音の自然性評価に関する分析から, 時間長の知覚に関わる要因として, 聞こえの大きさであるラウドネスの利用が考えられる。以下は, 学習者の誤聴取に対し, 音響的時間長に基づく誤聴取分析に代え, 隣接音韻区間のラウドネスによる聴覚的な要素を加えた新たな分析を行い, 学習者の促音時間知覚特性を解釈する。



(1) 韓国語母語話者



(2) 中国語母語話者

図-14 学習者による促音・非促音聴取の発話速度依存性

4.4.2 聴取正答率とラウドネス関連特微量との相関分析

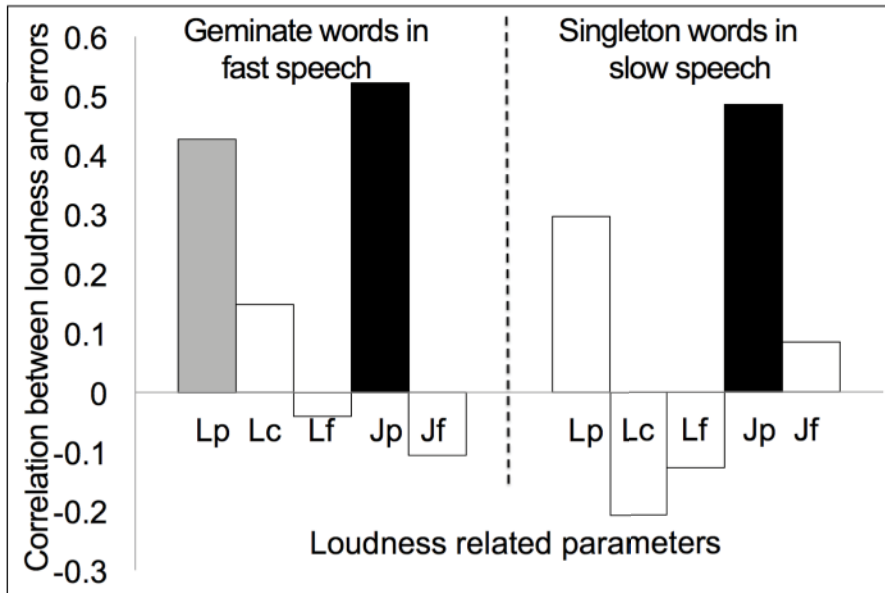
上記で判明した学習者による促音・非促音誤聴取傾向を踏まえ、ラウドネス関連特微量との相関分析を行った。各音声サンプルに対し、5つのラウドネス関連特微量の値を測定した。引き続き、韓国語、中国語母語話者を分けて、速い促音と遅い非促音における正答率平均値とラウドネス特微量との相関関係を分析した。

まず、韓国語母語話者を対象とした分析の結果を説明する。図 15- (1) で示したように、学習者の誤聴取において、有意なラウドネス関与が判明した。とりわけ、先行母音と促音部子音のラウドネス落差（先行落差 J_p ）は速い促音でも遅い非促音でも、正答率との有意な相関係数が判明した。先行落差 J_p とともに、先行母音のラウドネス L_p も、速い促音の正答率との有意な相関係数があると見られた。正答率と先行落差 J_p との有意な相関関係として、速い促音では $r=0.52, p<0.01$ 、遅い非促音では $r=0.49, p<0.01$ であった。正答率と先行ラウドネス L_p との有意な相関関係として、速い促音では $r=0.43, p<0.05$ であった。一方、他のラウドネス特微量と正答率の相関関係を調べた結果、有意な係数は観察されなかった ($r=-0.31\sim 0.33, n.s.$)。上記の結果から、韓国語母語話者による日本語促音・非促音の聴取区別へのラウドネス関与が判明した。特に先行ラウドネス落差 J_p が韓国語母語話者の促音知覚に関わっていることが考えられる。

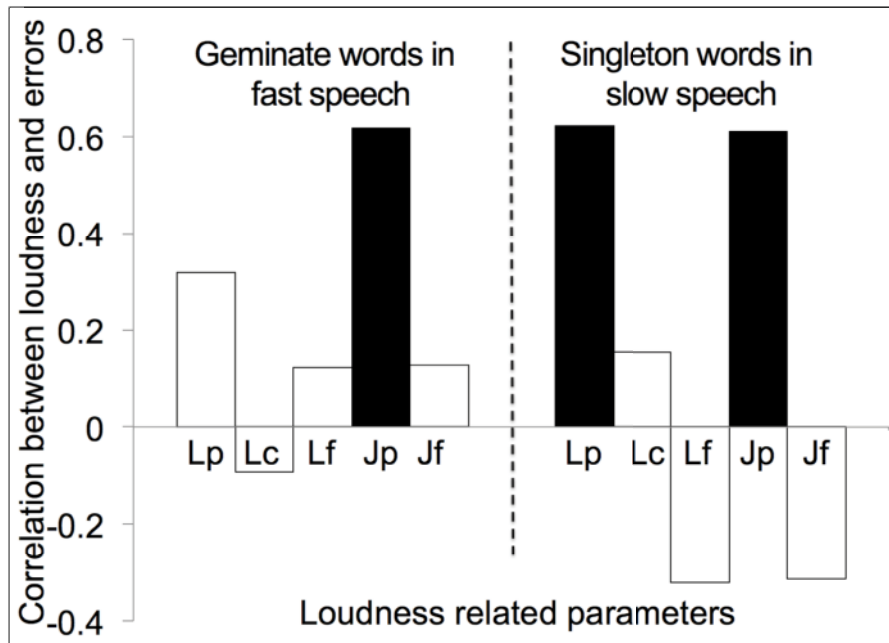
次に、中国語母語話者を対象とした相関分析の結果を図 15- (2) に示した。図からわかるように、韓国語母語話者の結果と同様、中国語母語話者の誤聴取においても、有意なラウドネス関与が判明した。とりわけ、先行落差 J_p も中国語学習者による速い促音・遅い非促音の聴取において、正答率との有意な相関係数があることが判明した。また、先行落差 J_p の他、先行母音のラウドネス L_p も、遅い非促音における正答率との有意な相関係数があることが判明した。韓国語母語話者と比べ、相関係数も高かったと見られた。正答率と先行落差 J_p との有意な相関関係として、速い促音では $r=0.62, p<0.01$ 、遅い非促音では $r=0.61, p<0.01$ であった。正答率と先行ラウドネス L_p との有意な相関関係として、速い促音： $r=0.63, p<0.01$ であった。一方、他のラウドネス特微量と正

答率の相関関係を調べた結果、全ては有意ではなかった ($r=-0.38\sim 0.32$, n.s.)。この結果から、中国語母語話者による日本語促音・非促音聴取区別にも、ラウドネス関与の存在が認められた。とりわけ、先行ラウドネス落差 J_p が中国人学習者による促音知覚に関わっていることが考えられる。

上記の誤聴取が深刻な場合において判明した有意なラウドネス関与とともに、対照研究として、誤聴取が少ない場合においても正答率とラウドネス特徴量との相関分析を行った。その結果を表7に示した。正答率がより高く、誤聴取が少ない1) 普通・遅い音声中の促音、および2) 普通・速い音声中の非促音、に対する聴取判断では、いずれもラウドネスとの有意な相関はなかったことが判明した。この事実から、誤聴取がより少ない場合では、ラウドネスより、学習者は音響的時間長そのものだけを用いても聴取判断が容易にできたことが考えられる。



(1) 韓国語母語話者



(2) 中国語母語話者

図-15 学習者による促音誤聴取におけるラウドネス関与

(黒■, グレー■と白□はそれぞれ :

- ・ 有意な相関: ■, $p < 0.01$; ■, $p < 0.05$;
- ・ 有意ではない: □, n.s., を代表する。)

表-7 少ない誤聴取における有意ではない相関

相関係数	普通・遅い音声中の 促音	速い・普通音声中の 非促音
韓国語母語話者	-0.13~0.21, n.s	-0.29~0.13, n.s
中国語母語話者	-0.22~0.37, n.s	-0.36~0.36, n.s

上記の相関分析をまとめると、学習者の母語によらず、誤聴取が顕著な速い促音・遅い非促音の知覚判断において、ラウドネス関与の存在が判明した。とりわけ、先行ラウドネス落差 J_p は、学習者による時間長差異の知覚にか変わっていることが判明した。一方、誤聴取がより少ない遅い促音・速い非促音の知覚判断では、ラウドネス特徴量との有意な相関が観察されなく、音響的時間長が基本的な手がかりであることが考えられる。

この結果に対し、時間長差異に対する学習者の知覚特性は合理的な解釈が考えられる。発話速度依存性に関する記述のように、正答率が高く、聴取判断が容易な場合は「より遅い促音」と「より速い非促音」である。この場合に、促音部子音の音響的時間長は発話速度が遅ければ長くなり、速ければ短くなる。普通、長い音声は促音に、短い音声は非促音と判断する。このため、上記の容易な場合に、学習者が音響的時間長のみをそのまま利用し、ラウドネスを考慮しなくても簡単に正答ができると考えられる。また、正答率がほとんど 100% までなるため、天井効果 (ceiling effect) が出ており、特徴量との相関がなくなくなる可能性も考えられる。以上の原因で、時間長知覚判断が容易な場合にラウドネス関与がないことが解釈される。

一方、速い音声中の促音、および遅い音声中の非促音では、速度による当該子音長の伸縮傾向が長短変化傾向に基づいた促音判断基準に反している。このため、音響的時間長だけによる知覚は誤りが出やすくなる。正答するため、学習者は音響的時間長に加え、ラウドネスを考慮に入れる可能性が考えられる。したがって、このような誤聴取が深刻な場合に、ラウドネス特徴量との有意な相関が明らかに観察された。すなわち、速度変化が逆に働く音響的時間長差異によって弁別しにくい場合、この判断に関連セグメンタルラウドネスが関与すると推察される。

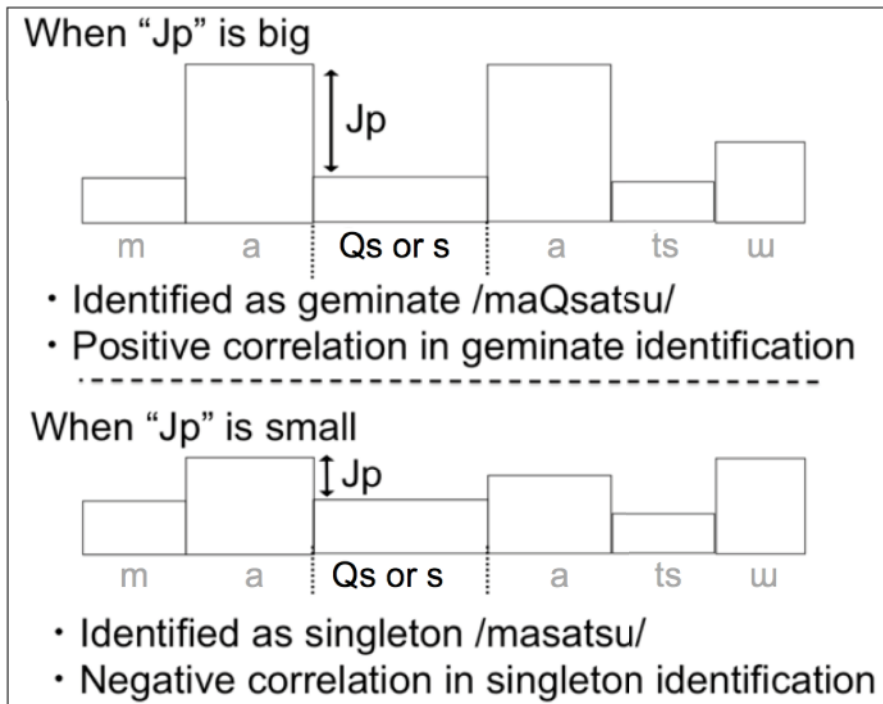
4.4.3 ラウドネス関与についての考察

上記の促音誤聴取におけるラウドネス関与に対し、学習者の時間長知覚特性、および促音・非促音聴取区別のメカニズムをさらに深く理解することが必要である。とりわけ、関与している特徴量 J_p は、どのように学習者の促音知覚に影響するか、といった課題に対し、本節では人間の聴知覚特性に基づき、解釈を試みる。

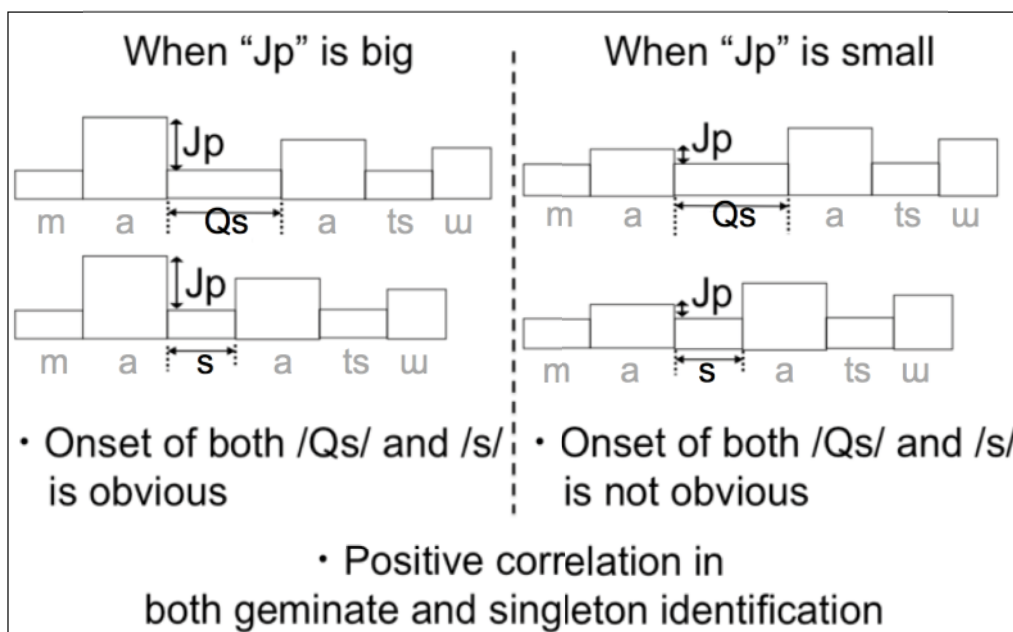
促音・非促音の聴取区別は根本的に時間長差異の知覚判断である。このため、人間の時間長知覚特性を踏まえ、ラウドネス関与について2つの可能な解釈が考えられる。1つ目は、促音聴取において、基本的な手がかりである促音部子音の音響的時間長とともに、先行落差 J_p それ自体が直接に知覚判断に関わる可能性である。図 16- (1) に示しているように、聴取判断を行う際、学習者は1) 促音部子音の長さ (eg. /Qs/か/s/か)、2) ラウドネスのサイズ、といった2つの手がかりをそれぞれ孤立的に利用して判断する。すなわち、 J_p 自身の大きさが促音か非促音かを決める。大きな J_p は、子音が先行母音に対して小さく感じられたことを意味する。この場合に、子音と先行母音に促音/Q/があるように聞こえ、促音と答えやすくなることが考えられる。一方、小さな J_p は、子音と先行母音の落差は小さくなく、そこには促音/Q/がないように聞こえる。したがって、この場合は非促音と答える可能性が高くなる。この解釈に基づき、促音聴取と非促音聴取の J_p 関与の符号は非一致になり、促音には正の相関、非促音には負の相関になることが考えられる。

上記の1つ目の可能性とは違い、2つ目の可能性として、ラウドネス特徴量 **Jp** は孤立的な判断手がかりではなく、基本的な音響的時間長の知覚にある程度助けることが考えられる。すなわち、促音・非促音聴取はあくまで、促音部子音の音響的時間長を手がかりとされていますが、ラウドネス落差はその手助けとして貢献することである。とりわけ、音響的時間長だけによって聞きにくい場合に、この寄与はさらに顕著になる。図 16- (2) にはこの解釈を示している。**Jp** が大きい場合は小さい場合と比べ、当該音韻の始まり/開始点（すなわち、onset）がより顕著に明示しているため、聞き取りやすくなる。上記の理解に基づき、促音・非促音両方とも正の相関になることが考えられる。

今回の結果により、学習者の母語によらず、**Jp** は促音でも非促音でも、正答率とは正の相関であった。上記の2つの解釈と合わせた結果、2番目の可能性を支持している。以上の考察により、ラウドネス特徴量は、日本語 L2 学習者による促音聴取において、音響的時間長とは独立的な変数ではなく、時間長の差異を際立たせるといった手助けの役割を有していると考えられる。



1 番目の解釈：音響的時間長と独立的に，
ラウドネスの大きさ自身が時間長の知覚に関わる



2 番目の解釈：ラウドネスは時間長の知覚に
「開始点を明示する」手助けとして寄与する

図-16 促音聴取に関与するラウドネス特徴量の役割

4.5 まとめ

本節では、日本語 L2 学習者による促音音声の習得仕組みへの全面的な理解を目指し、前述した生成面の分析に加え、知覚面の分析に着手した。音声合成の自然性評価における知覚特性の有用性に鑑み、学習者の促音聴取に対し、従来の時間長差異に着目した音響的特徴量だけによる誤聴取傾向分析に、新たにラウドネスを考慮した知覚的特徴量の導入を試みた。学習者に対する促音・非促音聴取実験を行い、測定したラウドネス特徴量と単語の聴取正答率との相関関係を分析した。この結果、1) 誤聴取傾向が顕著である、「速い音声中の促音誤判断」および「遅い音声中の非促音誤判断」では、ラウドネスの関与が判明した。2) とりわけ、先行母音と促音部子音のラウドネス落差 J_p は、学習者の母語によらず有意な相関があることが判明した。3) 促音誤聴取のラウドネス関与に対する考察として、時間長の知覚に、ラウドネスは音響的時間長と孤立的に影響を与えることなく、「大きさを音韻区分の開始点を明示する」といった手助けで寄与することが推察された。

このように、時間長の知覚に関する研究では、単なる「音響的時間長」に着目した従来研究の代わり、時間長の知覚に影響する要因としてラウドネスのような特徴量も考慮する必要性が明らかとなる。上記の結果を踏まえ、ラウドネス大きさの調整で、より詳しく促音・非促音知覚判断のラウドネス境界値を調べることも必要であると考えられる。さらに、判明した聴取関連特徴量であるラウドネスや時間長により、日本語学習教材の作成にも有用な知見をもたらすことも考えられる。とりわけ、教育上への応用として、関連特徴量によるそれぞれの単語の聴取難易度が推定できれば、教育現場には「容易から困難へ」といったような教育法が確立でき、よりよい学習効果が期待される。このため、次章ではラウドネスを用いた促音聴取難易度の推定を試み、教育支援への可能性を追求する。

第5章 ラウドネスを用いた促音聴取難易度の推定

本章では、これまで判明した促音聴取に関連する特徴量を踏まえ、教育上への応用を試みる。戸田（1996, 1998a, 1999, 2003）により、促音単語によって聴取難易度が異なる教育経験がある。一方、その聴取難易度差異の定量化はまだ把握できていない。前章により、従来判明した時間長とともに、LOUDNESSも学習者の促音知覚に関わっていることが判明した。その他、音声学上では子音種類やアクセントといった特徴量も関わっている知見がある。上記種々の聴取関連特徴量に基づき、教育上への応用が考えられる。とりわけ、特徴量を予測モデルに用いることで、聴取難易度が推定できる可能性がある。この推定された難易度により、「易しいものから難しいものへ」といったような合理的な学習法の確立ができれば、よい教育効果が望まれる。

以上を踏まえ、本論文は以下の3点を考慮して分析した。第1点目は、モデルの構築には、これまで判明した音響的時間長やLOUDNESS、といった聴取関連特徴量を線形回帰分析に利用し、知覚正答率の推定値と実測値の相関分析と誤差分析によって、推定の有効性を検証することにした。次に、聴取難易度推定の信頼性のため、今回用いた単語は、子音種、母音種、モーラ数を前章の促音知覚面の考察よりさらに多様にした。最後に、この推定の有効性が学習者母語によらない普遍性を検証するため、前章と同様に異なる母語を持つ学習者による分析を行った。

以下5.1節では、学習者による促音聴取の難易度が単語によって異なる従来の教育経験を述べ、これまで判明した関連特徴量を示す。5.2節では、線形回帰分析に基づいた難易度推定モデルの構築方法を説明する。5.3節では異なる母語を持つ学習者に対する促音・非促音聴取判断実験を行い、正答率実測値を求め、関連特徴量の値を測定する。5.4節では、特徴量を線形回帰分析に用い、推定モデルにより、正答率の推定値を求める。その結果と実測値との相関分析および誤差分析によって、今回提案した推定モデルの有効性を検証する。上記の結果に基づいた教育法の革新や教材の改良への知見を述べた上、最後の5.5節で本章をまとめる。

5.1 促音聴取難易度差異を生じた種々の関連要素

学習者の促音聴取に関わる特徴量はこれまで多数分析されており、単語それぞれの音韻環境に関する要素の差異により、聴取難易度も異なる。前述したように、基本的には発話速度による促音部子音時間長の変動がその難易度に影響する。速い音声中の促音単語、遅い音声中の非促音単語は難しいことが知られている。また、前章で学習者の促音聴取にラウドネス関与が判明した。先行母音と促音部子音のラウドネス落差 J_p が大きければ、その単語がより正しく聞き取りやすいと推察される。このように、時間長とラウドネスは学習者の促音聴取に関わっている関連特徴量として考えられる。

一方、第二言語教育経験やそれに対する研究からも、促音単語の聴取難易度は音声学上の要素に影響されると指摘されている。戸田 (1998b, 2003) は、子音種により、促音知覚の習得順序が異なると報告されている。戸田 (1998b) では、英語を母語とする上級学習者は 1) 初級学習者、2) 母語話者、との促音有無の判断境界値を比較した。その結果、子音種が破裂音/ t 、/ k /の場合は判断境界値が母語話者に近い一方、摩擦音/ s /の場合は初級学習者に近いことが判明した。英語話者による促音知覚の習得順序は子音種によって異なり、閉鎖音が摩擦音より先行すると指摘された。このように、子音種も学習者による促音聴取の関連特徴量として認められる。

上記のように、これまでは種々の促音聴取関連特徴量が判明したが、それをどのように音声教育に応用できるか、に関する試みはまだ十分になされていない。また、教育現場では、促音単語の音韻環境により、聴取難易度が異なると知られている一方、易しい単語と難しい単語それぞれが持っている音韻特徴は不明瞭である。このような現状に対し、上記の知られている関連特徴量に基づき、線形回帰分析を行うことで、学習者の促音単語聴取正答率が推定できる。この正答率を難易度実測値の反映として、推定値との比較により、推定の有用性が確認される。さらに、最終的に単語の聴取難易度順付けができれば、教育法・学習法の革新、および教材の改良には寄与できると考えられる。

5.2 推定モデルの構築

前述した関連特徴量を踏まえ、促音聴取難易度の推定モデルを試みる。モデルの構築には、判明した特徴量を線形重回帰モデルに利用することにした。この重回帰分析は、多変量解析の一種として、適切な変数を複数選択することで、計算しやすく誤差の少ない予測式を作ることができる長所が考えられる。

以下の Eq. (5.1) 式のように、目的変数 y は学習者の促音聴取正答率（本研究では聴取難易度を反映するために用いる）を意味する。それぞれの説明変数 x は各関連特徴量を意味する。従来研究を踏まえ、今回の分析には、以下の特徴量を可能な説明変数として試みた：

- 1) 促音部子音の音響的時間長（Duration of consonant, 以下は Dc ）；
- 2) 促音部子音の正規化時間長（ $Dc / \text{total word}$ ）
- 3) 5つのラウドネス関連特徴量（ Lp, Lc, Lf, Jp, Jf ）；
- 4) 子音種を数量化1類にしたもの（Type of c: 1/0で破裂音か摩擦音を示す）。

また、式中の a や b は偏回帰係数を示す。このモデルにより、聴取難易度と関連特徴量の関係が説明される。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b \quad (5.1)$$

このモデルの構築には、用いられる説明変数 x を確定する。促音聴取に関連する特徴量はこれまで多数指摘されたが、モデルには目的変数 y （学習者による正答率）により影響する有効な説明変数 x の選出が必要となる。その選出は2つのステップで行った。まず、各変数の間における相関関係を分析する。分析には、正答率との相関係数がより有意に高い特徴量を選出する。次に、重回帰分析によく使われている変数の選択方法であるステップワイズ法で、最終的な有効変数を選択する。予測式自体の説明力 (R^2) が顕著に上がらないまで、説明変数となる可能な特徴量の取捨選択を行う。上記のやり方にしたがって、5.4節では今回のモデルの構築を詳細に述べる。

5.3 推定に利用したデータ

聴取難易度を推定するため、まず学習者による促音聴取の正答率実測値を求める。その普遍性を検証するため、異なる学習者による実験を行った。今回の実験では、韓国語・中国語母語話者による実験データを用いた。

韓国語母語話者による実験データは、Tajima et al. (2008) における韓国人学習者を対象とした聴取テストの一部のデータを利用した。分析には、促音知覚に誤りが多くみられる最初の学習段階での聴取結果を用いた。聴取対象とした母語音声は、日本語の東京方言を自由に話せるように訓練された女性 1 名の音声を用いた。母語話者により、3 種類の発話速度（速い・普通・遅い）で、量子化ビット数 16 ビット、量子化周波数 48kHz で、孤立単語の音声収録された。前章のラウドネス関与に対する分析で用いられた実験単語と比べ、今回は 32 セットからさらに 36 セットまで広げた。リズム構造はより多様にするため、当該子音が拗音/kja/, /jo/であり、または語末長母音/R/, 語末撥音/N/がある構造を増やした。子音種類は破裂音/k/ (14 セット), /t/ (7 セット), 摩擦音/s/ (6 セット), /ʃ/ (9 セット) といった 4 種類からなる。促音部前後の母音種も前の実験と同様、/a/, /i/, /u/, /e/, /o/といった 5 母音が全部含まれている。促音単語のモーラ数は 3, 4, 5 であり、詳細は表 8 に示している。

このデータに対し、前章のラウドネス関与に対する分析の実験参加者とは別に、他の日本に滞在している韓国語を母語とする日本語初級学習者 9 名（男性 5 名、女性 4 名）による聴取判断を行った。参加者全員の日本における滞在歴は 0 ヶ月から 24 ヶ月の間であった。ラウドネス関与の参加者と同様、今回の参加者全員も早稲田大学の学部 1 年生と 2 年生であり、前述した日本語教育センターのレベル検定により、初級と判断された学習者からなる。

韓国語母語話者と同様に、中国語母語話者による聴取実験も行った。前章のラウドネス関与の分析に参加した 12 名の学習者と別に、他の 10 名の中国語母語話者（男性女性各 5 名）にこの実験に参加してもらった。実験を行った時点で、参加者全員は東京都内に留学生向けの大学進学塾に通っているものであった。日本の滞在歴は 1 年未満であり、日本語能力試験 N3 級に達していない、または参加した経験でもない初級学習者であった。

聴取実験は、静かな教室で、パソコンとヘッドホンを用いて行った。音声刺激はパソコンで編集されたプログラムでランダムに流れ、学習者は画面下の2つの選択肢から、促音か非促音かを判断し、対応するボタンをクリックした。韓国語学習者に対する実験では、回答のフィードバックがあるため、日本語レベル個人差が正答率計算に誤差をもたらすと考えられ、1つの音声刺激に対し1人ずつ初めて回答した結果だけを集計に含めた。このように、それぞれの単語音声の聴取正答率を計算した。1人に対し正答率計算に用いた音声実行数は36個×2種類語（促音・非促音）×3発話速度=216個となる。分析に用いた音声刺激数は計216×19人（韓：9人；中：10人）=4104実行であった。

表-8 難易度推定に用いた促音・非促音単語セット

促音：音素表記「漢字」	非促音：音素表記「漢字」
促音部子音/k/	
/aQke/「呆気」	/ake/「開け」
/daQkai/「奪回」	/dakai/「打開」
/φuQkjuR/「復旧」	/φuQkjuR/「普及」
/gaQka/「学科」	/gaka/「画家」
/haQkaku/「発覚」	/hakaku/「破格」
/iQka/「一家」	/ika/「以下」
/iQki/「一気」	/iki/「息」
/kaQki/「活気」	/kaki/「下記」
koQkeR「滑稽」	kokeR「固形」
/moQka/「目下」	/moka/「モカ」
/saQki/「さっき」	/saki/「先」
/saQkidatsuu/「殺気立つ」	/sakidatsuu/「先立つ」
/tsuuQkaeruu/「つかかえる」	/tsukaeruu/「使える」
/tsuuQkiruu/「突っ切る」	/tsukiruu/「尽きる」
促音部子音/t/	
/baQtaR/「バター」	/bataR/「バター」
/iQtai/「一体」	/itai/「痛い」
/dziQtai/「実態」	/dzitai/「自体」
/kaQtoR/「葛藤」	/katoR/「加藤」
/seQtai/「接待」	/setai/「世帯」
/seQto/「セット」	/seto/「瀬戸」
/jiQteN/「失点」	/jiteN/「支店」
促音部子音/s/	
/iQsoR/「一層」	/isoR/「移送」
/dziQsokuu/「実測」	/dzisokuu/「時速」
/maQsatsuu/「抹殺」	/masatsuu/「摩擦」
/miQsetsuu/「密接」	/misetsuu/「未設」
/jiQsoR/「失踪」	/jisoR/「思想」
/zeQseR/「絶世」	/zeseR/「是正」
促音部子音/f/	
/boQfuR/「没収」	/bofuR/「募集」
/buQfi/「物資」	/buifi/「武士」
/gaQfoR/「合唱」	/gafuR/「賀正」
/iQfi/「一死」	/ifi/「石」
/dziQfitsuu/「実質」	/dzifitsuu/「自室」
/kaQfokuu/「褐色」	/kafokuu/「過食」
/saQfoR/「殺傷」	/safuR/「査証」
/jiQfiN/「失神」	/jifiN/「指針」
/jiQfoR/「失笑」	/jifuR/「師匠」

5.4 推定有効性の解明

本節では、韓国語・中国語母語話者を分けて、それぞれによる促音聴取難易度推定を試みた。聴取実験により、正答率実測値および各関連特徴量を測定する。前述したモデルの構築方法にしたがって、説明変数として選出した特徴量により、モデルを構築する。正答率の実測値と推定値の相関分析および誤差分析によって、推定モデルの有効性を確認する。

5.4.1 韓国語母語話者にみられる促音聴取難易度の推定

1) 説明変数の選出

実験により、まず正答率の実測値を計算し、深刻な誤聴取を把握した。各発話速度における全ての音声刺激の正答率平均値を求めた結果、「速い促音」及び「遅い非促音」の単語は他の発話速度と比べより低い事実が再検証できた。今回の誤聴取傾向を図 17 に示している。促音を含む単語の場合、発話速度が遅くなると、学習者による知覚正答率が上がっていくことが見られた。「速い→普通→遅い」で、正答率は 59.9%(S.D=25.4) → 90.1%(S.D=11.8) → 90.8%(S.D=13.4)と上昇した。一方、非促音を含む単語の場合、発話速度が遅くなると、学習者による知覚正答率が下がっていくことが見られた。「速い→普通→遅い」で、正答率は 89.9%(S.D=11.5) → 86.6%(S.D=13.3) → 78.4%(S.D=17.0)と減少した。上記の傾向に対し、発話速度 2 つ毎の間に、t 検定で正答率の有意差を確認した。その結果、促音聴取の「普通」と「遅い」、非促音聴取の「速い」と「普通」、を除き、他の場合に有意差があった。促音では、「速い」と「普通」: $t(70)=6.5, p<0.001$; 「速い」と「遅い」: $t(70)=6.5, p<0.001$; 「普通」と「遅い」: $t(70)=0.2, n.s.$ であった。非促音では、「普通」と「遅い」: $t(68)=2.2, p<0.05$; 「速い」と「遅い」: $t(69)=3.3, p<0.001$; 「速い」と「普通」: $t(67)=1.1, n.s.$ であった。以上により、今回の推定はこの 2 つの誤聴取が深刻な場合のみに着目した。

モデルの構築には、まず有効な説明変数を選出した。表 9- (1) と (2) に示しているように、全ての特徴量と正答率実測値を含め、各変数間の相関係数を分析した。中には、正答率との相関がより有意に高い説明変数を一回選出した。

この結果, 太字と表記している「促音部先行母音と子音のラウドネス落差(Jp)」は可能な変数として選出された。促音・非促音別に, 全ての音声データで, Jpと正答率の相関係数は: 速い促音で $r=0.44, p<0.01$; 遅い非促音: $r=0.61, p<0.001$ であった。他の特徴量と正答率との相関がより低いとみられたが, 中には時間長要素である「促音部の音響的時間長 (Dc)」はこれまで促音聴取の基本的な手がかりと認められているため, 可能な変数として選出した。このように, ラウドネス要素 Jp と時間長要素 Dc がモデルの構築に選出され, それ以外の特徴量は次のステップワイズ法から除外された。

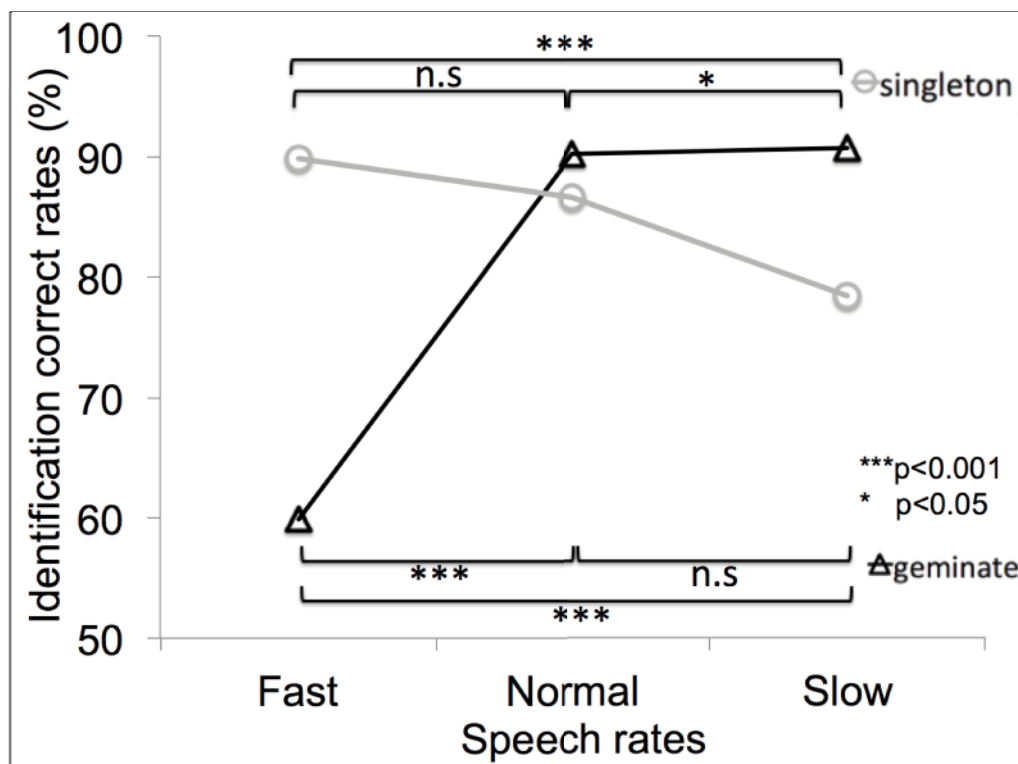


図-17 韓国語母語話者による難易度推定における誤聴取傾向

表-9 韓国語母語話者の促音知覚における特徴量間の相関関係
(太字で表記したのは選出した特徴量, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

(1) 速い音声中の促音単語

Correlation coefficients	Accuracy	Lp	Lc	Lf	Jp	Jf	Dc	Dc/Word	Type of c
Accuracy	1								
Lp	0.36	1							
Lc	0.13	0.08	1						
Lf	-0.02	-0.42	-0.44	1					
Jp	0.44**	0.82	-0.51	-0.11	1				
Jf	-0.09	-0.28	-0.88	0.81	0.27	1			
Dc	0.01	0.20	-0.65	0.29	0.55	0.58	1		
Dc/Word	0.12	0.09	-0.28	0.22	0.24	0.30	0.48	1	
Type of c	-0.07	-0.19	-0.52	0.22	0.13	0.47	0.37	0.04	1

(2) 遅い音声中の非促音単語

Correlation coefficients	Accuracy	Lp	Lc	Lf	Jp	Jf	Dc	Dc/Word	Type of c
Accuracy	1								
Lp	0.51	1							
Lc	0.08	0.66	1						
Lf	-0.33	-0.05	-0.20	1					
Jp	0.61***	0.86	0.18	-0.56	1				
Jf	-0.25	-0.77	-0.81	0.74	-0.46	1			
Dc	0.29	0.09	-0.20	-0.51	0.24	-0.17	1		
Dc/Word	0.17	0.18	-0.11	-0.30	0.30	-0.11	0.71	1	
Type of c	-0.20	-0.23	-0.34	0.33	0.05	0.44	-0.10	0.20	1

2) モデルによる正答率推定値と実測値の相関分析

上記の聴取実験から得た正答率の実測値, および選出した2つの特徴量を用い, 5.2節で述べたモデルの構築方法にしたがい, 正答率推定値を求めた。本研究では, 信頼性のため, K-分割交差検証 (K-fold cross-validation) でモデルを構築した。「速い音声中の促音単語」と「遅い音声中の非促音単語」を分けて, それぞれに属する全ての音声サンプルをランダムに $K=3$ のグループに分割した。そのうち, 1つのグループをテスト事例 (test data) とし, 残る2つのグループを訓練事例 (training data) とした。このように, 3つのモデルが構築され, 各単語の正答率推定値を求めた。それと実測値との相関分析から3つの相関係数を得た。推定の有効性は, その相関係数の平均値で決められた。

各モデルの構築には, ステップワイズ法で説明変数を取捨選択した。1) 促音部子音の音響的時間長 Dc のみで, 2) 先行ラウドネス落差 Jp のみで, 3) 両方合わせて, といった3種類で行った。分割交差検証により, 説明変数を変えて構築した各モデル, およびモデル自体の説明力 R^2 は, 表10で示している。モデルから得た正答率推定値と実測値との相関係数を調べた。表には, 太字で相関が高く, 有意なモデルを表記している。この結果, 促音でも非促音でも, 先行ラウドネス落差 Jp を説明変数として構築したモデルの推定は, 実測値との相関が高く, 有意であったことが判明した。一方, 促音部時間長 Dc のみを変数とした推定の相関は低かったことも観察された。

表-10 韓国語母語話者の正答率推定値と実測値との相関係数

(*: $p < 0.05$; y: 推定正答率)

x_1 : 先行ラウドネス落差 ; x_2 : 促音部子音時間長)

説明変数	速い促音	式の説明力 R^2	相関
Jp	1) $y=40.402+3.682x_1$	0.15	0.65*
	2) $y=40.777+4.288x_1$	0.17	0.68*
	3) $y=49.235+3.928x_1$	0.42	0.37
Jp+Dc	1) $y=19.924+3.824*x_1+0.125*x_2$	0.16	0.63*
	2) $y=-23.256+5.211*x_1+0.365*x_2$	0.23	0.52*
	3) $y=56.044+3.869*x_1-0.040*x_2$	0.43	0.35
Dc	1) $y=46.851+0.054x_2$	0.002	-0.33
	2) $y=42.355+0.103x_2$	0.004	-0.17
	3) $y=88.670-0.146x_2$	0.03	-0.16
説明変数	遅い非促音	式の説明力 R^2	相関
Jp	1) $y=72.631+1.897x_1$	0.39	0.63*
	2) $y=74.208+2.117x_1$	0.53	0.53*
	3) $y=76.329+1.471x_1$	0.28	0.84*
Jp+Dc	1) $y=60.103+1.868*x_1+0.081*x_2$	0.42	0.66*
	2) $y=63.830+1.916*x_1+0.074*x_2$	0.56	0.51*
	3) $y=68.603+1.403*x_1+0.054*x_2$	0.29	0.85*
Dc	1) $y=72.066+0.104x_2$	0.03	0.50*
	2) $y=56.025+0.206x_2$	0.20	-0.07
	3) $y=69.022+0.124x_2$	0.05	0.40*

上記の分割交差検証から得た正答率推定値と実測値の 3 つの相関係数の平均値を求めた。その結果を図 18 に示している。平均値から見ても、速い音声中の促音・遅い音声中の非促音両方とも、説明変数は「Jp のみ」が「Dc のみ」より、推定値と実測値の相関が顕著に高いと判明した。Jp のみで促音では 0.57, 非促音では 0.67 ぐらいの相関が得られた。さらに、Jp に Dc を加えても、相関が Jp のみの 0.67 より顕著に上がらないことも観察された。説明変数の有意性を調べた結果からも、Jp は有意であった一方、Dc は有意ではなかったことが判明した。

この事実から、韓国語母語話者は促音誤聴取にラウドネスがかかっており、それを用いた単語の難易度推定はできると考えられる。これは前章の促音聴取のラウドネス関与の結果に一致している。今回はラウドネスを説明変数とする難易度推定の有効性を解明したことから、ラウドネスを入れた推定モデルは学習者の知覚特性が反映され、単に音響的時間長だけを用いた推定より妥当であると考えられる。

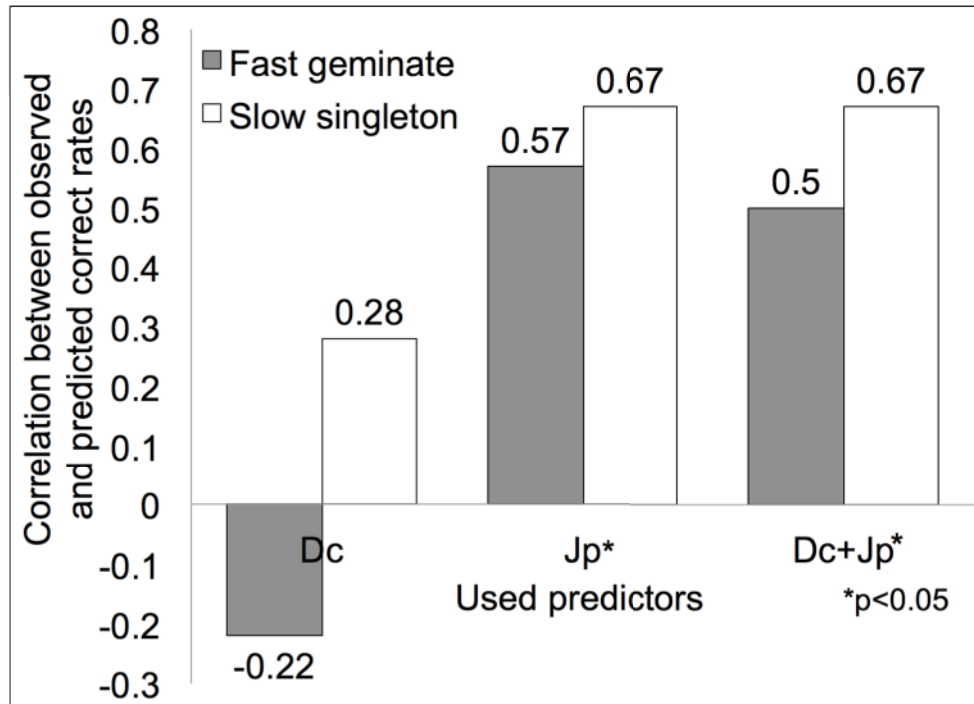


図-18 韓国語母語話者による実測と推定の正答率との相関

- ・ Jp を用いた推定は実測値との相関がより高い；
- ・ Jp に Dc を加えても、相関が有意に上昇しない；

3) 推定値と実測値の誤差分析

上記の相関分析に加え、推定の精度を把握するため、推定値と実測値との誤差を詳しく調べる必要性が考えられる。このため、推定精度の調査として、推定値と実測値の差の絶対値（絶対誤差）を分析した。有効性が判明した 1) ラウドネス落差 Jp のみで、2) ラウドネス落差 Jp と時間長 Dc で、構築したモデルから、全ての音声サンプルの推定値と実測値の絶対誤差平均値、およびその標準偏差を求めた。

その結果を図 19 に示している。速い促音の場合、Jp のみによるモデルの推定（以下は「Jp のみ」）の平均誤差は 17.6% (S.D=17.1)；Jp と Dc によるモデルの推定（以下は「Jp と Dc」）の平均誤差は 19.3% (S.D=16.6)であった。非促音

の場合、「Jpのみ」の平均誤差は7.7 (S.D=6.2)；「JpとDc」の平均誤差は7.4 (S.D=6.2)であった。この結果から、促音でも非促音でも、単語により推定の誤差のバラツキがある事実が判明した。このため、単語音韻環境の差異を表す変数も推定に入れる必要性が考えられる。また、非促音に対する推定は促音より精度が高いことから、促音単語に対する推定は普通拍単語より難しく、現在の試みに新たな有効変数を導入する必要性が考えられる。

以上の結果から、本研究で提案したラウドネスを用いた推定モデルは韓国語母語話者の場合において、有効であることが理解できた。より精度の高い推定を目指し、ラウドネスや時間長以外、音韻環境の差異を反映する特徴量の導入も考えられる。上記の推定の有効性の母語によらない普遍性を検証するため、上記とほぼ同様な流れで、中国語母語話者による推定を以下で展開する。

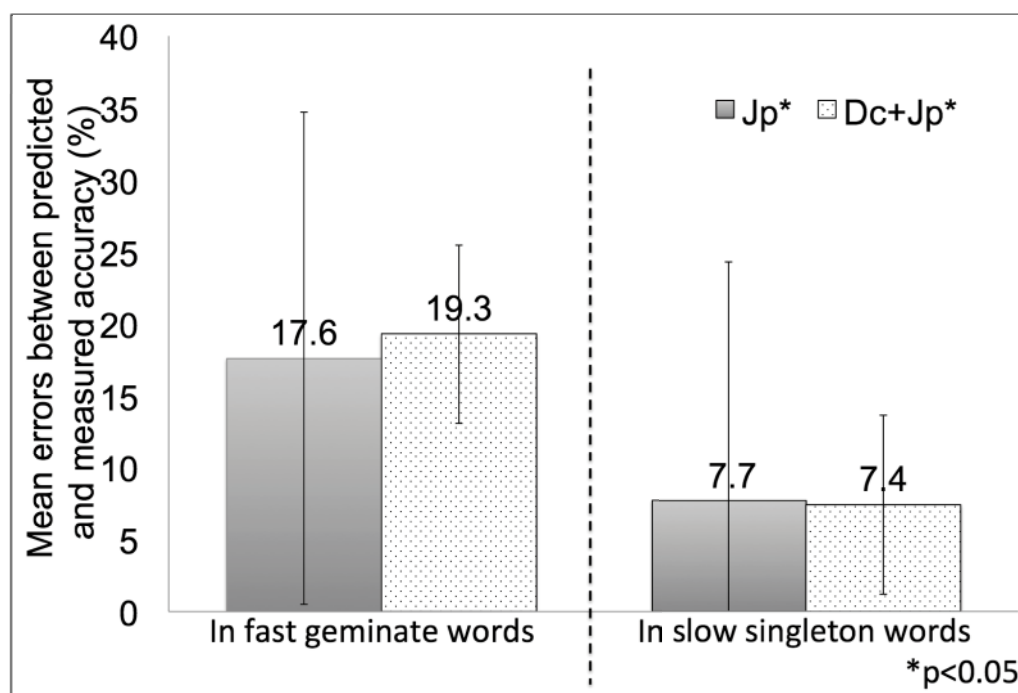


図-19 韓国語母語話者による実測と推定の正答率の誤差

- (・単語間にまだ誤差のバラツキがある；
- ・今回の推定で、非促音単語は促音単語より精度が高い；

5.4.2 中国語母語話者にみられる促音聴取難易度の推定

1) 説明変数の選出

前節で韓国語母語話者の促音聴取に対する難易度推定が有効であることを解明した。前章で中国語母語話者の促音聴取におけるラウドネス関与も判明したため、中国語母語話者の促音聴取に対する難易度推定も、韓国語母語話者のように試みた。

推定には、まず正答率を実測することで、深刻な誤聴取を確認した。その結果を図 20 に示している。これまでの研究と同様、聴取正答率の発話速度依存性があり、速い促音及び遅い非促音の誤聴取がより深刻であると観察された。

中国語母語話者も、促音を含む単語の場合、発話速度が遅くなるとともに正答率が上昇するとみられた。「速い→普通→遅い」で、正答率は 37.9%(S.D=22.2) → 85.8%(S.D=13.4) → 91.4%(S.D=8.7)と上昇した。非促音を含む単語の場合、発話速度が遅くなると、正答率が下降することが見られた。「速い→普通→遅い」で、正答率は 92.2%(S.D=9.0) → 88.6%(S.D=11.3) → 65.8%(S.D=18.7)と減少した。上記の傾向に対し、発話速度 2 つ毎の間に、t 検定で正答率の有意差を確認した。その結果、遅い非促音の「速い」と「普通」を除き、他の全ての場合に有意差が見られた。促音では、「速い」と「普通」： $t(70)=11.1, p<0.001$ ；「速い」と「遅い」： $t(70)=13.5, p<0.001$ ；「普通」と「遅い」： $t(70)=2.1, p<0.05$ であった。非促音では、「普通」と「遅い」： $t(70)=6.3, p<0.001$ ；「速い」と「遅い」： $t(70)=7.6, p<0.001$ ；「速い」と「普通」： $t(70)=1.5, n.s.$ であった。このように、中国語母語話者に対する分析も、この 2 つの誤聴取が深刻な場合のみに着目した。

引き続き、モデルの構築には、有効な説明変数を選出した。関連特徴量間、および正答率実測値との相関関係を調べた結果を表 11- (1) と (2) に示している。太字と表記しているように、速い促音では、「促音部先行母音と子音のラウドネス落差 (Jp)」は有効な説明変数として選出された。Jp と正答率との相関係数は：速い促音で $r=0.61, p<0.001$ であった。遅い非促音では、「先行母音ラウドネス (Lp)」は有効な説明変数として選出した。Lp と正答率との相関係数は： $r=0.50, p<0.01$ であった。一方、基本的な手がかりと認められる時間

長要素について、韓国語母語話者の結果と同様、基本的な手がかりとされている「促音部の音響的時間長 (Dc)」は正答率との相関係数が低くて有意ではなかったが、可能な時間長変数として選出した。その他と正答率との相関はより低い、もしくは有意ではなかったため、モデルの構築から除外された。このように、中国語母語話者の促音聴取難易度推定にも、1) ラウドネス特徴量：促音では「先行ラウドネス落差 Jp」、非促音では「先行母音ラウドネス Lp」、2) 当該子音時間長 Dc、を可能な説明変数として、モデルの構築に利用した。

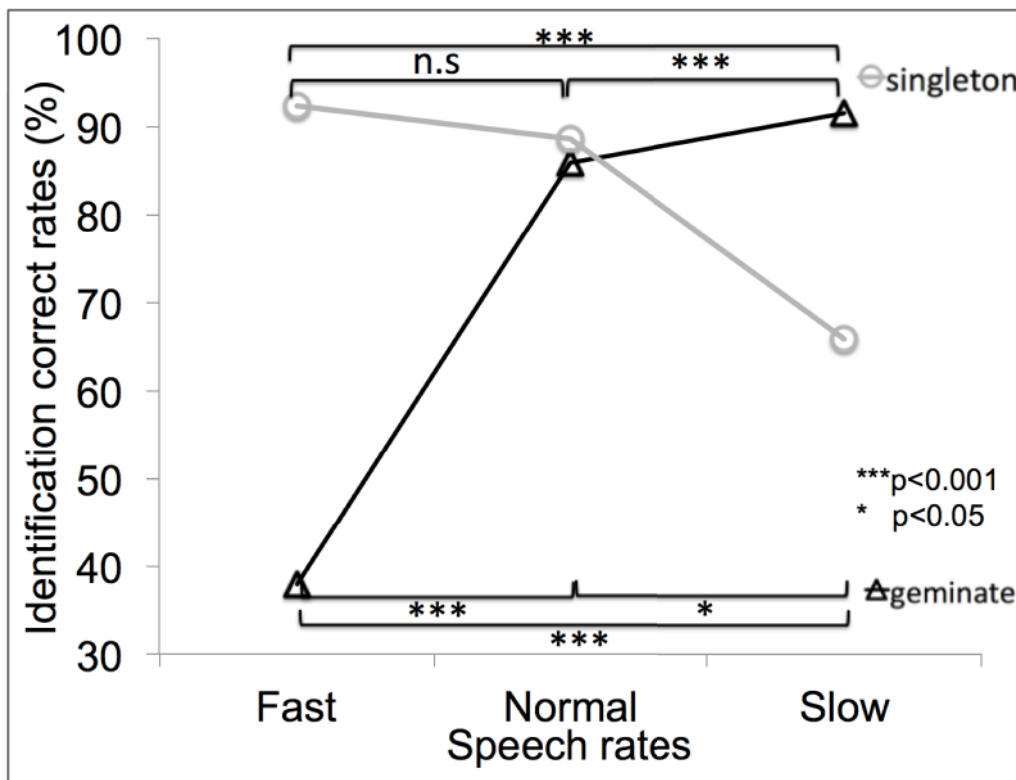


図-20 中国語母語話者による難易度推定における誤聴取傾向

表-11 中国語母語話者の促音知覚における特徴量間の相関関係
 (太字で表記したのは選出した特徴量, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

(1) 速い音声中の促音単語

Correlation coefficients	Accuracy	Lp	Lc	Lf	Jp	Jf	Dc	Dc/Word	Type of c
Accuracy	1								
Lp	0.34	1							
Lc	-0.05	0.81	1						
Lf	0.02	-0.47	-0.50	1					
Jp	0.61***	0.74	0.20	-0.22	1				
Jf	0.04	-0.74	-0.86	0.87	-0.24	1			
Dc	-0.07	-0.25	-0.16	0.29	-0.23	0.26	1		
Dc/Word	0.01	-0.10	0.08	0.28	-0.26	0.11	0.56	1	
Type of c	-0.31	0.40	0.43	-0.41	0.16	-0.49	0.04	-0.31	1

(2) 遅い音声中の非促音単語

Correlation coefficients	Accuracy	Lp	Lc	Lf	Jp	Jf	Dc	Dc/Word	Type of c
Accuracy	1								
Lp	0.50**	1							
Lc	0.27	0.66	1						
Lf	-0.38	-0.54	-0.20	1					
Jp	0.47	0.86	0.18	-0.56	1				
Jf	-0.42	-0.77	-0.81	0.74	-0.46	1			
Dc	-0.10	0.09	-0.20	-0.51	0.24	-0.17	1		
Dc/Word	-0.11	0.18	-0.11	-0.30	0.30	-0.11	0.71	1	
Type of c	0.07	-0.21	0.63	-0.18	-0.15	-0.54	-0.01	-0.27	1

2) モデルによる正答率推定値と実測値の相関分析

中国語母語話者によるモデルの構築も韓国語母語話者のように、K-分割交差検証で展開した。速い促音と遅い非促音を分けて、それぞれの音声サンプルをランダムに3グループに分割した。1つのグループをテスト事例とするとともに、残る2つのグループを訓練事例とした。このようにモデルの構築を3回行った。各単語の正答率推定値と実測値との相関分析から得た3つの相関係数の平均値を求め、モデルの有用性を検証する。

次に、ステップワイズ法でモデルの構築に説明変数の試みを行った。説明変数は1) 当該子音実測時間長 D_c のみで、2) ラウドネス J_p または L_p のみで、3) 時間長とラウドネス両方合わせて、といった3種類で行った。分割交差検証により構築したモデル、およびモデル自体の説明力 R^2 を表12に示している。正答率推定値と実測値との相関係数も調べ、有意な相関のある場合を表12に太字で示している。

この結果、促音でも非促音でも、ラウドネス要素 J_p または L_p を説明変数として用いたモデルによる推定は、ほとんどの場合に実測値との相関が高く、有意であったことが判明した。一方、促音部時間長 D_c のみを変数とした推定の相関は全てのモデルにおいて、ラウドネス特徴量を用いた推定より、低くて有意ではないことが観察された。このことから、中国語母語話者の促音誤聴取に対し、ラウドネス特徴量は時間長特徴量より説明力があることが考えられる。一方、韓国語母語話者と比べ、促音か非促音によって、有効なラウドネス変数の差異（促音では J_p 、非促音では L_p ；韓の場合は両方とも J_p ）も判明した。この事実から学習者母語により、さらに詳しく説明変数の検討が考えられる。

表-12 中国語母語話者の正答率推定値と実測値との相関係数

(*: $p < 0.05$; y : 推定正答率)

x_1 : 促音に Jp, 非促音に Lp ; x_2 : 促音部子音時間長)

説明変数	速い促音	式の説明力 R^2	相関
Jp	1) $y=18.357+5.564x_1$	0.47	0.46*
	2) $y=19.492+3.950x_1$	0.31	0.76*
	3) $y=16.726+4.795x_1$	0.35	0.64*
Jp+Dc	1) $y=13.156+5.593*x_1+0.031*x_2$	0.47	0.46*
	2) $y=24.881+3.854*x_1+0.031*x_2$	0.32	0.76*
	3) $y=-13.818+4.929*x_1+0.185*x_2$	0.39	0.59*
Dc	1) $y=54.068+0.078x_2$	0.004	0.16
	2) $y=74.217-0.238x_2$	0.065	-0.37
	3) $y=15.796+0.130x_2$	0.017	-0.37
説明変数	遅い非促音	式の説明力 R^2	相関
Lp	1) $y=46.889+1.251x_1$	0.16	0.67*
	2) $y=29.773+2.44x_1$	0.43	0.20
	3) $y=40.634+1.73x_1$	0.21	0.65*
Lp+Dc	1) $y=63.151+1.393*x_1-0.116*x_2$	0.18	0.63*
	2) $y=18.203+2.499*x_1+0.068*x_2$	0.43	0.16
	3) $y=78.477+1.876*x_1-0.261*x_2$	0.28	0.47*
Dc	1) $y=69.024-0.031x_2$	0.002	0.19
	2) $y=75.393-0.05x_2$	0.003	0.22
	3) $y=95.219-0.192x_2$	0.04	-0.13

上記の表 10 に、それぞれの説明変数を用いた試みで得た 3 つの相関係数に対し、その平均値を求めて比べた。その結果を図 21 に示している。平均値から見ても、中国語母語話者による速い促音・遅い非促音の聴取は両方とも、説明変数は「ラウドネス要素 Lp / Jp のみ」が「時間長要素 Dc のみ」より、推定値と実測値の相関が顕著に高い事実が判明した。ラウドネス要素を用いた推定と実測値との相関は 0.5 以上になる。また、ラウドネス特徴量に時間長特徴量 Dc を加えても、相関が上がらなく、Dc を説明変数とする有意性もない事実が観察された。

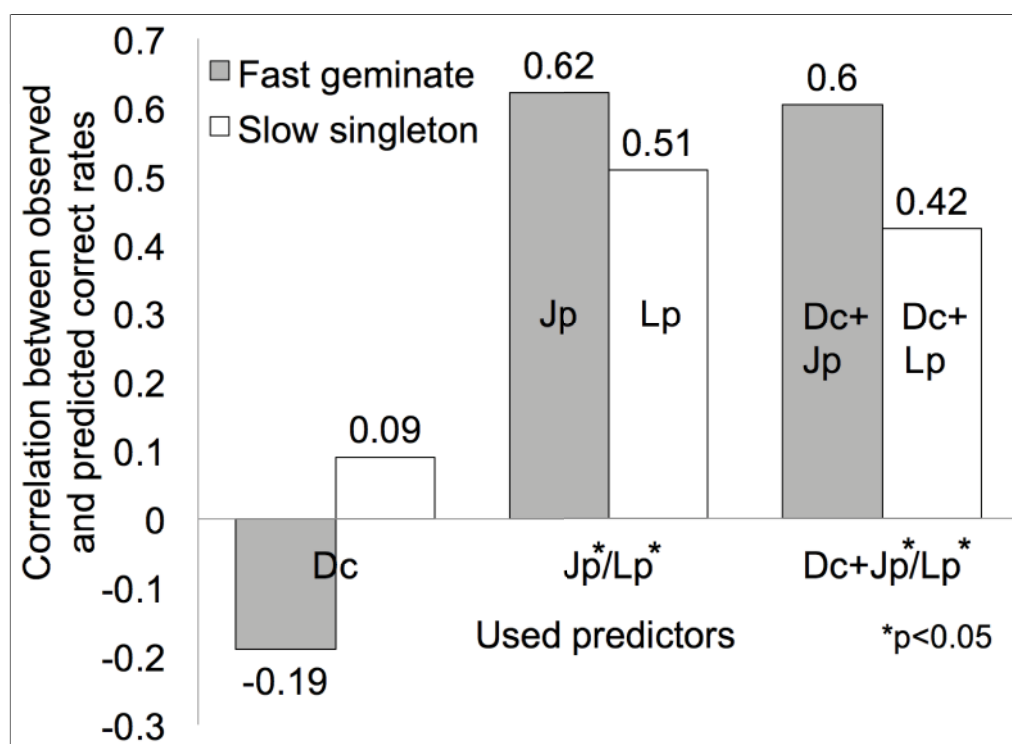


図-21 中国語母語話者による実測と推定の正答率との相関
 (・ラウドネス特徴量を用いた推定と実測値の相関が高い；
 ・Dc を Jp や Lp に加えても、相関が上昇しない；

上記の相関分析の結果により、中国語母語話者の促音誤聴取に対し、ラウドネスは音響的時間長より説明力があることが判明した。これは前章で我々が分析してきた促音聴取のラウドネス関与の結果に一致している。また、韓国語母語話者との相違点も判明し、「韓」の場合は促音でも非促音でも Jp が有効である一方、「中」の場合は、ステップワイズ法により、促音では Jp、非促音では Lp が有効であった。上記の結果から、学習者によらず、ラウドネス特徴量を入れた推定モデルは知覚特性が反映され、単に時間長だけを用いた推定より妥当であることが理解できた。学習者によって説明変数が異なることから、より複数の母語を持つ学習者による推定から、説明変数に対してさらに詳細に分析することが考えられる。

3) 推定値と実測値の誤差分析

相関分析に加え、推定の精度を把握するため、中国語母語話者の推定に対しても、推定値と実測値との差の絶対値（絶対誤差）を調べた。推定モデルがあると判明した 1) 促音に Jp、非促音に Lp のみ、2) Jp か Lp と時間長 Dc、といった場合において、各音声サンプルの正答率推定値と実測値の絶対誤差平均値、およびその標準偏差を求めた。

この結果を図 22 に示している。促音・非促音両方とも、単語によって推定精度の差異が判明した。速い促音の場合、Jp のみの平均誤差が 15.5% (S.D=10.6) であり、Jp と Dc の平均誤差は 15.7% (S.D=10.9) であった。非促音の場合、Lp のみによる推定の平均誤差は 13.8 (S.D=10.0) であり、Lp と Dc の平均誤差は 14.6 (S.D=10.3) であった。この結果から、より精度の高い推定には、単語の音韻環境の差異が反映される特徴量を新たに導入する必要性が考えられる。

以上の結果から、ラウドネス特徴量を用いた学習者による促音聴取の難易度推定が有効であると判明した。ラウドネスを用いた推定は従来注目された時間長のみ分析より、学習者の誤聴取特性に説得力のあると理解した。一方、単語による推定精度のバラツキから、音韻環境を反映する変数も推定モデルに入れる必要性が考えられる。また、推定の普遍性を検証するため、より多くの学習者と単語で、より多くの特徴量を変数とする試みも考えられる。

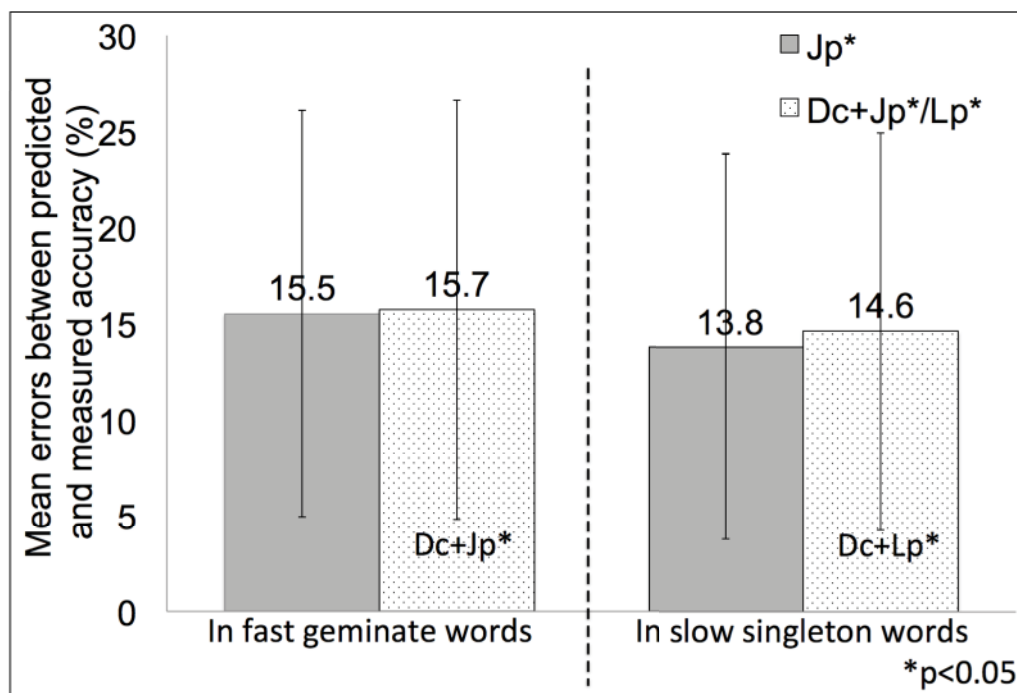


図-22 中国語母語話者による実測と推定の正答率の誤差

- (・単語によって、推定は精度の差異がある；
- ・「中」と「韓」は有効なラウドネス特徴量が異なる。
- 「中」は促音聴取に Jp, 非促音聴取に Lp; 「韓」は両方とも Jp。)

5.4.3 教育現場における提案の考察

以上の分析により、ラウドネスを用いた非母語話者の促音聴取難易度推定は有効であることが判明した。この結果は単語の難易度順付けに役に立つことが考えられる。教育現場での「易しい単語から難しい単語へ」という提案を目指し、本節では単語の難易度差異とそれぞれが持っている音韻特徴をさらに詳しく考察する。

まず、1) 難しい・易しい単語の学習者母語による相違を調べた。速い促音と遅い非促音を分けて、「韓」・「中」それぞれに、正答率を高い方から低い方へランキングにした。「韓」・「中」2列の正答率に対し、1列の単語難易度順を1から36まで符号化して、それと合わせて符号化したもう1列の単語との相関関係を調べた。この結果、「韓」・「中」による難易度順の相関は、速い促音

に $r=0.21$, n.s ; 遅い非促音に $r=0.16$, n.s であった。この結果から、学習者の母語により、難しい単語は違っていることが判明し、学習者自身の母語の特性に干渉される可能性が考えられる。すなわち、「中国語母語話者にとって難しい単語は、必ず韓国語母語話者にとっても難しい」とは言えない。このため、各母語の音韻特性を反映する変数を導入したモデルの構築が考えられる。

次、2) 促音・非促音それぞれの難しい・易しい単語の相違を調べた。上記の1) における符号化する方法を利用し、今回は「韓」と「中」を分けて、それぞれに、促音と非促音の難易度順の対応関係を分析した。促音・非促音の難易度順の相関は、「韓」で $r=-0.18$, n.s, 「中」で $r=0.14$, n.s であった。この結果から、学習者の母語によらず、促音・非促音単語の習得難点も一致しかねることが観察された。すなわち、「促音聴取で難しい単語は、必ずそれに対立する非促音は聴取しやすい」とは言えない。この事実も実際の難易度順付けに考慮する必要性が考えられる。

さらに、3) 聴取しにくい単語のリズム構造の特徴を分析した。音声サンプルの正答率の低い順で、上位10位を表13に示している。この結果から、促音か非促音、および学習者の母語によらず、深刻な誤聴取が出ている単語には、/CVCV/といった均一音節構造の単語が少ないことが観察された。一方、太字で表記しているように、語末に長母音や撥音のある/CVCVR/・/CVCVN/、もしくはより複雑な構造/CVCVCVCV/などを持っている単語は多く見られた。また、正答率が低い単語に、先行子音のない構造/VCV/や/VCVV/も見られた。この結果から、均一音節構造/CVCV/の単語はより聴取判断しやすい一方、先行子音がない、もしくは語末に特殊拍があり、モーラ数がより多いといった均一ではない音節構造、もしくは数拍連続構造は、学習者にとって習得難点であると考えられる。この事実から、モデルの改善にはモーラ数や音節構造の差異が反映される変数の導入が考えられる。

表-13 聴取正答率の低い単語の上位 10 位

(・モーラ数が多く、/CV(Q)CV/ではない音節構造の単語がより難しい)

速い音声中の促音					
韓	正答率	リズム構造	中	正答率	リズム構造
/saQkidatsuu/	0	/CVQCVCVCV/	/iQso/	10	/VQCV/
/koQkeR/	11.1	/CVQCVR/	/jiQteN/	10	/CVQCVN/
/jiQjiN/	11.1	/CVQCVN/	/dziQsokuw/	10	/CVQCVCV/
/tsuQkaeru/	11.1	/CVQCVVCV/	/iQji/	10	/VQCV/
/boQjuR/	22.2	/CVQCVR/	/dziQjitsu/	10	/CVQCVCV/
/ɸuQkjuR/	33.3	/CVQCVR/	/ɸuQkjuR/	20	/CVQCVR/
/aQke/	33.3	/VQCV/	/tsuQkiru/	20	/CVQCVCV/
/haQkaku/	44.4	/CVQCVCV/	/miQsetsu/	20	/CVQCVCV/
/jiQjoR/	44.4	/CVQCVR/	/buQji/	20	/CVQCV/
/kaQki/	44.4	/CVQCV/	/boQjuR/	20	/CVQCVR/
			/tsuQkaeru/	20	/CVQCVVCV/
			/jiQsoR/	20	/CVQCVR/
遅い音声中の非促音					
韓	正答率	リズム構造	中	正答率	リズム構造
/ɸukjuR/	66.7	/CVCVR/	/jisoR/	30	/CVCVR/
/jijoR/	66.7	/CVCVR/	/ɸukjuR/	40	/CVCVR/
/ika/	66.7	/VCV/	/tsukaeru/	40	/CVCVVCV/
/gaka/	66.7	/CVCV/	/iki/	40	/VCV/
/dzijitsu/	77.8	/CVCVCV/	/ika/	40	/VCV/
/dzitai/	77.8	/CVCVV/	/gaka/	40	/CVCV/
/misetsu/	77.8	/CVCVCCV/	/tsukiru/	40	/CVCVCV/
/jiteN/	77.8	/CVCVN/	/gajoR/	50	/CVCVR/
/itai/	77.8	/VCVV/	/dzitai/	50	/CVCVV/
/setai/	77.8	/CVCVV/	/jijiN/	50	/CVCVN/
/bataR/	77.8	/CVCVR/			
/dzisoku/	77.8	/CVCVCV/			

最後に、4) 今回提案したラウドネスを用いた推定モデルにより、まだ精度の低い単語のリズム構造の特徴を調べた。この結果を表 14 に示している。3) で判明した「複雑な構造の単語の聴取はより難しい」という事実と同様、複雑な音節構造を持つ単語の難易度推定も今回の提案で、精度がより低いことが判明した。太字で表記しているように、誤差が大きい単語には、/CV(Q)CV/ではない音節構造、もしくは数拍連続構造を持つ単語はその多数であったと観察された。この結果から、今回試みた子音種という特徴量に代え、より確実に単語毎の音韻環境、音節構造の差異を反映する特徴量の導入が必要である。

以上の考察により、ラウドネスを用いた促音聴取難易度の推定をより深く理解できた。また、モデルの改善、ひいては教育現場におけるよりよい教育法の提案にも有用な知見が得られた。今回の分析で説明変数とする有用性が判明したラウドネス特徴量に加え、基本的な時間長要因として、実測時間長の代わり、より適切なテンポ正規化を行った時間長の導入が必要である。また、学習者母語の音韻特性差異、および単語毎の音韻環境差異が反映される特徴量を加えることも考えられる。このように、推定精度の改善、および学習者の促音知覚メカニズムに対する深い理解が期待される。最終的に、単語の聴取難易度順付けを実現し、教育現場においてより科学的、合理的な学習法の提案を追求する。

表-14 推定精度の誤差が大きい単語の上位 10 位

(・モーラ数が多く、/CV(Q)CV/ではない音節構造の単語は多数である)

速い促音					
韓	誤差	リズム構造	中	誤差	リズム構造
/saQkidatsuu/	64.3	/CVQCVCVCV/	/dziQsoku/	40.1	/CVQCVCV/
/jiQjiN/	54.3	/CVQCVN/	/kaQtoR/	37.4	/CVQCVR/
/koQkeR/	49.1	/CVQCVR/	/daQkai/	37.4	/CVQCVV/
/boQjuR/	47.5	/CVQCVR/	/koQkeR/	29.8	/CVQCVR/
/tsuQkaeru/	40.9	/CVQCVVCV/	/iQka/	26.9	/VQCV/
/tsuQkiruu/	39.0	/CVQCVCV/	/maQsatsu/	26.5	/CVQCVCV/
/iQsoR/	36.7	/VQCVR/	/miQsetsu/	25.1	/CVQCVCV/
/zeQseR/	28.3	/CVQCVR/	/gaQfoR/	24.1	/CVQCVR/
/iQka/	28.2	/VQCV/	/dziQjitsu/	21.3	/CVQCVCV/
/seQto/	24.0	/CVQCV/	/baQtaR/	20.6	/CVQCVR/
遅い非促音					
韓	誤差	リズム構造	中	誤差	リズム構造
/gaka/	25.7	/CVCV/	/iki/	35.9	/VCV/
/bataR/	22.6	/CVCVR/	/jifoR/	35.5	/CVCVR/
/jisoR/	18.5	/CVCVR/	/jiteN/	31.7	/CVCVN/
/ika/	15.8	/VCV/	/jisoR/	29.4	/CVCVR/
/tsukaeru/	14.5	/CVCVVCV/	/kafoku/	28.7	/CVCVCV/
/seto/	13.9	/CVCV/	/ɸukjuR/	27.8	/CVCVR/
/bojuR/	13.1	/CVCVR/	/isoR/	26.3	/VCVR/
/ifi/	12.1	/VCV/	/safoR/	23.6	/CVCVR/
/buji/	12.1	/CVCV/	/hakaku/	20.9	/CVCVCV/
/tsukiruu/	10.7	/CVCVCV/	/kokeR/	18.8	/CVCVR/

5.5 まとめ

本章では、非母語話者による促音聴取のための合理的な学習法の確立を目指し、これまで判明した学習者の促音聴取に関わる特徴量を用い、初期段階の学習者における聴取難易度の推定を行った。とりわけ、従来注目された音響的時間長に加え、学習者の聴知覚特性を考慮したラウドネスを説明変数として、線形回帰分析モデルによって単語正答率の推定を試みた。この結果、時間長や他の特徴量より、ラウドネスを用いた推定は正答率実測値との相関が高いことが判明した。その難易度推定モデルの有効性が検証され、ラウドネスを説明変数とする有用性が確認できた。このことから、学習者の誤聴取に対し、ラウドネス特徴量を用いた理解は単なる音響的時間長による理解より妥当であると考えられる。

さらに学習者の促音聴取仕組みのより深い理解を目指し、上記の結果に基づき、単語の音韻構造特徴に対する考察を行った。学習者母語の多様化、発話速度の正規化手法の検討、新たな特徴量の導入が必要であると考えられる。それを踏まえた推定精度の改善を試み、最終的に日本語第二言語音声教育現場に有用な知見を提供し、よりよい教育法や学習法の確立に役に立つことを目指す。

第6章 むすび

本論文では、日本語を母語としない学習者による音声習得の難点である促音・非促音に対し、合理的な学習支援方法の確立を目指し、生成・知覚特性に対する科学的な理解を試みた。このため、本論文では生成面と知覚面において、従来研究で未解決な課題を明らかにし、音響的分析や音声言語教育実験によりその解明を行った。

まず、音声生成については、音響的な分析で止まっている従来研究に加え、新たに言語間のタイミング制御の相違に着目し、単語の音節構造の違いによる促音時間制御の難易度の差異を定量的に分析した。母語話者の時間長との比較により、学習の習熟度によらず時間長制御が困難な単語群の存在が明らかとなった。単語の音節構造に基づく分析の結果、日本語のタイミング単位である「拍」と学習者の母語である中国語のタイミング単位「音節」の相違に基づく問題として理解できることが判明した。学習者が拍タイミングを身につけるため、新たに数拍連続音韻環境を用いた発話を試み、その有用性が確認した。

次に、促音・非促音の範疇知覚に関して、これまで音響的な時間長の差異だけにより行われていた分析、新たに聞こえの大きさ（ラウドネス）による知覚的影響を反映した分析を試みた。違う母語を持つ学習者による聴取正答率とラウドネス特徴量の相関分析から、深刻な促音誤聴取におけるラウドネス関与が学習者の母語によらず、有意であることが判明した。新たに判明したラウドネスによる知覚的要素を利用した聴取難易度の推定を試みた。誤認識率を難易度と考えた回帰分析を新たに提案することにより、難易度を定量的に論ずる方法論を提供した。これにより、これまで定性的な議論さえもあまり十分なされてこなかった学習の難しさに対する問題に、科学的な裏付けを持つ定量化を提案することができた。

以上の通り、本研究では、日本語非母語学習者による促音生成・知覚特性を分析し、時間制御特性および聴知覚仕組みを理解した上、学習支援を目指した教育法の提案を試みた。今回の結果を踏まえ、生成面では、時間長そのものに着目した教育法の代わり、単語全体のリズム、ひいては拍タイミングの把握を

目指した新たな教育手段が考えられる。知覚面では、ラウドネス関与や難易度推定の検証はより多くの母語話者に、より多様な単語に拡張することが考えられる。このように、促音音声習得の仕組みへの理解を深めることによって、CALL 教材の受用者である日本語学習者の異なる学習段階に応じられた科学的、合理的な音声学習方法の確立が期待される。

参考文献

- [1] 秋永一枝 (1968) 「いわゆる特殊音節 (特殊拍) について」『講座日本語教育』4, 早稲田大学語学教育研究所, pp.36-51.
- [2] 天野成昭, 近藤公久 (2000) 『日本語の語彙特性』三省堂.
- [3] 鮎澤孝子 (1999) 「中間言語研究: 日本語学習者の音声」 (<特集> 中間言語の音声) 『音声研究』3(3), 日本音声学会, pp.4-12.
- [4] 内田照久 (1993) 「中国人日本語学習者における長音と促音の聴覚的認知の特徴」 『教育心理学研究』第41巻第4号, pp.414-423.
- [5] 小熊利江 (2000a) 「英語母語話者による短音と長音の知覚」『世界の日本語教育』10号, pp.43-55.
- [6] 大深悦子, 森庸子, 桐谷滋 (2005) 「促音の知覚に対する先行・後続母音長の影響」 『音声研究』第9巻第2号, pp.59-65.
- [7] 菊池英明, 前川喜久雄, 五十嵐陽介, 米山聖子, 藤本雅子 (2003) 「日本語話し言葉コーパスの音声ラベリング (特集: 音声学と音声工学)」 『音声研究』7(3), pp.16-26.
- [8] 木下直子 (2011) 『日本語のリズム習得と教育』, 早稲田大学博士論文.
- [9] 黄國彦 (1983) 「中日両語の音韻・音声の比較」 『中日両語対象分析論集』, 中國文化大學東語系日文組, pp.13-53.
- [10] 匂坂芳典, 東倉洋一 (1984) 「規則による音声合成のための音韻時間長制御」 『電子通信学会誌』J67-A No.7, pp.629-636.
- [11] 匂坂芳典 (1985) 『音声合成のための韻律制御の研究』, 早稲田大学博士論文
- [12] 匂坂芳典 (1999) 「日本語の音韻の時間長制御と知覚」 『言語』28-9, 大修館書店, pp.51-56.
- [13] 朱春躍 (2001) 「中国語話者の日本語音声およびその指導」 『言葉の科学』10, むぎ書房, pp.15-42.
- [14] 鮮于媚 (2012) 『非母語話者による日本語特殊拍の聴覚分析と学習』, 早稲田大学博士論文.

- [15] 鮮于媚, 加藤宏明, 田嶋圭一, 荒井隆行 (2013) 「韓国語母語話者による日本語の促音への知覚バイアスに関する特性-音韻時間長とラウドネスの関与の観点から-」『日本音響学会春季研究発表会講演論文集』, pp.549-552.
- [16] 張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2014) 「非母語話者による日本語促音聴取におけるラウドネス関連指標の関与」『日本音響学会聴覚研究会資料』 Vol.44, No.9, H-2014-110, pp.591-595.
- [17] 張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 「ラウドネス関連特徴量を用いた日本語非母語話者の促音・非促音誤聴取分析-中国語母語話者の場合」『日本音響学会 2015 年秋季研究発表会講演論文集』, pp.419-420.
- [18] 戸田貴子 (1997a) 「日本語学習者による促音・長音生成のストラテジー」『第二言語としての日本語の習得研究』 第 1 号, 凡人社, pp157-197.
- [19] 戸田貴子 (1998a) 「日本語学習者による促音・長音・撥音の知覚範疇化」『文藝言語研究言語篇』 33, pp.65-82.
- [20] 戸田貴子 (1998b) 「モーラと中間言語の音節構造」『筑波大学留学生センター日本語教育論集』 第 13 号, 筑波大学留学生センター, pp.23-45.
- [21] 戸田貴子 (2003) 「外国人学習者の日本語特殊拍の習得」『音声研究』 7(2), 日本音声学会, pp.70-83.
- [22] 戸田貴子 (2008) 「日本語学習者の音声に関する問題点」『日本語教育と音声』 第 2 章, くろしお出版, pp.23-41.
- [23] 平田由香里 (1990) 「単語レベル・文レベルにおける日本人の促音の聞き取り」『音声学会会報』 194, pp.23-28.
- [24] 福居誠二 (1978) 「日本語の閉鎖音の延長・短縮による促音・非促音としての聴取」『音声学会会報』 159, pp.9-12.
- [25] 藤本雅子, 皆川泰代, 白勢彩子, 桐谷滋 (1997) 「発話速度と促音の変化」『日本音声学会全国大会予稿集』 11, pp.41-46.
- [26] 皆川泰代, 桐谷滋 (1996) 「外国人による日本語長母音・短母音識別における母語の韻律特徴の影響」『日本音響学会講演論文集』, pp.385-386.
- [27] 関光準 (1987) 「韓国人の日本語の促音の知覚について」『日本語教育』 62 号, pp.179-193.

- [28] 関光準 (1993) 「日本語促音の聴取判断に関する研究」『世界の日本語教育 3』, pp.237-249.
- [29] 関光準 (2000) 「韓国人学習者の日本語発音に表れる促音」『日本文化学報』第 9 号, pp.75-92.
- [30] 村木正武, 中岡典子 (1990) 「撥音と促音, 英語・中国語話者の発音」『講座日本語と日本語教育』3, 日本語の音声と音韻 (下), 明治書院, pp.139-177.
- [31] 李敬淑 (2006) 「発話速度と促音の生成に関する音響音声学的研究」東京外国語大学博士論文.
- [32] 渡部眞一郎, 平籐暢夫 (1985) 「二音節語に無声破裂音と促音の判断境界と先行母音の長さの関係」『音声言語』第 1 号, pp.1-8.
- [33] S. Amano, and Y. Hirata, (2010) Perception and production boundaries between single and geminate stops in Japanese, *Journal of Acoustic Society America* 128 (4). pp.2049-2058.
- [34] M. E. Beckman and J. Edwards, (1990) Lengthening and shortening and the nature of prosodic constituency, *Laboratory Phonology, I*, by J. Kingston and M. E. Beckman (eds.), Cambridge University Press. pp.152-178.
- [35] W. N. Campbell and Y. Sagisaka, (1991) Moraic and syllable-level effects on speech timing, *Technical Report of The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers* SP90-107. pp.35-40.
- [36] K. Enomoto, (1992) Interlanguage phonology: the perceptual development of durational contrasts by English-speaking learners of Japanese, *Edinburgh Working Papers in Applied Linguistics* 3, pp.25-36.
- [37] H. Fujisaki, K. Nakamura and T. Imoto, (1975) Auditory perception of duration of speech and non-speech stimuli, In Fant, G., Tatham, M. (eds.). *Auditory Analysis and Perception of Speech*. Academic Press, pp.197-219.
- [38] E. Grabe and E. Low, (2002) Durational variability in speech and the rhythm class hypothesis, *Papers in Laboratory Phonology* 7, Mouton.
- [39] M. Han, (1992) The timing control of geminate and single stop consonants in Japanese: a challenge for non-native speakers. *Phonetica* 49. pp.102-127.
- [40] Y. Hirata and J. Whiton, (2005) Effects of speaking rate on the single/geminate stop distinction in Japanese, *Journal of Acoustic Society America* 118 (3), pp.1647-1660.

- [41] Y. Hirata and K. Tsukada, (2009) Effects of speaking rate and vowel length on formant frequency displacement in Japanese, *Phonetica* Vol. 66, pp.129-149.
- [42] Y. Homma, (1981) Durational relationship between Japanese stops and vowels, *Journal of Phonetics* 9, pp.273-281.
- [43] H. Kato, M. Tsuzaki and Y. Sagisaka, (1997) Acceptability for temporal modification of cosecutive segments in isolated words, *Journal of the Acoustical Society of America* vol.101, pp.2311–2322.
- [44] H. Kato, M. Tsuzaki and Y. Sagisaka, (1998) Acceptability for temporal modification of singleton vowel segments in isolated words, *Journal of Acoustic Society American* 104, pp.540-549.
- [45] H. Kato, (1999) Perceptual characteristics of temporal structures in speech: towards objective assessment of synthesis rules, Ph.D. Thesis, Kobe University.
- [46] H. Kato, M. Tsuzaki and Y. Sagisaka, (1999) A modeling of the objective evaluation for durational rules based on auditory perceptual characteristics, *The Journal of the Acoustical Society of Japan* 55(11), pp.752-760.
- [47] H. Kato, M. Tsuzaki and Y. Sagisaka, (2002) Effects of phoneme class and duration on the acceptability of temporal modifications in speech, *Journal of the Acoustical Society of America* vol.111, pp.387–400.
- [48] H. Kato, M. Tsuzaki, and Y. Sagisaka, (2003) Functional differences between vowel onsets and offsets in temporal perception of speech: Local-change detection and speaking-rate discrimination, *Journal of the Acoustical Society of America* 113, pp. 3379-3389.
- [49] J. Kingston, S. Kawahara, D. Chambless, D. Mash, and E. Brenner-Alsop, (2009) Contextual effects on the perception of duration, *Journal of Phonetics* vol.37, pp.297-320.
- [50] L. Labrune, (2012) *The Phonology of Japanese*, Oxford, England: Oxford University Press.
- [51] E. Low and E. Grabe, (1995) Prosodic patterns in Singapore English, *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences* 3. pp.636-639.
- [52] S. Nakamura, S. Matsuda, H. Kato, M. Tsuzaki and Y. Sagisaka, (2009) Objective evaluation of English learners' timing control based on a measure reflecting perceptual characteristics, *Proc. IEEE ICASSP 2009*, pp.4837–4840.

- [53] H. Okada, (1999) “Japanese” in International Phonetic Association, *Handbook of the International Phonetic Association: A Guide to the Use of the International Phonetic Alphabet*, Cambridge University Press, pp.117-119.
- [54] G. Peng, (2006) Temporal and tonal aspects of Chinese syllables: A corpus-based comparative study of Mandarin and Cantonese, *Journal of Chinese Linguistics* 34(1), pp.134-154.
- [55] R. F. Port, J. Dalby and M. O’Dell, (1987) Evidence for mora timing in Japanese, *Journal of the Acoustical Society of America* 81. pp.1574-1585.
- [56] Y. Sagisaka, (2003) Modeling and perception of temporal characteristics in speech, *Proc. International Congress of Phonetic Sciences 2003*, pp.1-6.
- [57] M. Sonu, K. Tajima, H. Kato, and Y. Sagisaka, (2011) Perceptual studies of Japanese geminate insertion phenomena based on timing control characteristics, *Proceeding of ICPhS 2011*. pp.1886-1889.
- [58] M. Sonu, H. Kato, K. Tajima, R. Akahane-Yamada and Y. Sagisaka, (2013) Non-native perception and learning of the phonemic length contrast in spoken Japanese: training Korean listeners using words with geminate and singleton phonemes, *Journal of East Asian Linguistics* 22(4), pp.373-398.
- [59] M. Sonu, Y. Zhang, H. Kato and Y. Sagisaka, (2013) Vowel onset marker based objective evaluation of Japanese phonemic length contrast produced by non-native speakers, *Proceedings of Meetings on Acoustics*, Vol. 19, pp.1-7.
- [60] K. Tajima, H. Kato, A. Rothwell, R. Akahane-Yamada and K. G. Munhall, (2008) Training English listeners to perceive phonemic length contrasts in Japanese, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol.123, no.1, pp.397-413.
- [61] T. Toda, (1994a) Interlanguage Phonology: Acquisition of timing control by Australian learners of Japanese, *Australian Review of Applied Linguistics* 17/2, *Journal of the Applied Linguistics Association of Australia*, pp.51-76.
- [62] T. Toda, (1996) Interlanguage Phonology: Acquisition of timing control and perceptual categorization of durational contrast in Japanese, *Unpublished Ph.D dissertation*, Australian National University.

- [63] T. Toda, (1999) Development of speech discrimination by learners of Japanese as a second language: Remarks from a longitudinal study. *Representation and Process: Proceedings of the Third Pacific Second Language Research Forum*, Vol.1, pp.207-226.
- [64] Y. Zhang, H. Nakajima M. Sonu, H. Kato and Y. Sagisaka, (2014) Perception-related feature base estimation of geminate identification difficulty for non-native speakers of Japanese, *Proc. 2014 Spring Meeting of Acoustical Society of Japan*, pp.423-424.
- [65] Y. Zhang, M. Sonu, H. Kato and Y. Sagisaka, (2015) Analysis on L2 learners' perception errors between geminate and singleton of Japanese consonants using loudness related parameters, *Proceedings of The 18th Oriental COCOSDA/CASLRE*, pp.186-189.
- [66] Y. Zhang, M. Sonu, H. Kato and Y. Sagisaka, (2016) L2 speech timing analysis based on L1 timing characteristics, *Proceedings of The 19th Oriental COCOSDA*, pp.227-231.
- [67] Y. Zhang, H. Nakajima, M. Sonu, H. Kato and Y. Sagisaka, (2016) Contextual analysis on geminate/singleton identification difficulties for L2 learners of Japanese based on perceptual features, *Proceedings of The 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and the Acoustical Society of Japan*, pp.3337.
- [68] E. Zwicker, H. Fastl, U. Widmann, K. Kurakata, S. Kuwano and S. Namba, (1991) Program for calculating loudness according to DIN 45631 (ISO 532B), *Journal of the Acoustical Society of Japan*, vol.12, pp.39-42.
- [69] 熊子瑜 (2004) 《Praat 语音软件使用手册》，北京：中国社会科学院语言研究所。

研究業績一覧

査読付き論文誌論文

○張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2017) 「中国人日本語学習者による促音時間制御特性の分析」, 『中日言語対照研究論叢』, 第8号, 中日言語対比研究会, 華東理工大学出版社, 280-295

○張琰龍, 中嶋秀治, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2017) 「知覚特徴量に基づく日本語学習者の促音聴取難易度推定」, 『連語論研究』, 41号, 国際連語論学会, 59-68

査読付き国際会議

○Yanlong Zhang, Mee Sonu, Hiroaki Kato and Yoshinori Sagisaka (2015) Analysis on L2 Learners' Perception Errors between Geminate and Singleton of Japanese Consonants using Loudness Related Parameters, *Proceedings of the 18th Oriental COCOSDA/CASLRE*, 186-189

○Yanlong Zhang, Mee Sonu, Hiroaki Kato and Yoshinori Sagisaka (2016) L2 Speech Timing Analysis based on L1 Timing Characteristics, *Proceedings of the 19th Oriental COCOSDA*, 227-231

国際会議

●Yanlong Zhang, Hideharu Nakajima, Mee Sonu, Hiroaki Kato and Yoshinori Sagisaka (2016) Contextual Analysis on Geminate/Singleton Identification Difficulties for L2 Learners of Japanese based on Perceptual Features, *the 5th ASA/ASJ Joint Meeting, the Journal of the Acoustical Society of America*, 140 (4), 3337-3337

•Mee Sonu, Yanlong Zhang, Hiroaki Kato and Yoshinori Sagisaka (2013) Vowel Onset Marker based Objective Evaluation of Japanese Phonemic Length Contrast Produced by Non-native Speakers, *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 19/ 60294, 1-7

国内研究会・ワークショップ

•張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2014) 「非母語話者による日本語促音聴取におけるラウドネス関連指標の関与」, 『日本音響学会聴覚研究会資料』, Vol.44, No.9, H-2014-110, 591-595

•張琰龍, 匂坂芳典 (2016) 「日本語上達度に基づく非母語話者による促音時間制御特性の分析」, 『日本音響学会聴覚研究会資料』, Vol.46, No.2, H-2016-27, 131-136

•張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2015) 「ラウドネス関連特徴量を用いた日本語非母語話者の促音非促音誤聴取分析」, 東京音声研究会

•張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2016) 「日本語学習者による促音時間制御の母語特性に基づく分析」, 神戸大学, つっかえるタイプの非流ちょう性に関する通言語的調査研究発表会

•Yanlong Zhang (2014) Analysis on speaking and perceptual characteristics of Japanese length contrast by Japanese L2 learners -focusing on objective evaluation and contextual differences in learning difficulty-, *Joint Workshop on Language Learning & Technology of NTNU & WASEDA Uni.*

国内大会

•張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2013) 「韓国語母語話者による促音聴取難易度の分析-音韻環境への依存性を中心に-」, 『日本音響学会 2013 年春季研究発表会講演論文集』, 453-454

- 張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2014) 「韓国語母語話者による日本語促音・非促音聴取判断難易度の分析-ラウドネス関与を中心に-」, 『日本音響学会 2014 年春季研究発表会講演論文集』, 475-476
- 張琰龍, 中嶋秀治, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2014) 「聴取関連特徴に基づく非母語話者の促音聴取難易度推定」, 『日本音響学会 2014 年秋季研究発表会講演論文集』, 423-424
- 張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2015) 「ラウドネス関連特徴量を用いた日本語非母語話者の促音・非促音誤聴取分析-中国語母語話者の場合-」, 『日本音響学会 2015 年秋季研究発表会講演論文集』, 419-420
- 張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2016) 「中国人発話に見られる日本語促音の時間制御特性」, 『日本音響学会 2016 年秋季研究発表会講演論文集』, 251-252
- 鮮于媚, 張琰龍, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2012) 「タイミング制御に着目した非母語話者の日本語音声の評価」, 『第 26 回日本音声学会全国大会予稿集』, 61-66

そのほかの国内・学内研究発表

- 張琰龍 (2012) 「タイミング制御に着目した日本語非母語話者の促音生成評価」, 2012 年ことばの科学研究所研究発表会
- 張琰龍 (2013) 「知覚訓練に基づく非母語話者による促音習得難易度の分析」, 2013 年ことばの科学研究所研究発表会

その他の海外（中国）雑誌論文・研究発表

- 張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2016) 「运用响度特征量的日语学习者促音与非促音的误听辨分析 (ラウドネス関連特徴量を用いた中国人日本語学習者の促音誤聴取分析)」, 『跨文化传播视角下的日本学研究』 (異文化コミュニケーション視点からみる日本学研究), 浙江工商大学出版社, 286-293 (中国語版)

- 張琰龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2015) 「ラウドネス関連特徴量を用いた日本語非母語話者の促音・非促音誤聴取分析」, 『2015年日本学国際シンポジウム並びに中国日本語教学研究会西北分会設立大会論文概要集』, 50-50
- 張琰龍, 中嶋秀治, 加藤宏明, 匂坂芳典 (2017) 「知覚特徴量に基づく日本語学習者の促音聴取難易度推定」, 国際連語論学会中国東北支部 2017年度年次大会並びに高橋弥守彦先生退官記念大会
- 張琰龍 (2017) 「ラウドネス特徴量を用いた中国人日本語学習者による促音聴取の難易度推定」, 『中日言語対比研究会第9回研究発表会資料集』, 27-27

謝辞

本研究の遂行および本論文の執筆にあたり、多大なるご支援とご指導を賜りました。指導教官の匂坂芳典教授（早稲田大学基幹理工学部応用数理学科・大学院国際情報通信研究科）に心より感謝申し上げます。著者は、早稲田大学修士1年次から本論文執筆現時点までの約6年間半、匂坂教授に研究の方向づけから詳細に至るまで、お忙し中でも夜遅くても、いつも忍耐強くご指導いただきまして、本論文を完成させることができました。匂坂先生の元で学んだ知識を人間が有する音声言語処理の仕組みの数量的な解明に生かし、文科系・理科系の垣根を越えた「ことば」の研究をさせていただきました。再び深く感謝の意を申し上げます。

また、博士論文の副査として貴重なご助言、ご指導をくださいました佐藤拓朗教授（早稲田大学大学院国際情報通信研究科）、亀山渉教授（早稲田大学大学院国際情報通信研究科）、近藤眞理子教授（早稲田大学国際コミュニケーション研究科）に深く感謝いたします。

本研究のデザイン段階から論文執筆に至るまで共同研究者としてご指導、ご意見いただいた加藤宏明博士（独立行政法人情報通信研究機構ユニバーサルメディア研究センター）、鮮于媚博士（日本大学文理学部国文学科）に深く感謝いたします。

また、文系出身である私にとって、プログラミングおよびモデルの計算などは大変難しいものでした。数理に関する知識をいろいろと教えていただいた同研究室の先輩である中嶋秀治博士（NTTメディアインテリジェンス研究所）に感謝を申し上げます。ラウドネスモデルの計算は Chatchawarn Hansakunbuntheung 博士（NECTEC）にご協力をいただき、感謝いたします。

そして、これまでの学会発表で、多くのご支援とご指導を賜りました方々にも感謝いたします。学会で貴重な助言をくださった平田由香里准教授（コルゲート大学）、津崎実教授（京都市立芸術大学音楽学部）をはじめとする先生方に深く感謝いたします。

私の学部時代は自国の西安外国語大学日本文化経済学院で過ごしており、こ

れからもそこで日本語教師として務めることとなります。学部の中から日本語を教えていただき、将来の進路についてもいろいろとお世話になっている学院長の母育新教授をはじめとする先生方々に深く感謝の意を申し上げます。

日本に留学期間中、日本語講師として授業を担当させていただき、教育現場で貴重な経験を得させていただいた、アルバイト先の日本 MK 教育グループ東京校に感謝いたします。日本語コースのリーダーである馮利兵先生に深く感謝いたします。私と共に励んできた講師仲間の方々に感謝いたします。音声収録、聴取実験に参加していただいたバイト先の教員、学生の方々にも大変感謝いたします。

研究室生活全般において、同時期に所属されていた方々にお世話になりました。分析方法の相談、英語チェックをくださった孫悦様、Nicolas Loerbroks 様、Win Thuzar Kyaw 様に深く感謝を申し上げます。

最後に、長い留学の生活を支えてくれた中国の両親、張祥国、王風平に大変感謝します。留学中に結婚してくれた妻の潘雨潔、およびご家族に感謝いたします。家族からの支持がなければ、留学すること、ひいては学位まで取ることはできるわけがありません。