

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23320091

研究課題名(和文)第二言語発話の時間韻律制御に見られる第一言語の定量的影響分析とモデル化

研究課題名(英文)Quantitative analysis and the modeling of L2 timing control through the comparison with L1 timing characteristics

研究代表者

匂坂 芳典(SAGISAKA, Yoshinori)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：70339737

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：第二言語音声の生成・知覚現象を音声科学として理解し、教育に資するため、第二言語音声生成の時間制御・知覚特性分析を行った。アジア人学習者英語音声コーパスを作成して非母語学習者の音声時間制御傾向を分析し、強勢を有する音節間の時間間隔ISIに見られる英語母語話者との相違を定量的に明らかにした。また、日本語学習者の特殊拍音声を収録し、特殊拍時間知覚分析と難易度推定を試みた。この過程で、言語共通に見られる時間知覚への声の大きさの関与、日本語拍タイミングと中国語音節タイミングが与える時間制御の相違を定量的に明確にした。さらに、その違いを反映した音声教育を試み、学習者の特殊拍生成の能力向上を確認できた。

研究成果の概要(英文)：Speech generation and perception characteristics have been quantitatively analyzed using the second language (L2) speech data aiming at scientific understanding of them and their applications to L2 education. Using Asian L2 English speech corpus, timing control differences between natives and learners were quantitatively analyzed at Inter Stress Intervals defined as the durations between succeeding stressed syllables. Moreover, by analyzing L2 speech data with Japanese geminate/singleton consonants, neighboring segmental loudness effect on segmental duration perception has been commonly observed in speakers with different L1s. In addition, control differences between Japanese mora-timing and Chinese syllable-timing has been clearly observed in L2 Japanese speech. An experimental L2 speech timing training by enforcing Japanese mora-timing showed the remarkable improvements of L2 learners in the contrastive generation of Japanese geminate/singleton consonants.

研究分野：音声科学

 キーワード：第二言語音声 音声タイミング 時間知覚 自動学習評価 音声言語教育 モーラタイミング 日本語
 特殊拍 ISI

1. 研究開始当初の背景

音声のリズム特性は、自然性、明瞭性を左右する大きな要因であり、音声学のみならず、工学、心理学等でも研究がなされてきた。音声学では、音節・拍リズムとストレスリズムといった言語間で違う時間制御特性が指摘され、音素、音節、フット、フレーズ等の言語区分に対応する種々の時間長測定、解析がなされてきた。音声知覚の分野でも時間伸縮音声を用いた種々の聴取測定実験により、時間的自然性の知覚特性が明らかにされてきた。音声のタイミング・リズム特性の解明は、これらの分野で蓄えられてきた種々の知見・モデルを活用することにより、よりの確かな科学的理解が可能となる。特に、第二言語学習者が直面する時間制御の問題に対して、言語による相違の科学的な理解は、音声言語教育の観点からも必要不可欠と考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、母語によって異なる第二言語音声の生成・知覚現象を音声学として理解し、音声言語教育に資するため、第二言語学習者に見られる音声生成の時間制御・知覚特性分析を目的とする。このため、音素等の言語区分時間長の比較に基づき学習者音声の時間制御特性を解析し、母語関与を定量的に記述し、母語による発話リズム制約の仕組みを解明する。また、母語話者の聴取評価特性を説明する客観特徴量を探求する。この聴覚特性を反映した特徴量の利用により、従来の音声区分長だけでは十分できない発話リズム差異の説明、学習者音声客観評価を試みる。さらに、これらの分析結果を用い、日本人の英語発話リズム制御や非母語話者の日本語特殊拍の生成・知覚における学習課題の科学的理解を深め、より適切な言語教育方法への展開を図る。

3. 研究の方法

アジア人非母語学習者音声コーパスを作成し、母語話者音声と学習者音声の時間制御特性の相違を分析する。分析には学習者の言語習熟度に配慮した分析を行い、時間長差異と母語話者評価との相関関係を調べ、母語に起因する韻律制御の課題を定量的に明らかにする。また、従来行われてきた生成面からの時間長差異に加え、新たに知覚面からの分析を行う。このため、時間知覚への関与が予想される音声の聞こえの大きさ(ラウドネス)に着目した分析を進める。母語の制御特性の違いに特化した詳細な分析を狙う。申請時には、時間長制御モデルの直接利用を考えたが、言語習熟度による変動が大きく、その定量的把握が困難であるため、母語話者音声との差異分析を中心に行うこととした。また、学習者の分析対象としては英語にとらわれず、日本語、中国語も用い、最終的な語学教育展開への具体的な寄与可能性を追求した。

4. 研究成果

研究内容は、(1)学習者英語音声コーパスの作成、(2)学習者英語音声の時間制御傾向分析、(3)日本語特殊拍時間知覚分析と難易度推定、(4)時間制御への母語タイミング関与、(5)その他、に大別できる。以下に詳細を述べる。

(1) 学習者英語音声コーパスの生成

第二言語音声コーパスの作成と利用に関する共同研究コンソーシアム AESOP を主催し、メンバー間で共通使用可能な学習者英語音声コーパスを作成した。内容は、単語音声、文音声、小論発話(「北風と太陽」)、対話音声、自発発話音声を含み、英語学習者の発話能力を調べるための計1時間弱の音声からなる。収集には日本はじめ中国(北京、香港)、台湾、タイ、インド、ネパール、モンゴル等の国が参加し、発話者数は言語によるばらつきがあるが、約数十人~数百人からなる。

本研究では時間長測定分析データとしての準備が整った日本、台湾、タイの小論発話(発話者数十人~百数十人)を用いた。また、このデータ共同作成を通じて国際協力を図り、東京、台湾(新竹)、マカオ、インド(デリー)、タイ(プーケット)で国際ワークショップを開催し、学習者音声に関する分析結果についての発表を通じ、研究者間の相互理解を深めた。

(2) 学習者英語音声の時間制御傾向分析

まず、学習者の時間長制御傾向を把握するため、日本人学習者英語音声の時間長を分析した。英語教師が付与した主観評価得点と、学習者音声と英語母語話者音声に見られる各音声区分の持続時間長の相違に対しての相関分析を行った。この結果、文中の強音節数が1、2、3と増加するにつれて、相関値は、各々0.34、0.49、0.68と上昇することが判明した。これから、英語音声の強勢と弱勢に基づくストレスタイミングの実現が、日本人学習者ではうまくなされておらず、複数のストレス(強音節)を有する音声サンプルほど明確な差異が生じていることが明らかとなった。この実験事実が示すように、学習者が示す英語タイミング制御の不具合は制御単位であるストレス単位の連続により顕在化されることが分かった。

次に、日本人学習者英語音声に加え、タイ人学習者英語音声を用いて音声区分の時間長を解析した。日本人学習者の場合同様に、英語母語話者が付与した主観評価得点と、学習者音声と英語母語話者音声の時間長の相違との相関を求めた。母語によらない客観評価に用いる特徴量を見出すことをねらい、日本人学習者英語音声の分析結果から予想された、強勢を有する音節間の時間間隔 ISI (Inter Stress Interval) について調べた。日本人学習者、タイ人学習者計約100名につ

いて平均差異と主観評価得点との相関は0.51となった。日本人学習者、タイ人学習者それぞれに対する相関値は0.21、0.66と差異が大きく、この違いの原因として学習者分布が考えられた。また、ISIの平均差異だけでなく、テスト文中の各ISI差異それぞれについて、主観評価値との相関を求めた。この結果、相関値には大きな違いがあることが判明した。主観評価と高い相関を示す数箇所のISI差異だけを用いることにより、相関値は、全体、日本人学習者、タイ人学習者それぞれ0.64、0.63、0.78となることが判明し、コンテキストに対する配慮の重要性が明確となった。

さらに、日本人、タイ人、中国人学習者、計200名弱の学習者英語音声データを用いた比較分析を行った。この結果、学習者音声と母語話者音声に見られるISIの時間長相違と、母語話者の評点との相関は、調査中の各ISIで-0.03~-0.42と大きくばらつくことが判明した。この事実から、従来のISI長相違平均値に代え、評点関与が大きい上位5箇所のISI長相違を用い、母語話者評点との相関値が0.51から0.59に向上することをオープン実験で確認した。

直接的な母語関与については、学習者の習熟度による影響のモデル化が難しく、学習者時間長計算モデルを作成できなかった。学習者の習熟特性を測定することも、データ量が小さ過ぎるため詳細な測定は難しく、上述した傾向の定性的相違確認にとどまった。

(3) 日本語特殊拍時間知覚分析と難易度推定

言語による時間長制御の違いが、音素カテゴリの生成・知覚に与える影響を解析するため、促音と非促音、長母音と短母音といった、日本語学習者にとって学習が難しい特殊拍について分析した。この結果、発話テンポが異なる音声を用いた学習の優位性が示されると共に、韓国人学習者の日本語音声の知覚判断特性の分析により、促音の誤答の傾向と音の大きさを表す感覚尺度であるラウドネスとの相関があることが明らかとなった。この結果により単に音声の時間長比較だけでなく、リズムやタイミングの知覚現象としての詳細説明の必要性が明らかとなった。

このため、3つの話速による120単語計360の日本語単語音声を用いて促音知覚の難しさのバラツキを調べた。その結果、摩擦音に比べ破裂音の難しさが定量的に示されると共に、誤答率が発話コンテキストによって大きく変わることが明らかとなった。また、誤認識が顕著に生ずる速い発話テンポにおける促音同定ならびに遅いテンポにおける非促音同定におけるラウドネスの関与が認められた。この事実は、学習者の特殊拍知覚学習に対して、特殊拍に隣接する音素とのラウドネス差を考慮した音素コンテキスト選定の必要性を示唆する。

さらに、判明した隣接音素区間のラウドネ

ス関連量を中心に詳細な分析を進めた。日本語非母語学習者の促音・非促音聴取実験データを用いて測定したラウドネス関連指標と単語の聴取正答率との相関関係から、誤聴取傾向が顕著な速い発話における促音誤判断および遅い発話における非促音誤判断におけるラウドネス関与を分析した。この結果、隣接音素とのラウドネス落差による直接的影響ではなく、音響的計測で得られる時間長に対する知覚補正の関与が示唆された。以上のことから、当初考えた音韻環境を独立変数とした知覚特性の取り扱いに代え、音韻コンテキストが与える知覚的時間長としての理解の必要性が明確となった。

判明した知覚現象を第二言語音声教育に展開するため、発話コンテキストに依存する特殊拍知覚の難易度推定を試みた。推定方法としては、促音部の子音長だけでなく先行母音区間とのラウドネス落差を变量として加えた重回帰モデルを用いた。促音・非促音誤判定率を難易度とした推定実験により提案した特殊拍知覚の難易度と実測値との相関値0.55を得た。

非母語話者学習者による促音誤判断におけるラウドネス関与特性について、韓国人学習者に加え、中国人学習者日本語音声知覚実験を行い、誤知覚特性を分析した。この結果、先に判明した韓国人学習者同様に、先行落差をはじめとするラウドネス関連特徴量と促音誤聴取の関連が定量的に示され、母語によらない普遍的な聴覚的事象として理解できる見通しを得た。

(4) 時間制御への母語タイミング関与

上述した知覚現象に加え、生成面からの分析を進めるため、中国人学習者日本語音声を集集し、日本語上達度に基づいた分析を行った。この結果、単語時間長によるテンポ正規化時間長を用いた初級・中級・上級学習者と母語話者との比較から、上達度の向上に従い、学習者の促音時間制御特性が母語話者に近づく傾向が全体的に有意に見られた。

この分析過程で、時間制御がうまく行えていない箇所の詳細分析により、中国人学習者が日本語促音を一つの音節単位として制御し、促音部だけでなく最終音節の母音を同一音節として伸長していることが判明した。この制御傾向は、中国語の音節に対する時間制御が身についた中国人学習者が、日本語の特殊拍としての時間制御においても、母語のタイミング制御の呪縛から逃れられないことを明確に示している。

明らかになった言語間のタイミング制御の違いを第二言語音声教育に積極的に展開することを考えた。このため、従来の当該拍子音長を念頭においた単語を用いた発話訓練に代え、単語に後続部を付加したキャリア文を用いた発話教育を試みた。その結果、制御時間特性の改善を確認することができた。この結果は、(2)節で前述した英語音声での

タイミング特性が複数個の ISI により顕在化する事実と呼応する。従来の当該特殊拍の子音長だけに注意を喚起したセグメント特徴としての教育に対し、より広い時間区間に渡るタイミング現象としての特殊拍教育への新たな転換可能性が示唆された。

日本語の拍タイミングは、日本語母語話者が中国語発話においても保持されることが予想され、ちょうど逆の時間制御問題として現れていることが予想される。このため、日本人学習者による中国語音声の時間特性分析を行い、中国語母語話者に見られる時間制御との比較を行った。この結果、日本人中国語学習者の音節長は、中国語母語話者に見られる中国語声調制御による変動に比べ、音節長の分散値が小さいことが判明した。この事実は、予想通り、中国語声調の相違による時間差異を日本人学習者は減少させる時間制御をしていることを示している。

以上の事実が示すように、第二言語音声の生成・知覚において、母語普遍と考えられる聴覚的特性の存在、母語言語が有するタイミング制御の違いの存在が明確に認められ、それら知見の教育への可能性の一端を確認することができた。

(5)その他

上述した申請時に計画した事項の研究遂行に加え、研究の最終目標の一つである第二言語音声教育への積極的な貢献を意識し、先に繋がる研究課題の拡大をいくつか試みた。最後にそれらについて触れておく。

一つは、時間特性分析に拘泥せず、得られた学習者音声に見られる韻律的制御特性の分析である。学習者音声観測の結果、不適切な箇所への頻繁なポーズ挿入が多く、学習者で観察された。ポーズ挿入は本申請が対象とする時間長制御特性そのものではないが、時間制御において句境界の果たす役割は大きい。発話教育という観点からは、初学者の句境界への注意と、長い区間に渡るタイミング制御としての意識付けの必要性を感じた。

この制御傾向は同時に観測した基本周波数制御においても見受けられた。指令応答型モデルを用いた学習者英語音声の基本周波数制御分析により、初学者における音声では、アクセント指令、フレーズ指令双方の顕著な増加が確認できた。時間長制御が韻律制御の一端として担う長い区間に渡る制御の教育が、これら全てを解決するものと期待される。音声発話については、単にアナウンサーはじめ発話を職業とする方々が学ぶ音声発話技術としてだけでなく、その根底をなす音声情報の授受を念頭に置いたコミュニケーション伝達に関する、科学としての理解、実践教育の必要性を改めて感じた。

他の一つは、これらの制御の違いを学習者が理解しやすいようにフィードバックする、効率の良い学習方法に関するものである。これまで、日本語特殊拍のように音素カテゴリー

としての知覚問題として捉えられる制御は音声言語教育の俎上に載ってきた。しかし、本研究が扱う時間長制御のような韻律の相違は、実生活で重要な受け取られ方をするにもかかわらず、自然性としてのおかしさを記述し、学習者にフィードバックすることは難しい。これまでは実測した音声情報そのものを図示する方法などが用いられてきているが、直接的に主観に訴えた情報表示方法としては不満が残る。

第二言語音声教育を含む音声に含まれる情報の利用を考える上で、主観的に理解しやすい情報表現の可能性を検討した。このため、音声聴取印象の色彩による表現可能性についての基本検討を行った。予備実験の結果、色彩が有する明度と音声の基本周波数と間の強い相関が確認できた。この結果から、微妙な韻律の違いの可視化に対し、ヒトが有する共感覚特性を利用した感性情報の利用可能性の着想を得た。

さらに、異情報媒体間での共感覚特性を生かした音声情報可視化の可能性を調べた。この結果、基本周波数と明度の相関に加え、音量と彩度、母音スペクトルと色相、声質とテクスチャの間に高い相関が存在することが判明し、可視化への基礎資料が得られた。これらの具体的な利用法の追求は本研究遂行中では行えなかったが、感覚的に違っていると感じられる相違点を色相、明度、彩度、テクスチャの違いとして表現することにより、より直感に訴えられる情報表示への可能性を確認することができた。

以上述べたように、本科研では、第二言語音声の生成・知覚現象を音声科学として理解し、音声言語教育に資するため、英語、日本語、中国語を中心に学習者音声の分析、知覚実験を行った。この結果、第二言語学習者音声に見られる母語が関与する音声生成の時間制御や、言語に共通して見られる時間知覚特性の存在を示すことができた。また、判明した事実に基づいた新たな音声言語教育の試み、音声情報の可視化の検討を進め、第二言語音声教育への積極的な展開可能性を示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)(全て査読有)

(1)M. Kondo, H. Tsubaki and Y. Sagisaka, "Segment variations of Japanese speakers' English: Analysis of "the north wind and the sun" in AESOP corpus" 音声研究 19-1 pp.3-17, 2015

(2)M. Sonu, H. Kato, K. Tajima, R. Yamada, Y. Sagisaka, " Non-native perception and learning of phonemic length contrast in

spoken Japanese: Training Korean listeners with geminate and singleton words", J. East Asia linguistics, vol. 22, pp. 373-398, 2013.

(3) 中村静, 匂坂芳典 「英語学習者音声のリズムの評価のためのテキストの要件の設定」 早大国際情報通信研究科紀要, pp.44-50 2011

[学会発表](計36件)以下の掲載論文は一部(査読無し記載付のもの、招待講演、Plenary Talk)を除き全て査読有り

(1) Y. Sun, J. Zhang, Y. Sagisaka, "Measuring reaction time of Chinese tone identification for finer evaluation of L2 learner's proficiency" Proc. 18th O-COCOSDA, pp.300-304 2015.10.28 Shanghai, China

(2) Y. Zhang, M. Sonu, H. Kato, Y. Sagisaka, "Analysis on L2 learners' perception errors between geminate and singleton of Japanese consonants using loudness related parameters" Proc. 18th O-COCOSDA, pp.186-189 2015.10.29 Shanghai, China

(3) 匂坂芳典 「音声感性情報の表現と制御」 日本音響学会秋季研究発表会論文集 pp. 1393-1316 2015.10.17 会津大学 会津(招待講演)

(4) Y. Sagisaka, "Sentiment information for communicative prosody and multi-modal speech description" Int. WS on audio-visual affective prosody in social interaction & second language learning (AVAP 2015), 2015.3.5 Bordeaux, France (招待講演)

(5) 張えん龍, 中嶋秀治, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典, "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", 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, pp. 423-424, 2014.9.3 北海学園大学 札幌 査読無し

(6) 張えん龍, 鮮于媚, 加藤宏明, 匂坂芳典, "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, 2014.12.21 休暇村志賀島 福岡 査読無し

(7) K. Watanabe, Y. Greenberg, and Y. Sagisaka, "Sentiment analysis of color attributes derived from vowel sound

impression for multimodal expression", Proc. APSIPA, pp.366-370, 2014.12.11 Siem Reap, Cambodia

(8) Y. Sagisaka, "Computational description and control of multi-modal information" ICCA2014 2014.2.17 Yangon, Myanmar (Plenary Talk)

(9) Y. Sagisaka, "Timing control characteristics and its application to L2 studies" IPFC(Interphonologie du français contemporain) 2013.12.9 Paris, France (Plenary Talk)

(10) Y. Sagisaka, "AESOP as a trans-disciplinary test bed towards Computing Phonetics" Proc. O-COCOSDA 2014 2013.11.25 Gurgaon, India (Plenary Talk)

(11) H. Uchide, C. Hansakunbuntheung, H. Tsubaki and Y. Sagisaka, "The analysis on segmental duration characteristics of L2 English speech towards L1 independent objective evaluation" Proc. SNLP pp.18-23 2013.10.29 Phuket, Thailand

(12) M. Sonu, Y. Zhang, H. Kato, Y. Sagisaka. "Vowel onset marker objective evaluation of Japanese phonemic length contrast produced by non-native speakers" Proc. 21st. ICA Vol. 19, pp. 1-7, 2013.6.5 Montreal, Canada

(13) 匂坂芳典 「音声合成 - ヒトの音声機能を目指して - 」電子情報通信学会音声研究会 信学技報 Vol.112 No.281, pp.67-72 2012.11.9 東北工業大学, 仙台(招待講演)

(14) Y. Sagisaka, "Trans-disciplinary spoken language processing studies for scientific understanding of second language learner's characteristics" Proc. JEP' TALN (Journées d'Études sur la Parole et Traitement Automatique des Langues Naturelles) 12 p.3 2012.6.6 Grenoble, France (Invited Talk)

(15) Y. Sagisaka, "Modeling prosody variations for communicative speech and the second language towards trans-disciplinary scientific understanding" Proc. 6th Speech Prosody Conference pp.187-193, 2012.5.23 Shanghai, China (Keynote paper)

(16) M. Sonu, K. Tajima, H. Kato and Y. Sagisaka, "Perceptual Training of Vowel Length Contrast of Japanese by L2 Listeners: Effects of an Isolated Word versus a Word Embedded in Sentences" Proc. INTERSPEECH2011 pp.1137-1140 2011,8,29 Florence, Italy

(17) S. Nakamura and Y. Sagisaka, "A REQUIREMENT OF TEXTS FOR EVALUATION OF RHYTHM IN ENGLISH SPEECH BY LEARNERS" Proc. ICPhS XVII pp.1438-1441, 2011.8.18 Hong Kong, China

(18) M. Sonu, K. Tajima, H. Kato and Y. Sagisaka, "PERCEPTUAL STUDIES OF JAPANESE GEMINATE INSERTION PHENOMENA BASED ON TIMING CONTROL CHARACTERISTICS" Proc. ICPhS XVII pp.1886-1889, 2011.8.18 Hong Kong, China

他 18 件

〔図書〕(計 1 件)

Y. Sagisaka, and Y. Greenberg, Communicative Speech Synthesis as Pan-Linguistic Prosody Control (in Speech Prosody in Speech Synthesis: Modeling and generation of prosody) edited by K. Hirose and J. Tao Springer pp.73-82, 2015

6 . 研究組織

(1)研究代表者

匂坂 芳典 (SAGISAKA Yoshinori)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号：70339737

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

中野 美知子 (NAKANO Michiko)
早稲田大学・教育・総合科学学術院・教授
研究者番号：70148229

近藤 真理子 (KONDO Mariko)
早稲田大学・国際教養学術院・教授
研究者番号：00329054

加藤 宏明 (KATO Hiroaki)
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・研究員
研究者番号：20374093

(4) 研究協力者

鮮于媚 (Sonu Mee)
中村 静
張 琰龍 (Yanlong ZHANG)
渡部 芳奈子
孫 悦 (Yue SUN)
Winthuzar Kyaw