

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K19976

研究課題名（和文）日本語母音 /uR/ の緊張性に関する定量的な考察

研究課題名（英文）Vowel tenseness in Japanese /uR/: A quantitative study of Japanese tense and lax vowels

研究代表者

石崎 達也 (Ishizaki, Tatsuya)

東北大学・文学研究科・専門研究員

研究者番号：30908322

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 200,000円

研究成果の概要（和文）：日本語の母音 /uR/ (HL)、/uR/ (LH) に関するフォルマント角度  $\alpha_1$  は、統計的に有意差のある緊張性の指標の一つとして捉えることができることを示した。調音音声学において同じカテゴリーである狭母音と位置付けられる日本語母音 /iR/ と /uR/ について、母音の緊張性とアクセントに相関があることを初めて明らかにした。

英語の緊張母音 /u:/ と弛緩母音 /U/ に関する緊張性の指標、フォルマント角度  $\alpha_1$  と第1フォルマント周波数 F133 を測定した。英語の当該母音に関しては両者ともに統計的に有意差のある音響的な特性であることを示した。「母音の音質の時間依存性」を考慮した /u:/ と /U/ の発音手法を考案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

調音音声学においては、母音の分類をする際に主に3つの要素が使用される。それらは「舌の高さ（開口度）」、「舌の前後の位置」及び「円唇性」である。例えば、日本語話者が英語の母音を発音する上では、原理的に上述の3つの要素を実現すれば良い。しかし、現実的にはその実現は非常に難しく、発音手法に関する様々な研究が継続的に行われており、新たなアプローチが求められる現状がある。本研究は、日本語の母音 /uR/、英語の緊張母音 /u:/ と弛緩母音 /U/ に関する新たな音声学的数据を検討し、日本語話者向けの「母音の音質の時間依存性」を考慮した英語の緊張母音 /u:/ と弛緩母音 /U/ の発音手法を考案したものである。

研究成果の概要（英文）：The formant angle  $\alpha_1$  for the Japanese vowels /uR/ (HL) and /uR/ (LH) were significantly different and can be regarded as one of the indicators of vowel tenseness. Regarding Japanese vowels /iR/ and /uR/, which are classified as close vowels in the same category in articulatory phonetics, there was a correlation between vowel tenseness and pitch accents. The formant angle  $\alpha_1$  and the first formant frequency F133 were investigated in English tense/lax vowels /u:/ and /U/. Regarding English vowels mentioned above,  $\alpha_1$  and F133 were significantly different. Based on the data, we devised pronunciation teaching methods of /u:/ and /U/, taking into account the time dependence of vowel tenseness and formant frequencies. A comprehensive study on pronunciation teaching methods of English vowels /i:/, /I/, /u:/, and /U/ was conducted. There is a possibility that vowel tenseness in English can be realized by using pitch accents of Japanese vowels.

研究分野：言語学

キーワード：英語 日本語 母音 外国語教育 言語学 音声学 発音 フォルマント

## 1. 研究開始当初の背景

音声学において今後発展的に研究が行われることが期待され、その挙動や定義が現時点で完全に明らかとなっていない 2 つの主要な特性が存在する。それらは母音のフォルマント移動と緊張性である。フォルマント移動は時間経過に伴うフォルマント周波数の変化量のことであり「時間依存性」が重要な要素である。英語を含む様々な言語ではフォルマント移動の研究が活発に行われているが、日本語母音についてはほとんど研究されていなかった。一方、緊張性については、これまで緊張及び弛緩の 2 通りに区別されて離散的に議論されることがほとんどであり、いかなる言語においても定量的尺度による定義はこれまでに存在していなかった。本特性も「時間依存性」に注目した議論はほとんど行われていなかった。

そこで研究代表者は、音声学において未だ明らかになっていない母音のフォルマント移動と緊張性に関する新たな知見を模索する上で従来とは異なるアプローチをとり、「時間依存性」の概念を研究上の重要な要素として取り入れ、緊張母音と弛緩母音の定量的な定義について考察した。母音の緊張性については Jakobson, Fant and Halle(1951)及び Chomsky and Halle(1968)が緊張性と声道空間との関連性を指摘し、声道の物理的な位置関係により緊張母音と弛緩母音の違いについて言及した。研究代表者は、彼らの考え方を踏襲し母音の緊張性を考察する上で、声道の鉛直方向の変動と関連性のある第 1 フォルマント移動を使用し、母音の持続時間内における緊張性の間接的な可視化の手法を確立した。緊張性の指標を第 1 フォルマント周波数の角度  $\theta 1$  とし、母音の緊張性を「緊張又は弛緩」の 2 通りで区別するのではなく「連続的な数値」で可視化できることを明らかにした。

## 2. 研究の目的

日本語母音/uR/が示す緊張性の定量化を行い、その挙動を明らかにすることを目的とする。すでに明らかになっている日本語母音/iR/と本研究対象の/uR/は、調音音声学において同じカテゴリーである狭母音と位置付けられるものであり、両者の特性を対照することにより日本語の狭母音の緊張性についての包括的な結論を導き出すことができる。

## 3. 研究の方法

国立情報学研究所の音声資源コンソーシアムが提供する音声コーパス「東北大-松下単語音声データベース(TMW)」のデータを使用して、日本語母音/uR/の緊張性の定量解析を行う。具体的には日本語母音/uR/にどのような緊張性の挙動がみられるのかを明らかにする。

日本語話者向けの英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/の発音方法案を検討し、母音の緊張性を利用した教育分野への貢献が可能であるかについて明らかにする。

## 4. 研究成果

英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/に関する緊張性の指標、フォルマント角度  $\theta 1$  (単位:radian) を表 1、図 1 に示す。緊張母音/u:/は凡そ負の値を取る傾向にあり、最小値は-0.96069 ラジアン、第一四分位数は-0.74060 ラジアン、中央値は-0.69243 ラジアン、平均値は-0.63691 ラジアン、第三四分位数は-0.66674 ラジアン、最大値は 0.08598 ラジアンである。一方、弛緩母音/U/は凡そ正の値を取る傾向にあり、最小値は-1.1124 ラジアン、第一四分位数は-0.3367 ラジアン、中央値は 0.4031 ラジアン、平均値は 0.1587 ラジアン、第三四分位数は 0.6227 ラジアン、最大値は 0.9959 ラジアンである。

ここで中央値に注目してみると、緊張母音/u:/では-0.69243 ラジアン、弛緩母音/U/では 0.4031 ラジアンであり、その差は 1.09553 ラジアンとなっている。図 1 に示す通り、それぞれの母音の示すフォルマント角度  $\theta 1$  の分布は大きく異なっていることがわかる。Welch' s t test の結果、両条件(tense, lax)の  $\theta 1$  に有意差(t(19)=4.0413, p<.001)がみられた。

したがって、図 1 に示す英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/に関するフォルマント角度  $\theta 1$  は、統計的に有意差のある母音の緊張性の指標の一つとして捉えることができると考えられる。すなわち、「フォルマント角度  $\theta 1$  の 1 次元マップ」は、当該母音の発音教育に関するコンピュータ支援(CALL)や e-learning で使用可能となる、新たな音声学的な特性のデータとなり得ると考える。

図 2 に示すのは、英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/に関する緊張性の指標、フォルマント角度  $\theta 1$  (単位:radian) と第 1 フォルマント周波数 F133 (持続時間 33%時点の値、単位:Hz) である。Welch' s t test の結果、両条件(tense, lax)の F133 に有意差がみられた(p<.001)。

したがって、図 2 に示す英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/に関するフォルマント角度  $\theta 1$  と第 1 フォルマント周波数 F133 は、両者ともに統計的に有意差のある母音に関する音響的な特性であるといえる(F133 の代わりにバーク係数 Z133 も使用可能)。すなわち、図 2 のような「フォル

表 1 英語の緊張・弛緩母音/u:/, /ʊ/に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$

Vowels	Min.	1 <sup>st</sup> Qu.	Median	Mean	3 <sup>rd</sup> Qu.	Max.
/u:/	-0.96069	-0.74060	-0.69243	-0.63691	-0.66674	0.08598
/ʊ/	-1.1124	-0.3367	0.4031	0.1587	0.6227	0.9959

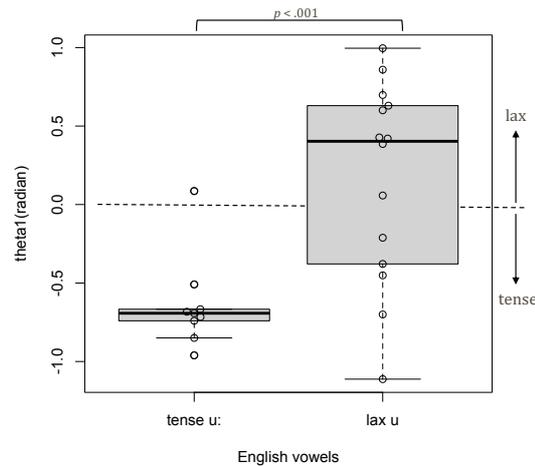


図 1 英語の緊張・弛緩母音/u:/, /ʊ/に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$ の1次元マップ

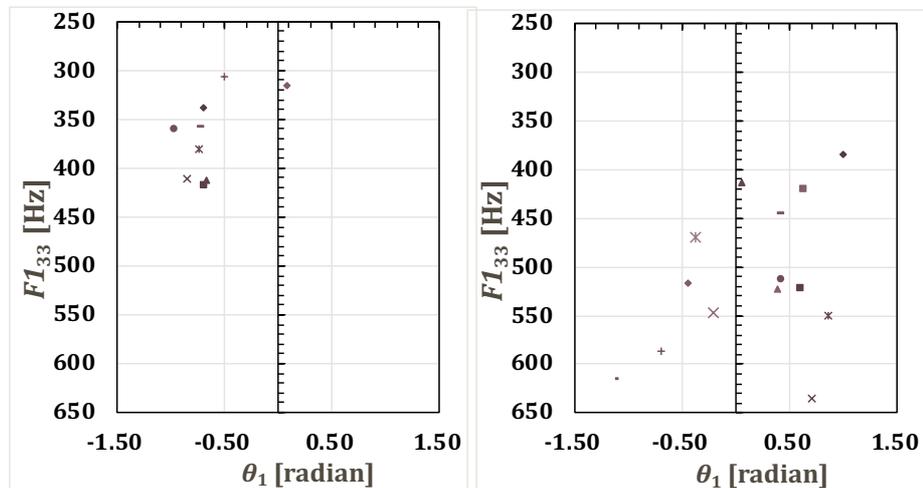


図 2 英語の緊張・弛緩母音/u:/, /ʊ/に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$ と

第1フォルマント周波数F133の2次元マップ (左図 /u:/, 右図 /ʊ/)

「フォルマント角度 $\theta_1$ と第1フォルマント周波数F133の2次元マップ」は、当該母音の発音教育に関するコンピュータ支援 (CALL) や e-learning で使用可能となる、新たな音声学的な特性のデータとなり得ると考える。

表 2, 図 3 に示すのは、日本語の母音/uR/(HL)と/uR/(LH)に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$  (単位: radian) である。母音/uR/(HL)は凡そ負の値を取る傾向にあり、最小値は-1.03236 ラジアン、第一四分位数は-0.38656 ラジアン、中央値は-0.18350 ラジアン、平均値は-0.15822 ラジアン、第三四分位数は0.04787 ラジアン、最大値は0.57448 ラジアンである。一方、母音/uR/(LH)は凡そ正の値を取る傾向にあり、最小値は-0.6838 ラジアン、第一四分位数は0.1140 ラジアン、中央値は0.2810 ラジアン、平均値は0.2325 ラジアン、第三四分位数は0.4024 ラジアン、最大値は0.6918 ラジアンである。

ここで中央値に注目してみると、母音/uR/(HL)では-0.18350 ラジアン、母音/uR/(LH)では0.2810 ラジアンであり、その差は0.4645 ラジアンとなっている。図 3 に示す通り、それぞれの母音の示すフォルマント角度 $\theta_1$ の分布は大きく異なっていることがわかる。Welch's t testの結果、両条件(HL, LH)の $\theta_1$ に有意差( $t(54)=4.6246, p<.001$ )がみられた。したがって、図 3 に示す日本語の母音/uR/(HL), /uR/(LH)に関するフォルマント角度 $\theta_1$ は、統計的に有意差のある母音の緊張性の指標の一つとして捉えることができると考えられる。

図 4 に示すのは、日本語の母音/uR/(HL), /uR/(LH)に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$ とピッチ変動量F066-F033の2次元マップである。日本語の母音/uR/については相関係数 $r=0.505$ であり、中程度の正の相関が認められた。t検定を行ったところ有意であった( $p<.001$ )。

表 2 日本語の母音/uR/(HL)と/uR/(LH)に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$

Vowels	Min.	1 <sup>st</sup> Qu.	Median	Mean	3 <sup>rd</sup> Qu.	Max.
/uR/ HL	-1.03236	-0.38656	-0.18350	-0.15822	0.04787	0.57448
/uR/ LH	-0.6838	0.1140	0.2810	0.2325	0.4024	0.6918

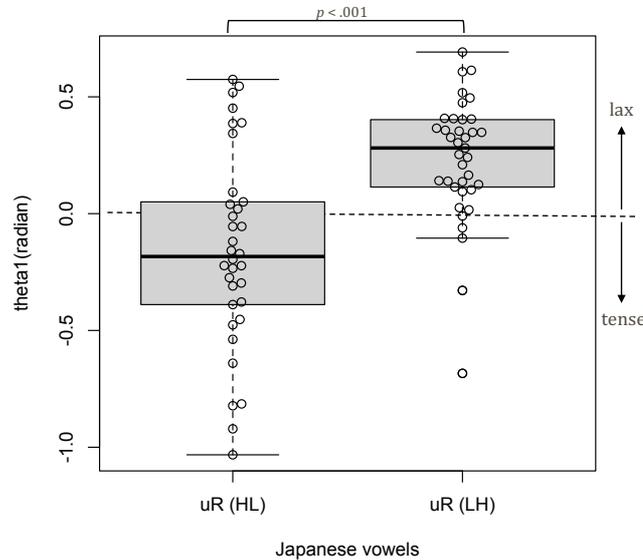


図 3 日本語の母音/uR/(HL), /uR/(LH)に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$ の1次元マップ

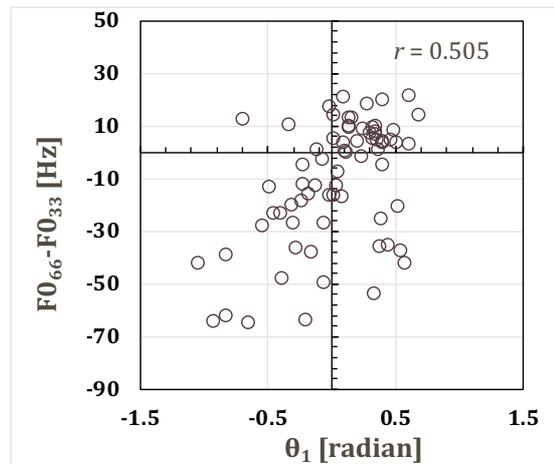


図 4 日本語の母音/uR/(HL), /uR/(LH)に関する

緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$ とピッチ変動量 $F0_{66}-F0_{33}$ の2次元マップ

日本語の母音/uR/ではピッチ変動量の差の絶対値が大きくなると、母音の緊張性の指標 $\theta_1$ の絶対値が大きくなるような傾向が見られる。

図5左に示すのは、英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$  (図1と同じ) である。 $\theta_1$ は「相対的に」二分化する傾向にあることがわかる。図5右に示すのは、日本語の母音/uR/(HL), /uR/(LH)に関する緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$  (図3と同じ) である。英語の当該母音と同様に、 $\theta_1$ は「相対的に」二分化する傾向にあることがわかる。

さらに、英語の緊張母音/u:/と日本語の母音/uR/(HL)の $\theta_1$ は負の値を取る傾向にある。一方、英語の弛緩母音/U/と日本語の母音/uR/(LH)の $\theta_1$ は正の値を取る傾向にある。すなわち、日本語話者が英語の緊張母音/u:/の発音をする上では、母音の緊張性を実現するという観点で、日本語の母音/uR/(HL)を利用することが有効であると考えられる。また、日本語話者が英語の弛緩母音/U/の発音をする上では、母音の緊張性を実現するという観点で、日本語の母音

/uR/(LH)を利用することが有効であると考えられる。

フォルマント周波数F133については、日本語の当該母音は英語の当該母音とは異なる傾向にあり、F1 補正が必要になったことがわかった。具体的には、日本語の母音/uR/(HL)についてはF1 下降、日本語の母音/uR/(LH)についてはF1 上昇をさせるような補正が必要となる。

上述の点を考慮して得られる英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/の発音手法の案を表3に示す。英語の緊張母音/u:/の発音手法の案として、日本語の母音/uR/(HL)を使用し、F1 を下降させるために口腔内を狭く、F2 を下降させるために唇を丸めること（唇を突出させること）を提示する。また、英語の弛緩母音/u/の発音手法の案として、日本語の母音/uR/(LH)を使用し、F1 を上昇させるために口腔内を広くすることを提示する。

また、石崎（2022）が提示した英語の緊張・弛緩母音/i:/, /I/の発音手法の案を表4に示す。表3, 4を対照すると共通点があることが分かる。英語の狭母音で緊張母音と分類される/i:/と/u:/の発音手法としては、「高低アクセントを HL とする」ことが共通点として挙げられる。一方、英語の狭母音で弛緩母音と分類される/I/と/U/の発音手法としては、「高低アクセントを LH とする」ことが共通点として挙げられる。このような「英語の母音の緊張性」を「日本語の母音の高低アクセント」により実現できる可能性があることは、発音手法を検討する上でも有益であると同時に、言語学的、音声学的にも極めて重要な事項であると考えられる。

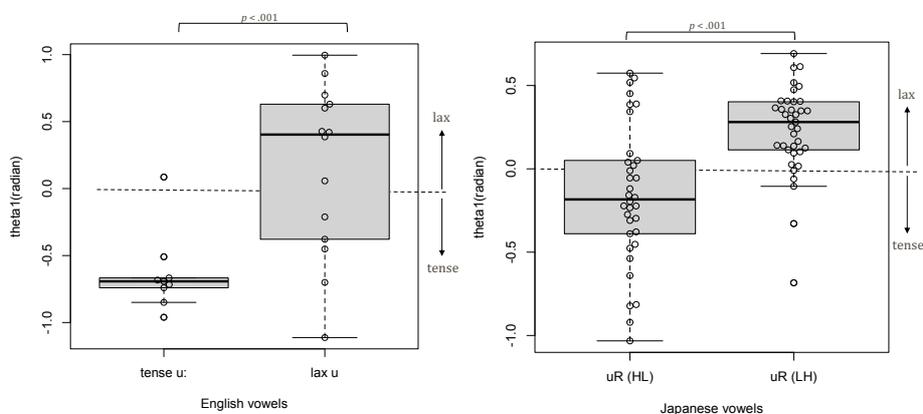


図5 英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/、日本語の母音/uR/(HL), /uR/(LH)に関する

緊張性の指標、フォルマント角度 $\theta_1$ の1次元マップ

表3 英語の緊張・弛緩母音/u:/, /U/の発音手法の案

英語母音	緊張・弛緩母音の区別	指導で適用する日本語の母音	指導で適用する高低アクセント
/u:/	緊張 (tense)	/uR/ 口腔内を狭く 円唇	HL (ピッチ変動大)
/u/	弛緩 (lax)	/uR/ 口腔内を広く	LH (ピッチ変動大)

表4 英語の緊張・弛緩母音/i:/, /I/の発音手法の案 (石崎 2022)

英語母音	緊張・弛緩母音の区別	指導で適用する日本語の母音	指導で適用する高低アクセント
/i:/	緊張 (tense)	/iR/ 口腔内を狭く 口を閉じる際に力を入れる	HL (ピッチ変動大)
/I/	弛緩 (lax)	/iR/ 口腔内を広く	LH (ピッチ変動大)

本研究にて得られた成果は、言語学分野における当該母音の緊張性に関する定量的な考察を初めて行ったものと位置づけられる。今後、発音手法の更なる検討及び、円唇性が音質に与える影響について検証を続ける。また、本研究で提示した発音手法の有効性を検証するための実験内容について検討を行う。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石崎 達也
2. 発表標題 英語母音 /u:/, /U/の発音手法の考察 -日本語母音 /uR/の緊張性 1と緊張力 Ftense(t) に基づく検討-
3. 学会等名 外国語教育学会第26回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石崎 達也
2. 発表標題 英語の緊張・弛緩母音のペア /u:/, /U/の発音手法の検討 -日本語母音 /uR/の緊張性 1と緊張力 Ftense(t) に基づく物理学的な考察-
3. 学会等名 第7回尚絅学院大学総合人間科学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------