

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K02698

研究課題名(和文) 発話時の音響特徴と胸筋・腹筋の動きと呼気の制御の相関から探る言語リズム

研究課題名(英文) Linguistic rhythm and the correlation between acoustic features, chest and abdominal muscle movements, and respiratory control during utterance

研究代表者

ヤーッコラ伊勢井 敏子 (ISEI-JAACKOLA, Toshiko)

中部大学・人文学部・教授

研究者番号：00454364

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：言語差は発話時の呼吸の制御や腹筋・胸筋と切り離せないことや下腹部の筋肉は呼吸筋とは異なる動きをすることが明らかになった。発話時の呼吸回数に差はほぼないが、呼気量の制御に言語差が見られた。さらに、男女差は言語によるが腹筋・胸筋の使い方に出る。ポーズ制御に言語差が大きく出る。文法的単位や韻律単位になり、文・節・句以外に複合語や単語レベルにも及ぶ。また、母語と学習外国語の差は、母語で使う呼吸方法や腹筋・胸筋の使い方の影響が出る。

加えて、喉頭制御は腹筋・胸筋の動きとは必ずしも連動しないことや、肺活量に基づく年齢(肺年齢)と実年齢では大きな不一致があり喫煙との相関はほぼないということも確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの言語リズム研究のほとんどが音響特性だけに依拠しているが、言語リズムの解明には呼吸メカニズムに注目した生理実験が欠かせない。その有用性を示すことができた点は意義がある。また、言語学習者の習熟度レベルを測ったり、外国語発話時の呼吸制御や呼吸筋の制御をモデルとして使える。どの言語でも本研究は応用可能であるので言語教育研究の裾野を広げることができた。同時に、腹式呼吸・胸式呼吸と単純に主張されてきた二分類は、むしろ呼吸筋と下腹部の筋肉の制御と言い換えることができ、腹式呼吸・胸式呼吸の実態を示せたという点は大きい。実験材料として物語のような長い文章のほうが言語リズム研究に有効である。

研究成果の概要(英文)：It was found that linguistic differences are inevitably related to respiratory control and chest and abdominal muscle control during utterance. Lower abdominal muscle movement is different from upper respiratory muscle movements. Moreover, the linguistic differences showed little difference in the number of respiration but in inspiratory volume control. Respiratory muscle control was also found to be affected by gender differences, although the style depends on the language spoken. Further, it was observed that foreign language learners' respiratory and respiratory muscle controls were influenced by their own mother tongue. In addition, it was confirmed that pauses of grammatical and prosodic units occur at sentential, clausal, phrasal, compound word, or lexical level, depending on the language.

It was also found that laryngeal control is not necessarily connected with chest and abdominal muscle movements, and that breathing capacity is not related to real age or smoking habits.

研究分野：音声学

キーワード：呼吸筋 肺活量 呼気量 音響特性 母語 外国語 物語の朗読

様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

#### 1. 研究開始当初の背景

(1) 言語リズムは意味の伝達に欠かせないが、この解明は、最も難しく挑戦的なテーマであり、非常に多くの研究がある。従来の研究では、言語リズムはおおよそ単純に3つの種類:mora-timed, syllable-timed, stress-timed と分けられ、言語学者、音声学、音韻論学者、音声工学者等がそのままこれらの分類を専門用語として踏襲してきている。しかし、これらは等時性を基軸として、音声韻律の3大要素の2つ:声の高さ(ピッチ)と長さのみに限定された実験と理論による実証がほとんどであった。そのため、本質の解明には至っていない。これに対して、申請者等は韻律3大要素の残りの1つ:音圧も加えて物理音響的计算により定量的に言語リズムを解明しようと試みてきた。その結果、これまで言語リズム研究には音圧も不可欠な要素であることが分かった。しかし、音響特性の解析だけでは限界がある。言語リズムを作り出す発声のメカニズムは呼吸メカニズムを利用したものとの観点から、新しく呼吸メカニズムと言語リズムの関係に着目した。発声のメカニズムからすると、脳からの指令⇒横隔膜の制御⇒肺の制御⇒発話(音響特徴)に至る。そこで、腹(横隔膜)・胸(肺)の動きを見るために表面筋電図EMGによるパイロットテストを行ったが、心臓の鼓動の影響がノイズとして大きく出てしまい、これを排除するのは困難であることが分かった。そこで、新しい方法として、非侵襲的で被験者の体軀に合わせて長さの調整ができる無呼吸症候群の医療用検査に用いる呼吸ピックアップ(respiratory strain-gauge transducer)を腹と胸に巻き、発話録音と同時に計測し、すべてを電気信号に変換して、韻律の3大要素と胸筋・腹筋の夫々の相関を比較した。これらの実験では、言語類型上異なった複数の言語の話者に、母語および外国語で朗読文の発話をさせた。その結果判明したことは、(a)言語により胸・腹の動きが異なり、その動きには夫々の言語固有の独自性があった。また、胸・腹の動きはある程度の連動性があるが完全に一致したものではなかった。即ち、横隔膜と肺の収縮以外の筋肉の動きが関係していると推量された。(b)ピッチと音圧、ピッチと腹の動き、ピッチと胸の動き、音圧と腹の動き、音圧と胸の動きの夫々の相関は、多少の差はあるものの高いとは言えなかった。このことは、言語リズムの解明には、ピッチ等の喉頭制御により作られる音響特性だけでなく、声の強さに関係する声門下圧を生み出す横隔膜と肺の収縮およびそれ以外の筋肉の動きも計測して調べる必要があることを示唆する。胸・腹の動きは、音声の秒単位以下の短時間変動には反映せず、より長時間の視点の分析が必要である。(c)特筆すべきは、息継ぎを含んだポーズ(間)長に差が見られたことである。どの言語でも、全般に文頭や文の切れ目、句の切れ目、文節の切れ目に、胸・腹の動きの大きなピークが見られたが、これが言語リズムのテンポを刻んでいると思われた。(d)外国語の発話では、上級者になるほど母語話者の胸・腹の動きに近い動きが見られた。このことは外国語の習得にも応用ができるものである。(e)同じ言語内でも男女に胸・腹の動きに差が見られた。このことは、男女の社会的役割との関係を示唆していると思われた。

(2) 本研究の学術的な特色は、(言語的意味を持った)発話によるリズムの解明に、これまでは見られなかった実験手法を組み合わせた点にある。また、音声研究の主流からは外れていたポーズが言語リズムの解明の大きな手掛かりになるという新しい視点を取り入れた実験を行う点であった。予想される結果と意義として、これまで韻律の音響面のみから説明されてきた、文発話のパワー減少、(ピッチ(アクセント)から理論化されてきた)日本語のダウンステップ等のイントネーションやフレーズングでの現象、中国語の声調変化、他方、ほとんど印象分析で理論化されてきた英語等の強勢(ストレス)の実態を科学的に明らかにできる可能性がある。本研究の手法は、世界のどの言語にも応用でき、言語リズムの解明が大きく進展する可能性を孕んでいる。また、従来、生理音声学の実験は非常に限られているため、言語リズム研究に様々な角度の

実証方法を提示することになるとともに、研究の幅を大きく拡大することになると期待される。また、母語と学習言語の相違を明示することができ、発音教育にも成果を活かせる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、(1) 先行研究で見つかった課題である横隔膜と肺の収縮およびそれら以外の発話で使う筋肉の動きの相関、(2) それらと音響特性の相関、(3) ポーズ長とそのピーク値の相関、加えて、(4) 胸・腹の筋肉の動きと連結する呼気量・圧・速度と吸気量を調べる。

医学・生理学・工学の機材と技術の応用を取りこみ、呼吸メカニズムと結び付けて言語リズムの本質に迫ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 本研究では、日本語（東京方言）話者、英語（一般米語）話者、中国語（標準発話）話者を対象に実験を行う。これらの言語は世界における主要言語であり、また、言語類型上も聴覚印象上も音体系（音声・音韻）も大きく異なり、実験において差異が出やすいと考えられるからである。加えて、これら3言語は韻律（音響特性）研究も盛んに行われ、先行研究との比較もしやすい。外国語学習者と母語話者を比較するため、これら3言語話者について、英語を専攻する日本語話者、日本語を専攻する英語話者および中国語話者を被験者として採用する。習熟度別に男女均等に選定する。

(2) 呼吸のメカニズムを知るには、単語や文レベルより文の集合体である文章がよい。また、自然発話ではなく、制御できる統一した朗読文をテキストとして実験材料にする。特に、複数言語を扱う場合には有効である。物語は各国言語に訳されていて、同じ実験材料を提供できる。実験では、母語と外国語の物語を朗読させた。

(3) 本研究で行う実験では、横隔膜と肺の収縮の動き以外の筋肉（腹筋・呼吸筋）の動きを調べることを可能とするため、従来の呼吸ピックアップ2本から4本に増やす。さらに、2WAY フェースマスクで呼気・吸気を別々に計測する。このマスクの特徴は柔らかく、口・鼻の全体を覆い息漏れせず正確な計測が可能である。呼気については、量・圧・速度を計測する。また、肺活量と発話時と非発話状態での呼気量の違いも計測する。

(4) (a) 腹筋・胸筋の4か所の動きと音響特徴（音圧と基本周波数）の相関、(b) 発話時のポーズの回数・ポーズ長・ポーズ時の筋肉のピーク、(c) 肺活量と発話時の呼気量の差異、(d) 発話時間軸に沿った呼気の圧・流速・流量の変化のそれぞれを比較し、(e) 最後にすべての相関を信号処理・統計処理により求める。各言語話者グループの比較により、(ア) 喉頭制御（ピッチ・音圧）の夫々、(イ) 腹筋・胸筋の夫々、(ウ) 呼気流量の夫々について、どのような相互作用があるのか統計的に明らかにし、何が言語特有の言語リズムを生み出しているのか調べる。また、(エ) 外国語習熟度レベルと相互作用の関係を調べる。

## 4. 研究成果

(1) 短歌は日本語のリズムを象徴すると言われるが、呼吸マスクと呼吸センサーを用いた実験ではその証明ができなかった。リズムの解明には、単語、句あるいは文よりも朗読のような長い文章を扱ったほうが良いと言える。

(2) 発話時の呼吸（胸筋・腹筋）とラリソグラフィを用いた声門の開閉（喉頭制御の一部）との関係について、相関はないという結果が出た。

(3) 言語差はまず、(a) 腹筋・胸筋の使い方に出た。全般に胸筋と腹部の腹筋は連動しているが、下腹部の筋肉は連動していない。すなわち、下腹部の筋肉は呼吸筋とは異なる動きをすることが

分かった。次に、(b)言語の違いは、呼気・吸気の使い方や腹筋・胸筋の使い方に差が出た。発話時の呼気（吸気は基本的にほとんど生じない）には量や回数があるが、回数に言語差はほとんどないものの、量の制御に言語差が見られた。例えば、中国語話者と日本語話者の肺活量の差はなかったが、中国語話者では、日本語話者より短時間により多くの吸気量・呼気量があり、吸気速度もより速い。さらに、(c)言語の違いがポーズの取り方の差として大きく出た。文法的単位が韻律の単位ともなっているが、それがポーズの取り方に反映している。ポーズは文、節、句の切れ目で生起する点は言語共通であるが、日本語では加えてさらに小さい単位である文節でも頻繁に生起する。日本語は全体発話長が多言語より長いが、その原因はポーズ長が中国語や英語より相当長いことによる。音声部分はそれほど変わらないということが明らかになった。このことから、ポーズの言語間相違が言語特有の言語リズムを生み出すのに非常に大きな役割をしていることが示された。

(4)母語の朗読では、呼吸の使い方や腹筋・胸筋の使い方に違いがあるが、外国語の発話では母語で使う呼吸方法や腹筋・胸筋の使い方の影響が出る。外国語の上級者でも母語で使う吸気回数や吸気量・呼気量の影響が見られる。

(5)喉頭制御は主にピッチと音圧を担うが、腹筋・胸筋の動きとは必ずしも連動しない。

(6)肺活量に基づく年齢（肺年齢）と実年齢では大きな不一致がある。喫煙と肺年齢の相関はほぼない。

(7)物語の相違による男女差や言語差については、傾向は小さいが、男性のほうが下腹部の筋肉を除くと女性よりもよりおおく使っていることが分かった。また、物語の差は女性のみに見られた。

(8)以上から、言語リズムの解明には、本研究のような呼吸メカニズムと関連付けた生理実験が欠かせないことが示唆された。今後の課題としては、本実験を本研究で扱った以外の諸言語に応用することで、言語類型ごとの言語リズムの傾向が見られる可能性がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Toshiko Isei-Jaakkola, Yasuko Nagano-Madsen, Keiko Ochi	4. 巻 -
2. 論文標題 Respiratory Control, Pauses, and Tonal Control in L1's and L2's Text Reading --A Pilot Study on Swedish and Japanese--	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 9th International Conference on Speech Prosody	6. 最初と最後の頁 873-877
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21437/SpeechProsody.2018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Toshiko Isei-Jaakkola, Keiko Ochi	4. 巻 -
2. 論文標題 Gender differences in respiratory muscular movements in reading Japanese and English texts by JL1 and JEFL	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 9th Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics	6. 最初と最後の頁 57-60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Toshiko Isei-Jaakkola, Keiko Ochi, Keikichi Hirose	4. 巻 -
2. 論文標題 Respiratory and Respiratory Muscular Control in JL1's and JL2's Text Reading Utilizing 4-RSTs and a Soft Respiratory Mask with a Two-Way Bulb	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of INTERSPEECH2018	6. 最初と最後の頁 3012-3016
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21437/Interspeech.2018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Toshiko Isei-Jaakkola, Keiko Ochi	4. 巻 -
2. 論文標題 Frequency and durational comparisons of pauses in reading two short stories by Japanese L1 and EL2 and English L1	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceeding of 2nd International Symposium on Applied Phonetics	6. 最初と最後の頁 67-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21437/ISAPh2018-12	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 ヤーッコラ伊勢井敏子, 越智景子, 広瀬啓吉	4. 巻 -
2. 論文標題 日本語話者と中国語話者による英文朗読におけるポーズの制御とリズムの関係	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本音響学会秋季研究発表会【講演論文集】CD-ROM	6. 最初と最後の頁 825-828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 ヤーッコラ伊勢井敏子, 広瀬啓吉, 板井陽俊	4. 巻 -
2. 論文標題 短歌における呼気の制御と筋肉の動きと発話のタイミング - パイロットスタディ	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 『日本音響学会 2017年春季研究発表会講演論文集』CD-ROM	6. 最初と最後の頁 1383-1386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Toshiko Isei-Jaakkola, Keiko Ochi
2. 発表標題 A preliminary study on the respiratory muscular and respiratory control during the speech read in Japanese, utilising the 4 RST and respiratory mask
3. 学会等名 the 17th International Conference on the Processing of East Asian Languages and the 9th Conference on Language, Discourse, and Cognition (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究分担者	広瀬 啓吉  (HIROSE Keikichi)  (50111472)	国立情報学研究所・大学共同利用機関等の部局等・客員教授    (62615)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	堀田 典生 (HOTTA Norio) (60548577)	中部大学・生命健康科学部・准教授  (33910)	
研究分担者	板井 陽俊 (ITAI Akitoshi) (10551971)	中部大学・工学部・講師  (33910)	
研究分担者	越智 景子 (OCHI Keiko) (20623713)	東京工科大学・メディア学部・助教  (32692)	