

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K02485

研究課題名(和文) 発話中のポーズと呼吸・嚥下の関係の音響的・生理的解析

研究課題名(英文) Breathing and swallowing during pauses in connected speech: An acoustical and physiological study

研究代表者

垣田 邦子(Kakita, Kuniko)

富山県立大学・工学部・名誉教授

研究者番号：10148827

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：発話中のポーズにおける呼吸や嚥下の特徴を明らかにするために、日本語話者10名の読み上げ発話と自発発話について、音声信号および呼吸・嚥下に伴う身体運動信号を同時収録し、それぞれの信号の特徴や相互の関連を解析した。その結果、発話中の嚥下間隔はすでに報告のある黙読時の嚥下間隔に比べて短いこと、水などの嚥下では嚥下後に呼気が続くのが基本的であると報告されているが発話中の嚥下では吸気が続くのが特徴的であること、読み上げ発話では基本的に文末ポーズで嚥下が起こるが自発発話では文中ポーズでも起こること、そして、話の展開がある発話では話題の転換点で嚥下が起こる割合が大きいことなど、多くの新しい知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：Simultaneous recordings of speech, breathing, and swallowing signals were obtained while ten native Japanese speakers produced different types of connected speech, both read and spontaneous. The results included the following new findings. Swallowing was found to be more frequent during speech production as compared to silent reading, as reported previously by other researchers. It has also been reported that swallowing is generally followed by expiration, but swallowing during connected speech was predominantly followed by inspiration. This was typical of read speech, but a considerable number of swallowing was also followed by expiration in spontaneous speech. Swallowing occurred primarily during sentence-final pauses in read speech but also during sentence-medial pauses in spontaneous speech. Swallowing tended to occur more often at topic transitions both in read speech and spontaneous speech.

研究分野：音声言語科学

キーワード：ポーズ 呼吸 嚥下 読み上げ発話 自発発話

1. 研究開始当初の背景

連続発話中にポーズ(休止)を挿入する際には、発話の言語的な制約(文法的、内容的な区切りなど)と並んで、発話の生理的な制約(呼吸や嚙下)が重要な要因となる。生理的な制約のうち、発話中の呼吸については、すでに多くの研究成果が蓄積されているが([1]など)、嚙下については、医学的な観点からの研究は数多くなされているもの([2], [5], [6], [7]など)、発話との関連に焦点をあてた研究は今のところ見当たらない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、発話中のポーズ挿入に、言語的な要因と生理的な要因がどのように関わるのかを明らかにすることである。とりわけ、これまでに知見が得られていない発話中の嚙下について、その諸相を明らかにすることを目的とした。具体的には、複数の日本語母語話者を対象に、発話中の音声信号および呼吸・嚙下に伴う身体運動信号を同時収録し、それぞれの信号の特徴および相互の関連を、様式の異なる発話(読み上げ発話および自発発話)について比較しながら解析し、連続発話中のポーズ挿入にこれらの要因がどのように影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、富山県立大学「人を対象とする研究」倫理審査部会の審査を受け、承認されたものである。

(1) 発話者

日本語を母語とする大学生・大学院生 10名(女性2名、男性8名)の発話を解析対象とした。発話者は大学内の公募により募集し、研究協力に対して謝金を支払った。(実際は13名分の発話を収録したが、3名分についてはデータの一部欠損などにより本報告の対象からは外した。)

(2) 発話様式

本研究では、対照的な2種類の発話様式、即ち、用意されたテキストを読む「読み上げ発話」と、テキストなしで自由に話す「自発発話」の両方を分析の対象とした。

① 読み上げ発話

読み上げ発話については、「n番目の人は○○○○という名前でした。」という単純な文60個からなるリストを読む「リスト読み上げ」と、13の文で構成される短いパラグラフ(「北風と太陽」[3])を読む「パラグラフ読み上げ」の2通りを収録の対象とした。さらに、パラグラフ読み上げについては、1文ごとに改行して印刷したテキストと、パラグラフを話の展開に応じて4つのサブパラグラフ(小段落)に分け、サブパラグラフごとに改行して印刷したテキストの2通り(以下、

「毎文改行」および「小段落改行」)を用いし、それらの読み上げを収録した。(テキストの例を、本報告の末尾に付記した。)

上記3種類の読み上げ発話を比べた場合、ポーズや嚙下の挿入に違いが出るのではないかと予想した。即ち、リスト読み上げではパラグラフ読み上げに比べて言語的(文法的、内容的)な制約が少ないため生理的な要求に従った読み上げになるのではないかと、小段落改行のパラグラフ読み上げでは生理的な制約の許容範囲内で言語的な制約(特に話題の転換点を示す小段落の区切り)が優先されるのではないかと、また毎文改行のパラグラフ読み上げではこれらリスト読み上げと小段落読み上げの中間の結果が得られるのではないかと、と予想した。

② 自発発話

自発発話については、話者が話しやすいテーマで自由に話した。

自発発話では、話す内容を考えながら発話するため、言い淀み、言い直し、言い足しなどで、1文が長くなり、文中にもポーズが挿入されることが増え、嚙下は文末だけではなく文中でもおこるのではないかと予想した。

(3) 収録手順

発話収録は、それぞれの話者について、以下の手順で行った。

セッション1: リスト読み上げ(60文)1回(約5分)

セッション2: パラグラフ読み上げ(13文、毎文改行)3回繰り返し(約5分)

セッション3: パラグラフ読み上げ(13文、小段落改行)3回繰り返し(約5分)

セッション4: 自発発話(約5分)

読み上げ発話については、話者はセッション前にテキストに目を通した。「声を出して練習をしてもよい」という指示を出していたが、実際に音読練習をした話者は1名だけだった。セッション間では、すべての話者が座ったままの状態での休憩した。

(4) 収録機器

本研究では、発話に伴う3種類の信号(音声、呼吸、嚙下)を、データ収録・解析ハードウェア PowerLab4/26 (ADINSTRUMENTS)を用いて同時収録した。音声信号はマイクロホン(ECM-MS907 Sony)により、また嚙下信号は咽喉マイクロホン(SH-12iK/KL 南豆無線電機)により検出した。咽喉マイクロホンは、首周りに沿うように作られた弧状のホルダの両先端に超小型のマイクが収められたもので、マイク部分を喉頭の皮膚に当てて振動を検出する。咽喉マイクロホンでは、ポーズ中の嚙下に伴う皮膚の振動とともに、発話中の音声の音源の信号を得ることができる。呼吸信号については、話者の胸部と腹部に巻いた呼吸センサーベルト MLT1132 Piezo

Respiratory Belt Transducer (ADINSTRUMENTS) により検出した。

収録された信号は、PowerLab4/26 を用いて同期表示し、観測した。音声および嚙下の音響信号については、さらに Praat v. 6.0.23 ([4]) を用いて詳細な計測を行った。

4. 研究成果

以下では、本研究で特に注目した連続発話中における嚙下に焦点をあて、その特徴およびポーズや呼吸との関係について得られた結果を報告する。

(1) 嚙下の特徴

嚙下音は、スペクトログラムで見た場合、連続するスパイクが特徴で ([6])、聴覚的には、'something between a click and a rattle' ([5])、あるいは 'flow sound' ([6]) などと表現される特色のある音として聴き取ることができる。なお、発話に伴う音響信号は音声マイクロホンと咽喉マイクロホンの両方で検出されるのに対して、嚙下の音響信号は咽喉マイクロホンのみによって検出され、音声マイクロホンを介して得た音響信号には現れないため、嚙下の同定に有効な手がかりとなる。

(2) 連続発話における嚙下間隔 (嚙下の頻度)

上述 (3.3 収録手順) の 1~4 の収録セッションで得られた発話データについて、嚙下の間隔 (嚙下音の強さのピーク値間の時間長) を測定した。

リスト読み上げでは、60 文のリストを読むのに要した時間は平均 (中央値) 280 秒で、その間の嚙下回数は、話者によって 1 回~13 回 (平均 7 回) と、個人差が大きかった。嚙下回数が 1 回の話者を除く 9 名の話者の平均的な嚙下間隔は 38 秒であった。

パラグラフ読み上げについては、セッションを通して読み上げた (セッション内の 3 回の繰り返しの間で収録の一旦停止をしなかった) 話者 5 名を対象にみると、毎文改行の場合も、小段落改行の場合も、平均的な嚙下間隔は 32 秒であった。

自発発話については、平均的な発話長は 313 秒、嚙下回数は平均 4 回 (1 回~8 回) であった。嚙下回数が 1 回の話者を除く 9 名の話者の平均的な嚙下間隔は 49 秒であった。

Lear 他 ([5]) は、「椅子に座って読む」際の平均的な嚙下回数は 1 時間あたり 36.5 回 (間隔に換算すると約 100 秒)、また、Rudney 他 ([7]) は、「椅子に座って黙読する」際の嚙下間隔は平均 54 秒であったと報告している。これらと比較すると、発話時 (特に読み上げ時) の嚙下の間隔は狭いことがわかる。

(3) 連続発話における嚙下箇所

① 文末・文中ポーズ箇所と嚙下の関連

連続発話中の嚙下の位置に着目すると、リスト読み上げでは、1 例を除き、嚙下はすべて文末ポーズで起こった。また、パラグラフ読み上げでも、1 例を除き、すべて文末ポーズで起こった。一方、自発発話では、嚙下は文末ポーズに限らず、ポーズ全体の 1/4 が文中ポーズでも起こった。

② 発話の構成と嚙下の関連

リストの読み上げでは、リスト自体に話の展開などがいないため、どの文末ポーズで嚙下を行っても、リストの内容に影響はない。しかし、パラグラフ読み上げや自発発話では、話の展開に応じた「区切り」があり、話者はそのような区切りでより長いポーズ (そして生理的な要求に応じて嚙下) を挿入すると考えられる。本研究では、そのような観点から、すなわち、言語的 (発話内容的) な制約が嚙下箇所に影響を及ぼすのではないかと予想し、パラグラフ読み上げおよび自発発話における嚙下箇所について分析した。

②-1 パラグラフ読み上げにおける嚙下箇所

本研究で用いたパラグラフテキスト「北風と太陽」は、タイトル (1 文相当とみなす) と 13 文から成り、13 文は 4 つの小段落に分かれる。従って、ポーズ箇所は 13 箇所 (タイトル後のポーズから、12 文と 13 文の間のポーズまで)、そして、話の内容が変わる転換点は 4 箇所 (タイトル後 1 箇所と小段落後 3 箇所) である。10 名の話者のデータをまとめると、ポーズ箇所は 780 箇所 (ポーズ 13 箇所 x 繰り返し 3 回 x 改行 2 種類 x 話者 10 名) となり、このうち嚙下に使われたのは 69 箇所 (9%) であった。これをさらにポーズ箇所の種類別にみると、タイトル後のポーズ 60 箇所のうち嚙下に使われたのは 6 箇所 (10%)、小段落後 (話題転換点) のポーズ 180 箇所のうち嚙下に使われたのは 29 箇所 (16%) であった。これに比べて、タイトル後や話題転換と関係のない、普通の小段落内の文間ポーズ 540 箇所のうち嚙下に使われたのは 34 箇所 (6%) であった。タイトル後や小段落後の嚙下は、可能な挿入箇所に対する割合で考えると大きな割合を占め、嚙下の遂行に言語的 (話題内容的) な要因が影響を及ぼすことを示していると考えられる。

なお、毎文改行と小段落改行の違いが嚙下箇所に影響を与えるのではないか (小段落改行のテキストを読んだ場合の方が、小段落後の嚙下が多くなるなど) と予想したが、はっきりした傾向はみられなかった。

②-2 自発発話における嚙下箇所

自発発話の長さほどの話者も 5 分程度で、平均的な文の数は 25 (11~29)、トピック (話題) の数は 2 (1~5) であった。嚙下数は平均 5 であったが、話者により 1~8 と個人差が大きかった。嚙下が起こった箇所は、文末が 75%、文中が 25% であった。読み上げ発話では

文中での嚙下はわずか2件であったのに比べて、自発発話では文中でも嚙下が多く起こることが示された。

10名分の発話を合わせると、トピック末の文末ポーズ箇所は16箇所、トピック内の文末ポーズ箇所は208箇所、これらのうち実際に嚙下があったのは、トピック末が44%、トピック内が13%であった。可能な嚙下箇所が実際に嚙下に利用される率はトピック末の方が高く、パラグラフ読み上げの場合と同様、自発発話においても言語的（話題内容的）な要因が影響を及ぼしていると考えられた。

(4) 嚙下とポーズ長

嚙下の有無とポーズ長との関係を、比較的嚙下が多かった話者3名のリスト読み上げとパラグラフ読み上げ（毎文改行と小段落改行）について解析した。

平均的なポーズ長は、嚙下を伴うポーズが約1.60秒、嚙下を伴わないポーズが約1.24秒で、嚙下を伴う場合の方が約0.37秒長かった。これに対して、平均的な嚙下の長さは約0.58秒で、平均値で見ると嚙下長に比べてポーズ長の伸張の方が短いという結果が得られた。それぞれの話者についてみると、嚙下の分ほどポーズ長が伸びない話者が2名、嚙下の分より多く伸びる話者が1名で、個人差があることが示された。ただ、ポーズの伸張をリスト読み上げとパラグラフ読み上げで比較すると、嚙下がポーズに与える影響は、同一話者内では一貫しているという傾向がみられた。

ポーズが嚙下を伴う場合、嚙下をどのようにポーズ区間に組み込むかについては、嚙下長と同等あるいはそれ以上の時間長を加算する、または、嚙下長の一部をポーズ長で吸収するなど、話者によって、また発話条件によって、いろいろな戦略がありうることを示唆された。

(5) 嚙下と呼吸

嚙下とその前後の呼吸の時間的なパターンは、呼気-嚙下-呼気、吸気-嚙下-呼気、呼気-嚙下-吸気、吸気-嚙下-吸気、の4通りが可能だが、これまでの研究では、呼気-嚙下-呼気のパターンが全体のおよそ7割以上を占める一方、嚙下後に吸気が続くパターンは稀であることが報告されている（[9]-[12]）。これらの研究は、少量の液体（水または造影剤）の嚙下を対象に行われたものであり、本研究と直接の比較はできないが、発話中の唾液の嚙下と呼吸がどのようなパターンをとるのかは、発話の制御に関して重要なヒントとなる大変興味深い問題である。

リスト読み上げ、パラグラフ読み上げ（毎文改行と小段落改行を合わせる）、そして自発発話の3つの発話様式について、嚙下とその前後の呼吸の時間的なパターンを調べたところ、上述の液体の嚙下とは異なる結果が得られた。3つの発話様式を通して最も多く観

察されたのは、嚙下の後に（次の発話のための）吸気が続くパターン、即ち液体の嚙下では稀と報告されたパターンであった。なお、このパターンは、リスト読み上げ（嚙下数63）とパラグラフ読み上げ（嚙下数69）ではいずれも80%以上であるのに対して、自発発話（嚙下数45）では50%程度と、読み上げ発話と自発発話の違いを表す結果となった。一方、液体の嚙下で最も一般的とされた呼気-嚙下-呼気のパターンは、読み上げ発話では10%以下であったが、自発発話では40%弱観察され、ここでも読み上げ発話と自発発話という2つの対照的な発話様式の違いに対応した結果となった。

(6) まとめ

連続発話における嚙下に焦点をあてて解析を行った結果、読み上げ発話では嚙下はほぼ全てが文末ポーズで起こるが自発発話では文中ポーズでも起こること、話の展開がある発話では（読み上げ発話でも自発発話でも）話の転換点にあたるポーズでの嚙下が多いこと、嚙下の間隔はこれまでの研究で報告されている黙読時の嚙下間隔に比べて短いこと、水などの嚙下では嚙下後に呼気が続くのが基本的であるのに対して連続発話中の嚙下では次の発話のための吸気が続くのが特徴的であることなど、多くの新しい知見を得ることができた。一方、発話中の嚙下や呼吸については個人差も多く、統括的な考察のためにはさらに詳細な解析が必要である。

<付録>

(1) リスト読み上げ用テキストの一部

305番目の人は「さかうえ」という名前でした。
306番目の人は「さかがみ」という名前でした。
307番目の人は「さかした」という名前でした。
308番目の人は「さかにし」という名前でした。
309番目の人は「さかむら」という名前でした。
310番目の人は「さかもと」という名前でした。

(2) パラグラフ読み上げ（小段落改行）用テキスト*

(*文献[3]に紹介されている「汎音版『北風と太陽』」を、本研究用に改定したもの)

イソップ寓話 『北風と太陽』

ある時北風と太陽がどちらが強いかで言い争っていました。すると偶然に一人の旅人が暖かそうな上着にくるまってやってきました。そこで北風と太陽はその旅人の上着を脱がせた方が強いということに決めました。まず始めに北風が旅人に向かって冷た

い風をせいっぱい吹きつけました。しかし乱暴に吹けば吹くほど旅人は上着をしつかりと自分の体に巻きつけます。北風はついに旅人の上着を脱がせるのをあきらめました。

今度は太陽の番になりました。太陽は暖かい光をやんわり地面に注ぎ続けました。すると旅人はだんだん暑くなって汗をかきはじめました。そしてとうとう自分から上着を脱いでしまいました。

このようにして北風と太陽の勝負は終わりました。そして北風は残念ながら太陽の方が強いと認めなければなりません。北風は大いに反省して二度と自分の力を自慢することはありませんでした。

<引用文献>

- [1] Fuchs, et al., (2013) "Acoustic and respiratory evidence for utterance planning in German," *Journal of Phonetics* 41, pp. 29-47.
- [2] Lazareck, L. J. and Moussavi, Z., (2004) "Swallowing Sound Characteristics in Healthy and Dysphagic Individuals," *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, San Francisco, CA, USA*, pp. 3820-3823.
- [3] Hiki, S. and Kakita, K., (2013) "The 'panphonic' text of 'The North Wind and the Sun' for the illustration of the International Phonetic Alphabet of Japanese consonants and its use in the phonetic analysis of Japanese speech," *Proceedings of Meetings on Acoustics* 19, 060285. [DOI: 10.1121/1.4800255]
- [4] Boersma, P. and Weenink, D., (2001) "Praat, a system for doing phonetics by computer," *Glott International* 5 (9/10), pp. 341-345.
- [5] Lear, C. S. C, et al., (1965) "The frequency of deglutition in man," *Archives of Oral Biology* 10, pp. 83-99.
- [6] Moriniere, S. et al., (2008) "Origin of the Sound Components During Pharyngeal Swallowing in Normal Subjects," *Dysphagia* 23, pp. 267-273.
- [7] Rudney, J. D. et al., (1995) "The prediction of saliva swallowing frequency in humans from estimates of salivary flow rate and the volume of saliva swallowed," *Archives of Oral Biology* 40 (6), pp.507-512.
- [8] Kakita, K. and Hiki, S., (2015) "Durational characteristics of sentence-medial and sentence-final pauses in the production of a paragraph," 170th Meeting of the Acoustical Society of America, Jacksonville, FL, USA, 5aSCa.
- [9] Martin, B. J. W. et al. (1994) "Coordination between respiration and swallowing: respiratory phase relationship and temporal integration," *Journal of Applied Physiology* 76, pp.714-723.

[10] Martin-Harris, B. et al. (2003) "Temporal coordination of pharyngeal and laryngeal dynamics with breathing during swallowing: single liquid swallows," *Journal of Applied Physiology* 94, pp.1735-1743.

[11] Martin-Harris, B. et al. (2005) "Breathing and Swallowing Dynamics Across the Adult Lifespan," *Archives of Otolaryngology -- Head & Neck Surgery* 131, pp.762-770.

[12] Balasubramaniam, R. K. and Bhat, J. S. (2012) "Respiratory Swallow Coordination in Healthy Individuals," *International Journal of Advanced Speech and Hearing Research* 1, pp.1-9.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 件)

[学会発表] (計 2 件)

- ① Kuniko Kakita and Shizuo Hiki, Characteristics of saliva swallowing in the reading of prepared texts, 174th Meeting of the Acoustical Society of America, 2017
- ② Kuniko Kakita and Shizuo Hiki, Durational characteristics of sentence-medial and sentence-final pauses in the production of a paragraph, 170th Meeting of the Acoustical Society of America, 2015.

[図書] (計 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

垣田 邦子 (KAKITA, Kuniko)
富山県立大学・工学部・名誉教授
研究者番号：10148827

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

比企 静雄 (HIKI, Shizuo)
早稲田大学・人間科学学術院・名誉教授
研究者番号：50006227

(4) 研究協力者

()