

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 15 日現在

機関番号：94301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21520464

研究課題名（和文）遅延聴覚フィードバックにおける個人差をもちいた発話の脳内処理の解明

研究課題名（英文）Speech production mechanism in terms of individual difference in susceptibility to delayed auditory feedback effect

研究代表者

能田 由紀子 (NOTA YUKIKO)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・研究員

研究者番号：60374104

研究成果の概要（和文）：自己の発話を 200ms 程度遅らせて話者に聞かせる遅延聴覚フィードバック（Delayed Auditory feedback, DAF）を与えると、流暢な発話が阻害されることが報告されている。本研究では DAF の影響の受けやすさの異なる話者が DAF 条件下での発話を行う際の脳活動を fMRI を用いて計測し、影響の受けやすさと脳活動の関係を調べた。DAF の影響を受けにくい被験者では DAF 条件下での発話時に左運動前野、内側前頭回、左島皮質前部の活動が高くなっていることが明らかになった。このことから DAF の影響を受けにくい被験者は DAF 条件下で発話運動のプログラミングおよびコントロールに関与する脳領域の活動が活発になることにより発話を比較的流暢におこなえていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：When a speaker receives auditory feedback with a 200-ms delay, he/she tends to speak less fluently. This phenomenon is called a delayed auditory feedback (DAF) effect. Susceptibility to the effect, however, varies among individuals. We investigated brain activity during a reading task under DAF and normal auditory feedback (NAF) conditions using functional magnetic resonance imaging (fMRI) on subjects with different levels of susceptibility. By searching for the brain area correlated with DAF susceptibility, we found that the left precentral gyrus (BA6), medial frontal gyrus (BA6), left inferior frontal gyrus (BA45), and left anterior insula were activated in a way negatively correlated with the degree of DAF effect. These results suggest that during speech DAF-insusceptible subjects show improved motor planning and control for speech production under the DAF condition, thus achieving fluent speech compared to DAF-susceptible subjects.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	600,000	180,000	780,000
2010 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学・言語学

キーワード：言語の生物学的基盤

1. 研究開始当初の背景

自己の発話を遅らせて話者に聞かせる遅延聴覚フィードバック (Delayed Auditory feedback, DAF) を与えると、発話速度が遅くなったり吃音様発声が生じたりすることが知られている (Lee, 1950)。DAF の影響を受ける被験者を用いて DAF 条件下での発話時は通常の聴覚フィードバック (Normal auditory feedback, NAF) 条件下での発話時と比較して、上側頭回の活動が高まりその活動は DAF の影響が大きくなると高まることが報告されていた (Hashimoto and Sakai, 2003)。DAF の影響の受けやすさは個人差が大きく、ほとんど影響を受けない話者もいることが報告された (Umeo and Ichinose, 2008)。その個人差は脳内での発話生成時の処理の違いによって起こると推測されたが、DAF の影響の大きさと発話運動に関与する脳活動の関係の解明は不十分であった。

2. 研究の目的

本研究では DAF の影響をほとんど受けない被験者から、大きく影響を受ける被験者までを選んで DAF 条件下での発話時の脳活動を計測する。DAF 条件下での発話時の脳活動と DAF の影響の受けやすさの違いの関係を明らかにすることにより、発話の生成と知覚の脳内処理のメカニズムを解明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) スクリーニング実験

発話および聴覚に問題のない 29 名 (男性 17 名、女性 12 名) の右利き日本語話者でスクリーニング実験を行った。日本語文を DAF 条件 (200ms の遅延の伴うフィードバックを与える) と NAF 条件 (通常のフィードバックを与える) 下で音読させ、単位時間あたりの発話モーラ数の変化で計算する Delay Index (DI) を DAF の影響の受けやすさとした。DI は M_{daf} を DAF 条件下での 1 秒あたりの発話モーラ数、 M_{naf} を NAF 条件下での 1 秒あたりの発話モーラ数として、 $(1 - M_{daf}/M_{naf}) \times 100$ で算出した。DI が大きいことは DAF の影響を受けやすいことを示す。スクリーニング実験の結果から DI が 15 以下の被験者 (男性 4 名、女性 5 名) と、DI が 30 以上の被験者 (男性 2 名、女性 6 名) を fMRI 実験の被験者とした。

(2) fMRI 実験

実験課題はひらがなで表記された 30 モーラの文の DAF 条件下と NAF 条件下での音読である。被験者は呈示時間内のみ音読することを要求され、発話音声はヘッドホンによって 0ms (NAF 条件) ないしは 200ms (DAF 条件)

の遅延を負荷されて、被験者にフィードバックされた。発話に伴う体動によるアーチファクトを防ぐためおよび音声のフィードバック音が MRI の撮像音にマスクされるのを防ぐために、fMRI データは音読と音読の間のみ採取された。fMRI の各セッションは 28 文の呈示で構成され、各文は 9 秒おきに 4 秒間呈示された。DAF 条件と NAF 条件は 3, 4 文提示ごとに入れ替えられ、DAF と NAF のブロックの間に、固視点のみの呈示で音読を要求しないコントロール条件が 1-2 回挟み込まれた。音読時にはヘッドホンからのフィードバック音以外の音声がかきこえることを防ぐためにピンクノイズを呈示した。

撮像には 3T の MRI 装置を用い、画像解析は SPM5 (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>) を用いて行った。実験にあたっては国際電気通信基礎技術研究所の倫理委員会の承認を受けている。

4. 研究成果

(1) 発話データ

スクリーニング実験における DI の分布は $-3.6 \sim 59.6$ であった。fMRI 実験における DI 分布は $-3.63 \sim 49.5$ であった (Fig. 1)。DAF の影響を非常に大きく受ける被験者から、全く影響を受けない被験者まで多様であった。

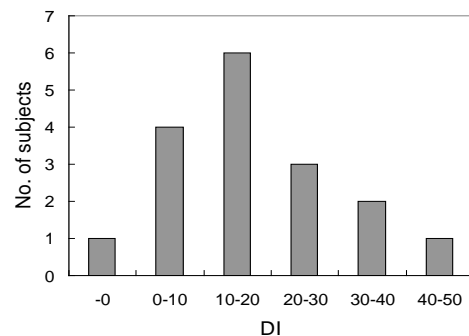


Fig. 1 fMRI 実験での Delay Index (DI) の分布

(2) fMRI データ

DAF 条件下での発話時に NAF 条件下よりも活動の高い領域は、両側の上側頭回であった。この領域は先行研究において DAF 条件下で高かった領域と重なっている (Sakai et al., 2009)。この領域は DAF 条件において通常と異なるフィードバック音声に対する聴覚的な注意が高まっていることによると考えられた。次に NAF 条件に比して DAF 条件下での活動が DI 値に相関する領域を調べた。その結果、正に相関する領域は検出されなかったが、負に相関する領域として左の中心前回 (BA6)、補足運動野 (BA6)、島皮質前部などがあった (Fig. 2)。

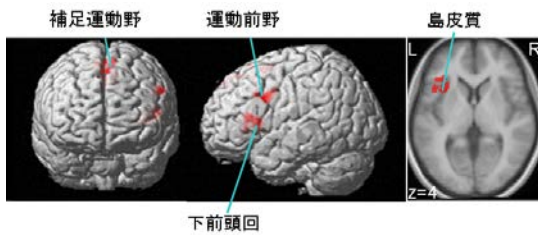


Fig. 2 DI 値と DAF 条件下での活動に負の相関がみられた領域

補足運動野は Fox ら (1996) によると運動プランのリリースに関与する領域であり、左の島皮質前部は発話運動のプランニングや調音運動に用いる筋肉の調整に関与するといわれている領域である (Ackermann, 2004)。DAF の影響を受けにくい被験者においてこれらの領域の活動が高かったことから、そのような話者は、DAF の影響を受けやすい話者と比べて発話運動のプランニングや運動の調整に関与する領域の活動を高めることで DAF 条件下での発話を比較的流暢に行っていることが示唆された。

DAF の影響を受けにくい被験者でこれらの領域の活動が高かったことから、その脳活動が被験者の発話量に依存する可能性も考えられたが、実際の発話量が増加しても一次運動野などの発話遂行に関与する領域での脳活動は DI 値に負に相関していなかったことから、今回の結果に見られる活動は実際の発話動作の遂行ではなく、発話のプランニングに関与した活動であると考えられる。

先行研究から、DAF による発話への影響の多寡が聴覚関連領域の活動と関係していたことが示され、通常の発話時と異なる聴覚フィードバックの処理が発話行動に影響することが明らかにされていた。本研究の結果から、発話運動のプランニングなどの処理の段階においても個人差があることが明らかにされ、運動関連領域の脳活動と DAF による発話への影響の関係が明らかになった。

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 5 件)

- ① Y. Nota, S. Masaki, Y. Ichinose, "Brain activity during speech under delayed auditory feedback", Proceedings of 9th International Seminar on Speech Production, 査読有、2011、329-335, <http://www.issp2011.uqam.ca/upload/files/proceedings.pdf>
- ② 能田由紀子, 正木信夫, 一ノ瀬裕、遅延聴覚フィードバック条件下での発話時の脳活動、日本音響学会(春)講演論文集、査読無、2011、575-576、

- ③ 一ノ瀬裕, 鈴木彩香, 津田絢子, 能田由紀子, 正木信夫、音読内容と音読速度が遅延聴覚フィードバック条件下での発話に与える影響、日本音響学会(春)講演論文集、査読無、2011、579-580

[学会発表] (計 6 件)

- ① Y. Nota, S. Masaki, Y. Ichinose, Brain activity during speech under delayed auditory feedback、International Seminar on Speech Production、2011/6/22、Université du Québec à Montréal, Canada
- ② 能田由紀子, 正木信夫, 一ノ瀬裕、遅延聴覚フィードバック条件下での発話時の脳活動、日本音響学会研究発表会、2011.03.11、早稲田大学
- ③ 一ノ瀬裕, 鈴木彩香, 津田絢子, 能田由紀子, 正木信夫、音読速度が遅延聴覚フィードバック条件下での発話に与える影響、電気関係学会九州支部連合大会、2010.09.25、九州産業大学
- ④ 一ノ瀬裕, 小林雅則, 能田由紀子, 正木信夫、発話内容の違いが遅延聴覚フィードバック条件下での発話に与える影響、日本音響学会、日本音響学会研究発表会、2010.03.08、電気通信大学
- ⑤ 能田由紀子、[招待講演] 脳活動計測研究を始めるには一音声研究を例にして、日本音響学会音声研究会、2009.06.25、北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

能田 由紀子 (NOTA YUKIKO)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・研究員
研究者番号：60374104

(2) 研究分担者

一ノ瀬 裕 (ICHINOSE YUTAKA)
九州産業大学・情報科学部・教授
研究者番号：20352106

(3) 連携研究者

正木 信夫 (MASAKI SHINOBU)
株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・主幹研究員
研究者番号：40181630