

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 4 日現在

機関番号：63905

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700569

研究課題名（和文）吃音者における流暢性獲得の神経メカニズム

研究課題名（英文）Neural substrate for fluent speech in persons who stutter

研究代表者

岡崎 俊太郎（OKAZAKI SHUNTARO）

生理学研究所・大脳皮質機能研究系・特別協力研究員

研究者番号：80455378

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、発声と聴覚（音声の聴取）の相互作用とその神経基盤に着目し、これまで吃音者の流暢性を増大させるために用いられてきた手法の作用機序を解明することである。特に発話が聴覚フィードバックに合わせて実行されてしまう「引き込み現象」について非吃音者および吃音者においてその特性を網羅的に調べた。13名の非吃音者および吃音者5名において自声および他声を聴取したときの発話の音響特性を分析した。その結果、発話の途中における引き込み現象は非吃音者および吃音者双方に観測され、この現象によって、斉唱や遅延聴覚フィードバックが、吃音者の非流暢性低下させるメカニズムを説明できることが分かった。また発話の開始時においては非吃音者では引き込み現象が起こらず、能動的に発話を開始していたが、吃音者では発話の開始自体を聴覚フィードバックに対する引き込みに依存する傾向が見られた。この結果から、聴覚情報として自分の声が必要な遅延聴覚フィードバックよりも斉唱のほうが吃音者の非流暢性低減に高い効果を示す理由が説明できる。本研究の結果は、今後の吃音に対する言語聴覚療法に対して有用な情報を提供し、これまで健常者だけでは不明瞭であった発話制御機構の神経基盤解明につながるものである。

研究成果の概要（英文）：A slight delay in auditory feedback (delayed auditory feedback or DAF) or choral speaking with others ameliorate the stuttering. However, the basic mechanism for fluent speech in persons who stutter under these conditions has remained unclear. Here we investigated the open-loop characteristics of speech control by presenting a recorded speech instead of real-time feedback. Persons who stutter (PWS) and who do not stutter (PWNS) were instructed to speak when they heard the recorded speech (as a pseudo auditory feedback) with variable onset asynchrony (preceded or delayed). We found that the utterance became synchronized to the auditory feedback, regardless of the instruction to ignore it. This result suggests that there is anticipatory speech control using the history of auditory feedback, resulting in the fluent speech in PWS under DAF or choral speech.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 2,100,000 | 630,000 | 2,730,000 |
| 2011年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 総計 | 2,700,000 | 810,000 | 3,510,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：聴覚、発話、吃音、脳・神経、流暢性

1. 研究開始当初の背景

コミュニケーションにおいて音声の聴取（聴覚系）と生成（発話系）は連動しており、通常、ヒトは努力や意識をすることなく流暢に発話することができる。実際には自己発声の聴覚フィードバックにより、常に音量やリズムを意識下にモニタして、発声を調節していることが知られている。この聴覚フィードバックの障害は吃音の原因のひとつと考えられているが、正確な病態は未解明である。

本研究では主に発達性吃音を対象とする。発達性吃音は言語獲得の時期や過程に大きく関わっており、主に2歳から5歳に発症する。その過半数が一時的にせよ言語発達遅延か構音障害を伴い、何らかの異常をきっかけ発症しやすいと考えられる。約5%の発症率であるが、有病率は思春期までに1%程度に減少する。すなわち、自然にまたは簡単な指導で治癒する率は60%から80%程度である。幼児期に治癒せず遷延する場合は、非流暢によるコミュニケーション障害が彼らの社会生活に引き起こす不利益は大きい。また知的障害は無いにもかかわらず、身体の随伴症状や強い情緒反応、状況回避等が非流暢以上に問題になることもある。

過去に吃音のリハビリテーションとして、自らの音声（聴覚フィードバック）を人工的に変化させる方法が用いられてきた。例えば自分の発声音を遅らせて聞かせる（遅延聴覚フィードバックあるいはDAF）と、非吃音者では発話の流暢性が損なわれ、一方で吃音者では流暢性が増大する。この一見矛盾する現象を説明するメカニズムはまだよく分かっていない。

通常聴覚フィードバックによる発話運動の制御（フィードバック制御）は意識下でおこり、補正的である。つまり、発声音のピッチを人工的に高くして聴取させると、それを補正するように実際の発声音のピッチは減少し、発声音の音圧を人工的に増加させ聴取させると、実際の発声音の音圧は減少する。遅延聴覚フィードバックは流暢性に影響するだけでなく、発話速度に影響する。もしフィードバック制御が発話タイミングも制御するならば、聴覚フィードバックの遅延を補正するように発話速度は速くなるはずであるが、実際は低下する。

申請者は予備実験における研究成果として、発話運動が聴覚フィードバックに同期する現象（引き込み現象）があることを発見した。つまり、遅延した聴覚フィードバックに発話同期することで、話速が低下することが説明できる。このことは発話の制御において、補正的なフィードバック制御とは反対に、感覚入力に運動が同期するような制御方法が別に存在することを示唆している。同制御

方法によって吃音者が遅延した聴覚フィードバックに引き込まれることで流暢性を獲得している可能性がある。遅延聴覚フィードバック以外にも、他人と同時に文章を朗読（斉唱）することによっても吃音が改善することが知られている。近年、斉唱による吃音軽減機構には、背景に「ミラーニューロン」が関連していることが示唆されている。ミラーニューロンとは霊長類などの動物が自ら行動する時と、その行動と同じ行動を他の同種の個体が行っているのを観察している時の両方で活動電位を発生させる神経細胞である。したがって、他の個体の行動に対して、まるで自身が同じ行動をしているかのように「鏡」のような活動をする。このミラーニューロンは主に他人の行動に対して議論されているが、既述の申請者の研究成果（引き込み）はミラーニューロンが自らの音声に対しても賦活する可能性を示していることは興味深い。

2. 研究の目的

上記の研究背景を踏まえて、申請者は発話と聴覚フィードバックの相互作用とその神経基盤に着目した吃音研究の展開する予定である。すでに着目されていた発話のフィードバックの補正的な制御に加えて新しい視点（引き込み現象およびミラーニューロンシステム）を導入し、吃音リハビリテーションに用いられる方法および同方法による吃音者の流暢性獲得の作用機序解明を目的とした。

3. 研究の方法

被験者として13名の非吃音者と5名の吃音者が実験に参加した。吃音者のうち、一名は脳梗塞があったため、解析からは除いた。また残り4名のうち2名は吃音がほぼ自然治癒していた。

被験者は防音室に設置した椅子に座り、ヘッドセットを装着し、モニタを見ながら発声課題を行った。被験者は各試行のはじめに聴覚提示された女性の発声サンプルと同じスピードとリズムで3秒程度の文章を朗読した。朗読は視覚による文章提示後すぐに開始するように指示し、聴覚フィードバックを無視して朗読するように指示した。

被験者は文章ひとつにつき2回の発話を行った。1回目は通常のフィードバック条件で発話を行った。非吃音者の場合、2回目の発話では、1回目の発話音声に8秒の遅延を施し、ヘッドフォンによって聴取させた。吃音者の場合は1回目の発話の非流暢によって2回目の発話と聴覚フィードバックのタイミングを操作することが難しいため、同性の他人の録音音声を2回目の発話に合わせて提示

した。空気伝導や骨伝導の直接音声は、ノイズを付加しマスクした。発話の開始タイミングは視覚による文章提示により行い、2回の視覚刺激提示開始の間隔を7.55, 7.80, 7.95, 8.05, 8.20, 8.45秒でランダムに変化させることで、発声の前後数百msに自己の発話音声（擬似帰還音声）が提示されるように課題を設定した（Fig. 1）。上記の6種類の視覚提示条件それぞれにおいて6種類の文章を用いて提示した。既述の36（6 x 6）試行を1 sessionとし、通して3 sessionの実験を行った。

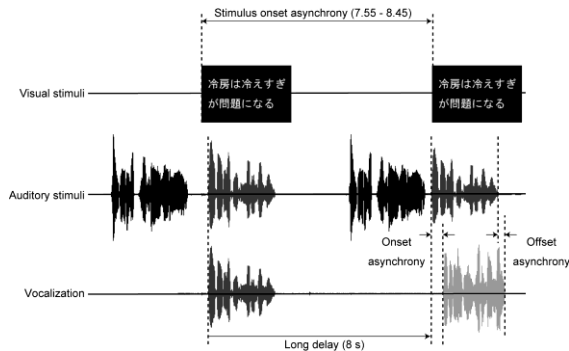


Figure 1. Experimental design and oscillographic traces of the auditory stimuli (including auditory feedback) and the vocalization.

同時記録した発話音声（2回目）と疑似帰還音声のF0を解析窓25ms、10msステップで抽出し、各音声F0のpower contour（filtered RMS）から任意の閾値を設定して開始時刻および終了時刻を算出した。その後、両音声における開始時刻の差分（Onset asynchrony）と終了時刻の差分（Offset asynchrony）を計算し、その関係を各被験者において分析した（Fig. 2）。

4. 研究成果

Figure 2は聴取した疑似帰還音声と発話音声におけるOnset asynchronyとOffset asynchronyの対応関係を被験者13名分重ねて示したものである。

同FigureからOnset asynchronyとOffset asynchronyには強い相関が見られた。また、Onset asynchronyの絶対値が小さい場合（-200から300ms程度）ではOffset asynchronyが0ms周辺に収束していた。このことは、疑似帰還音声を聴取しながら発話すると、疑似帰還音声が発話よりも遅い場合には話速が低下し、早い場合には話速は上昇することを意味している。この結果は疑似帰還音声と発話のタイミングが近い場合には、発話が疑似帰還音声に対して同期する可能性を示している。

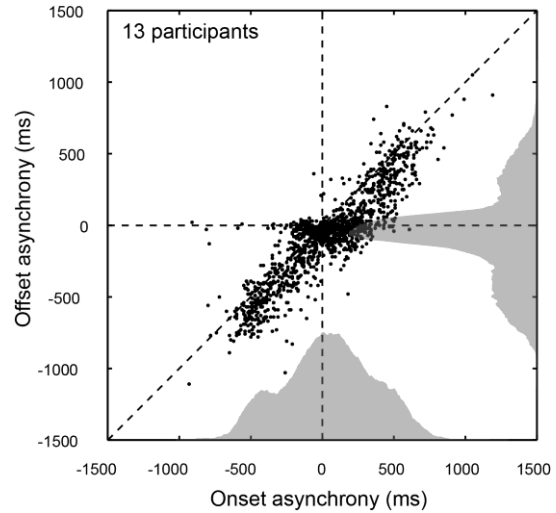


Figure 2. Distribution of onset and offset asynchrony between speech and pseudo-auditory feedback.

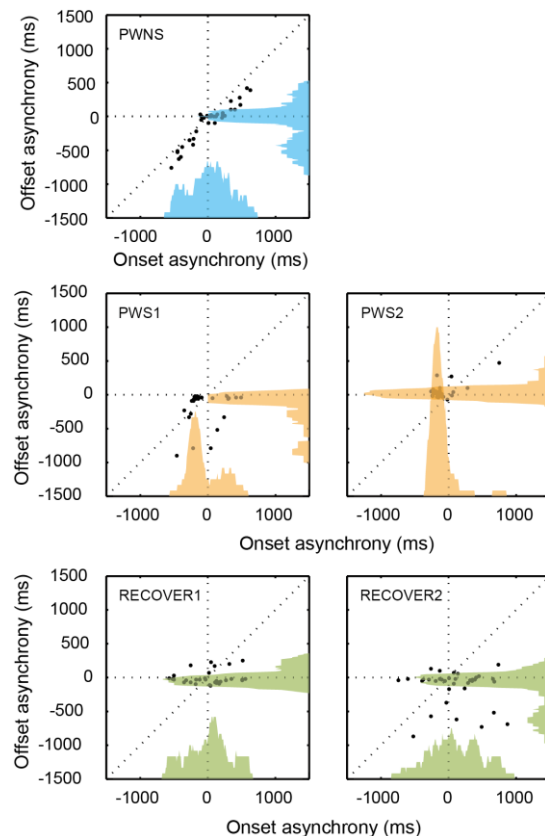


Figure 3. Distribution of onset and offset asynchrony between speech and pseudo-auditory feedback in persons who stutter, do not stutter, and recovered from stutter.

擬似帰還音声と発話のタイミングが近い場合に引き起こされる発話の擬似帰還音声に対する引き込み現象は非吃音者だけでなく、吃音者や自然治癒した元吃音者でも見られた (Fig. 3). しかし、吃音者では、発話と擬似帰還音声のタイミングを実験的に分散させていたにもかかわらず、一定の時間関係を保っており、常に擬似帰還音声が発話より 200 ms 程度先行していた。つまり、吃音者は文章の視覚提示から発話を開始しようとしていたが、実際に発話を開始することができたのは常に擬似帰還音声を聞いた 200 ms 後であったことが示された。

これらの結果から、非吃音者は発話の開始時においては聴覚フィードバックを用いることなく、フィードフォワード制御によって発話を開始することができるが、吃音者は発話の開始時から既にフィードフォワード制御よりもフィードバック制御が優勢であることが示唆された。同制御メカニズムは、吃音者が遅延聴覚フィードバックや斉唱によって流暢性を獲得可能であり、特に斉唱の効果が高いことを説明する実験的証拠である。

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 1 件)

- ① S Okazaki, K Mori, C Cai, Effects of delayed auditory feedback on the vocal time-reproduction. *Acoustical letter*, 31, 2010, 408-410. 査読あり

[学会発表] (計 2 件)

- ① S Okazaki, K Mori, C Cai, M Okada, Asynchronous auditory feedback paces speech. 9th Oxford Dysfluency Conference, 2011/09/03, St Catherine' College, Oxford, UK.
- ② 岡崎 俊太郎, 森 浩一, 蔡 暢, Asynchronous auditory feedback paces speech, 聴覚研究会, 2010 年 5 月 14 日, 同志社大学 (京都府)

[その他]

講演: 岡崎 俊太郎, 「吃音と聴覚」, 京都言友会吃音改善研究会例会, 2011 年 1 月 16 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡崎 俊太郎 (OKAZAKI SHUNTARO)

生理学研究所・大脳皮質機能研究系・特別協力研究員

研究者番号: 80455378