

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00366

研究課題名(和文) 発話・上肢・下肢の運動制御の個人差に着目した吃音の神経メカニズムの探求

研究課題名(英文) Exploring the neural mechanism of stuttering: individual differences in motor controls of speech, upper and lower limbs

研究代表者

豊村 暁 (Toyomura, Akira)

群馬大学・大学院保健学研究科・准教授

研究者番号：90421990

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：疑似対面発話時の脳活動を計測したところ、吃音の頻度と扁桃体の活動が有意に相関していた。下肢運動時の脳活動を計測するために、非磁性の円筒型トレッドミルを作成し、評価した。8週間のマインドフルネス瞑想法の練習が聴覚フィードバックを介した発話の知覚・生成過程に影響を及ぼした。3歳児の吃音の割合は1.41%、回復率は82.8%であり、1歳半における言語発達の程度によって回復率が有意に異なっていた。口唇運動の模倣時の運動野の働きには左右差があり、親密度によって異なっていた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

吃音は発話流暢性の障害であり、言語に関係なく世界に共通して吃音話者がいると考えられるが、吃音そのものの理解やメカニズムの解明は遅れている。社会における吃音の認知度も依然として低い。吃音に関する生理や行動の記述と、データに基づいたメカニズムの考察は、将来的には吃音への対応方法の改善につながると考える。本研究は吃音話者の神経活動や行動特性等を多角的に調査して、吃音のメカニズムの一部を明らかにすることを目標とした。

研究成果の概要(英文)：Stuttering frequency in adults who stutter and their amygdala activity were significantly correlated under the pseudo face-to-face communication. In order to measure brain activity during lower-limb movement, we developed an MR-compatible, cylindrical treadmill device and evaluated it in the real MRI scanner environment. Eight weeks of mindfulness meditation practice has significantly influenced the speech perception and production processes via auditory feedback. At the time of health care examination for 3-year-old children, the stuttering rate was 1.41% and the recovery rate was 82.8%. The recovery rate was significantly different depending on the language development at the 1.5-year health checkup. There was hemispheric laterality in the speech motor area during speech imitation. It was different depending on the familiarity level of the language.

研究分野：神経科学

キーワード：吃音 対面会話 扁桃体 下肢運動 マインドフルネス 吃音の有症率と発症率 発話運動の模倣 聴覚フィードバック

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

吃音は発話流暢性の障害であり、ことばの繰り返し(連発)、引き伸ばし(伸発)、ブロック(難発)が主に語頭において現れるほか、まばたきや手足の動作など、随伴症状を伴うこともある。言語に関係なく世界各国に吃音話者がいると考えられ、多くは幼児期に発症し、発症率は5~11%程度、有症率は1%程度と推測されている。近年、メディアなどを通じて吃音の認知度が高まっていると考えられる。一方で、長く悩み続けてきた自分の発話症状が「吃音」であったことを、成人後、インターネットを通じて初めて知る、という当事者の声をしばしば耳にする。このような現象は、吃音の社会における認識が依然として十分でなく、(近年、発達障害者支援法に吃音が含まれたものの、)社会的・医療的サポートも十分でないことを示唆する。「単なる気持ちの問題」という誤解や、「緊張しなければよい」といったアドバイス、「何もせず様子を見る」対応などもいまだにあるようである。原因の一つとして考えられるのは、これまで吃音が科学的研究の対象とされることが少なかった点が挙げられる。吃音とはどのような行動特性を示し、どのような生理現象なのか、吃音の原因は何であるのか等、吃音に対する科学的な理解の不足が考えられる。表面上は症状が軽い話者であっても、本人は深く悩んでいるケースも非常に多い。社会的・医療的認識の程度の軽さと、吃音当事者の悩みの深さに依然として大きな溝がある。

2. 研究の目的

吃音に関する神経科学の研究の成果は、近年世界各地から報告されており、徐々に理解が進んでいる。吃音話者の言語処理時や発話運動時は、流ちょうな話者と比較して、複数の脳部位において活動強度が異なることが報告されている。しかしながら、ヒトを対象とした実験では、実験環境や条件のわずかな違いによって参加者の反応が大きな影響を受けるため、常に一貫した結果が得られている訳ではない。また、脳計測装置を用いた実験は、吃音が出現するような日常のコミュニケーションとはかけ離れているという問題もある。

本研究は吃音話者の神経活動や行動特性等を多角的に調査して、吃音のメカニズムの一部を明らかにすることを目標とした。また、将来的には吃音の流暢性促進につながることを目指した。

以下のいくつかの研究は、以前の科研費課題においても記載しているが、本研究課題期間中にデータの精査と再解析・論文化の作業等を行い、出版に至ったため、本報告書に記載する。

(1) 対面会話時の脳活動の研究

脳計測時の発話環境が日常のコミュニケーションとは異なるという問題がこれまでのほとんどの脳計測研究に当てはまる。例えば、多くの研究では参加者は計測機器の中で一人きりで、ディスプレイ等に表示される教示に従って発話したり、頭の中で発話をイメージしたりしている。一方で、吃音は状況依存的な非流暢性を示すことが知られ、例えば、知らない他人と会話する際には吃音が出やすいが、子供や動物に話しかける際や、独り言では吃音が現れにくい。本研究では、これらの問題を克服するために、計測装置の中で参加者が他者と擬似的に対面した状態で会話(質疑応答)する際の脳計測を試みることで、より実際のコミュニケーションに近い状況における吃音発生時の神経活動を調べた。

(2) 下肢運動時の脳計測の試み

吃音が言語処理や発話に関わることから、これまでの脳計測研究では、主に言語や発話に関するタスクを参加者に課して、その際の脳活動を捉える研究がほとんどである。特異な反応を示す部位は、発話や言語処理に関わる部位の報告が多いが、そうではない部位もある。例えば、しばしば報告される部位である、大脳基底核や小脳といった部位は、機能として必ずしも言語や発話に特化せず、運動全般の制御に関わる。これは、吃音が発話や言語に関わる処理だけでなく、発話運動を含めたより広範囲の運動制御に関わることを示唆している。また、吃音話者は、発話の流暢性だけでなく、上肢運動の成績が非吃音話者と異なるという研究が複数存在する。従って、吃音とは発話生成の神経機構に特化した問題なのか、あるいは吃音話者の運動制御一般の性質が異なるため、制御が複雑な発話運動に出現した現象であるのかは明らかでない。もし、発話生成に関わる神経機構にのみ関連するのではなく、運動制御一般に関連するのであれば、吃音の流暢性獲得のトレーニングには、運動制御能力全般を底上げするという、別のアプローチの可能性が見えてくる。上肢運動に関する脳イメージング研究は多くあるが、MRI 環境内では姿勢や体動の制限があるため、下肢運動時の脳活動を報告した研究は限られている。そこで本研究では、MRI 内で下肢運動が可能な装置の作成から開始することとした。仰臥位のまま下肢運動が可能な非磁性の装置を作成し、研究に利用可能かどうかを検討した。

(3) 吃音の有症率・発症率に関する研究

吃音の有症率は海外の文献では1%前後、発症率は5~11%程度であると報告されているが、日本国内の有症率・発症率は不明である。発症から数年以内における対応の有無が生涯の吃症状に大きな影響を与えることを考えると、国内における吃音の有症率/発症率を具体的な数値として把握することは重要な作業と考える。また、社会的・医療的なサポートの少なさは、吃音話者がどれくらい存在するのか、という統計データの不足とも関連していると思われる。もし吃音話者の割合が具体的な数が把握され、社会の中に一定数存在することが認知されれば、吃音に対する理解や支援につながることも考える。そこで本研究では、人口が約8万人の、日本国内のある地

域に住む3歳児の吃音児の割合について調査した。

(4) マインドフルネス瞑想法の聴覚フィードバックへの影響の研究

聴覚フィードバックを介した発話時の自分の声の知覚は、発話の生成や学習に重要な役割を果たすことが知られている。また、聴覚フィードバックの性質は吃音話者と非吃音話者で異なり、個人差も大きい。気づきを向上させる訓練法の一つとしてマインドフルネス瞑想法が知られている。マインドフルネス瞑想法は、近年、様々な疾患への応用研究が盛んであり、精神および身体の状態を整える手法でもある。聴覚フィードバックを含めた自己の感覚への気づきに注目することは、吃音の理解や改善のヒントとなるかもしれない。そこで本研究では、マインドフルネス瞑想法の長期に渡る練習が、聴覚フィードバックを介した発話の生成や知覚を変化させるかを検討した。

(5) 口唇運動の模倣に関する神経機構の検討

ヒトは他者の発話運動や音声を模倣しながら言語を獲得する。日常のコミュニケーション場面でも、話者は対面者の声の大きさや、基本周波数、文構造を無意識に模倣する傾向にあるだけでなく、姿勢や顔の表情、息使いをも模倣することが知られている。発話模倣に関する神経基盤は、脳機能や脳構造の点から検討されてきた。聴覚野、縁上回、ウェルニッケ野などが関与する他、模倣の能力は左の縁上回および中心後回の活動、および左の運動前野、ブローカ野、左の下頭頂小葉の灰白質容量と関係するとの報告がある。一方で、現在まで、視覚的な情報として重要な口唇運動の模倣の神経機構については十分に検討されていない。本研究では、話者にとって親密度の異なる言語の口唇運動を模倣し、その際の脳活動を計測することで、発話模倣の神経メカニズムについて考察した。

3. 研究の方法

(1) 対面会話時の脳活動の研究

参加者は18名の吃音話者(平均年齢31.1歳)と18名の非吃音話者(平均年齢28.3歳)である。MRI装置内の参加者は、別室にいる異性の他者から質問を受け、答えた。スクリーン上の文章による質問に答える条件も用いた。タスク中、参加者は、ビデオと音響経路を通じて質問者とオンラインでやり取りした。質問の内容は、本人の名前や住所をはじめ、言い換えが難しい質問とした。実験後には、タスク中の不安感や、日常のコミュニケーションにおける対人不安度等を調べた。

(2) 下肢運動時の脳計測の試み

非磁性の円筒型トレッドミル装置を手作業で作成した。MRI画像への影響の有無を確かめるために、fMRIで用いられる高速撮像法を用いて、装置無し、装置静止時、および人がMRI装置の横に立って装置を回している時にファントムを撮像した。さらに、20名の協力者(すべて非吃音話者、平均年齢21.9歳)を対象に、足で装置を動かしている際の脳活動のデータを取得した。

(3) 吃音の有症率・発症率に関する研究

人口が約8万人の、日本国内のある地域に住む3歳児の吃音児の割合について、3歳児健診および1歳半健診のデータに対するアクセスの許可を得て、2,274人を対象として調査した。3歳児点における吃音児の割合を算出し、さらに、回復率、男女比、3歳時点で吃音があった児の1歳半時における言葉の遅れとの関連などを調査した。

(4) マインドフルネス瞑想法の聴覚フィードバックへの影響の研究

参加者は30名の非吃音話者(平均年齢22.1歳)である。参加者のうち、瞑想群(15名)は8週間、週5日以上、CDの教示に従って、マインドフルネス瞑想法の練習を行った。瞑想の種類は集中型瞑想と開放型瞑想の2種であった。統制群(15名)には日常生活における特定の指示は行わなかった。8週間前後の実験において、聴覚フィードバックの変化を調査するために、行動実験として遅延聴覚フィードバック(delayed auditory feedback: DAF)条件下における文章読みタスクを行った。これらの実験は8週間前後において各2回ずつ、16分間の瞑想前後(統制群はニュースを聞く課題前後)に行った。さらに、自己の発声音声の聴覚フィードバック音に対する脳活動を調査するために、短い/a/の発声時、200ms遅延で届く聴覚フィードバック音にロックした事象関連電位を計算した。計測では64ch脳波計を用いて脳波を取得し、頭頂9chのデータを用いて事象関連電位を算出した。

(5) 口唇運動の模倣に関する神経機構の検討

参加者は16名の非吃音話者(平均年齢23.8歳)である。発話模倣に用いる視覚刺激として、母語(日本語)、なじみのない外国語(スワヒリ語)、ランダムな口の動きの3種の口唇運動のビデオを作成した。MRI撮影では、6.5秒の遅延時間のスパース撮像を行った。6.5秒のうち、最初の3秒で口唇運動のビデオを提示し、その後すぐに参加者はビデオを模倣した。3種の親密度の異なる言語の口唇運動を模倣している際の脳活動を比較した。

4. 研究成果

(1) 対面会話時の脳活動の研究 (*Neuroscience*, 374, 144-154, 2018)

MRI 実験中に吃音が多く出た話者は、あまり出なかった群と比較して、発話せずに対面者をただじっと見つめる条件において、右半球の扁桃体や左半球の海馬など、情動に関わる辺縁系の活動が有意に高かった。また、右半球の扁桃体の活動強度は、対面会話中の吃音の頻度と有意に相関していた。これまで吃音が情動と関わることは指摘されてきたが、吃音の出現と対面会話中の辺縁系の活動との関連を報告したのは本研究がはじめてであり、吃音への対応において情動面のアプローチも重要であることを示唆する結果である。

(2) 下肢運動時の脳計測の試み (*Journal of Neuroscience Methods*, 307, 14-22, 2018)

作成した装置を MRI 装置に設置した状態でファントムを撮像したところ、装置無し、装置静止時、および人がボアの横に立って装置を回している時の比較において、有意な画像の差はなかった。MRI ボア内に参加者が入り、足で装置を回している際の脳活動を計測したところ、レスト時と比較して、下肢の領域に相当する運動野背側部の領域が広く活動した。本装置はヒトの下肢運動に関する神経基盤の研究を始め、リハビリテーションの評価などに応用可能であると考えられる。

(3) 吃音の有症率・発症率に関する研究 (*Journal of Fluency Disorders*, 56, 45-54, 2018)

2,274 人の 3 歳児のうち、1.41% (32 人, 95%信頼区間: 0.92%–1.89%) が吃音を有しており、男女比は 1.57:1 であった。82.8% が 1 年以内に自然回復した。一方で自然回復した男女の割合は、0.86:1 であった。1 歳半健診において、通常の言語発達を示した子供は 91.3% が吃音から 1 年以内に自然回復したが、言葉が遅かった子供は 50% のみが自然回復した。兄弟の有無と吃音の回復率を調べたところ、一人っ子は 50% が自然回復し、兄弟を有する子供は 90% 以上が自然回復した。本研究のデータは日本国内ではじめて健診における吃音児の割合を報告したものである。一定数の吃音児がいるため、早期の適切な支援が必要である。

全国で行われている健診の手続きに大きな差がないと考えると、本研究から、健診の一般的な手続きによって同定される 3 歳の吃音児は 1~2% 程度と考えられる。ただし、吃音児を探す目的で調査をした場合、より高い発症率 (有症率) をもたらすと考えられ、近年の研究ではその傾向が見られる。

(4) マインドフルネス瞑想法の聴覚フィードバックへの影響の研究 (*International Journal of Psychophysiology*, 138, 38-46, 2019)

瞑想群は 8 週間の練習後の実験において、16 分間の瞑想後、DAF 条件下の発話で流暢性の有意な上昇が観察され、発話時の遅延聴覚フィードバック音声/a/ に対する頭頂部の聴覚誘発電位は、潜時 100ms 前後の振幅が有意に変化した。また、日常の感情面においても群間で異なる変化が観察された。本実験の結果は、マインドフルネス瞑想法が聴覚フィードバックを介した発話の知覚・生成過程に影響を及ぼすことを示唆している。今後、感覚フィードバックが関わる疾患のリハビリ現場などにマインドフルネス瞑想法を取り入れることで、リハビリ効果の向上が期待できるかもしれない。

(5) 口唇運動の模倣に関する神経機構の検討 (*Acoustical Science and Technology*, 39, 6, 432-435, 2018)

母語の模倣時は右半球運動野の活動 (中前頭回, BA6 野) のみが観察された一方、なじみのない外国語の模倣時には、左半球の運動野および補足運動野の活動が観察された。ランダムな口の動きの模倣時には有意な活動は無かった。本研究の結果から、口唇運動の模倣時の運動野の働きには左右差があり、すでに獲得済みの言語の模倣には右半球の運動野、なじみのない言語の模倣には左半球の運動野が関与することが示唆される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Toyomura A., Yokosawa K., Shimojo A., Fujii T., Kuriki S.	4. 巻 307
2. 論文標題 Turning a cylindrical treadmill with feet: An MR-compatible device for assessment of the neural correlates of lower-limb movement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of neuroscience methods	6. 最初と最後の頁 14-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jneumeth.2018.06.006	査読の有無 有
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 Toyomura A., Fujii T., Kuriki S.	4. 巻 39
2. 論文標題 Hemispheric laterality of the motor cortex involved in imitation of lip movement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 432-435
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1250/ast.39.432	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 Miyashiro D., Toyomura A., Haitani T., Kumano H.	4. 巻 138
2. 論文標題 Altered auditory feedback perception following an 8-week mindfulness meditation practice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 38-46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijpsycho.2019.01.010	査読の有無 有
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 Toyomura A, Fujii T, Yokosawa K, Kuriki S	4. 巻 374
2. 論文標題 Speech Disfluency-dependent Amygdala Activity in Adults Who Stutter: Neuroimaging of Interpersonal Communication in MRI Scanner Environment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 144-154
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neuroscience.2018.01.037	査読の有無 有
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 Shimada M, Toyomura A, Fujii T, Minami T	4. 巻 56
2. 論文標題 Children who stutter at 3 years of age: A community-based study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fluency Disorders	6. 最初と最後の頁 45-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfludis.2018.02.002	査読の有無 有
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 Toyomura A, Yokosawa K, Kuriki S	4. 巻 6
2. 論文標題 Fluctuation of lower limb movement in the MRI Bore: Different contributions of the cortical and subcortical locomotor region.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 15-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.14326/abe.6.15	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 -

[学会発表] 計14件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Toyomura A., Fujii T., Sowman PF.
2. 発表標題 Timing disorder of adults who stutter: Evidence from bimanual coordination tasks
3. 学会等名 IFA World Congress 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shimada M., Fujii T., Toyomura A.
2. 発表標題 Tele-therapy of a child who stutters: a case study using sound recording and e-mail
3. 学会等名 IFA World Congress 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊村暁、横澤宏一、下條暁司、藤井哲之進、栗城真也
2. 発表標題 下肢運動に関連する脳活動を計測するための手法の検討
3. 学会等名 第12回Motor Control研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星野孝文、豊村暁、寺内萌絵、高橋徹、廣神佑香、成島響子、灰谷知純、熊野宏昭、三井真一
2. 発表標題 呼吸に同期した純音の提示による数息観時のマインドワンダリング抑制効果の検討
3. 学会等名 第65回北関東医学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺内萌絵、豊村暁、星野孝文、高橋徹、成島響子、廣神佑香、灰谷知純、三井真一、熊野宏昭
2. 発表標題 脳波を用いたマインドフルネス瞑想中のニューロフィードバックに関する研究
3. 学会等名 第65回北関東医学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 星野孝文、豊村暁、寺内萌絵、高橋徹、廣神佑香、成島響子、灰谷知純、熊野宏昭、三井真一
2. 発表標題 バイオフィードバックを用いた数息観時のマインドワンダリング抑制効果の検討
3. 学会等名 日本生体医工学会関東支部 若手研究者発表会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊村暁, 藤井哲之進, 横澤宏一, 栗城真也
2. 発表標題 対面会話中の吃頻度に相関する扁桃体の活動
3. 学会等名 日本吃音・流暢性障害学会第5回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮代大輝, 豊村暁, 灰谷知純, 熊野宏昭
2. 発表標題 マインドfulness瞑想訓練による聴覚フィードバック知覚の変化
3. 学会等名 日本吃音・流暢性障害学会第5回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 豊村 暁, 藤井哲之進, Kazuyo Nakabayashi, David R Smith, 外山淳, 川端康弘
2. 発表標題 話者の声の大きさと好みの大きさの関係についての考察
3. 学会等名 日本音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊村暁, 宮代大輝, 栗城真也
2. 発表標題 遅延聴覚フィードバック音声に対する聴覚誘発電位の測定方法についての検討
3. 学会等名 第4回吃音・流暢性障害学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toyomura A, Yokosawa K, Kuriki S
2. 発表標題 Fluctuation of lower limb movement in the MRI Bore: Different contributions of the cortical and subcortical locomotor region.
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 豊村暁
2. 発表標題 吃音のメカニズムに関する研究の紹介
3. 学会等名 北見吃音サロン「なんだろう？吃音 ～早期発見と早期支援の必要性，社会的支援の意義を考える」（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 豊村暁，藤井哲之進，栗城眞也
2. 発表標題 口唇運動の模倣に関与する神経機構の検討
3. 学会等名 日本音響学会2017年春季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井哲之進，島田美智子，豊村暁
2. 発表標題 言語指導における保護者の吃音に対する意識変容について - 保護者の日誌解析から
3. 学会等名 日本吃音・流暢性障害学会 第7回大会
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----