

英語スピーキングパフォーマンスに対するポジティブな フィードバックが認知プロセスに与える影響 －行動及び脳賦活のデータの観点から－

PATERSON Rebecca Lee

1. はじめに

不安は心拍数の上昇や発汗、血圧の上昇、呼吸数の増加など闘争・逃走反応を特徴づける交感神経系の活性化に伴う症状を含む生理学的な反応であると同時に、認知的な側面も持っている (Vasa & Pine, 2004). 不安は、起こりうる負の出来事に備えようとする緊張に起因するものであり、外国語スピーキングのような認知的なタスクにおいて認知機能が適切に働くことを妨げ、パフォーマンス低下につながるとされる (Zuniga & Simard, 2022). そういった認知的な側面に注目し、スピーキングを含んだ外国語学習に対する不安への対策に関する検討が進められている (MacIntyre, 2017 参照). 例えば、不安の悪影響を解消しうるポジティブな感情を学習者に与える方法が挙げられ、幸福な感情は不安が認知パフォーマンスへ与える悪影響を緩和すると考えられている (Fredrickson, 1998). しかし、外国語のスピーキングにおいても同様の効果が得られるかや、認知を担う脳への影響については実証されていない. そこで、本研究は、外国語不安が引き起こされた状況において、ポジティブな感情を引き起こすことで、認知課題のパフォーマンス及び課題遂行中の脳賦活に良好な影響を与えられるかを測定する実験を実施した.

1.1. 認知プロセスへの影響

数学試験、母語での発表、外国語会話等、いずれにおいてもワーキングメモリ (WM) が担う認知プロセスを使用するため、それが妨害された場合、外的なパフォーマンスに影響するという見解が広く受け入れられている. 認知プロセスを妨げる要因として、不安が WM の処理不可能な負荷をかけるという Eysenck et al. (2007) の注意制御理論 (Attention Control Theory; ACT) が挙げられる.

この理論は、注意を目標指向型と刺激駆動型の二つに分類し、認知への不安の影響を説明する. この理論によれば、脅威関連の刺激などの不安を引き起こす要因が認識されると、注意システムが遂行中のタスクに向けた目標指向型から刺激駆動型に切り替えられ、目標指向型の効率的な機能が害される. さらにタスクを遂行するために用いられる認知資源の割り当てが不十分になった結果、パフォーマンスが低下すると想定されている. このような変動係数の低下が見られるのは、目標指向型の注意システムに再び切り替える能力を担う中央実行機能の制御 (inhibition) と切り替え (switching) の機能不全に起因する (Eysenck et al., 2007).

注意制御理論の立証には主に感情的ストループ課題が用いられている。Richards & French (1990) は感情的ストループ課題を用い、特性不安が高い参加者において、脅威関連の単語に対してはストループ効果が見られた一方で、嬉しさに関連する単語ではこの効果が生じなかったという結果を報告している。感情を表す単語を刺激としない一般的なストループ課題の試行中に、実験協力者に中立（無感情）または脅威的な阻害刺激を与えた Kalanthroff et al. (2016) の研究においても、特性不安が高い参加者においてのみ注意制御の減少が見えた。

1.2. ポジティブ感情と認知

Fredrickson の Broaden and Build Theory (Fredrickson, 1998) は、不安や恐怖などのようなネガティブな感情に対して、ポジティブな感情には認知プロセスを促進する効果があるだけでなく、回復的な効果があると主張し、日常的なウェルビーイングのみならず外国語不安の研究にも応用されている (2.5 参照)。この理論の基本的な仮説によれば、嬉しさ、楽しさ、好奇心、フローなどといったポジティブな感情は、認知資源を増やすなど、認知的機能を広げる (“broaden”)。また、ポジティブな感情を体験する過程及びその結果として、対人関係の改善や知識の増加など、人の日常生活に影響するリソースを増加させる建設的な効果があるという。Xue et al. (2013) が健常者を対象にした実験では、視覚注意を測定する Simon タスクにおいて、中立的な表情に比べ、ポジティブな表情が提示された不一致条件では反応時間が速いという結果が得られた。このことから、彼らは、ポジティブな感情は認知的葛藤の解決に寄与するという結論に至った。さらに、ストループ課題においても、ポジティブな感情を引き起こすことにより、不一致条件で見られる制御の機能不全の程度が軽減される一方で、ネガティブな感情の条件下では制御の機能不全の程度が増加したという報告がある (Strauss & Allen, 2007)。

1.3. 脳とネガティブな感情

不安に代表されるネガティブな感情と脳の関連性を立証する研究は近年増加している。不安による認知機能の低下についての ACT の仮説を踏まえ、多くの先行研究はそのパフォーマンスの低下を裏付ける脳活動を検討してきた。Eysenck et al. (2022) のレビュー論文によると、中央実行機能に密接につながっている背外側前頭前野 (DLPFC) が含まれている前頭-頭頂ネットワーク (FPN) に焦点を当てた場合、感情的ストループ課題の実施時において、健常者は FPN とデフォルトモードネットワークの活性度が負の相関関係を持っているのに対し、特性不安の傾向を持っている人には負の相関が見えないことがあるという (Eysenck et al., 2022)。つまり、両方のネットワークに強い活性化が報告されている。また、中央実行機能が必要となるタスクにおいては、不安を抱えやすい実験参加者は DLPFC の活性化が健常者よりも強いことから、補償方略の利用または脳内ネットワークにおける接続の機能不全が示唆されている (Eysenck et al., 2022)。しかし、不安が発生すると、DLPFC などを含む幅広い脳内領域に強い活性化が期待できるという仮説に反する先行研究の例もある。例えば、Tseng et al. (2018) が機能的近赤外分光分析法 (fNIRS) を使用した実験では、WM タスクの難度が上がるにつれ、右側腹内側前頭前野及び前頭眼窩野において活性度が上昇するのに対し、不安を引き起こす脅威的な画像を定期的にタスク中に提示すると、状態不安が高い試行において両側腹内側前頭前野の活性と不安度が

負の相関を示した。こうした先行研究の結果を踏まえると負の感情が発生している条件において、中央実行機能を担う前頭葉の領域に強いまたは低い活性化を期待すべきであるかという問題に関し、脳内ネットワークの観点あるいは特定の領域の活動に基づいて解釈するか、不安を引き起こすための刺激の種類や、参加者は健常者かどうかという条件の考慮が重要であると考えられる。

1.4. 脳とポジティブな感情

ネガティブ感情を対象とした研究同様に、ポジティブ感情を対象とした研究でも DLPFC の重要性が示唆されている。Kreplin & Fairclough (2013) は実験参加者に快画像または不快画像を提示しつつ、類似した画像の相違点を検出するタスクを行なってもらったところ、快画像の試行の際には、fNIRS の計測において吻側前頭葉に見えた酸素化ヘモグロビン変化量が不快画像の試行より多かった。DLPFC の脳賦活に焦点を当てた Herrington et al. (2005) の fMRI を用いた研究においては、左側 DLPFC とポジティブな感情の関連性を裏付ける結果を得た。健常者を対象とし、感情に関する単語に付された色名を判断する実験において、ポジティブな感情に関する単語が左側 DLPFC に有意に強い脳賦活をもたらすことが報告されている。さらに、Balconi & Ferrari (2012) は、実験参加者に実験前に感情に関する単語を暗記するように課し、それらを想起させながら、左側 DLPFC を反復性経頭蓋磁気刺激法 (rTMS) を用いて活性化させた。そうすると、ポジティブな感情に関する単語の想起に要する反応時間はネガティブのものより短い結果となった。左側 DLPFC の活性化とポジティブな感情の関連性が見えた要因として、認知資源が利用可能になったからと解釈できる (Herrington et al., 2005)。つまり、実験結果は脳内活性化の高低のみから解釈するのではなく、快・不快感情という文脈およびパフォーマンス低下の有無に基づいて検討する必要がある。

1.5. 外国語不安

不安が発生条件の観点でみれば、性格を安定した要因とする特性不安と、瞬間的かつ一時的に発生する状態不安の 2 種類に分けることが古典的な分類法であるが、近年新たな種類として特定状態不安が認められつつある。これは、特定の場面において不安が反復的に発生することにより、特定の場面が不安の発生と関連づけられ、不安を引き起こしやすい環境でなくともその関連性により自然発生する種類の不安である。外国語不安も特定状態不安の一種である。

外国語不安は、リスニングやスピーキングなどの四技能を応用するなどの外国語学習に関して全般的に生じる不安を総称するもので、全種類の不安に見られる生理学的、認知的、行動的な反応が起こりうるが、学習者の個人差を筆頭に、環境や対人関係、時間的な要因に左右される現象である (MacIntyre, 2017)。スピーキングに関する先行研究に注目すると、外国語不安はパフォーマンスに負の影響を与えるという結論に至る。流暢な表出を支える認知プロセスの低下、例えば不安の程度が高い条件下でシラブル表出率や言い淀みの発生率、エラー率の上昇などの結果が報告されている (Mora et al., 2024; Perez Castillejo, 2019; Zuniga & Simard, 2022)。それらの結果の背景に、ACT が想定している中央実行機能の機能不全の影響があるとされる。つまり、スピーキング中に語彙知識の検出など必要な WM プロセス及びモニタリングや制御など

の中央実行機能の実行が不安の影響により妨害されると考えられる (Perez-Castillejo, 2019; Zuniga & Simard, 2022).

1.6. 本研究の目的

英語スピーキングは、多くの日本人英語学習者にとって外国語不安を引き起こしやすい活動であり、英語教育の大きな障壁である (King, 2013). ポジティブ心理学を導入した教育法は、認知的かつ社会的な面で有望であり、スピーキング教育に適応することで、英語スピーキングに対する日本人学習者の外国語不安の解消法の一つになるだろう。しかし、認知心理学的な観点による実証実験はあまり行われておらず、その効果は不明である。こうした問題を踏まえ、ポジティブな感情を引き起こしうるポジティブなフィードバックを受けることが、認知課題のパフォーマンスと認知機能を担う脳活動にいかに関与するのかわかるという概念実証を目的とした実験を行った。本研究において、英語スピーキングに対する不安を引き起こすタスクの後、コメントあり群に割り当てられた参加者にスピーキングパフォーマンスに関して一般的なフィードバックを与え、コメント前後のストループ課題のパフォーマンスと脳内酸素化ヘモグロビン変化量の変化を、対照群（コメントなし群）と比べた。

先行研究の結果に基づいて、二つの仮説を立てた。一つ目に、中央実行機能への良好な効果を期待し、コメントあり群は、対照群と比較して、エラー数とポーズ（反応時間）が減り、回答単語数が増加するというものである。二つ目に、脳内血流の上昇が認知資源の増加を示唆するという説に従い (2.4 参照)、コメントあり群のポジティブな感情に反応しやすいと報告されている左半球の DLPFC のみに酸素化ヘモグロビン変化量の増加を予測する (Herrington et al., 2005)。なお、スピーキングパフォーマンスと心電図、質問紙のデータなどの公開済みではないデータも収集したが、本稿の扱う範囲を超えているため、ストループ課題に関するデータのみを報告する。

2. 方法

2.1. 実験参加者

実験参加者は日本語を母語とする大学生または大学院生 32 名（男性 17 名、女性 15 名；平均年齢 = 22.2 歳；標準偏差 = 2.5）であり、精神疾患及び心臓疾患を持っていないことが確認された。実験の第一目標としてスピーキングパフォーマンスに対する不安とポジティブ感情の影響を立証するために、1 ヶ月以上の留学経験を持っていないという必須条件を設定した。サンプルサイズに関しては fNIRS の先行研究を踏まえたものであり、言語に関する先行研究では一般的に約 8 名から 15 名からの参加者が報告されている (Soutanlou et al., 2018 参照)。それに加え、概念実証を目的とした研究として、統計検定が行えるように最低 30 名の参加者を募集したため (Serdar et al., 2021)、今回の実験では検出力分析は行っていない。

2.2. 課題

2.2.1. ストループ課題

本研究に用いたストループ課題は、色名を読み上げるピクトリア式ストループ課題（菊池・

田浦, 2011) であった。多くの研究で用いられているボタン操作を必要とするプログラム上のストループ課題を用いなかったのには主に 2 つの理由がある。第一に、スピーキングプロセスをターゲットにした実験であったため、認知プロセスに基づいた言語表出システムの実態を直接的に検討するためである。第二に、fNIRS のオプトード (送光・受光ファイバ) をヘッドギアに差し込むと重くなり、実験参加者がキーボードを見ようとするはずれてしまう可能性があるので、声を出すだけで完了できるビクトリア式ストループを用い、下を向けなければならない回数を減らすようにしたためである。

バイリンガルの認知プロセスに関するストループ課題を用いた fNIRS 研究方法 (菊池・田浦, 2011) に従い、ストループ課題を課したのは 4 回 (ブロック) であり、1 つのブロックは 3 つの試行から成り立っていた。1 回目の試行は中立条件であり、画面に 3x10 (合計 30 個) 表示されている赤色または青色、黄色、緑色の丸を英語で言うように指示した。2 回目は画面に 6x5 (合計 30 語) の色の英単語が提示された一致条件であった。参加者に単語をそのまま読み上げてもらった。最後の試行は不一致条件であった。一致条件と同様に、6x5 (合計 30 個) の色の単語を提示したが、色名と単語は一致させず、参加者に単語ではなく色名を読み上げてもらった。それぞれの試行は 15 秒間行い、中立条件と一致条件、一致条件と不一致条件の間に 1 秒間の注視点が提示された。また、ブロックが 4 回設定されていたが、丸印及び単語、色の順番が毎回異なるようにリストをランダム化し、同じ色が連続して提示されないようにしたうえで単語の色付けは無操作に行なった。

2.1.2. スピーキング課題

外国語不安を引き起こすタスクとして、コマ漫画の説明タスクを選択した (Suzukida & Saito, 2023)。このタスクは、英検準 1 級の問題に採用されており、大学生のレベルにふさわしいと判断した。4 コマ漫画が提示された後、1 分間の準備時間を与えた。その後、1 秒の注視点が現れ、2 分間で漫画の流れを説明するように指示した。このタスクには A と B の 2 種類があり、2 つのタスクの順序効果を防止するために、タスクが提示される順番は AB 群または BA 群に半分ずつ設定された。なお、参加者は準備時間中に筆記によるメモなどは禁止した。

2.1.3. ポジティブな感情の操作

コメントあり群 (実験群) に割り当てられた参加者には、実験者がスクリプトから読み上げた語彙知識や発音など様々言語知識を包括できる一般的なポジティブなコメントを提示した。ただし、コメントがポジティブであるかにかかわらず、「実験者に評価される」ことに起因する不安を引き起こす可能性があったため、対照群に割り当てられた参加者にも、具体的なフィードバックが含まれないコメントを提示した。スピーキングタスク遂行で不安が発生しない参加者がいることを想定した上で、パフォーマンスについて評価されることが伝えられると、英語スピーキングに対する不安が増すという生態学的に妥当性の高い実験状況を設定した。

2.3. 機材

脳活動の測定には、近赤外光により、大脳新皮質の酸素化および脱酸素化ヘモグロビンをと

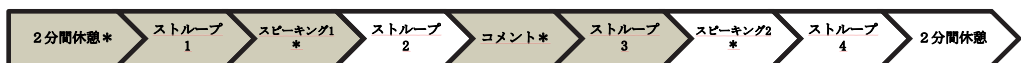
らえる光脳機能イメージ測定機である FOIRE-3000 (Functional Optical Imager for Research; 島津製作所) を用いた。この装置では、送光ファイバから 3 種類の波長 (780 nm, 805 nm, 830 nm) の近赤外光を頭皮上から脳表面へ照射し、受光ファイバで脳内からの散乱光を検出する。脳表面から検出された散乱光に含まれる 3 種類の波長から 3 波長吸光度演算法により、酸素化ヘモグロビン量 (oxyHb)、脱酸素化ヘモグロビン量 (deoxyHb)、並びにそれらの合計量である総ヘモグロビン量 (totalHb) の、初期値からの相対変化量をそれぞれ推定することができる。本研究では、脳活動の増加が示唆できる酸素化ヘモグロビン変化量のみを分析に選んだ (Ayabe et al., 2022)。FOIRE-3000 は送光ファイバ及び受光ファイバは 16 個ずつのセットが使用可能であるが、中央実行機能を示す前頭葉の活動のみを測定するため、42 チャンネルを相当する受光ファイバ 13 個目と送光ファイバ 14 個目を 3x9 ファイバホルダーのヘッドギアに装着した。

42 チャンネルで前頭葉全面がほとんど測定可能であるが、中央実行機能における感情の影響を検討することを目的としているため、背外側前頭前野 (DLPFC) を覆っているチャンネルのみを解析対象とした。ヘッドギアは国際 10/20 により設置され、F3 及び F4 に相当すると判断されたが、実験後にディジタルライザを用い、それぞれの参加者の頭に覆っていたそれぞれの送光・受光ファイバの位置を推定し、脳の図に重ねて可視化した上で位置を確認した (Fusion, 島津製作所)。一般的に、左側 DLPFC はチャンネル 24 であり、右側はチャンネル 19 であったが、参加者の頭の大きさに位置がやや影響されたため、脳の解剖的な情報に従って DLPFC の位置を確認し、DLPFC をカバーする個々のチャンネルを脳の図で確認した上で個別に解析した。

2.4. 手続き

実験所要時間は約 90 分間であった。質問紙の配布と機材の装置、スピーキングタスクの説明・準備・実施、実験後面接が省略されているが、図 1 で描写されている手続きに従って実施された。本論文では図 1 における灰色の箇所を扱う。初めに、実験参加者を実験室に案内した後、実験用パソコンが設置された机を挟んで、実験者と対面する位置に置かれた椅子に着席してもらった。そこで、紙媒体の説明同意書と質問紙の記入を行った後、心電図の電極と fNIRS のヘッドギアを装着した。本実験では最初に 2 分間のベースラインを取るための休憩に入る前に 20 秒間の注視点の画面を提示した。ここからは、脳内血流を安定させるために、20 秒間の注視点それぞれのブロックに挟みつつストループ課題とスピーキングタスクを、図 1 の順番で進めた。さらに、*印で示されている段階において、0% から 100% までの 10 件法の質問紙により、主観的な不安の程度 (不安度) を参加者に記入してもらった。

図 1 実験の流れ (所要時間は約 90 分)



*は不安度の確認

2.5. 分析

分析では、ストループ課題のパフォーマンスと DLPFC の Oxy-Hb、行動データと脳内賦活データの 2 種類に注目した。参加者それぞれはベースラインが異なるため、コメント直後の数値

からベースラインの数値を引いた後で分析を行なった。つまり、ストループ課題のそれぞれのパフォーマンス数値は、第3ストループ課題（コメント直後）から第1ストループ課題1を引いた結果の差分である。Oxy-Hbについても、対象のブロックごとにOxy-Hbの平均を計算した上で、第3ストループ課題並びに第1ストループ課題の際のOxy-Hbの平均から休憩中の平均を引いてから同様の作業を行った（Ayabe et al., 2022）。したがって、パフォーマンスとは同様に、Oxy-Hbも差分でもあるが、さらに休憩中のベースラインも引いたものである。

ストループ課題のパフォーマンスを示す指標として、設定された15秒間に表出できた回答単語数（最大30個）とエラー数の他、ポーズ（反応時間）といった時間的な指標も計算した。ポーズの計算は、音声解析ソフトPraatを利用し、スペクトグラムを参照しつつ、ポーズを確認した。Praatによる分析に基づき合計ポーズ時間、単語間ポーズ、平均単語間ポーズ時間、単語間ポーズの標準偏差（安定し規則的な回答速度を表すため、焦りや躓きの少ない、円滑な認知プロセスの処理を示す指標と考えられる）、変動係数（単語間ポーズ標準偏差を単語間ポーズ平均で割った数値；Segalowitz & Segalowitz, 1993）が算出された。単語間ポーズを含めた根拠は、最初の画面が消えた後でも記憶から答え続けた参加者がおり、音声上ではそれが確認できなかったため、タスク遂行と提示のずれを標準化するためである。

2つのグループであるコメントあり群とコメントなし群の数値を比較するため、片側独立標本t検定を計画した。データが正規分布に従っているかどうか判断する必要があるため、分析に進む前にデータを可視化し、 ± 2 以下の歪度及び尖度を設定し、シャピロ-ウィルク検定を利用することにより上記の指標及びその差分は正規分布に従っているかを確認した。しかし、全ての数値が正規分布の条件を満たしていることは確認できなかった。もし、 ± 2.5 という閾値を設定して外れ値が検出された場合、10%のデータを削除しても条件を満たさなければ、ウィルコックス順位和検定を使用した結果も報告している。

3. 結果

3.1. 操作確認

スピーキングタスクにより不安の程度が上がったのか及びポジティブなコメントにより不安の程度が変わったのかを確認するため、次の通りウィルコックス順位和検定を行なった（表1、表2）。その結果、休憩直後であるベースラインに比べると、スピーキングタスクの不安度が有意に高かったことから、不安の実験的操作は成功したといえる。さらに、コメントによりスピーキングタスク直後の不安度を引き下げたことを示唆する結果は得られなかったが、ベースラインに比べると、コメントあり群はコメントなし群よりベースラインに有意に近い度合いを示した。

表1 不安の操作

	第1不安度中央値	第2不安度中央値	<i>W</i>	<i>p</i> 値	<i>r</i>
不安の操作	2	5.50	824.00	<.001	.53

表2 ポジティブ感情の操作 (ボンフェローニ補正済み)

	コメントあり群中央値	コメント無し群中央値	<i>W</i>	<i>p</i> 値	<i>r</i>
第3不安度-第2不安度	-1	-1	90.50	.15	.26
第3不安度-第1不安度	0.50	2	73.00	.04	.37

3.2. ストループ効果の確認

不一致条件を中心に立てた仮説を検討するが、ストループ効果があったのかを確認する必要がある。ただし、不一致条件とは異なり、一致条件におけるパフォーマンスに関しては、完成スピードが速く音声非常に流暢であった参加者がいたため、回答単語数、エラー数、1秒あたりの回答単語数 (WPS) のみを報告する。WPSの差分以外、第1課題及び第3課題に行われたストループ効果を示唆する有意な差が得られた (表3)。

表3 一致条件及び不一致条件の中心的傾向と差異 (ウィルコックス順位和検定)

	一致条件中央値	不一致条件中央値	<i>W</i>	<i>p</i> 値	<i>r</i>
回答単語数 (第1)	30	20	1024.00	<.001	.89
回答単語数 (第3)	30	20	1011.50	<.001	.89
回答単語数 (差分)	0	1	376.50	.03	.24
エラー数 (第1)	0	0	376.50	.02	.27
エラー数 (第3)	0	1	285.50	<.001	.45
エラー数 (差分)	0	0	361.50	.01	.29
WPS (第1)	2	1.33	1023.00	<.001	.86
WPS (第3)	2	1.33	1014.00	<.001	.84
WPS (差分)	0	0.07	373.00	.12	.15

注) WPS: 1秒あたりの回答単語数; ポーズに関する指標がいずれもミリ秒 (m/s) 単位である

3.3. ストループ課題 (不一致条件) のパフォーマンス

続いて、中央実行機能 (制御) が働く不一致条件を中心に、感情により影響されるかと検討したところの結果に進む。ストループ課題のパフォーマンスに当てはまる差分の記述統計は表4のとおりである。

表4 群別ストループ課題のパフォーマンスの記述統計 (差分)

	コメントあり群					コメント無し群				
	<i>n</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>
回答単語数	16	-2	7	1.44	2.28	16	-5	8	0.94	3.11
エラー数	16	-1	3	0.50	1.16	16	-4	4	0.56	2.13

WPS	16	-0.13	0.47	0.10	0.15	16	-0.33	0.53	0.06	0.21
変動係数	16	-0.29	0.30	0.04	0.18	16	-0.21	0.71	0.19	0.23
単語間ポーズ	16	-2.11	1.21	-0.41	0.82	16	-1.47	1.58	-0.01	0.80
合計ポーズ	16	-2.26	0.98	-0.84	0.82	16	-2.11	1.05	-0.48	0.99
平均ポーズ	16	-0.20	0.14	-0.05	0.09	16	-0.31	0.10	-0.04	0.10
ポーズ標準偏差	16	-0.16	0.14	-0.03	0.09	16	-0.22	0.26	0.05	0.14

注) WPS: 1 秒あたりの回答単語数; ポーズに関する指標がいずれもミリ秒 (ms) 単位である

ポジティブなフィードバックを提供することにより参加者の認知機能に促進的な影響を与えるという仮説に基づき、回答単語数及び WPS に関しては実験群が対照群より正の差分またはより大きな差分を予測した。他方で、エラー数及び変動係数、単語間ポーズ、合計ポーズ、平均ポーズ、ポーズ標準偏差に関しては対照群より負の差分または有意に低い差分を期待した。こういった予測を踏まえ、それぞれの差分値に片側独立標本 t 検定を行った。単語間ポーズの標準偏差 ($t(25.43)=-1.73, p<.05, d=-.61$) と変動係数 ($t(27.83)=-2.06, p<.05, d=-.73$) については有意差が示された。単語間ポーズは、有意傾向を示した (単語間ポーズ: $t(29.98)=-1.40, p<.09, d=-.50$)。

表 5 群間ストループ課題のパフォーマンス

	コメントあり群		コメント無し群		t 値	df	p 値	d
	M	SD	M	SD				
回答単語数	1.44	2.28	0.94	3.11	0.52	27.51	.30	.18
WPS	0.10	0.15	0.06	0.21	0.51	27.51	.30	.18
変動係数	0.04	0.18	0.19	0.23	-2.06	27.83	.02	-.73
単語間ポーズ	-0.41	0.82	-0.01	0.80	-1.40	29.98	.09	-.50
合計ポーズ	-0.84	0.82	-0.48	0.99	-1.12	29.02	.14	-.42
平均ポーズ	-0.05	0.09	-0.04	0.10	-0.34	28.98	.37	-.12
ポーズ標準偏差	-0.03	0.09	0.05	0.14	-1.73	25.43	.05	-.61
	中央値	SD	中央値	SD	W		p 値	r
エラー数	0	1.16	0	2.13	117.00		.34	.08

3.4. ポジティブなコメントにより酸素化ヘモグロビン変化量の差分

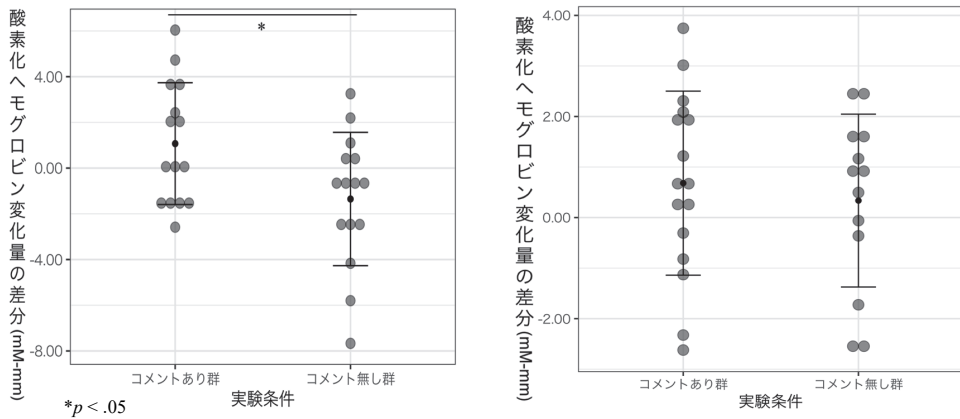
実験中にヘッドギアが外れた 1 名を除外し、31 名が対象となった。Oxy-Hb 変化量の記述統計は表 6 に整理した。ストループ課題の数値と同様に正規分布に従っているかを確認したところ、外れ値が存在したため両半球のデータを除外した。その結果、l-DLPFC は 1 名のみのデータ、r-DLPFC は 2 名のデータが除外された。

表 6 両側背外側前頭前野の平均 Oxy-Hb (x100) の変化量の記述統計 (差分)

	コメントあり群					コメント無し群				
	<i>n</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>
r-DLPFC	16	-2.62	3.75	0.68	1.82	13	-2.63	2.55	0.34	1.71
l-DLPFC	15	-2.59	6.04	1.07	2.66	15	-7.67	3.25	-1.35	2.92

両側の背外側前頭前野の平均活動を *t* 検定およびウィルコクソンの順位和検定で差異を検討した結果、左側背外側前頭前野の活動はコメントの有無で有意差があった ($t(27.77) = 2.38, p = .012, d = .87$)、右側背外側前頭前野の活動は有意差がなかった ($t(26.38) = 0.53, p = .30, d = .19$)。

図 2 左側 (左) 及び右側 (右) DLPFC における平均酸素化ヘモグロビン変化量の群差 (差分)



注) 酸素化ヘモグロビン変化量を 100 倍した値を示す

4. 考察

4.1. 認知に関するポジティブなフィードバックの役割

ポジティブな感情の認知への促進的な効果があると主張した Broaden and Build Theory を踏まえた実験は少なく、ポジティブな感情が外国語不安へ有効であることはこれまで確認できていなかった。そこで本実験では、外国語教育において学習者にポジティブな感情を引き起こし、教室内の不安を和らげることで、より効果的な学習成果を得られるのかを解明することを目標とした。これを踏まえ、パフォーマンス及び認知活動を示唆する脳賦活に関する次の 2 つの仮説を立てた。

1 つ目の仮説はポジティブな感情による認知への促進的な影響に基づき、実験操作前後に行われたストループ課題のパフォーマンスにおいてコメント無し群に比べて、コメントあり群で回答単語数と変動係数の上昇及びエラー数とポーズ時間が減少すると予測した。実験の結果、ストループ課題のパフォーマンスにおいては、コメントあり群は、コメントなし群に比べて、単語間ポーズの標準偏差及び変動係数の差分に有意な差異が得られた。コメントあり群と同様

に、ストループ課題を合計 4 回行うコメントなし群においても練習効果は生じたが、実験操作による効果を上回るものでないと考えられる。単語間合計ポーズの差分には有意な差が出なかったが、効果量は中程度であった ($d = -.50$)。すべてのパフォーマンス指標において有意な結果が得られたわけではないが、すべての指標においてコメントある群はコメントなし群よりも良好なパフォーマンスを示した (表 5 参照)。ところで、処理効率を示す変動係数の値は、コメントあり群の方がコメントなし群より小さい。これは、反応時間および反応変動の指標に基づいて計算された数値であり、反応時間の短縮と安定性を示しているためである。これは Broaden and Build Theory (Fredrickson, 1998) が想定する結果に沿うだけでなく、ストループ課題を実行した実験で得た類似の結果となる (Strauss & Allen, 2007)。

2 つ目の仮説では、中央実行機能の一部を担う DLPFC がポジティブな感情により認知資源が使用可能になるという解釈から、コメントあり群がコメント無し群より比較的強い脳賦活を予測した (Herrington et al., 2005)。そこで、ベースラインを引いた操作直後のストループ課題中に測定した両側 DLPFC における Oxy-Hb の変化量に関する結果は、予測通り、左側 DLPFC の Oxy-Hb 変化量の平均において、実験群は対象群より有意に高かった (表 6 参照)。しかし、不安のようなネガティブな感情が中央実行機能に悪影響を与えるという 2.1 及び 2.2 において述べた現象については本論文が証明の対象とするものではない。本実験は、実験操作が行われた時点のストループ課題のパフォーマンス及び脳賦活に焦点を当て、コメントあり群とコメント無し群はともにスピーキングタスクによる不安が生じており (表 1 参照)、ポジティブなフィードバックの提供がその負の効果を和らげることができるかという仮説のみを支持している。

4.2. 教育的示唆

ポジティブな感情が中央実行機能に良好な効果を与えるという仮説の検証は、教育的な意義が非常に大きい。外国語教育において、学習者の不安は大きな障壁である。スピーキングではとりわけ、語彙検出やメッセージの概念化など、中央実行機能を含め、WM が重要な役割を有する認知プロセスが、不安により妨害されるということから、転移が起こりづらい中央実行を中心とした WM トレーニングも有効であろうが、ポジティブ心理学を取り入れた教育はより効果的であるだろう。教育現場では授業時間は限定されており、認知心理学に関する教員の知識が不均衡であるので、教員がカリキュラムに組み込みやすく、実行しやすい教育法が望ましい (King, 2024)。例えば、ポジティブなフィードバックなどを用いて学習者がポジティブな感情が生じやすい教室内環境を形成し、教師と学習者間あるいは学習者同士の良好な関係を築くことで、学習を支える認知的なプロセスを改善するだけでなく、教室で学習者が直面する、不安の要因を取り除くことができるというメリットがあるのではないだろうか (Aydm & Tekin, 2023)。

4.3. 今後の課題

概念実証として行なった探索的な本研究は、ポジティブな感情が外国語不安を背景に認知プロセスに良好な影響を与えるのかを検証するとともに、残された課題が明らかになった。すなわち、他の脳内領域または平均値ではなく時系列を中心にした分析を行うべきであり、ポジテ

イブな感情の起源が他人でなく自己肯定であれば効果が異なるか,あるいはネガティブなフィードバックが提供されたら,パフォーマンス以外,他の脳内領域がいかにかに反応するのかという問題が残されている。

参考文献

- Ayabe, H., Manalo, E., Hanaki, N., Fujita, H. & Nomura, M. (2022). Brain imaging provides insights about the interaction between instruction and diagram use for mathematical word problem solving. *Frontiers in Education*, 7(893829). <https://doi.org/10.3389/educ.2022.893829>.
- Aydın, S., & Tekin, I. (2023). Positive psychology and language learning: A systematic scoping review. *Review of Education*, 11, e3420. <https://doi.org/10.1002/rev3.3420>.
- Balconi, M., Ferrari, C. (2012). Emotional memory retrieval. rTMS stimulation on left DLPFC increases the positive memories. *Brain Imaging and Behavior*, 6, 454–461. <https://doi.org/10.1007/s11682-012-9163-6>.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, 7(2), 336–353. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336>.
- Eysenck, M. W., Moser, J. S., Derakshan, N., Hepsomali, P., & Allen, P. (2022). A neurocognitive account of attentional control theory: How does trait anxiety affect the brain’s attentional networks? *Cognition and Emotion*, 37(2), 220–237. <https://doi.org/10.1080/02699931.2022.2159936>.
- Fredrickson, B. L. (1998). What good are positive emotions? *Review of General Psychology*, 2(3), 300–319. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.2.3.300>.
- Herrington, J. D., Mohanty, A., Koven, N. S., Fisher, J. E., Stewart, J. L., Banich, M. T., Webb, A. G., Miller, G. A., & Heller, W. (2005). Emotion-Modulated Performance and Activity in Left Dorsolateral Prefrontal Cortex. *Emotion*, 5(2), 200–207. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.5.2.200>.
- Kalanthroff, E., Henik, A., Derakshan, N., & Usher, M. (2016). Anxiety, emotional distraction, and attentional control in the Stroop task. *Emotion*, 16(3), 293–300. <https://doi.org/10.1037/emo0000129>.
- Kreplin, U., & Fairclough, S. H. (2013). Activation of the rostromedial prefrontal cortex during the experience of positive emotion in the context of esthetic experience. An fNIRS study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00879>.
- King, J. (2013). Silence in the Second Language Classrooms of Japanese Universities. *Applied Linguistics*, 34, 325-343. <https://doi.org/10.1093/applin/ams043>.
- King, J. (2024). Forward. In H. Curry & K. Maher (Ed.) *Psychology-Based Activities for Supporting Anxious Language Learners* (pp. xix-xv). Bloomsbury.
- 菊池優希・田浦秀幸 (2011). バイリンガルストループテスト遂行時の脳賦活部位に関する fNIRS 脳イメージング研究: 第2言語習得年齢比較横断研究. *Studies in Language Science*, 1, 91-145.
- MacIntyre, P. D. (2017). An Overview of Language Anxiety Research and Trends in Its Development. In C. Gkonou, M. Daubney, & J. M. Dewaele (Eds.), *New Insights into Language Anxiety: Theory, Research and Educational Implications* (pp. 11-30). Multi-lingual Matters.

- Mora, J. C., Mora-Plaza, I., & Bermejo Miranda, G. (2024). Speaking anxiety and task complexity effects on second language speech. *International Journal of Applied Linguistics*, 34, 292–315. <https://doi.org/10.1111/ijal.12494>.
- Pérez Castillejo, S. (2019). The role of foreign language anxiety on L2 utterance fluency during a final exam. *Language Testing*, 36(3), 327–345. <https://doi.org/10.1177/0265532218777783>.
- Richards, A., & French, C. C. (1990). Central versus peripheral presentation of stimuli in an emotional Stroop task. *Anxiety Research*, 3, 41–49. <https://doi.org/10.1080/08917779008248740>.
- Segalowitz, N. S., & Segalowitz, S. J. (1993). Skilled performance, practice, and the differentiation of speed-up from automatization effects: Evidence from second language word recognition. *Applied Psycholinguistics*, 14, 369–385. <https://doi.org/10.1017/S0142716400010845>.
- Serdar, C. C., Cihan, M., Yücel, D., & Serdar, M. A. (2021). Sample size, power and effect size revisited: simplified and practical approaches in pre-clinical, clinical and laboratory studies. *Biochemia medica*, 31(1). <https://doi.org/10.11613/BM.2021.010502>.
- Soltanlou, M., Sitnikova, M. A., Nuerk, H.-C., & Dresler, T. (2018). Applications of Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) in Studying Cognitive Development: The Case of Mathematics and Language. *Frontiers in Psychology*, 9(277). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00277>.
- Strauss, G. P., & Allen, D. N. (2006). The experience of positive emotion is associated with the automatic processing of positive emotional words. *The Journal of Positive Psychology*, 1(3), 150–159.
- Suzukida Y & Saito K (2023). Detangling experiential, cognitive, and sociopsychological individual differences in second language speech learning: Cross-sectional and longitudinal investigations. *Bilingualism: Language and Cognition*, 26(4), 762–775. <https://doi.org/10.1017/S1366728922000700>.
- Tseng Y-L., Lu C-F., Wu S-M., Shimada S., Huang T., & Lu G-Y. (2018). A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study of State Anxiety and Auditory Working Memory Load. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12(313). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00313>.
- Vasa, R. A., & Pine, D. S. (2004). Neurobiology in anxiety disorders in children and adolescents. In T. R. Morris & J. S. March (Eds.), *Anxiety Disorders in Children and Adolescents* (pp. 3–26). Guilford Press.
- Xue, S., Cui, J., Wang, K., Zhang, S., Qiu, J., & Luo, Y. (2013). Positive emotion modulates cognitive control: An event-related potentials study. *Scandinavian Journal of Psychology*, 54, 82–88. <https://doi.org/10.1111/sjop.12031>.
- Zuniga, M., & Simard, D. (2022). Exploring the intricate relationship between foreign language anxiety, attention and self-repairs during L2 speech production. *System*, 105(102732). <https://doi.org/10.1016/j.system.2022.102732>.

(教育認知心理学コース 博士後期課程 3 回生)

(受稿 2024 年 9 月 2 日, 改稿 2025 年 1 月 6 日, 受理 2025 年 1 月 9 日)

英語スピーキングパフォーマンスに対するポジティブなフィードバックが認知プロセスに与える影響

—行動及び脳賦活のデータの観点から—

PATERSON Rebecca Lee

不安は外国語を話すなどの認知活動を担う重要な中央実行機能プロセスを妨げる一方、ポジティブな感情がそれらを促進するとされている。そういった感情は外国語不安の解消法として望ましいと考えられるが、外国語スピーキングの文脈でどのような役割を果たすかはまだ明らかにされていない。本研究では、ポジティブなフィードバックによる認知的効果を中央実行機能の測定により明らかにするために、ストループ課題のパフォーマンスと両側前頭前野背外側皮質 (DLPFC) の血流変動を測定し、実験群と対照群の指標を比較した。その結果、スピーキングに対するポジティブなフィードバックを受けた実験群は、対照群と比較して、ストループ課題のパフォーマンスが改善されることが示された。さらに、ポジティブなフィードバックは、ストループ課題中の l-DLPFC の賦活を増加させ、認知資源の利用可能性を高めるという理論を支持する結果が得られた。

The Effect of Positive Feedback about English Speaking on Cognitive Processes: Insights from Behavioural and Brain Activity Data

PATERSON Rebecca Lee

Anxiety is known to disrupt vital executive function processes responsible for cognitive activities, such as speaking a foreign language, while positive emotions such as happiness and enjoyment have been reported to promote them, making them a desirable strategy to tackle foreign language anxiety (FLA). However, it is still unclear how positive emotions may benefit anxious FL learners in the context of a speaking task. This study was performed to shed light on this uncertainty by first focusing on the cognitive effects of positive emotion in the form of positive feedback. This study compared performance in a Stroop task and hemodynamic activity in both the left and right dorsolateral prefrontal cortexes (l-/r-DLPFC) between an experimental group receiving positive feedback and a control group with no such positive feedback. Positive emotion was shown to promote improved cognitive task performance in Japanese participants who received a positive comment about their performance compared to the controls. The results suggested that positive feedback may increase activity in the l-DLPFC during the Stroop task, supporting suggestion of increased cognitive resource availability.

キーワード : 外国語不安, 中央実行機能, 機能的近赤外分光分析法, ポジティブな感情

Keywords: Foreign language anxiety, Executive functions, fNIRS, Positive emotion