

平成 21 年 4 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500780

研究課題名（和文） 作業記憶の効率化に基づいた言語運用能力養成システムの開発

研究課題名（英文） Development of language learning systems based on physiological measurements and neural imaging

研究代表者 平田 恵啓（HIRATA YOSHIHIRO）

北海学園大学・工学部・准教授

研究者番号：30250509

研究成果の概要： 音声を 0.2 秒遅らせて話者自身に聞かせる聴覚遅延フィードバック（DAF）で生じる不安定な発話が訓練によって通常の発話へと戻る過程の MRI 計測，課題遂行中の自律脳波の変動計測，外国語習得過程の学習者の意識の検証を行うことによって言語運用能力養成システムの開発を目指した．成人の脳の音声言語による可塑性と，自律脳波を学習者の心理状態の指標にする可能性を確認し，システム開発の基礎となる知見を得ることができた．

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
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：科学教育・教育工学

キーワード：教材情報システム，神経科学，脳波

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 人には脳機能を経年的に変化させてゆく大脳の可塑性があることが知られている．一方，言語や音楽技能習得に最も適した臨界期の存在が示唆されてきた．研究代表者はそれまでの研究から臨界期以降でもインテンシブな注意の集中を伴う課題の反復を意識的に行うことによって年齢に関わらず言語能力の獲得や強化を行うことが十分に可能であるとの考えを持つようになった．

(2) 当時，言語運用能力養成に関する研究としてすでにコンピュータを活用した言語学

習システムの研究開発も行われていたが，その教育効果は学習者のアンケートや試験成績にとどまっていた．言語能力を脳科学的に研究した報告もあるが，教育現場に直接還元できるようなデータはなかった．一方で英語音声の同時復唱（シャドーイング）をリスニングやスピーキング能力を高める練習法として取り入れる試みが報告されていた．

(3) 実時間音声字幕化システムの高精度化の研究から，同時復唱者に要求される遅延の無い正確な復唱のためには，音声を同時復唱する実習的な方法と，話者自身の発声をわずか

0. 2秒程度遅延させて話者の耳に提示する遅延聴覚フィードバック(Delayed auditory feedback: DAF)状況下で通常通り喋ることができるようになる訓練が同様の効果を有することが示されているが、その神経科学的・心理的なメカニズムについての詳細な検討は行われていなかった。この類似性を理解することは、言語運用能力の無意識的な処理過程の制御に対するヒントとしてとらえることができ、養成システムの初期の訓練方法としての利用が期待された。

## 2. 研究の目的

(1) 研究代表者が行ってきた神経科学的な計測アプローチを用いて、DAFの神経機構を探るとともに、比較的容易に計測可能な自律脳波の振幅を指標として利用する言語運用能力の養成を目的としたシステムの開発を目指す。

(2) 言語課題の反復による作業記憶機能の向上の過程を脳波やf-MRIによる脳の非侵襲計測によって明らかにし、作業記憶の効率化を確立する客観的指標を提案する。

(3) DAFの要素を取り入れた言語運用能力養成システムを開発し、教育現場からのフィードバックを得ることで、その有効性を検証する。

## 3. 研究の方法

(1) 習熟度が高く同時復唱の成績向上が確実に期待できる日本語を対象に、同時復唱並びにDAF状況下での発話成績の推移と訓練前後の脳波活動・f-MRI記録し、作業効率または心理状態を反映する指標を明らかにする。

(2) 個人差とDAFの遅延時間を制御することによる成績向上推移の検討。

(3) 言語運用能力の養成を目的としたシステムの試作および評価を行う。

## 4. 研究成果

(1) 第二言語に関わる課題を行う際の脳活動を観測しそこから何らかの指標を得ることを目的に、英語ネイティブ話者の録音済み音声を取録する課題と同時復唱する課題を行った。被験者は日本人大学生で、これまでに教室以外での英語を用いたコミュニケーションの機会を持たなかった。聴取課題では3種類の録音(各6分間)から順にひとつを選択して連続2回聴取し、10-15分の休息をとる行為を3度繰り返した。同時復唱課題では聴取課題とは異なる3種類の録音(各6分間)を用い同様の手順でイヤホンから聞こえる英語音声の同時復唱を行った。被験者には

いずれの課題においても椅子に座り閉眼状態で内容の聞き取りを試みるように指示し、復唱音声の記録を行った。脳波信号は国際式10-20法による頭部19カ所に貼付した電極を用いて、聴取中又は復唱中とこれら作業の前後の安静閉眼状態で記録を行った。単純な刺激を繰り返し提示する加算平均法は通常の学習とは馴染まないため、本研究では脳波の自律成分に着目し、各電極位置での自律成分の振幅を調べた。最も大きな自律成分のアルファ波(8-13Hz)に着目し、1秒間毎に二乗平均平方根(RMS)を計算し、それぞれの状態でのRMS平均値を求めて代表値とし、課題直後に行ったアンケートの結果と比較した。アルファ波の振幅は課題前の閉眼状態を基準とすると課題実行中には減衰し、課題終了直後では数分の一と最も低いレベルとなった。また、休息を終え次の課題直前の閉眼時には再びアルファ波振幅が元のレベルまで回復することから課題との関連が示唆された。両課題は発声の有無という違いがあるが、脳波にははっきりとした違いはなく、振幅の減少は課題に取り組むことによって生じたと考えられる。観測された振幅は個人差が大きいため、指標として用いる場合には個人々人で値を校正する必要があることが確認された。

(2) コンピュータの普及により、文字を読む行為は紙に書かれた文字からスクリーン上に提示された文字へと大きく様変わりしてきている。反射によって文字のコントラストが決まる印刷物に対して、モニタに映し出される文字は画面そのものが発光しているため読む行為自体の心理的な負担が異なる可能性が指摘されている。そこで、紙とモニタ上の日本語文章をそれぞれ音読する課題を被験者に遂行してもらい、その際の主観的評価と脳波計測から読む行為のパフォーマンスに対する検討を行った。モニタは画面サイズの異なる13インチのノートパソコンと17インチの据え置き型液晶を用意した。脳波は国際式10-20法で記録し、そのうちの左前頭部(Fp1)と後頭部分(O1)でのデータについてアルファ帯域の振幅を課題実行中とその前後の閉眼安静時について解析した。元々アルファ波振幅の小さな前頭部では課題中のアルファ波振幅が増加する傾向がある一方、後頭部では前後の安静閉眼時の振幅のほうが大きかった。つぎに課題実行中と課題後のアルファ波振幅の差分値つまり振幅の回復量を得た。結果はアンケートで得た被験者の好ましい表示形式ほどアルファ波振幅が大きく回復するというものであった。このことから、自律脳波の振幅値は個人差が大きいものの心理状態を示す指標として使用できる可能性が示唆された。

(3)近年、英語学習に Web を利用する傾向が高まっており、また、大規模かつ種々の言語データ（コーパス）が整備され利用可能になってきたことから、言語研究へ用いられている。コーパスは、言語学習のための有用な教材としても用いることができるが、日本人学習者の語学学習に適したコーパスの活用法については十分な検証がなされていない。日本人学習者がコーパスを有効利用する際に必要なツールの開発も十分とは言えない。そこで、Web ベースで動作し学習者が比較的容易に用例や連語などのデータを抽出することができる語彙検索ツールを開発した。学習者は、インターネットサーチエンジンを用いて各自が興味を持つ分野の情報をテキスト形式で収集したテキストデータベースを構築し、教師からのわずかな助言を使って検索した単語の実際の用例を評価した。その結果、学習者が検索ツールを利用しながら語彙分析する過程は、インターネット上の生きた英語を学ぶ機会が得られるものとして肯定的な評価が得られた。

(4)近年、語学学習においても従来型の教室で行われる授業と、オンラインで教室外からアクセスして行う学習が組み合わされて行われるようになってきた。新しい学習システムの構築を目指すに当たり、個々の学習者にとって如何に効果的かつ効率的に情報を提供できるのかが大きな課題として出てくる。特に教師主導型の授業が定着している我が国の教育では、学習者の自律的な学習態度が必要なコンピュータを利用した授業の導入は、従来の教育方法を見直し、教師または課題作成者が学習者の個人差や動機付けなどを十分に理解することが求められる。そこで従来型の教師主導の語学教育である英語テキストを用いたリスニング練習とコンピュータを使用して種々の英語語句の規則性をオンラインで個別学習する事を融合させた授業を行い学生の評価を得た。その結果、大多数の学生がオンライン自律学習での時間的な自由度が高い学習方法を高く評価した。加えて、講義中の指導と組み合わせたオンライン学習はより効果的との意見が得られた。このような2つの異なった授業形態が個別の学習者に与える影響とその要因についての検討から、より効果的な学習環境の設定・語学教材の開発等には対人的な要因を導入することも検討すべきであることが明らかになった。

(5) DAF 環境での発話訓練を行うと徐々に DAF 効果が薄れ、次第に発話が正常化してくる。その神経機構を探るため機能的 MRI を用いた計測を行った。被験者は 22-25 歳の 3 名で、最初の MRI 計測後に DAF 環境下で 12 分

間の音読練習を 5 日間行い、次の MRI 計測をし、さらに 1 週間以上の練習後に再度 MRI 計測を行った。刺激文は被験者の足元に設置したスクリーン上に 2.2 秒間投影された。被験者の声は、あごに粘着テープで固定した自作の圧電型マイクで拾い、差動増幅後にサウンドエフェクタおよびミキサーを介して、被験者の両耳に MRI 用音響装置 (Resonance Technology Commander XG) のヘッドホンでフィードバックした。エフェクタはコンピュータからの MIDI 信号で刺激文と同期制御され、0.2 秒の遅延あり (D)、遅延なし (N)、スキャン時の耳の保護としてフィードバックなしの 3 通りの状態を設定した。また、骨導音のマスクング用に 65dB SPL のピンクノイズを常に提示した。計測はブロックデザインとし、各ブロックは 3 つの文 (N) に続く 6 文を N または D で提示した。各セッションは NDNDNDND または DNDNDNDN の 8 ブロックで構成し、一回の計測で 5-12 セッションの記録を行った。撮像には 1.5-T の MRI 装置を使用し、EPI 法 (TR 5s, TE 60ms, FOV 21x21cm<sup>2</sup>, flip angle 90°, 64 x 64 matrix, スライス厚 8.0mm, ギャップ 1.0mm) で聴覚野を含む横断面 10 枚を記録した。データの解析には SPM5 を使い、動き補正・EPI 画像と同領域の T1 画像を用いた標準化・平滑化を行った後、血流モデルを用いた統計処理 (corrected,  $p < 0.05$ ) によって賦活部位を求めた。すべての被験者で音読練習前には DAF 効果の発話の乱れが観察された。一方、2 週間以上の訓練後には程度の差はあるものの流暢さの回復が見られた。全体を通じて中前頭回と上前頭回の賦活が多く見られたほか、uncorrected ( $p < 0.001$ ) 条件では中側頭回の活動も見られた。一方、訓練前後の比較では、被験者間に共通の変化は見られなかったが、左半球で賦活部位が減少し、右半球では増加する傾向が見られた。またセッション毎では有意差のないものが散見された。記録音声からは被験者の発話の流暢さの欠如が必ずしも DAF のブロック内で安定的に起きているわけではないことから、録音した被験者の声を用いたより詳細な検討が必要である。

(6)当初予定していた単独で動作する語学学習システムのプロトタイプは、未だ完成していないものの、システムを実現するために必要な知見を得ることができた。今後は、脳波データを簡便に実時間で取得し、学習者へのフィードバックを行いながら学習課題を提示するシステムの開発を進める予定である。

## 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 4件)

- ① Y. Hirata & Y. Hirata, "Application of Electroencephalographic Technology to Teaching Listening Comprehension", Proceedings of 2007 International Conference on ICT in Teaching and Learning, pp.376-383, (2007), 査読無し
- ② Y. Hirata & Y. Hirata, "Investigating effective screen reading and learning: an electroencephalographic approach", The Proceedings of International Conference on ICT in Teaching and Learning, pp. 321-329, (2008), 査読無し
- ③ Y. Hirata & Y. Hirata, "Students' hands-on experience in creating web-derived language databases", The Proceedings of International Conference on ICT in Teaching and Learning, pp. 204-211, (2008), 査読無し
- ④ Y. Hirata & Y. Hirata "Japanese Students' Attitudes towards Hybrid Learning", In J. Fong, R. Kwan, & F. L. Wang (Eds.), Hybrid Learning and Education, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5169, pp. 439-449, (2008), 査読有り

〔学会発表〕(計 3件)

Y. Hirata & Y. Hirata, "Shadowing requires a lot of effort?: EEG approach", The Japan Association for Language Teaching 33rd International Conference, 2007/10/25, Tokyo.

Y. Hirata & Y. Hirata, "Learners' listening process affected by shadowing: a psychological evaluation", The 15th World Congress of Applied Linguistics, 2008/08/29, Essen, Germany.

平田 恵啓, 竹内 文也, 井野 秀一: "音読課題中の聴覚遅延フィードバックに対する訓練効果の f-MRI 評価", 第 48 回日本生体医工学学会大会, 2009/04/25, 東京.

〔図書〕(計 1件)

Y. Hirata and Y. Hirata: World Scientific Publishing, "Enhancing Learning through Technology: Research on Emerging Technologies and Pedagogies", pp.115-130, (2008)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 恵啓 (HIRATA YOSHIHIRO)  
北海学園大学・工学部・准教授  
研究者番号: 30250509

(2) 研究分担者

竹内 文也 (TAKEUCHI FUMIYA)  
北海道大学・大学院保健科学研究院・准教授  
研究者番号: 30281835  
井野 秀一 (INO SHUICHI)  
産業技術総合研究所・人間福祉医工学研究  
部門・主任研究員  
研究者番号: 70250511

(3) 連携研究者

なし