

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：21401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24652124

研究課題名(和文)視線解析と光イメージング脳機能測定を併用した英文読解の個人差特定に関する研究

研究課題名(英文) Research on detecting individual differences of English reading proficiency through Eye-tracking and fNIRS

研究代表者

岡崎 弘信 (OKAZAKI, HIRONOBU)

秋田県立大学・総合科学教育研究センター・准教授

研究者番号：80405084

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では「英文を読む」という課題を、認知的側面から分析し、英語力の個人差がどこに起因するのかを探るため、視線追尾システムと光イメージング脳機能測定法、脳波計を用いた実験を行った。その結果、脳波計による実験では英文の難易度に対する習熟度の差を示す結果が観察され、また視線追尾実験では発話音声の差異(L1かL2か)による英字幕に対する視線停留時間の違い、およびL2音声においてL1字幕とL2字幕に対する視線停留時間の差異も確認された。

研究成果の概要(英文)：This research focuses on the task of reading in English, analyzed from the perspective of cognitive science. Using an eye tracker, Functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS), and an electroencephalograph, experiments were conducted to investigate the origins of individual differences in English ability. As a result, the experiments using an electroencephalograph revealed observable differences between learners who had varying degrees of English competency. The eye tracking experiments showed individual differences in the length of time spent looking at words in English subtitles when the accompanying audio is delivered in L1 or L2. Experiments in which L2 audio accompanied subtitles in either L1 or L2 also showed differences in the length of time spent looking at words in the subtitles.

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学・外国語教育

キーワード：教育評価・測定

### 1. 研究開始当初の背景

我々は、これまで岡崎・新田を中心に、医師が患者を治療し、その過程を診療科ごとにカルテに記録し、次の治療へとつないでいくような英語教育カルテを理想とし、科学研究費等の資金支援を受けながら、リスニング用、およびリーディング用の e-ラーニングプログラム構築してきた。例えば TOEIC のリスニングスコアが伸びない学習者に対して単に「リスニングが弱いので、リスニングの勉強をしましょう」と漠然と指導するのではなく、学習者に対してリスニングが弱い理由を具体的に指摘し(たとえば「リエゾンと消える h が他の音素に比べてかなり聞き落とされている」など) 学習(治療)の必要性を納得させた上、弱点となるその因子を集中的に矯正することで、リスニング力の向上を図るプログラム PLIMA(your Personal Listening Manager)を開発。本研究は映画英語教育学会優秀論文賞を受賞するなど高い評価を得ることができた。

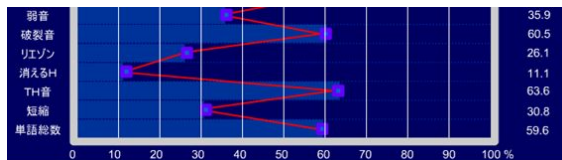


図 1 PLIMA の弱点分析の具体例

さらに、学習者の現時点での英語力の把握とともに、複雑系科学の見地からカオス的の時系列を用いたテストスコアの短期予測まで可能であることを明らかにしてきた。

しかし、これまでは表面上のデータから弱点を探り出し、それに対応するプログラムを構築してきたが、認知的な実証に欠けており、特にリーディングに対する学習方法が明示できなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では1のような弱点を克服するために、「英文を読む」という課題を、脳科学と認知科学、および複雑系科学の面から分析し、単に点数で輪切りにして学習者のレベル分けをするのではなく、その英語力の個人差がどこに起因するのかを明確にすることで、学習者がより効率的な学習ができるようなメソッドロジーを確立するための実験を行い、様々な角度から実用的な e-ラーニングプログラム構築のための検討を行う。

### 3. 研究の方法

英語力の異なる複数の被験者が異なるレベルの英文を読んだとき、たとえば TOEIC のリーディングスコアが 40%程度の学習者と 70%程度の学習者では視線の動きが異なることが予想される。視線がスムーズに動かなければその箇所が学習者にとっての苦手箇所と判断されるわけだが、その時点ではどの程度苦手なのかは明らかではない。しかし、

その際の脳内の状態を知ることができれば、苦手度合いがどれくらいなのかを推定できるのではないかと我々は考えている。本研究では、視線追尾システムと光イメージング脳機能測定装置、脳波計を併用しながら視線と脳波を分析することにより同レベルの英語学習者が共通して苦手とする部分を明らかにするための実験を行った。

なお、本研究は「ヒト」を対象とする研究であり、被験者個人の尊厳及び人権を守るため、秋田県立大学研究倫理委員会より事前に秋田県立大学研究倫理細則に基づき承認を得ている。また、すべての被験者には事前に実験の趣旨を説明し、実験前に研究協力依頼書、および同意書に署名をしている。

### 4. 研究成果

(1) 本研究の目的の一つは、「英文を読む」という課題を認知科学の面から分析しその英語力の個人差がどこに起因するのかを探ることである。そのために 24 年度はまず、我々が開発し、試用してきたリーディングプログラムに蓄積されている TOEIC 練習テストの結果をもとに実験用課題を作成。日本人英語学習者 100 名以上の膨大なリーディング活動のデータ、TOEIC 練習テストの解答データをもとに、語彙レベルの異なる問題の中から学習者のレベルにより正答率が分散されているもの、正答率が偏っているものを抽出し、課題を作成した。

#### (2) 英文リーディング時における脳波変化

脳内における言語処理過程の研究では、ある出来事に反応する脳波、事象関連脳電位 (Event Related Potential : ERP) を用いた調査がしばしば行われている。しかし、ERP は微弱な脳波のため、そのままでは背景脳波に埋没してしまい計測が困難である。そのため、眼球運動やまばたき等のアーチファクトが混入したデータを除外した上で、数十回の加算平均処理を行う必要がある。しかし英語のリーディングは有意味刺激であり、繰り返し行う場合、記憶・慣れにより、毎回、等質な刺激を確保するのは困難である。また、読む動作はつまり眼球を動かす行為そのものであることから、本来コントロールすべき眼球運動によるアーチファクトが混入してしまう可能性が増大してしまう。よって、我々は、ERP ではなく、リーディング時における脳波 [波 + 波] 積分値の推移を観察することで、外国語としての英文リーディングにおける習熟度別の脳波特性を明らかにできるのではないかと考え、実験を行った。

#### [被験者]

被験者は、男 5 名、女 3 名の計 8 名、習熟度の異なる日本人英語学習者 (TOEIC スコアが 300 点台 ~ 900 点台) 全員、右利きの健常者である。

#### [方法]

・実験は個別形式

・参加者の左右前額部の Fp1 と Fp2 と両耳朶に脳波用電極を装着する。7 分間の安静時間のうち我々が収集した過去のデータから、正答率が TOEIC 上位者と下位者で分かれている問題、全体的に正答率の高い問題、正答率の低い問題から英文を抜粋し各被験者に読んでもらい、その間の 10 秒ごとの脳波[波+波]積分値を測定・記録する手法を用いた。

#### [実験用教材]

実験に使用した教材は TOEIC テスト新公式問題集で、大学生 33 名に対して事前に行ったテスト結果に基づき、学習者のレベルにより正答率が分散しているもの、正答率が偏っているものを抽出した(4の(1)から抽出)。

#### [結果]

脳波[波+波]積分値は、ベースとなる値(安静状態の平均値)に個人差があるため平均値どうしでの比較が難しい。そこで、分散を比較することで、脳波の変動に差があるかどうかの検証を行った。その結果、

・事前のテスト結果からそれほど難しくはないであろうと考えられるリーディング1とリーディング2では、リラックス時と比較して課題遂行時の上級者2名の脳波[波+波]積分値の変化に有意差はなかったが、比較的正答率の低いリーディング3では2名のうち1名の変化に有意差が確認された。

・初・中級者6名のうち2名で、3課題すべてにおいて有意差が確認された。初・中級者 No.6 はリーディング1に関して有意差なし、初・中級者 No.1 はリーディング1の Fp1 のみ有意差なし、初・中級者 No.4 はリーディング1の Fp2 とリーディング2の Fp1 に有意差なし、初・中級者 No.2 はリーディング2の Fp2 とリーディング3の Fp1 に有意差なしとなった。

被験者数が少ないので、平均を求めるなどの統計的な処理は行っていないが、以上の結果から次のような傾向性がうかがえる。

難易度の高くないリーディング1とリーディング2に対して上級者2名の脳波はリラックス時と比してそれほど反応していないが、上級者以外では1名を除いて Fp1、Fp2 のどちらか、もしくは両方に反応している。これは問題の難易度に対する習熟度の差が表れた結果と考えられる。

上級者は2名のうち1名は難易度の高いリーディング3で有意な反応を示した。リーディング1、2課題に比べて集中力を要したと考えられる。

上級者以外で有意差が確認できないのは7ケースだが、1ケース以外はすべて難易度の高くないリーディング1と2で観察されている。上級者以外でも課題の難易度により集中の仕方が異なっていると考えられる。

上記と同様の手法で被験者3名に対して、

英語・数学・国語の基礎学力調査問題回答時の脳波特性についてもパイロット的に実験を行った。我々は、不得意とする科目に関しては脳が活性化するものと考えていたが、実験では得意科目で活性化が見られるなどの興味深い結果が得られた。今後も脳波計を用いた実験を継続していく予定である。

#### (3) 字幕再考: 視覚追尾システムを用いて

英字幕の使用は日本人英語学習者が英音声を聞く際にどのような教育的効果をもたらすのか、というのは多くの研究者たちが取り組んできた課題である。特にクローズド・キャプション・システムが注目された時代、英音声を流しながら英字幕を提示することは英語教育に多大な効果をもたらすことが期待された。しかし研究が進むとその効果について研究者たちの意見が分かれ、Baddeleyらのワーキングメモリモデルが第2言語習得という文脈で注目されるようになると、「英字幕を読む」という行為と「英語を聞く」という二つの認知的負荷の高い課題を同時に行うのは、一般的な日本人英語学習者には無理があると理解されるようになってきた。それで、限られた認知資源を異なる認知活動で奪い合うという状態において内容理解を補助するために、英字幕の提示法や提示のタイミングを変えたり、事前学習などの条件を変えたりしながら学習効果を探る研究が行われた。我々は、上記のような提示方法の変更などではなく、前提条件である[英字幕・英音声]という組み合わせを[日字幕・英音声]、[英字幕・日音声]の組み合わせにし、視覚情報と聴覚情報の一方を母語により自動化させ、認知資源を文字、もしくは音声の一点に集中した場合、人間はどのように行動するのか、そしてどのような提示方法が人間の行動に合致した最適な学習方法なのかを視覚追尾システムを用いて検証することができるのではないかと考えた。

本実験では、英字幕をリーディング教材として利用することの意味を、視線解析を用いながら字幕と音声の組み合わせから探った。

#### [被験者]

被験者は、東北地区の理系の公立大学に通う3名(裸眼、もしくはソフトコンタクトレンズ)。

#### [使用機材]

本実験では株式会社ディテクト社製の非接触式モニター用視線追尾・視線計測システム QG-PLUS を用いた(アイトラッキングカメラ + 専用ソフトウェア)。QG-PLUS はモニター画面専用の視線追尾システムで、両眼角膜反射法を用い、最大計測周期は 55fps(frame per second)である。被験者は機器を装着しないので身体的・心理的な負担がそれほど大きくはない。



図2 QG-PLUSの使用イメージ

[方法]

- ・実験は個別形式
- ・16ポイントでのキャリブレーション
- ・課題についてモニター画面を用いながら口頭で説明
- ・米ドラマ *FULL HOUSE* season1-1 の冒頭 2分程度を使用
- ・以下の順に提示
- [英語音声・字幕なし]
- [英語音声・英語字幕]
- [英語音声・日本語字幕]
- [日本語音声・英語字幕]
- [日本語音声・字幕なし]
- ・画面から顔までの距離は約 60 センチ。今回は自然な状態でのデータがほしかかったので、あご台の使用はせず、頬杖をついて頭を固定した。
- ・「普段通りに映像を見て、音声を聞いてください」と指示。
- ・被験者がどんな反応をするのか純粋に見るパイロット実験のため、被験者にも観察者にもバイアスがからないようインタビューシートなどは使用せず。

[結果]

- ・[日本語音声・字幕なし] と [英語音声・字幕なし] ( 普段、映画やドラマを見るスタイル ) の比較
- 多少の個人的な特徴は見られるが、聴覚から入ってくる音声が、英語であろうと日本語であろうと視覚にはそれほど影響を及ぼしていない。
- ・[英語音声・英語字幕] の場合
- このパターンが、90年代にクローズドキャプションが隆盛をきわめた時代に注目された提示法だが、実際は「字幕が早すぎて読めない」、「ましてや音声を聞き取るなんてありえない」という意見が多く、英字幕を読みながらリスニングの練習をするのは不可能という意見が出始めた。これは、ブラッドリーのワーキングメモリモデルを当てはめると理解しやすいが、では、学習者は英字幕をどのように読んでいるのだろうか？
- 俳優の表情などに視線を移動させながら、英字幕を読むことが予想されるが、実際の計測では3名中2名が予測通りの動きをし、残りの1名はほぼ英字幕を読んでいないことが判明した。
- ・[英語音声・日本語字幕] の場合
- 「英語音声」と「日本語字幕」の組み合わせ

というのは、「英語音声」と「英語字幕」の組み合わせと同様、「字幕を読む」という動作だが、日本語字幕に対する視線停留というのは、外国語である英字幕に対する視線停留よりもかなり少ないと予想される。母語の字幕の場合、言語処理が基本的には自動化されるはずだからだ。結果も3名中2名は、英字幕に対する停留よりも、日本語字幕に対する停留時間が短くなっていることが判明した。[英語音声・英語字幕] のケースで英字幕を読んでいなかった1名も、日本語字幕は読んでおり、この被験者の場合は、英字幕をあきらめてしまった可能性がある。脳波計を使用した実験で観測された、苦手意識が高いものに対しては脳が活性化しないのと同じ状態に陥っていた可能性がある。

・[日本語音声・英語字幕] の場合

「英語字幕をリーディング教材や語彙学習に使えるのでは」という考え方は以前から存在している。理論的には、認知的負荷の高い英語音声を聞きながら、英語リーディングをするより、音声を自動化してできるだけ認知資源を読むことに集中させることができれば、英語字幕をじっくり読めるはずである。しかし、結果はまったく別物であり、被験者は日本語音声でストーリーがわかるので、わざわざ英語字幕を読んでいなかったのである。

・以上の実験から以下のような傾向がうかがえることが判明した。

字幕なしの場合、英語音声でも、日本語音声でも視線の動きはそれほど異ならない。

英語音声に対して、日本語字幕よりも英語字幕のほうが停留時間が長い。

「英語音声+英字幕」のほうが、「日本語音声+英字幕」よりも、字幕に対する視線停留時間が長い。

以上から、認知的に難度が高くなる作業において英字幕に対する視線停留時間が長くなること、つまり難易度による視線停留の差異が確認された。

(4) 視線解析装置と光イメージング脳機能測定装置を利用した「読み」に関する実験

4の(2)で述べたように我々は、英文リーディングにおける脳波[波+波]積分値の推移を観察、習熟度別の脳波特性に関する考察を行い、学習者の習熟度の差によりある程度の傾向性があるという結論を得ることができたが、同時にどこの部分を読んでいるのが掌握できないと個人差の原因特定は困難であることも痛感した。

そこで、本実験では、英文を読む被験者の視線を視線追尾装置で分析するとともに、被験者の動きをあまり制約することのない光イメージング脳機能測定装置を用いて脳酸素動態を計測し、日本人英語学習者が苦手とする部分を明らかにするための手がかりを探索する。



[被験者]

被験者は、東北地区の理系の公立大学に通う大学生（男3名、女3名）の計6名、全員、右利きで眼鏡を使用していない（裸眼、もしくはソフトコンタクトレンズ）。

[使用機材]

・4の(3)で用いたQG-PLUS  
・光イメージング脳機能測定装置として株式会社スペクトラテック社製の近赤外計測装置 OEG-16 を用いた。OEG-16 は生体内のヘモグロビン(Hb)が酸素との結合状態によって変化する近赤外光から赤光近辺での吸光特性を利用して、生体内のそれほど深くない部分における各部の血液量変化を最大16チャンネルで同時計測することを目的とした装置である。主に前頭葉での使用を前提とし、非侵襲的な測定が可能である。



図3 OEG-16 イメージ図

[方法]

・実験は個別形式  
・OEG-16 を図3のように装着しキャリブレーションを実施。  
・QG-PLUS は4の(3)と同様、16ポイントでのキャリブレーションを実施。画面から顔までの距離は約60センチ。今回はやや小さなモニター上の文字を読むため、あご台を使用した。  
・課題についてモニター画面を用いながら口頭で説明  
・1分以上の安静時間ののち、4の(3)で使用した映像、およびオリジナルリーディングブラウザPREMA(your Personal Reading Manager)に搭載した様々なレベルの英文(4の(2))で使用したものを各被験者に読んでもらい、視線解析装置と光イメージング脳機能測定装置により視線と前頭前皮質における血液量変化を測定した。OEG-16 は最大16チャンネルで同時計測することが可能であるが、頭の大きさによる誤差を考慮して、本実験では、CH8、CH4、CH13のデータのみを扱うこととした。  
・モニターに提示した以下の通り提示した。[日本語の昔話(小学生レベル・浦島太郎)]

[日本語の昔話・意図的エラーあり(小学生レベル・浦島太郎)]

[日本語のニュース(ポータルサイトのスポーツニュース)]

[中学レベルの語彙で構成された英文3題(高校入試問題)]

[日本人学習者向けに書かれた中学エッセイ2題(大学教養レベル)]

[日本語の昔話の音読(小学生レベル・桃太郎)]

[日本語の古典の音読(大学レベル・平家物語)]

[DVD視聴(4の(2)と同じ)]

・それぞれ「普段通りに読んでください」「音読してください」「映像を見て、音声を聞いてください」と指示。

[結果]

脳波積分値と同様、ベースとなる値に個人差があるため平均値どうしでの比較が難しい。そこで、被験者ごとにデータを見ていく必要があるが、詳細な結果については現在分析の途中である。その中でも今のところ以下の傾向が認められている。

音読の場合、黙読の場合よりも酸素化ヘモグロビン(oxyHb)濃度の変化が大きくなる傾向が見られた。ただし、音読の場合、あごの動きに伴う頭部の運動刺激による可能性も指摘されている。今後の課題である。ただし、難度の低い桃太郎と難度の高い平家物語の濃度変化に相違が観察されたことは注目すべき点である。

の桃太郎・平家物語と同様、難度の低い英文に比べて難度の高い英文を黙読する場合にも濃度変化の相違が観察された。

これらに関しては、現在、詳細にデータを分析中であるとともに、さらに追加実験を行っていく予定である。

(5)まとめ

以上、見てきたように本課題で行ってきた実験により、被験者の英語能力や英文の難易度により認知的反応が異なることが観察された。今後は対象を徹視的に観察しながら、当初の課題である個々の英語運用能力がどこに起因するのかを探索していく。

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2件)

(1) 岡崎弘信、木戸和彦

「英文リーディング時における脳波変化についての一考察」、『創価大学英文学会英語英文学研究』72、75-87、2013年、査読無。

(2) 木戸和彦、江原智子、福田衣里、岡崎弘信

「脳波積分値に関するパイロット研究：基礎学力可視化のために」、『環太平洋大学紀要』7、107-114、2013年、査読無。

[学会発表](計1件)

(1)岡崎弘信、福田衣里、新田晴彦、木戸和彦

「字幕再考：視覚追尾システムを用いて」、  
映画英語教育学会第 19 回全国大会、2013 年  
8 月、相模女子大学。

6. 研究組織

(1)研究代表者

岡崎 弘信 (OKAZAKI HIRONOBU)  
秋田県立大学・総合科学教育研究センター・准教授

研究者番号：80405084

(2)研究分担者

内山 応信 (UCHIYAMA MASANOBU)  
秋田県立大学・総合科学教育研究センター・准教授

研究者番号：30464556

木戸 和彦 (KIDO KAZUHIKO)  
環太平洋大学・次世代教育学部・准教授

研究者番号：80599184

新田 晴彦 (NITTA HARUHIKO)

専修大学・商学部・兼任講師

研究者番号：80424323

(3)連携研究者

福田 衣里 (FUKUDA ERI)  
創価大学・ワールドランゲージセンター・助教

研究者番号：50617488

(4)研究協力者

橋本 信一 (SHINICHI HASHIMOTO)  
創価大学・ワールドランゲージセンター・講師

鈴木 光子 (SUZUKI MITSUKO)  
創価大学・ワールドランゲージセンター・助教

江原 智子 (EBARA SATOKO)

環太平洋大学・次世代教育学部・助教