

脳波データとテスト結果からみる

英語個別指導時における教育効果の検証

塩尻(斎藤)亜希^{*1}, 楠澤裕也^{*1}, 門田裕次^{*1}, 上條浩一^{*1},
鈴木圭^{*2}, 大関和夫^{*1}, 鈴木雅実^{*1}, 菅谷みどり^{*2}

^{*1} 東京国際工科専門職大学

^{*2} 芝浦工業大学

Verification of Educational Effectiveness of English Tutoring

Based on Electroencephalography and Test Results

Aki SHIOJIRI(SAITO) ^{*1}, Yuya KUSUZAWA ^{*1}, Yuji KADOTA ^{*1}, Koichi KAMIJO ^{*1},
Kei SUZUKI ^{*2}, Kazuo OHZEKI ^{*1}, Masami SUZUKI ^{*1}, Midori SUGAYA ^{*2}

^{*1} International Professional University of Technology in Tokyo

^{*2} Shibaura Institute of Technology

日本は少子化と英語教育の早期化が進んでいる。一人当たりの教育費は年々増加傾向にあり、英語個別指導のニーズが高まっている。一方、教育効果はテスト結果で計られることが多く、勉学に励み思考する行為も教育として評価するのであれば、必ずしもテスト結果のみで教育効果を計ることは好ましくない。そこで本研究では、英語個別指導時における受講者の脳波の振幅変化(波、波、/)を学習時における脳の活性指標とし、受講前後のテストの結果と受講態度などと比較することで英語個別指導時における教育効果を確認した。結果、脳波の振幅は授業前後のテスト時に高く、特に授業後のテストで学生がもっとも脳が活性化していることが認められた。さらにテストを早く解き終えたために熟考時間が短かった被験者の / が急降下していたため、テストの結果を用いずに教育効果を計れる可能性が示唆された。

キーワード: 個別指導、脳波(EEG)、 / 、英語、教育効果

1. 背景・目的

日本の英語教育は年々早期化している。例えば、日本の義務教育を見ると、英語教育は2002年に中学校で、2011年には小学5,6年生で必須化、そして2020年になると小学校3年生で必須化され英語学習の早期化が進むとともに、同2020年に日本の小学校で英語の教科化がスタートし英語教育の重要度が高まっている。加えて、日本は少子化が急速に進んでいるものの、子ども一人当たりの教育費は年々増加傾向にあり、学習塾の指導形式は集団授業から個別指導方式へのシフトが進んでいる⁽¹⁾。しかし、学習塾の指導者が子ども一人一人のニーズに合わせた指導を施すための創意工夫の多くは指導者個人に任せられる傍ら、教育効果は

学校の成績や試験結果、模擬試験から算出される偏差値といった結果のみで計られることが多い。つまり、教育効果はあくまで結果のみで計られ、授業に真摯に向き合った、問題を深く考えた、といった学生らが学習に向き合った努力については評価されない、もしくは評価されるとしても指導者の主観的判断に委ねられていることが多い。

一方、脳波測定器の簡易化が進み、学習と脳波の関係について議論が活発化している。古くは、例えば、Ginannitrapaniらが読解テストにおいて波有効になることから思考状態を推定する指標として有効であることを示し⁽²⁾、近年では、例えば、Lokareらは受講者が異なる集中レベルを必要とする様々なタスクを行

っている間を脳波計測器で計測することで、集中レベルを分類し⁽³⁾、平井らは簡易脳波測定器を使用して波、波を計測し / を評価することで思考する集中度合いを測る指標として有効であると示し⁽⁴⁾、Yoshidaらは / 値を評価することにより、人間の思考状態や脳の活性度が計れ、特に計算問題より言語問題の方が / の値の変化が大きくなり負荷が高いこと、被験者の作業の熟練度合いと密接に関係していることなどが報告されている⁽⁵⁾。

そこで本研究では脳波の振幅変化(波、波、 /)を学習時における脳の活性度とし、英語個別指導時の教育効果をはかるために脳波とテストの結果を比較し、教育効果について検証を行った。

2. 方法

2.1 授業実施時期・方法

英語個別指導は2023年9月26～28日に行った。実験場所、被験者の募集は東京国際工科大学内で行った。以下、詳細を記す。

2.1.1 被験者

受講する被験者(以下、受講者)は東京国際工科大学の工科学部に所属する大学4年生から募集し20代の男性4名、女性1名、計5名とした。英語を個別指導する被験者(以下、指導者)は同大学の英語の専任教員1名とした。

2.1.2 講義の内容と構成

講義内容は英語の「品詞」の範囲とし受講者の英語の能力別に難易度を設定した。受講者の英語能力の指標は同大学で実施しているTOEIC® Program IPテスト(オンライン)で取得したTOEIC® Listening & Reading Testにおける直近のスコア(2023年7月)を参考に と の2つの難易度とした。なお、講義の構成は受講者の理解度を定量化することと、受講者毎の理解するペースも鑑み、授業前テスト5分間、講義40～50分間、授業後テスト5分間の計50～60分とした。授業前後のテストは講義に関する知識を問う内容のペーパーテストとし、4つの選択肢から1つを選ぶ四者一択形式で全10問の10点満点とした。なお、受講者の個別指導に対する態度や状態を確認するため、授業後テスト後にアンケートも実施した。



図1 EPOC X 14チャンネルの本体(上)⁽⁶⁾と脳波センサ位置(下)⁽⁶⁾

2.1.3 授業実施環境・構成

授業を実施する場所は、被験者らの負担を考慮し被験者らが所属する同大学の一室を使用して実施した。個別指導の形式は指導者と受講者が1m程度離れた対面形式とし、指導者と受講者の間に27型モニター(ThinkVision T27q-20)を設置し講義資料を投影した。なお、講義の様子は3台のデジタルビデオカメラ(Sony社FDR-AX100)で撮影した。

2.2 脳波測定

脳波の測定には、Emotiv社EPOC X 14チャンネル脳活動計測デバイス(図1上)を使用し、同社が提供するEmotiv社ヘッドセット向けEEGソフトウェアを使用し脳波を解析した。なお、ノイズ除去にはEEGLAB⁽⁷⁾を使用した。EPOC X 14チャンネルは、脳波センシング・ヘッドバンドであり、生理食塩水ペースの電極を用いているため、長時間の装着が可能である。また、国際10-20法に対応し、P3, P4を

reference とし、AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1, O2T, P9, TP10, AF7, AF8 の計 14 か所から脳波を計測している(図 1 下)。脳波は 波(4-8Hz)、波 (8-12Hz)、波 (12-25Hz)、及び 波 (25Hz 以上)とし情報を取得している⁽⁶⁾。なお、取得した脳波データは欠損値の処理後 75Hz でリサンプリングした。さらに 3-40Hz 帯域幅をもつバンドパスフィルタを適用した後、標準偏差を電極毎に 4 秒間に記録されたデータを 1 秒間隔毎で算出し、値が 15 以上の電極をノイズとして除外した。

人間の脳は、様々な周波数からなる電気の振動を常に発しており、それらは周波数帯域ごとに名前がつけられ、それぞれ異なった生理学的な意義を有している。本研究では、学生の授業における集中度を測ることを目的としているため、波、波の計測結果と / の結果を使用することとした⁽⁸⁾。

3. 結果

3.1 テスト結果による学生の理解度

受講者別、講義難易度と授業前後のテストの結果を表 1 に記す。受講者 B はテスト結果が横ばい、受講者 E はテストの点数が若干降下したが、全体平均は授業前よりも授業後が高かった。

3.2 受講者の脳の活性度合い

図 2 は脳波測定の結果である。波、波、 / 比の 3 つの振幅変化の平均値を、各受講者および全受講者の平均値の計 6 パターンをそれぞれ算出した。なお、振幅変化は授業前テスト 5 分間を 1 セッション、講義 40~50 分間を前半と後半に分け 2 セッション、授業後テスト 5 分間を 1 セッション、計 4 セクションに分け各セッションの平均をグラフ化している。振幅変化は受講者毎にばらつきがあるものの、平均値を見ると、講義中よりも授業前後のテスト時、特に授業後のテスト時に脳の活性度合いが高いことが確認された。

4. 考察、結論

4.1 結果のまとめ

改めて、今回の研究結果の要点をまとめる。

A) 受講者毎にばらつきがあるが、授業前後でテスト

表 1 受講者別講義難易度とテスト結果

受講者	講義の難易度	Pre-test	Post-test
A	①	5	7
B	①	4	4
C	②	7	6
D	②	7	8
E	①	5	8
平均		5.60	6.60

トの得点が向上した。

B) 脳波計測の結果から、受講者毎にばらつきが大きいが、脳波の振幅変化(波、波、 /)の平均をみると、受講者はテストを受けている時間帯で振幅が大きく、講義中では振幅が小さくなる傾向がある。

上記 A), B) の実験結果はいくつかの傾向を示している。

A) の結果から、今回の実験において、テストの難易度に議論の余地を残すが、授業による一定の教育効果があり、本実験の前提条件となる授業による教育指導は正しく行われたと考える。B)の結果から、今回の実験において、受講者全員ではないが、大半の受講者が授業前後のテスト特に授業後のテストに脳が活性化することが認められ、受講者は総じて授業に真摯に向き合っていた可能性が高いと考えられる。

4.2 考察

4.2.1 講義難易度の妥当性

授業前後のテスト結果から教育効果が認められなかった受講者(テストの結果が横ばいだった受講者 B とテストの結果が下がった受講者 C) が 2 名発生した。この受講者に着目すると、講義の難易度 のとのそれぞれにおける TOEIC のスコアが最も低い受講者であった。つまり、授業の難易度が適正でなかったため、テストの結果が上昇しなかった可能性があると考えられる。

4.2.2 授業後テストで / が急降下した受講者

図 2 の / の振幅変化と確認すると、受講者 D についてのみ、他の受講者と反対に授業後テストで大幅な脳の活性度合いの低下がみられた。そこで、この受講者に着目し授業後テストの動画を確認したところ、他の受講者とは違い、与えられた 5 分間というテスト回答時間の内、最初の 1 分程度で 10 問の回答を終わ

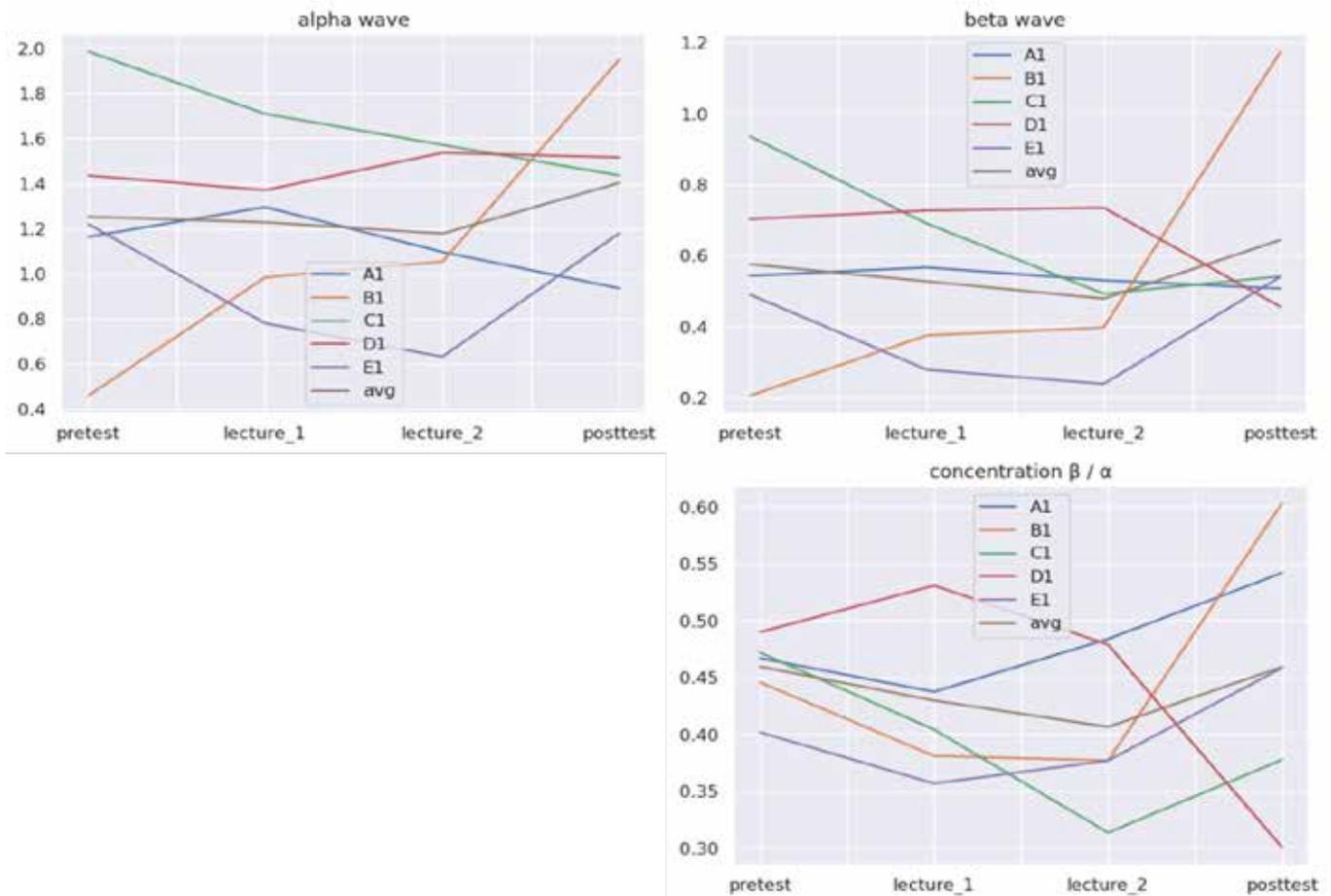


図 2 受講者別、脳波のパワー変位 (α 波(左上)、 β 波(右上)、集中(β / α) (右下))

らせており、残り 4 分間で回答を修正したりすることはなかった。つまり、テストに対し熟考したのは与えられた時間の最初のおよそ 1 分間程度のみであり、残り時間はテストに対して考えるという行為を行っていなかったため、結果、授業後テストの β / α における振幅が急激に低下したと考える。

4.2.3 テスト結果と脳波の振幅からみる教育効果

英語個別指導時における教育効果についてテストの結果と脳波の振幅変化について比較検証する。

先行研究によると α 波や β 波のパワースペクトルや β / α の値を評価することにより人の脳の活動度が図れることが報告されている。加えて低 β / α の値が課題の困難度を表していることが報告されている⁽⁴⁾など。今回の実験結果では、学びをインプットする講義中より、学びをアウトプットするテスト時に β / α の値が高くなる、特に講義内容を正しく理解しているかという“理解度の確認”という位置づけにあたる授業後テスト時に最も β / α の値が高かった。つまり、先行研究とほぼ合致する結果が得られたと考える。その中でも、

テストの結果が横ばいだった受講者 B は β / α の値が授業後テストで急上昇しているため、脳が活性化し、テストの結果にはつながらなかったものの、“考えさせる”という教育については効果があったと捉えることができるのではと考える。さらにテストの結果が上がった受講者 D については、 β / α の値が授業後テストで急低下しており、脳の活性度合いは低下している。動画像を確認しても、テスト 5 分間の内、後半の 4 分程度は総じてテストに真摯に向き合っていると観察できないため、テスト時間が適切ではない、つまり、受講者が英語学習について考えることを放棄している時間が多く、教育効果が下がっていると言えると思う。

もちろん、受講者 D の β / α の振幅低下の原因は、授業の難易度が適切でなかった、テストの難易度が適切でなかった、体調不良によって集中度が持続しなかった、脳波測定器のサイズが合わず、頭痛を及ぼしたなど、排除しなければならない様々な要因が考えられるが、脳波の β / α の振幅変化から、効果的な授業改善を提案することができる可能性が示唆された。

5. 今後の展望

本研究では講義の様子を3台のデジタルビデオカメラで撮影しているが、このデータについては未だ解析を行っていない。加えて、英語個別指導後にアンケートを行っているがこれについての解析も行っていない。以下、この2点について記す。

今回、被験者の状態、特に表情を追うために受講生と指導者を撮影するビデオカメラをそれぞれ1台、および、受講生がテストを解く様子や、指導者が紙とペンを使用し指導をしている様子を観測するために、机上にフォーカスを当てたビデオカメラ1台を設置した。これらの画像解析を行い、脳波データやテストの結果と比較することでより細かな授業中の脳の活性化度合いの変位を確認できる可能性がある。例えば、脳波の振幅大きい時に指導者がどのような行動をしているのか、受講者がどのような表情をしているのかなどの統計が取れば、それをもとに個別指導の改善を行うための具体的提案が可能と考える。

また、受講者の授業後アンケートでは、受講者自身がその講義にどの程度向き合っていたかなどの主観的評価を10段階でヒアリングしているため、その主観的評価と脳波のデータを比較することで、多くの大学などで取り入れられている授業評価をより客観的に捉えることが可能と考える。特に、先行研究によると、集団のプログラミング授業においては、講義中に脳が活性化し、授業前後の小テストでは脳の活性化度合いが下がる一方、アンケートでは被験者らはテスト時か最も集中したと答えることが分かっているため⁹⁾、これらと比較検証することで指導者の違いによるストレス度合いや脳を活性化させる指導者の行動の抽出も可能と考える。

今後はこれら未着手の実験データに関する分析、および、今回の結果から懸念となった項目を改善した追加実験を進め、最終的にテストの点数といった結果だけに左右されない、生体情報を用いた授業フィードバックシステムの開発ができればと思う。

謝辞

本研究は、東京国際工科大学共同研究費(TK共同研第 202302 号)の助成を受けたものである。

本研究は、科学研究費補助金(22K02868)の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 経済産業省「特定サービス産業動態調査」, <https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/tokusabido/index.html>, (Available: December 14, 2023)
- (2) Giannitrapani, Duilio. "The role of 13-hz activity in mentation." *The EEG of mental activities*. Karger Publishers, (1988), 149-152.
- (3) Lokare, Varsha T., and Laxman D. Netak. "Concentration level prediction system for the students based on physiological measures using the EEG device." *Intelligent Human Computer Interaction: 12th International Conference, IHCI 2020, Daegu, South Korea, November 24–26, 2020, Proceedings, Part I 12*. Springer International Publishing, (2021)
- (4) 平井章康, 吉田幸二, and 宮地功. "簡易脳波計による学習時の思考と記憶の比較分析." *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集 2013* (2013): 1441-1446.
- (5) Yoshida, Kouji, et al. "Evaluation of the change of work using simple electroencephalography." *Procedia Computer Science 22* (2013): 855-862.
- (6) Emotiv EPOC X User Manual, <https://www.manualslib.com/manual/2036027/Emotiv-Epoc-X.html>, (Available: December 14, 2023)
- (7) Delorme A & Makeig S, "EEGLAB: an open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics", *Journal of Neuroscience Methods* 134:9-21 (2004)
- (8) Abhang, Priyanka A., Bharti W. Gawali, and Suresh C. Mehrotra, "Technological basics of EEG recording and operation of apparatus", *Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition*, pp. 19–50 (2016)
- (9) Kamijo, Koichi, et al. "Effect of Teacher's Behavior on Students' Concentration Level." *Proceedings of the International Conference on Future of Teaching and Education*. Vol. 1. No. 1. (2022)