

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：32201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26370672

研究課題名(和文) 脳科学的データを利用した工科大の英語教育プログラム開発に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Developing an effective ESP curriculum integrating analysis with NIRS for engineering students in Japan

研究代表者

飛田 ルミ (TOBITA, RUMI)

足利工業大学・工学部・准教授

研究者番号：40364492

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では「仕事で英語が使える人材育成」を可能にする、効果的なESPカリキュラムの構築を目指し、NIRS(近赤外分光法)を活用して、教育工学分野におけるATI(適正処遇交互作用)理論を基に実験を遂行した。学習者特性には英語習熟度を取り上げ、課題の種類や難易度、課題遂行時の脳内賦活部位の差異、及び記憶定着の関連性を実験により分析した。ESP関連科目では、これらの実験から得られた成果とニューズ分析結果を反映させ、学習者の自律学習調整力の向上に役立つ指導方法として、アクティブラーニング型の授業実践を行うことにより、学習者の授業への積極的な参加と英語コミュニケーションの習得において効果が確認できた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is developing an effective course design by using analysis with NIRS (near-infrared spectroscopy) for Japanese EFL learners at a technical college from the viewpoint of brain science and educational technology to meet ESP (English for Specific Purposes) curriculum goals: to develop global engineers. NIRS is widely recognized as a practical non-invasive optical technique to detect characteristic of hemoglobin density dynamics response during functional activation of the cerebral cortex. In the field of educational technology, Attitude-Treatment Interaction (ATI) is an important element, so that ATI based experiments have conducted to clarify the preferable combinations of learners' characteristics, teaching materials and methods by comparing the brain activities of learners in different English proficiency levels. The results showed that using analysis of NIRS for EFL learners could be a very useful method to get an idea to develop effective ESP course.

研究分野：人文学

キーワード：NIRS ESP 教育工学 授業設計 カリキュラム ATI (適正処遇交互作用) 脳科学 習熟度

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は、工科系大学における「仕事で英語が使えるエンジニアの育成」という英語教育の最終目標に指針を得るため、教育学・認知心理学・脳科学の知見を基に、効果的な ESP (English for Specific Purposes) プログラムの構築を目的とした継続的研究の一環である。これまで遂行してきた、上記各分野における先行研究は次の通りである。

### (1) 教育学分野における外国語教育研究

教育学の分野では、英語教育における教育メディアの効果的活用法という観点から、学習者特性、教育メディア、課題の関連性を検証する、適正・処遇交互作用(ATI: Aptitude Treatment Interaction) または、特性・処遇・課題交互作用(TTTI: Trait Treatment Task Interaction) に基づいて研究を重ねた。具体的には、ESP 理論に基づいたニーズ分析を、工科系大学及び医療福祉系大学において実施し、その結果を授業改善に反映した。(飛田・宮崎・落合, 2007) さらに、コンピュータを利用した授業を好む傾向がある工科系大学生向けに、日常会話能力の向上を目指した e-Learning 教材の開発、及び、能動的な e-Learning 教材の活用方法を駆使した授業を実践した。(飛田・松岡, 2008)

これらの授業実践から得られた結果を参照した改善は継続され、英語コア科目の改編、海外研修用ゼミの増設、参加者のニーズに合わせた本学オリジナルの海外研修を企画し実施した。(飛田, 2010)

### (2) 認知心理学・脳科学分野における外国語教育研究

認知心理学の分野に関する研究では、記憶の定着を目指す効果的な指導法としてメタ認知ストラテジーを用いて、学習者特性との関連性を検証した。その結果、習熟度が高い学習者群において、既存知識を活用した Semantic Map を作成させるといったメタ認知ストラテジーの効果が認められた。(飛

田, 1992) また脳科学の分野においては、脳内活動の可視化技術の発展に伴い、脳血流量を測定する NIRS を利用し、英語リスニング課題実行中の脳内活動を測定する実験を行った。その結果、被験者特性と教材や課題の難易度が適合しなかった場合は、脳内活動に賦活化が観測されず、学習活動に至っていない場合があることが判明した。(飛田、湯舟, 2014)

上記のように、当研究開始当初に至るまで、教育学、認知心理学、脳科学の分野における知見を基礎として研究を重ねてきたが、特に NIRS を用いた研究において、教育学で指摘されている、学習者特性と教材や課題の適合性を脳科学的見地から検証することの重要性が示唆されたことから、本研究においては、カリキュラム改善の一環として、脳科学データを活用する方法を適用した。

## 2. 研究の目的

本研究は、工科系大学における英語カリキュラムの最終目標である「仕事で英語が使えるエンジニアの育成」に効果的な、授業設計、カリキュラム改善を目的とした継続的な研究の一環として、研究期間内の下位目標を以下のように設定した。

(1) ATI 理論を基礎に、メタ認知ストラテジーと学習者特性、及び課題の組み合わせの違いによる脳内活動を、NIRS を用いて測定することにより、学習者特性に適合し、英語コミュニケーション能力の向上に効果的な指導方法を検証する。

(2) 学習者のニーズと NIRS を利用した実験結果を参照し、ESP 関連科目における効果的な授業設計及びカリキュラムの構築を検討する。

(3) 上記(2)で設計された授業を実践することにより、教育学、脳科学の分野から、効果的な英語教育プログラムの開発に関して示唆を得る。

3年間の研究期間の中で、初年度は上記の下位目標(1)を、2年目は(1)と(2)を、最終年度は(3)について検証するために、実験及び調査を遂行した。

### 3. 研究の方法

#### (1) ATI 理論を基礎とした NIRS による実験の遂行

NIRS とは近赤外分光法を用いて、脳内の酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビン量の変化を多点で測定することで、脳機能をマッピングする装置である。NIRS の登場により、脳活動の可視化が容易となり、これまで観測結果が理論的、間接的であった第二言語習得研究にも活用されるようになった。

そこで本研究でも NIRS を利用して、前述の下位目標(1)を検証するために実験を遂行した。主要な実験内容及び方法を付記する。

学習者特性（英語習熟度）と処遇の難易度の相関関係を検証する実験

最適な学習者特性と処遇の組み合わせを検証するために、被験者を習熟度上位群、下位群に分け、各グループに難易度の異なるリスニング課題を与える実験を、同じ被験者に2回実施した。実験1では、難易度が低い旅行会話を、実験2では難易度が高いオーセンティックな会話（映画、ニュースなど）を処遇として与え、各実験中に図2の観測チャンネル（全45チャンネル）における脳血流の賦活化を観測した。

実験プロトコルは、次の通りである。

実験の説明（10分） プローブの装着（約30分） レスト（1分間） タスク（4分）

レスト（1分） プローブを外す 事後テスト（記憶の定着確認）とアンケートを実施

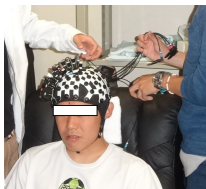


図1. プローブ装着

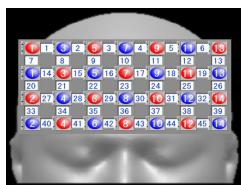


図2. 観測チャンネル

学習者特性（英語習熟度）とメタ認知ストラテジーの相関関係を検証する実験

メタ認知ストラテジーとしてセルフモニタリングと自己評価能力を取り上げ、被験者を習熟度上位群、下位群に分け、リスニング課題を与える実験を同じ被験者に2回実施した。実験1では、使用するストラテジーに関しては何も指示を与えず、ただリスニング課題音声を聞かせた。一方実験2では、事前にメタ認知ストラテジーについて解説し、それをリスニング課題音声がかかっている間に駆使するように指示を与え、各実験中に脳内活動の賦活化を観測した。実験プロトコルは上記 とほぼ同等である。

学習者特性（英語習熟度）と課題の難易度の相関関係を検証する実験

学習者の英語習熟度と課題の難易度の関連性について調べるため、被験者を習熟度上位群、下位群に分け、各グループに難易度の異なる課題を与える実験を同じ被験者に2回実施した。実験1では通常のリスニング課題を、実験2では同時通訳の訓練に使用する、難易度が高いシャドーイング課題を実施させ脳血流の賦活化を観測した。実験プロトコルは前記 及び とほぼ同等である。

なお、各実験における実験2の実施は、実験1の影響が出ないように、実験1の終了後、約1週間空けて実施した。そのため、実験に多大な時間が要されるため、各実験群の被験者数は5～10名であった。

上記の ~ の要領で、追実験を繰り返すことにより、授業設計に示唆を得た。

#### (2) 学習者のニーズと実験結果を反映した授業設計

実験によって得られた成果を授業設計、カリキュラム構築に効果的に活用するために、学習者が身につけたいと思う英語力を、ESP 理論に基づいて調査した。その結果、工科系大学生が習得したいと最も望んでいたのは、日常会話能力で、次いで工科系の

専門用語の習得であった。また教材や指導法については、コンピュータや映像を用いた教材を好むことが明らかとなった。さらに、大多数の被験者が英語に対して苦手意識を持っているため、授業中に指名されることに対し抵抗感があることも判明した。

### (3) 研究成果を反映した授業実践

本研究開始以前、及び期間内に実施したNIRSを活用した実験において、メタ認知ストラテジーの効果、及び教員介在の重要性が示唆されたことから、昨年より、担当している全ESP関連科目を、双方向対話型授業が可能である授業支援システム(Calabo LX)が導入されたPC教室で実施することにした。システムの特徴の一つとして、クリッカーシステムを搭載しているため、教員が積極的に全学習者と関わられるだけでなく、英語に苦手意識を持つ学習者の積極的な授業への参加も期待できる。さらにプレゼンテーション等を課すことにより、学習者の自律性を奨励するアクティブラーニング型の授業を実践している。

## 4. 研究成果

### (1) NIRS を利用した実験による成果

学習者の英語習熟度と処遇の難易度の関連性を検討するために実施した実験で得られた、顕著な結果の一例を表1に示す。

表1 実験結果

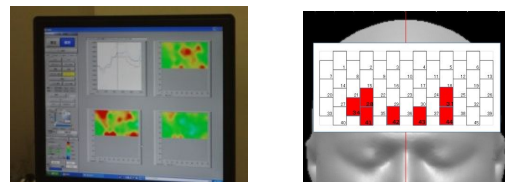
学習者特性	処遇	脳内活動	事後テスト平均点 (15)	t 検定結果
習熟度：高	安易	活性化無	7.8 /15	t (8) = 3.111 p<.01
習熟度：低	安易	活性化高	2.4/15	

表1は、比較的安易な処遇を与えられた時の脳内活動の差異と記憶定着の関連性を、習熟度別に検討した結果である。結果が示す通り、学習内容が長期記憶として定着している場合は、脳内の賦活化が確認されない場合でも、事後テストの成績は高く、一方で、脳内活動が活発であっても、学習成果としては反映されない場合があることが判明した。また、難

易度が高い処遇が与えられた場合の脳内活動の差異は、表1とは逆の傾向にあり、習熟度が高い被験者の脳内活動が活発で、習熟度が低い被験者の中には、全く脳血流の変化が確認できない被験者が、全体の半分以上を占めた。

学習者特性の差異及びメタ認知ストラテジーの有無による関連性を調べた実験で特筆すべきは、習熟度上位群において、ストラテジーの有無に関係なく、言語、認知に関わるとされている角回、縁上回(ブロードマンマップ:BA39-40)周辺に顕著な賦活化が確認された。(t(272)=4.621, p<.01)一方、習熟度下位群においては、メタ認知ストラテジーを使用するように指示した場合、リスニング課題であるにも関わらず、聞き取りに必要な聴覚野、ブローカ野、ウェルニッケ野(BA44-45, 22)に賦活化が確認されない被験者が多かった。つまり、学習者にとって教材内容や指導法、課題の難易度が高すぎる場合は、外見上は学習しているように観測されても、教材内容が全く学習されていない場合があることが判明した。

習熟度と課題の難易度に着目し、難易度が高い課題(シャドーイング)と難易度が低い課題(リスニング)遂行時の脳内活動の相違点を検討した実験では、シャドーイング課題実施時に、言語活動に密接に関わるブローカ野の脳血流に有意差が確認された。[Ch:43 t(272)=3.873, Ch44 t(272)=3.432, p<0.01]



この結果は、習熟度が低い被験者は、シャドーイングのような難易度が高い課題を与えられた場合、課題の遂行自体が困難であることを示していると推測される。一方、習熟度が高い学習者にとっては、少々難易度が高い

課題の方が、より脳内の賦活化が高くなると考慮される。

これらの実験における脳内活動データが示した結果から、通常の授業実践や筆記試験では判断できなかった、教員単独による教材や指導法選択の不足点が明らかとなった。この様に、脳科学的側面から効果的な授業実践の方法を検討することの有用性が示されたことは、ESP カリキュラム改善及び構築に新たな一考を投じたと考慮される。

## (2) 脳科学データを駆使した授業改善による成果

効果的な ESP カリキュラムの構築を目指して遂行した脳科学的実験からは、学習者特性と課題、指導方法の最適な組み合わせが、効果的な授業設計の要であることが明らかとなった。また、ESP に特化したニーズ分析を実施した結果、教員介在の重要性、及び授業内での英語に対する苦手意識や不安要素を軽減させることの重要性も示された。

そこで、これらの実験及び調査結果を参照し、担当する ESP 関連科目において、学習者と双方向対話型の授業が可能である授業支援システム( Calabo LX )を新たに導入し、アクティブラーニングを試行している。学習支援システムを利用することにより、工科系大学生が好むコンピュータを利用した学習が可能となり、指導的立場としては常に学習者全員の動向を把握することが可能となった。また、付随のクリッカーシステムを使用することにより、英語に苦手意識を持ち、授業中の発言に不安を覚えていた学習者でも、他の学習者に知られることなく解答や質問を教員に打診することが可能であるため、授業への積極的な参加が確認されている。授業実践の効果については、まだ実践期間が短いため効果検証には至らないものの、授業実践後の期末試験において多少の平均点の上昇が確認された。

これらの研究成果から、従来観測が不可能

であった脳内活動データをカリキュラム改善に駆使することにより、新たな問題点を発見し、それらを改善することが可能であることが示された。即ち、脳科学的及び教育工学的側面から効果的な英語指導方法を検討することの意義が確認できたと考慮され、将来的にも、NIRS 等を活用した、脳科学的レベルの実験の有用性が益々期待されると言えよう。

今後は、上記のアクティブラーニングを取り入れた授業実践から得られた知見を基に、継続的に NIRS を活用した追実験を遂行し、さらに効率的な学習方法を検討することにより、「仕事で英語が使えるエンジニアの育成」という英語教育の最終目標を目指していく。なお、当研究は被験者数も少なく、NIRS を活用した実験には、様々な批判や指摘も多いことは否めず、当研究の結果を一般化することは困難である。しかし、日々進化する科学技術を、教育改善に取り入れる布石の一つとして参照に値すると言えるであろう。

### [参考文献]

1. 飛田ルミ、宮崎路子、落合美佐子(2007)「工学系及び医療福祉系大学における英語教育のニーズアナリシスに基づくカリキュラム開発」足利工業大学総合研究センター年報 8 号, pp.161-178.
2. 飛田ルミ、松岡祐樹 (2008)「工科系大学の英語教育における効果的な e-Learning システムの活用に関する研究」足利工業大学総合研究センター年報 9 号, pp.177-187.
3. 飛田ルミ(2010)「グローバルに活躍できるエンジニアの育成を目指す海外研修プログラムの実践」足利工業大学研究集録, 第 44 号, pp.97-111.
4. 飛田ルミ(1992)「英語の読解におけるメタ認知学習方略の適用に関する実験的研究」国際基督教大学大学院教育学研究科 修士論文
5. 飛田ルミ、湯舟英一 (2014)、近赤外光イメージング装置(NIRS)による効果的な英語コミュニケーション指導法の検証、足利工業大学総合研究センター研究年報、第 15 巻、査読無、2014.7, pp.123-130.
6. Cronbach, L.J., Snow, R.E. (1977) Aptitudes and Instructional Methods: A Handbook for Research in Interactions. John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
7. Shimadzu. LABNIRS. [Online]. Available from:

<http://www.an.shimadzu.co.jp/bio/nirs/nirs2.htm>

8. D. Perani and J. Abutalebi, "The neural basis of first and second language processing," Current Opinion in Neurobiology, 15, 2, pp. 202-206, 2005.

## 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)

Rumi Tobita, Development of Effective ESP Course Design Integrating Analysis with Near-Infrared Spectroscopy, Refereed, 2017.3, pp.183-186.

Rumi Tobita, Effectiveness of Analysis with Near-Infrared Spectroscopy for EFL Learners in Japan, HCI International 2016 Poster's Extended Abstracts II, Refereed, 2016.6, pp.201-206.

飛田ルミ、近赤外光イメージング装置 (NIRS) を利用したメタ認知ストラテジーの効果検証、足利工業大学総合研究センター研究年報、第 16 巻、査読無、2015.7, pp.97-111.

Rumi Tobita, Effectiveness of Analysis with NIRS for Japanese EFL Learners, IARIA HUSO 2015 I, Refereed, 2015.6, pp.11-12.

〔学会発表〕(計 6 件)

Rumi Tobita, Development of Effective ESP Course Design Integrating Analysis with Near-Infrared Spectroscopy, The 8<sup>th</sup> International Conference on Society and Information Technologies, 2017.3.22, Orlando, Florida, U.S.A.

Rumi Tobita, Effectiveness of Analysis with Near-Infrared Spectroscopy for EFL Learners in Japan, Human-Computer Interaction International 2016, 2016.6.19, Toronto, Canada.

Rumi Tobita, Effectiveness of Analysis with NIRS for Japanese EFL Learners, The First International Conference on Human and Social Analytics HUSO 2015, 2015.10.13, St. Julians, Malta.

Rumi Tobita, Developing an effective ESP Course for Engineering Students Integrating Analysis with NIRS, IEOM 2015: International Conference on Operations Excellence and Service Engineering, 2015.9.10, Orlando, Florida, U.S.A.

飛田ルミ、湯舟英一、鈴木政浩、近赤外光イメージング装置 (NIRS) を利用したリスニングストラテジーの効果検証、外国語教育メディア学会関東支部第 133 回研究大会、2014.11.15, 高崎健康福祉大学.

Rumi Tobita, Eiichi Yubune, Masahiro Suzuki, Effectiveness of Analysis with

Near-Infrared Spectroscopy for EFL Listening Training, AILA World Congress 2014 (The World Congress of Applied Linguistics), 2014.8.10, Brisbane Australia.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

飛田ルミ (TOBITA RUMI)  
足利工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 40364492

(2) 研究協力者

小林敏孝 (KOBAYASHI TOSHINORI)  
足利工業大学・工学部・教授  
研究者番号: 70133642  
萬代宰 (MANDAI OSAMU)  
足利工業大学・工学部・教授  
研究者番号: 10337298  
湯舟英一 (YUBUNE EIICHI)  
東洋大学・総合情報学部・教授  
研究者番号: 70339208