

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 14 日現在

機関番号：32679

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23520761

研究課題名(和文)脳神経科学に基づく通訳訓練の有効性

研究課題名(英文)Effectiveness of interpreting practices based on neuro-scientific viewpoints

研究代表者

篠塚 勝正 (Katsumasa, Shinozuka)

武蔵野音楽大学・音楽学部・講師

研究者番号：40528775

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大学生を被験者とし1. 日本語文字表記による内語の行動実験の結果、発話難易度判断で、漢字<ひらがな<カタカナでカタナ力が一番難であった。2. 日本語文字表記による差異によるNIRS脳賦活度合に関し、漢字<ひらがな=カタカナと順に賦活度が高まった。3. 名詞、数字の日本語-英語の即時な言語変換では、概して、右脳のNIRS脳賦活が高い傾向にあった。4. 言語流暢性課題における単語産出において、日本語、英語に関わらず、メンタル・レキシコンに多く格納された文字から始まる難易度の低い単語の場合、血流量は低いが、検索に時間が掛かった。単語を産出するのが困難な場合、脳の負荷が高いことが判明した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to conduct the following four experiments, using Japanese university students as participants. 1. Among the three types of Japanese writing systems, Katakana is regarded as most difficult followed by Hiragana for the comprehension. Kanji is easiest to comprehend during semantic comprehension judgment task in a behavioral experiment. 2. To examine the behavioral experiment, NIRS was utilized to measure the blood flow in the brain. The results were Kanji<Hiragana=Katakana, which differed from the behavioral experiment from the neuroimaging viewpoint. 3. As for quick code-switching (English<->Japanese) for numbers and nouns, higher right-hemisphere brain activation was generally identified than in the left. 4. For covert verbal fluency tasks, regardless of Japanese or English, the words easily retrieved from Mental Lexicon from LTM took much time but the blood flow was low. When producing words in the brain was difficult, the burden on the brain was high.

研究分野：言語学

科研費の分科・細目：外国語教育

キーワード：言語脳科学 NIRS 脳賦活 言語変換 日本語文字表記 言語流暢性課題 ワーキングメモリ

1. 研究開始当初の背景

現在、外国語習得(ここでは、英語習得)の目的のために、通訳訓練法が、高校、大学などで導入されている。しかし、脳科学的な裏付けは余りなく、その訓練法が施されている。そこで、本研究は、通訳訓練中の認知言語処理を脳科学的に解明する。

また、日本語訳された翻訳では、日本語の文字表記(漢字・ひらがな・カタカナ)によって、読み手の負荷が変わる。しかし、その文字表記の差異の日本人の脳の負荷度合も今までに脳科学的な調査は注目されてこなかった。

そこで、通訳訓練中及び、異なる日本語文字表記の認知言語処理中の大脳皮質の賦活状態を分析する。

2. 研究の目的

本研究は、NIRS(近赤外線分光法による脳血流測定器)を使用し、1. 通訳訓練時2日本語文字表記(漢字・ひらがな・カタカナ)の意味理解時の大脳皮質の脳血流に差異があるかを探究する。被験者は、英語学習者の右利き日本人大学生とした。

3. 研究の方法

[実験1]日本語文字表記の難易度判断テスト

日本人大学生(97名)にCALL教室で、パワーポイントを使用し(フォントサイズは88)表1の刺激語をコンピューター画面に四字複合語を5秒提示した。被験者には、画面の四字複合語は有声化せず、頭の中で意味理解するよう指示した。これは、構音抑制(他人、自分の声が邪魔になり、意味理解の障害となること)を避けるためである。

実験材料の日本語の刺激語は、『NTTデータベースシリーズ日本語の語彙特性』(天野、近藤、2005)を使用した。その語彙集から、親密度合(1が一番低く、7が一番高い)が平均5である。四字複合語を選んだ。この実験前の予備実験で、実験対象でない大学生25名が、全ての複合語が理解できるのが5周辺であることが判明したからである。また、入力シラブル数は、すべて8に合わせた。その理由は、親密度合が同じであっても入力シラブル数が異なると認知負荷が変化してしまう可能性を避けるためである。

	漢字	F	ひらがな	F	カタカナ	F
1	遊牧民族	4.875	がくれきしゃかい	4.775	テイシユカンバク	5.375
2	通信衛星	4.6	かんれいぜんせん	4.725	シンセイケイケン	5.325
3	男女同権	4.525	こうかいほうそう	4.8	コウソウケンチク	5.075
4	社会問題	5.15	げんきんかきとめ	5.15	キンダイブンガク	4.575
5	人間関係	4.475	じんこうこきゅう	5.7	シャカイセイカツ	5.325
6	学生運動	4.775	こくみんしゆけん	4.725	セイコウトウテイ	4.5
7	年功序列	5.3	せいさんしゆだん	4.25	シジョウチョウサ	4.845
8	健康診断	5.8	ゆうびんばんごう	5.925	コクサイレンゴウ	4.475
	M	4.937		5.006		4.936
	SD	0.454		0.557		0.388

表1. 刺激語の親密度合(F)における、平均値(M)及び、その標準偏差(SD)

[結果]

以上の刺激語を被験者には「易」「中」「難」の3段階で筆記させ回答を求めた。その結果、漢字<ひらがな<カタカナの順でカタカナの表記の意味理解が一番難しかったという回答が91%であった。漢字は、100%が易と回答し、ひらがなを一番難と回答したものは、9%であった。

[実験2]NIRS実験

実験1における行動実験による日本語文字表記による認知負荷度合が、大脳皮質における脳賦活では、文字表記による差異で一体いかに異なるかを、OMM-3000(言語野がある側頭葉測定)OEG(深い思考を司る前頭前野の測定)を使用し、行動実験と深い思考を司る前頭前野において脳科学的な知見とは一致するのか否かの実験を行った。

刺激語は行動実験で用いた8×3=24刺激語数ではなく、4×3=12刺激語数にした。実験時間が長すぎると(=刺激語が多すぎる)馴化現象(慣れ)と疲労につながり、正確な結果が得られないのを避けるためである。

[結果]

先ず、OMM-3000であるが、行動実験とは異なり、漢字=ひらがな<カタカナとなり、ひらがなは、漢字文字の意味処理とほぼ同じ脳血流であった。また、OEGでは、漢字<ひらがな=カタカナという結果になり、ほぼ実験1の行動実験と同じであった。

このことから、日本語文字表記では、前頭前野と側頭葉では、側頭葉において、ひらがな、カタカナの賦活が高い。したがって、深い思考を伴うワーキングメモリは必ずしも前頭葉の賦活のみが高いとは言えず、側頭葉も多に思考が関連すると考えられる。同時に、ワーキングメモリは、前頭前野以外に側頭葉にも多に連動性があると思われる。

以下に、実験[2]と同様に実験[3][4]に使用した OEG (株式会社スペクトラック) OMM-3000 (株式会社島津製作所) の脳機能イメージングを使用した実験模様及び、チャンネル位置の図を載せる。



図 1. OMM-3000 で被験者が、側頭葉の血流を計測するためにプローブを装着し実験を行っている様子

left hemisphere

← anterior

[ch]

r1	1	e1	2	r2	3	e2
	4		5		6	7
e3	8	r3	9	e4	10	r4
	11		12		13	14
r5	15	e5	16	r6	17	e6

right hemisphere

← anterior

[ch]

r7	18	e7	19	r8	20	e8
	21		22		23	24
e9	25	r9	26	e10	27	r10
	28		29		30	31
r11	32	e11	33	r12	34	e12

[e: emitter, r: receiver]

図 2. OMM-3000 の左右プローブの channel (ch)



図 3. OEG プローブ装着時の画像

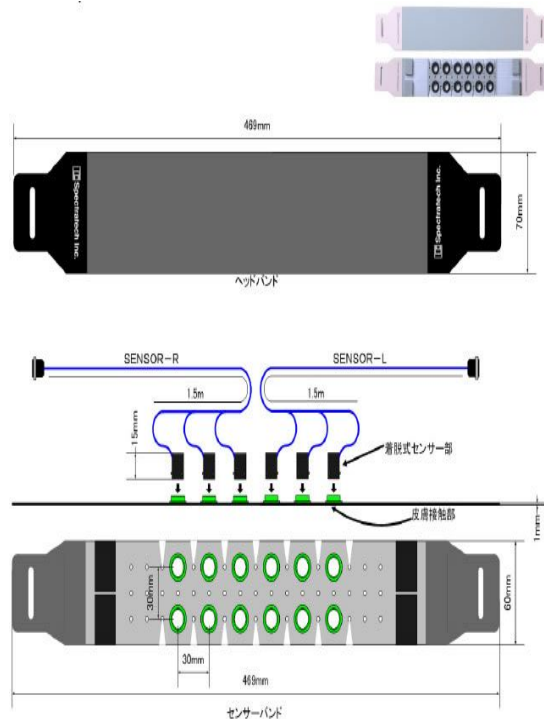


図 4. OEG-SpO2 のチャンネル位置 (図 3.4 <http://www.spectratech.co.jp/product/spO2/sysSpo2.html> より引用)

[実験 3] Quick response task (即座の言語変換課題)

通訳訓練の中で即座に言語変換 (code-switch) する訓練がある。そこで、この実験では、被験者に英語 日本語、日本語 英語の名詞と二ケタの数字を頭の中で言語変換するタスクを課した。その際、有声化せず、実験が終わった直後に、変換できたか否かを口頭で答えてもらった。実験材料の刺激語の英語音声は、アメリカ人の男性ネイティブスピーカーの大学教員、日本語音声は、東京生まれの東京育ちの標準語を話す男性大学教員に依頼し、録音したものを使用した。また、音声録音に使用した単語は、日本語は、実験 1 同様に天野、近藤(2005)の『NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性』を使用し、英語は、日本人にとっての英単語の親密度合が数値化してある『日本人英語学習者の

英単語親密度 音声編』(横川, 2006)を使用した。

数字に関しては、2 ケタにした。3~4 ケタ以上になると、言語変換できない場合、ノイズとなり計測ができないからである。なお、2 ケタの全ての数字は、同じ音素が混入しないように図 3、4 のように作成した。同じ音素が入ると記憶保持に影響し、正確な脳血流計測に影響するのを避けるためである。

以下に、実際に実験に使用した日本語、英語、数字を表 2~4 に表す。図中の Input Syl は音声入力されたシラブル数で、Output Syl は音声出力されたシラブル数である。F は Familiarity(親密度合)の略である。

なお、刺激語に対する Output シラブル数に差異が脳血流動態に異なった影響を与える可能性を排除するために刺激語の親密度合と合わせ綿密に選択した。

日本語	Input Syl	F	英語	Output Syl	F
病院	5	6.4	hospital	3	5.91
歴史	3	5.85	history	3	6.11
動物	4	5.75	animal	3	6.16
明日	3	6.35	tomorrow	3	6.35
M	3.75	6.0875	M	3	6.1325
SD	0.9574	0.3350	SD	0	0.1808
英語	Input Syl	F	日本語	Output Syl	F
yesterday	3	6.15	昨日	3	6.65
telephone	3	6.2	電話	3	6
doctor	2	5.62	医者	3	6.375
apple	2	6.76	りんご	3	5.75
M	2.5	6.1825	M	3	6.1937
SD	0.5773		SD	0	0.3981

図 2. Quick Response の英 日の刺激語(M は平均シラブル数、SD は標準偏差)

J input	Input Syl	English output	Output Syl
86	7	eighty-six	3
54	6	fifty-six	3
41	7	forty-one	3
98	8	ninety-eight	3
M	7		3

図 3. 日本語 英語の数の Quick Response の刺激語(E input は英語入力の数字で J output は日本語出力数字を意味する。Input Syl は入力シラブル数、Output Syl は出力シラブル数である。M はシラブル数の平均値で

ある)

E input	Input Syl	J output	Output Syl
twenty-seven	3	27	6
nine-teen	2	19	6
thirty-two	3	32	6
sixty-five	3	65	6
M	2.75		6

図 4. 英語 日本語の数字の Quick Response の刺激語

[結果]OMM-3000 測定による、日 英(単語・数字)の結果を以下に、述べる。

日 英(単語)右脳の賦活高い
 英 日(単語)左脳の賦活高い
 日 英(数字)右脳の賦活高い
 英 日(数字)左脳の賦活高い

以上から、単語、数字ともに右脳の賦活が高いことから、L2 言語変換時には、L2 の単語を一端、イメージ化させて、言語変換するために右脳の賦活が高いと考えられる。

[実験 4]

言語流暢性課題(Verbal Fluency Task : VFT)を行った。この実験は、指定された文字を与えられた時間に出来るだけ多くの単語を長期記憶に格納された心内辞書(Mental Lexicon :メンタル・レキシコン)から、可能な限り多くの語彙を想起するものである。通訳では、単語をさまざまな適切な単語を長期記憶(Long-Term Memory : LTM)から検索し、言語変換を即座に行うことが余儀なくされる。この実験では、例えば、「あ」から始まる単語を出来るだけ多く言うという指示と異なり、1. 例えば、「F」で始まるアルファベットの英単語を想起し、それを日本語に変える(family - 家族など) 2. 「K」で終わる英単語を想起し、それを日本語に変換する(book 本)、3. 「あ」で始まる単語を考え、それを英語に変える(雨 rain) 4. 「き」で終わる日本語を想起し、それを英語に変換する(朝 morning)のように、伝統的な言語変換しない VFT とは、今までとは異なるタスクを行った。

当実験では、OEG で前頭葉の賦活度を計測した。ノイズの発生を防ぐため、心内(頭の中で)で単語想起し、実験が終わった直後に、行動実験として、可能な限り内語発話した単語を、有声化させ記録をとった。実験直後であったので、被験者すべての想起率はほぼ 100%に近く、忘却した単語はほぼ皆無であった。

なお、この実験は、聴覚入力での VFT である。

[結果]以下に、タスク別の脳賦活の差異を述べる。

1. 「き・め」などで始まる日本語想起後、英単語を想起する 左右前頭葉全体に賦活が高かった。
2. 「T・S」などで始まる英単語想起後、日本語単語を想起する 左右頭葉全体に賦活が高かった。
3. 「き・い」などで終わる日本語想起後、英単語を想起する 左右全体に賦活が高かった。
4. 「K・L」などで終わる英単語想起後、日本語単語を想起する 左右前頭葉全体に賦活が高かった。

4. 研究成果

以上、3の研究方法で述べた結果に対する、考察および、検討を行う。

[1] 日本語文字表記の難易度判断テストからの考察

日本語文字表記の差異による、行動実験の結果では、漢字<ひらがな<カタカナの順番で、カタカナの内語発話が一番困難であるという結果を得た。これは、カタカナ文字の場合、subvocalization(内語発話)を余儀なくされ、親密度合がほぼすべて同じ数値(平均 5)にも関わらず、困難だった理由を考察する。1. 漢字表記は、直接意味理解 access route で意味理解に到達できるが、カタカナの場合、subvocal を経てから、意味理解に至るので、意味の判断にも時間が掛かり、漢字より難しかったと感じたと言えるであろう。しかし、ひらがなに関して言えば、漢字の route がカタカナの route を経て、理解に至るかは、行動実験では明確には区別できなかった。カタカナは、例えば、「駄目」「だめ」より「ダメ」の方が、禁止を伝える場合、意味を強調するといった効果がある。しかし、特に万人に理解が可能なカタカナの文字表記以外の使用は、カタカナ文字を意味理解する際に、余分は負荷が掛かるので、日本語で表現可能な言葉、単語であれば、カタカナ文字の使用は出来るだけ避けたほうが、翻訳場面などでは避けた方がよいのではないかと考えるのではなからうか。

[2] 実験[1]の脳科学的考察

漢字、ひらがな、カタカナを文字の四字複合語の内語意味判断において、前頭葉と側頭葉ではどのように脳賦活が異なるかである。側頭葉では、漢字=ひらがな<カタカナとなり、ひらがなは、漢字文字の意味処理とほぼ同じ脳血流であった。すなわち、行動実験の結果とは異なる知見が出た。前頭葉では、漢字<ひらがな=カタカナという結果になり、ほぼ実験1の行動実験と同じ

であった。

以上から、脳科学的に日本語文字表記の意味理解において、前頭葉、側頭葉ともに、ひらがな、カタカナの賦活が高い。一般的にワーキングメモリは前頭葉に格納されていると考えられているが、必ずしもそうでなく、言語を介入する処理には、言語処理の難易度によっては、側頭葉の賦活の高いことが分かる。言い換えれば、深い意味理解、処理を行う場合、前頭葉と側頭葉のニューラル・ネットワークによって意味理解に至ると考えられる。したがって、今後は、大脳皮質全体を測定し、ワーキングメモリタスクにおいて、賦活度合が最も高い局在を見つける。その結果を応用し、賦活度合の高低により、L1、L2 学習者の言語能力レベルをNIRSによって測定できる可能性も探究する。同時に、さまざまな医学的な脳疾患や心身疾患の診断結果の一部にも、使用できるのではないかと考えられる。

[3] Quick response 課題からの考察

この実験では、側頭葉を計測したが、数字、単語の即座な言語変換で明確に言えることは、L1→L2 では、脳の賦活は、左<右半球で、L2→L1 では、右<左半球であった。

なお、被験者には、予め Edinburgh Handedness Test によって、全て右利きであることを確認してある。したがって、言語野は左半球が優性であるので、全てのタスクで優位である左半球の賦活が高いこと想定していた。

しかし、日本語 英語では、劣位である右半球の賦活が高いことから、L2 変換では、感覚、空間的な処理をしつつ、L2 想起、発話を行っていること考察できる。

この実験結果のみでは、日 英の quick response のどちらを先に、或いは、どちらに多く行った方がよいかという指針を明確に示すことはできない。

しかし、劣位半球の賦活が高いL1→L2の方が、L1での言語処理とは異なるので、L1→L2 訓練の量は多くした方が、言語の自動化という面では、よいかも知れないと考えられる。

[4] 言語流暢性課題(VFT)からの考察

言語変換を伴う VFT では、実験[4]の結果に記したように、何れのタスクに対しても、左右の前頭葉で脳の賦活が高く、概して、6 sec をピークとして、hemodynamic response が高かった。

しかし、その血流量は、被験者によって少し異なっていたことが判明した。つまり、メンタルレキシコンからの検索に時間が掛かる深い思考を伴う場合、脳賦活が高かった。これは、実験後の被験者の回答及び、感想から分かった。

左<右半球前頭葉の賦活が高い場合、頭の中で、visualize していたということも、被験

者の感想から判明した。
また、今回の実験では、指定の文字で始まる VFT より、終わりの文字からの VFT の方が、賦活が高いと考えていたが、結果は、必ずしもそうではなく、アルファベット、文字の音素の違いによって、始まり、終わりに関係なく、想起できる語彙の難易度によって、hemodynamic response がかなり異なることが分かった。

このことから、伝統的な VFT はもとより、今回のような言語変換を伴う VFT であっても、脳の賦活は、想起できる親密度合の高い語彙がいかにメンタルレキシコンに格納されているか否かと賦活度合が多いに関係することが考えられる。また、左右前頭葉賦活であっても、左<右の場合、visualize しているという単語を想起するという被験者からの感想は興味深い結果が得られたといえよう。

今後は、更に側頭葉における脳の負荷度合も計測し、前頭葉と側頭葉の hemodynamic response の差異を調べる計画である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

篠塚 勝正、窪田 三喜夫、日本語文字形態(漢字、ひらがな、カタカナ)による認知言語処理の差異、査読有、成城文藝 2012 年、61 75
<http://www.seijo.ac.jp/pdf/fal/it/221/221-03.pdf>

篠塚 勝正 日本語文字表記における、日本人の認知意味処理の負荷の考察と今後の展望、査読有、武蔵野音楽大学研究紀要、2013 年、39 51

〔学会発表〕(計 0 件)

〔招待講演〕(計 3 件)

脳言語科学による言語処理及び、通訳訓練の実践」於:川越女子高等学校
2011 年 6 月 8 日

「通訳基礎訓練を取り入れた授業」
神奈川大学『外国語科目教育協議会主催ワークショップ』於:神奈川大学 横浜キャンパス 2013 年 2 月 21 日

「英語力向上のために-認知脳科学に基づく」於:中央大学後楽園キャンパス
2013 年 10 月 16 日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

篠塚 勝正 (Katsumasa Shinozuka)
武蔵野音楽大・音楽学部・講師
研究者番号: 40528775

(2)研究分担者

窪田 三喜夫 (Mikio Kubota)
成城大学・文芸学部・教授
研究者番号: 60259182

(3)連携研究者

なし