

バイリンガル脳イメージング研究：これまでの研究成果

田浦秀幸

本稿には立命館大学大学院言語教育情報研究科プロジェクトとして教員及び学生が取り組んできた言語脳科学研究のうちで既に論文として公表したものの概要を記載することでこれまでの研究成果とする。内容は言語臨界期仮説を検証する研究が4本、バイリンガルの持つ文化に焦点を当てた研究が1本、言語習得と喪失に関する研究が2本、外国語として英語を学習する日本人中高生の英語力と脳賦活の関連性を扱ったものが2本である。最後に今後の展望とこれまでの活動記録も付加した。

1. 脳イメージングデータによる言語臨界期仮説検証4研究

バイリンガルが母語以外の言語に何歳で接触開始を行ったかにより、言語産出と脳賦活にどのような差が出るのかを探り、言語習得臨界期説を検証した。言語臨界期はLenneberg (1967)に提唱されたもので、言語習得には適切な年齢があり、それを超えると著しく習得が困難になるとの仮説である。多くの研究によりその存在が指示されているが (Johnson & Newport, 1989; DeKeyser, 2003; Abrahamsson & Hyltenstam, 2009), 研究者により具体的時期設定に差がある。またその一方で反証研究も多くあり (Hakuta, Bialystok, and Wiley, 2003; Hernandez, Li, and MacWhinney, 2005; Birdsong, 2006), 言語の対象側面により異なる説を唱える研究者もいる (例えば Long (2005) は、音声は6才で形態素や統語は15才等複数の臨界期を主張)。脳イメージング手法を用いて臨界期説検証研究もされ始めているが、言語間距離の遠い日本語 (表象言語) とアルファベット言語である英語を操る日英バイリンガルを対象としてこれまでの研究結果を検証しつつ、早期同時バイリンガルとそうでないバイリンガルや第2言語学習者の脳内メカニズムの差を解明する為にこの課題に取り組むことにした。

これまでの5年間に、タスクと対象者を変えて実験を毎年行ってきた。言語タスクとしては言語流暢性タスクと翻訳タスク、認知的葛藤を伴うタスクとしてバイリンガル・ストループ課題、ディスコースを対象とした研究ではナラティブ課題を用いた。言語流暢性タスク・翻訳タスクやバイリンガル・ストループ課題に関する研究成果は既に国内外の学会で発表し、立命館大学大学院・言語教育情報研究科発刊の「言語科学研究」誌第1巻に論文として掲載されているのでその概要だけを、ナラティブタスクに関しては今回分析を終了したので、新たな論文として記載する。

1.1 言語流暢性課題による臨界期説検証研究

最初の研究は2010年度に藤本未来さん (当時大阪府立大学学生) と筆者による共同研究とし

て行った「第2言語習得開始年齢が言語流暢性課題に及ぼす影響：fNIRS脳イメージング手法によるバイリンガリティー研究」で、既に立命館大学大学院・言語教育情報研究科発刊の「言語科学研究」誌上（2011.3, 1, pp. 55-90）に結果を報告した。

この研究では131人の被験者を、第2言語（英語）接触開始年齢により6群化した。第1群は国際結婚家庭のこどもたちで出生前から母体内で英語に接していた早期バイリンガル25人（平均年齢13才）、第2群は出生時から英語には接触開始を始めたが実験時までの間に英語非接触期間があった20人（平均年齢17才）、第3群は英語接触開始年齢が3才から6才までの21人（平均年齢16才）、第4群は英語接触開始年齢が6才から12才の21人（平均年齢15才）である。第1から4群は、英語圏での生活・通学体験か、日本も含めた非英語圏のインターナショナルスクール通学を通して自然習得したバイリンガルグループである。これに対して第5群は英語との密度の高い接触開始が16才以降の英語圏留学であった18人（平均年齢33才）であり、また第6群の26人（平均年齢22才）は日本の一条校で英語教育を受けた経験しかなく、この2群は英語を外国語として学習したグループである（表1）。

タスクとしてはブロックデザインによりレストタスク30秒とタスク60秒が交互に来るように組んだ。日本語文字流暢性タスクでは「き」で始まる単語を思いつくままに20秒間口頭で言い、次の20秒間は「し」、その次は「あ」をPC上に呈示し合計60秒間のタスクとした。その後レストタスクとして30秒間「a, b, c, d, e」を口頭で繰り返してもらった。英語文字流暢性タスクは日本語同様に「F」で始まる単語を20秒間、続けて「A」「C」が呈示され合計60秒間行われた。その後レストタスクとして、30秒間「あ、い、う、え、お」を口頭で繰り返してもらった。次に日本範疇流暢性タスクとして「動物」「スポーツ」「色」がそれぞれ20秒間ずつ呈示され、英語レストタスクをはさんで、英語範疇流暢性タスクとして「Food」「Job」「Country」がそれぞれ20秒呈示された。使用した刺激語作成に当たって村井他（2004）や安井他（2004）を参考にした。呈示言語効果を相殺するために日本語から始まるパターンと英語で始まるパターンを作成し、群内ではカウンターバランスを取った。

分析手法は脳イメージング研究で用いられる差分法により行った。タスクは文字を見てその文字で始まる単語や、その文字の範疇に属する単語を呈示言語と同じ言語で答えるものであるが、レストタスクは呈示語を繰り返すだけである。タスク時の脳データからレスト時の脳デー

表1 第1実験被験者

グループ	グループ定義	人数	年齢		第2言語習得開始年齢		第2言語接触期間	
			平均	標準偏差	平均（年齢）	標準偏差	平均（年）	標準偏差
1	出生前から2言語接触開始	25	12.7	3.7	0.00**	0	12.28**	3.85
2	出生時から2言語接触したが、実験時まで言語環境継続せず	20	16.75	6.21	0.75**	0.91	11.00**	4.05
3	第2言語接触開始が3歳から小学校入学前までの間	21	15.88	3.89	4.4	0.79	7.06	2.56
4	第2言語接触開始が小学生時代（6歳～12歳）	21	15.53	2.6	7.57	1.72	4.43	1.63
5	第2言語接触開始が16歳以降	18	33.11**	13.46	20.06	7.69	6.68	8.75
6	第2言語習得開始が皆無か数カ月以内	26	21.67**	6.4	N/A	N/A	N/A	N/A

** $p < .01$

タを引くと、文字を見て認識したり口頭で言う一連の動作は両タスクで共通なので差し引かれ、残るのはタスクにより課された文字想起の部分だけとなる。文字想起と範疇想起がそれぞれ日本語と英語で抽出されることになる。このデータを分散分析で比較することで各被験者やグループの差を見出すことができる。脳イメージングデータ解析では Petersen *et al.* (1988) による PET（陽電子放射断層撮影法）研究以降このような差分算出が慣例化されている。

在籍校を通して実験参加者を募ったが、未成年の場合は保護者の承諾も書面で得た。各被験者は1人ずつ実験室に入り、PC前に置かれた座席に座り、タスクの説明を受けた。脳賦活データは島津製作所の OMM-3000 を用いて近赤外分光法により収集された。先ず頭周等計測後、国際 10-20 法に沿って研究対象部位であるブローカ野とその右脳相当部位を同定し、プローブキャップを頭部に装着した。このキャップには 13 本の送光プローブと 14 本の受光プローブを装着でき、合計 42 チャンネルから脳賦活データを収集できる（図 1）。タスク中は 130 ミリセカンド（0.13 秒）に一度酸素化ヘモグロビン・脱酸素化ヘモグロビン・トータルヘモグロビン値が計測されリアルタイムでモニターに映し出される。これは当然数値として計測されているので事後タスク毎・ヘモグロビン毎・チャンネル毎の数値を計算することになる。言語運動野（ブローカ野）は右利きの 9 割以上の人では左脳にあるが、左利きや両利きではその割合が下がるので、全員にエジンバラ利き手調査をして、利き手度を最初に確認した。次に左脳ブローカ野とその右脳相当部位を同定し、認知的葛藤が表出する前額部（Fp1 と Fp2）も同定した。言語研プロジェクトして初年度最初の実験であったが、上手くデータが取れず捨ててデータになった割合が 1 割にも満たず、データ収集面はひとまず成功した。

生データとしては、被験者 1 人あたり 390 秒のタスクであるので、130 ミリセカンド（0.13 秒）毎のデータは Excel の表で縦約 3 千行、横に 42 チャンネルそれぞれに 3 種類のヘモグロビン（酸素化・脱酸素化・トータルヘモグロビン）値が 126 列並ぶデータを得ることができた。131 人分の膨大なデータを分析するにあたって、次年度以降も継続使用できる分析指針を決定した。先ず、多くの先行研究がヘモグロビンの代表値として扱っている酸素化ヘモグロビン値だけを分析対象とした。次に全 42 チャンネルを対象とするのではなく、ブローカ野・その右脳相当部位・前額部の 3 部位のみを対象として、各部位のデータは複数チャンネルの平均値とした。最後に、差分データはレストタスクの 30 秒に合わせるのではなく、各タスク遂行中の 60 秒間の中でピークを含めた 10 秒を抽出して（図 2）、レストタスク時遂行 30 秒間のピークを含む 10 秒間との差分

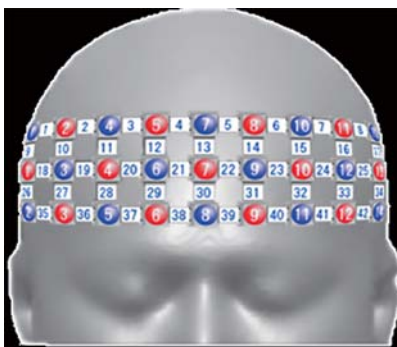


図 1 プローブ・チャンネル図

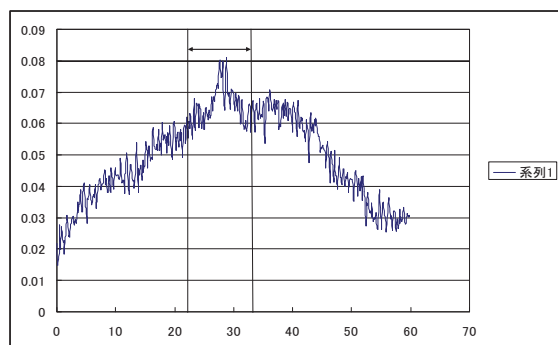


図 2 プロット図によるピーク 10 秒間データ抽出

を取る。この10秒間の同定とレストタスクとの差分は、各群からランダムに4名を抽出し群平均とした。

6群・4タスク・脳の3部位の3元配置の分散分析を行った結果、6群間に主効果があり ($F(3,5599) = 439.871, p < .001$)、4タスク間 ($F(2,5599) = 180.651, p < .001$)、脳の3部位間 ($F(5,5599) = 332.523, p < .001$)にも主効果があった。またタスクと脳部位間に交互作用 ($F(6,5599) = 83.615, p < .001$)があることも判明した。そこで、多重比較 (Bonferroni) を用いて調べた結果、4タスク間に全て有意差があり (英語文字タスク平均 .015 > 英語意味タスク平均 .01 > 日本語文字タスク平均 .007 > 日本語意味タスク平均 .004)、脳3部位間にも全て有意差があり (前頭前野中央部平均 .012 > 左ブローカ部位平均 .008 > 右ブローカ相当部位平均 .006)、グループ間ではグループ2とグループ4、グループ2とグループ6、グループ4とグループ6以外全てに有意差があることがわかった。

更に、日本語文字タスクの全部位に関して、英語接触が3歳から小学校入学前までの群が最も fNIRS 値が高く、左ブローカ部位では出生前から英語接触開始群と英語圏滞在皆群に差がなかった。前頭前野中央部では、出生時から英語接触開始をしたが実験時まで言語環境が継続しなかった群と英語圏滞在皆群に差がなかった。右ブローカ相当部位では、出生前から英語接触開始群と英語圏滞在皆群、出生時から英語接触開始をしたが実験時まで言語環境が継続しなかった群と英語接触開始が6歳から12歳群にそれぞれ差が無いという結果になった。一方英語文字タスクの脳部位別多重比較結果より、左ブローカ部位では日本語文字タスクとは反対に英語接触開始が6歳から12歳群が最も fNIRS 値が高く、出生前から英語接触開始群と英語接触開始が16歳以降群、英語接触開始が3才から6才群と英語圏滞在皆群に差はなかった。前頭前野中央部と右ブローカ相当部位は共通して英語接触開始が3才から6才群が高く、逆に出生前から英語接触開始群が最も fNIRS 値が低いことがわかった。

三元配置の分散分析結果より4タスク間・脳の3部位間に主効果があることがわかったので、次に、各群内でタスクと部位ごとに比較した。出生前から英語に接し実験時まで同じ言語環境が続いた群の左ブローカ部位では、文字タスクも意味タスクも、英語の方が fNIRS 値が高くなったが、前頭前野中央部では日本語の方が高くなった。また、全タスクとも共通して、右ブローカ相当部位はほとんど賦活しなかった。出生時から英語に接触したが実験時まで同じ言語環境が続かなかった群の左ブローカ部位では、文字タスクは日本語の方が、意味タスクは英語の方が、fNIRS 値が高くなるという結果になった。前頭前野中央部では、文字タスクも意味タスクも日本語の方が賦活し、右部位では英語の方が fNIRS 値が高くなった。英語接触開始年齢が3歳から6才群の左ブローカ部位と右ブローカ相当部位では、文字タスクと意味タスクともに英語の方が日本語より fNIRS 値が高かった。前頭前野中央部では文字タスクの場合、日本語の方が英語より fNIRS 値が高く、逆に意味タスクでは英語の方が高い結果となった。英語接触開始が6歳から12歳群の左ブローカ部位では、文字タスクは英語の方が日本語より fNIRS 値が高くなったが、意味タスクは日本語の方が高くなった。前頭前野中央部と右ブローカ相当部位では、文字タスク・範疇タスクも、英語の方が日本語より高い結果になった。英語接触開始が16歳以降群では、全タスクの全部位に関して、英語の方が日本語より fNIRS 値が統計的に高かった。英語圏滞在経験皆無群では、左ブローカ部位と右ブローカ相当部に関して、全タスクで英語の方が日本語よ

り fNIRS 値が高くなる傾向が見られた。

以上の結果をまとめると、被験者全体の傾向として、脳の部位に関わらず英語文字タスク実行時に最も fNIRS 値が高くなることがわかり、また文字タスク・意味タスク共に日本語より英語の方が fNIRS 値は高くなることが明らかとなった。即ち、言語流暢性課題実行時を英語と日本語で実行した場合、日本語のタスクよりも英語のタスクの方がより脳が賦活し、アルファベットから英単語を作る英文字タスクの課題が最も脳を活性化させるものであったことがわかった。さらにグループ別に見ると、特に 16 歳以降に英語接触が開始した第 5 群と第 2 言語圏滞在皆無あるいは数カ月の第 6 群は、第 6 群前頭前野中央部を除いた全タスクの全部位に関して、日本語より英語の方が fNIRS 値が高くなり、英語接触開始年齢の差が fNIRS 値に影響することが明らかとなった。さらに前額部と右脳に関しては、英語に出生前から接していた第 1 群、出生前から英語に接していたが実験時まで同じ言語環境が続かなかった第 2 群、英語接触開始年齢が 3 歳から小学校入学前までの第 3 群の順に fNIRS 値が高くなる傾向になることもわかった。換言すれば、出生前に第 2 言語に接触し始めた被験者よりも、3 歳～6 歳に第 2 言語に接触し始めた被験者の方が左脳以外の前頭前野中央部、右ブローカ相当部位での第 2 言語処理が大きくなるということが言える。11 歳以降の第 2 言語接触だと左脳以外で第 2 言語を処理する割合が多くなるという先行研究に加え、本研究では、3 歳～6 歳に第 2 言語に接触し始めた被験者も左脳の言語処理に関する側性が小さくなり、前額部や右脳関与の増大が確認された。

この研究の大きな成果としては、3 才から 6 才の間に英語接触開始をした群は、それ以前に英語接触開始をした群に比べて前額部と右脳のブローカ相当部位の fNIRS 値が高くなり、左ブローカ以外の脳部位での第 2 言語処理が行われていることが明らかとなり、臨界期は従来考えられていたより遙かに早い時期にある可能性が示唆された。

この研究では残念ながら、100 名以上の被験者の協力を得られたにもかかわらず 6 群それぞれ 4 名の抽出データしか分析するしかできなかった点が悔やまれる。更に差分算出に際してピーク値を比較対象としたが、レストタスク最終部分とタスク当初部分を差分対象とすることでより fNIRS 値のより正確な分析となることが専門家の指摘で判明した。次年度以降の改善点となった。

1.2 バイリンガル・ストループ・タスクによる臨界期説検証研究

言語流暢性に比べて言語内・言語間での認知的葛藤がより強く出るタスクを課すことで、臨界期仮説検証を行う研究を菊池優希さん（当時大阪府立大学生）と筆者が 2010 年に行い、「バイリンガルストループテスト遂行時の脳賦活部位に関する fNIRS 脳イメージング研究：第 2 言語習得年齢比較横断研究」として、立命館大学大学院・言語教育情報研究科発刊の「言語科学研究」誌上（2011.3, 1, pp. 91-145）に結果を詳細に報告した。ここでは概要を簡潔に記載する。

fNIRS を用いた日本人対象英語使用時の脳賦活研究では、単純復唱タスク（Sugiura *et al.*, 2011）やリスニング・リーディングテスト（大石, 2006）等がある。可能な限り予期せぬ要因の介在を排除して目的事象にのみ集中するのが復唱タスクで、多くの要因内包が不可避であるが複雑な脳内言語処理の解明を研究対象とするのがリスニング・リーディングテストである。本研究では、日常使用する単純な色名詞を使って言語間・言語内認知的葛藤現象を対象とした。

被験者は前掲言語流暢性タスクを行った 131 人のうちでバイリンガル・ストループ・タスク

も続けて行った127名である。グループ分けも全く同じであるが、人数が第1群26人、第2群18人、第3群20人、第4群20人、第5群17人、第6群26人であった。第1群は出生前から母親の母体内で英語接触を開始したバイリンガル、第2群は出生時から英語接触を開始したが本実験時までの間に英語接触が一時的に断絶した時期のあるバイリンガル、第3群は3才から6才の間に英語接触を介したバイリンガル、第4群は英語接触開始が小学校時代であるバイリンガルである。第5群は日本の中学校で英語学習を始め16才以降に英語圏に長期留学体験のある日本人英語学習者であり、第6群は英語圏滞在経験が皆無か数ヶ月未満の者である。

データ収集機器とプローブ装着及び分析対象脳部位も言語流暢性タスクと全く同じである。タスクは3種類で、最初はカラーパッチを指定言語（日本語か英語）で言うタスク、2番目は呈示された色名詞を指定言語で読み上げるだけのタスク（congruent条件）、3番目は呈示された色名詞の書かれているマジックの色を指定言語で言うタスク（incongruent条件）であった。それぞれのタスクには日本語版と英語版があるので、合計6種類のタスクとなる（図3）。

各タスクは20刺激呈示後異なる言語で更に20刺激呈示されてから、次のタスク（カラーパッチ命名タスク後congruent条件、その後incongruent条件）へ進んだ。被験者本人がスペースバーを押し、答えを言いながら次に進む方法を取った。被験者により答え進めるスピードが異なるので、ブロックデザインを採ることができず、最初に30秒間の指タッピングを課した。こうすることで、実際のタスクはスペースバーを押しながら進めるので、押す動作との差分を取れ、タスク遂行から発話までの部分だけを抽出することができる。言語順効果を相殺する為に各群内でカウンターバランスを取った。プローブ装着とfNIRS値計算は言語流暢性タスクと同様に行った。唯一異なる点は各群から日本語開始3名と英語開始3名の合計6名（言語流暢性研究ではそれぞれ2名の合計4名）を無作為抽出し、より言語順効果が相殺できる抽出を行った。

colour naming タスク（あか・あお・きいろ・みどり）

●	●	●	●
---	---	---	---

日本語 congruent タスク（あか・あお・きいろ・くろ・みどり）

あか	あお	きいろ	くろ	みどり
----	----	-----	----	-----

英語 congruent タスク（red, blue, yellow, black, green）

red	blue	yellow	black	green
-----	------	--------	-------	-------

日本語 incongruent タスク（あお・きいろ・みどり・あか・あお）

あか	あお	きいろ	くろ	みどり
----	----	-----	----	-----

英語 incongruent タスク（blue, yellow, green, red, blue）

red	blue	yellow	black	green
-----	------	--------	-------	-------

図3 バイリンガル・ストループ・タスクの各条件と正答例

先ずタスク遂行に費やした時間と正解率を見ると、congruent条件よりもincongruent条件の方が時間がかかるのが全被験者群で観察されたが、群間には差が一切無かった。正解率に関してはタスクに関係なく全群でほぼ100%であり、群間差は無かった。

詳細なfNIRS値の分析結果は既に論文化されているので、タスク・脳の左右別・実験言語順

別に簡単にまとめる。Congruent（呈示色名とそのインク色が合致している）タスクを日本語から始めて英語に言語が変わった際のブローカ野の fNIRS 値群間比較では、全6群で賦活低下が観察された。第1群と第2群間に有意差は無く、出生時から英語接触があれば、その後一時的に非接触時期の有無は関係ないことが判明した。同時に第5群と第6群間にも有意差が無く、12才以降に学校環境で英語を学習し始めると、その後長期間英語圏に留学体験があろうがなかろうが、差が無いことも判明した。つまり英語接触開始年齢が同じであれば、その後の言語接触環境には左右されないようである。一方同じタスク遂行中の右脳も、全群ともに日本語から英語に言語が切り替わった際に脳賦活低下が観察されたが、群間の差は一切無かった。このタスクでは、英語接触開始年齢による右脳関与に差は生じないようである。

次に同じタスクを英語から開始して日本語にスイッチした場合を見ると、ブローカ野では、小学校時代に英語接触を開始した第4群と第5群（16才以降に英語圏長期留学体験）だけが fNIRS 値に有意な低下が見られた。他のグループは母語である日本語になってもブローカ野への負担減には繋がらなかった。生前から英語接触のある第1群は他群に比べて fNIRS 値が有意に高く、逆に日本語でのタスク遂行の方が負担が大きかったように思われる。一方で右脳の賦活を見ると、日本語に切り替わることで fNIRS 値の向上が第1群と第2群にだけ観察され、出生時からの英語接触グループの特徴と捉えることができる。出生前から英語に接触していると日本語にスイッチすることで、他群に比べて左右両脳ともに賦活が日本語使用時よりも高まってしまふことがわかった。

もう一方のタスクである incongruent（呈示色名とインク色が矛盾している、例えば赤インクで青と書かれた文字を見て赤と言う）タスクを日本語から始めて英語にスイッチした際のブローカ野の fNIRS 値群間比較では、第1・2・3群間に差が無く、第6群だけが有意に高かった。英語接触開始が6才までであればこの認知的葛藤のあるタスクを英語に切り替えても差が無いが、英語を日本で学習しただけで英語圏滞在経験がないと英語スイッチした際にブローカ野に大きな負担がかかることが判明した。一方で右脳の fNIRS 値に群間差は一切観察されなかった。

最後にこのタスクを英語から始めて日本語にスイッチした際の fNIRS 値を見ると、ブローカ野では第5群（英語接触が16才以降）が他群に比べて著しく低く、右脳では英語接触が小学校時代の6才～12才であった第4群の賦活が他群より高い一方で第5群は左脳同様に他群よりも低かった。

タスク・呈示言語順・脳部位により結果が一様でないが、英語接触開始年齢（本稿での「接触」は「毎日大量接触」の意味である）の観点からまとめる。生前から英語接触開始を始めた群と出生とともに英語接触が開始したが、英語接触がずっと続かなかった群の特徴として、congruentJE（タスクが全て日本語から始まり続いて同じタスクを英語で行った）タスク群では fNIRS 値が低下したのに対し、congruentEJ（タスクが全て英語から始まり続いて同じタスクを日本語で行った）タスク群では値が増加する結果となった。つまり均衡バイリンガルではあるが英語使用時の方が脳賦活が少なく容易に行えていることが分かった。つまり、congruent タスクの脳の賦活には、英語接触開始年齢の影響の可能性が示唆された。また認知的葛藤度の高い incongruentJE タスク遂行時、両脳で第1・2・3被験者群で差が無く、6歳までに英語接触が開始しているかどうか脳の賦活に影響を与えることが示唆された。

言語臨界期研究に大きな示唆を与える研究成果ではあるが、やはり各群6人無作為抽出（合計36名対象）であり母数の少なさが一般化への妨げになる点と、先行研究を再度精査すると、言語を使うタスクではあるが認知的葛藤が脳皮質で観察できる部位はブローカ野やその右脳相当部位よりも国際10-20法のFp1とFp2（Fpzから頭周に沿ってそれぞれ5%左右にずれた前額部）をデータ収集部位とすべきであった点が反省材料として残った。幸い前額部のデータも同時に収集しているので、全被験者データを対象に、ピーク時を含む10秒間の抽出データでなく、レストタスク相当タスク最後の10秒とタスク当初の10秒間のfNIRS値の差分を求める通常の方法で再分析する計画である。この結果を待って、言語臨界期仮説に対する日英バイリンガルの脳イメージングデータからの検証を再度行う。

1.3 英語圏長期滞在体験による単語翻訳タスク時の脳賦活変化検証研究

前掲2研究が英語接触開始年齢ごとのグループ比較により言語臨界を探ろうとしたのに対して、本研究は中学校入学時から英語学習を始めた日本人英語学習者を対象に、長期間英語圏に滞在することで脳賦活様態（脳内言語ネットワーク）に質的な変化が生じるかどうかを調査することで、言語臨界期が唱える年齢による脳の可塑性を検証することが目的である。既に“Effects of L2 Immersion Experiences on Translation Task Performance”として、立命館大学大学院・言語教育情報研究科発刊の「言語科学研究」誌上（2011.3, 1, pp. 31-53）に詳細に報告しているので、概要のみ報告する。

対象者は3才～21才（平均14才）の時期に、1年から8年（平均3年）間英語圏に留学体験のある12名（平均年齢22才）で、統制群として平均年齢21才で英語圏留学体験の無い日本人英語学習者12名に研究参加依頼した（表2）。

実験に先立ち、各被験者からは同意書（未成年の場合は保護者からの同意書）を書面で得た。実験時、英語の4スキルに関して3件法（「3」が平均的日本人よりすぐれている、「2」が平均、「1」が劣る）で自己評価を依頼したが、留学体験者の方が英語を聞き・話し・書くスキルに関しての自己評価を高くする傾向があった。被験者は1人ずつ実験室で27本のプローブを前頭前野に装着され、OMM-3000機によるfNIRSデータを単語翻訳タスク中に収集された。タスクはトータル約3分間と短いブロックデザイン化されたもので、レストタスク・タスク共に33秒からなっている。レストタスク中は3秒おきに、日本語単語11語がPC上に順次呈示されるのでそのまま読み上げるだけのタスクである。33秒経過すると第1のタスクが始まり、これは呈示された日本語に対する英語訳を口で言うように指示される。11枚終わると3秒おきに11英単語が順次呈示され、そのまま読み上げる第2のレストタスクが開始する。次に第2タスクとして呈示英単語を日本語訳にして口で言うように指示される（3秒おきに11単語）。最後にレストタスクを

表2 第3実験被験者

群	人数	年齢		英語接触開始年齢		英語圏滞在期間	
		平均	SD	平均(年齢)	SD	平均(年)	SD
1 英語圏滞在経験あり	12	22.73	1.07	14.08	7.00	4.33	6.49
2 英語学習は学校環境のみ	12	21.72	1.56	N/A	N/A	N/A	N/A

33秒間行った。言語呈示順効果を相殺する為に被験者毎に日本語単語から始まるバージョンと英語から始まるバージョンを入れ替えて実験を進めた（図4）。使用単語はJACET8,000語の中からレベル1と2に当たる1,000語リストから100語を抽出し、パイロット実験により実際に使用した単語に絞り込んだ。

fNIRSデータ分析に当たってはタスク33秒から直前のレストタスク33秒間のデータを差し引いて、文字認識・発話部分を相殺し、翻訳作業だけに要した成分のみ抽出した。これが、前掲2実験ではタスク中のピーク値を含む10秒抽出によるデータ分析を修正した点である。

行動データ（翻訳の正確さ）結果は2群間に差が無く、両グループにとって難易度に差が無かったと判断できた。同じ難易度のタスク遂行時の脳賦活データを、3種類のfNIRS値の代表値としての酸素化ヘモグロビンに注目して脳3部位別に見ると、日本語単語を英訳するタスクで2群間の差はブローカ野でないが、それ以外の部位・タスクでは全て留学群の方が非留学群よりも脳の賦活が有意に低いことが判明した（表3・図5）。

概ね留学群は翻訳タスク遂行中に前頭前野の3部位において非留学群よりもエネルギー消費量が少なく、タスクを遂行できた。つまりネットワークの質的变化には言及できないが、少なくとも同じ第2言語ネットワークを維持していると仮定するならば明らかに賦活度合いは下がり、母語が自動化しているような状態に近づいていると解釈できる。ただし言語中枢であるブローカ野では日本語を英語に翻訳するタスクで群間に差が生じなかったことより、第2言語能



図4 翻訳タスクのブロックデザイン

表3 翻訳タスク時のfNIRSデータ群間比較結果

部位	翻訳タスク	群	N	fNIRS値			t-value	df	p
				M	SD				
ブローカ野	日英	1	253	0.0081	0.0042	-1.942	504	p > .05	
		2	253	0.0091	0.0073				
	英日	1	253	-0.0121	0.0051	-19.914	504	p < .01	
		2	253	-0.0026	0.0057				
前額部	日英	1	253	-0.0002	0.0028	-13.968	504	p < .01	
		2	253	0.0035	0.0032				
	英日	1	253	0.0028	0.0052	-12.677	504	p < .01	
		2	253	0.0087	0.0053				
右脳	日英	1	253	0.0111	0.0044	3.622	504	p < .01	
		2	253	0.0093	0.0064				
	英日	1	253	-0.0072	0.0030	-19.266	504	p < .01	
		2	253	0.0006	0.0058				

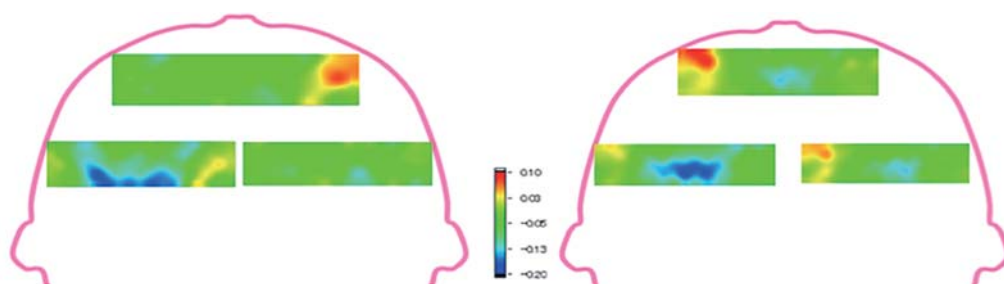


図5 英日翻訳時の1群(左)と2群(右)のfNIRS値
(上部が前額部・左がブローカ野・右が右脳)

*賦活が大きいと赤に、小さいと青色で表示される

力の向上は前額部や右脳の関与低下に繋がると換言できるかもしれない。また、12名を一群として扱ったが分析の途中で個人間の差が非常に大きいことも判明し、言語特有の個人差をどのように考慮するのも今後の課題である。

1.4 認知的葛藤(数字)タスク遂行中の脳賦活データによる臨界期仮説検証研究

私たち言語脳科学プロジェクトは2年目の2011年度より、立命館大学国際言語文化研究所の重点プロジェクトにもなった。2年目は1年目のバイリンガル被験者から貴重な縦断データ収集の為に言語流暢性タスクは継続し、認知的葛藤タスクを事後分析に問題を生じないようにブロックデザイン化できるものと考え数字タスクを採用した。この研究結果も既に“Effects of Onset-Age and Exposure Duration on the L2 as Observed in Brain Activation: an fNIRS Study”として、立命館大学大学院・言語教育情報研究科発刊の「言語科学研究」誌上(2012.3, 2, pp. 19-42)に詳細に報告しているので、概要のみ報告する。なお、この研究は2012年1月に修士論文として立命館大学大学院言語教育情報研究科の那須葵さんが提出した研究を、再分析し部分的に修正したものである。

被験者は、出生時から英語に接触し続けている国際結婚家庭のこどもが8人(第1群)、平均約5年英語圏滞在経験のある帰国生9人(第2群)、16才以降に英語圏留学体験のある大学生7人(第3群)、英語教育を始めたばかり(6ヶ月間)の中学1年生8人(第4群)の4群合計32人であった。英語接触開始年齢は第1群が0才、第2群の平均は5才、第3群は20才である(表4)。

タスクは日英バイリンガル数字タスク・英語数字タスク・日本語タスクからなり、それぞれ30秒間に数字スライドが3秒おきに10枚PC上に呈示される(図6)。タスク間にはレストタスクとして60秒間「あいうえお」か‘ABCDE’を復唱するよう指示がPC上でされる(レストタスクの言語は直後のタスクと合致)。バイリンガルタスクでは一桁の数字が赤色か緑色で3秒PC上に呈示され、赤なら日本語で、緑なら英語で読み上げるように指示がなされている。英語タスクでは、緑で数字が呈示されたらそのまま英語で読み上げるが、青色で数字が呈示された場合3の倍数の場合だけ英語で読み上げ、そうでない青色の数字は無視して読み上げないよう指

示がされる。日本語タスクも同様に赤字呈示ならそのまま日本語で数字を読み上げるが、青色呈示の数字は3の倍数の場合だけ日本語で読み上げ、そうでなければ青色の数字は無視して読み上げないよう指示がなされた。言語順効果の相殺の為に被験者ごとにバイリンガルタスク・英語タスク・日本語タスク版とバイリンガルタスク・日本語タスク・英語タスクを交互に使用した（図7）。

被験者（未成年の場合は保護者）から書面で同意書を得た。被験者は1人ずつ実験室に入り、PC上のタスクを遂行する間にOMM-3000を用いて42チャンネルからfNIRSデータを収集された。ブローカ野と右脳相当部位の数チャンネル平均値を求め、タスク30秒と直前のレストタスク最後の30秒間の差分を算出し、各タスク値とした。本稿では収集した3種類のヘモグロビン値のうちで酸素化ヘモグロビン値を代表値として用いた。

行動データ（タスクの正確さ）に関しては4群間に一切差が無く、どの群にとっても同じ程度の難易度であったことが確認された。fNIRSデータは、被験者全員が日本語を母語としているので、バイリンガル数字タスクと英語数字タスクの結果だけを示す。

統計処理の結果、英語学習を始めて僅か6ヶ月の第4群はバイリンガル数字タスク時の右脳・英語数字タスク遂行中の左右両脳のデータにおいて他の3群よりも脳賦活が高く、多くのエネルギーを要していた。但しバイリンガル数字タスク中のブローカ野では第2群（長期間英語圏滞在体験のある帰国生）や第3群（16才以降に長期英語圏留学体験）よりはるかに容易にタスクを遂行していた。Stephan *et al.* (2003)によると文字・数字認識はブローカ野で行われるが視覚空間に関する表示色の判断は右脳で行われる。このため第4群は、慣れない英語でのタスク遂行中に両脳ともに他群に比べてかなり賦活させる必要があり、バイリンガルタスクでも英

表4 各被験者群の言語背景一覧

群	人数	英語接触開始年齢			英語接触期間		
		M	SD	range	M	SD	range
1	8	0.00	0.00	0.00	10.94	2.30	8.03-15.08
2	9	4.78	2.11	0.00-7.00	8.78	4.35	5.00-16.00
3	7	20.57	4.86	16.00-30.00	2.57	2.07	1.00-6.00
4	8	12.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60

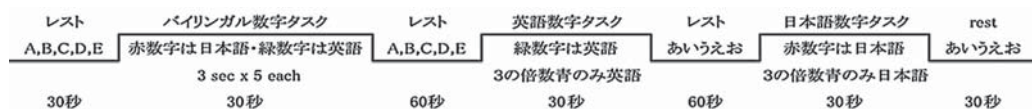


図6 数字タスクのブロックデザイン



図7 数字タスク解答例

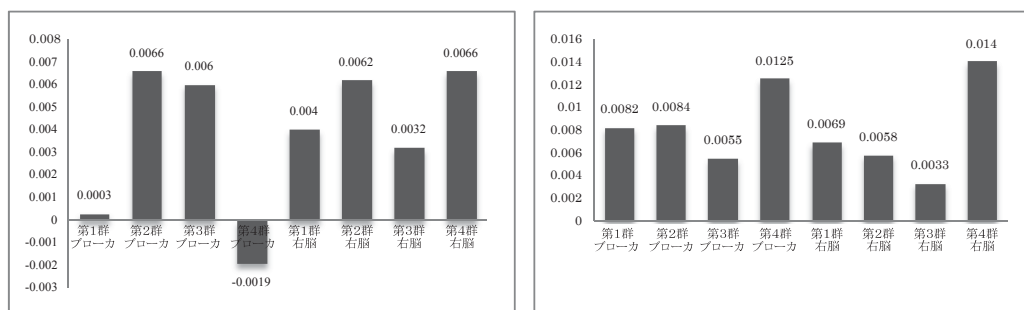


図8 バイリンガル数字タスク中の酸素化ヘモグロビン値 (左) と英語数字タスク中 (右)

表5 第3群と第4群比較

タスク種類	脳部位	比較	認知的葛藤
バイリンガル	ブローカ野	第3群 > 第4群	✓
	右脳	第3群 < 第4群	✓
英語数字	ブローカ野	第3群 < 第4群	-
	右脳	第3群 < 第4群	-

表6 第1群と第2群比較

タスク種類	脳部位	比較	認知的葛藤
バイリンガル	ブローカ野	第1群 < 第2群	✓
	右脳	第1群 < 第2群	✓
英語数字	ブローカ野	第1群 = 第2群	-
	右脳	第1群 = 第2群	-

語使用が伴うために右脳は多いに賦活したが、数字認識は日本語で十分に慣れ親しんでいるので左脳を賦活させる必要がなかったと判断できる。中学入学後に外国語として教室環境で英語学習を始めた第3群と第4群は、言語臨界期以降に接触開始した点で同じであるが、左右両脳の賦活をバイリンガルタスクと英語タスクで比較すると違いは明らかである(表5)。

次に言語習得開始年齢と脳賦活様態の関係を検証する為に、英語接触開始年齢が出生時の第1群と接触開始年齢の平均が5才位の第2群を比べたのが表6である。両群とも非常に高いレベルの日英バイリンガルであり、英語単言語環境では認知的葛藤も感じず容易にタスクを遂行し、群間差は一切無かった。一方で呈示色により数字を英語か日本語を判断して言う認知的葛藤度の高いバイリンガル数字タスクでは、ブローカ野・その右脳相当部位で、出生時から英語接触を続けている第1群の方が統計的有意差を持って容易に(脳賦活度が低く)タスク遂行を行っていた。行動データでは差の無かった両群であるが、明らかな接触開始年齢差が脳賦活に見えた。ブローカ野の賦活様態をイメージ化したのが図9である。

統計処理により上記の通り差が明らかに判明したが、この研究に改善点が無いわけではない。各群の人数は揃えられているが、平均年齢が第1群が11才、第2群が19才、第3群が25才、

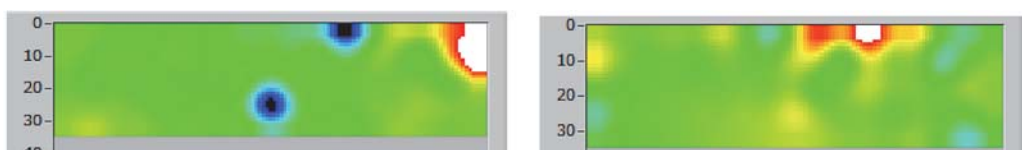


図9 バイリンガル数字タスク中のブローカ野賦活：左が第1群・右が第2群
(赤が賦活高く、青が低い)

第4群が13才となっていて各群の平均年齢にかなりの開きがある。英語学習開始直後の被験者はどうしても中学1年生で12, 3才となるのに対して16才以降に長期間英語圏留学体験があるとどうしても大学生以上となりこの2群間に大きな年齢差が生じてしまう。この群間年齢差を被験者獲得時に工夫してより平準化された被験者群から抽出データが得られるようにする必要がある。

引用文献

- Abrahamsson, N. and Hylténstam, K. (2009). Age of onset and nativeness in a second language: Listener perception versus linguistic scrutiny. *Language learning*, 59, 2, 249-306.
- Birdsong, D. (2006). Age and second language acquisition and processing: A selective overview. *Language learning*, 56, S1, 9-49.
- DeKeyser, R.M. (2005). What makes learning second-language grammar difficult? A review of issues. *Language learning*, 55, 1, 1-25.
- Hakuta, K., Bialystok, E., and Wiley, E. (2003). Critical evidence: A test of the critical-period hypothesis for second-language acquisition. *Psychological science*, 14, 1, 31-38.
- Hernandez, A., Li, P., and MacWhinney, B. (2005). The emergence of competing modules in bilingualism. *Trends in cognitive sciences*, 9, 5, 220-225.
- Johnson, J.S. and Newport, E.L. (1991). Critical period effects on universal properties of language: The status of subadjacency in the acquisition of a second language. *Cognition*, 39, 3, 215-258.
- Lenneberg, E. (1967). *Biological foundation of language*. New York: Oxford University Press.
- Long, M. (2005). Problems with supposed counter-evidence to the critical period hypothesis. *International review of applied linguistics in language teaching*, 43, 4, 287-317.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M., and Raichle, M. E. (1988). Positron emission tomographic studies of cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, 331, 585-589.
- Stephan, K.E., Marchall, J.C., Friston, K.J., Rowe, J.B., Ritzl, A., Zilles, L., and Fink, G.R. (2003). Lateralized cognitive processes and lateralized task control in the human brain. *Science*, 301, 384-386.
- Sugiura, L., Ojima, S., Matubara-Kurita, H., Dan, I., Tsuzuki, D., Katura, T., and Hagiwara, H. (2011). Sound to language: Different cortical processing for first and second languages in elementary school children as revealed by a large-scale study using fNIRS. *Cerebral cortex*, 24. doi: 10.1093/corcor/bhr023.
- 大石晴美 (2006). 『脳科学からの第二言語習得論』, 昭和堂.
- 村井敏宏, 山下光, 小川隆夫, 中尾和人, 藤田香名子, 島田優佳, 瀧口紗緒理, 安井千恵 (2004). 小児用語想起課題の試み I—小学生への実践例 大阪教育大学紀要 第IV部門 第53巻 第1号 83-89.
- 安井千恵, 小川隆夫, 村井敏宏, 山下光 (2004). 小児用語想起課題の試み II—専門学校生への実践例 大阪教育大学紀要 第IV部門 第53巻 第1号 91-94.

2. バイカルチャーキッズ・帰国生の文化的志向性：fNIRS 研究

立命館大学大学院言語教育情報研究科（言語研）及び国際言語文化研究所重点プロジェクトとして継続している言語脳科学研究は毎年、縦断研究として同じ被験者に言語流暢性タスクを課して、バイリンガル児童・生徒の発達段階を追っている。同時に認知的葛藤課題を毎年異なるタスクとして課し、バイリンガル言語処理メカニズムを多面的に探ろうとしている。2013年度はこの共同研究に言語研の院生である清水つかささんが参加し、研究成果は2014年3月発刊の言語研院生論集に論文として掲載された（pp3-32）。詳細は報告済であるが、私たちの研究の中で初めて言語そのものでなく言語の背景にある文化の側面に光を当てた点、日常親しんでいる文化判断と異なる場合に賦活することが判明している背外側前頭前野（Dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC）を研究対象脳部位とした点で、新たな展開を切り開く研究として概略を以下に記す。

[head, neck, hat] の3単語を呈示されてどの2単語の結びつきが強いかな尋ねられると、東洋人は head-hat の関係性を重視するのに対して、西洋人は head-neck の範疇性を重要視する傾向は Chiu (1972) をはじめとする多くの研究で報告されている。移民のこどもたちのように2言語を自由に操ることのできるバイリンガルは、使用言語により文化的判断も変えるとの報告が Ji, Zhang, and Nisbett (2004) によりなされている。そこで本研究は、日本在住の国際結婚家庭のバイリンガル児童や、日本人家庭で生まれたが多年に渡り英語圏での生活体験のある帰国生徒の文化的判断は、日本語モノリンガル・モノカルチャーの児童・生徒に比べてどのような差があるのかを行動データと脳賦活データで調べることにした。

対象者は国際結婚家庭に生まれ両親がそれぞれ日本語と英語の母語話者である平均年齢14才の6名からなるバイカルチャー群、生後1年以内に英語圏に家族で渡り平均11年間その地で過ごした（現地校で英語での公教育を平均6年間受けた）後帰国した平均年齢14才の6名からなる帰国生群、日本人家庭に生まれ今までに最大数週間の海外旅行しかしたことのない日本人中学生6人（平均年齢14才）からなる統制（モノカルチャー）群、合計3群18人である。研究参加承諾書は本人か保護者からすべて書面でもらい、実験後謝金を支払った。研究は立命館大学の倫理審査を受けたのち実施された。

タスクは2種類あり、一種類は紙ベース（図1）で、もう一種類はPC上（図2）で行われた。先ず紙ベースで行われたのは [pen, book, pen] のように同じ単語が含まれていればそれ（図1 pen/pen ②）を選ぶ Match タスクが15個、[shoes, feet, arms] のような場合には最も結びつき

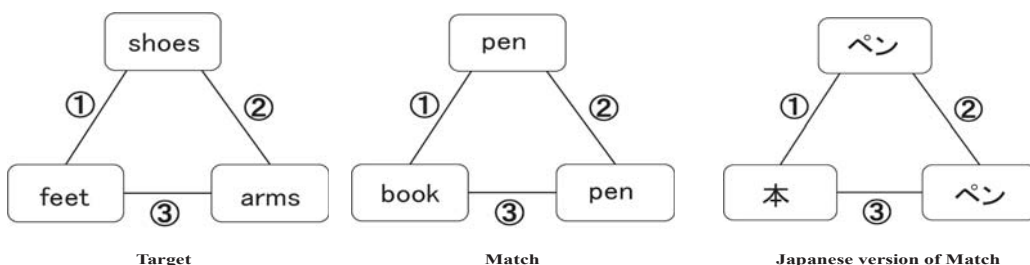


図1 紙ベースタスク例

が強いと思われる2単語を選ぶタスクが25個ランダムに並べられている。後者の場合、feet/shoes（図1Targetの①）の関係性で選ぶケースと、feet/arms（図1Targetの③）のように範疇性で選ぶケースがあり、被験者の思うように制限時間無しで選んで貰い、思考パターンを実験者が把握できるようにした。得意言語でタスクが遂行できるように紙ベースのタスクは英語版と日本語版を用意して被験者自身に選んで貰った。

次にPC上ではfNIRSデータを収集する為にブロックデザインで同じようなタスクをしてもらった。最初の20秒間はMatchタスクが画面上に20問並べられていて、左上から順に合致している単語間を結ぶ数字をキーボードで押しながら進めて貰った。この表示はSuperLabソフトを用いて行われ、押したキーと、次に押すまでの時間を記録できるように設定した。Matchタスク後は20秒間関連性のある単語を選択するタスクが20問呈示されMatchタスク同様に順次キーボードを押して進めて貰った（図2(i)ならtea/tea②が正解）。例えば[grass, cow, chicken]ならgrass/cow（図2(ii)の①）を選べば正解である。その後再度レストタスクとしてMatchタスク20秒をはさんで第2タスクである範疇タスクがやはり20秒間（20問）画面に映し出され、左上から順にキーを押しながら進めて貰った。例えば[bus, rocket, moon]ではrocket/moon（図2(iii)の③）が正解である。最後に20秒間のMatchタスクで終了した。20秒間で20問全てを答えるのは無理であるが、できるだけ沢山答えるように指示が出された。事前にiPadで作業方法を見て貰ってはいたが、タスク切り替えの最初のスライドは5秒間説明を呈示して直後のタスク内容を確認してもらった。なおタスク順効果を相殺する為にグループ内では範疇→関係順と関係→範疇順が同数になるように問題を入れ替えた。

各被験者からは先ず言語背景データを収集後、プローブを前頭前野に装着する前に慎重に国際10-20法に従いF3（左脳の背外側前頭前野）とF4（同右脳）を同定し、該当チャンネルを確認した。fNIRSデータは850ミリ秒ごと収集した。個人内・個人間比較が可能ないように全データを最初に標準化後、タスクとレストデータの差分を取り、範疇・関係性考慮に要した部分のみのデータを抽出した。

紙ベースタスクのMatch問題以外の25問の回答結果から分かる関連性志向は、国際結婚家庭のバイカルチャー群で77%、帰国群で60%、日本モノカルチャー群で42%であった。先行研究の多くが東洋人（本研究の日本語・文化モノカルチャー群）は関連性志向があり、西洋人は範疇性志向の傾向を指摘しているが、本研究結果は正反対の結果となった。問題作成を東洋人ばかりのグループで行ったのが原因の可能性はあるが、本研究のデータだけでは原因の断定はできない。

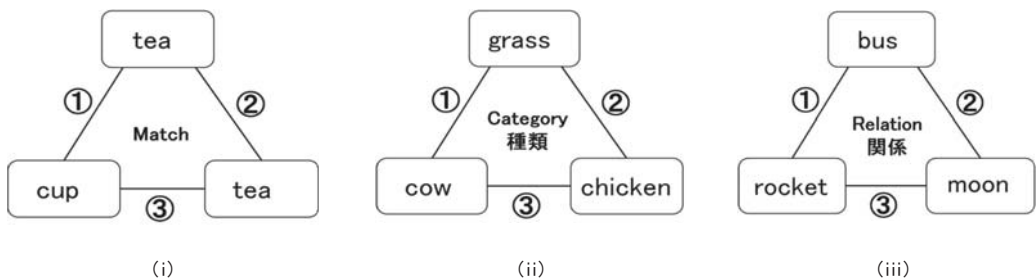


図2 PCベースタスク例

PCタスクでは Match・範疇・関連性の3種類の問題が別々に呈示されたが、3群の回答の正確さは、Matchタスクでは3群とも95%以上の正解率で差が無かった。範疇タスクでは、バイカルチャー群の正確率が58%、帰国群が71%、モノカルチャー群が43%であるのに対して、関連性タスクではバイカルチャー群が89%、帰国群が74%、モノカルチャー群が89%であった。回答時間に関しては、一問回答するのにバイカルチャー群は Matchタスクに約2秒、範疇・関連性タスクには3秒かかっていた。モノカルチャー群はそれぞれ2秒、4秒かかっていた。

次に、左右脳背外側前頭前野での fNIRS 値比較では、範疇タスク ($F(2,233) = 278.672, p < 0.001$, 偏イータ² = 0.705) ではバイカルチャー群 < 帰国群 < モノカルチャー群の賦活順であり、関係性タスク ($F(2,233) = 157.573, p < 0.001$, 偏イータ² = 0.575) ではモノカルチャー群 < 帰国群 < バイカルチャー群の賦活順であることが判明した。脳賦活データは、行動データによる先行研究通り西洋人を一方の親として持つバイカルチャー群が範疇タスクを容易にこなし、典型的東洋人であるモノカルチャー群が関連性タスクを最も容易にこなしている結果となった。この脳賦活データは先行研究を支持する結果となった。ここで興味深い発見として、日本人両親の元に生まれたが多年に渡り英語圏に在住し公教育も受けてきた帰国生達は、範疇・関連性に関してバイカルチャー群とモノカルチャー群のちょうど真ん中に位置する回答パターンを示していることである。

文化を西洋文化と東洋文化に二分する手法は現在ほとんど取られず、この点にどう対応するかは問題点としてあるが、言語だけを研究対象とするのではなく、その背後にある文化を取り上げた点で私たちの研究グループにとって新境地が開けた研究であった。今後は、異文化・異言語背景を持つ人同士のコミュニケーション時に両者から同時に脳賦活データを収集するような手法で本研究を発展させていきたいと考えている。

引用文献

- Chiu, L.H. (1972). A cross-cultural comparison of cognitive styles in Chinese and American children. *International Journal of Psychology*, 7, 235-242.
- Ji, L., Zhang, Z., and Nisbett, E.R. (2004). Is it culture or is it language? Examination of language effects in cross-cultural research on categorization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87, 1, 57-65.

3. バイリンガル言語習得と喪失研究

バイリンガル言語習得は研究者が自らのこども（たち）の言語習得をフィールドノートに細かく書き留める縦断的ケーススタディーが主な研究方法であったが膨大な時間がかかるので数は多くない（例えば Leopold, 1939 や Lanza, 1997）。最近では同じ言語背景のこどもたちをグループ化して横断に行う研究も増えてきたが、両親がお互いのコミュニケーションに使うことば・こどもに話しかけることば・読み聞かせ本の言語等の言語環境は各家庭で異なるので一般化は容易ではない。2010年に立命館大学大学院・言語教育情報研究科（言語研）として取り組みを始めた言語脳科学プロジェクトには、毎年継続して研究協力してもらっている早期バイリンガルの児童・生徒・学生が10名ほどいる。3年目のデータ収集が終わった際に、5名の被験者の3

年間のデータを繋げて擬似縦断研究とすることで、あたかも1人の早期日英バイリンガルの7才から24才までの縦断データとした。最初に紹介するのはこの研究で、2013年12月言語研発刊の「言語科学研究 Working Papers」誌第3号 pp.59-68 に言語研 M2 清水つかさ・M1 張旋・本執筆者の3名共著論文として掲載されたものである。2番目に紹介する研究は、英語と日本語を母語とする日英バイリンガルが、生後16年間過ごした英語圏を初めて離れて日本の一条校（後述するが英語保持に好都合の環境を提供する極めて特異な学校）に高校1年生として通学し始めた当初のデータに比べて、1・2・3年後に英語の保持状態と英語使用時の脳賦活様態がどのように変化したのかを調査したものである。当初3年間のデータ分析結果は2012年度言語研のプロジェクトに院生として参加していた中南美穂さんが本稿著者との共同論文“Bilingual First Language Attrition from Linguistic and Neuroimaging Perspectives: A functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study”として、言語研発刊の「言語科学研究」誌上（第3号 pp.17-41）に2013年3月に掲載した。4年目のデータを付加して大幅に内容を書き換えたものは、言語研発刊の「言語科学研究 Working Papers」（2013年12月 pp.13-33）に掲載した。本稿ではその概略を以下に報告する。

3.1 バイリンガル第1言語発達擬似縦断研究

年齢の異なる早期日英バイリンガル5名から3年間に渡って縦断データを収集した。これを繋げることで、1人のバイリンガルからデータを7歳時から24歳まで収集して分析したかのような擬似縦断研究とした。被験者A（7才～9才時データ収集）・B（10才～12才）・C（13才～15才）の3名は、家庭で両親の一方が日本語母語話者でもう一方が英語母語話者であり、話相手によって言語切り替えが自由にできる。データ収集時には3名とも英語が教育媒介言語であるインターナショナルスクールの生徒であった。被験者D（19才～21才）とE（23才から24才）はA・B・Cが通う学校と敷地を同じくしている一条校に6年間通った早期バイリン



図1 TOWL-3 刺激絵

表1 TOWL-3採点表

Subtest 6 Contextual Conventions		Subtest 7 Contextual Language		Subtest 8 Story Construction	
Score		Score		Score	
1.	All sentences begin with a capital letter 0 = no 1 = yes	1.	Recognizing sentence 0 = no 1 = yes	1.	Story beginning 0 = none, abrupt 1 = weak, ordinary, satisfactory 2 = interesting, pleasing
2.	Parenthesis 0 = none, 1 1 = 2 2 = 3-4 3 = 5 or more	2.	Run-on sentence 0 = none 1 = 1 2 = 2-3 3 = 4 or more	2.	Story sometimes returns to picture 0 = no 1 = yes
3.	Underline question marks ("or") 0 = no 1 = yes	3.	Compound sentence 0 = none 1 = 1 2 = 2-3 3 = 4 or more	3.	Ordinary refers to a specific event occurring before or after the picture 0 = no 1 = yes
4.	Underline comma to set off a direct quotation 0 = no 1 = yes	4.	Intervening phrases or clauses 0 = none 1 = 1 2 = 2-3 3 = more than 3	4.	Story sequence 0 = none, a series of random statements 1 = sequence, but few scene sequences 2 = scenes smoothly from start to finish
5.	Use an apostrophe in a contraction (e.g., isn't) 0 = no 1 = yes	5.	Most coordinating conjunctions other than and (but, or, nor, for, yet, so, e.g., I ran but she caught up): 0 = none 1 = 1 2 = 2-3 3 = 4 or more	5.	Plot 0 = none, fragment, statements in random order 1 = weak, meager, satisfactory 2 = logical, complete
6.	Under a colon, semicolon, or hyphen (:, ;, -) 0 = no 1 = yes	6.	Subjunctive mood (e.g., I wish I were there) 0 = none, 1 = 1 1 = 1 2 = 2-3 3 = 4 or more	6.	Characters show feelings/motives 0 = no 1 = some emotion/feelings/story line 2 = strong emotion clearly evident in at least one character
7.	Under a question mark (?) 0 = no 1 = yes	7.	Summative in paragraph(s) 0 = 1 paragraph, 1 sentence 1 = 2 paragraphs, 2 or more sentences 2 = 3 or more paragraphs, 2 or more sentences in at least 1 paragraph 3 = 4 or more paragraphs, 2 or more sentences in at least 2 paragraphs	7.	Examine some event or plotline theme 0 = no 1 = yes, but weakly stated, inferred 2 = clearly, directly stated
8.	Under an em-dash (—) 0 = no 1 = yes	8.	Conjunction in sentence or body construction sentences 0 = no 1 = mostly simple sentences with prepositional phrases 2 = variety of simple, compound, and complex sentences complying with antebulleted allusion	8.	Story action or energy level 0 = no action 1 = boring, tedious 2 = novel/dramatic, predictable 3 = exciting, interesting
9.	Capitalize proper nouns (e.g., Oh, Bob, Italy, Helen, Earth) 0 = no 1 = sometimes 2 = yes, always	9.	Sentences in story not related to each other 1 = comparable to the development of topic or theme 2 = none 3 = 1-3 items	9.	Story ending 0 = none, abrupt 1 = weak 2 = logical, suitable ending
10.	Overall punctuation and capitalization to 0 = poor 1 = average 2 = good	10.	Phrases related to picture 0 = none 1 = 1-2 items 2 = 3 or more items	10.	Plot 0 = fragment 1 = ordinary, satisfactory, reader-of-plot 2 = subtle, stylish
11.	Number of nonpunctuated words misspelled 0 = 0 or more 1 = 1-2 2 = 3-4 3 = 5 or more	11.	Number of correctly spelled words having seven or more letters (count a word only once) 0 = 0-1 1 = 2-3 2 = 4-5 3 = 6 or more	11.	Story as 0 = dull, mostly described picture 1 = simple, straightforward 2 = interesting, unique, unusual
12.	Spelling 0 = poor 1 = average 2 = good	12.	Use of words with three syllables or more that are spelled correctly (count a word only once) 0 = 0-1 1 = 2-3 2 = 4-5 3 = 6 or more		
Raw Score		Raw Score		Raw Score	

ガル（家庭環境はA・B・Cと同じ）で、データ収集時は大学生であった。

ライティングデータ収集には、Hammill and Larsen (1996) により開発された Test of Written Languages-3 (TOWL-3) を用いて、毎年5名に実施した。15分間刺激絵（図1）を見て物語を書くだけのタスクであるが、北米英語母語話者の児童・生徒・学生・大人からのデータに照らし合わせて、英語ライティングの基本的規則・語彙と文法・物語展開力の3側面から客観的に採点できるようになっている（表1）。この得点分析より、日本在住で英語が社会の主流言語でないため早期バイリンガルでは容易には身につかないライティング力をどのように身につけていくのか（或いは身につけていかないのか）を探った。

英語ライティングの基本的規則（Contextual Conventions）・語彙と文法の正確さ（Contextual Language）・物語展開力（Story Construction）及び総合力（Quotient）の分析結果を年齢を横軸にグラフ化したのが図2である。

このライティングテストでは、総合点（Quotient）以外は英語母語話者の平均点が8～12点に設定されている。基本的規則・語彙と文法の正確さ・物語展開力の3項目全てにおいて平均か平均以上を全ての年齢で記録しているのがわかる。当然総合力も同じ傾向である。特筆すべきは、インターナショナルスクールや同じ敷地で学ぶ一条校を卒業して、日本の大学に行きだした19才以降では英語の授業がほとんど皆無であるにも関わらず英語ライティング力を保持している点である。

一方英語使用時の脳賦活様態調査には言語流暢性課題を日本語と英語で課し（図2）、島津製作所の OMM-3000 を用いて130ミリ秒毎に42チャンネルで酸素化・脱酸素化・トータルヘモグロビン値を収集した。全データを標準化後、ブローカ野とその右脳相当部位の酸素化ヘモグロビン値に関してタスクから直前のレストタスク値（それぞれ30秒間）を引く差分法 (Petersen *et al.*, 1988) を用いて4タスクそれぞれの値を求めた。

同じようなタスクを3年間続けたことで学習効果が発生したり、前年度よりも頑張るような

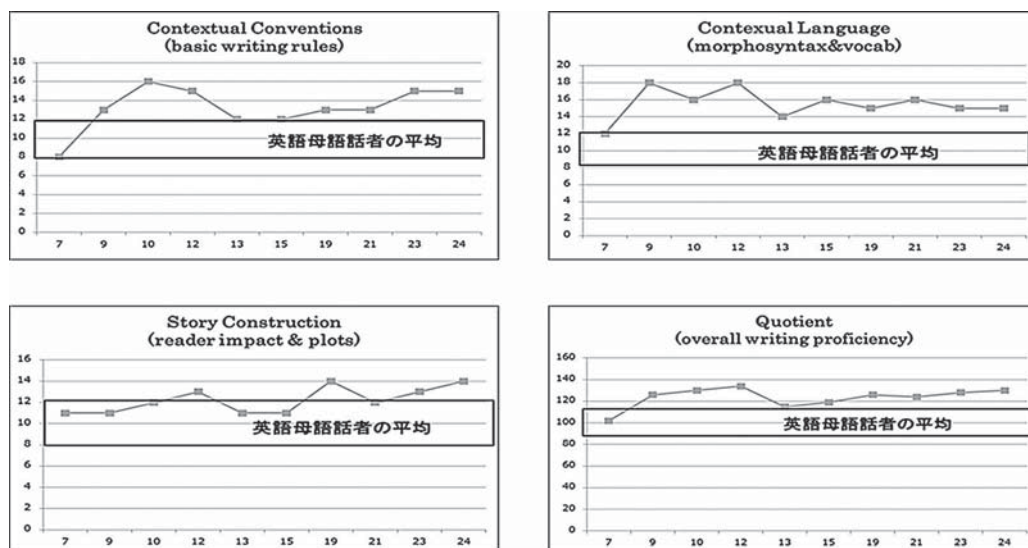


図2 TOWL-3 得点の同年齢の英語母語話者との比較

rest A, B, C, D, E	letter (English) F A C 20 20 20	rest あいうえお	letter (Japanese) か し さ 20 20 20	rest A, B, C, D, E	category (English) food job country 20 20 20	rest あいうえお	category (Japanese) 動物 スポーツ 色 20 20 20	rest あいうえお
30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec
2年目								
rest A, B, C, D, E	letter (English) E S 15 15	rest あいうえお	letter (Japanese) か し さ 15 15	rest A, B, C, D, E	category (English) animal color 15 15	rest あいうえお	category (Japanese) 食べ物 国 15 15	rest あいうえお
30 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	30 sec
3年目								
rest A, B, C, D, E	letter (English) F A 15 15	rest あいうえお	letter (Japanese) か し 15 15	rest A, B, C, D, E	category (English) food country 15 15	rest あいうえお	category (Japanese) 動物 スポーツ 15 15	rest あいうえお
30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec

図2 ブロックデザイン化された言語流暢性タスク

姿勢があったためか，特に4タスク分析で傾向を見出すことはできなかった。そこで学習効果等を排除するために，各被験者の1年目の英語範疇流暢性タスク時の酸素化ヘモグロビン値をグラフ化したのが図3である。7歳から18歳までは，年齢を追うごとに，タスクにおける負荷が小さくなり，成長するにつれ，容易に英語を産出していることがわかった。また，19歳から24歳にかけて，脳賦活が高くなっているが，これは英語産出が困難になってきているとの脳のシグナルであり，TOWL-3得点により示されている英語ライティング力保持結果とは相反するものである。口頭で即答しないといけない言語流暢性タスクと，じっくりと内容を考えて制限時間である15分以内であれば何度でも推敲して書き換えることのできるライティング力とでは，脳内賦活メカニズムに関して必ずしも同じでない可能性が示唆された。

以上をまとめると，7歳から24歳にかけて，全ての年齢で，英語母語話者のライティング能力とほぼ同等か，それ以上の水準を示した。恵まれた環境であれば，劣性言語も，母語話者並みに向上することが明らかになった。英語使用時の脳賦活については，近赤外分光法を用いた



図3 年齢に伴う酸素化ヘモグロビン値の推移

結果、英語の範疇流暢性タスクにおいては、年齢を追うごとに、脳賦活が減少していくことが分かった。つまり、英語で思考し発話する際の脳への負荷が減っていることがわかった。勿論本研究は5名のバイリンガルを対象とした疑似縦断研究であり、今後は、複数の協力者のデータを統合するのではなく、各協力者の能力の変化を縦断的に調べる必要がある。

3.2 バイリンガル第1言語保持に関する4年間の縦断研究

出生時から2言語に接触している同時バイリンガルや年少時に異文化・言語環境に滞在することで早期バイリンガルになった人達は羨望のまなざしで見られることが多いが、自然習得した言語は言語環境が異なっても保持されるのだろうか？モノリンガルでも新たな言語環境に移り住み言語習得が進むと、あまり使用しなくなった母語の退化が起こると報告されている。2言語を常に同じ状況で同時に使うわけではなく、話し相手・状況・トピックによって言語を使い分けているバイリンガルが、1つの言語使用・接触が極端に少なくなった場合、言語の退化（喪失）が起こるのだろうか？言語習得研究はよく行われているが、言語喪失研究はそれほど盛んではない。習得研究成果は外国語学習等に应用できるが、喪失研究は言語現象の中で明るい側面でないのが原因かもしれないが、喪失メカニズムを解明することで、覚えた言語を忘れない方策を打ち出せる。そこで私たち研究グループは喪失現象を行動データと脳イメージングデータを用いてそのメカニズムを探ることにした。

言語科学分野でも脳イメージング機器を用いての研究がバイリンガル対象に行われるようになってきたが、言語喪失に関しては医学分野の貢献が大きく、病理に起因しない言語喪失研究は現在までのところ殆ど無い状態である。また、最近の応用言語学の趨勢として多くの被験者対象の平均値比較よりも、個人差の大きな言語習得や喪失現象には個別ケーススタディーを縦断的に研究することの重要性が唱えられるようになってきた。また Abutalebi *et al.* (2009) はバイリンガルの言語喪失研究を脳イメージングで行うには、言語間距離の遠い言語コンビネーションのバイリンガル研究の必要性を主張している。つまり言語間の距離の遠い日本語と英語を母語とするバイリンガル対象に縦断研究を脳イメージングデータも含めて行う時期が到来したと

言える。

研究対象者は英語圏で生まれ育った後16才の時に初めて日本の一条校に通学するようになった帰国生である。両親は日本人であり、英語圏滞在中も家庭言語は日本語であり、土曜日補習校に参加することで日本語も十分に身に付けた高いレベルの日英バイリンガルであり、日本語も英語も第1言語・母語であると判断できる。日本に帰国後、英語を保持し伸長する環境としては恵まれた学校に通い始めたものの、日本社会でやはり英語接触と使用が明らかに低減された中で、英語力がどのような変化を辿るのか4年間追跡調査を行った。データは帰国後4ヶ月目の高校1年生秋時をベースラインデータとして収集し、その後は概ね1年おきに（高校2年生の秋・高校3年生の秋・高校卒業5ヶ月後）に収集した。その際本人から日本語と英語の自己評価及び優勢言語を聞き取った結果が表1である。この学校は同じ敷地内にインターナショナルスクールが併設されており、高校生で英語の一番上のレベルの生徒はインターナショナルスクールの英語（生徒にとっては「国語」）の授業を受けられる。クラブ活動や非座学教科（体育や音楽・美術）もインターナショナルスクールの生徒と一緒に英語を母語とする教員による授業を受けるので、英語圏からの帰国生にとって英語保持及び日本語伸長には理想的な環境である。特に高校2年生からはインターナショナルバカロレア（IB）の英語授業を受けるので、日本在住にもかかわらず英語圏で学習しているのと同じような学習ができる。英語・日本語ともに日々接する友達がどちらかの言語の優勢バイリンガルかモノリンガルであるので、自己の言語力評価も客観的にできる。

本人談（毎年口頭インタビューを行ったデータ）によると帰国直後は一条校での国語や社会等の授業についていくのに四苦八苦していて、日本語力伸張ばかりが頭にあった時期で、同級生に比べて特に読んだり書いたりする力の無さが気になっていたが、高校3年生時までには追いついたと感じたとのことである。一方英語に関しては、公教育全てをそれまで英語圏で受けてきたのでインターナショナルスクールの同級生と全く遜色なく高校1年生を過ごし、英語授業を通してアカデミックな文章の書き方の向上すら感じていたが、帰国後2年目には日本での英語接触・使用の激減により読み話すスピードが以前（同級生）に比べて低下したと悩んでいた。この悩みも高校2年生から始まったIB英語のかなり厳しい授業をしっかりとこなすことで自然と消え、かえってアカデミックな文章作成や学術講演などを理解する力はインターナショナルスクールの同級生よりも上がったと実感するようになったとのことである。

このような主観的なデータ収集と並行して、英語に関する客観的なデータも毎年収集した。前

表1 被験者の日英語自己評価

データ	帰国後の期間	優勢言語	日本語				英語			
			読む	書く	聞く	話す	読む	書く	聞く	話す
1	0:04	英語	2	2	3	3	3	3	3	3
2	1:04	英語	2	2	3	3	2	4	3	2
3	2:03	英語	3	3	3	3	3	5	5	3
4	3:02	英語	3	3	3	3	3	5	5	3

年：月

（5段階評価で、3が母語話者レベル）

述のインタビューは日本語・英語で行い録音データを事後書き起こして、正確さ・語彙・流暢さ分析を行った。また、英語ライティングテスト (Test of Written Language 第3版) も毎年実施した。15分間で書いた英文を文法の正確さ・語彙の豊かさや適切な使用・物語展開力の3つの観点から北米同年齢の生徒のライティングを基準として採点できる。日本語と英語使用時の脳賦活を調べるのに、言語流暢性課題を毎年刺激語を変えて実施した。鳥津製作所の OMM-3000 近赤外分光法 (fNIRS) 機器を用いてプロカ野とその右脳相当部位から3種類のヘモグロビン値を130ミリ秒ごとにと収集した。レストタスクとして、ひらがなかアルファベット(直後のタスク言語と合致) 復唱を30秒課し、タスクとしては文字流暢性と範疇流暢性タスクを日本語と英語で60秒間課した(図2)。全データを先ず標準化した後、タスク開始15秒間のfNIRS値から直前のレストタスク最後の15秒間のfNIRS値を引いた差分を4タスクそれぞれについて算出して、各年度の個人内タスク比較と年度をまたいだタスクの年度比較が可能となるようにした。

収集データ分析結果を報告すると、先ず英語ライティング力は帰国時既に基本的英語ライティング規則・語彙や文法の正確な使用・物語展開力の3項目で同学年の英語母語話者を上回っており、帰国後もその傾向を維持していた。北米の同級生も毎年学年が1つ上がり、要求レベルが上がるにもかかわらず母語話者を上回る得点を継続していたのは驚くべきことである。このライティングテキストを語彙分析したところ語彙密度が67%-57%-53%-49%と徐々に低下していることが判明した。語彙密度とは物語中いかに同じ単語を繰り返さず異なる単語で描写できたかがわかる指標であり、総合力で高いレベルを維持していても細分化された語彙力を見ると言語低下が観察された。語彙・文法の正確さ分析は Myers-Scotton (2002) が提唱した4種類の形態素に注目した分析手法(4-M model) を採った。その結果、言語習得・喪失時に最初に影響のある(習得時には最初に正確率が上がり、喪失時にも最初に正確率が下がる) 意味形態素の正確さは100%-99%-99%-100%と推移した。機能語形態素は4-Mモデルでは3種類に分けられ、習得・喪失が最初に起こる機能語は early system morpheme, 2番目に起こるのは bridge late

Data#1								
rest	letter (English)	rest	letter (Japanese)	rest	category (English)	rest	category (Japanese)	rest
A, B, C, D, E	F A C	あいうえお	きしあ	A, B, C, D, E	food job country	あいうえお	動物 スポーツ 色	あいうえお
	20 20 20		20 20 20		20 20 20		20 20 20	
30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec
Data#2								
rest	letter (English)	rest	letter (Japanese)	rest	category (English)	rest	category (Japanese)	rest
A, B, C, D, E	E S	あいうえお	か さ	A, B, C, D, E	animal color	あいうえお	食べ物 国	あいうえお
	15 15		15 15		15 15		15 15	
30 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	60 sec	30 sec	30 sec
Data#3								
rest	letter (English)	rest	letter (Japanese)	rest	category (English)	rest	category (Japanese)	rest
A, B, C, D, E	F A	あいうえお	き し	A, B, C, D, E	food country	あいうえお	動物 スポーツ	あいうえお
	15 15		15 15		15 15		15 15	
30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec
Data#4								
rest	letter (English)	rest	letter (Japanese)	rest	category (English)	rest	category (Japanese)	rest
A, B, C, D, E	E S	あいうえお	か さ	A, B, C, D, E	animal color	あいうえお	食べ物 国	あいうえお
	15 15		15 15		15 15		15 15	
30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec

図2 ブロックデザイン化された各年度の言語流暢性課題

system morpheme, 3 番目に起こるのは outside late system morpheme と呼ばれるが、それぞれ正確率は [100% - 100% - 100% - 100%], [100% - 100% - 100% - 100%], [100% - 100% - 98% - 92%] と推移した。徐々に変化が現れたのは late system morpheme (4M モデルの予測では最も喪失の起こりにくいタイプの形態素) であり帰国3年目以降減少してはいるが正確さに低下が見え始めた。

英語スピーキング流暢性はインタビューデータ分析を通して行った。発話1語に要する時間を算出したところ、帰国直後は277ミリセカンド (m.s.) に1語の割合で話していたのが、241 - 248 - 414 m.s. と帰国4年目に急に速度が落ちたのが明らかになった。

高いレベルの言語保有者が移民経験等を経て母語力低下が見られる場合、コミュニケーションを続けるためのマクロ的総合力は保持されていても（言い換え等でごまかせても）、個別の言語側面を見ると徐々に低下が観察され、ある時にそれが雪崩的に露見することが言語喪失研究では報告されている (Yoshitomi, 1999; Taura, 2008)。まさしく英語力分析では徐々にではあるがこの傾向がうかがえた。但しこの結果は、本人の自己評価とは相反する結果であった。

次に脳賦活データを見るが、毎年実施した言語流暢性タスクのうちでより認知的負荷のかかるタスクである文字流暢性タスク（「あ」「A」で始まる単語を考える文字流暢性タスクの方が「動物」「Food」など範疇流暢性タスクよりも困難）の結果に焦点を当てる。日本語と英語の文字流暢性タスクの経年変化をまとめたものが図2であるが、ブローカ野（運動性言語野）のある左脳では、帰国直後は英語が優勢、つまり、酸素化ヘモグロビン量が日本語タスク実行時よりも低かった。その傾向は1年後も続いたが、2年後には日英語間に差は無くなったが、3年目には英語の優勢度が再度顕著になった。

左脳ブローカ野の酸素化ヘモグロチン値を人頭図に重ねたのが図3（日本語）と図4（英語）である（賦活が無ければ紺色、賦活するにつれて水色、緑、黄色、赤、深紅として示される）。

文字流暢性タスク遂行時、英語の日本語に対する優位度は帰国直後顕著であった。これは自己評価（表1）や初年度の酸素化ヘモグロビン値より明らかであった。しかし英語の優位さは、酸素化ヘモグロビン値に関して帰国2年後に一旦無くなったが、これは、自己評価（表1）やインタビューデータとも符号している。つまり、帰国直後は英語力が圧倒的に高く、日本語の力を伸ばすことに意識を集中していたが、帰国2年間に過ぎた頃には日本語環境での生活と学習を続けていく中で、そのような意識が無くなり、同級生の日本語力に追いついたと感じていた。

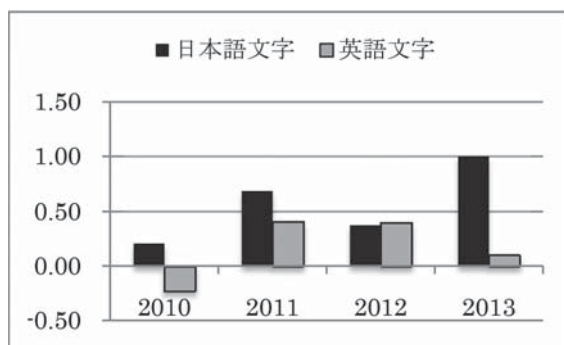


図2 文字流暢性タスク時のfNIRS (Oxy-Hb) 値経年変化 (ブローカ野)

一方英語力についてはレベル相応のクラスで頑張っていたので、英語のアカデミックライティング等については相当の自信が付いたが、第3回目のデータ収集4ヶ月前にIB英語の授業が終了し、英語接触がほとんど無くなったと回顧している。日本語力の向上と英語接触量の低下が、3年目における日英語の酸素化ヘモグロビン値の差が無くなったことにつながった。しかし、最後（4回目）のデータ収集時（高校卒業後5ヶ月目）は日本在住ではあったが、インターナショナルスクールの美術の授業や土曜日学校での英語でのアルバイトを通して英語を日常的に使う生活に戻り、英語優勢が復活し、相対的に日本語使用時の脳賦活量増につながった。このように非常にレベルの高い平衡バイリンガルであっても、日常の言語接触量の変化が脳賦活には如実に現れることが判明した。

このように帰国後3年間継続して言語データと脳賦活データを収集することで、それぞれのデータが異なる特質を持っているので、脳賦活データだけで結論を導くことの危うさが露見した。つまり、言語データは細かく分析することで従来の言語喪失研究が示している通りマクロ面では変化がなくてもサブスキル（マイクロ）面では綻びが徐々に見え始める事実を突き止めることができるが、脳賦活データはむしろデータ収集時期の言語環境を敏感に反映することが判明した。もし今回の被験者が離日前に英語環境にどっぷりつかるのでなく、殆ど英語使用の機会が無い状態であったならば、英語使用時の賦活（困難さ）が前年度に比べて際立って高くなっていく可能性がある。脳賦活は言語環境によりかなり早い段階から柔軟に対応を始めるが、それが言語産出面に影響を及ぼすには時間がかかると考えることができるからである。

引用文献

酒谷薫（2012）「NIRS 基礎と臨床」新興医学出版社。

福田正人（2009）「精神疾患と NIRS（光トポグラフィ検査による脳機能イメージング）」中山書店。

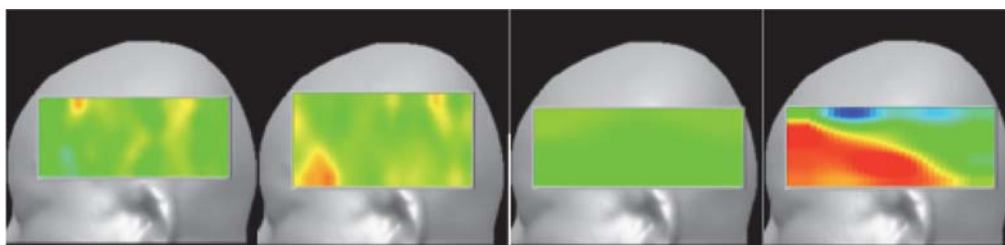


図3 日本語文字流暢性タスク時のブローカ野のOxy-Hb値（左端初回で右端最終年）

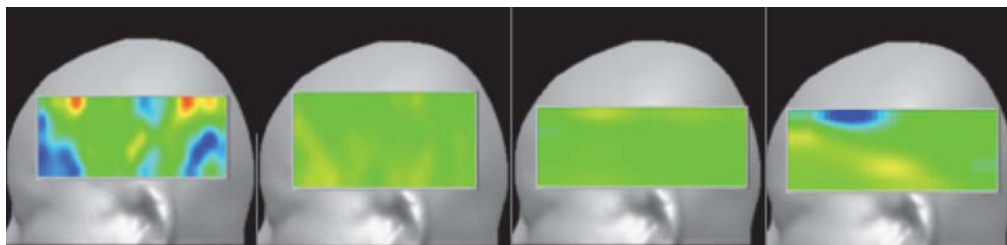


図4 英語文字流暢性タスク時のブローカ野のOxy-Hb値（左端初回で右端最終年）

- Abutalebi, J., Tettamanti, M., and Perani, D. (2009). The bilingual brain: Linguistic and non-linguistic skill. *Brain and Language*, 109, 51-54.
- Cummins, Jim. (2001). *An introductory reader to the writings of Jim Cummins*. Bristol, UK: Multilingual Matters.
- De Bot, K., Loweie, W., Thorne, S.L., and Verspoor, M. (2013). Dynamic systems theory as a theory of second language development. In M. Mayo, M. Guitierrez-Mangado, and M. Adrian (Eds.), *Contemporary Approaches to Second Language Acquisition* (pp. 199-220). Amsterdam: John Benjamins.
- Hammill, D. and Larsen, S. (1996). *The Test of Written Language (TOWL-3)*. Austin, Texas: Pro-ed.
- Jobsis, F. (1977). Noninvasive infrared monitoring of cerebral and myocardial sufficiency and circulatory parameters. *Science*, 198, 1264-1267.
- Lanza, E. (1997). *Language mixing in infant bilingualism. A sociolinguistic perspective*. Oxford: Clarendon Press.
- Leopold, W. (1939). *Speech development of a bilingual child: A linguist's record. Vol. 1. Vocabulary growth in the first two years*: Northwestern University Press Evanston, IL.
- Myers-Scotton, C. (2002). *Contact linguistics: Bilingual encounters and grammatical outcomes*. Cambridge, UK: CUP.
- Moreno, E., Rodriguez-Fornells, A., and Laine, M. (2008). Event-related potentials (ERPs) in the study of bilingual language processing. *Journal of Neurolinguistics*, 21, 477-508.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M., Raichle, M. E., (1989). Positron emission tomographic studies of the processing of single words. *Journal of cognitive neuroscience*. 1, 153-170.
- Schecklmann, M., Ehlis, A., Plichta, M. (2008). Functional near-infrared spectroscopy: A long-term reliable tool for measuring brain activity during verbal fluency. *Neuroimage*, 43, 147-155.
- Schmid, M. (2013). *First language attrition as a window to constraints on bilingual development*. Keynote lecture at the 9th International Symposium on Bilingualism in Singapore on June 11, 2014.
- Taura, H. (2008). Language attrition and retention in Japanese returnee students. Tokyo: Akashi Shoten.
- Taura, H., and Taura, A. (2013). *Language attrition through the two lenses of conventional and brain-imaging analyses*. The 9th International Symposium on Bilingualism in Singapore on June 10-13, 2014.
- Yoshitomi, A. (1999). On the loss of English as a second language by Japanese returnee children. In L. Hansen (Ed.), *Second Language Attrition in Japanese Contexts*, 80-111. Oxford: OUP.

4. 日本人英語学習者の発達段階を脳イメージング手法で探る研究

立命館大学大学院・言語教育情報研究科プロジェクトとしての言語脳科学研究は主として早期日英バイリンガルを対象として言語習得メカニズム解明に取り組んできた。しかし同時に院生の多くが修了後英語や日本語教員を志望している現状を鑑みて、日本人英語学習者の英語発達段階を英語力と脳賦活の両面から捉える縦断・横断研究も行い、将来的に外国語学習への還元（大脳生理学観点からの効果的外国語学習法等）を視野に入れた研究にも着手した。本稿では中学1年時より英語学習を開始した日本人英語学習者（英語圏渡航歴無し）一人を3年間追跡調査した縦断研究を先ず紹介する。次に中学1年生から高校3年生を横断的に研究対象として英語リーディング力を調査した研究の概要を報告する。前者は2014年3月発行の立命館大学・言語科学研究4巻 pp.13-36に、後者は波多野良香さんが修士論文研究として取り組み2015年3月発行の立命館大学大学院・言語情報研究科院生論集第8巻 pp.3-31に掲載されたので、本稿で

はその概略のみを記す。

4.1 英語学習開始後3年間の英語力と脳賦活縦断研究

言語習得を脳イメージング手法で解明しようとする先行研究の中には母語と第2言語・外国語の処理は脳の同じ部位で行われるとの報告 (Perani *et al.*, 1997: Quaresima *et al.*, 2002) がある一方で、用いられるタスクにより賦活脳部位に差異があるとの報告 (Weber-Fox and Neville, 1996: Yokoyama *et al.*, 2010) やタスクにかかわらず異なる脳部位に賦活が生じる報告 (Suh *et al.*, 2007: Koyama *et al.*, 2013) もある。教室環境での外国語学習対象の研究だけに絞っても、学習開始年齢と習熟度 (外国語能力の到達レベル) は複雑に関係しているとの報告が多いが (Perani *et al.*, 1998: Nakada *et al.*, 2001: Sakai, 2005: Oishi, 2006: Osterhout *et al.*, 2008: Bowden *et al.*, 2013: Saidi *et al.*, 2013), 現在まで結論が得られていない。そこで本研究は日本人英語学習者の学習開始当初3年間の英語力の向上とそれに伴う脳賦活様態をケーススタディーとして実施することにした。

被験者は英語圏滞在経験が無い女子中学生で、公立中学入学後に本格的な英語学習を開始した (小学校時代に週1回の英会話を1年間続けた経験がある)。英語タスクを遂行するには入学当初の英語力の全く無い状態では無理なため、半年間英語学習 (週に1時間の授業を4回) を受けた中学1年生の秋 (12:09) に最初のデータを収集し、以降2年生の秋 (13:07), 3年生の秋 (14:08) と合計3回データ収集を行った (立命館大学倫理審査を経て、本人・保護者・中学校長からの承諾を得て実施した)。収集データは3種類で、英語ライティングタスク (TOWL-3)・英語での口頭インタビュー・言語流暢性タスクであった。15分間の英語ライティングデータは、英語ライティング力を (1) 基本的英語ライティングルールの遵守, (2) 文法力, (3) 構成力及び (4) ライティング総合力の観点から英語母語話者の同年齢との比較を先ず行い、次に正確さ (Myers-Scotton の 4-M 分析)・流暢さ・語彙の点からも分析を行った。口頭インタビューデータはポーズ分析による流暢さ及び複雑さ測定を行った。言語流暢性タスク (verbal fluency task, VFT) 遂行時のみ fNIRS データを収集し、脳賦活様態を観察した。VFTには範疇流暢性タスク (たとえば動物の名前を羅列して挙げるタスク) と文字流暢性タスク (たとえば「あ」から始まる単語を羅列して挙げるタスク) があり、更に日本語版と英語版の両方を行った。側頭葉から前頭前野前額部を覆う42チャンネルでデータ収集を行ったが、本研究ではブローカ野 (BA 44 & 45) 及びその右脳相当部位から得られた oxy-Hb (酸素化ヘモグロビン) 値に焦点を絞って結果を報告する。

英語ライティングタスクの結果は、(1) 基本的英語ライティングルール (CC) の遵守, (2) 文法力 (CL), (3) 構成力 (StC) 及び (4) ライティング総合力 (Quotient) 全てにおいて毎年向上が見られ、3年目には同年齢の英語母語話者の平均ゾーンに達するまでになった (8点から12点が同年齢英語母語話者の平均ゾーンに設定されている CC/CL/StC と、90点から110点が平均ゾーンである Quotient に関して、3年間の推移は表1の通り)。

次にこのライティングタスクで産出されたテキストを対象に語彙分析をしたところ、1年目と2年目は15分間にそれぞれわずか27語、19語しか産出できなかったが、3年目には111語産出することができた。換言すると1分あたりに産出できた英単語数は、2年目が、2.0語と1.7語

表1 3年間のTOWL-3各スコアの推移

Time	CC	CL	StC	Quotient
2011 (12;09)	4	6	3	64
2012 (13;07)	9	6	5	79
2013 (14;08)	9	13	12	109

であったのが、3年目には3倍以上の7.4語も産出できるようになった。タイプ（異なる単語数）も経年で18→10→55種類と増えたが、同時に産出単語総数も増加したために、TTR（type token ratio）の推移は0.70（1年目）・0.46（2年目）・0.50（3年目）と逆に低下した。更にこのライティングテキストに対してMypers-Scotton（2002）の提唱した4Mモデルを使った正確さ分析を行った結果、1年目も3年目も87%であり一見変化がなかった。これは、1年目には僅か27語しか産出できなかったのに対して3年目には111語と4倍の量となったにもかかわらず正確さが維持されていた、つまり同じ時間内に4倍の分量を産出しても正確さが低下することは無かったのである。

インタビューデータは、音声データとそれを書き起こしたテキストデータを用いてポーズ分析を行った。その結果、1単語を発するのに要した時間は1年目が354ミリ秒、2年目が410ミリ秒、3年目が661ミリ秒と年々スピードが低下していた。英語力が向上したにもかかわらず流暢性が低下したのは、1文中の単語数が1年目の5.3語に対して3年目は5.3語と増え、複雑性の高い英文産出に起因していると考えられる。

次にVFTタスクの行動データを見ると、(1) 範疇タスクの方が文字流暢性タスクよりも産出単語数が多い傾向は日本語・英語の両方に見られ、(2) 同じ種類のタスクであれば日本語の方がより多くの単語を産出できることが、3年間とも観察された。一方fNIRSデータ分析より、脳半球によって発達段階に差があることが判明した。2タスクのうちで産出数が少なく、脳に負担の多い文字流暢性タスク（英語）遂行時のブローカ野とその右脳相当部位の賦活を経年で示したのが図1である（単位はmMmm）。先ず左右脳を比較すると当初2年間は英語産出には母語の言語中枢と考えられるブローカ野の活動が右脳よりも高かったが、3年目にその差は無くなり、左右同じ賦活レベルとなった。個別脳の経年変化を見ると、ブローカ野（左脳）は当初2年間の賦活に変化は無かったが、3年目に賦活度合いが有意に高くなった。右脳は1年目殆ど賦活しなかったが、それ以降は前年度よりも賦活度が毎年有意に高くなった。途中経過は異なるが3年目に両脳とも一番賦活度合いが高くなり、その度合いに左右差が無くなった。この様子をイメージングとして表したのが図2である。

外国語学習当初は左脳中心に言語処理が行われるが、徐々に右脳の関与も高まり、3年目になると両脳を同じ程度賦活させて産出していることが判明した。言語処理が自動化されると賦活度合いが下がるのが通例であるが、当初より外国語である英語の処理を担っていた左脳が、右脳が言語処理の一部を担えるほど賦活が活発なのにもかかわらず、どうして3年目に賦活度合いを高めたのか、その原因は本研究では残念ながら究明できていない。英語力が更に伸長した次年度さらにデータ収集をすることで、答えを導く大きなヒントを与えてくれるはずである。

外国語としての英語学習を中学1年生で始めた日本人が3年目に大きな英語力の向上をライ

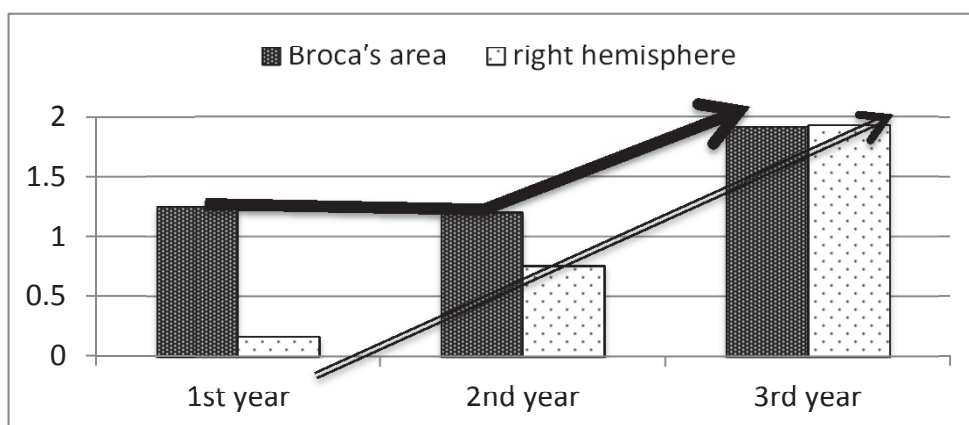


図1 ブローカ野とその右脳相当部位の賦活度経年変化

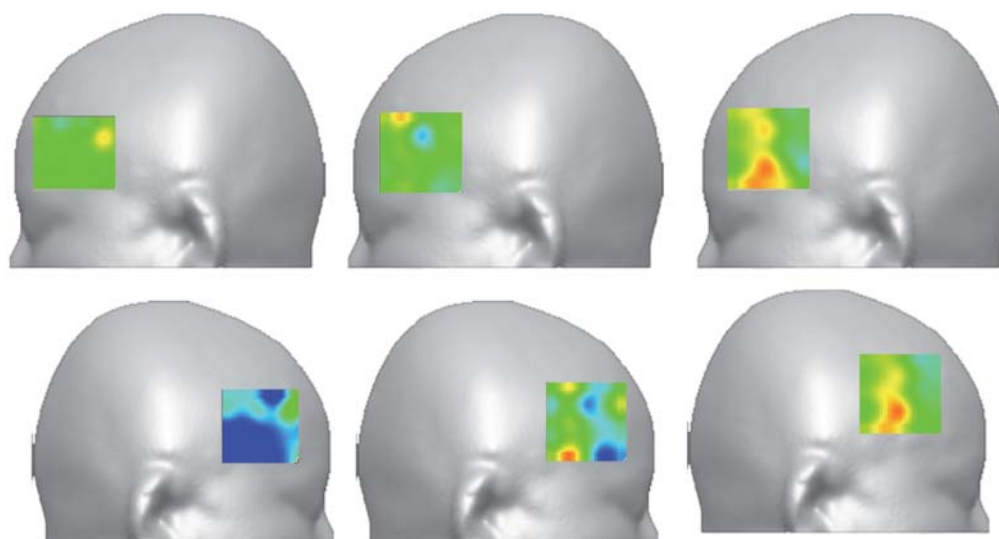


図2 ブローカ野（上）とその右脳相当部位（下）の経年変化（左から1・2・3年目の順）
（賦活度合いの強い順に赤・黄色・緑・青）

ティング・語彙力で示し、その過程で徐々に右脳の関与が高まり、3年目に左右両脳ともに最大の賦活が観察できた。このデータだけでは、自動化に至る一歩手前の状態までできた（今後はどちらかの脳半球に収束する）のか、外国語は母語と異なり両脳関与が必要であるのかについての判断は現時点ではできないが、少なくとも臨界期を過ぎてからの外国語学習でも、習熟度に応じて脳内の質的变化が起こることに間違いはなさそうである。

引用文献

- Bowden, H.W., Steinhauer, K., Sanz, C., and Ullman, M. (2013). Native-like brain processing of syntax can be attained by university foreign language learners. *Neuropsychologia*, 51, 2492-2511.

- Hammill, D. and Larsen, S. (1996). *The Test of Written language (TOWL-3)*. Austin, Texas: Pro-ed.
- Koyama, M.S., Stein, J.F., Stoodley, C.J., and Hansen, P.C. (2013). Cerebral mechanisms for different second language writing systems. *Neuropsychologia*, 51, 2261-2270.
- Myers-Scotton, C. (2002). *Contact Linguistics: Bilingual Encounters and Grammatical Outcomes*. Oxford: OUP.
- Nakada, T., Fujii, Y., and Kwee, I.L. (2001). Brain strategies for reading in the second language are determined by the first language. *Neuroscience Research*, 40, 351-358.
- Oishi, H. (2006). *Noukagaku kara no dainigengo syuutokuron* [Second language acquisition theory from neuroscience]. Kyoto: Showado.
- Osterhout, L., Poliakov, A., Inoue, K., McLaughlin, J., Valentine, G., Pitkanen, I., Frenck-Mestre, C., and Hirshensohn, J. (2008). Second-language learning and changes in the brain. *Journal of Neurolinguistics*, 21, 509-521.
- Perani, D., Paulesu, E., Galles, N.S., Dupoux, E., Dehaene, S., Bettinardi, V., Cappa, S.F., Fazio, F., and Mehler, J. (1997). The bilingual brain: Proficiency and age of acquisition of the second language. *Brain*, 121, 1841-1852.
- Quaresima, V., Bisconti, S., and Ferrari, M. (2012). A brief review on the use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for language imaging studies in human newborns and adults. *Brain and Language*, 121, 2, 79-89.
- Saidi, L., Perlberg, V., Marrelec, G., Pelegrni-Issac, M., Benali, H., and Ansaldo, A. (2013). Functional connectivity changes in second language vocabulary learning. *Brain and Language*, 124, 56-65.
- Sakai, K. (2005). Language acquisition and brain development. *Science*, 310, 5749, 815-819.
- Suh, S., Yoon, H. W., Lee, S., Chung, J-Y., Cho, Z., and Park, H. (2007). Effects of syntactic complexity in L1 and L2; An fMRI study of Korean-English bilinguals. *Brain Research*, 1136, 178-189.
- Weber-Fox, C.M. and Neville, H.J. (1996). Maturation constraints of functional specialization for language processing: ERP and behavioral evidence in bilingual speakers. *Journal of Cognitive Neurolinguistic*, 17, 79-91.
- Yokoyama, S. (2010). *Nokarano gengokyouiku nyumon: saishinno chickenkara kenkyuhouhou made* [Introduction to language research on brain: the latest information and procedure for research]. Tokyo: Hitsuji syobou.

4.2 中学1年生～高校3年生までの英語リーディング時の脳賦活様態に関する横断研究

近年英語教育で音読の効果が指摘されるようになってきたが、教員による音読を耳にしながら英文を追うことで内容把握が容易になるのかどうかの先行研究は非常に少ない。また数少ない研究の結果も相反していて、教員による音読を黙読時に耳にすることで読解が高まるとの報告がある (Al-Mansour & Al-Shorman, 2010; Amer, 1997; Elder, 2006; Thooft, 2011; Santos, 1987) 一方で、そうでないとする報告 (Dia *et al.*, 2007; Sweller, 2005; Maryniak, 2014) もある。そこで本研究では、中学入学後から英語教育を始めた日本人英語学習者が英語力向上につれて、黙読に加えて教員による音読も同時に耳にすることが内容理解に寄与するのかどうかを検証することにした。

研究対象者は英語圏滞在体験が無く、中学入学後英語学習を開始した日本人英語学習者 22 名である (中学 1 年生は 3 名, 2 年生は 4 名, 3 年生は 3 名, 高校生は各学年 4 名)。横断研究であるので同じ学校の中学校 1 年生から高校 3 年生 (中高一貫の私学) から被験者を募り英語学

習内容・環境に差が出ないようにした。立命館大学の研究倫理審査を受けた上で、中高生本人および保護者からは書面で研究協力承諾書を得た。

タスクは、黙読→内容確認問題→音声聞きながらテキストを追う→内容確認問題を日本語と英語で行うブロックデザイン方式を採用した。タスク遂行中の被験者からは左右縁上回（左脳はCP5, 右脳はCP4とCP6）と角回（左脳はP3, 右脳はP4）の脳血流（fNIRS oxy-Hb 値）を収集した。該当部位は国際10/20法に則り同定を行った。内容確認門だとしては3択問題を2問課した。使用した英文テキストは各学年の英語力に合致したものとなるように、文科省検定に合格した教科書から抜粋した。この為英文テキストは学年ごとに異なるものを使用した。また黙読時のテキストと、読解中に音声同時呈示のテキストは異なるものを使用し、学習効果が出ないようにした。2条件での読解後の正答率とタスク遂行中のfNIRSデータ分析を行った。

正答率分析の結果、英語黙読後の読解問題正解率は中学1年から高校3年までそれぞれ、100%, 50%, 100%, 75%, 25%, 100%であった。クラスカルウォリス及びマンウィットニー（ノンパラメトリック）統計結果から、中学1年生と高校3年生の正解率が他学年より有意に高く、中学2年生から高校2年生までの正解率に有差は無かった。つまり、中学1年生と高校3年生の正解率が高く、その他の学年間に差が無かった。一方で英文読解中に音声も同時に聞いた後の正解率は33%, 75%, 83%, 75%, 100%, 88%であり、中学1年生の低さが際立っていた。次に各学年の正解率に関して、黙読時と音声同時呈示時間に差があるかどうかをフリードマン及びウィルコクソン統計で調べたところ、中学1年生に差があることが判明した。音声同時呈示により100%から33%に約7割も正解率が低下した。これは新たな外国語である英語を処理するのに2モダリティーの同時処理は極めて困難であることに起因している可能性が大きい。

タスク遂行中のfNIRS値（酸素化ヘモグロビン）を計測した結果、英語黙読時の左脳角回と縁上回での賦活は中学1年ではほとんど賦活していなかったのが、学年を追うごとに徐々に向上することが判明し、英語読解回路が構築され機能しているように推定できる。一方黙読時に音声も同時呈示された場合には、中1・2年生時の賦活が有意に高く、以降は学年を追うごとに徐々に下がる傾向が左脳の角回と縁上回で観察された。これも2モダリティー呈示が外国語学習開始当初2年間では処理仕切れずに脳が大きく賦活するが、徐々に英語回路が構築され上手く機能しているためであると考えられることができる。

読解問題正解率と脳賦活データ結果を総合すると、英語読解回路が形成されるまで数年間が必要で、少なくとも当初1年間は読解時に音声呈示しても2モダリティーデータ処理しきれず、逆に読解の妨げになっていることが判明した。2年目以降英語読解回路が左脳の角回・縁上回に形成されて上手く処理ができはじめると、音声データを同時に呈示しても妨げとはならないが、読解を促進することもない。2モダリティー呈示条件下での脳賦活データの漸減が高校3年生まで続いているので、英語学習開始後7年目以降も英語力が向上を続けると、2モダリティー呈示による読解促進が観察される可能性もあるが、本データだけではその可能性の示唆にとどまらざるを得ない。

引用文献

Al-Mansour, N.S., & Al-Shorman, R.A. (2010). The effect of teacher's storytelling aloud on the reading

- comprehension of Saudi elementary stage students. *Journal of King Saud University – Languages and Translation*. King Saud University.
- Amer, A. (1997). The effect of the teacher's reading aloud on the reading comprehension of EFL students. *ELT Journal*. 51, 1, 43-47.
- Diao, Y., Chandler, P., & Sweller, J. (2007). The effect of written text on comprehension of spoken English as a foreign language. *The American Journal of Psychology*, 120, 2, 237-261.
- Elder, S.M. (2006). *Comprehension strategy instruction with teacher read aloud for first grades*. Auburn University.
- Maryniak, A. (2014). Effectiveness of reading, listening and reading-while-listening – quasi-experimental study. *International Conference ICT for Language Learning*.
- Santos, J. (1987). *The effects of teacher's reading aloud on the second language learner's reading comprehension, listening comprehension, and attitude towards reading*. Boston University.
- Sweller, J. (2005). The redundancy principle. In *Cambridge handbook of multimedia learning* (Ed.) R.E. Mayer, 159-167. Cambridge: Cambridge University Press.
- Thooft, N.A. (2011). *The effect of audio books on reading comprehension and motivation*. College of St. Scholastica.

5. バイリンガル言語脳科学研究の今後の展望

出生前に2言語接触を開始した早期バイリンガルを始め、様々な年齢でバイリンガルになったこどもたちを対象として臨界期検証研究を前述の通り、言語流暢性タスク・バイリンガルストループタスク・翻訳タスク・認知的葛藤タスクを用いて横断的研究として実施してきた。第2言語接触開始が出生前、出生直後、3歳前、3歳以降で言語処理における右脳の関与に大きな差が発見できた。今後は、6年間縦断データ収集中のバイリンガル複数ケーススタディーとしてデータ分析を行い、これまでの横断研究結果との整合性を検証する計画である。

英語圏で出生後長期間にわたり現地での教育を受けた後で日本に帰国した日英バイリンガルのこどもたちが、帰国後英語保持をどのように行い、脳賦活はどのように変化するかを探る研究を縦断研究として複数進めているが、これまでに一人のケーススタディーとして帰国後4年間の記録を論文化したただけである（前掲）。この追跡調査を更に2年間続けているので、言語環境が英語から日本後に変化してからの4年間のデータに加えて、その後英語圏に再度戻ってからの2年間の脳賦活に変化が見られるのかをまとめる予定である。その他の研究協力者に関しては、第2言語接触開始年齢や英語圏滞在期間・日本帰国後の期間が様々であり、それぞれのケーススタディーをまとめる予定である。言語習得中の5歳以下のバイリンガル研究は沢山あるが、思春期を含む10歳代のバイリンガル研究は数少なく、中高生バイリンガルを対象としている点でも貴重であるが、更に脳賦活データも同時収集しているため、この分野への大きな貢献が期待できる。

言語側面と脳賦活の関連性でなく、バイリンガルの持つ2文化に焦点を当てた研究は既に行ったが（前掲）、バイリンガル同士の会話で不可避免的に使用されるコードスイッチ現象を、コミュニケーションの観点から二人同時にfNIRSデータを収集して検証する研究を現在検討中である。自然な環境での会話時の脳賦活データこそfNIRS機でないと収集できないので、fMRIではでき

ない研究が期待できる。

中学校で英語学習を開始した日本人英語学習者が中学校3年間、高等学校3年間、更に中高一貫校での6年間にどのように英語力を付け、どのように英語使用時の脳賦活に変化が起きるのかを現在約20名対象に縦断データを収集中である。中学3年間追跡した5名のうち1名のデータ分析のみ前掲の通り論文化したが、同じ中学校の4名、他の中学校の4名、高校3年間で追った4名、中高一貫校での6年間で追跡調査している2人のデータ収集が全てあと1年で完了するので、その分析にも取りかかる予定である。日本人英語学習者の英語力に着目した横断研究はこれまでもなされてきたが、縦断研究を中高生対象にこれだけの人数を含めた研究は皆無であり、新たなメカニズム解明が期待できる。

これまで fNIRS データは全て島津製作所の大型機器である OMM-3000 を使用してきたが、年少者や特定の学校（トラックで移動して相当期間設置しておける特別な部屋のある学校）でないとデータ収集することができなかった。簡易あるいはポータブル fNIRS 機器の使用により、対象部位は狭めざるを得ないが、これまで対象にできなかった幼児・児童・生徒を対象に（たとえば海外在住の日本人のこどもたちや国内外の研究協力者の家庭に直接出向いての）データ収集が可能となる。このような機器を使って、日本在住の日本語モノリンガル幼稚園児、日本在住の日英バイリンガル幼稚園児、海外在住の日英バイリンガル児の日本語や英語産出時の脳賦活様態の比較を、メタ言語や認知能力発達との関連で調査するパイロット研究を既に開始しているので、本格的な調査に本年度より着手する計画である。

機器に関しては eye-tracking 機器を用いたリーディング研究に fNIRS データも加えたり、速度の速さが要求される誤文検知に脳波計と fNIRS 機器を併用するなど新たな研究手法を模索中である。幸い、これまでは学内研究資金や科研費に採択されて所期の目的を概ね達することができた。上記のような新たな展開には恒常的に多くの研究費が必要となるので、新たな研究費を獲得してバイリンガルや外国語学習者の脳内言語メカニズム解明等の基礎研究だけでなく、外国語教育現場に還元できる成果を上げていきたいと考えている。

6. バイリンガル言語脳科学研究：これまでの5年間の足跡資料

研究科プロジェクトして2010年以降取り組んできたが、成果としての論文や研究発表や獲得した研究助成金を一覧としてまとめる。

6.1 研究論文（*は査読付き論文・単著は田浦秀幸の単著）

(1)*「バイリンガル脳を覗く：帰国生と国際結婚家庭の子供達を対象に一日英バイリンガルの言語接触とバイリンガリティ」(2014.11).「立命館言語文化研究」26巻2号「2013年度連続講座：バイリンガリズムをほりさげる」特集,43-63. (単著)

(2)*「日英バイリンガル園児のメタ言語発達段階解明研究：日本語モノリンガル園児との比較パイロットスタディー」(2014.11). *Studies in Language Science, Working Papers*, 4, 1-12. (単著)

(3)* “Developmental Stages in the First Three Years of English Acquisition in a Japanese EFL Junior High School Student: an fNIRS Case Study” (2014.3). *Studies in Language Science*, 4, 13-36.

（単著）

- (4)* 「機能的近赤外光法（fNIRS）の原理とバイリンガル第1言語保持に関する4年間の縦断実験研究」（2013.12）. *Studies in Language Science, Working Papers, 3*, 13-34.（単著）
- (5)* 「バイリンガル第一言語発達疑似縦断研究：言語学的・脳イメージング技法を用いて」（2013.12）. *Studies in Language Science, Working Papers, 3*, 59-68.（清水つかさ・張旋との共著）
- (6)* “Bilingual First Language Attrition from Linguistic and Neuroimaging Perspectives: A functional near-infrared spectroscopy（fNIRS）study”（2013.3）. *Studies in Language Science, 3*, 17-42.（中南美穂・田浦秀幸）
- (7)* “A Test on the Regression Hypothesis, Using a Brain-Imaging Technique of fNIRS”（2012.9）. *Proceedings of the JACET 51st International Convention*, 296-299.（田浦秀幸・中南美穂）
- (8) 「千里国際学園（一条校とインターナショナルスクール併設校）でのバイリンガル教育からの示唆」（2012.8）. 2011年度立教大学英語教育研究所研究成果報告書第4号, 35-40.（単著）
- (9)* “The Effects of Onset-Age and Exposure Duration on the L2 as Observed in Brain Activation: an fNIRS Study”（2012.3）. *Studies in Language Science, 2*, 19-42.（那須葵・田浦秀幸）
- (10)* “Effects of L2 Immersion Experiences on Translation Task Performance through a Brain-imaging Technique of Functional Near-Infrared Spectroscopy”（2011.3）. *Studies in Language Science, 1*, 31-53.（田浦秀幸他）
- (11)* 「第2言語習得開始年齢が言語流暢性課題に及ぼす影響：fNIRS脳イメージング手法によるバイリンガリティ研究」（2011.3）. *Studies in Language Science, 1*, 55-90.（藤本未来・田浦秀幸）
- (12)* 「バイリンガルストループテスト遂行時の脳賦活部位に関するfNIRS脳イメージング研究：第2言語習得年齢比較横断研究」（2011.3）. *Studies in Language Science, 1*, 91-145.（菊池優希・田浦秀幸）

6.2 研究発表

国際学会（1以外は全て田浦秀幸の単独口頭発表）

- (1) “Supplementary use of fNIRS data in psycholinguistic research: A Japanese-English bilingual attrition case study” fNIRS 2014. Montreal, Quebec, Canada. October 10-12, 2014.（田浦アマンダとの共同発表）
- (2) “Critical period hypothesis tested by brain-imaging data from early Japanese-English bilinguals” The 17th World Congress of Applied Linguistics (AILA2014). Brisbane, Australia. August 10-15, 2014.
- (3) “Language attrition through the two lenses of conventional and brain-imaging analyses” 9th International Symposium on Bilingualism (ISB9), Nanyang Technological University in Singapore, June 10-13, 2013.
- (4) “Effects of Bilingual Experiences on Numeral and Story-Telling Tasks: a Preliminary Neuroimaging (fNIRS) study” Association for the Scientific Study of Consciousness 16. Brighton, UK. July 4-5, 2012.

国内学会（共同発表と明記ないものは全て田浦秀幸の単独口頭発表）

- (1) “Silent-reading vs. Being read-to: A brain-imaging study” 2014年度JACET関西支部秋季大会. 2014.11.29. 龍谷大学大宮キャンパス. (波多野美良との共同発表)
- (2) 「言語 (LA 英語) 保持・喪失研究における言語データ vs. fNIRS データ」第17回日本光脳機能イメージング学会. 2014.7.26. 東京・星陵会館.
- (3) 「トライリンガルの言語スイッチ・コスト：機能的近赤外分光法 (fNIRS) を用いて」第1言語としてのバイリンガリズム研究会 (BiL1) 2014年度春期大会. 2014.5.31. 立教大学池袋キャンパス. (張旋との共同発表)
- (4) 「バイリンガル第1言語の保持と喪失：3年間縦断言語データと脳イメージングデータの総合考察」第1言語としてのバイリンガリズム研究会 (BiL1) 2013年度秋期大会. 2013.10.20. 関西学院大学梅田サテライト.
- (5) 「バイリンガル脳を覗く：帰国生と国際結婚家庭の子供達を対象に」立命館大学国際言語文化研究所 主催連続講座「バイリンガリズムをほりさげる」2013.10.18. 立命館大学.
- (6) “Language Attrition: Conventional and Brain-Imaging analyses” UBC (University of British Columbia) 夏期集中 LLED489C クラスでの招待特別講義. 2013.8.9 プリテッシュコロンビ大学(カナダ・バンクーバー).
- (7) “Bilingual First Language Development from Linguistic and Neuro-Imaging Perspectives” 4th International neuroELT Conference (FAB4). 2013.7.6. Nanzan University in Nagoya. (清水つかさ・張旋との共同発表)
- (8) “A Test on the Regression Hypothesis, Using a Brain-Imaging Technique of fNIRS” the JACET 51st International Convention. 2012.9.1. 愛知県立大学. (中南美穂との共同発表)
- (9) “L2 attrition and retention in Japanese returnees” 国際基督教大学教育研究所・シンポジウム「日本における言語喪失を考える」招待基調講演. 国際基督教大学. 2012.2.19.
- (10) 「千里国際学園（一条校とインター併設校）でのバイリンガル教育からの示唆」国際行動学会・立教大学英語教育研究所共催の「開かれた社会をめざして：文化・コミュニケーション及び教育の課題」の第2シンポジウム「2つの言語を通して学ぶ—バイリンガル教育から得られる日本の英語教育への示唆」公開シンポジウムでの招待講演. 立教大学池袋キャンパス. 2011.10.29.
- (11) “Neuroscience and L2 teaching” 上海師範大学・招待特別講義. 2011.9.22 上海師範大学(中国).
- (12) “SLA research through a lens of brain-imaging technique of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS)” UBC (University of British Columbia) 夏期集中 LLED489C クラスでの招待特別講義. 2011.8.11 プリテッシュコロンビ大学 (カナダ・バンクーバー).
- (13) 「新国際学校における英語圏からの帰国生徒の CALP 維持に関する一考察」母語・継承語・バイリンガル教育 (MHB) 研究会 2011 年度研究大会. 立命館大学. 2011.8.6. (招待講演).
- (14) “Effects of L2 Immersion Experiences on Translation Task Performance through a Brain-Imaging Technique of Functional Near-Infrared Spectroscopy” The First Annual Brain Day Conference in Japan (FAB1) JALT: Connecting Brain Science with EFL. Konan University. 2011.7.10.

(15) 「バイリンガルの言語接触開始年齢と脳賦活様態：ブレインイメージング手法による一考察」第1言語としてのバイリンガリズム研究会（BiLi）第4回研究会（キャンパスプラザ京都 2011.5.14）.

(16) “Bilingual Language Development from a Brain-Imaging Perspective: A Case Study at Osaka International School” Senri International 20th Anniversary Special Lecture. Senri International School. 2011.4.23.（招待講演）.

(16) 「脳科学から見たバイリンガルの言語発達：千里国際学園ケーススタディー」千里国際学園創立20周年記念講演．千里国際学園 2011.4.23.（招待講演）.

6.3 研究助成金（田浦秀幸が研究代表者として獲得した資金のみ）

(1) 平成25～28年度科研費（基盤研究B#25284111）補助金「表象・アルファベット（日英）バイリンガルの脳賦活様態の解明 fNIRS 研究」

(2) 平成25～27年度科研費（挑戦的萌芽研究 #25580143）補助金「日本人英語学習者（中高生）の英語賦活脳内メカニズム解明縦断・横断研究」

(3) 2015年度立命館大学・衣笠総合研究機構研究所重点研究プログラム「近赤外光法（fNIRS）を用いた第2言語習得脳内メカニズム解明プロジェクト」

(4) 2015年度立命館大学研究推進プログラム（基盤研究）「日英バイリンガル園児のメタ言語発達段階解明研究」

(5) 2014年度立命館大学・衣笠総合研究機構研究所重点研究プログラム「近赤外光法（fNIRS）を用いた第2言語習得脳内メカニズム解明プロジェクト」

(6) 2014年度立命館大学・国際言語文化研究所萌芽的プロジェクト研究助成「バイリンガル縦断（14年間）ナラティブデータの言語分析」

(7) 2014年度前期立命館大学・研究の国際化推進プログラム「第1言語としての日英バイリンガリズム研究成果発信」

(8) 2013年度立命館大学・衣笠総合研究機構研究所重点研究プログラム「近赤外光法（fNIRS）を用いた第2言語習得脳内メカニズム解明プロジェクト」

(9) 2013年度立命館大学・国際言語文化研究所萌芽的プロジェクト研究助成「バイリンガル縦断（14年間）ナラティブデータの言語分析」

(10) 2013年度後期立命館大学・研究の国際化推進プログラム「日英バイリンガル園児のメタ言語発達段階解明研究：パイロットスタディー」

(11) 2012年度立命館大学・衣笠総合研究機構研究所重点研究プログラム「近赤外光法（fNIRS）を用いた第2言語習得脳内メカニズム解明プロジェクト」

(12) 2012年度立命館大学・国際言語文化研究所萌芽的プロジェクト研究助成「バイリンガル縦断（14年間）ナラティブデータの言語分析」

(13) 2011年度立命館大学・衣笠総合研究機構研究所重点研究プログラム「近赤外光法（fNIRS）を用いた第2言語習得脳内メカニズム解明プロジェクト」

(14) 2011年度立命館大学・国際言語文化研究所萌芽的プロジェクト研究助成「ブレインイメージング手法による言語習得メカニズム解明プロジェクト」

- (15) 平成 23～27 年度 立命館大学研究推進強化施策研究費「学際的な言語科学の研究拠点づくり」の「脳科学による言語処理メカニズム解明研究：言語習得と保持・喪失」
- (16) 立命館大学・平成 22 年度研究推進プログラム「若手・スタートアップ」 「バイリンガル言語習得の神経心理言語学的研究とその英語教育現場への応用 fNIRS 値と IBVA 脳波 計測値の相関に関する研究」