

「バイリンガルの言語脳イメージング研究」特集の概要

田浦秀幸

1997年にネイチャー誌に Kim *et al.* が、バイリンガルの言語使用時の賦活様態は言語獲得年齢による差があることを機能的磁気共鳴機能画像法 (functional magnetic resonance imaging, 以下 fMRI) データを示して発表した。それ以降脳イメージングを用いた言語研究が盛んになされるようになってきた。本来医療目的が主である fMRI は、被験者は暗くてかなり騒音のする大きな筒状の筐体の中で身体の動きを拘束された状態で、身体部位の可視化が可能となる装置である。このような環境で言語タスクを行った結果には、必然的に好まざる様々な変数が含まれる可能性がある。例えば閉所暗室での恐怖感や、身体拘束感や騒音によるイライラ感が考えられ、こども対象の場合はなお一層そのような可能性が高い。実際の観察データが直接対象言語活動に起因するのか、このような不安感によるものなのか識別する必要がある、そもそも識別が可能であるのかどうか疑問として残る。このような状況で機能的近赤外分光法 (functional near-infrared spectroscopy, 以下 fNIRS) 装置が開発された。椅子に座った状態で頭部のみプローブを装着するので、比較的日常生活に近い状態でデータ収集が可能である。また、幼いこどもの場合は、視界に入らない背後に保護者が付き添うことで不安感を払拭してタスクに集中できる利点もあるし、(造影剤を血液中に注入せずに済む) 非侵襲性も大きな利点である。fMRI に比べて空間分解能 (脳の賦活部位の特定) が劣るものの、こどものバイリンガルをも対象とする研究を考慮すると、このような不安払拭性・非侵襲性に加えて、時間分解能が高い (脳賦活発生直後のデータを入手できる) 点で fNIRS データ収集ツールとしての利点は大きい。

本稿で紹介するバイリンガル対象の研究は、立命館大学大学院・言語教育情報研究科のプロジェクトとして 2010 年度以降実施されたものであるが、何れも、従来の (心理) 言語学実験データ収集時に fNIRS データを同時収集することで、2 側面からバイリンガルの言語使用様態を探るものである。第 2 言語習得・学習中の園児から大学 (院) 生を主対象として、横断的・縦断的研究を行った (対照群としては成人バイリンガルも含めた)。

2010 年に行った最初の研究に比べて 5 年目の 2014 年度実施の研究は、データ収集時のプローブ配置箇所 (対象とする脳部位) 同定に関する正確さや、収集データの分析の正確さの精度が高くなっている。これは、言語を対象とした脳イメージング研究が多く行われるようになり参考とする研究が増えたのと、筆者たちの研究グループが経験を積む中で、前年度の反省を踏まえて徐々に正確さを高めてきた結果である。

取り扱った内容は大きく 5 項目に分かれる。第 1 項目として、第 2 言語接触開始年齢により脳賦活がどのように変容するのか、即ち脳イメージングデータと言語データをもとに言語臨界

期仮説の検証を行った。言語流暢性タスクや単語翻訳タスクによる単語レベルに加えて、ナラティブ（ディスコース）レベルの言語産出データも対象とした。また、バイリンガルの方がモノリンガルよりも10才位までは優るとされる認知的葛藤処理に関しても、バイリンガル・ストループ・テストと数字テストを使用することで研究対象とした。ナラティブ以外の研究は既に論文4本として公表しているの、短くまとめ、今回はナラティブ産出時の言語・脳賦活データを第2言語接触開始年齢との関係で探った研究論文を新たに掲載する。更にバイリンガル特有の現象であるコードスイッチ（言語切り替え）データを用いて言語臨界仮説検証も今回新たに行った。この興味深い現象は、例えば語彙不足から他言語に切り替えるのではなく、コミュニケーションストラテジーやバイリンガル方言としての目的が遙かに多く、社会言語学的説明がかなりなされてきている。また、バイリンガルは一定のルールに従って文中・文間でコードスイッチを行うが、所謂コードスイッチ文法の説明もなされてきている。私たちの研究グループは全く別のアプローチ、脳イメージングデータと言語データを使ってコードスイッチ現象を説明する手法を取った。バイリンガル同士の自然な会話中のデータ分析まで残念ながらまだ辿り着いていないが、実験室環境で意図的に実験者が言語切り替えを行い、それに合わせて対象バイリンガルがコードスイッチする際の脳賦活様態を調査したので新たに論文化し本号に掲載する。また2014年度言語教育情報研究科の修士論文として張旋さん（現在カナダブリティッシュコロンビア大学大学院博士後期課程在籍）が、トライリンガルのコードスイッチを前頭葉だけでなく縁上回や角回も対象にして調査を行ったが、近い将来公刊予定があるので本稿での内容掲載は控えた。

第2項目は、モノリンガル・バイリンガルは言語だけでなくその背後に必ず文化的背景も身につけるが、国際結婚家庭のこどもたちはどのような文化を身につけて育つのか、行動データと脳賦活データを収集することで説明を図った。これは2013年度言語教育情報研究科の修士論文として清水つかささんが行い既に公刊されているので概要のみ記載する。

第3項目はバイリンガルの言語習得と喪失に関する研究で、これも言語データに加えて脳イメージングデータを縦断的に収集して習得・喪失メカニズムを探った。最初の研究は、5名の日英早期バイリンガルからそれぞれ3年間縦断データを収集してそれらをつなぎ合わせる擬似縦断デザインを採り、7才から24才までの発達段階研究とした。ライティングデータに基づく言語学的側面と、言語流暢性課題遂行中の脳賦活データに基づく神経言語学的側面から発達段階を調査した。2番目の研究は米国からの帰国生を帰国直後から4年間縦断的に追ったもので言語保持・喪失研究にどのように脳イメージングデータが寄与できるのかを探った。既に両研究とも公刊されているので、その概要だけを報告する。

第4項目としては、日本人が英語学習を始めると徐々に英語力が向上しバイリンガル度が高まるが、英語力の向上に従って英語産出時に母語に比べてどのような脳賦活を行うのかを調査対象とした。中学1年生を3年間縦断的に追った本稿著者によるケーススタディーと、2014年度言語教育情報研究科の修士論文として波多野良香さんが中学1年生から高校3年生までを横断的に調査した研究は既に公刊されているので、概要のみをまとめる。

第5項目は脳イメージング機器に関する新たな研究である。私たち研究グループが主として使用しているのは島津製作所の大型fNIRS機 OMM-3000（23プローブ使用の42チャンネル）

であるが、こども対象には前頭前野前額部(おでこ)に絆創膏程の大きさのプロープを2極(2チャンネル)貼り付ける形態の pocketNIRS の方が遙かに負担が少なく適している。また、携帯型であるので被験者への拘束度が極めて低減された LIGHTNIRS (16プロープで22チャンネル)が2014年に島津製作所により開発された。このような簡易型 fNIRS 機では本格的 fNIRS 機に比べて同じ質のデータが収集できるのかどうか検証実験を行ったので、論文2本にまとめて掲載する。脳イメージング機器としては時間分解能で fMRI に優る fNIRS 機であるが、脳内言語処理は非常に高速に行われるのでそれを計測できる脳波計は言語研究に必須である。また、簡易脳波計である IBVA 機収集データと OMM-3000 データの相関性に関する論文も1本掲載した。

本稿最後に、このような5種類の言語脳科学研究を過去5年間研究科プロジェクトとして行ってきたが、成果のまとめと不十分な部分、今後の展望をまとめる。

本稿で紹介する一連の研究は、立命館大学の研究推進事業(2010-2015年度言語教育情報研究科対象研究高度化推進施策・2010年度若手スタートアップ研究推進・2013年度及び2014年度研究の国際化推進プログラム・2015年度基盤研究推進プログラム・2011-2015年度国際言語文化研究所の重点プロジェクト「バイリンガルの言語脳イメージング研究」)等の学内研究支援を得ながら、科研費(基盤(B)2013-2016年度「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」課題番号25284111; 挑戦的萌芽2013-2015年度「日本人英語学習者(中高生の英語脳内賦活メカニズム解明縦断・横断研究)課題番号25580143」も獲得して継続している研究である。成果は毎年、国内外での学会発表や論文として発表してきている。プロジェクトとしての全体像を示し、現在どの程度まで研究が進み、今後どのような方向に進むのかを示すために、既に発表した研究結果も含めて本稿で全てまとめなおして報告する。

なお、本研究開始にあたっては立命館大学「人を対象とする研究倫理審査」を2度(衣笠-人-2010-10と2012-4)受けて2010年4月から2017年3月31日までの研究許可を得ている。各実験参加者から(未成年場合はその保護者からも)書面で必ず同意書を得て、研究参加に対しては謝金をお支払いしている。毎年被験者募集から実験室提供まで多大の協力を得ている関西学院千里国際中等部・高等部と大阪インターナショナルスクール校長・教頭・事務長及び研究協力児童・生徒には5年間、茨木市立彩都西中学の渋川英語教諭と研究参加生徒には3年間、立命館宇治高校の前川英語教諭と研究協力生徒には2年間にわたり研究協力を頂いた。島津製作所の四方田・加藤両氏からはタスク作成から分析手法及び技術的助言を常に得ることができた。皆様にこの紙面を借りて感謝の念を示したい。

