

脳科学と言語研究：言語活動は複雑で分からないことばかり 大北葉子

詳細目次

0. 司会者による講師の紹介
0. 講演の概要
1. 認知科学・行動学・脳科学的な言語活動の捉え方
2. 脳と言語の関係について
 - 2.1. 脳と言語
 - 2.1.1. 優位性と側位性：右利きは左半球？ 左利きは？
 - 2.1.2. 局在性
 - 2.1.3. 臨界期
 - 2.1.4. 男女差
 - 2.2. 脳の構造と機能の概略
 - 2.3. ブロードマンの脳地図
 - 2.4. 言語関連野
3. 脳機能測定方法と脳の活動の関係
4. 脳機能測定方法の比較
 - 4.1. 脳機能測定方法
 - 4.2. MRI と functionalMRI の違い
 - 4.3. fMRI (機能的 MRI)
 - 4.4. 脳磁図
 - 4.5. 近赤外分光法 (NIRS)
 - 4.6. まとめと比較
 - 4.6.1. 空間分解能
 - 4.6.2. 時間分解能
 - 4.6.3. 簡便性 (費用)
5. 脳計測法を用いたバイリンガル研究
 - 5.1. 研究目的と研究デザイン上の問題点
 - 5.1.1. バイリンガルの言語使用に影響する要因
 - 5.1.2. 今までのバイリンガル研究の問題点 (まとめ)
 - 5.1.2.1. 言語能力：完全なバイリンガルはいない。
 - 5.1.2.2. 学習開始年齢
 - 5.1.2.3. 2つの言語の使用状況
 - 5.1.2.4. L1 と L2 の言語的距離
 - 5.1.2.5. リサーチデザインがばらばら
 - 5.2. 実験課題の種類
 - 5.2.1. 意味逸脱
 - 5.2.2. 意味プライミング
 - 5.2.3. 文法性判断
 - 5.2.4. ミスマッチ陰性電位

- 5.2.5. 実験的学習
- 5.2.6. 受動的な知覚 (聞く、見る)
- 5.3. 脳波
 - 5.3.1. 背景脳波
 - 5.3.2. 事象関連電位
- 5.4. 脳波・脳磁図の技術的問題点
- 5.5. 脳と学習
- 5.6. 言語遺伝子は存在するか?
- 6. 近赤外分光法と脳磁図を用いた日本語学習の研究
 - 6.1. NIRS 近赤外分光法を使った実験
 - 6.1.1. 基本デザイン
 - 6.1.2. 理想的なデータ
 - 6.1.3. 現実
 - 6.1.3.1. 1回だけ反応が出た事例
 - 6.1.3.2. タスク開始前から反応が出た事例
 - 6.1.3.3. タスク開始後に酸素化ヘモグロビンが減少した事例
 - 6.1.3.4. タスク開始後に酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンが減少した事例
 - 6.2. MEG による実験
 - 6.2.1. デザイン
 - 6.2.2. 分析の枠組み
 - 6.2.3. 分析結果
 - 6.2.3.1. M170 分析結果
 - 6.2.3.2. ハングル文字のみ M100 が見られない例
 - 6.2.3.3. 女性被験者の特性?
 - 6.2.3.4. 全く反応がなかった例
 - 6.2.3.5. 逸脱データの原因追及
 - 6.2.3.6. 言語に関する脳機能測定の難しさ
 - 6.2.3.7. エジンバラ利き手度テスト (大北葉子訳・加筆)
 - 6.3. 脳科学的 SLA 研究の特性と課題
- 7. 今後の課題
- 8. 質疑応答
 - 8.1. 実験素材とデザイン
 - 8.2. 研究のめざすもの
 - 8.3. 学際研究の実際
 - 8.4. 次なるテーマ
 - 8.5. 脳科学研究の意義と限界
 - 8.6. これから脳科学研究に挑む人達へのアドバイス

参考文献

稿末資料

文字学習・脳科学に関する大北葉子氏の主要な業績 (抄)

脳科学と言語研究： 言語活動は複雑で分からないことばかり

大北葉子

本稿は、2007年7月6日にお茶の水女子大学で大北葉子氏がおこなった同題の講演（第二言語習得論研究室主催）をもとに加補筆・再構成したものである。録音の文字化は佐々木嘉則が担当した。

言語や学習は認知科学での研究が進むとともに、MRIや脳波など脳機能画像診断装置を使用した研究も行われている。今回は脳機能画像診断装置の種類と原理について簡単に説明し、言語活動の研究に用いられる脳科学的研究方法の紹介、現在における研究方法の技術的限界と将来の可能性について述べる。最後に、科研¹の一環として演者が行った脳磁計を用いた漢字認知の実験を簡単に紹介する。

0. 司会者による講師紹介

本日の講演には、東京医科歯科大学留学生センター准教授の、大北葉子先生をお招きしています。大北先生は徳島大学の薬学部のご卒業で薬剤師の資格をお持ちです。日本で化学検査関係のお勤めをなさったあと、1988年にハワイ大学の東アジア言語文学部日本語科に留学して同地で漢字習得の研究により修士号、次いで博士号を取得なさいました。学位取得後、テキサス大学、シンガポール大学で研究・教育両面にわたり国際的に活躍しておられましたが、2002年に東京医科歯科大学の留学生センターに着任なされ、それ以降は脳科学の枠組みの中で第二言語習得の研究を進めておられます。われわれ応用言語学系の研究者は概して文系頭の人間が多くてコンピューターや数学・統計学を苦手としがちなのですが、大北先生は理系の専門知識を備えた稀有なタイプの心理言語学者としてそういったテクノロジーや分析技術を駆使し、医科学・脳科学と認知科学・応用言語学という異なる世界の橋渡しをするという、余人を以て替え難い重要な役割を果たしていらっしゃいます。本日のご発表はその蘊蓄の粋が窺えるということで、私も楽しみにしております。それでは大北先生、よろしくお願ひいたします。

1. 講演の概要

私はもともと人間が言語にどう反応するかに興味があって、大学院生のころからずっと脳科学の研究

をしたいと思っていたのですが、なかなか機会がなかったのです。ところが、ちょうど私がハワイ大学の博士課程を修了した1996年頃に脳機能を測定する機器（当時はPET）が本格的に使われるようになりました。そういった技術の進歩もあり、ここ3年ほどはそういう研究に力を入れています。その研究については最後の方にお話ししたいと思います。

内容

1. 認知科学・行動学・脳科学的な言語活動の捉え方
2. 脳と言語の関係について
3. 脳機能測定方法と脳の活動の関係
4. 脳機能測定方法の比較
5. 脳計測法を用いたバイリンガル研究
6. 近赤外分光法と脳磁図を用いた日本語学習の研究
7. 今後の課題

それでは今日の講演の内容です。まず認知科学・行動学・脳科学的な言語活動の見方について。言語学という学問は書かれた／録音されたことばを研究対象とするものだと思うのですが、私は人間の方に興味があります。脳と言語の関係について、脳のどのあたりが関与しているのかを説明します。

2. 認知科学・行動学・脳科学的な言語活動の捉え方
言語や学習は、認知科学のおもしろいトピックの 1

つです。私には全くわからない研究が多数なされています。これは、まず動物（人間を含む）の行動の一環です（図1）。

情報処理である。コンピューターと同じ情報処理。まず、入力です。五感を使います。聴覚（声）、視覚（文字・手話）、触覚（点字）が関与します。嗅覚と味覚はあまり関係ありませんが。

次に、このブラックボックスの中で何が起きているのだろうか？ そういう研究が最近少しだけ進むようになってきました。

まず、受信と処理。受信というのは「知覚」とい

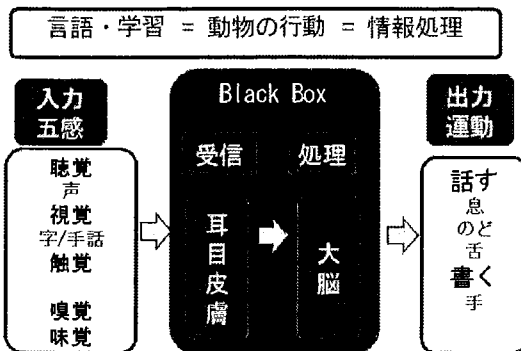


図1 言語処理過程の概念図

って、かなり自動的に起こる過程です。「処理」の段階になると、受け手の考えとか経験が関与します。それは大脳で行なわれます。

「出力」は運動です。話すことも、脳科学的にいえば運動です。ほとんどの言語は、横隔膜を広げて息を出しながら声帯を震わせ、舌と口を使って声を出します²。これは運動です。書くことも運動です。

3. 脳と言語の関係について

3.1. 脳と言語

- ・ 優位性と側位性 右利きは左半球 左利きは？
- ・ 局在性があるブローカ野、ウェルニッケ野
- ・ 臨界期がある 9歳？ 12歳？
- ・ 男女差がある
- ・ 男性は一側性 vs. 女性は二側性？ 女性の方が脳梁（左右の脳をつないでいる神経線維の束）後部の線維が太い

脳と言語の関係については、次のようにいろいろな

ことが言われています。

3.1.1. 優位性と側位性：右利きは左半球？ 左利きは？

「優位半球」ということばを聞いたことはありますか？ 人間の脳は右半球と左半球に分かれていて、右利きの人は左半球に言語中枢があつてそちらが優位だと言われています。左利きについてはよくわかっていません。右利きも曲者です。あとでお話ししますが、100%右利きかどうかは曲者です。みなさん、携帯電話のキーを打つのに右手を使いますか、左手で使いますか？ もし左手で使うとすれば、その人は100%右利きだとはいえません。

左右どちらの脳もほとんどの場合からだの反対側から感覚情報（視覚、聴覚、触覚など）が入ってきます。また運動の指令は反対側の脳の運動野から出ます。ただ左右の脳は脳梁という神経の束の橋があつて左右の連絡網があります。複数の感覚情報を同時処理となると左右どちらかの脳の処理の方が優位（優れている）ということになります。言語に関して特別なことは右利きの人の場合、ほとんど言語中枢が左側にあるという、一側性という特徴があります。優位性とは左右の脳を使って処理をするのだけれどもある処理に関してはどちらかが優れているということです。人間の体の中で2つあるものには利き手、利き足、利き目、利き耳があります。左右で優位性があるということです。側位性には一側性と二側性があります。一側性とは右利き手の言語処理のようにどちらか一方だけで処理されていることです。二側性とは左利き手の一部の人の言語処理のように左右どちらでも処理をしていてどちらが優位ということがありません。

3.1.2. 局在性

脳の局在性とは脳のある特定の部分が特定の機能を持っているということです。例えば見るという機能は脳の一番後ろで行われています。後で説明しますが、有名などころではブローカ野とウェルニッケ野という部位があります。

3.1.3. 臨界期

我々おとなは概して語学を習得するのが苦手です。その点、こどもは得意です。何歳までが言語習得の臨界期なのか、9歳か、12歳か、いろいろな説があります。局在性が完成すると、臨界期が済んで言語習得が難しくなると言われています。たとえば、アメリカではこどもが癲癇であまりに発作の症状がひどいようだと、右脳あるいは左脳を全部切除してし

まいます。そうしないと、体力的にも認知的にも正常に生育できないそうです。9歳ぐらいまでに左脳を切除しても、その機能は成長とともに右脳によって代替されるので、言語は再学習できると言われています。そういうことが臨界期と関係しています。

3.1.4. 男女差

男性は一側性 vs. 女性は二側性？
女性の方が脳梁（左右の脳をつないでいる神経線維の束）後部の線維が太い

「女はおしゃべりだ」とか、男女差について巷間いろいろなことが言われていますが、厳密にデータをとって調べてみると怪しい話も多いようです。最近ニュースになっていましたね、男と女のおしゃべり度は等しく、むしろ個人差の方が大きいと (Mehl, Vazire, Ramirez-Esparza, Slatcher, & Pennebaker 2007)。

男女の認知の違いをもたらすと思われる解剖学上の確かな所見が1つだけあります。男は一側性、女は二側性と言われています。つまり、女性の方が脳梁（右脳と左脳を繋ぐ神経繊維の束）が太いのです。ここから、「男はどちらか一方の脳を主に使うのに対し、女性は左右を協調して使っているのだろう」という推測がされています。

3.2. 脳の構造と機能の概略

図2をご覧ください。これが大脳の外側の、人間で最も発達している部分です。だいたいみなさんご存知でしょう。何をやっているところでしょうか。一番うしろ（図2の右側に相当する）は視覚領域です。目に入った情報は10ミリ秒ぐらいでここまで達します。左の側頭葉（ウェルニッケ野）に言語の中核、辞書ですけど、があります。頭頂葉は痛覚を感じる感覚野です。

前頭葉は高度認知と運動を担っています。ここに、体性感覚といって五感の感じる場所があります。こちらに、手足を動かす中枢があります。人間は火の熱さを感じたりすると反射的に手を引っ込めますが、それはこういう近いところで感覚が運動につながるわけです。

「高度認知」を司る前頭葉が、人間はサルなどにくらべ発達しています。前頭葉に損傷を受けると、ことばに感情を込めることができなくなり、一昔前のコンピューター合成音声のような機械的な話し方しかできなくなります。その一方で、感情のコントロールができなくなり、凶暴になる場合もあります。

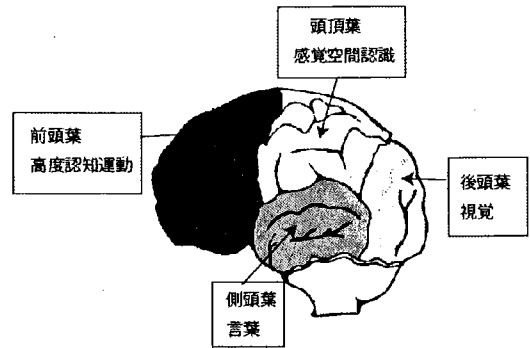


図2 脳の概略図

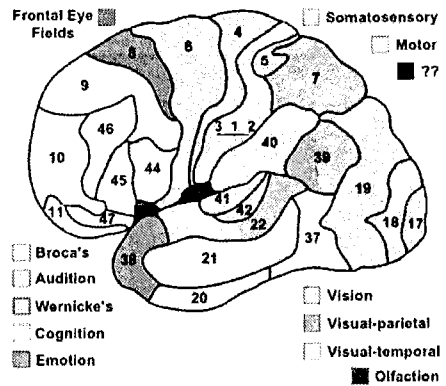


図3 ブロードマンの地図 (1909)

Reprinted with permission from Dubin (2008)

ですから、前頭葉は大切にしてください【会場笑】。交通事故で頭を打って、そのあと生活ががらりと変わってしまったという人がいます。

3.3. ブロードマンの脳地図

ブロードマンという人が100年ほどまえに脳を区分けして番号づけした地図を作りました。その地図がいまだに生きています（図3）。脳は3次元の世界ですが、ここでは絵で示すため2次元にしてあります。たとえばウェルニッケなら41、42野、ブローカ領域なら44野にあります。「脳領域の何番」というような話を聞いたら、ブロードマン地図を思い出してください。

3.4. 言語関連野

図4は言語の関連野です。一番後の方に視覚野があります。ですから、文字を見る時はまず目からここに情報が届きます。次に、ウェルニッケ野というのがあります。右利きの方なら、左耳の後あたりです。これはウェルニッケ (Carl Wernicke, 1848-1905)

4. 脳機能測定方法と脳の活動の関係

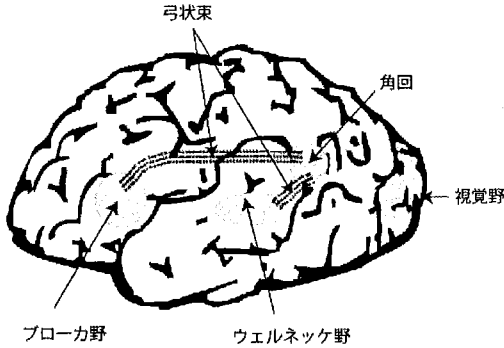


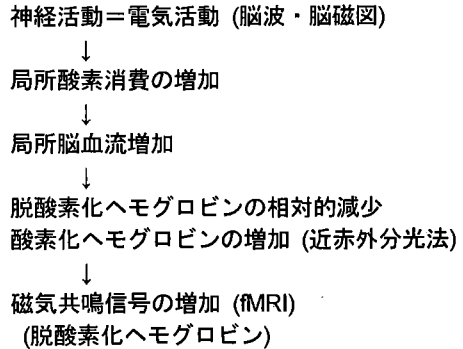
図4 言語処理に關与する主要な脳の部位

というドイツ人医師が、1874年に発見した領域です。ここに損傷がある患者さんは、すらすら話すのですが全く意味がわかりません。そこで、この領域は音を意味に変換する中枢であろうと言われています。

一方、ブローカ野はブローカ (Pierre Paul Broca, 1825-1880) というフランス人医師が 1861年に発見したのですが、伝統的な考え方では、運動領域に近いことから、舌や唇を動かす発音に関連しているといわれています。文法にも関連しているともいわれています。ここに損傷を受けると、発音がうまくできなくなるのでたどたどしい話し方になります。

脳のいろいろな箇所は、繊維で結ばれています。そのため、脳はいろいろな箇所ですべて同時に情報を処理していると推測されています。ウェルネッケ野とブローカ野のほかにもう1つ、角回というのがあります。文字の場合、まず視覚情報が入ってきます。それから音情報になりますが、その時に後頭部の視覚野から角回を通してウェルネッケ野に通じているといわれています。日本人の失読失書症 (脳の病変が原因で読み書きに障害が起こること) の例では、かなまたは漢字に特異的に障害がある例が知られています。例えばひらがなは読めるが、漢字は読めない、またはその逆です。失読失書症の例から櫻井 (2005) は二重回路説、日本語のかな (文字と音がほぼ1対1に対応) と漢字 (同じ文字でも読み方が複数ある) は処理される経路が異なる、を提唱しています。櫻井 (2005) によるとかなは後頭部の視覚野から左側頭部の上部を通る経路、漢字は後頭部の視覚野から左側頭部の下部を通るとしていますが、まだすべてが解明されてはいません。

神経活動と脳計測の原理



目や耳を通じて人間が受け取る情報はアナログです。それが、視神経や聴神経に伝わる時はデジタル情報になります。人間の脳神経活動は電気活動で、カルシウムイオンやマグネシウムイオンの作用により伝えられます。その電気活動を測るのが、脳波や脳磁図という方法です。脳波というのは、頭の上にキャップや電極をつけて電位を測るものです。一方、脳磁図は磁石で測ります (後で説明します)。神経活動がまず起こります。そうすると、エネルギー消費がおこります。脳のエネルギー消費は、グルコース、次いでブドウ糖と酸素の消費量が増えます。この酸素消費量の増大は極小で、活動が活発になった部位でのみ起こります。

ヘモグロビン

血液中で酸素を運ぶタンパク質
血液の赤い色はヘモ (鉄) の色

酸素化ヘモグロビン: 酸素と結合したヘモグロビン

脱酸素化ヘモグロビン: 酸素を離れたヘモグロビン

酸素消費量が増えると、血流が増えます (図5)。脱酸素化ヘモグロビンは相対的に減少し、酸素化へ

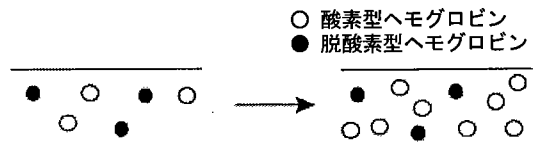


図5 脳活動にともなう、2種類のヘモグロビン量の変化

ヘモグロビンが増加します。ヘモグロビンというのは、血液の中で酸素を運ぶタンパク質です。1つのヘモグロビンは、4つの酸素分子を運ぶことができます。酸素がくっついたヘモグロビンは赤い色で、酸素が離脱すると青っぽくなります。血液の赤い色は、赤サビと同じく酸素を含んだヘモ(鉄)の色です。これに対し、貝類の血液の中で酸素を運ぶ役割を担っているのは鉄ではなく銅を含んだタンパク質(ヘモンアニン)なので、赤ではなく薄青色をしています。貝を料理しても赤い血が流れないのはそういうわけです。

酸素を含んだヘモグロビンと酸素を含まないヘモグロビンの量を測るには、2つ方法があります。1つは、近赤外分光法といいます。頭の表面に光を当て、照射した光の量と反射してきた光の量の比率から酸素化ヘモグロビンの量を推定します。

この近赤外分光法は、もともと農業で、果物などを切らずに含有糖度を測るために使われていました。私が薬学部の学生だったころは液体が透明でないと測れなかったのですが、今では透明でなくても使える技術が開発されています。

その他、生体認証にも使われています。静脈の配置形状によって個人を識別するわけです。なぜ動脈ではなく静脈なのかというと、動脈は心臓の拍動を受けて流れる血量が刻一刻変化しているため、その流れの形状もいつも同じではないからです。

もう1つの計測方法として、fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging) というものもあります。これは磁気共鳴信号の増加を利用します。簡単にいうと、MRIというのは人間が電子レンジの中に入ると、電子レンジの中に入ると、体の中

の水分子が反応します。その際、酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンでは反応のしかたが少し違います。それを利用したのがfMRIです。

5. 脳機能測定方法の比較

5.1. 脳機能測定方法

表1にあるとおり、脳波は、脳表皮の電位を測定します。

脳磁図(MEG)は、脳表皮の磁界の強さを測定します。

近赤外分光法は、脳の表皮に光を当てて、脳内部のヘモグロビンの量を測定します。

fMRIは、強力な磁界の中で、脳内部のヘモグロビンを測定します。

これは非侵襲です。非侵襲というのは、体の中に何も入れないということです。これに対し、最近ガンの検診などによく用いられるPETは侵襲性です。PETでは微量の放射性物質(陽電子 positron)を含んだ化学物質を注射します。その化学物質が血管を通じて体中にまわるので、化学物質から放出される放射性物質を追跡すれば全身の状態が把握できるというわけです。注射された放射線物質は時間が経つにつれて崩壊し、その際に陽電子(ガンマ線)が放出されます。そのガンマ線を追跡して体を断層撮影したのがPETです。だいたい水とかブドウ糖の炭素や水素に放射性物質を入れるのですけれど、とにかくPETを受診する時は、放射性物質が体の中に入るということを頭にいれておかれるとよろしいでしょう【会場笑】。PET健康診断は1回で30万円とか40万円とか、大変高額な検査ですね。

表1 脳機能測定方法とその特徴のまとめ

侵襲性	測定方法	基本原理	分解能		機材の価格
			(空間)	(時間)	
非侵襲	脳波	脳表皮の電位脳表皮の磁界	△ 25mm	○ 1-10ms	数百万円～
	脳磁図(MEG: Magnetoencephalogram)	脳表皮の磁界	△ 10mm	○ 5-10ms	数億円
	近赤外分光法(NIRS: near-infrared spectroscopy)	脳表皮から光を当てて脳内のヘモグロビン量を測定	△ 10mm	△ 50ms	数千万円
	fMRI: Functional Magnetic Resonance Imaging	強力な磁界の中で脳内のヘモグロビン量を測定	○ 2-5mm	× 500ms	数億円
侵襲	PET	微量の放射性物質を注射し陽電子から出るガンマ線を測定	○ 2-10mm	× 5-6s	数億円

5.2. MRI と fMRI の違い

MRI (Magnetic Resonance Imaging)

強力な磁界の中で体の内の水素原子核(H+)の状態を調べている

- 1.強力な磁界の中で体の中の水素原子核はエネルギーをもらう
- 2.徐々にエネルギーを放出して元に戻る
- 3.正常な細胞と病巣では元に戻る時間が異なる
体の中に水素原子はたくさん含まれている
体重の約 50~70%は水(H₂O)
体重の約 20~40%は脂肪 [C_nH_{2n}O₂]

MRI というのは普通、エックス線写真のかわりのようにして使うものです。強力な磁界の中で、体内の水素原子核 (H+) の状態を調べます。強い磁場をかけると、水素原子核はエネルギーをもらいます。すると次には、そのエネルギーを少しずつ放出します。がん細胞と正常な細胞ではエネルギーの出し方が違う³ので、その違いを利用して画像にするのがMRI です。

5.3. fMRI (機能的 MRI)

fMRI (機能的 MRI) の原理

BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) 法 :

1. 酸素を失った脱酸素化ヘモグロビンは磁性を持つ。
2. 血管中の脱酸素化ヘモグロビンはもともとの磁場の不均一をもたらす。
3. 磁場の水素原子核のスピンの回転を乱して磁気共鳴 (MR) 信号減少させる。

fMRI と MRI の差は、fMRI は Bell (ベル) 研究所 (1990 年当時) の小川誠二先生が提唱した BOLD (Bold Oxygenation Level Dependent) 法に依っている点です⁴。この測定法の原理は「酸素化ヘモグロビンは磁化が弱く、脱酸素化ヘモグロビンは磁性を持つ」という特性を応用しています。脳のある部分が賦活されると血流が増えますが、酸素消費量はあまり増えないので、相対的に酸素化ヘモグロビンは増え、磁性を持つ脱酸素化ヘモグロビンが減ります。賦活された場所では磁化率がさがり、磁気共鳴の信号が変わります。安静時と課題を行った時の差をみれば脳活動の場所が推定できます。

5.4. 脳磁図

脳磁図の原理

MEG (Magnetoencephalogram)

電流が流れると磁界が生じる

神経活動に伴った電気活動によって生じる磁界の強さを測定

私が行った実験の計測手法は脳磁図 MEG (Magnetoencephalogram) といいます。電流が流れると磁界が生じます (図 6)。この磁界を測るのが脳磁図です (図 7)。脳波だと骨の厚さや髄液の濃度、髄膜の厚さなどに影響されてしまいますが、脳磁図はそういう要素の影響を受けにくいと言われています。頭に近いところにコイルがありまして、次に脳からの信号を超伝導で増幅する機械があります。超伝導状態を維持するために極低温の液体ヘリウムのタンクに浸けてあります。液体ヘリウムは消耗品でも1ヶ月に50万円ぐらいと、維持費が高額です。

図8がうちの大学にある脳磁計です。写真の中央下にある黒いのが検査用ベッドで、被験者は手前方向に足が、奥側に頭がくるよう仰向けに横たわってもらいます。その上の白い筒の中が、液体ヘリウム浸けになった脳磁計です。文字など視覚刺激を与える実験をする時は、ベッドの両横の鏡にコンピューターモニターの画面を反射させ、天井に投影したも

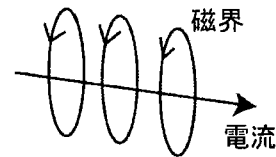


図6 電流が磁界を起こす

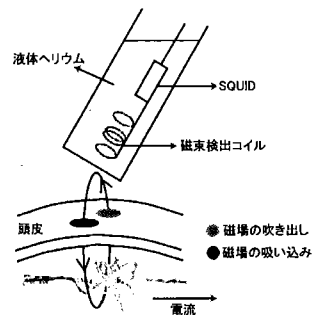


図7 脳磁計の概念図

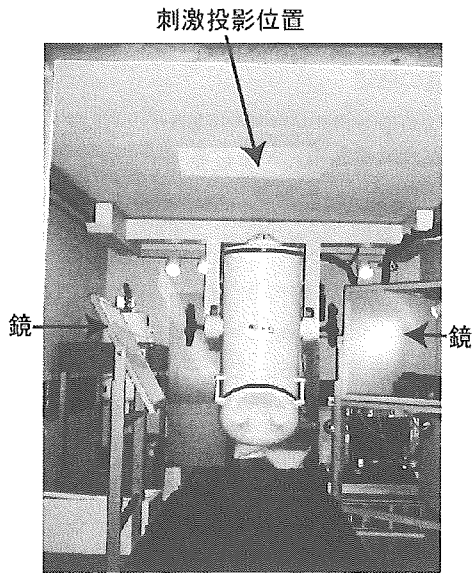


図8 東京医科歯科大学の脳磁計

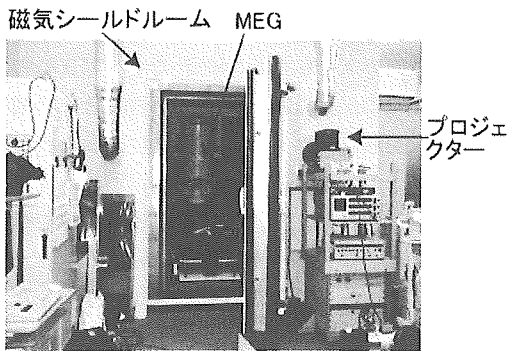


図9 脳磁計を格納した磁気シールド室の外観

のを見せます。図8のようにこの実験設備全体が、磁気シールド(遮断)された金庫室のような小部屋に入れられています。なぜそういう小部屋に入れるかというと、地磁気の作用を遮断するためです。脳からの出る磁場の大きさはとても小さく、地磁気の1億分の1くらいの小ささです。地磁気の他にも、コンピューターや電気照明も磁気を発していますから、部屋の中には電気器具をなるべくおかないようにしています。その他金属製のアクセサリーや、アイシャドーやパウダーに入っている金属粉も磁場を乱すので、被験者になる方はまずお化粧を落としていただかねばなりません。ですから女性(男性も?)のみなさんは、お医者さんに行く時はあまりお化粧をしない方がいいでしょう。お化粧をしすぎると顔色がわかりにくくなることもありますし。

実験室の話にもどりますが、なぜコンピューターのモニター画面を直接みせず鏡に映すのかというと、モニターが発生する電磁気の影響を防ぐためです。(モニター自体は実験用の小部屋の外に置かれています。その画面を、あわせ鏡で映して被験者に見せるわけです。)

5.5. 近赤外分光法 (NIRS)

近赤外分光法の原理

(Near-infrared spectroscopy) NIRS

1. 頭皮から近赤外光を照射すると大脳皮質内では吸収、散乱するが、一部は頭皮に戻ってくる。
2. 戻ってきた光を検出することによって頭皮下25-30mmの血液量の変化を測定する。
3. 酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビン、総合ヘモグロビンが測定できる。
4. 時間分解能 500ms

NIRSの測定機器は日本で開発が進んでいます。医療用に販売しているのは島津製作所と日立メディコです。頭皮から近赤外光を照射すると、大脳皮質内では吸収散乱し、一部は戻ってきます。戻ってきた光を検出することで、頭皮下25~30ミリの血液量の変化が測定できます(図10)。この方法の利点は、酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの量が分解できることです。時間分解能は500ミリ秒ぐらいです。ですから、500ミリ秒以内で起きることなら測定できるわけです。

図11は私が被験者になって、頭にとりつけをしてもらっているところです。これは島津製作所のシステムで、頭に光をあてるものをつけて、近赤外分光計のコンピューター(写真右端の白い機械)で計測しています。ノートPCの画面の上に刺激を映し出し、脳活動の変化を調べているわけです。

上から頭に向かって垂れ下がっている黒いケーブル

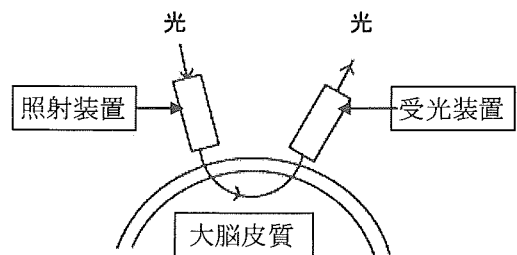


図10 近赤外分光法の原理

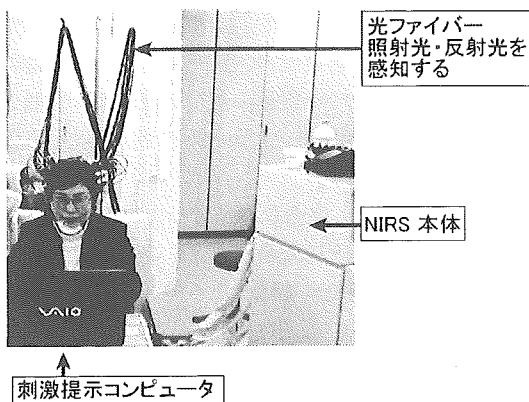


図 11 近赤外分光法による測定の様子

ルは、光を送る光ファイバーです。こういう実験の被験者としては、東洋人はあまり向かないと言われています。なぜかという、黒い髪に光が吸収されてしまうからです。一番いいのは、金髪の方です。スキンヘッドが一番いいと思われるかもしれませんが、髪の毛が全くと「グローブ」(頭皮に光をあてる)が安定せず滑ってしまいがちなので、いいデータが意外にとれません。細くてやわらかい、色素含有量の少ない髪の毛がうっすらあるぐらいだとちょうど実験しやすいので、この研究方法はあかちゃんを対象としてもよく使われます。また英語学習の研究にも使われています(大石晴美 2006)。

5.6. まとめと比較

言語研究で使われる脳機能測定法

fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging)

脳波: 事象関連電位 ERP (Event Related Potential)

脳磁図 MEG (Magnetoencephalogram)

近赤外分光法 NIRS (near-infrared spectroscopy)

昔はPETをよく使ったのですが、最近ではfMRI、脳波 (EEG)、近赤外分光法がよく使われます。

表 2 非侵襲測定法の比較

		fMRI	脳波	脳磁図	NIRS
分解能	空間	○ 2-5mm	△ 25mm	△ 10mm	△ 10mm
	時間	× 500ms	○ 1-10ms	○ 5-10ms	△ 50ms
簡便性 (費用)		×	○	×	○

5.6.1. 空間分解能

脳活動を何ミリぐらいの範囲で正確に測れるか。これはfMRIが2~5ミリで断然優れています。脳波は25ミリ、脳磁図は10ミリ、NIRSも10ミリぐらいです。

ただし、非侵襲性の測定法では、頭皮表面で測ったデータにもとづいて、神経活動が起こっている場所を逆算しなければなりません。そのためには複雑な計算を要します。これはちょうど、地表で計測された震動をもとにして地震の震源地やマグニチュードを推定するのに似ています。地震が起きた時、直後の速報とあとで発表される確定データでは震源地や深さが違っていることがあります。これも計算が複雑であることに因ります。大地震が起きた場合、たとえば日本で測定したデータにもとづく推定震源地とアメリカでの推定がややずれる場合もありますが、それは複雑な数値計算を行なうため多少の誤差が生じるからです。これと同じことが脳機能測定にもいえて、ある脳活動が確実にそこで起こっているかどうかはわからない。なんとか精度を上げようと、理工学部の先生達や数学者達が一生懸命こういう問題を解いています。

5.6.2. 時間分解能

fMRIは500ミリ秒ですが、この分解能が出るのは条件がいい時です。まず神経活動が行なわれて、次に血流量が増えるわけですが、それには1~4秒ぐらいかかります。だからそこには時間差があるわけですが。一方、脳波や脳磁図では10ミリ秒単位、NIRSだと50ミリ秒ぐらいです。私が行った実験では、漢字を1文字見せると約600ミリ秒で処理が終わりです。意味の処理は400ミリ秒前後です。ところがfMRIは反応が出るまでに1秒ぐらいかかりますから、文字処理のように瞬時に行なわれる過程の時間的分析はできません。このように、さまざまな測定方法にはそれぞれ一長一短があるわけです。

5.6.3. 簡便性 (費用)

MRI、MEGは大掛かりな施設と管理が必要です。それに対して脳波、NIRSは簡便といわれています。脳波、NIRSはベッドサイドなど持ち運びが可能です。費用の面では、MEGの価格は何億円の単位です。脳波は、簡単な設備でも百万円単位、NIRSはメーカーの営業の方によると4000万円ぐらいだそうでした【会場笑】。ジャンボ宝くじでも当てないと買えませんね。脳波やNIRSでもそう簡単に買えるものではありません。

6. 脳計測法を用いた言語処理の研究

6.1. 研究目的と研究デザイン上の問題点

言語 (意味? 中枢) がある場所

場所

1つか2つ

脳神経の観点

第一言語と同じ脳神経回路を使うのかどうか

問題点

言語能力 (完全なバイリンガルはいない)

第二言語習得開始年齢

第一言語と第二言語の言語的差

リサーチデザインがばらばら

6.1.1. バイリンガルの言語使用に影響する要因

これまで、バイリンガルの研究などが多数なされています。今までの研究の主眼の1つは言語中枢の場所の同定、つまり「L1とL2の中枢は場所が同じか違うか」という論題です。脳神経の観点からいいますと、「L1とL2は同じ神経回路を使うのか」と言い換えることができます。

バイリンガルと言っても第二言語を学習し始めた年齢、第二言語の使用頻度 (第二言語か外国語かでも違います)、第二言語での運用能力 (話す、聞く、読む、書く、の4つの技能がすべて同程度かどうか)、第一言語と第二言語の言語学的距離などいろいろな要素が絡んできます。Kim, Relkin, Lee, & Hirsch (1997) は fMRI を使ってバイリンガルのブローカ野を研究し、幼少期から学習した第二言語は第一言語と同じ場所、青年期以降に学習した第二言語は第一言語に隣接した場所にあると報告しています。いろいろな研究報告がありますが、現在のところ Perani & Abutalebi (2005) が言うように、第二言語は第一言語と同じ神経回路を使って学習されているようだが、第二言語学習開始年齢、第二言語の運用環境、第二言語運用能力などの要因によって様々な形態があるということではないでしょうか。でも、はっきり言って私はこれはわからないと思います。

6.1.2. 今までのバイリンガル研究の問題点 (まとめ)

ここで言うバイリンガルとは二言語使用のことです。バイリンガルはいろいろな場合があります。幼少時から2つの言語を使用している場合、例えば家庭で使われる言語と学校教育などで使われる言語 (公用語) が異なる場合があります。また移民などでまず第一言語が習得されたあと第二言語習得がなさ

れたという場合もあります。今までのバイリンガル研究の問題点は、言語能力、第一言語、第二言語の学習開始年齢、2つの言語の使用状況、第一言語と第二言語の言語的距離、リサーチデザインというような問題があります。

6.1.2.1. 言語能力: 完全なバイリンガルはいない

言語能力の問題とは完全なバイリンガルはあまりいません。4技能の全てにわたって2つの言語で同じ習熟度に達している人はほとんどいないと思います。何か得意な点と不得手な点があると思います。

6.1.2.2. 学習開始年齢

学習開始年齢とは第一言語と第二言語を同時進行で学習したのか、第二言語を後から学習したのか、後から学習したとしても何歳からかという問題です。

6.1.2.3. 2つの言語の使用状況

また第二言語を生活の場で使用しているのか、外国語としてほとんど使用機会が限られているのかなども言語処理過程に関係します。

6.1.2.4. L1とL2の言語的距離

言語的距離ということでは、だいたいこういう脳科学的な研究はお金のある国でしかできないので、今のところデータが集まっているのはヨーロッパ言語間での研究が多いです。インドヨーロッパ言語の中のとてに近い言語の間での結果を例えば、英語と日本語という言語的距離がある言語間でのバイリンガルの場合に当てはめられることは難しいのではないのでしょうか。

6.1.2.5. リサーチデザインがばらばら

最近、日本をふくめ、中国・台湾・韓国からも研究成果がでてくるようになりましたが、リサーチデザインという問題もあります。発表されている研究はリサーチデザインがばらばらです。こういう実験はお医者さんや理工系の技術者の手を借りないといけませんので、言語学者とは興味が違います。そういう理由もあってデザインはばらばらです。リサーチデザインが異なると研究結果を比較し、結果の一般化ということが難しくなります。

6.2. 実験課題の種類

意味逸脱

意味プライミング (バナナ、本)

文法性の判断

ミスマッチ陰性電位

実験的な学習課題

受動的な知覚 (聞く、見る)

よく使われる実験課題の種類をご紹介します。

6.2.1. 意味逸脱

(例「姉は紅茶を眺めた」「姉は紅茶を飲んだ」「姉は紅茶を壊した」というような文を読ませ、あるいは聞かせ、その時の脳活動を調べます。)

こういう実験をよくお医者さんもやっています。どうしてかという、認知症⁵とか統合失調症⁶の方は反応が遅いことがあるのです。

6.2.2. 意味プライミング

「意味プライミング」という現象がありまして、たとえば「バナナ」という語を見せて次に「本」を見せて、同じカテゴリーのものかどうかを判断させたりします。こういう場合、先に「バナナ」を見せておくと次に「りんご」を見せた時の反応時間が早くなります。これをプライミング効果といいます。(ファーラー 2003)

6.2.3. 文法性判断

特に、チョムスキーの普遍文法理論に則り、その制約を破った文を与えて脳の反応を測るということもなされています。

6.2.4. ミスマッチ陰性電位

「い、い、い、あ?!」というように連続した同一の音の中で突然、変な音(逸脱音)を聞かせると音の判別ができれば反応が出ます。その時の脳活動を調べます。

6.2.5. 実験的学習

たとえば韓国語を1分間だけ勉強させて反応をみるとか、実験的にある課題を学習させてその前後の脳活動の差を検証します。

6.2.6. 受動的な知覚(聞く、見る)

ただ単に、何かを見せたり聞かせたりします。私がやったのはこの「受動的知覚」ですが、それでも結構差が出ます。

6.3. 脳波

6.3.1. 背景脳波

次に脳波のことをお話しします。脳波はよく使われる測定方法です。

「アルファ波」ということばは多分お聞きになったことがあると思います。「アルファ波」「ベータ波」「シータ波」などはいずれも、外部から特別な働きかけをしなくても自発的にずっと出ている脳波なので、「背景脳波」と呼ばれます。雑誌や通販の広告などには「アルファ波はリラックスしている時に出る」などとよく書いてあるので、「アルファ波が多いほど

いい」と思ってしまいがちです。実のところ、アルファ波は目を閉じて、脳が何もしていない時に出る脳波です。目を開くと視覚情報が入ってきますから後頭葉の活動が活発になって、アルファ波は減衰します。「アルファ波が出ていたら精神がリラックスしている」というのは俗信で、科学的な根拠はありません。むしろ、アルファ波が多すぎるのは病気です【会場笑】。脳が何もしていないことのあらわれですから。

6.3.2. 事象関連電位

一方、こういう背景脳波と違って、「事象関連電位」というのは刺激(音、文字など)に反応して出る脳波です。刺激提示後200ミリ秒までは、知覚(意識の統制外にある、自動的な処理)の過程です。それに対し、200ミリ秒以降は、認識(意識の統制下にある)の過程です。

事象関連電位にもいろいろな種類がありますが、有名なのはP200(Positive 200)P300(Positive 300)、N400(Negative 400)があります。P200とP300は親密性の低い刺激の提示後200ミリ秒と300ミリ秒後に出る陽性の脳波成分です。P300は親密性の低い刺激の感知(注意)と選別を反映していると言われていいます。

一方、N400というのは文法や意味の逸脱に対して生じる陰性脳波です。「姉は紅茶を壊した」というような意味逸脱文を刺激として提示すると出てくる反応でN400の潜時(反応時間)や大きさなどを比較します。Landi & Perfetti(2007)は音韻課題と意味課題を使ってアメリカ人成人で読解力の高い人と低い人のP200とN400を比較しました。その結果、意味的な課題でのみP200とN400に差が出たと報告しています。

6.4. 脳波・脳磁図の技術的問題点

脳表皮での電流・磁界は電極・センサーの直下で起こっているわけではない。

脳内での脳神経活動の震源地は複雑な数式を使って計算する。

計算方法は発展途上中

データは個人の骨の厚さなど生物的な状態によって異なる。

生データを直接個人間で比較できない

さきほどお話ししましたとおり、脳表皮での電流・磁界は電極・センサーの直下で起こっているわ

けではありません。脳内での脳神経活動の震源地は複雑な数式を使って計算します。「こういう計算式を使いました」という研究が発表されたとします。同じ計算式を違うデータにあてはめると、全く違う結果がでる場合もあります。

データは個人の骨の厚さなど生物的な状態によって異なります。個人差が出る原因の1つはここにあり

ます。fMRIで実験をすると、脳神経活動が起こっている場所を推定し、ブロードマンの脳地図にしたがい「第何野に中枢がある」というような言い方をしますが、人はそれぞれ脳の形が異なります。どうしてそういうデータを十人分あつめて平均したりできるのかといいますと、「モデル脳」というものがあります。これは何人かの脳のデータを集めて作った仮想のモデルです。この脳にあわせて活動部位の位置を計算するわけですが、「モデル脳」のもとになっているデータは白人の脳です⁷。

日本人の頭の形は絶壁型が多いので、このモデルと合いません。【会場笑】実際、私の研究でドイツ製の解析ソフトにある白人のモデル脳を使って日本人の脳活動の「震源地」を計算したら、脳の外にあるという計算結果が出たこともあります。計算用のソフトを走らせる前に「震源地は脳の外に出ない」という制約条件を設定しておいたのですが、それでもそういう結果が出てしまいました。残念ながら、日本人の脳から採ったデータにもとづく標準脳のモデルはまだありません。

したがって、計算方法は「発展途上」、つまり怪しいということです。こういうわけで、生データを直接個人間で比較することはできません。

6.5. 脳と学習

Haier, R.J. et al (1992)の実験はPETを使った、少し古い実験ですが、学習と脳活動の関係を示した古典的な研究です。テトリス⁸というゲームを初心者が学習している時の脳活動と、ゲームのやり方に慣れた人の脳活動を対比しています。この研究で新しいことを学習している時は脳の全体が活発に活動していますが、ゲームに慣れてくると活動が小さくなっていることが示されました。つまり、熟達者に簡単な課題を与えると脳の賦活が小さいのです。でも、賦活が小さいからゲームの出来が悪いかというとうそ

うことはありません。実際の運用能力と脳活動の

6.6. 言語遺伝子は存在するか？

「言語遺伝子が見つかった」という話が、イギリスの雑誌Natureに出て話題になったことがあります(Lai et al. 2001)。KEという家系に属する37名中、言語障害のある15名全員に言語障害に関連する遺伝子(FOXP2)の変異が見つかりました。分子化学のレベルでいうと「FOXP2蛋白質の715のアミノ酸の中で553番目のアルギニンがヒスチジンになっている」ということだそうです。ここから「これこそユニバーサルな言語遺伝子だ」あるいは「言語遺伝子の存在を支持する証拠だ」という形で伝えられて(白畑・須田・若林 2004)チョムスキー系の言語学者や心理学者はその報告を歓迎しました。

さて、FOXP2は本当に言語遺伝子なのでしょうか。現在わかっているところでは、ほとんどの哺乳動物(マウスからチンパンジー、ヒトまで)がFOXP2を持っています。しかも、件のKEファミリーは子音が発音できません。つまり、発音が正常にできないから言語に問題があらわれたのだと推察されます。さらに、KEファミリーには認知障害もあることがわかりました。こういうことから考えると、「FOXP2が言語遺伝子だ」というのは早とちりで、現在の学会の主流は今では「FOXP2が言語遺伝子だ」という考え方を支持していません。FOXP2遺伝子は言語遺伝子ではないし、そもそも言語のような高度認知活動は1つの遺伝子で決定されるものではなく、いろいろな要素が複雑に絡み合っているということです。

7. 近赤外分光法と脳磁図を用いた日本語学習の研究

7.1. NIRS 近赤外分光法を使った実験

7.1.1. 基本デザイン

図12のように15カ所(3×5)にグローブをつけました。測定場所はグローブとグローブの間と想定されているので、22カ所になります。図12での番号は図14での左側の番号と対応しています。左右両側で短母音と長母音(例:「くき」vs.「くうき」)を聞き分けている時の脳活動を測定しました。図13はタスク開始とともに酸素化ヘモグロビンおよび総ヘモグロビンが上昇し、脱酸素化ヘモグロビンが減少するという理想的なパターンに近い例です。

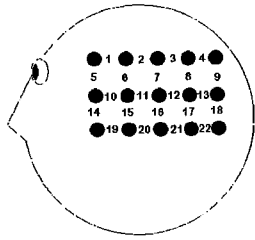


図 12 赤外分光法による脳活動測定部位
(左側頭での例)

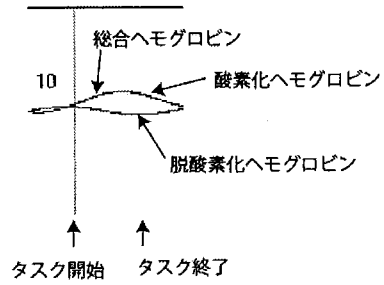


図 13 タスクにともなうヘモグロビン量の変化

前

後

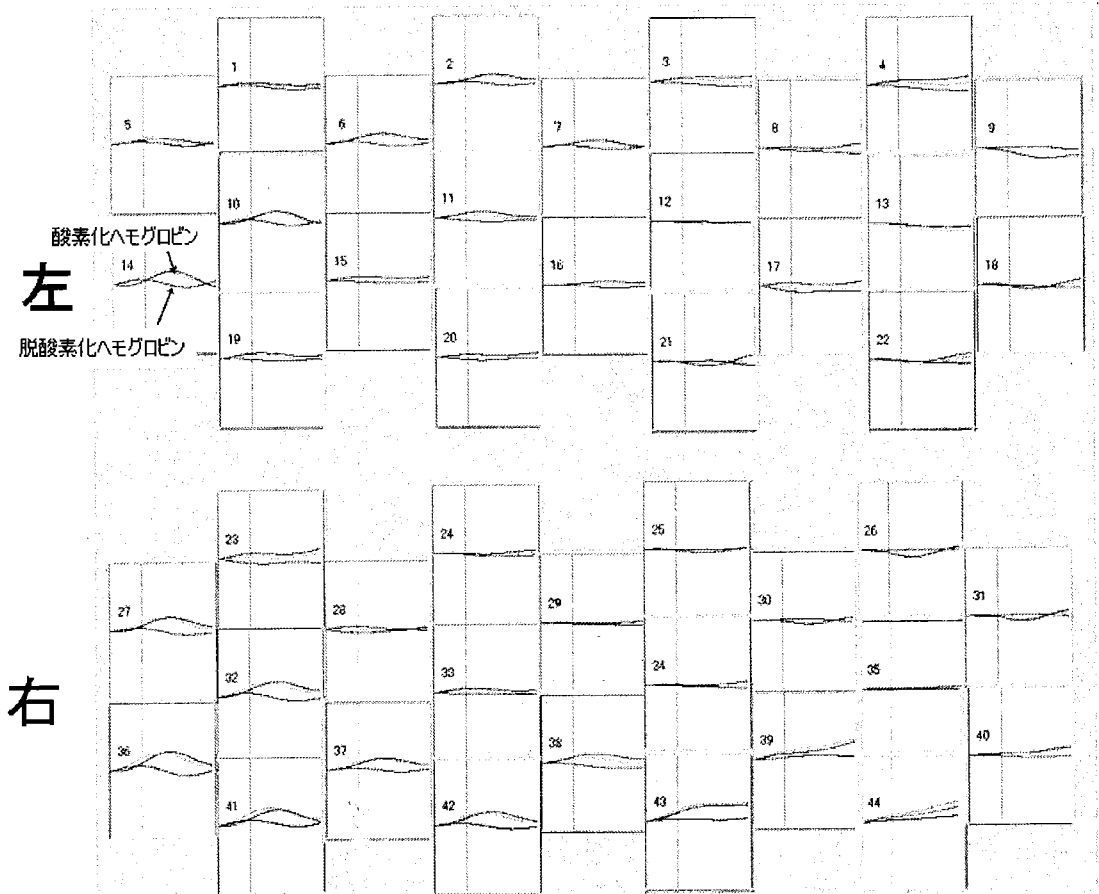


図 14 近赤外分光法による測定結果事例 (日本人女性)

7.1.2. 理想的なデータ

図 14 に示すのはきれいな (理想的) なデータです。ここには合計 44 個のグラフが描かれていて、その個々のグラフがそれぞれ頭の表面で計測した脳活動 (血中ヘモグロビン量) をしめしているわけです。こ

れは日本人女性の場合です。左の前の方 (ブローカ野) に反応が出ています。さきほど言語活動は左半球でおこなわれると言いましたが、実際には左と右の両方で反応が出ています。この例の場合は左のほうが反応が大きいのがおわかりになると思います。

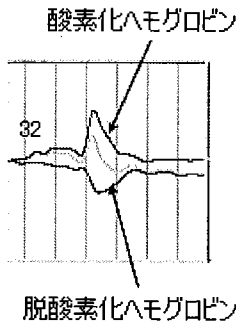


図 15 1 回だけ反応が出た事例

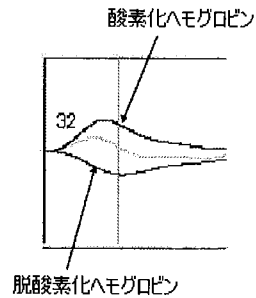


図 16 タスク開始前から反応が出た事例

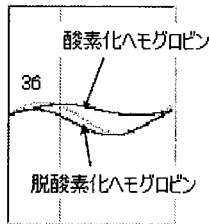


図 17 タスク開始後に酸素化ヘモグロビンが減少した事例

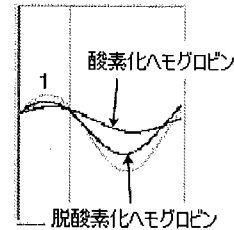


図 18 タスク開始後に酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンが減少した事例

つまり、脳のいろいろなところを使っていて、この場合だと右と左を比べた場合、左のほうの活動が大きいということです。この左右の脳の分担の差ですが、個人差が大きく、左右の脳の差ばかりに注目していると脳全体の活動が把握できなくなると指摘する研究者 (Stafford & Webb, 2005) もいます。

7.1.3. 現実

実際に実験をやってみてこういう理想的なデータが得られた人はごく一部です。実際にどういう結果が出たかお示します。

7.1.3.1. 1 回だけ反応が出た事例

これは (図 15) ある被験者で 6 回測定した例です。グラフの左端にある「32」という数字は測定部位 (右脳前部) を表しています (測定部位の場所は図 12、図 14 を参照してください)。この人の場合、3 回目のみ反応が出ています。このような場合 6 回の平均をとっていいものでしょうか。

7.1.3.2. タスク開始前から反応が出た事例

この例はある被験者の 32 番の位置でタスクが始まる前から酸素化ヘモグロビンの量が増えています (図 16)。タスクが始まる前に準備していると思われます。このような場合、タスク遂行中のデータは使用できず、被験者ごとに反応のタイミングが異なるこ

とも示唆しています。

7.1.3.3. タスク開始後に酸素化ヘモグロビンが減少した事例

この例ではある被験者の 36 番の位置で酸素化ヘモグロビンの量がタスク開始とともに減少しています (図 17)。(今みなさんにお見せしている測定部位が被験者によって異なるのは、各被験者のデータの中で一番きれいに出たグラフを選び出したからです。) 脱酸素化ヘモグロビンの量はあまり変化がないのですが、fMRI の測定原理は血流の増加とそれに伴う酸素化ヘモグロビンの相対的濃度増加、脱酸素化ヘモグロビンの相対的濃度低下を前提としています。fMRI の測定原理について疑問が持たれる例ではないでしょうか。

7.1.3.4. タスク開始後に酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンが減少した事例

この例では、ある被験者の 1 番の場所で酸素化ヘモグロビンも脱酸素化ヘモグロビンも濃度が低下しています (図 18)。これも fMRI の測定原理について疑問が持たれる例ですし、局所的にしても脳活動に伴って酸素化ヘモグロビンの濃度が低下していることとなり、脳活動による酸素消費の増加、酸素化ヘモグロビン相対濃度の増加という想定に疑問がもた

れることとなります。

以上のような NIRS の結果で、はたして NIRS が言語使用時の脳活動の測定方法として適切な実験方法かどうかかわからず、現在のところこれ以上実験はしていません。

7.2. MEG による実験

7.2.1. デザイン

さきほどの NIRS は音韻に関する実験だったのですが、もともと私は漢字に興味があったので、脳磁図を使って文字処理の実験をやりました。

ランダムに 5 種類の刺激文字 (図 19) をコンピューター画面に映して被験者に見せました。(被験者はただ見ているだけで、他に課題はやらせません。)

図 20 は漢字を見せた時の脳磁図の結果の例です。文字など有意義な視覚刺激をみると刺激提示後 170 ミリ秒ぐらいで、一番大きな反応が出ます。これを M170⁹と言います。この M170 はほとんどの人に出ますので、まずこの M170 を比較することにしました。

先行文献では日本語 (宮内・早川 2000) 及び英語 (Pylkkänen 2008)でも刺激提示後 300 ミリ秒の間に 3 つの大きな反応があることが知られています。M100(刺激提示後 約 90-120 ミリ秒)は初期の字形分析、M170 (刺激提示後 約 150-200 ミリ秒)は複雑

な字形分析、M250 (刺激提示後 約 240-300 ミリ秒)は字形分析から音韻分析へとされています。上の例では M100 は刺激提示後約 150 ミリ秒、M170 は刺激提示後約 220 ミリ秒、M250 は刺激提示後約 290 ミリ秒です。このように 反応の潜時は個人差が激しいです。

M100 と M250、特に M100 はすべての被験者で出るとは限りません。図 21 は私にとってもっとも都合のいいデータを出してくれた、「チャンピオンデータ」(日本人被験者)ですが、M100 がありません。M170 はほとんどすべての被験者で出るのでまず M170 を分析しました。この例ではアイコンを見せた時、ハングルを見せた時、ありそうでない偽漢字

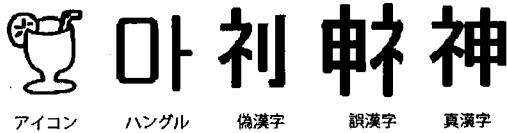


図 19 5 種類の視覚刺激

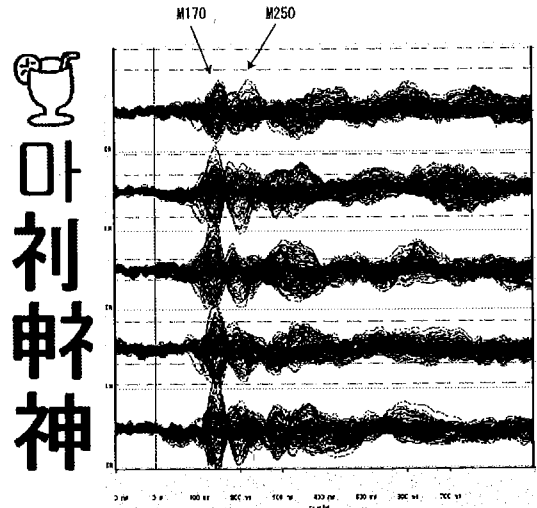


図 21 日本人被験者による「チャンピオンデータ」事例

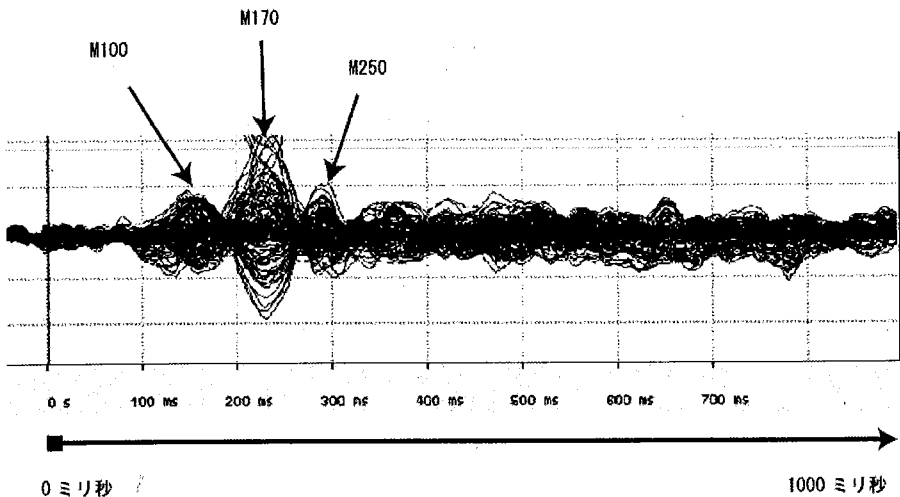


図 20 漢字を視覚刺激とした時の脳磁図の事例

を見せた時、偏と旁を逆にした漢字を見せた時、実在する漢字を見せた時、の5条件間で、M170の大きさを比較しました。この人の場合、絵を見せた時のM170が一番小さくなっています。一番大きいのは、実在する漢字を見せた時です。

7.2.2. 分析の枠組み

実際の分析ではM170の大きさ(面積)を求めて、いろいろな条件で比較しました。まず、個人の中で比較します。脳磁図のデータは体の大きさや脳の形などの個人差に影響されるので、M170の大きさを直接個人間で比較するのは問題があります。各被験者のデータで真漢字の面積を1.00として、ほかの4条件(アイコン、ハングル、偽漢字、誤漢字)との比を出しました。次にこの対真漢字比を被験者間で比較しました。被験者のグループは非漢字圏初級日本語学習者(日本語学習歴6ヶ月 来日前日本語学習経験なしの大学院留学生)、非漢字圏中級日本語学習者(日本語学習歴1年半 来日前日本語学習経験なしの大学院留学生)、非漢字圏上級級日本語学習者(日本語学習歴3年以上 来日前日本語学習経験なしの学部留学生—日本語で学部の授業を受けている)、中国人留学生、台湾人留学生、韓国人留学生、日本人です。中国、台湾、韓国からの留学生はすべ

て上級の学習者です。

7.2.3. 分析結果

7.2.3.1. M170 分析結果

統計分析の結果、グループ間で有意差が得られたのは、アイコンだけでした。非漢字圏初級の学習はアイコン:真漢字 \approx 1.00:100ですが、ほかのグループではアイコン:真漢字 \approx 1.00:080 \sim 0.85です(図22)。この結果は漢字学習経験がなかった非漢字圏初級ではアイコン、ハングル、偽漢字、誤漢字、真漢字すべてほとんど同じように見ている・処理していますが、非漢字圏中級以上ではアイコンと真漢字の区別ができています、または別のものとして処理されていることが示唆されています。脳神経組織にどのような変化が起きたかはわかりませんが、成人が外国語を学習した場合でも学習が進むにつれて神経組織に変化が起こることを示しています。次のグラフに結果をお示ししています。

ハングル、偽漢字、誤漢字では統計的有意差が得られませんでした。その理由は個人差にあると思われます。

図23に日本人12人の対新漢字比分布を示します。12人すべて分布パターンが異なります。個人差が大きいことがわかります。

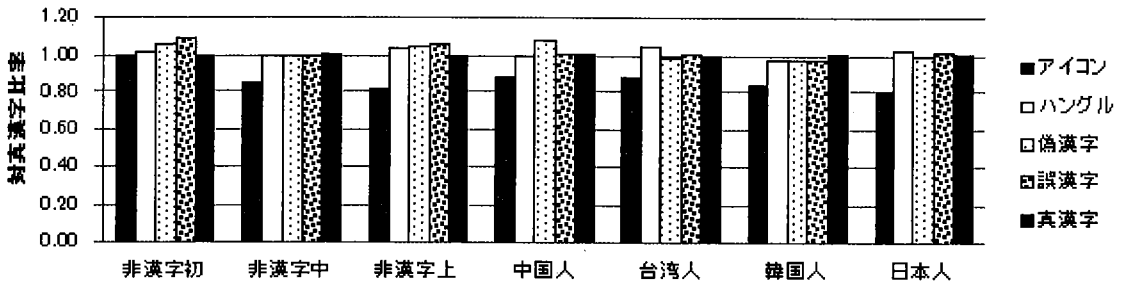


図22 M170 対真漢字比率 グループ比較

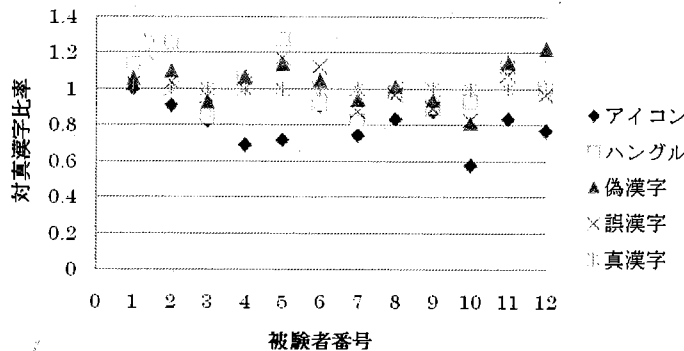


図23 日本人(12人)のM170での対真漢字比分布

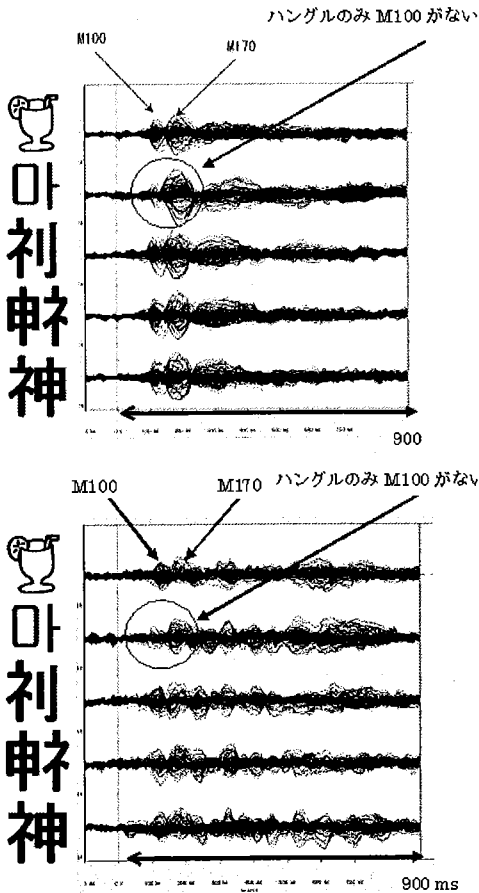


図 24 ハンゲル文字のみ M100 が見られない事例

7.2.3.2. ハンゲル文字のみ M100 が見られない例

たぶん、みなさんは自分がどのように文字をとらえているかお気づきにならないと思うんですね。図 24 は日本人 (左側) とヨルダン人 中級学習者 (右側) の反応を対比させたグラフです。おわかりのとおり、どちらもハンゲル文字に対してだけ、M100 が出ていません。つまり、刺激提示後 100 ミリ秒の段階で、ハンゲル文字だけを他の視覚刺激とは違うものとして別扱いしているわけです。実験終了後にこのヨルダン人学生に感想を尋ねてみますと、「僕はハンゲルのフォントだけ違うように認識していました」と答えてくれました。残念ながら日本人被験者にはフォローアップインタビューができなかったので同じような内省データが採れなかったのですが、ともあれ、こういう実験をしますと、みなさんがどのように言語を処理しているかという内面が暴かれてしまうわけです【会場笑】。意識してやっているわけではないと思うのですが、そういう内面が脳科学によって明

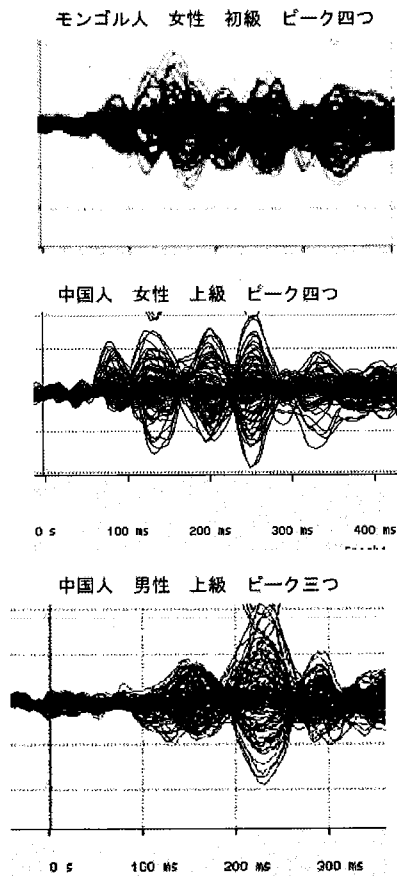


図 25 4つの反応ピークがあった事例と、ピークが3つの事例

らかにされています。

刺激提示後 100 ミリ秒内で文字刺激に対して何らかの判断をしているわけですが、何が判断基準になっているかは分かりません。これも個人差が大きいことを示す例だと思われます。

7.2.3.3 女性被験者の特性?

日本語の場合でもアメリカで行なわれた英語の場合でも刺激提示後 300 ミリ秒の間に 3 つのピークが出るということが報告されています。私のデータでは M100 がでなくて M170 と M250 の 2 つだけというのが一番多かったのですが、4 つの反応ピークがあった例が女性の被験者 3 人でみられました。モンゴル人の初級者と中国人の上級者 (図 25)、それにここにはグラフが載っていませんが、日本人 1 人です。他の文献を見ましても中国語処理の研究から「女性は男性と漢字処理のしかたが違う」という報告があがっています。現在男性に 4 つのピークがあるデータがないだけなので、何ともいえませんが、母語及

び日本語能力に関係なく女性でのみ見られているパターンなのかもしれませんが、もっと研究する必要があります。

7.2.3.4. 全く反応がなかった例

図 26 は、全く反応がなかった例 (中国人女性、上級学習者) です。普通は、100 ミリ秒という短時間しか刺激を提示しないのですが、この人に対しては 500 ミリ秒提示しました。それでも全然反応が出ないのです。70 人の被験者中、日本人女性、韓国人女性、中国人女性など、約 10 人からは反応が得られませんでした。

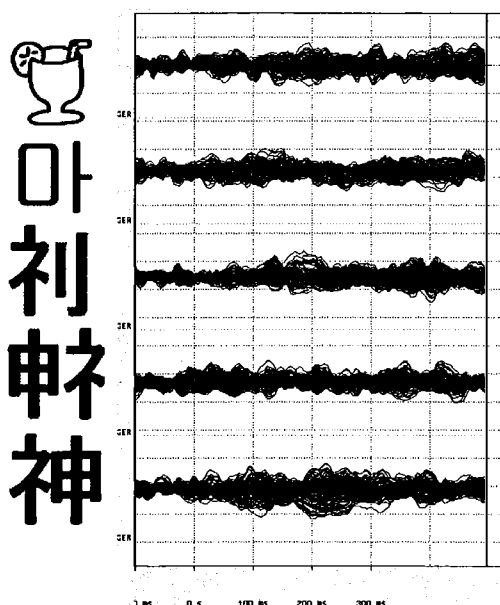


図 26 全く反応ピークがなかった事例

7.2.3.5. 逸脱データの原因追及

なぜこんなに個人差があるのかを考えているうちに、動体視力が怪しいと思い当たったので、分析してみました。動体視力とは動く物体を見る能力¹⁰のことです。野球のイチロー (鈴木一朗) 選手やサッカーの中田英寿選手のような一流のスポーツ選手はボールを眼で追う速度が速いとされています。アシックスがその眼力を測るソフトウェア「スーパービジョン」を開発しているので、そのソフトを使って測定したところ、この中国人女性は「レベル 1」つまり最低レベルでした。因に、私もやってみたらやはり「レベル 1」でした。動体視力は年齢とともに落ちるもので、そのソフトによると 40 歳以上はほと

んどレベル分けできないそうです【会場笑】。しかしこの女性はまだ 20 歳代なので、加齢が原因ではないようです。刺激提示時間も普通の人の 5 倍の時間 (500 ミリ秒) をかけたのですが、それでも反応が出ません。

もう 1 つの原因として疑ったのは、「右利き度 50%」という特性です。「エジンバラの利き手度テスト」(Handedness Questionnaire) というのがあります。日本人を対象に実験を行なう場合を考慮して私はそこに「箸を使う」という項目を加えたのですが、実はこれは曲者で、東洋人はもともと左利きでも周囲が強制して右手で箸を使わせたり文字を書かせたりする場合があります。私の場合、ほうきを持つ時は左手を上にするのですが、あとは全て右手が優位なので、「右利き度 89%」という判定が出ます。あと、雑巾を絞る時も左手が上だったりするので、きれいに 100% という数値がでないこともあります。

最後の要因は女性だということです。女性は男性に比べて脂肪が多く、筋肉が少ないです。脂肪は絶縁体で電気を通しません。からだの電気伝導率が低く、電気信号が測定できなかった可能性もあります。

7.2.3.6. 言語に関する脳機能測定の難しさ

個人差が激しい。

個人内でも変動あり。

脳波や脳磁図の振幅の大きさや潜時は言語能力には関係ない。

ミスマッチ陰性電位の振幅の大きさも音の選別能力とは関係がない。

Kudo et al. (2006)

利き手の問題 アジア系では右への強制? 性差

言語処理は個人差がとても激しいです。個人内でも体調や測定時刻によって変動があります。お医者さんの集まりで「再現性がほとんどない」と言ったら、みんな笑い出しました。医学研究の世界ではよく知られたことのように。川島隆太先生 (東北大学) が、再現性の無い理由をバイオリズム等も含めいろいろ調べたけれども、結局よくわからなかったそうです。

脳波や脳磁図の振幅の大きさや潜時は言語能力には関係ありません。さきほどの中国人女性は日本語能力検定の 1 級合格者ですから、高い日本語能力を持っているといえます。けれども、言語能力以外の

何らかの理由によって反応が出なかったわけです。言語能力と脳磁図のパターンに直接の対応はないわけですから、リサーチのデザインに気をつけねばなりません。

ミスマッチ陰性電位もよく使われるリサーチデザインの1つですが、ミスマッチ陰性電位の振幅の大きさも音の分別能力とは関係がないという報告(Kudo et al.2006)もあります。脳科学のデータを言語教育に応用することの難しさを示しています。

利き手も反応の大きさに影響を与えていると思われる。日本人の場合でも「右利き度 50%」の被験者はあまり反応がうまく出ませんでした。ですから、「右利き」といってもどの程度右利きなのかを確認しておかねばなりません。中国人女性被験者で反応があまり高く出なかった例がありました。後で確認するとやはり左利きを右利きに強制されたそうです。利き手の問題アジア系では右への強制があるので注意しなければなりません。

性差も問題になります。言語処理において男性は左側優位で女性は左右両方を使っているというのが言われています。異論も多く結論は出ていませんが、性差がある可能性は高いです。ある研究者は、女性被験者はどんなデータが出るかわからないので絶対に使わないと言っています。ですから、文献を読む時には被験者の男女比率にも着目し、男女比率がほぼ同等になっているかどうかを確認することも必要です。

7.2.3.7. エジンバラ利き手度テスト

利き手を調べるにあたっては、エジンバラ利き手度テスト (Edinburgh Handedness Inventory) といわれる質問項目を修正して用いました。次に挙げるのが、その質問項目です (大北葉子訳・加筆)。複数の質問項目をたてていることからわかるとおり、利き手は「右利き」か「左利き」かの二者択一というより、中間段階を含んだ段階的なものであるという見方にたっています。

1. 字を書く
2. 絵を描く
3. 投げる
4. はさみを使う
5. 歯ブラシを使う
6. 包丁を使う
7. スプーンを使う

8. 箸を使う

9. ほうきの柄を握った時の上の手

10. マッチをする

11. ビンなどのふたを開ける

出典：Oldfield (1971)

7.3. 脳科学的 SLA 研究の特性と課題

脳機能測定方法は感度もいいがノイズもよく拾います。今日はお見せしませんでした。視覚情報を見せているときに瞬き (筋運動) をするとそのノイズが脳の反応のデータをかき消してしまいます。意味分析の研究をする場合、刺激提示後 400~500 ミリ秒あたりの反応が特に重要なのですが、困ったことにはちょうどそのあたりで瞬きがよく起こります。研究者としてはなるべく瞬きをしないように願っているのです。また、暗い部屋で実験をするために居眠りしてしまう被験者もいます。研究者としては、謝金を払って被験者を集めたのに居眠りをされてデータが採れないのでは泣きたくなります。

脳機能測定方法やデータの解析方法はまだ発展途上です。理工系の人達が一生懸命研究していて、瞬きや心拍によるノイズを数学的に除去する方法を開発しつつあります。これは数学者の博士論文にもなりうるぐらい深いテーマです。

言語活動 (特に大人の場合は) はその人の生物学的特質や言語に対する態度に反応が左右される可能性があることがわかりました。第二言語教育または外国語教育は大人が対象になることが多いので個人差が大きいということは頭にいれておかなければなりません。

8. 今後の課題

脳の活動部位だけではなく、個人差、能力差をもたらしているものは何かを探ることが必要です。伝統的に医学研究は医療を目的とする関係上、病巣の場所を特定することに力を注いできたので、脳機能の研究でも場所をつきとめることが重視されがちです。「言語処理において右脳と左脳とどちらが活発か」というような論題もそういう流れの延長上にあります。

一方、言語教育の観点からいえば、「活動が行なわれているのが右脳だろうが左脳だろうが、そんなことはどちらでもいい」という考え方もありうるわけです。それよりも、「実際の言語能力とどういう脳内

現象の間に関係があるのか」をつきとめるのがこれからの研究の主流になるでしょう。個人差や能力差をもたらしているのは何かを解明するのが目的です。そこから考えると、一時期はやったような「右脳と左脳とどちらを使う方がいいか」というような議論はあまり意味がないと思います。

9. 質疑応答

9.1. 実験素材とデザイン

質問：真漢字の選定は何を基準にされたのでしょうか。

大北：初級クラスで使っている教科書に含まれていて、学習者にとって既習の漢字（ただし覚えているかどうかは別問題）から選びました。

質問：言語心理学で反応時間を調べる実験では画数なども影響するそうですが、今回の実験ではそういう要因の影響は考えられるでしょうか。

大北：非漢字圏の学習者なので、医科歯科大学ではICUの教科書を使っています。6ヶ月間の予備教育で3巻の教科書を全部こなすことになっています。そのICUの教科書に出てくるうち画数が4～12（平均8）の漢字を刺激材料に選びました。ですから、画数についてはコントロールしています。絵フォントとハングル文字については画数のコントロールができないので、していません。

質問：絵に近い、象形漢字を見せた場合には、反応が絵刺激に近くなるという可能性はありますか。

大北：「象形文字」といっても、現在の漢字はかなり抽象化されています。数千年前の漢字創成期の、かなり絵に近いような文字を使えばそういうことがあるかもしれませんが、現在使われている漢字ではあまり関係ないように思います。やってみないとわかりませんが、それに、象形文字が漢字全体に占める比率はかなり低いものです。たとえば「上」や「下」も象形文字ではなく指事文字に分類されます。ですから、おっしゃるような効果が仮にあったとしても、漢字全体に対する影響は限られていると思います。

質問：絵と文字の処理を比較した研究のご紹介がありました。同じ漢字でも読み方が一通りだけの漢字と複数の読み方が可能な漢字とでは、反応が異なるのでしょうか。

大北：今回の分析では刺激提示後170ミリ秒ぐらいまでの視覚的処理に注目しています。ご質問の読

み方に関する音韻的処理はそのあと、250ミリ秒ぐらいからはじまると言われているので、読み方の影響はないと思います。

質問：刺激材料に漢字だけでなくハングルも用いたのはどういう意図によるのでしょうか。

大北：ハングルというのは、漢字が左側（「偏」）、右側（「旁」）、下側（「脚」）などの要素（部首）から構成されているのと構造的には同じなのです。ただ、その部品だけが異なります。ですから、「全体の構造は同じで部品だけが異なる視覚刺激（文字）にどう反応するか」を調べるためにハングルを入れました。

質問：さきほど見せていただいたグラフ（図26）で、M170より後にたくさん波がみられたのですが、あれが音韻処理の脳活動ではないのですか。

大北：そうではなくて、背景脳波（アルファ波ほか）等だと考えられます。本研究の目的からいえばノイズに分類されるものです。

質問：言語心理学の実験ですと、刺激に反応してボタンを押させたり、naming taskなら音読させたりしますが、大北先生の実験ではそういう課題は与えなかったわけですか。

大北：さきほど言い忘れていたのですが、1つだけ被験者に反応をさせました。「ハングルが出たらカスタネットを叩きなさい」という指示をあらかじめ与えています。（カスタネットを叩くために筋肉を動かすので多少のノイズは発生します。）ただしこの指示を出した目的は居眠りを防ぐため、被験者の内的な過程を調べるためではありません。刺激提示後200ミリ秒までは自動的に起こる知覚の過程ですから、被験者が刺激を理解しているかどうかを調べる必要がないわけです。その点が、従来行なわれていた実験心理学的研究でよく反応時間や正答率を計測するのと比べ、研究方法のパラダイムが異なる部分だといえるでしょう。

質問：ご紹介いただいた研究では提示刺激は音声（聴覚）か文字（視覚）か、どちらか一方でしたが、実際のコミュニケーションでは両方同時に処理することが多いと思います。そういう、複数のモダリティー刺激の同時処理も研究することは可能なのでしょうか。

大北：MRIを使ってそういう研究をしている人がいます（Baier, Kleinschmidt, & Müller 2006）。たとえば画面に出てくると違う音を聞かせて脳のどこ

が反応するかを調べると言う研究が、東北大学でなされています。ただ、まとまった成果が発表されるのはまだしばらく先になるようです。

質問：大北先生が PET や fMRI ではなく脳磁図を使われたのはなぜなのでしょう。

大北：PET は脳イメージング技術の中でも比較的早い時期 (1990 年代) に開発されたので、その当時は PET を使った言語処理研究がいくつか発表されました。しかし、PET は体内に放射性物質を注射する (侵襲性) ので、医療目的でない純粋な認知研究には本来そぐわないのです。ちょうど 1995 年ごろから fMRI が発達してきたので、今では fMRI が言語研究のための脳イメージング技法としては主流になっています。一方、脳磁図の測定機材を備えている大学は、あまり多くありません。なぜかという、脳磁図は何億円もする機器を使うわりには保険診療の点数があまりつかないので、病院としては投資が回収できないんですよ。癲癇の患者さんの手術をする前に発作の部位を特定するなど、ごく限られた目的以外では保険点数がつかえません。(自由診療で脳磁図を撮ると、3~4 万円かかるそうです。) かといって、何億円もする高価な機材を国立大学がいったん入れた以上、簡単に廃棄するわけにもいきません (廃棄手続がとてつもなく大変なのだそうです)。高価な機材を買ったからには説明責任が生じるので、現にある設備を「使っていません」というわけにもいきません。そういうわけで、医科歯科大学にある脳磁図の機械は医療用にはほとんど使っていないので私が研究用に使えるという事情があります。ただし、機械を維持するためには毎月約 50 万円分の液体ヘリウムを注入する必要があります。(こうやって常に極低温に保っておかないと内部が枯れてしまう、つまりコイルが壊れてしまうので、それを再起動するためには調整に 200 万円ぐらいかかります。) それだけの資金を投入し続けることができる機関でないという機材は使えないわけです。

一方、MRI の機械の方は医療用にフル回転しているので、研究用には使わせてもらえません。

質問：どうしてそんなに高いのですか？

大北：1 つの理由は、医療機具として国に申請登録すると値段が高くなるということがあります。メーカーが申請に費やす書類処理の手間が大変だと

いうこともあります。(全く同じ機材でも、研究目的専用に購入し医療用の申請をしなければ値段はずっと安くなるのです。) それに加え、法定の年限を過ぎた医療機具は使ってはいけないという法律が昨年から施行されています。そうするとどんどん新しいものに買い替えないといけないので、ますます病院の財政が厳しくなるわけです。医療目的の商品が高いというのは機材だけではなく、たとえば大学病院で使っているカルテ管理のソフトウェアは何億円もします。開発費とかセキュリティー管理にそれなりの費用はかかっているのでしょうか。

9.2. 研究のめざすもの

質問：脳磁図によって何を見ようとしているのでしょうか。どのあたりで反応が大きくなるかということは講演をうかがってわかったのですが、処理のしかたとして数学的に何を見てそれをどう処理して、それはある仮説にもとづいているものなのか、それとも探索的にどんなことが起こっているかを調べているという段階なのでしょう。

大北：研究計画を立案するに先立って最初に考えたのは、非漢字圏出身の学習者がまずやらなければならないのは「図形」としての漢字の勉強だということです。その勉強がどうなっているのかを調べるために M170 (図形の特徴の分析) に着目しました。当初の仮説では、M170 は学習開始早々には現れず、学習が進むにつれて大きくなる予想していました。しかし、結果は予想を裏切るものでした。M170 の大きさは、各人が持っている図形への sensitivity に左右されます。ですから、例えばさきほどお見せした中国人女性は上級学習者にも関わらず M170 が全くあらわれませんでした。一方、リビア出身者で大きく出た人がいます。ですから、M170 の大きさを個人間で単純に比較することはできません。それならまず個人内で比較してみようということで、まず真漢字に対する反応を 1 とした時に絵やハンダなどに対する反応の比率を各個人について求め、次にその比率の数値を個人間で比較するという分析方法をとりました。その結果、ごく初級の学習者を除けば、真漢字に対する絵への反応の比率はほぼ 0.8 であるという安定した結果が得られました。ただ、それ以外の視覚刺激に対する反応の大きさはばらばらです。

司会:「言語の習得状況を測定する脳科学的指標をみつける」というのが大北先生の研究のそもそもの動機・目的だといつていいでしょうか。

大北: はい、大人が言語など新しいことを学ぶときに脳活動がどう変化するかを解明する第一歩として始めたのがこの研究だと思っています。臨界期仮説では、一定の年齢を過ぎると言語学習の効率が低下すると言われていました。とはいえ人間の脳には可塑性があって、やはり学習すれば変化が生じます。「習得する」ということは脳の中で何らかの神経回路の変化が起きているわけですから、その変化の指標を出したいと考えたのです。いろいろな試行錯誤の末、1 つ見つかったかなと思えるのは、「真漢字に対する反応の 80% ぐらいの大きさの反応が絵刺激に対して起きる」という変化です。ただしこれはあくまで電磁的な反応が指標なので、神経自体にどこでどういう変化が生じているのかはまだ（現在までに開発されているテクノロジーでは）わかりません。「とにかく数字で出ているので、何らかの変化が起きたのだろう」ということしかいえません。

質問: 脳科学的な研究方法がどのように応用できるかに興味があります。文字や音韻だけでなく、文法処理や談話処理にも応用は可能なのでしょうか。またそういう研究は既にあるのでしょうか。さらに、いわゆる情意面、たとえばおもしろがっているとか、積極的な態度を示しているとか、興味を示しているとか、そういった心の動きも脳科学的な指標で測ることができるのでしょうか。

大北: 逸脱文をみせたり意味プライミング技法を使い、MEG で脳反応を計測した研究は既になされています。ただ、そういう研究をするうえで、医科歯科大学の MEG 装置の場合は瞬きがネックになります。意味的な処理は刺激提示後 400 ミリ秒前後で生じるのですが、瞬きもそのタイミングで起こりやすいのです。そういう事情もあって、私は今のところ文法処理には手を出していません。ただ、逸脱文の場合は文法性に関していうと、脳波を指標とした研究ではあまり結果が出ていません。1 つだけやれそうなのは、倒置文です。日本語では文末に述語動詞が来るとい以外は比較的語順の制約が緩やかです。したがって、研究者は逸脱文のつもりで提示しても、被験者はそうは受け取らないので反応が出ないということがありえます。

お医者さんがやった研究でひとつだけ結果が出たのが、動詞の位置を文末から移動した倒置文（例:「見た、木村拓哉を。」）です（中込 2006）。

9.3. 学際研究の実験

司会: 心理言語学者が医学者と共同研究をする場合、心理言語学の専門家同士でチームを組む場合とは違ったご苦労がおりかと思ひます。その御苦勞談など、さしつかえない範囲でお聞かせいただけますでしょうか。

大北: 物理的なことをいうと、お医者さんは忙しいのでなかなかつかまらないうし、メールを出してもなかなか返事が来ないということがあります。それから、お医者さんは場所の特定が大好きです。病人をみると「どこが悪いのか」をつきとめないうといけないので、脳研究でも同じようにして場所を探することに興味に向かうようです。そういう人達に「言語には違う見方もあるんだよ」と説得するのがタイヘンです。ただ、精神科のお医者さん達は言語面に障害を持つ患者さんを数多く見ているので、そういう先生方とは比較的コミュニケーションがとりやすいのですが、脳外科ですと何をおいても場所が大事なので。

司会: 「被験者内要因と被験者間要因を決めて、変数をコントロールして」というような実験心理学的研究の枠組みはお医者様にすんなりご理解いただけるのでしょうか。

大北: ちゃんと実験科学のことを勉強した先生は理解して下さいます。していないと、ちょっとタイヘンです。これは医学部の教育の問題でもありますが、医学部の大学院教育は「研究を優先すべきか、臨床を優先すべきか」というジレンマを抱えています。研究方法については、医学部の大学院生よりも心理学専攻の大学院生の方がしっかりトレーニングを受けているようです。特に臨床医で博士号をとられた方で、1 人の患者さんの症例を深く調べて博論を書いたような場合、研究デザインや統計分析あるいはそれにまつわる理論にはあまり馴染んでおられないという印象を持っています。そこのバランスは恐らくどこの医学部でも問題になっていると思ひます。

9.4. 次なるテーマ

司会: 大北先生のご研究は今どういふ段階にあるのでしょうか。第 1 サイクルの 3 カ年科研は既に終了して、第二サイクルに入っているのでしょうか。

大北：はい、第1サイクル(2004-2006年度科研)は終わりました。これから先の研究の進め方は、MEGが使えるかどうかによって変わってきます。MEGが使えなければ脳波でやろうと思っています。私がこの研究の過程で気づいたのは、各人が文字に対して持っている態度が影響しているかもしれないということです。ですから、そういう態度を調べて、それと脳活動データ(真漢字と絵刺激への反応の大きさの比率)との関連が調べられたらおもしろそうだと思います。

あと、携帯電話の絵文字を駆使している20代の人達は、違った反応をするかもしれないと思っています。このデータを分析するにあたって早稲田大学の理工学部の先生に相談に行ったのですが、そのラボの学生さんは概して言語にあまり興味のない人達で、私が普段接している言語コンシャスな人達とはかなり違います。その早稲田の理工の学生さん達にハングル文字を見せると、「四角い箱」などという反応が返ってきたので、「こういう見方をする人もいるのか!」と新鮮な思いでした。最近では日本の街角でもハングル文字や簡体字の表示をあちこちでみかけるようになりましたが、言語に興味のない人達はそういう刺激を文字ではなく記号としてしか認識していないように思われます。同じ日本人であっても興味関心のありかに影響されて文字刺激への感受性が異なり、中にはM100が出ない人もいるのだらうと思います。M100が現れる人と現れない人にはそれぞれどういう特徴があるのかが調べられればいいと思っています。

9.5. 脳科学研究の意義と限界

質問：脳イメージング技術を使って言語処理が行なわれている部位をつきとめたら、それで言語処理のメカニズムが解明できるのでしょうか?

大北：「右脳」だの「左脳」だのという言説がよく取りざたされていますが、それは「言語がどのように処理されているか」を解明することに直接は結びつきません。fMRIというのは刺激を見せて約1秒後に増える血流量を測定するのですが、私がやった実験のように漢字をみせたら1秒以内にその視覚情報の処理は終わっているのです。ですから、fMRIだけで言語処理のメカニズムがわかると考えるのは早計です。言語処理など人間の認知・行動は非常に複雑なプロセスで、現行の脳イメージ

ング技法にもとづく脳科学研究はその全貌の一端を垣間見るに過ぎません。そういうほとんど役に立たない実験を何年も積み重ねているその先になにか役に立つ知見が見えてくればいい、というぐらいの覚悟で臨む必要があると思います。いま使える方法論の限界をわきまえたうえで、一步一步前進していかなければならないのです。ですから、巷で脳科学の成果の応用と称して「右脳を鍛えよう」なんてよく耳にしますが、あんまり実用に役立つものではありません。【会場笑】

9.6. これから脳科学研究に挑む人達へのアドバイス

質問：大北先生が進めておられるような研究には、統計学やコンピューター・脳科学など理系的な学識が必須だと拝察します。文系出身の研究者がこのような実験をしたい場合、何を、どのくらい、どう勉強すればできるものですか。

大北：私もそんなに統計学に詳しいわけではないし、全ての統計技法の理論的根拠まで理解しているわけではないのですが、「こういうデータを分析するためにはこういう技法を用いる」という程度の知識は最低限必要だと思います。

私がよくお薦めするのは放送大学(<http://www.u-air.ac.jp/>)の番組を視聴することです。放送大学は心理学、認知科学、学習科学、統計学、e-learningなど様々な科目が開講されていて、特に教育関連の科目は大学院課程まであります。講師は超一流の学者揃いで、しかも教科書は3000円前後ですから、専門書としては格安です。同じ先生が同じような内容の本を別の出版社から出すと、5000円ぐらいすることが珍しくありません。ですから、私も放送大学の授業をDVDに録画して見えています。

質問：非常に高度な測定機器を使わないとできない研究なわけですが、そういった機器はどのようにすれば使えるようになるのでしょうか。

大北：九州大学、広島大学、東北大学、北海道大学など、いくつかの大学には脳科学の研究センターがあるので、その先生にアプローチするしかないかな、という気がします。「けいはんな学研都市」には国際電気通信基礎技術研究所(Advanced Telecommunications Research Institute International: ATR)という研究機関がMRI、脳波計、NIRSなど様々な脳科学研究用機材を備えており、大学間の共用施設となっていますので、申し込みをすれば

その設備を使わせてもらうことができます (有料)。他にも、放射線医学総合研究所 (千葉県千葉市稲毛区) が日本国内では最高性能のMRIを持っているのですが、予約は何年間待ちだそうです。仮にCOEプログラム¹¹⁾の申請が採択され研究資金が確保できたとしても、実際に大学院生をリサーチアシスタントとして現地に送り込みデータ収集が始められるようになるのが、申し込みをしてから何年も後になる、ということです。ですから、こういう研究をしようとするれば、大きな総合大学で研究用の脳機能計測機器を備えているところが有利ですね。私が勤めている東京医科歯科大学もMRIがあるのですが、それは医療用で、研究のために使えるようになっていません。なぜかという、MRIはコストが凄くかかるのですよ。機材だけで4億円ぐらいしますし、維持管理費も冷却用の液体ヘリウム代だけで毎月100万円ぐらいかかります。その他に機械の操作をしてくれる技官も必要ですし、大掛かりな装置ですから設置するスペースだけでもかなりの面積を塞ぎます。それだけコストをかけても、必ずいいデータがとれるとは限りません。ですから、言語に関する研究に興味を持ってくださる先生に協力していただかないと思います。

司会：大北先生、今日はすばらしいお話をありがとうございました。【会場拍手】

注

1. 文部科学省科学研究費助成金 基盤 (C) 2004-2006 年度「脳磁図、fMRI、近赤外分光法を用いた留学生の日本語習得過程の経年的研究」(課題番号 16520345) 研究代表者 大北葉子
2. 南アフリカのコイサン語族などには、外気を口腔内に取り入れながら出す子音 (吸着音) がある。
3. がん細胞は正常な細胞と比べて細胞組織がなるため水素の分布も異なるのでエネルギーの放出のされ方も異なる。
4. MRI と functional MRI は同一の装置で測定可能であるが、データ解析のアルゴリズムが違うため、それぞれ異なるソフトウェアを用いてデータを分析する。
5. 以前は「痴呆」と呼ばれていた。
6. 2002年までは「精神分裂症」と呼ばれていた。
7. MRI 装置は日本を除けば欧米に偏在しているので蓄積されたデータは欧米人のものが多く、それをもとに「モデル脳」として使用されている。
8. 旧ソ連で開発され、1980年代末から1990年代初頭に

かけて世界的に大流行したコンピューターゲーム。画面上方から落下するブロックピースを回転・移動して整列する技量を競う。

9. M は magnet の略
10. 視線を動かす動眼神経の性能および、眼から脳に伝えられた情報を処理する能力からなる。通常の視力検査で測られる静止視力とは異なる概念である。
11. 文部科学省が主導する、研究拠点形成等補助金事業。1件あたり約5000万~5億円という巨額の研究資金を少数の重要拠点に集中的に投入するところに特色がある。COE は Center of Excellence の略。

参照文献

- 大石晴美 (2006) 『脳科学からの第二言語習得論：英語学習と教授法開発』昭和堂
- 中込和幸 (2006) 「言語処理に関するERP」第27回事象関連電位 (ERP) 研究会特別講演 平成18年2月4日 東京都 全共連ビル別館
- 櫻井靖久 (2005) 「第15章 健康成人における漢字単語・仮名单語の処理」笹沼澄子 (編) 『言語コミュニケーション障害の新しい視点と介入理論』医学書院
- 本田学・柴田浩 (1999) 「脳機能イメージング」酒田英夫・外山敬介 (編) 『岩波講座 現代医学の基礎 7 脳・神経の科学 II』医学書院
- 宮内哲・早川友恵 (2000) 「fMRI, MEGによるヒトの高次脳機能測定：pop-outのメカニズム —MEGによる検討—」『重点領域研究 高次脳機能のシステムの理解 第1班 《認知のメカニズム》平成11年度研究報告』 <<http://www.cog.ist.i.kyoto-u.ac.jp/proj/jyuten/H11/miyauchi.html>> (November 22, 2008)
- Baier, B., Kleinschmidt, A., and Müller, N. G. (2006) Cross-Modal Processing in Early Visual and Auditory Cortices depends on Expected Statistical Relationship of Multisensory Information, *The Journal of Neuroscience*, 26(47), 12260-12265.
- Dubin, Mark (2008) Brodmann Areas in the Human Brain with an Emphasis on Vision and Language, <<http://spot.colorado.edu/~dubin/talks/brodmann/brodmann.html>> (November 18, 2008)
- Farah, Martha J. (2000) *The Cognitive Neuroscience of Vision*, (Fundamentals of Cognitive Neuroscience) Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell. (現代基礎心理学選書 第6巻『視覚の認知神経科学』利島保 (監訳) 2003 共同出版)
- Haier, R. J., Siegel, B. V. Jr., MacLachlan, A., Soderling, E., Lottenberg, S., Buchsbaum, M. S. (1992) Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomographic study, *Brain Research*, 570(1-2), 134-43.
- Hill, H., Ott, F., & Weisbrod, M. (2005) SOA-dependent N400 and P300 semantic priming effects using pseudoword primes and a delayed lexical decision, *International Journal of Psychophysiology*, 56(3), 209-221.

- Kim, K. H., Relkin, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997) Distinct cortical areas associated with native and second languages, *Nature*, 388, 171-174.
- Kudo, N., Kasai, K., Itoh, K., Koshida, I., Yumoto, M., Kato, M., Kamio, S., Araki, T., Nakagome, K., Fukuda, H., Yamasue, H., Yamada, H., Abe, O., Kato, N., & Iwanami, A. (2006) Comparison between mismatch negativity amplitude and magnetic mismatch field strength in normal adults, *Biological Psychology*, 71(1), 54-62.
- Lai, C. S. L., Fisher, S. E., Hurst, J. A., Vargha-Khadem, F., Monaco, A. P. (2001) A novel forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder, *Nature*, 413, 519-523.
- Landi, N., & Perfetti, C. A. (2007) An electrophysiological investigation of semantic and phonological processing in skilled and less-skilled comprehenders, *Brain and Language*, 102(1), 30-45.
- Mehl, M. R., Vazire, S., Ramirez-Esparza, N., Slatcher, R. B., & Pennebaker, J. W. (2007) Are women really more talkative than men?, *Science*, 6, 82.
- Oldfield, R. C. (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory, *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Perani, D., & Abutalebi, J. (2005) The neural basis of first and second language processing, *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 202-206.
- Pinel, John P. J. (2003) *Biopsychology with Beyond the Brain and Behavior 5th Edition [STUDENT EDITION]*, Upper Saddle River, NJ 07458: Allyn & Bacon, Inc. (『ピネル バイオサイコロジー・脳—心と行動の神経科学』佐藤 敬・若林孝一・泉井亮・飛鳥井望 (訳) 2005 西村書店)
- Pylkkänen, L. (2008) *Research*, August 31, 2008
<<http://homepages.nyu.edu/~mp108/index.html#research>>
(November 22, 2008)
- Stafford, T. & Webb, M. (2004) *Mind hacks: Tips & tools for using your brain*, Cambridge, MA: O'Reilly & Associates Inc. (『Mind Hacks 実験で知る脳と心のシステム』夏目大 (訳) 2005 オライリージャパン)

おおきた ようこ／東京医科歯科大学 留学生センター

yokita.isc@tmd.ac.jp

稿末資料：文字学習・脳科学に関する大北葉子氏の主要な業績（抄）

学位（博士）論文

Okita, Yoko. (1996) Kanji learning strategies and verbal and visual learning style preferences, Ph.D. dissertation, University of Hawaii at Manoa.

学術雑誌・専門書籍に収録された論文

大北葉子 (1995) 「漢字学習ストラテジーと学生の漢字学習に対する信念」『世界の日本語教育 第5号』105-124.

大北葉子 (1998) 「初級教科書の漢字学習ストラテジー使用および漢字学習信念に与える影響」『世界の日本語教育 第8号』31-45.

大北葉子 (2001) 「漢字の書き誤りが漢字教育に示唆すること」『日本語教育のためのアジア諸言語の対訳作文データの収集とコーパスの構築』(平成11～12年度科学研究費補助金基盤研究(B)(2)(課題番号 国11691041) 研究成果報告書, 研究代表者 前田(宇佐美) 洋, 19-28. <<http://www2.kokken.go.jp/eag/seika/hookokusho01/okita.pdf>>

大北葉子 (2002) 「在星日系企業での日本語が話せる原地スタッフの状況について」『シンガポール日本商工会議所 月報』9, 19-24.

大北葉子・郭俊海 (2003) 「シンガポール華人の漢字学習」『アジア太平洋地域における日本語教育と日本研究：現状と展望』香港日本語教育研究会 75-84.

郭俊海・大北葉子 (2001) 「シンガポール華人大学生の日本語学習の動機づけについて」『日本語教育』Vol.110 130-139.

Okita, Y. (1997) Students' beliefs on learning the Japanese orthography: Beyond the textbooks, In H. Cook, K. Hijirida & M. Tahara, (Eds.) *New trends and issues in teaching Japanese language and culture*, Honolulu, HI: The Second Language Teaching and Curriculum Center The University of Hawaii at Manoa, 61-75.

Okita, Y. & Guo, J. H. (2001) Learning of Japanese kanji character by bilingual and monolingual Chinese speakers, In J. Cenoz, U. Jesner & B. Hufeisen (Eds.) *Trilingualism, Tertiary Languages and Multilingualism*, Tuebingen: Stauffenburg Publisher, 63-74.

科研報告書

大北葉子 (研究代表者・編著) (2007) 平成14～16年度 文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C) (2) 『脳磁図、fMRI、近赤外分光法を用いた留学生の日本語習得過程の経年的研究』研究成果報告書