



平成 25 年 8 月 21 日

科学技術振興機構 (JST)  
Tel : 03-5214-8404 (広報課)

国立精神・神経医療研究センター  
Tel : 042-341-2711 (総務部 広報係)

## 外国語学習による脳の柔軟な変化を可視化 —継続は力なりを脳画像で証明—

### ポイント

- 脳局所の大きさと局所間連絡の強さの変化を同時可視化する手法を開発しました。
- 外国語学習による成績変化により脳が柔軟に再構築されることを発見しました。
- 学習を司る脳のメカニズムの理解やリハビリテーション評価に役立つことが期待されます。

JST 課題達成型基礎研究の一環として、国立精神・神経医療研究センター 先進脳画像研究部の花川 隆 部長は、国際電気通信基礎技術研究所の細田 千尋 研究員らと共同で、外国語学習によって脳が従来想定されていた以上に柔軟に変化することを明らかにしました。

磁気共鳴画像法 (MRI) を用いた従来の学習研究では脳の局所あるいは局所間連絡のいずれか一方しか評価しておらず、学習による能力の向上と脳の間関係をより包括的に評価できる手法の開発が望まれていました。

今回、複数の磁気共鳴画像を組み合わせた新しい脳画像法を開発し、4 か月間の英語語彙学習プログラムに参加した日本人成人 24 人の脳構築の変化を計測したところ、言語との関わりが乏しいと考えられていた右半球前頭葉の一部が英語力アップに相関して大きくなり、並行して脳局所間の連絡も強化されていました。1 年後に再測定を行うと、自主的に学習を続けた人だけが学習プログラムによる脳発達を維持し、ほかの人の脳は学習プログラム前の状態に戻っていました。さらに 137 人における検討でも、英語語彙能力が高いほどこれらの部位が発達していることが確認できました。

本研究は言語学習のメカニズムに新たな視点を与えるだけでなく、失語症のリハビリテーション法開発支援など医療の向上にも貢献することが期待されます。

本研究成果は、2013 年 8 月 21 日 (米国東部時間) 発行の米国神経科学学会誌「The Journal of Neuroscience」に掲載されます。

本成果は、以下の事業・研究領域・研究課題によって得られました。

戦略的創造研究推進事業 個人型研究 (さががけ)

研究領域 : 「脳情報の解読と制御」

(川人 光男 (株) 国際電気通信基礎技術研究所 脳情報通信総合研究所 所長 / 脳情報研究所 所長/ATR フェロー))

研究課題名 : 「BMI 学習による神経可塑性変化の非侵襲多角計測」

研究者 : 花川 隆 (国立精神・神経医療研究センター 先進脳画像研究部 部長)

研究期間 : 平成 20 年 10 月 ~ 平成 26 年 3 月

JST はこの領域で、運動や判断を行っている際の脳内情報を解読し、外部機器や身体補助具などを制御するブレイン・マシンインターフェイス (BMI) を開発し、障害などにより制限されている人間の身体機能を回復するための従来にない革新的な要素技術の創出に貢献する研究を支援しています。

## <研究の背景と経緯>

脳は部位ごとに異なる機能を持っています。例えば、右利きの人では左大脳半球の前頭葉と側頭葉の一部に言語機能が局在していることが知られており、これらの脳局所は言語野と呼ばれます。一方、右大脳半球は言語との関わりが乏しいと考えられてきました。

運動や言語の学習は、人間が日々行っていることにもかかわらず、分かっていないことが多く残っています。学ぶことで能力が向上するのは、そのような脳の構築に何らかの変化が生じているためと考えられますが、その詳細は明らかではありません。学習によって脳局所の構築に変化が生じることが重要なのか、脳局所間の連結が強まることが重要なのかについては議論が続いています。最近、磁気共鳴画像法（MRI）を用いて学習による脳の構築の変化を計測できるようになりましたが、脳の局所の変化あるいは脳の局所間の連結を表す画像のどちらか一方しか解析の対象にしていなかったため、このような疑問にはっきりした答えを出すことができませんでした。

## <研究の内容>

花川部長らは、脳局所と局所間連結の両方を継時的に評価する新しい方法を開発し、従来左半球に偏在して生じると考えられてきた言語学習を題材として、学習によって脳局所と局所間連結にどのような変化が生じるのか検討しました。4 か月間の英語語彙学習プログラムに参加した 24 名の日本人大学生と、参加しなかった 20 名の日本人大学生から、学習期間の前後に英語能力テスト（TOEIC など）と複数の脳 MRI 画像データ（脳灰白質<sup>注1</sup>容積 MRI 画像、脳白質連結 MRI 画像）を取得しました。参加者は全員右利きでした。学習後には TOEIC の点数は 30% アップし、右前頭葉 44 野<sup>注2</sup>に灰白質容積の増加、44 野と尾状核<sup>注3</sup>の連結と 44 野と側頭葉上部の連結に強化が生じていました（図 1）。予想に反して、これらの変化は右大脳半球に偏在しており、右前頭葉 44 野の灰白質容積増加と、右前頭葉 44 野と尾状核の局所間連結増強だけが TOEIC の点数アップ率と相関していました。学習プログラムに参加しなかった人たちにはこのような変化は見られませんでした。

次に、学習プログラムに参加した人たちについて、プログラム終了 1 年後に再度検査を行ったところ、ほとんどの参加者は TOEIC 点数が学習直後より低下しており、右前頭葉 44 野の灰白質容積と 44 野と尾状核の連結強度も学習前に近い状態に戻っていました（図 2）。しかし自発的に英語学習を続けていた少数の参加者では、点数が保たれていたと同時に、前頭葉 44 野の灰白質容積と 44 野と尾状核の連結強度もプログラム参加前より増加した状態を保っていました。

さらに 137 人の日本人成人で英語語彙能力テストを行ったところ、英語語彙能力が高い人ほど右前頭葉 44 野の容積と 44 野と尾状核の連結が発達していることがわかりました（図 3）。

以上の結果は、成人になっても、学習により脳局所と局所間連結の両方が並行して柔軟に変化することを示します。

学習に合わせて強化されたせつかくの神経回路も、学習を怠ると並行して失われてしまうことがわかりました（図 4）。そして、外国語学習によって言語との関わりが乏しいと考えられていた右半球に構築の変化が生じることは、学習によって脳が変化しうるレパートリーは従来考えられていたよりさらに幅広いことを意味します。言語学習に伴う前頭葉 44 野と尾状核の連結強度の変化は、言語学習に「強化学習」の機構が働いている可能性を示唆します。

### ＜今後の展開＞

今回の研究結果は、外国語学習と脳の関係について新しい視点を与えます。また、今回開発した新しい手法は、外国語学習以外のさまざまな学習メカニズムの理解にも役立つと同時に、言語障害のリハビリテーション法の支援など精神・神経疾患の医療の向上に貢献することが期待されます。

<参考図>

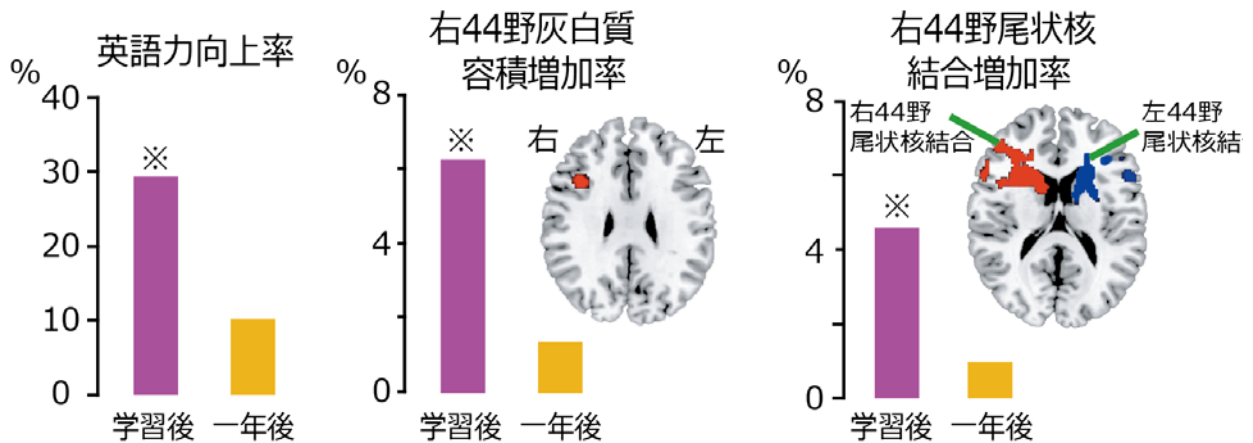


図1 英語語彙学習による成績と脳構築の変化（学習直後と1年後）

英語語彙学習プログラム参加者（24名）の平均では、学習後（紫縦棒）に英語力、右前頭葉（44野）の灰白質容積、右前頭葉（44野）と尾状核結合の強度が、学習を行っていない参加者と比べて有意（※）に増加したが、1年後には学習前と変わらない値（橙縦棒）に戻っていた。左前頭葉と尾状核の結合には同様の変動は見られなかった。

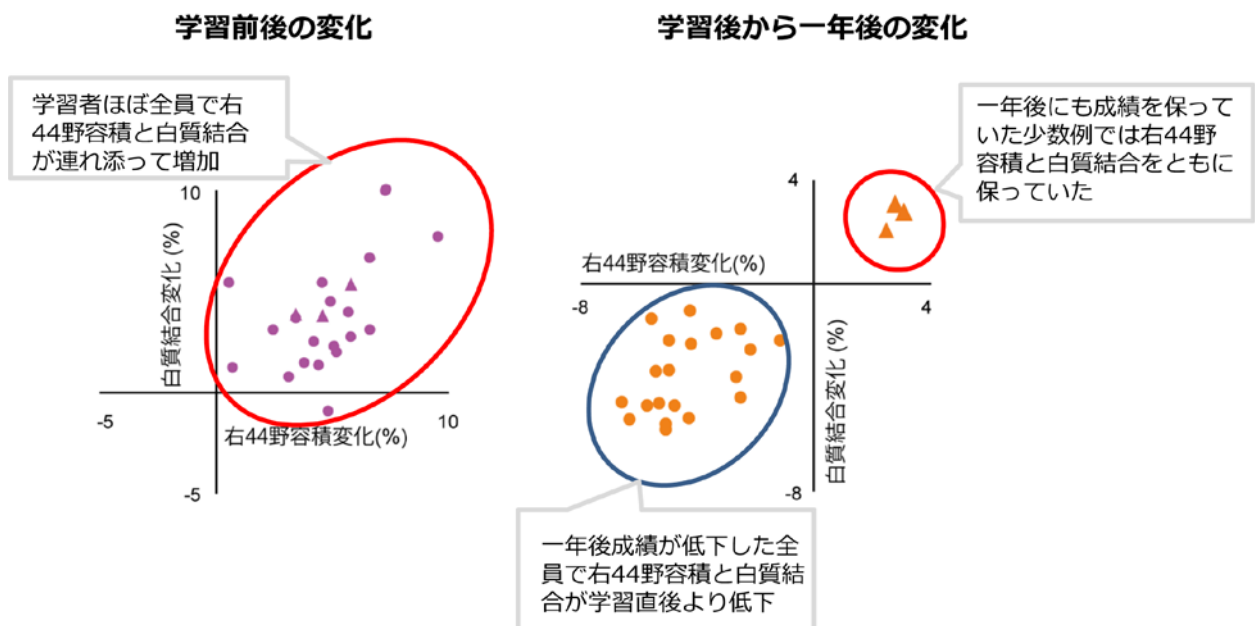


図2 局所灰白質容積と局所間連結の変化の関係性

学習前後の比較では、ほぼ全例で学習後（紫）に右44野灰白質容積と右44野皮質下白質連結強度が連れ添って増加していた。学習直後と1年後の比較では、1年後に英語力が低下した多くの参加者では右44野灰白質容積と右44野皮質下白質連結強度がともに失われていたが、成績を保っていた数例では保たれていた。1年後に成績を保っていた参加者はプログラム終了後も自発的に英語学習を続けていた。

英語語彙能力が高いほど発達していた脳構築 (日本人成人137名)

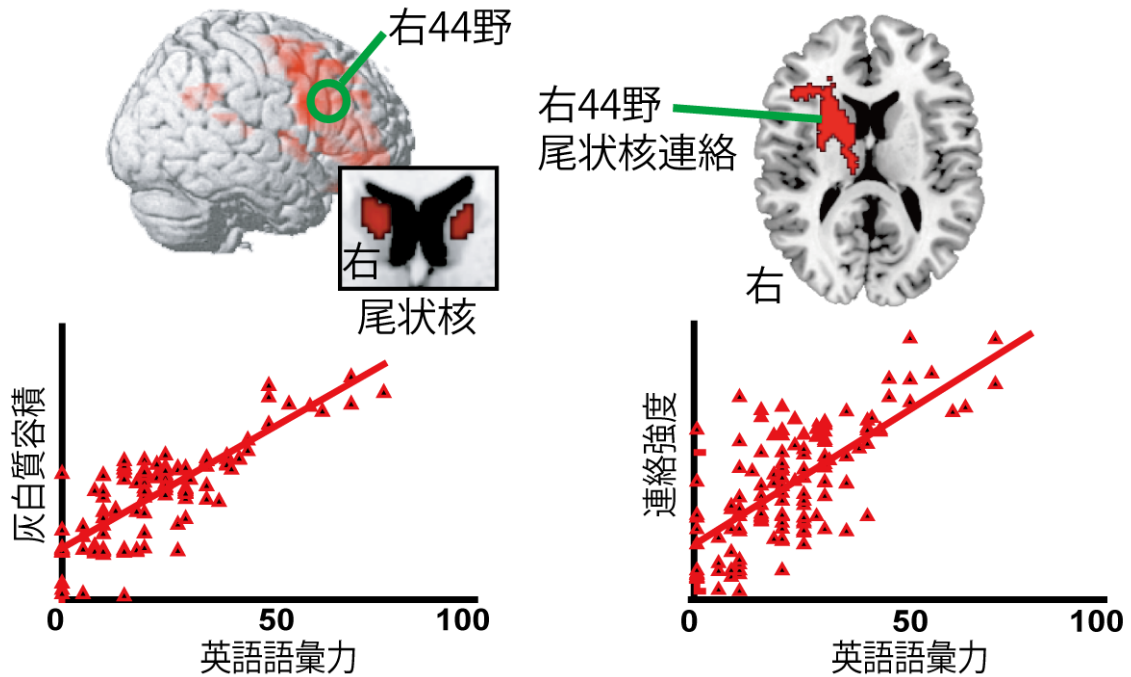


図3 日本人成人で英語語彙力と相関して発達している脳構築

英語語彙学習によって変化した脳部位 (右44野容積と右44野尾状核連結) は、日本人成人137名における横断的検討で、高い英語語彙能力を持つ人ほど発達している部位であることが裏付けられた。

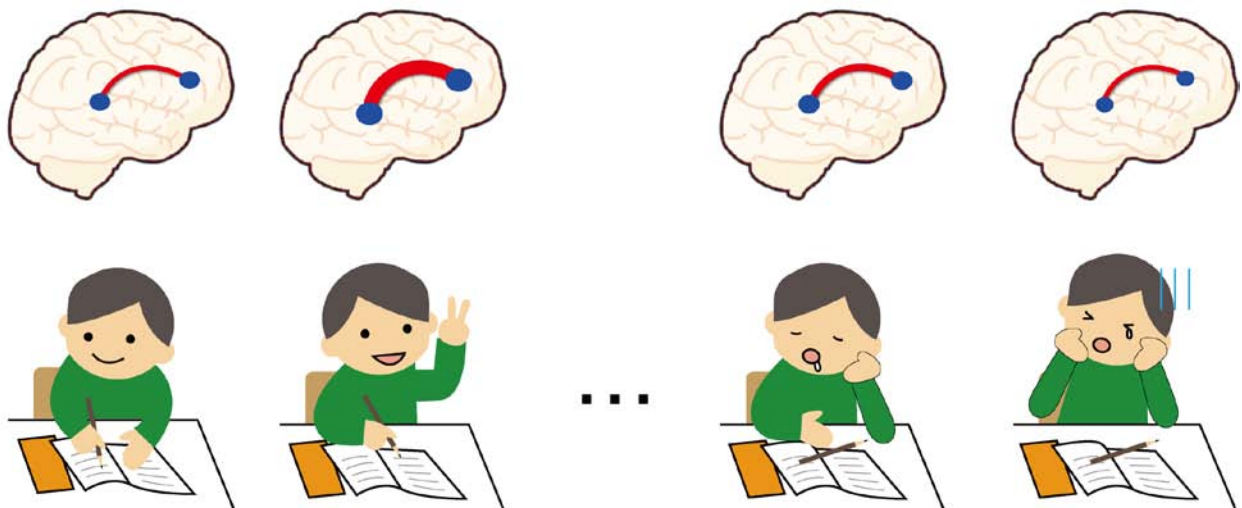


図4 学習継続と脳構築の関係

継続は力なり。せっかく学習で強化した神経回路も、学習を怠ると失われてしまう。

## <用語解説>

### 注 1) 灰白質と白質

灰白質は大脳皮質や大脳深部に見られる神経細胞体の集合で、大脳皮質では層構造を持っている。白質は灰白質の神経細胞体から出た軸索（神経細胞間の連絡ケーブル）が通る。

### 注 2) 前頭葉 44 野

大脳前頭葉皮質の一部。左半球の前頭葉 44 野は前頭葉言語野（ブローカ野）に相当。今回英語学習によって変化が見られたのは、右大脳半球のブローカ野相同部位。

### 注 3) 尾状核

大脳深部の神経細胞体の集合体（核）の 1 つであり、大脳基底核に分類される。前頭葉皮質や中脳ドパミン細胞を含むほかの大脳基底核と強く連絡し、報酬に基づく行動学習（強化学習）に関わると考えられている。

## <論文タイトル>

“Dynamic neural network reorganization associated with second language vocabulary acquisition: a multimodal imaging study”

（第 2 言語語彙学習に伴う神経回路の動的再構築）

## <お問い合わせ先>

### <研究に関すること>

花川 隆（ハナカワ タカシ）

国立精神・神経医療研究センター 脳病態統合イメージングセンター 先進脳画像研究部

〒187-8551 東京都小平市小川東町 4-1-1

Tel : 042-346-2206 Fax : 042-346-2229

E-mail : hanakawa@ncnp.go.jp

細田 千尋（ホソダ チヒロ）

国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所 運動制御・機能回復研究室

〒187-8551 東京都小平市小川東町 4-1-1 国立精神・神経医療研究センター

IBIC 棟オープンラボ内 ATR

Tel : 042-313-6605 Fax : 042-313-6605

E-mail : hosoda@atr.jp

### <JST の事業に関すること>

木村 文治（キムラ フミハル）、川口 貴史（カワグチ タカフミ）、眞後 俊幸（シンゴ トシユキ）

科学技術振興機構 戦略研究推進部 ライフイノベーション・グループ

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町

Tel : 03-3512-3525 Fax : 03-3222-2063

E-mail : presto@jst.go.jp

<報道担当>

科学技術振興機構 広報課

Tel : 03-5214-8404 Fax : 03-5214-8432

E-mail : jstkoho@jst. go. jp

国立精神・神経医療研究センター 広報係 今井

Tel : 042-341-2711 Fax : 042-344-6745

E-mail : mimai@ncnp. go. jp