

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：32622

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16748

研究課題名(和文) 神経科学的手法を用いた音素獲得メカニズムの解明

研究課題名(英文) Neuroscientific approach to acquisition of phoneme

研究代表者

岡田 理恵子 (Okada, Rieko)

昭和大学・発達障害医療研究所・研究員

研究者番号：60550910

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：音素獲得のメカニズムは音声の音響音声的情報の処理と音素のカテゴリー情報の処理が相互に関連していると言われる。本研究では、fMRI課題に日本語に存在しないハンガリー語の2種類の母音の弁別課題を用いて、これらの機能が音素獲得で如何に働くか、そのメカニズムを明らかにする。被験者にはタブレットで行える音素学習課題を2週間家庭で行ってもらい、学習前、1週間後、2週間後にfMRI実験に参加してもらった。その結果、学習前に比べ学習1週間後で両側上側頭回の有意な賦活を認めた。学習成績も1週間後で上昇を認めた。以上の結果から、音素の学習中期には音響音声的情報が優位に機能していることを示唆された。

研究成果の概要(英文)：The aim of the current study is to clarify the mechanism of phoneme acquisition in the second language. It has been reported that two types of information are associated with phoneme acquisition, i.e. 1) phonetic information and 2) category information. In the current study, we used a phoneme-discrimination task as an fMRI task, in which the participants were asked to discriminate two Hungarian vowels. They were also asked to learn to discriminate these vowels at home for two weeks with using tablet computers and participate fMRI experiments on the pre-learning, 1-week-later, and 2-week-later. The fMRI data showed that the bilateral superior temporal gyrus showed the significant activation comparing 1-week-later with pre-learning. Our result suggests that phonetic informations are dominantly used in intermediate term in second language phoneme acquisition.

研究分野：言語学 神経科学

キーワード：fMRI 音素 第二言語 学習

1. 研究開始当初の背景

ヒトの言語獲得は有限の抽象的な規則や概念の獲得であると考えられ、その知識から無限の言語を生み出すことができると考えられている。音素はその有限の概念の代表例である(図1)。音素獲得のメカニズムは脳機能イメージング画像等の神経科学的手法を用いて研究が行われ、物理的な音声の音響音声的情報の処理と音素のカテゴリ情報処理が相互に関連していることが示されてきている。

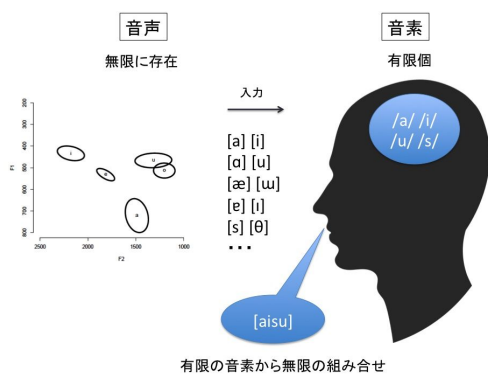


図1 音素の概念

しかし、これらの機能が学習過程において機能する順序や優位性などはまだ明らかにされていない。

2. 研究の目的

音素獲得には大きく分けて、1) 無限にある音声に対し音響音声的な特徴を基に獲得する言語に存在する音素を抽出する機能(ボトムアップ処理)と、2) 第一言語ではミニマルペア、第二言語では /t/, /d/ などのカテゴリにより明示的に与えられるカテゴリ情報を基に音声を切り分ける機能(トップダウン処理)が関与すると言われている(図2)。現在、音素獲得に関与するボトムアップ処理が左上側頭回で行われ、トップダウン処理が左下前頭回周辺で行われることが報告されてきている(図3)。第二

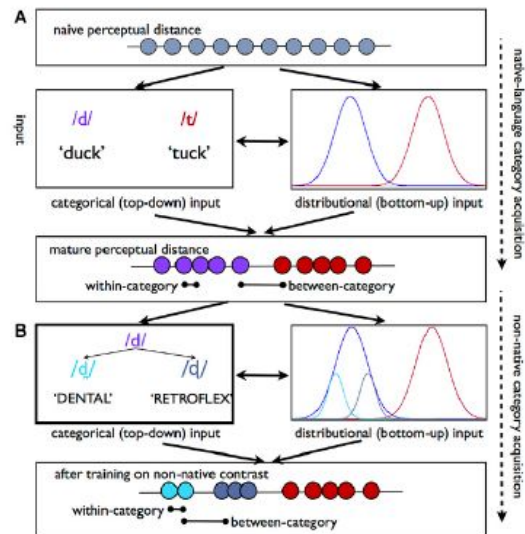


図2 第二言語の音素獲得のモデル

言語の音素獲得過程におけるこれらの領域の賦活を調査することで、音素獲得における情報の関与を明らかにする。

Myers & Swan (2012)は、第二言語の音素獲得を用いて音素獲得のメカニズムを検証しているが学習過程は検証しておらず、上述した機能が学習過程で働く時期や優位性を直接的な証拠で示したわけではない。本研究では、第二言語の新奇な音声からの音素獲得過程を fMRI で撮像することで、音素獲得に関わる左下前頭回と左上側頭回の機能および関連を検証し、物理的な音声から音素を抽出する機能とカテゴリ情報から音声を切り分ける機能が如何に関連して音素を形成するか、そのメカニズムを明らかにする。

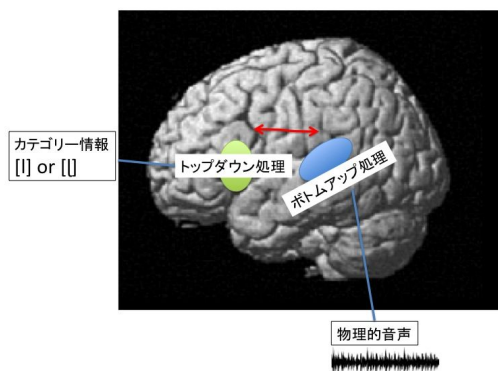


図3 音素獲得の神経メカニズムモデル

3. 研究の方法

本研究では、fMRI課題に日本語に存在しないハンガリー語の2種類の母音 /y/ と /ø/ の弁別課題を用いた。この2種類の母音は日本語母語話者にはともに /u/ と認識されることの多い母音である。すなわち、これまで区別していなかった音声を弁別し、異なる音素として学習することになる。

学習課題の刺激にはハンガリー語の単音節無意味語を用いた。無響室にて、ハンガリー母語話者4名(男性2名、女性2名)に単音節無意味語を読み上げてもらい、録音を行った。上記の刺激を用いて音素学習課題を作成した。本課題を用いて、第二言語の音素を学習し弁別できるようになる際の神経メカニズムを検証した。コントロールには1kHzの純音を使用した。実験デザインにはevent-relatedデザインを用いた。

被験者にはタブレットで行える音素学習課題を2週間家庭で行ってもらい、学習前、学習中期(1週間後)、学習後(2週間)にfMRI実験に参加してもらった。

さらに fMRI 撮像の同日にパソコンでの弁別課題を行い、学習前、学習1週間後、学習2週間後の成績を算出した。

fMRI の解析では、/y/、/ø/、純音 (= control) を回帰子として立てた。個人解析において、「学習前 - control」、「学習1週間後 - control」、「学習2週間後 - control」、「学習1週間後 - 学習前」、「学習2週間後 - 学習前」、「学習2週間後 - 学習1週間後」、「control」のコントラストを出した。

4. 研究成果

本研究では、最終的に12名の撮像を行い、8名の解析可能データを収集することができた。集団解析には被験者数が少なかったため、個人解析に止めた。以下には被験者ID:02の個人解析の結果を示す。

fMRI課題における音素弁別課題の成績では、学習1週間後に正答率が上昇することが明らかになった(図4)。

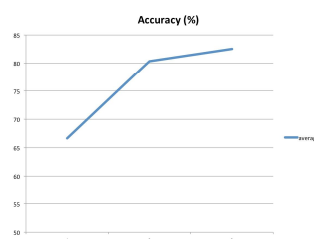


図4 fMRIでの音素弁別課題の成績

fMRI解析では、学習前に比べ、特に学習2週間後で左下前頭回、左上側頭回に賦活を認めた($p < 0.001$, uncorrected, 図5)。

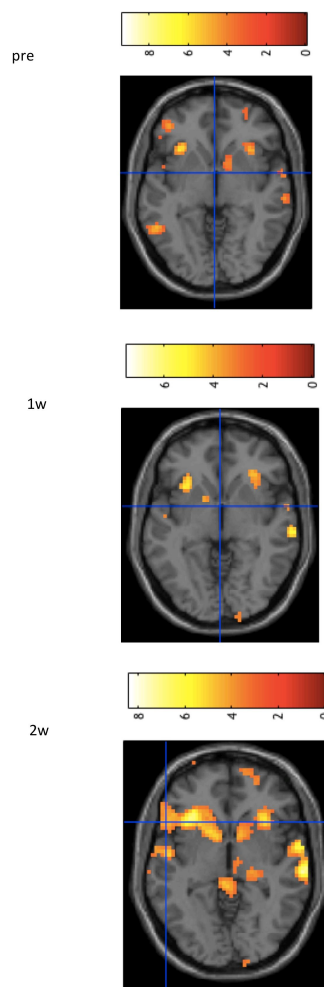


図5 fMRI結果(上:学習前、中:学習1週間後、下:学習2週間後)

「学習1週間後 - 学習前」、「学習2週間後 - 学習前」、「学習2週間後 - 学習1週間後」のコントラストでは、左下前頭回の学習後の有意な賦活は認めなかった。そこで、左下前頭回をROIに取り、そのbeta値を学習前、学習1週間後、学習2週間後と比較すると、学習2週間後に有意に高い賦活を認めた(図6)。

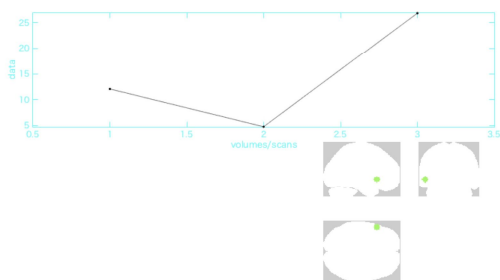


図6 左前頭回のbeta値

また、「学習1週間後 - 学習前」のコントラストでは、両側の上側頭回後方に有意な賦活を得た(図7)。

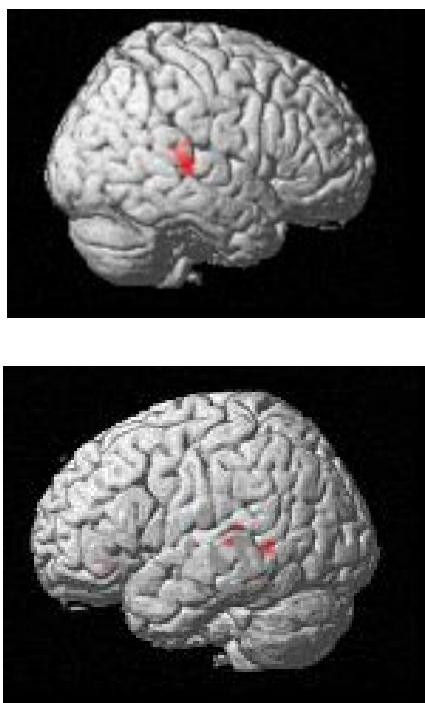


図7 学習1週間後 - 学習前の賦活

【考察】

弁別課題の成績から、学習1週間後には新規の音素の弁別が可能となっていることがわかる。これに対し、左下前頭回は学習1週間後では賦活の上昇は認めなかった。一方で両側の上側頭回では学習1週間後に有意な賦活を認めた。先行研究で示されているように、左下前頭回がカテゴリー情報などのトップダウン処理に関与し、左上側頭回が音響情報などのボトムアップ処理に関与していると過程するならば、本研究の結果は学習1週間の時点ではボトムアップ処理により音素獲得に関与することを示唆している。そして学習後半になるにつれ音素のカテゴリー情報が確立されていっていると考えられる(図8)。

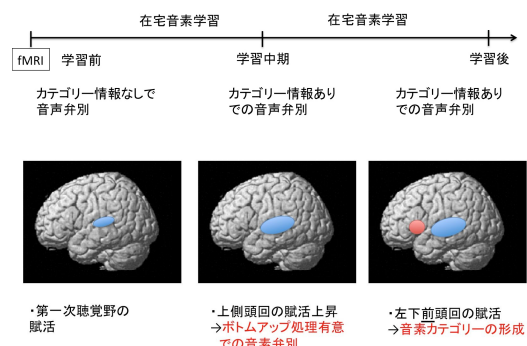


図8 本研究の結果から示唆される音素獲得過程のメカニズム

本研究では、fMRIの収集データ数が少なく、集団解析に至らなかった。個人解析の結果からの考察のため、信頼性に欠けるものであるが、音素獲得過程における情報処理メカニズムについて一つの可能性を示すことができたと考える。

<参考文献>

- 1) Myers, E. B.& Swan, K. (2012) Effects of category learning on neural sensitivity to non-native phonetic categories. *J Cogn Neurosci*, 24, 1695-1708.
- 2) Myers, E. B. (2014) Emergence of category-level sensitivities in non-native speech sound learning. *Front. Neurosci*, 8, 238, DOI: 10.3389/fnins.2014.00238.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

岡田理恵子 (OKADA, Rieko)

昭和大学・発達障害医療研究所・研究員