

平成21年6月12日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18300275

研究課題名（和文） 言語処理過程に配慮した聴覚障害者教育の基盤整備

研究課題名（英文） A basic study for education of deaf people based on brain activity in language processing.

研究代表者

生田目 美紀（NAMATAME MIKI）

筑波技術大学・産業技術学部・教授

研究者番号：20320624

研究成果の概要：

本研究では、聴覚障害者教育の基盤を整備するために、聴覚障害者が文字理解をする際に音韻処理と視覚情報処理をどのような関係性をもって行っているのかについて脳活動を計測し、言語処理過程を科学的に解明することを第一の目的とした。その結果、聴覚障害者は内的に音を作り出しそれを音韻化して処理している可能性があるということが分かった。また、聴覚障害者のように、視覚情報が言語処理を担う場合、空間記憶の処理を上側頭回（健聴者では順序記憶で活動する領域）が担えるように発達している可能性が考えられる。これらの結果は聴覚障害者教育の基盤となり、今後の教育方法の開発および具体的な教材開発に役立つものである。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	5,300,000	1,590,000	6,890,000

研究分野：

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学／教育工学

キーワード：聴覚障害者、言語処理過程、脳機能、fMRI 検査、教材開発、オノマトペ

## 1. 研究開始当初の背景

聴覚障害者は、音韻認知に障害があるゆえに、音と言語を結びつけて言葉として認識する聴覚認知が困難である。その結果として、言語性能力が不足してしまうことは否めない事実である。しかし言語性能力は、直接的、意図的な学習によって発達する能力である。つまり、言語処理過程を科学的に解明し、詳しく知ることは、十分に発達を促すことができるような教育プログラムの開発につながる、聴覚障害者教育の基盤整備となる。

## 2. 研究の目的

聴覚障害者教育の基盤整備のために、1.聴覚障害者が文字理解をする際の音韻処理と視覚情報処理がどのような関係性をもって行われているのか、2.擬態語と音象徴性のない通常語の脳内表象がどのように異なるのかについて fMRI 検査によって脳活動を計測し科学的に解明する。

さらに、得られた知見に基づき、聴覚障害学生を対象とした教材の試作を行う。

### 3. 研究の方法

#### (1) 先行研究の調査：

健聴者と聴覚障害者の音韻領域について、1.聴覚障害者の音韻化と行動的知見、2.健聴者における読み関連領域、3.言語の側性化およびブローカ、ウェルニッケ失語、4.二重経路、5.聴覚障害者における音韻処理という5つの側面から先行研究を調査した。さらに、聴覚障害者における視覚的処理、聴覚障害者の聴覚野についても調べた。

#### (2) 実験デザインと実験用スタックの開発：

①健聴者および聴覚障害者がそれぞれ音韻化できる文字、音韻化できない文字を用い、音韻要素をより必要とする記憶課題（順序記憶課題）、ならびに視覚要素をより必要とする記憶課題（空間記憶課題）をデザインした。

順序記憶課題は、文字を1つずつ順番に呈示し文字と呈示順序を覚える課題（図1）、空間記憶課題は、文字をいくつか同時に呈示し文字を空間的に記憶する課題（図2）である。呈示する刺激は、平仮名・指文字・アラビア文字とし、言語化できるものとできない文字とした。つまり、言語化できるものは音声的処理ができるが、言語化できないものは空間的処理で行うという仕組みである。

②擬態語と音象徴性のない通常語の脳内表象がどのように異なるのかを明確にするため、動きとオノマトペ、動詞、副詞の意味のマッチングに關与する課題を設定し、聴覚障害者と健聴者の処理過程に關連する脳関連部位の違いを明らかにするための実験を実施した。

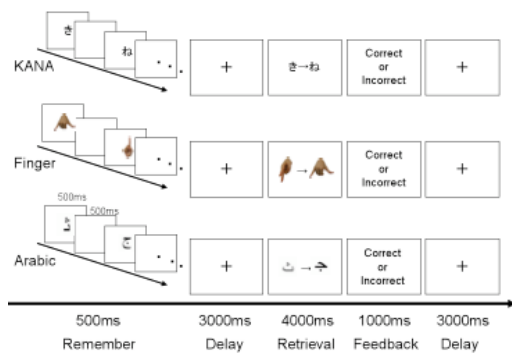


図1：順序記憶課題

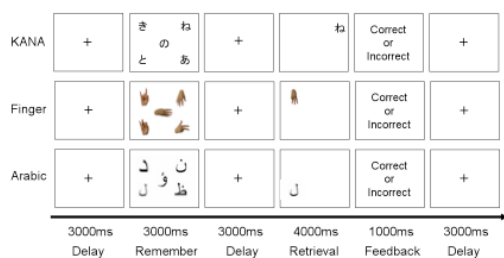


図2：空間記憶課題

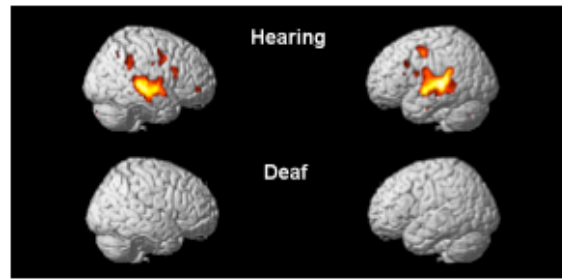


図3：健聴者（上）と聴覚障害者（下）の音探知時の Activation の比較( $p < 0.001$ )

#### (3) 心理実験の実施：

被験者の背景検証を目的とし、聴覚障害者18人、健聴者18人に対して、知的能力を確認するためのウェクスラー・ベルビュー知能検査(WAIS-III)と記憶の主な側面を評価するウェクスラー記憶検査(WMS-R)の2つの心理検査を行った。その結果、知的能力ならびに記憶能力に対して、両者間に有意な差はなかった。

#### (4) 発音明瞭度検査の実施：

聴覚障害者に対しては、言語性能力を測る基準として、発音明瞭度検査を実施した。検査は連携研究者である専門医師によって行われた。

#### (5) fMRI 検査：

実験課題を実行している間の脳画像の撮像には玉川大学脳科学研究所の1.5T fMRI装置 Magnetom Sonata(ドイツ・SIEMENS社製)を用いた。解析にあたり、音探知時の脳活動を確認し、聴覚障害者と健聴者であることを確認した(図3参照)。

#### (6) 視線計測実験：

音韻化しやすい視覚情報のあり方について知るために、文字・絵文字・文字+絵文字という3種類の視覚情報を提示し、タスク遂行時の眼球運動を計測した。

#### (7) 教材開発：

聴覚障害者の言語処理過程をふまえ、わかりやすい視覚情報表現ならびにインターフェースデザインについて検討を行い、実際に教材を開発した。

### 4. 研究成果

#### (1) 文献調査結果：

先天的な聴覚障害者であっても音韻を理解することが可能であり、視覚情報の音韻化である「音韻表象」を行っているといわれているが、聴覚障害者の音韻化についての脳活動研究はわずかであり、音韻領域についてはコンセンサスが得られる状況には至っていない。

聴覚障害者の聴覚野については、健聴者において音入力があったときに賦活する上側頭回上に位置する一次聴覚野や高次聴覚野は、聴覚に障害があるからといって退化する訳ではなく、視覚情報処理で賦活する可能性が示されている。本来ある感覚刺激の処理を担うべき領域がそれとは別の感覚刺激により賦活されるという感覚刺激の交差であると考えられる。

さらに、空間記憶付加の高い日常生活を送っている聴覚障害者の上側頭回は視覚に基づく空間記憶を処理している可能性があると考えられるが、空間記憶などの要素を加えた課題を用いた実験はみられない。

## (2) 実験結果：

### ①-1 順序記憶課題

健聴者における音韻領域は左半球では上側頭回前中部、中側頭回前部、楔前部、右半球では上側頭回前部、中側頭回中部、中側前頭回であると考えられる。一方、聴覚障害者でも音韻領域が見出され、その領域は左半球では上側頭回、中側頭回、右半球では下前頭回および中側頭回中部であると特定された。また、これらの音韻領域と断定された場所のうち多くは健聴者と聴覚障害者で共通していた。その共通領域はすべて側頭葉内であり、さらに右より左半球に多くみられた。具体的には左半球の上側頭回前中部および中側頭回前部、右半球では上側頭回前部および中側頭回中部であった。なお、健聴者のみ音韻化に相関があるとされた領域は左 楔前部、右上側頭回前部および中側前頭回で、すべて全脳の前部の活動に対し負の値を示した。一方、聴覚障害者のみ音韻化に相関があるとされた領域は左上側頭回後部、中側頭回中後部、右下前頭回であった。

聴覚障害者が健聴者より強く活動を示す領域は、音韻的要素の場合は左上側頭回後部、一方、視覚的要素の場合は、右上側頭回中部ということがわかった。

### ①-2 空間記憶課題

空間記憶課題で聴覚障害者が健聴者より強い活動を示す領域は左上側頭回中後部、左中側頭回中部、右上側頭回中部、右中側頭回中部、右紡錘状回であった。さらに詳細に解析した結果、左上側頭回後部が順序記憶ではなく、空間記憶処理を行っている可能性を示唆する結果を得た (図 4)。

### ②オノマトペ実験 (健聴者の結果のみ)

擬態語は右 Superior Temporal Gyrus (STG:上側頭回)の賦活が認められ、その他の品詞では右 STG の賦活は認められなかった。動詞・副詞・擬態語の品詞の区別では、擬態語で特異的に賦活している領域は右半球に偏っていた。擬態語では、右縁上回、両側 Inferior Frontal Gyrus (IFG:中前頭回)の賦

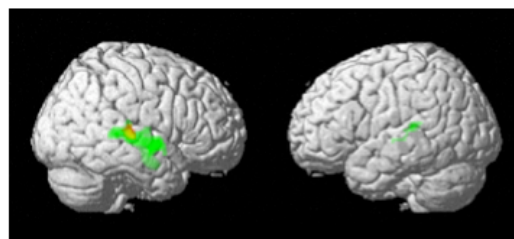


図 4：順序記憶課題(赤)と空間記憶課題(緑)の賦活画像

活が顕著に認められた。擬態語の賦活領域は動詞、副詞よりも範囲が広く、より異なる感覚モダリティを統合する領域が左だけでなく右半球でも賦活していることが明らかになった。

### ③視線計測実験

タスク遂行パフォーマンスが良い視覚情報は、文字+絵文字という組み合わせであった。この2つを併用する事によって音韻化しやすい視覚情報になった可能性がある。教材開発の基本要件は、文字だけあるいは画像だけという視覚情報の提示を避け、文字と画像を併用する事と考えられる。

### (3) 教材開発：

アプリケーションの操作を教える教材の場合には、文章で順序を教示する代わりに、操作を示す動画像に、音韻化しやすい短い説明文を重ねた教材 (図 5) を作成し、順序記憶課題を空間記憶課題に近づけるような教材コンテンツをデザインした。この教材は e-Learning システム上で実装した。

またオノマトペ教材については、音韻化しやすく共感性を促進するようなアニメーション教材 (図 6) を試作した。

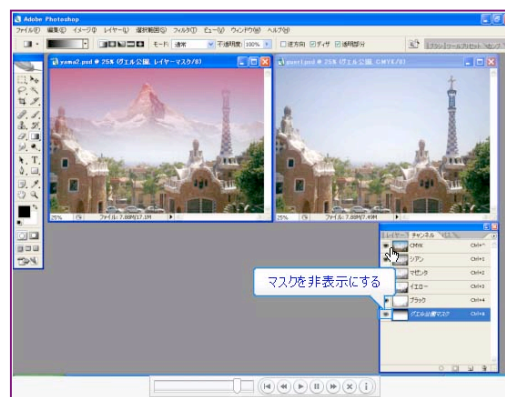


図 5：順序記憶課題を空間記憶課題に近づけた教材



図 6：オノマトペ・アニメーション

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 7 件)

①生田目美紀, 北島宗雄、聴覚障害者のウェブ利用特性に基づくウェブユーザービリティ向上に関する研究、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol.9 No.4、435(17)-442(24)、(2007)、査読有

②西崎友規子, 生田目美紀, 北島宗雄、情報検索における聴覚障害者の認知特性--聴覚障害者のための使いやすいWebコンテンツ制作に向けた基礎的研究、人間工学会論文誌、Vol.43 No.4、177-184、(2007)、査読有

③Miki NAMATAME, Muneo KITAJIMA, Comparison of Alternative Representational Formats for Hyperlinks: Pictogram, Labeled-pictogram, and Text., Proceedings of Workshop on Cognition and the Web: Information Processing, Comprehension and Learning, 115-118, (2007), 査読有

④Miki NAMATAME, Muneo KITAJIMA, Utility of Labeled Pictograms for Improving Performance in Directory-Based Information Search Tasks at E-Commerce Sites., Proceedings of the IADIS e-Commerce 2007 conference, 251-255, (2007).

⑤Miki NAMATAME, Yukiko NISHIZAKI, Muneo KITAJIMA., Improving Usability of Web Pages for Hard-of-Hearing Persons: An Investigation of the Utility of Pictograms., HCI International, 176-180, (2007).

⑥Miki NAMATAME, Fusako KUSUNOKI, Learning Onomatopoeic Expressions by Animation., Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, 143-146, (2007).

⑦松田哲也、fMRI でみる心の世界-基礎と応用、臨床精神医学、37 巻、745-749、(2008)、査読無

[学会発表] (計 8 件)

①Miki NAMATAME, Muneo KITAJIMA, Suitable Representations of Hyperlinks for Deaf Persons: An Eye-tracking Study., The proc. of the 10th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 247-248, (2008.10.13), Halifax, Canada, 査読有

②荒田真実子、今井むつみ、奥田次郎、岡田浩之、松田哲也、擬態語の意味処理に関わる神経基盤-fMRI による検討一、日本認知科学会第 25 回大会、京都/同志社大学、(2008.9.5)

③Miki NAMATAME, Tomoyuki NISHIOKA & Seiya Inoue, e-Learning effectiveness of Computer-graphics Class work for Deaf Students, IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2008, (2008.8.23), Amsterdam, Holland, 査読有

④生田目美紀, 西崎友規子, 北島宗雄、聴覚障害者のピクトグラム認知における感性認知分析、日本感性工学会第 3 回春季大会、茨城/筑波大学、(2007.3.17)

⑤西崎友規子、生田目美紀、北島宗雄、聴覚障害者の情報探索タスク遂行における感性認知分析、日本感性工学会第 3 回春季大会、つくば/筑波大学、(2007.3.17)

⑥Miki NAMATAME, Fusako KUSUNOKI, The Preliminary Study of Animation Dictionary for Onomatopoeic Learning., Proceedings of 6th International Conference for Interaction Design and Children, pp.177-178, Aalborg, Denmark (2007.6.7).

⑦生田目美紀, 西岡知之: “デザイン系聴覚障害学生のためのマルチメディア教材”, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.9 No.1, pp.33-36, つくば/筑波技術大学、(2007.3.9)

⑧西崎友規子、生田目美紀、北島宗雄、情報検索における聴覚障害者の認知特性-聴覚障害者ための使いやすいWebコンテンツ制作に向けた基礎的研究-, 日本認知心理学会第 4 回大会発、名古屋/中京大学、(2006.8.2).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

生田目 美紀 (NAMATAME MIKI)  
筑波技術大学・産業技術学部・教授  
研究者番号: 20320624

### (2) 研究分担者

松田 哲也 (MATSUDA TETSUYA)  
玉川大学・脳科学研究所脳科学研究施設・助教  
研究者番号: 30384720

(3) 連携研究者

松島 英介 (MATSUSIMA EISUKE)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究  
科・准教授

研究者番号：50242186

深間内 文彦 (FUKAMAUCHI FUMIHIKO)

筑波技術大学・名誉教授

研究者番号：90240746