

シンボル接地のない擬態語の意味処理—fMRIによる検討—

Semantic processing of mimetic words in deaf individuals

: An fMRI study

荒田真実子¹⁾, 今井むつみ²⁾, 生田目美紀³⁾, 奥田次郎⁴⁾, 岡田浩之⁵⁾, 松田哲也⁶⁾
Mamiko Arata¹⁾, Mutsumi Imai²⁾, Miki Namatame³⁾, Jiro Okuda⁴⁾, Hiroyuki
Okada⁵⁾, Tetsuya Matsuda⁶⁾

慶應義塾大学政策メディア研究科¹⁾, 慶應義塾大学環境情報学部²⁾, 筑波技術大学産業技術学部³⁾,
京都産業大学コンピュータ理工学部⁴⁾, 玉川大学工学部⁵⁾, 玉川大学脳科学研究所⁶⁾

Graduate School of Media and Governance, Keio University¹⁾, Faculty of Environment and
Information Studies, Keio University²⁾, Faculty of Industrial Technology, Tsukuba University of
Technology³⁾ Faculty of Computer Science and Engineering, Kyoto Sangyo University⁴⁾, College of
Engineering, Tamagawa University⁵⁾, Tamagawa University Brain Science Institute⁶⁾

<arata@sfc.keio.ac.jp>

Abstract

Many languages have a word class in which the sound and meaning of words are systematically related. In our previous brain-imaging study, we scanned hearing people when they were presented with mimetic words or non-sound symbolic adverbs or verbs in association of videos showing a person's locomotion with various manners. There, we identified extensive bi-hemispheric activations especially in the regions of nonverbal cognitive processes for mimetic words but not for sound symbolic verbs or adverbs. In this paper, we present data from a parallel study with deaf people to compare their processing of mimetic words with that of non-sound symbolic verbs and adverbs. Different from hearing people, mimetic words' processing did not show the activation of direct links to nonverbal cognitive processes same as the case of verbs and adverbs. This results support the hypothesis that sound symbolism bridges between abstract symbols in language (i.e., words) and experience of sensation.

Keywords — sound symbolism, brain imaging,

symbol grounding in language

【背景】

世界のさまざまな言語において、語の音とその意味の間に対応関係のある種類のことばが存在することが報告されている。日本語においては擬音語・擬態語が代表的である。乳幼児が音象徴性のあることばによって動作語の学習を促進すること (Imai et al, in 2008)、日本語とは異なる言語体系を持つ英語話者が日本語の擬態語をある程度、音情報から理解していることから、音象徴が感覚経験と抽象度の高い言語シンボルの間の橋渡しの役割を果たしていると考えられる。

昨年、語の音と意味の対応関係について、fMRIを用いた研究を同認知科学会で発表した。この研究では、語(擬態語/動詞/副詞)と動作イベントの適合度を評定する課題を行った。その結果、擬態語呈示の際の賦活領域は動詞時、副詞時よりも広く、そして、より異なる感覚モダリティを統合する領域や運動に関わる領域が、左だけでなく右半球でも賦活していたことが確認された。この結果は擬態語が、動詞や副詞などの音象徴性の小さい語に比べ、複数の感覚モダリティとの共感覚性を伴っていると考えられる。そして世界との直接経験により設置した、抽象度の低い言語形態であるとい

う仮説を強く支持するものとなった。

【目的・仮説】

そこで今回は、ことばの意味を音からのインプットなしで獲得している聴覚障害者を被験者として研究を行った。聴覚障害者にとって擬態語はどのような存在で、その脳内表象はどのようなものなのだろうか。音というシンボル接地のない聴覚障害者においても擬態語は、意味が音と結びついていないことばと感覚経験の架け橋となるのか、擬態語がどのように脳内で処理されているのか、そしてどのように聴者の脳内処理と異なるのかを調査することを目的とした。昨年発表した実験のデザインをそのままに、聴覚障害者を被験者として調査を行った。

脳機能イメージングの先行研究より、手話話者が手話、また、音声言語の文章を理解するとき、言語優位半球である左半球だけでなく、右半球での活動が大きいことが報告されている(Neville et al,1998)。よって今回の実験においても両半球を通して賦活が大きいことが予想される。しかし、音を介した言語と世界の間のシンボル接地がないことから聴者のように、擬態語において感覚・運動に纏わる領域の賦活はなく、擬態語も音象徴が小さい語(動詞/副詞)と同じような脳表象をするのではないかと考える。

これらの可能性を検討するために、fMRI を用いた実験で、擬態語の意味処理をする際の脳活動を、動詞・副詞の意味処理の際の脳活動と比較した。尚、この実験は玉川大学のfMRI(1.5T)を用い、解析にはSPM2を用いた。また実験は、玉川大学倫理委員会を通し、規定通り行われた。

【実験】

<実験内容>

人がさまざまな様態で動いている動作イベント(動画)に対し、語(擬態語、動詞、副詞のいずれか)を呈示し、語と動画の適合度の評定に関連する脳活動を測定した。動画と語の適合度の判定をすることで、同じ動画に対する言語表現の脳内処理が擬態語、動詞、副詞で異なるか否かを、語意の具体的なイメージを想起させる意味処理のレベルで測ることができる。尚、実験で用いられた刺激は、昨年度発表した聴者の実験と同じものを使用し、実験手順もそれを踏襲している。

<被験者>

筑波技術大学の大学生(19-23歳)18名(男性9名、

女性9名)。

全ての被験者は先天的に、または乳幼児期に聴覚障害を確認されており、全ての被験者の両親は聴者であった。被験者には事前に擬態語・擬音語に関する筆記試験を実施し、ある程度擬態語・擬音語の意味や使用される状況への知識があることが確認されている。

<刺激>

使用した単語は動詞(e.g.あるいている)、副詞(e.g. かるやかに)、擬態語(e.g.よたよた)の三種類であり、副詞の中には「よたよたと」などの擬態語を含むものは除いた。また、単語は全て動作、又は様態に関連している。動画刺激は全 29 種類で、全て、画面左側から右側へ動作主が移動しているものである。動画の下にターゲットの単語をひとつずつ呈示し、全ての単語はひらがなで白画面に黒字で呈示した。

<手順>

被験者は動画と語の適合度、つまり動画と語がどの程度意味的に一致しているかを5段階で評定する。動画と語が同時に視覚的に5秒間呈示され、その後3秒間の凝視点(+マーク)が呈示される。凝視点(+マーク)呈示時に被験者は動画と語の意味的適合度を5段階評価する(1:全く合っていない/5:非常に合っている)。

擬態語/動詞/副詞の三種類のブロックを設置し、刺激は1ブロック4試行で構成した。ブロックとブロックの間には10秒の休憩を設けた。呈示ブロックの順番は擬態語、動詞、副詞で、副詞ブロックの終了後は擬態語ブロックに戻る。各品詞ブロックが4回ずつ、つまり16試行ずつ、全48試行を設置した。尚、刺激呈示順は、18名の被験者を二つのグループに分け、カウンターバランスをとった。

<fMRI撮像条件と解析方法>

fMRI撮像はEcho planner Imaging (EPI)法で行い、撮像条件はrepetition time (TR) = 2000ms、echo time (TE) = 50ms、flip angle (FA) = 90deg、field of view (FOV) = 192mm、Matrix=64×64とし、AC-PC lineに平行な角度でスライス厚6mmの計20枚のマルチスライスを撮像し、ほぼ全脳を観察した。

fMRIデータの解析にはSPM2 (Welcome Department of Cognitive Neurology, London, UK)を使用し、前処理と統計解析を行った。前処

理は動きの補正のため、各画像をセッション最初のスキヤンの画像に位置合わせ (realign) をし、次に全スキヤンの平均画像をSPM2のテンプレートEPI画像に標準化 (normalize) させるパラメータを求め、そのパラメータを使用し全画像の標準化を行い、最後に標準化した画像を3次元 Gaussian フィルター (FWHM 8mm) による平滑化 (smoothing) を行った。統計解析は血行動態反応関数(hemodynamic response function: HRF) をconvolve したbox-car関数によって、一般線形モデルに基づく統計的推定を行った。統計的推定の際には、低周波成分を取り除くためのhigh-pass フィルター、および自己相関除去のためのAR1によるlow-pass フィルターを用い、event-relatedデザインによって解析を行った。

<結果>

行動調査結果)

動画と語の意味的適合度の評定結果を基に、全刺激を高適合度刺激(動画と語の意味的適合度が高いもの)と低適合度刺激(動画と語の意味的適合度が低いもの)に分類した。聴者と聴覚障害者において分類に有意差がなかった。つまり、聴者と聴覚障害者の間に動画と語に対する理解の相違は認められなかった。

次にそれぞれの品詞が呈示された際の、評定するまでの反応時間に着目した(表 1 参照)。聴者においてはそれぞれの品詞に有意差がみられなかったが、聴覚障害者の場合、擬態語と動詞の反応時間において有意差が認められた($p=0.00762$)。これは、聴者にとってはそれぞれの品詞に難易度の差が認められないが、聴覚障害者にとって擬態語が動詞より難易度の高い品詞であることが考えられる。

	擬態語	動詞	副詞
聴者	4389.027	4421.253	4441.939
聴覚障害者	3444.027	3192.424	3342.554

表 1 :
評定課題の反応時間(ms)

fMRI 結果)

それぞれの品詞が呈示されている際の賦活領域を聴者と聴覚障害者で比較した(図 1 参照)。聴覚障害者は両半球の視覚野付近を中心に、聴者に比べて賦活範囲が大きく、これは Neville らの先行研

究の見解と一致した。また品詞の違いに関わらず聴覚障害者の場合、聴覚野の賦活が聴者よりも大きかった。

聴者の場合、擬態語が呈示されている際と他の品詞の場合を比べると、擬態語呈示の際の賦活範囲の大きさが確認できる。しかし聴覚障害者の場合、擬態語に際立った賦活が見られなかった。

次にそれぞれの品詞が呈示されている際の脳賦活から他の二つの品詞が呈示されている際の脳賦活を引き算し、各品詞の呈示時に特異的に賦活している領域を出した。それを聴者、聴覚障害者で比較した(図 2 参照)。聴者において擬態語は他の品詞よりも全体的な賦活範囲が広く、左半球だけでなく右半球での活動が活発であり、特に右半球の STS(上側頭溝)、STG(上側頭回)、MT 野という感覚、また運動に纏わる領域の賦活が特異的であることがわかった。右半球の STS、STG は視覚と聴覚の統合野であり、特に言語音ではなく環境音の処理に携わる領域であるとされている (Hashimoto et al, 2006 ; Thierry et al, 2003)。

一方、聴覚障害者においては、それぞれの品詞において統計的に有意とみなすことの出来る特異的な領域はほとんど見つけることが出来なかった。擬態語において僅かに特異的な領域があるが、これらの領域と感覚、運動などのモダリティとの関連は確認することが出来なかった。

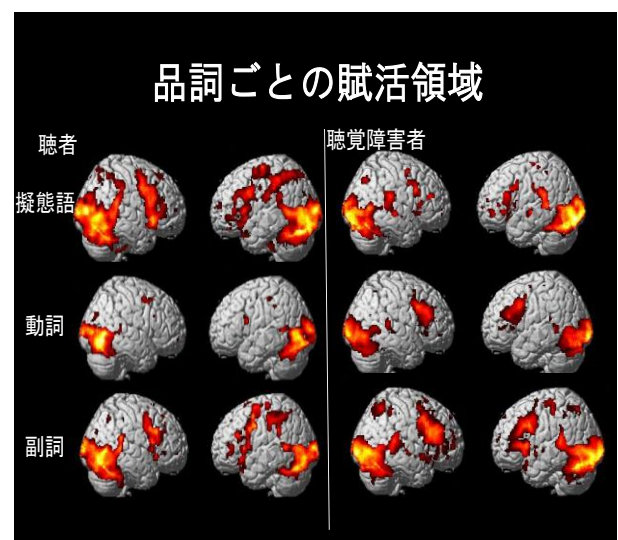


図 1 :
中央より左側 : 聴者の品詞ごとの賦活領域、右側 : 聴覚障害者の品詞ごとの賦活領域

上段から擬態語呈示の際の賦活領域、動詞の賦活領域、副詞の賦活領域。(Threshold:0.001 Extent threshold:1 モデルは One-sampleT で作成)

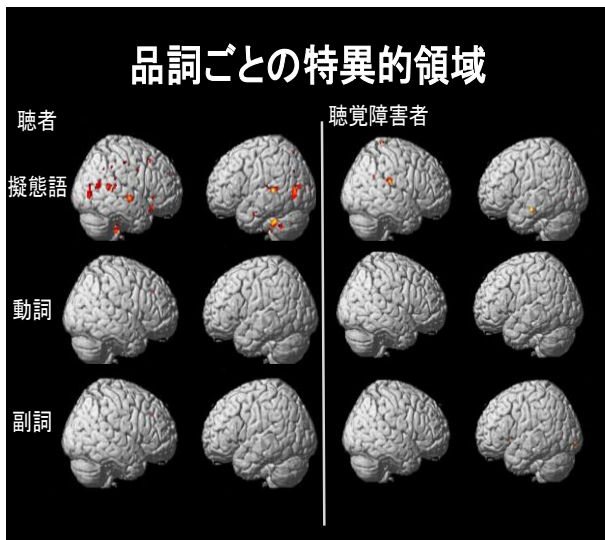


図 2 :
中央より左側：聴者の品詞ごとの特異的領域、右側：聴覚障害者の品詞ごとの特異的領域
上段から擬態語の特異的賦活領域(擬態語呈示の際賦活した領域から動詞呈示の際賦活した領域と副詞呈示の際賦活した領域を引いた領域)、動詞の特異的賦活領域、副詞の特異的賦活領域。
(Threshold:0.001 Extent threshold:3 モデルは One-sampleT で作成)

【考察】

今回の実験結果から、聴覚障害者は聴者に比べて両半球での大きな脳賦活を確認されているが、それぞれの種類の語の具体的なイメージを想起する際において、それぞれの語に対する特異的な領域を確認することが出来なかった。つまり音を知覚しない聴覚障害者にとっては、擬態語は感覚と言語の橋渡しの役割は果たしていないことがわかった。この結果は、聴者の結果と合わせて、擬態語に限らず、音象徴を持つことばが感覚と言語の間に存在し、橋渡しの役割を果たすことを強く支持する結果となった。

また、反応時間などの行動調査の結果から、聴覚障害者にとって擬態語は、意味を理解することが出来ることばであっても、馴染みが薄く、相対的に難易度が高い可能性がある。擬態語をはじめとすることばが持つ音象徴性は、物事の様態をより感覚的に表現することを可能にし、ある程度その理解は、年齢や言語の違いを超えて普遍性のあるものである。擬態語や擬音語の学習は聴覚障害者の言語学習において特別に思慮されていなかった分野であるが、本研究を含めた擬態語・擬音語研究から、これらの学習は創作活動やコミュニケー

ションにおいて大きな役割を果たすことが考えられる。

本研究は言語に含まれる音象徴の感覚基盤との深い関連を示唆するだけでなく、聴覚障害者の言語教育に対しても有益な示唆を提供することが出来得ると考える。

【参考文献・引用文献】

- Hashimoto, T., Usui, N., Taira, M., Nose, I., Haji, T. & Kojima, S. (2006). The neural mechanism associated with the processing of onomatopoeic sounds. *Neuroimage*, 31, 1762-1770.
- Imai, M., Kita, S., Nagumo, M., Okada, H. (2008) Sound symbolism facilitates early verb learning. *Cognition*, 109, 54-65.
- Thierry, G., Giraud, A.L. & Price, C. (2003). Hemispheric dissociation in access to the human semantic system. *Neuron*, 38, 499-506.
- Neville HJ, Bavelier D, Corina D, Rauschecker J, Karni A, Lalwani A, Braun A, Clark V, Jezzard P, Turner R (1998), Cerebral organization for language in deaf and hearing subjects: Biological constraints and effects of experience, *Proc Natl Acad Sci U S A*, 95, 922-929