

音体験を拡張する共感的な擬音語教材に関する基礎的研究 セミの鳴き声を教える理科教材の試み

生田目 美紀^{1,a)}

概要: 聴覚障害者は聴覚情報の入手が困難なため生物の鳴き声やその擬音語を経験で学ぶことが難しい。そこでセミの鳴き声を学ぶ理科教材をデザインした。この教材は、視覚・聴覚・触覚という複数の感覚に働きかけるようにするため、テキスト・画像・音・音の波形・オノマトペおよび振動で構成したマルチメディア教材である。26名の聴覚障害学生に対して、振動を使用する群と使用しない群に分けて実験を行った。評価は、セミの名前と鳴き声を関連付ける事前テスト・事後テストと教材評価アンケートによって行った。その結果、学習効果は差が出なかったものの、振動の判別ができた学生からは、面白い・理科教材として使えるという評価を得ることができた。

キーワード: 聴覚障害, 振動, オノマトペ, 理科教材, セミ

Haptic information is helpful for onomatopoeia understanding.

NAMATAME MIKI^{1,a)}

1. はじめに

日本語には多数のオノマトペがある。その数は、欧米語・中国語の3倍から5倍という[1]。オノマトペ(擬音語・擬声語・擬態語・擬情語・擬様語)を用いた教育は伝わりやすく、理解力や想像力を高め[2]、音と参照対象との間にある高い類似性が語を正しく汎化し、即時にシンボルとして対象に接地させることができる[3]といわれている。また、擬態語は子供の語彙獲得の過程で、動詞の学習を促進する[4]という。このようにオノマトペは、ことばの獲得・こどもの発達過程や教育において非常に重要な役割をはたす。

聴覚障害教育においてもオノマトペを用いた発声のパターン化と有意味化は、音声言語化を促進する[5]といわれており、聴覚障害者にとっても、オノマトペは重要なことばだといえる。

聴覚障害者が音声言語の文章を理解する際には、左半球だけでなく右半球での活動が大きい[6]が、健聴者と同様

に、視覚的に提示された言語記憶課題において音韻表現を利用することがわかっている[7]。ところが、擬態語の判定時は視覚と聴覚の連合野の腑活が見られない[8]。このことは、オノマトペが持つ音象徴には共感性を伴うという特性がある[9]にも関わらず、音声情報の獲得が困難な聴覚障害者は、音象徴を使って言語シンボルを構築しにくいことを裏付けている。

このように、音象徴語ともいわれるオノマトペは、聴覚障害者にとっては、習得が難しいことばとなるが、発想を逆転すれば、聴覚情報の受容が困難で音象徴を持っていない場合でも、振動などの体感情報や視覚情報を代替情報として提供し、共感的な環境を作れば、言語シンボルを構築できると仮定することが可能である。特に触覚については、聴覚に障害があると鋭敏になるという報告もなされている[10]。

聴覚障害者を対象にした、情報保証・感覚代行に関する先行研究では、発語・発音訓練において触覚情報の有効性が示されている[11]。振動によるアラートの提供では、振動目覚まし、髪につける振動デバイス[12]や、危険音を知

¹ 筑波技術大学
Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-8520, Japan
^{a)} miki@a.tsukuba-tech.ac.jp

らせるアプリ [13] などが、すでに実用化されている。また、聴覚に障害があっても、振動情報の提供により、リズムを弁別し音楽を楽しむことができるという [14] ことから、聴覚情報の代替情報として振動の活用が期待ができる。

そこで、音声情報以外に、触覚や視覚情報を同時に提示し、音体験を拡張する共感覚的な擬音語教材をデザインすることにより、聴覚に障害がある場合でも音象徴を獲得できるような教材開発を試みる。

2. 目的

音体験を拡張する共感覚的な擬音語教材をデザインした場合、コンテンツを構成する、どのような要素が聴覚障害者に受け入れられるのか？また、振動という触覚情報は、音声情報を補完する役割を果たすのか？について、教材に関する評価や学習効果から明らかにすることを旨とする。

3. 実験方法

本稿では、聴覚障害者を対象に、聴覚・触覚・視覚を導入し、聴覚情報の入手が困難なために体験的な学習ができなかった昆虫（セミ）の種類とその生態について、共感覚的に理解を促す教材を開発する。教材の効果について、振動情報がある場合とない場合を比較し、学習効果を測定する。触覚（振動）に対する受け取り方や教材に関する評価を得る。

3.1 実験用学習教材のデザイン

セミの体は筒体になっているため、セミの鳴き声を学習させるためにはセミを触ってもらうのが一番であるが、セミは触ると警戒音を発するので、本来の鳴き方を伝えることが難しい。そこで、セミの鳴き声の学習に役立つ、聴覚・触覚・視覚にうったえるマルチメディア教材をデザインした。

日本全国に生息しているという条件で表 1 に挙げた 7 種類のセミを選んだ。教材コンテンツは、セミの生態に関する解説文章、鳴き声の擬音語オノマトペ、セミ画像、セミの鳴き声の音情報、鳴き声の波形、振動で構成した。主ディスプレイにはセミの解説文章と擬音語オノマトペとセミの画像と音声ボタンを提示した。音声ボタンをクリックすると副ディスプレイにセミの鳴き声の波形が現れ、セミの鳴き声が再生される。振動は振動スピーカーを用いて音声と連動する。セミの鳴き声は約 40 秒間、音量は 93db(+2db) になるように編集して条件を揃えた（ただし、ニイニゼミは最低限の振動が出るようにしたため、音量の調整は条件から外れている）。なお、教材を用いた学習におけるセミの提示は、偏りを避けるため毎回ランダムに提示するようにした。実験用学習教材の構成を図 1 に、表 1 に各セミ



図 1 実験用学習教材の構成

Fig. 1 Configuration of the learning materials.

表 1 セミ音声のスペック

Table 1 Specifications of the cicadas' chirping.

	鳴き声	秒数	音量	振動
		ms	db	m/s ²
アブラゼミ	ジリジリ..	45	95	2.8
エゾハルゼミ	ミョーキン・ケケ..	40	95	27.0
ヒグラシ	カナカナ..	46	93	9.2
チツゼミ	チツ・チツ・チツ	41	91	3.7
ツクツクボウシ	ツクツクオーシ	42	95	3.3
ミンミンゼミ	ミン・ミンミンミン	46	95	3.0
ニイニゼミ	チー..	45	100	0.6

の音声条件をあげる。

3.2 実験手続き

実験は平成 29 年 6 月 27 日から 7 月 6 日の間に行われた。20 歳以上の、26 人の聴覚障害学生（平均年齢 21.1 才）を 2 つのグループに分け、振動デバイスを用いた群（17 人）とデバイスを用いない群（9 人）に分けた。実験は全体で一人あたり 30 分であった。実験手続きを以下に挙げる。

本教材の音声は改訂版日本産セミ科図鑑 [15] から許諾を得て使用した。

- (1) インフォームドコンセントと実験説明
- (2) ワーキングメモリ課題 (2back タスク)
- (3) 事前テスト (セミの名前と擬声語を結びつける)
- (4) 教材を用いた学習 (2 サイクル)
- (5) 事後テスト (セミの名前と擬声語を結びつける)
- (6) 評価アンケート

3.3 教材の評価方法

本研究で使用したセミ教材は、セミの生態に関する解説文章、鳴き声の擬音語オノマトペ、セミ画像、セミの鳴き声の音情報、鳴き声の波形、振動で構成したマルチメディア教材である。教材の評価を得るために以下の8つの質問項目を立てた。1つめの質問は複数回答を可とした選択式、2つ目以降の質問は「どちらともいえない」を中心にした5段階のリッカート尺度による主観的評価を採用した。

振動デバイスを用いなかったグループについては、質問1の選択肢から「振動」を削除した。リッカート尺度による主観的評価の質問3は「振動があった方がよいか」という設問に変更した。

- (1) 教材の何が良かったか (解説文章, 鳴き声の擬声語, セミ画像, セミの鳴き声, 鳴き声の波形, 振動)
- (2) 音は聞こえたか
- (3) 振動は判別できたか (振動があった方がよいか)
- (4) 鳴き声の違いはわかりやすかったか
- (5) セミの鳴き声を学習するのに役立つか
- (6) セミについてもっと知りたいか
- (7) 教材は面白かったか
- (8) 聴覚障害児の理科学習に使えるか

4. 実験結果

4.1 被験者の学習能力

基礎情報として、ワーキングメモリをはかるために、2つ前の数字と同じ数字が出たらクリックするという2backタスクを課した。タスクは練習を1回、計測を2回行い、結果は計測した2回の正答率の平均をとった。振動デバイスを用いた群の平均正答率は53.2%、用いない群は57.9%であった。

セミの鳴き声に対する知識については、教材を使って学習する前後で7個のセミの名前と7個の鳴き声 (擬声語) を1対1対応で結びつける課題を課した。その結果、事前正答件数は、振動デバイスを用いた群は3.9個、用いない群は3.8個であったが、事後の正答率は、振動デバイスを用いた群は6.8個、用いない群は6.6個と上がり、ほぼ全員が学習後はセミとセミの鳴き声 (擬声語) を対応させることができるようになった。

以上により、参加した被験者のワーキングメモリと学習効果はほぼ同等といえるため、続いて、振動デバイスを用いた群と用いなかった群の教材に対する主観的評価の比較

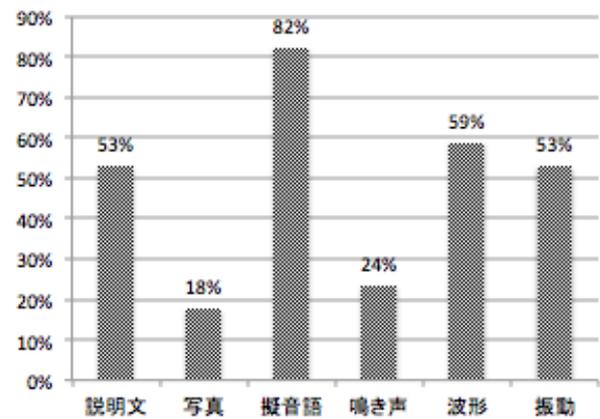


図2 良かった要素 (振動有)

Fig. 2 Good element (Viv.).

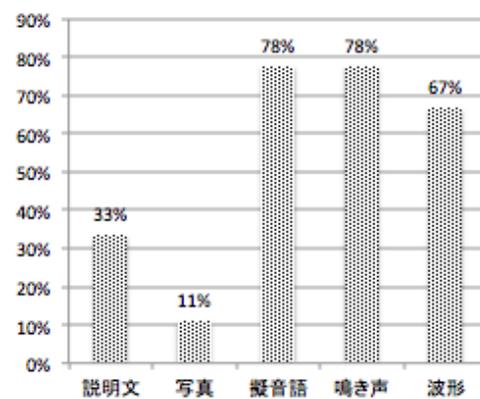


図3 良かった要素 (振動無)

Fig. 3 Good element (no Viv.).

を行った。

4.2 マルチメディア素材に対する評価結果

マルチメディア素材に対する評価結果「教材の何が良かったか」を図2、図3に示す。この質問項目は複数回答であった。グラフは、振動デバイスを用いた17人とデバイスを用いない9人をそれぞれ母数とし、説明文・写真・擬音語・鳴き声・波形・振動 (振動デバイスを用いた群のみ) という選択肢を良かった項目として選んだ人の割合を示している。

このグラフからは、振動の有無に関わらず、教材コンテンツを構成する要素として鳴き声の擬音語が評価されたことがわかる。振動がない場合は、鳴き声の音情報は擬音語と同程度に評価されたが、振動がある場合は、鳴き声の音情報はあまり評価されなかった。

4.3 教材に対する主観的評価結果

リッカート尺度はどちらともいえないを0とし、強い否定を-2、否定を-1、肯定を1、強い肯定を2というように1

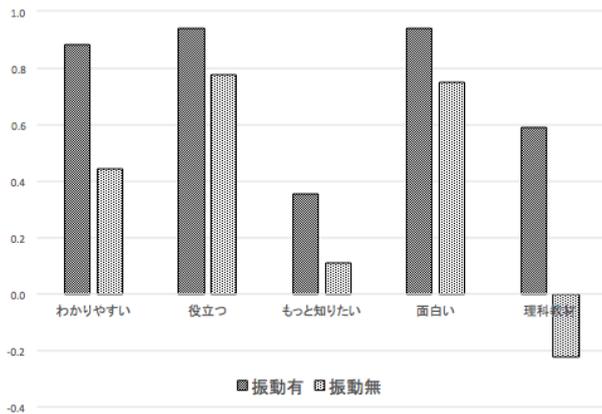


図 4 教材に対する主観的評価の比較

Fig. 4 Comparison of the subjective evaluation.

点刻みに点数化して平均値を評価点とした。図 4 に結果を示す。次に、振動情報を与えた群と与えなかった群で、教材に対する主観的評価にどのような差が生じたかを検証するために t 検定を実施したが、統計的に有意な差は見られなかった。

4.4 感覚と教材に対する主観的評価

感覚に対する質問として、「質問 2：音は聞こえたか」「質問 3：振動は判別できたか」という質問項目を立てた。各人の感覚と教材に対する主観的評価の関連性を見るために、振動情報を与えた群 (17 名) を母集団として、強い否定-2、否定-1、どちらともいえない 0 を「否定群」とし、肯定 1、強い肯定 2 を「肯定群」として、t 検定により差の検定を行った。

その結果、「質問 2：音は聞こえたか」については、聞こえた群が 11 人、聞こえなかった群が 6 人となった。5 つの主観的評価 (わかりやすい、役立つ、もっと知りたい、おもしろい、理科教材として使える) のいずれに対しても有意な差はみられなかった。このことから、聞こえの度合いによって教材の評価の違いはないということが示された。

「質問 3：振動は判別できたか」については、判別できた群が 11 人、判別できなかった群が 6 人となった。5 つの主観的評価については、おもしろい ($t(15)=3.05, p < .05$)、教材として使える ($t(15)=2.49, p < .05$) の 2 つの評価項目について有意な差がみられた。この結果と平均値 (表 2 参照) をみると、振動の判別ができた人の方が判別できなかった人より教材に対して、「おもしろい」「理科教材として使える」と評価していると解釈できる。

4.5 自由記述

自由記述について以下にまとめる。

- 波としんどうを同時に感じる事ができたので、分かりやすかった。アブラゼミの鳴き声が一番分かりやすかった (覚えやすかった)。「ツクツクオーン」のしん

表 2 振動の判別と教材に対する評価

Table 2 Distinction of the vibration and evaluation of the teaching materials.

	判別できる	判別できない
	平均 (標準偏差)	平均 (標準偏差)
わかりやすい	1.09(0.70)	0.50(0.84)
役立つ	1.27(0.47)	0.33(1.21)
もっと知りたい	0.45(0.82)	0.17(0.75)
面白い	1.27(0.65)	0.33(0.52)
理科教材	1.00(0.77)	-0.17(1.17)

どう、覚えづらかった。こんな鳴き声するんだとびっくりした。

- セミの声を聞くことはできないが、振動で様々な鳴き声があると知ることができて、面白かった。
- 鳴き声が非常に高いため、鳴き方が異なることは理解できても、おそらく補聴器の場合では、擬音語のように聞き取ることは不可能だと思われる。そういう意味では振動スピーカーを使うという方法は極めて有効ではある。又、波形を見せることで視覚的に鳴き声が異なるということを理解させるには有効だと考えられる。
- 個人的に、鳴き声のみが聴こえてくるものもあったが、雑音?のように一定時間の間振動が続いていると鳴き声が入ってこなかった。セミの種類によって、分かる分からないがわかれると思う。ヒグラシとニイニゼミとアブラゼミは分かりやすかったが、それ以外は?だった。
- 振動だけによる判別が分かりにくかった (雑音?があったため)。音の変化は音と波形で分かるが振動による音の変化が分かりづらいセミの鳴き声があった。波形によって今鳴いているのかどうか分かるのは良かった。

5. 考察

本稿では、音体験を拡張する共感覚的な擬音語教材が、音象徴を伴うオノマトペの理解を促進するかどうかについて、セミの鳴き声をテーマにしたマルチメディア教材を用いて、教材に関する評価や学習効果から明らかにすることを目指した。

その結果、振動を付加した場合も振動がない場合でも、学習効果に差は見られなかった。どちらの場合も学習前より学習後の方が成績が向上し、ほぼ全員が全問正解であった。学習教材としての効果を測定するためには、学習から一定期間を設け、改めてテストを実施し、知識の定着の度合いを図る必要がある。また、振動の感じ方にばらつきがみられたことから、実験において誰もが認識できる振動を提供できなかったと考える。

教材コンテンツを構成する要素として、セミの生態に関する解説文章、鳴き声の擬音語オノマトペ、セミ画像、セ

ミの鳴き声の音情報、鳴き声の波形、そして、振動を提供した。振動の有無に関わらず、鳴き声の擬音語が評価された。音をことばとして伝える擬音語は、音象徴語の学習に使える要素であると評価された。

また、振動がある場合は鳴き声の音情報の評価が低いことから、振動があれば、振動をより活用しようとしている可能性があると考えられる。一方において、振動がない場合は鳴き声の音情報が評価されている。このことは聴覚障害者が残存聴力を活用していることを示している。

教材に対する主観的評価については、振動を与えた群と与えなかった群で統計的に有意差はなかった。聞こえの度合いによっても統計的に有意な差はなかった。しかし、振動の感じ方の違いは、教材に対する主観的評価に統計的に有意な差を示した。振動が判別できると「おもしろい」「理科教材として使える」という評価が得られることから、振動は音象徴語の学習を楽しいものにできる可能性があり、耳の不自由な児童の理科教材としての応用が期待できると考える。

6. まとめと今後の課題

音体験を拡張する共感的な擬音語教材をデザインした結果、コンテンツを構成する要素として、オノマトペ、音の波形、音あるいは振動が受け入れられた。

本稿では、振動という触覚情報が、聞き取りにくい音情報を補う代替手段として有益であり、音象徴を伴うオノマトペを理解を促進するという点までは示せなかったが、教材を構成する要素として期待できることがわかった。今後は振動デバイスの振動をより判別しやすいものへと改良することで実用的な理科教材へと発展させることができるだろう。その際、アラーム的な振動ではなく、音のニュアンスや高音域の音まで伝えるデバイスの開発が求められる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15K12122 の助成を受けたものである。実験に協力してくれた筑波技術大学の学生に感謝の意を表す。神戸大学の稲垣成哲先生、多摩美術大学楠房子先生、慶應義塾大学の金箱淳一先生に、さまざまなご教示を頂いたことを深謝する。実験を手伝ってくださった北村まさみ様に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 山口仲美 (編) : ぐらしのことば 擬音語・擬態語辞典, 講談社 (2003).
- [2] 丹野眞智俊 : オノマトペ; 擬音語擬態語; いかす, あいり出版 (2007).
- [3] 篠原和子, 宇野良子 (編) : オノマトペ研究の射程ひつじ書房 (2013)
- [4] 今井むつみ, 針生悦子 : レキシコンの構築, 岩波書店 (2007)
- [5] 中村村枝 : 乳幼児期の聴覚活用と言語習得, 音声言語医学 48, 254-262, (2007).
- [6] Neville HJ, et al.: Cerebral organization for language in deaf and hearing subjects: Biological constraints and ef-

- fects of experience, Proc Natl Acad Sci USA, 95, 922-929, (1998).
- [7] Okada R., Nakagawa J., Takahashi M., Kanaka N., Fukamauchi F., Watanabe K., Namatame M., Matsuda T.: The deaf utilize phonological representations in visually presented verbal memory tasks., Neuroscience Research, Vol.90, 83-89, (2015).
- [8] 荒田真実子, 今井むつみ, 生田目美紀, 奥田次郎, 岡田浩之, 松田哲也: シンボル接地のない擬態語の意味処理 - fMRI による検討 -, 日本認知科学学会大会発表論文集 (CD-ROM), 26th, ROMBUNNO.02-3, (2009) .
- [9] Leanne Hinton, Johanna Nichols, John J. Ohala : Sound Symbolism, Cambridge University Press, (2006).
- [10] Matthias Heidenreich, Stefan G Lechner, Vitya Vardanyan, Christiane Wetzels, Cor W Cremers, Els M De Leenheer, Gracia Arnguez, Miguel Angel Moreno-Pelayo, Thomas J Jentsch & Gary R Lewin: Deafness linked to heightened sense of touch., Nature Neuroscience, 138-145, (2012).
- [11] 伊福部達: 発音訓練における感覚代行, 人間工学, Vol.16. No.1, 5-17, (1980).
- [12] ontenna : 入手先 (<http://hodwn.com/works/47/>) (2017.07.05).
- [13] otosense : 入手先 (<https://www.otosense.com/>) (2017.07.05).
- [14] Kanebako J., Yamanaka T., Namatame M.: Effect of Vibration on Listening Sound for a Person with Hearing Loss. , ICCHP (2) : 419-423, (2016).
- [15] 林正美, 税所康正 : 改訂版日本産セミ科図鑑, 誠文堂