

擬音語を利用した室内環境認知支援システムの試作

塩澤 朋^{1,a)} 長谷川 大¹ 佐久田 博司¹

概要: 本研究では、環境音を擬音語として表示することで周辺環境の認知を支援するシステムを試作する。多くの聴覚障害者は環境音の知覚が困難であるということから、日常生活において不自由を感じている。システムでは音信号のスペクトルに基づいて表示する擬音語を決定する。また、Kinect を使用して擬音語を AR 表示する。しかし実際に聴覚障害者に対する有効性を計る前段階として、システムが正確に音を表現できているかを評価する必要がある。そのため本稿ではシステムの評価実験を行った。また、評価実験では表示される擬音語の妥当性に対して高い評価が得られた。

キーワード: 擬音語, 音の可視化,

Prototype of Onomatopoeia Displaying Indoor Environment Perception Support System

SHIOZAWA TOMO^{1,a)} HASEGAWA DAI¹ SAKUTA HIROSHI¹

Abstract: In this study, we propose a system that supports environmental perception by displaying environmental sounds as onomatopoeia. There are still many people who are hearing impaired. Such people feel inconvenience in their daily life because it is difficult to perceive the sounds around them. The system determines which onomatopoeia to display based on the spectrum of the sound. The system uses Kinect to display onomatopoeias as augmented reality. However, there is a need to evaluate how accurately our system can express sounds before evaluating the use of the system by the hearing impaired. We conducted an evaluation experiment and earned high scores about the validity of the onomatopoeia shown in response to the emitted sound.

Keywords: onomatopoeia, sound visualization,

1. はじめに

1.1 背景

現在、日本には多くの難聴者や聴覚障害者がいる。2011年現在(平成23年現在)で、聴覚障害者の数はおよそ32万人である[1]。それらの聴覚障害者の抱える問題は、環境音を認知することが難しいことだといえる。環境音とは、ものの動作音や衝突音などの身の回りで発生する音のことである。聴覚に障害のない人は身の回りの環境音を聞くことができ、環境音の音源の方向や音の大きさ、どのような音が鳴っているかなどの認知を行っている。人は環境音の

認知をすることで周辺環境の状況や変化を把握している。また、人にとって環境音の情報が周辺環境の把握において重要な情報であることは Matthews らの研究で示されている[2]。しかし、聴覚障害者はこの環境音の認知が困難である。齋藤らによって、聴覚障害者が日常生活の様々な場面における環境音に対して、音が聞こえないために不自由を感じていることが示されている[3]。

そこで、聴覚障害者でも環境音の知覚ができるようにするために、環境音に対して音に対応した擬音語を表示させることで音を視覚的に伝達する方法を検討する。擬音語は、音の特徴や音のニュアンスを字句で表現したものである。我々は日常のコミュニケーションにおいても擬音語を使用して音を伝えることが多い。田中らの研究では音響物理の

¹ 青山学院大学
Aoyama Gakuin University
^{a)} a5812053@aoyama.jp

観点から音と音を表現する擬音語との関係を分析している [4]。田中らによると、擬音語表現は音の持つ特徴に合わせた表現になっており、擬音語が音に対応したものであることが示されている。他にも、漫画などにおいては効果音を擬音語を用いて表現している。また、鳥の鳴き声を表現する擬音語が実際の鳴き声と鳥を結びつけるための橋渡しをしていることが Hahimoto らの研究で示されている [5]。このように、擬音語表現が音を表現するための有効な手段であるといえる。したがって、擬音語を音に対して表示させることで、どのような音が鳴っているかを視覚的に表現できると考えられる。それらを踏まえて、本研究では環境音を視覚的に聴覚障害者へ伝えることを目的として、環境音から特徴的な音を判別して擬音語として表示するシステム（以下、システム）を開発し、擬音語の表示が音の知覚に有効であるか検討する。

1.2 先行研究

これまでの先行研究でも様々な音の可視化が行われてきた [6][7][8][9][10]。しかし、これらの音の可視化技術は音場の可視化や反響音の軌跡を可視化したものであり、騒音問題の解決や建築音響での利用を目的としたものである。そのため、聴覚障害者に対して音を視覚的に伝えることを目的としたものではない。また、これらの技術では音が発生している場所を可視化することはできているが、どのような音が鳴っているかを視覚的に認知するのは困難である。したがって、聴覚障害者へ環境音を視覚的に伝えるための手段には不適切であるといえる。Bian らの研究では、家庭環境の音に関して音源定位を行っているが、主に家庭内でのコミュニケーションをする場所を考察したもので環境音については研究されていない [11]。Shen らの研究では拡張現実を用いて音の可視化を試みている [12]。しかし、Shen らの研究のシステムでは AR を使った可視化手法であるため、音源となる物体にマーカーを付けなければならないという制約がある。環境音を発生させる原因となる物体のすべてにマーカーを付けることはほぼ不可能であり、実用性は低いといえる。本研究のシステムはこれまでの先行研究とは違い、音の可視化に擬音語を使用する。これまでの音の可視化技術にはなかった、どのような音が鳴っているかを視覚的に伝えることができる。そのため、本研究のシステムはどのような音が鳴っているかを聴覚障害者に伝えることができ、聴覚障害者の音の認知に有効であると考えられる。

1.3 目的

本稿では、環境音を視覚的に聴覚障害者へ伝えることを目標として、基礎的なシステムを開発する。開発したシステムは室内での環境音を対象とし、単発音に対応した擬音語表現を表示するものである。また、評価実験としてシス

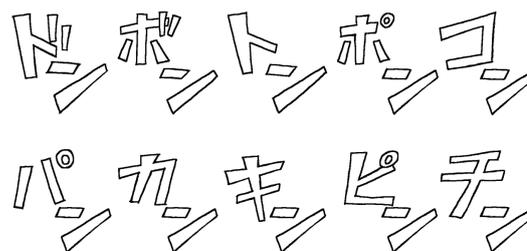


図 1 選定した 10 種類の擬音語の表現
 Fig. 1 10 kinds of selected onomatopoeias

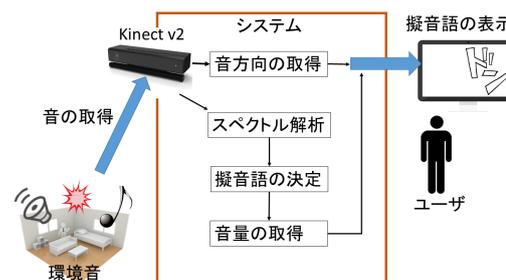


図 2 システム構成および処理手順
 Fig. 2 System configuration

テムが同じ音に対して同じ擬音語を正しく決定できているか、システムの表示する擬音語が実際の音に対してふさわしいかをアンケートにより評価した。

2. システム

システムでは、Kinect v2 sensor を使用する。システムではまず、Kinect によって音を取得する。次に、取得した音の種類を判別して対応する擬音語を決定し、実映像に重ねて擬音語を表示させるものである。擬音語を表示させる位置は音の方向に合わせて表示させる。また、音の大きさに合わせて表示させる擬音語の大きさも変化するようにしている。システムで表示させる擬音語に関しては、比屋根ら [13] の単発音と擬音語表現に関する研究をもとに単発音を表現する擬音語を 10 種類選定した。選定した 10 種類の擬音語は図 1 の通りである。またシステムでは 10 種類の擬音語の中から、取得した音にふさわしい擬音語を選択して表示させる。音に対応した擬音語の選択は、取得した音の周波数スペクトルをもとに行う。取得した音をスペクトル解析し、最も音圧が高い周波数に応じて表示する擬音語を決定する。周波数と表示される擬音語の対応は表 1 の通りである。また、図 2 にシステム構成を、図 3 にシステムの実行画面を示す。

3. 評価実験

システムを聴覚障害者に実際に使用してもらう前に、研究の基礎段階としてシステムの評価実験を行った。評価実験は実験 1 と実験 2 の 2 つの実験を行った。実験 1 では同



図 3 システム実行画面

Fig. 3 Running screen of system

表 1 先行研究 [13] に基づいた周波数と擬音語の対応表

Table 1 Reference table of frequency and onomatopoeia

周波数	擬音語
150Hz 未満	ドン
150Hz 以上 200Hz 未満	ボン
200Hz 以上 600Hz 未満	トン
600Hz 以上 1000Hz 未満	ポン
1000Hz 以上 1500Hz 未満	コン
1500Hz 以上 2500Hz 未満	パン
2500Hz 以上 3500Hz 未満	カン
3500Hz 以上 4500Hz 未満	キン
4500Hz 以上 5500Hz 未満	ピン
5500Hz 以上	チン

じ音に対して同じ擬音語を選択して表示できるかどうかを評価した。実験 2 では表示される擬音語が実際の音に対してふさわしいかどうかを評価した。

3.1 実験 1

実験 1 ではそれぞれの音を 10 回ずつ発生させ、それぞれの擬音語が何回表示されたかを集計した。音は実際にシステムの前で発生させ、システムの実行画面に表示される擬音語を確認して集計を行った。また、実験は騒音の少ない室内で行った。発生させる音については、室内で発生する音を考え、また不自然な音ではないように考慮して決定した。実験 1 の集計結果と共に表 2 に示す。表 2 は音を発生させた 10 回のうち、どの擬音語が何回表示されたかをまとめたものである。

3.2 実験 2

実験 2 では、表示される擬音語が実際の音にふさわしいかどうかを評価した。この実験では実験参加者にシステムの実行画面を見てもらい、システムで表示される擬音語が実際の音にふさわしいかを評価してもらった。実験参加者は聴覚障害を持たない者 4 名を対象とした。また、評価は 1 から 5 の 5 段階評価で行ってもらい、実験参加者 1 名ずつにそれぞれの音に対するシステムの擬音語を評価しても

らった。評価結果はアンケート方式で実験参加者から回答を得た。実験参加者が評価をする際には、実験参加者が実際の音を聞きながら擬音語の評価をできるようにするため、実験参加者にシステムの画面を見てもらいながら実験 1 と同様にシステムの前で実際に音を発生させた。また、実験 2 で発生させる音は実験 1 で発生させた音と同じ音である。表 3 に実験 2 での評価結果の平均値と標準偏差を示す。また、評価と対応する番号は以下のとおりである。

- 1: ふさわしくない
- 2: ややふさわしくない
- 3: どちらともいえない
- 4: ややふさわしい
- 5: ふさわしい

4. 考察

実験 1 の結果から、全体的に見るとシステムが 1 つの音に対して表示させる擬音語にばらつきが少なく、概ね 1 つの音に対応する 1 つの擬音語を安定して選択できているといえる。そのため、同じ音を違う音として判別することは少ないといえる。しかし、鍵を床に落とす音に限定して注目すると、他の音の結果と比較すると表示される擬音語にばらつきが見られる。これは、鍵を落とす際の鍵の落ち方や鍵と床の衝突の仕方が違うことによって、発生する音も変化してしまうからだと考えられる。また、より高い精度を目指すのであれば、音の判別の際の閾値を見直すことで修正ができると考えられる。

実験 2 の評価では、ほとんどの音で高い評価を得ることができたといえる。表 3 では、平均評価が 3 を下回るものが缶をはじく音の 1 つのみである。また、平均評価が 4 以上のものは 5 つあり、比較的発生した音に対してふさわしい擬音語を表示できているといえる。また、棚 (引き戸) を閉める音、ティッシュの箱を置く音、鍵を床に落とす音の 3 つについては、平均評価が 4 以上に達していないが、これは参加者の評価が高い評価と低い評価に割れてしまっているからである。表 3 において、棚 (引き戸) を閉める音、ティッシュの箱を置く音、鍵を床に落とす音の 3 つでは標準偏差の値が大きく評価にばらつきがあるといえる。したがって、平均評価では高評価にならなかったと考えられる。参加者ごとの評価に大きな差が生じた原因はおそらく、参加者が音に対して抱く擬音語のイメージが参加者ごとに違うからであると考えられる。今回の場合では、参加者が音に対して抱く擬音語のイメージとシステムで表示される擬音語が一致していれば高い評価となり、一致していなければ低い評価となる。したがって、1 つの音に対して抱く擬音語のイメージが参加者ごとに違っているため、システムで表示される擬音語とイメージしている擬音語が一致している参加者がいる一方で、一致していない参加者がいたといえる。そのため参加者によって評価が大きく分か

表 2 実験 1 の結果
 Table 2 Results of Experiment 1

	ドン	ボン	トン	ボン	コン	パン	カン	キン	ピン	チン
ノックする音	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
呼び鈴の音	-	-	-	-	-	-	3	-	-	7
椅子に座る音	2	-	8	-	-	-	-	-	-	-
足音	1	-	9	-	-	-	-	-	-	-
テーブルを叩く音	-	7	2	1	-	-	-	-	-	-
缶をはじく音	-	-	-	-	-	-	7	2	-	1
手を叩く音	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-
柵 (開き戸) を閉める音	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-
床を強く踏む音	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ティッシュの箱を置く音	-	1	9	-	-	-	-	-	-	-
鍵を床に落とす音	-	-	1	-	-	1	-	-	1	7

表 3 実験 2 の評価の平均と標準偏差
 Table 3 Average and deviation of Experiment 2

	平均	標準偏差
ノックする音	4.00	1.22
呼び鈴の音	4.25	0.43
椅子に座る音	3.00	1.22
足音	4.25	0.83
テーブルを叩く音	3.00	1.00
缶をはじく音	2.75	1.09
手を叩く音	5.00	0.00
柵 (開き戸) を閉める音	3.75	1.64
床を強く踏む音	4.50	0.50
ティッシュの箱を置く音	3.25	1.79
鍵を床に落とす音	3.50	1.50

れてしまったと考えられる。

5. 結論

本稿では、擬音語を表示させることによって音を視覚的に伝達するシステムの提案と、システムの評価実験および評価実験の考察を述べた。また、システムの評価実験では比較的良い評価結果を得ることができた。ただし、良い評価が得られていたとしても、考察にも述べたように問題点や課題がないとはいえない。また、システムにも改良の余地が多く残っている。表示する擬音語の種類や精度の向上など検討すべき点は今後の研究で検討していく必要がある。

6. 今後の展望

今後は、難聴者や聴覚障害者の環境音の認知においてシステムがどれほど有効であるかを調査していきたいと考えている。擬音語の表示によって音を視覚的に伝達することは、聴覚障害者の環境音の認知において有効な手段であると考えられる。そのため、聴覚障害者が擬音語と音の対応付けができるのかを調査を行っていく。また、聴覚障害者がシステムを通して音の方向や音量、どのような音が鳴っ

ているかを視覚的に知覚することが可能であるかを調べていく。その他にも、音に対して擬音語が表示されることによりどう感じるか、その場の臨場感を感じることができるかなど、難聴者や聴覚障害者がシステムを使用した際の感想を集めるだけで有益な情報が得られるかもしれない。また、難聴者や聴覚障害者だけに限らず、例えばヘッドホンやイヤホンをしている場合などの身の回りの音を聞くことができない場面でも有効であると考えられる。

参考文献

- [1] 厚生労働省：平成 23 年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）結果，（2013）.
- [2] Matthews, Tara, Janette Fong, and Jennifer Mankoff.: Visualizing non-speech sounds for the deaf, *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. ACM (2005).
- [3] 齋藤昌彦, 宇根正美, 奥英久, and 山口的昭：難聴者が生活で必要とする音情報について，映像情報メディア学会技術報告 (1999).
- [4] Kihachiroh Tanaka, Kenichiroh Matsubara, and Taichi Sato: Study of Onomatopoeia Expressing Strange Sounds. Cases of Impulse Sounds and Beat Sounds., 本機械学会論文集 C 編 61.592 (1995).
- [5] Hashimoto, T., Usui, N., Taira, M., Nose, I., Haji, T., and Kojima, S.: The neural mechanism associated with the processing of onomatopoeic sounds., *Neuroimage* 31.4: 1762-1770. (2006)
- [6] Kaper, Hans G., Sever Tipei, and Elizabeth Wiebel.: Data sonification and sound visualization., *Computing in science & engineering*, 1.4: 48-58. (1999)
- [7] Comesaa, D. F., Steltenpool, S., Carrillo Pousa, G., de Bree, H. E., and Holland, K. R.: Scan and paint: theory and practice of a sound field visualization method., *ISRN Mechanical Engineering 2013*, (2013)
- [8] Bertram, M., Deines, E., Mohring, J., Jegorovs, J., and Hagen, H.: Phonon tracing for auralization and visualization of sound., *The JournVisualization, 2005. VIS 05. IEEE* 151-158. (2005)
- [9] 尾本章, 中原雅考, and 高島和博：音の可視化技術，*The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers* 65.4: 453-458. (2011)
- [10] 飯田一嘉：音場の可視化とその動向，*可視化情報学会誌* 27.104: 3-8. (2007)

- [11] Bian, X., Abowd, G. D., and Rehg, J. M.: Using sound source localization in a home environment., *Pervasive Computing* 19-36. (2005)
- [12] Shen, R., Terada, T., and Tsukamoto, M.: A system for visualizing sound source using augmented reality., *Proceedings of the 10th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia* 97-102. (2012)
- [13] 比屋根一雄, 澤部直太, and 飯尾淳: 単発音のスペクトル構造とその擬音語表現に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告. *SP, 音声* 97.586: 65-72. (1998)