

触覚刺激間の類似関係に基づく構造と言語形式の対応

Correspondence Between the Structure of Tactile Stimulus Similarity and Linguistic Forms

大隈 萌恵, 松見 大聖, 佐治 伸郎
Moe Ohkuma, Taisei Matsumi, Noburo Saji

早稲田大学
Waseda University
moe.ohkuma@aoni.waseda.jp

概要

本研究は、類像性が高いとされる対乳児発話に含まれるオノマトペに着目し、オノマトペは触覚経験の構造との対応が対大人発話より高いと予測した。日本語話者 28 名を対象に、12 種類の触覚刺激に対する類似度評定と対乳児発話、対大人発話を収集し、各条件の距離行列を作成した。最適輸送法により構造間の対応を分析した結果、対大人発話は触覚経験の構造と高く対応した一方、オノマトペの対応は限定的であった。類像性が高いとされるオノマトペであっても触覚経験の構造を忠実に保持するとは限らないことが示唆された。

キーワード：類像性、オノマトペ、触覚、対乳児発話 (Infant-Directed Speech)

1. はじめに

乳幼児とのコミュニケーションにおいて養育者は、対大人発話 (ADS: Adult-Directed Speech) と異なる特徴を持つ対乳児発話 (IDS: Infant-Directed Speech) を用いる (Perry et al., 2018; Soderstrom, 2007)。IDS では、対象の特徴や状態を乳幼児に分かりやすく伝えるために、オノマトペ、ジェスチャーなど多様な類像的表現を用いることが知られている。これらの表現は、より広く記号における類像性 (iconicity) の一部として位置付けられ、知覚経験と意味を結びつける足場かけの役割を果たすと考えられている (Imai & Kita, 2014; Perniss et al., 2010; Perniss & Vigliocco, 2014)。近年では、IDS の研究は聞き手に応じて類像的表現を調整する audience design の観点からも検討が進められている。例えば、Kandemir et al. (2024) では、ADS と対幼児発話 (CDS: Child-Directed Speech) を比較すると、CDS では ADS よりも対象の特性を表す類像的ジェスチャー (iconic gesture) が多く用いられることが報告されている。この知見は、話者が聞き手の理解を支援するために、類像的表現を積極的に利用し、使い分けている可能性を示唆している。このように、類像的表現は乳幼児とのコミュニケーションにおいて重要な役割を果たすことが知られている。一方で、類像的表現における類像性とは何か

については、いまだ十分に明らかとはなっていない。本研究では、この問題を検討する。

類像的表現のうち特にオノマトペに着目した研究では、オノマトペを利用することが語彙理解を促進するか (Imai et al., 2008)、あるいはどのようなオノマトペがどのような場面で用いられるか (Dingemanse, 2012) が議論の中心となってきた。これらの研究は、類像的表現が知覚的特徴の理解や語彙学習を促進することを示してきた一方で、それらの表現が知覚経験そのものをどの程度反映しているかについては十分に検討していない。例えば、ざらざらというオノマトペは、具体的な触覚体験に対してどれほど類像的であるかを定量的に評価した研究はない。近年では、知覚経験と言語表現との対応を定量的に評価するため、刺激間の関係構造に着目して類像性を捉える構造アプローチが注目されている (Kawakita et al., 2025; Moriguchi et al., 2025)。構造アプローチでは、刺激間の類似関係から得られる距離構造を知覚空間の構造として捉え、構造間の対応を検討する。このアプローチを用いることで、個々のオノマトペがどのような特徴量を表しているかではなく、オノマトペおよび IDS、ADS が知覚経験の構造とどの程度対応する構造を持っているかを検討することが可能となる。

そこで本研究では、構造アプローチを援用し、類像性を知覚経験と言語表現という異なる空間の構造的対応として捉える。本研究では、この構造的アプローチの観点から、オノマトペが類像的表現として知覚経験をどの程度反映しているかを検討する。知覚経験の中でも触覚は、硬さ、粗さ、湿り気など複数の特徴次元から構成される複雑な知覚経験であり (Okamoto et al., 2013)、その言語化にはオノマトペが広く用いられる (Akita, 2009; Hamano, 1986)。日本語では、触覚を表す語彙の多くがオノマトペによって構成されており (Hamano, 1986)、オノマトペは触覚経験を表現する主要な言語資源となっている。このことから、触覚は言語表現が知覚

経験をどのように反映するのかを検討する上で適した対象であると考えられるため、触覚オノマトペにおける類似性を検討する。

本研究の目的のため、触覚刺激間の類似度判断に基づいた知覚空間（以下、触覚空間）を構築し、IDS 発話、ADS 発話、およびオノマトペに基づいて構築された 3 種類の言語空間との構造的な対応関係を比較した。先行研究で指摘されているように、IDS がオノマトペを含む類像的表現を多く含むのであれば、IDS 発話およびオノマトペによる言語空間の構造は、ADS による言語空間の構造よりも触覚空間の構造と対応することが予想される。

2. 方法

2.1. 参加者

実験参加者は、成人の日本語母語話者 28 名であった。本研究は、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を受けて実施された（承認番号: 2026-013）。

2.2. 触覚刺激

竹井工業製の触覚刺激セットから 12 種類の素材を用いた。刺激の選定では、実験に参加しない日本語母語話者に 7 つの触覚特徴次元（硬度、湿度、マクロな粗さ、ミクロな粗さ、温度、快感、覚醒度）について 5 段階で評定させた。評定結果に基づき、触覚特性が類似した素材を除外し、12 個の刺激を選定した（図 1）。刺激の内訳は、ガラス（1 種）、石材（2 種）、金属（2 種）、布（4 種）、皮革（3 種）であった。

図 1 触覚刺激の一覧



2.3. 手続き

実験は、IDS 課題、ADS 課題、類似度評定課題から構成された。IDS 課題および ADS 課題では、参加者は単一刺激の触り心地を説明するよう求めた。IDS 課題では乳児を模した人形に向けて説明し、ADS 課題では実験者に向けて説明した。類似度評定課題では、参加者

は刺激ペアにおける触り心地の類似度を 8 段階（-4: 似ていない - +4: 似ている）で評価した。いずれの課題においても、触覚刺激は参加者が視覚情報を利用できないように箱の中に設置された。

3. 結果

3.1. 分析

発話データの分析では、IDS 課題の発話から抽出したオノマトペをオノマトペ条件とした。また、ADS 課題で得られた発話全体を ADS 条件とした。

オノマトペ条件では、オノマトペの母音は舌の前後位置および高さ、子音は調音位置および様態、有声性、共鳴性、鼻音性に基づいてコード化し、それらのコードから距離行列が作成された。

ADS 条件では、大規模言語モデル（LLM）を用いて発話間の意味的類似度を評定した。意味的テキスト類似度（Semantic Textual Similarity）は、自然言語処理分野において文書間の意味的近さを定量化する標準的な手法として広く用いられており（Cer et al., 2017）、近年では LLM を用いた意味類似度評価も高い性能を示している（井本, 2024）。

本研究では、ADS 条件において、各触覚刺激に対する発話の組を刺激ペアごとに ChatGPT に提示し、硬度、湿度、マクロ・ミクロな粗さ、温度、快感、覚醒度の 7 次元に基づく触覚体験の類似性を 0~100 で評定させた。

類似度課題の評定値を分析対象とした類似度評定条件では、得られた類似度を距離に変換し、各参加者の距離行列を作成した。

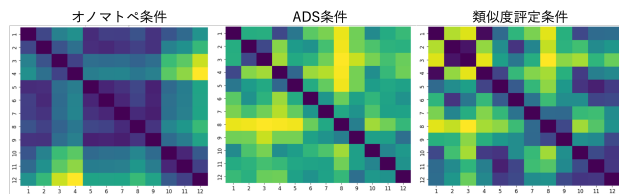
参加者ごとの距離行列を作成した後、条件ごとに平均距離行列を作成した。類似度評定条件に基づく触覚空間と、オノマトペ条件および ADS 条件に基づく言語空間それぞれの構造を多次元尺度構成法（MDS）により可視化した。さらに、Gromov-Wasserstein 最適輸送法（GWOT）により構造間の対応関係を検討した。

3.2. 触覚空間と言語空間の構造比較

触覚空間と言語空間の類似度構造の対応を検討するため、RSA 相関分析を行った。その結果、ADS 条件と類似度評定条件との間には、強い正の相関が見られた。オノマトペ条件と類似度評定条件間では有意な相関は見られなかった（ADS: $r = .84, p < .001$; オノマトペ: $r = .02, p = .86$ ）。また、触覚空間と言語空間の類似度構造の対応を視覚的に比較するため、ヒートマップを作成した（図 2）。ADS 条件の構造は類似度評定条件と類

似していた一方、オノマトペ条件では刺激間距離の差異が比較的小さく、類似していると評定された刺激が広範に分布していた。

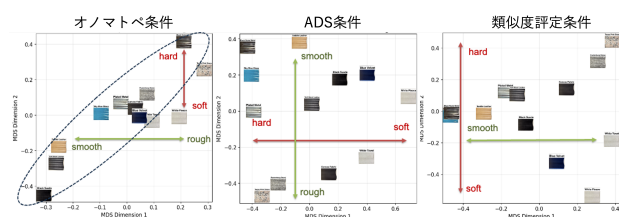
図2 触覚空間と言語空間の類似度構造



3.3. 触覚空間と言語空間の次元比較

触覚空間と言語表現空間の類似度構造を比較するため、MDSを用いて両空間を二次元に配置した。言語音空間と無意味図形空間を図3に示す。評定方法が異なっているが、共通する知覚次元が認められた。第1次元はマクロ・ミクロな粗さを反映し、第2次元は硬さを反映していた。

図3 触覚空間と言語表現空間の次元比較

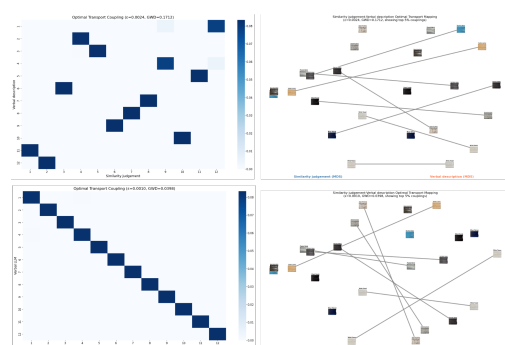


3.4. 触覚空間と言語空間の構造対応

触覚空間と言語空間の類似度構造の対応関係を直接検討するため、類似度の距離行列を用いて、類似度評定条件とオノマトペ条件およびADS条件の間でGWOTに基づく教師なしアライメントを実施した。

異なる正規化パラメータ ε および初期値に

図4 類似度評定条件に対するオノマトペ条件およびADS条件の最適輸送行列



対して合計20,000回の最適化を行い、その中でGromov-Wasserstein 距離 (GWD) が最小となる解を最適解として採用した。図4にADS条件およびオノマトペ条件と類似度評定条件との最適輸送行列を示す。GWDについて、ADS条件は0.040、オノマトペ条件は0.051であった。また、ADS条件では最適輸送計画において、すべての刺激が類似度評定条件における同一刺激へ対応付けられていた。

4. 考察

本実験では、GWOTによる構造比較においてADS条件の方がオノマトペ条件よりも触覚に基づく類似度構造との対応が高かった。一方、MDSによる次元の可視化では、オノマトペ条件、ADS条件、類似度評定条件のいずれにおいても、硬さと粗さという次元を共有していた。これらの結果は、オノマトペが触覚経験の大まかな特徴次元を捉えている一方で、刺激間の細かな差異や距離関係を表現する点では、ADSほど精緻ではない可能性を示している。

触覚空間の構造は、多次元かつ連続的である。この特徴から、触覚空間の構造が言語空間と対応づけられるためには、粗さ、硬さ、湿度などの複数の特徴次元を組み合わせ、刺激間の微細な差異までを表現できる言語表現が必要であると考えられる。ADSでは、話者は言語的・形態的に複雑で、意味的に多様、抽象的かつ比喩的な言語表現を使用することが知られている(Ravid, 2006)。そのため、本研究のADS条件では、複数の語や修飾表現を組み合わせることで触覚刺激の特徴を細かく説明でき、触覚空間と言語空間の構造がより高い精度で対応づけられたと考えられる。

一方、オノマトペ条件では、触覚の類似度構造との対応は限定的であった。日本語のオノマトペでは、音韻特徴と知覚的な特徴次元との間に体系的な対応関係が報告されているが(Hamano, 1986)、本研究の結果は、オノマトペにおいて想定されてきた対応が触覚空間全体の構造を正確に保持することを意味しない可能性を示している。むしろ、オノマトペの役割は、知覚空間の構造を言語空間に忠実に写像することではなく、知覚空間内に存在する刺激の連続的な特徴を抽出し、より単純で少数のカテゴリへと圧縮することにある可能性がある。これは、知覚的にまとまりやすいカテゴリが幼児の概念獲得に影響を与える(Gentner, 1982; Markman & Hutchinson, 1984) という理論的枠組みの中に位置付け

ることができる。

以上より、触覚空間を言語で正確に表現するためには、刺激間の差異を保持する必要がある、言語形式の複雑さを増大させると考えられる。本研究における ADS 条件のような表現形式は、知覚経験を詳細に共有する上では有効である一方、言語獲得初期の乳児にとっては、知覚経験を一般化・カテゴリ化するという観点では必ずしも最適ではない可能性がある。したがって、知覚空間との構造対応が高く、類像性が高まることが必ずしも言語習得を促進するとは限らず、オノマトペのように知覚経験を単純化・カテゴリ化した言語形式が、概念形成や言語習得を支える役割を果たしていると考えられる。

本研究の参加者は、実験者によってあらかじめ指定された触り方のみを用いて、課題を行った。一方で、触覚刺激の触り方の違いや、参加者が能動的に刺激を触ることができるか否かは、触覚経験やその経験に基づく触覚空間の構造にも影響を与える可能性がある。今後は、参加者が探索的に刺激を触る実験手続きなどを導入し、より豊かな触覚経験に基づく構造を検討することが有用であると考えられる。また、本研究は成人の母語話者を実験参加者とした。今後はさらに、乳幼児や第二言語学習者を対象とした研究へと拡張することも重要である。こうした知見を通して、触覚をはじめとした知覚経験と言語形式との対応関係が、発達や学習経験によってどのように変化するかを明らかにすることができると考えられる。

文献

- Akita K. (2009). A grammar of sound-symbolic words in Japanese: theoretical approaches to iconic and lexical properties of mimetics (Matsumoto Y. (ed.)) [Kobe University]. <https://da.lib.kobe-u.ac.jp/da/kernel/D1004724/D1004724.pdf>
- Cer, D., Diab, M., Agirre, E., Lopez-Gazpio, I., & Specia, L. (2017). SemEval-2017 task 1: Semantic Textual Similarity - multilingual and cross-lingual focused evaluation. In arXiv [cs.CL]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.00055>
- Dingemanse, M. (2012). Advances in the Cross-Linguistic Study of Ideophones. 10, 654–672.
- Gentner, D. (1982). Why nouns are learned before verbs: Linguistic relativity versus natural partitioning. Lawrence Erlbaum. <https://groups.psych.northwestern.edu/gentner/papers/Gentner82c.pdf>
- Imai, M., & Kita, S. (2014). The sound symbolism bootstrapping hypothesis for language acquisition and language evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 369(1651), 20130298–20130298.
- Imai, M., Kita, S., Nagumo, M., & Okada, H. (2008). Sound symbolism facilitates early verb learning. *Cognition*, 109(1), 54–65.
- Kandemir, S., Özer, D., & Aktan-Erciyes, A. (2024). Multimodal language in child-directed versus adult-directed speech. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (2006), 77(4), 716–728.
- Kawakita, G., Zeleznikow-Johnston, A., Takeda, K., Tsuchiya, N., & Oizumi, M. (2025). Is my “red” your “red”? Evaluating structural correspondences between color similarity judgments using unsupervised alignment. *iScience*, 28(3), 112029.
- Markman, E. M., & Hutchinson, J. E. (1984). Children’s sensitivity to constraints on word meaning: Taxonomic versus thematic relations. *Cognitive Psychology*, 16(1), 1–27.
- Moriguchi, Y., Watanabe, R., Sakata, C., Zeleznikow-Johnston, A., Wang, J., Saji, N., & Tsuchiya, N. (2025). Comparing color qualia structures through a similarity task in young children versus adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 122(11), e2415346122.
- Okamoto, S., Nagano, H., & Yamada, Y. (2013). Psychophysical dimensions of tactile perception of textures. *IEEE Transactions on Haptics*, 6(1), 81–93.
- Perniss, P., Thompson, R. L., & Vigliocco, G. (2010). Iconicity as a general property of language: evidence from spoken and signed languages. *Frontiers in Psychology*, 1, 227.
- Perniss, P., & Vigliocco, G. (2014). The bridge of iconicity: from a world of experience to the experience of language. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 369(1654), 20140179–20140179.
- Perry, L. K., Perlman, M., Winter, B., Massaro, D. W., & Lupyan, G. (2018). Iconicity in the speech of children and adults. *Developmental Science*, 21(3), e12572.
- Ravid, D. (2006). Emergence of linguistic complexity in later language development: Evidence from expository text construction. In *Perspectives on Language and Language Development* (pp. 337–355). Springer US.
- Soderstrom, M. (2007). Beyond babytalk: Re-evaluating the nature and content of speech input to preverbal infants. *Developmental Review*, 27(4), 501–532.
- Sound-symbolic system of Japanese : Hamano, Shoko Saito. (n.d.). <https://archive.org/details/soundsymbolicsys00hama>
- 井本稔也. (2024). 大規模言語モデルを用いたニュース類似度の算出. 言語処理学会 第 30 回年次大会 発表論文集. https://www.anlp.jp/proceedings/annual_meeting/2024/pdf_dir/P8-10.pdf