JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	行動情報解析による意味知識ネットワークの発達過程の解明
Author(s)	日高，昇平
Citation	科学研究費助成事業研究成果報告書：1-5
Issue Date	2015-06-05
Type	Research Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12805
Rights	
Description	研究種目：基盤研究(B)，研究期間：2011～2014，課題番号：23300099，研究者番号：50582912，研究分野：認知科学

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２７ 年　 ６ 月　 ５ 日現在

機関番号：１３３０２
研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2011～2014
課題番号：２３３０００９９

研究課題名（和文）行動情報解析による意味知識ネットワークの発達過程の解明

研究課題名（英文）Understanding Development Processes of Semantic Networks Through Analysis of Behavioral Information

研究代表者
日高　昇平（Hidaka, Shohei）

北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科・助教

研究者番号：５０５８２９１２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　6,200,000円

研究成果の概要（和文）：近年の研究では、意味知識を、概念と概念の関係性(連想性、類似性など)に基づいたネットワークとして捉える理論が成人のデータを基に提案されている。その一方で、意味知識の発達過程に迫るために重要と考えられる乳幼児の大規模な意味知識の解析は困難である。その理由は、乳幼児は個々の単語の理解は可能であっても、複数の単語間の関係を判断し、それを産出(発話)する事が困難であるためである。本研究では、意味の理解を非言語的情報から推定することで、この問題を打開し、乳幼児の意味知識の発達過程を明らかにするための分析方法を提案した。

研究成果の概要（英文）：Based on adults’ behavioral data, recent studies have proposed the theory, which treats semantic knowledge as the networks reflecting the associative or similarity relationship between concepts. It is, however, considered difficult to analyze infants’ and children’s semantic knowledge in a large scale network, which is crucial to understand its development. The major reason for this difficulty is that children cannot articulate their ideas on the conceptual relationships. Toward this problem, by statistically estimating semantic comprehension from non-verbal behavioral data, this research project has proposed the set of analytic tools for understanding the development of semantic knowledge in infancy and childhood.

研究分野：認知科学

キーワード：意味認知　認知発達　注視行動　ベイズ統計　　語彙獲得　モデリング

１．研究開始当初の背景

近年の研究では、意味知識を、概念と概念の関係性(連想性、類似性など)に基づいたネットワークとして捉える理論が成人のデータを基に提案されている。その一方で、乳幼児の大規模な意味知識の解析は困難であると考えられてきた。その理由は、乳幼児(1-3 歳児)は個々の単語の理解は可能であっても、複数の単語間の関係を判断し、それを産出(発話)する事が困難であるためである。

２．研究の目的

本研究では、意味の理解を非言語的情報から推定することで、この問題を打開し、乳幼児の意味知識の発達過程を明らかにするための分析方法を提案した。

３．研究の方法

具体的に、本研究の到達目標を、言語的反応の得られやすさなどの技術的な制約の少ない順に、(1) 成人、(2) 3-6 歳児、(3) 1-2 歳児の 3 つの中間目標を置いた。既に、(1) 成人、(2) 3-6 歳児に関しては、限定された単語群(50 語)に関して、類似性判断が得られている。従って、この類似性データを指針として、注視行動などの間接的な行動指標の分析を行い(23-24 年度)、この結果を足がかりとして、言語的な判断を得る事の困難な(3) 1-2 歳児の類似性判断の推定に取り組んだ(24-26 年度)。

４．研究成果

実際に、平成 23-24 年度には乳児の注視行動を分析する統計的手法を開発し、乳児の注視行動と実験刺激、そして数理的モデルとして表現した仮説の 3 者をつなぐことで注視行動を予測するセミパラメトリックベイズモデルを提案した(図 1)。このモデルベースの分析法を応用し、実験で得られた 6-9 ヶ月児, 13-15 ヶ月児の注視行動の分析を行った。この結果、乳児の多感覚刺激の連想学習および、言語学習において注視行動と潜在する学習メカニズムの統計的な関係の一端を明らかにした。

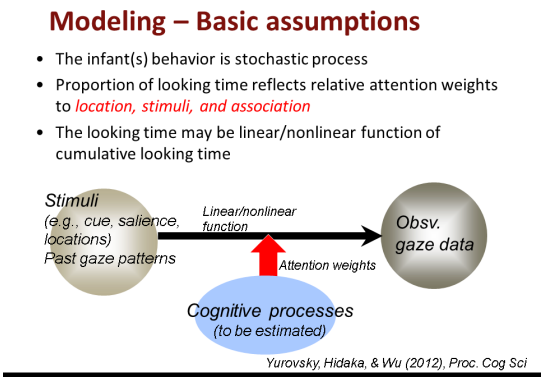

図 1: ベイズモデルの概要

これらの研究成果は既に 9 件のジャーナル論文として発表した(Yurovsky, Hidaka, & Wu, 2012; Hidaka, 2013; 2014; 2015; Imai, Miyazaki, Yeung, Hidaka, et al. 2015 ほか「主な発表論文」を参照)。

代表的な研究の概要

本プロジェクトの代表的な研究として Yu, Hidaka, & Wu (2012)を概説する。この研究では、視聴覚刺激の連想学習における社会的・非社会的な注意手がかりを調べた Wu & Kirkham (2010)の研究を事例として、提案モデルによる再分析を行った。この実験では、特定の視覚刺激と聴覚刺激を対として提示し、同時に提示される視聴覚刺激対の連想学習を、ターゲットとなる視覚刺激への注視時間を指標として検討された。特に、8 ヶ月児の視聴覚刺激の連想学習における社会的・非社会的な手がかりの学習促進効果の違いに焦点が当てられ、手がかりなし条件を含めた３条件における学習成功率が分析された(図 2)。

モデルでは、刺激の顕著性、場所バイアス、手がかりの効果、連想学習の効果のそれぞ

れを表すパラメタによって認知過程を定式化した。前述のベイズ推定の結果、条件ごとに複数の乳児集団とその手がかり効果・連想効果が特定された(図 3)。この結果から、Wu & Kirkham (2010)と同様に、連想効果は、全体として社会的(Face)>非社会的(Square)>手がかりなし(NoCue)条件の順に高かったことを確認した。一方、先行研究に加えて、複数の潜在的な乳児集団がある事が示された。いずれの条件でも少数の学習成功者がいる一方で、多数の学習失敗が見られ、この学習失敗群で条件間差が見られる事が明らかになった。以上のより深い分析結果は、本研究で提案する階層ベイズモデルを用いた一つの利点であると考えられる。

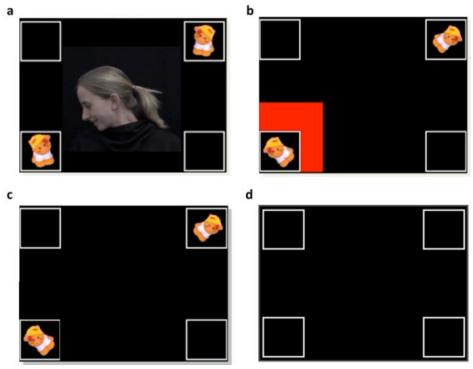

図 2: Wu & Kirkham (2010)の実験における訓練・テスト試行。音刺激とともに条件ごとに３つの視覚刺激が提示された。社会的手がかり条件(a)：顔の方向が連想関係にある１つの刺激を示す。非社会的手がかり条件(b)：刺激を囲む赤い四角により連想関係にある１つの刺激を示す。手がかりなし条件(c)：学習する刺激と音以外に手がかりは与えられなかった。テスト(d)：４つの空白とともに音刺激のみ提示された。

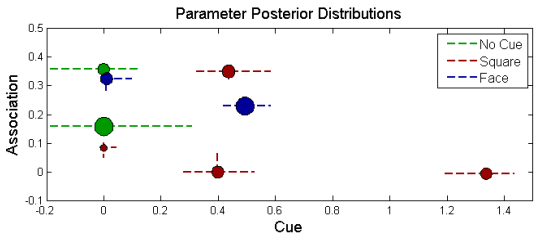

図 3: Wu & Kirkham (2010)の実験データに対し、推定された、手がかり、連想関係パラメータの事後分布。各円は乳児集団のパラメタ中央値を表し、円のサイズは集団の相対的な大きさを表す。点線は、集団内でのばらつき(68%区間)を表す。

参考文献

Wu, R., & Kirkham, N. Z. (2010). No two cues are alike: Depth of learning during infancy is dependent on what orients attention. *Journal of Experimental Child Psychology, 107*, 118-136.

５．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計　9　件）

1. 鳥居拓馬 & 日高昇平 (accepted). 利己的な学習による相互協調：不確実な囚人のジレンマの分析., 認知科学. (2015 年 9 月刊行予定) (査読あり)
2. Hidaka, S., Torii, T. & Masumi, A. (2015). Which types of learning make a simple game complex?, Complex Systems, 24(1), 49--74. (査読あり)
3. Hidaka, S. (2015). Estimating the latent number of types in growing corpora with reduced cost-accuracy trade-off. Journal of Child Language. (2015 年刊行予定) (査読あり)
4. Imai M, Miyazaki M, Yeung HH, Hidaka S, Kantartzis K, et al. (2015) Sound Symbolism Facilitates Word Learning in 14-Month-Olds. PLoS ONE 10(2): e0116494. (査読あ

り)

5. Hidaka, S. (2014). General type-token distribution., Biometrika. 101 (4), 999-1002. (査読あり)
6. 日高 昇平 (2013). 人の多感覚コミュニケーションにおける情報ネットワークの可視化., 電子情報通信学会誌., Vol.96 No.12 pp., 945-950. (査読なし)
7. Hidaka, S. (2013) A Computational Model Associating Learning Process, Word Attributes, and Age of Acquisition. PLoS ONE 8(11): e76242. (査読あり)
8. Yurovsky D, Hidaka S, & Wu R (2012) Quantitative Linking Hypotheses for Infant Eye Movements. PLoS ONE 7(10): e47419. (査読あり)
9. Hidaka, S. & Smith, L. B. (2011). Packing: A Geometric Analysis of Feature Selection and Fast-Mapping in Children's Category Formation., Cognitive System Research, 12, 1, 1-18. (査読あり)

〔学会発表〕(計 10 件)

1. Hidaka, S., T. Torii, & A. Masumi (2014). Tractable Infinite Order Markov Analysis for Iterated Games with Learners., In Proceedings of the Joint 7th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 15th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 286-291, December 4th, 2014, Kitakyushu International Conference Center, Kitakyushu, Japan.
2. 日高 昇平 (2013). 認知発達研究における注視行動の統計的モデリング., 神経回路学会シンポジウム「脳の確率的な計算原理」, 2013 年 6 月 22 日, 京都国際会館(京都府京都市)
3. Miyazaki, M., Hidaka, S., Imai, M., Yeung, H. H., Kantartzis, K., Okada, H., & Kita, S. (2013). The facilitatory role of sound symbolism in infant word learning. In Proceedings of The Thirty Fifth Annual Meeting of Cognitive Science Society, 3080-3085, August 2nd, 2013, Humboldt-Universitat, Berlin, Germany.
4. Hidaka, S. (2012) Identifying Kinematic Cues for Action Style Recognition. In Proceedings of The Thirty Fourth Annual Meeting of Cognitive Science Society, 1679-1684, August 3rd, 2012, Sapporo, Japan.
5. 日高昇平, Yurovsky, D., Wu, R. (2012). 注視から認知過程へ：ベイズ統計による次元選択・潜在集団の推定, 日本認知科学会第 29 回大会発表論文集, 146-148, 2012 年 12 月 14 日, 仙台国際センター(宮城県仙台市).
6. Yurovsky, D., Hidaka, S., & Wu, R. (2012) Quantitative Linking Hypotheses for Infant Eye Movements, In Proceedings of The Thirty Fourth Annual Meeting of Cognitive Science Society, 1203-1208, August 3rd, 2012, Sapporo, Japan.
7. 日高昇平 (2011). 意味ネットワークの発達., 日本心理学会第 75 回大会 WS011「概念」, 2011 年 9 月 15 日, 日本大学文理学部(東京都).
8. Hidaka, S. & Yu, C. (2011) Information Theoretical Approach to Statistical Network in Bodily Actions. The 44th Annual Meeting of the Society for Mathematical Psychology (SMP), July 16, 2011, Tufts University, Boston, USA.
9. Hannagan T, Wu R, Hidaka S and Yu C (2011). A Computational Model for Cued Infant Learning. Front. Comput. Neurosci. Conference Abstract: IEEE ICDL-EPIROB, August 24th, 2011, Frankfurt, Germany.
10. 日高昇平 (2011). 身体動作に内在する状況性への情報理論的アプローチ, 第 32 回社会的知能発生学研究会, 2011 年 12 月 22-23 日, リッチモンドホテルプレミア仙台.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：

種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ：
http://www.jaist.ac.jp/~shhidaka/

６．研究組織
(1)研究代表者
日高　昇平（HIDAKA, Shohei）
北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科・助教
研究者番号：50582912