

意味の構造的知識の発達： ランダムネットワークから複雑ネットワークへ Development of Structural Semantic Knowledge: from Random Network to Complex Network

日高 昇平[†]
Shohei Hidaka

[†]北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology
shhidaka@jaist.ac.jp

Abstract

This article presents the guidelines for preparing manuscripts of JCSS.

One aspect of semantic knowledge may be captured with relationship among words. Based on experimental findings on adults, previous studies have modeled semantic knowledge as a complex network in which it finds few nouns with dense connections and many nouns with sparse connections. In the present study, contrary to previous studies on adults, we have studied semantic knowledge three- to five year olds using a forced choice association task. We found that three years olds tend to associate words randomly but five years old children tend to associate words similarly with adults do. These results suggest that children's structural semantic knowledge develops from random-like network to a complex network.

Keywords — Semantic knowledge, complex network, forced choice association

1. 複雑ネットワークとしての意味知識

全ての言葉は他の言葉との組み合わせ・文脈の中で意味を持つ。従って、意味知識の一側面は、言葉の関係性を通じて捉えることが可能である。先行研究では、名詞の意味ネットワークは、強い局所的な結合と、多数の単語と結合を持つ中心的な名詞を持つと考えられている (Steyvers & Tenenbaum, 2005)。ここで、局所的な結合とは、ある単語 A と B が連想または類似関係にある場合に、第三の単語 C に対して単語 A, B の両方ともが連想または類似の関係を持つ事を意味する。このようなネットワークは複雑ネットワークと呼ばれ、単語の連想関係に限らず、インターネット、友人・共著者などの

社会的ネットワークなど、様々な分野で発見されている (Watts & Strogatts, 1998)。複雑ネットワークの構造は、ランダムに生成した結合からは発生せず、一定の計算論的な条件を満たす場合のみに現れる。従って、ネットワーク構造は、その発生メカニズム (単語ネットワークの場合、学習のメカニズム) の解明に大きな示唆を与えると考えられる。

2. 意味ネットワークの発達

先行研究では、成人の意味的知識 (連想関係・特徴の共有関係など) が調べられてきた (Hills et al., 2009)。しかし、幼児の意味ネットワークの発達については未知の部分が多い。幼児の意味的知識はどのように発達するのだろうか。これまでの研究では、個別の名詞の獲得・一般化に関しては発達心理学的知見が得られている。一方、個別の名詞に関する知識に比べ、複数名詞の構造的な知識についての発達心理学的知見は非常に少ない。その一つの理由として、複数名詞の構造を記述するには膨大な組み合わせ (e.g., 50 名詞の対関係は 2450 対) を網羅的に調べる必要があるのに対し、幼児から心理実験的手法で得られる情報量は一般に限られている事が挙げられる。また、成人の意味的知識を記述する一つの手法として自由連想課題があるが、幼児が明示的な選択肢のない課題を遂行するのは難しい。

3. 強制選択連想課題

本研究では、このような実際上の制約を緩和した強制選択連想課題を用いる事で、幼児の意味的な知識の構造を調べた。この強制選択連想課題では、幼児または成人の実験協力者が、50 の名詞およびそれぞれの単語の典型例を写真として提示され、複数の単語間の類似性・連想性を答える事を求められた。この課題で用いられた 50 の名詞は標準的な 3 歳児の 50%以上が獲得する単語を収録したリスト MacArthur-Bate Communicative Developmental Inventory(Fenson et al., 1993)の 300 名詞からその一部を選択した。各試行では、実験協力者は、手がかり語(1 単語・1 枚の写真例)とターゲット語(4 単語・それぞれの写真例)を与えられ、その手がかり語が最も近いターゲット語 1 語を答えた。強制選択連想課題では、明示的な選択肢が与えられるため幼児でも可能であり、また各試行で手がかり・ターゲットの 4 対を同時に評価するため 1 対比較よりも効率的にデータを収集可能である。先行研究の自由連想課題(Nelson et al., 1999)と本課題で得られた結果を比較したところ、類似の傾向がみられた(図 1)。従って、自由連想課題の代用として、幼児でも可能な強制選択連想課題によって類似の連想パターンが得られたと考えられる。

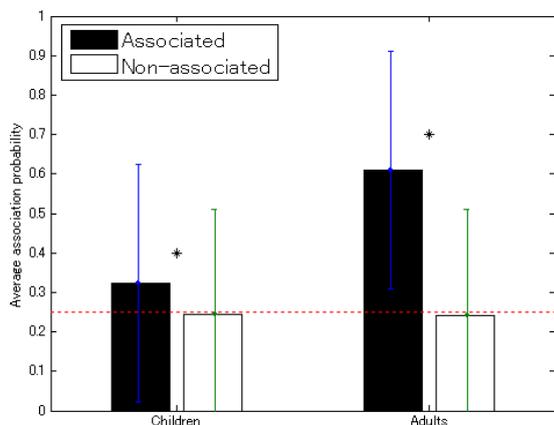


図 1 強制選択連想課題における幼児および成人協力者の連想確率。黒いバーは、自由連想課題で 1 回以上連想された組み合わせ、白いバー

は自由連想課題で 1 回も連想されなかった組み合わせに関する平均・標準偏差(ヒゲ)を示す。

4. 連想ネットワークの分析

これまでの実験では、20 名の成人 (各人 200 試行)および 75 名の 2-6 歳児(各人 50 試行)を協力者として、50 名詞・2450 対(手がかり・ターゲット)の連想確率を得られた。このデータを基に、意味ネットワークを定義し(図 2)、そのネットワークの統計的な構造を分析した(図 3)。図 2 のネットワークでは、50 単語を環上に配置し、幼児・成人共に、最も連想確率の高い 200 対を辺として示した。成人のネットワークでは局所的な結合(隣接単語間)が多く、幼児のネットワークでは長距離結合が多い事が分かる。また、この視覚的パターンと一貫して、成人のネットワークのクラスタ係数(局所結合の密度)は同数の辺を持つランダムネットワークに比べて有意に高く、一方、幼児のネットワークのクラスタ係数(局所結合の密度)はランダムネットワークと同程度に低かった。この結果から、成人の連想知識は複雑ネットワークであるが、幼児のそれはランダムネットワークに近い事が示唆される。しかし、注意すべき点は、幼児のネットワークは完全にランダムではなく、系統的な発達パターンが見られる点である。図 3 に、幼児・成人の各協力者の 50 単語の連想パターンが、平均的な成人と同じである対数尤度(連想確率)を示した。図 3 は各協力者の月齢を x 軸、50 単語(またはのべ 200 単語)の連想パターンの尤度を y 軸とした散布図(各点を各協力者)である。この結果は、2,3 歳児はランダムに近い連想パターンを示すのに対し、5,6 歳児は平均的な成人に類似の連想パターンを持つことを示している。従って、幼児の意味知識はランダムネットワークに近い構造に始まり、次第に成人のような複雑ネットワークの構造へと発達する事が示唆される。

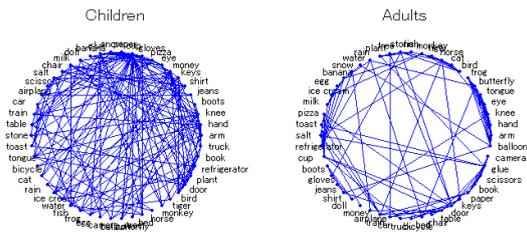


図 2 : 幼児(左)・成人(右)の平均的な連想確率を元にして作成した 50 単語の連想ネットワーク。2 つのネットワークでは、共に最も連想確率の高い 200 の結合を表示した。階層的クラスタリングを用い、類似の連想パターンを持つ単語を環上で近隣に配置した。

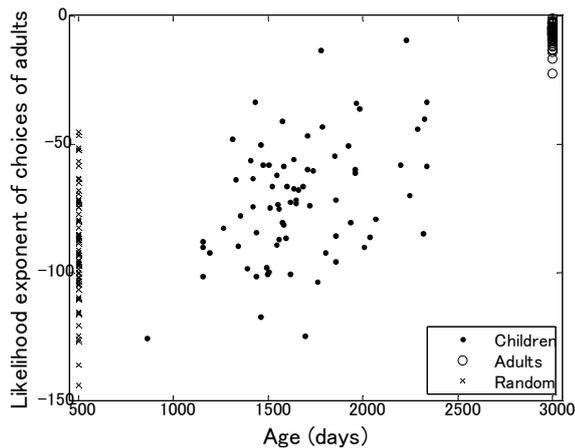


図 3 : 幼児・成人の各協力者の 50 単語の連想パターンが、平均的な成人と同じである対数尤度(y 軸)と日齢(幼児は各実験時、ランダムは 500、成人は 3000 として表示)。完全に平均的な成人協力者と同じ選択をした場合に対数尤度は最大で 0(平均的な成人のパターンに最も類似)となる。

参考文献

[1] Fenson, L., Dale, P. S., Reznick, S., Bates, E., Thal, D. J. & Pethick, S. J. (1994). Variability in Early Communicative Development., Monographs of the Society for Research in Child Development, 59, 5, 1-185.

[2] Hills, T. T., Maouene, M., Maouene, J. Sheya, A., & Smith, L. B. (2009). Longitudinal Analysis of Early Semantic Network: Preferential Attachment or Preferential Acquisition?, *Psychological Science*, 20, 6, 729-739.

[3] Nelson, D.L., McEvoy, C.L., & Schreiber, T.A. (1999). The University of South Florida word association, rhyme, and word fragment norms.

[4] Steyvers, M. & Tenenbaum, J. B. (2005). The large-scale structure of semantic networks: Statistical analyses and a model of semantic growth. *Cognitive Science*, 29, 41-78.

[4] Watts, D. J. & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of “small-world” networks, *Nature*, 393, 440-442.