

ダイナミックシステムアプローチと乳幼児のことばの発達

Dynamicsystem approach and young children's development

阪上雅昭¹ 萩原広道² 深田智³ 山本寛樹⁴

M.Sakagami¹, H.Hagihara^{1,2}, C.Fukada and H.Yamamoto²

¹ 京都大学

¹ Kyoto University

² 大阪大学大学院人間科学研究科

² Graduate School of Human Sciences, Osaka University

³ 京都工芸繊維大学

³ Kyoto Institute of Technology

⁴ インディアナ大学心理脳科学部

² Department of Psychological and Brain Sciences, Indiana University

Abstract: This study reports the results of an analysis of data from the english MacArthur developmental questionnaire (CDI), administered to a total of 5,520 infants aged 16 to 30 months. The CDI selected 680 words and asked whether the infants uttered those words or not. We show the results of the analysis of the survey data using the Variational Auto Encoder (VAE) method used in machine learning.

1. はじめに：ダイナミックシステム アプローチと胚性詞仮説

人間の発達や行動の変化を自己組織化現象として理解しようとするダイナミックシステム・アプローチが発達心理学の分野で提唱されている[1]。これは物理学で開発された自己組織化や相転移という概念を人間の発達に援用しようとする試みである。私たちは、このパラダイムを乳幼児の言葉の発達に適用し、胚性詞仮説を提唱・検証している(図1)。これは、乳幼児は最初ことばの出来事として認識し(胚性詞)その後、名詞や動詞への意味分化が生じるという考えである。私たちは、この意味分化をモノおよび行為アトラクターへの分岐として捉え、その分岐を二枝強制選択問題により検証している[2]。

2. CDI データと変分オート

エンコーダによる解析

本研究では、胚性詞仮説のさらなる検証として実施したメタ解析の結果を報告する。用いたデータセッ

トは、月齢16から30ヶ月の乳幼児のべ5520名に実施した英語マッカーサー乳幼児言語発達質問紙(CDI)による調査データ[3]である。これは680語を選び、対象となる乳幼児がそれらの語を発話したかどうか調査したものである。本研究では調査データを機械学習で用いられる変分Auto Encoder (VAE)[4]という手法で解析した。図2はVAEの概略図である。まず680次元(5520名分)の表出語彙を入力としEncoderにより2次元の潜在空間に次元縮減している。中間層のあとに活性化関数ReLUを作用させているので、Encoderによる潜在空間への次元縮減は非線形な主成分分析によるものと解釈することが可能である。VAEでは続いてDecoderで2次元潜在空間から元の680次元にデータを復元する構造をとっ

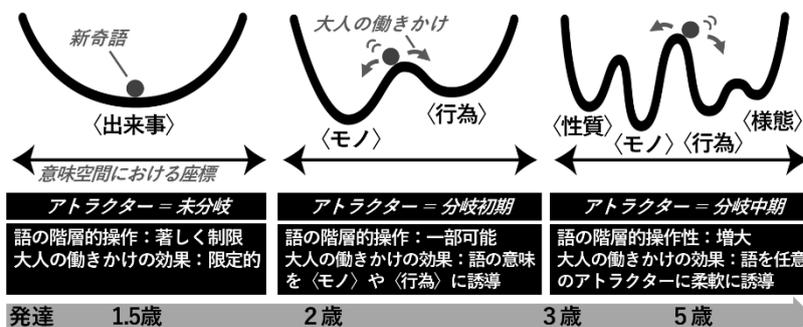
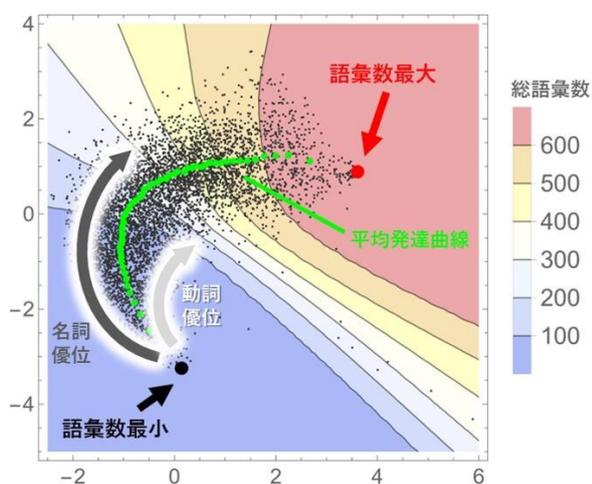


図1 語の意味分化 (=アトラクターの分岐) の発達模式図

ている．このように Encoder と Decoder により,入力された 680 次元の CDI データ(5520 名分)をできるだけ精度よく復元(出力)する教師なし学習によりニューラルネットワークの重みを決定する．

5520 名の CDI データを Encoder を用いて 2 次元潜在空間に落とし込むことで乳幼児の語彙発達の様相が図 3 のように表現されている．語彙数最小(ゼロ)の birth point (●) から始まり語彙数最大(680 語)の end point で終わる擬一次元構造(アトラクター)が形成されているのが分かる．各データ点の語彙数を調べるとアトラクター上を時計回りに増加しており,この方向で発達が進行することも確認できる．また緑の点は総語彙数ごとの平均位置を結んだ平均発達曲線である．

図 3 では総語彙数の等高線が描かれているが,本研究で開発した VAE の Decoder を用いることで 680 語それぞれについて潜在空間のすべての場所での表出確率を計算することができる．詳しい説明は文献[5]に譲るが,この Decoder を活用することで,擬一次元構造の外側では名詞優位な発達,内側では動詞優位な発達をしていることが明らかになった．



3. まとめ

本研究では, VAE を MCDI データに適用することにより,乳幼児期の語彙発達の普遍性と個別性をより明確に,かつ定量的に描出できることを示した．本研究で提案した手法をより発展させることで,言語発達過程をより詳細に議論するのみならず,言語発達教育・支援への貢献も可能になると期待する．さらに,機械学習モデルを単なる回帰や分類の道具と

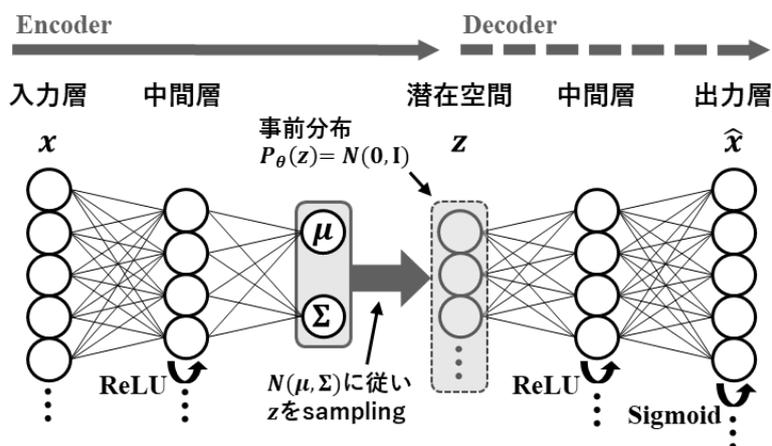


図 2 本研究で用いた VAE の概略

して使うのではなく,生成モデルとしての VAE の特質を最大限活用することで潜在空間の解釈性を追及した点も,本研究の意義であると考えている．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (JP20H05002, JP21J00750, JP22K13664, JP23K11786) の助成を受けた．

参考文献

- [1] E.テーレン, L. スミス 発達へのダイナミックシステム・アプローチ (新曜社, 2018)
- [2] H.Hagihara, H.Yamaomoto, Y.Moriguchi, M.Sakagami, Cognition 226 105177 (2022)
- [3] Wordbank, An open database of children's vocabulary development, <http://wordbank.stanford.edu>
- [4] D.P.Kingma, and M. Welling, Auto-encoding variational Bayes. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1312.6114> (2013)
- [5] 萩原広道, 水谷天智, 山本寛樹, 阪上雅昭: 変分オートエンコーダを用いた乳幼児期の語彙発達過程の探索, 認知科学, Vol. 30, No. 4, pp. 499-514, (2023)