注意に基づく状況依存型予測器の学習

〜物理的因果性から物体永続性の理解へ 藤田徹也¹・荻野正樹²・福家佐和¹・浅田稔^{1,2} (¹大阪大学大学院工学研究科・²JST Erato Asada Project)

物体永続性といった物理的因果性の獲得は日常の生活において必要不可欠であるにも関わらず、その獲得メカニズムはほとんど理解されてはいない. Baillargeon[1]らは生後5ヶ月の幼児がある種の物体永続性を理解しているとしているが、この論拠は実際には起こりえない現象を見せ、幼児がそれに強い興味を抱くことにある. つまり、物体永続性の理解には将来の予測(とその裏切り)が重要であると考えられる.

認知発達ロボティクスの分野では、幼児の物体永続性に着目し、その振る舞いを実現するいくつかのモデルが提案されている[2][3]. それらの研究では、特定の環境、特定の対象に対する予測のみを扱っている. しかし、注目対象の特徴が同じでも、環境が異なればその挙動は異なったものとなるであろうし、また反対に環境が同じでも対象が異なれば挙動は変化する. つまり実際の物体永続性、またより一般に様々な物理的因果性を獲得するためには多様な環境、多様な対象に対する予測ができることが必要であると考えられる.

そこで本研究では、Restricted Boltzmann Machine(RBM)[4][5]を用いた状況依存型予測器を提案する、RBMは入出力層vと隠れ層hからなるニューラルネットワークの一種で、層内の結合はなく層間は全ノードが重みwで結合している(図1). RBMの特徴は連想記憶型ネットワークである点、そして自己組織化が可能である点にある。連想記憶型であるためノイズにロバストで、補完能力がある。また自己組織化が可能であるため特徴抽出器としても用いられる。状況依存型予測器とは、環境情報と注視対象の特徴を合わせた変数として「状況」を考え、状況と対象の挙動を統合する予測器である。本予測器が、各々の状況を踏まえ、様々な現象に対してその予測に応じた注意が可能であることを示し、更に自律的に様々な因果性を獲得するための注意モデルを提案する。

実験では3種類の挙動(水平,垂直,振り子)について学習する。注目物体を顕著性マップから決定し、その環境においてその物体の挙動がどの程度正しく予想できているかを用いて注意を維持するか決定し、その環境の特徴と物体特徴、そして物体の挙動を統一することにより状況に応じて予測を変化させることができた。実験結果例(図3)で四角の枠が予測結果である。状況(ここでは横向きにおかれたレール)から水平移動を予測していることがわかる。

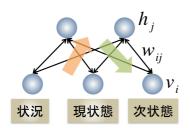


図1RBM におけるユニット間の結合



図2 実験風景

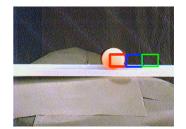


図3 実験結果例

- [1] R. Baillargeon, E.S. Spelke, and S. Wasserman. Object permanence in five- month-old infants. Cognition, vol.20, 191-208, 1985.
- [2] M. Schlesinger. A lesson from robotics: Modeling infants as autonomous agents. Adaptive Behavior vol.11, no.2, 97-107, 2003.
- [3] Andrew Lovett and Brian Scasselatti. Using a robot to reexamine looking time experiments. 4th International Conference on Development and Learning (ICDL)., 2004.
- [4] Geoffrey E. Hinton. Learning multiple layers of representation. TRENDS in Cognitive Sciences. Vol.11 No.10, 428-434, 2007.
- [5] Geoffrey E. Hinton et al. A fast learning algorithm for deep belief nets. Neural Computer. 18, 1527-1554, 2006.