

階層的想起型ニューラルネットワークを利用した 状況依存型手先運動生成モデル

¹荻野 正樹, ¹疋田 麻衣, ¹福家 佐和, ^{1,2} 浅田 稔

¹大阪大学大学院工学研究科, ²浅田共創知能システム創成プロジェクト

ヒトの高次な能力のひとつに道具を使用する能力がある。我々は様々な道具を、それがたとえ新規な道具であっても適応し、まるで道具が自身の手の一部であるかのように巧みに扱うことができる。物体を道具として使用するという能力はヒトだけに限ったものではなく、チンパンジーなどの霊長類やその他の哺乳類、鳥類などにおいても見ることができる。状況に応じて物体を道具として扱い、適応的に道具を使用するためには、まず環境から道具となる効果器を自律的に発見し、感覚を統合して道具を自身の手のように扱えるようになること(効果器の自律的抽出と感覚統合)が重要である。そして更に、状況に合わせて複数の効果器を組み合わせることで適切な運動の手順を計画し、その手順に従って運動を生成すること(運動の手順の計画と生成)が必要だと考えられる。

例えば「エサが手で届く位置にある」という状況であれば、「手でエサをとる」という手順に従って手を効果器として運動を行い、「エサが手では届かず、道具で届く位置にある」という状況であれば、「手で道具をとり、手にとった道具でエサをとる」という手順に従って初めの効果器を手とし、道具を次の効果器として扱い運動を行う必要がある。つまり「状況」という上位の情報によって、効果器の位置と姿勢情報の結合という下位の情報をモジュール化する機能が必要であると考えられる。実際マカクザルの知見において、同一のニューロンの視覚受容野の反応が意図によって切り替えられていることが発見されており、脳科学的にも上位の情報によって下位の情報を再帰的に処理している構造がある可能性を示している。また心理学的にみても、再帰性をもった情報の処理は言語や心の理論といったヒトの高次な能力にとって重要であると考えられている。

このような道具使用時の再帰的処理に着目し「効果器を対象物の組み合わせ」の入れ子構造によって記述することを考える。環境の状況に応じて適切な入れ子構造を判断し、その入れ子構造にしたがって効果器と関節角度を算出することで、状況に応じた腕の運動を実現することができると考えられる。本研究では、「効果器と対象物の組み合

わせ」の入れ子構造によって運動の手順を記述し、入れ子構造によって効果器と関節角度の結合を使い回すことで、複数の効果器を適切な手順で扱う運動を生成することができるモデルを提案する。提案モデルでは Restricted Boltzmann Machine と呼ばれるニューラルネットワークを用いる。シミュレーション実験によって、入れ子構造の階層がさまざまな状況において学習を行う。学習後ロボットをさまざまな環境においたとき、その状況に応じて適切な入れ子構造を判断し、入れ子構造にしたがって腕関節角度を算出することで、適切な腕の運動を生成できるようになることを示す。

- 1) M. Krutzen et al. PNAS, vol. 102, pp. 8939-8943, 2005.
- 2) G. R. Hunt. Nature, vol. 379, pp. 249-251, 1996.
- 3) A. Iriki et al. Neuroreport, vol. 7, pp. 2325-2330, 1996.
- 4) H. Head et al. Brain, vol. 34, pp.102-245, 1911.
- 5) S. I. Maxim. "Body Image and Body Schema (edited by P. D. Helena)". 2005.
- 6) M. Asada et al. IEEE Trans. on Autonomous Mental Development, vol. 1, pp. 12-34, 2009.
- 7) M.Hikita et al. Proc. of Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp.2041-2046, 2008.
- 8) 鍋島厚太. 東京大学, 2009.
- 9) P. Greenfield, Behavioral and Brain Sciences, vol. 14, pp. 531-595, 1991.
- 10) G. E. Hinton et al. Neural Computation, vol. 18, pp. 1527-1554, 2006.