

視覚的注意に基づく手先の感覚統合による身体表現の獲得

疋田麻衣(1), 福家佐和(1), 荻野正樹(2), 浅田稔(1,2)

1) 大阪大学大学院工学研究科

2) JST ERATO 浅田共創知能システムプロジェクト

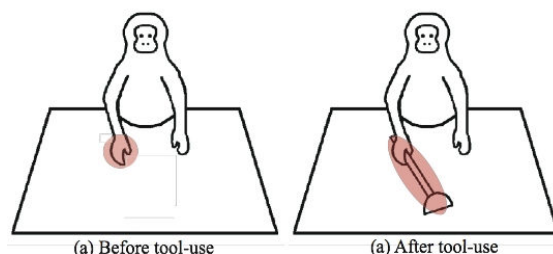
ヒトは身体表現を基盤に物体とのインタラクションを通じて様々なタスクを実行できる。身体表現は「身体像」や「身体図式」と呼ばれ脳神経科学等の分野で多くの研究が行われてきた。入來はサルが道具使用を学習する前後の頭頂葉のニューロン活動を調べ、サルの手への視覚・触覚刺激に反応する bimodal neuron が、道具使用学習後は道具にも反応するようになることを示した。これは生物の身体表現は柔軟で、異なる感覚を空間的・時間的に統合したものであることを示す。しかし身体表現がいつどのように獲得されるのか、更に「道具」の概念がより一般的な「オブジェクト」の概念からどのように創発されるのかは大きなミステリーである。

認知発達ロボティクスの分野では、ヒトの身体表現獲得の過程の理解だけでなくそのモデルをロボットに実装することを目指し、適応的な身体表現のモデルが提案されてきた。それらの研究では異なるセンサモダリティの同期性に基づき身体表現を確立している。この表現は多くのタスクの実行に必要不可欠だが、道具使用では最終効果器である手先の位置とその動きが重要となる。手先に注目するには生物の視覚的注意のメカニズムが有効だと考えられる。一般的に注意は顕著度等ボトムアップな要素と自身の経験から得るトップダウンな要素の2つのアプローチから成ると考えられる。本研究では適応的な身体表現獲得への第一段階としてボトムアップな要素に焦点を当て、視覚、触覚、体性感覚から crossmodal な身体表現を獲得する手法を提案する。

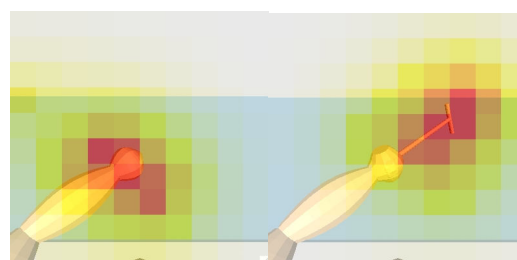
提案システムは3つのモジュールから成る。関節角度モジュールは体性感覚に相当しており、様々な姿勢における腕の関節角度を表す。関節角度は SOM として構成されている。注意モジュールでは、

Saliency Map のアルゴリズムに基づき視覚画像の顕著な対象を注意点に決定する。決定された関節角度と注意点は、ロボットに触覚刺激が与えられたとき感覚統合モジュールによって統合される。統合には Hebb 学習を用いる。感覚統合モジュールは頭頂葉の bimodal neuron に相当する。

提案するシステムをシミュレーション中のヒューマノイドロボットに実装し、入來がサルに対して行った実験と同様の環境下で様々な条件を変化させて学習を行い、感覚統合モジュールでどのような反応の感覚統合が起こるかを調べた。その結果、ある条件において、入來の発見した頭頂葉ニューロンの活動と同様の活動特性を持つニューロンを学習させることができた。



(1) 道具使用前 (2) 道具使用后
頭頂葉ニューロンの反応の変化 ([1])



(1) 手先のみ (2) 道具あり
シミュレーション結果

[1] 入來篤史：道具を使うサル。医学書院。2004