

VIP ニューロン：頭周囲の peri-personal space の表現の獲得

VIP neuron : Acquiring the representation of peri-personal space around the face

福家 佐和 (PY)[†], 荻野 正樹[‡], 浅田 稔^{†‡}

Sawa Fuke(PY), Masaki Ogino, and Minoru Asada

[†]大阪大学大学院工学研究科知能機能創成工学専攻

[‡]JST Erato Asada Project

sawa.fuke@ams.eng.osaka-u.ac.jp

Abstract— This paper presents a model that enables a robot to acquire cross-modal representation around its face that is compared to VIP neurons. The proposed system learns the representation of the location of visual stimuli in the head-centered reference frame as well as the association between visual and tactile sensations.

Keywords— VIP neuron, spatial representation, SOM, Hebbian Learning, multi modal

1 はじめに

私達人間は、空間内に存在する自己身体の表現を用いて、運動の制御を行い、複雑な環境内で様々なタスクを行っていると考えられる。自己身体の表現はこれまで、身体図式（自身の身体の姿勢や動きを制御する際にダイナミックに働く無意識のプロセス）や身体像（自身の身体について意識的に持つ表象）と呼ばれ、その特徴について多くの研究がなされてきた [1]。例えば、認知心理学の分野では Stratton は被験者に上下が逆転する眼鏡を装着したところ、彼らは空間の認識が可能になるにつれ一度は分裂した自己の感覚が再統合される感覚を得たという知見を発表した [2]。また脳神経科学の分野では、Iriki et al. は道具使用時における頭頂葉の VIP 野（腹側頭頂間溝領域）に存在する bimodal neuron の活動の知見により、生物の身体表現は動的に構成されている可能性を示している [3]。以上のような研究から、人間は随時経験から視空間内に存在する物体の位置を表現するための様々な参照枠（身体中心参照枠、物体中心参照枠）の概念を獲得し、更にはそれらに基づいて表現された位置と触覚や体性感覚などの異種感覚を柔軟に統合することで、身体表現を獲得しているのではないかと考えられる。本研究では、エージェントが自身の視触覚経験を通して頭中心参照枠での視空間表現だけでなく、自身では直接観測不可能な顔部位の視触覚表現を学習するモデルを提案する。

2 VIP ニューロン

VIP 野には、顔に直接触覚刺激が与えた時と、顔に近づくような視覚刺激を与えた時の両方に反応するニュー

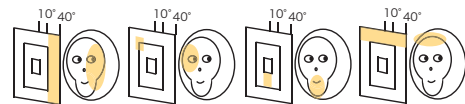


図 1: VIP 野のニューロンの視覚受容野と触覚受容野

ロンが存在することが知られている [4] [5]。図 1 はそれぞれ各ニューロンが反応する触覚受容野と視覚受容野を示しており、視線の方向によらず受容野の空間的位置は一致していると報告されている。つまり、VIP 野は頭中心参照枠で視空間を表現し、更に顔の触覚表現と統合している場所であるといえる。本研究では、本機能と同様なモジュールを獲得可能なモデルを提案する。

3 提案モデル

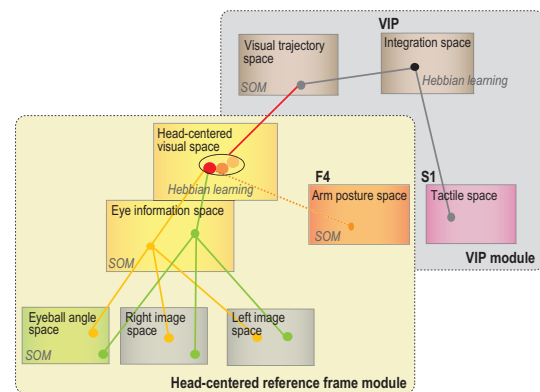


図 2: モデル概要

図 2 に提案システムを示す。システムは大きく分けて頭部中心座標、VIP ニューロンモジュールの二つのモジュールから構成される。頭部中心座標モジュールでは、エージェントが様々な手を動かすときの眼球角度と網膜上の注意点（手先位置）の組み合わせが “Eye information map” において表象され、それらの情報が、腕の自己受容感覚（関節角度） “Arm angle map” の情報を利用し、Hebb 学習によって “Head-centered visual map” として統合される。VIP ニューロンモジュールで

は、頭部中心座標モジュールで獲得された注意点の頭部中心座標表現を利用して、腕で自分の顔を触るときの注意点の時系列情報 "Visual trajectory map" と顔の触覚情報 "Tactile map" を利用し、両者の活性度を Hebb 学習で統合することによって "integration map" が構成される。

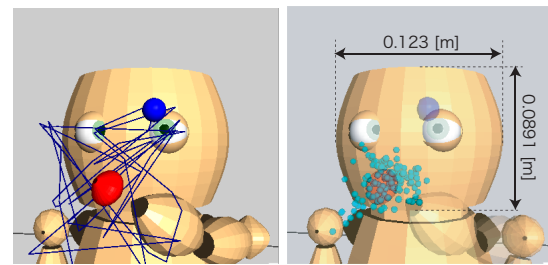
以下では、それぞれのモジュールの学習の詳細をシミュレーションモデルとともに述べる。

シミュレーションで本研究で使用したロボットモデルは2つの眼球を持ち、それぞれ2自由度 (pan 方向, tilt 方向) の自由度を持ち、その眼球角度の組み合わせが "Eyeball angle map" において 10×10 の SOM (Self Organizing Map) によって表象されている。また、それぞれの眼球においてとらえられた画像における注意点の座標は、画像を 10×10 に等分割した "Right image map", "Left image map" において表象されている。ロボットは左腕に5自由度の腕を持ち、その関節角度の組み合わせは "Arm angle map" において 10×10 の SOM によって表象されている。SOM の学習後における、それぞれの map でのユニットの活性度は、現在のセンサーの値と代表ベクトルとのユークリッド距離によって決定される。

ロボットは手先を顔の前でランダムに動かし、その間視線 (図の青い球) をランダムに動かすが、常に手先 (図の赤い球) を注意するものとする。このときの "Eyeball angle map", "Right image map", "Left image map" の活性 unit の ID の組み合わせを "Eye information map" において SOM で表象する。一方で、腕の関節角度を表象する "Arm angle map" の unit の活性度を "Head-centered visual map" へ投影し、"Eye information map" と "Head-centered visual map" の間で Hebb 学習を行うことにより頭中心座標を構成する。

図3に学習後の "Head-centered visual map" の結合の特徴を示す。図の水色の球は、腕をある姿勢に固定して、視線 (青い球) を 300step 移動させたとき (図の左側) に、"Head centered visual map" の unit の活性度を計算し、それが最も強く結びついている "Arm angle map" の unit を求め、その関節角度をもとに計算したグローバル座標を表示している。図で示されるように、眼球の角度によらず空間的注意が収束していることが分かる。

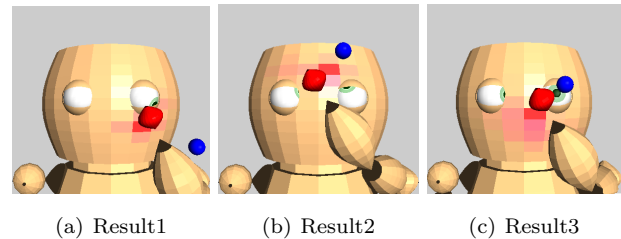
"Integration map" では、ロボットが手で自身の顔を触るときの経験を通して、空間表現と触覚情報を統合する。学習された "Head-centered visual map" の3ステップ分に活性化された unit の ID の時系列情報を SOM によって表象し、"Visual trajectory map" を構成する。さらに、顔の全面の表面を 12×12 に分割した "Tactile map" を構成し、両者のマップを Hebb 学習で統合し、"Integration map" を構成する。



(a) Movement of gazing (b) Estimated position point

図 3: Estimated hand position

図4に学習後の "Integration map" の結合の特徴を示す。ランダムな位置に手を近づけたときに、眼球角度と注意点の情報から計算された "Integration map" 上で活性度が高い unit が、最も強く結合している接触センサの unit が顔表面で赤く表示されている。これは図1のVIPニューロンの活性の特徴と相同の性質を示している。



(a) Result1 (b) Result2 (c) Result3
図 4: Values of weights connected to activated unit of visual trajectory space

参考文献

- [1] S. I. Maxim, "Body Image and Body Schema (edited by P. D. Helena)." John Benjamins Publishing Company, 2005.
- [2] G. M. Stratton "Vision without inversion of the retinal image" Psychological review, Vol. 4, pp. 463-481, 1897.
- [3] A. Iriki and M. Tanaka and S. Obayashi and Y. Iwamura "Self-images in the video monitor coded by monkey intraparietal neurons" Neuroscience Research, Vol. 40, 163-173, 2001.
- [4] M. S. A. Graziano and D. F. Cooke "Parieto-frontal interactions, personal space, and defensive behavior" Neuropsychologia, Vol. 44, pp. 845-859, 2006.
- [5] J. R. Duhamel and C. L. Colby and M. E. Goldberg "Ventral intraparietal area of the macaque: Congruent visual and somatic response properties" Journal of Neurophysiology, Vol. 79, pp. 126-136, 1998.