

平成 28年度 委託研究開発成果報告書

I. 基本情報

事業名：(日本語) 医療分野国際科学技術共同研究開発推進事業 戦略的国際科学技術協力推進事業 (ドイツ)

(英語) International Collaborative Research Program: Strategic International Research Cooperative Program (SICP), Japan-Germany research exchange on Computational Neuroscience

研究開発課題名：(日本語) 効率的感覚表現を促進する能動的奥行知覚の自律学習：神経モデルからヒューマノイドロボットまで

(英語) Autonomous Learning of Active Depth Perception: from Neural Models to Humanoid Robots

研究開発担当者 (日本語) 国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学 助教 チョン ソンムン
所属 役職 氏名：(英語) JEONG Sungmoon, Assistant Professor, Japan Advanced Institute of Science and Technology

実施期間：平成 28年 4月 1日 ～ 平成 29年 3月 31日

分担研究 (日本語)

開発課題名：(英語)

研究開発分担者 (日本語)

所属 役職 氏名：(英語)

II. 成果の概要 (総括研究報告)

生物の視覚系は、身体の発達に応じて常にキャリブレーションが行われるが、その学習メカニズムとはどのようなものなのか、奥行知覚と運動制御がどのように相互作用しているのか、自律学習と自己キャリブレーションがロボットでどのように実装できるかに関してはまだ解明されていない。感覚系は感覚データの効率的符号化を学習すると同時に、運動系は感覚データの符号化を促進するモータの利用を学習する。本研究期間中では、ロボット上に自律学習自己キャリブレーションが可能なモデルを構築し、両眼視差と運動視差の統合に基づく能動的視覚システムを実装した。開発したシステムは、能動的、効率的符号化理論をベースにしたモデルを拡張した形で横方向の動きの中に表示される両眼視差と運動視差を補正するための瞳の動きと視覚情報の表現を同時に学習し、両眼視差と運動視差の統合をもとに距離を予測する。

(1) 開発したシステムの評価のために能動的視覚のハードウェアシステムを拡張して、2軸の運動機能に応じた両眼視差と運動視差の実験を実施した。

(2) 能動的、効率的符号化理論と本質的動機概念をベースにした新たなコスト関数を設計し、身体の横方向の動きから起きた連続視覚とこの時の両眼視差情報の重複度を最大化する方向に学習が行われた。瞳の動きと視覚情報の表現を同時に学習することはもちろん、両眼視差と運動視差の統合情報を理解することができた。

(3) 両眼視差と運動視差の統合情報を利用して、観察者とオブジェクト間の距離が推定された。優勢目に基づいて運動視差を実装して、残りの目を利用して、両眼視差を実現した。この二つの眼球運動の統合情報を入力をした人工神経回路網によって眼球の動きと物体の間の距離関係を形象化した。統合視差ベースの能動的視覚システムは、個々の時差ベースのシステムに比べて、環境の変化に丈夫な特性を示した。また、システムに摂動を適用したときにも統合情報によるモデルは、個々の情報によるモデルに比べて、眼球運動との距離の測定が効率的に可能であった。

During the first few months of their postnatal development, humans and other animals autonomously learn how to use such depth perception cues like disparity, motion parallax and optical flow for the understanding of spatial environment. Thereafter, they continue to adapt and self-calibrate their visual perception to compensate for growth of the eye, head, and body, but the underlying neural mechanisms are still largely unknown. Providing robots with similar abilities to autonomously learn and self-calibrate sensori-motor loops for active perception would make them more autonomous and robust. Therefore, in this research period, we proposed a system for the autonomous self-calibration of active depth perception based on integration of multiple visual cues as stereo disparity and motion parallax using a moving stereo camera. Our system is based on active efficient coding (AEC) framework for the autonomous self-calibration of active perception which autonomously learns to represent image motion and perform compensatory eye rotations to keep the object fixated during lateral movement — thereby learning to actively estimate the object's distance

To validate our research, (1) we extended an active binocular vision hardware framework by using small stereo camera with pan-tilts unit for mimicking the eye's rotation in a real-time. (2) Second, the new cost function was designed by considering the active efficient coding theory with intrinsic motivation concept to simultaneously train two eye movements (vergence and smooth pursuit) and sensory representation (perception) of the autonomous robot under the lateral body movements. The intrinsically motivated visual system can generate suitable eye movements to increase the redundancy between not only successive images for understanding of the motion parallax phenomena but also stereo images for realizing the vergence eye movements. (3) Third, the two different eye movements are integrated together and they are used as inputs for the two layer feed-forward artificial neural networks to autonomously estimate the depth between the observer and an arbitrary object. The integrated visual cues based system have better depth estimation accuracy than single visual cue based one and it has also better accuracy when the disturbances such as image blurring and rotation are applied in the system.

III. 成果の外部への発表

(1) 学会誌・雑誌等における論文一覧（国内誌 件、国際誌 件）
なし

(2) 学会・シンポジウム等における口頭・ポスター発表

1. Self-calibrating active depth perception via motion parallax, poster presentation, Tanapol Prucksakorn, Sungmoon Jeong, Jochen Triesch, Hosun Lee, and Nak Young Chong, Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics, 2016/09/19, France

(3) 「国民との科学・技術対話社会」に対する取り組み
なし

(4) 特許出願
なし