

## 総括研究報告書

1. 研究開発課題名： 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
2. 研究開発代表者： チョン ソンムン（北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 助教）
3. 相手国研究代表者： ジョーン トリッシュ（高等研究フランクフルト研究所 神経科学部 教授）
4. 研究開発の成果

視覚入力から距離を推定することは生物の視覚系と人工視覚システムが解決すべき最も基礎的な作業の一つである。生物の視覚系は、出生後の最初の数ヶ月の間の発達期間中に自律発達プロセスの中で距離推定を学習すると同時に、必要な感覚表現と身体制御を学習する。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ういうものなのか、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。近年、感覚処理と身体運動の連携発達は、能動知覚に関する効率的符号化仮説の一般化の自然な帰結であるとの提案がなされている。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、運動視差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、これをもとに距離を予測する。

(1) 開発したシステムの評価をするための能動的視覚ハードウェアシステムを実装した。(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、運動視差を理解することができた。(3) 目標指向視覚学習モデルから瞳の動を利用して観測者とオブジェクトとの間の距離が推定された。このシステムは、2 階の順伝播型人工神経回路網によって実装されており、眼球の動きと物体の間の距離関係を形象化した。

コンピュータシミュレーションと実際のロボットの実験を介して開発したシステムを検証した。運動視差ベースの能動的視覚システムは、自律学習と自己キャリブレーションに基づいて眼球運動についてコンピュータシミュレーションの場合では 0.1 度の予測誤差、実際のロボット実験では 0.05 度の予測誤差を示した。そして、瞳の運動量を利用して、実際の距離の予測時にコンピュータシミュレーションの場合では 7%の予測誤差、実際のロボット実験では 3%の予測誤差を示した。さらに、提案されたシステムに摂動を適用した時にも、自律的自己キャリブレーションを介して正常に眼球運動との距離の測定が可能にした。