

<p style="text-align: center;">卒業論文要旨</p>	<p style="text-align: right;">平成 18 年 2 月</p>
<p style="text-align: center;">題 目 痛覚を組み合わせた実ロボットの行動学習</p>	
<p style="text-align: center;">指導教員 倉重健太郎</p>	
<p style="text-align: center;">学籍番号 1523201 提 出 者 尾上由希子</p>	
<p>ロボットが一般家庭に普及していくにあたって、ロボットは様々な環境で用いられる事が期待されている。そこで必要となるのが、ロボットが環境に適応し、行動していくという能力である。その際、ロボットは置かれた環境との相互作用の中で、行動の結果に基づいて環境において望ましい行動を生成していくことが必要となる。このような問題設定においては機械学習が有効と考えられており、その一つとして強化学習が挙げられる。強化学習では、学習のための教師信号や事前知識を必要とせず環境との相互作用によって行動の学習が行われる。つまり、ある状態の環境において学習者が何らかの行動をし、環境からの応答によってその行動の評価を得るという学習方法である。しかし、これまでのロボットにおける行動学習では、ロボットの行動に対する評価関数は人間の設計により恣意的に与えられるものであり、必ずしも環境からの応答によってのみ与えられるものではない。そのため、人間が評価関数を設計する手間がかかり、また人間の予期せぬ状態においてロボットの振る舞いを評価し学習させる事は難しかった。</p> <p>一方人間など知的生物における学習の場合、他者から評価を与えられ行う学習と環境からのフィードバックにより自分で行動評価をする学習の2種類がある。他者からの評価とは他人から与えられたタスク(作業)をいかに遂行できたかによって与えられる評価であり、自己評価とは主に自身の安全確保など人間の本能に基づく評価である。人間はこの2つの評価による学習を用い、行動していると考えられる。そのため、人間同士での作業の依頼などの際、依頼者は作業者に作業を教えるのみでよく、一般に作業者の安全確保について教える手間が省かれる。そこで、このような本能に基づく自己評価のシステムをロボットに実装することを考える。これによりロボットが置かれた環境において自律的に自己の安全を確保し行動を行う事を考えた。そこで本論文では、他者(人間)から与えられたタスクの学習と自己の安全確保のための学習を同時に行うシステムを提案する。</p> <p>具体的には、人間の本能的な要素の1つである「痛み」及びそれを感知する「痛覚」をロボットにおいて定義・実装し、ロボットの安全確保・危険回避の学習に用いる事を提案する。ロボットにおける「痛み」として、サーボの破損につながる過負荷・異常温度・過電流を考え、次のように定義する：サーボにおいて検出した負荷・温度・電流をそれぞれ L・T・E、サーボの破損につながる過負荷・異常温度・過電流をそれぞれ L_c・T_c・E_c、痛みを P とし、痛みのある状態を 1・痛みが無い状態を 0 とすると、$L \geq L_c \cup T \geq T_c \cup E \geq E_c \rightarrow P = 1$ で痛みのある状態が表される。これを痛覚とする；本論文では、このように「痛覚」に基づいたロボットの行動学習と人間から与えられるタスクに関する行動学習とを統合し、自らの安全確保を自律的に行い学習しながら与えられたタスクについて学習し遂行するシステムの構築を行った。</p> <p>この検証として、specys社の提供する人型ロボット SPC-001 を用い、痛覚を組み込んだロボットの行動学習の実験を行った。実験においては、とくに外的環境からの刺激に関わりの深い「過負荷」を用いてロボットにとっての「痛み」を定義し、痛覚に基づいた学習において使用した。また人間が与えるタスクとして、人間がロボットに触れ、触れられ方によって状態を検知しその部位に応じた動きをロボットに学習させるといった行動学習を用いた。その結果、痛覚に基づいた行動学習において、過負荷が検出された際には回避行動の、検出されなかった際には通常動作(人から与えられたタスクにおける行動)を行う行動が生成された事を確認した。また人間が与えたタスクの行動学習においては、各状態において人間が触れた部位に応じた行動が生成された事を確認した。</p>	

これらの結果より、ロボットに痛覚を組み込んだ行動学習を行わせた際に、痛覚に基づいた学習及び人間が与えたタスクに関する行動学習の双方ともに学習が行われている事を検証した。これより、提案したシステムが実際の行動学習において有用であることを示した。