

氏名	大宮 健太
学位名	博士（システム情報科学）
学位記番号	第13号
学位授与年月日	平成22年3月19日
学位論文題目	報酬ベース自律エージェントにおける間接的行動の設計

論文審査委員	主査	三上 貞芳
	副査	大澤 英一
	副査	松原 仁
	副査	ピトヨ・ハルトノ
	副査	鈴木 恵二（北海道大学 教授）

## 論文要旨

自然の生物の行動の中には、ある目的を直接的に達成しようとする行動だけではなく、そのような行動をサポートするような行動が存在している。例えばクモ類の場合、直接追いかけて捕獲を行う種から、巣のような罟を作って獲物を捕獲する種に進化している。この直接的な捕獲に対するサポート行動が罟の構築行動であると言える。罟を作るという間接的行動を行う事によって、自身の身体能力を超える獲物を捕獲可能に出来たり、直接捕獲の場合よりもより多くの獲物を捕まえる事が出来たりするようになっている。クモ類の場合、巣を使わない種では、自分より小さく、移動速度の遅い獲物しか捕獲できないが、巣を使う種では、獲物を足止めする事で、空を飛ぶ獲物や自分より大きく速い獲物を捕獲し、捕食する事が出来る。本研究では、このような「ある目的を直接的に達成しようとする行動」を直接的行動、「直接的行動の効率や達成可能な事柄を増大させる事ができる間接的行動」をメタ行動と呼び、焦点を当てて研究を行う。メタ行動を導入する事で、効率性や達成可能な事柄を拡大できる例は自然界には多くあるが、その導入には難しい性質が存在していると考えられる。それは、メタ行動の導入時には、直接的行動以外の行動を取らざるを得ず、その分だけ利得が一時的に低下する事が多く、安定的・継続的にメタ行動の獲得が行われにくいという点である。捕獲行動の獲得の研究事例では、行動を組み合わせる複雑な行動を獲得する研究については数が多いが、いわゆるメタ行動の獲得に関する研究は少ない。そこで、本研究では、メタ行動の導入による問題解決アプローチの提案を目的として研究を行う。その為に、ゲーム理論のような論理的かつ不確定性の少ない問題への適用を通じて、メタ行動の導入の有効性の検証と獲得に関する実験を行った。その後、

実用的な問題への適用を行う為に必要となる、不確実性の高い環境におけるメタ行動の進化的獲得に関する実験を行った。獲物捕獲用の罠の構築行動獲得の実験を行い、結果として、メタ行動の導入による問題解決アプローチの有効性を確認し、メタ行動の獲得手法についても提案する事ができた。

## 審査結果の要旨

本論文は人工生命の分野の研究テーマの一つである、生命に見られるような、ある目的を効果的に達成するための複雑な行動をどのようにして発現させるのかを、構成的なアプローチで論じたものである。

本論文ではこの問題に対し、自然界の生物での行動分析に基づいて、間接行動の導入による解決という新しい概念を導きだし、この設計・解析によって複雑なエージェントに効果的な行動を発現させる一方法を提唱している。論文では、この間接行動をメタ行動と名付けている。メタ行動とは、目的を直接達成するのではなく、目的を達成する「行動を作り出すための行動」、つまりは行動の設計図を基に行動を行うという方式であり、たとえば虫の罠づくり行動などが、これにより説明できることが示されている。

論文では、メタ行動が直接的な行動より効果的な結果を導く例を明らかにするとともに、メタ行動自体が、どのような条件で獲得可能かについても検証を進め、外部報酬に基づいて行動を律する自律エージェントの典型的な構成のいくつかで、進化的手法を用いて効果的な行動が獲得できることをシミュレーション等の構成的な方法により明らかにしている。要点は以下の通りである。

1. 確定的なルールにより規定されている世界で、メタ行動が効果をおよぼすケースについて、ゲーム理論の一問題である共有地の悲劇を対象として考察を行い、「課税行動」という間接行動であるメタ行動の導入が、全体の利得向上に効果をあげていることを明らかにしている。
2. 人工生命の領域で議論される、実環境を模したエージェントの行動シミュレーションを用いて、罠づくりのようなメタ行動と、獲物を直接捕獲する直接行動の両方が発現し得る問題を設定し、進化計算および人工ニューラルネットを用いたメタ行動の発現手法を適用して、どのような環境条件でメタ行動が有効に発現し得るかについて、実験と考察を行い、コストとの関連でメタ行動が有効に発現する状況について実証的に明らかにした。

以上のような研究の展開、成果は、システム情報科学の分野である人工知能学・人工生命学の発展に貢献するものである。よって、本論文は博士（システム情報科学）の学位授

与に値するものと判断する.