

# 学位論文内容の要旨

北海道科学大学大学院工学研究科

工学専攻

博士後期課程

申請者氏名：高岡勇樹

## 不完全情報ゲームにおける AI エージェントの戦略決定に関する研究

近年、コンピュータの性能向上や最善手探索手法の開発によって多くのゲームで人間プレイヤーよりも強い AI を作成することが可能になっている。古くは、1997年にチェスの AI ディープ・ブルーが当時の世界チャンピオンであるカスパロフを倒すのに成功し話題になった他、チェッカーの Chinook がチャンピオンと互角の対局をしている。最近では、囲碁の AlphaGo が急激に実力を伸ばしたりしている。他方、それまで作成が困難とされたゲームの AI も出現してきている。例えば、「汝は人狼なりや?」は対話によりゲームが進行するため、対話をコンピュータ上で処理するには自然言語処理の技術が必要であり、作成には困難さがあった。このような複雑なゲームの AI を研究するグループも現れ、ゲーム AI の研究が一層盛んに行われているのが現状である。

ゲームには「完全情報ゲーム」と「不完全情報ゲーム」の2つに大きく分類できる。「完全情報ゲーム」とは、プレイヤーがゲームに関するすべての情報を取得可能なゲームで、将棋や囲碁、チェスなどが該当する。一方、「不完全情報ゲーム」はプレイヤーからは見えない情報があるゲームで、麻雀やポーカーなどが該当する。不完全情報ゲームは完全情報ゲームと比較して、隠されている情報を予測しながら自身の利益を最大化する行動を獲得しなければならないため、一般的に難易度が高い。「汝は人狼なりや?」も不完全情報ゲームであり、これもゲーム AI の作成を困難にしている一因である。不完全情報ゲームに対するゲーム AI の研究は特定のゲームによっては顕著な実力を示したという報告も存在するが、より多くの不完全情報ゲームに対する研究成果が望まれている。

本学位論文は不完全情報ゲームの中で日本特有のゲームである「花札」を対象に、ゲーム AI に関する研究をまとめたものである。「花札」は日本固有のゲームでありほとんど研究されていないため、本論文で得られた知見はゲーム AI の開発において有益であると考えられる。

完全情報ゲームの AI を作成する場合は、Min-Max 法やそれを改良した  $\alpha$ - $\beta$  法を利用するのが一般的であるが、不完全情報ゲームにおいては完全情報ゲームで有効とされている従来の手法を戦略決定に使用するのが難しい。この場合、モンテカルロ法を木探索に応用したモンテカルロ木探索を利用する手法がある。本学位論文では花札に対する異なる2種類のゲーム AI について議論している。第一に花札における最強ゲーム AI の開発を目指している。ゲーム AI の研究の主流は強くすることであり、本研究でもまずは花札のコンピュータプレイヤーを強くすることを主眼にした。花札の戦略決定アルゴリズムにはモンテカルロ木探索を適用し、強さを検証するために人間プレイヤーとの対局を行う。実験の結果、モンテカルロ木探索は花札にも非常に有効であり、人間よりも強いコンピュータプレイヤー

の開発が実現された。一方、強すぎるプレイヤーというのは対戦者からすると面白くないものであるとの知見も得た。調査の結果、人間が勝てないプレイヤーとは再び対局を行いたくないと考えるということであった。そこで2つめのゲーム AI として、人間の対戦興味をそそり、人間を楽しませる AI プレイヤーの開発を検討した。

人間プレイヤーに面白さを与える研究として、独自に定めた面白さの定義に従ってゲームを進行させるプレイヤーを作成し、人間プレイヤーとの対局実験を実施した。意思決定手法には強さに関する研究で用いたモンテカルロ木探索を利用し、人間プレイヤーが得る／失う得点を調整することで面白さを表現しようとした。対局実験の結果、得点の調整には成功したものの、人間プレイヤーからの評価は芳しくないものであった。これは面白さの定義が不十分であったからではないかと考えた。そこでより正確な面白さの定義をするべく、観点の異なる調査・実験を2種類行った。1つは花札のプレイヤーへアンケートを取り、そのプレイヤーが考える面白さを尋ねたものである。アンケート調査ではプレイヤーへ「面白いこと」「面白くないこと」などを聞き、どの事項を重視しているか、またどのような要素が面白くないかを分析した。回答結果によりプレイヤーが考える面白さや面白くなさの方向性が見えてきたが、より定量的な評価指標が求められることとなった。そこでもう1つの実験として人間プレイヤーにスマートウォッチを装着させ、心拍数を計測することで面白さの分析を試みた。プレイヤーの心拍数を計測することで、心拍数と特徴的な局面との関連を定量的に評価し、プレイヤーにとっての面白さを分析することとした。数回の対局実験の結果、特徴的な局面が浮かび上がった。その局面を分析したところ「役を完成させることのできる札を取得できるか否か」が面白さの要素である可能性があることがわかった。どちらの調査・実験についても統計的にはデータ数が少ないため、さらに多くの被験者で実施したデータで分析する必要があるだろう。しかしながら、本論文で得られた面白さの要素に関する結果は、これまで報告されていない内容であるため、ゲーム AI の開発における重要な知見になると考えられる。

本論文の構成は以下の通りである。1章では各章の概要を述べるとともに、研究背景を記述した。2章では、数多くあるゲームを分類する方法を述べ、分類ごとのゲームの特徴を記述した。その後、ゲーム AI の分野でよく用いられる手法である Min-Max 法や  $\alpha$ - $\beta$  法について述べている。3章ではゲーム AI 研究のなかで、ゲーム AI を強化する研究で重要と思われる研究をサーベイし、それぞれのゲーム AI がどの程度の強さなのか、どのような手法を用いているのかを記した。そして、新たなゲーム AI も出現してきていることを示した。4章では本論が対象とするゲームである花札の遊戯方法について説明している。5章では、ゲーム AI の研究の本流である、花札の AI を強化する研究についてまとめた。用いた手法として、他のゲーム AI でも使われているモンテカルロ木探索を利用し強化することを試みた。まずモンテカルロ木探索のアルゴリズムについて述べ、この手法が優れている点を挙げた。その後、行った実験の概要を記し、AI の強化が行えていることを示した。6章では、ゲーム AI の研究における異なる流れとして、人間プレイヤーに面白さを与える研究について説明した。7章では、花札の AI が人間プレイヤーへ面白さを与えることができるかと考え、検討したことや行った調査・実験を記述した。実験の1つはモンテカルロ木探索を改良して面白さを与えるもので、もう1つは人間プレイヤーの心拍数を計測して面白さの要素を分析するものであった。これらの実験の結果を詳細に示している。8章では本論文の総括と今後の発展について考察している。