

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：57301

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17872

研究課題名（和文）心理誘導型の探索技術の応用により人との暗黙的な結託を図れるゲーム人工プレイヤー開発

研究課題名（英文）nonverbal cooperation artificial game player applied tree search algorithm

研究代表者

佐藤 直之（Sato, Naoyuki）

佐世保工業高等専門学校・電子制御工学科・准教授

研究者番号：30826889

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000 円

研究成果の概要（和文）：原始モンテカルロ法の応用により「他プレイヤーから見える場の状況」も含めて乱択シミュレーションを行うことで、他プレイヤーの援助が有利となる局面において、他プレイヤーに結託を持ち掛ける着手の生成を観察した。更にその提案手法に高速化を加えた。簡潔なルールベース型のアプローチで動作する人工プレイヤーを対局させることで取得した統計的なデータを用い、正確な乱択シミュレーションの代わりに統計的な観測値を適宜代替することで、高速な探索を実現した。この改善により、改良前の手法では探索が十分に行えない状況でも実用に差支えない計算時間で着手生成ができることを確かめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本手法で実現した「他のプレイヤーから見える場の状況を考慮に含めたモンテカルロシミュレーション」は、四人対戦ゲームでは計算が極めて重くなるものの、他プレイヤーとの暗黙の結託を施行した着手を生成できる潜在能力のある手法である。更にはこの探索を軽量化するために、単純なルールベース型プレイヤーを何度も対戦させて得た統計値でシミュレーションの一部を代替するアプローチは、シミュレーションの正確さをわずかに損なうものの、計算を十分に実用的な時間で実行させられる改良点である。これらの知見は、『多人数ゲームにおける暗黙の結託を人工プレイヤー』の実現や更なる学術的探求に貢献すると考えられる。

研究成果の概要（英文）：By applying the primal Monte Carlo method to simulate random choice, including “the situation of the field as seen by other players,” we observed the generation of moves that propose collusion to another player in a game where their assistance is advantageous. We also succeeded in enhancing computational efficiency of the proposed method. Using statistical data obtained by artificial players with naive rule-based algorithm, we achieved fast search by substituting statistical observations for exact random simulations. We have confirmed that this improvement allows us to generate moves in practical computation time even in situations where the previous method was not able to perform sufficient search.

研究分野：ゲーム情報学

キーワード：ゲーム情報学 エンターテインメント工学 人工知能 探索

1. 研究開始当初の背景

様々なゲームでコンピュータプレイヤーが人間と遊べるようになってきた。木探索手法や機械学習が用いられたコンピュータプレイヤーは、難度の高い「囲碁」のようなゲームでさえも人間のトッププロに匹敵する強さを発揮して評判になった。そうした“強さ”の探求はかなり高いレベルで達成されつつある一方で、人間と“楽しく”遊べるゲームプレイヤーの開発には依然として課題が多く、現在も様々な試みがされている。

人間と楽しく遊べるコンピュータプレイヤーを実現するためのアプローチは多様である。人間と対等な実力に合わせるプレイヤー、という方向性の研究は、これまで主に二人対戦ゲームのジャンルで長く追求されてきた。ゲーム木探索の深さを調整したり、何かしらの手法でもって、ゲームの展開自体も自然にしようとするものなどバリエーションがみられる。また、コンピュータプレイヤーの「挙動の人間らしさ」も、デジタルゲームのジャンルで広く研究例がみられるテーマである。これらのゲームジャンルでは、しばしばコンピュータが人間には不可能な精密さおよび機敏さによってキャラクタを操作するため、そうした理不尽かつ不自然な動き方を抑制する狙いの研究が多い。これらの研究は被験者実験によってその成果を評価されてきた。

しかし、そうした「強さの調整」や「機械的で不自然な挙動の抑制」が注目を集める一方で、「人間特有の奥深い心理的な駆け引きの再現」については、まだ十分には着目されていない。特に、味方ではない誰かと暗黙に協力することでゲームを有利に進めるような駆け引きは、人間同士が遊ぶ麻雀などでもよく見られて、ゲームを盛り上げる要素の1つであるものの、研究例が少ない。そこで本研究では人間特有の心理的な駆け引きのうち、「多人数ゲームの最中における、他プレイヤーとの一時的な結託」を行うコンピュータプレイヤーの実現を目指した。

2. 研究の目的

本研究は、コンピュータプレイヤーがゲーム中に他者との一時的な結託を行えるようにする。その目的のため、麻雀を対象ゲームとして、「圧倒的な大差で一位を独走しそうなプレイヤーと一緒に邪魔するために、他のプレイヤーに一時的な協力を求める」ような着手の生成を試みる。手法には、拡張された形のモンテカルロ木探索を用いる。この技術の実現により、将来には更に発展的な、以下2つの貢献につながっていくと考えている。

(1) 麻雀以外の不完全情報な多人数の非チーム制対戦ゲームにおける様々な「暗黙の結託を他者にもちかける動作」の実現。

(2) 他の様々な人間特有の心理的な動きに対する、数理的なアルゴリズムによる表現方法の発見。

3. 研究の方法

本研究では従来のゲーム木探索を拡張し、他プレイヤーのモデルをリッチにする手法を提案した。不完全情報ゲームにおける従来型の木探索手法は、全プレイヤーが「各自が独立して自身の利益を追求する（または不利益を回避する）」ものとし基本的には想定されなかったのに対し、本研究の方法では各プレイヤーは「他プレイヤーが今どういう状況にあって、どういう考えなのか」も推測しながら行動する主体としてみなす。

そのため既存手法では実現が難しかったような、「敵対する関係だが互いに立場が弱いプレイヤー2人が、一時的に息をあわせて強いプレイヤー1人を妨害しにいく」ような動きの想定ができる。結果として、(本来は敵の)他プレイヤーに一時的な結託を持ち掛けるような、高度な心理的駆け引きがコンピュータにとって可能になる。

本研究の全体的な段取りは以下の通りである。

(1) 不完全情報な多人数対戦ゲーム「麻雀」にて提案手法を実装したコンピュータプレイヤーを用意し、恣意的に準備されたゲーム局面において着手の生成を行い、他者との結託を指向した着手が生成できていることを確かめる。

(2) 麻雀で、提案手法によるコンピュータプレイヤーを人間と対局させて、アンケートによる被験者実験を行うことで、“人間にも伝わる”形で他者との結託が指向できている事を確かめる。

(3) より複雑なルールを持つ不完全情報な多人数対戦ゲームにて同様の実験および検証を行う。具体的にはボードゲームのカタンを目標として想定している。

4. 研究成果

本研究による成果は以下の通りである。

(1) 麻雀の課題局面に対する着手生成の確認

麻雀において、提案手法で動作するコンピュータプレイヤーを実装し、更には以下のような課題局面を実験用に用意した。

【課題局面】

- ・ 48,000 点の高得点アガリを達成しそうな事が明らかなプレイヤー A がいる。
- ・ 1,000 点程度の低得点アガリしかできない事が明らかな提案手法プレイヤーがいる。
- ・ 提案プレイヤーは以下 2 種類の選択肢を持つ。
 - a) 大量の失点を覚悟してプレイヤー A と勝負する。他のプレイヤー B か C が自分を手伝ってくれるのであれば、プレイヤー A に勝つ見込みがある。
 - b) 自分のアガリを放棄して、安全な逃げに徹する。

【想定する生成着手】

上記 a) の着手は、既存の手法では極めて生成されにくく、提案手法によって生成されるようになることが期待されるものである。プレイヤー B と C が提案プレイヤーに協力してくれるのであれば、一緒に A を倒すことができ、そうでなければプレイヤー A の圧倒的な一人勝ちを許すことになるので、上記 a) の着手は確かに「他者との結託を指向する着手」の一種であると本研究では考えている。

【結果】

提案手法にはランダムなシミュレーションが含まれるため、課題局面からの着手生成は 3 回行った。その結果、3 回全ての試行において「他者との結託を指向した着手」が生成された事を確認した。この成果を研究発表会のポスター発表と、学位論文で報告した。(引用文献 ,)

(2) 提案手法のコスト軽量化

提案手法は計算コストが大きく、複雑な局面に適用しにくい設計になっていた。そのため、コストが重いシミュレーション部分を、事前に計算した近似的な統計値の利用に置き換える事で、手法全体にかかる計算量を大幅に削減した。この近似的な統計値を得るために、本研究では「とにかく自身のアガリを単純に目指す P_n 」、「他プレイヤーのアガリを援助するのみの P_s 」、「誰のアガリも目指さず防衛的に振る舞う P_d 」という 3 種の簡素なコンピュータプレイヤーを用意して、それら同士の対局を何度も行わせた。

その結果、未来予測の精度はわずかに劣化するものの、今までは「ゲームの残りターン数」と「想定する状況のパターン数」の積のオーダーで消費されたシミュレーション部の計算時間が、定数オーダーで瞬時に完了するようになった。

(3) 軽量化された提案手法による着手生成実験

計算量が大幅に削減された提案手法でも、前節(1)と同様の課題局面で「結託を指向する着手」を生成できるのかを確かめた。この試行を 5 回繰り返した結果、その全てにおいて「共謀を指向した着手」の生成に成功した。

この手法の軽量化と着手生成の成功を国内研究会にて発表した(引用文献)。

<引用文献>

高田康介, 佐藤直之. "他者に共謀を持ち掛けるための麻雀におけるモンテカルロ法プレイヤー." ゲームプログラミングワークショップ 2022 論文集 pp.74-80, 2022.

高田康介. "他者に共謀を持ち掛けるための麻雀におけるモンテカルロ法プレイヤー." 佐世保工業高等専門学校 専攻科特別研究発表会, 2020.

佐藤直之, "麻雀において他者との共謀を促す着手を生成するためのモンテカルロ法における抽象プレイヤー設計." 第 51 回研究報告ゲーム情報学 (GI), pp. 1-7, 2024.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高田康介, 佐藤直之
2. 発表標題 他者に共謀を持ち掛けるための麻雀における モンテカルロ法プレイヤー
3. 学会等名 Game Programming Workshop 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤直之
2. 発表標題 麻雀において他者との共謀を促す着手を生成するためのモンテカルロ法における抽象プレイヤー設計
3. 学会等名 第51回ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------