

トランプゲーム「ナポレオン」の実装と AI プレイヤーの構築に向けて Toward Implementation of the Card Game 'Napoleon' and Construction of an AI Player

宮田 凌弥¹⁾ 西出 俊¹⁾
Ryoya Miyata Shun Nishide

1 はじめに

近年、不完全情報ゲームにおける AI の研究が盛んに行われており、特にプレイヤーの役割や意図を推定する推論能力の向上が求められている。「ナポレオン」は、プレイヤーごとに異なる役割を持ち、協力や裏切りといった心理的な駆け引きが展開される非対称型のトリックテイキングゲームであり、ゲーム AI の研究対象として興味深い題材である。

本研究では、このような非対称性や心理戦を含む構造を持つ「ナポレオン」に対応する AI の構築を最終目標とし、そのための基盤として、C++およびソケット通信を用いたネットワーク対戦型のゲームシステムを開発した。さらに、今後の AI 設計に必要なプレイデータを収集可能な環境を整備し、初期段階としてランダム行動ベースの簡易 AI プレイヤーの実装を行った。本稿では、ゲームシステムの概要と、AI プレイヤーの初期実装に至るまでの取り組みについて報告する。

2 関連研究

不完全情報ゲームにおける AI の研究は、近年ポーカーや麻雀、大富豪などを対象として活発に行われており、ナポレオンのような多人数・非対称型トランプゲームへの応用も模索されている。高木らは、「ナポレオン」における AI の強化学習による構築を試み、チームプレイを考慮することで AI の勝率に有意な影響を与えることを示した [1]。本研究と同様に「ナポレオン」を題材としており、HandyRL を用いた強化学習ベースのアプローチを採用し、役割推定やチーム報酬を活用した設計が特徴的である。

一方、牧野らは CGDL (Card Game Description Language) を用いてトリックテイキングゲームのルールを自動生成し、深層学習によるゲーム設計の可能性を探っている [2]。本研究の対象である「ナポレオン」もトリックテイキングゲームの一種であり、こうした自動生成技術は将来的に新たなゲームバリエーションやシミュレーション環境の拡張に貢献しうる。

また、福島らは UNO を単純化した「miniUNO」を対象に、強化学習および教師あり学習による AI の構築と比較を行っている [3]。彼らの研究では、単純化されたルールと多人数の戦略的要素を併せ持つゲームに対して、複数の AI モデルを組み合わせることで性能の向上を図っており、本研究で実装したランダム行動 AI との比較や今後の発展的な AI 設計において参考となる。

以上のように、「ナポレオン」を含むトリックテイキング型のカードゲームに対しては、強化学習や教師あり学習といった多様なアプローチが検討されており、本研究はそれらを踏まえて、実環境でのプレイデータ収集を目的としたゲーム制作と初歩的な AI 実装を通じて、AI 構築の基盤を形成するものである。

1) 京都橘大学 Kyoto Tachibana University

3 トランプゲーム「ナポレオン」

「ナポレオン」は、5 人のプレイヤーがナポレオン軍 (ナポレオンおよび副官) と連合軍に分かれて得点カードを取り合う、トリックテイキング型の不完全情報ゲームである。ゲーム開始時には、トランプ 52 枚とジョーカー 1 枚を加えた計 53 枚のカードを用い、各プレイヤーに 10 枚ずつ配布する。その後、競りを行い、ナポレオン役を務めるプレイヤーを決定する。ナポレオンに選ばれたプレイヤーは、副官として任命したいカードを 1 枚指定し、そのカードを所持するプレイヤーが副官となる。ゲームはマストフォロー (台札と同スートのカードが手札にある場合、そのスートのカードを出す) ルールに従って行う 10 回のトリック (各プレイヤーが 1 枚ずつカードを出して勝敗を決める小ゲーム) によって構成され、得点カードである絵札 (各スートの A, K, Q, J, 10 の計 20 枚) の獲得を競う。ナポレオン軍は、競りの際に宣言した得点枚数以上の絵札を獲得できれば勝利となり、達成できなかった場合は連合軍の勝利となる。

4 開発したゲームシステムとプレイ画面

本研究では、図 1 のように、1 台のサーバーと 5 台のクライアントで構成されるネットワーク対戦型のマルチプレイ環境で遊べる「ナポレオン」ゲームを制作した。

サーバーとクライアントのプログラムは C++によって実装されており、通信には TCP/IP ソケットを用いて、リアルタイムにカード情報やゲーム進行データをやり取りする。ゲーム開始時、クライアントはサーバーに接続し、5 台のクライアントからの接続が確認できるとクライアントのプレイ順をランダムに決定する。サーバーはゲーム全体の進行管理を担っており、カードの配布、競りの管理、各トリックの勝敗判定、得点集計などを一括して制御する。各クライアント側では、ユーザーの入力操作 (宣言やカード選択) を受け取り、その情報

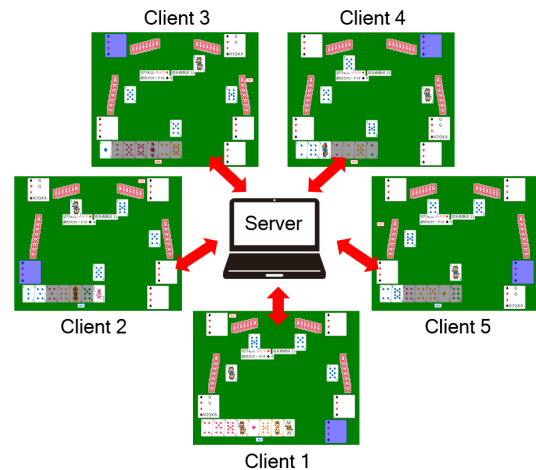


図 1 クライアント-サーバー接続構成

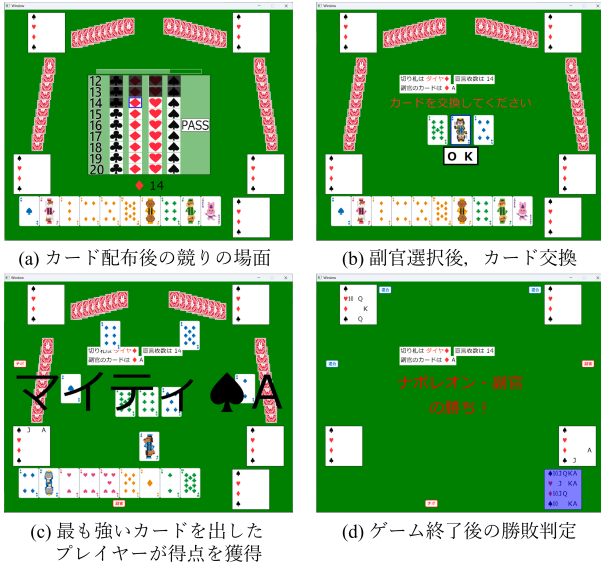


図 2 ゲーム進行の状況

をサーバーに送信する。また、サーバーからのゲーム情報を受信してプレイ画面に反映させる。

ゲーム進行の実際の画面を図 2 に示す。カード配布後の競り (図 2(a)) では、各クライアントからの宣言内容がサーバーに送られ、最も高い宣言をしたプレイヤーがナポレオンとして選出される。その後、ナポレオンは副官に指名するカードをサーバーに送信し、余った 3 枚のカードとの交換を行う (図 2(b))。ゲーム中の各トリックでは、各クライアントはプレイ順に出すカードをサーバーに送信し、全クライアントからのカードを受け取るとサーバーはそのトリックでの勝者を判定する (図 2(c))。その際、マストフォローのルールにより出せないカードは図 1 内のように暗く表示され、各プレイヤーの横にある枠内に獲得ポイントカードが表示される。トリックの勝者は次のトリックのリードプレイヤー (5 人の中で 1 番目にカードを出す手番となるプレイヤー) となり、以後、同様の処理を 10 回繰り返すことでゲームが構成される。全トリック終了後、サーバーは各クライアントが獲得した得点カードを集計し、ナポレオン軍が宣言した得点を満たしているかどうかに基づいて勝敗を判定する (図 2(d))。

5 AI プレイヤーに要求される機能

本ゲームは非対称型対戦ゲームであるため、プレイヤーの役割によってプレイする方法も大きく異なる。各役割におけるプレイ方法の一例を図 3 に示す。このように役割によってプレイ方法を変える必要がある点や得点を取る行動が必ずしも勝利に直結しない点が「ナポレオン」ゲームの AI プレイヤーの構築を困難にする原因である。実際の人間によるゲームプレイにおいても、場に出ている得点カードが少ない場合は強力なカードを温存しておくことや、次トリックのプレイ順が最後になるようなカードの出し方が選択される場合がある。

我々はこれまでに、AI プレイヤーのベースラインとして自ターンに手札からランダムにプレイカードを選択する AI プレイヤーを構築した。ランダムプレイ AI によってゲームは問題なくプレイ可能であることを確認し

ナポレオン	(1) 自身の切り札枚数が多い 他プレイヤーの切り札を減らす (2) 自身の切り札枚数が少ない 副官が判明する前にできるだけ 負け札を減らす
副官	副官であることを隠蔽しつつ 要所で得点を取りに行く
連合軍	(1) 副官でなさそうなプレイヤーに 得点を取らせる (2) ナポレオン以外のプレイヤーに 得点を分散させる

図 3 プレイ方法の一例

た。一方で、役割ごとに AI プレイヤーを構築するためには各役割の実際のプレイデータを収集し、それらを解析することでカードの出し方をルール化することが必要である。また、副官以外の役割においては、他プレイヤーのカードの出し方から副官である可能性を推定することがゲームを有利に進める上で重要である。さらに強化学習などの手法を用いて AI プレイヤーのプレイ方法を改良することでより高度な AI の構築につながると期待される。今後はこれらの課題に取り組み、「ナポレオン」におけるゲーム AI の構築を目指していきたいと考えている。

6 おわりに

本研究では、不完全情報・非対称型のトリックテイキングゲームである「ナポレオン」を対象に、C++を用いたネットワーク対戦型ゲームシステムを開発し、AI プレイヤーの初期的な実装を行った。これにより、人間同士や、人間と AI の対戦が可能な環境を整備し、今後の AI 設計に向けたプレイデータの収集基盤を構築することができた。

現段階では、AI はランダムにカードを選択するベースラインモデルに留まっているが、今後は収集された実プレイデータをもとに、役割ごとのプレイスタイルを分析し、それを反映した AI の設計が求められる。特に、ナポレオンや副官といった役割を考慮し、他プレイヤーの行動から意図や立場を推定するような推論機能の実装が重要である。

さらに、強化学習や模倣学習といった機械学習手法を応用することで、ナポレオン特有の協調や裏切りといった心理的駆け引きに対応できる、より高度な意思決定が可能な AI の構築が期待される。将来的には、これらの要素を統合し、人間と同等の判断力と柔軟性を備えた AI プレイヤーの実現を目指していきたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23K11277 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 高木利幸, 橋本剛, 「HandyRL を用いたナポレオン AI の強化学習」ゲームプログラミングワークショップ 2023 論文集, pp. 154–160, 2023.
- [2] 牧野貴斗, 濱川礼, 「CGDL を用いたトリックテイキングゲーム自動生成手法の提案と評価」言語処理学会第 28 回年次大会 発表論文集, pp. 1333–1338, 2022.
- [3] 福島健介, 鈴木徹也, 「単純化された UNO のプレイヤ AI の強化学習による構築」情報処理学会第 85 回全国大会講演論文集, 6P-05, pp. 2-155–2-156, 2023.