

シミュレーションによる3人麻雀の戦略検討

奥村 拓馬¹ 松原 仁²

概要: 現在の4人麻雀の人工知能は、人間のトップレベルに比肩する実力のものが複数登場している。これらの方策決定の多くは機械学習モデルに委ねられており、実力を調整したり、特定の役を狙うなどの特徴付けに関して考慮されていない。また、学習用のデータが提供されたオンライン麻雀のルールに影響を受けている。3人麻雀の研究もその流れに沿うが、4人麻雀に比べルールが多岐に渡りその影響は無視できず、個々に対応した対戦データが十分に蓄積されていない。本研究では、シミュレーションを用いて3人麻雀における戦略を発見することを目的とする。戦略の例として、役牌の成立を防ぐ方策を提案した。打牌順を考慮したプレイヤーを作成し対戦させた結果、ランダムに打牌する場合に比べ客風牌のフーロが起きづらくなった。

キーワード: 3人麻雀, シミュレーション, 戦略発見

Strategy Analysis for Three Player Mahjong Through Simulation Study

TAKUMA OKUMURA¹ HITOSHI MATSUBARA²

Abstract: There are now several 4-player mahjong artificial intelligences that are as good as the best human players. Many of these strategy decisions are left to machine learning models, which do not take into account features such as adjusting for strength or targeting specific yaku. The research on 3-player mahjong is also in line with this trend, but the influence of the wide variety of rules compared to 4-player mahjong cannot be ignored, and not enough data has been accumulated for each individual game. The purpose of this study is to discover strategies in 3-player Mahjong using simulation. As an example of a strategy, we propose a strategy to prevent the formation of yaku tiles. We created players who discard with the order of unnecessary tiles, and found that it was harder to get a furo on the kyaku tiles than when the tiles were discarded randomly.

Keywords: Three Player Mahjong, Simulation, Discovering of Strategy

1. はじめに

近年、不完全不確定情報ゲームにおいて、人間のトップレベルに比肩する実力を持つ人工知能が現れている。多人数ポーカープレイヤーの「Pluribus」はプロポーカープレイヤー5人と1万試合を行い勝ち越している[1]。

4人麻雀においても、水上ら[2]の爆打やDwango社のNAGA25[3]、Microsoft社のSuphx[4]などが作成され、それぞれが人間の上位の実力に到達している。また、Dwango社は「NAGA牌譜解析レポート」サービスを開始した[5]。これは人間の対戦結果(牌譜)を入力すると、NAGA25が局面に応じた打牌・鳴き判断・リーチ判断等の解析結果が出力されるものである。これにより人間が人工知能の思考を汲み取れるようになり、人工知能による支援が実現し始めた。

今後、実力の追求でなく人間の支援や相応しい対戦相手の作成が課題となる。現在3人麻雀では人間の上位に比肩するプレイヤーを確認していないが、その潮流は同様に訪れると想定する。人間の対戦相手となるには適切な実力調整が求められる。過去、麻雀プレイヤーはルールベースで作成され、本来見えていない情報が見えていたり(イカサマ)、特定の行

動に偏らせることで特徴付けを行っていた。不完全情報ゲームでは個性や実力を短期間で測りづらい問題がある。個々の細分化された方針(戦略)を決めることで、この問題が解消出来るとみられる。

本研究の目的は、3人麻雀のモンテカルロシミュレーションを行い、有効な戦略を発見することである。3人麻雀のルールの多様化に対応し、既存研究と比較しながら、有効性を検証する。現時点で人間同士の対戦結果を蓄積することが難しいルールのひとつである、東天紅麻雀も想定に加える。

2. 3人麻雀の特徴

3人麻雀は4人麻雀からプレイヤーを1人減らして行うゲームである。一般的なルール[6]は以下の通りである。

- 萬子の2から8を除いた27種108牌を用いる
- 北家が存在しない
- チーを行うことが出来ない
- 花牌が存在する。花牌が手牌にある状態で和了することも出来る。自分の打牌前に抜く(キタ)ことができ、他の牌を補充する役割を持つ。抜いた花牌はドラ扱いとなる(抜きドラ)。大抵は北4枚が花牌となる。

大局的には4人麻雀と同様の戦略を利用できるが、

¹ 公立はこだて未来大学
Graduate School of Future University Hakodate

² 東京大学
The University of Tokyo

このようなルールの相違点により異なる戦略をとるべき場面が存在すると考えられる。

また、ローカルルールが多岐にわたることも特徴である。例えば、一般的な赤あり4人麻雀では萬子、筒子、索子の各5に1枚ドラを採用するのに対し、3人麻雀では5を全てドラとするルールがある。花牌を手牌に含めての和了が認められないルールや、王牌の枚数が異なるルールも確認している。先行研究で示された結果を参照しつつ、多様化している様々なルールに対応した戦略の導出を目指す。

3. 先行研究

みーにん(2019)はオンライン麻雀対戦サイト「天鳳」の3人打ちの牌譜を解析した[7]。4人麻雀と比較してリーチ率が高く、フーロ（ポンなど、他のプレイヤーの打牌を取得して面子を完成させる行為）率が低いことから、手が速く完成しやすく、フーロを使わずに手を進める傾向があることを示した。また、プレイヤーのいずれかがテンパイしている場面に限定し、アガリ率から局収支と呼ばれる期待値を求め、その大小から種々の最適戦術を結論付けた。牌理（ノーテンからテンパイに向かう技術のこと）に関して、今後の課題とされる。

Zhaoら(2022)は、深層強化学習による麻雀プレイヤー「Meowjong」の作成を行った[8]。3人麻雀の各行動（リーチ、打牌、ポン、カン、キタ）に対応する事前学習モデルを作成し、打牌モデルについてはSupervised Learning(SL)とReinforcement Learning(RL)で改良を施した。その後、SLエージェント、RLエージェントと対戦させて評価を行い、Meowjongはより高い勝率を示した。3人麻雀における、人工知能と人間との対戦結果については2022年10月時点で報告を確認していない。

4. 実験内容

主に牌理に関する戦略のテーマを設け、仮説立てと実験及び検証を行う。現在行ったのは「和了に不要な役牌を相手にポンされにくくする戦略」についてである。役牌は、特定の字牌を3枚揃えることで成立する役、またはそれを成立させるための字牌を指す。「じゃんたま」のデータ統計サイト「雀魂牌譜屋」によれば、全ユーザのうち上位0.81%以内のプレイヤーが集まる三人打ち王座の間において、役牌は面前清自摸和、平和に次いで出現率が高く、全ての和了のうち10%程度で役牌が登場している[9]。役牌が手牌に对子であればポンによって3枚揃えて成立させやすいことが特長だが、欠点として全4枚のうち3枚を揃える必要からポンへの依存度が高いことが挙げられる。役牌をポンさせないように行動することで、他家の役牌の成立を防ぎ、結果として和了を防げるケースもしばしばある。ただし、字牌は順子を構成できないため、切らずにいると自身の和了率を落としてしまう。そこで、手牌に不要な役牌を切りつつも、ポンさせにくくする方策を考える。

他プレイヤーに役牌をポンされるとそのプレイヤーの和了率が上昇し、自身の局収支が下がると仮定する。そのうえで、役牌をポンされないような打牌戦略を求める。ションパイの役牌を切った時にポンされる確率は1巡目でおおよそ7%であり、7巡目まで単調増加のように増大し、7巡目では20%程度となる[7]。不要な役牌は可能な限り早く切るべきである。

実験では、自身に不要な字牌を優先して打牌するプレイヤーを作成し、切り出しを速くすることで他家のポンを防げるかどうかを確認する。

5. 実験

5.1 実験準備

山の生成機能、配牌機能、ツモ・キタ・打牌行動が可能なプレイヤーを作成した。山は、26種104枚に花牌4枚を加えた計108枚の牌がランダムに並べられている。1回のシミュレーションで用いるのは、39枚+（想定巡数）×3枚である。

5.2 役牌をポンされにくくする方策（ポン阻止方策）

一般に、順子を構成できない字牌と萬子は和了に不要な牌となりやすくなる。このとき、ある牌について自家にとっての優先順位と他家にとってのそれは必ずしも一致しない。例えば、場風が東のとき、東家と南家が西を刻子にしても役とならないが、西家には役がつく。西が対子のとき、切られた西をポンして役をつけることが可能である。

ツモ回数が増えるほど、対子となる抽選、すなわちポン可能となる抽選回数が増えていることになる。従って、将来的に不要な牌を列挙したとき、他家の役牌、自家の客風牌を先に切ることで、他家の役牌ポンが起きづらくなると考えられる。

実験では、以下のような切り順の優先付けを行い、これを各家の客風ポン阻止方策と表現した。

東家：南，西，1萬，9萬，白，発，中，東

南家：西，1萬，9萬，東，白，発，中，南

西家：南，1萬，9萬，東，白，発，中，西

基本的に自らが刻子とした際に役が成立する牌を重用することが役の成立、ひいては和了に繋がる。東家は東がダブル東とよばれる2役となり、南と西では役がつかない（客風）ため、南、西が不要で、東が最も有用な牌となる。南と西を比較すると、ポンされた場合を考えた時に西家の西ポンでは南家のツモを1回飛ばせるため、（西家が西を対子にするよりも南家が南を対子にしない方が有利という意で）南が最も不要といえる。南家、西家にとっては、自分だけが役牌として用いられる南、西が最も有用であるといえる。

実験手順を以下に示す。

1. 各プレイヤーに配牌を行う。
2. 東家、南家、西家の順に、定められた優先度に従って字牌と萬子を打牌する。ただし、自らの手牌に2枚以上ある牌は除く。条件に従う牌がなくなったときは手牌からランダムに打牌する。
3. 打牌ごとに、ポン可能かどうかを判定し、可能であれば牌種、巡目をカウントする。ポンは1枚目を観測してから直ちに行くと仮定し、2枚目はカウントしない。
4. 一定巡数繰り返す。
5. 1~4.を一定回数繰り返す。

シミュレーション巡目は6巡目までとした。なお、ドラは設定しない。加えて、南家と西家をランダム方策プレイヤーに置き換え、同様の実験を行った。ランダム方策プレイヤーは、（2枚以上持たない）萬子と字牌からランダムに打牌を行う。字牌の優先度は各シミュレーションごとに決定する。

6. 実験結果と考察

6.1 ポン阻止方策3人

表1に、配牌10万回のうち字牌対子が含まれていた回数を示す。

表1 配牌の字牌対子の数(n=100000)

プレイヤー	東	南	西	白	発	中
東家	6527	6446	6596	6655	6397	6572
南家	6683	6537	6527	6604	6397	6362
西家	6531	6566	6466	6497	6538	6633

表2に、各プレイヤーが打牌した牌種を示す。全打牌数は10万局×6巡で60万回である。

表2 各プレイヤーの打牌(n=600000)

プレイヤー	東	南	西	白	発	中	萬子	計
東家	21400	63256	24711	21563	21312	21381	42899	216522
南家	21664	21715	64494	21369	21376	21305	42865	214788
西家	21269	63567	24808	21406	21423	21620	42409	216502

表3に、各プレイヤーがポン可能となった回数を示す。

表3 各プレイヤーのポン可能な回数

プレイヤー	東	南	西	白	発	中	計
東家	2315	3935	4226	2387	2365	2383	17611
南家	2363	5021	2655	2278	2288	2271	16876
西家	2355	3935	4047	2358	2325	2366	17386

表4に、各プレイヤーが役牌別で6巡目までにポン可能となる確率を示す。これは、プレイヤーがポン可能な回数を他プレイヤー2人が打牌した合計数で除して導出した。

表4 各プレイヤーがある役牌対子を6巡目までにポン可能な確率

プレイヤー	東	南	西	白	発	中
東家	5.347	—	—	5.580	5.526	5.555
南家	5.492	3.959	—	5.254	5.354	5.281
西家	5.469	—	4.537	5.492	5.446	5.543

図1に各プレイヤーが経過巡目時点で役牌をポンできる確率を示す。役牌の種別を問わない累積値であり、2巡目以降は前巡までのポン可能確率を含む。東家の役牌は東白発中、南家は東南白発中、西家は東西白発中である。

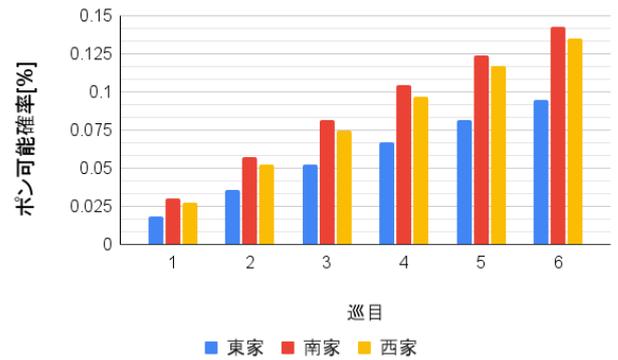


図1 各プレイヤーの経過巡目時点における役牌ポン可能確率 (三者ポン阻止)

6.2 ポン阻止方策1人+ランダムプレイヤー2人

同様に、表5～表8、及び図2にポン阻止方策の東家とランダムプレイヤーの南家、西家による実験結果を示す。

表5 配牌の字牌対子の数(n=100000)

プレイヤー	東	南	西	白	発	中
東家	6487	6515	6505	6513	6438	6581
南家	6382	6491	6541	6442	6529	6530
西家	6499	6523	6508	6566	6588	6454

表6 各プレイヤーの打牌(m=600000)

プレイヤー	東	南	西	白	発	中	萬子	計
東家	21626	63806	24695	21503	21338	21203	42348	216519
南家	34962	36104	36520	34936	36029	36484	70187	285222
西家	34852	35701	36890	35039	35971	36637	70437	285527

表7 各プレイヤーのポン可能な回数

プレイヤー	東	南	西	白	発	中	計
東家	3532	3531	3595	3465	3656	3645	21424
南家	2851	4304	3134	2812	2998	2927	19026
西家	2925	4441	3133	2904	3030	2852	19285

表8 各プレイヤーがある役牌対子を6巡目までにポン可能な確率

プレイヤー	東	南	西	白	発	中
東家	5.060	—	—	4.952	5.078	4.985
南家	5.048	5.994	—	4.973	5.231	5.061
西家	5.169	—	5.118	5.145	5.282	4.944

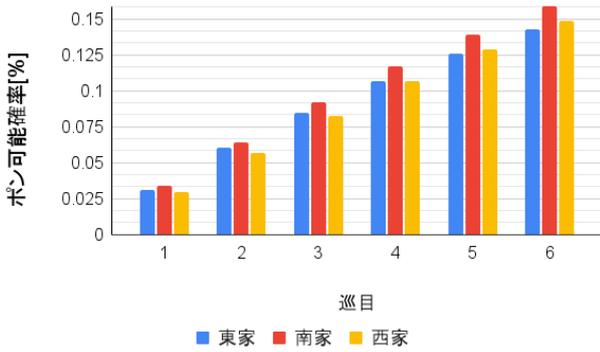


図2 各プレイヤーの経過巡目時点における役牌ポン可能確率 (東家ポン阻止+南家, 西家ランダム)

6.3 考察

特定の方策を決めたプレイヤーの傾向として、最優先で切る牌の打牌数が特に増大し、全打牌のうち10%を上回る値を占めた。表4より、東家と西家が南を最優先で切るポン阻止方策3人の状況では、南が他の字牌よりも3倍弱多く切られたが、南家が南をポン出来るケースは (南を最後に切る方策にかかわらず) 他の役牌より少なくなった。同様に、南家が最優先、東家が2番目に優先して捨てる西を西家がポン出来るケースも少ない。客風牌を持つ二者が結託して先に客風牌を切ることで、これをポンされる可能性は抑えられるとみられる。

ただし、結託しない場合はその効果がない。実験6.2 (表8) では南家が南をポン出来る確率が他の役牌に比べ高い。西家がランダムプレイヤーであることで、南家が南を対子としてポン出来る猶予を与えたことに起因する。西家に対する西も他の役牌と同程度ポンされるリスクを抱えている。

ランダムプレイヤーはポン阻止プレイヤーと比較して6巡目までに字牌と萬子を切った回数が1.3倍程度多い。すなわち孤立した字牌と萬子の処理が遅れており、メンゼンテンパイの速度にも影響を与えることが予想される。

役牌を6巡目までにポン出来る確率は南家、西家の順に高く、これは東家が南、西の順に切ることにより起因すると考えられる。東家は他家に比べ役牌が1種少ないため他家に比べてポン出来る確率は低くなる。南場の南家にも同様のことが想定される。ただし、相手がランダムプレイヤー2人のときはその条件においても同程度ポンを期待出来る。

実験では三元牌の切り順を白、發、中の順に定めたが、ポンされる確率は同程度であった。特定の相手と対戦する場合は、決められた切り順通りに役牌を切っているとその傾向を読まれる恐れがある。したがって、実戦において三元牌の切り順はランダムにすることが望ましい。

7. まとめと今後の課題

本研究では、他家にのみ有用な牌を先に打牌し、自家に有用な役牌を残すポン阻止プレイヤーを作成し、10万回の配牌と6巡の打牌シミュレーションによってプレイヤー同士を疑似的に対戦させ、役牌がポンされる確率を求めた。その結果、ポン阻止プレイヤーが客風を優先して打牌することで、客風の打牌数を増やしつつも他プレイヤーにそれをポンされる可能性を抑えられると分かった。

実験では、特定の牌が切られた枚数を考慮してい

ない。例として、南が既に2枚切られて役牌南をつけられる可能性が0である状況で南家が南を抱え続けるのは和了の効率を損ねて実戦的でない。自分から見えている枚数を考慮した追実験を検討している。また、役牌をポン出来るがしなくてもよい手牌 (例えば既にテンパイしていたり、ポンしても和了が難しい状態) のケースを考慮していない。役牌ポン後に実際に和了出来たかを検証することで、方策の有効性について議論を深められる。

また、花牌の枚数によってポン可能な巡目、確率に変動があるかを調べる。花牌の占める割合が増えることで、配牌時点で役牌が対子である確率が減り、特に1巡目、相手が花牌を交換する前に客風牌を処理する重要性が増すと考えられる。現状、筆者は花牌8枚、16枚のルールが存在を確認しており、その条件下での比較を検討する。

そのほか、複数テーマに対しての検証に際し、ルールの違いを考慮した条件設定を行うことにより、従来の1つのルールにおける振舞いに特化したデータとの比較、及び戦略の導出を目指す。

参考文献

- [1] Noam Brown, Tuomas Sandholm, “Superhuman AI for multiplayer poker”, Science 365 (6456), 885-890 (2019).
- [2] 水上直紀, et al., “多人数性を分割した教師付き学習による四人麻雀プログラムの実現”, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 11, pp. 1-11 (2014).
- [3] “深層学習麻雀 AI 「NAGA」 - Dwango Media Village (ドワンゴメディアヴィレッジ, dmv)”, https://dmv.nico/ja/articles/mahjong_ai_naga (2022年7月21日アクセス).
- [4] Junjie Li, et al., “Suphx: Mastering Mahjong with Deep Reinforcement Learning”, Available : <https://arxiv.org/abs/2003.13590> (2022年5月16日アクセス).
- [5] “麻雀 AI 「NAGA」”, https://naga.dmv.nico/naga_report/top/ (2022年7月21日アクセス).
- [6] 角田真吾, “オンライン対戦麻雀 天鳳 / マニュアル”, <https://tenhou.net/man/> (2022年7月21日アクセス).
- [7] みーにん, “データで勝つ三人麻雀”, 三オブックス (2019).
- [8] Xiangyu Zhao, Sean B. Holden, “Building Mahjong AI using Deep Reinforcement Learning”, Available : <https://arxiv.org/abs/2202.12847> (2022年7月21日アクセス).
- [9] <https://ikeda.sapk.ch/statistics/num-player-stats> (2022年10月11日アクセス).