

有効牌を数えて牌効率をあげる面前全ツツパ麻雀 AI の性能評価

佐藤諒^{†1} 西村夏夫^{†2} 保木邦仁^{†3}

本研究では、シャンテン数が下がるような牌を有効牌とし、数手先の有効牌を数え上げることによって牌効率を向上させた麻雀 AI の性能を評価することを目的とした。簡単のために副露や降りをしていない面前全ツツパに麻雀 AI の戦略を制限した。性能評価は、インターネット雀荘「東風荘」で人間のプレイヤーと対局させ、安定レートや他の統計情報を利用して行った。

Performance analysis of Menzen-Zentsupa Mahjong AI: Counting the number of effective legal moves

RYO SATO^{†1} NATSUO NISHIMURA^{†2}
KUNIHITO HOKI^{†1}

In this work, we analyze the performance of Mahjong AI programs that count the number of effective legal moves. Here, an effective legal move decreases Shanten numbers (the number of tiles away from tempai). For the sake of simplicity, we limit the strategy of AI programs to Menzen-Zentsupa strategy (no open melds by calling and no defense by discarding safe tiles). The performance is measured in the internet Mahjong server, Tonpu-So, with human players and it is analyzed in terms of rating and other statistic information.

1. はじめに

近年、思考対戦ゲームにおいてコンピュータが人間に勝つというニュースを数多く耳にするようになった。チェスにおいては 1997 年に IBM のディープブルーが 6 回の対局からなる番勝負において世界チャンピオンに 2 勝 1 敗 3 引き分けで勝利した。また、2013 年 3 月から 4 月にかけて行われたに行われた第 2 回電王戦ではプロ棋士を相手にコンピュータ側が 3 勝 1 敗 1 引と勝ち越したことは記憶に新しい。

さて、チェスや将棋といった完全情報ゲームにおける研究が結果を残している一方で不完全情報ゲームの研究も行われている。2 人ポーカーにおいては、2007 年にコンピュータプレイヤーの Polaris がトップクラスのプレイヤー 2 人に対して初の勝利を収めた。しかしながら、多人数でのポーカーや大貧民などのカードゲーム、そして今回テーマに掲げた麻雀は現状ではあまり研究が進んでいない。その理由としては複数人対戦ゲームであったり不完全情報ゲームであったり、またルールが複雑であったりすることなどが考えられる。いまのところ報告されている麻雀 AI の強さは人間プレイヤーの平均レベル程度である。

本研究では、麻雀において牌効率をあげるために、有効牌の数に着目する。有効牌は手牌が上がり形に近づくために必要な牌とする。この有効牌の数（しばしば受け入れ枚数とも呼ばれる）を参考にして打牌の決定を行なう方法は

他の研究でも紹介されている[1,2]。これは、局面の優劣評価を行なう際に重要な役割を果たす特徴の一種と考えられる。このような特徴に加えて、上がり点の考慮や一九字牌の優先打牌及び 2 手先読みを行なうことを考え、打牌選択プログラムを 4 種類作成して、実力を計測し比較する。

実力の計測には、インターネット雀荘「東風荘」を使用する[3]。東風荘内では、プレイヤーの強さはレートによって示される。しかし、素のレート値は対戦回数を増やしても収束せず、プラスマイナス 60 点以上の幅で振動する。そこで強さを測る指標として安定レートとその標準偏差を採用する[4]。これらの値は 2000 回以上の対戦データから計算した。なお、簡単のため、副露や降りは考えず、リーチできる場合には必ずリーチをかけることとする。

2. 先行研究

人間プレイヤーの牌譜を教師信号とした麻雀評価関数の機械学習の報告がいくつかなされている。

北川らは評価関数に 3 層ニューラルネットワークを用いた教師あり学習を用いることで麻雀 AI のパラメータ調整を行った。牌譜と AI の一致率はツモ局面において約 56%、鳴き局面において約 89%、東風荘で得られたレートは 1318 であった[6]。

三木らは木カーネルを用いた非線形 SVM によって手牌の分類を学習した。ツモ局面における人間プレイヤーとの一致率は 51% であった[7]。さらに UCT 探索と補助分類問

^{†1} 電気通信大学
The University of Electro-Communications

^{†2} 金融システムソリューションズ株式会社
Financial system solutions

題を利用した評価関数の学習では、人間プレイヤーとの一致率は46%であった[8].

水上らは牌譜との一致を目指した平均化パーセプトロンを用いた機械学習を行い、1人麻雀プレイヤーに降りなどの知識を付加させることで4人麻雀プレイヤーへと応用した。インターネット麻雀サイト天鳳でのレートは1507であり[2,9], 平均プレイヤーと変わらない実力が得られた。なお、これらの先行研究では素のレートを計測している。

3. 東風荘と自動麻雀対局 bot

東風荘は mjman 氏が作成したインターネット上で麻雀をプレイできるインターネット雀荘である。1996年12月にサービスが開始された。成績集計ツールや画面入出力用ライブラリが公開されていて、麻雀を研究する上で大変有用なサイトである。同一アカウントのプレイヤーを複数ログインすることができず、東風戦1回のデータを採取するのに15分程度の時間を要した。このインターネット雀荘には第1、第2、第3及びVIP会員専用東風荘がある。本研究では第1東風荘を利用した。

第1東風荘は東場のみの東風戦である。ただし南入、西入、北入はありえる。東4局の終了時点でトップの点数が30000点以上ないときは、南入してサドンデスマッチとなる。サドンデスマッチでは誰かが3万点を越えた時点で終了となる。食いタンヤオは有り、後付け有りの「ありあり」ルールが採用されている。点数は、27000点持ちの30000点返し。終了後の点数の計算方法は、1000点以下の端数は、30000点以上の方は切り捨て(例31500なら31000)、29900点以下の方は切り上げ(29500なら30000)。オカ分の3000点×4人分はすべてトップの人の点数に加算される。その点数を1000で割って、1位+8、2位+4、3位-4、4位-8を足した点数が最終点数となる。この順位点も含めた点数が記録として残る。ハコ有りで0点は続行。1000点未満の状態ではリーチは出来ない。

レートの初期値1500点。レート変動は以下の式で表される[4].

$$R_{new} = R_{old} + C_n (S_r + (R_{opps} - R_{old}) / 60) \quad (1)$$

ただし、 C_n は試合補正数、 S_r は順位基準点、 R_{opps} は他家のレートの平均である。 C_n の値は対戦数 n が400未満では $1 - 0.002n$ 、400以上では0.2である。 S_r の値は一位が30、二位が10、三位が-10、四位が-30である。

インターネット雀荘「東風荘」にて自動で麻雀を打つ対局 bot を作成した。東風荘にログイン後の待合室の画面でこの bot を起動すると規定回数対局をこなす。図1は自動麻雀対局 bot の簡易フローチャートである。実際は入力を待機するや結果画面をスキップする処理などが入るため多少複雑になるが、主要な部分はこのフローチャートのお

りである。

以下にフローチャートの流れを簡単に説明する。動作が始まると対局数のカウントを増やし、卓を予約して対局を始める。対局中は自分の手番かどうかによって処理が大きく分かれる。自分の手番ならばツモあがりできるか、リーチをかけているかに応じてツモ上がり、ツモ切りを行う。リーチをかけていなかった場合はリーチをかけられるならばかけつつ AI による打牌選択を行う。

他家の手番ならば、ロンあがりできるか、副露できるかを順に調べ、ロンあがりできるならばロンあがりを、副露できるならば AI による副露判断を行う。手番が移った場合には、もう一度対局中かどうかを確認したうえで、自分あるいは他家の手番の場合の処理をする。これを繰り返し、対局が終了したところで対戦数を増やすとともに規定回数の対局が行われたか確認する。規定回数の対局が行われているならば動作を終了し、そうでない場合には再度卓を予約し、対局を開始する処理を繰り返す。

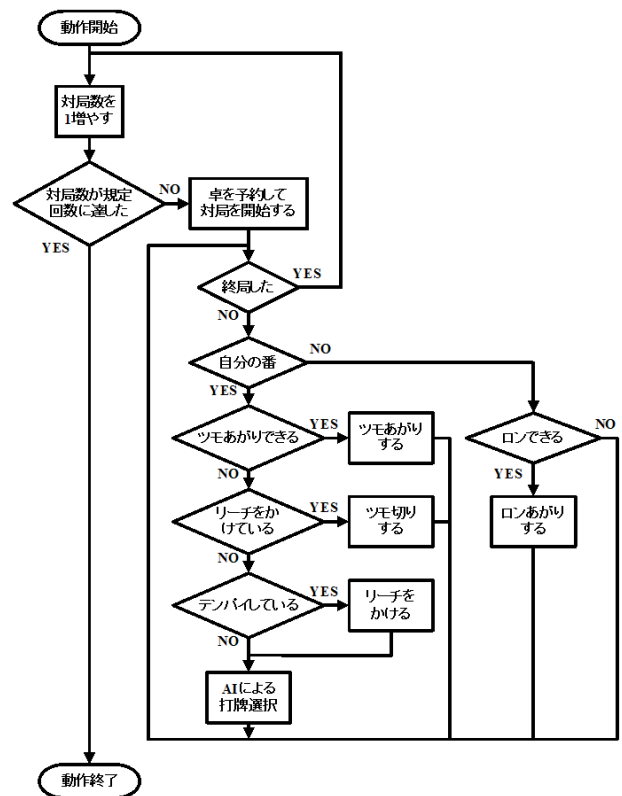


図1 自動麻雀対局 bot の簡易フローチャート

4. 安定レート [4]

安定レートとはそれまでの麻雀の成績が以後も出続けると仮定した時に収束していくレート値のことである。すなわち、式(1)の右辺2項目

$$S_r + (R_{opps} - R_{old}) / 60$$

の値がゼロになるレート値である。この安定レート (R) は平均順位 (r) と他家の平均レート (R_{Opps}) から計算され、以下のような式に表すことができる。

$$R=3000-1200r+R_{Opps}$$

また、安定レートの標準偏差 (σ_R) は平均順位の標準偏差 (σ_r) から計算される。

$$\sigma_R=1200 \sigma_r$$

これらの式で安定レートの 95%信頼区間を求めることができる。対戦数が多いときに統計的に有意な強さの比較が可能になる。

5. AI の説明

実験では作成した 4 つの異なる AI を用いた。すべての AI は相手の手や点数状況を一切考慮せずに自分が和了することのみを考える。捨てる牌を選ぶ際には、捨てるでもシャンテン数が増えない牌の集合を打牌候補とし、各 AI の基準に従ってその中から 1 枚を選択し打牌する。但しリーチ後はツモ牌のみが打牌候補となる。すべての AI において副露はせず、テンパイしたらその場でリーチをかけ、和了できるときには必ず和了する。また、ツモった場合にシャンテン数が下がるか和了できる牌を有効牌とする。各クライアントの AI の違いは以下のとおりである。

- 再帰の深さ 1 の AI
以下の 3 つ AI のベースとなる AI である。すべての打牌候補内の牌を打牌した後の有効牌を数えて、その値が最も大きい牌を打牌する。値が同じ場合はその候補の中からランダムに打牌する。
- 再帰の深さ 2 の AI
図 2 のように打牌してツモりもう一度打牌した後の有効牌の枚数を数え上げる。打牌時は、打牌候補の中から有効牌が最も多くなる牌を選ぶ。
- 上がり点の期待値で評価する AI
再帰の深さ 1 の AI に和了点の概念を追加したもので、有効牌をツモった後に和了形にたどり着く場合には有効牌の枚数に和了点で重みをつける。
- ドラや数牌を残す AI
再帰の深さ 1 の AI の有効牌が同数の場合にドラや 5 に近い中張牌を優先して残すように重み付けしたものである。なお、この優先度の設定はとつげき東北氏の科学する麻雀を参考にしている [5]。

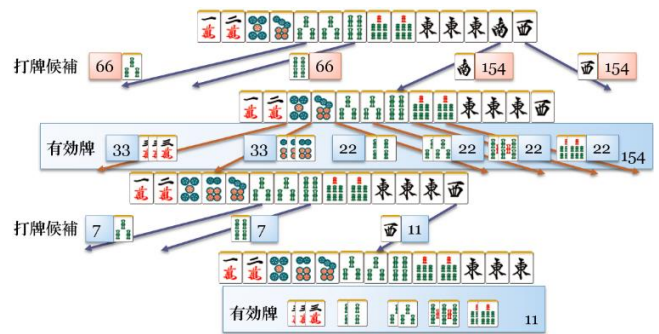


図 2 再帰の深さ 2 の場合の有効牌数え上げの探索木。

6. 実験

これらの AI を持つクライアントをインターネット雀荘「東風荘」にて人間のプレイヤーと対局させることで各 AI のヒューリスティックがレートにどの程度の影響を及ぼすかを調査した。上位プレイヤー代表のとつげき東北氏と各クライアント、先行研究の主なデータを表 1 にまとめた。なお、データの集計にはとつげき東北氏が公開している東風成績集計ツールできすぎくんを用いた。安定レートの 95%信頼区間は安定レートの標準偏差より見積もった。

表 1 データの比較

プレイヤー	とつげき東北	再帰の深さ 1	再帰の深さ 2	上がり点の期待値	ドラや数牌を残す	水上らの先行研究
対局数	3013	2526	2367	2474	2630	834
最終レート	2097	1339	1366	1361	1403	1507
安定レート 95%信頼区間	2078 ±50	1306 ±53	1311 ±56	1362 ±54	1354 ±53	-
和了率	21.7	20.1	21.0	20.6	20.7	-
和了時素点	5465	5497	5752	5734	5920	-
ピンフ率	25.8	22.5	23.0	23.0	23.8	-
リーチ時 ツヤオ 複合率	16.9	8.5	8.1	8.8	11.2	-
放銃率	12.8	18.9	18.6	18.2	18.3	-

シャンテン数を下げる有効牌の数が多くなるように打牌する単純な仕組みは (再帰の深さ 1 の AI) ,1300 点程度の安定レートを持つ。再帰の深さを 2 に増やす、上がり点を考慮する、ドラや数牌を残すなどのヒューリスティックを考慮すると安定レートは幾分か上昇した。しかし、これらの増加量は 60 以下であり、プログラムが有意に強くなったとはいえない。水上らが報告したレートの値は素の値であり信頼区間が不明であるが、安定レートと 150 点以上の差

がつくことは筆者らの経験上ほとんどないため、彼らの降り
を考慮した方法は有効であると考えられる。

和了率は 20%以上になり、上位プレイヤーとそれほど差
は見られなかった。副露しないことによる和了率の減少と
降りないことによる増加がつりあっていると考えられる。

和了時の素点は上位プレイヤーよりも高くなった。こ
れは、必ずリーチしたり副露しなかったりするためと考え
られる。

ピンフとタンヤオ率は上位プレイヤーよりも低い。ドラ
や数牌を残す AI で行ったような有効牌の数以外の判断基
準を考慮して、ピンフやタンヤオをより積極的に狙うよ
うにしたほうがよさそうである。

7. まとめ

有効牌の数に基づいて打牌を行なう簡易な麻雀 AI の性
能を評価した。インターネット雀荘「東風荘」において 2000
回以上対戦を行ない、1250~1350 の安定レートを持つこと
が示された。

参考文献

- 1) 麻雀 C 言語プログラム集
<http://cmj3.web.fc2.com/index.htm>
- 2) 水上直紀, 中張遼太郎, 浦晃, 三輪誠, 鶴岡慶雅, 近山隆, 降り
るべき局面の認識による 1 人麻雀プレイヤーの 4 人麻雀への適用,
Game Programming Workshop 2013, pp. 1-7 (2013).
- 3) インターネット雀荘「東風荘」
<http://mj.giganet.net/>
- 4) とつげき東北, システムティック麻雀研究所
<http://totutohoku.b23.coreserver.jp/hp/>
- 5) とつげき東北, 科学する麻雀, 講談社現代新書, 2004
- 6) 北川竜平, 三輪誠, 近山隆, 麻雀の牌譜からの打ち手評価関数の
学習, Game Programming Workshop 2007, pp.76 -- pp.83, Nov.2007
- 7) 三木理斗, 三輪誠, 近山隆, 木カーネルを用いた SVM による麻
雀打ち手の順位学習, Game Programming Workshop 2008, pp.60 --
pp.66, Nov.2008
- 8) 三木理斗, 近山隆, 多人数不完全情報ゲームにおける最適行動
決定に関する研究, 修士論文, Feb.2010
- 9) 天鳳
<http://tenhou.net/>

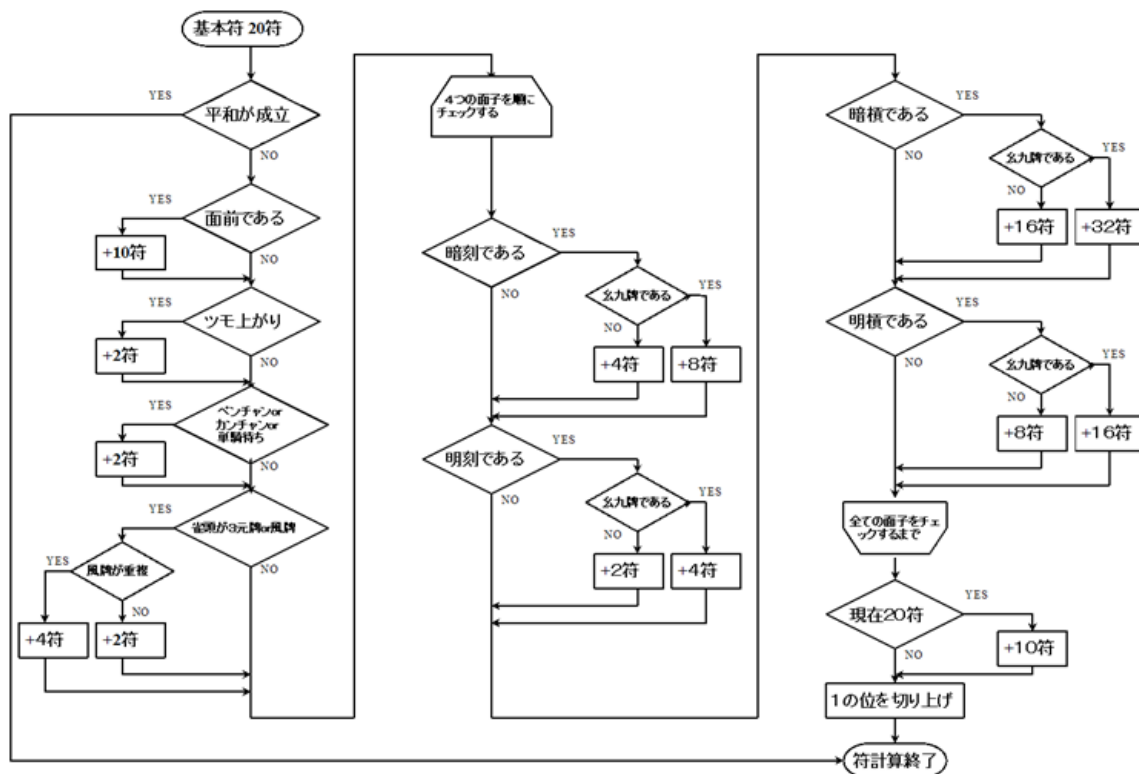


図 3 符計算のフローチャート

付録

A.1 麻雀用語の説明付録

面前	副露しないこと
全ツッパ	自分の手牌だけを考慮し降りや和了を考慮に入れない戦術
牌効率	上がりや和了に近づくことに関する効率
他家	自分以外のプレイヤーのこと
局	手牌が配られてから誰かが和了するか山から引ける牌がなくなるまでの1区切りのこと
テンパイ	特定の牌を加えることで和了形になることのできる手の形
シャンテン数	テンパイになるまでに必要な有効牌の数
有効牌	シャンテン数が下がる牌
ツモ	牌山から牌を引いて手に加えること
ツモ上がり	牌山からツモってきた牌で和了すること
ロン上がり	他プレイヤーが捨てた牌で和了すること
和了	上がりすること
和了形	和了することのできる手の形
放銃	ロン上がりさせること
流局	誰も上がれずに1局が終了すること
打牌	手牌の中から1枚選んで捨てること
副露	相手の捨てた牌を自分の手に加えること。鳴きとも言い、ポン、チー、カンを指す
役	特定の組み合わせのときに成立するもので多いほど点数が高くなる。
リーチ	自分がテンパイしているときにこれ以降手を変えないことを宣言する役
ピンフ	面子が全て順子で、雀頭が役牌でなく、待ちが両面待ちになっている場合に成立する役
タンヤオ	一九字牌を手牌に含まないという役

A.2 点数の計算方法

● 符計算
 符計算は図3のフローチャートに従う。なお、例外として、チートイツは25符の扱いとなり点数計算の方法も異なる。

● 基本点の計算
 基本点の計算は図4のフローチャートに従う。なお、例外としてチートイツは翻数を-1し、50符として計算したときと同じ点数になる。

● 点数計算
 基本点から実際に支払う点数を表2に従って計算する。また、供託のリーチ棒と本場による加点も行なう。

	ツモ	ロン
親	全員から基本点 x2	和了牌を切ったプレイヤーから基本点 x6
子	親から基本点 x2	子から基本点 x1 和了牌を切ったプレイヤーから基本点 x4

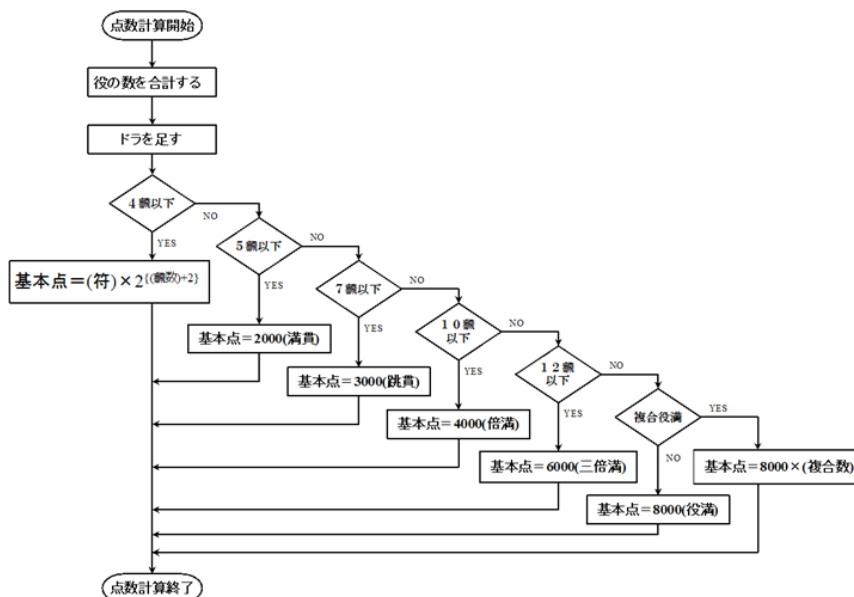


図4 基本点計算のフローチャート

A.3 東風荘で認められている役一覧

役	翻数	食下	鳴き
リーチ	1	-	無
一発	1	-	無
ツモ	1	-	無
ピンフ	1	-	無
タンヤオ	1	無	有
チャンカン	1	-	有
海底撈月	1	無	有
海底撈魚	1	無	有
嶺上開花	1	無	有
一盃口	1	-	無
翻牌	1	無	有
全帯	2	1	有
三色同順	2	1	有
一気通貫	2	1	有
対々和	2	無	有
三色同刻	2	無	有
混老頭	2	無	有
三暗刻	2	無	有
三槓子	2	無	有
小三元	2	無	有
七対子	2	-	無
ダブルリーチ	2	-	無
二盃口	3	-	無
混一色	3	2	有
純全帯	3	2	有
流し満貫	4	無	有
清一色	6	5	有
天和	役満	-	無
地和	役満	-	無
字一色	役満	-	有
四暗刻	役満	-	無
緑一色	役満	-	有
小四喜和	役満	-	有
大三元	役満	-	有
九蓮宝燈	役満	-	無
清老頭	役満	-	有
国士無双	役満	-	無
四槓子	役満	-	有
九蓮宝燈 (9面待ち)	W 役満	-	無
大四喜和	W 役満	-	有
国士無双 (13面待ち)	W 役満	-	無
四暗刻 (単騎待ち)	W 役満	-	無