

1 はじめに

近年、様々なテーブルゲームが普及し、ゲームという分野が我々の身近なものになってきた。通常、我々がプレイするゲームには大きく分けて2種類のゲームが存在する。まず、一つは完全情報ゲームであり、もう一つは不完全情報ゲームである。前者は、将棋や囲碁やチェスといったゲームに代表される。また、後者は、麻雀やブリッジ(カードゲーム)などに代表される。しかし、実際には我々はその2種類を意識せずにプレイしている。

それぞれのゲームには、それぞれのゲームのエキスパートが存在する。もし、完全情報ゲームのエキスパートがいれば、その人は必ず不完全情報ゲームのエキスパートであるのか?といった疑問がある。その答えは、必ずしもそうとは言えない。どちらか一方のゲームのエキスパートである場合もあれば、同時に両方のゲームのエキスパートである場合もある。

それでは、2種類のゲームに共通する重要なスキルは何なのであろうか?我々は、この異なる2種類のゲーム間に共通するプレイヤの能力を戦略的架け橋と定義する。もし、この戦略的架け橋を定義することができれば、ゲームに勝利したり、ゲームを有利に進めることができる。そして、初心者がこの戦略的架け橋を理解していれば、初心者であってもゲームを上手くプレイすることができる。今回、本論文ではこのプレイヤの能力を探索するために新たな麻雀種の定義と実験を行い、その結果の考察を行う。そして、将来的にはこの戦略的架け橋を定式化することを目的とする。

2 完全情報ゲームと不完全情報ゲーム

2.1 完全情報ゲーム

完全情報ゲームでは、プレイヤーは完全な情報を持っている。そのため、プレイヤーは、先読み戦略を用いてゲームをプレイする。プレイヤーは、あるゲームの局面において先読み探索を用いることで最善の一手を選択することができる。そして、完全情報ゲームの勝敗は、ほぼプレイヤーの能力に依存し

ている。しかし、完全情報ゲームでは、一手を選択するのに制限時間が設けてある場合が多い。このため、先読み探索を完全に行なうことができないことがある。

○ 完全情報ゲームの例

- 将棋
- 囲碁
- チェス

2.2 不完全情報ゲーム

不完全情報ゲームでは、プレイヤーが知ることができない情報がある。それゆえに、完全情報ゲームのように先読み戦略を使用することはできない。不完全情報ゲームのプレイヤーは、知りうる限りの情報から他のプレイヤーの手を予測しなければならない。これは、他のプレイヤーの相手モデルを構築することと同じである。ただし、情報が不足しているため、完全な推測を行なうことは不可能である。不完全情報ゲームの勝敗は、完全情報ゲームとは違い完全な実力依存とは言えない。このため、不完全情報ゲームでは、プレイヤーの感性や不確定要素に大きく左右される。

○ 不完全情報ゲーム

- 麻雀
- ブリッジ(カードゲーム)

3 新しい麻雀の提案

完全情報ゲームと不完全情報ゲームとの間に戦略的な架け橋があるかどうかを調べるためにいくつかの実験を行う。この実験のために、我々は3つの新しい種類の麻雀を提案する。(a)Type1は、プレイヤーは全ての牌を見ることができる。つまり、他のプレイヤーの手牌も山牌も全て見ることができる。(b)Type2では、プレイヤーは山牌を見ることはできるが、他のプレイヤーの手牌を見ることはできない。(c)Type3では、プレイヤーは他のプレイヤーの手牌を見ることはできるが、山牌は見ることができない。

3.1 (a) Type1: 超完全情報麻雀

プレイヤーは、全ての牌を見ることができる。つまり、山牌と各プレイヤーの手牌を見えるようにした状態でゲームを行なう。各プレイヤーは、はじめそれぞれ13牌、親は14牌持っている。山には83牌あるので、手牌と山牌を合計すると136牌となる。プレイヤーは、この136牌全てを見ることができる。すなわち、Type1は完全情報ゲームであると言える。例外として、役がなくても4面子1雀頭の形になれば和れるものとする。ただし、点数の扱いは1翻(1000点)とする。

3.2 (b) Type2: 完全情報麻雀

各プレイヤーは、山牌を見ることができる。しかし、他のプレイヤーの手牌は見ることができない。つまり、山牌が見えるようにした状態でゲームを行なう。プレイヤーは自分の手牌13or14と山牌83を見ることができる。つまり、プレイヤーが親であれば97牌、そうでなければ96牌の情報を知ることができる。

3.3 (c) Type3: 部分的完全情報麻雀

プレイヤーは、各プレイヤーの手牌を見ることができる。しかし、山牌は見ることができない。つまり、手牌が見えるようにした状態でゲームをプレイする。各プレイヤーは手牌に13牌、ただし親は14牌持っている。つまり、初期情報量はプレイヤーの手牌の総数である53牌である。

3.4 (d) Type4: 通常麻雀

プレイヤーは、自分の手牌しか見ることができないので初期情報量は13牌、親なら14牌である。ゲームに使用するルールは、標準的なルールとする。

4 実験とその結果

4種の麻雀をプレイ後、実験に参加した被験者に対してアンケート形式の調査を行った。アンケートの内容は、それぞれの麻雀が他の麻雀とどのように

違うのかを比較するような形式で行なった。

4.1 アンケート結果からわかる麻雀種の特徴

アンケートにより、それぞれ4種の麻雀種の特徴が判明したので以下に記す。

Type1: 超完全情報麻雀

- 先読み: プレイヤは、お互いの手牌も山牌も見ることができる。そのため、次の牌の情報や他のプレイヤーの手がわかるので先読み戦略が可能である。
- 情報量: プレイヤは、初期状態で各プレイヤーの手牌と山牌の全ての牌の情報(136牌)を見ることができる。
- 捨牌: プレイヤは先読み戦略を用いるので、捨牌の情報を考慮する必要はない。
- 手数: プレイヤは、聴牌するにもあがるにも時間がかかる。相手の手牌が見えるので聴牌を邪魔したり、他のプレイヤーどうしが協力して和りを邪魔することが有り得る。

Type2: 完全情報麻雀

- 先読み: プレイヤは、次の牌の情報を知ることができる。しかし、他のプレイヤーの牌情報は知ることはできない。プレイヤーは、次の牌の情報を知ることができるので先読み戦略を使うことができる。しかし、他のプレイヤーの牌情報が確かでないので、ポンやチーといった不確定要素により順番が変化する。すると、プレイヤーはもう一度先読みを行う必要がある。そのため、プレイヤーは順番が変わる毎に先読みをやり直さなければならない。
- 情報量: 各プレイヤーは、山牌の情報は知ることができる。しかし、他のプレイヤーの牌情報は知ることはできない。プレイヤーの初期情報量は、山牌は84牌なので自分が親であれば97牌、子であれば96牌である。
- 捨牌: プレイヤは他のプレイヤーの手牌は見ることができない。ゲームに勝つためには、他

のプレイヤーの手と捨牌から予想される役とのマッチングを行い、他のプレイヤーの手を正確に予測しなければならない。捨牌と山牌の情報からかなり正確に相手の手牌のモデルを構築することができる。このため、捨牌の情報は非常に有効な情報であるといえる。

- 手数: プレイヤは次の牌の情報を知ることができるので先読み戦略を使うことができる。そのため、比較的早く聴牌することができる。

Type3: 部分的完全情報麻雀

- 先読み: プレイヤは、次の牌の情報がわからないので先読み戦略を使うことはできない。
- 情報量: プレイヤは、各プレイヤーの手牌の情報を知ることができるが、次の牌の情報を知ることができない。最初、各プレイヤーは手の中に13牌(ただし、親は14牌)持っている。このため、初期情報量は53牌である。
- 捨牌: 各プレイヤーは、互いの牌の情報を知ることができる。そのため、振り込むことがほとんどない。ただし、安い手に差し込むことはある。Type3では、手牌が見えているため相手の手牌のモデルを構築する必要がなく、捨牌の情報はあまり重要ではない。しかし、プレイヤーは捨牌と相手の手牌から、自分の有効牌が山に残っているかどうかを知ることができる。
- 手数: 聴牌後、プレイヤーはあがるのに時間がかかる。手牌が他のプレイヤーからも見えるので振り込みがない。そのため、時間がかかる。

Type4: 通常麻雀

- 先読み: プレイヤは山牌がわからないので先読みは不可能。
- 情報量: 初期情報量は、自分の手牌の13牌(但し、親は14牌)となる。そして、プレイヤーは自分の牌しか見ることができないので、情報量は非常に少ない。
- 捨牌: プレイヤは、各プレイヤーの捨牌情報を知ることができる。捨牌と役や面子を比較す

ることで相手の手牌を予測し、相手の手牌のモデルを構築する。

- 手数: プレイヤは聴牌すれば、あがるのにはそれほど時間はかからない。なぜなら、聴牌が早いほど情報量が少ないので、プレイヤーは相手の手牌のモデルを構築することが難しい。そのため、相手が振り込んでくれる確率も増えるので、比較的和り易い。

4.2 4種の麻雀の実験とアンケート結果

アンケートを集計した結果を表1に示す。表1は、それぞれの麻雀種の特徴を項目ごとに表し、その項目に対する必要優先度を1から4までつけたものである。必要優先度は1が最大で、4が最小となる。

先読み:先読の有効性

捨牌 :捨牌情報の重要性

情報量:ゲーム開始時の情報量多さ

手数 :ゲームが終わるまでの手数の少なさ

面白さ:最も面白いと感じたもの

表 1: Characters of four variants of Mah-jong

	先読み	捨牌	情報量	手数	面白さ
Type1	1	4	1	4	4
Type2	2	1	2	3	3
Type3	3	3	3	2	2
Type4	4	2	4	1	1

5 実験結果からの考察

- 先読み: Type1とType2の場合、プレイヤーは各プレイヤーの手牌情報や次に自分が入手する牌の情報を多く持っている。この場合、先読み戦略を使うことは、ゲームに勝利したり、ゲームの局面を優位に進める上で効果的な戦略である。一方で、Type3とType4の場合、次の牌の情報がわからないので先読み戦略を用いるのは効果的ではない。つまり、先読み戦略は完全情報ゲームの要素が大きいほど効果的に働く戦略である。

● 積極的戦略から保守的戦略へ:

Type3とType4の場合、プレイヤーは自分の手を選択する際に積極的な戦略を取る傾向にある。ここでいう、積極的戦略とは、自分の利益のみを追求するような戦略である。しかし、一方でType1とType2の場合、保守的な戦略を取る傾向にある。保守的な戦略とは、自分のリスクを最小限にし最大の利益を得ようとするミニマックス戦略と考えられる。この戦略の転換が最も顕著に現れるのがType4の場合である。Type4では、一人のプレイヤーがリーチを宣言する。すると他のプレイヤーは、途端にリスクを回避する行動にでることが多い。

- Type1:

Type1は、全情報を知ることができるので、ポンやチーも考慮にいれた先読み探索が可能である。このため、ゲームの序盤から終止ミニマックス戦略に徹することでゲームを有利に進めることが可能である。

- Type2:

Type2は、次の牌の情報を知ることができるので先読み探索が可能である。ただし、他のプレイヤーが鳴く場合があるので、その度に先読みをやり直さなければならない。しかし、基本的には、先読み戦略を取ることでゲームを優位に進めることができる。

- Type3とType4:

この二つの種類は、初期情報量が少なく先読みに必要な情報がないので先読み戦略を使用することはできない。そのため、ゲームの序盤に自分の手を選択する際には積極的な戦略を取る。しかし、あるプレイヤーが自分以外のプレイヤーが聴牌したと気付けば、積極的な手法から消極的な手法へと戦略を変化させる。この典型的な例は、あるプレイヤーがリーチした時に当てはまる。リーチをすれば、他のプレイヤーは危険な牌を捨てるのを止める。そして、新たに手を作り直すか、勝負を

降りようとする。この戦略は、自分のリスクを最小限にしながら最大の利益を得ようとするミニマックス戦略であると言える。

● ゲームのおもしろさ:

Type1では、プレイヤーはほとんど和ることができない。そのため、面白くないと言える。実際のプレイに参加してもらったプレイヤーによるとゲームの面白さは以下の順になった。Type4 > Type3 > Type2 > Type1

つまり、麻雀ゲームの面白さは情報遮蔽されている部分にあると思われる。次の自分の牌の情報や、相手がどのような手牌なのかを予測するのが面白さの重要な要素であると考えられる。

6 今後の課題

今回の研究では、Type1とType4が完全情報ゲームと不完全情報ゲームにあたる。しかし、これだけでは完全情報ゲームと不完全情報ゲームの戦略的架け橋を定義することはできない。戦略的な架け橋を追求するには、麻雀とは異なる種類のゲーム(例えば、将棋、チェス、衝立て将棋など)においても分析が必要であると考えられる。そこで、我々は4つの集合を定義することとする。

6.1 集合 {S,F,T,M} の定義

● 集合 {S}:

将棋やチェスといった完全情報2人ゲームをプレイする上で必要となる能力の集合

● 集合 {F}:

Type1などの完全情報4人ゲームをプレイする上で必要となる能力の集合

● 集合 {T}:

衝立て将棋など不完全情報2人ゲームをプレイする上で必要となる能力の集合

● 集合 {M}:

麻雀やカードゲームのブリッジなど不完全情

報4人ゲームをプレイする上で必要となる能力の集合

6.2 仮説

集合 $\{S, F, T, M\}$ の要素を明らかにすることで、それぞれの集合の中で共通する要素が出てくると考えられる。すると、下の図のように共通集合 $M \cap T$ や $(M \cap T) \cap S$ といった集合が考えられるはずである。最終的に、 $M \cap T \cap F \cap S$ のような集合を定義することができれば、我々が求めようとしている不完全情報ゲームと完全情報ゲームの戦略的架け橋を発見したと言えるのでなかろうか。

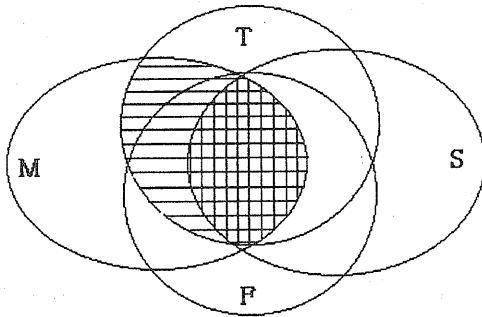


図 1: 4 集合の関係図

参考文献

- [1] H. Iida, J.W.H.M. Uiterwijk, H.J. van den Herik, and I.S. Herschberg, Potential applications of opponent-model search; part 1: the domain of applicability, *ICCA Journal* 16 (4) (1993) 201-208.
- [2] Iida H., Uiterwijk J.W.H.M., Herik, H.J.v.d. and Herschberg, I.S., Potential applications of opponent-model search; part 2: high-level strategies depending on risk and gain, *ICCA Journal* 17(1) (1994) 10-14.
- [3] H. Iida, Heuristic Theories on Game-Tree Search, Ph.D. thesis (Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan, 1994).
- [4] 井出洋介, 東大式麻雀入門, 池田書店 (1999)
- [5] De Groot, A.D.: Thought and Choice in Chess, Mouton, The Hague (1965).
- [6] H.Jaap van den Herik and H. Iida (eds.), Proc. Internat. Conf. on Computers and Games, CG'98 (Eds. H.J. van den Herik and H. Iida), *Lecture Notes in Computer Science*, vol.1558, Springer, Heidelberg, pp.74-93.
- [7] 松原仁, 竹内郁雄編, ゲームプログラミング, 共立出版 (1997)