

卒業研究報告書

題目

カタンにおけるメタ理論の研究

指導教員

石水 隆 講師

報告者

08-1-037-0035

吉本 直浩

近畿大学工学部情報学科

平成26年1月 31 日提出

概要

本研究は零和有限不確定不完全情報ゲームにおける思考アルゴリズム研究の一環としてカタンを題材にしたものである。カタンとは1995年にドイツのゲームメーカー、コスモス社が発売したボードゲームである。カタンはゲーム中で入手できるカードの決定をサイコロで行うため不確定ゲームに、また、他のプレイヤーが得たカードの一部は伏せられており、不完全情報ゲームに分類される。加えて、カタンでは他のプレイヤーと交渉もできるため、他のプレイヤーがどのように判断するか、という大きな不確定要素を持つ。したがって、零和有限不確定不完全情報ゲームであるカタンは完全な解析が出来ず、必勝法が存在しない。本研究ではそれを踏まえ、勝率をより上げるために期待値の高い行動を行うアルゴリズムを開発する。また、カタンにおいては交渉というプレイヤー間でのやりとりによって、状況が大きく変わることがある。サイコロによる不確定な要素を補うためにうまく交渉を行えば、その分だけ自分に利益がでるため、交渉の重要度はかなり高い。本研究では、期待値の高い行動をおこないつつプレイヤー間交渉を上手く行うことによって勝率をあげていくアルゴリズムを作成、既存のアルゴリズムより強いかどうかを実証し検討する。

目次

1.序論.....	1
1.1. 本研究の背景.....	1
1.2. 有限不確定不完全情報ゲームに関する既知の結果.....	1
1.3. 本研究の目的.....	1
1.4. 本報告書の構成.....	1
2.カタンについて.....	2
2.1. カタンの概要.....	2
2.2. 建築.....	3
2.3. 盗賊.....	3
2.4. 発展カード.....	3
2.5. 勝利ポイントの獲得.....	4
2.6. 貿易.....	4
3.研究内容.....	4
3.1. 初期家の決定.....	4
3.2. 交渉について.....	6
4.結果と考察.....	7
5.結論と今後の課題.....	7
参考文献.....	8

1. 序論

1. 1. 本研究の背景

近年、チェスやオセロなどの対戦ゲームにおいてコンピュータで作成した思考アルゴリズムや人工知能(以下 AI)の進歩が目まぐるしい。将棋やチェスなどに代表されるボードゲームは、二人零和有限確定情報ゲームに分類される。零和とは、ゲーム終了時の全プレイヤーの点数合計が常に0となる。すなわち相手が損をする場合において必ず自分が得になるゲームであり、一方が勝てば必ず一方が負ける。有限とは、プレイヤーが可能な手の組み合わせの総和が限られているゲームのことである。確定とは、ゲーム中に偶然の要素が入る余地が全くないゲームのことである。完全情報ゲームとは、すべての意思決定点において、これまでとられた行動や実現した状態に関する情報がすべて与えられている展開型ゲームのことをいう。二人有限確定完全情報ゲームは、これらの性質により解析を行いやすいため、今日まで様々な研究がなされてきた。AIにおいても広く研究がなされている。

一方、麻雀やトランプなどに代表されるゲームは、零和有限不確定不完全情報ゲームに分類される。不確定とは各プレイヤーの行動だけでなくランダム要素が介入するゲームを指し、サイコロやルーレットを用いたゲームによく見られる。不完全情報ゲームとは、プレイヤーにすべての情報が与えられず、一部の情報のみを与えられた状態で進んでいくゲームのことである。不確定不完全情報ゲームとは、その性質上ランダム要素を多く含むため、先読みを行うことが困難であるこれらの解析は難しいとされている。

1. 2. 零和有限不確定不完全情報ゲームに関する既知の結果

零和有限不確定不完全情報ゲームはランダム要素を多く含むゲームであり、二人零和有限確定完全情報ゲームのように、最適な手を打てば必勝法が確立されるわけではない。したがって、確率統計などを駆使して勝率を上げていく方針をとっていくのが一般的である。またこれらの AI には戦略が対戦者にばれた場合、それを上回る対策をうたれるとなすすべがない場合が多々ある。このような問題に対して多くの場合は多くのパターンを予測し、プログラムを強化することによって戦略の幅を広げ、対抗したり、数をこなすことで結果から学習を繰り返して弱点を克服するなどがとられている。

不完全情報ゲームの一つである大貧民に対しては、コンピュータ大貧民の大会[[11]]が行われるなど、盛んに研究されている[[10]][[12]][[13]][[14]][[15]][[16]][[17]][[18]][[19]][[20]]。大貧民に対しては捨て札からの手札推定や機械学習によりある程度の効果が得られている。カードゲームに関しては、他にもポーカー[[21]][[22]]やブリッジ[[23]][[24]][[25]]など、様々なルールに関する研究が行われている。麻雀に対しては、手牌と捨牌から和了する確立が最も高い手を目指すといった手法が採られている[[6]][[8]][[9]][[26]][[27]][[28]][[29]][[30]][[31]][[32]][[33]]。カタンと同様に交渉が大きな役割を持つゲームであるモノポリーでは、有利な交渉を図る交渉エージェントが提案されている[[36]]。また、多人数ゲーム全般に言えることとして、どの対戦相手のうち、どの相手から得点を得ようとするかを決定するのも重要な要素である[[35]]。

カタンにおいては、基本的に3~4人と多人数で行うゲームであるため、最適な手をうてば必ず良い結果が返ってくるというわけではないことから学習が難しい。このためカタン AI の作成は難しく、ランダム要素も多くなかかわるため実力が測りづらいことからカタンの AI 開発はあまり進んでいない。

1. 3. 本研究の目的

不確定不完全情報ゲームは先に述べたとおり、強いプログラムを作ることが難しい。しかしカタンにおいては“交渉”という対人間での駆け引きが存在する。不確定要素であるサイコロの使用によりその時に建てたい物が建てられない場合でも、交渉を駆使することによって相手プレイヤーを出し抜くことが可能である。本研究では交渉技術を高めることによってゲームをうまく進め、勝率を上げていくことを目標に AI 開発を図る。また、開発した AI が本当に強いかどうか確かめるため、比較的弱い AI と対戦させ、成績を比較することによって客観的に強い AI であるかどうかを検討する。

1. 4. 本報告書の構成

本報告書の構成は以下の通りである。まず2章において、カタンのルールの説明を行う。3章では基本的な戦術や AI の交渉戦略を示していく。4章では実際に他の AI や対人での対戦結果を考察する。5章では得られた結果から導き出される結論と今後の課題を述べる。

2. カタンについて

2. 1. カタンの概要

カタンは主に3~4人で行うゲームである。まず六角形の資源タイル 18 枚と砂漠を外周からランダムに並べ、砂漠以外のタイルに2から12までのトークンをランダムに、あるいは好きなように配置していく(ただし6と8のトークンは隣接してはならない)。その後外縁部に港用地を置く。図 1 に作成したゲームマップの例を示す。

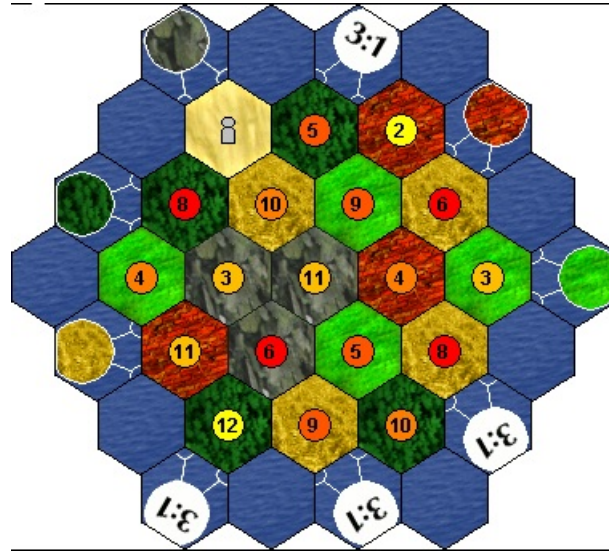


図 1:作成したゲームマップの例

プレイヤーはまず最初に順番を決める。次に、1番手から順に「家」と「道」を1つずつ置く。家はタイルの角に、道はタイルの縁にしか置けず、家は自身を含めた全プレイヤーの家から2辺以上離れていないといけな。続いて、さっきとは逆に最後のプレイヤーから逆順に2つ目の家と道を設置していく。この際2回目に置いた家に接するタイルから資源カードを引くことができる。これが初期資源となる。資源カードは「羊」「木材」「粘土」「小麦」「鉱石」の5種類あり、タイルの模様もそれに対応している。各プレイヤーとも2つの家と2つの道、そして2つ目の家から得た資源カードをもってゲームを開始する。図 2 に初期配置した例を示す。

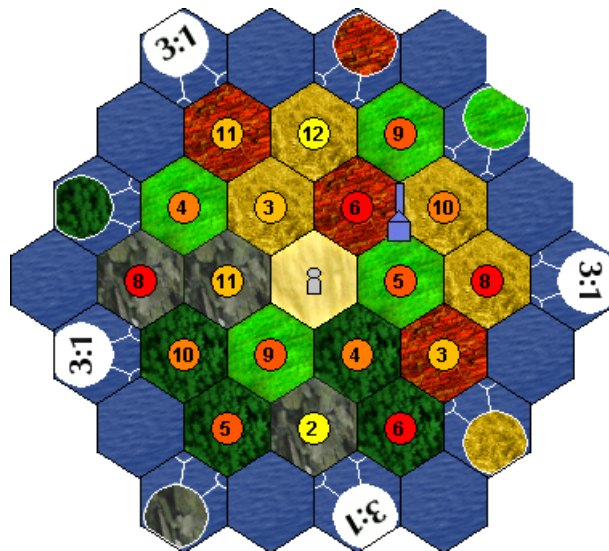


図2:初期家配置の例

各ターンの流れは以下のようになる。

1. 各手番の始めに6面ダイス2個を振る。出た目に対応するタイルの角に家または都市を建てているプレイヤーは、そのタイルに描かれた資源カードを得る。家を持っている場合得ることができる資源は1つの角につき1つだが、家を拡張し都市にしていた場合は1つの角につき2つの資源を得ることができる。2つのダイスの目の合計が7の場合は盗賊を操作できる(2.3 盗賊にて記述)。
2. 次に、特定の資源カードを消費して建物を建てたり、資源カードを消費して発展カードを引くことができる。また、この間にプレイヤーは資源カードをプレイヤー間やデッキと貿易(交換)したり、事前に得ていた発展カード(2.4 発展カードにて記述)を使用することもできる。
3. 以上を終え、なすべきことをなしたと思ったら手番を終了する。各プレイヤーは上記の 1~3 を繰り返し目標点

である10点を目指し、一番最初に10点に到達したプレイヤーが出た時点でゲームが終了する。

2.2. 建築

このゲームでは家や道などを建てるができるが、それぞれ建てるための条件が定められている。

家

粘土・木材・羊・小麦を各1枚ずつ消費してタイルの一角に建てるができる。家を建てた場合、家と角を接する1-3タイルの資源獲得権を得る。家は他の家・都市から道2本分以上離れた角にしか建てるができない。つまり、家-道-(空白の角)-道-家と建てなければいけない。図3に家の配置の例を示す。



図3:家の配置の例

また、最高で5までしか家を建てるができない(家を都市にすることによって再度家が建築可能になる)。1つのタイルに2つ以上の家が置かれている場合、そのタイルから得られる資源も比例して増加する。

都市

小麦2枚、鉱石3枚を消費して、家を拡張することによって建築することができる(家のないところに都市は建てられない)。家の2倍の勝利ポイントが得られ、隣接したタイルから得られる資源カードが2枚になる。

道

粘土・木材を1枚ずつ消費することでタイルの1辺に建てるができる。道は自身の所有する家(都市)か道と繋がるように建設しないといけない。建築先に他人の建物や道がある(または建物を挟む)場合、それより先に道を伸ばすことができない。

2.3. 盗賊

ダイスを振ったとき際の合計の目が7になると以下の4つが発生する。

1. どのプレイヤーも資源を得られない(7のトークンが存在しないため)。
2. 8枚以上の資源カードを所持しているプレイヤーは、1回だけ資源を半分山札に戻さなければならない。(バースト)捨てる資源の組み合わせ方は自由。端数は切り捨てで、たとえば11枚もっていた場合 5.5枚となるので、この場合は5枚捨てる。
3. 盗賊のコマを別のタイルへ移動させる。同じタイルを選ぶことはできない。
4. 7の目を出したプレイヤーは、盗賊を置いたタイルに家(都市)を持つプレイヤーのうちから1枚資源カードをランダムに奪える。

2.4. 発展カード

羊・小麦・鉱石カードを各1枚ずつ消費することで、発展カードを山から1枚引くことができる。発展カードは「騎士」「独占」「街道」「収穫」「勝利点」の5種類がある。発展カードは自身の手番であればどのタイミングで使っても構わないが、勝利点以外のカードは1つの手番の間に1枚しか使えない。また、発展カードを引いた直後に使うこともできない(最速でも次の自分の番手)。勝利点カードについては勝利条件を満たしていれば何枚でも即座に公開することができる。以下にそれぞれの説明を記述する。

騎士: 騎士カードを使用すると7を出した時と似たような効果がある。

・盗賊を好きな場所に動かせる

・移動先のプレイヤーから1枚カードを奪える。ただし、騎士カードではバーストは発生しない。また騎士カードの累積使用回数によって「騎士賞」(2.5. 勝利ポイントの獲得にて記述)の称号を得る。

勝利点: 勝利ポイントを1点獲得する。勝利条件を満たせば即座に公開することができる。

独占: 使用したプレイヤーは資源を1種類選ぶ。他のプレイヤーは使用したプレイヤーに選ばれた資源カードをすべて供給する。

街道: 道をして建てる際のルールを守りつつ、道を2本建てることができる。

収穫: 好きな資源を2枚得ることができる。

2. 5. 勝利ポイントの獲得

勝利ポイントは以下の方法で手に入れることができ、これを自身の手番中に10点集めたプレイヤーがゲームの勝者となる。

- ・家を建てる(家1個につき1点)

- ・家を都市にする(都市1個につき2点)

- ・称号「騎士賞」を獲得する(2点)。騎士賞は1ゲームに1人のプレイヤーのみ与えられる。発展カード「騎士」を最初に3回使用したプレイヤーが獲得できる。この称号は以後騎士カードを最も多く使ったプレイヤーに移っていく。※ただし同じ枚数ならば先に騎士賞を持っていたほうに残ったままである。

- ・称号「道賞」を獲得する(2点)

最初に道を5本以上作ったプレイヤーが獲得できる。ただし道は繋がっていなければカウントされず、

かつ一筆書きでなければいけない。この称号は以後道を一番多く繋げたプレイヤーに移っていく。※ただし同じ本数ならば先に道賞を持っていたほうに残ったままである

図4に道の例を示す。この場合は本数自体は4本繋がっているが、一筆書きできる本数は3本なので、最大本数は3となる



図4 道の例

- ・発展カード「勝利点」を開示する(1枚1点)

このカードは勝利条件を満たすまで開示してはいけない。これらの方法で勝利ポイントを積み上げていき、10点到達を目指すのがこのゲームの目標である。

2. 6. 貿易

プレイヤーは自分の手番であれば、いつでも好きな時に他のプレイヤー、または山札や港と貿易することができる。プレイヤー間の貿易に制限はないので交渉というメタな要素が必要となってくる。山札や港との貿易は手札に余裕がある限りいくらでも行える上に好きな資源が得られるが、港を持っていないければ交換レートは4:1、つまり同一の資源カード4枚を消費しなければ交換できない。ただし、タイル外縁に置かれた港用地に家もしくは都市をおくと、そのプレイヤーのみ港用地の種類によってレートが緩和される。

- ・一般港:すべての資源のレートが3:1になる。つまり好きな同一の資源3枚で好きな資源カード1枚を得られる。

- ・専門港:特定の資源のレートが2:1になる。つまり特定の資源2枚で好きな資源カード1枚を得られる。

3. 研究内容

3.1. 初期家の決定

前述においてカタンにおいては交渉の要素が勝敗を分かち大きな要因となると書いたが、それ以外にも初期家を決定していきそこからどのような戦術を組むかということも大事である。特に序盤はどうしてもサイコロの出目に依存してしまうため、最初に立ておく家の数字の良さや資源の種類、道の伸ばしかたはゲームを有利にすすめていくうえで交渉と同程度の割合を占めていくといっても過言ではない。研究で用いる家・都市の配置場所を決定するアルゴリズムは、家・都市を建てられるマップの各頂点に評価値を付け、できるだけ評価値の高いところへ建てるようにする。評価値をつけていく前に、最初に置くであろう場所は戦術によって変わるが、置くべきでない場所というものは決まっている。いかなる場合においても、資源が1種類もしくは何も得られない(砂漠)場所は置いたところで大した恩恵が得られないので、最初から除外しておく。その上で除外した場所以外に評価値を付けておく。

数字自体の評価値は、それぞれの出る確率を36倍した値とする。すなわち

2と12:評価値1

3と11:評価値2

4と10:評価値3

5と9:評価値4

6と8:評価値5

続いて資源価値を考える。資源価値とは、その資源が持っている数字の総数、つまり資源の出やすさである。6や8を持っている資源は当然ながら出やすく、2や12を持っているような資源は出にくい。ため貴重な資源といえる。このときに採るべき戦術は、貴重な資源の中でもいい数字のところを確保していくことによって出にくい資源を自力で出すという戦術、あるいは出やすい資源の専門港を持つことによってより多く出回る資源を有効に使う作戦である。一般的にタイルの数は羊・木材・小麦=4つ 粘土・鉱石=3つとされているため、粘土や鉱石の資源価値は高くなりやすい。しかし、ゲームによってそれぞれの資源に割り当てられる数字は変わってくるので、それぞれの資源に上記の数字ごとの評価

値を足し、その合計値の高い資源を資源価値が低いとし、資源価値を低い順に倍率を 1,1 1,0 1,0 1,1 1,2 と決定する。合計が同じ場合は資源価値が同じということになるので同じ倍率を与える(資源価値 1 位が 2 つある場合は 1,2 1,2 1,1 1,0 1,1)。なぜ一番資源価値が低い数字の倍率が高いかというと、上記で述べたように出やすい資源でも専門港や港を用いればよりゲームを有利に運べることもあるためである。

次に港を考えて。港を取る場合は港 + 2 つの資源を得られるところに置くのがベターであるので、港 + 1 つの資源しか取れない場所は除外する。

3:1 港については一律評価値を 3 とする。港の存在は重要ではあるのだが複数あるのと後からでも取ることが可能であるので、このあたりが妥当であると考える。

専門港については、1 件目と 2 件目で変えていく。1 件目の場合は、専門港に対応する資源がその専門港に接しているかつ数字が 5,6,8,9 のときに限り、評価値を 5 とする。それ以外の場合は一律 2 とする。2 件目の場合は、自分がすでにその専門港に対応する資源を 2 つ持っている場合かつその評価値が 8 を超えている場合に限り 5 とする。1 件目に取った資源がすべて同一の資源である場合は評価値を 10 とする。それ以外は一律 2 とする。

これらによって与えられた評価値の合計スコアをそれぞれの角ごとに算出し、高い順にリスト化していく。その後、さらにおくことのできる場所が存在する限り、順に合計スコアを算出していき、一旦すべてのおくことのできる場所に評価値をつけておく(除外した場所は除く)。自分が 1 番手以外ならば、自分の手番が来た時に置くこの可能な家の数は減っている、そこは除外した上で残りの場所で一番合計スコアの高い場所に決定していく。

初期道の決定については、基本的に 2 件先の角のスコアの合計の高い順に置いていくが、港の有無によって変化してくる。2 件のうちどちらかに港を持っている場合はそのまま上記の通り計算する。2 件とも港と接していないあ場合については、2 件先に建てるのが可能な港があるかどうかを調べ、ある場合はそちらの方に伸ばす。

港の候補が複数ある場合(たとえば 3:1 港と専門港)は、持っている資源によって専門港の評価値をかえていき、数字の高い方に道を伸ばしていく。

家の初期配置場所の決定の例として図 2 の場合を考える。図 2 において、各タイルの頂点の評価値を求めると、図 5 に示す値となる。



図 5: 評価値を入れた図の例

3.2. 交渉について

前述したように、交渉をうまく行なえるかどうかはゲームをうまく進めていくために不可欠な要素である。そのためここでは交渉戦術を記述していく。

交渉可能な多人数ゲームに関する交渉戦術としては、モノポリーの戦術[36]がある。ここで用いられている戦術は収入と支出の期待値に基づいて権利書の価値を算出、その価値に基づき交渉条件を決定する、といったものである。カタンでも同様に収入の期待値と手持ちの資源の価値に基づき交渉条件を決定する。

カタンにおいて、ゲームの大局をおおざっぱに書くところのようである。

序盤: ゲームの開始直後から誰かが 2 件目の家を建てるあたりまで

中盤: 誰かが家を 2 件建てたあたりから誰かが 7 点に到達するまで

終盤: 誰かが 7 点に到達した以降

序盤に関してはお互いに交換することによって点数をはやく伸ばすことを第一に考えるので、オファーはフリーで受けたり拒否したりする。中盤は都市や発展カードの使用により一気に点数が伸びる可能性があるため、競り合っている相手以外と交換をする。

終盤は交換することで相手プレイヤーの勝利が決定してしまう可能性を含むため、誰ともしない。しかし念のためこちらからオファーを出すこともある(万が一交換してくれた場合はこちらが大いに有利になるため)。という風に条件を分けておく。

そのプレイヤーが資源を交換してくれるかしてくれないか、あるいは他のオファーを出しているかどうかをマークする。このことによって無駄な交渉などを減らすことによってゲームの進行を早くする。

自分からオファーをだす場合、自分の資源と次の行動に必要な資源を確認し、次の行動に必要な資源のセットを含み、かつその行動をしたあとの資源数が1以上の場合にのみオファーを出すようにする。その際に相手が出してくれる資源をリスト化し記憶しておく。とはいっても必ず欲しい資源が手に入るわけではないので、自分の持つ家や都市の資源獲得期待値(これは単純に確率)も求めておき、要らない資源であっても後々山や港と交換できる可能性もあるので必要とあらば不必要な資源どうしの交換も受け入れる。直後のターンに同じオファーをしてしまわないように、自分がしたオファーは記憶しておくようにする。勝ちに近いプレイヤーや、その時点において競っている相手が条件をのんできても交換をしないようにしておく。

相手からオファーを受けた際はまず自分がオファーを受けたものを持ってるかどうかみて、なければ拒否をする。あった場合は、その資源が次に自分の行動に必要な資源かどうかを確かめ、必要な資源なら基本的に断る。必要な資源であったとしても、相手が出す枚数やその資源の種類、また自分が出す資源をこれから出す確率などを参照して、出した方が一番得をする、という状況ならば必要な資源であっても出す。

また、以前に相手がオファーしたときには持っていなかった資源を直後のターンに自力で手に入れた場合のことも考えて、相手が出してきたオファーも記憶しておく。資源に余りがあり、かつ次の行動に必要な資源があつて少しで手に入る場合などは必要に応じてカウンターオファーをする。ただし、相手が勝ちに近い場合や、その時点において競っている場合においてはカウンターオファーは出さない。

カウンターオファーを出す場合、現状の資源数とこれから建てるであろう建物や道、カードに必要な資源のセットを参照し、次にするであろう行動に必要な資源の一部が足りなく、かつ建てたあとに資源が1以上残る場合に限る。自分の余っている資源と欲しい資源との交換を要求する。それらを満たさない場合は拒否する。それぞれの交換において、必要な資源同士の1:1交換、不必要な資源での1:1交換、不必要な資源と必要な資源との1:1交換、必要な資源と不必要な資源との1対多交換、また自分が港を所持していることによって交換レートが変化しているかどうかの確認を行うことによって最適の条件を見つける。

例外として、自分の持っている家や都市によってある資源が豊富に出ると予測されるであろう状況ならば、交換レートの倍率より有利な条件で出された場合のみ自分が現在必要としている資源であっても交渉に乗ることにする

4. 結果と考察

本研究で作成したカタン AI の性能を検証するため、まず思惑通りに初期家と道がきちんと引けているかというのを検証してみた。本研究では基本的に4人対戦を想定しているが、念のために2人の時と4人の時とでそれぞれ手作業で100回ずつ行うことにした。

人1vsAI1の2人対戦の時は人数が少ないこともあって競合することがほぼなかった。しかし、人1vsAI3という多人数となった場合、AI同士でお互いの初期の道をつぶしあう結果が得られた。もともと、今回においては同じAIを3つ使っているということもあり、それぞれのAIが道を伸ばした先に建てるであろう家を建てることにより自分が少しでも有利に立ちたいという思惑を持たせたため、このような結果になったと思われる。したがって、人3人とAI1というようなAIが少ない場合においては、この戦法が役に立つこともある(人の場合深読みし過ぎることもあるため)のと、どの戦略も必勝の手があるわけではない、言い換えればどのように道を伸ばしてもそのあとのプレイヤーの匙加減一つでどうとでもなるため、今回の結果については狙い通りの結果が得られたといえる。

交渉に関しては、できるだけ複雑な状況の場合においてのみ考えたいため、4人対戦のみの結果だけで10回ほどプレイしてみた。人間1人とAI3人という条件で10回ほど戦ってみた。その結果、序盤において、特定の資源だけが豊富な時に、要らない資源を2つ出し欲しい資源を1つもらうというオファーを出し、それが拒否された場合において山と交

換する,といった2段階での交渉(人と交渉→山と交換)がしばしば見受けられた.こういった立ち振る舞いはプレイヤー同士での対戦でもよくある戦法なので,ここは狙い通りと言える.しかしながら,枚数が5枚以上ある場合においても,なかなか自分からオファーを持ち出さないこともしばしば見受けられた.これはAIの中での次の計画がある程度固められており,資源が余っているが計画通りに進まないときにおいてそれ以外の行動(主に発展カード)をあまりとらないためである.それ以外にも発展カードを引く枚数がAI全体を通して少なかったのが見受けられたが,このあたりは戦術と深く関わってくるため,戦術面において改善していけばより交渉の機会が増えるであろうと考えられる.交渉を受けた際には,それが要らない資源であった場合において1:1交換を拒否し,さらにプレイヤーが2:1交換というAIにとってより有利な交換を持ち出した場合に交渉を受けるといったことも見受けられた.これはAIの中で1:1交換と2:1交換と交換せずに資源を増やすという選択肢のなかで2:1交換が一番期待値が大きかったためである.

こういった少しずつ交渉で有利をとっていくこともカタンにおける勝ちへの近道であるので,狙い通りであった.カウンターオファーに関してはそれほど量が多くなかったが,時間短縮にもなるので無闇矢鱈とやるものでもないのでこの結果については特になにも問題はないと思われる.

5. 結論と今後の課題

本研究では主に交渉について研究してきたが,データとしてみたときに勝率はさほど上昇は見られなかった.主な原因としては勝っているときの展開においてはやりたいことをしていけるのだが,劣勢の状況からの巻き返しという点において満足のいく結果が得られなかった.もっともカタンというゲームにおいては運の要素はそれなりに大きいので,どうしても出目の偏りによってゲームが早々と終わってしまうこともあるためやむを得ない部分もあるが,持ち点を少なく見せておいて騎士賞や道賞を一気に取って逆転するといった戦法も存在するため,今後の課題としては劣勢からの巻き返しの戦術や発展カードをより有効活用していく戦法に重きを置いて研究していきたいと思う.

また,初期家や道の決定についても,戦法自体は評価値計算や港の有無によって変えられるのだが,最初の道ははととも重要な役割を果たすため,安易に無駄にしないようにAIによっては競合を避けるためにわざと期待値の低いところへ道を伸ばす,といった風に多種にわたる伸ばし方を検討していきたいと思う.

参考文献

- [1] 「カタンの開拓」戦術論 <http://www4.plala.or.jp/hammer/catan/tactics>
- [2] カタンの交渉 <http://fukurokoji.is-mine.net/katan/katankoushou.htm>
- [3] カタン攻略 <http://iphoneac.com/catan.html>
- [4] カタンの遊び方&用語集 <http://www.catan.jp/guide>
- [5] 松田道弘 編, 世界のゲーム辞典, 東京堂出版, (1989)
- [6] 石畑恭平: コンピュータ麻雀のアルゴリズム, IO BOOKS, 工学社(2007)
- [7] 松原仁: ゲーム情報学の中の不完全情報ゲームの位置づけと現状, パネル討論「不完全情報ゲームにおける競技性について」, 第6回エンターテインメントと認知科学シンポジウム, (2012), <http://entcog.c.ooco.jp/entcog/event/20120318/matsubara.pdf>
- [8] 谷岡一郎, ギャンブルから見た不完全情報ゲーム, 第6回エンターテインメントと認知科学シンポジウム, (2012), <http://entcog.c.ooco.jp/entcog/event/20120318/tanioka.pdf>
- [9] とつげき東北, 麻雀の統計的な観点から見た競技性, 第6回エンターテインメントと認知科学シンポジウム, (2012), <http://entcog.c.ooco.jp/entcog/event/20120318/totugeki.pdf>
- [10] 西野哲郎, コンピュータ大貧民大会から見た競技性, 第6回エンターテインメントと認知科学シンポジウム, (2012), <http://entcog.c.ooco.jp/entcog/event/20120318/nishino.pdf>
- [11] UEC コンピュータ大貧民大会, 電気通信大学, <http://uecda.nishino-lab.jp/>
- [12] 伊藤祥平, 但馬康宏, 菊井玄一郎, コンピュータ大貧民における高速な相手モデル作成と精度向上, 研究報

- 告数理モデル化と問題解決(MPS), Vol.2013-MPS-96, No.4, pp.1-3 情報処理学会, (2013), <http://id.nii.ac.jp/1001/00096365/>
- [13] 吉原大夢, 大久保誠也 コンピュータ大貧民における手札推定の有効性について, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2013-GI-30, No. 4, pp.1-6, 情報処理学会, (2013), <http://id.nii.ac.jp/1001/00092709/>
- [14] 森近泰匡, 飯田弘之, 中川武夫, 情報力学に基づくコンピュータ・ゲーム「大貧民」に関する研究, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2013-GI-30, No.5, pp.1-8, 情報処理学会, (2013), <http://id.nii.ac.jp/1001/00092710/>
- [15] 西野順二, 西野哲朗, コンピュータ大貧民における最良手の推定について, 研究報告数理モデル化と問題解決(MPS), Vol.2012-MPS-90, No.4, pp.1-6, 情報処理学会, (2012). <http://id.nii.ac.jp/1001/00083717/>
- [16] 地曳隆将, 松崎公紀, 大貧民において不完全情報性がモンテカルロ法によるプレイヤーに与える影響の調査, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2012-GI-28, No.6, pp.1-8, 情報処理学会, (2012), <http://id.nii.ac.jp/1001/00082813/>
- [17] 吉原大夢, 阿部野なつみ, 渡邊佑介, 大久保誠也, 提出手比較による大貧民プレイスタイル解析, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2012-GI-28, No.7, pp.1-6, 情報処理学会, (2012), <http://id.nii.ac.jp/1001/00082814/>
- [18] 小沼啓, 本多武尊, 保木邦仁, 西野哲朗, コンピュータ大貧民に対する差分学習法の応用, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol. 2012-GI-27, No.1, pp.1-4, 情報処理学会, (2012), <http://id.nii.ac.jp/1001/00080929/>
- [19] 西野順二, 西野哲朗, 大貧民における相手手札推定, 研究報告数理モデル化と問題解決(MPS), Vol.2011-MPS-85, No.9, pp.1-6, 情報処理学会, (2011), <http://id.nii.ac.jp/1001/00077349/>
- [20] 小沼啓, 西野哲朗, コンピュータ大貧民に対するモンテカルロ法の適用, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol. 2011-GI-25, No.3, pp.1-4, 情報処理学会, (2011), <http://id.nii.ac.jp/1001/00073007/>
- [21] 古居敬大, 浦晃, 三輪誠, 鶴岡慶雅, 近山隆, 相手の抽象化による多人数ポーカーでの戦略の決定, ゲームプログラミングワークショップ 2012 論文集, Vol.2012, No.6, pp.211-218, 情報処理学会 (2012), <http://id.nii.ac.jp/1001/00091358/>
- [22] 宮崎敦広, 松原仁, フロップ・ポーカーにおける勝率を基にした優劣推定による行動選択, ゲームプログラミングワークショップ 2012 論文集, Vol.2012, No.6, pp.137-140, 情報処理学会, (2012), <http://id.nii.ac.jp/1001/00091341/>
- [23] 鬼沢武久, 風見覚, 高橋千晴, 不完全情報ゲームプレイングシステムの構築—スタッドポーカーを例にして—, 知能と情報 Vol.15, No.1, pp.127-141, 日本知能情報フェジイ学会, (2003), <http://ci.nii.ac.jp/naid/110002690815/>
- [24] 小田和友仁, 上原貴夫, 不完全情報ゲームにおける並列処理, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2003-GI-010, pp.23-30, 情報処理学会, (2003), <http://id.nii.ac.jp/1001/00058571/>
- [25] 小林紀之, 上原貴夫, コンピュータブリッジによるディセプティブプレイ, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10, pp.3056-3063, 情報処理学会, (2002) <http://id.nii.ac.jp/1001/00011462/>
- [26] 小林紀之, 安藤剛寿, 上原貴夫, 不完全情報ゲームにおける推論とプレーのアルゴリズム, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2000, No.27, pp.55-62, 情報処理学会, (2000), <http://id.nii.ac.jp/1001/00058652/>
- [27] 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, ゲームプログラミングワークショップ 2013 論文集, pp.1-7, 情報処理学会, (2013), <http://id.nii.ac.jp/1001/00095782/>
- [28] 中張遼太郎, 水上直紀, 浦晃, 三輪誠, 鶴岡慶雅, 近山隆, LinUCBの1人麻雀への適用, ゲームプログラミングワークショップ 2013 論文集, pp.114-117, 情報処理学会, (2013), <http://id.nii.ac.jp/1001/00095800/>
- [29] 根本佳典, 古宮嘉那子, 小谷善行, CRFを用いた麻雀の不完全情報推定, ゲームプログラミングワークショップ 2012 論文集, Vol.2012, No.6, pp.155-158, 情報処理学会, (2012), <http://id.nii.ac.jp/1001/00091346/>
- [30] 三木理斗, 多人数不完全情報ゲームにおける最適行動に関する研究, 東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻 平成21年度修士論文, (2009), <http://www.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/~miki/doc/master.pdf>
- [31] 三木理斗, 三輪誠, 近山隆, UCT探索による不完全情報下の行動決定, ゲームプログラミングワークショップ Vol.2009, No. 12, pp.43-50, 情報処理学会, (2009), <http://id.nii.ac.jp/1001/00097698/>
- [32] 津久井祐一, 不完全情報ゲームにおける推論, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2004-GI-11, pp.1-2, 情報処理学会, (2004). <http://id.nii.ac.jp/1001/00058551/>
- [33] 東育生, 橋本剛, 飯田弘之, 完全情報ゲームと不完全情報ゲームの戦略的架け橋 麻雀を題材として, 研究報告ゲーム情報学(GI), Vol.2000-GI-003, pp.65-70, 情報処理学会, (2000), <http://id.nii.ac.jp/1001/00058644/>
- [34] 西野順二, 西野哲朗, 多人数不完全情報ゲームのモンテカルロ木探索における推定の効果, 研究報告バイオ情報学(BIO), Vol.2011-BIO-27, No.31, pp.1-4, 情報処理学会, (2011), <http://id.nii.ac.jp/1001/00078807/>
- [35] 古居敬大, 三輪誠, 近山隆, 不確定不完全情報展開型多人数ゲームにおける相手モデル化による搾取相手の選択, ゲームプログラミングワークショップ 2011 論文集, Vol.2011, No.6, pp.46-53, 情報処理学会, (2011), <http://id.nii.ac.jp/1001/00078253/>
- [36] 安村禎明, 秋山英久, 小口邦彦, 新田克己, モノポリーゲームにおける交渉エージェント, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10, pp.3048-3055, 情報処理学会, (2002), <http://id.nii.ac.jp/1001/00011461/>