Vol.2017-CG-168 No.13
Vol.2017-DCC-17 No.13
Vol.2017-CVIM-209 No.13
2017/11/8

カタンの開拓者たちにおいて ウソの情報を流し状況を有利に進める敵の提案

中澤 桂介 [1,a)]　阿部 雅樹 [1)]　渡辺 大地 [1)]　三上 浩司 [1)]

概要：「カタンの開拓者たち」（以下「カタン」）はボードゲームの一種である．カタンは，プレイヤー同士の交渉による資源交換が重要な意味を持ち，この際の駆け引きが大きな魅力と言える．現状でカタンのコンピュータ上での実装はいくつかあるが，これらの AI では交渉についてあまり考慮されておらず，人間同士の対戦に比べて面白さが損なわれている．これは，AI 側がプレイヤーの状況についての認識把握が不十分であることと，それを活かした駆け引きが行われないことが一因である．本研究は，既存の AI の特性に対し，AI 側がプレイヤーの状況を分析した上で，真偽を交えた情報を伝える機能を持たせるという手法を提案する．これにより，プレイヤーの認識を AI に有利なように誘導した上で交渉を行う事で，AI が既存実装よりも人間同士の対戦に近い行動を取る事を実現した．

Enemy to make the advantageous situation by saying fake information at Catan

Nakazawa Keisuke[1,a)]　Abe Masaki[1)]　Watanabe Taichi[1)]　Mikami Koji[1)]

1. はじめに

本研究で題材とするカタン（図 1）とは，ドイツ発祥のボードゲームであり，主に 3〜4 人で行う．カタン島と呼ばれている島を複数の入植者達が開拓する事で繁栄させていく．それにより，一定のレベルまで最も早く繁栄させたプレイヤーが勝利するゲームである．日本カタン協会[1]も存在して大会も開かれる日本でも人気のあるボードゲームである．

図 1　カタンの開拓者たち
（参考文献[5]図 1 より転載）

カタンはオセロや将棋などの完全情報ゲームとは異なり，情報が全て揃っていない不完全情報ゲームである．また，このゲームで行動するためには資源と呼ばれる物資が必要不可欠であり，この資源を入手する手段の 1 つとして挙げる事の出来るルールがカタンにおける大きな魅力となっている「交渉によるプレイヤー同士の資源の交換」である．

AI を実装する上でのカタンを見た場合は，この交渉が大きな問題となる．交渉を行う際に必要な情報は交換する資源の数や種類，成功の是非など決定されていない情報のみで構成されているため先の展開を予測する事が非常に困難である．そのため，過去の研究では交渉の部分を考慮せずに AI を作成した例もある．

過去に不完全情報ゲームの AI に関する研究は多く行われている．日高[2]が行った研究では，決定していない情報を全て無視して現在決定している情報のみを扱う事で AI の強化を図った．水上ら[3]が行った研究では，局において最終順位を予測した上で戦略を立てる事で AI の強化を図った．また，漆畑[4]が行った研究では，カードゲームである大貧民をモデルにモンテカルロ法に利用される UCB1 に局面評価値を実装する事で精度の向上を図り，AI の強化を行った．しかし，カタンは多人数で行うゲームであると共に交渉と言う独自の要素が存在するためこれらの研究では人間同士の対戦に近付けることは困難である．

カタンの AI に関する研究も過去にいくつか行われている．吉村ら[5]が行った研究では，カタンの AI にモンテカルロ木探索を用いる事で AI の強化に成功している．しかし，この研究ではカタンにおける交渉を考慮した戦略の構築が困難であるため，人間同士の対戦に比べ，面白さが損なわれている．また，吉本ら[6]が行った研究では，カタンにおける交渉の部分にメタ理論を適用する事で勝率を上げようとしたものの，大きな上昇は見られなかった．この研究では交渉を考慮した戦術をたてる事で勝率を上げる事を重視しているので，本研究の目的である人間同士との対戦に近付ける事とは意味合いが異なってしまう．

カタンは先述した通り，決定していない情報が多く存在するため人間同士の対戦に近い動きをする AI を作成する

1　東京工科大学メディア学部，
Tokyo University of Technology
a)　m01143022f@edu.teu.ac.jp

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-CG-168 No.13
Vol.2017-DCC-17 No.13
Vol.2017-CVIM-209 No.13
2017/11/8

事は困難である．しかし，カタンにおける交渉を考慮した戦略を構築するが出来ればより人間同士の対戦に近い AI を作成する事が可能である．人間同士が対戦する場合，交渉する前の段階で自身の状況を偽って他のプレイヤーに伝えるなど，他のプレイヤーの認識を AI に都合の良いように誘導した後に交渉を行う事で交渉を成功に導く場面が存在する．また，人間同士の対戦と人間対 AI の対戦を比較すると，人間同士の対戦の方がより活発に交渉が行われる傾向にあった．本研究ではこれに着目し，人間同士の対戦に比べ AI と人間の対戦では交渉の数が少ない事が面白さを損なっている原因であると考えた．ベースとなる，プレイヤーに対するメッセージを表示する機能を持たない AI に対して，AI 側がプレイヤーの状況を分析した上で真偽を交えた情報をプレイヤーに対して提示する手法を提案する．これにより，プレイヤーの認識を AI に都合が良いように誘導した上で交渉に臨むことが出来るため，より人間同士の対戦に近い行動を取る事が可能になる．また，プレイヤーに対する働きかけを行う事により交渉の数を増やす事が可能になる．

2. カタンの開拓者たち

2.1 カタンのルール

ここでは，カタンのルールを実際の流れに則って記述する．以下に開拓地，街道，都市，発展カード勝利ポイントといった単語が出てくるがこれらについての補足は 2.2 節以降で行う．まず，各プレイヤーは順番に，ランダムに 19 個配置された 6 角形のタイルの角部分に開拓地を 1 つと，その開拓地に隣接する辺の部分に街道を 1 つ建設する．全プレイヤーが建設を終えた時点で現在の順番とは逆の順番で同じ行動をする．その後，自身のターンが来る毎に 6 面サイコロを 2 つ振り，出目に相当するタイルに隣接した開拓地を所持しているプレイヤーは木材・粘土・穀物・羊・鉱石の 5 つからそのタイルに割り当てられた資源を 1 つ入手する．開拓地ではなく都市を所持していた場合は上記の資源を 2 つ入手する．また，プレイヤーは所持している資源の内訳を公開する必要はない．資源を各プレイヤーが獲得した後，自身のターンの間のみプレイヤーは資源を消費した建設，交渉，発展カードの購入，発展カードの使用の 4 つの行動を自由に行う．自身がそのターンに成すべき事を成した場合自身のターンを終えて次のプレイヤーにターンを渡す．全プレイヤーでターンを回し，いずれかのプレイヤーの勝利ポイントが 10 ポイントに到達した時点でそのプレイヤーの勝利となる．

2.2 建設

ここでは 2.1 節で述べた資源を消費した建設について述べる．建設可能な建造物は開拓地・都市・街道の 3 種類存在して，建設時に消費する資源が決まっている．開拓地は，粘土・木材・羊・穀物を各 1 つずつ消費して 6 角形のタイルの角部分に建てる事が出来る．開拓地を建設した場合，開拓地と角を接しているタイルの資源獲得権を得る．開拓地は他の開拓地・都市から街道が 2 本分以上離れた角にしか建てる事が出来ない．また，最高でも開拓地は 5 つまでしか建てる事が出来ない．穀物 2 つ・鉱石 3 つを消費して，開拓地を都市に拡張する事が出来る．都市は開拓地より多くの資源を獲得する事が可能であり，隣接したタイル 1 つから得る事が出来る資源が 2 つに増える．都市に関しては建設数に制限はない．街道は，粘土・木材を各 1 つずつ消費する事でタイルの辺の部分に建設する事が出来る．街道は自身の所有する開拓地・都市・街道と繋がる辺にしか建設する事が出来ない．建設先に他のプレイヤーの建造物がある場合，そこから先に街道を伸ばすことが出来ない．最初に街道を 5 本繋げたプレイヤーは街道賞を獲得する．以降，最も長く街道を繋げたプレイヤーが街道賞を獲得し，以前街道賞を所持していたプレイヤーは街道賞を失う．街道賞は勝利ポイントの対象である．

2.3 交渉

プレイヤーは自身のターン内に他のプレイヤーと交渉をする事でお互いが所持している資源を自由に交換する事が出来る．この際，交換する資源の種類や数はお互いの交渉の下自由に決定出来る．また，交渉をしてきた相手に対して別の資源を使用した交渉を提案する事も可能である．港と呼ばれる場所に自由な資源を 1 種類で 4 つ差し出す事で任意の資源を 1 つ獲得する事も出来る．本来は交渉による資源の移動内容を積極的に公開する必要はないが，本研究では全プレイヤーに対して公開される事を前提とする．

2.4 発展カード

羊・穀物・鉱石を各 1 つずつ消費する事で発展カードを獲得する事が出来る。発展カードは騎士・街道・収穫・独占・勝利ポイントの 5 種類存在して，発展カードを獲得する際にランダムで 1 種類獲得できる．騎士カードは，盗賊と呼ばれる駒を自由なタイルに移動する事が出来る．盗賊は，盗賊が居るタイルからは資源が獲得できないという効果を持つ．盗賊を移動したプレイヤーは，駒を置いたタイルに隣接した開拓地，都市のいずれかを所持しているプレイヤーの内 1 人から資源を 1 つランダムに奪う事が出来る．最初に 3 回使用したプレイヤーは騎士賞を得る．以降，騎士賞は最も多く騎士カードを使用したプレイヤーが獲得し，以前に騎士賞を所持していたプレイヤーは騎士賞を失う．街道カードは，2.2 節で述べた街道を建設する際のルールに則って，資源の消費をせずに街道を 2 つ建設する事が出来る．収穫カードを使用したプレイヤーは任意の資源を二つ獲得出来る．この際，1 種類の資源を 2 つでも 2 種類の

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-CG-168 No.13
Vol.2017-DCC-17 No.13
Vol.2017-CVIM-209 No.13
2017/11/8

資源を 1 つずつでも良い．独占カードを使用したプレイヤーは資源を 1 種類選択する．他のプレイヤーはその時点で所持している選択された資源を全て使用したプレイヤーに譲渡しなければならない．勝利ポイントカードは，勝利ポイントを 1 ポイント獲得する．このカードは使用する必要はなく，所持している場合に効果を発揮するが，他のプレイヤーに勝利ポイントカードによって獲得した勝利ポイントを公開する必要はない．全ての発展カードは自身のターンであればいつでも使用する事が出来るが，1 ターンに 1 度しか使用する事が出来ない．また，発展カードを獲得したターンは獲得した発展カードを使用する事が出来ない．発展カードは所持している内訳を公開する必要は無いが，全種類の発展カードの数を合計した総所持数は公開しなければならない．

2.5 勝利ポイント

このゲームの勝敗条件である勝利ポイントは開拓地，都市，騎士賞，街道賞，勝利ポイントカードのいずれかを所持している場合に入手出来る．所持している物によって入手できる勝利ポイントが異なるため以下に詳細を述べる．開拓地を所持している場合は 1 つにつき 1 ポイント入手する．都市を所持している場合は 1 つにつき 2 ポイント入手する．騎士賞を所持している場合は 2 ポイント入手する．街道賞を所持している場合は 2 ポイント入手する．勝利ポイントカードを所持している場合は 1 ポイント入手する．勝利ポイントの所持数は公開する必要がない．これらの方法で勝利ポイントを最も早く 10 ポイント入手したプレイヤーが勝利する．

3. 提案手法

本章では，提案手法が持つ機能の実現方法ならびに機能詳細について記述する．以下，真偽を交えた情報を交渉の前段階で伝える事を「前交渉」と呼称する．

3.1 ベースとなる AI

前交渉の機能を実現するために，まずはベースとなるカタンの AI を独自に開発した．これをベース AI と呼称する．以下にベース AI の持つ機能について述べる．

AI の行動は大きく分けて 2 つある．資源の消費と資源の獲得の 2 つである．資源の消費は，資源を消費する事により取る事が出来る行動である．カタンにおいては開拓地・都市・街道の建設と発展カードの購入がこれにあたる．次に資源の獲得だが，これには発展カードの使用と交渉がこれにあたる．また，AI の行動に関わらずに進行する要素としてターン毎の資源の獲得や他プレイヤーの行動などがある．

まず，資源の消費に関する機能について述べていく．開拓地・都市・街道の建設は，まず開拓地と都市をどこに建設するかが大事である．建設可能な場所に対してそれぞれ土地評価値を算出する．以下，土地評価値は f とする．高い f が算出された場所に開拓地や都市を建設する事を目標として以降の行動を決定する．f の決定方法を以下に述べる．各資源にあらかじめ資源評価値という値を設定し，開拓地の建設予定地に隣接するタイルにおける資源評価値を合算した値を s とする．表 1 に各資源の資源評価値を示す

表 1　各資源の資源評価値

資源の種類	資源評価値
鉱石	1.2
穀物	1.1
木材	1.0
粘土	0.9
羊	0.8

これに，現在所有する開拓地から建設予定地まで街道を最短経路で建設した場合に必要な街道の個数を考慮して建設予定地の f を決定する．w を必要な街道の数とすると

$$f=s(1-\frac{1}{10}w)$$

という式で f が決定される．例えば，開拓地を建設した場合に手に入る可能性がある資源が鉱石・鉱石・粘土だった場合の建設予定地の s は，鉱石の資源評価値 1.2 を 2 つと粘土の資源評価値 0.9 を 1 つ合計して 3.3 となる．必要な街道の数が 2 つだったと仮定すると f は先ほど算出した s である 3.3 に 0.8 を掛けた結果である 2.64 となる．また，都市は街道を建設する必要が無いため s がそのまま都市の建設予定地の f になる．この様に算出した f を基に最も高い値を出した土地に開拓地・都市を建設する事を目指して建設を行う．これを行動の基本方針として，以降に行う行動を決定する．以下，この決定した行動を優先目標と呼称する．同時に，優先目標を達成するために最低限必要な資源を算出する．これを必要資源と呼称する．必要資源が決定された場合，必要資源に対して現在所持している資源が不足しているかどうかを判定する．判定した結果である不足した資源を不足資源と呼称する．街道 2 つ離れた地点の開拓地が最も高い f を出したとすると，そこに開拓地を建設する事を優先目標として，開拓地を 1 つと街道を 2 つ建設する必要があるため必要資源は開拓地の建設に必要な資源と街道の建設に必要な資源を合わせた粘土 3 つ，木材 2 つ，羊 1 つ，穀物 1 つとなる．この際，AI が所持している資源が粘土 3 つ，木材 2 つの場合，不足資源は羊 1 つ，穀物 1 つとなる．不足資源の収集を行いつつ，資源が集まり次第街道の建設を行い，街道が建設し終わった段階で開拓

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-CG-168 No.13
Vol.2017-DCC-17 No.13
Vol.2017-CVIM-209 No.13
2017/11/8

地の建設を行う．優先目標の決定は他のプレイヤーが街道を建設する毎に行う．次に発展カードの購入だが，開拓地の建設用の資源に支障が出ない事に加え，現在開拓地を建設する事が出来ない場合にのみ行う．

次に，資源の獲得に関する機能について述べていく．発展カードの使用に関しては所持しているカード毎に述べる．騎士カードは入手した次に回ってくる自身のターンに使用する．盗賊の配置は不足資源を最も多い割合で所持しているプレイヤーが開拓地を所持しているマスに移動し，そのプレイヤーを指名して資源を奪取する．街道カードは優先目標が街道を 1 つ以上必要とする開拓地を建設する場合に使用する事で，優先目標の実現に必要とされる場所に街道の建設を行う．収穫カードは不足資源が 2 つ以上存在する場合に使用する事で，不足資源を獲得する．独占カードは 5 ターン目以降の入手した次のターンに使用する．独占カードにおける資源の選択は各資源で独占評価値を算出する．以下，独占評価値を d とする．d の算出方法を以下に述べる．独占カードによって資源を選択した場合に入手可能な資源の総数にその資源の資源評価値を掛けることで d を算出する事が出来る．資源の総数の計算方法は 3.2 節にて述べる．独占カードを使用して穀物を選択した場合に，穀物が 9 個入手出来るとするならば穀物の d は穀物の資源評価値である 1.1 に入手出来る数である 9 を掛けた結果である 9.9 となる．d を 5 つの資源全てで算出し，最も高い d が出た資源を選択する．勝利ポイントカードは使用しない．代わりに勝利ポイントカードを所持している枚数に応じて現在自身が所持している勝利ポイントに加算する．交渉は不足資源を獲得する事を目標に行う．交渉を行う前に不足資源に含まれるそれぞれの資源に対して，自身が所持している開拓地より獲得可能か否かを判定する．全ての資源が獲得可能だった場合は全ての資源を対象に交渉における重要度を示す交渉評価値を計算する．以下，交渉評価値を k とする．不足資源の中に AI の所持している開拓地から獲得不可能な資源が含まれていた場合はその資源を対象に k の計算を行う．k の計算は，それぞれの資源評価値に必要資源まで不足している数を掛ける事で行う．k が最も高くなった資源を優先交渉資源とする．優先交渉資源を最も多く所持しているプレイヤーに対して，まずは必要資源に関わりのない資源で交渉を行う.優先目標が都市の建設であり，現在鉱石を 2 つ，穀物を 2 つ，羊をいくつか所持しているとすると優先交渉資源が鉱石 1 つになるため，鉱石を最も多く所持しているプレイヤーに対して必要資源に含まれない羊 1 つを差し出して鉱石 1 つを獲得する内容の交渉を行う．また，自身の所持している開拓地から不足資源の獲得が望めない場合は開拓地から獲得可能な資源の内で必要資源に関わりのない資源を優先して交渉に使用し，それでも交渉が成立しない場合は必要資源のうち，現在所持している開拓地から獲得可能な資源も使用して交渉を行う．上記の状況の場合に，鉱石が現在所持している開拓地より獲得不可能な資源であり，なおかつ穀物が獲得可能な資源である場合は，まず羊 1 つを差し出して交渉し，成立しなかった場合は穀物 1 つを差し出して鉱石 1 つを得ようとする．また，必要資源に関わりのない資源が豊富に存在する上でその資源を開拓地から入手可能だった場合はその資源を 2 つ差し出して交渉に臨む．上記の状況の場合で羊が 4 つ以上であり，羊を開拓地から獲得可能な場合は羊を 2 つ差し出して鉱石を 1 つ獲得する内容の交渉を行う．

資源の獲得により資源を獲得する事で優先目標を実現する．これを繰り返す事で開拓地と都市を建設していき，勝利ポイントを 10 ポイントに近付けていく．

3.2 前交渉の機能

人間らしさを実現するために，3.1 節で述べたベース AI に対して，前交渉を行う機能を追加する．以下，機能を追加した後の AI を本手法と呼称する．以下に機能についての詳細を述べる．

前交渉の機能を実現するためには AI の所持している資源の把握に加えて，前交渉を仕掛ける相手が所持している資源の把握が重要となる．以下，前交渉を仕掛ける相手を前交渉先と呼称する．プレイヤーには所持している資源を他のプレイヤーに教える義務は存在しない．そのため，前交渉先が現在所持している資源を，AI が直接知る事は出来ない．しかし，前交渉先の行動や 2.1 節にて述べたサイコロの出目を AI は知る事が出来るためサイコロの出目によって前交渉先が獲得する資源と前交渉先の行動によって消費した資源の数，AI 以外のプレイヤーと前交渉先との交渉によって交換した資源を基に計算を行う事でプレイヤーが現在所持している資源を間接的に知る事が出来る．これを全プレイヤーに対して行うことにより，AI の所持している資源に加え，他のプレイヤーが所持している資源を正確な数まで把握する事が可能になる．この方法を 3.1 節で述べた d の計算で使用する．本手法では 2 種類の情報を前交渉先に対して伝える事が可能である．2 種類の情報とは AI が所持している発展カードの情報と AI が所持している資源の情報である．

まず，AI が所持している発展カードの情報を使用して前交渉を行う機能について述べる．所持している発展カードの数や種類を偽って伝える事でメリットが最も大きく生まれる発展カードは勝敗に直接関与する勝利ポイントカードである．そのため今回の実装では勝利ポイントカードの所持を偽って前交渉先に伝える機能を実装した．勝利ポイントカードは 2.5 節で述べた勝利ポイントの取得方法の中で唯一公開する必要のない方法である．そのため，勝利ポイントカードの所持数を前交渉先に対して偽る事で AI が勝利条件である 10 ポイントまであと何ポイント勝利ポイントが足りないかを偽って認識させる事が可能である．しか

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-CG-168 No.13
Vol.2017-DCC-17 No.13
Vol.2017-CVIM-209 No.13
2017/11/8

し，直接発展カードの所持数を偽って伝えても前交渉先の認識を誘導する事は難しい．そこで，本研究では発展カードを購入するたびにその内容を表示する事で前交渉先の認識を誘導する事を考案した．発展カードを購入した際に，勝利ポイントカード以外の発展カードを獲得した際にはそのまま入手した発展カードを言葉にする．例えば収穫カードを獲得した場合は「収穫カードか…」と言ったように前交渉先に対して見えるように表示する．また，2 回以上連続で同じ発展カードを獲得した場合は発言の最初に「また」を付ける．収穫カードを 2 回連続で獲得した場合は「また収穫カードか…」となる．発展カードを購入した際に勝利ポイントカードを入手した場合は勝利ポイントカードと独占カード以外の発展カードからランダムに 1 つ選び，上記の発展カードを獲得した際に表示する言葉のルールに従い，選んだ発展カードを獲得した際の言葉を表示する．これにより前交渉先の認識を AI は勝利ポイントカードを獲得していないと言う方向に誘導する．

次に，AI が所持している資源の情報を利用して前交渉を行う機能について述べる．3.1 節で述べた機能によって決定された優先交渉資源を交渉によって獲得するために，現在 AI が所持している資源を偽る事で，前交渉先の認識を交渉に応じても建設や発展カードの購入を行う事が出来ないといった方向に誘導する必要がある．そのために，優先交渉資源が建設する際に消費する資源の中に含まれている建造物をリストアップする．リストアップした建造物の中から 1 つをランダムに選択する．これを偽建造物とする．偽建造物が開拓地，街道だった場合は偽建造物を建設する際に必要な資源の内で優先交渉資源以外の資源の中から 1 つランダムに選択し，偽建造物が都市だった場合は都市の建設に必要な資源の中から 1 つをランダムで選択する．この選択した資源を偽資源とする．偽資源が決定したらもう一度偽建造物を確認し，開拓地や街道だった場合は偽資源が手元に存在しないといった内容を AI のターン以外の時に一定時間表示する．偽建造物が開拓地であり，偽資源が粘土だった場合は「粘土がないじゃないか…」といった内容を表示する．また，偽建造物が都市だった場合は現在 AI が所持している偽資源の数から 2 を引いた数を計算する．これを T とする．$T<1$ だった場合は偽資源が存在しないといった内容を表示する．それ以外の場合は偽資源が 2 つ足りないと言った内容を表示する．偽建造物が都市であり，偽資源が鉱石であり，T=1 だった場合は「鉱石が 1 つしかない…」だったり「鉱石が 2 つ足りない…」といった内容を表示する．偽建造物が都市であり，偽資源が鉱石であり，T=0 であった場合は「鉱石がないじゃないか…」といった内容を表示する．これにより前交渉先が認識している AI が所持している資源の数を誘導する．また，実際に交渉が成立した直後に建設を行うと前交渉先が認識を誘導された事に気づいてしまうため発展カードの使用やサイコロの出目による資源の獲得，前交渉先以外のプレイヤーとの交渉をした後に建設を行う処理を追加する．

この 2 つの情報を表示する事で前交渉先の認識を AI に都合が良くなるように誘導する事を実現した．

4. 実行結果

Unity[7]と呼ばれるゲームエンジンを使用して本手法を実装し，大学生 6 名の被験者による交渉の成功率と交渉の数，勝率に関する検証を行った．以下に，検証の方法と結果を記述する．

4.1 検証方法

被験者 6 名は両方の AI と 1 ゲームずつ対戦を行う．カタンは通常 3〜4 人で対戦を行うが，AI 同士での前交渉を行うなど，前交渉で流す情報が錯綜してしまい被験者に対しての効果が分かりにくくなってしまう事が予想されるため今回の検証では AI が 1 つと被験者が 1 人による 1 対 1 で対戦を行った．今回の研究で重視する点は交渉が行われた数である．ここにおける交渉の数とは，被験者と AI との間で行われた交渉の総数の事である．また，交渉に対する返答として別の交渉を提案する際も交渉の総数に加算する事とする．被験者と AI との間に行われた交渉の数と交渉の成功率，勝敗結果のログを取得する事でベース AI と本手法の違いを評価する．

4.2 検証結果

表 2 は，4.1 節の検証を行った際に出力されたログを基にプレイヤーと AI の間で行われた交渉の数の合計と交渉の成功率，AI の勝率を記した物である．ベース AI と被験者との対戦では，プレイヤーと AI の交渉は 65 回行われ，そのうちの 14 回の交渉が成立した．また，6 回行われたゲームのうち 2 回が AI の勝利と言う結果となった．本手法と被験者との対戦では，交渉が 72 回行われ，そのうちの 28 回の交渉が成立した．また，6 回行われたゲームのうち 3 回が AI 側の勝利という結果となった．

表 2　検証結果

	ベース AI	本手法
交渉の数	65 回	72 回
交渉の成功率	21.5%	38.8%
勝率	33%	50%

表 2 から分かるようにベース AI と比較して本手法では勝率が上昇している．また，交渉の成功率も 21.5%から 38.8%に増加している．これは，前交渉によってプレイヤーの認識をしっかりと誘導出来た結果，資源の獲得が容易になり，建設や発展カードの購入などの資源を消費する行

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan

Vol.2017-CG-168 No.13
Vol.2017-DCC-17 No.13
Vol.2017-CVIM-209 No.13
2017/11/8

動を行いやすくなった事が関係していると推測する. また, ベース AI と比較して, 本手法では交渉の数が 65 回から 72 回と増加している. 被験者からベース AI に比べて本手法は交渉を仕掛けやすかったという声が上がっている事も含めて, 交渉の数が増加した原因は前交渉の機能であると推測できる. 検証を行った結果, 前交渉によって交渉の数が増加した事から, ベース AI と比較して人間同士の対戦に近づいたと言える.

5. まとめ

本研究では, カタンの AI を人間同士の対戦に近付ける方法として, カタンにおいて真偽を交えた情報をプレイヤーに対して伝える機能を既存の AI に加える事でプレイヤーの認識を誘導する手法を提案した. しかしながら, 現時点で伝える事の出来る情報は資源の数と発展カードの数のみであるため, プレイヤーの認識を AI の有利なように誘導出来ているとは言い難い. 他のプレイヤーの所持している資源や AI が次に取りたいと思っている行動などより多くの情報を偽ってプレイヤーに伝える事が出来ればより高度な誘導が可能になる. そのため, より多くの判断材料を基に伝える事の出来る情報を増やす方法を今後検討していく必要がある. また, AI がプレイヤーに対して伝えた情報をプレイヤーが誤った情報であると認識されてしまう場面が存在した. これはプレイヤーに対して伝える事の出来る情報が限られている事も原因であるが, より大きな原因は AI が状況に応じてプレイヤーに対して伝える情報を柔軟に選別する事が出来ない事である. そのため, 今後は今野らの研究[8]などのトークセッションの AI 研究などを参考にしてより柔軟にプレイヤーに対して伝える情報の選別を行う事の出来る機能を作成する必要がある. 今後, 本手法の完成度を高め, より高度にプレイヤーの認識を誘導する事で, さらに人間同士の対戦に近付けていきたい. また, 本研究の最終的な目的である人間同士の対戦の面白さを再現する事が出来たかについても今後検証していきたい.

参考文献

[1] 日本カタン協会公式サイト. http://catan.or.jp/. 参照:2017.10.10
[2] 日高大地. 麻雀ゲームにおける AI の開発. 近畿大学理工学部情報学科卒業研究. 2013.
[3] 水上直紀, 鶴岡慶雅. 期待最終順位に基づくコンピュータ麻雀プレイヤの構築. The 20th Game Programming Workshop 2015, PP. 179-186, 2015.
[4] 漆畑雅士. 多人数不完全情報ゲームに対する局面評価値を用いたモンテカルロ法. 数理解析研究所講究禄, Vol. 1894, PP. 84-88, 2014.
[5] 吉村拓哉, 橋本剛. カタンの開拓者たちにおけるモンテカルロ木探索を用いた AI の改良. 第 12 回情報科学技術フォーラム, Vol. 12, PP. 387-388, 2015.
[6] 吉本直浩, 石水隆. カタンにおけるメタ理論の研究. 近畿大学理工学部情報学科卒業研究. 2014.
[7] Unity. https://unity3d.com/jp. 参照 : 2017.10.10
[8] 今野伸浩, 大槻恭士. 機械学習による人狼知能の陣営推定能力向上, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム(EC2017), PP. 64-69, 2017.

ⓒ 2017 Information Processing Society of Japan