

6L-8

コンピュータブリッジにおける各種シグナルの実装

村上 隆志[†]
東京工科大学[†]

小田和 友仁[‡]
東京工科大学[‡]

上原 貴夫^{††}
東京工科大学^{††}

1 はじめに

不完全情報ゲームであるブリッジは完全情報ゲームとは違い、未知の情報を推論でおぎなう必要がある。オークションの経過やプレイの経過という既知の情報をもとに、論理的に考えて他プレイヤーの手札を予測してプレイする。ブリッジはルールにより言葉やしぐさでゲームの情報を伝えてはならない。しかしゲーム開始前に約束事を取り決め、さらに相手方にも内容を告示した上でならば、ビッドの内容やカードの出し方でゲームの情報を伝えることは正当な戦略である。ディフェンダにはシグナルというテクニックがある。シグナルとはカードプレイを通じて手札の情報を伝えるテクニックである [1]。

本研究ではコンピュータブリッジに 3 種類のシグナルを実装することでディフェンダを強化する。昨年度までに実装が容易であるカウントシグナルを実装した [2]。本論文では残り二つのシグナルの実装と、各種シグナルの使い分けについて述べる。

2 コンピュータブリッジ

本研究のコンピュータブリッジはオークション部とプレイ部からなる。オークション部は自分の手札とビッドの経過を観察し、最適なビッドを決定する。コンピュータブリッジは知識ベースとしてビディングシステムを持ち、他プレイヤーのビッドから各プレイヤーの手札を推論し、制約条件としてまとめあげる。

制約条件は制約論理プログラミング言語 ECLiPSe によって記述している [3]。ECLiPSe により複数の制約を宣言的に記述することで、解法を記述することなくすべての制約を満たす解を導くことができる。たとえばカードの枚数や含まれる絵札の枚数を制約とした場合、複数の制約に矛盾しないような手札を生成することができる。

プレイ部はオークションで得た制約条件を引き継ぐ。さらにプレイの経過を観察し、新しい制約条件を足すことで他プレイヤーのハンドに対する推論をより正確にする。プレイのある局面において、それまでに得た制約条件を満たすディールを多数生成し、各ディールにおいて完全情報ゲームとしてゲーム木探索をおこない、モンテカルロ法の原理によって最適手を決定する。

3 シグナル

コンピュータブリッジにシグナルの知識を記述し、ディフェンダが自分の手札情報を送信できるようにした。またディフェンダのシグナルを他プレイヤーが読み取り、シグナルを考慮に入れた手札推論を可能にした。

シグナルとはカードプレイを通じて手札の情報を伝えるテクニックである。出したカードの数字に特殊な意味を持たせることで、手札の情報や意図を伝えることができる。シグナルの内容やシグナルを出すタイミングはプレイ前に各ペア同士で設定し、同じ内容を相手方にも公

開しなければならない。よってシグナルを出す相手方にも同じ情報が公開される。しかしプレイ序盤において、ディフェンダはディクレアラに比べ有効な情報の絶対量が少ないため、シグナルを出すことはディフェンダにとって有利にはたらくことが多い。シグナルはつぎの 3 種類があり、それぞれ用途や有効な場面が異なる。

1. アティチュードシグナル

リードしたスートを継続してほしいか否かを伝える。一般に継続して欲しい場合は大きいカードを、継続して欲しくない場合は小さいカードを出す。

2. カウントシグナル

リードしたスートを偶数枚持っているのか奇数枚持っているのかを伝える。一般に偶数枚のときは大きいカードを、奇数枚のときには小さいカードを出す。

3. スートプリファランスシグナル

リードしたスート以外でどのスートが好ましいのかを伝える。ブリッジのスートにはランクがあり、 $\spadesuit > \heartsuit > \diamondsuit > \clubsuit$ の順である。一般に高ランクのスートが好ましいときは大きいカードを、低ランクのスートが好ましいときには小さいカードを出す。

4 コンピュータへの実装

桜井氏の著書 [1] を教科書として学び、コンピュータへの実装が難しい部分を以下のように変更して実装した。以下で、AT, CS, SP はそれぞれアティチュードシグナル、カウントシグナル、スートプリファランスシグナルを表す。

1. AT と CS の使い分けに関する高度の判断は無理なので、原則として、A あるいは Q のリードは AT の要求、K のリードは CS の要求とし [4]、機械的に、短いスートからは A または Q、長いスートからは K を出すものとした。また、それ以外のリードに対しては、原則として CS を出すものとした。
2. SP におけるスートの選択を、先読みにより決定することは計算時間の関係で難しい。機械的に、AK(Q) およびボイドをチェックして選択する。
3. SP を受信した側は、必ずしもそのスートを出さない。選択されたスートに、A, K, (Q) およびボイドをもっている可能性を制約条件に加え、仮想のハンドを多数発生して、各ハンドに対するゲーム木探索を行った後、モンテカルロ法の原理で出すカードを選択する。

現在、ディスカードによるシグナルをのぞき、試作を終えた。

5 実験

[1] の例題で実験をおこなった。試作部分に対応する約 100 題について実験した結果、その 90 % 程度に対して正しいディフェンスに成功した。失敗した例題には、本質的に人間の判断におよばない例題と、コンピュータプロ

Defensive Signaling by Computer Bridge

[†] Takashi Murakami, Tokyo University of Technology

[‡] Tomohito Otawa, Tokyo University of Technology

^{††} Takao Uehara, Tokyo University of Technology

グラム（ビッドからの推論，ゲーム木探索の深度など）の完成度が影響している例題とがあり，分析中である．

以下に，[1] の例題を引用し，本実装による実験結果と比較する．

5.1 例題 1

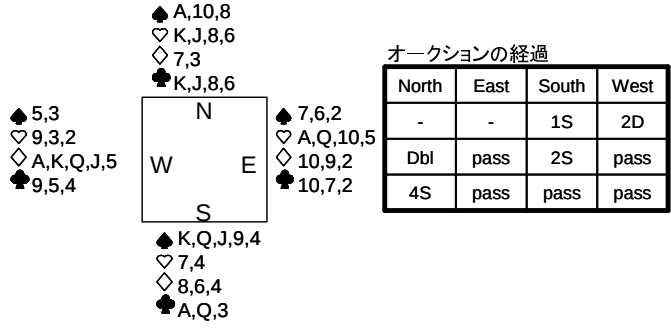


図 1 例題 1

[参考書の正解]
 ♠A-♠3-♠2-♠4, ♠K-♠7-♠10-♠6, ♥2-♥J-♥Q-♥4, ♥A で 1 ダウン．♠2 は AT, ♠10 は SP．♥ の奇数枚を示すために ♥2 を出す ([1], P.69)

[コンピュータブリッジの動作]
 ♠K-♠3-♠2-♠4, ♠J-♠7-♠10-♠6, ♥2-♥J-♥Q-♥4, ♥A で 1 ダウンした．
 1 トリック目の ♠K リードで West はカウントシグナルを要求し，East の ♠ は奇数枚なので ♠2 を出した．West は続けて同じスートである ♠J でトリックを取りにいき，それを見た East はスートプリファランスシグナルとして ♠10 を出した．♠10 は大きいカードなので，West は East の手札に ♥A,K,Q のどれかがあると推論し，♥ をリードした．その結果，ダウンさせることに成功した．

[評価]
 コンピュータがスートプリファランスシグナルで ♥ を選択したのは，単純に ♣ よりよい絵札をもっていたからであるが，このような場合は成功する．また，最初の部分のプレイが参考書の正解と違うが，コンピュータに実装した約束にしたがっている．

5.2 例題 2

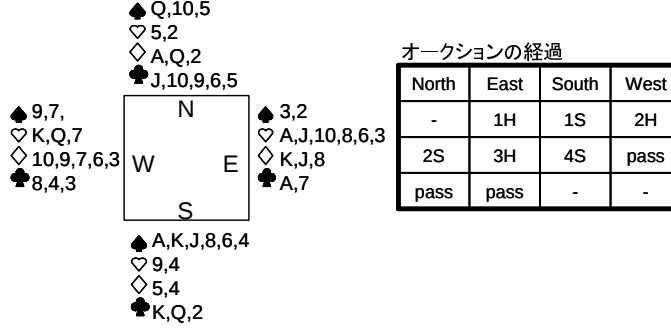


図 2 例題 2

[参考書の正解]
 ♥K-♥2 の時に，♦ シフト要求のため，♥J を出す．♦6-♦Q-♦K-♦4 で 1 ダウン．♦6 は奇数枚を示す．♥J は ♦ の SP．♥3 なら ♣ の SP．♥8 なら AT ([1], P.79)

[コンピュータブリッジの動作]
 ♥Q-♥2-♥A-♥4, ♥3-♥9-♥K-♥5, ♦3-♦Q-♦K-♦4 で 1 ダウン．
 1 トリック目の ♥Q リードで West はアティチュードシグナルを要求したが，East はシグナルを出さず ♥A でトリックを取った．2 トリック目で East は ♥3 をリターンすることでスートプリファランスシグナルを送信した．これは ♣ を好ましいとするシグナルである．

[評価]
 コンピュータは ♥3 で ♣ のスートプリファランスシグナルを送信している．これは人間からみると誤ったスートプリファランスシグナルである．West は，East に ♣A がある可能性を知りながら，♦ をリードした．結果的にはダウンさせることができた．

6 おわりに

コンピュータブリッジにディフェンスのシグナルを実装し実験をおこなった．実装する前との比較はまだおこなっていないが，例題に対するプレイをみると相当強くなったことが実感できる．アティチュードシグナル，スートプリファランスシグナルは形式的な要件のチェックでおこなうため，先読みの結果で判断する人間からみると正しくない場合が多い．しかしコンピュータはパートナーのシグナルを参考にしながらも，自分の判断で出すカードを選択するので，結果は正しいディフェンスになる可能性がある．コンピュータ同士がペアならば，結果的に問題がない場合が多いが，人間とペアを組むときには問題がある．人間とペアを組む場合は機械的にパートナーの選択に従う方式の方がよいかもしれない．商用のコンピュータブリッジは，いろいろのレベルの人間とのコミュニケーションを考慮して，複雑な約束は組み込めないのが実情かもしれない．今後，試作の最終部分の完成，結果の分析，約束事の調整などを進め，報告したい．

謝辞

例題の引用を許可して下さった桜井恒夫氏に感謝いたします．

参考文献

- [1] 桜井 恒夫「ディフェンスのシグナルとカードプレイ」有限会社エスアイビー・アクセス (1998)
<http://www.hh.iiij4u.or.jp/~sib-tom/>
- [2] 小林紀之，小田和友仁，上原貴夫「コンピュータブリッジによるカウントシグナル」情報処理学会論文誌 (2004)
- [3] The ECLiPSe Constraint Logic Programming System
<http://www.icparc.ic.ac.uk/eclipse/>
- [4] David Bird and Marc Smith "DEFENSIVE SIGNALING" Birdge Technique Series, Master Point Press (2000)