

7K-3

## コンピュータブリッジにおけるディフェンス

村上 隆志

小田和 友仁  
東京工科大学

上原 貴夫

## 1 はじめに

コントラクトブリッジのプレイは、コントラクトを達成しようとするディクレアラ側と、これを阻止しようとするディフェンダ側に分けて考えられる。ディクレアラのパートナーはダミーとよばれ、最初のカードが出された直後にハンドをテーブル上に開き、以後のプレイはディクレアラが代行する。よってディクレアラは自分達のハンドを見て、コントラクトを達成するためのプランを立てることができる。ディフェンダ側からもダミーのハンドは見えるが、ディクレアラはもちろん、パートナーのハンドが見えないためプレイはより難しい。

よいディフェンスをするためにはディフェンダ間のパートナーシップが重要である。著者らはパートナーシップの実現のため、先に3種類のシグナルをコンピュータに実装し、実験においてよい結果を得ている [1]。

このモデルの有効性や弱点を分析するために様々なケースにおいて実験をおこなった。本稿では桜井恒夫著「ディフェンスのシグナルとカードプレイ [2]」の分類と例題にしたがい、各技法をコンピュータブリッジに実装する方法について検討し、実験により評価した [3]。

## 2 コンピュータブリッジ

プレイでの最善手の決定には、以下に示すモンテカルロ法の原理を利用したアルゴリズムをもちいた [4]。

行動の候補の集合を  $M$  としたとき、つぎのようにひとつの行動（つぎに出すカード）を決定する。

[ Step1 ] それまでのビッドおよびプレイと矛盾しないようにカードをくばり、ディールの集合  $D$  を作る。

[ Step2 ] 各ディール  $d \in D$  ごとに、各行動  $m \in M$  を選んだらどのような結果になるかダブルダミーで評価し、スコア  $s(m, d)$  を計算する。

[ Step3 ]  $\sum_d s(m, d)$  が最大となるような行動  $m$  を選ぶ。

## 2.1 他プレイヤーのモデル (ABC アルゴリズム)

ディフェンスにおけるパートナーシップの基本のひとつは、パートナーがミスをしないうに誘導することである。ところが前記のカード選択アルゴリズムは自分のハンドがパートナーに見えており、パートナーはベストプレイをすると仮定しているのだから、パートナーがミスをしないうに配慮したカード選択は不可能である。

そこで著者らは他プレイヤーの推論を考慮にいれたモデル (ABC アルゴリズムと呼ぶ) を提案した [5]。ABC アルゴリズムの特徴は敵のモデルと同時にパートナーのモデルを考えていることである。ディフェンダの一人である自分を  $A$ 、パートナーを  $B$ 、敵であるディクレアラを  $C$  とすると、自分のハンドが  $B, C$  からどのように見えるか推論し、それに基づいて  $B, C$  がプレイをすると仮定し、ゲーム木探索をおこなう。この探索によりパートナ

$B$  がミスをする場合も発見することができ、パートナーが間違えないようなディフェンス方法を選択できる。

## 2.2 ヒューリスティクスによる選択

ゲーム木探索によるカード選択アルゴリズムにおいて、評価値が同じ複数のカードが選択された場合、その内のどれを実際に出すかはその後のプレイに微妙に影響する。本研究のディフェンスにおいては同じスーツ内では最低のカードを出すように実装した。その方が一般にパートナーに与える情報が多いと考えたからである。これはダックしてもしなくても同じ評価値である場合、ダックする方を選ぶ結果にもなる。ただしこのヒューリスティクスは他プレイヤーのハンドに関する推論が正しくないとき、ローカードで取られるリスクがある。

## 3 ディフェンスの技法

桜井恒夫著「ディフェンスのシグナルとカードプレイ [2]」にある9つに分類された各ディフェンス技法について、現在のコンピュータブリッジで実行可能か考察した。なお各技法をコンピュータブリッジで実行する上で必要とされる機能はつぎの5つがある。

- (1) 他プレイヤーのハンドを正確に推論する
- (2) リアルタイムで深いゲーム木探索をする
- (3) リアルタイムで多くのサンプル (ディール) の検索をおこなう
- (4) 他プレイヤーの立場から推論をおこなう
- (5) 情報を獲得するためのプレイの価値を認識する

(1) の推論については著者らは制約論理プログラムによる実装でよい結果を得ている。またシグナルの実装により、より正確な推論が可能になった [1]。

(2) と (3) に関しては独自の並列処理技術をもちい、64台のPCで40倍から50倍の高速化に成功した [6]。ちなみに7トリック (28枚) の先読みが必要な例題もあり、リアルタイムのプレイには並列処理を必要とする。

(4) に関しては我々が提案したABCアルゴリズムをもちいれば問題を解くことはできる。リアルタイムのプレイには並列処理が必要であり、(2)、(3) と両立させるためにはさらなる研究が必要である。

(5) に関しては、現状ではどのコンピュータブリッジも解決していない。今回の実験ではヒューリスティクスをもちいることで一部解決した。

## 3.1 実験に基づく考察

9つに分類された約140題の例題について実験し、実装上の難易度について考察した。

- (1) ダックする、ダックしない、ダックさせない
- (2) 相手側のエントリーをなくす、味方のエントリーを作る

正確な推論と深い探索でほぼ実行できる。

(3) 味方のトランプトリックを増やす，相手方のトランプトリックを減らす

正確な推論と深い探索でほぼ実行できる．ただし「クーアンパッサンにする」例における継続要求のシグナルを出すことは ABC アルゴリズムでないと困難である．

(4) 2, 3, 4, 5 枚のカードの注意すべきディフェンス

十分なハンドのサンプルを生成し，注意すべきカードの配置が含まれるようにする必要がある．結果的に失敗した例題が多い．

(5) リードを取る

パートナーのシグナルを見たい（情報を獲得したい）ために「オーバーテイクして，パートナーに向けてリードする」ことは，ABC アルゴリズムでも不可能である．

(6) パートナの絵札を知る方法，自分の絵札を知らせる方法

「自分の絵札を知らせる方法」は正確な推論と ABC アルゴリズムによって実現できる．また知らせる意図はなくても「同じ評価ならば弱いカードを選択する」というヒューリスティクスにより結果的に実行する場合がある．

[例題 166] ♠3 - ♠2 で，West の ♠A のアンダーリードは絶対がないから ♠J を出す．このプレイで ♠Q をだれが持っているかの情報が得られる．この情報を無視すれば，♠K でも ♠J でも同じになるので，上級者でなければ ♠K を出す．

(7) コントロールを残す

コントロール残す方法として「ダックをする」「アンダーリードをする」などがある．後者はダミーの見えないオープニングリード時は難しいが，前記のヒューリスティクスで結果的に実行される場合もある．

(8) スローイン，スクイズを避ける

前者は正確な推論と深い探索でほぼ実行できる．後者は最後で実現するスクイズを防ぐために早い段階で対処するには，きわめて深い探索を必要とするため，リアルタイムのプレイが難しい．

(9) パートナを迷わせない

ABC アルゴリズムの目的とするところである．通常のアプローチでは結果的に実行することはあるが，確実性にかける．

[例題 180] ♠A - ♠6 - ♠9 - ♠3, ♠K - ♠7 - ♠2 - ♠4. ここでつぎの ♠ をパートナーがラフした後で ♠ と ♣ のどちらをリードしたらよいか分からないだろうから先に ♣A を取ってから ♠5 をリードする．

#### 4 おわりに

コンピュータブリッジにおけるディフェンスについて様々な例題をもちいた実験をおこなった．コンピュータブリッジの特徴を分析した．特に abc アルゴリズムの有効性を確認できた．

#### 謝辞

本研究での例題の引用を許可して下さった桜井恒夫氏に対し，深く感謝いたします．

#### 参考文献

- [1] 村上隆志，小田和友仁，上原貴夫：「コンピュータブリッジにおける各種シグナルの実装」，情報処理学会第 67 回全国大会，6L - 8 (2005)

[例題 166]

♠ 9, 5, 2			
♡ 10, 9, 3			
◇ 9, 7, 5			
♣ K, Q, 10, 8			
♠ 10, 8, 7, 3	N	E	♠ K, J, 6
♡ A, Q, 5	W		♡ J, 8, 6, 4,
◇ 3, 2		S	◇ 6
♣ J, 9, 6, 3			♣ A, 7, 4, 2
			♠ A, Q, 4
			♡ K, 7
			◇ A, K, Q, J, 10, 8, 4
			♣ 5

Dealer: North  
Bidding

North	East	South	West
Pass	pass	5D	pass
pass	pass	-	-

[例題 180]

			♠ K, 4
			♡ K, Q, 9
			◇ J, 10, 8, 7, 6
			♣ Q, 3, 2
♠ J, 9, 8, 7, 5	N	E	♠ Q, 10, 6, 2
♡ 6, 5	W		♡ 3, 2
◇ A, K, 5		S	◇ 9, 2
♣ A, 7, 4			♣ J, 10, 9, 8
			♠ A, 3
			♡ A, J, 10, 8, 7, 4
			◇ Q, 4, 3
			♣ K, 6

Dealer: South  
Bidding

North	East	South	West
-	-	1H	1S
3H	pass	4H	pass
pass	pass		

- [2] 桜井 恒夫：「ディフェンスのシグナルとカードプレイ」，エスアイビー・アクセス (1998)，改訂版 (2002)
- [3] 小田和友仁，村上隆志，上原貴夫：「コンピュータブリッジにおけるディフェンス」，第 10 回ゲームプログラミングワークショップ，pp. 24 - 31 (2005)
- [4] Ginsberg, M.L.: "GIB: Imperfect information in a computationally challenging game", Journal of Artificial Intelligence Research (2001)
- [5] Ottawa, T. and Uehara, T.: "Model of bridge players who make mistakes", Game Informatics Special Interest Group, IPSJ (2005)
- [6] 小田和友仁，埴敏博，上原貴夫：「コンピュータブリッジの並列処理」，情報処理学会論文誌 (投稿中) (2005)