

# コンピュータブリッジにおけるゲーム木探索と知識ベースの融合

小林紀之      山下桂治      上原貴夫  
東京工科大学

## 1 背景

ブリッジのプレイのプログラムとして、エキスパートシステム的なアプローチが幾度か試みられた。しかし、1996年に Ginsberg が高速にゲーム木探索を行う方法を発表すると、モンテカルロシミュレーションが主流となり、エキスパートシステム的なアプローチが衰退した。

## 2 研究概要

書籍に記述されたエキスパートのプレイが、Ginsberg のモンテカルロシミュレーションを利用したコンピュータブリッジとして実現可能かを考察する。そして、多くのプレイがゲーム木探索と知識ベースを融合することにより可能となる事を確認する。さらに、エキスパートシステム的なアプローチをモンテカルロシミュレーションに利用する具体例を示す。

## 3 コンピュータブリッジのアルゴリズム

現在の主流といえる、モンテカルロシミュレーションによりプレイすべきカードを選択する方法をもちいたコンピュータブリッジのアルゴリズムを紹介する。

プレイヤーPがとりうる行動の候補の集合をMとしたとき、つぎのようにして一つの行動(つぎに出すカード)を決定する。

ステップ1) 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(4人のプレイヤーに13枚ずつ配られたカード)の集合Dを作る。

ステップ2) 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てスコア  $s(m, d)$  を計算する。

ステップ3)  $\sum_d s(m, d)$  が最大となるような行動  $m$  を選ぶ。

## 4 不完全情報ゲームの木表現

図1に、ブリッジに代表される不完全情報ゲームの木表現の一例を示す。葉の部分における静的評価値は、ディールごとに異なる。ディールの集合Dの要素を  $d_1, d_2, \dots, d_n$  とすれば、静的評価値は  $n$  次元のベクトルで表される。

ある節点における枝(可能な行動)を  $m_1, m_2, \dots$  とし、 $m_i$  の先の節点  $i$  における評価値を  $k_i = [k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{in}]$  としたとき、スコア関数  $f(m_i)$  を定義し、スコア関数の値によって行動を選択することができる。

スコア関数の例としては、

$$f(m_i) = \sum_{j=1}^n k_{ij} \text{prob}(d_j)$$

がよく使われる。ただし、 $\text{prob}(d_j)$  は実際のディールが  $d_j$  である確率を表す。

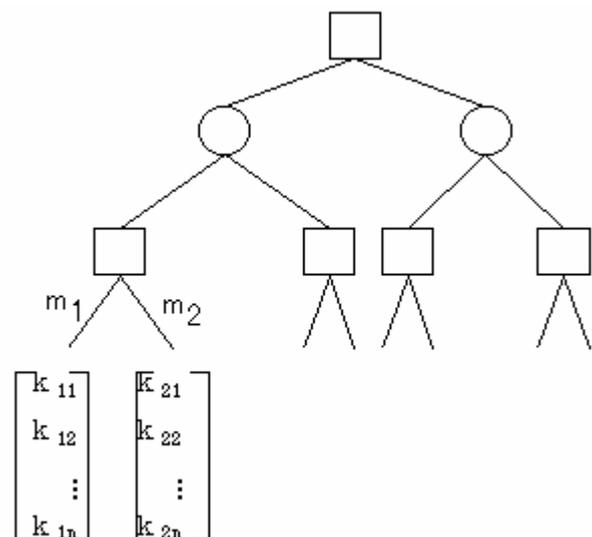


図1 不完全情報ゲームの木表現

## 5 エキスパートの知識

まず、ブリッジのプレイに関するエキスパートの知識を分類した。具体的には、ビクター・モロー、ニコ・ガードナー著「カードプレイテクニック(幸運を呼ぶ技)」<sup>1)</sup>の各章のおわりにある合

Game Tree Search and Knowledge-base of a Computer  
Bridge Program

Noriyuki Kobayashi, Keiji Yamashita, Takao Uehara

Tokyo University of Technology

計 160 のまとめを分類の対象とした。そしてこれらを、モンテカルロシミュレーションを基本とするコンピュータブリッジに利用する案を示す。

#### 分類 1. 一般的なプレイの知識 (合計 96)

一般的なプレイの知識であり、モンテカルロシミュレーションにより代行したほうが、エキスパートシステムとして構成した場合よりよい結果が得られる。ただし、この知識をプレイヤーの持っているカードを推論する知識として利用し、ハンドに関する仮説を表す制約条件を生成することができる。

#### 分類 2. リードとサインに関する知識 (合計 25)

リードの約束とサインおよびその実行についての知識からなる。約束は、出されたカードからハンドを推論するための知識として組み込まれ、モンテカルロシミュレーションにおけるディール生成時の制約条件を与えるために利用できる。

リードすべきスーツの選択は、エキスパートシステムとモンテカルロシミュレーションのどちら（あるいは併用）でもよいであろう。

サインを出す理由は、プレイヤーのハンドに関する情報をそのパートナーに知らせるためである。しかし、現在主流であるダブルダミーブリッジに基づく探索法では、プレイヤー自身のハンドは見えていると仮定してカードを選択するので、決してサインを出さない。しかし、パートナーから見たプレイヤーのハンドを生成してゲーム木探索をおこなえば<sup>2)</sup>、サインを出すことができる。

#### 分類 3. 敵を惑わすための知識 (合計 15)

ダブルダミーに基づく探索法では選択不可能なプレイである。これらのディセプティブプレイを発見するためのアルゴリズムについては、著者が別途提案している<sup>2)</sup>。

#### 分類 4. 特殊な状況の想定に関する知識 (合計 13)

原理的にはモンテカルロシミュレーションのサンプルを非常に多く生成し、確率の低いディールも含めダブルダミーで評価すれば見つかるはずのプレイである。しかし、現実的には、サンプルが増えれば制限時間内に結果を出すことが困難になる。これに対処する方法を述べる。

#### 分類 5. ハンドの推論に関する知識 (合計 9)

見えないハンドに関する仮説を生成する要領と、その仮説に基づくプレイに関する経験則である。前者は知識として組み込み、プレイはその仮説に基づいて生成されたサンプルに対するモンテカ

ルロシミュレーションで発見できる。

#### 分類 6. 情報を集めるための知識 (合計 2)

Ginsberg 自身も考察しているように、ダブルダミーを基本とするアルゴリズムでは見つけられないプレイである。シングルダミーを基本とするアルゴリズムならば可能である。

#### 6 知識ベースに基づくディール生成

前節で考察したように、分類 1, 2, 3, 5, 6 はすでに解決あるいは提案がなされている。そこで、本論文では、分類 4 について次の方法を提案する。

##### [ディール追加のアルゴリズム]

通常の方法によりカード選択と評価をおこなった際、つぎのような場合には、恣意的にディールを生成し追加する。

(場合 A) サンプルとした全てのディールについてコントラクトが達成できると評価されたならば、知識ベースを参照してより悲観的なディールを生成し、これを追加して再びカード選択と評価をおこなう。

(場合 B) サンプルとした全てのディールについてコントラクトが達成できないと評価されたならば、知識ベースを参照してより楽観的なディールを生成し、これを追加して再びカード選択と評価をおこなう。

#### 7 まとめ

書籍にまとめられた知識を分類し、モンテカルロシミュレーションと融合させる方法を考察した。この結果、多くのプレイがゲーム木探索と知識ベースを融合することにより可能となるとの確信を得た。しかし、Ginsberg のダブルダミーを基本とした方法では発見不可能なプレイがあるため、処理に時間のかかる不完全情報ゲーム特有の探索を導入する必要があり、シミュレーションにもちいるサンプルが多くとれないことが問題になる。

#### 参考文献

- 1) ビクター・モロー, ニコ・ガードナー著, 難波田愈訳: カードプレイテクニック 幸運を呼ぶ技, 日本コントラクトブリッジ連盟(1998)
- 2) 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, Vol43, No.10, pp.3056-3063(2002)