

# ブリッジ練習用ソフトウェアの設計と実装

村上 隆志  
東京工科大学

小田和 友仁  
東京工科大学

劉 瑜  
東京工科大学

上原 貴夫  
東京工科大学

## 概要

ブリッジのプレイを練習するためのプログラムの設計と実装について提案する。プログラムはカードを方々に移動できるように設計した。これは正しくプレイしなければコントラクトを達成できないようにするためである。またプログラムは知識と仮想推論の機能をもったエージェントとして設計した。このエージェントをパートナーとしてディフェンスの練習ができる。さらにエージェントモデルはディセプティブプレイを教えるためにも有効である。

## Design and implementation of a Bridge teaching program

Takashi Murakami  
Tokyo University of  
Technology

Tomohito Ottawa  
Tokyo University of  
Technology

Yu Liu  
Tokyo University of  
Technology

Takao Uehara  
Tokyo University of  
Technology

## Abstract

We propose design and implementation of a program for improving your card-play in the bridge game. The program is designed to move cards on you. The idea is that if you don't play properly, you cannot make your contract. The program is also designed as an agent with knowledge and hypothetical reasoning ability. You can learn a good defense from the agent of your partner. The agent model is also useful to teach the deceptive card-play.

## 1 はじめに

コントラクトブリッジ (以下ブリッジ) は4人でプレイするカードゲームである [1][2]。コントラクトブリッジ (以下ブリッジ) は4人でプレイするカードゲームである [1][2]。向かい合った2人がペアを組み、2人対2人で対戦する。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など特有のプレイテクニックが必要となる。未知の情報をできるかぎり正確に推論するには、既知の情報をもとに論理的な思考をすることが重要である。ブリッジの解説書などを読むと実にさまざまな戦術や考え方が書いてある。しかし解説書を読むだけで上達するのは難しい。解説書を読んだ上で実際にプレイし、なぜ解説書に書いてあるようなプレイが望ましいのかを知ることが上達の近道である。解説書に練習問題があるならば、その問題をプレイするとよい。そこでブリッジの解説書に書かれている練習問題をコンピュータ上でプレイし、ブリッジを実戦形式で練習できるソフトウェアを提案する。既存するコンピュータブリッジをもちいて練習すると2つの問題が存在する。ひとつはコンピュータブリッジの強さが人間の中級者レベルに留まっているため、ブリッジ上級者の練習相手として使えない点である。もうひとつの問題は手札の配置による運で、練習者がたまたま勝利してしまうことがある点である。本研究ではこれらの問題を解決し、ブリッジ上級者も練習に使うことのできるブリッジ練習用ソフトウェアの設計と実装を目標とする。

## 2 既存のブリッジ練習用ツール

### 2.1 Auto Bridge

Auto Bridge は1950年に当時のブリッジ世界チャンピオンである Charles H Goren 氏の発案で作製され、当時は唯一のブリッジ練習用ツールであった。紙に書かれた手札を専用のボードに差し込んで練習を開始する。他プレイヤーの手番では1~13の数が書かれた小窓を順番にあけることでプレイを実現する。自分の手番では出したカードの下にある小窓を開け、書かれている数字を確

認し、トリック数と同じであれば正解、違う場合は不正解である。ボードに差し込む紙を変えることでさまざまなディールでのプレイが可能である。紙の書式が決まっているため練習問題を自作することも可能である。しかしすべてのカードを出す順番が固定されているため柔軟性に欠け、正解のカードを選択しなかった場合にどのような結果になるのか体験することができない。現在はコンピュータに移植され、インターネット上でプレイすることができる [3]。

### 2.2 Bridge Master 2000

Bridge Master 2000 とは Bridge Base Inc の作製したディクレーアの練習を目的とした商用ソフトウェアである [4]。いくつかのレベルが用意されており、段階を踏んでプレイテクニックを習得することができる。また相手方であるディフェンダの手札は固定されておらず、論理的に考えて勝てる確率の高いプレイをしなければ勝つことができないようになっている。間違えてボタンを押したなどやり直したい場合には、一つ前の手札の状態に戻すこともできる。正解が見たい場合には模範的プレイを画像と文章で説明する機能もついている。AutoBridgeのようにカードを出す順番が固定されておらず、コントラクトを達成できないと決まるまではゲームを続けることができる。しかしディールの仕様が公開されておらず、一般ユーザが例題を追加することができない。

## 3 コンピュータブリッジ

以下で述べるブリッジ練習用ソフトウェアは、著者が開発中のコンピュータブリッジのプログラムを改造することで実現したので、その概要を述べる。

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。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

しい制約条件を足していくことで他プレイヤーのハンドに対する推論を正確なものにしていく。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善手を決定している。

[カード選択アルゴリズム]

[Step1] オークションやプレイの経過を観察し、それと矛盾しないように仮想の世界で各々に手札を配る。すべてのプレイヤーに手札が配られたひとつの状態をワールドと呼ぶ。ひとつのワールドではすべてのプレイヤーの手札が見えているため、完全情報ゲームとして扱うことができ、完全情報ゲームの探索アルゴリズムを適用することができる。ワールドは複数生成し、ワールドの集合を  $D$  とする。

[Step2] 各ワールド  $d \in D$  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を完全情報ゲームとして探索し、各ワールドごとのスコア  $s(m, d)$  を計算する。

[Step3]  $\sum_d s(m, d)$  が最大となるような行動  $m$  を最善手とする。

#### 4 練習用ソフトウェア

概念的には「神様のように強いモード」と、「人間のようによく考えるモード」という2つのモードを考え、練習問題によってモードを使い分ける。通常のディクレアラのプレイの練習には4.1で説明する神様のように強いモードをもちい、ディフェンスやディセプティブプレイ練習には4.2で説明する人間のように思考するモードをもちい。2つのモードは問題作成者が練習問題によって使い分けるが、練習者にはどちらのモードかは公開しない。オークションは練習せずに経過を表示し、練習はプレイのみをおこなう。また練習問題の組み込み方を公開し、自由に問題を作成できるようにする。

##### 4.1 神様のように強いモード

主にディクレアラのプレイの練習に用いるモードで、正しくプレイしなければコントラクトを達成できないようにするのが設計の目標である。神様のように強いモードは以下に示す3つの機能を実装することで実現する。

- **ダブルダミープレイ**

通常のブリッジのプレイでは自分とダミーの手札しか見ることができない。ダブルダミープレイとはすべてのプレイヤーの手札を見ながらプレイすることをいう。コンピュータブリッジはダブルダミープレイをすることで、完全情報ゲームとしてゲーム木探索をおこなう。練習者は通常のブリッジでプレイし、コンピュータはダブルダミープレイをすることで、人間の上級者相手でも正しいプレイ（ディフェンス）ができる。

- **カードの移動**

正しくプレイしなければコントラクトを達成できないようにするためには、コンピュータ側（ディフェンス）は机の下でカードを移動できるように設計する必要がある。これは練習者のハンドとダミーのハンドは固定し、練習者から見えないハンドは複数種類持てるようにすれば実装できる。複数種類のハンドの中から練習者にとって一番都合の悪いカードを

選択するアルゴリズムをもちい、正しくないプレイをとがめるためのディールを十分用意すれば設計の目標を達成できる。プレイの経過とともに制約条件が追加されていくため、制約条件に矛盾するハンドは削除する。ひとつのディールのみでプレイしたときに偶然カード配置が練習者にとって都合のいい場合に対処できない問題を、複数のディールを持つことで解決する。

- **仮想ディール**

練習者が考慮すべきディールは問題作成者がいくつか用意する。ただし練習者が勝つことを不可能にしては、練習としての意味がなくなる。そこで本論文では考慮すべきディールのうち練習で実際に起こるとするものを実ディールとよび、起こらないとするものを仮想ディールとよぶ。仮想ディールはコンピュータが実ディールにおいて負けを確認した後に、練習者がまちがえる可能性を残すために有効である。

[アルゴリズム]

[Step1] 問題作成者の与えたディールの集合  $D_0$  から、それまでのビッドおよびプレイと矛盾しないすべてのディールの集合  $D$  をつくる。  $D$  に含まれる実ディール、仮想ディールをそれぞれ  $D_r, D_v$  とする。

[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てスコア  $s(m, d)$  を計算する。ただし  $M_r$  は  $D_r$  に属する実ディールのいずれかにおける行動をすべて集めた集合である（ $D_v$  の場合にのみとる行動は候補にしない）。

[Step3]  $\sum_d s(m, d)/n$  が最大となるような行動  $m$  を選ぶ。ただし  $n$  は  $s(m, d)$  の個数である。

図1(a)はディクレアラである練習者から見たプレイ画面のイメージである。図1(b)は神様のように強いモードが持っている複数のディールである。これらのディールから練習者にとってもっとも都合の悪いカードを選択する。つぎのようにプレイが経過したとする。

1 トリック目

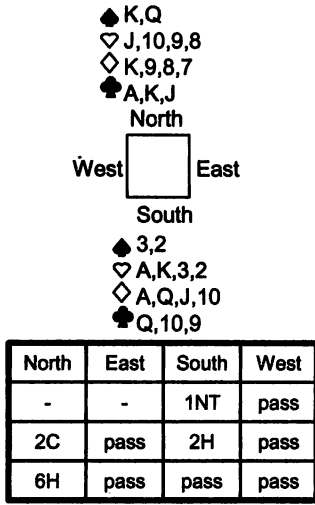
W:♠J → N:♠Q → E:♠A → S:♠2

2 トリック目

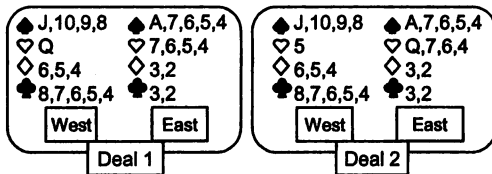
E:♣4 → S:♣3 → W:♣8 → N:♣K

このあと練習者である South はどのようにプレイすべきか。すでに1トリック目をディフェンダに取られているので、残りのトリックをすべて取らなければコントラクトを達成できない。練習者にとって取られる恐れのあるカードは♥Qのみである。Eastに♥Qがあればフィネスをすることができる。3トリック目で練習者がフィネスをした場合、コンピュータはDeal1を選択しEastから♥Qを出すので、コントラクトは達成できない。練習者3トリック目では♥Aを出した場合（これが正解）、コンピュータはDeal2を選択し、♥5を出す。その後のカード選択では、プレイの経過と矛盾するDeal1は削除される。Deal1が削除させた後ならば練習者がEastの♥Qをフィネスするとコントラクトが達成できる。これにより練習者はAceを先に取って、Queenが1枚ではないことを確認してからフィネスをする手順を学ぶことができる。

[例題 1]



(a) 練習者から見た世界



(b) 問題作成者の与えた実ディール

図 1 神様のように強いモード

4.2 人間のように思考するモード

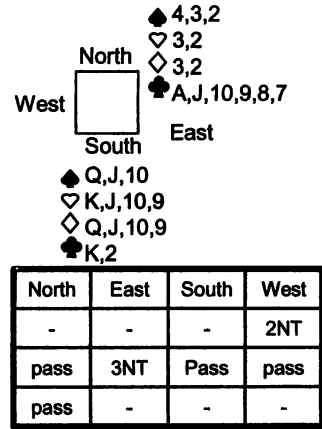
人間のように思考するモードとは、神様のように強いモードを改良し、ディセプティブプレイやディフェンスの練習に使えるようにしたものである。神様のように強いモードにはひとつ問題がある。ダブルダミープレイをすると強くなるのだが、すべての手札を見てしまっているためディセプティブプレイに騙されなくなってしまう。これは強いコンピュータブリッジを作るという観点ならば利点と考えることもできるが、練習用ソフトウェアという観点ではディセプティブプレイの練習ができないということになってしまう。またディフェンスの練習をするときにも、シグナルを出さなくてもパートナーであるコンピュータは練習者のハンドを知っているので、パートナーシップの練習にならないという問題がある。そこで神様のように強いモードに人間の持つ経験則を知識ベースとして実装し、人間のように思考するモードを作製する。人間のように思考するモードは神様のように強いモードと同じように複数のディールを持ち、生成した制約条件に矛盾したディールを捨てる。コンピュータにディセプティブプレイで騙された場合のディールを用意し、エージェントの知識ベースに騙されるための経験則を組み込む(すでに組み込まれているものもある)。練習者の正しいディセプティブプレイを観察した場合、経験則による推論の結果として生成した制約条件により、騙されな

い場合のディールを削除する。

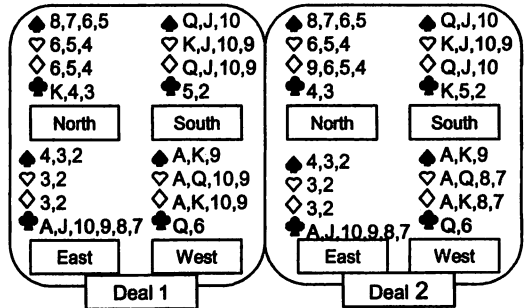
● 経験則

プレイに関する経験則は、たとえば「損をするプレイはしない」といったものである。具体的には「4人目のディクレアラがAceで勝ったとき、ディフェンスにKingがあれば、ディクレアラはQueenももっていない」などの知識であり、必ずしも正しくはないが相手方のハンドを推測するのに役立つ知識である。

[例題 2]



(a) 練習者から見た世界



(b) 問題作成者の与えた実ディール

図 2 人間のように思考するモード

図 2(a) はディフェンダである練習者から見たプレイ画面のイメージである。図 2(b) は人間のように思考するモードに与えたディールである。人間のように思考するモードは間違った推論をするモデルとして使うため、ディフェンダの手札を間違った推論として保持している。つぎのようにプレイが経過したとする。

1 トリック目

N:♠5 → E:♠2 → S:♠10 → W:♠A

2 トリック目

W:♣Q → N:♣3 → E:♣7

このあと練習者である South が出すカードを考えてみる。West が 2NT オープンをしていることから West は強い

カードの多いバランスハンドであることがわかる。またダミーである East には ♣ が 6 枚あり、♣ 以外は強くないことが見えている。そこで練習者は ♣K をどのタイミングで使うかが問題になる。2トリック目で ♣K を出すと、3トリック目以降すべての ♣ を取られてしまう。しかし 2トリック目で ♣2 を出すと、2トリック目で ♣Q で勝つ様子を観察した East は、3トリック目で ♣J を出して勝とうとする場合がある。練習者が 2 回目に ♣K で勝つと East にリード権が移るチャンスをなくすことができるため、East が C で勝つのを阻止することができる。よって 2トリック目では ♣2 を出すのが正解である。Deal1 と Deal2 を問題作成時に用意すれば、Deal1 かもしれないと考えたコンピュータは ♣Q を出し、最初に ♣2 を選んだ練習者を喜ばせることができる。

### 5 仮想ディールの役割

一般に完全情報ゲームではゲーム木探索の深度を大きくすることで強化ができるが、すべての枝で勝てないという判断がでたときに問題がある。この問題は自分も相手も最善をつくすというアルゴリズムで深く探索をおこなうと発生する。しかし練習者は人間であるため間違える可能性がある。そのためコンピュータは勝てないという判断を下さず最後まで最善手を探索するほうがよい。そこで練習用ソフトウェアに仮想のディールを探索させるという手法をもちいる。コンピュータが確実に勝つことのできる仮想のディールを探索させることで、最後まで最善手を探索させる。図 3(a) はディクレアラである練習者から見た世界である。図 3(b) は練習用ソフトウェアが持つ複数の実ディールである。図 3(c) は最後まで探索を続けるためにあたえる仮想ディールである。仮想のディールは必ずコンピュータが勝つようにカードが配られており、確率が低いカード配置になっているので練習には使えない。仮想のディールは探索にのみ使い、実際にカードを出すときには使わない。

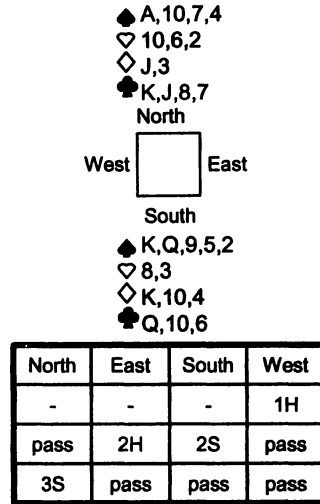
#### 5.1 おわりに

神様のように強いモードはコンソール上の CUI ベースでは実装した。今後は実用化に向けて GUI 化をする必要がある。また GUI 化することでさまざまなディールについてのテストがやりやすくなるだろう。人間のように思考するモードは人間の経験則を 30 個まで実装したが、まだ騙されるモデルとして不完全である。練習問題の作成や経験則の個数を増やす必要がある。

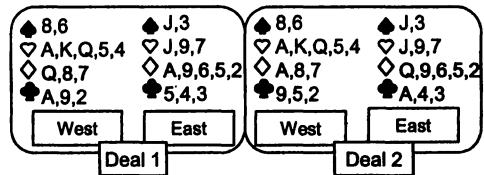
#### 参考文献

- [1] 黒川 晶夫 著「ブリッジ上達法」有紀書房, 1989
- [2] かずちゃんのブリッジって何? <http://homepage1.nifty.com/appuri/html/bridge/index.html>
- [3] AutoBridge <http://home.online.no/~elhoeyte/>
- [4] Bridge Base Inc. <http://www.bridgebase.com/index.html>
- [5] The ECLiPSe Constraint Logic Programming System <http://www.icparc.ic.ac.uk/eclipse/>

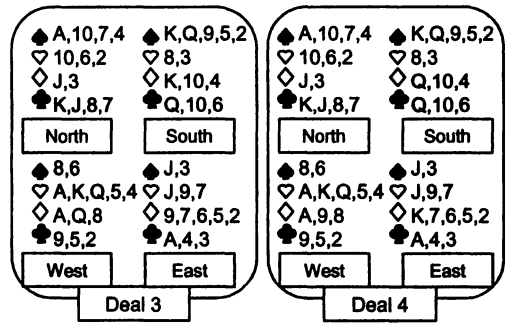
[例題 3]



(a) 練習者から見た世界



(b) 問題作成者が与えた実ディール



(c) 仮想のディール

図 3 仮想ディールの役割