

# カードゲームのプレイにおける 熟達者の方略の分析

山川 宣大 小堀 聡

龍谷大学大学院理工学研究科電子情報学専攻

## 1. はじめに

学習についての研究を行うには、人間の脳における情報処理過程の解明や、コンピュータでのシミュレーションによるモデルの妥当性の検証が必要である。そこで、本研究では複雑な思考を要する'Calculation'というカードゲームを題材にして、人間の情報処理過程について検討することを目的としている。Calculationを取り上げた理由は、解法自体が確立されていないこと、成功率が学習によって大きく改善されるということにあり、人間の学習過程を解析するのに適当な問題であるといえるからである。

Calculationというゲーム<sup>1)</sup>は、トランプを用いて行う一人遊びである。よく切った手札を順番にめくり、ある規則の通りに台に札を並べるが、その際に作業領域として場を使うことができる。場をうまく使いながら、手札をすべて台に並べることができれば、成功である。このゲームは、初心者のうちほとんど成功しないが、プレイを重ねるうちに成功率も上がり、熟達者にもなれば95%以上になるといわれている。つまり、成功させるためには何か重要なキーポイントがあり、人間はそれを経験から獲得すると予想される。

Calculationに関してのこれまでの研究では、人工知能的な研究として、ゲームをプレイするプログラムがいくつか開発されたが、95%以上という人間の熟達者の成功率を超えるものはまだなく、成功率の比較的高いものも人間の方略を完全にまねしたものとは異なるようである。

このようにCalculationはとても興味深いゲームであるので、認知科学、人工知能、ヒューマンインタフェースという3つの視点からの研究が可能であると考えられる。本論文は、特に熟達者のプレイに着目し、分析した結果についての報告である。

## 2. 研究の視点

人間のゲームのプレイについて、認知科学的に分析したものとしては、囲碁や将棋などの例があ

る。特に、囲碁に関しては、プレイするプログラムを強くするために、人間の方略についての分析が進められている<sup>2)</sup>。また、将棋に関しても、専門家の思考法の分析をもとにした探索方式が提案されている<sup>3)</sup>。

しかし、認知科学的な研究の題材としてのCalculationの特徴を考えれば、いくつかの点で将棋や囲碁の場合とは異なった研究となる可能性が指摘できる。特に、熟達者の場合、このゲームの成功率は約95%にも達するというが、それはどのような方略によって達成できるのか、とても興味深い。成功率が高いということは、さまざまな手札の出方に（確率的に低い出方であっても）対応できる方略を用いていると思われる。その方略を明らかにすることが本研究の目的である。

## 3. これまでの研究

Calculationに関してのこれまでの研究は、まず主に「エラー」と「チャンク」という観点から学習過程を解析した。その結果、チャンクと成功率の関係が、チャンクの数が増えると成功率は上昇しチャンクの数が減ると成功率は下降する、という結果が得られた。つまり、チャンクを有効に利用することによりエラーを減少させ、成功率を上げることができるといえる。しかし、チャンクをどのように構成すれば有効なのか、十分な検討はできていない。

次に、熟達者のプレイについて、Calculationの熟達者（成功率が90%以上）と考えられる被験者1名の10回のプレイをビデオに収録するとともに、計算機に札の操作データを記録し、プレイ自体の記録だけでなく、発話データや実験後のインタビューなどをもとにして解析した。しかし、発話データや操作データでは表現されていない熟達者の方略を明らかにできていない。

また、安全度を用いて、習熟度の評価方法を検討した。安全度とは、プレイヤーが場札の列にカードを置く場合、その操作がその時の状況の中でどれほど適切であるかを0~100の数値で評価する方法である。初心者と熟達者の安全度を求めたところ、熟達者の安全度の方がやや高かった。しかし、特に明確な差がでなかった。これは札を場に置いたときの評価で、場から台へ札を移動させることを考慮していないためと思われる。

Analysis of Strategies of Expert in Playing of  
Card Game

Nobuhiro Yamakawa, Satoshi Kobori

Graduate School of Science and Technology,  
Ryukoku University

Seta, Otsu 520-21, Japan

#### 4. 熟達者の方略

これまでの研究の結果、発話データと操作データから、熟達者はかなり柔軟な方略を用いていることが分かった。つまり、論理的な思考と直観的な判断とをうまく組み合わせて、状況に応じてプレイしていることが明らかになった。

しかし、「柔軟な方略」が具体的にどのようなものか、熟達者自身に語らせることは困難であるし、非熟達者が分析し表現することも難しい。

そこで、プレイの再現と動画の再生を同期させたシステムを用いて、熟達者の手の動きや発話からどのような方略を立てているのかを解析した。

##### a) 「予定」からみた方略の特徴

まず、手札を場に置く際に、将来どの台の列に使用するかの「予定」が、実際にどれだけ実現されているかに着目した。以下に特徴をまとめた。

- ・予定どおりに置けなかった札は序盤に多く見られた。
- ・序盤に立てた予定は複数の台の列に対してであることが多い。
- ・いくつかのプレイにおいて中盤での予定が実現されていない。
- ・この場の列には置いてはいけないという予定も立てている。
- ・中盤以降、予定を確定させている。

これらの特徴から以下のことが推測される。

序盤は当然、台にでている札が少ないので予定が複数できる。しかし、中盤になると、序盤に置いた札の予定を変更することが多くなってくるので、序盤と中盤でつくったチャンク自体も変更してしまう。したがって、結果的に中盤の予定もそのとおりに実現されなかった。

##### b) 初心者との比較

Calculationに関してはまったくの初心者の大学生2名に30回のプレイを行わせ、操作データと発話データを記録した。30回のうちの最後の10回については、比較のため熟達者と同じ手札データを用いた。

最初の数回のプレイでは、初心者はチャンクを構成するという考えがなく、場を単に台に置くための一時的な退避場所としか考えておらず、したがって台に置きたいカードも置けなくなり失敗してしまう。

プレイを繰り返すうちに、チャンクの構成を考えるようになるが、1つの場の列にあるチャンクは1つの台に対してのみ予定を立てている。これに対し、熟達者は複数の台に対して予定を立てており、場札の予定の決定に柔軟性を持たせている。また、チャンクの構成を初心者は1つの場の列だけに注目するが、熟達者は複数の場の列にチャンクを構成しようとする。初心者はチャンクをつくってしまうと、そのチャンクのことだけを考えるが、

熟達者は手札の出方次第でチャンクをつくりかえることができる。

熟達者は様々なチャンクの構成パターンを考え、臨機応変に場札の予定の変更をする。初心者はチャンクの構成パターンが少ない、あるいは持っていないと思われる。

##### c) その他の特徴

熟達者のプレイにおける方略の例を以下にまとめた。

- ・手札がK(13)の時、場に空きがないときは、Kが置かれている場の列に置く。
- ・Kの場札の上にカードを置くときはなるべく台の後方にあるカードを置く。
- ・チャンクをつくっている時に、そのチャンクに関連しないカードがでてきた時でも、チャンクの一部を利用してチャンクをつくり直す。
- ・連続したカードの並びでチャンクをつくっているだけでなく、飛びが生じても複数のチャンクを構成している。
- ・すぐに台に置けるカードがでてきても、場や台の状況によっては場に置くことがある。

#### 5. おわりに

熟達者の序盤における予定は必ずしもそのとおりに実現されておらず、場の状況に応じて臨機応変に予定を変えている。したがって、序盤の札の置き方と予定の立て方が、様々な状況に対応できるように配慮されているといえる。また、熟達者の発話データの中に、「出せるときは出す。」と「出せる札があっても出さない。」場合があった。前者の場合、今、この札を出しても、後でどうにか対処できるだろうという直感的な思考をもっているのに対し、後者の場合、複雑な方略を用い、残りの札の確認と、場札を台に出すときの順序を考えながら、非常に論理的にプレイを行っていると考えられる。

上で述べたような方略の特徴の中には、今回の対象である熟達者固有の特徴で、別の熟達者とは異なる場合があると思われる。今後、より多くの熟達者のプレイについて解析する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 石畑 清：カルキュレーションのアルゴリズム, Computer Today 1993/9 No.57, pp.40~44 (1993).
- 2) 吉川, 斉藤：囲碁における盤面状況の認知, 情処学会人工知能研資, SIGAI, No.91-6 (1993).
- 3) 飯田, 小谷：エキスパートの思考をモデルとしたゲーム木探索の方式, 情処論, Vol.33, No.11, pp.1296~1305 (1992).