

## カードゲーム「ユーコン」の成功可能性

新谷 敏朗†

福山大学†

## 1. まえがき

「ユーコン」はトランプの一人遊びのなかでも特によく知られたもののひとつである「クロンダイク」の変形である。山札がなく、表向きのカードが多いので、「クロンダイク」より読みが必要になるといわれている。[1]ここでは、「ユーコン」の成功可能性を計算機実験により求めた。また、人間がプレイする場合の指針についても述べた。

## 2. ルール

以下の通りである。[1][2]なお、スートを H, D, S, C と略記し, Ace, Jack, Queen, King をそれぞれ A, J, Q, K, 10 は 0 と表記する。H と D が赤色で, S と C が黒色である。トランプ 1 組 52 枚のカードをシャッフルして,

- (1) 28 枚のカードで長さが 1 から 7 までの裏向き列をつくる。次に各々の列の天のカードのみ表向きにする。
- (2) 残りの 24 枚を 4 枚ずつ, すべて表向きにして, 長さが 2 から 7 までの列の天のカードの上におく。それらの列では 5 枚が表向きになる。
- (3) ある場の列で表向きのカード Y が, 別の列の天のカード X と色違いで数字が 1 だけ小さいとき, Y から始まる 1 枚以上の表向きのカード列をひとまとめにして, X の上に移動できる。
- (4) ある列のカードがすべてなくなれば, その列に K から始まる表向きのカード列を移動できる。
- (5) 移動して表向きのカードがなくなった場合は, その列の天のカード 1 枚を表向きにする。
- (6) 台札の席に, A から始まる同じスートの数上り列を構成するように天のカードを 1 枚ずつ移動できる。

4 つの台すべてが K までの数上がり列になれば, 「成功」である。「成功」していない状態で, 移動可能なカードがなければ, 「失敗」である。なお, カードがすべてなくなった列を「空列」と呼ぶ。

初期局面の例を図 1 に示す。

```
tp: 0, 0, 0, 0, n=0
Stack: 52
0, 0, 1: ,SQ
1, 1, 6: C8, D9DKC4S2C6
2, 2, 7: D5C3, H8D4H3S5S8
3, 3, 8: CKHKHJ, H9C9D8SJD2
4, 4, 9: H2D7DQD3, SOS7HQC0D0
5, 5, 10: H5CQH7C7HA, CJDJSKH4SA
6, 6, 11: S4CAH6S9S3D6, DAC2S6C5HO
```

図 1 初期局面の例

図 1 で, **tp** は台札の席に移動したカード数で, **n** はそれらの総数であり, 初期局面ではすべて 0 (左から C, D, H, S の順) である。**Stack** が場を表し, 各列の左端から, 列番号, 裏向きのカード数, 列全体のカード数としている。各列で “,” の左側が裏向き, 右側が表向きのカードを表す。

## 3. アルゴリズム

裏向きのカードが存在するのでこのゲームは完全情報ではない。しかし, ここでは成功可能性を求めることが目的なので, すべて表向きになっているとして計算することにする。すると, 筆者がこれまでに研究してきたトランプの一人遊びに関するゲーム木の探索アルゴリズムを適用できる。文献[3]のプログラムで, 子局面を生成する部分と, 重複局面をチェックするパトリシアでの局面に対応する整数値を計算する部分を「ユーコン」のルールにあわせて修正すればよい。あるカードが複数の列に移動できたり, 空列が複数存在する場合に K から始まる表向きのカード列を移動する空列を自由に選べたりするので, 同じ局面が繰り返し生成されて探索が終了しない現象を避けるために重複局面のチェックは必要である。

## 4. 計算結果

計算は, 主に CPU が Dual Opteron 6128, メモリが 256GB のマシンで行った。疑似乱数系列により生成した 1000 個の初期局面に対して, 成功局面に至ったもの: 786, すべての局面を探索

Possibility of Success in the Card Game “Yukon”

† Toshio SHINTANI, Fukuyama University

して成功局面に至らなかったもの：70, 1億個の局面を生成したが成功局面に至らずに探索を中止したものが144であった。探索を中止した局面のうちにも成功に至るものがある可能性を考慮すると、「ユーコン」の成功可能性は8割弱程度であると推測できる。図1の初期局面から成功確定に至った局面を図2に示す。

```
tp: 1, 2, 2, 1, n=6
Stack: 46
0, -1, 11: SKHQSJH0S9H8S7H6C5D4C3
1, -1, 12: HKCQHJC0D9C8D7S6D5C4H3S2
2, -1, 9: DKSQDJSOH9S8H7C6H5
3, 0, 11: ,CKDQCJDOC9D8C7D6S5H4S3
4, -1, 0:
5, -1, 0:
6, 0, 3: ,S4D3C2
58 moves, 201 states searched.
```

図2 探索が成功した例

図2では、カードは残っている列はあるが、すべて数字について単調減少列となっている。したがって、天のカードのうち少なくとも1枚は台に移動できる。(この例では、C2とS2)この操作を続けることにより、場のカードをすべて台に移動できることは明らかである。それで、この時点で探索を止めている。

図1から図2に至る手順を図3に示す。図3では、スタック*i*の第*j*番以降の表向きカードをスタック*k*に移動することを*Si.jSk*と表している。(ただし、*j*も0から始まる)また、*Ti*が台*i*に移動することを表す。初期局面に向かってさかのぼるので逆順になっており、S5.09T3(SAを台3に移動する)が初手で、第58手のS1.12S2で成功確定である。

```
S1.12S2<-S6.03S1<-S5.00S6<-S5.01S1<-S4.00T2<-
S4.01S5<-S4.02S3<-S3.01S1<-S3.02S5<-S5.02S2<-
S5.03S4<-S4.07S0<-S0.02S4<-S4.03S6<-S1.00S0<-
S6.01T0<-S6.02S1<-S1.11S5<-S0.00S1<-S5.04T2<-
S5.05S0<-S1.00S3<-S3.05S2<-S0.02S3<-S3.03S0<-
S2.00S0<-S0.00S2<-S0.02S2<-S2.00S4<-S4.06S6<-
S6.03S5<-S0.07S2<-S2.01S4<-S2.02S6<-S6.04S2<-
S6.05S2<-S1.01S0<-S0.05S3<-S3.04S2<-S2.03S4<-
S4.07S5<-S4.08S5<-S2.04S1<-S1.04S2<-S2.05S6<-
S4.11T1<-S6.06T1<-S6.07S4<-S4.04S3<-S3.03S0<-
S0.05S5<-S4.06S0<-S0.03S2<-S5.06S0<-S4.09S6<-
S2.06S3<-S3.04S4<-S5.09T3
```

図3 成功確定までのカード移動

図2の局面では空列が2個できている。「成功する」ためには、「空列ができる」ことが必要なので、カード移動の過程で生じる空列の数と成功・失敗の間には何らかの関係があることが予想される。[4]そこで、成功・失敗それぞれの場合に探索の過程で生じた空列数の最大値の

個数を調べると、図4が得られた。

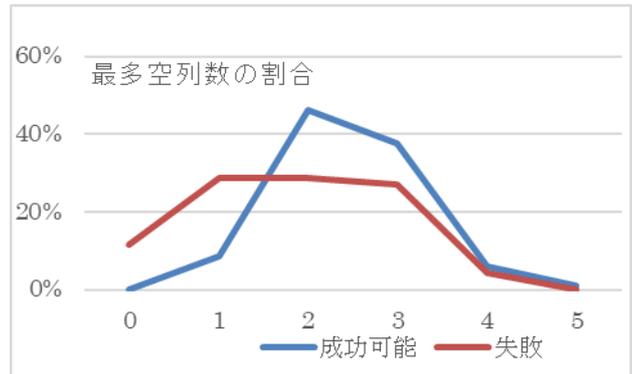


図4 探索過程で生じる空列数の比較

図4で横軸は最多空列数である。成功確定で探索を止めており、最多空列数6の場合もなかった。図4を見ると失敗に終わる場合のほうが生じる空列数が少ないことは読み取れる。しかし「ユーコン」においては、成功可能な初期局面と成功不可能な初期局面からそれぞれ始まる探索過程で生じる空列数に明確な差があるとまでは言い切れないと思われる。

## 5. あとがき

本報告では、本来のルールでは不完全情報ゲームである「ユーコン」を完全情報ゲームとして扱って解析した結果、成功可能性が80%弱程度であることを明らかにした。また、ゲーム木を探索する過程で生じる空列の個数を、成功可能性がある場合とない場合とで比較した。

「ユーコン」と同じく「列の完成を目標とする」ソリティアである「籠城」とその変種では、成功する可能性がない場合には空列がほとんどできないのであるが、「ユーコン」では、成功可能性がない場合でもある程度空列ができるという結果が得られた。したがって、人間がプレイする際に、空列を作ることが特に重要であるとは言えない。しかし、空列を作ったほうが成功しやすいということは明らかであるとも考えられる。今後、空列の個数と成功可能性の関係や、空列数のほかに成功可能性と相関関係があるゲームの性質についてさらに検討を進めたい。

## 参考文献

- [1] 野崎, トランプひとり遊び 88選, 朝日選書(1990)
- [2] Morehead & Mott-Smith, The Complete Book of Solitaire and Patience Games, Bantam (1966)
- [3] 新谷, 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol.99, No.14, pp.84-91 (1999)
- [4] 新谷, 情報処理学会第77回全国大会, 6A-01(2015)