

山からカードを3枚ずつ引く「クロンダイク」の成功可能性

新谷 敏朗†

福山大学†

1. まえがき

「クロンダイク」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。山札のめくり方に関する規則にいくつかの変形版がある。今回は、一昨年[1]、昨年 [2]とは異なり、山札を一度に3枚ずつめくるルールバージョンを取り上げる。そして「くずさらい」の回数を無制限とした場合と2回に制限した場合について、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。[3][4] 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。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して、場を構成する。
- (2) 残りの24枚を山として裏向きにおく。
- (3) 場では赤黒交互の数下がり列を作るように、場の天のカードから始まる1枚以上の数下がり列をまとめて別の列の天の札の上に移動できる。移動した後は、天のカードを表向きにする。ある列のカードがすべてなくなれば、その列にKから始まる数下がり列を移動できる。
- (4) 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カードを1枚ずつ移動できる。
- (5) 山のカードは3枚ずつ表向きにして、くず札の席に移動する。くず札の席はスタックであり、トップのカードは(3)と(4)のルールに従って移動できる。
- (6) くずさらいの操作は、山札が2枚以下になった時点で、くず札を山札の下に戻す。回数については、文献[3]では無制限に許すとし、文献

[4]では2回のみ許してもよいし、無制限に許してもよいとしている。

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」であるが、場のカードの移動ができなくても、くずさらいを行った新たな山札を使ってプレイを続ける。くずさらいを2回行っても成功状態に至らない、あるいは何回行っても成功状態に至らず、かつ新しい状態が生じなければ「失敗」と判断する。Windows10にも「クロンダイク」は付属しているが、山札が2枚以下になった際のくずさらいの操作が本来のルールと異なっている。なお、ルールの(3)にある「1枚以上のカードからなる数下がり列」を「連」と呼び、カードがすべてなくなった列を「空列」と呼ぶ。

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[5]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クロンダイクのルールにあわせて修正すればよい。ひとつの連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から始まる連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る堂々巡りを避けるために重複局面のチェックは必要である。山のカードはくず札の席と同じくスタックとして扱うがプッシュはなくポップのみ可能である。また、くずさらいの際に、くず席のスタックを逆順にして山札のスタックに移動する。その際、2枚あるいは1枚山札が残っていた場合は、それらのカードは山札のスタックのトップに移動する。Windows10の「クロンダイク」では残ったカードはスタックの底に留まるようになっている。

Possibility of Success in “Klondike” with Three Cards Turning Up from Stock at Once

†Toshio SHINTANI, Fukuyama University

4. 計算結果

計算は、主に CPU が Core i7-6800K、メモリが 128GB 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、くずさり無制限とした場合では、成功局面に至ったもの：822、すべての局面を探索して成功局面に至らなかったもの：178 であった。また、くずさりの回数を 2 回に制限した場合は、成功局面に至ったもの：425、すべての局面を探索して成功局面に至らなかったもの：575 であった。成功可能性が 822/1000 という値は文献[3]にある「それでも成功率は、あまりよくありません」と違ってかなり高い。成功した例のひとつを図 1 に示す。

```
Datafile is ../.././dat/7cols/k00198.dat
No.1, level=0, Redeal=0
cell: (山)
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F1011121314151617
SOCJCS3S8H7HJD2COSADKH6HAHKDACQSQDJD4HOSJC2H3H5
wastepile: (くず席, 空)
tp: 0, 0, 0, 0, n=0, (台) cp=24, wp=0
Stack: 28(場)
0,0, 1: ,C9-----
1,1, 2: D5,C8-----
2,2, 3: H8D3,C7-----
3,3, 4: H4D6D8,D9-----
4,4, 5: S5H2D7HQ,CA-----
5,5, 6: H9C3C4SKDQ,DO-----
6,6, 7: S4S6C6S7S2S9,CK-----
a) 初期局面
```

```
Success! level=85, id=164852421, Redeal=5
cell:
0
S3
wastepile: (空)
tp: 6, 5, 7, 2, n=20, cp=1, wp=0
Stack: 31
0,-1, 8: HKCQHJSOD9C8D7S6-----
1,-1, 0: -----
2,-1, 6: DKSQDJCOH9S8-----
3,-1, 9: SKHQCJDOC9D8C7D6S5-----
4,-1, 7: CKDQJSJHOS9H8S7-----
5,-1, 0: -----
6, 0, 1: ,S4-----
85 moves, 164852421 states searched.
```

b) 成功が確定した局面
図 1 探索が成功した例

図 1 では、cell が山を、Stack が場を、tp が台(C,D,H,S の順)を表す。また、cp と wp はそれぞれ山札とくず席のスタックポイントである。各行の「,」の左側が本来裏向きの、右側が表向きのカードを表す。Stack の左端の数値は、左

から順に Stack 番号、本来裏向きのカード数(-1 も裏向きカードがなくなったことを表す)、その行のカード総数を表す。

図 2 では、カードの移動を X_iY_j と表しており、X と Y は、S: 場, C: 山, R: くずさり, W: くず席, T: 台を、i,j は X と Y の内部位置を表す。(R については回数と山札の枚数)初期局面に向かってさかのぼるので逆順になっており、S04T00 (場の第 5 行の天のカード CA を台 0 に移動する)が初手で、第 85 手の S06S00 (場の第 6 行の天のカード S6 を場の第 0 行の天のカード D7 に積む)で成功確定である。

```
S06S00<-S06T00<-S06S04<-S06T03<-S06S04<-W00S04<-
S02T02<-W01T02<-W02T03<-C01W02<-R05C04<-W03T00<-
W04T02<-S03T02<-W05T02<-S01T01<-S01T00<-S03T00<-
W06T00<-W07S04<-C01W07<-C04W04<-S05S02<-W02S02<-
C07W02<-R04C0A<-W09T01<-W0AS02<-W0BS02<-C01W0B<-
C04W08<-C07W05<-C0AW02<-R03C0D<-W0BS02<-C02W0B<-
C05W08<-C08W05<-C0BW02<-R02C0E<-S01T01<-W0CT01<-
W0DS05<-W0ES05<-C02W0E<-C05W0B<-C08W08<-C0BW05<-
C0EW02<-R01C11<-S02S06<-S06S04<-S05S03<-S05S01<-
S02S05<-S05S03<-S04S05<-S03S04<-S04T02<-S04S00<-
S04S05<-S05S06<-S05S04<-W11S04<-S03S05<-S03S05<-
S02S03<-S03S00<-W12S00<-C00W12<-C03W0F<-W0DS00<-
C06W0D<-C09W0A<-W08S00<-W09T01<-W0AS00<-W0BT02<-
C0CW0B<-C0FW08<-C12W05<-C15W02<-S01S03<-S00S05<-
S04T00
```

図 2 成功確定までのカード移動

図 1,b)に Redeal=5、図 2 の第 2 行に R05C04 とあるように、くずさりを 5 回行っている。

5. あとがき

本報告では、山のカードを 3 枚ずつめくり、くずさりを無制限に許すというルールで「クロンダイク」をプレイした場合の成功可能性が 80%以上であり、くずさり 2 回の場合は 40%以上であることを示した。しかし、これはすべての可能性を考慮した理論的な上界である。人間がプレイする際は、プレイに工夫の余地がより多く生じるように、山札が一巡する間に 3 の倍数でない枚数を山札から台または場に移動して、山札をすべて活用できるようにすることがゲームの成功につながる方策であると思われる。

参考文献

- [1] 新谷, 第 80 回情報処理学会全国大会, 2B-06
- [2] 新谷, 第 81 回情報処理学会全国大会, 1E-01
- [3] 野崎, トランプひとり遊び 88 選, 朝日選書(1990)
- [4] Morehead & Mott-Smith, The Complete Book of Solitaire and Patience Games, Bantam(1966)
- [5] 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)