

カードゲーム「アコーディオン」の 力まかせ法による解に関する考察

新谷 敏朗*

Consideration on Brute-force Solution of the Card Game “Accordion”

Toshio SHINTANI*

ABSTRACT

“Accordion” is a solitaire played with one deck. The game starts with a row of 52 cards. All cards are dealt with face up. A card may be moved upon its left-hand neighbor or upon the card third to its left, if the two cards concerned are of same suit or rank. The theoretical rate of success is nearly 100%, but it is very difficult for human player to solve the game. In this paper, I made some consideration about the property of the game. Then I used the simple brute-force method to solve the game. By using a program to play games with the brute-force method on PC, I confirmed that the chance of Success is only 18 in 10000 tries which means that you should better look ahead if you want to win the game.

キーワード: トランプ, ひとり遊び, アコーディオン, 力まかせ, 完全情報

Key words: Card game, Solitaire, Accordion, Brute-force, Complete Information

1. まえがき

「アコーディオン」は完全情報ゲームのクラスに属するトランプの一人遊びゲームのひとつである。トランプ一組 52 枚のカードをよくシャッフルして、すべて表向きに 1 列に並べる。これが初期状態である。このゲームは人間がプレイした場合、成功することが非常に難しいとされている。[1] また文献[2]では、「成功率は極端に低くもないように思えます。根気のよいパズリストに向いているゲームといえるでしょうか。」とされているが、難易度については、「成功率は 10 回に 1 回かそれ以下の難易度 C」よりもさらに難しい「特 C」に分類されている。しかし筆者の計算機実験[3]によると、ほぼ 100% 成功するという結果も得ているので、コンピューターに

とっては、それほど難しくはないが、「人間にとっては難しい」という挑戦し甲斐があるゲームであると考えられる。ここでは、人間がプレイする場合を想定して、可能な着手を単純に実行していく、いわば「力まかせ」の解き方でプレイした場合の成功率を、C++プログラムによる計算機実験によって求めた。その結果を文献[1]や[2]に記載されている難易度と比較し、人間がプレイする際により成功しやすくなるための考察を行う。

2. ルールと簡単な性質

以下ではトランプのスイートを H,D,S,C と表し、ランク(数値)を A, 2, 3, …, 9, 0, J, Q, K と表記する。ただし、10 は桁数を 1 に揃えたほうが状態や計算結果を表示する際に見やすいので、0 と表記している。

*情報工学科

2.1 ルール

アコーディオンのルールは以下のとおりである。
 スートが同じであるか、数字が同じである 2 枚のカードを「合う」カード(match)と呼ぶ。

- (1) 1 組 52 枚のカードをシャッフルして、すべて表向きにして 1 列に並べる。
- (2) あるカード X が、左隣りのカード、あるいは 2 枚おいて左のカード Y と「合う」ときは、Y を捨てることができる。捨てたカード Y の場所には X を置き、X があった場所より右にあったカードをすべて左に移動して詰める。
- (3) 操作(2)を続けて、1 枚だけ残った状態になれば、「成功」である。「成功」でない状態で「合う」カードが全くなければ、「失敗」である。

操作(1)では、シャッフルしたカードを手札として、任意の枚数ごとに表向けていってもよい。「アコーディオン」という名称は、表向きにするカード数の任意性による。つまり、並べたカードの枚数がゲームの進行過程で「(アコーディオンのように) 伸び縮みする」ことに由来する。初期状態として、52 枚のうち一部のみ表向きにしてプレイする場合は、完全情報ゲームではなくなる。ここでは、最初からすべてのカードを表向きにした完全情報ゲームとして扱う。

S7 S4 S0 D3 S3 C9 S9 SA CQ H3 SJ DA C3
 H7 CK C4 C0 D7 H4 H5 H9 S6 D9 DJ D6 H2
 CJ S8 H0 C7 HQ C2 SQ C8 D2 DQ D4 C6 HJ
 D0 S2 H8 DK HK SK H6 S5 D8 HA CA D5 C5

図 1 初期状態の例

Fig.1 Example of the initial states

本来は 1 列に並べるが、図 1 では、13 枚ずつ 4 列にした。この例であれば、S7 と S4 は隣り合っていて、スートがどちらもスペードなので、D3 と S3 はランクがどちらも 3 なので、それぞれ、「合う」カードである。また、S3 C9 S9 SA という並びの S3 と SA は 2 枚置いて「合う」カードなので、SA を S3 の場所に移動し、S3 は捨てて、SA があった場所は CQ から右をすべて左に詰めて、

... S9 SA C9 S9 CQ H3 ...

とすることができる。

CA D2 H3 S4 C5 D6 H7 S8 C9 D0 HJ SQ CK
 DA H2 S3 C4 D5 H6 S7 C8 D9 H0 SJ CQ DK
 HA S2 C3 D4 H5 S6 C7 D8 H9 S0 CJ DQ HK
 SA C2 D3 H4 S5 C6 D7 H8 S9 C0 DJ HQ SK

図 2 成功不可能な初期状態の例

Fig.2 Example of the initial state unable to succeed

図 2 も 4 列に表示しているが、本来は 1 列の並びである。この例では、スートは、C, D, H, S を繰り返し、ランクは、A, 2, 3, ..., J, Q, K を繰り返した並びになっているので、「合う」カードが存在しないことは明らかである。このように成功不可能な初期状態があるので、アコーディオンの成功率は 100%ではない。

2.2 性質

疑似乱数を用いて作成した初期状態 10000 個に関して、ゲームを開始した直後の段階で、「合う」カードがどのくらいあるかを調べたところ、表 1、表 2、図 3、図 4 のような結果が得られた。ここでは、左隣のカードと「合う」場合を type1、2 枚おいて「合う」場合を type2 としている。

表 1 「合う」カード type1 の位置分布

Table1 Position distribution of match type1

i	個数	i	個数	i	個数	i	個数
0	2890	13	2936	26	2924	39	2980
1	3001	14	3026	27	3004	40	3059
2	2906	15	2906	28	2982	41	2912
3	2956	16	2973	29	2906	42	2885
4	2889	17	2873	30	2991	43	2909
5	2950	18	2939	31	3001	44	2958
6	2990	19	2899	32	2996	45	3005
7	2927	20	2884	33	3009	46	2953
8	2939	21	2971	34	2956	47	2939
9	2968	22	2947	35	2877	48	2959
10	2984	23	2882	36	2954	49	2912
11	2902	24	2994	37	2936	50	2921
12	2946	25	2910	38	2902		

表 1 と表 2 で i 「合う」カードの左側の位置（配列の添字）である。これらの表と図から読み取れるように、type1 と type2、あるいは、1 列の並びの中での位置につ

いて、「合う」カードの分布に特に偏りは見られない。これは、初期状態の作成に擬似乱数を使用しているのが当然のことである。したがって、複数個所存在する「合う」カードのうち、どれを優先して合わせて捨てていくのかに関して、いくつかの選択肢が生じる。理想的には、先読みをして失敗にならないように着手するのがよいのであるが、人間がプレイする場合に、単純で分かりやすいという観点から、本論文では、先読みは行わないで、一枚ずつカードを見て、「合う」カードがあれば、必ず合わせて捨てるというプレイ方法を採用した。この方法を「力まかせ法」と呼ぶことにする。

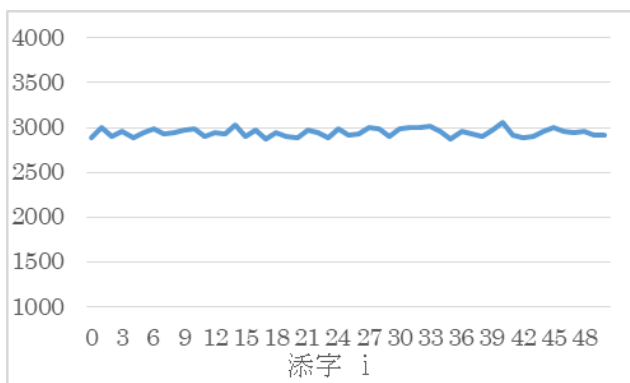


図3 「合う」カード type1 の位置分布

Fig.3 Position distribution of matches type1

表 2 「合う」カード type2 の位置分布

Table 2 Position distribution of match type2

i	個数	i	個数	i	個数	i	個数
0	2958	13	2967	26	3036	39	2956
1	2962	14	2970	27	2874	40	2857
2	2913	15	2974	28	3014	41	2917
3	2976	16	2939	29	3019	42	2953
4	2927	17	2980	30	2848	43	2960
5	2964	18	2948	31	2942	44	2902
6	2953	19	2944	32	2931	45	2851
7	2855	20	2939	33	2954	46	2994
8	2915	21	2903	34	2959	47	2987
9	2905	22	2898	35	2949	48	2977
10	2986	23	2970	36	2944		
11	3007	24	2933	37	2905		
12	2944	25	2870	38	2897		

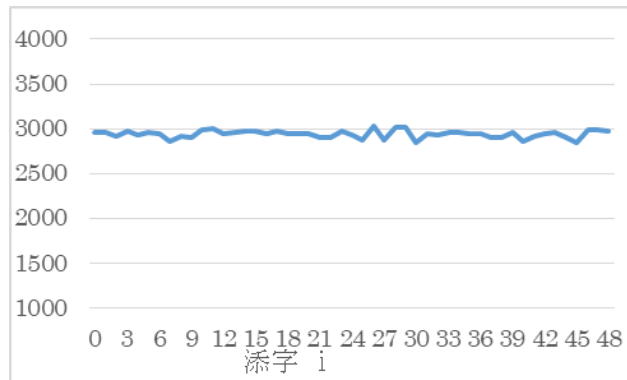


図4 「合う」カード type2 の位置分布

Fig.4 Position distribution of matches type2

3. プレイ方法とプログラム

前節で述べたように、初期状態におけるカードの並びを左端から順に見ていき、「合う」カードをルールに従って捨てていく「力まかせ法」によりプレイすることにする。同じカードが「隣」と「2枚おき」の両方で「合う」カードに該当する場合は、「隣」を優先させた。これは、人間にとっては、すぐ隣にあるカードのほうが、2枚おいて右にあるカードよりは「合う」のかどうかを判定しやすいからである。このやり方では、カードを一枚ずつ見ていき、後方の（右側にある）カードのスタートやランクなどの情報は考慮せずにプレイしていく。よって、完全情報ゲームとして扱ってはいないことになる。しかし、第5節 考察 において、最後まで「力まかせ法」を続ける方法では成功率が非常に低いので、残り枚数がある程度少なくなった時点で、「力まかせ法」ではなく、「先読み」をするように戦略を変更することを考慮に入れる。それで、全体としては完全情報ゲームとして扱っていると解釈できる。

プログラムは、筆者が文献[3]で作成した C++プログラムの、深さ優先探索によってゲーム木を作成する部分を、上で述べたプレイ方法に従って子節点を1個のみ作成するように変更したものを使用した。

4. 計算結果

実際の計算は、OS が Windows 10 Education 20H2, CPU が Core i7-6800K で主記憶 128GB のマシンを用いた。そして、2.2 節で述べたのと同じ初期状態 10000 個に対する計算を行った。その結果は、

成功： 18

失敗：9882

であった。成功の割合は、0.18%であり、ほとんど成功しないということになる。失敗した場合に残ったカード数の最大値は 35 で、最小値は 2 であった。そして、最多 33 枚と最少 2 枚の間の頻度分布は表 3 と図 5 のようになった。残ったカードが 6 枚以下の場合が 4 割程度あることがわかる。

表 3 失敗の場合に残ったカード数 R の頻度分布
Table 3 Histogram of cards remained in case of failure

R	度数	R	度数	R	度数
35	1	23	50	11	516
34	1	22	87	10	591
33	1	21	101	9	653
32	0	20	100	8	679
31	3	19	135	7	800
30	1	18	191	6	922
29	10	17	205	5	964
28	12	16	238	4	990
27	13	15	277	3	934
26	30	14	349	2	249
25	20	13	372	1	0
24	45	12	442		

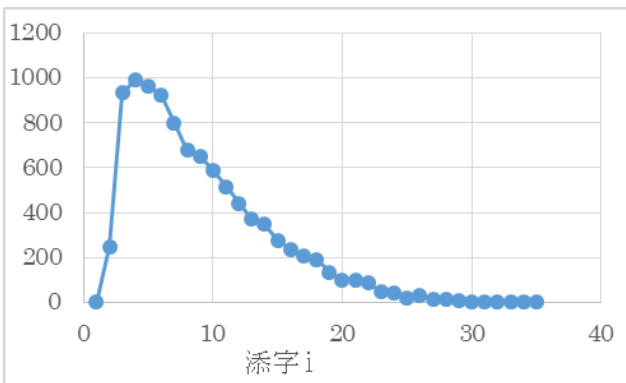


図 5 失敗した場合に残ったカード数の頻度分布
Fig.5 Histogram of cards remained in case of failure

5. 考察

計算結果からは、ここで採用した単純な「力まかせ法」によってプレイした場合は、成功する割合が非常に低い

ことが明らかになった。したがって、成功するためには、何らかの工夫が必要である。文献[2]では、「成功率を上げるためには、少なくとも 20~30 枚は並べてから (<<モンテカルロ>>でも 25 枚!) 考えはじめるべきでしょう。...」とされている。ルール上、カードをすべて表向きにすることが許されているので、最初のうちは、一枚ずつ次のカードを表向きにして、「力まかせ法」でプレイしてもよいが、残りカード数がある値 (Z とする) になれば、すべて表向きにして「先読み」を行うのがよいということになる。しかし、Z の値を厳密に決めるのは難しいとも思えるので、最初からすべて表向きにしてプレイするが、先読みを行うタイミングは、残りカードの並び方を考慮して決定するのがよいと思われる。

6. あとがき

本論文では、トランプの一人遊びである「アコーディオン」について、着手可能な最初の手を実行していく、単純な「力まかせ法」の解法を実行する C++プログラムを作成し、成功率を計算機実験により確かめた。その結果、1 万個の初期状態に対して、成功したのはわずか 18 個のみであった。しかし、失敗した状態の約 4 割は、残ったカードが 6 枚以下であった。その場合、最後まで「力まかせ法」で着手せずに、ある程度残り枚数が少なくなった時点からは「先読み」を行うことにより成功できる場合もあることを確認した。したがって、人間がプレイする場合にはこのことを考慮して、最初のうちは、「力まかせ法」で着手していき、残り枚数が少なくなって「先読み」が可能と感じたら、成功する着手がないかどうかを考えるとよいと考えられる。

参考文献

- [1] Morehead & Mott-Smith, “The Complete Book of Solitaire and Patience,” Bantam, pp. 390-395, 1966
- [2] 野崎, トランプひとり遊び 88 選, 朝日選書 416, pp.235-242(1990)
- [3] 新谷, カードゲーム「アコーディオン」の成功率, 第 71 回電気・情報関連学会中国支部連合大会, R20-23-01-01 (2020)