

ギャップスとスーパーパズの比較

新谷 敏朗* 細谷 賢二**

Comparison between Gaps and Superpuzz

Toshio SHINTANI* Kenji HOSOYA**

ABSTRACT

Gaps and Superpuzz are both solitaire games with one deck of cards. Their rules are similar but there is a difference in the way of generating an initial state. It is possible to search the game tree of Gaps entirely using the same program as the one which we used for solving Superpuzz. As a result, we found that 1) the theoretical possibility of solving Gaps is about 37 % which is estimated about half as much as Superpuzz, 2) average number of moves from an initial state to the winning state is 107 which is estimated about 1/2.6 times as many as Superpuzz, 3) maximum number of states that is generated until the first winning state is found in the game tree of Gaps is 5.8×10^8 , which is estimated about 10^3 times as many as Superpuzz.

キーワード: ギャップス, スーパーパズ, カードゲーム, ゲーム木, 深さ優先探索.
keywords: Gaps, Superpuzz, game tree, card game, depth-first search

1. まえがき

「ギャップス」はトランプの1人遊びの1種類である。52枚のカードをシャッフルして4行13列に配置した状態から4枚のエースを左端に移動して4行14列とした状態を初期局面とする。その状態からあるルールにしたがってカードを移動していき、スート別に昇順に並び替えることを目標とするゲームである[1]。それに対して、「スーパーパズ」は、CMUのBerliner氏が提案したトランプの1人遊びであり、1991年にGPCCのテーマ問題としても取り上げられた[2]。このゲームは「ギャップス」の変形版と考えることができる。52枚のカードをシャッフルして4行13列に配置した状態から4枚のキングを取り除いた状態を初期局面とする。その状態から「ギャップス」とほぼ同じルールに従ってカードを移動

していき、スート別に昇順に並び替えることを目標とするゲームである。「ギャップス」ではエースは最初から左端にあってゲーム中に移動することはない。2からクイーンまでの48枚のカードが移動する可能性を持つ。それに対して、「スーパーパズ」ではエースからキングまでの48枚のカードが移動する可能性を持ち、エースは他のカードと異なるルールに従って移動する。どちらのゲームもルール通りに初期局面を作成すると、理論的に成功不可能な初期局面になる場合もある。「スーパーパズ」については、既にある程度解かれているので[3]、本論文では同じアルゴリズムを使用したプログラムによって「ギャップス」を解き、文献[4]の結果と比較することによって、「ギャップス」と「スーパーパズ」のルール上のわずかな違いによって、理論的な成功率やゲーム木の大きさなどにどのような差が生じるかについて考察した。

*情報処理工学科 **大学院情報処理工学専攻

2. ゲームのルールと性質

本論文ではスートを H, D, S, C で表し、数字は 1 を A, 絵札を J, Q, K とし、それ以外は数字で表す。

2.1 ギャップスのルール

1. トランプ 1 組をよくシャッフルしたあと、表向きに 4 行 13 列に並べる。
2. 4 枚の A を抜き取り、各行の左端に移動する。この操作により列数は 14 になる。抜き取った 4 枚の A をどの行に置いてよい。また、A を抜き取ることによって生じた空白を穴と呼ぶ。
3. 穴には穴の左隣のカードに続くカードを移動させることができる。例えば、穴の左隣が S3 である場合、穴には S4 を移動させることができる。しかし、穴の左隣が穴または K の場合、その穴にはどのカードも移動することはできない。
4. カードの移動によって生じた穴には 3. の移動規則に従ってカードを移動させることができる。
5. すべてのカードが左端の A を先頭に昇順に並べば成功である。この状態を成功局面と呼ぶことにする。どのカードも移動できない状態（穴の左隣がすべて K または穴）で、成功局面でなければ失敗である。

ギャップスでは 4 枚の A のカードを抜き取り、左端に並べる際に抜き取った 4 枚の A をどの行に置いてよい。よって左端の 4 枚の A の並び順が異なる 24 通りの初期局面が考えられる。

2.2 スーパーパズのルール

1. トランプ 1 組をよくシャッフルしたあと、表向きに 4 行 13 列に並べる。
2. 4 枚の K を取り除く。それによって生じた空白をやはり穴と呼ぶ。
3. 穴が左端にある場合、穴には任意のスートのエースを移動させることができる。穴の位置が左端でない場合、穴には穴の左隣のカードに続くカードを移動させることができる。例えば、穴の左隣が S3 である場合、穴には S4 を移動させることができる。穴の左隣が穴または Q の場合、その穴にはどのカードも移動することはできない。
4. カードの移動によって生じた穴には 3. の移動規則に従ってカードを移動させることができる。
5. ギャップスと同様にすべてのカードが左端の A を先頭に昇順に並べば成功である。どのカードも移動できない状態（穴の左隣がすべて Q または穴）で、成功局面でなければ失敗である。

これらのゲームは列数を減らしてプレイすることが可能である。例えばギャップスを 6 列でプレイする場合には、スートごとの A から 5 までの 20 枚のカードを 1 組と考え、ルールで K を 5 と読み替えればよい。またスーパーパズを 6 列でプレイする場合には、スートごとの A から 6 までの 24 枚のカードを 1 組と考え、ルールで Q を 5, K を 6 と読み替えればよい。

ギャップスとスーパーパズのルールに由来する違いは 2 つある。第 1 は、ギャップスではシャッフル後に左端に移動する A の並び順をプレイヤー自身が決定することができるので、24 通りの初期局面が考えられるのに対して、スーパーパズではシャッフルした段階で初期局面が一意的に定まることである。第 2 は、ギャップスでは初期局面の段階で A が左端に固定されてゲーム中に移動することはないのに対して、スーパーパズでは初期局面の段階で左端には、穴も含めてどのカードも存在する可能性があり、A の移動ルールが他のカードと異なることである。なお、両者とも成功局面は最大で 24 通り存在する。

2.3 初期局面の例

ギャップスの初期局面と解答の例を図 1 に示す。この例は 6 列の場合である。スーパーパズを解くプログラムを利用しているので、A を抜き取ったときに生じた穴は H6, D6, S6, C6 と表示されている。解答例は初期局面から成功局面に至るための手順例である。例えば(D6,D3)は D3 を D6 で表されている穴と交換して D2 の右に移動することを表す。この例では 18 手で成功局面に到達している。

DA	C2	S2	C3	C4	C5
HA	H2	H5	D2	H6	D6
SA	H4	D4	S6	D5	S3
CA	D3	H3	C6	S5	S4

ギャップスの初期局面例

(H6,D3) → (H6,C2) → (H6,D2) →
 (D6,D4) → (D6,H5) → (D6,H3) →
 (H6,H4) → (H6,S2) → (H6,D3) →
 (H6,H5) → (H6,S3) → (D6,C3) →
 (D6,D4) → (S6,S4) → (C6,C4) →
 (C6,D5) → (C6,S5) → (C6,C5)

解答例

図 1 ギャップスの初期局面例と解答例

次にスーパーパズの初期局面と解答の例を示す。この例は 5 列の場合である。数字が 5 のカードは穴となるのでプレイ時は取り除かれるが、プログラム上は 4 つの穴を区別して表

すためにそのまま使用する。従って解答手順の表記法はギャップスのものと同じである。

H5	C5	H4	S4	D5
H2	C2	D3	S5	SA
S3	H3	HA	C3	D2
CA	S2	DA	D4	C4

スーパーバズの初期局面例

(H5,HA) → (H5,H4) → (C5,H2) →
 (H5,H3) → (C5,DA) → (C5,S3) →
 (C5,CA) → (H5,C2) → (H5,D2) →
 (C5,SA) → (S5,D4) → (S5,S4) →
 (S5,H4) → (S5,C3) → (S5,C4)

解答例

図2 スーパーバズの初期局面例と解答例

3. ギャップスとスーパーバズの比較

文献[3]のプログラムをギャップスのルールに基づいて修正し、それを用いてランダムに生成した初期局面に対してパーソナルコンピュータを用いて解答させた。ゲーム木の探索に用いたアルゴリズムは深さ優先探索であり、同一局面の重複を防ぐためにパトリシアというデータ構造を使用している。初期局面が24通り考えられるが、24通りすべてに対して解答させた。

スーパーバズについてはゲーム木の節点数が多いためフルサイズの13列についてはメモリ不足になる場合がある。文献[4]でも10列までしか解かれていない。それに対して

表1 ギャップスの成功可能局面の割合

列数	成功可能局面の数	成功不可能局面の数	理論的な解答可能率
5	722	278	72.2%
6	619	381	61.9%
7	529	471	52.9%
8	470	530	47.0%
9	427	573	42.7%
10	403	597	40.3%
11	391	609	39.1%
12	359	641	35.9%
13	362	638	36.2%
14	366	634	36.6%

ギャップスでは後で述べるようにゲーム木の節点数がスーパーバズよりもかなり少ないので現在のパーソナルコンピュータでフルサイズの14列の場合をすべて解くことができた。さらに、列数と成功率などの関係を調べるためにギャップスについては5列から14列までの場合についてランダムに生成した1000個の初期局面各々に対応する24個の初期局面を根とするゲーム木を完全探索して解答を求めた。スーパーバズについては文献[4]の4列から10列までの場合の結果を使用する。本論文ではそれらの結果を元に考察する。なお、ギャップスでは左端のAは固定されていて2以上のカードしか移動しないので、列数をnとすると移動するカード数は(n-1)である。よって列数に依存する性質を比較する際にはギャップスのn列の場合とスーパーバズの(n-1)列の場合を比較した。そのために、ギャップスは5列から14列までを対象にしている。

またこれ以降、生成されるゲーム木の中に少なくとも1つは成功局面を含む初期局面を「成功可能局面」、生成されたゲーム木の中に1つも成功局面を含まない初期局面を「成功不可能局面」と呼ぶことにする。そして、ランダムに生成した1000個の初期局面の中の成功可能局面の割合を「理論的な解答可能率」、成功可能局面を根とするゲーム木を作成して深さ優先探索で完全探索する際に、最初に見つけた成功局面を「第一成功局面」と呼ぶことにする。

3.1 理論的な解答可能率の比較

ギャップスにおける理論的な解答可能率を表1に、スーパーバズにおける成功可能局面の割合を表2にそれぞれ示す。また次頁の図3はそれらと列数の関係を図示したものである。

図3を見ると、スーパーバズでは列数が増えても理論的な解答可能率の割合が大きく減少することはないが、ギャップスではスーパーバズとは異なり、理論的な解答可能率が大きく減少することがわかる。ギャップスの場合、5列における成功率は72.2%であるのに対し14列では36.6%まで理論的な解答可能率が減少した。9列から14列までの間ではそれほど差が出ていないが、5列から9列までの間で理論的な解

表2 スーパーバズの成功可能局面の割合

列数	成功可能局面の数	成功不可能局面の数	理論的な解答可能率
4	881	119	88.1%
5	848	152	84.8%
6	828	172	82.8%
7	814	186	81.4%
8	818	182	81.8%
9	808	192	80.8%
10	785	215	78.6%

答可能率は 30%も減少している。それに対してスーパーパスでは理論的な解答可能率にそれほど大きな減少はない。図 3 からスーパーパスについては列数と理論的な解答可能率の関係は両対数グラフではほぼ線形であると見られる。よって理論的な解答可能率を p 、列数を x として関係式を近似すると、

$$p \cong 1.0x^{-0.10} \quad (1)$$

となる。これを外挿して 11 列から 13 列までの理論的な解答可能率を推測すると、11 列では 77.0%，12 列では 76.3%，フルサイズの 13 列の場合では 75.6%となる。

以上の結果から、ギャップスの理論的な解答可能率はスーパーパスに比べるとかなり低いことがわかる。特にフルサイズの場合は 40%より小さく、スーパーパスの理論的な解答可能率の 1/2 以下であると推測される。また、列数に対する理論的な解答可能率の依存性がスーパーパスにくらべて高く、フルサイズの場合は 5 列の場合に比べて理論的な解答可能率が 1/2 程度であることがわかった。

次に、ギャップスについて成功可能局面が持つ解の個数を表 3 に示す。表 3 を見ると列数が増えるにしたがって解の個数が少ない成功可能局面の割合が多くなっていることがわ

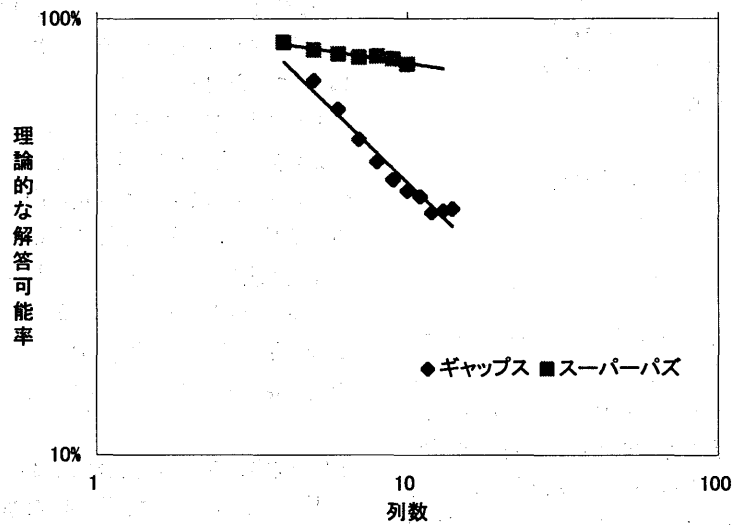


図 3 理論的な解答可能率

表 3 ギャップの成功局面が持つ解の個数

列数	解の個数																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
5	47	50	53	73	48	47	32	53	31	29	36	36	21	13	19	39	11	7	13	11	13	22	1	17
6	92	60	58	62	48	33	30	30	27	38	18	21	17	13	7	17	8	7	7	4	4	12	3	3
7	66	78	62	44	40	30	29	27	24	17	19	17	18	9	8	13	4	5	3	1	4	4	3	4
8	84	78	55	42	35	26	15	20	25	12	15	13	10	8	5	5	5	3	3	3	4	2	0	2
9	109	76	48	44	25	14	19	16	10	8	18	9	7	2	6	3	2	3	3	1	1	0	2	1
10	107	55	49	46	32	15	15	17	13	5	9	6	8	2	4	7	2	1	1	3	2	3	0	1
11	114	56	46	36	21	15	14	11	17	12	10	8	4	3	7	9	0	2	1	2	1	0	0	2
12	94	53	40	37	19	15	17	18	13	12	9	9	4	5	3	4	1	1	1	1	0	1	0	2
13	111	49	44	21	26	22	7	11	13	13	8	3	5	5	3	3	6	2	2	3	1	1	1	2
14	97	65	36	36	22	20	19	13	6	7	5	7	9	2	2	3	3	3	5	2	2	1	0	1

表 4 スーパーパスの成功局面が持つ解の個数

列数	解の個数																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4	3	4	2	1	4	11	2	1	1	6	2	4	0	1	2	6	4	8	1	17	4	7	17	773
5	1	11	3	1	0	22	0	1	4	5	1	10	3	5	1	6	2	14	4	17	5	16	27	689

かる。5列では解が1個しかない成功可能局面の割合は7%にすぎない。しかし、9列以上ではその割合は30%程度になる。また、9列以上では成功可能局面の50%程度が解の個数は3以下である。左端のAの並び方は24通り存在するが、この結果から解が存在する並び方は数通りしかないということが多く左端のどの行に何のすートのAを置くかが解答可能であるかどうか大きな影響を及ぼすことがわかる。それに対して、スーパーパズについて成功可能局面を持つ解の個数を表4に示す。表4を見るとスーパーパズでは成功する場合は24個の解を持つ可能性が高いことが予想される。よって解答可能であるかどうかの初期局面への依存度はギャップスに比べると低いと考えられる。以上のことから、ルール上ギャップスでは解答可能かどうかの初期局面に対する依存度がスーパーパズに比べて高いことがわかる。

3.2 平均手数と比較

次に第一成功局面までの平均手数を比較する。ギャップス、スーパーパズそれぞれの第一成功局面までの平均手数とそれらの比を表5に示す。なお、前述したようにギャップスとスーパーパズで列数が1だけ異なる場合を比較している。

表5 1つ目の成功局面までの平均手数

(a) ギャップ		(b) スーパーパズ		(c) 比率
列数	平均手数	列数	平均手数	
7	30	6	74	2.5
8	38	7	101	2.6
9	48	8	125	2.6
10	59	9	163	2.8
11	69	10	182	2.6
12	81			
13	94			
14	107			

表5から解答可能な場合にはスーパーパズの方が2.6倍程度多い手数を必要とすることがわかる。この理由は以下のように考えられる。スーパーパズのルールではAと穴が左端にある場合、自由に入れ替えることができる。このことを利用して左端のAの並び方を変更することによって成功局面に至ることが多い。つまり、スーパーパズではAの移動の分だけギャップスよりも成功局面に至る手数が多くなると考えられる。しかし一方で、本論文で用いたプログラムではゲーム木を生成し、探索していくアルゴリズムには深さ優先探索を使用している。深さ優先探索を使用した場合に求められる第一成功局面までの手数は最短手数ではない。前述のようにスーパーパズではAと穴が左端にある場合、自由に入れ替えることができることと、深さ優先探索が成功局面までの最短手数を求めるものではないため、ここで得られた手順

の中に明らかに無駄なAの移動の繰り返しが含まれている可能性がある。従って、成功局面までの最短手数と比較した場合、ギャップスとスーパーパズの平均手数の差はここで得られた結果よりも小さいと考えられる。

人間がプレイする場合を考えると、スーパーパズではギャップスに比べて成功可能局面を生成することができる可能性は高いが、より多くの手数を必要とするため、ギャップスよりプレイヤーの技量が問われることになるといえる。逆にギャップスは成功可能局面であれば、スーパーパズに比べて少ない手数で解答することが可能であるといえる。スーパーパズがギャップスに比べて手数が多くなることを考えれば、「理論的な解答可能率についてはスーパーパズの方が高い」という理由でスーパーパズがギャップスより簡単であるといいきることはできない。

3.3 成功不可能局面におけるゲーム木の節点数の比較

ギャップスにおいてもスーパーパズにおいても、ある初期局面が成功不可能局面かどうかを判定する簡単な条件はまだ発見されていない。あるいはそういう簡単な条件は存在しない可能性もあるので、ゲーム木を完全に探索して初めて成功不可能であったことが判明する。ギャップスでは5列から14列まで、スーパーパズでは4列から10列までの各々の成功不可能局面におけるゲーム木の節点数の平均値と最大値を次頁の表6と表7にそれぞれ示した。また、ギャップスとスーパーパズの成功不可能局面を初期局面とするゲーム木の節点数の平均値と列数の関係を次頁の図4に、節点数の最大値と列数との関係を次頁の図5にそれぞれ示す。

図4と図5を見ると、列数と各々の節点数の関係は両対数グラフにおいて線形でないと判断できる。つまり、節点数が列数に対して指数的に増加するので、スーパーパズでは11列以上の場合には節点数が多くなってその結果現在のパーソナルコンピュータの能力ではメモリ不足を生じていることになる。図4からスーパーパズの成功不可能局面を根とするゲーム木の平均節点数を y_a 、列数を x とすると、近似的に、

$$y_a \approx 6.0^x \quad (2)$$

が成立する。この近似式を用いて11列以上の場合を外挿すると、フルサイズの13列の場合、スーパーパズでは成功不可能局面を根とするゲーム木の平均節点数は、 1.3×10^{10} であることが予測される。この値はギャップスにおけるフルサイズの場合の成功不可能局面を根とするゲーム木の平均節点数 2.0×10^6 と比べて3桁以上大きい。

最大節点数についても、同様に列数に対して指数的に増加すると仮定すると、スーパーパズの成功不可能局面を根とするゲーム木の最大節点数 y_m と列数 x の関係は、近似的に、

$$y_m \approx 7.3^x \quad (3)$$

となる。これを外挿すると、フルサイズの13列の場合、スー

パーバズでは成功不可能局面を根とするゲーム木の最大節点数は、 1.7×10^{11} であることが予測される。この値はギャップスにおけるフルサイズの場合の成功不可能局面を根とするゲーム木の最大節点数 3.6×10^7 と比べてやはり3桁以上大きい。

このようにギャップスとスーパーバズのゲーム木の節点数には非常に大きな差が生じる。これは以下のようにルールの違いによると考えられる。即ち、ギャップスでは一局面から最も多くの子局面を生成した場合でも新たな子局面は4局面しか生成することができないが、スーパーバズの場合、最大で16局面もの子局面を生成することができる（左端がすべて穴であった場合）。また16局面を生成した場合、重複を考えないとすると、その16局面それぞれが更に12局面を生成することになる。以上のことからギャップスとスー

パーバズのゲーム木の節点数に大きな差が生じる原因がスーパーバズではAの動きが他のカードに比べて自由度が大きいことによるのは明らかである。

3.4 第一成功局面までの節点数の比較

成功可能局面の場合はゲーム木をすべて探索する必要はなく、成功局面がひとつでも見つけれられた時点で成功可能局面であることがわかるので探索を打ち切ってもよい。よって、成功可能局面に関しては、第一成功可能局面を見つけるまでに生成した節点数について考える。ギャップスでは5列から14列まで、スーパーバズでは4列から10列までの各々の成功可能局面を根とするゲーム木において第一成功局面を見つけるまでに生成された節点数の平均値と最大値を次頁の表8と表9にそれぞれ示した。また、ギャップスとスーパーバズの成功可能局面を初期局面とするゲーム木において第

表6 ギャップスでの成功不可能局面におけるゲーム木の節点数

列数	節点数の平均値	節点数の最大値
5	310	2066
6	1226	8428
7	3740	46082
8	10664	192254
9	28508	492560
10	66225	625146
11	165201	3064489
12	393094	5609739
13	850852	10161981
14	2010481	35798634

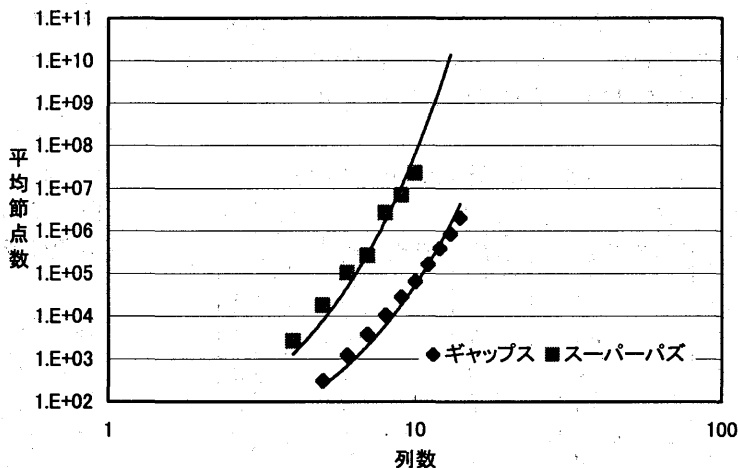


図4 成功不可能局面におけるゲーム木の節点数の平均値

表7 スーパーバズでの成功不可能局面におけるゲーム木の節点数

列数	節点数の平均値	節点数の最大値
4	2568	4683
5	18066	210966
6	104823	642873
7	260331	9105889
8	2635808	20017131
9	6873026	34065758
10	22444113	153076338

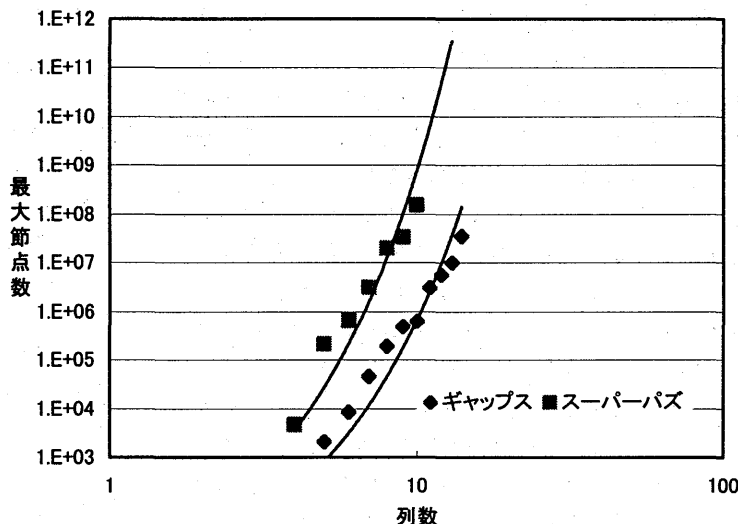


図5 成功不可能局面におけるゲーム木の節点数の最大値

一成功局面を見つけるまでに生成された節点数の平均値と列数の関係を図6に、同じく最大値と列数の関係を図7にそれぞれ示す。

前節と同様に、成功可能局面を根とするゲーム木の節点数も列数に対して指数関数的に増加すると仮定できる。図6からスーパーバズの成功可能局面を根とするゲーム木の平均節点数を z_a 、列数を x とすると、近似的に、

$$z_a \cong 4.9^x \quad (4)$$

が成立する。この近似式を用いて11列以上の場合を外挿すると、フルサイズの13列の場合、スーパーバズでは成功可能局面を根とするゲーム木で第一成功局面を見つけるまでに生成される節点数の平均値は、 9.4×10^8 であることが予測される。この値はギャップスにおけるフルサイズの場合の成

功可能局面を根とするゲーム木で第一成功局面を見つけるまでに生成される節点数の平均値 1.2×10^6 と比べて2桁以上大きい。

最大節点数についても、同様に列数に対して指数的に増加すると仮定すると、スーパーバズの成功可能局面を根とするゲーム木で第一成功局面を見つけるまでに生成される節点数の最大値 z_m と列数 x の関係は、近似的に、

$$z_m \cong 8.1^x \quad (5)$$

となる。これを外挿すると、フルサイズの13列の場合、スーパーバズでは成功可能局面を根とするゲーム木で第一成功局面を見つけるまでに生成される節点数の最大値は、 6.5×10^{11} であることが予測される。この値はギャップスにおけるフルサイズの場合の成功可能局面を根とするゲーム木

表8 ギャップスでの第一成功局面までの節点数

列数	節点数の平均値	節点数の最大値
5	106	1735
6	415	7691
7	1191	20314
8	4443	83765
9	12229	351271
10	26901	378007
11	75630	1387992
12	145145	2099119
13	377830	7361840
14	1177923	57794221

表9 スーパーバズでの第一成功局面までの節点数

列数	節点数の平均値	節点数の最大値
4	412	6139
5	3692	89144
6	3014	605718
7	147037	7508040
8	397768	34271282
9	2131605	82458061
10	7001904	128814719

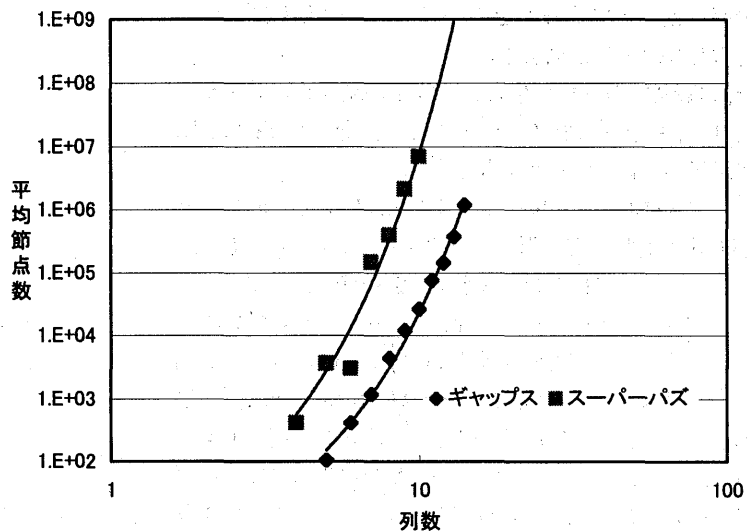


図6 第一成功局面をみつめるまでに生成された節点数の平均値

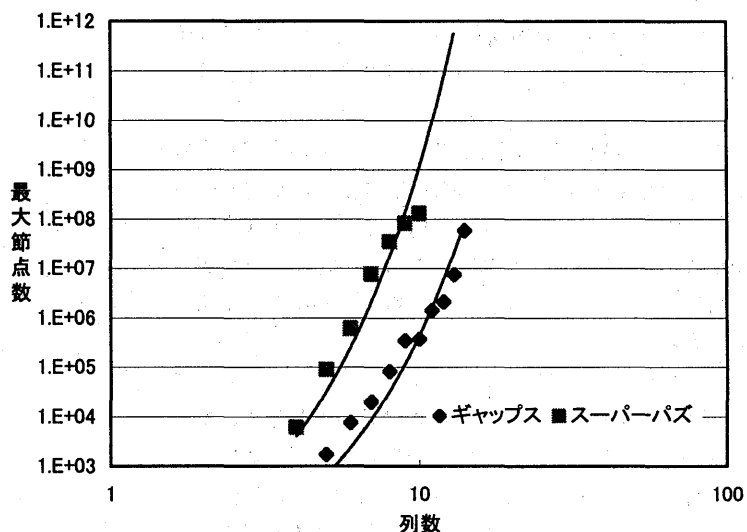


図7 第一成功局面をみつめるまでに生成された節点数の最大値

で第一成功局面を見つけるまでに生成される節点数の最大値 5.8×10^7 と比べて 4 桁大きい。

このように成功不可能局面、成功可能局面どちらの場合でもギャップスのゲーム木の節点数はスーパーバズにくらべて非常に少ないので、フルサイズの場合でも完全探索が可能である。それに対してスーパーバズではゲーム木の節点数が多いので、現在の 32 ビットアドレスマシンでは文献[3]のプログラムを用いてフルサイズの場合を解くことは難しいことがわかる。

4. あとがき

スーパーバズとルールが似ているギャップスというトランプの一人遊びについて、スーパーバズを解くプログラムをギャップスのルールに合わせて修正したものを適用した結果、完全に解けることが明らかになった。これは、ギャップスのゲーム木の節点数がとスーパーバズのものにくらべて 3 桁程度少ないことによる。

また、本論文で得られた結果と文献[4]の結果を比較することにより、ギャップスとスーパーバズの理論的成功率などに関して以下のことが明らかになった。

ギャップスにおいて、ルール通りに初期局面を作成すると、それが成功可能な初期局面である確率は 37%程度である。これはスーパーバズにおける推測値 76%の約 1/2 である。

ギャップスでは列数が増えるにしたがって初期局面から解答を求めることができる可能性が大幅に減少していく。列数の多い局面で解答が可能であるかどうかは初期局面に依存する度合いが強くなり、7 列以上になると解答が可能である割合が 50%程度になってしまう。また A を抜き取り左端に置きなおす時に左端のどの行に何のスートの A を置くかが解答可能であるかどうか大きな影響を及ぼす。一方でスーパーバズでは列数が増えても、解答が可能である割合はそれほど減少せず、13 列でも 76%は解答が可能であると予想される。

スーパーバズでは初期局面から第一成功局面にたどり着くためには、ギャップスに比べ 2.6 倍程度多い手数が必要とする。

ゲーム木の節点数については、スーパーバズの方が平均値最大値ともにギャップスより 3 桁程度は多い。その原因はギャップスでは一つの局面から 4 局面までしか生成することが出来ないが、スーパーバズでは左端の穴の使い方によって一つの局面から 16 局面を生成する場合があることであると考えられる。

ギャップスとスーパーバズのルールの大きな違いはギャップスでは初期局面で A が左端に固定されるのに対して、スーパーバズでは初期局面で左端には穴も含めてどのカードも存在する可能性があり、左端が穴であった場合には任意のスートの A を穴に移動させることができることである。その違いが初期局面の解答可能性に差を生じ、ゲーム木

の節点数においても大幅な違いを生み出すということが明らかになった。

参考文献

- [1] A. H. Morehead, G.Mott-Smith : THE COMPLETE BOOK OF SOLITAIRE & PATIENCE GAMES, pp.78-79, David McKay Company, Inc. (1997).
- [2] 南雲夏彦 : GPCC ウルトラナノピコ問題 フットステップとスーパーバズ, bit, Vol.23, No.5, 共立出版, (1991).
- [3] 新谷敏朗 : スーパーバズを解くプログラム, ゲームプログラミング ワークショップ'99, 84-92, (1999).
- [4] 三宅洋行 : スーパーバズの解の探索に関する研究, 福山大学大学院修士論文, (2003).