ある箱づめパズルの解法

KOMAKI, Yuji / 駒木, 悠二

(出版者 / Publisher)
法政大学工学部
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
Bulletin of the Faculty of Engineering, Hosei University / 法政大学工学部研究集報
(巻 / Volume)
12
(開始ページ / Start Page)
19
(終了ページ / End Page)
26
(発行年 / Year)
1976-01
(URL)
https://doi.org/10.15002/00004203

ある箱づめパズルの解法

駒 木 悠 二*

The Solution Method of sertain FILL-IN-PUZZLE

Yûji KOMAKI

Abstract

The solution of game-puzzles by using the electronic computer is deemed of a great importance not only from view point of a mere amusement but also from view point of the study of the "fill-in-puzzle", a great number of studies have been reported.

It is required in this kind of study that all solutions be counted without a duplication, as well as that the calculation time be as short as possible.

In this report, the argorithm on a kind of "fill-in-puzzle" having circles as the basic pattern is studied together with the programming by FORTRAN.

§1. 緒 言

計算機によるゲーム・パズルが単なる遊びではなく，人工知能研究の一環として次第に重要視されてきていることは，これに関するシンポジウムが開かれ，講究録などが発行されていることから見られるとおりである。計算機でとりあげられるゲームとしては連珠（ごもくならべ），ヘックス，リバーシ（オセロ）などがあり，パズルとしては迷路，箱づめパズル，箱入娘などがある。

§2. 理 論

パズル・ゲームを一般化するためにW問題というものを定義する。「W問題」は3個組〈S, F_0, T〉で与えられる。Sは抽象集合，TはSの部分集合，F_0はSの部分集合からSの中への次のような写像の集合である：$f \in F_0$であれば$f(S_f) \in S$，ここでS_fはfの定義域をあらわす。今Sの部分集合S_0からF_0の中への写像Qが次の条件をみたすとき，QをS_0の必勝戦略と呼び，その定義域を必勝状況と呼ぶ：$f_i = Q(S_i)$，$S_i = f_{i-1}(S_{i-1})$，かつ$f_n(S_n) \in T$である。この関数の列 $\{f_1, f_2, \cdots, f_n\}$ を勝利解と呼ぶ。

* 経営工学科助教授

さて箱づめパズルはW問題になっている。箱の中に任意の断片を置いたパターン（1つも断片を置かない場合も含めて）の集合をS，箱の中に断片がすき間なくつまったパターンの集合をT，箱の中に断片を1つ置く手の集合をF。とすればよい。普通箱づめパズルを解く目的は勝利解を求めること，さらに集合Tの要素をできるだけ多く見つけることである。これを計算機で求めた場合，目的はつぎのようになるであろう。

1）Tの要素を重複することなく，1つ残らず求めること。

2）勝利解であるかどうかをできるだけ早く判定すること。

1）については言うまでもないが，「1つ残らず」ということはともかく「重複することなく」ということが意外にむずかしい。これは箱づめパズルの箱が線対称であったり，点対象であったり，断片の中に合同なものがあったりすることに原因がある。2）が特に人工知能との関連において重要である。論理的には解を求めることは可能であっても，その計算時間によっては，解くことが不可能というような解法もある。この種の問題ではおおむねぼう大な計算時間を必要とするので2分の1程度の計算時間の短縮も貴重である。実際，文献〔1〕には立体ペントミノの解法をIBM−1620の数百時間（実行），HITAC−5020Fの660時間（見積り）からPDP 11／20で11時間17分30秒にちぢめた論文（竹内郁雄）がある。この問題については筆者もCDC G−20が法政大学計算センターに導入された当初試みたが1つも結果が得られなかった。

はめこみパズルの解法としては，普通つぎの2つの方法が考えられる。

1. はめこむ断片を決めて，はめこむことができるまで，その断片を回転したり，場所移動したりして，とにかくその断片をはめこむようにする。どうしてもはめこむことのできない場合1つの前のパターンに戻す。……piece-search…川合慧氏の命名による。文献〔1〕
2. はめこむ場所を決めて，その場所にはめこむことができるまで，断片を回転したり，場所を移動したりして，とにかくその場所に何らかの断片をはめこむようにする。どうしてもその場所がうまらないときには1つ前のパターンに戻す。……box-search法……同前。

これについては川合氏の論文にくわしく述べられているが，平面ペントミノに例をとって，box-search法の方が勝利解かどうかの判定がはるかに早くできることが説明できる。1971年にHITAC−10を使って実験したところ，平面ペントミノの解が,piece-search 法では数時間で1つ,box-search 法では数分間で1つ得られた。

ここでとりあげる箱づめパズルはつぎのようなものである。合同な円を7個，図1のように接して配置すると中央の円の周囲に6個の突起ができる。この突起を円につけたパターンを考えると，図2のような12個の異った図形で得られる。このようにして得られた断片を図3の13個の円，40個の突起のある箱にすき間なくつめるというのが，このパズルである。図2の図形の和より箱の方が，円も突起も1個ずつ多いので，図2における12個のパターンにもう1個の断片を追加してある。（このパズルは№.0という商品名でＫＫテンヨーから発売されている）

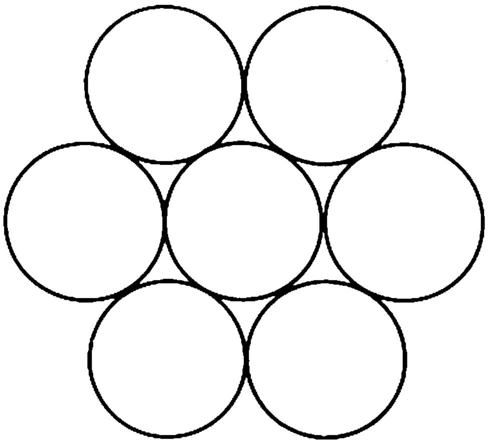

図　1

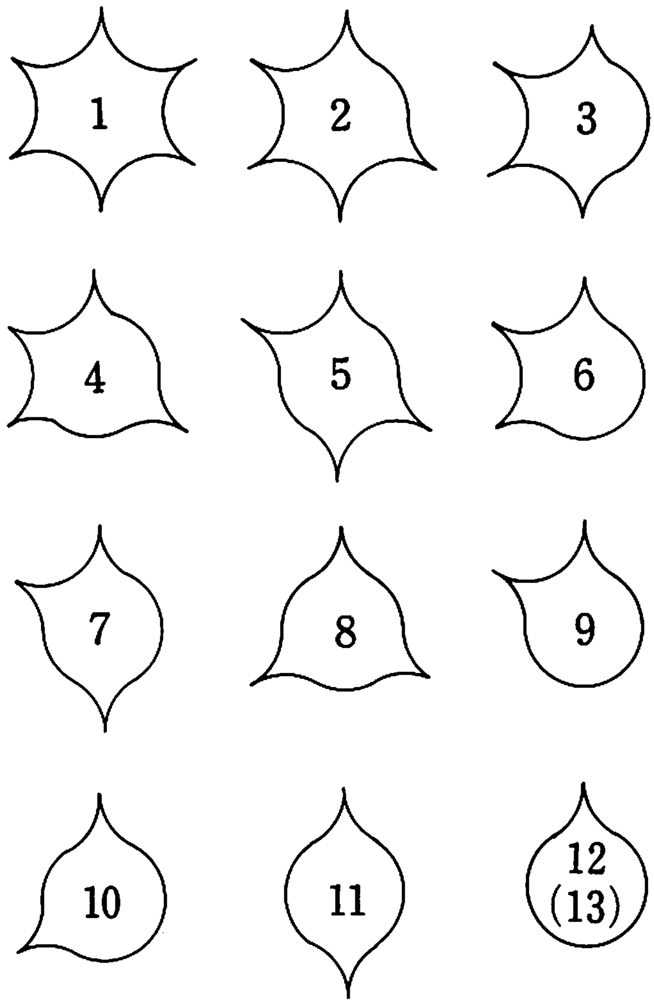

図　2

これを解くためのアルゴリズムとしては，前に述べたように，当然box-search法を使用することになるが，ペントミノの場合と異り，曲線に囲まれた図形なので，「はめこむ場所」も円と突起とがあり，どちらか一方にだけ着目したのでは，peace-search法と同様の欠点が生じる。したがって突起に着目し，円を従にした，いわば複合box-search法とでもいう方法を案出した。

アルゴリズムの大要はつぎの通りである。

1. 断片の各パターンに番号をつける。これは図2でつけた番号のように突起の多いものから順につけてある。ただし，図2の12のパターンをもう1つ13として設定してある。つぎに各パターンを回転した向きに番号をつける。これは図2の位置に1という番号をつけ，正の向きに60゜ずつ回転し1と同じ向きになるまで順次番号をつけていく。1のパターンには1の向きしかないし，2のパターンには1から6までの向きが，8のパターンには1と2の向きがあるという具合にである。7のパターンを除いて裏返しても同じパターンを回転したものになる。したがって7のパターンを裏返すことを禁じ，さらに実際には1から6まである回転を1から3までに制限して対称形や裏返した同じパターンの表われるのを防ぎ，重複した解を出さないようになっている。これは入力データとしてとりあつかう。
2. 13個の円に図3のように番号をつける。つぎに40個の突起部分に番号をつける。図3ではこの部分に「イロハ……」と書いてある。この番号づけは任意であるが，後に実例を示すよ

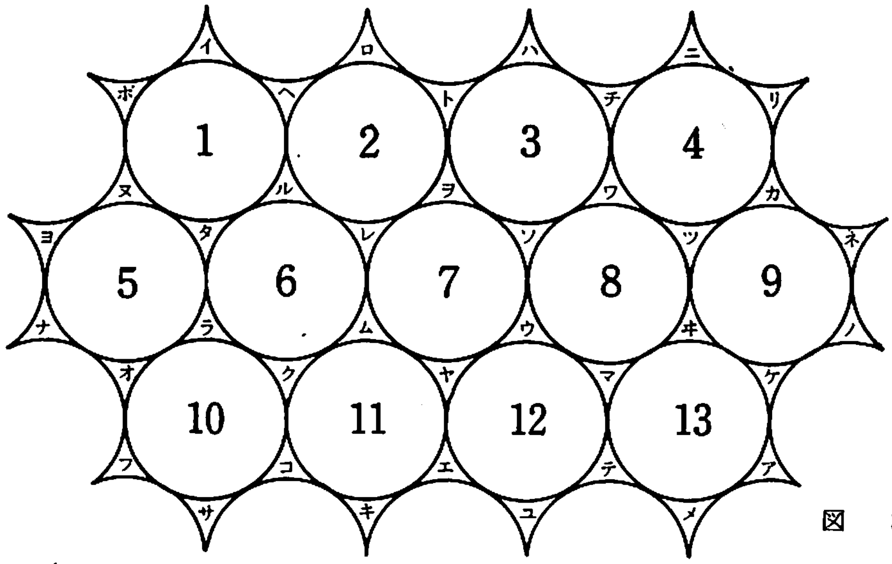

図　3

うに，このつけ方によって同じアルゴリズムでも計算時間に非常に差が生じる。各円についている突起の番号を上，左上，左下，下，右下，右上の順に並べたものを入力データとしてあつかう。以上，整理して1のデータ（上，左上，左下，下，右下，右上の順に突起がある場合は0でない数，突起がない場合は0を入れる）54組，2のデータ13組である（実際のプログラムでは，このデータは2のデータ，1のデータの順に入力している。

§3.　結果および考察

以上の入力データからつぎのような計算がされる。

A．入力データ（2のデータ）は各円が所有する突起の番号であるが，これから各突起が所有される円の数（1以上3以内）と円の番号とを逆算し登録しておく。

B．番号順に空である突起をさがす。

C．Bでさがした空である突起を所有する空である円を処理Aの登録順にさがす。すでに検査（この段階で）された円は空であっても除く。これはプログラム上ではD以下の手順を行なったつぎの番号からさがすことによってすでに検査したものを除いてある。もし概当する円がないときには手順を処理Hに移す。

D．未使用の断片を番号順にさがす。すでに検査（この段階で）された断片はこの探索から除く。もし，すべてをさがしても概当する断片がないときは処理Cに戻る。

E．Dでさがした断片をその円とその円に附属している空いた突起に入るまで回転する。すべての回転をしても入らないときには処理Dに戻る。

F．現在の状況のスタックにプッシュ・ダウンする。

G．スタックの深さが13に達したならば，箱づめパズルが完成したので，その状態を出力する。

H．スタックからポップアップし，1つ前の状態に戻す。この戻した状態が初期状態ならば探索がすべて終了したので計算を終了する。さもないときは処理をBに移す。

以上の結果得られた集合Tの要素の数，すなわち解の数は1797である。商品には解の数を1641通りと印刷されてある。これはある規則により，数十人日の人力を要して算出した結果であるという。91.32％は人力としては非常に高い検出率であるといえよう。

前に述べたように突起部分の番号づけによって計算時間に非常に差が出る。FACOM－230 45SのFORTRANによる計算時間はつぎの通りである。なお次表のイロハ……は図3の突起部分につけられた記号である。

	イロハニホヘトチリヌルヲワ
番号づけA	1 9 1725 2 10182633 3 111927
番号づけB	1 9 1726 2 10182725 3 111928
番号づけC	1 1726 9 2 18272510 3 192835

カヨタレソツネナラムウヰノオクヤマケフコ
34 4 1220283539 5 1321293640 6 14223037 7 15
35 4 1220293640 5 1321303739 6 14223138 7 15
11 4 2029364012 5 2130373913 6 22313814 7 23

エテアサキユメ
233138 8 162432　2時間46分20.206秒
233234 8 162433　1時間37分53.516秒
323415 8 243316　18分58.207秒

計算時間が短かくなる程人力で計算した方法に似てくるのは，今後の人工知能研究面に興味ある方向を示しているといえよう。

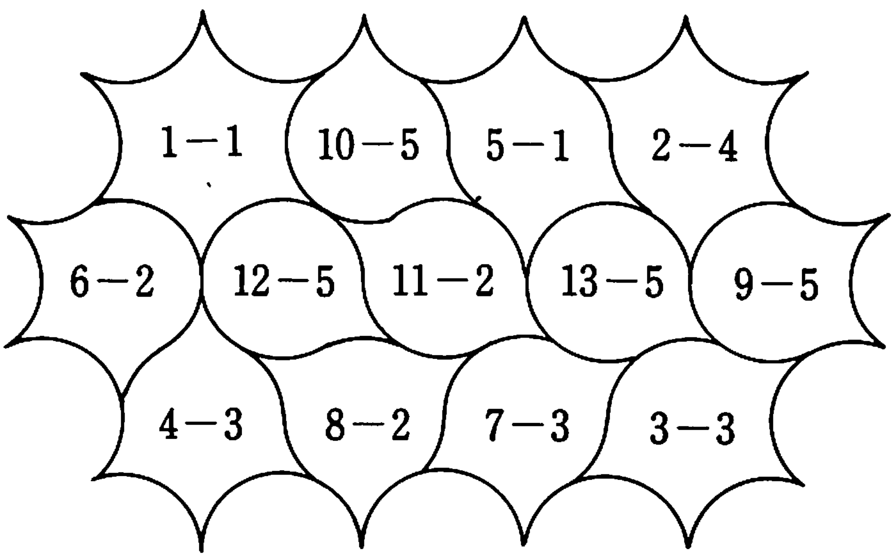

図　4

プログラムと計算結果の一部をあげておく。計算結果は図3の円の番号順に出力され，図2の断片の番号，回転方向の順である。NO. 1の解の配置を図4に示しておく。

謝　　辞

最後に異常な長時間ジョブであるにもかかわらず，計算に便宜をはからって下さった法政大学計算センターおよびその構成員の方々に厚く感謝の意を表す

```
      INTEGER*4 TIME
      INTEGER  A(13,6) , B(40),C(40,3),D(40,3),E(13),F(54,6),P(13),
     -         Q(13), R(13),STACK(13,6),POINT,S(6)
      LOGICAL  G(40),H(13)
      EQUIVALENCE (S(1),L),(S(2),N),(S(3),K1),(S(4),N1),(S(5),N2),
     -    (S(6),M)
      DATA B,C,D/280*0/,  E/1,2,8,14,20,23,29,32,34,40,46,49,49/,
     - H,G/53*.FALSE./, P,Q / 26*0/,
     -   R/ 1,7,13,19,22,28,31,33,39,45,48,54,54/ ,
     -   POINT/ 0 /
      READ(5,1000) (( A(I,J), J=1,6), I=1,13)
 1000 FORMAT(6X,6I3)
      DO 10 I=1,13
      DO 10 J=1,6
      K=A(I,J)
      B(K)=B(K)+1
      L=B(K)
      C(K,L)=I
   10 D(K,L)=J
      READ(5,1000) (( F(I,J), J=1,6), I=1,54)
      K=0
 3000 FORMAT(20X,I3,1H-,I1,6I3)
      WRITE(6,2000)
 2000 FORMAT(1H1)
      DO 20 I=1,54
      IF(I.NE.E(K+1)) GO TO 30
      K=K+1
      L=0
   30 L=L+1
   20 WRITE(6,3000) K,L, ( F(I,J) , J=1,6)
      ICT=0
      CALL CLOCK(TIME)
      WRITE(6,5000) TIME
 5000 FORMAT(1H1,108X,13HSTARTING TIME,I10)
      L=0
   40 L=L+1
      IF(L.GT.40) GO TO 200
      IF(G(L)) GO TO 40
      K1=0
   50 K1=K1+1
      IF(K1.GT.B(L)) GO TO 100
      M=C(L,K1)
      IF(P(M).NE.0) GO TO 50
      N=0
   60 N=N+1
      IF(N-13)  70,80,50
   80 IF(.NOT.H(12)) GO TO 50
   70 IF(H(N)) GO TO 60
      N1=E(N)
      N2=D(L,K1)
  130 IF(F(N1,N2).EQ.0) GO TO 110
      DO 120 N3=1,6
      IF(F(N1,N3).EQ.0) GO TO 120
      N4=A(M,N3)
      IF(G(N4)) GO TO 110
  120 CONTINUE
      DO 140 N3=1,6
      IF(F(N1,N3).EQ.0) GO TO 140
      N4=A(M,N3)
      G(N4)=.TRUE.
  140 CONTINUE
      H(N)=.TRUE.
      POINT=POINT+1
      DO 150 I=1,6
  150 STACK(POINT,I)=S(I)
      P(M)=N
      Q(M)=N1-E(N)+1
      IF(POINT.LT.13) GO TO 40
  200 ICT=ICT+1
      CALL CLOCK(TIME)
      WRITE(6,4000) ICT , ( P(I),Q(I), I=1,13)   , TIME
 4000 FORMAT( 6X,2HNO,I5,5X,13(I5,1H-,I2),I10)
  100 DO 160 I=1,6
  160 S(I)=STACK(POINT,I)
      POINT=POINT-1
      IF(POINT.LT.0) STOP
      P(M)=0
      Q(M)=0
      H(N)=.FALSE.
      DO 170 N3=1,6
      IF(F(N1,N3).EQ.0) GO TO 170
      N4=A(M,N3)
      G(N4)=.FALSE.
  170 CONTINUE
  110 N1=N1+1
      IF(N1.GT.R(N)) GO TO 60
      GO TO 130
      END
```

													STARTING TIME		0
NO	1	1- 1	10- 5	5- 1	2- 4	6- 2	12- 5	11- 2	13- 5	9- 5	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	33
NO	2	1- 1	11- 1	5- 1	2- 4	6- 2	12- 4	8- 1	13- 5	9- 5	4- 3	10- 4	7- 3	3- 3	33
NO	3	1- 1	11- 1	5- 1	2- 4	6- 2	12- 5	10- 5	13- 5	9- 5	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	33
NO	4	1- 1	11- 1	5- 1	2- 4	6- 2	13- 5	12- 1	10- 3	9- 5	4- 3	6- 2	7- 3	3- 3	33
NO	5	1- 1	11- 1	7- 1	2- 4	6- 2	13- 5	12- 1	10- 5	9- 5	4- 3	8- 2	5- 3	3- 3	33
NO	6	1- 1	12- 1	7- 1	2- 4	6- 2	13- 6	11- 1	8- 1	9- 5	4- 3	5- 1	10- 4	3- 3	33
NO	7	1- 1	9- 6	10- 1	2- 5	6- 2	12- 4	8- 2	13- 3	5- 2	4- 3	11- 1	7- 3	3- 3	34
NO	8	1- 1	9- 6	10- 1	2- 5	6- 2	12- 6	11- 3	13- 3	5- 2	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	34
NO	9	1- 1	9- 6	10- 1	2- 5	6- 2	12- 5	11- 2	13- 2	5- 2	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	34
NO	10	1- 1	9- 6	11- 1	2- 5	6- 2	12- 6	10- 1	13- 3	5- 2	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	34
NO	11	1- 1	10- 5	9- 1	2- 5	6- 2	12- 4	8- 2	13- 3	5- 2	4- 3	11- 1	7- 3	3- 3	34
NO	12	1- 1	10- 5	7- 1	2- 5	6- 2	12- 5	11- 2	13- 4	5- 2	4- 3	8- 2	9- 3	3- 3	35
NO	13	1- 1	10- 5	9- 1	2- 5	6- 2	12- 6	11- 3	13- 3	5- 2	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	35
NO	14	1- 1	10- 5	9- 1	2- 5	6- 2	12- 5	11- 2	13- 2	5- 2	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	35
NO	15	1- 1	11- 1	7- 1	2- 5	6- 2	12- 4	8- 1	13- 4	5- 2	4- 3	9- 4	10- 2	3- 3	35
NO	16	1- 1	11- 1	7- 1	2- 5	6- 2	12- 4	10- 1	13- 3	5- 2	4- 3	9- 4	8- 2	3- 3	35
NO	17	1- 1	11- 1	7- 1	2- 5	6- 2	12- 4	8- 1	13- 4	5- 2	4- 3	10- 4	9- 3	3- 3	35
NO	18	1- 1	11- 1	9- 1	2- 5	6- 2	12- 4	8- 1	13- 2	5- 2	4- 3	10- 4	7- 3	3- 3	35
NO	19	1- 1	11- 1	7- 1	2- 5	6- 2	12- 5	10- 5	13- 4	5- 2	4- 3	8- 2	9- 3	3- 3	35
NO	20	1- 1	11- 1	9- 1	2- 5	6- 2	12- 5	10- 5	13- 2	5- 2	4- 3	8- 2	7- 3	3- 3	35
NO	21	1- 1	10- 5	7- 1	3- 5	6- 2	12- 5	11- 2	13- 1	5- 2	4- 3	8- 2	9- 3	2- 2	38
NO	22	1- 1	11- 1	7- 1	3- 5	6- 2	12- 4	8- 1	13- 1	5- 2	4- 3	9- 4	10- 2	2- 2	38
NO	23	1- 1	11- 1	7- 1	3- 5	6- 2	12- 4	8- 1	13- 1	5- 2	4- 3	10- 4	9- 3	2- 2	38
NO	24	1- 1	11- 1	7- 1	3- 5	6- 2	12- 5	10- 5	13- 1	5- 2	4- 3	8- 2	9- 3	2- 2	39
NO	25	1- 1	11- 1	7- 1	3- 5	6- 2	13- 5	12- 1	10- 1	5- 2	4- 3	8- 2	9- 3	2- 2	39
NO	26	1- 1	10- 5	5- 1	3- 5	6- 2	12- 6	13- 3	11- 3	9- 5	4- 3	8- 2	7- 3	2- 3	39
NO	27	1- 1	10- 5	5- 1	3- 5	6- 2	12- 5	11- 2	13- 6	9- 5	4- 3	8- 2	7- 3	2- 3	39
NO	28	1- 1	10- 5	5- 1	3- 5	6- 2	13- 5	12- 2	11- 3	9- 5	4- 3	8- 2	7- 3	2- 3	39
NO	29	1- 1	11- 1	5- 1	3- 5	6- 2	12- 4	8- 1	13- 6	9- 5	4- 3	10- 4	7- 3	2- 3	39
NO	30	1- 1	11- 1	5- 1	3- 5	6- 2	12- 5	10- 5	13- 6	9- 5	4- 3	8- 2	7- 3	2- 3	40
NO	31	1- 1	12- 1	5- 1	3- 5	6- 2	13- 6	10- 1	11- 3	9- 5	4- 3	8- 2	7- 3	2- 3	40
NO	32	1- 1	12- 1	7- 1	2- 4	6- 2	13- 6	11- 1	8- 1	9- 5	5- 3	4- 3	10- 4	3- 3	46
NO	33	1- 1	10- 5	5- 1	2- 4	6- 2	11- 3	12- 5	13- 5	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	56
NO	34	1- 1	10- 5	5- 1	2- 4	6- 2	12- 3	11- 2	13- 5	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	56
NO	35	1- 1	11- 1	5- 1	2- 4	6- 2	12- 3	10- 5	13- 5	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	56
NO	36	1- 1	11- 1	5- 1	2- 4	6- 2	12- 3	13- 1	10- 3	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	56
NO	37	1- 1	12- 1	5- 1	2- 4	6- 2	11- 3	10- 5	13- 5	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	56
NO	38	1- 1	12- 1	5- 1	2- 4	6- 2	11- 3	13- 1	10- 3	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	56
NO	39	1- 1	9- 6	10- 1	2- 5	6- 2	11- 3	12- 6	13- 3	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	57
NO	40	1- 1	9- 6	10- 1	2- 5	6- 2	11- 3	13- 5	12- 2	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	57
NO	41	1- 1	9- 6	12- 1	2- 5	6- 2	11- 3	10- 5	13- 2	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	57
NO	42	1- 1	9- 6	10- 1	2- 5	6- 2	12- 3	8- 2	13- 4	5- 2	7- 3	4- 3	11- 1	3- 3	57
NO	43	1- 1	9- 6	10- 1	2- 5	6- 2	12- 3	11- 2	13- 2	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	57
NO	44	1- 1	10- 5	9- 1	2- 5	6- 2	11- 3	12- 6	13- 3	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	57
NO	45	1- 1	10- 5	9- 1	2- 5	6- 2	11- 3	13- 5	12- 2	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	57
NO	46	1- 1	10- 5	9- 1	2- 5	6- 2	12- 3	8- 2	13- 4	5- 2	7- 3	4- 3	11- 1	3- 3	57
NO	47	1- 1	10- 5	9- 1	2- 5	6- 2	12- 3	11- 2	13- 2	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	57
NO	48	1- 1	11- 1	9- 1	2- 5	6- 2	12- 3	10- 5	13- 2	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	58
NO	49	1- 1	12- 1	9- 1	2- 5	6- 2	11- 3	10- 5	13- 2	5- 2	7- 3	4- 3	8- 2	3- 3	58
NO	50	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	6- 2	11- 3	10- 4	13- 3	5- 2	7- 3	4- 3	12- 4	2- 2	61
NO	51	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	6- 2	11- 3	12- 6	13- 3	5- 2	7- 3	4- 3	10- 2	2- 2	61
NO	52	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	6- 2	11- 3	13- 5	12- 2	5- 2	7- 3	4- 3	10- 2	2- 2	61
NO	53	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	6- 2	12- 3	10- 2	13- 2	5- 2	7- 3	4- 3	11- 1	2- 2	61
NO	54	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	6- 2	12- 3	11- 2	13- 2	5- 2	7- 3	4- 3	10- 2	2- 2	61
NO	55	1- 1	9- 6	10- 1	3- 5	6- 2	12- 3	8- 2	13- 1	5- 2	7- 3	4- 3	11- 1	2- 2	61
NO	56	1- 1	10- 5	9- 1	3- 5	6- 2	12- 3	8- 2	13- 1	5- 2	7- 3	4- 3	11- 1	2- 2	61
NO	57	1- 1	10- 5	5- 1	3- 5	6- 2	11- 3	12- 5	13- 6	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	2- 3	61
NO	58	1- 1	10- 5	5- 1	3- 5	6- 2	12- 3	11- 2	13- 6	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	2- 3	62
NO	59	1- 1	10- 5	5- 1	3- 5	6- 2	12- 3	13- 2	11- 3	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	2- 3	62
NO	60	1- 1	11- 1	5- 1	3- 5	6- 2	12- 3	10- 5	13- 6	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	2- 3	62
NO	61	1- 1	12- 1	5- 1	3- 5	6- 2	11- 3	10- 5	13- 6	9- 5	7- 3	4- 3	8- 2	2- 3	62
NO	62	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	7- 2	12- 6	11- 3	13- 3	4- 4	2- 2	10- 4	6- 3	5- 1	77
NO	63	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	7- 2	12- 5	11- 2	13- 2	4- 4	2- 2	10- 4	6- 3	5- 1	77
NO	64	1- 1	9- 6	11- 1	3- 5	7- 2	12- 6	8- 1	13- 1	4- 4	2- 2	10- 4	6- 3	5- 1	77
NO	65	1- 1	9- 6	8- 1	3- 5	7- 2	12- 6	10- 4	13- 3	4- 4	2- 2	11- 1	6- 3	5- 1	77

参 考 文 献

1) 京都大学数理解析研究所　数理解析研究所講究録98　計算機によるゲームとパズルをめぐる諸問題研究会報告集1970

2) 京都大学数理解析研究所　数理解析研究所講究録217　計算機によるゲーム・パズルの具体化の検討1974 1974

3) Banan B. Banergi Theory of Problem Solving An Approach to Artifical Intelligence 1969

4) テンヨー　NO.0プラパズル記録帳