ゲームの解手順の一般化とある詰将棋の数え上げ

野 下 浩 平† 飯 田 崇 仁†

本論文は，ゲームにおける解手順の定義を一般化し，その応用としてある形の詰将棋問題をすべて数え上げた結果を示す．この問題は，3×3 の矩形の中に玉のほか金と銀の 8 枚を配置した「金銀図式」である．これは，詰将棋の専門家によって長年数え上げの対象として研究されてきたが，その完成にはほど遠い状態にあった．ここで提示した方法に基づいて数え上げを実行し，その結果，詰手数の長い問題を含む多くの新しい問題を発見することができた．ここで最も難しい点として，解手順の標準的な定義を用いると，人間（専門家）がほぼ正しいと認める問題が数え上げの中で捨てられることがある．そこで，解手順の定義を一般化して，軽微な不完全さを持つ問題も許すようにする．金銀図式の数え上げは次のように進む．将棋盤で可能な 28 個の位置における問題図をすべて数え上げる．その中から王手でない図，玉が詰む図を選択し，さらにその中から，別解（余詰）のないという意味で完全な図を求める．最後に，完全でない図の中から，不完全さが軽微な問題で，専門家が正しいと見なすようなものを選ぶ．

Generalized Solution-sequences in Games and Enumeration of a Certain Type of Tsume-Shogi

Kohei Noshita† and Takahito Iida†

A solution-sequence in a game-tree is formulated and generalized. This is applied to enumerate all the problems of a certain type of Tsume-Shogi (Shogi-mating problems) by a computer program. Our problem is called “Kin-Gin Zushiki” in which four Kin (Gold) and four Gin (Silver) pieces along with Oh (King) are arranged in a 3×3 square on the Shogi board. For the long time, this type of problems has been studied extensively by human experts, but their enumeration is far from completion. By our new algorithmic method, we have performed the enumerative searching, and discovered numerous new problems. The main difficulty here is how to generalize the definition of solutions to accomodate some types of delicate problems which are regarded as correct by human experts. By placing 3×3 squares in 28 different ways, all the possible problems are listed up, and, through several steps of refinement, all the correct problems in the standard sense are selected. Finally problems with weak correctness in our generalized sense are also selected.

1. はじめに

本論文は，ゲームにおける解手順の定義を一般化し，その応用としてある種の形をした詰将棋問題をすべて数え上げた結果を示す．

詰将棋は，それ自身興味のあるパズルとしてだけではなく，豊富な問題例があるゲームの例として，探索アルゴリズムの評価に使われるなど，最近多くの研究が発表されている[1),2),4),6),8),10),11),13)]．その中で数え上げの研究として，小山は初期盤面に玉が 1 つしかない裸玉問題を取り上げて，コンピュータの助けを借りた数え上げを行った[6)]．そして，玉が 1 八に配置されている新しい裸玉問題を発見した．これは，詰将棋の専門家による長年の研究によって見つけられなかった新しいものである．

本論文で取り上げる問題は，3×3 の矩形の中に玉のほか金 4 枚と銀 4 枚の合計 9 枚を配置したいわゆる「金銀図式」（金銀石垣図式）である．これは裸玉問題と同様に，詰将棋の専門家によって長年数え上げの対象として研究されてきたものである（たとえば文献 7)）．しかし，すべての意味のある問題の数え上げを完成するには遠い状態にあった．実は本論文以前にはどの程度完成に遠いのか見当もついていなかったといえる．本論文ではじめて，数え上げる方法を提示し，実際にコンピュータによってほぼ完全な数え上げを実行することができた．その結果，詰手数の長い問題を含む数多くの新しい問題を発見することができた．こ

† 電気通信大学情報工学科
Department of Computer Science, The University of Electro-Communications

れらの新しい問題は詰将棋の専門家の立場から検討され，特に手数の長い問題が詰将棋の専門誌に紹介された[5]．ここで，新しい問題を発見したという結果と対照的に，完全に数え上げを終了したという結果については注釈が必要である．すなわち，上で “ほぼ完全” と表現したが，無条件で完全といえない理由は，それぞれの問題の求解と検査が有限の（ある実際的な）時間で打ち切らざるをえないこと，解の定義に対する人間の解釈に相違点がありうることなどである．

本論文のような数え上げが実際に実行可能になったのは，まず第 1 に，高性能のハードウェアをいかして詰将棋を解くアルゴリズムが進歩し，数多くの問題が高速に解けるようになったことによる．しかし，本論文の数え上げ問題では，そのようなソフトウエアの進んだ道具を用いて網羅的に調べる，というだけでは解決できない課題がある．それは，問題の解に関する標準的な定義を用いると，人間（専門家）がほぼ正しいと認めるような問題が機械的な数え上げの中で捨てられることがあるからである．そこで，本研究の目的のために必要になるのは，解の定義を定式化したうえで，詰将棋の専門家が正しいと認める問題を含むように，解の定義を一般的に拡張することである．なお，この定義とその一般化は，詰将棋特有のものというより，一般のゲームに共通するものである．

よく知られているように，詰将棋を解くことはゲーム木，特に AND/OR 木の探索問題に定式化できる．1 つの詰将棋問題に対して，解手順は，この木における先手と後手の最強応手（最善応手）の着手の列で定義できる（詳しい定義は後述する）．一般に，解手順は一意的に定まるのが原則であり，そのように問題が作られている．しかし一方では，解手順をやや緩く解釈して，多少不完全な問題も正しいものとして扱うことも多い．たとえば，非限定余詰（先手の着手が複数個あるが解手順全体に影響が少ないもの）や迂回余詰（先手が別の着手を選んでも後で解手順に戻るもの）を持つ問題の中には正しいと認められるものがある．本論文では，いろいろな緩い解釈を許すように解手順の定義を一般化する．それを応用することによって，ある程度緩い解釈のもとで正しいと見なせるような問題をいくつか発見することができた．特に，手数が長く専門家からみて優れた問題の大部分は，本論文の方法によりはじめて見つけることができた．

数え上げを行って得た新しい結果は，次のとおりである．まず，将棋盤上で（左右対称性を考慮して）可能な 28 個の位置における 3×3 金銀図式をすべて数え上げる．すべての配置図 4,139,520 個からすべての可能な問題図（玉を詰める問題）を生成し，その中から，玉が詰む図を選び，さらに別解（余詰）のないという意味で完全な図を求める．特に，詰手数が相対的に長い図を検討し，7 手以上の完全な図を求める．次に，完全でない図の中から，不完全さが軽微なものを選択して，専門家が正しいと見なすような多くの問題を見つける．**図 1** は今回発見した問題の一例であり，詰手数が最も長いものである．

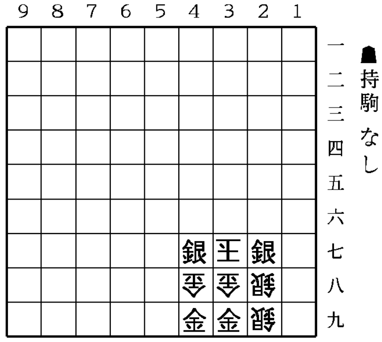

図 1　金銀図式の問題（25 手詰）
Fig. 1　Problem of Kin-Gin Zushiki (25 solution-steps).

2. 定　　義

ゲームと詰将棋に関する用語を説明する．ゲーム一般については本 9)，12)，詰将棋については論文 1)〜3)，6) を参照されたい．ゲーム木（AND/OR 木）G は有向木であり，葉に 0 または 1 の値が付され，さらに各節点には，その深さ（根から節点への枝数，高さ）が偶数ならば先手の局面，奇数ならば後手の局面が付されている．根の局面は初期局面（問題局面）である．詰将棋では局面とは盤面と持駒の状況である．また枝は，それが出る節点の局面における着手を表す．

与えられたゲーム木において，節点の値は，先手の場合その子の節点の値の論理和（OR），後手の場合は論理積（AND）を計算して求める．値 1 の節点は先手の勝ちの局面，値 0 の節点は先手の負け（後手の勝ち）の局面を表す．根の値によって，ゲームの勝ち負けが決定する．値が 1 であれば先手の勝ち，0 であれば先手の負けである．詰将棋では，値 1 は詰みを表し，値 0 は不詰みを表す．簡単のため，すべての葉は奇数の深さを持つものと仮定する．

一般に，ゲーム木において先手の勝ち方を表現するのに，解木（solution tree）が用いられる[9,12]．根の値が 1 であるゲーム木 G において，解木 S_G は次の手順で作られる G の部分木である．S_G の根は G の根である．G の節点が先手であるとき，その子の中のある 1 つの節点で，値が 1 のものは S_G の節点であ

る．G の節点が後手であるとき，その子すべての節点（値はすべて 1）は S_G の節点である．これで，根からの道のすべてが G の葉（値 1）で終わるまでこの手順を繰り返す．解木を作る際に先手節点の子に選択の余地がある場合，解木は一意的に決まらない．なお，根の値が 0 であるゲーム木には解木がない．

次に，ゲーム木において手数に関する解手順を定義する．解木における解手順とは，その解木の高さを与える節点（最も深い節点）に至る道にある着手の列である．つまり，後手節点の子の集合の中で，手数の意味で最強応手である着手を選ぶことによって定まる手順である．解木では，先手の着手は複数個ありうる着手の中で 1 つの着手が選ばれていることに注意が必要である．解木の解手順は，必ずしも一意的に決まるわけではないが，長さ（解手順の手数）は一意的に決まる．ゲーム木の最強応手の解手順は，すべての解木の中で，最も低い解木に対して定まる解手順である．つまり，後手だけでなく，先手も最強応手を選んだときに定まる解木が与える解手順である．

詰将棋においては，普通，解手順（解答）とは，この最強応手解手順のことである．なお，詰将棋の解手順においては，さらに詰め上がった局面（葉）において，先手の持駒がない（駒余がない）ことという追加条件がある．すなわち，手数を優先して，同じ手数については駒余の追加条件を満たすものとして解手順が定められる．駒余の条件も，先手が持駒をより多く，後手が先手の持駒をより少なくするという意味で先手後手共最強の手順を選ぶ．詰将棋の作者は，解手順が一意的に定まるように問題を創作する．

3. 解手順の一般化

与えられた問題に対して，そのゲーム木が一意的な解手順（最強応手手順）を持てば，その問題を解くことは，この解手順を見つけることである．以下の議論を簡単にするために前章の説明のように，最強応手手順を手数の長さで定義する．まず解手順が一意的に決まらない場合を考える．1 つの解手順 S_1 に対して別の最強応手手順 S_2 が存在するとする（$m \geq 1$，m は奇数）．

$$S_1 = s_1 s_2 s_3 \cdots s_m$$
$$S_2 = t_1 t_2 t_3 \cdots t_m$$

ここで s_i，t_i は着手であり（$1 \leq i \leq m$），適当な j $(1 \leq j < m)$ に対して

$$s_1 s_2 \cdots s_{j-1} = t_1 t_2 \cdots t_{j-1} \text{ かつ } s_j \neq t_j$$

である．

場合 1（j が奇数）：解 S_1 に対して解 S_2 を別解という．

場合 2（j が偶数）：解 S_1 に対して解 S_2 を変化解（詳しくは同手数の変化解）という．

詰将棋では，別解のことを余詰とよび，変化解のことを変化（同手数の変化，変同）とよぶ．本論文では今後，別解を余詰ともいうことにする．余詰がある場合，解手順が一意的に定まらないという意味で問題は不完全であると見なすことができる．詰将棋の場合も余詰（別解）のある問題は，不完全な問題，すなわち正しくない問題とされる．一方，変化解の方は必ずしもそういうわけではない．本論文では変化解は不完全ではないとする．詰将棋では変化解を不完全とするかどうかの解釈については専門家の間で様々な議論があり，ここではこれ以上立ち入らない．本論文のような新しい問題を見つけたり，コンピュータで問題を創作したりする立場[1),6),11)]ではなるべく変化解のある問題も不完全ではないとする弱い解釈をとる方が都合のよいことが多い．

さて，余詰（別解）がなく解手順が一意的に定まる問題だけを正しいとする厳格な立場もあるが，多くの場合，作者が考案したアイデアの面白さなどを考慮して，ある程度余詰のある問題も正しいと認めることが行われている．実際，詰将棋の古典的な名作をはじめ，余詰を持つことにより解手順の一意性を満たさない問題が数多く発表されている．本論文で取り上げる金銀図式でも，解手順の一意性を厳格に適用すると，専門家が面白いと認める問題が捨てられてしまう．そこで，解手順の一意性の定義を少し緩めて,（もちろんすべてとはいえないが）正しいと認められる問題を救う方法を調べることにする．

解手順の条件を緩め，“軽微な余詰” を定義する方法は，いろいろありうるが，最も基本的と思われる定義に限定する．すなわち，余詰の手順として先手と後手ともに最強の応手を着手に選ぶ手順に限定する．この限定によって，余詰手順を見つける方法として,（先手後手最強応手に基づく）詰将棋を解くプログラム[2),10)]を直接利用することができる．

解手順 σ は

$$s_1 s_2 \cdots s_{j-1} s_j \cdots s_m$$

であるとする（$m \geq 1$，m は奇数）．第 j 手 s_j からはじまる余詰があるとして（$1 \leq j < m$，j は奇数），余詰 τ を，同様の記法で書いて

$$s_1 \cdots s_{j-1} y_1 y_2 \cdots y_n$$

とする（$n \geq 1$，n は奇数）．ここで，$y_1 \neq s_j$ であり，解手順 σ の性質（先手後手最強）より $n \geq m-j+1$ である．

さて，σ と τ に対して第 j 手における「合流余詰 (d)」を定義する．

適当な d $(0 \leq d \leq m-j)$ に対して

$$s_{j+d}s_{j+d+1}\cdots s_m = y_{n-m+j+d}\cdots y_n$$

とする．ここで d は最小の値を選ぶ．

この余詰 τ は第 j 手の差 d の合流余詰という．

この合流余詰の定義によって，詰将棋でよく現れる余詰の型をいくつか扱うことができる．差 0 の合流余詰は，普通 “迂回余詰” といわれるものである．この場合は，必然的に $n-m+j+d = n-m+j > 1$ が成り立つ．また，$n = m-j+1$ かつ $d = 1$ の合流余詰は，“非限定余詰” といわれるものである．また，$d = 3$ とか $d = 4$ とかであるような合流余詰は，“手順前後の余詰” といわれることが多い．

次に「収束余詰 (h)」を定義する．いま，σ と τ に対して，h は m に比べて十分小さいとする（$h \geq 0$，h は偶数）．σ と τ において，$j \geq m-h$ であるとき，τ は最終 h 手以内の収束余詰という．この収束余詰で $h = 0$ のものは，詰将棋で普通正しいものと扱われる “最終手の余詰” である．

さて，このように定義した緩い解手順の概念を応用して，金銀図式の数え上げを行うために次のように玉の詰む問題（駒余なし）を 3 分類する．

A. 完全　収束余詰（$h = 0$，最終手余詰）は別にして余詰がない．

B. 軽微な余詰　最終手は別にして，$(m+1)/2-1$ 個の先手局面に対して，S 個以下の局面で合流余詰か収束余詰かのどちらかを出力する（$S \geq 1$）．

C. 余詰　上記以外．正しくないとして捨てる．

実際の数え上げでは，上記の定義におけるパラメータ（S，d，h）を指定する必要がある．なお，合流余詰と収束余詰ともに，解手順 σ の添字 j に対する余詰が複数個ある場合，それを検査する個数の上限をパラメータ R で与えるものとする．この上限を超える個数の余詰を持つような j があるとその問題は正しくないとして捨てる．本論文の実験で用いた具体的なパラメータは次章で定める．

4.　金銀図式の数え上げ

枠と玉の位置について定義する．枠とは 3×3 の矩形である．枠の位置は，盤上において枠の右上隅を置く場所 (i, j) で指定する．枠のすべての置き方は，対称性を考慮して，$(1,1), \cdots, (1,7), (2,1), \cdots, (4,7)$ の全部で 28 通りある．玉の位置は，1 つの枠の中で 9 通りある．枠の位置 (i, j) を指定して（$1 \leq i \leq 4$，$1 \leq j \leq 7$），玉の位置を指定して，残りの 8 カ所に金銀 8 枚を配置する局面をすべて生成する．この局面の 1 つを「問題図」（単に「図」）とよぶ．なお，$i = 4$ の場合，対称性より 6 筋には玉を置かない（玉が 5 筋にある場合の対称性は考慮しない）．

枠と玉の位置を指定した図の総数は 17,920 である．したがって，枠の位置を指定した図の総数は 161,280 であり，28 カ所全部にわたる図の総数は 4,139,520 である．王手になっていない図の数は，枠の位置を指定すると，32,101 であり，28 カ所全部で 808,108 である．

数え上げに用いる主な道具は，次の 2 つである．

詰将棋を解くプログラム T

余詰を検査するプログラム Y

ここで，T は，先手後手ともに最強の応手をする解手順を求めるものである．本論文では $T2$ を用いる[2),10)]．また，解木を 1 つ求め，その中で後手が最強の応手をする解手順を求める $T3$ を補助的に用いる[4)]．これは，最良優先探索によるものであり，最近の強力な詰将棋を解くプログラム[3),8),13)]と同様に，先手の最強応手が保証されていない．次に Y は，問題図と T の解手順を入力として，解手順の中のすべての先手の着手について，枝分れの局面から他の着手で詰むか否かを判定し，詰む場合には詰める手順を出力する．

数え上げは，次の手順によって意味のある図を残していく．

ステップ 1　解くことによる選択

すべての図の中で，王手になっていない図を残す．それを T で解き，詰む図を残す．すなわち，T が詰めることができないと判定した図を捨てる．さらに，この中で詰上りで駒余でない図を残す．実際には，T としては，最大詰手数を 21 手として $T2$ を用いる．それで詰手数が 23 手以上の図は捨てられる．そこで，この計算に加えて，$T3$ を用いて同様の計算を行う．ここで，最大詰手数は 51 手とする．また，最大生成節点数を 30 万として，これを超える図は詰まないとして捨てる．$T3$ で詰めることができると判定した図については，次に，改めて $T2$ で解く．これで正しい詰手数が確定する．なお，詰手数が 21 手以下の図に対する結果は，この両方の計算で一致している．

ステップ 2　余詰検査による選択

前のステップで残った図の余詰検査を行う．余詰がなく完全であると判定した図，あるいは，詳しい検討を要する図（後述）を残す．実際に余詰検査をするプログラム Y は，先手の枝分れの局面を問題図として詰将棋問題を解くプログラムを用いる．ここでは $T2$ を用いる．また，枝分れからの最大詰手数を 27 手に指定する．なお，枝分れの先手の着手は，成と不成の

表 1 数え上げによる選択
Table 1 Results of enumerative selection.

図の総数	4,139,520
王手でない図	808,108
詰む図	38,288
詰む図（7 手以上）	5,206
駒余なしの図	3,033
余詰なしの図	567

表 2 詰手数別の図の個数
Table 2 The number of selected problems for solution-steps.

詰手数	詰む（駒余なし）	余詰なし	軽微な余詰
7	1,293	310	209
9	579	113	61
11	662	69	74
13	329	42	52
15	89	22	13
17	37	11	8
19	17	0	4
21	15	0	1
23	9	0	5
25	3	0	3

片方の検査をしない．

数え上げによって求めた図の個数を**表 1** にまとめる．次に詰手数（7 手以上）で分類した図の個数を**表 2** に示す．表 1 において，各項目の図の集合は，すぐ上の項目の図の集合の一部分である．また，余詰なしの図は，最終手は別にして，Y が余詰を出力しなかったものである（最終手に余詰があるものを含む）．詰手数が 15 手以上の問題図において，最終手は別にして余詰がないと判定した図は，15 手が 22 個，17 手が 11 個である（表 2）．それらの解手順を人手で検討することにより，解手順が類似する図を 1 つにまとめて，15 手の図を 12 個，17 手の図を 5 個選んだ．それらを付録の A に示す．なお，付録 A の問題 1 は本論文以前に発表されている（森美憲）．

表 2 において,「軽微な余詰」とは，Y が（最終手以外に）余詰解を出力したが，前節で定義した軽微なものである．すなわち，Y が出力した余詰解に対して,「軽微な余詰解」とそうでないものを区別して，軽微でない余詰解の出力した図を捨てる（つまり人手で検討しない）．ここで，軽微な余詰の定義におけるパラメータは，$S = 2$，合流余詰（$0 \leq d \leq 4$），収束余詰（$h = 0$）とする．また任意の j（奇数，$1 \leq j < m$）に対する 2 個以上の余詰解については，各 j ごとにすべての余詰解を検査する（つまり R は十分大きくとる）．

詰手数の大きい問題図に注目して，19 手以上のもの 13 個の図を検討する．それらの解手順を人手で検討することにより，解手順が類似する図を 1 つにまとめる．こうして選んだ詰手数が 19 手以上の図を付録の B に示す．なお，軽微な余詰を持つ 15 手と 17 手の図の中には既発表のものがある（森美憲，石井武，池原雅幸）．

5. おわりに

本研究では，金銀図式のすべての問題図を数え上げるシステムを実現した．これにより網羅的な探索を実行し，多くの新しい問題図を見つけた．全体の計算には，普通の高速パソコン 1 台を連続的に使いほぼ 2 週間要した．

本論文の数え上げ作業を通して分かった問題点は，詰将棋問題の自動創作（たとえば文献 1)，6)，11)）に共通するものが多いと思われる．それで技術的細部にわたるが，本システムの問題点にふれておく．

(1) 詰手数がある手数以上の図は，詰まない図との区別が難しい．本論文では，23 手以上の図については，詰むか否かの判定に $T3$ を用いているが，詰む図をすべて選択している保証はない（経験と金銀図式の性質からみて本論文の結果におそらく見落としはない）．一般論として，どのような方法によっても図が詰まないことの証明は実際上不可能である．

(2) 余詰の判定には，枝分れからある手数以下，ここでは 27 手以下しか調べていない．この問題点は上記 (1) と同様である（上記と同様に本論文の結果はたぶん大丈夫である）．

(3) 解手順であることの判定は，解手順の定義に依存する．特に正解と変同解（同手数の変化解）の定義は，人間の解釈に依存するので，機械的に判別する一般的な方法がありそうにない（定義の違いによる本論文の結果との差は小さい）．前にもふれたが，機械的に詰将棋問題を創作する立場では，変同解をなるべく緩く解釈して，変同解があっても正しい問題であると見なす方が都合がよい（あとで検討できる）．

謝辞 門脇芳雄氏には詰将棋の専門家の立場から本研究に有益な助言をいただき，新しく発見した問題を検討していただいた．謝意を表したい．

参考文献

1) 広瀬正幸，伊藤琢巳，松原　仁：逆算法による詰め将棋の自動創作，人工知能学会誌，Vol.13, No.2, pp.452–460 (1998).
2) 伊藤琢巳，野下浩平：詰将棋を速く解く 2 つのプログラムとその評価，情報処理学会論文誌,

Vol.35, No.8, pp.1531–1539 (1994).
3) 伊藤琢巳，河野泰人，脊尾昌宏，野下浩平：詰将棋を解くプログラムの進歩，人工知能学会誌，Vol.10, No.6, pp.853–859 (1995).
4) 伊藤琢巳，河野泰人，野下浩平：非常に手数の長い詰将棋問題を解くアルゴリズムについて，情報処理学会論文誌，Vol.36, No.12, pp.2793–2799 (1995).
5) 門脇芳雄：詰棋時評，詰将棋パラダイス，Vol.44, No.12, pp.30–31 (1997).
6) 小山謙二：体系的探索による裸玉詰将棋問題の創作，情報処理学会論文誌，Vol.41, No.7, pp.1923–1936 (2000).
7) 森　美憲：金銀石垣図式の発掘，詰将棋パラダイス，Vol.45, No.2, pp.31–35 (1998).
8) Nagai, A.: A New AND/OR Tree Searching Algorithm Using Proof Number and Disproof Number, *Workshop of CG'98*, pp.40–45 (1998).
9) Nilsson, N.J.: *Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence*, p.256, McGraw-Hill, New York (1971).
10) Noshita, K.: A Program for Solving Tsume-Shogi Quickly and Accurately, *Proc. Game Playing System Workshop*, pp.56–59 (1991).
11) Noshita, K.: A Note on Algorithmic Generation of Tsume-Shogi Problems, *Proc. Game Programming Workshop*, pp.27–33 (1996).
12) Pearl, J.: *Heuristics — Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, p.382, Addison-Wesley, Reading (1984).
13) Seo, M., Iida, H. and Uiterwijk, J.W.H.M.: The PN*-Search Algorithm: Application to Tsume-Shogi, *Artificial Intelligence*, Vol.129, No.1–2, pp.253–277 (2001).

付録：詰手数の長い問題集

問題図は略記法 $n\ (xy)a_0a_1a_2b_0b_1b_2c_0c_1c_2[m]$ で示す．ここで n は問題番号，x，y は枠の右上隅の座標（列と行），a_i はマス $(x+i,y)$ の駒，b_i はマス $(x+i,y+1)$ の駒，c_i はマス $(x+i,y+2)$ の駒，m は詰手数を表す（$1 \le x \le 4$，$1 \le y \le 7$，$0 \le i \le 2$）．また O は玉，I と i は金，G と g は銀，大文字が後手駒，小文字が先手駒を表す．先手持駒はすべてなし．たとえば B の 22 番は図 1 の問題である．

(A) 余詰のない 15 手詰以上の問題集

```
1 (11)OgiIIGgIg[15]
2 (16)iigIGIOgg[15]
3 (17)gigOgIGIi[15]
4 (23)OGgGIIgii[15]
5 (23)OggIIIgGi[15]
6 (23)OgiIGigGI[15]
7 (23)OGgGGIiii[17]
8 (23)OIgIGIigg[17]
9 (24)IOgGIIggi[17]
10 (26)iigGIIOgg[15]
11 (27)ggiIiGOGi[15]
12 (27)gIigigOGI[15]
13 (27)IgiIiGOgg[17]
14 (27)iggGiiOIG[17]
15 (27)iggIIIgOg[15]
16 (31)OIgIGIigg[15]
17 (36)igiIGigOg[15]
```

(B) 軽微な余詰を持つ 19 手詰以上の問題集

```
18 (17)ggiIGIOgi[23]
19 (26)igggIiOIg[19]
20 (27)gIIIigOgg[19]
21 (27)giIgiiOgg[21]
22 (27)gOgGIIGii[25]
23 (37)IiggiiOGg[19]
24 (37)iggGigOIi[23]
```

(平成 13 年 5 月 31 日受付)
(平成 13 年 12 月 18 日採録)

野下　浩平（正会員）

1943 年生．1966 年東京大学工学部計数工学科卒業．電電公社，東京大学，中央大学等を経て，現在電気通信大学情報工学科教授，工学博士．アルゴリズムの計算量解析，組合せゲームの理論と実験，卓球に興味を持つ．

飯田　崇仁

1997 年電気通信大学情報工学科卒業．1999 年同大学大学院情報工学専攻博士前期課程修了．現在,(株) アイザック勤務．クライアントサーバーアプリケーション開発に従事．