

体系的探索による裸玉詰将棋問題の創作

小 山 謙 二†

盤面の駒が玉 1 枚の裸玉詰将棋問題は、簡素な配置ゆえそれ自身高度な芸術性を持つ論理ゲームである。裸玉問題を解いたり、創作（発見）するのは人間にもコンピュータにも難しい。すべての裸玉問題を体系的に解明することが課題となっている。まずすでに発表されている裸玉問題を検討した。次に、詰む最小持駒集合の定義と性質を述べ、体系的に新作問題の候補を見つけ出す方法を明らかにした。最後に、詰将棋プログラムとコンピュータを援用して、玉の位置が 1 八の問題を網羅的に探索した。その結果、完備な詰む最小持駒集合を得るとともに、5 つの準完全作と 1 つの完全作を発見した。

Systematic Discovery Method of “Shogi” Mating Problems of Naked King

KENJI KOYAMA†

A “Shogi” mating problem of naked king, where only a king is on a board, is highly artistic and logical puzzle. Both solving and making (discovering) such problems are difficult for human beings and computers. Systematic evaluations of all naked king mating problems have not been fully done, and it is an attractive research subject for computer science. At first, previously published naked king mating problems are discussed. We formulated and discussed matable minimum “motikoma”s (droppable pieces in mater’s hand) and their complete set. For a case study in which the naked king’s position is 18, we searched a matable complete set by a computer-aided method, and discovered six perfect (i.e., unique mating sequences) problems.

1. はじめに

チェスや将棋などの論理ゲームは、コンピュータの出現以来、人工知能の適切な題材としても研究されてきた。1997 年のチェス大会においてコンピュータが人間の世界チャンピオンを破ったことにより、次の難しい研究題材として、将棋への関心がいっそう向けられるようになってきた。特に詰将棋（詰め将棋）に関しては、コンピュータで問題を解く段階からコンピュータで問題を創作する段階へと研究が進展している。たとえば、野下¹⁴⁾は金銀のみを 3×3 の範囲に置く問題を網羅的に探索した。広瀬¹⁶⁾は詰め上がり図を指定して逆順に解を求める創作を行っている。限定された問題ならば、コンピュータで完全作を網羅的に抽出できる。これらの中から芸術性のある作品を選ぶのは人間が感性で作業しているのが現状である。

盤面の駒が玉 1 枚の裸玉詰将棋問題は、簡素な配置ゆえそれ自身高度な芸術性を持つ。裸玉詰将棋問題は、

江戸時代の伊藤看寿の「将棋図巧」第 98 番に現れて以来、43 局が創作（または発見）されている。そのうち 31 局が完全作であり、残りが準完全（あるいは不完全）であることが、新田^{1),2)}専門家の深い検討により明らかになっている。43 局の既発表作品以外に未発見の完全作が残っているかどうかは体系的に十分に解明されていない。もともと裸玉問題を解くのは難しい。既発表の裸玉作品の平均手数は 25 手であり、通常の作品よりも手数が長い。裸玉問題を創作（発見）するのはさらに難しい。盤の左右の等価性を考慮すると、裸玉の玉の位置は 1 一から 5 九まで 45 通りある。1 一玉型の裸玉問題は、「詰む問題」の全局 131 局（不完全作を含むが、最小持駒に限定）が小沢³⁾によって体系的に検討されている。1 一玉型以外の残りの 44 通りの玉位置の裸玉問題を体系的に究明することが課題となっている。

一方、詰将棋プログラムとハードウェアの両方の進歩により、コンピュータで詰将棋を解くのはプロ棋士の人間よりも速くなってきた⁹⁾。河野、野下、伊藤、脊尾、山下、森田らの最先端の詰将棋プログラムは、市販問題集（19 手詰め以内）の問題のほとんどを数秒

† NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories

から1分以内に解き、難問の問題集である将棋図巧⁷⁾の100問題のうち、9割以上を解く能力がある。しかし、裸玉問題では初手と序盤の可能手が非常に多く、探索空間（探索木の幅と深さ）が膨大であるので、これらのプログラムといえども、裸玉問題を解くには多大な時間がかかる。

現段階では、コンピュータを用いた完全自動的な裸玉問題の発見は困難である。人間が裸玉特有の序盤の有力な手筋を指定するなどして、インタラクティブにコンピュータを援用した体系的な検討ができるようになってきたのが現状といえる。

本論文では、まず今までに発表された裸玉問題のリストを紹介し、コンピュータでの解図を検討する。次に、詰む最小持駒の厳密な定義と性質を明らかにし、その組合せ数を考察する。次に、裸玉詰将棋問題をコンピュータの援用のもとで体系的に評価する。手始めに、玉の位置が1八の場合を網羅的に探索した。その結果、完備な「詰む最小持駒集合」を得るとともに、6つの（準）完全作を発見した。

2. 詰将棋のルールと用語

詰将棋では、攻め方は最小の手順で詰ますように王手の連続で攻め、玉方は最も長く生きながらえるように逃げる。本論文では、この戦略に従った手順を最適手順と呼ぶ。詰上がり図で持駒が余った場合を「駒余り」という。作者の意図した詰手順（作意手順）から攻めの手を変えることを「紛れ」といい、紛れによる別の詰む手順がある場合を「余詰」という。駒余りや余詰がある場合は、その詰将棋問題は不完全作と見なされる。ただし、長手数の問題では、最後の1手や3手に余詰があっても完全作として救済される。一方、詰手順の途中で、玉方の受け手を変えることを「変化」という。変化による別の詰め手順を「変化別詰」、略して変別という。変別の手数が元の手数と同じならば、「変同」といい、特にキズとはならない。しかし、変別の手数が作意の手数よりも長ければ、「変長」といい、「キズ」または「不完全」とされる。ただし、長手数の問題に対しては、2手程度長くなる変長は準完全作として救済されることが多い。本論文では、「玉方は最も長く生きながらえるように逃げる」という最適手順のルールに従い、「変長駒余り」は不完全とする。以上のように、判定ルールに多少の曖昧性を含んでいるが、完全作または準完全作および不完全作の区別はされているので、本論文でもこの区別に従う。

将棋の盤面における駒の位置は座標表示される。横方向に右から順に1筋から9筋と呼び、縦方向に上か

ら順に一段から九段と呼ぶ。筋番号を先、段番号を後にしたペアで呼び、たとえば、1筋目八段目の位置に玉があれば、1八玉と表す。特に筋はアラビア数字で表し、段は漢数字で表すのが慣用である。

3. コンピュータによる解図

詰将棋のルールで述べたように、詰将棋を解くことは攻めと受けの最適手順を探索することである。いわばAND-OR木における最短手順を見つけることに相当する。この探索方法は大きく2つに分けられる⁹⁾。1つは、反復深化縦型探索（以下、A法と呼ぶ）と、もう1つは最良優先探索（以下、B法と呼ぶ）である。

A法はすべての攻めの手と受けの手を検査する、いわば総当たり法である。まず1手で詰むかどうかを検査し、詰まなければ3手で詰むかどうかを検査する。このように、順次詰め手数を増やして、詰めの有無を検査する。A法では、攻め手最短、受け手最長のルールに従っているので、「 N 手で詰む」ことが分かった場合、「 $(N-2)$ 手以下では詰まない」ことも保証される。A法は基本的には総当たりなので、詰み（正解手順）があれば、時間と記憶容量が許す限り実行すると必ず正解手順を見つけ出すことができる。しかし、必要な時間は探索空間の広さに比例し、ほぼ手数に関して指数的に増大する。したがって、A法で長い手数の問題を解かせようとすると、膨大な時間を要するのが問題点である。A法を実現したプログラムとして野下のT2、山下、森田、小山のプログラム、あるいは丹頂などがある。ちなみに、A法のプログラムを用いて、Pentiumプロセッサのパソコン（数百MHz）上で二十数手の裸玉問題を解かせると、数十分から数日程度かかるのが現状である。

一方、最良優先探索（B法）では、すべての攻め手を検査せずに、最も詰みそうな「最良」の攻め手を選び出す。選ばれた攻め手に対し、最も詰みそうもない「最良」の受け手で応じながら深く探索する。一定の深さ（たとえば50手）まで探索しても詰みがないならば、次善の攻め手を選び、同様に深く探索する。もし詰む手順が見つければ、選ばれた攻め手に対するすべての受け手を検査し、本当に詰むことを確認する。ここで、「最良」を表す指標として効果的とされているのが「玉の自由度」である。玉の自由度とは、ある局面で王手から逃れる手が何通りあるかを示す手の総数である。B法では、現局面あるいは数手先の局面において、玉の自由度が最も小さくなる攻め手を優先し、玉の自由度が最も大きくなる受け手を優先する。当然、詰みの状態では玉の自由度はゼロになっている。B法

は長い手数の問題を A 法よりも短時間で解けることが多い。ただし、B 法で得られた出力結果は必ずしも最適手順（攻め方最短、玉方最長）に従っているとは限らない。しばしば、正解よりも手数の長い余詰めや、変化別詰になっていることも多い。この性質は正解を求めるうえでの問題点であるが、余詰めを探索できるという意味で利点でもある。もし B 法で「詰みあり」と判定されたら、その手順の最適性はさておき、「必ず詰む」ことが保証される。したがって、B 法は、詰みがあるかどうか不明の問題に対しその真偽を短時間で確認する場合にも適している。B 法を実現したプログラムとして河野、伊藤、脊尾のプログラムなどがある。ちなみに、河野、伊藤のプログラムはワークステーション上で 611 手詰の「寿」を数分で解いた（なお、A 法の T2 プログラムも寿を解いた）。脊尾のプログラムはパソコン上で 1500 手以上の超長手数問題マイクロコスモスを約 1 日で解いた。

我々が裸玉問題の探索に用いたプログラムは、A 法では小山プログラム（小山詰と略す）と丹頂、B 法では河野プログラム（河野詰と略す）と脊尾プログラム（脊尾詰と略す。版は脊尾式）である。小山詰と河野詰は、NTT のコミュニケーション科学研究所において開発したもので、特に河野詰は近似局面の利用により効率化を図っている¹⁰⁾。これらのプログラムは、名作の感性評価に用いられてきた^{11),13)}。丹頂と脊尾詰は、一部の専門家の間で詰将棋の検討に用いられている。

裸玉の場合、王手をかけられても玉の周りの動けるマス目の数が多く、玉の自由度が序盤で大きい。したがって、玉の自由度の指標が必ずしも序盤で効果的とは限らない。実際、B 法の方が A 法よりも速く詰手順を見つけることが多いが、たまに逆の場合もある。さらに最適手順を求めるには、A 法が必要である。長い手数の（準）最適手順を求めるには、A 法と B 法の併用が必要である。余詰めの有無を検査する場合も A 法と B 法の併用が有効である。

4. 既発表の裸玉作品とコンピュータによる検討

現在までに発表された裸玉問題^{1),2),4)}のうち、完全作または準完全作（ややキズあり）とされている 43 問題を表 1 に示す。最初の発表は 1755 年であるが、ほとんどは 20 世紀の 50, 60, 70, 80 年代に発表されている。最新作は 98 年 11 月に発表されているので、まだ未知の完全作が埋もれていると予想される。発表時に玉が左半分（6 筋から 9 筋）に位置する問題は、便宜上左右を入れ換えている。表 1 から分かるように、

1 から 5 九までの 45 カ所の玉の位置のうち、完全作または準完全作の発表されている玉の位置は 19 カ所である。四段、八段に玉がある裸玉問題はまったく発見されておらず、五段は 1 カ所（1 問題）のみ、九段は 1 カ所（4 問題）のみ、4 筋は 2 カ所（2 問題）のみ、5 筋は 3 カ所（3 問題）のみ発見されている。

今までの裸玉作品 43 問題をコンピュータで解かせ、コンピュータの解図能力と作品の完全性を評価した。実行環境は Pentium プロセッサ（200 MHz）上である。正解手数が 25 手以下とされている裸玉問題 23 題に対し、A 法を適用すると、4800 分以内ですべて解け、そのうち 2 時間（＝120 分）以内で解けたのは 19 題である。43 題のすべての問題に対し、各々制限時間 5 時間で B 法を適用すると、30 題（70%）が解け、そのうち 1 時間（＝60 分）以内で解けたのは 28 題である。B 法で解けた 30 題のうち正解手順を出力したのは 9 題であり、残りは正解より手数の長い変化別詰を出力した。

A 法または B 法で解かせたときの実行時間（単位は分）を表 1 の右端欄に示した。B 法で解かせたときに（変長などでない）正解を出力した場合を数字の左に＊印を付けた。問題そのものが非常に難しく、コンピュータでも解くのが非常に困難な場合は、表の中で－で示した。この場合、序盤をヒューリスティックに与えながら検討せざるをえないことが分かる。これらの初手からは解けなかった問題に対し、作意手順を数手進めた局面を問題図として解かせたところ、飛躍的に解図成功確率が向上した。たとえば、No.35 の 47 手詰の問題（玉位置 3 一、持駒：飛 2 銀桂歩 4）に対し、初手から解こうとすると数日かけても解けないが、3 四飛、3 二歩、4 三桂、4 二玉の最初の 4 手を与えた局面から B 法で解くと、約 8 分で解けた。エレガントな長い手数なので紹介する。5 手目以下の手順は次のとおり。5 一銀、5 三玉、5 四飛打、6 三玉、6 四飛、7 二玉、7 三歩、8 二玉、8 三歩、9 二玉、9 三歩、9 一玉、8 二歩成、同玉、6 二飛成、8 三玉、9 二竜、7 三玉、6 二銀不成、6 三玉、8 三竜、6 二玉、6 四飛、5 二玉、5 一桂成、4 二玉、4 四飛、3 一玉、4 一成桂、2 一玉、2 二歩、1 一玉、1 四飛、1 二銀、同飛成、同玉、1 三銀、1 一玉、2 一歩成、同玉、2 三竜、1 一玉、2 二銀成まで。したがって、序盤の数手の有望な攻め手を人間が与え、詰むかどうかをコンピュータを援用しながら検討する必要がある。

1980 年代に小沢が創作（発見）した作品群は、詰将棋パラダイスなる専門誌で年間優秀賞である看寿賞を受賞したように、詰手数の長い超難問である。さら

表 1 今までに発表された裸玉作品

No.	玉の位置	持駒 歩 香 桂 銀 金 角 飛	手数	作者	発表誌 発表年月	完全性と作意手順 ◎: 完全, ○: 準完全, △: 不完全	A 法 分	B 法 分
1	1一	0 0 0 1 2 0 1	31	伊藤看寿	1755 年	○1 三飛, 1 二飛, 2 二金, 同玉, 3 三銀以下.	51	1
2	1一	0 0 2 0 0 2 1	41	奥園幸雄	バラ 53/6	○4 四角, 2 二銀, 1 三飛, 1 二飛, 2 三桂以下.	—	—
3	1一	1 1 1 1 2 1 0	15	柏川悦夫	バラ 63/2	○3 三角, 2 二銀, 2 三桂, 1 二玉, 2 一銀以下.	11	2
4	1一	0 0 1 0 3 1 0	9	服部 敦	80/3	△3 三角, 2 二銀, 2 三桂, 1 二玉, 1 一金以下.	1	1
5	1一	1 1 1 2 0 2 0	33	小沢正広	詰研 82/2	○3 三角, 2 二銀, 1 五香, 1 二歩, 2 三桂以下.	—	20
6	1二	0 0 1 1 0 0 2	21	山田修司	バラ 52/5	◎1 四飛, 1 三歩, 1 一飛, 同玉, 1 三飛成以下.	6	3
7	1二	0 0 1 1 2 1 0	19	高橋守	近将 53/7	◎3 四角, 2 三銀, 2 四桂, 1 三玉, 2 二銀以下.	4	2
8	1二	0 1 0 0 0 1 2	19	北原義治	王将 54/12	△1 四飛, 1 三歩, 1 一飛, 同玉, 1 三飛成以下.	22	—
9	1二	2 0 1 0 2 2 0	17	柏川悦夫	近将 63/10	◎3 四角, 2 三銀, 1 三歩, 2 二玉, 1 一角以下.	8	8
10	1三	0 1 1 2 2 1 0	27	花沢正純	バラ 66/7	◎3 五角, 2 四銀, 2 五桂, 1 四玉, 2 三銀以下.	—	*14
11	1三	0 0 1 0 3 1 0	15	新田道雄	バラ 75/2	○3 五角, 2 四角, 2 五桂, 2 三玉, 3 三金以下.	1	1
12	1三	0 0 0 3 3 1 0	23	新田道雄	バラ 75/2	◎3 五角, 2 四飛, 1 四銀, 同玉, 2 五銀以下.	92	20
13	1三	1 1 1 0 1 1 1	21	牧野隆一	バラ 98/11	◎3 三飛, 2 三銀, 1 四歩, 2 四玉, 1 五角以下.	1171	55
14	1五	0 0 1 3 2 0 1	17	北川明	バラ 77/2	◎3 五飛, 2 五金, 2 七桂, 1 六玉, 1 七銀以下.	21	3
15	1六	0 0 0 2 4 0 1	27	小沢正広	バラ 82/2	◎3 六飛, 2 六香, 2 七銀, 同玉, 3 七金以下.	—	22
16	1七	0 2 1 4 2 0 0	19	北川明	バラ 59/12	◎2 九桂, 1 六玉, 2 七銀, 同玉, 3 七金以下.	42	18
17	1七	0 0 1 3 3 0 0	13	小沢正広	バラ 86/2	△2 九桂, 2 六玉, 3 七銀, 3 五玉, 4 六銀打以下.	1	2
18	1九	0 2 0 2 0 2 1	17	岩木錦太郎	バラ 62/6	◎3 九飛, 2 九銀, 2 八銀, 同玉, 3 七銀以下.	12	25
19	1九	1 0 0 2 3 2 0	27	橋本守正	バラ 64/3	◎3 七角, 2 八金, 2 九金, 同玉, 3 九金以下.	—	*2
20	1九	0 3 0 4 1 0 1	19	田中至	バラ 63/9	○3 九飛, 2 九角, 2 八銀, 同玉, 3 七銀以下.	11	*1
21	1九	0 0 1 2 3 2 0	23	小沢正広	バラ 87/12	◎3 七角, 2 八金, 2 九金, 同玉, 3 九金以下.	526	*2
22	2一	1 0 0 0 1 0 2	35	岡田秋(霞)	月報 42/9	◎4 一飛, 3 一桂, 1 一飛, 同玉, 3 一飛成以下.	—	*14
23	2一	0 0 0 0 4 0 1	9	岸本ら	バラ 56/6	◎2 三飛, 2 二銀, 3 一金, 同玉, 4 二金以下.	1	*1
24	2一	0 0 2 0 2 2 0	19	浜辺義明	バラ 74/4	△4 三角, 3 二金, 1 二金, 同玉, 3 四角成以下.	54	15
25	2一	1 1 1 0 3 1 0	31	小沢正広	バラ 86/2	◎4 三角, 3 二角, 2 六香, 2 三歩, 同香以下.	—	*297
26	2一	8 0 1 0 3 0 1	45	小沢正広	バラ 87/5	◎2 四飛, 2 二銀, 1 二金, 同玉, 1 三歩以下.	—	—
27	2一	0 0 1 0 1 0 2	31	歩棋元	バラ 71/6	◎4 一飛, 3 一桂, 1 一飛, 同玉, 3 一飛成以下.	—	*16
28	2二	0 1 3 0 1 2 0	27	岸本雅美	近将 63/7	◎4 四角, 3 三金, 1 一角, 3 一玉, 4 三桂以下.	—	31
29	2二	1 1 0 1 1 2 0	15	新田道雄	バラ 71/2	◎4 四角, 3 三歩, 1 一角, 同玉, 3 三角成以下.	7	13
30	2二	4 0 0 3 2 1 0	33	小沢正広	近将 81/11	◎4 四角, 3 三金, 2 三銀, 同玉, 2 四歩以下.	—	—
31	2三	0 0 1 0 1 0 2	31	大塚播州	バラ 56/10	◎4 三飛, 3 三歩, 1 三飛, 同玉, 3 三飛成以下.	—	*17
32	2七	0 1 1 4 3 0 0	21	福田桂士ら	近将 65/9	◎3 九桂, 2 六玉, 3 七銀, 同玉, 4 七金以下.	113	36
33	2七	0 0 1 3 4 0 0	17	藤本和	バラ 82/1	○3 九桂, 2 六玉, 3 七銀, 同玉, 4 七金以下.	3	15
34	3一	1 1 0 2 1 2 0	17	岡村孝雄	バラ 88/4	◎2 二銀, 同玉以下 No.29 に同じ.	94	—
35	3一	4 0 1 1 0 0 2	47	小沢正広	近将 84/11	◎3 四飛, 3 二歩, 4 三桂, 4 二玉, 5 一銀以下.	—	—
36	3二	0 1 0 0 1 2 1	23	小沢正広	バラ 86/2	△5 四角, 4 三歩, 2 一角, 同玉, 2 三飛以下.	—	—
37	3七	0 4 1 4 3 0 0	29	小沢正広	バラ 88/3	◎4 九桂, 3 八玉, 4 八金, 同玉, 5 七銀以下.	—	—
38	3七	2 3 1 4 3 0 0	29	小沢正広	バラ 88/3	◎4 九桂, 3 八玉, 4 八金, 同玉, 5 七銀以下.	—	—
39	4一	0 3 0 1 0 0 2	33	小沢正広	バラ 82/10	◎4 三香, 4 二桂, 同香成, 同玉以下 No.40 同.	—	—
40	4二	0 2 1 1 0 0 2	29	塚本勝男ら	バラ 78/10	◎4 五飛, 4 四歩, 同飛, 4 三歩, 4 一飛以下.	—	—
41	5二	0 0 0 0 0 2 2	41	森敏宏	近将 65/9	◎5 四飛, 5 三歩, 3 四角, 4 三歩, 同角成以下.	—	—
42	5六	0 1 1 4 4 0 0	29	小沢正広	バラ 88/5	◎5 七銀, 同玉, 以下 No.43 同.	—	—
43	5七	0 1 1 3 4 0 0	27	小沢正広	バラ 82/10	◎6 九桂, 5 八玉, 5 七金, 4 九玉, 5 八銀以下.	659	210

に 98 年に発表された No.13 の牧野の問題 (21 手詰) が A 法で 1171 分も要していることは興味深い. この問題は 98 年の看寿賞の候補になっている. 最近まで未発見の問題は, このように解くのが非常に困難だった問題のようである.

ところで, 従来から指摘されているように, No.4, 8, 17, 24, 36 の 5 つの問題は 2 手変長駒余りであることを確認した. 本論文では, このような性質を持つ作品は不完全として取り扱う. 表では△の記号で示した. 軽微な余詰は, その程度の判断に主観が入るので, 準完全とし, 表では 8 つの問題に○の記号で示した. 43 作品中, 12 作品が準完全作または不完全作であり, 残り 31 作品が完全作とされており, 表では◎で示した. これらの完全作に対し, 新たな余詰は発見できなかった.

5. 詰む持駒と詰む最小持駒

裸玉問題に限らず, 一般の詰将棋問題では, 駒の盤面配置と持駒が指定されている. ある盤面配置に対して, 7 種の駒のそれぞれの持駒数を k_i ($1 \leq i \leq 7$) とし詰むとする. ただし,

k_1 : 歩の枚数, ($0 \leq k_1 \leq 18$),

k_2 : 香の枚数, ($0 \leq k_2 \leq 4$),

k_3 : 桂の枚数, ($0 \leq k_3 \leq 4$),

k_4 : 銀の枚数, ($0 \leq k_4 \leq 4$),

k_5 : 金の枚数, ($0 \leq k_5 \leq 4$),

k_6 : 角の枚数, ($0 \leq k_6 \leq 2$),

k_7 : 飛の枚数, ($0 \leq k_7 \leq 2$).

とする. 以後, 詰む持駒数を $K = (k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7)$ とベクトル表示する. ある盤面配置に対し, 「詰む」持駒の組合せは一般に複数ある. 詰む持駒のうち

で、駒数のみを考慮した場合の「最小持駒」を 5.1 節で詳述し、駒数と駒の利きを考慮した場合の「低利の最小持駒」を 5.2 節で詳述する。

5.1 詰む最小持駒

詰む持駒のうちで、以下の駒数条件を満たした持駒を**詰む最小持駒**と定義する。

詰む最小持駒：詰む持駒 $K = (k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7)$ において、 $k_i > 0$ なる駒種 $i (1 \leq i \leq 7)$ のすべてに対し、もしその駒種の駒数を 1 つ減らし (k_i を $k_i - 1$ に置き換え)、その他の駒種の駒数は前のままとすると詰まないならば、 K を詰む最小持駒と呼ぶ。以下、混乱が起こらない限り、「詰む最小持駒」を「最小持駒」と略記する。

実例で説明しよう。2 一玉の裸玉問題に対して、飛飛金歩 ($K = (1, 0, 0, 0, 1, 0, 2)$) の持駒の作品 (岡田作, 8 一玉問題として発表) がある⁸⁾。この持駒は詰む最小持駒である。なぜならば、飛飛金歩は詰む持駒であり、駒数を 1 つ減らした飛金歩、飛飛歩、飛飛金の 3 通りの持駒はいずれも詰まないからである。なお、飛飛金金歩、飛飛金銀歩、飛飛金歩歩などの持駒は「詰む持駒」ではあるが、特定の駒数を減らしても詰むので、最小持駒でない。

最小持駒の定義から明らかなように、1 つの最小持駒を決定するには、詰む判定を 1 回、詰まない判定を $\#\{i | k_i > 0\}$ 回行う必要がある。発見した詰手順を提示すれば、詰む判定は確定的にできる。詰まないことを構成的に証明できる場合 (たとえば金、銀、歩の持駒だけでは裸玉問題は詰まないなど) もあるが、通常、不詰は一定の条件のもとで判定している。たとえば、コンピュータの性能 (速度、記憶容量) とその上での実行時間 (「X 分かけても詰まない」こと)、あるいは A 法を用いての探索結果 (「ある手数 (N 手) 以下の詰手順が存在しない」こと) により条件を示している。したがって、厳密に言えば最小持駒の決定は一定の条件のもとで行われる。

表 1 から明らかなように 2 一玉型の裸玉の場合、最小持駒は少なくとも 6 通りある。一般に、盤面配置が指定されたとき、最小持駒の組合せは何通りあるだろうか。まず、最小持駒の組合せの数の上限値の大ざっぱな見積りをしてみよう。駒数条件を言い換えると、詰む最小持駒 $K = (k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7)$ において、駒種 $i (1 \leq i \leq 7)$ 以外の駒数を固定すると、駒種 i の駒数 k_i も 1 通りに定まる。すなわち、駒種 i の駒数が $k_i + 1$ 枚では駒余りとなり、 $k_i - 1$ では詰まない。この駒数条

件により、歩に注目して ($i = 1$ として)、歩以外の持駒の組合せを考える。飛の枚数の選び方は、0, 1, 2 枚の 3 通りあり、他の駒種も同様に選ばれる。香、桂、銀、金、角、飛の持駒の組合せより、全体の取り得る組合せの数は、 $5625 (= 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 3 \times 3)$ となる⁶⁾。もう少し精密に評価しよう。最小持駒の組合せの数が最大となりうる場合として、飛飛角角金金金銀銀銀桂桂桂桂香香香香 ($K = (0, 4, 4, 4, 4, 2, 2)$) が最小持駒とする。最小持駒の間の無矛盾性を保証すれば、一般に、 $(\sum_{i=2}^7 s_i, 4-s_2, 4-s_3, 4-s_4, 4-s_5, 2-s_6, 2-s_7)$ も最小持駒になりうる。しかし、歩の枚数が 18、他の駒の枚数の総計が 20 ($= 4+4+4+4+2+2$) であることに注意すると、 $(20, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$, $(19, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$, $\dots$ $(19, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$ の 7 通りの持駒は最小持駒になることはできない。したがって、最小持駒の組合せの数のより精密な上限値は $5618 (= 5625 - 7)$ となる。

5.2 低利の詰む最小持駒

裸玉問題に限らず一般の詰将棋では、駒の利き機能の高い持駒では詰むが、駒の利き機能の低い持駒では詰まない場合が多い。もし駒の利きの機能を考慮すると、詰む最小持駒の組合せを効率的に求めることができる。駒の利きに包含関係がある駒種、歩 $\subset$ 香 $\subset$ 飛、歩 $\subset$ 銀、歩 $\subset$ 金について機能の低い駒種の枚数を優先する持駒を**低利の詰む持駒**と呼び、次のように定義する。

低利の詰む最小持駒：駒種 i の利きの機能が駒種 j の利きの機能に含まれている場合、つまり $\{(i, j)\} = \{(1, 2), (1, 7), (2, 7), (1, 4), (1, 5)\}$ に限定する。ある盤面配置に対し、持駒 $K = (\dots, k_i, \dots, k_j, \dots)$ と持駒 $K' = (\dots, k'_i, \dots, k'_j, \dots)$ がともに詰む持駒であり、駒種 i と j 以外の駒数が同じ ($k_\ell = k'_\ell \ (\ell \neq i, j)$) とする。もし $k_i = k'_i + a, k_j = k'_j - a, a \geq 1$ ならば、つまり駒種 j の a 枚を駒種 i の a 枚で代用できるならば、 K と K' のうち、より機能の低い駒を使う K を低利の詰む持駒という。より機能の高い駒を使う K' を高利の詰む持駒という。

実例で説明しよう。1 八玉の裸玉問題に対し、今回 (角金金金金銀銀銀歩) が詰む最小持駒であることが分かった。駒機能を考慮すると、歩は香、銀、金、飛で代用できる。金はすでに 4 枚使っているので代用できない。ところで、他に詰む持駒として (飛角金金金金銀) がすでに分かっているので、飛で代用した持駒表現 (飛角金金金金銀銀銀) は最小性を損ない、詰む最小持駒とはならない。香で代用した持駒表現 (角金金

金金銀銀銀香)と銀で代用した持駒表現(角金金金金銀銀銀銀)のみが詰む最小持駒の候補となり、実際に詰むことと最小性を確認して、最小持駒として追加する。このように低利の詰む最小持駒(角金金金金銀銀銀歩)が他の高利な詰む持駒の探索に役立つ。

低利の詰む最小持駒が定義できるのは、駒機能の高い駒も低い駒も詰む場合に対応している。「打ち歩詰め禁止」のルールは駒機能条件に矛盾しないことに注意しよう。一般の詰将棋では、駒機能の高い駒では詰むが、駒機能の低い駒では詰まない場合が圧倒的に多い。しかし、機能の低い方の駒種のみで詰む場合がありうる。実際、持駒が飛や金や銀や香では詰まないが、歩では詰む場合のような「名作」も創作されている。このような特異な反転状況にも対応するには、詰む最小持駒のすべてをリストアップし、それらの完全性を検討しなければならない。検討例を示そう。前節の岡田作品(2一玉型)の持駒(飛飛金歩)は低利の詰む最小持駒である。歩と比べて機能の高い金、銀、香で代替させた(飛飛金金)、(飛飛金銀)、(飛飛金香)は実際に詰む最小持駒である。しかし、(飛飛金歩)の持駒だけが完全作であり、(飛飛金金)、(飛飛金銀)、(飛飛金香)の持駒は余詰となっている。もし低利の最小持駒も高利の最小持駒も完全作ならば、作品の芸術性を考慮して任意に作意の持駒を選ぶことができる。

6. 完備な最小持駒集合

6.1 定義と性質

詰将棋の創作の観点からは、詰む最小持駒をリストアップして、それぞれの持駒の問題が完全かどうか、つまり余詰がなく、詰上がり図で駒余りがないかどうかを検討すればいい。なお、詰む最小持駒の場合でも、詰上がり局面で駒が余るかもしれないことに注意しよう。ある盤面配置に対する最小持駒が m 通りあるとすると、その集合を**最小持駒集合**と呼び、 $\mathbf{K} = \{K_j\} (1 \leq j \leq m)$ と表す。最小持駒の定義から明らかなように、次の[詰判定1]と[詰判定2]が成り立つ。

[詰判定1] 持駒 $K^* = (k_1^*, k_2^*, k_3^*, k_4^*, k_5^*, k_6^*, k_7^*)$ と最小持駒集合 $\mathbf{K}$ が与えられたとき、 $\mathbf{K}$ のうちのいずれかの最小持駒 $K_j = (k_{1j}, k_{2j}, k_{3j}, k_{4j}, k_{5j}, k_{6j}, k_{7j})$ ($1 \leq j \leq m$) に対し、すべての駒種 i ($1 \leq i \leq 7$) において $k_i^* \geq k_{ij}$ ならば、 K^* は詰む。

[詰判定2] 持駒 $K^* = (k_1^*, k_2^*, k_3^*, k_4^*, k_5^*, k_6^*, k_7^*)$ と最小持駒集合 $\mathbf{K}$ が与えられたとき、 $\mathbf{K}$ のうちのいずれかの最小持駒 $K_j = (k_{1j}, k_{2j}, k_{3j}, k_{4j}, k_{5j}, k_{6j}, k_{7j})$ ($1 \leq j \leq m$) に対し、すべての駒種 i ($1 \leq i \leq 7$) に

において $k_i^* \leq k_{ij}$ ならば、 K^* は詰まない。ただし、すべて等号の場合は除く。

最小持駒集合が与えられたとき、全体持駒集合(106875 (= $19 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 3 \times 3$) 通りある持駒集合)の中で、[詰判定1]と[詰判定2]のいずれかの条件を満たす持駒を**明示持駒**と呼び、その集合を $\mathbf{E}$ と表す。特に[詰判定1]で詰むと判定された持駒を**明示詰持駒**と呼び、その集合を $\mathbf{T_E}$ と表す。特に[詰判定2]で詰まないと判定された持駒を**明示不詰持駒**と呼び、その集合を $\mathbf{F_E}$ と表す。[詰判定1]と[詰判定2]のいずれの条件も満たさない持駒を**暗黙持駒**と呼び、その集合を $\mathbf{I}$ と表す。これらの集合の関係は

$$\mathbf{Z} = \mathbf{E} \cup \mathbf{I}, \quad \mathbf{E} \cap \mathbf{I} = \phi$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{T_E} \cup \mathbf{F_E}, \quad \mathbf{T_E} \cap \mathbf{F_E} = \phi$$

となる。暗黙持駒の集合は最小持駒集合から論理操作 $\mathbf{I} = \mathbf{Z} - \mathbf{E} = \mathbf{Z} - \mathbf{T_E} - \mathbf{F_E}$ により漏れなく求めることができる。

特定の玉位置の裸玉問題を網羅的に検討する場合、暗黙持駒が詰むかどうかの判定を行いながら、最小持駒集合を精錬させていく。未検査のため詰むかどうか不明の暗黙持駒を**暗黙不明持駒**と呼び、その集合を $\mathbf{U_I}$ と表す。「詰まない」ことを確認した暗黙持駒を**暗黙不詰持駒**と呼び、その集合を $\mathbf{F_I}$ と表す。これらの関係は

$$\mathbf{I} = \mathbf{U_I} \cup \mathbf{F_I}, \quad \mathbf{U_I} \cap \mathbf{F_I} = \phi$$

となる。もしすべての暗黙持駒が詰まないことを確認していれば、**最小持駒集合が完備である**と呼ぶ。

完備な最小持駒集合を示せば、特に暗黙持駒を明示する必要がない。しかし、最小持駒集合を見ただけでは、どの駒が暗黙持駒なのかどうか分かりにくい。暗黙持駒を明示すると、ある持駒 K^* が詰むかどうかの判定がいつそう簡単な論理操作で済み、表を見ただけで一目瞭然となる。暗黙持駒を簡潔な必要最小限度の表現で表すために、ある駒種に対して記号 x を用いる。精錬の途中だけに現れる暗黙不明持駒の場合、 x の記号のついた駒種の枚数による詰と不詰の境界が不明であることを意味する。一方、精錬の結果得られる暗黙不詰持駒の場合、 x の記号のついた駒種がいくらか多くても詰まないことを意味する。見方を変えると、暗黙不詰持駒は**仮想的な(詰む)最小持駒**の表現と解釈することもできる。暗黙不詰持駒の場合、 x の値は駒種 i の最大値 ($i = 1$ の場合は18, $2 \leq i \leq 5$ の場合は4, $6 \leq i \leq 7$ の場合は2) に1を加えた値とした仮想的な最小持駒とする。そうすれば、詰判定2を適用して詰まない持駒が特定できる。たとえば、飛2、

角 1 のほかに桂, 香, 歩が何枚あっても詰まない場合, $\overline{K} = (x, x, x, 0, 0, 1, 2)$ なる暗黙不詰持駒の表現を用いる. 仮想的な最小持駒は $\overline{K} = (19, 5, 5, 0, 0, 1, 2)$ となる,

「完備な最小持駒集合」と暗黙持駒集合を併記したリストを**完備な総合持駒リスト**と呼ぶ. 1 八玉型の裸玉問題に対し, 特に (飛飛角プラス α) の持駒の場合に限定した実例で説明しよう. ここで α は飛と角以外の駒を意味する. (飛飛角金), (飛飛角銀銀), (飛飛角銀桂桂桂), (飛飛角銀桂桂桂香), (飛飛角銀桂桂歩), (飛飛角銀桂桂香香), (飛飛角銀桂桂香歩) の 7 つの最小持駒により完備な最小持駒集合となる. これに付随した暗黙不詰持駒は $(x, 0, 1, 1, 0, 1, 2)$, $(x, x, 0, 1, 0, 1, 2)$, $(x, x, x, 0, 0, 1, 2)$ となる.

6.2 完備な最小持駒集合の実現

完備な最小持駒集合を確定させる過程においては, 様々な持駒が詰むかどうかの判定を行いながら, 最小持駒を精練したり, 詰まない持駒を確認していく. 詰むかどうか不明 (未検査) である持駒の中で, もし詰む持駒が見つければ, 駒数を減少させて詰むかどうかを調べる. その減少操作の途中で詰まない持駒の境界を確認して, 1 つの最小持駒を決定し, 最小持駒集合に加える. 一方, 詰むかどうか不明 (未検査) である持駒の中で, もし詰まない持駒が見つければ, 駒数を増加させて詰むかどうかを調べる. その増加操作の途中で詰む持駒の境界を確認して, 1 つの最小持駒を決定し, 最小持駒集合に加える. 駒種の限界 (たとえば桂ならば 4) まで増加しても詰まないならば, 「仮想的な最小持駒」を決定する. 完備な最小持駒集合を確定させた段階では, 暗黙持駒は詰まない持駒となる. 実際の増減過程においては, 駒数に関して 2 分探索を行い, 効率化を図ることができる.

7. 裸玉問題の持駒に関する全体的性質

裸玉問題の場合, 「詰む持駒」に関する性質 (以下の性質 1, 性質 2, 性質 3, 性質 4) が簡単な検討により得られ, 最小持駒の決定に有効である.

[性質 1] 裸玉問題の場合, 玉の位置がどこであろうと, 詰ますためには少なくとも持駒として歩以外の駒が 3 枚以上必要である. したがって,

$$\sum_{i=2}^7 k_i \leq 2$$

ならば詰まない, 最小持駒とならない.

証明 (スケッチ): 最も詰みやすい二段の玉位置の場合でも, 3 枚以上の持駒が必要である. 実際 45 通りの玉位置に対し, 持駒が 2 枚以下の場合詰まないことを確認した. なお, 1 二玉の場合, (飛 2, 金 1) の 3 枚で詰む. 裸玉以外で玉が閉じ込められている問題では, 桂 1 枚で詰む場合もある.

[性質 2] 裸玉問題の場合, 玉の位置がどこであろうと, 持駒が飛飛角角金銀, または飛飛角金金銀, または飛角角金金銀銀ならば詰む. したがって, 下記の式 (1) または式 (2) または式 (3) が成り立てば, 駒余りとなるので, 最小持駒とならない.

- (1) $k_1 \geq 0, k_2 \geq 0, k_3 \geq 0, k_4 \geq 1, k_5 \geq 1, k_6 = 2, k_7 = 2$ (すべてが等号の場合を除く)
- (2) $k_1 \geq 0, k_2 \geq 0, k_3 \geq 0, k_4 \geq 2, k_5 \geq 1, k_6 = 1, k_7 = 2$ (すべてが等号の場合を除く)
- (3) $k_1 \geq 0, k_2 \geq 0, k_3 \geq 0, k_4 \geq 2, k_5 \geq 2, k_6 = 2, k_7 = 1$ (すべてが等号の場合を除く)

証明 (スケッチ): 45 通りの玉位置に対し, 持駒が飛飛角角金銀, または飛飛角金金銀, または飛角角金金銀銀ならば詰むことを確認した. なお, 一段玉, 4 二玉を除く二段玉, 1 三玉および 1 八玉の 11 カ所の裸玉問題に対しては飛飛角角の大駒 4 枚の持駒により詰むことが確認されている⁵⁾.

[性質 3] 裸玉問題の場合, 玉の位置がどこであろうと, 金と銀と歩の駒種だけの持駒では詰まない. したがって,

$$\sum_{\{i=2,3,6,7\}} k_i = 0$$

ならば詰まない, 最小持駒とならない.

証明 (スケッチ): いわゆる飛び道具がないので, 王手をかけても取られるだけで詰まない.

[性質 4] 裸玉問題の場合, 玉の位置がどこであろうと, 桂と香と歩の駒種だけの持駒では詰まない. 式で表すと,

$$\sum_{\{i=4,5,6,7\}} k_i = 0$$

ならば詰まない, 最小持駒とならない.

証明 (スケッチ): 45 通りの玉位置に対し, 持駒が桂 4 と香 4 と歩 18 でも詰まないことを確認した.

裸玉特有の性質 1, 2, 3, 4 により, 玉位置がどこに指定されても, 最小持駒の組合せの数の上限値を減

らすことができる．[性質 1] だけに限っていえば，持駒が 2 枚以下となる組合せは，香香，桂香，…，飛飛 など合計 28 通りなので，最小持駒の組合せの数の上限値を 28 減らすことができる．以下同様に，[性質 2] (1) だけに限っていえば，最小持駒とならない組合せは $375 (= 25 \times 15)$ 通り，[性質 2] (2) だけに限っていえば，最小持駒とならない組合せは $275 (= 25 \times 11)$ 通り，[性質 2] (3) だけに限っていえば，最小持駒とならない組合せは $200 (= 25 \times 8)$ 通り，[性質 3] だけに限っていえば，金と銀のとりうる組合せ数が $25 (= 5 \times 5)$ ，[性質 4] だけに限っていえば，桂と香のとりうる組合せ数が $25 (= 5 \times 5)$ なので，それぞれ最小持駒の組合せの数の上限値をそれらの数だけ減らすことができる．以上の性質は一部で重なりがあるので，総合的に計算すると，最小持駒の組合せの数の上限値を 916 減らすことができる．したがって，裸玉の場合，玉の位置がどこであろうと最小持駒の組合せの数の理論的な上限値は $4709 (= 5625 - 916)$ となる．玉位置が特定の位置（たとえば 1 一など）の場合，さらにより細かな条件を考慮して，持駒を様々に変えて詰むかどうかを具体的に検討し，最小持駒の組合せ数を決定できる．詳しい事例研究は後で述べるが，裸玉に関しては，それぞれの玉位置に対し，実際の最小持駒の組合せの数はおよそ 130 から 140 程度である．したがって，裸玉問題の実質的な候補は全体で約 6000 ある．

8. 1 八玉問題の解明

1 八の位置に玉が置かれている裸玉問題は，表 1 から分かるように，いままでに完全作は発見されていない．そこで，1 八玉型の裸玉問題を体系的に評価した．なお，1 八玉問題は 1 九型などの裸玉問題に帰着できる場合もあるので，それらの隣接した裸玉問題も体系的に評価した．本論文では，初期の置駒が 1 八玉である裸玉問題に限定して述べる．

8.1 1 八玉問題のコンピュータ実験

3 章で考察したように，裸玉問題を解くのはかなり難しい．完全作を初手からコンピュータで解かそうとすると，膨大な時間を要する場合が多い．最初の手数を与えると，少ない時間で詰手順が求まる成功率は飛躍的に向上する．そこで，人間が裸玉特有の序盤（特に初手）の手筋を考え，3 手目または 5 手目からの問題図を与えて，コンピュータに解かせた．1 八玉問題では，次のような初手を与えた．

初手の手筋

(1) できるだけ成るために三段から飛を打つ（一段～

三段から打てるので，本来は打ち場所非限定であるが，あえて効率上，限定する）．

(2) 2 マスまたは 3 マス離れた横（3 八または 4 八）から飛を打つ（3 八飛では詰まないが 4 八飛では詰む場合，あるいはその逆の場合もある）．

(3) 1 九の隅へ追いやるために，1 九に捨駒をする（可能な駒種すべてに対し，1 九に駒を打つ．その対応として，同玉と取る場合と玉が逃げる場合がある）．

(4) 桂を活用するために，1 七または 2 七に捨駒をする（可能な駒種すべてに対し，1 七または 2 七に駒を打つ．その対応として，同玉と取る場合と玉が逃げる場合がある）．

上記の (3)，(4) で同玉と取った場合，それぞれ 1 九玉型，1 七玉型，2 七玉型の裸玉問題に帰着でき，それぞれの詰む最小持駒集合の検討結果（文献 4)，5)，15) を基に著者が精錬した結果）も部分的に利用した．

詰むかどうかの判定に用いたプログラムは，主に B 法の河野詰（3450 万局面記憶）と脊尾詰（脊尾式 Version2.4，level7（74 MB の記憶領域））である．問題図から有望な攻め手を数手進めた局面を想定し，これを新たな問題として数十分間から数日かけてコンピュータで解を探索した．

まず河野詰で 3450 万局面（CPU 時間 20 分）を上限にして「詰みなし」の暫定的判定を行った．さらに有望な問題に対しては，脊尾詰でより時間をかけて詳しく調べた．B 法を用いて詰手順が見つかったとしても，その手数は必ずしも最適でなく，しばしば最適手数よりも長い場合がある．そこで B 法の出力結果を参考にしながら，最適手順を確定するのに A 法を用いた．最終的には，21 手以下の詰手順は最適手順が得られ，23 手以上の詰手数の問題は後半の 21 手の詰手順は最適手順を得た．

詰む持駒と詰まない持駒をコンピュータで検査しながら，詰む最小持駒を網羅的に求めた．この詰む最小持駒の中で，駒余りでないものに関して余詰検査を行った．余詰を検査する簡便な方法として，複数のプログラムで解かせ，同一解手順が出力されるかどうかを検査した．それでも見つからない場合，より厳密な余詰検査として，作意手順の攻め手以外のすべての攻め手で 21 手以内に詰むか否かを調べた．なお，終盤の数手の余詰や，余詰の 1 手以外が同一手順の場合は，軽いキズと見なして救済し，準完全作としている．

8.2 1 八玉問題の完備な最小持駒集合

1 八の裸玉に対し 142 通りの詰む最小持駒の問題があった．そのうち駒余りが 74 通り，余詰が 62 通り，

完全作が1通り、準完全作が5通りであった。表2に最小持駒集合と各持駒に対する詰手数とその完全性および最適手順（または代表手順）などを示す。詰手数に*の印が付いているのは最適手順の手数を意味し、無印の場合は部分的に最適性を保証した代表手順の詰手数を意味する。

142通りの詰む最小持駒に対し、初手を分類すると以下ようになる。2七銀が71通り、1三飛が17通り、1九銀が16通り、1九香が14通り、1七金が10通り、1九歩が9通り、1九金が3通り、3八飛が1通り、4八飛が1通りであった。これから分かるように2七銀の初手が最も多かった。初手の攻駒を同玉と取ると別の裸玉問題となる。139通りの最小持駒のうち、2七玉型問題に帰着できたのは71通り（2七銀の初手の場合はすべて）、1九玉型問題に帰着できたのは23通り（1九に駒を打つ初手40通りのうち約6割）、1七玉型問題に帰着できたのは9通り（1七金の初手10通りのうち9割）であった。

142通りの詰手数の平均は25.2、標準偏差は6.41であった。既発表裸玉作品（表1）の詰手数の平均（=25.0）と非常に近いことは興味深い。

駒種の価値を点数付けて、最小持駒の総合価値を評価した。標準的な駒の価値付けの案¹⁷⁾によると、歩を10点として、香が25点、桂が30点、銀が45点、金が50点、角が75点、飛が85点となっている。たとえば、飛飛角角の持駒の場合、総合的な価値は320点（ $=85 \times 2 + 75 \times 2$ ）となる。持駒の総合価値が高すぎると最小性を損なったり駒余りになりやすく、低すぎると詰まない。いくつかの最小持駒が分かった場合、それらの持駒の総合価値を計算し、その値の近くの別の持駒を新たな最小持駒の候補として探索した。歩が18枚の最小持駒が2通りあるが、これらは受け方の持駒を制限して歩の合駒を阻止する特別な場合であり、完全作にはなりえない。この3通りを除いて考察すると、総合価値の最低点は（飛飛角金）の場合の295点であり、最高点は（角角金銀銀銀桂桂桂桂）の場合の500点である。平均は407点、標準偏差は41.4点である。文献17)の駒の価値付けは指し将棋の場合（置駒と持駒の混合形）を想定しており、必ずしも裸玉詰将棋の持駒の価値付けに適しているとは限らない。たとえば飛の駒の価値が過小評価されているようである。そこで、142通りの最小持駒が確定してから駒の価値付けの再検討を行った。歩の価値は10点と固定し、その他の駒の価値を5点刻みで振らせて、139通りの最小持駒の総合価値を求め、それらの平均値、標準偏差を計算した。標準偏差と平均値の比が最小とな

る駒の価値付けは、歩が10点、香が25点、桂が30点、銀が55点、金が70点、角が95点、飛が170点の場合である。表2の「持駒価値」の欄には、それぞれの最小持駒の総合価値の値を示している。総合価値の平均値は556点、標準偏差は27.96点であり、その比は0.0503である。金と銀および大駒（飛、角）の価値が標準案¹⁷⁾よりも大きくなった。その理由の1つは、裸玉問題特有の持駒はどこにでも打てるので、機能の高い駒はいつそう高い価値を持つと評価できるからであろう。

1八玉型の裸玉問題の場合、完備な総合持駒リストのエントリー数は227であり、そのうち最小持駒のエントリー数は141、暗黙不詰持駒のエントリー数は86であった。表2と詰判定1~2から次のことが分かった。持駒の組合せ数全体106875通りのうち、詰む持駒の組合せの数（明示詰持駒数 $|T_E|$ ）は63955通りあり、全体の59.8%である。詰まない持駒の組合せの数（ $|F_E| + |F_I|$ ）は残りの42920通りある。そのうち明示不詰持駒数 $|F_E|$ は9653通りあり、暗黙不詰持駒数 $|F_I|$ は33267通りである。

一方、1一玉型の裸玉問題の場合、小沢が最小持駒を詳しく調べており、131通りの詰む最小持駒を列挙した表を発表している^{3),4)}。簡単な論理操作で次のことが分かる。詰む持駒の組合せの数 $|T_E|$ は85157通りあり、全体の79.7%である。詰まない持駒の組合せの数（ $|F_E| + |F_I|$ ）は残りの21718通りある。したがって、持駒がランダムに与えられた場合、1一玉型の方が1八玉型より詰みやすいことも分かった。一般に、上段玉の方が下段玉よりも詰みやすいといわれているが、この結果はその根拠の1つになるだろう。

8.3 1八玉問題の完全作の発見

ほとんどの最小持駒問題は駒余りか余詰により不完全であったが、以下の6つの（準）完全作を発見した。作品1（1999年7月発見）と作品2（1999年9月発見）は準完全作であるが、新しい手順である。作品3（1997年春¹²⁾発見）と作品4（1999年9月発見）は偶然にも既存の準完全作と完全作に2手加えた作品になっている。作品5、作品6（いずれも1999年9月発見）は持駒が微妙に異なり、軽微な手順前後のある準完全作である。最小持駒総合リストを完成させるのに要した計算時間は、およそ300 MIPS年（200 MIPS性能のコンピュータ1台で1年6カ月間連続運転した換算による計算量）である。これらの作品は詰将棋の専門家の間でも手筋が面白い裸玉の新作として好評である。なお、最近の小沢氏の私信によると、作品3に関しては、小沢氏が1988年の論文「七段目小駒裸玉

表2 1八裸玉の読む最小持駒問題

話 No.	持駒 歩 香 桂 銀 金 角 飛	持駒 価値	手数	完全性 (理由)	最適手順または代表手順
1	0 0 0 0 0 2 2	550	27	駒余(歩2)	1三飛, 1七歩, 1九飛, 同玉, 1七飛成, 2九玉以下
2	0 0 0 0 1 1 2	505	21*	駒余(角1)	1三飛, 2八玉, 1八飛打, 3七玉, 3三飛成, 3六角以下
3	0 0 0 2 0 1 2	545	23	駒余(歩1)	1三飛, 1七歩, 1九飛, 2七玉, 1七飛成, 3六玉以下
4	0 0 3 1 0 1 2	580	31	駒余(歩1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
5	0 1 2 1 0 1 2	575	31	駒余(歩1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
6	1 0 2 1 0 1 2	560	35	駒余(歩3)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
7	0 2 1 1 0 1 2	570	23	駒余(歩1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
8	1 1 1 1 0 1 2	620	31	駒余(歩2)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
9	0 0 0 0 4 0 2	620	19*	駒余(金1)	4八飛, 3八銀, 同飛, 2八角, 1七金, 同玉以下
10	0 0 1 0 3 0 2	580	21*	余語(9手目4七金)	1七金, 同玉, 2九桂, 2六玉, 2三飛, 3五玉以下
11	0 1 0 0 3 0 2	575	21*	駒余(金1歩1)	1三飛, 1七歩, 1九香, 同玉, 1七飛成, 1八金以下
12	0 0 0 1 2 0 2	535	19*	駒余(歩1)	1三飛, 2九玉, 1九飛打, 3八玉, 3三飛成, 3七歩以下
13	0 3 4 0 2 0 2	675	41	駒余(桂4)	1三飛, 1七歩, 1九香, 同玉, 1七飛成, 1八金以下
14	18 2 4 0 2 0 2	830	43	駒余(桂3歩16)	1三飛, 1七金, 1九金, 同玉, 1七飛成, 1八金以下
15	0 4 0 0 2 0 2	580	39	駒余(香1)	1三飛, 1七桂, 1九香, 同玉, 1七飛成, 1八金以下
16	1 3 0 0 2 0 2	565	41	駒余(桂1)	1三飛, 1七歩, 1九香, 同玉, 1七飛成, 1八金以下
17	0 0 0 2 1 0 2	520	25	余語(13手目2九金)	1三飛, 2九玉, 5九飛, 4九銀, 同飛, 3九角以下
18	0 0 2 1 0 0 2	525	33	余語(17手目2三飛成)	1三飛, 1七歩, 1九金, 2七玉, 3九桂, 3八玉以下
19	0 1 0 1 1 0 2	490	27	余語(11手目6八金)	1三飛, 2八玉, 1八飛打, 3七玉, 4八銀, 4六玉以下
20	0 0 0 4 0 0 2	560	25	余語(3手目5九飛)	1三飛, 2九玉, 1九飛打, 3八玉, 3三飛成, 3七歩以下
21	0 0 2 3 0 0 2	565	25*	余語(11手目4六飛成)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七銀, 3五玉以下
22	0 1 1 3 0 0 2	560	21*	駒余(桂1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七銀, 4五玉以下
23	0 0 0 0 3 2 1	570	27	駒余(桂1香1)	1三飛, 2七玉, 4五角, 3六桂, 3七金, 同玉以下
24	0 0 0 2 2 2 1	610	15*	駒余(銀1)	3八飛, 2八銀, 2七銀, 同玉, 3六角, 3八玉以下
25	0 1 0 1 2 2 1	580	17*	駒余(歩1)	1九香, 同玉, 3七角, 2八歩, 3九飛, 2九金以下
26	1 0 0 1 2 2 1	565	17*	駒余(歩1)	1九歩, 同玉, 3七角, 2八歩, 3九飛, 2九金以下
27	0 0 1 0 2 2 1	530	25	駒余(歩1)	1七金, 同玉, 2九桂, 2六玉, 5三角, 3六玉以下
28	0 3 0 0 2 2 1	575	31	駒余(香1歩1)	1三飛, 1七銀, 1九金, 2七玉, 4五角, 3八玉以下
29	1 2 0 0 2 2 1	560	31	駒余(香1歩1)	1三飛, 1七銀, 1九金, 2七玉, 4五角, 3八玉以下
30	0 0 0 3 1 2 1	595	19*	駒余(歩1)	1九銀, 同玉, 3九飛, 2九飛, 3七角, 2八歩以下
31	0 1 0 2 1 2 1	565	19*	駒余(金1)	1九銀, 同玉, 3九飛, 2九金, 3七角, 2八歩以下
32	1 0 0 1 2 1 2	515	23	駒余(歩1)	1九歩, 2八玉, 4六角, 3七金, 2九銀, 同玉以下
33	0 0 1 1 1 2 1	515	21	余語(9手目4五金)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 3三飛, 4五玉以下
34	0 2 0 1 1 2 1	535	19*	駒余(歩1)	1九香, 同玉, 3九飛, 2九金, 3七角, 2八歩以下
35	18 1 0 1 1 2 1	690	21*	駒余(歩18)	1九香, 同玉, 3七角, 2八金, 3九飛, 2九飛以下
36	0 0 1 4 0 2 1	610	19*	余語(5手目3四角)	2七銀, 同玉, 3九桂, 1六玉, 2七角, 2五玉以下
37	0 1 0 4 0 2 1	605	21*	余語(13手目3六角)	1九銀, 同玉, 3九飛, 2九飛, 2八銀, 同玉以下
38	0 0 2 3 0 2 1	585	23	余語(15手目7七飛成)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七銀, 4五玉以下
39	0 1 1 3 0 2 1	580	25	駒余(歩1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
40	0 2 0 3 0 2 1	575	19*	○ 完全作	1九銀, 2七玉, 4七飛, 3七飛, 2八銀打, 3六玉以下
41	0 0 3 2 0 2 1	560	25*	駒余(桂1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
42	0 2 1 2 0 2 1	550	29	駒余(歩1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
43	0 0 0 1 4 1 1	600	15*	駒余(歩1)	1九金, 同玉, 3七角, 2八歩, 2九金, 同玉以下
44	0 0 0 1 4 1 1	575	15*	駒余(飛1)	1七金, 同玉, 2九桂, 1八玉, 2八金, 同玉以下
45	0 2 0 0 4 1 1	595	21*	駒余(歩1)	1三飛, 2七玉, 2八香, 同玉, 2九香, 同玉以下
46	1 1 0 0 4 1 1	580	23	駒余(香1)	1九歩, 同玉, 3七角, 2八銀, 4九飛, 2九飛以下
47	0 0 0 2 3 1 1	585	15*	駒余(歩1)	1九銀, 同玉, 3七角, 2八歩, 2九金, 同玉以下
48	0 0 1 1 3 1 1	560	15*	駒余(飛1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 2八玉, 3八金, 同玉以下
49	0 0 1 0 3 1 1	555	15*	余語(3手目1六角)	1九香, 2七玉, 5七飛, 3七飛, 1六角, 3六玉以下
50	1 0 0 1 3 1 1	540	23	余語(3手目1六角)	1九歩, 2七玉, 5七飛, 4七銀, 同飛, 3七銀以下
51	0 1 1 0 3 1 1	530	21*	駒余(歩1)	1七金, 同玉, 2九桂, 1八玉, 2八金, 同玉以下
52	0 0 0 3 2 1 1	570	17*	駒余(歩1)	1九銀, 同玉, 3七角, 2八歩, 3九飛, 2九金以下
53	0 0 1 2 2 1 1	545	17*	余語(9手目3六金)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
54	0 1 0 2 2 1 1	540	17*	余語(初手1九香)	1九金, 同玉, 3九飛, 2九金, 2八銀, 同玉以下
55	0 1 2 1 2 1 1	545	35	駒余(飛1)	1七金, 同玉, 2九桂, 1八玉, 1九香, 2九玉以下
56	1 0 2 1 2 1 1	530	35	駒余(飛1)	1七金, 同玉, 2九桂, 1八玉, 1九歩, 2九玉以下
57	0 2 1 1 2 1 1	540	23*	駒余(歩1)	1七金, 同玉, 2九桂, 1八玉, 1九香, 同玉以下
58	1 1 1 1 2 1 1	525	39	余語(27手目3三香成)	1七金, 同玉, 2九桂, 1八玉, 1九歩, 2九玉以下
59	0 0 0 4 1 1 1	555	23	余語(3手目3七角)	1九銀, 同玉, 3九飛, 2九金, 2八銀, 同玉以下
60	0 0 2 3 1 1 1	560	23	駒余(桂1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4五玉以下
61	1 0 1 3 1 1 1	540	25	余語(15手目2三金)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 4七角, 4六玉以下
62	0 1 0 3 1 1 1	525	17*	余語(5手目2八銀)	1九銀, 2七玉, 4七飛, 3七角, 2八金, 3六玉以下
63	0 2 1 2 1 1 1	525	19*	駒余(銀1)	1九香, 2八玉, 1七角, 3八玉, 5八飛, 4八銀以下
64	1 1 1 2 1 1 1	510	21*	駒余(桂1)	1九歩, 2八玉, 1八飛, 3七玉, 5五角, 4六金以下
65	0 1 2 4 0 1 1	570	25	余語(17手目1四角)	2七銀, 同玉, 3九桂, 2六玉, 3七銀, 同玉以下
66	0 2 1 4 0 1 1	565	25	余語(13手目4九銀打)	2七銀, 同玉, 3九桂, 2六玉, 3七銀, 同玉以下
67	0 0 1 2 4 0 1	590	17*	余語(5手目2三飛)	2七銀, 同玉, 3九桂, 2六玉, 3七銀, 同玉以下
68	0 1 0 2 4 0 1	585	23	駒余(香2)	1九銀, 同玉, 4九飛, 2九飛, 2八銀, 同玉以下
69	1 0 3 1 4 0 1	605	27*	余語(7手目2七金)	1九歩, 同玉, 4九飛, 2九角, 2八銀, 同玉以下
70	2 0 2 1 4 0 1	585	27	駒余(歩1)	1九歩, 同玉, 4九飛, 2九角, 1八金, 同玉以下
71	0 1 1 1 4 0 1	580	23	駒余(桂1)	1七金, 2八玉, 2三飛, 3九玉, 3八金, 同玉以下
72	0 4 0 1 4 0 1	605	35	余語(3手目2九香)	1九香, 2八玉, 2九金, 同玉, 5九飛, 4九銀以下
73	1 3 0 1 4 0 1	590	35	余語(初手1九歩)	1九香, 2八玉, 2九金, 同玉, 5九飛, 4九銀以下
74	0 0 0 3 3 0 1	545	25	余語(13手目2六金)	1九金, 2七玉, 4七飛, 3七銀, 2八金打, 1六玉以下
75	0 0 3 2 3 0 1	580	21*	駒余(桂2)	2七銀, 同玉, 3九桂, 2八玉, 5八飛, 3八金以下
76	1 0 2 2 3 0 1	560	21	駒余(歩1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 5六飛, 4六角以下
77	0 1 1 2 3 0 1	545	21*	余語(初手1七金)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 5六飛, 4六銀以下
78	2 0 1 2 3 0 1	540	23	駒余(銀1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 5六飛, 4六歩以下
79	0 3 0 2 3 0 1	565	27	○ 準完全作	1九香, 2八玉, 2九金, 同玉, 5九飛, 4九金以下
80	2 2 0 2 3 0 1	560	27	駒余(銀1)	1九歩, 2七玉, 5七飛, 4七銀, 同飛, 3七銀以下
81	0 0 0 4 2 0 1	530	23	駒余(銀1)	1九銀, 2七玉, 4七飛, 3七角, 2八金, 1六玉以下
82	0 0 3 3 2 0 1	565	21	余語(15手目2三飛)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 5六飛, 4五玉以下
83	1 0 2 3 2 0 1	545	23	余語(9手目3六銀)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 5六飛, 4六銀以下
84	0 1 1 3 2 0 1	530	25	駒余(歩1)	2七銀, 同玉, 3九桂, 3六玉, 5六飛, 4六銀以下
85	0 3 0 3 2 0 1	550	27	○ 準完全作	1九香, 2八玉, 2九金, 同玉, 5九飛, 4九金以下

(つづく)

表 2 1 八裸玉の詰む最小持駒問題 (つづき)

詰 No.	持駒 歩 香 桂 銀 金 角 飛	持駒 価値	手数	完全性 (理由)	最適手順または代表手順
86	2 2 0 3 2 0 1	545	31	駒余(歩1)	1 九歩, 2 八玉, 2 九銀, 同玉, 5 九飛, 4 九金 以下
87	1 1 3 4 1 0 1	585	27	駒余(桂1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀, 同玉 以下
88	0 2 2 4 1 0 1	570	29	駒余(歩2)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀, 同玉 以下
89	2 1 2 4 1 0 1	565	39	余詰(31 手目 2 三歩)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀, 同玉 以下
90	0 4 1 4 1 0 1	590	25	駒余(歩1)	1 九香, 2 九玉, 5 九飛, 3 九金, 1 八銀, 3 八玉 以下
91	0 0 0 2 4 2 0	580	19*	余詰(7 手目 3 八銀)	1 九銀, 同玉, 3 七角, 2 八飛, 2 九金, 同玉 以下
92	0 0 1 1 4 2 0	555	17*	余詰(初手 2 七銀)	1 七金, 同玉, 2 九桂, 2 六玉, 3 七角, 3 五玉 以下
93	0 1 0 1 4 2 0	550	19*	余詰(7 手目 3 八銀)	1 九香, 同玉, 3 七角, 2 八歩, 2 九金, 同玉 以下
94	0 0 0 4 3 2 0	620	23	余詰(7 手目 4 七角)	1 九銀, 同玉, 3 七角, 2 八金, 2 九金, 同玉 以下
95	0 1 0 3 3 2 0	590	23	余詰(初手 1 九香)	1 九銀, 同玉, 3 七角, 2 八金, 2 九金, 同玉 以下
96	1 0 0 3 3 2 0	575	23	余詰(初手 1 九銀)	1 九歩, 同玉, 3 七角, 2 八金, 2 九金, 同玉 以下
97	0 0 1 2 3 2 0	540	17*	余詰(9 手目 4 五金)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
98	0 2 0 2 3 2 0	560	25	余詰(15 手目 2 六金)	1 九香, 同玉, 3 七角, 2 八金, 2 九金, 同玉 以下
99	1 1 0 2 3 2 0	545	29	余詰(初手 1 九歩)	1 九香, 同玉, 3 七角, 2 八金, 2 九金, 同玉 以下
100	0 0 3 1 3 2 0	545	27	駒余(桂1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 八玉, 4 七角, 4 九玉 以下
101	1 0 2 2 1 3 2 0	525	27	駒余(桂1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 八玉, 4 七角, 4 九玉 以下
102	0 1 1 1 3 2 0	510	21	余詰(9 手目 3 七角)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 5 四角, 4 五銀 以下
103	2 0 1 1 3 2 0	505	25	駒余(歩1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
104	0 0 1 3 2 2 0	520	25	余詰(9 手目 7 六角)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
105	0 1 2 2 2 2 0	525	21	余詰(5 手目 2 七角)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
106	1 0 2 2 2 2 0	510	27	駒余(桂1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
107	0 2 1 2 2 2 0	520	19*	余詰(9 手目 6 四角)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
108	1 1 1 2 2 2 0	505	29	余詰(7 手目 4 六歩)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
109	0 0 4 4 1 2 0	600	27	駒余(銀1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
110	1 0 3 4 1 2 0	580	35	○ 準完全作	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
111	0 1 2 4 1 2 0	565	29	余詰(5 手目 3 七桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
112	0 2 1 4 1 2 0	560	25	余詰(11 手目 3 七桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
113	0 1 4 3 1 2 0	570	27	余詰(11 手目 3 八桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
114	4 0 4 3 1 2 0	585	41	駒余(歩1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
115	0 2 3 3 1 2 0	565	27	余詰(11 手目 3 八桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
116	1 1 3 3 1 2 0	550	27	余詰(11 手目 3 八桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
117	0 3 2 3 1 2 0	560	25	駒余(銀1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
118	1 2 2 3 1 2 0	545	29	余詰(13 手目 3 七桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 1 七角, 同玉 以下
119	0 0 0 4 4 1 0	595	25	駒余(歩1)	1 九銀, 同玉, 3 七角, 2 八歩, 2 九金, 同玉 以下
120	0 1 0 3 4 1 0	565	23	駒余(香1 歩1)	1 九銀, 同玉, 3 七角, 2 八歩, 2 九金, 同玉 以下
121	1 0 0 3 4 1 0	550	25	駒余(歩1)	1 九銀, 同玉, 3 七角, 2 八歩, 2 九金, 同玉 以下
122	0 0 1 2 4 1 0	515	19*	余詰(5 手目 4 四角)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 六玉, 3 七銀, 同玉 以下
123	0 0 1 3 3 1 0	500	21*	余詰(11 手目 4 九金打)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 六玉, 4 四角, 3 七玉 以下
124	1 2 4 2 3 1 0	595	33	駒余(歩1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 八金, 同玉 以下
125	18 1 4 2 3 1 0	740	35	駒余(歩18)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 八金, 同玉 以下
126	0 3 3 2 3 1 0	580	33	駒余(歩1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 八金, 同玉 以下
127	2 2 3 2 3 1 0	575	33*	余詰(23 手目 6 三金)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 八金, 同玉 以下
128	2 4 2 2 3 1 0	595	35	余詰(25 手目 同香不成)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 八金, 同玉 以下
129	3 3 2 2 3 1 0	580	37	余詰(27 手目 7 二銀)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 八金, 同玉 以下
130	0 0 3 4 2 1 0	545	29	駒余(桂1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀, 同玉 以下
131	2 0 2 4 2 1 0	535	39	余詰(33 手目 1 三銀成)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀, 同玉 以下
132	0 1 1 4 2 1 0	510	31	○ 準完全作	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀, 同玉 以下
133	0 3 2 3 2 1 0	535	43	余詰(27 手目 6 三桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
134	1 2 2 3 2 1 0	520	43	余詰(27 手目 6 三桂)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
135	0 4 1 3 2 1 0	530	39	余詰(21 手目 5 四銀)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
136	1 3 1 3 2 1 0	515	39	余詰(21 手目 5 四銀)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
137	5 2 1 3 2 1 0	530	41	余詰(15 手目 5 五銀)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 3 六玉, 4 七角, 4 五玉 以下
138	0 0 1 4 4 0 0	530	19*	○ 準完全作	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 六玉, 3 七銀, 同玉 以下
139	1 0 3 3 4 0 0	545	23*	駒余(桂2)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀, 同玉 以下
140	0 1 2 3 4 0 0	530	21*	駒余(桂1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 八金, 同玉 以下
141	0 2 2 4 3 0 0	540	25	駒余(桂1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 六玉, 3 八桂, 2 五玉 以下
142	1 1 2 4 3 0 0	525	27	駒余(歩1)	2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 六玉, 3 八桂, 2 五玉 以下

全局リスト⁵⁾で言及していることが判明した。

作品 1

玉位置：1 八玉。

持駒：角金金銀銀銀銀桂香 ($K = (0, 1, 1, 4, 2, 1, 0)$)。

作意手順：31 手詰(駒余りなし)

2 七銀, 同玉, 3 九桂, 2 八玉, 3 七銀,
同玉, 4 七金, 2 六玉, 4 四角, 3 五歩,
2 七銀, 2 五玉, 3 六金, 同歩, 2 六銀,
3 四玉, 3 五銀 4 三玉, 5 三金, 3 二玉,
3 三銀, 2 三玉, 2 五香 1 四玉, 2 四銀成,
1 五玉, 2 六銀, 1 六玉, 1 七銀, 1 五玉,
2 六角まで。

検討：最終手 2 六角の代わりに 2 七桂の(通常許される)余詰と 11 手目 2 七銀の代わりに 3 七銀の軽微な余詰があるが、ほかに余詰がないことをほぼ網羅的に

コンピュータで確認した。通常、最終手の余詰は問題にされない。11 手目に 3 七銀であってもその後の手順はまったく同じなので、この程度の非常に軽微な余詰は通常救済されている。したがって作品 1 は準完全作といえる。9 手目の 4 四角は限定打であり、もし 5 三角(6 二角, 7 一角)ならば受け手 3 五銀とし不詰となる。10 手目 3 五歩合のところ、もし 3 五香合ならば同手数駒余り歩 1 となり、他の合駒ならば早詰となる。23 手目の 2 五香は限定打であり、もし 2 四香(2 六香, 2 七香, 2 八香, 2 九香)ならば受け手 1 四玉とし不詰となる。この作品 1 を初手から B 法(脊尾式)を用いコンピュータで解こうとすると、2400 分(40 時間)かけても解けない。初手 2 七銀以外では詰まず、3 手目 3 九桂以外では詰まないことを確認し、2 手目同玉, 4 手目 2 八玉以外では早詰になることを確認した。4 手目の受け手 8 通りの中で最長手順となる

のは 2 八玉であり、31 手詰となる。ちなみに次に長い手順となる受け手は 3 六玉であり、23 手詰となる。3 六玉の後の最適手順を示すと、4 七角、4 五玉、5 六銀、5 四玉、3 六角、6 四玉、6 五金、5 三玉、5 四金、4 二玉、4 三銀、3 三玉、3 四金、2 二玉、2 三銀、1 一玉、1 二香、2 一玉、3 二銀左成まで（駒余りなし）となる。なお、4 手目 2 六玉または 3 七玉ならば 21 手詰となる。上記の最適な 4 手を進めた局面から A 法（丹頂）を用いコンピュータで解くと、2900 分で正解を得た。

作品 1 の手順を詰将棋観賞の点からいっても好作である。たとえば、序盤の銀の 2 回の捨て駒、4 四角の限定打、中盤の 3 六金の捨て駒、2 五香の限定打、終盤の銀の再活用の動き、玉を上段まで追い、最終的に中段で詰め上げる玉の動きが味わい深く、面白い。

いままでに諸先輩が世間に発表された裸玉問題（準完全作も含む）43 題の中に 1 八玉型は存在しなかった。作品 1 は 1 八玉型の第 1 号である。なお、作品 1 は 3 手目から 2 七玉型の裸玉問題となるが、2 七玉型問題としても新作になる。

作品 2

玉位置：1 八玉。

持駒：角角金銀銀銀銀桂桂桂歩

($K = (1, 0, 3, 4, 1, 2, 0)$).

作意手順：35 手詰（駒余りなし）

2 七銀、	同玉、	3 九桂、	2 八玉、
1 七角、	同玉、	2 九桂、	2 六玉、
4 四角、	3 六玉、	4 八桂、	4 五玉、
5 五金、	3 四玉、	4 五銀、	4 三玉、
5 四金、	3 二玉、	3 三銀、	2 三玉、
3 四銀打、	1 二玉、	2 二銀成、	1 三玉、
2 三成銀、	1 四玉、	2 四成銀、	同玉、
3 三角成、	3 五玉、	3 六銀、	2 六玉、
2 七歩、	1 六玉、	2 五銀上まで	

検討：最終手 2 五銀上の代わりに 2 五銀下の（通常許される）余詰と最終から 2 手前（33 手目）に 2 七銀以下と 4 四馬以下の余詰があるが、他に余詰がないことをほぼ網羅的にコンピュータで確認した。ちなみに、33 手目に 2 七銀ならば 3 五玉、3 六歩、4 六玉、2 四馬までの詰め、4 四馬ならば 1 五玉、2 七桂、1 四玉、2 五銀上、1 三玉、2 四銀、1 四玉、1 五歩、2 四玉、3 五馬までの詰めとなる。最終手の余詰は問題にされない。長い手数作品において最終から 2 手前の余詰は、通常非常に軽微なキズとして救済されている。したがって、この作品 2 は準完全作といえる。4 手目の

受け手 8 通りの中で最長手順となるのは 2 八玉であり、35 手詰となる。次に長い手順となる受け手は 3 六玉であり、29 手詰となる。参考までに 3 六玉の後の最適手順を示すと、2 七角、4 六玉、5 八桂、5 七玉、6 九桂、5 八玉、4 七角、6 七玉、4 九角、7 八玉、7 九歩、同玉、8 八銀、同玉、7 七銀、9 八玉、7 六角、8 七歩、同角、同玉、8 八銀打、7 八玉、7 九金、6 七玉、6 八金まで（駒余り歩 1）となる。9 手目の 4 四角は限定打であり、もし 5 三角（6 二角、7 一角）ならば受け手 3 五銀とし不詰となる。10 手目の受け手 11 通りの中で最長手順となるのは 3 六玉であり、次に長い手順となる受け手は 3 五銀（3 五香）であり、25 手詰となる。3 五銀の後の最適手順を示すと、2 七銀、2 五玉、3 七桂、3 四玉、4 五銀、4 三玉、5 五桂、3 二玉、3 三金、4 一玉、4 二歩く、5 二玉、5 三銀、6 一玉、6 二銀成まで（駒余りなし）となる。

この作品 2 を初手から B 法（脊尾式）を用いコンピュータで解こうとすると、2400 分（40 時間）かけても解けない。10 手までの上記の攻め手以外では詰まないこと、および 10 手までの上記の受け手以外では早詰になることを確認した。これらの 10 手を進めた局面から A 法（丹頂）を用いコンピュータで解くと、140 分で上記の正解（攻め手最短、受け手最長の最適手順）を得た。10 手進めた局面から B 法（背尾詰と河野詰）を用いて解くと数分で同じ正解を得た。

作品 2 の手順も詰将棋観賞の点で好作である。たとえば、序盤の銀と角の捨て駒、4 四角の限定打、中盤の 2 二からの成銀の動きと捨て駒、終盤の銀の再活用の動き、持駒が多いのに玉が下段、中段、上段、中段と逃げ回る意外な動きなどが面白い。

作品 2 は 3 手目から 2 七玉型の裸玉問題となるので、2 七玉型問題としても新作になる。

作品 3

玉位置：1 八玉。

持駒：金金金金銀銀銀銀桂 ($K = (0, 0, 1, 4, 4, 0, 0)$).

作意手順：19 手詰（駒余りなし）

2 七銀、	同玉、	3 九桂、	2 六玉、	3 七銀、
同玉、	4 七金、	2 六玉、	3 七銀、	3 五玉、
4 六金、	4 四玉、	4 五銀、	5 三玉、	5 四金、
6 二玉、	6 三金打	7 一玉、	7 二金打まで。	

検討：初手に 2 七銀以外では詰まないことを確認し、2 手目に同玉以外では詰み手順が短くなることも確認した。初手 1 七金ならば 2 手目に 1 九玉で詰まない。初手が 1 九金、2 八金、2 九金、1 九銀、2 九銀のいずれかならば、2 手目に同玉で詰まない。初手 2 七銀の

とき、2手目は同玉以外に、1七玉、1九玉、2八玉、2九玉の4通りの変化がある。2手目1七玉ならば3手詰、2手目1九玉または2八玉または2九玉ならば7手詰となる。

2手進めた局面は2七玉の裸玉問題となっており、偶然にも藤本氏の作品(表1の問題番号33)と一致した。作品3の完全性は藤本作品の完全性に依存している。「藤本作品が(非常に軽微なキズのある)準完全作である」のと同様に、この作品3も準完全作といえる。作品3の11手目(藤本作品の9手目)に4六銀と4六金の2通りの攻め方があり、それ以降の手順はまったく同一となり、19手詰となる。この11手目の紛れが[キズ]とされている。ほかに余詰がないことをコンピュータで確認した。この作品3は10手目以降に変化同手数(変同)の手順が多いが、いずれも最終的には玉が一段で詰上がっている。変別の一例を示すと、10手目に1五玉ならば以下2七桂、2四玉、3五銀、1三金、2四金、2二玉、2三金打、1一玉、1二金打までとなる。この作品3を初手からA法を用いコンピュータで解くと、3分で正解を得た。

作品4

玉位置: 1八玉。

持駒: 飛金角銀銀銀香香 ($K = (0, 2, 0, 3, 0, 2, 1)$)。

作意手順: 19手詰(駒余りなし)

1九銀、同玉、3九飛、2九銀、2八銀、同玉、3七銀、3九玉、9三角、3八玉、4八角成、2七玉、3六角、1六玉、1七香、同玉、3九馬、1六玉、1七香まで。

検討: 初手に1九銀以外では詰まないことを確認し、2手目に同玉以外では19手詰以下になることも確認した。初手1九香ならば2手目に2七玉で詰まない(脊尾式で16000分実行しても詰め手順は発見できない)。初手が3八飛、4八飛のいずれかならば、2手目に2八歩で詰まない。初手1九銀のとき、2手目は同玉以外に1七玉、2七玉、2九玉の3通りの変化がある。2手目1七玉ならば15手詰、2手目2七玉または2九玉ならば19手詰となる。2手目2七玉のとき、3手目5七飛ならば必ず19手以下で詰み、そのうち最長手順となるのは、4手目3七飛または3七銀である。4手目以下の例を示すと、3七飛、2八銀打、1六玉、1八香、2五玉、2六香、3五玉、1三角、3四玉、2四角成、4三玉、6一角、4四玉、5三銀、4五玉、7二角成まで(駒余りなし、5手目2八銀打で7二角の余詰あり)となる。2手目2九玉のとき、3手目から4九飛、3八玉、2七角、同玉、2八香、3八玉、1六角、

2七歩、同角、3七玉、3八銀、2六玉、3六角、1六玉、1七歩、同玉、1八香まで(駒余り銀1)となる。

2手進めた局面は2七玉の裸玉問題となっており、偶然にも岩木氏の作品(表1の問題番号18)と一致した。作品4の完全性は岩木作品の完全性に依存している。「岩木作品が完全作である」のと同様に、この作品4も完全作といえる。この作品4を初手からA法を用いコンピュータで解くと、2296分(約38時間)で正解を得た。2手進めた局面からA法を用いると12分で解けるのだから、この2手の追加は約190倍の論理的複雑度があることになる。すなわち、この作品4は19手詰といえども、かなりの難解作である。

作品5

玉位置: 1八玉。

持駒: 飛金金銀銀銀香香 ($K = (0, 3, 0, 2, 3, 0, 1)$)。

作意手順: 27手詰(駒余りなし)

1九香、2八玉、2九金、同玉、5九飛、4九金、1八銀、3八玉、2七銀打、4八玉、5八金、3七玉、3九香、同金、3八香、同金、4七金、2八玉、2九銀、同金、同飛、同玉、1八銀、3九玉、2九金、4九玉、3九金引まで。

検討: 9手目から14手目まで3九香、同金、2七銀打、4八玉、5八金、3七玉の軽い手順前後がある準完全作である。

作品6

玉位置: 1八玉。

持駒: 飛金金銀銀銀香香 ($K = (0, 3, 0, 3, 2, 0, 1)$)。

作意手順: 27手詰(駒余りなし)

1九香、2八玉、2九銀、同玉、5九飛、4九金、1八銀、3八玉、2七銀打、4八玉、5八金、3七玉、3九香、同金、3八香、同金、4七金、2八玉、2九銀、同金、同飛、同玉、1八銀、3九玉、2九金、4九玉、3九金引まで。

検討: 9手目から14手目まで3九香、同金、2七銀打、4八玉、5八金、3七玉の軽い手順前後がある準完全作である。

9. おわりに

本論文では、詰む最小持駒の定義と性質および求め方について検討し、組織的かつ効率的に「新作問題の候補」を見つけ出す方法を明らかにした。さらに、1八玉型問題に対し、コンピュータを援用してほぼ網羅的に検討した結果、完備な総合持駒リストを完成させ、

5	4	3	2	1	
0	1	2	6	5	一
1	1	1	3	4	二
0	0	0	1	4	三
0	0	0	0	0	四
0	0	0	0	1	五
1	0	0	0	1	六
1	0	2	5	2	七
0	0	0	0	6	八
0	0	0	0	5	九

注 (1): 0 は未発表を表す。

注 (2): 太字は新発見による更新を表す。

図 1 既発表と新作をあわせた裸玉作品の玉位置と問題数

8つの(準)完全作を発見した。1八玉型ではこれら以外に完全作は存在しないだろうことを確認した意義は大きい。裸玉全体でいままでに43作品が発表されていたが、我々の結果を総合すると、全体で51作品が発表されたことになる。新しい分布を図1に示す。1八玉型の完備な総合持駒リストは隣接した裸玉問題(1七玉型, 1九玉型, 2七玉型, 2八玉型, 2九玉型)の網羅的検討に役立つ。45通りの玉位置をすべて解明するのが最終目標である。そのために約6000通りの最小持駒を抽出し、その完全性を検査するのが今後の課題である。

謝辞 資料を提供してくださり、討論いただいた門脇芳雄氏、新田道雄氏、小沢正広氏、北村憲一氏、加藤徹氏に感謝する。計算機実験に討論いただいた河野泰人氏、野下浩平氏に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 新田道雄: 裸玉総まくり, 詰将棋パラダイス, 2月号, pp.10-11 (1975).
- 2) 新田道雄: 私信 1996年9月13日.
- 3) 小沢正広: 裸玉1一玉全局リスト, 詰将棋パラダイス, 3月号, pp.54-57 (1978).
- 4) 小沢正広: 私信 1997~1999.
- 5) 小沢正広: 七段目小駒裸玉全局リスト, 詰将棋パラダイス, 9月号, pp.86-87 (1988).
- 6) 縫田光司: 裸玉の限界数についての考察, 詰将棋パラダイス, 6月号, pp.44-46 (1997).
- 7) 伊藤宗看, 伊藤看寿(著), 門脇芳雄(解説): 詰むや詰まざるや, 将棋無双, 将棋図巧, 東洋文

庫, 平凡社 (1975).

- 8) 二上達也, 福田 稔: 名作詰将棋, 有紀書房 (1991).
- 9) 伊藤, 河野, 背尾, 野下: 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).
- 10) Kawano, Y.: Using similar positions to search game trees, *Games of No Chance: Combinatorial Games at MSRI, 1994*, Nowakowski, R.J. (Ed.), MSRI Publications, Vol.29, pp.193-202, Cambridge University Press (1996).
- 11) 小山謙二, 河野泰人: 名作詰将棋における感性の定量評価, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.11 (1994).
- 12) 小山謙二: 裸玉詰将棋の体系的評価と1八玉の解明, ゲームプログラミングワークショップ'97, pp.128-133 (1997).
- 13) 小山謙二: 詰将棋のデータベースと感性評価, 松原仁(編著), コンピュータ将棋の進歩, 第5章, pp.90-124, 共立出版 (1996).
- 14) 野下浩平, 飯田崇仁: 詰将棋の3×3金銀図式の数え上げ, ゲームプログラミングワークショップ'97, pp.134-141 (1997).
- 15) 北村憲一: 裸玉総覧 (1976).
- 16) 広瀬正幸, 伊藤琢巳, 松原 仁: 逆算法による詰将棋の自動創作, 人工知能学会誌, Vol.13, No.4 (1998).
- 17) 小谷善行, 吉川竹四郎, 柿木義一, 森田和郎: コンピュータ将棋, サイエンス社 (1990).

(平成11年11月12日受付)

(平成12年4月6日採録)

小山 謙二 (正会員)



コミュニケーション科学基礎研究所小山特別研究室長。昭和49年入社。分散処理計算機, 情報セキュリティ, 暗号理論の研究に従事。昭和47年京都大学工学部電気工学科卒業。昭和49年同大大学院工学研究科修士課程修了。昭和58年工博(京都大学)。電子情報通信学会, IACR, 感情心理学会各会員。電子情報通信学会論文賞, 米澤ファウンダーズメダル受賞記念賞, 著述賞; 本会・Best Author 賞; 科学技術庁長官賞(研究功労者賞), コンピュータ将棋協会研究賞を各受賞。2000年3月27日死去。