

詰碁における着手の分布とパターンの頻度

谷口 和友

東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻

小島 琢矢

NTT コミュニケーション科学基礎研究所

吉川 厚

株式会社 NTT データ

植田 一博

東京大学 大学院情報学環・学際情報学府

本研究では詰碁におけるいくつかの統計的性質について系統立てて調べた。詰碁の統計的性質は厳密に調べられていない。本論文の前半では、統計的性質の一つとして着手の分布について調べる。後半では、大量の詰碁データを用い、パターン（石の配置と着手の組）の頻度について調べる。またこの頻度分布を用いて詰碁を解いた場合の正解率を求める。

Move Distribution and Pattern Frequencies in Tsume-Go

Kazutomo Taniguchi

The University of Tokyo, Graduate School of Arts and Sciences

Takuya Kojima

NTT Communication Science Laboratories

Atsushi Yoshikawa

NTT Data Corporation

Kazuhiro Ueda

The University of Tokyo, Interfaculty Initiative in Information Studies

In this paper, we have investigated some of the statistical aspects in Tsume-Go based on problems taken from a major Tsume-Go database. In particular, we have focused on the distribution of moves and the frequencies of patterns.

First, we present the distribution of moves related to each point on the Go board. Then, we have applied these results onto the Tsume-Go problem and examined to what extent the problem can be solved using this information.

Second, we have examined the frequencies of certain patterns in the Tsume-Go database. Since each pattern also contains a recommended best move, we have tested to solve the Tsume-Go problem by applying these moves.

At the time of writing, these tests are in progress and final results will be presented during the seminar.

1 はじめに

囲碁では探索空間が広く、全ての可能な手について探索することは難しいため、有望な候補手のみを選び出し探索することが重要となる。ここでは有望

な候補手の選び出しに役立てるための方法として、大量のデータからゲームとしての統計的性質を利用することについて述べる。

本研究では詰碁について、ゲームの統計的性質を調べた。ここでは多くのコンピュータ囲碁プログラ

ムで用いられているパターンの有効性について系統立てて検討する。現状で領域の広い詰碁が解かれていないのは、候補手を絞れないことが原因の1つであると考えられるため、大量棋譜のデータマイニングによって候補手を絞るための指標を見つけることができれば意義があると言える。

詰碁の統計的性質を系統立てて調べるのが本研究の目的である。本論文の前半では、統計的性質の一つとして、着手の分布を調べる。後半では、大量の詰碁データを用い、パターン（石の配置と着手の組）の頻度について調べる。またこの頻度分布を用いて詰碁を解いた場合の正解率を求める。一部、実験の途中段階のものがあるが、これについては研究会当日の発表で示す。

2 背景

詰碁問題に焦点を絞った Thomas Wolf[1] の「GoTools」は、通常の探索技法 ($\alpha\beta$ 法) に、高速化のためのいくつかの工夫を加えたプログラムである。このプログラムでは石のダメの数・石の形（つながり方）などから死活を判断し、探索を途中で打ち切ることができる。これによって GoTools は、領域のそれほど広くないかなりの問題を解くことができる。

領域の広い問題では、その探索空間の広さから、探索に用いる候補手を絞ることが重要となる。チェスやオセロで成功した力任せの探索法を囲碁で使うことは現実的でないため、有望な候補手を選び出すことが必要となる。

プログラマが候補手生成のための知識をプログラミングするのは非常に困難である。そこで、人間のようが良い候補手を生成するためのアプローチとして、人間（プロ）の対局の棋譜データから盤面の一部である局所パターンを獲得し、これを用いる手法が考えられる。

清・川嶋 [2] は、棋譜データの着手周辺に石の配置を局所パターンとし、与えられた盤面の各点に対して局所パターンとの類似度を求め、類似度の最高点を次の一手とする（最高点が複数ある場合はその中でパターンが棋譜データに現れた頻度の最高点を次の一手とする）アルゴリズムを提案している。

ここでは局所パターンの形（着手周辺に石の配置）をマンハッタン距離一定の菱形とした。この形が固定のパターンを合計約 10000 局面（73 局）の対局棋譜から獲得し、未知の 3 局面に対してこの手法を用いた結果、プログラムは「悪くはない手」を求めている。さらにこの手法を拡張し、囲碁プログラム「勝也」[3] へと発展させている。

小島・吉川 [4] は、パターン獲得アルゴリズムを“Fixed”、“Semi-fixed”、“Flexible”の3つに分類している。上述の清らのアルゴリズムは“Fixed”に当たる。小島らが“Flexible”として提案した「生態学的アルゴリズム」は、獲得したパターンを修正し、形が可変のパターンも作成することができる。パターンの修正において、出現頻度が多過ぎるパターンはそのパターンとさらに複雑なパターンとに分裂させていき、出現頻度が少な過ぎるパターンは消滅させていく。この“Flexible”アルゴリズムによって合計 3993 局面（1039 問）の詰碁データからパターンを獲得し、標準問題 300 問に対し適用した場合の正解率は 31%と求めている。“Fixed”、“Semi-fixed”アルゴリズムを用いた場合の正解率について、系統立てた詳細な検討は加えられていない。

本論文では、パターンの獲得に関して、形が固定のパターンを獲得する“Fixed”アルゴリズムを中心に述べる。これは、“Fixed”が基本となるパターンであり、最もよく用いられているパターンであるためこの手法を用いた。

詰碁の統計的性質として、まず 3 章で着手の分布について述べる。3.2 節では盤上の各位置ごとに、詰碁データベースにおける着手の頻度を調べ、着手位置の頻度順位を求める。?? 節では問題局面を与え、適当な候補手を定めた上で、着手位置の頻度に基づき候補手からランダムに着手を選択した場合の正解率を求める。次に 4 章でパターンの頻度について述べる。4.2 節では詰碁データベースから“Fixed”アルゴリズムを用いてパターンを獲得し、それぞれがマッチしていた頻度からパターンの頻度順位を求める。?? 節では問題局面を与え、パターンの頻度に基づき候補手を定めた場合の正解率を求める。4.4 節ではその正解率から棋力を求める。

3 着手の分布

ここでは、盤上の各位置ごとに、詰碁データベースにおいて着手として打たれた頻度を調べ、着手位置の頻度順位を求める。さらに、問題局面を与え候補手を定めた上で、着手位置の頻度に基づき候補手からランダムに着手を選択した場合の正解率を求める。

3.1 着手について

囲碁の局面には対称形が存在する。最大で 8 種類の対称形（回転：4 種類・鏡像：2 種類）が存在し、異なる局面に対する異なる着手が等しい意味を持つこともあり得る（図 1）。

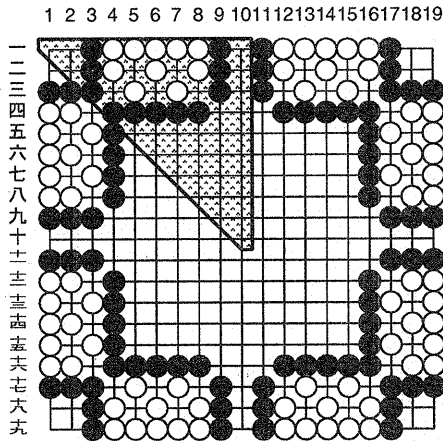


図 1: 対称形

ここでは、盤上の 361 箇所を、55 通りの相対位置として扱う。

- 8 通りの同形を持つ 36 箇所
 - 4 通りの同形を持つ 18 箇所
 - 1 通りの同形を持つ 1 箇所
- 55 通りの相対位置ごとに頻度を比較した。

3.2 着手の分布

詰碁データベースの中の 4024 局面 (750 問) を用い、先手の着手位置の頻度、後手の着手位置の頻度、 N 手目の着手位置の頻度、全着手位置の頻度をそれぞれ求める。

先手番の着手分布 先手番の 2370 局面について、着手位置ごとの頻度を求めた。その上位 10 箇所を以下に示す。

順位	位置	頻度
1	「2の一」	12.447 %
2	「4の一」	8.903 %
3	「3の一」	7.848 %
4	「5の一」	6.920 %
5	「6の一」	6.456 %
6	「4の二」	5.612 %
7	「5の二」	5.316 %
8	「3の二」	4.768 %
9	「7の一」	4.177 %
10	「6の一」	3.629 %

後手番の着手分布 後手番の 1654 局面について、着手位置ごとの頻度を求めた。その上位 10 箇所を以下に示す。

順位	位置	頻度
1	「3の一」	8.585 %
2	「2の一」	7.618 %
3	「5の一」	7.255 %
4	「4の一」	7.255 %
5	「4の二」	5.804 %
6	「5の二」	5.441 %
7	「3の二」	5.441 %
8	「6の一」	4.958 %
9	「6の二」	4.655 %
10	「7の一」	3.507 %

全着手分布 先手番・後手番両方の 4024 局面について、着手位置ごとの頻度を求めた。その上位 5 箇所は「2の一」「4の一」「3の一」「5の一」「6の一」の順となった。

N 手目の着手分布 N 手目の局面について、着手位置ごとの頻度を求めた。 $N = 1 \sim 6$ それぞれに対して上位 3 箇所を以下に示す。

1 手目の着手の分布 ($N = 1$)

順位	位置	頻度
1	「2の一」	17.843 %
2	「4の一」	9.188 %
3	「5の一」	7.190 %

2 手目の着手の分布 ($N = 2$)

順位	位置	頻度
1	「3の一」	10.141 %
2	「2の一」	8.732 %
3	「4の一」	8.169 %

3 手目の着手の分布 ($N = 3$)

順位	位置	頻度
1	「2の一」	11.723 %
2	「3の一」	9.181 %
3	「4の一」	8.898 %

4 手目の着手の分布 ($N = 4$)

順位	位置	頻度
1	「2の一」	9.056 %
2	「3の一」	7.900 %
3	「5の一」	7.322 %

5 手目の着手の分布 ($N = 5$)

順位	位置	頻度
1	「4の一」	10.714 %
2	「5の一」	8.532 %
3	「3の一」	7.540 %

6 手目の着手の分布 ($N = 6$)

順位	位置	頻度
1	「4の一」	7.774 %
2	「5の一」	7.420 %
3	「6の一」	6.360 %

3.3 ランダム着手の正解率

着手の頻度を調べるために用いた局面とは別の問題局面を与え、いくつかの適当な候補手を定めた上で、着手位置の頻度に基づき候補手からランダムに着手を選択した場合の正解率を調べる。

まず、問題局面での正解手は盤上にある石と近い位置にあることを仮定し、いくつかの候補手の範囲を定めるためにマンハッタン距離 M （座標 $(x_a, y_a), (x_b, y_b)$ 間は距離 $M = |x_a - x_b| + |y_a - y_b|$ ）を用い、盤上にある石からの距離が M 以内の空点（石が置かれていない位置）を候補手の位置とした。例を示すと図2のようになる。

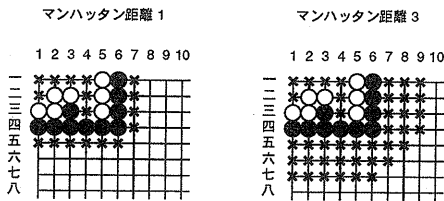


図 2: 候補手の位置の例

次に、全候補位置の頻度の合計に対する、各位置の頻度の割合を求め、これをその位置の頻度割合とする。この頻度割合の確率で候補手の中からランダムに着手を選択する場合、正解手の着手位置の頻度割合が着手の正解率となる。

マンハッタン距離に対する、正解率（正解手の着手位置の頻度割合）と正解手が候補になかった割合を以下のそれぞれの場合について調べた。

先手番の着手の正解率 先手番の 2264 局面を問題局面として与えた場合の正解率を図 3 に示す。ただし縦軸は割合 [%]、横軸は候補手の範囲（盤上の石から候補手までの最大マンハッタン距離）とする。ここでは先手番の局面から獲得したパターンのみを用いている。

後手番の着手の正解率 後手番の 1556 局面を問題局面として与えた場合の正解率を図 4 に示す。ここでは後手番の局面から獲得したパターンのみを用いている。

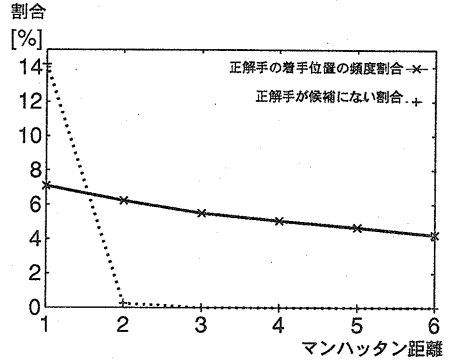


図 3: 先手番着手の正解率

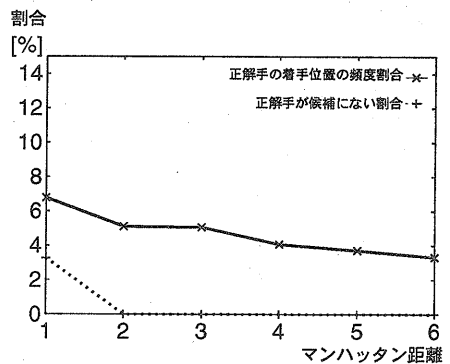


図 4: 後手番着手の正解率

全着手の正解率 先手番・後手番合わせた 3820 局面を問題局面として与えた場合の正解率を図 5 に示す。

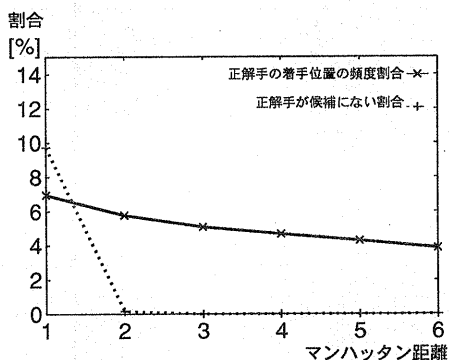


図 5: 全着手の正解率

4 パターンの頻度

ここでは、詰碁データベースから“Fixed”アルゴリズムを用いてパターンを獲得し、パターンの頻度順位を求める。また、問題局面を与え、パターンの頻度に基づいて候補手を定めた場合の正解率を求める。さらに、その正解率から棋力を求める。

4.1 パターンについて

詰碁データベースから、盤上の石の配置とその盤面での着手(「次の一手」)を一組とした大量の「局面」を取り出すことができる。この「局面」の一部となる「パターン」は、着手の周辺にある複数の石の配置により構成され、「パターン」に含まれる要素(石)は、着手に対する相対的な色(味方の石: SAME・敵の石: DIFF・空点: EMPTY・盤の外: OUT)と相対的な位置(相対座標)で表わす。例えば図 6 の局面において、獲得されるパターンを次のように表わす。

SAME	:	(-1, -), (±0, +), (+1, -)
DIFF	:	(-1, +), (+1, ±0), (+1, +), (+2, ±0)
EMPTY	:	(-1, ±0), (±0, -), (±0, +)
OUT	:	(-2, ±0), (±0, -)

囲碁の局面同様、パターンにも最大で 8 種類の対称形(回転・鏡像)が存在する。パターンの頻度を求

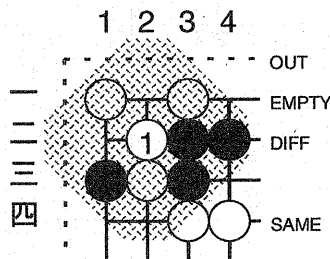


図 6: パターン獲得

める際に対称パターンを別のパターンとして扱わないために、以下のような方法を取る。まず、色と座標に基づきパターンの識別値を決める。この値は、等しいパターンでは同じ値となり、異なるパターンでは違う値となるようにする。次に、あるパターンに対し 8 通りの対称パターンを生成し、識別子でパターンを昇順に並べ先頭のもの(値が最小のもの)を選べば、あるパターンの最大 8 通りの対称パターンから一意のパターンを選び出すことができる。

実験では、詰碁データベースの 12068 問(78454 局面)からパターンの獲得を行った。

4.2 パターンの頻度

獲得したパターンが詰碁データベースに含まれていた頻度を調べ、その順位を求める。候補手の範囲は着手を中心としたある固定の形に絞り、この範囲内の盤上の石の配置を獲得する。今回は以下の 2 通りについて試みる。

Neumann パターン パターンの範囲は、着手 (x_{move}, y_{move}) からの相対座標の x, y 成分の和(マンハッタン距離)がある値 D_n より小さな位置 (x_{npat}, y_{npat}) とし、このパターンを Neumann パターンとする。

$$|x_{npat} - x_{move}| + |y_{npat} - y_{move}| \leq D_n$$

Moore パターン パターンの範囲は、着手 (x_{move}, y_{move}) からの相対座標の x, y 成分の差が共にある値 D_m より小さな位置 (x_{mpat}, y_{mpat}) とし、このパターンを Moore パターンとする。

$$|x_{mpat} - x_{move}| \leq D_m$$

かつ

$$|y_{mpat} - y_{move}| \leq D_m$$

表 1: 正解率

順位	基本	三段	五段
1	13.25	18.83	16.58
2	20.75	23.83	18.08
3	24.25	27.58	23.08
4	26.42	29.23	26.45
5	27.92	31.48	27.78

詰碁データベースの 78454 局面 (12068 問) からパターンを獲得し、それぞれの頻度を調べた。Neumann パターン $\langle D_n = 1 \rangle$ の上位 5 個を図 7 に、Neumann パターン $\langle D_n = 2 \rangle$ の上位 5 個を図 8 に示す。また Moore パターン $\langle D_n = 1 \rangle$ の上位 5 個を図 9 に示す。それぞれのパターンの上に「順位 (頻度)」を記した。頻度はパターン獲得に用いた 78454 局面の中にそのパターンが現れた回数である。

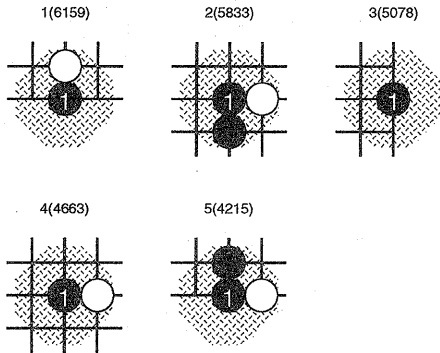


図 7: Neumann パターン $\langle D_n = 1 \rangle$

4.3 候補手の正解率

前節で求めたパターンの頻度に基づいて候補手を決定した場合の正解率を求める。

実験には小島ら [4][5] の使ったものと同じ標準問題を用いた。これはパターン獲得に用いた 12158 問とは別の 300 問である [6] [7] [8]。Neumann パターン $\langle D_n = 1 \rangle$ について、同じ基準で求めた正解率を表 1 に示す。

4.4 棋力の評価

前節の正解率からおおよその棋力を求める。

小島らは数秒で次の一手を解答させる人間の実験

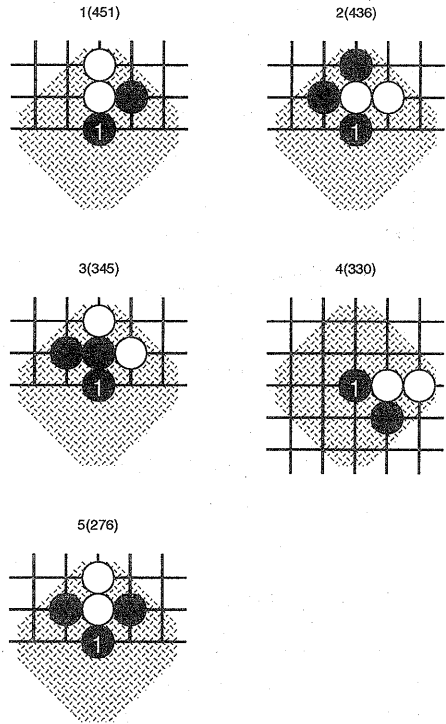


図 8: Neumann パターン $\langle D_n = 2 \rangle$

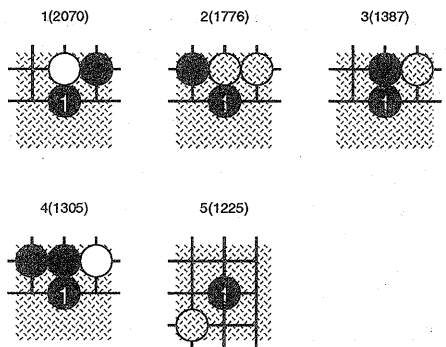


図 9: Moore パターン $\langle D_n = 1 \rangle$

表 2: 棋力

基本	三段	五段
-2.12	-1.02	-1.46

[5] によって得られたデータから、回帰分析により正解率と棋力の関係式を以下のように導き出している。

$$y (\text{詰碁の正解率}) = 5.08 \times x (\text{段位}) + 24.0$$

ただし、1級は0段、2級は-1段、3級は-2段、…とする。この式を用いて、前節の正解率から求めた棋力を表2に示す。

5 まとめ

12068問・78454局面の詰碁データベースを用いて形が固定のパターンを獲得し、いくつかの獲得アルゴリズムに基づいてパターンの頻度を求めた。標準問題300問中の局面にこれを適用した場合の正解率・棋力については現在求めている。実験途中のものは研究会当日の発表で示す。

参考文献

- [1] Thomas Wolf. The program gotools and its computer-generated tsume go database. ゲーム・プログラミングワークショップ '94, pp. 84-96, 1994.
- [2] 清慎一, 川嶋俊明. 「局所パターン」知識主導型の囲碁プログラムの試み. ゲーム・プログラミングワークショップ '94, pp. 97-104, 1994.
- [3] 清慎一, 川嶋俊明. 記憶に基づく推論を使った囲碁プログラム「勝也」の試作. ゲーム・プログラミングワークショップ '96, pp. 115-122, 1996.
- [4] Takuya Kojima and Atsushi Yoshikawa. A two-step model of pattern acquisition: Application to tsume-go. In *Computers and Games '98*, Springer-Verlag, pp. 146-166, 1999.
- [5] 小島琢矢, 吉川厚, 植田一博, 永野三郎. 囲碁名人のモデル構築に向けて: 認知科学と人工知能の融合の検証. 1997年度日本認知科学会冬のシンポジウム資料集『ゲームと認知科学』, pp. 25-31, 1997.
- [6] 石田芳夫. 基本詰め碁100題. 日本文芸社, 1994.

- [7] 石田芳夫. 三段挑戦の詰碁100. 土屋書店, 1989.
- [8] 石田芳夫. 五段突破の詰碁100. 土屋書店, 1989.

詰碁データベース

- [1] 寿石不老・呉清源詰碁集
- [2] 坂田 珠玉詰碁
- [3] 爽快一手の問題 詰碁×300
- [4] 加田克司衆妙詰碁1
- [5] mini 六目型のいろいろ
- [6] 死活の手筋 45題
- [7] 木谷詰碁120題
- [8] 加藤詰碁120題
- [9] 詰碁ジョイブックス6 中級編
- [10] 詰碁ジョイブックス7 初級実戦
- [11] 詰碁ジョイブックス2 中級編
- [12] 詰碁ジョイブックス3 上級編
- [13] 詰碁ジョイブックス5 初級編
- [14] 加田克司衆妙詰碁2
- [15] 加田克司衆妙詰碁3
- [16] 加田克司衆妙詰碁4
- [17] やさしく解けるポケット詰碁180
- [18] ひと目でわかるポケット詰碁200
- [19] 詰碁・中山道
- [20] 囲碁上達ドリル第11巻詰碁編1 (入門)
- [21] 囲碁上達ドリル第12巻詰碁編2 (初級)
- [22] 囲碁上達ドリル第15巻詰碁編5 (上級)
- [23] 囲碁上達ドリル第16巻詰碁編6 (上級)
- [24] 実戦の死活150
- [25] 九級から一級までの詰碁
- [26] 初めての詰碁
- [27] 詰碁実力テスト初段・1級・2級
- [28] 詰碁ジョイブックス1 初級編

- [29] 詰碁実力テスト 3・4・5 級
- [30] 發陽論
- [31] 詰碁ジョイブックス 4 上級編
- [32] 詰碁ジョイブックス 8 入門
- [33] 詰碁ジョイブックス 9 中級編
- [34] 詰碁ジョイブックス 10 上級編
- [35] 急所がわかる死活 45 題
- [36] 新選詰碁 100 題
- [37] 大平詰碁 120 題
- [38] 長谷川詰碁 120 題
- [39] これだけでできれば詰碁初段
- [40] 一手の詰碁大集合
- [41] 前田上級詰碁
- [42] 前田初級詰碁
- [43] 前田中級詰碁
- [44] 詰碁・奥の細道
- [45] 囲碁上達ドリル題 13 巻詰碁編 3 (中級)
- [46] 囲碁上達ドリル題 14 巻詰碁編 4 (中級)
- [47] 詰碁実力テスト 六・七・八級
- [48] 官子譜 1
- [49] 官子譜 2
- [50] 官子譜 3
- [51] 玄玄碁経集 1
- [52] 玄玄碁経集 2
- [53] 碁経衆妙
- [54] 死活妙機
- [55] 風と刻 上
- [56] 風と刻 中
- [57] 風と刻 下
- [58] 傑作詰碁辞典
- [59] 囲碁詰碁集
- [60] 加田克司傑作詰碁 1
- [61] 加田克司傑作詰碁 2
- [62] 加田克司傑作詰碁 3
- [63] 加田克司傑作詰碁 4
- [64] 加田克司傑作詰碁 5
- [65] 加田克司傑作詰碁 6
- [66] 加田克司傑作詰碁 7
- [67] 加田克司傑作詰碁 8
- [68] 囲碁次の一手 2 初・中級詰碁
- [69] 囲碁次の一手 5 上級編 上級詰碁
- [70] 続新選詰碁 100 題
- [71] 目で解く詰碁 45 題
- [72] 力戦・剛腕の碁学 中級編
- [73] 力戦・剛腕の碁学 初級編
- [74] うっかりしやすい死活
- [75] 基本死活事典 上
- [76] 自強不息・呉清源詰碁集
- [77] 進級編よくわかる石の生き死に
- [78] 三段の壁を破る実戦詰碁
- [79] 石樽郁郎詰碁傑作選
- [80] 右脳を刺激する痛快詰碁傑作選
- [81] 死活に強くなる本
- [82] 詰碁・五十三次
- [83] 昭和の詰碁 2
- [84] 昭和の詰碁 3
- [85] これだけでできれば囲碁六級
- [86] これだけでできれば囲碁三級
- [87] 目で解く実戦詰碁
- [88] だれでも解ける生き生き詰碁 500