

# 囲碁プログラムの オブジェクト指向モデル

菅原英一・増永良文\*

## Object-Oriented Model of GO Program

Eiichi SUGAWARA, Yoshifumi MASUNAGA\*

(1993年10月29日受理)

### 1. はじめに

コンピュータの高性能化やパーソナル化の急速な発達に伴って、囲碁のコンピュータ化が現実のものとなり、現在は数十種類の囲碁プログラムがゲームソフトとして出回っている。しかし、ゲームソフトメーカで作成・販売される囲碁プログラムは企業間競争の激しさ故に、その詳細が公表されることはほとんどないのが実状である。

ゲームとしての囲碁は、チェスや将棋と同じ「2人零和完全情報ゲーム<sup>1)</sup>」というクラスに属するが、囲碁プログラムの開発は、これらの中では最も遅れている。最も進んでいるチェスでは既に世界チャンピオンを負かすプログラムも出現しており、将棋でもアマチュア2、3級程度のプログラムがいくつかが作成されている<sup>2)</sup>。それに対して、囲碁の場合には、毎年行われる国際コンピュータ選手権戦での優勝プログラムでさえ、台湾の小学生チャンピオン(アマチュア六段)に15子置くハンディキャップゲームでも勝てない程の弱さである<sup>3)</sup>。

囲碁プログラムがチェスや将棋に比べて開発が遅れている第一の理由は、局面当たりの可能手が極めて多い(200手を越す)ため、チェスなどで用いられているミニマックス法を基礎とするゲーム木探索の手法が利用できないところにある<sup>4)</sup>。そして、第二の理由として、「駒を取る」ことや「王を詰める」ことが手段とともに目的でもあるチェスや将棋と比べた場合、囲碁は「石の死活」や「攻め合い」を手段としつつも、その最終目標は「地の大小を争う」という、言わば手段と結果の二面性を持ったゲームであることが挙げられる<sup>5)</sup>。

以上の理由から、囲碁は知識指向型を余儀なくされ、近年は人工知能の格好な研究対象として認知されてきた。

筆者らは、囲碁プログラムの作成に際して、序盤

\* 図書館情報大学

から終盤までの局面進行全般にわたっての整合性をとるためには全局を把握することが必要との立場に立ち、人間の思考過程をモデル化したシミュレーションが最も適していると考えた。そして、オブジェクト指向のパラダイムがシミュレーションによく適合する<sup>6)</sup>ことから、囲碁の対局を1つのトータルシステムとしてとらえ、これにOOA(Object-Oriented Analysis)の手法<sup>7)</sup>を適用したモデル化を試み、モデル内の各オブジェクト間のメッセージパッシングについて検討したので報告する。なお、複雑さを避けるため、以降において各オブジェクトは【】で囲み、「オブジェクト」の文字は付けないことにする。

### 2. オブジェクト指向囲碁対局モデル

#### 2.1 オブジェクト指向モデル

囲碁プログラムとは、人間を相手に囲碁の対局を行うゲームプログラムであるが、これを1つのトータルシステムとみなして、これにOOAの手法を適用したシミュレーションモデルを図1に示す。図において、丸い浮輪状の記号がオブジェクトを表し、矢印がオブジェクトから送られるメッセージを表している。また、ある着手から次の着手までを着手の1サイクルとすれば、丸で囲んだ数字は対局開始時における着手サイクル内のメッセージの発生順序を示している。なお、メッセージの発生順序については2.3で詳述する。

このモデルの中で囲碁プログラムと言われるのは、鎖線より右側の部分であるが、本研究ではその第一段階として点線で囲まれた部分のみを取り上げている。即ち、プレイヤー(1)、(2)共に人間プレイヤーであり、プログラムは囲碁の対局環境を提供するのみということから、これを「碁盤システム」と呼ぶことにする。

なお、先に発表したモデル<sup>8)</sup>では、メッセージ

囲碁プログラムのオブジェクト指向モデル

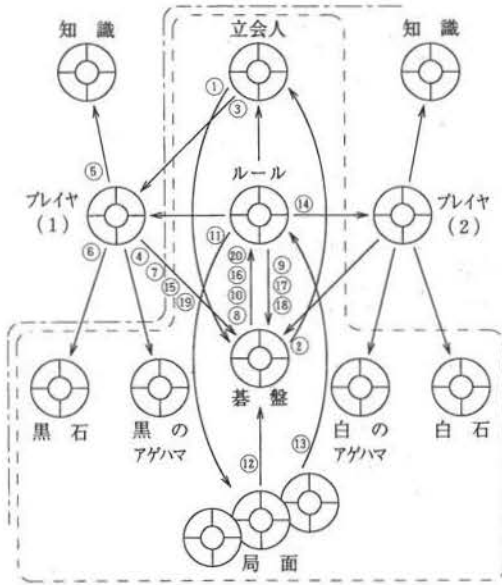


図1 オブジェクト指向囲碁対局モデル

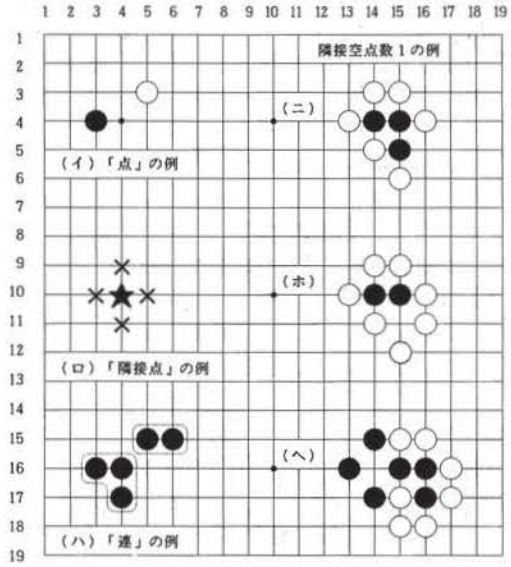


図2 石の形態の例

他にその戻り値をも矢印で表したことから図が複雑で見づかったので、今回のモデルからは戻り値の矢印を除いたことを付け加えておく。また、図では便宜上プレイヤー(1)が先手番となっているが、これは初期値設定の段階で変更可能である。

2. 2 局面を構成するオブジェクト

盤上における石の形態として、【点】、【連】、【群】と名付けた3つのオブジェクトを定義する。【点】は盤上の縦横19路の交点に対応する点であり、局面を構成する最小単位となる。また、【連】は完全に連結した同色の石の極大集合であり、『打ち上げ』

	形 態	属 性
点	縦横19路の交点に対応する点	・ 位置 ( x , y ) ・ 色 { "白", "黒", "空" }
連	『打ち上げ』の単位 (完全に連結した同色の石の極大集合)	・ 色 { "白", "黒", "空" } ・ 石の数 ・ 隣接空点の数 ・ 状態 { "活", "死", "セキ", "不明" }
群	『死活』の単位 (強く連結した同色の連の極大集合)	・ 色 { "白", "黒", "空" } ・ 石の数 ・ 隣接空点の数 ・ 「目」の数 ・ 「眼形」の数 ・ 状態 { "活", "死", "セキ", "不明" }

表1 局面を構成するオブジェクト

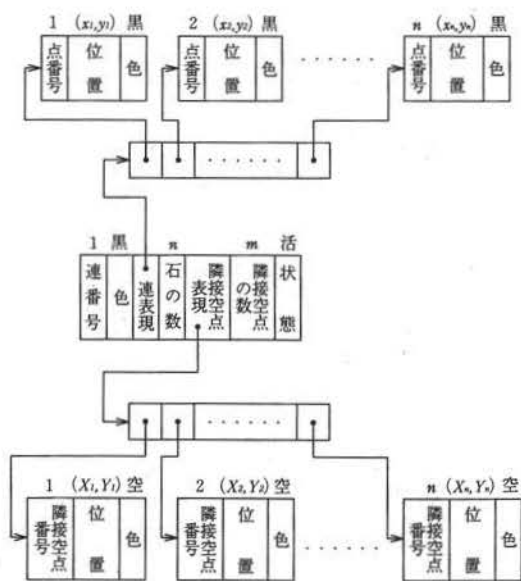


図3 【点】と【連】のデータ構造

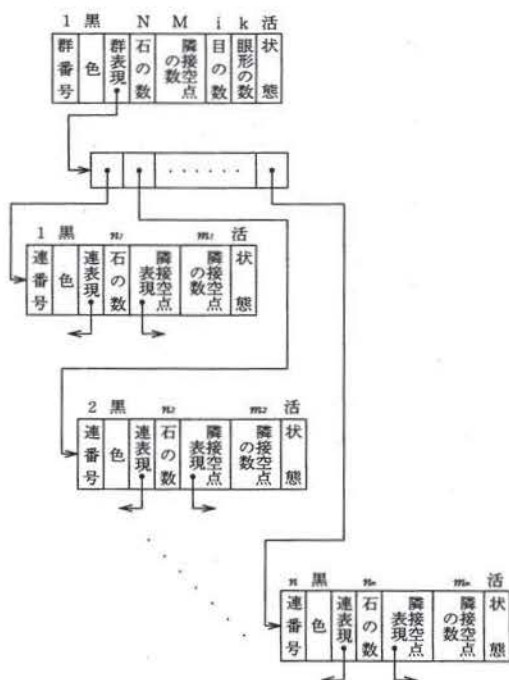


図4 【連】と【群】のデータ構造

の単位となる石の形態である。そして、【群】は強く連結した同色の【連】の極大集合であり、「死活」の単位となる石の形態である。ここで、「完全に連結」とは同色の石が縦または横並びで連なった状態であり、「強く連結」とは「完全に連結」ではないが、これを相手方の石によって分断することはほとんど不可能な状態と定義する。例えば、図2(ハ)の点線で囲まれた2個の黒石と3個の黒石はそれぞれが【連】である。そして、この2つの【連】は相手方が2手連打という禁を犯さない限り分断することは不可能であるから、「完全に連結」した状態ではないが「強く連結」した状態であると言える。

これらのオブジェクトは、表1に示すような属性を持ち、例えば図2(イ)は点((3, 4), “黒”), 点((5, 3), “白”)のように表現される。なお、同図(ロ)において、★印の点に着目した場合、この点から縦横に隣り合う×印の4つの点を隣接点と呼び、色が“空”の隣接点を隣接空点と定義する。したがって、同図(ニ)、(ハ)の3個の黒石から成る連と同図(ホ)の2個の黒石から成る連は、いずれも隣接空点の数が1ということになる。

その他の表中の用語は日本囲碁規約<sup>9)</sup>によって以下のように定義される。

- 「活き石」：相手方の着手により取られない石
- 「死に石」：「活き石」以外の石
- 「目」：同色の「活き石」で囲んだ空点
- 「眼形」：交互着手によって「目」ができる形
- 「駄目」：「目」以外の空点
- 「セキ石」：「駄目」を有する「活き石」

局面を構成するこれら3つのオブジェクトは、前述のモデルで示した【碁盤】の管理下であり、プログラムの中では図3、図4に示すようなデータ構造となる。

### 2.3 局面進行の流れ

人間プレイヤー同士の公式対局の場合には、対局会場に審判を必要とするが、本モデルでは【立会人】と【ルール】がその役目を担う。すなわち、【立会人】が【碁盤】に対局の準備(初期値設定)を指示し、その完了を待って先手番の【プレイヤー】に第一手目の着手を促すことから対局が始まり、その後は【ルール】がすべてを管理し、終局の処理が完了したら【立会人】に勝者を報告してゲームが終了する。

この一連の流れを図5に示す。図において、丸で

## 囲碁プログラムのオブジェクト指向モデル

囲んだ数字は、図1におけるメッセージ発生の順番を表す数字に対応している。

手番を告げられた【プレイヤー】は、【碁盤】から入手した現在の局面情報を基に【知識】に対して現局面での最善手を要求する。

【知識】からの戻り値は盤上の“着点”の他に“着手放棄”や“投了”が考えられ、盤上の“着点”の場合には、【プレイヤー】は手番の【碁石】に対して石を1個要求し、その石をもって【碁盤】に対して盤上への着手を指示する。その後、【碁盤】はこの着手の合法性を問うメッセージを【ルール】へ送ることになる。

また、“着手放棄”があった場合には、【碁盤】が管理する対局停止宣言ビットを反転させることで、その意思を表し、この反転によって双方の連続した着手放棄が認められたときには【ルール】によって終局処理に移行される。ただし、このビットの反転によっても相手方のビットの反転がなければ、相手方には着手する意思があるものとして【ルール】は手番の交替を【プレイヤー】に告げ、対局は続行される。そして、“投了”があった場合には、【ルール】によって直ちに終局処理に移行される。

この一連の局面進行の流れの中でオブジェクト間に発生するメッセージを表2に示す。表中の丸で囲んだ数字は、図1、図5のそれに対応している。

なお、⑰で戻り値が“11”の場合と⑳のメッセージを受け取ったときは終局の処理に移行し、㉑で戻り値が“違法”の場合は反則負けの処理へ移行する。

## 2.4 合法手の判定

従来の日本囲碁ルールは昭和24年に制定された日本棋院囲碁規約に基づいて運用実施されていたが、この規約によって決定できない事項については日本棋院の判例によるか棋院審査会の審査によって決定するという曖昧な表現があり、コンピュータ囲碁のプログラマにとってはまことに厄介なルールであった。そのため、これまでの囲碁プログラムでは、この日本ルールを使用せず、中国ルールや台湾ルール、あるいは独自のすっきりしたルールを持ち込んで合法手の判定や終局の認定を行ってきた。このような状況の中で、昭和62年に囲碁規約改定準備委員会が日本棋院の中に設置され、平成元年4月に新しい日本囲碁規約が制定された。新しい囲碁規約では上述の曖昧さの解消と同時に合理性が確立されたので、本研究の「碁盤システム」は、この新しい日本囲碁規約に基づくルールを採用している。

【ルール】は【碁盤】から着点情報を伴って送られた「合法手判定」のメッセージを受け取ると、上記規約の第2条から第6条の条項に照らし合わせて着手の合法性を判定する。図6に合法手判定の流れを、そして表3に關係するメッセージを示すが、この過程で重要なポイントが2つある。

第1は、アゲハマを伴う場合の処理で、この場合は先に定義した隣接空点数を利用する。すなわち、着手によって隣接空点数が零になる相手方【連】をさがし出すことで、盤上から取り上げ可能な【連】を認知することができる。同様に、着手によって味方【連】の隣接空点数が零になることで、自殺手を認知することができる。

第2は、同型再現の場合の処理で、一手毎に記録・保存していた過去の局面の調査を【局面】に命ずることによって、この状態を検出することができる。

なお、結果として㉑で戻り値が“無”の場合と㉒で戻り値が“無”の場合には“合法”を返し、戻り値が①で“否”、②で“否”、③で“白” or “黒”、⑤で“有”、㉓で“有”の場合には“違法”を返す。

## 2.5 終局の処理

新しい日本囲碁規約第9条-1によれば、連続して双方が着手放棄した時点で対局を停止し、直ちに石の死活や地を確認して終局としている。したがって、本研究でも対局停止宣言ビットを設けて、着手放棄のときにはこのビットを反転させることにし、双方のビットが“00”から“11”に反転したことを確認したとき【ルール】は終局の処理をする。

この場合、【ルール】は最初の仕事として「駄目詰め」と「手入れ」を指示するが、「手入れ」については、その必要性を判定するルーチンが別に必要となる。その後の処理の流れについては図7に、關係するメッセージについては表4に示すが、【ルール】は最後に勝者を判定し、それを【立会人】に伝えてすべての仕事を完了する。

また、第11条によれば、別の終局の形態として対局途中での“投了”があり、この場合には現在の手番を確認して、黒番なら白の勝ち、白番なら黒の勝ちを伝える。

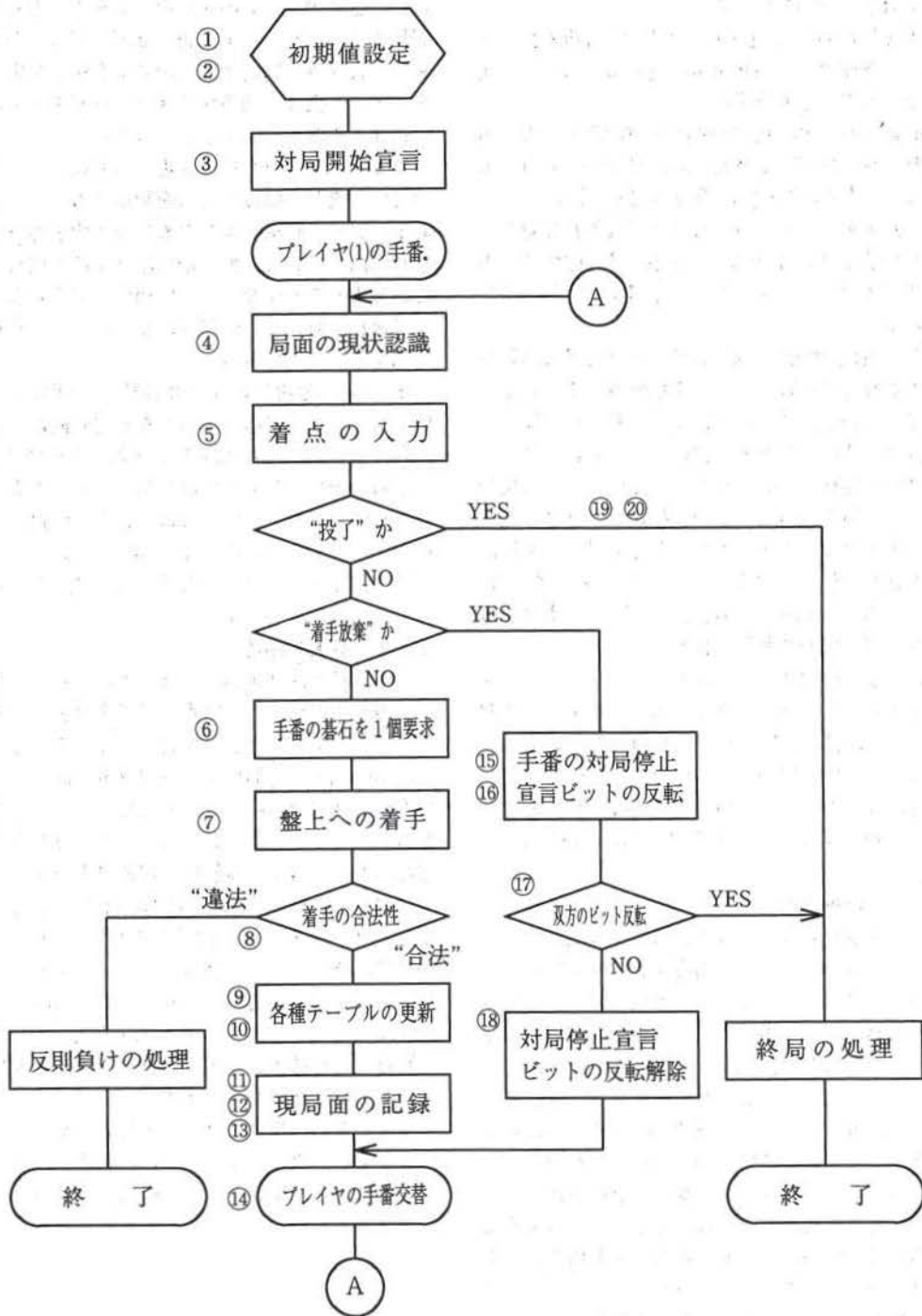


図5 局面進行の流れ

## 囲碁プログラムのオブジェクト指向モデル

表2 局面進行に関するメッセージ

番号	送り手	受け手	メ ッ セ ー ジ	戻 り 値
①	立会人	碁 盤	初期値を設定せよ	
②	碁 盤	立会人	初期値設定完了	
③	立会人	プレイヤー (1)	〔②に引き続き〕 対局を開始せよ(対局開始宣言)	
④	プレイヤー	碁 盤	〔手番交替が指示された場合〕 現在の局面状況を見せよ	
⑤	〃	知 識	〔④に引き続き〕 現局面での最善手を求めよ	{着点(x,y), "着手放棄" "投了"}
⑥	〃	(手番の) 碁 石	〔⑤で戻り値が着点の場合〕 盤上に打つ石1個を手渡せ	
⑦	〃	碁 盤	〔⑥に引き続き〕 その着点(x,y)へ石を置け	
⑧	碁 盤	ル ー ル	〔⑦に引き続き〕 着点(x,y)への着手の合法性 を調べよ	{ "合法", "違法" }
⑨	ル ー ル	碁 盤	〔⑧で戻り値が"合法"の場合〕 各種テーブル類を更新せよ	
⑩	碁 盤	ル ー ル	〔⑨に引き続き〕 着手に伴う全処理完了	
⑪	ル ー ル	局 面	〔⑩に引き続き〕 現局面を記録せよ	
⑫	局 面	碁 盤	〔⑪に引き続き〕 現局面を記録させよ	
⑬	〃	ル ー ル	〔⑫に引き続き〕 現局面の記録完了	
⑭	ル ー ル	プレイヤー	〔⑬,⑭に引き続き〕 手番を交替せよ	
⑮	プレイヤー	碁 盤	〔⑮で戻り値が"着手放棄"の場合〕 手番の対局停止宣言ビットを反転せよ	
⑯	碁 盤	ル ー ル	〔⑯に引き続き〕 対局停止宣言ビットの反転有り	
⑰	ル ー ル	碁 盤	〔⑯に引き続き〕 対局停止宣言ビットの状態を知らせよ	{ "00", "01", "10", "11" }
⑱	〃	〃	〔⑰で戻り値が"11"以外の場合〕 対局停止宣言ビットを解除("00")せよ	
⑲	プレイヤー	碁 盤	〔⑲で戻り値が"投了"の場合〕 「投了」したい	
⑳	碁 盤	ル ー ル	〔⑲に引き続き〕 「投了」の意思表示有り	

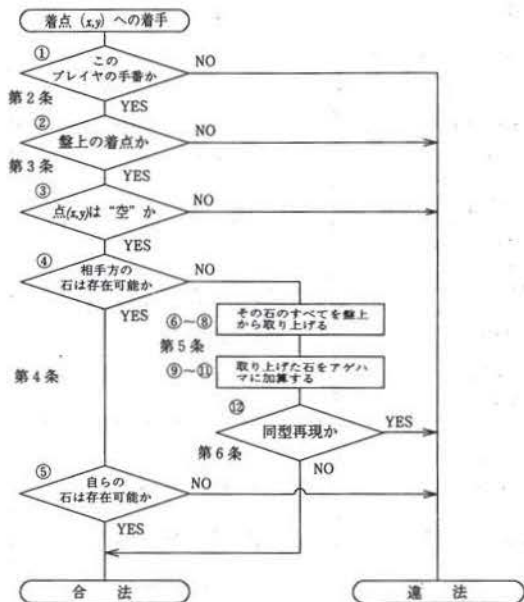


図6 合法手判定の流れ

番号	送り手	受け手	メッセージ	戻り値
①	ルール	審 査	このアレイヤの手番か	["合", "否"]
②	#	#	(①で戻り値が"合"の場合) 点(x, y)は盤上の着点か	["合", "否"]
③	#	#	(②で戻り値が"合"の場合) 点(x, y)の状態を知らせよ	["白", "黒", "空"]
④	#	#	(③で戻り値が"空"の場合) 与えられた点(x, y)を唯一の隣接空点とする 相手方「捕」の有無を知らせよ	["有", "無"]
⑤	#	#	(④で戻り値が"無"の場合) 与えられた点(x, y)への着手によって隣接空 点0となる相手方「捕」の有無を知らせよ	["有", "無"]
⑥	#	(手番の) アレイヤ	(⑤で戻り値が"有"の場合) 該当する「捕」を構成する石のすべてを盤上から 取り上げよ	
⑦	(手番の) アレイヤ	審 査	(⑥に引き続き) 盤上から取り上げた石を置せ	
⑧	審 査	ル ー ル	(⑦に引き続き) 盤上から取り上げた石を手番のアレイヤに渡した	
⑨	ル ー ル	(手番の) アレイヤ	(⑧に引き続き) 渡された相手方の石を自らのアグハマに加えよ	
⑩	(手番の) アレイヤ	アグハマ	(⑨に引き続き) 渡された石の数だけ加算せよ	
⑪	#	ル ー ル	(⑩に引き続き) アグハマに加えた	
⑫	ル ー ル	局 面	(⑪に引き続き) 過去に同一局面がないか、その有無を知らせよ	["有", "無"]

表3 合法手判定に関するメッセージ

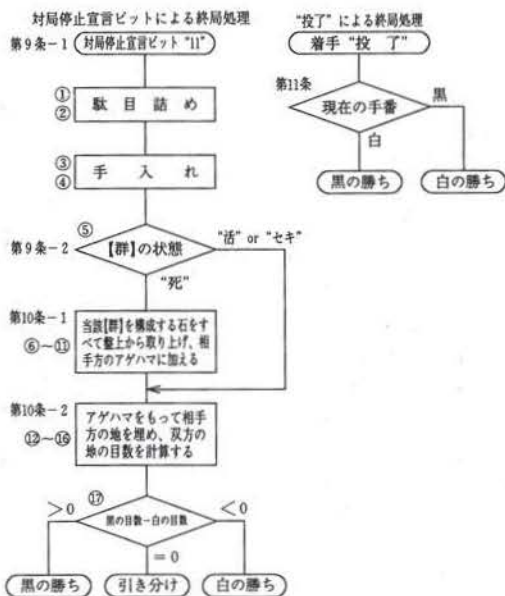


図7 終局処理の流れ

番号	送り手	受け手	メッセージ	戻り値
①	ルール	審 査	「投了」を認めよ	
②	審 査	ル ー ル	(①に引き続き) 「投了」を認め完了	
③	ル ー ル	審 査	(②に引き続き) 「手入れ」せよ	
④	審 査	ル ー ル	(③に引き続き) 「手入れ」完了	
⑤	ル ー ル	審 査	(④に引き続き) 双方の「群」の状態を知らせよ	["活", "死", "セキ"]
⑥	#	アレイヤ	(⑤で戻り値が"死"の場合) 相手方の「群」ならば、構成する石 のすべてを盤上から取り上げよ	
⑦	アレイヤ	審 査	(⑥に引き続き) 盤上から取り上げた石を置せ	
⑧	審 査	ル ー ル	(⑦に引き続き) すべての死「群」を構成する石をア レイヤに渡した	
⑨	ル ー ル	アレイヤ	(⑧に引き続き) 渡された相手方の石を自らのアグハ マに加えよ	
⑩	アレイヤ	アグハマ	(⑨に引き続き) 渡された石の数だけ加算せよ	
⑪	#	ル ー ル	(⑩に引き続き) アグハマに加えた	
⑫	ル ー ル	アレイヤ	(⑪に引き続き) (⑤で戻り値が"活" or "セキ"の場合) ハマをもって相手方の地を埋めよ	n目
⑬	アレイヤ	アグハマ	(⑫に引き続き) 現在地を知らせよ	
⑭	#	審 査	(⑬に引き続き) このアグハマの数だけ相手方の地を 埋めよ	
⑮	審 査	アレイヤ	(⑭に引き続き) アグハマをすべて埋めた	
⑯	アレイヤ	ル ー ル	(⑮に引き続き) すべての地埋め完了	
⑰	ル ー ル	審 査	(⑯に引き続き) 双方の「目数」を計算して、その差 (黒地 - 白地)を知らせよ	["正数", "零", "負数"]

表4 終局処理に関するメッセージ

## 囲碁プログラムのオブジェクト指向モデル

## 3. まとめ

知識指向型を余儀なくされた囲碁プログラムの作成に当たり、囲碁の対局を1つのトータルシステムと見なして、これにOOAの手法を適用したシミュレーションモデルを示した。

このモデルの中で局面を構成する石の形態として【点】、【連】、【群】の3つのオブジェクトを定義し、局面進行に伴うオブジェクト間のメッセージパッシングについて検討した。とくに着手の合法性と終局の処理については、新しい囲碁規約に準拠し、これまでのような曖昧さを一掃した。

今後は、このモデルを計算機上で実現するために精密なクラス設計を行い、プログラミングの作業に入る予定である。現在はまだ「碁盤システム」の段階であるが、将来的には人間プレイヤーと対局するプログラムへ発展させることが目標であり、そのためには知識としての戦術や定石などのデータベース化とプレイアルゴリズムの開発が必須の課題である。

終わりに、本論文の作成に当たり、ご協力いただいた本校文部技官齋藤輝雄氏に心から感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 実近憲昭：ゲームと探索，電子情報通信学会誌，Vol.65, No.4, pp.405~412, (1982)
- 2) 小谷，松原，大沢：コンピュータは人間に勝てるか？，情報処理，Vol.34, No.3, pp.275~284, (1993)
- 3) 吉川竹四郎：“国際コンピュータ囲碁大会”報告記，bit, Vol.25, No.2, pp.35~38, (1993)
- 4) 実近憲昭：囲碁のコンピュータ化，bit, Vol.20, No.7, pp.761~769, (1988)
- 5) 笠井浩二：囲碁で頭がよくなる本，四海書房，p.70, (1986)
- 6) デビット A ティラー，増永良文監訳，寺島哲史訳：オブジェクト指向アプローチ，アジソン・ウエスレイ・パブリッシャーズ・ジャパン社，133p., (1993)
- 7) Peter Coad and Edward Yourdon: Object-Oriented Analysis (book) , Prentice Hall Inc., 233p., (1991)
- 8) 菅原英一，増永良文：囲碁プログラムのオブジェクト指向モデル，電気関係学会東北支部連合大会講演論文集，2C-3, p.104, (1993)
- 9) 日本囲碁規約改定委員会：日本囲碁規約，日本棋院，59p., (1989)