

知識指向型基プログラム G O . 1 の戦略

実近 憲昭

電子技術総合研究所

基プログラム G O . 1 は人間の意思決定過程をモデル化し、モデルの妥当性を検証するために書かれたものである。意思決定は、一般に、現状認識→候補プランニング→比較検討→決定の段階を踏む。しかし細かくみると各段階が微妙にオーバーラップしている。このオーバーラップの間で軌道修正が行われ無駄な方向に発散することが抑制されているものと考えられる。また各段階の作業は完全な空白から始まるのではなく、当面する問題固有の作業知識の枠組みが用意されていることが動作効率上不可欠である。

以上の観点から、現状(局面)認識の枠組みとしてケース概念を導入し、オーバーラップ間の軌道修正に対応する認識の段階的深化のモデル化を積極的に取り入れ、その一つの現れとして探索の局所化を位置づけた。

G O . 1 はまだ開発途上にあり、第5世代コンピュータプロジェクトの一つである基プログラム「基世代」の設定した最終レベル(5級)には及ばないが、これに最も近いプログラムの一つであると確信している。

Strategy of a knowledge-oriented
G O program G O . 1

N. Sanechika

Electrotechnical Laboratory

1-1-1 Umezono, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki, 305, Japan

Our Go program G O . 1 is written to show the validity of a model designed for simulating some human decision process. In general, decision is made by the following sequential steps: current state recognition, planning, and test_and_modification. But more strict observation reveals that these steps overlaps slightly with each other. And during the overlapping period, process is controlled so as to avoid wasting time in the wrong directions. Moreover, in order to achieve effective performance to some extent, it is indispensable to implement processig knoledge proper to the given decision problem. On the basis of obove observations, t he author introduced 'case' concept which affords specialized knowlege implementation in a typical situation. Iterative deepning of recognition is emphasized in respect of process during overlapping steps.

1. はじめに

基プログラム G O . 1 は人間の意思決定過程をモデル化し、その妥当性を検討することを目的として開発されてきた^{(1), (2)}。基は、チェスなどで一応の成果を得ている高速ゲーム木探索アプローチを寄せ付けないう程十分複雑である反面、現実世界における実際問題ほどには些末事の山に埋没していないので適当である。

G O . 1 では必ずしも勝つことにこだわらない。むしろ意図を理解し反応する人間くさい手を打つことを目指している。この意味で一手の決定にかける時間を制限することは本質的な条件とみなす。

人間の意思決定は、現状認識に始まり、それに基づきいくつかの候補案をたてそれらを比較検討し最終的な決定を下すのが基本的なステップの流れである。ここで重要なことは各ステップはその直前のステップが完全に終了してから始まるのではなく、直前のステップの途中からすでに次のステップの準備が行われるという事実である。このオーバーラップの間に、両ステップの間で情報交換が行われ、双方の作業がなるべく無駄にならないような方向に軌道修正が行われる。またこの情報交換は両ステップの進行具合を見ながら進められるので1バスのものではなく段階的に行われるのが普通である。この事実はおそらく古くから指摘されいた認識の「段階的深化」現象と一致するものであろう。いずれにせよ、これは人間固有の指向性の強い深い読みを説明する一つの鍵である。

視聴覚情報処理の分野で「注意の焦点化」の現象が指摘されているがこれとさきの「段階的深化」とは同じ現象を異なる観点から見たものと思われる。両者に共通していることは、意図性の薄いオートマチック的な情報処理がやや先行し、それにオーバーラップして意図性の濃いトップダウン的な処理が行われることである。

G O . 1 においても局面認識の段階的深化のモデル化を積極的に取入れた。その一つの現れとして探索の局所化がある。

また、意図的に現状認識を行う枠組みとしてケース概念を導入した。

G O . 1 の戦略はケース戦術の統合が主な内容であるが、上述した理由により、認識から決定までの過程を混然一体として含むものとして捉えなければ正しくない。

以下2節で全体のシステム構成、3節でケース概念、4節でケース戦術の統合、5節で今後の課題などについて述べる。

2. G O . 1 のシステム構成

G O . 1 のシステム構成要素を列挙する

- ・局面データ
- ・局面認識モジュール
- ・ケース候補手生成モジュール⁽⁵⁾
- ・局所探索ルーチン
(捕獲、死活、攻合、連結)⁽⁴⁾
- ・候補手フィルタ
- ・戦略モジュール
- ・手筋知識データ(定石を含む)
- ・手筋知識獲得システム^{(3), (6)}
- ・対局システム
- ・実験解析システム

図1にシステム構成図を示す。

以下、各構成要素について概略する。

a. 局面データ

局面データ構造は、次の5個の対象とその属性からなる。

1. 点: 19×19 の格子点

機能: 石の配置、他の対象へのポインタ

属性: 色、ポテンシャル値等

2. 連: 縦または横方向で連結した同色石の極大集合

機能: 捕獲の単位

属性: 石数、ゲメ数、ステータス等

3. 群: 強連結した同色連の極大集合

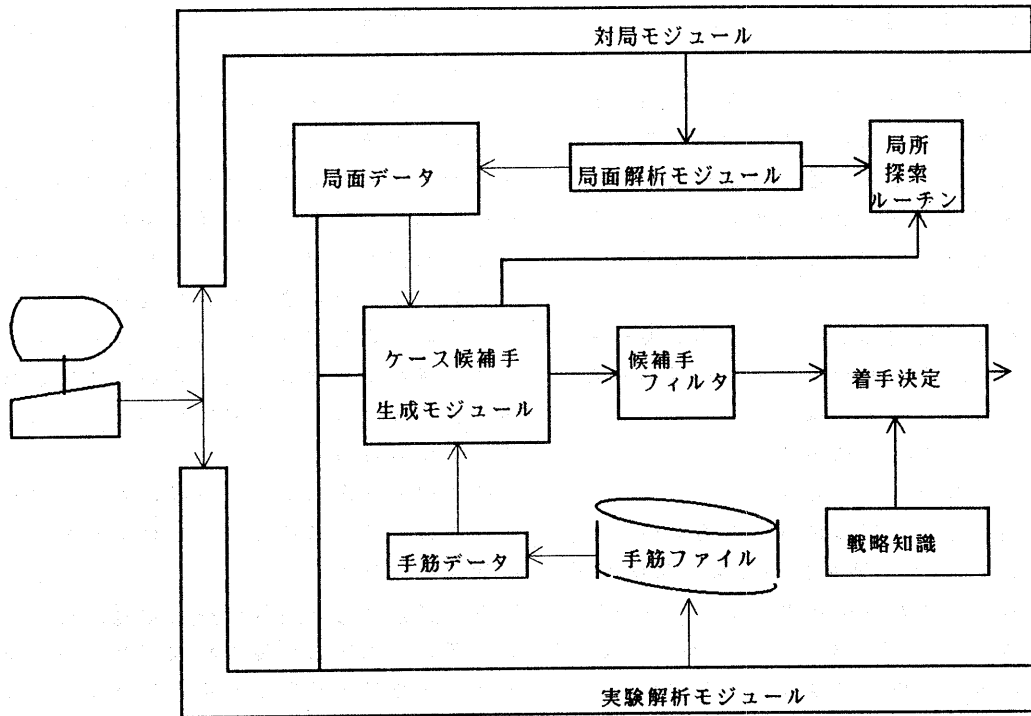


図 1. GO.1 のシステム構成図

機能：死活の単位

属性：サイズ、ステータス（生、死、中立）等

4. 族：死群を除く連絡した同色群の
極大集合

機能：戦略の単位

属性：サイズ、包囲度、活力等

5. 結線：2個の同色石、または石と盤端
とを結ぶ仮想線

機能：領域境界、連絡

属性：種類、ステータス（強、弱、廃止）

b. 局面認識モジュール

着手毎に局面データベースの更新を行う。

インクリメンタルな更新を基本とする。特に連、
群、結線のステータスを決定するために後述する
局所探索ルーチンが呼ばれる。

c. ケース候補手生成モジュール

各ケースの立場から局面を眺め固有の候補
手を提案する。3節参照。

d. 局所探索ルーチン

シチョウ、捕獲、死活、攻合、連結 の5
種類がある。

1. シチョウルーチン

ターゲット：ダメ数2以下の連

ルーチン：捕獲ルーチン、シチョウ手筋

2. 捕獲ルーチン

ターゲット：ダメ数3以下の連

ルーチン：局面認識ルーチン、
ケース候補手生成モジュール
候補手フィルタ
戦略モジュール

3. 死活ルーチン

ターゲット：仮死群（脱出不能、非攻合群）

ルーチン：局面認識モジュール

4. 攻合ルーチン

ターゲット：攻合群（隣接する異色仮死群）

ルーチン：局面認識モジュール

5. 連結ルーチン

ターゲット：弱結線（覗かれた結線）

1-9-1: 局面認識モジュール

e. 候補手フィルタ

ケース候補手生成モジュールが出した候補手について、その局所的近傍の状況により、自殺手を排除したり、愚形を避けたり、他の意図を兼ねさせて機能を拡大したりする。戦略モジュールの局所版とも見なせる。

f. 戦略モジュール

ケース候補手生成モジュールが出した候補手の中から、全局的観点から最も妥当なものを選出したり、または修正したりする。4節参照。

g. 手筋知識データ（定石を含む）

手筋知識とは局所領域における石の特定の配置（パターン）と適用条件と実行手順を示す手順木の三組から構成されるデータをいう。G0.1の実行前にコンパイルされる。ケース候補手生成時に補助的に使用される。

h. 手筋知識獲得システム

手筋エディタを用いて、人間の手筋知識を獲得するシステム。手筋知識は一時、手筋ファイルまたは定石ファイルに蓄えられる。

i. 対局システム

対局相手や手合いを設定したりするなど実際の対局進行を管理するシステム

j. 実験解析システム

任意の局面について、データ構造を覗いたり、探索ルーチンをシミュレートしたりするデバッグ機能のほか、パラメータ類を変更したり、手順木エディタにより問題図を作成したりする機能を持つ。

3. ケース概念とケース戦略

3. 1 ケース概念

経験を積んだプレイヤーが新しい局面に遭遇した場合、一見しただけで目の行くところが数カ所ある。次にその着眼点の可能性を確認したり、波及効果を確かめたり、あるいは他の要素と組み合わせてより効果的な手を考えたりする。

最初の着眼点となりうる場所の性格を列挙すると

- ・プレイヤーが過去において経験した、または学習した典型的な状況である
- ・少なくともその着眼点の近傍においては、その意味または意図が明確である
- ・その意図を実現する手段を知識として持っているかまたは極く容易に発見できる（または、発見できそうな予感がする）
- ・その意図が実現された場合の平均的価値が比較的高いことを経験的に知っている等が挙げられる。

この典型的状況に対応する概念としてケースを導入する。ここでケースに関して一つの仮説を設ける。

着手意図はケースの枠組みで理解される。

この仮説の意味は任意の意図がどれか一つのケースだけで理解されるということではなく複数個のケースに分解してその組合せで理解される場合も含む。

プログラム作成の観点から望ましいケース集合設定の条件を挙げると、

- ①なるべく多くの状況がどれかのケースでカバーできること（網羅性）
- ②ケースの数が妥当であること
粗過ぎず、細か過ぎない
- ③ケース識別アルゴリズムが複雑すぎない
- ④異種のケースはなるべく重複せず互いに独立であること
- ⑤各ケースにおける候補手の生成アルゴリズムが複雑すぎないこと

3. 2 ケース戦略

まずG0.1で採択したケース集合を挙げ、次に各ケース毎に意図、識別アルゴリズム、候補手生成アルゴリズム、候補手評価法の概要を述べる。

G0.1におけるケース集合

- ・布石（〔定石〕、〔辺〕）
- ・死活（〔死活〕、〔攻合〕）
- ・〔包囲〕

- ・ [分断]
- ・ [打込]
- ・ [侵略]
- ・ [模様]
- ・ [ヨセ]
- ・ [捕獲]
- ・ [連結]

[] はケースであることを示す。 [定石] と [辺] は布石として、また [死活] と [攻合] は死活として将来一つのケースにまとめる予定である。一般に着手は、攻めと守りのいずれかに分類できる。(攻めと守りを兼ねた手についても、厳密に見れば攻める対象と守る対象は異なる。)しかし、同じケースの中では手番を交代させることにより攻めと守りの両方を取り扱えるようにした。例えば [包囲] は [脱出] を含んでいる。

a. [定石]

ターゲット: 定石進行中の隅

意図: 隅の拠点を確保する

検出: 隅領域に定石はずれ手がないこと

候補手: 記憶した手順木

評価法: 記憶値、即ち定石データ作成時に直接記入する

b. [辺]

ターゲット: 3線または4線の高さで3路以上の間隔で対峙する石のある辺

意図: 辺の優位性を確保する。

検出: 対峙石

候補手: 対峙石間の midpoint の修正点

評価法: 対峙石間の距離に比例した評価関数を基本とし、対峙石を含む族の強度、異色対峙、同色対峙、中央からの覗きの有無等の条件により修正した値

c. [包囲]

ターゲット: 完全包囲ではないが、かなり包囲されている弱族

意図: 完全包囲 / 脱出

検出: 族の包囲度と強度

候補手: 族ダメ点の重心の修正点

評価法: 強度をパラメータとする包囲脱出関数

d. [分断]

ターゲット: 2つ以上の群からなる族で、2つ

以上の族に分断される可能性のある族

意図: 分断して各個撃破する / 連携強化

検出: ターゲット族の領域内でかつその中のどの群にも属さない点でポテンシャル鞍点を持つ族

候補手: 鞍点の修正点

評価法: 鞍点の近傍に他のケースからの手があるときのみそれにボーナス点をつけた値

e. [打込]

ターゲット: 打込パターンを持つ族

意図: ターゲット族を分断または削減する。

検出: 打込パターンのパターンマッチング

候補手: 記憶した手順木

評価法: 記憶値

f. [模様]

ターゲット: 柔らかい非弱族

意図: 模様の拡大 / 消し

検出: 強度、固さ (サイズ ÷ 石数)

候補手: ポテンシャルの接点で、かつその点からケイマの範囲内に敵、味方の石がある点

評価法: ポテンシャルの等価目数換算値による出入り計算値

g. [侵略]

ターゲット: 内部領域のサイズが大きい囲いの不完全な族

意図: ターゲット族内に侵略する / 囲う

検出: 囲い度、内部領域サイズ

候補手: 内部領域から到達可能で、かつ最も近い異色石からケイマの範囲内の点

評価法: 内部領域サイズをパラメータとする侵略関数

h. [死活] / [攻合]

ターゲット: 包囲度の高い弱族

意図: 殺す、生きる

[死活] と [攻合] は密接に絡み合い、関係する候補手の種類も多彩なので、これま

でのような一律な表現が難しい。従って、G O . 1 における実際の手続きを示す。これは、認識と候補手生成が絡み合いながら次第に深化する1例とみなせる。

① 次の活き条件を満たせばEXIT

- ・強度 a 以上
- ・眼形2個以上 または
- ・活き眼形パターン または
- ・内部領域サイズ9以上

② 脱出条件を満たせば脱出手を出してEXIT

- ・完全包囲でない場合 【脱出】手 (c)
- ・ワタリパターンの場合 記憶手順木
- ・弱包囲結線の場合 記憶手順木

③ 眼形がなければ⑥へ

④ 中立眼形パターンなら眼形手を出しEXIT

⑤ 目欠きパターンなら目欠き手を出しEXIT

⑥ フコロ拡大パターンがあればフコロ拡大手／制限手を出しEXIT

⑦ 攻合条件成立すれば攻合ルーチンと呼ぶ
成功ならばその手を出しEXIT

⑧ 内部領域小ならばステータスを死としてEXIT

⑨ 死活ルーチンと呼ぶ

i. 【ヨセ】

ターゲット: ヨセパターンを持つ族

意図: 地の削減／確保

検出: ヨセパターンのパターンマッチング

候補手: 記憶した手順木

評価法: 記憶値

j. 【捕獲】

ターゲット: ダメ数3以下の連

意図: 連の捕獲／逃亡

検出: ダメ数

候補手: 捕獲ルーチンの出力

評価法: ターゲット連が除去されたとして隣接族の強度変化を求め、その値を隣接族のサイズを考慮して修正した値

k. 【連結】

ターゲット: 覗かれた結線

意図: 結線の切断、連結

検出: 結線のノソキ点への敵石の存在

候補手: 連結ルーチン、または簡便法として記憶した手順木

評価法: コスミ結線以外では記憶値。コスミの場合は、キリチガイに關係する4個の連のステータス(生、死、中立)の全ての組合せに対応してそれぞれ妥当な値を用意する。特に4個とも生の時は更にダメ数を考慮して修正する。

4. ケース戦術の統合

・一次近似評価

現在、各ケースからの候補手の評価値を一つの盤(19×19マトリクス)に加算することにより、各点の一次近似としての価値を表現している。一般に碁では、意図の多重化した点は価値が高いので、一次近似のモデルとしては意味がある。

この一次近似評価に参加する値はケース手の評価値以外にもダメ点評価値(異色共有ダメ点、並びダメ点に連のダメ数を基礎にした計算値を付ける)、形点(フクラミ、二目の頭、単ツケ、愚形を考慮したボーナス点)等が付く。これにより変化の激しい局所的な局面状況にもある程度対処できる。しかし、異なるケース間での価値基準に充分な整合性があるわけではなく、また、単に最高点を選ぶ方針にするなら、たまたま多くの低価値の候補手が同一点に集まって高得点になった手が単一ケースの高価値の手の評価点を上回って選ばれる場合もしばしば有り得る。

G O . 1 は一次近似表価値を基に、質的な統合を行う。

各ケースからの候補手は他のケースの立場を全く考慮に入れていない。従ってこれを全局的な立場から見直す必要がある。まず比較的容易な局所的修正を候補手フィルタで行い、次に大局的な修正を考える。

4. 1 候補手フィルタ

次の2つのタイプの修正がある

a. あるケースからの候補手について、そのケースの守備範囲のすぐ外の局面状況により、ケース本来の意図が達せられないか、または一応意図は達成されるが、全く無駄かもしくは他に悪影響を及ぼす場合除去する

b. あるケースからの候補手の位置を少しずらせるだけで他のケースの意図も兼ねさせることが出来る場合移し代える

〔捕獲〕を例にとり説明する。

・ウツェガエのために放り込んだ連（一石）は逃げ出せても逃げ出さない・・・a

・包囲連のうち中立のものがあればそれを捕獲する手に移す・・・b

・原案の候補手の近傍（ケイマ以内）にある高得点で推薦された捕獲以外のケースからの手について読み直しを行い〔捕獲〕の意図を兼ねていれば移す・・・b

・単一の連からなる死族について、〔捕獲〕から、連としての脱出手が提示された場合、その手を仮打ちして族を再構成して、これが更に死族ならば、脱出手を打たない。（但し、2目にして捨てるなどの例外はある）・・・a

・〔捕獲〕以外のケースからの候補手について、その手を仮打ちし、その手が属する連をターゲットとして捕獲ルーチンと呼び、その結果打った石が捕獲されるならば、その手を中止する。（但し、目欠きやウツェガエシ等の目的で打つ犠牲打は除く）・・・a

4. 2 統合戦略

ケースはいわば単独のターゲットに着目した典型的状況の概念から生まれた。大局的な戦略は一般に複数個のターゲットが絡んでくる。これを考慮してG.O.1では、現在の局面に最も適合したケースの候補手を採択しようとする。

統合戦略

1) ケース評価点による一次選考

①一次近似評価において、最高点からの

差が n_1 以内の手の中からベスト n_2 位まで、最大 n_3 個まで残す

2) 緊急非常事態の検出

②〔捕獲〕手があればそれらのみに絞り⑨へ

③弱族に関する手があればそれらのみに絞り④へ

④〔連結〕手の成分がa以上のものがあるならばその中から上位m位まで残し、なければそのまま⑤へ

3) 平常状態に於ける順位付け

⑤〔定石〕手または〔辺〕手があればそれらのみに絞り⑨へ

⑥味方族の〔死活〕または〔攻合〕手があればそれらのみに絞り⑨へ

⑦〔連結〕手の成分がb以上a未満のものがあればそれらのみに絞り⑨へ

⑧相手族の〔死活〕〔攻合〕手があればそれらのみに絞り⑨へ

⑨最高点の手を選ぶ

統合戦略の特徴をまとめると、

1) 評価法の誤差及びケース間の評価基準の不整合を考慮していきなり最高点をとることを避けたこと

2) 大場より急場の常識に従った。接触戦と弱石に関係した手に急を要する場合が多い。また接触戦として連の捕獲と、結線の連結を重視した。但しこれは連の種石としての評価、結線連結／切断の周囲状況における評価が正しいことが前提となっている。

3) 〔死活〕より布石を優先させた理由は、布石の大場に先行して、弱石段階をとばして急に死活問題に移行することはあまりないという常識に基づく。（但し、この常識が成立しない場合が時々ある。特に〔打込〕と〔分断〕ケース）また、相手石の死活より自己石の死活を優先している。これは攻めより守りを優先させるG.O.1の一般方針に基づくが便宜的なものである。

4. 3 実例

G O.1 (黒) と人間 (3級) との4子局の対局である。総棋譜を次に示す。

○1:f3 ●2:d6 ○3:q6 ●4:m3
 ○5:q14 ●6:n16 ○7:p10 ●8:i17
 ○9:d2 ●10:c3 ○11:i3 ●12:c11
 ○13:c17 ●14:c16 ○15:d17 ●16:e17
 ○17:e18 ●18:f18 ○19:f17 ●20:e16
 ○21:g18 ●22:d18 ○23:f16 ●24:q4
 ○25:i17 ●26:i15 ○27:f14 ●28:d14
 ○29:i15 ●30:i13 ○31:n14 ●32:m17
 ○33:i18 ●34:q15 ○35:p14 ●36:f12
 ○37:h14 ●38:i14 ○39:g12 ●40:g13
 ○41:h13 ●42:h12 ○43:g11 ●44:f13
 ○45:i2 ●46:g14 ○47:h15 ●48:f15
 ○49:g15 ●50:e14 ○51:h17 ●52:i16
 ○53:i12 ●54:h11 ○55:g10 ●56:j18
 ○57:j12 ●58:i11 ○59:j11 ●60:h9
 ○61:g9 ●62:h10 ○63:h8 ●64:i9
 ○65:g7 ●66:k14 ○67:j8 ●68:j9
 ○69:k9 ●70:i8 ○71:i7 ●72:k8
 ○73:j7 ●74:k10 ○75:i9 ●76:j10
 ○77:i12 ●78:i10 ○79:m10 ●80:i14
 ○81:m15 ●82:k12

以下順を追って調べてみる

a. ○1から●22まで:

○7:p10、●8:i17、●12:c11のみが辺手で後はすべて定石手である。

b. ○23から○31まで:

●24:q4は定石手。打ち込み○25:i17に対して●26:i15は脱出手、更に○27:i15とトンだとき右上隅の黒も弱石化したのが●28:i13の脱出の方が優った。

c. ●32から○35まで:

○31:n14で完全包囲されたので●32、34とトジマリ手を打って生きたつもり。

d. ●36から●48まで:

右上隅を生きた時点で、自己弱石がなくなったので●36:f12と包囲する。途中●h12と切った手はf13につなぐ逃げの手がシフトし

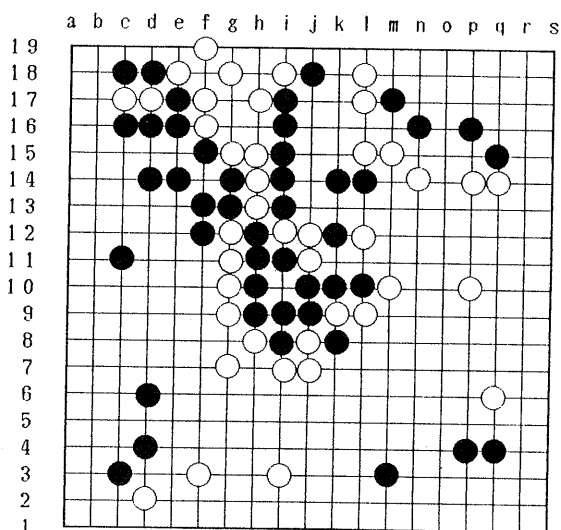
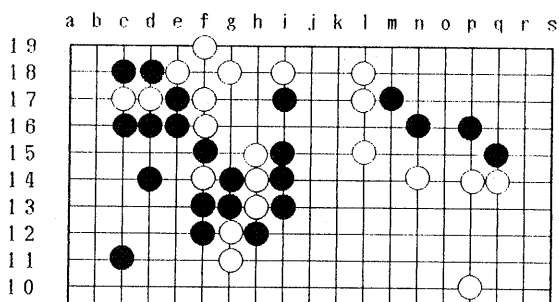
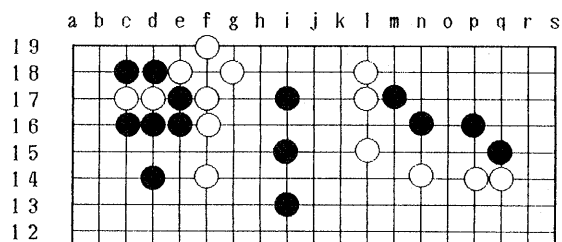
たもの。●48:f15は捕獲に目が眩んだ。

e. ○49から●56まで:

ほぼ一本道、但し最後の●56:j18がほとんど意味のない手。負ければ敗着。

f. ○57から●82まで:

中央の黒石が捕獲でもがいた。○65:g7とカケツギを打ったときやっと上辺の黒弱石が●66:k14と脱出を試みた。その後●80:i14のオシに対して○81と受けたため●82で中央の白の種石を捕獲できた。



5. おわりに

現在のG O . 1について、いくつかの改良すべき点を述べる。

・現在最も使用頻度の高い探索ルーチンは捕獲であるが、その守備範囲はかなり限定されている。その一つは単一のターゲット連の捕獲の成否のみを目的とする構造である。複数ターゲットを扱えるルーチンが必要である。また連をうまく捨てるルーチンも必要である。他のルーチンについても同様の拡張が必要であろう。

・現在ケース候補手の評価は主として予め与えられた固定的な記憶値に依存しているが、この数値は必ずしも流動的な局面の変化を考慮して作られたものでないものが多い。またケース毎に異なった(感覚的)単位を用いているのが実状である。

単位を目に統一し、評価法としては出入り計算をベースにしたものが望ましい。現在時間の都合で(即ち、出入り計算をそのまま導入すると全局的な先読みをすることになる)使用を控えている。しかし人間はあまり厳密な数値計算などはせず、数値も比較をすることが目的であることを考慮すれば方法はあるはずである。

・G O . 1の戦略はケース戦術の統合することであるが、人間と比較するとかなり不完全である。最大の欠陥は計画性が欠けていることであろう。G O . 1の行き方は、現在盤上にあるものの中から直接利益が得られるものを選択する。数手先に生じる大利を予測してそのための準備手を打つようなことはしない。碁においてこのような計画性を必要とするような場面の典型例をいくつか挙げると、

- ・Aを攻めながらBを実現する
- ・AとBに絡んでAまたはBを実現する
- ・Aを犠牲にして代償にBを実現する

等がある。(更に高度になれば、これらを更に効果的にする準備をしたり互いに組み

合わせたりする。)この問題を解決する一つの方向はケース概念の場合と同様に典型的戦略の概念を導入しその枠内でプログラミングを行うことであろう。

アマチュアが人口的に最も集中しているレベルが5級程度と言われている。このレベルに達するためには上記の課題を部分的にでもクリアすることが不可欠であろう。

計算機はV A X 7 8 0を用い、言語はCを使用した。

謝辞

本研究の機会を戴いた白井制御部長、検討をいただいた論理システム研究室の各氏に深謝する。

参考文献

- (1) N.Sanechika et al.: Notes on modeling and implementation of the human player's decision processes in the game of Go, Bul. Electrotec. Lab. Vol. 45 (1981)
- (2) 実近: 碁における意思決定のプログラム化, 人工知能と対話技法研究会 26-4, 1982.6
- (3) Y. Mano: An approach to Conquer Difficulties in Developing a Go Playing Program, Journal of Information Processing, Vol. 7, No 2, July 1984
- (4) 実近: 知識指向型碁プログラムG O . 1における探索モジュール, 情処第33回全大, 1986
- (5) 実近: 碁プログラムG O . 1における戦略, 情処第34回全国大会, 5L-5, 1987,
- (6) 実近: 碁ゲームの手筋知識の獲得と活用, 情処第35回全国大会, 5M-10, 1987, 9