

囲碁における盤面状況の認知

吉川 厚, 斉藤 康己

NTT 基礎研究所

人間がいかに状況を認識し、それを使って行動を決めるかのモデルをつくるために、囲碁を題材として認知実験を行い、いくつかの現象を見いだした。実験は被験者を非対峙状況において自手を決定するまでの一連の思考を内省しながら対局してもらうことにした。また、片方にはアイカメラを装着し視線データをとった。このような方法で様々な角度からのプロトコルを入手し、それを分析した結果、境界の認識、先読み時の注目点や深さなどにいくつかの知見を得たのでこれを報告する。加えて、今後解明すべき認知的な課題を列挙する。

Cognition of Board Situation in Go

Atsushi Yoshikawa, Yasuki Saito

NTT Basic Research Laboratories

We present an experimental analysis of several phenomena when subjects are playing Go, in order to investigate how people recognize the situation of a game and decide what to do next. Subjects were asked to reflect by themselves while playing a game. One subject wore an eye camera, and we recorded the eye movement data. We analysed those protocols, such as verbal protocol, eye movement, the record of the game and so on. We found out some interesting phenomena and a lot of future research directions.

1 はじめに

囲碁は盤面におかれた石から、石と石のつながりや形の認識を行ない、石の強弱を認識し、対局者の戦略や意図を探り、囲碁の知識から自手を決定するという一連の行為を行なうゲームである。視覚情報の認識という低次の認知から、囲碁の知識を用いて行なう自手決定という高次の認知までを同一に観察できるという意味で、認知の題材として囲碁は大変面白い。

従来、認知的な観点から研究しているものには、碁盤にいくつかの石をおいておき、それを別の碁盤に打ち直す時のある石と次の石を打つ経過時間によって人間のもっている chunk を調べようとするもの [?] や、上級者の対戦をビデオでとり、上級者は少ない候補点から深く読むことを明らかにしている [?] ものがある。また、日本では実近 [?] が、囲碁の教科書や練習本から、人間の囲碁の特徴として 1) 高度な視覚情報処理能力、2) 例示からの帰納、敷衍能力、3) 囲碁文法使用、4) 知識検索能力、5) 駆け引きの思考の 5 つをあげている。

しかし、人間が如何に対局者の手から意図を把握しその意図を阻止するような行動をとるのか？ また、対局者が予測した手と異なる手を打った場合には行動はどう変化するのか？ 自手決定までにどのような情報を入力しているのか？ などを解明するにはまだ至っていない。

本研究は、囲碁を打っている被験者を詳細に観察することにより、人間が如何に囲碁の認知を行なっているかを明らかにすることを目的としている [?]。盤面を通して、対局者が打った手から意図を探ったり、盤面の形状から良い形、悪い形、大場、急所などの様々な情報を盤面の何から入手するのか、どんなパターンがどう chunk 化されるのか、パターンの理解、記号的な理解はどのように結び付いているのかのようなパターンの次元とある程度記号化された次元の結び付きを明らかにすることを特に重視している。これにより、従来の囲碁研究に有益な知見を与えるとともに、低次から高次までの人間の連続の認知機構を明らか

にすることを目論んでいる。

そこで、今回は研究の課題を鮮明にすべく、プレ実験をいくつか行ない、その中で得られた結果から湧き上がってきた疑問を列挙し、それらの疑問を解決する実験を計画した。本報告では疑問点までを記す。

2 対局の多面的プロトコルデータ

一局の囲碁の対戦から、いろいろな観点からのプロトコルが入手できる。その一例を上げると、棋譜、同時内省、事後内省、視線データ、第3者の評価などがある。これらを総称して多面的プロトコルと呼ぶ。囲碁は低次から高次までの認知が含まれている格好の題材であるが、種々の認知行為が都合良く分離して表出しているわけではなく、これらをうまく分析することは必ずしも容易ではない。そこで、プロトコルをうまく組み合わせさせて分析することを考えた。今回は、囲碁を打つ時の人間の行動を明らかにすることを目的とし、一つ一つのプロトコルを分析した後、他のプロトコルとつき合わせた。

2.1 手の距離データ

棋譜のデータから、黒番と白番が交互に打つ手がどのくらいはなれているかを調べた。調べた距離は次の3種類である。

1. n 手と $n+2$ 手の間の距離 (自手間距離)
2. n 手と $n+1$ 手の間の距離 (相手自手間距離)
3. n 手と $n+2$ 手の間の距離と $n+1$ 手と $n+2$ 手の間の距離の和

1の距離は黒番にしろ白番にしろ、自手が直前の自手よりもどれだけ離れているかを示し、2の距離は直前の相手とどれだけ離れて自手を打ったかを示している。3は自手が直前の自手と直前の相手とどのくらい離れているかを示す。すなわち、この距離が離れていれば相手の打ったところにも応じず、自分が今まで打っていたところとも離れるので、バラバラと打つ手と考えられる。調べた試合は、以下の通りである。

- 1992年本因坊戦 (小林光一、趙治勲戦) を7戦

- 2～5 級程度のアマチュア被験者の対局を 2 戦
- 囲碁プログラム同士の対局を 9 戦¹⁾

各対局者どうしは統計上顕著な差がなかったの
で、対局者どうしは同じ傾向にあるとみなし、ま
とめて表?? に示す。

表?? を見ると、人間のプロとアマチュアの差
が明らかに見える。すなわち、アマチュアは自分
の手からも相手の手からも近いところを打つとい
う“べたべた”した囲碁を打っている。特に、3
の距離からいえば、アマチュアはプロよりも一つ
の局所戦を専念して行なう傾向があるといえる。
それに比べて囲碁プログラムは、若干人間よりも
自分の前手とも相手とも離れて打つ傾向がある。
数字を示すと、本因坊戦では 1 と 2 の距離が共に
2.2 以内（この中にはナラビ、コスミ、一間、ケ
イマが含まれる）の手は全体の 31% を占めるの
に対して、アマチュアは 46%、囲碁プログラムは
23% である。このことから、囲碁プログラムがい
かに近い手を打たないかがわかる。また、1 の距
離と 2 の距離を比較すると、人間の場合はプロで
もアマでも 1 の距離にしては遠くに、2 の距離に
しては近くに打つ。これは領地争いという囲碁の
目的に合致した行動である。しかし、囲碁プログ
ラムの場合は二つの距離の間に顕著な差はない。

1 の距離の分布を図 1 に示す。図 1 において、
x 軸は距離、y 軸は % である。参考のために図に
累積 50% の点線を入れておく。アマチュア、プ
ロ、囲碁プログラムの順に 50% を越える距離が離
れているのがこの図からわかる。表?? と合わせて
見ると、アマチュアはほとんどが距離 2.5 までの
手を打つが、プロは 2.5 から 5 の中距離の手がア
マよりも多い。囲碁プログラムの場合は遠距離の
頻度が多い。次に、図 2 に 1 の距離を y 軸に、
2 の距離を x 軸にして描いた図を示す。この図に
は、頻度に従って点から大きな丸が描いてある
（正規化はしていない）。(a) は本因坊戦、(b)
はアマチュアを、(c) は囲碁プログラムを示す。
これを見ると (a)、(b) とともに大きく分けて 3 つの

領域が確認できる。一つは 1 と 2 の距離が共に小
さい領域で、接近戦を示している。二つ目は 1 の
距離と 2 の距離が比例している領域で、ある程度
離れている場合には、自分が局所戦を移した、あ
るいは、相手が別の局所戦を挑んでもそれには応
じず別の局所戦を仕掛けたことを示す。また比較
的近い場合には、お互いに陣地を詰め合ったこと
等を示す。三つ目は 2 の距離が十分近い領域で相
手が局所戦を移して自分がそれに応じた手である
ことを示す。さらに、(c) の場合には四つ目の領
域が見い出せる。それは 1 の距離が十分小さいと
ころで、相手が局所戦を移してもそれには応じな
いで相変わらず今までの戦場を打っている場合で
ある。簡単にいうと、相手には一切関係なく打っ
ていることになる。人間の場合には、相手が打っ
た手に応じないことは滅多にない、もしくは、相
手に影響を及ぼさない手を打つことは少ないこと
がこれからいえる。プロの手にも四つ目の領域が
少しあるが、このほとんどは劫（コウ）の解消の
時である。さらに、プロは 1 の距離と 2 の距離が
比例する領域 (9, 9)、(12.5, 12.5) 近辺で他より出
現頻度が多い。(12.5, 12.5) は布石のときに現わ
れてきたり、終盤の詰めの時にでてくる。(9,9)
近辺で増えているのは局所戦を移す時が多い。

また、人間のデータであれば 2 の距離を使っ
て局所戦を分離できる。一例を図 3 に示す。この
例はアマチュアのものである。この例に限ってい
えば中盤戦以降は距離 7 で局所戦の展開がほぼ分
離できる。また、プロの対局も劫の場合などを除
いてはほぼ同様に距離で局所戦が分離できる。囲
碁プログラムの場合にはこれは、局所戦というこ
とが起こりにくいいため、この切りわけはできな
い。参考までに、図 4 に図 3 の局所戦の移り変わ
りを示す。この図は 19 × 19 の領域を荒く 3 × 3
の 9 領域に分けて、推移を示している。ただし、
この例では 51 手までは序盤で局所を構築してい
るとみなし省略した。また、区切った領域に多少
の割り込みがあっても許すものとした。図 4 を見

¹⁾ここでは、goliath, go intellect, nemesis, dragon, igo3, gog, sop, explorer の対局のデータを扱った。それぞれのプログラムで傾向は多少異なるが人間との比較の意味でまとめることにした。

表 1: 距離データ

距離データ	1の平均	1の分散	2の平均	2の分散	3の平均	3の分散
本因坊戦	5.29	4.52	4.00	4.01	9.21	7.52
アマチュア	4.00	3.83	2.91	3.13	6.91	6.22
囲碁プログラム	5.96	4.85	5.18	4.70	11.14	8.08

表 2: 1の距離の分布

	10%	25%	50%	75%	90%
本因坊戦	1.0	1.4	3.6	7.8	12.5
アマチュア	1.0	1.4	2.2	5.0	10.2
囲碁プログラム	1.0	2.0	4.2	9.4	13.5

ると一つの局所戦が終るまで戦い続けているわけではなく、何回にもわけて行なわれていることがよくわかる。

2.2 同時プロトコルデータ

2.2.1 時間プロトコル

対戦者が打ってからのどのくらいの時間をかけて打ち返すかという時間間隔のデータをとった。データはプロ、アマの両方から数局とっている。1例を図5に示す。図5のx軸は打った手の数、y軸はフレーム数($\frac{1}{30}$ Sec.)である。時間プロトコルから、次のようなことがわかった。

- 長考型とそうでない型があるので、対局者間にかかった時間を比較することはできない。対局者間で所要時間に相関はない。
- 打ち返すまでの時間は一定ではなく、しかもある範囲内にあるというわけでもない。早いところは100手、200手といった段階でも約0.7secで打ち返している。遅いところは、5分、10分やそれ以上かかっている。
- すべての対局者で「時間をかけてから打ち返した後、数手は比較的短い時間で打ち返している」ことが観察される。この周期は一定しているわけでもなく、また対局者間で一致していない。また、片方が短い周期の時にもう一方が長い周期になっているとは限らない。
- 序盤のころには、上記の周期は現れにくい。

- 他よりも非常に時間がかかっているところは、対局者両者共に時間がかかる傾向がある。長考がお互いに続く局所戦が存在する。これは、いわゆる天王山であることが多い。
- 局所戦が変わった場所の前後は、やはり打ち返すまでに時間がかかっている。しかし、逆に打ち返すまでの時間が長いからといって局所戦のturning pointであるとはいえない。

2.2.2 音声プロトコル

通常の対局の場合、対局者が喋ることはめったにない。そこで、ここでは対局者をそれぞれ別室におき、X-window上で対局ができるプログラムを用いて、考えていることを言葉に出して対戦してもらった。アマチュア同士の対局と初心者同士の対局の2組を扱った。初心者の場合には音声プロトコルが殆どないので、以下の分析にはアマチュアのものを用いている。

音声プロトコルに現れるフェーズ 音声プロトコルには、次のようなフェーズが表出する。

- 対局者がうまいか下手か、また攻め手、寄せなどのどのような部分には強いかな等の評価をする。
<例> 某さんは、このような手は私より強いですね。
- 相手の癖を読むフェーズがある。
<例> 某さんだったら、こうくるよな。

- 対局者の意図を探る。相手の解釈をする。
 <例> これとこれをつなぐってか？
 <例> 押えたいわけね。
- 自分が対局者の立場に立ったと仮定しての打つ手の説明をする。
 <例> 角をとりたいならこうだよな。
- 先読みする。相手の予想をする。
 <例> コスムとつける。すると、これが押え込まれるのな、いやだから上から押えて...。
 <例> 白は受けるか？
- 相手が読みの範囲内か否かを述べる。
 <例> うん、そうだよな。そうくるよな。
- 相手の意図に対する評価。
 <例> 中央はどうしてもほしいのね、それは駄目だよ。
- 予想外の手であることの言明
 <例> そうか、伸びるのか。
- 全体の展開の仕方(大きな戦略)を思考する。
 <例> ここの後ではいりこめるし、こっちもいけるな。ここから、中央に出る手もある。
- 局所を区別している。
 <例> こっちの戦いもあるし、こっちもまだおもしろい。
- 戦術(なぜここに打ったか/打つか)について理由を述べる。
 <例> それは、やっぱりまっすぐツグのかな。割らせたら、つらいものな。
- 何目の戦いか・何目有利かなど評価をする。
 <例> ここはもう2目あるだろう。
 <例> ここで負けたら、10目は負け込むな。
 <例> こっちのほうが大きいだろう。
- 囲碁の一般法則、格言の言明をする。
 <例> 大ケイマはシマリとしてあまいからね。
- 状況認識の結果を述べる。
 <例> これはもう喧嘩ですね。
- 行なっている行為の言明をする。
 <例> それは押えて。(同時に打ちながら)

先読みするときのプロトコル 先読みするときのプロトコルの特徴を列挙する。

- 先読みは接近戦の時にしか行わない。自分の石からも対局者の石からも離れているところに打つときには先読みはまずしない。
- 先読みの深さ(何手先まで読むか、どのくらいの候補手を読むか)は、周囲の石が混んできた度合に依存する。
- 先読みの深さは、認識しているその局面の緊迫度合に依存する。表??では黒番は通常の受け手と認識しているが、白番は喧嘩と認識しており、それが読みの違いを生んでいる。
- 先読みは深さ方向に高々7手が最大であり、多くは4手程度で止まっている。([?]では、上級者をもっと多いと報告している。)
- 先読みをする時の出発点の候補は最大4候補に絞られている。
- 先読みの際に、数手後に次候補を挙げて分岐することがある。しかし、この時の分岐の候補も高々3つである。
- 候補がいくつかある時、どの手を選ぶかという評価には、その局所戦で最大の有利を得ると考えているものもあれば、それよりも次の展開において有利を占めるものがある。また、対局者にここを打たれると1目できるからなどの、対局者が打った場合の評価も入ることがある。
- ウツゲガエシやオイオトシなどの相手に石をとらせて、相手を殺すようなdrasticな戦法はなかなか出てこない。
- 先読みのところは音声プロトコルの量が他より多い。しかも、接近戦が両者で認識されることが多いせいか、両者共に増える。

戦略のたて方 全体的な流れを決める場合やある場所は確保するなどの大まかなことを決めるのを戦略を立てると呼ぶ。

- 自分の大きな戦略、方針といったものは模様で判断している。決して、先読みをしているわけではない。
 <例> ここの辺もほしいし、ここの辺にも打

ちたい。

- 現在戦っている局所との関連で次の戦略を決めているわけではない。

<例> 次はここに打ちたいですね。

対局者の意図解釈 プロトコルとして表出する対局者の意図の推測は「次の通りである。

- 相手の打った手の意図を正確に解釈できるわけではない。しかし、その解釈にしたがって自手を打つと相手は相手の戦略の中でその手を解釈して打ち返す。例を表??に示す。この時白番は白石が弱いのでそれを何とか地を作るために画策しているが、黒番は他の白石とつなぎと見ている。このように、囲碁はお互いの誤解のゲームである。
- 相手の手の意図、戦略は何手かの sequence を見て把握する。最初の1手からは、通常自分が打つ手と同じとみなして解釈する（例は省略）。

その他 その他の気がついたことを列挙する。

- 人間の場合には手を抜くことがある。
<例> 序盤だから、後で回復できる。
- 人間は目標を一旦定めると、それに引きずられる傾向がある。
- 熟達者の方が初心者に比べて、プロトコル量が多い。特に、序盤戦では顕著である。
- プロトコルにおいて初心者の方が、指示語の使用が多い。囲碁の用語を知らないだけでなく、「これは..... うーん、むずかしい」というようなプロトコルになる。
- 相手が打った時の次に来るプロトコルの言葉は、相手が何をしたかの状況判断が多い。
- プロトコルからすると、先読みをするフェーズと今後の展開を決めるフェーズは分離している。表??の黒21手目にも少し現れているが、現在戦っている局所との連続で語られているようなプロトコルは出てこない。
- プロトコルには、自分がどこに打って相手がどこに打つかというものがほとんどで、なぜそこに打つかかというような評価や決定基準はなかなか出てこない。

2.3 視線データ

音声プロトコルを採った実験において、片方の被験者にアイカメラを被ってもらって視線の動きをとった。この視線データは同時プロトコルの中のマウスの動きや音声プロトコルの両方を勘案して調べた。その結果、次のことがわかった。

境界の認識 自領と他領の境界は図6に示すように、お互いが接しているときにはその間を人間はみている（小さい丸が視線の停留点である）。どちらかの石を見ているわけではない。また、接していないときには（現段階では戦略の様相も拭いきれないが）ある程度接近している場合には、その間を見ている。欠目や一間飛びのようなものが隣接しているなら、ちょうどそれを覗くところをみている。

視線と音声プロトコルの一致度 音声プロトコルと視線の動きを調べてみると、模様眺めの時、大局的な戦略を立てているときは視線の動きとプロトコルに挙げられる点はほぼ一致する。さらに、マウスで指示している点と視線が留まっている停留点の位置はほぼ一致する。しかし、先読みになると音声プロトコルとして出てくるのは、視線が示すもののほんの一部に過ぎない。ときどき、かなり後になって見ていところに関して音声プロトコルに出てくることもある。

先読み時の動き 相手との境界、また境界が定まっていないときには境界にしたいか/なると考えているようなところ、近隣の他の局所など非常にたくさんのところを動き回る。

次に打つのが自分か相手か 自分が次に打つ前には、対局者が打つ前に比べて見ている範囲が狭い。例えば、対局者が打つ前の視線を図7の(a)に示す。図の中の×はマウスの動いた場所である。エリアは視線が主に動いた領域をさし、斜線部分は特に甚だしく停留していたところをさす。(b)は自分が打つ前である。また、なかなか自手が決まらないときは、視線も非常に多くの場所を見ている。

形状の把握 相手の石を切断できるようなところ、自分の石に割り込めるところ、足元をすくわれるところなど危ない箇所は早い時期から頻繁に視線が停留する。しかし、プロトコルとして表現されるまでには時間がかかる。後に被験者に聞いても意識に登ったのは視線に現れているほど早くはない。

3 考察

時間プロトコルから得られた打ち返し時間に周期性があることは次のように考えられる。打ち返すまでの時間が長い時は「先読みをしている」とか「盤面を観察し、次の局面を考えている」などが考えられる。そして、その時に立てた plan が当たったならば、打ち返し場所はすでに考慮済みのため早くなる。当たらなかったならば、また思考し直しが入るので、多少時間がかかる。はずれ度合いによっては長考になる、と考えられる。音声プロトコルデータなどと照らし合わせると、予想が当たらない時には時間がかかることは間違いない。しかし、plan 通りにいっても思考時間がなかなか減らないこともある。この場合には他所の展開を見たり、読み返しを行なっている。

NHK の囲碁対局の試合後の反省のプロトコルを分析した結果、プロの場合には局所戦の境界の戦いの場合には特にその境界を境界としている別の局所の評価を入れる。まったく異なる場所との見合いで評価することもある。しかし、アマチュアの場合には、一つの局所が他の局所とつながっているということはあまり意識されていない(手の距離データもそのことを示している)。また、初心者は局所が成長するように打っていく。このことからすると、初心者は、囲碁は一つの局所からできているようになっていくが、それが学習されてうまくなると、局所と全体の分離が行なわれるてくるようになる。しかし、逆にプロのように局所と局所の連関を考えているようにはなかなかならないという、認知の差が出てくるように考えられる。

先読みのプロトコルからすると、候補手はそ

れほど列挙されない([?]も同じ結果である)。これは、意識に登って考慮する前に preselection がかかってすでに選択されていると考えられる。また、途中の分岐や読みの深さもさほど多くないことから、読みの各段階で何らかの preselection がかかっていると考えられる。

盤面のパターンから、危ないところなどはすぐに目がいくことからすれば、低次の認知としてパターンの形状が大きなウエイトを占めていることが十分に考えられる。しかし、それを意識して使える情報にする過程において、始めに立てた目標以外の情報ゆえ却下されるなどの何らかの機構でその情報がより高次の処理にいかないことが視線とプロトコルから考えられる。

4 まとめと今後の研究

今回の報告では囲碁に対して人間がどのように盤面を認知しているか、特に、相手の意図の把握の仕方、形状の認識などについて実例を集めるのが目的であった。ここで収集した事例からすぐに人間の内部機構に迫れる結果は出てこないが、様々な疑問点が浮かんでくる。これらの疑問を今後解決し、盤面の認識という低次の認知から手決定までの高次の認知まで一貫した認知機構に迫っていきたい。最後に、浮かび上がった疑問を列挙する。

- 対局者の意図/戦略といったものは、盤面の全体の判断から知ることなのか、それとも直前の相手から知ることなのか、手の系列から知ることなのか? 今回の結果からは手の系列あるいは直前の手から知ることであるが、より正確な実験をして確認したい。
- 打ち返し時間が非常に早いときがあるが、このときは石が打たれるのを確認するまでにはそれよりも短い時間ですむ。何がこのような早い認識を支えているのか?
- X-window 上で対局していると、マウスを使ってどこに打つかを決めている。特に先読みするときには頻繁に使っている。マウスを使うこと

で、先読みの深さなどに変化があるのだろうか？

- 局所戦がある段階で保留され、別の局所戦を行い、また戻ってくるということが囲碁では頻繁に行われる。どのようなことが局所戦の保留の判断に使われるのか？
- どのような形状の時に視線がひとりでに移るのか？ 割り込めるところや危険なところというのはどのような形状なのか？
- プロトコルから対局者はなんらかの局所やひとまとまりの形状を切りだしているようである。ではこのような chunk はどうやって切りだしているのか？
- 地に固い人だとか、戦いは強い人だとか、そのような認識を我々は持つ。どのくらい対局を見れば、打ち方の把握ができるか？ 把握したとと思っているモデルが、更新されるのはどのような時か？ 全く相手の打ち方のモデルがない時とある時では、打ち方、再生などに影響するか？
- どこが自分にとってもっとも大きな利をもたらす場所であるか、生死の判断、目数計算などは何を鍵にするのか？
- 定石や布石、手筋などの知識を使う場合には複数使える競合状態が生じる。それをどう解消するのか？
- 一般に岡目八目といわれる。対戦している時と観戦している時では何が異なるのか？
- 囲碁は一手一手打っていくゲームであるから、系列(sequence)が重要であることはいうまでもない。しかし、観察からすると、先読みのときに考慮した sequence どおりになっても結果(static pattern)からは期待外の印象を受けることがある。static pattern と sequence pattern にはお互いにどのくらいの相関が人間の中にあるのか？
- プロの場合、いま打とうとしている手が良い手か悪い手かを判断するのは、その後の展開であることが分析から分かっている。つまり、未来の展開が評価値になっている。これからする

と、プロにおいては sequence pattern と打った後の static pattern と評価は相互に結びあっているのだろうか？

- 初心者が内省できないということは、どのような内省を行えば良いかの知識がないことが考えられる。つまり対象の知識がないから内省できないのか、内省のフォーマットがないから内省できないのか？
- 事後の音声プロトコルは十分に分析が終っていないので提示しなかったが、同時プロトコルに出てくるのとはプロトコルが異なる。同時プロトコルの場合には、どこを打つか、相手がどこにくるかなどが多いのに対し、事後プロトコルはどこを攻略しようと考えていたか、相手が狙っていたものは何と考えていたかといったものである。事後と同時の内省には何か違いがあるのだろうか？

謝辞

本研究を進める上で協力していただいた、基礎研究所政谷好伸主任研究員、同新垣紀子社員、フィールド開発センターの安江律文社員に感謝致します。

参考文献

- [1] Reitman, J : “Skilled Perception in Go : Deducing Memory Structures from Inter-Response Times”, Cognitive Psychology, 8, pp.336-356 (1976)
- [2] Reitman, W. and Wilcox, B. : “The Structure and Performance of the Interim.2 Go Program”, 6th IJCAI, pp.711-719 (1979)
- [3] 実近憲昭 : “碁における意思決定のプログラム化”, 情報処理学会人工知能と対話技法研究会, 26, 4, (1982)
- [4] 斉藤康己、吉川厚 : “囲碁プログラムを強くするにはどうしたらよいか?”, 情報処理学会人工知能研究会, No.91-7 (1993)

表 3: 認識の違いによる読みの違い

手数	黒番	白番
18	おー、出てきたか。どうするかなー、あてて、ツガせてから押えるか・・・あてるかな、(この時は3手先まで読む)	これはもうここで喧嘩ですね。あてるんだっからつける。そしてこれあてなかったらこれ伸びてやればいい。(この時は3手先読み)
19	あてて	
20	やっぱり、押さえる(15-5)んだろうな、(この時は18手まで考えたことの繰り返し)	
21	切ってくると。どっかを切ってくると。ここを切ってくるかなあ、ここ切ってくるかなあ？(対局者が切りに来ることは認識している。でも、1手先読み)ま、次こら辺打ちたいですね。こども打ちたいですね。(この時は全く別のところを指している)ま、しかしここがはっきりしないと、	ほうーん？・・・本当はここに打ってやりたいんだけどここにやるとここに来られてこれが入り込めなくなるから、ここに打って、ここに打つか、こっちに打つかの形にしておいて、やる。いや、ここにいと伸びるか。ここにいと伸びちゃって、やるとつまんないからこっちに打って、つまり <u>両あたり</u> にしなきゃ最終的にはいけない訳だなどうしたって。だから、えーとこの角はいいとして中央を取ってかんじをすると、ここを打って、えー、ここにつけられるのは嫌と。だ、ここを打ってつける。そしてここを打って <u>両あたり</u> にして、こっちを取るかこっちを取るかの選択をさせる。従って、こっちをうつ。(可能な選択肢を4つ考えている)
22	あっ、ここを切ってきたと。じゃ、先ずはつないでー、(1手先の対処)	
23		
24	それは伸びますねえ。そうか、こっちと <u>両あたり</u> だと。(状況に接してやっとなづく)うーん、難しいねえ。うん、そら伸びる、こっちを伸びる。	多分、こっち守るだろうと思うんだな。

表 4: 対局者の意図の読みの不正確さ

手数	黒番	白番
27	次、白は何処に打ってくるのかな。うーん、	ここで手を抜くとこれ非常に危険なので余りこ は手を抜けない。相手の方が、今のところ非常に 有利に展開を進めてる訳だな。こら辺は後で面 白くなりそうだな。こら辺もちょっと。安全に 守ろうと思うならここにやるけど、そりゃ向こう 2線を使わせる事になるから余り面白くない。こ こは、ここでいって、んー、やるとすると、これ かかってくるから駄目と。でこれつけてやって 粘って向こうが伸びるのを少し待つ。でも、これ は仕方がないと思うか？
28	うん、放つといたならば、当ててくると。押える かなあ。押さえてもあててくるかなあ。うーん、 単純に伸びると。うんと、どうするかなあ。・・ いや、やっぱり伸びましょうね。	これ伸びると思うよ。かかってくるんだったらあ てるからね。
29	えーと、何故伸びたかという、ここであてられ ると、まあこっちへ伸びて、こっちをあてられ たりして、こっちとつながってしまう可能性があ る。ここは	で、これは実はこうやる所がいい。
30	切断していきたいと、うん、きましたね。これは だから切断するのが目的だからして、えー、こう 打つと。	この地を確保する。

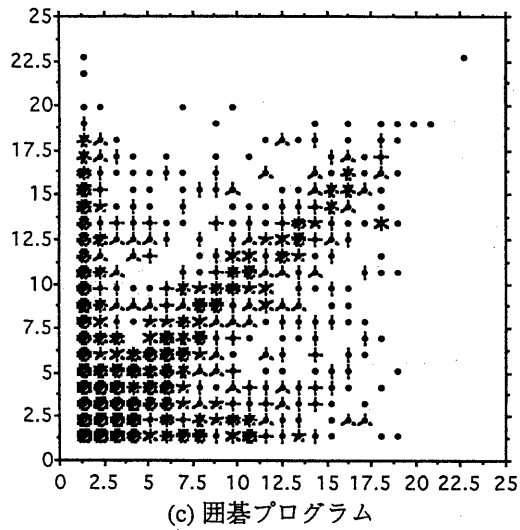
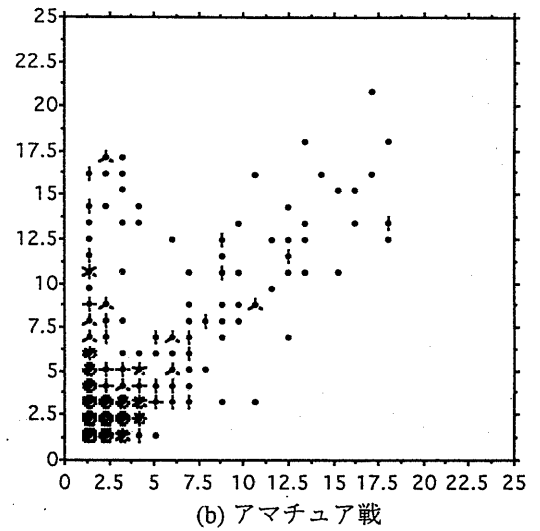
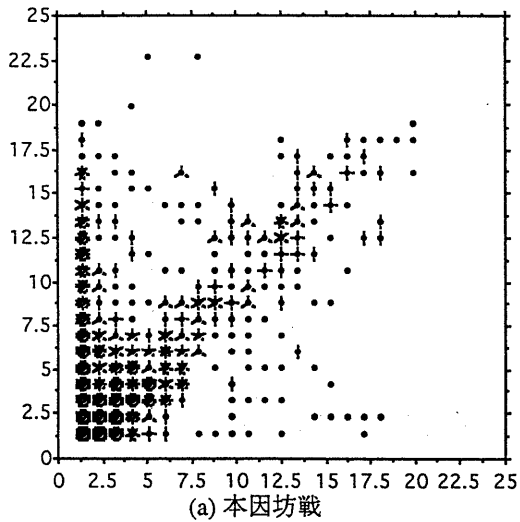


図2 1と2の距離の相関図

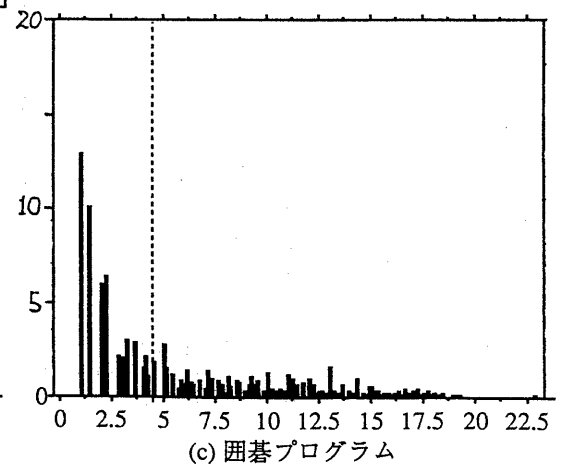
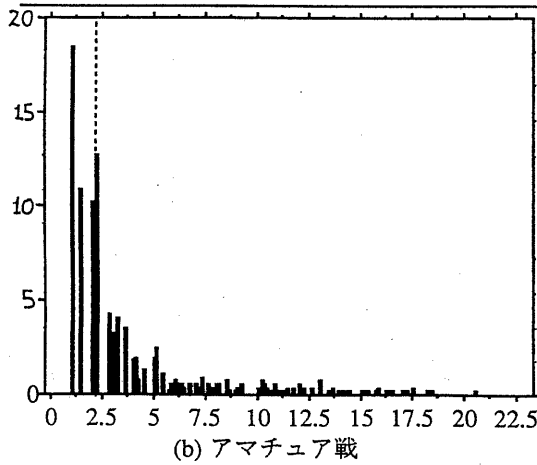
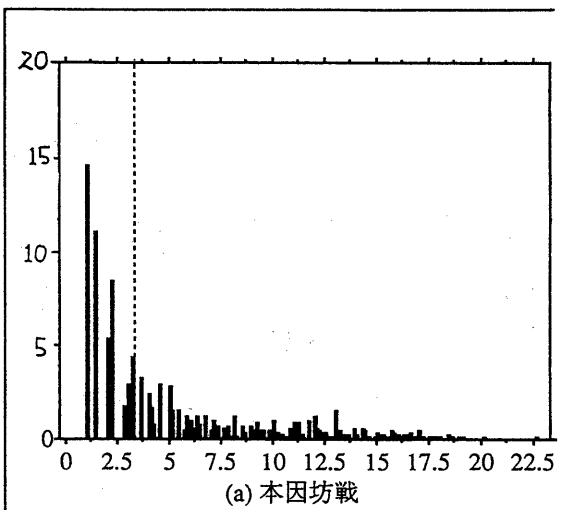


図1 1の距離のヒストグラム

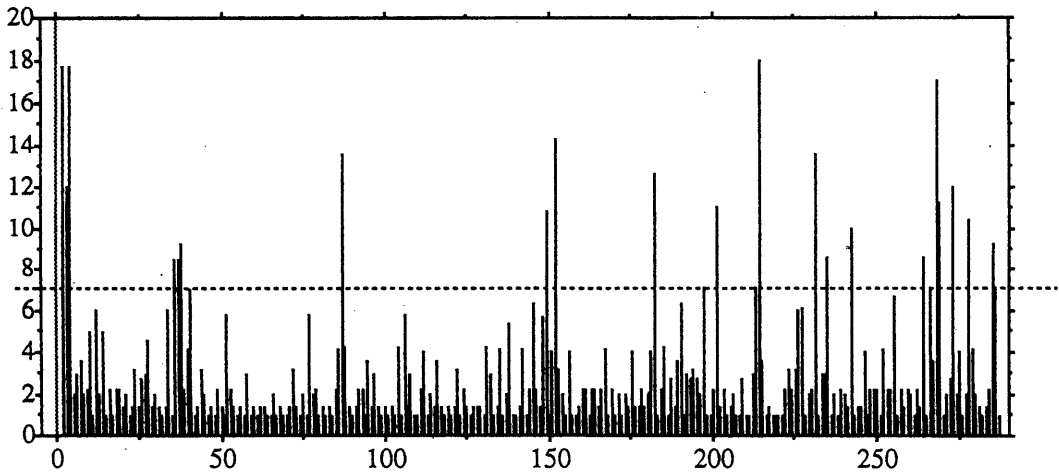


図3 2の距離の手数における遷移

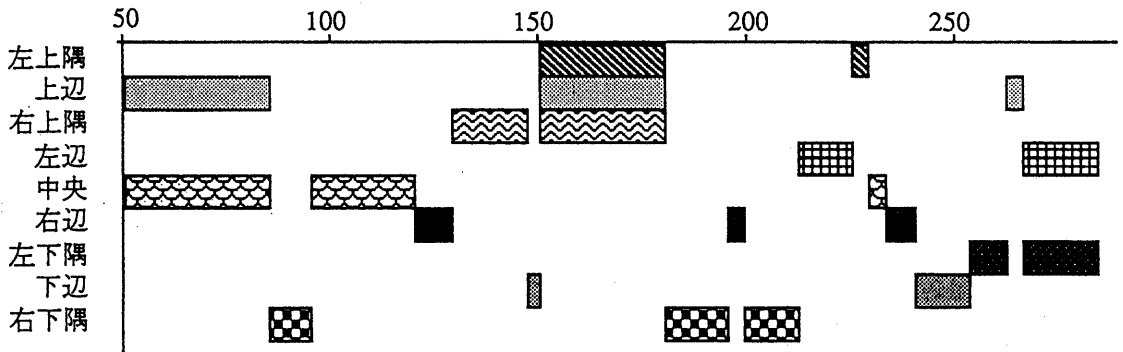
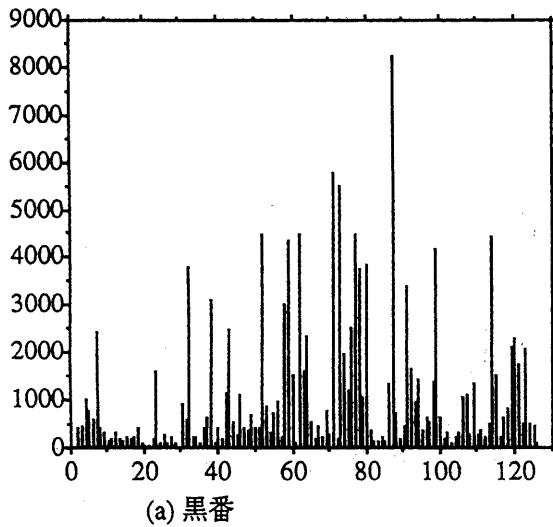
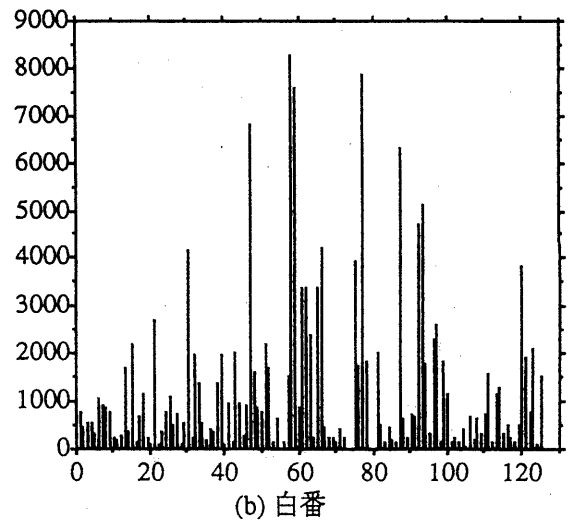


図4 1局の対戦の局所戦の推移



(a) 黒番



(b) 白番

図5 打ち返すまでにかかった時間 (単位は1/30秒)

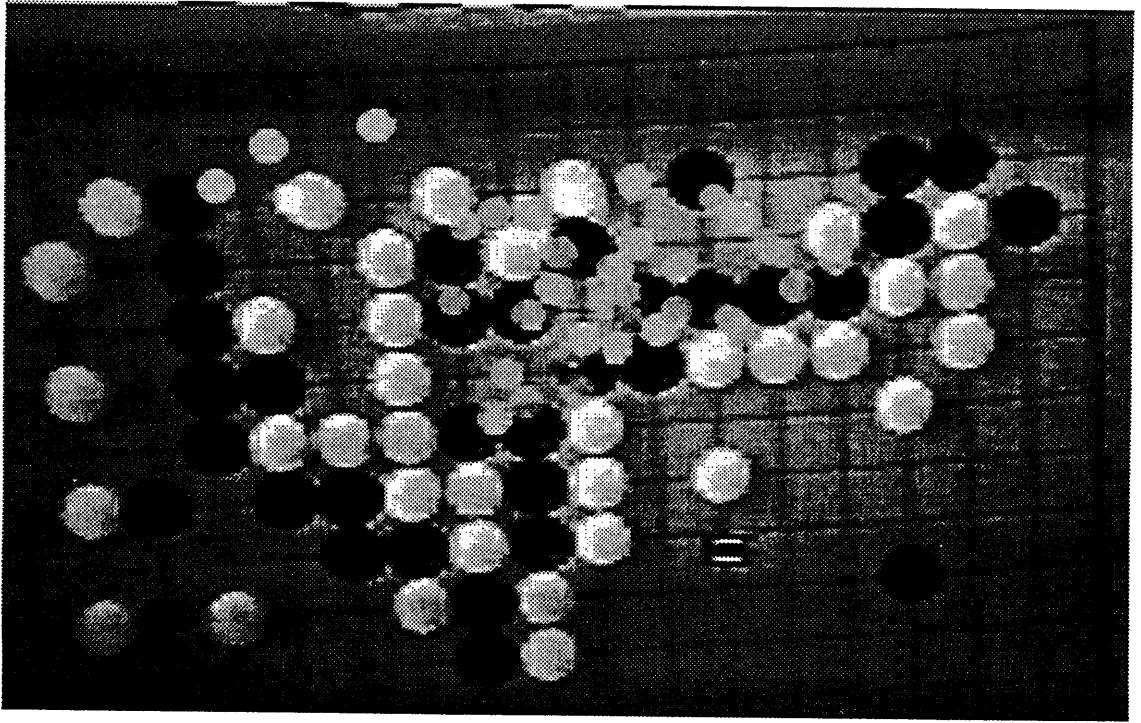
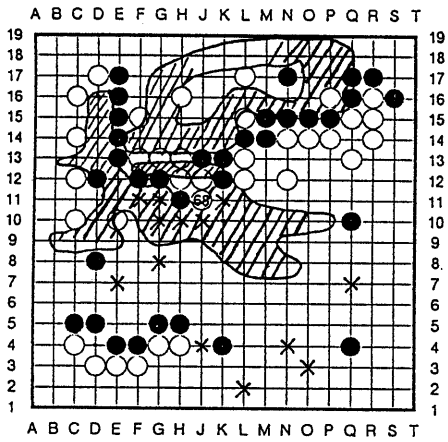
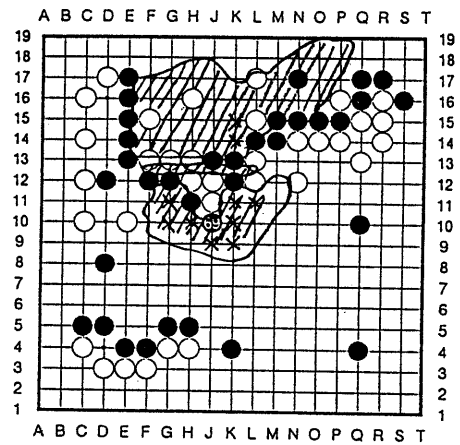


図6 境界を見る時の視線の停留点



(a) White 68



(b) Black 69

図7 自手の時の視線と相手の時の視線