

石の働きと盤の効果

矢島敏雄[†]

囲碁の石の働きや盤の効果を変換するために、いくつかの規則を仮定する。人間の感覚にあった形勢判断ができる可能性を見出したので、この仮定とその適用結果ならびに未解決な課題を示す。

Effect of Stone and Effect of Table

TOSIO YAJIMA[†]

Some rules are assumed in order to change work of the stone of go, and the effect of a board into a potential field. Since a possibility that the positional judgment which suited man's feeling would be made was found out, this assumption, its application result, and an unsolved subject are shown.

1.はじめに

近年、コンピュータ囲碁の棋力が一段と向上した。これは知識データベースとパターン認識などの方法に変わりモンテカルロ法とUCTに評価パターンを組み合わせた方法(文献1)などのゲーム理論が発展してきたことや機械学習等の発展がある。また、パソコンレベルで並列処理ができるようにコンピュータパワーにより棋力があがった面もある。その結果、従来のパターン認識の囲碁プログラミングの開発が止まってしまうのではと懸念されるほどである。ここでの展開は古くから囲碁が白黒二種類の石と碁盤との小さな宇宙になぞられているので、重力を重力場と捉えるように着手の周辺への効果をポテンシャルとして数式で表現することを目標とした。アプローチ法としてはプログラミングやゲーム理論と少し離れるが、囲碁をゲームでなく石の働きや盤の効果として幾何学的な仮説を立て、不十分な点を補いながらどこまで人間の感覚に合うか確認する方向で進める。

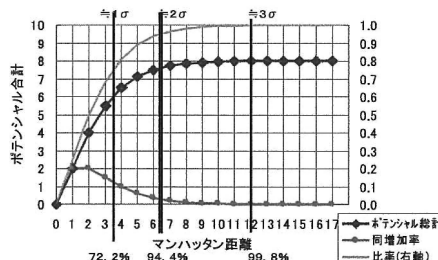
2.ポテンシャル的表現

(1)石の働き

これまで石の働きをポテンシャルで表現してプログラミングする試みは数多く行われている。ここでは、石が周辺に及ぼすポテンシャル効果を『石の働き(ポテンシャル)はマンハッタン距離に対し半減する』と仮定する。分布を図1に示す。この仮定に従い石のポテンシャルを基準にマンハッタン距離毎に周辺場のポテンシャル和と総和を計算し、グラフ1と表1に示す。距離別ポテンシャル和の変化は2次元の広がりがあるので半減より減少率は少ないがその総和は収束値8への漸近線であることを示している。これは仮定から簡単な数式で表せるので計算で求められる。なお、グラフ作成は表計算を用いた。

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.13	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.25	0.13	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00
0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.25	0.47	0.25	0.13	0.06	0.03	0.02	0.01
0.02	0.03	0.06	0.13	0.25	0.47	0.83	0.25	0.13	0.06	0.03	0.02	0.01
0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.25	0.47	0.25	0.13	0.06	0.03	0.02	0.01
0.00	0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.25	0.13	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00
0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

図1 マンハッタン距離とポテンシャル
 fig1 The Manhattan distance and a potential



グラフ1 マンハッタン距離とポテンシャル
 graph2 The Manhattan distance and a potential

グラフ1には周辺ポテンシャル総計の漸近値8を母数にして周辺ポテンシャル合計との比を表した線も併記した。同時に比率が標準偏差, 2σ, 3σの値になる位置に縦線を示し、距離がほぼ3路, 6路, 12路に相当する。この値を以降、ポテンシャルのカバー率として指標として使っていく予定である。表1はグラフ1と変わらないが興味深いことにコミの数字が現れた。この数列はコミをつけるようになってから時代が進むにつれてコミを増やしてきた経過に似ている。コミの増加

*[†] スタジオYY
 studio YY

は碁の研究が進み盤面認識力が上がり深く読めるようになった結果、適切なハンディとしてコミの数字を増やしてきた経緯としたら、表は将来的にはコミが7目半でもおかしくはない事を示している。つまり、黒が先手の有利を維持できる着手を続けることができれば、7目半でも勝負できる可能性が高い。

マンハッタン距離	1	2	3	4	5	6
ポテンシャル計(石)	2	4	5.5	6.5	7.125	7.5

表1 マンハッタン距離とポテンシャル合計
Table1 The Manhattan distance and the potential sum total

ところで石の動く距離を大きく取り過ぎると計算負荷が高くなるので、ポテンシャルのカバー率を95%程度するため2σである距離6にとる。結果を表2に示す。なお、ポテンシャルを整数で扱うため石のポテンシャルを2の6乗にとり、標準偏差72%とほぼ等しい3路を目安にポテンシャルが高い部分と低い部分に分けコア部とリム部とする。この分割は「厚み」と「勢力」を意識し、地になりやすい部分と着手影響部分と見なす。

領域	中心部(コア)			周辺部(リム)			
マンハッタン距離	0	1	2	3	4	5	6
ポテンシャル(A)	64	32	16	8	4	2	1
目(B)	1	4	8	12	16	20	24
小計(目)	25			60			
(A)×(B)	64	128	128	96	64	40	24
小計(ポテンシャル)	416			128			
ポテンシャル(石)	6.5			2			

表2 コア部とリム部
Table 2 A core part and a rim part

図2は表2を図化したものでポテンシャル区分をさらに細かく色分けして等高線風にビジュアル化した。全体の四分の一を表示する。

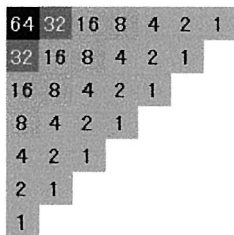


図2 ポテンシャル分布
fig2 Potential distribution

(2) 盤の効果

『3線、4線は他のところを打つより効果的である。』という経験則は前項のポテンシャルを仮定するだけで記述できない。この効果は碁盤から生まれる効果とし「辺(一線)」に着目して盤の効果『辺を対称軸とし、ポテンシャル値を反射する』と仮定する。なお、辺上の石はダメがひとつ少なく自由度が低いので反射効果が無いものとした。この仮定を利用すると、一線を除き辺に近い

ほどポテンシャルが大きくなり問題解決したように見えるが、計算するとわかるおりに2線の着手が一番よいことになり、実感とそぐわない。この仮定が不十分であり、別な尺度が必要であることを示す。

(3) ポテンシャルの意味

あらためてポテンシャルの意味について考えるとして『地になる確率』として考えるのが妥当である。勝敗を決めるのは地であり、尺度をポテンシャルから地(目数)に変換する必要がある。

これまでの展開からコア部を地としてカウントする方法を確認したが閾値が8では3線4線の効果が得られなかった。ポテンシャルから地に変換する尺度をどの程度に設定するかを見直す必要がある。手始めに表2で使った6路のポテンシャル分布で4線に着手したケースで反射計算を実施して図3に表す。この時4線まで辺の影響があるとの経験則を照らし合わせ、コア部が多くなるようにカウントするようにコア部分の閾値を8から6に下げコア部の目数が増えるようにした。図の水色で着色した部分である。

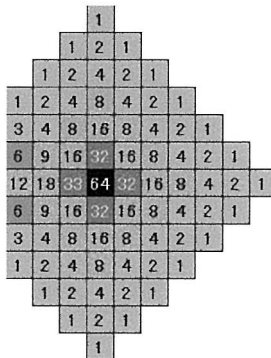


図3 ミラー効果
fig3 Mirror effect

コア部ポテンシャルを6以上とし、1線から6線の着手についてコア部目数を計算し表3に示す。この表から3線、4線、5線の着手が有利で2線の効率が悪いとの評価となり2線の問題が解決する。なお、一線は(2)項で反射をしないと仮定したので地を増やす点では不利となっている。つまり『ポテンシャルを盤端で反射させ閾値で地に変換しカウントする』と仮定することで、ポテンシャルパターンや複雑な加算をすることなく3、4線の効果を盤の働きとして表現することが可能となった。

線	1	2	3	4	5	6
目	16	23	26	27	26	25

表3 着手位置とコア領域
Table 3 A position and a core domain

隅では反射が重なるのでさらにコア数の変化があ

り、6路長において基盤の対角の対称性も考慮すると、ポテンシャル分布は21通りのパターンに分けられることが確認される。(図4青枠参照)

10	14	16	17	17	16	16	16
14	19	22	24	24	23	23	23
16	22	28	28	27	26	26	26
17	24	28	28	27	27	27	27
17	24	27	28	27	26	26	26
16	23	26	27	26	25	25	25
16	23	26	27	26	25	25	25
16	23	26	27	26	25	25	25

図4 コア目数
fig4 Core number of division

(4)勢力の判断

これまでの仮定を確認するために簡単なプログラム作成する。設定はポテンシャル領域をマンハッタン距離で6路とし、他の囲碁プログラムと同様に、ポテンシャルは黒を正に白を負として加算で表現する。なお、ポテンシャル効果をビジュアル化するため、黒白別にそれぞれ4段階に色分けをした。

文献2で掲載されていた棋譜をポテンシャル化したものを図5に示す。領域の判定もほぼ同等な結果である。ポテンシャル図はきわめて人間の感覚にきわめて近い表現である。一方、本法は中央がどちらの地に属さない様子や黒の弱いつながりも示している点を着目したい。なお、ポテンシャルを2の階乗にとることでポテンシャルが増減され値が連続した整数になりクールである。また、連や群のような地オブジェクトが複雑な計算なしで表現されているように見える。

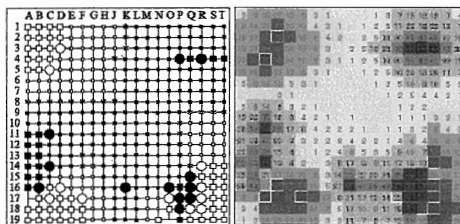


図5 着手とポテンシャル
fig5 Mirror effect

(5)ポテンシャルの非局在化

ところが、手数が進むにつれて感覚と会わなくなる。たとえば2007年度囲碁名人戦第7局の終局図とそのポテンシャル化したものを図6に示す。石が交錯し密集している部分ではポテンシャルが相殺されるため石のポテンシャルと打ち手の感覚とずれているケースが目立つ。たとえば石が相手にぐるりと囲まれている場合、非常にポテンシャルの低い値を示して石が死んでいるように表現されるケースである。逆に相手の地で死んでい

るのに、石が集まっているためポテンシャルが残って生きているように見せているケースもある。

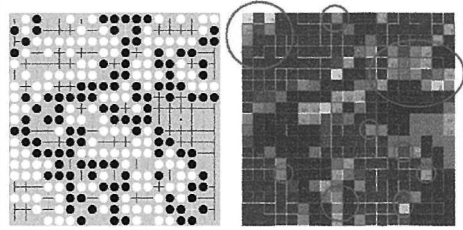


図6 名人戦
fig6 Meijin Contest

前者は石が繋がった状態『連』にも見られる。この点を解決するため『連の構成する石のポテンシャルは連のポテンシャルの合計を石の数で割った平均値とする』と仮定する。ポテンシャル問題を扱う言葉を拝借し『非局在化』処理とした。図7に非局在化処理の場合を右に示す。本処理でせめぎ合いの問題を解決できる上、地合いの区分も明確になっている。都合がよいことに、非局在化処理を行うとダメが空いているほど連の平均ポテンシャルは大きくなり、打ち手の感覚に近くなる。プログラムとして連のポテンシャル値が低ければ手入する、石が凝り形になって平均ポテンシャルが過大であれば上限値でカットすることで補正するのも打ち手の感覚に合わす工夫かもしれない。

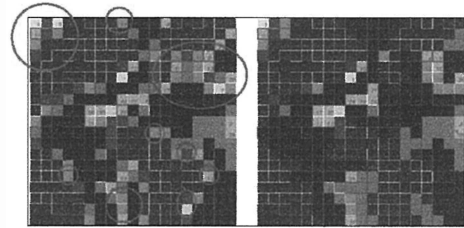


図7 非局在化
fig7 Delocalization

この仮定を適用しても後者の地の中で死んでいる石を正確に表していない部分があり、課題が残ることは否めない。対症療法として生きの最小領域が8目(中国流)としてそれ以下の小さい連は死として扱うことで問題はかなり解決できる。一般には連の平均ポテンシャルが低く、連の周りに地がついていないような状態判断で死活判断するアルゴリズムを考えたが、現時点ですっきりした仮説にまとめられないので、ここでの展開は省略する。一方、『非局在化』処理で領域が明確になり死活問題を扱い易くなるので従来の死活計算を適用しやすくなるのでさらに棋力が上がるプログラムの作成が可能となると想定される。

(6)攻め合いと終局

前記の第7局の結果は白の2目半勝ちである。盤面黒4目勝ちである。本法の地合いをカウントすると盤面で白16目勝ちになっている。これは

- ①右辺上部：黒地の死んだ白石を地にカウント
 - ②左辺上部：死んだ黒石を地にカウント
 - ③下辺中央：死んだ白石を地にカウント
 - ④駄目のカウント
 - ⑤上げハマがカウントされない
- が一致しない原因であり、誤差の集積により過大にカウントされ地合いが大きくなっている。①②③は(6)項と同じ問題であり、暫定処理でかなり解決できる。④⑤は終局を日本ルールでなく、中国ルールとすることで解決可能と考える。

(7)形勢判断

(4)項ではビジュアル化したことで打ち手の感覚と一致を提示したが、序盤や中盤で形勢を判断する時に数値化し客視化ができることが好ましい。たとえば図3の場面をどのような手段で数値化進めるかが課題である。(1)項ではコア部とリム部に分ける方法を示唆したが、この区分や値を組み合わせで形勢判断する方法を検討する。そこで先手後手、コア部とリム部に分けポテンシャルと地目もそれぞれ別にカウントし表4に示す。

『厚み』や『勢力』を表すために得られた数字を重み付けするためのポテンシャルと目数を平均化し、表に併記した。表4では得られた値をコア地目2.5やコアポテンシャル4.16で割り、何目の相当するか計算する。同様にリム部の合計をリム部の地目6.0やポテンシャル1.28で割り同様な計算した。

		黒	白	差
勢力		197	126	71
コア部	ポテンシャル	3240	2808	432
	地	125	96	29
	P/416	7.79	6.75	1.04
	J/25	5.00	3.84	1.16
リム部	ポテンシャル	191	79	112
	地	72	30	42
	P/128	1.49	0.62	0.88
	J/60	1.20	0.50	0.70

表4 形成判断
Table 4 Formation judgment

上表でコア部の J/25 項が差 1.16 であり表2より領域6目半を乗算すると 7.54目差となる。リム部は J/60 項の差 0.70 に2目を掛けると 1.4目で合計 8.94目の差である。先手の着手効果をコミ分として6目半とすればコミ分を2.44目詰めていることになる。白は次の着手で挽回できるし、序盤としてはよい別れとなっていると判断される。このようにコア部とリム部とを分けて評価値を決めれば『厚み』や『勢力』を数値化できる可能性があるし、標準ポテンシャルや標準地目を適切に設定することで序盤から中盤にかけての評価関数ができると推定する。

一方、ポテンシャルでは無く、単に白黒の地合いを計算し中国流の計算を適用するだけでも同様に形勢判断ができる可能性がある。コミ6目半としたとき黒187目と白174目が変わり目で勢力は黒197目で若干黒有利であることを示して上記の判断と一致する。黒着手直後であるので、黒有利

の判定であるので白の次の一手は174目を超えるか、黒187目以下にすればよいことを示す。

(8)中盤の形勢判断

少し手数が進んだ例として、文献3)の例題に倣いポテンシャル計算した結果を図8に示す。

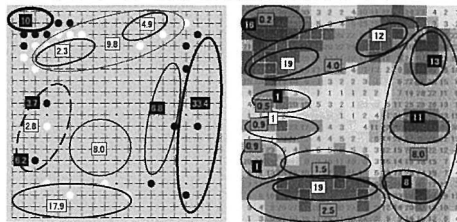


図8 評価結果の具体例
fig8 The example of an evaluation result

ここでの計算は形勢判断の単位を合わせるのと中盤のためコア部とリム部の区分を上げて計算をした。ポテンシャル区分のコア部を32以上、リム部を6以上とし、コア部を地目計、リム部を地目を1.0で割った数字を記載した。今回、コア部とリム部の計算を変え、コア部を確定地とすることで一致したという見方もできるが、本例からもポテンシャルの区分変更だけでも複雑な計算を行わずに形成判断できる可能性を見出した。

(9)コアとリム区分の動的扱い

(8)項では区分変更したが、コアとリムの区分を固定せず動的に考えるのもひとつである。たとえば着手が進むにつれて盤面のポテンシャル密度が上がるので着手が進むにつれてコアとリムの区分値を大きくしていく方法である。図9にコア部の基底値を1とし、ポテンシャルの区分増加率を1.00手で1.0あがる計算として4手目と図6まで手を進めたときを示す。手数が少ないときは遠くまで石の影響が及び手数が増えると影響が及ぶ範囲が少なくなり人間の感覚的と一致させる方法といえる。いずれの方法にするポテンシャルやコア、リムの表現で形勢判断できる可能性が高い。

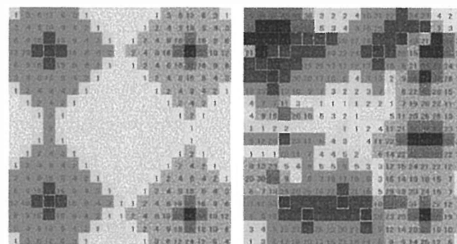


図9 コア区分の動的表現
fig9 Dynamic expression of core classification

(10)ポテンシャル法の比較

ポテンシャルを使ったもので公表されているのが少なく文献3)に例がありオリジナルのポテンシャル分布を使っている。本方法と対比したものを図10に示す。中央に文献の計算結果をビジュアル化し、右に本法による計算結果を示した。ポテンシャルパターンの違いのため、盤端でのポテンシャルの具合がことなり、すその表現が微妙に異なっている。文献3)では中央の問題にしていた

事はポテンシャルパターン範囲のとり方ひとつで解決する可能性がある事を示す。

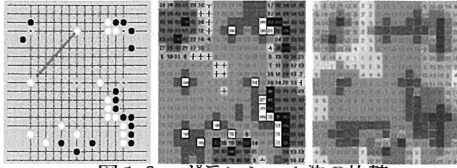


図10 ポテンシャル法の比較
fig10 Comparison of potential approaches

これまで表示してきたようにポテンシャル値をビジュアル化をすることでその強度を視覚で捕らえ易くなり非常に人間の感覚に近くなる。棋譜検討用として役立つのではと考える。先例はホームページに公開されている。(文献6参照)

3.個々のケースへの適用結果

3.1隅

3々、小目、星までを着手したものを図9に示す。3々のみが一手で打ち切っているが他の着手はいつでも一手では打ち切れないことを示している。前述した隅でのポテンシャルの反射が重なる状況を示している。(図11参照)

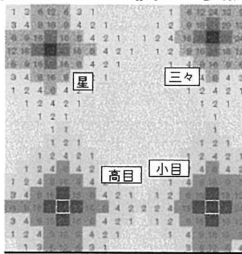


図11 三々・星
fig10 sansan-hoshi

盤の効果で3線4線の分析を行い図4で隅の着手位置とコアの地目数を表したが、この図で見るとわかるようにコア数だけでは同数でも勢力や地になる確立が異なり、リム部の扱いも評価関数で大事なことがわかる。

3.2すそ空き

図3の下の中央部の黒が裾が開いているのを覚めるため白がどこまで踏み込めるかを検討した。9の十八、10の十八、11の十八ではつながりを具合が異なることを示している。深く入ると石の間のポテンシャルが低くなるため、黒の次の一手により、簡単にポテンシャルが下げられるので深く入れないことを示す。(図12参照)

また、右隅の白の一手を助け出すには、黒の壁が厚いため多少深く入っても繋がらないことを示す。黒の次の一手を作ることで容易に確認できる。

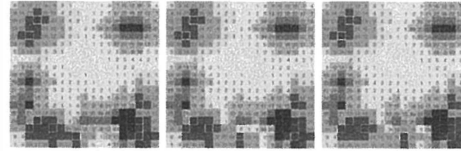


図12 すそ空
fig12 susoaki

3.3布石

布石を数値化した例はこれまでほとんど無かった。(8)項で提案した方法を3連星、中国流などの布石に適用してみた。図13、表5参照

この結果、3連星がリム部が大きく、中国流がコア部が大きく、3連星が勢力、中国流が実利を優先している事を数値化できたと考えられる。

中国流に変わって、向かい小目のパターンが打たれている。3連星の辺を一路控えたうち方を図13に示す。中国流より星と小目の差でさらに地に辛い、単に地に辛いだけなら3連星の辺を一路控えて打ったほうが半目程度有利かもしれない。

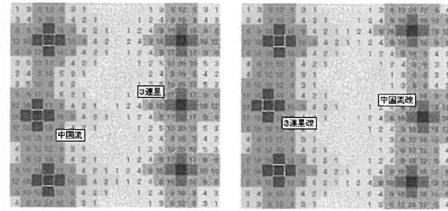


図13 中国流改と3連星改
fig13 newtyugokuryu and new3rensei

これらのコア部とリム部の集計を表5に示す。

地	3連星	中国流	中国改	3連改
コア部	87	89	90	92
リム部	73	63	63	63

表5 布石形勢判断
Table5 Preliminary-moves positional judgment

3.4MoGoの評価パターンへの適用

文献1に記載されている評価パターンは3×3パターンで9目である。マンハッタン距離1路は5目、2路は14目であり、1路半に相当する。このパターンが1路半からポテンシャルは2の2乗の4にして適用する。この結果を図14に示す。評価パターンは着手により圧倒的に形勢がよくなるものが選ばれていることがわかる。図15はキリのパターンで着手により五分の分かれになっているのに対し、除外パターンは改善されていない事を示す。つまり評価関数的には簡単なパターンで白黒をはっきりつけていることが解る。仮に、今回展開したポテンシャル法を用いることで評価関数が数値化されるのでさらに大きな枠で評価することが可能となるため棋力強化が期待できる。

言い換えると19路盤では評価パターンのサイズを2倍、パターン面積を4倍にしなければ9路盤と同じ棋力が発揮できないと推定される。

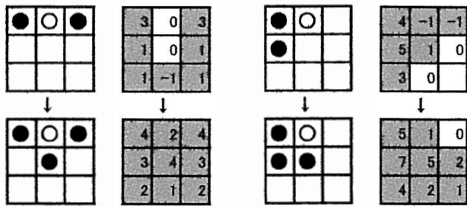


図14 ハネ・パターンへの適用結果
fig 14 a result of application.

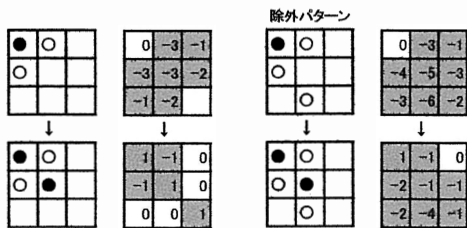


図15 キリ・パターンへの適用結果
fig 15 a result of application.

3.5絶対評価の効果

パターン評価は着手の客観的な絶対評価ができないために、統計的手法やプログラムの経験値もしくは専門家の評価が定まった定石などを基に優先順位をつける方法がとられる。現在はコンピュータによる統計学習もとられている。これに対し本提案はパターンに寄らず盤面の評価ができるため、新手が生じる可能性もある。本ポテンシャル法が発展させることができれば、人間より強い囲碁プログラムができる可能性がある。

4.おわりに

モンテカルロ法が流行となりつつあるので、違うアプローチがあるのではと『石のポテンシャルに幾何学的規則性がある』として考察を進めた。

少なくとも次の仮定することでポテンシャルと地を人間の感覚に近い表現ができる。

- ・石の働き（ポテンシャル）はマンハッタン距離に対し半減する。
- ・盤の効果は辺を対称軸としてポテンシャル値を反射する。
- ・連の構成する石のポテンシャルはそのポテンシャルの合計を石の数で割った平均値とする。

ここでは判定方法の一例としてポテンシャル値を統計的な標準偏差を使用することでコア部とリム部にわけ、『厚み』と『勢力』としてそれぞれを地に換算する方法を提案した。また、区分を動的に扱い手数が進むほど石の影響度が減少する扱いも提案した。なお、石の取り上げ等は文献5を移植し棋譜を追えるようにした。ポテンシャルをピ

ジュアル化することで棋譜検討用として十分使えるレベルと考えられる。対局ソフトまでは未完のため発表できないが、本考察が囲碁プログラミングへの新しいアプローチとなれば幸いである。

参考文献

- 1) sylvain Gelly Yizao Wang Remi Munuos Olivier Teyaud, "Modification of UCT with Patterns in Monte-Carlo Go"
- 2) 田島守彦 実近憲昭, "囲碁における族と領域" 処理学会研究報告 GI10, PP55-61, 2003
- 3) 田島守彦 実近憲昭, "ポテンシャルによる模様の内領域の決定"
<http://staff.aist.go.jp/tajima.m/gpw04.files/frame.htm>
- 4) 福井真人 竹内義則 松本哲也 工藤博章 山村毅 大西昇, "囲碁盤面の評価方法" 情報処理学会研究報告 GI11, PP21-26, 2004
- 5) コンピュータ囲碁講習会テキスト, サンプルプログラム 2007年6月23,30日, Web公開版
- 6) あゆしやな囲碁ソフト
<http://ayusya.hp.infoseek.co.jp/AboutIgoApp.html>