 2008－GI－20　(3)
2008／6／27

異なるレーティング・データの接合とコンピュータ将棋の強さ予測

小谷　善行

東京農工大学共生科学研究部先端情報科学部門・工学府情報工学専攻

kotani@cc.tuat.ac.jp

ゲーム等の対戦結果からプレーヤの強さを数値的に求める方法としてレーティングシステムがある。レーティングは多数回の対戦を行うプレーヤ集団の中での相対的な強さを与える。一方、集団間の強さ比較は、相互対戦がなければ不可能であり、また少数の対戦がある場合でも困難な問題である。ここでは、そのような状況で、異なるプレーヤ集団間のレーティングのずれを予測する方法を提案するとともに、シミュレーションにより、ずれの数値がどの程度ばらつくのかを実験的に求めた。コンピュータ将棋に関しては、将棋のトッププロに対する強さが関心を浴びている。その強さ比較推定値に対してこの結果を適用し、推定値の確からしさの程度を求めた。

Connection between Different Rating Groups and Computer Shogi Rating Evalutation against Human Rating Data

Yoshiyuki Kotani

Tokyo University of Agriculture and Technology,　Department of Computer Sciences

kotani@cc.tuat.ac.jp

The rating system is a method of determining game players' level from game score numerically. It gives each player's level as a relative value in a player group where many matches are played enough. On the other hand, it is impossible to compare the difference of the levels between groups unless there are mutual matches, and it is also difficult if a few matches are played. Here we propose several methods of determining the bias value of rating between different player groups. We also obtained the deviation fo these bias values, experimentally by simulation. The level of computer Shogi against human Shogi top professional players is current public concern. The cetainty for the level which we calulated was estimated by the use of this result.

１．はじめに

コンピュータ将棋についての研究活動のなかで、筆者はコンピュータ将棋の強さの分析を十年来行ってきた。コンピュータ将棋同士の強さの関係は十分行ってきた。一方そのなかで一番の課題は、コンピュータ将棋の強さを人間の強さに換算してどの強さレベルかを判定することである。このコンピュータ将棋の人間に対する強さについて一応の結果を[1]に書いた（後述）。この結果がどの程度確からしいのか確かめたいという目的で、レーティングデータが複数あった場合に相互のレーティング差を予測する方法を実験的に行うことにした。

２．レーティング

レーティングとはプレーヤの強さを自動的に数値化するしくみであり、Elo レーティングと呼ばれる。段級位と異なり、ゲームにおける強さだけを表現するものとしてもっとも適当なものである。プレーヤはレーティング値と呼ばれる数値を常に持っている。対戦が行われて結果が出るごとに、対戦者のレーティング値を、勝者は増やし、敗者は減らす方向に変更する。これを繰り返すことで、レーティングの値がそのプレーヤの強さを自然に現すようにするものである。レーティング値の変更する量を一定にすると、勝率が５割より多いプレーヤはレーティング値が増え続けることになり発散してしまう。そうならないように、強い（レーティング値が高い）プレーヤは勝っても増やす数値が少ないようにする（弱い側はその逆）。増減の数値は両者のレーティング値の差の関数ｒとする。レーティング値がａのプレーヤＡとｂのプレーヤＢがいて、Ａが勝ったとすると、ａに $r(a-b)$ が加えられ、ｂから $r(a-b)$ が引かれる（Ｂが勝ったとするとａから $r(b-a)$ が引かれ、ｂに $r(b-a)$ が加えられる。関数 $y=r(X)$ は、切片で点対称で、大きい X に対しては 0 に、負の小さい X に対しては一定値に近づく。

通常行われる簡便な関数としては、

$$r(X) = 16-0.04X \quad \text{(ただし１未満は１、３１より多いときは３１とする)} \qquad (1)$$

を用いている。理論的背景から、より自然な関数としては

$$r(X) = const\ /(1.0+10^{X/400.0}) \qquad (2)$$

がある。X の差があるときの前者の後者に対して勝つ確率 $p(X)$ を考えると平衡式 $p(X)\ r(X) = (1-p(X))\ r(-X)$ より、$p(X) = 1-r(X)/r(0)$ となる。

レーティング値は相互に多数回対戦する集団のなかでの強さを表すものである。したがって、レーティング値はその集団の中の比較のみに意味がある。そして二者を比べる時にはそれらのレーティング値の差だけが意味をもつ。つまり、レーティングの絶対的な値には意味がない。集団のレーティング値の平均値は、スタート時のレーティング値の初期設定で決まり、そのあと維持されるだけである。

ここで問題となるのは、異なる集団でそれぞれレーティングが計算しうるが、相互の交渉少ない場合である（図１）。コンピュータ将棋集団、アマチュア将棋集団、プロ棋士集団などがそれ

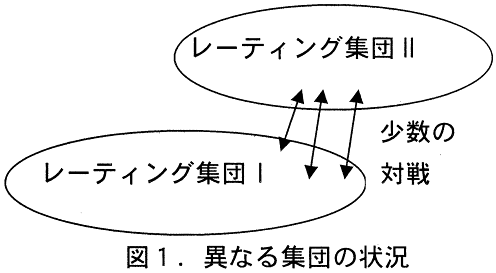

図１．異なる集団の状況

に当たる。それぞれの集団中でのレーティングは計算できるが、両者に共通する尺度でのレーティングを求めることが困難であったのである。集団間の対戦がない場合はそれ以上なにもできないが、少ない回数でも対戦があれば何かしらの対応関係の推測ができるはずである。

ここでは、そうしたデータを用いてレーティングをつなぎ合わせる、つまりレーティングのずれの量を推定するということをおこなった。また、それらの妥当性をシミュレーションにより検討した。

今回はレーティングのモデルとして二つのものを用いた。レーティング値の差に対して定めるレーティング変更の関数式 r(X)について、上記の(1)を使う場合と、(2)を使う場合である。それぞれについて対戦の勝つ確率 p の計算にもこれを用いている。

3．レーティングを接続するシミュレーション

二つのプレーヤ集団を作り、まずそれぞれの中でランダムに対戦させレーティングが計算される。二つのプレーヤ集団間に強さの差を設けておき、プレーヤ集団間の比較的少数の対戦を行わせることにより、その差を推定する。このような過程をランダムシミュレーションで多数回実行し、どの程度のばらつきで差が推定できているかを調べる。詳しくは下のように行った。

- 二つの集団は、それぞれ内在するレーティング値がレーティング幅 1000 の一様分布をもつ個人の集団とし構成人数は 150 とした。
- 個人の表出するレーティング値は、集団内で 10000 回の対戦を行い、ばらつかせた。
- 実験Ⅰでは、両集団の強さの差は 0～500 で変動させた。集団間の対戦数は 35 回に固定した。
- 実験Ⅱでは集団の強さの差を 300 に固定し、集団間対戦数を 10～640 対戦に変動させて、推定のばらつきを観察した。

4．レーティング接合の四つの方法

両集団の強さの差を推定し両者のレーティングを共通化することをレーティング接合と呼ぶことにする。ここでは共有メンバーを介して接合する方法のほかに、三種の方法を提起する。

<u>最尤法によるレーティング接合</u>

集団Ⅰでのレーティング値が集団Ⅱでのレーティング値より S だけ辛い（つまり同じ強さのプレーヤが両集団にいた時、前者にいるプレーヤがレーティング値が後者のプレーヤの値より S だけ少ない）とする。また、集団Ⅰのなかでレーティング Xi をもつプレーヤと、集団Ⅱのなかでレーティング Yi をもつプレーヤが対戦したとする。このとき、前述の p を用いて前者の勝つ確率は p(Xi-Yi+S)とあらわせる。そうすると、対戦 i ＝1、．．．、 n が行われたとして、当該の対戦結果が生じる確率は、

$$\pi(S) = \prod_{i=1}^{n} P_i$$

と表せる。ただし集団Ⅰ側のプレーヤが勝ったとき Pi は p(Xi-Yi+S)、負けたとき Pi は 1-p(Xi-Yi+S)である。最ももっともらしいＳの値はこのπ(S)を最大にする S であり、この値、つまり $\mathrm{argmax}_S(\pi(S))$をレーティング値の推定値とするのがこの方法である。実際の推定値

の計算は、Sを少しずつ変化させながら上の値を毎回計算し最大値を出して求めた。

集団間レーティング操作によるレーティング接合

これは集団Ⅰでのレーティング値と集団Ⅱでのレーティング値との差Sを適当に初期設定しておく。これを集団間対戦1回ごとにレーティング値と同様に変動させる。すなわち、集団Ⅰのなかでレーティング Xi をもつプレーヤと、集団Ⅱのなかでレーティング Yi をもつプレーヤが対戦したとする。前者が勝った場合、その確率は p(Xi-Yi+S) なので、S に r(Xi-Yi+S)=1-p(Xi-Yi+S)/r(0)を加える。前者が負けた時は p(Xi-Yi+S)/r(0)を引く。こうすることにより集団間のレーティング差は、通常のレーティングと同様に収束する。ただし対戦回数が少ないということがあるので、同じ対戦を何度も計算しなおして収束させる。

勝者敗者の中間値によるレーティング接合

相互対戦のデータを集団Ⅰのプレーヤが勝ったものと、集団Ⅱのプレーヤが勝ったものに分ける。前者の対戦者同士のレーティングのずれを b1 とし、後者の対戦者同士のレーティングのずれを b2 とする。全体のレーティング差はこの中間にあると考えるのが自然であるので、その中点(b1 + b2)/2 をレーティング差の推定値とする。

共通メンバーを介するレーティング接合

それぞれの集団に属するメンバーのレーティング値の差で対応させる方法である。もっとも単純で直感的な方法である。これはそうした共通メンバーが存在する場合だけに可能である。

5．シミュレーション結果

実験Ⅰは二つの集団の強さの差を変動させ、その差を正しく推定できているかを調べる。

表１はレーティング変更式（１）を用いて行ったもの（通常型）であり、表２は変更式（２）を用いて行ったもの（シグモイド型）である。表には、検出したレーティング差の平均値及び標準偏差を示している。相互対戦数は35としている。これは後で述べるコンピュータ将棋のデータに一致している。それぞれ、推計Ａ（最尤法）、推計Ｂ（集団間レーティング操作による方法）、推計Ｃ（勝者敗者中間値の方法）の結果を示している。最尤法及び集団間レーティング操作によるものは、レーティング差をほぼ正しく検出できている。検出データの標準偏差は推計Ａで約

表１　集団のレーティング差の推計（通常型）

差	推計値A	σA	推計値B	σB	推計値C	σC
0	-1	88	0	88	-4	62
50	48	82	49	83	17	55
100	96	83	98	81	34	56
150	162	83	159	80	63	49
200	219	98	213	96	80	61
250	264	87	269	97	111	58
300	318	108	321	107	126	68
350	357	94	364	107	141	60
400	412	83	414	97	156	66
450	472	89	474	103	169	72
500	493	94	526	227	179	95

表２　集団のレーティング差の推計（シグモイド型）

差	推計値A	σA	推計値B	σB	推計値C	σC
0	1	89	-1	89	-4	62
50	52	86	51	87	18	54
100	97	88	97	88	33	56
150	159	84	159	85	62	52
200	202	97	202	97	73	56
250	267	86	266	87	105	57
300	317	104	317	104	126	68
350	356	101	356	103	135	58
400	407	95	411	98	155	67
450	460	91	464	97	171	61
500	489	90	505	114	189	76

90 である。推計Bで約 100 である。推計Cは正しく推定していない。プレーヤの分布に依存して勝者と敗者のレーティング平均値がずれることによると思われる。過小評価の割合が一定であるのが興味深い。

実験Ⅱはレーティング集団間の相互対戦を増やした場合、どのように推定のばらつきが小さくなるかを調べたものである。表3はレーティング変更式（1）を用いて行ったもの（通常型）であり、表4は変更式（2）を用いて行ったもの（シグモイド型）である。レーティング差としては 300 を与えている。同様に検出したレーティング差の平均値及び標準偏差を示している。これで見ると、ばらつきの標準偏差は、ほぼ対戦数の二乗に反比例して減少している。ただし対戦数が多い場合は標準偏差が下がらなくなる（特に推計値B）。これはプレーヤの集団内レーティング自身が一定の変動をしているためと思われる。

表３　相互対戦数に対する推計結果（通常型）

対戦数	推計値A	σA	推計値B	σB	推計値C	σC
10	300	165	409	736		
20	319	103	313	107	123	79
40	310	85	303	86	125	60
80	317	69	313	73	128	45
160	305	52	304	56	117	28
320	305	43	314	50	122	21
640	303	37	302	52	124	20

表４　相互対戦数に対する推計結果（シグモイド型）

対戦数	推計値A	σA	推計値B	σB	推計値C	σC
10	302	165	317	208		
20	313	105	313	105	128	72
40	306	82	306	85	125	55
80	315	75	316	76	130	45
160	304	52	302	58	118	27
320	307	45	313	50	120	22
640	303	36	299	50	122	19

共通メンバーがいた場合のレーティング差推定については、次のように推論できる。二つのレーティング集団内でのばらつきの和がレーティング差のばらつきになる。二つのレーティング集団内のばらつきが独立におきるとすると、その和は$\sqrt{2}$倍となる。集団内レーティング値のばらつきについても測定した。モデルAの場合は、同一プレーヤの多数回のレーティング値の標準偏差は 46.6 となった。モデルBの場合は、43.9 となった。したがってそれぞれの場合のレーティング差の標準偏差は 65.9 及び 62.1 と見積もれる。

表５．プロ棋士のレーティング及び換算されたコンピュータ将棋のレーティング（[1]）

羽生善治	3179
佐藤康光	3166
丸山忠久	3088
森内俊之	3083
渡辺明	3071
プロ上位２σ	3058
プロ平均	2696
奨励会員	2627
	（プロとの対戦データのみ）
アマチュアトップ	2592
アマチュア	2494
	（プロとの対戦データのみ）
棚瀬将棋	**2421〜2535**
YSS	**2356〜2470**
女流棋士	2382
Bonanza	**2330〜2444**
激指	**2302〜2416**
プロ下位２σ	2334
備後将棋	**2104〜2218**
TACOS	**2085〜2199**
柿木将棋	**2066〜2180**
K-Shogi	**1957〜2071**
竜の卵	**1932〜2046**

６．コンピュータ将棋の強さ予測値に関するレーティング接続のばらつき推計

コンピュータ将棋選手権の結果等（[2],[3]）を利用し、コンピュータ将棋と、人間のプロ棋士などのトッププレーヤとの強さの対応づけをすでにおこなってきた。ここで述べた手法によりレーティングの

ずれを推定している([1])。その結果を表５に再掲する。その際のレーティング差の推定値は、推計Ａ（最尤法）、推計Ｂ（集団間レーティング操作による方法）、推計Ｃ（勝者敗者中間値の方法）、共通メンバー法でそれぞれ 730、700、725、616 であった。本稿でおこなったシミュレーションではパラメータをこの実データと一致させているのでそのまままそれぞれのばらつきが確定し、２σを用いて範囲を示すと次のようになる（推計Ｃは除く）。

推計Ａ（最尤法）	730±180
推計Ｂ（集団間レーティング操作）	700±200
共通メンバー法	616±132

これを表５の棚瀬将棋のレーティングに当てはめると、

推計Ａ（最尤法）	2535±180
推計Ｂ（集団間レーティング操作）	2505±200
共通メンバー法	2421±132

となる。プロ棋士のレーティングにおいて、棚瀬将棋がこの範囲の強さにあるということが、実験的、統計的に示されたことになる。

この結果はまだ相互対局数が少ないためこの程度の範囲にとどまっているが、今後相互対局が増えればさらに範囲を狭めることができる。

７．まとめ

本稿では次のことをおこなった。

- ・異なるプレーヤ集団間のレーティングのずれを予測する方法を提案した。主として、推計Ａ（最尤法）及び推計Ｂ（集団間レーティング操作）である。
- ・これらを用いてシミュレーションにより、ずれの数値のばらつきを実験的に求め知見を得た。
- ・シミュレーションでは 35 回程度の異なるプレーヤ集団間の相互対戦で、ずれの数値のばらつきは２σが 180～200 となった。
- ・コンピュータ将棋のデータにそれを当てはめ、推定値の意味をはっきりさせた。

参考文献

[1] 小谷善行、コンピュータ将棋の頭脳、サイエンス社、2007

[2] 小谷善行、コンピュータ将棋の歴史的瞬間、プロ棋士に角落で勝利、情報処理、2005.

[3] コンピュータ将棋協会ウェブサイト：http://www.computer-shogi.org/