

# シミュレーションによる大会方式検証の提案 - 世界コンピュータ将棋選手権を題材にして -

橋本 剛<sup>1</sup>, 長嶋 淳<sup>2</sup>, 飯田弘之<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学工学部 <sup>2</sup> 静岡大学情報学部

<sup>3</sup> 科学技術振興事業団さきがけ研究 21 「機能と構成」 領域

E-mail: {hasimoto,cs8066,iida}@cs.inf.shizuoka.ac.jp,

## 概要

種々の制約の範囲内で大会の組み合わせ方式を選ぶのは難しい問題であるが、これまで統計的に論じられた研究はなかった。本稿では適当にレーティングを与えてシミュレーションを行い大会組み合わせ方式の妥当性を検証する方法を提案する。その題材として世界コンピュータ将棋選手権の2次予選を取り上げた。同大会で採用されている変形スイス方式をはじめ、総当り、ランダム、W杯本大会予選方式でそれぞれシミュレーションを行ったところ、変形スイスでは弱いチームの方が多く予選突破をするいびつな逆転現象がしばしば生じていることを確認した。W杯本大会予選もいびつな形になり、理想としての総当りにはランダムが一番近い形になるが、ランダムは一回の大会では当たり偏りが出る可能性があり採用することは難しい。そこで前半はランダムで後半をスイス式とする新しい方式ランダムスイスを考案しシミュレーションを行った。その結果、ランダムスイスは総当りに近い形となり、しかも組み合わせに強い偏りは出ないので、既存の大会方式に比べてより好条件を満たしていると言える。よって、本稿では世界コンピュータ将棋選手権の予選方式としてランダムスイス方式を推奨する。

## A proposal of tournament system verification by the simulation - a case study using the World Computer Shogi Championship -

Tsuyoshi Hashimoto<sup>1</sup>, Jun Nagashima<sup>2</sup>, Hiroyuki Iida<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, <sup>2</sup> Faculty of Information, Shizuoka University

<sup>3</sup> "Information and Systems", PRESTO, Japan Science and Technology Corporation

## abstract

Although it is a difficult problem to choose a suitable pairing system of a tournament within the limits of various restrictions, there was no research discussed statistically until now. We propose a method of verifying the validity of a tournament system with giving rating and simulating. We choose the semifinal of the World Computer Shogi Championship as the subject matter. The modified Swiss Tournament system which is adopted on the championship, a round robin, random and the FIFA World Cup elimination system are respectively simulated. As the result, the distorted inversion phenomenon in Swiss Tournament, that is weaker teams often breakthrough the semifinal much times, is ascertained. The FIFA World Cup elimination system is also distorted, and the random system is the closest to the round robin as a statistical ideal. However the random system has possibility of strong bias in a tournament. So we propose a new system "Random Swiss" which is random in the early stage and is Swiss Tournament in the latter stage. The result is that Random Swiss is statically similar to the round robin, moreover, it must not make strong bias in its pairing, so it has better conditions than existing systems. Consequently, we recommend Random Swiss as a semifinal system of the World Computer Shogi Championship.

## 1 はじめに

スポーツやボードゲーム等の大会では、トーナメントやリーグ戦などさまざまな方式の組み合わせ方で対戦相手を選び順位を決める。この時なるべく公平でより実力が反映される方式が望ましいが、実際には大会の運営時間や種目の性質等による種々の制約の範囲内で最も適当な方式を考えなくてはならない。これはかなり難しい問題で、実際に大会を運営しながら試行錯誤をして与えられた制約の中であるべく不公平感が少ない方法を模索するといった場当たり的なやり方が多いと思われる。試合方式が決められた中で何試合行うのが適当かと数学的に論じた研究などはじめに試合方式がありきの研究はあるものの、試合数やチーム数が先に与えられてからどの試合方式が適当かを選ぶ方法は、数学的に解こうとするとかなり難解になることもありこれまで論じられたことはなかった。我々はこれまで論じられて来なかった統計的な手法によってこの問題を解決していくべきであると考え、この問題は実は簡単なシミュレーションによって容易に検証ができる。本稿では試合数やチーム数が与えられたとき簡単なシミュレーションによって適した組み合わせ方式を検証する方法を提案し、その実例として世界コンピュータ将棋選手権予選の組み合わせ方式の妥当性を検証しさらにどういった方式がより妥当であるかを提案していく。

## 2 シミュレーション

参加チーム数と試合数が与えられたとき、大会の方式はより実力が反映される方式、つまり強いものがより多く勝ち上がる方式が妥当であると考えられる。そのためには各チームにレーティングを与え、その両チームのレーティングに応じて試合の勝敗を確率的に決めればシミュレーションを行うことが可能となる。ここで、各チームのレーティングがわかっている競技の大会ではもちろん簡単にシミュレーションが行え、十分に各チームの過去の勝敗がわかっている場合もその勝敗をもとにレーティングを計算することができるのでシミュレーションが可能になる。そのような情報が十分でない場合でも、各プレイヤーのレーティングを適当に何パターンか与えてシミュレーションを行えばやはり大会の妥当性を考える重

要な材料になるだろう。本稿ではコンピュータ将棋の大会として有名な世界コンピュータ将棋選手権を題材として、そのシミュレーションを行うことでその妥当性を検証していく。

## 3 世界コンピュータ将棋選手権

世界コンピュータ将棋選手権はCSA（コンピュータ将棋協会）が主催している世界最大のコンピュータ将棋選手権で、毎年日本で開催されている。参加チーム数が多いため一次予選、二次予選、決勝と三日にかけて試合が行われる。2002年は参加チーム数が51で、一次予選は32チーム中8チームが予選通過、二次予選は24チーム（シード16チーム）中5チームが予選通過、決勝は8チームで争われた。両予選は変形スイス式トーナメントと呼ぶ方式（4.3章参照）、決勝は総当りのリーグ戦で行われる。参加チームの順位を出すという意味ではもちろんだが、一番強いチームが常に全勝するとは限らないので、一番強いチームを選ぶという意味でも予選はより強いチームが突破しやすい方式でなければならない。その意味からも同大会の予選方式である変形スイス式トーナメントの検証が重要であると考え、以下この大会の二次予選をシミュレートしその結果について述べていく。

## 4 二次予選シミュレーション

2002年度の大会と同じように24チーム中5チームが決勝へ勝ち上がるとして、世界コンピュータ将棋選手権の二次予選シミュレーションを行う。各チームにレーティングを与えてシミュレーションを行うわけだが、まずはその方法について述べる。

### 4.1 レーティングと勝敗判定

イロレーティングでは200点差で上位者の勝率は約76%と定義されているが、計算を簡単にするため本稿では200点差で75%とする。上位者の勝率は以下の式で計算できる。

$$\text{上位者の勝率} = 1 - 1 / (3^{\text{レーティング差}/200} + 1) \quad (1)$$

勝敗の判定の仕方は以下のようにする

1. 先手と後手のレーティング差を求める
2. 先手の勝率を小数点以下第4位まで求め(第5位で四捨五入)  $10^4$  倍する. このとき, 求まる値 ( $n$  とする) は  $0 \sim 10000$
3.  $n$  が  $10000$  の時 (= 先手の勝率  $100\%$ ) は先手の勝ち,  $0$  の時は後手の勝ちとする
4. 乱数  $r$  を  $0 \sim 9999$  の範囲で発生させる
5.  $r < n$  なら先手勝ち,  $r \geq n$  なら後手勝ち

## 4.2 レーティングの生成

世界コンピュータ将棋選手権参加各チームのレーティングは明らかになっていないので適当に与えなければならない. まずはレーティングの取り得る幅を決め, その範囲内で各チームのレーティングを与える. ここではすべての実験で  $250, 500, 1000$  の3通りのレーティング幅でそれぞれシミュレーションを行った. 例えばレーティング幅  $500$  の時各プレイヤーのレーティングは  $1000$  点を中心として  $750$  点から  $1250$  点の間に分布するよう与える. 勝敗判定ではレーティング差を使うので, レーティングそのものの値には特に意味が無い事に注意されたい. ( $1000$  点と  $1100$  点との  $100$  点差と,  $1500$  点と  $1600$  点との  $100$  点差は同じ)

レーティングの分布による影響を見るためさまざまな分布で実験を行うのが望ましいと考えられる. そこでここでは以下のような分布方式を実践した.

**等幅: 一定の間隔で生成**

**一樣: 与えられた範囲内で一樣な乱数を使う**

**正規: 正規分布に従う乱数を使い分布を与える**

正規分布には  $0$  以上  $1$  未満の乱数  $12$  個の和を取り, これをレーティング幅に合わせてスケールリングする擬似正規乱数を使用する.

一樣と正規は乱数を使っている, それぞれ3通りの分布を生成して実験を行う. つまり7種類の分布方法でレーティング幅は3通りあるので計21の分布を用意した.

## 4.3 組み合わせ方式

比較のため, 以下の4種類の組合せ方式でシミュレーションを行った.

**総当り** 24チームでの総当り. 23試合することになる. 少ない試合数で結果を出す他の方式に比べてより実力を反映しやすい方式であると考えられる. 逆に言えば他の方式はこの総当りに近い結果を得るほど性能がいいと言える.

**変形スイス方式** 現在世界コンピュータ将棋選手権で採用されている方式. 基本的には同じ勝ち星同士を対局させていき, 現在は各9試合を行なう. [1]より世界コンピュータ将棋選手権での方法を引用する

- 第1局は通常のスイス式と同様とする.
- 第2局は第1局で上位が勝ったと仮定しスイス式で組み合わせる.
- 第3局以降は最終局を除き, 2局前までの結果に基づき, スイス式で組み合わせる
- 最終局は1局前までの結果に基づきスイス式で組み合わせる.

スイス式トーナメントの組み合わせ法

- 1回戦は, 真ん中から上の1組と下の2組に分け, 1組の1番と2組の1番とを当てる. 2番と2番, 以下同様.
- 2回戦以降は, 勝ち:1, 引き分け:1/2, 負け:0として, 成績によって組に分け, 同成績の組で, 上記1回戦と同様に当てていく.
- 同成績の選手が奇数のときは, その組の真ん中のソフトを一つ下の組の最上位のソフトと当てる.
- 既に対戦しているソフトとは当てない. 対戦済みの場合は, 成績が下位の人次の順番のソフトと当てる.

世界コンピュータ将棋選手権で組み合わせに使われているプログラムに, 組み合わせを決める部分には手を入れずに実験用プログラムに組み込み, 組み合わせを行なった.

**ランダム** 乱数だけで組み合わせを行なう. 9試合行なう.

**W杯予選** 一般的によく知られている方式として、サッカーW杯本大会予選方式を取り上げてシミュレーションを行う。リーグに分けてリーグ戦を行い、そのうちの上位が予選を抜ける。24チームなので3リーグに分けて7試合をし、各組1位(3チーム)と、各組2位のうち、勝ち点(=勝率)の高い2チームの計5チームが予選突破する。組の分け方はレーティングの上位から1組,2組,3組,3組,2組,1組,1組,2組,・・・とした。

#### 4.4 実験

実験の手順は以下のようになる。まずレーティングを生成する。生成されたレーティングに対して、各組み合わせ方式で10万回大会シミュレーションを行なう。ここで重要なのは予選を通過するかどうかなので、それぞれの予選通過回数を集計する。上述した21通りのレーティング分布すべてでこの実験を行った。

また、W杯本大会予選方式が7試合であるので、比較のためにランダムと変形スイスでも7試合にしてさらに実験を行った。世界コンピュータ将棋選手権の一次予選も7試合であるので、その参考にもなると考えられる。

#### 4.5 結果

どの分布でも大きく傾向が違うということはないが、レーティング幅500が250や1000に比べて各方式による違いがわかりやすく出た。250では差が小さ過ぎ、1000では差が大き過ぎて500がちょうど試合方式による影響が出やすかったと考えられる。分布の方式としては正規分布が等幅や一様に比べて実際に近いのではないかと考えられるので、まずは例としてレーティング分布の条件が「レーティング幅500で正規分布」の結果を見ていく。

##### 4.5.1 レーティング幅500で正規分布の結果

レーティング分布の条件が「レーティング幅500で正規分布」の結果を図1と図2に示す。図2は上位の結果だけを表示する拡大図である。横軸は各チームの番号で、レーティング上位から1,2,3番と割り当てられる。左の軸は予選突破回数、右の軸はレーティ

ングで、棒グラフは各チームのレーティング、折れ線グラフは各方式での予選突破回数を表している。

これを見ると2番手から6番手まではレーティングが殆ど同じであり、総当たりでは予選突破回数がほぼ等しくなっている。しかし、変形スイスでは3番から6番まで弱くなるほど予選突破回数が多くなるという逆転現象が起きている。7番と8番は予選突破回数がぐんと少なくなるが、9番以降また弱い方が予選突破しやすいという逆転現象が起き、かなりいびつな結果になっている。W杯予選方式は、変形スイスほどいびつではないがやはり7番と8番がぐんと予選突破回数が少なくなるという問題が生じている。

1番から9番までは総当たりがどの方式よりも予選突破回数が多いが、下位の方では逆に総当たりがどの方式よりも予選突破回数が少なくなっている。ランダムは統計上総当たりが一番近いと言える。

次に7試合だけ行う変形スイスの結果を含めたグラフを図3に示す。ランダムの7試合は9試合の場合とほとんど変わらず、グラフが重なるので省略した。7試合の変形スイスでは9試合の変形スイスよりさらに総当たりから離れたグラフとなり、やはり試合数が多い方がいいという結果になる。

##### 4.5.2 全体の結果

以下21種類の分布すべての実験の結果について概要を述べる。

- 変形スイス、ランダム、W杯予選のどの組み合わせ方式でも、上位チームは総当たりと比較して予選突破回数は少なくなり、下位のチームは多くなる。
- 変形スイス方式では下位チームの方が上位チームよりもしばしば予選突破回数が多くなる。
- W杯予選方式では、下位チームの方が上位チームよりも予選突破回数が極端に多くなる場合がある
- ランダムはどのようなレーティング分布でも、総当たりの結果に近い形になる。

#### 4.6 実験のまとめと考察

実験の結果を元に各方式の問題点についてまとめと考察を行う。

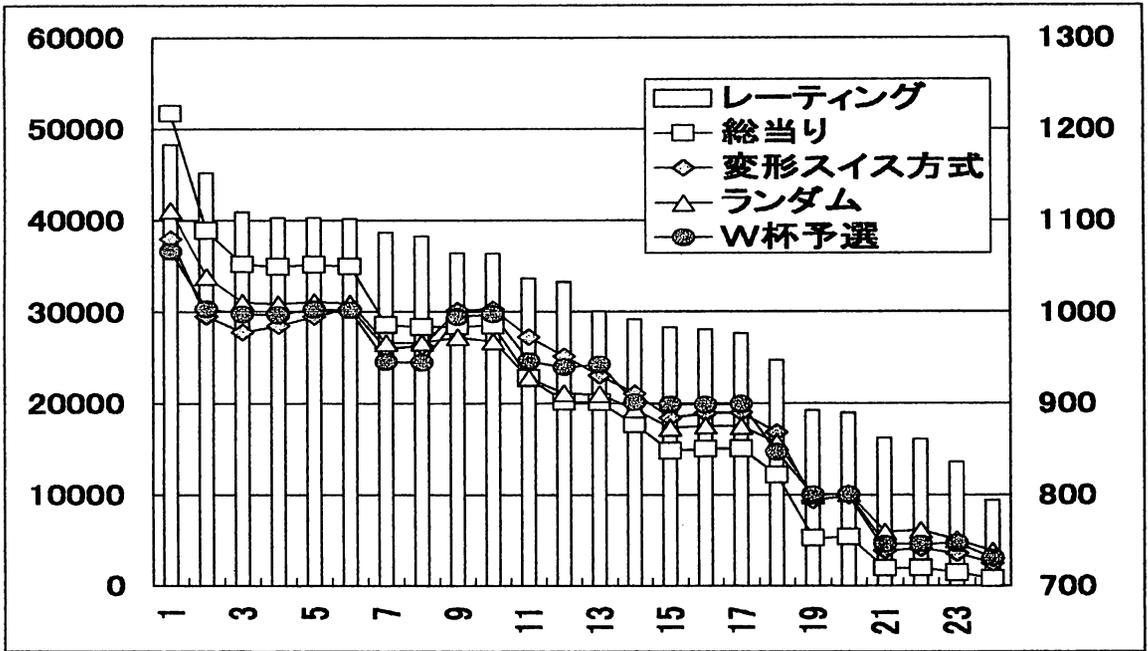


図 1: 予選突破回数：正規分布—全体図

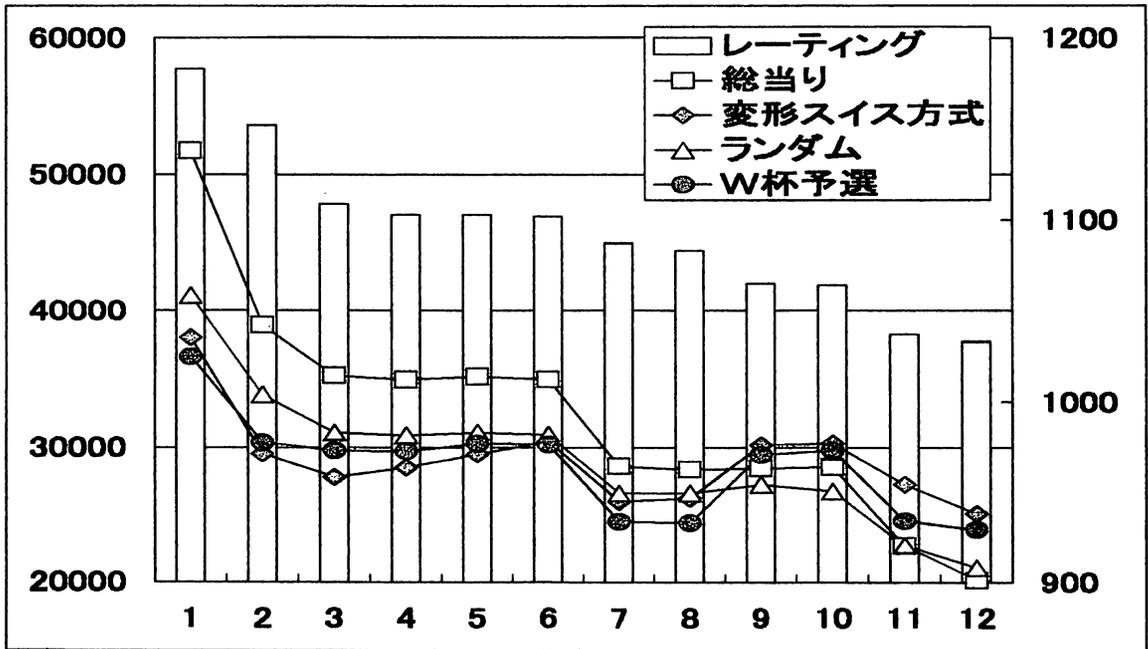


図 2: 予選突破回数：正規分布—上位拡大図

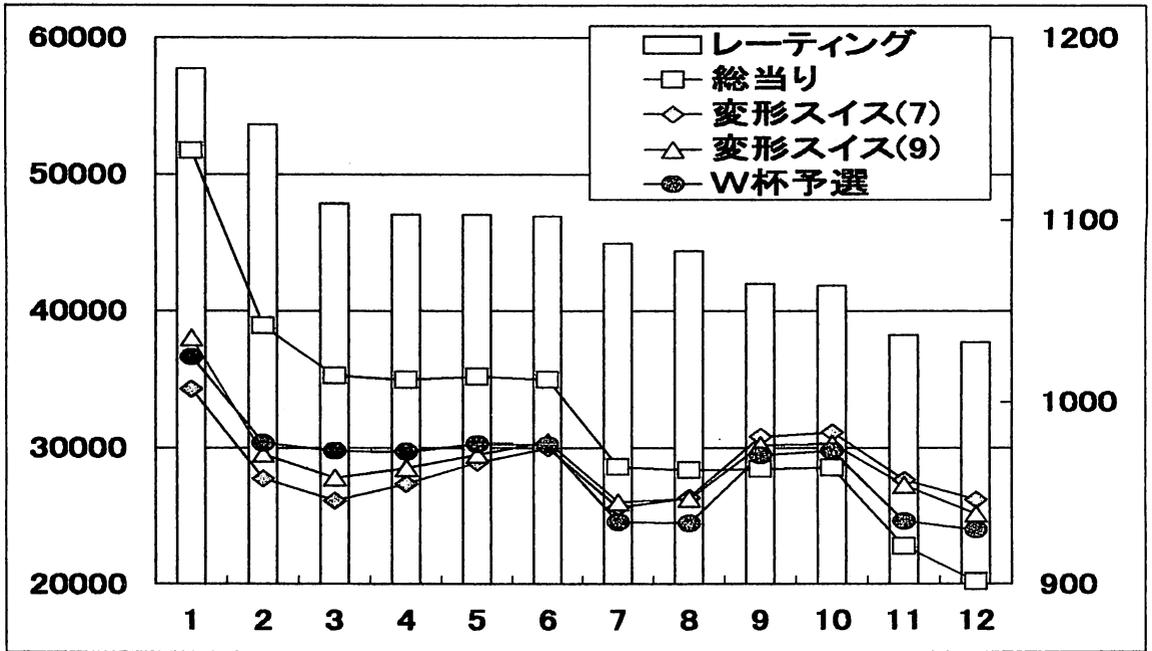


図 3: 予選突破回数 : 7 試合の変形スイスを含む一拡大図

**変形スイス方式の問題** 上位チーム同士が多く当たることになるため、下位が上位より多く予選突破をする逆転現象がしばしば現れるという致命的な問題が明らかになった。

**ランダムの問題** 統計的に見れば総当りの結果に近く、今回比較した 3 つの中では一番問題がない。だが 1 回 1 回の大会に関して言えば強いチームが弱いチームばかりと当たるといった偏りが激しくなる可能性もあり、年に一度の大会で採用するにはやはり問題があるだろう。

**W杯方式の問題** 最初のリーグ分けによる影響が強すぎ、かなり凸凹になってしまう可能性がある。

## 5 新方式の提案

変形スイス方式には下位が上位より多く予選突破をする逆転現象がしばしば現れるという致命的な欠点が明らかになった。統計的に見ればランダムが総当りの結果に近く問題が少ないが、1 回 1 回では偏りが激しくなる可能性もありやはり問題がある。ではその二方式を組み合わせることで互いの長所が出ないだろうか？ この考えを元に、我々は新方式「ラン

ダムスイス」を提案する。以下その方法を紹介し、シミュレーションを行い検証をする。

### 5.1 ランダムスイス方式

変形スイス方式では勝ち星によって対戦相手が決まるため、最初の方で負ければ対戦相手が楽になる可能性が高く、逆に最後の方で強豪に負けるのは損になる。にもかかわらず 2 回戦から実力の近いと思われるチームを対戦させるため、実力が低いチームの方が予選突破回数が増えるという逆転現象を引き起こしやすいと考えられる。そこで、その欠点を解消するため最初の数試合を統計的に優れた手法であるランダム方式を用いて組み合わせ、その後変形スイス方式を用いる新方式「ランダムスイス」を提案する。

### 5.2 実験

最初に行なうランダム組み合わせの試合数を 3, 4, 5 の 3 種類とし、それぞれで 4 章と同様にシミュレーションを行った。

## 5.3 結果

全体の結果として、変形スイス方式のような予選突破回数の逆転は起こらず安定しており、常にランダムと似たグラフになる。4.5.1 章と同様に例として「レーティング幅 500 で正規分布」の結果を図 4 に示す。ここでランダム組み合わせの試合数は 3 ~ 5 であまり大きな差が出なかったため、3 の場合をグラフにしてある。

図 4 からわかるように、予選突破回数はかなり総当りに似た形になり、単なる変形スイスに比べて統計上はかなり良好な試合方式であるといえる。個々の組み合わせに関しても、後半が変形スイス方式のため単なるランダムのように対戦相手の強さがひどく偏ることは無いと考えられる。このようにランダムスイスは既存の大会方式に比べてより好条件を満たしており、本稿では世界コンピュータ将棋選手権の予選方式としてランダムスイス方式を推奨する。

## 6 まとめ

大会の運営に適した組み合わせ方式を決めるため、適当にレーティングを与えてシミュレーションを行いその妥当性を検証する方法を提案した。その題材として世界コンピュータ将棋選手権の 2 次予選を取り上げた。同大会で採用されている変形スイス方式をはじめ、総当り、ランダム、W杯本大会予選方式でそれぞれシミュレーションを行ったところ、変形スイスでは弱いチームがより多く予選突破をするいびつな逆転現象がしばしば生じていることを確認した。W杯本大会予選もいびつな形になり、理想としての総当りにはランダムが一番近い形になるが、ランダムは一回の大会では当たりに偏りが出る可能性があり採用することは難しい。

そこで、前半はランダムで後半をスイス式とする新しい方式ランダムスイスを新たに考案しシミュレーションを行った。その結果、ランダムスイスは統計上優位な総当りに近い形となり、しかも後半がスイス式になることからただのランダムのように当たりに強い偏りができることは少ないと考えられ、既存の大会方式に比べてより好条件を満たしていると言える。よって、本稿では世界コンピュータ将棋選手権の予選方式としてランダムスイス方式を推奨する。

## 7 今後の課題

コンピュータチェスの大会でも同様に大会運営に関する問題が議論されているので、そのシミュレーションも行いより好条件の方式を提案していきたい。さらにサッカーのワールドカップやオリンピックなどさまざまな大会についてもシミュレーションを行い、その妥当性を検証しより好条件の方式を提案できればと考えている。

## 謝辞

本研究のために滝沢武信氏と柿木義一氏に世界コンピュータ将棋選手権で使用している変形スイス方式の組合せプログラムをご提供いただいた。ここに謝意を述べさせていただきます。

## 参考文献

- [1] 世界コンピュータ将棋選手権, コンピュータ将棋協会ホームページ, <http://www.computer-shogi.org/wcsc12/>
- [2] レーティング将棋について, 将棋倶楽部 24 ホームページ, <http://www.shogidojo.com/dojo/rating.htm>

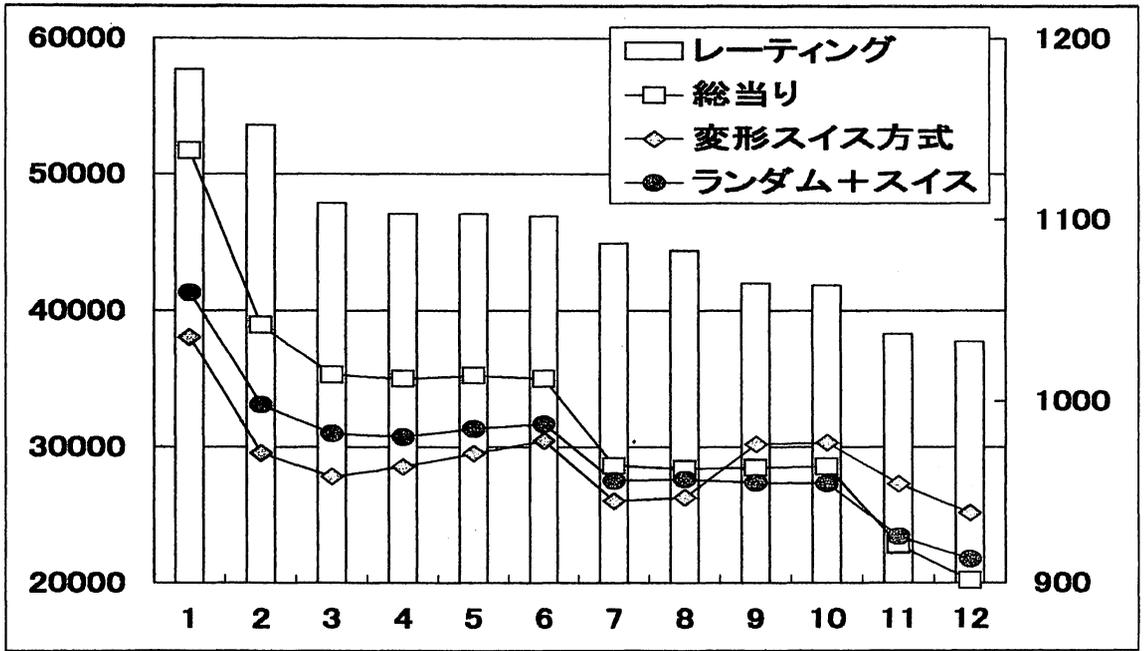


図 4: 予選突破回数：ランダムスイス