

コンピュータ将棋における 2 段階合議システムの提案

An Approach to Two-Stage Council Systems for Computer Shogi

吉田 航太[†] 伊藤 雅^{††}
Kouta YOSHIDA Masaru ITOH

Abstract: This paper proposes two-stage council systems for computer shogi. Here, shogi is to be Japanese chess. The proposed systems are developed from a single-stage council algorithm, which we call simply the council algorithm. Shogi software adopting the council algorithm has continued a remarkable development since Akara 2010 beats the Women's Osho on November 20, 2010. Akara 2010 consists of four thinking routines, that is, Geki-sashi, GPS, Bonanza, and YSS. The council algorithm derives the best next move with consideration for some candidate moves obtained from several thinking routines. In most cases, there are two kinds of council; one is a simple majority council and the other is an optimistic one. The existing council algorithm holds a council just one time. On the other hand, the proposed two-stage council systems, which have two stages, do twice councils on each stage with different types of councils. The efficacy of two-stage council systems was confirmed by the following five numerical experiments: 1) advantages of the proposed systems based on wins and losses, 2) the optimal number of systems in each stage, 3) a difference in winning percentage between black and white, 4) impacts of increasing number of systems in each stage on winning percentage, and 5) comparison with other major software. The experiment of No. 3) was verified by using one-way analysis of variance, and No. 4) was done by using Friedman test, respectively.

1. はじめに

コンピュータ将棋は 1974 年に開発が始まった。当時のコンピュータゲームはチェスが主流であったため、開発はそれほど活発ではなかった。その後 1987 年にコンピュータ将棋協会¹⁾が設立され、1990 年に第 1 回コンピュータ将棋選手権が開催された。このとき優勝したのは吉村信弘氏の永世名人であった。1997 年に IBM 社のディープブルーがチェスの世界チャンピオンに勝利したことにより、コンピュータ将棋の開発が活発化した。その後、1999 年に情報処理学会にゲーム情報学研究会が発足し、日本におけるコンピュータ将棋開発の環境が整った。

近年、合議アルゴリズム²⁾を採用したソフトウェアが活躍している。合議アルゴリズムとは、複数のプログラムがそれぞれに候補手を出し、それを楽観的合議³⁾や単純多数決をすることで、次の一手を選択するアルゴリズムである。2010 年 11 月 20 日には合議アルゴリズムを使用した“あから 2010”が女流王将に勝利したことにより合議アルゴリズムが一層注目され、様々なソフトウェアが合議アルゴリズムを採用しはじめている。最近では、2012 年 1 月 14 日にボンクラーズが米長邦雄永世棋聖と対局し勝利した。ボンクラーズは Bonanza メソッド⁴⁾を基にして、複数のコンピュータをクラスターで強化したものである。

本研究の目的は、近年コンピュータ将棋の主流となっている合議アルゴリズムをさらに発展させた 2 段階合議システ

ムを提案し、その有効性を検証することである。2 段階合議システムとは、通常の合議アルゴリズムでは合議を一度しか行わないが、合議を 2 回行うアルゴリズムである。そうすることで、より合議の精度を上げ、また通常の合議アルゴリズムよりも柔軟なシステム構成が可能になる。これにより通常の合議アルゴリズムよりも強い将棋ソフトウェアを作成することができると思予想する。有効性の検証対象は次の 5 つである。1) 2 段階合議システムの優位性、2) 2 段階合議システムのシステム数、3) 先手と後手の勝率における差異、4) 1 段階目と 2 段階目のシステム数増加が勝率に与える影響、5) 他のソフトウェアとの対戦比較。

2. コンピュータ将棋のアルゴリズム

コンピュータ将棋では、通常 $\alpha\beta$ 法や NegaMax 法⁵⁾、最近の主流では合議アルゴリズムを利用して次の一手を決めている。以下では、本研究で使う実現確率探索⁶⁾、Bonanza メソッド、そして合議アルゴリズムについて簡単に説明する。

2・1 実現確率探索

多くの将棋プログラムの探索アルゴリズムでは、深さを探索の打ち切り条件としている。これに対して実現確率探索では、局面の実現確率を打ち切り条件としている。つまり、局面の実現確率が事前に設定されている閾値を下回った場合に探索を打ち切るのである。局面の実現確率とは、その局面が実際に実現する確率のことである。一般に、読みの中の局面のほとんどは実際に実現することはない。どの程度実現するかを確率的に評価したものを局面の実現確率という。

[†] 愛知工業大学大学院 経営情報科学研究科 経営情報科学専攻 (豊田市)

^{††} 愛知工業大学 情報科学部 情報科学科 (豊田市)

2・2 Bonanza メソッド

Bonanza の思考ルーチンの特徴は全幅探索と評価関数パラメータの自動生成である。簡単に説明する。

全幅探索 将棋の手生成後に前向き枝狩りをせずにすべての手を探索することで、読み抜けの問題を克服している。全幅探索といっても深く読むためには探索が深いところでは、 $\alpha\beta$ 法や NegaMax 法などの枝狩り手法が適用されている。

評価関数パラメータの自動生成 Bonanza は元にした 6 万局の棋譜データから、評価関数のパラメータを自動生成している。他のソフトは開発者が定めたパラメータと評価関数を用いているため、開発者の固定観念や棋力の影響を受けることがあった。ただし、パラメータは自動生成だが、何を評価するかは開発者自身が決めている。棋譜からパラメータを自動生成することで、開発者の主観を排除した評価関数は強みでもあるが、同時に弱みでもある。当初、Bonanza は序盤で大駒を切ることが多かった。これは大駒の点数が他のソフトに比べて低く設定されているためであり、人間の感覚に反するこの設定は自動生成に由来するものであった。

2・3 協同問題解決

合議とよく似た考え方は、以前から協同問題解決として心理学の分野で研究されてきた。協同問題解決とは、複数の人が力を合わせて問題を解決することである。

協同問題解決のひとつにメンバの協同行為に創発的な変更プロセスを一切期待せず、単にグループが機械的な集約を行うという仮定に基づいた Lorge ら⁷⁾ のモデルがある。以下に基本的な考え方を示す。もしグループメンバの一人でも正解に辿り着ければグループ全体も正解に辿り着けるとし、グループメンバ全員が不正解のときのみ正解に辿り着けない、と考える。今、個人の正解率を p 、グループ人数を n とするとき、このモデルでは、グループとしての正解率 P を式 (1) で計算する。

$$P = 1 - (1 - p)^n \quad (1)$$

Lorge らは、この予測値をもとに Shaw⁸⁾ の研究を再検討した。すると、さまざまな問題解決実験におけるグループの実際の正解率は、予測値を有意に下回るか、せいぜい同じ程度であることが明らかになった。

多数決による合議も、Lorge らの考え方と同様に個人の正解率を p とおいて、単純多数決による n 人の合議を行ったときの正解率 Q を計算すると式 (2) のように表すことができる。ただし n は奇数である。

$$Q = p^n + {}_n C_{n-1} p^{n-1} (1-p) + {}_n C_{n-2} p^{n-2} (1-p)^2 + \dots + {}_n C_{(n+1)/2} P^{(n+1)/2} (1-p)^{(n-1)/2} \quad (2)$$

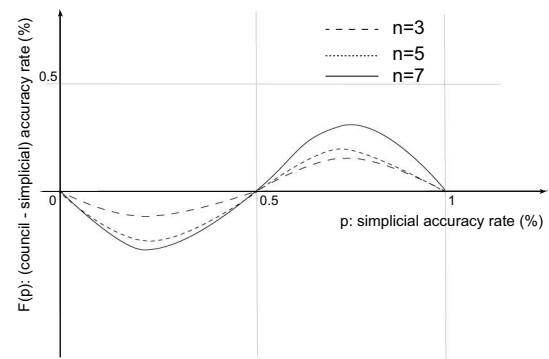


図 1 合議の正解率と個人単体の正解率の差

合議の正解率と個人単体の正解率の差 $F(p)$ は

$$F(p) = Q - p \quad (3)$$

である。式 (3) で $n = 3, 5, 7$ のときを図示すれば、図 1 のようになる。図 1 より個人の正解率が 50% 以上のとき、合議はうまく働き、個人単体よりも良いパフォーマンスを得る。50% 以上ということは、コイントスよりも知的であれば良いので、乱数よりもマシなシステムであれば、合議はうまく働くことになる。

2・4 3-Hirn System

思考ゲームにおいて複数の意見を組み合わせる先行研究として、3-Hirn System⁹⁾ がある。3-Hirn System とは、二人のアドバイザーと一人の意思決定者から構成され、アドバイザーが示した意見のうちどちらかを意思決定者に選ばせるというシステムである。このシステムはチェスで提案された手法である。チェスプログラムが提示した二つの候補手からプレイヤーに手を選ばせるだけでレーティングが 200 程度上昇することが確認されている。

この考え方を将棋に応用したのが Said ら⁹⁾ である。候補手を選択する人間が対局相手よりも強いとき、アドバイザー(人間)よりも強い相手に勝つことができた、と報告している。これにより複数の候補手から上手く手を選ぶことができれば、単体より強さが増す可能性があることが確認された。しかし、この研究では、最終的に決定するのが人間であるため、すべてをコンピュータのみで行うことができない。

2・5 合議アルゴリズムの概要

合議は複数の独立したシステムが提示する意見を集約して、一つの結論を導き出すものである。そうすることによってひとつのシステムが提示する悪手を排除することができる。しかし、逆に「船頭多くして船山に登る」という諺のように、意見がまとまらず上手くないこともあり得る。そこで、どのような方法で合議するかが重要となる。合議アルゴリズムでは複数のプログラムの合議で次の一手を決定するので、様々なプログラムを同時に採用することができる。よって、従来のコンピュータ将棋のソフトウェアに比べて様々な思考ルーチンを同時に組み込むことが可能となる。

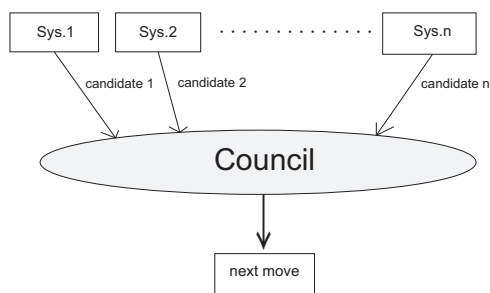


図2 合議アルゴリズム

実際に“あから 2010”では、コンピュータ将棋選手権で良好な成績を残している激指、GPS 将棋、Bonanza、YSS の 4 つのコンピュータ将棋のプログラムを同時に採用している。合議アルゴリズムを図式化すると、図 2 のようになる。

2・6 単純多数決

単純多数決による合議とは、複数のシステムが提示する意見の中で、最も多かった意見を採用するものである。単純多数決の手順は以下の通りである。

1. 複数のシステムがそれぞれに候補手を出す。
2. 出された候補手の中で最も多かった候補手を採用する。
同数の場合は、あらかじめ決めてあるリーダーの候補手を採用する。

2・7 楽観的合議

楽観的合議とは、複数のシステムが提示する意見の中で、最も評価値が高いものを採用する手法である。楽観的合議の手順は以下の通りである。

1. 複数のシステムが候補手を出す。
2. それぞれで候補手を評価して評価値を算出する。
3. 出された候補手のうち最も評価値が高い手を指す。
評価値が同じ場合は、あらかじめ決めてあるリーダーの候補手となる。

3. 2 段階合議システムの提案

将棋の思考ルーチンでは候補手の探索とその手の評価という 2 つの過程を経て次の一手を決定する。手の候補探索が実現確率探索や Bonanza の全幅探索である。この節では手の評価方法と 2 段階合議システムの手順について述べる。

3・1 評価関数

コンピュータ将棋のプログラムでは、コンピュータチェスの手法を参考にして評価関数という方法論を採用する。この方法論は盤面の数手先の変化を読み、相手が最善を尽くしてきたときに、最も自分が有利になる手を探すものである。ここでいう「有利」とは、相手の玉を詰ませられる、駒得になるなど、数値化させやすい基準で評価するものが多い。ここでの数値化の手段が評価関数であり、評価関数の作り方と何

表 1 駒の価値

歩	香	桂	銀	金	角	飛
100	600	700	1000	1200	1800	2000
と	成香	成桂	成銀	馬	竜	王
1200	1200	1200	1200	2000	2200	10000

0	10	20	30	20	10	0
10	20	30	40	30	20	10
20	30	40	50	40	30	20
30	40	50	王	50	40	30
20	30	40	50	40	30	20
10	20	30	40	30	20	10
0	10	20	30	20	10	0

図 3 王と駒との距離による加算点

表 2 四段目以内に進入した駒の価値の加算点

歩	香	桂	銀	金	角	飛
10	60	70	100	120	180	200
と	成香	成桂	成銀	馬	竜	王
120	120	120	120	200	220	1000

手先までを評価の対象とするかでコンピュータ将棋の強さが決まってくる。駒の損得を中心に、戦型や駒の種類などを評価対象としているものが多い。

本研究では評価関数の値を以下の 6 つの項目の重み付け総和で算出する。

駒の価値: 盤面にあるすべての自分の駒（持ち駒を含む）の価値の総和である。駒の価値を表 1 に示す。

駒組み: あらかじめ設定してある駒組み（戦型）の形に近いほど評価値が上昇する。戦型とは将棋の戦法のことである。戦型には攻めによる分類と守り（囲い）による分類がある。将棋の 2 大戦法として居飛車と振り飛車がある。居飛車の場合は囲いによって大きく分かれ、攻めによって細かく分かれる。囲いとは、王を相手の攻撃から守るための、ある決まった駒組みである。本研究では攻めには居飛車、振り飛車、中飛車、角換わりを使用している。また、囲いには金無双、美濃囲い、矢倉囲い、穴熊囲いを使用した。

王と駒との相対的な距離: 大駒と金、銀そして成金は王との距離が近づくほど評価値が上昇していく。加算される点数は図 3 の通りである。

四段目以内に進入した駒の種類: 相手陣の四段目以内に進入している駒の種類とその数に応じて、評価値に点数を加算していく。加算する点数を表 2 に示す。

終盤度の判定: 相手陣四段目以内に進入した駒と歩以外の持ち駒の価値の総計が設定値以上になったときに終盤と判定する。終盤と判定された場合、表 3 に示す点数を王との距離によって盤面上のすべての駒に加算する。表 3 は縦方向の筋を基準とした王に対する駒の相対位置によ

表 3 終盤での王と駒との距離による加算点

筋	0	1	2	3	4	5	6	7	8
+8	50	50	50	50	50	50	50	50	50
+7	50	50	50	50	50	50	50	50	50
+6	62	60	58	52	50	50	50	50	50
+5	80	78	72	67	55	51	50	50	50
+4	100	99	95	87	78	69	50	50	50
+3	140	130	110	100	95	75	54	50	50
+2	170	160	142	114	98	80	62	55	50
+1	170	165	150	121	94	78	58	52	50
0	170	145	137	115	91	75	57	50	50
-1	132	132	129	102	94	71	51	50	50
-2	100	97	95	85	70	62	50	50	50
-3	90	85	80	68	60	53	50	50	50
-4	70	66	62	55	52	50	50	50	50
-5	54	53	51	50	50	50	50	50	50
-6	50	50	50	50	50	50	50	50	50
-7	50	50	50	50	50	50	50	50	50
-8	50	50	50	50	50	50	50	50	50

20	40	60	40	20
40	𠄎	80	60	40
60	80	100	80	𠄎
80	100	玉	100	80
60	80	100	80	60

図 4 駒の利き

る加算表である。横方向の段についても同様の表を用意する。ただし、(0,0) の位置に王がいると仮定している。
 駒の利き: 終盤になったら駒の利きが王の近くにあるほど評価値が上昇する。しかし、王の周り 4 コマの範囲でないと変化しない。例を示すと、図 4 のとき桂馬が王のところ利きがあるので 200 点 (= max{200, 80})、金が王の右横に利きがあるので 100 点 (= max{100, 80, 40})、合計で 300 点が評価値に加算される。

3・2 2 段階合議システムの手順

提案する 2 段階合議システムとは、現在、コンピュータ将棋選手権で良い成績を残している合議アルゴリズムを改良したものである。合議アルゴリズムでは合議を 1 回だけ行う。この 1 段階合議を 2 段階に拡張したのが 2 段階合議システムである。合議を 2 段階で行えば、精度の良い合議結果が得られると予想する。2 段階合議システムの手順を以下に示す。

1. n 個のシステムでそれぞれ独立に候補手を提示する。
2. m ずつ k 個のグループに分ける。
3. k 個のグループをそれぞれ合議して候補手を選択する。
4. k 個の候補手で再度合議して次の一手を決定する。

図 5 は 2 段階合議システムの概念図である。2 段階合議システムでは、1 段階目を単純多数決、2 段階目を楽観的合議というように各段階毎に異なる合議方法を採用することが可能

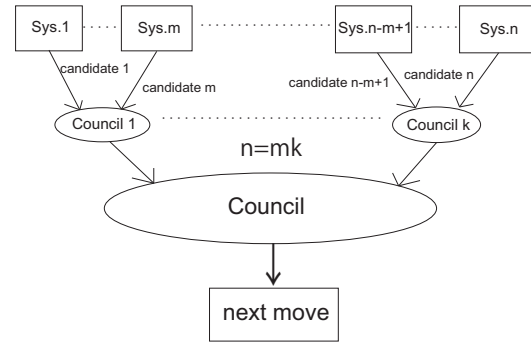


図 5 2 段階合議システム

である。また、各段階毎のシステム数もそれぞれ個別に設定することができる。このように 2 段階合議システムは通常の合議アルゴリズムよりも柔軟なシステム構成が可能である。

4. 分散分析

分散分析とは、観測データにおける変動を誤差変動と各要因およびそれらの交互作用による変動に分解することによって、要因および交互作用の効果を判定する統計的仮説検定の手法である。ここでは、本研究で使用した一元配置分散分析¹⁰⁾とフリードマン検定¹¹⁾の説明を簡単に行う。

4・1 一元配置分散分析

一元配置分散分析には次の前提がある。

- 帰無仮説 H_0 : 各群の母平均は等しい。
- 対立仮説 H_1 : 各群の母平均は等しくない。
- 有意水準 α で両側検定を行う。

検定手順は以下の通りである。

1. 群の数を J 、全ケース数を I 、第 j 群のケース数を I_j 、全体の平均値を \bar{X} 、第 j 群における平均値を \bar{X}_j とする。
2. 平方和 S_t, S_b, S_w を式 (4)~(6) でそれぞれ求める。

$$S_t = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_j} (X_{ij} - \bar{X})^2 \tag{4}$$

$$S_b = \sum_{j=1}^J I_j \cdot (\bar{X}_j - \bar{X})^2 \tag{5}$$

$$S_w = S_t - S_b \tag{6}$$

3. 表 4 に示すような分散分析表を作る。
4. 検定統計量 F_0 値を式 (7) より計算する。

$$F_0 = V_b / V_w \tag{7}$$

5. 第 1 自由度が df_b 、第 2 自由度が df_w の F 分布を仮定して有意確率 P を F 分布表で求める。
6. 帰無仮説の採否を決める。
 - $P > \alpha$ のとき、帰無仮説を採択する。つまり各群の母平均は等しい。
 - $P \leq \alpha$ のとき、帰無仮説を棄却する。つまり各群の母平均は等しくない。

表 4 一元配置分散分析表

変動要因	平方和	自由度	平均平方
群間	S_b	$df_b = J - 1$	$V_b = S_b / df_b$
群内	S_w	$df_w = I - J$	$V_w = S_w / df_w$
全体	$S_t = S_b + S_w$	$df_t = I - 1$	$V_t = S_t / df_t$

表 5 フリードマン検定の記号の定義

対象	処理 1	処理 2	...	処理 c
1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1c}
2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2c}
...
r	X_{r1}	X_{r2}	...	X_{rc}

4・2 フリードマン検定

フリードマン検定の前提として以下がある。

- 帰無仮説 H_0 : 処理に差はない。
- 対立仮説 H_1 : 処理に差がある。
- 有意水準 α で両側検定を行う。

検定の手順は以下の通りである。

1. r 種類の対象に c 種の処理を行い、観測値 X_{ij} を得たとする。記号の定義を表 5 に示す。
2. 各対象ごとに観測値の小さい順に順位をつける。
3. 各処理ごとに順位の和 R_j を計算する。
4. 式 (8) により検定統計量 χ_0^2 を求める。 χ_0^2 は自由度が $c - 1$ の χ^2 分布に従う。

$$\chi_0^2 = \frac{12}{rc(c+1)} \sum_{j=1}^c R_j^2 - 3r(c+1) \quad (8)$$

5. 有意確率 P を χ^2 分布表で求める。
6. 帰無仮説の採否を決める。
 - $P > \alpha$ のとき、帰無仮説を採択する。つまり処理に差はない。
 - $P \leq \alpha$ のとき、帰無仮説を棄却する。つまり処理に差がある。

5. 数値実験

提案した 2 段階合議システムの有効性を次の 5 つの観点から検証する。

1. 2 段階合議システムの優位性
2. 2 段階合議システムのシステム数
3. 先手と後手の勝率における差異
4. 1 段階目と 2 段階目のシステム数増加が勝率に与える影響
5. 他のソフトウェアとの対戦比較

本研究の思考ルーチンは「れさびょん」¹²⁾ を基に Bonanza メソッドと実現確率探索を組み込み、評価関数を節 3・1 の

表 6 合議の組み合わせ

	1 段階目	2 段階目
パターン 1	単純多数決	楽観的合議
パターン 2	楽観的合議	単純多数決
パターン 3	楽観的合議 ×3, 単純多数決 ×2	単純多数決
パターン 4	楽観的合議 ×3, 単純多数決 ×2	楽観的合議

表 7 2 段階合議システムの勝敗

合議アルゴリズム	単純多数決	楽観的合議
パターン 1	19 勝 11 敗	21 勝 9 敗
パターン 2	17 勝 13 敗	20 勝 10 敗
パターン 3	16 勝 14 敗	12 勝 18 敗
パターン 4	17 勝 13 敗	15 勝 15 敗

表 8 2 段階合議システムの勝率

合議アルゴリズム	単純多数決	楽観的合議
パターン 1	56.7%	66.6%
パターン 2	63.3%	70.0%
パターン 3	53.3%	40.0%
パターン 4	56.7%	50.0%

内容に変更したものを使用する。また、評価値に乱数を与えて合議の基となる複数のシステムを作った。

5・1 2 段階合議システムの優位性

本実験の目的は、以下の 2 つである。まず、提案手法である 2 段階合議システムが合議アルゴリズムよりも優位であることを検証する。次にどのような合議の組み合わせが有効であるかを検証する。

5・1・1 実験方法

実験では、組み合わせを変えた 2 段階合議システムをそれぞれ単純多数決・楽観的合議を使用した合議アルゴリズムを相手に 30 回ずつ対戦させる。提案法を先手とした。使用する思考ルーチンは提案法である 2 段階合議システム、通常の合議アルゴリズム両方とも同じものを使っている。

各パラメータの値はシステム数 (n)=15、グループ内のシステム数 (m)=3、グループ数 (k)=5 とした。

合議の組み合わせを表 6 のように与える。パターン 3 は楽観的合議の結果を 3 個、単純多数決の結果を 2 個得たあとにその結果を単純多数決で合議をして最終的な手を決定している。パターン 4 は 2 段階目をパターン 3 の単純多数決から変えて楽観的合議に変更している。

5・1・2 結果と考察

対戦結果の勝敗を表 7 に、勝率を表 8 に示す。結果よりパターン 3 以外はすべて通常の合議アルゴリズムよりも勝率が良かったので、2 段階合議が 1 段階合議より優位であることが判明した。理由は、1 段階目と 2 段階目で合議の方法を変えることでより精度の高い合議ができたからと推察できる。

合議の組み合わせで一番勝率が高かったのがパターン 2

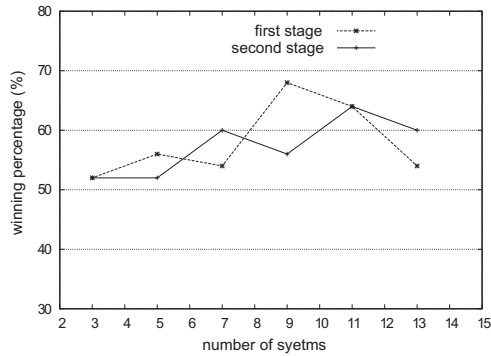


図 6 奇数システムの勝率

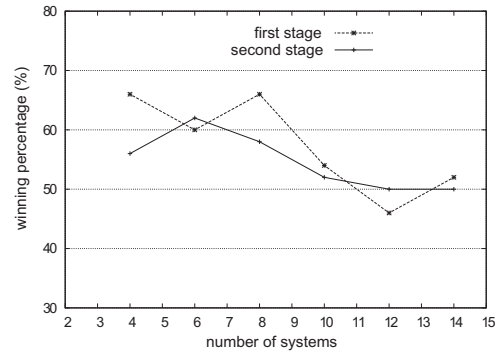


図 7 偶数システムの勝率

であった。1 段階目の楽観的合議で評価値の低い手が排除され、2 段階目の単純多数決で悪手が消えやすいため優位性が増したと考えられる。しかし、パターン 3 とパターン 4 で対楽観的合議の結果が良くなかった。理由として考えられることは、1 段階目の合議を 2 種類で行うにはシステムの数が少なかったことが挙げられる。

以上より、2 段階合議では各段階の合議はそれぞれ 1 種類に限定した方が良い結果が導き出せることがわかった。また、合議の組み合わせは 1 段階目を楽観的合議、2 段階目を単純多数決としたものが最良であるとの結果を得た。

5・2 2 段階合議システムのシステム数

本実験の目的は、節 5・1 で得られた結果を精査することである。具体的には合議の組み合わせを固定し、システム数を徐々に変えて通常の合議アルゴリズムと対戦させることで、最適なシステム数の構成を見つけ出すことである。

5・2・1 実験方法

実験では、2 段階合議システムの 1 段階目を楽観的合議、2 段階目を単純多数決とした。2 段階合議システムのシステム数は 1 段階目を 3 個で固定、2 段階目を 3~14 個とした場合と 1 段階目を 3~14 個、2 段階目を 3 個で固定した場合で実験を行った。それぞれ通常の合議アルゴリズムを相手に 50 回ずつ対戦させた。先手は 2 段階合議システムである。一方の合議アルゴリズムのパラメータはシステム数を 15 個、合議の方法は楽観的合議とした。

5・2・2 結果と考察

対戦結果を図 6 と図 7 のようにシステム数を奇数と偶数に分けて図示してみる。1 段階目、2 段階目ともに奇数のときに勝率が増加しているのがわかる。システム数が奇数の場合、単純多数決で同票になるケースが少なくなる。結果、最良の手を選択する確率が上がるので勝率も増加した、と考えられる。一方、偶数のときに勝率が減少する理由は、同票の意見が提示された場合に良くない方の手を採択する確率が高かったため、と推察される。

最も勝率が良かったシステム数は 1 段階目では 9 個のときでそのときの勝率は 68%、2 段階目では 11 個のときで、勝率は 64%であった。

表 9 先手と後手の勝率 (%)

	先手	後手
1 回目	61	48
2 回目	60	50
3 回目	58	51

表 10 先手と後手の分散分析表

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F ₀ 値
群間	150	1	150	64.285
群内	9.333	4	2.333	
全体	159.333	5		

5・3 先手と後手の勝率による差異

本実験の目的は、2 段階合議システムが先手のときと後手のときの勝率を分析する。また、勝率が低い方の原因を考察し、改善案を考えてみる。

5・3・1 実験方法

2 段階合議システムを通常の合議アルゴリズムを相手に先手と後手でそれぞれ対戦させる。対戦回数は分析の都合上 100×3 回とした。先手と後手が勝率を上げる要因になっているのかを検証する。

図 5 の 2 段階合議システムのパラメータはシステム数 (n) を 99、グループ内のシステム数 (m) を 9、グループ数 (k) を 11 とし、合議の方法は 1 段階目を楽観的合議、2 段階目を単純多数決とした。また、対戦させる図 2 の合議アルゴリズムのシステム数は 99 とし、合議の方法は楽観的合議とした。

5・3・2 結果と考察

対戦結果の勝率を表 9 に示す。また、表 9 を有意水準 1% で一元配置分散分析を行ったときの分析表を表 10 に示す。実験では、群の数 (J) を 3、全ケース数 (I) を 6、各群のケース数 (I_j) を 2 として一元配置分散分析を行った。

表 10 より F₀ 値が 64.285、第 1 自由度が 1、第 2 自由度が 4 なので、α = 0.01 の F 分布に従って有意確率 P は 0.001 となる。有意確率 P-値が 0.001 で有意水準の 0.01 より小さいので 1% の水準で有意であることがわかる。すなわち先手後手は勝率の変動に効果があると考えられる。このことから

先手が勝率を上げる要因になっていると判断できる。

理由として、後手のときには相手の指す手に合わせて自分の指す手を考えるので、設定してある戦型に近づけることが難しくなる。評価関数で戦型に関する項目を加味しているので評価値が低くなり、後手の勝率が低くなると考えられる。この改善として、序盤では戦型に関する項目の重み係数の値を下げ、相手の手に左右されないようにすることが有効な対策になるかもしれない。

5・4 1 段階目と 2 段階目のシステム数増加が勝率に与える影響

2 段階合議システムにおいて 1 段階目と 2 段階目のどちらを優先的にシステム数を増やせば良いかを検証する。

5・4・1 実験方法

節 5・2 同様、2 段階合議システムは 1 段階目を楽観的合議、2 段階目を単純多数決とした。2 段階合議システムのシステム数を 1 段階目 3~20 個、2 段階目を 3 個で固定した場合と 1 段階目を 3 個で固定、2 段階目を 3~20 個とした場合で実験を行った。それぞれ楽観的合議を使った通常の合議アルゴリズムを相手に 50 回ずつ対戦させた。先手は 2 段階合議システムである。そして、得られた結果を基にフリードマン検定で分析を行う。これにより 1 段階目と 2 段階目のどちらのシステム数を優先的に増加させれば良いかを検証する。

5・4・2 結果と考察

実験では、表 5 の種類数 (r) を 18、対象数 (c) を 2 とし処理を行い、表 11 の観測値 (X_{ij}) を得た。表 11 の観測値は、2 段階合議システムを基準とした対戦成績の勝率である。表 11 の対戦結果をもとにフリードマン検定を有意水準 5%で行った。分析結果を表 12 に示す。

表 12 より χ_0^2 値が 0.25、自由度が 1 なので、 χ^2 分布より有意確率 P は 0.617 となる。有意確率 P -値が 0.617 で有意水準の 0.05 より大きいので、1 段階目と 2 段階目のシステム数で特に差はないと判断できる。このことから、システム数を変えるときは 1 段階目と 2 段階目のどちらを優先的に増やしても勝率にさほど影響しないと判断できる。

有意な差が生じなかった理由として、2 段階合議システムのシステム数は全体としての数が大事なので、各段階ごとのシステム数は勝率にはあまり影響しないのであろう。

5・5 他のソフトウェアとの対戦比較

2 段階合議システムを Bonanza、K 将棋、うさびよんを相手に 10 回ずつ対戦させ、その勝敗で優位性を検証する。また、合議アルゴリズムと Bonanza、K 将棋、うさびよんの対戦結果との比較を行うことで提案法の棋力を検証する。

5・5・1 実験方法

2 段階合議システムのパラメータはシステム数を 99、1 段階目を楽観的合議 $\times 9$ 、2 段階目を単純多数決 $\times 11$ で設定した。一方、合議アルゴリズムのパラメータは楽観的合議 $\times 99$ で設定した。思考ルーチンは 2 段階合議システム、合議アルゴリズムともに同じものを使用した。

対戦相手のソフトウェア・バージョンはそれぞれ Bonanza

表 11 1 段階目と 2 段階目のシステム数増加に伴う勝率変化

システム数	1 段階目	2 段階目
3	52%	52%
4	66%	56%
5	56%	52%
6	60%	62%
7	54%	60%
8	66%	58%
9	68%	56%
10	54%	52%
11	64%	64%
12	46%	50%
13	54%	60%
14	52%	50%
15	60%	63%
16	50%	52%
17	60%	64%
18	51%	53%
19	61%	63%
20	52%	51%

表 12 フリードマン検定の分析結果

χ_0^2 値	自由度	P -値
0.25	1	0.617

表 13 他のソフトウェアとの勝敗

	Bonanza	K 将棋	うさびよん
2 段階合議システム	2 勝 8 敗	3 勝 7 敗	5 勝 5 敗
合議アルゴリズム	0 勝 10 敗	1 勝 9 敗	2 勝 8 敗

v4.1.3、K 将棋 v2.8、うさびよん v1.2.4 を使用した。

5・5・2 結果と考察

2 段階合議システムと合議アルゴリズムのそれぞれの対戦結果を表 13 に示す。

2 段階合議システムは他のソフトウェアに負け越していたが、合議アルゴリズムよりも良い結果が得られた。このことから 2 段階合議システムが通常の合議アルゴリズムよりも優位であると判断できる。これ以上の結果を得るためには基本となる思考ルーチンの強化が必須となる。改善案として、評価関数の改善や思考時間の短縮、使用するコンピュータの性能向上などが挙げられる。

6. おわりに

本研究では、合議アルゴリズムを改良した 2 段階合議システムを提案し、その有効性を次の 5 つの観点から検証した。1) 2 段階合議システムの優位性、2) 2 段階合議システムのシステム数、3) 先手と後手の勝率における差異、4) 1 段階目と 2 段階目のシステム数増加が勝率に与える影響、5) 他のソフトウェアとの対戦比較、以上 5 点である。

実験結果から以下の 5 つのことが明らかとなった。1) 2

段階合議システムは通常の合議アルゴリズムよりも優位である。2) 2 段階合議システムのシステム構成は 1 段階目が楽観的合議 ×9、2 段階目が単純多数決 ×11 が最良である。3) 2 段階合議システムでは先手の方が後手よりも有利である。4) システム数は 1 段階目と 2 段階目のどちらを優先的に増やしても勝率にさほど影響しない。5) 2 段階合議システムは通常の合議アルゴリズムよりも優位だが、他のメジャーなソフトウェアには基本となる思考ルーチンの性能で劣っているため良い結果は得られなかった。

今後の課題として次の 2 つが挙げられる。第 1 に、段数を増やすことで精度は増すのか、何段階までの合議が効果的なのか、これらを具体的に検証する必要がある。第 2 に、現在の合議方法では単純に思考時間が長くなってしまふ。思考時間を短縮させる方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) コンピュータ将棋協会:
<http://www.computer-shogi.org>
- 2) 伊藤毅志: “コンピュータ将棋の新しい波 4 合議アルゴリズム「文殊」単純多数決で勝率を上げる新技術”, 情報処理, Vol. 50, No. 9, pp. 887 – 894, 2009.
- 3) 杉山卓弥 他: “将棋における合議アルゴリズム – 局面評価値に基づいた指し手の選択”, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 11, pp. 2048 – 2054, 2010.
- 4) Bonanza - The Computer Shogi Program:
http://www.geocities.co.jp/bonanza_shogi/
- 5) 岸本章宏, 柴原一友, 鈴木豪: ゲーム計算メカニズム – 将棋・囲碁・オセロ・チェスのプログラムはどう動く –, コロナ社, 2010.
- 6) 竹歳正史 他: “コンピュータ将棋における実現確率探索の研究”, 情報処理学会シンポジウム論文集, Vol. 2002, No. 17, pp. 87 – 92, 2002.
- 7) I. Lorge and H. Solomon: “Two Models of Group Behavior in the Solution of Eureka-Type Problems”, *Psychometrika*, Vol. 20, No. 2, pp. 139 – 148, 1955.
- 8) M. E. Shaw: “Comparison of Individuals and Small Groups in the Relational Solution of Complex Problems”, *American Journal of Psychology*, Vol. 44, No.3, pp. 491 – 504, 1932.
- 9) F. B. Said *et al.*: “3-Hirn System: The First Results in Shogi”, *Game Programming Workshop in Japan 2002*, pp. 65 – 72, 2002.
- 10) 永田靖: 入門実験計画法, 日科技連, 2000.
- 11) 石村貞夫: SPSS による分散分析と多重比較の手順, 東京図書, 1997.
- 12) 池泰弘: Java 将棋のアルゴリズム, 工学社, 2007.

(受理 平成 24 年 3 月 19 日)