

将棋の終盤における勝負手探索の応用

梶原 羊一郎¹, 橋本 剛¹, 飯田 弘之^{2,3}

¹ 静岡大学工学部 ² 静岡大学情報学部

³ 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: {cs6501,hasimoto}@cs.inf.shizuoka.ac.jp,

E-mail: iida@cs.inf.shizuoka.ac.jp

概要

チェスライクゲームの最終盤において、コンピュータ側がどう指し手を選んでも結果的に負けてしまうような局面で、いかにコンピュータに相手のミスを誘うような指し手を選ばせるかというのは古くから行われている研究である。本論文では、将棋の最終盤を題材として、いかに相手を間違えさせるかという戦略について論じている。すでにチェスで似たような先行研究が成されているが、それは子ノードで詰みが生じているノードの割合とその詰み手数長の長さに着目していた。ここでは、詰みが生じているノードだけではなく、詰みが生じていないノードについても、その選択性の難しさなどを考慮した戦略を提案する。

A Speculative Play in Shogi Endgame

Yoichiro Kajihara¹, Tsuyoshi Hasimoto¹ and Hiroyuki Iida^{2,3}

¹ Faculty of Engineering, Shizuoka University

² Faculty of Information, Shizuoka University

³ "Information and Systems", PRESTO, Japan Science and Technology Corporation

abstract

One of the factors deciding an outcome of a game is strategic surprises. We may assume that mistakes cause a change in the theoretical outcome of the game, even in games played between shogi grandmasters. Strategic surprises have motivated studies on opponent modeling. The point is to obtain a better result than the one dictated by the minimax strategy. Speculative play in the endgame is an important research area that has received only limited attention in the literature. This paper proposes a new idea for such speculative play in the endgame of shogi. The idea focuses on the decision complexity in selecting a move at any position.

Keywords: Speculative Play, 最終盤, PDS 探索, 詰めろ, 取り返し手;

1 研究背景

近年、コンピュータ将棋の棋力は目覚ましい勢いで向上している。特に将棋の最終盤、とりわけ詰みを発見する能力においては、強い人間プレイヤーを上回る力を発揮している。ところが、コンピュータ側が不利な局面をもった場合に、その局面を挽回しようと相手のミスを誘うような指し手を選ぶ Speculative Play にかけては、コンピュータは人間のスキルには遠く及ばないのが現状である。すでにチェスでは、終盤で人間相手に Speculative Play を行う試みが成されている。[1][2]。チェスにおける先行研究では、子ノードで詰みが生じている場合、詰みが生じているノードの割合とその詰み手数に長さに着目して、親ノードの指し手にボーナス点を与える方法をとっていたが、ここでは、詰みが生じていないノードについても、その選択性の難しさなどを考慮した戦略を提案する。

2 将棋の終盤戦

現在の将棋プログラムにおける終盤戦の戦い方はいくつかの問題点が挙げられる。図 1 はそのうちの 1 つで、Speculative Play の可能性を示唆した局面例でもある。図 1 では今、後手玉に王手がかかっている。ここでの後手の候補手は玉を逃がす手であるが、△ 2 二玉や□ 1 二玉のように下へ逃がす手は、▲ 2 三金の頭金から簡単な詰みである。従って、少しでも攻め方のミス进行を期待するのであれば、□ 3 三玉や□ 3 四玉のように上や横方向に逃がすのが良い。しかしコンピュータの場合は、MIN-MAX 探索において、どの手を選んでも評価値は負けになってしまうので、相手のミス进行を期待する手を意図的に選ぶことができなくなってしまう。

もう 1 つのケースとして、図 2 のような局面が挙げられる。図 2 では現在、後手玉には詰める（実は必至）がかかっている。詰めろを防ぐような適当な受けもないので、後手としては先手玉を詰ますしかないのだが、残念ながら先手玉には詰みはない形である。このように、どの候補手を選んでも負けという局面でコンピュータは、□ 3 九銀や□ 3 九角のような見込みのない王手を選んでしまうことがある。人間の強いプレイヤーならば、そういった見込みのない王手の代わりに □ 1 六桂（取ると □ 1 七銀からの詰み）のような、相手のミス进行を誘うような指し

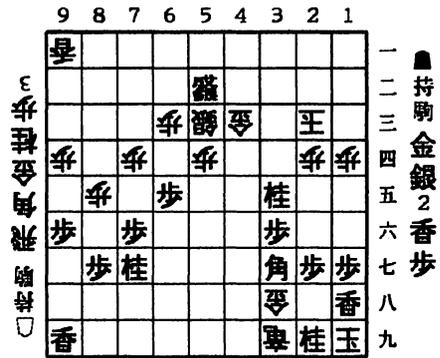


図 1: 守備側の局面例

手を選ぶのであるが、コンピュータにはそれが理解できていない。

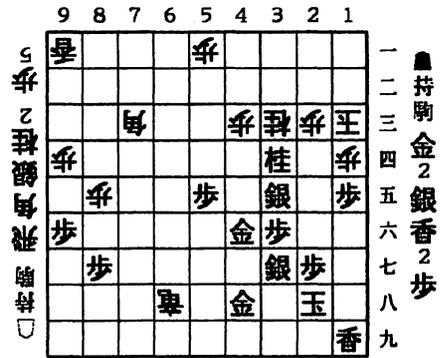


図 2: 攻撃側の局面例

3 予備実験

まず始めに、我々が提案する Speculative Play の理論的根拠を得るために予備実験を行った。表 1 は図 1 におけるいくつかの候補手と、詰みを読みきるまでに探索したノード数、詰みの長さを表している。ここでいうノード数とは、PDS 探索 [3] により詰みを発見するまでに探索したノード数で、一般的に複雑な詰みほどノード数は増大する。この結果から、□ 3 三玉や□ 3 四玉は詰みを読むためのノード数が多く、先手から詰みを発見しにくいことが予想されるので、先手のミス进行を期待するのであれば、これらの手を選ぶのが有効であることが分かる。

次にコンピュータが攻撃側を持った場合について述べる。表 2 は図 2 における代表的な候補手につい

候補手	ノード数	詰みの長さ
1 三玉	1	1
1 二玉	26	3
2 二玉	21	3
3 四玉	253	9
3 三玉	603	11
3 二玉	20	3

表 1: 守備側の候補手

で示している。詰みノード数は、その候補手に対して詰みとなる子ノードの数。全ノード数は、候補手に対する全合法手数を表している。取り返しは、取り返し可能な場合は○、取り返すと詰みになる場合は×で表される。一般的に、人間プレイヤーは取り返しの手を先に読む傾向があるので、取り返しで詰みが生じる場合は、人間プレイヤーにとって間違えやすい候補手であることが考えられる。我々の提案する Speculative Play では、そういった要素も加味して候補手を選ぶこととする。

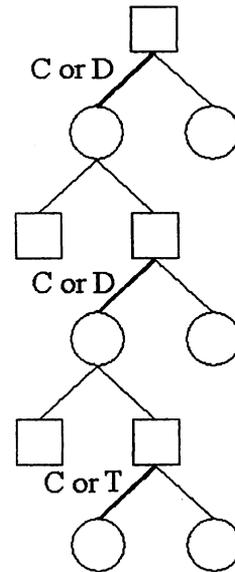


図 3: 終盤のゲーム木

候補手	詰みノード数	全ノード数	取り返し
1 六桂	5	6	×
4 八竜	4	5	○
3 九銀	4	5	○
3 九角	3	4	○

表 2: 攻撃側の候補手

4 Speculative Play

将棋の最終盤におけるゲーム木を簡略化して示すと図 3 のようになる。ここで、C というのは王手 (Check), D は詰めろ防ぎ (Defense), T は詰めろ (Threat mate) を表している。将棋の 1 手スキの攻防は、これらの手の組み合わせによって表現できる。受け方のゲーム木における最終手は、必ず C もしくは T で終わる。

将棋の最終盤で白玉に詰めろがかかった局面を想定すると、それに対する Speculative Play は以下のように分別される。

- **Lv0**
詰めろを回避せず、いきなり相手を詰ましに行く
- **Lv1**
詰めろを回避 (C もしくは D) しつつ適当な

ころで手抜いて相手を詰ましに行く

- **Lv2**
詰めろを回避 (C もしくは D) しつつ適当なところで手抜いて相手に詰めろをかける

ここで言う、適当なところで手抜くとは、白玉にかかっている詰めろを無視して相手玉に迫る手を選ぶことである。つまり、本当は白玉に詰みが生じているのに相手がそれを逃すことを期待する一種の Speculative Play である。なお本論文では、Lv0 の Speculative Play のみ問題局面として取り扱っている。

5 実験

5.1 守備側

守備側のプレイヤーは、全ての子ノードが負けを返すときに、以下の方針によって候補手を選ぶ。これを守備側の Speculative Play と定義する。

- **守備側の Speculative Play**
PDS 探索の結果、白玉の詰みを読むのに最も多くのノードを費やした子ノードを選択する。

これを数式で表現すると次のようになる。ルートノード P においてその評価値 $V_{sp}(P)$ は

$$V_{sp}(P) = \max_i P_n(P_i) \quad (1)$$

$P_n(P_i)$: 子ノード P_i における詰め探索ノード数

コンピュータは $P_n(P_i)$ が最大となる子ノード P_i を選択する。

守備側の Speculative Play の実験は、被験者 A (アマ四段程度)、被験者 B (アマ二段程度)、被験者 C (アマ2級程度) の3名に、相手側に詰みが生じている局面 [8][9] について、Speculative Play が実装されているプログラム Spec と、実装されていないプログラム Non との対戦実験を行ってもらった。実験条件は、コンピュータ側が1手15秒、人間側が1手30秒で行い、同じ局面が生じた場合は、人間側の予備知識が有利に働くことのないように、以前に選んだ手と同じ手を選んでもらうようにした。その実験結果を表3に示す。Non と Spec はそれぞれ対戦実験の対象となるプログラムを表し、○は詰ませた場合、×は詰まし損ねた場合を表す。

	被験者 A		被験者 B		被験者 C	
	Non	Spec	Non	Spec	Non	Spec
#1	○	×	×	×	×	×
#2	○	○	○	○	×	○
#3	○	○	○	○	○	○
#4	○	○	○	○	×	×
#5	○	○	○	○	○	○
#6	○	○	○	○	○	○
#7	○	○	○	×	×	×
#8	○	○	○	○	○	○
#9	○	○	○	×	×	×
#10	×	×	×	×	×	×
#11	○	×	×	×	×	×
Score	10	8	8	6	4	5

表 3: 守備側の Speculative Play の実験結果

表3によると、いくつかの局面において、Spec と Non で結果に差が生じている。つまり、Non が対戦相手のときは詰ますことができた局面でも、Spec が対戦相手の場合には詰まし損ねるといったケースが、被験者 A と被験者 B で2回ずつ見られた。同条件での対戦実験であったことから、結果的に Speculative Play の実装は成功したと言える。ところが、1つだけ Spec の方が悪い結果を出している事例が確認されたので以下に示す。

図4において、Non は□ 2一玉とした。実はこの手は以下5手詰めでコンピュータにとっては簡単な

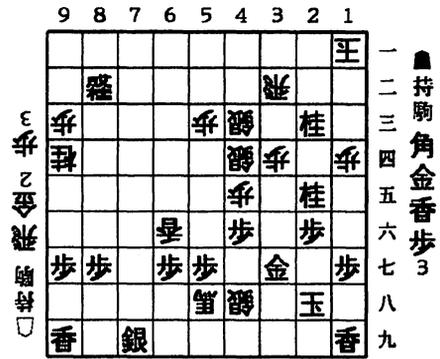


図 4: 守備側の Speculative Play 失敗例

のだが、人間の場合は次の▲ 1一金が読みづらく被験者 C はミスを犯した。それに対して、Spec は□ 1二玉とし、以下11手詰めでコンピュータにとっては複雑であるが、人間にとっては限定打のような手が続くため却って読みやすく、被験者 C は▲ 1三金以下コンピュータを即詰みに討ち取った。

5.2 攻撃側

王手をかけられているプレイヤーがその王手を回避する方法は、大まかに次の3種類に分別される。

- 逃げ手
玉が逃げる手
- 取り返し手
王手している駒を取る手
- 防ぎ手
王手している駒の利きをさえぎる手

攻撃側のプレイヤーは、全ての子ノード P_i が負けを返す場合に、以下の式によって与えられるボーナス点 $V_{sp}(P_i)$ が高い候補手を選ぶこととする。 w_1, w_2, w_3 は重み係数である。なお、式2のボーナス点が1番高い指し手を選ぶプログラムを SpecA、式3のボーナス点が1番高い指し手を選ぶプログラムを SpecB とする。

$$V_{sp}(P_i) = \frac{E_{mate} + R_{mate} + B_{mate}}{E_{all} + R_{all} + B_{all}} \quad (2)$$

$$V_{sp}(P_i) = w_1 \frac{E_{mate}}{E_{all}} + w_2 \frac{R_{mate}}{R_{all}} + w_3 \frac{B_{mate}}{B_{all}} \quad (3)$$

E_{mate} : 逃げ手で詰みになる子ノード数
 E_{all} : 逃げ手に属する全子ノード数
 R_{mate} : 取り返し手で詰みになる子ノード数
 R_{all} : 取り返し手に属する全子ノード数
 B_{mate} : 防ぎ手で詰みになる子ノード数
 B_{all} : 防ぎ手に属する全子ノード数

今回の実験では、SpecB の重み係数 w_1, w_2, w_3 をそれぞれ 100, 200, 100 とした。実験内容は、Non, SpecA, SpecB の 3 種類のプログラムと被験者 A (アマ四段程度) に、自玉に適当な受けがなく相手に詰みのない局面を与え、コンピュータが選んだ手と強い人間プレイヤーが選んだ手を比較した。図 5 はこの攻撃側の戦略がうまく働いた例を示している。

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
王								と		王
								と		
香	香	香						と	と	
				馬						
歩		歩								歩
	歩		歩	銀	歩	歩	歩			
		馬				銀	玉			
香	桂			金	金		桂	香		

左側縦書き: 王, 香, 歩, 馬, 銀, 玉, 桂, 香
 右側縦書き: 王, 香, 歩, 馬, 銀, 玉, 桂, 香
 右側横書き: 一, 二, 三, 四, 五, 六, 七, 八, 九

図 5: 攻め側の Speculative Play 成功例

実際に選んだ手は次の通り

Non	SpecA	SpecB	被験者 A
2七角成	3六桂	1七銀	2七角成

表 4: 図 5 で実際に選んだ手

さらに候補手とそれに対する 3 通りの属性の応手について、全応手数に対する詰みになる応手の割合を表 5 に示す。

図 6 によると、Non も被験者 A も \square 2七角成を選んでいるが、その手に対してはどんなに弱いプレイヤーが指しても取り返しの 1 手である。それ以降の指し手にもよるが、 \square 2七角成に関しては相手にミスする要素が見当たらない。その一方で、SpecB が選んだ \square 1七銀は、受け方の応手が何通りかあり、そのうち \blacksquare 1七同香と取る手は \square 1八金以下の詰みである。 \blacksquare 1七同玉と取る手も \square 3五角と打たれて受けを誤ると詰みである。正解は \blacksquare 1七同桂と取る手

候補手	逃げ手	取り返し手	防ぎ手
2七角成	1 / 1	0 / 1	0 / 0
3八竜	1 / 1	0 / 2	0 / 0
3九銀	2 / 2	0 / 2	0 / 0
1七銀	1 / 1	1 / 3	0 / 0
3六桂	3 / 3	0 / 1	0 / 0
1八金	1 / 1	0 / 2	0 / 0
1七金	1 / 1	1 / 3	0 / 0
1七角	1 / 1	1 / 3	0 / 0
3九角	1 / 1	0 / 2	0 / 0

表 5: 図 5 における候補手

だが、最終的にその手を選ぶには人間側にもある程度の読みは必要である。従って、Speculative Play としては \square 2七角成よりも \square 1七銀の方が優れていると言える。

次にこの戦略が失敗した例を図 6 に示す。

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
王	香	王	馬							王
			香	馬						
香	銀		香	香						香
				馬						
歩	金						香	馬	歩	
	歩		馬	歩						
				馬	歩					
香	桂	玉								香

左側縦書き: 王, 香, 歩, 馬, 銀, 玉, 桂, 香
 右側縦書き: 王, 香, 歩, 馬, 銀, 玉, 桂, 香
 右側横書き: 一, 二, 三, 四, 五, 六, 七, 八, 九

図 6: 攻め側の Speculative Play 失敗例

Non	SpecA	SpecB	被験者 A
8三銀打	7三銀不成	5二竜	8三銀成

表 6: 図 5 で実際に選んだ手

SpecB が選んだ \blacksquare 5二竜は、人間のある程度強いプレイヤーならば、見込みがない手であることはすぐに分かる。実際、被験者 A は \blacksquare 8三銀成とし、取り返しの手には \blacksquare 7五桂以下迫る順を読んでいた。受け方が正確に指せば詰みはないのだが、その過程でミスを犯してしまう可能性は十分考えられる。SpecB が \blacksquare 5二竜のような見込みのない手を選んでしまった要因は、逃げ手、防ぎ手共に全候補手が詰みになってしまうため、取り返して詰まない手を軽視する結果となったためである。従って、SpecB の戦略は確

かにうまく行く場合もあるが、弱い人間プレイヤーにミスさせるためにはあまり適切ではないことが分かった。

候補手	逃げ手	取り返し手	防ぎ手
7三銀成	1/1	0/2	0/0
7三銀不成	2/2	0/2	0/0
8三銀成	1/2	0/1	0/0
8三銀不成	1/2	0/1	0/0
8三角	1/3	0/0	0/0
8三銀打	1/2	0/0	0/0
5二竜	1/1	0/2	1/1

表 7: 図 6 における候補手

理論的には、相手を難しい局面に誘導するには、不詰めを証明するのにかかるノード数が多い局面を選ぶべきだが、実践上不詰めを証明するのは容易ではなく、現実的な方法とは言い難い。そこで玉の安全度(有効王手の数、玉の自由度など)を使った方法も試みてはみたが、同様の結果であった。

6 今後の課題と展望

概ね今回の実験では、コンピュータが守備側をもったときよりも、攻撃側をもったときにより多くの課題を残したと言える。一般的に Speculative Play が成功する状況は、良さそうな手が複数存在するような局面であり、選択の余地のない強制手などを選ぶことは極力避けるべきである。今後はそういった要素も踏まえて Speculative Play の実装を試みたい。また、守備側の Speculative Play の実験結果より、コンピュータにとって難しい手が人間にとっては必ずしもそうではないこと。つまり、詰み手数長さや探索空間の大きさよりも、人間にとって間違えやすいのは、人間が候補手として選びづらい手(盤面の隅に金を打つ手など)が最善手になるような場合であることが分かった。そういった意味では人間の思考プロセスを模倣した確率実現探索 [7] の終盤局面への適用の可能性を示唆している結果とも言える。

付録

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	皇								皇	一
							王			二
▲	飛			飛		飛	飛			三
▲				馬	飛	飛				四
▲	歩	飛	歩							五
▲	龍						歩		歩	六
				金	歩					七
				飛	歩		?			八
				銀	玉	歩	龍	桂	香	九

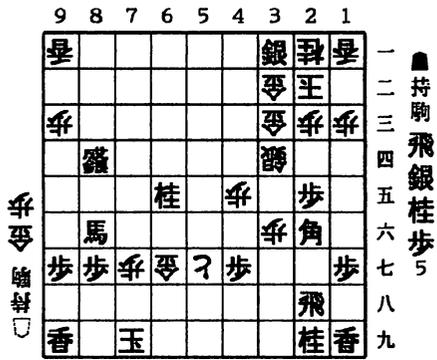
#1

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
									王	一
		龍				龍				二
▲	飛			飛	龍	桂				三
▲	龍				飛	飛		飛		四
					飛	桂				五
			皇	歩	歩					六
	歩	歩	歩	歩	金	歩				七
				龍		玉				八
	香	銀							香	九

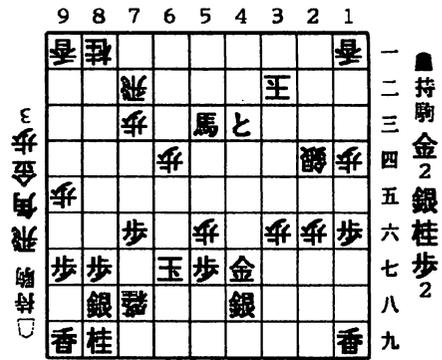
#2

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	皇					角	飛	皇		一
▲	飛	龍				皇	王	飛		二
				馬	飛	飛				三
										四
		歩	歩	歩						五
	歩			飛		歩				六
		龍		玉	桂			歩		七
				銀						八
	香								香	九

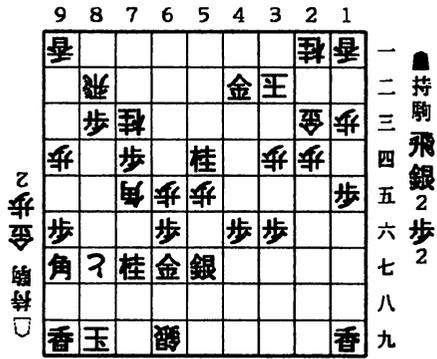
#3



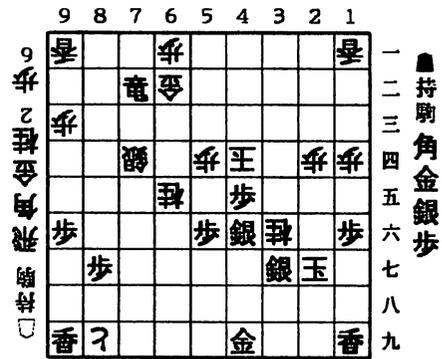
#4



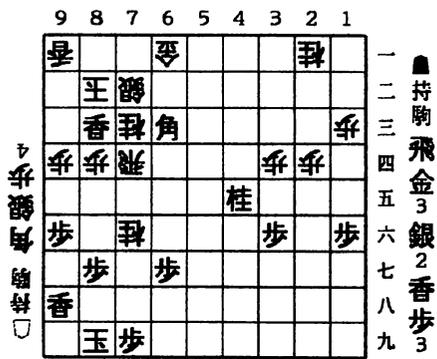
#7



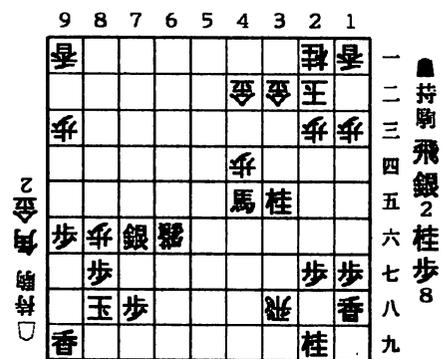
#5



#8



#6



#9

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲							▲		▲	▲
			▲	▲	桂	▲	▲	▲		▲
			▲		歩		▲			
▲				銀						
▲	▲	▲	▲			玉				
					▲					▲
										桂
										香

#10

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲			▲						▲	▲
			▲				と	歩		▲
			▲					▲	▲	
			▲	▲	▲					角
▲	▲					歩				
		▲								
▲	▲	▲	桂	銀	金					歩
		▲	金	玉	▲	▲				
▲				▲						香

#11

参考文献

[1] Jansen, P.J. (1990). Problematic Positions and Speculative Play. *Computers, Chess and Cognition* (eds. T.A. Marsland and J. Schaeffer), pp. 169-181. Springer-Verlag, New York.

[2] Uiterwijk, J.W.H.M. and Herik, H.J. van den (1994). Speculative Play in Computer Chess. *Advances in Computer Chess 7* (eds. H.J. van den Herik, I.S. Herschberg and J.W.H.M. Uiterwijk), pp. 79 - 90. Rijksuniversiteit Limburg, Maastricht.

[3] A. Nagai(1998). A new AND/OR Tree Search Algorithm Using Proof Number and Disproof Number. *Complex Games Lab Workshop*. Also available from <http://www.etl.go.jp/7236/Events/workshop98/>

[4] Xinbo G., Iida H., Uiterwijk J.W.H.M. and Herik H.J.v.d. A Speculative Strategy, in Jaap van den Herik and Hiroyuki Iida (Eds.) Proc. Internat. Conf. on Computers and Games, CG'98, *Lecture Notes in Computer Science*, vol.1558, Springer, Heidelberg, pp.74-93 (1999).

[5] Kajihara Y., Sakuta M., Iida H, Uiterwijk, J.W.H.M., and Herik, H.J. van den (1999). A Speculative Play against Semi-Random Self-Play. *Proceedings of Game Programming Workshop in Japan '99*, Hakone, Japan. pp.109-112.

[6] Y. Kajihara, M. Sakute, and H. Iida (2001). A Turning point in speculative play, *Proceedings of Game Programming Workshop (GPW2001)*, Information Processing Society of Japan, Game Informatics SIG-GI. pp.191-194.

[7] 鶴岡慶雄, 横山大作, 丸山孝志, 近山隆. 局面の実現確率に基づくゲーム木探索アルゴリズム (2001). *Proceedings of Game Programming Workshop (GPW2001)*, pp.17 - 24.

[8] 日浦 市郎 (1996). 投了の真相 プロの実戦即詰み100題 毎日コミュニケーションズ, ISBN:4-89563-650-X

[9] 勝浦 修 (2000). 投了! その後は? 創元社, ISBN:4-422-75074-7