科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成２５年　５月　６日現在

機関番号：１２３０１
研究種目：若手研究（Ｂ）
研究期間：2010～2012
課題番号：２２７００１３４
研究課題名（和文）　将棋の必至問題および最終盤を解くアルゴリズムの研究

研究課題名（英文）　Algorithm to solve Hisshi Problems and Endgames of Shogi

研究代表者
長井　歩（NAGAI AYUMU）
群馬大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：70375567

研究成果の概要（和文）：非常に難解な将棋の必至問題を計算機で多数解いたことである。詰将棋を高速に解くアルゴリズムは近年著しく進歩したが、必至問題を高速に解くアルゴリズムは未開拓であった。本研究では、難解な必至問題を高速に解くアルゴリズムとして df-pn+を応用し実装した。実験の結果、難解な必至問題として有名な『来条克由必至名作集』全 81 問のうち 79 問を計算機で解くことに成功した。また多数の別解（余必至）を発見した。

研究成果の概要（英文）：We solved many hard Hisshi Problems by a computer. While an algorithm to solve Tsume Shogi has greatly advanced, so far an algorithm to solve Hisshi has not advanced so much. We developed an algorithm based on df-pn+ which can solve hard Hisshi Problems. Experimental results on “Kitajyo Hisshi Problems” show that we solved 79 problems out of 81. Besides, we found many different solutions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2010 年度	100,000	30,000	130,000
2011 年度	100,000	30,000	130,000
2012 年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総　計	400,000	120,000	520,000

研究分野：探索アルゴリズム
科研費の分科・細目：情報学・知能情報学
キーワード：将棋、必至問題、アルゴリズム、探索、df-pn

１．研究開始当初の背景

計算機の登場と共にチェスの強いアルゴリズムも研究され、今日では人間の正解チャンピオンを破るまでになった。それに対し、将棋では当時まだ人間のチャンピオンを破るまでには至っていなかった。その大きな理由の一つとして、ゲームの終盤戦の探索空間の広さが挙げられる。将棋では取った相手の駒を自分の持ち駒として再利用できるルールがあるため、持ち駒の増える終盤戦では特に探索空間が広くなる。終盤が短調になるチェスとは全く逆の特徴である。そこで詰将棋プログラム、及びそれを一般化した AND/OR 木探索アルゴリズムが発展してきた。その結果、現在の詰将棋プログラムはプロ棋士かそれ以上の解答能力を持つに至った。現在の将棋ソフトが強くなった要因の一つとして、この詰将棋プログラムをサブルーチンとして頻繁に呼び出していることが挙げられる。しかし詰将棋プログラムがその本領を発揮で

きる機会は意外と少ない。殆どの場合詰まないからである。将棋に「長い詰みより短い必至」という格言があることからも分かるように、華々しい詰将棋ばかりでなく、必至問題を含む幅広い終盤戦に強いプログラムを作成することによって棋力向上が望める。しかしながら、必至プログラムの研究はあまり活発ではない。

２．研究の目的

主要な目的は、難解な必至問題を計算機で解くアルゴリズムの開発と実装である。より具体的には、難解な必至問題として定評のある『来条克由必至名作集』を計算機で解けるようなアルゴリズムの開発と実装を目指した。

３．研究の方法

詰将棋を解くアルゴリズムとして多大な成果を挙げている df-pn アルゴリズムをベースとした探索アルゴリズムを開発した。

従来、必至探索アルゴリズムの方向性としては、研究が活発な詰将棋プログラムを子プログラムとし、それを親プログラムから頻繁に呼び出すという、二段構えのプログラム構造を取ることが多かった。しかしそれではどうしても処理が重くなり、実用性が低かった。それに対し我々は、詰将棋を解くアルゴリズムとして多大な成果を挙げている df-pn を下敷きに、それを発展させる形で必至探索用のアルゴリズムを実装した。

４．研究成果

ここでは２種類の成果について述べる。

１つ目の成果は、詰将棋を解くアルゴリズムの進歩を陰で支えるヒューリスティックスについてである。適切なヒューリスティックスは個々の思考ゲーム特有の事情をうまく吸収し、探索アルゴリズム本来の性能を引き出す意味で重要な技術である。探索アルゴリズムそのものはシンプルなポリシーに基づいたものが望ましい。他の様々な問題への適用性の観点からも、骨格は単純明快であるべきである。しかし実際の思考ゲームに適用する場合、探索アルゴリズムの中に盛り込むことが困難な、それぞれのゲームに特有の事情を、適切なヒューリスティックスの導入によって吸収することにより、探索アルゴリズムが本来持つ潜在的なパフォーマンスを引き出すことができる。そこで、詰将棋を df-pn アルゴリズムで解く際の効率的なヒューリスティックスの組合せについての研究を行った。その結果、ある３つのヒューリスティックスの組合せによって詰将棋を解く速度を２０％以上高速化することに成功した。また、証明数の二重カウントを防ぐための DAG 検出を行うことによって７０％以上のパフォーマンス向上の効果があることを突き止めた。

２つ目の成果は、難解な必至問題を高速に解くアルゴリズムとして df-pn+を応用し実装したことである。特筆すべき工夫は、指し手の生成順序、局面間の優越関係、証明駒・反証駒の拡張、無駄合い処理の拡張である。実験の結果、難解な必至問題として有名な『来条克由必至名作集（以下、来条必至）』全 81 問のうち 79 問を計算機で解くことに成功した。その結果を表１に掲載する。書店で容易に入手可能な必至問題は 3 手必至、大きな書店で探しても一桁の手数までの必至問題である。しかし『来条必至』は最長 37 手という桁違いに難解な必至問題である。

表１　来条必至を解かせた結果

問題番号	作意手数	解答手数	時間 [秒]	局面変更回数
1	21	21	0.13	74748
2	5	7	0.05	26215
3	3	3	0.01	3264
4	5	5	0.02	13866
5	5	5	0.01	6977
6	9	9	0.04	24691
7	11	11	0.03	20706
8	9	9	0.06	35534
9	15	15	0.05	31450
10	15	17	0.20	99861
11	17	17	0.31	175792
12	13	13	0.08	45750
13	15	15	0.09	45640
14	19	29	16.33	7955824
15	15	15	0.28	154278
16	15	15	0.69	359878
17	17	17	0.66	310540
18	17	13	0.02	14654
19	21	21	0.11	57822
20	13	15	1.08	519249
21	19	27	0.50	248004
22	13	15	0.23	129867
23	19	19	0.16	91329
24	19	19	1.83	902761
25	21	21	0.35	197879
26	25	27	1.85	865733
27	19	19	0.17	98220
28	21	21	0.33	185416
29	19	21	1.31	695928
30	35	35	28.60	14013046
31	19	19	1.55	744034
32	25	25	1.09	572156
33	37	37	1.98	1046466
34	1	3	0.12	41342
35	1	1	0.03	17657
36	3	7	0.09	37118
37	3	3	0.03	11889
38	5	5	0.01	6267
39	5	5	0.14	84793
40	5	5	0.03	13543

問題番号	作意手数	解答手数	時間[秒]	局面変更回数
41	5	5	0.24	127117
42	5	5	0.06	31299
43	9	9	0.10	51194
44	7	7	0.12	68869
45	29	29	7.34	3609126
46	9	13	0.92	435446
47	11	13	2.82	1465589
48	11	11	0.33	166175
49	9	9	0.36	179239
50	7	7	0.32	151095
51	7	7	0.06	35131
52	7	9	0.49	223605
53	9	9	0.05	26519
54	9	9	0.09	46817
55	9	9	0.09	42009
56	15	15	0.01	9964
57	9	13	0.50	264758
58	13	13	0.03	18810
59	9	11	1.38	651808
60	13	13	0.02	8311
61	9	19	0.20	101399
62	9	9	0.41	213234
63	9	17	0.74	341852
64	25	11	1.08	608019
65	37	43	2.29	1139130
66	27	31	3.79	1897154
67	27	27	0.98	449499
68	23	23	1.58	754697
69	33	15	0.16	82165
70	23	-	-	-
71	23	29	41.45	18411001
72	33	35	8.35	3688394
73	15	31	12.94	6616399
74	17	17	1.40	706142
75	11	-	-	-
76	9	11	0.35	191593
77	9	25	6.28	2863160
78	13	13	0.97	376682
79	13	29	9.43	4107534
80	11	11	0.15	76806
81	9	11	0.12	66794

これらの必至問題の殆どを 1 秒以内に解いていることは特筆に値する。

解けなかった 2 問（第 70 番、および第 75 番）は問題図に不備があるものと思われる。また、余必至探索にて 4 つの早必至を含む多数の余必至を発見した。余必至とは別解のことであり、余必至はないことが望ましい。必至問題の作者は別解のない問題を作るべく、その検証に多大な時間を注ぎ込み、作品として発表している。その中で表 2 に示すように多数の余必至を発見したことは特筆すべきことである。表 2 のうち多くは軽微な余必至であるが、専門家により「不完全」と評価された 10 の作品は厳しい目で評価すると不完全な作品として扱うべきであることを意味する。特に第 73 番の作品の 9 手目から生じる長手数の余必至のインパクトは大きい。この作品は『来条必至』の中でも作者自身が「本書中最高の作」と評し、専門家も「５本の指に入る最高の作品」と評す作品である。そのような屈指の作品に余必至が発見されたことは特筆に値する。さらにこの余必至の手順の長さ（問題図からだと 71 手）も驚異的で、計算機でこのような必至手順を発見できるようになったことは画期的といえる。

表２　発見した来条必至の余必至

問題番号	作為手数	余必至の開始深さ	余必至	発見手数	評価
1	21	13	２三銀不成	21	(不成)
		19	３二成銀	29	キズ
2	5	5	３四角成	7	キズ
5	5	3	３二金打	13	不完全
		5	３一金	13	小キズ
7	11	7	１四歩打	15	不完全
			２二銀不成	11	(不成)
11	17	9	２一歩成	19	大キズ
12	13	7	６三金打	49	不完全
16	15	13	４四歩	27	キズなし
		15	３三歩打	21	小キズ
17	17	7	９二飛打	17	(非限定)
18	17	9	７二角成	13	不完全 (早必至)
20	13	3	３五香打	15	(非限定)
		13	６三香成	21	キズなし
21	19	17	２二銀不成	23	(不成)
22	13	13	４三金	21	キズなし
24	19	11	２三銀不成	19	(不成)
		15	１四桂	21	キズなし
		17	３四桂	21	キズなし
26	25	11	１二歩不成	27	(不成)
28	21	5	２二角成	21	キズなし
		11	２三銀不成	21	(不成)
		21	３三銀打	21	小キズ
30	35	5	１四歩	29	不完全 (早必至)
		29	１二歩成	43	キズなし
		31	２三金打	51	キズなし
		35	２三金打	59	キズなし
31	19	15	１五香打	19	(非限定)
32	25	23	６三香不成	25	(不成)
33	37	9	１三香成	37	(成)
		37	３二成桂	39	小キズ
45	29	29	３三金打	29	小キズ
47	11	11	３二銀不成	11	(不成)
50	7	1	１五歩打	37	不完全
52	7	5	３二銀不成	7	(不成)
56	15	15	４五角打	15	(非限定)
64	25	5	１四桂打	11	不完全 (早必至)
		23	２三銀不成	25	(不成)
65	37	31	３二角不成	43	(不成)
69	33	7	２二香成	15	不完全 (早必至)
		29	３四馬	37	キズなし
73	15	9	８八角打	71	不完全
		15	２三角成	21	小キズ
74	17	5	７五金上	17	不完全
78	13	3	３四飛打	13	(非限定)
79	13	3	４三飛不成	31	(不成)

この研究の意義として、これは思考ゲームの終盤戦だけに留まる成果ではなく、定理証

明一般に適用できる。その意味で応用範囲は非常に広く、今後の研究の可能性を広げられた意味で意義深い。

５．主な発表論文等
（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計０件）

〔学会発表〕（計２件）

① 長井歩、難解な必至問題を解くアルゴリズムとその実装、第 16 回ゲーム・プログラミング・ワークショップ 2011、2011.11.4、箱根仙石原セミナーハウス
② 長井歩、長手数の詰将棋を解くプログラムを改善するヒューリスティックス、第 15 回ゲーム・プログラミング・ワークショップ 2010、2010.11.13、箱根仙石原セミナーハウス

〔図書〕（計０件）

〔産業財産権〕
○出願状況（計０件）

○取得状況（計０件）

〔その他〕
ホームページ等
なし

６．研究組織
(1)研究代表者
長井　歩（NAGAI AYUMU）
群馬大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：70375567

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし