

平成 21 年 6 月 2 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700129

研究課題名（和文） 量の経験的データから学習した知識を利用する効率的な探索技術の研究

研究課題名（英文） Automated acquisition of empirical knowledge and its application to search techniques

研究代表者

氏名（アルファベット）金子 知適 (Kaneko Tomoyuki)

所属機関・所属部局名・職名 東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号 00345068

研究成果の概要：

大量の経験的データから学習した知識を利用する効率的な探索技術の研究を行った。探索においては対象の知識を活用することで効率が向上することが知られている。本研究により棋譜に残された人間の判断履歴から、80 万次元以上のパラメータを調整し計算機が活用可能な知識とすることが可能となった。

研究成果を将棋プログラムへと応用したところ、現時点で最も強いコンピュータプログラムを作成することができた。

このことは本研究の有用性を示していると考えられる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,200,000	0	1,200,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	270,000	2,370,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：機械学習，ゲームプログラミング

1. 研究開始当初の背景

実世界の「おもしろい」問題をモデル化した問題には多項式時間で解くことができないものが多々あるが、多くのものは探索技術を効果的に用いることでそれらを現実的な時間で解くことができる。そして探索技術が進歩することで、実世界のより有意義な問題が

現実的な時間内に解けると期待されている。探索の効率化において重要な点は対象に関する正しい知識を計算機が利用可能な形で与えることである。それをプログラマが行うことは小さな問題であれば簡単だが、複雑な問題では困難であった。一方で、近年の計算機の計算能力の発展と、機械学習技術の進歩により、人間が判断の際に活用している知識

を自動的に計算機に移植することへの期待が高まっていた。

2. 研究の目的

近年発展している効果的な探索アルゴリズムを対象に、人間の経験的知識を活用することで、さらに効率を向上させるための手法について研究した。

その際に、人間の判断履歴が大量に利用可能な分野を選び、機械学習技術を応用することを目指した。

3. 研究の方法

手順としてはまず、それぞれのアルゴリズムに対してどのような知識が有効であるかを明らかにし、続いて、そのような知識を棋譜や探索木などの大量のデータからの学習によって獲得する手法を研究した。

対象となる探索問題として、適度に複雑でかつ成果が期待できる題材である、将棋と囲碁を選んだ。これらの分野はプロ棋士の棋譜という形で、分野に精通した人間の判断履歴が利用可能である点で本研究に適している。

4. 研究成果

一般には、人間の知識は例外が多く、単純に組み合わせただけでは副作用が多いことが知られている。本研究では棋譜に残された人間の判断に着目し兄弟節点の比較に基づく統計的モデルを立てることでその問題に対処し、機械学習の種々の手法の応用を可能にすることができた。最終的に、獲得した知識を組み込んだプログラムが実際に探索が効率的であり、さらにゲームにおいても実際に強いことを示し、提案手法の有効性を検証した。

コンピュータ将棋においては、トップレベルのプログラムに研究成果を加えることで、従来の半分程度の探索節点数で従来のプログラムに9割程度勝ち越すことができた。その成果を搭載したGPS将棋(*1)は2009年の世界コンピュータ将棋選手権(*2)に出場して、商用ソフトウェアを含めた40以上の参加プログラムの中で優勝し実力を示した。また、コンピュータ将棋同士が全自動で24時間休みなく対局を続けるするfloodgateというサーバにも参戦しており、現在までに2万局以

上の対局を行い優秀な勝率を残している。

第19回世界コンピュータ将棋選手権の結果 決勝の結果

プログラム名	1	2	3	4	5	6	7	勝	負	SB	MD	順位
激指	5 ×	6 ×	7 ○	8 ×	3 ○	4 ×	2 ×	2	5	2	0	6
Bonanza	8 ×	7 ○	6 ×	4 ×	5 ○	3 ×	1 ○	3	4	8	2	5
YSS	7 ×	5 ×	8 ×	6 ×	1 ×	2 ○	4 ×	1	6	3	0	7
KCC将棋	6 ×	8 ×	5 ×	2 ○	7 ○	1 ○	3 ○	4	3	7	3	4
文殊	1 ○	3 ○	4 ○	7 ○	2 ×	8 ×	6 ○	5	2	14	7	3
GPS将棋	4 ○	1 ○	2 ○	3 ○	8 ○	7 ○	5 ×	6	1	17	10	1
習題	3 ○	2 ×	1 ×	5 ×	4 ×	6 ×	8 ×	1	6	1	0	8
大塚将棋	2 ○	4 ○	3 ○	1 ○	6 ×	5 ○	7 ○	6	1	16	10	2

二次予選の結果

プログラム名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	勝	負	SOLG	SB	MD	順位
備後将棋	24 ○	12 ○	6 ×	18 ×	15 ○	2 ×	3 ×	10 ○	13 ○	5	4	42	19	12	11
大塚将棋	23 ○	11 ○	18 ×	16 ×	17 ×	1 ○	7 ○	6 ×	5 ○	6	3	47	24	18	5
楠木将棋	22 ○	10 ○	17 ×	5 ×	7 ×	20 ○	1 ○	4 ○	16 ×	5	4	43	18	12	10
習題	21 ○	9 ○	5 ○	17 ○	18 ○	16 ×	6 ×	3 ×	12 ○	6	3	51	30	19	4
俺の卵	20 ○	8 ○	4 ×	3 ○	13 ○	17 ○	18 ○	12 ×	2 ×	5	4	46	22	13	8
GPS将棋	19 ○	7 ○	1 ○	13 ○	16 ×	11 ○	4 ○	2 ○	17 ×	7	2	48	32	23	3
TACOS	18 ×	6 ×	23 ○	21 ○	3 ○	13 ○	2 ×	17 ×	15 ×	4	5	43	14	8	14
K-Shogi	17 ×	5 ×	22 ○	12 ×	19 ○	21 ○	9 ○	13 ○	18 ○	6	3	37	21	16	6
SPEAR	16 ×	4 ×	15 ○	14 ○	12 ○	18 ×	8 ○	19 ○	21 ○	5	4	45	19	12	9
みさき	15 ○	3 ×	16 ×	24 ○	11 ×	12 ×	22 ○	1 ×	19 ○	4	5	37	10	6	17
マイムープ	14 ○	2 ×	13 ×	15 ○	10 ○	6 ×	12 ×	21 ×	23 ○	4	5	38	13	8	16
A級リーグ進 し率1身	13 ×	1 ×	14 ×	8 ○	9 ○	10 ○	11 ○	5 ×	4 ×	4	5	43	18	8	13
きのお将棋	12 ○	24 ○	11 ○	6 ×	5 ×	7 ×	14 ×	8 ×	1 ×	4	5	42	15	8	15
Shotest	11 ×	23 ○	12 ×	9 ×	21 ×	22 ○	13 ○	20 ○	24 ○	4	5	28	7	4	19
うまげ4.6.2	10 ×	22 ×	9 ×	11 ×	1 ×	19 ○	20 ○	23 ○	7 ○	4	5	29	8	4	18
KCC将棋	9 ○	21 ○	10 ○	2 ○	6 ○	4 ○	17 ○	18 ○	3 ○	9	0	49	49	38	1
文殊	8 ○	20 ○	3 ○	4 ○	2 ○	5 ○	16 ×	7 ○	6 ○	7	2	51	36	26	2
Blunder	7 ○	19 ○	2 ×	1 ○	4 ○	9 ○	5 ○	16 ×	8 ×	5	4	49	22	14	7
ゆめき	6 ×	18 ×	24 ×	22 ○	8 ×	15 ○	23 ○	9 ×	10 ×	3	6	35	5	1	20
WILDCAT	5 ×	17 ×	21 ×	23 ○	24 ○	3 ×	15 ×	14 ×	22 ○	3	6	33	4	1	21
山田将棋	4 ×	16 ×	20 ○	7 ○	14 ○	8 ○	24 ○	11 ○	9 ×	4	5	44	14	7	12
臥龍	3 ×	15 ×	8 ×	19 ×	23 ×	14 ○	10 ×	24 ○	20 ×	0	9	33	0	0	24
あうあう将棋	2 ×	14 ×	7 ×	20 ×	22 ○	24 ×	19 ×	15 ×	11 ×	1	8	31	0	0	23
ym将棋	1 ×	13 ×	19 ○	10 ×	20 ×	23 ○	21 ○	22 ○	14 ×	3	6	28	4	1	22

コンピュータ将棋においては、トップレベルのプログラムに研究成果を加えることで、従

来の半分程度の探索節点数で従来のプログラムに9割程度勝ち越すことができた。その成果を搭載したGPS将棋(*1)は2009年の世界コンピュータ将棋選手権(*2)に出場して、商用ソフトウェアを含めた40以上の参加プログラムの中で優勝し実力を示した。また、コンピュータ将棋同士が全自動で24時間休みなく対局を続けるするfloodgateというサーバにも参戦しており、現在までに2万局以上の対局を行い優秀な勝率を残している。

コンピュータ囲碁においては対局を行うまでにいたらなかったが、コンピュータ囲碁において有力なモンテカルロ木探索というアルゴリズムにおいても、提案手法が有効であることが共同研究により示された。性質がまったく異なる囲碁と将棋という二つの分野において有効性が示されたことにより、本研究は汎用的に様々な分野に応用可能であると考えられる。

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 10 件)

(1) S. Takeuchi, T. Kaneko and K. Yamaguchi, Evaluation of Monte Carlo Tree Search and the Application to Go, IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games (CIG 08), 191 -198, 2008. 査読有

(2) 金子 知適, 山口 和紀, 将棋の棋譜を利用した, 大規模な評価関数の調整, 第 13 回ゲーム・プログラミングワークショップ, 152 -159. 2008. 査読有

(3) 竹内 聖悟, 金子 知適, 山口 和紀, 棋譜データにおける勝率を利用したモンテカルロ木探索の性能評価手法, 第 13 回ゲーム・プログラミングワークショップ, 9 -16. 2008. 査読有

(4) 金子 知適, 田中 哲朗, 山口 和紀, 川合 慧, 駒の関係を利用した将棋の評価関数の学習. 情報処理学会論文誌 Vol.48 No.11 (2007) pp. 3438 -3445 査読有

(5) 竹内 聖悟, 金子 知適, 林 芳樹, 山口 和紀, 川合 慧,

勝率に基づく評価関数の評価と最適化. 情報処理学会論文誌 Vol.48 No.11 (2007) pp. 3446 -3454 査読有

(6) 副田俊介, 美添一樹, 岸本章宏, 金子 知適, 田中哲朗, マーティンミュラー. 証明数と反証数を用いた探索. 情報処理学会論文誌 Vol.48 No.11 (2007) pp. 3455 -3462 査読有

(7) 金子 知適, 兄弟節点の比較に基づく評価関数の調整. 第 12 回ゲーム・プログラミングワークショップ, 9 -16. 2007. 査読有

(8) 竹内 聖悟, 金子 知適, 山口 和紀. 情報量に基づく探索制御手法 -- チェスにおける Singular Extension への応用 --. 第 12 回ゲーム・プログラミングワークショップ, 52 -59. 2007. 査読有

(9) 吉本 晴洋, 岸本 章宏, 金子 知適, 美添 一樹. DFUCT の囲碁への応用について. 第 12 回ゲーム・プログラミングワークショップ, 30 -35. 2007. 査読有

(10) S. Takeuchi, T. Kaneko, K. Yamaguchi and S. Kawai, Visualization and Adjustment of Evaluation Functions Based on Evaluation Values and Win Probability. Twenty-Second Conference on Artificial Intelligence (AAAI07), pages 858 -863, 2007. 査読有

[その他]

情報処理学会論文賞受賞 (4)

情報処理学会山下記念研究賞 (2)

読売新聞(5/6, 5/19 夕刊, 5/26 夕刊, 6/2 夕刊), 朝日新聞(5/13 夕刊), 毎日新聞, 日経新聞(5/15 夕刊), 週刊将棋(5/11, 6/3), 週刊現代(5/25), 将棋世界(6/3), NHK(囲碁将棋ジャーナル 5/16, 5/30)等で GPS 将棋の報道

GPS 将棋 (*1)

<http://gps.tanaka.ecc.u-tokyo.ac.jp/gps-shogi/>

第 19 回世界コンピュータ将棋選手権 (*2)

<http://www.computer-shogi.org/wcsc19/>

コンピュータ将棋協会

<http://www.computer-shogi.org/>

コンピュータ将棋連続対局場所

(floodgate) (*3)

<http://wdoor.c.u-tokyo.ac.jp/shogi/floodgate.html>

<http://wdoor.c.u-tokyo.ac.jp/shogi/floodgate-history.html>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

金子 知適 (Kaneko Tomoyuki)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号 00345068

(2)研究分担者

(3)連携研究者