

Title	Deep証明数探索と詰問題の美観評価
Author(s)	石飛, 太一
Citation	
Issue Date	2016-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/13516
Rights	
Description	Supervisor: 飯田 弘之, 情報科学研究科, 博士

氏 名	石 飛 太 一		
学 位 の 種 類	博士(情報科学)		
学 位 記 番 号	博情第 335 号		
学 位 授 与 年 月 日	平成 28 年 3 月 24 日		
論 文 題 目	Deep Proof-Number Search and Aesthetics of Mating Problems (Deep 証明数探索と詰問題の美観評価)		
論 文 審 査 委 員	主査 飯田 弘之	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	長谷川 忍	同	准教授
	池田 心	同	准教授
	H.Jaap van den Herik	University of Leiden	教授
	金子 知適	東京大学	准教授
	Mohammed Azlan Bin Mohamed Iqbal	Universiti Tenaga Nasional	上級講師

論文の内容の要旨

In this study, we focus on the search indicators used in the search algorithms. The search indicators are the values given in each node in the game tree for guiding the search direction of the search algorithms. The search indicators have been used for developing a strong computer player. However, we hypothesize that there are other potentials. Under this assumption, we tried to consider a new aspect of the search indicators and to confirm its utilization.

Chapter 2 presents the previous works related to the AND/OR tree search and the conspiracy number search. Additionally, we focus on the concomitant search indicators. We explained each algorithm with focus on the search indicators. And, we provided the studies of the search indicators and tried to find the other viewpoints except the original meaning. Then, recent researches of the conspiracy number search present the good hints to us.

Chapter 3 describes a new search algorithm based on proof numbers, named DeepPN. DeepPN has three search indicators (pn, dn, *deep*) and a single parameter, R , that allows a choice between depth-first and best-first behavior. DeepPN employs two types of values, viz., proof numbers and deep values which register the depth of nodes. For measuring the performance of DeepPN, we tested DeepPN on solving Othello endgame positions and on the game of Hex. We achieved two indicative results in Othello and Hex. The algorithm owes its success to the formula in which best-first and depth-first search are applied in a "balanced" way. The results show that DeepPN works better than PN-search in the games which build up a *suitable* tree.

Chapter 4 shows the relationship between the search indicators and the evaluation of the mating problems in shogi (Tsume-shogi). We focused on the aesthetics of tsume-shogi such as interesting,

beautiful and refreshing. Then, it seems a promising approach to focus on the relationship between aesthetic and complexity indicated by the proof and disproof numbers for the assessment of tsume-shogi. The indicator of the disproof number looks more promising than other factors such as the proof number and the number of visited nodes during search when using the tsume-shogi with relatively short steps in the competition. This means that the difficulty of Magire is more critical component for aesthetic.

Keywords: Search indicator, Deep Proof-Number Search, Aesthetics of mating problems, Conspiracy Number Search

論文審査の結果の要旨

本学位論文では、(1) AND/OR 木探索アルゴリズムの新たな発展、(2) 詰め問題を題材として証明数・反証数等の探索指標と感性評価の関係の解明、(3) 共謀数を用いた試合の流れの理解と先行きの予測法について探求した。

AND/OR 木探索はゲーム解決器として重要である。Allis (1994) が Proof-Number Search を考案し、最良優先型アルゴリズムとして実装し、五目並べ等の簡単なゲームを解くことに成功した。その後、深さ優先型の探索アルゴリズム (DF-PN) として改良されたが、Seesaw Effect と呼ばれる根本的な問題は残されたままであった。本研究では、Deep Proof Number Search と名付けた新しい AND/OR 木探索アルゴリズムを考案し、これらの課題を解決すると共に、パラメータの調整により、最良優先型と深さ優先型の両方を柔軟に切り替えることのできるアルゴリズムとして発展させた。

詰め将棋は将棋の詰め問題であり、日本では江戸時代以前から芸術的な作品が知られている。現代でも詰将棋コンテストが定期的開催される等、知的パズルである創作作品の芸術性が評価の対象となっている。本研究では、芸術性などの専門家による感性評価と AND/OR 木探索で得られる探索指標の関係を分析し探索指標について考察した。探索指標には、探索ノード数、証明数、反証数等がある。これらの探索指標は基本的に問題の複雑さ（難解度）を表すものである。特に、反証数が専門家の感性評価と密接な関係にあることがわかった。本研究の分析から、探索指標の大きい難しい問題が高い評価を受けるのではなく、一定以上の難しさと不詰めの証明の難解度（反証数）が重要であるという見解を得た。反証数が十分大きくなると、詰め将棋で重要とされる美観要素が含まれてくる可能性が示唆された。

AND/OR 木探索の証明数の概念は、ミニマックス木探索の共謀数の概念に由来するものである。評価関数が完全になるとき、つまり、ミニマックス木から AND/OR 木の探索へと変換し、共謀数は証明数と等価になる。これらの性質を巧みに利用し、試合の流れを理解する指標として共謀数を用いる手法を考案した。

以上、本論文は、ゲームを題材とした人工知能研究の分野において重要課題を解決したものであり、学術的に貢献するところが大きい。よって博士（情報科学）の学位論文として十分価値あるものと認めた。