

Title	局面難易度推定法の提案および名人の大局観や名局の感性評価への応用
Author(s)	竹内, 章
Citation	
Issue Date	2016-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/13520">http://hdl.handle.net/10119/13520</a>
Rights	
Description	Supervisor:飯田 弘之, 情報科学研究科, 博士

氏名	竹内 章		
学位の種類	博士(情報科学)		
学位記番号	博情第 339 号		
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 24 日		
論文題目	局面難易度推定法の提案および名人の大局観や名局の感性評価への応用		
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
		鶴木 祐史	同 准教授
		池田 心	同 准教授
		鶴岡 慶雅	東京大学 准教授
		松原 仁	公立ほこだて未来大学 教授
		伊藤 毅志	電気通信大学 助教

## 論文の内容の要旨

Although computer shogi has reached the master's level in terms of strength to win, there are performances that only the master can do, such as flexible strategies by global perspectives and resignation respecting aesthetics. The purpose of this study is to clarify an important factor for understanding the master's thinking.

The notion of decision complexity is important to understand the depth of master's thinking in the domain of game playing. This thesis concerns the estimation of decision complexity of game positions based on the concept of conspiracy numbers. The estimation methods are proposed and applied in the domain of shogi to establish the master's global perspectives and aesthetics of well-played games.

Chapter 2 outlines the programming technologies which have been developed in the two-person complete-information games such as chess and shogi. In addition, we describe an overview of computer shogi *Shueso* that has been used for the verification of the proposed ideas in this study.

Chapter 3 presents two estimation methods of decision complexity of game positions in shogi. The number of nodes visited during a search which is restricted to the advantageous positions is similar to the disproof numbers for wins in the proof number search (Allis et al. 1994). Therefore, the first approach indicates the difficulty for wins with focus on the effective branching factor in a game-tree search. The validity of this estimation method can be confirmed by analyzing the initial positions of handicap matches. The analysis results show that the degree of difficulty or decision complexity decreases as computer's performance becomes higher. The second approach for estimating decision complexity uses the correlation coefficient between two evaluation values of the root node and leaf level of a game tree. Search is performed to determine the evaluation value at the root node with focus on the ratio between positive and negative values of position scoring at leaf nodes. We verify the validity of this approach by

self-play tournament of handicap matches. The proposed method is able to identify the balanced games or well-played games by estimating the decision complexity.

Chapter 4 explores the resignation positions identification in shogi. A similar factor to conspiracy numbers or proof numbers is effective to identify the resignation positions. Then, a resignation model was proposed using the effective branching factor of a game-tree search which is restricted to the advantageous positions. In order to confirm the validity of the proposed model, we analyzed actual game positions played by grandmasters, in which they resigned later on. Recognizing that the effective branching factor is reduced, the proposed model can reflect the characteristics of the resignation positions.

Chapter 5 focuses on the artistic assessment of experts by using more insightful information than positional scoring in the minimax tree framework. Several games, played by masters and computers in the domain of shogi, were analyzed while applying the proposed method. The results show that the ratio between positive and negative values of position scoring at leaf nodes can be a practicable factor for decision complexity, and effective information can also be obtained from the velocity and acceleration of this factor. Furthermore, the play of masters and the difficult or interesting positions could be identified by the correlation coefficient of the estimated evaluation values with Kalman filter more clearly.

The proposed decision complexity is useful factor for understanding the master's global perspective and aesthetics of well-played games to impress the spectators. The research results are expected to affect the breakthrough of the expert's thinking and the mechanism of impression in the other fields.

Keywords:

decision complexity, conspiracy number, effective branching factor, resignation positions identification, playing patterns of masters

## 論文審査の結果の要旨

本学位論文は、将棋を題材として局面の難易度に着目することで、名人の大局観メカニズムに関する理解を深め、そして、その機能を実現するための原理および設計方法について探求した。当該分野における重要課題の一つとされる適切な時期での投了に関する数理モデルの構築と実装を行い、プロ棋士レベルの強さと所作を獲得し、コンピュータ将棋がこれまでにない質の高い振る舞いの可能性をもたらした。ゲームを題材として、名人レベルの強さと人間らしい所作をわきまえたより高度な人工知能を実現する新たな分野を開拓したと言える。

本研究のもう一つの重要な貢献として、任意局面での着手決定の難易度の概念をゲーム木探索の枠組みでの定義を与え、その応用として、難易度の時間推移と局面均衡の観点から名局判定器の実現といった従来できなかった新たな可能性を開拓した。ゲーム木探索における有効分岐因子に着目し、その値が大きいほど着手決定の難易度が高くなり、逆に一直線で決着がつく局面では有効分岐因子は減少し 1 に近づく。提案手法の有効性を確認すべく、名局として選別されたプロ棋士の棋譜等を解析した結果、初期局面から均衡が崩れない難解な局面が終了間際まで続く試合は、名局として評価される傾向にあることがわかった。

本研究で提案するアイデアは、ゲーム木探索の  $\alpha\beta$  アルゴリズムにおけるウインドウ設定によって、探索ノード数や共謀数・証明数・反証数といった実践的な探索指標の近似になり得ることに発想の原点がある。つまり、局面の難易度や安定性といった概念は実践的な探索指標によって計測されるべきであるが、名人レベルのプレイをする際の探索空間は膨大であるため、短時間のうちに実践的な指標を計測することは現実的ではないからである。本研究では、探索ノード数を定量的に評価できる指標にするため、有効分岐因子に変換する方法を用いた。また、ルート局面と葉ノード局面群の評価値の相関に着目し、相関が弱いほど難易度が高く、形勢が判り易い局面では相関係数は 1 に近づくことを確認した。

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られた。