

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700267

研究課題名(和文) 分布推定アルゴリズムの対象領域・解表現形式の拡張とその展開

研究課題名(英文) Extension of the Estimation of Distribution Algorithms for Application Areas and Individual Representation

研究代表者

半田 久志 (HANDA, Hisashi)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号：60304333

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、強化学習問題のための分布推定アルゴリズムであるEDA-RLとグラフで個体を表現した分布推定アルゴリズムについて研究を行った。前者については、特に、「スリップの検出と行動補正」と「確率モデルの構造推定」について研究を行った。また、グラフを個体とした新しい分布推定アルゴリズムを構成した。これはグラフカーネルによるカーネル密度分布推定を用いた新しいアルゴリズムである。これらについて、論文誌ならびに国際会議を通して成果発表を行った。また招待講演2件(内海外1件)も行った。

研究成果の概要(英文)：This research project has proposed two sorts of novel Estimation of Distribution Algorithms (EDAs). The first EDA is the Estimation of Distribution Algorithms for solving Reinforcement Learning Algorithms, called EDA-RL. For this algorithm, we have investigated the detection of slip states, and the estimation of the structure of the probabilistic model in the EDA-RL. Another proposed EDA is the EDA for graph-related problems. This algorithm can cope with individuals represented by graphs. By using graph kernels, we do not have to take care of rugged fitness landscapes caused by individual representations. During the project period, we have published journal articles and international conference papers. Moreover, we have two opportunities of the invited talks including a talk in Taiwan.

研究分野：感性情報学・ソフトコンピューティング

科研費の分科・細目：ソフトコンピューティング

キーワード：分布推定アルゴリズム 強化学習問題 グラフ グラフカーネル 進化計算 進化アルゴリズム

### 1. 研究開始当初の背景

分布推定アルゴリズムは、交叉や突然変異といった遺伝操作の代わりに確率モデルを用いた進化計算であり、10年ほど前に提案された新しいアルゴリズムである。分布推定アルゴリズムでは、1) 個体群から良好個体を選択し、2) 良好個体の分布を確率モデルとして推定し、3) この確率モデルから新たな個体群を生成する。分布推定アルゴリズムは確率モデルを使用することにより飛躍的な性能改善が見られており、近年、大いに注目を浴びている。

これまで分布推定アルゴリズムは、関数最適化や組合せ最適化問題で研究が進められており、他の問題領域・解表現については研究されていない。

### 2. 研究の目的

応募者は強化学習問題のための分布推定アルゴリズム EDA-RL を、提案してきた。これは、従来の最適化問題とは異なり、環境との相互作用を必要とする強化学習問題に適用できるように分布推定アルゴリズムの拡張を行ったこと、そして、確率モデルとして自然言語処理の分野でよく用いられている条件付き確率場を用いることにより、従来の強化学習アルゴリズムと比較して EDA-RL が問題規模に対して高いスケラビリティを持つことが高く評価されたことによる。

さらに、新たな分布推定アルゴリズムの拡張として、グラフ構造を有する個体表現を用いた分布推定アルゴリズムの構築を試みる。グラフで表現できる構造化された情報は、バイオインフォマティクスやウェブ、XML 文章など、近年、多岐にわたって見られるようになった。分布推定アルゴリズムを含めた進化計算は、複製・選択を繰り返して探索するアルゴリズムで、非常に拡張性に富んだアルゴリズムであるため、グラフ構造を有する解表現にも適用可能である。しかしながら、まだ有用なアルゴリズムが提案されていない。これは、グラフ構造が持つ表現自由度の高さが災いして、鏡像解のような異なった表現にも関わらず実質的に同一な解が存在したり、逆に、解表現としては軽微な違いであるにもかかわらず全く異なる解が存在するため、有用な遺伝演算が問題依存であったことによる。本応募では、特徴空間上で情報処理を行うことによりこれらの問題を解決する、グラフカーネルを分布推定アルゴリズムに導入した新しいグラフマイニングアルゴリズムを構築する。

### 3. 研究の方法

#### (1) EDA-RL の拡張

「スリップの検出と行動補正」と「確率モデルの構造推定」について研究を行った。

「スリップの検出と行動補正」では、ノイズの影響を除去するための方策を検討する。ノイズの影響と思われる状態遷移をエント

ロピーに基づいて検出し、尤度の高い行動にエピソードデータを書き換える。

「確率モデルの構造推定」では、従来の分布推定アルゴリズムが行っているように、何らかの判断基準をもとに、確率モデルのグラフィカル構造を推定するものである。ここでは、カイ二乗検定などの統計的な方法論を用いることを考えている。EDA-RL はエピソード集団を用いて政策推定するため統計的方法論との親和性が高いと考えている。

(2) 強化学習問題への適用に関する調査  
EDA-RL が対象とする強化学習問題への適用について、調査を行った。具体的には、ビデオゲーム、ボードゲームを題材として問題群について進化学習の有用性を検討した。

(3) グラフカーネルを用いた分布推定アルゴリズム

グラフを個体とする新しい分布推定アルゴリズムを構成した。ギブスサンプリングを用いた個体サンプリング法の導入も行った。GPGPU の実装について検討する。

### 4. 研究成果

EDA-RL については、不完全情報の知覚とモデル構造の更新について、海外の研究者からお声かけがあり、Springer の書籍(分担執筆)にまとめることができた。これは EDA-RL が持つ分布推定アルゴリズムの他分野への拡張が高く評価されたことによると考えている。

強化学習問題適用に向けて、さまざまなゲームを中心とした問題について、調査を行った。多様体学習により、次元縮約が効率的であることがわかった。また深層学習についても検討を加えた。

グラフカーネルを用いた分布推定アルゴリズムについては、その基本的アイデアを招待講演という形で、台湾の国立精華大学にて講演することができた。GPGPU を用いた実装については、勘所が悪かったためか、十分な成果を出すことができなかった。後継の基盤(C)の課題では、Xeon によるメニーコア環境での性能評価を考えている。

### 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 20 件)

- [1] H. Handa: On the coordination system for the dimensionality-reduced inputs of Mario, Proc. 2013 IEEE Symposium on Adaptive Dynamic Programming And Reinforcement Learning (ADPRL), pp. 170-176, 2013 査読有
- [2] H. Handa: Evolution of the weight vectors in Mahjong non-player characters, Proc. 2013 World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC),

- pp.147-152, 2013 査読有
- [3] 半田久志: 知的な振舞いをつくる-ビデオゲームへの多様体学習の適用-, 電気学会誌, Vol. 133. No. 6, pp.356-359, 2013 査読無
- [4] 半田久志: 分布推定アルゴリズムによる強化学習問題の解決, システム/制御/情報, Vol. 57, No. 10, pp. 402-407, 2013 査読無
- [5] H. Handa: Evolutionary Constitution of Othello Player, International Journal of Advancements in Computing Technology, Vol.4, No. 22, pp.223-229, 2012 査読有
- [6] H. Handa: Neuroevolution with manifold learning for playing Mario, International Journal on Bio-Inspired Computation, Vol. 4, No. 1, pp.14-26, 2012 査読有
- [7] N. Baba, Y. Arase, M. Takeda, H. Handa: Utilization of Soft Computing Techniques for Making COMMONS GAME Much More Exciting. Proc. KES 2012, pp.1991-1998, 2012 査読有
- [8] M. Abe, D. Fujioka, H. Handa: A Life Log Collecting System Supported by Smartphone to Model Higher-Level Human Behaviors. Proc. CISIS 2012, pp.665-670, 2012 査読有
- [9] H. Handa: Use of graph kernels in Estimation of Distribution Algorithms. Proc. IEEE Congress on Evolutionary Computation, CD-ROM, 2012 査読有
- [10] H. Handa: Neuroevolution with Manifold Learning for Playing Mario, International Journal of Bio-Inspired Computation, Vol. 4, No.1, pp. 14-26, 2012 査読有
- [11] H. Handa: Moves by Taking Account into Other Players in Othello, Proc. SCIS-ISIS 2012, CD-ROM, 2012, 査読有
- [12] H. Handa: Application of Manifold Learning Methods to Scene Information in Video Games, Proc. SCIS-ISIS 2012, CD-ROM, 2012, 査読有
- [13] H. Handa: Investigation of Robust Solution of Evolutionary Algorithms in Dynamic Environments, Proc. SCIS-ISIS 2012, CD-ROM, 2012, 査読有
- [14] 半田久志: 探索に基づいたソフトウェア工学:SBSE—ソフトウェア工学におけるメタヒューリスティックスの援用-, 知能と情報, Vol. 24, No. 6, pp. 224-229, 2012 査読無
- [15] 染谷博司, 半田久志, 小坏 成一: 確率的最適化の設計技術と適用技術, 電気学会論文誌 C 部門誌, Vol.131, No.1, pp.2-5, 2012 査読無
- [16] H. Handa: On the Effect of Dimensionality Reduction by Manifold Learning for Evolutionary Learning, Evolving Systems, Vol. 2, No. 4, pp.235-247, 2011 査読有
- [17] H. Handa: Dimensionality reduction of scene and enemy information in Mario. Proc. IEEE Congress on Evolutionary Computation, pp.1515-1520, 2011 査読有
- [18] H. Handa: GA Papers on Design of Chemical Compounds with Desired Properties, Proc. International Workshop on Evolutionary Algorithms for Material/Nanomaterial Science, pp. 79-98, 2011 査読無
- [19] H. Handa: Structure Search of Probabilistic Models and Data Correction for EDA-RL, CD-ROM Proc. 2011 IEEE Symposium on Adaptive Dynamic Programming and Reinforcement Learning, 2011 査読有
- [20] 半田久志: 関数最適化のための分布推定アルゴリズム, 知能と情報, Vol.23, No.1, 2011 査読無
- 〔学会発表〕(計 13 件)
- [1] 半田久志: Mario AI における Deep Boltzmann Machine 適用の検討, SICE SSI 2013, 2013.11.18, ピアザホール(滋賀)
- [2] 半田久志: グラフを探索する分布推定アルゴリズムにおけるギブスサンプリング適用の検討, 第 23 回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2013.09.26, 九州大学(福岡)
- [3] 半田久志: 不完全情報ゲームにおける戦略の進化, システム研究会, 2013.06.27, 首都大学東京(東京)
- [4] 半田久志: グラフを対象とした分布推定アルゴリズム, 第 48 回システム工学部会研究会, 2013.03.05, 東京工業大学(東京)
- [5] 半田久志: 2 目的制約充足問題の進化型多目的最適化による解決, 第 55 回自動制御連合講演会, 2012.11.17, 京都大学(京都)
- [6] Hisashi Handa: Network Design by Using Estimation of Distribution Algorithms, 2012 International Symposium on Semiconductor Manufacturing Intelligence, 2012.01.07, 国立精華大学(台湾)招待講演
- [7] 半田久志: ビデオゲームのシーン情報に対する多様体学習法適用の検討, システム研究会, 2011.12.03, 山口大学(山口)
- [8] 半田久志: 探索に基づいたソフトウェア工学, SICE SSI 2011, 2011.11.21, 国立オリンピック記念青少年総合センター(東京)
- [9] 半田久志: 強化学習への Ms.PacMan への適用, 第 27 回ファジィシステムシンポジウム, 2011.09.12, 福井大学(福井)

- [10] 半田久志：オセロプレイヤーの進化的構成の検討，第 1 回進化計算研究会，2011.09.09，東京大学（東京）
- [11] 今津拓哉，半田久志，阿部匡伸：強化学習を用いたコンピュータ将棋における状態表現に関する考察，第 21 回インテリジェント・システム・シンポジウム，2011.09.02，神戸大学（神戸）
- [12] 半田久志：ゲームへの計算知能の応用，2011 IEEE SMC Hiroshima Chapter 若手研究会，2011.07.16，広島市立大学（広島）招待講演
- [13] 半田久志：進化型多目的最適化によるゲームエージェントのスキル付加に関する考察，第 55 回システム制御情報学会発表講演会，2011.05.19，大阪大学（大阪）

〔図書〕(計 2 件)

- [1] 馬場則夫，田中雅博，吉富康成，満倉靖恵，半田久志：ソフトコンピューティングの基礎と応用，共立出版，全 179 ページ，2012
- [2] H. Handa: EDA-RL: EDA with Conditional Random Fields for Solving Reinforcement Learning Problems, in Markov Networks in Evolutionary Computation, Eds. R. Santana, and S. Shakya, Adaptation, Learning, and Optimization, Volume 14, Springer-Verlag, pp. 227-239, 2012 査読有

〔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

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

半田 久志 (HANDA Hisashi)  
 近畿大学・理工学部・准教授  
 研究者番号：60304333

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者