

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20700131

研究課題名(和文) 遺伝的プログラミングを用いたヒューリスティックの機械学習

研究課題名(英文) Automated Generation of Heuristics Using Genetic Programming

研究代表者

福永 Alex (Fukunaga Alex)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：90452002

研究成果の概要(和文)：

ロボットや自律エージェントにおけるタスク割り当てや自動行動計画等の最適化問題および制約充足問題に対する有用なアルゴリズムを開発するのは困難である。本研究は自動プログラミング法の遺伝的プログラミングを用いて、このような問題に対するヒューリスティック(限られた時間内に準最適解を求める場合有用な手法)を自動的に検出・作成するシステムの構築に取り組んだ。大規模クラスタを用いた並列遺伝的プログラミングシステムを実装して、制約充足問題(SAT)に対する新たなヒューリスティックを自動作成した。更に、遺伝的プログラミングを用いて展示場案内ロボットの行動決定ヒューリスティック(コントローラー)を作成した。尚、複数ナップサック問題に対する新たな厳密アルゴリズム、及び、ヒューリスティック法を提案した。

研究成果の概要(英文)：

Developing effective algorithms for constraint satisfaction and optimization, including task allocation and automated planning in robots and autonomous agents, is a difficult problem. We investigated the use of genetic programming for automatically generating heuristics to solve difficult optimization and constraint satisfaction problems. Using a parallel genetic programming system on a large-scale parallel cluster, we generated new, effective heuristics for SAT. We also used genetic programming to generate action selection heuristics for a museum guide robot. In addition, we also developed new exact and heuristic methods for the multiple knapsack problem.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

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：人工知能、進化計算

1. 研究開始当初の背景

ロボットや自律エージェントにおけるタスク割り当てや自動行動計画等の最適化問題および制約充足問題に対する有用なアルゴリズムを開発するのは困難である。一方、ドメイン固有言語 (domain-specific language) で表現可能なプログラムを自然淘汰に基づいたプロセスにより自動的に検出・最適化する遺伝的プログラミング法は以前から研究されており、幅広く応用されている。近年、並列計算機の普及により、並列遺伝的プログラミングを、ヒューリスティックの自動作成のような困難な問題に適用する事が可能になった。

2. 研究の目的

本研究の目的は遺伝的プログラミングを用いて、SAT、複数ナップサック問題、ロボットの行動計画等の困難な問題に対するヒューリスティックを自動作成するシステムの構築を目指した。

3. 研究の方法

本研究は、困難な問題に対するヒューリスティックの自動作成を目指したので、研究手法は基本的に問題を解くプログラム (ソルバ) の実装、及び、ソルバの一部を自動作成する遺伝的プログラミングシステムの構築、そしてその遺伝的プログラミングシステムの実験的評価を行った。

4. 研究成果

研究成果は、主に4つの項目が挙げられる。以下に順に示す。

1) SATヒューリスティックの自動作成

SAT問題とは、与えられた論理式の充足可能性を判定する問題で、スケジューリングや自動行動計画等幅広い応用がある。一方、SATはNP困難な問題であるため、SATに対する様々なヒューリスティックが提案されている。SATに対する新たなヒューリスティックを自動的に作成する並列遺伝的プログラミングシステムを開発した。このシステムを大規模な並列クラスターで実行した結果、既存のヒューリスティックと比べて高性能のヒューリスティックを作成する事ができた。

2) 複数ナップサック問題に対する探索アルゴリズム

複数ナップサック問題はロボットやエージェントへのタスク割り当て等、多くの応用がある組合せ最適化問題である。この問題に対して、進化プログラミングを用いて新たなヒューリスティックを作成するシステムを構築したが、当初の目的であった既存のヒューリスティックより高性能のヒューリスティックの自動作成は達成できなかった。一方、このシステムの構築により得られた知見を基に、複数ナップサック問題に対する新たな厳密アルゴリズム、及び、新たなヒューリスティック法を提案して、これらはそれぞれ既存の厳密手法及びヒューリスティック法より高性能であることを実証した。

更に、複数ナップサック問題の一種の仮想

マシン再配置問題 (VMRP: Virtual Machine Reallocation Problem)に取り込んだ。近年、企業のデータセンターでは仮想マシン技術を用いた「サーバ統合」による保守・運用費用の圧縮に努めている。サーバ統合により統合された仮想サーバを、負荷の変動に対応する為に再配置する際行われる仮想マシンの新たな割り当ての計算がVMRPである。VMRPに対する新たな分枝限定法を開発し、従来の手法に比べて数十倍以上早く最適解を得られる事を示した。

3) ガイドロボットの行動選択ヒューリスティックの自動作成

博物館等の複数の展示物が展示されている展示場内で、一台のガイドロボットが大勢の来客者を効率良く、同時に案内するシステムの構築に取り組んだ。まず、この展示場案内問題をモデル化して、ガイドロボットシステムの評価基準となる目的関数を定義した上で、行動を最適化するヒューリスティックを提案した。このガイドロボットシステムを単純化したシミュレーションを利用した並列進化プログラム法をもちいて、シミュレーションと実機環境両方で性能評価を行った結果、シミュレーションと実機、両方において、自動作成されたヒューリスティックが手作りヒューリスティックより優れた結果を得られる事を実証した。

4) Common Lisp 並列プログラミング環境

Common Lisp プログラミング言語は、遺伝的プログラミング等、「プログラムを操作するプログラム」の実装に適している。Common Lisp で大規模な計算機資源を利用する為、汎用並列計算環境 MPI (Message Passing

Interface) のAPI を Common Lisp で利用可能にする CL-MPI ライブラリを開発して、Lisp による大規模な並列遺伝的プログラミングシステムの実装が可能になった。

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9件)

1. Hiruma H, Fukunaga A, Komiya K, Iba H. Evolving an Effective Robot Tour Guide. Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2011. 査読有
2. Gong Y, Fukunaga A. Distributed Island-Model Genetic Algorithms Using Heterogeneous Parameter Settings. Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2011. 査読有
3. Fukunaga A. A Branch-and-Bound Algorithm for Hard Multiple Knapsack Problems. Annals of Operations Research, Springer, Vol. 184, No. 1, April 2011, pp. 97-119. 査読有
4. Akagi Y, Kishimoto A, Fukunaga A. On Transposition Tables for Single-Agent Search and Planning: Summary of Results. Proceedings of Third Annual Symposium on Combinatorial Search, 2010, pp. 2-9. 査読有
5. Fukunaga A. Search Spaces for Min-Perturbation Repair. Proceedings of the 15th

- International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP-2009), Lecture Note in Computer Science Vol. 5732, Springer, 2009, pp.383-390. 査読有
6. Fukunaga A. A Massively Parallel GP for Discovering Satisfiability Solvers. Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC09), 2009, pp. 1478-1485 査読有
 7. Fukunaga A., Tazoe S. Combining Multiple Representations in a Genetic Algorithm for the Multiple Knapsack Problem. Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC09), 2009, pp. 2423-2430. 査読有
 8. Gong Y, Fukunaga A. Fault Tolerance in Distributed Genetic Algorithms with Tree Topologies. Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC09), 2009, pp. 968-975. 査読有
 9. Fukunaga A. A Parallel, Lisp-Based Genetic Programming System for Discovering Satisfiability Solvers. Proceedings of International Lisp Conference, 2009, pp.137-148. 査読有

[学会発表] (計 9 件)

1. 小宮一樹, 比留間英, Fukunaga A., 伊庭齊志. 遺伝的プログラミングによる展示物案内ロボットの経路最適化. 第4回進化計算

- フロンティア研究会 (SIG-ECF) 北海道大学 2010/10/7-2010/10/8
2. 比留間英, 小宮一樹, Fukunaga A., Bollegala D, 伊庭齊志. 遺伝的プログラミングを用いたロボット案内の最適化 第28回日本ロボット学会 学術講演会 愛知県名古屋市 2010/9/24
 3. Gong Y, Fukunaga A. ロバストな分散 GA 第4回進化計算フロンティア研究会 (SIG-ECF) 東京工業大学大岡山キャンパス 2010/6/4-2010/6/5 (ポスター)
 4. 赤木維磨, 岸本章宏, Fukunaga A. IDA*探索におけるトランスポジションテーブルについて 第24回人工知能学会全国大会 長崎県長崎市 2010/6/9-2010/6/11
 5. 田添聡士, Fukunaga A. 「仮想マシン再配置問題に対する厳密アルゴリズム」 情報処理学会 数理モデル化と問題解決 (MPS) 研究会第76回研究会・電気通信大学 2009/12/17
 6. Fukunaga A. 進化プログラミングを用いた制約充足問題に対する間接的な解決法. 人工知能学会第2回進化計算フロンティア研究会 (SIG-ECF) 東京大学本郷キャンパス 2009/10/2-2009/10/3
 7. 執行恵太, Fukunaga A., 柳瀬利彦, 伊庭齊志. 伝的プログラミングを用いた巡回案内ロボットの行動学習 人工知能学会第2回進化計算フロンティア研究会 (SIG-ECF) 東京大学本郷キャンパス 2009/10/2-2009/10/3
 8. Fukunaga A., 伊庭 齊志, 柳瀬 利彦. 大勢の聴衆に対応するガイドロボッ

トのゴール選択法について 第27
回日本ロボット学会学術講演会 神
奈川県横浜市 2009/9/15-2009/9/17

9. Fukunaga A, 網代 育大 VM再配置問
題に対する厳密手法及びハイブリッ
ド手法 第23回人工知能学会全国
大会 香川県高松市
2009/6/17-2009/6/19

[その他]
ホームページ等

CL-MPI (Common Lisp MPI Bindings) プロジ
ェクトホームページ
<http://code.google.com/p/cl-mpi>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福永 Alex (Fukunaga Alex)
東京大学・大学院総合文化研究科・准教授
研究者番号：90452002

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし