

機関番号：17701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20700211

研究課題名(和文) 複数解・ロバスト解探索アルゴリズムの開発および点字翻訳用知識ベース最適化への応用

研究課題名(英文) Development of algorithms for multiple and robust solution search and Their Applications to Knowledge-Base Optimization in Japanese-Braille Translation

研究代表者

小野 智司 (ONO SATOSHI)

鹿児島大学・理工学研究科(工学系)・助教

研究者番号：90363605

研究成果の概要(和文)：

単一の最適解のみではなく、複数の有望な准最適解を同時に発見するアルゴリズム、およびノイズなどによる設計変数の変動に対して高いロバスト性を有する解を発見するアルゴリズムを開発した。日本語点字翻訳問題における知識ベースの構築において、距離の定義を最適化問題として定式化し、開発したアルゴリズムを適用できることを示した。また、点字翻訳問題に限らず、様々な問題に応用できることを示した。

研究成果の概要(英文)：

This research proposed algorithms which search for promising, quasi-optimal solutions in addition to optimal solutions, and which search for solutions robust against small perturbations of design variables. This research also showed that a problem of defining similarity metric in knowledge base construction for Japanese-Braille translation could be formulated as an optimization problem, and that the proposed algorithms could be applied to this problem and other problems.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度			
2007年度			
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：Ant Colony Optimization / Particle Swarm Optimization / ロバスト解探索 / 分散並列計算 / 日本語点字翻訳 / 最適化アルゴリズム / 群知能 / 複数解探索

## 1. 研究開始当初の背景

遺伝的アルゴリズムや群知能などの進化計算法は、様々な種類の設計変数を扱えるこ

と、高次元の問題で探索性能が優れることなどの利点を持つことから、実世界の様々な問題に適用されている。進化計算分野で提案されている高性能なアルゴリズムは、高次元、

制約付き、変数間依存性を持つなどの特徴を持つ実世界問題でも最適解を発見できるものの、以下のような問題点がある。

- 正確なモデル化が困難な問題では、発見した最適解が望ましい解であるとは限らない。
- 正確なモデルの上で得られた最適解であっても、実世界では誤差などの影響を受ける。

例えば、形状・寸法最適化、トラス構造最適化などの建築分野の問題では、免疫アルゴリズムの研究が行われている。免疫アルゴリズムは同時に複数の準最適解を探索可能であり、得られた複数の解を設計者が評価し、好ましい解を選択できる。また、機械部品設計や電力制御の分野では、最適解ではなくロバスト解の発見が望まれており、Six Sigma法などのアルゴリズムが提案されている。

複数の解やロバスト解の効率的な発見は分野に依存しない共通の課題である。進化計算法は多点探索であり、複数解の発見やロバスト解の発見に適していると考えられ、ロバスト解を含む複数解の発見を目的とした実用性の高い汎用の最適化アルゴリズムの開発が望まれている。

日本語点字翻訳は、日本語自体の曖昧さおよび点字翻訳特有の規則により、計算機による完全自動化が困難な問題である。応募者はこれまでに、一般的な規則をルールとして、例外的な規則を事例として表現し、事例とルールからなる知識ベースを用いて精度と速度を両立した点字翻訳を行う方式を開発した。また、事例・ルール間で知識変換を行う自己最適化知識ベースの研究を行ってきた。しかし、従来のルール生成法では粒度の荒いルールの生成が困難であり、事例数が膨大になった場合に点字翻訳速度を改善できない問題点があり、知識ベース最適化法の改良が必要となっている。

## 2. 研究の目的

応募者がこれまでに提案している探索空間変形法を拡張し、有用な準最適解およびロバスト解を含めた複数の解を探索するアルゴリズムの開発を行う。また、各応用分野の研究者がアルゴリズム開発に労力を割かず、問題のモデル化に注力できるよう、実用的なアルゴリズムを提供することを目指す。

開発したアルゴリズムを日本語点字翻訳に適用し、精度と速度を両立した知識ベースの構築を試みる。構築した知識ベースは点字翻訳システムに実装し、オンライン点字翻訳

サービスを公開する。

## 3. 研究の方法

上記の背景と目的に基づき、本研究では、以下のような展開を図る。

### (1) 複数解、ロバスト解発見アルゴリズムの開発。

探索空間の変形により、複数の有望な準最適解の発見を容易にする方式を開発する。また、勾配に基づく局所探索と実数遺伝的アルゴリズムとのハイブリッドアルゴリズムを開発する。

また、粒子群最適化アルゴリズムと勾配に基づく局所探索とのハイブリッドに基づくアルゴリズムを開発する。

### (2) 日本語点字翻訳への応用

開発したアルゴリズムを日本語点字翻訳システムで使用されている知識ベースの最適化に応用する。

まず、距離の定義を行う際の各属性の重み付けを最適化問題として定式化し、開発したアルゴリズムを応用する。次に、事例・ルール間の知識変換を最適化問題として定式化し、開発したアルゴリズムを応用する。

## 4. 研究成果

### 複数解発見アルゴリズム

#### 多目的最適化アルゴリズム

連続値の設計変数を持つ問題を対象として、実数値 GA と勾配に基づく局所探索のハイブリッドに基づくロバスト最適化アルゴリズムは高次元の問題であっても高いシグマレベルのロバスト解を発見できることを確認した。また、PSO に基づくロバスト最適化アルゴリズムも同様に、5次元程度の問題までロバスト性の高い解を発見できることを確認した。上記の研究に関し、国際会議 14th International Symposium on Artificial Life And Robotics にて Young author Award を受賞した。

二値の設計変数を持つ問題を対象として、多目的免疫アルゴリズム、および、蟻コロニー最適化アルゴリズムを提案し、連合大会講演奨励賞（電子情報通信学会九州支部）を受賞した。

アルゴリズムの応用に関する研究で、国際会議 15th International Symposium on Artificial Life And Robotics 2010 の Best Paper Award, 2009 年度芸術科学会論文誌第 8 回論文賞, 2008 年度人工知能学会研究会優

秀賞を受賞した。

日本語点字翻訳システムにおいて、事例ベース推論の際に用いる距離の定義において、属性の重みの最適化を行うことで、点字翻訳のエラーが減少することを確認した。また、点字翻訳システムをコンピュータおよび携帯電話から利用できるように、Web上で公開した。上記の研究成果に関し、電気関係学会第61回九州支部連合大会で情報処理学会九州支部講演賞を受賞した。

事例ルール間変換問題を最適化問題として定式化し、開発したアルゴリズムが適用可能であることを示した。

開発した日本語点字翻訳システムは、今後、言語グリッド

(<http://langrid.nict.go.jp/jp/>) で利用可能となるよう、サービスとしての提供を開始する予定である。

## 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17件)

(1)池水孝幸, 小野智司, 森重綾太, 中山茂, 飯村伊智郎: "Binary Ant Colony Optimization における女王蟻戦略の有効性の検討", 知能と情報 日本知能情報ファジィ学会論文誌, Vol.22, No.6, pp.150-163 (2010) (査読有).

(2)Ono, S., Hirotsu, Y., and Nakayama, S.: "A Memetic Algorithm for Robust Optimal Solution Search - Hybridization of Multi-Objective Genetic Algorithm and Quasi-Newton Method", International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 5, No. 12 (B), pp. 5011-5019 (Revised Selected paper from ISII2008) (2009) (査読有).

(3)Ono, S., Yoshitake, Y., Nakayama, S.: "Robust optimization using multi-objective particle swarm optimization", Artificial Life and Robotics (Selected paper from ISAROB 2009), Vol. 14, No. 2, pp. 174-177 (2009) (査読有).

(4)Imabeppu, T., Nakayama, S., Ono, S.: "Experimental Study on Pair Swap Strategy in Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm", Journal of Advanced

Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.13, No.2, pp.97-108 (2009) (査読有).

(5)今別府考洋, 小野智司, 森重綾太, 黒瀬元義, 中山茂: "Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm における移住操作と対交換操作の比較検討 - 回転角度単位パラメータへの依存度合の評価", 人工知能学会論文誌, Vol. 24, No. 2, pp. 250-262 (2009) (査読有).

(6)森重綾太, 小野智司, 飯間等, 中山茂: "ビンパッキング問題における免疫アルゴリズムの有効性の検討", 知能と情報 日本知能情報ファジィ学会論文誌, Vol.20, No.6, pp.34-45 (2008) (査読有).

[学会発表] (計51件)

(1)El-fiky, M. Ono, S., Nakayama, S.: "Study on discrete adiabatic quantum computation in 3-SAT problems", International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 16th '11), 大分県別府市, (2011.1.27).

(2)El-Fiky, M. Ono, S., Nakayama, S.: "Discrete Adiabatic Quantum Computation with Quadric Variation", Second World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC2010), pp. 593-597, 福岡県北九州市 (2010.12.17).

(3)篠原 悠, 小野智司, 中山 茂: "関数最適化問題における量子的振る舞いをもつ粒子群最適化の研究", 電気関係学会第63回九州支部連合大会, 09-1P-13, 福岡県福岡市 (2010.9.25).

(4)小野智司, 森重綾太, 中山 茂: "多目的0-1 ナップザック問題における多目的免疫アルゴリズムの有効性の検討", 電気関係学会第63回九州支部連合大会, 09-1P-01, 福岡県福岡市 (2010.9.25).

(5)モハメッド エルフィキ, 小野智司, 中山 茂: "充足可能性問題における離散断熱量子計算の研究", 電気関係学会第63回九州支部連合大会, 02-1A-04, 福岡県福岡市 (2010.9.25)

(6)森重綾太, 小野智司, 中山茂: "多目的最適化問題における免疫アルゴリズムの研究", 電子情報通信学会技術報告 ソフトウェアサイエンス, Vol. 109, No. 456, pp.109-114, 鹿児島県鹿児島市 (2010. 3. 8).

(7)水野一徳, 小野智司, 西原清一: "多集団型 Ant System による制約充足問題の解法", 人工知能学会 第2回進化計算フロンティア研究会, pp. 35-40, 東京都文京区 (2009. 10. 2).

(8)小野智司, 今別府考洋, 森重綾太, 中山茂: "量子ビット表現を用いた進化アルゴリズムと対交換戦略", 人工知能学会 第2回進化計算フロンティア研究会, pp. 41-46, 東京都文京区 (2009. 10. 2).

(9)具志堅悠太, 小野智司, 中山茂: "多目的 Particle Swarm Optimization を用いた複数ロバスト解探索", 電気関係学会第62回九州支部連合大会, 09-1A-01, 福岡県飯塚市 (2009. 9. 28).

(10)森重綾太, 小野智司, 中山茂: "多目的0-1 ナップザック問題における免疫アルゴリズムの有効性の検討", 電気関係学会第62回九州支部連合大会, 09-1A-08, 福岡県飯塚市 (2009. 9. 28).

(11)El-Fiky, M. Ono, S., Nakayama, S.: "Study on Quantum Heuristic Search in an NP-Hard Problem", ICROS-SICE International Joint Conference 2009 (ICCAS-SICE 2009), pp. 2550-2555, 福岡県福岡市 (2009. 8. 19).

(12)Ono, S., Nakayama, S.: "Multi-Objective Particle Swarm Optimization for Robust Optimization and Its Hybridization with Gradient Search", IEEE Congress on Evolutionary Computation 2009, pp. 1629-1636, Trondheim, Norway (2009. 5. 20).

(13)Ono, S., Yoshitake, Y., Nakayama, S.: "Robust Optimization Using Multi-Objective Particle Swarm Optimization", International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 14th '09), pp. 381-384, 大分県別府市 (2009. 2. 5).

(14)Iwakawa, T., Ono, S., Nakayama, S.: "Development of Programming Language Espase and Its Application to Parallel and Distributed Evolutionary Computation", International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 14th '09), pp. 369-372, 大分県別府市 (2009. 2. 5).

(15)Ono, S., Hirotsu, Y., Nakayama, S.: "A Memetic Algorithm for Robust Optimal Solution Search --- Hybridization of Multi-Objective Genetic Algorithm and Quasi-Newton Method", 2008 International Symposium on Intelligent Informatics (ISII2008), p. 120, 熊本県熊本市 (2008. 12. 12).

(16)小野智司, 吉武洋平, 廣谷裕介, 中山茂: "進化計算法を用いたロバスト最適化", 人工知能学会第83回知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS), SIG-KBS-A802-02, pp. 5-10, 鹿児島県霧島市 (2008. 11. 20).

(17)小野智司, 山崎節, 窪田香奈, 中山茂: "適応的知識ベースを用いた日本語点字翻訳", 電気関係学会第61回九州支部連合大会, 09-1P-09, 大分県大分市 (2008. 9. 24).

(18)小野智司, 吉武洋平, 中山茂: "Multi-Objective Particle Swarm Optimization を用いたロバスト最適化", 電気関係学会第61回九州支部連合大会, 09-1A-06, 大分県大分市 (2008. 9. 24)..

(19)池水貴幸, 小野智司, 中山茂: "Binary Ant Colony Optimization における女王蟻戦略", 電気関係学会第61回九州支部連合大会, 09-1A-01, 大分県大分市 (2008. 9. 24).

(20)黒瀬元義, 小野智司, 中山茂: "Particle Swarm Optimization の集合分割問題への適用", 電気関係学会第61回九州支部連合大会, 09-1A-05, 大分県大分市 (2008. 9. 24).

(21)Mohamed, E., Ono, S., Nakayama, S.: "Experimental study on Quantum heuristic search in an NP-hard problem", 電気関係学会第61回九州支部連合大会 International Session, 12-1A-03, 大分県大分市 (2008. 9. 24).

(22) 小野智司, 岩川建彦, 中山茂: "Privacy Grid: 私的な情報を安全に利用する分散問題解決", 電子情報通信学会技術研究報告 情報通信マネジメント研究会, Vol. 108, No. 24, pp. 83-88, 鹿児島県鹿児島市 (2008. 5. 8).

(23) 岩川建彦, 小野智司, 中山茂: "分散処理のための Espace 言語の開発", 電子情報通信学会技術研究報告 情報通信マネジメント研究会, Vol. 108, No. 24, pp. 7-12, 鹿児島県鹿児島市 (2008. 5. 8).

(24) 武田和夫, 小野智司, 中山茂: "異機種混合並列計算ミドルウェア JSGrid", 電子情報通信学会技術研究報告 情報通信マネジメント研究会, Vol. 108, No. 24, pp. 1-6, 鹿児島県鹿児島市 (2008. 5. 8).

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称: 透かし情報埋込装置、透かし情報処理システム、透かし情報埋込方法、及びプログラム

発明者: 小野智司, 中山茂, 津々見誠

権利者: 国立大学法人 鹿児島大学, 小野智司, 中山茂, 津々見誠, A・T コミュニケーションズ株式会社

種類: 特許

番号: 特開 2011-15431

出願年月日: 2010 年 6 月 2 日

国内外の別: 国内

名称: 透かし情報埋込装置、透かし情報処理システム、透かし情報埋込方法、及びプログラム

発明者: 小野智司, 中山茂, 津々見誠

権利者: 国立大学法人 鹿児島大学, 小野智司, 中山茂, 津々見誠, A・T コミュニケーションズ株式会社

種類: 特許

番号: 特願 2010-200387 (2010. 9. 7)

出願年月日: 2010 年 9 月 7 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 2 件)

名称: 透かし情報埋込装置、透かし情報処理システム、透かし情報埋込方法、及びプログラム

発明者: 小野智司, 中山茂, 津々見誠

権利者: 国立大学法人 鹿児島大学, 小野智司, 中山茂, 津々見誠, A・T コミュニケー

ションズ株式会社

種類: 特許

番号: 特特許第 4713691 号

出願年月日: 2011 年 4 月 1 日

国内外の別: 国内

名称: 画像処理装置、画像処理方法、及びプログラム

発明者: 中山茂, 小野智司, 村田晋之介

権利者: 国立大学法人 鹿児島大学, 中山茂, 小野智司, 村田晋之介

種類: 特許

番号: 第 4231927 号

取得年月日: 2008 年 12 月 19 日

国内外の別: 国内

[その他]

日本語点字翻訳サービス (試験公開中)

<http://mediaeng.ibe.kagoshima-u.ac.jp/enji/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野 智司 (ONO SATOSHI)

鹿児島大学・理工学研究科 (工学系)・准教授

研究者番号: 90363605