



Title	粒子群最適化に基づく巡回セールスマン問題に対する近似解法に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	本庄, 将也
Citation	北海道大学. 博士(情報科学) 甲第12400号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/63267">http://hdl.handle.net/2115/63267</a>
Rights(URL)	<a href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Masaya_Honjo_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 本庄 将也

### 学 位 論 文 題 名

粒子群最適化に基づく巡回セールスマン問題に対する近似解法に関する研究  
( Studies on Search Heuristics for Solving Traveling Salesman Problem Based on Particle Swarm Optimization )

巡回セールスマン問題 (Traveling Salesman Problem, TSP) は古くから研究されている組合せ最適化問題の一つであり, 訪問すべき都市群と都市間の距離が与えられたとき, すべての都市を一度ずつ訪問して出発した都市に戻る経路 (巡回路) の中で総経路長が最も小さい巡回路を見つける問題である. TSP の定義は単純であるが, 複雑性クラスは NP 困難に属しており, 実時間内に厳密解を得ることが一般的に困難である. TSP は運搬経路計画, 遺伝子地図, X 線結晶構造解析, VLSI 設計など広い分野で応用されており, 総経路長の小さい解を短時間で求める手法の研究が古くから盛んに研究されている.

一方, 近年注目されている実数値最適化手法の一つに粒子群最適化 (Particle Swarm Optimization, PSO) がある. PSO では, 解空間を動き回る複数の探索単位 (粒子) が自身のそれまでの探索で発見した最良解 (pbest) と群全体の中での最良解 (gbest) の情報を共有しながら探索を進める. このとき, 各粒子には pbest と gbest への引力が働き, これまでに発見された良い解の近傍を中心に探索する傾向がある. PSO は多くの多峰性の大域的最適化問題に対して, 最適解もしくは準最適解を実用的な計算時間内に求めることが可能なことが示されている. また, そのアルゴリズムが非常に単純であることも特徴である. しかし, PSO は組合せ最適化問題である TSP にそのまま適用することは難しい. これまでに, いくつかの TSP 向けに改良された PSO が提案されているが, 総経路長が小さな解を得るためには非常に長い時間が必要なことや, アルゴリズムの空間計算量が大きいことなどから, 非実用的である. 本研究では, 解空間上に複数の粒子が存在し, それらが互いの最良解から影響を受けて移動しながら解探索を進める近似解法を PSO 戦略と定義し, PSO 戦略を用いて TSP を解く挿入操作 PSO 戦略を提案する. また, 提案手法といくつかの代表的なメタヒューリスティクスとを比較し, 提案手法の有効性を示す.

本論文では, TSP に対して短時間で良い解を得ることができる手法の開発を目的として, PSO を基にしたアルゴリズムである挿入操作 PSO 戦略を提案する. 提案手法では, 粒子の解候補は実数値ベクトルではなく巡回路として表現され, 粒子間の相互作用は部分経路挿入によって行われる. この変更により, PSO の pbest と gbest の周囲を探索するというポリシーを継承しながら, TSP を解くことを可能にする. また, 提案手法の特徴や有効性を議論するために数値計算実験を行う. まず, パラメータと得られる解の良さと必要な時間の関係について調査し, パラメータ調整の指針を示す. 次に, 各ベンチマーク問題に対して提案手法と GA などの代表的なメタヒューリスティクスを適用し, 提案手法がこれらの手法より短時間で良い解を求められることを示す. これらの実験から得られた知見をもとに, さらに高精度な解を得るために, 粒子間通信を制限した挿入操作 PSO 戦略を提案し, 数値計算実験から目的が達成できたことを示す. そして, 提案手法のさらなる高速化として, アルゴリズムの並列化について検討する. 粒子の更新が探索の大部分を占めていることと, それらが独立に

処理されていることに着目し、これらをスレッドを用いて並列処理することで、大幅な計算時間の削減が可能であることを示す。

本論文は全 7 章で構成される。第 1 章では研究背景および目的を述べ、提案手法のアプローチについて説明する。第 2 章では巡回セールスマン問題の定義や種類、問題の難しさ、従来解法などについて述べる。第 3 章では提案手法のベースとなっている粒子群最適化について説明する。また、粒子群最適化を基にした巡回セールスマン問題の解法についての従来研究についても説明する。第 4 章では提案手法である挿入操作 PSO 戦略について詳細に説明し、数値計算実験からパラメータチューニングや既存の近似解法と比較して性能評価を行う。パラメータチューニングでは、部分経路挿入に用いる部分経路の長さや群全体の振る舞いの関係性を明らかにし、提案手法が高速に良い解を見つけられる理由や、さらに高精度な解を得るために必要なことを考察する。既存近似解法との比較では、制限時間を設ける場合に提案手法が最も良い解を得ることができることを示す。第 5 章では 4 章での結果をもとに、より高精度な解が得られるように挿入操作 PSO 戦略を改良する。具体的には、 $g_{best}$  を廃止して群全体での巡回経路の共有をせず、粒子を重複可能な小規模の群に割り当て、その小群の中の最良解  $l_{best}$  を共有するように変更する。この変更により、解空間内における粒子の密集を起りにくくし、局所最適解に陥りにくくなる。数値計算実験では、実際に改良前より良い解が得られることを示す。第 6 章では提案手法をスレッドプログラミングにより並列実装し、数値計算実験から大幅に計算時間を減少可能であることを示す。最後に第 7 章において本論文の結論を記述する。