

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18300077
 研究課題名（和文） 階層的多構造計算モデル(HIMS)による物流最適計算システムの構築に関する研究
 研究課題名（英文） A study on Logistics Optimum Computation System based on HIMS model

研究代表者 廣田 薫(HIROTA KAORU)
 東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授
 研究者番号：50130943

研究成果の概要：

本研究では、提案している階層的多構造計算モデル(HIMS)に基づいた物流最適計算システムを構築している。構築システムでは、配送サービスに対する消費者の多様な要求を満足しつつ、配送側の利益を最大化し、さらにリアルタイムに変動する配送環境にも柔軟に対応することが特徴である。成果として、17 件の原著論文と 16 件の国際会議論文（いくつかの基調講演を含む）を発表している。石油物流業界への産業応用の見通しも得られており、今後はコンビニエンス業界など他業種も含めた幅広い実用化に向けて更なる応用を進める。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2007 年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2008 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：物流、最適化、配送計画、計算知能、ファジィ

1. 研究開始当初の背景

市場競争、企業生産方式の多品種・少量化、在庫量の必要最低限化、特にインターネット上のショッピング環境、および個人間の売買を取り扱うオークション環境などの普及により、配送業務が急増している。配送業者は、配送サービスに対する消費者の要求（例えば、できるだけ安く、早く、そし

て正確な指定時間になど）を満足すると同時に、利益を最大にするため、物流最適計算システムを期待している。

申請者グループは平成 12 年度未踏ソフトウェア創造事業「高速配車配送計画作成支援システム」を通じて、本研究のコアとなる階層的多構造計算モデル（HIMS：Hierarchical Multiplex Structure）を独自に提案しており、既に本研究に対する基礎研究実績がある。ま

た、デジタル地図情報などの物流最適計算システムに必須のソフトウェアの取り扱いに十分習熟している。特に、厳しいユーザの要求のシステムへの導入、および実用的な計算時間で対象問題を解くためには、HIMS とソフトコンピューティングの融合技術が必須であり、申請者グループはこれらソフトコンピューティングの理論・実用の両方に十分精通している。本研究の推進により、間接的に配送トラックの騒音減少、排出ガス(CO₂)削減、および配送作業従事者の労働条件改善に貢献可能であり、社会的観点からの意義も大きい。

2. 研究の目的

インターネット上のショッピング環境、および個人間の売買を取り扱うオークション環境などの普及により、いつでもどこでも、どんな品物でも容易に売買できる環境が整ってきている。(例えば、大手オークションサイトでは、常時1,000万点以上の品物を閲覧することができ、これに対し160万人以上のユーザがアクセスを行っており、これらの数値は今後も飛躍的に増加すると予想されている。)そのような便利なネット環境が形成されつつあるが、ネット上で電子的に決済された品物を実際に各消費者の希望する場所へ届ける配送業務は、結局はトラックや運転手のマンパワーなどに頼らざるを得ない。そして、これらの配送サービスに対する消費者の要求も(例えば、できるだけ安く、早く、そして正確な指定時間になど)ますます厳しくなっている。一方、配送側では、これらユーザの厳しい要求を満足すると同時に、各配送トラックの配送ルートの最短と運転手の労働時間を最短にすると同時に、利益を最大にするための戦略をとらなければならない。

ない。さらに天候・道路混雑状況といったリアルタイムに変動する条件を考慮しながら、各トラックの配送作業と同時に、ユーザの要求に応じて集荷作業も行わなければならない。

本研究では、申請者グループで提案しているHIMSによる物流最適計算システムを構築し、ソフトコンピューティングの各種技術(ファジィ理論、遺伝的アルゴリズムなど)を用いて、ユーザの厳しい要求を満足しつつ、配送側の利益を最大化し、さらにリアルタイムに変動する配送環境にも柔軟に対応できるサービスを実現するシステムの構築を目的とする。

3. 研究の方法

階層的な多構造計算モデル(HIMS)による物流最適計算システムを構築するため、三段階に分けて研究を行う。

第一段階では、HIMSの拡張およびソフトコンピューティングの各種技術との融合を行う。まずユーザの指定時間、稼働バランス、総配送時間などの評価にファジィ理論を導入し、専門家の知識を反映する。また最適化には遺伝的アルゴリズムおよび焼きなまし法を組み合わせた手法を導入し、マルチ・エージェントの要素を取り入れ並列計算のための定式化を行う。問題の設定条件が動的に変化するため、これらの変動に対する最適化の収束精度を定量的に解析する。

第二段階では、デジタル地図情報をシステムに取り込み、配送現場、実際に配送業務に従事している専門家のインタビューを通して、システムを構築する。従来のHIMSでは、総走行距離、総稼働時間、配送積載率、稼働バランスなど、主に7項目の評価指標を用いた最適化を取り扱ってきている。本

研究では、これらの指標に加え配送側における詳細な実制約条件、運転手間相互の仕事量のバランス、休憩時間、天候の影響、道路混雑状況などにもリアルタイムに対応できるように拡張し、さらに各車両の排気ガス（CO₂）、評価要素もシステムに取り入れる。マルチ・エージェントの要素を取り入れ、並列計算の最適計算モデルを構築する。第三段階では、申請者グループと長年にわたり研究交流のある Witold Pedrycz 教授（カナダ、アルバータ大学）、Laslo T. Koczy 教授（ハンガリー、ブタペスト工業経済大学）、Andrzej Bargiela 教授（イギリス、ノッティンガム・タレント大学）に本システムに対して評価をしてもらい、建設的コメントしてもらう。

4. 研究成果

本研究では、当研究グループで提案している階層的な多構造計算モデル HIMS (Hierarchical Multiplex Structure) を用いて物流最適計算システムを構築し、ユーザの厳しい要求を満足しつつ、配送側の利益を最大化し、さらにリアルタイムに変動する配送環境にも柔軟に対応できるサービスの実現を目的としている。それを実現するために、本研究グループでは、実現場において配送・集荷作業に従事する専門家との連携をとりつつ、ユーザの要求（できるだけ安く、早く、駐車スペース考慮、そして正確な指定時間になど）への対応、配送・集荷などの実業務を調べ、提案システムの全体設計を行っている。設計した物流最適計算システムをコンピュータ上で実装するため、階層的な多構造計算モデル HIMS の拡張およびソフトコンピューティングの各種技術との融合も行っている。従来の HIMS モデルを配送・集荷問題に対応させる

ため、問題の再定義および各階層の再定式化などを行ったものである。またユーザからの要求に柔軟に対応するための専門家の知識導入にはファジィ集合概念を用いた。さらに実用的な計算時間中で（準）最適解を求めるために、メタヒューリスティクスと呼ばれている焼きなまし法および Tabu Search 法を組み合わせ、ファジィ推論によって効率的な探索を行う手法を開発している。提案システムにより求められる配送経路が最短経路かどうかを定量的に評価するため、ファジィ近傍度と呼ぶ評価指標も新たに提案している。それと同時に複数台のパソコン間での並列処理を実現し、計算知能に基づいてさらに高品質な解の探索も行えるようにしている。実用化のために、高精度のデジタル地図情報もシステムに導入している。構築システムの実運用可能性を検証するために、カナダやハンガリーなど海外のこの分野の専門家にも評価してもらっている。研究実施成果として、17 件の原著論文を国内国際雑誌に発表、16 件の国際会議論文を発表している。国際会議論文のうちのいくつかは、基調講演や招待講演である。構築システムは、石油配車配送実問題に応用しその有効性を確認しており、今後は、コンビニエンス業界など他業種産業応用実用化に向けて、さらに応用の幅を広げる。

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 Kiyohiko Uehara, Takumi Koyama, Kaoru Hirota: Fuzzy Inference with Schemes for Guaranteeing Convexity, and Symmetry in Consequences Based on α -Cuts, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 13, No. 2, pp. 135-149, 2009(査読有).

② Guilherme Novaes Ramos, Yutaka Hatakeyama, Fangyan Dong, Kaoru Hirota: Hyperbox clustering with Ant Colony

Optimization (HACO) method and its application to Medical Risk Profile Recognition, Applied Soft Computing, Vol. 9, pp. 632-640, 2009(査読有).

③ Carlos Kobashikawa, Yutaka Hatakeyama, Fangyan Dong, Kaoru Hirota: Fuzzy Algorithm for Group Decision Making, with Participants Having Finite Discriminating Abilities, IEEE-Transactions on System, Man, and Cybernetics Part A, Vol. 39, No. 1, pp. 86-95, 2008(査読有).

④ Dong Hwa Kim, Kaoru Hirota: Vector Control for Loss Minimization of Induction Motor using GA-PSO, Applied Soft Computing, Vol. 8, No. 4, pp. 1692-1702, 2008(査読有).

⑤ Witold Pedrycz, Kaoru Hirota: A Consensus-driven Fuzzy Clustering, International Journal of Pattern Recognition Letters, Vol. 29, pp. 1333-1343, 2008(査読有).

⑥ Kento Tarui, Fangyan Dong, Yutaka Hatakeyama, Kaoru Hirota: Torus Figure Generating System Based on Graph, Theoretical Representation and Topological Analysis, 日本知能情報フuzzy学会誌, Vol. 20, No. 4, pp. 625-638, 2008(査読有).

⑦ Fangyan Dong, Kewei Chen, Kaoru Hirota: Computational Intelligence Approach to Real-World Cooperative Vehicle Dispatching Problem, International Journal of Intelligent Systems, Vol. 23, No. 5, pp. 619-634, 2008(査読有).

⑧ Jianping Jing, Fangyan Dong, Yutaka Hatakeyama, Yasufumi Takama, Toru Yamaguchi, Kaoru Hirota: Printing Pressure State Inspection System Based on Fuzzy Inference, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 12, No. 1, pp. 49/56, 2008(査読有).

⑨ Kento Tarui, Fangyan Dong, Yutaka Hatakeyama, Kaoru Hirota: Graph/Knot Theoretical Analysis and Generation for Impossible Figures, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11, No. 10, pp. 1263/1274, 2007(査読有).

⑩ 大嶋千紘、董芳艶、畠山豊、廣田薫: デジタル夜景画像における暈領域に対する画像修復, 日本知能情報フuzzy学会誌, Vol. 19, No. 5, pp. 499/513, 2007(査読有).

⑪ Jingjing Wang, Fangyan Dong, Yutaka Hatakeyama, Hajime Nobuhara, Kaoru Hirota: Local Character Tensors for 3D Registration Method on Free-View Datasets,

Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11, No. 7, pp. 848/857, 2007(査読有).

⑫ Tadashi Ohashi, Hajime Nobuhara, Kaoru Hirota: A Semantic Concept Operation on Fuzzy Document Ordering System and its Application to Reuter Database, International Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11, No. 2, pp. 149/154, 2007(査読有).

⑬ Witold Pedrycz, Kaoru Hirota: Uniform-based Logic Neurons as Adaptive and Interpretable Processing Constructs, International Journal of Soft Computing, Vol. 11, No. 1, pp. 41/52, 2007(査読有).

⑭ Hassen Taleb, Mohamed Limam, Kaoru Hirota: Multivariate Fuzzy Multinomial Control Charts, Journal of Quality Technology and Quantitative Management, Vol. 3, No. 4, pp. 437/454, 2006(査読有).

⑮ Marjian Sedighi Anaraki, Fangyan Dong, Hajime Nobuhara, Kaoru Hirota: Visualization of Complex Networks based on Dyadic Curvelet Transform, International Journal of Interdisciplinary Description of Complex Systems, Vol. 4, No. 1, pp. 51/62, 2006(査読有).

⑯ Barnabas Bede, Hajime Nobuhara, Janos Fodor, Kaoru Hirota: Max-Product Shepard Approximation Operators, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 10, No. 4, pp. 494/497, 2006(査読有).

⑰ Natalia Nikolova, Kaoru Hirota, Carlos Kobashikawa, Kiril Tenekedjiev: Elicitation of Non-monotonic Preferences of a Fuzzy Rational Decision Maker, Journal of Information Technologies and Control, Vol. 1, pp. 36/50, 2006(査読有).

[学会発表] (計 16 件)

① Fangyan Dong, Kewei Chen, Kaoru Hirota: Concept of Neighborhood Degree and its Application to Switching Plural Optimization Methods in Scheduling, International Conference and Exhibition on Humanoid, Nano-technology, Information Technology, Communication and Control Environment, and Management (HNICEM2009), pp. 59-65, Manila, Philippine, 2009/3/13.

② M. Rahmat Widyanto, Sukmawati Nur Endah, Kaoru Hirota: Support Vector Machine for Skeleton-based Human Behavior Classification, International Conference and Exhibition on Humanoid,

Nano-technology, Information Technology, Communication and Control Environment, and Management (HNICEM2009), pp.15-21, Manila, Philippine, 2009/3/13.

③ Jianping Jing, Fangyan Dong, Yutaka Hatakeyama, Yasufumi Takama, Toru Yamaguchi, Kaoru Hirota: Expert System Stability Inference based on Fuzzy Meta-measure, The 3rd International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA2008), pp.33-39, Dali, PRC, 2008/11/23.

④ Fangyan Dong, Kewei Chen, Kaoru Hirota: Switching Plural Optimization Methods in Scheduling based on Neighborhood Degree, The 3rd International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA2008), Dali, PRC, 2008/11/23.

⑤ Carlos Kobashikawa, Fangyan Dong, Kaoru Hirota: Adjustment of Uncertainty and Imprecision in Conflicting Elicited Probabilities, 3rd International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA2008), Dali, PRC, 2008/11/22.

⑥ Adam Pedrycz, Fangyan Dong, Kaoru Hirota: Structural Expansion of Fuzzy Relations and Its Role in Interactive System Modeling, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE-SMC2008), pp.968-973, Singapore, 2008/10/14.

⑦ Kaoru Hirota: Casual Communication between Robots and Humans in Mascot Robot System, 9th International Conference on Intelligent Technologies (InTech '08) (Opening Plenary Talk), Samui, Thailand, 2008/10/8.

⑧ Natalia D Nikolova, K. Tenekedjiev, Fangyan Dong, Kaoru Hirota: Scalar Independence in Fuzzy Rational Generalized Lotteries of I type, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th Int. Symp. on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2008), SA-D5-2, Nagoya, Japan, 2008/9/20.

⑨ Guilherme Novaes Ramos, Fangyan Dong, Kaoru Hirota: Hyperbox Classifier with Ant Colony Optimization, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th Int. Symp. on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2008), SA-D5-1, Nagoya, Japan, 2008/9/20.

⑩ Toshihiro Kaino, Witold Pedrycz, Kaoru

Hirota, Fangyan Dong: Sensitivity Analysis of Differentiation of the Choquet Integral as an Aggregation Function, Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th Int. Symp. on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS2008), SA-D4-1, Nagoya, Japan, 2008/9/20.

⑪ Kaoru Hirota, Fangyan Dong: Development of Mascot Robot System in NEDO project, 4th International IEEE Conference on Intelligent Systems (IEEE-IS2008), (Plenary Talk) Vol.1, pp. I-38/I-44, Varna, Bulgaria, 2008/9/18.

⑫ Yingxin Liao, Min Wu, Jin-Hua She, Kaoru Hirota: Sequential Growing-and-Pruning Learning for Recurrent Neural Networks Using Unscented or Extended Kalman Filter, 27th Chinese Control Conference, Vol.3, pp.242-247, Kunming, PRC, 2008/7/17.

⑬ Adam Pedrycz, Fangyan Dong, Kaoru Hirota: Searching for Structure in Data with Fuzzy Clusters of Variable Dimensionality of Future Subspaces, IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering 2008, pp.1417-1423, Niagara, Canada, 2008/5/6.

⑭ Fangyan Dong, Kewei Chen, Kaoru Hirota: Fuzzy Neighborhood Approach for Dynamic Vehicle Routing Problem with Redelivery, 8th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Sokcho, Korea, 2007/9/9.

⑮ 董芳艶、陳科偉、廣田薫: ファジィ近傍手法に基づく配送問題の解法, 第23回ファジィシステムシンポジウム, 名城大学、名古屋, 2007/8/30.

⑯ Fangyan Dong, Kewei Chen, Kaoru Hirota: A Vehicle Dispatch and Delivery Planning System with Multi-Depots based on Extended Hierarchical Multiplex Structure Model, 6th International Conference on Information and Management Sciences, Lhasa, China, 2007/7/2.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣田 薫 (HIROTA KAORU)

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授
研究者番号: 50130943

(2) 研究分担者

董 芳艶 (TOU HOUEN)

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・助教
研究者番号：30432024

(3)連携研究者
なし