

高速配車配送計画作成支援システム

Fast Vehicle Dispatch and Delivery Planning Support System

廣田 薫
Kaoru Hirota
hirota@hrt.dis.titech.ac.jp

高間 康史
Yasufumi Takama,
takama@hrt.dis.titech.ac.jp

陳 科偉
Kewei Chen
chen@hrt.dis.titech.ac.jp

董 芳艷
Fangyan Dong
fydong@hrt.dis.titech.ac.jp

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻
[〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町4 2 5 9]

ABSTRACT : The delivery problem and dispatching problems in the real oil industries are formulated and an application package is developed for the vehicle routing, scheduling and dispatching planning with single depot or multiple depots. A HIMS (Hierarchical Multiplex Structure) model is proposed and constructed as a software component. With the object-oriented technology and GIS (Geographic Information System), the package is an efficient and flexible tool in practice tank lorry transport planning system. The real application data from an oil company is used and the results show the HIMS computational model is better than the human expert planners.

1. 背景

電子商取引（EC）の自由化が急展開している現在、物流業界の配車配送業務のITによる効率化が急務である。とりわけ物流コストの削減が肝要であり、急激な業務の拡張や輸送形態変更に対応するためにも、情報技術を活用した高度化、高能率化、知的計算支援などが不可欠である。そこで現実の配車配送業務（具体的には石油流通業を本提案のターゲットとする）の複雑性を考慮し、荷主の物流コスト削減、運送業者の収益性増加、届先へのサービス向上などのバランスを取る共通評価基準を提案して、実用、高速、高効率かつ柔軟性を持つ最新の高速配車配送計画作成支援システムを構築した。

配車配送業務の情報化、電算化の目的はいろいろあるが、主なものは輸送コストの削減と業務処理効率化の実現である。従来のシステムでは、備車の削減、輸送コスト（稼働時間、走行距離）、積載率の向上だけを考慮している。しかし経済効果のみならず、社会モラルも考慮しなければならないという現状をふまえ、本システムでは、荷主、運送業者、届先の利益、交通法規、環境保全なども考慮して、経済、社会効果を全般的に認識した上でのシステム構築を目的とした。

また、実際の流通現場で配車配送計画業務を支援するシステムを構築するためには、高度な計算技術が不可欠である。

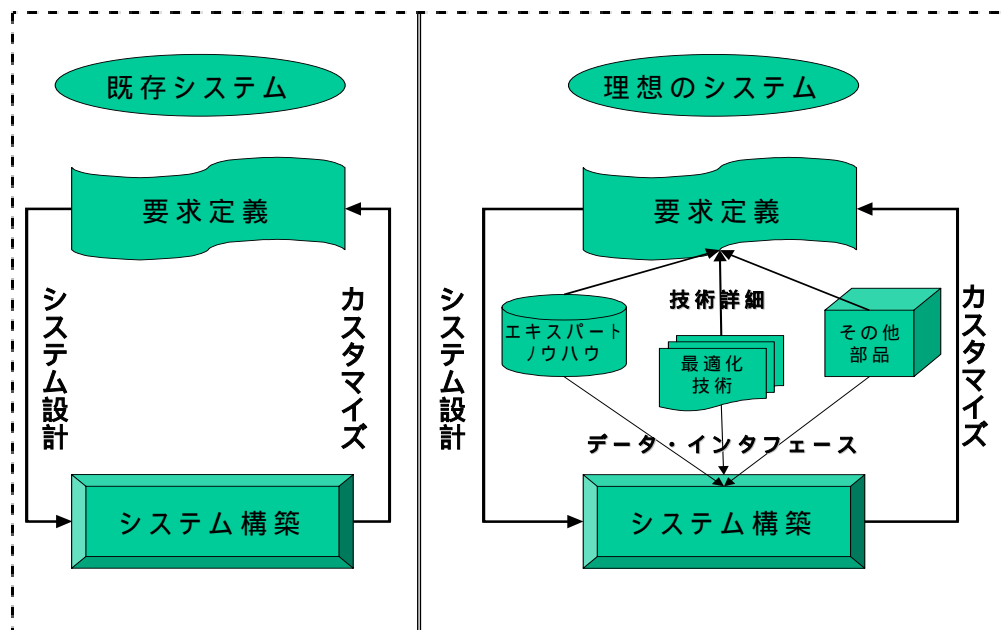


図1 既存のシステムと理想的なシステムの差異

本システムでは、各種確率探索アルゴリズム(SA、TS、GA)にファジィ推論手法を併用し、各種配車配送問題を定式化し、それぞれの高速、高精度計算モデルを新たに構築して、システムの中核技術としている。

2. 目的

現場のエキスパートのノウハウを吸収し(DB化)最適化技術を標準化(モデル化)し、その他必要技術を詳細化し、共通なインタフェースの定義などの汎用性、拡張性を重視して、高精度、高速の計算品質を実現しながら、柔軟且つ多様な対応性を備える(システム内部で組み合わせ選択できる)事が、本システムの設計・開発の基本理念である。

2.1 柔軟性、拡張性を持つシステムの構築

実際の配車配送業務の企画立案を調査すると、経験豊かなエキスパートの手作業に委ねられたり、システム導入を試みた会社でも実際の配車

結果に満足していないのが現状である。現在、システム導入を検討している所でも、イニシャルコストが高くて導入に踏み切れない、との報告結果が得られている。

既存の配車配送システムと今後の理想的な配車配送システムの差異を、図1にまとめる。図1に示す通り、実用的なシステム構築にはエキスパートのノウハウ、先進的な最適化技術とその他各種情報技術コンポーネントが必要不可欠である。重要な事は導入システムの位置付けであるが、あくまでも現場エキスパートの知識と優れた最適化計算技術が主役であり、ここではそれらの実務応用を支援するという立場からシステムの構築を提案する。さらに、それを具体的に、どのように汎用性と拡張性を持つようにパッケージ化するかということが課題になる。

ちなみに、この理想システム開発プロセスを、“知的計算エンジン+知識決定ベース(エキスパート・ノウハウDB)オブジェクト指向エンジン・システム構築案”と呼ぶ事にする。

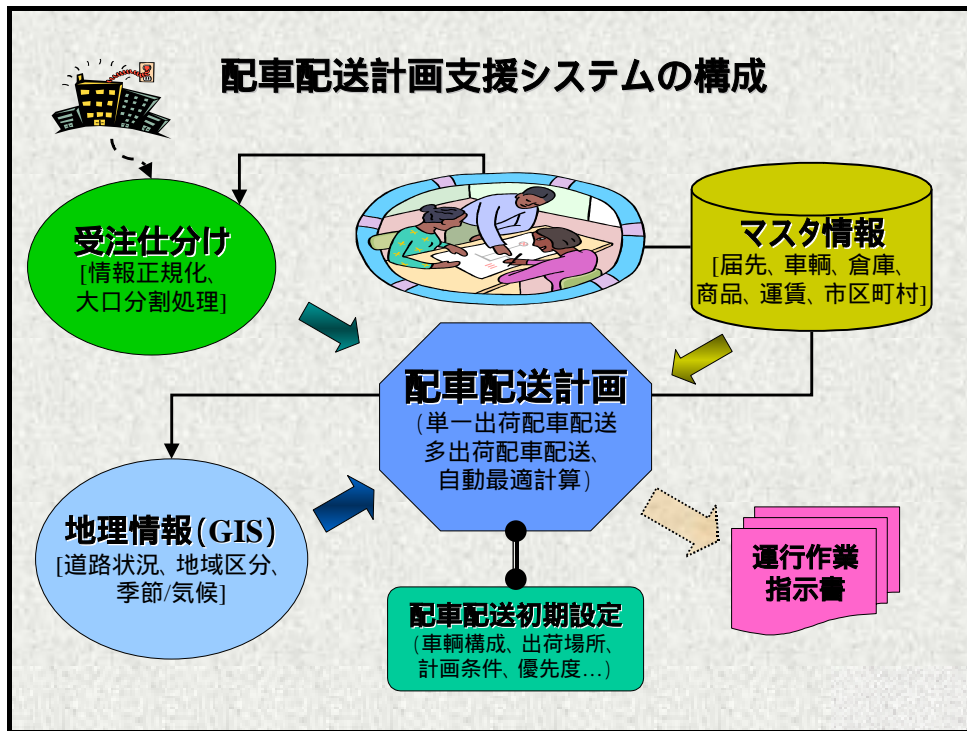


図2 高速配車配送計画作成支援システム構成概念図

2.2 合理的かつ現実的な評価基準の策定

配車配送業務の情報化、電算化の目的はいろいろあるが、主なものは輸送コストの削減と業務処理効率化の実現である。従来のシステムでは、備車の削減、輸送コスト（稼動時間、走行距離）、積載率の向上だけを考慮している。しかし経済効果のみならず、社会モラルも考慮しなければならないという現状をふまえ、今回提案するシステム構築では、荷主、運送業者、届先の利益、交通法規、環境保全なども考慮して、経済、社会効果を全般的に認識した上で、以下の評価項目を総合的に考慮する。

- 1) 稼動コスト（総走行距離、総稼動時間）
- 2) 輸送積載率（トリップ毎の輸送効率）
- 3) 稼動バランス（車隊内の稼動平均差）
- 4) 稼動能力（備車削除可能数）
- 5) 時間サービス（届け先に向けて）
- 6) 稼動サービス（ドライバに向けて）

7) その他の制約（積載上限、出荷時間、駐車条件など）

2.3 高速かつ強力な最適化技術の導入

配車配送計画業務を支援するには高度な計算技術が不可欠である。本提案のシステム構築には、各種確率探索アルゴリズム（SA、TS、GA）にファジィ推論手法を併用し、各種配車配送問題を定式化し、それぞれの高速、高精度計算モデルを構築して、システムの中核技術とする。目標はシステム初期設定により、トリップ構成（Routing 問題）、ツアーの調整（Scheduling 問題）、車輛割付（Dispatching 問題）を統合して、階層的に解決できるコンポーネントを提供することである。

オブジェクト指向・パラダイムを利用することにより、最適化技術の更新や内部計算仕組みの修正、新たなコンポーネントの追加などが、

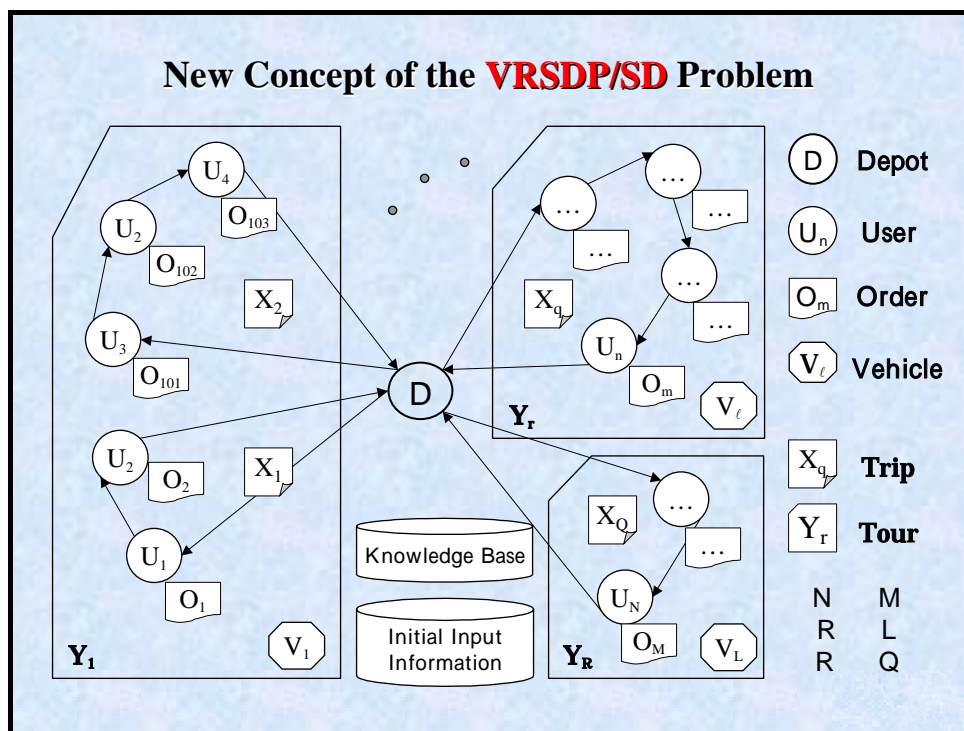


図3 単一出荷配車配送問題の定義

システム全体に与える影響を極力少なくする。ここで、エキスパートのノウハウをファジィ・メンバーシップ関数として取り込み、正確且つ柔軟に結果に反映させることができる。

道路種別、地区関連度、走行速度設定、地理位置登録などを利用した当日稼働コスト（走行距離、時間）の算出、最短経路提示等の要求の機能化。

3. 配車配送コア技術と実応用システムの構築

機能3： 受注情報（伝票）の知的仕分

時間指定の知的分類、条件付き大口伝票の知的分割などの処理。

3.1 高速配車配送計画作成支援システムの構築

図2に示す、提案する高速配車配送計画作成支援システムの重要機能をまとめると、以下のようになる。

機能4： 多様化対応の配車配送計画支援

単一出荷配車配送問題、多出荷配車配送問への自動最適計算処理。この機能は配車配送初期設定サブ機能と連動する。

機能1： システム要素の情報化

倉庫、車輛、届先、運賃、乗務員、市区町村などの情報DB化。

機能5： 運行作業指示書、計画案の総合評価などの出力

最適計算結果から、翌日の運行作業指示書の作成と計画案総合評価結果の表示と出力を行う機能などを提供する。

機能2： 地理情報（GIS）の知的利用

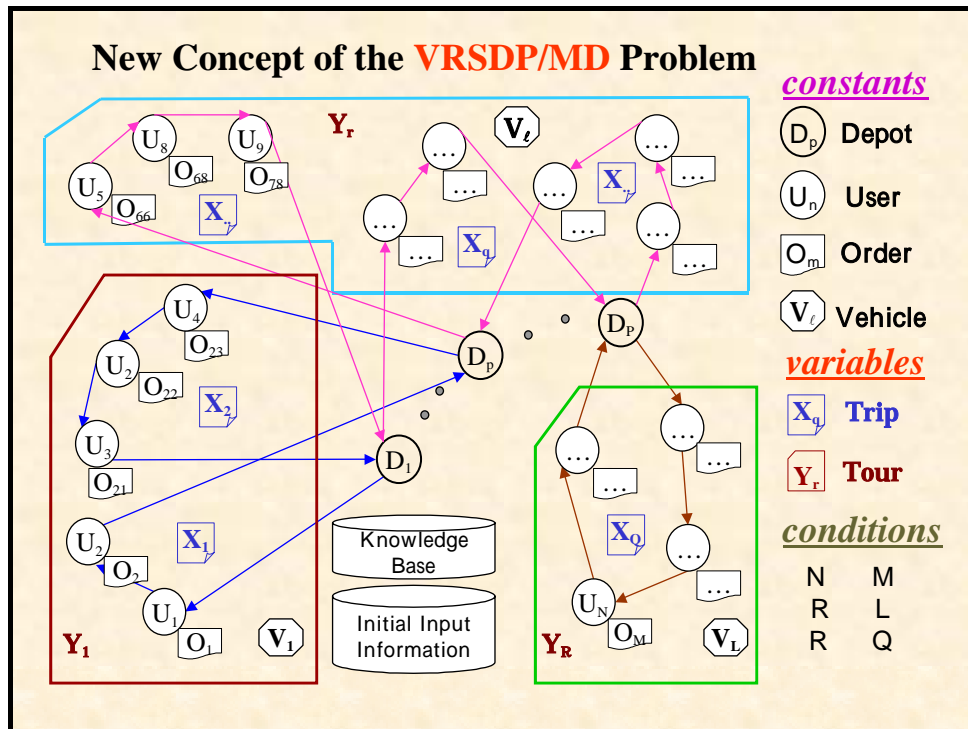


図4 多出荷配車配送問題の定義

3.2 配車配送システム用最適化計算エンジンの開発

1) 単一出荷配車配送問題とHIMS最適計算モデル

単一出荷配車配送問題(図3)は、出荷拠点(D)を一ヶ所に固定して、日々M枚伝票を受注し、L台車輛(多車種混合)を使って、Nヶ所の届け先に配送する問題である。これは中小規模倉庫運送業者向けの現実的な応用形態である。ここでは現実の配車配送要求と受注条件を合わせて、単一出荷配車配送問題(VRSDP/SD)として定式化する。この問題を解法するために、新たに階層的多重構造最適計算モデル(Hierarchical Multiplex Structure: HIMS)を提案する。

HIMSモデルは、単一出荷配車配送問題に含むVRP、VSP、VDP、CSP混合問題を階層的に統合し、解決

する最適計算エンジンである。HIMSモデルは、知的確率探索アルゴリズム(SA、TS、GA)と現場エキスパートのノウハウを表現したファジィ推論を組みあわせることにより、高速かつ高精度の計画結果を出力とするソフトウェア・コンポーネントである。

2) 多出荷配車配送問題とHIMS+最適計算モデル

多出荷配車配送問題(図4)は、出荷拠点(D)がP箇所にあり、日々M枚伝票を受注し、L台の車輛(多車種混合、P箇所拠点に分散する)を使って、Nヶ所の届け先(広配送地域)に配送する問題である。これは中大規模倉庫運送業者向けの現実的な配送形態である。

この多出荷配車配送問題(VRSDP/MD)を定式化して、問題の解法のコア技術としてHIMS+モデルを提案する。HIMS+モデルは、HIMSの拡張モデ

表1 配車配送パッケージ開発環境

ハードウェア [PC 一式]	ソフトウェア [提供用環境]	開発用環境 [使用ツール]
CPU Pentium III (推奨 400MHz 以上) CRT17inch. 以上(1024×768 以上) RAM 128M 以上 (推奨 256MB 以上) HDD 空き 600M 以上(不含データ) その他	Windows 2000 Windows 各種ツール MapInfo and Map DK 3.0	Microsoft Visual C++ 6.0 MS-Access 2000 MS-Excel 2000 MS-Word 2000 Tool Kit

ルとして、多出荷配車配送問題に含まれる VRP、VSP、VDP、CSP 混合問題を階層的に統合解決する最適解計算エンジンである。HIMS+モデルは、複数出荷拠点に分散した車両集合を適切に調整し、より広い配送地域に、合理的に車輛割付を行い効率的に配送作業計画を作成するソフトウェア・コンポーネントである。

3.3 車配送計画評価基準の標準定式化と関数化

配車配送計画結果の良し悪しは、評価項目の内容と評価基準に大きく依存する。我々は実配車配送応用問題を長期的に考察して、経済と社会効果を考慮した上、単一出荷、多出荷配車配送問題を定式化する(制約条件を含む)と同時に、稼働コスト、積載率、稼働バランス、稼働能力、時間サービスと稼働サービスを標準評価項目として提唱する。これらの評価基準の定式化と関数ライブラリも提供する。ただし将来的には、現場に応じた多少の変更、追加の余地も残す。

3.4 システム開発 / 運用環境の制定

本システム構築にあたり、具体的にハードウェアとソフトウェアの両面から、開発及び運用の環境を設定していく事にする。当面はスタンドアロン環境を対象とし、扱うデータの拡張及び業務の複雑度さに応じてネットワーク環境を取り入れ、新技術の有効性が確かめられた時点で随時それらを柔軟に取り入れて行き、最終的にはマルチベンダ・マルチプラットフォームマルチプラットフォーム対応を目指す事にする。表1は、パッケージの開発と応用環境を示す。

4. 成果まとめ

物流業界の重要な課題である、配送問題(Delivery Problem)と配車問題(Dispatching Problem)をコンピュータシステムで解決することが第一の目的であった。

組み合わせ最適化問題と制約充足問題として有名な車両最短配送路問題(Vehicle Routing Problem)、車両スケジューリング問題(Vehicle Scheduling Problem)と車両割付問題(Vehicle Assignment)に対して、開発者による階層的多重構造計算モデル(HIMS Model)を利用し、実用的且つ柔軟なインタフェースを構築し、高速で効率的な計画案を求めることができるようになった。

<本システムを物流業界に導入した場合の期待効果>

日々の配車配送業務をサポートする観点で見ると：

- 配車計画時間の短縮
- 備車車両数の削減
- 配送条件の遵守
- 作業の標準化、効率化

中長期的な物流戦略立案支援の観点から見ると：

- 物流拠点の計画、ロケーションの設定
- 中継拠点・配送圏の見直し
- 事業部間・業者間の共同配送
- 車両数・車種構成の見直しなど

物流システムの複雑性と多様性を考慮しながら、実業務の混合処理と柔軟対応などを重視し、マスタ管理、知的受注処理、地理情報システムと最適計画作成などをサブシステムとして構成しており、これらのシステムとその他物流システムの連携も可能である。

感謝： 本プロジェクトの実施中、株式会社CSDの満田部長（プロジェクト管理、資金、機材の調達、報告、検収、連絡など）、小川主任（システム設計、開発支援）から大変の応援を頂きました。東京大学の松島克守教授からも良いアドバイスを受けまして、順調かつよい方向へシステムを完成する事ができました、ここに感謝致します。

5. 参加企業及び機関

(1) 東京大学 松島 克守 教授
担当役割： プロジェクト・マネージャー

(2) (株)シーエスデー 満田章道 部長
担当役割： プロジェクト実施管理組織

(3) 東京工業大学 知能システム専攻 廣田研究室

CDI (Computing and Designing with Intelligence) 開発チーム

廣田 薫	教授
高間 康史	助手
陳 科偉	博士課程学生
董 芳艷	博士課程学生
Dewi Aryani EMILIANA	研究生

(4) IPA 契約情報

契約先：

日本国 IPA (情報処理振興事業協会)

契約年度：

平成12年度未踏ソフトウェア創造事業、
テーマ：

「高速配車配送計画作成支援システム」

契約番号：

12情報応第1740号

6. 参考文献

[1]. K. Chen, Y. Takama and K. Hirota: A Calculation Model of Hierarchical Multiplex Structure for Vehicle Routing & Scheduling Dispatching Problem with Single Depot, 日本ファジィ学会誌, Vol.13, No.2, pp.187-198, 2001.

[2]. K. Chen, Y. Takama and K. Hirota: A Hierarchical Multiplex Structure Model for Practical Transportation Problems with Multiple Depots, International Journal of Fuzzy System, Vol.2, No.4, pp.305-314, 2000.

[3]. F. Dong, K. Chen, Y. Takama and K. Hirota: An Approach of Evolutionary Computation for Vehicle Routing Problem with Single Depot, 2nd International Symposium on Advanced Intelligent System, Vol.2, No.2, pp.339-343, August 2001, Korea.