

# ハブ・アンド・スポーク型ネットワークための 配車スケジューリング方法

2003年3月17日

伊倉義郎\*

## 1. はじめに

この論文では、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークを使った配送システムに対する配車スケジューリングのためのアプローチを考察いたします。ハブ・アンド・スポーク型のネットワークは、広範囲な地域を対象としたで配送や通信でよく見られます。例えば、全国を対象としている運送会社は、通常ハブ・アンド・スポーク型のネットワークを使った複雑な配送システムを使用しております。このようなネットワークを作る必要性としては、商品が小型で数が多く、集荷先から配送先まで個々に対応することが非効率であること、担当するエリアが広範すぎて1台の車両で対応できないこと、などが挙げられます。必然的にこのようなネットワークでは、2つの配送モード、つまり商品の集荷・配送を担当とする端末配送と、配送センター間をつなぐ幹線配送に分かれます。全体のスケジュールの効率化を図るには、この両モードの同期化と、各々のモードでの最適化が必要となります。

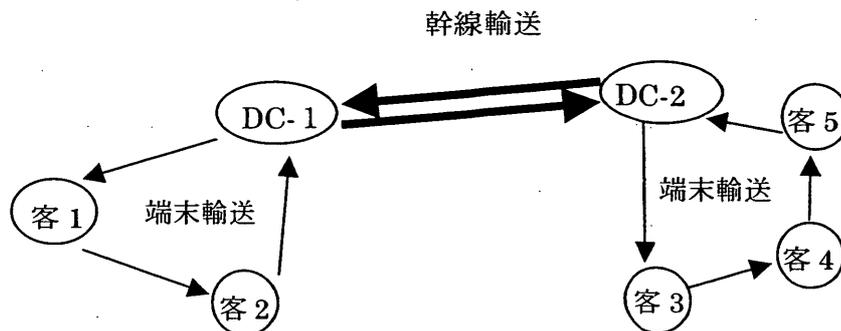


図1：幹線と端末配送

端末配送の業務では、個々の顧客先での商品の集荷、および最終の商品配送の業務が主になります。このような端末配送は、最終配送用の商品を積んだトラックが、配送センターを出発し、商品の配送を行いながら、トラックの能力に応じた集荷も同時に行います。顧客向けの最終配送商品は、通常配送センターで混載されて、一台のトラックで複数の顧

客向けの配送が行われます。この場合、同時に配送先の近辺にある商品集荷が望まれますので、各トラックへの担当配送顧客先と集荷先の割り当てが、効率のよいスケジュールの作成に重要です。端末配送は、個々の顧客先まで配送トラックが行くので、顧客先の諸条件を遵守することも必要です。ここでの諸条件とは、顧客先での配送時間指定、車型の指定、個々の車両の指定、などがあり、これらの諸条件を満たした上で、配送コストを最小にする効率の良いスケジュールの作成が求められます。

幹線配送では、主に配送センター間の配送を担当します。幹線配送は、通常顧客先への集荷・配送がなく、自社の配送センター間の輸送のみを対象にするので、大型車両による24時間配送が可能になります。幹線配送での重要なポイントとしては、ルートを選択や無駄のない車両の走行、車両スケジュールの全体最適化、などがあげられます。

このような端末配送と幹線配送をとりいれた配送システムは、ハブ・アンド・スポーク型の配送ネットワークではよく使われる形態で、郵便、宅配便、製造業の物流システム、航空、などで幅広く使用されています。大規模な広域搬送システムはこのようなハブ・アンド・スポークの形をとるのが常で、広域大規模ゆえにそのスケジューリングは非常に複雑になります。

## 2. 最適化配送スケジューリングの要素

ハブ・アンド・スポーク型のネットワーク上での配送スケジューリング・システムを考えるために、全体の問題をいくつかのサブシステムに分けて考慮することができます。これらのサブシステムとしては、以下のものがあり、各々について簡単に説明をします。

- 配送ルートの決定
- 幹線配車スケジューリング
- 端末配車スケジューリング

### 2.1 配送ルートの決定

ある顧客からの配送注文を受け取った時には、集荷場所と集荷時刻、納入場所と納入時刻とが決められます。このときに、集荷と配送をそれぞれ担当する配送センターと、その2つの配送センターを結ぶ配送ルートが決める必要があります。この配送ルートの決定は、納期の決定と緊密な結びつきがあり、納期が早まれば早まるほど、より時間のかからない（通常、距離の短い）ルートの設定が必要となります。但し、ここで注意をしなければいけないのは、短いルートを決めても、もし実際にその商品をそのルートに沿って運送

するキャパシティーがなければ、後で問題になる点です。

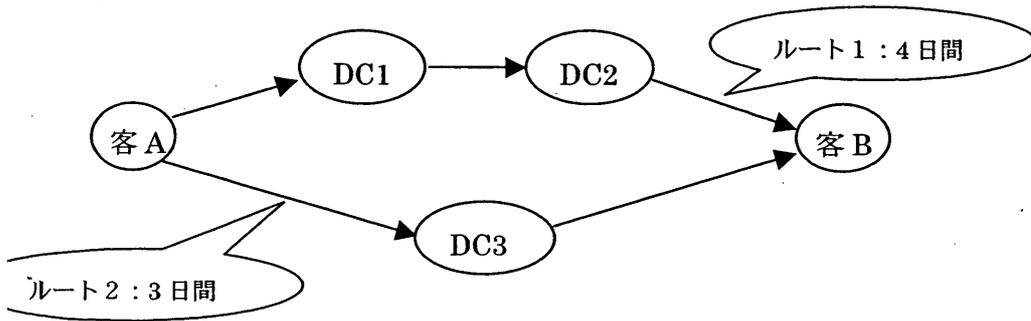


図2：ルート選択と納期

ハブ・アンド・スポーク型ネットワークのスケジューリング・システムでは、このルート決定の方法には静的なやり方と動的なやり方とがあります。静的なルート決定は、通常拠点間のルートをあらかじめ決めておき、受注した際には、その登録されたルートから、ベストのものを選びます。この場合、あらかじめすべての配送センター間の可能なルートを列挙しデータベースに登録することが前提となります。このようなルート生成には、配送ネットワーク上の最短距離アルゴリズムが使われます。静的なルート決定は、実用上は分かり易いやり方なので、実施はより簡単ですが、実際の配送時に、ルートにそったキャパシティーがあるかどうか分からないという弱点があります。通常このキャパシティーの問題は、幹線便を定期化して十分な便数を確保するとか、キャパシティーが不足しそうな場合には、隣り合う拠点間での調整で対応するなどの方法がとられます。

それに対して、動的なルート決定は、受注時、または配送時にその時点での能力をみてルートを決めるので、キャパシティーの問題は解決されますが、その計算がより複雑になり、実施も難しくなります。動的なルートの決定では、与えられた注文に対して、コストが低く、しかも実行可能なルートとスケジュールを決定することが望まれます。この問題は、理論的にはネットワーク・フロー問題の解法に帰着しますが、実施のためのレスポンス時間が少ないことから、ネットワーク・フロー問題をリアルタイムで解くことになり、正確な実装は難しく、ヒューリスティックな解法がとられます。通信ネットワークでは、このようなダイナミックなルート選択がよくとられておりますが、輸送ネットワークでの実例は、まだあまり広くは報告されておられません。

## 2. 2 幹線配車スケジューリング

幹線の配車スケジューリングは、先ほど紹介したように、中継を考慮したものとなります。つまり、一つの商品は、複数の中継点をへて最終の拠点に運ばれますから、荷物の積み降ろしや便の交代を考慮して、ある程度の余裕の時間を各中継拠点で設定しておかねばなりません。また、通常幹線便は大型の車両を使って年中無休体制で行われることが多

いので、定常的に配送センター間の荷量が十分に多い場合には、幹線の配車は定期便のような形をとります。つまり、各配送センターで決められた方面への便をあらかじめ決めておき、それに間に合うように中継スケジュールを考えるのが定期便のやり方です。しかしながら、このような幹線定期便の効率が悪くなるケースが、多々あることも知られています。例えば、

- 方面間の荷量が定常的でなく、波がある場合
- 便が出ている2拠点間での荷量のバランスが取れてない場合
- 個々の注文が大型で、納期の遵守が大変難しく厳しい場合

などがあげられます。実際には、商品の数が多すぎて個々の注文に合わせた車両のスケジューリングをすることが難しいので、幹線定期便として大部分の荷量を輸送し、キャパシティ不足や緊急の場合には、直行便を取り混ぜて実施することが多いと言われています。

一方で、荷量が配送センター間でバランスが取れてなくて、帰り荷の確保が問題になることも多く、幹線間の配送をダイナミックにスケジュールすることが望まれます。ダイナミックなスケジューリングでは、その時点での、受注情報、システム内の荷物の状態と位置、配送を担当するトラックの位置などを常に追跡しながら、配送スケジュールを定期的に計算・修正することです。スケジューリングの頻度は、より多くなることが望まれますが、頻度を上げれば上げるほど計算量もふえるので、現実的に可能な間隔をもってスケジューリングする必要があります。さらに、幹線便のスケジューリングは、通常広範囲の配車を対象とするので、必然的に問題が大型化することになり、計算時間の増大とスケジューリングの頻度のバランスをとる必要があります。

複数中継点を使った配送システムでの一つの問題点は、ある中継地での遅れが次の拠点への配送遅延を引き起こし、連鎖的に遅れが伝播することです。特に、道路事情や天候の影響により、遅れは不可避的なものであるため、遅れが出た場合のリカバリーをどう行うかも重要です。静的なスケジューリングでは、一つの便の遅れを取り戻すのは難しく、定期便のスケジュールを崩さずに、臨時便を適宜使用して、スケジュールの遅れを取り戻すこととなります。ダイナミックなスケジューリングでは、このような遅れは、全体の計算の中で、自動的に調整されます。但しこの場合、受注情報と、荷物の動的な追跡、及びトラックの位置を常に確認する前提ですので、より正確な追跡情報が必要となります。

また、ダイナミックなスケジューリングでは、帰り荷の有無が自動的に考慮され、その時点時点での最適な配車を行うことが可能になります。

### 2. 3 端末配車スケジューリング

端末の配車スケジューリング問題は、通常の配車スケジューリング問題と似た形になります。具体的には、端末の問題は、顧客先での時間指定、車型の指定、車両の指定、混載の条件などを考慮した、1地域を対象とした配送スケジューリング問題になります。通常の配送問題との違いとしては、ハブ・アンド・スポーク型の配送スケジューリングでは集荷と配送を混在させたスケジューリングが必要で、より問題が複雑です。加えて、幹線とのスケジューリングの同期を取るためにも、端末配送では配送センターでの締め切り時間の遵守も求められます。

このような端末配車問題を解くには、通常は発見的なアルゴリズムが使われることが多く見られます。つまり、通常の配送のみのスケジューリング問題解法に、集荷機能を追加したり、幹線便との同期条件を加味した形の問題を解くアルゴリズムが使われます。

### 3. 最適化配送スケジューリングの概要

この論文では、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークでの配送スケジューリング問題と望まれる解法について、考察しました。より効率的な解を求めるために、ダイナミックな配車スケジューリング方法が考えられ、そのためには既存の配車スケジューリング解法の大型化、高速化、頻度の向上と結果の随時修正などの機能が必要となります。最近のソフトウェア技術の向上、アルゴリズム研究の進歩、ハードや通信機能の革新を駆使することにより、このような新しい配車システムの構築が可能になるものと思います。

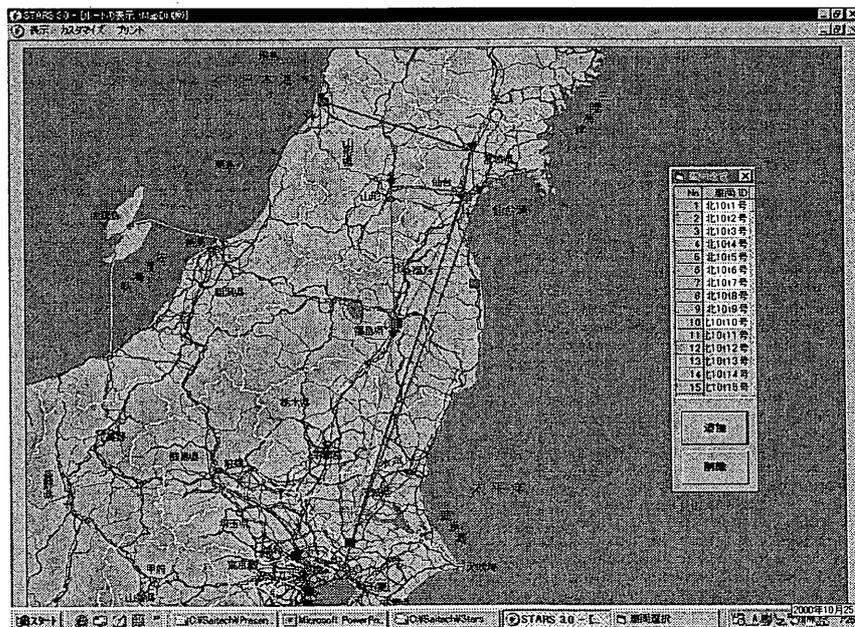


図3：幹線便と端末配送の例