

# 交通・運輸分野におけるITの利用動向と一つの開発事例

平成13年9月26日 運輸政策研究機構 大会議室

1. 講師	西宮良一 (財)運輸政策研究機構運輸政策研究所主任研究員
2. コメンテーター	桑原雅夫 東京大学国際産学共同研究センター教授
3. 司会	中村英夫 (財)運輸政策研究機構運輸政策研究所長

## 講演の概要

### 1 ITと交通

交通におけるITの活用分野は大きく以下の4つに分類することができる。

#### 自動車の運行

自動車のインテリジェントな運行を支援する「いわゆるITS」の分野であり、代表的なアプリケーションとしてVICS(交通情報提供), ETC(料金所), AHS(運転支援)などがある。

#### 人の動き

歩行者案内, 次世代交通調査手法などがある。

#### 物の動き

ロジスティクスの分野であり, 生産者物流(工場等), 消費者物流(小売店等), 建設物流, 静脈物流(廃棄物)などがある。

#### マルチモーダル

他の輸送機関との連携でシームレスな輸送が目標となる。総合交通情報(鉄道, バス, 航空機等), 貨物ターミナルの情報化(鉄道, 港湾, 空港等)のアプリケーションなどがある。

本日の講演では, 主としての物流分野に焦点を置き今後のITの活用方法について論じ, さらに建設物流を対象としたシステムの開発例の報告を行う。また, マルチモーダルの分野への展開についても述べる。なおの人の動きについては第49回運輸政策コロキウム(2001年6月18日開催)において, 運輸政策研究所の有村研究員が講演を行っている。

### 2 ロジスティクス分野における諸問題

ロジスティクスの分野においては, 輸送との関連で2つの大きな問題がある。

#### 2.1 道路輸送へのしわ寄せ

サプライ・チェーン・マネジメント(SCM)は, 小売店頭の販売情報を起点に供給連鎖の全プロセスを最適化する手法であり, トヨタの「カンバン方式=ジャストインタイム」を米国で模倣して構築したものである。

ジャストインタイム搬入は, 通常は店頭等の到着地での在庫水準をゼロに近

づけることを目標にしている。しかしながら, 実際には途中の輸送経路における輸送時間の変動や到着地の荷さばき場などの混雑により, 供給が遅れることが多いため, 時間的に余裕を持った発注に対応している。この結果到着地における車両の路上待機のために道路輸送へのしわ寄せが発生したり, 工場・倉庫や店頭での在庫の増加が生じたりする。

元来トヨタの「カンバン方式」は消費された量の部品を後補充で発注する方式であるため, ストック可能な大量・中量品の生産に適用される発注方式である。一方, ストックに場所をとる大物部品に対しては, 消費順序に従ってパレットに詰める生産順序発注方式(製品情報発注方式)を採用して, スペース削減効果を求める必要があるとされている。

このように到着地においてストックすることが困難な貨物に対してジャストインタイム発注を行うと, 結果として「道路上でトラックに乗せたままストックする」という現象が発生してしまうことがある。

#### 2.2 過剰発注問題

SCMのパッケージは主としてメーカーが需要予測を行うという考え方に立っている。SCMを導入しても小売店が納期間際に注文の変更を行ったり, ヒット商品の供給不足を懸念して思惑を持って余分に発注を行うことが多い。この結果, メーカーに注文が殺到し, 供給不足による納期延伸が発生するうえに, 供給不足を見越した小売店によるさらに過



講師: 西宮良一



コメンテーター: 桑原雅夫

剰な発注が行われるという悪循環が起  
こりがちである。このようなSCMの有  
する欠点を解消するために、メーカーと小  
売店がそれぞれ需要予測を行い相互に  
すりあわせを行い、生産計画の見直し  
を行うCPFR (Collaborative Planning,  
Forecasting and Replenishment)と  
いう手法が近年注目を浴びている。ジャ  
ストインタイム搬入を実現するためには、  
このような情報共有による生産計画の  
素早い見直しが必要となってくる。

### 3 運輸分野におけるIT活用の方向性

ロジスティクスの分野においてITを活  
用して輸送を改善するために、以下の  
3つの要素が必要となってくる。

走行している車両から輸送所要時間  
データを収集し、将来の輸送時間を  
予測するプローブカー(Probe Car)  
の技術

到着地の混雑状況をリアルタイムで把  
握し、輸送をコントロールする交通需  
要管理(TDM)の技術。

生産工程等の計画・作業進捗状況を  
リアルタイムで把握して、出荷する量  
をコントロールするSCMの技術。

以上の3種類の情報をもとに、輸送す  
る車両の出発前に出荷・出荷時刻の調  
整を行うことが真の意味でのジャスト  
インタイム搬入を実現する鍵である。こ  
のようなシステムは、無線パケット通信等  
の既存の移動体通信網とモバイル機器  
を活用し、さらに走行中の車両から受け  
取った位置情報、所要時間をデジタル

地図上で表示することにより可能となる。  
図 1にその概念を示すように、到着  
地からの情報と車両からの情報を活用  
することにより、ジャストインタイム搬入  
を実現する効率的な車両の運行制御が  
可能となる。

### 4 建設物流を対象としたシステムの 開発

以下では生コンクリートの搬入を例に  
とり、ジャストインタイムを実現する輸送  
システムを建設資材輸送への適用方法  
を示す。

#### 4.1 生コンクリート輸送の特徴と問題点

生コンクリートは、プラントで生産さ  
れ建設現場へミキサー車で搬入され  
る。プラントを出発したミキサー車は出  
発時にあらかじめ決められた目的地1カ  
所のみ立ち寄り、荷卸し後空車で出  
発地に戻るという単純な輸送形態であ  
る。プラントから現場までの輸送時間  
は、郊外では通常は10~20分程度のこ  
とが多いが、大都市では市街地にプラ  
ントがないため輸送時間が1時間程度  
まで延伸する場合もある。コンクリート  
は時間とともに硬化するため、これは品  
質保持上限界の輸送時間である。

都市内のオフィスビルやマンションの  
建設現場は敷地が狭隘であり、現場で  
到着したミキサー車の待機場所が存在  
しない場合が多い。また、周辺の道路  
が狭く、静穏な住宅地に隣接している  
場合は、路上での待機も困難である。  
したがって、渋滞による輸送時間の不

確実性を路上待機により調整する対策、  
到着地における在庫をバッファとした輸  
送を行う対策をとることが困難である。

#### 4.2 問題解決の方向

本研究では生コンクリートのジャスト  
インタイム輸送を実現するため、以下の  
方針に基づき検討を行った。

- ・コンクリート打設工程の進捗に合わせ  
たジャストインタイム搬入を行う
- ・輸送時間の実績を反映した出荷時刻  
調整を行う
- ・輸送状況を関係者全員で共有するこ  
とにより待機車両発生リスクを最小  
化し、無駄が無い輸送を実現する
- ・建設現場での受け入れ時の品質をプ  
ラントでの生産へフィードバックし、  
最適な配合を行う

以上の方針に従い「今後の必要量」と  
「到着時間」をリアルタイムで予測し、  
その時点で必要となる量・品質を  
決定し生産・出荷するシステムの提案  
を行った。

#### 4.3 出荷時刻決定方法

本輸送システムにおいては、プラント  
からの出発台数と、現場への到着台数、  
現場における打設実績とを比較するこ  
とにより、将来の必要到着台数を決定  
する。さらに、道路の輸送時間をミキ  
サー車自体を一種のプローブカーとして  
利用することにより計測し、このデー  
タを基に将来の輸送時間の予測も行う。

#### 4.4 システム構成

生コンクリート輸送システムのシステ  
ム構成イメージを図 2に示す。

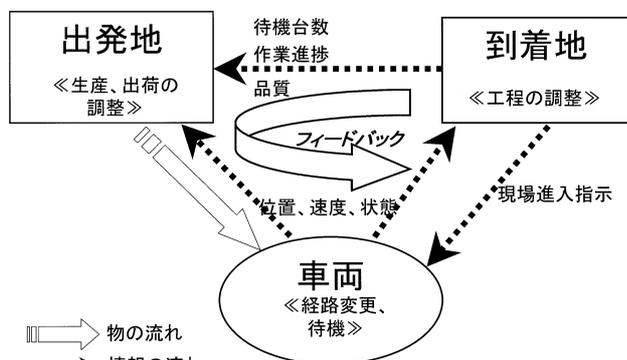


図 1 ジャストインタイム輸送を実現する車両運行制御の概念



図 2 生コンクリート輸送システムのイメージ

従来から一部のプラントにおいてはGPSとパケット通信を利用した運行管理システムが導入されていたが、建設現場はシステムでカバーされておらず、電話等による相互のやりとりが主であった。このため、建設現場とプラントの間で出荷状況、打設状況の情報が共有されておらず、結果として余分な待機と非効率な輸送が避けられなかった。

本輸送システムは、以下のような機能を有する。

- ・ 出荷指示/出荷調整の指示の伝達
- ・ 打設実績、打設トラブル発生情報の伝達
- ・ ミキサー車の現在位置の把握、旅行時間の計測
- ・ ミキサー車への走行経路指示、現場への入場誘導
- ・ 受け入れ時品質検査結果のプラントへのフィードバック
- ・ 伝票類の電子的受け渡し

#### 4.5 実証実験

iモード携帯電話を利用したミキサー車運行情報共有システムの開発を行っており、これと既存の位置情報管理アプリケーションサービスを組み合わせ、平成13年度中に実証実験を実施する予定である。このようなシステムの導入により、生コンクリート輸送に係る主体別に以下に示す効果が得られることが期待される。

地域住民・道路利用者

- ・ 道路上での待機車両の削減
- ・ 工事用車両指定走行経路の遵守
- ・ 迂回走行車両の削減

建設業者

- ・ 生コンクリート品質の向上
- ・ 近隣住民対策の円滑化
- ・ 発注・納品・検査・請求のペーパーレス化

生コンクリートプラントおよび販売代理店

- ・ 運搬車両の運用効率向上
- ・ 配車・出荷調整等熟練作業の支援

- ・ 発注・納品・検査・請求のペーパーレス化
- ・ 小口納品時の販売代理店立会人の省略

#### 5 他の輸送分野への適用可能性

今回提案したシステムのジャストインタイム配車、出発時刻調整、情報共有等の機能を活用して、他の輸送分野においてもシームレスな輸送が可能となる。

##### 5.1 建設現場での様々な活用方法

ビル建設現場においては、多種の資材の搬入により揚重機の使用が競合するが、揚重機使用スケジュール管理と資材搬入車両の到着をマッチングすることにより、建設現場での混雑緩和が可能となる。また、資材のほか建設残土輸送や土取り場の混雑緩和等にも応用できる。

##### 5.2 貨物ターミナルへのフィーダー輸送

空港、港湾、鉄道貨物駅等で幹線輸送機関の発着スケジュールや荷さばき進捗状況に合うようにトラックの入場を調整することにより、貨物ターミナルでの待機スペースの削減、付近の道路での駐停車削減、トラックやターミナルの稼働率向上が可能となる。

##### 5.3 駅前タクシープール

駅前のタクシー乗り場で待機しているタクシーの台数を乗車需要に合わせて調整することにより、タクシー乗り場の面積の削減、利用者の待ち時間の削減、タクシーの稼働率の向上が可能となる。

##### 5.4 バスサービスの改善

現在のバス路線は一般的にはターミナルを中心とした放射状の路線となっているため、末端へ行くほど運行頻度が低くなり利用しにくいのが現状である。バス路線を幹線系とフィーダー路線に分離して、相互の乗り換え拠点を設置することにより、幹線系では大型の車両による高頻度で待ち時間が少ない輸送サービス、フィーダー路線では小型バ

スやデマンドバス、さらには乗り合いタクシー、タクシー等を活用して需要に合わせた輸送サービスを行えば、全体としてサービス水準が向上する。このような乗り継ぎ輸送システムの実現のためには、もちろん乗り換えに対する運賃体系面での配慮も必要であるが、これに加えて幹線系のバスの需要に合わせたフィーダー路線の車両の運行調整が必要となる。このようなシームレスな輸送サービスは、幹線系バスの運行情報、乗客数の情報、乗り継ぎ拠点からの待ち人数に関する情報、フィーダーサービス車両の運行状況、待機車両情報等を共有することにより可能となる。

##### 5.5 宅配便車両の走行削減

家庭への宅配便の配送車両の運行において、不在家庭による無駄な走行は大きな問題である。運送会社においては荷物や車両の追跡・位置管理システムが導入されているが、荷物を受け取る家庭までは荷物の情報が共有されていない。荷物の配達予定を受取人に通告して、受取人の受取希望時間に合うように集配車両を運行すれば、無駄な走行や在宅確認の手間を削減することができる。

#### 6 普及への課題と対応策

貨物の輸送においては1カ所の到着地に対して複数の出発地から複数の運送会社によって輸送される輸送形態が普通である。各運送会社はそれぞれ別個の運行管理システムを導入しているため、1社の運行管理システムと到着地(受取人)をネットワークで結んでもジャストインタイム搬入は実現できない。各社が共同であらたに一つの運行管理システムを構築することも既存システムからの移行や企業規模の大小等を考慮すると現実的ではない。一方で、近年インターネット上で運行管理サービスを提供する運行管理アプリケーションサービスプロバイダー(ASP)が出現し始めて

いる。このような運行管理ASP間で情報の交換を行うことにより、受取人側から到着予定のすべての貨物の動きを把握することが可能となる。

このようなサービスが普及するためには、車両から収集した情報の流通体制や情報の形式の標準化、セキュリティの確保、プライバシー保護のための法制度が必要となる。

ヨーロッパにおいては、車両の位置情報というプライバシーの保護の法制度があり、また情報の形式も標準化もすすんでいるため、車から収集した交通状況を流通する民間ビジネスが盛んになっている。

## コメントの概要

ITS技術には、位置同定技術、通信技術、車両制御技術がある。この組み合わせにより、例えば、輸送管理、信号制御、交通調査、駐車管理、TDM等様々な応用が可能である。

### 1 信号制御とITS

私の専門の信号制御分野においては、今まで車両感知機で行われていた信号制御にITS技術が活用されることで、より高度な交通管制が可能となる。例えば、遅れ時間、停止回数、旅行時間等の指標により評価される信号制御パラメーターの決定に、車両位置情報を用いることができる。また交差点状況は、大型車混入率、歩行者の存在、駐車車両の存在等によりダイナミックに変動している。交差点状況を高精度に観測し、信号制御に反映することができる。また、ITS技術は交通需要を把握するためにも有用であろう。車両GPSによる位置情報から交差点分岐率、OD推定も可能となる。

しかし、現在これらの新技术に対応した制御アルゴリズムは開発されていない。新アルゴリズムの提案は研究者

の責務であり、そのため我々は、「次世代信号制御アルゴリズムの提案」というコンソーシアムを設立した。2004年ITS世界交通会議、2005年愛知万博開催に合わせ、名古屋でデモンストレーションを行うこと目標にしている。デモ前に提案したアルゴリズムの予備評価するためにAVENUEというシミュレーションモデルを用いる。今後は、このシミュレーションに、信号制御とのインターフェイスと、ITS各種センサー情報を取り込む必要がある。

### 2 交通調査とITS

もう一つの話は、ITSとITのインテグレーションによる交通調査への活用である。30秒に1回位置情報を記録できる専用車載機を用いて、2001年2月5日から3月4日の1ヶ月間横浜市でプローブカー実験が行われた。実験では、タクシー41台、バス48台、ゴミ収集車36台、業務車両90台の1ヶ月間の軌跡が観測された。このプローブ車両から得られる情報からは、VICSリンクでは観測できない細街路の旅行速度、また右左折別の旅行時間の把握が可能になったことが分かった。

今後、ITSをToyとしてではなく、実用的なToolにするためには、様々なITSの要素技術のインテグレーションが重要な課題となるだろう。

### 質疑応答(コメント)

Q1 プローブカーを用いたデータの収集と従来の固定施設を用いる方法ではどちらが費用が安いのか？

A1 光ビーコン等の固定型施設と携帯電話のような移動通信型がある。コスト面ではヨーロッパではGPRS(GSM)、日本ではDoPa等のパケット通信が安価である。光ビーコンは設置費用として、人件費・工事費等により膨大なコストがかかる。移動通

信の利用が現在の動向であるが、まだ、送信エラーがあることや量的な観測には不向きな面もあるため、それぞれの特長を補う形で利用される。

GPS等のセンサーから得られた情報の通信費が、その通信回数に依存してしまいうため高価になる。

ドイツで実現しているプローブカー会社では、通信頻度を下げる工夫をしている。例えば異常時のみデータ送信を行うことで通信費を削減しており、これが特許になっている。

Q2 ドイツのプローブカーでは、車載機の搭載はボランティアに行われるものか？

A2 最初は実験的に搭載されていたが、現在は車両向けの案内情報提供とセットになっている。車からプローブ情報を提供する契約に知るとサービスプロバイダーが使用料を割り引いている。結果的に、情報収集会社がドライバーから走行情報を買ひあけるビジネスモデルとなっている。車載装置はドライバーが情報入手のための初期投資として買うことになる。

Q3 SCM全体の最適化を考えた場合、輸送頻度を極端に上げたときに、在庫コストが輸送コストを上回る場合がある。財の特性に依存する適正な在庫水準をどのように把握するのか？

A3 建設分野の場合、在庫場所は建設現場となり、在庫場所の確保は難しい。また路上でトラック車両が待機すると近隣住民から苦情がでる。また生コンの場合は、輸送時間の制限と、在庫中の品質劣化のリスクを考慮する必要がある。品質が劣化しない財に対しては、在庫コストと輸送コストのバランスを考慮する必要がある。

Q4 先程タクシープール導入事例について説明があったが、タクシードライバーにとってのシステムに参加するインセンティブは何か？また宅配便の場合は利用者にとっての便益は何に

なるだろうか。一般的に、情報共有システムに、関係する事業者を参加させるためには、どのようにインセンティブを与えることが望ましいのだろうか？

A4 タクシープールシステムの導入に対しては、ドライバーの稼働率確保の方法は現在の待ち方と本質的に変わらない。タクシーは客待ちの順番をタクシープールで確保し、それに従い駅前で並ぶことになる。一般車両を排除するためにはETC的なゲートを駅前広場に設置することで管理できるだろう。宅配便の場合、混雑緩和等の社会的便益が関連主体への参加インセンティブの要素となるだろう。いずれにしろ、ビジネスモデルとして外部経済の内部化を行う仕組みを考え、関係主体に便益を還元させることが重要となる。

Q5 建設工事におけるゼロエミッションに関して、汚泥等軟弱土の加工による有効利用の話題がある。しかし、一つのプラントに全ての資源を運び、加工後、再度輸送するため、輸送コストが問題となっている。輸送コストを下げるため、複数の需要箇所と供給箇所の適切な直接輸送を行いたいのであるが、そのような複雑な組み合わせ問題には本システムは対応できるのだろうか？

A5 建設現場や汚泥の加工プラントが一つのシステムに入れば可能である。取引上の問題をクリアできるかが問題になるだろう。

トラック輸送では空車と荷主の需要供給データの統合を一つのシステムで行っている。特にシステムを結合しなくても、関係主体のインセンティブが有効に働けば、特にシステムを結合しなくても今まで使用しているシステムを使ってできる。

複数出発点と複数目的地の情報が集まれば従来の計画問題で解ける。現実問題としてはビジネス上の制約条件をどのようにシステム上で解決していくかである。

Q6 プロープカーは自由に使える環境なのか？ コンテナターミナルゲート前の渋滞情報を周辺の車両に提供できるか？ ドイツでは個人情報保護が法的に規定されているのか？

A6 プロープカーについて、フローティングカーデータ(FCD)というコンセプトは交通工学の分野で昔から使われていた。特に旅行時間や速度、渋滞長のデータを得るのに使用されていた。プロープカーについても同様なデータ収集に有用である。

ゲート前の各運送会社の車両情報を一つに集めて混雑状況を提供する仕組みをつくることはできる。

ドイツの例に関しては携帯電話を使って電話会社がデータを受けた時点で電話番号を削除する法規制があると聞いている。

C1 物流においてもインターモーダルが重要となっている。EDIと陸上交通サイドでコンテナ情報を繋げてい

くことは今後の必要な仕事ではないだろうか。

Q7 事故・災害等の交通障害に備えて、事業者としては早めに目的地に到着したいのが心情である。交通障害に対する心理的要因を解消するシステムのな方策はあるのか？

A7 事故・災害に対しては、どうやって知るか、知ってどうするかの2つがポイントになる。前者については運転手からの報告等の入手を介した対応となる。後者については、生コンの場合、代替車両の検索等、事業者側での対応、または他の現場の紹介等、建設現場側からの対応となるだろう。いずれにしろ情報共有により心理的リスクは軽減される。

情報提供は平常時より非常時に発揮される。ルート変更等の対策が迅速に行われることの効果は高い。

C2 伝票整理の煩雑さを考えると早く本システムが普及することを期待する。施主・ゼネコン・生コンプラントの3社が関係してくる。リアルタイムに施主に提示することによるプレゼン効果や、品質・数量の確認が電子化される効果は高い。

Q8 将来的に道路のリアルタイムの渋滞情報提供は可能か？

A8 現在でもリアルタイムではないが5分ほどの遅れて現在の交通情報を提供している。問題は先を見越した情報提供である。この問題は非常に難しいだろう。

(とりまとめ：運輸政策研究所 西宮良一)