

ITS を基盤とした SCM の展望

郭 偉宏

1. はじめに

ITS（高度道路交通システム）は最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とをネットワーク化する新しい交通システムであり、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決、物流の効率化、地球環境問題およびエネルギー問題の緩和に大いに期待されている。また、ITSの研究開発は国民生活の安全性や快適性の面で大きく貢献するだけでなく、今後15年にかけて約60兆円規模の市場と100万人以上の雇用を生み出すと予測される[1]。これだけのインフラストラクチャ整備は国民の生活だけでなく、企業経営の戦略に必ず大きな影響をもたらす。ITSを自社の経営戦略に取り込むことは今後の企業発展につながると予想される。ITSと密に関連する企業活動といえばロジスティクス、あるいはSCM（サプライチェーン・マネジメント）であろう。特にSCMにおける輸送・配送、および関連する情報管理システムや意思決定支援システムは、ITSのナビゲーションシステム、道路交通の最適化管理システムなどから得られた情報により充実、強化されることが考えられる。

当今の激しい市場競争、製品ライフサイクルの短縮、顧客の高い要望といった環境を勝ち抜くために、企業はロジスティクスからSCMへ統合化している。この進化を支えているのはコンピュータのハードとソフトの技術向上であり、ITSの発展は更にそれらに拍車をかけるだろう。本稿は現場の立場から、SCMについて筆者が経験した研究開発の実例をあげて議論し、更にSCMとITSとの関連について考える。

2. SCM について

SCMは原材料の調達から製造、流通を経て顧客へのサービスまでを含めた全体システムを統合して管理

する方法である。ロジスティクスと同義語として使われることが多いようであるが、基本的にロジスティクスの発展延長線上にSCMがあると考えられる。ロジスティクスとSCMの定義と区別についての詳しい議論は[2]を参照されたい。

2.1 SCM とは

本稿ではSCMについて[3]の定義を採用することにする。

SCMとは、顧客へのサービス需求を満たすと同時にシステム全体の費用を最少にするべく、品物が適切な量、適切な場所、適切なときに生産され、流通されるように、効率的に供給、製造、卸し、小売を統合するアプローチである。

この定義はアメリカのロジスティクス管理協議会（Council of Logistics Management: CLM）によるロジスティクスの定義とよく似ている。もともとロジスティクスは原材料から製造、物流の流れを、組織を通して最適化しようとする統合的な過程である。それを上流の供給元に対して、また、下流の最終顧客に対してロジスティクスの論理を広げることが、SCMの概念である。

しかし、この一見単なるネットワークの拡張のように思われる方法は、いくつかの問題を新たに提起している。例えば、ロジスティクスネットワークで連結される企業が同一会社の異なる部門か同一企業グループであるのに対して、SC（サプライチェーン）の場合は同一グループであるとは限らない。SCに連結される企業は互いに相反する目標をもつことがありうる。SCMの目標は最終市場における利益を最大にすることであり、それは異なる企業の協力関係に基づき、個々の企業の最大利益を最少コストで実現することでもある。もしそれがあがる企業の不利益で達成されるものであるならば、SCMは成り立たない。また、SCMは時間的にも、組織的にも動的である点である。一旦構築されたSCの構成員である部品メーカー、製品メーカー、物流センターそして小売までが、時間と共に

かく いこう

秋田県立大学システム科学技術学部

〒015-0055 本荘市土谷字海老ノ口84-4

成長し、変化する。システムの構成は常に流動的である。

これらの原因で SCM は指令型管理から契約型管理へ変貌し、パートナーシップが強調されるようになる。管理の重心はメーカーから顧客に近い川下へ移動する傾向がある。

平成 11 年 10 月に公表された日産の合理化政策はマスコミによって大きく報道され、コストカッターの異名をもつカルロス・ゴーン最高執行責任者の大鉈を振る姿が印象に残った[4]。しかし冷静にその合理化政策を分析すると、SCM 戦略の見直し以外の何物でもない。日産の再建戦略は以下の項目などを柱としている。

- ディーラーの縮小
- 工場閉鎖
- 取引部品会社の縮小

すなわち、子会社のディーラーを再編、強化し、販売能力を充実すると共に市場への反応速度を向上する；余剰の生産能力を削減することで工場の生産効率を上げ、コストを削減する；さらに、サプライアの部品会社を再構成することにより日産全体の市場競争力を高めていこうという、SCM の思考を忠実に再現している。まるで日産全社をあげて壮大な SCM 実験を行っている感さえある。

皮肉にも SCM の発想はもともと日本から輸出した管理技術なのであり[2]、日本人以外でも”理解できる表現”で体系化することにより開花されている。そういう意味で日産とその関連会社は過去の強い主従関係から脱皮し、強いパートナーシップを築き、世界的再編にある自動車業界において再起できるか、注目したいところである。

2.2 SCM の特徴

SCM の特徴については数多くの論文や著書で議論されている[2]。本稿では以下の二つ特徴をあげたい。

(1) ECR (Efficient Consumer Response), QR (Quick Response) といった迅速に市場に対応する能力

市場の変化が SC のすべてのポイントに波及するので、速やかにかつ効率的にそれに対応することが SCM に要求されている。

SCM の事例としてよく DELL 社の例が紹介されるが、DELL 社成功の秘訣は ECR にある。DELL 社ではパソコンという商品の特殊性をうまく利用し、生産過程においてできるだけ完成品を組み立てるタイミン

グを遅らせることにより、システムの最大柔軟性を最小の在庫で維持している。

(2) JIT (Just in Time) の小売への拡張

上に述べた SCM の定義で強調されるように、従来、メーカーに定着した JIT の概念と手法が川下の最終顧客まで拡張されている。

Wal-Mart 社ではいわゆるクロスドーキングという戦略がある[3]。この戦略により Wal-Mart 社は年間 3%の物流費用の削減を達成している。クロスドーキングとは、物流センターの入荷ドックで受け入れた商品をそのまま仕分けコンベア経由で出荷ドックまで運び、各店舗行き配の配送トラックに載せて出荷してしまうというものである。つまり、物流センターの在庫機能をなくして、仕分け機能だけをもたせる通過型物流センターのことである。商品が物流センターに置かれているのはたかだか約 12 時間 (48 時間という説もある) であり、その後、速やかに小売や顧客へ配送される。これにより在庫をもたずにしてリードタイムを短縮するという目標を達成している。これはいわばジャストインタイム (JIT) を製造工程から市場に近い流通へ拡張したようなものではないであろうか。当然のことながら、このような成功は多額の投資 (物流センターの建設)、高度の IT 技術と規模の経済性 (大量効果) に支えられている。

2.3 SCM の機能

SCM の機能は SC の各ポイントおよび全体に抱える意思決定問題であるといった観点から、ここでは図 1 のような 4 つの意思決定サイクルを考える。各サイクルは互いに関連し、しかも独立性を有している。

(1) 需要予測

ECR を実現するために、SCM における需要予測の役割がますます重要となってきた。需要予測の基本はデータである。データは市場情報、顧客情報、生産在庫情報、販促情報などがある。これらの情報を統計解析などの手法でモデリングし、過去のデータを使用することにより検証をおこない、実行に移る。



図 1 SCM の機能

予測精度の重要性は言うまでもない。精度の低い予測はSCの各ポイントに余分な在庫を引き起こし、リードタイムを伸ばし、結果的にECR能力を低下させてしまうことになる。しかし、予測の精度をあげるために多大な努力が必要となる。情報が異なると同じ商品でも異なるモデルを用いて処理する事も考えられ、きめこまかいモデリングとチューニングが必要となってくる。

また、SCMの需要予測に対する要求は予測精度ばかりでなく、需要の変動に対して、システムが迅速に反応することも含まれている。需要予測に反する市場の動きにシステムがいかに速く対応できるかは商機を逃がさないポイントである。速い反応は、POS(Point of Sales)などの販売情報を直ちにSCの各ポイントへ伝達することにより始めて保証される。

例えば、清涼飲料水業K社の場合、管轄内に自動販売機を含めて何万もの販売店をもち、扱っている商品も100種類以上ある。売上情報を速く把握するために段階的にPOSシステムが導入されている。K社の需要予測は過去の実績に気候(気温、湿度など)、販促などのデータを加えて行なわれ、その業界において高い精度が保たれている。しかしK社はそれに満足せず平成8年専門家によるコンサルティングを実施し、商品ごとにきめこまかいモデリングとチューニングを行なうことにより、現行の方法と比べて30%以上の精度向上が可能であると判明された。このことから需要予測について方法論とシステム化の研究開発は、まだ十分余地があるといえよう。

(2) 生産計画

JIT, MRPやDRPに代表される数多くの管理方法があり、最近TOC(Theory of Constraint)も話題にのぼっている(例えば[5], [6])。詳しい議論はそちらに譲りたいが、一言付け加えると、生産計画における目標が規模の経済性であることは昔も今も変わらない。変わるのそれはそれを実現する方法である。別の言い方をすると、SCMにおける生産計画の目標は、顧客の需要に速く、しかも柔軟に対応する“そのための経済的バッチ量”[2]である。

(3) 在庫管理

在庫管理の究極の目標は無在庫である。しかしながら、需要予測が不正確であり、ある程度の量(ロット)で生産しなければならない、リードタイムがかかるといった様々な原因によりSCの各ポイントに在庫が存在してしまう。そのためにSCMにおける在庫管

理はSCを潤滑にするとともに不確実性により生じたいろいろな不具合を吸収するという意味で常に適切な在庫量を把握する必要がある。適切な在庫量の概念は商品の性格(売れ筋や季節変動など)と需要予測に合わせて、その発注方法やパラメーターを選び、時間と量で在庫を管理することにより、最少在庫で最大の顧客サービスを提供するという考え方である。言い換えれば、従来の在庫管理システムにサポートされていない意思決定の支援こそSCMにおける在庫管理の最大の特徴である。

大手製品メーカーT社の例をみると、その倉庫は約500品目の商品を在庫している。商品の季節変動が激しく、商品種類の切り替えも頻繁である。在庫を抱えているにもかかわらず、よく欠品が起こる。そのため、適切な在庫量を把握するという目的で過去4ヶ月間のデータを使ってシミュレーションを行なった。シミュレーションは[7]が使われていた。その結果、欠品率が改善され(欠品を起こらないようにする)、同時に、20%以上の在庫量が削減されたという報告があった。

(4) 輸送配送

ある意味でSCMが脚光を浴びるきっかけは他ならぬ輸送配送業務のシステム化といえよう。すなわち、輸送配送をSCに取りこむことにより始めて“ドア・トゥー・ドア”が実現されるわけである。本稿では意識的に輸送と配送を区別して使い、工場と工場間、工場と物流センター間のモノの流れを輸送と呼び、物流センターから小売や顧客へのモノの流れ、あるいは部品メーカーや顧客からの集荷を配送と呼ぶことにする。輸送配送業務のシステム化は、荷量情報、配送先情報、トラック情報のみでなく、地図情報、道路交通情報、トラック現在位置情報など外部の情報に大きく影響される。近年ITS、電子地図、GPSといった環境条件およびコンピュータの計算速度と記憶能力の著しい発展により、ようやく現場レベルで実現可能になってきている(現に数多くのソフトパッケージが販売されている[8], [9])。しかしながら、計算精度と速度(短時間に現場が納得できる配車結果を自動的に計算する)、操作性(画面操作で配車結果を変更する)、柔軟性(最適目標や制約条件の変更、一旦計算した結果の変更)などの面から見ると、輸送配送業務のシステム化はまだ発展途中にあると言わざるを得ない。

2.4 ITS との関連

以上SCMについて述べたが、ITSとの関連につい

表1 SCMにおける輸配送業務とITSの関係

SCMにおける輸配送業務	ITSの開発分野
<p>走行前</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 求車求荷ネットワーク (KIT) ● 配車計画 ● 物流センター (検品等) <p>走行中 (物流センター側)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 車両位置情報把握による荷主からの問合せ・集荷依頼対応 ● 道路交通情報把握による最短経路誘導・到着時刻予測 <p>走行中 (トラック側)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 事故防止のための車載システム ● 事故防止のための道路インフラ整備 ● 事故防止のための情報提供 ● 道路交通情報把握による迂回路選択 <p>走行後</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 業務効率化 ● 安全指導 ● 経済走行指導 	<p>交通管理の最適化分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 交通流の最適化 ● 交通事故時の交通規制情報 <p>道路管理の効率化分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 通行規制情報の提供 <p>商用車の効率化分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 商用車の運行管理支援 <p>ナビゲーションシステムの高度化分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 交通関連情報の提供 ● 目的地情報の提供 <p>自動料金収受システム分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 自動料金収受 <p>安全運転の支援分野</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 走行環境情報の提供 ● 危険警告 ● 運転補助 ● 自動運転

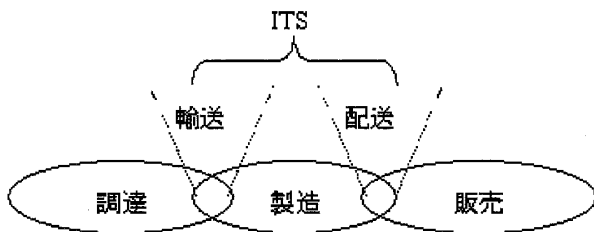


図2 SCMとITS

て考える。図2に示したように、ITSは道路と交通に関する情報ネットワークという意味で、当然のことながらSCMにおける輸送と配送業務に密接な関係がある。

例えば運輸省では、携帯電話やMCA無線、路車間通信、衛星通信などの移動体通信で車両位置や貨物情報を把握すると共に、道路交通情報を踏まえた運転者への指示などを事務所と車両でやり取りし、物流EDI (Electronic Data Interchange) を活用して荷主や輸送機関との情報交換を行うITS構想を打ち出している[10]。

表1はSCMにおける輸配送業務と関連するITSの研究分野を表したものである ([11], [12]から抜粋)。表1から、例えば走行前の配送配車計画はEDIやKIT等のSCネットワークからの情報のみでなく、ITSからの交通流量、規制情報、事故などの情報を計画に反映することにより効率の良い計画が立てられる。車が走行中、物流センター側はGPSなどを使っ

て車両の走行位置を正確に把握することができる。そのため、荷主からの問合せや集荷依頼に対して迅速に対応できる。トラック側もナビゲーションシステムからの情報により最短経路の確保、顧客への到着時間の予測が可能になる。さらに、事故などの情報による安全運転の支援を受け、事故防止に努めることができる。これに加えて自動料金収受システムは無停車で料金の収受ができるので、快適な運転と交通渋滞の緩和が可能になる。

このようにSCMにおける輸送と配送業務はITSから様々な恩恵を受けられるように見えるが、実際にITSの情報を輸送と配送業務に取込むためには多額の費用と現行業務のシステム化への努力が必要となり、現時点ではなかなか難しい。次節はSCMとITSとの関連について、輸配送業務の例をあげて説明していこう。

3. 輸配送業務からみたITS

(1) 戦略の例 (建材業U社の場合)

本来、SCMの戦略問題は、工場の立地、物流拠点の配置および関連する輸配送問題といった長期的な意思決定問題を指す[13]。同様に、既成システムを戦略的な立場から分析し、評価する (リエンジニアリング) ことも戦略問題である。むしろ後者はバブル崩壊後、システムを再構築するのによく使われている。

U社は九州に多くの物流拠点をもち、そこに在庫を保有して顧客の需給に対応してきた。平成8年U社の新しい戦略により九州地区の物流拠点を再構築することになった。合理化の焦点は現有の9つの物流拠点をいくつ(3つか、1つ)に統合し、新しい物流拠点をどこに設置すれば、従来通り顧客の需給を満足させることができるかということである。物流拠点の統廃合には人員や施設に対するコスト評価以外に、顧客へのサービス(建材が顧客へ届くリードタイム)と新しい拠点からの配送費(距離が長くなる)も評価しなければならない。そのため、需要が現状のまま推移すると仮定して、顧客の時間指定を考慮しながら、車両台数を最小にすることを目的にしたシミュレーションを行なった[7]。その結果、物流拠点を1つに絞ることができた。

ここで、例えばITSの情報を取込むことが可能であれば、以下のような改善ができると考えられる。

- ITSにおける交通流の最適化(開発分野4)と通行規制情報の提供(開発分野5)などから道路速度の時間帯分布が得られる。それをシミュレーションに取込むことにより計算精度が一段と向上できる(現状では道路別に同じ平均速度で走行すると仮定しているが、現実的でないという指摘を受けた)。

- 車両の高度化(AHS)や自動料金収受システム(ETC)などの道路条件の改善は顧客へのサービスをより迅速にすることができる。

- ITSが整備されているというのは立地条件の基準のひとつになる(現状は既存の物流拠点を使用した)。

(2) 戦術の例(清涼飲料水メーカーT社の場合)

SCMの戦術問題は、需要予測から生産計画、輸配送計画など、中期的な意思決定問題である。T社のルート・プランニングはその典型的な例である。

平成6年T社は、社内におけるロジスティクス(SCM)の生産性を向上するために、従来、社員が商品を顧客へ直接届け、そこから次の注文を取ってくるという商物一体型体制から営業は専門の営業マンが行ない、配送業務は配送専門チームに任せるといった商物分離型へと戦略の転換を行なった。そのために各営業所において商流/物流の最適ルート・プランニングを計画しなければならない。ここでの最適の意味は作業の平準化である。すなわち、商流においては営業マンの平均営業時間を平準化し、曜日ごとに営業区域を明確化することである。物流においては配送車両の配送時間を平準化し、曜日ごとに配送エリアを明確化するこ

とである。

以上の目的を達成するために、商物分離型RPS(Route Planning System)が開発された。RPSにおいて、顧客情報(顧客種類、予測需要、地域、営業日と定休日等)、道路情報(道路種類、特徴[一方通行等]、平均速度等)および営業所情報(車両、車種、人数、平均作業時間等)を基に、五曜日(七曜日も可能)ごとに商流と物流のエリア区分を策定し、必要な車両と人数を決定することができる。

このシステムの効果は以下のように報告されている。

- 職務の明確化および作業別時間把握による標準時間の設定が可能になる。

- 得意先担当社員の日々の仕事量が均一化する。

- 従来のデッスパッチで障害となった仕事の偏りを無くし、無理なく確実な配送が可能になる。

- 配送のルート効率が上がり、生産性が向上。

さて、ITSの角度からRPSをみると、戦略の問題と同じく、その時々や速度や交通情報などよりも、交通流量や通行規定情報など統計データがシステムの精度向上に役立つことがわかる。

(3) 運用の例(運送業M社の場合)

現在のところ、ITSと深く関わるものとして日々の配送業務がある。ITSのVICS、GPS、MCAなどの通信手段はすでに多くの運送会社に使用され、配送効率の向上に貢献している。さらにETCやAHSなどが実用化の段階に入ればより効率的かつ円滑な配送運営が可能になる。今後のSCMの目標はITS情報を取り入れた輸配送業務のシステム化であろう。例えば物流EDI(データの標準化による事務処理の効率化、共同配送の実現)の推進、GPSによるトラックの現在位置の把握、空車情報、求荷求車情報ネットワークの推進、さらに配送配車計画支援ソフトの開発など、実際に多くの努力がなされている。ITSの発展にともない、この目標も実現するだろうと思われる。しかしながら、現実にはまだ多くのハードルを越えなければならない。

M社はビールメーカーの運送子会社であり、以前はビールのみを配送していた。平成8年から営業範囲を拡大し、SCMを目指す戦略を展開している。手始めにグループ各社の配送を統括するために、新しい物流拠点をづくり、倉庫と配車業務をそこに集中させた。グループ各社の貨物を共同配送するために新たに配車計画支援システムが導入された。その時に面する問題として、まず、各社のデータ(得意先情報、荷量情報

など)が統一されていないこととそれに対する主導権がないことがあげられた。次に複数倉庫の優先権、異なる会社の優先順位、顧客の優先順位、さらに道路の混み状況や道路規制など ITS 情報がシステムに反映できないことである。当時の配車計画システムの最適化計算アルゴリズムはこれらの要望を取入れることが不可能であった。そのために、複雑なユーザーインターフェースを構築しなければならなくなった。結果的にシステムが現場から敬遠されることになる。

このように、ITS 情報が配車計画に大きく影響することは明らかであることから、ITS 情報を考慮した最適化アルゴリズムの開発は今後産学界の努力、一例として時間帯を取り入れた最適配送アルゴリズムの実用化の研究に期待したいところである。

4. 今後の課題

以上いろいろ例をあげて SCM について考察してきたが、現状の SCM は川下 (小売、顧客) への強調が強すぎる感があり、本来原材料の調達から、生産、在庫、配送といった一連の流れから離れていく恐れがある。SCM が一過性の流行にならないために、二つの重要な課題があると思われる。1 つ目は SCM の成功モデルを作ることである。今まであげた例のように局所的なモデルではなく、例えば小売業が主導で製品メーカー、さらに部品メーカーなどを巻き込んだ大規模な SCM モデルの成功例を期待する。2 つ目は産学共同である。これまで述べた需要予測、生産計画、入出

庫および在庫管理、輸送配送といった SCM における意思決定問題は従来のものと比べて更に複雑で難解である。問題の解決には大学など研究機関の最新の研究成果が深く関わっており、従って、産業界と学界の力を合わせて SCM の問題を取組む必要性があると考えられる。

建設省が ITS の将来像 [12] を描いているが、図 3 は SCM における ITS 導入のイメージをまとめたものである ([1], [11])。

- SCM 事業者は発荷主と着荷主との間に物流 EDI 等通信網により貨物関連情報を交換し、移動通信網や路側ネットワークを通じてトラックに ITS 情報 (VICS 等) と SCM 情報を流す。これによりナビゲーションシステムは交通関連情報だけでなく、計画された求荷求車情報も表示できる。更に、混雑状況や交通規制に応じて計画された最短ルートが逐次修正される。結果として運転手が効率よく配送業務を遂行することができる。

- 大型 SCM センターがスマートウェイの隣に建設され、クロスドッキングによる集配送が経済的に行なわれ、同時に、AHS や ETC 等による省エネルギー配送が実現する。

- 車両の高度化 (ASV 等) によりドライバーの安全運転の支援と歩行の安全性が向上し、高速道路、一般道路における交通事故の減少がはかられる。

- GPS 等によりトラックの走行位置の把握が可能となり、求荷求車の指示が道路の渋滞状況に応じて出さ

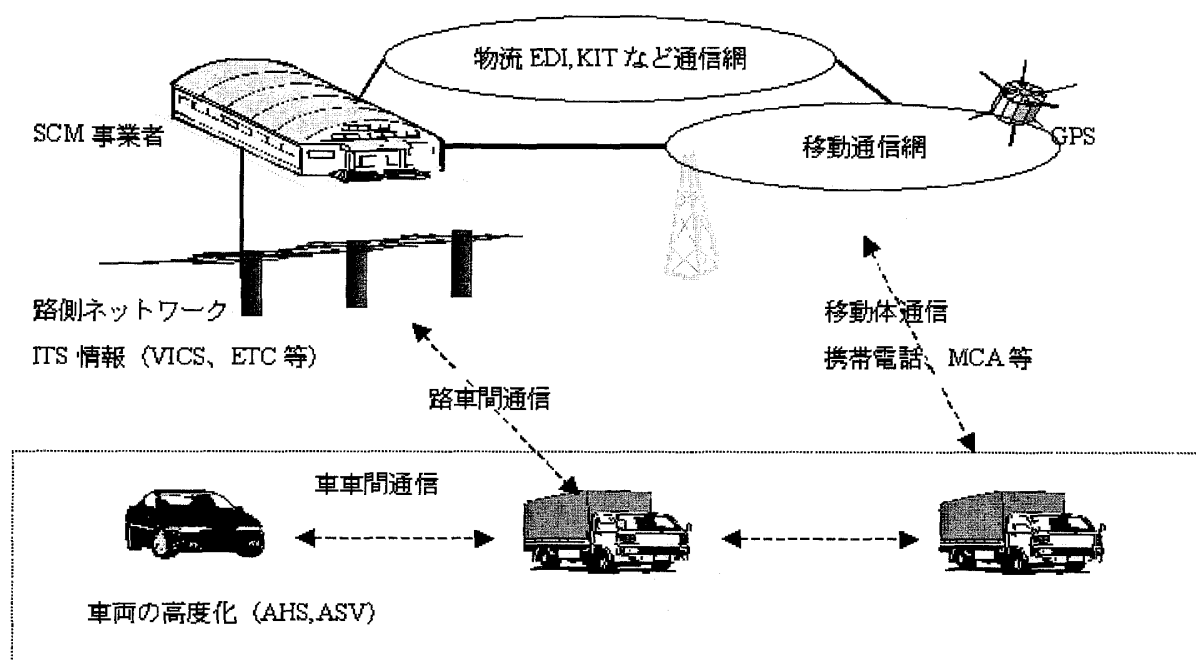


図 3 SCM における ITS 導入イメージ

れ、最も適したトラックが不可能である場合でも、車々間通信で一番近い車へ指示を転送することができる。

5. 終わりに

ITSは社会全体のインフラストラクチャであり、その対象はあくまでも個人である。一方SCMは企業を対象にする管理技術である。この二つの概念はそれぞれ広範囲に渡り、互いに多岐の分野に関連しあっている。ここで言及したSCMとITSはそれぞれのほんの一部かも知れないが、総じて一石を投じる意味でITSを念頭に置いたSCMの研究開発に役立つならば幸いである。

謝辞 本稿に使われた資料の大半は株式会社コーベック山本正社長に提供していただいたものである。この場を借りて感謝申し上げたい。

参考文献

- [1] 渡辺克也：“ITS 情報通信システムの将来ビジョン”，信学技報，Vol. 99，No. 33，pp. 21-27 (1999)。
- [2] Waters D.：“Global Logistics and Distribution Planning (3rd edition)”，Kogan Page (1999)。
- [3] Simchi-levi D., Kaminsky P. and Simchi-levi E.：“Designing and Managing the Supply Chain”，McGraw-Hill Higher Education (2000)。
- [4] 財部誠一：“カルロス・ゴーンは日産を変えるか”，PHP 研究所 (2000)。
- [5] 竹之内隆：“SCプランニング (TOC：Theory of Constraint) 概説”，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 44，No. 6，pp. 285-291 (1999)。
- [6] 黒田充：“製造業の全体最適化概念とその方法”，経営システム，Vol. 19，No. 3，pp. 126-131 (1999)。
- [7] 郭偉宏，紺野道広：“物流支援ソフトウェアにおける最適化計算技術”，ファクトリ・オートメーション，第 15 巻，第 3 号，pp. 37-42 (1997)。
- [8] 運輸新聞株式会社：“ロジスティクス情報システムガイド 2000” (1999)。
- [9] “日本ロジスティクスシステム協会ホームページ” (2000)。http://www.logistics.or.jp/jils/index.html
- [10] 日本トラック協会：“日本のトラック輸送産業” (1999)。
- [11] “全日本トラック協会ホームページ” (1999)。http://www.jta.or.jp/T-ITS/system.html
- [12] “建設省道路局 ITS ホームページ” (2000)。http://www.moc.go.jp/road/ITS/j-html/index.html
- [13] 圓川隆夫：“トータル・ロジスティクス”，工業調査会 (1995)