

# トラック運行管理ASPによる業務向け交通情報サービスの開発

岸野 清孝\* 石田 康\* 伏木 匠\*\* 権守 直彦\* 仲川 弘之\*

## Transport Information Service Realized with the Fleet Management ASP

Kiyotaka KISHINO\* Yasushi ISHIDA\* Takumi FUSHIKI\*\* Naohiko GONMORI\* Hiroyuki NAKAGAWA\*

Abstract: Fleet management system utilizing GPS and packet cellular phone networks are spreading recently in Japan. We started service of the truck fleet management system as an application service provider in April 2001. Truck location data collected with the system are not only used for fleet management of vehicles, but are also very effective in monitoring traffic conditions by regarding trucks as floating cars in traffic information gathering. In this paper, we constructed a traffic information system which provides traffic conditions and travel times off road links when using truck location data as the floating car data. We examined the effectiveness of the truck location data as the floating car data using actual data, and confirmed that nearly 90% of the location data was applicable to traffic information estimation. We also developed an arrival time prediction system based on the location data, and attempted service application to the fleet management system.

### 1.はじめに

トラック運送業界では、運行計画から輸送中の運行管理、労務管理などの業務において、効率化による運送コスト低減、サービス向上、省エネ化による環境対策の課題を抱えている。このような課題に対して、業務用車両向け交通情報サービスの立ち上げが要望されており<sup>1)</sup>、GPS(Global Positioning System)、携帯電話パケット通信網を利用したトラック運行管理システムが、日本国内で近年広がりを見せている<sup>2)</sup>。しかし、業界構造としてはトラック運送業者の99%(5万社)が中小企業であり、その企業規模からIT(Information Technology)化投資のハードルが高く、安価で気軽に利用できる情報サービスが求められている。そこで、「安価かつ簡単に利用できるサービス」としてトラック運行管理ASP(Application Service Provider)“e-trasus”(e-Transport Support System)を構築しサービスを開始した<sup>3)</sup>。業務向け交通情報サービスとしては、トラックの位置・荷物の状況などを管理する車両位置動態管理および車両運行実績管理、トラックの位置データから求めた旅行時間情報を利用した目的地への到着時間予測および配送進捗管理における到着自動認識を開発し、サービスの適用を検討した。

従来の交通情報サービスとしては、VICS(Vehicle Information and Communication System)があるが、提供される交通情報が現時点の情報であり先々の予測情報ではないことや、車両感知器の設置が主要道路であるため旅行時間や渋滞度の提供率が平成12年度現在30%と低い<sup>4)</sup>ため、最適な経路誘導や個別目的地への到着時間予測には不十分である<sup>4)</sup>。一方、プローブカーシステムは車両自身を移動するセンサとして利用するシステムで、特に交通情報を収集する手段として注目を集めている。大規模な実験的プロジェクトも行われており、横浜地区で約300台のプローブカーによる走行実験が行われ<sup>5)</sup>、2001年度は名古屋地区で1570台のタクシーによる大規模実証実験が行われた<sup>6)</sup>。このためトラックやタクシーなどの商用車を交通情報収集のプローブカーとして捉えることは<sup>7)8)</sup>、交通状況把握において非常に有効である<sup>9)10)11)</sup>。

\* (株)日立製作所 東京都千代田区神田駿河台 4-6

\*\* 日立研究所 日立市大磯町 7-1-1

\* Hitachi, Ltd.

\*\* Hitachi Research Lab., Hitachi, Ltd.

(Received March 17, 2003)

そこで、トラック運行管理ASPの位置データをプローブカー情報として利用した交通情報サービスの提供を検討した。しかし、本システムで収集されるトラックの位置データは、パケット通信のコストの関係上、運行管理の目的において必要最低限のアップリンク時間間隔(本システムでは15分)を設定している。このため交通状況把握の目的からみると、長すぎるアップリンク時間間隔となっており、走行経路を追跡することが困難になるという課題があった。そこで本研究では、トラックが収集した位置データを地図上にマッチングし、走行経路を推定することにより、トラックの位置データから道路の渋滞状況、旅行時間情報を算出する交通情報取得システムを構築した。さらに、交通情報サービスにおいて望まれている目的地への到着時間把握のニーズに応えるために、プローブ情報から求めた旅行時間情報を利用することにより目的地への到着時間予測機能と到着自動認識機能を開発し、サービスへの適用性を検討した結果、実用化の見込みを得た。

### 2.業務向け交通情報サービスのニーズ

近年、日本の物流を支える貨物輸送手段は宅配便を始めとするトラック輸送にシフトしており、その車両台数は100万台におよんでいる。日本国内の経済活動はほとんどトラック輸送に頼っている現状から、トラック輸送の効率化は日本経済にとって最優先の課題である。その中でトラック輸送における現場運用レベルに着目すると、運行計画から輸送中の作業管理、労務管理などの各種業務において下記の課題を抱えている。

#### (1) 運行計画

道路交通情報、気象情報を活用した効率的な配車ができいない。また、リアルタイムな運行状況情報を活用した効率的な運行指示、配車指示ができいない。

#### (2) 車両動態管理

車両の現在地、一日の走行ルートの運行状況を把握するには、ドライバーからの電話等による定期報告しかなく、リアルタイムには把握できていない。従って急な作業指示や空き状況を見た効率的な配車も出来ない。

#### (3) 車両運行実績管理

ドライバーが手作業ベースで、到着時間・走行メータ値・走行距離などを日報に記入しているが、負荷がかかり、かつ記載、計算ミスを起こしやすい。

このような状況の中で、トラック運送事業者においては新規に参入する事業者が急増し、その数は現在5万社を超えている。しかしながらバブル崩壊後の不況により物量が低下し、

更に荷主からのコスト低減要求が強まるなど厳しい状況におかれている。また、到着時間指定や温度管理など荷主要求も多様化し、更に SCM(Supply Chain Management)の進展により貨物の小口化が進むなど、配送効率が低下する課題を業界として抱えている。一方、国土交通省や地方自治体から省エネ化や排ガス規制など環境対策の要求が強くなり、この対応を迫られつつある。

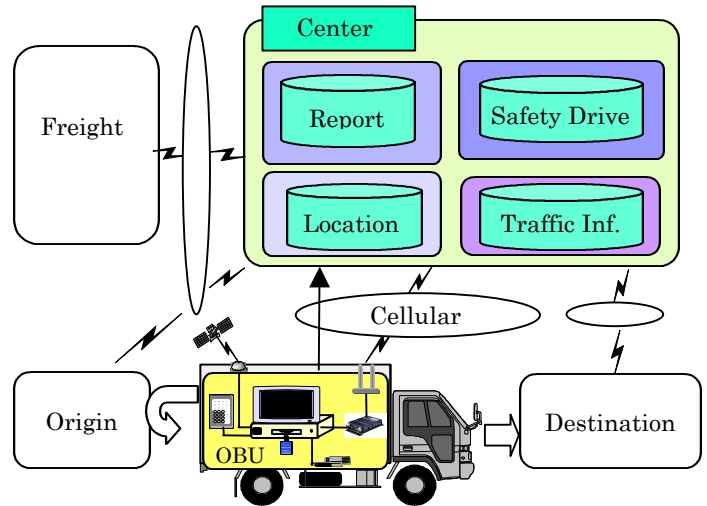
このような背景の中、業務用車両においては車載システム、無線通信ネットワーク技術などを用いた IT システムの導入による省力化・省人化といったコスト削減や、ドライバや車両の管理レベルの向上などのニーズが拡大している。

しかし、業界構造としてはトラック運送業者の 99%が中小企業であり、その企業規模から新たなシステムの導入に対して投資面でハードルが高く、安価で気軽に利用できる情報サービスが求められている。情報サービスにおける情報活用ニーズとしては、車両の位置や運行実績などを車両から情報を収集して運行管理者や利用者に提供すること、行き先への所要時間や交通情報などをドライバに対して業務の効率化を図るために提供することなどがあげられる。このような拡大する情報活用ニーズに対し、業務用車両向け交通情報サービスの立ち上げが要望されている。

### 3. トラック運行管理 ASP “e-trasus” の開発

#### 3.1 トラック運行管理 ASP “e-trasus” のコンセプト

2 章で述べたニーズに対するソリューションとして、2001 年 4 月よりトラック運行管理 ASP サービス “e-trasus” をリリースした。“e-trasus” は、トラック運行に関する各種ソリューションを、お客様負担を最小限に抑えた ASP の形で提供している。ASP 形式を取っていることから、運送業者は独自のサーバや回線設備を導入することなく、最小限のコス



OBU : On Board Unit

Fig.1 Fleet Management System

トでトラックの運行状況を管理することができる。

Fig.1 に運行管理 ASP のシステム構成図を示す。トラックは、車載機・GPS・パケット携帯電話端末を搭載し、パケット携帯電話通信網を介して、運行管理センタに(本システムでは 15 分間隔で)位置・速度・トラックの作業情報などをアップリンクする。運送業者、荷主および配送先では、インターネットを介してセンタに接続することで、トラックの位置、荷物の状況等の車両位置動態管理や運行実績管理を行うことができる。さらに交通情報提供サービスとして、荷物の到着時間を正確に把握するため、道路の交通状況を加味した目的地への到着時間予測と到着自動認識の機能も予定している。

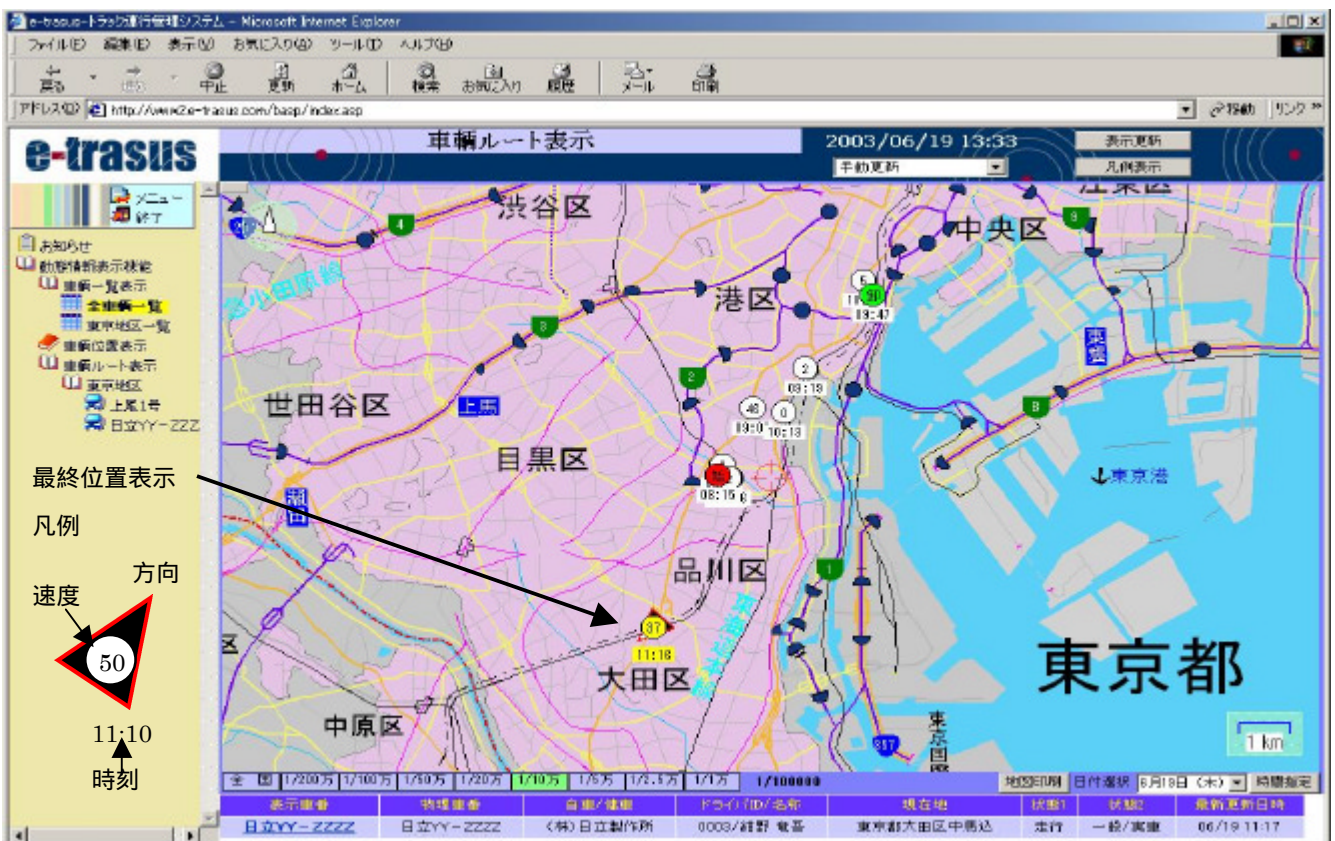


Fig.2 Truck Location Management

### 3.2 トラック運行管理 ASP “e-trasus” のサービス概要

#### (1) 車両位置動態管理サービス

車両から一定周期で送信される位置情報を，“e-trasus” センタで管理し，これを各事務所端末から随時参照することで，地図上に車両の現在地 / 走行軌跡を表示することが可能となる．Fig.2 に動態管理画面の例を示す．また，車載端末に接続された操作パネルの作業ボタン（「荷積 / 荷卸 / 休憩ほか」）を押下することにより，作業実績をリアルタイムに “e-trasus” センタへ送信する．これにより運行管理者は，ドライバの作業状況を一目で把握することが可能となる．

また，貨物追跡システムと連携することで，荷主からの配達問合せに対し，「お客様のお荷物は，現在，××インターを降り yy 丁目付近です．間もなくお届け予定です」と回答可能となり，真のお客様サービス向上を実現することができる．

#### (2) 運行実績管理サービス

運送業界では，荷主への料金請求やドライバの給与計算などのために日報作成は必須業務となっている．Fig.3 に，運行日報の例を示す．日報の記載内容は配送先名称・住所・到着時刻・出発時刻・到着時の走行距離メータ値などである．この日報作業は日々行われ，ドライバの負担であり，手作業中心なため記載ミスや計算ミスが発生し易かった．本問題を解決するためには，日報の必要なデータの自動収集・計算が必要となり，本システムでは車載端末のボタン(ワンタッチ操作)や車載センサから情報を取り込み，自動収集・保管する方式とした．ここで，データ収集する方式としては 2 つの方式

が考えられ，その比較検討が必要となった．保存したメモリーカードを直接事務所へ持ちこむ方式，車載端末から直接通信で収集する方式である．この方式は，通信料金が発生しないメリットはあるが，ドライバがメモリーカードの抜き差しを行い，必ず事務所に立ち寄る必要があることや，カードの入れ間違いが発生することなどのデメリットがあった．ドライバの省力化を第一優先に考え，この通信方式を採用することとし，通信料金の低減策を検討した．

通信料金の中で大きな割合を占めるものは，車速センサからのデータである．このデータの保存周期として，現状の車速センサの取得精度である 1 秒を採用した場合をまず試算した．前提条件を

- ・車速データの保存周期：1 秒
- ・走行時間：8 時間
- ・稼動日数：30 日/月
- ・レコードサイズ：16 バイト

とすると，15MB/月のデータ伝送，1 台当たり月額 18,000 円の通信費用になることが判明した．この金額では実用性がないため，車速データの保存周期を長く設定する必要があると判断した．しかし，保存周期を長く設定することにより，日報によるドライバへの運転指導において重要なデータとなる速度超過回数(法定速度を超えて車輛を走行させた件数，いわゆるスピード違反)の取得頻度が低下するといったデメリットの発生が判明した．そのため，さらに検討を進め，車速センサの重要データである速度超過回数(スピード違反)の取得目的を維持しながらも，保存周期を 1 秒より長くできないかを検討することにした．実証実験は，実際に車載端末を取

The screenshot shows a software window titled "Make\_NippouPrint - [DR00\_日報01:44~]" with a "ファイル(F) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)" menu. The main content is a "運行日報" (Daily Report) for "日通運株式会社" (Nittsu Co., Ltd.) on "2001年05月24日".

**Summary Table:**

営業所	千葉営業所	始業メータ	501746.0 km	就業メータ	502305.4 km	就業時間	16:28	時間外労働	00:00	尚積回数	8 回
運転日	2001/05/24	総走行距離	559.4 km	作業時間	02:07	深夜時間外	03:01	尚卸回数	2 回	尚積回数	2 回
始業時刻	2001/05/24 01:58	空車距離	528.3 km	休憩時間	01:34	休日出勤	00:00	尚積回数	1 回		
終業時刻	2001/05/24 17:24	空車距離	80.6 km	休憩時間	00:18	時間外合計	06:31				

**Main Data Table:**

作業	地名	場所名	到着時刻	出発時刻	作業時間	所要時間	走行距離 (km)	品 種	個 数	重 量	荷主名
出庫	千葉県市原市			01:58		00:00	0.0				
荷積	千葉県市原市		01:58	02:01	00:03	00:48	253.5				
荷積	静岡県静岡市		06:49	07:38	00:49	00:00	0.1				
荷積	静岡県静岡市	第一倉庫	07:38	07:38	00:00	01:02	51.8		0	386.0	(株)日立製作所
荷卸	静岡県富士市	第二倉庫	09:31	09:49	00:12	00:23	9.0		0	226.0	(株)日立製作所
荷積	静岡県富士市	第三倉庫	10:07	10:49	00:36	00:20	7.2		0	0	(株)日立製作所
荷積	静岡県富士市	第四倉庫	11:09	11:21	00:17	00:26	24.8		0	0	(株)日立製作所
休憩	静岡県御殿場市		11:47	12:07	00:19	02:15	162.0				
荷卸	千葉県浦安市	第五倉庫	14:22	14:40	00:17	00:10	6.7		0	0	(株)日立製作所
荷積	千葉県浦安市		14:50	15:07	00:16	00:29	17.4				
荷積	千葉県浦安市	第六倉庫	16:36	16:53	00:19	00:09	5.4		0	0	(株)日立製作所
荷積	千葉県浦安市	第七倉庫	16:09	16:12	00:06	00:22	10.5		0	0	(株)日立製作所
荷積	千葉県市原市		16:24	16:58	00:24	00:00	0.1				
荷積	千葉県市原市	第八倉庫	16:58	17:15	00:16	00:06	3.5		0	0	(株)日立製作所
荷積	千葉県市原市		17:23	17:24	00:01	00:00	0.0				
帰庫	千葉県市原市		17:24				0.0				

**Summary Statistics:**

- 急激速回数: 0 回
- 急加速回数: 0 回

**Notes:**

- 緊急連絡先: 01-47-42-1111
- 緊急連絡先: 01-47-42-1111
- 緊急連絡先: 01-47-42-1111

Fig.3 Sample of daily Report

り付けた車両を10回走行させ、「サンプリング周期」である1秒周期にて車速データを保存・取得し、このデータを用いてシミュレーションを実施した。検討手順を下記に示す。

- 1 秒周期での速度超過回数をカウント
- 車速データを 秒(保存周期変更想定値)にて分割
- 秒周期内での代表速度として最高速度を取得
- 速度超過回数をカウント(保存周期変更想定値 での速度超過回数)

10回の走行データに対し、保存周期 秒を30秒、60秒(1分)、180秒(3分)、300秒(5分)と変化させてシミュレーションを行い、保存周期1秒に対する保存周期 秒の速度超過取得率を算出した。実験結果をTable 1に示す。

この結果60秒を境にして、速度超過回数の取得率が大きく分かれ、60秒以下であれば実用上問題のないことが判明した。この60秒保存周期にして通信料金を算出すると、1台あたり月額300円となり、ドライバ負担軽減のために充分採算が取れる見込みを得た。

Table1 Result of Simulation

(sec)	1	30	60	180
Ratio of Speed Over (%)	100	99	98	50

導入効果を算定するため、日報の各記入項目に対して従来と本機能での作成時間を測定した。トータルで平均15分かかっていた時間が平均3分となり、一日で12分/人(月額4,800円/人)の費用が削減できる見込みを得た(80%減)。

#### 4. 交通情報提供サービスの開発

##### 4.1 目的地への到着時間予測サービスの開発

###### (1) VICS 情報とプローブカーの融合

ITS(Intelligent Transportation System)のメディアの多様化、適用領域の多様化に伴い、交通情報提供システムのニーズも多様化して来ている。2002年6月の道路交通法改正に伴い、従来、光ビーコン・電波ビーコン・FM多重放送によりカーナビゲーションシステムに提供されているVICS情報も、民間事業者によるビジネス向けに利用可能となった。このため、VICS情報を元に、業務利用やコンシューマ向けに付加価値を持たせた交通情報提供事業が、急速に立ち上がる期待がある。一方、前節で述べたトラック等の業務車両から得られる走行位置情報などを活用した、いわゆるプローブカーの研究開発・事業化検討も加速してきている。プローブカーを用いて独自に収集した情報により、VICSがカバーしていない道路の交通情報を補完することで、さらにきめ細かな交通情報利用が可能となると考え、これらの情報を活用した新しい交通情報サービスを検討した。プローブカーの課題は、携帯のポケット網などを使用するためデータ通信コストの負担が大きいこと、自家用車からデータを収集する場合にプライバシーが侵害されること、車載機の普及が進むまでは十分な情報が収集できないことなどである。その解決策として運行管理のプローブ情報の活用を考えた。既に運行管理のためにデータを収集しているため通信コストは増加しないこと、商用であるためプライバシーを侵害しないこと、システムの普及に伴い車載機も普及することなどの理由からである。そこで、トラックが収集した位置データをプローブ情報として利

用し、交通情報システム、特に到着時間予測システムを構築し実データを用いてプローブ情報の利用可能性を検証した。

###### (2) トラック位置を交通情報として利用する方法

ASPでは、複数のトラックの位置データをデータベースによって一元管理しており、この位置データをプローブ情報として利用することによって、トラックが走行した道路の交通状況を把握することを考えた。しかし、トラックの位置データを交通情報として利用するためには、その位置データを道路リンク(主要道路間の交差点をノード、2点のノード間の道路をリンクと言う)上の速度データ等に変換する必要がある。Fig.4に、トラックの位置データを交通情報として利用するための手順を示す。まずトラックの位置データをデータベースから読み出す。次に位置データを地図上にマッチングして、その走行経路を推定し、走行経路の速度を算出する。最後に前記経路の走行速度を統計処理し、到着時間を予測する。

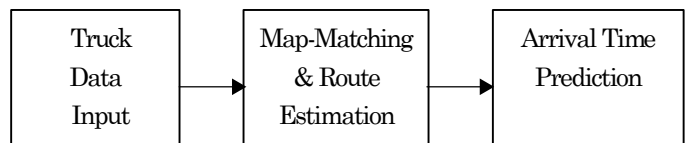


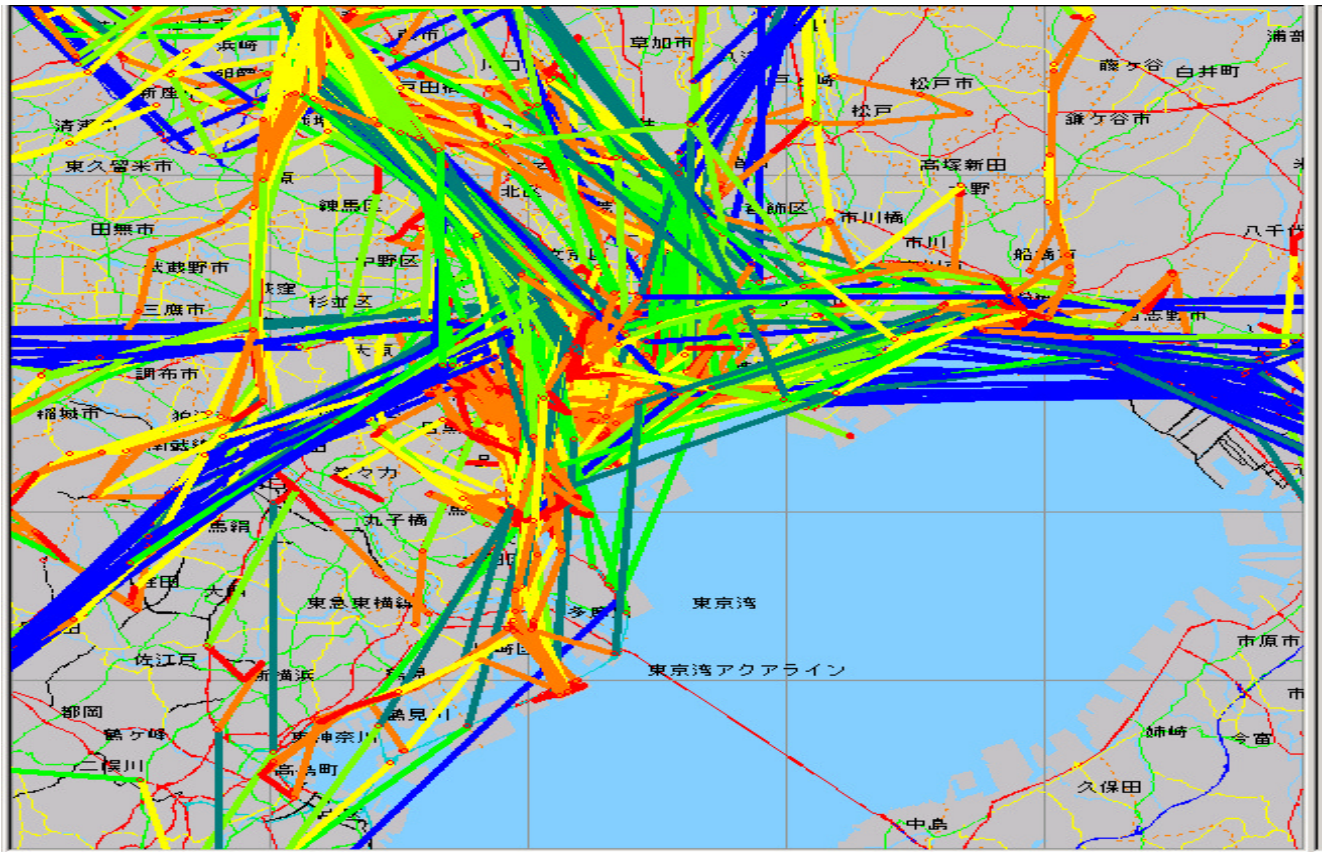
Fig.4 Method of Truck Data Usage for Traffic Information

###### (3) マップマッチングと走行経路推定による速度算出

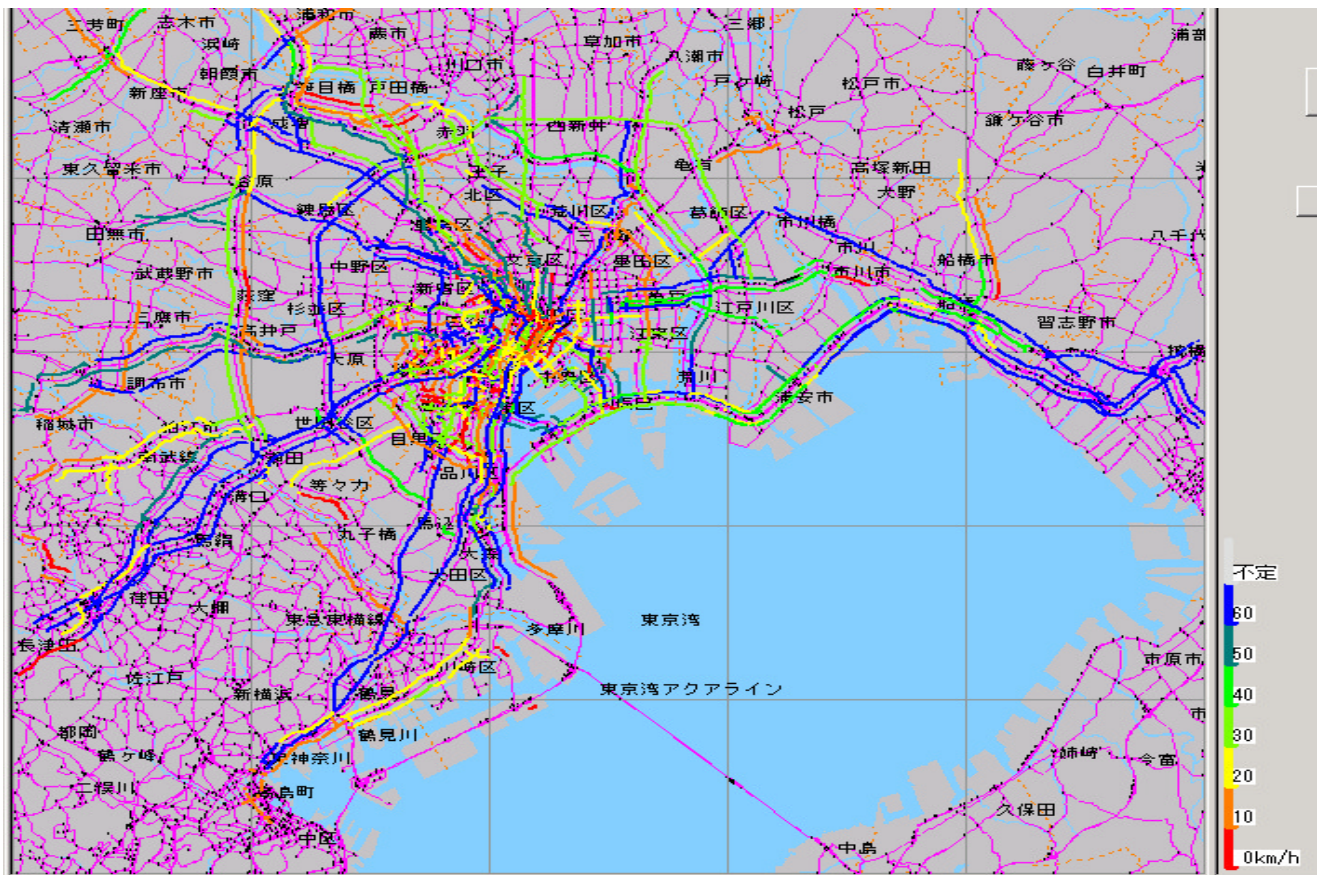
トラックの位置データは、パケット通信のコストの関係上、アップリンクする時間間隔(本システムでは15分)が長くなり、走行経路を追跡することが困難となる。Fig.5の(a)は、センタにアップリンクされたトラックの位置データをプロットし、直線で結んだものである。直線の色は、直線距離を時間間隔で除した速度を表し、赤や黄色が低速(時速30km未満)、緑や青がそれよりも高速(時速30km以上)としている。Fig.5の(a)からはどの道路が混雑しているかを判定することは困難である。よって本研究では、トラックの位置データを道路リンクにマップマッチングし、その走行経路を推定することにより、トラックの位置データを走行経路の速度データに変換する方法を開発した。Fig.5(b)は、この方法を適用した結果であり詳細説明は後述する。

###### (a) マップマッチング方式

GPSによって取得したトラックの位置データ(緯度、経度)の精度は10~30mといわれており、このままでは車両がどの道路を走行したのかわからず交通情報を生成することができない。そこで、誤差を含む位置データを地図データと照らし合わせて道路上の位置として推定するマップマッチングの技術が必要になる。マップマッチングはカーナビゲーションでよく用いられる技術<sup>12)</sup>であり、1秒単位で常に計測できる場合には、車両の軌跡ベクトルと道路ベクトルを用いてマップマッチングを行うことができる。しかしながら、今回のように15分周期でしか位置情報が取得できない場合には軌跡ベクトルを利用できないため、1点の位置データからマップマッチングを行う必要がある。この際、1点の位置データから最も近い道路にマッチングする方法が考えられるが、元々の誤差があるために道路がある程度密集している場合には誤ってマッチングしてしまう可能性がある。そこで所定の許容誤差を設定し、その範囲に入るリンクのうち上位4リンクを一旦マッチング候補位置として抽出しておき、後述する経路推定方式によって走行路を特定する方式を開発した。Fig.6に示すように、A-B-Cと連続移動した3つのプローブカー情報



(a) Speed on Road Map (Truck Location Data)



(b) Speed on Road Map (Route Estimation)

Fig.5 Speed on Road Map

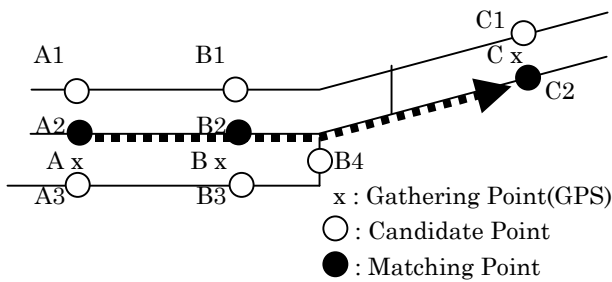


Fig.6 Map-Matching and Route Estimation

位置データに着目して、GPSによる位置情報と地図データを比較して候補位置を抽出するまでのマップマッチング処理フローについて以下に説明する。

【ステップ(10)】 まず、プローブカー情報に関するデータ(緯度・経度・時刻など)と地図データをメモリに格納する。

【ステップ(11)】 そして、各位置データの緯度、経度データから対象となる2次メッシュコードを算出する。ここに、2次メッシュコードとは、カーナビゲーションなどで共通に使われる地図データの区切り単位(約10km四方)であり、6桁の数字で表される。

【ステップ(12)】 次に、該当2次メッシュコードに関する地図データ(DRM(Digital Road Map)及びVICISリンク)における補間点(A1)が位置データ(A)から所定範囲距離(本研究では50mに設定)内に入っているか否かを判定する。

【ステップ(13)】 (A1)が所定範囲内に入っていれば、すでに登録されている補間点の上位4位以内か否かを判定する。

【ステップ(14)】 上位4位以内であれば、該当補間点(A1)を候補位置として登録する。

【ステップ(15)】 該当2次メッシュ内における全ての補間点に関して【ステップ(12)】～【ステップ(14)】を繰り返し(A1)(A2)(A3)を抽出する。

以上のようにして、一つのプローブカー情報位置データの候補位置を最大4点まで抽出することができる。

#### (b) 経路推定方式

マップマッチングの有無に関わらず、15分という比較的時間間隔で収集される位置情報が得られたとしても、それだけでは途中でどの経路を走行したかを知ることは困難である。連続して収集された位置情報から途中の走行経路を推定することによって初めて地図上に渋滞情報をマッピングすることができ利用価値がでてくる。そこで本研究では、この経路推定アルゴリズムを開発したので処理フローについて以下に説明する。

ここではFig.6に示すようにA-B-Cと連続移動した3つのプローブカー情報位置データに着目して、一つのプローブカー情報位置データに対して前記のマップマッチング処理によって抽出された候補位置について、その間の経路を推定することを例に説明する。

【ステップ(20)】 まず、(a)のマップマッチングで出力されたプローブカーの候補位置、地図データおよび経路探索用の参照テーブルをメモリに格納する。

【ステップ(21)】 次に、当該プローブカー情報位置(A)が最初のデータである(すなわち移動開始時のデータである)か否かを判定する。

【ステップ(22)】 移動開始時のデータ(初期値)の場合には、推定位置としてプローブカー情報位置と候補位置の距離が最

短であるものを採用する(例ではA2が該当)。

【ステップ(23)】 次に、その次のプローブカー情報位置である(B)に関する4つの候補位置(B1~B4)及びさらに次のプローブカー情報位置である(C)に関する2つの候補位置(C1, C2)の全ての組み合わせである8つの通過パターン(Table 2参照)を、A-B-Cという移動に関する候補経路として挙げ、それぞれに対して途中に走行した経路を推定する(経路推定にはDijkstra法<sup>13)</sup>を利用)。

Table2 Route Pattern

Pattern	No.1 Point	No.2 Point	No.3 Point
1	A2	B1	C1
2	A2	B1	C2
3	A2	B2	C1
4	A2	B2	C2
5	A2	B3	C1
6	A2	B3	C2
7	A2	B4	C1
8	A2	B4	C2

【ステップ(24)】 8つの通過パターンに対応するそれぞれの候補経路のうち、最短距離のもの(A2-B2-C2)を推定経路と決定し、次のプローブカー位置(B)に対応する候補位置(B2)及び経路(A2-B2)を確定する。

【ステップ(25)】 当該プローブカー情報位置(A)の次の次のプローブカー位置(C)でデータが終了(すなわち移動終了)しているかを判定し、終了するまで【ステップ(23)】及び【ステップ(24)】繰り返す。

【ステップ(26)】 【ステップ(24)】で決定した推定経路に対応するプローブカー位置(C)に対応する候補位置(C2)及び経路(B2-C2)を確定する。

ここでは、最短距離の経路をトラックの走行経路として選択する方式を採用したが、さらに主要幹線道路を優先して走行する仮定も設けた。これは、主要幹線道路を走行することにより右左折回数が減少し、道路の幅員が確保されることから経験的にドライバーが選択すると想定されるためである。

以上のようにして、連続するプローブカー情報位置データから走行経路を推定することができる。

Fig.5(b)は、走行経路を推定し、走行経路の距離を経路の始終点間の通過時間で除した平均速度を、Fig.5(a)と同様の色分けで表示したものである。Fig.5は、東京周辺50km圏のエリアを対象とし、走行期間約1ヶ月、14台のトラックの位置データから、経路の速度を算出した実データによる検証結果である。マップマッチング、経路推定を行った結果、位置データ807件に対して、674件のデータ(84%)を経路推定に利用可能であった。経路推定に利用されなかった133件(16%)の位置データは、道路を外れた荷積・荷卸場所での走行に無関係の位置データであるので、本実験結果から本経路推定方法は、トラックの位置データを十分に有効活用したといえる。

#### (4) 目的地への到着時間予測サービスの開発

現行の道路交通情報サービスで提供されている所要時間は、予測処理をしない所要時間、すなわち「ある時刻」における区間所要時間の総和である。「ある時刻」以降に交通状況が変化すると、実際に要する時間とはズレが生じる。例えばTable 3のように、10:00に区間1(Link 1)を出発した場合、

区間 4(Link4)の終点までの提供所要時間は、現状では 25 分(実線の矢印の合計)となる。しかし交通状況が変化するため実際の所要時間は 30 分(点線の矢印の合計)となる。交通状況の変化が大きいほど、目的地が遠いほど「使えない」情報となる。したがって、道路交通情報の高度化のためには時間帯別に変化する所要時間を把握した予測システムが必要となる<sup>14)</sup>。

Table 3 Travel Time Problem

Route	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4
10:00	5min	5min	5min	10 min
10:05	5min	5min	10 min	10 min
10:10	5min	10 min	10 min	10 min
10:20	10 min	10 min	10 min	10 min

: Prediction : 25 min  
: Result Time : 30 min

本研究では、この課題を解決する一つの方法として、プローブカーから収集した速度データを利用して、目的地点までの到着時間を予測するシステムを開発した。

まず、前節でプローブカーから収集した経路の平均速度を、各道路リンクの速度データに分割し、時間帯ごとに蓄積することで、Table 4 のように各道路リンクごとの統計速度データテーブル(リンク速度)を作成することができる。平日/休日等の日種や天候などの単位で別々に作成すると再現性(精度)に有効であると考えられる。精度検証については蓄積データが少ないためできていないが、今後精度検証を行う予定である。

Table4 Speed of Each Link and Time Span

Time	7:00-	7:05-	7:10-	7:15-
Link No.	7:04	7:09	7:14	7:19
Link 1	45	38	37	35
Link 2	(29)	14	20	25
Link 3	39	35	(48)	44
:	:	:	:	:

(\*) : Estimation Data Average Speed(km/h)

Table 4 においては、トラックの走行実績がある時間帯では、走行実績に基づいたリンク速度を用いるが、走行実績のない時間帯(\*)に関しては、本システムでは走行実績のある時間帯の速度データを線形補完することにより、リンク速度を推定する方式とした。

次に、ある指定した区間を構成する道路リンクに分割し、各リンクのリンク長を Table 4 のリンク速度データで除した旅行時間を積算することにより、目的地点までの到着時間を予測する。

Fig.7 は今回開発した到着時間予測システムであり、出発地点、目的地点を指定して区間を与え、出発時間を指定することにより、目的地点の到着時間を予測している。

一例として出発地から目的地までの経路が VICS リンク番号 1~3 から構成され、また各リンクに関する各時間帯の平均速度が Table 4 の場合を考える。Fig.8 に示すように出発地の出発時刻が 7:01(秒単位は切捨て)であったとすると、その

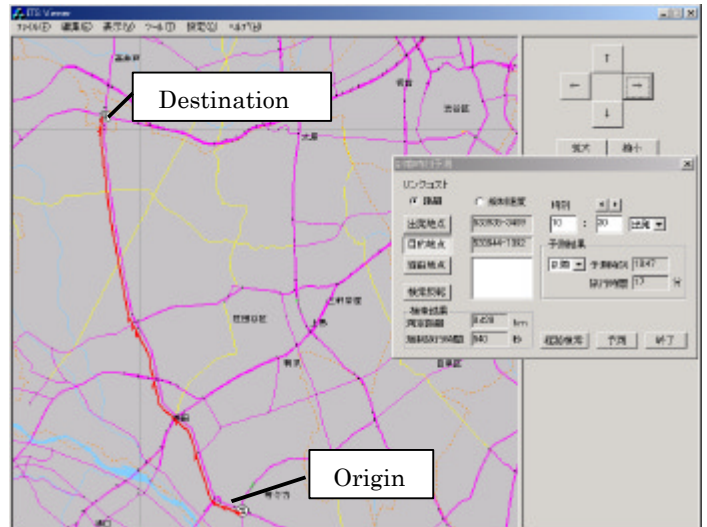


Fig.7 Travel Time Prediction

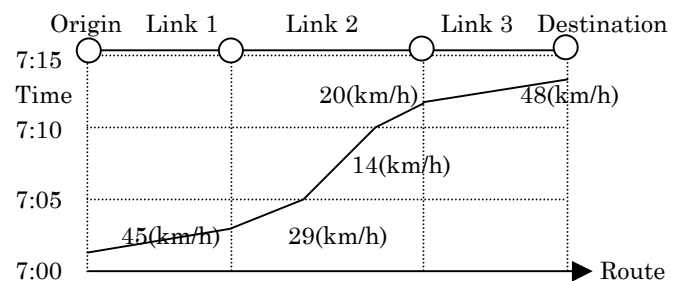


Fig.8 Example of Arrival Time Prediction

時間帯に対応する平均速度は 45km/h であるのでリンク 1 の距離からリンク 2 の始点までの旅行時間及び到着時刻を求め、次にリンク 2 における該当時刻に対応する平均速度は 29km/h であるので、同様にリンク 3 の始点までの旅行時間及び到着時刻をもとめる。ただし、リンク 2 のようにリンクの途中で時間帯が切り替わる場合には、切り替わる時点(7:05:00)における到着地点を前の時間帯に対応する速度(29km/h)で求め、その先は次の時間帯に対応する速度(14km/h)で求める。以上の処理計算を目的地に到着するまで繰り返すことにより、目的地の予測到着時刻(秒単位は切り上げ)を求めることができる。

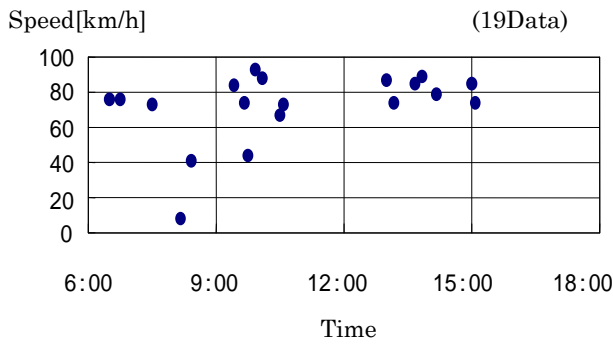
また本システムでは、逆に到着時刻を指定して、出発推奨時刻を求めることも可能である。これを運行管理業務に応用した場合、荷先への配送時刻が決められているときに、配送所の出発時刻を決定することへの利用が考えられる。

(5) リンク速度データの考察

次に、トラックの走行実績に基づき算出したリンク速度データについて考察する。Fig.9 は、実データから得られたリンク速度を時刻ごとにプロットしたグラフである。Fig.9 で横軸は時刻、縦軸は速度を表す。(a)は都市間高速道路のデータ、(b)は都市内高速道路のデータ、(c)は東京都内中心部一般道路のデータである。

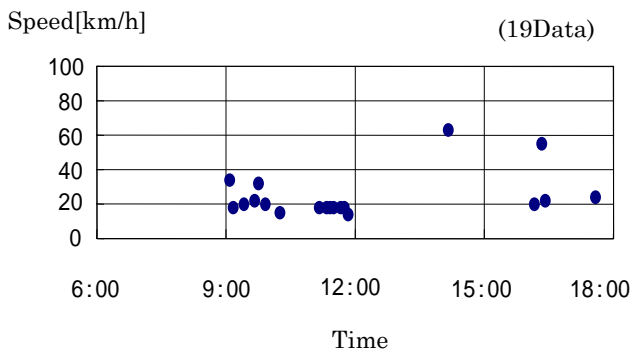
Fig.9(a)は東関東自動車道船橋付近の速度データであり、通常時は時速 70km から時速 90km で走行している様子がグラフから見て取れる。また、AM8:00 から AM10:00 の時間帯に時速 10km から時速 40km の混雑状況を表すデータが収集され、朝のピーク時間帯の速度傾向を捉えていると思われる。

Higashi-Kantou Expressway around Funabashi



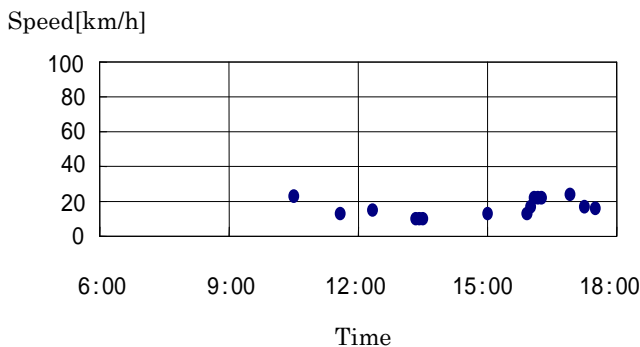
(a)

Metropolitan Expressway around Hamazakibashi



(b)

Harumi-Dori around Hibiya (15Data)



(c)

Fig.9 Sample of Link Speed

Fig.9(b)は首都高速浜崎橋付近の速度データであり、午前中は時速 20km 程度の渋滞状況を表すデータが収集されている。

Fig.9(c)は晴海通り日比谷付近のデータの速度データであり、一日を通して混雑している様子が読み取れる。

これらの結果から、ある程度少ない台数のプローブカーからでも、朝ピーク時などの大まかな交通状況を再現できることがわかった。今後はデータのサンプル数を増やし、日種による分類等を進めてさらなる精度向上を目指していきたい。

## 4.2 目的地への到着自動認識サービスの開発

### (1) 目的地への到着自動認識方式

まず、目的地への到着自動認識機能の必要性について述べる。トラックが目的地に到着した後の荷積/荷卸作業のデータ登録はドライバーが意識的に行うものであり、これまでのシステムでは自動的にそのタイミング、作業内容を認識することは不可能であった。データ登録はドライバーの車載端末からの作業内容入力に委ねられるが、地域ルート配送(狭い区域内に点在する多数の地点への配送、コンビニ、新聞集配所など)では、入力回数が多くなり、押し忘れ・押し間違いが発生し、配送進捗を正確に把握出来ない状況となっていた。そこでドライバーに依存しないで、荷積/荷卸作業を自動で認識する方法を検討した。一般的に、荷積/荷卸のデータ登録は、ドライバーが意識的に実施するものであり、そのタイミング・作業内容を自動で認識することが不可能である。ここでは地域ルート配送を前提にして、到着から出発までの時間が短い(例えば新聞配送など)ことから「目的地到着時刻=荷積/荷卸作業完了時刻」とし到着自動認識機能を開発した。荷積/荷卸のいずれの作業かは事前の配送ルートマスタから判断が可能である。

次に目的地への到着認識の基本的な考え方を述べる。目的地(緯度 X, 経度 Y)に対して、認識半径 R(目的地へ到着したことを認識する半径)を事前に設定し、車両の現在位置データ(緯度 Xn, 経度 Yn)から目的地までの相対距離

$$L = \sqrt{(X - Xn)^2 + (Y - Yn)^2}$$

を算出し、これを認識半径 R と比較することで到着/未着を判断する方式である。その判定式を下記に示す。

- 1)  $L > R$  : 目的地未着
- 2)  $L = R$  : 目的地到着
- 3)  $L < R$  : 目的地圏内

相対距離 L と認識半径 R を比較するに当たり、まず定周期(15分)で車載端末からセンタ側へ送信している現在位置データを使った場合を検討した(センタ認識方式)。しかし、地域ルート配送の場合、目的地到着から荷卸作業完了・出発まで数分の作業もありうることから、車両の現在位置データ送信時には既に認識半径を超えてしまい、自動で認識が不可能となる場合が発生した。この問題を解決するためには、車両の現在位置データの送信周期を 1 分以下の間隔とする必要があり、この場合の通信費用を試算した。前提条件を

- ・定周期送信間隔：1 分
- ・走行時間：8 時間
- ・稼働日数：30 日/月
- ・レコードサイズ：64 バイト

とすると、通信費用は車両一台当たり月額 1080 円となり実用的でないことが判明した。

そこで、代替案として車載端末認識方式を検討した。この方式は、もともと車載端末では 1 秒周期で車両の現在位置データを GPS から取得していることに着目したものである。しかし、この方式は車載端末側に事前に目的地の緯度・経度・認識半径などのルートマスタ情報が必要であり、このマスタ情報をセンタ側から送信する費用を考慮する必要がある。これらを勘案して通信費用を試算すると、車両一台当たり月額 84



円となり、大幅に費用対効果が向上することから本方式を採用することとした。

本機能の適用例として新聞配達やコンビニ配送などの地域ルート配送への適用と路線便や貸切便などの長距離輸送への適用が考えられる。ルート配送のように、あらかじめ配送場所と配送順番が決まっている場合は、ドライバーが意識することなく目的地到着時間の管理ができ、更に配送進捗の結果から次の配送場所への到着時間の予測が可能となる。これにより、次の配送場所への到着予定や遅れ時間を事前連絡することが出来るようになる。

一方、長距離輸送の場合は、貨物の受け入れ側に対して、どの程度まで車両が近づいているかの情報提供が可能となる。本方式を応用することにより、認識半径を複数設定し、各認識半径に進入する毎に通過実績を自動的に送信することができる。これにより、目的地への接近状況と到着時間予測が可能となり、貨物の荷揃えなどの事前作業をジャストインタイムに行うことができ、作業の効率化が図れる。

(2) 目的地への到着自動認識の機能評価

目的地への到着自動認識の機能評価を行うため、某新聞社の販売店に配送を実施している車両に車載端末を搭載し、販売店への到着を自動認識する実験を行った。前提条件を下記に示す。

- ・対象車両 : 3 車両
- ・配送地点 : 栃木地区、江東地区、船橋地区
- ・配送拠点数 : 1 車両につき 5 ~ 7 ヶ所

目的地への到着自動認識半径 R の設定値を 300m・100m・30m の 3 種類とし、自動認識率および到着自動認識時刻とドライバーの報告時刻の差(T)を集計すると、Table 5 のようになった。Table 5 より認識半径を 100 m 以上にした場合、100% の確率で目的地の自動認識が可能であった。認識半径を 30 m にした場合、95 % と認識率が低下した。これは一般的に GPS の精度は 10 ~ 30m 程度と言われており、GPS の誤差が認識率の低下を招いたと考えられる。GPS の精度を考慮すると、

Table 5 Automatic Arrival Recognition

Radius	300m	100m	30m
Automatic Arrival Recognition Rate	100% (30/30)	100% (15/15)	95% (58/61)
Average of (T)	4min 44sec	4min 12sec	4min 40sec

自動認識半径は 50m 程度が適当であると考えられる。到着自動認識とドライバーの作業報告時間を比較すると、認識半径の設定値に関係なく 4 分程度のズレが発生している。これは、ドライバーの報告時刻は、荷卸し修了後に報告書に記入しているためであり、これが到着自動認識とのズレの要因であると考えられる。

次に配送ルートと販売店位置のデータ分析を行った。前提条件を下記に示す。

- ・対象ルート : 関東地区 70 ルート
- ・配送ヶ所 : 1 ルートにつき 2 ~ 18 ヶ所



Fig.10 Radius of Shop 1 and Shop 2



Fig.11 Delivery Order and Route

Fig.10 に示すように、認識半径 R の重なり状況を調査した。その結果認識半径の重複の比率は 2.8%(12/423 販売店)となった。この比率は小さいので、販売店が近接しているために同時に到着自動認識した場合には、同時店着と見なした店着管理を行うことで対応することが可能であると考えられる。

Fig.11 に示すように、販売店 1-2-3 と順番に配送する計画において、経路が販売店 3 の近くを通過するために認識半径内となり、販売店 3 に自動到着と認識してしまう場合が発生する。配送ルートの調査の結果、目的地通過順の入れ替わりの比率は 2.9%(2/70 ルート)となった。この場合には、販売店への到着自動認識を配送順番通りを行う方式とすることで、誤認識を防止できると考えられる。

自動認識半径・目的地の位置・ルートについて機能評価を実施したが、今後はデータ数を増やして目的地が複雑に混み合っている例で実験を実施することにより、評価の信頼性を向上させていきたい。

5.おわりに

本研究では、トラック運行管理 ASP サービスによる業務向け交通情報サービスについて、そのニーズ、現在提供している”e-trasus”のサービスの機能、さらに今回開発した交通情報提供サービスの機能について述べた。

車両運行実績管理システムでは、日報作成に必要なデータの取得を簡易化・自動化し、更に日報作成の計算を自動化し

た。日報作成用ファイルの事務所側パソコンへの転送は通信方式を採用した。実証実験により 60 秒周期でも速度超過回数の取得が可能であることを検証し、通信費を車両一台あたり月額 300 円とすることにより実用化の見込みを得た。導入効果として、トータルで平均 15 分かかっていた作業時間が平均 3 分となり、一人当たり月額 4800 円の工数削減効果を得るとともに、従来の紙ベースの管理に対して正確なデータ入力による管理精度の向上を可能にした。

トラックが収集した位置データをプローブ情報として利用し、道路の渋滞状況や旅行時間情報を提供する交通情報取得システムを開発した。交通情報取得システムでは、トラックの位置データを道路リンクにマップマッチングし、その走行経路を推定することにより、アップリンク時間間隔の長いトラックの位置データでも走行経路の速度データに変換する方法を開発した。東京周辺 50km 圏のエリアを対象として、走行期間約 1 ヶ月、14 台のトラックの実走行データを収集し、約 9 割の位置データが交通情報として活用できることを確認した。さらにプローブ情報から求めた旅行時間情報を利用した到着時間予測システムを開発し、トラック運行管理システムへのサービスの適用性を検討した。今後は、さらにデータ収集を図り、到着時間予測の精度検証を行う予定である。

目的地への到着自動認識システムでは、目的地に対して認識半径を事前に設定し、車両の現在位置データから目的地までの相対距離と認識半径と比較することにより、到着/未着を判断する方式を開発した。車載端末認識方式を検討し、通信費用を車両一台あたり月額 84 円とすることにより、実用化の見込みを得た。実証実験を行い、自動認識半径は 50m でほとんどの場合認識可能であり、近接している目的地へ同時到着と認識する確率は 2.8% であることを確認した。今後は実用化するために、データ数を増やして目的地が複雑に混み合っている例で実験を実施し、評価の信頼性を向上させていきたい。

## 6. 参考文献

- 1) 中村, 本堂, 畑岡, 堀井: 快適なドライブを提供する I T S 車載情報システム, 日立評論, 82-9, 39/42 (2000)
- 2) M. Yoshii: Trial for Commercial Vehicle Operations Management Using Information Technology, Proc. of 8<sup>th</sup> ITS World Congress, Sydney (2001)
- 3) 日立製作所: 「トラック運行管理 A S P "e-trasus"」, <http://www.e-trasus.com/>
- 4) (財)道路交通情報通信システムセンタ(VICS センター): <http://www.vics.or.jp/>
- 5) 福本克明: プローブ情報システムの研究, 車と情報, 25, 12/13 (2001)
- 6) <http://www.internetits.org>. Internet ITS PROJECT
- 7) P. Larima: VERDI-from Field Trial to Deployment, Proc. of 4<sup>th</sup> ITS World Congress, Berlin (1997)
- 8) K. Choi: An Algorithm for Calculating Dynamic Link Travel Times Using GPS and a Digital Road Map, Proc. of 5<sup>th</sup> ITS Congress, Seoul (1998)
- 9) K. Aoki: Research and Development and the Proof Test the Probe Car, Proc. of 7<sup>th</sup> ITS World Congress, Turin (2000)
- 10) 青木邦友: 「IPCar システム」によるデータ収集実験, 交通工学, (社)交通工学研究会, 36-3, 48/50 (2001)

11) 伏木, 岸野, 山根, 横田, 権守, 石田, 伊藤: プローブカーを利用した交通情報予測方式の検討, 情報処理学会, 43-12, 3801/3808 (2002)

12) (株)ニューウエーブ: <http://www.saitama-j.or.jp/>

13) 土木学会編: 交通ネットワーク均衡分析 最新の理論と解法, 113/136 (1998)

14) トラフィック・インフォメーション・コンソーシアム: 道路交通情報ビジネスの現状と今後の展望 (2001)

## [著者紹介]

岸野 清孝 (正会員)



1974 年京都工芸繊維大学大学院工芸学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。現在トータルソリューション事業部勤務。主としてロジスティクス, SCM, EDI などのコンピュータ応用システム構築業務に従事。システム制御情報学会, 交通工学研究会各会員。技術士(総合技術監理部門, 経営工学部門)。

石田 康



1973 年早稲田大学大学院理工学部研究科電気工学専攻修士課程修了。在学中パターン認識のアルゴリズムを研究。同年(株)日立製作所入社。現在都市開発システムグループ勤務。主として都市開発, 製造業・流通業のロジスティクスシステムの開発に従事。電気学会, 電子情報通信学会各会員。技術士(電気・電子部門)。

伏木 匠



1998 年東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。現在日立研究所勤務。交通管制システムの開発をへて, 現在交通情報サービスの研究開発に従事。自動車技術会, 情報処理学会会員。

権守 直彦



1986 年東京理科大学工学部機械工学科卒業。同年(株)日立製作所入社。現在トータルソリューション事業部勤務。製造業, 流通業のシステムエンジニアリングをへて, 現在ロジスティクスのエンジニアリングに従事。

仲川 弘之



1986 年 3 月放送大学教育学部教育学科卒業。1980 年日立コンピュータコンサルタント入社。現在日立システムアンドサービス株式会社東京流通第一システム部勤務。流通業のシステム企画, 開発, 拡販に従事。