



米欧における交通渋滞予測のための携帯プローブ利用の動き

🕒 記事のポイント

サマリー

カーナビに対するユーザーニーズのうち、渋滞状況を反映したルート案内に対するニーズが高いが、従来のような道路上に設置した感知器からの渋滞情報に基づくルート案内システムは、感知器の設置コストの点などから設置道路が限られるなど、渋滞を回避できる能力に限界がある。感知器の代わりに自動車をセンサとみなして、その走行履歴から渋滞予測を行ういわゆるプローブカーは、様々な道路の渋滞を予測することができるが、情報をアップロードするための通信料金がネックになっている。こうした中、米欧では、携帯電話端末をセンサとみなすいわゆる携帯プローブ、中でも、携帯電話が通常使用状態で送信する制御信号からその位置や移動速度等を推定して渋滞予測を行うシステムの実証試験が進められ、一部商用運用が開始されている。本稿では、米欧におけるこうした携帯プローブの最近の代表的事例についてその概要を紹介する。

主な登場者

AirSage IntelliOne Applied Generics Sprint Nextel Cingular Wireless
Vodafone Libertel TomTom

キーワード

カーナビ 交通渋滞 ルート案内 プローブ情報 プローブカー 携帯プローブ
Cell ID Timing Advance X-10 RSMS RoDIN24

地域 米国、欧州

執筆者 KDDI総研 主任研究員 嶋田 実 (mi-shimada@kddi.com)

1 渋滞予測の手段

1-1 渋滞状況を反映したルート案内に対するニーズ

カーナビメーカー等が行った、カーナビに対するユーザニーズ調査では、渋滞状況を反映したルート案内に対するニーズが高くなっている^④（脚注）。日本国内では、現在でも、多くのカーナビにおいて渋滞予測に基づくルート案内が行われている。こうしたシステムが参照する渋滞情報のほとんどは、VICS^⑤（用語解説）センターが配信する渋滞情報に基づいており、そのベースになる情報源は、道路上に設置される超音波や赤外線等を使用した感知器、すなわち道路インフラからのものである。これら情報に基づくルート案内は、渋滞回避に一定の効果をあげているが、インフラ投資コストや運用コストが高いことから、感知器の設置が主要幹線道路に限られ、感知器の設置されていない道路の渋滞状況が不明のため、渋滞を回避できる性能に限界がある。

このような道路インフラの情報源を補完または代替するものとして、近年、プローブ情報が注目されている。

1-2 プローブ情報を利用した渋滞予測

プローブ情報とは、自動車を動くセンサとみなし、対象車両が走行する道路の交通状況（渋滞状況、降雨状況等）を知るために、対象車両から収集する各種走行データ（位置、車速、ワイパー動作等）のことである。



④（脚注）

例えば、クラリオン社が2005年2月に行ったアンケート調査によると「カーナビの便利と思う機能」ではとして、「目的地検索」「経路誘導」「渋滞情報」がトップ3になっている。

⑤（用語解説） VICS（Vehicle Information and Communication System）

都道府県警察や各地の道路管理者から集められた交通情報を、VICSセンターで編集・処理し、渋滞や交通規制などの道路交通情報を道路上の発信機（電波ビーコン、光ビーコン）やFM多重放送で配信するしくみ。

(1) プローブカーによる渋滞予測

プローブカーとは、自動車自体がプローブ情報（走行履歴データ）を保持し、適宜、同データをセンターにアップロードするものである。渋滞情報の収集を目的とする場合、GPSやハードディスクを内蔵する通信カーナビ等を搭載した多数のプローブカーから位置や車速などの走行履歴をセンターに収集して渋滞を予測し、一般ユーザにルート案内サービスを行う。様々な道路を走行する多数のプローブカーからの情報をセンターに収集・分析することで、幹線道路のみならず、様々な道路における渋滞状況を把握できる。走行履歴データのセンターへのアップロードは、主に、全国をカバーする携帯電話などの商用ネットワークが使用される。

自動車メーカーの本田は、2002年から、同社の通信カーナビ搭載車オーナー向けの会員サービス（インターナビプレミアムクラブ）の主要なメニューとして、プローブカーによる渋滞予測機能を備えたルート案内サービスを開始している。2006年2月から、従来の携帯電話に加え、ウィルコム（Willcom）のPHSカードを月額1,050円で利用できるようになり、それまで停滞気味であった会員数が、主に高価格帯の車種のオーナーを中心に徐々に増加している模様である（2006年5月末現在38万人）。普及の鍵は、通信料金と考えられる。

(2) 携帯プローブによる渋滞予測

携帯プローブ（Cellular Probes）は、自動車自体にプローブ機能をもたせる代わりに、車両に持ち込まれた携帯電話端末（以下、「携帯端末」）をプローブとして、携帯端末自体の移動速度を推定することで渋滞予測を行う方式である。携帯プローブでは、携帯端末が道路上のどの場所にいるかの推定（以下、「測位」）がキーになる。一般に、携帯端末の測位には、いくつかの方式があり、大きく、「携帯端末ベース」及び「ネットワークベース」に分類される。携帯プローブを理解するうえで、以下、代表的な測位方式について概要を示す。

(a) 携帯端末ベースの測位方式

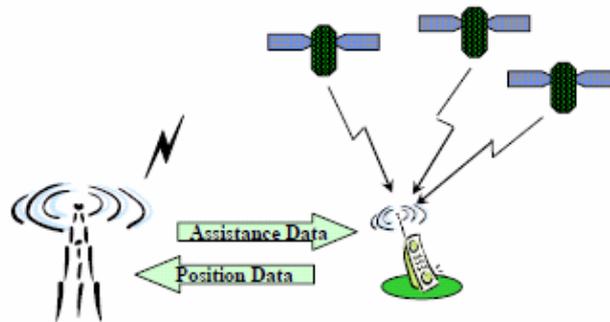
携帯端末自体により測位するもので、測位結果としての位置情報をセンターにアップロードする方式。位置情報のアップロードは携帯電話回線を用いるため、通信料金がかかる。携帯端末ベースの測位には、以下のような方式がある。

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

① 「A-GPS」 (Assisted GPS) 方式 (【図表1】)

GPS受信機内蔵の携帯端末を使うもので、携帯電話ネットワークからGPS衛星に関する軌道情報、概略位置、タイミング情報等の情報支援を受けて、携帯端末が効率的・高感度にGPS信号を受信し、測位する方式。

【図表1】 A-GPS方式による測位イメージ

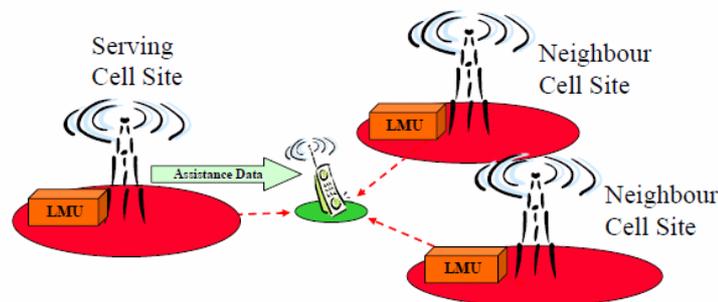


出典：'T-110.7110 Internet Technologies for Mobile Computing Location Protocols'より抜粋

② 「E-OTD」 (Enhanced Observed Time Difference) 方式 (【図表2】)

携帯端末が、隣接する複数のBTS (Base Transceiver Station : 基地局) からの送信信号をモニタし、正確な受信時刻を測定、それぞれの時間差より測位する。携帯端末にGPS受信機能は不要だが、正確な時刻の測定のため、E-OTD機能付きの端末が必要。後に述べるTDOAに比べると安価なLMU (Location Measurement Units : 位置測定ユニット) を3~5のBTSに1台の割合で設置する必要がある。

【図表2】 E-OTD方式による測位イメージ



出典：'T-110.7110 Internet Technologies for Mobile Computing Location Protocols'より抜粋

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

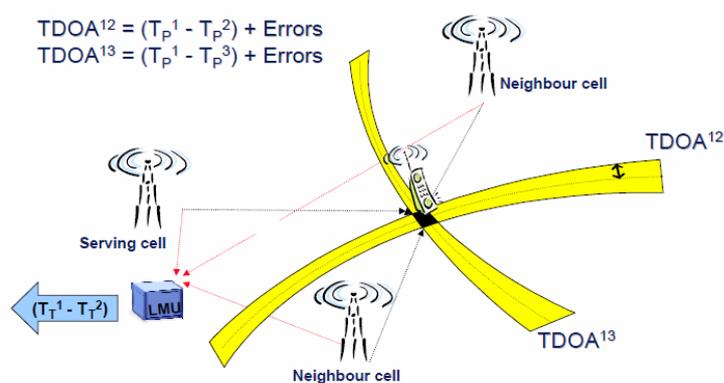
(b) ネットワークベースの測位方式

携帯端末が通常使用状態で送信する制御信号をネットワーク側でモニタすることで測位を行う方式。携帯端末からの位置情報のアップロードは必要ないため、基本的に携帯電話回線を使用しない。

① 「TDOA」(Time Difference of Arrival) 方式 (【図表3】)

携帯端末からの信号を地理的に離れた3つ以上の基地局において受信し、それぞれの到達時間の差により測位する。各BTSサイトに高価なLMUが必要となる。

【図表3】 TDOA方式による測位イメージ



出典：'T-110.7110 Internet Technologies for Mobile Computing Location Protocols'より抜粋

② 「Cell ID」方式 (【図表4】)

在圏セルを特定することで測位するもの。セクター化されている場合はセクター単位で測位する。

【図表4】 Cell ID方式による測位イメージ



出典：'T-110.7110 Internet Technologies for Mobile Computing Location Protocols'より抜粋

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

③ 「Cell ID + Timing Advance」方式（【図表5】）

GSM携帯電話方式のTiming Advance機能[☞]（用語解説）を用いることにより、携帯端末と基地局間の距離を推定できる。②のCell ID方式の測位誤差を改善するもの。

【図表5】 Cell ID + Timing Advance方式による測位イメージ



出典：'T-110.7110 Internet Technologies for Mobile Computing Location Protocols'より抜粋

④ 「Cell ID + Timing Advance + NMR（Network Measurement Report）」方式

③に加えて、携帯端末における受信電界強度値等の通知情報（Network Measurement Report）を用いて測位精度を上げるもの。

以上みたように、ネットワークベースの測位方式では、他のプローブ方式とは異なり、プローブ情報のアップロードに携帯電話回線を用いる必要がない。このことから、ネットワークベースの測位方式による携帯プローブは、比較的安価に、渋滞予測に基づくルート案内サービスを提供できる可能性がある。

ネットワークベースの測位方式による携帯プローブのこうしたメリットに着目して、米欧を中心に様々な応用システムが開発され、実証試験が進められており、一部商用サービスが開始されている。以下、現在進行中の代表的な事例について概要を紹介する。



☞（用語解説） Timing Advance機能

GSM携帯電話などの第二世代携帯電話の多くは、多重アクセスにTDMA（Time Division Multiple Access）方式を採用するが、同じ基地局に接続する遠方の携帯端末と近傍の携帯端末からの受信TDMAフレームが重ならないように、基地局がそれぞれの信号の伝搬遅延を測定、各携帯端末に送信タイミングを指示し（毎秒約2回）、携帯端末は指示されたタイミングで送信するしくみ。なお、CDMA方式では同機能は不要。

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

2 ネットワークベースの測位方式による携帯プローブの事例

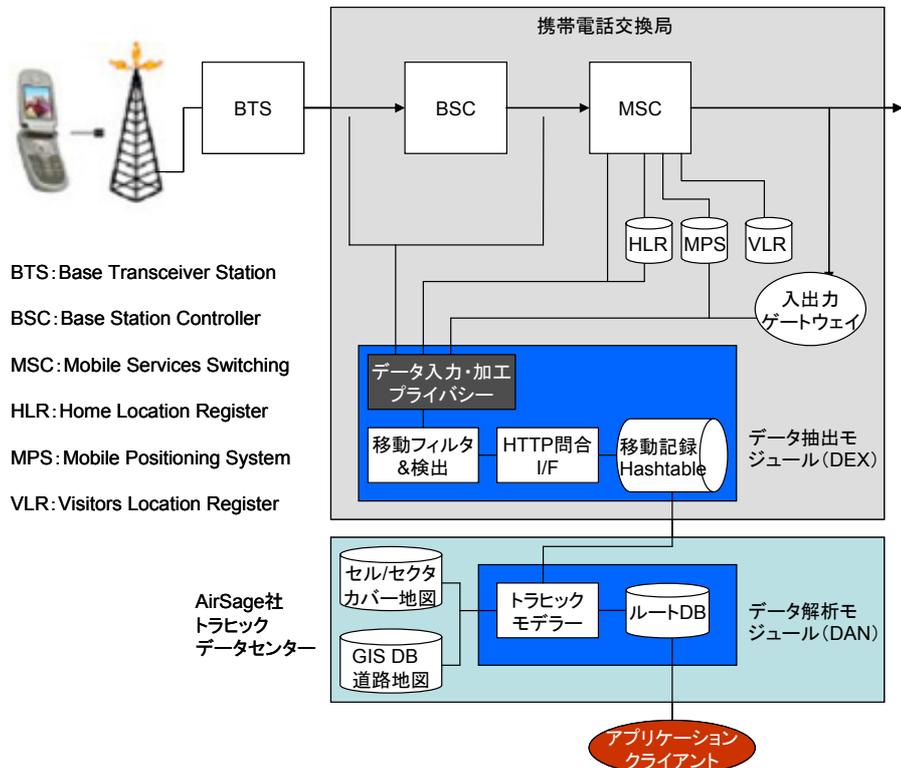
2-1 AirSage社（米）の「X-10」

(1) システム概要

米国AirSage社の「X-10」システムは、Cell ID方式を利用して、特定の道路上における渋滞を予測するシステムである。

「X-10」のシステム構成は、各携帯電話交換局（Mobile Services Switching Center:「MSC」）に「データ抽出モジュール」(Data Extraction Subsystem:「DEX」)を設置し、主に基地局制御装置（Base Station Controller:「BSC」）とMSCの間を流れる発・着信信号、ハンドオーバー信号、位置登録信号などの制御信号をリアルタイムに収集する。収集したデータは、AirSage社のトラフィックデータセンター内の「データ解析モジュール」(Data Analysis Subsystem:「DAN」)に転送する。「DAN」は、多数の「DEX」から受信したデータを地理情報システムと結合して、渋滞情報を生成し、アプリケーションクライアントに提供する。（【図表6】参照）

【図表6】 AirSage社「X-10」のシステム構成



出典：米国特許庁 公開特許資料（US 6,842,620 B2）に基づきKDDI総研にて作成

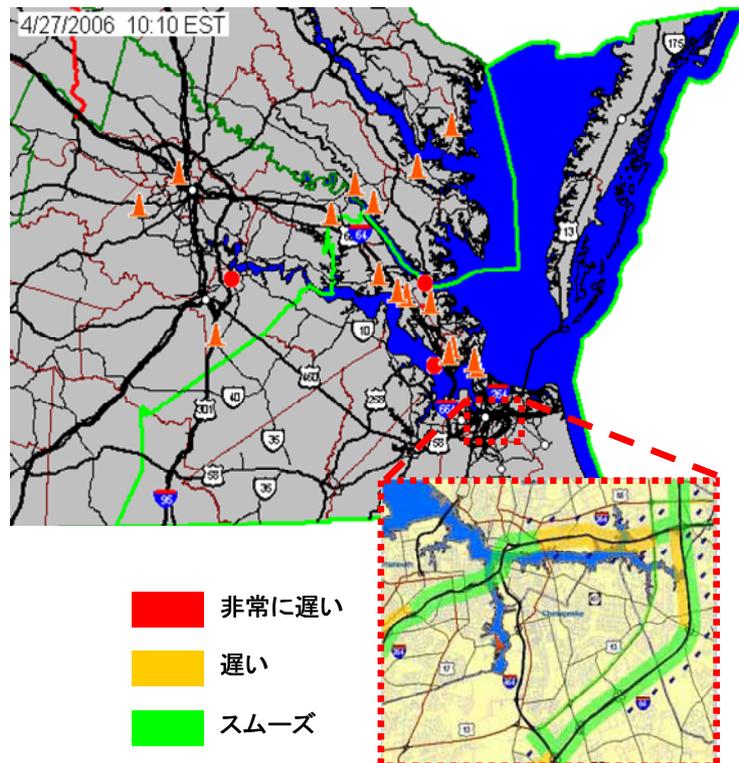
米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

(2) 運用状況

「X-10」は、2003年、Virginia州Hampton Roads地区で、Virginia州運輸局、ハイウェイ庁、Virginia大学の支援の下、Sprint Nextel社の携帯電話ネットワークを利用して実証試験が開始された（【図表7】参照）。2004年4月には、AirSage社は、Sprint Nextel社との間で、全米で同社携帯電話ネットワークを利用することについて合意した。その後、Sprint Nextel社は、2005年より「X-10」による政府向け商用サービスを開始している。

さらに、2005年11月、Georgia州運輸局は、米国を南北に縦断するハイウェイ、Interstate 75 のうち、Atlanta～Macon間における渋滞監視に、「X-10」の採用を決定した（Sprint Nextel社の携帯電話ネットワークを用いる）。Georgia州運輸局によると、従来の渋滞監視用の道路カメラの設置費は\$百万/マイルを要したが、AirSage社の技術を使えば、\$5,000/マイルの設置費及びテストプログラム費用の\$750,000で済むと、そのコストの低さに注目している。

【図表7】 Virginia州 Hampton Roads 地区（緑の枠）における「X-10」の運用状況



出典：Virginia州運輸局、AirSage社のホームページを元にKDDI総研で作成

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

2-2 IntelliOne社（米）の「RSMS（Road Speed Measurement System）」

(1) システム概要

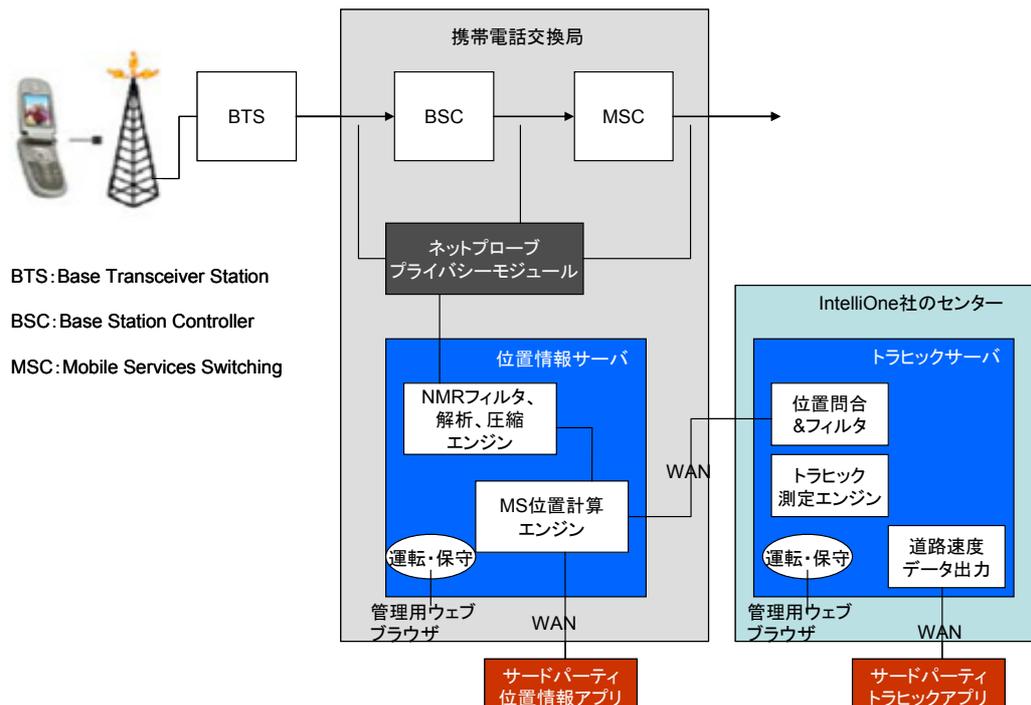
米国IntelliOne社の「RSMS（Road Speed Measurement System：道路速度測定システム）」は、米国California大学Berkeley校で開発された技術であり、Cell ID + Timing Advance + NMR方式を用いて、特定の道路における渋滞を予測するもので、GSM携帯電話ネットワーク上で実現している。

GSM携帯電話ネットワーク向けには、通信中に携帯端末から制御チャンネルに乗せて基地局に送られるNMR（ネットワーク管理レポート）中の以下の情報を用いる。

- ・ Timing Advance情報
- ・ 携帯端末が測定した周辺セルからの受信電界強度値
- ・ 携帯端末と通信中セル間のチャンネル品質表示値

「RSMS」のシステム構成は、携帯電話交換局に設置した「位置情報サーバ（Positioning Server）」により、BSCの制御リンクをモニタすることでNMRを収集するとともに、モニタした対象セルのカバーエリア内における携帯端末の位置情報を生成する。生成された位置情報は、センターに設置された「トラヒックサーバ（Traffic Server）」に転送される。「トラヒックサーバ」では、様々な道路における移動速度が計算され、渋滞情報がユーザーに提供される（【図表8】参照）。

【図表8】 IntelliOne社「RSMS」のシステム構成



出展：IntelliOne社のホームページより、KDDI総研にて和訳・補足して作成

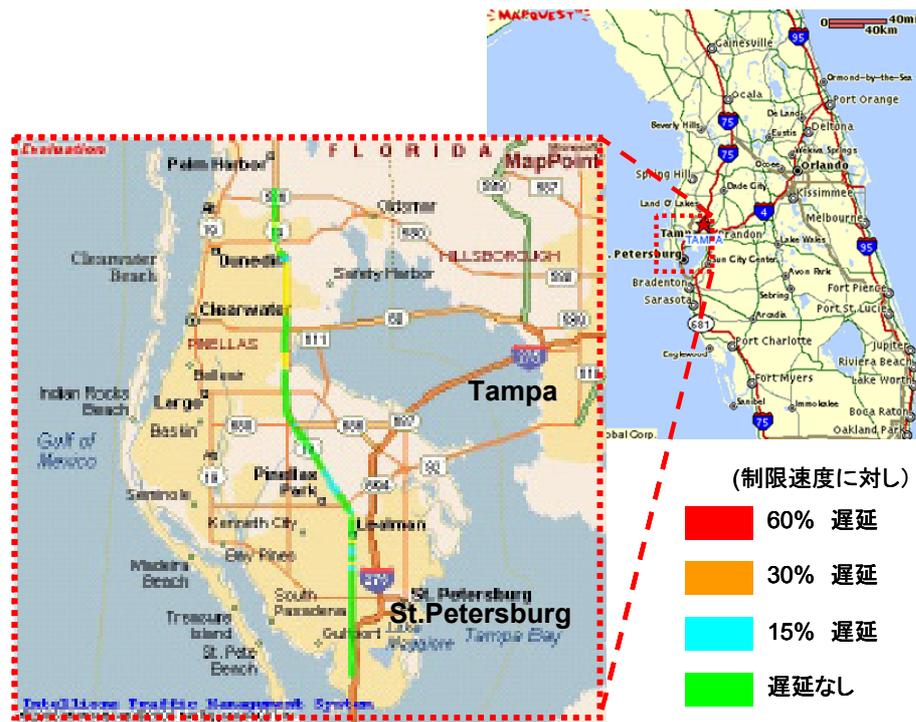
米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

(2) 運用状況

「RSMS」は、2005年6月からFlorida州Tampa市を中心するエリアにおいて、パイロットプロジェクトとして稼動している（【図表9】参照）。同プロジェクトは、Cingular Wireless社のGSM携帯電話ネットワークを使用するもので、同社交換局にIntelliOne社のサーバ設備をコロケーションして実施している。

また、「RSMS」は、カナダのToronto市で、2006年夏に商用サービスとしての運用が開始される予定である。位置情報サービス及びデジタル地図プロバイダのMaptuit社と協力し、放送メディア会社のWebサイト上で、Torontoエリアの全主要道路の交通状況をライブ表示するとともに、渋滞を考慮したルート案内サービスを提供する予定である。

【図表9】 Florida州Tampa周辺における「RSMS」の運用状況



出典：Center for Urban Transport Research 及び IntelliOne社の資料をもとに、
KDDI総研にて和訳及び補足

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

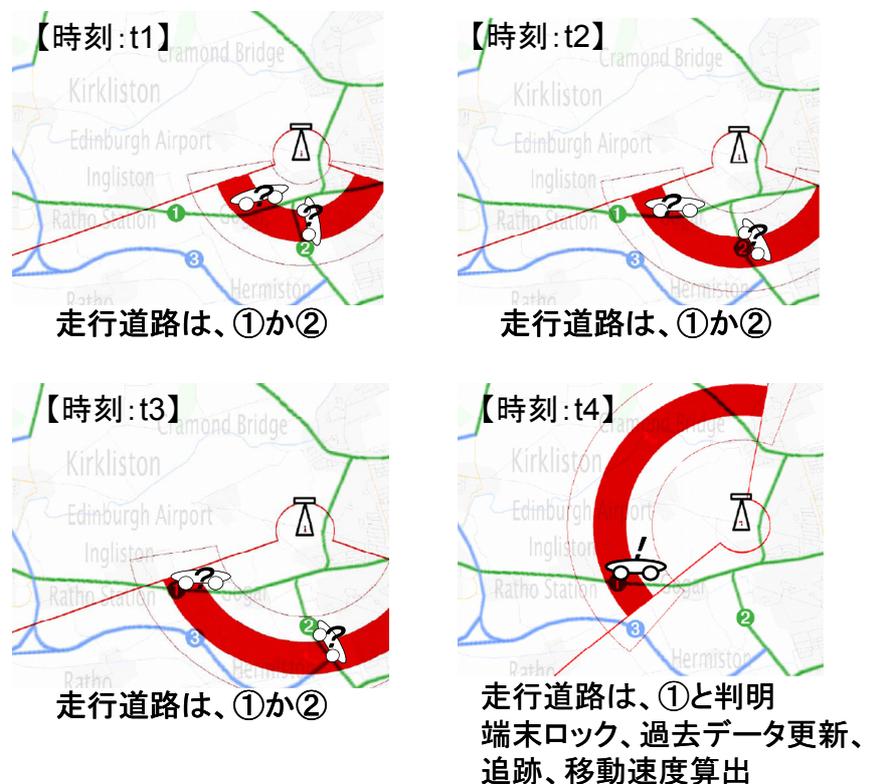
2-3 Applied Generics社（英）の「RoDIN24」

(1) システム概要

英国Applied Generics社の「RoDIN24」は、Cell ID + Timing Advance方式を用いて、車両の移動速度を推定し（【図表10】）、渋滞を予測するもので、GSM携帯電話ネットワーク上で実現するものである。同社は、同システムのメリットとして、Cell ID方式に比べ高精度であること、欧州ではGSM携帯電話が普及しているため短期間に全欧規模でロールアウトできることをあげる。

「RoDIN24」のシステム構成は、GSM携帯電話会社の交換局に、データ収集モジュールを設置、BTSとBSC間を流れる制御信号（Timing Advance情報）をモニタ・収集し、センターに転送する。センターでは、同情報を分析して位置を判定し、移動速度を推定、交通管理サービス向けの渋滞情報に加工し、ユーザーに情報提供を行う（【図表11】参照）。

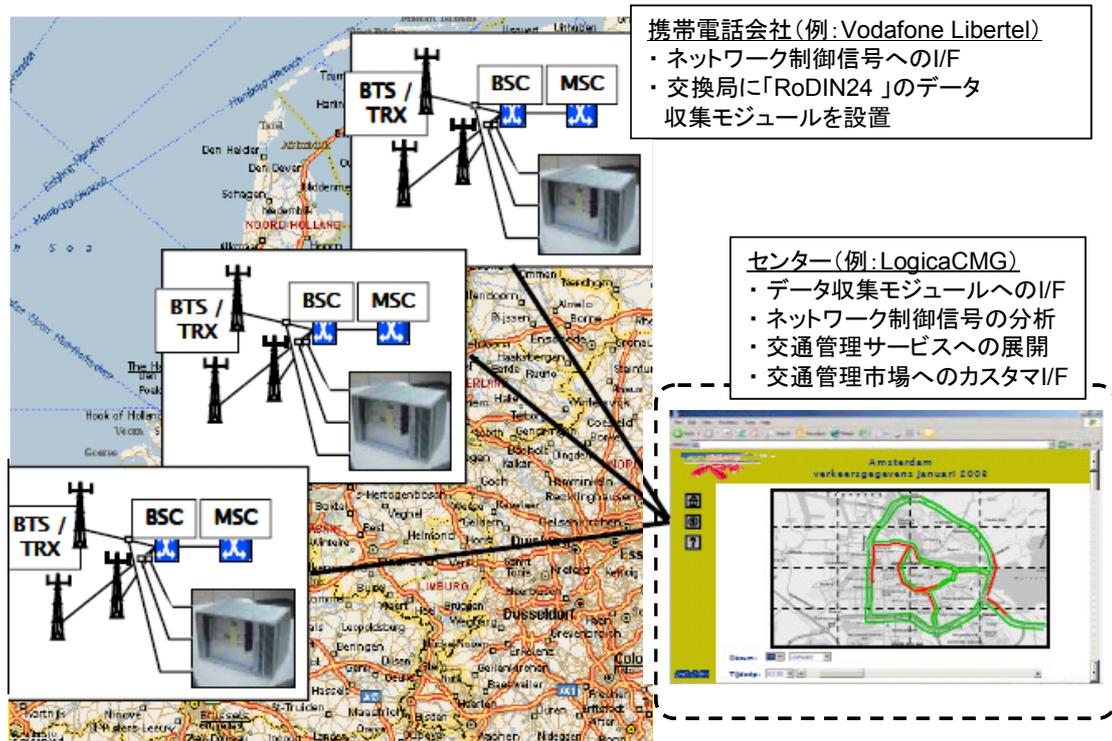
【図表10】 Timing Advance情報を用いた移動速度の推定のしくみ



出典：LogicaCMG社の資料より、KDDI総研にて和訳及び補足

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

【図表11】 Applied Generics社「RoDIN24」のシステム構成



出典：LogicaCMG社の資料より、KDDI総研にて和訳及び補足

(2) 運用状況

「RoDIN24」は、2002年に締結されたApplied Generics社及びシステムエンジニアリング会社のLogicaCMG社（本社 英国）等で構成されるコンソーシアムと、オランダ政府との契約により、「MTS (Mobile Traffic Services)」として、オランダで最初に商用化された。オランダにおけるVodafone傘下の携帯電話会社Vodafone Libertel社のGSM携帯電話ネットワークをホスト先として、2003年10月から、Noord Brabant州において商用運用を継続している（【図表12】参照）。

「MTS」は、2005年4月、オランダの中心的な州であるSouth Holland州でも商用試験プロジェクトとして採用されている。

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

【図表12】 オランダ Noord Brabant州における「RoDIN24」の運用状況



出典：WorldMapFinderおよびApplied Generics社のホームページからKDDI総研が作成

Applied Generics社は、2006年1月、ナビゲーションソフトと携帯型カーナビの分野で欧州シェアNo.1のTomTom（蘭）に買収された。TomTomは、それまでサードパーティーから購入してきた渋滞情報を、配下となったApplied Generics社の「RoDIN24」からの情報に代替する計画である。TomTomは、今後、同技術の広範な普及を図るため、欧州及び北米の携帯電話事業者との提携をすすめるとしている。

上でみてきた、ネットワークベースの測位による携帯プローブの代表的事例について、【図表13】にまとめる。

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

【図表13】 ネットワークベースの測位による携帯プローブ 代表的事例（まとめ）

開発会社	システム名	測位方式	運用地域	ホスト先の携帯電話会社	ホスト先の携帯電話方式
AirSage (米)	X-10	Cell ID	米 Virginia州	Sprint Nextel	CDMA
			米 Georgia州	Sprint Nextel	CDMA
IntelliOne (米)	RSMS	Cell ID+Timing Advance+NMR	米 Florida州	Cingular Wireless	GSM (CDMAや3Gでも サポート予定)
Applied Generics (英)	RoDIN24	Cell ID+Timing Advance	蘭 Noord Brabant州	Vodafone Libertel	GSM
			蘭 South Holland州	Vodafone Libertel	GSM

📖 執筆者コメント

プローブ情報を用いた渋滞予測に基づくルート案内に対するニーズは高いが、国内ではホンダのプローブカーサービス（インターナビプレミアムクラブ）がウィルコムの変額制PHSサービスを利用して徐々に会員数を伸ばしている以外では、まだあまり利用されていない。プローブカーとセンターとの通信に携帯電話を利用する場合、通信サービスを定額制料金により提供しようとするとう携帯電話会社にとってトラヒックの急増によるネットワーク負荷の増大が懸念され、一方、従量性料金により提供しようとするとうユーザにとって負担が大きいというジレンマがあり、携帯電話会社などでビジネスモデルが模索されている状況である。

本稿でみてきた、米欧で取り組まれているネットワークベースの測位による携帯プローブは、こうしたジレンマの解決策の一つとなる可能性をもっていると考えられ、本格商用化に向け、サービス料金、各キャリアのかかわり方などについて、今後の動向に注目していきたい。

米欧における交通渋滞予測のための
携帯プローブ利用の動き

【執筆者プロフィール】

氏 名：嶋田 実（しまだ みのる）

所 属：KDDI総研 主任研究員

専 門：周波数政策、無線ブロードバンド、ITS、インターネットの負の側面など

最近の主な研究テーマ/レポート：

主要国における周波数政策、電波利用動向に関する調査

ITS関連技術の標準化動向に関する調査

米国のルーラルエリアへの無線ブロードバンド普及政策の動向

(KDDI総研R&A 2005年11月号)

オーストラリアでサーバー上のEメールを通常札状で傍受できる法改正が成立

(KDDI総研R&A 2005年4月号)

ISP連携によるスパムメールへの技術的対策

(KDDI総研R&A 2004年8月号)

Email : mi-shimada@kddi.com

電話 : 03-6716-1161

📖 出典・参考文献

University of Virginia Center for Transportation Studies Virginia Transportation Research Council, 'Probe-based Traffic Monitoring State-of-the-Practice Report', November 21,2005

Kimmo Raatikainen, 'T-110.7110 Internet Technologies for Mobile Computing Location Protocols, March 21,2006

FDOT Traffic Engineering and Operations Office, 'SunGuide Disseminator', April 2006 Edition

AirSage社のホームページ

米国特許庁 公開特許資料 (US 6,842,620 B2)

IntelliOne社のホームページ

IntelliOne, 'TECHNICAL REPORT', February 2006

IntelliOne, 'Our Economy. Our Safety. Our Environment.' NSF SBIR/STTR Phase II Presentation, April 2006

米国特許庁 公開特許資料 (US 6,560,532)

Applied Generics社のホームページ

英国特許庁 公開特許資料 (WO 0245046)

LogicaCMG, 'Mobile Traffic Services Intermezzo'