
道路課金の技術動向と シンガポールでの実験

野口 直志

三菱重工業株式会社

ISO/TC204/WG5国内分科会長

目次

1. 道路課金の技術
2. 道路課金技術の標準化
3. シンガポールの道路課金
4. 日本の道路課金への課題

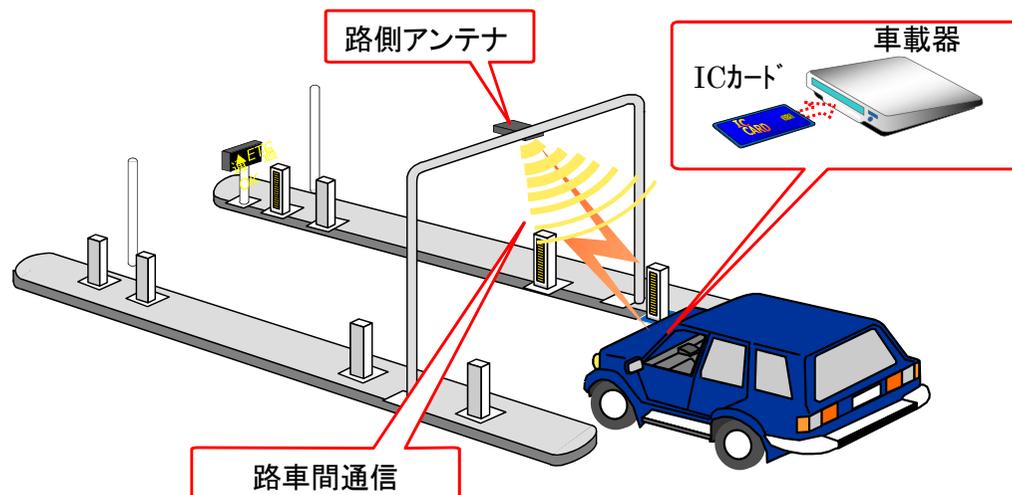
1. 道路課金の技術

- 道路課金とは道路を走行する車両に対して課金を行うもので、その目的により下記のように分類される。
 - * 有料道路課金 : 日本を始め、世界各国で運用
 - * 都市内渋滞課金 : シンガポール、ロンドン、ストックホルム、オスロ等
 - * 重量車課金 : ドイツ、オーストリア、チェコ、スロバキア、ポーランド
 - * 道路利用課金 : オランダ（計画中断）→将来の方向性
- 道路課金の技術は日本のETCでも採用されているDSRC方式と、GPSによる測位を基本とした自律方式がある。
- 本項ではこれらの概要と比較、それに欧州における重量車課金の導入状況について紹介する。

ANPR: Automatic Number Plate Recognition

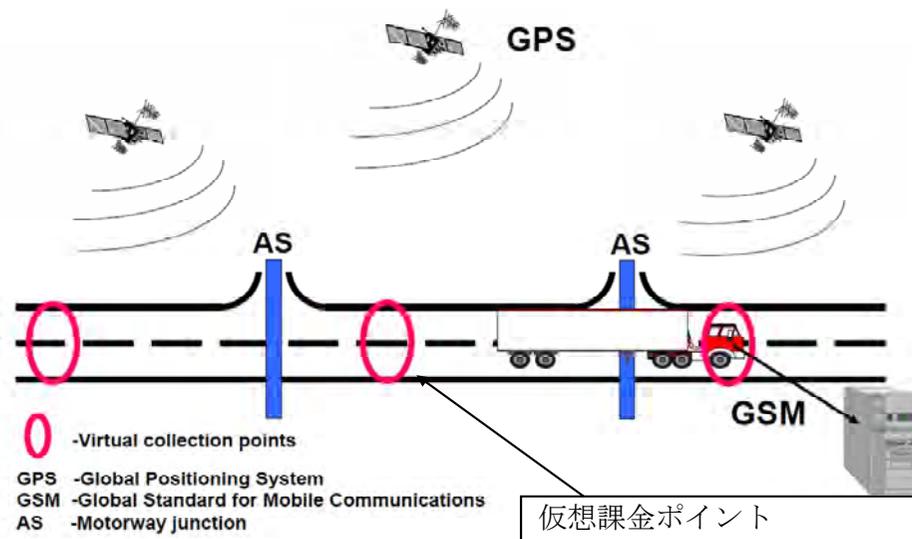
1.1 DSRC方式EFC

- 料金所ゲートもしくは本線上に設置された路側アンテナと車載器間との路車間通信により、自動的に課金を行う。
- 車載器に挿入されたICカードにより自動的に支払い(前払い／後払い)を行う事も可能
- 関連する主要なISO標準は下記の通り。
 - ・ISO 14906 : DSRCへのアプリケーション・インターフェイス
 - ・ISO/TS 14907 : EFC機器の試験法
 - ・ISO/TS 25110 : ICカードを使用する車載器決済(日本提案)

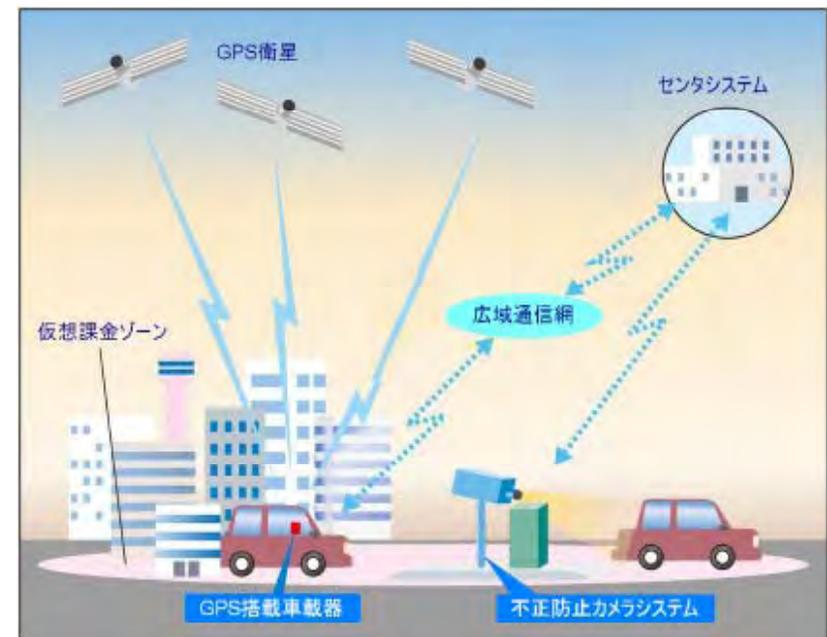


1.2 自律方式EFC

- 車載器は道路地図データを内蔵し、GPSの信号を基に自車の走行位置をトラッキングする。
- 車載器は仮想課金ポイント通過を認識すると、課金すると共にセルラー通信(本図ではGSM)でセンター装置に通知する。
- 関連する主要なISO標準は下記の通り。
 - ・ISO/TS 17575: 自律型EFCのアプリケーション・インタフェース



出典: ECMT2006プレゼン資料



1.3 EFC方式比較

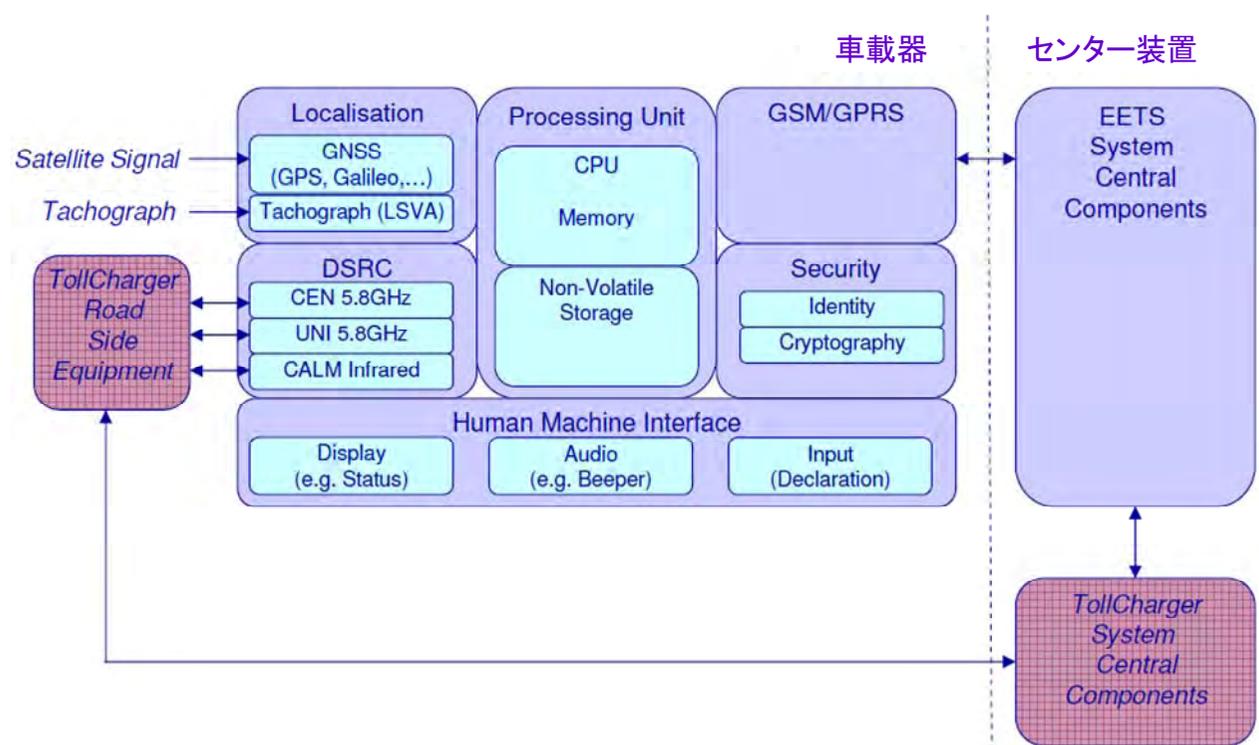
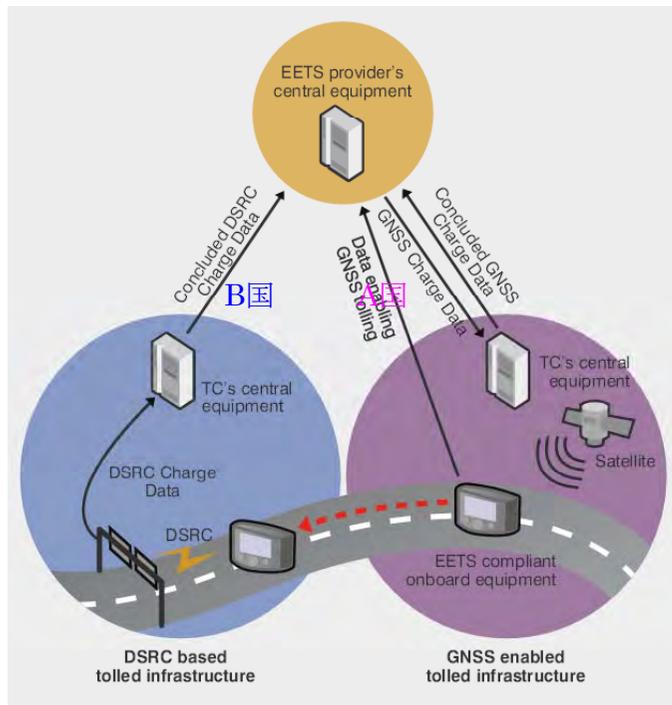
項目	DSRC方式	自律方式	備考
1.課金処理	DSRCによる路車間通信	GPS測位とマップ・マッチング処理	
2.課金処理通知	固定網通信で路側機よりセンターへ	セルラー通信で車載器よりセンターへ	
3.課金精度	高(99.9%~99.999%)	中(99.9%:ドイツ) (99.5%:スロバキア)	
4.課金ポイントの追加	路側機の新規設置が必要	地図データと課金パラメータの更新	
5.DSRCの用途	課金処理 インフォースメント用(必要場所)	位置補正(必要場所) インフォースメント用(必要場所)	必須
6.適用道路の形状	線状(単純なネットワーク)	面状(複雑なネットワーク)	
7.適用道路の種別	有料道路(高速道路) 一般道路(幹線国道等)	一般道路(全道路) 有料道路(高速道路)	
8.適用課金タイプ	ポイント課金 コトーン課金	ポイント課金 コトーン課金 エリア課金(距離課金)	
9.車載器価格	中(2千円~1万円)	高(数万円)	
10.車載器の入手方	アジア地区では買取 欧米では貸与(デポジット必要)	欧州では貸与(デポジット必要)	

1.4 欧州における重量車課金の導入状況

導入国	運用(予定)	道路長	課金方式	課金事業者	機器メーカー	備考
オーストリア	2004年	2,100Km	DSRC	ASFiNAG	Kapsch	
ドイツ	2005年	12,000Km	自律型	TollCollect	Siemens他	
チェコ	2007年	1,100Km	DSRC	Premid	Kapsch	
スロバキア	2010年	2,400Km	自律型	SkyToll	Siemens他	
ポーランド	2011年	1,500Km	DSRC	viaToll	Kapsch	
フランス	(2013年4月)	15,000Km	自律型	Ecomouv Autostrade, Eurotoll他	Kapsch, Siemens他	2010年に 法制度化 (Ecotax)
デンマーク	(2013年以降)		自律型?			
スロベニア	(2013年以降)		自律型?			2011年に RFI発行
スウェーデン	(2013年以降)		自律型?			2010-2011 にFOT実施

1.5 欧州におけるEETSと車載器(例)

- EETSとは欧州域において、一台の車載器とひとつの契約で道路課金を行うサービスで、欧州指令 (Directive 2004/52/EC) と欧州決定 (Decision 2009/750/EC) で運用に関わる各ステークホルダの役割と責任を規定。
- 2013年10月より3.5t以上の大型車両、5年後の2018年より一般車両に対して統一方式による課金サービスを実施予定。



EETS: European Electronic Tolling Services (欧州域電子課金サービス)

2. 道路課金技術の標準化

- ITSの標準化作業はISO/TC204で行われており、EFCはその中のWG5で標準化作業が行われている。
- DSRC方式EFC は1993年より標準化作業が行われ、2000年には主要項目は制定された。
- 一方、自律方式は1995年にドイツ・アウトバーンにて実証実験が行われ、1997年より標準化作業が開始された。
- その後、ドラフトの白紙撤回等紆余曲折があり、10年後の2007年に制定された。
- 本項ではISO/TC204の構成とWG5の活動、それに自律方式の基本標準であるISO 17575について紹介する。

(1) ISO/TC204の構成

- ISO/TC204 議長: Michael Noblett (米国・IBM)

WG	国際コンビーナ	国内分科会長	引受団体
WG1 システム構成分科会	Richard Bossom (イギリス・Siemens)	岸 知二 早稲田大学	日本自動車研究所
WG3 データベース分科会	柴田 潤 (日本・日本デジタル道路地図協会)	柴田 潤 日本デジタル道路地図協会	日本デジタル道路地図協会
WG4 車両/積載貨物自動認識分科会	Knut Evensen (ノルウェー・Q-Free)	倉橋 敬三 富士通	UTMS協会
WG5 料金徴収分科会	Jesper Engdahl (スウェーデン・Rapp Trans)	野口 直志 三菱重工	道路新産業開発機構
WG7 車両通行管理分科会	Lewis Sabounghi 2012年4月に退任 (カナダ・Sabounghi & Associates)	鈴木 克宗 道路新産業開発機構	道路新産業開発機構
WG8 公共交通分科会	John Bartosiewicz (アメリカ・McDonald Transit Associates)	山田 晴利 東京大学	国土技術研究センター
WG9 交通管理分科会	Ted Vincent (オーストラリア・Victoria's highway department)	小林 雅文 住友電気工業	UTMS協会
WG10 旅行者情報分科会	Paul Burton (イギリス・SERCO)	菅原 尚洋 オムロン	UTMS協会
WG14 走行制御分科会	赤津 洋介 (日本・日産)	赤津 洋介 日産	自動車技術会
WG16 広域通信分科会	Steve Sproufske (米国・Kapsch TrafficCom)	太刀川 喜久男 沖電気工業	電子情報技術産業協会
WG17 ノーマディックデバイス	Young-Jun Moon (韓国・KOTI)	佐藤 雅明 慶応大学	電子情報技術産業協会
WG18 協調システム分科会	Hans-Joachim Schade (ドイツ・TSE Consulting (Siemens))	古賀 敬一郎 道路新産業開発機構	道路新産業開発機構

(2) WG5の概要

- 国際議長: Jesper Engdahl (スイス、国籍はスウェーデン)
- メンバー: 21カ国より47人のエキスパートが登録

Australia, Austria, Canada, China, Czech, Finland, France, Germany, Italy, Japan, Korea, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovenia, South Africa, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom

- 国際会議: 欧州内にて年間4回開催(3年に1回、欧州外にて開催)

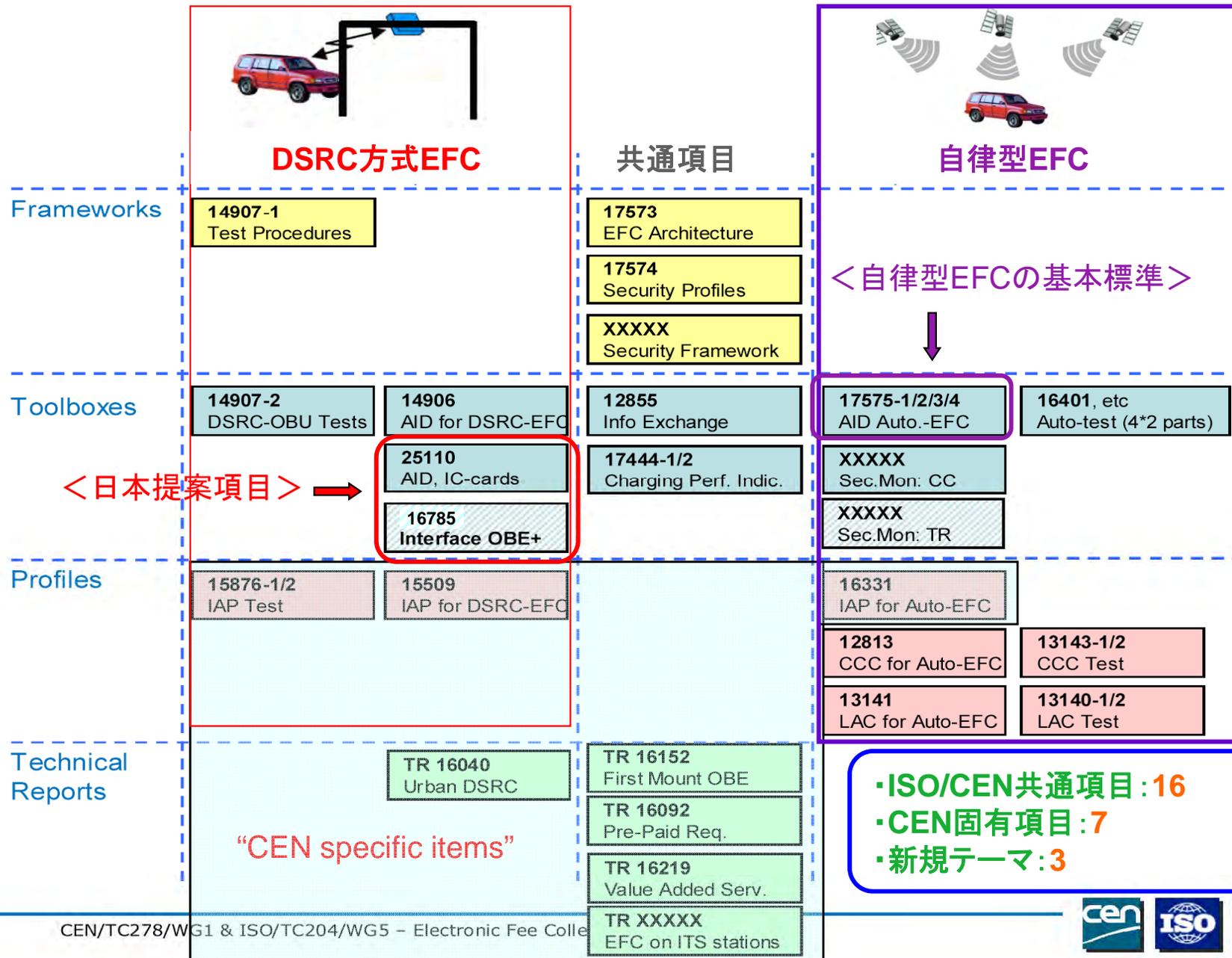
■ WG5国内分科会

- ・事務局: 道路新産業開発機構
- ・分科会長: 野口直志(三菱重工)
- ・専門家: 佐藤元久(NEXCO総研)
工藤安人(沖電気OB)
早川祥史(三菱重工)
- ・特別顧問: 根本教授(一橋大)
- ・アドバイザー: 丸山信(旧道路公団OB)
- ・委員: 25名



WG meeting in Stockholm in October 2011 (courtesy of Sweco)

(3) WG5の標準化項目

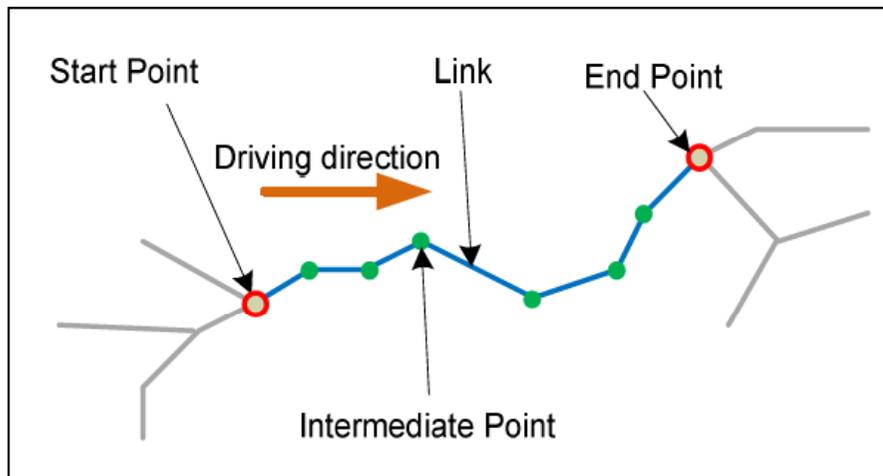


(4) ISO/TS 17575の概要-1

本標準は自律型EFCにおける、セルラー通信で交換されるデータ構造・データ要素等を定義するもの。下記は課金対象道路の定義法である。

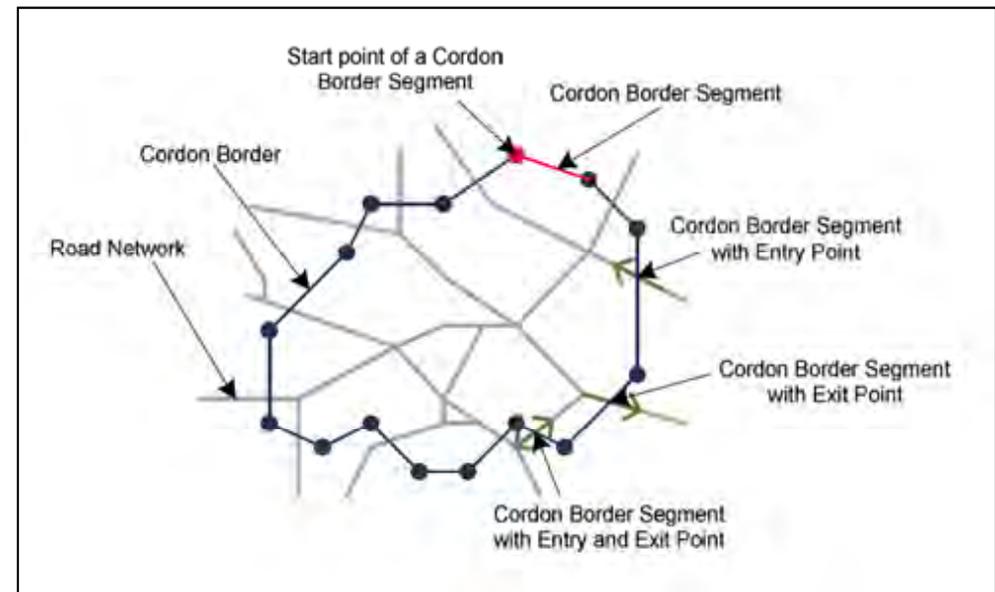
- 課金対象がセクションの場合、下記リンク情報等を定義

- ✓ LinkID
- ✓ startPoint
- ✓ endPoint
- ✓ intermediatePoint



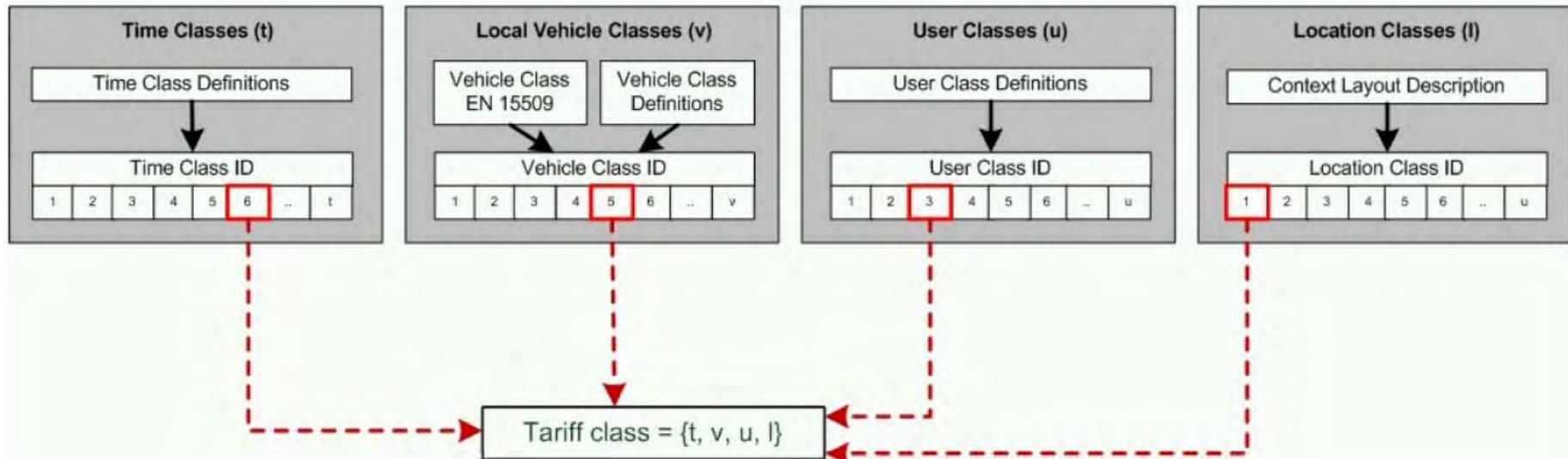
- 課金対象がコードンの場合、下記データ要素を定義

- ✓ cordonId (Cordon ID)
- ✓ cordonBorderPolygon (SEQUENCE OF CordonBorderSegment)



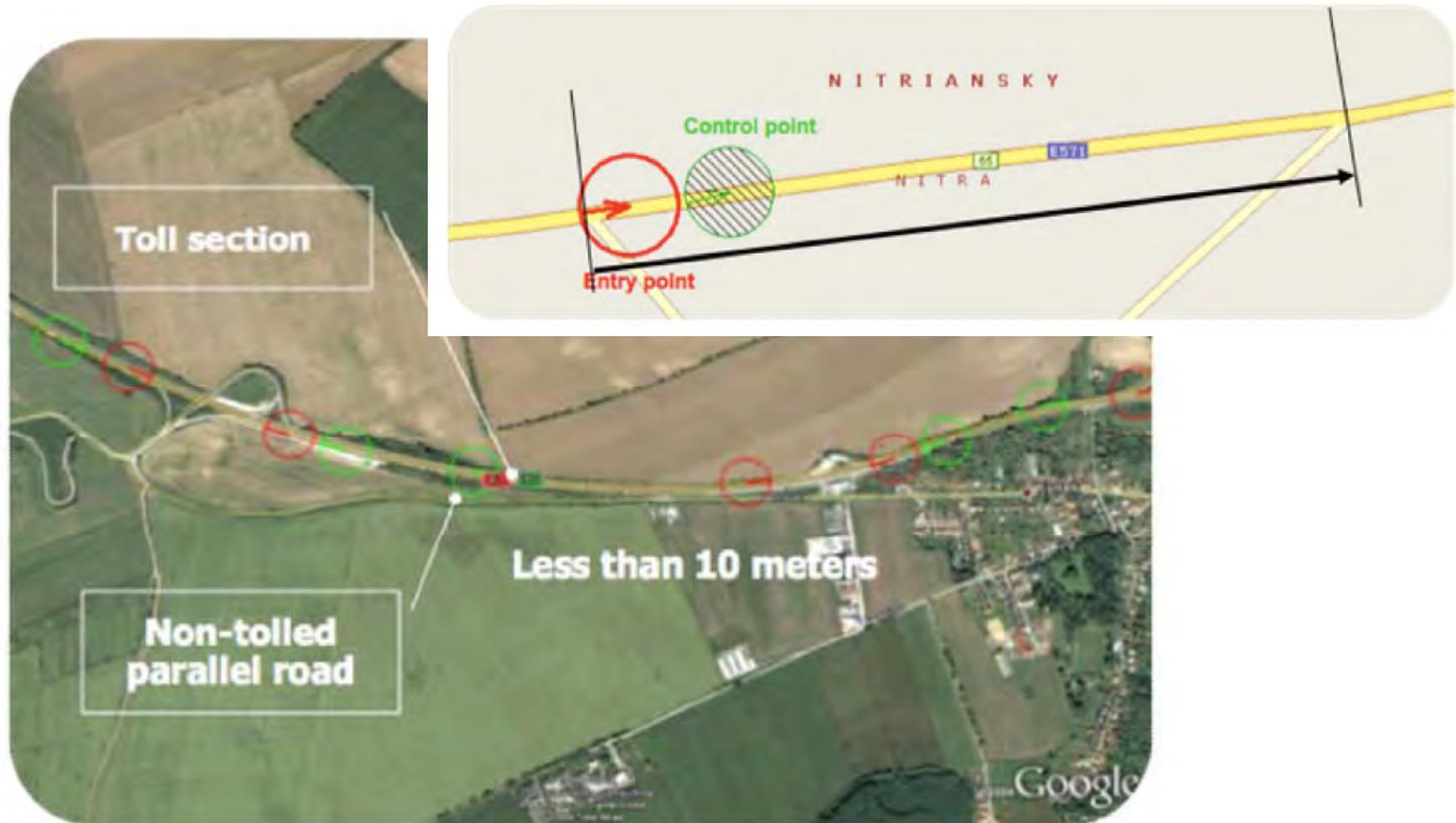
(5) ISO/TS 17575の概要-2

- 課金額は課金対象領域に付随する下記事項より構成される。
 - Time class (課金される日時を定義)
 - Vehicle class
 - User class (利用者の契約タイプを定義する)
 - Location class (課金領域)
- 課金領域は下記の種類が定義されている。
 - Section pricing scheme
 - Area pricing scheme
 - Cordon pricing scheme



(6) セクション課金の事例（スロバキア）

- 課金方法はセクション単位で、セクションへの入域と課金ポイント通過を検知し課金する。GPSの測位誤差を考慮し直径10mの許容ゾーンを設定。



3. シンガポールの道路課金

- 1975年よりステッカーの事前購入と監視員による目視チェックによるALSと呼ばれる道路課金運用が開始された。
- 1994年にDSRC方式の電子式道路課金の評価試験が行われ、1998年より商用地区にて運用が開始された。
- シンガポール全土を課金対象とする自律方式のトライアル実験が、2012年5月より開始された。
- 本項では、シンガポールの道路課金の経緯とトライアル実験を紹介する。

3.1 第一期道路課金(ALS)

《ALS (Area License Scheme: 1975~1998)》の導入

- ・ 都市近郊部境界に関所を設け、進入制限区域に流入する前にチケットを購入し、フロントガラスに貼付ける
- ・ チェックポイントでは、警官がチケットを目視でチェック、チケットのない車両はナンバープレートから罰金を請求される仕組み



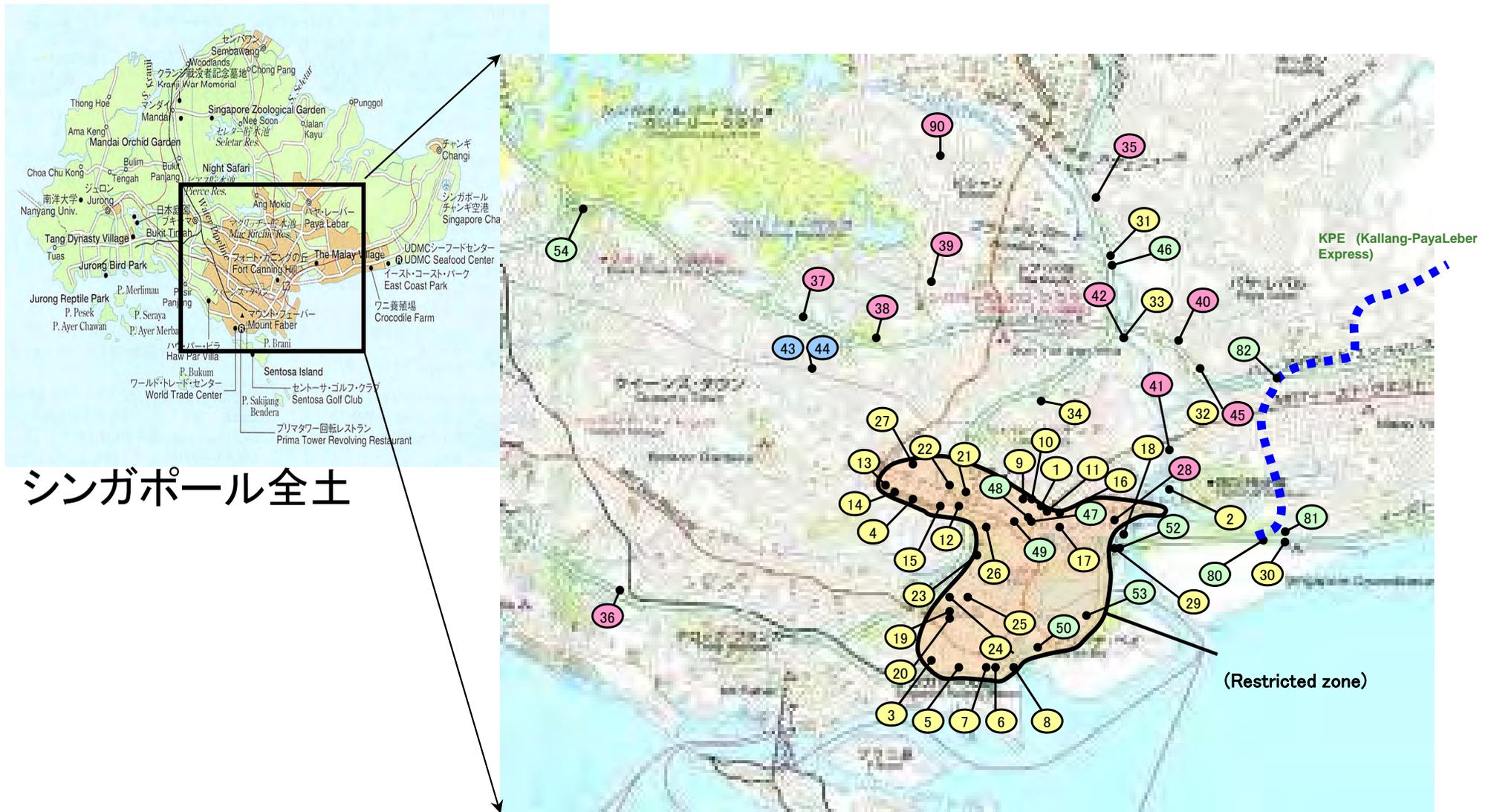
3.2 第二期道路課金(ERP)

- 名称: Electronic Road Pricing(電子式道路課金)の略語
- 歴史: 1998年4月から運用開始
- 実施機関: 陸上交通庁(LTA)
- 対象: 乗用車、バイク、トラック、バス、二輪車を含む全ての車両
- 課金日時・時間帯: 場所により異なる
- 課金方式: 車両に車載器を搭載、ガントリと呼ばれる門柱型の課金ポイントで、無線通信により電子課金を行う
- 車種料金体系: 基本的には車両の道路占有面積により設定
(例: 乗用車1、バイク0.5、重量車2)



課金額は車種、場所、曜日、時間などにより、フレキシブルに変更可能。又、交通量は常にモニターされ四半期毎の課金額見直しに反映されている。

(1) ERP課金ポイントの配置



シンガポール全土

商用地区を中心にERPガントリ設置

(2) ALS/ERPの導入効果

ALS

ERP



《混雑時交通流入量の変化》

▲75% (導入前比)

《混雑時交通流入量の変化》

▲20~▲24% (導入前比)

3.3 次世代ERP(ERP-2)

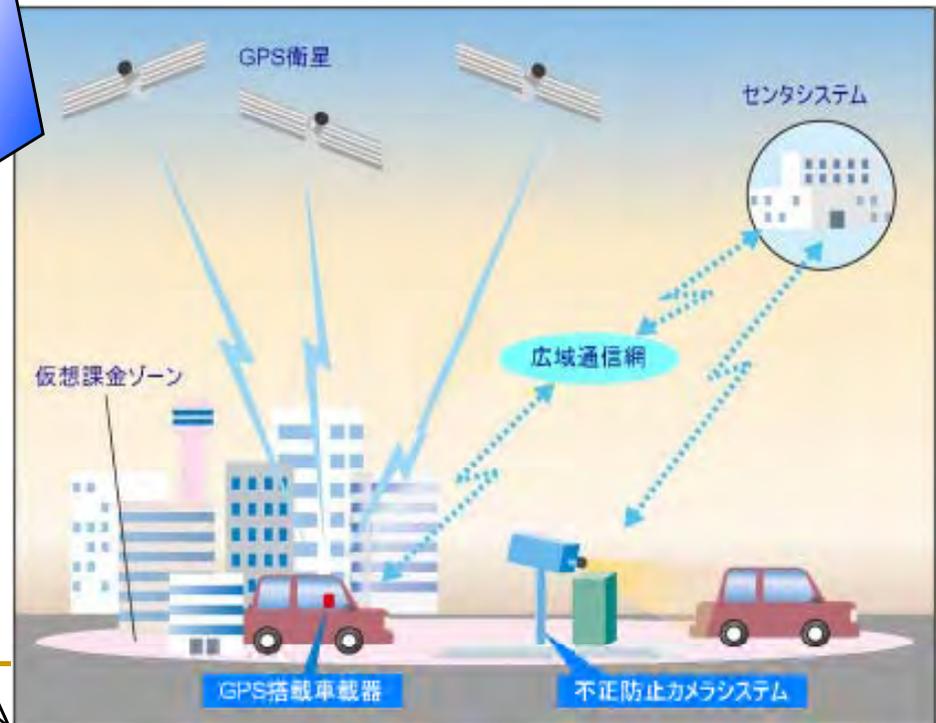
ERP: 無線通信(DSRC)によるガントリ方式



多機能車載器
(課金以外の
サービス)

テレマティクス等
ITS応用展開

ERP-2: GPSを利用したガントリレス方式(2018年)



ガントリの廃止

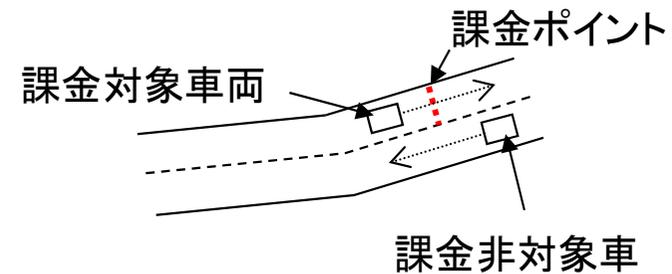
さまざまな課金
方式の採用/課
金エリアの変更
が可能

(1) トライアル実験

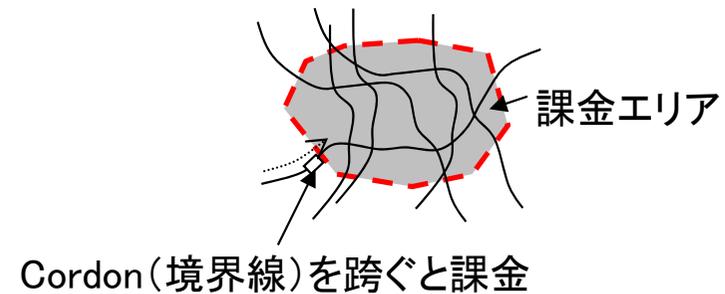
- 1. 目的:**
- ① 正確かつ信頼に足る渋滞課金ソリューションの評価
 - ② 新しい技術を用いた革新的なシステム運用のテスト
 - ③ シンガポールに於けるITS産業の成長を加速することも期待
- 2. 評価項目:**
- ① 課金の正確性→正確かつ高信頼の課金ソリューション
 - ② 不正検知の正確性→高精度な不正検知の実現
 - ③ 測位精度の正確性→GPS以外の測位補足技術
 - ④ ITSアプリケーション→課金以外のアプリケーション
- 3. 車載器数:** 100台
- 4. 試験車両:** 普通車両、貨物車両、タクシー、バス、バイク
- 5. 期間:** 2012.5 ~ 2012.11 (6ヶ月間)
- 6. テスト場所:** 郊外 2ヶ所(オープンスカイ)、市街地 1エリア(マルチパス空間)
- 7. 参加者:** ①IBMグループ、②Kapsch、③Watch Data、⑤三菱重エグループ

(2) 課金の種類

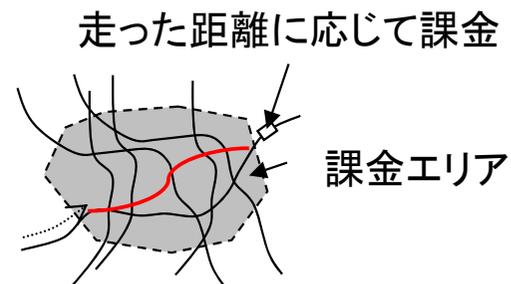
Point-based



Cordon-based



Distance-based



様々な課金スキームの適用が可能

(2) 技術的課題

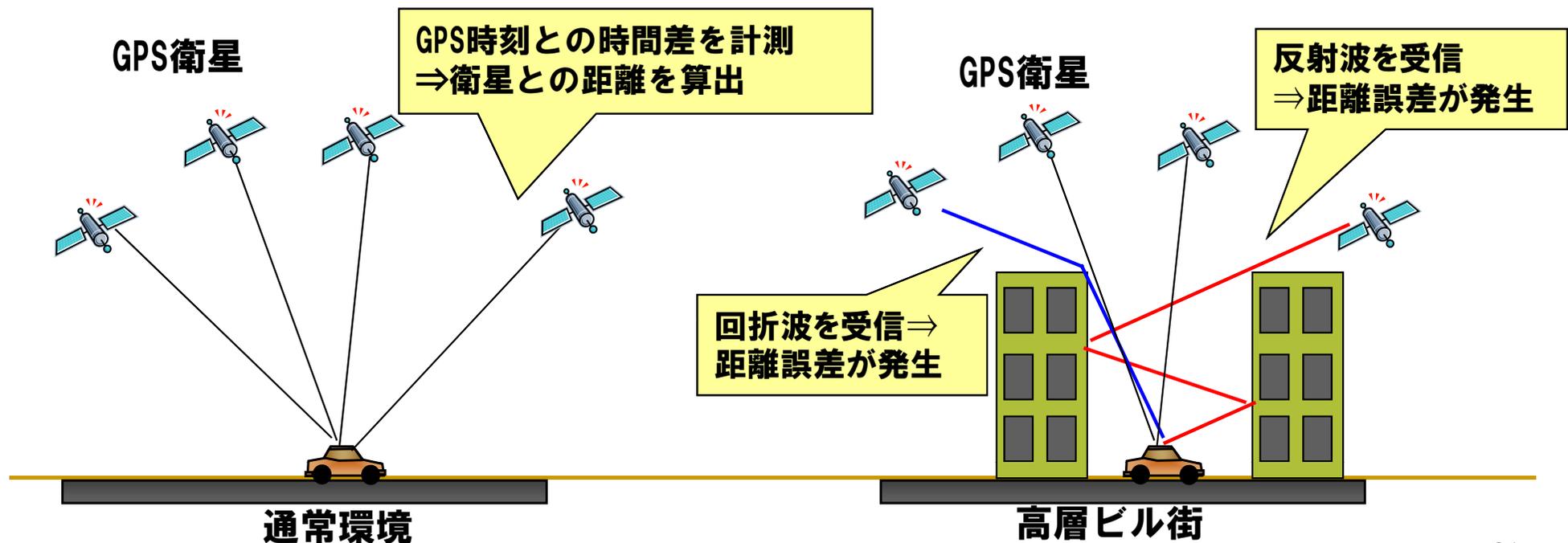
課題

高層ビル街では、GPS信号の反射・回折が発生。
GPSだけでは大きな誤差が発生し位置の正確性を担保できない



高層ビル街

日本よりも道幅が狭くビルが両側に迫る



(3) GPS測位誤差

高層ビル街でのGPSチップ単体での位置測位精度

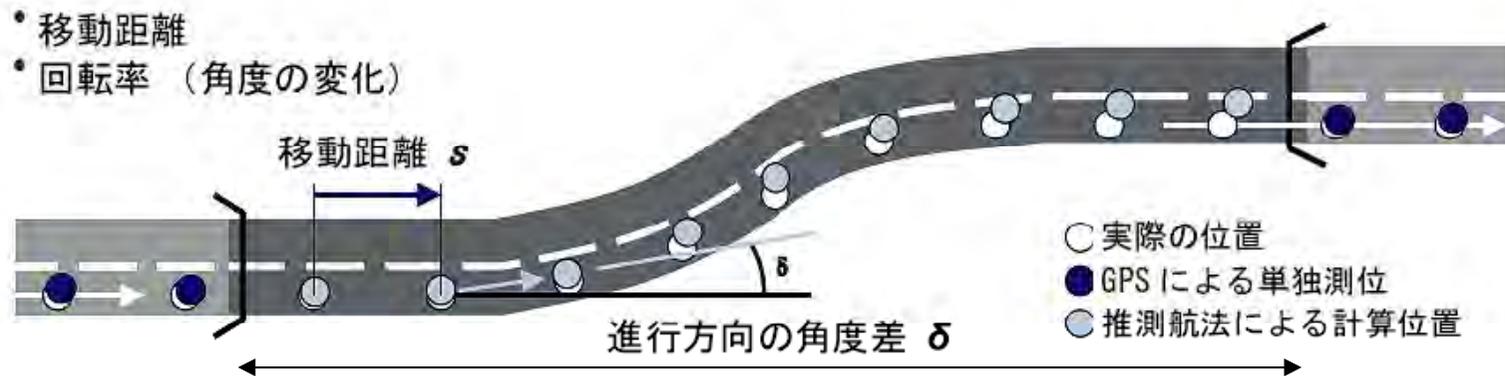
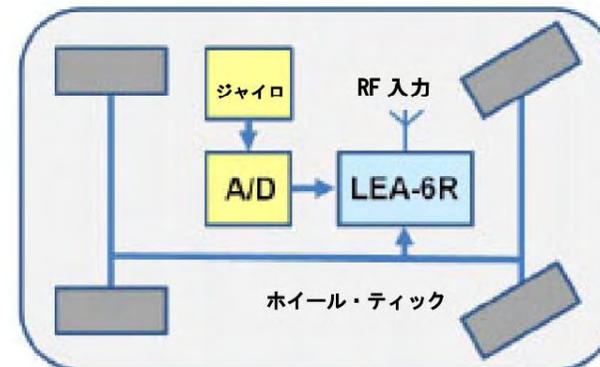
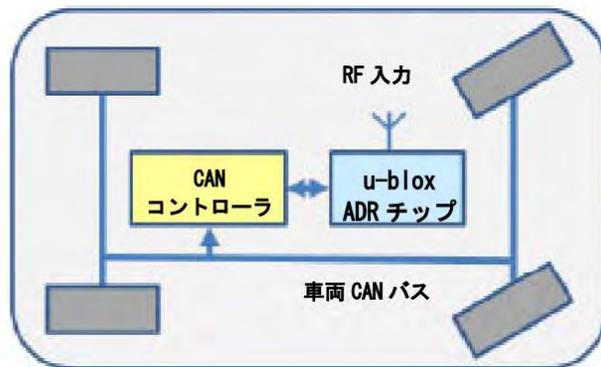
- GPSチップ単体でも数十メートルの誤差が発生



実際の走行ルート 高層ビル街の拡大

(3) GPS測位の補正手段(1/2)

- カーナビ等で使用されている手段(推測航法)

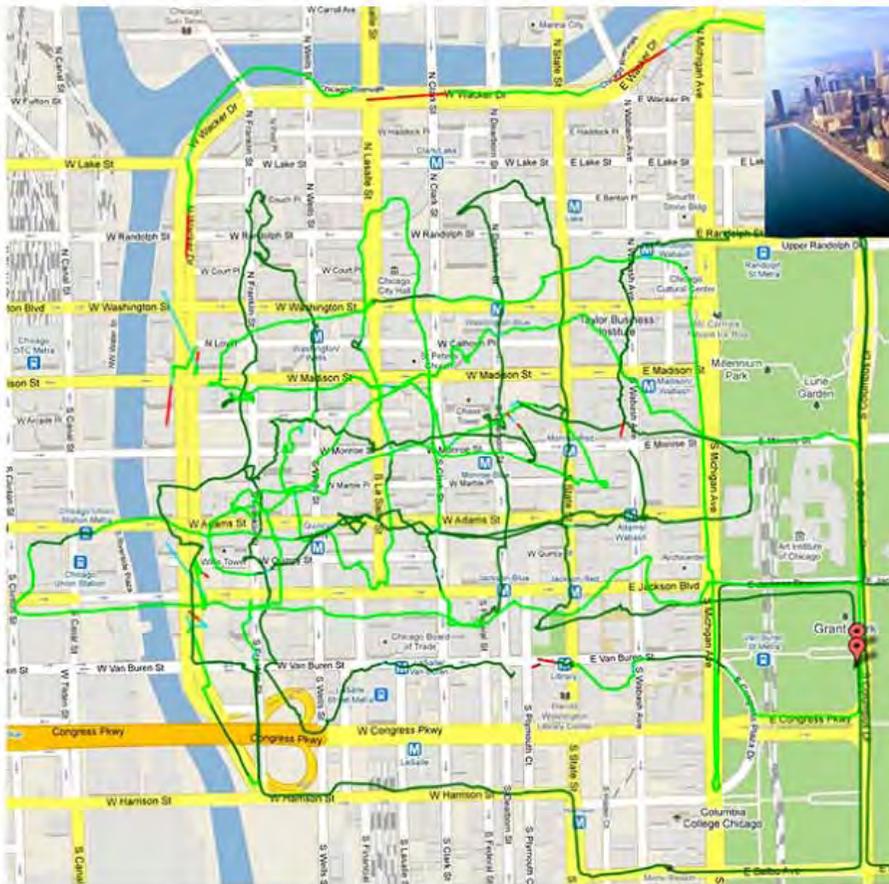


トンネル内走行例(誤差が蓄積)

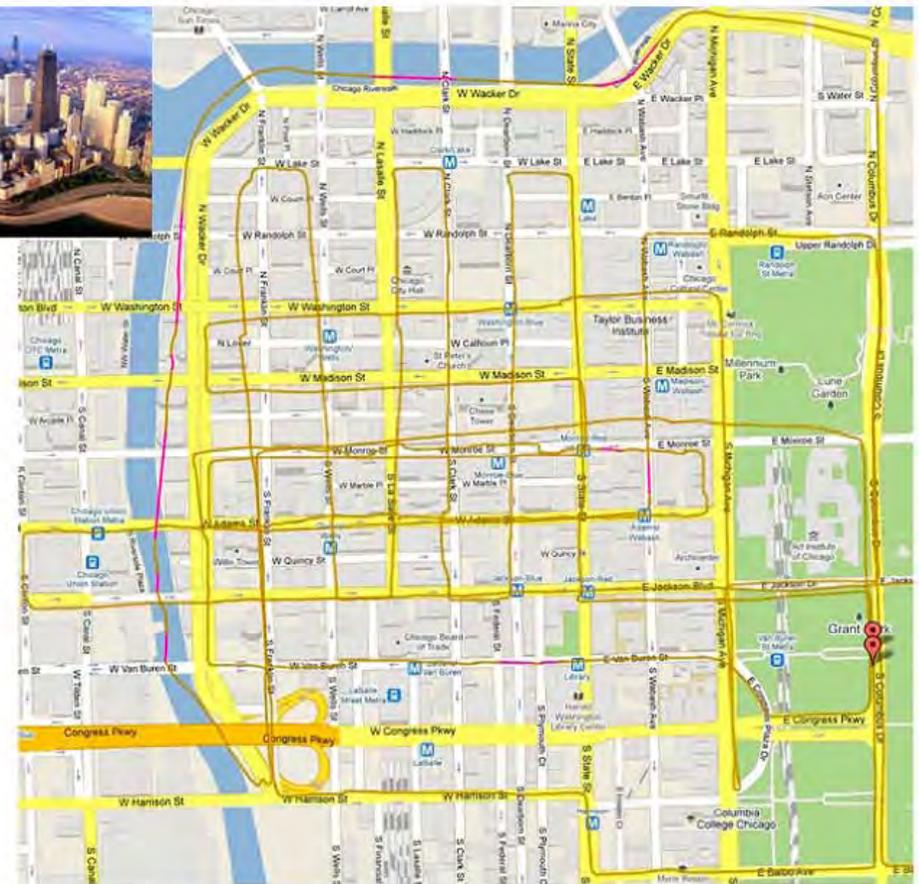
出典: u-blox社資料

(3) GPS測位の補正手段(2/2)

- カーナビ等で使用されている手段(マップマッチング)



GPS のみの場合



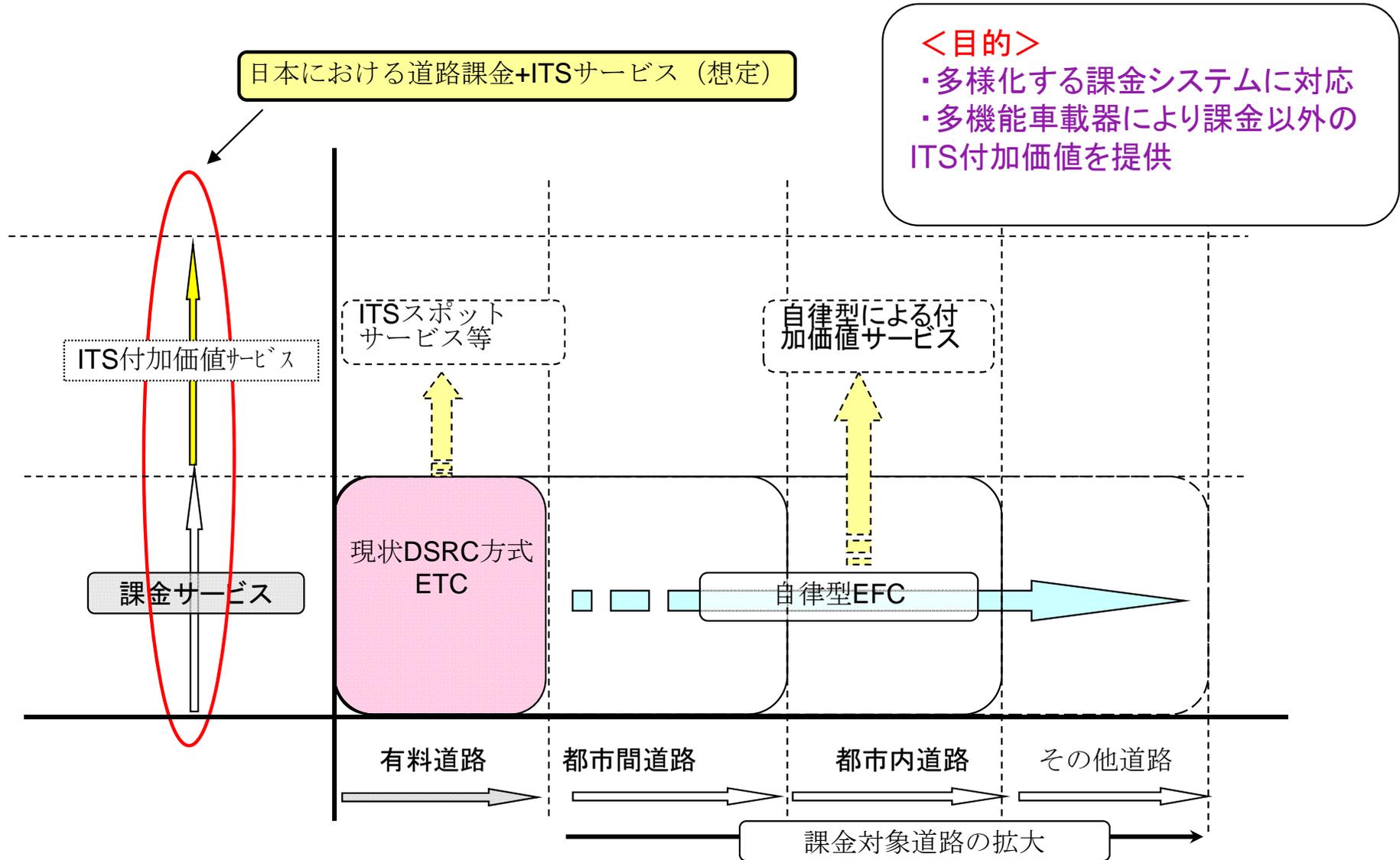
u-blox の ADR ソリューションの場合

出典: u-blox社資料

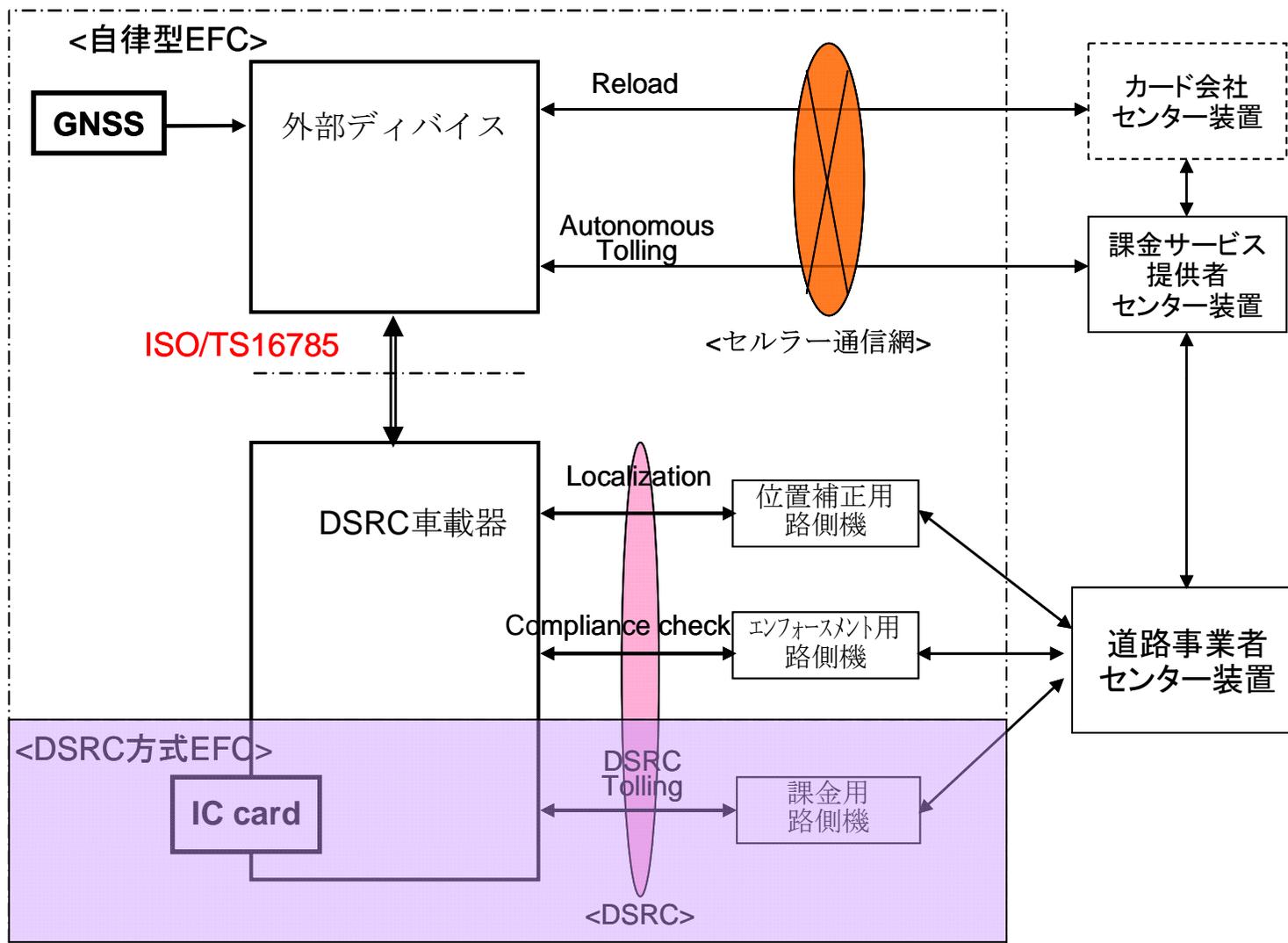
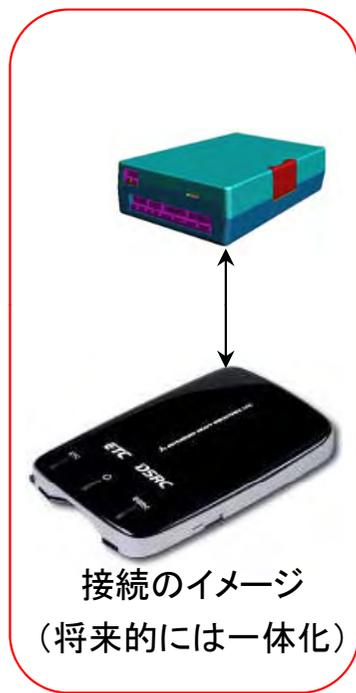
4. 日本における道路課金

- 今後、日本の高速道路は償還後も維持管理費用の確保のため、**有料化の必要性**が提言されており、**DSRC方式によるETCは存続**するものと想定される。
- 一方、欧米における燃料税、自動車保有税等に代わる道路(利用)課金導入検討や特に欧州での重量車課金の影響もあり、日本においても**大型車に対する道路課金の検討**が開始された。
- 本項では上記を勘案して、技術的な対応策について紹介する。

(1) 日本における道路課金とITSサービス



(2) 道路課金等への対応車載器(案)



まとめ

- 世界的な動向として、環境対策と燃料税等に代わる資金源として道路(利用)課金を導入する計画が進行している。
- 日本においては法制度面の見直しが必要であるが、将来の安定的な道路維持管理のための財源として道路(利用)課金の検討が必要。
- このためにも各界(交通経済、道路政策、税制度、技術等)関係者を交え情報を共有する研究会が必要。
- ISO/TC204/WG5国内分科会においては国際会議において欧州の現況調査を行うと共に、日本における将来対応のため新規ISO標準を提案し、現在ドラフト作成作業中である。

ご清聴有難うございます

野口 直志

(naoshi_noguchi@mhi.co.jp)

三菱重工業株式会社

交通事業部 制御技術部