



道路課金と交通マネジメント ー維持更新時代の戦略的イノベーションー

「道路課金の目的・技術」

2017. 3. 28 三菱重エメカトロシステムズ 野口直志



道路課金における経緯と動向

- 道路課金システムは道路建設や維持管理の資金調達施策として多くの国で導入されている。
- シンガポールやストックホルムなどの都市においては渋滞緩和施策として道路課金システムが導入されている。
- 米国では燃料税に代わる税收施策として道路利用課金が検討され、オレゴン州やカリフォルニア州等でパイロット試験が行われている。
- 日本の首都圏における経路別道路課金や米国のインターステート・ハイウェイの高速走行車線など、課金による交通マネジメントが計画・実施されている。
- 今後導入が計画されている新規課金施策も含め、各国の課金施策とその技術について紹介する。

1. 道路課金施策について(1/4)

• 有料道路課金

- 道路等インフラ建設資金返済のため、通行車両に対して課金を行う。
- 1987年のオーレサンド・トンネル(ノルウェー)が世界初。
- 日本では2000年より運用開始、現在は50カ国以上で運用中。



WORLD'S FIRST ELECTRONIC ROAD-TOLL OPENED IN NORWAY

The world's first electronic road-toll station was inaugurated on October 20 when the Orre Sand Tunnel Toll station opened at 2.5 kilometers long, which was Road Tunnel Tolling. One toll station is the tunnel toll station, the time required for electronic tolling.

The station's vehicle monitoring system, based on Philips' vehicle identification system for electronic tolling, was developed by Philips in Norway. The system uses a radio frequency identification (RFID) system to identify a vehicle as it passes through the toll gate. The time required for electronic tolling is less than a normal toll.

Philips



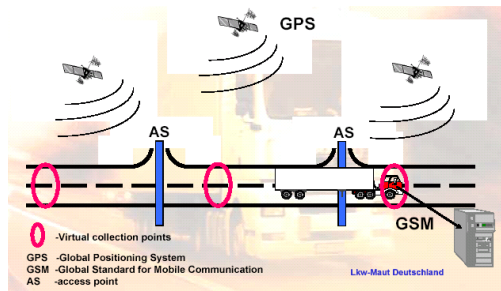
a) オーレサンド・トンネルの料金所(右は当時の地元新聞)

b) チリの課金ポイント(マルチレーン・フリーフロー)

• 大型貨物車課金

- 道路舗装へ与えるダメージが大きい大型貨物車(注1)へ課金。
- 1999年の欧州指令により、加盟国は大型貨物車へ課金が可能となる。
- 2001年のスイスより運用開始、現在は9ヶ国で運用中。

注1: 導入国により異なる。
総重量12t以上: ロシア
総重量7.5t以上: ドイツ
総重量3.5t以上: その他



c) ドイツの大型貨物車課金(GNSS方式)



d) オーストリアの大型貨物車課金(DSRC方式)

(欧州における大型貨物車課金の導入状況)

導入国	開始年 (予定年)	課金対象 道路延長	課金対象車 両の総重量	課金方式	路側機(台)	課金事業者	備考
スイス	2001年	1,730Km	3.5t以上	自律型 (オドメータ)	209(SL) 337(ML)	FCA(Federal Customs Ad.)	GNSSは補助 的に使用
オーストリア	2004年	2,100Km	3.5t以上	DSRC	2828(ML)	ASFiNAG	
ドイツ	2005年 (2018年)	12,000Km (55,000Km)	12t以上 (7.5t以上)	自律型 (GNSS)	6745(ML) 300ヶ所	TollCollect	2018年に連邦 道路へ拡大
チェコ	2007年	1,100Km	3.5t以上	DSRC	1481(ML)	Premid	
スロバキア	2010年	2,400Km	3.5t以上	自律型 (GNSS)	1132(ML)	SkyToll	
ポーランド	2011年	1,500Km	3.5t以上	DSRC	424(ML)	viaToll	
ハンガリー	2013年7月	6,500Km	3.5t以上	自律型 (GNSS)	74ヶ所		
ロシア	2015年11月	50,800Km	12t以上	自律型 (GNSS)	481ヶ所	RT-Invest	
ベルギー	2016年4月	3,000Km	3.5t以上	自律型 (GNSS)	40ヶ所	Satelic,Axxes	
スロベニア	(2018年1月)	600Km	3.5t以上	DSRC	126ヶ所	DARS	
ブルガリア	(2018年)	16,000Km	3.5t以上	自律型 (GNSS)			

- ◆ 路側機は全てCEN-DSRC方式、(SL: Single Lane, ML: Multi-Lane)
- ◆ 自律型における路側機は不正通行チェック、位置補正用として使用

1. 道路課金施策について(2/4)

都市内混雑課金

- 都市内渋滞削減のため、課金により交通流をコントロールする。
- 1961年のウォルターズ、1964年のスミード・レポートにより渋滞課金理論が確立。
- 1988年のシンガポールに続き、ロンドン(2003年)、ストックホルム(2006年)にて運用中。



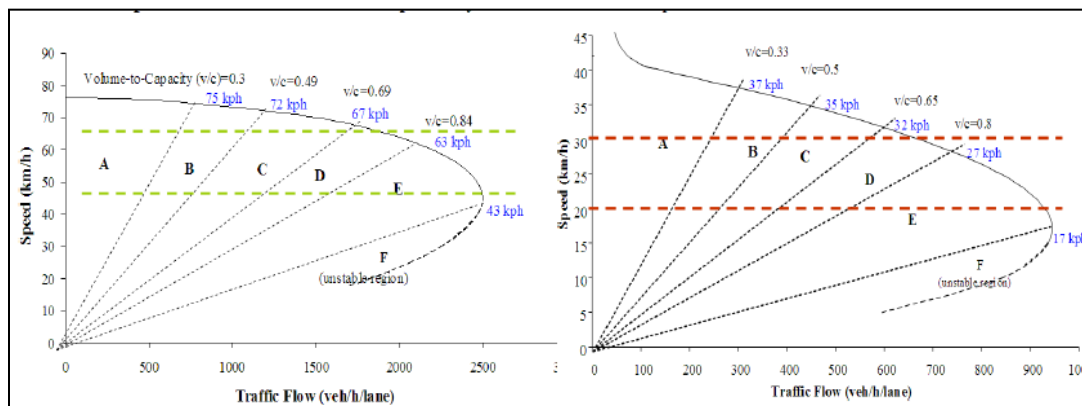
a) シンガポールの混雑課金 (DSRC方式)



b) ロンドンの混雑課金 (ANPR方式)

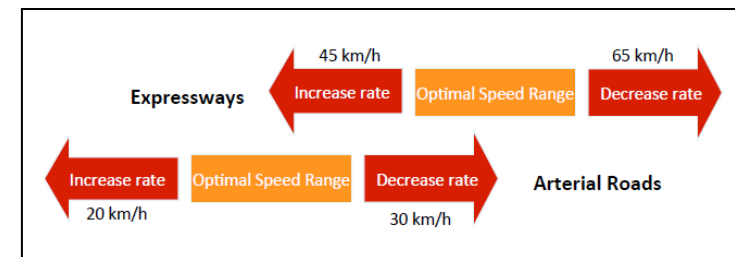


c) スtockホルムの混雑課金 (DSRC方式)



d) シンガポールのLOS (Level Of Service)事例, [Source: LTA]

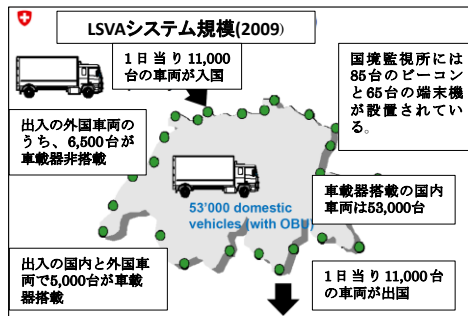
左図のLOSにて、走行速度がE領域になるよう課金額で調整(3か月毎見直し)



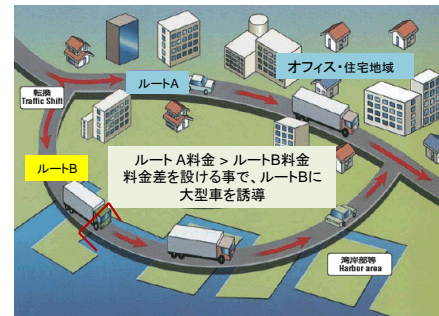
1. 道路課金施策について(3/4)

● 環境対策課金

- スイスでは環境保全のため、大型貨物車に対して課金
- 欧州主要都市におけるLEZも環境対策課金のひとつ
- 日本の首都高速、阪神高速の環境ロードプライシングも環境対策課金のひとつ



a) スイスの環境対策課金 (LSVA)



b) 日本の環境ロードプライシング

● 道路利用課金

- 燃料税、車両保有税の代替としての施策で、米国オレゴン州では2005～2015年のパイロット実験で有効性を確認。
- 現在カリフォルニア州にて同様なパイロット実験中であり、西海岸州を中心に広がりつつある。
- 車両の走行距離計(オドメータ)の走行距離データによる課金方法の他、オプションとして定額制ほか有り。

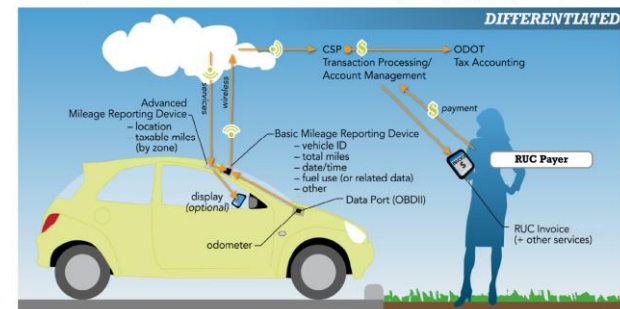


Figure 4: Mileage Reporting Device for Smartphone Road Usage Charge Plan



Figure 5: Screenshot of App for Smartphone Road Usage Charge Plan

Figure 14: Information Flow in Differentiated Road Usage Charge Reporting Concept

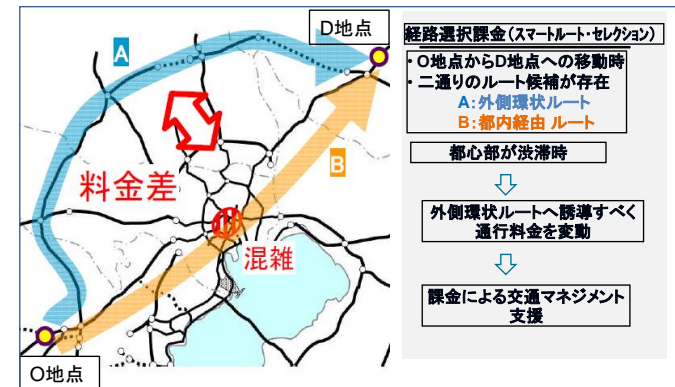


c) 米国オレゴン州での道路利用課金(車のODB-IIポートに課金ユニットを取り付け)

1. 道路課金施策について(4/4)

● 経路誘導課金

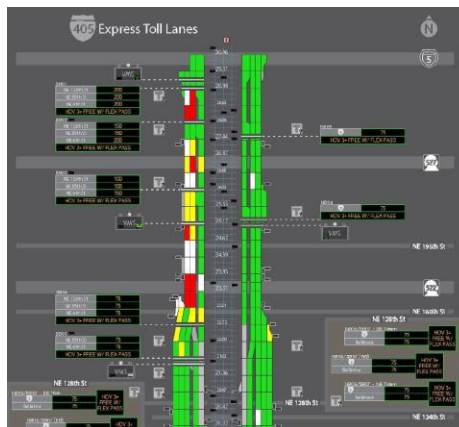
- 日本の首都圏においては、2016年度より対距離・シームレスに加えて、起終点を基本とした新料金体系に切り替え。
- 今後は、都心部の渋滞時は外環道へ誘導すべく通行料金変動による交通マネジメントを検討中。



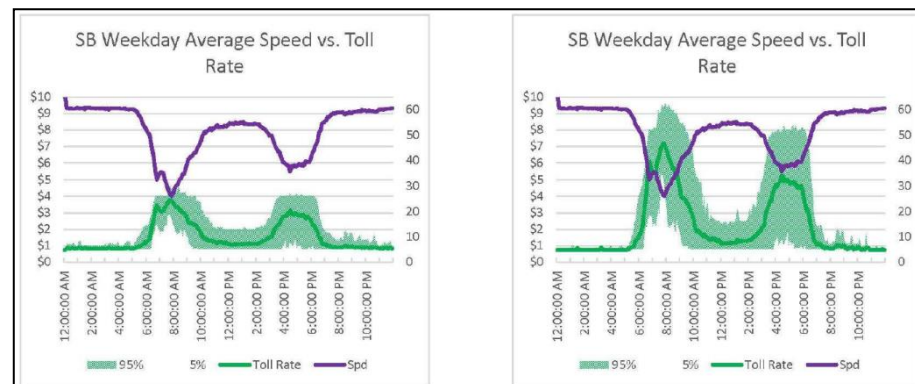
a) 首都圏での経路誘導課金(今後)

● 米国の高速走行車線課金

- 米国のインターステート・ハイウェイにおいて、渋滞対策用として増設された車線では高速走行を保障する代わりに課金を行っている。
- ワシントン州のI-405では5分単位で、渋滞度に応じて\$0.75～\$10の変動課金制を導入。



b) I-405における渋滞表示(中央側が高速走行車線)

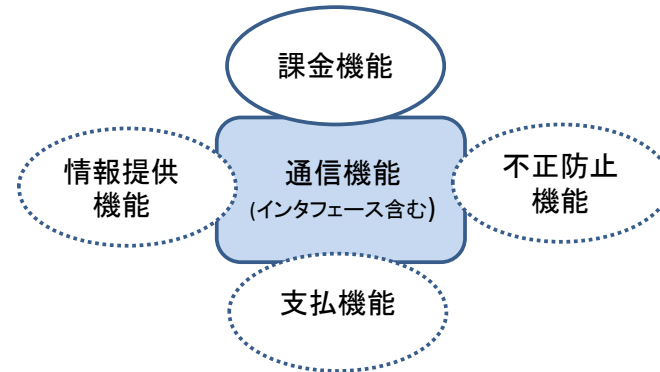


c) 一日の平均走行速度(紫線)と課金額(緑線)

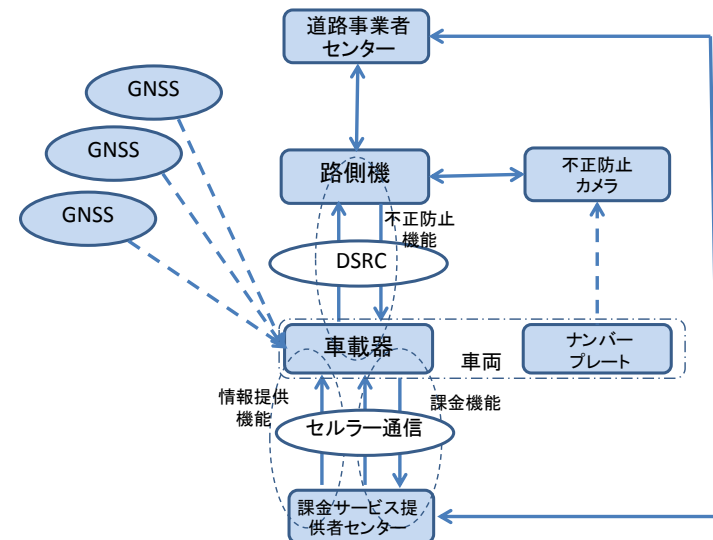
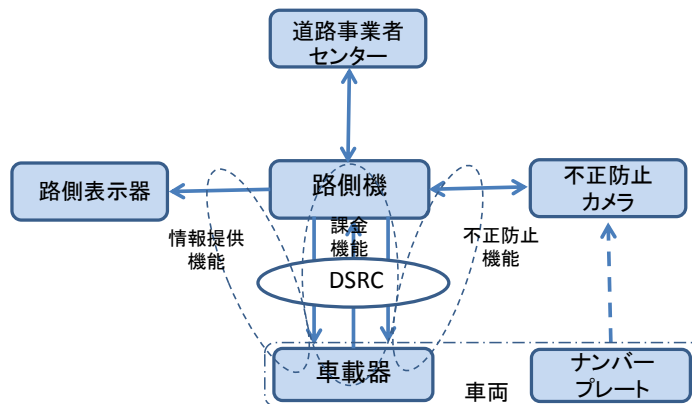
2. 道路課金システムの機能(1/2)

- 道路課金システムを構成する機能は大別すると下記の4項目であり、通信機能は車載器と路側機、それにセンター装置を結び付ける。

- ① 課金機能
- ② 支払い機能
- ③ 利用者への情報提供機能
- ④ 不正防止機能



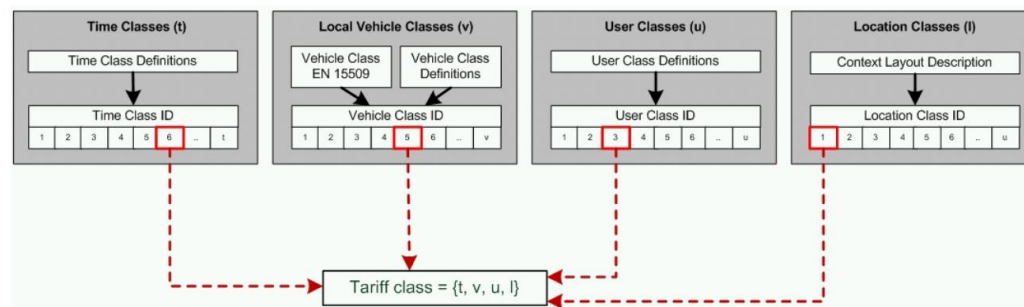
- 道路課金システムの中で中核となるのが課金機能であり、使用する通信技術によりDSRC方式と自律(GNSS)方式に大別される。



2. 道路課金システムの機能(2/2)

- 課金額を決定するのは料金率と走行距離であり、料金率は下記のデータ項目より構成され、各国の課金施策に基づき走行距離単価を定義する。

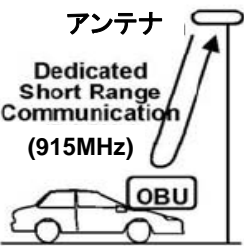
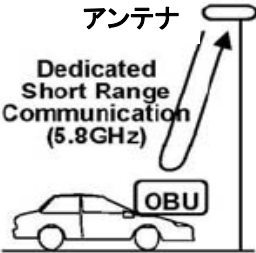
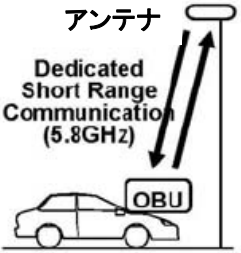

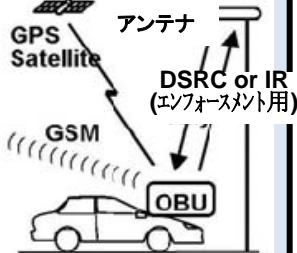
- (1) 利用日時
- (2) 車種
- (3) 利用者クラス(課金地域居住等)
- (4) 利用場所



米国の高速走行車線課金では混雑度により、5分単位で課金額を変動させており、(5)交通状況も課金要素として加わる。

- 車種の定義は課金目的により異なる
 - (1) 大型貨物車課金においては、舗装への損傷度を考慮し軸数を基準としている。
 - (2) 都市内混雑課金では下記のシンガポールのように、混雑への影響度合いとして車両の道路への投影面積を基準としている。
 - ①乗用車 : 1PCU、②単車 : 0.5PCU、③小型貨物車 : 1.5PCU、④大型貨物車 : 2PCU
- 走行距離の計測には下記の3方法がある
 - (1) DSRC路側機の設置間隔距離より求める方法。
 - (2) GNSS測位情報を地図上へマッピングし、間接的に求める方法。
 - (3) 車両の走行距離計(オドメータ)より直接求める方法。

3. 道路課金システムの技術(通信技術の比較)

方式 項目	RFID(タグ)	DSRC		赤外線	自律型 (GNSS+Cellular)
		パッシブ方式	アクティブ方式		
通信 イメージ					
周波数	915MHz 帯	5.8GHz帯	5.8GHz帯	赤外線	GNSS/セルラー通信
通信距離	~10m	~10m	~30m	~10m	広域通信
通信精度	低~中 (99-99.9%)	中 (99.9%)	高 (≥99.99%)	中 (99.5%)	中 (99.5-99.9%)
ITSへの 適応性	限定	限定	適用可能	限定	適用可能
カード 支払い	不可能	困難	可能	可能	可能
車載器価格 (参考のみ)	低 (US\$ 2-3)	中程度の下 (US\$ 20-30)	中程度の高 (US\$ 40-90)	中程度 (US\$ 30-40)	高 (US\$ 100-200)
適用国	米国、メキシコ、台 湾、インド	欧州、豪州、南ア フリカ、シンガポール他	日本、韓国、中国	マレーシア、韓国、 インドネシア	ドイツ、 スロバキア
適用標準	ISO/IEC 18000C	ITU-R M.1453-2 ISO 15628/14906	ITU-R M.1453-2 ISO 15628/14906	ISO 21214	ISO 17575

3. 道路課金システムの技術（道路課金と通信技術）

- 採用国は下記の通りで、通信技術は共通的に使用されている。

通信技術 道路課金種別	RFID	DSRC		赤外線	自律型 (CN/GNSS)	自律型 (オドメータ)
		パッシブ方式	アクティブ方式			
1.有料道路課金	米国、メキシコ、 台湾、インド	欧州、豪州、南ア チリ他	日本、韓国、 中国	マレーシア、 韓国、インド ネシア		
2.重量車課金		オーストリア、 チェコ、ポーランド			ドイツ、ロシア スロバキア他	スイス
3.都市内渋滞課金	ドバイ	オスロ、ベルゲン、 ストックホルム シンガポール			(シンガポー ル*1)	
4.環境対策課金			日本		スイス	
5.道路利用課金					(オランダ*2)	(米国*3)
6.経路誘導課金			日本			
7.高速走行車線課金	米国					

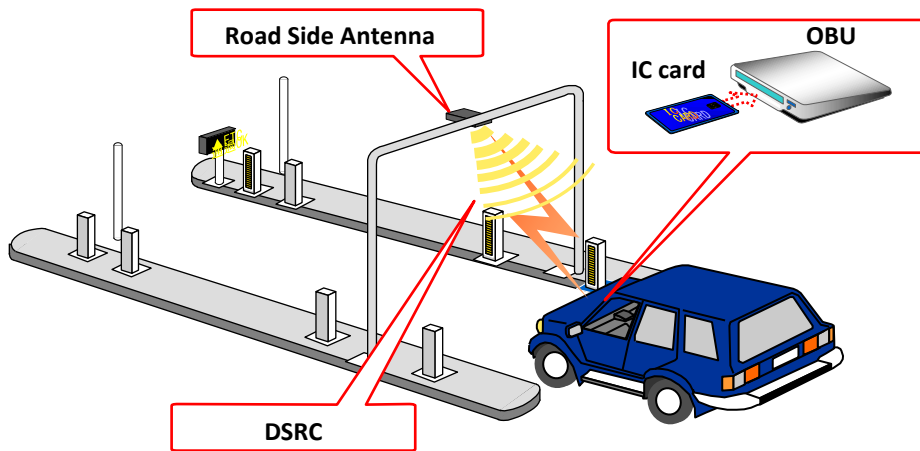
*1: システムトライアル(2012)

*2: 実証試験(2011)

*3: 実証試験(2015)

(DSRC方式EFC)

- 路側アンテナの設置場所が課金ポイントであり、車載器間との路車間通信(DSRC)により課金処理を行う。
- 路側機器(RSE)は下記の2種類の構成がある。
 - ・料金所ゲートにおけるシングルレーン : 一台ごとの順次処理で減速が必要
 - ・本線におけるマルチレーン・フリーフロー: 複数車両の同時処理で減速は必要なし



(a) 料金所ゲートにおけるシングルレーン構成

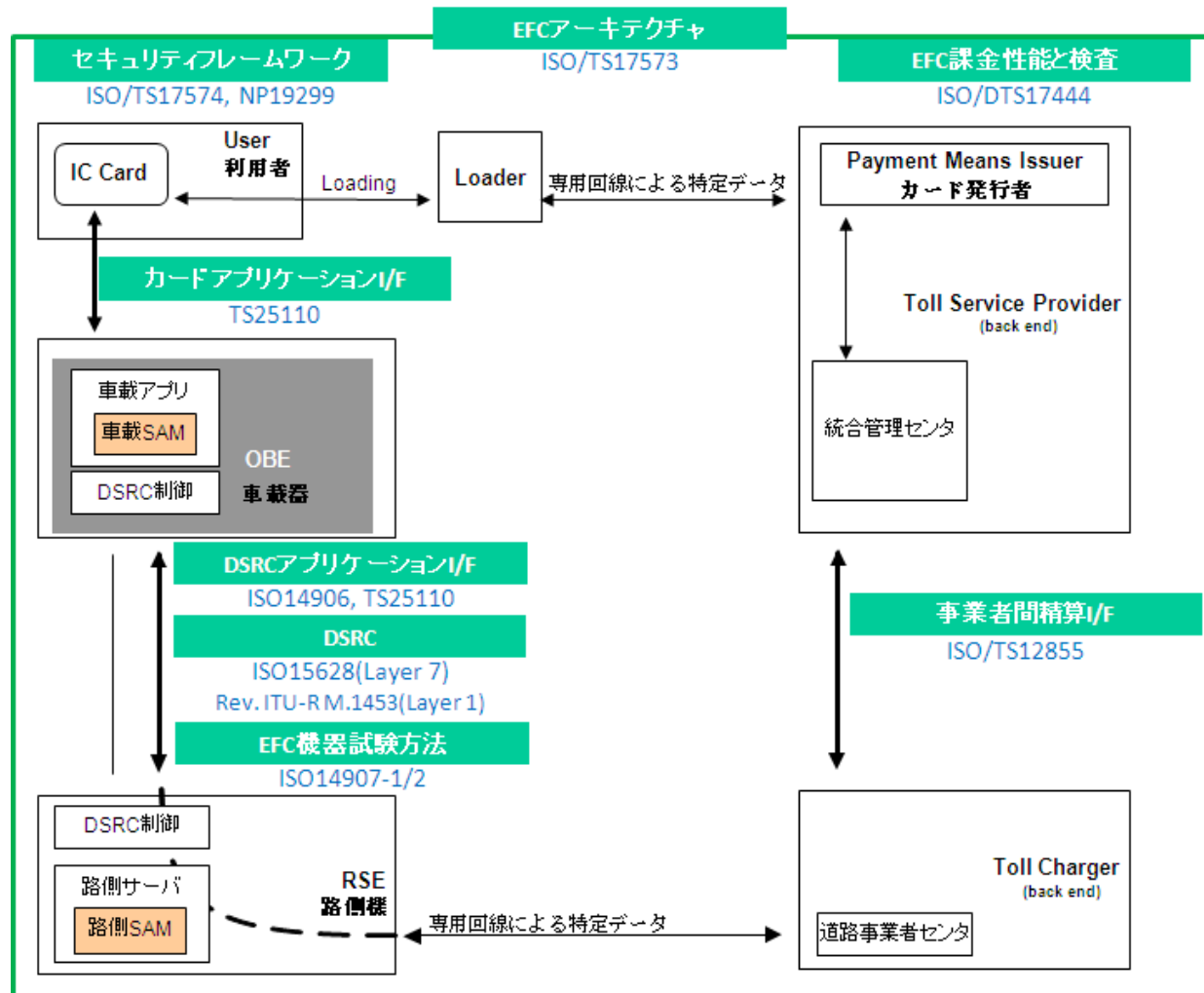


(b) 本線におけるマルチレーン構成

(DSRC方式EFCのアーキテクチャ)

- DSRC方式EFCの運用システムとISO標準との関係は下図の通りである。

注: ICカードによる支払いは日本をはじめアジア地区が主体で、欧米では行われていない。

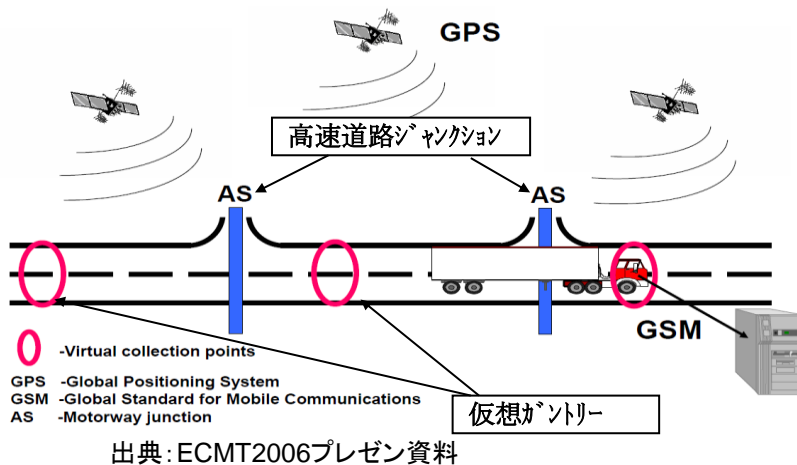


(a) DSRC方式EFCの運用システムとISO標準との関係

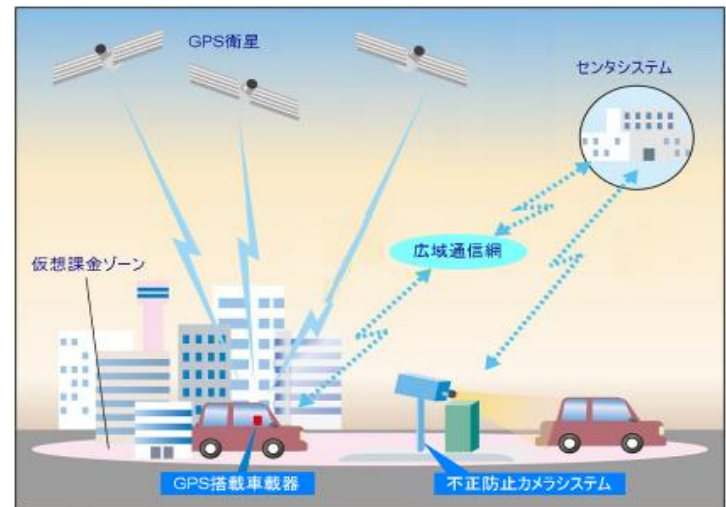
(自律方式EFC)

<GNSS課金>

- マルチレーン・フリーフローで基本的に路側機器が不要で、車載器の処理判断で課金を行う。
- 車載器は課金対象となる地域の地図を内蔵し、GNSSによる測位信号をもとに自車の位置を地図上でトラッキングする。
- **重量車課金**(自動車専用道路)の場合は、インターチェンジ間の各セクション単位で地図上に仮想ガントリーが設定されている。車載器がこれらの仮想ガントリーの通過を検知する当該セクション距離長に対応した料金額を課金し、セルラー通信(図ではGSM)でセンターへ通知する。
- **都市内渋滞課金**の場合は、車載器が課金対象エリア進入を検知すると走行距離の積算を開始し、エリア退出検知までの走行距離に応じた料金額を課金しセルラー通信でセンターへ通知する。



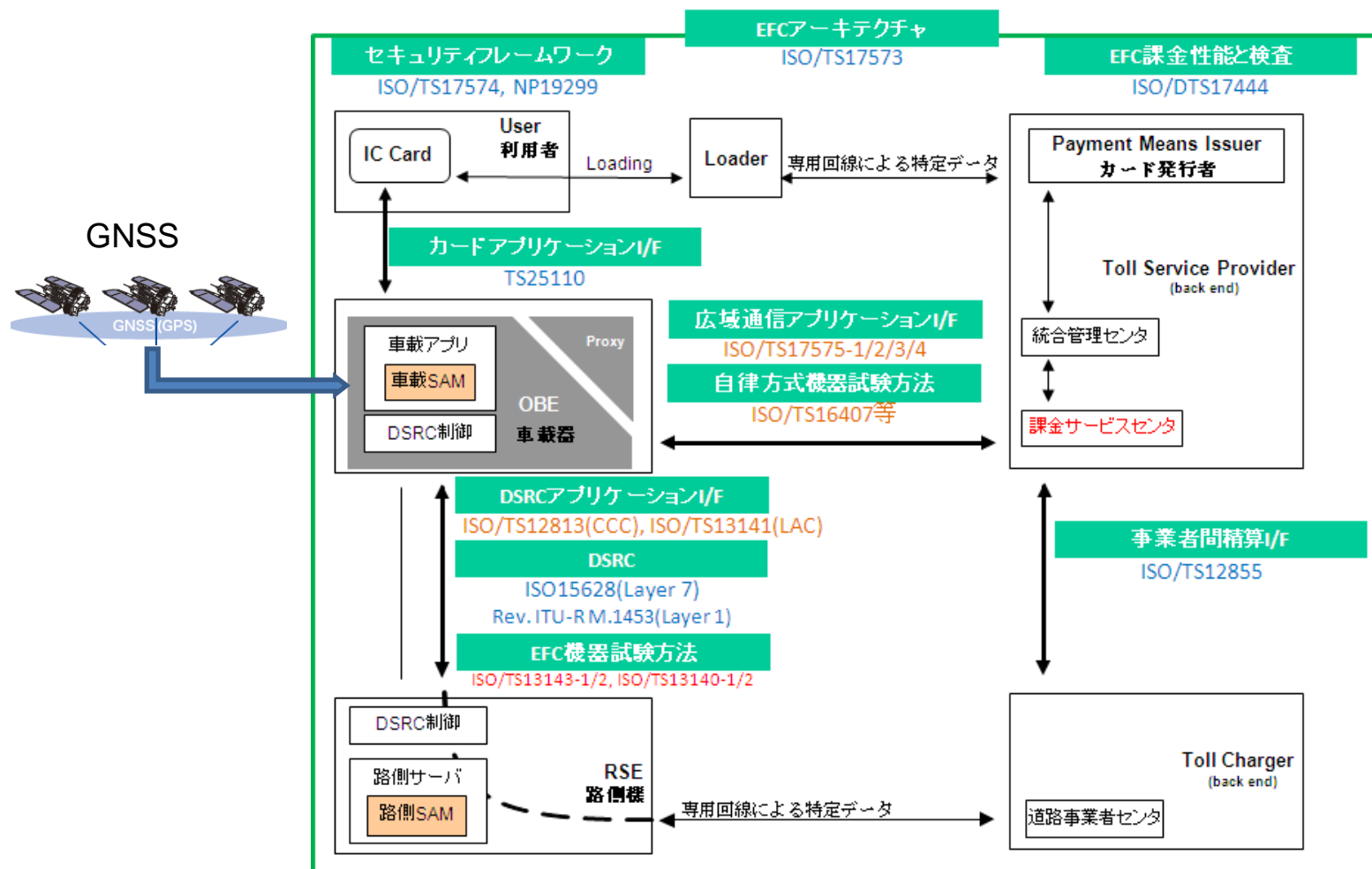
(a) 重量車課金の場合



(b) 都市内渋滞課金の場合

（自律方式EFCのアーキテクチャ）

- 自律方式EFCの運用システムと関連するISO標準は下記の通りである。
注：ICカードによる支払いは欧州（ドイツ、スロバキア）では行われていない。



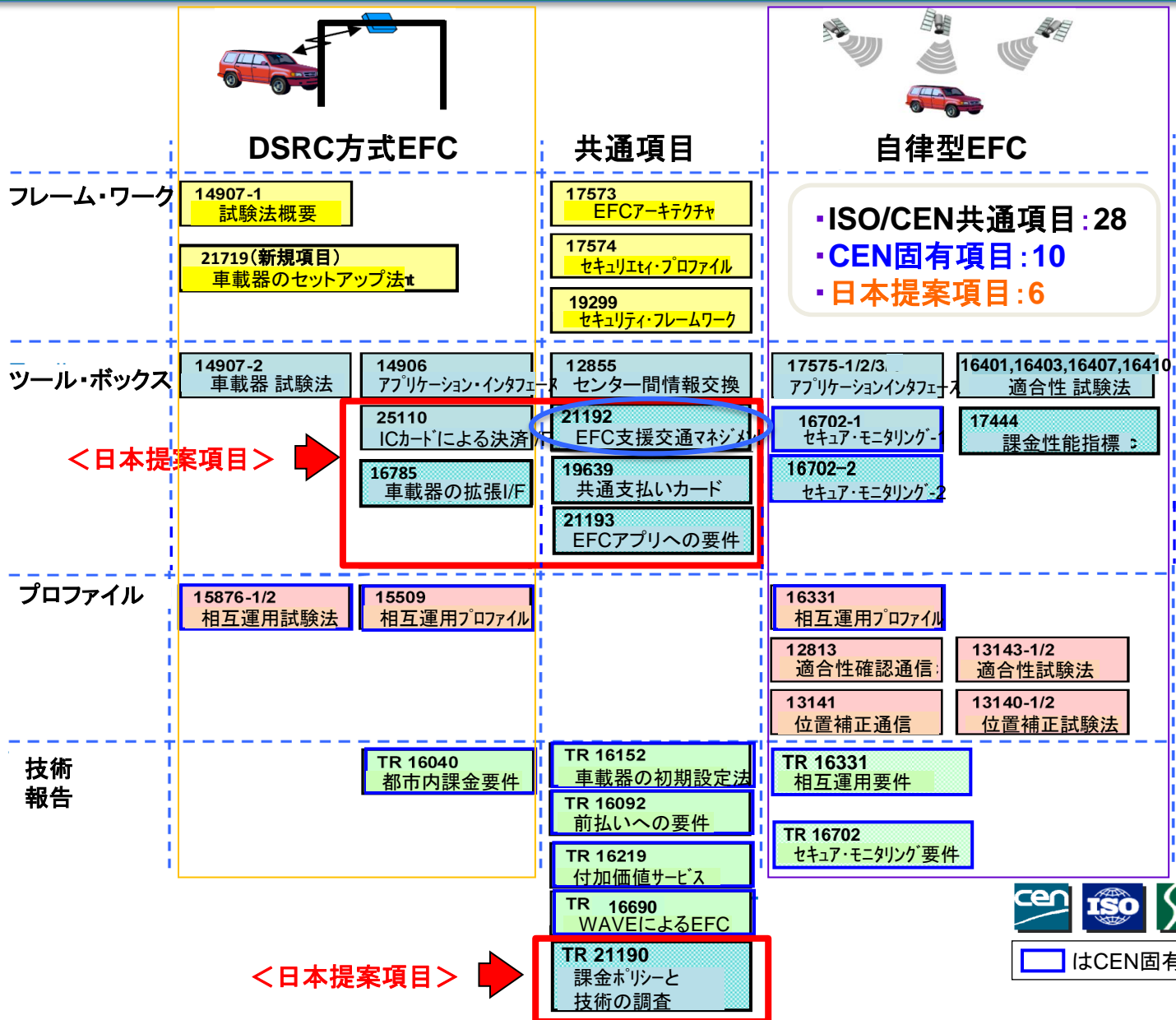
(a) DSRC方式EFCの運用システムとISO標準との関係

(DSRC方式と自律型EFCの比較)

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	GNSS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直接センターへ	
3.課金精度	高(99.9%~99.999%)	中(99.9%:ドイツ、99.5%:スロバキア、99.75%:フランス)	
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)	
6.適用道路	高速道路 (線状の単純なネットワーク)	高速道路／一般道路(面状の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、エリア内距離課金	
9.車載器価格	中(2千円~1万円)	高(数万円)	欧米では貸与が主流
10.付加価値サービス	DSRC利活用による限定されたサービス	GNSS(位置情報)、セルラー通信も活用した拡張サービス	

- ◆ DSRC方式は高速道路(線状の単純なネットワーク)で高精度での課金に適している。
- ◆ 自律方式は高速道路から一般道路(面状の複雑なネットワーク)課金において、課金エリアの変更に柔軟に対応可能

(道路課金技術の標準化－ISO/TC204/WG5)



数字はISO番号

<日本提案項目>



<日本提案項目>

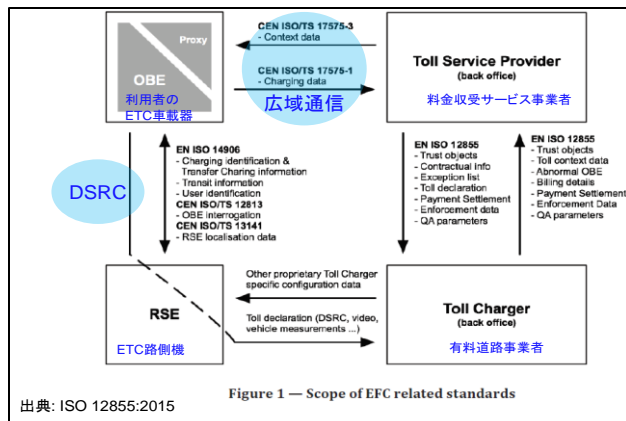


□ はCEN固有項目

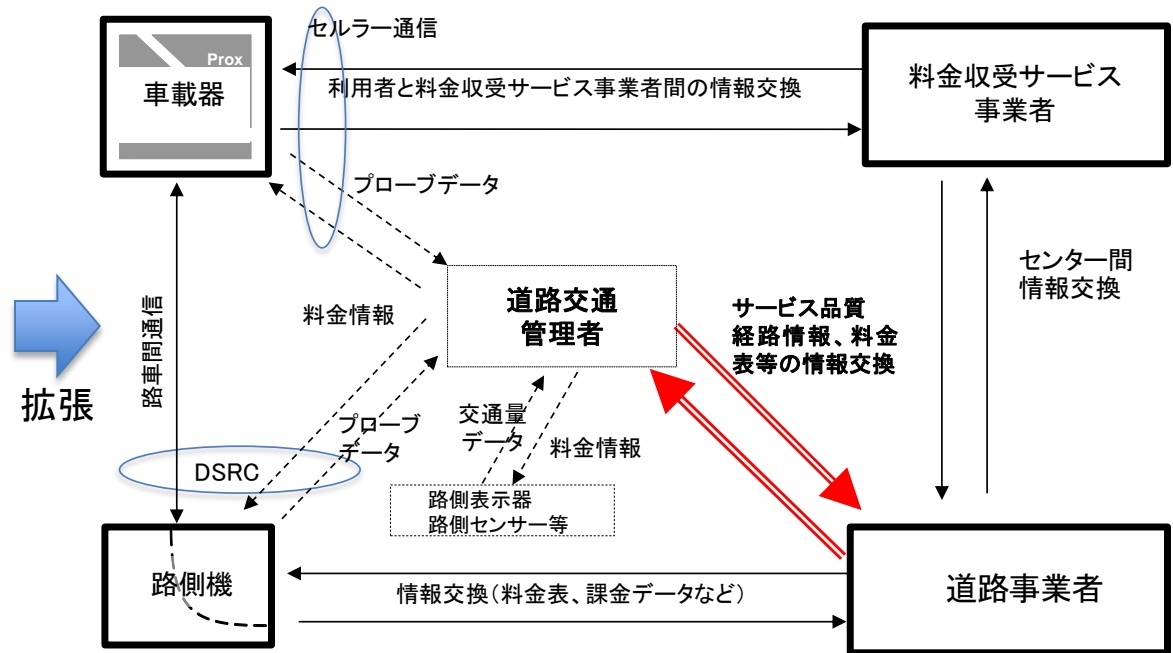
(日本からの新たな標準化提案)

ISO/TS 21192(EFC支援による交通マネジメント)

- 混雑状況に応じて課金額を変動させ、交通マネジメントを行う仕組みを体系化
- 道路事業者と道路交通管理者間の情報交換で、混雑状況により課金額を決定
- 下記の各国交通マネジメントを包括記述する事が可能
 - 経路誘導課金(日本)
 - 高速走行車線課金(米国)
 - 都市内混雑課金(シンガポールほか)



(a) EFCのデータフロー



(b) EFC支援による交通マネジメントのデータフロー

まとめ

- 道路課金システムは、各種課金施策を実現する技術・手段として世界中で広く導入されている。
- 課金技術の標準化も進み、国際的な相互運用も実現可能へ。
(特に欧州においては緊急の課題)
- 新たな課金技術として、オドメータ(走行距離計)を使用する道路利用課金や、プローブ情報を活用した経路誘導型課金等の新規課金施策も実現化へ向け検討へ。
- 今後とも、我が国における新たな課金施策を支援すべく、諸外国の事例調査と標準化提案を継続する所存である。

ご清聴有難うございました

野口 直志

(naoshi_noguchi@mhims.co.jp)

三菱重エメカトロシステムズ株式会社