

ITS(高度道路交通システム) システムアーキテクチャについて

2020年8月19日

システムイノベーションセンター
企画担当業務実行委員

高木 真人 (日本工学会 理事)

m_takagi@da2.so-net.ne.jp

1. ITS全体像

2. システムアーキテクチャ

2-1. ITSシステムアーキテクチャの構成及び策定手順

2-2. 利用者サービスの詳細定義

2-3. 論理アーキテクチャ（情報モデル、制御モデル）

2-3-1. 情報モデル

2-3-2. 制御モデル

2-4. 物理アーキテクチャ

2-4-1. 個別物理モデル

2-4-2. サブシステム相互接続図

3. 設計とビジネスモデル例

4. 各国のアーキテクチャの比較

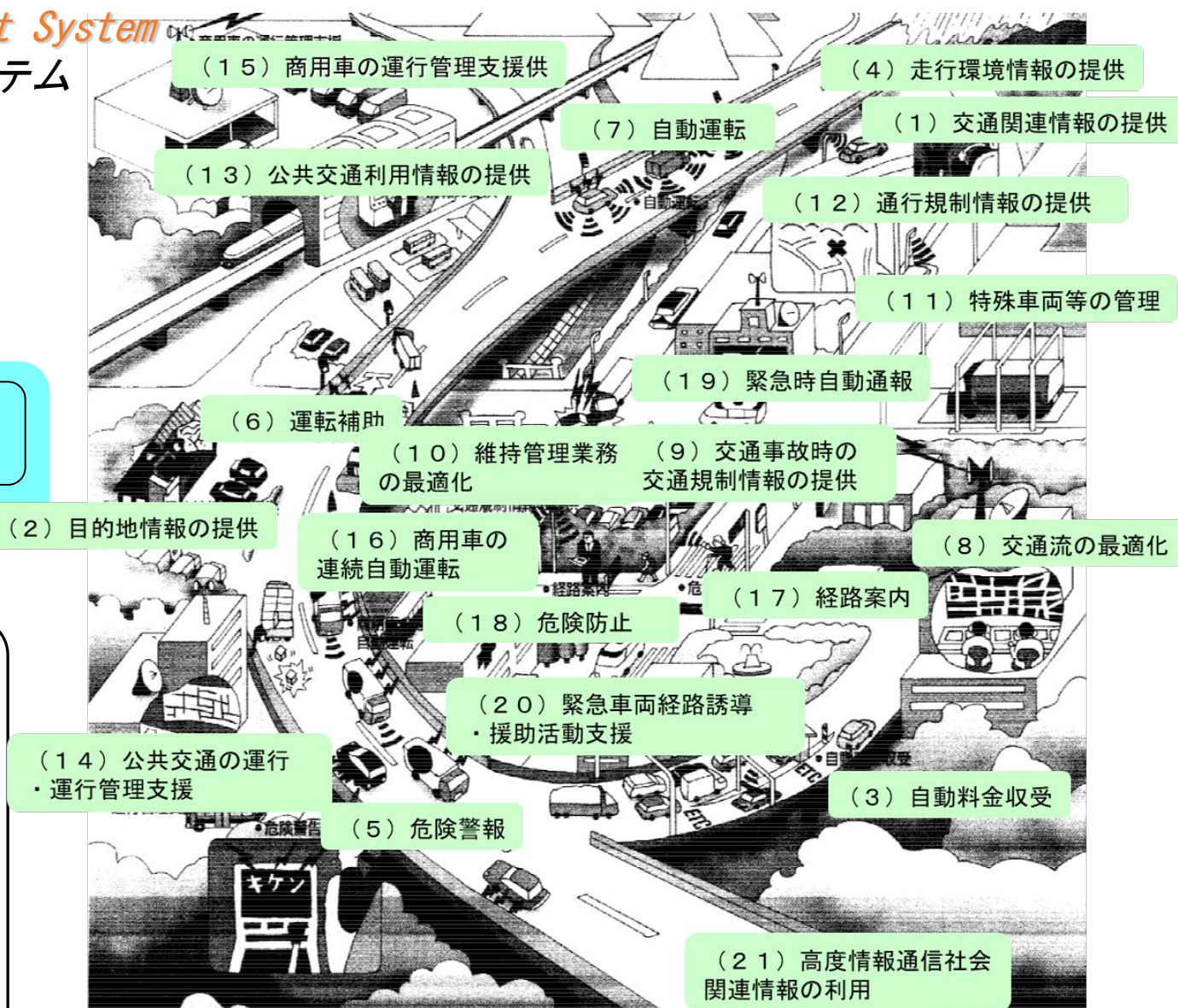
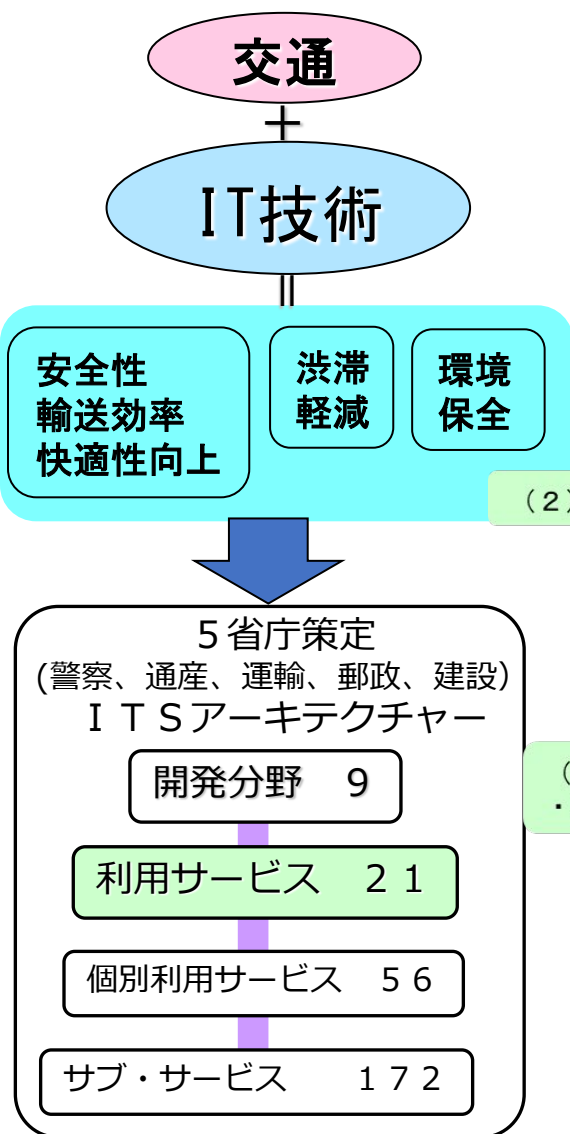
5. ITSに係る我が国の政策

6. 我が国のITSシステムアーキテクチャ

1.ITS全体像

Intelligent Transport System

高度道路交通システム

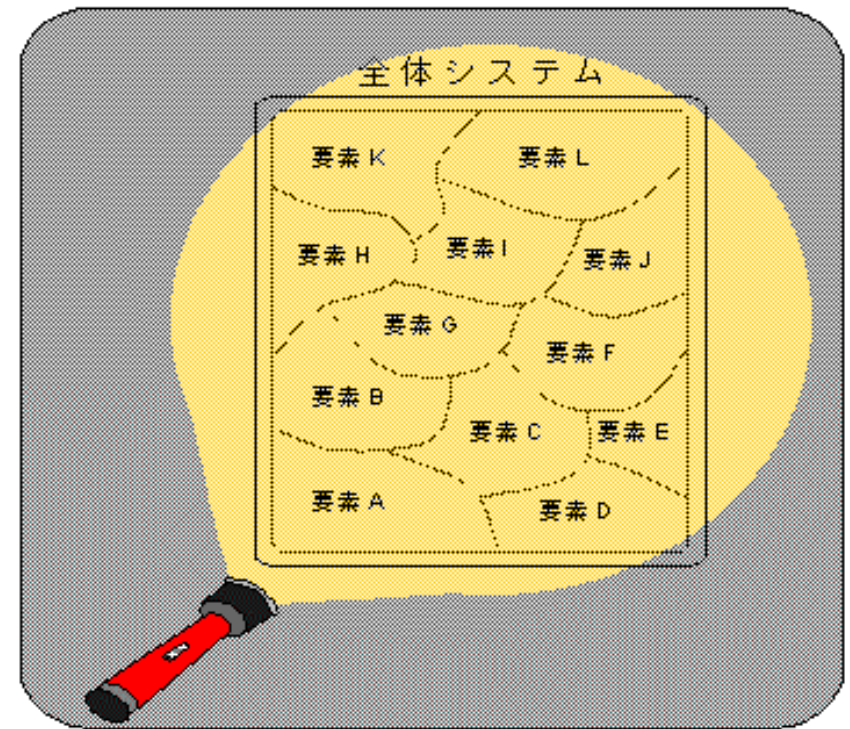


2.システムアーキテクチャ

大規模なシステムは、システムを構成する多様な技術が様々な形で関係することにより成立するものである。よって、システムの構築にあたっては、その全体像について関係者間で共通の認識を形成し、システム全体を統合的なシステムとして実現することを促進するとともに、効率的に構築していくことが重要となる。

多様な技術によって構成される大規模なシステムを構築する場合には、まずシステム全体の構造（骨格）を事前に整理し、その後、それに準拠する形で個別にシステムの開発展開を行うという方法を用いることが一般的となっている。

システムアーキテクチャとは、システムを構成する要素（技術や個別システムなど）とその関係を表現したシステム全体の構造（骨格）を示すものであり、システムが全体として機能するよう設計開発するためには、必要不可欠なものとなる。



ITSシステムアーキテクチャー

概要編（約30ページ）、本編（約60ページ）、詳細資料編（約2,000ページ）

2-1.ITSシステムアーキテクチャの構成及び策定手順

ITSに係るシステムアーキテクチャは、別途詳細に定義したITSのサービス内容に基づき策定した論理アーキテクチャ及び物理アーキテクチャから構成されている。このほか、物理アーキテクチャに基づき、技術的観点から標準化候補領域の整理を行っている。

①利用者サービスの詳細定義



②論理アーキテクチャの策定



③物理アーキテクチャの策定



④標準化候補領域の整理

ITSに係るシステムアーキテクチャの策定手順

サブサービス

システムアーキテクチャ

論理アーキテクチャ

情報モデル

制御モデル

物理アーキテクチャ

個別物理モデル

全体物理モデル

標準化候補領域の整理

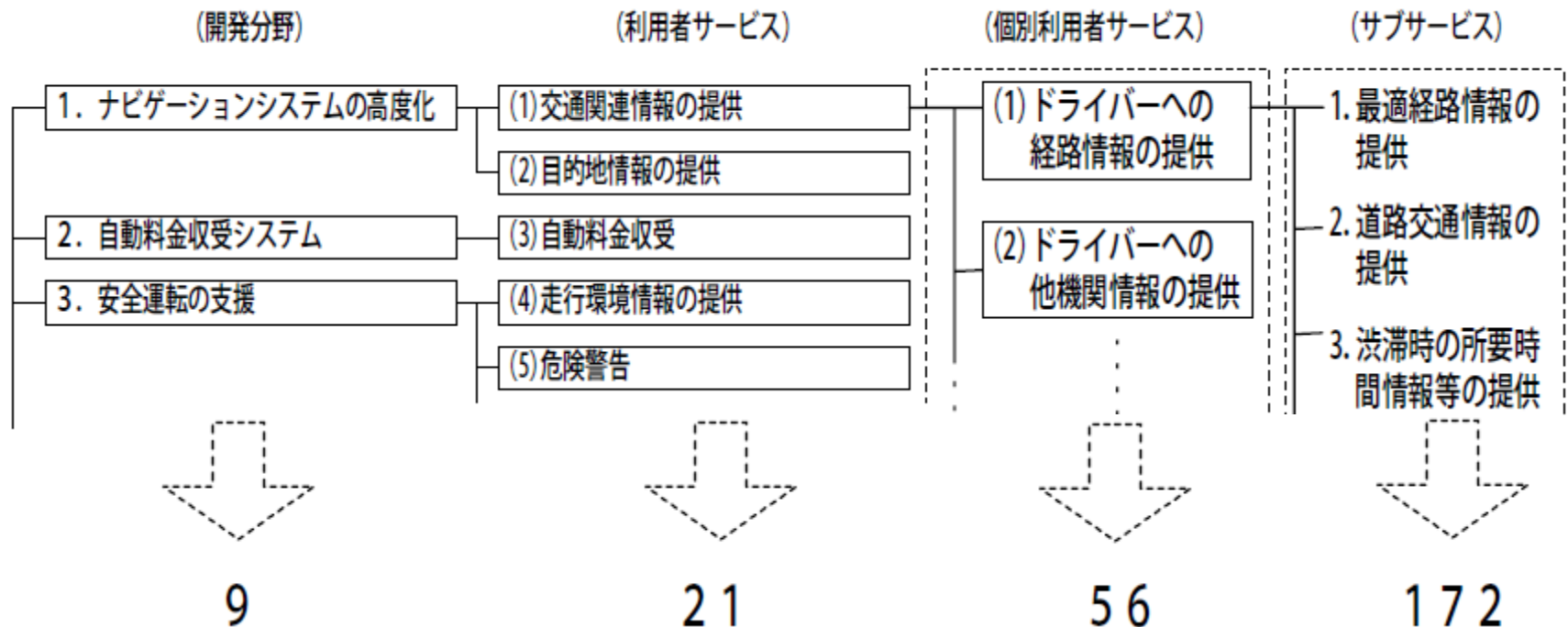
ITSに係るシステムアーキテクチャの策定作業フロー

2-2.利用者サービスの詳細定義

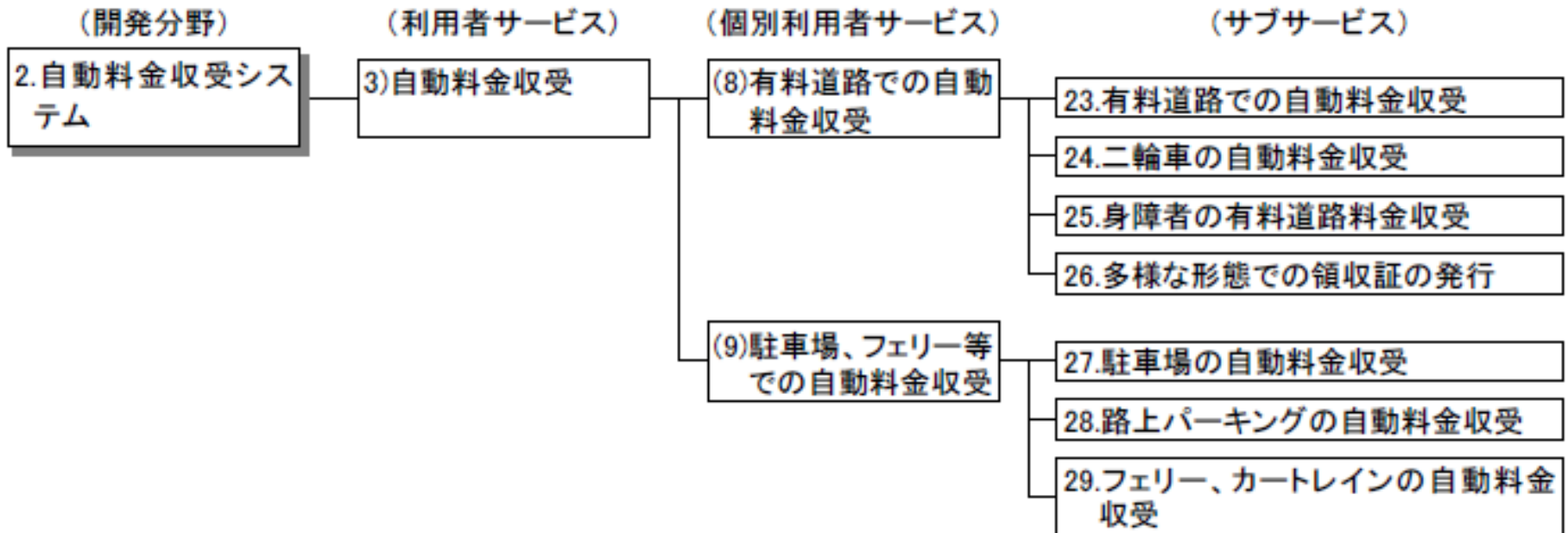
利用者サービスの詳細定義とは、利用者、利用者の利用場面、扱う情報の内容といった視点により、利用者が必要とする情報の収集から利用までの一連の流れを、サービス提供の場面毎に細分化したものの。細分化した利用者サービスの単位をサブサービスとする。

利用者サービスとサブサービスの間に、サブサービスを包括して扱うことを可能とする中間的な単位として個別利用者サービスを設定する。

利用者サービスの体系



サービス体系図の例



「自動料金收受システム」分野のサービス体系図

サブサービスの詳細定義

個別利用者サービス	サブサービス
(8)有料道路での自動料金収受	23.有料道路での自動料金収受

社会的背景	サブサービスのねらいと内容
有料道路の料金所では、渋滞の発生、交通事故の発生、ドライバーの利便性の低下、管理コスト増、騒音振動などの環境への影響など、様々な問題が発生しており、改善が必要である。	有料道路における料金所渋滞の解消やキャッシュレス化によるドライバーの利便性の向上、管理コストの低減を図るため、無線通信を用いて、車種判別や料金計算を行い、料金所で一旦停止することなく自動的に料金の支払いを可能とする。

2-3.論理アーキテクチャ（情報モデル、制御モデル）

論理アーキテクチャの手順

- ①利用者とシステムの間で行われる情報の受発信及びシステムの内部で行われる処理（手続き）をリストアップ
- ②リストアップしたそれぞれの「手続き」の中に現れる「情報」と「機能」を抽出

情報モデル

- ③運営主体、ドライバー、公共交通車両などITSに係る基本的な要素を設定し、各要素との関連性に基づき「情報」をグループ化し情報群とする。
情報群同士の上下関係を整理し、地点、経路、移動路、移動体、計画、運営主体、外部機関の7つの基本的な情報群を最上位とした階層的な構造を持つ体系を「情報モデル」で表す。

制御モデル

- ④サービスの実現に必要な「機能」および扱う「情報」の関係を「制御モデル」で表す。

2-3-1.情報モデル

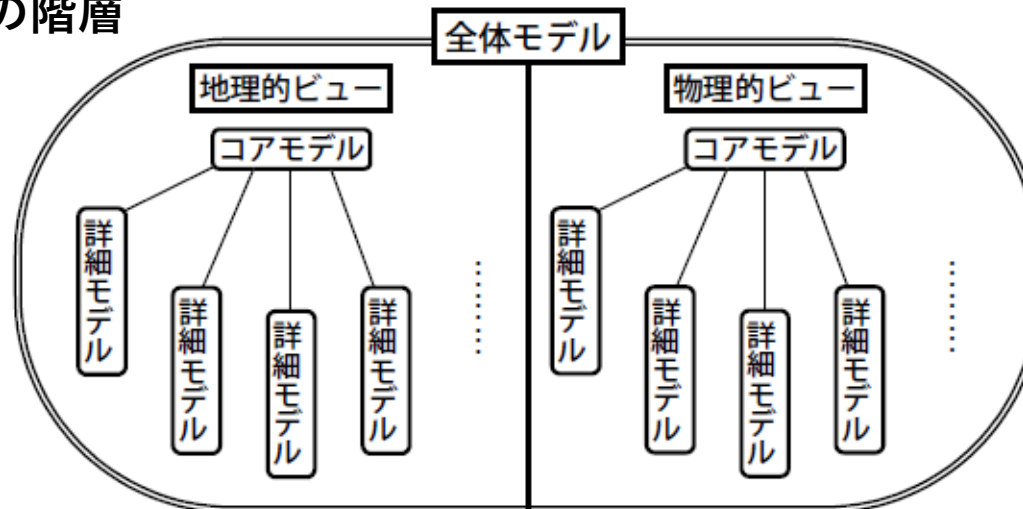
2 種類の情報モデル

地理的ビューと物理的ビュー

	地理的ビュー	物理的ビュー
空間	・ 主に、地図座標系で物事を捉える ・ 広域～ランドマークまで	・ 主に、移動体を原点とした運動座標系で物事を捉える ・ 局所的
時間	・ 静的、定常的	・ リアルタイムで動的
その他	・ 社会的、制度的視点を含む	

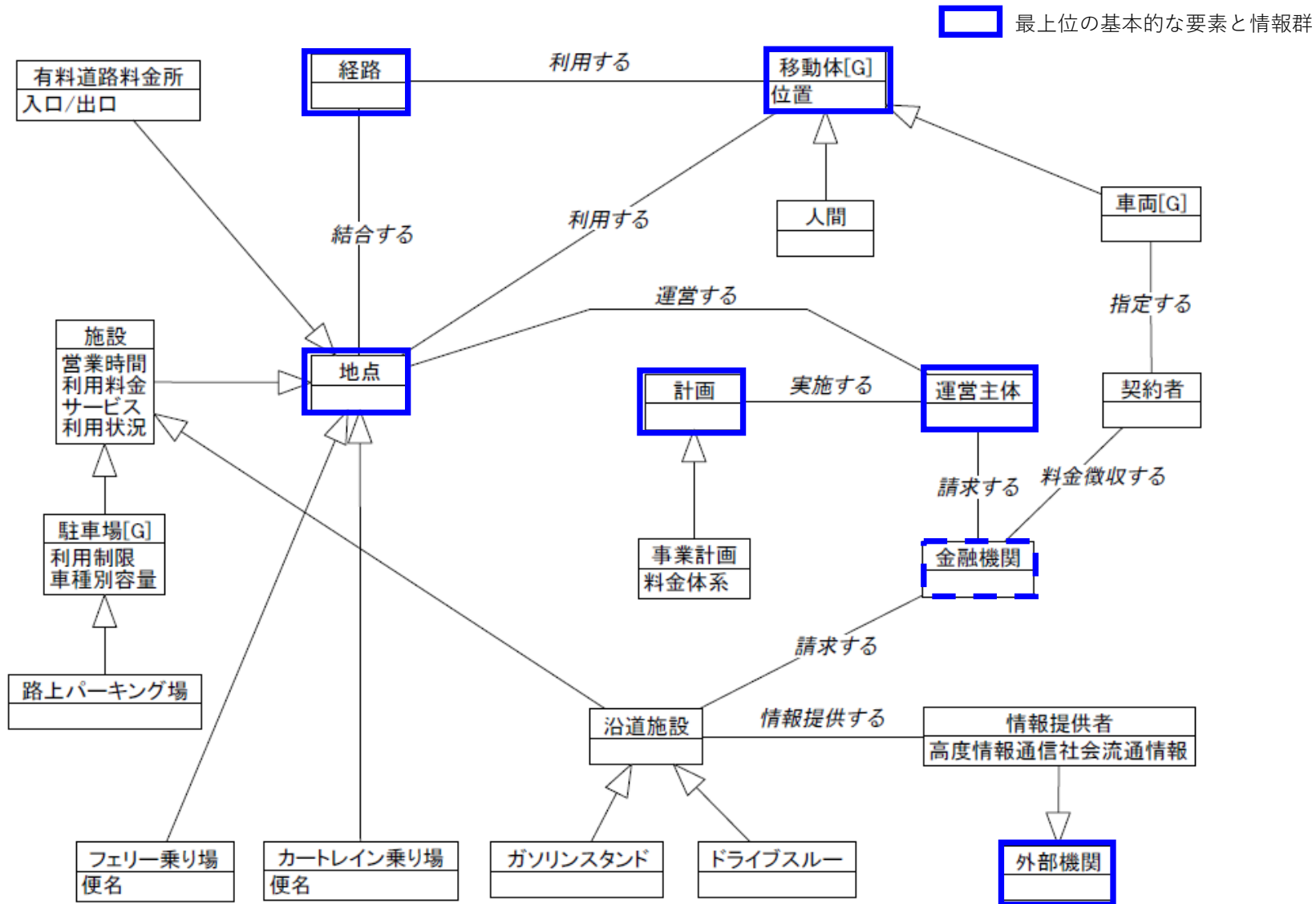
扱う情報を移動体中心の視点で捉えるべきサービスについては「物理的ビュー」で記述

情報モデルの階層

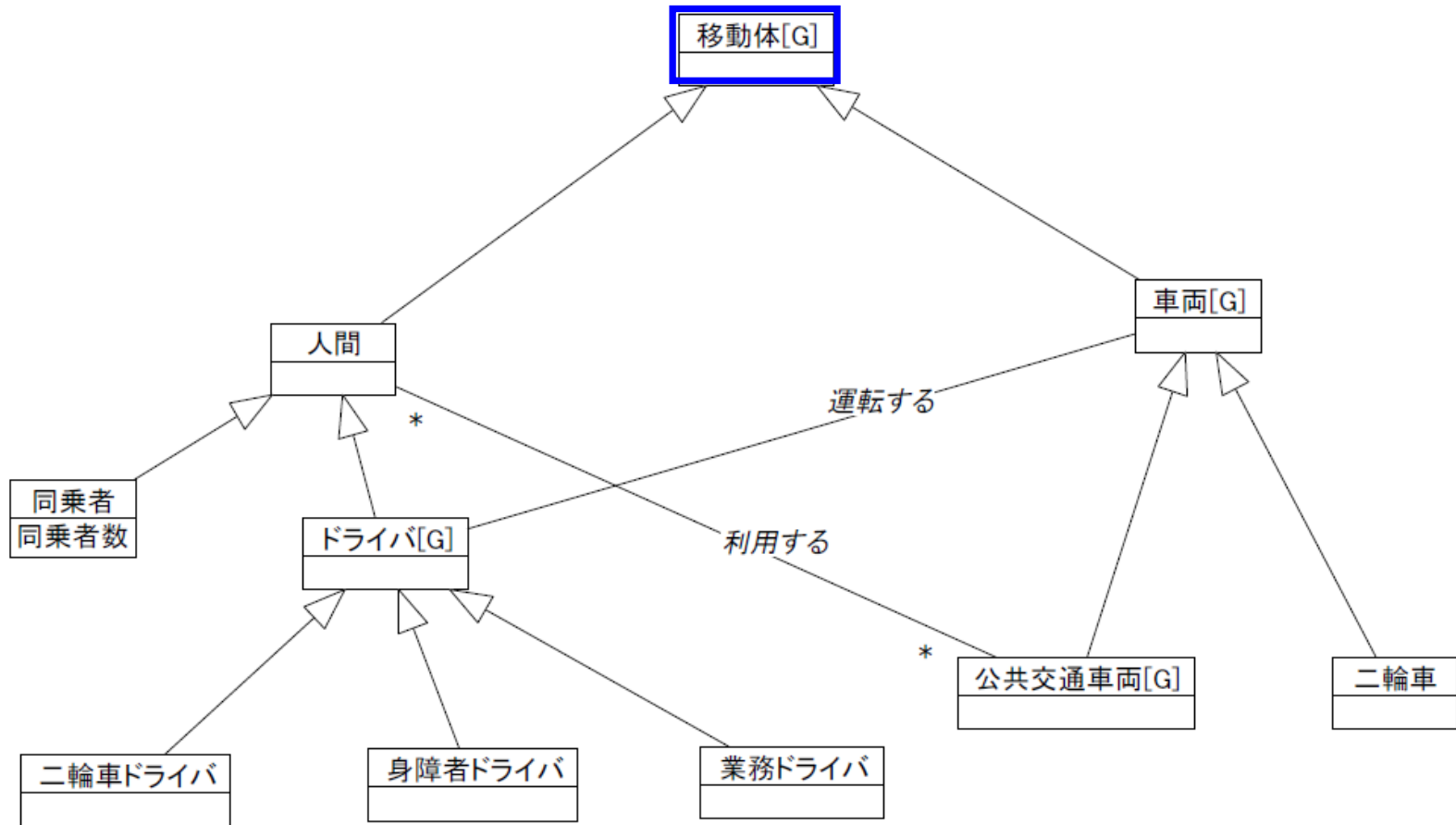


コアモデルと詳細モデル

情報モデルの例

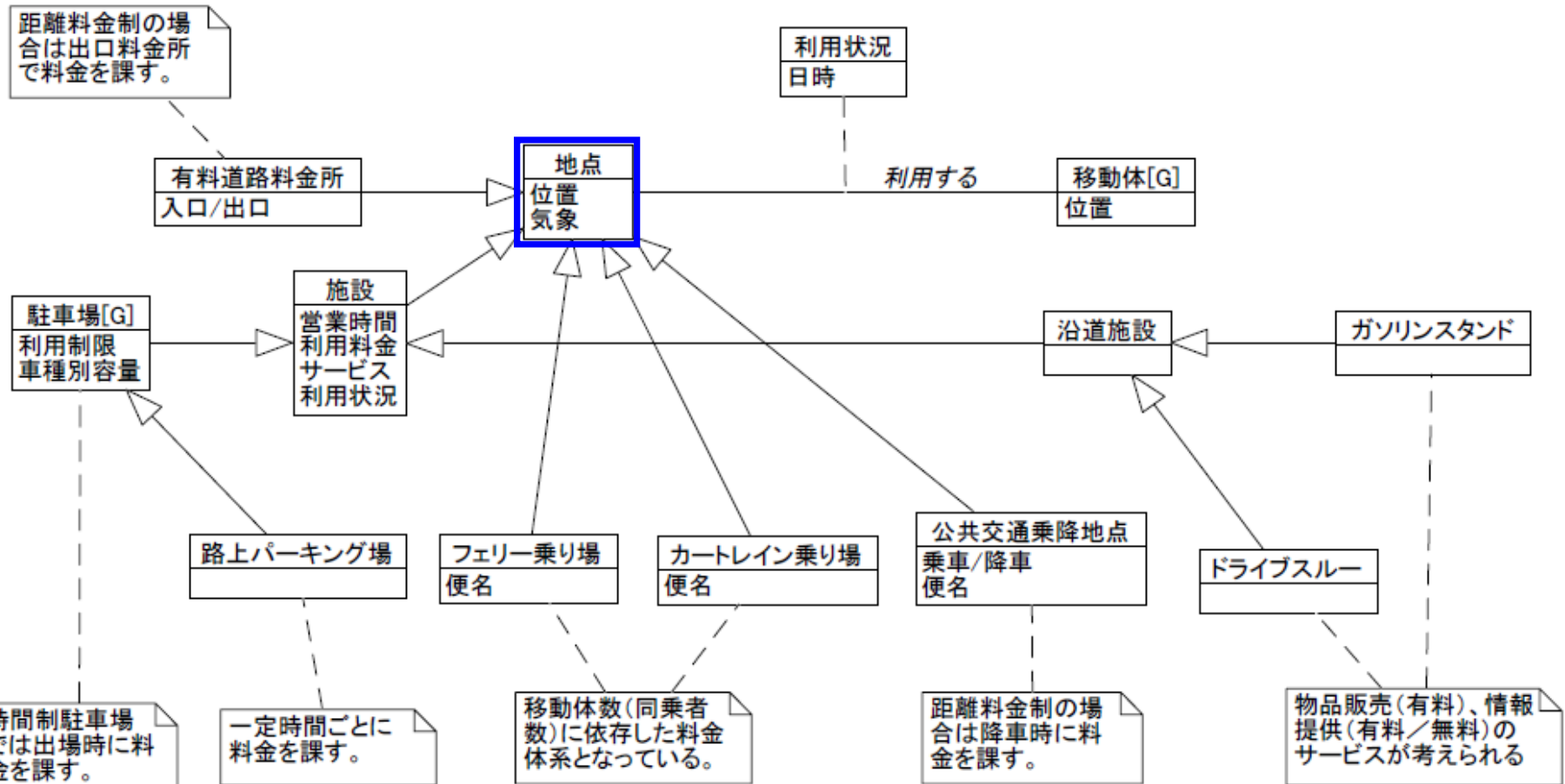


地理的ビューのコアモデル（自動料金収受システム分野）

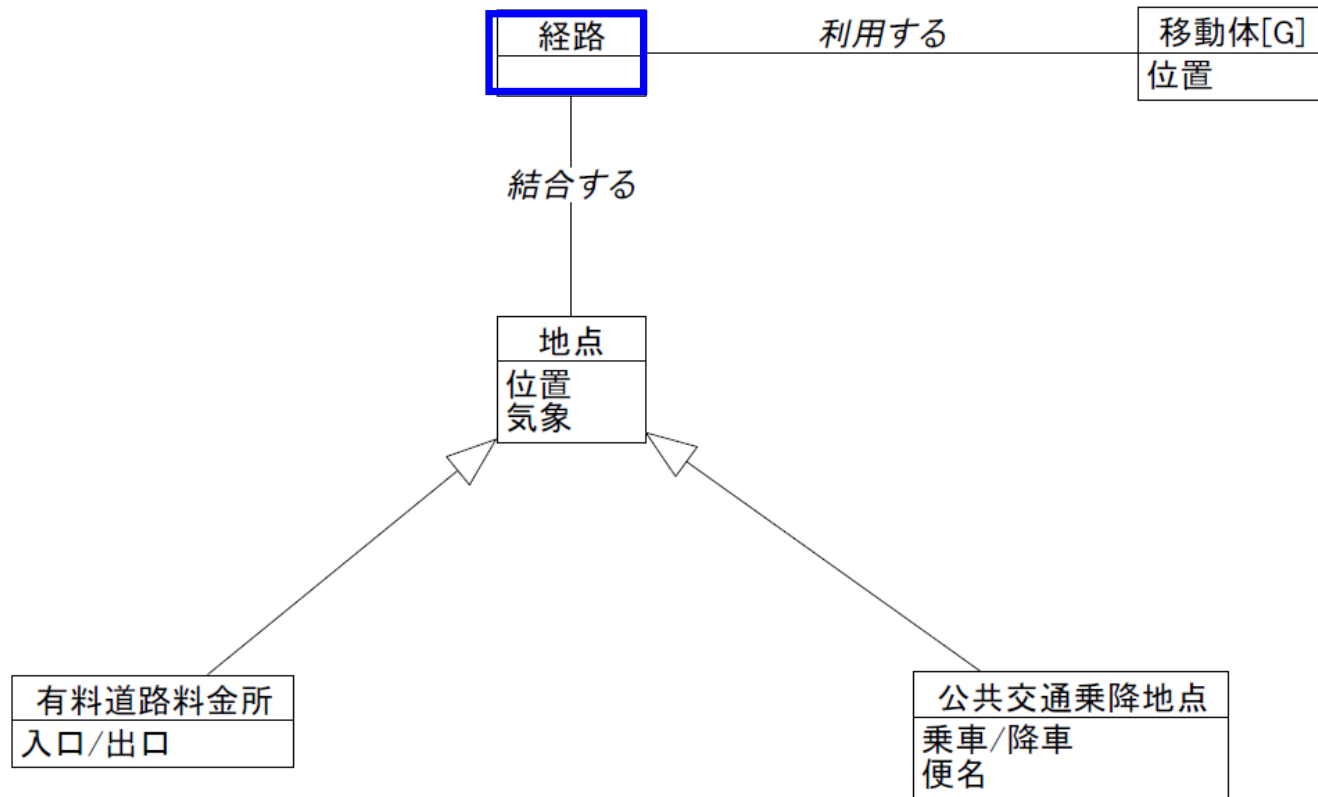


地理的ビューの**移動体関連**の詳細モデル（自動料金収受システム分野）

情報モデルの例

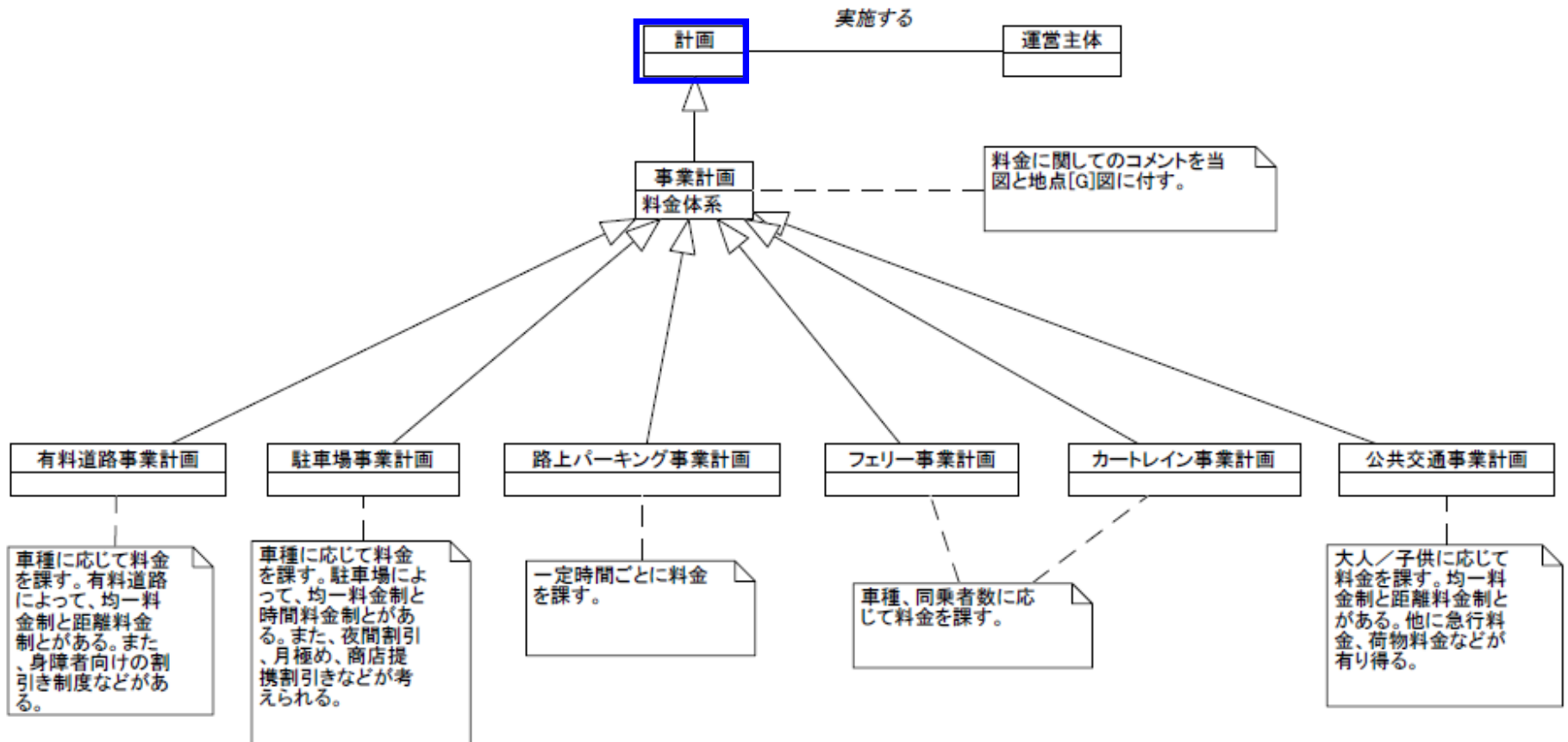


地理的ビューの**地点関連**の詳細モデル（自動料金収受システム分野）

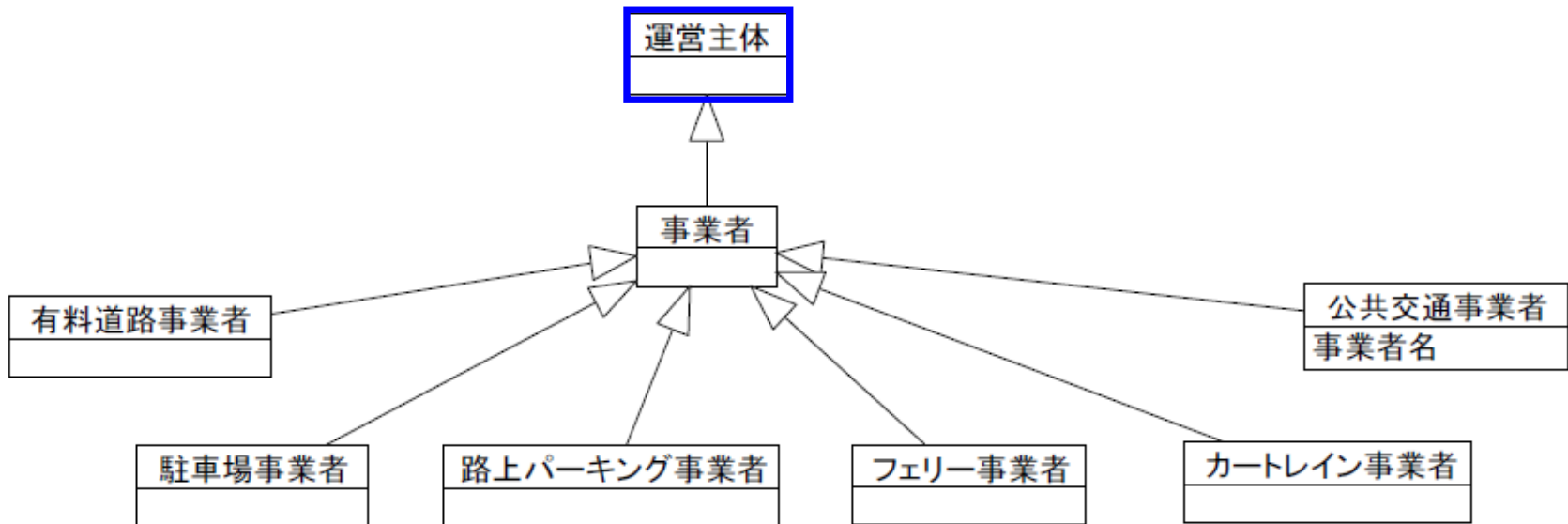


地理的ビューの**経路関連**の詳細モデル（自動料金収受システム分野）

情報モデルの例

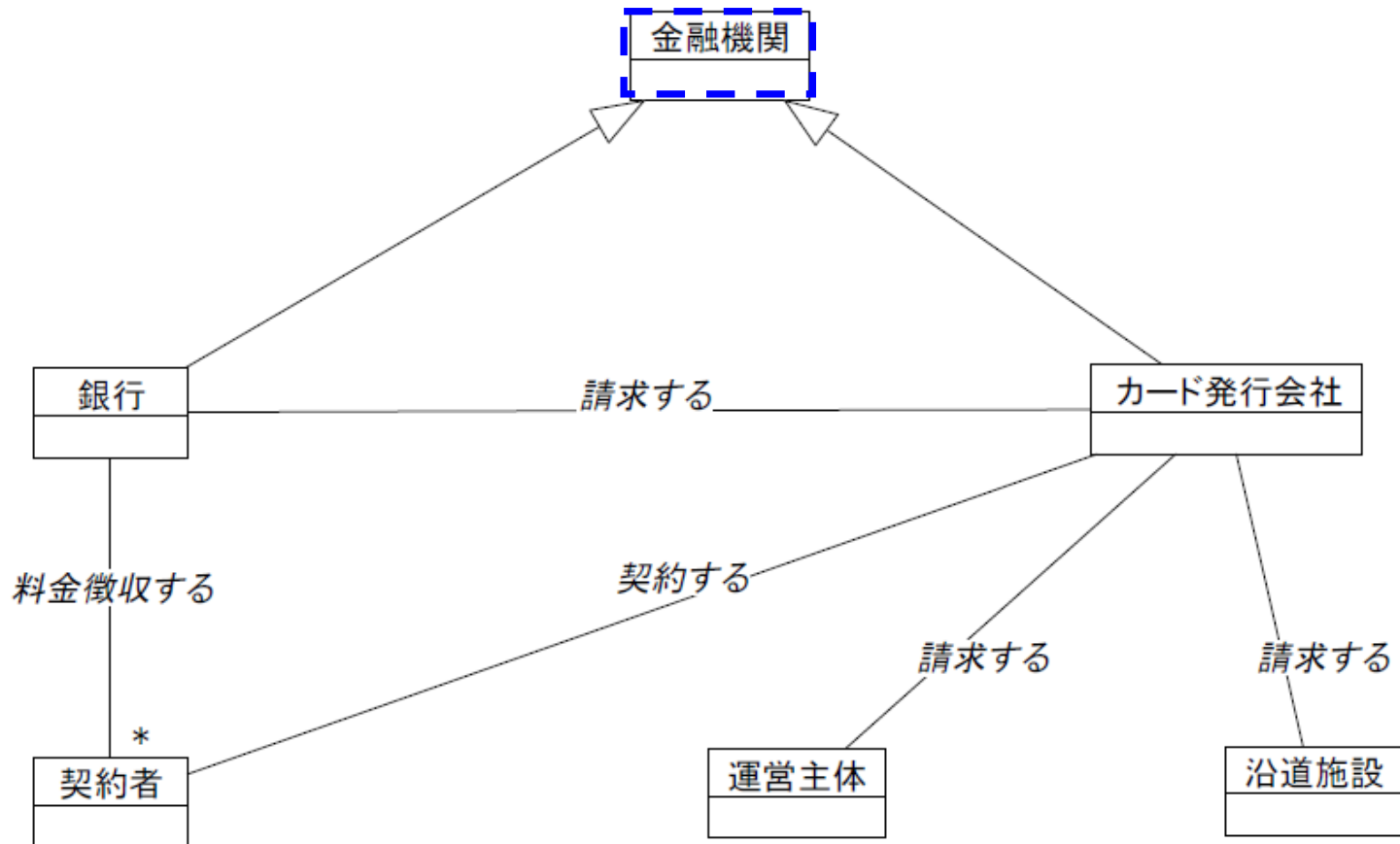


地理的ビューの計画関連の詳細モデル（自動料金収受システム分野）

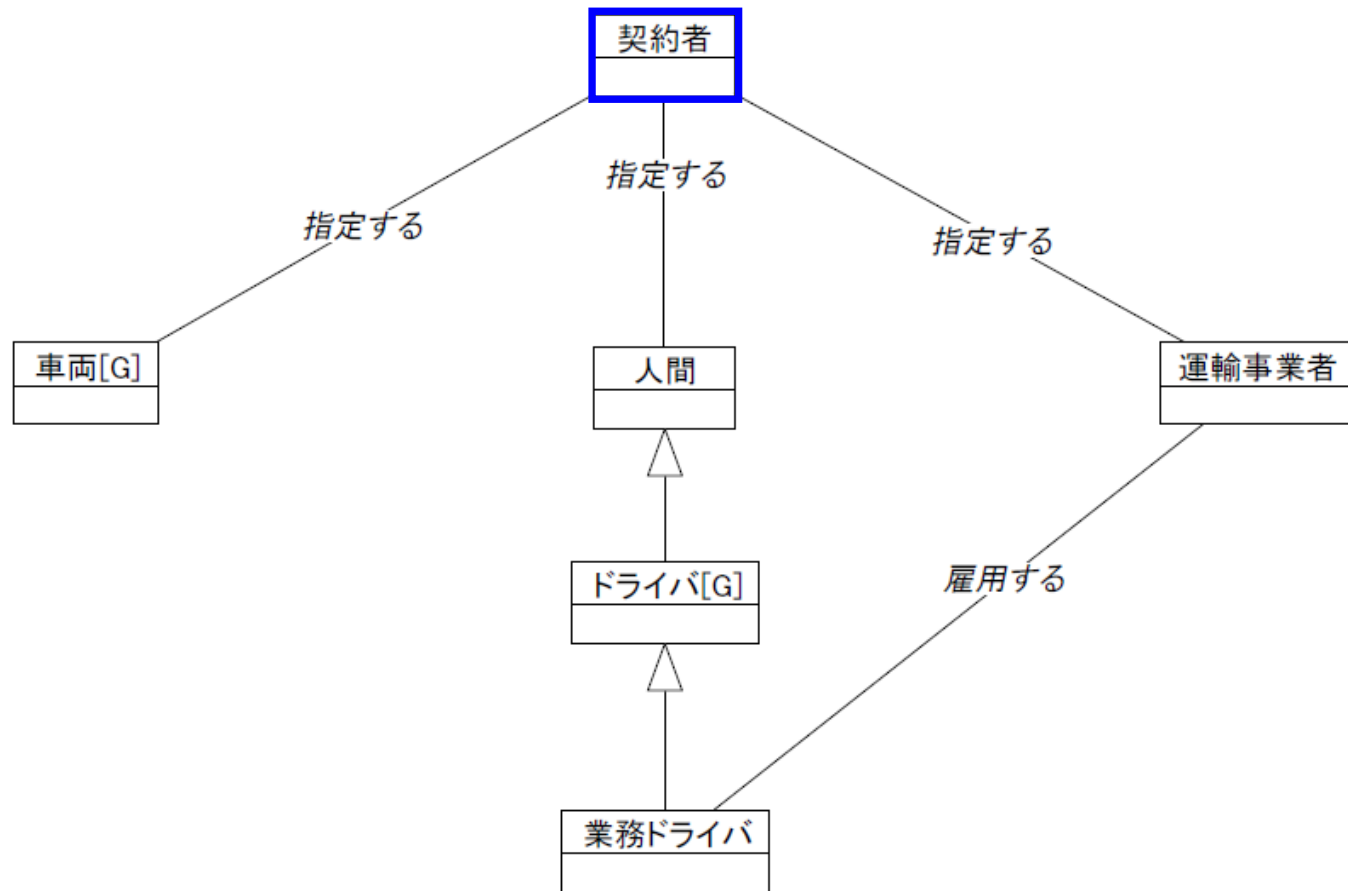


地理的ビューの**運営主体関連**の詳細モデル（自動料金収受システム分野）

情報モデルの例

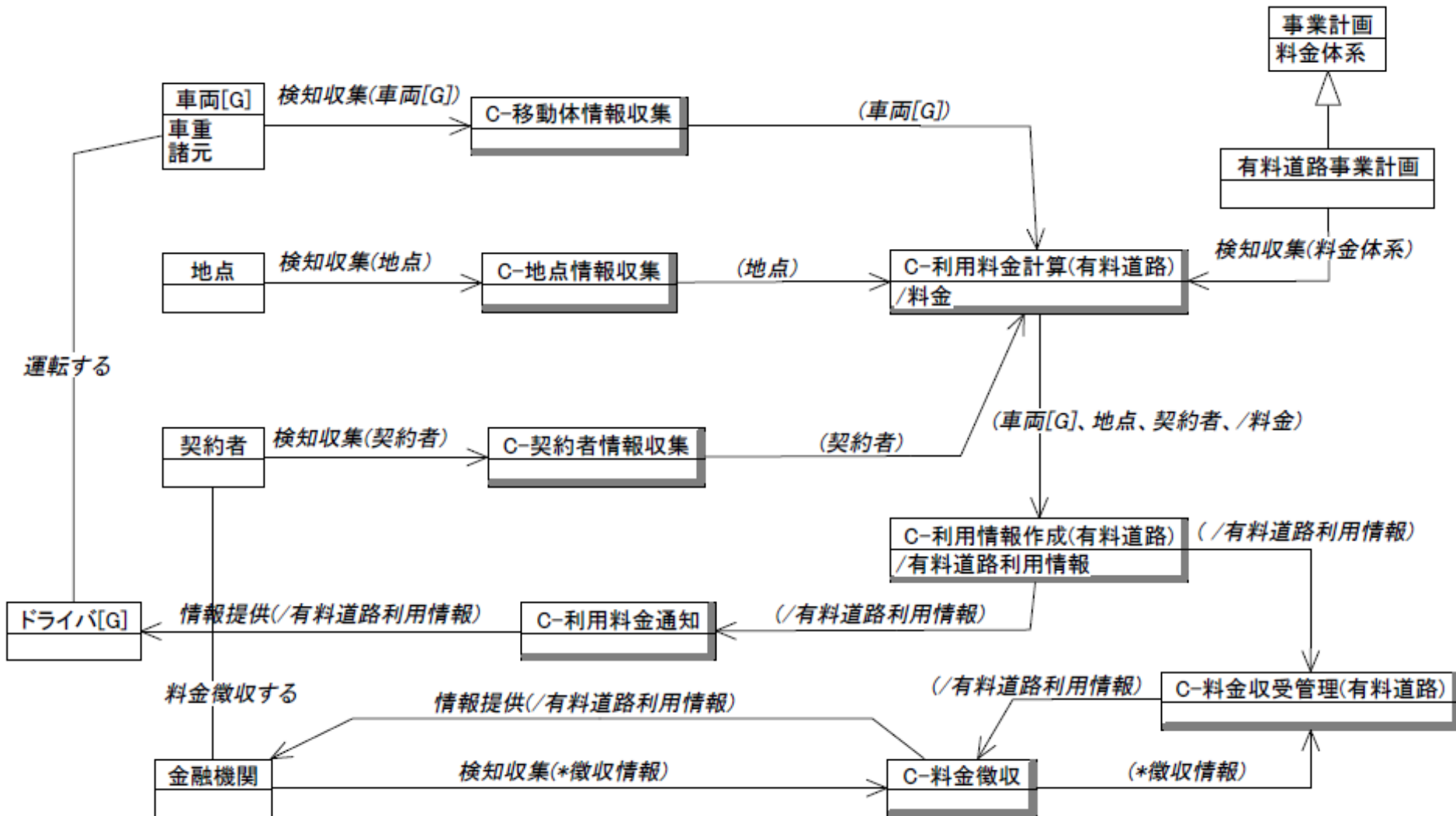


地理的ビューの**金融機関関連**の詳細モデル（自動料金収受システム分野）



地理的ビューの**契約者関連**の詳細モデル（自動料金収受システム分野）

2-3-2.制御モデル

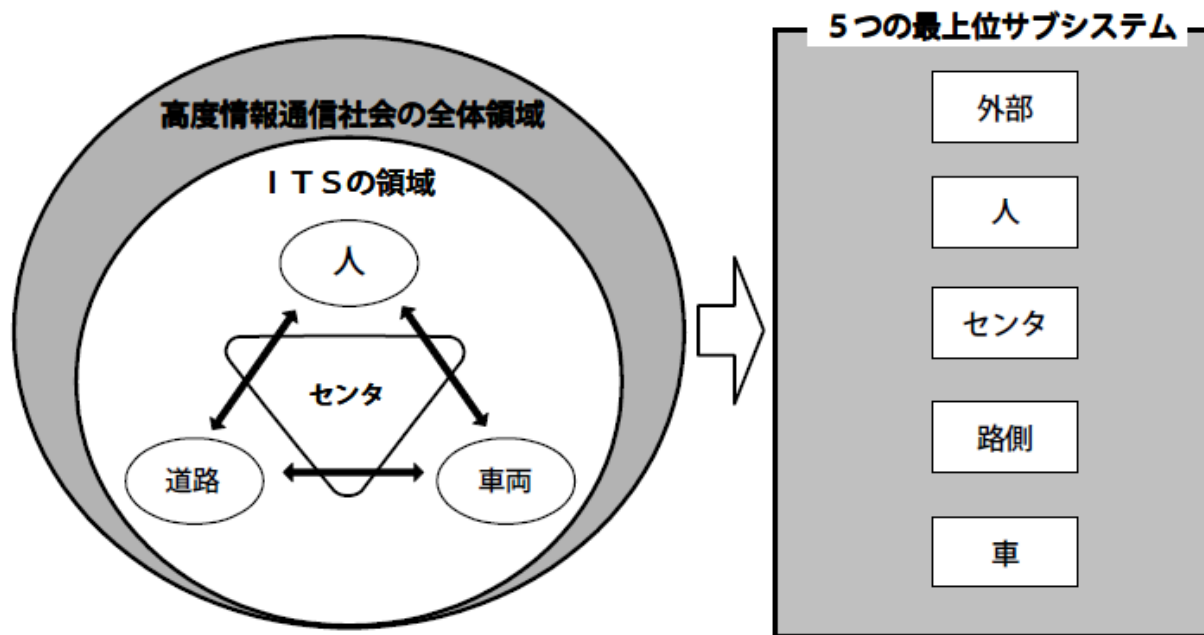


制御モデル (23.有料道路での自動料金収受)

2-4.物理アーキテクチャ

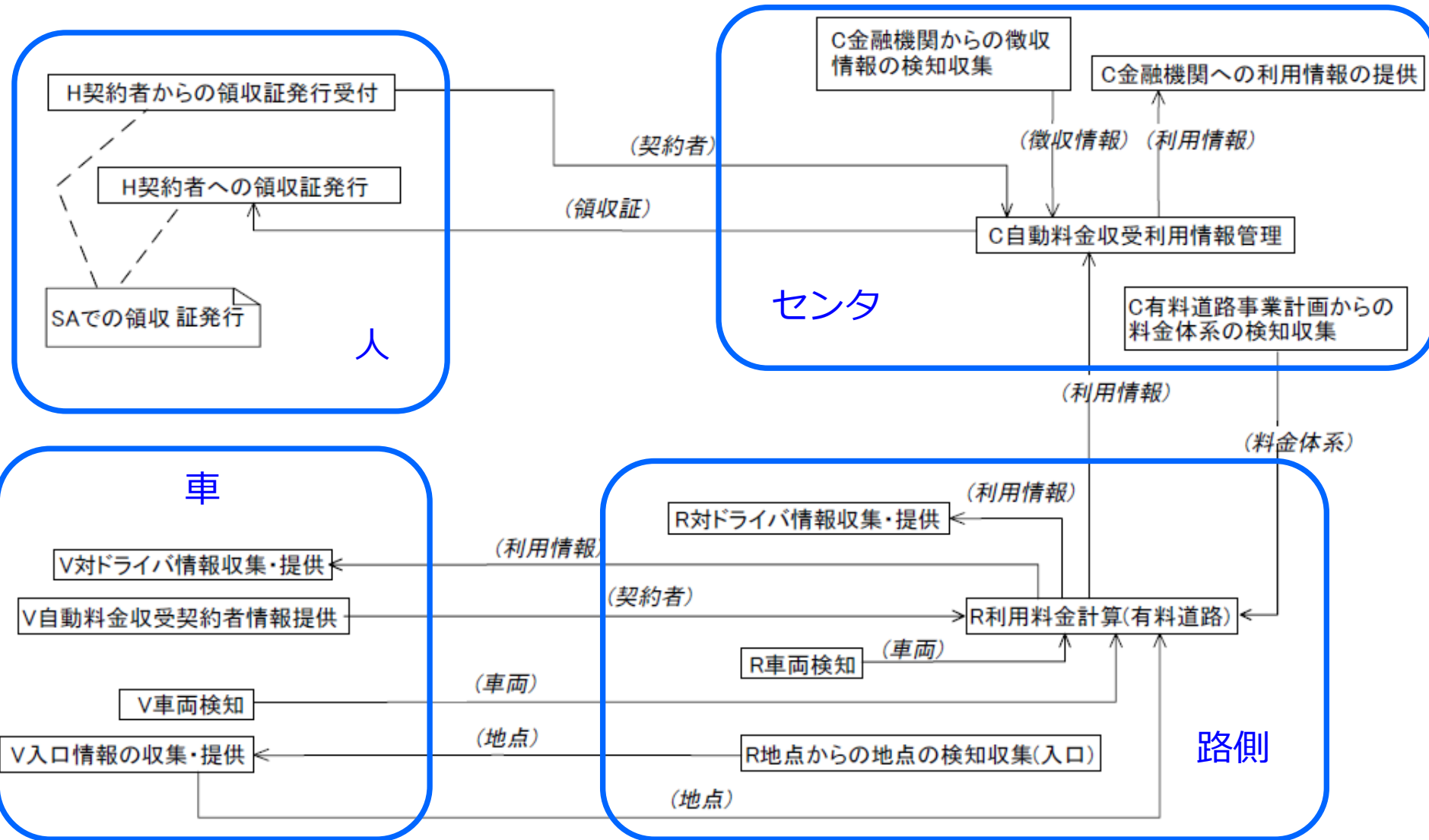
論理アーキテクチャに示された各種サービスをどのような構造で実現するかを示すものであり、ITS がどのような機能により構成されるか及び機能間でどのように情報のやりとりを行いサービスを実現するかを記述するものである。

論理アーキテクチャで抽出した「機能」とこれが扱う「情報」の組合せについて、システム全体が統合的なものとなるようサブサービス間で共有化を図りつつ、車、路側、センタ等に配置し、ITS を実現するシステムの全体像を規定し、モデル等により表現したものである。



ITS の領域と最上位サブシステムの関係

2-4-1.個別物理モデル



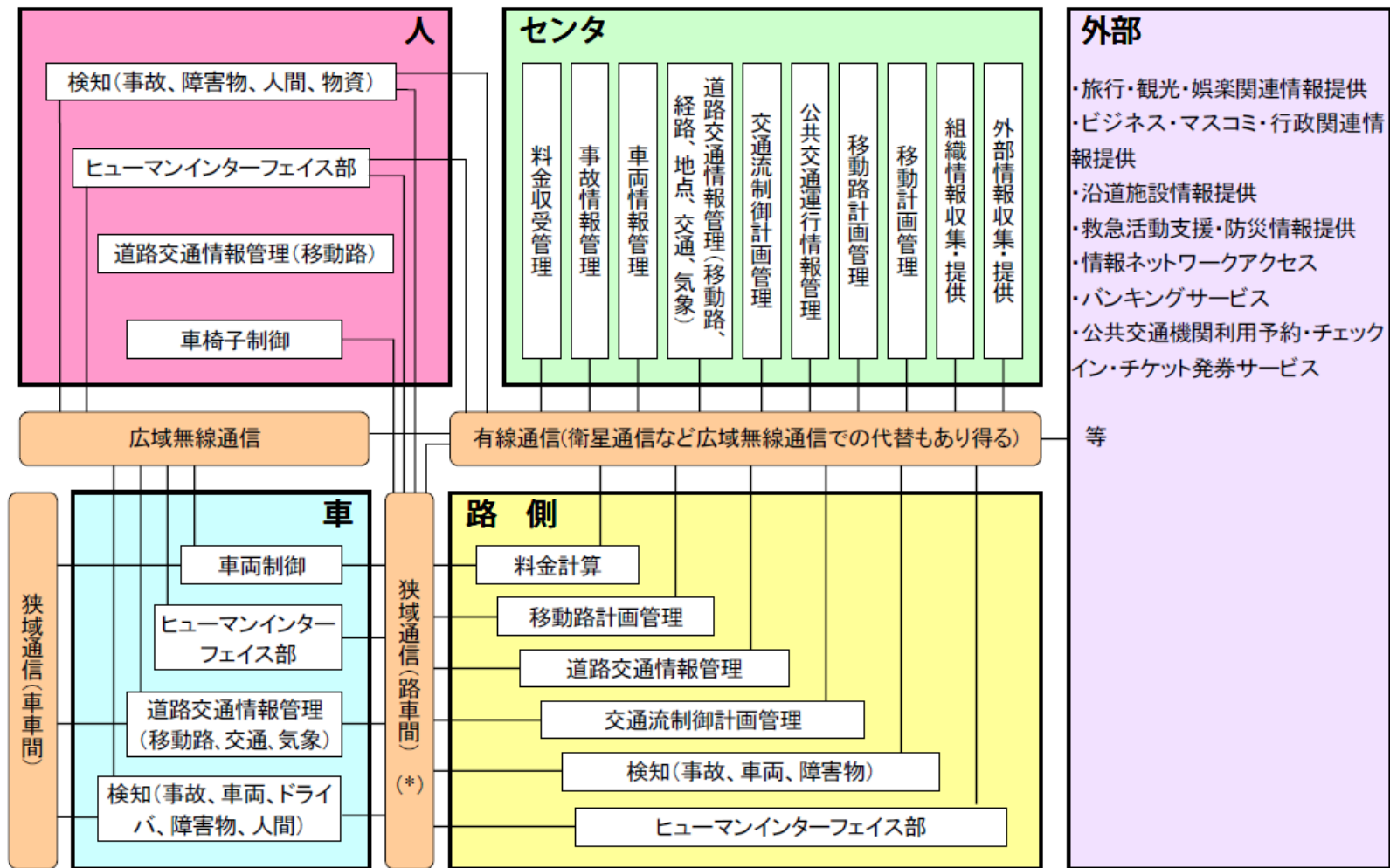
個別物理モデル(23.有料道路での自動料金收受、24.二輪車の自動料金收受、25.身障者の有料道路料金收受、26.多様な形態での領収証の発行)

物理アーキテクチャ ～方式選択シート～

方式選択シート(23.有料道路での自動料金収受、24.二輪車の自動料金収受、25.身障者の有料道路料金収受、26.多様な形態での領収証の発行) (抜粋)

機能	ソース				ディステーション				評価項目								参考 得点 ◎:3 ○:2 △:1	特性	選 択	コメント	
	人	車両	路側	センタ	人	車両	路側	センタ	技術的実現性	ユーザコスト	インフラコスト	実現精度	レスポンス	情報の更新間隔	安全性	耐災害性					セキュリティ
車両情報の収集		○					○		◎	○	◎	◎	◎	◎	—	—	◎	20	・既存のカーナビゲーション技術の応用で実現可能である。 ・車載端末の制約や処理能力により、実現精度や応答性がやや劣る場合がある。 ・車載端末個人利用であり、セキュリティの点で有利。	○	本サービスでは移動中のドライバに関する情報収集なので、車載とする。
			○						○	◎	△	△	○	○	—	—	※ (◎ or △)	11	・車種、諸元を車載装置に記憶させておく方式が考えられる。 ・車種、諸元を記憶させておくためのユーザコストは余り大きなものではない。 ・実現精度、応答性とも上記方式に優るものはないと考えられ	○	ナビゲーション等、不正申告が考え難いサービスに関する車両情報収集は車載装置によるものとする。
				○						—	—	—	—	—	—	—	—	0	・外観識別で得られる情報に限定される。 ・任意の地点(道路上)で車種、諸元を検知するためには、サービス提供対象道路を網羅する検知設備が必要。 ・検知装置の精度だけでなく、その設置密度が実現精度に影響する。 ・車番読み取りやその他画像処理による検知は、セキュリティの点で不利。(△)		

2-4-2.サブシステム相互接続図

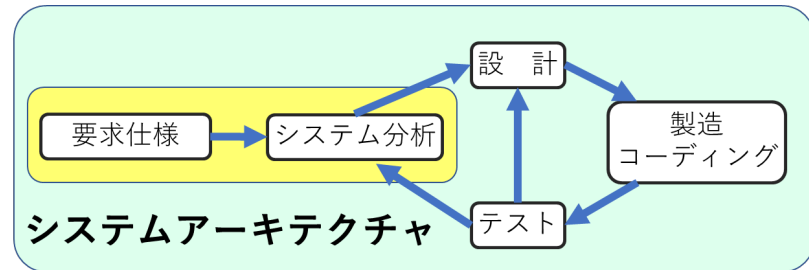


(*) 狭域通信(路車間)は、路側と車及び人の間で行われる狭域通信を示す。

サブシステム相互接続図

3.設計とビジネスモデル例 ～有料道路での自動料金收受～

システム開発の
サイクル



設計例

要件

1. 全ての料金所で共通使用ができること
2. 現行システムの活用が可能なこと
3. 対距離料金制／均一料金制に対応可
.....など11項目

現状分析

1. アプリケーション情報量
算出条件
車両速度100km/h,30m
2. 路車想定情報量
Up2.2kbit
3. 対象車両数
49,449台/日(東名川崎)

製品概念の構築

1. 使用周波数
2.45GHz or 5.8GHz
2. 通信方式
アクティブ or パッシブ
3. 走行速度
60km/h ~ 220km/h

検証 ↑ ↓ 見直し

検証結果

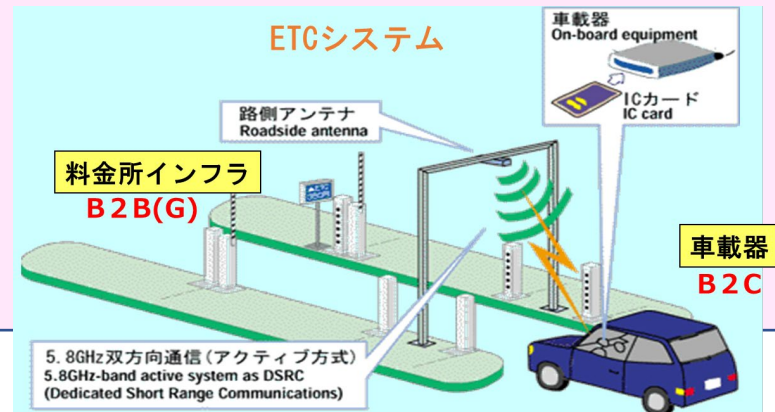
1. 総合通信実験
9304台、100%成功
2. 設計マージン 10dB
3. 都市電波雑音
5.8GHzが対雑音性

仕様決定

1. 使用周波数
5.8GHz
2. 通信方式
アクティブ
3. 走行速度
80km/h
4. 空中線電力
10mW (Up)
40mW (Down)

開発

1. 技術分野
通信工学、情報工学、
制御工学、機械工学、
人間工学 など9分野
2. 要素技術
電波伝播特性、
通信方式、
信号処理
など12項目



ビジネスモデル

4.各国のアーキテクチャの比較

名称		ITS に係るシステムアーキテクチャ	ナショナル ITS アーキテクチャ	KAREN FRAME
国・地域		日本	アメリカ	欧州
アーキテクチャの運用	策定主体	ITS 関連旧五省庁（現四省庁） （警察庁，通商産業省（現経済産業省），運輸省（現国土交通省），郵政省（現総務省），建設省（現国土交通省））	US.DOT	KAREN プロジェクト FRAME-S プロジェクト （欧州フレームワークプログラム）
	策定年次	1999 年 11 月	1996 年 7 月（初版） 2012 年 1 月（第 7.0 版）	2000 年 2011 年 9 月（第 4.1 版）
	発行されている文書	「高度道路交通システム（ITS）に係るシステムアーキテクチャ」（公表は VERTIS, 現 ITS-Japan）	・ユーザーサービス ・要旨 ・アーキテクチャ定義 ・評価手法 ・実装戦略 ・標準化 ・セキュリティ ・地域 ITS アーキテクチャ指針 ・ITS システム開発	・概要 ・ユーザーニーズ ・ITS モデル ・機能検討 ・論理検討 ・通信検討 ・実装アプローチ・シナリオ ・費用・効果試算 ・ITS 実装リスク評価 ・標準化フレームワーク ・FRAME-S Guide to Configuration Management and ITS Architecture Documentation
	位置づけ	ITS 個別システムの基本設計に関わるリファレンスアーキテクチャ	行政通達	各国の計画への適応
規定内容	規定されているサービス	・9つの開発分野 ・21の利用者サービス ・56の個別利用者サービス ・172のサブサービス	・8つのサービス分野 ・33のユーザーサービス	・9つのサービス分野 ・32のユーザーサービス
	アーキテクチャの構成	・論理アーキテクチャ（情報モデル，制御モデル） ・物理アーキテクチャ	・論理アーキテクチャ ・物理アーキテクチャ	・機能アーキテクチャ ・物理アーキテクチャ ・通信アーキテクチャ
	アーキテクチャの規定方法	クラス図の記法による記載	・論理アーキテクチャ：データフロー図 ・物理アーキテクチャ：独自記法	・独自記法（主体の整理，サブシステム，データの流れ等のモデル化）

5.ITSに係る我が国の政策

我が国の政策

1995年2月 **高度情報通信社会推進にむけた基本方針**

(高度化情報通信社会推進本部)

・道路・交通・車両の情報化

1995年8月 **道路・交通・車両分野における情報化実施指針**

(警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省)

・開発分野9
・進行中の開発プロジェクト

道路交通情報通信システム (VICS)、新交通管理システム (UTMS)、高知能自動車交通システム (SSVS)、先進安全自動車 (ASV)、次世代道路交通システム (ARTS)、ワイヤレスカードシステム、ノンストップ自動料金収受システム、小電力ミリ波レーダー

1993年 **ISO/TC204** (ITSの国際標準化)

1994年1月 VERTIS設立 (注)

11月 **第1回ITS世界会議 (パリ)**

(注) 道路・交通・車両インテリジェント化
推進協議会 (現、ITS-JAPAN)

1995年11月 **第2回ITS世界会議 (横浜)**

1996年7月 **高度道路交通システム (ITS) 推進に関する全体構想**

・開発分野9、利用者サービス20

1998年1月～ **高度道路交通システム (ITS)に係るシステムアーキテクチャ**

1999年11月 (警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省 + VERTIS)

・開発分野9、利用者サービス21、個別利用者サービス56、サブサービス172

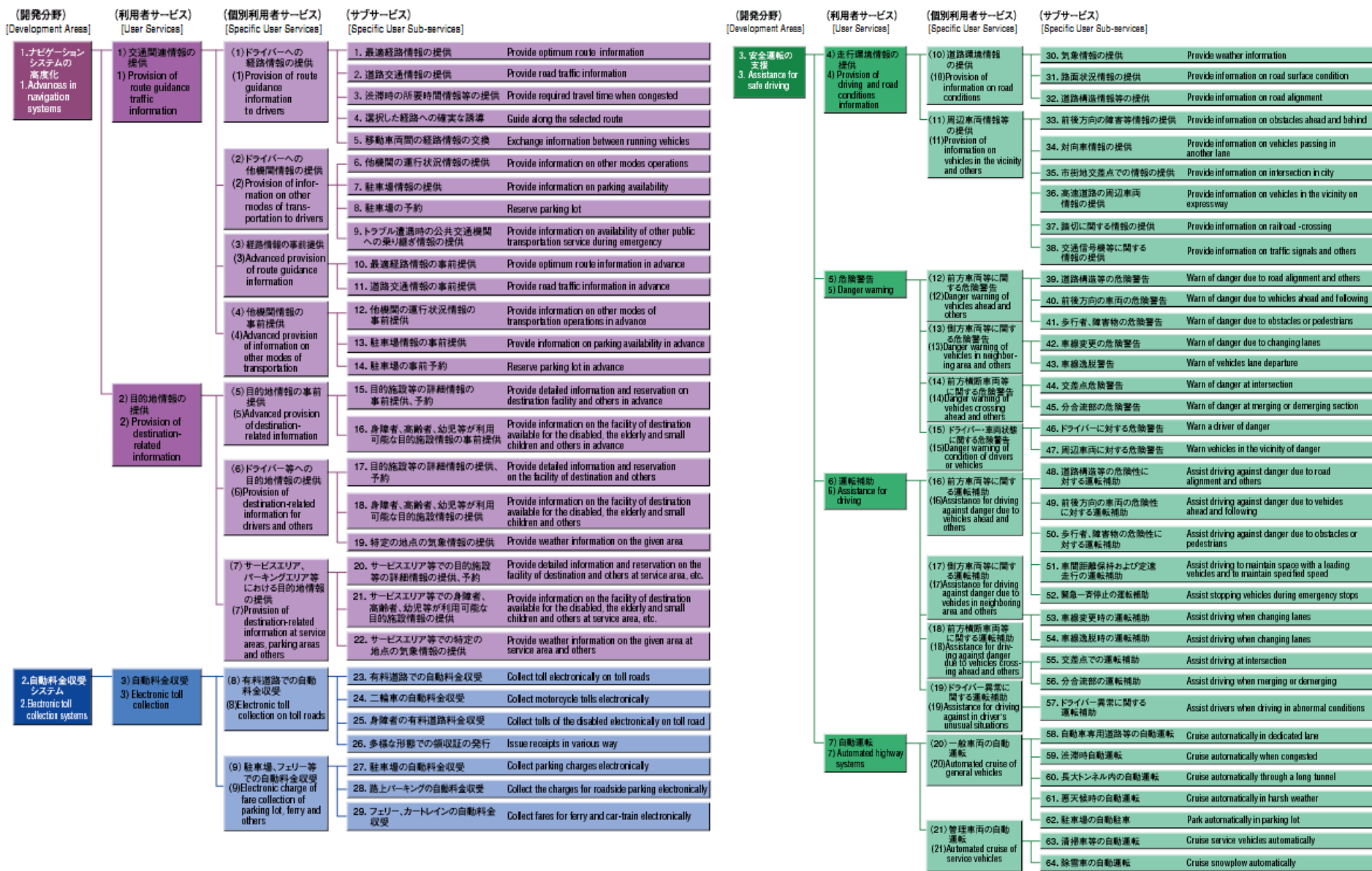
1999年以降、改定が行われていない⇒別体系のアーキテクチャーが提案

車載アーキテクチャ、プローブ情報システム (自走協、JARI)、青森版ITSアーキテクチャー、協調ITS等

6.我が国のITSシステムアーキテクチャ

- ・道路・交通・車両を中心とした社会システムであり関連省庁主導（建設省、警察庁、運輸省など）で利用サービスを策定した（策定できた）。
- ・ターゲットポリシーで進められた。
- ・オブジェクト指向分析手法がとられ、機能とこれが扱う情報を一体化させたオブジェクトを用いて対象とするシステムを表現した。
- ・改定が行われていない。

参考 ITSシステムアーキテクチャ

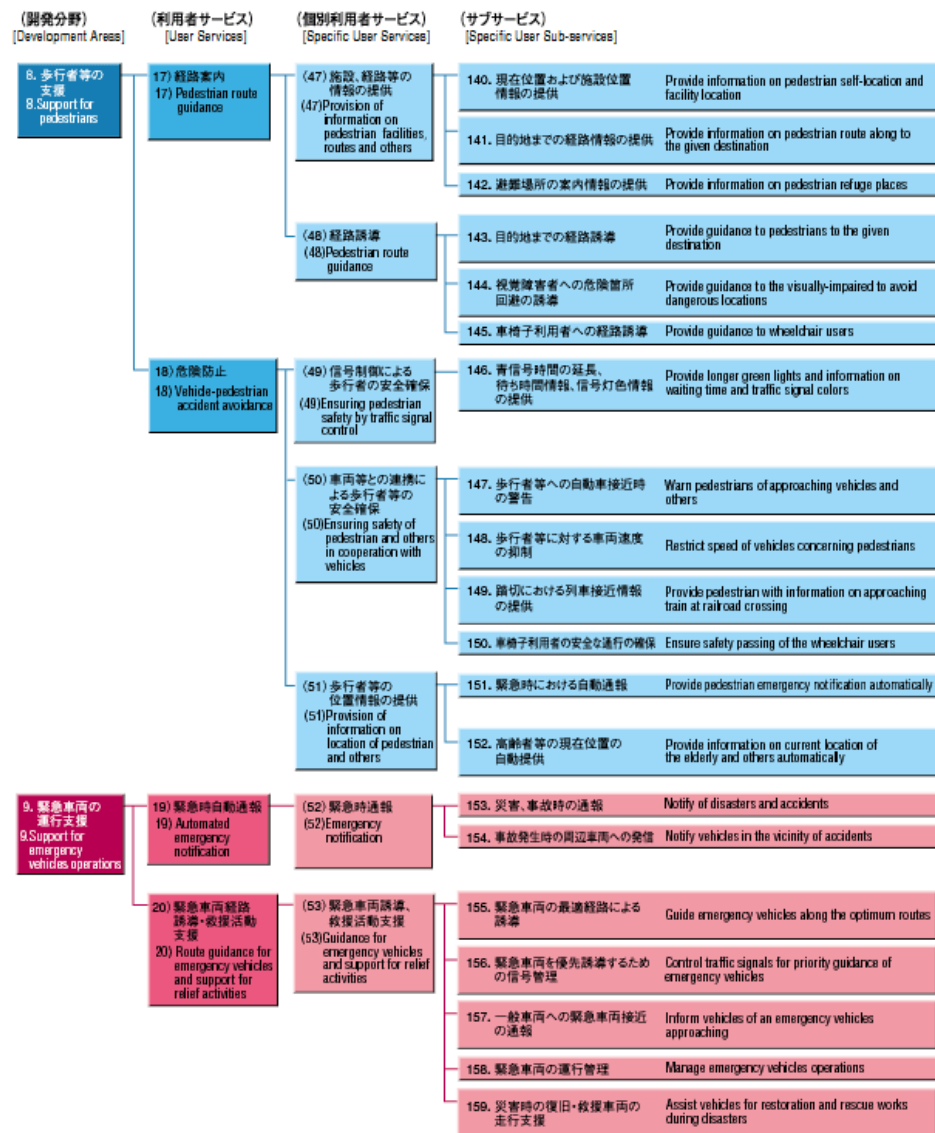
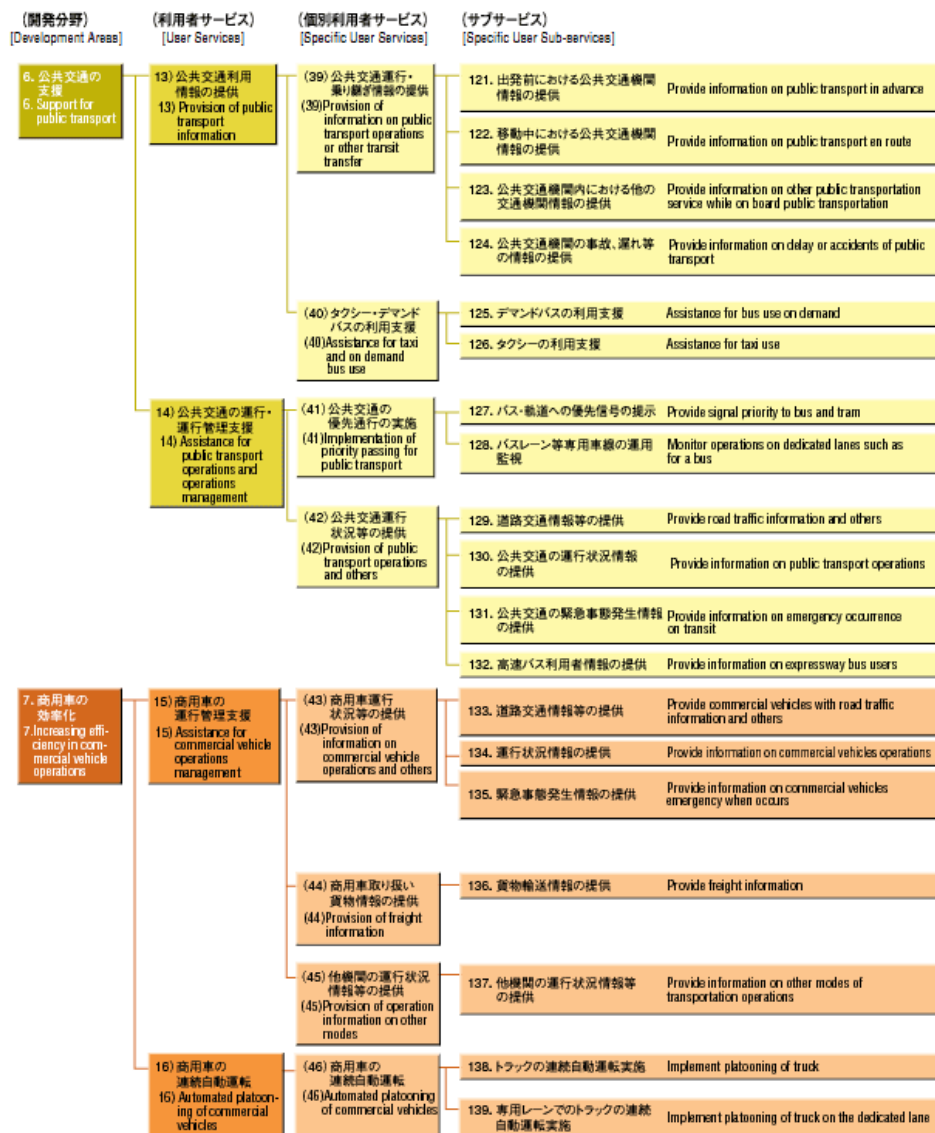


参考 ITSシステムアーキテクチャ

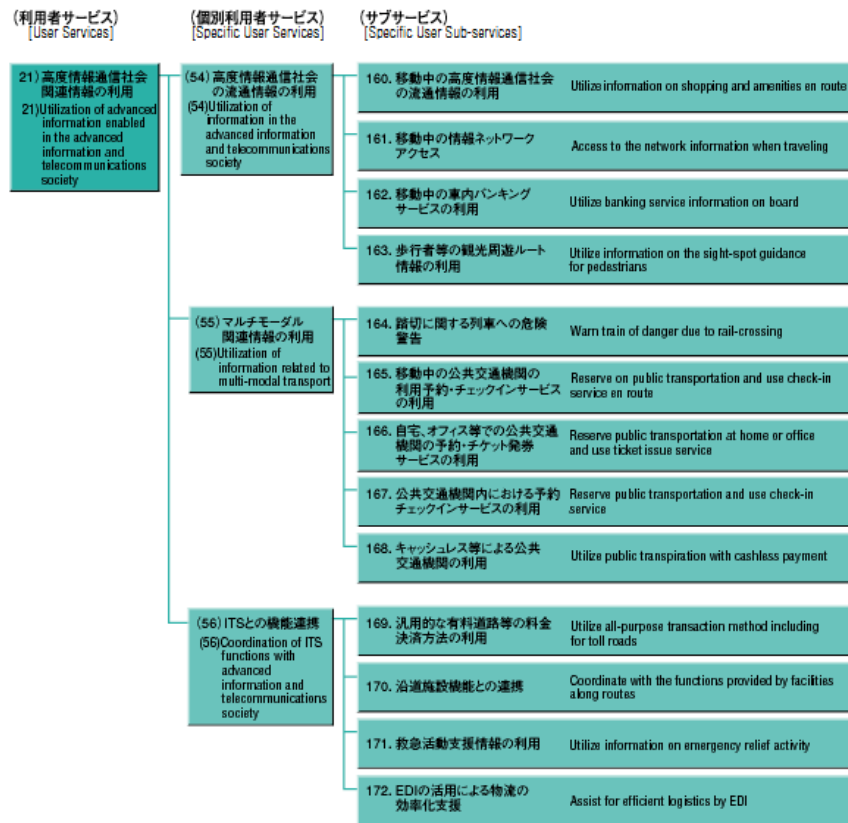
(開発分野) [Development Areas]	(利用者サービス) [User Services]	(個別利用者サービス) [Specific User Services]	(サブサービス) [Specific User Sub-services]
4. 交通管理の最適化 4. Optimization of traffic management	8) 交通流の最適化 8) Optimization of traffic flow	(22) 交通管理の企画支援 (22) Assistance for traffic management planning	65. 広域交通管理の企画支援 Assist traffic management planning for wide-area 66. 地域交通管理の企画支援 Assist traffic management planning for local area 67. 交通管理上の意思決定業務の支援 Assist decision-making process on traffic management 68. 交通需要管理に関する基礎的な情報の収集と提供 Collect and provide basic information on traffic demand management
		(23) 交通管理・施設業務の支援 (23) Assistance for traffic management and traffic management facility operations	69. 交通規制計画の分析と評価 Analyze and evaluate traffic restriction plans 70. 交通管理施設の運用・保全の支援 Assist operation and maintenance of traffic control facility 71. 交通管理施設の設計・整備の支援 Assist design and installation of traffic control facility 72. 道路使用許可業務等の高度化支援 Assist advancement for road usage approval operation
		(24) 駐車対策等の支援 (24) Assistance for parking policy and others	73. 駐車場誘導 Provide guidance to parking lots 74. 生活ゾーン対応の交通管理 Conduct traffic control suitable for residential zone 75. 違法駐車対策の効率化支援 Assist efficiency of illegal parking enforcement 76. 駐車管理計画の支援 Assist parking control plan 77. 沿道環境条件維持のための交通管理 Control traffic to maintain environment along roads
		(25) 運転者支援の高度化 (25) Advancement of driver assistance	78. 運転者支援の高度化 Advance driver assistance 79. 運行計画・運行記録管理の作成支援 Assist in planning and recording of vehicles operations
		(26) 警察活動の支援 (26) Assistance for police activities	80. 盗難車両等の発見・回収の支援 Discover and retrieve the theft vehicles 81. 警察業務車両等の管理の効率化 Improve management of police vehicles 82. 警察活動の支援 Assist police activities
		(27) 交通秩序の維持 (27) Maintenance of traffic order	83. 事故処理の効率化 Improve conducting after accident procedure 84. 事故分析の高度化 Advance analysis of accident results 85. 自動探知記録 Make operational recording automatically 86. 危険運転の制止・検知・警告 Detect, warn and prevent dangerous driving control
		(28) 信号制御の最適化 (28) Optimization of traffic signal control	87. 交差点信号制御 Control traffic signal at an intersection 88. 幹線道路信号制御 Control traffic signal at arterial roads 89. 地域信号制御 Control wide-area traffic 90. 踏切信号制御 Control traffic signals at railroad crossing 91. 車線対応制御 Control corresponding to a lane
		(29) 経路誘導 (29) Route guidance	92. 交通管理ニーズに基づく経路誘導 Guide a route corresponding to the needs to traffic management 93. 車種別車線誘導 Guide to a lane corresponding to a vehicle type
		(30) 動的レーン制御 (30) Dynamic lane control	94. 中央可変車線制御 Reversible lane control 95. 動的バスレーン制御 Control bus lane dynamically 96. 動的自転車レーン制御 Control bicycle lane dynamically 97. 動的駐車レーン制御 Control lanes allowed for parking 98. 動的一方通行制御 Control one-way driving dynamically
		9) 交通事故時の交通規制情報の提供 9) Provision of traffic restriction information in case of incident	(31) 事象対応交通管理の支援 (31) Assistance for traffic management under usual conditions

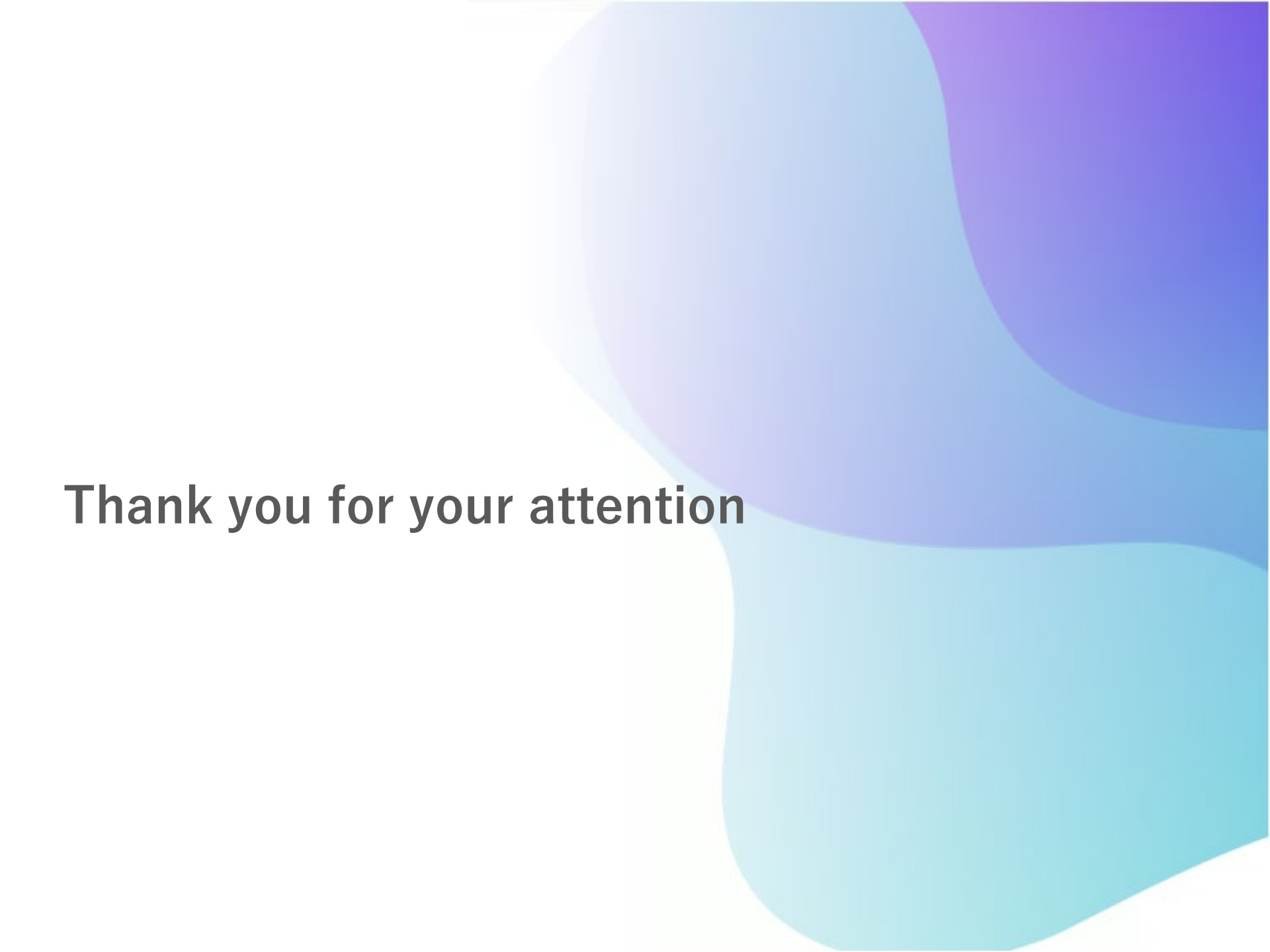
(開発分野) [Development Areas]	(利用者サービス) [User Services]	(個別利用者サービス) [Specific User Services]	(サブサービス) [Specific User Sub-services]
5. 道路管理の 効率化 5. Increasing effi- ciency in road management	10) 維持管理業務の 効率化 10) Improvement of maintenance operations	(32) 道路管理業務の 支援 (32) Assistance for road management works	103. 交通調査の支援 Assist traffic survey
			104. 構造物の点検支援 Assist road maintenance inspection
			105. 沿道環境保全の支援 Assist environmental maintenance along road
			106. 道路構造物に関する 情報の提供 Provide information on road maintenance
		(33) 道路管理作業の 効率化 (33) Improvement of road management works	107. 路面状況等の把握 Collect information on road surface
			108. 道路管理作業車両の運行支援 Assist service vehicles operations
		(34) 通行規制実施の 最適化 (34) Optimization of implementing traffic restrictions	109. 異常気象・災害情報の収集 Collect information on unusual weather and disaster
			110. 通行規制の判断支援 Assist decision-making on implementing traffic restrictions
			111. 通行規制解除の判断支援 Assist decision-making on lifting of traffic restrictions
			(35) 災害復旧・復興の 効率化 (35) Improvement of efficiency in disaster restoration
	113. 復旧用車両の配置支援 Assist vehicles allocation for disaster restoration		
	11) 特殊車両等の 管理 11) Management of specially permitted commercial vehicles	(36) 特殊車両等の管理 (36) Management of specially permitted commercial vehicles and others	115. 特殊車両の許可申請・事務 処理の効率化 Improve approval works for specially permitted commercial vehicle
116. 走行可能経路情報の提供 Provide route information available for vehicles operations			
12) 通行規制情報の 提供 12) Provision of roadway hazard information	(37) 危険物輸送車両の 走行把握 (37) Collecting information on dangerous-load vehicle operations	117. 過積載等の監視 Monitor overloaded vehicles operations	
		118. 危険物輸送車両の走行把握 Collect information on dangerous-load vehicle operations	
			(38) 通行規制情報の 提供 (38) Provision of roadway hazard information
		120. 迂回路情報の提供 Provide information on bypass	

参考 ITSシステムアーキテクチャ



参考 ITSシステムアーキテクチャ





Thank you for your attention