
第3回 ZMPフォーラム

「RoboCar 1/10を用いた、 車載データ統合アーキテクチャの評価」

2011年11月29日

名古屋大学大学院 情報科学研究科
附属組込みシステム研究センター(NCES)

武井千春

名古屋大学 工学部電気電子・情報工学科

熊谷 康太

目次

1. 名古屋大学組込みシステム研究センターの概要

2. 車載データ統合システムとは

–研究の背景

–解決すべき課題

–研究の目標

–来年度コンソーシアム型共同研究の計画

3. データ統合PFのロボカーへの適用

–研究の狙い

–研究の概要

–RoboCar上での評価

1. 名古屋大学組込みシステム研究センター(NCES)の概要

- 設立目的

 <http://www.nces.is.nagoya-u.ac.jp/>

- 組込みシステム分野の技術と人材に対する産業界からの要求にこたえるために、
組込みシステム技術に関する研究・教育の拠点を、
名古屋大学に形成
- 産業界が必要とする技術課題を分析・抽出し、
大学における基礎研究に反映

- 活動領域(スコープ)

- 組込みシステムに関する以下の活動に、**産学連携**の枠組みで取り組む
 - 大学の持つ技術シーズを実現／実用化することを指向した研究(第二種基礎研究)
 - プロトタイプとなるソフトウェアの開発
 - 組込みシステム技術者の教育／人材育成

コンセプトは組込み産業界の大学病院



これまでに実施した主な研究プロジェクト

- 民間企業の資金による共同研究
 - ・ 車載マルチメディアシステム向けOS(トヨタ自動車)
 - ・ 次世代車載ネットワーク:スケーラブルCAN
(オートネットワーク技術研究所)
 - ・ 実時間制御システムのアプリケーション統合におけるタスクスケジューリングの解析と設計(トヨタ自動車)
 - ・ 車載アーキテクチャ記述による耐故障設計支援
(豊田中央研究所)
 - ・ 次世代車載通信システム(自動車会社)
 - ・ データ統合アーキテクチャ(自動車関連各社、大学研究室)
 - ・ SpaceWireのリアルタイム保証技術(JAXA)
 - ・ 機能安全技術(JASPAR)
- 公的資金による共同研究
 - ・ 組込みシステムの消費エネルギー最適化
(科学技術振興機構CREST)
 - ・ 機能安全対応自動車制御プラットフォームの開発
(経済産業省 戦略的基盤技術高度化事業)

これまでに実施した人材育成プロジェクト

- 社会人向け人材養成

- ・ NEXCESS: 組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム
(文部科学省 科学技術振興調整費)
- ・ NEP: 組込みシステム技術に関する高度な研究開発人材の養成
(文部科学省 特別教育研究経費)

- 学生向け人材養成

- ・ OCEAN:
OJLによる最先端技術適応能力を持つIT人材育成拠点形成
(文部科学省 先導的ITスペシャリスト育成推進プログラム)

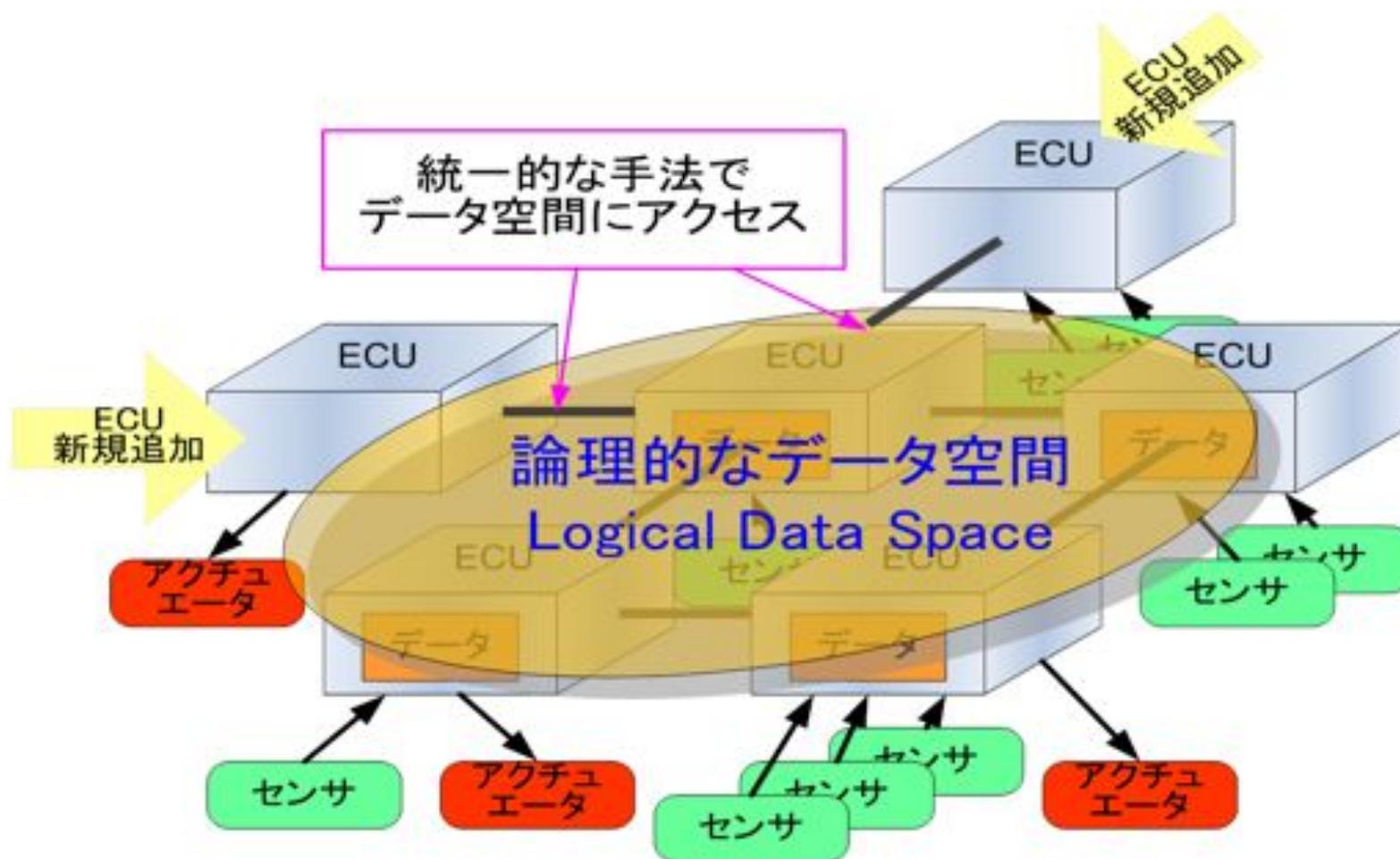
車載データの多種多様化・複雑化

- 車両走行時の安全性向上のために様々なセンサ類が搭載
- データの種類や量の増加とともに、管理・開発が複雑化



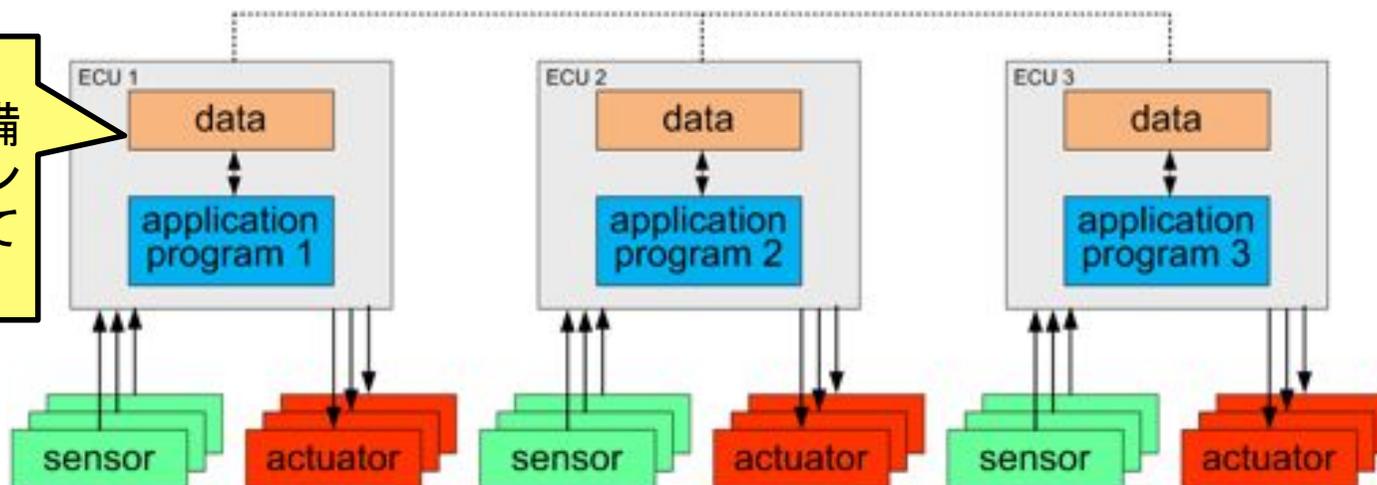
車載データ統合の必要性

- 車両の走行環境を特定の論理的なデータ空間内に表現
- 論理的データ空間に対しての統一的アクセスで容易に情報取得

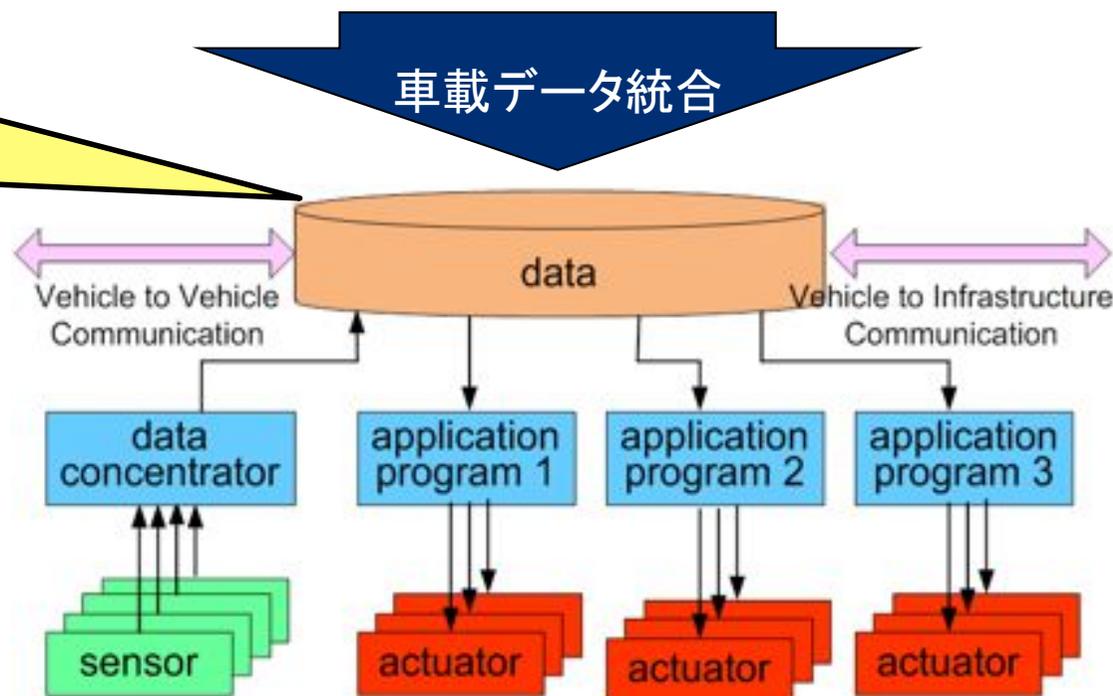


車載データ統合イメージ図

ECUごとにセンサ・アクチュエータを配備し、アプリケーションごとにデータ独立して管理した設計



各ECUに分散されているデータを統合管理し共通アクセスするアプリケーション設計



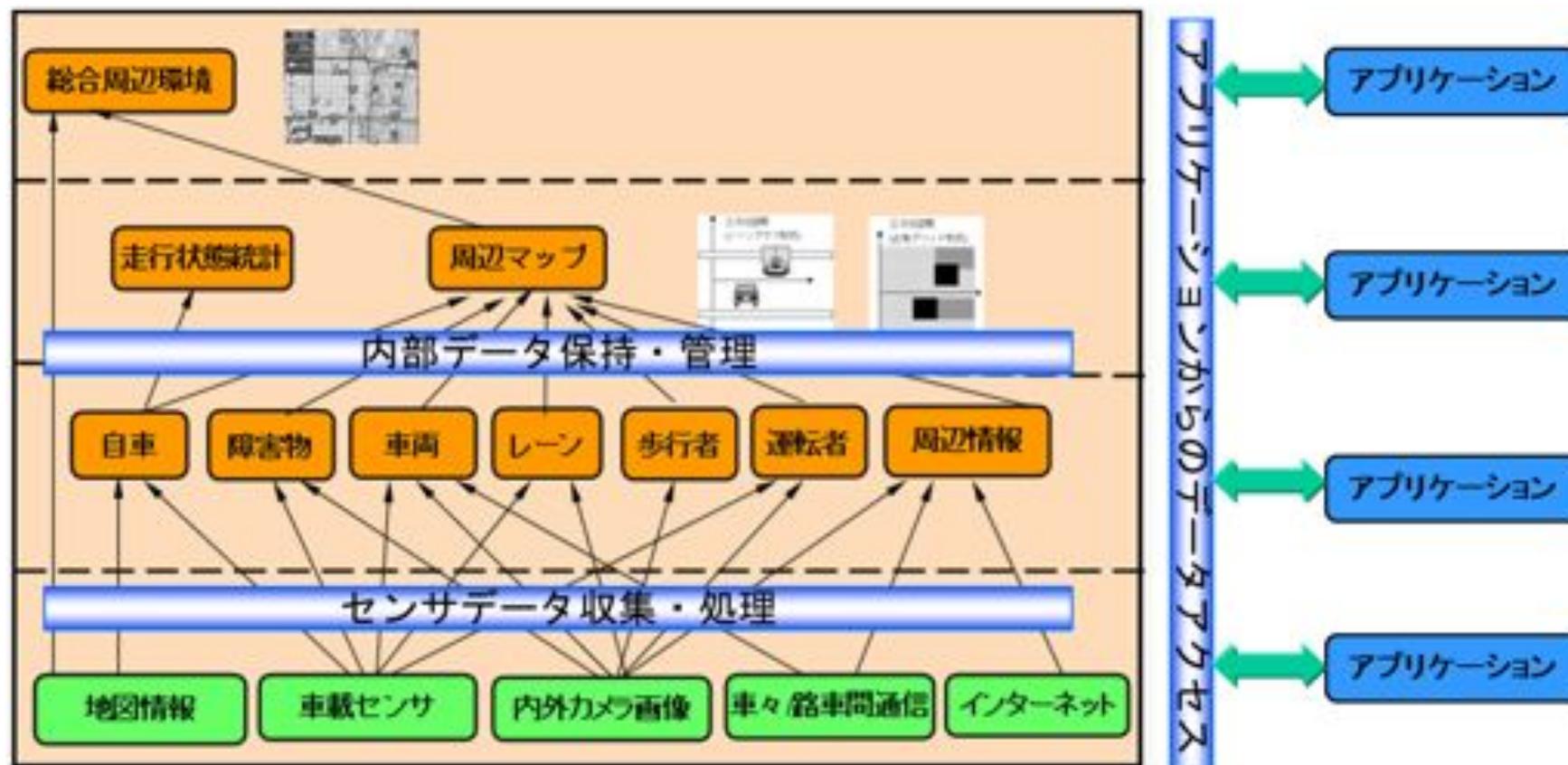
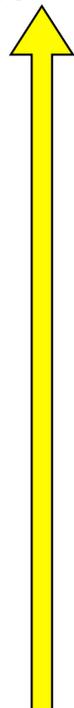
車載データ統合の目的

- 高性能化
 - 車外(路車間, 車車間)も含めた複数センサによる検知範囲拡大
- 低価格化 (低価格車の高機能化)
 - 車内におけるデータ(処理)共有によるECUの統合・削減
- 信頼性向上
 - 複数センサによる信頼度向上, および, 異常データの相互監視機構
- 設計容易性向上
 - 論理モデルによる設計時自動コンフィグレーション
- 高付加価値
 - データ統合によるアプリケーションの創出

階層化された論理的なデータ空間

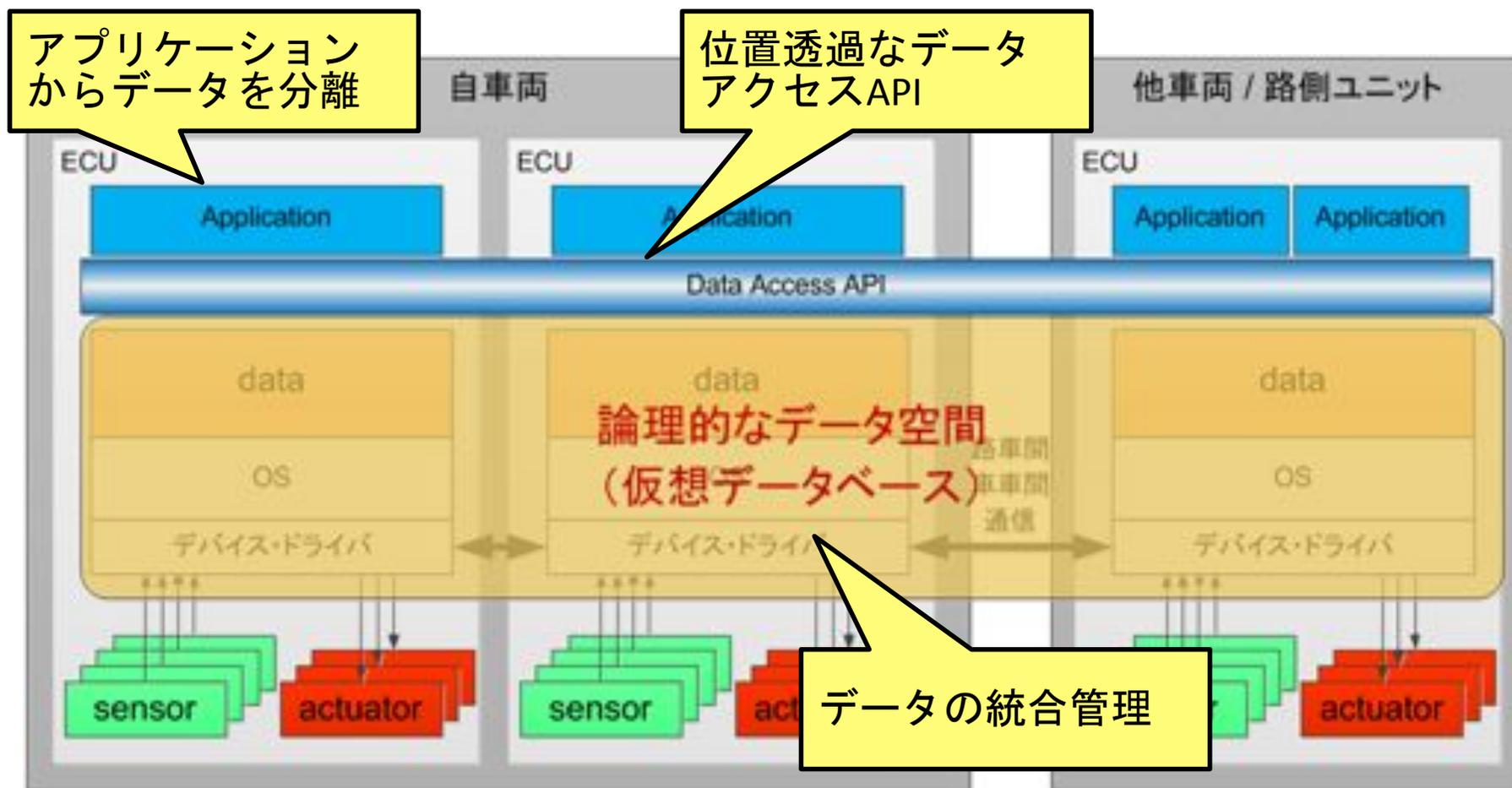
- センサから得られるデータを階層化して管理
- データの抽象化・統合化による利用容易性の向上
- アプリケーションから各階層に対しての統一的データアクセス

抽象化
統合化



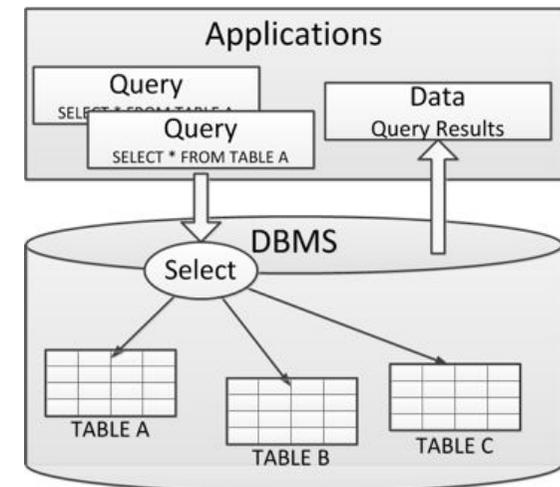
車載データ統合ソフトウェア構成

- アプリケーションからデータを分離し, 統合管理
- 位置透過なデータアクセスインタフェース(API)を提供

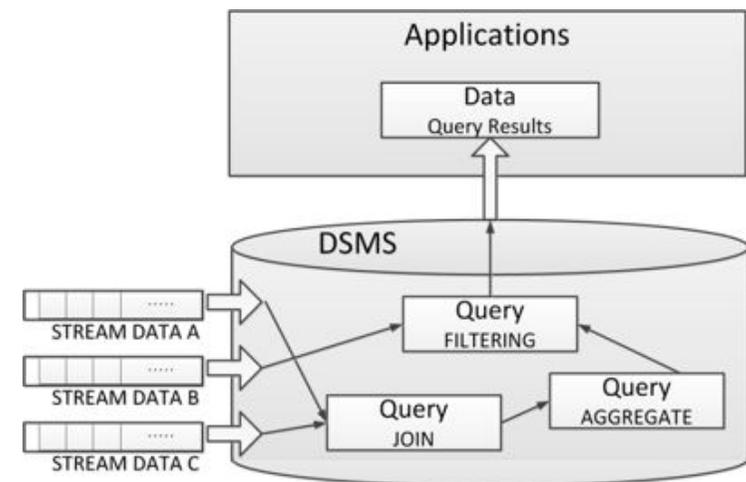


データベースを利用した車載データ管理のフェーズビリティ・スタディ

- DBMS（通常のデータベース型）
 - SQLベースによるデータアクセス
 - スキーマ定義によりリレーショナルデータの保持
 - 占有グリッドやシーングラフによるデータ表現も可能

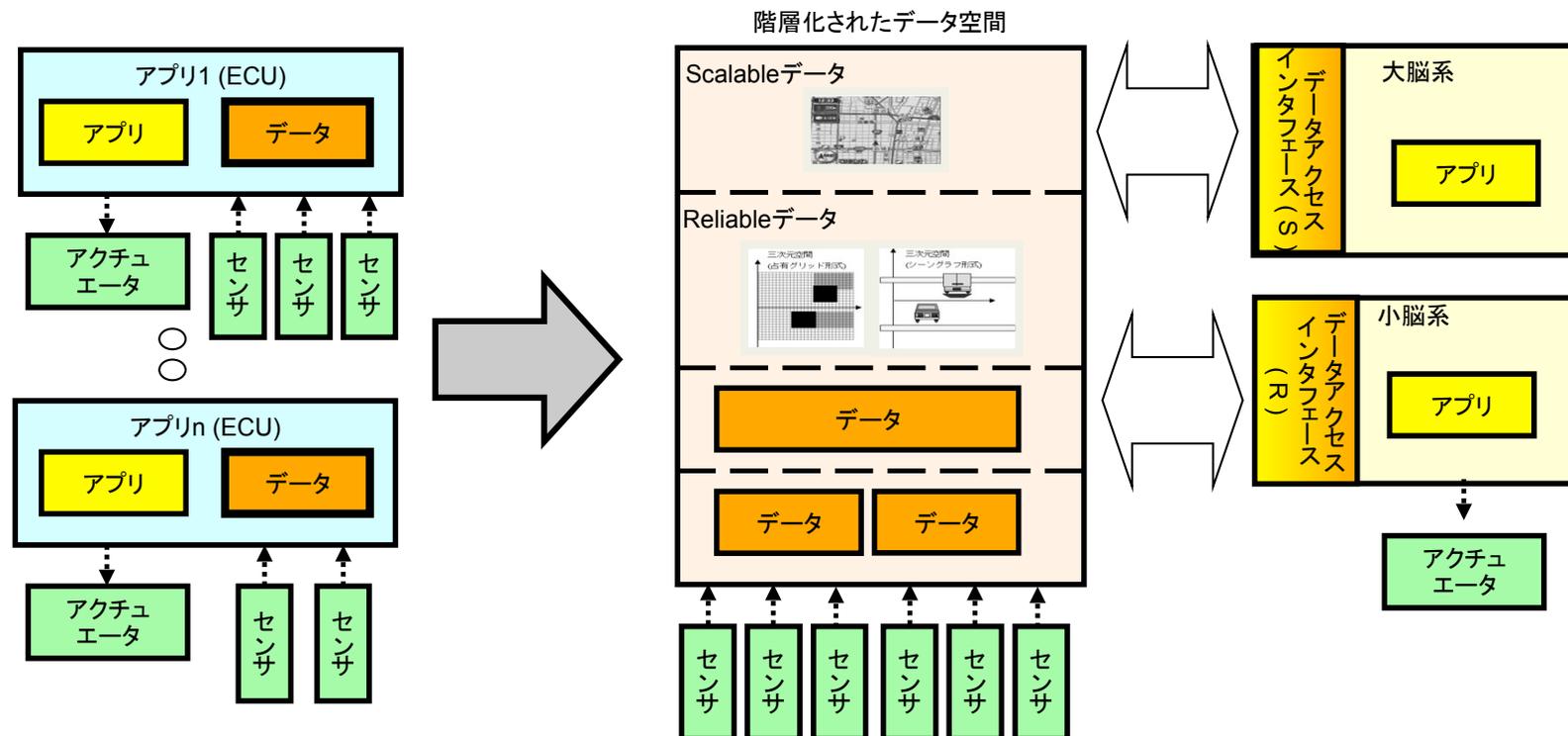


- DSMS（データストリーム型）
 - 継続型クエリ(CQL)によるデータアクセス
 - データ処理の手続きもクエリの一部に含めることで、データの階層管理を実現



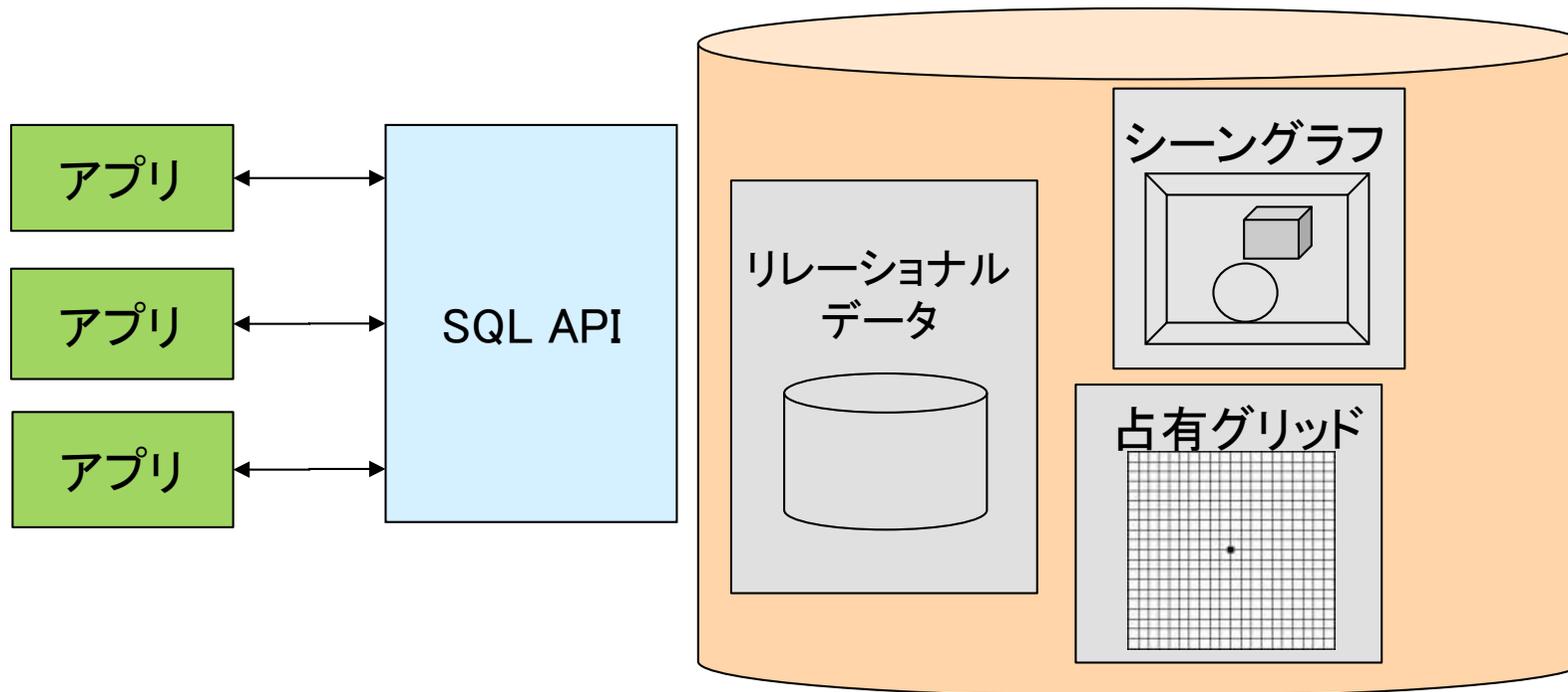
DBMS型システムの試作検討

- 車両の情報を一括管理するための枠組みの基礎検討
- 周辺車両などの情報の表現方法とアクセス方法の設計
- 車載データモデルの検証
- 性能についての基本評価



DBMS (PostgreSQL) を利用したシステム設計

- 車載データのモデル定義
 - リレーショナルデータ
 - 占有グリッド
 - シーングラフ
- SQLによる統一的なデータ操作インタフェースを定義 (SQL API)

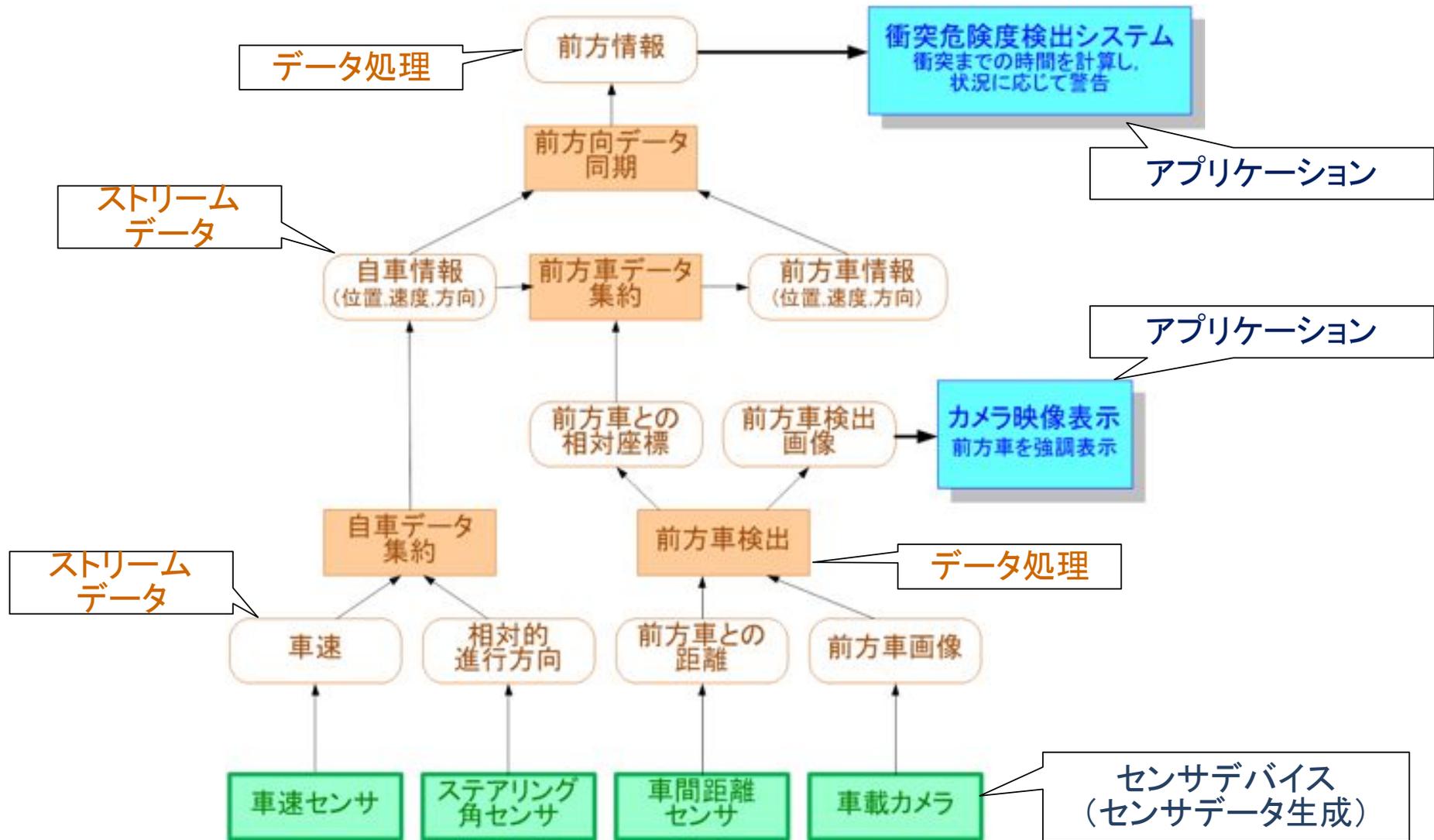


DBMSを利用したアプリケーション設計(動作例)



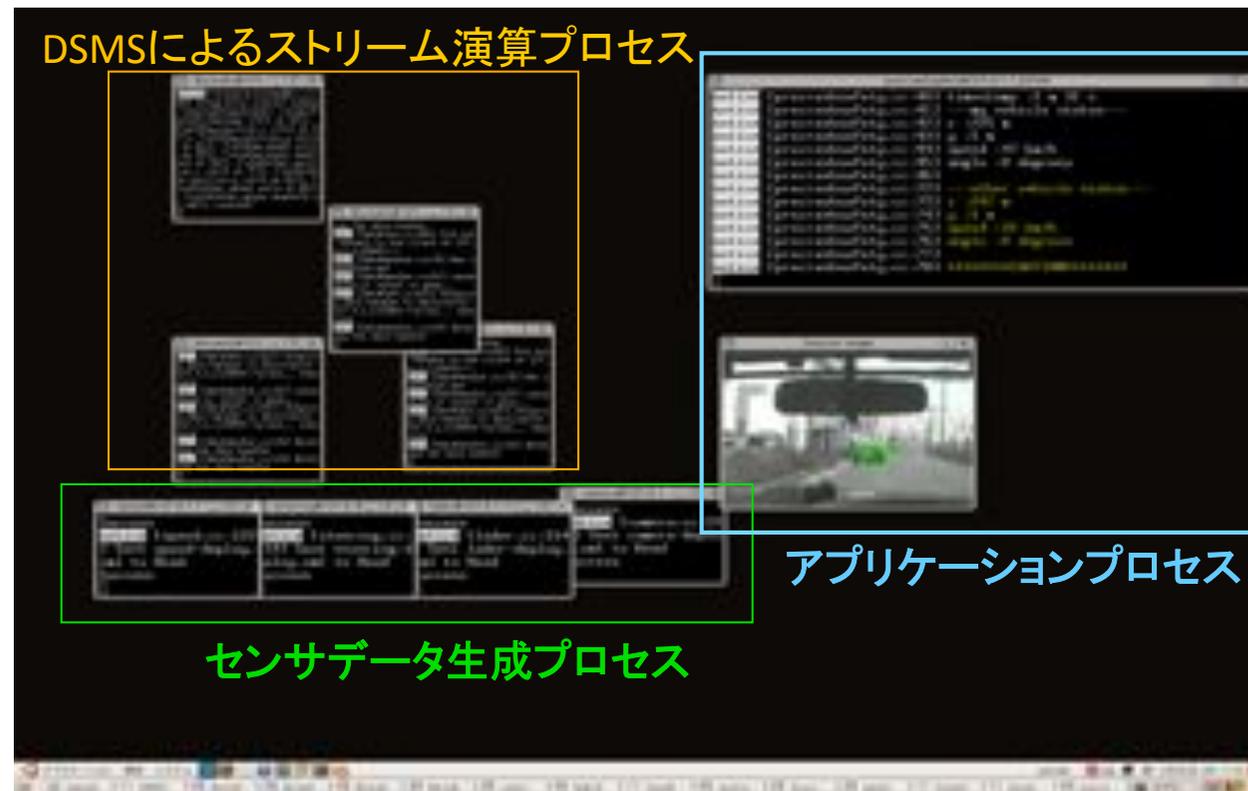
DSMSによるシステム構築(1)

- データストリーム管理システム (DSMS) を利用したデータ統合の応用システム



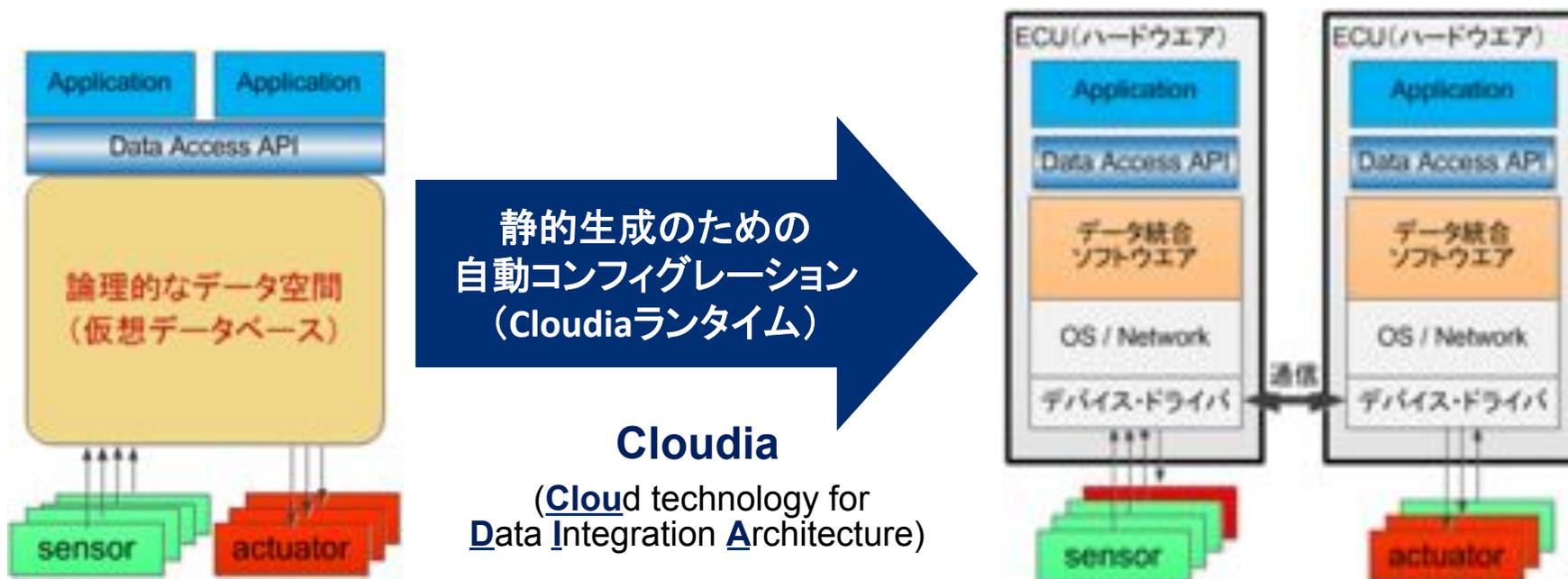
DSMSによるシステム構築(2)

- DSMS(MITなどが開発したBorealis)を利用し, Linux上での実装
 - 同スキーマを持つ時系列データとして処理
 - データ処理ボックスによるデータ変換の機能の実現
 - アプリケーションからのクエリによるデータ提供



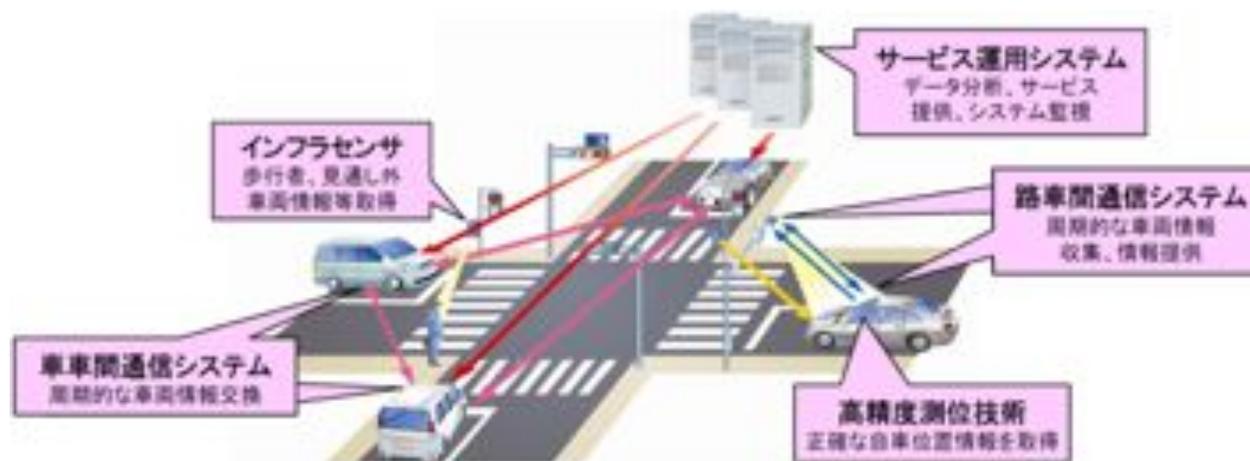
Cloudia: DSMSベース車載データ統合システム

- 物理構造に依存しないアプリケーション開発
 - ECU, センサ, アクチュエータ, 車載ネットワーク, 車々間・路車間通信などの物理構造に依存せずアプリケーションを開発
- 大規模化した車載ソフトウェアの複雑さを低減
 - 論理的データ空間に対し位置透過のデータアクセスAPI
 - 論理設計から物理的な組込みシステム実装に向けた自動コンフィグレーション



研究背景2: ITS協調システム (Cooperative Systems)

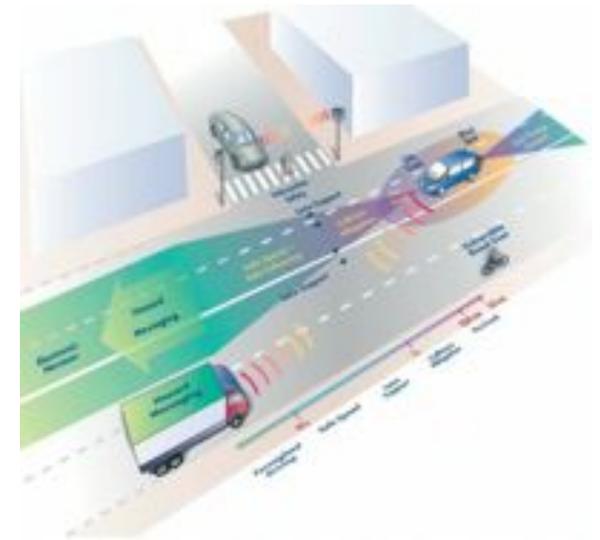
- 路車間, 車車間通信を利用し情報を交換することで, 安全運転支援, 交通流円滑化, 環境負荷軽減を目指す
- 世界的に研究開発が活発
 - 欧州 (ETSI, CEN) : COMeSafety, SAFESPOT, C2C-CC
 - 米国 (DOT) : IntelliDrive
 - 日本 : Smartway, DSSS, ASV
- 国際標準策定の動き
 - 欧州 (ETSI) を中心に策定した欧州標準が国際標準へ



出典: 富士通研究所

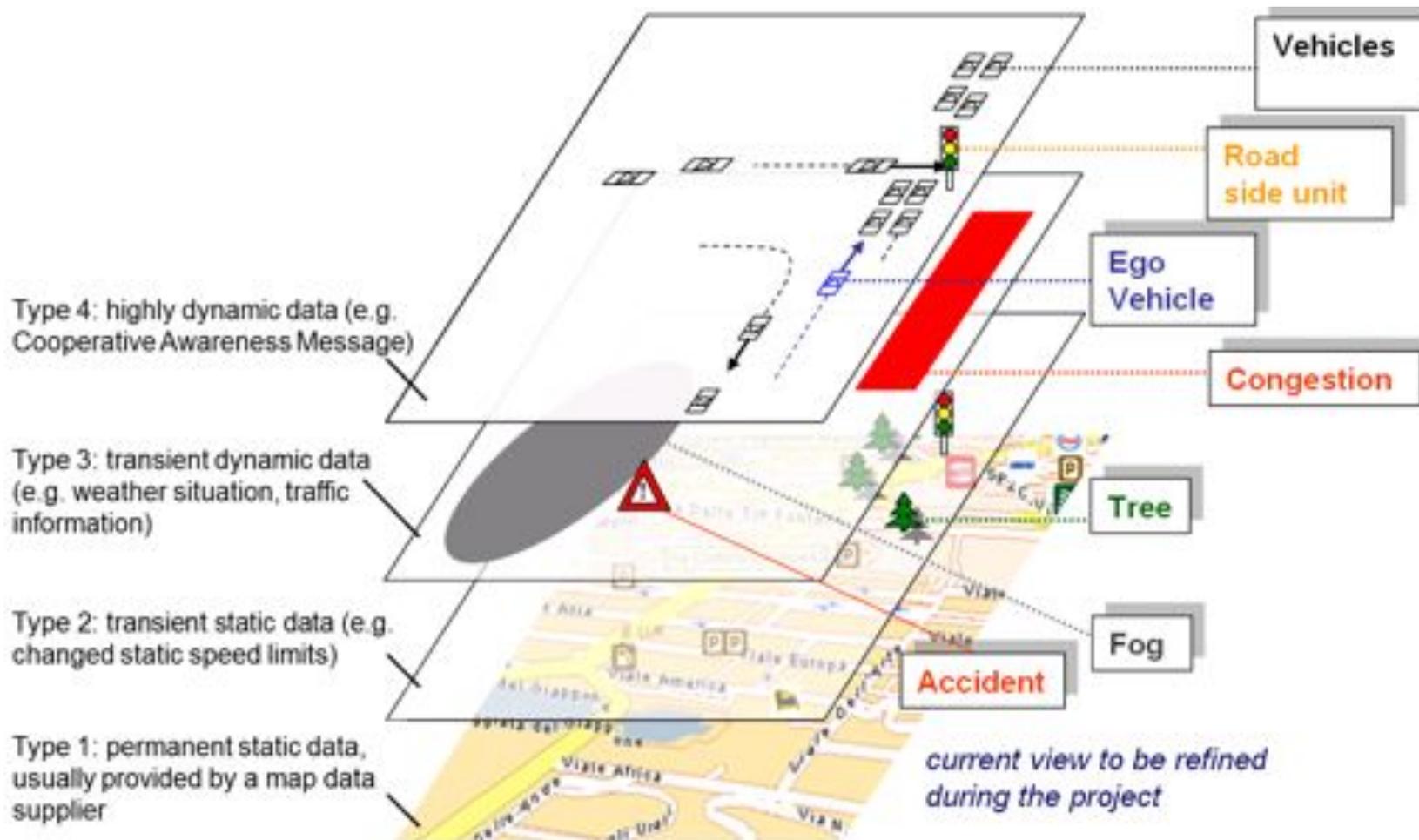
ITS協調システムに関する主要技術

- 欧州(ETSI)が標準化を目指す主要技術
 - アーキテクチャ
 - ITSステーションアーキテクチャ
 - LDM(Local Dynamic Map)
 - 地図データ
 - センサデータの階層的データ管理機構
 - アプリケーション通信機構
 - CAM (Cooperative Awareness Message)
 - DNM (Decentralized-environmental Notification Message)
 - アプリケーション管理機構
 - オブジェクト認定および管理



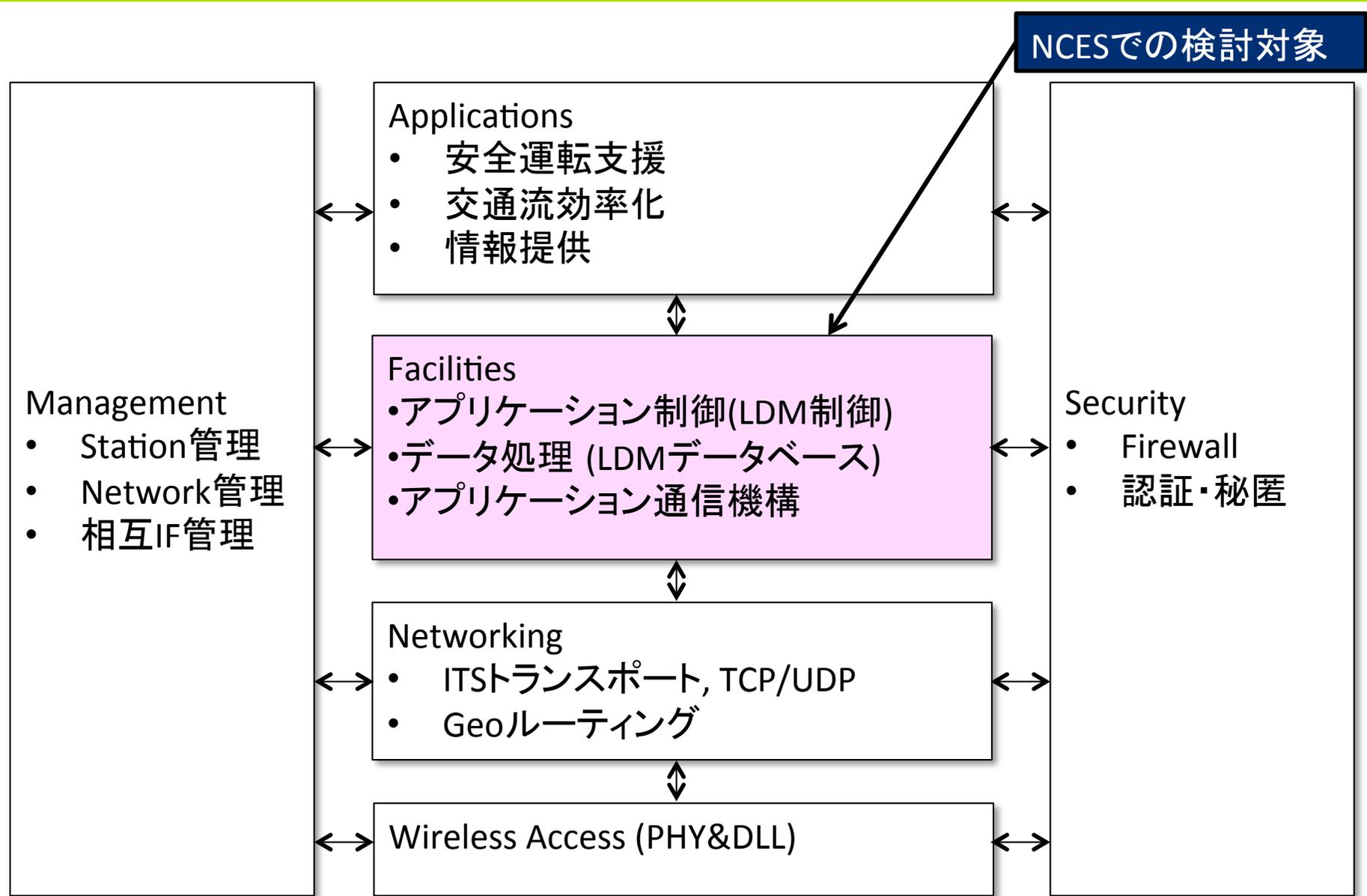
LDM (Local Dynamic Map)

- 世界標準になりつつある欧州のITSアーキテクチャの基盤
- 車両情報を含む地図データの階層管理



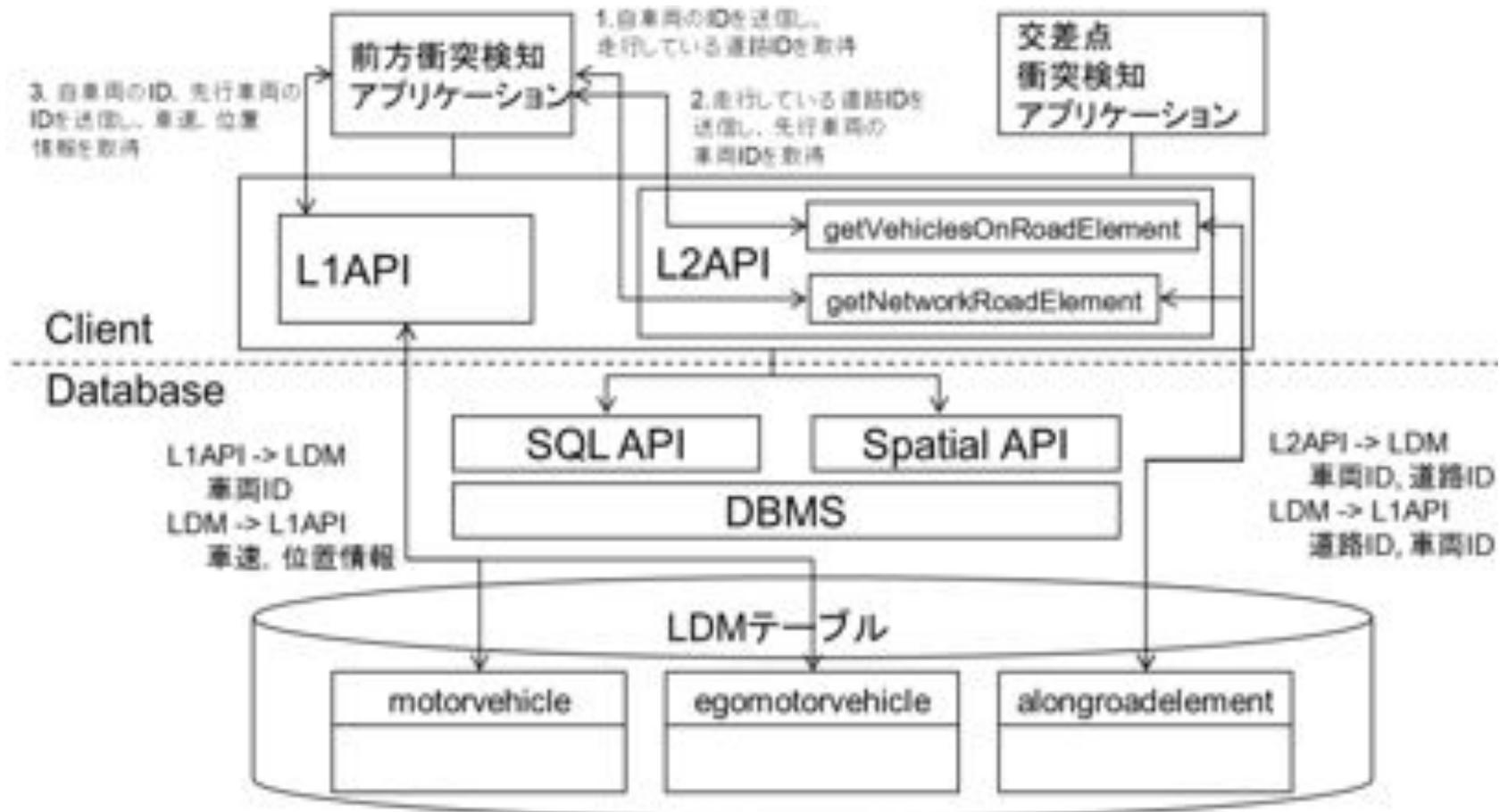
*Source: SAFESPOT Project

欧州ITSステーションアーキテクチャ



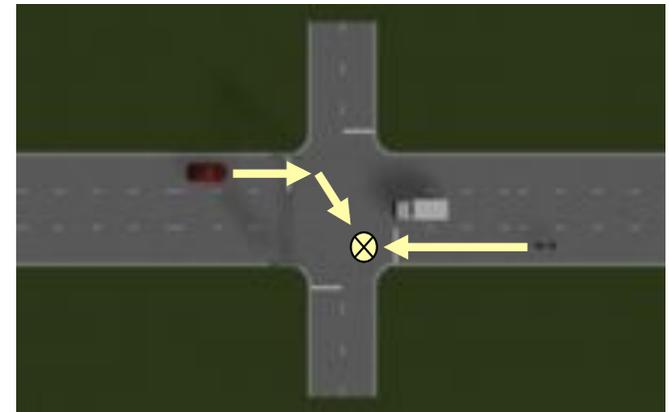
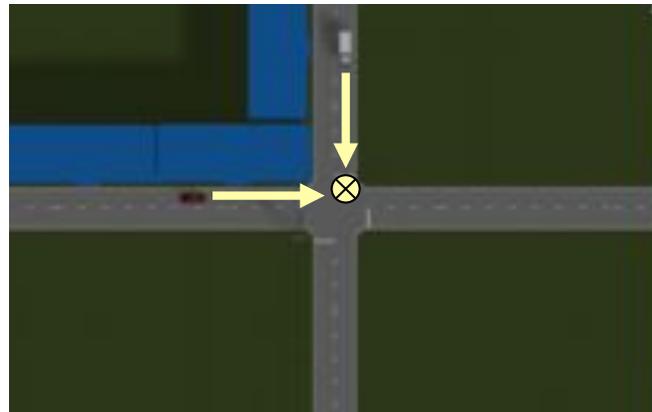
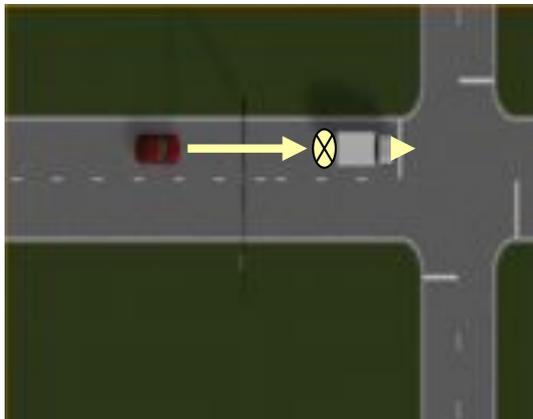
LDMプロトタイプ実装

- LDM仕様書をベースに、データベース管理システム(DBMS)を利用したLinux上でプロトタイプ実装
 - シミュレータによる車両走行データを利用した性能検証



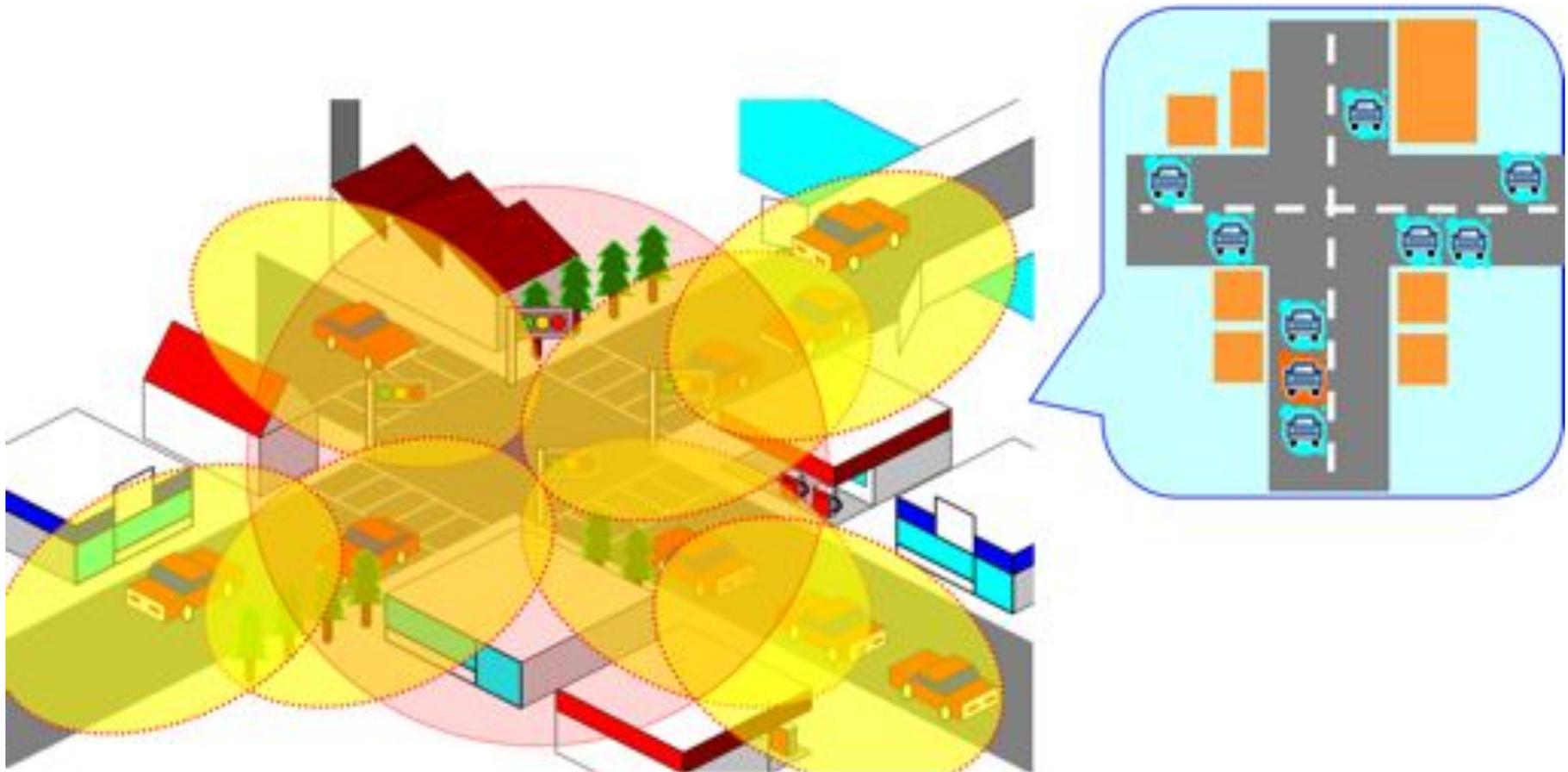
システム検証(シミュレーション)技術

- システム検証用のために、衝突検知アプリケーションを作成し、シミュレータ(PreScan)上で実行し、性能評価
 - 前方衝突における衝突検知
 - 交差時衝突における衝突検知
 - 右折時衝突における衝突検知
 - [デモビデオ](#)



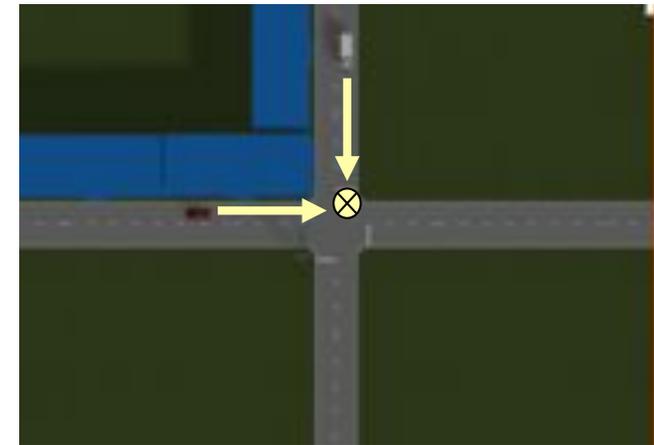
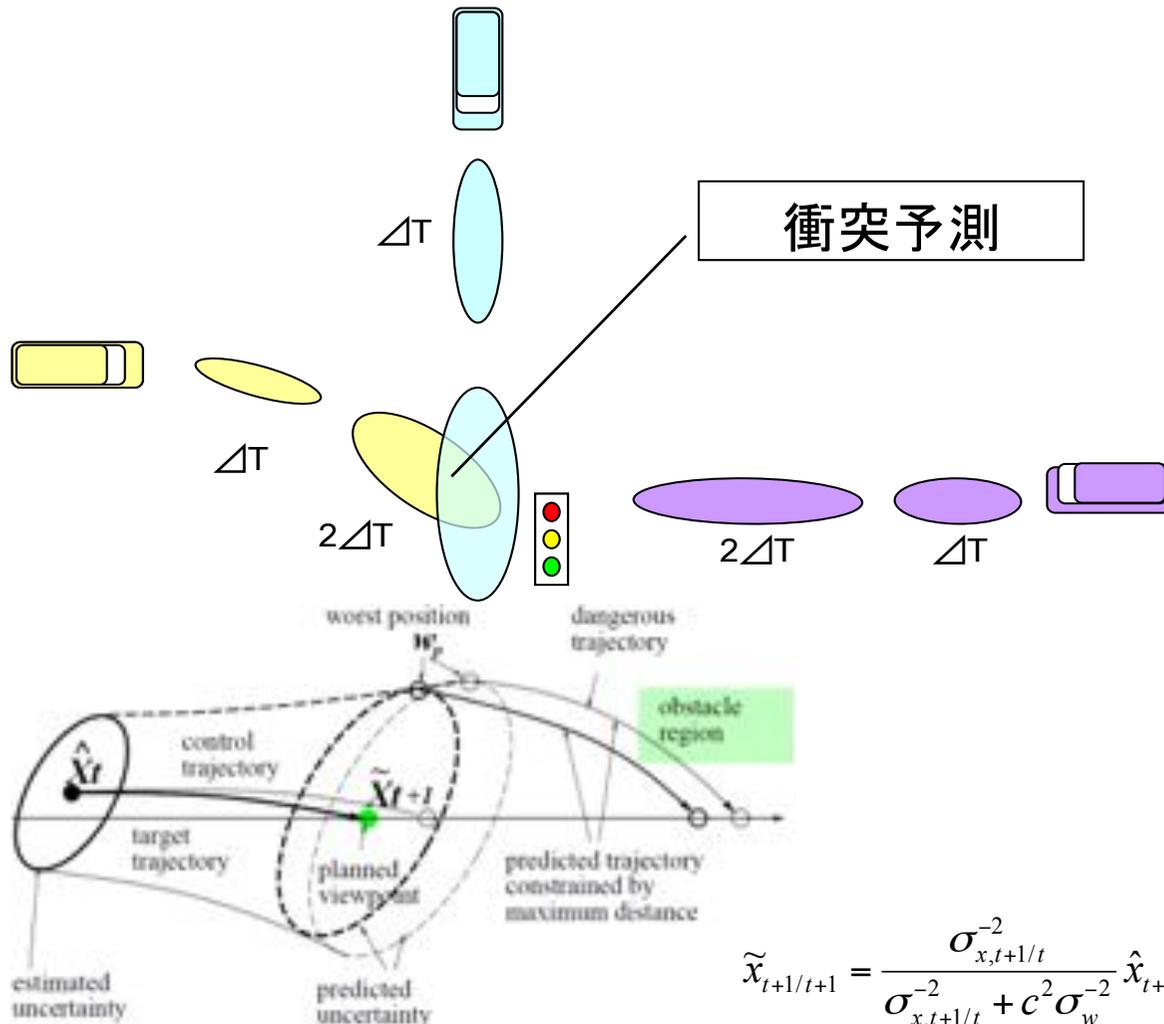
路車間，車車間通信利用の安全運転支援(1)

- 自車以外からセンサデータ，物体検出データ，他車の走行データを取得
 - 路車間通信，車々間通信，データ放送
 - 高速，高確率に推定を実現



路車間，車車間通信利用の安全運転支援(2)

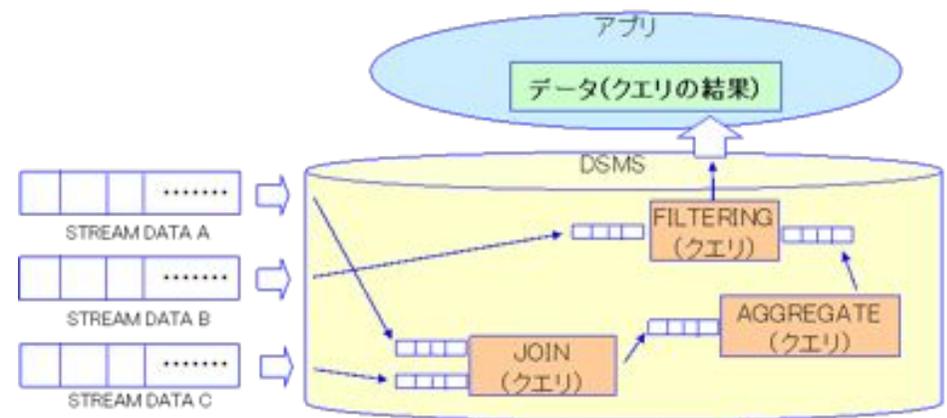
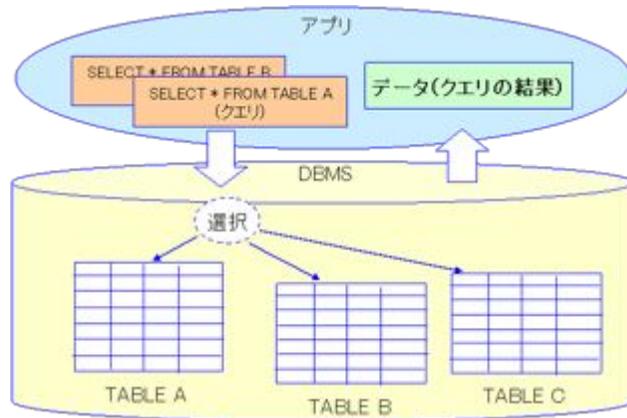
- センサ情報より，軌道情報(過去，現在，未来)データのストリーム化し，衝突確率を計算



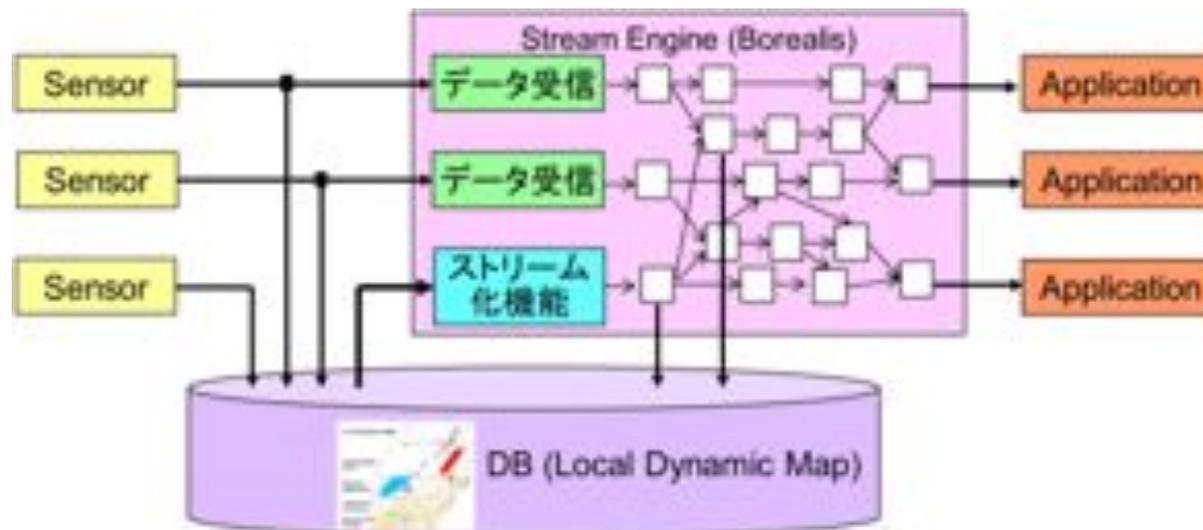
$$\tilde{x}_{t+1/t+1} = \frac{\sigma_{x,t+1/t}^{-2}}{\sigma_{x,t+1/t}^{-2} + c^2 \sigma_w^{-2}} \hat{x}_{t+1/t} + \frac{c^2 \sigma_w^{-2}}{\sigma_{x,t+1/t}^{-2} + c^2 \sigma_w^{-2}} \cdot \frac{1}{c} z_{t+1}$$

LDM開発アプローチ (DBMSとDSMSの融合)

- DBMS (通常のデータベース型)
- DSMS (データストリーム型)



- DBMS & DSMS 融合型データ管理システム



3. コンソーシアム型共同研究(2012年度より)

- コンソーシアム型共同研究により, Clouidiaを使ったLDMの実装と評価(ITS協調システム検討)を実施
 - NCES既存研究の成果を活用可能
 - NCES教授陣(組込みシステム, ネットワーク, データベースなど)による技術指導

- コンソーシアム型共同研究

- NCESが設定した研究開発テーマに, 複数の企業の参加を得て研究・開発を進める



1社あたりの研究投資額の削減

- 車載データ統合研究

- 国際標準化が検討されているLDMに, データストリーム管理技術を搭載することを目指す.



LDM, データストリームを理解する技術者の育成

- 路車間/車車間協調システムの実現を想定した車両アプリケーションのプラットフォームを検討する



複数の企業で研究・開発することで, 将来の標準化の検討

本コンソーシアムでの検討項目および研究期間

- 検討項目(参加企業により開発程度の変更)
 - LDMの実装と評価, および, 改善検討(効率化・高速化)
 - 欧州仕様の分析・実装・評価
 - 日本独自技術との相互運用検討
- 研究期間: 3年間を予定
 - 2012年度: LDMプロトタイプ実装・評価, LDM効率化・高速化検討, LDM組込み環境上での評価. 欧州標準化(M/453)仕様の分析
 - 2013年度: 独自技術との相互運用検討, LDMと路車間・車車間通信の融合.
 - 2014年度: 組込み開発環境の構築, プロトタイプアプリケーション実装
- 関連動向(参考)



コンソーシアム参加形態

- 研究は、名古屋大学情報科学研究科附属組込みシステム研究センターで実施
- コンソーシアム型共同研究にフルタイムで従事する開発技術者1名と、研究費を出す形で参加
- 研究費は技術者のレベルに応じて設定
- 開発技術者は、NCESに常駐し、フルタイムで研究開発に従事
- 開発技術者が参加できない場合については研究費のみ支出での参加形態あり
- 途中からの参加
 - コンソーシアム内で協議し了承が必要
 - 参加費は別途検討

共通領域と競争領域

- 年度ごとのプロジェクト各アイテム終了後、**一定期間経過の後に成果をオープン**にし幅広い理解を得る
 - LDMプロトタイプ実装仕様（データ構造, API, 評価結果などを公開. ソースコード, 開発ツール, テスト環境は外部非公開）
 - Cloudiaランタイム（仕様, ソースコード, 開発ツール, テスト環境を公開）
- 関連技術に関する分析・評価結果は参加メンバー間で共有（外部非公開）
- プロトタイプは、各企業ノウハウを含めない一般的な実装とする
- 具体的アプリケーションなどの将来製品につながるころ、独自仕様への最適化は競争領域

コンソーシアム運営体制

- 研究統括
 - 高田 広章(名古屋大学教授, 組込みシステム研究センター長)
- 技術指導
 - 佐藤 健哉(名古屋大学特任教授, 同志社大学教授・モビリティ研究センター長)
 - 国際標準化機構ISO/TC204 テクニカルエキスパート
 - 石川 佳治(名古屋大学教授)
 - 電子情報通信学会データ工学研究会主査, 日本データベース学会理事
 - 中本 幸一(名古屋大学特任教授, 兵庫県立大学教授)
 - 情報処理学会組込みシステム研究会主査
 - 本田 晋也(名古屋大学准教授)
 - 未踏ソフトウェア創造事業 天才プログラマー/スーパークリエイター
- 組織運営
 - 山本 雅基(名古屋大学特任准教授, 組込みシステム研究センターディレクタ)
 - 武井 千春(組込みシステム研究センター研究員)

データ統合プラットフォームの RoboCarへの適用

2011年11月29日

名古屋大学 工学部4年

高田研究室 熊谷康太

研究の狙い

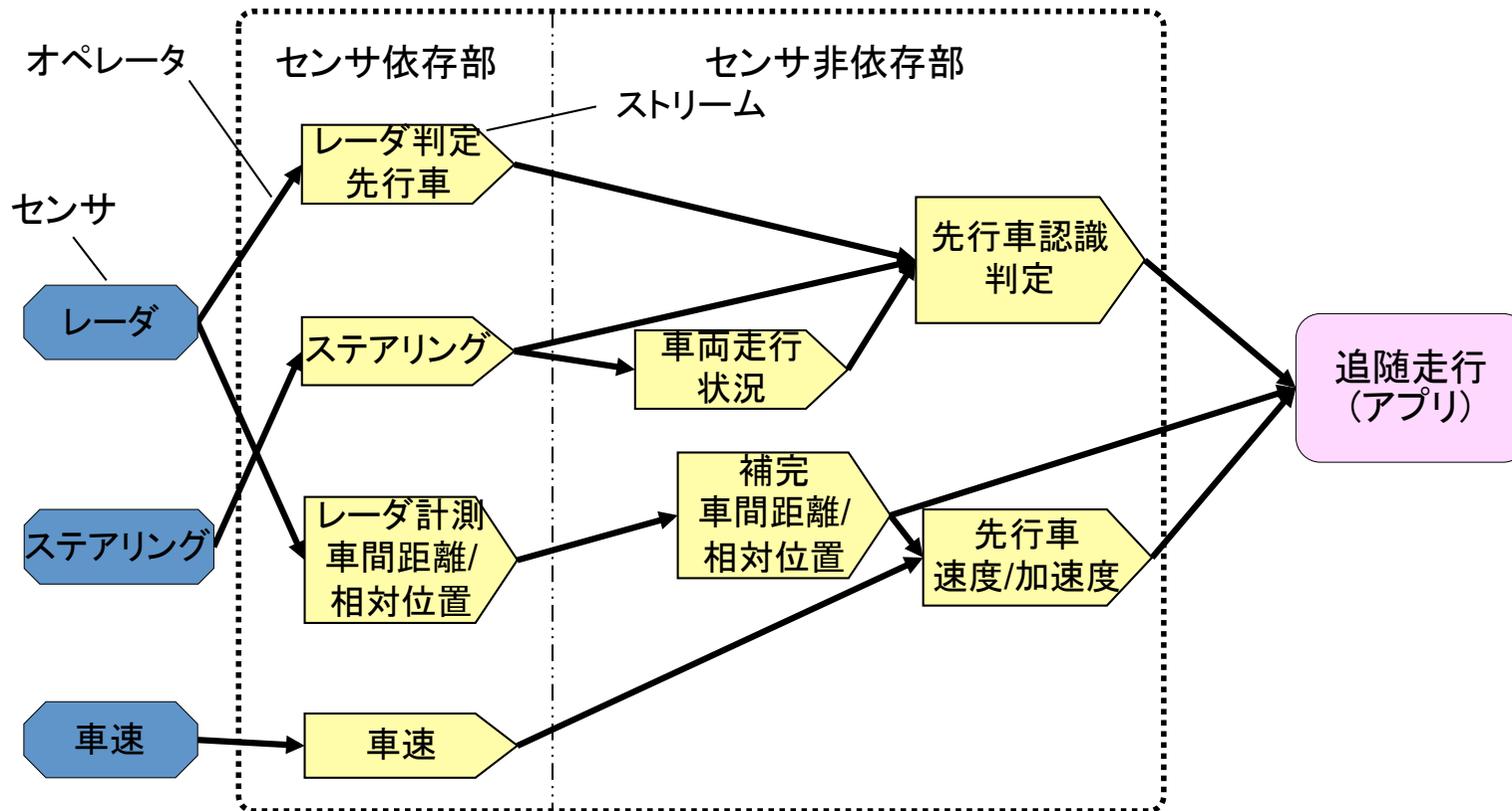
- Cloudiaの有用性実証
 - 実際の車載ECUに近い環境であるRoboCar上でCloudiaを適用し有用性を実証する
 - 理念だけでなく実機上で確かな性能を示す
- アプリ開発者が求めるPF像の探究
 - 優れたPFとは何なのかを本研究を通して追究する
 - アプリ設計・開発・評価を通して、開発者の視点からPFに求められる機能の分析を行う
 - Cloudiaの更なる発展へ繋げる

研究概要

- Cloudia適用環境と非適用環境の両方で同機能のアプリをRoboCar上で開発し、Cloudiaの有用性を実証する
 - PF化による開発容易性・変更容易性を評価
 - 評価アプリは追従走行とプレクラッシュブレーキを予定
- センサの変更に伴うコード変更量の評価
 - 車種によってレーダ搭載車とカメラ搭載車があると想定
 - レーダからカメラへの変更に伴うコード変更量を評価
- アプリ追加時に伴うコード変更量の評価
 - 追従走行実装後にプレクラッシュブレーキを追加すると想定
 - アプリ追加に伴うコード変更量を評価

ステップ1:レーダによる追隨走行の開発

- 追隨走行を実現するPFとアプリを設計
 - PF内でセンサ依存部と非依存部を分離する設計
 - PF非適用の場合と開発容易性を比較・評価



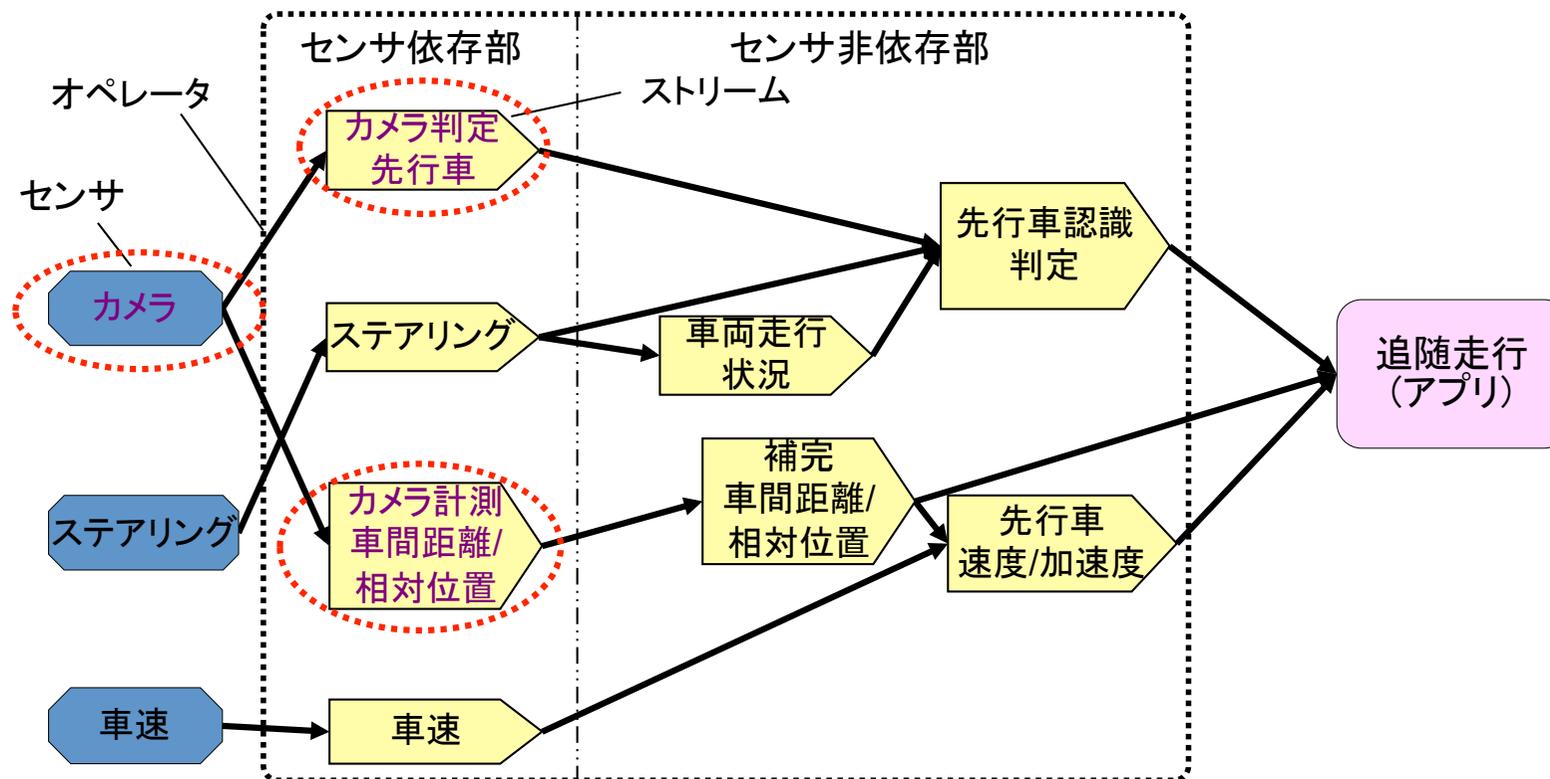
定義するストリーム

- 定義するストリームの名前と、各ストリームで保持する情報、その算出方法

ストリーム名	保持情報	算出方法
レーダ判定先行車	検知/非検知、検知/非検知時間、停止車両か、物体種類判別の有無	レーダから取得した値から判定
ステアリング	ステアリングの蛇角、ヨーレート	ステアリングから取得した値から算出
車速	車速	車速センサから取得した値から算出
レーダ計測 車間距離/相対速度	(レーダで計測した)車間距離、相対速度	レーダから取得した値から算出
車両走行状況	カーブの程度。車両の右左折の程度。	ステアリングの蛇角からカーブや右左折の程度を算出
先行車認識判定	データのコンテキストを考慮した先行車の有無	レーダ判定の先行車認識情報と車両走行状況から導かれる複数の条件により判定
補完・車間距離/相対速度	(レーダが先行車を認識できなかった時間を補完した)車間距離、相対速度	レーダの最新の計測値から近似値を算出
先行車速度/加速度	先行車の速度、加速度	補完・車間距離/相対速度と車速から算出

ステップ2:カメラによる追隨走行の開発

- レーダからカメラにセンサを変更しPFを設計
 - センサ変更時のコード変更量を比較・評価
 - PF適用ではセンサ依存部分のみの変更で対応可能
 - DSMSはデータの流が見えやすい
 - オペレータは処理単位が小さいため追加、変更が容易



ステップ3:プレクラッシュブレーキの追加

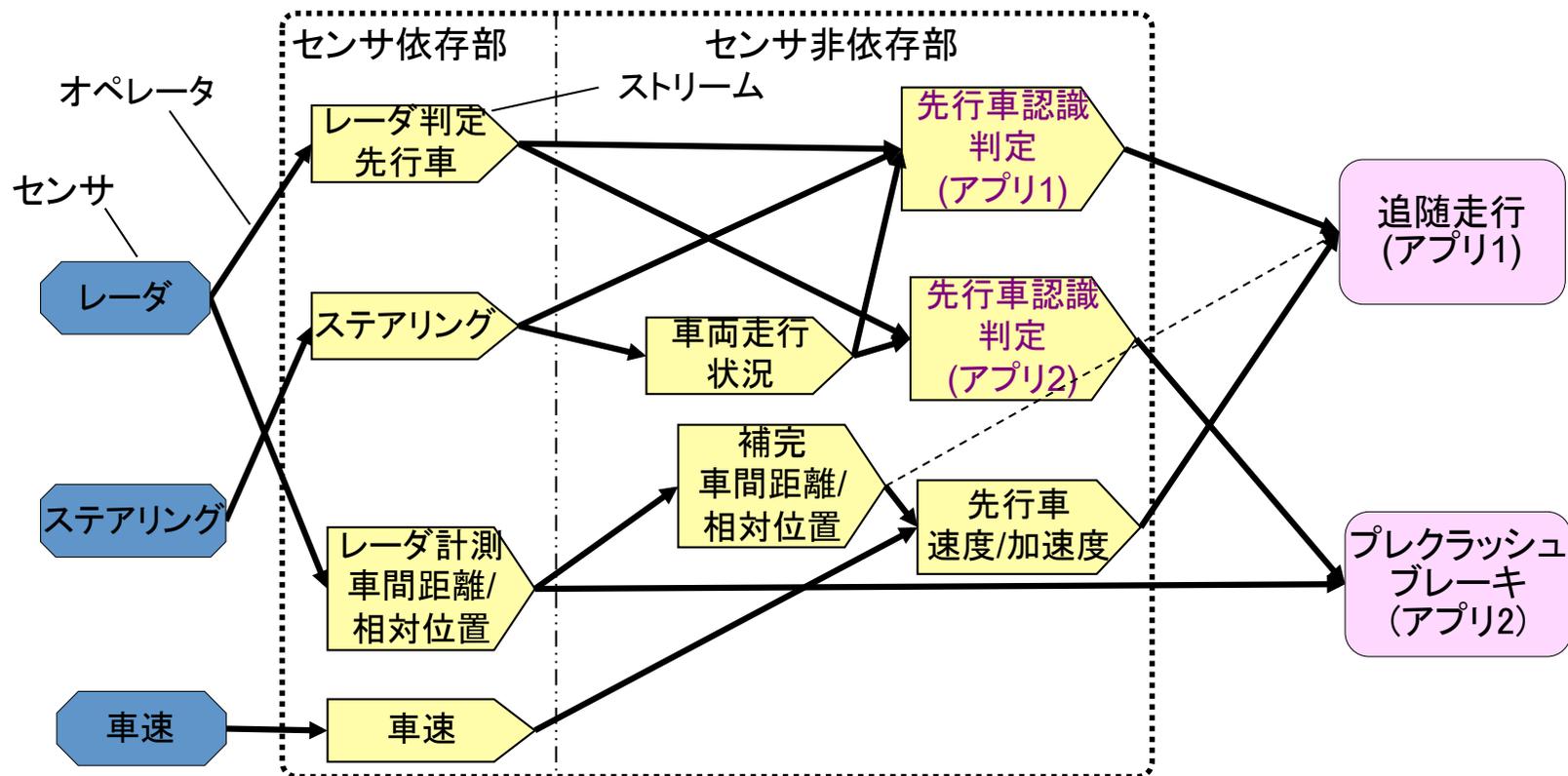
- 追加時の問題(アプリごとの先行車認識判定条件の違い)
 - 追従走行
 - 前提:認識対象との距離が広く、カーブ等で対象車を見失いやすい
 - 一時的に未検出でも一定時間は対象車が存在すると判定
 - センサ未検出時も一定時間は補完情報が必要
 - プレクラッシュブレーキ
 - 前提:認識対象との距離が狭く、対象を見失いにくい
 - 未検出の場合は即座に対象車が存在しないと判定
(誤動作を避け、ドライバーに不快感を与えるのを防ぐ)
 - センサ未検出時は補完情報が不要



判定条件の違いから、先行車認識判定のデータ共有が困難
共有できない部分のみ新たにPF内で分岐することで対応可能

ステップ3:プリクラッシュブレーキの追加

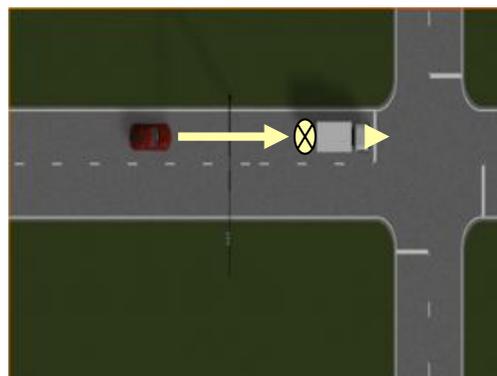
- 先行車認識判定を分岐させてPFとアプリを設計
 - 分岐に要するPF変更量の測定
 - アプリ追加時の開発容易性を比較・測定
- オペレータとストリームを追加するのみで対応可能



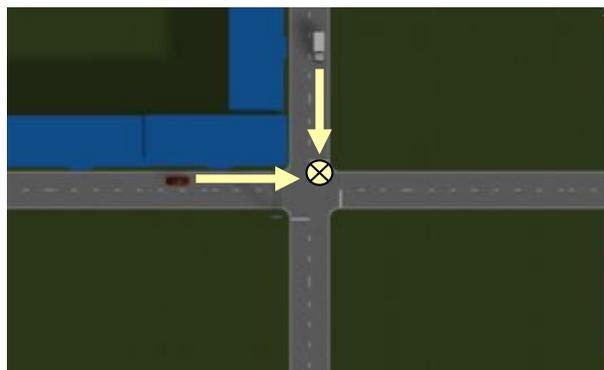
取り組みの紹介(RoboCar上でのCloudiaの性能調査)

- Cloudiaの性能調査

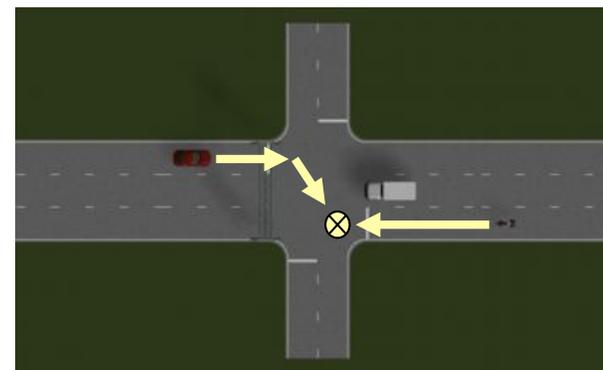
- RoboCar上でCloudiaを実行して応答時間を調査
- シミュレータのセンサデータから衝突検知するクエリを実行



前方衝突検知



交差時衝突検知



右折時衝突検知

RoboCar上のストリーム処理時間

オペレータ	前方衝突	交差時衝突	右折時衝突	全衝突
平均レイテンシ	1,701us	1,749us	1,328us	2,285us
最大レイテンシ	2,555us	3,789us	2,240us	3,977us

→ストリームの性能は問題ないと判明

進捗状況と今後の方向性

- 進捗状況

- RoboCarへのCloudiaの移植と性能調査
- 評価アプリの設計と開発
 - レーダによる追従走行の設計・実装
 - カメラによる実装へ向けてRoboCarの画像処理機能の把握

- 今後の方向性

- レーダによる追従走行の評価
- カメラによる追従走行の実装・評価
 - デバイス変更時の応答時間・精度の変化も合わせて調査
- プレクラッシュブレーキの実装・評価
 - アプリ追加時の応答時間・性能の変化も合わせて調査
- 同志社大学モビリティ研究センターとの協力
 - 両者の持つRoboCarを組み合わせた実装・評価

まとめ

- 研究概要

- Cloudia適用環境と非適用環境の両方で同機能のアプリを開発し比較・評価を行う
- 更に高機能なPFとするための展望を得る

- 評価項目

- 開発容易性の評価
 - PF適用時と非適用時で開発工数を比較
- 変更容易性の評価
 - センサ変更時に生じるPFとアプリのコード変更量を比較
- 拡張容易性の評価
 - アプリ追加時に生じるPFとアプリのコード変更量を比較
- 実ECU環境に近いRoboCar上に移植して性能を評価

ご静聴ありがとうございました

- 発表内容についてご質問があれば
 - 武井 takei@nces.is.nagoya-u.ac.jpまでご連絡下さい。
- コンソーシアム型共同研究についても上記まで連絡下されれば資料をお送りいたします。また、ご要望があれば詳細な説明にうかがいます。
- 組込みシステム研究センターについてはWebサイト <http://www.nces.is.nagoya-u.ac.jp>もご覧下さい。概要については本日配付の資料をご覧下さい。