

エネルギーイノベーションプログラム 「エネルギーITS推進事業」(中間評価)

(2008年度～2012年度 5年間)

個別テーマ詳細説明資料

「自動運転・隊列走行技術の研究開発」

(公開)

2010年8月31日

<委託先>

(財)日本自動車研究所・日本大学・神戸大学・(独)産業技術総合研究所・
弘前大学・日産自動車(株)・東京大学・(株)デンソー・東京工業大学・金沢大学・
日本電気(株)・三菱電機(株)・沖電気工業(株)・慶應義塾大学・大同信号(株)

1

目次

1. 研究開発の位置付け・必要性	P.03
2. 研究開発の計画	P.05
3. 研究開発マネジメントの工夫	P.10
4. 研究開発の内容	P.12
5. 開発テーマと成果	P.16
6. 成果のまとめ	P.44
7. 今後の研究開発計画	P.48
8. 事業化・実用化の見通し	P.49
9. 波及効果	P.53

2

1 研究開発の位置付け・必要性(研究の目的)

◆ 研究の目的

複数台の車両を近接車間距離で安全に車群走行できる隊列走行システムにより
高速道路での省エネ運転を実現するとともに市街地走行でのエコ走行運転制御をおこなう。



3

1 研究開発の位置付け・必要性(研究の意義)

◆ 研究の意義

- ・安全・安心、環境低負荷な交通システム実現への社会貢献
- ・実用化を想定した研究開発
 - ・コンセプト、実用化までの課題の整理
 - ・安全技術評価小委員会
- ・産学官連携による独自技術開発
 - ・幅広い研究者の結集
 - ・複数の大学、異分野企業、関連分野との共同・協調
- ・我が国のITS技術の展開、国際リーダーシップ
 - ・世界一流の技術開発
 - ・国際標準も視野
- ・開発した要素技術の展開
 - ・乗用車、バス、公共交通、道路管理車両
 - ・安全運転支援、制御、駐車場内自動運転
- ・物流ITSへの展開
 - ・コンセプト、課題の整理

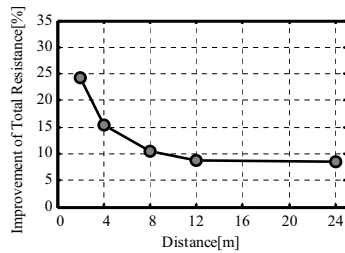
4

2 研究開発の計画(研究開発の目標)

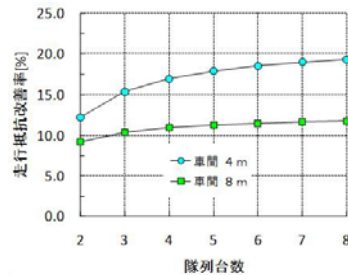
◆近接車間距離による走行空気抵抗低減と無駄のない速度制御により高速道での燃費向上を実現する。

◆既存の高速道路でも走行可能な安全で信頼性の高い隊列走行を実現する。

	中間目標	最終目標
隊列走行	車間距離10mでの3台隊列走行	車間距離4mでの4台隊列走行
燃費削減率 (時速80km at平地)	8% (3台平均)	15% (4台平均)



車間距離と走行抵抗改善率
(速度80km/hr)

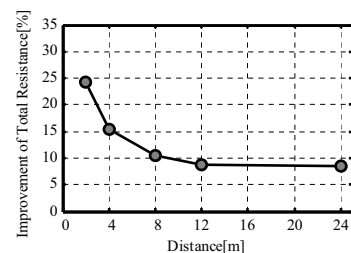
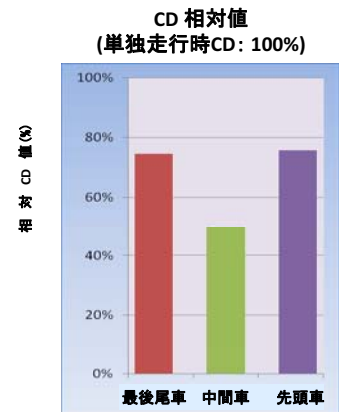
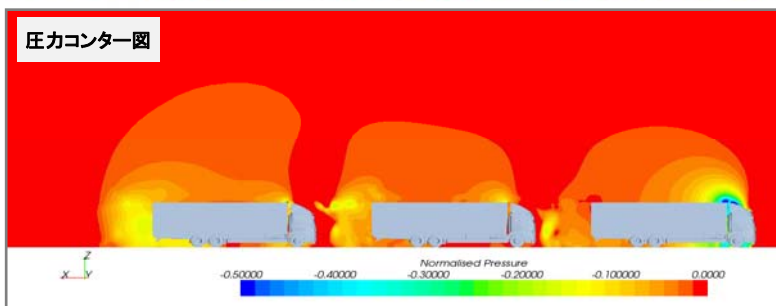
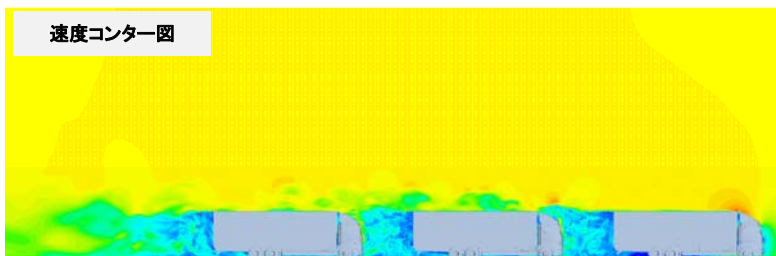


隊列台数と走行抵抗改善率
(速度80km/hr)

2 研究開発の計画(隊列走行による省エネ効果予測)

■ 3台隊列の空気流体シミュレーション

シミュレーション条件 速度:80km/h, 隊列車間距離:4m-12m



省エネ効果予測

2 研究開発の計画(目標達成に向けた必要技術)

- ◆ ドライバによる運転操作や警報等の運転支援による車間距離10mおよび4mでの隊列走行は安全上困難

・突発に発生する前方障害物に対する急ブレーキ制御



隊列車の自動速度制御

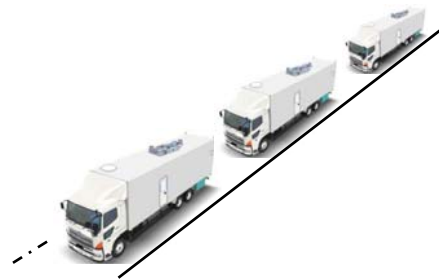
・近接車間距離でのドライバ運転負荷の軽減



隊列車の自動操舵制御

一般車混在の高速道路交通における自動運転・隊列走行の技術開発が必要

- ・走行制御技術(操舵制御、速度制御、車間距離制御)
- ・走行環境認識技術(区画白線、車両)
- ・エコ運転制御と車間距離制御の両立技術
- ・その他(位置標定技術、車車間通信技術)



7

2 研究開発の計画(国内外システムとの技術比較)

◆ 国内外の隊列走行システムとの技術比較

- ・自動操舵制御および車間距離制御を含む自動運転技術を開発
- ・省エネ化、安全性向上を目的とし、4m~10mの車間距離をめざした開発

プロジェクト/システム名	開発主体	目的	システム概要						フェーズ
				隊列台数 /車間距離	自動操 舵機能	レーンマーカ	車車間 通信	車間距離 センサ	
ショーファー (Two-Bar) ・トラックの自動隊列走行	ベント	・安全 ・省エネ化		・2台 ・10m	○	× 全車後方部 マーカ追従	なし	画像認識	研究完
Phoenix Project ・トラックの自動隊列走行	PATH	・安全 ・省エネ化		・2台 ・4m	○	○ ・磁気マーカ	2.48GHz	・ミリ波レーダ ・レーザーレーダ	研究中
KONVOI ・トラックの自動隊列走行	アーヘン大 (IKA)	・安全 ・省エネ化		・4台 ・10m	○	○ ・白線	2.48GHz	・ミリ波レーダ ・レーザーレーダ	研究完
IMTS ・バスの自動隊列走行	トヨタ	・省人化		・3台 ・20m	○	○ ・磁気マーカ	2.48GHz	車車間通信	実用化

8

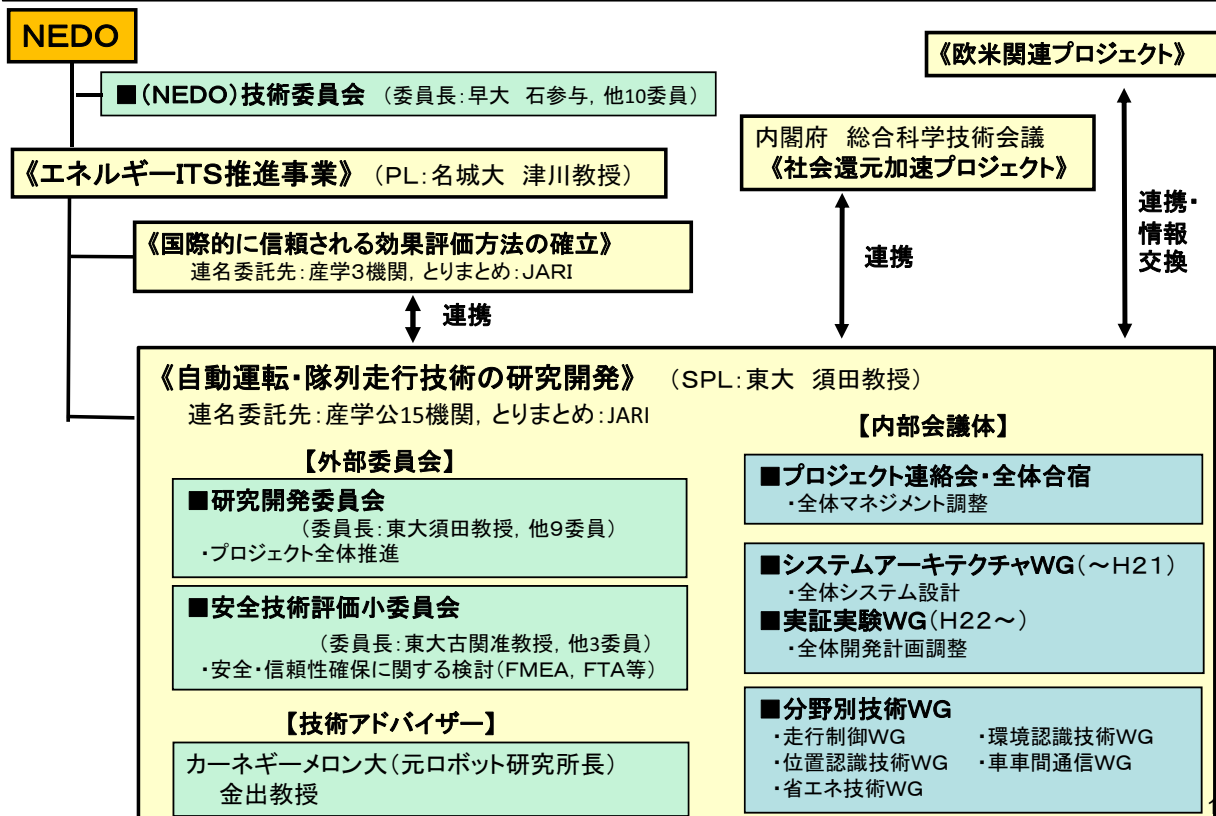
2 研究開発の計画(本プロジェクトの技術的特長)

◆海外プロジェクトより進化した点

- 自動運転・隊列走行の高信頼度化・高安全性化
 - センシング系:複数個の作動原理が異なるセンサ
 - 制御系・通信系:多重系、フェイルセーフ系
 - 操舵・ブレーキ制御系

- 物流システムへの適応を前提としたシステム
 - フレキシブルな隊列形成:車車間通信
 - 隊列走行トラックドライバのHMI
 - 混在交通の考慮

3 研究開発マネジメントの工夫(研究開発推進体制)



3 研究開発マネジメントの工夫(実施スケジュール)

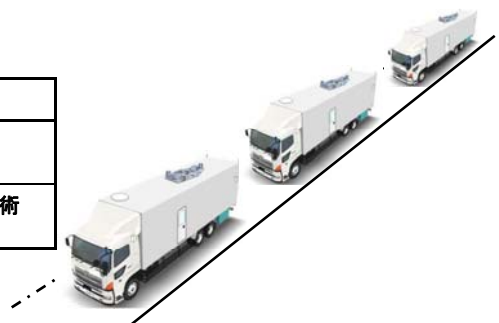
	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
全体開発 マイルストーン	機能・基本性能確保			★中間目標	性能・安全性・信頼性向上 ★最終目標
車両開発	実験車開発(大型3台)		走行実験(3台隊列/車間10m、80km/hr)	実験車開発(小型1台)	走行実験(4台隊列/車間4m、80km/hr)
社会還元加速 Prj.との連携			★ITS-Japan 試乗会	★デモ 実験	★プレ実証 実験
コミュニケーション の深化 (各種委員会 ・全体合宿)	①開発委員会開催 ②プロジェクト連絡会 ③府中合宿	①分野別WG開催 ②浜松合宿			
国際連携活動 広報活動	①#1 米国 ワークショップ (WS) ②マスコミ 発表会 ③各種講演会 (AT International)	①#2・3WS ②ITS世界 大会発表 ③自技会 論文発表 ④NEDOフォーラム発表 ⑤各種講演会	①ワークショップ開催 ②ITS世界大会 論文発表 ③自技会論文発表 ④各種講演会	同左	同左

4 研究開発の内容

◆ 隊列走行を実現する要素技術を開発するとともに隊列走行の実用化を促進するため、実験車を開発し、システムの性能および安全性、信頼性の検証をおこなう。

社会的受容性検証に要求される開発技術

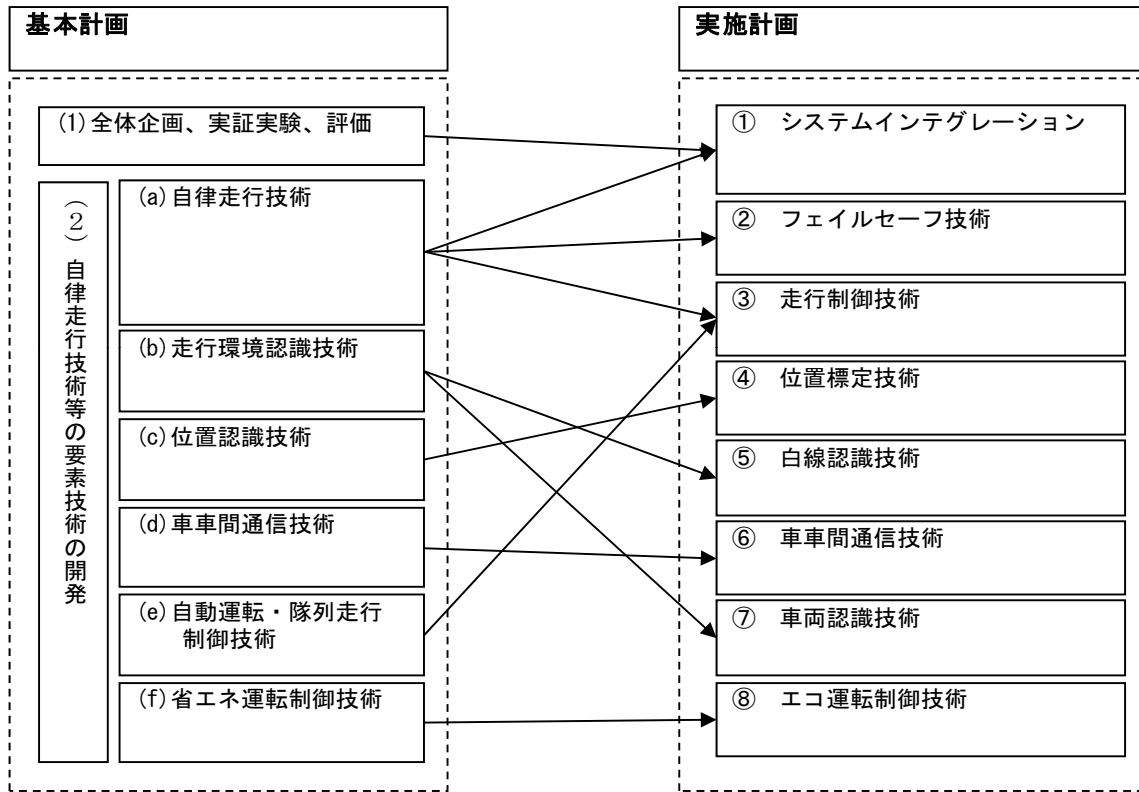
必要項目	開発項目
実験車による検証	①システムインテグレーションおよび実験車開発 担当: 日本自動車研究所
システムの安全確保	②故障時に安全性を確保できるフェイルセーフ技術 担当: 大同信号, 東大, 産業技術総合研究所



隊列走行に要求される機能と開発技術

要求機能	開発技術	
	個別要素技術	共通要素技術
車線保持	⑤対環境性に優れた白線認識技術 担当: 弘前大, テンソー, 日産自動車	③高精度でロバスト性を持つ 走行制御技術の開発 担当: 神戸大, 日大, 慶應大
近接車間保持	⑥高速で高信頼性な車車間通信技術 担当: 沖電気工業	
一般車との衝突 回避	⑦複雑な走行環境での車両認識技術 担当: 金沢大, 東京工大	
エコ運転制御	⑧市街地でのエコ運転制御技術 担当: JARI, 慶應大, 金沢大, 弘前大, 東大	
		④高精度な自車位置標定技術 ・高精度地図データ作成お よびGPSを利用した高精度 な位置標定技術の開発 担当: 三菱電機, 日本電気, 東大

4 研究開発の内容(基本計画と実施計画の関係)



4 研究開発の内容(開発テーマ)



4 研究開発の内容(実施スケジュール)

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
全体	機能・基本性能確保			性能および安全性・信頼性向上	
①システム インテグレーション	実験車開発(大型3台)			実験車開発(小型1台)	
	走行実験(3台隊列/車間10m、80km/hr)			走行実験(4台隊列/車間4m、80km/hr)	
②フェイルセーフ技術	フェイルセーフECUおよびHMIの設計・製作			システム多重化による信頼性向上	
③車両制御	自動操舵制御アルゴリズム		車間距離制御アルゴリズム(10m)		
				制御アルゴリズムの高精度化(4m)	
④位置標定技術	位置標定の高精度化技術の開発			位置標定の簡素化技術の開発	
⑤白線認識技術	画像認識とレーザの併用による白線認識技術			高速ビジョンカメラとレーザの併用による認識率向上	
⑥車車間通信	5.8GHz 車車通信の高速化			光車車間通信技術の開発と多重化	
⑦車両認識技術	先行車両および割り込み車認識アルゴリズム開発			認識率向上センサフュージョン技術開発	
⑧エコ運転制御				基本アルゴリズム設計	
				エコ運転制御モデル開発および性能評価	

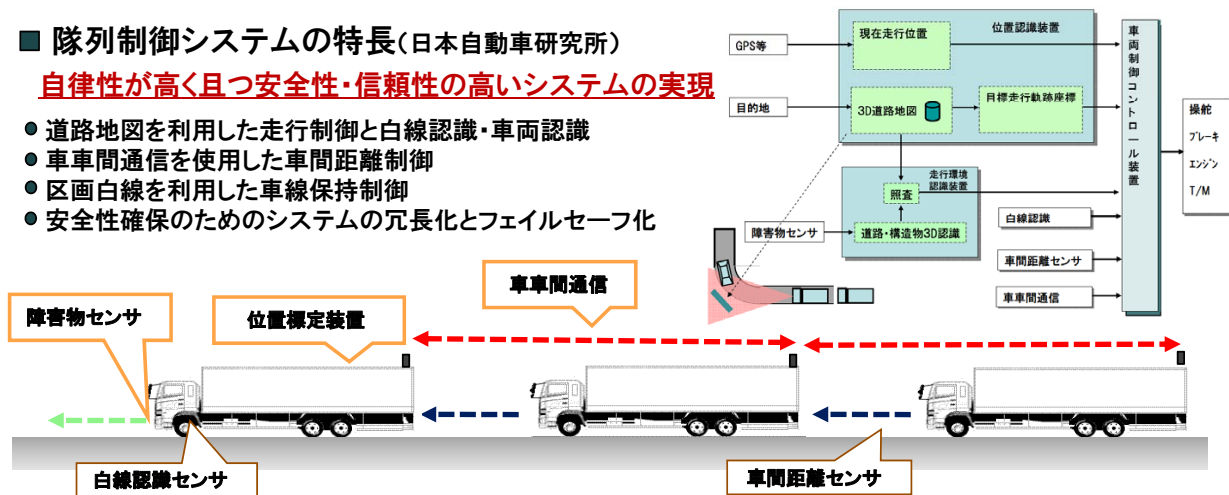
15

5 開発テーマと成果①システムインテグレーションおよび実験車開発

■ 隊列制御システムの特長(日本自動車研究所)

自律性が高く且つ安全性・信頼性の高いシステムの実現

- 道路地図を利用した走行制御と白線認識・車両認識
- 車車間通信を使用した車間距離制御
- 区画白線を利用した車線保持制御
- 安全性確保のためのシステムの冗長化とフェイルセーフ化



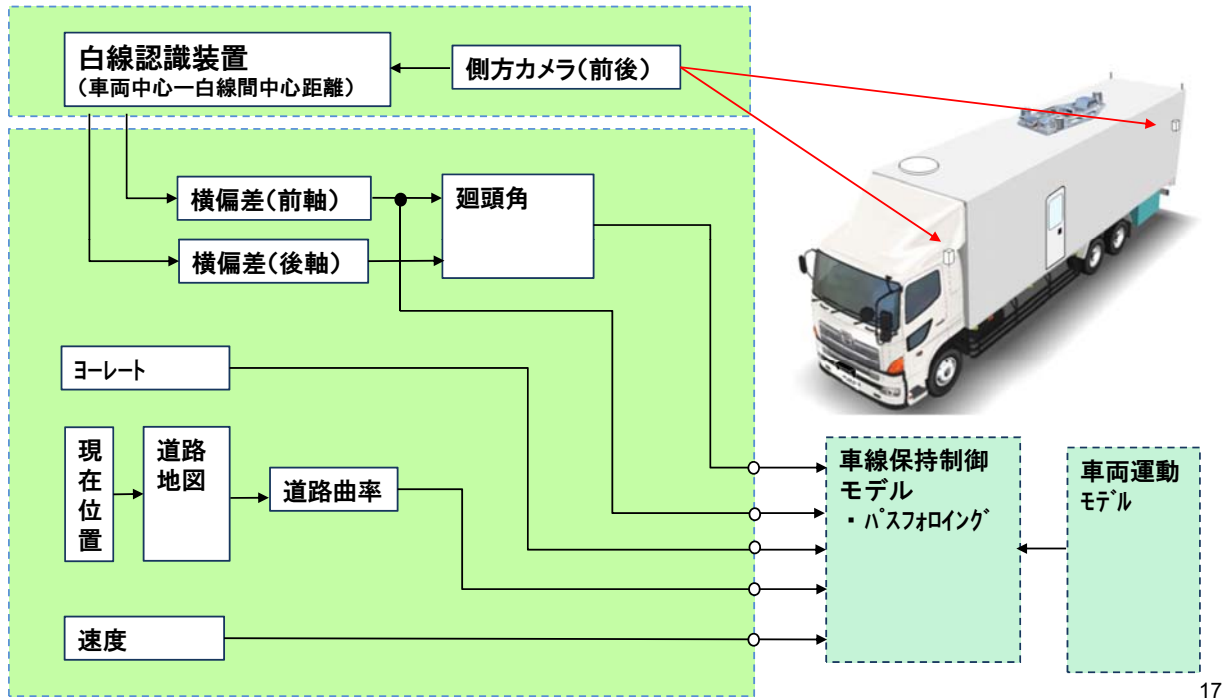
項目	中間目標(2010年度)	最終目標(2012年度)
実験環境	実験路	・実高速道路での一般車が混在した走行実験 (使用道路:未供用高速道路試験路区間9km)
	自然環境	・実高速道路での一般車が混在した走行実験 (使用道路:未定)
車間距離制御精度	10m±2.0m at 定常走行時 10m—3.0m at 0.4G減速	4m±2.0m at 定常走行時 4m—2.0m at 0.5G減速
車線保持制御精度	±0.20m(スムーズさの確保)	±0.15m(スムーズさの確保)

16

5 開発テーマと成果①システムインテグレーションおよび実験車開発

◆ 車線保持制御システム構成

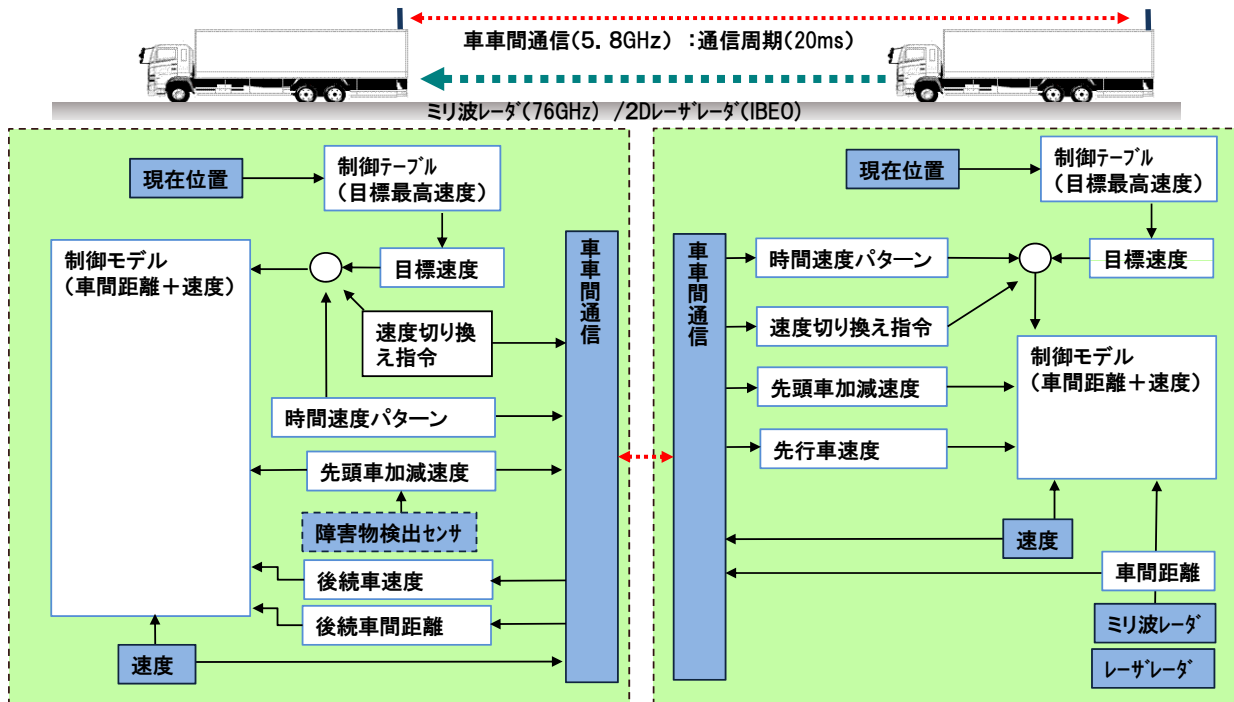
- ・横偏差, 廻頭角および道路曲率, 速度, ヨーレートを用いた車線保持制御



5 開発テーマと成果①システムインテグレーションおよび実験車開発

◆ 前車目標速度と目標車間距離を使用した速度・車間距離制御

- ・隊列内車間距離制御の安定化
- ・先頭車急減速時の車間距離の保持



5 開発テーマと成果①システムインテグレーションおよび実験車開発(成果)

(1)実験車の開発 (日本自動車研究所)

- ◆25t 大型トラック(日野プロフィア)をベース車として隊列実験車3台を製作完了し、隊列走行実験に供試
- ◆主な搭載装置:
走行制御ECU、自動操舵装置、白線認識装置、車車間通信装置、車両認識装置、車間距離センサ



19

5 開発テーマと成果①システムインテグレーションおよび実験車開発(成果)

(2)走行制御(車線保持制御および車間距離制御)

- ◆各制御アルゴリズムをインテグレートした走行制御ECUの統合ソフトウェアを開発し実験に供試
- ◆制御アルゴリズムのパラメータの適合およびノイズ対策等のフィルタリング処理等により中間目標値を達成

評価実験場 (線形)	速度 (km/hr)	車線保持制御		車間距離制御						省エネ化	
		目標性能 (cm)	制御性能 (cm)	制御性能(定常)			制御性能(at 0.4G減速)			目標	見込み
				目標 (m)	現状性能 (m)	見込み (m)	目標 (m)	現状性能 (m)	見込み (m)		
産総研周回路 (直線部)	80	±20	±10	10±2.0	15*±1.0	10±1.0	10-3.0	15*±1.0	10±1.0		
未供用高速道 (曲線:3,000R)	80	±20	±10	10±2.0	15*±1.0	10±1.0	10-3.0	15*±1.0	10±1.0	8 %	8 %

* 現在市販コンピュータで制御のため、安全性確保の点から15mで実験



自動操舵



隊列走行



ブレーキ(0.4G)

20

5 開発テーマと成果①システムインテグレーションおよび実験車(成果)

◆産業技術総合研究所高速周回路での実験走行



21

5 開発テーマと成果①システムインテグレーションおよび実験車(成果)

◆未供用高速道路での走行実験

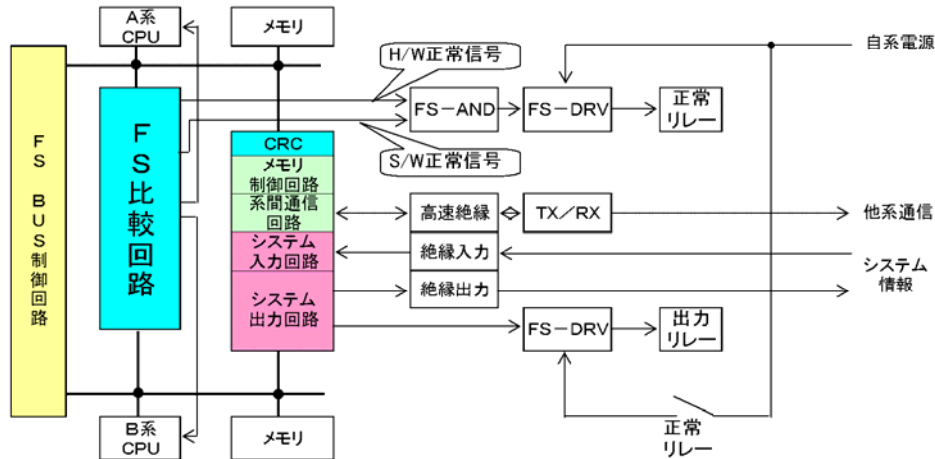


22

5 開発テーマと成果②安全性を確保できるフェイルセーフ技術

(1) 走行制御用フェイルセーフECUの開発(大同信号)

センサや走行制御ECU内のマイクロコンピュータが故障や暴走した場合、異常を検出し自動的に故障系を切り離し、異常動作を防止できるECUを開発する。



(2) HMIの開発(産業技術総合研究所)

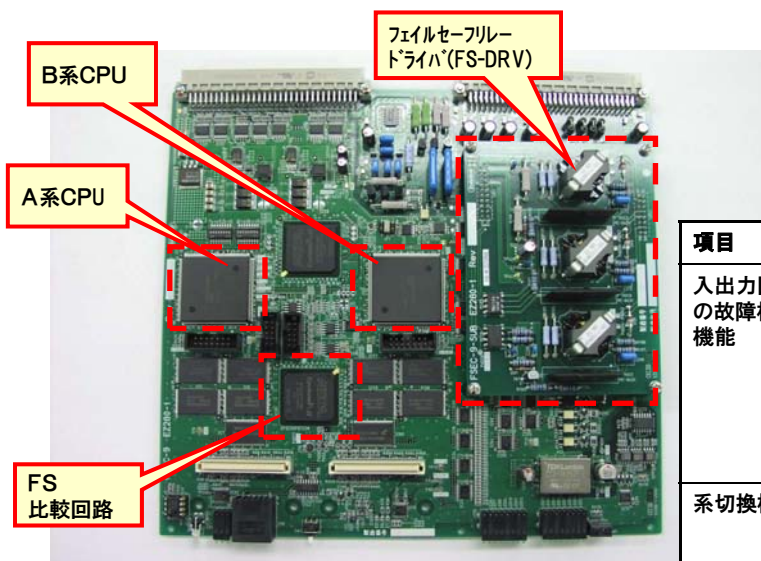
手動運転から自動運転に安全に遷移すると共にシステムに異常が発生した場合、異常をドライバに通報し的確に危険を回避できるHMIを開発する。

23

5 開発テーマと成果②安全性を確保できるフェイルセーフ技術(成果1)

(1) フェイルセーフECU開発(大同信号)

◆フェイルセーフECUを設計・製作し、CPU等の異常時のフェイルセーフ性確保を達成








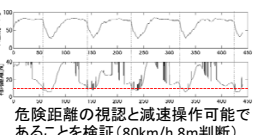

項目	目標	機能・性能
入出力回路の故障検出機能	全入出力	<ul style="list-style-type: none"> ○: CPU不正動作 ○: CPUクロック回路故障 ○: FS比較回路故障 ○: メモリエラー ○: システム入出力回路故障 ○: 通信回路故障 ○: デジタル入出力回路故障 ○: アナログ出力回路故障
系切換機能	ECU故障時の系切換え	<ul style="list-style-type: none"> ○: 系切換機能 ○: 上記等の故障時に系切換を行う。 ○: 系切り離し機能

24

5 開発テーマと成果②安全性を確保できるフェイルセーフ技術(成果2)

(2)HMIの開発(産業技術総合研究所、東京大学)

◆システムの異常をドライバーに通報し、的確に危険を回避できるHMIを設計・製作し、車間距離制御の故障・異常に対する安全性を確保する機能を開発し、機能の多重化を達成。

項目	HMIの開発と評価	
開発技術	<p>(1) 隊列走行車両のシステム状態の車内提示装置の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 通信情報から各車両のシステム状態や距離関係などの情報を提示 <p>拡大</p>  <p>車内情報提示の構成例と実車画面</p> <p>(2) 隊列走行車両のシステム状態の車外提示装置の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 車両後部に走行状態の情報を後続隊列車両に向けて提示  <p>車外提示装置</p>	<p>(3) システムに依存しない異常接近状態の認識方法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 車間距離の変化や危険車間距離を目視で認識する手法  <p>ターゲットマーカー 距離ライン 車間距離を視認するための指標</p> <p>(4) HMI評価用DSの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 実車の隊列状態を模擬可能なDSを開発  <p>DS本体 (Universal driving simulator)</p>
性能	<p>(1) システム状態の車内提示装置</p> <ul style="list-style-type: none"> 各車の緊急状態は0.04秒以内(通常状態は0.14秒以内)でドライバーへ情報提示可能 3台隊列走行の各車システム状態の運動性の異常から制御異常の早期発見と即応体制の確保が可能  <p>3台隊列走行での情報提示の検証</p> <p>(2) システム状態の車外提示装置</p> <ul style="list-style-type: none"> 車両後部に通常走行や緊急状態等の提示が可能 車内における先行車システム状態の表示との比較により、通信や表示異常の早期発見と即応体制の確保が可能 	<p>(3) 異常接近状態の認識方法</p> <ul style="list-style-type: none"> システムが機能しない状態における異常接近に対する目視による危険判断と操作介入が可能  <p>危険距離の視認と減速操作可能であることを検証(80km/h, 8m判断)</p> <p>(4) HMI評価用DS</p> <ul style="list-style-type: none"> 隊列走行における各車の故障・異常状態を模擬可能であり、上記装置の再現によりHMI評価検証が可能  <p>DS画面例(右: 8m隊列時の視界)</p>

5 開発テーマと成果③走行制御技術の開発1

(1)車両制御アルゴリズム開発(神戸大学・日本大学)

■ 車線保持制御技術の特徴

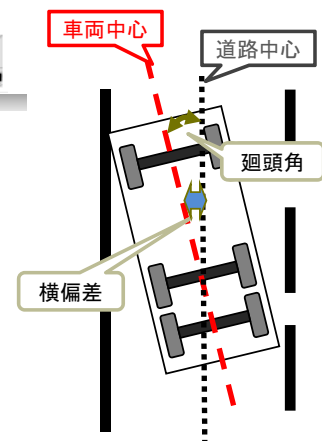
- 横偏差, 廻頭角を制御可能な非線形制御アルゴリズムの開発
- 運動学モデル, 動力学モデル, アクチュエータモデルに基づいた制御系設計

■ 車間距離制御技術の特徴

- 車間距離保持の高精度化, 安定化を達成するために前方および後方車間距離を導入した制御アルゴリズム設計
- 省エネ化を考慮した車間距離保持制御アルゴリズム設計。



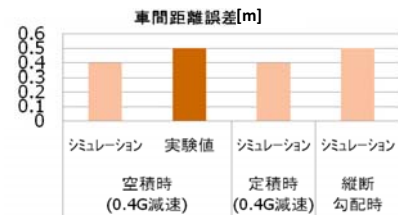
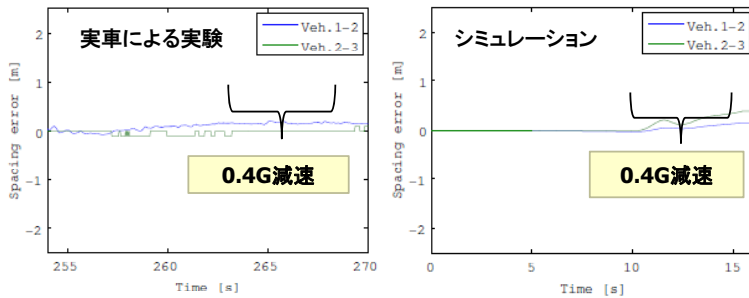
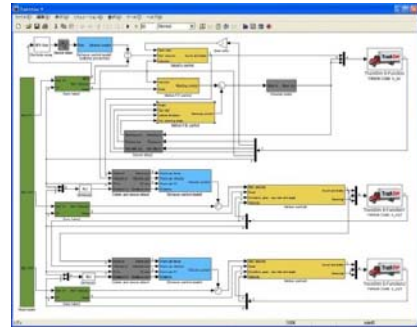
項目	中間目標	最終目標
車線保持	±0.20m	±0.15m
車間距離保持	10m-3.0m at 0.4G減速	4m-2.0m at 0.5G減速
条件	車両重量: 定積及び空積 道路縦断勾配: 上坂及び下坂	車両重量: 定積及び空積 道路縦断勾配: 上坂及び下坂



5 開発テーマと成果③走行制御技術の開発1(成果)

(1)車両制御アルゴリズム開発(神戸大学、日本大学)

- トラックSIMを利用した走行制御シミュレーションモデル(車両運動モデルを含む)を開発
- 車線保持制御および車間距離制御モデルを開発
- シミュレーションモデルを用いて0.4G減速における空積と定積時の車間距離制御性能を評価し、目標を達成できる見通しを得た。
- 0.4G減速におけるシミュレーションと実車実験で車間距離制御性能を評価した結果、ほぼ一致し、モデルの正さが照明された。



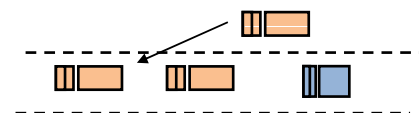
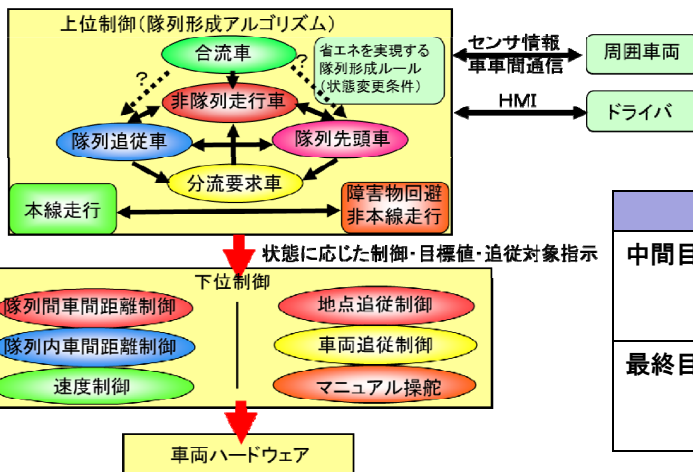
(a) 車間距離誤差
0.4G減速時の車間距離制御性能比較結果
(左:実験結果, 右:シミュレーション結果)

車間距離制御誤差の比較

5 開発テーマと成果③走行制御技術の開発2

(2)隊列形成アルゴリズム開発(慶應義塾大学)

- 隊列形成アルゴリズムの特長
 - 本線走行中の隊列形成を可能とする制御アルゴリズム
 - 周辺の一般車走行状態を乱さない隊列シーケンスと隊列形成アルゴリズム
 - 自律分散的と集中管理の併用による隊列形成とエネルギー消費を低減する隊列形成挙動を両立する制御アルゴリズムの開発



例:2台隊列から3台隊列形成

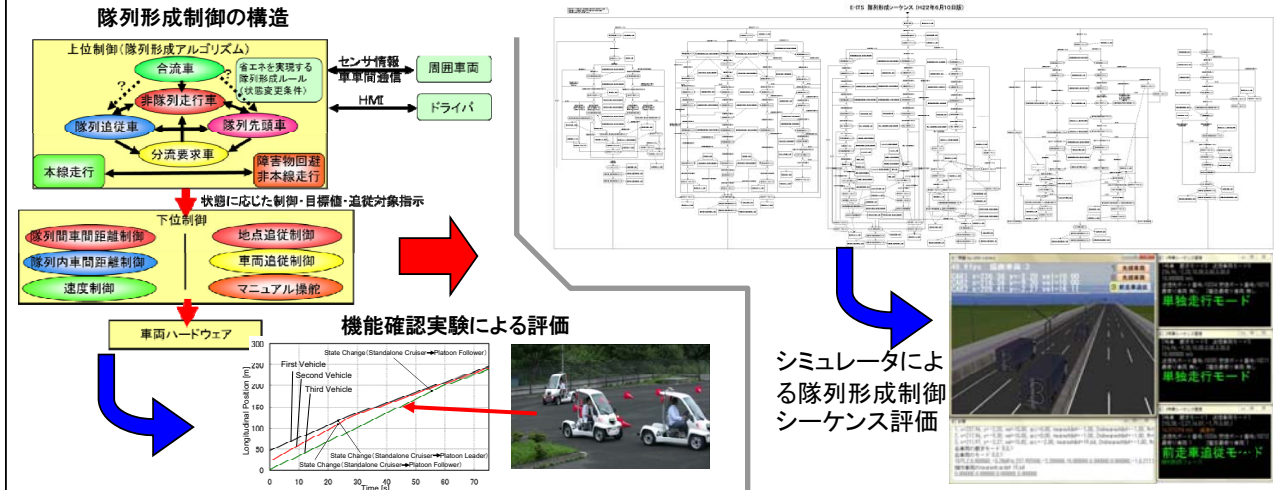
	内容
中間目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走行環境状態を限定した隊列形成を実現する隊列形成ソフトウェアの完成 ・ シミュレータ実験による有効性の確認
最終目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ シナリオを限定しない隊列形成ソフトウェアの完成と、大型トラックへの実装 ・ シミュレータと実車による有効性の確認

5 開発テーマと成果③走行制御技術の開発2(成果)

(2) 隊列形成アルゴリズム開発(慶應義塾大学)

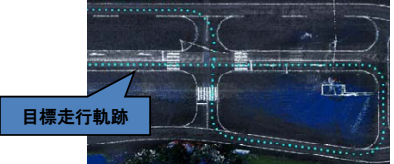


- 隊列形成時の挙動と消費エネルギーの関係を簡易計算により求め、隊列形成における過渡的な挙動を考えた場合、重量が大きい車両をなるべく加減速させないほうが、トータルの消費エネルギーが小さく抑えられることを確認した。
- 走行環境状態と隊列形成の整理と走行環境状態を限定した隊列形成(後方連結)を実現する隊列形成ソフトウェアのシーケンスを構築し、制御ソフトウェア仕様を作成した。
- 構築した隊列形成シーケンスを評価するためのシミュレータを構築し、隊列形成シーケンスの妥当性を評価した。

隊列形成ソフトウェアの制御シーケンス図


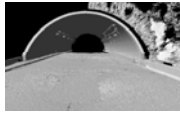
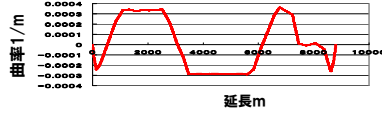


5 開発テーマと成果④高精度な位置標定技術の開発

◆ 走行制御および車両認識の精度を向上するための3D道路地図作成および位置標定技術の開発

項目	3D道路地図作成技術	高精度位置標定技術
担当	三菱電機、日本電気、東京大学	三菱電機、東京大学
内容	<p>(1) 道路電子地図データ作成技術 ・GPS、レーザスキャナ、カメラによる道路計測データから道路電子地図データを作成する技術の開発 ・実験路の道路電子地図データの作成</p> <p>(2) 目標走行軌跡生成技術 ・道路計測データをもとに、車両の目標走行軌跡を3次元空間曲線で生成するアルゴリズムの開発</p>  <p>(3) 3次元データ道路地図作成技術 ・道路の路側帯やトンネル内の構造物及びトンネルそのものの形状の3次元計測を通じた高精度地図を作成する技術の開発</p>	<p>(1) リアルタイム自己位置標定技術 ・GPS、IMU、車速パルス等の情報を入力として、現在位置座標と方位を高精度に算出する技術及び位置認識装置の開発</p>  <p>(2) 全方位カメラによる車両位置認識技術 ・あらゆる方向の映像を1枚の画像として撮影することのできる全方位撮影型マルチカメラシステムを用いて、自車位置を高精度に推定するアルゴリズムの開発</p> 
目標	<p>(1) 実験路の道路電子地図データ作成 (2) 道路計測データの誤差、ばらつきを吸収し、緩やかに変化する連続曲線を生成 (3) トンネルの高精度3次元道路地図作成</p>	<p>(1) 位置標定精度: 0.3m (2) 道路沿い建物の認識、市街地において画像のみより自己位置を車線を特定できるレベルで推定</p>

5 開発テーマと成果④高精度な位置標定技術の開発(成果1)

項目	3D道路地図作成技術 (三菱電機、日本電気、東京大学)
開発技術	(1)道路電子地図データ作成技術 ・計測データから道路電子地図データを作成する技術を開発し、産総研、未供用高速道等の実験路の地図データを作成  (2)目標走行軌跡生成技術 ・産総研、未供用高速道等の実験路の目標走行軌跡を3次元空間曲線で生成し、その結果をインデックステーブルとして出力 (3) 3次元データ道路地図作成技術 ・未供用高速道路のトンネル(下り)全体を3次元計測 
性能	(1)実験路の道路電子地図データを作成 (2)曲率変化率 目標±0.1(1/m ²)以下を満足  (3)未供用高速道トンネルの3次元計測を完了

31

5 開発テーマと成果④高精度な位置標定技術の開発(成果2)

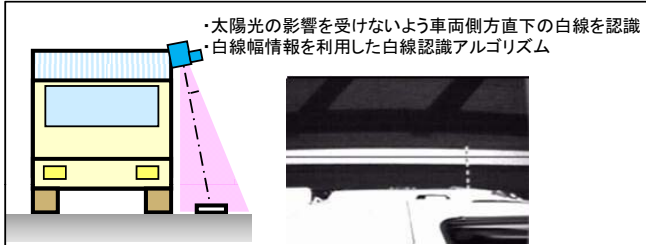
項目	高精度位置標定技術(三菱電機、東京大学)																				
開発技術	(1)リアルタイム自己位置標定技術 ・GPS、IMU、車速パルス等の情報から、高精度なリアルタイム自己位置を算出するアルゴリズムを開発 ・実験車両に搭載する位置認識装置を開発  (2)全方位カメラによる車両位置認識技術 ・建物高さ情報を考慮した時空間画像を用いた建物認識アルゴリズムを開発 ・建物のコーナーなどの特徴点追跡による位置姿勢推定アルゴリズムを開発 																				
性能	(1)実験路での位置精度評価において、目標精度0.3mを満足 (2)・建物認識に関して95%以上の正解率を達成 ・特徴点追跡では、市街地において車線を特定できる精度で自己位置推定可能 <table border="1" data-bbox="1050 1883 1358 2011"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>実験路</th> <th>車速</th> <th>誤差</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>周回路</td> <td>30km/h</td> <td>0.07m</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>周回路</td> <td>50km/h</td> <td>0.06m</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>周回路</td> <td>80km/h</td> <td>0.08m</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>周回路</td> <td>急停車</td> <td>0.05m</td> </tr> </tbody> </table>	No.	実験路	車速	誤差	1	周回路	30km/h	0.07m	2	周回路	50km/h	0.06m	3	周回路	80km/h	0.08m	4	周回路	急停車	0.05m
No.	実験路	車速	誤差																		
1	周回路	30km/h	0.07m																		
2	周回路	50km/h	0.06m																		
3	周回路	80km/h	0.08m																		
4	周回路	急停車	0.05m																		

32

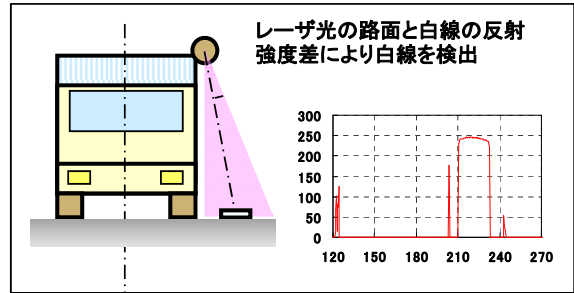
5 開発テーマと成果⑤白線認識技術の開発

◆画像認識とレーザーダの併用による極めて認識性能の高い白線認識技術の開発。
また、画像認識用カメラとして高速ビジョンセンサを開発。

(1)画像認識技術開発(弘前大学)

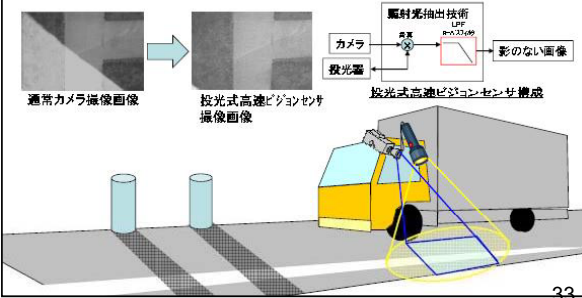


(2)レーザーダ白線認識開発(デンソー)



(3)高速ビジョンセンサ開発(日産自動車)

2次元同期検波照射光抽出技術により、照射した光のみで照らされた画像を撮像
→ 太陽光や外灯等の光を除去できるため、影のない道路区画白線画像を提供






開発目標	中間目標	最終目標	環境条件
検出精度	±20mm	±20mm	第3種白線
誤検出率 (処理フレーム総数あたり)	10 ⁻⁵ 以下	10 ⁻⁶ 以下	・産総研高速周回路1周 ・晴天、曇天、雨天
未検出率 (処理フレーム総数あたり)	10 ⁻³ 以下	10 ⁻⁴ 以下	・逆光(西日等)

項目	レーザーダ	高速ビジョンカメラ	既存カメラ
路上影の影響	◎	○	△～×
照度変化	◎	○	△～×
白線の水没	△～×	○	○
白線情報量	○	◎	◎

5 開発テーマと成果⑤白線認識技術の開発(成果1)

(1)画像認識技術の開発(弘前大学)

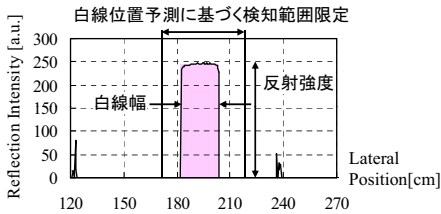


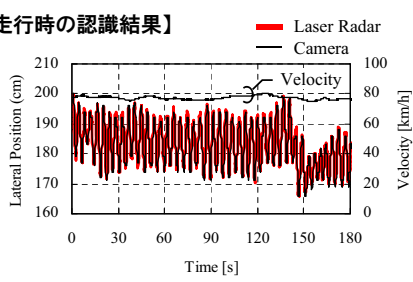
◆ 画像認識装置および認識アルゴリズムを開発し、実道路にて性能評価を実施し、目標の精度を実現

項目	内容			
開発技術	<ul style="list-style-type: none"> 輝度変化ピーク点および輝度変化方向と白線幅を利用した白線候補線抽出等からなる白線認識アルゴリズムを開発 認識アルゴリズムを高速処理可能な高信頼性画像処理装置を開発  			
性能	位置検出精度: 平均±20mm以下(車両静止状態)			
	対線形	対自然環境		
	実線:○ 破線:○	雨天時(含む冠水)	部分影	照度急変化部(橋下)
		○:降雨時および路面冠水時認識可 	○:路側構造物影に対し誤認識なし。 	△～× :晴天時急激な照度変化によるハレーション発生により検出不可 

5 開発テーマと成果⑤白線認識技術の開発(成果2)

(2)レーザーレーダ白線認識技術(デンソー)

◆白線認識装置および認識アルゴリズムを開発し、実道路にて性能評価を実施。画像認識と同等の検出精度を実現

項目	内容			
開発技術	①路面との反射強度差、白線幅情報、検出履歴を活用した白線位置予測を利用して白線を抽出する認識アルゴリズムを開発 ②分解能に優れるデンソー量産レーザーレーダを使用、認識アルゴリズムを組み込んだ白線認識装置を開発			
	 <p>白線位置予測に基づく検知範囲限定</p>	 <p>デンソーレーザーレーダ</p>	 <p>認識アルゴリズムを実装した信号処理装置</p>	
性能	精度:平均±20mm以下(車両静止状態) 【走行時の認識結果】 	対線形 実線:○ 破線:○	対自然環境 雨天時(含む冠水) 部分影 照度急変化及び夜間 △~× :水溜りからの正反射/ノイズへの対策要 ○ :路側構造物に対し誤認識なし ○ :橋梁下通過時の照度変化に対し誤認識なし	

5 開発テーマと成果⑤白線認識技術の開発(成果3)

(3)高速ビジョンセンサの開発(日産自動車)

◆車載可能な高速ビジョンセンサの動作原理確認機を試作、リアルワールドで白線撮像機能を検証

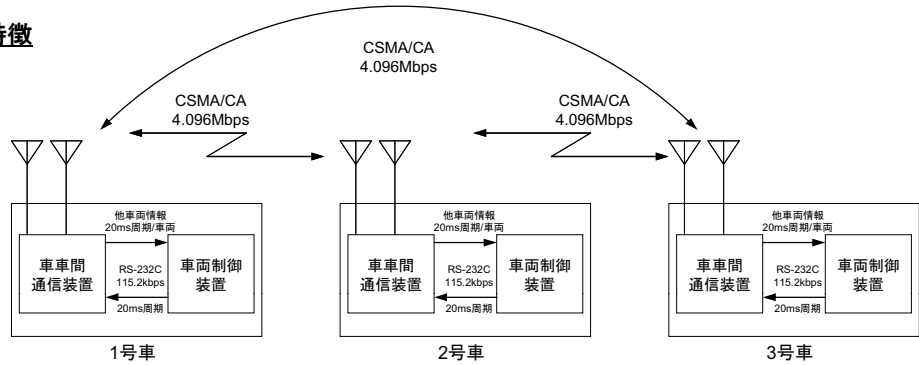
項目	成果					
開発技術	・逐次・パイプライン処理により高フレームレート化を実現 ・照射光抽出技術を組み込んだ投光式高速ビジョンセンサを開発					
	 <p>投光式高速ビジョンセンサ</p>		 <p>実験車両</p>			
性能	道路区画白線撮像性能:高照度/低照度、および瞬間的な照度変化に対する照射光抽出性能評価					
評価シーン		橋下 ◎:低照度時(日陰)撮像可 △:高照度時S/N低下		トンネル ◎:低照度時撮像可		支柱影 ◎:影の影響低減性能
上段 下段 照射光抽出画像	 <p>直射時:50,000lux 日陰:7,000lux</p>		 <p>≒300lux</p>		 <p>影の照度変化時間<2m秒³⁶</p>	

5 開発テーマと成果⑥高速で高信頼な車車間通信技術の開発

◆ 5.8GHz帯を用いた高速で高信頼な車車間通信技術の開発(沖電気工業)

車車間通信システムの特徴

- ・低遅延時間
- ・連送機能
- ・ダイバーシチ受信



車車間通信システムの構成

車車間通信技術開発目標値

項目	中間目標	最終目標
最大伝送範囲	40m	60m
車両間伝送周期 (伝送データ量:50バイト)	20msec	20msec
無通信発生確率(1時間あたり 100msec連続無通信)	10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰
パケット到達率 (伝送周期20msecの場合)	99.78%	99.92%

* 100msec以上無通信の場合、故障と判定し、隊列走行を解除



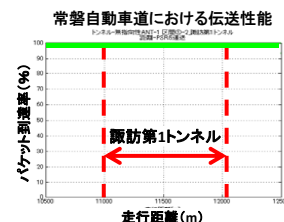
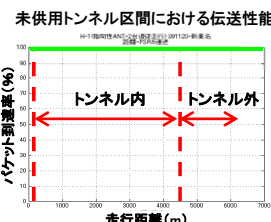
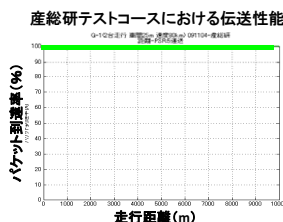
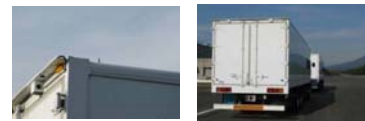
隊列走行向け車車間通信装置

5 開発テーマと成果⑥高速で高信頼な車車間通信技術の開発(成果)

高速車車間通信技術の開発(沖電気工業)

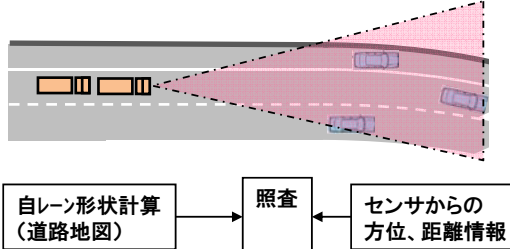
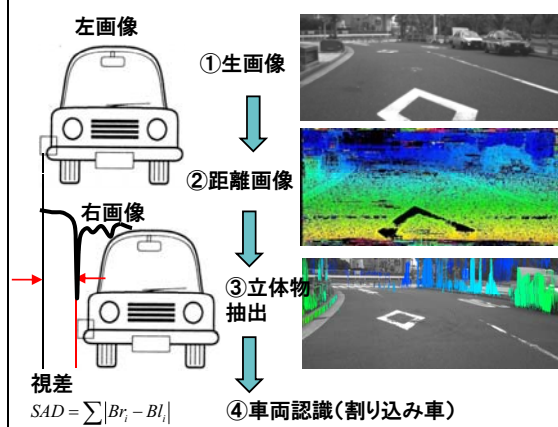
◆搬送波周波数5.8GHzの自律分散型同報車車間通信装置を開発し、性能評価を実施

項目	成果
開発技術	出力10mw 搬送波周波数5.8GHz(実験局)の無線部とデータ処理部から構成された車車間通信装置の製作・性能評価を実施後、隊列走行実験に供試。 <ul style="list-style-type: none"> ・パケット到達率99.8%を確保するため、隊列走行環境を考慮したダイバーシチ受信機能と送信連送機能を開発
性能	<ul style="list-style-type: none"> ・大型トラック2台隊列走行実験により確認 試験路、未供用トンネル区間、既存高速道などの環境において、通信品質検証データ取得 パケット到達率99.8%を達成 試験路:速度80km/hr、車間距離25m 未供用トンネル区間:速度30km/hr、車間距離5m 既存高速道:速度50km/hr~80km/hr、車間距離40m~80m



5 開発テーマと成果⑦複雑な走行環境での車両認識技術開発

◆ 隊列走行の周辺を走行する一般車両認識技術の開発

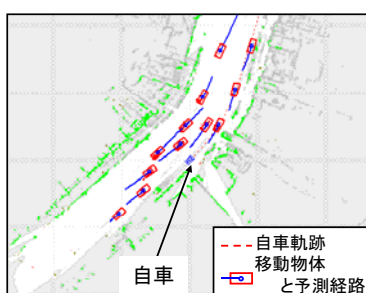
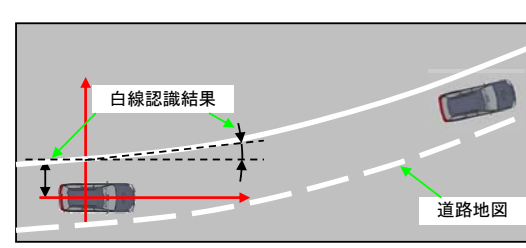

	(1) 前方車両認識	(2) 割り込み車両認識				
	金沢大学	東京工業大学				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・レーザレーダおよびミリ波レーダの情報を融合した車両認識アルゴリズム ・道路地図および車両制御情報を利用した自車レーン内の前方車両検出 	<ul style="list-style-type: none"> ・ステレオ画像による割り込み車認識 				
目標	項目	中間	最終	項目	中間	最終
	最大検出範囲(除く雨、霧、雪)	100m	120m	最小・最大検出範囲(除く霧、雪)	5~10m	3~10m
	誤検出率(at 60m)	1%	0.5%	誤検出率	1%	0.5%
	未検出率(at 60m)	0.1%	0.01%	未検出率	0.1%	0.01%

39

5 開発テーマと成果⑦複雑な走行環境での車両認識技術開発(成果1)

(1) 前方車両認識技術(金沢大学)

◆ 認識アルゴリズムを開発し、性能評価を実施。検出範囲120mの目標値を達成

項目	内容		
開発技術	<ul style="list-style-type: none"> ・レーザレーダとミリ波レーダを融合し、自車運動を考慮して高精度に立体物を検出、移動物体を時系列追跡し、運動推定を行うアルゴリズムを開発 ・白線認識結果を基に道路地図と照査し、前方車両を認識するアルゴリズムを開発  		
性能	検出対象物	トラック:○ 乗用車:○ 2輪車:△	道路線形
	検出距離	最大検出距離120m (未検出率0.05%未満, 誤検出率0.3%未満)	
		直線区間:○ 曲線区間:○	

40

5 開発テーマと成果⑦複雑な走行環境での車両認識技術開発(成果2)

(2)割り込み車両認識技術(東京工業大学)

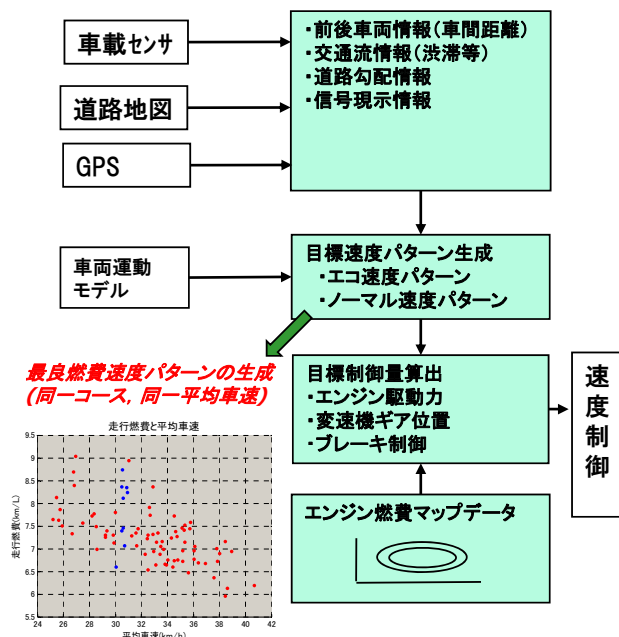
項目	内容
開発技術	ステレオカメラ画像による車両認識アルゴリズムおよび認識アルゴリズムを高速に処理可能なFPGAを開発。 ・立体物抽出および道路幅情報を利用し、前車との隙間に割り込んでくる車を認識するアルゴリズムを開発し、性能評価を実施した結果、目標時間内に認識できることを確認。
性能	<p>・日中の曇天および雨天(通常のワイパー払拭速度で視界が保たれる程度)において、自車の前方5mから30mの範囲で、自車線に進入してくる割り込み車を遅くとも1/30秒で認識。</p>

41

5 開発テーマと成果⑧エコ運転制御技術の開発

◆ 周辺走行環境状況に応じたエコ運転制御技術

- ・前方の交通状況や信号現示および道路形態に適応したエンジン、トランスミッション、ブレーキ統合制御による燃費の最適化



	中間目標	最終目標
内容	エコ運転制御モデルの設計 エコ運転速度パターンの生成	一般ドライバ平均比 単車 15%省エネ化 (JARI 模擬市街地)

研究項目	担当	研究内容
1. エコ運転速度パターンの生成	慶應大 JARI	交通状況、道路形状に対応した速度パターンの生成
2. エコ運転ドライバのモデル化	東大	DSを用いたエコ運転ドライバのモデル化
3. エコ運転制御モデルの設計	慶應大	オーバシュートのないエンジン駆動力制御モデルの設計
4. 交通流推定アルゴリズムの開発	金沢大	周辺車両情報に基づいた交通流推定
5. 信号現示認識アルゴリズム開発	弘前大	画像認識による信号機現示アルゴリズム開発

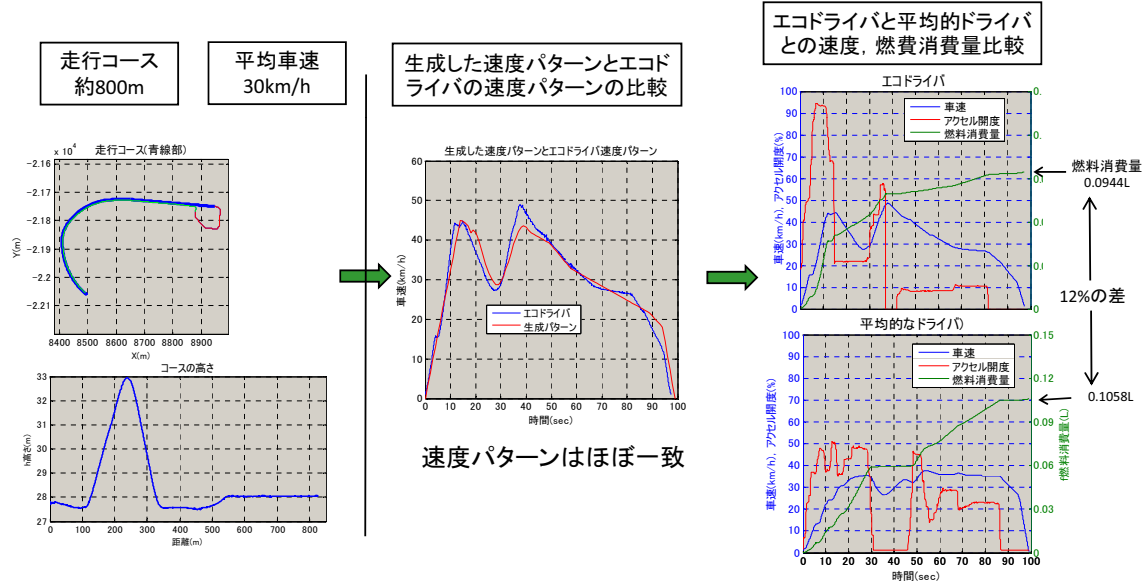
42

5 開発テーマと成果⑧エコ運転制御技術の開発(成果)

エコ運転速度パターン生成技術の開発(日本自動車研究所, 慶應義塾大学)

◆走行エネルギー最小化のためのエコ運転速度パターン生成アルゴリズムを開発

- ・道路形状に対応した走行エネルギー最小速度パターンを算出。
- ・エコ運転のエキスパート運転手による走行速度パターンを実験車を用いて計測。
計算速度パターンと照合の結果, ほぼ一致。
- ・エコ運転エキスパート運転手による実測燃費は平均ドライバに比較し10~15%程度燃費向上。



6 成果のまとめ(全体:①システムインテグレーション)

技術項目	主な中間目標	現状性能		達成度 (自己評価)
		産業技術総合研究所 高速周回路	未供用高速道路	
隊列台数	3台	大型トラック3台	大型トラック3台	○
速度	80km/hr	80km/hr	80km/hr	
車線保持性能	・横偏差量: ±0.2m	±0.1m	±0.1m	○ 年度末 達成見込み
車間距離性能	・距離制御: 10±2m (定常) ・制御偏差: 10-3m (at 0.4G減速)	15m±1.0m	15m±1.0m	

6 成果のまとめ(要素技術)

技術項目		主な中間目標	現状性能	達成度 (自己評価)
② フェイルセーフ 技術開発	1)フェイルセーフECU	・ECUの設計・製作	・製作およびフェイルセーフ機能 確認完了	○
	2)HMI	・HMIの設計・製作	・実車での機能確認完了	○
③ 走行制御 技術開発	1)走行制御アルゴリズム	・システムインテグレーション 目標と同一目標	・車線保持:±0.15m ・車間距離:15m±1.0m	○(年度末 達成見込み)
	2)隊列形成アルゴリズム	・混在交通下での隊列形成アル ゴリズム設計	・アルゴリズム設計およびシミュ レーションによる機能検証中	○
④ 位置標定 技術開発	1)高精度地図作成	・区画白線および路側構造物、 トンネルの3D地図作成技術	・レーザータおよび画像融合に よる技術開発	○
	2)位置標定技術	・精度:±0.3m	・精度±0.15m	○
⑤ 白線認識技術開発		・環境条件:晴天、曇天、雨天 ・検出精度:±20mm ・誤認識率:10 ⁻⁵ 以下 ・未検出率:10 ⁻³ 以下	晴天、曇天、雨天にて ・検出精度:±20mm ・誤認識率:3×10 ⁻⁶ ・未検出率:2×10 ⁻⁴	○
⑥ 車車間通信技術開発		・最大伝送範囲:40m ・パケット到達率:99.78%	・最大伝送範囲:300m ・パケット到達率:100%	○
⑦ 車両認識 技術開発	1)前方車両認識	・検出距離:100m ・未検出率:0.1%	・検出距離:120m ・未検出率:0.05%	○
	2)割り込み車認識	・検出距離:5-10m ・未検出率:0.1%	・検出距離:5-30m ・未検出率:未評価	○(年度末 達成見込み)
⑧ エコ運転制御技術開発		・エコ運転制御モデルの設計	・モデル設計完了	○(年度末 達成見込み)

6 成果のまとめ(特許の取得)

出願国	名称	出願日	出願人	状態
日本	距離計測装置及び 距離計測方法	2009/8/31	日産自動車	出願
日本	走行支援装置、走行支援方法、 及びプログラム	2010/3/23	日本電気	出願
日本	検知装置	2010/3/30	デンソー	出願
日本	検知装置	2010/3/31	デンソー	出願

6 成果のまとめ(論文発表および普及活動)

	2008年度	2009年度	2010年度	計
論文(査読有)	4件	14件	14件	32件
研究発表・講演	10件	56件	27件	93件
受賞実績(※)	—	5件	—	5件
新聞・雑誌等への掲載	—	2件	1件	3件
普及活動	4件	3件	4件	11件

※受賞内容

1. 2009 自動車技術会秋季大会 学術講演会 優秀講演発表賞 (金沢大学)
2. 2009 ITSシンポジウム2009 ベストポスター賞(慶應義塾大学)
3. 2009 精密工学会 VIEW2009 ビジョン技術の実利用ワークショップ優秀論文賞(日産自動車)
4. 2009 画像の認識・理解シンポジウム インタラクティブセッション賞(東京大学)
5. 2009 計測自動制御学会関西支部若手研究発表会優秀発表賞(神戸大学)

7 今後の研究開発計画(平成23-24年度)

1. 安全性の向上

- ◆ 車間距離4mはシステム故障時ドライバ操作による緊急回避操作が期待できない領域であり、安全性・信頼性向上に対する技術開発が必要



◆ システムの2重化と安全設計

- 重要装置の1系が故障・異常発生時、残りの正常系で車間距離をドライバの緊急回避操作が可能な車間距離に拡大し、安全性を確保
- ・車車間通信の2重化に対する技術開発(光車車間通信技術等)
 - ・白線認識や車両認識の2重化に対する技術開発(高速ビジョンセンサ等)
 - ・位置標定の2重化に対する技術開発

2. 走行制御性の向上

- ◆ 急減速時の車間距離制御性向上に対する技術開発が必要

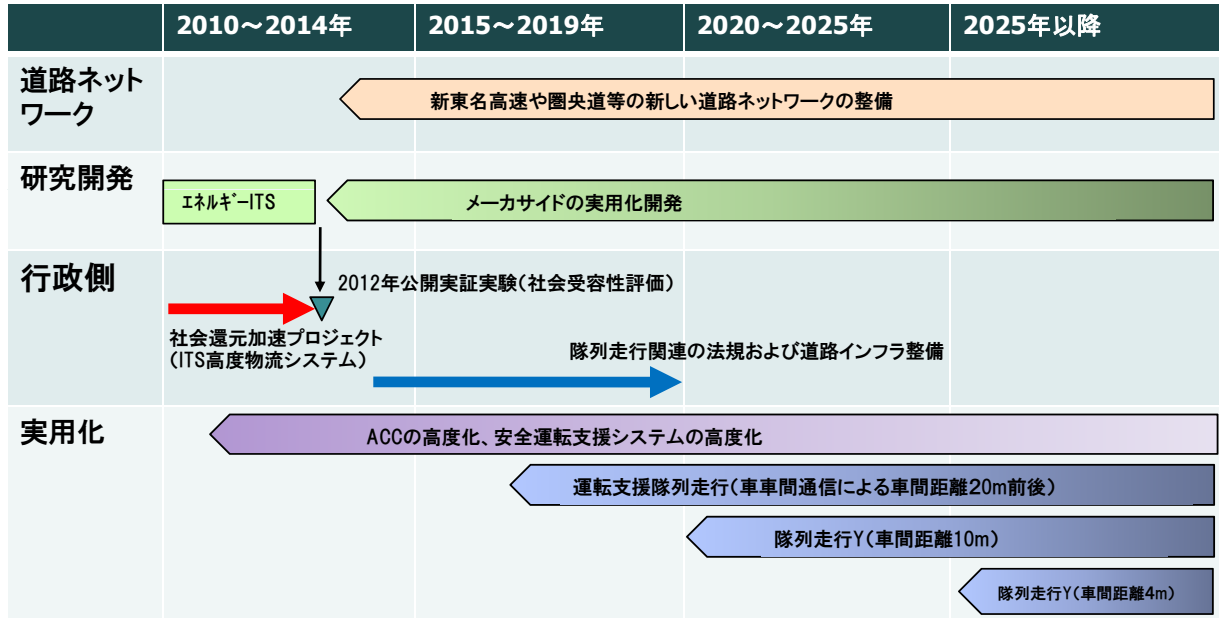


◆ 車間距離制御系の主要装置の性能改良

- ・制御アルゴリズムの改良設計
- ・車車間通信の高速化
- ・ブレーキ装置の性能向上

8 事業化・実用化の見通し(ロードマップ)

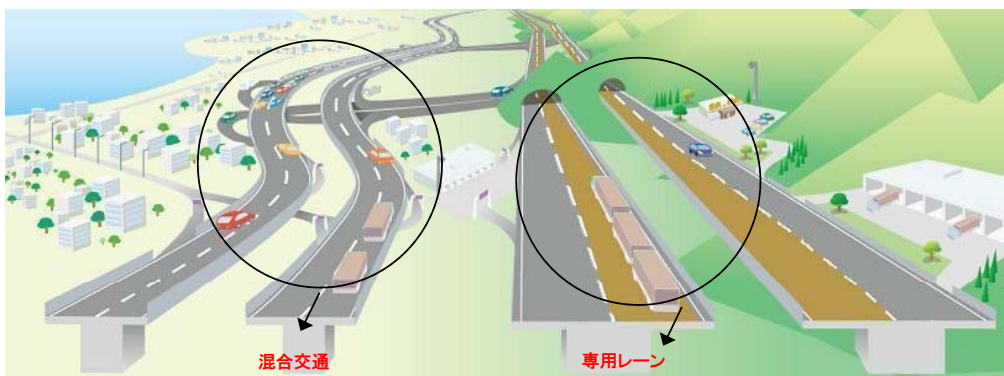
- ◆ 社会還元加速プロジェクト(官・民協同)と連携し、隊列走行の実現に向けた実証実験を実施。
- ◆ 法規適合への可能性より車車間通信を用いた車間距離20m以上の運転支援型の 隊列走行が最初に導入され、その後、法規改正、社会的受容性の認知を経て、2020年のCO2 25%削減目標実現に向け、コンセプトYの隊列走行を導入。



49

8 事業化・実用化の見通し(隊列走行の実用化コンセプト)

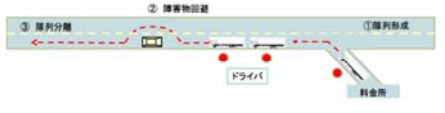
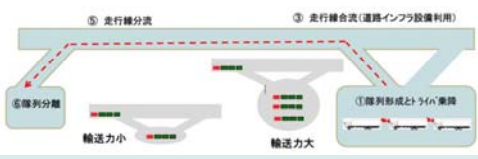
- ◆ 社会的ニーズおよび道路インフラを考慮した隊列システムのコンセプトイメージ



主な項目	コンセプト Y	コンセプト Z
コンセプトの概要	一般車と混在した中で隊列走行を可能とする。	一般車が走行しない専用レーンで無人隊列走行を可能とする。
狙い・目的	トラックの省エネ化と交通流の改善	トラックの省エネ化と省人化
隊列形態	3台隊列走行(混合交通からの制約)	4台以上の隊列走行
ドライバの有無	全車ドライバ乗車	先頭車のみドライバ乗車 後続車:無人

50

8 事業化・実用化の見通し(各コンセプトの詳細)

項目	コンセプトY		コンセプトZ	
	Y1(車間距離10m)	Y2(車間距離4m)	輸送力 (760台/時間)	輸送力 (180台/時間)
走行レーンへの 流入・流出	<ul style="list-style-type: none"> ・料金ゲートより流入 ・本線走行中に隊列形成 		<ul style="list-style-type: none"> ・料金ゲートより流入 ・ドライバ乗降場にて隊列形成 	
隊列 形成				
必要インフラ設備			<ul style="list-style-type: none"> ・専用レーン直結のドライバ乗降場が必要 	
目標 性能	最高速度	80km/hr		80km/hr
	車間距離	10m程度	4m程度	4m程度
要求 機能	操舵関係	・車線保持支援	・車線保持制御 ・レーンチェンジ	・車線保持制御 ・レーンチェンジ
	速度関係	自動停止および先行車追従		・先行車追従 ・自動停止制御 ・自動発進制御

51

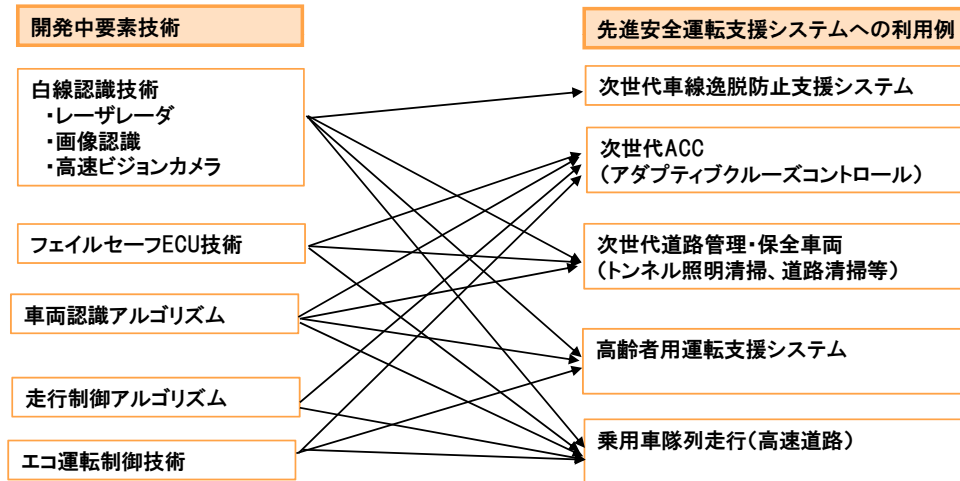
8 事業化・実用化の見通し(課題)

1. 道路交通流への影響(安全性等)
 - ・IC,PA,SA合流部での本線合流一般車への影響
 - ・本線走行中の隊列形成時の交通流への影響
 - ・隊列追い越し時の安全性確保
2. 物流事業者に対する受容性
 - ・車両価格
 - ・ドライバへの影響
3. 現行法規への対応と法規改正の必要性
 - ・車両保安基準
 - ・道路交通法
4. 隊列走行に対する社会的認知の獲得(安全性等)

52

9 波及効果

- ◆物流の効率化を目指した**次世代のトラック幹線物流システム**への展開が期待される。
- ◆開発された要素技術は事故防止を目的とした**安全運転支援システム**にも**利用可能**であり次世代自動車への幅広い展開が期待でき、自動車産業の活性化、国際競争力強化につながる。
- ◆**隊列走行技術**開発は現在国際競争段階にあり、欧米に先駆けて開発された場合、海外市場に対し圧倒的に弱者である**国内大型メーカー**にとり**海外進出の強力な武器**となりうる。



53

ご清聴ありがとうございました。

54