

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」(事後評価)

プロジェクトの詳細(公開)

自動運転・隊列走行技術の研究開発

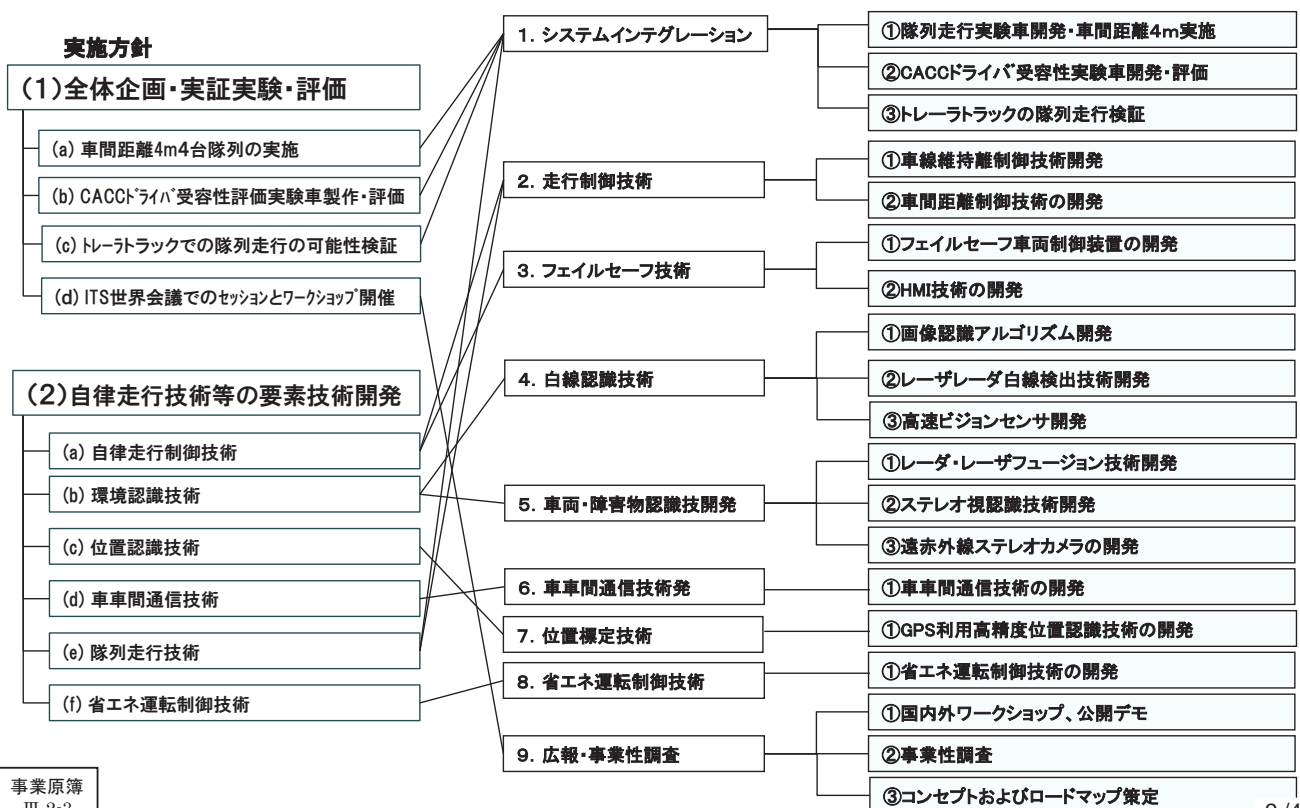
(一財)日本自動車研究所・日本大学・神戸大学・(独)産業技術総合研究所・弘前大学・日産自動車(株)・東京大学・(株)デンソー・東京工業大学・金沢大学・日本電気(株)・三菱電機(株)・沖電気工業(株)・慶應義塾大学・大同信号(株)

2013年8月30日

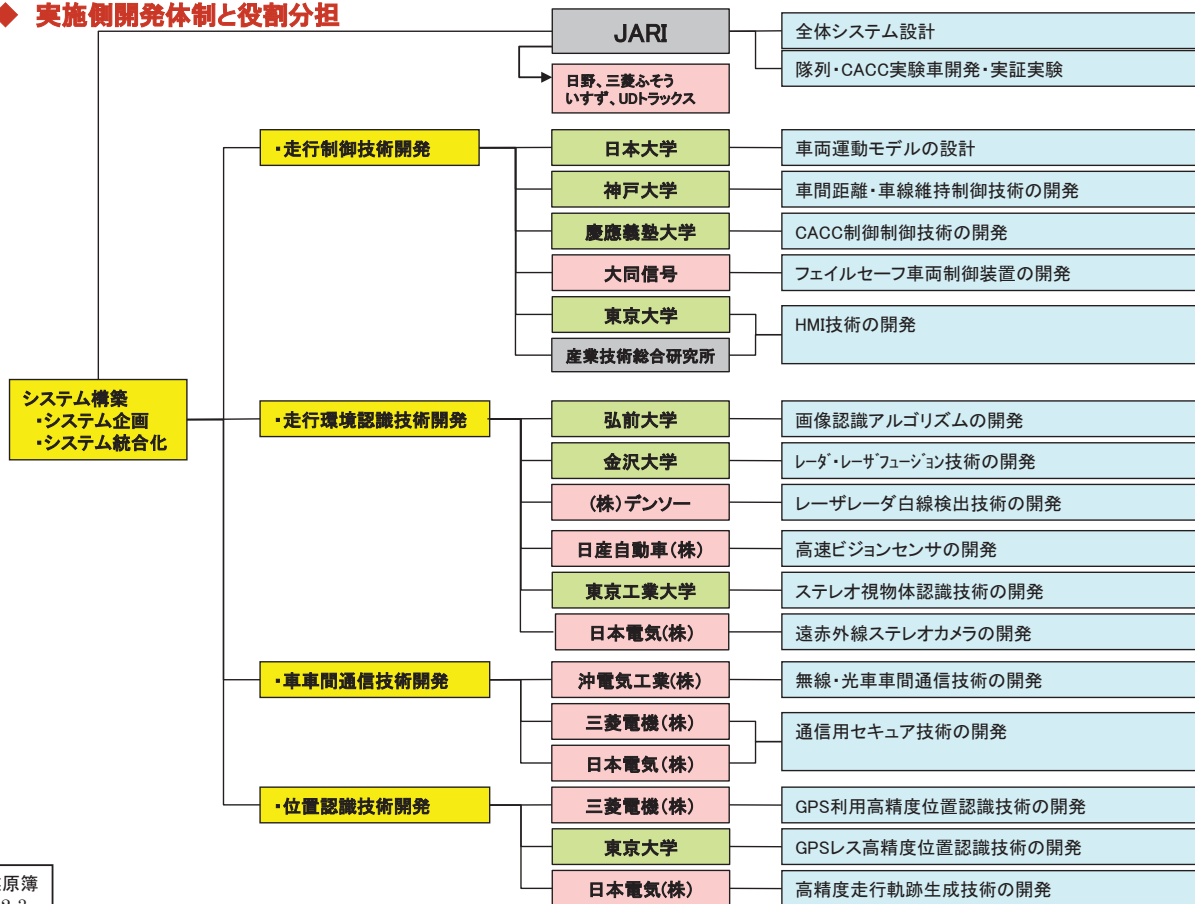
Ⅲ. 研究開発成果について (1)目標の達成度と成果の意義

◆実施方針と実施項目(個別技術項目)の関係

実施方針を実施するに際し、9分野の実施項目に整理し実施。



◆ 実施側開発体制と役割分担



◆ 基本計画の達成目標に対する成果

	達成目標値	成果	達成度
中間目標 (平成22年度)	<ul style="list-style-type: none"> ・大型トラック3台隊列 ・速度80km/h 定常走行 ・車間距離10m が可能な実験車の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験車の開発を完了 ・減速度0.4Gを含む車間距離10mでの3台隊列走行の可能性を実証。 	○
最終目標 (平成24年度)	<ul style="list-style-type: none"> ・自動運転・隊列走行に係る要素技術の確立 ・大型トラック3台、小型トラック1台の4台隊列走行 ・速度80km/h 定常走行 ・車間距離4mの走行可能性を検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・車間距離4mを実現するための高精度・高信頼な走行制御等要素技術を確立 ・大型トラック3台、小型トラック1台の4台による減速度0.4Gを含む車間距離4mでの隊列走行の可能性を実証。 	○

◎: 目標を上回る達成 ○: 目標どおりの達成

◆基本計画における研究開発の具体的内容と成果(1)

	実施項目	成果
(1) 全体企画・実証実験・評価	(a) 車間4m4台隊列走行の検証 一般の車が混在する走行環境下において大型トラック、小型トラック計4台隊列で時速80km/h、車間距離4mでの走行を検証。	・大型トラック3台、小型トラック1台の4台による減速度0.4Gを含む車間距離4mでの隊列走行を実証。
	(b) CACCDドライバ受容性評価の実施 ・大型メーカーによるCACCDドライバ受容性評価実験車の製作 ・隊列実験車3台又は4台による走行実験 ・受容性評価実験の実施 ・開発・実用化ロードマップの策定	・大型メーカーによるCACCDドライバ受容性評価実験車の製作 ・隊列実験車3台又は4台による走行実験 ・受容性評価実験の実施 ・開発・実用化ロードマップの策定
	(c) トレーラ型トラックでの隊列走行のFS実施 ・トレーラ型トラックの車両制御シミュレーションの実施 ・トレーラ型トラックでの自動操縦装置およびブレーキ制御装置の制御性を評価	・トレーラ型トラックの車線維持制御シミュレーションを実施し、制御精度±25cmが可能であること検証。 ・操舵制御装置を宇部興産所有のトレーラ型トラックに搭載し、隊列実験車と同等の性能であることを確認。
	(d) 自動運転・隊列走行成果の広報 ・第19回ITS世界会議での「自動運転・隊列走行」のセッションとワークショップの実施	・ITS世界会議(ウィーン)にて4件の成果を発表 ・欧米の自動運転研究者10名参加のワークショップを開催し、実用化における課題等について意見交換を実施。

◆プロジェクトとしての達成状況

■最終目標と達成状況

①自動運転・隊列走行に係る要素技術の確立

達成状況: **達成** (多重系フェイルセーフシステム)

②一般の車が混在する走行環境下において、

大型トラック及び小型トラック合計4台隊列で、

時速80km定常、車間距離4mでの走行可能性の検証

達成状況: **達成** (但し一般車両の混在環境は限定的)

■成果の意義

①トラック輸送における省エネ対策への寄与

②自動運転を含む次世代高度運転支援システムへの貢献

◆個別研究開発項目の目標と成果・達成度

開発技術	最終目標	成果	達成	今後の課題	
1. システムインテグレーション	① 隊列実験車開発と隊列走行検証	80km/hr、4m4台隊列走行検証	加減速度を含む車間距離4m4台隊列走行を検証。	○	法令との整合性
	② CACC実験車開発と受容性評価	速度80km/hr、大型4台CACC	大型車メーカー4社のトラックを用いて物流事業者ドライバーによる受容性評価実施	○	
	③ トレーラトラックの隊列走行検証	シミュレーションによる車線維持検証 実車による自動操舵検証	大型トレーラにおいて±25cmの車線維持制御性を検証	○	実車での性能検証
2. 走行制御技術	① 車線維持制御技術の開発	直線区間: ±15cm以下 曲線区間: ±20cm以下	モデルベースの制御アルゴリズムを開発し、実高速道(未供用)にて目標値達成。	○	
	② 車間距離制御技術の開発	定常: ±0.5m以下 加減速時: ±2.0m以下	車間距離制御アルゴリズムを開発し、0.4G減速において目標値を達成	○	
3. フェールセーフ技術	① フェールセーフECUの開発	ECUの設計および製作	ECUを製作し、隊列実験に供試	○	装置の小型化
	② HMI技術	ドライバ主種を前提とした表示	CACC用HMIを開発し、隊列実験に供試	○	
4. 白線線認識技術	① 画像認識技術	環境条件: 晴天、曇天、雨天、逆光 道路条件: 橋梁下、トンネル内、セパラ部	レーザと画像の組み合わせにより耐環境性に優れた白線認識技術を開発。	○	装置の小型化、搭載性向上
	② レーザ方式	検出精度: ±20mm			
	③ 高速ビジョンセンサ方式	誤検出率: 10 ⁻⁶ 以下 未検出率: 10 ⁻⁴ 以下			
5. 車両・障害物認識技術	① レーザ・レーダフュージョン技術	最大検出距離: 120m、検出精度: 10%	カルマンフィルタを利用した検出アルゴリズムを開発	○	ミリ波レーダの分解能向上
	② 遠赤外線ステレオカメラ技術	晴天時、雨天時での検出	ステレオカメラ用撮像同期回路を開発	○	遠赤外線カメラの小型化
	③ ステレオビジョン技術	最大検出距離: 30m、検出精度: 10%	小型ステレオマッチング用LPGAを開発	○	
6. 車車間通信技術	① 無線式車車間通信技術	車車間伝送周期: 20ms パケット到達率: 99.92%	電波・光の2重系高信頼車車間通信システムを開発	○	
	② 光車車間通信技術				
7. 位置認識技術	① GPS利用位置標定技術	動的精度1: ±0.5m以下@80km/h	準天頂衛星とIMUを融合した高精度測位技術を開発	○	装置の小型化、IMUの小型化
8. 省エネ運転制御技術	① 省エネ運転制御技術	一般ドライバ平均比15%省エネ化	エンジン燃費マップを利用した省エネ運転制御アルゴリズムを開発	○	システムの簡素化
9. 広報・デモ	① ワークショップの開催とデモ実施	国内外でのワークショップ開催 隊列走行公開デモの実施	ITS世界会議に合わせウイーンにて隊列走行ワークショップを開催。又隊列走行デモをマスコミおよび関係者に公開。	○	
	② 隊列走行事業性調査	物流および公共交通での事業性調査	物流事業者およびBRTでの事業性調査を実施。	○	ビジネスモデルの精緻化
	③ 隊列走行コンセプト策定	実用化シナリオに基づくコンセプト策定	X、Y、Z3種のコンセプトを策定	○	

◎: 目標を上回る達成 ○: 目標どおりの達成

個別の研究開発成果(1)

1. システムインテグレーションにおける開発成果

- ① 隊列実験車の製作および車間距離4m4台隊列走行の検証
- ② CACCドライバー受容性評価実験車(以下CACC実験車)と受容性評価
- ③ トレーラトラックでの隊列走行の検証

2. 走行制御技術における開発成果

- ① 車線維持制御の開発成果
- ② 車間距離制御の開発成果

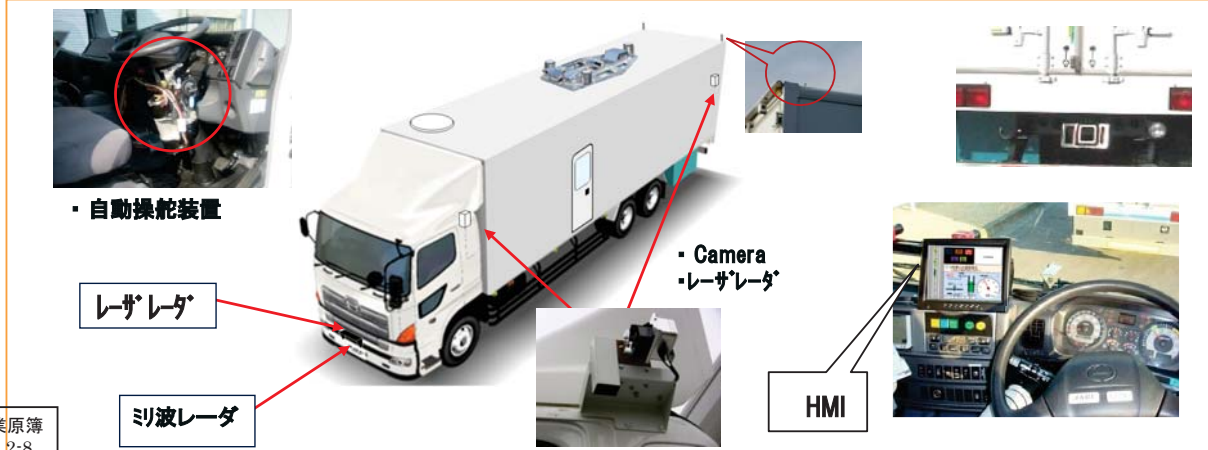
9. 隊列走行コンセプト策定

◆1-① 隊列実験車の製作と車間距離4m隊列走行検証

■ 隊列実験車の製作

車間距離4mでの隊列走行を行うため、並列2重系で構成される安全性・信頼性の高い隊列実験車を製作。

制御装置名	冗長度	方式	
センサ系	白線認識装置	2	・カメラ/レーザーレーダの2重化
	車間距離・障害物検出装置	2	・76Gミリ波レーダ/レーザーレーダの2重化
アクチュエータ系	操舵制御装置	2	・PM同期モータ
	ブレーキ制御装置	2	・EBS(Wabco社)
車車間通信	2	・5.8GHz無線通信/光通信の2重化	
制御ECU	2	・フェイルセーフECUの2重化	



事業原簿
Ⅲ.2-8

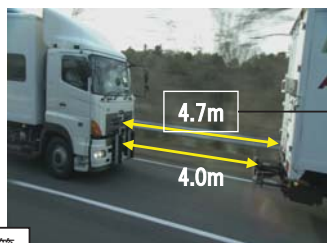
9/43

◆1-① 隊列実験車の開発と車間距離4m隊列走行検証

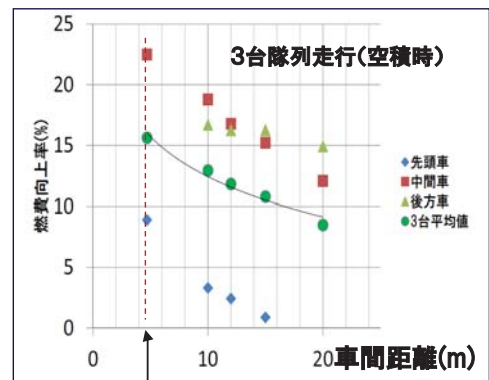
■ 車間距離4mの検証

- ① 世界で最初の車間距離4mでの4台隊列走行を実証。
- ② 3台隊列走行において車間距離4.7mにおける省エネ効果は約16%(空積時)であることを検証。

■ 隊列構成



事業原簿
Ⅲ.2-11



3台隊列走行による燃費評価結果

10/43

◆1-②CACC実験車の製作とCACC受容性評価

■ CACC実験車製作(1)

隊列走行の早期実用化を促進するため、大型メーカー4社と共同でCACC実験車を製作



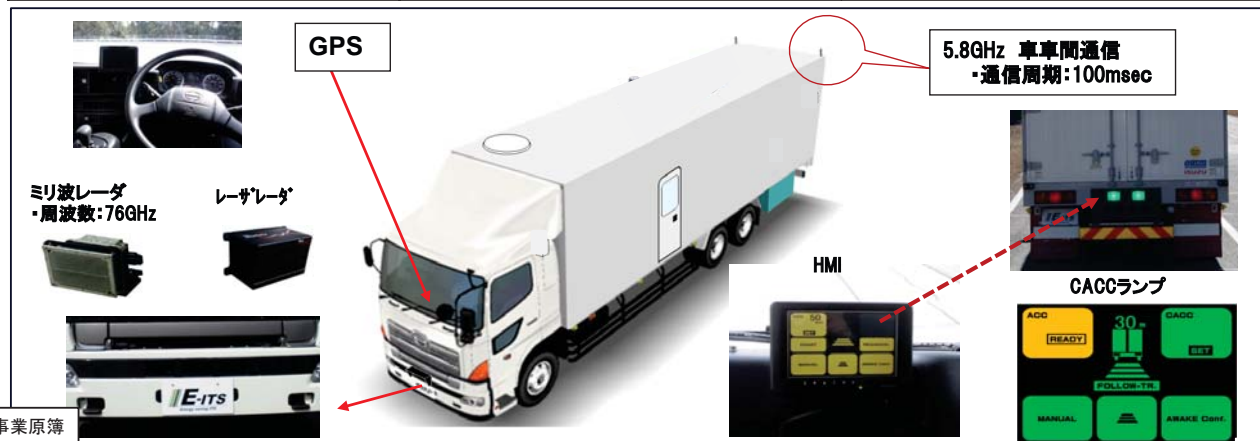
	いすゞ自動車	日野自動車	三菱ふそう	UDトラックス
車名	ギガ	プロフィア	スーパーグレート	クオン
型式	CYL	FW1EXBJ	FS55VVZ	QKG-CD
全長	11.960	11.985	11.990	11.995
車両重量	10.720	11.345	11.100	10.910

◆1-②CACC実験車の製作とCACC受容性評価

■CACC実験車製作(2)

- ① ACCとCACCの移行をスムーズに行い確実な車群形成を行うのHMIを開発
- ② GPSとレーダを用いて一般車混在の中で隊列相手を検出する隊列形成技術を開発。

項目	性能目標	
	先頭車(ACC)	後続車(CACC)
速度制御域	40km/h~80km/h	0~80km/h
設定車間距離(車間時間)	1.8秒(40m@80km/h)	1.0秒(22m@80km/h)
制御最大減速度	0.25G	0.5G



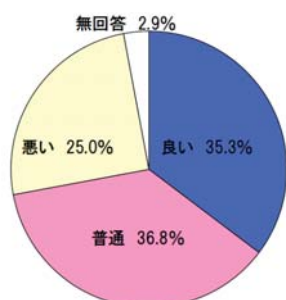
◆1-②CACC実験車の製作とCACC受容性評価

■ CACCの受容性評価の実施

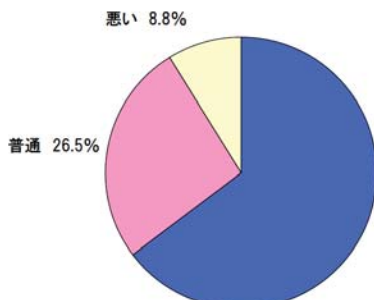
CACCに対する物流事業社の受容性を評価する、CACC実験車を用いて物流事業者ドライバの運転によるCACC受容性評価実験を実施。

■実験概要

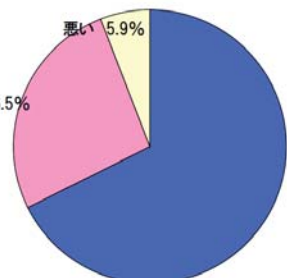
- ・評価者数 ドライバ:20人(物流事業者5社×4人)および業務管理者:14人(物流事業者5社)
- ・評価内容
パターン走行(50km/hー70km/h加減速、80km/h一定走行、減速停止等)における、車間距離の妥当性や減速性、安全性、HMI操作性等の評価実験を実施。



速度における先行車との車間距離



加減速時、先行車両への追従性



一般車割り込みに対する安全性

◆1-③ トレーラ型トラックの隊列走行検証

■ 大型トレーラトラックでの車線維持制御の可能性検証を実施

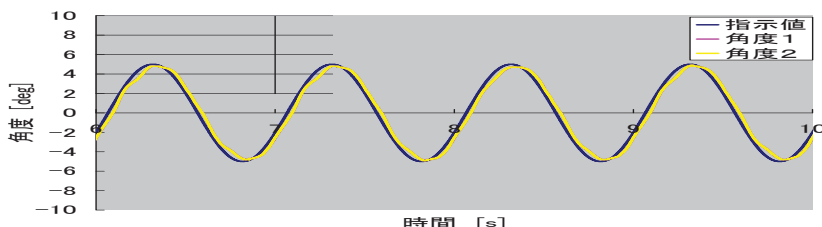
- ①大型トレーラ用車線維持制御モデル設計とシミュレーションにより制御性を検証
- ②大型トレーラにおける自動操舵装置の性能評価を実施し、目標性能達成を検証
- ③宇部興産専用道を借用し、センサおよび車両制御ECUの対環境性の長期評価を実施



自動操舵モータ装着状態



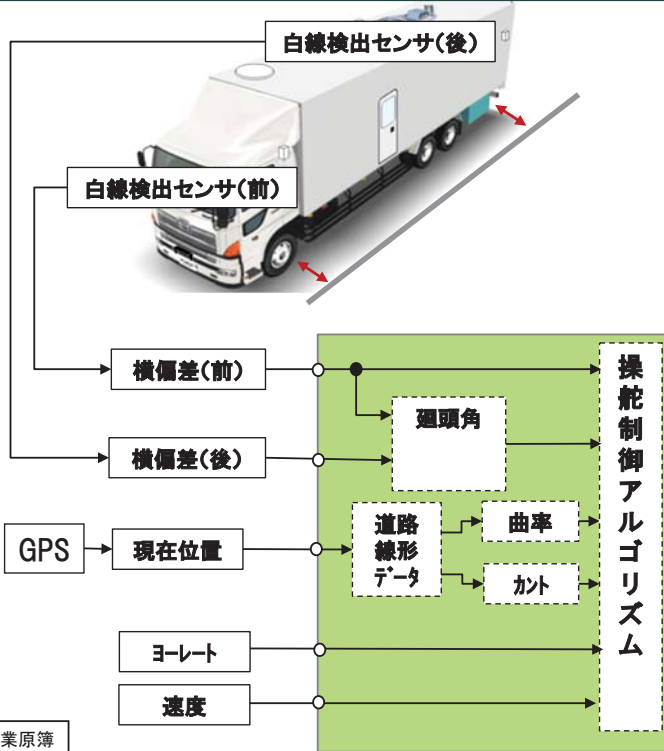
大型トレーラ改造車



自動操舵モータ制御性

◆2-①車線維持制御技術開発

■ 車両運動モデルを利用し、道路形状に対するロバスト性に優れた高精度な車線維持制御法を開発し、目標制御精度およびロバスト性を達成



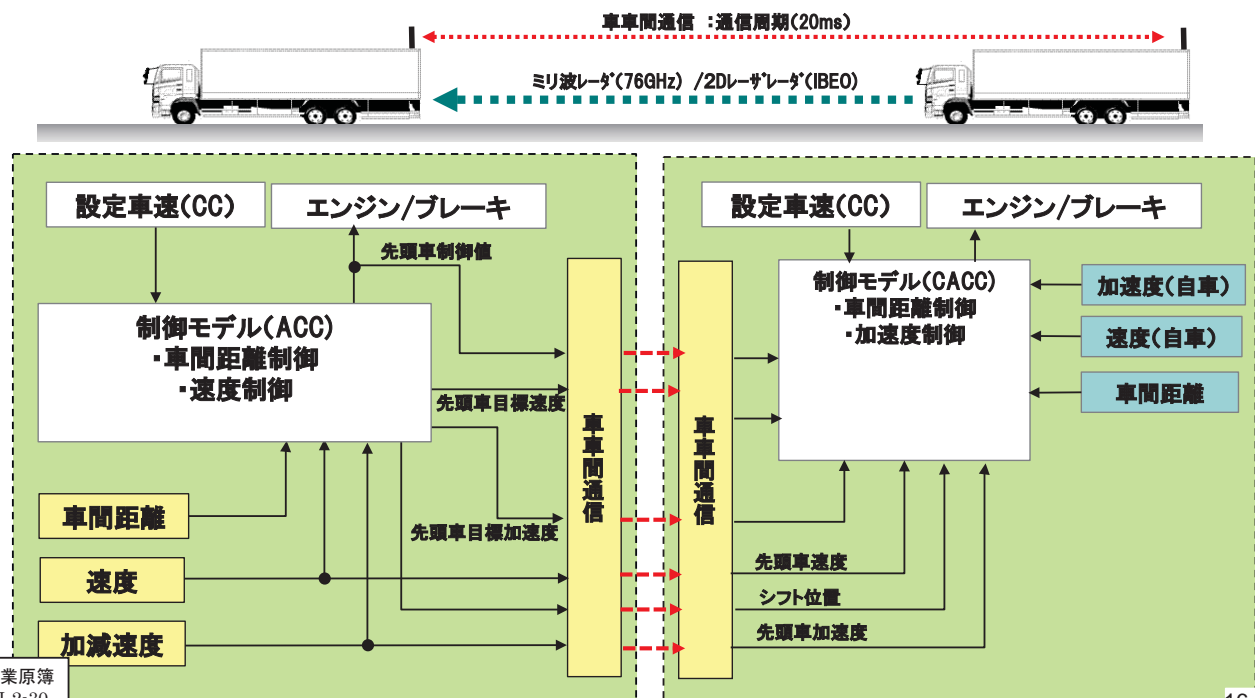
事業原簿
Ⅲ.2-25

評価路	場所	制御結果 評価条件：速度 80km/h	目標 達成
直線	高速周回テストコース 	制御誤差 左:5cm 右:12cm 	○
1000R	新東名高速道路 	制御誤差 左:10cm 右:18cm 	○
3000R	新東名高速道路(トンネル内) 	制御誤差 左:5cm 右:10cm 	○

◎：目標を上回る達成 ○：目標どおりの達成

◆2-②車間距離制御技術開発

■ 隊列内の車間距離の安定性と先頭車急減速時の安全性を確保するため、車車間通信を用いた高精度な車間距離制御技術を開発。車車間通信やシフト位置の同期化等により制御目標を達成。



事業原簿
Ⅲ.2-30

◆9. 隊列走行コンセプト策定

■ 隊列走行の実用化シナリオおよびロードマップ策定

安全性、省エネ化、及び労働環境の改善を目的とした、高速道路での幹線トラック輸送への導入を想定した隊列走行コンセプトを策定。

安全性や社会受容性および法令との適合性等解決すべき課題も多いため、導入フェーズや道路形態に応じたX,Y,Zの3種類の隊列走行コンセプトを策定。



コンセプト目標	X	Y	Z
実用化時期	～2020年	2020年～2030年	2030年以降
省エネ化	2～3%	10%	15%
制御レベル	運転支援	高度運転支援(部分自動)	自動運転(後続車無人)

事業原簿
Ⅲ.2-75

個別の研究開発成果(2)

- 3. ①フェイルセーフ車両制御装置の開発： 大同信号(株)
- 4. 白線認識技術開発
 - ②レーザレーダによる白線認識： (株)デンソー
 - ③高速ビジョンカメラ開発： 日産自動車(株)
- 5. 車両・障害物認識技術開発
 - ③遠赤外線ステレオカメラ開発： 日本電気(株)
- 6. 車車間通信技術開発： 沖電気(株)
- 7. 位置標定技術の開発： 三菱電機(株)

事業原簿
Ⅲ.2-3

◆フェイルセーフ車両制御装置の開発

■開発の目的

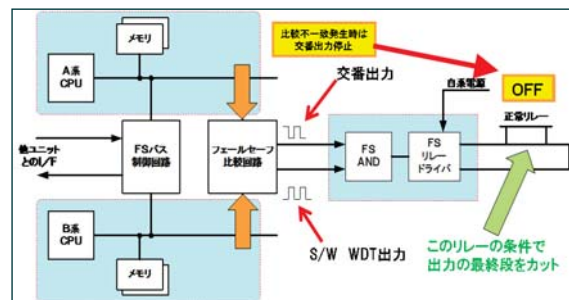
1系統の故障でも走行が継続可能できるような冗長度を持つとともに故障時安全も安全を確保できるフェイルセーフな車両制御装置を開発する。

■開発のポイント

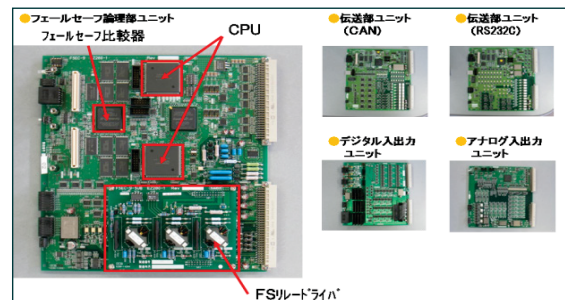
CPUに異常が発生した場合、異常を自動的に検出し、異常値がCPUに接続された外部装置に送出されないフェイルセーフCPUユニットを開発

■開発の成果

- ①フェイルセーフCPUボードを組み込んだ車両制御装置を製作すると共に隊列実験車に組み込み、車間距離4m隊列実験に使用。
- ②CPU熱暴走試験を実施し、フェイルセーフ機能が動作することを確認し、開発目標を達成。
- ③実用化に向け、小型車両制御ECUを開発し、実道(宇部興産道路)での長期EMI評価を実施し、誤動作しないことを確認。



フェイルセーフCPU部構成図



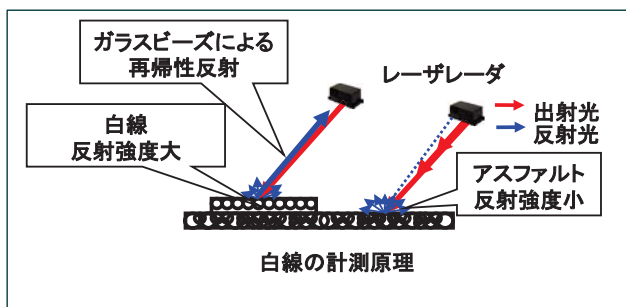
製作したフェイルセーフ車両制御装置



◆レーザレーダによる白線認識システム①

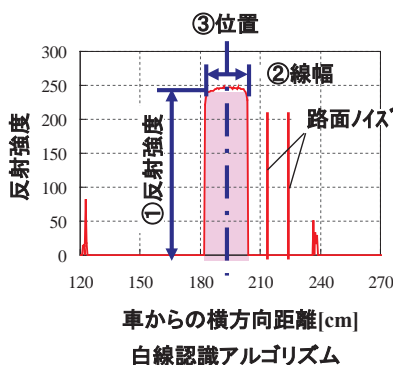
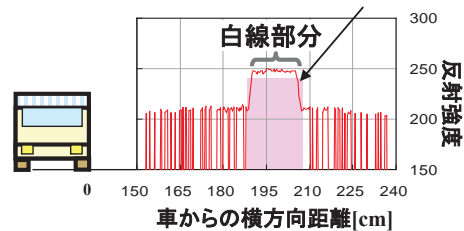
■レーザ計測の特徴

照度の変化に強く夜間も使用可能 → カメラ計測での弱点を補完することができる。
白線の認識には白線とアスファルトの反射強度差を利用している。

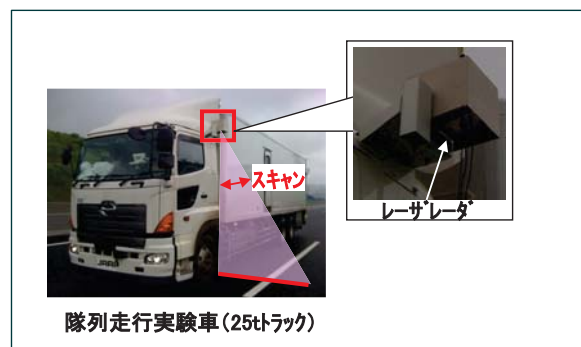


白線の計測原理

白線とアスファルトの反射強度の差を利用



白線認識アルゴリズム



隊列走行実験車(25tトラック)

白線認識システム搭載位置

◆レーザレーダによる白線認識システム②

■成果

- ① 世界で初めてレーザレーダによる高精度な白線認識を実証した。
- ② 産総研テストコース, 未供用高速道路にて目標の認識率を満足して白線認識を行うことが可能であった。

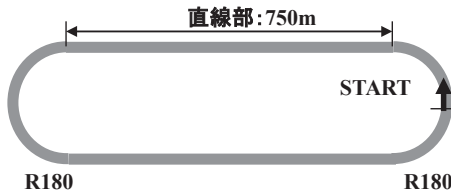
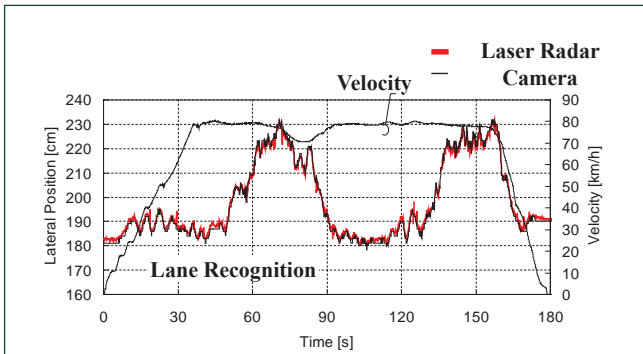


図 産総研テストコースの形状

表 白線認識誤検知率, 未検知率

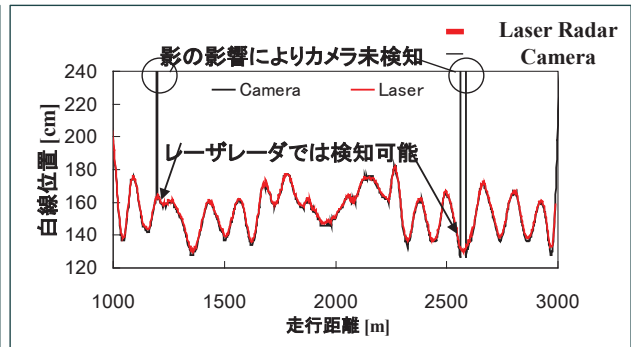
実験場所	目標値	実験結果		達成度
		産総研TC	高速道路	
誤検知率	10 ⁻⁶ 以下	0	0	○
未検知率	10 ⁻⁴ 以下	2.5×10 ⁻⁶	0	○

◎: 目標を上回る達成 ○: 目標どおりの達成



事業原簿 III.2-38

車速80km/h, 晴天時 産総研テストコースでの白線認識結果



車速80km/h, 晴天時 未供用高速道路での白線認識結果

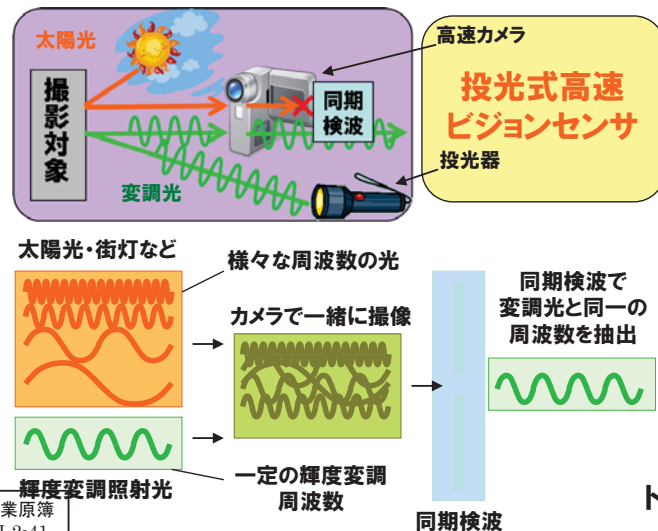
◆投光式高速ビジョンセンサ①

■目的・位置づけ

影、日なたの影響を受けない道路区画白線画像を撮像可能なビジョンセンサの開発

■研究開発の概要

同期検波の原理を用い、投光器からの変調光を抽出して画像を生成



事業原簿 III.2-41

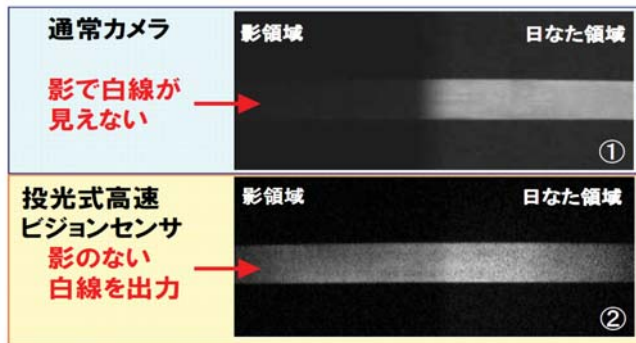


トラック実験車に搭載した投光式高速ビジョンセンサ

◆投光式高速ビジョンセンサ②

■ 成果

- ①世界で最初に太陽光の影響を受けない白線撮像技術を開発
- ②影と日なたが混在する路面において、輝度変化の小さい白線画像を出力



影による白線非検出フレーム数比較

通常カメラ	21フレーム
投光式高速ビジョンセンサ	0フレーム

隊列走行使用の白線検出ロジックで検証

■個別研究開発項目の目標と達成状況

	目標	成果	達成度	今後の課題
①投光式高速ビジョンセンサハードウェアの開発	1cm ² を1pixel 2m×3mの撮像範囲	1cm ² を1pixel 2m×3mの撮像範囲	○	システムの小型化および省エネ化
②2次元同期検波照射光抽出アルゴリズムの開発	影の影響を受けずに道路区画白線を撮像可能	影の差した道路区画白線でも影響を受けずに撮像可能	○	出力画像の高画質化
③実車での性能評価	従来カメラと比較で効果が確認できる	従来カメラで非検知だったシーンで非検知無し	○	様々な環境での性能評価

事業原簿
Ⅲ.2-41

◎: 目標を上回る達成 ○: 目標どおりの達成 23 / 43

◆遠赤外線ステレオカメラの開発①

1. 開発目的

夜間や照明光の影響など可視では被写体をとらえにくい環境下での物体認識

2. 開発概要

1)回路基本構成の設計(図2)

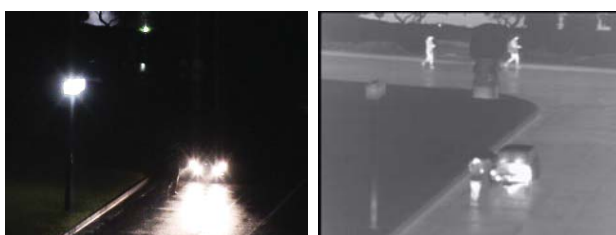
- ・左右のカメラを画素レベルで同期する回路設計。
- ・車両搭載を前提としたノイズ対策設計。

2)機構設計

- ・精度を維持する堅牢な構造、3軸のカメラの3軸調整機能、DLCコート付きGe窓。

3)キャリブレーション技術

- ・被写体に最適な撮像温度レンジ、面内の歪測定、視差処理のため距離情報の校正。



可視カメラ画像

遠赤外線カメラ画像

図1 同一場面画像比較例(夜間、小雨)

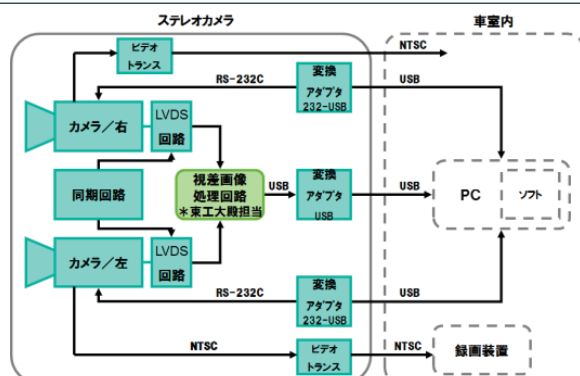


図2 遠赤外線カメラの基本構成

事業原簿
Ⅲ.2-49

◆遠赤外線ステレオカメラの開発②

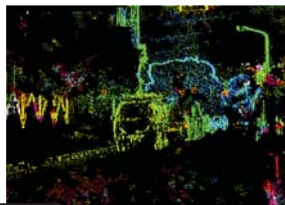
■成果

- ①遠赤外線ステレオカメラの製作を完了し、実験車に搭載。
- ②実車での立体物認識の結果、100mでの物体認識を達成。

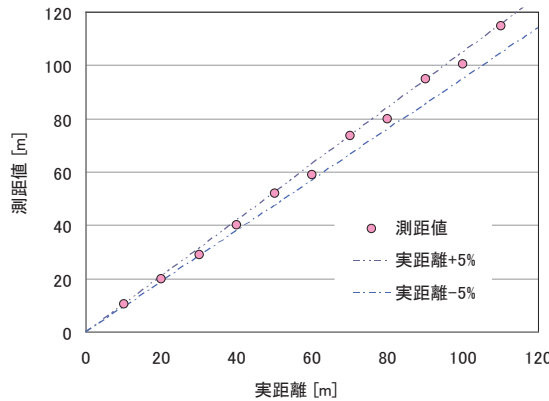
開発項目	目標	達成度
遠赤外線ステレオカメラ	・ステレオ同期回路設計 ・カメラ機構設計	○ ・距離計測が可能な視差画像の生成 ・雨天での撮像が可能な機構
画像処理	ステレオマッチング技術	○ 精度:±5%



開発した装置の外観



ステレオ距離画像



遠赤外線ステレオカメラによる距離測定結果

◆高信頼性車車間通信技術の開発①

■安全運転支援用に対し100倍以上の通信品質を持つ車車間通信技術の開発

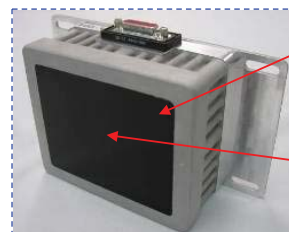
- ①通信の高品質化:情報更新周期20msにおいて、パケット到達率99.92%の実現
- ②冗長化 :異なるメディア(電波、光)による通信二重化実現



車車間通信仕様(電波)

項目	仕様
中心周波数	5.8GHz帯
変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK
伝送速度/帯域幅	4.096Mbps/4.4MHz以内
送信電力	10dBm
アンテナ	無指向性/利得4dBi以上
ダイバーシチ	受信ダイバーシチ要
誤り訂正	Turbo符号(符号化率1/3)
アクセス制御	CSMA/CA
情報更新周期/連送	20ms/連送
データサイズ	56byte
通信距離	~60m

受発光装置



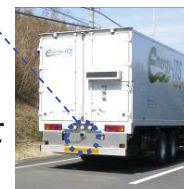
干渉光遮断フィルタ

内部鏡筒構造による干渉光除去

装置サイズ
W:180mm
D:60.6mm
H:102mm



設置位置は、直射日光の影響を考慮して車体下部



◆高信頼性車車間通信技術の開発②

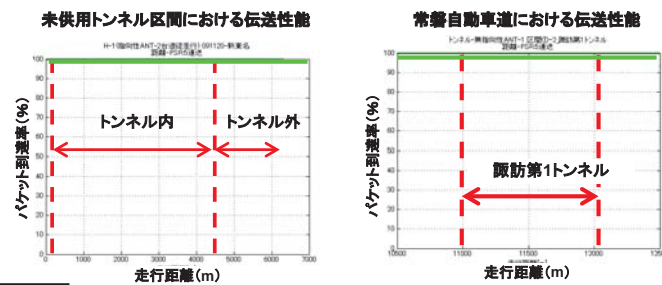
■ 成果

- ①パケット到達率99.92%の非常に高品質な電波車車間通信方式を開発。
- ②国内で最初の双方向通信可能な4台隊列用光車車間通信技術を開発

研究開発項目	目標	成果	達成度
1. 電波車車間通信技術開発	通信装置試作完了と車載状態での性能達成 ・目標パケット到達率: 99.92%	計算機シミュレーションにより通信仕様を検証を。 各種条件下※1での評価実験により目標達成を確認	○
2. 光車車間通信技術開発	通信仕様の策定と試作機による実環境での性能確保 ・目標パケット到達率: 99.92%	気象条件含む各種条件下※2での目標達成を確認	○

※1 高速道路環境として、トンネル、橋梁、側壁など、※2 左記に加え、気象条件として、降雨、降雪、霧、太陽光(西日)など

◎: 目標を上回る達成 ○: 目標どおりの達成



距離 (m)	角度 (deg)	後方車両受信			前方車両受信				
		受信数	CRCエラー	未受信	PER	受信数	CRCエラー	未受信	PER
4	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0
4	15	10000	0	0	0	10000	0	0	0
10	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0
10	8	10000	0	0	0	10000	0	0	0
20	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0
20	7	10000	0	0	0	10000	0	0	0
30	0	10000	0	0	0	10000	0	0	0

光車車間通信性能結果

事業原簿
Ⅲ.2-53

電波車車間通信性能結果

◆GPS利用の高精度自車位置標定技術/位置認識装置の開発①

■開発概要

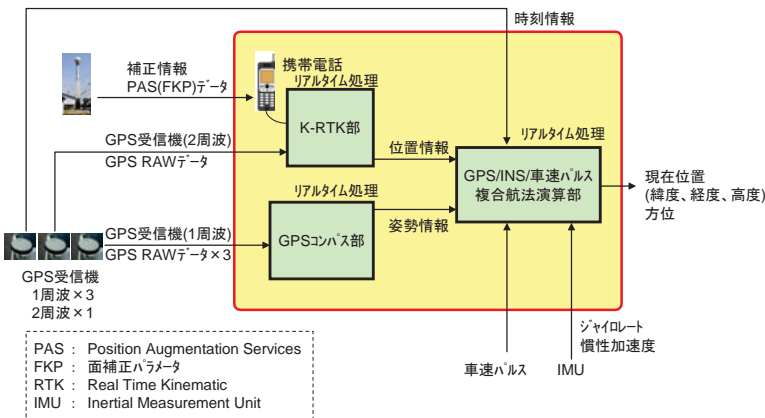
隊列走行における隊列形成に必要な自車の走行位置を算出するため、車両の走行位置を高精度で測位する位置標定技術、及び同技術を実装した位置認識装置を開発。

①高精度位置標定技術の開発

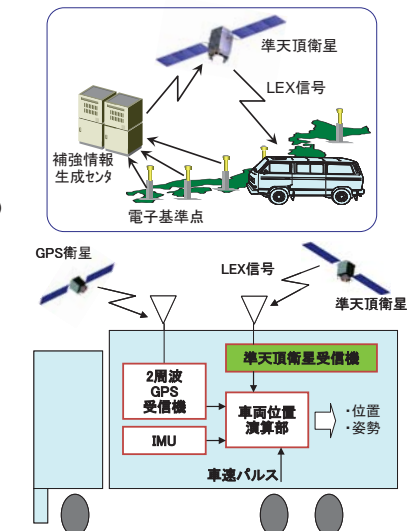
GPS、IMU(慣性航法装置)、車速パルスの複合航法演算による高精度位置算出技術の開発。

②準天頂衛星のGPS補強活用技術の開発

地上配信のGPS補正情報に代わり、準天頂衛星「みちびき」から配信されるGPS補強信号(LEX信号)を用いた走行車両の自己位置標定技術の開発



PAS : Position Augmentation Services
FKP : 面補正パラメータ
RTK : Real Time Kinematic
IMU : Inertial Measurement Unit



事業原簿
Ⅲ.2-61

◆GPS利用の高精度自車位置標定技術/位置認識装置の開発②

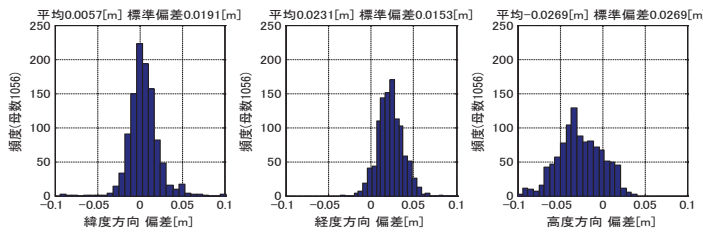
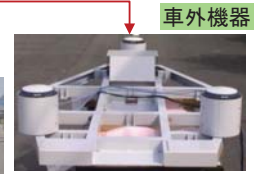
■開発成果

- ・GPSを利用した高精度自車位置標定技術を開発し、目標仕様の位置精度30cmを達成。
- ・位置認識装置を開発し、実験車に搭載。

■位置精度

GPS補強情報	実験車	場所	車速	測定データ99%の3次元誤差
携帯電話経由 PASTータ	エルフ	産総研評価路	20km/h	0.0314m
	プロフィア		20km/h	0.0307m
	エルフ	産総研周回路	30km/h	0.0738m
			50km/h	0.0682m
			80km/h	0.083m
			急停車	0.0541m
プロフィア	産総研周回路	30km/h	0.0417m	
50km/h		0.0406m		
準天頂衛星 LEX信号	エルフ	模擬市街路	30~50km/h	0.0438m
	プロフィア	産総研周回路	30km/h	0.0811m
			50km/h	0.0706m
			80km/h	0.1167m
			エルフ	模擬市街路

■位置認識装置



◆知的財産権、成果の普及





	H20	H21	H22	H23	H24	計
特許出願 ※ (国内出願)	0件	4件	0件	5件	3件	12件
論文 (査読付)	4件	14件	15件	25件	22件	80件
研究発表 講演	10件	45件	21件	45件	50件	171件
受賞実績	0件	5件	0件	2件	1件	8件
新聞・雑誌等 への掲載	5件	3件	1件	0件	13件	22件
展示会への 出展	0件	0件	0件	2件	3件	5件

※海外特許出願なし。

◆構築したツール群(ソフトウェア)

1	自動操舵	GCDカメラによる白線認識アルゴリズム	弘前大学	14	速度制御	隊列形成制御アルゴリズム	JARI
2		実道路環境データを利用した白線認識アルゴリズム	弘前大学	15		前後情報を用いた隊列走行制御	神戸大学 JARI
3		トラッキング制御アルゴリズム	神戸大学 JARI	16		アクセル開度決定アルゴリズム	JARI
4		位置推定アルゴリズム	JARI	17		レーザレーダ・ミリ波レーダによる近接車間距離検出アルゴリズム	JARI
5		車線維持制御アルゴリズム	神戸大学	18		障害物認識アルゴリズム	金沢大学
6		セルフチューニング方車線維持制御アルゴリズム	神戸大 JARI	19		物体移動方向検出アルゴリズム	金沢大学
7		道路線形適応型車線維持制御アルゴリズム	神戸大学	20		立体物認識アルゴリズム	東京工大
8		横偏差入力選択アルゴリズム	JARI	21		ブレーキの二重化構造	JARI
9		操舵角度リミッタ	JARI	22		重量推定ブレーキ制御装置	JARI
10		経路再生アルゴリズム	神戸大	23		CACC制御アルゴリズム	慶応大学
11		自動操舵装置の安全構造	JARI	24		CACC制御状態識別装置	産総研 JARI
12		自動操舵装置のハンドル中心角度検出法	JARI 日大	25		CACCドライバ覚醒度検出法	産総研 JARI
13		レーンチェンジ制御アルゴリズム	日大	26	速度制御	隊列形成時の車両同定アルゴリズム	慶応大学 JARI
				27		レーザによる路面推定アルゴリズム	東京大学

◆成果の普及(1)

報告会・記者発表	内容
1. 「自動運転・隊列走行ワークショップ」の開催 	場所:つくば市「つくば国際会議場」 参加者:120人 内容:成果報告及び専門家との意見交換 
2. 「自動運転・隊列走行国際ワークショップ」の開催	場所:ウイーン「ITS世界会議会場内」 参加者:40人(内欧米研究者15名) 欧米からの報告 ・KONVOIの開発(独・アーヘン大) ・隊列走行の開発(米国・PATH) ・SARTREの開発(スエーデン・VOLVO) 内容:技術的および非技術的課題について意見交換 
3. 「自動運転・隊列走行成果報告会」の開催	場所:東京お台場「東京国際交流館」 参加者:150人 内容:技術展示及び全委託先からの成果報告
4. 「自動運転・隊列走行 Demo 2013」の開催 	場所:つくば市「産業技術総合研究所北サイト」 来場者:関係者約400人 内容:技術展示および隊列走行のデモと試乗 
5. 記者発表および試乗会	場所:つくば市「産業技術総合研究所北サイト」 出席マスコミ数:35社

◆ 成果の普及(2)

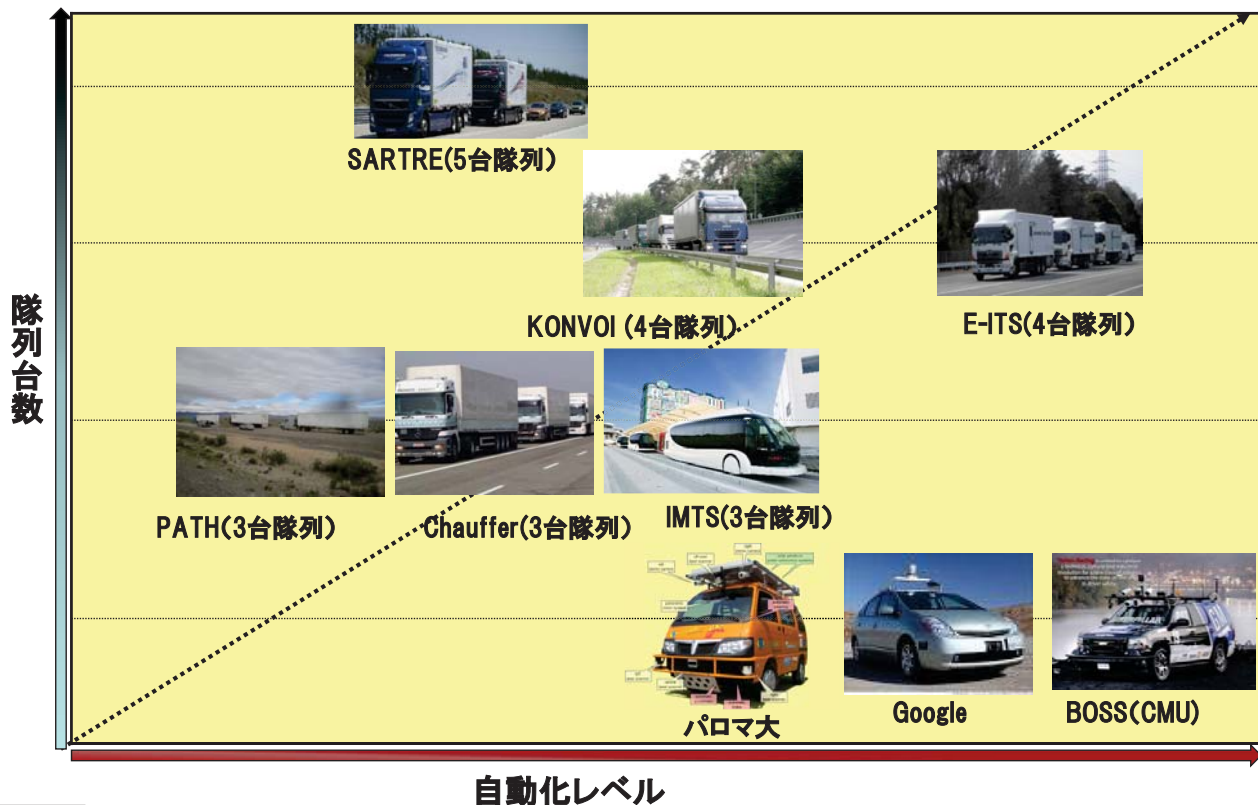
■ 自動運転・隊列走行技術成果の記者発表と試乗会を実施

デモ名	CACCデモ (コンセプトX対応)	隊列走行Ⅰデモ (コンセプトY対応)	隊列走行Ⅱデモ (コンセプトZ対応)	無人走行デモ (コンセプトZの一部)
内容	大型トラック4台による CACC走行	大型3台による隊列走行	大型3台、小型1台に よる4台隊列走行	エルフの単独無人 運転
				



事業原簿
Ⅲ.2-70

◆ 海外技術との比較



事業原簿
Ⅲ.2-77

◆ 海外技術との比較

本プロジェクトにて開発の隊列走行システムは、他システムに比較し高い信頼性、安全性を確保

プロジェクト/ システム名	開発主体	システム概要								
			隊列台数 /車間距離	隊列 形成	自動操 舵機能	・レーンマーカ ・センサ	車車間 通信	車間距離 センサ	・障害物 回避 ・センサ	ECU (FS)
エネルギーITS	NEDO		・4台 ・4m	○	○ (2重)	○ ・白線 ・画像認識 ・レーザレーダ	・5.8GHz ・光通信	・ミリ波レーダ ・レーザレーダ	○ ・ミリ波レーダ ・レーザレーダ	○
ショーファー	ベンツ		3台 ・10m	×	○	×	2.48GHz	画像認識	×	×
Phoenix	PATH		・2台 ・6m	×	×		2.48GHz	・ミリ波レーダ ・レーザレーダ	×	×
KONVOI	アーン大 (IKA)		・4台 ・10m	○	○	○ ・白線 ・画像認識	5.9GHz	・ミリ波レーダ ・レーザレーダ	○ ・ミリ波レーダ ・レーザレーダ	×
SARTRE	ボルボ		・3台 ・6m	○	○ (追従)	×	5.9GHz	・ミリ波レーダ ・レーザレーダ	×	×

事業原簿
Ⅲ.2-77

35 / 43

プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

■ 隊列走行技術の応用が可能な4分野において実用化・事業化を計る



- ① 幹線トラック輸送におけるCACCの実用化
- ② 高度運転支援システムでの実用化
- ③ 公共交通「BRT」での実用化
- ④ 特殊分野での実用化

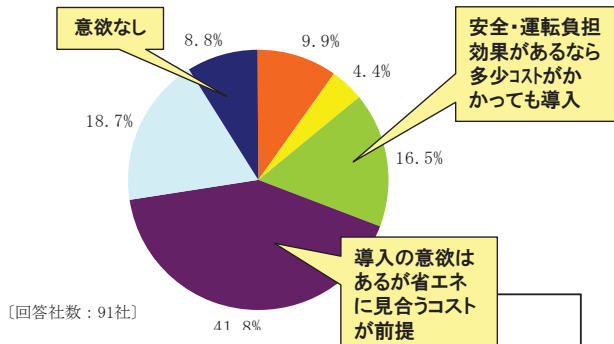
事業原簿
Ⅳ.1-1

36 / 43

◆ 幹線トラック輸送における隊列走行実用化の見通し

■ 物流事業社側の隊列走行導入における関心度調査

物流事業社への隊列走行事業化に関するアンケート(94社)や直接ヒヤリング(主要16社)結果、隊列走行について安全の改善および省エネの点で関心度は高い。但し実導入はコスト次第

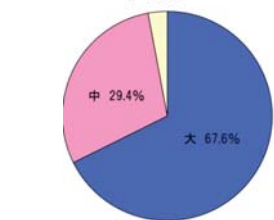


隊列走行導入関心度アンケート調査結果(91社)

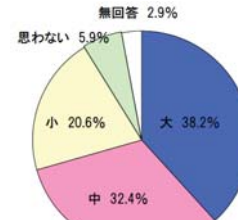
隊列走行の早期実用化として、低コストで安全性の向上に貢献できるCACCが有望

事業原簿 III.2-73

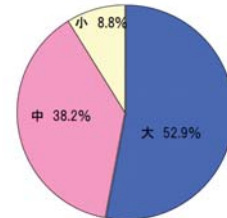
■ CACC受容性実験時アンケート



CACCは運転負荷軽減に役立か



CACCは燃費向上に役立か



CACCは安全性向上に役立か

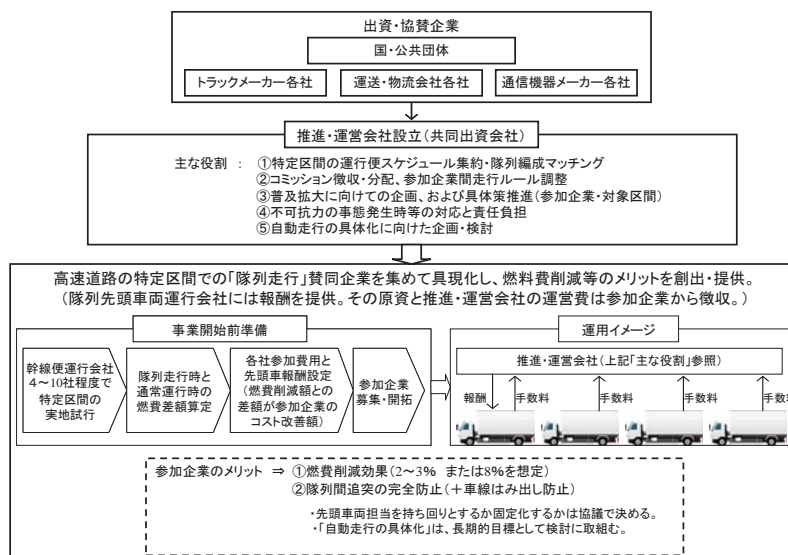
■ 他の輸送手段に比較したメリット

鉄道に比べ省エネ効果は劣るが、即達性や積替えがない点で隊列走行による幹線輸送はメリットあり。

■ 実用化時の課題

- ・1社での隊列輸送需要はない
- ・複数社による隊列が必要である。
- ・隊列走行時、先頭車、後続車での責任が異なる

隊列事業会社による隊列輸送のスキーム化が必要



隊列事業会社によるスキーム案

事業原簿 IV.1-4

◆高度安全運転支援システムでの実用化の見通し

■ 高度安全運転システム、自動運転実用化に向けた情勢の変化

日本、米国、欧州において、現在の安全運転支援システムより機械の役割が拡大された高度安全運転支援や自動運転の実用化の動きが加速している。

米国

1. グーグル自動運転車に対し、ネバダ州の州議会が自動運転受け入れ法案を可決。
2. 現在14州で自動運転受け入れに関する法案審議中



<http://www.dmvnv.com/news/12005-autonomous-vehicle-licensed.htm> より引用

事業原簿
IV.1-1

日本

安倍首相が、成長戦略の一環として、自動運転の公道実験に向けた規制緩和を表明

・「成長戦略第2弾スピーチ」(日本アカデミア)

「車が自動で走る時代が来る。夢のような壮大な実験が、今、アメリカで進んでいます。一企業であるグーグルが、特別な申請を行い、走行実験が認められています。アメリカでできて、日本にできないことはないはず。日本においても、公道における自動走行の実証実験を進めています。」



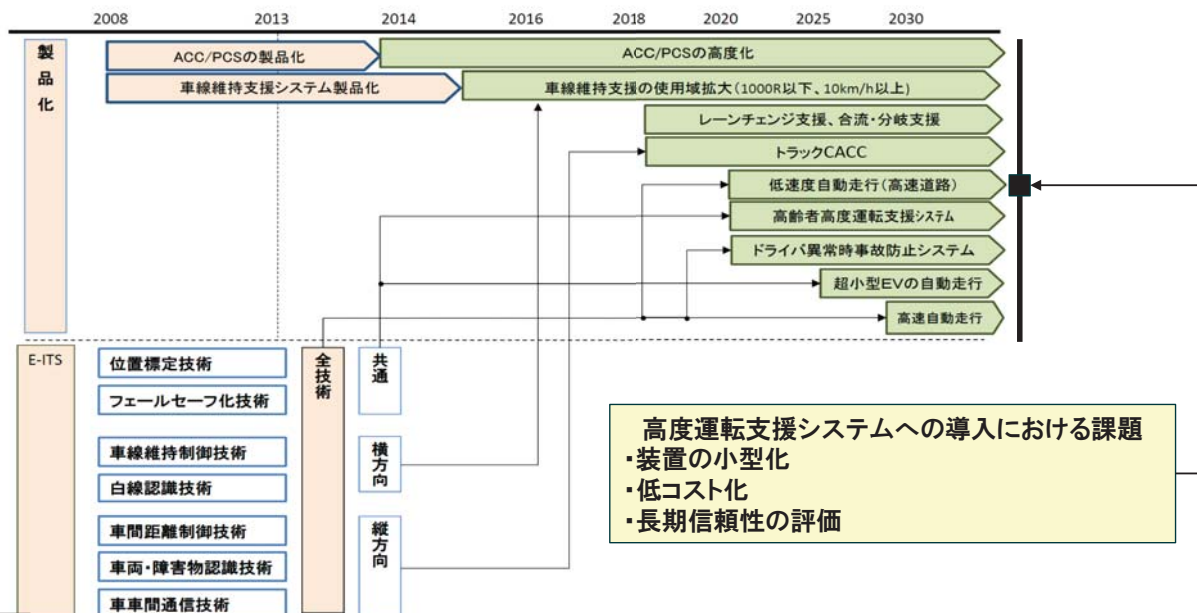
http://www.kantei.go.jp/jp/96_abe/statement/2013/0517speech.html より引用
39 / 43

◆高度安全運転支援システムでの実用化の見通し

■ 隊列走行技術を利用し高度運転支援システムの実用化に繋げる。

今後、高度運転システムの開発・実用化が法令化の改正に合わせ、国内・海外において一挙に加速すると予測される。

自動運転・隊列走行技術の実用化見通し



事業原簿
IV.1-5

◆公共交通事業での実用化の見通し

■地方ローカル鉄道を取り巻く環境とBRT(Bus Rapid Transit)の導入

平成14年以降地方鉄道を中心に22路線が廃線され、現在100路線が赤字を抱えているが、廃線跡を利用したBRTの導入が検討されている。



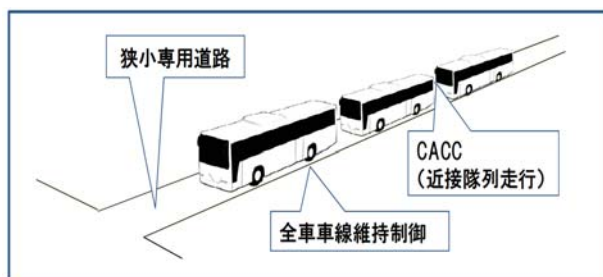
BRTの課題

- ・走行軌道幅が狭いため、ドライバの運転負荷が大きい
- ・道路交通法適用により踏切 交差点に変更のため、定時性が低下。
- ・単車での運行のため、朝の通勤・通学時の輸送力が不足



■自動運転・隊列走行技術を利用した高度BRTの実用化見通し

現在BRT化を検討中の路線を対象に自動運転・隊列走行技術を用い軌道型・隊列BRTの導入FSが検されている。



◆特殊用途での実用化見通し

■トンネル照明灯具清掃車での実用化

中日本高速道路(株)にて、自動運転・隊列走行技術で開発した車線維持制御技術を「運転操作支援システム」として同社が保有するトンネル照明灯具清掃用キャビテーション車に導入・実用化する開発が進行中。



開発車両については、現在国土交通省の大臣認定申請中

■石灰石輸送用特大ダブルストレラでの実用化

宇部興産(株)が、自動運転・隊列走行にて開発された車線維持制御技術を宇部興産専用道路(約30km4車線道路)にて運行されている特大ダブルストレラに導入する検討を開始。



◆自動運転・隊列走行技術のロードマップ

