

駐車アシストシステム

Parking Assist System

崎山 和広 *Kazuhiro Sakiyama*
清水 俊宏 *Toshihiro Shimizu*
佐古 和也 *Kazuya Sako*



要 旨

自動車および運転者数に伴う交通事故の増加が大きな社会問題となっている。そこでこの問題の解決策として近年、期待を集めているのがITS（Intelligent Transport Systems）関連技術の導入である。

今回、我々はITS関連技術の一つである「安全運転支援システム」として、車両周辺の状況をとらえるセンシング技術である「画像センサ」を応用した車載用システムの商品企画・製品化を推進してきた。ドライバへの負担を軽減するため、「車載カメラ」による自車両後方映像の状況に合わせて、運転補助に必要な情報をわかりやすく表示する新規システムを考案することで、従来の「バックアイカメラ」のような安全性向上のみの商品ではなく、ドライバの利便性をも向上する付加価値機能を盛り込んだ「駐車アシストシステム」を企画した。

本稿では、この新規システムの機能と構成、システムを構成する各主要部位の要求仕様、さらに実車搭載システムを用いた効果検証実験による本システムの有用性について紹介する。

Abstract

Traffic accidents have become a major social problem as their frequency has risen alongside the increased numbers of cars and drivers. In recent years the introduction of ITS (Intelligent Transport Systems) technology has been seen as a promising means to solve this problem. One type of ITS technology is "safe driving support systems". The authors have engaged in product planning of an onboard system of this kind that makes use of "image sensors" - sensing technology that captures the situation around the vehicle - and are working to turn such a system into a commercial product. Specifically, a new type of system has been devised that employs onboard cameras to lighten the burden on the driver by providing easily-comprehended displays of pictures of the scene behind the vehicle plus other information necessary to aid driving. This is the "Parking Assist System", which features numerous added-value functions enhancing convenience for the driver and thus goes beyond conventional products such as the "back eye camera", which enhanced safety only.

This paper describes the new system's functions and configuration together with the specifications required of its major components, and further discusses its utility as determined by effectiveness validation tests of the system on board an actual vehicle.

1. まえがき

近年、自動車および運転者数に伴う交通事故の増加が大きな社会問題となっている。この問題の解決策として注目されているのがITS (Intelligent Transport Systems、高度道路交通システム) 関連技術の導入である。

ITS関連技術のひとつである「安全運転支援システム」は、走行環境情報や危険警告などにより安全運転を支援する情報提供システム (AHS- i /Advanced cruise-assist Highway System-information)、動力や制動の制御までを行う制御支援システム (AHS- c /-control)、運転の自動化を行う自動走行システム (AHS- a /-automatic) の3段階に分けられる。¹⁾

我々は、まずこの「情報提供システム」に着目し、画像センサを応用した車載用商品の企画を推進し、その先行試作システムを開発したので紹介する。

2. ねらい

2.1 画像系応用の技術動向

画像センサ (イメージセンサ) は、従来からビデオカメラなどに使用されているCCD (Charge Coupled Device) が主流である。最近ではモバイル機器などへの搭載を目的とした超小型、低消費電力のCMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) も勢力的に開発が行われ、現在家電製品を中心に製品化が進んではいるが、まだ画質の面ではCCDに及ばない。

表-1 イメージセンサ性能比較 (代表例)

		CCD	CMOS
システム	消費電力	○ (300mW)	◎ (30mW)
	供給電圧	△ (3電源)	◎ (単一)
	オンチップ化	△	◎
	コスト	○	○
特性	感度	◎	○
	スミア	○ (- 90dB)	◎ (- 140dB)
	S/N	◎	○
	ダイナミックレンジ	○	○

また、車両後退時に後方の安全確認を目的とした「車載用バックアイカメラ」は、前述のCCDを用いて1970年頃から大型バスやトラックなどに導入されたが、細い路地への通行が多い宅配便に利用されるようになって普及が促進された。その後、車体が大きく車両後方の確認が困難なキャンピングカーやRV車両 (ミニバンや1BOX車両) に採用されるようになった。

また、現在画像センサはバックアイカメラ以外にもAHS

を目指すITSアプリケーションとして、さまざまなシステムが考案されている。

2.2 当社の取り組み

当社では、まず安全運転支援における情報提供システムの早期製品化を実現するため、警報や視覚的な情報を提供する「警報・視覚補助システム」の一つである画像センサを応用した製品の検討を以前から進めてきた。これは「バックアイカメラ」のような視覚補助的な機能のみの製品ではなく、ディスプレイ上に運転補助に必要な情報をも同時に表示する、新たな付加価値を盛り込んだ車載システムである。

表-2 自動車メーカーの運転補助システム

メーカー	A社	B社	当社
名称	バックビューモニター	バックガイドモニター	(駐車アシストシステム)
発売	'99年11月	'00年1月	-
表示機能	・車幅線、距離目安線 ・バック&コーナセンサとの連携	・車幅線、距離目安線 ・予想進路線 ・蛇角ポイント (縦列駐車)	・車幅線、距離目安線 ・予想進路線 ・蛇角ポイント (縦列駐車) ・バック&コーナセンサとの連携
性能比較			
映像	(モノクロ)	(モノクロ)	(カラー)
夜間			

現状では表-2に示すような同様のシステムが各自動車メーカーよりメーカーオプション製品として発売されているが、我々は企画当初より初心者や運転に不慣れなドライバーに対しても「誰にでもわかりやすく、使い易い情報を提供できるシステム」を目指し、夜間視認性の良いカラーカメラや一目で理解しやすい表示方法など、安全性および利便性の向上に重点を置いた装備・機能の検討を進めてきた。また現在、健勝者から身体の不自由な方まで幅広く活用できる車載システムとして、「ユニバーサルデザイン (Universal Design)」の考え方を取り入れ、より使い易いシステムへの改良検討を行っている。

ユニバーサルデザイン：改善や特別なデザインをすることなく、すべての利用者にとって有用となるプロダクトや環境デザイン等における構想。年齢、身体の高さや障害を問わず、すべての人々を対象にはじめからバリアーをなくしておこうとする考えに基づいたデザインをいう。²⁾

3. 駐車アシストシステムの概要

3.1 機能

駐車アシストシステムは、車両後退時において、ドライバのステアリング操作および車両後方の安全確認を支援するシステムである。

駐車するためにドライバがギアをリバースに入れると、車両ルーフエンドに設置した画像センサにより撮影された死角を含む車両後方の映像と、ステアリングの舵角に応じた車両の進行方向の情報が重ね合わせてディスプレイに表示される。ドライバは、車両の進行方向を表す曲線（進行予測曲線）を駐車したいスペースへ合わせるようステアリングを操作し、車両を後退させる。これにより、誰にでも簡単に、かつ安全に駐車スペース内に車両を駐車することが可能になる。

図-1にディスプレイに表示する画面を示す。下部に映っているのが自車両の後端（ ）である。画面中央の水色半透明の部分（ ）が進行予測曲線で、車両の進行方向（車両後端から3.5m）および車両の幅を表し、ステアリングの角度によって変形する。マゼンダ色の2本の線（ ）が車両の幅を後方に延長した線で、この線が駐車スペースの白線と平行になれば、車両と駐車スペースが平行になったことを示す。赤色の線（ ）は車両を停止する際の目安となるよう車両後端からの距離を表す。これらと同時に周囲への目視確認を促す注意書き（ ）を画面左下に表示する。



図-1 ディスプレイ表示画面（通常駐車時）
Fig.1 Displayed picture : usual parking

また、縦列駐車の場合には図-2に示すように、車両の進行方向の情報に加えて、ハザードスイッチと連動してステアリングを切り返す位置を案内する青い縦列駐車ライン（ ）を点滅表示する。

まず、ドライバは自車両を前方駐車車両横に平行に停車し、ステアリングを舵角いっぱいに切った状態で後退する。この縦列駐車ラインが路肩の白線や縁せきと重な

ればステアリングを反対方向に舵角いっぱいまで切り返し、路肩と自車両が平行になるまで後退する。このように、誰にでもわかりやすいシンプルな表示で、縦列駐車も簡単に行うことができる仕様とした。



図-2 ディスプレイ表示画面（縦列駐車時）
Fig.2 Displayed picture : parallel parking

3.2 システム構成

駐車アシストシステムは、以下に示す3つの主要機器によって構成する。

1) 画像センサ

車両ルーフエンドやリアスポイラに設置し、車両後方のドライバの死角部分を含めたエリアを撮影する

2) ステアリングセンサ

ステアリングシャフト軸の回転をセンシングし、その変位量より車両の舵角をリアルタイムに検出する

3) システム機能内蔵AV一体機（描画及び表示装置）

ステアリングセンサにより検出した舵角信号と、車速やバックソナーなどの車両信号から車両状態を判断し、その状態に対応した車両進行方向の描画データを、画像センサにより撮影した車両後方映像に重ね合わせてディスプレイ上に表示する

本システムの実車搭載イメージを図-3に示す。

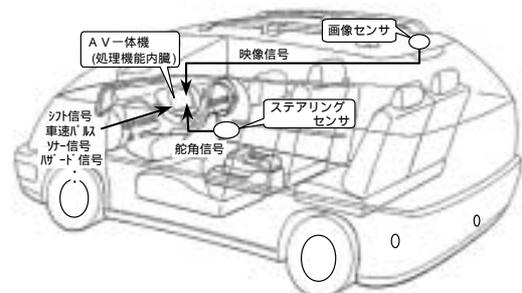


図-3 取付けイメージ
Fig.3 Installation image

3.3 画像センサ

試作品における画像センサの仕様を表-3に示す。

映像はバックミラーの感覚を重視した鏡像画面で、NTSC信号で出力する。

映像に関しては画質で有利なCCDを用いるが、従来のCCDカラーカメラでは夜間などの光量不足時には十分な映像を得ることができなかった。そこで今回、ホワイトバランスの強化や光学系フィルタの改良などにより、夜間でも肉眼に近い映像を得ることができるCCDを新規採用し夜間視認性を大幅に向上している。

表-3 画像センサ仕様（試作品）

撮像素子	25万画素（有効）/カラーCCD 水平解像度 300TV本（中心部）
使用レンズ	焦点距離 f=1.8mm F値 1:2.8 画角 86°（垂直） 114°（水平）
回路仕様	最低被写体照度 51x以上 （F2.8使用時） ホワイトバランス 固定 感度調整 自動 電子シャッタ 1/60~10万 自動可変
電源仕様	10.5~16.0V
大きさ	寸法 w44mm×H27mm×D35mm 重量 90g

3.4 ステアリングセンサ

ステアリングセンサの原理を図-4に示す。ステアリング軸の回転に連動して移動する摺動子を用い、端子1、2、3間の抵抗値の変化により回転角度を電圧値として検出後デジタル値に変換、各種補正を行い角度データを取得している。

試作品におけるステアリングセンサの仕様を表-4に示す。

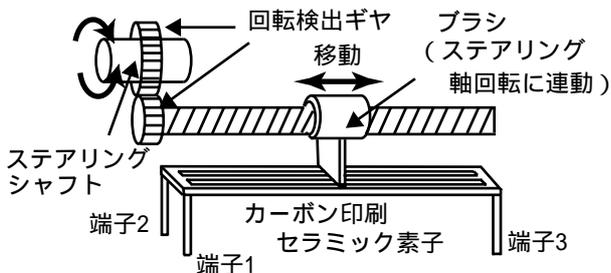


図-4 ステアリングセンサ原理
Fig.4 Principle of steering sensor

表-4 ステアリングセンサ仕様（試作品）

出力信号	アナログ信号出力 （DC 0V～供給電圧） 精度 ステアリング角30° / 0.1V
機構	送りネジ機構+スライド抵抗器 変換レシオ（移動距離/ 0.42mm/30° ステアリング角）
主動従動ギヤ	2.5倍
ステアリング操作角度	左右2回転 Max.
検出精度	軸回転 15°以上の検出可能
電源仕様	10.5~16.0V
大きさ	寸法 28mmXL55mm （センサ本体） 重量 400g

3.4 画面表示

表示画面はユニバーサルデザインの考え方にに基づき、シンプルで、誰にでも簡単に理解できる表示を検討した。

進行予測曲線は、内部を半透明（格子状）にすることにより、後方視界を妨げないようにした。また、車速やバックソナーとも連携し、車両が動きだせばオレンジ色に、バックソナーが反応すれば赤色に表示色を変更、これと同時に曲線表示長さもそれぞれ車両後端から2m、0.5mと変化するなどのドライバに注意を促す機能をも盛り込んだ。それぞれの表示画面を図-5、図-6に示す。

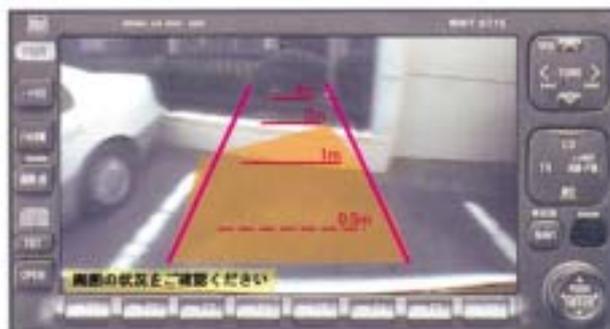


図-5 ディスプレイ表示画面（車両始動時）
Fig.5 Displayed picture : vehicle moving off

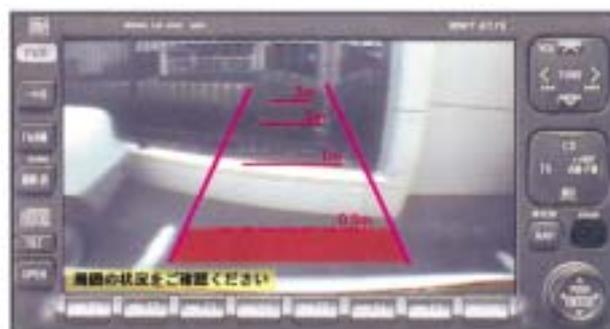


図-6 ディスプレイ表示画面（バックソナー反応時）
Fig.6 Displayed picture : back-sonar reacting

また、進行予測曲線は、接触などの危険性を低減するため、表示幅を実際車幅より左右約20%、タイヤ1本分程度大きくしてさらに安全性を高めている。

このように、縦列駐車も含めて通常ドライバーが頻繁に行う駐車運転時に必要な情報を効果的にドライバーへ伝達する表示を実現した。

4. システムの効果

4.1 システム効果評価実験

システムの機能/性能の検証を行うため、社内より被験者(事務職系の一般的なドライバー 8名/システム搭載車両の運転経験無し)を選定し、実験車両による評価実験を行った。

評価手法には、駐車にかかる時間の比較や完了後の車両状態などの客観的な評価と共に、“NASA-TLX”評価尺度を応用した主観的な評価による「理解度」「使い勝手」など、負担度の軽減効果についても解析を実施した。参考までに“NASA-TLX”評価尺度³⁾を表-5に、評価時に用いたアンケートおよびチェックシートを図-7に示す。

なお、被験者の選定には本システムのねらいである「誰

表-5 NASA-TLX 評価尺度

項目	得点	説明
精神的要求 (MD)	低い/高い	どの程度、精神的かつ知覚的活動が要求されたか?(思考、意思決定、計算、記憶、観察など)
身体的要求 (PD)	低い/高い	どの程度、身体的活動が必要だったか?(例: 押す、引く、回す操作、活動するなど)
時間的圧迫感 (TD)	低い/高い	作業や要求作業の頻度、速さにどの程度、時間的圧迫感を感じたか?
作業達成度 (OP)	良い/悪い	実験者(あるいはあなた自信)によって設定された作業の達成目標の遂行について、どの程度成功したと思うか?
努力 (EF)	低い/高い	あなたの作業達成レベルに到達するのにどれくらい一生懸命作業を行わなければならないか?
不満 (FR)	低い/高い	作業中、どれくらい安心、喜び満足、リラックス、自己満足を感じたか?

にでもわかりやすく、使い易い情報を提供できる」ことを評価する上で評価結果の偏りを少なくするため、性別および年齢、ドライバー歴を幅広く取り、本システムの機能である「車庫入れ駐車」および「縦列駐車」の実車での運転評価を実施した。

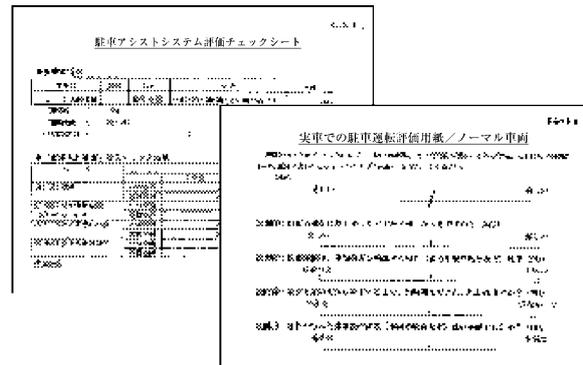


図-7 アンケートおよびチェックシート
Fig.7 Questionnaire & Check parking

4.2 評価結果

図-8および図-9に、ノーマル車両および本システム搭載車両での車庫入れ駐車/縦列駐車時の平均所要時間比較結果を示す。

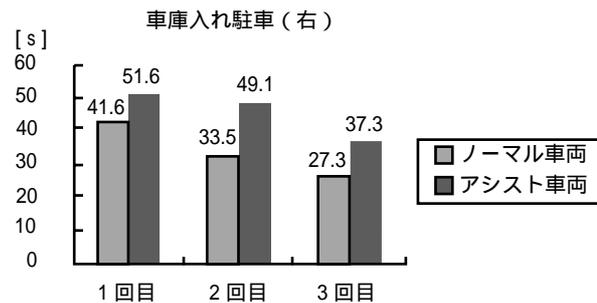


図-8 車庫入れ駐車時の所要時間比較
Fig.8 Comparison of required time : usual parking

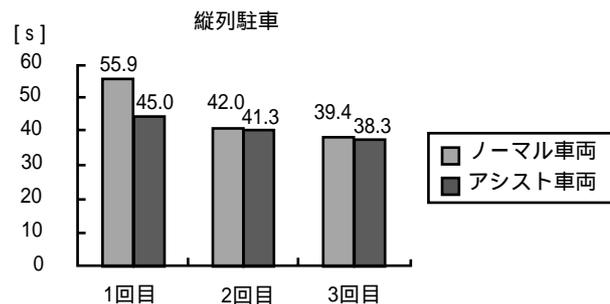


図-9 縦列駐車時の所要時間比較
Fig.9 Comparison of required time : parallel parking

この結果より、通常あまり行っていない(慣れていない)「縦列駐車」においては若干改善効果が現れているが、「車庫入れ駐車」では逆にシステムを使用しないノーマル車両での運転時間のほうが短い結果を得ている。図-10に“NASA-TLX”評価法を応用した主観的な評価結果を示す。

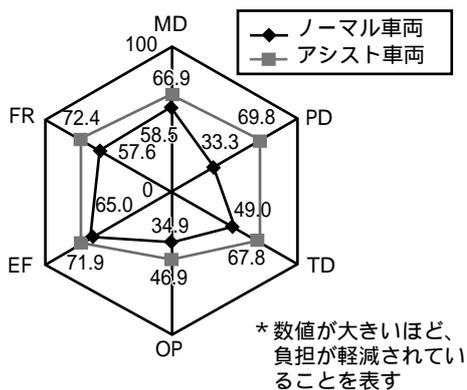


図-10 主観的評価結果
Fig.10 Subjective estimation result

それぞれの車両で“NASA-TLX”評価法に基づいて算出したAWWL値の差（軽減された負担度の値）が次のようになった。

負担軽減度 14ポイント

ノーマル車両	: 55.4
システム搭載車両	: 69.4

システム搭載によってドライバの負担が明らかに軽減されていることがわかる。特に体をひねって後ろを振り返る動作など、身体的要求（PD）の軽減度が高い傾向にあった。また、前述した駐車時の所要時間が、客観的な評価ではシステム搭載車両で長くなる傾向にあったにも関わらず、時間的圧迫感（TD）の値は低減されている。これは、後方障害物の確認が容易にできることによって、ドライバの精神的な安心感につながったためであると推測できる。その裏付けとして被験者からの意見にも

- ・ 後ろを振り返らなくてもよいので、首が痛くない
 - ・ 後方視野がよくわかる
- などがあった。

システムの使用方法やディスプレイ表示内容に対する意見では、ほぼ全員の被験者が「わかりやすい」と判断しており、

- ・ 操作、動作が簡単でよい
 - ・ 車幅、ステアリングを切るタイミングがよくわかる
- などの意見があり、当初のねらいを充分満足したシステムであることが確認できた。

4.3 システム有用性調査

前述した評価実験のほか、117名にものぼる多数の方に試乗いただき、システムの有用性および表示内容のわかりやすさについて調査したところ、図-9、図-10の結果を得た。

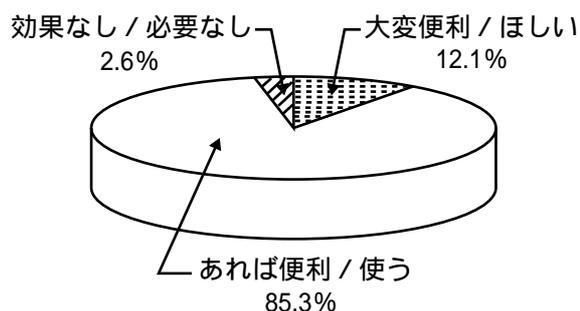


図-11 アンケート結果1（システムの有用性について）
Fig.11 Questionnaire result 1 : utility of the system

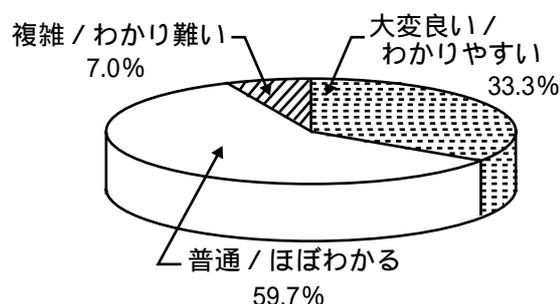


図-12 アンケート結果2（表示内容について）
Fig.12 Questionnaire result 2 : content of the display

これらの結果からも明らかなように、本システムの機能 / 性能は初心者から高齢者の方までを含めて、さまざまなレベルのドライバーに対して有用なものであることがわかった。

5. あとがき

画像センサを応用した安全運転支援システムについて紹介した。今回紹介したこれら新しい機能を実現するシステムはもちろんのこと、既存の車載機器においても「ユニバーサルデザイン」の考え方に基づいた仕様 / デザインの適用が必須になると考える。

また、本件も含め安全運転に関わるシステムは、社会的な認知・コンセンサスを得ながら実用化を進める必要があり、自動車業界関連各位との情報交換も含め、徐々に高度化を目指したいと考える。

最終的にはAHSに代表される自動運転へとつながる、さらに安全性・確実性が重要なセンシングシステムの開発を推進すると共に、さまざまなドライバーがシステムの機能をすぐ理解でき、かつ簡単な操作のみで高い安全性・快適性を得るためのインターフェースを考慮した車載システムの製品化を推進したい。

参考文献：

- 1) 財団法人 道路新産業開発機構：ITS Hand Book
(1999 . 11)
- 2) 古瀬 敏：ユニバーサルデザインとはなにか
(1998 . 12)
- 3) 大阪大学人間科学部HP：人間行動学講座
(1999 . 9)

筆者紹介



崎山 和広(さきやま かずひろ)

1991年入社。以来、デジタル信号処理システムの開発を経てITS関連システム企画に従事。現在ITS)企画部企画課在籍。



清水 俊宏(しみず としひろ)

1997年入社。以来、ITS関連システム企画に従事。現在ITS)企画部企画課在籍。



佐古 和也(さこ かずや)

1978年入社。以来、カーオーディオ及び、音場制御や騒音低減システム、音声処理などのDSP応用技術開発に従事。現在ITS)企画部企画課長。