



解説

自動車における情報通信技術の流れ（前編）

大江 準三

トヨタ自動車（株）第1電子技術部
ooe@junzo.tec.toyota.co.jp

最近の自動車開発においては、環境への適応、安全性能向上、さらには情報通信技術による繋がる機能の高性能化など、社会と高度に共存するための機能開発が進められている。本稿では、いつでも、どこへでも安全・安心・快適に移動できる自動車の魅力をさらに進化させた情報通信技術を中心とした最新技術について解説を行う。

はじめに

自動車の基本機能である「走る」「曲がる」「止まる」は、電子技術を中心とするさまざまな技術開発により高度な運動性能を実現してきた。

一方、昨今のIT（Information Technology）すなわち情報通信技術の進化は、新たな自動車の機能軸である「つながる」機能の形成を促し、図-1のように自動車の内部では基本性能を高度に支援し、外部との接続では進化を続けるインフラとの接続による新たな価値の創生を支援している。つながる先を自動車内部と外部で層別した場合、以下のような新たな仕組みが下支えとして構築されており、自動車の性能・機能のインテリジェント化に貢献している¹⁾。

(1) 車載電子部品が相互に制御情報を共有し、運動動作

における認知・判断・操作を高度に支援

(2) 移動体である自動車から主に無線通信によって社会インフラとの情報通信を行い、安全・安心・快適な運転を支援

これらの仕組みにより、自動車のインテリジェント化はもとより、環境対応や交通事故低減など社会と自動車が高度に共存する仕組み作りが可能となり、ITS（Intelligent Transport System）技術と称せられる産官学一体となった新たな枠組みでの技術研究や商品開発がさまざまな分野で進んでいる。

今回、自動車におけるIT/ITS技術の状況について上記の2つの領域を前編と後編に分けて実例を交えながら解説を行うこととしたい。

自動車のインテリジェント化

自動車におけるエレクトロニクス技術の導入は、古くは1950年代のA/T（Automatic Transmission）の電子制御などに始まり、1970年代の排ガス規制に対応するためのエンジン制御コンピュータ、ブレーキの制動性能を制御するコンピュータなど、自動車の基本機能の進化に大きな効果を生みだしてきた。

一方、大量のデータを高速で処理するマイクロプロセッサの登場により、車載電子システムは1980年代を境に高度化と大規模化へと発展してきた。表-1はその代表例をまとめたもので、エアバッグなどの衝突安全システム、ナビなどの情報通信システム、さらには周辺監視やセキュリティシステムなどの新しい機能実現を可能にしている。

自動車1台あたりのマイクロプロセッサの使用量は1980年代では約10個であったが、年々その数は増えて

★自動車の基本性能「走る・曲がる・止まる」
+情報通信技術による「つながる」機能 → 安全・安心・快適なクルマ社会の創造

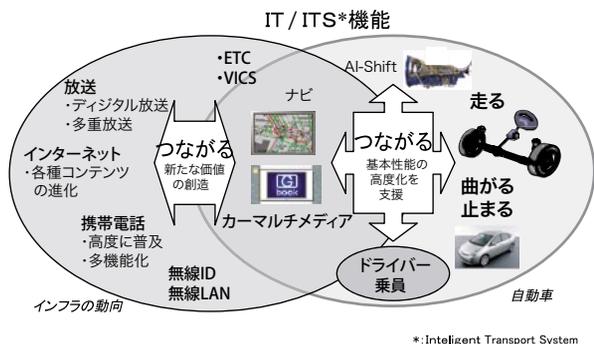


図-1 自動車のIT/ITS



年代	～1980	1980	1990前	1990後	2000～
エンジン・駆動制御	エンジン制御 コンピュータ	マイコン式クルーズ コンピュータ	TRC* (Traction Control System)	ハイブリッド制御	Navi-AI-Shift
シャシー制御	ABS* (Anti-lock Break System)	マイコン式 ABS コンピュータ	VSC* (Vehicle Stability Control System)	ブレーキアシスト	プリクラッシュブレーキ アシスト
衝突安全			エアバッグ	乗員検知エアバッグ	プリクラッシュセーフティ
情報通信		エレクトロマルチ ビジョン (ナビ)	GPS ボイスナビ (音声案内)	DVD ナビ	G-BOOK (通信型ナビ)
セキュリティ・周辺監視		バックソナー後方監視 カメラ	ブラインドコーナーモニタ	音声ガイダンス 駐車アシスト	インテリジェント パーキングアシスト
マイコン数		約10個	約20個	約30個	約40個強

表-1 各年代ごとの代表商品例とマイコン数の推移 (*: 本文にて解説)

1990年代後半では約30個となり、現在では40個強を数えるに至っている。また、現在の自動車1台あたりの電子部品費比率は25%にもものぼり、エレクトロニクスは自動車の中核をなすまでになってきた。

近年では、前述の通り機能個々の高度化だけでなく、「つながる」機能によるインテリジェント化が進展してきている。そこで、本編では主に運転支援技術における最新技術に焦点をあてて解説したい。

運転支援技術

過日、米国の国防総省 DARPA が主催する砂漠での無人自動車の走行コンテストの様子がテレビで放映されていたが、各チームとも工夫を凝らしたシステム構築に取り組んでいる様子が興味深かった。限定された阻害要因の環境下では近い将来実現できると確信している。ただし、実環境として時々刻々変化する道路環境や多様な交通事情に適応しながらの自動走行にはかなりの時間がかかりそうで、当面は人間が状況を認知・判断して自動車を操作する状況は続きそうである。

一方、人間の認知・判断・操作といった機能を自動車の電子装置が支援することで、より安全・安心・快適な運転環境を提供することが可能になってきた。ここでは、運転支援における、認知・判断・操作に関する支援技術の例をもとに、自動車での IT/ITS 技術の一端を紹介したい。

ここで扱う運転支援の考え方は、ASV (Advanced Safety Vehicle) 推進検討会で検討された基本理念^{2),3)}である。「運転の主体はドライバーである」、「ドライバーの不信・過信・過度の依存を招かない設計をする」といった事項に基づいている。

《認知支援技術》

認知の支援には大きく、知覚支援と情報提供の2点に

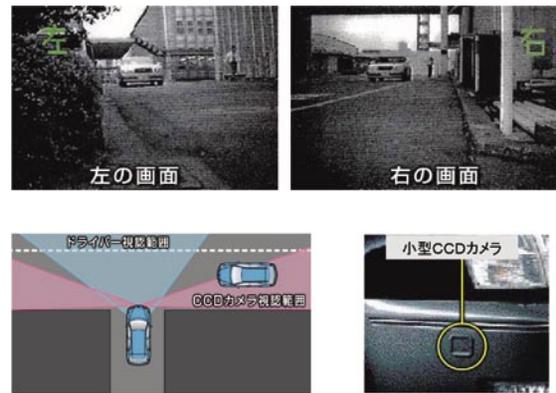


図-2 ブラインドコーナーモニタ

分けられる。前者は、直面した状況判断に必要な情報を取り込む際の支援で、その中心となっているのが視覚支援である。後者は、予告や注意喚起といった認知行為を促すものである。以下にそれぞれの製品例を取り上げてその仕組みについて解説したい。

• 視覚支援技術

見通しの悪い交差点では、運転者は進入する交差点付近の状況把握、特に死角となる方向に対して細心の注意を払っている。このような状況での視覚支援の例として、まず図-2に示す CCD カメラを用いたブラインドコーナーモニタを取り上げてみたい。

バンパーの左右に取り付けられた CCD カメラで捉えた画像は、交差点での車速停止信号に同期して室内のディスプレイ装置に送られ、図のような画面で映し出される。出力画像は左右の映像を合成した状態で表示されるため、見通しの利かない交差点での左右両方向の状況、特に接近する車両や歩行者の存在を同時に確認することができる。

ところで、視覚情報が最も少なくなるのが夜間であり、暗闇から突然人が現れて驚いたといった経験をされた方は少なくないと思う。夜間の視覚支援として開発された例では、夜間視認性向上支援システム⁴⁾と配光可変型



(a) システム構成



(b) 上段：ナイトビュー表示，下段：通常の視認性

図-3 夜間視認性向上支援システム

前照灯 (AFS; Adaptive Front-lighting System) などが挙げられる。

夜間視認性向上支援システムは、その構成を図-3に示すように赤外光による投光と撮像を行うことによって肉眼では確認できない情報を可視化して提供するもので、夜間視力の低下を補う効果も期待できる。

夜間視認性向上支援システムに用いられる赤外光には1,000nm 近辺の遠赤外線を用いる方式と、850nm 近辺の近赤外線を用いる方式がある。前者は動物や人間から発せられる熱源をもとに撮像するもので、後者は赤外光を投光して反射された赤外光を撮像するものである。図-3は後者の近赤外方式を採用したもので、フロントガラスに投射された映像により、図-3 (b) のように歩行者の早期認知のみならず熱源を持たないガードレールや路面の認識を可能にしている。

一方の配光可変型前照灯 AFS は、ハンドルの操舵角信号と車速情報をもとに最適な光軸方向を計算し、ヘッドライトの光源に一体化された駆動装置を制御することで車両進行方向に適した照射範囲を提供するものである。

図-4に示すように、配光制御のない従来のシステムに比べて、夜間の走行で見にくいカーブの先の状況が捉えやすくなっており、夜間走行での視覚支援の一助をなしている。

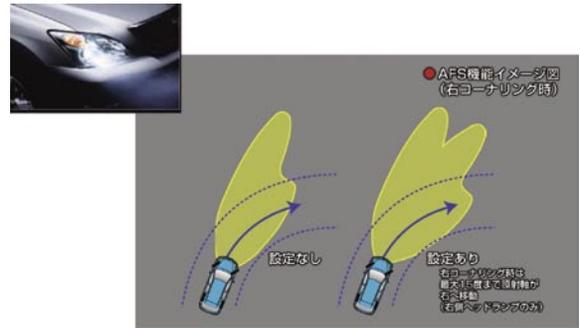


図-4 AFS (Adaptive Front-lighting System)



図-5 カーナビによる注意喚起；事故多発地点の案内

● 情報提供技術

認知を支援する情報提供の例としては、カーナビゲーションシステム (以下カーナビ) を利用したものが挙げられる。カーナビの地図データに交差点や地点に関連した注意喚起情報をあらかじめ登録しておくことで、該当する地点に接近した際に地図画面上にアイコンを重畳表示すると同時に、音声での告知をするようなシステムが登場している。

図-5はその例で、事故多発交差点や踏切り、あるいは急カーブの手前でその存在を音声とアイコン表示で告知している。不慣れな道での安全不確認や見落とし、慣れた道での漫然運転などに対する注意喚起として少なからず効果をあげているものと思われる。

また、2003年に製品化された最新のカーナビでは、全国の主要な事故多発交差点約1,700件がカーナビのデータベースに登録されている。

《判断支援技術》

ドライバーは、「認知」によって得られた情報を吟味し、運転経験や技量をもとに適切な運転操作につなげるための「判断」を行っている。したがって、ここで述べる判断支援技術は、たとえば運転経験の少ないドライバーにとって安心して運転できる状況を提供する仕組みとして

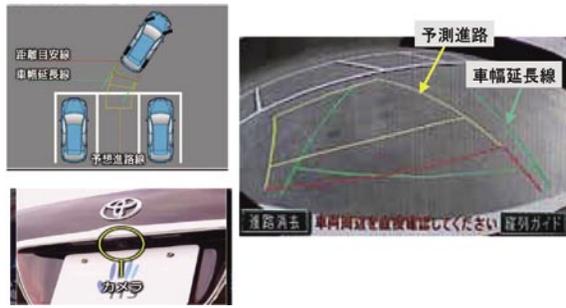


図-6 音声ガイダンス付き駐車アシストシステム

有効となるものである。

思い起こせば、自動車教習所にて初めて縦列駐車を試みた際に、いろいろな状況判断をしながらハンドルとアクセル操作をすることに戸惑った記憶がある。その際(または毎回)、教官が操作タイミングや目標設定の仕方を指示してくれることにより、運転技量が少しずつ上がっていったのは筆者だけの経験ではないと思われる(実は今も苦手である)。

このような場面に寄与する判断支援技術の製品例として、駐車や車庫入れにおけるハンドル操作の判断を音声で支援するシステムを紹介したい。

図-6のように、ナンバープレートの上に取り付けられた CCD カメラで捉えた後方の映像において、ハンドルの切り角に対応した操舵角センサ信号から後退時の予測軌跡を計算して画面に重畳表示を行うと同時に、目標とする駐車区域と予想軌跡の整合性を判断して最適なハンドル操作を音声でガイダンスする仕組みである。

《操作支援技術》

認知・判断した結果としてドライバーは操作を開始する。その際に適切な操作支援を行うことも重要であり、果たす役目は主に運転負荷の軽減と危険回避に分けられる。

●運転負荷低減

運転負荷低減の商品例として認知・判断・操作を融合させた自動駐車システムであるインテリジェント駐車アシストシステム (IPA; Intelligent Parking Assist System) をあげてみたい。

このシステムは、前述の駐車アシストシステムを進化させ 2003 年にフルモデルチェンジをした最新車種に搭載したシステムで、図-7 に示す構成からなっている。これをもとに仕組みを紹介してみたい。

前述のシステム同様、後方カメラで捉えた画面において設定された目標駐車枠区域に対し、IPA 制御コンピュー

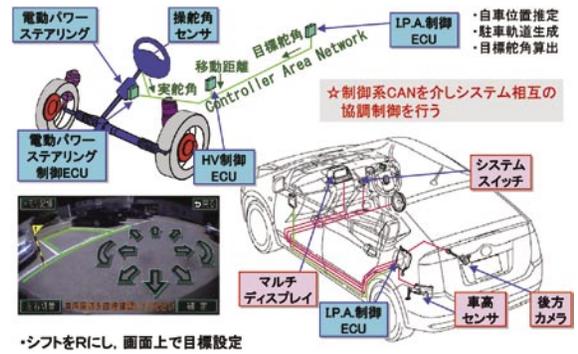


図-7 インテリジェント駐車アシストシステム

タ (IPA 制御 ECU) がハンドルの舵角信号から後退軌跡を予想する。また、操舵角センサや車高センサあるいは車輪速センサなどの各種センサ情報をもとに目標区域との整合性を判断し、ハンドルの操舵制御や車両駆動制御を行うコンピュータとの連携でドライバーに代わって一連の駐車操作を行う。

ハンドル操作は、電動パワーステアリングを用い IPA 制御信号に応じた操舵制御で実現している。この電動パワーステアリングは、通常はドライバーのハンドル操作力を軽減するためのモータ駆動アシストとして機能している。また、後退時の車両の駆動は、ハイブリッド制御コンピュータ (HV 制御 ECU) との連携で電気駆動モータ制御による後退動作を行っている。

これら関連するコンピュータ相互の情報の連結には、車内 LAN (Local Area Network) の 1 つであり、自動車の制御系に広く用いられている CAN (Controller Area Network) を用いている。

前述の ASV の基本理念である「システム作動の主体はドライバーにある」ことを前提に、作動開始に際しては毎回ドライバーの同意を確認し、かつドライバーはブレーキペダルに足を置いてブレーキの緩め具合で速度調整しながらいつでも止まれる状態で作動させるような設計をしている。

このように、CAN のような車内 LAN による「つながる技術」により、車両全体として各コンピュータの連携制御が可能となってきた。同様な連携制御による運転負荷軽減の別の例として、図-8 に示す Navi-AI-Shift を取り上げてみる。

カーナビの地図データに蓄積されている道路勾配データやカーブの曲率データをもとに、AT (Automatic Transmission) 車のシフト制御を連動させたもので、たとえば下り坂やカーブ入り口手前で最適なシフトポジションを自動で設定するものである。これにより頻繁に行うシフト操作の軽減や、山岳道でのエンジンブレーキが利

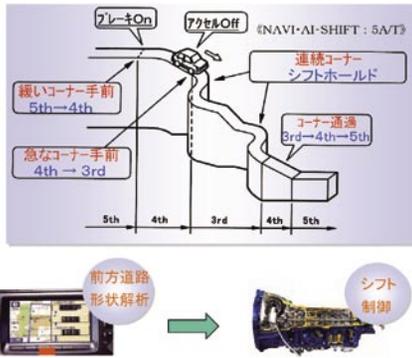


図-8 Navi-AI-Shift

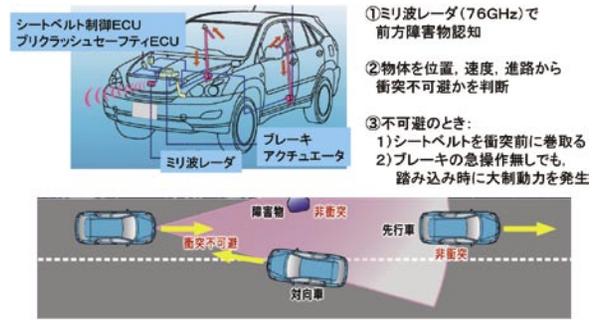


図-9 プリクラッシュセーフティ

きやすい状況を提供することができる。

●危険回避

危険回避の例としては、コーナリングの横滑りを制御するVSC (Vehicle Stability Control System) や、制動時のタイヤロックを防止し確実な制動を制御するABS (Anti-lock Breaking System)、あるいは発進・加速時の駆動タイヤのスリップを抑制するTRC (Traction Control System) などが実用化されている。

ここでは、自動車が社会と共存するための大きな課題の1つである交通事故低減において、ドライバーへの認知・判断・操作支援技術を総合的に組み合わせた危険回避技術に焦点をあてて紹介したい。

衝突事故での安全確保、あるいは乗員の損傷軽減に関しては、すでに多くの自動車に装備されているエアバッグシステムが機能している。一方、衝突直前の予防安全については、ドライバーが衝突対象物体の認知から、衝突するか否かの判断、ブレーキやハンドル操作で衝突を回避するといった一連の行動を高度に支援する技術が必要である。図-9は上記を目的として昨年開発されたプリクラッシュセーフティのシステム構成を示しているが⁵⁾、システムの一連の動作について触れてみたい。

障害物の認知においては、障害物が静止しているものか先行車両かの識別(相対速度の特定)と、接近距離を識別すること、およびその方向が自車の走行区域にあるかどうかの方向の特定が必要となる。この課題に対応するため、図-9のシステムでは76GHzの周波数のミリ波電波によるレーダを用いている。ミリ波レーダは、相対速度や測距精度がよく降雨減衰の影響が少ないといった特徴を有している。

衝突不可避かどうかの判断では、ミリ波レーダで認知された障害物の位置、相対速度、進路との関係をもとに、プリクラッシュセーフティコンピュータが総合的に判断する。もちろんドライバーも同時に状況を見て判断をしているが、とるべき回避行動としてのドライバーの運転

操作が適切かどうかは鍵となる。操作が遅れそうになって衝突する可能性が高い場合、次の操作支援を行う。

プリクラッシュシートベルトは、シートベルトを巻き取ってドライバーに危険を認知させると同時に、早期の乗員拘束を行うことで衝突被害を軽減する。一方、プリクラッシュブレーキアシストは、ドライバーがブレーキ操作を行った場合に適切なペダル踏力にないと感知すると、ブレーキ油圧の加圧助勢と応答性を上げて衝突速度を低減する。これらの操作支援により、判断遅れや操作遅れによる衝突事故の予防を機能させている。

おわりに

前編である本稿においては、主に自動車の内部での車載電子部品が相互に連携した「つながる」技術により、基本性能である「走る」「曲がる」「止まる」を高度化し、ドライバーへの高度な運転支援技術を実現している例を紹介してきた。

ここで、このような自動車のインテリジェント化を支えているセンサやコンピュータの種類を紹介してみたい。表-2は最近の代表例であるが、センサ類は前述のレーダや車速検知などを含めておよそ70個のセンサが使われている。また、各機能を取り持つコンピュータの数は50個前後、モータやソレノイドのような制御信号に連動した動作を行うアクチュエータの類は90個あまり、結線する電線の回路数は優に2,000を超える状態になっている。このように、広範な種類の電子部品により構成された自動車のインテリジェント化技術の実現には、開発者相互の連携のみならず、多くの関連会社や業界との連携も重要である。

ところで、本編では主に自動車が自律的にドライバーに適応する姿を紹介してきたが、一方で、移動体である自動車にとって自律系だけでは実現できないものへの対応も必要になってきている。その1つには、無線通信に



項目	種類	総数	
センサ	<測る> <ul style="list-style-type: none"> ・ G センサ ・ ヨーレートセンサ ・ 車輪速センサ ・ 操舵角センサ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ O2 センサ ・ 空気燃料比センサ ・ 車高センサ 他 	約 70 個
	<見る> <ul style="list-style-type: none"> ・ CCD カメラ ・ 赤外線カメラ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ レーダセンサ 他 	
	<探る> <ul style="list-style-type: none"> ・ 超音波センサ ・ 無線通信センサ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ GPS アンテナ 他 	
電子装置 (ECU)	<ul style="list-style-type: none"> ・ エンジン制御 ECU ・ ブレーキ制御 ECU ・ サスペンション ECU 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ハイブリッド ECU ・ エアバッグ ECU ・ プリクラッシュ ECU ・ NAVI ・ G-BOOK 他 	約 50 個
アクチュエータ	<ul style="list-style-type: none"> ・ インジェクタ ・ ABS アクチュエータ ・ 車高制御ソレノイド 	<ul style="list-style-type: none"> ・ サスペンション制御ソレノイド ・ 電動パワーステアリングモータ 他 	約 90 個
結合する回路数：2,000～2,500 回路			

表-2 自動車のエレクトロニクス構成部品

よる各種インフラとの情報通信があり、移動体である自動車に居ながらにして最新の情報取得が可能になることで、ドライバーは最適な状況判断ができ、加えて自動車と社会インフラが一体となった進化したクルマ社会が実現しつつある。後編では無線通信やインフラとの情報通信に関連した技術に焦点を当てて解説する予定であるが、その一例を次章で紹介して本編を閉じたい。

最後に、自動車がさらなる進化を遂げるためには数々の課題を解決しなければならず、自動車業界のみならず幅広い領域での研究開発が望まれ、多様な業界との連携を密にしてこれからの自動車開発を行っていきたい。

インフラとの情報通信

図-10 は、ヘルプネットと呼ばれる携帯電話網を利用した事故・故障通報や緊急自動車要請を行う仕組みである。携帯電話網に接続する車載通信モジュールを導入したことで車外との情報交換が可能となり、管理センターのオペレータとの通話のみならず、カーナビの GPS 信号から割り出された自車位置と車両の各種センサ信号を送信することで、迅速で適切な救助活動が可能となる。また、同じ仕組みを使うことで車両盗難時の追跡などのセキュリティ確保にも大きな効果を発揮している。

その他のインフラとの情報通信による最適な状況判断を支援する例としては、交通渋滞情報や事故情報を提供する VICS (Vehicle Information & Communication System) と呼ばれる仕組みが実用化されており、渋滞状況の把握や渋滞回避 (自分の車がさらなる渋滞のもとにならないためにも) などの判断支援を可能にしている。また、携帯電話網を使ったインターネットとの接続で、限りなく膨大な情報提供先とのリンクが可能になり、新しい機能構築

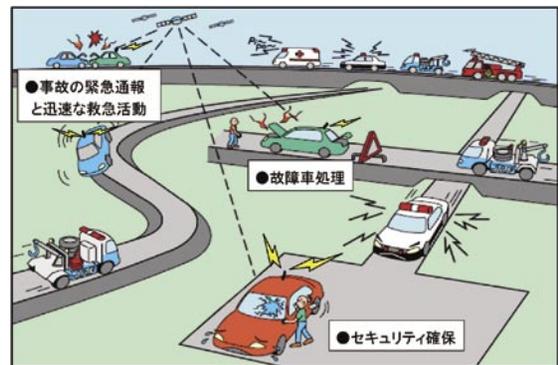


図-10 ヘルプネットシステム

が実現できるようになってきた。テレマティクス技術と称せられる新機軸である。

後編においては、上記のテレマティクス技術を支えているカーナビを中心としたマルチメディア製品と、無線通信技術を中心としたモバイルネットワークなどの最新の自動車情報通信技術について、その成り立ちと機能を紹介する。

参考文献

- 1) 大江準三: 自動車における情報通信技術の流れ, (社)自動車技術会中部支部 2003 年度技術講演会予稿集, pp.1-22 (2003).
- 2) 青木正喜: 乗用車 ASV の紹介, 自動車技術, Vol.55, No.11, pp.22-26 (2001).
- 3) 田中宏明: 知的運転支援システムによる安全性向上技術, 自動車技術, Vol.58, No.5, pp.88-94 (2004).
- 4) 萩里安雄ほか: 近赤外線投射型夜間前方情報提供装置 (ナイトビュー), TOYOTA Technical Review, Vol.52, No.2, pp.48-53 (2002).
- 5) Fujita, K. et al.: Development of Pre-Crash Safety System, The 18th ESV Conference, Paper No.544-W (2003).

(平成 16 年 7 月 1 日受付)