

第 7 章

安全性向上のための技術： 自動車編

第7章では、自動車を対象とした安全性向上のための技術について取り上げる。7.1節では、主として日本におけるこれまでの自動車の安全技術開発の動向と推移を振り返る。ESV、ASV、ITS、そして現在の自動運転の社会実装に向けた取り組みについて紹介する。

7.2節ではアクティブセーフティについて、7.3節ではパッシブセーフティについて実用化されている個別デバイスの特徴を紹介する。

7.4節では、近年に問題が顕在化している高齢ドライバーに対する事故防止技術やコネクテッド技術を利用した新しい安全性向上技術を紹介する。

7.1 自動車の安全技術開発の動向

7.1.1 安全問題対策への黎明期：ESV計画

1960年代には、モータリゼーションの普及により日本だけでなく諸外国においても交通事故が問題視されていた。この状況を改善する目的から1970年にアメリカ運輸省（DOT）のNHTSA（National Highway Traffic Safety Administration）により当時の最高技術水準（State of Art Technology）の実験車を製作することを目的とした実験安全自動車（Experimental Safety Vehicle, ESV）の開発計画が提案された。ESV計画では乗車中の死者数を減少させる目的から、乗員保護と運転者の危険回避のための安全性の追求と技術向上がターゲットとされた。当時のアメリカでは、交通事故死者数の60%が自動車乗車中という割合であったため、アメリカの計画は、この中でも主として衝突時の乗員保護性能の向上にねらいがあったと推

察されている^[1]。

1970年11月には、アメリカ政府と日本政府ならびに当時の西ドイツ政府間で覚書が交換され、日本もESV計画に参加することとなった。この際、アメリカでは車両重量約1800kgの車格を想定して計画されていた。一方で、日本では設置された特別委員会により仕様が検討され、1971年に4名乗車の車両重量約1150kgと2名乗車の車両重量約900kgという小型車を想定した二つの仕様が決定され、開発メーカーが募集された。日本仕様では、80km/hからの衝突や追突されても乗員が受ける衝撃値が生存可能な範囲とすること、生存空間を確保する等を目標値とする一方で、事故回避性能につながる予防安全技術についても盛り込まれた。また、日本の道路運送車両法の保安基準ならびにアメリカの安全基準（Federal Motor Vehicle Safety Standard, FMVSS）にも適合することが要求されていることが特徴として挙げられる。

ESV計画において研究開発された安全技術の具体例を以下に挙げる。

まず、80km/hで正面衝突する際の衝撃吸収性能の向上技術として、車体構造の改善がある。衝突エネルギーを吸収するためのフレームと乗員の生存空間を確保するためのピラーやサイドビーム等が挙げられる^[2]。この頃のアメリカでは、NASAによりアポロ計画から無償で民間技術移転された有限要素法（FEM）アプリケーションのNASTRANがフレーム構造の計算に導入された。現在ではボディー剛性計算等に一般的に用いられている技術がこの当時に自動車を対象に活用されていたことは特筆できる。

次に、エアバッグシステムが挙げられる。衝突検知技術や安全クッションと呼ばれたエアバッグ自体の考えは、それ以前よりあったが実用化はされていなかった。ESV計画と同時期のアメリカにおいてシートベルトの装着義務づけの法案化に対する議論がなされており、シートベルトをしなくても事故時の衝撃を緩和できる受動的拘束装置の要請が高くなりESV計画の中でもエアバッグシステムが検討された。この結果、1974年にGMがエアバッグシステムを装備可能な量産車を世界で初めて市販することにつながった。

また、事故回避性能に関連しては、アンチスキッドブレーキ（現在のABS）と車両横すべり制限機能（現在におけるESC）を併用することで、制動時の車両安定性を向上させるシステム開発がされた。

ESV計画は、参加各社による実験車両の開発と性能評価を経て、1974年に開催された第5回国際会議によって事実上終了した。ESVは、当時の最高技術水準に

より実験車を実際に製作することで成果を得たが、生産性やコストに関しては考えられていなかった。そのため、その間に問題となったエネルギー問題や環境問題については消費動向や量産性を前提とした RSV (Research Safety Vehicle) 計画に引き継がれていくこととなる^[3]。ESV 計画がそれ以後の自動車の安全技術開発のマイルストーンとなったことは、当時検討された安全装置・機能 (図 7.1)^[4]が現在の車両に多数装着されていることから明白である。

7.1.2 先進安全自動車 (Advanced Safety Vehicle, ASV)

図 7.2 は、現在の ITS に関連する日米欧プロジェクトの黎明期に当たる 1970～1990 年代における動向を示す。

日本国内では、1980 年代後半の第 2 次ベビーブーム世代の免許取得者の増加、好景気による交通・物流量の増加などによる「第 2 次交通戦争」に前後して、各省庁におけるプロジェクトが開始され、現在の ITS につながっていることがわかる。その中で自動車を中心に配して安全技術の検討をしているのが、国土交通省による先進安全自動車 (Advanced Safety Vehicle, ASV) 推進計画である。ASV は、1991 年より開始され 2024 年時点で、第 7 期 (各 5 か年計画) が進められている。ASV の検討は、自動車・二輪車メーカー (14 社)、学識経験者、関係団体、関係省庁を委員とする ASV 推進検討会により検討が進められており、ASV 推進計画各期の概要は、表 7.1 に示すようになっている。

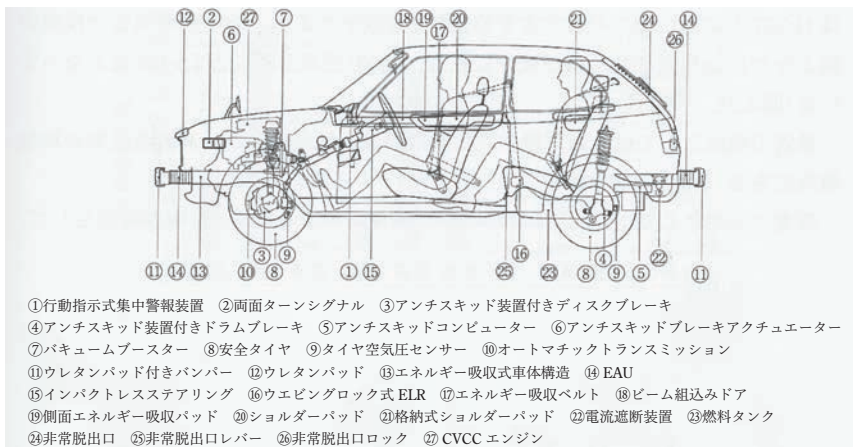


図 7.1 ESV 実験車 (ホンダ ESV 構造図)^[4]。

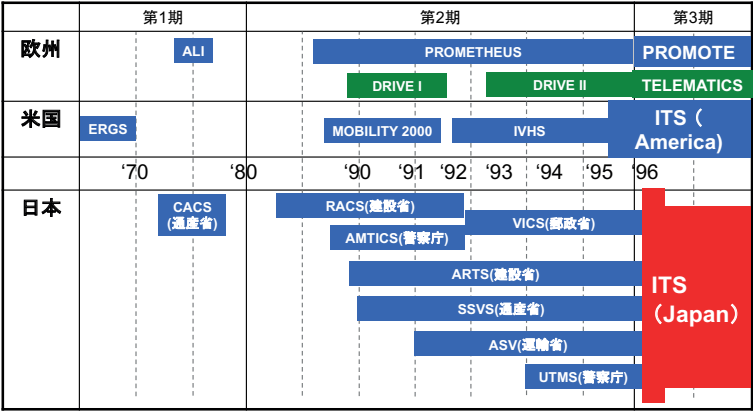


図 7.2 黎明期の ITS 関連プロジェクト（省庁名は当時のもの）。

表 7.1 ASV 推進計画の概要。

第 1 期 1991 年～1995 年	第 2 期 1996 年～2000 年	第 3 期 2001 年～2005 年
・ 技術的可能性の検討	・ 実用化のための研究開発	・ 普及促進のための検討 ・ 新たな技術開発
・ 開発目標の設定 ・ 事故削減効果の検証	・ ASV 基本理念の策定 ・ ASV 技術開発の指針等の策定 ・ 事故削減効果の検証	・ 運転支援の考え方の策定 ・ ASV 普及戦略の策定 ・ 通信技術を利用した技術開発の促進
第 4 期 2006 年～2010 年	第 5 期 2011 年～2015 年	第 6 期 2016 年～2020 年
・ 事故削減への貢献と挑戦	・ 飛躍の高度化の実現	・ 自動運転の実現に向けた ASV の推進
・ 交通事故削減効果の評価手法の検討および評価の実施 ・ 通信利用型運転支援システムの基本設計書策定	・ ドライバー異常時対応システムの基本計画書策定 ・ 歩車間通信システムの基本設計書策定	・ 自動運転を念頭に置いた先進安全技術のあり方の整理 ・ 開発・実用化の指針を定めることを念頭においた具体的な技術の検討 ・ 実現された ASV 技術を含む自動運転技術の普及
第 7 期 2021 年～2025 年		
・ 自動運転の高度化に向けた ASV の更なる推進		
・ 誰もが使用する技術となった ASV の正しい理解・利用の徹底と効果的な普及戦略 ・ ドライバーの操作に対してシステムの操作を優先させる安全技術のあり方の検討 ・ 通信・地図を活用した安全技術の実用化と普及に向けた共通仕様の検討 ・ 自動運転が備えるべき安全の範囲・水準の探索のための考察		

ASV の第 2 期段階でのイメージでは、7.1.1 節の ESV 計画に挙げられていた事故を未然に防止し、衝突による被害を軽減するというターゲットを、1980 年代に急速に高度化したエレクトロニクス・制御技術を応用することにより実現するとともに、あわせて、車体側の技術基盤を確立するというコンセプトとなっている。したがって、ASV 車両には図 7.3^[5]に示すように多様なセンサーならびに制御装置が搭載される。

第 1 期（1991 年～1995 年）では、乗用車を対象に技術的な検討が開始されたが、第 2 期（1996 年～2000 年）からは、開発対象に大型車、二輪車が含まれた。第 2 期からの特徴として、この時期は世界的に ITS に関して研究が活発化してきた時期であり、ASV も 1996 年 7 月に出された「高度道路交通（ITS）推進に関する全体構想」のうちの「安全運転の支援」の分野に位置づけられ推進された。加えて、道路インフラとの連携も検討され、2000 年 10 月には、茨城県つくば市の国土交通省土木研究所（旧建設省土木研究所）にて走行支援道路システム（AHS）との連携・協調を含めて 7 つのサービス（前方障害物衝突防止支援、カーブ進入危険防止支援、車線逸脱防止支援、出会い頭衝突防止支援、右折衝突防止支援、横断歩道歩

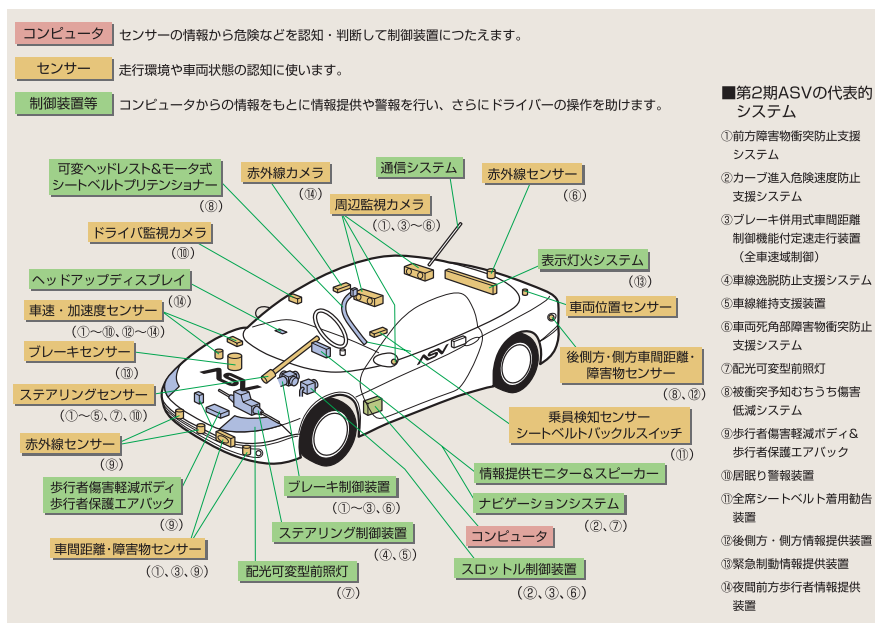


図 7.3 ASV 第 2 期での ASV 車両のイメージ^[5]。

行者衝突防止支援、路面情報活用車間保持支援）に関してドライバーの受容性および道路インフラ設備の妥当性等の共同実証実験が行われた。

第3期（2001年～2005年）では、ASV促進普及のための検討を柱とした活動がされた。この中では、第2期に策定した「ASVの基本理念」に対する具体化である「運転支援の考え方」が取りまとめられた。たとえば、「ドライバーの受容性の確保」に関しては、システムの動作内容をドライバーが確認できることとされている。また、「ドライバー支援の原則」として、安全な運転をすべき主体者はドライバーであり、ASV技術はあくまで側面からの支援という位置づけが明確化されている。この原則より、実用化されているデバイスにおいても支援システムの動作スイッチをドライバーが選択することができ、かつ、動作時においてもドライバー自身の意思によりシステムに強制介入できる仕様となっている。

第4期（2006年～2010年）では、通信利用型運転支援システムの実用化に向けた基本設計がされており、車車間通信（Vehicle to Vehicle, V2V）を利用することで事故回避が期待される出会い頭衝突や右左折時、周辺車両認知支援等が取り上げられている。また、近年、社会問題となっている健康起因事故についても、事故分析よりドライバー異常時対応システムの大型車への適応を検討している。

第5期（2011年～2015年）では、ASV技術の飛躍の高度化に関する検討として、ドライバー異常対応システムの基本設計書の作成、ドライバーの過信の発生を抑制するための設計上の配慮事項の作成ならびに複数のシステムが同時に作動する場合の支援の優先度の考え方の明確化などが取り組まれた。また、通信利用型安全運転支援システムの開発促進に関する検討として、歩行者をターゲットとした歩車通信システム基本計画書の作成、次世代を踏まえた通信利用型運転支援システム基本設計書改訂版の作成が行われた。

第6期（2016年～2020年）では、大きな転換点があり、第3期で示した「ASVの基本理念」であるASV技術はドライバー支援が前提という基本理念を、近年の自動運転技術の開発の活性化をうけて、運転の一部または全部をシステムが行う（自動運転）技術もASV技術で取り扱うために基本理念等の再検討が行われ、基本理念の細則が「運転支援・自動運転の考え方」という以下の8点にまとめられた。

1. 意思に基づく作動
2. 安全運転・安定的作動
3. 作動内容を確認
4. 過信を与えない

5. 強制介入可能
6. 円滑な移行
7. 安全性が後退しないこと
8. 社会に受け入れられる素地が形成されていること

その結果、ドライバーをはじめとするユーザー、システム、社会の三者に対して、8つの考え方を割り当てることで、従来の操縦の主体がドライバーの場合（図 7.4）に加えて、操縦の主体がシステムの場合（図 7.5）についても ASV 技術の担う位置づけが明確化された^[6]。

このように自動運転での利用を想定したことに伴い、混在交通下に自動運転車を導入した際の影響および留意点の検討や自動運転システムの事故削減効果の評価の検討なども第 6 期で実施された。また、ASV 技術の実用化・普及に伴い、一般ユーザーへの普及・啓発活動としてメーカー間での性能の違いや定義の違いによる混乱を避ける目的から、ASV 技術の共通定義や新聞、雑誌等でよく使われている自動運転に関する用語の概説^[7]などが作成された。

開発・実用化の指針を定めることを念頭においた具体的な技術の検討では、監視技術に関して、路肩退避型等発展型ドライバー異常時対応システムの技術要件課題の検討で高速道路版と一般道版を分けて検討がなされるなど具体的な課題の詳細検討が進められている。ほかにも電子けん引による航続無人隊列走行システム、自動速度制御装置（Intelligent Speed Assistance, ISA）、ラストマイル自動運転車両システムなどのガイドラインが策定され、より高度な運転支援システム、自動運転システムの実用化へ向けた検討が続けられている^[6]。

2024 年の現時点で進行している第 7 期（2021 年～2025 年）では、「自動運転の高度化に向けた ASV の更なる推進」を基本テーマとして、自動運転での利用が前提での検討点が挙げられているのが特徴となっている。以下にその検討項目の一部を示す。

- ・ドライバーの操作に対してシステムの操作を優先させる安全技術のあり方
- ・通信・地図を活用した安全技術の実用化と普及に向けた共通仕様
- ・自動運転車が備えるべき安全の範囲・水準の探索のための考察

7.1.3 高度道路交通システム：(Intelligent Transport System, ITS)

7.1.2 節の図 7.2 で示したように、事故削減のための自動車の安全技術は、1980 年代後半からのエレクトロニクス技術や情報通信技術との融合により ITS の分野と

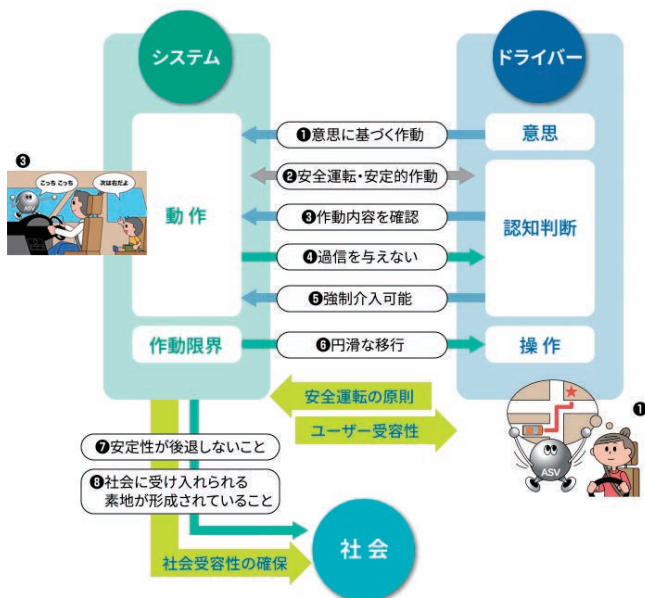


図 7.4 ドライバーとシステムと社会の関係（操縦の主体がドライバーの場合）^[6].

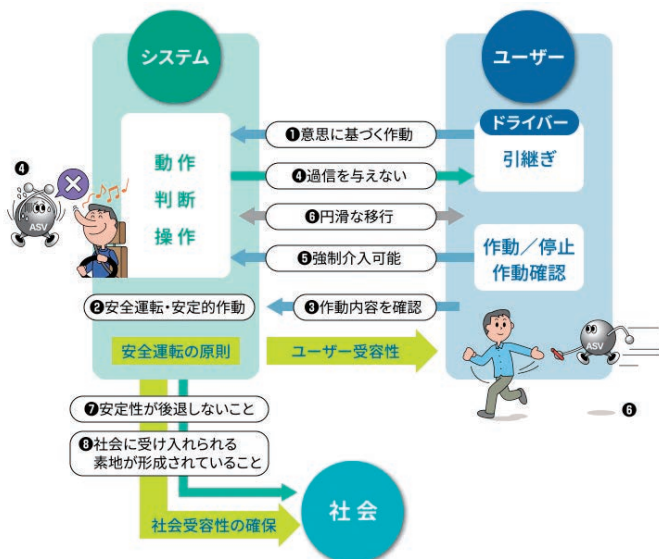


図 7.5 ユーザーとシステムと社会の関係（操縦の主体がシステムの場合）^[6].

して重要な位置づけとなっており、第2回 ITS 世界会議を 1995 年に横浜で開催するのを契機に日本国内においても関連 5 省庁（当時の警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省）と連携した任意団体である道路・交通・車両インテリジェント化推進協議会（Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society, VERTIS）が 1994 年に設立された。その後、2001 年に ITS Japan と名称変更され、その際「ITS 基本戦略委員会」が設置され、役割として政策への提言機能、官民の連携および調整機能、国際戦略機能などをミッションに挙げることで現在に至っている。

先に挙げたミッションの遂行に向け 5 年スパンで中間計画を策定しており、第 1 期中期計画（2006 年～2010 年）では、1996 年に 5 省庁により作成された「ITS 推進に関する全体構想」に従い実用化された 9 つの分野、21 の利用サービスのさらなる普及に努めるとともに、2004 年の日本 ITS 推進会議で取りまとめた「ITS 推進の指針」で期待される分野とされた「安心・安全な社会」、「環境に優しい効率的な社会」および「利便性が高く快適な社会」の実現に向けて共通基盤の整備などを実施した。

第 2 期 ITS 中期計画（2011 年～2015 年）では、2030 年の ITS 長期ビジョンの実現を目標に総合的交通システムのあり方が示され、交通ネットワーク、エネルギーネットワーク、情報通信ネットワークを一体で捉えた次世代のモビリティが提案されている^[8]。とくに、2011 年 3 月に発生した東日本大震災を受けて、平常時だけではなく災害時に活用できる ITS による情報基盤構築等が明記されていることが注目される。また、ASV 技術と情報通信技術の融合により、マルチポップルーティングによる車車間通信を介して、個々の車両近辺だけではなく周辺を走行する車両や前方の道路状況に関する情報を共有して、車両群全体の安全を確保するシステムへの発展が挙げられる。そのことにより、事故や危険事象のリスクを事前に情報提供することで、交通事故の低減が期待される。加えて、歩行者や自転車、新しいモビリティも含めた交通参加者を対象とした支援技術の開発により、運転の習熟度や加齢による認知力の低下等の影響を補い、誰でも安全に移動できる交通社会の実現が目標とされている^[9]。

第 3 期 ITS 中期計画（2016 年～2020 年）では、より視点を広げ、社会的課題の解決や活力ある社会づくりの観点から観ることで、将来の国や街をイメージし、そこでの交通が果たすべき役割を想定し、それを ITS で支え、実現する取り組みとして策定された。そのためまず解決すべき社会課題と社会実装の対象となる現場イメージが整理された。社会課題としては、現在の SDGs やウェルビーイングにつな

がる視点が含まれ、(1) 少子高齢化、(2) エネルギー・環境問題、(3) 経済成長の鈍化および(4) 安全・安心として整理された。また考え方として、(1) 具体的なサービスや価値創造の視点から技術論にブレークダウンする、(2) 現場主義に基づく事例に立脚した具体案を進める、(3) 競争と協調の境界を新しい考え方で再構築すること、(4) グローバルな協調を構想した連携を構築するという4つに整理された。

とくに、社会実装への道筋を示すため、具体的な場を想定している点が第2期から大きく異なっており、政府が2050年を見据えた国土づくりの理念と考え方のベースとなる「国土のグランドデザイン2050」^[10]と「ITSによる未来創造の提言」を照らし合わせ、取り組み対象を以下の三つの拠点に類型化している。

- 小さな拠点：全国に6万5000か所あるといわれる集落を束ね、人口1万人規模の拠点単位を5000か所程度とするもの。
- 高度都市連合：高度な公共サービスの維持に必要とされる30万人程度の人口を有する圏域を構成するために、今後人口30万人を割り込むと思われる中規模都市同士が連携を図り、相互に補完していく考えの地域。
- 大都市：100万人以上の人口を有する都市を想定。

これらの三つの類型に先に挙げた視点を重ね合わせるにより、階層的に問題点を整理することで現場に必要なサービスを実現するためにどのような技術が必要であるかを見える化したものの1階層を示した例が図7.6^[11]である。実際には、それぞれの階層においてマトリックスを構成し、検討点を細分化している。これによりきめの細かい総合的移動サービスを多様な環境下で実現するイメージが固まった。図7.7^[11]は、第3期におけるITSが目指す統合的移動サービス像であり、多様な移動手段を有機的に結合して、安全・安心で活力ある社会を実現するという現在のMaaSで取り上げている方向性に類似した観点であることが興味深く見て取れる。その中では、すべてを自動運転などで置き換えるのではなく、適材適所で公共交通やシェアリングも活用しながらオンデマンドで利便性を高めることも示されている。なお、現在進行しているITS第4期中期計画(2021年～2026年)では、移動システムの高度化によりさらなる安全・安心・快適・効率的な移動への進化を目指すとともに、多様なライフスタイルを支える移動のバリューチェーンの実現に貢献するというアウトラインが提案されており、MaaSや自動運転の社会実装などとの関連性がより強くなってきている。



提供される交通サービス



社会実装の現場と社会的課題の観点で「提供される交通サービス」を抽出

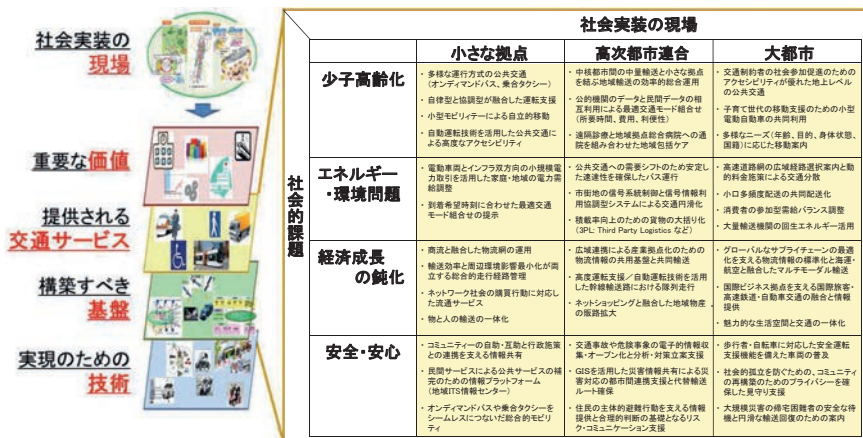


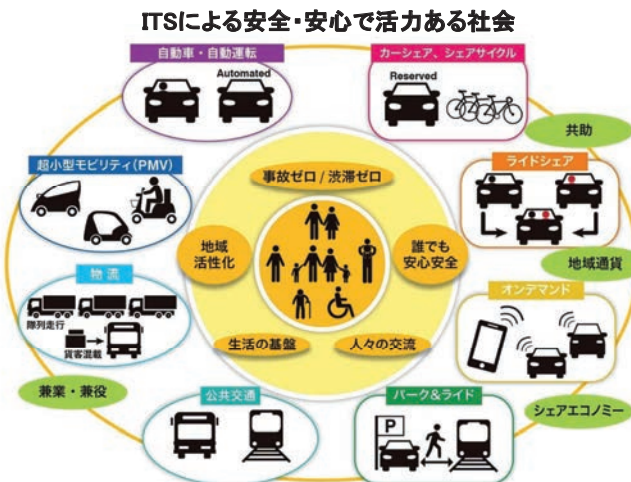
図 7.6 ITS 第 3 期中期計画における階層構造とターゲットマトリックスの例^[11]



目指す姿 - 統合的移動サービス



様々な移動手段を有機的に統合し、安全・安心で活力ある社会を実現する



【ITS Japanがイメージする統合的移動サービス】

図 7.7 ITS 第 3 期中期計画における統合的移動サービスのイメージ^[11]

7.1.4 自動運転の社会実装に向けた取り組み

ここまで、自動車の安全技術の開発動向として先進技術開発を担ってきた ESV 計画から ASV 計画、そして情報通信技術を取り入れて安全・安心、快適な交通を実現する ITS 計画に関して紹介してきた。それらの中で近年とくに注目されている CASE（Connected, Autonomous, Seared and Electric）と呼ばれるコア技術分野は、100 年に一度の大改革期とされ、企業間競争だけでなく国際的な競争となっており、また、その研究開発費も巨額となっているため、協調領域に関しては国家プロジェクトによる研究開発、そして競争領域に関しては単独の企業規模では難しい規模になっているため企業間の技術協力・技術供与の関係構築などが進んできている。現在、日本国内における自動運転の協調領域に関しては、内閣府による戦略的イノベーション創造プログラム（Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program, SIP）において、検討が進められている。

これらの自動運転ならびに運転支援に関する詳細は第 8 章「自動運転と運転支援」で改めて紹介し、次節以降では、それ以外の安全性向上技術について紹介する。

7.2 アクティブセーフティ

7.1 節で示した安全性向上技術について、図 7.8 に示す車両走行中の衝突リスク発生時の時系列に沿って、デバイスの作動タイミング別に紹介する。

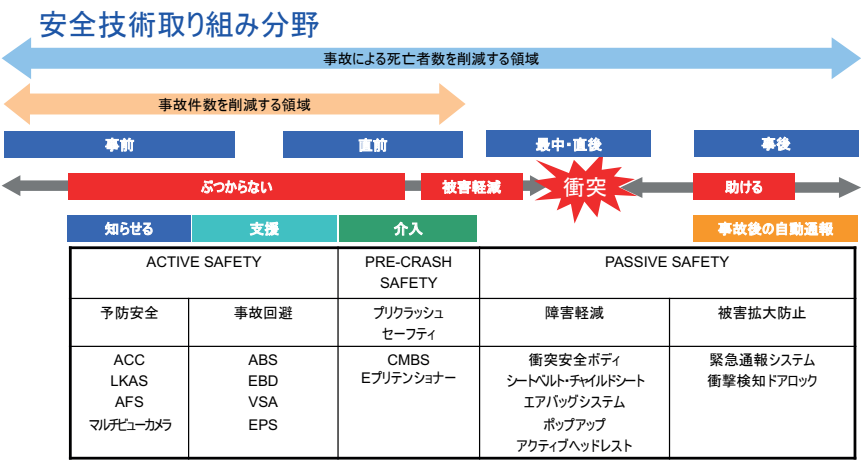


図 7.8 走行時の自動車の安全技術の取り組み分野。

日本国内でも 2023 年に年間約 30 万件の交通事故が発生しており、事故件数は 10 年前の約半数に減少しているが、依然として年間 35 万人以上の死傷者が発生している。したがって、究極の目標として交通事故ゼロを目指していくためには、交通事故自体を未然に防ぐアクティブセーフティ分野の技術開発ならびに実用化・普及が重要となる。

7.2.1 視認性向上技術

灯火系

夕暮れ時、夜間や悪天候等でドライバーの前方視界の視認性を向上させるために、高輝度のディスチャージヘッドライトや LED ヘッドライト等が実用化されている。また、操舵角および車速からカーブ走行時の車両進行方向を算出し、ヘッドライトユニットの反射鏡を制御することで照射方向を進行方向に合わせる AFS (Adaptive Front-lighting System) 等が普及している。

ヨーロッパなどでは対向車や歩行者などから自車の被視認性を向上させる昼間点灯が義務化されているが、日本においても 2016 年からは道路運送法の保安基準の改正で 2019 年 3 月以降の新型車（継続生産車は 2021 年 10 月以降）で無灯火走行を禁止するオートライトの装備が義務化されたため、それにあわせて LED を用いた常時点灯の DRL (Daytime Running Light) が昼間走行灯として認められるようになっている。LED を用いているため、デザイン的にはヘッドライトの縁周に配置されることが多い。

間接視界

車体に複数のカメラを設置し、見通しの悪い交差点の交差車線の状況をモニターに表示したり、バック時の自車両の後方映像に車両サイズを表示したり、車両周辺状況について画像処理技術を用いてア라운드ビューに合成してモニター表示することでドライバーの理解と視認性を向上させる技術も実用化されている。

また、夜間に近赤外線を前方に照射しながら、近赤外線カメラによって肉眼では見えにくい歩行者や道路状況を可視化・強調表示することでドライバーへ注意喚起を促すナイトビジョンシステム等も挙げられる (図 7.9)^[12]。



図 7.9 インテリジェント・ナイトビジョンシステムによる歩行者強調表示の例（本田技研工業提供）^[12]。

7.2.2 運転負荷軽減技術

車速制御

従来のクルーズコントロールは高速道路上等での一定速維持機能であったが、ミリ波レーダーやステレオカメラを用いて車両が前方状況を認知し、前方車両との車間距離を保ちながら速度を合わせて自動追従する定速走行・車間距離制御装置（Adaptive Cruise Control, ACC）が高速道路等の高速域だけでなく、一般道路等の渋滞内でも前方車接近警報や追突防止を目的とした低速 ACC としても実用化されている。とくに低速 ACC は、低速域の衝突被害軽減システム（Collision Mitigation Brake System, CMBS）の役割も兼ねており、事故発生件数の多い交差点付近での事故件数削減に有効とされている¹。

また、日本国内では、2021 年 11 月以降の国産新型車（継続生産車は 2025 年 12 月）への先進緊急ブレーキシステム（Advanced Emergency Braking System, AEB）の装着義務化に伴い、マニュアルトランスミッション搭載車にもスロットル回転数制御や AEB が搭載されているため、そのセンサーや制御システムを一部利用することでマニュアルトランスミッション搭載車にも簡易的な ACC が搭載されるようになり、高速道路での長距離運転時の運転負荷の軽減にもなっている。

なお、このスロットル回転数制御などは、マニュアルトランスミッションのシフトダウン時にも回転数を高めてシンクロさせやすくするブリッピング機能としても作

¹ CMBS と後述の AEB は動作条件などが異なるため、あえて異なる表現で表記した。

動し、ドライバーのスムーズな変速動作の実現も支援している。

ヘッドアップディスプレイ (Head Up Display, HUD)

HUD は、フロントガラスやメーターフード前方へ配された反射型液晶パネルやホログラフィック光学素子に無限遠に焦点を置くように運転に必要な情報を投影するシステムで、ドライバーの視線をインストルメンタルパネルに落とすことなく情報を読めるため、運転時のよそ見防止ならびに疲労軽減効果が期待されている。

また、ドライバーの注視している前方視野に重なるように、情報を投影することで、たとえば 3D ナビゲーションのような拡張現実 (Augmented Reality, AR) の効果も得ることができる。

疲労検知システム

ハンドル操作の揺らぎや車内カメラによるドライバーの表情解析から、ドライバーの疲労度や注意力を検出し、疲労を感知すると警告を発し、事故を予防するシステムである。たとえば、走行中のドライバーの顔の方向や眼の状態を車載カメラがモニタリングし注意力不足を検知したり、運転開始時の 15 分間の走行パターンを学習して、ハンドル操作等からファジィ理論によって注意力低下を検知するシステム等がある。いずれも注意力低下が検知されると警報音で警告したり、警告表示を行う。また注意力低下に伴うふらつきに対しては車線逸脱警報で注意喚起するとともに、警報が続く際には衝突被害軽減ブレーキの支援タイミングを早めることで、事故予防が期待できる^[13]。

アクティブスピーカーシステム

近年の乗用車はボディー剛性の向上とともに、防音性能に優れており、車内の静音性を向上させることで、乗員の快適性を向上させるとともにドライバーの疲労度軽減を図っている。一方で、EV 化や騒音規制により車両からの走行状態のインフォメーションとしてのエンジン音などが聞こえなくなっている。そこで、アクセル開度などから疑似的にエンジン音を合成し、車内のスピーカーから合成音を流すことで、走行状態をイメージしやすく、一部のスポーツカーではドライバーの操縦している高揚感を高める効果を出したりしている。また、外界音に対しては、ノイズキャンセリング機能を用いて雑音や騒音を極力打ち消すとともに、後方車両の存在や緊急車両のサイレンなどは、聞こえてくる方向を強調して音を流すことで注意喚

起するなどの工夫も検討されている。

7.2.3 車両運動性能向上技術

車両横すべり低減制御（Electronic Stability Control, ESC）

ドライバーがハンドルを切っても、車輪の回転が伴っていないと、車両を曲げるための横力は発生しない。そのため現行車両はABS（Anti-lock Brake System）がほぼ標準装備されている。ABSは、車輪回転状態を常に監視し、滑りやすい路面等での制動時に車輪がロックし始めた際には、瞬時にブレーキ圧を緩めることで車輪ロックを解消して、改めてロックしない程度にブレーキ圧を上昇させることで、ハンドル操作を可能としながら制動性能を確保している。現在、発進・加速時の各車輪の空転の発生を防ぐTCS（Traction Control System）とABSを連動させ、各輪のタイヤ発生力を積極的に統合制御することで車両のふらつきや横すべりを防止・低減するESC（Electronic Stability Control）が2012年10月から新型車に対して装着義務化されている。さらに電動パワーステアリングEPS等との統合制御も進んでおり、これらによるトータルの車両走行性能向上によって、万一の場合での危険・事故回避の実現が図られている。

タイヤ空気圧監視システム（Tire Pressure Monitoring System, TPMS）

自動運転や運転支援システムも理想的な車両挙動を実現するためには、タイヤの状態が適切である必要がある。とくに、空気圧が適正值でないと制動・駆動力だけでなく、車両を曲げるためのコーナリングフォースも減少するため、たとえば後輪がスローパンクのようなになると前後のタイヤからの発生力のバランスが崩れ、ESCが搭載されていても適切な制御が実現できずにスピン傾向を誘発したりすることになる。そのため各輪のタイヤがパンクしていないか、空気圧が異常値ではないかを各輪内に内蔵した圧力センサーを介してモニタリングし、空気圧が低下した際にドライバーに警告するシステムがTPMSである。空気圧の適性維持は、安全性だけでなく、燃費向上にもつながるため、アメリカやヨーロッパのほか主要国で義務化が進んでいるが、日本ではパンク状況がわかりにくいランフラットタイヤに対する義務化に限定され、通常のタイヤに対しては現在法制化の検討段階にある。

7.3 パッシブセーフティ

7.2 節では、未然に事故を防ぐ安全性向上の技術について述べたが、現状ではそれにより完全に事故を防ぐことは困難であり、万一の衝突事故の際にも、人への傷害を最小限に抑えるパッシブセーフティの性能向上も重要である。ここでは、それらの代表的な技術を紹介する。

7.3.1 衝突被害軽減技術

クラッシュアブルボディ

衝突事故では、車両走行速度による運動量がドライバーへ伝達する衝撃の大きさに影響を及ぼす。仮に、非常に剛なボディーでは、衝撃が一気にドライバーへ伝達するためドライバーの損傷値が高くなってしまう。そこで、衝突時にクラッシュアブルゾーンと呼ばれるエンジンルーム部分のフレーム変形によりエネルギーを吸収することで伝達する衝撃力を低減している。現在は、あらかじめ設計段階で衝撃に対する時間的なフレーム変形量を計算し、衝撃の最大値がドライバーへの危険値を下回るようにフレーム設計がされている。

コンパチビリティ

混合交通下での車両同士の衝突事故では、車両相互の車格の違いにより、相手車両のフレーム位置が異なって衝突すると前述のクラッシュアブルゾーンの機能が半減してしまう。そこで、軽自動車と普通自動車のような異なる車格同士が衝突した際でも、互いのフレームにより衝突するようにボディー構造を工夫しコンパチビリティが確保されている（図 7.10）^[14]。

ロードリミッターつきプリテンショナーELR シートベルト

衝突時の乗員の衝撃を緩和する技術としては、衝突を感知した際は瞬時にシートベルトの遊びを巻き取り、その後一定以上の荷重（ロード）が加わるとベルトを送り出すことで、胸部への負担を軽減するロードリミッターつきプリテンショナーELR シートベルトが採用されている。

SRS エアバッグシステム

また、SRS エアバッグシステムも、現在では運転席に加えて助手席にも搭載され



図 7.10 コンパチビリティ対応ボディー模式図（本田技研工業提供）^[14]。

ることが一般的になっている。加えて、衝突後の 0.015 秒程度で感知するとともに衝突速度に合わせてエアバッグの展開スピードが変化したり、連続的に展開容量が変化することで、体格の違う乗員に対する保護性能が向上している。また、側面衝突に対するサイドエアバッグシステムでは、カーテン状に展開することで頭部や頸部を効果的に保護する方式も実用化されている。

7.3.2 歩行者被害軽減技術

ボディー設計形状

歩行者との衝突時に歩行者の被害を軽減させる技術としては、ボディー設計において、バンパーやフェンダー、ボンネット内部に空間を確保し、くぼみやすくすることで衝撃を吸収させる構造が採用されている。加えて、ボディー先端部の突起部をなるべくなくすことで、衝突時での歩行者の身体の引っかかりをなくしている。そのため展開時にライト部が凸形状になるリトラクタブル式のヘッドライトは現在では採用されなくなっている。

ボンネットフード構造

ボンネットのヒンジ部自体も強い衝撃が加わると折れ曲がって衝撃を吸収する構造になっている。また、衝突感知した瞬間にボンネットフードを跳ね上げることで、空間を大きくするポップアップ式のボンネットフードも採用されている。

歩行者用エアバッグシステム

乗用車正面から歩行者と接触事故を起こした際、車速が高く歩行者が大人の場合には、まず車両の前方バンパー部に人の脚部が接触し、その勢いで頭部を含む上体がボンネット側に激しく倒れ込む状態になる。このとき、歩行者の頭部はボンネッ

トフードを越えてフロントウインドウガラスやAピラーに強打することで致命傷を受ける場合があるため、衝突速度がある程度以上と車両が感知した場合には、バンパー部で衝突を感知したと同時にボンネットフードとフロントウインドウ間に収納されている歩行者用エアバッグシステムに点火信号を送り、エアバッグを展開することで歩行者の頭部を衝撃から保護するシステムも実用化されている。

一方で、一度衝突事故が発生して、センサー類が搭載されているバンパーやフロントガラスなどの交換が必要となる際には、センサーの交換に加えてセンサー並びにシステムの校正作業も必要となる。この作業は、メーカー指定の高度な作業が可能な指定工場などでないとできないため、近年の市販車の修理単価は上昇傾向にあり、絶対的な事故件数が減少しているにもかかわらず、任意保険料が上昇する一因にも挙げられている。

交通安全白書によれば、日本における交通死亡事故の第一当事者の法令違反として半数以上は安全運転義務違反が占めており、交通事故全体においても従来からドライバーに起因するところが大多数といわれていることから、基本的にアクティブセーフティ段階の高度運転支援システムのさらなる機能向上で事故低減が実現できることが期待されている。

7.4 そのほかの安全技術

7.4.1 超高齢社会に対応した安全性向上技術

日本は、全人口に占める65歳以上の割合である高齢化率も2019年の時点で28.4%と世界の中でも際だって超高齢社会が進んでいる。加えて、1950年代頃から始まった日本国内のモータリゼーションに合わせて、運転免許を取得した世代のドライバーが後期高齢者（75歳以上）にさしかかりつつあり、高齢者が死傷する交通事故も大きな社会問題になっている一方で、高齢者が運転する自動車での事故も増加している。その中には、認知症などが原因の事例も含まれ、現在では、75歳以上のドライバーの免許更新時には、認知機能検査を受けなければならないように法令改正されている。また、加齢による判断能力や身体能力の低下は誰にでも起きるため、以下のような安全技術が開発された。また、高齢者向けのセーフティサポートカー（サポカー）として官民連携で普及啓発が取り組まれている。

ペダル踏み間違い急発進抑制装置

75 歳以上の高齢運転者の死亡事故の人的要因では、30%が操作不適（ハンドルの操作不適 14.6%，ブレーキとアクセルの踏み間違い 7.3%）とされており、75 歳未満と比べてその割合が顕著に大きい^[15]。

したがって、前方や後方に障害物があるにもかかわらずアクセルペダルを強く踏み込んでしまった場合に、誤発進を抑制し、衝突の危険を警告音やメーター表示などでドライバーに警告することで、それらの事故低減に効果が期待される機能である。衝突被害軽減ブレーキ（自動ブレーキ）とこの急発進抑制装置が高齢者の事故抑制を狙って設定されたセーフティサポートカー（サポカー）の中核となる安全性向上技術となっている。

後退時車両直後確認装置

自動車の後部に搭載され、ドライバーが車両を後退させる際に後方の障害物や物体を検出し、警告を提供するシステムである。この装置は通常、自動車のバンパーやリアハッチに取りつけられた小型カメラが後方の映像を表示し、ドライバーにモニターを介して視覚的な情報を提供する。とくに、後退時にサイドミラーやルームミラーなどの後方間接視界では確認しづらい車両に近接した位置にかがんでいる身長の低い子供などとの接触を回避するうえで有効である。これらの事故は国際的にも重要視されており、バックカメラタイプだけでなく、超音波ソナーをはじめとしたセンサーにより障害物の有無を確認する手法を含めて、国連 WP29 での採択に合わせ、日本国内では 2022 年 5 月以降の新型車（継続生産車は 2024 年 5 月以降）に対して義務化されている。

7.4.2 コネクテッド技術を利用した新しい安全性向上技術

車両に通信機能を装備しデータの送受信を行うコネクテッド技術は、車両に SIM を内蔵することで、現在の市販車では広く搭載・利用されている。ここでは、コネクテッド技術を用いた比較的新しい安全性向上技術について記載する。

ワンタッチ通報（QQ コールなど）

事故が発生したり、乗員が体調不良になった際、ヘルプボタンを押すだけで、専用のオペレータにつながるとともに車両の位置情報が送信されるため、緊急車両の出動までの時間が短縮される。また、車種によっては、エアバッグ作動に連動して

自動通報する機能もあるため、事故の際に意識を失った場合にも通報されるため、緊急車両の到着時間を短縮することができる。

高度速度支援（Intelligent Speed Assistance, ISA）

ISA は車両がリアルタイムで道路の速度制限を認識し、ドライバーに警告を発し、必要に応じて車両の速度を制限する。そのメカニズムは、カメラや GPS などのセンサーを使用し、車両が現在位置する場所の速度制限を認識する。映像による道路上の標識を認識するとともに、コネクテッド技術を用いてネットワークサーバー上のデータベースにアクセスすることで、速度制限を正確に特定する。そのうえで、ISA が速度制限を超過する可能性があると判断した場合、ディスプレイへの速度制限の表示や音声警告を実施すると同時に、必要に応じてアクセル操作やクルーズコントロールの制御を通じて車両の速度を制限し、ドライバーが速度制限を守るように支援する。ISA は、ゾーン 30 が設定されている歩行者や自転車との事故が多い生活道路を抜け道として使う車両などに対して、速度抑制を支援するのに有効なシステムとして、EU などの一部地域などで法的義務化を検討している。

なお、この機能と類似のシステムとして、スピードリミッター解除機能がある。一部のスポーツカーなどに搭載され、GPS で現在位置を把握し、あらかじめ設定されている専用サーキットのコース内に車両の存在が確認されると、スピードリミッターが解除され、スポーツ走行やレースなどで車両の性能を最大限に発揮することができるようになる機能である。

参考文献

- [1] 狼嘉郎, 「安全と ESV 計画」, *IATSS Review*, Vol. 2, No. 2, 1976.
- [2] トヨタ自動車, 「トヨタ自動車 75 年史——第 2 部第 2 章第 2 節第 4 項 トヨタ ESV の開発」.
<http://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/index.html> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [3] 佐野彰一, 「RSV 計画と安全研究の展望」, *IATSS Review*, Vol. 5, No. 4, 1979.
- [4] 自動車技術会編, 『自動車の百科事典』, 丸善, 2009.
- [5] 国土交通省, 「第 3 期 ASV 推進計画パンフレット」, 2002.
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/data/asv3pamphlet.pdf> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [6] 国土交通省, 「第 6 期先進安全自動車 (ASV) 推進計画成果報告について」, 2021.
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/report06/index.html#philosophy> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [7] 国土交通省, 「新聞、雑誌などでよく使われている自動運転関連用語の概説」, 2021.
https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/report06/file/siryohen_4_jidoutenyogo.pdf (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [8] ITS Japan, 「第 2 期 ITS 中期計画 (2011~2015 年)」.
https://www.its-jp.org/katsudou/chukei/id210_1/ (2023 年 10 月 30 日閲覧)

- [9] ITS Japan, 「ITS による未来創造の提言～誰でも、どこでも快適に移動できる社会の実現～」, 2013.
http://www.its-jp.org/document/20131017/ITS-future-vision_j_131010.pdf (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [10] 国土交通省, 「国土のグランドデザイン 2050」, 2014.
https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000043.html (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [11] ITS Japan, 「総合的移動サービスの実現に向けて」, ITS Japan 総会シンポジウム資料, 2018.
- [12] 本田技研工業, 「歩行者を検知しドライバーに知らせる世界初の『インテリジェント・ナイトビジョンシステム』を新開発——夜間の運転支援システムとして今秋発売のレジェンドに搭載——」, 2004.
<http://www.honda.co.jp/news/2004/4040824a.html> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [13] 三菱ふそうトラック・バス株式会社, 「第 58 回自動車技術会賞で『運転注意力モニター (MDAS-III)』が『技術開発賞』を受賞」, 2008.
http://www.mitsubishi-fuso.com/jp/news/news_content/080424/080424.html (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [14] 本田技研工業, 「コンパティビリティ対応ボディ」, 2003.
<http://www.honda.co.jp/tech/auto/compatibility/> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [15] サポカー (安全運転サポートカー) ホームページ, 「高齢者の死亡事故について」
<https://www.safety-support-car.go.jp/analysis/> (2023 年 10 月 30 日閲覧)

推奨文献

- [a] 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会, 「先進安全自動車に関する研究成果報告書——ASV (Advanced Safety Vehicle) の研究成果と今後の技術指針——」, 2008.
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/data/asv1report.pdf> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [b] 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会, 「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 (第 2 期) に関する報告書」, 2001.
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/data/asv2report.pdf> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [c] 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会, 「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書——第 3 期 ASV 計画における活動成果について——」, 2006.
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/data/asv3seikahoukokusyocorrection.pdf> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [d] 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会, 「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書——第 4 期 ASV 計画における活動成果について——」, 2011.
https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/data/asv4pamphlet_seika.pdf (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [e] 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会, 「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書——第 5 期 ASV 計画における活動成果について——」, 2016.
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/data/asv5report.pdf> (2023 年 10 月 30 日閲覧)
- [f] 国土交通省自動車交通局先進安全自動車推進検討会, 「先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書——第 6 期 ASV 計画における活動成果について——」, 2021.
https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/report06/file/asv6_houkokusho_honpen.pdf (2023 年 10 月 30 日閲覧)