

カーロボティクスによる安全安心の向上に向けて

Toward Safety and Security Enhancement by Car-Robotics



永井正夫*
Prof. Masao NAGAI

Preventive safety technology is very important to avoid traffic accident. And robotic technology, using sensors, actuators, and micro computers, is quite similar to the preventive safety technology to realize driver assistance system and autonomous stopping system. Recently in JSAE a new committee on Car Robotics started to investigate the new technology.

Key Words: safety, car robotics, preventive safety, autonomous collision avoidance, driver model

1. はじめに

平成 22 年のわが国の自動車交通事故死者数は 4 863 人であり、10 年連続して減少傾向にある。図 1 に示すように、ここ数十年の傾向を見ると、死者数は確実に減少しており、負傷者数と事故件数もここ数年で減少傾向に転じている。ただ交通事故は当事者およびその家族が受ける被害もさることながら、事故による渋滞などまで考慮すると、影響を受ける人の数は膨大になり、経済的な損失額は数兆円にも及ぶという試算もある。このような交通事故の現状に対して、事故を減らす努力が色々なされてきている。今後 10 年で世界一安全な国を目指し

てさらなる半減を担当大臣談話として発表している。

一方、WHO によると、全世界で年間 120 万人の交通事故死者があると言われている。日本がこれまで蓄積してきた安全技術や経験を世界に広めて行くことが責務だと考えている。

2. 交通事故ゼロの社会を目指して

自動車は人間の移動する能力を拡大し快適さと便利さを与えるものであるが、安全問題、環境問題、エネルギー問題、さらには高齢社会における移動の問題、といった社会的に重要な課題に対して、21 世紀における新たな

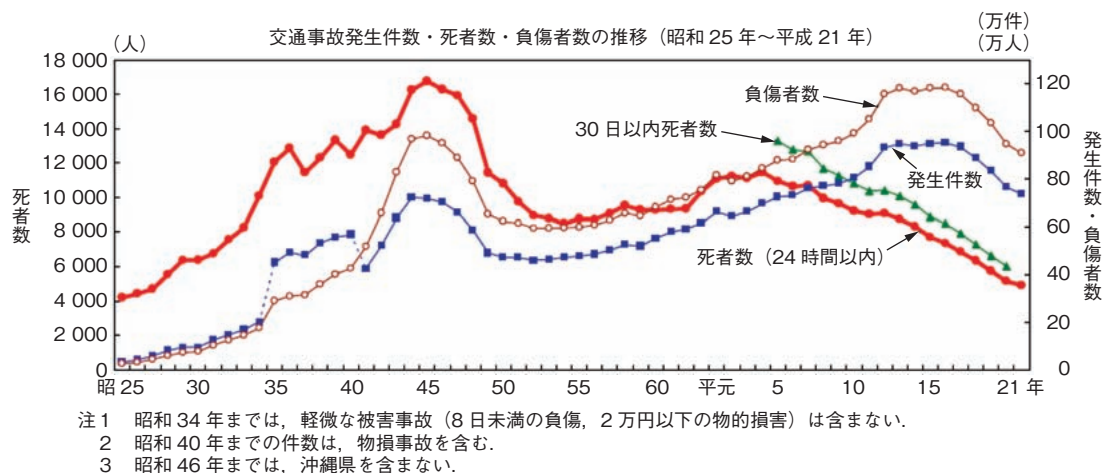


図 1 交通事故統計
Statistics of traffic accident

*東京農工大学大学院 教授 工学博士

な挑戦が期待される。

著者らは、日本学術会議「工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会」において「事故死傷者ゼロを目指すための科学的アプローチ検討小委員会」を立ち上げ、交通事故をなくすための議論をして、提言「交通事故ゼロの社会を目指して」をまとめ、2008年6月に公表した。この提言内容は、以下の4本柱で構成されている。

- (1) ドライブレコーダの活用強化
- (2) ヒューマンファクタ基礎研究
- (3) 予防安全技術の研究開発
- (4) 交通安全教育の徹底化

3. 自動車技術とロボット技術の融合

「ロボット工学の三原則」(アイザック・アシモフ、小尾芙佐訳、われはロボット、早川書房)によると、「ロボットは人間に危害を加えてはならない」、「ロボットは人間に与えられた命令に服従しなければならない」、などが述べられている。自動車事故を未然に防ぐためには予防安全技術が重要であるとの認識が深まりつつあり、また自動車がロボット化している現状において、あらためて「交通事故から人命をまもる」ということを考えていきたい。このような時期に、日本ロボット学会と自動車技術会の合同委員会として、「カーロボティクス」調査研究委員会を立ち上げ議論を進めている。

4. ロボット化が進む自動車

最近の自動車には、100個以上のセンサとアクチュエータがついており、ECUも50個以上付いていると言われる。先の自動車技術会フォーラム「ロボット技術の現状と将来展望」によれば、センサとアクチュエータと知能を統合する技術をロボット技術と呼ぶとすれば、自動車にはすでに多くのロボット技術が使われている。

これまでは、自動車は機械屋が設計するものとの意識が強かったせいか、こうした分野は「カー・エレクトロニクス」として、当初は付属品、電装品程度だったかも知れない。しかし最近ではメカトロニクスの重要性がますます認識され、これを抜きにしては、自動車の電子制御や知能化はあり得ないところまで来ている。自動車の技術は最近では、カーナビやETCの普及に見られるように、単体の技術から移動体通信を使ったネットワーク

型の技術へと進展している。

5. 知能化する運転支援装置

表1は、これまでに開発されてきた典型的な運転支援装置・予防安全技術の略語である。基本的に、自動車の横方向の運動を制御する技術として、横滑り防止装置や、車線逸脱防止技術などがある。一方、自動車の前後方向の運動を制御する技術として、前車への追突を防止する技術、追突被害を軽減する技術、ブレーキ操作支援などがある。図2は、事故割合の高い追突事故を防止するための運転支援システムの考えである。

表1 代表的な予防安全・運転支援装置
Typical driver assistance systems

車体横滑り防止装置	ESC : Electronic Stability Control
車線追従維持装置	LKAS : Lane Keeping Assist System
車線逸脱警報装置	LDWS : Lane Departure Warning Systems
車間距離維持装置	ACC : Adaptive Cruise Control
前車接近警報装置	FVCWS : Forward Vehicle Collision Warning System
衝突直前安全	PCS : Pre-Crash Safety System
衝突被害軽減装置	CMS : Collision Mitigation brake System

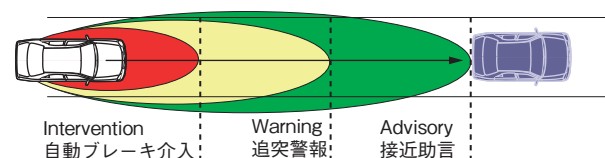


図2 追突防止のための運転支援装置の考え
Concept of driver assistance systems for rear-end collision avoidance

交通事故の原因の多くはヒューマンエラーであると言われている。人間の「認知、判断、操作」におけるミスが、交通状況の危険度と絡んで、重大事故、軽度な事故、あるいはヒヤリハットにつながる。こうした実環境の事故・危険データ記録装置として、図3に示すような急ブレーキなどの強い加速度で作動する映像記録型のドライブレコーダがきわめて有効である。また予防安全装置の開発に際しては、ヒューマンファクタの基礎研究が欠かせないため、図4に示すようなドライビングシミュレータが有効である。

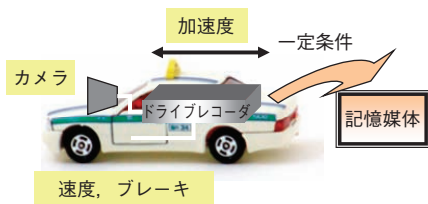


図3 映像記録型ドライブレコーダ
Image-captured drive recorder



図4 運転シミュレータ (東京農工大学)
TUAT-driving simulator

寄稿

6. 衝突安全から衝突被害軽減へ

ロボットと違って自動車は移動速度が速いため衝突時のダメージは桁外れに大きい。概算をしてみると、衝突時の運動エネルギーは速度の二乗に比例するため、時速6km以下の電動車椅子・移動ロボットが壁にぶつかる時と、時速60kmで自動車がぶつかる時とでは、速度の二乗比で100倍、質量比10倍とすると合計1000倍の運動エネルギーの差となる。従来の衝突安全技術はこの衝突時エネルギーをいかに吸収するかであった。

近年、PCSという一種の自動ブレーキ装置が開発されているが、これは衝突が避けられないと判断した時に「予想される衝突速度」を低下させて、被害を軽減させる衝突被害軽減ブレーキ(CMS)である。追突による犠牲者の被害を大幅に削減することが期待される。特に大型車による追突事故は普通乗用車にとっては脅威であり被害は大きいので、この種の安全装置の普及は必須と考えている。

7. 被害軽減から自動停止へ

ところで、衝突被害軽減ブレーキとは前車との車間距離と自車速度を計測して、運転者の意思とは別に危険時に自動ブレーキを働かせる装置である。ただし、衝突回避を目指すことができる技術であるのにもかかわらず、

衝突速度を低下させて被害を軽減させるまでにとどまっている。その理由としては日本では、「人間が安全装置に対して過信してしまうと事故削減にはつながらないのではないか」という議論があげられる。

ところがつい最近になって、時速30km以下のような低速走行時において、前車との追突を完全回避できる自動制動装置が日欧のメーカから市販されるようになった。この装置の導入にあたっては、過信や不信といった心理的な問題以前に、気象条件によって停止が確実かどうかの不確定要因もあるため、「自動車は運転者の責任で運転するものである」という厳粛な前提を覆してはならない。

なお、今後10年で事故死者半減を目指すには、最近の事故統計を見る限りでは、歩行者や二輪車の事故死者をどのように減らすのか、あるいは高齢者の加害・被害事故をどのように抑制するかが鍵を握っている。その場合に、わずかな衝突速度でも死に至る弱者に対しては、完全停止できる装置は大きな効果を発揮できると期待される。

8. 個別適合サービス

著者らは、科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業(CREST)「安心・安全のための移動体センシング」において、個人個人の運転特性に合わせた運転支援を目標として、統合センシング研究に取り組んでいる。

個別適合サービスとは、人によって異なる運転行動の特徴や癖をデータベース化して、個人個人にきめ細かな運転支援を提供しようとする考えである。特に個人の特性が顕著に現れるペダル操作を個人適合支援する予防安全自動車の実現を目指し、まず(1)常時記録型ドライブレコーダの開発、(2)機械学習理論による運転状態のモデリングなどを実施している。

個人・道路環境個別適合サービスの開発に向けて、道路環境・運転者・自動車の各状況におけるアクセル・ブレーキ操作特性に着目し、図5に示すように市街地における運転状態を5種類(先行車追従F、追突回避B、単独走行C、減速D、停止S)に分類し、機械学習理論により運転行動モデリングを行っている。各センサの計測データと運転状態ラベルとの対応を付け、系列ラベルブースティング法により、図6、図7に示すように運転行動の遷移モデルを内蔵した運転者モデルを開発している。これにより、きめ細かな高度な運転支援装置の設計へと反映させたいと考えている。

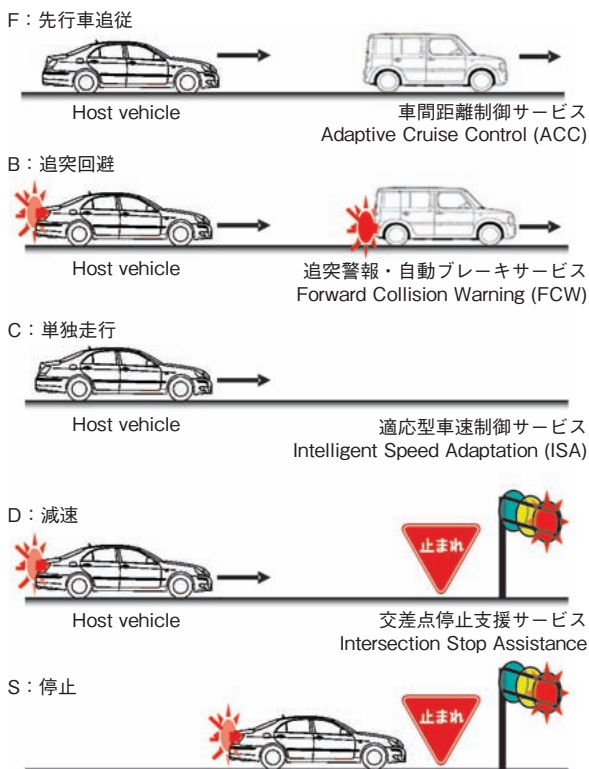


図5 加減速度制御の運転行動モード
Driving behavior modes of longitudinal control

9. おわりに

最近、欧米先進国とは別に、ベトナム、中国、ニュージーランドに行く機会に恵まれた。特にベトナムでは公共交通機関がほとんど無いせいか、道路上にバイクと自動車と歩行者があふれて渾然一体としており、さぞや事故が多いのではないかと想像された。日本がこれまで蓄積してきた安全技術や経験を世界に広めていくことが、課題解決先進国の日本の責務だと考えている。

寄稿

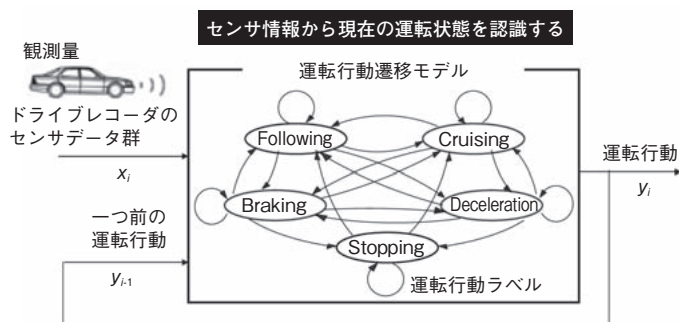


図6 運転遷移に基づく運転者モデル
Driver model based on driving mode transition

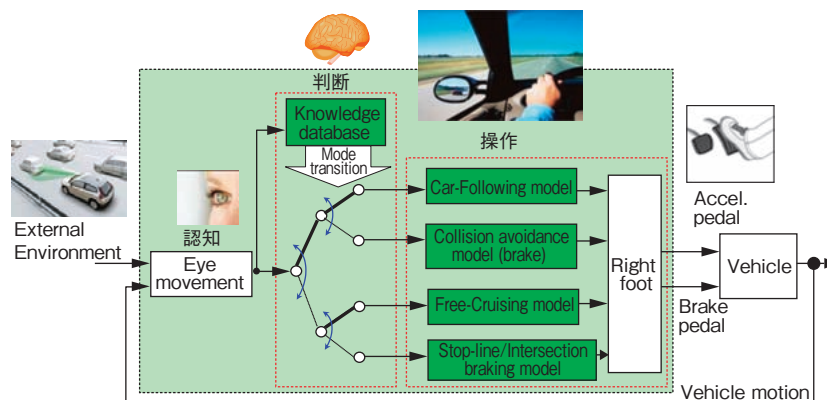


図7 運転者の統合的運転モデル
Integrated driver model