

2012 年度卒業論文

山田正雄ゼミナール

自動運転技術
～ドライバーレスの時代はくるのか～

日本大学法学部 法律学科 4年

学籍番号 0910522

越川瞬

はじめに

自動車は大変便利な乗り物である。個人使用の乗用車から人や物の流通を支えるバスやトラックといった大型のものまで今や世界中に車があふれている。スピードを出して走る自動車は移動時間の短縮や輸送量の増加を実現し、私たちの生活にはなくてはならないものとなっている。

しかし事故が絶えないのも事実である。平成24年度版の『交通安全白書』によれば平成23年中の交通事故発生件数は69万1937件で、これによる死者数は4612人、負傷者数は85万4493人であったという。便利な乗り物から一転して人を殺めてしまう凶器にもなりかねないのである。

このような状況に対して事故が起きないように、自動車メーカー各社は様々な工夫を凝らしてきた。最近では富士重工業(スバル)が「ぶつからない車」として宣伝をしているアイサイトという技術が印象深い。そして次世代の車の開発として自動車の完全自動運転システムの開発がgoogleやメルセデスベンツ、BMW、アウディなどで始まっている。本書ではまず現状実用化されている最新技術である「ぶつからない車」の仕組みを紹介したうえで、今後実用化されてくるであろう自動運転技術についてどのようなもので、実現すると自動車やそれを取り巻く私たちの生活がどのように変わっていくのかを考察したい。またそこで起こりうる問題に関しても指摘していきたいと思う。

-目次-

第1章 ぶつからない車・ついていく車

- 1-1 プリクラッシュセーフティシステム
- 1-2 アクティブクルーズコントロール
- 1-3 レーンキーピングアシストシステム

第2章 自動運転への課題

- 2-1 自動運転は実現間近か
- 2-2 運転手の存在
- 2-3 責任の所在
- 2-4 コストの問題

第3章 実現へ

- 3-1 まずはどこに導入するのか
- 3-2 専用車線か一般車線か
- 3-3 自動運転車が一般道を走る時代

第4章 自動運転車をもたらすもの

- 4-1 高齢者にむけて
- 4-2 カーシェアリングの流行

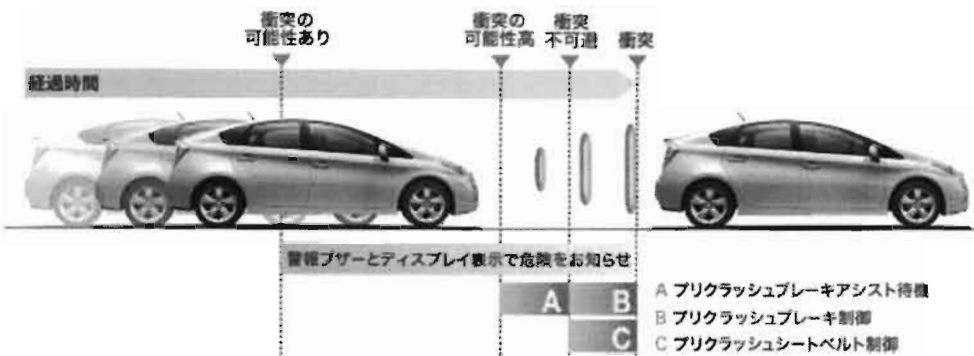
むすびにかえて

参考文献

第1章 ぶつからない車・ついていく車

1-1 プリクラッシュセーフティシステム

まずは実用化されている事故防止のシステムについてみていく。プリクラッシュセーフティシステムとは自動車が障害物を感知して衝突に備える機能の総称である。自動車の搭載されたレーダーやカメラからの情報をコンピュータが解析し、運転者への警告やブレーキの補助動作などを行うものである。衝突被害軽減ブレーキとも呼ばれる。この機能は2003年にトヨタから発売されたハイアールに市販車として初搭載された。当時は自動でブレーキを行うものではなく、ブレーキアシスト¹の早期作動をさせるものであった。そして同年6月に発売されたホンダのインスパイアで初めて自動でブレーキが行われるようになった。初期のシステムは前方の車両や障害物への接近を感知すると音声などで警告が発せられ、衝突が避けられなくなった時点で自動的にブレーキをかけて被害の軽減を図るといったものであった。というのも運転手が装置に依存しないように、という観点からであった。なんらかの不具合でシステムが作動しないことも考えられ、その時にシステムに依存したドライバーがブレーキを踏まず事故を起こしてしまうことが懸念されたのである。探査にはミリ波レーダー²が使われたり、レーダーとカメラを使って機能の強化を図っているものもある。あくまで被害をおさえるためのものであったプリクラッシュセーフティシステムであるが2008年にボルボより発売されたXC60という車に搭載された「Volvo City Safety」は時速15km以下に限定して衝突前の停止も自動で行うものが搭載された。日本のメーカーでも2010年にスバルのレガシィに搭載された「Eye Sight(ver.2)」では時速30kmまでに対応する。自動停止するとはいえやはり運転者の依存を避けるために衝突ギリギリまでブレーキがかからない設定となっている。以後さまざまなメーカーが自動停止までを行う乗用車を発表している。これらの機能は国際的に義務化をする流れになってきている。わが国でも追突事故死亡者が多い大型トラックや居眠り運転事故などが起きたバスに減税や義務化を行っている。



3

1-2 アダプティブクルーズコントロール

ぶつかりそうになった時にぶつからない車にする仕組みがプリクラッシュセーフティシステムだったのに対し運転者の疲労低減などの運転を楽しむために開発されたのがついていく車、アダプティブクルーズコントロールである。初期のシステムは単にクルーズコントロールとよばれ運転者の設定した速度を維持するというものであった。もちろんブレーキを踏めばクルーズコントロールは解除される。しかし実際には一定の車速で走る機会は少なく、交通状況の変化に対して頻りに設定をかえる必要があり、かえってわずらわしさを感じさせるものとなってしまった。そこでプリクラッシュセーフティシステムとこの機能を利用し先行車の動向に応じて車速制御を行うものがアダプティブクルーズコントロールである。例えば高速道路をこのシステムを使って走行していたとしよう。前方に先行車がいた場合は前方監視のシステムが先行車をロックオンする。そしてそのシステムの情報により車間距離が増大すると判断した場合には運転者の設定した速度までの範囲で加速を行い設定された車間距離を保とうとする。もし先行車のほうがスピードが出ている場合には車間距離は広がっていくが設定された速度以上の速度は出さず設定速度での定速走行となる。逆に車間距離が減少した場合は自動的に減速車間距離を保つように動作する。エンジン制御のみでの対応では対処できないと判断した場合にはブレーキも使い

減速する。先行車が完全に停止した場合には自車も停止する。アダプティブクルーズコントロールによる減速は車間距離維持を目的にしているため一般的には穏やかな原則となるが、先行車の急停止や急激な車間距離の減少の場合にはプリクラッシュセーフティシステムの働きによって可能な限り衝突を回避するように減速制御をする。

前方200メートルまでの走行車両を検出して、車速と車間距離を自動調整します。

渋滞アシスタント発進停止機能の追加により、渋滞時も前方車両の動きを追従することができます。

前方車両 96 km/h (60 mph) 112 km/h (70 mph) ACC装着車
 ACC装着車が112 km/h (70 mph)の速度で前方車両に接近。
 ACCシステムが前方を走行中の車両を検出。

前方車両 96 km/h (60 mph) 96 km/h (60 mph) ACC装着車
 ACCが作動して前方車両の速度と一致するように車両の速度を自動調整。車速変更により前方車両が入れ替わり、112 km/h (70 mph)の速度まで自動的に加速。

32 km/h (20 mph) 48 km/h (30 mph)
 ACC装着車が前方車両に接近して、その車に対する反応を開始。

0 km/h (0 mph) 0 km/h (0 mph)
 交通渋滞アシスタントは、前方車両が完全に停止するまで減速。
 渋滞後の発進に応じて、渋滞時には車の車間距離を維持しながら前方車両に追従。

1-3 レーンキーピングアシストシステム

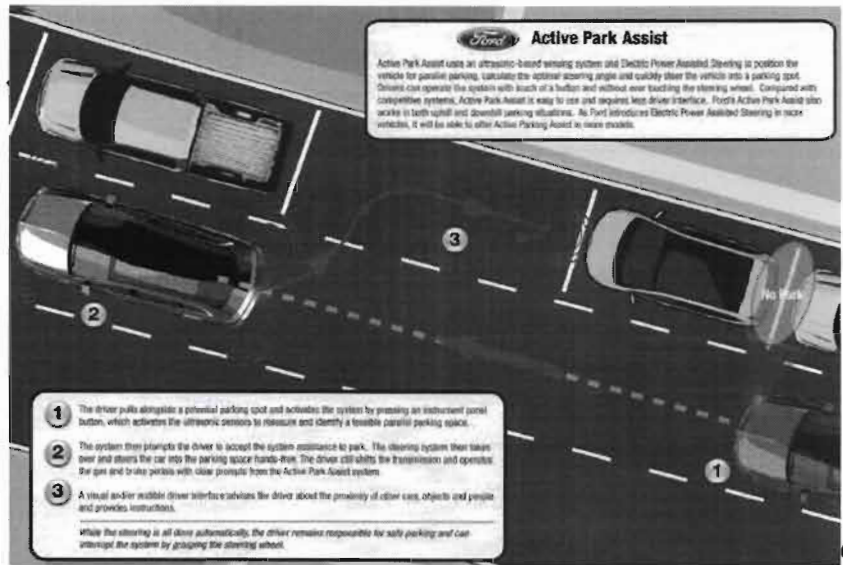
今まで見てきた2つは縦方向に対する制御であった。レーンキーピングアシストシステムは横方向の制御である。車線逸脱による事故を防ぐためにカメラが白線や黄線を認識し、走行中の車線からはみ出しそうなときには、警報ブザーなどによって運転手に注意を与え、さらにアダプティブクルーズコントロールと合わせてステアリング操作をサポートするものである。もちろん方向指示器を出しているときにはステアリング補正や警告は行われない。

車両が車線から逸脱した時には、音や光、ステアリングの振動で警告します。

112 km/h (70 mph)
 車両が一定の車線をクルーズする間、レーンガイドシステムが、車線のマークと車両の位置をモニター。

112 km/h (70 mph)
 車両が車線から逸脱を始めた時には、車線ガイドシステムが音や光、ステアリングの振動により運転手に警告。方向指示器の使用時は、警告やステアリング補正は行われない。

またこれらの機能を利用して駐車をする時にハンドルを握らなくても自動で縦列駐車をするシステムも実用化されている。以下はフォードの自動縦列駐車システムの説明である。絵中には①②③に記されているところに書かれている。



1 縦列駐車したい車列に差し掛かったドライバーが操作パネルのボタンを押すとシステムが起動し超音波センサーによって駐車可能なスペースを探す。

2 駐車スペースを見つけるとドライバーに知らせ、ドライバーが了解すると、システムがステアリングを担当しドライバーによるハンドル操作不要で縦列駐車をする。アクセルとブレーキ、ギアシフトはドライバーが担当するがシステムからの確な指示が出る。

3 音声や視覚的な表示で近くの車両や障害物、歩行者との距離をしらせ、ドライバーに指示を与える。ステアリングが自動であっても、ハンドルを握ることでいつでもこのシステムを注視できる。

このように全自動とはいかなくとも部分的、限定的には自動運転をさせる技術がすでに実用化されているのである。特にぶつからずに前の車についていけるシステムは半自動運転といってもいいのではなかろうか。

脚注

- 1 急ブレーキを踏んだ時に制動力を高めるシステムのこと
- 2 電磁波の1つ空港などの衣服の下を投資する全身スキャナーなどに用いられる。
- 3 画像はトヨタ http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/technology/pre_crash/より
- 4.5 画像は TRW <http://www.trwauto.co.jp/index.html> より
- 6 <http://jalopnik.com/5120352/> より

第2章自動運転実用化への課題

2-1 自動運転は実現間近か

1章では現在実用化されている技術を紹介してきた。このように見ていくとそれぞれの技術を合わせて使えばすぐにでも自動運転ができそうであり、実用化はもうすぐそこまできていそうなものである。例えばトヨタは2020年代初頭の実用化を目標にしている。しかし実用化にはまだまだクリアしなければ問題があるのである。この章ではそれを指摘していく。

2-2 運転手の存在

まずは運転手の問題である。航空機や船舶等自動運転装置がついている乗り物を考えてもらいたい。たとえ自動運転が作動していても、パイロットといった操縦をする人達はそれが正常に作動しているかを常に監視し、必要があればいつでも解除して手動での操縦に切り替えられるようにしなくてはならない。このことは当然自動車にも適用されると考えられる。ただ実情はどうであろうか。手動運転の現在でさえ飲酒運転や居眠り運転があとを絶たないのである。自動運転によってそれによる事故数がへったとしても、運転手の意識の低下や飲酒運転の増加が考えられる。「飲んでも自動だしいいや」といった考えに人がでてくるのは当然であり、そこをどうするのが問題になる。

2-3 責任の所在

問題の2つ目は責任の所在である。いくら前をいく車にぶつからないシステムができたとしてもそれがいつも完全である保障はどこにもない。また全部の自動車が自動運転化するとは考えにくく、仮になったとしても歩行者や自転車といった人というイレギュラーな要素は常に存在する。そのような場所で自動運転中に事故が起きてしまったときはたしてその事故はだれの責任なのかという問題である。例えばAは車を自動運転させていた。そしてその時歩行者Bを轢いてしまいBは死んでしまったとする。このようなときに責任の所在はどこにあるのだろうか。従来通りの考えでいけば運転者が責任を負うのが普通である。しかし自動運転中の場合、運転席に座っているとはいえ実際にハンドルを握って運転しているのではない。当然のことながら運転手は自分の無実を主張し、自動運転のシステムが悪いと主張するであろう。メーカー側としては自動運転中であってもそれが正常に働いているかをチェックする義務が運転手には発生し、それを怠ったから事故が起きたと主張することが考えられる。判決はどうなるのかはわからないが、メーカーは死亡事故の責任を負わされるリスクを背負うことになってしまう可能性がある。議論はこれから行われるのである

うが、国土交通省が2012年3月に開いた第1回オートパイロットシステムに関する検討会にて1つの案を示している。ある運営会社が運転者から一定の時間または一定の区間で車両の運転を請け負う仕組みである。車両の所有者が自動運転を利用する場合にはこの運営会社と契約して料金を支払い、その対価として自動運転中に事故が起きた場合にはその運営会社が責任を負う。これなら事故の際に自動車メーカーと運転者が直接に責任を負わずに済むので普及が進みやすいというわけである。

2-4 コストの問題

次に考えられるのはコストの問題である。現在一般的な乗用車の価格帯は100万～300万程度である。決して安い額ではない。そこに自動運転のための機器を積むとさらに価格が上昇することが考えられる。一般層が買えない価格帯で発売しても多くは売れないことは明白であり、一般層に普及しない限り自動運転自体も普及しないのである。また車だけが進化すればいいというわけではない。オーディオが発表した自動駐車システムを例に挙げてみよう。2013年1月に発表されたシステムのデモ動画はこうである。”ミーティングに遅れそうだが駐車をしないとイケない。そんな時運転手はビルの入り口で車を降り、スマートフォンで専用のアプリを起動する。アプリで指示をすれば運転手が車から降りた後でも車は勝手に駐車場に入っていく、センサーで空いている駐車スペースを探すそして見つけた空きスペースに駐車をする。ミーティングが終わりビルから出ると再びアプリを起動する。アプリを操作すれば自動で駐車場を出てビルの前にいる運転手の前に停車する。”画期的なシステムだが実は相当なインフラ投資がかかっている。建物の入り口や駐車場内にレーザースキャナを配置しこれを利用しているのである。つまりこのシステムが標準化した場合いくら車が最先端技術を搭載していてもそれに対応している場所でないとならぬ、宝の持ち腐れとなってしまうのである。

第3章 実現へ向けて

3-1 まずはどこに導入するのか

課題を乗り越え自動運転機能を搭載した市販車が発売されたとする。そこでまず問題になってくるのが「どこに導入するのか」である。市販化したとはいえ歩行者や従来の手動運転の車が大多数の一般道をいきなり走行させるのはリスクが大きい。なのでまずは自動運転専用レーンを作るのではないかと考える。国土交通省も最初に自動運転を実現する場所として高速道路に設けた専用の車

線を想定している。

- ① 手動で高速道路へ向かう
- ② 高速道路へ入り自動運転モードを起動し専用レーンへ
- ③ 目的地でインターチェンジを降りそこからは手動で目的地へ

といった流れである。この章では高速道路車線をどのように割り振っていくのかを考える。

3-2 専用車線か一般車線か

自動運転の自動車も徐々に普及してきたとしよう。問題なのは自動運転車とそうでない車を同じ車線を走らせるのかどうかという問題である。3-1のように専用レーンのみで走らせる場合は自動運転車両と一般車両はお互いに意識せず走れるのが最大のメリットである。しかし専用車線を作った分一般車両の走れる車線が減ったことになる。時間によっては自動運転車両があまりおらず専用レーンは空いているのに一般車両レーンは混んでいるといった状況ができかねない。そして自動運転車両レーンを一般車両で走る車が出てくることになり、最悪の場合自動運転レーンで事故を起こしてしまう可能性がある。

逆に一般車線化してどの車線も自動運転車両も一般車両も走れるようにするとどうなるのであろうか。まずは専用レーンをつくったときのような車線利用の効率に問題が生じないのがメリットである。しかし自動運転車両の動きの影響を常に一般車両が受けることになってしまうのである。新たに自動運転専用道路を高速道路と並行して走らせるという手段も考えられなくはないがコスト的にも建設する時間的にも無理がある。

3-3 自動運転車が一般道を走る時代

まずは高速道路という同じ方向に走る車しかいないイレギュラー要素の少ない場所で試験運用のような形で使われていくであろう自動運転車であるがその普及に伴い一般道でのインフラ整備も進み徐々に一般道でも自動運転車が走るようになっていく。アメリカの学会である IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) によると 2040 年には自動運転車が 75% を占め主流になるという予測を立てている。交通を監視して車の流れを制御するセンサーやカメラ、レーダーといったものが交差点に設置されれば、衝突事故は無くなり、より効率的な交通が可能になるという。

第4章 自動運転車がもたらすもの

4-1 高齢者にむけて

福岡県北九州市において早稲田大学主催で九州・ひびきの自律走行研究会が生まれ、高齢者向けの自動走行車の実証実験が行われている。そこで考えられている使い方はこうである。

- ① 自動運転・自動駐車機能で、マンションの駐車場や近くの駐車場で自動充電済みの小型EVを、マンションの前や一戸建ての玄関に呼ぶ
この時安全を配慮し、時速6km以下でゆっくり移動
ぶつからないクルマとして、運転することもできる
- ② 「自動運転車」として使用
自動運転専用道までは①のスピードを守る
自動運転専用道では、時速30kmで流れに乗って移動
自動運転専用道から目的地は、時速6km以下でゆっくり移動
- ③病院・スーパー・デパート・レストラン・友人宅・趣味教室と言った目的地に着いたら、小型EVは、自動駐車し待っている

コストイメージは

小型EVを所有：軽4クラスの車体価格と維持費

カーシェア：バスとタクシーの中間くらいの利用料金

を想定しているという。このようにただ既存の自動車を自動で運転することが可能になるということだけでなく特定の層や地域コミュニティにマッチしたものを開発する取り組みも進んでいる。

4-2 カーシェアリングの流行

自動運転車が普及は私たちの移動手段に大きな変化を与えることが考えられる。その例の1つがカーシェアリングの流行である。自動運転車がカーシェアリングできるようになると免許さえもっていれば運転に自信がなくても自由に自分の行きたいところへ行けるのである。価格や利便性等によってはマイカーを持つ人がいなくなってしまうことにもつながりかねない。

むすびにかえて

本書では自動運転技術について現状の技術を紹介しその延長線上にある自動運転技術について考察をした。その結果、今実用化されている技術でもほぼ自動運転とっていいものであることがわかった。そして課題となっているのは責任の所在や運転手側の問題、そして一般車との兼ね合い等であった。そして

実用化されると単なる運転の負担軽減だけでなく、特定のコミュニティや層を対象にした自動運転車を作ることによって高齢者の生活を助ける役割を果たす等の活躍が期待されている。様々な恩恵の裏にかくれていた社会や車メーカーに及ぼす悪影響についての検討が今後の課題である。

参考文献

三菱総合研究所編

『三菱総研の総合未来読本 Phronesis 『フロネシス』〈01〉2030年の「クルマ社会」を考える』 丸善株式会社 出版

平成24年度版『交通安全白書』

<http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/index-t.html>

IEEE

<http://www.ieee.org/index.html>

Ces

<http://www.cesweb.org/>

九州ひびきの自律走行会

www.zmp.co.jp/e-nuvo/jp/forum/pdf/201008/2_waseda.pdf

トヨタ

<http://www.toyota.co.jp/>

スバル アイサイト

<http://www.subaru.jp/eyesight/>