

【特別講演】

自動運転と AI の進歩と課題

自動車技術会 フェロー、フェローエンジニア
 エレクトロニクス部門委員会、自動運転委員会 委員
 元 本田技術研究所 知能化研究室長

川合 誠 氏

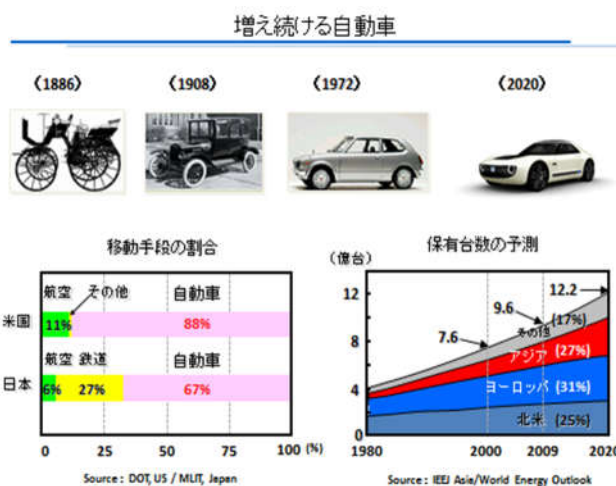


これから、「自動運転と AI の進歩と課題」という内容でお話しします。

私は大学時代ここ信州大学でお世話になり、エレクトロニクスの基礎をたたき込まれたことが、振り返ってみた時、人生で非常に役に立ったと思います。

ホンダでは、自動運転を中心に長年研究をしており、ようやく今、30年を経て、日の目を見そうな状況になってきました。今日は、なぜそうなったか、残されている課題は何かについてお話させていただきます。自動車の歴史は、今年でちょうど130年ぐらいになります。ダイムラーがヨーロッパで自動車を発明しましたが、その後なかなか大量生産が難しかったのをフォードがアメリカで実現し、廉価な車が、どんどん増えてきました。やがて公害の問題を起こすようになり、排気ガス浄化技術が開発されました。こうして様々な技術的な課題を乗り越えながら自動車は今も進歩し続けています。

自動車の特徴はドアからドアへ、人と物を運べることで、これはほかの交通手段にはなかなかない特徴です。その利便性故に非常に多く世界中に普及しています。例えば【図1】に示すとおり、米国では人が移動する場合の88%が自動車を使っています。日本は鉄道が非常に普及をしていますが、それでもやはり67%は自動車が主な移動手段になっています。この傾向は日本と米国に限らず、世界中で自動車は便利だということで保有台数が増大しています。【図1】によると、自動車の総保有台数は、1980年ごろから右肩上がりに増大しており、2020年には総保有台数が12億台を突破すると予想しています。



【図1】 増え続ける自動車

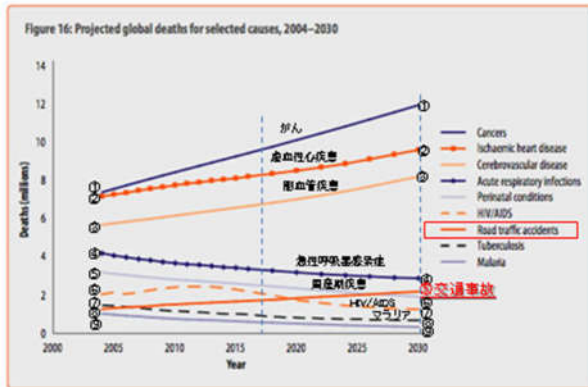
このように自動車が増えてきますと、どうしてもインフラ整備が遅れ、信号がないところとか歩道がないところが世界各地にあり、それによって、どうしても交通事故が起きてしまっているのが現状です。

日本では、今は1年間で24時間以内に交通事故で亡くなる人の数は4000人位に減ってきています。けれども、例えば中国は2006年で22万人が年間で亡くなっていました。

中国では、現在でも交通事故死者数は増え続け、26万人が去年亡くなっています。インドなども非常に多く、世界中の交通事故死者を合わせますとトータルで、年間で125万人が亡くなっているということになります。【図2】はWHOの疾病別の年間死者数の予測です。2030年には、HIVによる死者を追い越して5番目に交通事故死者が増えると予想されています。

今後の安全の課題

2030年に交通事故による死者が他の疾病の年間死亡者数との比較で5位



WHO, Projected global deaths for selected causes, 2004-2030, Global Burden of Disease 2004

【図2】 今後の安全の課題

事故の原因は、92%ぐらいは人のヒューマンエラーだといわれています。ですから、事故をなくすには、どうしてもヒューマンエラーをなくさないといけない。つまり運転するという行為を何とかして自動化しなければならないということになります。

そういう自動運転の試みは世界中でいろいろ実験がされてきました。

自動運転には大きく2つの方向があって、1番最初に、考えられたのは、車自体に知能的な機能を持たせるのは大変だろうということで、道路にインフラを持たせるというやり方でした。【図3】はアメリカの実験の様相ですけれども、アメリカのITSが中心になって、アメリカの自動車会社とカリフォルニア大学のPATHが参加して産学連携でアメリカにおける自動運転の研究が始まりました。当時はカリフォルニア大学のシュラドバー先生らが開発した磁気ネイルという磁石を道路に埋め込んで、この磁石の位置を車に積まれたセンサーで見て、そして車が車線幅の中心に埋められた磁石に沿って走るというものでした。我々ホンダもこのプロジェクトに参加しました。車の構成図をみてわかるように、前後に磁気センサーとして、フラックスゲートセンサーが取り付けられています。このような道路インフラを使った自動運転システムが日本とアメリカの政府主導で実験が行われました。

実環境での道路インフラによる自動運転の試み

Automated Highway System (1996, 1997)

交通事故原因のヒューマンエラーをなくし渋滞を解消する手段として、1996、1997年道路インフラを使った自動運転(AHS)の実証実験が日本とアメリカで実施。



道路インフラはカリフォルニア大学PATH磁気ネイルを使用



Furukawa, et al., Development of Honda AHS, Honda R&D technical Review, Vol.8 (1996)

【図3】 実環境での道路インフラによる自動運転の試み

もう1つの動きは自律型で、車に全部自動運転の機能を持たせるというものです。1988年から1994年頃の初期のホンダの自律型の自動運転研究においても、車の中に全ての機能を持っていて、磁気釘のような特別な道路のインフラは使っていません。道路の白線をカメラで見ている、それを画像処理して白線を認識して、レーンキープできるようにステアリングを制御して自動走行をしていました。

ドイツでも非常に盛んで、先ほどのホンダの例はホンダが独自にやりましたが、ドイツは産学連携でした。ドイツの自律型自動運転の試みとしては、プロメテウスというプロジェクトがあり、10年近く研究していました。中でも代表的に有名なのが【図4】の車です。これはミュンヘン国防大学のディックマン先生とメルセデスベンツが産学連携して一緒に作った車です。カメラで前方と側方の障害物を見て、それを車両後方のコンピューターで画像処理して、周囲の環境を認識していました。

そして、1988年ごろには実際のアウトバーンを普通の車と一緒に90km/hで走行しました。

実環境での自律自動運転の試み

PROMETHEUS (1986-1994)

交通インフラを使わず、自律で自動運転を実現する試み。
ミュンヘン国防大学のDickmannsとBENZは、自動運転実験車を共同研究



【VITA1】 実環境アウトバーンを90km/hで走行した最初の自律自動運転車

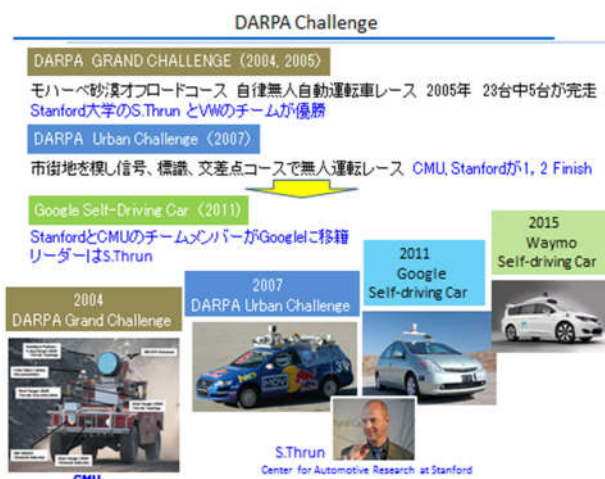
E.O.Dickmanns, V. Grefte, Applications of dynamic monocular machine vision, Machine Vision and Applications (1988)

【図4】 実環境での自律自動運転の試み

一方、アメリカは、PL 問題の恐れもあって、自動車メーカーが消極的で自動運転はあまり大きな盛り上がりにならなくて、頓挫してしまいました。けれども自動運転にとって大きな転機がありました。DARPA (米国防高等研究局) が無人の自律型自動運転のレースを企画したのです。アメリカには無人兵器開発に対するニーズがあります。そこで DARPA は長年研究していたのですが、うまくいかなくて、このチャレンジを設けて、民間企業、それから大学の力を借りてオープンな形でレースをやるというものでした。【図5】に示す様に、初め 2004 年に砂漠でレースが行われました。このときは全員リタイアしたけれども、翌年に 23 台中 5 台が完走して、トップがスタンフォードのスラン先生と、フォルクスワーゲンアメリカの産学連携チームでした。

DARPA は完走に 10 年ぐらいかかると思っていたようで、慌ててもっと難しい市街地のアーバンチャレンジというものを 2007 年に設定しました。これは基地に信号や標識や交差点を作って、そこで道路法規などにも基づいて一般道路を自動運転できるかというレースでした。そのときは CMU が 1 番でスタンフォードと、フォルクスワーゲンが 2 番になりました。

それに目をつけたのがグーグルで、グーグルはこの年、それを買収して、スラン先生をリーダーに CMU とスタンフォードのチームメンバーをグーグルに加わってもらい、自律自動運転車の開発を始めました。2011 年にそれを Google セルフドライビングカーという名前で、発表しました。現在はそれをさらに発展させて、ウェイモという実用化を目指したセルフドライビングカーの会社を興して、引き続き自動車メーカーと研究開発を進めています。このようにドイツにおいてもアメリカにおいても自動運転研究は、産学連携で始まりました。



【図5】 DARPA Challenge

【図6】は、ホンダが目指す自動運転の目標です。一つ目は、やはり事故のない社会を目指すこと。自動運転によってヒューマンエラーがなくなりますので、事故は確実に減ると考えています。

二つ目は、運転負荷の軽減で、最近では若い方で運転が嫌いと言う方がおられます。自動運転によって、運転が苦手な方でも安心して快適な走りができるようになります。

三つ目は、これから高齢者が増えてきて、移動困難な方が増えます。バスも減ってしまっていて、鉄道もないというような状態でも移動が実現できることは、やはり自動運転の大きな価値となります。

自動運転は昔と違って、今日では初めから完全な無人の自動運転ができるとは考えていません。幾つかの段階を踏んで進展していきます。



【図6】 自動運転車の目指すもの

【図7】はアメリカの自動車技術会 SAE (Society of Automotive Engineers) のつくった基準です。それを NHTSA (米国運輸省道路交通安全局) が認めて、今の自動運転のレベルのグローバルスタンダードになっています。

これはかなり広く自動運転を捉えています。レベル1は、ドライバーがいつも監視しているということが前提です。その上で前後か左右どちらかを自動制御する。ここで前後というのは前の車との車間距離のことをいいます。左右というのは車線の真ん中を走ることをさします。運転領域限定というのは、高速道路限定などの意味です。それをできるとレベル1の自動運転と見なす。次に、前後左右両方を制御して、ドライバーが常時監視しているのがレベル2の自動運転。レベル3は、自動運転中に常時監視は必要ないけれど、自動運転車から「ドライバーさ

ん運転を代わってください」と、テイクオーバーリクエストと呼ばれる介入要求があったときは応じないといけない。4番目は高速道路限定の完全自動。このときはドライバーは何もしなくてもいいということになります。レベル5は、どこでも完全に自動で走れるというものです。

SAE・NHTSA 自動運転レベル

レベル名称	定義
1 Driver Assistance	前後・左右いずれかの車両制御 運行領域限定な支援、ドライバーは常に運転を監視
2 Partial Driving Automation	前後・左右両方の車両制御 運行領域限定な支援、ドライバーは常に運転を監視
3 Conditioned Driving Automation	ADSが全てのDDTを実施 運行領域限定、常に監視は必要無いが介入要求に応じ応答要
4 High Driving Automation	ADSが全てのDDTを実施 運行領域限定、Fallbackでドライバー応答を期待せず
5 Full Driving Automation	ADSが全てのDDTを実施 全ての限定なし、Fallbackでドライバー応答を期待せず

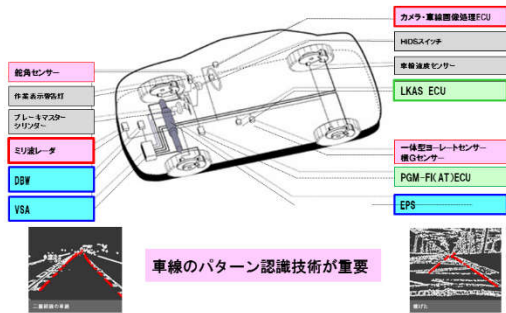
of SAE standard J3016, LEVELS OF DRIVING AUTOMATION ARE DEFINED IN NEW SAE INTERNATIONAL (2014)

【図7】SAE・NHTSA 自動運転レベル

Level 2 自動運転システム 2003MY Honda Accord

HiDS (2002)

高速道路での事故が最も多い車線逸脱事故と追突事故を防ぐ
一定車間距離に保つ自動走行ACCと車線維持走行できる自動操舵LKAS



M. Kawai, et al., Intelligent Vehicle and Advanced Safety Technology, Review of Automotive Engineering (2004)

【図8】Level 2 自動運転システム

【図8】はホンダの開発したレベル2自動運転車です。私も参加した、この自動運転システムは、2002年に実用化したものです。高速道路の事故では、件数は、追突事故が一番多く、亡くなる方は逸脱事故が一番多くなっています。この両方の事故を防ぐためのシステムとして考えたものです。

前の車との車間を見るミリ波レーダー、それから車線を見るカメラで白線を検知し、画像認識をコンピューターで行い、その結果を基に、走る・曲がる・止まるに対してのアクチュエータを制御して、アダプティブ・クルーズコントロールとレーンキープを同時に行っています。

一番苦労したのは、パターン認識の部分で、白線

というのは自動運転のためにつくられているわけではなくて、人が運転する目安ですから、マシンビジョンでこれを撮ると、どれが本当の白線か、見分けにくいことがあります。

例えば、図に示すような二重破線と呼ばれる白線や、鉄橋の影が路面に映るとマシンビジョンで白線を見分けるのが難しくなります。こういうところを、どういうふうにして学習させていくかというのは非常に重要な課題になりました。

この技術を発展させていったものが、現在走っている自動運転のテスト車に搭載されています。

【図9】はレベル3の自動運転のテスト車の構成図です。外界認識はカメラだけでなく、障害物までの方向と距離が正確に分かるレンジレーザースターが6個付いています。天気が悪く霧がかかった状態でも障害物が検出できるようにレーダーが6つ付いています。

それから、自動運転では自分が、どこにいるかということを知ることが非常に重要で、そのために非常に精度の高い地図が必要で、自動運転車はプラスマイナス10センチぐらいの精度で自分の位置が分かる地図を持っています。それと、GPSとグロナスなどの測位システムを使って絶対緯度経度を測っています。これを併せ持って自分の車両の位置を同定しています。

そして、この自車の位置と目的地までどういうふうに進んでいけばいいかという行動計画をコンピューターが計算します。その中で、割り込みがあったり、渋滞していたりとかいうような外界の状態の変化を見て予測軌道を計算します。それに基づいて、走る・曲がる・止まるを電動アクチュエータにコンピューターから信号を送り、自動運転を実現させています。

現在はこの自動運転のテスト車は、首都高を初め、日本各地の高速道路を中心にテストを行っています。

Level 3 自動運転システム



【図9】Level 3 自動運転システム

判断・行動計画

複数の対象物を同時に認識し、その動きを予測し行動を計画

①車両周囲の歩行者、車両、標識、歩道などを同時に画像認識

②割り込み車両の予知や、歩行者の飛び出しの予測

③最適な衝突回避の行動計画



zFAS ECU (NVIDIA Tegra K1+ Mobileye)

情報センタから必要な地図データを車内取り込み
Deep learningで路面マーク、標識、歩行者認識

【図11】判断・行動計画

【図10】は自動運転の要素技術の一つとして外界認識センシングについて比較したものです。

自動運転には外界を認識することが非常に重要です。自動運転は周りの交通の環境として、例えば道路エリアはどこか、他車や歩行者がどこにいるか、信号はどうか、そういう外界を認識する技術が非常に重要になります。

それには、レーダー、レンジレーザー、単眼とステレオカメラを使います。外界で認識しなければならないものとしては車両と、歩行者、車線、走路などです。この表で、「×」はNG、「△」は困難、「○」は良い、「◎」はとても良いという評価です。表から分かるように、これらの対象を全部見れるものは1種類では無理です。やはり複数のセンサーのフュージョンが必要であると考えています。

外界認識

カメラと、レーザスキャナ(LRF)、ミリ波レーダーに大別できる。
自動運転では、1つのセンサで走路や車両や歩行者を確実に検知できるものは現状では存在せず、複数のセンサ・フュージョンが必要。

	前方車両 側方車両 後方車両	空間歩行者	車線	走路	信号 標識	悪天候	距離精度
レーダー	◎	×	×	×	×	◎	○
LRF	○	◎	×	×	×	×	◎
単眼カメラ	△	△	○	×	△	×	×
ステレオカメラ	△	△	◎	◎	○	×	△

【図10】外界認識

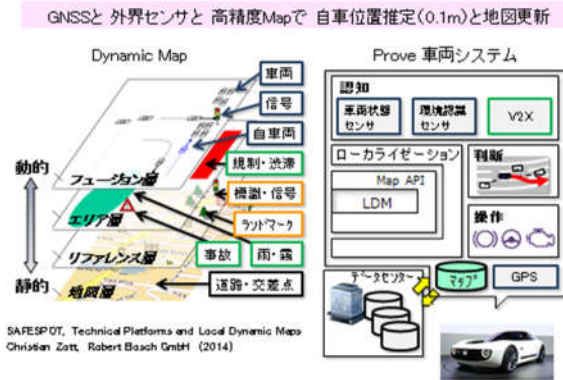
それから、センサーから得られた情報を基に行動を計画します。周囲の歩行者や、停止線など様々なものを認識しなければなりません。例えば、【図11】に示すような状況で、車線、歩道、歩行者や信号、こういったものを素早く認識できないといけません。認識が遅れると、次の衝突回避行動が遅れます。したがって、こういったものを高速に同時に認識できるソフトウェアとハードウェアが必要となります。更に、これから他車が割り込んでくるかという予測なども必要になります。これらを踏まえて最適な衝突回避の行動を立てることになります。

最近ではGPUと、画像処理チップを組み合わせた、電子制御ユニットが使われるようになってきました。

自車位置認識のためには正確な地図が必要で、ダイナミックマップと呼ばれています。【図12】はダイナミックマップの構成を示しています。道路には、あまり変わらない道路や交差点もありますが、事故がどこで起こっているか、規制がどこで張られているのかといった時間によって変化する内容、さらに直近の信号がどうであるか、周りの車がどうであるかという情報を層として持っている地図をダイナミックマップと呼びます。自動運転にはこれがどうしても必要です。この地図を全部車の中に一気に持たせるとものすごい量になるので、データセンターがそれを持っています。そして、目的地に向かって走っていく箇所の部分だけを車のほうにダウンロードします。

一方、車のカメラ、レンジレーザーで周囲の新しい事故情報などを発見すると車がプローブとなって、その情報をデータセンターに上げて、データセンターでビッグデータとして分析し、必要であればマップを変更して全ての車に再配信する仕組みになっています。

自車位置認識



【図 12】自動位置認識

自動運転は段階的に進み、一番初めに自動運転が機能するのは【図 13】に示した高速道路です。高速道路は歩行者もおりませんし、走行方向も同じであるなど比較的交通が安定しており、そこで自動運転が始まります。レーンキープとレーンチェンジ、自動分岐、自動合流を1台の車で行います。これは今、SIP の実証実験が首都高を中心に 2017 年 10 月から始まっています。こういった高速道路での自動運転を 2020 年に実用化しようと、自動車会社各社が懸命に努力しているところです。

高速道路自動運転の機能



【図 13】高速道路自動運転の機能

同時に、今進めていますのが一般道の自動運転で、高速道路だけでやっても事故は完全に減りませんので、やっぱり一般道でやらないといけない。一般道は今非常に多くの道路を走行テストしていますが、その中で【図 14】に示すような課題が明確になってきています。

一般道自動運転を実現するための主な課題

一般道自動運転を実用化するには以下のような課題が残されている。

- ① 高精度3D地図による正確な Self Localization手法
- ② 信号位置、横断歩道、停止線の情報が正確に必要
- ③ 交差点や夜間、雨天での歩行者、自転車の確実な検知
- ④ 夜間、雨天での走路可能領域の認識 信頼性向上
- ⑤ 雷道や道路工事箇所での適切な認識 判断



高度な画像認識・物体認識・人物認識のための認識技術が必要

自動運転が飛躍的な進化をとげるためには、AI技術が不可欠

【図 14】一般道自動運転を実現するための主な課題

一般道はエリアが広いですから、そこを全部高精度の地図を作るというのは、お金も時間もかかります。そこで、なるべく比較的簡略化した地図で自己位置を認識できないかという研究が盛んです。

それから、一般道になりますと信号とか横断歩道とか停止線、こういったところも非常に正確に認識する必要があります。

さらに夜間や雨天でも間違いなく歩行者や自転車を認識する必要があります。暗視技術も必要になってきます。将来的には雪道でも人間は走れますから、ハードルが高いですけれども、いずれ走れるようにしなければなりません。

ここで問題が明らかになってきているのは、やはり認識技術、これが非常に重要です。自動運転が利用できる範囲を拡大し役立つ為には、どうしてもAI技術が必要になってきます。

【図 15】は、カメラによる画像認識の進歩の歴史を示したものです。画像認識には特徴抽出と、識別機という2種類の構成があります。従来我々が開発した 2002 年の車線維持走行システムではハフ変換や、サポートベクターマシーンを使っていました。2004 年のナイトビジョンでは、ホグと呼ばれる画像処理手法を使いました。2012 年にディープラーニングが出てきて、現在はディープラーニングで画像処理をすることが多くなりました。

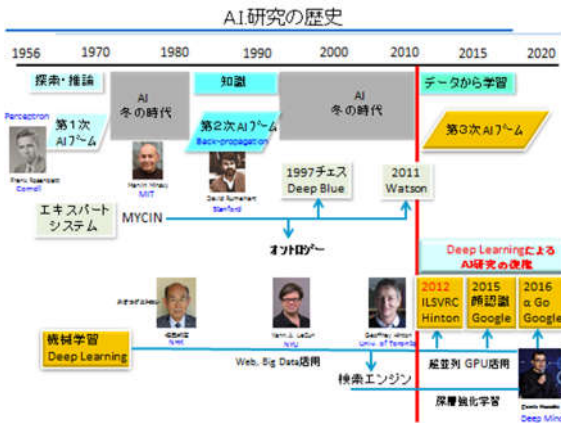
画像認識技術の進化



画像認識は深層強化学習により著しく発展し自動運転応用技術として期待されている

【図15】画像認識技術の進化

AIの歴史を【図16】で振り返ってみますと、一番最初にニューラルネットのパーセプトロンの概念が出たのは1956年ですから、随分昔に現れました。しかし、線形問題しか扱えないとか、あるいは過学習などの問題があり、随分長い冬の時代がありました。新しい研究というのは概して、ブームになる時と冬の時代があります。電気自動車も、燃料電池車も、そうでした。AIの場合は随分長い冬の時代があって、ニューラルネットについても、ほとんどの研究者がやめてしまうというような状況もありました。



【図16】A. I. 研究の歴史

そんな中、冬の時代に【図17】に示すように、ディープラーニングの基になるものを作ったのは日本人でNHK技研の福島先生でした。

猫の視覚モデルにヒントを得て、ネオコグニトロンと呼ぶ、今でいう畳み込み、コンボリューショナル・ニューラルネットワークの基礎を作り、ファーザー・オブ・ディープラーニング、ディープラーニングの父と呼ばれています。それをやめないでずっと発展させた方が、トロント大学のヒントン先生です。

2012年にディープラーニングを使って画像処理コンテストで優勝されました。

ヒントン先生は、それまでの画像処理よりも格段に性能の高いものをディープラーニングで実現されゴッドファーザー・オブ・ディープラーニングという名前で呼ばれています。



【図17】Deep Learning

それ以来、Google など ICT 企業が注力した結果、ディープラーニングは、大きな成果をあげ続け、完全にAI研究の復権を果たしました。

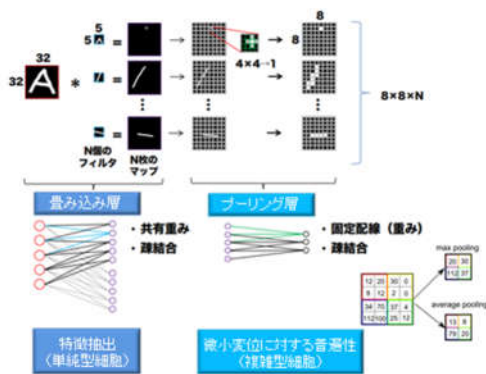
特徴としては、非常に大きなパラメータと学習データが必要です。これはGPUなど、並列処理のコンピュータを使うようになって、それを実際に計算することができるようになったものです。

【図18】でコンボリューショナル・ニューラルネットワークの重要な構成要素である畳み込みとプーリングを簡単にご説明します。

例えば、手書き文字を認識するような場合に、今までの画像認識ですと、山型フィルターとか、斜め線フィルターとか、いろいろ人間が考える必要があるけれども、これをディープラーニングでは自分で抽出します。データを教えることによって、この特徴抽出を行います。

それからその後、プーリングを行います。例えば、手書き文字認識の場合手書き文字には必ずにじみとか、かすれとか、傾きとかがありますがけれども、それをこのプーリング層で微小変位を補正する形になっており、多少ずれたようなものでも正しく認識する。これらが何層か組み合わされているというのがディープラーニングです。

CNNの畳込みとプーリング



【図 18】CNN の畳込みとプーリング

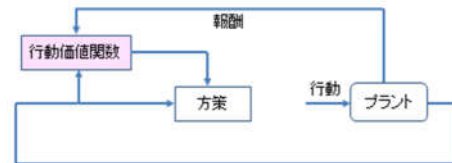
これに非常に注目しているのが Google です。Google は去年碁の名人に勝ったアルファ碁で世界を席巻しましたが、ディープラーニングを使っています。ただし、【図 19】に示す深層強化学習というもので、ただのディープラーニングではなくて、強化学習を使っています。強化学習というのは、例えばある行動をプラントで起こしたときに、その行動が良かったか、悪かったかということ判断して、いい場合は褒賞を与えてさらにそれを増強する。行動が駄目だった場合はあげないという、犬にお手を教えるような感じでうまくできたらエサをあげる、駄目だったらあげないということをして学習させる。これの特徴は、教師データを自分で勝手に作り出すものですから、データ数が少なくても済む訳です。けれども、強化学習は報酬を決める行動価値関数を決めるのが非常に難しく、そのためにコンピューターのパワーがものすごく必要でなかなかうまくいきませんでした。ですけれども、Google はディープニューラルネットワークを用いて、行動価値関数を作りました。それ故、非常に強い深層強化学習ができるようになったのです。

このようにディープラーニングというのは、まだ始まったばかりで、どんどん進化をし続けているというのが現状です。

深層強化学習

強化学習では、状態行動価値関数Qの役割が重要。複雑な状態と行動が必要な場合、Q値を保存する為の領域が無限に必要となり、状態行動空間の爆発という課題があった。

AlphaGoで使われているDeep Q-Network (DQN)では、状態行動空間の爆発に対して、行動を生成する方策や行動が好ましいかを判断する行動価値関数にDNNを適用してQ値を近似。これにより、従来の強化学習を大きく性能向上した。



【図 19】深層強化学習

それで、自動運転がこのディープラーニングに特に期待しているものとしては、先ほど同時に複数の環境を認識したいというのがありました。そういう面で見ると、このディープラーニングのセマンティック・セグメンテーションという複数物体を同時に認識できる技術は非常に期待されています。

セマンティック・セグメンテーションというのは映像からここは空です、ここは道です、これは車です、家ですというような分類を、画素単位でリアルタイムに行うことができます。今はまだ誤差がありますけれども、より正確に分類できるようにしようという研究が今世界中で始まっています。

もう1つ自動運転へのディープラーニング応用の技術を紹介します。Level 3までの自動運転では「運転を代わってください」と自動運転車が言ったときに10秒ぐらいの間にドライバーは代われないといけません。そのときに人が代わるかどうかということが非常に重要です。眠ってしまったりすると運転を代われないです。そういうドライバーの覚醒状態を見ることが自動運転のヒューマンインターフェースの非常に重要な課題です。

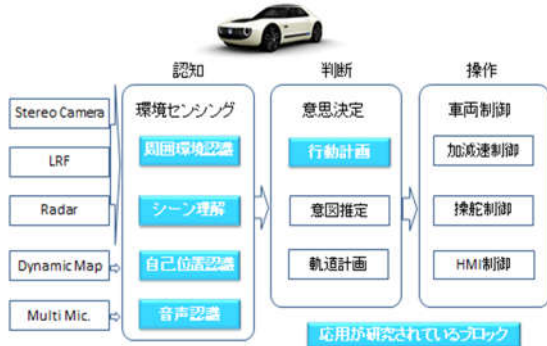
ドライバーが今どのぐらい集中しているか表情や視線からそれを見るというところにディープラーニングが使われます。さまざまな人の状態を、顔と、姿勢をニューラルネットワークに入れて、今だったら運転を代わってもらえるか、ちょっと眠そうにしているから、ちゃんと起こさないといけない。あるいは、眠り込んでいたりするので、車を止めないといけないというような判断をすることは、ディープラーニングは得意です。このシステムはすでにトラックなどに応用されようとしています。

ディープラーニングでも、苦手なものも多くあります。【図 20】はディープラーニングが応用されている分野を示しています。非常に優れたパターン認識

の能力がありますので、自動運転の構成のうち、センサーの信号を認知して、判断するところはディープラーニングで行っています。

Deep Learningの自動運転への応用

Deep Learningは、優れたパターン認識の汎化機能を生かし、様々な環境下での歩行者・環境認識・シーン認識・ドライバ状態認識・音声認識等への活用検討中。



【図 20】 Deep Learning の自動運転への応用

最近では行動を計画するところにも使われ始めています。例えば車線合流しようとしてもさせてくれなかったりしますね。そういうパターンが無数にあって、なかなか難しい。「if then」で全部書くのはなかなか難しいため、そういうところにディープラーニングを応用するという試みも今行われています。こういうところは次第にできてきています。ただ、制御の方はそれほどに高速の走る・曲がる・止まるに対する制御をする必要がないので、現在使われているのはスライディングモードや、モデルベース制御を使って十分です。また、ディープラーニングは数値計算は得意ではありません。

国内メーカーは、みんな熱心に自動運転研究をやっています。トヨタは、2020年にレベル3の高速道路自動運転を実施すると、今年のモーターショーで、発表しました。さらにその先には、レベル4とか5のショーファーという名前のほぼ完全な自動運転をアメリカのシリコンバレーにあるトヨタ・リサーチ・インスティテュートが、スタンフォードとMITとの産学連携で研究しています。

日産は、2017年の年初のCES、コンシューマー・エレクトロニクス・ショーで発表した、NASAと一緒に研究している技術がユニークです。例えば、道路工事のときに工事の作業員の方が、ある人は「行きなさい、行きなさい」と言って誘導する。ある人は別の手招きをやる。誘導のしかたが無数にある。それを自動運転車に全部覚えさせるのはなかなか難しいので、どうしても分からないときは情報センターにこの映像を送って、センターの人が判断して、その指示を基に自動運転車は行動する。そしてそのデー

タは学習に使われて、以後この車は少し賢くなるということが続けていくというコンセプトを発表しました。2025年には、完全自動運転を目指す車を発表しています。

ドイツはもとより非常に熱心で、ダイムラーは2013年に一般道100キロを、普通の車に交じって走るテストを行いました。また、トラックでも自動運転の実験をずっと行って、自動運転中運転席が回って、ゆったりとほかの仕事ができるようになっています。

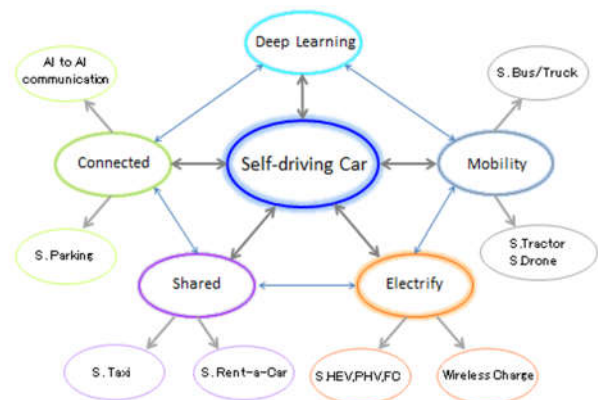
アウディもA8で今年、レベル3の自動運転を世界で初めてできる車を作ったと発表しています。2019年には、レベル4の自動運転を行うと宣言しています。

自動運転が普及してきますと、人と車の関係に様々な影響を及ぼすだろうと考えています。【図 21】は自動運転による、人と車の関係の変容について示したものです。例えば、コネクティッド(無線情報通信)によって地図を取り込まないといけないので、ここが途絶してしまうと自動運転ができません。コネクティッドが、走る・曲がる・止まるに直結した非常に重要な通信を行うことになります。

それが構築されると、途切れない通信を行って、車同士が見通しの悪いところでも安全を確保できたり、あるいはパーキングまで無人の車が自動でパーキングしに行ったりすることが、できるようになります。それから、またシェアードに使われると、レンタカーやタクシーが無人で使えることになります。

自動運転技術は、モビリティでは乗用車だけではなく、バスやトラックに使われ自動車でなくなったセンサーを使って、トラクターやドローンにもたくさん実装されることが予想されます。

自動運転によって人とクルマとの関係は如何に変容するか



【図 21】 自動運転によって人とクルマとの関係は如何に変容するか

電動化と結び付くとEVの自動運転によって、無人でチャージをしに行くということも可能になります。

【図22】に示すようにパーソナルカーは、運転できない人でも移動できます。前を見ている必要もないし、プライバシーを保って移動できるようなことも可能となります。

トラックやバスですと、慢性的に運転士の不足があります。それによって長時間過酷労働になったり、あるいはそれで重大事故が起こったりしますが、そうしたことがなくなり、輸送コストを大幅に低減できます。クロネコヤマトは既に熱心に、こういう自動運転の研究をしています。

タクシーは無人化がもしできれば、ドライバーのコストが不要になりますし、24時間動かせますので、非常に低価格な移動手段となります。

自動運転によって人とクルマとの関係は如何に変容するか

自動運転 パーソナルカー

全ての人が移動しながらプライバシーを保てる自由な憩いの空間(2025頃~)

自動運転トラック・バス

運転手不足解消と、長時間連続稼働が可能となり輸送コストが大幅に削減。(2025頃~)

自動運転 タクシー・Car Share

自動運転によって無人化できれば、低価格で便利な移動が実現。(2030頃~)

自動運転がモビリティ社会を変える

社会的認知には社会学や社会心理学や法律の専門家の協力も必要

【図22】自動運転によって人とクルマとの関係は如何に変容するか

ただし、こういう仕事しておられた方の環境や、あるいは歩行者が自動運転車を受け入れるかといったような社会的な認知について、社会学や社会心理学の協力が必要となってきました。また、自動運転車が事故を起こしたときはどうなるのかも非常に重要になってきています。

【図23】はアメリカのテスラ・モデルSという、電気自動車で自動運転車の事故の状況を示したものです。テスラが走行しているところ、前方からトレーラーが、垂直方向に横切りました。ステラは本来これを見て停止すべきところを、トレーラーを認識できず、そのまま突っ込んでしまっ大破してドライバーが亡くなりました。このような事故が起こるにつれて、自動運転をどう裁くべきなのかということが大きな問題になってきました。

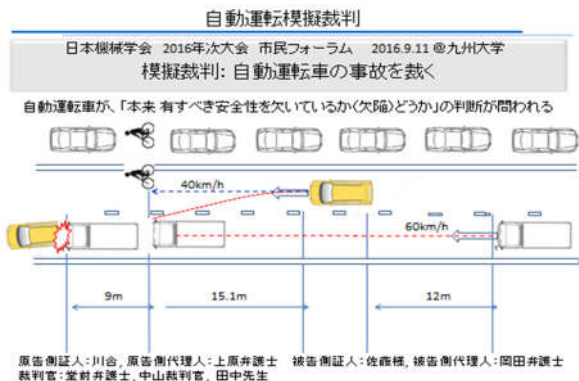
TESLA Model S事故についての状況



【図23】テスラ・モデルS事故についての状況

【図24】のように、昨年九州大学で9月に行われた日本でもほぼ初めての自動運転の模擬裁判が開かれるようになりました。これに私も原告で出席しました。私、原告が自動運転車で、時速40kmで走っていた。そのときに対向車の車列の渋滞している中から自転車が出てきた。この自転車を避けようとして、私の自動運転車は自動操舵して、左に車線変更した。そこへ、後ろから接近してきたトラックに衝突されて後部席の乗客が亡くなって、所有者である私が自動運転車の会社を訴えたという事故でした。このような場合、この自動運転車の行動は正しかったのかどうか。もっと別の行動があったんじゃないかというようなことで、この自動運転車は、本来有すべき安全性を欠いているかどうかという判断が問われました。この後、12月にも東京大学の生産研で同じような模擬裁判が行われました。

このように、自動運転が普及することで社会が変わると、それに応じた法律や保険などの見直しが非常に重要になってきています。



【図24】自動運転模擬裁判

最後に、【図25】に自動運転の産学連携がどうなっているのかということをお話します。

ドイツではもう 35 年近く自動運転の黎明期からずっと産学官連携の共同研究を行っております。現在もドイツの自動車メーカーと大学の間で自動運転に関する共同研究は盛んに行われています。例えば、ベンツがインテリジェントドライブと呼ぶ、一般道における自動運転を世界で初めて実験したときの産学連携パートナーとして選んだのは、カールスルーエやウルムやミュンヘン国防大学などがあげられます。1つの大学で全部行っているわけではなく、画像処理はカールスルーエ、レーダーはミュンヘン国防大学と、各大学の得意分野と共同研究を行っていました。

アメリカはどちらかというと PL 問題がありますので、過去にはメーカーよりはむしろ大学が中心に自動運転の研究をやっていました。それが DARPA のグランドチャレンジ以来、自動車メーカーも参加して、スタンフォードや CMU と一緒に産学連携の共同研究を進めている最中です。

一方、日本のほうは先ほど紹介したように、黎明期は、ほとんど自動車メーカーが独自に自動運転の研究をしていました。現在は、自動運転に必要な技術領域が大きく広がり、自動車メーカーだけでは、とても賅いきれなくなりました。AI の知識を持っている研究者は少なく、トヨタ、日産、ホンダ、デンソーはシリコンバレーにオフィスを構えて、そこで自動運転に必要な AI の応用研究をスタンフォードや CMU、MIT などの研究者と産学連携で共同研究しています。

国内ではヒューマンインターフェースや、シミュレーションや、過疎地の自動運転など自動運転の要素研究について、名古屋大学、金沢大学、農工大、筑波大、京都大などと産学連携の共同研究が行われています。

自動運転に関する産学連携の状況

<p>ドイツ 1985年頃から、35年近く継続して共同研究を行ってきた。 現在も BENZ, VW, AUDI, BMWはカールスルーエ工科大, ミュンヘン工科大, ブラウンシュweig工科大, ヨハネスケブラ大などと共同研究を実施中。</p>
<p>USA 自動運転の研究は、20年以上前は大学中心で活発化していた。 自律型自動運転開発競争の火付け役となった2004年 DARPA CHALLENGE以来 GM, Ford Google, Audi等と Stanford, CMU, MIT, UM等とが産学連携中。</p>
<p>日本 1985年頃から自動車メーカーが独自に研究を実施していた。 現在トヨタ, ホンダ, 日産, DENSO等は自動運転の鍵となる AI応用に関する共同研究では主に Stanford, CMU, MIT 等と共同研究を実施中。 国内では名大, 金沢大, 農工大, 筑波大, 慶応大等と共同研究を実施中。</p>

【図 25】自動運転に関する産学連携の状況

は安全と利便性で社会に大きな利益をもたらすことでしょう。今後も ICT の進歩に支えられて、技術革新が加速することは間違いありません。現在、自動運転へのディープラーニングの応用は、主に認知と判断に用いられています。自動運転によって、モビリティ社会は大きく変革する可能性が高いと考えられます。自動運転の普及には法制度と保険制度の充実とともに社会の受容性が大切です。

最後に産学連携の観点では、ドイツと US では黎明期から今日まで産学連携が非常に盛んであったことがわかります。

ご静聴ありがとうございました。

まとめ

- 自動運転車は 安全と利便性で社会に大きな利益をもたらす可能性が高い。
- 自動運転車の実現は ICTの進歩に支えられ、今後も技術革新が加速する。
- 自動運転車への Deep learning 応用では認知・判断に用いられている。
- 自動運転技術がモビリティ社会を変革する可能性が高い。
- 自動運転研究における産学連携はドイツ・USでは初期から今日まで盛ん。
- 普及には法整備と保険制度の充実と共に、社会受容性が大切。

【図 26】まとめ

最後にまとめますと【図 26】に示す様に、自動運転