

目 次

Gary Silbergからのメッセージ	 03
重要なインサイト:極めて大きなチャンス	 05
ディープラーニングとは何か	 07
認知、判断、操作・・・そして学習	 13
自動車のすばらしい新世界	 17
ディープラーニングによって直接もたらされる変化: 6つの重要なポイント	27
自動運転の未来で成功する	 38

Gary Silbergからの

メッセージ

ディープラーニング:完全自動運転に向けて

あなたの頭脳は、たとえ朝の6時であっても、驚異的な働きをします。睡眠不足でぼうっとしたまま52分間の通勤を終え、職場に到着するまでの間に、自分でも気づかずにすごいことをやってのけているのです。235個の信号機、12台の自転車、1万2,430本の木、1,376台の自動車、4台の警告灯をつけたパトカー、16人の運転しながらメールを打つドライバーを見ました。加速し、停止し、方向転換し、本線に合流し、本線から出ました。ラジオ局を切り替え、コーヒーを飲み、ハンズフリーで電話を2回かけました。そのうちのどの場面でもまごつくことはありませんでした。それどころか、この通勤中にしたことを覚えてすらいません。

しかし、あなたが――もしくはあなたが雇った天才が――自分の車を全く同じように運転するコンピュータープログラムを書くとすれば、この「単純な」通勤を成功させるために、ありとあらゆる状況を想定した何百万行(何億とはいわないまでも)のコードが必要になるか、少し考えてみてください。

自動車が赤信号で停止するプログラムはどのように作ればよいのか。赤信号で自動車を右折させるにはどうするのか(訳注:米国では一部地域を除き、赤信号であっても安全であれば右折することが許されている)。また、赤信号での右折が禁止されているニューヨークでは、どうやってそのプログラムを除外するのか。ほかの右折禁止場所をどのように指定するのか。横断歩道に歩行者がいたらどうするのか。赤信号を無視して道路を渡ろうとする人が目の前にいたらどうするのか。自転車がスピードを出して逆走してきた場合はどうするのか。



そうした一見単純な処理を、自動車の運転に必要な あらゆるアクションと状況を想定して何万もの(もしくは それ以上の)要素を掛け合わせるとしましょう。その ような計算は到底不可能なことがわかるでしょう。

しかし、今は違います。ディープラーニングのおかげで、かつての夢物語は急速に現実のものとなりつつあります。人工知能の進化形であるディープラーニングは、自動運転車の開発に変革をもたらすところまで加速しており、自動車業界にとって心躍るような新しい道筋が拓かれようとしています。あらゆるアクションと状況を人間がプログラミングする代わりに、まるで機械が自ら学習するかのように、経験からデータを積み上げていくのです。

ディープラーニングは強力で斬新な技術であるというだけではなく、自動車メーカーにとっては不可欠なものとなり、基幹技術としてイノベーションのペースを速めるものとみなされています。しかし、ディープラーニングに精通している専門家はまだごくわずかです。彼らはそのノウハウによって、特別な存在となっています。

4年前、KPMGは「自動運転車は次の革命になる」と主張しました¹。以来、私たちは自動運転車にかかわる技術の進歩と消費者の意識の変化を追い²、それに対応した自動車エコシステムの進化を分析し³、その中で競争するためにはどのくらいイノベーションを加速させる必要があるのかを伝えてきました⁴。

今回は、自動車産業と輸送産業の変革におけるディープラーニングの役割を分析したいと思います。そのために、数学者、研究開発部門の責任者、コンピューター科学者、自動車業界の経営者、自動運転車の新規参入企業の創業者に話を伺い、ディープラーニングは完全自動運転車を実現する原動力となり、業界のほぼあらゆる分野に影響を与えるという結論に至りました。

リスクもあります。脅威もあります。未知の要素もあります。

未来がどうなるかはその時が来るまでわかりません。 しかし、1つ確かなことがあります。自動車メーカーであれ、自動車サプライヤーであれ、テクノロジー企業であれ、自動車バリューチェーンのその他の参加者であれ、チャンスはすぐ手の届くところにあります。では、どうすればそれをつかむことができるのでしょうか。どうやって不確かな状況を乗り切ればよいのでしょうか。市場の混乱にどのように対応すればよいのでしょうか。

本レポートでは、ディープラーニングとは何か、それが どのように自動運転の課題を解決するのか、そして、 ディープラーニングで完全自動運転が可能になった 場合に、ビジネスにどのような影響があるのかについて 探ります。



Gary Silbara

Partner and National Automotive Leader, KPMG

^{1 「}自動運転車: 次なる革命 (Self-driving cars: The next revolution)」(KPMG, 2012年 英語版発行, 2016年 翻訳版発行)

^{2 「}自動運転車:準備は出来ているか? (Self-Driving Cars: Are We Ready?)」(KPMG, 2013年 英語版のみ)

^{3 「}Me, my car, my life」(KPMG, 2014年 英語版発行, 2016年 翻訳版発行)

^{4 「}クロックスピード・ジレンマ (The clockspeed dilemma)」(KPMG, 2015年 英語版発行, 2016年 翻訳版発行)

重要なインサイト:

極めて大きなチャンス

ディープラーニングは自動運転車の開発に、また自動車業界と輸送業界に大きな変化をもたらします。これはスリルに満ちた、甚大ともいうべき変化で、その意味は極めて大きく、自動車のエコシステムにかかわるすべての企業は、順応し生き残ろうと思うなら、この変化を理解しておかなければなりません。

2030年までに、自動運転、モビリティ、コネクティビティに関連する商品やサービスについて、1兆ドル以上の新しいモビリティサービスセグメントが現れます。そのチャンスは莫大です!



人から機械へ、ディープラーニングは自動車の操作方法に革命を起こします。ディープラーニングは、運転操作を人から機械へと急速に移行させつつあります。すでに半自動運転車は低リスクの状況を処理できるようになっています。さらに完全自動運転車を実現し、あらゆる状況を切り抜けるには、ディープラーニングのアルゴリズムが必要不可欠です。



モビリティサービスは大規模な新市場になり、激しい競争の場となります。2030年までに、自動運転、モビリティ、コネクティビティに関連する商品やサービスについて、1兆ドル以上の新しいモビリティサービスセグメントが現れます。この新たに進化するエコシステムには大きなチャンスがあります。



自動車の運用と所有の形が変化 **します。** KPMGが以前に発行した 『クロックスピード・ジレンマ』レポート では、モビリティと自動運転の組合せ によって個人の移動距離が急増し、 所有モデルが変化すると予想しま した。この変化はディープラーニング が起爆剤となって加速します。自動 車の所有形態は、個人所有から運転 体験の共有へと変化し、オンデマンド のモビリティと輸送に対する消費者 の注目度が高まり、製品からサービス モデルへと移行していきます。この 変化による膨大な経済的、社会的 効果は、自動車メーカーはもちろん、 修理工場、販売ディーラー、保険 会社にも影響を与えます。



ほとんどの自動車会社は、 もはや単なる自動車メーカーではなくなります。ディープラーニングによって自動運転の進化が加速すれば、自動車メーカーは純粋な自動車メーカーであり続けるか、モビリティサービスプロバイダーになるかの選択を迫られます。自動車メーカーが選択する戦略は、自社がどれほどの輸送体験に加わるか、どれほどのプロフィットプールにアクセスするか、そして最後に独立事業として成功するまたは生き残れるかどうかを左右します。



投資の焦点が変化します。モビリティ、コネクティビティ、自動運転と関連サービスの進歩によって、買収、合弁事業、パートナーシップに投入される資金が増大します。



走行データは金のように!ディープラーニングによって走行データの蓄積競争が始まりますが、同じ1キロでもその内容は様々です。波乱に富んだ新しい状況、行動、環境、そして最も重要な「レアケース」――めったに起こらないため自動運転アルゴリズムに学習させる実際のデータがなかなか集まらない特殊な事態――が、充実したデータセットを作っていきます。そこから完全自動運転の構築に必要な学習が得られます。



人材が新たな競争の火種に。 ディープラーニングシステムを構築 することのできる人材はほとんど おらず、貴重です。自動車メーカー 各社では、すでに人材獲得競争が 始まっています。



神経系が自動車デザインの中心になります。パワートレインよりも自動車の神経系(コンピューターの「頭脳」、センサー、ブレーキや駆動の制御、運転操作、データ保存および次第にスマート化するニューラルネットによるオンラインアップデートなど)に重点を置く自動車製品開発・製造の新時代です。ほとんどの自動車メーカーにおいて、組織構造も経営モデルも大きく変わることになります。



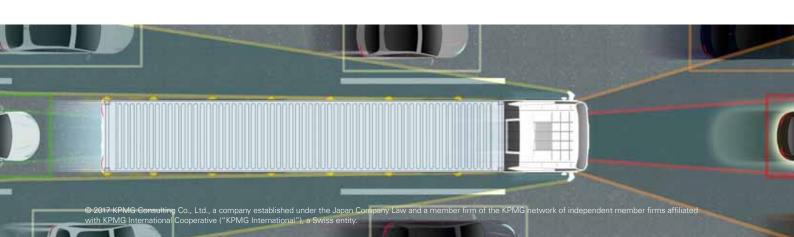
安全性の高いフリートワイド ソフトウェアのアーキテクチャが新たな競争の基本になります。 ソフトウェアプラットフォームが自動 車を制御、管理、アップグレードする ための強力な手段になることが、 競争にとって重要なポイントです。 また、安全性が高く、車種に関係 なく同時にアップグレードできる洗練 されたシステムが必要とされ、市場 での強みとなります。

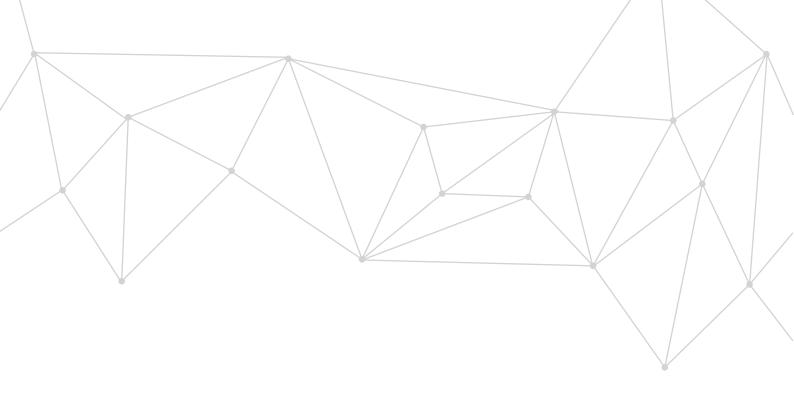


フリート(車両群)の力が個々の自動車の重要性を上回ります。個々の自動車が関連するフリートやエコシステムとの対話が、ディープラーニングと自動運転にとって必須となります。コネクティビティによって、ネットワークと常時接続できます。これはローカライゼーションマッピング、オペレーショナルマッピング、ルート検索、車両状態管理、そして全フリートの学習に使われる貴重な走行データのために、必要なものです。



アイデア創出とイノベーション が変わります。自動車メーカーが経験とサービスのプロバイダーとして新しい能力を開発していく場合、イノベーションを生み出し、その生み出したイノベーションをテストする必要があり、そうした取組みにおいてディープラーニングが中心的位置を占めることになります。ディープラーニングが示す視点が変化すると、アイデアの創出方法も変化する可能性があります。





ディープラーニングとは何か

ディープラーニングは自動車業界ではあまり知られていないかもしれませんが、30年以上前から存在し、すでに世界に大きな影響を与えています。意外にも、ディープラーニングの成功は、生物学、数学、コンピューターゲームの組合せによって得られたものです。すべては1959年、後にノーベル賞を受賞した2人の科学者が、ニューラルネットワークと人の目の細胞がどのように情報を伝達しているかを解明したことに始まります。そこから着想を得て、1965年には、生物学を模倣しようと最初の実用的なディープラーニングネットワークが作られました。

わかりやすくいうと、ディープラーニングとは、特徴、物体およびパターンを自動的に学習し、しかもデータが増えれば増えるほど正確に学習する高性能で動的なコンピューターによる意思決定方法です。何層かの分析レイヤーを利用してパターンを認識、分類し、最初のレイヤーは、イメージの輪郭を認識するなど、比較的単純なタスクを行います。その出力を次のレイヤーに送ると、次のレイヤーは、イメージに色があるかどうかを認識するなど、もう少し複雑なタスクを行います。こうして次々にレイヤーを進め、最終的にすべて

の特徴を認識します。最後に、最深部のレイヤーであるシステムが、迅速確実にパターンを認識します。アルゴリズムのレイヤーが、例えば、①物体は丸い、②物体は赤色である、③物体はりんごのような形をしている、ということを判断できるようになります。トロント大学コンピューター科学准教授のRaquel Urtasun博士によると、「ディープラーニングでは、最初のいくつかのレイヤーではごく単純な計算を行います。レイヤーが進むにつれ、コンピューターが見たものをより複雑な概念に結びつけます。最後にアウトプットにたどり着きます。レイヤーごとに事例から学ぶことが重要なのです。」

ディープラーニングシステムは、より多くの入力データやトレーニング用の事例を見て、徐々に正確に予測できるよう能力を最適化することで「訓練」されます。予測の「誤り」を最小限に抑えていけば、スマート化が進み、精度の高い予測が行えるようになります。こうしてシステムは、大量の構造化されていない未加工デジタルデータの中にパターンを認識することを学習します。その結果、システムは予想外の状況に対処し、考えうる最適の選択肢を素早く提案できるようになります。

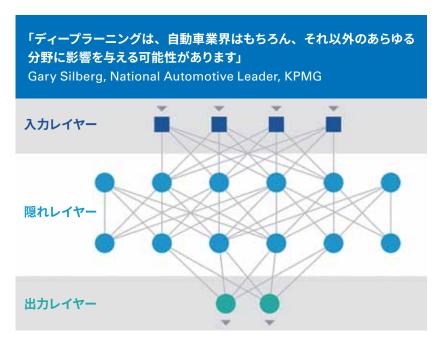
システムが対処方法を判断できない場合、追加データを入力して「訓練」 することで、状況にますます的確に対処し、次から異なる決定や提案 を行うことができるようになります。

「ディープラーニング」という言葉が 最初に使われたのは1986年ですが、 技術自体はあったものの、ディープ ラーニングシステムを有効に利用 するための十分なデータや処理 能力が得られませんでした。シス テムが予測に到達するまで時間が かかりすぎ、予測の精度も低すぎて 使い物になりませんでした。状況 を一変させたのはコンピューター ゲーマーです。ゲームユーザーは より高速なコンピューターとより 高性能なグラフィックスプロセッ シングユニット(GPU)を求め、 それこそがディープラーニングに 必要な大量の数値演算、行列 およびベクトル計算に最適なもの だったのです。

それ以来、ディープラーニングへの投資が急増し、技術やアプリケーションは急速に進化しました。AppleのSiriやMicrosoftのCortanaがユーザーの質問を理解して答えられるのは、ディープラーニングのおかげです。SiriとCortanaは自然言語を正確に処理できるだけでなく、意図をも理解しているように見えます。これは、スラング、省略表現および訛りを含む命令を解釈できるからです5。Googleで検索

すると瞬時に必要としていたWeb情報が表示されるのも⁶、Amazonがユーザーにぴったりの商品を勧めてくるのもディープラーニングのおかげです。Amazonのディープラーニングシステムは、買い物と別の買い物の関連を分析し、それらの知見を用いて、利用者の過去の購買行動に基づいて興味のありそうな商品を予測しています⁷。

ディープラーニングは、自動運転がコンピューター科学に突きつけるある 重大な課題を解決するために不可欠なものです。それは、予測不可能な ものを管理することです。初期の自動運転車は、人の手でコーディング した決定性アルゴリズムに頼っていましたが、そのようなシステムでは、 「単純な」通勤ドライブで自動車が遭遇するすべてのシナリオに対処する ことはできません。運転ルールの多くはアルゴリズムで表現することが 極めて難しいだけでなく、どれほどルールが精密であっても、ルールに 対する無数の例外を説明することはできません。



- 5 The Brain is Here and It's Already Inside Your Phone (Backchannel, August 24, 2016)
- 6 Al is changing the technology behind Google search (Wired, February 4, 2016)
- 7 Amazon's Giving Away the Al Behind It's Product Recommendations (Wired, May 16, 2016)



ディープラーニングを 復活させた研究

現在の自動車業界に見られるディープラーニングのブレイクスルーは、元をたどると、YouTubeの動画のスクリーンショットから猫を認識するコンピュータープログラムに行き着きます。ディープラーニングの注目度が一気に高まったのは、Google Brainチームが、何百万もの未分類の画像から人の手を借りずに物体(この場合は猫)を検出できる大規模ニューラルネットワークを開発したときです⁸。

しかし、現在自動運転技術を進化させている画像認識分野の科学者たちを本当に納得させたのは、トロント大学の機械学習の専門家Geoffrey Hinton氏がImageNetのコンテストで優勝したことでした。このコンテストは、コンピュータープログラムを分類済みの100万枚の画像で訓練した後、新しい画像をどれだけ正しく分類できるかをテストするものです。初めてディープラーニングを使ったHinton氏のプログラムは圧勝しました。ディープニューラルネットワークは、平均的な人間の認識率と、それまで最高だったアルゴリズムの画像認識率との差を半分に縮めました。



画像認識の世界では、このコンテスト以前は主に過去の知識を生かして自動運転機能の基礎となるソフトウェアシステムを構築していましたが、以降は「画像認識業界は一転してディープラーニングを使うようになりました」と、トロント大学コンピューターサイエンス学部のRaquel Urtasun准教授は語っています。

画像認識のイノベーターが、猫だけでなく自動車、歩行者、信号、車線などの 認識精度向上を示し始めると、自動車業界も後を追ってディープラーニングを採用 し始めました。ほかの業界も同様です。現在、ディープラーニングは、音声認識、 自然言語処理、その他多数のコンピューター科学の課題に使われています。

「ディープラーニングによって、画像の分類と検出を以前よりもはるかに正確に 行えるようになりました」とUrtasun准教授は言います⁹。 ディープラーニングについて考えて みましょう。ディープラーニングが 自動運転の夢を実現する決定的 要因であるのは、ソフトウェアエン ジニアにとって、人の手を介さずに 本質的に自ら考えることのできる 自動車の構築が可能になるから です。

自動車用のディープラーニングシス テムは、同じ機能を持った自動運転 車の集団や自動車メーカー単位で 共有され、個々の自動車による 何十億キロ分もの走行データが 収集および分析されます。最初は、 実験室またはデータセンターの テスト環境で、交通規則に則り、 何万時間分ものビデオや、人間の テストドライバーによる数百万キロ 分の試運転によってシステムを 「訓練」します。安全性と信頼性 の高いニューラルネットを開発し たら、それを自動車に搭載します。 そのメリットは、初心者ドライバー の乏しい経験ではなく、過去に 経験した大量の走行データによる 集合知が生かされることです。自動 運転機能を持った各自動車は、 新しい状況に遭遇するたびに―― 地図にない工事区間、新しい運転 挙動、ほかの自動車や歩行者の 行動、運転プログラムで想定され ていない動物など――その経験を 全体のディープラーニングシステム にアップロードします。ディープ ラーニングシステムは、何億キロ、 ひいては何十億キロ分もの走行

⁸ Computer Science: The Learning Machines (Nature, Jan. 8, 2014)

⁹ How a Toronto professor's research revolutionized artificial intelligence (TheStar.com, April 17, 2015)

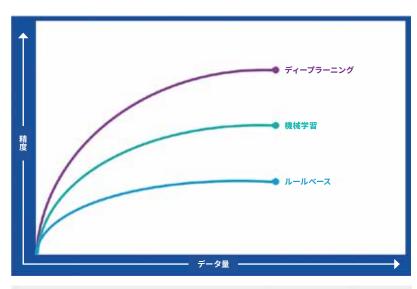
データを取得して分析し、新しい ニューラルネットを学習、テスト、 検証するごとに運転プログラムの アップデートを、自動運転機能を 持つ全車両にリリースします。

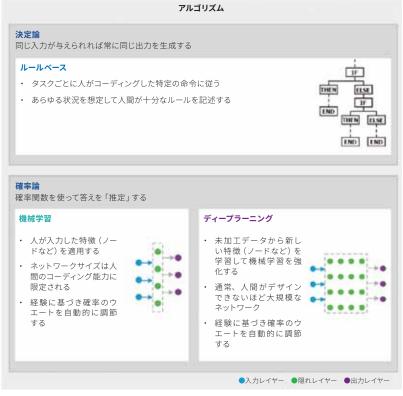
ここ数年でディープラーニングは 大幅に進歩したものの、それに よってできることにはまださまざま な限界があり、完全自動運転を 実現するまでには克服すべき課題 もあります。

技術的にみれば、ディープラーニングシステムで予想外の状況に対処する方法を改善するには、さらに進歩が必要です。また、誤った判断を改善できるように、エンジニアは自動運転車の判断方法について透明性を高める必要があります。

業界別にみると、テクノロジー企業は、ディープラーニングソリューションが自動車業界の安全性および信頼性の基準に対応できるようにする必要があります。他方で、自動車メーカーも、評価とテストのプロセスを改良することによって、予想される状況が十分に伝わる情報を取得できるように走行データを蓄積し、予想外の状況を収集する方法を見い出し、レアケースが発生したときにはそれを見直し、分析し、除外するプロセスを作る必要があります。

ディープラーニングは大量のデータセットを利用して時間 をかけて学習し改良する







ディープラーニング:正しいルートの選択

自動運転に応用される2つの一般的なディープラーニングの手法を科学的に検証し、 その長所と短所を見てみましょう。

意味の抽象化

意味の抽象化 (セマンティックアブストラクション) は、モジュール方式で自動運転の問題を複数のコンポーネントに分割する方法です。あるコンポーネントが自動車を検出します。別のコンポーネントが車線の境界上に何があるか (例えば、カーブ、ガードレール、自動車の列など) を検出します。ソフトウェアエンジニアは、過去の知識と専門領域の知識を使い、実世界での意味を示すラベル、注釈、データイメージによって各コンポーネントにその専門的な役割を訓練します。

各コンポーネントが割り当てられたタスクを習得したら、コンポーネント間でデータを転送し、連携して自動車の制御方法を判断できるようにする必要があります。つまり、車両検出コンポーネントが自動車の位置を、車線検出コンポーネントが車線の位置を、車線境界コンポーネントがカーブの位置を把握したら、それらの情報をさらにほかのコンポーネントが収集した運転環境に関するその他の大量の入力情報と組み合わせます。するとマスターコンピューターが、障害物を避けながら自動車を安全に操作するためにどのラインを取るか、どれぐらいスピードを出すかを判断することができます。

長所

誤り許容度が低い:アクティブな自動運転車にネットワークがダウンロードされる前に、個別の運転コンポーネントを担当するアルゴリズムを明確に訓練し、それぞれが高い精度で個々のタスクをこなせるようになります。

エラーの発生箇所を特定できる:誤りが発生した場合、つまり自動車が誤った判断をした場合、ソフトウェアエンジニアが誤りの発生箇所を容易に特定して対処することができます。

予想外の状況を管理する能力が高い:システムには分類済みデータをレイヤー化した過去の知識が読み込まれており、子供がボールを追いかけて飛び出してくるなどといった特別な状況に対応できます。システムは過去に何千人もの人間を見ており、子供が人間であることを認識できます。人間がどのような行動を取る可能性があるかを一般化できるのです。そして、人間を避けるために自動車をどのように制御するかを知っています。

短所

集中的な事前作業と複雑なプログラミングが必要:技術チームは、システムを稼働させる前に、まず各領域の専門知識を使ってネットワークをデザインし、運転のあらゆるコンポーネントに関するアルゴリズムをコーディングする必要があります。次に、データセットを細かく分類し、個々のコンポーネントを訓練します。これは極めて集中的な、時間のかかるプロセスです。

プロセスが必要以上のデータを分類する場合がある: あるシーンのすべてのデータが運転の判断に関係するとは限らず、無用な冗長性によってデータ量が過剰になる可能性があります。

End-To-End学習

End-To-End学習は、より破壊的なディープラーニング技法で、実際に人間が運転したデータをトレーニングに使うことによって、自動的に運転の学習を実行します。運転を各要素に分けたり機能別にコンポーネントを訓練したりせず、また検出すべき個々の特徴の有無に関係なく、システムは大量のデータセットを全体として処理します。

「自動車メーカーは、将来は 当然のように運転プログラム のオンラインアップデートが 必要になることを見越して、 自動車のセンサー、処理能力、 通信システムに意図的に能力 の"余剰"を組み込んでおく 必要があります。これは従来 のプログラム管理モデルとは 全く別のやり方です。」

Tom Mayor National Strategy Leader, Industrial Manufacturing, KPMG

長所

ビッグデータを読み込ませると、シーンデータに明確にラベルや注釈をつけなくても 正確に分類を実行できる:End-To-End学習では、自動車や車線がどのように見えるか をネットワークに明示する必要はありません。ビッグデータを入力するだけで、経験 によって特徴、物体、状況を分類します。そのため、エンジニアはすべてのコンポー ネントを事前に定義し、事前にプログラムしたものを組み合わせて運転という行為を 実現する必要もなければ、視覚データセット中の物体の識別と分類に膨大な工数を 費やす必要もありません。

種類や状況別にデータが多ければ多いほど強力に機能する:自動車メーカーが環境、物体、運転状況、レアケースの種類について多くのデータを収集するほど、End-To-End学習が訓練され、迅速かつ正確に最終結果に到達できるようになります。例えば、自動車市場やその他の分野に専用プラットフォームを提供するビジュアルコンピューティングの大手、NVIDIAは、End-To-End学習システムを試験運用し、たった72時間分の運転データで訓練しただけで、ニュージャージー州のGarden State Parkwayにおける巡航走行に成功しました。これらのシステムに300億キロ分の情報を入力すれば、どれほど運転の訓練ができるか想像してみてください¹⁰。

処理ステップを同時に最適化する: 車線の検出など、人間が選択した運転のコンポーネントを個別に最適化するのではなく、システム全体のパフォーマンスを最大化するために、内部のアルゴリズムが自己最適化を行います。これによって、最小限の処理ステップで問題を解決するようシステムのパフォーマンスを改良できるため、必要なネットワークもサイズダウンできます。

短所

学習プロセスを支える大量のデータセットが必要:一部のレアケースのように十分な量のデータを収集できない場合、解決のため、人の手やほかの方法を使う別のアルゴリズムによってEnd-To-Endシステムを補助する必要があります。

適切に訓練し調整するのが難しい:End-To-Endシステムを訓練するには、さまざまな挙動や応用について訓練し調整するための時間が不可欠であり、複数のネットアーキテクチャの修正が必要になる場合もあります。これはアルゴリズム開発を担当するエンジニアやサイエンティストが持つ専門知識のレベルに大きく依存します。例えば、基本的なニューラルネットワーク構造、キャプショニングネットワーク、畳み込みネットワークのいずれを使うのかといったことがあります。

自動運転の問題解決においてこれらのアーキテクチャのいずれが一般化または適応していくかは、時間 が経てばわかることです。技術の急速な進歩により、その時は近づきつつあります。



認知、判断、

操作・・・・・そして学習

自動運転車の開発努力の背景には、 「認知」、「判断」、「操作」、そして 必要に応じて「学習」し改良する 自動車へのニーズがあります。すで に半自動運転車はリスクの低い 状況を処理できるようになってい ます。さらに、どのような状況も 切り抜けられる完全自動運転車 ――特に極めて複雑なミッション を持ち、さまざまなやりとりを通じ て進路を決める自動運転車――を 実現するためにディープラーニング が決定的に重要になるのは、この 最後の「学習」ステップです。



「イノベーションのプロセスは、ディープラーニングの重要 性によって決まるため、その重要性を反映したものになり ます。」 Todd Dubner, Principal, KPMG Strategy



認知―自動車はどのように環境を感知するのか。

「認知」は、カメラ、LIDAR(光画像検知・測距)、超音波、レーダーなど自動車のセンサーから収集したデータと、詳細なマッピング、ルーティング、クラウドから入ってくる道路状況や渋滞など、その他の環境情報に依存します。コネクティビティが向上すれば、自動車は、ほかの自動車、スマートフォン、付近のインフラ、拡大し続けるIoTなど、どのようなものとでもつながり、情報を共有することができます。



判断―自動車はどのように収集した情報を融合し 一連のアクションを決定するのか。

「判断」は、センサーなどの情報源から収集した情報を融合し、何が有益で正確かを判断し、取るべきアクションについて決定を下す複雑なプロセスです。100分の1秒のうちに見たものを理解し、何が変わったかを判断し、その他の新しい情報を解釈し、あらゆる選択肢を比較して決定を下す様を想像してください。プリンストン大学自動運転車エンジニアリングチームの主任教員であるAlain Kornhauser博士は、「本当の課題は、今起きていることに対処するだけでなく、直後に起こることを推定できるようにすることだ」と言います。いずれディープラーニングがこのような推定に役立つ日がくるかもしれません。



操作―自動車はどのように動き、信号を送るのか。

「操作」は、自動車に操舵、加速、ブレーキの信号を送って運転を実行することです。現在の環境を安全に進むためにシステムが選択した操舵角、スロットルの位置、制動力に自動車が反応し、さらにその結果である車輪の空回り、サスペンションの伸縮、加速度、ヨーレート、速度について自動車から運転システムへ絶えずフィードバックします。



学習―自動車はどのように経験から学ぶのか。

「学習」は、新しい経験や事象を収集、分析して自動 運転システムの集合知を高めるというフィードバック ループを作り出す、ディープラーニングならではの重要 で特別な方法です。ディープラーニングは、あらゆる 新しい経験、出来事、レアケースによって知識ベース と意思決定能力を高め、それをテストして自動車に 送出することで将来の意思決定と性能をさらに向上 させます。

認知

ディープラーニングでもそれ以外でも、ほとんどの自動運転技術は、それぞれへの依存度に違 <u>いこそあれ、次の3種類のデータ収集を組み合わせて機能しています。</u>





センサー

道路状況、障害物など自動車の周辺状況に関するリア ルタイムデータを収集。以下を組み合わせて利用する 場合が最も多い。

- ・光学:色、コントラストなどを捕捉するカメラ技術
- ・LIDAR: 光パルスを使って周辺状況を高解像度で
- ・レーダー:電波を使って自動車の周辺をマッピング
- ・超音波:高周波音を使って近距離の範囲を検知する

Mobileyeなどの「測定して、理解する」方式を使っている企業は、主にセンサーデータに基づいて運転の判断をしている。

保管されたクラウド上のデータ

詳細な地図データと運転経験データを移動中の自動 車にストリーミング送信し、以下を可能にする。

- 自動車のルート検索
- ・交通状況のアップ
- ・ 交通標識と道路状況
- ・運転経験に基づくア

Googleなどの「データを保管し、整理する」方式を使っている 企業は、詳細マップを使って自動車の方向を決め、センサーラ タはさほど広く使わない。

コネクティッドデバイスからのデータ

付近の設備からの送信データを利用して、自動運転ア ルゴリズムの性能、乗っている人の体験、利便性など を高める。

- デバイスと自動車



現在の自動運転技術ではこのデータはあまり利用されていない が、成長中のIoTや車内広告市場が拡大を後押しする可能性が ある。

判断

センサーなどの情報源から収集した情報を融合し、何が有益で正確かを判断する複雑なプロセス

センサーデータをディープ ラーニングのアルゴリズム に読み込む





特定の入力情報の特性を 認識して物体、動きなど を認識し、自動車の状況 を判断する

色

赤信号か?

前進しても法的

大きさ 速さ

衝突進路?

動いて いるか?



に問題ない? 自動車の状況により、自

加速 速度維持

可能性は?



3 動車にとって最適なアク ションを決定する

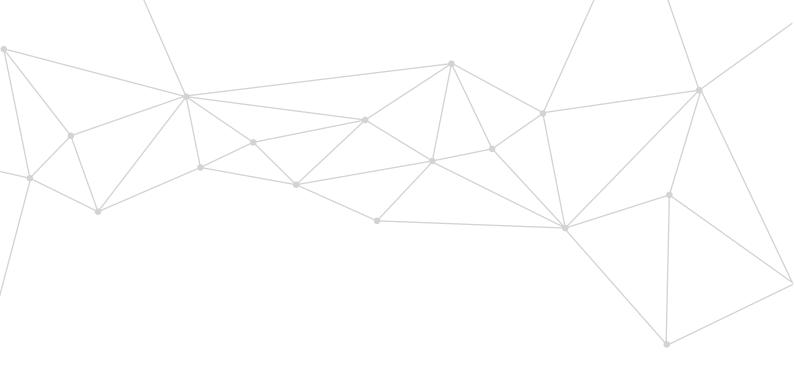
操作



学習

経験データを使ってディープラーニングの運転アルゴリズムを訓練し改良します。





自動車のすばらしい新世界

ディープラーニングは、3つの意味で自動車業界に 目覚ましい影響を与えると考えられます。

第1に、ディープラーニングによって自動運転車の急速な開発が実現します。『クロックスピード・ジレンマ』で述べたように、現在十分なサービスを受けられない多くの人々に移動手段がもたらされ、自動車の所有モデルが変化し、走行距離の大幅な増加が進みます。

第2に、常に注意深いディープラーニングベースのアルゴリズムが、注意力散漫になりやすく間違いの多い人間のドライバーの代わりや補助を務めることで、事故が劇的に減少します。米国だけでも数千人、世界では100万人以上の命が救われ、対物・対人保険の売上および利益は激減し、被保険者のリスクが低減されるとともに、ドライバーから運転アルゴリズムへと責任が移転するため、保険市場は様変わりします。

さらに都市部の土地利用、労働生産性、持続可能性 が向上し、個人所有を前提とした現在の自動車エコ システムがそれらに与える影響が低下します。

第3に、自動車メーカーは新しい環境を利用するためにいくつもの新機能を組み込もうとするでしょう。イノベーションと製品開発は進化し、センサー、GPUベースのスーパーコンピューター、アクチュエーター、コネクティビティという車載「神経系」のデザインに重点が置かれるようになります。最先端の技術コミュニティでは、自動車集団での学習、コネクティビティ、サイバーセキュリティが注目されるでしょう。最新の利用実績データは、消費者に関する新たな知見をもたらし、運転・乗車体験にイノベーションを生み出します。経営者は事業ポートフォリオを見直し、新しい収益源を見い出します。おそらくその中には、モビリティサービス、自動車管理、保険、車載システムプラットフォーム事業への参入などが含まれます。

「現在使われている自動車にセンサーを取り付けて改良したり、すべてのコネクティッドカーからリアルタイムで情報を集約、共有するプラットフォームを開発したりする競争はすでに始まっています。勝者は多数の事例による独自のデータを支配し、あるいはターゲットセグメントごとに最大規模の共有プラットフォームを支配することになるでしょう。」 Per Edin, Principal, KPMG Strategy

ディープラーニングのもたらす直接 的な影響は、自動車メーカーの 事業運営のあり方に革命を起こす でしょう。この影響はあまりにも 大きく、自動車メーカーはディープ ラーニングの影響に賢明な対応を とらなければ撤退を余儀なくされる おそれもあります。

ディープラーニングは自動運転に可能性をもたらす

ディープラーニングによる自動運転はまもなく実現しようとしています。 Teslaは、ディープラーニング対応自動車を発売すると発表しました¹¹。 この自動車はソフトウェアアップデートによって絶えず改良され、最終的に完全自動運転を目指します。その他にもピッツバーグとシンガポールで新規参入が予定されています^{12,13}。大手自動車メーカーのほとんどは、2020年か2021年発売の予定で商業ベースの自動運転車開発を進めています¹⁴。当初は、これらの自動車には地理的な制約があり、自動車メーカーのデザインの選択や市場戦略に応じて、地図の整備された都市部や、「注意をそらすものが少ない」高速道路や郊外などの「より単純な」環境に限定されます。しかし、それから数年後には、ディープラーニングによって、完全自動運転車が私たちを自由にどこへでも連れて行ってくれるようになるかもしれません。

ミッションの複雑さ vs 環境の複雑さ

走行したことのない 複数の目的地、 予測不可能な 目的によるルート変更、 経由地点変更	地図のある都市 での共同利用型 MaaS (サービスとしての モビリティ)	レーシングコース でのレース	ムンパイでの 複数のミッション を持った走行
ミッションのない 目的地、 予測可能なルート、 決まった目的 雑さ	ルートの決まった シンガポールの タクシー	高解像度の地図 がある都市での 走行	地図のない都市 での警察活動
あらかじめ 決められた目的地、 ルート、目的	テストコースでの 走行	標識の充実した 高速道路での 走行	建築現場での 建機の運転
-	管理された環境	概ねルールが明確な 環境 - 環境の複雑さ -	予測不可能な環境

ディープラーニング

- ・決定論的手法と確率論的手法を組み合わせて選択を 行い、知識をアップデートし、その後に改善された 決定を下す構造適応型ディープニューラルネット ワーク
- ・極めて複雑で不確実性の高い環境で運用

機械学習

- ・センサー情報と条件に基づき、確率によって最も実現 しそうな結果を選択する確率論的手法
- ・想定の範囲内で変化する環境で運用

決定論的システム

- あらかじめプログラムされ順序の決まったシステムを 利用するルールベースの手法
- ・不確定要素の少ない閉鎖環境または既知の環境で 運用

出所: KPMG調査

¹¹ https://blogs.nvidia.com/blog/2016/10/20/tesla-motors-self-driving/

¹² Pittsburgh, your Self-Driving Uber is arriving now (Uber, Sept. 14, 2016)

¹³ World's First Self-Driving Taxis Debut in Singapore (Bloomberg, Aug. 25, 2016)

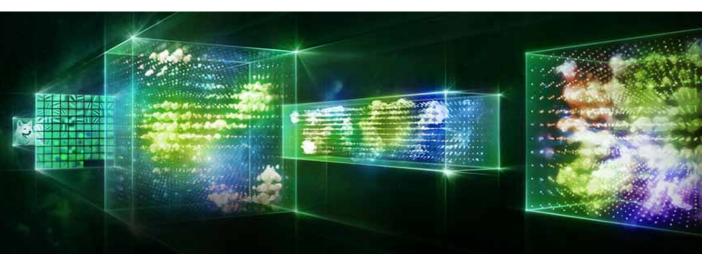
¹⁴ The complete timeline to self-driving cars (ReCode, May 26, 2016)

自動運転はすでに身近に迫っている

Audi A7はすでに、ディープラーニングを活用して制限速度などの交通標識を形と文字で認識するカメラベースの技術を搭載しています¹⁵。ディープラーニングのアルゴリズムによって、Teslaオートパイロットはドライバーがハンドルを操作しなくても車線を逸脱しないようにしたり、車線変更をしたりできるようになりました。ディープラーニングによって、Googleのプロトタイプ自動運転車の高解像度地図の精度は飛躍的に向上しました¹⁶。また、Googleカーが町中を走行してデータを収集、分析するスピードが向上したため、

大都市フェニックスを含む4つの都市を安全にナビゲートできるようになりました¹⁷。

ディープラーニングによって自動運転の採用が加速されると、私たちが『クロックスピード・ジレンマ』で予測した自動運転の影響が現れる時期が早まり、それにより、私たちがほんの1年前に予想していたよりも早期に、否応なく自動車のエコシステムが破壊されることになります。自動車・輸送産業は、特に自動運転が早期に実現することによる5つの影響を念頭に置く必要があります。



ディープニューラルネットワークの視覚的イメージ (NVIDIA提供)

安全、モビリティ、経済、社会、環境

より安全な道路に

自動運転への動きがさらに加速した場合、最大の影響は事故が減ることです。危険に対するドライバーの反応速度の遅さに起因する運転中のミスがなくなります。 米国運輸省道路交通安全局 (NHTSA) によると、事故原因の94%はドライバーのミスであり、それがなくなれば3,000億ドルの経済的損失を節減できます。それ以上に重要なのは、死亡事故が減少、あるいは ほぼゼロになることです。米国だけでも、自動運転車によって多くの命が救われる可能性があります。2015年の交通事故による死者は、前年から7.7%急増し3万5,200人となりましたが、その多くは飲酒運転、わき見運転、居眠り運転、シートベルト非着用などが原因でした¹⁸。

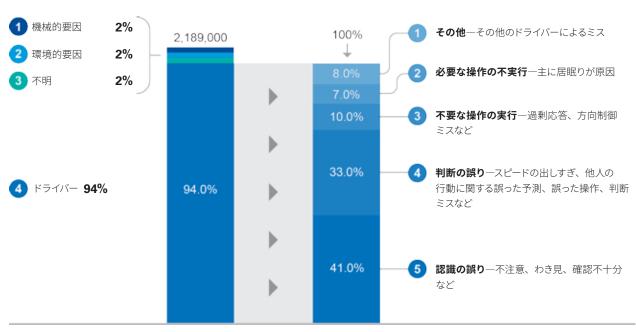
¹⁵ How does road sign recognition work? (https://www.carwow.co.uk)

¹⁶ Tesla Model S Adds 'Speed Assist,' Lane-Departure Warning (Green Car Reports, Oct. 4, 2014)

¹⁷ www.google.com/selfdrivingcar/

¹⁸ Traffic fatalities up sharply in 2015 (www.NHTSA.gov, Aug. 29, 2016)

事故の94%はドライバーが原因



出所:NHTSA、KPMG調査

ディープラーニングによって安全性の向上が加速するだけでなく、この安全が消費者にとってはっきりと魅力的に映るようになります。自動運転車をドライバーが手動運転したとしても、ディープラーニングによって安全性は高まります。ジョージア工科大学の航空工学教授Panagiotis Tsiotras博士によると、もうすぐディープラーニングの顔・音声分析は、運転している人が正常な状態ではなくなった場合に検知できるようになります。すでに先見的な自動車メーカーは、ドライバーが危険を引き起こしたときには自動運転に戻すことができる「アクティブな」自動車安全システムの開発に着手しています。このシステムには、数段階の自動モードと手動モードがあります。ドライバーの状態に応じて完全手動モードにも完全自動モードにもなります¹⁹。

すべての人にモビリティを

私たちは2年前に刊行した『Me, My Car, My Life』の中で、自動運転車がもたらすモビリティサービスのすばらしい効果について述べました。その1年後の『クロックスピード・ジレンマ』では、子供、高齢者、障害者の交通にとっての魅力を探り、この魅力によって自動車の走行距離が大幅に増加すると述べました。現在、モビリティサービスは私たちが予想した以上に急速に進化しており、米国の全人口の67%以上が10分以内にUberを利用でき、世界のほとんどの都市中心部では待ち時間は3分以内となっています。

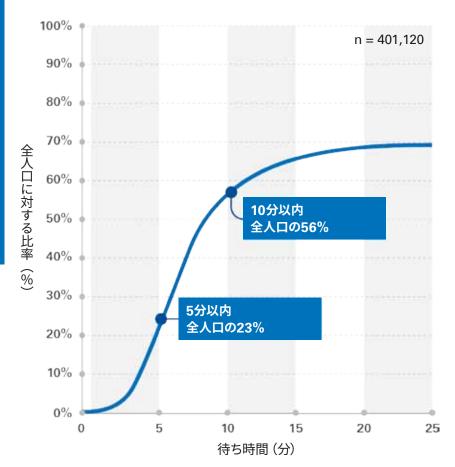
ディープラーニングが自動運転に与える影響が増大 するとともに、自動車のエコシステムに目覚ましい勢い でモビリティサービスが出現するとみられます。モビ リティサービスは急速に、トレンドというよりも標準 になると思われます。自動車が所有するモノではなく、 利用するサービスになる日は近いでしょう。

私たちの消費者調査やネットワーク密度とサービスレベルの関係分析からみて、都市部と郊外のほとんど、つまり1平方キロ当たりの人口が300~500人以上の地域では、モビリティサービスが急速に最も一般的な移動手段になる可能性があります。同時に、モビリ

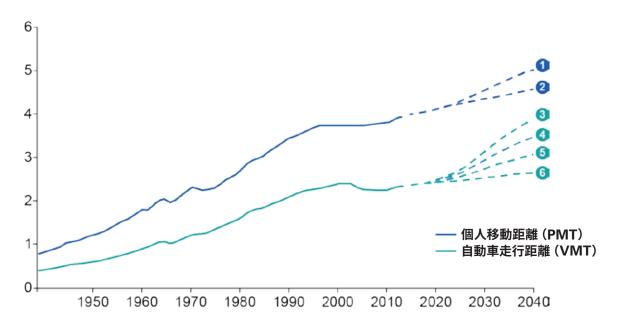
ティといえば自動運転車のモビリティサービスのことを指すようになり、消費者はオンデマンドの移動手段として人間のドライバーに頼る必要がなくなります。 自動車メーカーが自動運転車のリーダーとしての地位を確立するにあたり、最も熾烈な競争相手となるのが自動車運転モビリティ企業であっても驚くにはあたりません。

5年以内に、大都市でもい都市でも、MaaSに、MaaSにサービスとしてのモビリティが、米国の全人口の70%をカバーします。

Uberの待ち時間別にみた米国の人口(%)



1950 ~ 2040年 個人移動のための自動車と個人の年間移動距離 (ルマイル)



- **◆ 1** 全年齢層のモビリティ向上によるPMT増加
- ② 人口増加に伴うPMT増加
- (3) 自動運転車のAORが手動運転車を40%下回る場合
- 自動運転車のAORが手動運転車を20%下回る場合
- 6 自動運転車のAORが手動運転車と同じ場合
- 6 自動運転車のAORが手動運転車を20%上回る場合

自動運転車のAORは、「回送」 距離(乗客を乗せずに移動する 距離)によって減少すると 予想される一方で、 相乗りサービスの台頭がAORに 上昇圧力をかける可能性がある。

AOR:自動車の平均乗車人数 PMT:個人移動距離 VMT:自動車走行距離

出所: KPMG調査

自動運転モビリティがもたらす経済的・社会的影響

自動運転車によるモビリティサービスは、急速に消費者の生活に浸透していくに従って、大きな経済的・社会的影響を持つようになります。

自動運転車のモビリティオンデマンド

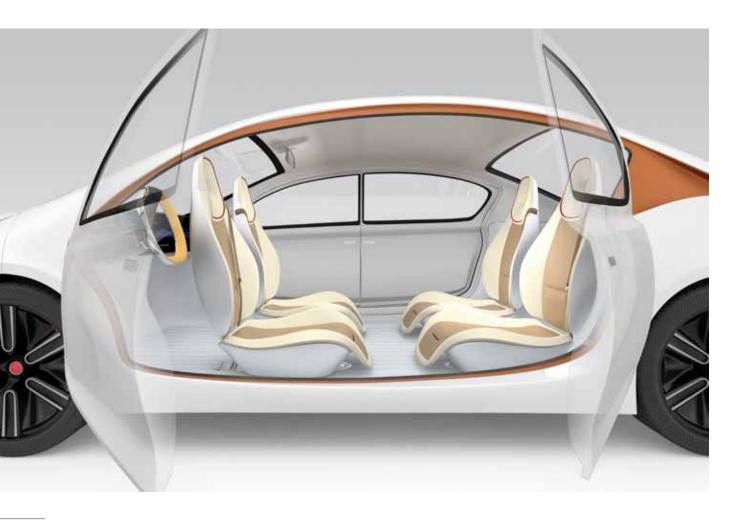
自動運転車によるモビリティサービスは、消費者に とって、自分の自動車を買うよりも大幅な節約になり ます。実際、オンデマンドドライビング (必要な時に 必要な場所に自動車が運ばれてくること)によるコスト の削減と利便性の向上には、特に都市部では、ほぼ 自動車を所有するのに代わる価値があります。少なく とも、自動運転車のモビリティサービスは、販売される 自動車の種類、価格、自動車の収益性に影響を及ぼし ます。

交通の民主化

モビリティオンデマンドの労働コストが減少すれば、 乗車コストも減少し、現在よりも幅広い所得や階層の 人々がモビリティを利用できるようになります。 これによって広範囲で急速にモビリティが拡大する 可能性があり、消費者にとっては大きな経済的効果が ありますが、自動車産業への影響は不透明です。

より幸福で豊かな生活の実現

運転中に前方に注意する必要がなくなれば、ストレスの 少ない、より充実した時間の使い方を楽しめるように なります。自動運転車の内装は、夜間ドライブ用の ベッド、レジャー旅行用のミニバー、通勤用のデスク など、自由にカスタマイズできるようになるでしょう。 自動運転車が広く利用されるようになれば、自動車は 単なる交通手段から新時代のエンターテイメントハブ へと変化します。アナリストは、このハブで消費者は 週に平均5時間以上、コミュニケーション・エンター テイメント技術に没頭すると予想しています²⁰。情報 娯楽システムによって、2016年から2025年の間に業界 のバリューチェーン全体で営業利益は650億ドル上積み されると予想されています²¹。



20 Tech Crunch, Sept. 15, 2016 The End of the Automotive Supply Chain, Alex Moazed 21 世界経済フォーラム、2016年

23



長距離トラック: 豊かな人生

「トラック運転手の人生は厳しく孤独だ。」 ジョーはいつもそう聞いていましたが、 これからは違います。

夜ぐっすり眠って家で朝食をとった後、9時に商用トラックの仕事に出勤すると、すでにジョーのトラクターにはトレーラーが連結されており、その後ろには3台の自動運転トラックが準備万端で控えていました。

3台目の自動運転 トラックの荷室に 余裕があるため、 指定された住所へ 立ち寄って、配送用 ドローンで積み込み を行います。 ジョーは、センターコンソールに送られてきたルート指示に従って車列を先導して高速道路に乗ります。スプリングフィールドに駐車している間に、自動運転トラックのうち2台が別行動をとります。1台は大量の新鮮な野菜をスーパーマーケットに運び、もう1台はツーバイフォー木材をホームセンターに配達します。ジョーが運転席で待っている間に、大量の医療用品をピックアップする数百メートル先の場所を知らせる指示が届きます。3台目の自動運転トラックの荷室に余裕があるため、指定された場所に立ち寄って配送ドローンで積み込みを行います。

15分後、ジョーが丸1日1人でへとへとになるまで働いてもこなせないほどの配達を終え、車列は帰路につきます。本部も満足し、ジョーも満足しています。これなら暗くなる前に家に帰って夕飯前に子供たちと遊ぶこともできます。ジョーはキャッチボールをするのが楽しみです。会社が夜間の長距離輸送を自動運転トラクターに切り替えることができたため、ジョーは以前よりもずっと元気で、コレステロール値も下がりました。

トラック運転手の人生?いまや別物です!

ディープラーニングによって、都市の中心部では交通量のパターンや信号 の切り替わりを分析し、自動的に自動車の動きを最適化できます。ルート プランニングや配送計画などの最適化にも生かすことができます。

その他の経済的影響と環境の 改善

モビリティの経済的・社会的影響のほかにも、自動運転の普及は経済や環境に広く影響をもたらします。

労働生産性

エコノミストは、自動運転車の市場が拡大すれば、ドライバーが自由になった時間をほかのことに使えるようになり、年間で990億ドルの生産性向上が見込まれるとしています²²。

駐車場に停まったまま活用されない 資本と資源の削減 (稼働車両数)

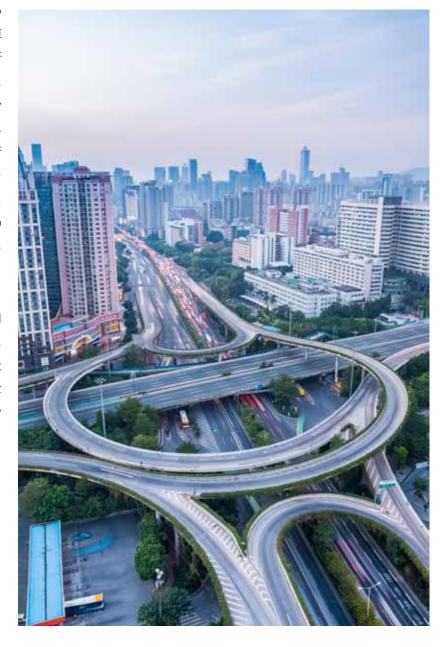
将来、自動運転車のモビリティが 普及すれば、同じ自動車走行距離 を移動するのに必要な自動車の 数は減少します。モビリティに使わ れる自動運転車は、個人所有の 自動車よりもはるかに走行距離が 長く、1台で個人所有の自動車4台 分を走行する可能性があります。 自動運転車のモビリティに移行する と、数千億ドルの資金と数十億トン のスチール、アルミ、ゴム、プラス チックを世界経済の新たな用途に 振り向けられるようになります。

都市インフラの渋滞緩和

特に人口密集の高い都市では、 モビリティの形態としてダイナミック シャトルまたは相乗りが選ばれ (あるいは義務化され)、自動車の 乗車人数は、現在の米国平均である 1.67人から大型通勤バンでは8~ 9人に増加する可能性があります。 このように、モビリティ主体の世界 では必要な自動車の台数が統合 されるほか、特に渋滞のひどい 都市では、個人所有車の路上駐車 を制限または禁止し、既存の走行 車線を拡張することができます。 最後に、車と自動車、自動車とイン フラのネットワーク接続が実現し 始めれば、自動運転車の走行 ルートを最適化し、交通の流れを 改善する方法が現れるかもしれま せん。Kornhauser博士は「現行の 交通規則は、誰もが安全でいら れるような人間の行動を達成しよう と組み立てられています。例えば、 なぜ一部の道路では時速80キロ が安全とされているのでしょうか。 一時停止の標識では完全に停止 する必要がありますか。このような 交通規則を、自動車を運転するコン ピューター向けに作る必要があり ます」と述べています。

都市部の土地利用の改善

専門家によると、都市の渋滞の $30\sim60\%$ は駐車場不足が原因と推定されるため、オンデマンドの自動運転モビリティによって渋滞は大幅に軽減されます 23 。そうなれば、個別の駐車スペースもさほど必要ではなくなり、その過程で貴重な都心の不動産が解放され、駐車場はコストの低い地域へ移転します。自動運転車は乗客を降ろすとテレマティクスのデータを使って最も駐車に便利な場所を探すため、乗客のストレスを軽減し、時間を節約します 24 。



²³ No Parking Here (Mother Jones, Jan. 2016)

²⁴ Cruising for Parking (University of California, Los Angeles, 2006)



エヴァが小さかった頃、毎朝――雨だろうと霙だろうと雪だろうと――母親は夜明け前に起き、カンザスシティの公営住宅からメイドとして働く中心部のホテルまで、3本のバスを乗り継いで通っていました。車を持っていたこともありますが、維持費のために貯金を使い果たしてしまいました。

たかが交通のために母親の健康と幸福が大きく損なわれるのを見てきたエヴァが市長選挙で公約に掲げたのは、低所得の住民の ためのモビリティ改善でした。それは現在、彼女の最初の任期中に、実現しようとしています。それもすべて、都市の境界を区切って 自動運転車で道路を走れるようにするという、エヴァの取組みのおかげです。

町中のほぼ1平方マイルにつき1つ設置された固定物の超高解像度マップを備えた自動運転車は、人々を玄関から職場までバスルートより10倍速く運び、料金もバス通勤より安く抑えられます。もう寒空の下バス停で待つことも、通勤に生活時間を奪われることも、自動車の所有に伴う不明確な費用のために借金をすることもありません。

これはエヴァの最高の偉業です。かつては対立が際立ったカンザスシティも、今や家族のように結束しています。エヴァの母親も 誇りに思うことでしょう。



ディープラーニング vs レーシングドライバー

ディープラーニングを専門とするコンピューター科学者のLloyd博士は世界で最も偉大なレーシングドライバーです。いや、そうなる可能性があります。彼はマリオ・アンドレッティやデイル・アーンハートとは全く違います。博士は、高性能処理装置を備えたハイテクコンピューターラボから、マシンを操作しているのです。

次世代の自動車レースで「ハンドルを握る」人は、人間より速くコースを周回する自動運転車のプログラムを作るソフトウェアエンジニアかもしれません。

例えば、Audiのエンジニアは、「自動運転レースカー Robby」に対し、できるだけ速く効率的に走り、各コーナーで完璧なラインをとりつつ安定した姿勢を維持するよう教えました。人間対マシンの実走テストで、Robbyは優にアマチュアドライバーを超えるラップタイムでソノマレースウェイを周回しました²⁵。

人間のドライバーが記録したコースレコードを自動運転車が破るまでにどれぐらいかかるでしょうか。その答えはまもなく出るでしょう。2016-2017年のフォーミュラEシーズンの10月に、世界初の無人電気自動車レース、Roboraceが始まりました²⁶。10チームが同じ高速電気レースカーを使ってレーシングコースで競争します。これらのマシンは電気モーターからGPUベースのスーパーコンピューターまですべて同条件ですが、カラーリング、ソフトウェア、チームが訓練するディープニューラルネットワークだけが違います。

「ディープラーニングと自動運転は退屈なものとは限りません。」

Jono Anderson, Principal, Strategy, KPMG

ディープラーニングによって直接もたらされる変化: **6つの重要なポイント**

ディープラーニングで実現するマーケットの変化によって、自動車メーカーにはビジネスモデルを根本的に 再考する必要が生じます。新しいマーケットが生まれ、自動車メーカーの間でイノベーションの基本的な道筋 が再定義され、走行距離によって蓄積される情報が莫大な価値を持ち、自動車製造にとってのコンピューター の重要性、輸送にとってのデータ統合の重要性が高まります。



自動車メーカーにとっては 大きな好機でもあるが、変化も必要

これまで自動車メーカーは、ビジネスの主眼を新車のデザイン、製造、流通、ファイナンスに置いてきました。消費者との直接的な接触はほとんどなく、販売ディーラーの販売・サービス、アフターマーケットメンテナンスおよび保険など、多くのビジネスチャンスを第三者に譲ってきました。自動車メーカーは、これらのチャンスをこれ以上放っておくわけにはいかなくなります。それぞれの資産、能力、競争上の地位に合った組合せでハードウェア、ソフトウェア、体験を提供するプロバイダーとならなければなりません。さもなければ、取り残され、事業撤退に追い込まれる可能性もあるでしょう。

モビリティ、ネットワーク接続、自動運転によって情報 とビッグデータをベースにした新たなセグメントが実現 すれば、既存の収益源は変化し、新たな収益源が出現 すると予想されます。これは自動車メーカーにとって、 顧客とのつきあい方を変えるチャンスであり、新たな事業分野に再参入し開拓するチャンスです。自動車メーカーがこれらの新しい収益源をめぐり熾烈な競争を展開するのは当然のことです。そこへ巨大テクノロジー企業と破壊的技術の新興企業も加わり、多くのセグメントで伝統的な自動車メーカーに挑み続けるはずです。「秘伝のタレ」、つまりディープラーニングのデータベース、アルゴリズム、ソフトウェア、収入源を握ることが、未来のパワーバランスを決める鍵を握ることになります。

ディープラーニングによって自動運転が加速すれば、自動車の所有形態が変化し、個人が所有する自動車の直接販売よりも相乗りサービスの価値が大きくなると予想されます。

「ディープラーニングは、ヘルスケアから金融、輸送まで、ほぼあらゆる業界に革命を起こしています。なかでも自動運転車の開発期間は、GPUとディープラーニングが従来のプログラミングとコンピューターのビジョンに代わる役割を果たすことによって、劇的に短縮されつつあります。ディープラーニングを使うことで、超人的な認知力と実行力を駆使して運転する方法を自動車に教え、事故、負傷、死亡件数を大幅に減らすことができます。」

Danny Shapiro氏, Senior Director of Automotive, NVIDIA

この変化は、自動車メーカーが新たな収益源への扉を 開き、消費者への直接的なアクセスを取り戻す機会を 生み出します。『クロックスピード・ジレンマ』で示唆 したとおり、今改めて断言しますが、私たちが独自に 作成した米国、中国およびその他の国におけるPMT とVMTのモデルから、個人移動距離は急増すると予想 されます。この変化は、自動車産業にとって、移動 体験を通じて顧客との関係を変えるチャンスです。その ためには、従来の自動車メーカーはモビリティと顧客 体験の戦略を開発し、これらのサービスを提供し、そこ から利益を得る必要があります。この機会をつかむに は、従来の自動車メーカーにもビジネスの範囲を拡大 する意思が必要です。それは、技術の進歩と革新的 思考を生かし、自動車の製造と販売だけでなく、場所 から場所へ人とモノを移動するビジネスへと拡大する ことを意味します。

先見の明のある企業は、すでにこのような変革に着手しています。General Motors (GM) は、自動運転車のスタートアップ企業Cruise Automationを10億ドルで買収し 27 、ライドシェアリング会社のLyftに5億ドルを投資しました。VolvoはUberと提携して自動運転車の開発を進めています 28 。Fordは、Smart Mobilityプロジェクト、テレマティクスサービスのSYNC Connect、FordPassプラットフォームなどさまざまな取組みを始めています 29 。Fordのネットワーク対応自動車・サービス担当責任者のDon Butler氏は、「未来は違ったものになるでしょう。私たちはその違いを受け入れます」と語っています 30 。

自動車メーカーは、あらゆるセグメントで自社と他社 の競争力を再評価し、バリューチェーンの各部を自社 で担うか、パートナーと提携するか、完全に外注する かを判断する必要があります。

²⁷ GM Buying Self-Driving Tech Startup for More Than \$1 Billion (Fortune, March 11, 2016)

²⁸ Volvo Partners with Uber on Self-Driving Cars (Fortune, Aug. 18, 2016)

²⁹ FordPass Points to a Future beyond Selling Cars, by Sam Abuelsamid, Navigant Research, June 21, 2016

³⁰ FordPass Points to a Future beyond Selling Cars, by Sam Abuelsamid, Navigant Research, June 21, 2016

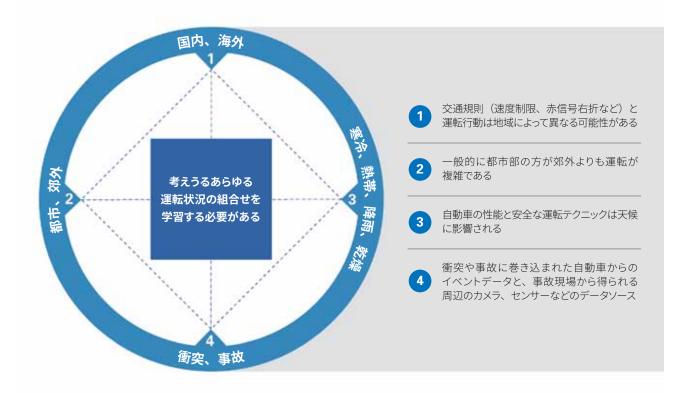


ディープラーニングで 走行データの価値が高まる

自動運転車の性能を改良するには、「波乱に富んだドライブ」の1キロ1キロが貴重です。多様な交通状況、多様なスピード、多様な環境、多様な危険との遭遇、その他のあらゆる運転中の事象から集めた訓練用の入力データは、ディープラーニングが自動運転の能力を構築していくうえで欠かせません。

自動運転車を効果的に訓練するには、さま ざまな状況と地理の中で走行データを取得 する必要があります。 この多様なデータ――様々な出来事、事故、状況など ――をもとに、ディープラーニングは自動運転車が人間 よりも安全かつスムーズに運転できるよう教育します。 したがって、このような走行データの多様性は、自動 運転車を高い能力と経験を備えたドライバーにする ために必要不可欠なのです。 Kornhauser博士は、どのような走行距離を重ねるかが肝心だとしています。 例えば、自動車が2秒以内に反応しなければならないような状況の中でどれほどの距離を走行したでしょうか。そして、無限とも思えるような世界中の膨大な種類





の走行データを収集したら、それらの走行データを 蓄積し、取り出す能力が、自動運転車の開発のために 極めて価値のあるものになります。

ディープラーニングは、自動車とシミュレーションされる 走行データの価値提案を解放し、それらをめぐる競争 を引き起こします。それらを獲得し、そこから効率よく 情報を取り出して知識を構築する手段を作ることが、

自動運転の進歩のために必要です。走行データ獲得 競争でリードする者が、量産ベースのディープラーニング 技術の開発で優位に立ちます。それらは継続的な学習 のために欠かせないデータだからです。したがって、 自動運転車を自社開発するか、外部のパートナーと 共同開発するかを検討するにあたっては、走行データ と、運転中の様々な状況に関する経験値を蓄積する 能力が決定的な要因となります。



走行データの取得

GPSや車載診断システムからのテレマ ティックデータは、自動車の位置、速度、 進行方向、内部の作動状況を特定します。

は、自動車の周囲の3D/4Dジオメトリを とらえ、周囲の状況を「描画」します。

自動車のセンサーからのシーンデータ同じく自動車のセンサーから収集される 行動データは、ほかの自動車、人、動物 など、自動車と相互にかかわる可能性の ある移動物体の動きを推定します。

企業タイプ別 走行データ戦略

大手自動車メーカー:GM、Ford、トヨタなどの大手自動車メーカーは、自動車のマーケットシェアと年間何十億キロという走行距離から、ステルスモードでの走行データ収集に強みを持つと考えられます。これはもちろん、現在走行している車両にセンサーが取り付けられていることが前提です。

小規模自動車メーカー: Teslaなどの小規模自動車メーカーも、率先して自動車にセンサーを取り付けることにより、ステルスモードを使った走行データの獲得競争で戦うことができます。

テクノロジー企業: Apple、Google、Baidu、Uber、その他新規参入を含めたマーケットシェアを持たないテクノロジー企業は、ステルス走行データの収集では最も不利です。その成功は以下の要因にかかっています。

自社で保有する車両からの自動運転データの取得に先手 を打って着手する。

モビリティサービスなどによって自動運転車を早く普及 させ、路上を走行する自動車の台数を大幅に拡大する。

限られた地域で自動運転車を提供することに専念し、 自動運転車サービスの提供に必要な走行距離と走行 データの種類を押さえる。

特定の地域内で大幅にシェアを拡大するかパートナーシップを利用することで、規模を達成する。Mobileyeはカメラ技術を利用して顧客であるメーカーの自動車からデータを収集しています。

「ディープラーニングの重要性を侮ることはできません。それは私たちの未来を決定付けるものだと考えています。」

Ken Washington博士, Vice President, Research and Advanced Engineering, Ford Motor Company



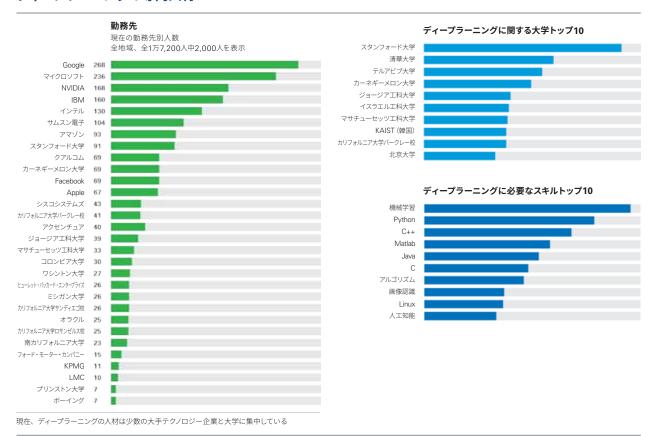
自動車メーカーとテクノロジー 企業は専門的人材の獲得をめ ぐって競争することになる

これは自動車産業の歴史上、決定的な分岐点となります。従来の自動車メーカーは、常に自動車の「秘伝のタレ」を掌握していました。しかし、ディープラーニングではその所有者はほかの誰かです。

自動車メーカーが運転アルゴリズムを支配するには、それをデザインする人材が必要です。しかし、ディープラーニングのスペシャリストは自動車業界に集まっていません。ディープラーニングのノウハウを持つ人材は不足しており、明らかにテクノロジー企業が優位に立っています。2016年6月にKPMGが行った調査では、ディープラーニングのスペシャリストの人材プールは限られており、十分な規模を達成している企業はほとんどありません。具体的には、10人以上のスペシャリストを抱えている企業または大学は28しかなく、スペシャリストの54%をGoogle、Microsoft、NVIDIA、IBM、Intel、Samsungのテクノロジー企業6社が雇用しています。このため、従来の自動車メーカーが競争することは困難です。

残念ながら、大学はディープラーニング専門の卒業生を短期間で送り出すことはできません。しかし、Udacityという新興企業は自動運転車のナノ学位課程をスタートさせ、わずか2週間で500名の定員に対して1万2.000件もの申し込みを集めました。

ディープラーニングの専門人材



出所: 2016年6月1日にLinkedin.comで「ディープラーニング」のスキルがあると自己申告した人を対象に、勤務先、スキルの高い分野、出身校を尋ねた調査

スタンフォード大学、カーネギーメロン大学、ジョー ジア工科大学などの一流校を卒業する人材プールの 流入は、2025年までに必要と推定される自動運転 市場の新規雇用10万人に追いつきません31。

一部の自動車メーカーは、新規採用や買収によって ディープラーニングの人材を集められるだけ集めよう と懸命です。2015年には、Uberがカーネギーメロン 大学の人工知能研究者150人のうち約40人を採用し、 そのほとんどが自動運転車の仕事をしていると大きく 報道されました³²。その後、FordがSAIPSを買収して ニュースになりました。SAIPSはまだほとんど知られて いませんが、画像認識とディープラーニングを専門と するイスラエルのテクノロジー企業です³³。

その他にも、ディープラーニングの分野を進歩させる ことで人材戦争を戦おうとしている企業があります。

© 2017 KPMG Consulting Co., Ltd., a company established under the Japan Company Law and a member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative ("KPMG International"), a Swiss entity.

ディープラーニングのスキルを持つエンジニアに 対する膨大な需要に対応しようと、オンライン教育の Udacityは、27週間2,400ドルで「自動運転車エンジ ニアのナノ学位 (nano degree)」を獲得できるコース を開始しました。このプログラムには、メルセデス、 NVIDIA、中国のライドシェアリング会社Didi、自動 運転トラック会社Ottoがパートナーとして参画してい ます³¹。



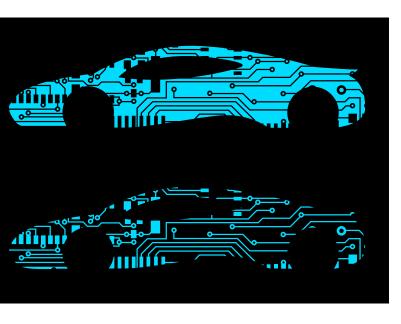
³¹ A \$2400 course to make anyone a self-driving car engineer (Wired, Sept. 13, 2016)

³² Al talent grab sparks excitement and concern (Nature, Aug. 26, 2016)

³³ Ford acquires SAIPS for self-driving machine learning and computer vision tech (TechCrunch, Aug. 16. 2016)



ディープラーニングのため 自動車メーカーはまず 神経系を考える必要がある



従来の自動車開発プログラムは、魅力的で差別化された製品を作るために、まずいくつかの選択肢――スタイリング、パッケージング、パワートレイン、シャシーとサスペンション――のうち1つか2つに重点を置いています。次に、生産開始の時点で徹底的にコスト、重量、燃費を管理し、原材料費を1グラム、1セントでも必死に削ります。ディープラーニングが自動運転車の中心的要素になれば、これはもはや競争力のある自動車製造方法とは言えません。それよりも、自動車メーカーは意識的に自動車のセンサー、

コンピューター、通信システムの処理能力に「余裕」を 持たせ、来たるべき運転プログラムのオンラインアップ デート需要に備えておく必要があります。これは、 コスト、重量、その他の「余剰」をデザインから削って 最小化する従来のプログラム管理モデルとは大きく 異なる手法です。

TeslaやMercedes-Benzのように段階的に自動運転 に向かうにせよ、Google、Nutonomy、Fordのように 一気に完全自動運転を目指すにせよ、自動車メーカー が競争力を持つためには、将来、ディープラーニングに よって生み出され、拡大し続ける神経系の需要に対応 できるように、自動車をデザインする必要があります。 Center for Automotive Research所長のRichard Wallace氏は、自動車が高度な自動運転を行うほど 進化したら、ソフトウェアのアップデートはほぼ必須 だと言います。同氏は『New York Times』を引用し、 「自動運転を支える人工知能は、新しい状況に対応 するために絶えずアップグレードする必要がある」と 述べています34。メーカーは、機能、性能、安全基準 のアップデートのために、オンラインで何度もソフト ウェアのアップグレードを行うことを想定しておく必要 があります。

将来必要になる処理能力や回線容量を過小評価しないことが重要です。

自動運転車の進化のスピードを考慮した場合、自動車メーカーは、今から2年後、5年後、10年後のハイテクカーに何が使われているかを検討する必要があります。自動車の神経系は、生産開始当初のニーズに合わせるのではなく、出荷される最後の自動車の必要条件に合わせてデザインしなければなりません。

これは、神経系のハードウェアを自動車プログラムの 寿命まで使い続けるという意味ではありません。電子 部品のクロックスピードを考えると、ソフトウェアの 需要に追いつくためにハードウェアの機能をアップ グレードせざるをえない時がいつか間違いなくやって きます。 神経系のデザインの鍵は、将来ハードウェアに必要となるパワー、容量、熱放散、回線容量をできるだけ予測し、主要なプラットフォームの部品やモジュールにコストをかけてデザインし直さなくても、それらを組み込めるようにすることです。

ある自動車メーカーの経営者は、「結局、満足したお客様は当社との継続的な関係を望むようになります。iPhoneと同じように、どこかでハードウェアをアップグレードできなくなります。私たちはそういう世界に生きているのです」³⁵と述べています。



35 Your Car's New Software Is Ready. Update Now? (The New York Times, Sept. 8, 2016)



ディープラーニングによって、 自動運転車の統合的運用が 競争の重要な差別化要因になる

現在、自動車とドライバーの個々の能力は、それぞれの能力に縛られています。しかし、ディープラーニングでは、自動車は走行車両全体で学んだことを利用できるようになります。1台の自動車だけでは、必要なことをすべて学べるだけの十分な経験はできませんが、それぞれの自動車は、すべての車両が走行した結果から学習できるという恩恵を受けることができます。

ディープラーニングのためには、車両台数に 対し十分なインタラクション、通信、データ 取得の容量を確保することが重要です。

そこで統合のためには、どの走行データが重要か、 それらをどのように送信するか、どのデータを自動車に 蓄積しどのデータをクラウドに置くかといったことを 決定します。また、自動車がネットワークにログイン、 ログオフする方法、「本物」の自動車として認識される (したがってシステムに統合できるようになる)方法、 自動車の車両状態を検査し、障害がないことを確認 する方法も決定する必要があります。さらに、個々の 自動車をその環境や道路上のほかの自動車と関連 付けるために必要なローカライゼーションマッピング、 オペレーショナルマッピング、ルート検索、その他の 機能を、各車両がどのように取得し、そのリアルタイム アップデートを受信するかを決定する必要があります。

したがって、自動車メーカーは、ディープラーニング のシステムを全車両に対して有効に管理するために、 クラウドソフトウェア、電気通信、システム会社と同じ ような統合システムモデリング、データ管理、通信管理、 サイバーセキュリティの能力を備える必要があります。

言うまでもなく、自動運転車を相互に、またオープンネットワークと統合すると、データ窃盗やさらに悪質なサイバー脅威に対して脆弱になります。このため、業界で積極的にサイバーセキュリティとプライバシーに対する脅威を管理する必要があります。ハッカーによる自動運転車の遠隔操作からアルゴリズムのウイルス感染、プログラミングの抜け穴を利用した窃盗やテロ攻撃まで、多数のサイバー関連シナリオを解決し、十分なセキュリティを確保する必要があります。



統合自動運転モビリティへの移行 は、自動車のメンテナンス要件をも 変化させ、新しい「サービスとして の保守」やフルサービスのリース事業 が現れる可能性があります。個々の 保守案件ごとの料金ばかりに目が いき、ついつい自動車を放っておき がちになる個人所有者とは異なり、 モビリティにおける車両管理では、 ライフサイクル全体での所有コスト の削減を重視します。さらに、ダウン タイムは分単位で収益減につながる ため、自動運転車ではアップタイム と配車の信頼性を最も重視します。 これらはいずれ、現在の商用トラック や航空ビジネスと同じように、高度 なプロバイダーによって保守サービス が提供されるようになります。



以下の質問は、統合の複雑さを表すとともに、自動車メーカーが構築する運転 管理システムの統合について判断するものです。

オペレーション:

イベントを学習する場合、自動車からはどのような情報をどれぐらい得る必要があるか?

自動車はいつ、どれぐらい迅速にこのデータをアップロードする必要があるか? 重要な走行データと重要ではない走行データは、<u>どのように区別するのか?</u>

自動車との統合:

<u>自動車とその部品の状態をどのよ</u>うに監視するのか?

自動車の安全性にとって重要な部品がすべて適正で正しく機能していることを どのように判断するのか?

システムは適正で、作動状態に問題はないか?

自動車のソフトウェアをいつどのようにアップグレードするのか?

設定をいつどのように変更するのか?

どのようなインターフェイスを使うのか?

車両全体の統合:

自動車とクラウドにはそれぞれどれだけのデータがあるのか?

自動車はどのような方法で同じシステムのほかの自動車とやりとりし、情報を 共有するのか?

フリートはクラウド層とどのようにやりとりするのか?

都市のインフラやその他の周辺環境とはどのようにやりとりするのか?

これらの要素をすべて調和させてテストするにはどうするのか?



ディープラーニングは 自動車業界がイノベーションを 見い出し評価する方法を変える

自動車メーカーが経験とサービスの プロバイダーとしてコア能力を開発 していこうとした場合、イノベー ションを生み出し、その生み出した イノベーションをテストする必要が あります。そうした取組みにおいて、 ディープラーニングが中心的位置を 占めることになります。市場調査や その他の不正確な情報とは異なり、 ネットワーク対応自動車の神経系 は、繊細できめ細かに全車の データを絶えず収集し、それをもと に新しいサービスや体験の機会を 見い出し、評価する能力を提供し ます。モビリティの体験を考えて みてください。この分野は競争が 激しいため、自動車メーカーは事業 を展開する方法を慎重に評価する 必要があります。

ディープラーニングは、消費者の行動や関係に過去にないパターンを見い出し、そこから新しいビジネスの機会を発見するために使うことができます。



企業内で利用されるディープラーニングは、新しい見方や知見を生み出し、それをもとに自動車メーカーの持つ能力や開発すべき能力を再考できます。 どのように自動運転車を作るか、どのようにその知識や経験を生かすか、 どのように顧客と対話するか、そして究極的にはどのように適正なクロック スピードで革新を進め、競争力をつけ成功していくか。 要するに、イノベーションのプロセスはディープラーニングの重要性に依存し、それを反映しているのです。

ディープラーニングによる考え方の変化は、アイデア創出に関する私たちの見方を変える可能性があります。具体的な価値創出の仮説を立て、収集すべきデータの種類を特定することが、価値提案を実証するためのパイロット計画を組み立てるにあたっての出発点となります。このようにして、継続的なアイデア創出とプロトタイプのサイクルを作り出し、優れたアイデアと能力を実験してエコシステムへと育てていくことができます。



ディープラーニングは自動運転を加速させ、多くの人の 認識よりも早く現実のものとなりつつあります。その時 がきたら、何もかも今までと同じではいられません。 覚悟はできていますか。

不透明な要素もたくさんありますが、戦略的に変化を受け入れる自動車メーカーには同じだけのチャンスもあります。会社を勝利への道に導くには、どこで競争するか、どのような製品とサービスを販売するか、どのような自動車をデザインするか、どのようにフリートを管理するか、イノベーション、人材、技術についてどのように考えるかを再考する必要があります。

6つの重要なポイントを1つずつ解決するには、マーケットがどのように進化していくかを思い描き、技術戦略を幅広く理解し、組織構造について熟慮し、管理システムを整備し、パートナーシップ、投資、買収によってエコシステムに取り込む候補と関わりを持ち、人材を獲得し、成長を支えるイノベーションのエンジンを動かすことのできる人と組織の変革戦略を立てる必要があります。

しかし、人材を獲得し、イノベーションを促進するための戦略の開発は第一段階にすぎません。この新しい世界で競争するために必要な要素と能力の多くは、顧客との関係作りをするための新しい方法を必要とするようになるでしょう。例えば、会社のバックエンドデータベース(製品の市場投入、製造、知的財産権料の支払い等の処理や、財務・経営報告システムと統制など)とシームレスに連携する顧客向けフロントエンドシステムなどもその1つです。

KPMGには、これらすべてについて、クライアントが 自信をもって変革を起こせるように支援してきた豊富な 経験と実績があります。

今後数年間のうちに起こる変革を切り抜けるには、 障害を避け、回り道をし、自動運転の未来で成功 するまでの長い道のりに耐える必要があるでしょう。 しかし、その先には旅に値する価値が待っています。 KPMGは皆様のパートナーとしてお供します。

著者紹介



Gary Silberg

KPMG米国の自動車担当リーダーであり、Delphi CorporationおよびFord Motor Companyのグローバルリードパートナー。自動車産業における14年以上の経験を含め、25年以上にわたるビジネス経験があり、自動車産業のグローバルトレンドについてメディアで大きな発言力を持つ。戦略、合併、買収、資産売却および共同事業の分野で多数の国内企業や多国籍企業に助言を提供している。過去5年間は、技術と自動車産業の交点に焦点を当て、自動運転車、コネクティビティ、モビリティオンデマンドサービスについて画期的な研究を行っている。



Tom Mayor

KPMGの工業生産部門戦略担当リーダー。25年にわたるコンサルティングの経験を持ち、自動車、航空宇宙、工業を中心に、サプライおよび製造戦略、事業再生、購買、サプライベース管理を専門としている。



Jono Anderson

KPMGの戦略担当責任者。成長・イノベーション戦略を専門とし、これまで企業向けに75以上の製品、技術、成長戦略を策定。KPMGに入社する前は、研究者兼エンジニアとして無人自動飛行システムおよびその基礎となる誘導、センサー、追尾機能を幅広く研究。



Todd Dubner

KPMGの戦略部門責任者。戦略と企業リーダーシップ の分野で25年以上の経験を持つ。現在は主に自動車 産業で、乗用車・商用車メーカー、1次サプライヤー、新興メーカーにコンサルティングを提供している。



Per Edin

KPMGの技術、メディア、電気通信 (TMT) 部門を率いる戦略担当責任者。20年以上にわたり世界の技術・電気通信企業向けに成長推進、収益性向上、ビジネスモデル変革の戦略について助言してきた経験を持つ。



Bala Lakshman

KPMGの戦略担当マネージングディレクター。工業 生産の分野で16年以上の経験を持つ。自動車業界の 成長戦略が専門。



菅沼義徳

KPMGの戦略担当ディレクター。自動車産業と工業生産における成長戦略、イノベーション戦略、デューデリジェンスの分野で17年以上の経験を持つ。

本レポートの基礎となる調査・分析に大いに貢献してくれた、Peter Moot、Craig Scott、Eric Shapiro、Nehal Doshi、Ali Cumber、Shalini Georgeに感謝します。

KPMGについて

KPMGのグローバルオートモーティブ部門は、現在の自動車業界の複雑さを理解しています。KPMGは、自動車業界に対する深い知見と実務経験を生かして、足元の業績を向上させながら、すばらしい未来を築いていくためのサポートを自動車メーカーにご提供します。KPMGは、部門横断的な手法を駆使し、世界の主要自動車メーカーやサプライヤーがそれぞれの目標を達成するための支援を行います。KPMGは、その幅広い経験と業界固有の知識をクライアントのために生かして、今日、的確な意思決定を行うことによって、明日、最大のインパクトを生み出せるよう支援します。

自動車業界の将来に関するKPMGの刊行物の一部をご紹介します。



KPMGグローバル・オートモーティブ・ エグゼクティブ・サーベイ2017どの業界にも「次のステージ」がやってくる

KPMG's Global Automotive Executive Survey 2017

本調査は、世界の自動車産業の現状と将来の展望を評価することを目的にKPMGが毎年実施している調査で、今回で18回目を迎えました。世界有数の自動車関連企業の幹部クラス約1,000人にアンケートを行ったほか、2,400人を超える世界中の消費者の方々から貴重なご意見をいただき、世界トップの自動車関連企業のエグゼクティブの意見と比較しました。

(2017年 英語版および翻訳版発行)



自動運転で補修部品事業はどうなる?

Will autonomous vehicles put the brakes on the collision parts business?

自動運転車により、収益性の高い補修部品・サービス事業が劇的に縮小し、 自動車整備業界と自動車メーカーが収益に大きな打撃を受けることが予想され ます。

補修部品事業に及ぼす具体的な影響を探り、分析します。

(2017年 英語版および翻訳版発行)



コネクティッドカーのつぶやき

情報の価値とセキュリティ対策

Your connected car is talking: Who's listening?

コネクティビティはドライバーや消費者にとって非常に有益であることは確かですが、リスクも伴います。

データを活用し、顧客に素晴らしいドライビング体験を提供すると同時に、データ を保護するにはどうすればいいか。その方法を提示します。

(2016年 英語版発行, 2017年 翻訳版発行)



自動運転時代の調達改革 -5つの重要戦略

Clockspeed-capable procurement

自動車業界はクロックスピードのジレンマ、すなわち複数のペースを同時進行させる必要性に直面しており、組織モデル、事業戦略、プランニングの方法、オペレーションを再編し、新たに統合されたビジネスモデルを構築する必要があります。 調達部門の変菌をフピーディーに推し進めるための実践的なロードマップを提案

調達部門の変革をスピーディーに推し進めるための実践的なロードマップを提案 します。

(2016年 英語版発行, 2017年 翻訳版発行)



変化する市場:自動運転車時代の自動車保険

Marketplace of Change: Automobile Insurance in the Era of Autonomous Vehicles

自動車業界の急激な変化に向け、保険会社は舵を切り始めています。

そこで、業界の経営者は、自動運転車への転換と自社に及ぼす影響について 熟考し、次の対応を決める必要があります。

KPMGではこれまでの調査をまとめ、3つの主要なテーマについて総合的な見解を示します。

(2015年 英語版発行, 2017年 翻訳版発行)

お問合せ先

小見門 恵

KPMGコンサルティング株式会社 パートナー

TEL: 03-3548-5307

megumu.komikado@jp.kpmg.com

井口 耕一

株式会社 KPMG FAS

パートナー

TEL: 03-3548-5776

koichi.iguchi@jp.kpmg.com

kpmg.com/jp

kpmg.com/automotive https://twitter.com/KPMG_JP https://www.facebook.com/KPMG.JP





本冊子は、KPMG Internationalが2016年に発行した"I see. I think. I drive. (I learn)"を翻訳したものです。翻訳と英語原文間に 齟齬がある場合には、当該英語原文が優先するものとします。

ここに記載されている情報はあくまで一般的なものであり、特定の個人や組織が置かれている状況に対応するものではありません。私たちは、的確な情報をタイムリーに提供するよう努めておりますが、情報を受け取られた時点およびそれ以降においての正確さは保証の限りではありません。何らかの行動を取られる場合は、ここにある情報のみを根拠とせず、プロフェッショナルが特定の状況を綿密に調査した上で提案する適切なアドバイスをもとにご判断ください。

© 2016 KPMG LLP, a Delaware limited liability partnership and the U.S. member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative ("KPMG International"), a Swiss entity. All rights reserved.

©2017 KPMG Consulting Co., Ltd., a company established under the Japan Company Law and a member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative ("KPMG International"), a Swiss entity. All rights reserved. 17-1552

©2017 KPMG FAS Co., Ltd., a company established under the Japan Company Law and a member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative ("KPMG International") a Swiss entity. All rights reserved

The KPMG name and logo are registered trademarks or trademarks of KPMG International.