



革新的なモビリティへ クルマは大きく進化する

100年に一度の変革期と言われる自動車。これからどのようなサービスを提供していけるのか、さまざまなアプローチによって可能性が模索されている。鉄鋼材料も高強度な材料とその使い方を技術提案することによって、新しいクルマへの進化を支えている。

クルマを大きく変える新しい概念

2016年のパリモーターショー、新型EVのお披露目に登場した独ダイムラーのディーター・ツェツェ会長が発表した「CASE」というビジョンは大きなインパクトを与えた。CASEとは、4つのキーワードの頭文字からなる造語で、それぞれ外部・相互通信を表す「C:Connected」、自動運転の実現を目指す「A:Autonomous (Automated)」、カーシェアリングなどの多様なサービスを提供する「S:Shared & Services」、そして電動化を表す「E:Electric (Electrification)」を意味する。研究開発が進められてきた4つの技術が「CASE」としてまとめられ、明確なビジョンとして打ち出されたことで、自動車業界全体の動きと合致し、多用されるようになった。

CASEが実現するとどんなことが可能になるのだろうか。まず「C:Connected」については、事故発生時の自動通報やカーナビへのリアルタイムの混雑情報提供と最適経路提示に始まり、安全運転のための先行車急ブレーキ情報伝達、道路整備情報や路面凍結情報の交換、さらにはセンサ情報の伝達といった高速大容量化に進んでいく。そしてなにより、後述する自動運転の実現に優れた通信機能は不可欠となる。

次に「A:Autonomous (Automated)」については、運転操作の負担軽減や事故の低減、交通渋滞の抑制等が期待されている。すでにIT分野からの参入もあり(図1)、国際競争の激化が予想されている。これに対抗して自動車業界

では世界の大手自動車メーカーが連合し、自動運転技術を共同開発するケースも出てきている。自動運転はレベル0(完全手動)からレベル5(完全自動)まであり(図2)、最近、日本においてはレベル3が実用化されたことが話題になっている(図3)。

また「S:Shared & Services」については、事業者が車両を利用者に貸し出す「カーシェアリング」と、車両の所有者と利用者を結び付けて相乗りを行う「ライドシェアリング」がある。ライドシェアリングは日本のように法律の関係で限定的な利用にとどまっている国もあるが、他国では急速に普及しつつある。

最後の「E:Electric (Electrification)」については、環境規制が強化されるなか、ハイブリッド車(HEV)や電気自動車(EV)はカーボンニュートラルの実現にも貢献するため、拡大が予想されている。モータで動くEVは高精度な電子制御が可能で自動運転とは相性がいい。EVはエンジンをはじめトランスミッション、エキゾーストパイプや触媒などの排気系、燃料タンクなどの部品がなくなる一方で、モータやパワーコントロールユニット、バッテリーが必要となり、ガソリン車とは構成部品が大きく異なる。これまではガソリン車のプラットフォーム(車体構造)を使用することが多かったが、最近、自動車メーカーはEV専用プラットフォームの開発に乗り出している。

一方、CASEの他に話題となっている新しい概念が「MaaS」である。これは「Mobility as a Service」の略で、自動車は移



360度の3D空間構造を読み取る「LiDAR(Light Detection and Ranging)」によって道路情報を収集している。

図1 ロボタクシーの実証実験を行っている Googleの自動運転車開発部門「Waymo(ウェイモ)」

レベル	概要	運転操作の主体
レベル0 運転自動化なし	自動運転する技術が何もない状態。	ドライバー
レベル1 運転支援車	システムがアクセル・ブレーキ操作またはハンドル操作のどちらかを部分的に行う。	ドライバー
レベル2 運転支援車	システムがアクセル・ブレーキ操作またはハンドル操作の両方を部分的に行う。	ドライバー
レベル3 条件付自動運転車 (限定領域)	決められた条件下で、全ての運転操作を自動化。ただし運転自動化システム作動中も、システムからの要請でドライバーはいつでも運転に戻れなければならない。	システム (システム非作動の場合はドライバー)
レベル4 自動運転車 (限定領域)	決められた条件下で、全ての運転操作を自動化。	システム
レベル5 完全自動運転車	条件なく、全ての運転操作を自動化。	システム

図2 自動運転化レベル

動サービスを提供するものという考えである。2015年のITS世界会議で設立されたMaaS Allianceでは、「MaaSは、いろいろな種類の移動サービスを、需要に応じて利用できる一つの移動サービスに統合することである」としている。将来、自動運転技術が進化すれば、自動運転のバスやタクシーをこのMaaSに組み込むことができると言われている。例えば、MaaSアプリに目的地を入力すると、幾つかの経路が提示され、希望の経路を選んでアプリ内で支払いを行う。指定した時間になると、玄関前には自動運転タクシーがやってきて駅まで連れていってくれる。駅からは電車に乗り、下車するとまた自動運転タクシーが駅前まで待っており、目的地まで運んでくれる。つまり、ドア・ツー・ドアの移動がスムーズにできるようになるのである。現在MaaSについては、どのようなサービスを提供していけるのか模索中で、国や地域によって定義内容やサービスの範囲に違いがある。日本の国土交通省においてはMaaS実証実験や交通事業者のキャッシュレス化、交通情報のデータ化を支援するなど、検討を始めている。

新しいクルマに向けた鉄鋼メーカーからの提案

新しいクルマの実現にはEVやHEVが最適となるが、車両重量はバッテリーの搭載によって大幅に増加する。特にEVは航続距離を延ばすため大容量のバッテリーが搭載され、重量増が避けられない。そのため車体軽量化はこれまで以上に重要な課題となっており、鉄鋼メーカーからは様々な技術提案が行われている。

「NSafe[®]-AutoConcept」と名付けられたプロジェクト(日本製鉄(株))では、次世代自動車の車体に求められる性能を想定し、高強度材料等の性能を最大限に引き出す構造や、それを実現する加工技術の提案を行っている。アルミニウムやCFRP等が鋼板の代替材として検討されるなか、高強度鋼板の使用で大幅な軽量化が可能であることを示すため、



2020年11月、世界初となる自動運転レベル3型式指定を国土交通省から取得し、2021年3月には自動運行装置である「トラフィックジャムパイロット」(渋滞運転機能)を搭載したクルマが発売された。これにより高速道路渋滞時など一定の条件下で、ドライバーに代わってシステムが運転操作を行うことが可能となる
写真提供: 本田技研工業(株)

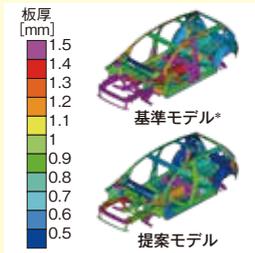
図3 自動運転レベル3を実現したHonda 新型LEGEND

プロジェクトが立ち上げられた。様々な提案がなされているが、例えば、部品に使用される材料の特性を徹底的に解析し、衝撃吸収などの基本性能は変えずに、高強度鋼板などを多用して従来比で30%軽量化した車体構造を造り上げている。この軽量化効果はオールアルミ車両に匹敵する(図4)。また鉄鋼材料は他の軽量材料よりも素材製造時のCO₂排出量が低いため、鋼製車体は同等重量のアルミ素材よりライフサイクルの観点での排出量を抑えることができる。

高強度鋼板の加工技術の開発も積極的に行われている。一例として、車体部品の多くは端部にL字・T字状の湾曲や連続的なフランジを持つ複雑形状であるため従来のプレス技術では高強度鋼板の加工が困難であった。そこでシミュレーション技術を用いてプレス成形時の材料変形を制御する工法を開発し、それを実現する金型装置も開発した。これにより加工時の材料変形量を従来の50%以下に低減し、高強度鋼板を複雑な形状の部品へ加工することを可能にしている(NSafe[®]-FORMシリーズ: 第53回(2020年度)市村産業賞貢献賞受賞)。

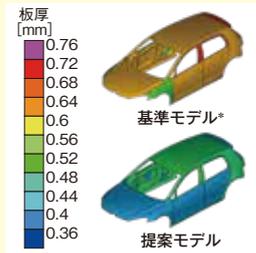
また最近ではEV向けに、2.0 GPa級ホットスタンプ用鋼板をはじめとする高強度鋼板を活用した軽量でコスト性能バランスに優れたバッテリーボックスを含む車体構造や、高効

●骨格部品・内板部品の板厚の比較

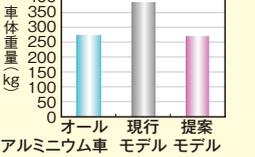


高強度材料を多用することで板厚を低減することができる。
*2015年時点の最軽量鋼製車体(投影面積当たり)

●パネル部品の板厚の比較



●提案モデルの軽量化効果



提案モデルはオールアルミニウム車と同等の軽量化のポテンシャルを有している。

●温室効果ガス排出量 (kg-CO₂eq/kg-素材)

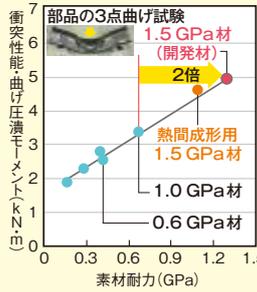


出典: WorldAutoSteel "Life Cycle Assessment: Good for the Planet, Good for the Auto Industry"

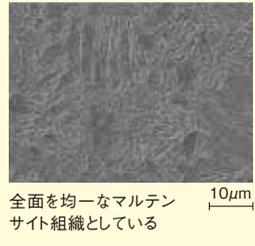
資料提供: 日本製鉄(株)

図4 「NSafe[®]-AutoConcept」からの提案例

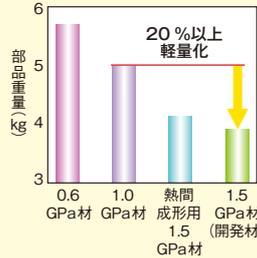
●開発材を使用した試作部品の衝突安全性



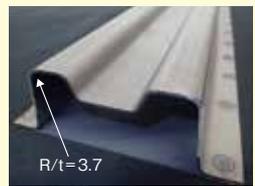
●マイクロ組織



●同一部品強度での重量の比較



●試作部品の成形例



資料提供: JFEスチール(株)

図5 冷間プレス成形用1.5GPa級高強度鋼板の特徴

率で高い安全性を実現するセルケース用鋼板、およびモータを高効率化する高機能電磁鋼板を用いた開発を行っている(NSafe[®]-AutoConcept xEV)。さらにはCASEやMaaSによって、用途に応じ多様な形態の自動車を少量生産するニーズが増すと考えられることから、小ロット車体向けの車体構造の開発も進められている。具体的には多様な形態に対応しやすいスペースフレーム構造を採用し、高剛性・高強度の閉断面構造を少ない部品数で作ることができる鋼管の使用が提案されている(NSafe[®]-AutoFrameConcept)。

いっそう進むハイテンの高強度化

車体の軽量化に大きな効果を発揮する高強度鋼板については、さらなる高強度化が進んでいる。現在、自動車には主に1.0 GPa級の高強度鋼板が使用されているが、一部の車種のバンパーやドアインパクトビーム等の単純な形状の補強部品には1.5 GPa級の鋼板が適用されている。1.5 GPa以上の高強度鋼板では成形性や遅れ破壊に対する懸念から、ホットプレスと呼ばれる、鋼板を高温に加熱し軟質化したものを、プレス金型で成形すると同時に焼入れる工法が普及している。しかし熱間での成形は加熱や焼入れによってサイクルタイムが長くなるため、冷間プレス成形用1.5 GPa級高強度鋼板が望まれていた。

そこでJFEスチール(株)では独自のWQ(Water Quench, 水焼入れ)プロセスの超急速冷却を活用して、合金元素を極限まで低減するとともに、マイクロ組織の全面を均一なマルテンサイト組織として変形や破壊の起点を極限まで低減することで、極めて高い強度を有しながら、良好な冷間プレス性、スポット溶接性および耐遅れ破壊特性を保持することに成功している。この冷間プレス成形用1.5 GPa級高強度鋼板の適用によって、自動車の衝突安全性が飛躍的に向上するため、部品性能を維持して薄肉・軽量化が可能になる。1.0 GPa級鋼板に比べ約20%の軽量化効果があるとの試算もある(図5)。先頃1.5 GPa級高強度鋼板が、冷間プレス用途として世界で初めて自動車の骨格部品に採用された。冷間プレスによる車体骨格部品の強度としては、世界最高レベルとなる。このような高強度鋼板を使いこなしていくには、自動車メーカーや部品メーカーと、材料メーカーが設計の初期段階から技術的に協力し合うEVI(Early Vendor Involvement)活動が重要となっている。共同開発は長年にわたって取り組まれてきたことであるが、近年ではさらに一歩踏み込んだ領域まで提案がなされている。

100年に一度の変革期を迎える自動車。大きな変貌を遂げる自動車に鉄鋼材料はどのような提案をしていけるのか。新しいクルマに合わせた材料技術への期待が高まっている。

INTERVIEW 自由な発想で生まれるパーソナルモビリティの実現へ

今、世界の自動車メーカーが開発競争にしのぎを削る新しいクルマとは一体どのような可能性を持つのだろうか。「CASE技術基礎講座」（自動車技術会主催）の講師を務められた日本大学生産工学部自動車工学リサーチセンターの杉沼先生にお話をうかがった。

Q 「CASE」が登場した経緯について教えてください。

4つの技術はかなり以前から研究開発が続けられてきたものですが、なかでも自動運転技術は40年位前から研究開発が行われ、実現はまだ先と思われてきました。それが2005年の無人ロボットレース「DARPA Grand Challenge」で、スタンフォード大学やカーネギーメロン大学等の自動運転車が山道や砂漠等の悪路を含む100マイルを完走したことで、自動運転技術への開発投資がいっきに増えました。2012年に米国で開催された世界最大級の技術見本市（CES）で、独タイムラー会長はすでにC、A、S、Eに相当することを述べており（図6）、それが2016年に「CASE」というわかりやすいワードを使ったことで、広く知られるようになりました。



図6 CES2012での独タイムラー会長の発表の様子

Q CASEの実現で期待されていることは何ですか。

私はソニーに在籍していた際に、簡単に乗れるセグウェイのようなパーソナルモビリティを開発していたのですが、まさにパーソナルモビリティのようなクルマが期待されています。呼んだら待機場所から自動で来てくれて目的地まで連れていってくれたり、もしくは買い物をした荷物を運んでくれたり、用事が済んだら待機場所まで自動で帰ってくれる。そんな「呼んだらきてくれるクルマ」が求められているのだと思います。



図7 出会い頭の事故が起きやすい日本の道路

Q CASE実現のための課題とは。

自動運転で使用される通信手段は一つではなく、さまざまな通信の連携で成り立ちます。なかでも自動車同士が通信を行う車車間通信が重要となります。例えば前方の自動車の急ブレーキや事故、路面凍結の有無を後方の自動車に伝えるなど、クルマ同士が通信し合うことで素早く安全確認が行えます。車車間通信は専用周波数を用いた無線通信で行いますが、主要自動車メーカーが開発してきた通信方式ではない新方式を米国政府が採用したことで、一時的な混乱が生じています。



図8 スウェーデンにいるトラックをスペインから遠隔運転 (MWC19 Barcelonaにおけるエリクソンの展示)

また自動運転は、課題が山積しています。例えば図7の日本の道路の写真をご覧ください。右側のカーブミラーの先の道路から自動車が侵入してくるかもしれません。下校時刻は子ども達も歩行します。夕方や夜間でしたら見通しが悪くなります。このように道路の特徴や走り方、危険回避の仕方を自動車の教え込まなければいけません。複雑な道路が入り組む日本においては大変な作業になります。また事故や工事の際、誘導員が手信号で運転指示を出しますが、手信号を理解できず、そもそも指示する権限のある人物なのか通行人なのかも判別できないというのが現状で、安全性の確保にはまだ時間がかかると感じています。

Q これからの展開で期待することはありますか。

すでに実証実験が進んでいる例として、遠隔運転技術があります。図8は5G回線を利用してスウェーデンにいるトラックをスペインから運転しています。ドライバーが疲れてきたら交代できたり、事故の時に臨機応変に対応できたり、さらには先頭車は遠隔運転、後続車は自動追尾する隊列走行にするということも考えられます。次に図9はGMのEVトラックですが、配達作業の後ろを自動カートが追従して荷物を運んでくれます。従来にない新しいクルマの形といえるでしょう。新しい発想でアプローチすれば、これまでにないクルマが実現でき、提供できるサービスの可能性も膨らみます。今後、自由な発想から新しいクルマが登場するのが待ち遠しいですね。



図9 配達作業の後ろを自動カートが追従して荷物を運ぶ (CES2021におけるGMの展示)

●プロフィール

1998年 米カリフォルニア大学アーバイン校工学部（電気・計算機工学）博士課程修了。

1998年 ソニー（株）入社（2009年まで）。

現在は映像新聞・論説委員、サンパウロ大学（ブラジル）対話型技術学際研究センター（CITI）顧問、日本大学生産工学部機械工学科・自動車工学リサーチセンター客員研究員、日本大学生産工学部数値情報工学科講師を務めている。



日本大学生産工学部機械工学科 自動車工学リサーチセンター客員研究員 杉沼 浩司氏

●取材協力：日本大学生産工学部機械工学科・杉沼浩司客員研究員、日本製鉄（株）、JFEスチール（株） ●文：藤井美穂