軽量車両とパワートレイン構造ロードマップ2020

解説レポート

2021年 | 第1版

DISCLAIMER: Translations of any materials into languages other than English are intended solely as a convenience to the non-English-reading public and are not legally binding. We have attempted to provide an accurate translation of the original material in English, but due to the nuances in translating to a foreign language, slight differences may exist. This translation is supplied to you on the understanding you have accepted this disclaimer and no liability is accepted by the APC for the use of the translation by you or any other party if the translation is found to contain inaccuracies.

免責事項:　本資料の英語以外の言語への翻訳は、英語を読まない方の便宜を図ることのみを目的としており、法的拘束力はありません。APCは、英語の原文を正確に翻訳するよう努めていますが、微妙なニュアンスが含まれるため、外国語へ翻訳する際には若干の違いが生じる場合があります。この翻訳は、お客様がこの免責事項に同意したという前提で提供されており、不正確な部分があることが判明した場合でも、お客様またはその他の関係者による当翻訳の使用について、APCは一切の責任を負わないものとします。

automotive council UK

ADVANCED PROPULSION CENTRE UK

概要：軽量車両とパワートレイン構造

車両重量はこれまで、パッシブ・アクティブな安全装備や高度な快適性・利便性のための機能など、さまざまなコンテンツが追加されるたびに増加してきた。しかし、そのような重量増を相殺する努力の結果、ほとんどのクラスで性能や燃費は改善しながらも車両重量は一定、または微増にとどまってきた。

しかし電気自動車の場合、車両の軽量化は、より大きな課題である。BEVのバッテリパックは最大300～400kgの重量増につながり、車両の走行距離が縮小することになる。従来車両・電気車両いずれのパワートレインも、重量を削減することにより、ブレーキやサスペンションシステム等他のコンポーネントの軽量化も可能になる。

本ロードマップでは、軽量化実現への主な道筋として、設計、材料、製造における開発の進捗状況を取り上げる。一般的に、量産車は、必要に応じて材料の仕様や製造プロセスに異なるアプローチを採用できる少量生産のプレミアム車とは、開発ルートが異なる。

高忠実度マルチフィジックス・シミュレーションは、製造および工程表を設計の初期段階に組み込むことによって重量を最適化する。そのようなコンカレントエンジニアリングの原則や、CAVやゼロクラッシュ対応車両といった新しいモビリティソリューションにより、軽量化への斬新なアプローチが必要となり、さらに野心的な軽量化が可能となっている。

自動車アプリケーションの軽量化を促す主な技術

用語については本報告書巻末の用語集を参照

前書きと謝辞

APCはこのロードマップ作成、出版にあたり産業界、学術界より幅広いご支援を頂きましたことにお礼申し上げます。

また、この度英国自動車協議会（UK Automotive Council）よりプロダクトとテクノロジーロードマップの刷新の委託、また継続的なサポートを頂きましたことにも感謝申し上げます。

さらに、このロードマップの作成にあたりBEIS（英国政府ビジネス、エネルギー、産業戦略省）より多大なご協力を頂きましたことに合わせてお礼申し上げます。

ネヴィル・ジャクソン

英国自動車協議会
（UK Automotive Council）

この度APC(英国先端推進システム技術センター)が自動車業界と密接に協力して策定した「2020年自動車推進力テクノロジーロードマップ」を皆様と共有させていただけることを大変嬉しく思っております。

これらのロードマップの中では自動車を脱炭素でより持続可能なものにするための重要な将来の目標、またその達成に向かって最も有望な道筋をまとめており、今後の技術開発、特に共同開発の焦点を絞る際の重要な手段として役立てて頂けるものと確信しております。

ロードマップは英国自動車協議会（UK Automotive Council）が策定したものを、2017年にAPCがさらに発展させましたが、昨今の英国政府による2050年カーボンニュートラル目標の発表、その達成の緊急性などを鑑み、今回新たに刷新されることとなりました。推進力技術の変化のスピードはこの数年急速に加速しており、電気自動車の適用も増加、電池の価格も以前の予測より早く下がってきています。また、燃料電池のようなゼロエミッション技術が飛躍的ペースで成熟化、水素を含むクリーンな燃料が化石燃料の代替として現れてきています。

しかし、変化のスピードを加速させていくために乗り越えなければならない大きな課題もあります。研究開発と商用化に力を入れ、リーズナブルな価格の商品を市場にだし、消費者にとって魅力的なものとしていかなければなりません。この「2020年テクノロジーロードマップ」は自動車業界専門家へのアンケート・調査から得られた専門家の間でほぼ一致した見解をもとに、将来の自動車推進力目標、テクノロジー、時間軸を提供しています。

本レポートから得られる知見とテクノロジーの方向性をもとに、自動車業界全体が世界レベルのソリューションを加速させ、達成できるようにすることがこのレポートの目的であり、本ロードマップが将来のモビリティの課題に対処するための共同開発、また、運輸、オフ・ハイウェイ車両部門の更なる研究開発を推進するための重要な情報源となることを心より念願しております。

アラン・バンクス

フォード・モーター社
英国自動車協議会・軽量化グループ

2020年自動車協議会刷新ロードマップには自動車業界において、イノベーション、代替材料、サスティナビリティーの重要性が益々高まっている様子が反映されています。前回2017年のロードマップ以来、関連する技術やその進捗度を可視化するのに多くの労力が費やされたことが分かります。今回の改訂では、メイングループ、サブグループの両方について最新情報に更新され、また急速に進む開発の様子を反映して時間軸も前倒しになっています。

英国において2030年以降ガソリン、ディーゼル車両を禁止する動きは、英国にとって全てのイノベーションをグローバルな規模で推進し、大きなメリットを生む絶好の機会となっています。

新しい車両開発における軽量化は自動車業界が先端的で新しい推進システムを実現するためにも重要な鍵となります。新たなテクノロジーの導入による重量増は相殺されることが求められます。特に免許証の制限がその総重量によって決められる商用車の場合、最大積載量が顧客の区分基準を決定するうえで大変重要な要素となります。

全ての分野を網羅して知見を提供する本ロードマップは、英国の学術界、研究機関、中小企業、第一次サプライヤー、そしてOEMが協力し今後10年以上にわたる自動車業界のニーズに対して共にソリューションを提供することができるものと確信しております。

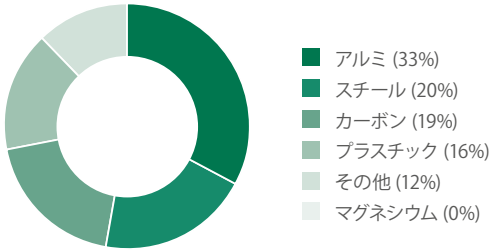
業界専門家オンライン調査所見2020

量産市場向けの軽量化にとって重要な材料は？

高強度のアルミとスチールは引き続き軽量化の安定的な選択肢と見られており、カーボンファイバーとプラスチックがこれに続く。

調査では、軽量化実現の可能性がある材料として、アルミとスチールが53%を占めた。

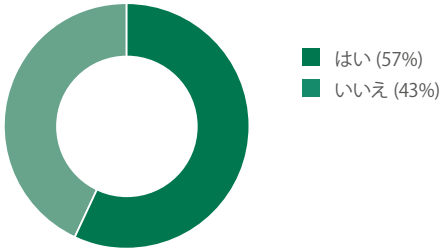
特に、押出成形構造の柔軟性やリサイクル可能性を特長とするアルミへの注目度が高い。



カーボンファイバーは量産車の製造に適しているか？

調査対象者の過半数が、カーボンファイバーは量産製造に適した選択肢だと回答した。

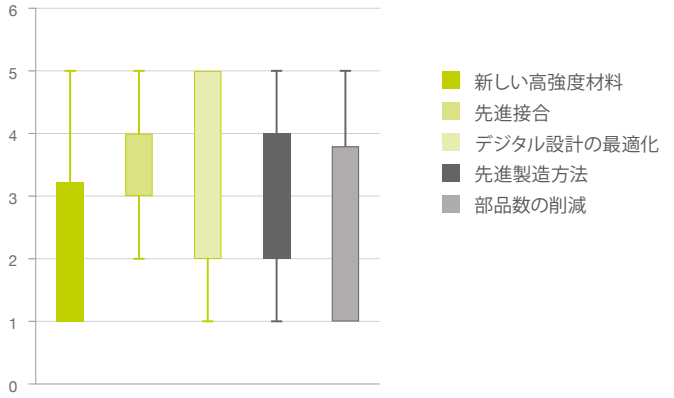
リサイクル性やエネルギー効率的な生産等の課題をクリアする必要はあるものの、量産プログラムにCFRPを積極的に取り込もうとする動きも見られる。



軽量化実現の最大の機会はどこに？

軽量化実現機会の可能性について、それぞれ5段階評価（1＝最も可能性が高い）で回答を求めた。

それによれば、高強度材料の使用と部品数の削減が、軽量化実現する最大の機会にあげられた。



軽量車両のためのテクノロジー指標

自動車業界として量産車市場の競争環境において達成できる見込みの技術指標。

標準的な指標
テクノロジーが軽量車両に重点をおきつつ徐々に変化

		2020	2025	2035
軽量車両	従来車両の重量削減率(%)	ベースライン	5-10%	20-25%
	xEV車両の重量削減率(%)	ベースライン	10-15%	20-30%

野心的な指標
車両アーキテクチャーの根本的変化と新テクノロジーの採用

		2020	2025	2035
軽量車両	従来車両の重量削減率(%)	ベースライン	10-15%	30-35%
	xEV車両の重量削減率(%)	ベースライン	15-20%	30-40%

注記:

- 従来車両とは内燃エンジン(ICE)車両を指す
- xEVとは、あらゆる種類の電動パワートレインを指すが、主にバッテリー電動車を指す
- 重量削減率(%)は2020年の車両質量を基準とする
- 従来車両の軽量化への関心は、脱炭素化目標の厳格化を背景にますます高まっている
- 今後5〜10年間の重量削減策として、バッテリーパックの設計、システム統合、先進的なドライブラインの電動化の可能性が高まっている

軽量車両のためのテクノロジー指標

自動車業界として量産車市場の競争環境において達成できる見込みの技術指標。

テクノロジー指標
これらの指標は2020年のロードマップで新たに設定されたものであり、このテクノロジーの方向性と最高クラスの性能の測定方法を示すものである。

標準的な指標
テクノロジーが軽量車両に重点をおきつつ徐々に変化

		2020	2025	2035
軽量車両	従来車両の重量削減率(%)	ベースライン	5-10%	20-25%
	xEV車両の重量削減率(%)	ベースライン	10-15%	20-30%

野心的な指標
車両アーキテクチャーの根本的変化と新テクノロジーの採用

		2020	2025	2035
軽量車両	従来車両の重量削減率(%)	ベースライン	10-15%	30-35%
	xEV車両の重量削減率(%)	ベースライン	15-20%	30-40%

標準的な指標
これらの性能値は、設計の最適化、材料選択、部品数削減の改造による軽量化を積み上げた結果、実現しうる重量の削減を示す。

政府によって掲げられるCO_2削減目標はOEMに効率性（CO_2/km）の改善と軽量化を強く促している。軽量化を通じたエネルギー需要の削減はCO_2低減方法として合理的である。従来のICE車両の場合、車両の軽量化でエンジンやブレーキ等も小型化できるという二次的利点がある。

安全性やNVH、快適性、エンターテインメント用のコンテンツが追加される中、長年にわたり、車両重量削減が求められてきた。軽量化はこれを相殺するもので、大半の車両クラスで重量がほぼ維持されてきた。注：重量は2025年に約5%、2035年には最大10%増加すると予測されている。

ただし電気自動車の場合、バッテリーや追加的な電装部品のためにICE車よりも重量が増えるという課題もある。しかし、バッテリーキャリアの重量の最適化や、化学材料の改善によるバッテリーのエネルギー密度の向上、また、航続距離管理等により軽量化できる可能性もある。

軽量車両のためのテクノロジー指標

自動車業界として量産車市場の競争環境において達成できる見込みの技術指標。

標準的な指標
テクノロジーが軽量車両に重点をおきつつ徐々に変化

		2020	2025	2035
軽量車両	従来車両の重量削減率(%)	ベースライン	5-10%	20-25%
	xEV車両の重量削減率(%)	ベースライン	10-15%	20-30%

野心的な指標
車両アーキテクチャーの根本的変化と新テクノロジーの採用

		2020	2025	2035
軽量車両	従来車両の重量削減率(%)	ベースライン	10-15%	30-35%
	xEV車両の重量削減率(%)	ベースライン	15-20%	30-40%

野心的な指標
新しいプラットフォームや新製品アーキテクチャーの場合、設計、エンジニアリング、製造をそれぞれ白紙の状態から始めることができ、重量の最適化を促す機会となる。また、それらを組み合わせることによって一層の軽量化を実現することができる。

EV専用プラットフォーム、ゼロクラッシュ設計、アーバンモビリティのソリューションといった新しい車両アーキテクチャーは白紙状態からのアプローチを可能にし、軽量化を大原則とした全体設計とすることで大胆な軽量化を実現することができる。

CO_2大幅削減のニーズを満たすにはいっそうの軽量化が必要だが、既存のソリューションの積み上げ的な改善では不十分である。野心的な指標は、全体的なCO_2削減目標の実現のために、車両の材料、設計、製造面でのイノベーションを推進するものとして設定されている。

バッテリーをシャーシやボディ構造に統合して軽量化を実現するという新たな機会もある。また充電の改善やバッテリー材料の向上により、従来車両よりもEV車両の方がより大幅な軽量化が進む可能性が高い。

ロードマップ2020

軽量車両とパワートレイン構造

テクノロジーのロードマップ

2020年~2035年のテクノロジー指標は報告書の初めのページを参照。

automotive council UK

ADVANCED PROPULSION CENTRE UK

本ロードマップは、グローバル自動車業界の量産車市場普及向け推進力技術予測を現時点でのスナップショット形式で表現したものである。特定のアプリケーション向けの技術については地域ごとに異なる。

深緑色の矢印:
当該技術は量産市場アプリケーションとして使われている。この期間中に、著しい技術革新が期待される。

濃い緑に白の矢印:移行期:
「移行」とは市場からフェーズアウト（段階的廃止）されるという意味ではなく、R&Dの焦点の変化を表す。

点線で囲まれた矢印:
市場の成熟期一技術が成熟期に到達。技術のフェーズアウト、代替技術の普及まで市場での適用継続が予想される。

設計主導

- 専用の量産EVプラットフォーム → モジュラー型で拡張性がありフレキシブルなマルチプロダクトプラットフォーム
- ミッションに適合した軽量化（例：CAV、ゼロクラッシュ、アーバンモビリティ）
- マルチフィジックスを統合したシミュレーション最適化 → コンカレント設計、エンジニアリング、製造シミュレーション最適化
- リアルワールドの車載計測機器が設計仕様を改善、新しい最適設計
- LCAと循環型経済のための設計（ライフサイクルインパクト、コンポーネントのリサイクル）

材料主導

ボディ シャーシ クロージャー グレージング

- アルミニウム使用の拡大（鋳物・押出品） → 第3世代高強度スチール（>1400 Mpa）、強度と耐久性を高めたアルミニウム
- マルチマテリアル、結合された車両構造 → 先進接合技術によるマルチマテリアル（金属および非金属）構造
- 複合材のボリューム製造（自動レイアウトと熱間成型） → コスト競争力のあるCFRP製造
- ポリマー構造（例えば部品削減機会）、次世代高弾性GF（ガラス繊維） → 複雑な形状のポリマー部品

パワートレイン

- スチールおよびアルミベースのTPS、小型パワートレイン → 軽量金属およびポリマーを使用したネットゼロベースの次世代TPS
- 軽量バッテリーキャリア → バッテリー交換のシャーシ構造 → バッテリーを統合した車両組立
- 燃料電池H2貯蔵CFRPタンク → 最適化軽量H2 CFRPタンク → タンク設計の改善、新材料およびライフサイクル

電気系統

- 配線の単純化（フレキシブルサーキット） → 導電構造 → 電子システムの統合、ワイヤレスコントロール

内装

- シートシステムの軽量化 – 材料と設計 → シートとコックピットを基本車両構造に統合

製造・プロセス主導

- モジュラープラットフォームのためのフレキシブルな組立ライン → 拡張性のある製造、マルチプロダクトの可変的生産
- マルチマテリアル構造のための量産接合プロセス（例えば熱・冷間溶接、自動接合）
- 軽量化のためのニッチALM部品 → 量産積層造形（中空部品、複素幾何学、メッシュ）

材料ライフサイクル

- マルチマテリアル構造の自動解体技術 → 成熟したクローズドループの材料リサイクルおよびサプライチェーン
- エネルギー効率的な材料生産と脱炭素化、特にCFRP → ネットゼロに重点をおいた材料生産
- ポリマーおよびCFRPリサイクルの拡大と再利用LCAバリューチェーン → ポリマーおよび複合材料のサステナブルな調達

2020 ▲ 2025 ▲ 2030 ▲ 2035 ▲ 2040 ▲ …

テクノロジーの主要テーマ

ロードマップ2020
軽量車両とパワートレイン構造

テクノロジーのロードマップ

設計主導

設計主導のアプローチでは、モジュラー型のフレキシブルかつ拡張性のある設計の結果として、車両アーキテクチャーおよびコンセプトの変化をカバーしている。新たなモビリティソリューションとバーチャルシミュレーション技術の持続的前進は将来の設計の在り方を決定づけていく。また、ますます多くのメーカーが、軽量化に重点をおきつつ環境面でサステナブルな製品を提供するために、ライフサイクルアセスメントを開発当初から実施している。

材料主導

ボディ
シャーシ
クロージャー
グレージング

パワートレイン

電気系統

内装

材料主導：

ボディ、シャーシ、クロージャー、グレージングは、大手メーカーによる従来型の重量削減アプローチの大半を占める。量産における高強度材料の使用、マルチマテリアル構造の増加、新しい接合技術の導入、CFRPおよびポリマー採用の拡大が、特にメリットが大きいと期待されている分野である。

パワートレインはICE、バッテリー電気、燃料電池のシステムとして、さまざまな軽量化の機会となっている。例えば、駆動系コンポーネントの軽量材料や、バッテリーとキャリアの車体やシャーシ構造への統合などである。

電気系統のアーキテクチャーとコンポーネントは車両重量の最大5%を占める。しばしば見逃されているが、これも軽量化の重要な機会の一つである。

内装構造は、材料の選択やBIWに組み込むための統合設計など、さまざまな軽量化の機会を提供している。

製造・プロセス主導

製造・プロセス主導のアプローチは、設計コンセプト実現の中核にある。マルチ車両プラットフォームの組立ライン、マルチマテリアルの接合、少数生産用の積層造形が、軽量化戦略の実現に大きなインパクトをもたらす。

材料ライフサイクル

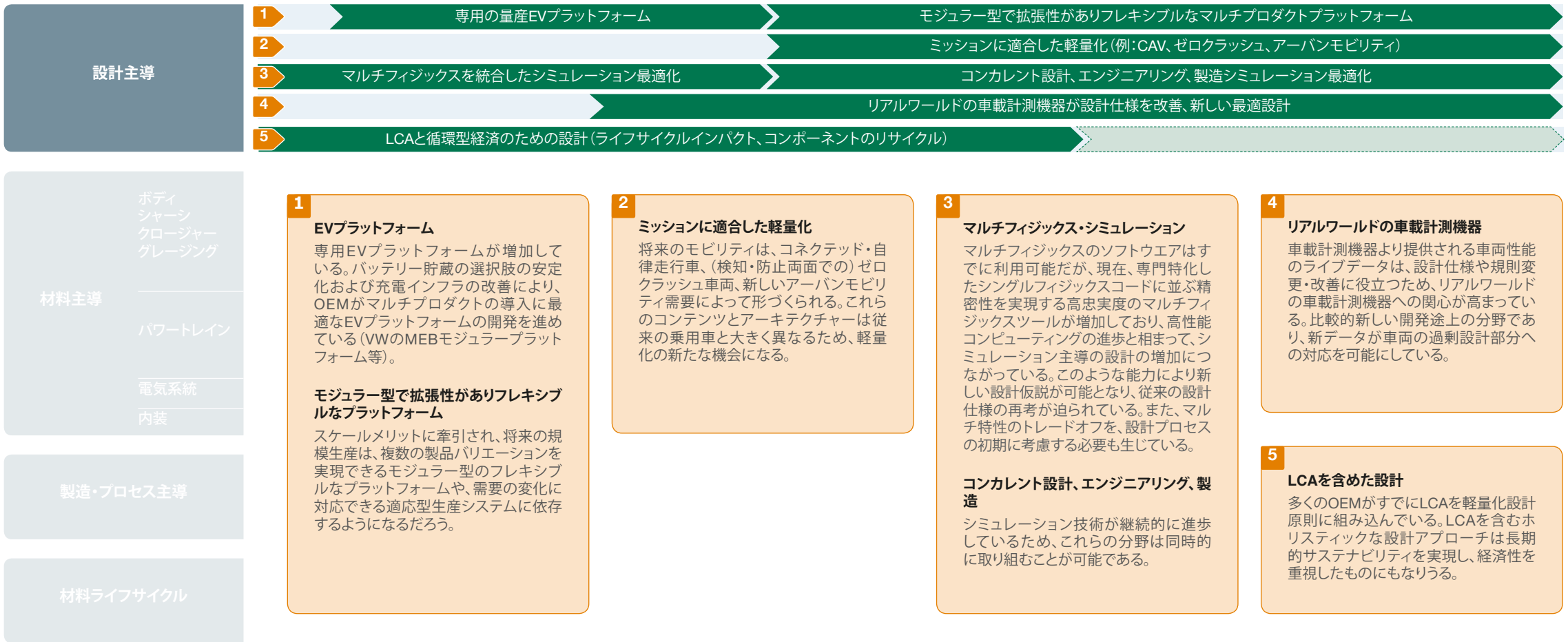
材料ライフサイクルは、解体可能な設計や、クローズドループの材料リサイクル、そして特にカーボン複合材・ポリマー用のサステナブルな生産プロセスの開発に関わる。

設計主導

新しいプラットフォーム設計とマルチフィジックスシミュレーションが、軽量化を大きく推進する鍵である。

ロードマップ2020
軽量車両とパワートレイン構造

テクノロジーのロードマップ



1 EVプラットフォーム

専用EVプラットフォームが増加している。バッテリー貯蔵の選択肢の安定化および充電インフラの改善により、OEMがマルチプロダクトの導入に最適なEVプラットフォームの開発を進めている（VWのMEBモジュラープラットフォーム等）。

モジュラー型で拡張性がありフレキシブルなプラットフォーム

スケールメリットに牽引され、将来の規模生産は、複数の製品バリエーションを実現できるモジュラー型のフレキシブルなプラットフォームや、需要の変化に対応できる適応型生産システムに依存するようになるだろう。

2 ミッションに適合した軽量化

将来のモビリティは、コネクテッド・自律走行車、（検知・防止両面での）ゼロクラッシュ車両、新しいアーバンモビリティ需要によって形づくられる。これらのコンテンツとアーキテクチャーは従来の乗用車と大きく異なるため、軽量化の新たな機会になる。

3 マルチフィジックス・シミュレーション

マルチフィジックスのソフトウエアはすでに利用可能だが、現在、専門特化したシングルフィジックスコードに並ぶ精密性を実現する高忠実度のマルチフィジックスツールが増加しており、高性能コンピューティングの進歩と相まって、シミュレーション主導の設計の増加につながっている。このような能力により新しい設計仮説が可能となり、従来の設計仕様の再考が迫られている。また、マルチ特性のトレードオフを、設計プロセスの初期に考慮する必要も生じている。

コンカレント設計、エンジニアリング、製造

シミュレーション技術が継続的に進歩しているため、これらの分野は同時的に取り組むことが可能である。

4 リアルワールドの車載計測機器

車載計測機器より提供される車両性能のライブデータは、設計仕様や規則変更・改善に役立つため、リアルワールドの車載計測機器への関心が高まっている。比較的新しい開発途上の分野であり、新データが車両の過剰設計部分への対応を可能にしている。

5 LCAを含めた設計

多くのOEMがすでにLCAを軽量化設計原則に組み込んでいる。LCAを含むホリスティックな設計アプローチは長期的サステナビリティを実現し、経済性を重視したものにもなりうる。

材料主導

目的に適合した材料、次世代高強度スチールとアルミ、マルチマテリアルの接合構造が、ボディ、シャーシ、クロージャーの軽量化に最も貢献する。

ロードマップ2020
軽量車両とパワートレイン構造

テクノロジーのロードマップ

設計主導

製造・プロセス主導

材料ライフサイクル

材料主導
- ボディ
- シャーシ
- クロージャー
- グレージング
- パワートレイン
- 電気系統
- 内装

1
アルミ構造
ボディおよびシャーシ構造へのアルミの使用に対する関心は高い。押出成形を簡易に行い、仕様に応じて厚みを調整し、高強度、そして変更への適応性といった特徴のすべてが、いくつかの車両部品にとってはユニークな利点となる。

高強度のスチールとアルミニウム
スチールも引き続き車両構造の主な材料の一つである。第3世代高強度スチールと高性能の6000系アルミの使用が現在開発の成熟期にあり、衝突エネルギー吸収構造の改善を実現する。

1 アルミニウム使用の拡大（鋳物・押出品） → 第3世代高強度スチール（>1400 Mpa）、強度と耐久性を高めたアルミニウム

2 マルチマテリアル、結合された車両構造 → 先進接合技術によるマルチマテリアル（金属および非金属）構造

3 複合材のボリューム製造（自動レイアウトと熱間成型） → コスト競争力のあるCFRP製造

4 ポリマー構造（例えば部品削減機会）、次世代高弾性GF（ガラス繊維） → 複雑な形状のポリマー部品

2
マルチマテリアル接合構造
金属と非金属それぞれの材料の特性を活かしたマルチマテリアルを車両構造に使用するケースが増えている。CFRPは従来型の金属構造に比して30～40%の軽量化を実現する可能性がある。例えばNIO（上海蔚来汽車）社は中国市場向けEV車のボディに、カーボンファイバーとアルミを使用している。

マルチマテリアルと先進接合技術
大量生産のためには、高速・量産システムに合わせたマルチマテリアルの接合と材料の熱膨張差といった課題を克服する必要がある。

3
複合材の大量生産
CFRP生産の産業化へ向けた努力が続いている。マニュアルのレイアウトプロセスを構成可能な自動化（および視覚認識）システムに代替すること、ホットプレス部品の時間短縮、接着剤硬化の迅速化が、いずれも2025年には主流になると予想されている。

コスト競争力のあるCFRP
車両構造内のCFRPコンポーネントの利点と組み込みについての理解が深まるとともに、コスト削減機会が生じてCFRPの使用が拡大するだろう。

4
ポリマー構造
GF（ガラス繊維）とその他のポリマー構造はすでに利用可能となっており、2022年より量産市場に登場するとみられる。これにより、接合部のある部品点数を削減し、成形プロセスを利用して代替する機会が生じる。また強度／弾性率をさらに高めたGFも現在開発中である。

複雑な形状の部品
成形技術のイノベーションが継続し、いっそう複雑な形状の部品生産が可能になるだろう。

2020 2025 2030 2035 2040 …

材料主導

パワートレインの軽量化、電気系統、車両内装にはさまざまな機会があり、実現が期待されている。

ロードマップ2020
軽量車両とパワートレイン構造

テクノロジーのロードマップ

設計主導

材料主導

ボディ
シャーシ
クロージャー
グレージング

パワートレイン

電気系統

内装

製造・プロセス主導

材料ライフサイクル

1 軽量TPS（内燃機関）

エンジンは鉄系材料およびアルミの使用が現在の主流だが、製造プロセスの開発の進展で中空構造のコンポーネント（ALM等）の使用や材料の種類の拡大（例えばチタン製スプリング、マグネシウム合金鋳物、コンポジットコンロッド等）など、選択的軽量化も可能になっている。また駆動系コンポーネントも、例えば熱可塑性ディファレンシャルや電気機械用ケーシング、CFRP製プロペラシャフト等に軽量化の可能性がある。

2 軽量バッテリーキャリア

バッテリーケーシングや内部支持構造の大半は金属製である。部品や機能を統合する一つの方法としてポリマーと複合材があるが、ポリマーは金型コストを低減するために生産量を増やすこと、複合材は量産向けのプロセスの開発が必要である。

長期的にはバッテリーが、例えば基本構造要素として車両に統合しやすくなると期待されている。

3 軽量の燃料電池タンク

現在、プロトン交換膜式燃料電池の水素貯蔵にはCFRP製タンクが使用されている。350気圧から700気圧の圧力に耐えうるには、きわめて高強度の材料が必要である。高圧貯蔵と軽量化を同時に実現するには、燃料タンクの大幅な技術革新が求められる。

注：トヨタのMiraiはCFRP製で3層構造の水素タンク2本（総重量87.5kg）を搭載している。

1 スチールおよびアルミベースのTPS、小型パワートレイン → 軽量金属およびポリマーを使用したネットゼロベースの次世代TPS

2 軽量バッテリーキャリア → バッテリー交換のシャーシ構造 → バッテリーを統合した車両組立

3 燃料電池H2貯蔵CFRPタンク → 最適化軽量H2 CFRPタンク → タンク設計の改善、新材料およびライフサイクル

4 配線の単純化（フレキシブルサーキット） → 導電構造 → 電子システムの統合、ワイヤレスコントロール

5 シートシステムの軽量化 – 材料と設計 → シートとコックピットを基本車両構造に統合

4 配線の単純化

電気・電子コンテンツの増加で配線質量も増える傾向にある。回路の合理化や、軽量ワイヤ・フレキシブル回路の使用（例えばTeslaとLear Corporationの提携、BMW i VenturesのCelLinkへの投資など）により、配線の必要性が少ない導電性ボディ構造（埋め込みストリップ等）にシフトしていく可能性が高い。加えて、機能統合と配線コントロールも配線質量を削減する。配線は、車体重量のほぼ5%を占めており、軽量化のチャンスは大きい。

5 シートシステムとコックピット

現在、シートシステムの軽量化は、主として座席フレームへの合金の使用に重点がおかれ、（製造プロセスの改善により）複数パーツに替わる単体パーツの採用やポリマー材料の使用が進んでいる。新しいアーキテクチャーの車両にはBIWにシート・コックピット構造を統合できる可能性が非常に高い。また、業界では、部品同士の接合の削減や、システムベースの全体設計といった考え方が増えてきている（例えばCAV、アーバンモビリティに関して）。

2020 2025 2030 2035 2040 …

製造・プロセス主導

設計を製造および工程表開発と並行して行うコンカレント設計は、従来の順次開発プロセスでは実現できない全体的なソリューションの開発を可能にする。

ロードマップ2020
軽量車両とパワートレイン構造

テクノロジーのロードマップ

設計主導

材料主導

ボディ
シャーシ
クロージャー
グレージング

パワートレイン

電気系統

内装

製造・プロセス主導

材料ライフサイクル

1

フレキシブルで拡張性のあるモジュラー型プラットフォーム

このようなプラットフォームの使用は、軽量化推進の重要な一歩である。工程表と部品表は、システム最適化を目指す全体アプローチの一部として捉えると、軽量化の大きな機会となる。また材料選択、接合技術、組立プロセス手順、プラントレイアウト、製造のフットプリント設計をすべて組み合わせれば、いっそう軽量化を推進できる。

新しいEVプラットフォームや将来のモビリティビークルは、このようなシナジー効果を探る出発点となりうる。拡張性のあるモジュラー型システムはスケールメリットがあり、軽量化戦略の実現に寄与する。

2

軽量化の鍵となる接合技術

多点接合（リモートレーザー溶接、熱間・冷間・熱可塑性溶接等）、接合（速乾性樹脂等）、機械接合（セルフピアスリベット、ファスナー、フリクションビット接合等）といったマルチマテリアルのための単体材料プロセスの開発は、軽量化の大きな機会となりうる。

安定的な接合を実現し、接合材料の利用を最適化するための設計仕様を可能にするためには、オートメーションとロボットが不可欠である。

またタクトタイムを短縮することで、新生産ラインの効率化と、ショップフロアレイアウトの改善が可能となる。

3

ニッチかつ量産のALM

機械加工の必要を減らしながらコスト効率が高くユニークな形状を可能にする金属加工（積層造形法や金属射出成形等）が、現在、ニッチアプリケーションで使われている。

長期的には、高度に自動化されたプロセスとスケールアップした迅速な生産システムにより、マルチマテリアルのネットシェイプ製造技術が最適な性能および軽量化を実現できるようになるだろう。中空構造部品、複雑形状部品、メッシュコンポーネントが、将来の車両構造に組み込まれると予想される。

1 モジュラープラットフォームのためのフレキシブルな組立ライン → 拡張性のある製造、マルチプロダクトの可変的生産

2 マルチマテリアル構造のための量産接合プロセス（例えば熱・冷間溶接、自動接合）

3 軽量化のためのニッチALM部品 → 量産積層造形（中空部品、複素幾何学、メッシュ）

2020 2025 2030 2035 2040 …

材料ライフサイクル

CFRPとポリマーは軽量化の可能性を大きく高めるものの、LCAの開発および生産とリサイクルにおけるエネルギー使用量の削減が引き続き求められている。

設計主導

材料主導

- ボディ
- シャーシ
- クロージャー
- グレージング
- パワートレイン
- 電気系統
- 内装

製造・プロセス主導

1

マルチマテリアル構造

マルチマテリアル構造は軽量化に役立つものの、LCA要件を満たすには、設計およびエンジニアリングのプロセスで、リサイクルのための解体・材料分離に対応する必要がある。

クローズドループの材料リサイクルとサプライチェーン

ほとんどの材料に関してバリューストリームを意識したクローズドループのサプライチェーンが開発されている。しかし新材料、ポリマー、CFRPに関しては、この分野でのさらなる成熟と発展が必要である。

2

エネルギー効率の高い材料生産

CFRPの製造はエネルギー集約度が高い。研究によれば、生産に要するエネルギーはスチールが50MJ/kgであるのに対し、CFRP製部品（50%の体積率）は最大800MJ/kgに上る。再生可能エネルギーを由来とするグリーン電力に、エネルギー需要を引き下げるプロセスの改善を組み合わせることが、マルチマテリアル供給にとっての重点分野であり、経済的な利益にもつながる。

2050年までにネットゼロ目標を達成するには、エネルギー集約的な材料生産プロセスを批判的に検討することが必要である。

3

ポリマーと複合材料のLCAに関する配慮

ますます厳格化するLCA要件を満たすには、リサイクル可能なポリマーとCFRPの開発や、循環型経済を支えつつ経済的にも成り立つサプライチェーンが必要である。

サステナブルな調達

ポリマーと複合材料の中核にあるのは炭化水素である。現在、（非石油系の）サステナブルなバイオ材料を使った代替材料を生成する取り組みが有望視されている。

材料ライフサイクル

1. マルチマテリアル構造の自動解体技術 → 成熟したクローズドループの材料リサイクルおよびサプライチェーン
2. エネルギー効率的な材料生産と脱炭素化、特にCFRP → ネットゼロに重点をおいた材料生産
3. ポリマーおよびCFRPリサイクルの拡大と再利用LCAバリューチェーン → ポリマーおよび複合材料のサステナブルな調達

2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | …

用語集

略語	解説
ALM	積層造形法（Additive Layer Manufacturing）は、本来ラピッドプロトタイピングに用いられていたもので、2次元層を多数積み重ねることによって3次元部品を作成する。3D印刷から電子ビーム溶解まで、さまざまな形態の積層造形がある。
BIW	ボディ・イン・ホワイト（Body-in-white）。車両の構造シェル。
CAVs	コネクテッド・自律走行車（Connected and Autonomous Vehicles）。多種多様な自律性のレベルやテクノロジーを有する自動運転車の総称。
CFRP	炭素繊維強化ポリマー複合体。
LCA	ライフサイクルアセスメント。プロダクトの環境負荷をライフサイクルの全段階で評価すること（例：原料採掘から始まり、加工、製造、使用、そして最終的なリサイクル、廃棄まで）。
MIM	金属射出成形（Metal Injection Moulding）。プラスチック射出成形と粉末冶金という2つの確立された技術を融合したプロセスで、微粉化した金属をバインダー材と混合して原料とし、それを射出成形により成形・固化する。
マルチフィジックスシミュレーション	複数の相互作用する物理現象（例えば、回路内の電流、電気モーター内の磁界、ドライバーへの物理的フィードバック、電池からの化学反応など）のコンピュータシミュレーション。
NIO	中国の電気自動車メーカー（上海蔚来汽車）。
NVH	騒音・振動・ハーシュネス（Noise, Vibration and Harshness）。
TPS	熱推進システム（Thermal Propulsion System）。エンジンまたは燃料電池と熱システムや電気システムを統合することにより、車輪への電力供給管理や、廃エネルギー回収による性能・効率向上を図る装置。TPSの主な特徴は一次エネルギーが（電池のように電気化学的ではなく）化学的に貯蔵されることにある。
MEB	独フォルクスワーゲングループのモジュラーエレクトリックドライブマトリックス。ブランド内の複数モデルの量産を支える電気自動車の共同プラットフォーム。

本報告書の作成にあたりSpell Creative社、Mindraft社にはデザイン、執筆への協力、またBMG Research社にはAPCに代わり自動車業界ロードマップアンケート調査の実施、支援を頂きましたことに厚く御礼申し上げます。

APCがまとめた自動車業界のコンセンサスロードマップ

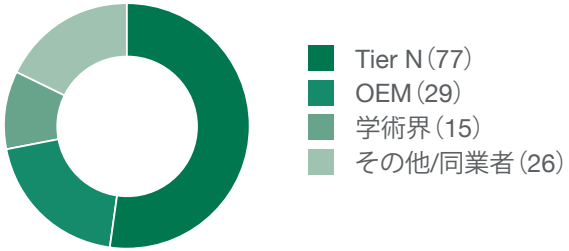
2020ロードマップの刷新参画サマリー

ロードマップ刷新に参画した会社の分布

109の業界組織、団体がワークショップ、インタビューに参加

38の業界組織、団体がオンライン形式によるアンケート調査に参加

合計参画数：147自動車業界組織、団体



世界中の企業の参加によりグローバル観点を提供

イングランド
ウェールズ
オーストリア
オランダ
シンガポール
スイス
スウェーデン
スコットランド
ドイツ
ベルギー
日本
米国