

F R O S T  S U L L I V A N



Mobility as a Service

カーエレクトロニクスで次世代の交通手段とモビリティ体験を創造する

Frost & Sullivan ホワイトペーパー
村田製作所とのコラボレーション

muRata
INNOVATOR IN ELECTRONICS

目次

1. 概要	03
A. なぜMobility as a Serviceなのか？	03
B. MaaS の定義	04
C. MaaS のトレンド、推進要因、抑制要因	07
2. ソリューション：主要事業者、ケーススタディ、構成要素	09
A. 北米	09
B. 欧州	12
C. 日本	14
D. 中国	16
3. MaaS の実現要因	18
A. ルート計画と決済	18
B. 先進運転支援システムと自動運転（ADASとAD）	19
C. 車両のコネクティビティ	21
D. 状態センシング	23
まとめ	25

1. 概要

A. なぜMobility as a Serviceなのか？

都市化によりモビリティは変化し続けています。国連によると、世界人口の半数以上が都市部に住んでおり、その数は増え続けて 2050 年には 70% に達するとみられています。都市部へ経済活動が集中し、通勤を含めた人々の往來の継続的な増加に公共交通システムが追いつかなくなると、個人によって提供される交通需要も、都市部、郊外、農村部で変化します。郊外に住む人々には、都市部に比べて公共交通機関の選択肢が少ないため、1台ないし複数台の車両を所有することがますます強いられることになります。人口の少ない地方に住み、そこで働く人々には、個人の移動手段に対する同様のニーズがありますが、利用者が少ないためサービスの提供はより困難になります。

多くの都市では、かつてないほどの交通渋滞と汚染が発生しています。自動車は温室効果ガスの主な排出源です。高汚染国からの排出による悪影響に対処するための医療費だけで、既に世界の国内総生産（GDP）の約4%が毎年費やされており、大気汚染による予防可能な死亡者数は、依然として膨大な数にのぼります。WHOによると年間420万人、欧州環境機関によると欧州で40万人となっています。また、渋滞による経済的コストも注目し値します。モビリティ分析企業 INRIX社の推定によると、交通渋滞による生産性の損失は、米国だけで年間約870億ドルに上ります。

公共交通機関の選択肢がさらに限られている途上国では、交通渋滞や自動車の排気ガスが人々の福祉や環境にもっと深刻なリスクをもたらします。例えば、インドのデリーでは、近年、危険な空気質レベルを理由として、政府は何度も道路を閉鎖しました。

スマートフォンもモビリティの変革に貢献しています。GSM Associationによると、スマートフォンは2014年に全世界のモバイル接続の30%ほどに過ぎませんでしたが、現在では約3分の2を占めています。スマートフォンの利用により、モビリティ関連を含む多くのサービスにおいて、使いやすさ、利便性、速さに対するユーザーの期待が変わってきました。米国で始まった配車サービスの過去10年間に於ける普及は、スマートフォンが可能にしたもので、交通手段の選択肢を増やし、公共および民間の交通事業者のサービスを向上させるという世界的な需要に直接対応するものです。

配車サービスの参入により、Mobility as a Service (MaaS、読み：マース) の概念に対する意識が高まっています。

スマートフォンもモビリティの変革に貢献しています。スマートフォンは2014年に全世界のモバイル接続の30%ほどに過ぎませんでしたが、現在では約3分の2を占めています。



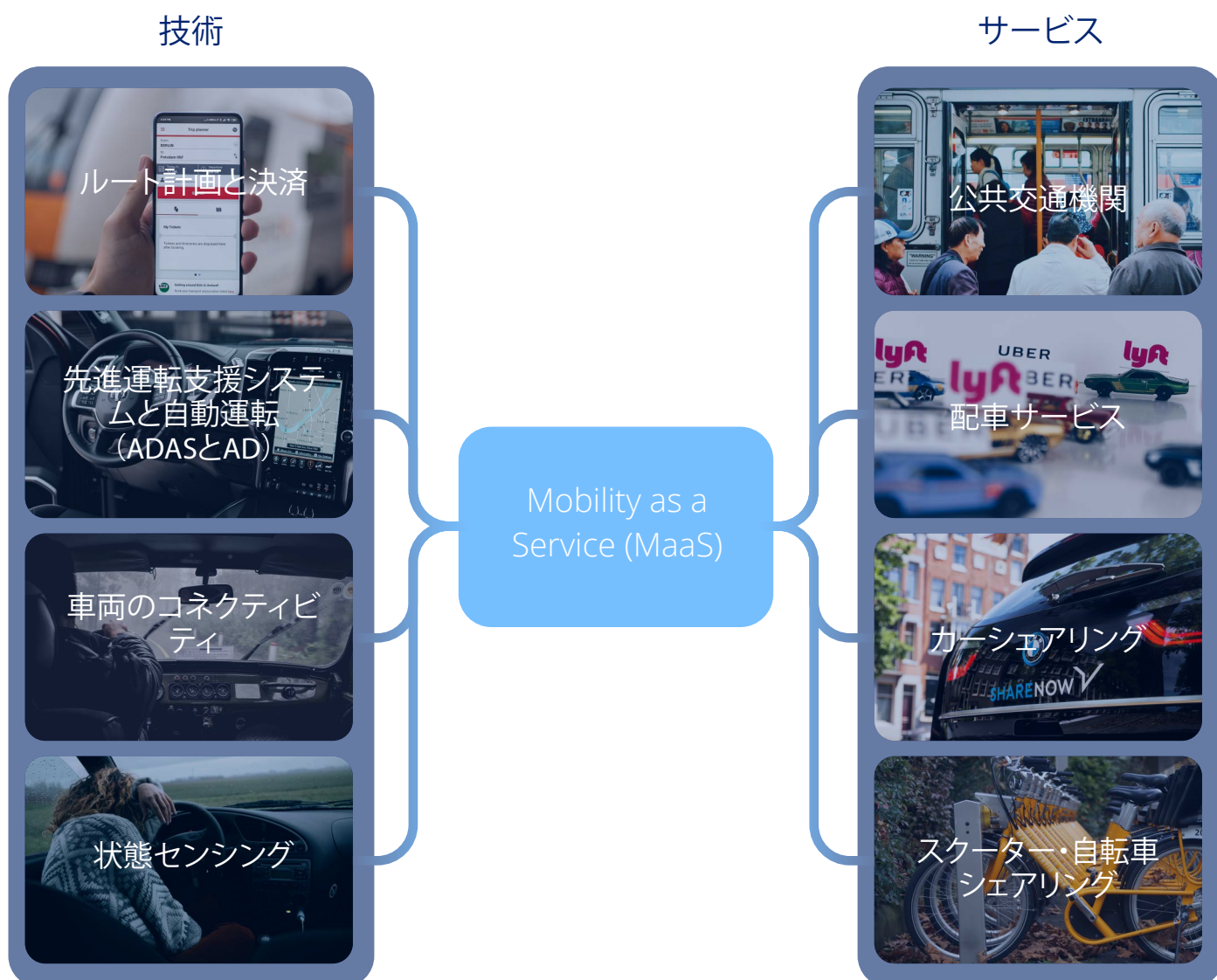
B. MaaS の定義

配車サービスにより予約と決済の統合が普及していますが、実際のMaaSは、配車サービス、カーシェアリング、公共交通機関、スクーター・自転車シェアリングなど、交通手段の選択、予約、決済を一つのサービスに統合することです。

この定義は正しいのですが、交通サービスの統合を可能にする技術を十分に説明したものではありません。そこで、このホワイトペーパーでは、次のようにMaaSをより広く包括的に定義します。

MaaSとは、交通手段の選択、予約、決済の単なる統合ではなく、ルート計画と決済、自律走行と先進運転支援システム(ADAS)、車両のコネクティビティ、健康福祉機能などの主要な基盤技術が高度化したものです(図1)。

図1:MaaS技術とサービス



このように理解すると、MaaSがどのように様々なモビリティサービスの不便な点を最小限に抑えつつ、渋滞を減少させ、交通機関のキャパシティの制約に対処するかがより明確になります。MaaSでは、全形態の交通手段をすべての利用者がいつでも利用できるようになるため、都市部と郊外の人々が個人の移動手段として車両を所有する必要が減り、都市部の交通渋滞が緩和されます。MaaSにより、駐車場や車両から降りずに利用できる施設の数減らして公園など公益施設に転換する可能性が広がります。この恩恵を受けるのは、都市部やその近郊にとどまりません。MaaSによって、交通事業者が経済的かつ持続可能な方法で、人口の少ない地域の人々のモビリティニーズへの対応が可能になります。

最重要なこととして、MaaSの基盤技術のおかげで、あらゆる交通手段の安全性、信頼性、利用しやすさが大幅に改善されます。MaaSの最終目標は、シームレスな複合一貫旅客輸送、またドライバー、乗客、交通サービス事業者のすべてにとって、交通手段の利用と管理が便利で簡単になることです。

広義のMaaS技術セグメントとサービスセグメントの合計収益は、2020年に全世界で927億5,000万米ドル相当となっており、このうちサービスが全体の56%を占めています(図2)。

MaaSの最終目標は、シームレスな複合一貫旅客輸送、またドライバー、乗客、交通サービス事業者のすべてにとって、交通手段の利用と管理が便利で簡単になることです

図2: 世界のMaaS市場収益(2020年)

出典: フロスト & サリバン社

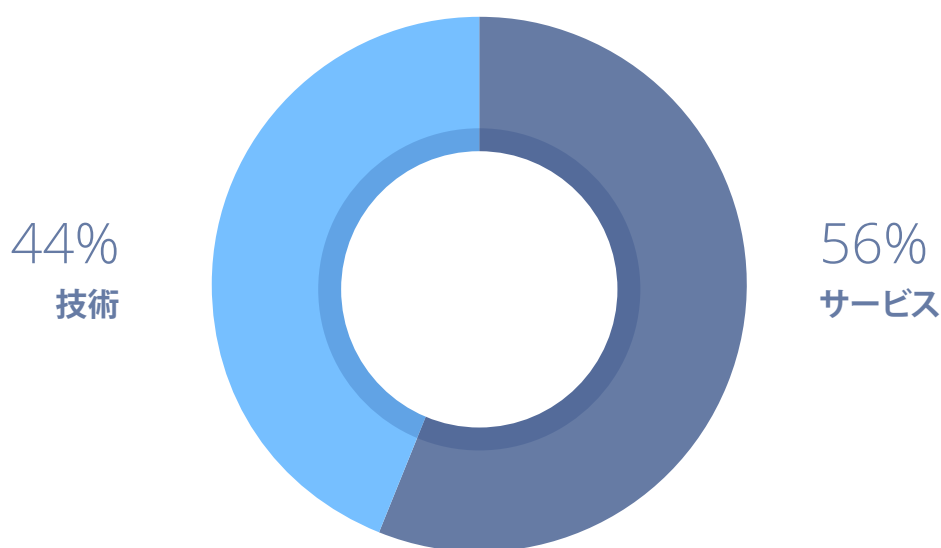
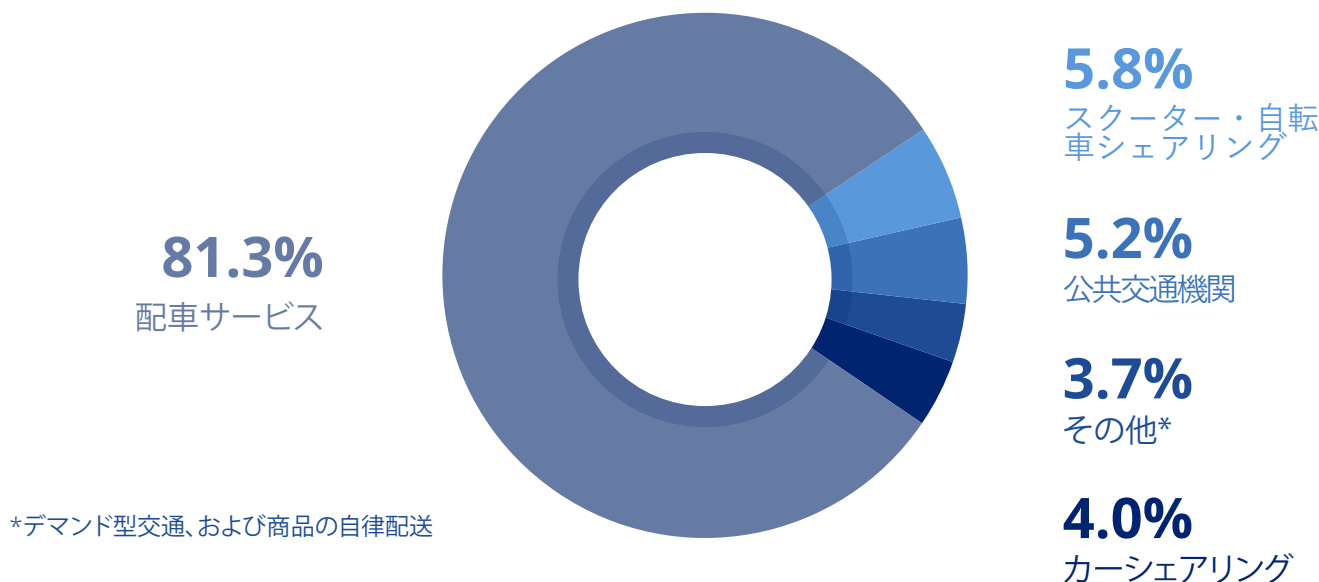


図3: 世界のMaaSサービス市場収益(2020年)

出典: フロスト&サリバン社

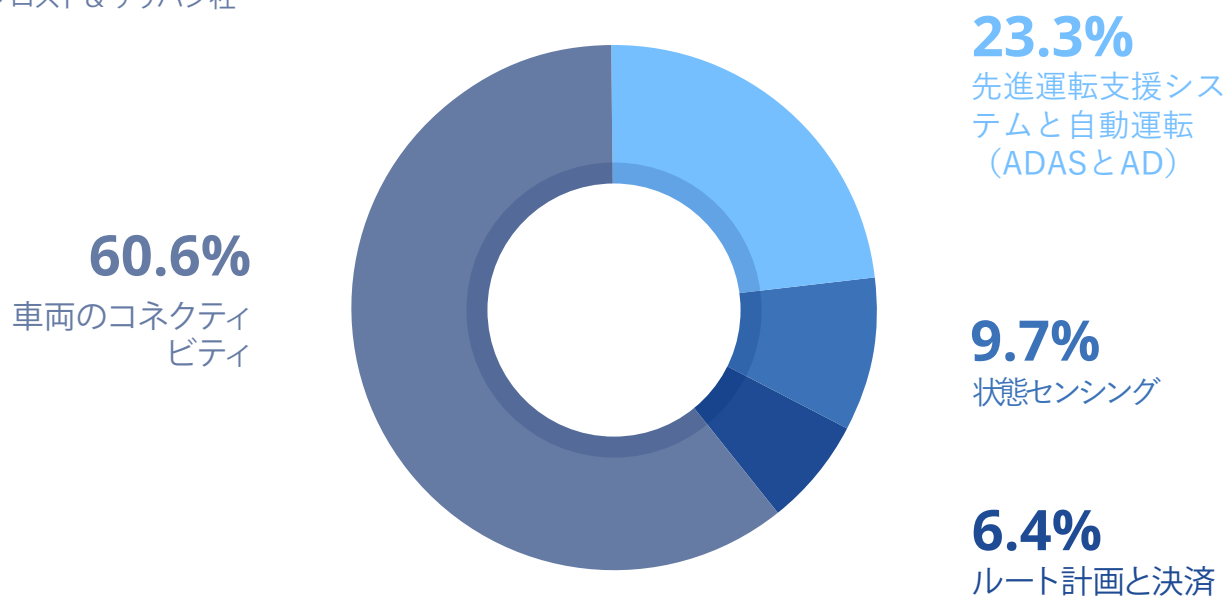


MaaSを構成するサービスの収益で大半を占めるのは、配車サービスです(図3)。

配車サービス企業は多くの国でサービスを提供しており、大抵の場合、このビジネスを他のモビリティサービスに進出する足掛かりとしています。

図4: 世界のMaaS技術市場収益(2020年)

出典: フロスト&サリバン社



MaaS技術では、車両のコネクティビティが最大の割合を占め、自律走行とADASがこれに続きます(図4)。車両のコネクティビティとADASを活用して車両の利便性や機能を向上させることは、MaaSが、いかに早く誰もが利用しやすいシームレスな複合一貫旅客輸送に前進するかを左右します。

C. MaaS のトレンド、推進要因、抑制要因

今後数年間は、以下のトレンドが、MaaS関連の機会と技術における成長や進歩を定めることになります。

高速ネットワーク



携帯電話やインターネットの高速接続は、消費者と企業にとってどこでも当たり前のものになってきており、交通機関の効率性、使いやすさ、利便性の基準はますます高まっています。例えば、当日配達や翌日配達、オンデマンドのタクシーやスクーターなどが挙げられます。今後10年の間に多くの市場で5Gネットワークが主流になれば、プラットフォームやアプリの使いやすさへの期待はさらに高まります。アプリはモビリティサービス事業者にとって、単にユーザーやドライバーとの対話のためのデフォルトの手段ではありません。アプリのインターフェースやトランザクション処理が、ローカルネットワークで利用可能な最高速度に匹敵する即応性を持つことを意味しているのです。また、ユーザーは高速なサービスに慣れるにつれて、モビリティサービスのダウンタイムや中断に耐え辛くなってゆきます。

高速接続を最大限に活かしたモビリティサービスを提供する際の大きな課題は、コストです。データ使用は無料ではなく、多くのユーザーにとって非常に高価なものになり得ます。モビリティサービス事業者が、速度を最適化して、手の届く価格を考慮しないと、MaaSの潜在ユーザーの多くが取り残される恐れがあります。とはいえ、類似のオンデマンドサービスをまとめて規模を拡大するなど、手の届く価格の懸念を解決する方法は確かにあります。

データ共有



異種サービスをまとめると同時に、シェアモビリティのプラットフォームとアプリを横断したシームレスな体験を確保するためには、企業間でデータを共有する必要があります。これにより異業種を横断した提携が増えることになります。例えば、充電スタンド事業者、バッテリーパック事業者、および配車サービス事業者が提携し、シェアモビリティの電気自動車を提供します。自動車メーカー、保険会社、ディーラー、および部品供給者が提携し、車載式故障診断装置と車載通信ネットワークを利用した、訪問、遠隔、移動式の作業サービスを提供します。ナビゲーションサービス事業者、通信事業者、決済事業者が提携し、インフォテインメントとナビゲーションを統合して、食事やエンターテインメントの最寄りで最適な選択肢を提示します。

しかし実際には、多くのモビリティ事業者が、自社の保管データを専有のものと考え、他社とのデータ共有に躊躇しています。例えば、公共交通機関のサービスが、第三者企業のサービスに組み込まれている場合、公共交通機関の運営者は、もし自社のサービスが、第三者企業のサービス基準を満たすことができないと、より大きな責任を背負い込んでしまう可能性があることについて、当然、懸念を抱くことでしょう。種類が異なる組織が関与する場合は特に、信頼できるデータ共有のために規則や規制の枠組みを作ることが不可欠です。また、データの機密保護と匿名性に関する基準も設ける必要があるでしょう。

スマートシティ



配車サービスの普及により、政府や都市計画者は、通勤体験を改善する必要性をより強く認識し、技術ソリューションを利用して地域の交通課題に取り組むようになっていきます。例えば、試験エリアにスマート交通信号やスマート交通標識を設置することで、より大がかりで広範囲な交通管理構想への地固めが着実に行われています。この種のプロジェクトに命を吹き込むために、官民連携で政府の資金と民間企業の専門知識を結びつけることが、一般的で広く受け入れられています。

官民連携がスマートシティの標準になっている状況下において、根本的な課題となっているものは、次のような面を調整して、連携を適切に構築することです。例えば、インセンティブ契約の報奨授与において、プロジェクトの成功を測り、交通事業者を平等に扱うよう徹底するのは困難なことです。また、重複するプロジェクトにおけるデータの所有権と責任を適切に規定して早期に合意しないと、紛争に発展する恐れがあります。

所有型からサブスクリプション型モデルへの移行



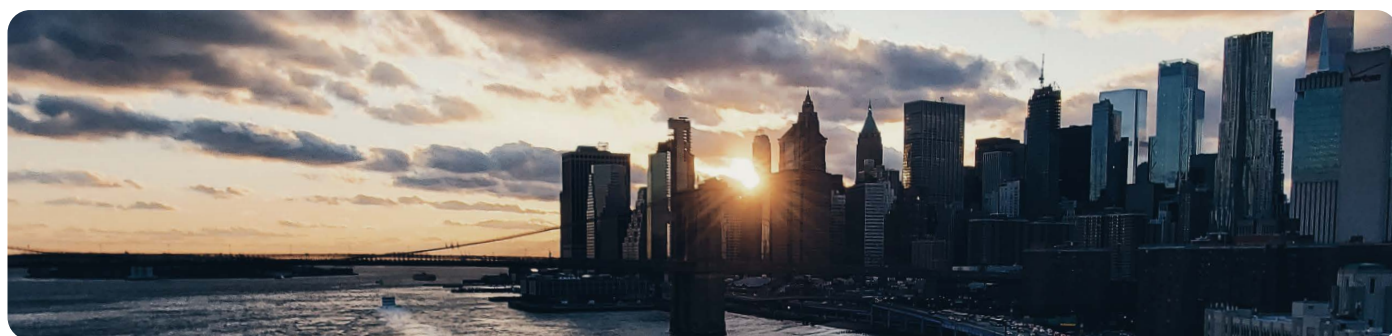
この移行は、モビリティサービスと車両の両方で起きており、この移行により融通性が高まり、所有コストと責任を軽減でき、種類の異なる車両を体験する機会を持てるようになります。顧客を維持し顧客ロイヤリティを育てることは、車両の使用状況と顧客の行動に関するデータに依存しています。これを可能にするのが、車載式故障診断装置とテレマティクスの搭載であり、いずれもあらゆる新車の標準装備になりつつあります。配車サービス事業者は、車両保険や融資など、隣接する分野への進出が可能になるでしょう。

広域高速ネットワークと同様、車両とモビリティサービスのサブスクリプションは、幅広いアクセスと手の届く価格という課題に直面しています。例えば、複合一貫サービスをサブスクリプションで利用するユーザーは、様々な交通手段を通して一律の料金設定を期待するでしょう。配車サービス、公共交通機関、タクシー、スクーターなどの各種サービスを、大多数の対象ユーザーが手の届く価格の共通モデルに含めることは、MaaS事業者にとって課題となります。

2. ソリューション：主要事業者、ケーススタディ、構成要素

A. 北米

北米は、歴史的に自動車を中心とした交通システムを持つ多くの大都市が存在するため、ライドヘイリングなど自動車をベースとするMaaSの最大市場となっています。Uberは共有モビリティ市場で収益の80%以上を占め、圧倒的な存在感を示しています。米国における他の主要な共有モビリティ事業者は、Lyft、Curb、Via、およびArroです。北米市場は、比較的規模が大きいにもかかわらず、今後2、3年の間に力強い成長が見込まれています。これは、多くのスタートアップがUberやLyftに挑み、あらゆる交通手段に対応し、パーソナライズされたオンデマンドサービスを提供するプラットフォームを開発しているためです。



主なMaaSサービスプロバイダ

企業

提供サービス

Communauto Inc.	市内・市外移動用のカーシェアリングビジネスアプリケーション
Uber Technologies	配車サービス、フードデリバリー、小包配達、宅配、貨物輸送
Lyft	レンタカー、自転車・スクーターシェアリング、フードデリバリー
Cubic Corporation	公共交通機関アプリ
Curb Mobility	オンデマンドのタクシーアプリ
Via	オンデマンドのシャトルアプリ
Arro	オンデマンドのタクシーアプリ



主なMaaS技術プロバイダ

企業

提供サービス

Moovit Inc. (Intel子会社)	リアルタイムの旅程計画、旅費決済、公共交通API、都市モビリティ分析
Waymo (Alphabet子会社、前身はGoogleの自動運転プロジェクト)	自律走行技術開発、自動運転タクシー
Zoox Inc. (Amazon子会社)	オンデマンドの自律走行ライドシェアリングサービス
Airbiquity	コネクテッドカー向けテレマティクスソリューション、自動技術統合、データ管理
Lytx	映像テーマ別ソリューション、車両安全管理システム、車載モニタリングシステム、ドライバー行動モニタリングシステム

ケーススタディ Zoox ロボタクシー



電子商取引の世界大手Amazonは、乗客用に設計された完全自律型のロボタクシーを開発するため、2020年に米国の自動運転技術企業Zooxを120億米ドルで買収しました。Zooxによると、今後数年間の計画は、サンフランシスコとラスベガスでアプリを使用した自律走行タクシーサービスを展開することです。

2020年に公開されたZooxのロボタクシーは、乗客定員4人で最高速度は時速120kmです。Zooxによれば、同社のロボタクシーが、展開されている自律走行車の中で唯一4輪駆動で双方向走行が可能です。また、冗長性のあるパワートレインとバッテリーを故障診断システムと連動させることで、重大な単一故障点がないように設計されているとのこと。

現在Zooxの中心事業は自律走行タクシーですが、今後はAmazonの即日配送を徹底する配送車を配備し、特に「ハイパーローカルフルフィルメント」(市内のフルフィルメントセンターからの配送)、物流サービス、食品、雑貨、小包の配送を展開するとみられます。

120億米ドル

電子商取引の世界大手Amazonは、乗客用に設計された完全自律型のロボタクシーを開発するため、2020年に米国の自動運転技術企業Zooxを120億米ドルで買収しました



B. 欧州

欧州のMaaSは、公共交通機関と民間交通機関の間でシームレスに移動できるサービスの構築に焦点を当てています。欧州各国は経済的にも地理的にも密接な関係にあり、欧州連合(EU)によって規制が統一されているため、MaaSはプライバシーとデータ・セキュリティを重視したもので、言語やプラットフォームを横断した相互利用が可能です。主要なMaaS事業者は、顧客がサービスの組み合わせを設定して購入し、おすすめリストから理想的な交通手段やサービスを選択できるソリューションを開発しています。

主なMaaSサービスプロバイダ

企業

提供サービス

Free Now (BMW-Daimler合併事業)	アプリで黒塗りタクシーと自家用車を使用した配車サービスの両方を利用できるロンドンの配車サービス
Transdev	公共交通機関の情報を提供する統合モビリティサービス
Transit App	カーシェアリング、自転車シェアリング、貸切タクシー、配車サービス
RATP	バスや地下鉄などの公共交通サービスの情報を提供するパリの国営交通機関運営会社

主なMaaS技術プロバイダ

企業

提供サービス

Whim	自動車、自転車、タクシー、公共交通機関のモビリティサブスクリプション
UbiGo	リアルタイムの旅行計画、チケット予約、決済サービス
Citymapper	公共交通機関の乗り換えアプリと地図作成サービスで、ライブアップデート、入力した目的地で利用可能な交通手段、データの統合と管理を提供
EasyMile	乗客用と荷物用のドライバーレス車両ソリューション

ケーススタディ Whim Global



Whim Globalは、様々な交通サービスを一元化した月次サブスクリプションプランで提供するMaaS事業者です。Whimユーザーは、単一のインターフェースで公共交通機関、シェアスクーター、シェア自転車、フェリーのチケット、タクシー、レンタカーが利用できるアプリ1つで、移動の計画、予約、すべてのモビリティサービスの決済ができます。

Whimは自社の位置づけを、環境上持続可能な、自家用車の直接的代替手段としており、2030年までに100万台の自家用車をWhimのサブスクリプションに置き換えることが目標です。Whimは現在5カ国（フィンランド、オーストリア、ベルギー、スイス、英国）で利用できますが、より多くの市場に進出するため、スペインを拠点とする類似のスタートアップ企業Wondoを最近買収しました。

100万台の自 家用車

2030年までに100万台の自家用車
をWhimサブスクリプションに置き
換えることが目標です



C. 日本

日本は欧州や北米に比べMaaSサービスと技術の市場規模は小さいですが、公共交通機関の広範なネットワークをMaaSサービス構築の基盤に利用することができます。さらに重要なのは、MaaSをスマートシティプロジェクトに組み込む方法や、政府がこうした取り組みで民間企業と積極的に連携する方法を示す上で、日本が先導的な役割を果たす可能性があるということです。2020年5月に制定された法律では、特定の地方自治体がスマートシティの企画開発に民間企業を関与させることが認められ、大都市圏に近接しておらず人口の少ない場所を活性化することが見込まれています。スマートシティの実証実験としては、パナソニックが主導する神奈川県「Fujisawaサステナブル・スマートタウン」や、アクセンチュアが主導する福島県会津若松市の「都市OS (都市のオペレーティングシステム)」などがあります。

主なMaaSサービスプロバイダ

企業

提供サービス

Monet	配車サービス、シャトルバスサービス、タクシーサービス
JR東日本	電車とバスの情報を提供する公共交通機関サービス。日本最大の決済・公共交通機関用ICカード (Suica) の管理と運営

主なMaaS技術プロバイダ

企業

提供サービス

ウーブン・プラネット・ホールディングス・グループ	自律走行技術開発 (ウーブン・コア)、スマートシティプロジェクト (ウーブン・アルファ)、技術投資 (ウーブン・キャピタル) の持株会社
ティアフォー (Tier IV)	乗客・貨物の移動用自動走行インテリジェントカー向け自律走行ソフトウェアのオープンソース開発
株式会社ヴァル研究所	日本のMaaS Globalに統合された「駅すばあと」(ルート検索と決済のためのアプリケーションプログラミングインターフェース) のソフトウェア開発者

ケーススタディ トヨタのウーブン・シティ



トヨタ自動車は、CES 2020において、静岡県富士山麓にスマートシティ「Woven City (ウーブン・シティ)」を開発することを発表しました。Woven Cityの構想は、新技術をテストする「生きた実験室」で、70ヘクタールの敷地に約2,000人の住民が暮らすことになっています。

自律走行型の電気自動車が、Woven Cityで唯一許された車両となり、無人運転車が専用道路と地下を走行して、各家庭の「スマートポスト」への荷物の配送、ゴミの収集、物流センターでの荷物の引き取りなど、複数の作業を行います。Woven Cityの各所に設置されたセンサーとカメラが、収集したデータを地上の無人運転車に提供することで、無人運転車は安全に運行し、街の状況に迅速に対応できます。

このプロジェクトを預かる持株会社ウーブン・プラネット・ホールディングス・グループは、Woven Cityを自律走行車開発の主要拠点にしたいと考えています。グループは特に地図作成に注目しており、いすゞ自動車、日野自動車、三菱自動車と自律走行車用の高精度地図に関する契約を結んだことを発表しました。また、ソフトウェア開発を強化するため、配車サービス企業LyftのLevel 5部門、および米国のAI企業CARMERAの両方を、2021年に買収しています。

自律走行

無人運転車が専用道路と地下を走行して、各家庭の「スマートポスト」への荷物の配送、ゴミの収集、物流センターでの荷物の引き取りなど、複数の作業を行います



D. 中国

中国は、人口と車両保有数の観点から見た規模が大きく、MaaSサービスや技術の事業者にとって無視できない市場と言えます。2030年までに14のスマートシティが期待されている中国は、都市化率と人口密度が北米と欧州よりも高く、既にMaaS関連の好機がある活気に満ちた市場となっています。Didi Chuxing (滴滴出行) は、現在までのところ最も突出したシェアを誇る共有モビリティ企業ですが、T3 Chuxing (T3出行) など多くの比較的小規模な企業が、地域密着で多様なサービスを提供しています。特に自律走行タクシーは、パーソナルモビリティの次なる開拓分野として、中国の大手技術企業やモビリティ企業から大きな関心が寄せられており、これがMaaSを中国のほぼ全人口にとって真に手の届く価格で利用可能なものにすると考えられています。

主なMaaSサービスプロバイダ

企業

提供サービス

Didi Chuxing (滴滴出行)	ハイヤー車両サービス、モバイル交通プラットフォーム
AutoNavi (高德)	地図作成、ナビゲーション、位置情報サービスプロバイダー
Baidu (百度、バイドゥ)	配車サービス
Meituan Bike (美团單車)	自転車・スクーターのシェアリングサービス
T3 Chuxing (T3出行)	配車サービス

主なMaaS技術プロバイダ

企業

提供サービス

Baidu Apollo (百度Apollo)	インターネット関連、およびAI (人工知能) ベースのサービス
AutoX	高度な自動運転AIプラットフォーム
Pony Pilot	自律走行型ロボタクシー
Momenta Flywheel	自律走行型自動運転車技術

ケーススタディ Baidu Apollo のロボタクシー



検索エンジンとAIの企業Baiduは、2020年に中国初の有料ロボットタクシーサービス (Apollo Go) を開始しました。北京、長沙、滄州のユーザーは、Apollo GoまたはBaidu Maps (百度地図) アプリを使って、自律走行タクシーを呼び、目的地に送り届けてもらえます。最初に北京で導入された10台のロボットタクシーは、3.1平方キロメートルのエリア内でサービスを開始しました。その結果、規則を無視して道路を横断する歩行者を正確に識別し、安全な制動距離を維持して衝突を避けられることが分かりました。

Baiduは、2030年までに30都市で3,000台のレベル4自律走行タクシーの運行を目指していますが、全体的な目標としては、オンデマンドのロボタクシー、自律走行バス、自動運転シャトルを実現する、MaaSプラットフォームの商業化を目指しています。同社は広州市黄埔区政府と提携して、MaaSプラットフォームの試験運用を行っています。さらに、ブランドをApollo GoからLuobo Kuaipaoに変更し、ユーザー体験の向上と車両数の増加にも取り組んでいます。最近発表された中国の自動車メーカーBAIC (北汽) との提携拡大により、今後3年間で1,000台以上の無人運転車を製造することで、BaiduはMaaSプラットフォームの規模を拡大します。

2021年、BaiduはGeely (吉利) と自動運転車開発に特化した合併企業を設立することを発表しました。Baiduはまた、ごく最近発表したレベル5のコンセプト (Baiduロボカー) が、人間のドライバーと同等の能力で自主的に走行できるとしています。さらに、次世代の自律走行バス (Apolong II) も発表しており、これはラストワンマイル配送など旅客輸送以外の機能を実現する、自律型商用車の先駆けになるかもしれません。

Baiduの目標

2030年までに30都市で3,000台のレベル4自律走行タクシーの運行を目指しています。



3. MaaSの実現要因

A. ルート計画と決済

真のルート設定・旅程計画ソリューションは、単一のユーザーインターフェースで、ユーザーが交通手段の乗り換えを簡単便利に表示して計画を立てることができ、様々な支払い方法から選択できるようにするものです。これは、MaaS普及率を上げるのに不可欠です。

分散型ソフトウェアとクラウドコンピューティングによるストリームデータ処理

最も重要な機能は、動的なデータのリアルタイム更新であり、目的地に到達するための最速かつ最もコスト効率の高い選択肢を、任意の出発点からリアルタイムで生成できることです。そのためには、道路交通状況、交通機関の乗り換えを含む所要時間、実際の利用状況などのデータを統合する必要があります。最も効果的なソリューションは、範囲が局地的であるか、場所が特定した移動需要データにアクセスすることです。

リアルタイムの更新は、ストリーム処理、すなわち生成されたデータをすぐ処理することで実行されます。これは、従来のデータ処理方法であるバッチ処理（一定期間またはステップが完了した後にデータを処理すること）とは異なります。ルート設定・旅程計画の機能（リアルタイムルート検索、運賃・時間・距離の計算、ユーザーへの通知とメッセージ）は、分散型ソフトウェア（1台のコンピュータではなく多数のサーバーで動作する設計のソフトウェア）により実現しています。分散型とは、データが入ってきたときにそれを保存し、分析できるということです。また、クラウドコンピューティング（オンデマンドのコンピューティングサービス）では、ルート設定・旅程計画のプロバイダーが、自前のITインフラストラクチャーを所有する必要がなく、実際のコンピューティング力とストレージの使用量に対して費用を支払えばよい、ということになります。



最も重要な機能は、動的なデータのリアルタイム更新であり、目的地に到達するための最速かつ最もコスト効率の高い選択肢を生成できることです。

分散型ソフトウェアとクラウドコンピューティングによって実現したルート設定・旅程計画の例として、2020年11月にドイツのバーデン・ヴュルテンベルク州のカールスルーエ地域で開始したregiomoveアプリとプラットフォームが挙げられます。欧州委員会とバーデン・ヴュルテンベルク州政府からの資金提供を受けたregiomoveは、ドイツに拠点を置く公共交通ソリューション企業INITが設計したもので、カールスルーエ地域のシェア自転車、レンタカー、バス、路面電車用に、単一のインターフェースを提供しています。

regiomoveアプリは、可能なルートを提案し、各選択肢のCO2排出量、駐車場情報と営業時間などの情報を表示します。ユーザーは一括で決済し、移動中の適切なタイミングで適切な乗車券やアクセスコードを受け取ります。また、インターモーダル輸送を支えるモビリティハブとサービスターミナルの建設が進んでおり、オンデマンドのミニバスとシェア電気自動車を統合する計画もあります。

B. 先進運転支援システムと自動運転 (ADASとAD)

完全自律走行が実現すれば、MaaSはあらゆる年齢層の人々のための真にユニバーサルなサービスとなります。

完全自動運転を実現するには、車両、ユーザー、環境のデータを収集し処理する必要があり、車両のデータ管理用ハードウェア、バッファ、高速プロセッサ、イーサネットベースの電気・電子 (E&E) アーキテクチャの構成要件が変わります。現在では、「レベル2プラス」機能 (レベル2の運転支援機能をローカルデータと地図データで強化したもの) が商用化され始めており、レベル3の自律運転の商用化もそう遠くはありません。Tesla、Audi、ホンダ、Volvoは、各社ともレベル3以上の自律走行機能を実現するためのセンサフュージョンに取り組んでいます。自律走行機能の導入を促進するため、自動車メーカーはドメインコントローラを採用してアーキテクチャの複雑さを軽減し、シャーシの軽量化とデータ伝送速度の向上を図っています。

現在多くの自動車メーカーが新車に導入し始めている自律走行機能を普及させる上で、MaaSは画期的なアプリケーションであり、その手段でもあるのです。自律走行と運転支援に必要な、さまざまなセンサやデータ収集・処理技術の詳細を以下で説明します。



完全自律走行が実現すれば、MaaSはあらゆる年齢層の人々にとって真にユニバーサルなサービスとなります



ピエゾ技術

ピエゾ (圧電素子) 技術は、駐車場の障害物検知などによく用いられる、超音波センサで使われています。ピエゾセンサは、ピエゾ装置が発生させる高周波音波が反射するのにかかる時間により、駐車場の障害物と車両の距離を測定します (コウモリの反響定位に似ています)。これは、例えばオートパーキングなど、より高度な駐車支援の基盤にもなっています。

超音波センサが駐車支援機能に使われていることを考えると、同じピエゾ技術を他の高精度センサとフュージョンさせて、車車間・路車間通信 (vehicle-to-everything, V2X) にどう応用できるかを考えるのも難しくありません。センサデータをV2X通信でシェアすることで、歩行者と車両の位置関係を把握して、道路上の危険情報を伝えるのに利用できるでしょう。

ピエゾ技術を応用して、自動車のカメラに付着した汚れや雪、泥などを除去する洗浄装置も開発されています。自動運転車にとって、カメラは色や深さ、質感などの最も正確な視覚情報源であるため、カメラレンズに付着した泥やゴミを除去する洗浄装置は重要です。ピエゾ技術を利用した洗浄装置があれば、車両のカメラを常に機能させることができます。

また、ピエゾ技術はハプティクスにも利用できる可能性があり、新しいヒューマン・マシン・インターフェース(HMI)の開発につながります。超音波技術は、ハプティクスフィードバックと組み合わせることで、安全警告システムに役立ちます。ハプティクスは、HMIでのフィードバックにより、ドライバーが十分に注意を払って運転するよう万全を期すための警告を与えることができます。その一例が、ピエゾ技術を用いた村田製作所のハプティクス技術です。この方法には、ハプティクスフィードバックと振動の強さにバリエーションを持たせることができ、応答速度も速いなどのメリットがあります。また、車載インフォテインメントシステムからのフィードバックにも対応でき、安全警告に使用すれば重要な役割を果たすことになります。



MEMS技術

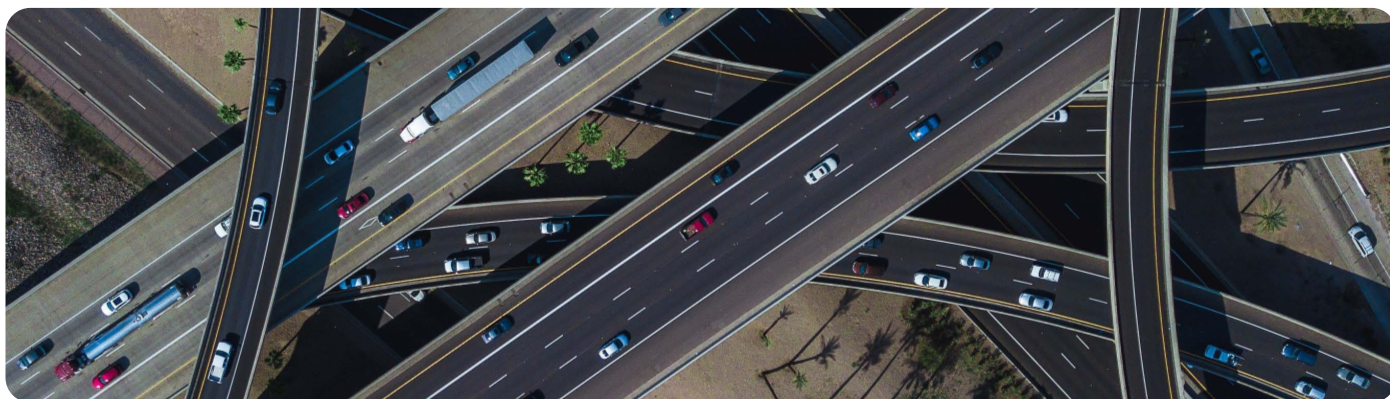
現在のカーナビゲーションシステムでは、GPS、加速度センサー、およびジャイロセンサーの情報をもとに、車両の位置情報を把握しています。ADASでは、より正確で信頼性の高いセンサーが必要になります。GPSの信号が限られている、または信頼性に欠けている場合でも安全に走行するには、デッドレコニング(自律航法)が必要なためです。微小電気機械システム(MEMS)技術は、非常に微細な加工技術であり、安定したプロセスで信頼性の高いセンサーを安価に提供することを可能にします。村田製作所が実現した6軸センサーは、すでに横滑り防止装置(ESC)とヘッドライトレベリングに使用されている、加速度センサーとジャイロセンサーをMEMS技術で統合したものです。村田製作所のセンサーは、自動車での実績があり、完全自動運転での使用に適しています。

C. 車両のコネクティビティ

現在、車両のコネクティビティといえば、BluetoothやWi-Fiを使ってスマートフォンを車のインフォテインメントシステムに接続することが一般的です。また、緊急通報機能（eCall）を義務付ける国が増えているため、TCU（Telematics Control Unit）によるセルラー通信も普及してきています。

車両のコネクティビティとは、車両がデータにアクセスし、ソフトウェアやデータをダウンロードし、他の車両や環境と通信できることを意味します。車載マーケットプレイスとオンデマンド機能は、コネクティビティによって車両の使用方法が変わる2つの主な手段です。車載マーケットプレイスは、車両搭載インフォテインメントシステムを介して小売企業と顧客とのコミュニケーションを可能にし、車両を価値あるeコマースプラットフォームに変えます。オンデマンド機能は、自動車の価格設定やファイナンスに変革をもたらすでしょう。車載マーケットプレイスとオンデマンド機能には、5G接続と、インフラストラクチャや他の車両との通信機能（V2X接続）が必要です。

MaaSでは、ユーザーのニーズにリアルタイムで対応するために、車両、車載機、交通インフラにわたってデータを収集し、共有する機能が必要です。車両のコネクティビティは車載のアプリケーションの開発だけにとどまらないことを理解する必要があります。V2Xを実現するには、信頼性の高いインフラが必要となり、収集したデータを活用して交通システムの効率を向上させる必要もあります。



V2X通信技術

V2Xには、車車間（vehicle to vehicle、V2V）、路車間（vehicle to infrastructure、V2I）、車と歩行者（vehicle to pedestrian、V2P）などの通信形態があります。

V2X通信技術は、車両が他の車両、歩行者、周辺の交通インフラと協調することを可能にします。V2X通信では、車両と周囲の物体（死角にある物体も含む）との間の、速度・位置を共有できます。V2Xでは、ドライバーに潜在的な危険を知らせることで、衝突回避率を向上させ、死傷者を大幅に減らすことができます。また、V2X技術は、渋滞を警告し、代替ルートがあればそれをドライバーに提案することで、利便性を向上させます。

V2X通信技術では、アンテナとV2Xコントロールユニットの間をひきまわすために同軸ケーブルが必要になります。しかし、ケーブルの長さに応じてロスが大きくなるため、このロスを補うコンペンセータが必要となります。V2X通信には現在DSRCとC-V2Xの2つの規格があり、国や地域によって方式が異なっています。

V2X通信では、接近する車両の存在をできるだけ早く検知できるようにする必要があります。村田製作所が開発しているような、DSRCとC-V2Xの両方に対応したHybrid方式で高出力のV2Xモジュールは、これを可能にするもので、V2Xシステムの設計をずっと容易で簡単にすることができます。

交通センシング技術

リアルタイムの交通情報を得るには、トラフィックセンサ、つまり多数の車両、信号待ちの歩行者、車両速度など、複数のデータポイントのデータを収集するデバイスが必要となります。路上に設置されたセンサと従来の信号機を併用して、たとえば渋滞の原因を分析し、都市計画改善に役立てることができます。自動化されたトラフィックセンサは、AIを使って、交通状況をリアルタイムで管理できます。スマート交通管理システムでは、収集したデータを使って交通量を予測し、交通の流れをより効率化できます。例えば、村田製作所のトラフィックカウンタシステムは、道路を走行する車両の台数や属性、特定のルートを走行する車両の平均速度、車両の排出ガス量を記録します。これらの交通データをサンプリングし続けて統合的に分析し、モビリティサービス事業者や行政機関は、この分析に基づいてルート設定や輸送サービスを最適化することができます。



バッテリー技術

電気自動車にバッテリーは不可欠ですが、インフラにおいてもバッテリーの必要があります。車両と通信するインフラが停電中でも確実に稼働し、安全性と信頼性を保証できるよう、バックアップバッテリーによる予備電源は重要です。太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電量は変動が大きいため、余剰電力を蓄え、必要なときに供給するため信頼性の高い電池が必要となります。

村田製作所は、このニーズに応えるため、All-in-One蓄電池システムを開発しました。これは、最適な蓄電池容量と必要な機能をコンパクトにまとめたハイブリッドパワーコンディショナです。

D. 状態センシング

自動車メーカーは、ドライバーや乗員の状態のモニタリング機能の開発により、他社との差別化を図っています。例えば、トヨタとFordは、両社とも車内心拍数モニターの開発を発表しています。Tesla、Mercedes-Benz、Cadillacなどに搭載されているような、ADAS機能やドライバーモニタリング機能に、いずれ健康検知・監視機能をも組み込むことができるようになるでしょう。また、酸素濃度と体温をベースにした同様の機能を、今後2、3年のうちに自動車メーカー各社が展開するものとみられます。車室内の状態モニタリング機能においては、ドライバーと乗客のモニタリング、ならびに幼児置き去り検知が重要な基盤技術となります。

MaaSでは、あらゆる運転環境下でのリスクや事故を大幅に低減するため、状態センシング機能が必要です。米国道路交通安全局（NHTSA）によると、衝突事故で発生する車両関連の負傷の15%以上は、注意力散漫によるものです。また、EUが支援している研究でも、運転時間の最大30%で注意力が散漫になっていることが判明しています。

モビリティサービスプロバイダにとって、状態モニタリングとは、ドライバーと乗客の安全と健康を、常時、危険にさらさないようにするものです。特にMaaSでは、公共交通機関と配車サービスに自律走行車が参入したことで、乗客と必要に応じたバックアップドライバーを、正確にモニタリングする必要性が高まっています。



Tesla、Mercedes-Benz、Cadillacなどに搭載されているような、注意力を検知する運転支援システムには、いずれ他の健康検知・監視機能を組み込むことができるでしょう



ドライバーモニタリング

ドライバーのモニタリングには、一般的にカメラが使用されますが、センサも利用可能です。すべてのカメラには死角があり、逆光や微光のもとでは効果が低下する恐れがあります。また、ドライバーの行動改善手段として画像や映像データを収集する場合でも、カメラがプライバシー問題を引き起こす懸念もあります。カメラによるドライバーモニタリングから、プライバシーやデータの精度への懸念を払拭するため、レーダーや振動センサ、無線センサなどでバイタルサインをモニタリングする技術が、現在開発されています。



幼児置き去り検知

子どもの安全においては、意図せずに幼児が停車中の車内に閉じ込められてしまうことが問題になっています。実際、欧州新車アセスメントプログラム (Euro NCAP) では、2023年から自動車に幼児置き去り検知機能が盛り込まれる予定です。幼児置き去り検知では、レーダー技術が一般的になりつつありますが、Wi-Fi技術にも可能性があります。

例えば、村田製作所が開発した、Wi-Fiモジュールを使った幼児置き去り検知システムはその一例です。このシステムは、車内のWi-Fi電波のわずかな変化を感知し、呼吸や動きを検知します。Wi-Fiによる幼児置き去り検知は、既存のインフォテインメントシステムにソフトウェアをインストールするだけで、幼児を検知でき、死角がないこともメリットです。

また、レーダーを使ったソリューションは、ドライバーの健康状態や車内環境のモニタリングにも利用できます。車室内での使用には短距離レーダーが適しており、車種ごとに寸法やセンサーの位置に基づいてチューニングが必要です。

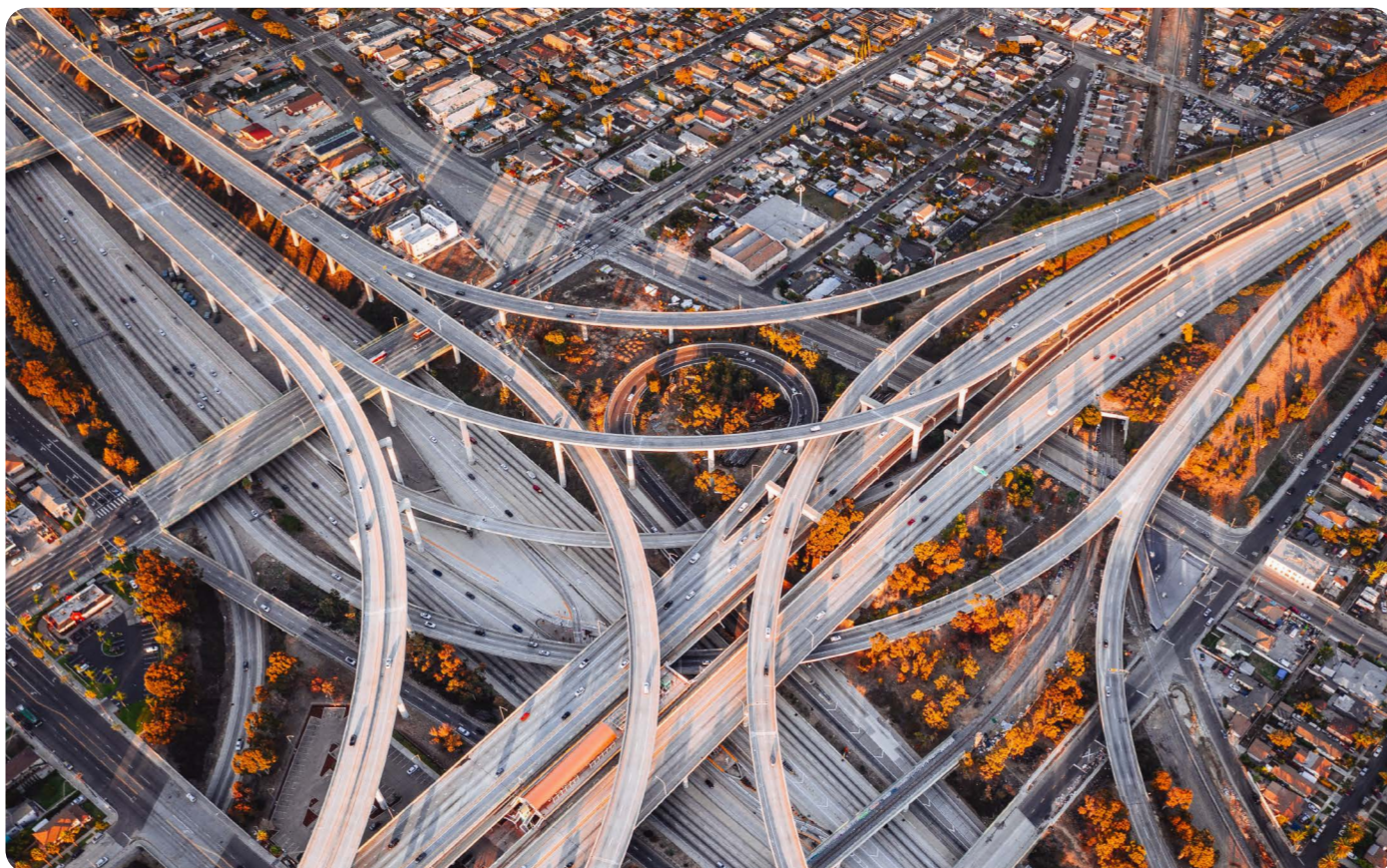
疲労・ストレスモニタリングシステム

車両にはまもなく、ドライバーの疲労や行動を検知・分析するシステムが広く搭載されるようになるでしょう。こうしたシステムは、運転操作、眼球運動、脳波 (EEG)、ハンドルの握り具合、速度などの情報を収集します。

安全のためには、自律走行が可能な車であっても、悪天候や道路標識・車線標識がない場合などの異常な状況下では、人間のドライバーにコントロールを委ねることができるようになる必要があります。これは、主にセンサーのデータに依存する自律走行システムよりも、人間のドライバーの方が適応力が高く、適切な行動を取れるという考えに基づいています。このため、自律走行が進化し続けていても、ドライバーのストレスや疲労のモニタリングは依然として重要です。

本来は車載用ではない技術でも、MaaS市場で利用できるものがあります。例えば、村田製作所の疲労ストレス計は、本来従業員の健康管理のため開発されたものですが、ドライバーや運行管理者にとっても価値のあるものになり得ます。ドライバーは、健康モニタリングにより、ドライバーの健康状態に起因する事故を未然に防ぐことができます。例えば、法的には休憩時間の規則を遵守していても、十分な睡眠をとれていないドライバーを検知し、運転させないようにできます。また、車両管理者にとっても、ドライバーのストレスや疲労をモニタリングすることでミスを軽減し、よりスマートな運行管理ができます。

まとめ



都市化が進み、交通機関の利便性への期待が高まっていることから、世界各地で MaaS の普及が進んでいます。都市の発展に伴い、自動車の排出ガスや、交通渋滞による移動時間の増加が、健康、環境、経済にもたらす悪影響を、より積極的に管理する必要があります。車両の所有に代わる選択肢を促進し、交通システムをリアルタイムの状況により適応させることで、MaaS のサービスと技術は、すべての人のモビリティニーズにとってますます重要なものになります。

MaaS は、単に異なる交通手段のサービスを統合するものではありません。先進運転支援システム (ADAS)、コネクティビティ、状態センシングは、車両の標準装備となりつつあります。安全性、機能性、使いやすさに対する期待の高まりが、MaaS を発展させます。

潜在的な競合相手同士であっても提携することがますます増えていくでしょう。OEM、技術企業、交通事業者が協働すれば、皆にとって真にシームレスで利便性の高い一貫した交通手段を実現できます。



MaaS のサービスと技術は、すべての人のモビリティニーズにとってますます重要なものになります

成長を加速させる

WWW.FROST.COM

オークランド	コロombo	ロンドン	パリ	シンガポール
バーレーン	デトロイト	マンハッタン	プネー	ソフィア・アンティポリス
バンコク	ドバイ	メキシコシティ	ロックビルセンター	シドニー
北京	フランクフルト	マイアミ	サンアントニオ	台北
バンガロール	イスカンダル、ジョホールバル	ミラノ	サンパウロ	テル・アビブ
ボゴタ	イスタンブール	ムンバイ	ソウル	東京
ブエノスアイレス	ジャカルタ	モスクワ	上海	トロント
ケープタウン	コルカタ	ニューデリー	深圳	ワルシャワ
チェンナイ	クアラルンプール	オックスフォード	シリコンバレー	ワシントンD.C.

フロスト&サリバンについて

フロスト&サリバンは、成長パートナーシップ企業です。破壊的技術、メガトレンド、新しいビジネスモデルに動かされて急速に変化する経済環境の影響を受けているクライアントが、転機となる成長を遂げるよう支援することに注力しています。リサーチ業務では、技術、経済、メガトレンド、競合、顧客、ベストプラクティス、新興市場のリサーチをモニタリング、分析して、「成長サイクル」全体をサポートする1つのシステムにまとめます。これにより、クライアントは、自社の業界だけでなく、他のあらゆる業界もこうした要因からどのような影響を受けるかについて、全体像を把握することができます。

お問い合わせ先:相談を始める

グロースパートナーシップへの参加をご希望の方は、www.frost.com をご覧ください。

著作権に関する注意事項

すべてのページの内容は、著作権で保護されています。Copyright © Frost & Sullivan. All rights reserved. (不許複製)

Frost & Sullivanの書面による事前許可がある場合を除き、本文書の内容の全部または一部をダウンロードして保存し、電子的またはその他の形式でデータベースを（直接的または間接的にかかわらず）作成してはなりません。本文書のいかなる部分も、Frost & Sullivanの書面による事前の許可なく、他のウェブサイト、電子検索システム、出版物、またはその他形式の著作物（印刷、電子的その他の方法を問わない）に、複製その他の方法で、組み込み、転送または保存することはできません。