

本レポートは、第14回（2021年3月24日）でのご講演「発展を見せるコネクティビティの世界」を元に、講師の名古屋大学 イノベーション戦略室 特任教授の田中裕章氏にその概要を執筆いただいたものです。

発展を見せるコネクティビティの世界

名古屋大学 イノベーション戦略室 特任教授 田中 裕章



1. はじめに

1885年、Daimler AGが自動車を世の中に出してから140年近くが経過し、自動運転の開発が急ピッチで進められている。

1910年代は、自動車としての基本性能を上げる期間であった。「走る」、「曲がる」、「止まる」といった、車として基本的な技術を確立して、移動手段として実現するための開発が進められた。同時に、信号機や道路標識などのインフラ整備も開始された。1930年代になると、安全への意識が高まり、1934年には世界初の衝突テストが実施された。そして、1980年から1990年になると、ABS (Anti-lock Braking System) やパワーステアリング、横滑り防止装置が開発され、自動車はさらに安全な乗り物になり、電子制御による車両の安全性・操作性を高める機能が装着された。

さらに、2000年代になると、自動駐車システムや自動緊急ブレーキなどが装着され、自動で制御される時代となってきた。

このように、自動車は安全な乗り物として研究開発が進められてきた。近年、車の中に通信機能が導入されてくるようになってきた。本稿では、最近10年で大きく変化を見せているコネクティビティに焦点を当て、現状を解説するとともに、将来必要となる技術について述べる。

2. 最近のコネクティビティの技術

(1) コネクティビティの始まり

2011年にラスベガスで開催された世界最大の電子機器見本市であるコンシューマー・エレクトロニクス・ショー(以下、「CES」)において、Ford Motor CompanyがMy Ford Touchを発表した(図1)。



図1 My Ford Touch

出典：<https://www.youtube.com/watch?v=Z99G2vcUwUY>

タッチパネルが使われるとともに、音声入力やハンドルスイッチとメータ、ナビゲーションシステムを連動して制御できるような構成となった。このことは、ドライバーにとってイメージした通りの操作が可能となった。また、同時に、General Motors Company (GM)は、On Starのデモを行った(図2)。

On Starは、携帯電話と連携し、サービスを展開する。また、音声認識を搭載し、メールの作成を行うことができるようになった。

さらに、オペレータとつなげることで、行き先を



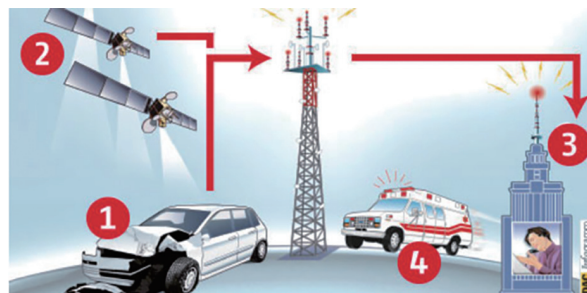
図2 On Star

ナビゲーションにリモートで設定することを可能とした。この発表を皮切りに、コネクティビティのサービスが始まった。

日本では、2015年に総務省が発表した平成27年版情報通信白書で、ICT端末の新形態としてウェアラブルデバイス、オートノーマスカー、パートナーロボットとともにコネクテッドカーが紹介されている。さらに、コネクテッドカーとは、ICT端末としての機能を有する自動車と定義している。そして、ICT端末が実施するサービスとして、(1) 緊急通報サービス、(2) テレマティックス保険^(※2)、(3) 盗難車両追跡システムが紹介されている(図3)。

欧州の緊急通報サービスについて、その動作をステップに従って説明する。

- ①緊急通報：エアバック等のセンサが事故発生を検知した場合や車両の緊急通報ボタンが押下された場合、その直後に欧州圏内の緊急電話番号“112”に発信する。
- ②位置特定：事故発生位置（GPS座標）とともに、車両の進行方向や車種等の車両情報を最寄りの緊急通報センターに送信する。
- ③緊急通報センター：オペレータが事故の場所等をモニタで確認した後、事故車両の乗員と会話により事故情報を取得する。なお、乗員から全く反応がない場合は、即座に救急サービスを派遣する。
- ④迅速な救助：自動通報により、救急車両は従



(1) 緊急通報サービス

事業者 (サービス)	国	収集情報 (車載テレマティックス端末による収集)				
		走行距離	速度	速度超過	加減速	時間帯
Progressive	US	○	○	—	—	—
CIS(The cooperative)	英国	○	○	○	○	—
ソニー損保 (やさしい運転キャッシュバック型)	日本	—	—	—	○	—
あいおいニッセイ同和損害保険 (つながる自動車保険)	日本	○	—	—	—	○

(2) テレマティックス保険の情報取得比較



(3) トヨタ自動車株式会社の盗難車両追跡システム

図3 コネクテッドカーのサービス例

出典はいずれも、平成27年版情報通信白書より

来よりも迅速に事故現場に到着することができ、生命安全確保につながる。

以上述べたように、当初、コネクティビティのアプリケーションとして、車両の異常時にサービスを実施するシステムとして開始されたICT端末であるが、さらに多くのサービスが開始されている。図4に示すように、乗車前に車の室内温度を一定に保つために、エアコンを制御する機能や、ドアロックを自宅内から行う機能、さらには、駐車場に止めた車両の位置を知るための機能などが追加され、さらに利便性が増してきている。

これらの機能は、車と外とをつなぐ機能としてま



図4 コネクテッドカーのサービス例

出典：<https://www.honda.co.jp/hondatotalcare/premium/>

(※1) オートノーマスカー：自動走行車。

(※2) テレマティックス保険：自動車に搭載された情報端末から得られる情報を基に、保険の提供を行うサービスのこと。

とめることができる。

(2) 車載情報端末の搭載

2. (1)で述べた機能は、図5に示すように、車載情報端末としてまとめられるようになる。図5は、パイオニアから出された車載情報端末の機能を説明したもので、ドライブレコーダに通信機能を持たせ、緊急通報機能を追加し、一連のサービスが1つの機器で実現されるようになってきた。

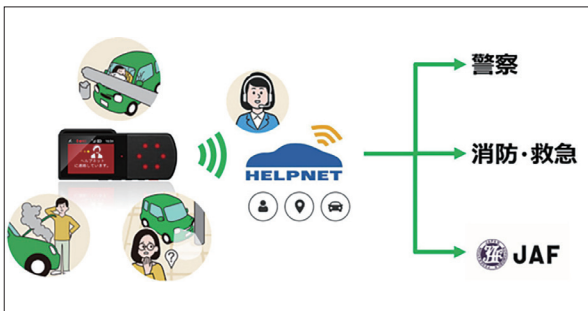


図5 緊急通報機能付通信型ドライブレコーダ
出典：パイオニア株式会社

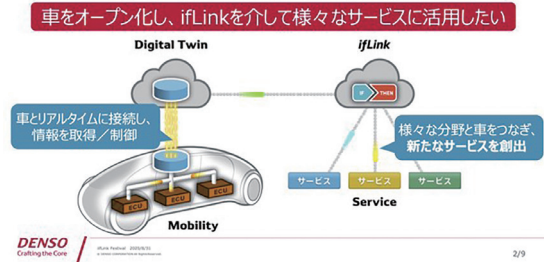
さらに、事故報告書を作成する機能まで含めることで利便性を高めている。ドライブレコーダを利用することで、事故の状況を理解する高度な機能となっている。

また、コネクティビティのサービスをまとめて実現するプラットフォームにより、異なるプロバイダーからのサービスを統合する取り組みも進んでいる。

東芝デジタルソリューションズ株式会社が開発した誰もが簡単にIoTを使うことを目的としたプラットフォーム ifLinkを用いた株式会社デンソーのシステム構成とサービスの一例を図6に示した。車両の情報とifLinkをつなぐことにより、自動車の位置によりホテルへ到着する時間を連絡したり、遅延を連絡したりすることで、ホテル側も宿泊客の受け入れが事前に行えるようになる。このシステムを、ドライブレコーダ内に実装することにより、サービスが実現される。

図7は、Apple Inc. が発表したCar Playの表示画面である。車載機器と携帯電話をつなげることにより、自宅での環境とほぼ同じ機能を車室内で使うことができる。

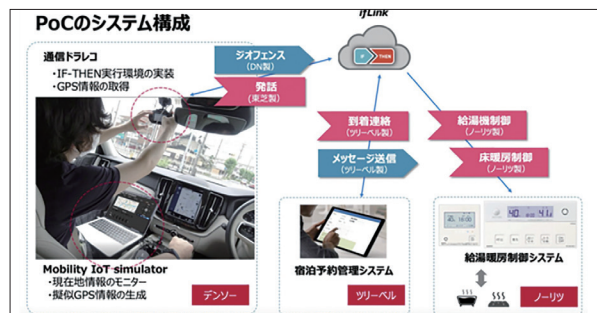
デンソーがmobility × ifLink で目指す姿



(1) 車両データとつないだ構成



(2) 株式会社ツリーベルのホテル到着連絡サービス



(3) システム構成例

図6 ifLink を用いたサービス例

出典：https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/2009/14/news055.html

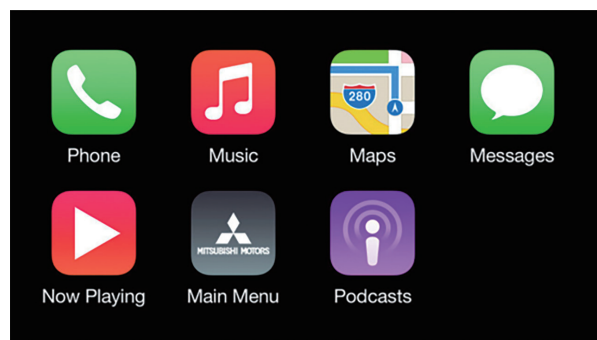


図7 Apple Car Play の表示画面

筆者が米国内で使用した経験から、メリット、デメリットについてまとめると以下のようになる。

〈メリット〉

- i. 地図は最新のものである。
- ii. 車線取りなど、ナビの案内が豊富

- iii. Google や Apple が普段使用している地図が使える
- iv. スマートフォンに保存した音楽が再生可能
- v. ハンズフリーで通話できる
- vi. SNS のメッセージを読み上げてくれる
(デメリット)
- i. 電波がないところでは使えない
- ii. 自車位置を間違えることがある

以上述べてきたように、通信機能を使った個別のサービスから始まったコネクティビティの世界が、サービスがまとまり、さらに、携帯機器が入り込むようになり、さらに多くのサービスが融合されてきた。

(3) ユーザの生活に入り込んだシステム

車のユーザは、それぞれの生活があり、それぞれ行動パターンに特徴を持っている。

図8は、インクリメントP 株式会社が実施した、日産自動車株式会社のトラベルトリガーのサービス例を示す画面である。ドライバの趣味趣向により、旅行の行き先を提案してくれる。このような機能を実現するためには、ユーザの状態、習慣、履歴を解析し個人のライフスタイルを作ることが必要となってくる。



図8 トラベルトリガーサービス

出典：日産自動車株式会社

今後、人の状態検知をどのように行うか、また、個人ごとの趣味趣向をいかに形成するかが課題となってくると考える。そして、このような機器が車両に搭載されるようになってくると、車両のデータの取り扱いについても考慮する必要が出てくる。

図9は、クラウドコンピューティングを用いて、クラウドにデータを送り解析するシステムを示す。

このようなシステムは、高遅延、狭い通信帯域がサービスの拡大に課題となってくる可能性が高い。



図9 クラウドコンピューティング

一方、図10に示すように、低遅延の保持とセーフティクリティカルアプリの実現や通信とメンテナンスコストの削減、車載器の価値向上、さらには、ドライバのプライバシー保護を実現するエッジコンピューティングがある。これは、車両内に車載サーバを置き、秘匿性が必要な演算を車両内で終了させることで、プライバシーを含んだデータを外に出すことなく、高度なサービスを可能とする。

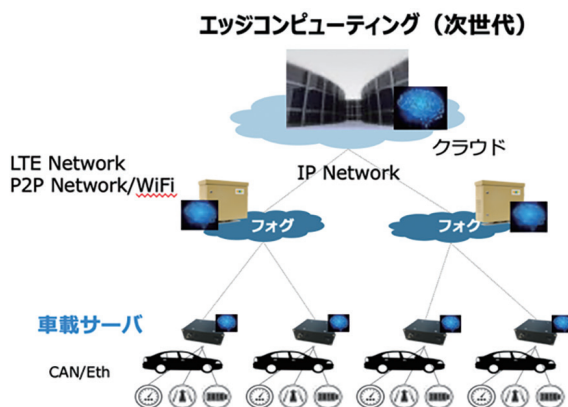


図10 エッジコンピューティング

また、車両内で演算した結果は、路側機などのようなフォグと呼ばれるネットワーク上のシステムに送られ、最終的にはクラウドへ送られて、車両環境を含んだ広い状況のサービス展開を可能とする。

3. 自動運転社会のコネクティビティ

ここまで、家庭内で使われていた通信機器が車に入り込みスマート化が進んだと述べてきたが、本章ではさらに自動運転が入り込んで来る新たな世界について述べる（図11）。

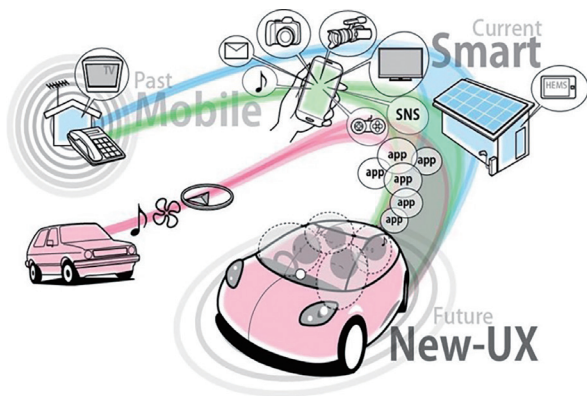


図 11 自動運転が入り込む新たな UX

(1) 自動運転のレベルと課題

表1に示すように、自動運転のレベルは、SAE (Society of Automotive Engineers : 米国自動車技術者協会) では5段階に分類されている。

表 1 自動運転のレベル

	高度運転支援					自動運転	
	0	1	2	3	4	5	
NHTSA	0	1	2	3	4	5	
SAE J3016 (HICA)	0	1	2	3	4	5	
SAEでの呼称	手動	補助	部分的な自動化	条件付き自動化	高度な自動化	完全自動化	
運転操作の 実行主体	ドライバ	ドライバ +システム (操舵系 or制動系)	システム (操舵系&制動系)	システム (操舵系&制動系)	システム (操舵系&制動系)	システム (操舵系&制動系)	
走行環境の モニタリング (自動運転可否判断)	ドライバ	ドライバ	ドライバ	(ドライバ +)システム	システム	システム	
運転操作の バックアップ主体	ドライバ	ドライバ	ドライバ	ドライバ	システム	システム	
自動運転に 関する差異			ドライバが許可した運転支援アプリに、システムが実行。ドライバの常時監視は必要	ドライバが許可した環境にシステムが自動運転を執行。ドライバは常時監視は不要	システムが自動運転 *ドライバが必要	システムが自動運転 *ドライバ不要	

NHTSA : 米国運輸省の道路交通安全局
OICA : 国際自動車工業連合会



特に、レベル3では走行環境のモニタリングはシステムが行うが、運転操作のバックアップの主体はドライバに委ねられている。自動運転が外部環境により継続できない場合は、ドライバに運転を交代する場合がある。この時に、ドライバに正常に運転を引き継ぐことができることが前提であり、ドライバへの運転移行を安全に行うためにも、ドライバ

の状態を検知することが必要であると考え。内閣府が進めている戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の自動走行システム HMI タスクフォースでは、2016年に検討結果を報告しており、自動運転のレベルにより、ドライバの覚醒状態を検出する必要性を述べている。

国土交通省によれば、2020年6月に国連の自動車基準調和世界フォーラム(以下、「WP29」)において、国際基準としてレベル3が成立した。これによると、自動車の自動運行装置は、高速道路等における60km/h以下の渋滞時等において車線維持機能に限定したシステムとなっている(図12)。



図 12 WP29 で成立した自動運転イメージ
出典：国土交通省 WP29 による自動運転報告資料より

また、WP29では、サイバーセキュリティとソフトウェアアップデートの要件についても定めている。それによると、自動車メーカーは、サイバーセキュリティおよびソフトウェアアップデートを管理する体制を確保しなければならず、リスクアセスメントおよびリスクへの対処、管理を実施し、セキュリティ対策を検証するための試験を実施することとなっている(図13)。

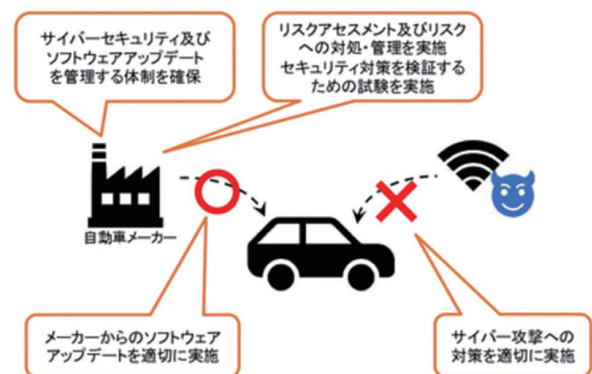


図 13 サイバーセキュリティとしての対応
出典：国土交通省 WP29 による自動運転報告資料より

このように、コネクティビティの技術が自動運転に展開されると、サイバーセキュリティへの対応についても検討が必要となってくる。

(2) 高齢化へのコネクティビティの対応

図14に年齢別に正規化した事故件数を示す。

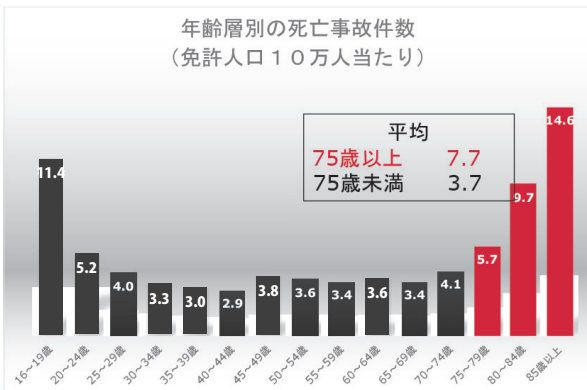


図14 年齢別事故件数

出典：平成30年度 警察庁事業 認知機能と安全運転の関係に関する調査研究

75歳以上と75歳未満の事故件数を比較すると、75歳以上は7.7と75歳未満の2倍以上の事故件数となっている。このことから、75歳以上は年齢による衰えのほか、軽度認知障害の影響も考慮する必要があると考える。

ドライバは車両を運転する際、軽度の認知障害や体調により、運転適正状態にない場合もある。図15は、Russellの円環モデルと呼ばれる、精神の状態を示したものである。

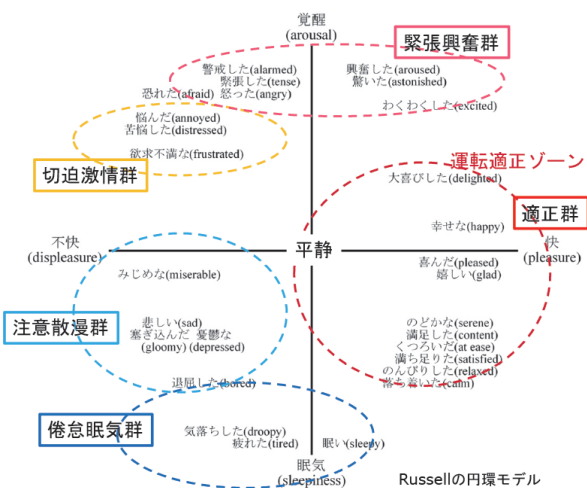
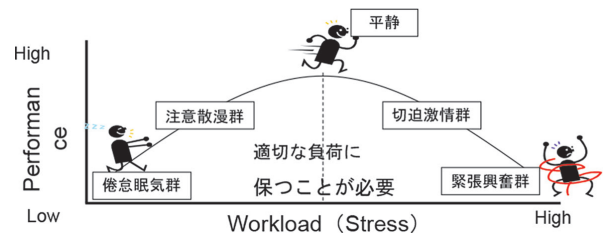


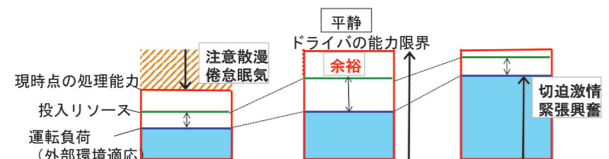
図15 Russellの円環モデル

これらの中で、適正群に位置する運転適正ゾーンの精神状態以外の状態では、運転時にミスをしてしまう可能性が高くなる傾向にあると考えられる。

図16はYerkes-Dodson Lawと呼ばれる、負荷と実行余裕度の関係を示したものである。



(1)Yerkes-Dodson Law



(2) ビーカーモデル

図16 負荷に対する実行余裕度

前述したRussellの円環モデルで示された倦怠眠気群にある時と緊張興奮群にあるときには、ビーカーモデルに示す実行能力の余裕度が下がることが示されている。

運転負荷は、周辺の状況によって大きく変化し、また、運転操作に投入できるドライバの能力はドライバの状態によって大きく左右されることから、安全運転の状態を保つためには、周辺状態検知とドライバ状態検知をうまく組み合わせることで検出し、ドライバの余裕度を適正に保つことが重要であると言える。このことは、発展するコネクティビティの技術を駆使して今後進められるものと考えられる。人の状態を検知する手段について表2にまとめる。

表2 生体の上地検知のための手段

センシング	分類(系)	検出対象	センサ	倦怠眠気群		注意散漫群	切迫激情群	緊張興奮群	体調								
				深い眠気	疲労	起き	油断	脇見	考え事	急ぎ集り	イライラ	緊張	パニック	体調異常	運転不能		
状態	中枢神経	脳波・血流	脳波、NIRS	△													
	内分泌系	血液・唾液	採血・唾液		○												
	自律神経	心電・脈波	心拍・脈拍計	△	△	△											
		呼吸	シート圧	△	△	△											
		皮膚温	赤外線温度	△	△	△											
	筋活動	眼球運動	眼カメラ	△	△		△	○	△								
		顔表情、瞬き	顔カメラ	○	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	行動	しぐさ	上半身カメラ	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		発話	マイク				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	シミュレーション	操作状況	アクセル開度等	CAN	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
走行状態		車速、加速度等	CAN	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
走行環境		車間距離等	周辺カメラ	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	

表中で△で示したものは、1つの検出手段では検出できないことを示したものであり、複数の検出

手段を使って検出することが望まれる。

4. HMI デバイス

コネクティビティの発展により、ドライバと車両を結びサービスが発展することを示してきた。ドライバと車を結ぶ方法として、現在搭載されているディスプレイと入力デバイスについて触れておく。

(1) ディスプレイ

図17は株式会社ジャパンディスプレイから発表された凹面のディスプレイである。これまで述べてきたように、コネクティビティを用いたサービスは、その機能をさらに向上させ、ドライバと情報でつながりながら発展を続けている。ドライバに情報を示すためには、その視認性を高めることがドライバの運転操作に負荷をかけないという意味では重要であり、このようなディスプレイを用いた表示コンセプトは重要であると考えられる。



図 17 凹面ディスプレイ
出典：株式会社ジャパンディスプレイホームページ

このように、視認性を高めるという意味では、図18に示すように、針式のメータも依然使われ続けるものと思われる。

さらに、図19に示すヘッドアップディスプレイは、目線の移動が少なく、視点を調整する時間も短くなることから、情報を多く表示する必要があるコネ



図 18 針式メータ
出典：株式会社サカイヤホームページより



図 19 ヘッドアップディスプレイの例
出典：「デンソーテクニカルレビュー」Vol 18

クティビティを用いて情報提示するデバイスとしては効果的であると考えられる。

(2) 入力デバイス

図20に示した入力デバイスは、視認性を高めるために表示系を遠方に配置した場合、タッチスイッチを操作することができないことから、手元に操作デバイスを配置し、操作できるように考えられた入力デバイスである。それぞれのデバイスは、操作性を考慮して反力を感じるようにしたり、振動で動作を確認できるようにしたりと、さまざまな工夫がなされている。機能の数が多くなる傾向にあるため、ディスプレイを用いて階層的にスイッチを配置し、選択できやすいように工夫されている。

5. まとめ

さまざまな制御システムが開発され、車両に取り付けられて、安全性、利便性を高めている。

図21は、近年の車両における支援システムを列挙したものであり、ピンクで塗りつぶしたシステムがコネクティビティを用いたサービスである。

これまで述べてきたように、車両のデータをクラウドに上げ、処理されたデータは、将来予測により、数時間から数秒先の予測値として求められ、必要に応じてリアルタイムの世界に送られ、サービスや



(1) レクサスの遠隔操作デバイス



(2) レクサスのタッチスイッチ



(3) BMWの操作デバイス

図 20 遠隔操作デバイス

出典：各社ホームページより

安全を高めるために使用される。図 22 は、この領域を CASE 領域（現実エリア）と非 CASE 領域（予測エリア）に分けて説明したものであり、これらをシームレスにつなぐことで、さらなる発展を遂げていくと考えられる。

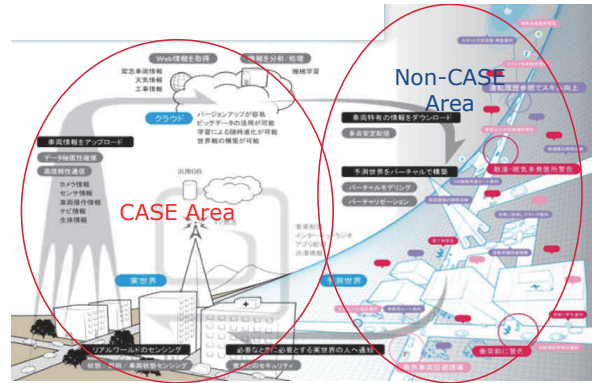


図 22 CASE エリアと非 CASE エリア

2011年のCESで始まった車のコネクティビティの世界は、個別のサービスとして始まり、車載情報端末による総合サービスへと発展し、ドライバ状態検知による制御介入やライフスタイル提案にもサービス範囲を広げ、さらには、自動運転をサービスに取り込み発展を続けている。

今後、これらのサービスが普段の生活との境界線をなくし、発展しつづける事を期待する。

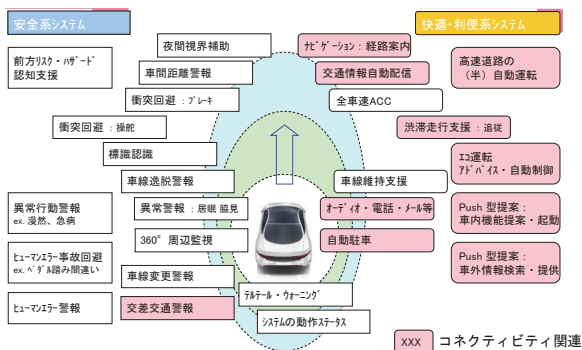


図 21 車両搭載された支援システム