

Veriserve Navigation

ベリサーブナビゲーション

進化するモビリティと、
深化する品質創造。

ベリサーブ オートモーティブ カンファレンス 2021
レポート Vol.1

進化するモビリティと、 深化する品質創造。

ベリサーブ オートモーティブ カンファレンス 2021 レポート Vol.1

CONTENTS

特集1	06
-----	----

自動運転社会の実現に関する取組について

五十嵐 大和氏

特集2	14
-----	----

MaaSが都市を変える～移動×都市DXの最前線～

牧村 和彦氏

特集3	22
-----	----

車載ECUの開発現場から見たテストと自動化の現状

米谷 恵一

特集4	28
-----	----

車載ドメインにおけるモデルベースドテストの実践例のご紹介

須原 秀敏

進化するモビリティと、深化する品質創造。

Veriserve Automotive Conference 2021

ベリサーブ オートモーティブ カンファレンス

Concept Movie



オンライン開催

2021 6.24 Thu 10:00 ▶ 7.14 Wed 18:00 視聴 無料

進化するモビリティと、深化する品質創造。

Veriserve Automotive Conference 2021



ベリサーブ オートモーティブ カンファレンス

ベリサーブ オートモーティブ カンファレンス 2021 レポート

品質への挑戦を続けるベリサーブは、2021 年 6 月 24 日から 7 月 14 日までの 21 日間、「ベリサーブ オートモーティブ カンファレンス 2021」をオンラインで開催しました。ベリサーブナビゲーションでは、このカンファレンスでの講演の模様を 2 号にわたってお届けします。

講演プログラム

モビリティ産業はいま、百年に一度と言われる変革期を迎えています。MaaS / CASE といった言葉に代表されるように、過去に例のないサービスやプロダクトが世の中に登場してはさらなる進化を続け、その開発手法もアップデートを繰り返しています。そうした時代に求められる「品質」とはどのようなものでしょうか。

本カンファレンスでは、「進化するモビリティと、深化する品質創造。」をテーマに、MaaS / CASE を前提とした世の中の動きや社会的インパクト、新時代のモビリティに求められる品質保証の考え方など、第一線の有識者・技術者がそれぞれの知見を披露しました。

今号（23 号）、次号（24 号）でご紹介する講演プログラムは右ページの通りです。



Hirokazu Igarashi



Kazuhiko Makimura



Keiichi Yoneya



Hidetoshi Suhara



Hiroyuki Yokota



Kuniyuki Hasegawa



Kenichi Fuyukawa



Syuji Morisaki



Atsushi Nakayama

Vol.23

基調講演

自動運転社会の実現に関する取組について

五十嵐 大和 氏

総務省 総合通信基盤局電波部移動通信課
新世代移動通信システム推進室長
高度道路交通システム推進室長(当時)

MaaSが都市を変える～移動×都市DXの最前線～

牧村 和彦 氏

一般財団法人 計量計画研究所 理事 兼 研究本部
企画戦略部長

技術講演

車載ECUの開発現場から見たテストと自動化の現状

米谷 恵一 | 株式会社ベリサーブ

車載ドメインにおけるモデルベースドテストの 実践例のご紹介

須原 秀敏 | 株式会社ベリサーブ

Vol.24

基調講演

「電費」時代の自動車産業～クルマは仮想空間で稼ぐ

中山 淳史 氏 | 株式会社日本経済新聞社 コメンテーター

基調講演

これからの車載ソフトウェア開発と品質保証

森崎 修司 氏 | 名古屋大学 大学院情報学研究所 准教授
株式会社ティアフォー 技術顧問

技術講演

車載システムの分散・分担開発における プロジェクトマネジメントの課題解決に向けて

冬川 健一 | 株式会社ベリサーブ

技術講演

車載セキュリティテストに関する ベリサーブの取り組み

長谷川 邦幸 | 株式会社ベリサーブ

技術講演

トレーサビリティ管理ツールをもっと実践的に
使いこなすには
～規格対応のため「だけ」から、品質・生産性向上のために～
横田 浩行 | 株式会社ベリサーブ

自動運転社会の実現に関する 取組について



五十嵐 大和氏
いがらし ひろかず

総務省 総合通信基盤局電波部移動通信課
新世代移動通信システム推進室長
高度道路交通システム推進室長

1999年の郵政省（現総務省）入省以来、在ジュネーブ国際機関日本政府代表部等への出向を含め、インターネット、放送技術、5Gなど情報通信分野の政策立案や国際業務に従事。
2019年7月より現職（当時）。

はじめに



自動運転には、交通事故削減や渋滞緩和、高齢者など移動弱者への支援、運転手不足の解消、輸送効率の向上など、さまざまな期待が寄せられています。これらを大きな視点で見ると、安全で便利、しかも低コストな移動・物流手段によって、豊かな暮らしをもたらすことが究極の目標と言えるでしょう。特に、

少子高齢化や労働力減少といった課題を抱える我が国にとっては、大変重要な意味を持ちます。

本講演では、自動運転社会の実現を目指す政府全体と総務省の取り組みに加え、その基盤的通信インフラとなる5G（第5世代移動通信システム）や、その次の世代となるBeyond 5Gなどの通信技術の現況を含めて、今後の展望をご紹介します。



Society 5.0と自動運転社会



日本の新しい社会像 ”Society 5.0”

現在、日本政府は、我が国が目指すべき未来社会として、サイバー空間とフィジカル空間（現実社会）が高度に融合した「Society 5.0」と呼ばれる新しい社会像を提唱しています（図1）。狩猟社会の1.0から現在の情報化社会の4.0まで、そしてその先にあるのがSociety 5.0です。ここでは、現実社会の出来事をサイバー空間に写し取り、AIなどを駆使した未来予測を行って、その結果を再びフィジカル空間にフィードバックします。これにより、必要なモノやサービスが必要な時に必要な人へ提供される、より良い社会を目指そうというものです。

この概念をモビリティに応用すると、冒頭に挙げたような移動に関して期待される多くの課題の解消が進みます。仮に全ての自動車が遠隔制御可能なものになれば、理論的には、絶対に事故を起こさない車や、必ず最適なルートで移動できる自動車交通などが実現することになります。

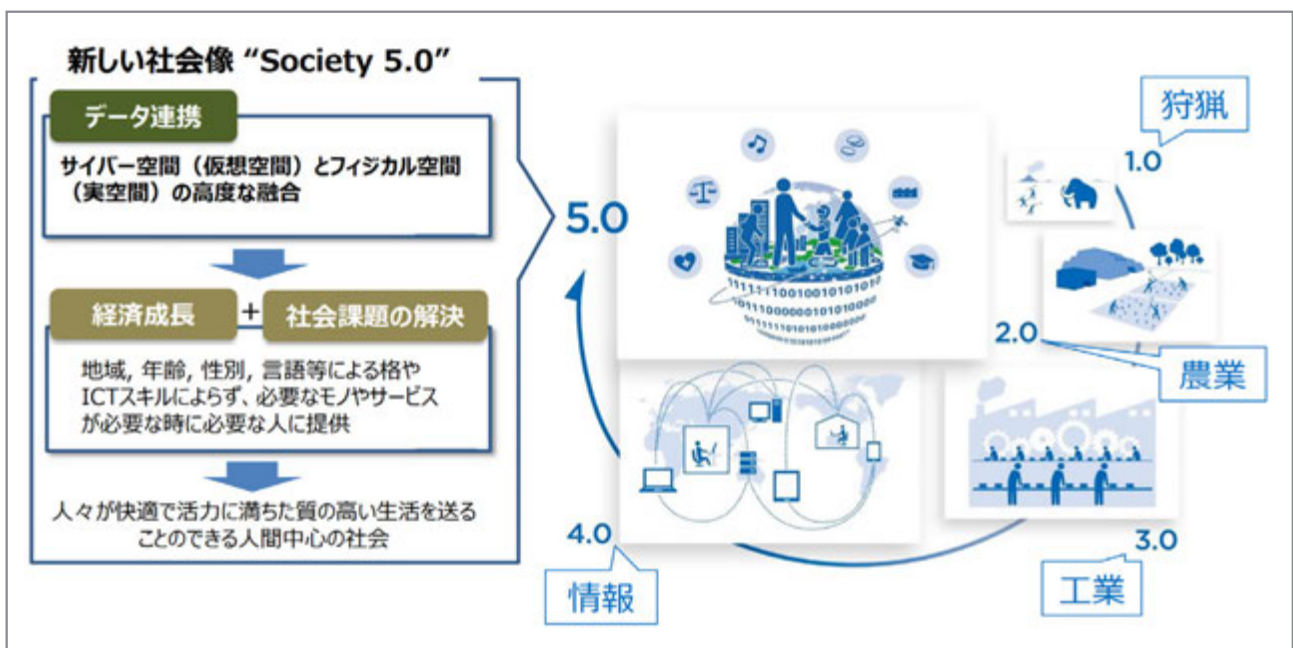


図1 日本の新しい社会像 “Society 5.0”

出典：内閣府SIP自動運転 SIP-adus ワークショップ2020講演資料 <https://www.sip-adus.go.jp/evt/workshop2020/>

自動運転社会の実現に向けた 総務省の取り組み



自動運転と通信

私は、総務省で主に通信や無線を担当していますが、現時点では通信が自動運転に必須というわけではありません。画像認識の性能が急速に向上していて、安価なカメラと小型コンピューターの組み合わせで空間や状況の把握が可能になってきており、車載センサーによる判断のみでまかなうことができています。しかし、例えば信号機の色ひとつとっても、太陽光や周囲の環境による影響に左右される可能性があるため、画像で認識するより通信で情報を送る方が確実です。今後、自動運転が高度化するにつれ、通信の必要性はさらに高まっていくと考えています。

図2は、電波の利用から見た運転支援の進化イメージです。最初の段階はVICS（道路交通情報通信システム）やETCなど、ドライバーへ有益な情報や料金決済といったサービスを提供するもので、すでに全国に普及しています。

次は、カメラやレーダーによる車載センサーを活用し、クル

マ自身が取得した情報を運転支援に利用するもので、一般的には自律型自動運転と称されます。

これがさらに進化したのが、協調型自動運転と呼ばれる領域です。これは、車載センサーの情報に加え、通信技術を活用して車両単体では把握できない情報も使って高度な自動運転を実現するものです。言ってみれば、自分のクルマ周辺の全体の様子をあたかも上空から把握しながら運転を行っているようなものです。協調型自動運転がより高度な自動運転をもたらすということがお分かりいただけるでしょう。

このように、運転支援ではどの段階においても電波が重要な役割を果たしています。また、最近登場したのが「ITS^{*} Connect」で、これは世界で初めて実用化に成功したV2X（Vehicle-to-everything）システムです。V2Xとは、クルマと対象物との通信を表す総称で、V2V=クルマ同士、V2I=対路上設備、V2N=対ネットワークなどがあります。ITS Connectでは、クルマに

*1: Intelligent Transport Systemsの略で、日本語では高度道路交通システム。最先端の情報通信技術によって人と道路とクルマをつなぎ、交通が抱えるさまざまな問題を解決してより良い暮らしの実現を目指すシステムのこと。

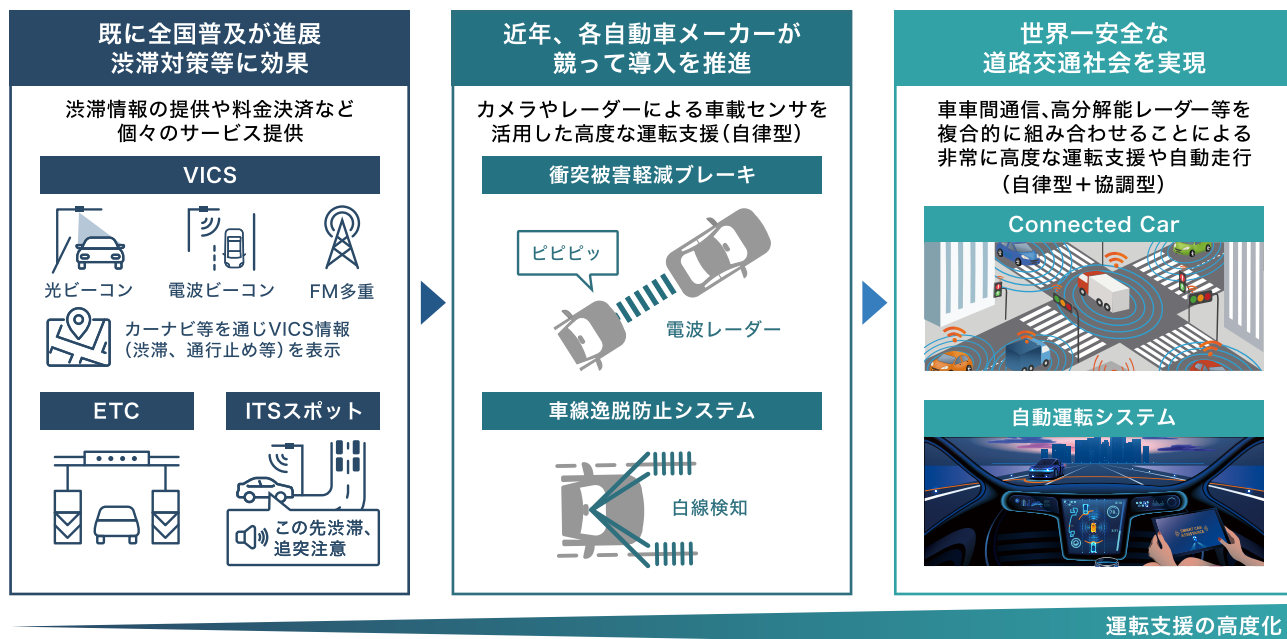


図2 電波の利用から見たモビリティの進化イメージ

設置されたモニターに、緊急車両の接近を表示したり、信号機の待ち時間を知らせたりすることが可能です。

自動運転に関連した取り組みの実例

現在、総務省が取り組んでいる自動運転関連の技術試験・研究開発の中から、三つの実例をご紹介します。

自動運転に必要な通信要件の検討

自動運転にV2X通信が必要となるユースケースと条件を整理し、通信要件の洗い出しを行って最終的に通信ロードマップという形で取りまとめる予定です。

現在25のユースケースを想定し、シミュレーションや分析を進めています。例えば「交差点の安全な右折」というユースケースでは、必要な通信距離や通信速度、遅延やエラーの許容値などを検証しています（図3）。

検討の対象としているV2X通信には、携帯電話の通信方式を基礎とするセルラー方式と、現在、日本で実用化されている700MHz帯高度道路交通システムを使う方式があります。これら二つに関して、データ量や通信速度に応じた対応範囲の見極めや、対応不可となるユースケースが出た場合の改善策などを検討しています。

狭域・中域情報の収集・統合・配信にかかる研究開発

人間の操作と同レベルの自動運転は、クルマに搭載されたセンサーを駆使することでいずれ実現できるでしょう。しかし私は、自動運転の醍醐味は、人間の操縦能力を超越することにあると考えています。そうした高度な自動運転を実現するには、自律型センサーだけでは捕捉できない情報、例えばこれから進入しようとする交差点の状況を事前に把握するといったことが必要になってきます。

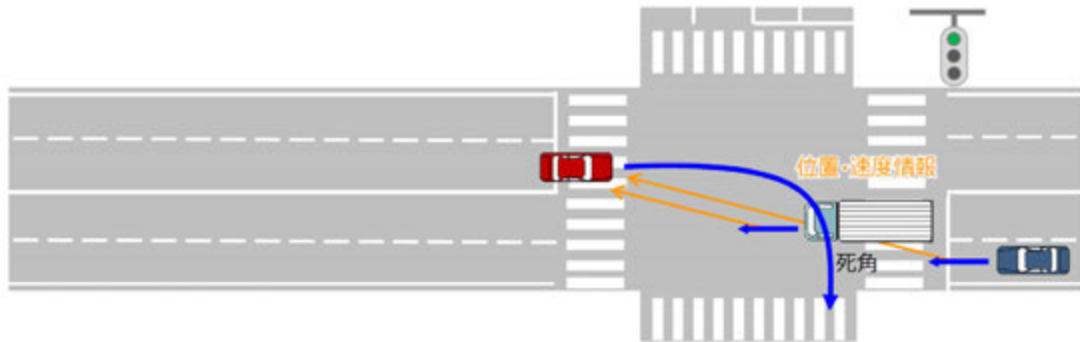
機能分類	c. 先読み情報：衝突回避				
ユースケース名	c-2-1. 交差点の情報による走行支援（V2V）				
対象場所	一般道		対象車両	オーナー・カー	
概要	交差点に接近する車両の位置や速度の情報を、接近車両から交差点に接近または交差点を通過する車両に提供し、死角の多い交差点の通過や右折の支援を行う。				
ユースケースイメージ					
					
(通信留意事項等)	通信	V2V	情報内容 データ区分	メッセージ	—
	接続形態	1対多		センサーデータ	位置、速度
	制御用途	発進可否判断、速度調整、停止		リッチコンテンツ	—
	即応性	要	データ量		小

図3 自動運転にV2X通信が必要となるユースケースの一例

出典：SIP 協調型自動運転ユースケース - 2019年度協調型自動運転通信方式検討TF活動報告 - <https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/usecase.pdf>

そのためには、道路脇に設置されたカメラやミリ波レーダーなどを活用します。また、一つの交差点を複数のカメラで撮影した場合、それぞれの画像に写っているクルマが同一のものか、あるいは別のクルマなのかを瞬時に判断する必要が出てくるため、同一物判定の研究なども行っています。

さらに、複数の交差点で得た情報を連携させてリアルタイムに分析し、その周辺を走るクルマに最適な判断をしてもらえよう、情報のインテリジェントな統合を行う研究も進めています。

交通信号機を活用した5Gネットワークの構築

交通信号機の柱に5G基地局を搭載することで、信号機の集中制御の促進と、携帯電話の5Gエリア拡大を同時に実現する一石二鳥の施策で、国民の期待も大きいと感じています。内閣府の施策であるPRISM（官民研究開発投資拡大プログラム）を活用し、最終的には民間投資の拡大につなげることも狙っています。

図4が概略です。右の方に「見守り用カメラ等」というのがありますが、交通信号機の柱に乗せた5G基地局を活用するアプリケーションを含めた検討を行っており、これがその一例です。

見守りカメラが取得した画像をAIで処理して、例えば高齢者が横断歩道を渡ろうとしている状況を把握した場合には、歩行者用青信号の時間を延長するといったことが考えられます。

昨年度、大手通信事業者4社の協力を得て、地域別（都市部と地方）、主たる検証項目別（交通流制御と5Gエリア拡大）に4地点で小規模な実証試験を実施しました。今後の商用化を考えると、一般利用者の通信トラフィックが混在するため、通信容量やセキュリティの確保なども考慮しました。

実際の設置箇所でユニークなものとしては、東京・大手町2丁目にある鉄道のガード下が挙げられます。一般的には広範囲をカバーする基地局でも、ガード下などはエリア化が難しい場所なので、信号機5G基地局の価値が生きると考えています。

実証実験の結果、見通しの良い道路にある信号機は、5Gのカバレッジの点からも基地局の設置場所として有効であることが分かりました。また、交通信号機の柱にはすでにいろいろなものが乗っていて、荷重の問題から柱の補強が必要になるといった知見も得られました。

交通信号機を活用した5Gネットワークの構築 概略図

2021年度には、
アプリケーションを含めた
実証を予定。

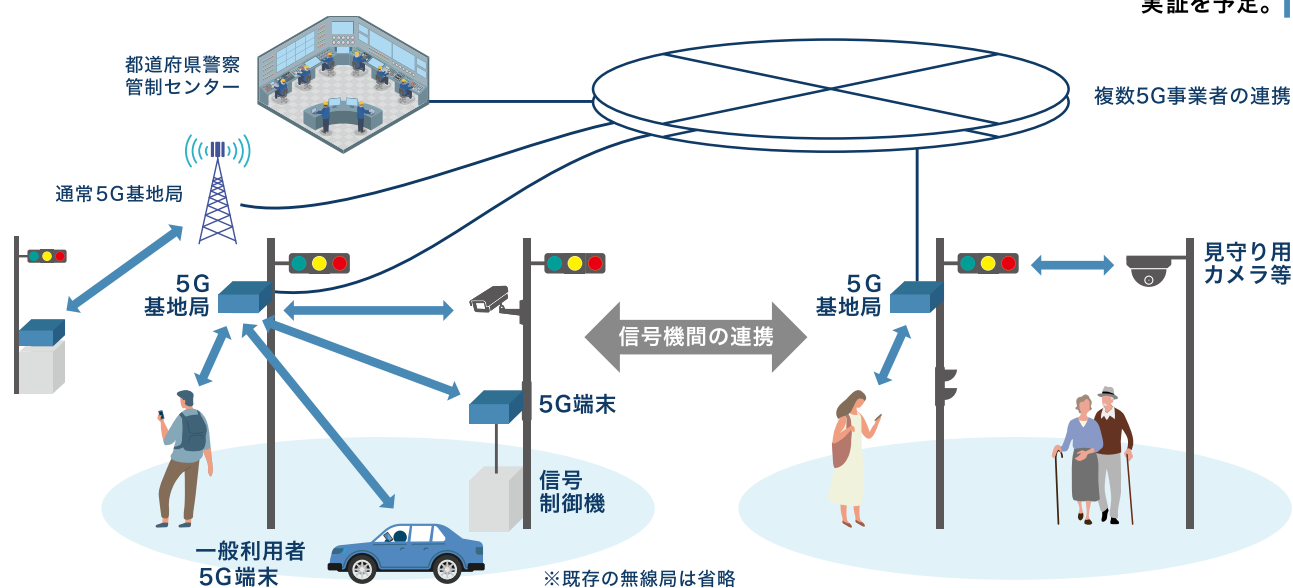


図4 交通信号機を活用した5Gネットワークの構築 概略図

5G/Beyond 5G



トラックの隊列走行

5G 総合実証試験の実施

総務省では、2020年の5G商用化実現を目的に、通信業者や各地域から実証テーマを募集、5Gによる社会課題の解決に役立つモデルを生み出すことに力点を置いた総合実証試験を行いました。その中から、自動運転やモビリティに関係のある二つの事例をご紹介します。

新型コロナウイルス感染症の影響でネット通販が活況を呈す一方、物流の要であるトラックのドライバー不足が深刻化しています。その解決策となる可能性があるのがトラックの隊列走行です。3台の大型トラックがカルガモの親子のように連なって走るのですが、ドライバーが乗っているのは1台目のみです。1台目のドライバーには、後続の2台の運転席から得られる映像が5G技術を用いた通信で転送されています（図5）。



図5 5G 総合実証実験におけるトラック隊列走行の様子

高速道路での評価試験では、この隊列走行は非常に効率的であることが実証されました。当然のことながら、一般道ではこれがそのまま使えるわけではなく、今後改良の余地があります。

建設機械の遠隔操作

建設機械の遠隔操作は一見危険に感じますが、工事現場が無人であれば怪我をする人もいないため、むしろ究極の安全であると言えます。また、被災地の復旧なども重機を遠隔から操作すれば、操縦者を二次災害から守ることができます。遠隔操作には高精細映像や制御情報の低遅延での送受信が必要になることから、5Gの超高速大容量通信を利用した実証試験を各地で実施しています（図6）。

三重県伊賀市で行った実証試験では、カメラやレーザースキャナで得られた高精細映像を5Gで転送し、建機の遠隔操作と施工作業管理の支援を実施しました。また、愛媛県今治市の造船工場では、死角となっている場所の高精細映像を5Gで運転席に送信、その映像を確認しながら安全な作業をする試験を行いました。



図6 5G総合実証実験における建設重機の遠隔操作の様子

ローカル5Gを用いた自動運転の事例

5Gの利用には、一般的には通信事業者が介在しますが、企業や自治体などが自らの建物や敷地内で独自に運営・利用できる「ローカル5G」という仕組みがあります。機材の調達やシステム構築はそれぞれで行う必要がありますが、専用の周波数が割り当てられるため、Wi-Fiなどと比べて安定的に利用することができます。また、通信事業者の均一なサービスとは異なり、固有のニーズに合わせた性能のカスタマイズも可能です。

自動運転関連でも、すでにローカル5Gを利用した実証試験が行われています。群馬県前橋市では、自動運転バスの遠隔監視による公道走行試験を実施しました。バスに搭載したカメラや道路に設置したカメラの映像をローカル5Gで管制室に伝送、遠隔から自動運転の継続可否判断や操縦管制などを行っています（図7）。

自動運転技術には自動化の度合いによってレベルが設定されていますが、この試験は、特定の条件下では自動運転、それを外れる場合には人間が操作するというレベル3に該当します。試験の際には万一に備えてドライバーが乗車しましたが、将来的には緊急時の対応も完全に遠隔で行うことができるでしょう。さらに高度化が進めば、複数のクルマの遠隔管制を1人で行うことも可能になり、ドライバー不足の解消にもつながると期待されています。

遠隔型自動運転と呼ばれるこのシステムは、実際の利用が少しずつ始まっていて、2021年3月には遠隔監視によるレベル3の自動運行が国内で初めて認可されました。

Society 5.0に不可欠な通信の役割と機能

初めにご紹介した Society 5.0は、一般的にデジタルツイン（デジタルの双子）などと呼ばれるアイデアを含むものですが、現実世界であるフィジカル空間とサイバー空間との間では膨大な情報のやり取りが発生します。また、サイバー空間内での処理も同様で、これを支える通信インフラが5Gやその次世代の Beyond 5Gです。交通システムでは特に高速な通信が必要となるため、先に説明した交通信号機の柱への5G基地局設置もこれを見越した構想となっています。



図7 自動運転における遠隔監視の様子

5Gの実用化から1年ほどたちますが、Society 5.0の実現には5G以上の性能を持つ通信ネットワークが必要になってきます。これを受け、すでにBeyond 5G／6Gに向けた動きが活発化していて、2030年頃の実用化を目指して研究開発などが進んでいます。

これが実現すれば、地上・海・空・宇宙などのあらゆる場所で生じるさまざまな事象を収集、デジタルデータ化し、サイバー空間で解析して瞬時にフィードバックすることも夢ではありません。

Beyond 5G 推進戦略

2020年6月には、総務省の懇談会でBeyond 5G 推進戦略を取りまとめました。その基本方針には、「グローバルファースト」が掲げられています。これまでは国内で展開した後に海外へ、というケースが多かったのですが、今後は最初から世界市場をターゲットとし、日本はその中の一つと位置付ける考え方です。

こうした戦略を推進するには、海外研究者の積極的な招聘も必要になってきます。日本が魅力的な研究開発の場であると感じ

てもらふこと、これもグローバルファーストの一環であると思います。

Beyond 5G 推進コンソーシアムの設立

総務省では、Beyond 5G の取り組みの成果を、2025年の大阪・関西万博で「Beyond 5G Ready ショーケース」として世界にアピールし、グローバル展開を加速していく予定です。これに先立ち、2020年末には「Beyond 5G 推進コンソーシアム」を設立、活発な活動を行っています。こちらは完全にオープンで参加も無料ですので、ぜひご検討いただければと思います。

おわりに



大阪・関西万博では、空飛ぶクルマで観客を輸送するアイデアがあるという報道を目にしました。そうした未来のテクノロジーを支える情報通信基盤が、5GやBeyond 5Gであると考えています。万博のテーマは、「命輝く未来社会のデザイン」です。世界中から訪れる人々に、自動運転や日本生まれの新しいモビリティなどを通じて未来社会を体験してもらえよう、総務省としても貢献していきたいと考えています。

MaaSが都市を変える ～移動×都市DXの最前線～



牧村 和彦氏
まきむら かずひこ

一般社団法人 計量計画研究所
理事 兼 研究本部企画戦略部長

モビリティデザイナー。東京大学博士（工学）。筑波大学客員教授、神戸大学客員教授。都市・交通のシンクタンクに従事し、将来のモビリティビジョンを描くスペシャリストとして活動。代表的な著書に、「MaaSが都市を変える」（学芸出版社）、「MaaS」（日経BP、共著）、「Beyond MaaS」（日経BP、共著）等、多数



はじめに

次世代モビリティサービス「MaaS (Mobility as a Service)」の普及は、都市や街に大きなインパクトをもたらします。本講演では、未来の交通ビジョンを描くモビリティデザイナーとしての立場から、「都市が抱える課題」、「MaaSの本質とは何か」、そして「MaaSが都市を変える」という視点のもと、モビリティ革命が都市や街づくりに及ぼす影響や、MaaSの実装に取り組む際のポイントについて、先進諸国の取り組みを交えて紹介します。



都市が抱える課題

WHO（世界保健機関）の統計によると、交通事故で死亡する方は、世界で年間135万人に上ります。24秒に一人が亡くなっている計算です。また、交通渋滞による全世界の経済損失は毎年十数兆円に及ぶといわれています。これらはモータリゼーションが進む現代の都市が抱える世界的な課題の一つですが、私たちのすぐそばにもモビリティと都市の課題は横たわっています。

95%のクルマが眠っている

図1は、日本全体でクルマがどのくらい動いているかをグラフ化したものです。1日のうち、95%のクルマが「眠っている」（駐車状態である）ことが示されています。例えば自宅から勤務先までクルマを使って片道30分移動したとして、走行時間は往復で1日1時間です。それ以外の23時間は自宅や勤務先などに駐車していることになります。このことは、都市において貴重な空間が駐車車両によって専有されていることを意味しており、都市空間の有効活用という観点で深刻な課題だといえます。

日本における移動格差

高齢者の移動格差という課題もあります。前橋市の資料によると、運転免許や自動車を保有している高齢者の外出率は80%なのに対して、これらを持たない高齢者の外出率は49%にとどまっています。地方都市においては、クルマという移動手段が

ないと、高齢者の活動が大きく制約される実態を示しており、今後さらに高齢化が進み、免許返納も進む中で、この移動格差はより重要度を増していきます。

こうした近年の都市が抱えるさまざまな課題に対して、クルマの電動化や自動運転だけで解決しようとするのは困難で、新しいサービスやシェアリングなど、交通の新しい代替手段を提供していくことが求められます。

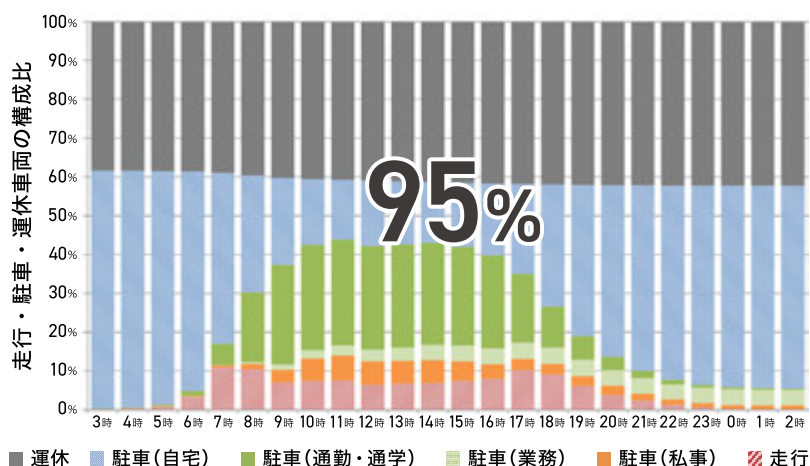


図1 時間帯別の走行および駐車時間の割合（日本全国の自動車動向調査結果より）

出典: IBS Annual Report 研究活動報告 2018



MaaSの本質とは

MaaS（マース）は、マイカーという魅力的な移動手段に取って代わるのではなく、マイカーと同等あるいはそれ以上に魅力的なモビリティサービスを社会へ新たに実装し、人々の選択肢を増やししながら、それによって新しい価値観と持続可能な社会を構築していくことです。あたかもポケットの中に全ての交通手段があるかのようなライフスタイルが実現可能になります。そこにMaaSの本質があると考えています。

図2は、MaaSの発祥地といわれるフィンランドの運輸通信省が提示したMaaSの概念図です。顧客を中心に、シェアリングサービスなどが展開されます。一人一人が望む移動サービスをAIが分析して提供し、地域などの目的に対して行動変容を促すファシリテーターという概念や、通勤・余暇・買い物といった生活に密接に接続しながら、オンデマンドでサービスを提供することが特徴です。最終的には顧客目線で交通や通信、都市といった産業インフラに大きな影響を与えていく。これがMaaSの全体像です。また、国家政策として交通産業をデジタルによって変革することがMaaSの裏側にある本質だと考えら

れます。日本においても、未来投資戦略2018^{*1}に「次世代・モビリティシステムの構築」としてMaaSの推進が掲げられました。具体的な取り組みの一つが経済産業省と国土交通省が共同で推進している「スマートモビリティチャレンジ」です。IoTやAIを活用した新たなモビリティサービスの社会実装に向け、全国で実証実験が続いています。

世界のMaaS展開例

世界ではすでに次世代ビジョンとともにMaaSの展開が始まっています。欧米の事例をいくつかご紹介します。

ヘルシンキの場合～交通ビジョン2050

フィンランドの首都ヘルシンキでは、2050年における「化石燃料ゼロ化」と自動車に依存しない都市の在り方を目指す「交

*1: 2017年6月9日に閣議決定されたわが国の成長戦略。「Society 5.0」を本格的に実現するため、これまでの取り組みの再構築、新たな仕組みの導入を指針としている。

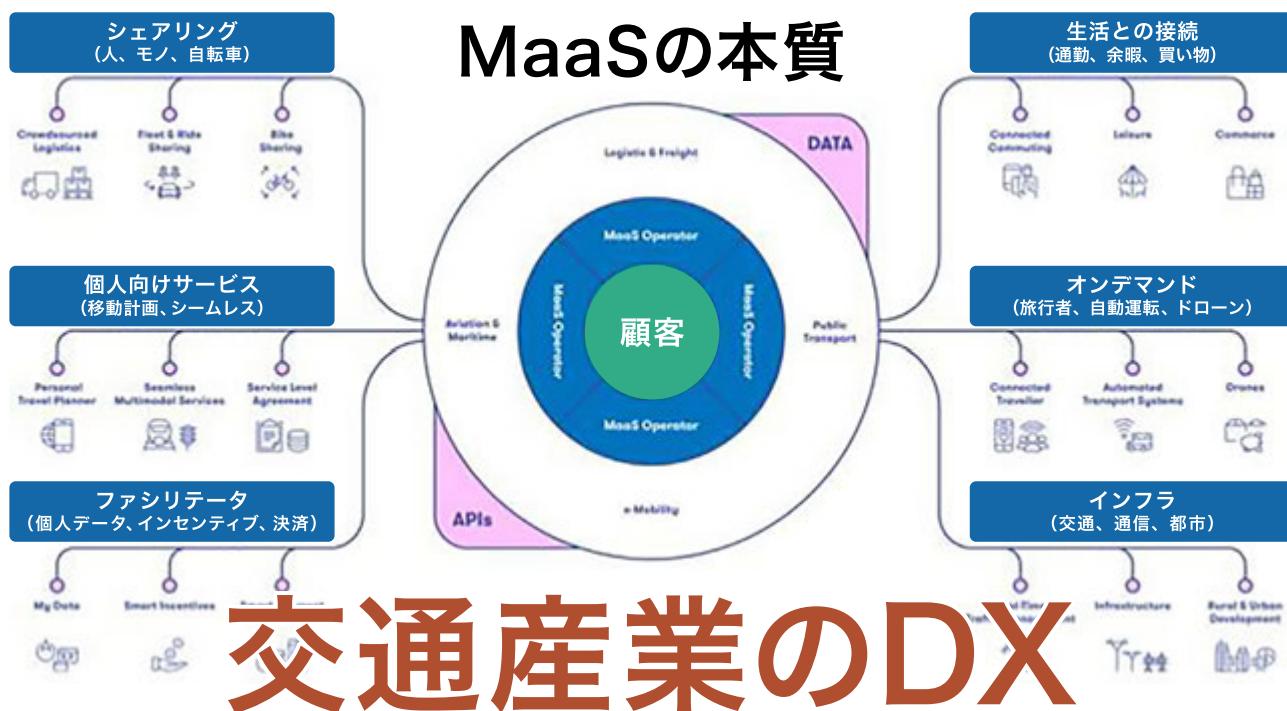


図2 フィンランド政府が描く MaaSの本質

出典: フィンランド運輸通信省のデータをもとに作成

通ビジョン2050」を提案しています。また同市ではこのビジョンを実現するため、公共交通、タクシー、レンタカー、自転車などの交通手段を統合して、移動計画から予約、決済まで一つのアプリで利用できる定額のMaaSサービス「whim（ウィム）」を2016年から展開しています。

ボストンの場合～GO BOSTON2030

米国では、大都市ボストンがいち早く「GO BOSTON2030」というビジョンを掲げました。これは、地域に居住する人々に対し、その多様性を尊重しながら公平性を最重視しつつ、一人一人の交通利便性を高めていくというものです。速達性よりも安全性を重視し、さらには2030年までに1人乗りの自動車利用（マイカー通勤など）を半減していこうという非常に野心的な計画となっています。図3は、ボストン市が検討している交通プラットフォームのイメージです。最上部に行政機関があり、その下に自動走行のオペレーターと既存の交通事業者（電車・バスなど）を一体とした交通プラットフォームを作っていく。つまり行政がプラットフォームとなり、かつ顧客目線を持って経営することが重要と考えられています。

フランスの場合～モビリティ指針法

2019年にフランスで可決されたモビリティ指針法（LOM法）は、同国内の陸上交通のカーボンニュートラルを2050年までに実現することを目的とした1兆5千億円もの投資計画です。都市圏ごとのMaaSの普及、自動運転や電動化の本格展開も含めた総合的なパッケージ法です。フランスには移動手段を持たない人や公共交通の空白地帯が多いため、この法律には「モビリティに関する空白地域をなくし、全国でマイカーに代わる交通手段を保证していく」ことが明記されています。Universal MaaS（障がい者や高齢者など含めて誰もが快適に移動を楽しめるサービス）の発想に基づく、先駆的な運用事例といえます。

この法律にはもう1点、重要なポイントがあります。フランスでは公共交通機関の各種データが公開されて利活用が進んでいます（＝オープンデータ化）、地域で新しい移動サービスが展開される際にも同様にデータを公開するよう義務付けたのです。フランスではすでに多くの外国企業がMaaS事業を展開しています。事業主体が多様化するに伴って問題も生じています。

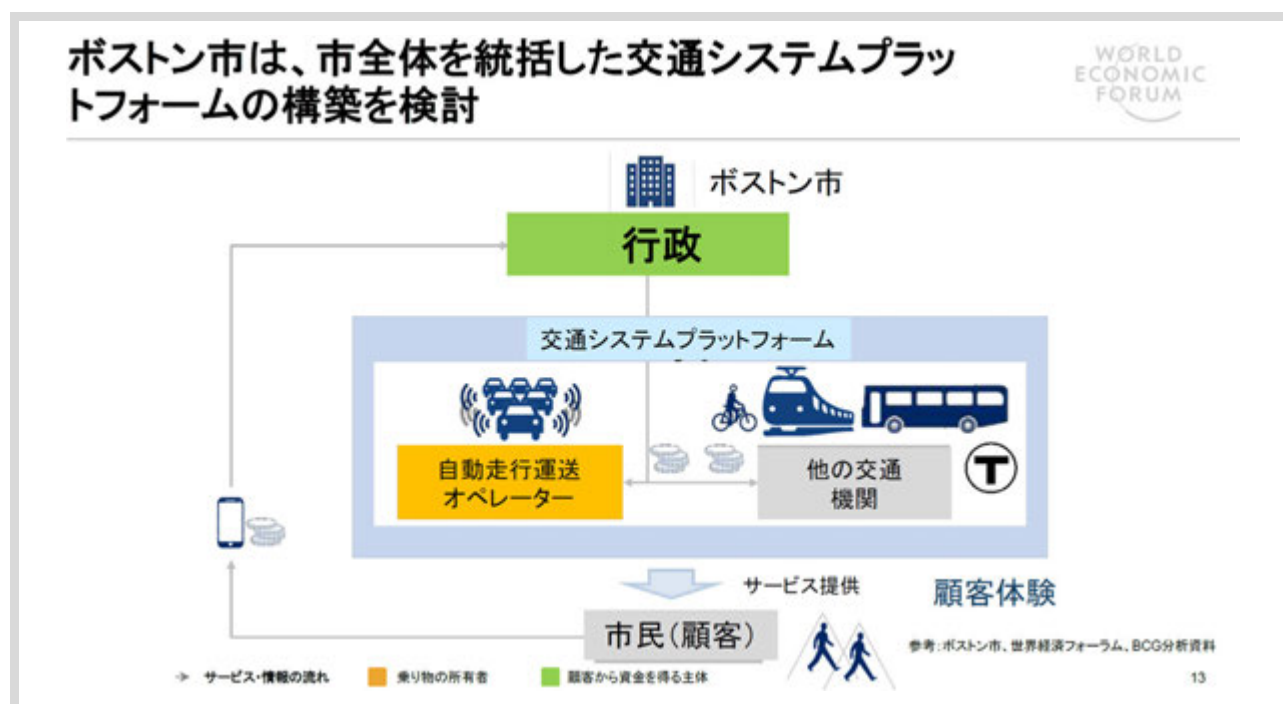


図3 市全体を統括した交通システムプラットフォーム構想（ボストン市の取り組み）

出典：未来投資会議、シュワブ氏講演資料（2018年4月12日）

行政・地域としてのガバナンスを高めるためには、サービスの状態をモニタリングして品質をチェックする必要があり、データの公開が重要視されているのです。

④ MaaSを推進するキー・プレイヤー

MaaSを推進していくためのポイントとして、「プレイヤー」の存在を見逃すことはできません。先行しているのは、米国のUber、Lyft、シンガポールのGrab、ソフトバンクが出資する日本のDiDiモビリティジャパンといった配車サービス事業者です。日本ではライドシェアなどと紹介されることが多いようですが、米国では交通ネットワークカンパニー（TNC）と呼んでいます。

図4は、車両、運転手、顧客に関するデータを交通プラットフォーム上で連携させ、新しいサービスを提供するLyftのビジネスモデルです。TNCの多くは同様のビジネスモデルを展開しています。特に注目すべきは「車両」で、自動車・レンタカーだけでなく、シェア自転車や電動キックボード、自動運転まで、多種多様なクルマの中から利用者が選択できる点が特徴です。自動運転については、Googleが展開している「Waymo One」という完全無人の自動運転サービス、ラスベガスのAptivとい

う自動運転車両なども選べるようになっていきます。今後、自動運転車両の割合が増えることが予想されますが、全ての移動を自動運転で叶えるのはまだ難しい状況です。複数種類の車両を組み合わせることで人の移動を支援していく考え方を参考に、いち早く移動サービスを実現し、顧客に利用してもらうことはビジネス上非常に重要になってきます。



MaaSが都市を変える

MaaSは本来、「移動」についての考え方ですが、多くの場合、移動の先には「目的」があります。観光や買い物、医療などのサービスは今後、交通がデジタル化される過程でMaaSと一体化して新しいサービスが生まれていくとみられます。そのサービスの変化に応じ、都市も姿を変えていくことになります。

④ 住宅・オフィス・商業が変わる

例えばスウェーデンのイエテボリという都市では、2019年からMaaS付き住宅の供給が始まっています（図5）。これは約130世帯からなるカーフリー住宅で、居住者はEC2Bという

MaaSアプリを通じて、カーシェア、公共交通の電子チケット、自転車のシェアなどのサービスを利用できます。

オフィスビルでは、これまで何フロアも専有していた駐車場が姿を消し、用途が異なる施設への転用が進みます。また、建物内に駐車場を設けず、自転車修理場や自動運転の送迎ゾーンなど、新たなモビリティサービス施設を併設する「モビリティ体開発」モデルなども登場しています。

一方、オーストリアのウィーンでは、スウェーデンの家具量販店、IKEAがカーフリーショッピングを提唱して現在、駐車場のない店舗を建設中です（図6）。従来の店舗にあった駐車場スペースは屋上庭園やベランダ緑化などに転用され、買い物客の荷物は電動のバンが自宅まで配送します。IKEAといえば、クルマで買い物に出掛けるのが常識でしたが、こういった従来の世界観やライフスタイルは今後、大きく変わることになります。

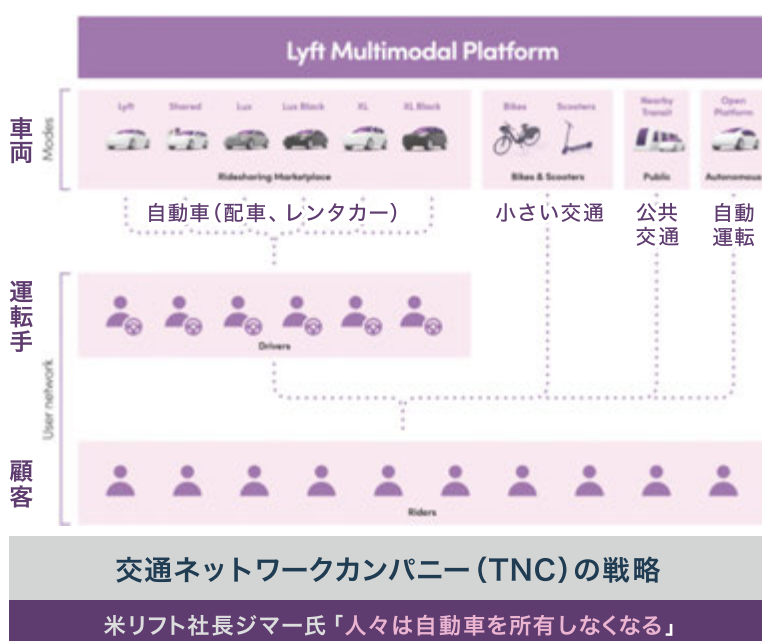
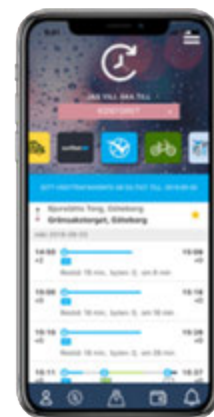


図4 配車サービスのLyftが描くデジタル交通プラットフォーム

出典: United States Securities and Exchange Commission(2019) Form S-1 Registration Statement(Lyft, Inc.)

▼カーフリー住宅 Riksbyggen Brf Viva(イエテボリ)

▼EC2BのMaaSアプリ



住宅が変わる

MaaS付き住宅によるライフスタイルのリデザイン。132世帯のカーフリー住宅を開発(2019年3月～)、EC2Bアプリが居住者の移動を支援する(カーシェア Sunfleet、公共交通の電子チケット、自転車シェアGoRide等のマルチモーダルサービスを提供)。住民の1台当たり自動車保有台数は0.18(市全体では0.28)。

図5 イエテボリ市のMaaS付き住宅

出典: 左写真Riksbyggen 右画像EC2B

カーフリー
ショッピング

ウィーン市内の7箇所で駐車場のない店舗を展開(建設中)。駐車スペースは屋根上の公園やベランダ緑化スペースに。配送は電動のヴァンを利用。



図6 ウィーンで建設中のIKEAカーフリー店舗(開発イメージ)

出典: IKEA社

結節点が変わる

チケットレス、キャッシュレスが真のユニバーサルデザイン実現へ。

写真は、欧米では一般的な、異なる移動手段が同一ホームで乗り継げるよう工夫された改札の無い結節点の例



図7 改札がない乗り継ぎ拠点の様子（写真左上：幹線交通、写真右：支線交通、フランス・ナント）

結節点が変わる

結節点（公共交通同士の乗り継ぎや、公共交通と新しいモビリティサービスとの乗り継ぎ）も大きく変わる可能性があります。図7は、フランス・ナントの現存する乗り継ぎ拠点です。信用乗車制度により改札のない結節点が一般的です。

いずれ日本でも顔認証システムが実用化されたその先には、顔認証による乗降に留まらず、図のような改札のない結節点を実現していくことが大切です。キャッシュレス、チケットレスを進める意義は、車椅子やベビーカーを利用する人たちも含め



都市が変わる、スマートシティへ

チケットレス、キャッシュレスが真のユニバーサルデザイン実現へ。
写真は、欧米では一般的な、異なる移動手段が同一ホームで乗り継げるよう工夫された改札の無い結節点の例

図8 都市開発とMaaSサービスが一体となったシンガポールのスマートシティ計画
出典：シンガポール政府

て、誰もが乗り継ぎ容易になり、気軽に街へお出掛けできる環境にアップデートしていくことだと考えます。これこそが真のユニバーサルデザインの実現を目指すものといえます。

都市が変わる

図8は、シンガポール西部地域テンガに開発中のスマートシティ（フォレストタウン）の完成イメージです。都市開発とMaaSサービスを一体化して地域の価値を高めようという計画

で、住宅ではEVカーシェアが導入され、タウンセンターの1F部分は歩行者中心の空間となり、車両は地下を走行し、いずれこれらが電動化、自動化されていきます。目指しているのは人間中心の新しい社会で、人々が本当に住みたいと思える豊かな暮らしの空間づくりです。

国内の取り組み

日本でも鉄道交通事業者や自動車会社を中心にMaaSが本格始動しています。これまでも、鉄道会社は鉄道事業だけでなく、不動産や流通（百貨店）、レジャーとライフスタイルを支える多様なサービスを展開する沿線開発モデルを手掛けてきました。DX時代を迎え、沿線開発モデルから新しい交通とサービスを組み合わせた新しいMaaS

モデルを作っていく必要があります。海外の交通事業者の多くは交通サービスだけで事業を展開していたのに対し、日本の鉄道事業者はすでに幅広いサービスと連携してきました。この経験は日本の大きな強みの一つであろうと思います。

品質マネジメントの重要性

世界でMaaSへの取り組みが具体化する中、安全性は十分か、障がいのある人にも利用しやすいサービスとなっているかなど、さまざまな視点からモニタリングし、行政が中心となってモビリティサービスの品質をマネジメントする取り組みが増えています。

図9は、サンフランシスコ市が行っている官民連携による品質マネジメントの一例です。新しいモビリティサービス（カーシェア、自転車シェア、電動キックボードシェア、配車サービスなど）について、10の指標によりモニタリングを実施し、品質の維持・改善に取り組んでいます。

先に紹介したフランスのモビリティ指針法では、新たなサービス事業者はオープンデータ化が義務付けられているように、米国の多くの都市でも、交通データの提供が新しいモビリティ事業者が営業許可を受けるための条件に含まれます。データ提供に用いられるMDS（Mobility Data Specification）というデータ仕様は全米90以上の都市で採用され標準化が進んでいます。このように、品質マネジメントにおいてはサービスを提供する側がデータをオープン化するケースが非常に多くなっています。提供するデータそのものの品質も非常に重要です。民間の事業者と行政が連携したサービス形態は、これから本格化する日本のMaaSでもポイントになってくるでしょう。

おわりに

最後に、ここまでご紹介した事例から導かれるMaaSの価値と今後求められる取り組みについてまとめます。

1. MaaSの価値は「データの品質」にあります。中でもリアルタイムな動的データや、新たなモビリティ、シェアリングに特有のデータ（配車状況や充電カーポートの稼働状況など）は非常に重要です。また、災害やパンデミック禍にあっても

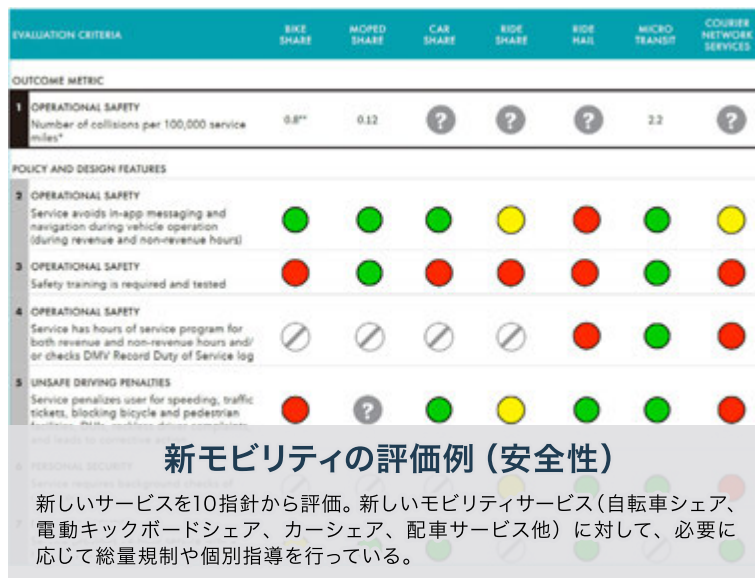


図9 新しい移動サービスによる行政モニタリング
(サンフランシスコ市の安全指標の事例)

出典: サンフランシスコ市交通局 (SFMTA)

人々の移動をスムーズにサポートする柔軟な対応も求められます。

2. MaaSの価値は「サービスの品質」にもあります。例えば、自動運転が実用化されたときに、全車両に対して同じルートを表示すれば渋滞発生の要因になります。従って、さまざまな状況に適応できるルート検索の品質が求められます。また、MaaSの実現に当たり、移動サービスは共通のプラットフォームに統合されていきます。その結果、統合されたサービスの品質が問われることになります。移動の途中で故障があった場合は、振替・代替輸送を実施するといった柔軟性が求められます。そうしたトータルのサービス設計や品質確保が非常に重要になります。
3. MaaSはスマートシティの実現にとって中核を担う要素になると考えます。そこでは都市経営のための品質マネジメントが重要になります。移動サービスから得られるデータや都市が持つデータについて、その価値を官民が共有し、相互の連携によって安全性や利便性、信頼性を高めていくことが大切です。

以上が、次世代におけるMaaSおよび都市設計についての私の考察です。次世代のサービスに新たに取り組もうとする皆さまのご参考になれば幸いです。



車載ECUの開発現場から見た テストと自動化の現状



米谷 恵一
よねや けいいち

株式会社ベリサーブ
中部オートモーティブ事業部 第一ビジネスユニット

2017年 株式会社ベリサーブ入社後、車載ECUテスト業務を担当。
その後、複数の組み込み開発プロジェクトを経て、2019年より車載ECUテスト
の自動化開発管理業務に携わっている。

はじめに

近年、CASE・MaaSと呼ばれる新しい領域で技術革新が進み、クルマの概念は大きく変わろうとしています。そんな中、車載ECU（電子制御ユニット）は先進技術の制御をつかさどる重要な要素であり、自動車の電動化・自動化を支えています。搭載数も年々増加傾向にあり、車載ECUに対する自動テストシステム開発のニーズが高まっています。リソース不足の解消やスケジュールの短縮など、その理由はさまざまです。一方で、車載ECUなどの組み込み系テストの自動化は、ウェブアプリやスマートフォンアプリのテスト自動化と比較すると難易度が高く、依然として大きなハードルとなっています。本講演では、自動テストシステム開発や自動テストスクリプトの運用を担う現場エンジニアの立場から、テスト自動化の現状と課題を振り返った上で、課題解決に向けたプロセスについてご紹介します。

車載ECUテストの現状

オートモティブ分野におけるテストボリュームは拡大の一途をたどっています（図1）。中でも、情報セキュリティの重要性の高まりやユーザーサービスの拡大志向により、IoTに代表される情報系ECUの機能拡大は顕著です。こうした状況を背景としてテスト自動化プロジェクトが多数発足していますが、そこにはプロジェクトオーナーの「今よりも楽にテスト計画を完遂させたい」という漠然とした期待があるように思います。

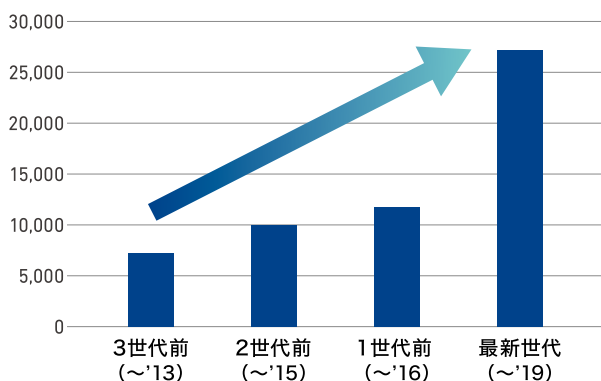


図1 ベリサーブにおける情報系ECUのテスト設計実績

組み込み系テスト自動化の難しさ

冒頭で述べた通り、自動テストシステムの開発においてテスト対象を車載ECUとする場合の特徴は、ウェブ系やアプリ系を対象とする場合と比較して、開発面、運用面で非常に難易度が高いことです。チェックポイントが多岐にわたり、複雑さが群を抜いているためです。また、高額な自動テスト専用のハード機器が必要であったり、テスト対象にAPIが用意されていないため直接操作による振る舞いが確認できなかったりといった環境面での制約も多く、テスト自動化のハードルをいっそう高いものにしています。

テスト自動化の現場で起きていること

以下は、ベリサーブが携わった、あるいは直接話を聞いたテスト自動化プロジェクトの中で、品質、予算、納期目標を達成できなかった「失敗プロジェクト」の特徴です。

- (1) 目的があいまい
- (2) Stand Aloneな（孤立した）プロジェクト体制
- (3) PoC (Proof of Concept^{*1})・スモールスタートの計画がない

各特徴について説明します。

① 目的があいまい

「目的」とはエンドユーザーあるいはプロジェクト発注者の要求を指し、「目的があいまい」とは「要件は存在しているものの要求が見えていない」状態を言います。例えば「1000項目分のテストケースの自動テストが実行可能なシステムの開発」を成果物の目標とするケースを考えてみましょう。その目標を達成すると「誰が」「どういう理由で」うれしいのか、といった上位要求が共有できていないと、1000項目のテスト自動化を完了しても、いざふたを開けてみると、従来の手動テストの方がコスト面でも品質面でも良かったという残念な結果になる恐れがあります。要求を的確に見極めるためには、経験や知見が豊

^{*1}: 新しい概念や理論、あるいはアイデアの実証を目的とした試作開発の前段階における検証、デモンストレーションのこと。

富なテスト技術者によってコストやテスト品質の十分な検討がなされなくてはなりません。

コストについては、長期的な計画を組むことができるかが重要なポイントとなります（図2）。テスト自動化の初期導入である新規プロジェクトでは、手動テストを上回る費用とリソースが必要になるのが一般的ですが、継続する派生プロジェクトでは大幅にコストダウンが見込めるからです。

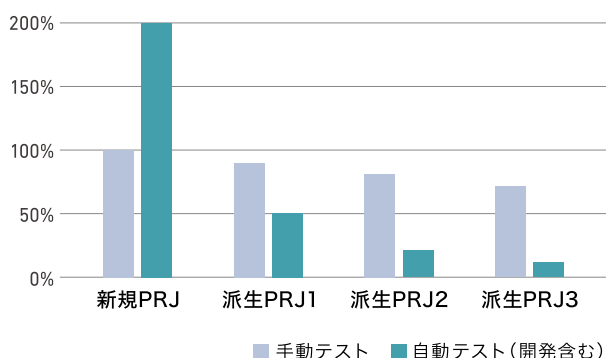


図2 ベリサーブにおける手動／自動テストコストの実績

テスト品質は、手動テスト／自動テストをいかに適切に配置できるかが重要です。手動テスト／自動テストにはそれぞれ目的に応じた適性があります。例えば、自動テストはパラメータのバリエーションに関するテストや、長時間繰り返すといった単純なテストには非常に有効ですが、「探索的テスト」や「気付きを得る」という側面においては人に遠く及びません。こうした手動テスト／自動テストの適性を踏まえ、役割分担させることが大切です。

「目的」は、要求仕様書の作成により明確にすることが可能です。その後の要件定義プロセスで要求を詳細化・具体化していきます。テスト自動化の「目的」次第では、現状のスキル・予算などから実現が難しい場合や、むしろ実現しない方が要求にかなうという場合もあるでしょう。そのようなときは、要件定義プロセスで可能な限り具体的に要求の擦り合せをします。もちろん、要求仕様書は、テスト自動化プロジェクトチーム内だけでなく、テスト関係者全員と共有する必要があります。

② Stand Aloneなプロジェクト体制

自動テストシステムの開発はStand Aloneなプロジェクトになりやすい傾向があります。円滑なテストプロセスを達成するには、テスト自動化プロジェクトチームは手動テストチームとテスト計画完了まで常に連携し、同じ目線、同じ立ち位置でテストプロジェクト全体に関わる必要があります。

また自動テストスクリプトの運用を誰が行うべきかについては、議論が分かれるところかもしれません。スキルが不要で、誰でもテスト実行が可能な点はテスト自動化のメリットですが、数多くのプロジェクトを支援してきた立場としては、テスト自動化導入開始直後の開発プロジェクトでは、自動テストシステムを開発したプロジェクトチームが自ら運用することがベストだと考えています。自動テストシステムから発生したバグと製品から発生したバグの切り分け解析は難易度が非常に高く、専門的な知見が必須だからです。

③ PoC・スモールスタートの計画がない

手動で行われてきたテストを自動化する場合（既存あるいは派生プロジェクトのテスト自動化）に、PoCやスモールスタートの計画がないために弊害が生じるケースがあります。一例を挙げましょう。図3は、車載ECUのテストについてテスト対象とそれに関わるインターフェース（IF）の振る舞いを表したものです。テストケースは、テスト対象がこのシーケンスの図の仕様通りに振る舞うことを確認することとします。手動から自動テストにシフトする際、具体的に起こり得る問題に対処する

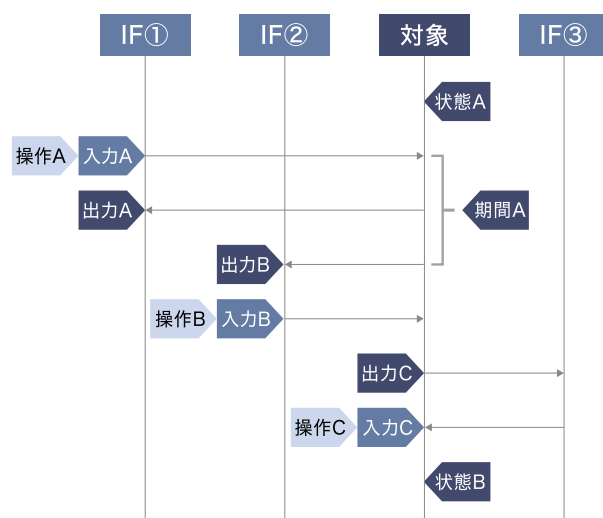


図3 車載ECUにおけるテスト対象と関連IFの処理の流れ

ために、考慮すべき三つのポイントがあります。いずれも、PoCやスモールスタートによりプロジェクトの初期段階で問題を洗い出し、対処しておくことが有効です。以下、考慮すべきポイントについて順に見ていきます。

1 判定範囲 (判定箇所) の見直し

一つ目は、テストを実施する上での操作に対する確認についてです (図4)。手動テストで必要な操作は手順に記載されており、テスターはその通りに操作して結果を判定します。操作が正しく行われているかは、テストケースに明記されていなくても目視で確認します。一方、自動テストでは、テストケースに記載されたことしか判定しません。もし何らかの要因によって

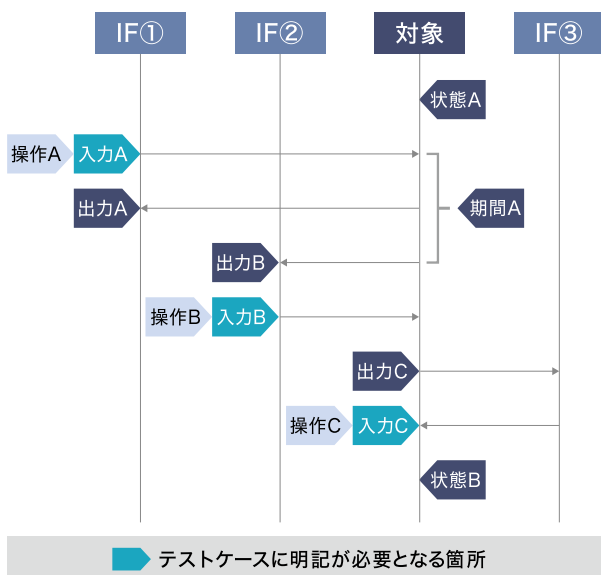


図4 手動テストから自動テストへ切り替える際のポイント1

正しい操作が行われなかった場合、確認したいテスト対象の振る舞いが正しく判定できず、誤りと判定される可能性もあります。操作の誤りとテスト対象の振る舞いの誤りを切り分けるには、テストの判定箇所以前の操作についても手順を明示する必要があります。

2 判定内容の見直し

二つ目は、テスト設計時の記載内容、いわゆる「書ききり」についてです (図5)。例えば「〇〇が正しい動作であること」「仕様通りの振る舞いであること」など、一意に判断できない自然言語が期待値になっている場合があります。テスト自動化に当たっては、基本テスト設計のレベルで判定範囲を特定し、詳

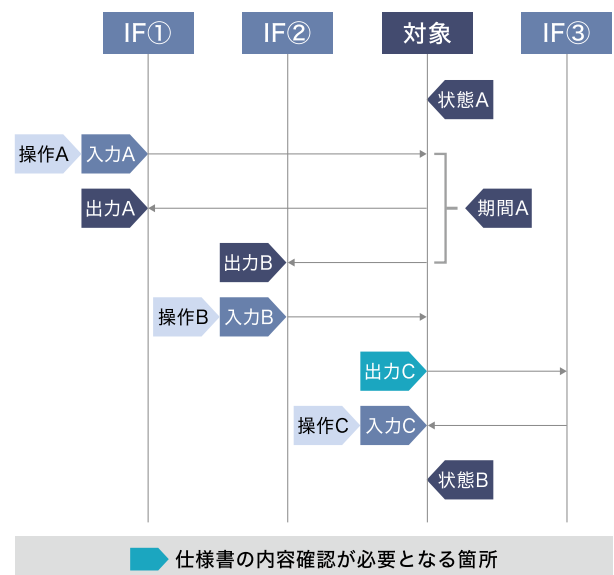


図5 手動テストから自動テストへ切り替える際のポイント2



細テスト設計のレベルで判定内容を具体化する、いわば自動テストシステム用として期待値を再設計する追加プロセスが必須です。

3 期待値の追記

三つ目は、仕様定義のない振る舞いの扱いについてです(図6)。車載ECUは単独で動作するわけではなく、ほとんどの場合、複数の車載ECUの処理の結果を受けシーケンシャルに処理します。その際、関連車載ECUそれぞれの通信間にはもれなく時間間隔が存在します。その時間間隔全てに仕様が定義されていることはまれで、むしろ非機能要件として対象となる各車載ECUの実力値に依存することの方が一般的です。このような振る舞いは、過去の動作からの慣習といったレガシー要因であることが多く、実際にそれ自体は製品品質においては問題とならないケースであることがほとんどです。

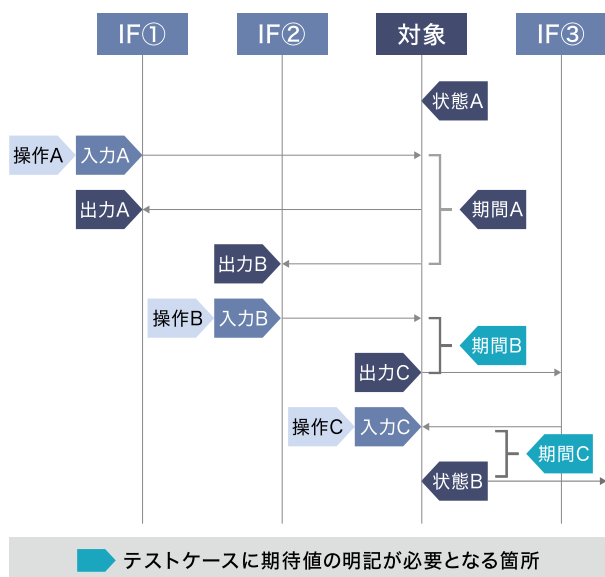


図6 手動テストから自動テストへ切り替える際のポイント3

ただし、テスト自動化においては、値を取る事象には全て許容か、非許容か、あるいは無視してもよいかというテストスクリプトの振る舞いを決める必要があるため、これらについてタイムアウト時間の設定など、テスト自動化設計目線での判断を追加しなければなりません。この検討は、テストミスに直結しかねない非常に重要なテスト自動化プロセスであるため、検討を実施する際には、テスト自動化プロセスを理解した上でのテスト設計スキルが必須です。

テスト自動化プロジェクトを成功に導くためには、PoCやスモールスタート計画の検討は必須です。さらにプロジェクトの状況に応じて、検討したスモールスタート計画を実施に移すことも推奨します。要件定義を通じてできる限りの事前検討を行うことはもちろん重要ですが、実際にやってみないと見つからない問題は必ずあるからです。それを改善するために、まずは小さく始めて水平展開していく。そうしてインプットの最適化を進めながら徐々に大きく転がしていく。車載ECUテストの自動化は、このように進めることをお勧めします。



プロジェクト管理者として考える テスト自動化プロセス

現場での事例を踏まえ、プロジェクト管理者として考える最適なテスト自動化プロセスの一例をご紹介します。図7は、多くの車載ECUテスト自動化プロジェクトに見られる、既存の手動テストを自動化する場合のプロセスです。「テスト戦略」と「テスト設計」までは手動テスト用としてすでに構築されており、その一部を自動化する構図です。ここでは「自動化できる／できない」の検討をはじめ、手動テストと比較してコストはどうか、継続プロジェクトの中で採算が取れるのか、テスト自動化のコストが手動テストより下回るのは何回目のリリースからかなど、さまざまな角度からの検討によりテスト自動化プロジェクトの計画を策定し、テスト自動化範囲の擦り合わせを行います。ここが最も重要なプロセスといえます。

次に既存プロジェクトの資産であるテスト設計を基に、インプットの最適化を行います。ここまでに必要なのは主にテスト関連スキルです。

この後のプロセスでは、テスト全体の役割分担とプロジェクト管理を行うためのシステムエンジニアスキル、実際の環境開発ではプログラミングに代表される開発スキルと、さまざまなスキルを駆使しながらテスト活動を推進していくことになります。



おわりに

以上、数多くの実践現場から導き出されたテスト自動化プロジェクトの課題と改善ポイントについてご紹介しました。今回の内容が、車載ECUなど組み込み系テストの自動化に取り組む皆さまの参考になりましたら幸いです。

■既存プロジェクトを自動化する場合

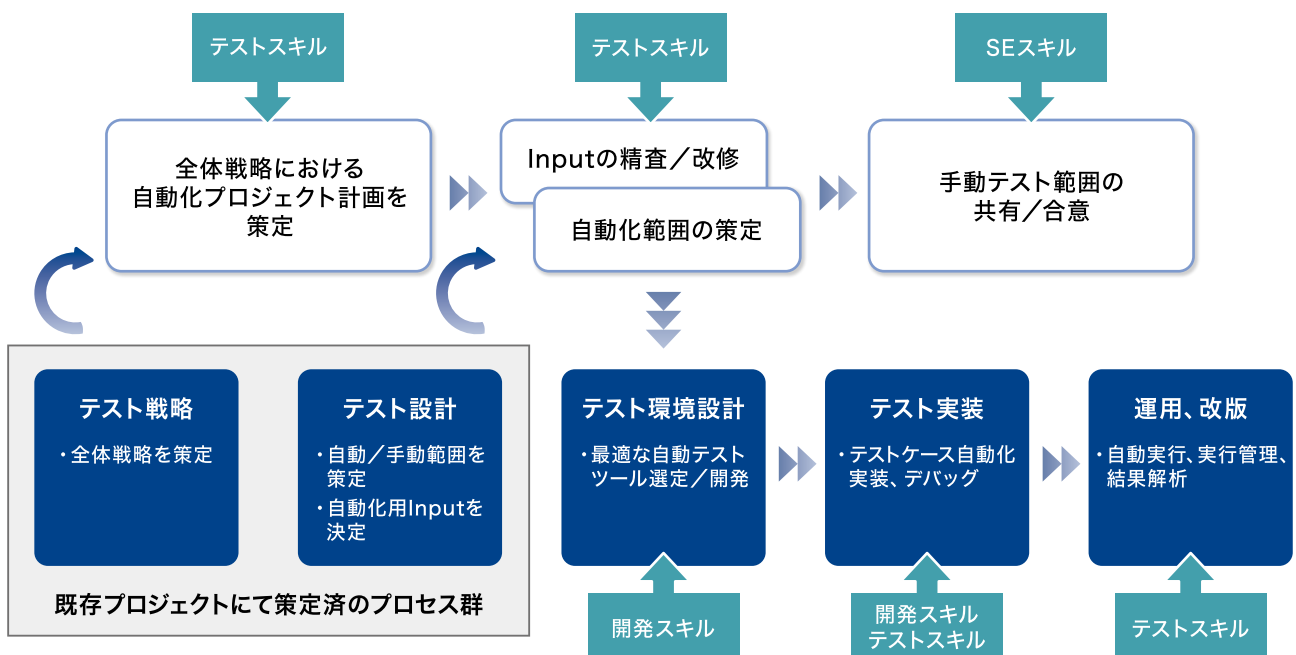


図7 車載ECUテスト自動化プロジェクトにおけるテスト自動化プロセスの一例



車載ドメインにおける モデルベースドテストの 実践例のご紹介



須原 秀敏
すはら ひでとし

株式会社ベリサーブ
研究企画開発部 技術戦略課 課長

2010年 ベリサーブ入社後、車載分野においてソフトウェアテストやソフトウェア品質全般の業務に携わる。現在はR&D部門にて、自動運転における品質保証などの研究開発に取り組んでいる。

JSTQB技術委員、ISO/IEC JTC1/SC7/WG26エキスパート、ISO/IEC 20246 JIS原案作成委員会委員

はじめに

モデルベースドテスト（MBT）はテスト設計手法の一つで、テスト設計の品質や効率を改善するほか、テストの自動化にも重要な役割を果たします。国際的なテスト技術者の資格認定を行っているISTQBでは、Model-Based Tester の認定を行っており、そのシラバスにはテスト設計からテスト実行までのテスト自動化のイメージが示されています。しかし、実際にMBTを前提としてテスト設計からテスト実行までを自動化する日本の事例はあまり提供されていません。そこで、ペリサープでMBTによる「テスト設計」から「テスト実行」までの自動化環境を実際に構築し、実用を前提とした検証を試みました。本講演では、車載ドメインを対象とした実践例をご紹介します。

モデルベースドテストとは

MBTの定義と意義

まず、MBTの定義と意義を確認しましょう。Model-Based Tester 認定試験のシラバス*によると、MBTとは、テスト設計仕様の表現にモデル（一定のルールに基づいた記述方法）を使い、モデルに含まれる形式的な（数学的に意味づけされた）パターンに従ってテストケースを生成することと定義されています。電気通信大学の西康晴氏によると、MBTで使用する代表的なモデルとしては、フローモデル、状態遷移モデル（図1）、トレースペースドモデル、組み合わせモデル、統計モデルなどがあります。

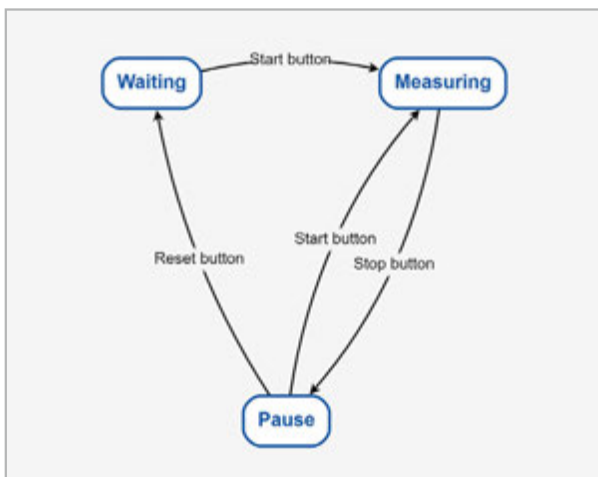


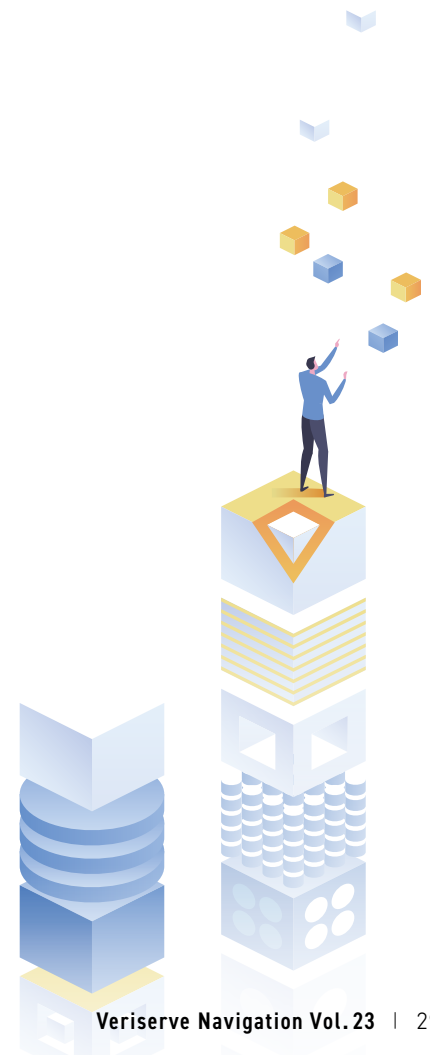
図1 状態遷移モデルの例

モデルの多くが絵や図、表などで表現されるためステークホルダーがテスト設計仕様を理解しやすくなること、テスト仕様が一定の規則に基づくため、テスト設計（場合によってはテスト実行まで）の自動化がしやすくなることがその意義として挙げられています。

※ “ISTQB® Foundation Level Certified Model-Based Tester Syllabus Version 2015”, ISTQB, 2015

車載ドメインにおけるMBTの実践例

ここからは、本講演の主題であるMBTの実践例をご紹介します。対象はMBTそのものではなく、MBTをテストプロセスに組み入れた上で、テストの設計、実装、実行を自動化したシステムです。



MBTのツールチェーンの例

実践に当たっては、冒頭で紹介したシラバスに掲載されている典型的なツールチェーン^{*1}の例を参考にしました（図2）。最も重要なのは「MBT Tool」で、ここでテストケースを生成し

^{*1} 特定の目的のために組み合わせて使用するツール（プログラム）の集合体を指す。ツールには実行順序が設定されており、一つ前のツールの出力結果を次のツールの入力として利用し、連鎖的に実行することから鎖（チェーン）に例えられている。

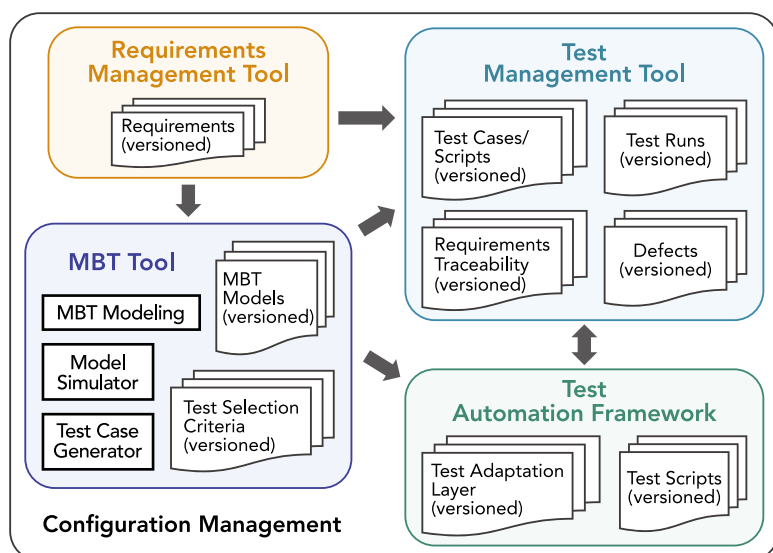


図2 MBTツールチェーンのイメージ

出典：「ISTQB® Foundation Level Certified Model-Based Tester Syllabus Version 2015」, ISTQB, 2015より作成

ます。「Requirements Management Tool」はテスト対象への要求管理、「Test Management Tool」はテストケース管理、「Test Automation Framework」はテスト実行、そして全体の管理が「Configuration Management」という構成です。ここにはテスト実装に該当するものは明記されていませんが、MBT Toolに含まれていると解釈しました。

実践したツールチェーン

これを基に私たちが構築したシステムが図3です。図の左上にある仕様の記述が行われると、自動的に処理が始まります。

テスト仕様となるモデルはSparx Systems社の①「Enterprise Architect」を使いSysML^{*2}で記述、構成管理には②「GitHub」を、CI（継続的インテグレーション）サーバー^{*3}には

^{*2} 米OMG（Object Management Group、IT関連の世界標準を推進する非営利団体）によって公開されている、システム全体をモデリングするための表記言語。主にソフトウェア設計に用いられるUML（統一モデリング言語）をベースに、ハードウェアなども含めて設計しやすいように拡張・整理されている。

^{*3} ソフトウェアの更新のたびにテストを行うことで、ソフトウェアが常に正常に動作する状態を維持し、開発スピードを落とさないことを目的とした「継続的インテグレーション」を実現するためのサーバー。「ビルド」や「テスト」など継続的インテグレーションに必要なさまざまなプロセスの実行を制御する。

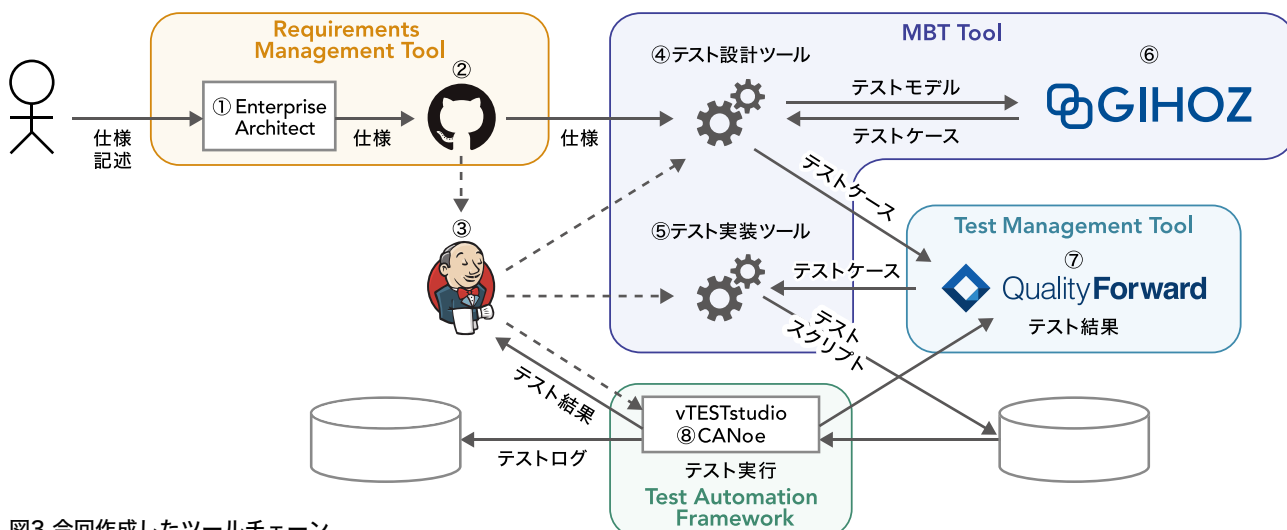


図3 今回作成したツールチェーン

③「Jenkins」を利用します。MBTのメインとなるMBT Toolについては、テストケースを生成する④「テスト設計ツール」とテストスクリプトを生成する⑤「テスト実装ツール」を独自に実装しました。また、「テスト設計ツール」では、ベリサーブがリリースした、Webブラウザ上でテスト設計モデルを作成するためのツール⑥「GIHOZ」をTest Case generator（テストケース自動生成装置）として部分的に活用します。作成したテストケースを、これも当社の⑦「QualityForward」というテスト管理ツールに登録すると、「テスト実装ツール」がテストケースを受け取り、テスト実行用のスクリプトを生成します。テスト実行ツールには、Vector社の⑧「CANoe」を使用し、Vector社の「vTESTstudio」の形式で生成されたテストスクリプトを実行します。

Requirements (テスト仕様)

次に、ツールチェーンの実行に関わる要素のうち、実行の順に要点となる箇所をピックアップし、具体的な動作を説明します。

Enterprise Architectで作成したSysMLモデル（テスト仕様）をMBTの入力としています。GitHubが要求管理の役割を担い、モデルの保管、MBT Toolへ入力値（モデルのデータ）の連携などを行います。今回ターゲットにしたのはアクティビティ図、状態遷移図、ブロック定義図です。ブロック定義図については、入力や出力のデータ取得に活用しています。図4は、アクティビティ図の一部を表現しており、これを入力にしてテ

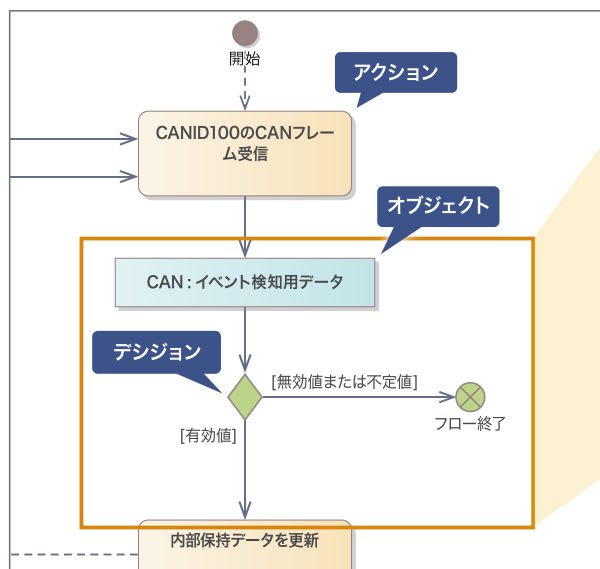


図4 入力となるアクティビティ図の例（部分）

ストケースを生成しています。手順は、Enterprise ArchitectにAPI経由でアクセスし、オブジェクト（処理の対象）・アクション（処理）・デシジョン（条件分岐）などのデータを取得、そこからテストケースを生成するという流れです。

テストパイプライン

テストパイプラインはテスト設計の実装、実行といった処理の流れ全体を制御する考え方で、今回はJenkinsがそれに該当します。Jenkinsで仕様書やモデルを監視して、更新があった場合にテスト設計ツール、テスト実装ツール、テスト実行ツールを順に起動し、最終的な実行結果を受け取ります。

MBT Tool

モデルの特定の構造を抽出してテストケースを生成しています。例えば図5のような分岐条件で、オブジェクト（CAN：イベント検知用データ）が[有効値]もしくは[無効値または不定値]である場合にどちらのパスを通るかというテストケースを、アクティビティ図からオブジェクトとデシジョンの組み合わせを抜き出して生成しています。実際にはこうしたパターンを複数抽出して、手作業での設計と同じことが再現できるようにしています。

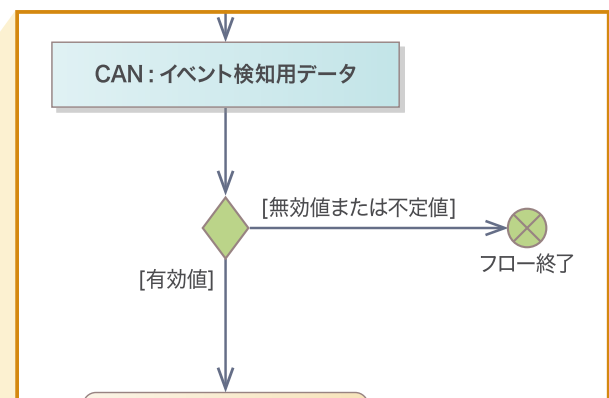


図5 テストケース抽出の対象となるモデルの例（図4の拡大）

Test Case generator

Test Case generatorについて、GIHOZを用いたテストケースの自動生成にも触れておきます。GIHOZにはGUIで作成したモデルからテストケースを生成する機能があります。モデルにこの機能と相性のいい特定の構造が含まれているとテスト設計ツールが判断した場合、APIを経由してこの機能を利用し、JSONで値の入出力を行っています。図6の左側がモデルを表現するパラメーター、右側が出力されたテストケースです。GIHOZにモデル相当の情報を投入し、テストケースを戻します。APIによる入出力機能はまだ製品リリースされていませんが、実装が検討されています。

```
{
  "allParameters": [
    {
      "parameter": "Parameter01",
      "values": [
        "有効値",
        "不定値",
        "無効値"
      ]
    },
    {
      "parameter": "Parameter02",
      "values": [
        "有効値",
        "不定値",
        "無効値"
      ]
    }
  ],
  "constraints": ""
}
```

```
200 Response body
{
  "testCases": {
    "header": [
      "Parameter01",
      "Parameter02"
    ],
    "data": [
      [
        "無効値",
        "無効値"
      ],
      [
        "無効値",
        "有効値"
      ],
      [
        "無効値",
        "不定値"
      ],
      [
        "不定値",
        "不定値"
      ]
    ]
  }
}
```

図6 GIHOZのテストケース自動生成の例
(左：モデル相当の入力パラメーター、右：生成されたテストケース)

Test Management Tool

テスト設計ツールが生成したテストケースをQualityForwardに投入し、テストケースとテスト実行状況が管理できるようにします。可読性は低下しますが、テスト実装ツールに渡しやすいようにテストケースはJSON形式で格納しています。

QualityForwardにはWebのAPIが用意されているため、API経由で自動的にテストケースに関する情報を投入する仕組みを実現しています（図7）。

A機能 - 1.0のテストケース編集

	優先度 ▼	object_list ▼	Behavior ▼
1	A	{ "オブジェクト名": "Parameter01", "オブジェクト値": "01" }	A1
2	A	{ "オブジェクト名": "Parameter01", "オブジェクト値": "0E" }	A1
3	A	{ "オブジェクト名": "Parameter01", "オブジェクト値": "05" }	A1
4	A	{ "オブジェクト名": "Parameter02", "オブジェクト値": "00" }	A1

図7 テストケースがQualityForwardに登録された後の状態



Test script generator (テスト実行可能な形式への変換)

テスト実装ツールに該当するもので、作成したテストケースを実行可能な形式へと変換します。今回はvTESTstudioの形式でテストスクリプトを生成しています。

また、今回はテストスクリプトの「流れ」をあらかじめ固定し、そこに入るパラメーターをテストケースに従って変化させる「データ駆動スクリプト」を使っています。一般的にテストスクリプトの自動生成ではキーワード駆動を使うことが多いのですが、今回は入力となるモデルがセミフォーマルな形式であるため、全てをキーワードにしてスクリプトの中の手順を自動的に変更することまではできていません。ここは今後の課題となります。



Test automation Framework

最後がテストの自動実行です。CANoeを使用してテストを実行し、その結果をAPI経由でQualityForwardに自動的に入力します。

以上がMBTを前提とした自動テストシステムに関する概要です。このシステムの動作ではモデルが更新されると、ツールチェーンが動作し、テストケース作成からテスト実行、テスト管理ツールへの実行結果登録までの一連の処理の自動化を実現することができました。



実践を通じて

今回は、MBTモデルやテスト技法を一部に限定適用しての実践となりましたが、仕様作成／修正をトリガーに、テスト設計からテスト実行まで人の手を介することなく実施できました。社内で紹介したところ、現場の技術者から高い評価が得られました。

テスト設計の際、頭の中で考えていることをMBT用にルール化するのは意外と難しく、あらためてテスト技術者が多くのことを考慮しながらテスト設計していることが分かりました。また、モデリング言語はモデルを記述するための記述法ですが、例外的な記述も許容されているため単純にルール化できないことがあります。MBTではSysMLで仕様書を書くだけでは制約が足りず、MBTのためのモデルとしての制約を守る必要があります。

なお、今回は車載ドメインとしてHILSを対象としましたが、SILSへの応用も可能だと考えられます。また、テストは一つの環境でのみ実行しましたが、この仕組みを使えば複数の環境での並列実行も簡単に実現できるはずです。

おわりに

MBTによるテスト設計が実現すると、テスト設計は「ルールを作り、ツールに入力する」という活動になり、人間の創造性をより必要とする作業にテストエンジニアのリソースを集中することが可能になります。また、仕様書完成からテスト完了までのリードタイムを大幅に短縮することができるため、アジャイル開発における短い期間でのリリースに対応したり、時間的な制限により今まで実施できなかったテストを行うことでリスクを回避したりという効果が期待できるでしょう。

一方で、プロダクト設計のために作成したモデルはそのまま利用できないことが多いため、MBTで利用できる形に整形する、情報を付加するなどの追加作業が発生します。また、仕様変更に応じてモデルのメンテナンスが継続的に発生する点も考慮する必要があります。

以上のように考慮の必要な点はありますが、総合的に評価するとメリットがデメリットをはるかに上回るため、MBTには大きな価値があると考えています。当社でも積極的に取り入れて、手作業での設計を減らしていきたいと考えています。

今回ご紹介した当社の実践例が、これからMBTを実践しようとする皆さまの参考になれば幸いです。



品質を創造する企業



Veriserve Navigation (ベリサーブナビゲーション) 2021年9月号

編集・発行：株式会社ベリサーブ 東京都千代田区神田三崎町3-1-16 神保町北東急ビル9階

お問い合わせ：広報・マーケティング部 TEL：050-3640-8194 MAIL：verinavi@veriserve.co.jp

＊本誌の記事中に掲載する社名または製品名は、各社の商標または登録商標です。