TTC技術レポート
Technical Report

TR-1068

自動車の遠隔更新技術の標準化動向と実用化課題

Current standardization movement and issues before practical use for Over The Air updating in vehicle

第 2 版

2019 年 10 月 30 日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

TTC Telecommunication Technology Committee

目次

＜参考＞

1. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第 1 版	2017 年 12 月 11 日	制定
第 2 版	2019 年 10 月 30 日	2019 年 9 月の UNECE WP.29 勧告公開の動きを契機とする改版 併せて第 1 版に記載した個々の記述を見直し、修正加筆 以下の記述に付いては状況に鑑み削除 ・The New ECU Update Process (2013/6) ・Vehicle Information Access API １版への指摘を反映し、文書内での組織の並びをアルファベット順に変更

2. 参照文章

主に、本文中に記載された文書、及び ＜参考文献一覧＞ に記載した文書を参照した。

3. 技術報告作成部門

TTC コネクテッド・カー専門委員会

自動車遠隔更新検討作業部会 / Task Force Auto-OTA-Updating (TFAOU)、並びに同改版作業部会 (TFAOU2)

＜略語＞

本書では以下の略語を使用する。一部は公益社団法人自動車技術会・基準キーワード[1]を参照している。

略語一覧表

略語	名称
5GAA	5G Automotive Association
5GMF	The Fifth Generation Mobile Communication Promotion Forum
ACC	Adaptive Cruise Control
ACEA	Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles
ADAS	Advanced Driver Assistance System
ADS	Automated Driving Systems
AES	Advanced Encryption Standard
API	Application Programming Interface
ARIB	Association of Radio Industries and Business
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
ATM	Automatic Teller Machine
BSM	Basic Safety Message
CAD	Connected and Automated Driving
CAN	Controller Area Network
CBC	Cipher Block Chaining
CCM	Counter with CBC-MAC
CCSA	China Communications Standards Association
CEN	Comite Europeen de Normalisation
CENELEC	Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique
CESG	Communications Electronics Security Group
CIS	Center for Internet Security
CMAC	Cipher-based MAC
CRL	Certification Revocation List
CU	Communication Unit
DoIP	Diagnostic communication Over Internet Protocol
DSRC	Dedicated Short Range Communication
DT	Diagnostic Tool
EATA	European Automotive Telecom Alliance
EBC	Electronic Brake Control
ECB	Electronic Codebook
ECC	Elliptic Curve Cryptography
ECU	Electronic Control Unit
EPS	Electric Power Steering
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EVITA	E-safety vehicle intrusion protected applications
FG-VM	Focus Group on Vehicular Multimedia
FIPS	Federal Information Processing Standards
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standard
G/W	Gate Way
GCM	Galois/Counter Mode
GF(p)	Galois Field (prime)
HAV	Highly Automated Vehicle
HIS	The Herstellerinitiative Software
HSM	Hardware Security Module

[1] 公益社団法人自動車技術会基準キーワード
https://tech.jsae.or.jp/rireki/keyword.pdf

略語	名称
HUD	Head Up Display
ID	Identification
IETF	Internet Engineering Task Force
IOT	Internet of Thing
IS	International Standard
ISAC	Information Sharing and Analysis Center
ISO	International Organization for Standardization
ITS	Intelligent Transport Systems
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector
ITU-D	ITU Telecommunication Development Sector
IVI	In-Vehicle Infotainment
LAN	Local Area Network
LKA	Lane Keeping Assist
LTE	Long Term Evolution
MAC	Message Authentication Code
MOU	Memorandum of Understanding
MSIP	Ministry of Science, ICT and Future Planning
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
NIST	National Institute of Standards and Technology
NPO	Nonprofit organization
NRPM	Notice of Proposed Rulemaking
OBD	On Board Diagnostics
OBD-II	On Board Diagnosis-II [2]
ODD	Operational Design Domain
ODX	Open Diagnostic eXchange
OEDR	Object and Event Detection and Response
OEM	Original Equipment Manufacturer
OMA	Open Mobile Alliance
OSI	Open Systems Interconnection
OTA	Over the Air
PC	Personal Computer
PKI	Public Key Infrastructure
POS	Point of Sales
PRNG	Pseudo Random Number Generator
PTC	Power Train Controller
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
SAE	Society of Automotive Engineers
SCMS	Security Credential Management System
SHE	Secure Hardware Extension
TC	Technical Committee
TCG	Trusted Computing Group
TCU	Transmission Control Unit
TIA	Telecommunications Industry Association
TOE	Target Of Evaluation
TPM	Trusted Platform Module
TR	Technical Report

[2] 国土交通省「安全 OBD」
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090914_2_.html

略語	名称
TRNG	True Random Number Generator
TS	Technical Specification
TSAG	Telecommunication Standardization Advisory Group
TSDSI	Telecommunications Standards Development Society, India
TTA	Telecommunications Technology Association
TTC	The Telecommunication Technology Committee
UDX	Unified Diagnostic Services
UID	User ID
URL	Uniform Resource Locator
USB	Universal Serial Bus
USDOT	United States Department of Transportation
UTC	Universal Time, Coordinated
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle
V2X	Vehicle to X(anything)
VGP	Vehicle Gateway Platform
W3C	World Wide Web Consortium
WG	Working Group
XML	Extensible Markup Language

1. はじめに

汎用ネットワークにつながるという意味でのコネクテッド・カーとして、期待される多種ユースケースで共通的に必要となる機能の一つに、車載システムの遠隔ソフトウェア更新がある。本機能は、リプログラミングやフラッシングなどといった呼称の違い、また、処理対象の違いがみられるものの、様々な機関／組織で標準化の提案／協議が進められている。本技術レポートの 3 章から 5 章で詳述しているチップを含むセキュリティモジュール、ユースケース、セキュリティ要件、通信規格、API 及びこれらの運用に基づく検討／公開／提案もその中の重要な一つである。それらを迅速に把握、理解し、日本の施策に取り込む提案の一助とするために有志を募り、コネクテッド・カー専門委員会内で、自動車遠隔更新検討作業部会を立ち上げ、活動を行った。具体的には、遠隔ソフトウェア更新のうち OTA (Over The Air) 技術に係る種々の活動を公開情報から入手し、車載システム遠隔更新技術の観点から検討、分析し、レポートを作成した。

なお、本報告書の第 1 版は、特に断りがない限り 2017 年 9 月末日時点での公開情報を基にして記述した。その後、2019 年 9 月の UNECE WP.29 の勧告公開を始めとする、昨今の激しい動きに鑑み、再度有志を募り、関係各位のご支援を頂いて改版作業部会を構成し、2019 年 9 月末日時点での公開情報を基に第 2 版として内容を更新した。

2. 国内外の遠隔ソフトウェア更新関連技術の標準化動向

自動車には走行制御（エンジン、ブレーキ、ステアリングなど）、ADAS 制御（ACC、LKA など）、マルチメディア（カーナビ、オーディオ、HUD、など）、ボディ制御（パワーウインドウ、灯火制御、など）の各種機能を実現するために、数十個以上の ECU が搭載されている。各 ECU 上ではソフトウェアが動作しており、車載ネットワークを介した協調制御を行うことによって、これらの機能を実現している。自動車に搭載されている各 ECU のソフトウェアは、車両出荷前に各 ECU のメモリに記録されるが、車両出荷後に機能改善、あるいは悪意を持つ攻撃への対応などのために更新される場合がある。この車両出荷後のソフトウェア更新のことをリプログラミングと呼んでいる。リプログラミング作業は、通常はディーラーや自動車整備工場（以下、ディーラー等という。）において、自動車整備士が診断ツールを有線接続して実施する。しかし、近年はテスラなどが実用化したように、車両と車メーカのサーバを無線接続し、遠隔から（専門作業者を介することなく）ソフトウェア更新する技術も実用化しており、本技術を遠隔ソフトウェア更新（OTA リプログラミング）と呼んでいる。

OTA リプログラミングは、狭義には ECU のソフトウェア（OS、アプリ）が更新対象となるが、ソフトウェアのコンフィグレーションデータ、カーナビの地図データ、なども含め、広義の OTA リプログラミングと呼ぶ場合もある。本報告ではリプログラミング対象は特に限定していない。

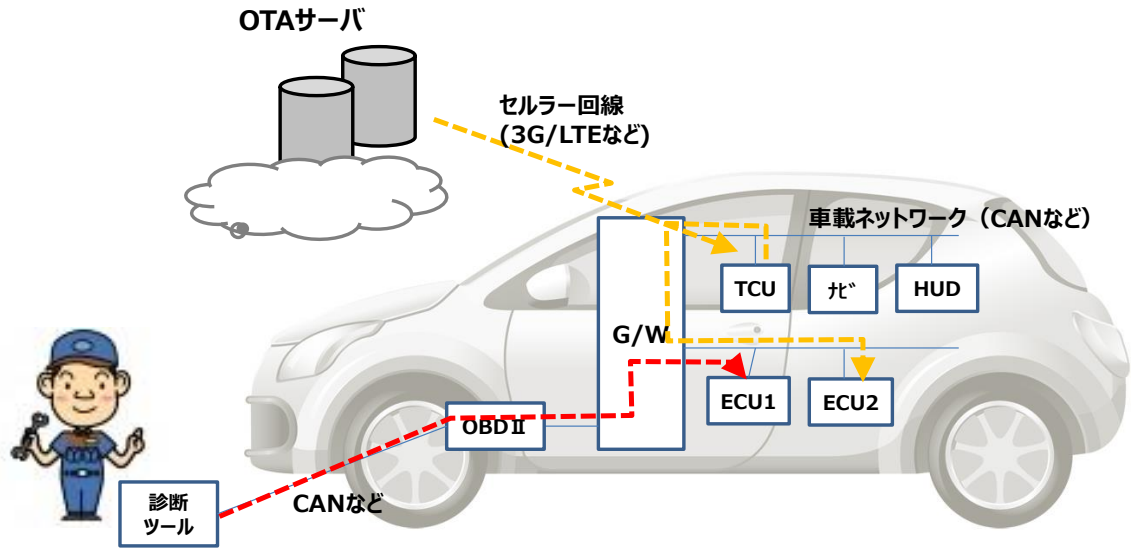


図 2-1　リプログラミングの例

（赤色：従来の有線リプログラミング、黄色：OTA リプログラミング）

本報告では上記車載システム向け遠隔ソフトウェア更新のユースケースに着目し、国内外の政府機関、学術団体、業界団体、NPO 等での、活動状況に関して調査を行った。本作業部会に参画した各メンバーが知見を有する当該団体の公開情報より、「OTA リプログラミング」をキーワードに関連するコンテンツをピックアップし、共通テンプレートにまとめる作業を行い、3～5 章に作業結果を示した。その結果、各団体で進展している遠隔ソフトウェア更新実現に向けた活動状況を明らかにすることができた。

なお、本報告書（改訂版）が参照した公開情報とは、特に断りがない限り 2019 年 9 月末日現在のものである。

関連団体の活動内容、策定文書には様々な内容があるため、調査結果を三つのレベルに分類し、それぞれ、3 章に車両レベル、4 章にシステムレベル（通信）、5 章にシステムレベル（部品）としてまとめた。各団体の章では、組織概要とその発行物（公開状況）に関して紹介する。各発行物に関しては、概要として位置づけとその対象をまず明示し、遠隔ソフトウェア更新に関する記載内容、将来展望をまとめた。位置づけとしては、規定、勧告、ガイダンス、仕様、技術報告、提案等に分類し、更に法的拘束力の有無について記載を行った。その対象としては、通信技術（車内 LAN、車外無線通信など）、更新手順、セキュリティ要件、ハードウェア、ユースケース（自動運転など）、ライフサイクル（運用、ダイアグなど）、更新対象（アプリケーション、マップデータなど）の分類で記載を行った。

3. 関連団体調査：車両レベル

本報告は標準規格の動向調査をスコープとしているが、本章では UNECE などで策定している車両レベルの基準・法規などに拡大して調査を行い、遠隔ソフトウェア更新（OTA リプログラミング）に係る要件に関して抽出を行った。

3.1. 5GAA

3.1.1. 組織紹介

5GAA (5G Automotive Association [3]) は、自動車メーカ、半導体メーカ等から構成される国際団体である。

主な活動として、コネクテッド・モビリティと安全に対する社会ニーズに対応することを目指し、通信ソリューションや自動運転に対応するための標準化などに取り組んでいる。2017 年 3 月には EATA とコネクテッド・自動運転ソリューションの分野で協力する覚書に調印した[4]。

創設メンバーは、Ericsson、Intel、Huawei、Nokia、Qualcomm、Audi、BMW Group、Daimler AG であり、2019 年 6 月の時点で約 110 社以上がメンバーとして 5GAA のページに掲載されている。メンバーは、第 1 版の 2017 年では約 60 社だったので 2 倍弱に増えている。

3.1.2. 規格・発行物紹介

コネクテッド・カーに対しては 5G の広帯域を利用した用途が期待されているが、現時点では OTA への言及はない。

- The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving (2016/11)[5]
  ✧4G LTE から 5G までシームレスな展開が可能なセルラーV2X を提案するにとどまっている。
- 5GAA Report shows superior performance of Cellular V2X vs DSRC (2018/10)[6]
  ✧セルラーV2X と DSRC のパフォーマンス比較を様々な実行環境で論じている。
- Toward fully connected vehicles: Edge computing for advanced automotive communications (2017/12)[7]
  ✧自動運転車に対する要件の一つとしてエッジコンピューティングを論じている。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

3.1.2.1. The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving

3.1.2.1.1. 概要

発行	2016/11/23
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし） ホワイトペーパー
対象	＜ユースケース、通信技術＞ ADAS と CAD(Connected and Automated Driving)

3.1.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

遠隔ソフトウェア更新に関連した直接的な記述はない。ここでは、当面は 4G LTE を利用したセルラーV2X を推進していく方針であることが述べられている。

---

[3] http://5gaa.org/
[4] http://www.prnewswire.com/news-releases/5g-automotive-association-and-european-automotive-telecom-alliance-sign-a-partnership-mou-615215444.html
[5] http://5gaa.org/news/white-paper-placeholder-news-for-testing/
[6] http://5gaa.org/news/5gaa-report-shows-superior-performance-of-cellular-v2x-vs-dsrc/
[7] http://5gaa.org/news/toward-fully-connected-vehicles-edge-computing-for-advanced-automotive-communications/

しかしながら、将来において、より安全な自動運転車(ADAS や CAD) を実現するためには 5G への移行が必要である。センサーやレーダーなどだけでなく周囲のあらゆるものと接続するため、5G が提供する短いレイテンシと広帯域が必要だからである。ここで 3GPP 規格ファミリーの一部であるセルラーV2X は、4G LTE から 5G への展開パスを確保していることが、5GAA はセルラーV2X を推進する理由であると述べている。

3.1.2.1.3. 将来展望

特になし。

3.1.2.2. 5GAA Report shows superior performance of Cellular V2X vs DSRC

3.1.2.2.1. 概要

発行	2018/10/30
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし） ホワイトペーパー
対象	＜ユースケース、通信技術＞ セルラーV2X と DSRC

3.1.2.2.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

遠隔ソフトウェア更新に関連した直接的な記述はない。ここでは、アンテナ特性や車両と障害物との位置関係など様々な環境におけるセルラーV2X と DSRC の性能比較を行っている。2016 年発行の“The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving”の主張を検証する位置づけになっていると想定する。

実施したテストは以下の 8 種類。一貫してセルラーV2X の方が DSRC より性能が良いという結果になっている。

- Lab Cabled Congestion Control
- Lab Cabled Tx and Rx Tests
- Field Line-of-Sight (LOS) Range Tests
- Field Non-Line-of-Sight(NLOS) Range Tests
- Lab Cabled Test with Simulated C-channel Interference
- Lab Cabled Near-Far Test
- Field C-existence with Wi-Fi 80MHz Bandwidth in UNII-3
- Field C-existing of V2X with Adjacent DSRC Carrier

3.1.2.2.3. 将来展望

特になし。

3.1.2.3. Toward fully connected vehicles: Edge computing for advanced automotive communications

3.1.2.3.1. 概要

発行	2017/12/15
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし） ホワイトペーパー
対象	＜ユースケース、通信技術＞ 自動運転車とエッジコンピューティング

3.1.2.3.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

自動運転車、クラウドサーバ間でリアルタイムサービスが要求されるが、特に事故時のリアルタイムサービスのためにエッジコンピューティング技術をどう活かすかについて論じている。

ここではエッジコンピューティング技術を生かした V2X アプリケーションを Safety、Covenience、Advanced Driving Assistance、Vulnerable Road User の 4 つに分類し、Convenience のユースケースとして OTA による Software Update をあげている。他の 3 つはエッジコンピューティングのリアルタイム性を活かしたものだが、この Convenience に関しては OEM サーバとの低コスト通信をその理由にあげている。

3.1.2.3.3. 将来展望

特になし。

3.2. ACEA

3.2.1. 組織紹介

ACEA（欧州自動車工業会）は、ベルギーのブリュッセルに本部を置く、欧州自動車メーカの業界団体である。現在の加入企業は以下のとおり。

BMW グループ, DAF, Daimler, FCA, Ford ヨーロッパ, Hyundai ヨーロッパ, Iveco, Jaguar & Land Rover, PSA グループ、Renault グループ, トヨタ自動車ヨーロッパ, VW グループ, Volvo グループ

3.2.2. 規格・発行物紹介

3.2.2.1. ACEA Principles of Automobile Cybersecurity [8]

3.2.2.1.1. 概要

発行	2017 年 9 月
位置づけ	本発行物自体は法的拘束力を持たない。
対象	自動車のサイバーセキュリティ

コネクテッド・カーの増加に伴い、自動車がサイバー攻撃を受けるリスクが高まっているため、本文書では、以下の六つの鍵となる Principle に関して記載されている。

1. Cultivating a cybersecurity culture
2. Adopting a cybersecurity life cycle for vehicle development
3. Assessing security functions through testing phases: self-auditing & testing
4. Managing a security update policy
5. Providing incident response and recovery
6. Improving information sharing amongst industry actors

3.2.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

ソフトウェア更新に関連する項目としては、以下の記述がある。

< 2. Adopting a cybersecurity life cycle for vehicle development>

本章では Secure ECUs, Secure network communication, Secure E/E architecture, Secure extended vehicle に関して言及されており、Secure extended vehicle のアイテムとして、下記 3 点に言及されている。

- ✓ Secure internet and back-end communication

[8] http://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Principles_of_Automobile_Cybersecurity.pdf

- ✓ Secure remote fleet management systems (FMS) and remote diagnostics
- ✓ Secure over-the-air software updates

また、本章では Security functions として Security logs, Communication protection, Control keys and access, User data protection, Identification/authentication/authorization に関して言及されており、Security logs と Controls keys and access に関して以下のように説明されている。

Security logs: Security events should be logged when required. Access to the security logs are documented and protected from disclosure to unauthorised users. Furthermore, when required, security logs should be sent off-board, through a secure channel, for safe storage.

Control keys and access: Keys are managed securely, and the use of a trusted infrastructure (Public Key Infrastructure) is encouraged.

< 4. Managing a security update policy>

本章では、サイバー脅威に向けて必要に応じセキュリティアップデート機能を準備することについて言及されており、OTA に関しては下記記述がある。

In any case, while secure over-the-air updates seem theoretically possible for many components, the need for physical updates might still be present in the years to come in a number of cases.

3.2.2.1.3. 将来展望

本発行物自体は法的拘束力を持たないが、ACEA が ENISA, UNECE/WP.29, Auto-ISAC などへの勧告に利用されることが記載されている。また、ACEA 会員企業が ISO/SAE21434 における議論を進める上でのリファレンスとすることも言及されている。

3.3. SAE

3.3.1. 組織紹介

SAE International [9] は、航空機、乗用車、商用車等業界の関連技術者及び専門家を会員とする非営利団体である。

主な活動として、技術委員会で標準規格の策定を行っている。また、この団体では A World In Motion や Collegiate Design Series などの教育プログラムを支援している。

約 128,000 人以上の構成メンバーを有している世界規模の団体であり、その Board of Director は、様々な分野の出身者から構成されている。

3.3.2. 規格・発行物紹介

ここでは OTA に関する SAE の活動内容を紹介する。

- Firmware Update Over The Air (FOTA [10]) for Automotive Industry (2007/8)[11]
  ✧リコールによるソフトウェア更新のためには費用だけでなく、車両をディーラー等に持ち込むことによって当該車両を使えなくなる時間も課題であると述べている。

[9] http://www.sae.org/
[10] OTA は FOTA と呼ばれる場合もあるが、基本的には同じ意味で利用されている。
[11] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2007-01-3523/

- Over the Air Software Update Realization within Generic Modules with Microcontrollers Using External Serial FLASH (2017/3)[12]
  ✧ソフトウェア更新の処理時間を短縮するもう一つの方法として、外部シリアルフラッシュメモリを各 ECU に付加する実装が紹介されている。この方法では、外部シリアルフラッシュメモリへのダウンロードの間、各 ECU はローカルメモリで動作できるため当該車両は使い続けられる。

- Analysis of Software Update in Connected Vehicles (2014/4)[13]
  ✧テレコム業界で実績のある 3G／4G モデム、Wi-Fi、スマートフォン（Bluetooth か USB テザリング）による OTA を例示している。同時にこのペーパーでは、北米におけるアンケート調査を行っている。ユースケースごとに要件に対する有利、不利な点を示し、各 OEM における OTA 対応の情況を示している。

- OTA reflashing: the challenges and solutions (2016/1)[14]
  ✧テスラの成功を受け課題の整理が行われている。遠隔ソフトウェア更新の処理時間、ソフトウェア更新後のインテグレーションチェックの必要性、ロールバックに必要なメモリなどが課題としてあげられている。

- Feasibility Study for a Secure and Seamless Integration of Over the Air Software Update Capability in an Advanced Board Net Architecture (2016/4)[15]
  ✧テレコム業界と異なり、自動車業界での遠隔ソフトウェア更新は安全でシームレスな実装が要件となる。この要件に対するソフトウェア更新の実現可能性が調査、報告されている。

- Safe and Secure Software Updates Over The Air for Electronic Brake Control Systems (2016/9)[16]
  ✧遠隔ソフトウェア更新の対象が EBC（Electronic Brake Control）システムの場合は、安全対策の拡張が必要であると述べている。その事例として SHE と EVITA の HSM 及び TCG の TPM によるセキュリティアーキテクチャが紹介されている。

- OTA updating bring benefits, challenges (2016/8) [17]
  ✧遠隔ソフトウェア更新はソフトウェアパッチの提供だけでなく、機能追加にも使われ得ることが紹介されている。

- Improvement of the Resilience of a Cyber-Physical Remote Diagnostic Communication System against Cyber Attacks (2019/4)[18]
  ✧リモート診断やリモートアップデートのサイバーフィジカルシステムに対して、サイバー攻撃に対する脆弱性を分析し、レジリエンス向上の方法を述べている。

[12] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2017-01-1613/
[13] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2014-01-0256/
[14] https://www.sae.org/news/2016/01/ota-reflashing-the-challenges-and-solutions
[15] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2016-01-0056/
[16] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2016-01-1948/
[17] https://www.sae.org/news/2016/08/ota-updating-brings-benefits-challenges
[18] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2019-01-0112/

- System Engineering for Automated Software Update of Automotive Electronics (2018/4)[19]
  ✧PC 等のアップデートと比較しながら自動車ドメインのアップデートアーキテクチャを論じている。アップデートのための安定したインターフェース設計は重要であるとして、その効果の測定方法を示している。

- Measures to Prevent Unauthorized Access to the In-Vehicle E/E System, Due to the Security Vulnerability of a Remote Diagnostic Tester (2017/3)[20]
  ✧リモート診断のアーキテクチャにおいて、その脆弱性を論じている。そのうえで、セキュリティを強化するためのアーキテクチャを述べている。

- Over-the-air (OTA) programming allows remote software updates : Over-the-air affair (2019/2)[21]
  ✧リモートアップデートは、メンテナンスだけでなく新機能の追加にも使えることを述べている。また、5G によるアップデートにも言及がある。

- OTA will drive cybersecurity programs (2018/4)[22]
  ✧インターネットに接続する車におけるハードウェアとソフトウェア設計は、サイバーセキュリティを考慮する必要があることを述べている。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

3.3.2.1. Firmware Update Over The Air (FOTA) for Automotive Industry

3.3.2.1.1. 概要

発行	2007/8/5
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜通信技術、更新手順、ユースケース＞ メンテナンス、修理及びサービスの操作

3.3.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

この時点でテレコム業界では、遠隔ソフトウェア更新に既に OTA 技術を使っていた。この方法を自動車業界に適用することを前提に、いくつかのユースケースを分析し、利点と課題を述べている。ただし、ベースにしている内容は、2001 年～2005 年の事例である。

- 保障費用
  OEM 各社が支払っている保障費用は、製品の売り上げに対して一定の割合を占めているが、その原因の一つとしてソフトウェア起因のリコールがあげられる。この解決策として OTA 技術を使って遠隔ソフトウェア更新することは、単に保障費用を抑えるだけでなく、リコールのたびに車両をディーラー等に持ち込まなくて済むといった顧客メリットもあることを述べている。

- ソフトウェア更新のユースケース
  あげられているソフトウェア更新のユースケースは、リコール、定期検査及びクレームの 3 件。ソフ

[19] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2018-01-0750/
[20] https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2017-01-1689/
[21] https://www.sae.org/news/2019/02/over-the-air-remote-programming
[22] https://www.sae.org/news/2018/04/ota-will-drive-cybersecurity-programs

トウェア更新の方法としてあげているのは、ケーブルベース（有線）でのアップデートと OTA 技術を使ったアップデートである。

3.3.2.1.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.2. Over the Air Software Update Realization within Generic Modules with Microcontrollers Using External Serial FLASH

3.3.2.2.1. 概要

発行	2017/3/28
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜更新手順＞ プロセス設計

3.3.2.2.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

ディーラー等での OBD インターフェースを介したソフトウェア更新の利点は、ソフトウェア更新の処理時間がユーザに見えないことにある。これは工場内で行われる他の様々なサービスの合計時間だけが見えるからである。ただし、ユーザはその間、車両を使うことができない。

同じように外部シリアルフラッシュメモリに更新データをダウンロードする方法であれば、その時間はユーザには明示されない。その間、ユーザの車両は稼働可能だからである。このペーパーでは、その実装例を紹介している。

・これまでの方法でのボトルネック

セントラルストレージにダウンロードした更新データを各 ECU に配信するが、すべての ECU に同時に配信できるわけでない。配信は OBD ポートから CAN バス経由で行われるが、転送レートは速くない。この間、車両は稼働できないので、これが課題になる。

・A/B swap

各 ECU に必要なメモリを A と B の 2 ページ用意し、メモリ B に更新データを転送する。この間、当該 ECU はメモリ A で実行しているので、車両は稼働できる。更新の完了が確認されると、メモリ A からメモリ B に swap の後に ECU はリスタートする。

・シリアルフラッシュメモリ

各 ECU に安価で容易に入手できるシリアルフラッシュメモリを付加する。当該 ECU はローカルメモリで実行しているので、これと並行してシリアルフラッシュメモリに更新データを転送可能になる。さらに、複数の ECU を同時にアップデート可能といった利点がある。本ペーパーでは、この実装例を具体的に紹介している。この実装例では、更新失敗時のロールバックのためのメモリ実装についても言及している。

3.3.2.2.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.3. Analysis of Software Update in Connected Vehicles

3.3.2.3.1. 概要

発行	2014/4/1
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜通信技術、ユースケース、更新手順＞ 組み込みソフトウェア、電子制御

3.3.2.3.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

OTA アップデートにおける通信手段（3G/4G、Wi-Fi、Bluetooth、USB テザリング）ごとにユースケースを分類して、要件に対する利点と不利な点を示している。これら OTA アップデートは、テレコム業界の実績ある方法であることが示されている。

ここで示している要件とは、セキュア通信、高速通信、通信費、付加装置の有無、ワイヤレス通信のエリア制約、ロールバック用メモリ、強制アップデートの可否である。これを示した上で、現在の各 OEM（Tesla, Chevy Volt, Mercedes, Chrysler, Audi, トヨタ）が北米において OTA アップデートで使用している通信手段を紹介している。

後半は、北米の各年齢層のユーザに対する車載ソフトウェア更新に関する関心度、期待度などのヒアリング内容とその結果を示している。

3.3.2.3.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.4. OTA reflashing: the challenges and solutions

3.3.2.4.1. 概要

発行	2016/1/21
位置づけ	＜記事＞（法的拘束力なし）
対象	＜ユースケース＞ ヒューマンファクター、安全性

3.3.2.4.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

フラッシュメモリの OTA によるリプログラミング（ここでは reflashing と表現している）における課題と解決策について述べている。

・リプログラミングの処理時間

テスラでも 45 分、ディーラー等の内でのリプログラミングでは 1 日以上との見積もりをしている。この原因はデータ転送の帯域幅にあり、Wi-Fi やセルラーネットワークの利用が解決する可能性があると述べている。

・モジュール間インテグレーション

遠隔ソフトウェア更新の後に、車内 CAN に接続されたモジュール間のインテグレーションチェックが必要であると述べている。どのモジュールが更新されたのか、その更新によってどんな影響があるかなどの確認を行い、かつインストールが失敗したときのためにロールバック機能が必要であるとしている。

3.3.2.4.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.5. Feasibility Study for a Secure and Seamless Integration of Over the Air Software Update Capability in an Advanced Board Net Architecture

3.3.2.5.1. 概要

発行	2016/4/5
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜更新手順、ハードウェア、セキュリティ＞ アーキテクチャ、電子制御ユニット、サイバーセキュリティ

3.3.2.5.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

セルラー業界と比較して自動車業界における OTA には、安全性の確保をはじめとする固有の課題がある。運転者の観点から以下の 3 点を要件としてあげている。

・OTA は悪意のある攻撃に耐えなければならない

・OTA は短い時間で済ませ、車両の可用性を阻害してはならない

・運転中の車両の安全性は確保されなければならない

これらの要件に対する実現可能性を調査し、アップデートフロー、セキュリティアーキテクチャなど具体的な事例で説明している。

3.3.2.5.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.6. Safe and Secure Software Updates Over The Air for Electronic Brake Control Systems

3.3.2.6.1. 概要

発行	2016/9/18
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜ユースケース＞ 電子ブレーキ制御

3.3.2.6.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

EBC システムにおいて OTA を適用する際は、

・車両の Safety と Security を確保すること

・車両の可用性を確保すること

の 2 点を考慮する必要があるとして事例を示して説明している。

前者の Security は、車両を悪意のある攻撃から守ることを意味する。このためには Firewall を実装し、暗号鍵及び鍵を格納しているメモリを守る必要がある。具体的な実装例として TPM と HSM を使ったシステムをあげている。

アップデートの間、安全のために車両は止まっている必要がある。この間、EBC システムはダウンしているからである。これが後者の可用性に影響する。安全対策を拡張しつつ、このダウンタイムを短くする実装例を次の 3 ステップで示している。

・車内ネットワーク構成とデータフローの解析

・車内ネットワークへのセキュリティ機能の実装例

・EBC システムのダウンタイムを短くする実装オプション

3.3.2.6.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.7. OTA updating bring benefits, challenges

3.3.2.7.1. 概要

発行	2016/8/14
位置づけ	＜記事＞（法的拘束力なし）
対象	＜更新対象、更新手順＞ 部品及びコンポーネント

3.3.2.7.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

通信コスト低減のための Wi-Fi 利用が選択肢かもしれないこと、インテグレーションチェックが必要なことを示している点は、2016/1/21 の記事(OTA reflashing) と同じである。当該記事と異なる点は、対象をフラッシュメモリに限定しないで OTA の利点と課題を広く述べていることにある。

・リプログラミングはパッチだけでなく機能追加にも使える可能性を持っていること

・ロールバックのために余分なメモリが必要なこと

・OEM は車両の構成要素に関するデータを収集する必要があること

などに言及している。

3.3.2.7.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.8. Improvement of the Resilience of a Cyber-Physical Remote Diagnostic Communication System against Cyber Attacks

3.3.2.8.1. 概要

発行	2019/4/2
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜通信技術、セキュリティ、ユースケース＞ リモート診断、サイバー攻撃へのレジリエンス

3.3.2.8.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

リモート診断時のサイバー攻撃に対する脆弱性を分析し、レジリエンスを向上するための方法を探っている。ここで言っているリモート診断とはクラウドベースであり、ここに OTA によるファームウェアのアップデートがクラウドベースサービスの重要な機能の一つとしてあげられている。

サイバー攻撃に対抗するセントラルゲートウェイ方式と、これを使ったリモート診断のシステムを紹介している。しかしながらサイバーセキュリティに関しては SAE からもいくつかの論文、ガイドライン、標準などがリリースされているものの、ムービングターゲットであることは知られている通りである。無線だけでなく有線での通信方式、データの暗号化方式なども事例として述べられている。

3.3.2.8.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.9. System Engineering for Automated Software Update of Automotive Electronics

3.3.2.9.1. 概要

発行	2018/4/3
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜通信技術、更新手順、ユースケース＞ アップデートシステムのアーキテクチャと要件

3.3.2.9.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

ソフトウェアアップデートの方法に関して、従来の方法と、PC 等と言ったパーソナルデバイスに使われている方法を比較分析し、アップデートシステムへの要件を述べている。通信技術として有線通信と無線通信を述べているが、OTA はリモートアップデート技術の一つとして捉えられている。

現状でもナビのマップデータなどは転送容量が大きいため通信コストが問題になっている。またパーソナルデバイスに使われているアップデート方法も、自動車の限定されたリソースや PC 等に比べて長いライフサイクルを理由に、そのまま自動車に適用できるものではない。自動車のソフトウェアアップデートシステムへの要件として、安全性、通信のセキュリティや帯域、自動アップデート時のマンマシンインタフェース等の 9 点を挙げている。

3.3.2.9.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.10. Measures to Prevent Unauthorized Access to the In-Vehicle E/E System, Due to the Security Vulnerability of a Remote Diagnostic Tester

3.3.2.10.1. 概要

発行	2017/3/28
位置づけ	＜技術報告＞（法的拘束力なし）
対象	＜通信技術、セキュリティ、ユースケース＞ リモート診断システム

3.3.2.10.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

従来のオンサイト（工場内）での診断がリモート診断に移行し、ここで診断データの取得や ECU ファームウェアのアップデート技術としての OTA を述べている。また車内通信のプロトコルにも言及があり、リモート診断システムのアーキテクチャ、セキュリティ問題を論じている。

3.3.2.10.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.11. Over-the-air (OTA) programming allows remote software updates : Over-the-air affair

3.3.2.11.1. 概要

発行	2019/2/21
位置づけ	＜記事＞（法的拘束力なし）
対象	＜通信技術、更新手順、ユースケース＞ メンテナンス、機能追加、5G

3.3.2.11.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

メンテナンスのために特定のパラメータ更新やエンジンのパフォーマンスレポート取得が必要であり、ここに OTA 技術が求められている。特に 5G による OTA は、高速性、高信頼性、大容量によってアップデートのレイテンシを向上させることができる。また新旧ファームウェアの差分によるアップデート技術などは、ECU だけでなく自動運転機能の向上にも寄与することが述べられている。

3.3.2.11.3. 将来展望

特になし。

3.3.2.12. OTA will drive cybersecurity programs

3.3.2.12.1. 概要

発行	2018/4/16
位置づけ	＜記事＞（法的拘束力なし）
対象	＜通信技術、セキュリティ＞ サイバーセキュリティへの対抗

3.3.2.12.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

車がインターネットにつながるときの脅威と現状にについて以下のような意見が述べられている。

つながる車は IoT の一つであり、インターネットの脅威にさらされる。攻撃者は、インターネットにつながっているものに対して新しい攻撃を仕掛けてくるので、こういったサイバーセキュリティに随時対抗するためにソフトウェアの OTA アップデートは必須になる。従来のディーラーによるアップデートでは対応できない。現状は、各メーカ独自の方法に頼っており、対象も先ずはインフォテイメントに限っているが、将来は標準化が必要である。

3.3.2.12.3. 将来展望

特になし。

3.4. UNECE WP.29 GRVA TFCS

3.4.1. 組織紹介

国際連合配下の活動の一つである自動車基準調和世界フォーラム（WP.29）は、協定に基づく規則の制定・改正作業及び協定の管理・運営を行っている[23]。協定には 1958 年協定（国連の車両等の型式認定相互承認協定）、1998 年協定（国連の車両等の世界技術規則協定）がある。

欧州各国、日本、米国、カナダ、オーストラリア、南アフリカ、中国、韓国等が参加しており、非政府機関として OICA（国際自動車工業会）、IMMA（国際二輪自動車工業会）、ISO（国際規格協会）、CLEPA（欧州自動車部品工業会、SAE（自動車技術会）等も参加している。日本は 1977 年から加入している。

日本からは国土交通省のメンバーが参加し、安全で環境性能の高い自動車の普及を促進する観点から、自動車に関する基準の国際調和及び認証の相互承認を推進している。

WP.29 傘下に設置された自動運転分科会（GRVA）にて、2016 年末に自動運転車のサイバーセキュリティと OTA に関して検討を行うタスクフォース（TFCS）が発足し、日本とイギリスが共同議長となり活動を進めている。

[23] https://www.mlit.go.jp/common/000036077.pdf

3.4.2. 規格・発行物紹介

2019 年 9 月時点で TFCS の親委員会である GRVA から以下が発表された。

3.4.2.1. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

2017 年 9 月末時点では、“Recommendation of the Task Force on Cyber Security and Over-the-air issues of UNECE WP.29 IWG ITS/AD on Software Updates”のドラフト（草案）が準備されており、下記内容に関して言及されている。

・リファレンスモデル
・ソフトウェアアップデートに関する型式認定プロセス
・ソフトウェアアップデートに関する追加要件（アップデートプロセスの安全性確保を含む）
・ソフトウェア ID 番号とその用途

2019 年 9 月に、WP.29 TFCS ではサイバーセキュリティ提案及びソフトウェアアップデート提案から成る文書を完成させる。サイバーセキュリティ提案は、メーカ向けガイダンスと基準案、ソフトウェアアップデート提案は、ガイダンス、基準案 1（基本部分）、基準案 2（他の UN Regulation と関連したソフトウェアバージョン管理に関する規定）から構成される。

3.4.2.2. 将来展望

WP.29 では、2019 年 9 月の GRVA-04 にて TFCS のアウトプットが提出され、最短で 2020 年 3 月の WP.29 会合で承認される予定である。また、発効は承認から 6 ヶ月後を予定している。

上記に沿って各国が法規制定を進める。日本は国連 WP.29 基準案をもとに国内基準化を進めており、以下要件を規定した。

・メーカの能力要件
・メーカの体制要件
・車両要件

なお、ソフトウェアアップデート（一部サイバーセキュリティ要件を含む）の実施に関連する国内法令（道路運送車両法第 99 条の 3（特定改造））の整備は 2019 年 5 月 24 日に完了した。施行は 1 年 5 か月以内となる。

3.5. U.S.DOT/NHTSA

3.5.1. 組織紹介

U.S.DOT、NHTSA はそれぞれアメリカ合衆国の政府機関である。

・U.S.DOT: U.S. Department of Transportation　アメリカ合衆国運輸省
・NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration　国家道路交通安全局

NHTSA は U.S.DOT の傘下にあり、安全(Safety)に係る車の装備、性能に関する法規制やガイドラインの発行、リコールの通知・進捗管理を行う。Safety の観点から、V2X や自動運転を推進するとともに、法規制を見据えたガイドラインやポリシーの発行、意見募集を行っている。

また、U.S.DOT は米国内数箇所で、V2X の実証実験を行っている。

3.5.2. 規格・発行物紹介

NHTSA の発行している遠隔ソフトウェア更新に関連すると考えられる主な発行物を下記にあげる。

- Automated Driving Systems 2.0 (2017/09)[24]
  - ✧ 2016 年 9 月発行の Federal Automated Vehicles Policy を更新・差し替えたもの
- Cybersecurity Best Practices for Modern Vehicles (2016/10)[25]
  - ✧ Federal Motor Vehicle Safety Standards; V2V Communications NPRM (2016/12)[26] [27]
  - ✧ 本 NPRM は、V2V 通信及びメッセージフォーマットに関するものであり、遠隔ソフトウェア更新を直接の対象としたものではないが、ソフトウェア更新手段として遠隔ソフトウェア更新に関する記載があるため紹介している。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

3.5.2.1. Automated Driving Systems 2.0

3.5.2.1.1. 概要

発行	2017/09
位置づけ	＜仕様＞ ガイダンス 本文書自体は Voluntary Guidance であり強制力は持たない。 公開時点では public comment が募集[28]されている（2017 年 11 月 14 日まで）。技術の進化に対応するため、定期的なアップデートが予定されている。
対象	＜ユースケース（自動運転）＞ ADS SAE の定義で Level 3 から Level 5 に相当する自動運転車で用いられる自動運転システム

米国では衝突事故の 94%が人的要因であることから、自動運転システム(以下、ADS と表記) の導入による事故数減少の期待が高まっている。また、安全目的以外にも障害者、高齢者、金銭的に車を所有できない人々が車を利用する機会の増加、輸送効率の向上による省エネ化や環境汚染の削減も期待されている。

本書は大きく分けて

(1) Voluntary Guidance

(2) Technical Assistance to States

の 2 部構成となっており、(2)は州政府による政策及び規制に関する内容である。以下では(1)に関するサマライズのみを行う。

Voluntary Guidance では、ADS の安全要素(Safety Elements)として 12 の項目を挙げている。

(1) System Safety

各種規格(ISO など)に適合した開発プロセスに従い、安全性の高い製品開発を行うこと。開発プロセスについては、特にソフトウェア開発についての留意事項が記載されている。

(2) Operational Design Domain

---

[24] https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf
[25] https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/812333_cybersecurityformodernvehicles.pdf
[26] http://www.safercar.gov/v2v/pdf/V2V%20NPRM_Web_Version.pdf
[27] https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2017-01-12/pdf/2016-31059.pdf
[28] https://www.federalregister.gov/documents/2017/09/15/2017-19637/automated-driving-systems-a-vision-for-safety#

各 ADS に対して、想定する動作条件 (ODD)を定義し、その ODD 下において ADS が適切に動作するように設計すること。

ODD には、ADS が使用される条件(運転速度、日中／夜間の運転有無など)が含まれ、各 ADS は想定条件下で適切に動作するか検査する必要がある。

(3) Object and Event Detection and Response(OEDR)

定義された ODD 下において、ADS の OEDR 機能は他車、歩行者、動物など ADS の安全動作に影響しうる対象物を検知し、適切な動作を選択する必要がある。

(4) Fall Back (Minimal Risk Condition)

想定 ODD 以外での動作環境となった場合、システム不具合となった場合等で ADS が正常に動作しない場合には、そのときの状況に応じて適切な措置(停止など)をとること。

(5) Validation Methods

シミュレーション、テスト用トラックや公道での検証を踏まえて、ADS が想定どおりの動作をするか確認すべきことを示している。テストはカーメーカ、部品メーカなどのエンティティが実施してもよいし、独立した第三者機関が実施することもできるとある。

(6) Human Machine Interface

自動運転の状況、緊急時に自動運転を解除するなどのメッセージを的確に伝えること。

(7) Vehicle Cybersecurity

サイバーセキュリティも考慮した、ロバスト設計を行うこと。

NIST、NHTSA、SAE、Auto-ISAC などが発行するガイダンスやベストプラクティスなどを検討、取り入れることが奨励されている。

(8) Crashworthiness

自動運転レベルに関わらず、無人車も含めて ADS は NHTSA の耐衝撃性基準を満たすこと。

(9) Post-Crash ADS Behavior

衝突事故に巻き込まれた後、自動運転を再開する場合には、そのプロセスを記録として残すこと。なお、安全に関する重要部品が故障した場合には、運転を再開してはならない。

(10) Data Recording

不具合などの原因究明＆対策検討のため、様々なイベントを記録し共有すること。

(11) Consumer Education and Training

従業員、ディーラー、顧客含めて、ADS に関する教育を徹底すること

(12) Federal, State and Local Laws

各州の法律に適合していることを証明できるように、適切なログを残すこと。

なお、安全確保が必要な状況下では、人間は一時的に州法に違反することがあるが、ADS も予測可能なイベントを安全に処理できることが求められる。また、州法は将来的に変更されることがあるため、それに応じて ADS もアップデートさせる必要がある。

なお、本書の第 1 版の位置付けである 2016/9 発行の Federal Automated Vehicles Policy と比べると、下記項目が省略されている。ただし、考慮の必要がなくなったわけではなく、引き続き議論が必要であるとされている[29]。

・Privacy

・Ethical Considerations

・Registration and sharing

[29] https://www.nhtsa.gov/manufacturers/automated-vehicles-manufacturers

3.5.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

2016/9 発行の Federal Automated Vehicles Policy では、遠隔ソフトウェア更新が行われることを想定し、アップデートによって自動運転機能や縮退モード動作内容に変更が行われる場合、事前に Safety Assessment を提出すべきであるとされていた。

一方で本バージョンでは、遠隔ソフトウェア更新についての言及は行なわれていない。

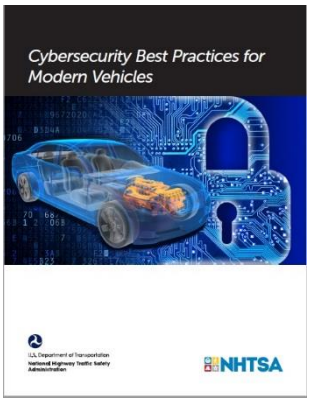
3.5.2.1.3. 将来展望

技術の進化や環境の変化を反映するため、定期的に更新されることが述べられている。

3.5.2.2. Cybersecurity Best Practices for Modern Vehicles

3.5.2.2.1. 概要

発行	2016/10
位置づけ	＜ガイダンス＞(法的拘束力なし) 自動車の Cybersecurity を検討するに当たり参照されることが期待されている。 本文書自体に拘束力や規制はないが、Purpose において、National Traffic and Motor Vehicle Safety Act(amended)でサイバーセキュリティの脆弱性によって生じるリスクも考慮した設計を行うことが求められているとの記載がある。
対象	＜ライフサイクル＞ すべての自動車 車のライフサイクル全般を対象とし、車、車載システム、ソフトウェアなど自動車本体及び装備に関する個人・組織に向けた文書



特に前半は、NIST の Cyber Security Framework [30] を広く参照し、“特定、防御、検知、対応、復旧”の 5 要素に基づいた設計アプローチを推奨している。また、Auto-ISAC を利用した情報共有を推奨している。

現時点では、Federal Motor Vehicle Safety Standard ではセキュリティ対策はカバーされていないが、改正版の National Traffic and Motor Vehicle Safety Act では潜在的なセキュリティ脆弱性による不当な安全リスクを回避するよう記載されており、セキュリティに対する取り組み強化を求めている。

U.S.DOT の最優先事項は、安全や個人情報の漏洩を防止するためのサイバーセキュリティ対策であり、NHTSA は積極的に車のサイバーセキュリティ調査を行い、関係者を巻き込みながら幅広くサイバーセキュリティ強化を検討している。

最近、NHTSA が行った活動としては、約 150 万台リコール実施 (Recall Campaign Number 15V461000)、連邦議会に対してセキュリティ対策含めた安全対策に関する検討報告の提出(2016/1)、セキュリティに関する有識者会議(2016/1)、セキュリティ対策含めた次世代安全方針に関する契約を自動車メーカ 18 社と締結、「NHTSA Federal Automated Vehicles Policy」の発行(2016/9)などがあげられる。

また、自動車関連メーカと他産業パートナーは、自動車セキュリティに関して、SAE による自動車のサイバーセキュリティ対策についてのガイドブックである J3061 ”Cybersecurity Guidebook for Cyber-Physical Vehicle Systems” の作成と発行(2016/1)、Auto-ISAC の確立(2015 年後半)、二つの事業者団体 (Alliance of Automobile Manufacturers と Global Automakers) によって設立されたセキュリティに関するベストプラクティスを検討するフレームワーク (Alliance of Automobile Manufacturers) の設立、といった活動を行っている。

NHTSA は上記活動をサポートしており、既に自発的に導入されているセキュリティ規格、方針、ベスト

[30] https://www.nist.gov/cyberframework

プラクティス、教訓などを補足するとともに、将来の業界活動に役立つリソースとして本書を発行している。

自動車産業は、階層化セキュリティ対策を実現するための包括的、かつ体系的アプローチとして、Identify, Protect, Detect, Respond, Recover の五つの主要機能から構成される Cybersecurity Framework(NIST 発行)を遵守するべきと指摘している。

また、NHTSA は ISO/IEC 27000 のような IT セキュリティ標準規格、CIS (Center for Internet Security) のベストプラクティス (CIS CSC) を考慮することも推奨している。これは、車両開発、ディーラー及びサービス環境並びにサプライチェーン上におけるセキュリティリスクの低減につながるためである。

3.5.2.2.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

遠隔ソフトウェア更新とは限定されていないが、インシデント発生時に素早く回復させる手段・方法を設計しておくことが求められている (5.1 Layered Approach) 。

また、ソフトウェア更新に関連して、デバッグモード・開発モードへのアクセス制限、鍵管理、ダイアグアクセス制限について言及している。ただし、詳細に関する言及はない。

多くの場合、ファームウェアの漏洩は脆弱性検出又は End-to-End のセキュリティ攻撃を構築する突破口となるため、ファームウェア・ソフトウェアの開発者はセキュアコーディングの採用や開発プロセス中のセキュリティ対策をサポートするツールを使用すべきであるとされている。

また、多くのシステムでは外部フラッシュメモリをすべて暗号化することで、不正なデータの復元とファームウェアの解析を防止することができる。ファームウェアは、アップデート時にも取得される可能性があるため、第三者が非暗号のファームウェアを取得できないような対策をすべきであるとされる (6.7.4 Control Access to Firmware) 。

また、ファームウェアの修正機能を制限することで、マルウェア感染リスクを下げることができる。例えば、デジタル署名の採用によって、車載 ECU における不正なファームウェアのブート防止及び不正プログラムのインストール防止を実現できる可能性がある (6.7.5 Limit Ability to Modify Firmware) 。

サーバと車の接続については、多くの分野で使用されている暗号手法を適用すべきとある。これによって、有効な証明書が確認されない通信を排除することができるとされている (6.7.10 Control Communication to Back-End Servers) 。

3.5.2.2.3. 将来展望

具体的な将来展開についての記述はない。Best practices は、適宜維持・更新されていくリスクベースアプローチの重要なプロセスを、開発するための強固な基礎 (solid foundation) を提供しているとある (1. Purpose of This Document) 。

3.5.2.3. Federal Motor Vehicle Safety Standards; V2V Communications NPRM

3.5.2.3.1. 概要

発行	2016/12
位置づけ	＜仕様＞ NPRM 法制化のための事前通知（素案） 公開時には comment が募集されており（現在は終了）、OEM, Tier1/Tier2, 業界団体、個人等から 400 を越えるコメントが寄せられている。
対象	＜通信技術（車外）＞ V2V 通信に使用する通信及びメッセージフォーマット （OTA を対象としたものではないが、内部で言及されているため紹介する）

DSRC を用いた V2V 通信によって、BSM の送受信を行うための法律案とその前提となった調査分析報告である。V2V 通信における相互互換性 (interoperability) の確保が V2V 通信システムの成功のためには不可欠であり、そのために政府の行動が必要とされている。

事故防止による投資効果の見通し説明から、通信技術、BSM のフォーマット、サイバーセキュリティまで多岐に渡っている。

BSM は、車速、方向、ブレーキ状況、他車情報などを含み、この情報を適宜送受信することで、衝突事故の可能性があると判断された場合にドライバに警告が行われることを想定している。従来の車載センサーやカメラでは捉えられない死角にある車の情報や操作・挙動情報、遠距離（300m 超)での情報把握によって、従来の車載システムでは回避できない事故の回避が可能となると考えられている。

Cyber Security の章では、V2V 通信に限らず、車載アーキテクチャ全体でのアクセスポイントの保護や、ライフサイクルを通じた NIST Cyber Security Framework に準じたセキュリティ設計、Auto-ISAC を通じた情報共有など Cyber Security Best Practices for modern vehicle に対応した内容について言及されている。

セキュリティ基盤としては、PKI を用いた SCMS を採用している。

3.5.2.3.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

III.E.6 で Software and Security Certificate updates として言及している。また、III.E.7 Cybersecurity の中でも言及がある。

・必要性

機能面、セキュリティ面、プライバシー問題に対応するため、周期的なアップデートが必要になると考えられている。

・方法

OTA リプログラミング。最終案が法制化されるまでに OTA リプログラミングが普通の手段になっていると想定されている。また、スマートフォンを用いて車載機器に新たなアプリケーションを導入することも考えられる。

・条件

アップデートは対象によらずユーザの承認が必要とされている。数回にわたって強調されており、通知・承認メカニズムが必要とされている。

・対象

- セキュリティ証明書(certificates)とプロトコル
- 異常動作(Misbehavior)検出アルゴリズム、ポリシー
- CRL コンテンツ、ポリシー
- デバイスファームウェア

SCMS で証明書とセキュリティプロトコルのアップデートは実施できるが、セキュリティ管理を実施するソフトウェアそのものはサプライヤー依存であり、各サプライヤーはセキュリティアップデートに対応できるようにしなければならない。

ただし、ソフトウェア更新については課題認識があるのか、コメントが強く求められている。また、脆弱性が発見されてから、対策パッチが適用されるまでの期間の対応についてもコメントが募集されている（なお、コメント募集期間は現時点では終了している)。

関連して、V2V 通信装置は、セキュリティクレデンシャルを狙った侵入に耐えられるようにハード化されたものである（FIPS-140 Level 3 相当）ことが提案されており、Certificates や security policies は FIPS-140 Level 3 ストレージに保存されるべきと信じているとある。なお、FIPS-140 Level 3 はストレージのみではなく、HSM にも必要とする提案が行われている (IV.D.5.(a).5) 。

3.5.2.3.3. 将来展望

V2V 通信については、2019 年の法制化を見込んでおり、2021 年から適用開始予定。2023 年で新車 100%適用を見込むとある。OTA については法制化時点では一般的な手段になっていることが想定されている。

4. 関連団体調査：システムレベル（通信）

本章では、システムレベルの中でも ITU-T や ISO などで策定している通信プロトコルに関する規格を調査し、OTA に係る要件に関して抽出を行った。

4.1. Bluetooth SIG

4.1.1. 組織紹介

Bluetooth SIG (Special Interest Group)は Bluetooth の規格策定や認証を行う標準化団体である。メンバーシップは Promoter、Associate、Adopter があり、Promoter は 7 社、Associate は約 600 社、Adopter は約 3 万社となる。

4.1.2. 規格・発行物紹介

調査の結果、OTA に関する規格・発行物は確認できなかった。

4.2. IEEE 802 (車関係)

4.2.1. 組織紹介

IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)は電気・電子技術の学会であり米国に本部がある。40 万人以上の会員を有し、標準規格の策定、国際学会の開催、論文の発表等を行っている。IEEE 802 委員会では LAN に関する規格化が検討されており、データリンク層と物理層におけるサービス及びプロトコルが規格化されている。

4.2.2. 規格・発行物紹介

調査の結果、OTA に関する規格・発行物は確認できなかった。

4.3. ISO TC22

4.3.1. 組織紹介

国際標準化機構（こくさいひょうじゅんかきこう、英: International Organization for Standardization）、略称 ISO は、国際的な標準である国際規格を策定するための非政府組織。スイスのジュネーヴに本部を置き、スイス民法による非営利法人である。公用語は英語・フランス語・ロシア語。各国 1 機関だけが参加できる。国際標準化機構が出版した国際規格 (IS) も ISO と呼ぶ。

ISO は、加盟国メンバーが 162 の標準化団体から成る、独立した非政府組織である。ISO は、国際標準の世界最大のボランタリーな開発組織であり、国家間に共通な標準を提供することによって、世界の貿易を促進する。ほぼ 2 万ある規格は、工業製品や技術から、食品安全、農業、医療までのすべての分野をカバーしている。

ISO は主要な産業分野の標準化を、技術委員会 (Technical Committee) の下で行う。ISO には多くの TC が存在しており、TC22 にて自動車関連の規格策定が行われている。

4.3.2. 規格・発行物紹介

ISO が発行する文書としては、IS , TS , TR などがある。

自動車の遠隔ソフトウェア更新に関する ISO 規格は現在存在しないが、ダイアグ通信・リプログラミングに関する ISO 規格として、TC22 傘下の SC31（Data Communication）において、下記などが策定されてい

る。

- ISO 13400-1:2011

  Road vehicles -- Diagnostic communication over Internet Protocol (DoIP) -- Part 1: General information and use case definition[31]
- ISO 14229-1:2013

  Road vehicles -- Unified diagnostic services (UDS) -- Part 1: Specification and requirements[32]
- ISO 22901-1:2008

  Road vehicles -- Open diagnostic data exchange (ODX) -- Part 1: Data model specification[33]

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

4.3.2.1. ISO 13400 (DoIP)

4.3.2.1.1. 概要

ISO 13400 では、インターネット・プロトコル・ベースの診断サービス向け通信標準（DoIP）を規定している。ISO 13400 では、DoIP でカバーされる一般的なユースケース事例、ISO 14229 によって標準化されたサービスインターフェース向けインターネット通信プロトコル、DoIP 向け物理層規格、などを規定している。

発行	2011 年
位置づけ	＜規格＞（法的拘束力なし） IS 規格
対象	＜通信技術＞ 自動車のダイアグ通信分野

4.3.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

遠隔ソフトウェア更新は有線通信によるソフトウェア更新との関係を考慮する必要があるため、本規格の内容にも留意しておく必要がある。

4.3.2.1.3. 将来展望

特になし。

4.3.2.2. ISO 14229（UDS）

4.3.2.2.1. 概要

ISO 14229 (UDS) は、診断ツールと車内 ECU との間のサービスレベルのダイアグ通信仕様を規定する。

発行	2013 年
位置づけ	＜規格＞（法的拘束力なし） IS 規格
対象	＜通信技術＞ 自動車のダイアグ通信分野

4.3.2.2.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

遠隔ソフトウェア更新は有線通信（診断ツール）によるソフトウェア更新との関係を考慮する必要があ

[31] https://www.iso.org/standard/53765.html
[32] https://www.iso.org/standard/55283.html
[33] https://www.iso.org/standard/41207.html

るため、本規格の内容にも留意しておく必要がある。

4.3.2.2.3. 将来展望

ISO 14229 は改訂作業が行われて DIS が発行される見込み。

4.3.2.3. ISO 22901 (ODX)

4.3.2.3.1. 概要

ISO 22901 は診断データをやり取りする形式として、ODX を規定している。ODX は XML ベースの標準規格で、診断に関係する ECU データの記述に使用される。車両、ECU、テスターのメーカは、自動車メーカに依存しない同一の ODX 形式で、ECU 診断データを記述してやり取りすることができる。ODX は、オープンな交換フォーマットとして設計されているため、自動車メーカ間の共同プロジェクトでの使用に適している。

発行	2008 年
位置づけ	＜規格＞（法的拘束力なし） IS 規格
対象	＜通信技術＞ 自動車のダイアグ通信分野

4.3.2.3.2. 遠隔ソフトウェア更新に関する項目

本規格は有線（診断ツール）によるダイアグ・リプログラミングに向けた規格であり、遠隔ソフトウェア更新そのものを対象とした規格ではないが、遠隔ソフトウェア更新を検討する上では本規格に留意しておく必要がある。

4.3.2.3.3. 将来展望

特になし。

4.4. ISO TC204

4.4.1. 組織紹介

ISO/TC204 は、ITS の標準化を専門に行っている委員会である。スコープに関する記述は以下のようになっており[34]、車内交通情報及びコントロールシステムはスコープ外（ISO/TC22 の管轄）となっている。

> *インターモーダル及びマルチモーダル要素を含む都市部及び農村部における路上交通に関する、情報、コミュニケーション及びコントロールシステムの標準化。そこには、ITS（高度道路交通システム）の分野における旅行情報、交通管理、公共交通、商用輸送、緊急時対応といったサービスを含む。*

ISO/TC204 では、2017 年現在、下記 12 の WG が活動を進めており、

(1) 概念設計（システムアーキテクチャ）、
(2) インターフェース（メッセージセットなど）、
(3) フレームワーク（データ辞書、メッセージテンプレート）、
(4) システムの性能要件、

[34] http://www.jsae.or.jp/01info/its/2016_bro_j.pdf

(5) テスト方法、

などの観点で標準化案が検討されている。

WG1: Architecture (USA) ※括弧内はコンビナー

WG3: ITS database technology (Japan)

WG4: Automatic vehicle and equipment identification (Norway)

WG5: Fee and toll collection (Sweden)

WG7: General fleet management and commercial/freight (Norway)

WG8: Public transport/emergency (USA)

WG9: Integrated transport information, management and control (Australia)

WG10: Traveler information systems (UK)

WG14: Vehicle/roadway warning and control systems (Japan)

WG16: Communications (USA)

WG17: Nomadic Devices in ITS Systems (Korea)

WG18: Cooperative systems (Germany)

4.4.2. 規格・発行物紹介

調査の結果、OTA に関する規格・発行物は確認できなかった。

4.5. ITS 情報通信システム推進会議（ITS 情報フォーラム）

4.5.1. 組織紹介

ITS 情報通信システム推進会議[35]は、ITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）の推進に向けて、民間企業・政府関係機関等約 100 団体が業種・業界の枠を超えて集結し、ITS 情報通信システムの研究開発や標準化の推進及び普及啓発活動を行う団体である。1999 年の設立以来、DSRC（狭域通信）、700MHz 帯高度道路交通システム及び 79GHz 帯高分解能レーダーの標準規格の原案策定など、具体的な成果を生み出している。

4.5.2. 規格・発行物紹介

ITS 情報通信システム推進会議からは以下の課題調査報告書が発行されている。

- セルラー通信技術を用いた ITS・自動運転の高度化に向けた課題調査報告書[36]

4.5.2.1. セルラー通信技術を用いた ITS・自動運転の高度化に向けた課題調査報告書

4.5.2.1.1. 概要

3GPP などで検討されているセルラーV2X を用いた ITS や自動運転における課題を整理し、実用化のための対応策について調査した報告書である。

発行	2019 年 6 月
位置づけ	＜課題報告書＞ 本発行物自体は法的拘束力を持たない。
対象	セルラーV2X を用いた ITS や自動運転

[35] https://itsforum.gr.jp/

[36] https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p62/Cellular_system_201906.pdf

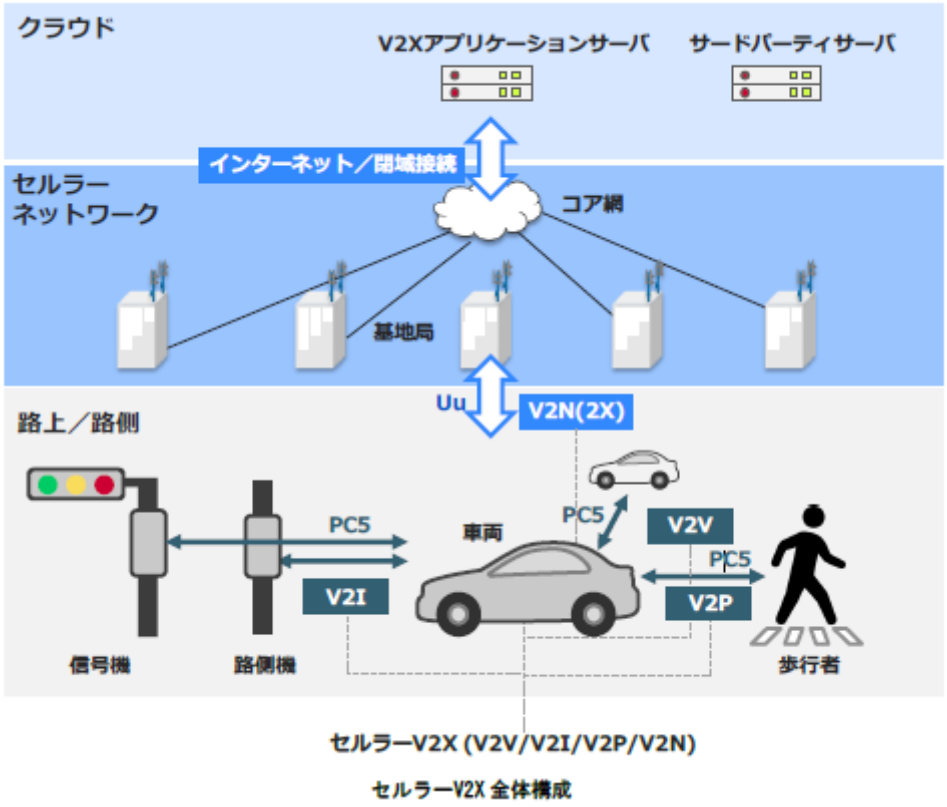


図 4-1　セルラーV2X 全体構成（[4-5-1]から引用）

4.5.2.1.2.　遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

自動運転のためのソフトウェアや地図情報についてのダウンロードは、本報告書の調査対象外である。

4.5.2.1.3.　将来展望

自動運転において地図情報や周辺情報の情報収集のユースケースの追加がされることが期待される。

4.6.　ITU-T FG-VM

4.6.1.　組織紹介

ITU-T FG-VM は ITU-T SG16 により 2018 年 7 月に設置され、自動車に関連するマルチメディアの標準化に係る課題の抽出、整理、解決に向けた活動提案等を行っている。なお、FG-VM からのアウトプットは勧告や規格にはならない。

4.6.2.　規格・発行物紹介

特になし。

4.6.2.1.1.　将来展望

車載マルチメディアシステムに関するユースケースと要件についてまとめた技術レポートが作成される予定である。

4.7. ITU-T SG16

4.7.1. 組織紹介

ITU (International Telecommunication Union)は国際連合の専門機関の一つであり、ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector)、ITU-R (ITU Radiocommunication Sector)、ITU-D (ITU Telecommunication Development Sector) から構成される。ITU-T は電気通信標準化部門、ITU-R は無線通信部門、ITU-D は電気通信開発部門となっている。ITU は 193 ヵ国[37]、700 以上[38]のセクターメンバー／アソシエートメンバーが参加している(2019 年 9 月現在)。

ITU-T SG 16 はマルチメディア分野の標準化を進める研究委員会であり、SG16 会合は 9 ヶ月に 1 回の頻度で開催され、SG16 配下の Question では、上記 SG16 会合とは別に個別の専門家会合が開催されている。

ITU-T SG16 配下には 15 の Question があり、この内、Question 27 (Vehicle gateway platform for telecommunication/ITS services and applications)において車載ゲートウェイに関する標準化が検討されている。なお、ITU-T で標準化された規格は勧告(Recommendation)として発行される。

4.7.2. 規格・発行物紹介

ここでは、ITU-T SG16 が公開している規格／発行物の中で、自動車の遠隔 (OTA; Over The Air)ソフトウェア更新に関連すると考えられる主な発行物(発行年月)/出典 URL を列挙する。

- F.749.2: Service requirements for vehicle gateway platforms (2017/3)[39]
  - ✧VGP のサービス要件やユースケースについて記載された勧告であり、OTA に関する要件についても記載されている。
- H.550: Architecture and functional entities of vehicle gateway platforms (2017/12)[40]
  - ✧VGP の機能レベルにおけるアーキテクチャ及び機能エンティティについて記載されている勧告であり、ユースケースの一例として OTA が記載されている。
- H.560: Communications interface between external applications and a vehicle gateway platform (2017/12)[41]
  - ✧自動車と外部アプリケーション間における通信インターフェースにおけるサービス要件について定義している勧告であり、サービスの一つとしてソフトウェア更新を管理するサービスが記載されている。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

4.7.2.1. F.749.2: Service requirements for vehicle gateway platforms

4.7.2.1.1. 概要

発行	2017/3
位置づけ	＜勧告＞（法的拘束力なし） ITU-T 勧告
対象	＜ユースケース、通信技術、セキュリティ＞ 車載ゲートウェイ

4.7.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

F.749.2 では、「I.5.2 Vehicle-to-cloud telematics scenario」に VGP 上のサービス、アプリケーションの遠隔ソフトウェア更新に関するユースケースが記載されている。なお、ここで定義されている VGP は、車両内

[37] https://www.itu.int/online/mm/scripts/gensel8
[38] https://www.itu.int/online/mm/scripts/gensel11
[39] https://www.itu.int/rec/T-REC-F.749.2/en
[40] https://www.itu.int/rec/T-REC-H.550/en
[41] https://www.itu.int/rec/T-REC-H.560/en

のデバイスと車両内外のデバイスの通信機能を提供する車載ゲートウェイであり、上位レイヤではドライバとやり取りする機能も述べられている。また、自動車の走行に関する機能はスコープ外としている。遠隔ソフトウェア更新の目的としてはバグフィックスや機能追加のためのアップデートがあげられ、ソフトウェア更新プロセス全体をサイバー攻撃から守る必要があると記載されている。

また、ソフトウェア管理の要件は「8.6 Software management requirements」に記載されており、次のような要件があげられている。

・安全、セキュア、フレキシブルな方法で管理すること
・VGP 内のソフトウェア管理を安全な方法でサポートすること
・車載バスを介して VGP と接続するデバイスのソフトウェア管理を安全な方法でサポートすること
・ソフトウェアバージョンの確認
・ログの信頼性と検証可能性のため、更新記録の署名、暗号化

4.7.2.1.3. 将来展望

関連する勧告として「F.749.1: Functional requirements for vehicle gateways (2015/11)」が発行済み。

4.7.2.2. H.550: Architecture and functional entities of vehicle gateway platforms

4.7.2.2.1. 概要

発行	2017/12
位置づけ	＜勧告＞（法的拘束力なし） ITU-T 勧告
対象	＜ユースケース、通信技術、セキュリティ＞ 車載ゲートウェイ

4.7.2.2.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

H.550 では、VGP の機能レベルにおけるアーキテクチャ及び機能エンティティについて記載されている。本勧告では、車内リソースへのアクセスを制御するエンティティと、車内通信を制御するエンティティ間のリファレンスポイントに関し、ユースケースの一例として OTA によるソフトウェア更新が記載されている。このリファレンスポイントでは、OTA によるソフトウェア更新のための ECU 制御メッセージが送受信される。Appendix には、リモートソフトウェア更新シナリオにおけるシグナリングフローについて記載されている。シグナリングフローでは、VGP は Cloud server からソフトウェアの更新要求を受け、VGP は実装されているソフトウェアバージョンを確認後、Cloud server に応答。その後、Cloud server から更新ソフトウェアを受け取りインストールする、という流れになる。更新対象は、VGP 及び内部の ECU としている。

4.7.2.2.3. 将来展望

特になし。

4.7.2.3. H.560: Communications interface between external applications and a vehicle gateway platform

4.7.2.3.1. 概要

発行	2017/12
位置づけ	＜勧告＞（法的拘束力なし） ITU-T 勧告
対象	＜ユースケース、通信技術、セキュリティ＞ 車載ゲートウェイ

4.7.2.3.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

H.560 では、自動車と外部アプリケーション間における通信インターフェースにおけるサービス要件について定義している。サービスの一つとしてソフトウェア更新を管理するサービスがあり、以下の要件が挙げられている。

・共通、速い、セキュア、そしてフレキシブルなインターフェースの提供
・新規ソフトウェアパッケージを安全に適用するためのいくつかのインターフェースを提供すること。これらのインターフェースは、ECU に搭載されたソフトウェア更新の規格をサポートするべきであり、例として、TCG により規格化されている TPM も例に挙げられている。
・ソフトウェアをセキュアに保存するデータベースの提供
・適用前のソフトウェアパッケージの検証、インストール、コンフィギュレーション、削除、インストールトレースのためのサブモジュールの提供

また、VGP を介したクラウドサーバからのソフトウェア更新についてデータフローの一例が示されている。

4.7.2.3.3. 将来展望

特になし。

4.8. ITU-T SG17

4.8.1. 組織紹介

ITU-T SG17 はセキュリティ分野の標準化を進める ITU-T の研究委員会である。SG17 配下には 14 の Question があり、この内、Question 13 (Security aspects for Intelligent Transport System)において ITS におけるセキュリティに関する標準化が進められている。なお、Question 13 は 2017 年 5 月の TSAG 会合で承認された Question であり、Question 13 の発足以前は Question 6 (Security aspects of telecommunication services, networks and Internet of Things)にて検討が進められていた。

4.8.2. 規格・発行物紹介

ここでは、ITU-T SG17 が公開している規格／発行物の中で、自動車の遠隔 ソフトウェア更新に関連すると考えられる主な発行物(発行年月)／出典 URL を列挙する。

- X.1373: Secure software update capability for intelligent transportation system communication devices (2017/3)[42]
  - ✧ セキュアなソフトウェア更新について記載された勧告であり、ソフトウェア更新のシーケンスから各メッセージ内容について記載されている。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

4.8.2.1. X.1373: Secure software update capability for intelligent transportation system communication devices

4.8.2.1.1. 概要

発行	2017/3
位置づけ	＜勧告＞（法的拘束力なし）

[42] https://www.itu.int/rec/T-REC-X.1373/en

	ITU-T 勧告
対象	＜通信技術（車外）、更新手順、ハードウェア＞ 車載ゲートウェイ

4.8.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

X.1373 では V2I 通信における車載通信デバイスへの適用を目的としたソフトウェア更新手順について記載している。なお、車両内の通信については勧告のスコープ外としている。また、データフォーマットと XML によるメッセージのサンプルを記載している。

勧告で記載されている OTA による遠隔ソフトウェア更新のシーケンスを次に示す。なお、本勧告では車内通信はスコープ外としているため、ステップ 2)、3)、10)、11)、12)、13) は一例としている。

1) 更新モジュールがサプライヤーから提供される。なお、このステップは以降のステップとは非同期に処理される。
2) VMG (Vehicle Mobile Gateway)が ECU に対し、ソフトウェアリストを要求する。
3) ECU はソフトウェアの状態を確認し、ソフトウェアモジュールリストを作成して VMG に報告する。
4) VMG は収集したリストを更新サーバに送信し、更新の有無を確認する。
5) 更新サーバは受信したリストの受領確認を VMG に送信する。
6) 更新サーバはリストに従い、車にインストール済みのソフトウェア状態を調査し、必要なソフトウェア更新を決定する。
7) 6)の処理に時間がかかる可能性があるため、VMG は定期的に更新の要否を更新サーバに問い合わせる。
8) 更新が存在する場合、更新サーバは更新のための URL を VMG に送信し、存在しない場合は、確認応答のみ送信する。
9) 更新が存在する場合、VMG は更新サーバに接続して更新モジュールをダウンロードする。
10) ECU への更新適用前、VMG はドライバに対し更新適用について確認する。
11) ドライバは更新適用を確認し許可する。
12) VMG は該当する ECU に更新ファイルを配信し、更新の適用を要求する。
13) 各 ECU は更新を適用し、適用結果を VMG にレポートする。
14) VMG は適用結果を更新サーバにレポートする。
15) 更新サーバは更新情報の受領確認を VMG に送る。更新適用が失敗したり、未適用の更新が見つかったりした場合、適用が成功するまで更新サーバはステップ 6)～14)を繰り返す。

「7.1 General message format with security functions」では、メッセージ送信者の認証方法とメッセージの完全性検証について記載がある。ここでは、HSM による非対称暗号を用いた X.509 をベースとしたデジタル署名、共通鍵を利用した MAC のうち、一つは使用するべきとされている。

4.8.2.1.3. 将来展望

既に発行されている X.1373 では、車内通信についてはスコープ外としていたが、現在、X.1373 の更新作業が Q13/17 にて進められている。改訂版では車内通信についてもスコープとしており、2021 年 9 月の発行を予定している。

4.9. oneM2M

4.9.1. 組織紹介

(1) 2012 年 7 月に、欧米アジアで七つの地域標準化機関が共同で設立し、運営している標準化団体（2015 年から TSDSI（インド）が加入）。

(2) 主なミッション：M2M/IoT サービス層規格の標準化（Deliverables：TS（Technical Specification（normative））及び TR（Technical Report（informative）の発行、プロダクト認証のためのテスト仕様書含む）

(3) 構成メンバー：

・Partner Type 1（運営機関）：

ARIB（日本）、ATIS（北米）、CCSA（中国）、ETSI（欧州）、TIA（北米）、TSDSI（インド）、TTA（韓国）、TTC（日本）

・メンバー：

Partner Type 1 に加盟している Individual member（約 200 社）

・Partner Type 2（外部参加団体）：

OMA、Broadband Forum、Global Platform、CEN、CENELEC

・Associate Member：

CESG（英国）、Ministry of Science, ICT and Future Planning (MSIP/韓国)、
National Institute of Standards and Technology (NIST/米国)、
Pacific Northwest National Laboratory（米国）、
State Secretariat of Telecommunications and for the Information Society（スペイン）、
United States Department of Transportation（米国）

4.9.2. 規格・発行物紹介

・TR-0026-Vehicular Domain Enablement[43]

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

4.9.2.1. Vehicle Information Access API

4.9.2.1.1. 概要

発行	2017/09
位置づけ	＜技術報告＞　（現時点で法的拘束力なし） 現在、技術報告書（TR：Technical Report）として、Informative な文書として制定されているが、ここから、技術仕様書（TS-0001（Functional Architecture）、TS-0003（Security Solutions）等）に盛り込まれる内容があり、それらは Normative な規格となり、いわゆる拘束力のある技術仕様となる。
対象	＜通信技術、更新手順、ユースケース＞ Vehicular Domain における onoM2M 技術のユースケース（リモートメンテナンス、車両データ収集サービス／データワイプサービス、ECU ファームウェアの OTA 更新）

4.9.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

(1) 関連 Use Case として、以下の 4 件が 6 章に掲載されている。

6.2 Remote Maintenance Service

6.7 Vehicle Data Service

6.9 Vehicle Data Wipe Service

[43] http://www.onem2m.org/technical/latest-drafts

6.11 Secure Over-The-Air Firmware Update for Automotive ECUs

(2) Potential Requirements

(1) から導出される Potential Requirements が 7 章に記載されている。

(3) High Level Architecture

(1) 及び (2) を実現するための、Vehicle のハイレベルはアーキテクチャが 8 章に記述されている。

(4) Security

上記から導かれる Security に関する Key Issue は 9.4 章、Solution は 10.5 章、10.6 章に記載されている。

4.9.2.1.3. 将来展望

TR-0026 Vehicular Domain Enablement は、oneM2M の TP#31 会合（9/18-22）で承認され、2018 年 12 月にリリース 3 として他の TS や TR とともに発行された。

また、現在、ITU-T と oneM2M が協力して、ITU 勧告化を進めており、現在、リリース 2A として、TS-0001 や他の TR が ITU-T 勧告として承認されている。今後、リリース 3 に関しても ITU-T の勧告として制定する方向で検討中であるため、oneM2M の TS や TR が開発途上国においても、ITU-T の技術仕様／技術報告書として参照されることが期待される。

4.10. W3C

4.10.1. 組織紹介

W3C (World Wide Web Consortium [44])は、World Wide Web で使用される各種技術の標準化を推進するために 1994 年に設立された標準化団体、非営利団体。活動の一環としてコネクテッド・カーに関する検討を行っており、GENIVI Alliance [45]と自動車関連(IVI)の標準化を協力して行うため、MoU を締結している。ここでの報告は、この MoU に基づく GENIVI との一体として扱った上でのものとする。

4.10.2. 規格・発行物紹介

ここでは、W3C が公開しているサイト／発行物の中で、自動車の遠隔 ソフトウェア更新に関連すると考えられる主な発行物(発行年月)／出典 URL を列挙する。

- Automotive and Web at W3C[46]
  - ✧ コネクテッド・カーに関するカバーページ
- Automotive Working Group[47] [48]
  - ✧ HTML5 や JavaScript などのアプリケーション開発者向けに、次世代車載情報通信システム(IVI))や車両データにアクセスするためのプロトコルを通して Web 接続できるようにするための仕様を策定中のグループ。議長は Jaguar Land Rover、Volkswagen (,と個人)。
- Automotive and Web Platform Business Group[49]

  ✧W3C メンバー以外も参加できるコミュニティ

この WG で策定中の主な仕様:

[44] http://www.w3.org/
[45] http://www.genivi.org/
[46] http://www.w3.org/auto/
[47] http://www.w3.org/auto/wg/
[48] https://www.w3.org/auto/charter-2018
[49] http://www.w3.org/community/autowebplatform/

- Vehicle Information Service Specification (VISS)[50]
  - ✧ クライアントアプリケーションが車両信号やデータ属性を GET/SET/SUBSCRIBE/ UNSUBSCRIBE するための WebSocket ベースの API、エディタは Jaguar Land Rover
- Cyber-Security in the Connected Car Age GENIVI Conference - Seoul, October 21, 2015[51]
  - ✧ 講演において、OTA リプログラミングを“Remote software update emerging for quicker fix of security flaws”として紹介している。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

4.10.2.1. Vehicle Information Service Specification (VISS)

4.10.2.1.1. 概要

発行	2016/10 (ドラフト)
位置づけ	＜仕様＞ クライアントアプリケーションが車両信号やデータ属性を GET/ SET/ SUBSCRIBE/ UNSUBSCRIBE するための WebSocket ベースの API。 OTA リプログラミング実行時に使用されると考えられる機能の一つ。
対象	＜更新手順＞ OTA リプログラミング

4.10.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

Over the Air でのアップデート時の初期段階で必要となる機能。

4.10.2.1.3. 将来展望

未定

4.10.2.2. Cyber-Security in the Connected Car Age

4.10.2.2.1. 概要

発行	2015/10
位置づけ	＜講演提案[52]＞（法的拘束力なし）。
対象	＜ユースケース＞ OTA リプログラミング

4.10.2.2.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

Over the Air でのアップデートに関する利点、懸念点を明確に記述。

4.10.2.2.3. 将来展望

具体的展望は不明である。ただし、W3C は GENIVI Alliance と提携し、車載ソフトウェアプラットホームへの Web 技術の導入を推進しようとしている。

[50] https://www.w3.org/TR/2016/WD-vehicle-information-service-20161020/
[51] https://lists.w3.org/Archives/Public/public-auto-privacy-security/2015Oct/att-0005/Cyber-security_Connected_Car_Age-GENIVI.pdf
[52] https://lists.w3.org/Archives/Public/public-auto-privacy-security/2015Oct/att-0005/Cyber-security_Connected_Car_Age-GENIVI.pdf

4.11. Wi-Fi Alliance

4.11.1. 組織紹介

Wi-Fi Alliance は無線 LAN 製品の普及促進を目的とした標準化団体であり、約 500 社の企業が参画している。Wi-Fi Alliance ではメンバー企業間のコラボレーション促進、Wi-Fi テクノロジの普及促進、周波数帯割り当てのルール作りの提言等を行っている。現在の作業分野の一つに Automotive があり、Wi-Fi 技術の自動車セグメントでのニーズやユースケースについて検討されている。

4.11.2. 規格・発行物紹介

調査の結果、OTA に関する規格・発行物は確認できなかった。

4.12. 第 5 世代モバイル推進フォーラム（5GMF）

4.12.1. 組織紹介

第 5 世代モバイル推進フォーラム（5GMF[53]）は、第 5 世代移動通信システム（5G）の早期実現を図るため、関連する研究開発及び標準化に係る調査研究・関係機関との連絡調整・情報の収集・普及啓発活動等を通じて、電気通信利用の健全な発展に寄与することを目的としている。

活動は、企画委員会、技術委員会、アプリケーション委員会、ネットワーク委員会において、5G に関する動向調査を中心に行われている。

コネクテッド・カーに関するセキュリティについては、セキュリティ調査検討委員会のコネクテッド・ビークル SWG において調査を行っている。

4.12.2. 規格・発行物紹介

第 5 世代モバイル推進フォーラムからの OTA 関連の発行物はないが、以下の Workshop の概要報告が発行されている。

- 3GPP 5G Security Workshop

4.12.2.1. 3GPP 5G Security Workshop

4.12.2.1.1. 概要

通信事業者が提供する 5G 環境下で複数のサービス提供者の ITS サービス提供について、必要なセキュリティ条件について報告している。

発行	2019 年 7 月 1 日
位置づけ	本発行物自体は法的拘束力を持たない。
対象	<概要報告> 5G 環境下で複数のサービス提供者の ITS サービス提供

[53] https://5gmf.jp/

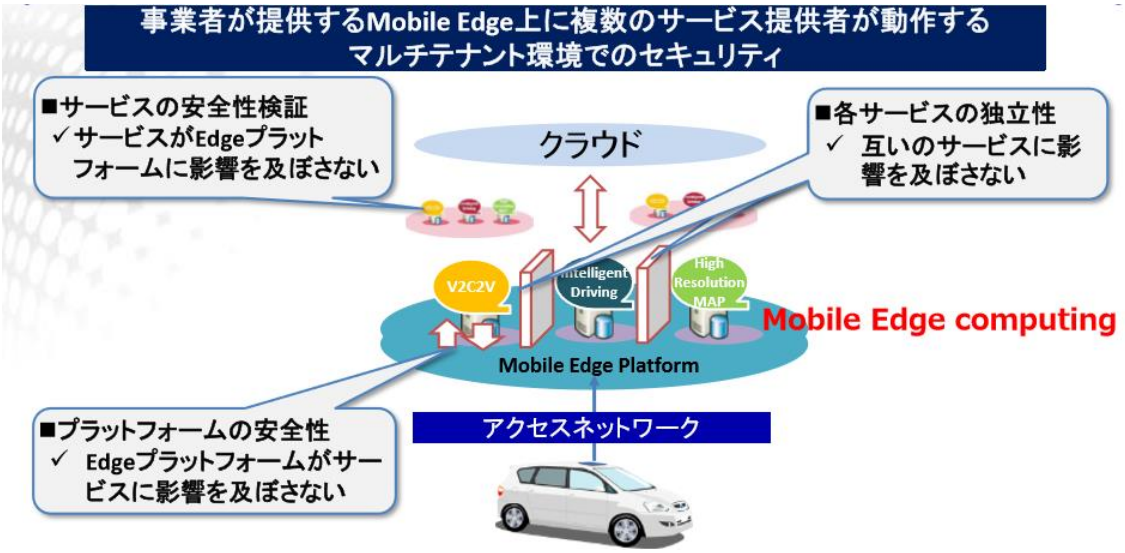


図 4-2　マルチテナント環境でのセキュリティ（[4-5-2]から引用）

4.12.2.1.2.　遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

ITS サービス全体についての記載が中心であり、ソフトウェアや地図情報についてのダウンロードに限定しての記載は無い。

4.12.2.1.3.　将来展望

ネットワークスライシングの ITS 分野への応用課題について検討が期待される。

5. 関連団体調査：システムレベル（部品）

本章では、システムレベルの中でも EVITA、TCG などで策定しているチップなどの部品に関する規格を調査し、OTA に係る要件に関して抽出を行った。

5.1. EVITA

5.1.1. 組織紹介

EVITA は、欧州連合の第 7 次欧州研究開発フレームワーク計画の中のプロジェクトである。本プロジェクトの目的は、自動車の車載ネットワークにおけるセキュリティ関連コンポーネントの改ざん・改変やセンシティブなデータの危殆化を防ぐために、車載ネットワークのアーキテクチャを設計、検証、試作することである。2008 年から 2011 年の間に活動がなされた。

5.1.2. 規格・発行物紹介

ここでは、EVITA が公開している規格／発行物の中で、自動車の遠隔ソフトウェア更新に関連すると考えられる主な発行物(発行年月)／出典 URL を列挙する。

- Deliverable D2.1: Specification and evaluation of e-security relevant use cases (Dec. 2009)[54]
  - ✧ 本報告では、セキュリティ対策が必要とされるであろう車載ネットワークのユースケースを記載している。18 のユースケースが記載されており、安全対策のアクティブブレーキ、車外エンティティからの交通情報、エンジン ECU の換装、リモート診断、リモートフラッシング（遠隔ソフトウェア更新）などを含む。各ユースケースに対して、必要となる機能、関与する通信エンティティと通信方法、通信される情報や必要なデータ、性能要件などを記載している。D2.1 に続く報告において、これらのユースケースを用いたセキュリティ要件の抽出が行われている。

- Deliverable D2.3 Security requirements for automotive on-board networks based on dark-side scenarios (Dec. 2009)[55]
  - ✧ 本報告では、D2.1 のユースケースを対象にセキュリティ上の脅威を抽出し、リスクを算定、そして、セキュリティ要件を抽出している。本報告のセキュリティ要件を用いて、続く報告においてセキュリティアーキテクチャの設計がなされている。

- Deliverable D3.2 Secure on-board architecture specification (Aug. 2011)[56]
  - ✧ 本報告では、EVITA のセキュリティアーキテクチャが記載されている。アーキテクチャはハードウェアモジュールとソフトウェアフレームワークからなる。ハードウェアモジュールは EVITA ハードウェア セキュリティ モジュール (HSM)と呼ばれ、機能と性能のレベルが異なる三つの種類がある。ソフトウェアフレームワークは、通信制御、暗号サービス、相互認証、ポリシー決定、プラットフォーム統合、セキュアストレージ、セキュリティ監視のモジュールからなり、HSM と合わせて、EVITA セキュリティフレームワークを構成する。

[54] https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD2.1.pdf
[55] https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD2.3.pdf
[56] https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD3.2.pdf

- Deliverable D3.3 Secure on-board protocols specification (Jul. 2011)[57]
  - ✧ 本報告は、車載ネットワークのユースケースをセキュアに実現するプロトコル仕様を記載している。D2.1 のユースケースを実現するのに必要となるセキュア車載プロトコルを抽出・分類し、D3.2 のセキュリティアーキテクチャのプラグインとしてプロトコルを設計している。プロトコルには、鍵配布プロトコル、セッション鍵確立プロトコル、遠隔アテステーションプロトコル、アクセス制御プロトコル、時刻同期プロトコル、遠隔ファームウェア更新プロトコル、などが含まれている。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

5.1.2.1. Deliverable D2.1: Specification and evaluation of e-security relevant use cases

5.1.2.1.1. 概要

発行	2009/12
位置づけ	＜報告＞ （現時点で法的強制力なし）
対象	＜通信技術（車内）＞ 自動車車載ネットワーク

5.1.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

ユースケース 17 に Remote Flashing として遠隔ソフトウェア更新が記載されている。エンティティは、車外はサービスステーション、診断ツール(DT)、車内は通信ユニット(CU)、パワートレイン領域の ECU、パワートレインコントローラ(PTC) が関与する。表 5−1 のシーケンスによって、パワートレインコントローラ(PTC) のソフトウェア更新を行う例を記載している。

表 5−1 PTC のソフトウェア更新シーケンス

No.	アクター	受信者	データ/動作
1	サービスステーション	CU	接続要求
2	CU	ECU	接続要求
3	ECU	-	要求処理／完全性チェック、認証
4	ECU	CU	接続応答
5	CU	サービスステーション	接続応答
6	サービスステーション	CU	ECU 情報要求
7	CU	ECU	ECU 情報要求
8	ECU	-	認証／完全性チェック、フレッシュネスチェック
9	ECU	CU	ECU 情報応答
10	CU	サービスステーション	ECU 情報応答
11	サービスステーション	CU	暗号化済みファームウェア更新データ
12	CU	ECU	暗号化済みファームウェア更新データ
13	ECU	-	認証／完全性チェック、フレッシュネスチェック
14	PTC	-	更新データ復号、更新実行

[57] https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD3.3.pdf

関連するセキュリティ要素として、(機器)認証、データ認証、データフレッシュネス、否認防止、秘匿性、匿名性をあげている。

5.1.2.1.3. 将来展望

EVITA プロジェクトは 2011 年に終了しており、2017 年 9 月時点では、本発行物が改訂される予定はないと思われる。

5.1.2.2. Deliverable D2.3 Security requirements for automotive on-board networks based on dark-side scenarios

5.1.2.2.1. 概要

発行	2009/12
位置づけ	＜報告＞　(現時点で法的強制力なし)
対象	＜通信技術(車内)＞ 自動車車載ネットワーク

5.1.2.2.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

本文書では、Remote Flashing 遠隔ソフトウェア更新のユースケース(Remote Flashing) から、セキュリティ要件が抽出されている。表 5-2 に、本文書から引用した遠隔ソフトウェア更新のセキュリティ要件を示す。

表 5−2　抽出されたセキュリティ要件

No.	セキュリティ要件	説明
1	Authenticity_29	ファームウェアが車両にインストールされるときには、製造者によって認証されプログラムされること。
2	Authenticity_101	コマンドが内部 ECU から別の内部 ECU に送信されるときには、機能のパスに沿ってデータ認証をすること。
3	Authenticity_102	リプログラミングのためにコマンドが ECU に送信されるときには、コードの生成元の認証をすること。
4	Authenticity_103	車外から車両にメッセージが到着したときに、データの生成元の認証をすること。
5		ロードサイドユニットにデータが送信されるときには、機能のパスに沿ってデータの生成元の認証を行うこと。
6	Integrity_101	車外から車両にメッセージが到着したときに、メッセージの完全性を確実に保つこと。
7		ロードサイドユニットにデータが送信されるときには、機能のパスに沿ってメッセージの完全性を確実に保つこと。
8	Integrity_102	リプログラミングのためにコマンドが ECU に送信されるときには、そのコマンドの完全性を確実に保つこと。
9	Integrity_103	リプログラミングコマンドが ECU に送信されたときには、ファームウェアの完全性を確実に保つこと。
10	Integrity_104	コマンドが内部 ECU から別の内部 ECU に送信されるときには、機能のパスに沿って情報の完全性を確実に保つこと。
11	Access_101	リプログラミングのためにコマンドが ECU に送信されるときには、リプログラミング機能へのアクセス制御を確実に行うこと。
12	Access_102	リプログラミングのためにコマンドが ECU に送信されるときには、フラッシュメモリへの読み込みのアクセス制御を確実に行うこと。
13	Freshness_101	車外から車両にメッセージが到着したときに、メッセージのフレッシュネスを確実に保つこと。

14		ロードサイドユニットにデータが送信されるときには、機能のパスに沿ってメッセージのフレッシュネスを確実に保つこと。
15	Freshness_102	コマンドとなるメッセージが内部 ECU から別の内部 ECU に送信されるときには、機能のパスに沿って情報のフレッシュネスを確実に保つこと。
16	Freshness_103	リプログラミングのためにコマンドが ECU に送信されるときには、そのコマンドのフレッシュネスを確実に保つこと。
17	Confidentiality_1	無線通信の際も含めて、車両の ID は秘匿されること。
18	Privacy_101	TOE（Target Of Evaluation）やカーメーカの外部のエンティティで、サービスを提供するエンティティに車両からメッセージを送信するときには、e-サービスメッセージデータへのアクセス制御を行うこと。
19	Confidentiality_101	リプログラミングのためにコマンドが ECU に送信されるときには、ファームウェアデータの秘匿性を確実に守ること。
20	Confidentiality_102	リプログラミングのためにコマンドが ECU に送信されるときには、ファームウェア更新イベントの秘匿性を確実に守ること。
21	Availability_101	ECU や CU、ヘッドユニット、センサー、そのほかの車載ユニットの間で情報が交換されるときには、バスの可用性が確実に保たれること。
22	Availability_102	ECU や CU、ヘッドユニット、センサー、そのほかの車載ユニットの間で情報が交換されるときには、CPU の可用性が確実に保たれること。
23	Availability_103	ECU や CU、ヘッドユニット、センサー、そのほかの車載ユニットの間で情報が交換されるときには、RAM の可用性が確実に保たれること。
24	Availability_104	車両から近隣の車両やロードサイドユニット、そのほかのエンティティに情報が送信されるときには、CU の可用性が確実に保たれること。
25		近隣の車両やロードサイドユニット、そのほかの認可されたエンティティから車両が情報を受信するときには、CU の可用性が確実に保たれること。
26	Availability_105	車両から近隣の車両やロードサイドユニット、そのほかのエンティティに情報が送信されるときには、無線媒体の可用性が確実に保たれること。
27		近隣の車両やロードサイドユニット、そのほかの認可されたエンティティから車両が情報を受信するときには、無線媒体の可用性が確実に保たれること。
28	Availability_106	車両から近隣の車両やロードサイドユニット、そのほかのエンティティに情報が送信されるときには、最高レベルの優先度を持つ機能に対して要求されるデバイスの、最高レベルの可用性が確実に保たれること。
29		近隣の車両やロードサイドユニット、そのほかの認可されたエンティティから車両が情報を受信するときには、最高レベルの優先度を持つ機能に対して要求されるデバイスの、最高レベルの可用性が確実に保たれること。

5.1.2.2.3. 将来展望

EVITA プロジェクトは 2011 年に終了しており、2017 年 9 月時点では、本発行物が改訂される予定はないと思われる。

5.1.2.3. Deliverable D3.2 Secure on-board architecture specification

5.1.2.3.1. 概要

発行	2011/8
位置づけ	＜報告＞ (現時点で法的強制力なし) 自動車業界・半導体業界での実装例あり

対象	＜通信技術（車内）＞ 自動車車載ネットワーク

5.1.2.3.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

アーキテクチャを設計する際の想定ユースケースに遠隔ソフトウェア更新が含まれる。

なお、本報告は EVITA full、medium、light の 3 種類のハードウェアセキュリティモジュールを設計している。各モジュールの概要は、以下のとおりである。

EVITA full　EVITA full は V2X 向けに設計されたセキュリティモジュールで、3 種類のうち最も高機能、高性能なモジュールである。ビルディングブロックを表 5−3 にまとめる。

表 5−3　EVITA full のビルディングブロック

No.	ビルディングブロック	説明
1	ECC-256-GF(p)	NIST 推奨曲線 P-256 上の 256 ビット楕円曲線暗号エンジン
2	WHIRLPOOL	AES ベースのハッシュ関数エンジン。ハッシュ値の長さは 512 ビット。
3	AES-128	NIST 標準ブロック暗号の鍵長 128 ビットの AES エンジン。利用モードとして、ECB、CBC、GCM、CCM をサポート。
4	AES-PRNG	BSI-AIS20-E.4 に準拠した、AES ベースの疑似乱数生成器のエンジン。内部の真正乱数生成器(TRNG)からのシード提供を受ける。
5	COUNTER	少なくとも 16 個の 64 ビットの単調増加カウンター。
6	時刻カウンター	外部と同期する UTC 時刻を刻むカウンター
7	内部 CPU	HSM 内部の CPU。ARM Cortex M3 又は類似の CPU を提案。
8	内部 RAM	HSM 内部の RAM。少なくとも 64k バイト以上。
9	内部不揮発メモリ	HSM 内部のフラッシュメモリ。少なくとも 32k バイト以上。(加えて 10k バイト以上の ROM。)
10	ハードウェア API	メイン CPU とアプリケーションから HSM 機能にアクセスするために規定された API。

EVITA medium

EVITA medium は ECU 向けに設計されたセキュリティモジュールで、3 種類のうち中間の機能、性能を持つモジュールである。EVITA full から、ECC-256-GF(p)エンジンと WHIRLPOOL エンジンを省いたもの。また、EVITA full に比べて、内部 CPU の性能が低くてよいとしている。(例えば、EVITA full は、Coretex [58] -M3 100MHz に対して、EVITA medium は Coretex-M3 50MHz など。)

EVITA light

EVITA light はセンサーやアクチュエータ向けに設計されたセキュリティモジュールで、3 種類のうち最も低機能、低性能を持つモジュールである。上位モジュールが持つビルディングブロックのうち、AES-128 エンジン、AES-PRNG、時刻カウンター、ハードウェア API のみを持つ。このうち、上位モジュールとは異なり、AES-PRNG は外部 TRNG からシード提供を受ける。なお、オプションとして、内部 RAM と内部不揮発メモリ、内部 TRNG を含む仕様を設定している。

[58] ARM 社の CPU アーキテクチャ。
https://developer.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m3 を参照。

5.1.2.3.3. 将来展望

EVITA プロジェクトは 2011 年に終了しており、2017 年 9 月時点では、本発行物が改訂される予定はないと思われる。なお、複数のチップベンダから、EVITA HSM に準拠したチップ[59]が提供されている。

5.1.2.4. Deliverable D3.3 Secure on-board protocols specification

5.1.2.4.1. 概要

発行	2011/7
位置づけ	＜報告＞ (現時点で法的強制力なし) 自動車業界・半導体業界での実装例あり
対象	＜通信技術（車内)、更新手順、ファームウェア＞ 自動車車載ネットワーク

5.1.2.4.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

本報告では、遠隔ソフトウェア更新のプロトコル仕様が記載されている。遠隔ソフトウェア更新に関与する主なエンティティは、車外のエンティティとしてサービスステーションと診断ツール(DT)、車内のエンティティとしてセントラル通信ユニット(CCU)と ECU である。なお、CCU は車内の鍵マスター(KM)の役割を果たすため、以下では CCU-KM とも記す。また、HSM_DT、HSM_CCU、HSM_ecu、HSM_oem は、それぞれ DT、CCU、ECU、OEM サーバに備えられた HSM を指す。

遠隔ソフトウェア更新プロトコルは、遠隔診断、ECU リプログラミングモード、ファームウェア暗号化鍵交換、ファームウェアダウンロード、ファームウェアインストール・検証の 5 ステップからなる。各ステップは次のとおりである。

遠隔診断

本ステップは、ECU タイプ、ファームウェアバージョン、最終更新日といった必要な情報を ECU から収集するステップである。プロトコルのアルゴリズムは次のとおりである。

1) DT が HSM_DT 内で共通鍵 Mk を生成する。
2) DT が HSM_DT から Mk をエクスポートする。なお、エクスポートする際には、HSM_DT 内で Mk を CCU の公開鍵 Pk_ccu で暗号化する。エクスポートデータを Exported-DT_Mk と記載する。
3) DT は、Exported-DT_Mk とタイムスタンプを結合したデータに DT の秘密鍵 Sk_dt で署名し、Exported-DT_Mk とタイムスタンプ、署名を CCU-KM に送信する。
4) CCU-KM は受信したタイムスタンプのフレッシュネスをチェック、署名を検証し、DT を認証する。
5) CCU-KM は、4 のチェック、検証が正しければ、Exported-DT_Mk を HSM_CCU にインポートする。なお、インポートの際には、HSM_CCU 内で Exported-DT_Mk が CCU の秘密鍵 Sk_ccu で復号される。
6) CCU-KM が HSM_CCU から Mk をエクスポートする。なお、エクスポートする際には、HSM_CCU 内で Mk を、ECU のタイプに応じて、ECU の公開鍵 Pk_ecu 又は共通鍵 Psk で暗号化する。エクスポートデータを Exported-CCU_Mk と記載する。
7) CCU-KM は、Exported-CCU_Mk とタイムスタンプを結合したデータに CCU-KM の秘密鍵 Sk_ccu で署名し、Exported-CCU_Mk とタイムスタンプ、署名を ECU に送信する。
8) データを受け取った ECU は、ポリシーに基づき CCU/DT の認可を確認、タイムスタンプのフレッ

[59] 例えば、Infineon 社や Renesas 社、NXP 社などから、チップが提供されている。
https://www.infineon.com/cms/jp/about-infineon/press/market-news/2016/INFATV201610-005.html
https://www.renesas.com/ja-jp/about/web-magazine/edge/solution/25-high-end-automotive-safety-mcu.html
http://www.nxp.com/docs/en/supporting-information/E_SecurityMCU_JA.pdf

シュネスをチェック、署名を検証する。

9) ECU は、8 が正しく通れば、Exported-CCU_Mk を HSM_ecu にインポートする。なお、インポートの際には、HSM_ecu 内で Exported-CCU_Mk が ECU の秘密鍵 Sk_ecu 又は共通鍵 Psk で復号される。

10) ECU は、Ack とタイムスタンプを結合したデータに、署名又は MAC を付加して、CCU-KM に送信する。

11) CCU-KM は、受け取ったデータの署名／MAC とタイムスタンプをチェックする。

12) CCU-KM は、11 のチェックが正しければ、Ack とタイムスタンプを結合したデータに、署名を付加して、DT に送信する。

13) DT は、受け取ったデータの署名とタイムスタンプをチェックする。

14) DT は、13 のチェックが正しければ、サービスステーションの従業員が選択したオプションに応じて、ECU から状態やログ情報などの診断情報を読み出す要求を送信し、情報を読み出す。

ECU リプログラミングモード

本ステップは、ECU のタイプが期待されるものであった場合、DT が ECU をアプリケーションモードからリプログラミングモードへと移行させるステップである。

1) DT がシード要求命令とタイムスタンプを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、ECU に送信する。

2) ECU は、データの完全性とフレッシュネスをチェックする。

3) ECU は、2 のチェックが正しければ、HSM_ecu 内でシード Na を生成し、Na を Mk で暗号化したデータ ε(Na)Mk を取り出す。

4) ECU は、ε(Na)Mk とタイプスタンプを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、DT に送信する。また、ECU は、HSM_ecu で Na からリプログラミングモード移行用の鍵 Smk を生成する。

5) DT は、受け取ったデータの完全性とフレッシュネスをチェックする。

6) DT は、5 のチェックが正しければ、HSM_DT で Na を復号し、Na から Smk を生成する。

7) DT は、HSM_DT から Smk をエクスポートする。この際、Smk は Mk で暗号化された状態でエクスポートする。エクスポートデータは、Exported_Smk と記載する。

8) DT は、Exported_Smk とタイムスタンプを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、ECU に送信する。

9) ECU は、受け取ったデータの完全性とフレッシュネスをチェックする。

10) ECU は、10 が正しければ、HSM_ecu 内で Exported_Smk から Smk を取り出し、4 で HSM_ecu 自身が計算した Smk と比較する。

11) ECU は、10 の比較が一致した場合、リプログラミングモードに移行する。

12) ECU は、リプログラミングモードに移行したことを伝える Ack とタイムスタンプを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、DT に送信する。

13) DT は、受け取ったデータの完全性とフレッシュネスをチェックし、ECU のモード移行を確認する。

ファームウェア暗号化鍵交換

本ステップでは、ファームウェア暗号化鍵の交換を行う。

1) DT は、ファームウェア暗号化鍵要求とタイムスタンプに、Sk_dt で生成した署名を付加し、OEM サーバに送信する。なお、要求には ECU タイプや ECU 識別番号、ファームウェアバージョンなどの ECU についての情報が含まれる。

2) OEM サーバは、受け取ったデータの認証、完全性チェックを行う。
3) OEM サーバは、2 のチェックが正しければ、HSM_oem からファームウェア暗号化鍵 SSK をエクスポートする。この際、SSK を、ECU のタイプに応じて、ECU の公開鍵 Pk_ecu 又は共通鍵 Psk を用いて、暗号化した状態でエクスポートする。エクスポートするデータは、Exported-OEM_SSK と記載する。
4) OEM サーバは、Exported-OEM_SSK とタイムスタンプを結合したデータに、OEM サーバの公開鍵 Sk_oem で生成した署名を付加し、DT に送信する。
5) DT は、受け取ったデータを認証する。
6) DT は、5 が正しければ、Exported_SSK とタイムスタンプを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、ECU に送信する。
7) ECU は、受け取ったデータを認証する。
8) ECU は、7 が正しければ、Exported_SSK を HSM_ecu にインポートする。
9) ECU は、SSK がインポートされたことを伝える Ack とタイムスタンプとを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、DT に送付する。

ファームウェアダウンロード

本ステップは、DT が OEM サーバから受け取った暗号化かつ署名付加されたファームウェアを ECU にダウンロードするステップである。

1) DT が、SSK で暗号化され、かつ、署名付加されたファームウェアデータ、ECU コンフィギュレーションレジスター(ECR)リファレンスとタイムスタンプを ECU に送信する。
2) ECU は、HSM_ecu で受け取ったデータの復号と検証を行い、ファームウェアを RAM に展開する。なお、1 のダウンロードと 2 のチェックは、ブロックごとに繰り返し行われる。
3) DT は、すべてのファームウェアデータが ECU によってダウンロードされたら、transfer_exit メッセージとタイムスタンプを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、ECU に送信する。
4) ECU は、3 の認証を行う。
5) ECU は、3 が正しければ、ダウンロードが完了したことを伝える Ack とタイムスタンプを結合したデータに、Mk で生成した MAC を付加し、DT に送信する。

ファームウェアインストール・検証

本ステップは、ダウンロードしたファームウェアを ECU にインストールするステップである。

1) ECU は、リプログラミングする前に、ファームウェアデータの署名を事前インストールされている OEM の製造者検証鍵(MVK)で検証する。
2) ECU は、1 が正しければ、ファームウェアをインストールする。インストールは、ECR 信頼チェーンを計算しながら実施される。
3) ECU は、ファームウェアのインストール後、ECU サプライヤーによって提供されるコールバックルーチンを用いて、ソフトウェアコンシステンシーチェックを実施する。
4) ECU は、ファームウェアの現在の ECR とリファレンス ECR 値を比較する。
5) ECU は、4 の比較が一致した場合、セキュアブート用に HSM_ecu の ECR 値をプリセットする。
6) ECU は、HSM_ecu のカウンター値をインクリメントする。
7) ECU は、ハードウェアリセットを行い、リプログラミング用のルーチンをフラッシュメモリから消去する。
8) ECU は、アプリケーションを開始する。

5.1.2.4.3. 将来展望

EVITA プロジェクトは 2011 年に終了しており、2017 年 9 月時点では、本発行物が改訂される予定はないと思われる。

5.2. HIS

5.2.1. 組織紹介

HIS (The Herstellerinitiative Software) は、Audi, BMW, Daimler, Porsche, Volkswagen 等で構成される委員会で、自動車製造業者が ECU のソフトウェアや品質保証の原理と手法を習得することを助けることを目的としている。HIS によって、2009 年にセキュアハードウェアモジュールである SHE の仕様が規格化されている。

5.2.2. 規格・発行物紹介

ここでは、HIS が発行している規格／発行物の中で、自動車の遠隔 ソフトウェア更新に関連すると考えられる主な発行物(発行年月) を列挙する。

- SHE - Secure Hardware Extension - Functional Specification Version 1.1. (Apr. 2009)
  本文書は、車載マイコンにおけるハードウェアセキュリティモジュールの SHE 規格の仕様を記載している。本文書は公開されていないため、本報告書には内容の詳細は記載しない。

次節では、公開されている文書から抽出した SHE の仕様概要について、記載する。

5.2.2.1. SHE - Secure Hardware Extension - Functional Specification Version 1.1.

5.2.2.1.1. 概要

発行	2009/4
位置づけ	＜規格仕様(非公開)＞、(現時点で法的強制力なし) 自動車業界・半導体業界での実装例あり
対象	＜ハードウェア＞ 自動車車載 ECU

5.2.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

SHE は、共通鍵ブロック暗号の AES エンジン、鍵や ID 等を格納するセキュアフラッシュメモリ等を持つ HSM である。以下、暗号エンジンとセキュアフラッシュメモリの仕様概要について説明する。

まず、AES の暗号エンジンに関しては、利用モードとして、ECB、CBC、CMAC をサポートする。また、AES をフィードバックモードで利用した PRNG も提供される。

セキュアフラッシュメモリについては、15 個の鍵スロットと 1 個の ID スロットからなる。鍵スロットは、1 個の ROM スロット、13 個のフラッシュメモリスロット、1 個の RAM スロットからなる。ROM スロットには、乱数生成用の鍵が設定される。フラッシュメモリスロットには、1 個のマスター鍵、1 個のセキュアブート用 MAC 鍵、1 個のセキュアブート用 MAC 値、10 個のアプリケーション用鍵のスロットがある。RAM スロットは、アプリケーション用鍵の格納に使われる。ID スロットは ROM スロットであり、HSM のユニーク ID である UID が格納される。これらの鍵の長さは 128 ビット、UID の長さは 120 ビットである。

フラッシュメモリの鍵スロットには、それぞれ 28 ビットのカウンター値と 6 ビットのフラグを持つ。カウンター値は、鍵更新の際にインクリメントされ、リプレイ攻撃を防ぐために利用される。フラグは、鍵の利用用途や鍵へのアクセス制御を定める。

SHE 上のセキュアフラッシュメモリの更新は、仕様書が規定するメモリ更新プロトコルによって実施される。セキュアに遠隔ソフトウェア更新をする場合、セキュアフラッシュメモリ上のセキュアブート用 MAC 値を更新する必要があり、プロトコルに従いメモリ更新をする必要がある。

5.2.2.1.3. 将来展望

複数のチップベンダから、HIS SHE に準拠したチップ[60] が提供されている。

5.3. TCG

5.3.1. 組織紹介

TCG (Trusted Computing Group [61]) は、信頼できるプラットフォーム／インフラ構築のため、必要になる種々ハードウェア、ソフトウェアの業界標準、統合的公開仕様の開発、普及を目的とする 2003 年発足の非営利団体(NPO)である。この組織は世界各地の約 90 社の会員企業、約 30 の国家機関／大学／業界団体のリエゾンで構成されている。その中で日本の政府関係機関としては、独立行政法人 情報処理推進機構（IPA）と国立研究開発法人 情報通信研究機構（NICT）がリエゾンとして加盟し、積極的に参加している。

主な活動として、プラットフォーム／インフラを構成する種々のハードウェア、ソフトウェアについて、各々を専門とする作業部会 (Working Group) で仕様を策定し、その上部組織である技術委員会（理事会メンバー企業の技術員で構成）で技術的面から他の規格／標準との関係を調整し、更にその上の理事会で上記リエゾン関係にある各国政府機関の動静／意見を踏まえ評価、確定、公開している。並行して、それらの仕様を、標準化団体として実績ある ISO, IETF 等に提案してそれら機関に於いて認定を受け、その結果、国際公開標準として認定（認知）されている。

TCG は世界各地域での活動活性化のため、各々の地域での、その地域での言語を母体とする支部設立に尽力している（TCG 公用語は英語）。日本支部は 2008 年に設立された。TCG の意義について、TCG 日本支部のサイトで次のように説明されている[62]。

> *TCG の組織は、個々の技術分野の専門家がそのグループで共同で仕様が可能となるよう、複数のワーキンググループから構成されています。これらのワーキンググループでは、競合と協業の立場にあるそれぞれのメンバーが、相互運用性が担保され、技術的に中立な、仕様の策定が行われます。*

2004 年、世界中の多くのノート／デスクトップ PC に、TCG が仕様策定／公開したチップ (TPM; Trusted Platform Module, ISO/IEC 11889 認定) が搭載され、販売が開始された。その後、適用範囲を、携帯電話／スマートフォン、ATM、POS 端末、ルータ等ネットワーク機器、産業機器、病院/警察/発電所等重要インフラ、自動車を含む IoT 等に拡大している。

現常任理事企業は 13 社 (AMD, Cisco, Dell, Fujitsu, HP, HPE, Huawei, IBM, Infineon, Intel, Juniper, Lenovo, Microsoft) であり、日本企業として富士通が活動している。

5.3.2. 規格・発行物紹介

ここでは、TCG が公開している規格／発行物の中で、自動車の遠隔 ソフトウェア更新に関連すると考えられる主な発行物(発行年月)／出典 URL を列挙する。

---

[60] 例えば、Infineon 社や NXP 社から SHE を搭載したチップが提供されている。
https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/market-news/2011/INFATV201111-012.html
http://www.nxp.com/docs/en/supporting-information/E_SecurityMCU_JA.pdf

[61] https://trustedcomputinggroup.org/

[62] https://trustedcomputinggroup.org/work-groups/regional-forums/japan

- TCG TPM 2.0 Library Profile for Automotive Thin Specification, Version 1.1 (2018/5)[63]
  - ✧ TCG 内の組み込み作業部会配下の自動車サービス検討サブグループの活動の一環として、汎用 TPM を、自動車一台当たり数十~数百個搭載されていると言われている車載マイクロコンピュータ(ECU) 個々に付随させるとの想定に基づいて、TPM フル仕様から必要最小限化を目指したもの。個々の ECU の OTA ソフトウェア更新をセキュアに実行することを目指している。2015 年 3 月に初版を公開、出版した。その後、種々の更新を行い 2018 年 5 月に改版公開、出版した。
    引き続き、この改版仕様に基づいて ISO15408 準拠 Protection Profile (PP)[64]を発行出版した。これに拠り、本仕様に基づく製品（自動車用 TPM）の実現が可能に成った。
- Guidance for Securing IoT Using TCG Technology (2015/9)[65]
  - ✧ TCG 内の組み込み作業部会配下の IoT 検討向け検討サブグループの活動の一環として、米国国家標準化機関である NIST が公開した公式文書(SP800-147：BIOS Protection Guidelines [66])、その他を引用しながら、自動車を含む IoT 全般に対する ”secure software/firmware update mechanism” 等を論じている。

以下、それぞれの概要及び遠隔更新に関連する部分の解説を行う。

5.3.2.1. Automotive Thin Spec

5.3.2.1.1. 概要

発行	2018/5/31
位置づけ	＜仕様＞（法的拘束力なし） 本 Automotive Thin 仕様は、ISO/IEC 11889 として国際標準仕様認定を受けた TPM2.0 仕様書[67]を基としている。多数の車載 ECU の OTA ソフトウェア更新をユースケースとして想定し、その想定の下で必要なコマンドのみを必須として、他を推奨、オプションと峻別した仕様書である。 近い将来、例えばリコール時 OTA 対応が立法化／ガイドライン化される際、本仕様に基づく車載 ECU の OTA ソフトウェア更新が、推奨される技術的解決策の一つとして提示される可能性を想定している。(立法化／ガイドライン化は、具体的かつ公開されている仕様に基づく解決策の見通しがあってこそ可能であることについては、一般的理解が得られると考えられる。TCG はそれを狙っていると考えられる。)
対象	＜セキュリティ、ハードウェア、ユースケース（ECU ソフトウェア更新）＞ 車載 ECU の OTA ソフトウェア更新を一つのユースケースとする、車載セキュリティチップ、その仕様及び運用フロー。

5.3.2.1.2. 遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

本仕様書内で、車載 ECU の OTA ソフトウェア更新において、以下のフローで処理することを提示している。

1) 本仕様に基づくチップ (Automotive Thin) が、担当する部分 (ECU) の、その時点でのソフトのハッシュを取得、自らが保持する秘密鍵で電子署名生成、車載ヘッドユニットに送信する。
2) ヘッドユニット経由で情報を受けたセンターが証明書 (公開鍵) を用いて、情報の真贋判定を行った後、現状を分析、最適なパッチを選択、ヘッドユニット経由で車載 ECU に届ける。
3) ソフトウェア更新後、再び Automotive Thin が、更新後のソフトのハッシュを取得、自らが保持する

[63] https://trustedcomputinggroup.org/wp-content/uploads/TCG_TPM_2.0_Automotive_Thin_Profile_v1.1-r15.pdf
[64] https://trustedcomputinggroup.org/wp-content/uploads/TCG_PP_AT_TPM_v1p0_pub.pdf
[65] https://www.trustedcomputinggroup.org/wp-content/uploads/TCG_Guidance_for_Securing_IoT_1_0r21.pdf
[66] http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-147.pdf
[67] https://trustedcomputinggroup.org/tpm-library-specification/

秘密鍵で電子署名生成、車載ヘッドユニットに送信する。

4) ヘッドユニット経由で情報を受けたセンターが、証明書 (公開鍵) を用いて、情報の真贋判定を行った後、OTA ソフトウェア更新完遂を確認、将来における検証可能性を担保した形でログを保管する (各々のノードにおけるエラー分岐も記述されている (ここでは割愛))。

ここで「OTA ソフトウェア更新完遂を確認、将来における検証可能性を担保した形でログを保管する」こと、即ち、説明責任担保（Accountability）は非常に大きな意味を持つと考えられる。初版では記述が少なかったこの部分を改版仕様書で一つの節(4.9)を立て、以下のように詳述している。

「4.9 Audit and accountability：TCG supports "audit and accountability" from vehicles to third parties based on a total ecosystem including a chip as Hardware Root of Trust (HRoT=TPM), a security network attestation protocol (TNC: Trusted Network Communications), and central key management (PKI: Public Key Infrastructure) with Remote Center.」

他の公式文書、例えば、米国国家標準化機関である NIST の公式文書(SP800-19 : Mobile Agent Security [68]) では、章を設けて 3.3 Accountability (11, 19/52) について説明している。

TCG は、この説明責任担保を公開標準仕様である TPM をベースにした技術で達成すると訴求している。

これらを実現するため、Automotive-Thin は、以下のビルディングブロックを持っている。

- At least one of RSA 2048 or ECC P256.
- At least one symmetric algorithm. AES 128 is recommended, others are allowed.
- SHA-256. Other hash algorithms are allowed.

なお、上記に関し、以下の日本政府関連プロジェクトでの公開文書で言及されているので、参考に紹介させて頂く。

「平成２７年度戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）：Ｖ２Ｘ等車外情報の活用にかかるセキュリティ技術の研究・開発プロジェクト」[69]

各車載 ECU にセキュリティのモジュールを追加するアーキテクチャが提案されている。これは、すでに一般のコンピュータなどに対して普及している、Trusted Platform Module（TPM）を各 ECU で利用するものである。ただし、以下の図 5-1 で示す通り、全ての ECU に一様に同じモジュールを利用するのではなく、外部との通信の入り口となる Head Unit や車載 GW 部分にはより高機能なもの（Auto-Rich TPM）を、それ以外の各 ECU にはより簡易なもの（Auto-Thin TPM）を利用することを提案している（ただし、すべての ECU で Auto-Thin TPM を利用することも想定されている）。

[68] http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-19.pdf
[69] http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000459.pdf

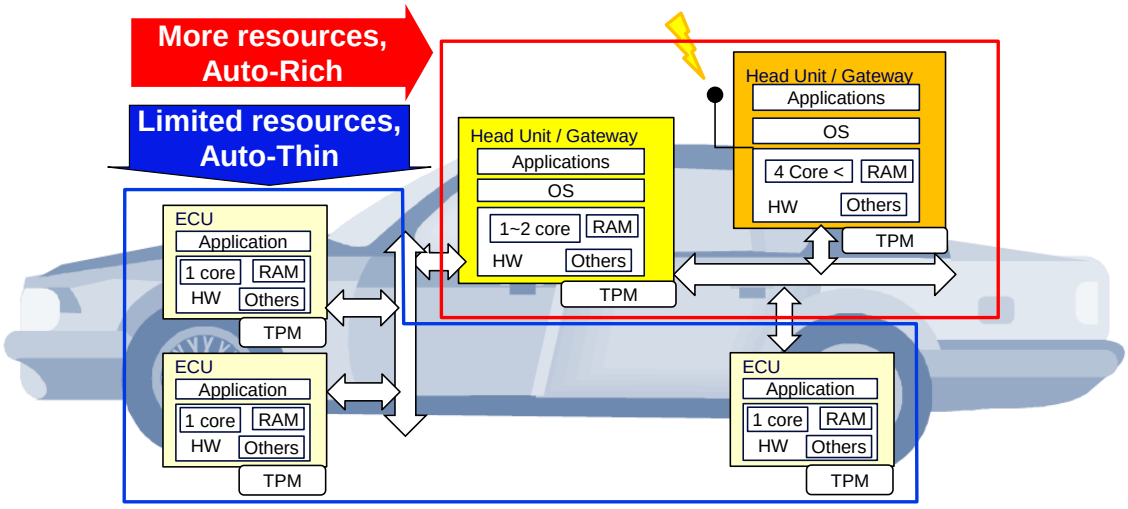


図 5-1　TPM Auto-Rich および Auto-Thin を利用した例（[5-3-2]から引用）

Auto-Rich と Auto-Thin を併用し、Head Unit／車載 GW が自動車内の ECU の署名を検証することにより、通信の相手先では Head Unit／車載 GW の署名のみを検証すればよくなる。また、自動車内の ECU に不正なものがある場合は、Head Unit／車載 GW の Auto-Rich TPM で検出し、Remote Center などへ報告される。この方式を利用することで、通信相手先の負荷は減るが、Head Unit／ 車載 GW の Auto-Rich TPM にリソースが必要となる。

5.3.2.1.3.　将来展望

リコール時 OTA での対応が立法化／ガイドライン化される時期は不明であるが、ソフトのみに起因するリコールの割合が増加 (2013 年時点で約 30%との報道あり[70]) する傾向にあることは容易に理解できることであるので、そう遠くない将来と考えられる。本改訂報告書 3.4 章で言及した UNECE WP.29 の基準勧告は、その一つの大きな加速要因になると考えられる。

リコール時対応のみならず、自動運転時に必須となる、ダイナミックマップのセキュアな配信においても、OTA、リプログラミングという概念上、この仕様は有効であると TCG は主張している。すなわち、その時点での車載マップを正確に把握し、最適な更新情報を配信して、自動運転を支援する。その意味からも、この仕様の将来は Accountability の面で有望であると TCG は考えている。

5.3.2.2.　Guidance for Securing IoT Using TCG Technology

5.3.2.2.1.　概要

発行	2015/9/14
位置づけ	＜ガイダンス＞（法的拘束力なし） NIST が公開したガイドライン類を引用しながら、TCG 技術による IoT 全般における遠隔ソフトウェア更新等の方式を説明するガイダンスである。TCG 仕様が公開標準仕様であることを根拠に、Accountability を含む NIST の規定を満たすと訴求している。
対象	＜セキュリティ、ハードウェア、ユースケース（ソフトウェア更新）＞ TCG 仕様に基づくセキュリティチップ、通信仕様その他を用いた、遠隔ソフトウェア更新運用フロー。

5.3.2.2.2.　遠隔ソフトウェア更新に関連する項目

このガイドラインにおいて、TCG 仕様は公開標準であることを強調し、その公開標準に基づいた遠隔ソ

[70] http://techon.nikkeibp.co.jp/article/STORE/20131216/322880/?rt=nocnt

フトウェア更新の意義を訴求している。

3. Use Cases の中で、機器の正常状態を保つために、セキュアに機器のソフトウェア状態(版数)を確認する機構と、セキュアにソフトウェア更新ができる機構が必要であると強調している。

また、この中の ”Maintaining Audit Logs”の部分において、セキュアなログ管理／保存が、説明責任担保 “maintaining accountability”及び分析可能性担保” enabling forensic analysis”の本質であると明確に述べている。これは、5.1.2.1.2.で引用した NIST 文書(SP800-19)を TCG が強く意識していることを示している。即ち、SP800-19 で重要性を強調されている accountability を、公開標準仕様である TCG 技術によって実現可能であると TCG は訴求していると読むことができる。

4.4.1 Availability の章においては、NIST 文書(SP800-147)を引用する際、以下のように表現している。

> *The NIST document [800-147] describes requirements for PC-platform firmware-updates that are also applicable to IoT-devices.*

5.3.2.2.3. 将来展望

本文書は、自動車を含む多くの機器がつながる世界において、NIST 文書の具体的展開を、公開標準 TCG 技術を用いたガイドラインとして示したものであり、多方面で用いられる可能性がある。また、この領域は動きが速いため、改訂作業も頻繁に行われる可能性がある。

6. 今回の調査を踏まえての、標準化及び実用化に向けた課題整理

この章では、前章までの概要をまとめ、それに基づいて課題を整理する。

6.1. 3章から5章の記述／説明のまとめ

初版作業部会、および改訂作業部会に参加頂いた各委員各々の知見／コネクションに基づいて調査／分析活動が行われた。ここに概要をまとめる。

3章では、SAEの技術報告やNHTSAのガイドラインに関して記述を行った。SAEの技術報告では、OTAを実装する場合にセキュリティや可用性を確保することが記載されている。また、NHTSAのCybersecurity best practiceでは、リプログラミング（有線／OTA）を車両に実装する際に留意すべき点（デバッグモード・開発モードへのアクセス制限、鍵管理、ダイアグアクセス制限、など）について言及している。いずれもOTAリプログラミングの実装を強制内容ではなく、リプログラミング機能を実装する際の上位レベルの要件記載となっている。ACEAが発行した文書”Principles of Automobile Cybersecurity”についての調査結果も報告した。OTAリプログラミングについての記述も含まれており、世界の大手自動車ベンダーが参加する団体の意向として注目される。

本改版での訴求点の一つは、3.4章で記述した近々のUNECE WP.29関連動向紹介である。WP.29では、2019年9月のGRVA-04にてTFCSのアウトプットが提出され、最短で2020年3月のWP.29会合で承認、6ヶ月後に発効となる予定である。これに沿って各国が法規制定を進めることに成る。日本は国連WP.29基準案をもとに国内基準化/法制化を進めている。これらの動きは世界規模で極めて大きな影響力を持つと考えられる。今回のこの改版が、これらの動きの的確かつ迅速な読者への伝達と成る事を熱望する。

4章では、ITU-T勧告やISOのIS規格に関して記述した。OTAリプログラミングを直接の対象とするものとしては、ITU-T SG17においてソフトウェア更新手順、データフォーマット等に関する勧告、W3Cにおいてソフトウェア更新に必要と考えられる車両信号やデータ属性にアクセスするAPIに関するドラフト、oneM2Mにおいてユースケース、Potential Requirements、High Level Architecture等に関する技術報告が発行されている。なお、ITU-T SG17の勧告では、車両内の通信については勧告のスコープ外としている。また、ISOではOTAリプログラミングを直接の対象とはしていないものの、TC22においてダイアグ通信に関するIS規格が策定されており、OTAリプログラミングを検討する上では留意しておく必要があると考える。なお、いずれもOTAリプログラミングの実装を強制する内容ではない。

本改版に於いて、以下の3機関の活動状況を追記した。

4.5. ITS情報通信システム推進会議

4.6. ITU-T FG-VM

4.12. 第5世代モバイル推進フォーラム

5章においては、OTAリプログラミングを実施するにあたって必要となるシステムレベル、部品の機能／仕様についての検討／策定状況をまとめた。具体的には、EVITA, HIS, TCGの三つの組織での動きについて、それぞれが公開している情報を分析した。その結果、それらの活動に導かれて実際の複数の自動車ベンダーが具体的な検討段階に進みつつある状況であることが判明した。EVITAに関する記述の中で、将来展望の項に「EVITAプロジェクトは2011年に終了しており、2017年9月時点では、本発行物が改訂される予定はないと思われる」の記述がある。本報告書としては、近年の著しい動きを把握し、将来動向を検討する課題提供として報告することが主眼である。その趣旨において、この記述を吟味する必要があると

付言する。HIS では、その将来展望の項に「複数のチップベンダから、HIS SHE に準拠したチップが提供されている」とまとめている。したがって、実用段階に達していると認識することが重要である。TCG に関する記述の中で、「標準化及び実用化に向けた課題整理」という観点から注目すべき動きの各々として、5.3.2.1.2 で記述した「OTA ソフトウェア更新完遂を確認、将来における検証可能性を担保した形でログを保管する」、5.3.2.2.2 で記述した「セキュアなログ管理／保存が、説明責任担保“maintaining accountability”及び分析可能性担保“enabling forensic analysis”の本質」を紹介した。これらが確固たるものとして想定され、これらによって、セキュリティ攻撃への対策の高度化、それに加えて説明責任担保が重要であるとの認識が高まりつつあると想定する。

これらによって、本報告書が主眼とする OTA リプログラミングの処理フローを含む技術開発及びその標準化に向けた活動は、2017 年 9 月末時点での公開情報に基づく判断として、本書で取り上げた種々の機関／組織内で議論が進められていることが確認できた。議論の進捗状況、結論に至ったか／途中段階か、課題を解決できたか／残されたままか等は、組織によって違いがあることも確認できた[71]。これら調査結果が、今後の、自動車の遠隔更新技術を検討し、実現に近づけていく上で、重要な役割を果たすと考えられる

上記に加え、今回、2019 年 9 月末時点での公開情報に基づく改版を達成した事に拠って、WP.29 勧告公開を含む極めて重要な世界的動向を迅速、的確に報告出来た事を確信する。

6.2. 前章までの記述に基づく課題整理

実際の適用／実装において課題となる可能性が高いものの中で、例えばデータ転送時間の増大は、差分データ抽出[72]／配信／インストール／事後検証や 5G の応用[73]で解決の目途が立つ可能性が高まったと考えられる。

残る課題の主な類は、フラッシュメモリへの書き込み時間[74]、リプログラミング前後の完全性チェック[75]、OTA リプログラミング処理中のセキュリティ攻撃[76]等であると 3 章から 5 章の記述が示唆している。これら攻撃への対策の高度化が必須であると考えられる。

少し視点を変えて、これまでの議論を総括すると、自動車における遠隔更新技術の中での標準化に向けた課題整理が、描き切れていないのではないかと考えられる面がある。例えば、本報告の 3.5.2.1.1(5)で述べた「テストはカーメーカ、部品メーカなどのエンティティが実施してもよいし、独立した第三者機関が実施することもできるとある」は、公開標準仕様に基づく説明責任担保が前提と考えられるが、整理されているとは言えない面がある。これに関し、本報告初版から改訂版への進捗に於いて、本書 5.3.2.1.2 で述べた説明責任担保（Accountability）の重み付け拡大、具体的対策提示は極めて大きな方向性を持つと確信する。

以上の各課題は、今後議論されるべき項目群であると考えられる。

---

[71] 5.3.2.1.2 章、3.3.2.6.2 章、5.1.2.1.2 章
[72] 3.3.2.2.2 章
[73] 3.1.2.1.2 章
[74] 3.3.2.3.2 章、3.3.2.5.2 章
[75] 5.1.2.1.2 章
[76] 3.3.2.6.2 章、3.3.2.7.2 章、5.2.2.1.2 章、4.7.2.1.2 章、3.5.2.2.2 章

7. まとめ

本レポートは、コネクテッド・カーとして通信機能を有する自動車において、車載システムのソフトウェアを遠隔で更新する技術の国内外の諸団体における検討状況を把握することを目的として作成した。今回の調査、および改版作業を通じ、各々の組織／機関で、車載システムの遠隔更新（ソフトウェア、それらが扱う情報も含め）に関し、多種多様の検討が活発に行われていることを把握した。その中で遠隔更新を実現する際に要求されるセキュリティの重要性は非常に高く、セキュリティ攻撃への対策の強化、それに加えて公開標準仕様に基づくチップその他による説明責任担保が重要であることを確認し、本報告書で明示した。

車載システムの遠隔更新の普及に当たっては、具体的ユースケースにおける価値、有効性／利便性が、願わくば公的に認められる必要がある。広く知られているように、自動車業界はコスト意識が極めて高い。日米欧で近い将来の実現を目指した自動運転、車体そのものを工場に運び入れずに済ますリコール対策が検討されている現時点において、車載システムの遠隔更新は有意義であると考えられる。この観点に於いて、全世界に影響力を持つ国際連合での協議、基準化が UNECE WP.29 活動として具体的に進捗している事、かつ 2019 年 9 月に勧告として公開される事を、本改訂版で示す事が出来た事は極めて重要であると考える。それと共に説明責任担保（Accountability）の価値拡大の方向性を提示出来た事は有意義であると考える。

今回の調査／検討に拠って、国際連合を含む世界の各種組織での動きを迅速正確に把握し、日本における実用化活動を加速することの重要性を明確にした。本分野の検討は今後も継続、加速されるため、日本から今回の調査対象を含む種々の動きについて継続して関与、貢献、寄与することが国際競争／協調上で極めて重要であると考える。

本レポートが、関連業界の皆様の検討にお役に立てれば幸甚である。

＜参考文献一覧＞

3.1 節 5GAA で参照した文献

[3-1-1] *The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving* (2016/11)
http://5gaa.org/news/white-paper-placeholder-news-for-testing/

[3-1-2] *5GAA Report shows superior performance of Cellular V2X vs DSRC (2018/10)*
http://5gaa.org/news/5gaa-report-shows-superior-performance-of-cellular-v2x-vs-dsrc/

[3-1-3] *Toward fully connected vehicles: Edge computing for advanced automotive communications (2017/12)*
http://5gaa.org/news/toward-fully-connected-vehicles-edge-computing-for-advanced-automotive-communications/

3.2 節 ACEA で参照した文献

[3-2-1] ACEA *Principles of Automobile Cybersecurity*
http://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Principles_of_Automobile_Cybersecurity.pdf

[3-2-2] ISO/SAE AWI 21434 *Road Vehicles -- Cybersecurity engineering* (In Development)
https://www.iso.org/standard/70918.html

3.3 節 SAE で参照した文献

[3-3-1] *Firmware Update Over The Air (FOTA) for Automotive Industry* (2007/8)
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2007-01-3523/

[3-3-2] *Over the Air Software Update Realization within Generic Modules with Microcontrollers Using External Serial FLASH (2017/3)*
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2017-01-1613/

[3-3-3] *Analysis of Software Update in Connected Vehicles* (2014/4)
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2014-01-0256/

[3-3-4] *OTA reflashing: the challenges and solutions* (2016/1)
https://www.sae.org/news/2016/01/ota-reflashing-the-challenges-and-solutions

[3-3-5] *Feasibility Study for a Secure and Seamless Integration of Over the Air Software Update Capability in an Advanced Board Net Architecture* (2016/4)
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2016-01-0056/

[3-3-6] *Safe and Secure Software Updates Over The Air for Electronic Brake Control Systems* (2016/9)
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2016-01-1948/

[3-3-7] *OTA updating bring benefits, challenges (2016/8)*
https://www.sae.org/news/2016/08/ota-updating-brings-benefits-challenges

[3-3-8] *Improvement of the Resilience of a Cyber-Physical Remote Diagnostic Communication System against Cyber Attacks (2019/4)*
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2019-01-0112/

[3-3-9] *System Engineering for Automated Software Update of Automotive Electronics (2018/4)*
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2018-01-0750/

[3-3-10] *Measures to Prevent Unauthorized Access to the In-Vehicle E/E System, Due to the Security Vulnerability of a Remote Diagnostic Tester (2017/3)*
https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2017-01-1689/

[3-3-11] *Over-the-air (OTA) programming allows remote software updates : Over-the-air affair (2019/2)*
https://www.sae.org/news/2019/02/over-the-air-remote-programming

[3-3-12] *OTA will drive cybersecurity programs (2018/4)*
https://www.sae.org/news/2018/04/ota-will-drive-cybersecurity-programs

3.4 節 UNECE WP.29 GRVA TFCS で参照した文献

[3-4-1] Proposal for a Recommendation on Cyber Security (2019/2)
https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp29grva/ECE-TRANS-WP29-GRVA-2019-02e.pdf

[3-4-2] Draft Recommendation on Software Updates of the Task Force on Cyber Security and Over-the-air issues (2019/2)
https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp29grva/ECE-TRANS-WP29-GRVA-2019-03e.pdf

[3-4-3] Proposal for a Recommendation on Cyber Security (2019/9)
https://wiki.unece.org/pages/viewpage.action?pageId=87623695
TFCS 16-08 (Chair) ECE-TRANS-WP29-GRVA-2019-02e Cyber Security Proposal latest version.docx

[3-4-4] Draft Recommendation on Software Updates of the Task Force on Cyber Security and Over-the-air issues (2019/9)
https://wiki.unece.org/pages/viewpage.action?pageId=87623695
TFCS 16-09 (Chair) ECE-TRANS-WP29-GRVA-2019-03e Software update proposal latest.docx

3.5 節 U.S.DOT/NHTSA で参照した文献

[3-5-1] *Automated Driving Systems 2.0* (2017/09)
https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf

[3-5-2] *Cybersecurity Best Practices for Modern Vehicles* (2016/10)
https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/812333_cybersecurityformodernvehicles.pdf

[3-5-3] *Federal Motor Vehicle Safety Standards; V2V Communications NPRM* (2016/12)
http://www.safercar.gov/v2v/pdf/V2V%20NPRM_Web_Version.pdf
https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2017-01-12/pdf/2016-31059.pdf

[3-5-4] NIST *Cyber Security Framework*
https://www.nist.gov/cyberframework

[3-5-5] SAE J3061 *Cybersecurity Guidebook for Cyber-Physical Vehicle Systems* (2016/1)

[3-5-6] ISO/IEC 27000:2016 *Information technology -- Security techniques -- Information security management systems -- Overview and vocabulary*

[3-5-7] NIST FIPS PUB 140-2: *Security Requirements for Cryptographic Modules* (2007/07)

4.3 節 ISO TC22 で参照した文献

[4-3-1] ISO 13400-1:2011 *Road vehicles -- Diagnostic communication over Internet Protocol (DoIP) -- Part 1: General information and use case definition*
https://www.iso.org/standard/53765.html

[4-3-2] ISO 14229-1:2013
Road vehicles -- Unified diagnostic services (UDS) -- Part 1: Specification and requirements
https://www.iso.org/standard/55283.html

[4-3-3] ISO 22901-1:2008 *Road vehicles -- Open diagnostic data exchange (ODX) -- Part 1: Data model specification*
https://www.iso.org/standard/41207.html

4.5 節 ITS 情報通信システム推進会議（ITS 情報フォーラム）で参照した文献

[4-5-1] セルラー通信技術を用いた ITS・自動運転の高度化に向けた課題調査報告書
https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p62/Cellular_system_201906.pdf

[4-5-2] 5GMF セキュリティアドホックの活動」（2019 年 6 月 17 日）
TTC セミナー

4.7 節 ITU-T SG16 で参照した文献

[4-7-1] F.749.2: *Service requirements for vehicle gateway platforms* (2017/3)
https://www.itu.int/rec/T-REC-F.749.2/en

[4-7-2] F.749.1: *Functional requirements for vehicle gateways* (2015/11)
https://www.itu.int/rec/T-REC-F.749.1/en

[4-7-3] H.560: Communications interface between external applications and a vehicle gateway platform (2017/12)
https://www.itu.int/rec/T-REC-H.560/en

[4-7-4] H.550: Architecture and functional entities of vehicle gateway platforms (2017/12)
https://www.itu.int/rec/T-REC-H.550/en

4.8 節 ITU-T SG17 で参照した文献

[4-8-1] X.1373: *Secure software update capability for intelligent transportation system communication devices* (2017/3)
http://www.itu.int/rec/T-REC-X.1373/en

4.9 節 oneM2M で参照した文献

[4-9-1] TR-0026-*Vehicular Domain Enablement*
http://www.onem2m.org/technical/latest-drafts

4.10 節 W3C で参照した文献

[4-10-1] *Automotive and Web at W3C*
http://www.w3.org/auto/

[4-10-2] *Automotive Working Group*
http://www.w3.org/auto/wg/

[4-10-3] *Vehicle Information Access API*
https://www.w3.org/TR/2017/WD-vehicle-information-api-20170605/

[4-10-4] *Vehicle Signal Server Specification*
https://www.w3.org/TR/2016/WD-vehicle-information-service-20161020/

[4-10-5] *Automotive and Web Platform Business Group*
http://www.w3.org/community/autowebplatform/

[4-10-6] *Cyber-Security in the Connected Car Age GENIVI Conference* - Seoul, October 21, 2015
https://lists.w3.org/Archives/Public/public-auto-privacy-security/2015Oct/att-0005/Cyber-security_Connected_Car_Age-GENIVI.pdf

5.1 節 EVITA で参照した文献

[5-1-1] Deliverable D2.1: *Specification and evaluation of e-security relevant use cases* (Dec. 2009)
https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD2.1.pdf

[5-1-2] Deliverable D2.3 *Security requirements for automotive on-board networks based on dark-side scenarios* (Dec. 2009)
https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD2.3.pdf

[5-1-3] Deliverable D3.2 *Secure on-board architecture specification* (Aug. 2011)
https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD3.2.pdf

[5-1-4] Deliverable D3.3 *Secure on-board protocols specification* (Jul. 2011)
https://www.evita-project.org/Deliverables/EVITAD3.3.pdf

[5-1-5] Arm Ltd, *Cortex-M3*
https://developer.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m3

5.2 節 HIS で参照した文献

[5-2-1] SHE - *Secure Hardware Extension - Functional Specification* Version 1.1. (Apr. 2009)

[5-2-2] Infineon *AUDO MAX SHE Enhances In-Vehicle Security and Tamper-Proofs Electronic Control Units*
https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/market-news/2011/INFATV201111-012.html

[5-2-3] ボディ・ゲートウェイ向け オンチップ・セキュリティ機能搭載 32 ビット・マイコン
http://www.nxp.com/docs/en/supporting-information/E_SecurityMCU_JA.pdf

5.3 節 TCG で参照した文献

[5-3-1] CG (Trusted Computing Group)
https://trustedcomputinggroup.org/

[5-3-2] TCG *TPM 2.0 Library Profile for Automotive Thin Specification,* Version 1.01 (2018/5)
https://trustedcomputinggroup.org/wp-content/uploads/TCG_TPM_2.0_Automotive_Thin_Profile_v1.1-r15.pdf

[5-3-3] *Guidance for Securing IoT Using TCG Technology* (2015/9)
https://www.trustedcomputinggroup.org/wp-content/uploads/TCG_Guidance_for_Securing_IoT_1_0r21.pdf

[5-3-4] NIST SP800-147:*BIOS Protection Guidelines*
https://www.trustedcomputinggroup.org/wp-content/uploads/TCG_Guidance_for_Securing_IoT_1_0r21.pdf

[5-3-5] NIST SP800-19:*Mobile Agent Security*
http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-19.pdf

[5-3-6] 平成２７年度戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）：Ｖ２Ｘ等車外情報の活用にかかるセキュリティ技術の研究・開発プロジェクト
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000459.pdf

[5-3-7] Protection Profile Automotive-Thin Specific TPM Version 1.0 (2018/12)
https://trustedcomputinggroup.org/wp-content/uploads/TCG_PP_AT_TPM_v1p0_pub.pdf