

# 欧州におけるモバイル・インターネットを活用した高度交通システム（ITS）に関する研究開発及びその環境に関する調査

## 調査最終報告書

NICT パリ事務所

委託先：シュールキューブテクノロジーズ

### 概要

モバイル・インターネット及びITSに関する研究開発の分野については、日本を中心とするアジアとともに、欧州は一つの軸を成している。事実、欧州では、日本と同様、移動体通信が広く普及し、またその技術により、現状の陸上、海上の交通事情の改善を図ろうとする取組へ寄せられる期待も大きい。特に、自動車内に接続されているコンピュータやセンサデバイスなどを自動車で相互に接続する技術として、モバイル・インターネットの技術が有力視されている。モバイル・インターネットの基礎技術には車車間通信と路車間通信があり、本報告書では、その先端的技術及びこれら技術に対する欧州での取り組みについて報告する。その他、ITSに関する要素技術の開発動向、標準化組織の取組状況及び欧州の研究機関を巡る環境について調査する。最後に、以上の欧州における状況を踏まえて、これらの研究開発が将来に向けてどのような戦略性を持っているか、我が国における研究開発の状況との比較においてどのような点において優位性を持っているか（又は日本が優位性を持っているか）、我が国との協力関係において何が求められているのか等について可能な限り付言し、NICTの戦略策定の参考としたい。

# 欧州におけるモバイル・インターネットを活用した高度交通システム（ITS）に関する研究開発及びその環境に関する調査

---

## 目次

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 目次.....                      | 2  |
| 1章 はじめに.....                 | 6  |
| 1.1 自動車産業と情報通信産業の融合.....     | 6  |
| 1.2 ITS研究開発の世界の三極と欧州の強み..... | 7  |
| 1.3 本報告書の目的と構成.....          | 12 |
| 2章 ITSが目指すビジョン.....          | 13 |
| 2.1 シナリオ.....                | 13 |
| 2.2 路車間通信.....               | 14 |
| 2.3 車車間通信.....               | 14 |
| 2.4 IPv6を基本としたITS.....       | 15 |
| 3章 ITSに係る無線技術.....           | 17 |
| 3.1 Bluetooth.....           | 18 |
| 3.2 無線LANと専用狭域通信（DSRC）.....  | 18 |
| 3.3 携帯電話.....                | 19 |
| 3.4 WiMAX.....               | 19 |
| 3.5 FMラジオ.....               | 19 |
| 3.6 衛星通信.....                | 20 |
| 4章 ITSに関連するネットワーク技術.....     | 21 |
| 4.1 車車間通信.....               | 21 |
| 4.1.1 モバイル・アドホック・ネットワーク..... | 21 |
| 4.1.2 自動車・アドホック・ネットワーク.....  | 22 |

|       |                                |    |
|-------|--------------------------------|----|
| 4.2   | 路車間通信 .....                    | 23 |
| 4.2.1 | モバイルIPv6.....                  | 23 |
| 4.2.2 | 移動ネットワーク基本仕様（NEMO） .....       | 24 |
| 4.3   | 移動体通信安定化.....                  | 25 |
| 4.3.1 | マルチホーミング.....                  | 25 |
| 4.3.2 | 複数ケア・オブ・アドレス登録とフロー分散.....      | 26 |
| 4.3.3 | プロキシー・モバイルIPv6.....            | 27 |
| 4.4   | 経路最適化とMANEMO .....             | 27 |
| 5章    | ITSに関する標準化組織.....              | 29 |
| 5.1   | 世界の標準化組織.....                  | 29 |
| 5.1.1 | インターネット技術タスクフォース(IETF) .....   | 29 |
| 5.1.2 | 国際標準化機構（ISO） .....             | 30 |
| 5.1.3 | 地表移動環境の通信基盤（CALM） .....        | 31 |
| 5.1.4 | 米国電気電子学会（IEEE） .....           | 32 |
| 5.1.5 | 国際電気通信連合（ITU） .....            | 32 |
| 5.2   | 欧州の標準化組織.....                  | 33 |
| 5.2.1 | 欧州電気通信標準化機構（ETSI） .....        | 33 |
| 5.2.2 | 欧州標準化委員会（CEN） .....            | 33 |
| 5.2.3 | CAR2CAR通信コンソーシアム（C2C-CC） ..... | 34 |
| 5.2.4 | ERTICO - ITS Europe.....       | 35 |
| 5.3   | その他のITSに関連する標準化組織.....         | 35 |
| 6章    | ITSに関する欧州プロジェクト .....          | 37 |
| 6.1   | 枠組計画 .....                     | 37 |
| 6.2   | 第6次枠組計画のITS関連プロジェクト.....       | 38 |
| 6.3   | 第7次枠組計画のITS関連プロジェクト.....       | 44 |
| 6.4   | 枠組計画のプロジェクト .....              | 47 |
| 6.4.1 | Coopers .....                  | 47 |

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 6.4.2 | CVIS.....                     | 47 |
| 6.4.3 | Safespot.....                 | 48 |
| 6.4.4 | SeVeCom.....                  | 49 |
| 6.4.5 | FRAME, E-FRAME.....           | 49 |
| 6.4.6 | GeoNet.....                   | 50 |
| 6.4.7 | ANEMONE.....                  | 50 |
| 6.4.8 | iTETRIS.....                  | 51 |
| 6.4.9 | Predrive C2X.....             | 52 |
| 6.5   | その他の欧州プロジェクト.....             | 52 |
| 6.5.1 | 第6次以前の枠組計画.....               | 53 |
| 6.5.2 | 各国及び各地域のプロジェクト.....           | 53 |
| 6.5.3 | その他のプロジェクトまたは活動.....          | 54 |
| 7章    | ヨーロッパのITS分野の活動の概要.....        | 55 |
| 7.1   | eSafetyフォーラム.....             | 55 |
| 7.2   | COMeSafety.....               | 56 |
| 7.3   | COMeSafetyによる調整手続きのアプローチ..... | 57 |
| 7.4   | 同意が形成されつつあるITSシナリオ.....       | 59 |
| 7.5   | 同意が形成されつつあるITS基盤.....         | 62 |
| 7.5.1 | CALM基盤.....                   | 62 |
| 7.5.2 | ITS局参照基盤.....                 | 63 |
| 7.5.3 | C2CNet基盤.....                 | 65 |
| 7.5.4 | その他のITS基盤.....                | 65 |
| 7.5.5 | ITS基盤の共通点.....                | 66 |
| 8章    | 欧州・枠組計画などの共同研究の実際.....        | 67 |
| 8.1   | GeoNetプロジェクトにて.....           | 67 |
| 8.1.1 | 基本的な事柄のコンセンサス統一.....          | 67 |
| 8.1.2 | 鋭い対立もある議論.....                | 68 |
| 8.1.3 | 夕飯にて信頼関係をつくる.....             | 69 |

|       |                                   |    |
|-------|-----------------------------------|----|
| 8.1.4 | ボーリングでも信頼関係をつくる .....             | 70 |
| 8.1.5 | 各パートナーが実装したソフトウェアの相互接続試験.....     | 70 |
| 8.1.6 | デモンストレーションで研究成果をアピール .....        | 71 |
| 8.1.7 | 自動車を使った実環境での試験 .....              | 72 |
| 8.1.8 | プロジェクト完了のワークショップ.....             | 73 |
| 8.2   | ANEMONEプロジェクトにて .....             | 74 |
| 8.2.1 | プロジェクト促進のワークショップ .....            | 74 |
| 8.2.2 | 深夜まで事前調整.....                     | 75 |
| 8.2.3 | TridentCom 2008にてデモンストレーション ..... | 75 |
| 8.2.4 | 最終ミーティング .....                    | 76 |
| 8.3   | CVISプロジェクトにて .....                | 77 |
| 8.4   | 日本と欧州における共同プロジェクトの共通点と差異.....     | 78 |
| 9章    | おわりに.....                         | 80 |
| 9.1   | 日本と欧州のITS研究開発の課題 .....            | 80 |
| 9.2   | 結論 .....                          | 81 |
|       | 参考文献.....                         | 82 |

## 1章はじめに

現在、世界で毎年120万人が交通事故で亡くなり、これは人間の死亡原因の9番目（2.2%）に位置している[1]。また、5000万人が交通事故により負傷しており、これが負傷の11番目の原因となっている[2]。交通事故は、人間が作り出した構造物が引き起こす不幸の中では最大のもので、戦争に因る被害よりも大きい。

欧州においては、毎年ヨーロッパにおいて毎年4万3000人が交通事故で命を落とし、180万人がケガを負っている。さらに交通事故が引き起こす社会的コストは1600億ユーロにのぼり、EU地域のGDPの2%に匹敵する[3]。

エネルギーと排出ガスを見れば、2002年には、EUにおいて消費される31%にあたる3億3800万トンの石油に匹敵するエネルギー（MToe）が交通分野で消費された。そのうち道路交通は83%にあたる2億8100万MToeを消費した。また、道路交通は交通分野が排出した二酸化炭素の85%にあたる8億3500万トンを排出した。燃料の50%は交通渋滞や運転手の非効率な運転によって消費されている[4]。

現在の交通システムは、交通事故だけでなく、空気汚染、エネルギー消費、騒音、など望ましくない影響を与えるシステムであると言える。エネルギー効率、スペース効率、消費時間などの交通システムの効率性を向上させることは、生活の質を向上させる鍵となっている。

2006年2月、欧州では、情報通信技術（Information Communication Technologies, ICT）を利用して、交通システムを効率化するため、インテリジェント自動車イニシアティブ（Intelligent Car Initiative）が設立された[4]（詳細は6章）。



図1 インテリジェント自動車イニシアティブ

### 1.1 自動車産業と情報通信産業の融合

情報通信技術を利用して交通システムを効率化するコンセプトは、産業としてみると計り知れないインパクトを持つ試みである。現在、自動車は世界で9.5億台が登録されており、そのうち日本に7500万台、欧州連合に2.3億台、米国に2.5億台が保有されている[6][9]。自動車には多くのセンサ機器や搭乗者の持ち込むコンピュータが搭載されており、これらが情報通信技術を用いてお互いに情報を交換しあい協調動作するようになるのである。自動車や交通システムに与えるインパクトは小さくないだろう。さらに、これだけ膨大な数のコンピュータが既存のネットワークに次々と接続するようになれば、既存のネットワークも変化して行かなければならないであろう。

図2と図3に日本と欧州連合における研究開発費の分野別比率を示す。日本と欧州連合のどちらにおいても、自動車産業と情報通信分野に投じられる投資額

は第1、2位を占め、その合計は全体の投資額の40%にのぼる。自動車産業と情報通信産業が人々の生活の質を向上させ、その他の産業の競争力の源泉となることが期待されていることの証左であろう。

安全で快適、クリーンな交通を目指す高度交通システム（ITS）の研究は1970年から始まった[10]。長い間研究が進められているにも関わらず、具体的な成果に乏しかったITSは、関係者の間で「いつまで・たつても・すすまない」の略だと揶揄されたこともあった。しかし、現在、世界を覆う巨大ネットワークであるインターネットの誕生、コンピュータの性能の向上および低価格化、無線技術の標準化・高性能化を背景として急速に実現性が高まっている。現在、高度交通システムは自動車産業と情報通信産業という二大産業の境界に誕生する新たな産業として期待されているのである。

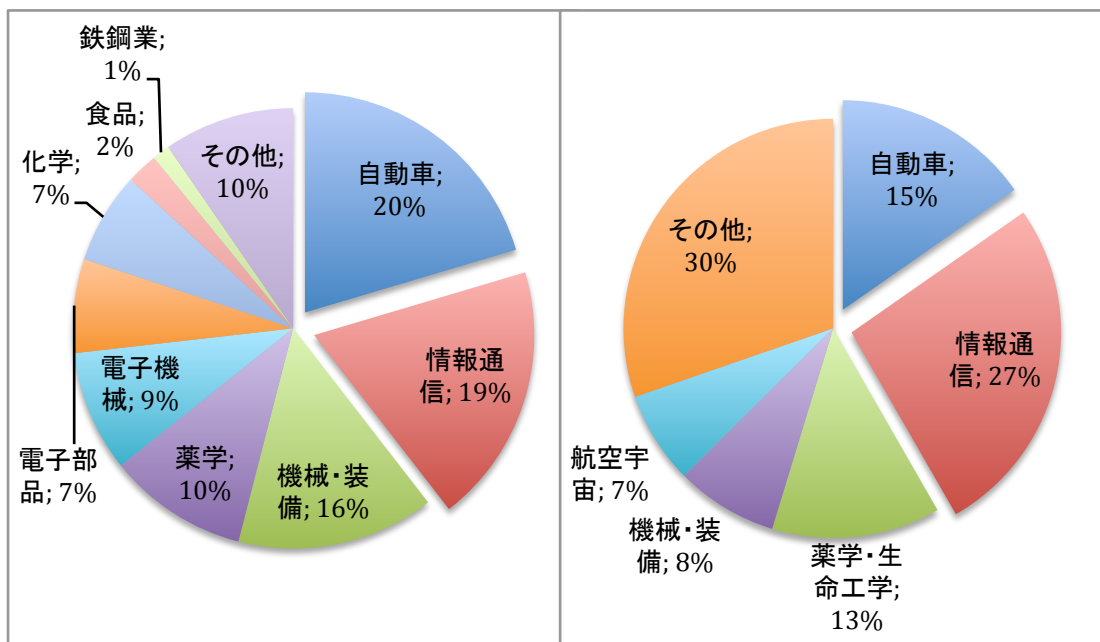


図 2 日本の研究開発への投資分野 (出典) 参考資料[6]より筆者作成  
 図 3 EUの研究開発への投資分野 (出典) 参考資料[7][8]より筆者作成

## 1.2 ITS研究開発の世界の三極と欧州の強み

現在のところITSに関する研究調査を行う場合、日本、欧州、米国の技術やプロジェクトと調査することが慣習となっている。つまり、ITS研究においては日本、欧州、米国が世界の中で三極をなしているのである。例として、図 4 と図 5 に、欧州委員会の発表資料において、ITS研究の各国の歴史を調査した資料と、イニシアティブを取っている各国の組織を調査した資料を示す。図 4 に示されている通り日本は他国に先駆けてITSの研究を進めており、主導的な立場を取っている国の一つだと見られている。





最も高い、韓国と比較すると欧州は4分の1の水準である。情報通信部門とその他の部門を合計した投資総額でも、欧州は日本と米国と比較してかなり低い水準にとどまる。

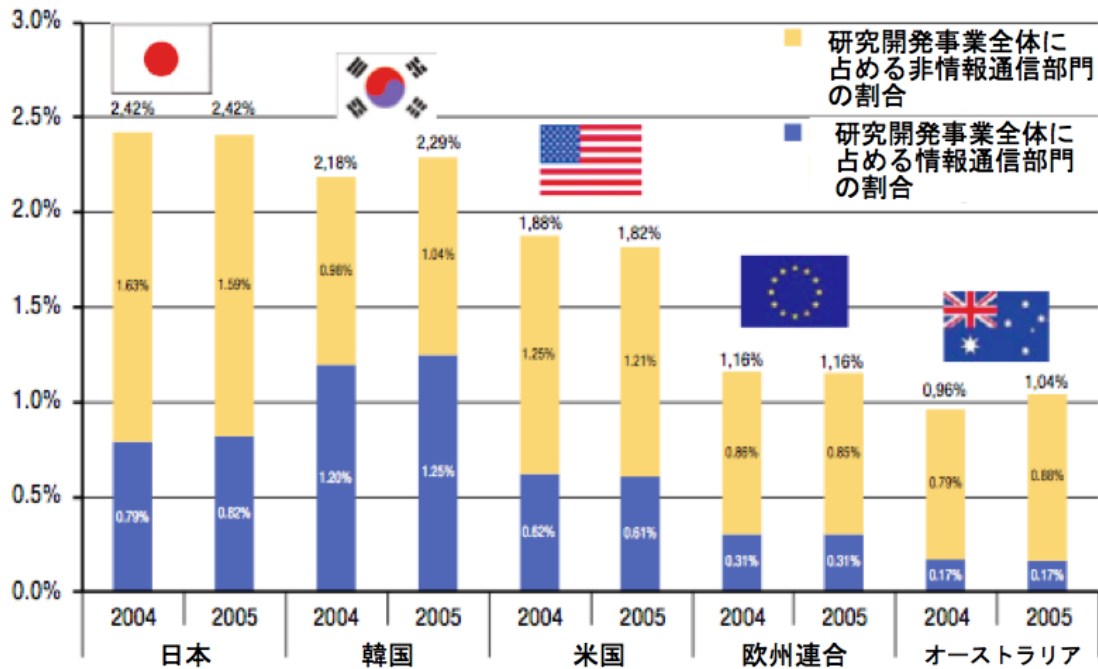


図 6 GDPにおける情報通信部門が研究開発事業全体に占める割合

(出典) 参考資料[8]より筆者作成

次に、自動車産業を概観するため、まず図 7に自動車会社別の製造シェア15社を示す。自動車産業においても、情報通信産業と同様に、日本、欧州、米国が三極を構成していることが見て取れる。首位のトヨタをはじめ、日本の自動車会社がトップ15に4社ランクインした。また、欧州の自動車会社が6社、米国の自動車会社が3社、韓国の自動車会社が2社ランクインしている。トップ15社にランクインした自動車会社の合計では、日本の企業が1916万台、欧州の企業が1831万台、米国の企業が1558万台と数字の上でもほぼ拮抗していることが分かる。さらに、参考資料[14]によると日本、欧州、米国の企業が自動車分野の欧州特許の94%を取得している。

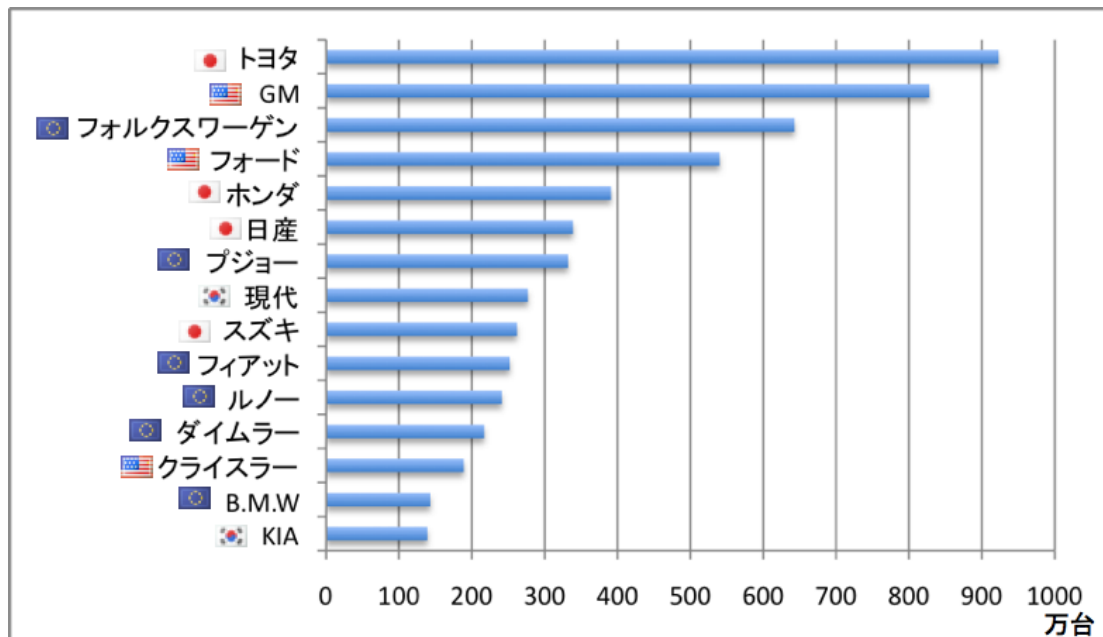


図 7 自動車会社別の製造シェア上位15社

(出典) 参考資料[13]より筆者作成

以上に見てきたように、情報通信産業と自動車産業でイニシアティブを取る立場にある日本、欧州、米国が情報通信産業と自動車産業の融合分野であるITS分野でも引き続き主導的な立場にたつことが予想できる。そこで本報告書では、日本、欧州、米国の強みを大まかに概観し、特に欧州の強みにスポットを当て報告を行う。

まず、日本の強みとしては、自動車の製造が挙げられるであろう。図7に示すように、日本車は概ね、故障の少ない信頼できる性能がユーザに認知され、世界でシェアを獲得している。また、カーナビゲーションシステムとVICS (Vehicle Information and Communication System<sup>1</sup>) が普及し、多くのユーザが高機能な機器を使いこなしている点が挙げられる。参考資料[6]によると、日本では2008年には449万台のカーナビゲーションシステムが出荷され、そのうち282万台にはVICS機能が搭載されている。総務省の資料[38]によると、2007年11月までに累計2000万台のVICSユニットが出荷されている。また日本では、トヨタ自動車の提供するG-book<sup>2</sup>、



図 8 VICSのロゴ

ホンダの提供するインターナビ<sup>3</sup>、日産自動車の提供するカーウイングス<sup>4</sup>など様々な高機能技術が自動車に搭載されて、それをユーザが使いこなす土壤が

<sup>1</sup> VICS HOME PAGE , <http://www.vics.or.jp/>

<sup>2</sup> トヨタ自動車：G-Book, <http://g-book.com/>

<sup>3</sup> ホンダ：インターナビ, <http://www.honda.co.jp/internavi/>

<sup>4</sup> 日産自動車：カーウイングス, <http://drive.nissan-carwings.com/>

整っていると言える。日本では情報通信技術と自動車技術が高度に融合したITSが明日にも普及しそうな迫力があるのである。

一方、米国の強みは多くの人に非常にわかりやすいだろう。Google、Facebook、Amazon、eBay、Twitter、Youtubeなど、インターネットの優良企業は全て米国の企業である。また、WindowsやMac OSXなどのユーザが直接利用する機器のオペレーティングシステムは、米国のMicrosoft社とApple社の製品である。さらに、携帯端末で動作するオペレーティングシステムとしては、両社はWindows MobileとiPhone OSをリリースしている。最近ではGoogle社のAndroidも携帯端末用オペレーティングシステムとして注目を集めている。Google社はその他にも、ITSに関連する地図サービスをGoogle MapsとGoogle Earthとして展開している。Google MapsとGoogle EarthのAPI利用では現在ユーザがリアルタイムナビ、道路案内、自動運転、車両制御、自動車・バス・その他車両の経営資源の追跡などの、ITS用途に使用することは禁止している<sup>5</sup>。将来のITSビジネスを見据えてのことであろう。また、PC向けCPUの市場では米国企業のIntel社とAMD社の2社でほぼ100%を占めている。米国の強みは明らかであろう。

日本の強みは自動車製造と、ITSを展開するためのユーザの土壌がある点だとし、米国の強みはコンピュータとインターネットの企業を見れば明らかであった。しかし、欧州の強みは最もわかりにくい。欧州ではカーナビゲーションシステムが搭載されている自動車は稀であるし、自動車が通信しあうVICSのような交通システムも普及していない。突然、ITS機能を搭載した高機能な機器が普及する土壌もないように見える。

筆者の考えるITSにおける欧州の強みとは一言で言えば、コンセンサスを醸成する力である。そもそも、自動車の移動能力は容易に国境を超え、インターネットには国境がないも同然だ。よって、次世代ITSでは、各国で同様の仕組みで動作する必要があることは当然の帰結である。特に欧州27ヶ国は陸続きであるため、ITSが同じ仕組みで動作する必要性が非常に高い。ここに、技術の標準化という作業の必要性が生じてくる。ITSに関連する標準化組織は、本報告書では5章で詳しく説明するが、ISOなど各国の投票で技術仕様が決定する組織もあり、欧州27ヶ国が協調すると技術仕様の策定において世界に与える影響が非常に大きい。

欧州では、戦後の怨恨の渦巻くヨーロッパに和解と調和をもたらすため、初期には石炭と鉄鋼を共同管理するといった地道な努力で互いの信頼を築いてきた。現在のEU加盟国は27ヶ国を数え、市場規模では米国を凌ぐ。その欧州内でコンセンサスを醸成する力は、欧州の強さの本質的な部分であると、筆者は考える。

---

<sup>5</sup> Google Maps/Google Earth APIs Terms of Service - Google Maps API - Google Code, <http://code.google.com/intl/ja/apis/maps/terms.html>

### 1.3 本報告書の目的と構成

事故や環境問題など様々な問題を持つ現状の交通システムは、情報通信産業と自動車産業の融合した高度交通システム（ITS）によって効率化することが求められている。また共に巨大産業である情報通信産業と自動車産業の融合は、社会的、技術的、経済的に世界に大きなインパクトを与える。その研究の極になる日本、欧州、米国のうち、本報告書では欧州の取り組みについて報告する。欧州の取り組みについては出来る限り網羅的に報告するが、筆者が専攻している次世代インターネットIPv6を基本としたITSは提案されている方法の中で特に進展が期待されている。そのため、IPv6を基本としたITSについては特に詳しく報告する。

本報告書の構成は以下のとおり技術的な説明の後、欧州のITS活動について述べる。第2章ではITSが目指しているビジョンについて解説する。次に、第3章ではITSに関連する無線の技術を、第4章ではネットワーク層の技術を解説する。第5章からは欧州と世界の関わりについて述べていく。欧州のITS分野の活動では、図9に示しめすように大きく分けて3つの要素が存在する。まず、1つ目が、第5章で説明するITSに関連する世界と欧州の標準化組織である。2つ目の要素が、第6章で概観するITSに関連した欧州プロジェクトである。3つ目の要素が、第7章で説明する欧州域内のITS分野の活動を整理統合する組織である。第7章ではそれらの組織の活動を説明しながら欧州のITSに関連する活動を紹介していく。第8章では筆者の関わったGeoNet、ANEMONE、CVISプロジェクトにおける経験を紹介し、第9章で本報告書の結論とする。

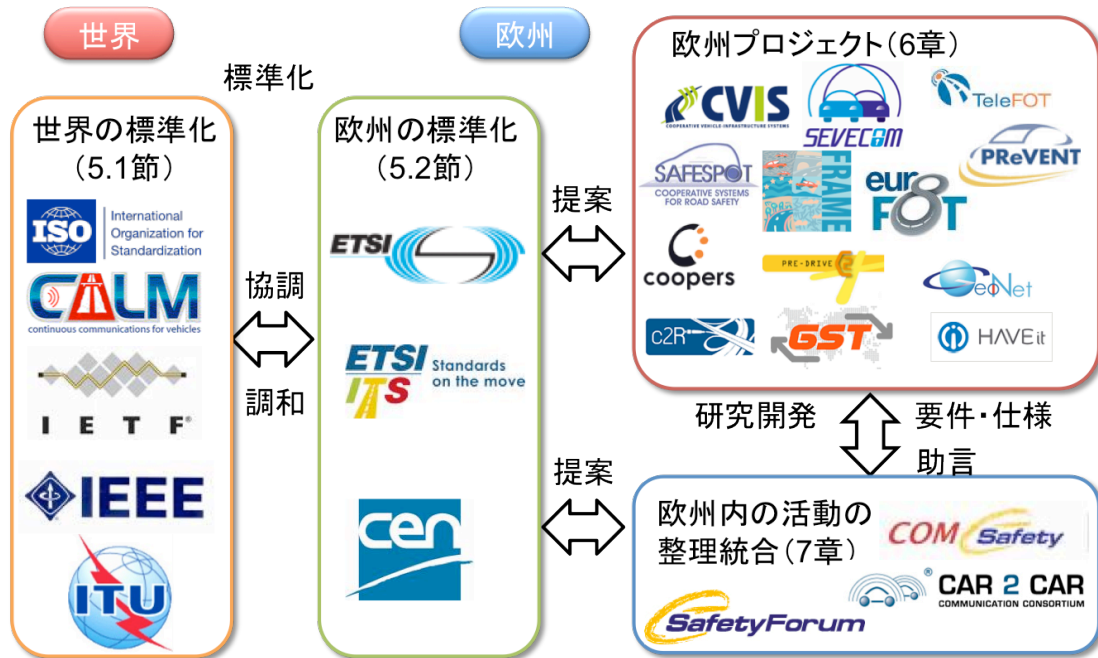


図9 欧州の組織と世界の組織の関わり

## 2章 ITSが目指すビジョン

### 2.1 シナリオ

自動車同士が通信を行うことで交通システムを安全で快適、楽しいものにするという試みは、すでに始まっている。日経ビジネスの最近の記事[15]でも未来を司るイノベティブな技術として紹介されていたので、目にした読者も多いかも知れない。「自動車を“走るセンサー”に見立てて、渋滞状況や天候の変化、危険箇所などの情報を集める仕組み」をプローブ情報ネットワークと呼ぶ。現在の自動車は、運転手が自分の視覚、聴覚、勘と経験を駆使して得た情報を基に自動車を操作することが基本である。これが将来は、自動車に搭載された無数のコンピュータ同士の通信を介して得られる情報を運転の補助情報として使えるようになる。例えば、アンチロック・ブレーキシステム（ABS）の動作情報を自動車間で交換しておけば、今から通る道で今朝からどれぐらいの自動車が滑ったがわかるようになり、先行する自動車のワイパーの動作情報が分かれば、リアルタイムに降雨情報が分かるようになるのだ。

そもそも自動車には大量のセンサが動作しており、それらのセンサの情報の自動車内での相互利用によって、自動車の安定した走行が可能になっている。それらのセンサ情報を自動車内の閉じたネットワークだけでなく、外部のネットワークと接続し、相互に利用することが情報通信技術を利用したITSの目的となる。

図 10にITSの議論の対象となっているネットワーク概要を示す。自動車内には、センサ類、カーナビゲーションシステム、搭乗者の持ち込む携帯端末などのコンピュータが接続している。ここで重要となることは、自動車は単一のコンピュータが移動して通信しているのではなく、複数のコンピュータが接続したネットワークが移動しているという視点である。イメージとしては一台のラップトップPCが移動しているのではなく、様々な機器が接続したオフィスのネットワークがまるごと動いているイメージだ。車内のネットワークは車載ルータを介して外部のネットワークと接続する。車内はネットワークが構築されているので、ネットワークの目的ごとに個別の運用ポリシーを割り当てることができる。例えば、センサ類の接続している制御系のネットワークは、データの慎重な取り扱いが必要であるので、セキュリティを強化した通信が必要である。また、衝突安全系のネットワークでは低遅延な通信が必要とされるため、通信を優先するなどのポリシーが考えられる。また、マルチメディア系のネットワークは、音楽・映画ダウンロードなど広帯域な通信が必要とされるかも知れない。車内ネットワークの構成は、用途に応じて運用可能である。

また、図 10に示した通り、車内ネットワークに接続する機器が車外の機器と自由に通信を行うITSの情報通信基盤を考察するにあたって、便宜的に二つのシナリオが考えられる。一つは車内の機器が路傍に設置された設備に接続し、

インターネット上のコンピュータと通信を行う形式である。これは、路車間通信（*Vehicle-to-Infrastructure*、*V2I*）と呼ばれる。もうひとつの通信形態は車内の機器がその他の自動車の機器と通信を行う形式で、車車間通信（*Vehicle-to-Vehicle*、*V2V*）と呼ばれる。

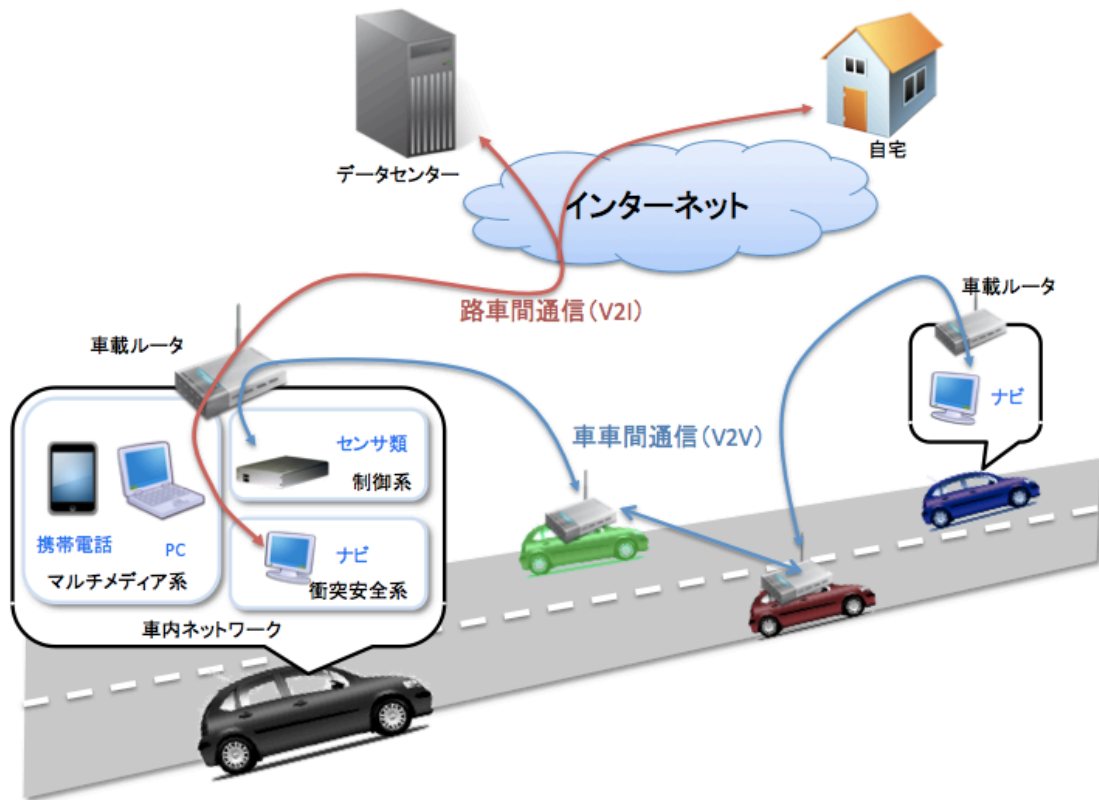


図 10 ITSのシナリオ・路車間通信・車車間通信

## 2.2 路車間通信

路車間通信は図 10に示したように、車内の機器がインターネットと通じて通信を行う形態である。例えば、自動車の速度情報や安全に関わる情報をデータセンターへと通知したり、逆に道路の混雑状況などをデータセンターからダウンロードしたりという用途が考えられる。また、自動車への同乗者が自宅の家族と通話したり、自宅の家族が自動車の位置を確認したりできる。

この通信形態には、路傍に設置された無線設備が必要となる。一方、自動車をインターネットに接続するため、自動車内で既存のサービスを利用することができる。たとえば、メールやWebを利用する場合は、この形態の通信が行われることになる。また、インターネットに接続しているコンピュータなら通信元の自動車との位置関係によらず、通信が可能である。

## 2.3 車車間通信

車車間通信は図 10に示したように、車内の機器が他の自動車の機器と通信を行う通信形態である。この通信形態には、路傍の無線通信設備が必要なく、自動車だけで通信が可能である。その場で走行する自動車間で移動によって

自動的に構成の変化するにネットワークを構築する。また、複数の自動車を經由するマルチホップな通信によって通信距離を延ばすことができる。

通信相手が近くにあり、經由する車載ルータが少ない場合には低遅延な通信が可能である。一方、路車間通信は既存のサービスやアプリケーションが利用可能であるために、その普及率はあまり問題とならなかったが、車車間通信に対応した自動車の普及率が非常に重要になってくる。例えば、路車間通信には、100台に1台の自動車が路車間通信に対応したとすると（普及率1%）、渋滞情報の収集など様々なアプリケーションが考えられるようになるが、車車間通信ではマルチホップできる経路が見つからないために通信相手が限られる。車車間通信は普及率が低いと非常に使いにくい通信形態である。

## 2.4 IPv6を基本としたITS

インターネットはインターネット・プロトコル（IP）と呼ばれる規則で通信が行われるが、自動車内のネットワーク及び、自動車間のネットワークでもIPを使うかどうかは議論の分かれるところである。なぜなら、例えば図10に描かれている制御系のネットワークは低遅延で信頼性の高い通信が必要であり、ベスト・エフォートを原則とするIPと相容れないと考えることも可能であるからだ。必ずしもIPが必要とされない場合もあることが指摘されている。また、路車間通信において車内の機器をインターネットに接続するにはIPが必要であるが、自動車から路傍の無線設備までは必ずしもIPを使う必要がないという考え方もある。つまり、自動車ネットワーク・ドメインではIPを使わず、路傍のルータでIPとの変換を行う方式である。

筆者はIPの研究を行っていることもあり、ネットワークは出来る限りIPを利用することが望ましいと考えており、以下その利点を述べる。まず、IPは**相互接続性**に優れる点が挙げられる。IPでITSのシステムを構築しておけば、その他のシステムとの接続が容易である。例えば、教育システム、健康システムなどのその他のシステムがIPによって構築されていれば、そのまま接続可能である。これは自動車ネットワークがIP以外の独自の経路制御を使っている場合には、個別に相互接続の手間を掛ける必要が生じる可能性がある。

次に、IPが無線LAN、2G、3G、衛星など下位通信メディアの差異を隠蔽し、**通信を統合的に扱える**点である。将来、より高性能な通信メディアが出現した際にも、ITSをIPによるシステムで構築しておけば、その通信メディアとIPの利用のための仕様をそのまま使用可能である。その際に、ITSが独自の経路制御を利用していれば、その通信メディアを利用するための仕様を策定するコストが掛かってしまう。

さらに、IPを利用するネットワークであれば、**既存のアプリケーションをそのまま利用可能**である。独自の経路制御を使うのであれば、その経路制御に対応したアプリケーションが必要である。また、IPは**普及の容易さ**も魅力の一つである。すでに普及しているIPは新しく独自の経路制御を開発する場合に比べて、機器のコストが安い。IPに精通している技術者がすでに多くいるため、開発も容易である。また、開発する技術者が多いため、新しい機

能の追加、セキュリティ・ホールなどの対策といった更新作業が継続的に  
行える点も魅力的である。

自動車ネットワークにおいてIPというと、現行プロトコルのIPv4ではなく、  
次世代プロトコルのIPv6を指す。世界に存在する約10億台の自動車と、その  
自動車に含まれる数々の機器を接続するには、IPv4ではIPアドレスが不足し  
ていることが大きな理由である。それ以外にも、IPv6ではセキュリティの強  
化、移動体通信の支援などのIPv4では不十分であった機能が追加されてい  
る点も自動車ネットワークにIPv6が選ばれる理由である。

後の章で詳しく述べるが、ISO TC204 WG16 (CALM)、C2C-CC、COMeSafety、  
ETSI TC ITS、WAVEなどの標準化組織や欧州プロジェクトなどでもIPv6の利用、  
または独自経路制御とIPv6の並行利用など、概ね同意が形成されている。



### 3章ITSに関する無線技術

図 11にITSに関連する要素技術を、データリンク層以下の技術を赤で、ネットワーク層の技術を青で描いて示す。データリンク層以下の技術には車車間通信、路車間通信と路→車通信の3つのタイプがある。ネットワーク層の技術では、大きく分けると、車車間通信を対象にしたもの、路車間通信を対象としたものがあり、その両方を対象とした技術もある。本章ではITSに関連するデータリンク層以下の技術を解説する。

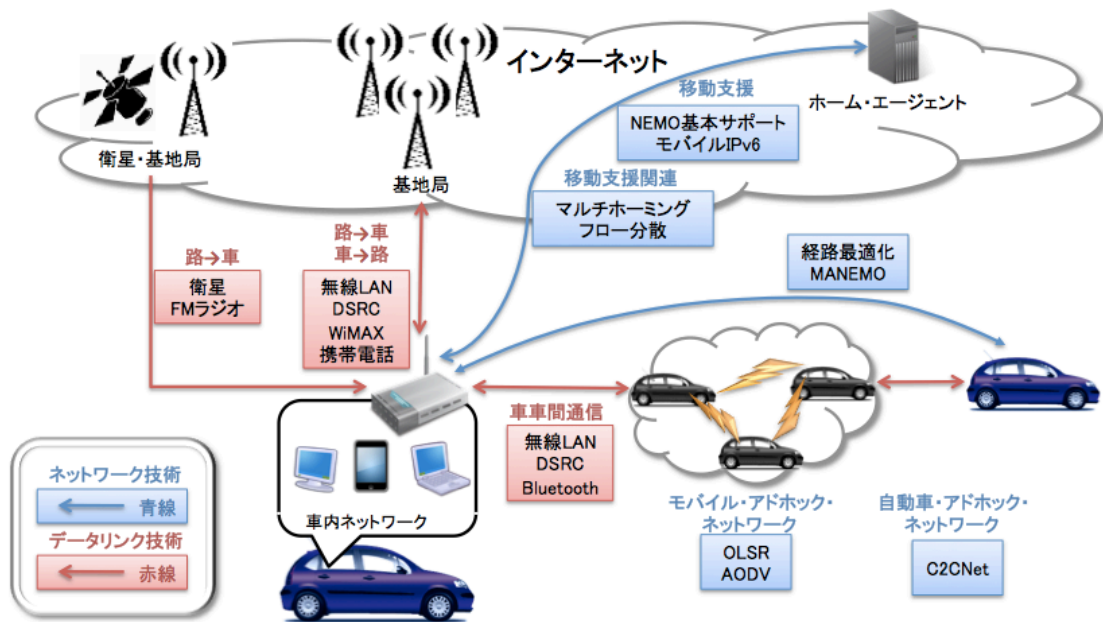


図 11 ITSに関する要素技術

無線技術は1対1のリンクを確立するメディアと、1対多のブロードキャスト型のメディアが存在する。前者は車車間通信に利用され、後者は路車間通信に利用される。

1対多のメディアの場合、そのメディアを用いて通信を行う機器が増えれば、一つの機器あたりが利用可能な帯域が減少する特徴がある。よって、通信できるエリアが広い長距離に届くメディアは利用可能な帯域が限られる傾向がある。一方、通信可能距離が短いメディアは、利用可能な帯域や遅延に長所があるが、移動によって通信が途切れる可能性が高いため、安定性に欠ける短所がある。無線の特徴を表 1にまとめる。◎はその用途に適していることを示し、○はその用途に利用可能であることを示す。

| 技術        | 距離    | 伝送速度        | 周波数           | 標準                                | ITS用途 |     |     |
|-----------|-------|-------------|---------------|-----------------------------------|-------|-----|-----|
|           |       |             |               |                                   | V2V   | V2I | I2V |
| Bluetooth | 10m   | 1Mbps       | 2.4Ghz        | IEEE802.15.1                      | ○     |     |     |
| 無線LAN     | 500m  | 10~50Mbps   | 2.4または5Ghz    | IEEE802.11a/b/g                   | ◎     | ○   | ○   |
| DSRC      | 1Km   | 50Mbps      | 5.9Ghz        | IEEE802.11p                       | ◎     | ◎   | ◎   |
| WiMAX     | 10Km  | ~20Mbps     | 2.4,5Ghz      | IEEE802.16e                       |       | ◎   | ◎   |
| 携帯電話      | 10Km  | ~10Mbps     | 700~2600Mhz   | n/a                               |       | ◎   | ◎   |
| RDS/TMC   | 80Km  | 1187.5bps   | 87.5~108.0Mhz | CENELEC EN 50067<br>CEN ENV 12313 |       |     | ◎   |
| 衛星        | ~1万Km | 300~500Kbps | 950~1450Mhz   | n/a                               |       |     | ◎   |

表 1 無線技術の特徴

(出典) 参考資料[16]より筆者作成

### 3.1 Bluetooth

BluetoothはIEEE802.15.1の無線標準によって規定されている。2.4Ghzの周波数を使い通信を行い、パーソナル・エリア・ネットワークを構成するために使われる。日本ではBluetooth対応のカーナビゲーションシステムが売り出されている。携帯電話のハンズフリー通話や、携帯電話に記録してある音楽を再生できたりする。主に車内のネットワークを構成する目的で使われているが、一部の研究では車車間通信で使うことも想定している。一般的には、10メートルから100メートルの転送距離が問題となり、車車間通信には使い勝手が悪い。

### 3.2 無線LANと専用狭域通信 (DSRC)

無線ローカル・エリア・ネットワーク (LAN) はIEEE802.11xシリーズとして標準化されている。これらのシリーズの中では802.11a/b/gが特に知られている。802.11aは5Ghzの周波数を利用し、最大の伝送速度は、54Mbpsである。しかし、この周波数は欧州のいくつかの国々では利用できず、日本では電波法において野外での利用を禁止されている。802.11bは最も早くから普及している規格で、802.11aと多くの主な仕様を共有しているが、周波数帯として2.4Ghzを利用する。そのため、壁などの障害物による吸収という問題を減らすことができる反面、伝送速度は11Mbpsと下がる。802.11gは802.11bの後継として登場し、2.4Ghzの周波数帯を使いながら、新しい変調方式により、802.11bの制限であった伝送速度を54Mbpsに高めている。

802.11シリーズでは、基地局を使うインフラストラクチャ・モードと端末同士が直接通信を行うアドホック・モードの二つのモードがある。通常、パソコンをインターネットに接続する場合には前者を使い、Nintendo DSなどが端末間でデータをやり取りする場合は、後者を使っている。ITSでは、後者を車車間通信で利用することが想定されており、複数のルータを経由するマルチホップによって到達距離を延ばすことが考えられている。

しかし、無線LANは、より慎重な扱いを必要とする通信については、制限があることが指摘されている。よって日本、欧州、米国では5.8Ghz、5.9Ghzの周

波数帯を自動車関連の通信に割り当てることに決めた。これが、専用狭域通信 (DSRC) と呼ばれる規格である。現在、DSRCは日本や欧州では、有料道路の課金に使われている。DSRC開発の背景ではIEEE802.11シリーズの1規格であるIEEE802.11pが利用されている。この規格は、車車間通信と路車間通信のどちらにも適している。

### 3.3 携帯電話

携帯電話はアメリカのアナログ技術であるAMPS以来、広域で利用可能になり、サービスの質の点でも絶え間なく進化してきた。現在は、携帯電話ネットワークもデジタル化している。近年、欧州ではGSM (*Global System for Mobile communications*) が普及しており、一般的にはアナログ技術の次に登場したことにより第二世代 (2G) と呼ばれる。この数年は、携帯電話は通話用途だけでなく、データ転送にも使われるようになってきている。標準のGSMは9.6Kbpsの伝送速度であったが、その後より速い伝送速度を持つGPRS

(*General Packet Radio Service*)が登場した。GPRSは下りリンクが177Kbpsで、上りリンクが118Kbpsの伝送速度を持ち、第二世代と第三世代のあいだぐらいだと考えられている (便宜的に2.5G)。

近年、符号分割多元接続 (CDMA) 通信技術を用いた、UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) と呼ばれる第三世代の携帯電話の方式が登場した。UMTSは下りリンクが最大384Kbpsで、上りリンクが最大128Kbpsである。さらに、HSPA (*High Speed Packet Access*) と呼ばれる改善によって、下りリンク最大14.4Mbps、上りリンク11.5Mbpsの伝送が可能となった。携帯電話はITSでは路車間通信で利用されることが想定されている。

### 3.4 WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) は、無線LANと携帯電話の第三世代の溝を埋め、無線でメトロポリタン・エリア・ネットワーク (MAN) を構築する構想のために開発された。現在、IEEE802.16dとIEEE802.16eの二つの主な仕様が標準化されている。前者は固定の機器に用いられる方式で、例えば、会社の複数の建物を安価に無線で接続するために利用することができる。仕様では70Mbpsの伝送速度で、48Kmの距離を繋ぐことができる。

一方、IEEE802.16eは移動端末を基地局に繋ぐために設計されている。変調方式としては、直交周波数分割多重方式 (OFDM) が採用され、複数の移動端末を接続する場合に起こる干渉問題、複数パス問題、遅延問題を解決している。数十Mbpsの伝送速度、10Kmに渡る通信可能範囲、移動端末の速度120Km/hまで対応など、IEEE802.16eは、特に都市部の路車間通信に最も適切なWiMAXの仕様であると考えられている。

### 3.5 FMラジオ

ラジオ・データ・システム (*Radio Data System, RDS*) は、FMラジオの周波数帯でデジタルデータを伝送するために開発された技術である。選局中の放送局や、その放送局で再生中の曲名などの追加情報を送信することができる。

また、渋滞や事故などの道路情報を送信し、受け手に注意を喚起することも可能である。RDSは1178.5bpsでデータを送信することが可能であり、80Kmほどの距離まで到達可能である。現在、欧州、ラテンアメリカ、北アメリカで普及しており、日本では利用されていない。

交通情報の伝搬には、交通案内チャンネル (*Traffic Message Channel*, *TMC*) とよばれる、より用途にあった技術もある。このシステムは、事故情報などのデジタル方式で放送することによって、対応するナビゲーションシステムは、その情報を表示したり、代替の経路を計算したりできる。TMCによって通知される情報は、イベントの識別子とそのイベントの位置情報が含まれる。TMCは通常RDSによって伝送されるため、多くの機器はRDSとTMCの両方に対応している。

### 3.6 衛星通信

衛星通信は、送信局、衛星、受信機器の3つの主要な構成要素からなる。まずデータは送信局から衛星へと送信され、衛星が受信機器まで転送する。衛星通信の通信可能範囲は、国を覆うほど大きく、同報通信性能に優れる。よって、山岳地帯、孤島、途上国など離れた場所に接続性を提供する用途に向いている。また同報通信性能に優れるため、ライブビデオや、音楽などのマルチメディア放送に適している。

送信局と受信機器のどちらも、固定の場所に設置されることが多いが、受信機器は自動車にも搭載することが可能である。しかし、送信局は自動車に積むことが難しいため、衛星通信は路傍の設備から自動車への一方通行の通信となる。また、電波を一度衛星まで到達するため、遅延が大きく、伝送速度は300から500Kbpsである。衛星通信は一方通行であるが、他のメディアを利用して、双方向通信の環境を作り出すため、Uni-Directional Link Routing (UDLR) [17]がIETFにより標準化された。

## 4章 ITSに関連するネットワーク技術

2章で見たように、自動車は移動するコンピュータの集合体である。移動体通信技術は、ラップトップPCや携帯端末を想定して研究・開発されてきたが、これらの技術は自動車同士の通信にも適用できる。自動車に適用可能な技術は、図 12に示すように大きく分けて路車間通信と、車車間通信がある。代表的な路車間通信の技術としてモバイルIPv6が著名であり、車車間通信ではモバイル・アドホック・ネットワークがある。その他、路車間通信で通信の安定性を強化するための仕組みとして、複数通信デバイスを利用するなどの移動体通信強化技術がある。また、車車間通信と路車間通信を同時利用するなどの車車・路車間の中間に位置する技術もある。本章ではIETFで標準化された技術を元に解説を行う。

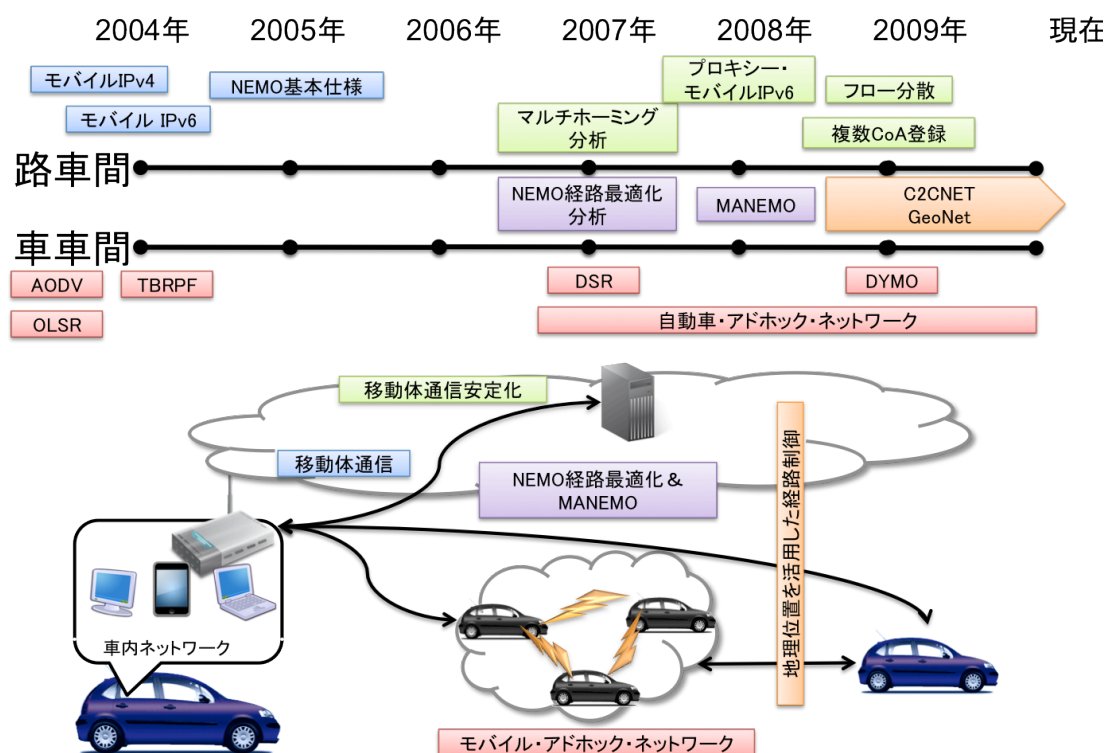


図 12 ITSに関連するネットワーク技術

### 4.1 車車間通信

#### 4.1.1 モバイル・アドホック・ネットワーク

モバイル・アドホック・ネットワークは、事前にインフラストラクチャを必要とせず、その場にある携帯端末だけでネットワークを動的に構成して通信を行う方式である。また、複数の携帯端末を経由するマルチホップによって

通信距離を延ばすことができる。モバイル・アドホック・ネットワークは、1970年代から米国・国防高等研究計画局（DARPA）において研究が始められていた。その後、1990年代にはIETFのモバイル・アドホック・ネットワーク・ワーキンググループで標準化が進められた。

モバイル・アドホック・ネットワークには大きく分けて、通信前に経路交換を行うプロアクティブ型と、通信が発生した際に経路交換を行うリアクティブ型がある。前者はテーブル駆動型、後者はオンデマンド型と呼ばれることもある。プロアクティブ型は、携帯端末が常に経路を交換しているために、通信が発生した際に迅速に通信が行える利点がある反面、経路交換のために常に無線を利用するため、バッテリーの消耗が激しい欠点がある。一方、リアクティブ型は、通信がない場合には経路交換のための無線利用を控えることができるため、バッテリーの消耗が少ない反面、通信が発生した際には、経路交換のための遅延が発生する。プロアクティブ型とリアクティブ型には一長一短があるが、一般的にはネットワーク構成が頻繁に更新され、通信が多く発生するネットワークでは、通信がすぐに行えるプロアクティブ型が適している。反対に、ネットワーク構成があまり変わらないネットワークや、通信があまり発生しない場合は、バッテリーの消耗を抑えられるリアクティブ型が適している。

IETFでは、プロアクティブ型として、*Optimized Link State Routing (OLSR)* [19]と*Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF)* [20]が標準化され、リアクティブ型としては、*Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)* [21]、*Dynamic Source Routing (DSR)* [22]が標準化された。リアクティブ型の*Dynamic MANET On-demand (DYMO)* [23]については、2010年3月現在、5年以上も議論が続いており、標準化が継続中である。

#### 4.1.2 自動車・アドホック・ネットワーク

自動車・アドホック・ネットワークは、特殊な仮定と特徴を持ったモバイル・アドホック・ネットワークの一事例として研究が行われている。自動車・アドホック・ネットワークにはモバイル・アドホック・ネットワークで仮定されていたようなバッテリーの制限がなく、エンジンが作動中はバッテリーが充電され続ける特徴がある。また、自動車は人間の移動よりも遥かに高速であり、対向車両との相対速度は時速300Km/hに達することもある。この場合には二車両の間のリンクは極端に短い時間だけ確立されることになることを考慮する必要がある。また、自動車・アドホック・ネットワークでは、全ての端末がGPSを備えていると仮定しても良い状況が生まれている点も注目すべき点である。自動車は道路を走行するので、進行方向が分かればある程度の軌跡が予測できる。こういった予測を利用してアドホック・ネットワークの安定性を向上させることができる点も見逃せない。

## 4.2 路車間通信

### 4.2.1 モバイルIPv6

インターネットが初めて構想された時期、一般的なコンピュータは数トンの重量があり、部屋に設置されたら滅多に動かないことを想定されていた。よって、もともとのインターネットはコンピュータが通信を行いながら移動するということを想定していないため、コンピュータの移動によって問題が生じる。現在は、コンピュータの小型化、バッテリーの高性能化、無線技術の発達などの要因によって次々と移動端末が登場してきたため、移動体通信の必要性が生じてきた。インターネットの仕組みは郵便の配信に例えることができるので、以下その例を使いながら説明する。

インターネットの通信の送信元と送信先に使うIPアドレスは、図 13に示すように、アプリケーションでは、通信先のホスト識別子（名前）と解釈しており、インターネットの配送の仕組みでは、同じIPアドレスのことを位置識別子（住所）だと解釈している。コンピュータが不動の場合、これで問題なく仕組みが動作していたが、コンピュータが移動すると厄介な問題が発生する。パリにいる太郎がニューヨークに出張してしまうと、太郎の居場所を知らない花子は通信を開始できなくなってしまう。また、太郎が出張先のニューヨークから通信を行ったとしても、配送の仕組みでは位置識別子（住所）だと解釈されているIPを花子はホスト識別子（名前）だと解釈するために、送信元を太郎だと解釈できなくなってしまう。つまり、インターネットの問題とはホスト識別子と位置識別子が強固に結びついてしまっている事自体にある。

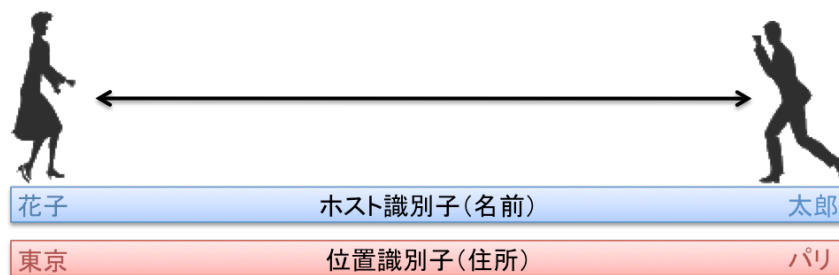


図 13 旧来のインターネットの仕組み

そこで、モバイルIPv6は図 14に示すように、移動端末の移動による問題を自宅を転送元とすることで解決した。こうすれば、花子は太郎がどこに出張していようが、常に太郎の自宅であるパリに対して通信を開始できる。また、通信中に太郎の位置が変わったとしても、太郎は自宅に対して転送先を指定するだけで、通信を継続できる。この解決方法は、インターネットの配送の仕組みを全く変更することなく、太郎が自宅にいるお手伝いさんに転送先を教えるだけで実現出来る優れた方法だと見られている。

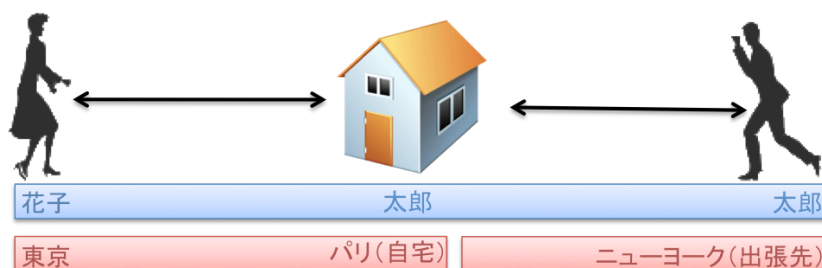


図 14 モバイルIPv6のとり解決方法

モバイルIPv6は自宅転送モデルをインターネットで実現する仕組みである。ホーム・エージェントは、バインディング・キャッシュと呼ばれるデータベースにホスト識別子と位置識別子の対応表を持っておくことで通信の転送先を見つけることができる。モバイルIPv6においては、ホスト識別子はホーム・アドレスと呼ばれ、位置識別子はケア・オブ・アドレスと呼ばれる。移動端末は定期的に、もしくは移動した際にケア・オブ・アドレスをホーム・エージェントに通知するため、ホーム・エージェントは常にホスト識別子と位置識別子の最新の対応表を持っておくことができる。

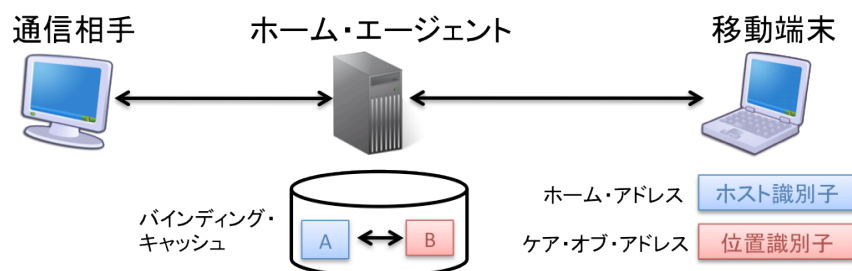


図 15 モバイルIPv6の仕組み

モバイルIPv6はIETFで標準化され、RFC 3775 [24]として公開されている。モバイルIPは移動体通信の中でも最重要の技術とみなされており、関連技術を含めると説明するために1冊の本が必要なほどの分量がある。詳しく知りたい読者は『モバイルIP教科書』（湧川隆次 著／村井純 監修）を勧める。

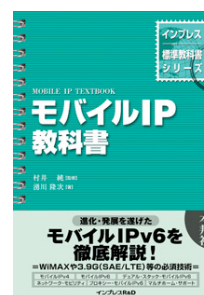


図 16 モバイルIP教科書

#### 4.2.2 移動ネットワーク基本仕様 (NEMO)

前節ではモバイルIPv6は移動体通信の中でも最重要の技術だと書いたが、移動ネットワーク基本仕様 (NEMO) は自動車が通信する際にもっと重要な技術である。NEMOはモバイルIPv6の拡張技術なのだが、モバイルIPv6がホストの移動を支援するのに対し、NEMOはネットワークの移動を支援する。2.1節で述べたように、自動車内には多数のセンサ、デバイス、コンピュータが接続しており、ネットワーク自体が移動している。そのため、ホスト毎に移動体通



信の支援を行うよりも、ネットワークごと移動体通信の支援を行う方が、移動端末とホーム・エージェントとの間でやり取りされるメッセージングの数を減らすことができるため、効率的なのだ。また、NEMOを利用すれば移動体通信の支援のためのメッセージングの機能を、ネットワークを代表するモバイル・ルータと呼ばれるルータに集約できる。車内のコンピュータに追加の機能は必要とされない。車内ネットワークに接続するセンサやデバイスは計算能力や、メモリ容量などの資源が限られていることもあり、追加の機能が必要とされない利点は大きい。

NEMOの動作を図 17に示す。車内ネットワークを代表して移動体通信の支援を行う機能を持つモバイル・ルータは自身の現在の位置識別子をホーム・エージェントに登録し、ホーム・エージェントはモバイルIPv6と同様にバインディング・キャッシュにより、対応表を作る。ただしモバイルIPv6ではホスト識別子と位置識別子の対応表を作ったが、NEMOではネットワーク識別子と位置識別子の対応表を作る。こうすることで通信相手が車内ネットワーク内のどのコンピュータと通信しても、モバイル・ルータの現在の位置識別子を参照することができ、通信を行える。NEMOはIETFで2005年にRFC3963[25]として標準化された。

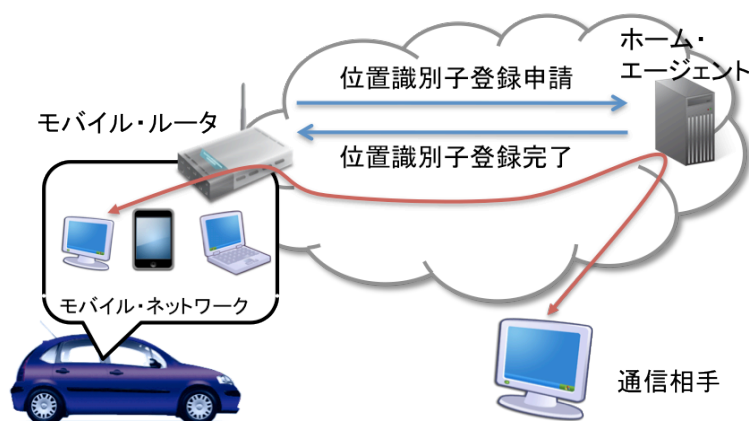


図 17 移動ネットワーク基本仕様の仕組み

## 4.3 移動体通信安定化

### 4.3.1 マルチホーミング

移動体通信技術は通常、無線を利用して通信を行う。想定する無線の種類は3章で解説を行ったが、万能な無線技術は存在しない。通信範囲、通信性能、特性などに一長一短があるため、複数の無線を使い分けながら通信を行うことが望ましい。携帯電話はどこでも利用可能であるが伝送速度が遅く、無線LANは伝送速度は速いがエリアが限られるなど、特性を補いあう必要があるのだ。複数の無線デバイスを同時利用し、インターネットへの接続経路が複数ある状態をマルチホームな状態と呼ぶ。マルチホーミングは、有線に比べてインターネットへの接続が不安定な無線でのインターネット接続をより安定化するために、研究が行われている。

NEMOにおいてマルチホームな状態は、4.2.2節で説明した通常のネットワーク構成に加えて、1)複数のホーム・エージェントが存在する場合、2)複数のモバイル・ルータが存在する場合、3)複数のネットワーク・プレフィックスが存在する場合の3種類とその複合の9種類があることが、IETFでの分析の結果、判明した。この分析は、RFC4980[26]として公開されている。

モバイルIPv6やNEMOにおいてホーム・エージェントが単一障害点になってしまう問題があるため、複数ホーム・エージェントを動作可能にする仕組みがIETFにおいて提案されている[27]。一つのホーム・エージェントに障害があったとしても、問題なく通信を継続できる利点がある。

また、筆者は卒業論文[28]と修士論文[29]において複数モバイル・ルータの場合を研究してきた。搭乗者によって自動車内に接続された携帯端末を車載ルータと共に協調してモバイル・ルータとして動作させ、自動車内に複数モバイル・ルータ環境を作る仕組みを提案した。自動車内のネットワークを安定化し、複数無線を利用した場合の合計の伝送速度を向上することに成功したが、反面、ネットワーク・セキュリティの脅威を分析し、その対策を示すことが出来なかった反省もある。自動車の通信は、遮断されたり、なりすまされたりすると重大な結果を招き兼ねないため、セキュリティには特に注意しなければならないからだ。自身の所有する車載ルータと携帯端末を協調動作させる一方、悪意のある攻撃者や、ウイルスに感染した携帯端末をどのように排除するかが依然として課題となっている。車載ルータと搭乗者によって持ち込まれた携帯端末の協調動作は現在でも注目のテーマである。

### 4.3.2 複数ケア・オブ・アドレス登録とフロー分散

複数ケア・オブ・アドレス登録 (RFC 5648[30]) は、4.2節で説明したモバイルIPv6とNEMOの標準のネットワーク構成を対象にしたマルチホーミングの仕組みである。つまり、単一ホーム・エージェント、単一モバイル・ルータ、単一モバイル・プレフィックスの場合で、モバイルIPv6とNEMOの両方で利用可能である。

モバイルIPv6とNEMOでは、通常は単一のホスト／ネットワーク識別子に単一の位置識別子に対応付けするが、この仕組みを利用すれば、単一のホスト／ネットワーク識別子に対して、複数の位置識別子をホーム・エージェントに登録することができる。そのために、バインディングIDと呼ばれる一意の識別子を利用する。移動端末はホーム・エージェントへとバインディングIDを付属した位置識別子登録申請を送信することで、ホーム・エージェント側ではどの対応表を更新するか識別することができる。単一のホスト／ネットワーク識別子に複数の位置識別子を登録することで、同時に複数の位置識別子を利用することができるため、通信の安定性が向上する。

複数ケア・オブ・アドレス登録自体は、複数のインターネットへの接続経路をどのように利用するかは規定されていない。そのため、モバイル・ルータとホーム・アドレスの経路利用の方針が同期されていない場合、モバイル・

ルータからホーム・エージェントまでの経路と、ホーム・エージェントからモバイル・ルータへの経路が別の無線を経由する可能性がある。これは、TCPなど双方向の通信の場合に、通信品質の低下を引き起こすため、モバイル・ルータとホーム・エージェントが互いに通信経路の利用方針を交換出来る仕組みとして、フロー分散[31]がIETFに提案され、議論されている。

### 4.3.3 プロキシ・モバイルIPv6

プロキシ・モバイルIPv6 (RFC 5213[37]) は、移動端末に移動体通信機能を持たせることなく、モバイルIPv6の機能を実現するために作られた仕様である。モバイルIPv6の場合、ネットワーク間の移動の検知、ホスト識別子と位置識別子の管理、ホーム・エージェントへの位置識別子の登録など、移動端末側の処理が必要であった。プロキシ・モバイルIPv6では、これらの処理機能をネットワーク側に持たせてあるため、移動端末は通常のIPv6ホストと同等の機能を持つだけで、モバイルIPv6と同等の機能を実現できる。移動端末の処理を軽くできるのだ。しかし、プロキシ・モバイルIPv6はネットワーク側に移動体通信機能を持たせてあるため、プロキシ・モバイルIPv6に対応するネットワークに接続している場合のみ移動体通信機能が有効となる。通常のモバイルIPv6のようにどのネットワークに接続していても移動体通信を行えるというわけには行かない制限がある。

プロキシ・モバイルIPは、次世代（第3.9世代）の携帯電話システムであるLTE/EPCで採用されることが決まっております[34]、WiMAXフォーラムではプロキシ・モバイルIPv4が採用されている[40]。

## 4.4 経路最適化とMANEMO

モバイルIPやNEMOの移動体通信は、インターネット上に設置されたホーム・エージェントを経由する通信となるため、冗長な経路となる分だけ遅延が発生する。これはリアルタイム性を要求される通信には、望ましくない。また、一つのホーム・エージェントで複数の自動車の移動体通信を支援する場合には、大量の通信がホーム・エージェントに集中してしまい、輻輳が起きてしまう可能性もある。特に2台の自動車間の通信は、それぞれの自動車の移動体通信を支援するホーム・エージェントを経由することになり、問題が悪化する。

モバイルIPv6の仕様では、ホーム・エージェントを経由しない通信を行うための仕組みが定義されているが、NEMOでは定義されていない。これは、ホーム・エージェント経由の通信を、自動車内の機器と通信相手との直接通信に切り替える際に、悪意のある第三者に通信が乗っ取られる可能性があるためである。IETFではこの問題を分析し、RFC4888[32]として公開しており、提案されている手法などを分析したものをRFC4889[33]として公開している。

NEMOの経路最適化は標準化された手法は、現在まだ存在しない。

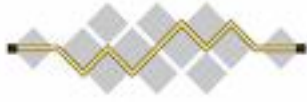
車車間通信を実現するためのモバイル・アドホック・ネットワーク (MANET) は、ホーム・エージェントを経由しない上、通信相手が地理的に近いため、

遅延が少ない。そのため、MANETを使ってNEMOの通信遅延の欠点を軽減しようとするコンセプトは、MANEMOと呼ばれ様々な手法が検討されている。

## 5章ITSに関する標準化組織

### 5.1 世界の標準化組織

#### 5.1.1 インターネット技術タスクフォース(IETF)



**I E T F**

Website: <http://www.ietf.org/>

インターネット技術タスクフォース(The Internet Engineering Task Force、IETF)はインターネットで利用される技術の標準化を策定する組織である。IETFはネットワーク設計者、オペレータ、研究者など、円滑にインターネットを運用することに関わるどの組織にも開かれた国際的な議論の場である。また、全ての個人に開かれており、各作業部会(ワーキング・グループ)のメーリングリストに登録することで、興味のある技術についての議論に参加することができる。IETFでは実際の技術的な議論は各作業部会で行われており、作業部会は経路制御、トランスポート、セキュリティなどの分野ごとに組織されている。ミーティングは年3回行われる。また、第54回IETFミーティングは2002年に横浜で行われ、第76回IETFは、2009年11月8日から13日まで広島で開催された。

特にITSや移動体通信に関わる作業部会を以下に挙げる。図18に示されるように、路車間通信に関わるものとして、モバイルIPv4を扱うmip4作業部会、モバイルIPv6を扱うmip6作業部会、NEMOを扱うnemo作業部会、モバイルIPv6とNEMOのマルチホーミング対応を議論するmonami6作業部会、移動体通信のシグナリングやハンドオフの性能を向上させるためのmipshop作業部会がある。また、mip6、nemo、monami6作業部会は統合され、移動体通信の拡張仕様全般を扱うmext作業部会へと引き継がれた。さらに、プロキシー・モバイルIPを扱うnetlmm作業部会と、プロキシー・モバイルIPのより先進的な機能を議論するnetext作業部会が設立されている。

車車間通信に利用されるモバイル・アドホック・ネットワークの分野では、長い歴史を持つmanet作業部会に加えて、モバイル・アドホック・ネットワークにおいて、ネットワーク自動設定機能を議論するautoconf作業部会、省電力なパーソナル・エリア・ネットワークの仕様について扱う6lowpan作業部会、省電力なセンサー・ネットワークを扱うroll作業部会がある。

その他、サイト・マルチホーミングを扱うshim6作業部会、複数通信インターフェイスを扱うmif作業部会、IEEE802.16やWiMAXでIPv6を利用するための仕様を扱う16ng作業部会、モバイルIPとは別のアプローチで移動体通信を行うHost Identity Protocolを扱うhip作業部会、ネットワーク接続検出を扱うdna作業部会(2009年3月完了)なども、広い意味でITSに関連する作業部会である。

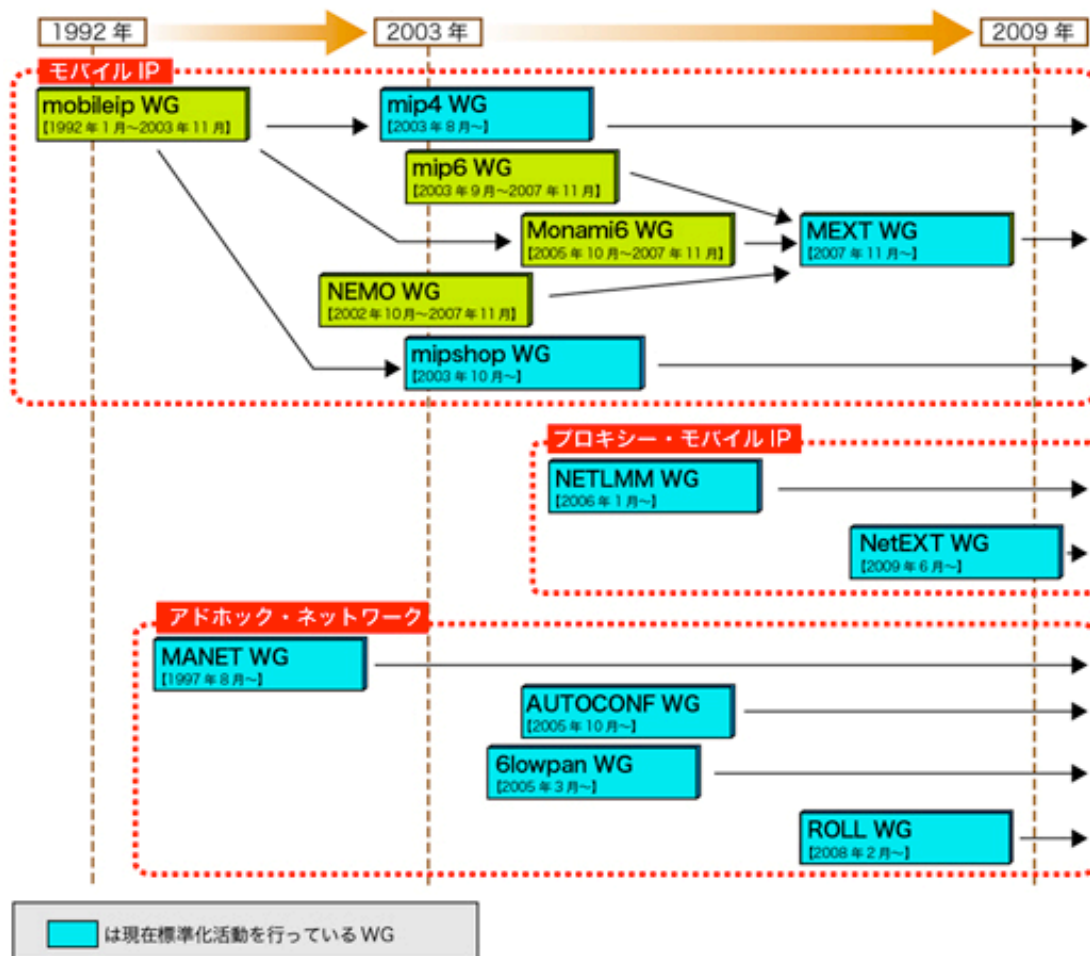


図 18 IETFにおけるモビリティ関連の作業部会の系譜

(出典) 参考資料[34]より

### 5.1.2 国際標準化機構 (ISO)



International  
Organization for  
Standardization

Website: <http://www.iso.org>

国際標準化機構 (International Organization for Standardization または略称 ISO) は、電気分野を除く工業分野の国際的な標準である国際規格を策定するための民間の非政府組織である。本部をスイスのジュネーヴに置くスイス民法による非営利法人である。公用語はフランス語、英語、ロシア語で、各国1機関が参加する157カ国の国際標準化団体のネットワークである。また、国際標準化機構は民間セクタと公的機関の間に橋を架ける非営利組織である。一方は多くの構成団体は各政府に指令された団体もしくは各国の政府機構の一部機関であり、他方では他の構成団体は産業協会の国際的パートナーシップにより組織されている民間セクタのみを基盤とする民間セクタである。

国際標準化機構で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。ITSに関わる標準は204番目の技術委員会で行われている（TC204）。TC204には現在、表 2に示すように14の作業部会（WG、ワーキング・グループ）が存在する。

| No. | 対象           | No.  | 対象                  |
|-----|--------------|------|---------------------|
| WG1 | アーキテクチャ      | WG10 | 旅行者情報システム           |
| WG3 | TICSデータベース技術 | WG11 | 道路案内とナビゲーション        |
| WG4 | 自動運転と装備識別    | WG14 | 自動車・道路の警告・制御        |
| WG5 | 料金徴収         | WG15 | DSRCによるTICSアプリケーション |
| WG7 | 車両制御と商業輸送    | WG16 | 広域通信・プロトコルとインターフェイス |
| WG8 | 公共交通と緊急車両    | WG17 | ITSの移動デバイス          |
| WG9 | 交通情報・制御      | WG18 | 協調システム              |

表 2 国際標準化機構における204技術委員会の作業部会

### 5.1.3 地表移動環境の通信基盤（CALM）



Website:  
<http://www.isotc204wg16.org/>

前節の国際標準化機構（ISO）の204技術委員会において、最も汎用的に自動車の通信方式について議論するのは、16作業部会である。この国際標準化機構の204番目の技術委員会における16作業部会（ISO TC204 WG16）は通称CALM（Communications Architecture for Land Mobile environment）とよばれる規格群の標準化を行っている。

CALMのアーキテクチャは、OSI参照モデルにおける物理層からアプリケーション層までの全ての層を網羅し、車車間通信、路車間通信、直接通信やマルチホップなどすべての通信を対象としている。また、ユニキャスト、マルチキャスト、ジオキャストのどの範囲の通信も対象とする。さらにCALMアーキテクチャは、携帯電話ネットワーク、長距離、中距離、短距離の全ての通信媒体を網羅し、ITS安全アプリケーション、ITS非安全アプリケーション、その他の既存のアプリケーションを対象とする。ネットワーク層に利用されるプロトコルは、インターネット・プロトコル（IPv6）と非IP（FAST）である。

16作業部会の下位のサブ作業部会には、以下の8つがある。0)アーキテクチャ、1)メディア、2)ネットワーク、3)プローブ・データ、4)アプリケーション制御、5)緊急通信、6)非IPネットワーク、7)セキュリティと合法傍受。

#### 5.1.4 米国電気電子学会 (IEEE)



Website: <http://ieee.org/>

米国電気電子学会 (IEEE) は、アメリカ合衆国に本部を持つ電気・電子技術の学会である。対象とする分野は電気工学を源流とする通信・電子・情報工学とその関連分野に及ぶ。専門分野ごとに39のソサエティと称する分科会を持ち、それぞれに会誌(論文誌)を発行している。他に主な活動として標準化活動(規格の制定)を行っている。また、この学会が定めた規格の名称はIEEEで始まる。ITSに関連する標準仕様として、3.1節で述べたBluetoothはIEEE802.15.1として、3.2節で述べた無線LANはIEEE802.11a/b/gとして、専用狭域通信(DSRC)はIEEE802.11pとして標準化されている。また、3.4節で述べたWiMAXは固定機器用にIEEE802.16dによって、移動機器用にIEEE802.16eがIEEEによって標準化されている。

#### 5.1.5 国際電気通信連合 (ITU)



Website: <http://www.itu.int/>

国際電気通信連合 (ITU) は、150年近い歴史を持つ国際連合の専門機関の一つである。主な業務は標準化、無線周波数帯の割当て、国際電話を行うために各国間の接続を調整することなどであり、無線通信部門 (ITU-R)、電気通信標準化部門 (ITU-T)、電気通信開発部門 (ITU-D) と事務総局からなる。本部はスイスのジュネーヴに設置されている。日本は1959年から理事国としてITUの管理・運営に参加している。ITUの業務は、加盟国の協力により成り立っている。国際連合の系統であることから、一つの国が一つの主体として加盟国となる。私企業や他の組織も、セクターメンバーやそれに準ずるものとして、加盟することが可能である。現在、191カ国と700以上のセクターメンバーとアソシエイトが参加している。ITUによる国際標準は、「勧告 (Recommendation)」という形式を採り、ITUによってまとめられる標準はデジュール (de jure、公式) 標準として扱われる。



## 5.2 欧州の標準化組織

### 5.2.1 欧州電気通信標準化機構 (ETSI)



Website: <http://www.etsi.org/>

欧州電気通信標準化機構 (ETSI) は欧州の電気通信の全般にかかわる標準化組織である。1988年に、欧州郵便電気通信主管庁会議 (CEPT) の傘下に設立された。ETSIはソフィア・アンチポリス(フランス)を拠点とし、ヨーロッパにおける情報通信技術の標準化に正式に責任を負っている。欧州電気通信標準化機構は、ヨーロッパにおける(通信機器ベンダーやネットワーク事業者など)電気通信産業に関する独立非営利の標準化機関であり、世界的な影響力を持っている。この情報通信技術には電気通信、テレビ放送、高度道路交通システム(ITS)、医療電子技術なども含まれている。ETSIには、製造業、ネットワーク事業者、サービスプロバイダー、研究機関ならびにユーザなどIT分野の主要なメンバーの全てとなる、ヨーロッパ内外の60以上の国や州から700以上のメンバーが所属している。

欧州委員会に公認されている3つの標準化団体は、欧州電気通信標準化機構 (ETSI) と欧州標準化委員会 (CEN)、欧州電気標準化委員会 (CENELEC) であり、ETSIはCEN及びCENELECと共同作業を行っている。主な活動としては、当初、欧州用に開発され、現在は世界で多く採用されているGSM、DECT、DVB、TETRAなどの標準仕様は、ETSIにより策定された。ETSIの説明は、NICTパリ事務所による「欧州電気通信標準化[ETSI]の基本動向と意思決定機構に関する調査報告書[39]」に詳しい。同報告書には、ETSIにおけるITS標準化についても述べられている。ETSIにおけるITS標準化はETSI ITSで行われている。



Website:

<http://www.etsi.org/WebSite/technologies/IntelligentTransportSystems.aspx>

### 5.2.2 欧州標準化委員会 (CEN)



European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

Website: <http://www.cen.eu>

欧州標準化委員会 (CEN) は、一貫した標準規格と仕様の開発・保守・配布を行うための効率的基盤を提供する目的とした私的な非営利組織である。1961年に創設され、13カ国のメンバーが共同で様々な分野の欧州規格 (EN) を策定し、欧州各国は原則として欧州規格を自国規格として採用する。一部の規格は自発的なものだが、EUの法律の定めに従って策定されている義務的規格

もある。欧州標準化委員会（CEN）は電気関係（CENELEC）と通信関係（ETSI）以外の分野における公式な標準化組織として認識されている。無線通信に関連する標準仕様として、3.5節で述べたラジオ・データ・システム（Radio Data System、RDS）と交通案内チャンネル（Traffic Message Channel、TMC）がCENELEC EN 50067とCEN ENV 12313として標準化されている。

また、ITSに関する標準化は主に、欧州標準化委員会の278技術委員会（CEN/TC 278）<sup>6</sup>で行われている。278技術委員会は1991年に設立され、道路交通と輸送に関するテレマティクス分野での標準化と技術的な調整を行っている。278技術委員会で対象となる分野は1) 自動車、コンテナや輸送商品の識別、2) 自動車と路傍の機器の通信、3) 自動車間の通信、4) テレマティクスが介在する車内機器のインターフェイス、5) 交通と駐車制御、6) 利用料金収集、7) 公共交通制御、8) 利用者情報である。

278技術委員会には現在、表3にまとめた13の作業部会があり、本報告書の内容に最も関係があるのは16作業部会（ワーキング・グループ、WG）である。これは、『CEN/TC 278/16 WG』と表される。

| NO. | 対象           | NO.  | 対象                |
|-----|--------------|------|-------------------|
| WG1 | 電子料金収集       | WG10 | ヒューマン・マシン・インタフェイス |
| WG2 | 貨物と車両制御システム  | WG12 | 自動車識別と部品識別        |
| WG3 | 公共交通         | WG13 | 基盤と専門用語           |
| WG4 | 交通と旅行情報      | WG14 | 盗難自動車のための被窃盗後システム |
| WG7 | 地理道路データ      | WG15 | eSafety           |
| WG8 | 道路交通データ      | WG16 | ITSのための協調システム     |
| WG9 | 専用狭域通信（DSRC） |      |                   |

表3 欧州標準化委員会の278技術委員会（CEN/TC 278）の作業部会

### 5.2.3 CAR2CAR通信コンソーシアム（C2C-CC）



CAR2CAR 通信コンソーシアム（C2C-CC）は、欧州の自動車メーカーによって開始された、供給者、研究組織、および他のパートナーにとって開かれた非営利組織機構である。自動車間通信によって道路交通安全と効率をさらに増加させることを目的とする。C2C-CCは、協調的ITSのオープンな欧州標準と、その関連する検証プロセスを開発して公開する。また、共通のITSにおける欧州標準を作り上げるために、仕様と貢献を特にETSIのITS技術委員会などの標準化組織に提出する予定である。そして、C2CC標準の調和を世界標準へと後押しする。

<sup>6</sup> CEN/TC 278: <http://www3.nen.nl/cen278/>

## 5.2.4 ERTICO - ITS Europe



Website: <http://www.ertico.com/>

ERTICO - ITS Europeは欧州委員会、各国の国土交通相、欧州企業の主導で1991年に設立された研究資金を提供したり、ITS工業標準を策定したりする組織である。ERTICOは各国の公的機関と協会、企業、オペレーター、消費者やその他の団体を結びつける存在と定義されている。過去に、3.5節で述べた交通案内チャンネル（Traffic Message Channel、TMC）の標準化で主導的な立場を取っていた。同様に、テレマティクス・サービスと次世代の事故防止システム、相互運用可能な料金システムの技術的枠組についても主導的な立場で助言をしていた。また、世界的なネットワークとしては日本のITS Japanと米国のITS Americaと連携をとっている。

## 5.3 その他のITSに関連する標準化組織

その他のITSに関連する標準化組織としては、電気工学、電子工学、および関連した技術を扱う国際的な標準化団体である国際電気標準会議（IEC）、輸送機器専門家を会員とする米国の非営利的団体であるSociety of Automotive Engineers（SAE）、第三世代携帯電話（3G）システムの仕様の検討・作成を行う3GPPと3GPP2などがある。また公共交通に関する議論は、公共交通国際協会（UITP）で議論されている。3GPPの説明は、NICTパリ事務所による「欧州電気通信標準化[ETSI]の基本動向と意思決定機構に関する調査報告書[39]」に詳しい。

|   |  |
|---|--|
|  | 国際電気標準会議（IEC）<br>Website: <a href="http://www.iec.ch/">http://www.iec.ch/</a>                          |
|  | Society of Automotive Engineers（SAE）<br>Website: <a href="http://www.sae.org/">http://www.sae.org/</a> |
|  | 3GPP<br>Website: <a href="http://www.3gpp.org/">http://www.3gpp.org/</a>                               |
|  | 3GPP2<br>Website: <a href="http://www.3gpp2.org/">http://www.3gpp2.org/</a>                            |



UITP

Website: <http://www.uitp.org/>

## 6章ITSに関する欧州プロジェクト

欧州における共同研究プロジェクトは、EUプロジェクト、各国プロジェクト、有志プロジェクト、会社プロジェクトなど様々な形態のプロジェクトが存在する。そのうち、欧州委員会主導の共同研究計画である枠組計画

(Framework Programme, FP)は、予算規模や動員される研究者の数が群を抜いて大きい。本章では、枠組計画について説明した後、ITSに関連する第6次枠組計画のプロジェクトと第7次枠組計画のプロジェクトを概観し、その後、特に重要なプロジェクトを個別に調査する。

### 6.1 枠組計画

枠組計画は欧州委員会主導の共同研究計画であり、過去のNICTパリ事務所の報告書[42]に詳しいので以下に引用する。

#### 枠組計画とは

(出典) 参考資料[42]より

EU域内の研究開発・技術革新の効率的かつ整合性ある実施を図るため、1984年以降、欧州委員会により枠組計画(Framework Programme)が策定されている。この枠組計画はEUの研究方針である欧州研究領域(European Research Area:ERA)を実施するための財政・法制上の主要な手段である。EUでは、2010年までに域内の研究開発投資をEU全体のGDPの3%に引き上げることが2002年3月のバルセロナ会議で決定されている。さらに、知識経済の振興による域内雇用の活性化と域内企業の競争力強化を図るため2000年3月に採択された『リスボン戦略』は、2005年6月、『新リスボン戦略』として見直されたが、枠組計画はこれらの戦略の主要な実行手段である。

1984年以降、枠組計画は4年ごとに策定されてきたが、2007年をスタートとする第7次枠組計画からは、EU全体の予算計画との整合性を図るべく7年間の計画に変更された(※原子力技術に関する研究活動(Euratom)については2007年から2011年までの5カ年計画)。なお、枠組計画は欧州委員会が提案し、欧州議会及び欧州連合理事会が採択して正式に承認されるという手続きとなっている。

また、以下、同報告書[42]の枠組計画の予算規模に対する箇所引用である。

#### 枠組計画の予算規模

(出典) 参考資料[42]より

予算規模は、第6次計画では年平均約38億ユーロであったが、第7次計画年平均約70億ユーロの拠出となっている。これを、2004年の物価を基準にして比較した場合、第6次計画に対し約41%の予算増、また、2006年と2013年の予算額を比較した場合には約75%増である。

情報通信技術分野での研究予算額は第5次計画（使い勝手の良い情報社会）では4年で36億ユーロ、第6次計画（情報社会技術）では4年39億8400万ユーロ、第7次計画（情報通信技術）では7年で90億5000万ユーロと今回、著しく強化されていることが分かる。いずれにせよ情報通信技術分野には第2次計画以降、常に最大額が割り当てられており、同部門における研究開発にEU及び加盟国政府の注目が集まっていることの証左であろう。

予算規模では表 4に示した通り、第6次計画では4年で175億ユーロ（年平均約38億ユーロ）の拠出、第7次計画年では7年で505億2100万ユーロ（平均約70億ユーロ）の拠出である。年間の拠出70億ユーロとは、2010年3月25日の為替の1ユーロ=123円換算では、日本円で8610億円にのぼる巨費である。しかし、EUの研究・開発支出は2005年時点で域内GDPの1.85%に留まっており、日本のGDP比3.15%程度と比べると大幅に少ない。情報通信技術分野には第2次計画以降、常に最大額が割り当てられている。ただし、第7次枠組計画における情報通信技術（ICT）への投資額、毎年13億ユーロという額は米国Google社が2009年に情報通信技術の研究開発に投資した28億米ドル（20億ユーロ）に遠く及ばない[45]との憂慮も存在する。

|         | 全分野                   |                    | 情報通信技術（ICT）分野        |                    |
|---------|-----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|         | 全期間                   | 年間                 | 全期間                  | 年間                 |
| FP6（4年） | 175億ユーロ<br>(2兆1525億円) | 38億ユーロ<br>(4674億円) | 39億ユーロ<br>(4797億円)   | 10億ユーロ<br>(1230億円) |
| FP7（7年） | 505億ユーロ<br>(6兆2115億円) | 70億ユーロ<br>(8610億円) | 90億ユーロ<br>(1兆1070億円) | 13億ユーロ<br>(1599億円) |

表 4 第6次及び第7次枠組計画の予算規模

（出典）参考資料[42]より筆者作成  
1ユーロ=123円換算（2010年3月25日）

## 6.2 第6次枠組計画のITS関連プロジェクト

第6次枠組計画（Sixth Framework Programme、FP6）は2002年から2006年の期間を対象に策定された計画である。4年175億ユーロ（年平均約38億ユーロ）の予算が拠出された。

欧州の情報通信技術を利用したITSを統括する欧州委員会によるeSafety<sup>7</sup>によってまとめられているITS関連の

第6次枠組計画のプロジェクト[43]を表 5にまとめた。表 5はプロジェクトのロゴ、パートナーの国の数と組織数、期間、予算額と概要をまとめた。これらの情報は公開されており、CORDISのウェブサイト（<http://cordis.europa.eu/>）の検索窓にプロジェクト名を入れて検索することで見つけることができる。



図 19 第6次枠組計画のロゴ

<sup>7</sup> The European Commission's eSafety web site <http://ec.europa.eu/esafety>

CORDISとは、Community Research and Development Information Serviceの頭文字で欧州の研究開発のための情報資源であり、全てのプロジェクト公募はここを通じて行われる。

第6次枠組計画におけるITS関連のEUプロジェクトは45あり、総額は3億7110万ユーロが投じられている。これは、2010年3月25日の為替の1ユーロ=123円換算では日本円で384億円にのぼる。最も予算額が多いPreVENTプロジェクトには5400万ユーロの研究予算が投じられ、その他にはCVISプロジェクトには4100ユーロ、Safespotには3800万ユーロ、Coopersには1680万ユーロが投じられた。

| プロジェクト  | パートナー      | 期間               | 予算    | 概要   |
|---|------------|------------------|-------|--|
|    | 4ヶ国、10の組織  | 2006年1月-2008年3月  | 3.9 M | <b>ATESST</b> は、EAST-ADL2記述言語を用いて、自動車間の協調システムと設計と検証の溝を埋めることを目指す                      |
|    | 5ヶ国、12の組織  | 2006年1月-2007年12月 | 5.6 M | <b>COM2REACT</b> は交通の効率性、安全性を向上し、ヨーロッパの技術標準化と調和に貢献する                                 |
|   | 10の組織      | 2005年1月-2006年12月 | 3.6 M | <b>REACT</b> は電子装備の施された自動車が環境の状況を検出し、中央サーバにリアルタイムデータを送信することで、洗練された予測と意思決定を行うモデルを提案する |
|  | 3カ国、6の組織   | 2006年1月-2009年12月 | 1.5 M | <b>COMeSafety</b> は情報交換と情報表示の両方のためのプラットフォームを提供する                                     |
|  | 14ヶ国、37の組織 | 2006年2月-2010年2月  | 16.8M | <b>COOPERS</b> は”協調交通制御”を目指して、自動車間、路車間の革新的な通信アプリケーションを開発する                           |
|  | 4ヶ国、9の組織   | 2006年3月-2009年2月  | 4.1 M | <b>COVER</b> の目的は次世代協調システムを利用して道路交通を安全で、効率的、環境にやさしいものにする事である                         |
|  | 12ヶ国、61の組織 | 2006年2月-2010年2月  | 41.0M | <b>CVIS</b> は自動車通信のための設計、開発、テストをする欧州プロジェクト   |
|  | 6ヶ国、12の組織  | 2006年1月-2008年12月 | 4.0 M | <b>Cybercars-2</b> は、都市の道や新しい特殊なインフラの上に人工知能交通システムに基づいた完全自動運転の自動車(Cybercar)を乗せること目指す  |

|   |            |                   |       |  |
|---|------------|-------------------|-------|--|
|    | 22の組織      | 2004年1月-2007年3月   | 9.6 M | <b>EASIS</b> は予防安全、予後安全、統合安全システムのための、標準化された、信頼性のある車内電子基盤により道路交通の安全性を高める                                |
|    | 7ヶ国、14の組織  | 2006年3月-2008年8月   | 3.6 M | <b>FeedMAP</b> は、地図の方よりフィードバックの商業的、技術的な実現可能性を検証する  |
|    | 4ヶ国、7の組織   | 2006年12月-2008年12月 | 3.3 M | <b>ANEMONE</b> は、数億の移動デバイスのためのテストベッドを提供し、将来の革新的な技術を支援する  |
|    | 6ヶ国、12の組織  | 2006年1月-2008年12月  | 4.9 M | <b>GOODROUTE</b> は輸送において最も廉価なトラックが引き起こす社会的コストを最小化するために、動的リアルタイム情報を用いて道路監視、経路変更、強化、運転者支援のための協調システムを開発する |
|   | 55の組織      | 2004年3月-2007年3月   | 22.1M | <b>GST</b> の目的は低コストで提供され、製造者や利用者を広く獲得できる革新的な無線通信サービス環境を作ることである   |
|  | 3カ国、9の組織   | 2004年4月-2006年12月  | 4.8 M | <b>HIGHWAY</b> は統一の手法で、コントロールセンター、自動車、情報インフラを結びつける位置ベース地図と高い安全性を提供する                                   |
|  | 14の組織      | 2004年9月-2006年10月  | 2.8 M | <b>MITRA</b> は欧州において地域の責任者が危険物を監視・検出できる新しい利用可能なシステムのプロトタイプを創る  |
|  | 5ヶ国、10の組織  | 2006年1月-2008年3月   | 4.1 M | <b>MORYNE</b> は、都市や郊外においてバスやトラムなどの公共交通機関のモバイルセンサ情報を活用する交通制御を目指す  |
|  | 15ヶ国、60の組織 | 2004年2月-2008年3月   | 54.1M | <b>PreVENT</b> は危険予防アプリケーションと技術を開発し、実証することで道路安全に貢献する   |
|  | 3ヶ国、4の組織   | 2006年1月-2008年12月  | 1 M   | <b>REPOSIT</b> は、相対GPSと自動車間通信を用いた衝突回避システム(CAS)の新技术を実用可能性を実証する  |
|  | 12ヶ国、51の組織 | 2006年2月-2010年2月   | 38.0M | <b>SAFESPOT</b> は車車間通信、路車間通信を用いた衝突回避アシストを実現します   |



|   |               |                            |        |  |
|---|---------------|----------------------------|--------|--|
|    | 5カ国、<br>7の組織  | 2006年1月-<br>2008年12月       | 4.5 M  | <b>SeVeCom</b> は自動車通信のセキュリティ要件を定義し、実装を提供する   |
|    | 28の組織         | 2004年3月-<br>2008年2月        | 12.6 M | <b>AIDE</b> は、安全と先進運転支援システム(ADAS)、車内情報システム(IVIS)の融合と携帯デバイスの運転環境への効率的な融合に必要な方法論とヒューマン・マシン・インターフェースを開発する |
|    | 3ヶ国、<br>5の組織  | 2004年1月-<br>2006年12月       | 2.6 M  | <b>AIRNET</b> は複数の空港エリアの交通において、利用者の安全を強化するための場所ベース、通信ベースのサービスを定義し実演する                                  |
|    | 6ヶ国<br>13の組織  | 2006年1月-<br>2008年6月        | 2.5 M  | <b>eIMPACT</b> は高度自動車安全システム(IVSS)の社会/経済的効果、交通安全に与えるインパクトの大きさ、効率性を測定する                                  |
|   | 3ヶ国、<br>4の組織  | 2006年1月-<br>2008年12月       | 2.3 M  | <b>eSafety Support</b> はeSafetyシステムと呼ばれる先進交通システムの巨大なインパクトを公共に認知させる努力を行う、交通のステークホルダーを積極的に支援する           |
|  | 1ヶ国、<br>1の組織  | 2003年12<br>月- 2005年<br>12月 | 0.6 M  | <b>eSCOPE</b> はeSafetyイニシアティブ活動を監視し、進捗を促進するeSafetyのオブザーバーである   |
|  | 2ヶ国、<br>2の組織  | 2005年12<br>月- 2007年<br>5月  | 0.3 M  | <b>EU-INDIA</b> はインドにおいてeSafetyの普及の鍵となる問題を定義し、欧州とインドのステークホルダーの協力を通じてインドの交通システムの交通安全と効率性を改善する           |
|  | 6ヶ国、<br>17の組織 | 2004年3月-<br>2007年2月        | 3.1 M  | <b>EURAMP</b> は交通流の効率性を向上させ、安全にするため、ヨーロッパ高速道路のランプ計測制御を研究する   |
|  | 5ヶ国<br>10の組織  | 2006年1月-<br>2008年12月       | 4.3 M  | <b>FRICTI@N</b> は車々間通信と運転手情報のような統合的・協調的安全システムの性能を向上させるため、摩擦と路面の滑りやすさを推量するための搭載システムを制作する                |
|  | 23の組織         | 2004年3月-<br>2008年2月        | 5.3 M  | <b>HUMANIST</b> は、安全と先進運転支援システム(ADAS)、車内情報システム(IVIS)などの適用でき  |

|   |               |                           |       |  |
|---|---------------|---------------------------|-------|--|
|   |               |                           |       | る情報社会技術の人間中心の設計のためのヨーロッパの先進仮想センターを創る   |
|    | 5ヶ国、<br>16の組織 | 2004年1月-<br>2005年12月      | 4.5 M | <b>IM@GINE IT</b> は安全で、個人化された、位置ベースで高価値のサービスを提供するために、分散知的エージェント、セキュアな通信、先進的位置調整技術とその融合のための研究を行うことで、eSafetyイニシアティブを支援する |
|    | 5ヶ国、<br>6の組織  | 2005年5月-<br>2006年12月      | 0.7 M | <b>ISHTAR</b> は地理位置サービス(LBS)分野において、技術、サービス/アプリケーション、標準化努力の調和に貢献する  |
|    | 4ヶ国、<br>8の組織  | 2004年2月-<br>2007年1月       | 3.6 M | <b>ISMAEL</b> は磁気センサ分野における最近の進歩が、空港においてより良い動作監視を提供できるかどうか判断する  |
|   | 8ヶ国、<br>13の組織 | 2006年2月-<br>2009年1月       | 4.6 M | <b>I-WAY</b> は特別な道路環境と運転手の心理的状況を認識し、ユビキタスマニターを可能とする複数知覚システムを開発する   |
|  | 3ヶ国、<br>6の組織  | 2004年1月-<br>2005年6月       | 1.8 M | <b>SAFE-AIRPORT</b> は地上と空中で少なくとも6航海マイル航空機を検出、追跡可能な二つの受動段階的配列マイク・アンテナに基づいた革新的な音響システムを開発する                               |
|  | 3ヶ国、<br>6の組織  | 2004年1月-<br>2006年6月       | 1.8 M | <b>SAFETEL</b> は電磁気(EM)障害に対して、モーターの焼き付け感受性向上のために、予測、設計、テストのための先進的ツールを提供することで、設計標準の改善を狙う                                |
|  | 2ヶ国、<br>5の組織  | 2006年10<br>月- 2008年<br>9月 | 0.6 M | <b>SAFETY-TECHNOPRO</b> はエンド・ユーザの道路交通のための新しい安全技術の最大限の支持と周知のための最も効率的な手法と着想された、自動車分野の職業のためのトレーニング・システムを定義し、開発する          |
|  | 2ヶ国、<br>2の組織  |                           |       | <b>SEiSS</b> は道路/自動車の高度安全システムの社会的、経済的効果を分析する   |

|   |               |                           |       |   |
|---|---------------|---------------------------|-------|---|
|    | 8ヶ国<br>20の組織  | 2004年1月-<br>2006年12月      | 13.3M | <b>SPARC</b> は重量車と乗用車の両方のために、x-by-wire技術をパワートレインに統合することで、道路安全と交通効率の総合的な改善に貢献する                    |
|    | 8ヶ国、<br>16の組織 | 2006年1月-<br>2008年6月       | 4.0 M | <b>TRACE</b> は交通事故の原因分析と技術の利益による安全の評価を行う  |
|    | 6ヶ国、<br>14の組織 | 2006年1月-<br>2008年10月      | 4.4 M | <b>TRACKSS</b> は安全と効率を目指し道路交通制御の改善の視点で、協調的センシングと交通流の予測のため、インフラストラクチャと交通を取り巻く環境状況のための、新しいシステムを開発する |
|    | 6ヶ国、<br>13の組織 | 2006年1月-<br>2008年12月      | 5.9 M | <b>WATCH-OVER</b> は都市部や、郊外の脆弱な道路ユーザの交通事故防止のための協調システムの設計、実装を行う                                     |
|   | 14組織          | 2005年5月-<br>2008年4月       | 4.4 M | <b>FIDEUS</b> は都市における商品輸送の革新的な手法を開発すること   |
|  | 46組織          | 2003年11<br>月- 2006年<br>4月 | 25.7M | <b>Daidalos</b> は安全でパーソナルで普及した携帯端末ユーザのためのIPv6インフラストラクチャを作ること                                      |
|  | 37組織          | 2006年1月-<br>2008年12月      | 22.1M | <b>Daidalos 2</b> はフェーズ1からの成果を引き継ぎより発展させること   |
|  | 7組織           | 2006年9月-<br>2009年6月       | 3.3 M | <b>HEAVYROUTE</b> は商品輸送のための経路案内システムを開発する  |
|  | 7カ国、<br>10組織  | 2005年3月-<br>2008年2月       | 3.5 M | <b>INTRO</b> は効率性を向上させることで既存道路の限度容量を増やす   |

表 5 ITSに関連する第6次枠組計画

## 6.3 第7次枠組計画のITS関連プロジェクト

第7次枠組計画（Seventh Framework Programme、FP7）とは2007年から2013年までの期間を対象に策定された計画である。7年で505億2100万ユーロ（平均約70億ユーロ）の研究費が捻出される。




欧州の情報通信技術を利用したITSを統括する欧州委員

会によるeSafetyによってまとめられている第7次枠組計画のITS関連のプロジェクトを表6にまとめた。表6はプロジェクトのロゴ、パートナーの国の数と組織数、期間、予算額と概要をまとめた。第7次枠組計画はまだ完結していないため、2013年まで第7次枠組計画のITS関連のプロジェクトはまだ増えていくはずである。よって、表6は2010年3月現在の情報であることを注意して欲しい。前節の第6次枠組計画と同様に、これらの情報は公開されており、CORDISのウェブサイトから調べることができる。

図 20 第7次枠組計画のロゴ

第7次枠組計画におけるITS関連のプロジェクトは現在26あり、予算総額は1億5620万ユーロである。これは、2010年3月25日の為替の1ユーロ=123円換算では日本円で192億円である。最も予算額の大きいHAVE-itには2780万ユーロの予算が投じられている。その他、TeleFOTの1440万ユーロ、euroFOTの1390万ユーロなどの、フィールド運用実験（FOT、Field Operational Test）の予算額が大きい。また、センサー・ネットワーク研究のADOSEの1020万ユーロなどの予算額が大きい。

| プロジェクト  | パートナー         | 期間                   | 予算    | 概要  |
|---|---------------|----------------------|-------|---|
|  | 8ヶ国、<br>18の組織 | 2008年2月-<br>2011年7月  | 27.8M | <b>HAVE-IT</b> は、高度交通システムのための自動運転の長期的展望の実現をめざす                                |
|  | 6カ国、<br>7の組織  | 2008年2月-<br>2010年2月  | 3.0 M | <b>GEONET</b> はIPv6を用いた位置ルーティング/アドレッシングの参照実装を提供する                             |
|  | 9ヶ国、<br>10の組織 | 2008年-<br>2010年3月    | 0.5 M | <b>ARTIC</b> は革新的なアンテナ技術を自動車ネットワークに活用することを目指す                                 |
|  | 4ヶ国、<br>10の組織 | 2008年7月-<br>2010年7月  | 3.8 M | <b>ATESST2</b> は、ATESSTのフェーズ2。EAST-ADL2記述言語を用いて、自動車間の協調システムと設計と検証の溝を埋めることを目指す |
|  | 4ヶ国、<br>8の組織  | 2008年1月-<br>2010年12月 | 3.7 M | <b>eVALUE</b> の目的は、現状の安全システムの評価のための客観的な手法を定義することです                            |

|   |               |                          |       |  |
|---|---------------|--------------------------|-------|--|
|    | 5ヶ国、<br>9の組織  | 2008年7月-<br>2010年12月     | 4.5 M | iTETRISは、交通と無線通信のシミュレータを統合する先進的ツールの開発を目指す  |
|    | 9ヶ国、<br>23の組織 | 2008年7月-<br>2010年7月      | 8.5 M | Predrive C2Xは、自動車通信技術ための大規模フィールド・トライアルを準備します                                     |
|    | 8カ国、<br>11の組織 | 2008年1月-<br>2010年12月     | 10.2M | ADOSEはセンサネットワークとセンサ融合によって検出を改善することで事故防止を目指す                                      |
|    | 9カ国、<br>22の組織 | 2008年1月-<br>2010年12月     | 14 M  | EURIDICEは個人貨物品目と環境とユーザのインタラクションを中心とした情報サービスを構築する                                 |
|    | 7の組織          | 2008年5月-<br>2011年5月      | 1.6 M | E-FRAMEの目的は、協調システムのITSフレームワーク (FRAME) 基盤を拡張することである                               |
|   | 28の組織         | 2008年5月-<br>2011年8月      | 13.9M | euroFOTは、危険検知、事故防止、効率的運転を実現するために運転者を支援する特定の8つの機能を検証するためのフィールドテスト環境を構築する          |
|  | 5ヶ国、<br>12の組織 | 2008年7月-<br>2011年6月      | 6 M   | EVITAは情報漏洩から守るべき慎重に扱うべきデータを守るセキュリティを重視した自動車のためネットワークのアーキテクチャの設計、検証、プロトタイプ提供を行う   |
|  | 8ヶ国、<br>22の組織 | 2007年11<br>月-2008年6<br>月 | 2.1 M | FESTAは基幹となる情報通信技術を検証するための利用可能なテストベッドを構築する  |
|  | 4ヶ国、<br>6の組織  | 2008年1月-<br>2010年6月      | 3.1 M | FNIRは夜間の運転において近赤外線と遠赤外線を使ったセンサを使う可能性を検証する  |
|  | 7ヶ国、<br>9の組織  | 2008年6月-<br>2010年8月      | 1.2 M | FOT-NETは、賢く、安全で、綺麗で快適な交通のための情報通信技術の効率、品質、耐故障性の包括的評価を行うためのフィールド運営テストベッド(FOT)を構築する |
|  | 4ヶ国、<br>8の組織  | 2008年1月-<br>2009年12月     | 0.9 M | IFM-PROJECTは旅行者の対し、ヨーロッパに共通の種類の非接触メディアを提供する                                      |

|   |                |                           |       |  |
|---|----------------|---------------------------|-------|--|
|    | 7ヶ国、<br>10の組織  | 2008年6月-<br>2011年5月       | 6.5 M | <b>INTERSAFE-2</b> は交差点において、ケガや致命的な事故を劇的に減らす協調的・交差点安全システム(CISS)を開発し、実演することを目指す                           |
|    | 6ヶ国、<br>8の組織   | 2008年7月-<br>2012年6月       | 3.1 M | <b>NEARCTIS</b> は何が仮想的研究組織と考えられるかを制定する。共通資源（データ、試験、図書データベース）、知識や実験結果の共有など研究組織の主要要素を選定する。                 |
|    | 2ヶ国、<br>4の組織   | 2008年3月-<br>2010年2月       | 2.5 M | <b>PRECIOSA</b> はアプリケーションが個人の地理位置関係の適切なプライバシー保護をできることを実演し協調的システムがプライバシー規制に対応することを示す                      |
|    | 9ヶ国、<br>14の組織  | 2007年12<br>月- 2010年<br>5月 | 4.9 M | <b>ROADIDEA</b> は利用可能なデータ源、現状の問題点、データ利用やサービス構築の障害を分析することで、欧州ITS分野の革新潜在力を調査する                             |
|  | 11ヶ国、<br>18の組織 | 2008年1月-<br>2010年6月       | 4.7 M | <b>ROSATTE</b> は安全関係の道路コンテンツにおいて、公的機関から商業地図供給者へ、効率的で高品質なデータ供給チェーンを構築する                                   |
|  | 7ヶ国、<br>19の組織  | 2008年1月-<br>2010年12月      | 5.4 M | <b>SAFERIDER</b> はバイクにおいて先進運転支援システム(ADAS)と車内情報システム(IVIS)の融合を研究し、効率的で乗り手に便利なインターフェースと、安全で快適なインタラクションを開発する |
|  | 2ヶ国、<br>2の組織   | 2008年1月-<br>2010年6月       | 1.4 M | <b>SCVP</b> は大衆メディア放送を通じたeSafetyシステムの周知のために高品質テレビビデオ・ドキュメンタリーを制作する                                       |
|  | 7ヶ国<br>10の組織   | 2008年1月-<br>2010年6月       | 3 M   | <b>SMARTFREIGHT</b> は、都市エリアの輸送・運輸制御を都市交通制御システムと融合させる情報通信技術の仕様策定、実装、評価を行う。                                |
| SMART-VEI   | 12ヶ国<br>15の組織  | 2008年3月-<br>2011年2月       | 5.5 M | <b>SMART-VEI</b> は運転者の行動モデリングを基にして、安全強化・事故防止のために、先進的ドライバー支援システムを研究する                                     |


|   |                |                     |        |  |
|---|----------------|---------------------|--------|--|
|  | 10ヶ国、<br>24の組織 | 2008年6月-<br>2012年5月 | 14. 4M | TeleFOTは大規模実験テストによって自動車内の補修部品市場や移動デバイスによって提供される機能のインパクトを評価する |
|---|----------------|---------------------|--------|--|

表 6 ITSに関する第7次枠組計画

## 6.4 枠組計画のプロジェクト

### 6.4.1 Coopers



期間：2006年2月-2010年2月

予算：1680万ユーロ

Website: <http://www.coopers-ip.eu/>

COOPERSは知的交通安全のためのプロジェクトであり、欧州の発展と研究（R&D）に寄与する。情報社会・メディアに関する欧州委員会による6番目の枠組計画のCall14（協力システムと安全システム）内における活動である。COOPERSは路傍の機器と自動車間の「協力的交通管理」という長期目標を掲げ、道路交通における革新的な無線通信アプリケーションの開発を重点的に取り扱う。無線通信アプリケーションの普及の溝を埋めることを目的とする。このプロジェクトは、高速道路部門における自動車と路傍の機器間の協調と交通情報伝達のアップデートによる道路の安全促進を目的とする。COOPERSシステム概念の批准と走行テストはフランス、ベルギー、オランダ、ドイツ（ベルリンとバイエルン）、オーストリア、イタリアの公共高速道路部門において実施される。

### 6.4.2 CVIS



期間：2006年2月-2010年2月

予算：4100万ユーロ

Website: <http://www.cvisproject.org/>

CVIS（自動車インフラストラクチャシステム共同組織）は道路関連インフラストラクチャ周辺と自動車間相互の伝達に必要な技術設計、発展、実験を目指す主要で新しい欧州研究と発展のための計画である。リアルタイム道路交通情報を基礎に、今までにない新しい多くのアプリケーションが生産できる。結果として道路の安全と能率が増大し、環境への影響が低減する。当プロジェクトの大きな目的は、運転手や自動車や商品がどのように運ばれ、道路インフラストラクチャの相互作用をどのように再定義し、旅行者や商品のための可動性の改革を始動させることである。

CVISを利用して運転者は直接的に交通制御システムに作用し、目的地到達までの最短経路の指示を得る。道路標識に表示された情報は無線で利用でき、車内表示機に表示される。この表示機は緊急車両の接近を運転手に警告することも可能である。事故関係者のためには緊急車両のより危険の少なくより迅速な事故現場到着が、一般車両には緊急車両をスムーズに通過させる道路

情報が期待できる。同様にして危険物積載車両の追跡が常時可能であり、事前選択された安全経路の走行ができる。革新の鍵となる他のものには精度の高い位置確認と動的局地地図、オンラインサービスに接続するための安全な公開アプリケーションの枠組み、そして走行中車両や路傍の検出器やセンサーからの監視データを収集統合するシステムが含まれる。しかしこれらのことは異種の自動車メーカー間、自動車と異型の路傍システムに十分な相互操作性がある場合のみに可能である。CVISはそれゆえIPv6が異なる通信媒体と異種のアプリケーション間で収束層として供給するCALM標準から着想された通信基盤を開発する予定である。

それは移動ルータが携帯情報網と無線地域情報網（M5）、短距離マイクロ波もしくは赤外線、車両を路傍の装備とサーバ、IPv6の使用もしくは高速専用通信プロトコルを含む広域の通信媒体の使用を認めるようにする。この計画は移動体通信の存続のために、ISO標準“CALM”への適用・承認を予定している。又、欧州と世界標準化組織の標準策定のための情報を供給する。このプロジェクト結果が認可されるために全てのCVIS技術とアプリケーションは欧州六カ国（フランス、ドイツ、イタリア、オランダ／ベルギー、スウェーデン、イギリス）の試験環境にて検証される。

しかしながら技術革新の障害は全ての自動車が走行する車道のみならず、あらゆる交通の権利、道路標識、CVIS仕様の技術が装備された全ての車道上にある。多数の非技術的障害も克服せねばならない。CVISプロジェクトはそれゆえ、受け入れユーザ情報と安全対策、開かれたシステムと相互操作性、危険と責務、公的政策（ポリシー）の必要性、費用／利益そしてビジネスモデルや実施のためのロールアウトプランのような「Deployment Enablers—展開手段を可能にさせるもの」の難関に立ち向かうためのツール一式を創造する。

### 6.4.3 Safespot



期間：2006年2月-2010年2月

予算：3380万ユーロ

Website: <http://www.safespot-eu.org/>

SAFESPOTは第6次枠組計画のイニシアチブの間での共同出資による統合研究プロジェクトである。目的は、道路の安全のための躍進を産み出すためにインテリジェント自動車とインテリジェント道路がどのように協力できるかの理解である。ねらいは先行する潜在的な危険状況を検出し、運転者の認識する周辺環境の時空間を拡張するという安全な二次的補助発展による交通事故防止である。安全な二次的補助は、自動車間、自動車とインフラストラクチャ通信間を基礎にした高度協力システムである。オンボード検知器で適切に統合された情報網により供給される安全に関わる情報を使用し、適切な情報あるいはドライバーに対する警告を提供する。技術開発は技術を動作可能にする要所として以下のようなアプリケーションを含む。

- 車両と路傍の機器を結ぶアドホック情報網によるデータ通信
- 性格な相対的位置づけ



- 動的地域図
- インフラストラクチャにおいて使用される無線センサーネットワーク

加えてサブ・プロジェクト (BLADE) は法律、ビジネス、組織的展開の視点を扱っている。これらの局面はシステム実現化のための開発に重要である。SAFESPOTアプリケーションと技術はフランス、ドイツ、イタリア、オランダ、スペイン、スウェーデンの試験サイトにおいて検証される予定である。

#### 6.4.4 SeVeCom



期間：2006年1月-2008年12月

予算：450万ユーロ

Website: <http://www.sevecom.org/>

SeVeCom (安全車両通信 : Secure Vehicular Communication)は自動車通信のためのセキュリティ要件の完全な定義と実装を提供するEU出資のプロジェクトである。SeVeComの展望は、道路の安全改良と道路交通最適化の保証を維持するために未来の自動車間と自動車とインフラストラクチャ間通信が幅広く展開されることである。SeVeComは自動車間、自動車とインフラストラクチャ通信間の安全と個人情報保護両方を含む未来の自動車通信網の安全保障に取り組む。当該のネットワークの安全なアーキテクチャを定義すること、およびネットワークに保全機能の統合のための道路地図の提案することを目的とする。SeVeComは広域な安全への脅威に対する未来の交通安全アプリケーションのセキュリティ強化の目標と共に道路交通に特化した通信に従事する。以下の三つの主要な見地が研究される。

- 偽情報、サービス拒否もしくは身元識別に関する不正行為等の脅威
- データ認証、可用性、プライバシー等の要件
- ネットワーク規模、プライバシー、費用と信用を含む運営上の特性

#### 6.4.5 FRAME, E-FRAME



期間：2008年5月-2011年5月

予算：160万ユーロ

Website: <http://www.frame-online.net/>

FRAMEは、欧州委員会により出資された一連の計画に与えられた総称である。これらのうちの二つ (FRAME-SとFRAME-NET) はとりわけ発展しており、初期のKARENプロジェクトによって生産された欧州のITS フレームワークアーキテクチャを促進した。フレームワークアーキテクチャは利用者の需要と機能性支援一式を包括する。フレームワークアーキテクチャの利用による奨励と支援のためにツールと他の援助が有効であるのは2つのFRAMEプロジェクトによって行われた研究の結果である。研究の副産物としてはフレームワークアーキテクチャがより分かり易く《FRAME》として多くに知られるようになった。2004年10月のFRAMEの終了以来、フレームワークアーキテクチャの支援は

FRAME Forumによって提供された。Forumの会員は、アーキテクチャの初期のユーザの多くを包括し、フレームワークアーキテクチャに一層の特別な振興と支援の付与がなされることを可能にした。より新しいところでは、E-FRAMEプロジェクトが発足した。欧州委員会により出資されたこの計画は、ITSの欧州での実現における協力機構の展開のための支援を包括するためにアーキテクチャを拡大する予定である。研究計画は、FRAMEが達成過程に使用する情報の生産のためのこれらITS実現のツールとして使用されることを可能にする。E-FRAMEは既存のITSアーキテクチャの運用可能性問題と発展のためのアドバイス提供と協力機構を包括するための欧州ITSフレームワークアーキテクチャを拡張することをねらいとする。

#### 6.4.6 GeoNet



期間：2008年2月-2010年2月

予算：300万ユーロ

Website: <http://www.geonet-project.eu/>

欧州における交通の安全を高める必要性から、欧州委員会は2010年までに交通事故死を半分にすることを約束した。GeoNetプロジェクトは、IPv6をサポートした地理位置経路制御と地理位置アドレッシングにおける参照実装を提供することでこの目標の達成に大きく貢献する。この実装を用いることで、車車間通信と路車間通信において地理位置情報を用いて対象とするエリアに安全に関連するメッセージを通知することができる。

C2C通信コンソーシアムにおいて安全アプリケーションに最適なC2CNetの仕組みの仕様が大きく進められているため、その仕様の定義を拡張しない。GeoNetは、C2CNet層とIPv6との接点の仕様を定義し、その仕様に沿ったソフトウェアを開発することで、C2C通信コンソーシアムの基礎的な成果を次の段階に進める。よってGeoNetのゴールとは、協調システムの中で動作する1モジュールとしてソフトウェアを開発し、ネットワーキング機能を正式に検証することである。GeoNetプロジェクトはCVIS、Safespotプロジェクトによる研究成果を受領するだけでなく、地理位置経路制御機能をそれらのプロジェクトと融合させる。GeoNetが地理位置経路制御機能を実装すれば、継続中及び将来の協調システムのためのプロジェクトは、アーキテクチャ設計、アプリケーション開発、フィールド実験などに集中することができる。

#### 6.4.7 ANEMONE



期間：2006年12月-2008年12月

予算：330万ユーロ

Website: <http://www.ist-anemone.eu/>

現在のインターネットの挑戦は、何億台もの固定・移動の利用者、デバイスなどの将来の要求や利用方法を満たすこと、どんなタイプのデータでも信頼できるデータ転送、シームレスな常時接続である。これによって、移動無線端末による、新しく複雑なアプリケーションやサービスを検証できる実験環

境の必要性が、研究者や開発者の間で高まってきている。したがってANEMONEプロジェクトの主な目的は、彼らに新技術を検証できる遊戯場を与え、明日のインターネットの世界を発明するのを助けることである。ANEMONEプロジェクトは、現在と将来の無線接続技術を用いたIPv6移動体通信支援とマルチホーミングが融合した移動体ユーザやデバイスのための大規模実験環境を提供する。

#### 6.4.8 iTETRIS



期間：2008年7月- 2010年12月

予算：450万ユーロ

Website：<http://ict-itetris.eu/>

道路管理者にとって、最も重要な疑問はどれぐらいの投資額と都市部交通の道路工学アプリケーションの効率性が見積もられるのか？ということである。車車間通信と路車間通信の通信技術はリアルタイム交通情報交換を通じた交通制御の効率を高めることができることは間違いない。しかし、協調ITSシステムがフィールド実験で評価され、広く普及する前に、道路管理者は都市レベルの利益とそれぞれのシナリオに向けた、それらの解決法の効果の明白な証拠が必要である。

iTETRISプロジェクトは、企業と道路管理者と通信専門家の協力を作り上げる、オープンで、ETSI標準準拠で、融通の聞くシミュレーション・プラットフォームを開発するために設立された。iTETRISはITS協調システムの性能分析を都市レベルで行える、簡単に特定のシナリオに適合する、無線通信と道路交通を一つのシミュレーション・プラットフォームに融合する。iTETRISによって開発されたシミュレーションの正確さと規模は、都市の交通工学効率性、運用戦略、通信相互接続を明らかにするだろう。

iTETRISは欧州を、この研究分野でリーダーとしておくために、また日本と米国の競争力のあるパートナーとしてとどめておくために、トップ水準の科学者と開発者を連れてきた。iTETRISは自動車交通制御を改善する無線自動車通信技術の能力を証明するための様々な必要な技術的目的に向かって働く。上記の目的のため以下の小目的を定めた：

- 以前になかった水準の正確さで大規模自動車通信のシナリオに取り組む
- いまだ世界に存在しない道路交通制御のための協調ICTシステムの先進評価のためのヨーロッパ規模の、オープンなプラットフォームを手助けする
- より自動的で適応的な、協調技術による新しい水準の粒度での新しいハイブリッドな交通制御戦略を開発する。
- 高度に正確なエネルギー、騒音、汚染、無線リンクモデルを備えた、現状の交通移動と自動車通プラットフォームを増強し、それらを開発するシミュレーション・プラットフォームに統合する

- 例えば、移動時間、交通渋滞、エネルギー消費、汚染などの新しい交通ネットワーク効率性を定量化した、新しい交通メトリックを定義する。
- 現在低く見積もられている無線リンクの様々な状態を扱うことのできるデータ伝播と経路制御プロトコルを提案する
- 車車間通信のシナリオにおいて、先進的な車車間通信／路車間通信の協調ICT戦略を提案する
- 車車間通信技術の普及率が低い過渡期に、最適で適した通信戦略を分析し提案する
- 通信品質と最終的に、利用者のエクスペリエンスと安全を保証する自動車通信のための適性で、強固な、自己最適化できる通信プロトコルを開発する

#### 6.4.9 Predrive C2X



期間：2008年7月- 2010年7月

予算：850万ユーロ

Website：<http://www.pre-drive-c2x.eu/>

PRE-DRIVE C2Xは自動車通信技術のための大規模フィールド・トライアルを用意する。車車間通信と路車間通信のための欧州のCOMeSafetyアーキテクチャに立脚し、プロジェクトは詳細な仕様を開発し、検証され利用可能なプロトタイプを開発する。プロトタイプは将来フィールド運用実験で使うのに十分であるぐらい安定したものを仕上げる。

PRE-DRIVE C2Xは安全、効率、環境のための予期される利益を見積もるための包括的なアプローチを和にする協調システムのための統合シミュレーションモデルを開発する。これにはフィールド運用実験の枠組で研究所の環境と実際の道路において、協調システムの機能検証とテストをするための全てのツールと方法が含まれる。

PRE-DRIVE C2Xのツールと方法は利用者の承認を含め、その適正な機能を検証し、影響力を評価するため、プロトタイプ・システムに応用される。PRE-DRIVE C2Xは欧州域内の車車間通信と路車間通信技術の実装の道筋をつけることと、予防安全の次の飛躍に貢献するために努力する。

### 6.5 その他の欧州プロジェクト

その他の欧州内のプロジェクトとしては、まず1994年から1998年までの第4次枠組計画と1998年から2002年までの第5次枠組計画がある。これらのプロジェクトを第6次以前の枠組計画として表7にまとめた。次に、各国や各地域が設置したプロジェクトや活動、組合などがある。これを各国及び各地域のプロジェクトとして、表8にまとめた、最後にその他のプロジェクトとして、有志プロジェクト、各企業の活動、企業連合が議論のためにジョイント・ベンチャーなどを設立した例がある。これらをそれらのプロジェクトと活動として表9にまとめた。

### 6.5.1 第6次以前の枠組計画

| 名前  | 備考  |
|---|---|
|  | SATINは第4次枠組計画のDRIVE IIプロジェクトのタスクフォース。1994年開始。   |
|  | CONVERGEは第4次枠組計画のプロジェクト，（1998年完了）   |
|  | KARENは第4次枠組計画のプロジェクト，（1998-2000年）   |
| ROADSENSE   | 第5次枠組計画のプロジェクト（2001-2004年），4.4Mユーロの予算   |
|  | CarTALK2000は第5次枠組計画，3.81Mユーロの予算，3カ国，7の組織（2001-2004年）， <a href="http://www.cartalk2000.net/">http://www.cartalk2000.net/</a> |
|  | ADASE IIは第5次枠組計画（2001-2004年），<br><a href="http://www.adase2.net/">http://www.adase2.net/</a>                                |

表7 第6次以前の枠組計画

### 6.5.2 各国及び各地域のプロジェクト

| 名前  | 備考   |
|---|--|
|  | INVENTはドイツのITSプロジェクト， <a href="http://www.invent-online.de/">http://www.invent-online.de/</a>                                      |
|  | Aktivはドイツの29組織のプロジェクト，4年間，2010年まで， <a href="http://www.aktiv-online.org/">http://www.aktiv-online.org/</a>                         |
|  | FleetNetはドイツの6企業、3大学のプロジェクト（2000-2003年）  |
|  | Now (Network on Wheels) はFleetNetを引き継いだドイツのプロジェクト， <a href="http://www.network-on-wheels.de/">http://www.network-on-wheels.de/</a> |
| CARLINK   | スペインのITSプロジェクト， <a href="http://carlink.lcc.uma.es/">http://carlink.lcc.uma.es/</a>  |
| CFVD  | 2004年に始まったベルギーのプローブ情報システム  |
|  | Mediamobileは1996年よりフランスでRDS/TMCを使ったライブ交通情報を開発， <a href="http://www.mediamobile.fr/">http://www.mediamobile.fr/</a>                 |
|  | OPTISはスウェーデンの政府と企業のプロジェクト（2000-2002年）  |
|  | PREDITはフランスの交通に関する研究計画，<br><a href="http://www.predit.prd.fr/">http://www.predit.prd.fr/</a>                                       |
|  | SIM-TDはドイツのプロジェクト，13組織，69Mユーロの予算， <a href="http://www.simtd.de/">http://www.simtd.de/</a>  |
| SISCOGA   | スペイン・ガシリア州のプロジェクト（2007年-2010年），0.2Mユーロの予算  |
|  | SPITSはドイツの13組織とドイツ・経済省のプロジェクト，   |



|   |   |
|---|---|
|   | <a href="https://spits-project.com/">https://spits-project.com/</a> |
|  | VASはVehicle Alert System, スウェーデンのプロジェクト (2005-2008年)                |
|  | G6はフランス語圏のIPv6に関わるあらゆる局面を取り扱う組合                                     |

表 8 各国及び各地域のプロジェクト

### 6.5.3 その他のプロジェクトまたは活動

| 名前  | 備考  |
|---|---|
| ASTRA   | スマートダストのITS応用,<br><a href="http://research.cs.ncl.ac.uk/astra/">http://research.cs.ncl.ac.uk/astra/</a>     |
| CVHS  | Development Study for Cooperative Vehicle Highway Systems   |
|    | CVTA, Connected Vehicle Trade Association, 非営利団体  |
|    | FREILOT コンソーシアムは都市部の商品輸送を効率化する,<br>2009年から2.5年, <a href="http://www.freilot.eu/">http://www.freilot.eu/</a> |
|   | INFONEBBIAはフィアット社とイタリア道路機関のプロジェクト   |
|  | IVSSは道路安全のための研究開発を刺激するためのジョイント・ベンチャー, <a href="http://www.ivss.se/">http://www.ivss.se/</a>                 |
| PROMETHEUS  | 1986年にダイムラー・ベンツ社によって開始されたプロジェクト   |
| RTMS  | 衛星による交通状態の把握, Road Traffic Monitoring by Satellite  |
| XFCD  | Extended Floating Car Data, BMWの自動車情報交換システム   |

表 9 その他のプロジェクトまたは活動

## 7章 ヨーロッパのITS分野の活動の概要

2006年2月、欧州では、情報通信技術（Information Communication Technologies, ICT）を利用して、交通システムを効率化するため、インテリジェント自動車イニシアティブ（Intelligent Car Initiative）が設立された[4]。インテリジェント自動車イニシアティブは、2005年に発足した“i2010～成長と雇用のための欧州情報社会”[5]の3つの柱の一つである、“情報通信技術が生活水準の向上にもたらす貢献の認知度を高める目的”の最重要のイニシアティブと位置づけられた。

インテリジェント自動車イニシアティブは、1) eSafetyフォーラムの運営、2) 情



報通信技術の研究計画、3) 認知度向上のための行動を目的とする。

図 21 インテリジェント自動車イニシアティブのロゴ

本章ではまず、欧州と世界との関わりを概観する。欧州が世界と関わる上で特に重要となる、eSafetyフォーラムは欧州のITS分野を調整する要のような存在となっており、本章では、まずこれを解説する。また、eSafetyフォーラムの車車間通信と路車間通信を対象とする分野についてはCOMesafetyが支援している。これは欧州におけるITS分野における通信のコンセンサスをつくる場として機能しているため重要であり、次に解説する。また、欧州プロジェクトなどの報告書から想定する様々なITSシナリオが集まってきていて、同意が形成されつつあるので、説明する。最後にこれらのシナリオを満たすITS基盤が定義されつつあり、それらを概観する。

### 7.1 eSafetyフォーラム

eSafetyフォーラム<sup>8</sup>は2003年に欧州委員会によって設置され、企業、産業協会、公共セクターなどの道路交通安全に関わる全ての利害関係者の緊密な協調の場となっている。eSafetyの目的は、作業部会による勧告の実装を促進、監視し、そ



図 22 eSafetyフォーラムのロゴ

の開発、普及、eSafetyシステムの利用を支援することである。この組織は、年に6回ミーティングを行う統括グループによって運営されている。統括グループは作業計画を定義し、またメンバーや作業部会を管理する。2003年、eSafety作業部会とその他の協議の結果、欧州委員会は情報通信と安全とインテリジェント自動車のための通信技術を採用した[46]。

欧州委員会の決定した11の行動は以下の3つの区分に分けることができる。

- 先進的な統合安全システムを促進する
- 規制と標準規定を採用する

<sup>8</sup> eSafetySupport.org eSafety Forum:

[http://www.esafetysupport.org/en/esafety\\_activities/esafety\\_forum/](http://www.esafetysupport.org/en/esafety_activities/esafety_forum/)

- 社会的・ビジネス的な障害を取り除く

この共通のプラットフォームで様々な作業部会が組織され、勧告によって以下の対象となる重要な問題と技術を扱っている：1) 事故原因分析、2) 通信、3) デジタル地図、4) 緊急電話 (eCall)、5) 重量車、6) ヒューマン・マシン・インターフェイス、7) エコで効率的な移動のための情報通信技術、8) 道路地図の実装、9) 先進的インフラストラクチャ、10) 大陸間協力、11) 携帯端末フォーラム、12) リアルタイム交通情報 (RTTI)、13) 研究開発、14) eSaturity、15) サービス指向基盤、16) 利用者支援活動。

## 7.2 COMeSafety

COMeSafetyプロジェクト[47]は車車間通信と路車間通信における争点について、前節のeSafetyフォーラムを支援するために設置された。



図 23 COMeSafetyのロゴ

COMeSafetyはeSafetyのための通信

(Communication for eSafety) を意味し、第6

次枠組計画で特別支援行動 (SSA、Specific

Support Action) として設立された。活動期間は2006年1月1日から2009年12月31日までである。

COMeSafetyは情報交換と成果の提示の両方のためのプラットフォームを提供する。また、主要な国際会議と報道イベントについて定期的な電子広報と出版物を出すことで、広報努力を補完する。欧州と世界の調和のため、関係を保ち、eSafetyフォーラムと全ての利害関係者を結びつけるために、ワークショップを開催する。

図 24はCOMeSafetyと世界の組織との関係を示したものである。まず、COMeSafetyはC2C通信コンソーシアムとeSafetyフォーラムの繋ぎ役として機能し、欧州と各国の研究プロジェクトの結果を整理統合する。また、COMeSafetyの整理統合された成果物や知見は、欧州と世界の標準化組織に提出される。特に、欧州における周波数割り当て手続きは欧州電気通信標準化機構 (ETSI) と欧州郵便電気通信主管庁会議 (CEPT) の技術グループの支援のもとに行われる。同様に、国際標準化機構 (ISO) と米国電気電子学会 (IEEE) の決定も考慮される。さらに、日本のAHSRAやASV3や、米国のVSC、VIIとの調和を目指す。



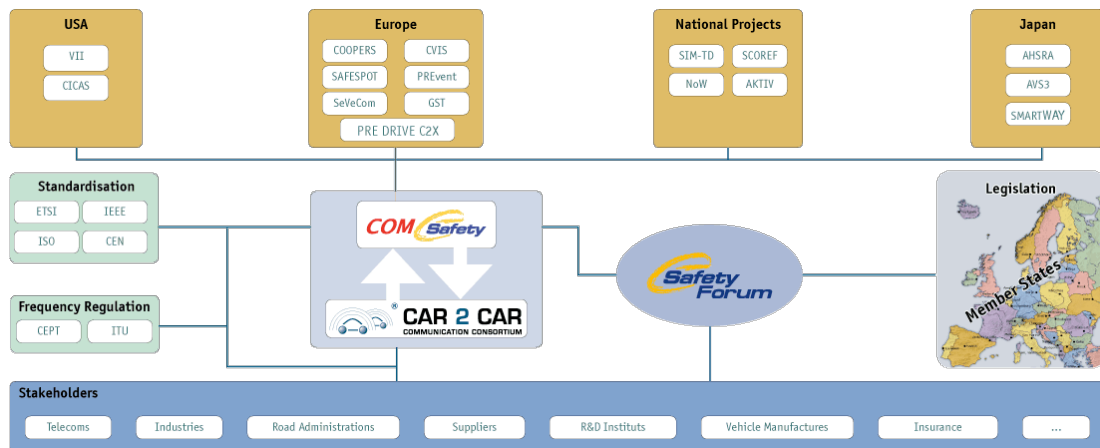


図 24 COMeSafetyと世界の組織との関係

(出典) 参考資料[47]より

### 7.3 COMeSafetyによる調整手続きのアプローチ

2006年にCOMeSafetyが始まった時、多くの欧州プロジェクトや活動が予定もしくは開始されており、様々な視点から車車間通信と路車間通信を用いた協調システムが扱われていた。当時、研究成果を整理統合し、研究成果を欧州または世界の標準化組織に紹介することを支援する、欧州域内の手続きが欠如していた。したがって、図 25に示される欧州プロジェクト及び各国プロジェクトの研究成果を整理統合する新しい手続きがCOMeSafetyの原則である。基本的な考え方としては、まず熟慮の末、プロジェクトの要件を集める。次に、これらの要件を整理統合する。そしてこれらの整理統合の結果は、欧州と世界の標準化組織や周波数割り当て手続きに提出される。

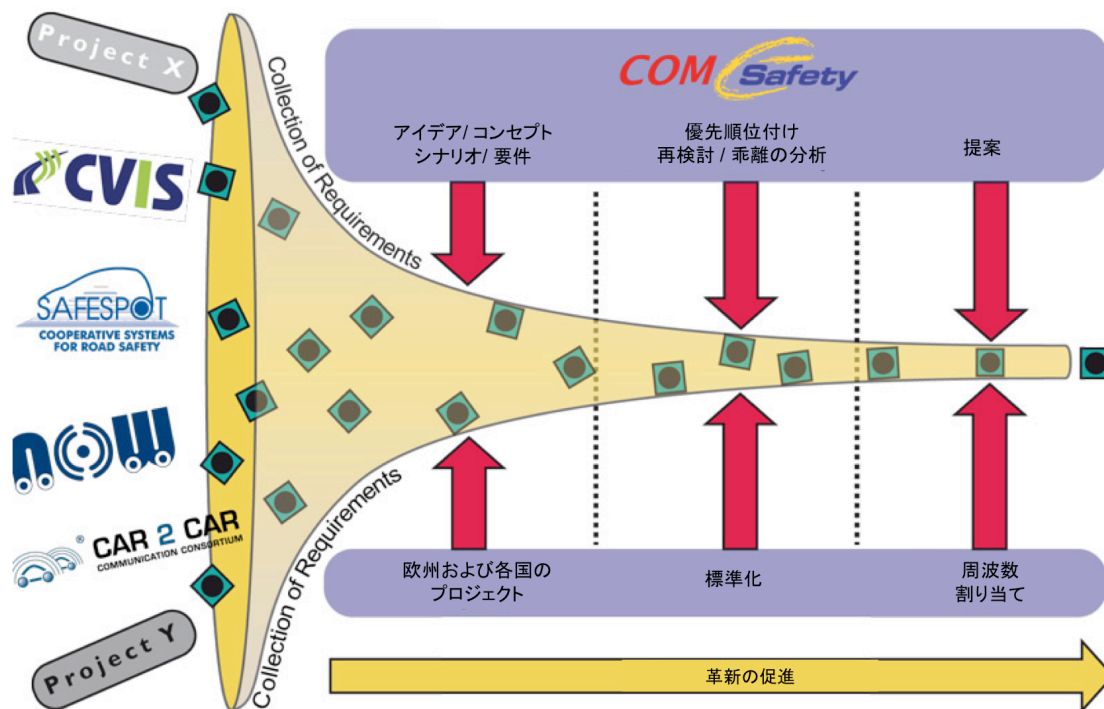


図 25 COMeSafetyによる調整手続きのアプローチ

(出典) 参考資料[47]より筆者作成

COMeSafetyは基盤タスクフォースを運営し、要件の収集と整理等後の両方を行い、基盤の枠組を定義する。現在、活動中の3つの巨大統合プロジェクト（CVIS、COOPERS、SAFESPOT）は活動的にこの仕事に参加している。さらにこれらのプロジェクトのメンバーは、技術的詳細を調整するための産業界に渡るプラットフォームを提供し、ETSIにおいて欧州における標準化をすすめる、C2C通信コンソーシアムでも活動的である。図 26は様々なプロジェクトと標準化組織のつながりを示している。協力、整理統合、調整、標準化の一連の手続はCOMeSafetyによって発展させられる。

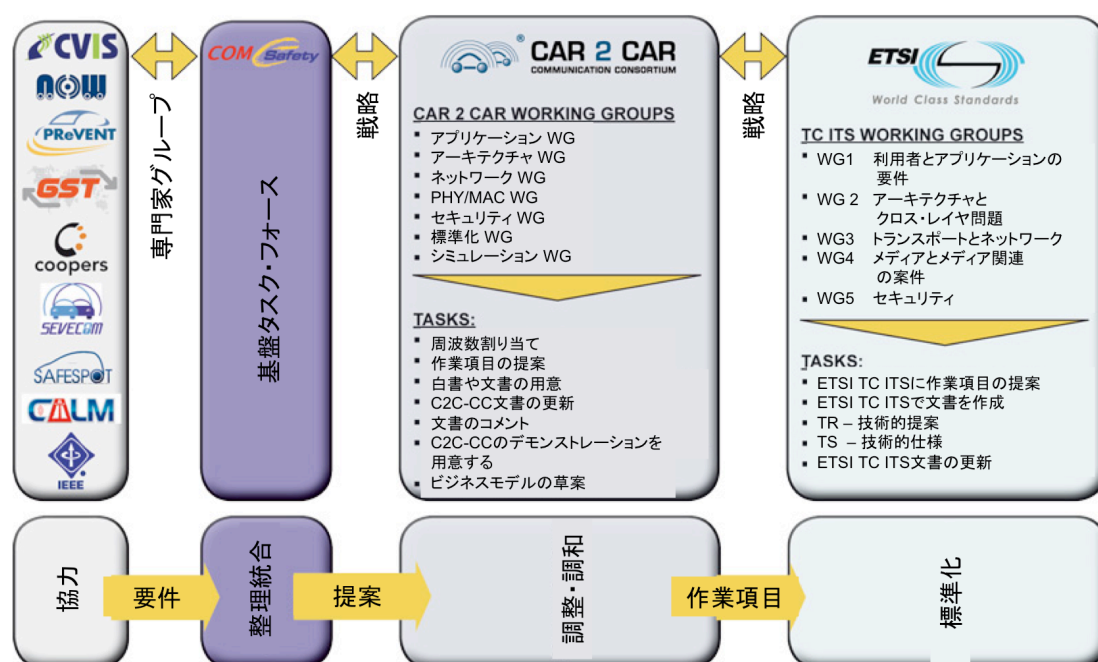


図 26 COMeSafetyの協力、整理統合、調整、標準化のプロセス

(出典) 参考資料[47]より筆者作成

主要な問題となるのは、最適な進捗を得るための方法を見るることである。この問題を解くために、様々な団体から招聘した専門家グループ（Group of Experts）を設立し、すべての活動を厳正な審査のもと調整する。COMeSafetyによって与えられる専門家グループの主要な仕事は以下の通りである。

- C2C通信コンソーシアムとの対話
- 欧州及び世界の標準化組織との連絡
- 関連するプロジェクト間の仕様と要件の補償

専門家グループは 関連する欧州プロジェクトと標準化団体との情報交換とコントロール・センターだとみなせる。また、別の視点から見れば、専門家グループはCOMeSafetyとC2C通信コンソーシアムとの橋渡しとも見ることができ。図 27はCOMeSafetyとその他の組織との関係を専門家グループの役割をまとめたものである。

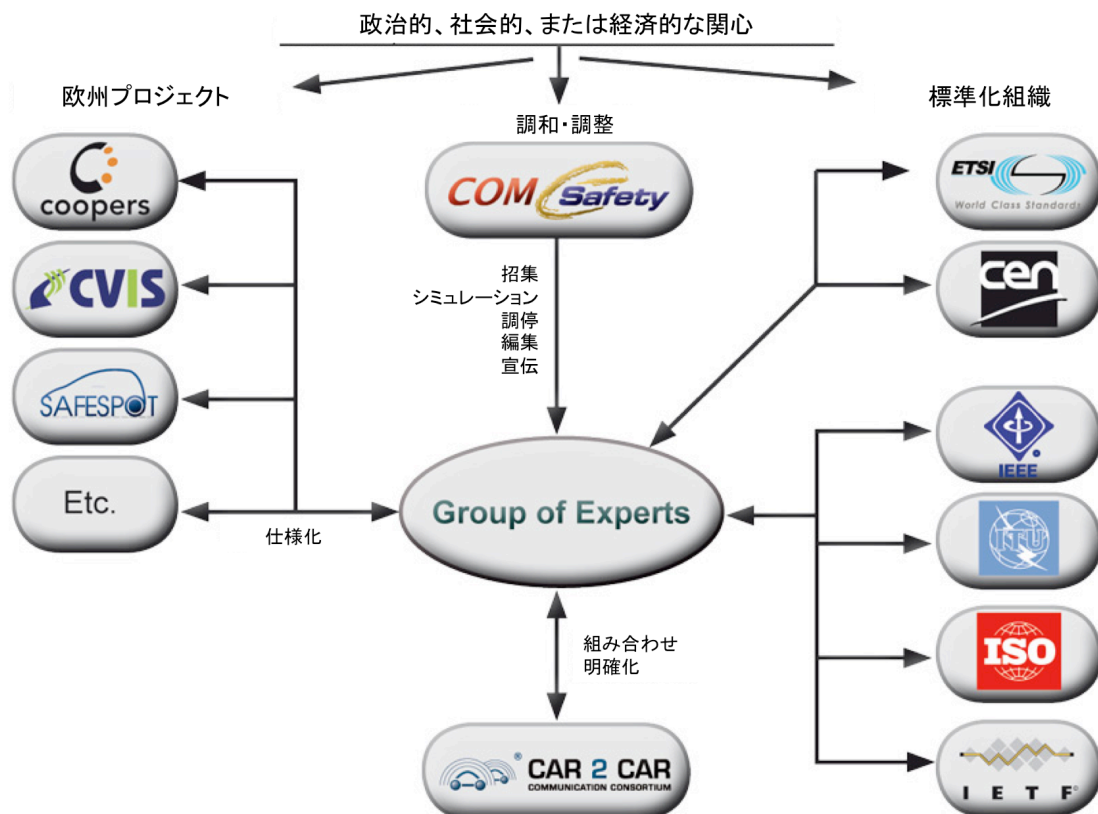


図 27 専門家グループの役割

(出典) 参考資料[47]より筆者作成

## 7.4 同意が形成されつつあるITSシナリオ

7.2節にて解説を行ったCOMeSafetyは第6次枠組計画の一環として設立され現在は完了している。2010年2月、多くの欧州プロジェクトの成果を整理統合し、COMeSafetyは最終報告書[49]を公開した。報告書によると、ITSのシナリオのなかには大きく分けて以下の4つの要素が存在する(図28)。

- ITS自動車局 (ITS Vehicle Station)
- ITS沿道局 (ITS Roadside Station)
- ITS中央局 (ITS Central Station)
- ITS個人局 (ITS Personal Station)

ITS自動車局は、車車間通信及び路車間通信をつかさどる自動車・通信管理ユニット (Vehicle Communication and Control Unit, CCU) と、ITSアプリケーションを実行する自動車・アプリケーション・ユニット (Vehicle Application Unit, AU) から成る。また、自動車の制御系ネットワークに接続している様々な電子制御ユニット (ECU) には、車内ネットワークに接続した車内ゲートウェイ (Vehicle Gateway) を介して接続することができる。

ITS沿道局は、ITS自動車局または他のITS沿道局との通信を担当する沿道・通信管理ユニット (Roadside CCU) とITSアプリケーションを実行している沿道・アプリケーション・ユニット (Roadside AU) から成る。ITS沿道局は沿道ゲートウェイ (Roadside Gateway) を通じて、路傍のセンサーや制御機器

に接続することができる。これらは、例えば、路傍に設置されている信号や可変情報表示装置（Variable Message Sign、VMS）やその制御機器などである。また、必要であればITS沿道局は境界ルータ（Border Router）を通じてインターネットなどのバックボーンに接続することができる。

ITS中央局は、最小構成においては、ITSアプリケーションが実行されている1台の中央アプリケーション・ユニット（Central AU）からなる。このITSアプリケーションは自動車の情報を用いた付加価値サービスを提供する。例えば、広範囲の自動車の情報を収集するプローブ情報システムなどが考えられる。

ITS個人局は、個人・通信管理ユニット（Personal CCU）と個人・アプリケーション・ユニット（Personal AU）からなる消費者の持つ携帯端末である。歩行者や自転車に乗っている人たちが持ち運んでいることを想定している。論理的構成は2つの機能に分かれているが、実際には1台が2つの機能を持っていても良い。ITS個人局が自動車に接続されているとき、ITS自動車局であると捉えられる。

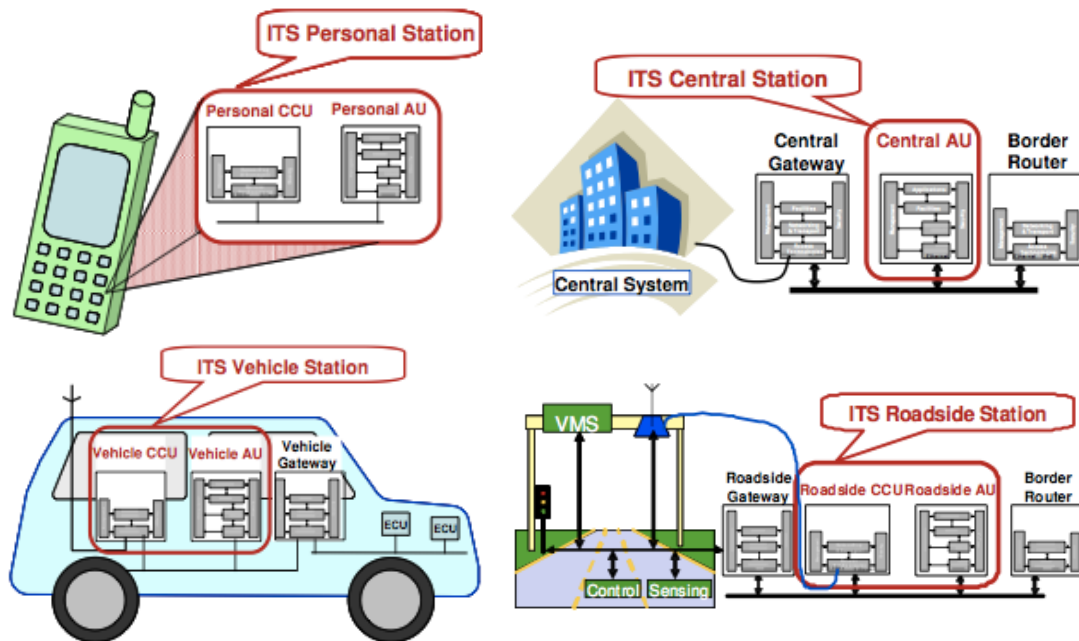


図 28 COMeSafetyのITSシナリオの要素

（出典）参考資料[49]より

上記のシナリオとシナリオの要素は、CVISプロジェクト[50]やGeoNetプロジェクト[55]を始め、数多くの欧州プロジェクトの共通のものとなっている。図 29はCVISのシナリオであり、若干の専門用語の違いはあるものの、ほぼ同一のシナリオとなっている。

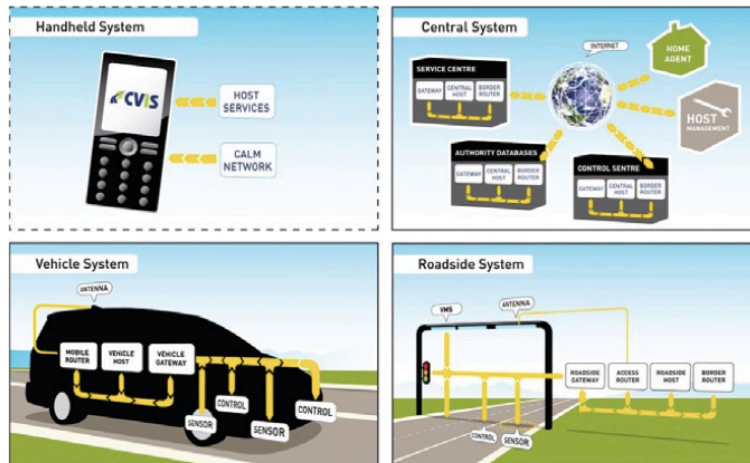


図 29 CVISのITSシナリオの要素

(出典) 参考資料[50]より

一方、C2C通信コンソーシアムはCOMeSafetyとほぼ同様のシナリオを定義しているのだが、図 30に示すように各機能を持つ機器の名称が若干違う。自動車に設置された車車間通信及び路車間通信をつかさどるルータを車載ユニット (On-Board Unit、OBU) と呼び、路傍に設置されるルータを路傍ユニット (Road Side Unit、RSU) と呼ぶ。また、自動車内でITSアプリケーションを実行する機器をアプリケーション・ユニット (Application Unit、AU) と呼ぶ。GeoNetプロジェクトなどは、シナリオをCOMeSafetyと共有しつつ、各機器の名前はこちらの用語で統一していた[55]。

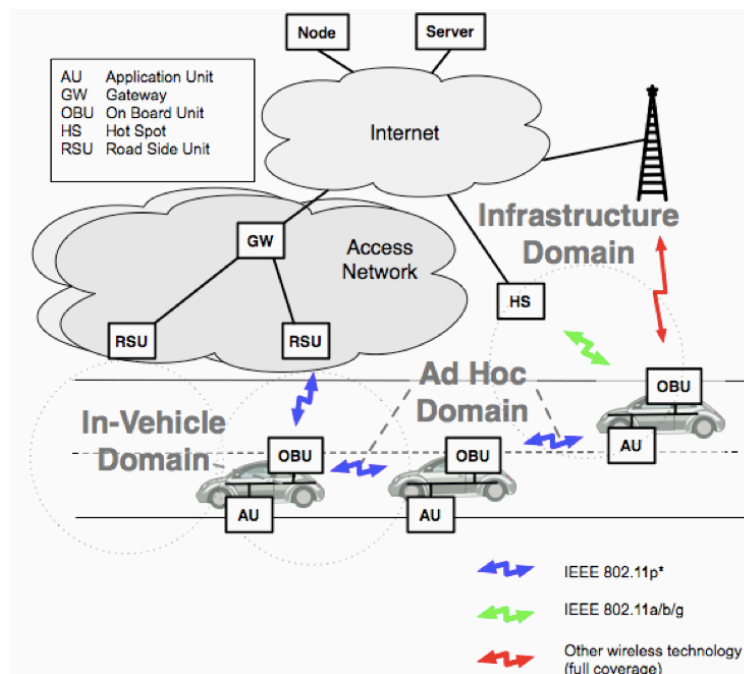


図 30 C2C通信コンソーシアムのITSシナリオ

(出典) 参考資料[54]より

## 7.5 同意が形成されつつあるITS基盤

7.4節で解説したシナリオに基づいて、ITS基盤の策定が進んでいる。世界の標準化機関である『ISO/TC 204/WG 16』で策定されている**CALM基盤** (*CALM Architecture*)に加え、欧州の標準化期間である『ETSI TC ITS』と『CEN TC 278』が共同で進めている**ITS局参照基盤** (*ITS Station Reference Architecture*)がある。また、COMeSafetyにおいてもITS局参照基盤が採用されている。また、C2C通信コンソーシアムはこれらの基盤と協調を取りながら独自で**C2CNet基盤**を制定している。その他、主に米国を中心として策定されている**IEEE1609基盤**などがある。本節では4つの基盤を概観する。どの基盤もIPv6の仕様が想定された構造を持っている。

### 7.5.1 CALM基盤

世界の標準化機関である『ISO/TC 204/WG 16』で策定されているCALM基盤 (*CALM Architecture*)は、図31のような構造となっている。下から、CALM通信インターフェイス層 (*CALM Communication Interfaces, CI*)、CALMネットワークワーキング層、CALMサービス層、CALMアプリケーションであり、全層にインターフェイスを持つ制御情報部 (*Management Information Base*)が定義されている。

CALM通信インターフェイス層は有線及び無線通信インターフェイスとの情報のやりとりを定義している。CALMネットワークワーキング層ではIPv6の利用に加え、モバイルIPv6やNEMOなどの移動体通信技術が推奨されている。また、TCPやUDPなどのOSI参照モデルにおけるトランスポート層のプロトコルもこの層に含まれる。CALMではIPを利用しないCALM FASTというプロトコルを制定している。また、地理位置経路制御を行うGeoNetworkingなどの利用も想定している。また、将来これら以外のプロトコルを利用する可能性も考えた構造を持っている。CALMサービス層は、OSI参照モデルにおける第5層・セッション層、第6層プレゼンテーション層、第7層アプリケーション層を統合した機能を持つそうである。また、最近研究が盛んなクロス・レイヤ・アプローチを達成するために、制御情報部を構造に組み込んである。クロス・レイヤなアプローチとは、例えば、無線のシグナルが弱くなってきたというデータリンク層の情報を元に、ネットワーク層やトランスポート層の振る舞いの仕方を変えるようなアプローチの事を言う。制御情報部は全ての層と情報をやり取りできるため、このようなアプローチに向いている。

各層間の情報のやりとりにはサービス接続点 (*Service Access Point, SAP*)が定義されている。

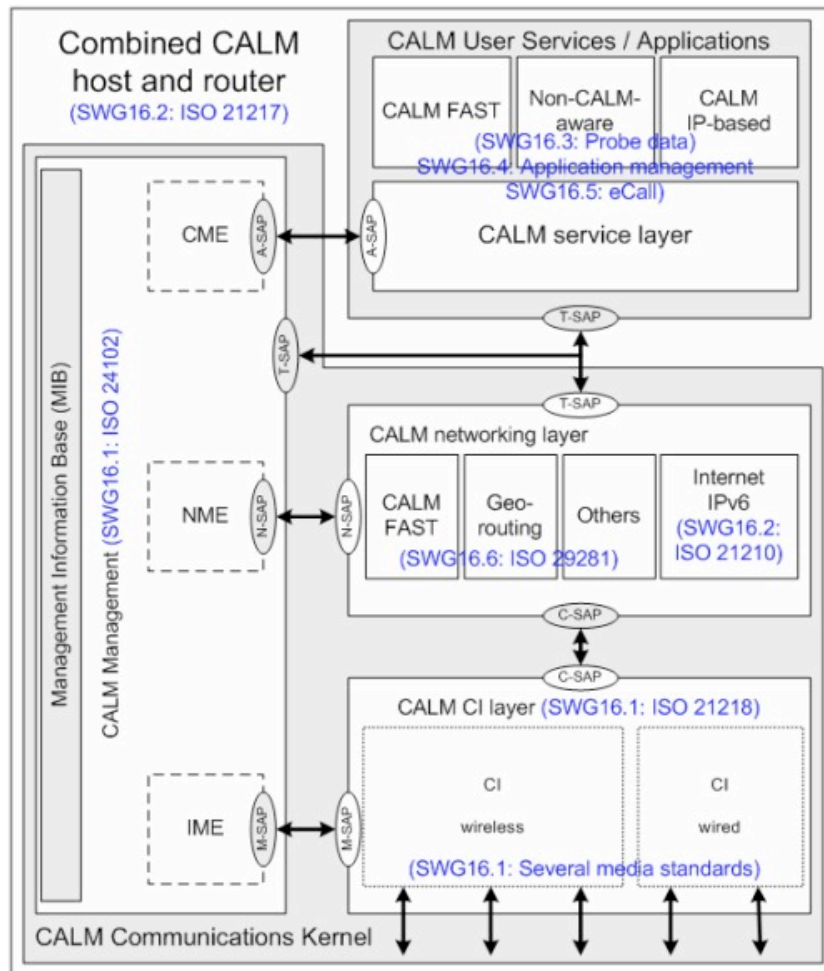


図 31 CALM基盤

(出典) 参考資料[48]より

## 7.5.2 ITS局参照基盤

ITS局参照アーキテクチャ (*ITS Station Reference Architecture*) は、欧州の機関であるETSI TC ITS[51]とCEN TC 278[52]で合意がなされており、COMeSafety[53]も、この基盤を採用している。下から順に、アクセス技術層、ネットワークング及びトランスポート層、ITSファシリティ層、アプリケーション層となっており、クロス・レイヤの制御層とセキュリティ層が付随している。

アクセス技術層は、ITS局内部のネットワークに接続する通信インターフェイスと外部に接続する通信インターフェイスとの接点となっている。最も適切な通信インターフェイスを選ぶというCALMの目的を反映している。ネットワークング及びトランスポート層では、ITSの全てのシナリオを満たすためのプロトコルを選択可能である。既存のプロトコルとしてはIPv6とモバイルIPv6やNEMOなどの移動体通信の拡張を利用することが検討されている。また、ITSネットワークやGeo-Routingといったネットワーク層のプロトコルを開発し、利用することも検討されている。トランスポートのプロトコルには、既存のTCPとUDPに加えて、ITSトランスポートを開発することも視野に入れている。

ITSファシリティ層は、様々なアプリケーションに共通の機能の一式を集めたものである。このファシリティは異なるタイプや送信元からのデータを記録、処理、保持するためのデータ構造を提供している。ファシリティは「アプリケーション・サポート」、「情報サポート」、「通信サポート」の3つの部分に分かれている。アプリケーション層は、その他の層の通信プロトコル・スタックを通じて提供される通信機能を用いて通信を行う。アプリケーションには、道路安全アプリケーション、交通効率性アプリケーションとその他のアプリケーションが定義されている。

制御層はクロス・レイヤ情報を垂直に交換するための横断的な層である。このブロックの主な機能は、与えられたアプリケーションのための動的なアクセス技術選択、通信インターフェースの状態の監視、伝送の優先順位や許可の制御、サービスの制御、輻輳制御などである。最後に、セキュリティ層はプロトコル・スタックと制御層のセキュリティ・サービスを提供する。各層間の情報のやりとりにはサービス接続点 (Service Access Point, SAP) が定義されている。

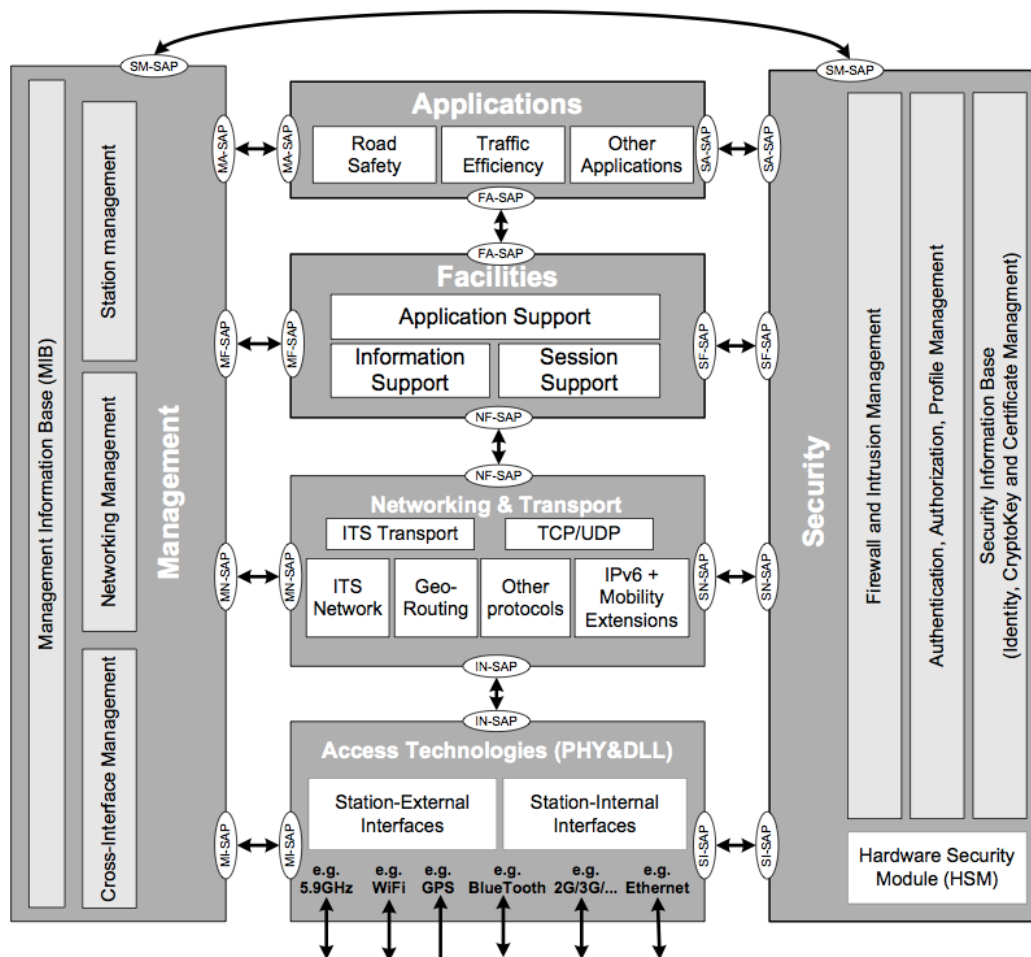


図 32 ITS局参照基盤

(参照) 参考資料[51][52][53]より



### 7.5.3 C2CNet基盤

C2CNet基盤は、C2C通信コンソーシアムによって採用されている、予防安全アプリケーション、道路効率性アプリケーション、インフォテインメント・アプリケーションを支援するためのITS基盤である。縦に3行のプロトコル・スタックがあり、既存のアプリケーションを利用することも検討されている特徴がある。まず一番左の行がC2CトランスポートとC2Cネットワークを利用し、IEEE802.11pを利用する、新しい通信形態である。これは、特に予防安全アプリケーションと道路効率性アプリケーションを支援するためのプロトコル・スタックである。次に、一番右の行は既存のインターネットのプロトコル・スタックである。予防安全、道路効率性、インフォテインメントの全てのアプリケーションが利用できる。真ん中の行がC2CネットワークとIPv6との併用のプロトコル・スタックである。これを利用することで既存のアプリケーションが地理位置経路制御などの地理位置を考慮した通信を行えるように成る。IPv6を利用する場合は、NEMOの移動体通信の機能が推奨されている。

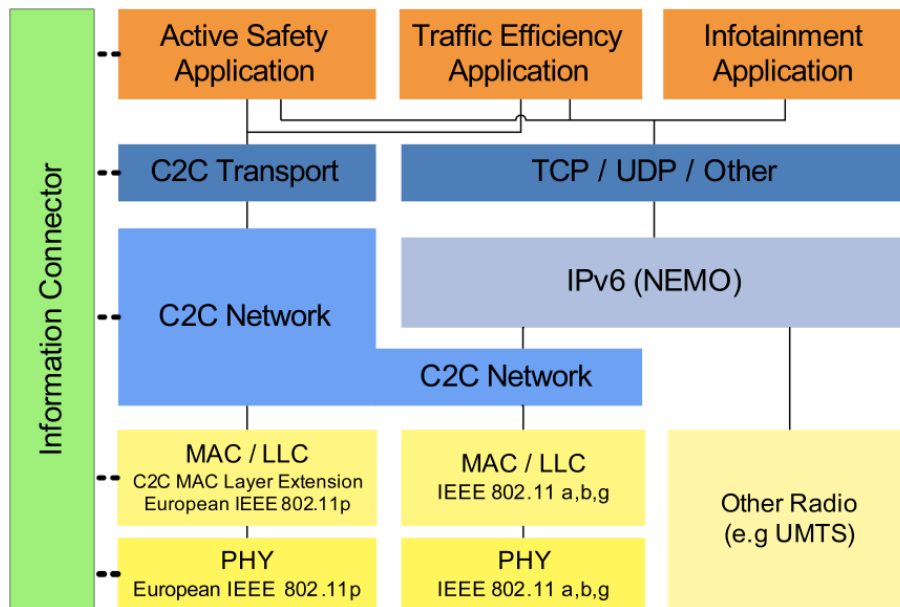


図 33 C2CNet基盤

(出典) 参考資料[54]より

### 7.5.4 その他のITS基盤

CALM基盤、ITS局参照基盤、C2CNet基盤の他に、米国を中心に策定を進めるIEEE1609基盤がある。TCP/UDPとIPv6を使う既存のインターネットに近い基盤とは別に、自動車環境の無線接続 (Wireless Access for Vehicular Environments、WAVE) のアプリケーションを支援するためのプロトコル・スタックが用意されている。この場合、トランスポート層とネットワーク層ではTCP/IPの代わりに、WAVE Short Message Protocol (WSMP) を利用する (図 34)。

|                  |                                      | No. of layer | ISO/OSI ref model           | Data Plane |                                     | Management Plane                        |
|------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------------------|------------|-------------------------------------|---|
| Higher Layers    | SAE J2735                            |              |                             |            |                                     |   |
|                  | IEEE 1609.1                          | 7            | Application                 | e.g. HTTP  | WAVE Application (Resource Manager) |   |
| Network Services | IEEE 1609.2<br>IEEE 1609.3           | 4            | Transport                   | TCP/UDP    | WSMP                                | WAVE Station Management Entity<br>W/SME |
|                  |                                      | 3            | Network                     | IPv6       |                                     |   |
|                  |                                      | 2b           | Data Link                   | 802.2 LLC  |                                     |   |
|                  |                                      | 2a           |                             | WAVE MAC   |                                     |   |
|                  |                                      | Lower Layers | IEEE 1609.4<br>IEEE 802.11p | 1b         | Physical                            |   |
| 1a               | WAVE Physical Medium Dependent (PMD) |              |                             |            |                                     |   |

図 34 IEEE 1609基盤

(出典) 参考資料[56]より

### 7.5.5 ITS基盤の共通点

世界と欧州のITS基盤について概観してきたが、全ての基盤にネットワーク層の protocols としてIPv6の利用が想定されている共通点がある。また、移動体通信の必要性が明記されている場合、モバイルIPv6かNEMOが推奨されている。これらのことから、次世代ITSの通信にはIPv6が使われることが概ね同意されていることが分かる。また、各層の情報を垂直に統合し、様々な判断を下す機能として、制御層 (*Management Layer*) が定義されていることも共通点である。CALM基盤とITS局参照基盤では、各層間の情報のやりとりにはサービス接続点 (*Service Access Point, SAP*) が定義されてことも共通点である。COMeSafetyの報告[57]によると、様々な基盤は長所を補いあって、より多くのシナリオに適応した網羅的な参照基盤を作る作業を進めている。

## 8章 欧州・枠組計画などの共同研究の実際

一般的に異文化交流は困難が伴う。言語、宗教、人種、文化が違えば、その人が考える常識や考え方は、他人のもとの違うのは当然である。1.2節では、欧州の強みはコンセンサスを醸成する力だと述べたが、この強みは枠組計画などの共同研究によって、さらに強化されると言える。枠組計画に投下される予算は、研究成果を追求するだけでなく、各国の研究者が同一のヴィジョンを共有し、同一の目標を認知する効果も期待されていると思われる。

筆者は、GeoNetプロジェクト、ANEMONEプロジェクト、CVISプロジェクトの3つの欧州プロジェクトに関わってきたが、どのように互いの信頼関係を醸成し、同一の目標に向かって前進してきたか、振り返りながら考えていきたい。

### 8.1 GeoNetプロジェクトにて

2008年2月から始まったGeoNetプロジェクトは、筆者の勤めるフランス国立情報学自動制御研究所（INRIA）がコーディネーターを務めた、6ヶ国（フランス、ドイツ、オーストリア、イギリス、ハンガリー、スペイン）7組織の共同研究である。

#### 8.1.1 基本的な事柄のコンセンサス統一

図 35は、パリで行われた第一回ミーティングの様子である。基本的な事柄についてのコンセンサスを統一するのに長い時間が必要である。

例えば、各国から研究者が集まれば、それぞれの得意とするプログラミング言語（C言語、Javaなど）が違ったり、得意な報告書作成ソフト（Latex、wordなど）が違ったりする。ソフトウェア、報告書、プレゼンテーション資料など、複数人で編集する必要がある成果をどのソフトウェアで実現するか、その資料共有はどのように行うか、話し合いで決定する必要がある。この場合は、筆者と同僚は報告書作成ツールとしてはLatexが使いたかったのだが、Openoffice Writer<sup>9</sup>に決定された。Wordを使うことを主張していたパートナーとLatexを主張していたINRIAの妥協の産物である。やはり、Wordに似ている使用感と、Windows、MAC OS、リナックスとそれぞれの使っている基本OS全てに対応しているソフトであることが重視された。また、プレゼンテーションにはOpenoffice Presentationを利用することも決定された。プログラミング言語は基本的にC言語を利用し、ソース・コードはSubversion system<sup>10</sup>を利用して共有することとなった。それと共に、進捗はwikiを利用して共有することになった。サーバはどのパートナーが設置するか、利用する技術用語をどのように統一するか、仕事はどのように分割し、どのように担当するか、決めることは山ほどあるのである。

<sup>9</sup> <http://www.openoffice.org/>

<sup>10</sup> <http://subversion.apache.org/>



図 35 パリにて第一回ミーティング

(どちらも筆者撮影)

### 8.1.2 鋭い対立もある議論

EUプロジェクトでは仕様策定をめぐって鋭い対立が引き起こされることもある。パートナー同士が対立する技術を研究している場合や、どの情報をどの層に持たせるかなど、妥協が許されない場合も多いのだ。和を以て貴しと為す伝統のある日本では考えられないほどの、怒鳴り合いになることすらあるのである。ただし、欧州では技術的な議論の対立と、人物に対する信頼と友情は分離しているという前提がある。その後の夕食では仲良くビールやワインで乾杯して、冗談を飛ばし合っているのは、不思議に感じるのだが、自然で普通のことであるようだ。

一般的に、英語の議論では、日本語に比べると鋭い対立もある議論をするのが容易であるように感じる。それは、互いをYouと呼び、敬語も殆どないことが関係しているように感じる。日本語では共同研究パートナーの案に反対する場合、「～～様の仕様ですと、～～の点で困難が生じる恐れがあるかと存じます…」などのように、文法の上でも相手の尊重を示し、含みを残して対立を前景化させない努力が必要とされる場合もあるが、英語の場合はそれが少ない。また、意見対立の相手が、教授と博士の学生であった場合、日本語では、学生から教授へは尊敬語、教授から学生へ普通語もしくは丁寧語などと言語の上でも関係が非対称である。英語では、教授に対してもYouを使うことが許されている（もしくは、それ以外の選択肢が無い）ため、教授と学生でも対等な議論がしやすい。もちろん、学生は教授の知識、経験、知恵には敬意を払う必要があるのは英語でも一緒であるが。日本語による議論のフォローをしておく、日本語では敬語によって常にヒエラルキーを確認しているためまとまりの強い組織が作れるように思われる（逆に、英語では学生が教授にも意見できるため、組織の方向性がばらばらになる可能性がある）。

図 36は仕様策定中のフランクフルト（オーデル）でのミーティングの様子である。この街は、有名な方のフランクフルト・アム・マインではなく、ポーランドとの国境沿いの小さな町である。フランクフルトで利用した宿は、ポーランドとの国境のすぐ近くであった。夕食後でビールを飲んだ後、散歩がてら皆でポーランドにも行ってみようということになった。国境は橋の上にあり、図 37のようにプラスチックの板が一枚あるだけで何の標識もなかったのは唖然とした。だが確かに川の向こう岸にあるタバコ屋ではポーランド語が話されていた。筆者はドイツ語もポーランド語もしゃべることはできないのだが、違いは認識することができた。ほんの数十メートル歩けば、隣国がある欧州の状況を再確認できた体験であった。欧州はこういった状況の中で血みどろの闘争を繰り返した後、調和を重視する欧州連合を達成し、コンセンサスを醸成する力を養ってきたとの認識を新たにした。



図 36 フランクフルト（オーデル）にてミーティング



図 37 ドイツとポーランドの国境（どちらも筆者撮影）

### 8.1.3 夕飯にて信頼関係をつくる

欧州プロジェクトでは、ミーティング後の夕食や飲みに出かける時間も重要な要素である。中でもミーティングをホストする側が用意するレストランは重要で、街でも評判がいい店を選ぶ。本プロジェクトは、フランス、ドイツ、オーストリア、イギリス、ハンガー、スペインの組織が参加しており、美味しいワインやビールが期待できる。また、その土地々々の料理をいただきながら、互いの文化的な違いに興味を持ち合い、意見を言い合うのも楽しいものだ。図 38は、スペインとドイツでの夕飯の様子である。

ただし、お酒や料理は宗教上の理由や健康上の理由で避ける人もいる。お酒や料理を強制したり、その土地の料理を楽しまない人がいることをみだりに指摘したりしない方が良い。あくまでも自分が楽しい気分になるだけでとどめ、自分の意見を押し付けてはならない。この辺りは、欧州プロジェクトに関わらず、欧州に暮らす人々の共通認識である。



図 38 夕食の様子



(どちらも筆者撮影)

#### 8.1.4 ボーリングでも信頼関係をつくる

プロジェクトを進めるには異文化理解が重要なポイントであることは再三述べているが、そういった真面目な目的半分、皆でその場を楽しみたいのだ。議論を戦わせる会議は17時で終了し、その後は仕事ではなく、自由時間として行動する。マドリッドでミーティングがあった際は、夕食だけでなく任意でボーリングをしに出かけた。

欧州では日本ほどボーリングが流行っておらず、初めてボーリングを経験する人も結構いた。過去に経験したことがある人も、数回程度である。多くが序盤はガターとミスを連発する展開となった。筆者は日本でボーリングをよくするので慣れており、ボーリングの上手さでは一目おかれることとなった。



図 39 マドリッドのボーリング場



(どちらも筆者撮影)

#### 8.1.5 各パートナーが実装したソフトウェアの相互接続試験

紆余曲折の末、仕様が決定すると各自の分担に沿って担当のソフトウェアを開発する。各機能はモジュール化されており、そのインターフェース部分の仕様が定義されているため、遠隔地でも開発可能なのだ。だが、プロジェクトの最後には全てのモジュールを統合して、デモンストレーションするのだ。そこで、各自のソフトウェアが実装されてきた段階で、相互接続試験を行う必要がある。

テストというと各自の機能をチェックするだけという響きがあるが、予期しないトラブルの連続である。仕様の解釈が二者間で違っていたり、無線のドライバの相性で性能が低下したり、引渡すべきデータのサイズが間違っていたり、書いているプログラムがCPU依存だったりと、とにかく各自で実装しているだけでは想像もできない問題が降って湧いてくる。実装者が集まれば、その場で不具合を修正できる利点があるため、メールベースのやりとりよりも問題を解決しやすい。問題点を修正しては試験をするというサイクルを繰り返す。図40～図43はソフトウェアの相互接続試験の様子である。



図 40 ハイデルベルクにて (9月)



図 41 ロカンクール (9月)

(どちらも筆者撮影)



図 42 ソフィア・アンチポリス

(10月)



図 43 マドリードにて (11月)

(どちらも筆者撮影)

### 8.1.6 デモンストレーションで研究成果をアピール

実際に動作するシステムを実装し終わると、ついに外部の研究者にもデモンストレーションを行い、研究成果をアピールすることができる。このプロジェクトではフランス・リールで行われたITST 2009でワークショップを開催し、プロジェクトの概要を説明した後、デモンストレーションを行った。

論文を見たり講演を聞いたりして作っているものの機能や性能の説明をすると、受け手にはやや想像上の産物のように受け取られることがあるが、実際

にシステムが動作しているところを見せるデモンストレーションは、受け手により近い将来にそのシステムが使われている現場を想像させることができる。ここでは、自動車に載せるシステムをテーブルの上において実演したのだが、やはり動いているところを見せているので、より具体的な質問を受けることになった。デモンストレーションには150名ほどが来場して、システムの性能、ハードウェアの選択、次の計画などの質問を受けた。

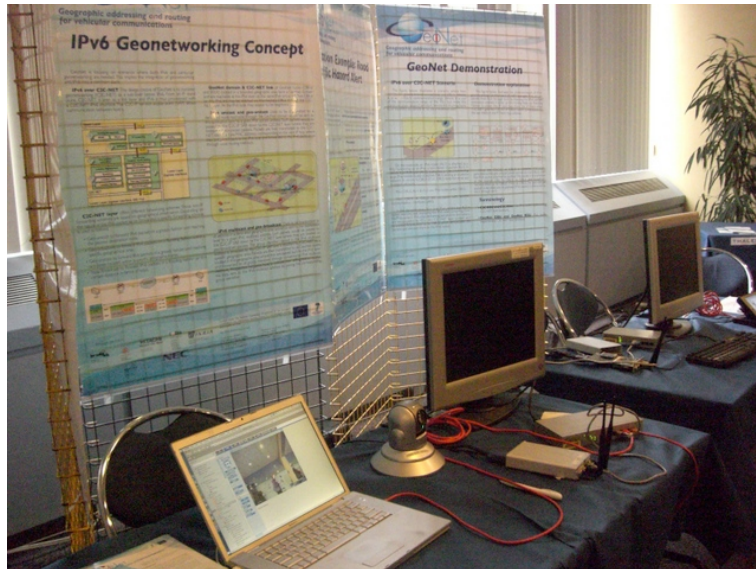


図 44 リールで開催されたITST2009にてデモンストレーション  
(筆者撮影)

### 8.1.7 自動車を使った実環境での試験

システムがしっかり動き始め、基礎的な性能評価を取り終わった後、いよいよ最後のデモンストレーションに向けて自動車を使った実環境での実験に入る。図 45は実際に使った実験車両である。システムが問題なく動いていたとしても、野外での作業には困難さが伴う。屋内のテストベッドでは想像もできないような問題が頻発するのである。無線の到達距離が予想より伸びず、アンテナか無線のカードをチェックしたり、その設定をチェックしたりする作業に時間を取られる。また、建物などの障害物によって意図した場所に無線が届かない場合や、想像以上の遅延が発生して原因を究明しなければならないこともあった。

また、野外テストしていた12月から2月は筆者の勤めるフランスでは最低気温が零下5度に達する。特に2009年から2010年にかけての冬は寒く、零下10度の日も度々あり、図 46のように雪が積もって実験車両を動かす実験ができない日もあった。野外での実験はコートとマフラーで防寒して行うが、手を防寒することが難しい。キーボードとマウスのタッチパッドを使う場合は手袋を装着することができないからである。

そこで筆者が日本で大量に買って来た3袋100円の軍手を、指の先を切断して装着することにした。こうすることによって、プロジェクト・メンバーはキーボードを正しくタイプでき、タッチパッドも作動する。また、同じく日本



からホッカイロを買ってきたのは正解であった。欧州にはホッカイロが普及しておらず、その便利さに皆が驚くのである。



図 45 実験車両



図 46 寒さ対策用の軍手

(どちらも筆者撮影)

### 8.1.8 プロジェクト完了のワークショップ

プロジェクト完了のワークショップはフランス国立情報学自動制御研究所 (INRIA) にて開催され、来場者にはプロジェクトの説明を行い、デモンストレーションを見てもらった。デモンストレーションは、開発したC2CNetのシステムにより、自動車が発する警報を対象とするエリアに対して通知するデモンストレーションを行った。来場者は警報を発する自動車と、警報を受け取る自動車に乗ることができ、自動車が対象エリアに入るとメッセージを受け取ることができ、対象エリアを外れるとメッセージが受け取れない様子を見ることができた。また、オペレーション・センター側では全ての自動車の位置を見ることができ、どの自動車が通信を行っているか監視するアプリケーションを見ることができた。



図 47 ワークショップの様子



図 48 集合写真

(どちらも筆者撮影)

プロジェクトの最後の数カ月の進捗は、性能評価実験、実装の改善、デモンストレーションの改善、報告書執筆など、目覚ましいものがあつた。我々は冗談で「プロジェクトの成果の〇〇%は最後の数カ月で達成された」と言い

あったものだ（それまで怠けていたと受け取られてもいけないので、割合は伏せさせていただく）。続けて、「もし仮に、あと3ヶ月あったらもっとすごい成果が出ていたはずなのに惜しいことだ」と言い合うのである。しかし、そう上手く行くものでもないだろう。もし仮にあと3ヶ月あったら、成果が出てくる時期が単に3ヶ月遅れただけのことであろう。

## 8.2 ANEMONEプロジェクトにて

ANEMONEプロジェクトは4カ国（フランス、フィンランド、イタリア、ハンガリー）、7組織のプロジェクトである。大規模なIPv6の移動体通信に関するテストベッドを提供することが目的であった。

### 8.2.1 プロジェクト促進のワークショップ

ANEMONEプロジェクトは筆者が欧州に来る前から始まっていたため、途中参加であった。しかし、IPv6の移動体通信は筆者の専攻する分野であるために、大きく関わることとなった。2007年12月12日のANEMONEプロジェクトの外部へのアピールのためのワークショップが行われた。レンヌのブルターニュ電気通信国立大学（ENST-Bretagne、現TELECOM Bretagne）とブルターニュ・フランス国立情報学自動制御研究所（INRIA Bretagne）のキャンパスに設置された50を超えるIPv6のアクセス・ポイントを切り替えながら、自動車が通信を行うデモンストレーションを行った。

このワークショップが開催された2007年12月12日の前日はフランスのIPv6についての大変重要なニュースが流れた。なんと、フランスでADSL加入者数が第2位であるインターネット接続事業者であるFreeが、自社のADSL加入者に、無料で追加設定なしのIPv6接続を提供し始めたのだ[35]。ワークショップに参加していたIPv6の研究者・技術者は、ついに長年の研究の成果が世界に普及する日が来たとの認識を等しく持ったことだろう。



図 49 デモンストレーションの準備



図 50 デモンストレーションの様子  
(どちらも筆者撮影)

### 8.2.2 深夜まで事前調整

欧州プロジェクトと言っても、レンヌでのデモンストレーションに主に関わっていた研究者・技術者はフランス人であったため、主に使用された言語はフランス語であった。筆者はこの時点で来仏8ヶ月目であり、それまでは英語とフランス語を併用する生活を送っていたため、一週間近くフランス語だけで生活する経験は初めてのものであった。この経験によってフランス語でもいけるという意気込みが初めて湧いてきたように思う。

フランス人は一般的に、深夜まで働いたりせず、また忙しくともしっかりと夕飯をとるという先入観を持たれるが、このときは毎日深夜まで働いていた（図 51）。また、夜ご飯をゆったりと取っている余裕が無い場合は、図 52 のように、パンとチーズ、パテ（肉や魚などの具材を細かく刻み、ペースト状練り上げたフランス料理）、バナナ、お菓子などで済ませていた。より良いデモンストレーションを行いたいという意気込みと、その責任感を持って仕事に当たっていたのである。レンヌに限らず、フランスには深夜でも気軽に飲食物が手に入るコンビニのように便利なものはない。フランスでの深夜の作業は、食料の心配をせず何時までも作業が続けられる日本に比べると、根性と覚悟さらに、朝から食料を買っておくなどの周到な用意が必要なのである。ちなみに、図 52 に写っているボトルはシードル（レンヌのあるブルターニュ特産のりんご酒）であり、さすがフランス、こういった時でも楽しむことを忘れないのだなぁと妙に感心した。

理想的なデモンストレーションを実現するためには、どれぐらいの頻度でどれぐらいのデータを送信するか、自動車の速度はどの程度が適当か、メディア切り替えのためのしきい値をどれぐらいに設定するかなど、様々なパラメータを点検するなどの試行錯誤が必要となる。



図 51 深夜まで実験準備



図 52 夕飯も軽食で済ませる  
(どちらも筆者撮影)

### 8.2.3 TridentCom 2008にてデモンストレーション

ANEMONEプロジェクトで構築した大規模IPv6移動体通信テストベッドは興味を持つ第三者の利用に対して開かれている。そのため、IPv6移動体通信の実験環境を必要としている研究者に対してアナウンスすることも目的の一部であ

る。TridentCom 2008では、構築したテストベッドを利用したアプリケーションの例を実演し、外部の研究者へとテストベッドをアピールした。

このプロジェクトでは若手の研究者、技術者または学生が多かったので、学生である筆者も気楽な感じで一緒に作業できた。最終日の打ち上げでは、深夜までインスブルグの街で飲み歩き、深夜から始まるクラブにて踊り明かすなど、有意義な異文化コミュニケーションができたと考える。



図 53 インスブルグで開催された TridentCom 2008



図 54 打ち上げ

(どちらも筆者撮影)

#### 8.2.4 最終ミーティング

最終ミーティングとはプロジェクトで出てきた研究成果を報告し合いながら、プロジェクトの完了後のことも軽く話しあうミーティングである。よって、ミーティングはリラックスした雰囲気で行われる。

欧州では毎日、昼食からお酒を飲むのかと聞かれることがあるが、毎日飲むというのは正しくない。ただし、昼からお酒を飲むことに関して寛容であることは間違いない。例えば、こういった和やかなミーティングに挟まれた昼食は多くの場合、お酒が振る舞われる。図 55では、キール（白ワインに少量のカシスのリキュールを加えたもので、食前酒として人気が高い）が写っている。異文化の調和を目指す欧州においては、人と人の潤滑な付き合いは仕事のうちであるという認識があるのかも知れない。と筆者が推測するのも、普段の昼食ではお酒を飲んでいる人をめったに見ないのだが、他の組織と会談があった場合には、多くの場合お酒が振る舞われるからである。



図 55 最終ミーティングの昼食

(筆者撮影)

### 8.3 CVISプロジェクトにて

CVISプロジェクトは12カ国、61組織の共同プロジェクトであり、4100万ユーロという巨費が投じられている巨大プロジェクトである。前述のGeoNetプロジェクトやANEMONEプロジェクトとはかなりの規模の差がある。それだけに様々な案件のコンセンサスを得ることの難しさは想像に難くない。筆者の勤めるフランス国立情報学自動制御研究所（INRIA）は特にIPv6関連の仕様策定、実装、デモンストレーションに関わってきた。前述のANEMONEプロジェクトとCVISプロジェクトの両方に関わり、実験車両を提供していたことから、リヨンで行われたICT2008では、ANEMONEプロジェクトとCVISプロジェクトは共同でデモンストレーションを行った（INRIAは他にも、IMARAチームの同僚がCityMobilプロジェクトの出展に関わっていたが、筆者は直接関わらなかったため割愛）。

ICT2008とは、2年ごとに開催される欧州における情報通信分野とその方針について議論を行う最大級のイベントの一つである。また、NICTもこのイベントに参加しており[36]、筆者は、この会場でNICTのパリ事務所長にお目にかかったことが一つの縁となり、こうしてこの報告書を書く機会を戴いているのである。

デモンストレーションでは、共通の車載ルータを搭載した自動車ネットワークを利用して、ANEMONEプロジェクトはIPv6センサ（温度、湿度、加速、方位）の情報をリアルタイムに見せるアプリケーションを展示し、CVISプロジェクトは、遠隔地の事故、渋滞、道路凍結などの情報を通知するアプリケーションを展示した。

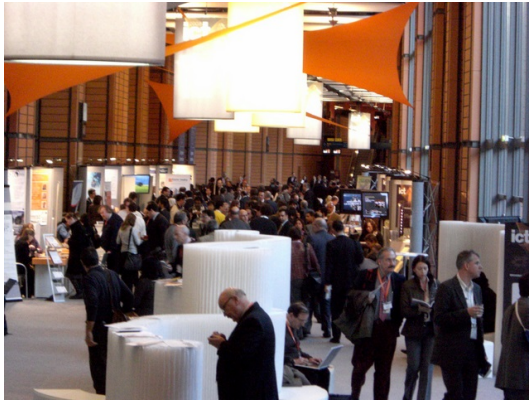


図 56 ICT2008 リヨンの会場の様子



図 57 CVIS と ANEMONE の共同デモンストレーションの様子

(どちらも筆者撮影)

## 8.4 日本と欧州における共同プロジェクトの共通点と差異

以上、3つの欧州プロジェクトを通して、欧州プロジェクトの実際の様子を概観してきたが、日本の共同研究プロジェクトと比較して、違った点は見られただろうか。筆者は研究について右も左もわからなかった学部時代も含めると5年弱、日本での研究経験があるが、欧州プロジェクトと日本の共同研究プロジェクトと大まかな点ではそれほど違いが無いと考えている。複数の組織が互いの強みを活かして研究成果を求める基本は変わらないからだ。プロジェクトの期日近くになって成果が実ってきたり、成果をアピールするデモンストレーションなどでは、訪問者に少しでも良好なものを見せるためギリギリまで調整などの努力をしたり、といったことは日欧どちらも同じであった。また、日本でも欧州でもパートナーとの相互理解や信頼関係が重要となるために、夕食をともにしたり、お酒を飲みと一緒に街に出かけたりすることは自然である。

日本と欧州にて共同プロジェクトを行うときの差異としては、欧州ではコンセンサスを作る過程に重点が置かれている点である。研究者に限らず一般的に言って人は、自分の慣れ親しんだ手法や習慣・先入観を捨てるのは難しい。慣れ親しんだ考え方や、自分が得意とする分野や技術、アプローチに固執する。プロジェクトの目的を達成するために、複数のアプローチがある場合、自分の得意とするアプローチを採用したいのだ。これは話し合いで結論に至るしかない。

また、研究者に限らず一般的に言って人は、自分の近くしか見ていない。自分の担当する部分は深い知識を蓄え、熟慮するが、他人の担当は深く考えこむことはなく、それどころか知ろうともしない。筆者はある欧州プロジェクトに関わっていた際、1年間言い続けていて、中間報告書にも何度も書いていた部分がパートナーの研究者に理解されていなかったことに衝撃を受けたことがある。つまり1年間何も聞いてなかったのか！とガッカリしたのだが、自身を顧みれば、自分も彼らに同じようなことをしていたことは疑いない。

こういった体験は、お互いさまとして互いに許しあい、努力しあわなければならないのだが、それには相手を信頼することが必要不可欠になってくる。つまり、パートナーは手を抜いているのではないかと疑ったり、パートナーは自分がやっていることを信頼していないのではないかと疑ったりしては、プロジェクト全体が危機に陥るだろう。お互いの信頼関係を醸成し、意見を統一してコンセンサスを醸成する能力が必要とされる。本章冒頭に書いたように、育ってきた環境が全く違う研究者同士では考え方も全く違い、国内プロジェクトにおいて予想される意思統一の困難さとは、比較にならないほど困難である。こういった困難を話し合いで乗り越えてきた経験が、欧州の研究者のコンセンサスをつくる力を養い、各国の研究者のヴィジョンを統一し、調和のある欧州を作り出していると感じる。

## 9章おわりに

### 9.1 日本と欧州のITS研究開発における課題

本報告書ではITSの研究開発においては、日本、欧州、米国が三極を担い、その中で欧州がどのように存在感を示し、主導権を取る戦略を進めているのか概観してきた。この視点で見ると上記の三極は、互いに競争しているように見えるのだが、これはITSの研究開発の一面でしか無い。ITSの研究開発の大部分はこの三極の協調にあるのである。現在の道路交通システムは、交通事故、環境汚染、エネルギー消費において非効率的なものであり、人類の不幸の特定の部分を占めている。これを如何に懸命に解決するかという問いに対しては、三極が協力して事に当たらなければならないという同意のもとに競争を行っているのである。第1章では、日本と欧州の強みを分析したが、これを裏側から見てみると短所にもなりうるものである。これを日本と欧州のITS研究の課題として本節で指摘しておきたい。

まず、日本の強みとしては、VICSや、G-Book、インターナビ、カーウイングスなどの高性能なカーナビゲーション・システムが大規模に普及していて、すでにビジネス展開が行われている点である。しかし、これらの技術は互いに互換性がなかったり、ローカルな国内仕様だったりする。これは携帯電話などの技術でよく論じられる「ガラパゴス」、「パラダイス鎖国」の初期の段階であろう。参考資料[58][59]によるとガラパゴスには以下の4段階が存在するという。

1. 高度なニーズに基づいた製品・サービスの市場が日本国内に存在する
2. 一方、海外では、日本国内より機能要求水準の低い市場が存在する
3. 日本国内の市場が高い要求に基づいた独自の進化をとげている間に、海外では要求水準の低いレベルで標準的な仕様が決まり、拡大発展していく
4. 気がついた時には、日本は世界標準から大きく取り残されている

研究においても状況は似ており、プロトタイプ実装が早い段階で出てくるのは良いのだが、標準仕様の策定において主導権を取る意欲及び能力が低いと思われる。

一方、欧州連合は標準化において絶大な意欲と能力を有している。これが裏側から見れば欧州の短所となるのである。標準化への意欲が、欧州では標準仕様策定のための政治的駆け引き、会議における言葉遊びがはびこる原因となる。欧州では標準化やモデル化などの、実際の研究開発とは別の次元の議論で主導権を取るために研究資源を投入するインセンティブが大きくなってしまいう短所がある。例えば、1982年にISOとITU-Tにより標準化された開放型システム間相互接続 (*Open Systems Interconnection, OSI*) は、主に欧州の学者・企業がこぞって支持した規格であったが、米国が主導するTCP/IPに敗北を喫した。これは、政治的駆け引きに時間が費やされ、規格が複雑になり、安価な実装が提供されなかったことによる。



欧州はこの反省から、技術の実装、検証、実証実験、普及により力を入れている。第6章で解説した2007年～2013年の第7次枠組計画において、様々なフィールド運用実験（FOT, *Field Operational Test*）が高額の予算を獲得していることがその証左である。

## 9.2 結論

本報告書では、事故や非効率性などの道路交通の問題点を、情報通信技術を用いて解決する試みとして、高度交通システム（ITS）の研究開発が進んでいる。ITSにおいて主導的な立場にたつ日本、欧州、米国の三国のうち、本報告書では欧州の取り組みについて説明してきた。まず、ITSの実現する世界のビジョンを解説し、主要な無線技術やネットワーク技術を解説した。その後、世界と欧州でITSに関係する標準化組織を解説し、ITSに関連する欧州プロジェクトを概観した。欧州は三国のうちでも、特に世界の関係機関をまとめ、コンセンサスを醸成する力が強い。そこで欧州のITS活動の全体像を調査し、どのように標準化の手続きを行っているか考察した。最後に、筆者の関わったGeoNetプロジェクト、ANEMONEプロジェクト、CVISプロジェクトでの経験を紹介した。欧州の各国のコンセンサスは世界に及ぼす影響が非常に大きいいため、ITS研究開発が今後どのように進んでいくかを予測するには、欧州の動きは注目すべきである。本報告書がその一助になれば幸いである。

## 参考文献

- [1] 世界保健機関 (WHO) , 世界の病魔 (The global burden of disease : 2004 update) ,  
[http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/GBD\\_report\\_2004update\\_full.pdf](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf) (英語) , 2008年11月
- [2] 世界保健機関 (WHO) , 交通事故防止の世界レポート (World report on road traffic injury prevention) ,  
[http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/road\\_traffic/world\\_report/en/index.html](http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/en/index.html) (英語) , 2004年
- [3] 欧州委員会、交通安全データベース (EU - Road safety - CARE database - reports and graphics) ,  
[http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/statistics/care\\_reports\\_graphics/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/care_reports_graphics/index_en.htm) (英語) , 2010年3月
- [4] 欧州委員会、インテリジェント自動車イニシアティブ “賢く、安全でクリーンな自動車のための情報通信技術” (Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Intelligent Car Initiative - “Raising Awareness of ICT for Smarter, Safer and Cleaner Vehicles” ,  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/esafety/doc/i2010\\_intelligent\\_car/comm\\_intelligentcar\\_english.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/i2010_intelligent_car/comm_intelligentcar_english.pdf) (英語) , 2006年2月
- [5] i2010～成長と雇用のための欧州情報社会 (i2010 - A European Information Society for growth and employment) ,  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/eeurope/i2010/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/index_en.htm) (英語) , 2010年3月
- [6] 日本自動車工業会、日本の自動車工業2009 (Motor Industry of Japan 2009) ,  
<http://www.jama-english.jp/publications/MIJ2009.pdf> (英語) , 2009年5月
- [7] European Commission, i2010戦略のヨーロッパのデジタル競争力レポート2005年-2009年 (Europe’s Digital Competitiveness Report Main achievements of the i2010 strategy 2005-2009) ,  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/eeurope/i2010/docs/annual\\_report/2009/digital\\_competitiveness.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/annual_report/2009/digital_competitiveness.pdf) (英語) , 2009年8月
- [8] JRC-IPTSのPREDICTプロジェクト, 欧州連合における情報通信分野の研究開発に関する2009年レポート (The 2009 Report on R&D in ICT in the European Union) <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC49951.pdf> (英語) 2009年
- [9] ACEA, 欧州連合で利用されている自動車 (Motor vehicles in use in the enlarged EU) ,  
[http://www.acea.be/images/uploads/pr/20080220\\_ER%200208%20Vehicles%20in%20use.pdf](http://www.acea.be/images/uploads/pr/20080220_ER%200208%20Vehicles%20in%20use.pdf) (英語) , 2008年2月
- [10] TFHRC, 日本の高度交通システム (PUBLIC ROADS On-Line (Autumn 1996) - Intelligent Transportation Systems in Japan) ,  
<http://www.tfhrc.gov/pubrds/fall96/p96au41.htm> (英語) , 1996年

- [11] 欧州委員会, 協調システムのための情報通信の調査 (Research in “ICT for Co-operative Systems” 7th FP Call 2, ), [http://www.rtd.si/slo/6op/podr/infdruzbr/razpisi/07/inc/pm\\_jaaskelainen.ppt](http://www.rtd.si/slo/6op/podr/infdruzbr/razpisi/07/inc/pm_jaaskelainen.ppt) (英語), 2007年5月
- [12] 欧州委員会, 協調システムの進捗～欧州委員会の視点 (Cooperative Systems Progress - The European Commission Viewpoint) <http://www.transportation.org/sites/ssom/docs/AASHTO%20IntlDay%20European%20Commission%2009-2009.pps> (英語), 2009年9月
- [13] OICA, 世界自動車製造調査 (WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION OICA correspondents survey WITHOUT DOUBLE COUNTS), <http://oica.net/wp-content/uploads/world-ranking-2008.pdf>
- [14] ACEA, 自動車分野の研究開発投資の順位 (Automotive sector tops R&D investment scoreboard), [http://www.acea.be/index.php/news/news\\_detail/automotive\\_sector\\_tops\\_rd\\_investment\\_scoreboard/](http://www.acea.be/index.php/news/news_detail/automotive_sector_tops_rd_investment_scoreboard/) (英語), 2010年2月
- [15] 日経ビジネスオンライン, [2]プローブ情報ネットワーク, <http://business.nikkeibp.co.jp/article/manage/20090403/191010/> (日本語), 2009年4月3日
- [16] Yacine Khaled et al., “A usage oriented analysis of vehicular networks: from technologies to applications”, Journal of Communications (JCM, ISSN 1796-2021), Academy Publisher, Special Issue on Challenges in Future Vehicular AD HOC Networks, 2009年5月
- [17] E. Duros et al., A Link-Layer Tunneling Mechanism for Unidirectional Links, IETF RFC3077, <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3077.txt> (英語), 2001年3月
- [18] 間瀬憲一、モバイル・アドホックネットワーク、[http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/sym/S47\\_013.pdf](http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/sym/S47_013.pdf) (日本語)
- [19] T. Clausen and P. Jacquet. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). RFC 3626 (Experimental), 2003年10月
- [20] R. Ogier, F. Templin, and M. Lewis. Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF). RFC 3684 (Experimental), 2004年2月
- [21] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. RFC 3561 (Experimental), 2003年7月
- [22] D. Johnson, Y. Hu, and D. Maltz. The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4. RFC 4728 (Experimental), 2007年2月
- [23] I. Chakeres and C. Perkins. Dynamic MANET On-demand (DYMO) Routing, IETF, draft-ietf-manet-dymo-18, 2010年2月23日
- [24] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko. Mobility Support in IPv6. RFC 3775 (Proposed Standard), 2004年6月
- [25] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert. Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol. RFC 3963 (Proposed Standard), 2005年1月
- [26] C. Ng, T. Ernst, E. Paik, and M. Bagnulo. Analysis of Multihoming in Network Mobility Support. RFC 4980 (Informational), 2007年10月
- [27] R. Wakikawa, Home Agent Reliability Protocol, draft-ietf-mip6-hareliability-05, 2009年7月

- [28] 塚田学、"Mobile Network におけるインターネット接続性の動的共有に関する研究" 慶應義塾大学 環境情報学部 学士論文、2005年3月
- [29] 塚田学、"移動ルータ間の協調によるNEMOの安定性と通信品質の向上に関する研究" 慶應義塾大学 政策・メディア研究科 修士論文、2007年3月
- [30] R. Wakikawa, V. Devarapalli, G. Tsirtsis, T. Ernst and K. Nagami, Multiple Care-of Addresses Registration, RFC 5648, 2009年11月
- [31] H. Soliman, G. Tsirtsis, N. Montavont, G. Giaretta, K. Kuladinithi, Flow Bindings in Mobile IPv6 and NEMO Basic Support, draft-ietf-mext-flow-binding-06, 2010年3月
- [32] C. Ng, P. Thubert, M. Watari, and F. Zhao. Network Mobility Route Optimization Problem Statement. RFC 4888 (Informational), 2007年7月
- [33] C. Ng, F. Zhao, M. Watari, and P. Thubert. Network Mobility Route Optimization Solution Space Analysis. RFC 4889 (Informational), 2007年7月
- [34] WBB Forum、LTE/EPCやWiMAX、XGPで必須技術となった 最新のモバイル IPv4/IPv6を聞く！ (3) ,  
<http://wbb.forum.impressrd.jp/feature/20090610/729>
- [35] Free.fr R&D、IPv6 @ free (Native IPv6 to the User) 、  
<http://www.ripe.net/ripe/meetings/ripe-58/content/presentations/ipv6-free.pdf> (英語) 、2009年5月
- [36] NICT、月刊テレコミュニケーション2009年2月号、EUの ICT研究開発戦略、  
<http://www2.nict.go.jp/r/r313/images/stories/pdf/tc0902.pdf> (日本語) 、2009年2月
- [37] S. Gundavelli and K. Leung and V. Devarapalli and K. Chowdhury and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6" , RFC 5213 (Proposed Standard), 2008年8月
- [38] 総務省、我が国のITS無線システムの高度化に関する動向,  
[http://www.ttc.or.jp/j/info/sympo/doc/seminar090522/2-1\\_ootsuka.pdf](http://www.ttc.or.jp/j/info/sympo/doc/seminar090522/2-1_ootsuka.pdf)  
(日本語) , 2008年5月
- [39] NICTパリ事務所, "欧州電気通信標準化[ETSI]の基本動向と意思決定機構に関する調査報告書" ,  
<http://www2.nict.go.jp/r/r313/images/stories/pdf/re070131.pdf> (日本語) , 2007年11月
- [40] K. Leung and G. Dommety and P. Yegani and K. Chowdhury, "WiMAX Forum / 3GPP2 Proxy Mobile IPv4" , RFC 5563 (Informational), 2010年2月
- [41] EUCAR, Collaborative Automotive R&D 2009 - 2010,  
<http://www.eucar.be/publications/EUCAR%20Projects%202009-2010.pdf> (英語) , 2010年
- [42] NICTパリ事務所, EUの第7次枠組計画における情報通信技術研究の動向調査,  
[http://www2.nict.go.jp/r/r313/j/EU\\_report/FP7.pdf](http://www2.nict.go.jp/r/r313/j/EU_report/FP7.pdf) (日本語) , 2007年5月
- [43] eSafety : Research activities | Europa - Information Society, FP6 RTD Projects,  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/esafety/research\\_activity/fp6/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/research_activity/fp6/index_en.htm) (英語) , 2010年3月
- [44] eSafety : Research activities | Europa - Information Society, FP7 RTD Projects,

- [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/esafety/research\\_activ/fp7/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/research_activ/fp7/index_en.htm) (英語) , 2010年3月
- [45] Europe 2020: Background information for the informal European council, [http://ec.europa.eu/commission\\_2010-2014/president/news/statements/pdf/20100210\\_3\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/commission_2010-2014/president/news/statements/pdf/20100210_3_en.pdf) (英語) , 2010年2月
- [46] 欧州委員会, Information and Communications Technologies for Safe and Intelligent Vehicles, [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/esafety/doc/esafety\\_communication/esafety\\_communication\\_vf\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/esafety_communication/esafety_communication_vf_en.pdf) (英語) , 2003年9月
- [47] COMeSafetyウェブサイト, <http://www.comesafety.org/> (英語) , 2010年3月
- [48] ISO TC204 WG16 CALM, <http://www.isotc204wg16.org/wg16> (英語) 2010年3月
- [49] COMeSafety, European ITS Communication Architecture (Overall Framework Proof of Concept Implementation) [http://www.comesafety.org/fileadmin/user\\_upload/PublicDeliverables/COMeSafety\\_DEL\\_D31\\_EuropeanITSCommunicationArchitecture\\_v3.0.zip](http://www.comesafety.org/fileadmin/user_upload/PublicDeliverables/COMeSafety_DEL_D31_EuropeanITSCommunicationArchitecture_v3.0.zip) (英語) 2010年2月
- [50] CVIS, Exploring the possibilities offered by next generation infrastructure- vehicle communications in tackling urban transport challenges, [http://www.polis-online.org/fileadmin/hot\\_topic/FINAL\\_Version\\_web.pdf](http://www.polis-online.org/fileadmin/hot_topic/FINAL_Version_web.pdf) (英語) 2010年3月
- [51] ETSI ITS, European Standardisation for Intelligent Transport Systems, [http://docbox.etsi.org/Workshop/2009/200902\\_ITSWORKSHOP/Evensen%20WG2\\_ARCHITECTURE.pdf](http://docbox.etsi.org/Workshop/2009/200902_ITSWORKSHOP/Evensen%20WG2_ARCHITECTURE.pdf) (英語) 、2009年2月
- [52] CEN TC 278 WG16, “Report from WG 16 to the 43rd meeting” <http://www.silmos.cz/file.php?id=1863> (英語) 、2009年9月
- [53] COMeSafety, COMeSafety Specific Support Action ITS Consolidation and Standardization - Common Architecture, [http://docbox.etsi.org/Workshop/2009/200902\\_ITSWORKSHOP/Volkswagen\\_Luebke\\_COMeSafety.pdf](http://docbox.etsi.org/Workshop/2009/200902_ITSWORKSHOP/Volkswagen_Luebke_COMeSafety.pdf) (英語) 2009年2月
- [54] C2C通信コンソーシアム, CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto (Overview of the C2C-CC System) 、[http://www.car-to-car.org/fileadmin/downloads/C2C-CC\\_manifesto\\_v1.1.pdf](http://www.car-to-car.org/fileadmin/downloads/C2C-CC_manifesto_v1.1.pdf) (英語) 2007年8月
- [55] GeoNet, GeoNet architecture design release (GeoNet-D1.2-architecture\_design.pdf) 、[http://www.geonet-project.eu/?download=GeoNet-D1.2-architecture\\_design.pdf](http://www.geonet-project.eu/?download=GeoNet-D1.2-architecture_design.pdf) (英語) 、2010年1月
- [56] Univ.-Prof. Dr. Thomas Strang, Vehicle Networks V2X communication protocols, [http://www.sti-innsbruck.at/fileadmin/documents/vn\\_ws0809/11-VN-WAVE.pdf](http://www.sti-innsbruck.at/fileadmin/documents/vn_ws0809/11-VN-WAVE.pdf) (英語) 、2009年
- [57] COMeSafety, Newsletter for European ITS Related Research Projects, [http://www.comesafety.org/uploads/media/COMeSafety\\_DEL\\_D19\\_Newsletter\\_6\\_01.pdf](http://www.comesafety.org/uploads/media/COMeSafety_DEL_D19_Newsletter_6_01.pdf) (英語) 、2008年12月
- [58] 未来ナビ「ガラパゴス化」する日本, [http://www.nri.co.jp/navi/2008/080213\\_1.html](http://www.nri.co.jp/navi/2008/080213_1.html) (日本語) , 2008年2月

[59] 日本の携帯電話メーカーは本当に世界で通用しないか ビジネス-夏野剛のネオ・ジャパネスク論:IT-PLUS,  
<http://it.nikkei.co.jp/business/column/natsuno.aspx?n=MMIT33000021102008> (日本語) , 2008年10月

## 執筆者プロフィール



氏名: 塚田 学

経歴:

1982年、京都生まれ。2002年より慶應義塾大学 環境情報学部 村井研究室に参加、2003年よりWIDEプロジェクトに参加。自動車の情報化に取り組むインターネット自動車(ICAR)プロジェクトと、次世代インターネットIPv6における移動体通信に取り組むNautilus6日仏共同プロジェクトにおいて活動。2005年、フランスブルターニュ電気通信国立大学(ENST-Bretagne、現TELECOM Bretagne)のLabo4Gチームにて3ヶ月のインターンシップを経験し、慶應義塾大学環境情報学部卒業。2006年、現在所属するフランス国立情報学自動制御研究所 (INRIA Paris-Rocquencourt)のIMARAチームにて3ヶ月間のインターンシップを経験。2007年慶應義塾大学政策・メディア研究科修士取得。2007年よりフランス・パリ 国立高等鉱業学校 (MINES ParisTech) ロボット工学センター博士課程在籍および、フランス国立情報学自動制御研究所 (INRIA)のIMARAチームにて博士研究員。ANEMONE、CVIS、GeoNetと3つのEUプロジェクトに携わり、主にIPv6、移動体通信、自動車ネットワークの研究に従事。

Web site: <http://www-rocq.inria.fr/~tsukada/index.ja.html>

メール: [manabu.tsukada@inria.fr](mailto:manabu.tsukada@inria.fr)