

# 自動車用ナビゲーションの総合的開発

## — 夢の実現のための製品開発と社会受容のための標準化 —

伊藤 肇

自動車用ナビゲーションは、電子技術の急速な発展を背景として、目的地に効率的に行きたいというニーズが自動車開発の企画にのり、搭載する多くの技術、通信や道路データ等支える多くの技術が長年にわたる官学民の協力で実現し、普及してきた。またそれらの技術はITS標準化の名の下に国際的な整合が行われている。なかでもナビゲーションは運転中の視認・操作を伴う車載装置でもあり、安全性、特にヒューマンファクタが重要なアイテムになる。この論文は開発の歴史を紐解き、社会受容が可能になるヒューマンファクタの研究と標準化を紹介する。

キーワード: ナビゲーション、経路誘導システム、ITS、ヒューマンファクタ

## Integrated development of automotive navigation and route guidance system

### – Product development for realization of dreams and standardization for social acceptance –

Hajime ITO

The automotive navigation system has been realized and has become popular along with the rapid development of electronic technology. The needs of people to reach destinations efficiently have pushed its development along with the projects of automotive development. Many vehicle-mounted technologies and many technologies supporting the navigation system such as communication and road data have been realized through many years of collaboration of powerful and innovative people among government, academia and industry. The technologies are to meet Intelligent Transportation Systems (ITS) international standards. Since the navigation interface system is an onboard device observed and operated during driving, securing safety, especially that related to human factors is an important issue. In this paper, the history of the development of the navigation system, research on human factors and standardization to enable social acceptance are described.

Keywords: Navigation, route-guidance system, ITS, human factor

### 1 背景

1970年代は、自動車の保有台数が急速に増加し、また性能も飛躍的に向上した時代であった。移動という点で考えると、道路は質・量とも整備が不十分で、ネットワークを構成しておらず、また案内標識もわかりにくく少ない、市販道路地図も粗く、日本的な町名表記（欧米のような街路中心でない）も災いし、知らない目的地に行くにはそれなりの困難があった。

一方、自動車にはスピードメーター等運転に必須な機器以外で補助的に装備されていたのは、時計とAMラジオ程度で、ナビゲーションとは方位磁石と道路地図帳を併用するものであった。【ニーズの存在】

自動車用ナビゲーション（以下ナビゲーションと略す）の先達は、船舶用や航空機用であった。それらの航法は、現在地と航行方位の特定である。初期には六分儀と時計

が、その後、電波標識等が使われるようになったが、自動車は行動域が狭く、また走行する場所が道路に限定されるため、これらの手法は自動車用航法としては不十分であった。

そこで米国では、1960年代から衛星測位、ビーコン利用、Route Guidance Systemの研究開発が進められた<sup>[1]</sup>。

#### 【お手本の存在】

日本でも、1970年代後半から各省庁の交通管制やナビゲーション等のプロジェクトが推進され、ナビゲーションの技術要素、システムの研究が始まった。

1980年代はカーエレクトロニクスが車を制御する時代へ移行した時代で、電子技術の急速な発展に助けられさまざまな分野（半導体・回路技術、センサー技術、ソフトウェア技術、ディスプレイ技術、シミュレーション技術等）で高性能化、小型軽量化、低コスト化されていった。また通信

(株)トラスト・テック 横浜営業所 〒231-0012 横浜市中区相生町6-104 横浜相生町ビル2F  
Trust Tech Inc., Yokohama Office Yokohama Aioi-cho Building 2F, 6-104 Aioi-cho, Naka-ku, Yokohama 231-0012, Japan E-mail:hajime\_ito@trust-tech.jp, h.ito.n-s@ny.tokai.or.jp

技術と応用、普及、人工衛星の技術の急速な発展も見逃せない。【支える技術の発達】

ナビゲーションは、「初めて行く目的地に到達することをガイドしてくれる装置の実現」という技術者の夢が始まりであり、Door to Door Navigation（目的地の家の前まで誘導してくれる）が理想、しかも船舶や航空機と異なり使用者は運転や航法のプロでない場合がほとんどである。第2章では、上記キーワード【】を背景として、商品としてのナビゲーションの変遷を述べる。また、商品化していくプロセスで技術課題がどのように変わっていったのかを見る。第3章では、その技術課題をどのように解決していったかについて述べる。第4章では、ナビゲーションは運転中に操作や視認をするために、社会に根付かせるためには安全性を担保しなければならない。そのために行われた、ヒューマンファクタの研究開発、およびそれを支援するための国際標準化活動、および社会受容性を促進するためのガイドライン等の開発について述べる。

ナビゲーションを構成する技術は広い分野にまたがるため、図1のごとく、商品として成立するための技術と支える技術、そして社会導入のための作業、について述べる。すでに使用されなくなった技術は点線で図示した。池田<sup>[2]</sup>らがナビゲーションに必要な車載、インフラ技術について、主として、ナビゲーションメーカーの立場で具体的に論じているが、この論文では車載機器としての成立性や社会導入を重要視しているカーメーカーの立場を中心に述べる。

## 2 企画・商品の変遷

カーメーカーの立場は、自動車そのものを売ることが一

つの目的で、自動車と搭載している機能・装備が、利便性、安全性、エンターテインメント性、デザイン性等商品性で、顧客に満足度をどれくらい与えられるかが重要である。すなわち価格 / 効果があるかである。

ナビゲーションは、お客様にこのような商品を提供すれば喜んでいただける、という技術者の夢の実現から開発が進んだものと考えられる。

ナビゲーションは、登場以降、高価格グレード車の標準装備へと拡大し、アフターマーケット（非純正部品や用品の市場）でも競って商品力を向上させた商品が追加された。その結果、ナビゲーションを搭載するインストルメントパネルの基本構造・設計、デザインに自動車企画初期から検討される要素になった。このことは、自動車のデザイン、強度、耐久性、走行中の見易さ・操作の安全性、着脱性、電磁環境両立性、衝突時の安全性等自動車開発の多くのデザイン・設計要件と評価要件、製造要件を満足して、多くの知恵と労力が注ぎこまれていることに他ならない。

### 2.1 初期の企画：【ニーズの存在】と【お手本の存在】を満たす技術の具現化

ナビゲーションの目的は前述のごとく、目的地へ誘導することである。運転中、見やすく、分かりやすく、精度良く、経路を指示する装備を提供することが商品企画になる。

第1の商品は1980年に導入された「電子コンパス」で、現時点の自動車方位を電子データとして取得、指示する。表示された自動車方位と道路方向と、ランドマークを参考に、道路地図帳で現在地と目的地をもとめる商品である。第2の商品は、「電子コンパス」の方位データと走行距離から現在位置を推定する推測航法（Dead Recognition）を

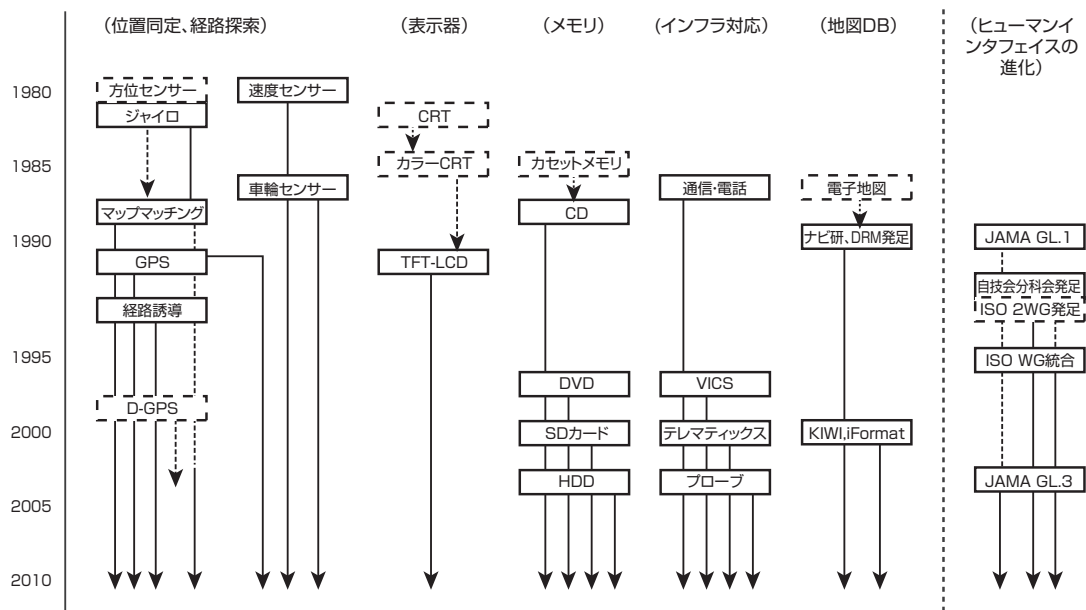


図1 技術の開発

用いて、出発地点（現在地）から目的地まで目的地方向と残距離を表示する「ナビコン」という商品で、1981年にセリカXXに搭載された。同時期に日産も同種製品を発売し、またホンダ「Electro Gyrocomator」ではガスレート・ジャイロを使って方位ではなく、方位角度変化を求める方式を採用した。このように同時期に類似製品が世に出されたことは、技術者の夢が社会的に共有されており、発達しつつあった電子技術を使ってそれぞれが実現しようとしたといえる。また「Electro Gyrocomator」はCRT<sup>注1)</sup>を使ったディスプレイを採用することで後の地図の表示を決定付けた。1985年ソアラではカラーCRTを使った「エレクトロマルチビジョン」で故障診断表示、燃費モニタ、高速道路地図、走行情報（サスペンション状態）、自動車装備の取り扱いマニュアル、TV放送表示（停止時のみ描画可能）等、その後のナビゲーション機器が具備する情報表示機能の一部が搭載された。なお上記マニュアルや地図情報を提供するため、当時音楽用として一般的であったカセットテープがメモリ機器として搭載された。

## 2.2 市場導入後の発展期：【支える技術】の利用

1987年に、次の商品としてCRT表示と推測航法を活用した現在のナビゲーション機器に近い商品「エレクトロマルチビジョン」がクラウンに搭載された。ソアラで始まった車載情報機器の一つの機能として、ナビゲーション機能が追加されたのである。この車は地図情報を搭載したCD<sup>注2)</sup>をメモリ機器として搭載、デジタル地図表示が可能となった。デジタル地図データは当初各メーカーで準備したが、開発・維持費用も莫大であるため共通化の動きが進んだ<sup>注2)</sup>。メモリは前述のようにカセットテープからCD、DVD<sup>注3)</sup>、その後SDメモリーカード<sup>注4)</sup>やHDD<sup>注5)</sup>に変化し、データの大容量・高速化につながり、多機能化に貢献できた。オーディオやコンピューター用のメモリが発展していったので、それを適宜採用してきたといえる。

1991年には、表示器がCRTからTFT-LCD<sup>注6)</sup>へと大幅に薄型・軽量化・低電圧化し、自動車への搭載性が格段にようになった。一方、米軍専用技術と考えられていたGPS<sup>注7)</sup>導入による位置精度向上が可能となった。推測航法では、センサーによる走行距離情報と方位角度/角速度情報を演算して現在地を出すため、センサー情報が誤差を含んでいればそのまま累積した位置誤差となるが、GPSは受信できる限りは連続的に自車位置を入手するので一時的な誤差は修正される。また走行軌跡と地図データを比較するマップマッチングで位置が補正されるケースもあり<sup>注2)</sup>、位置精度向上と、経路探索のソフトウェア技術をベースにした経路案内、軌跡表示、地点登録等機能が充実し、32 bitマイクロコンピューター投入により実用的なナビゲーションがで

きるようになった。ナビゲーションが目指している Door to Door Navigation の第一歩へ進んだといえる。

## 2.3 転換期

### 2.3.1 経路誘導の転換：通信の利用

#### 1) VICS等の展開

1996年に警察庁、旧郵政省、旧建設省の協力で道路交通情報通信システムVICS<sup>注8)</sup>が導入された。VICSは光ビーコン、電波ビーコンとFM多重放送で送信される交通情報（渋滞情報、所要時間、事故・故障車・工事情報、速度規制・車線規制情報、駐車場の位置、駐車場の満車情報等）をナビゲーション機器で受信し、情報表示と最短のルートを選択するための情報とするもので、現在は約半数の自動車用ナビゲーション機器に搭載されていると推測される。このことは自動車が孤立して動いているのではなく、インフラストラクチャ側とリンクして情報交換し、最適ルートを選択決定するという機能ができたことになる。

またDSRC<sup>注9)</sup>とナビゲーション機器を統合制御するITS<sup>注10)</sup>車載機が導入されつつある。これはナビゲーション、VICS、ETC<sup>注11)</sup>等、個別に提供されていたサービスを一つの車載器で提供することである。

#### 2) 課題：センター型ナビゲーション

経路探索を個々の自動車がするより、現在地と目的地のデータをアップロードし、交通管制センター等のインフラストラクチャ側で渋滞緩和も視野に入れて経路誘導・ダウンロードを行ったほうが効率と精度が良いのではないかという検討もされており、今後の課題である。

#### 3) 外部からの付加情報

ナビゲーションの表示器を使った多くのアプリケーションが期待されている。一つは衝突防止システムであり、路車間通信を使って交差点で見えない方向から近づいてくる自動車の警告表示や、見えないカーブ前方の渋滞警告、などが実証されている。

### 2.3.2 地図データベースの転換：運転制御への利用

地図データの自動車運転への応用である。道路データの内、道路の傾斜、カーブ等の情報を利用して自動変速機のシフトアップ/ダウンや速度制御、サスペンションのチューニングを自動的に行うもので、安全走行に役立つと思われる。すでに、カーブ手前での自動変速機のシフトダウン機能をもっている車種もあるが、この用途へのさらなる活用は次世代地図情報がもつべき情報にかかわるので、これからの大きな課題になると思われる。

### 2.3.3 新しいサービスの創造

Telematics<sup>注12)</sup>が普及してきた。これはカーメーカーが自社の顧客に対するサービスとして、双方向通信、電話による対話で渋滞情報等情報交換を行って運転の手助けを

する。また事故、故障等の際の救助要請を行う緊急通報サービスも運用されている。

### 3 技術の変遷

#### 3.1 航法技術：コア技術としての位置同定技術

2.1 節で述べたように、自動車のナビゲーションは方位コンパスの電子化から始まった。推測航法のために方位の電子データが必要で、採用したのが地磁気センサーである。地磁気は  $3 \times 10^4$  nT 前後の小さな値で、自動車ボディーの着磁や、送電線、鉄道線路、山地付近等で誤差が大きくなる欠点があった。ボディー着磁の原因として、自動車生産時プレス工程にて鉄材が圧延されると部分的に磁化することに加え、走行中踏み切り通過時に架線に流れる電流によるが多かった。また地磁気の特徴として地球の南北極と磁極がずれているため、日本のように国土が狭く、その偏角がおよそ 5 度西から 9 度西に収まる場合は限定された精度で使えるが、海外、例えば米国では国土の東西端の距離が大きく、偏角が大きくなるため使用できない。そこで「電子コンパス」導入時には国内利用に限定することとし、更に自動車生産時の着磁の対策で自動車全体の消磁装置を作って完成車を消磁した。その後の走行時の着磁を随時補正するため、自動車を 360 度回転させ、電子的に地磁気センサー出力を補正する方法を導入した。

走行距離と速度（スピードメーター用車速センサー、その後車輪回転センサーから入手）と方位データ（電子コンパス）、を計算して現在地を推定し（推測航法）、目的地までの距離と方位を計算・表示することで「ナビコン」、そして初期のナビゲーション<sup>[3]</sup>が実用化した。一方「Electro Gyrocompass」では方位角の変化をガスレート・ジャイロで求める方式を導入したが、その後、車載ジャイロは光ファイバージャイロ、振動ジャイロと小型化し進化した<sup>[2]</sup>。

また米軍衛星を使った GPS の利用によって現在位置が常時受信できるようになったことにより状況が改善した。初期の GPS は軍用外の使用では精度が約 100 m と悪く、またビル影、地下、トンネル内等で受信不可の場合があった。そのために GPS データ、マップマッチングで現在地を推定したが、一般道路と高速道路が 2 層になっている等の間違いやすい道路構造の場合もある。このためナビゲーションは通常は自動車内蔵の車速・距離信号、左右タイヤ回転差の検出、機器内蔵の加速度センサーやジャイロ等で補正される。また位置が分かっている固定局（放送局）を利用し GPS データを補正する Differential GPS のシステムも運用されたが、その後 GPS 自体の精度が向上したため終了した。今後、日本で開発中の準天頂衛星「みちびき」による GPS データの補完では、位置精度向上が期待される。

#### 3.2 道路地図データベース：コア技術2：地図上に自動車位置を載せる

第 2 の技術開発は道路地図データベースの開発である。データベースはユーザーのインターフェース部分である地図を描画するためのデータと道路のネットワークを定義付ける部分である。ネットワークはリンク（道路部分）とノード（交差点）で記述し、経路探索、所要時間計算、渋滞情報処理等に利用される。道路にはいわゆる生活道路から高速道路までさまざまなレベルがあり、道路管理者も異なるため、そのデータベースを作成することと追加・修正等の維持に多大の費用がかかる。このため当初各メーカー準備でスタートしたデータベースであったが、フォーマット、データ、登録方法の標準化をするため、ナビ研（現 IT ナビゲーションシステム研究会）、日本デジタル道路地図協会が組織された。その後、日本のカーメーカー、ナビゲーションメーカー、地図会社を中心になって、本格的なナビゲーション用地図データ「KIWI フォーマット」が誕生し、JIS D 0810、その後 ISO/TC204/WG<sup>[13]</sup> 3 にて ISO/TS<sup>[14]</sup> 20452 として規格化された（ISO/TC204 は 4.1 節参照）。また当初より走りもしない遠隔地の地図データを個々の自動車に搭載するのは不要との意見もあり、通信で必要な地図データを提供する仕組み、例えば i フォーマットが導入された。国土交通省国土地理院を中心に GIS<sup>[15]</sup>も研究されており、今後この分野の発展が期待される。

#### 3.3 ヒューマンインタフェースの進化：コア技術3：ドライバーへの経路情報提示と表示操作の安全性

地図表示ハードウェアは当初の CRT から、軽量・薄型・省電力の TFT-LCD が主流になって現在に続いている。地図表示技術は、これまでのあたかも地図を見ているような North up 表示のほか、進行方向を上に表示する Heading up 表示、交差点拡大図、Turn by Turn 表示（曲がる交差点までの距離と曲がる方向を指示）が採用されたが、広く受け入れられた手法にパードビュー表示がある。これは詳細な近傍の地図と粗いが遠方まで俯瞰できる、使い勝手の良い地図表示である。また多色利用による識別性向上、記号の利用、等表示方法にはさまざまあり、ディスプレイの解像度の向上にも伴って視認性、判読性向上が図られているが、選択はドライバーの好みに任されている。しかし、好みには国民性があり、海外では当初 Turn by Turn 表示が普及したし、ハードウェア面では安価で、小型、脱着容易な PND<sup>[16]</sup>の普及が著しい。

操作では通常のスイッチから、画面を触るタッチパネル・スイッチ、音声認識、リモコン等が採用されている。

当初、ナビゲーションはセンタークラス下部に設置され、走行中視線移動に時間がかかる位置であった。ヒュー

マンファクタの研究から、もっと高い位置が良いことは分かっていたが、これまでの伝統的な内装デザインを変更することへの抵抗や、空調の吹き出し口やダクトの取り回しの問題もあった。TFT-LCD が登場し、搭載位置の検討が進み、運転そのものを邪魔せず、走行中にも視認性、判読性の良い位置、さらに衝突安全性を確保したセンタークラスタ上部に設置位置を確保している。またマジスタや BMW では HUD<sup>注17)</sup> の中に Turn by Turn 表示も出しており、走行中の視線移動を減らしている。

### 3.4 国内外のプロジェクト：公的プロジェクトによるインフラと車載機器とのシステムアップ

第4の技術開発はナビゲーションを含む技術とシステムを検討する多くのプロジェクトの発足である。

米国では、1960年代後半における Robert French<sup>注1)</sup> の新配達ナビゲーション、Route Guidance with Map Matching System、1970年代初期の FHWA<sup>注18)</sup> 主導の ERGS<sup>注19)</sup> や IVHS<sup>注20)</sup>、欧州では ALI<sup>注21)</sup> や DRIVE<sup>注22)</sup>、T-TAP<sup>注23)</sup> 等に始まる官学民協力の下に推進された研究開発プロジェクト<sup>注4)</sup>があった。

日本では、1970年代から通商産業省大型プロジェクト「自動車総合管制技術」CACs<sup>注24)</sup>、警察庁 AMTICS<sup>注25)</sup>、建設省 RACS<sup>注26)</sup> 等のプロジェクトが始まり、更に1990年代には運輸省 ASV<sup>注27)</sup>、建設省 ARTS<sup>注28)</sup>、AHS<sup>注29)</sup>、スマートウェイ、警察庁 UTMS<sup>注30)</sup>、DSSS<sup>注31)</sup>、通商産業省 SSVS<sup>注32)</sup> 等が ITS 時代の準備を行った。これらの開発項目は、研究開発、実証実験を通して日本の IT<sup>注33)</sup>/ITS 戦略となった。1996年 ITS 関連5省庁は「ITS 全体構想<sup>注34)</sup>」を発表、その中で「ナビゲーションの高度化」があげられた。そして、ITS Japan<sup>注35)</sup> という官民学を纏め上げ、国を挙げて推進するという効率の良い体制ができ上がった。なお郵政省は電波行政でサポートした。

ナビゲーションはスタートして約30年経過したが、技術的にはまだまだ発展可能性があり、今後、現在地精度のさらなる向上、渋滞を避けるルートだけでなく、最も早く着く、また最もエコなルート提供や、運転技術に応じたルート等ルート提供の改良、新しい道路への対応や事故・工事中情報の折り込み、目的地への進入方向まで考慮した案内等、課題改善を期待したい。DSRC を利用した情報交換、プローブシステムによる渋滞検知精度の向上、前述の準天頂衛星「みちびき」等、日本の技術への期待は大きい。

## 4 国際的調和-ヒューマンインタフェース：社会受容性のための安全確保への取り組み

### 4.1 社会受容のためのガイドライン、国際標準化の整備

技術者達は夢としてもっていたナビゲーションを、前述し

たように多くの人々の力と技術で実現してきたが、単に製品を作るだけでなく、それを社会に受け入れてもらえるための努力もしてきた。ナビゲーションの機能は運転に役に立つものであるが、それと同時に、地図を始めとする情報を提示することは、道路から眼を離させることになり、いわゆる脇見運転を助長するのではないか、という危惧も早くからもっていた。商品開発だけをし、市場に投入すると、不適切な使用による問題が発生しかねず、そうなるに人役に立つ技術が社会から葬り去られる危険を認識していた。例えば欧州のプロジェクト DRIVE ではその危惧を明示し、ヒューマンファクタの検討を早くから始めた<sup>注5)</sup>。日本でも、RACS の中で、視認タイミング等ドライバーがどのようにナビゲーションを利用するのか研究を行った<sup>注6)</sup>。製品化の技術開発とほぼ平行してカーメーカーを中心にヒューマンファクタの研究が推進されてきた。そして、ヒューマンインタフェース設計の指針の標準化の活動や業界でのガイドラインの策定が進められた。

他国に先駆けてナビゲーションの市場導入を行った日本では、省庁の援助のもとで表1のように、市場導入後の間もない1990年に日本自動車工業会<sup>注36)</sup> 画像表示装置安全性分科会が業界内で守るべきガイドライン「画像表示装置の取り扱いについて」を策定し、公表した。ここでは、走行中での細街路表示を禁止し、目的地設定の操作もできない。これは、ナビゲーションという新しい技術を社会に導入するに際して、その利用の安全性も考慮して進めていることを社会に示すものでもあった。

また1990年頃には ITS 機器の将来の拡大を見越して、ITS の開発推進とその国際標準化の機運が盛り上がった。そして1993年 ISO/TC<sup>注37)</sup> 204 (TICS<sup>注38)</sup>、現在 ITS に改名) が国際標準化推進団体として結成された。また、1994年には第1回 ITS 世界大会がパリにて開催され、その後、年1回アジア太平洋地域→北米→欧州→と3極持ち回りで学会と展示会が催され、技術・商品力の面での推進役を果たしている。ISO 活動が国際的調和のとれた基準作りを行い、ITS の発展を支える役割を担うことになったが、これらの機能ができたのは日本で拡大しつつあったナビゲーションが一つのきっかけになったことは疑いない。また日本では TC204 国内委員会(現 ITS 標準化委員会)、TC204 国内技術委員会が統制をとって対応したことは、技術の発展、標準化の面で国益に貢献したと考える。

ISO/TC204/WG11 (Route Guidance and Navigation Systems) はシステム、メッセージセットやインタフェース類の標準化を担当した。著者はヒューマンファクタとインタフェースの標準化を行う ISO/TC204/WG13 (Human Factors and MMI<sup>注39)</sup>、以下 WG13 と略す) と ISO/TC22/

表1 主なヒューマンインタフェースガイドライン、規格、法規の標準化<sup>[7]</sup>

1990年	JAMA ガイドライン 1.0：走行中の細街路地図画面の消去、目的他設定不可
1992年	ISO/TC204 の発足
1993年	ISO/TC204/WG13 の発足
1994年	ISO/TC22/SC13/WG8 の発足 対話管理（発行 2002）、聴覚表示（発行 2004、改訂 2010）、 視認行動計測（発行 2002）、視覚表示（発行 2002）、走行中の表示適合性（発行 2003）、 表示内容の優先度 Message Priority（発行 2004） 審議開始
1995年	JAMA ガイドライン 1.1：走行中の表示文字数の制限
1999年	JAMA ガイドライン 2.0：その道路上にいるときは細街路の表示可に変更 道路交通法 71 条：走行中の携帯電話の手持ち使用禁止、ビデオ画面注視の禁止
2002年	JAMA ガイドライン 2.2：表示装置は視角 30 度以内に設置 道路交通法 109 条：車載機器の表示・操作・提示情報の原則 ISO/TC22/SC13/WG8 にて Occlusion Method の審議開始（ISO 発行 2007）
2004年	JAMA ガイドライン 3.0：走行中に操作可能な機能の最大操作時間を規定 道路交通法 71 条改訂：走行中の携帯電話の手持ち使用に対する罰則強化 ISO/TC22/SC13/WG8 で LCT <sup>注45)</sup> 法の審議開始

表2 標準化作業項目（TC204/WG13およびTC22/SC13/WG8スタート時）

No.	Title	内容	項目議長
1	ヒューマンファクタ文献集	TICS ヒューマンファクタのデータベース作成	米国
2	カーナビゲーションシステムのヒューマンファクタ	ヒューマンファクタからみた制約条件	米国
3	ドライバー-車システムのヒューマンファクタ	ACC <sup>注47)</sup> 、FVCWS <sup>注48)</sup> 等のヒューマンファクタからみた制約条件	米国
4	インテグレーション	表示の優先度 Message Priority、その後警報の統合化 Warning Integration 追加	日本
5	視覚表示	表示器視認要件	イタリア
6	聴覚表示	音/音声の警告	フランス
7	視認行動計測	走行中表示の気付きやすさの試験条件	英国
8	対話管理	ドライバーの負担を小さくするような情報の推奨値	スウェーデン

SC<sup>注40)</sup> 13/WG8 (TICS on-board MMI、以下 WG8 と略す) の国際エキスパートを 1993 年から 2003 年まで務めた。欧州の国際エキスパートの当初の認識は、「日本では運転しながらテレビを見ているが、それで良いのか」、「道路標識や街路名、建物 No. を見ていれば目的地に着けるので、ナビゲーションは不要ではないか」というようなものであった。そこで 1994 年の第 1 回 WG8 パリ会議の際、自動車技術会ヒューマンインタフェース分科会（当時は MMI 分科会と称す）で準備した「日本ではなぜナビゲーションシステムが必要か」のビデオをもって説明した。なおこの分科会は日本を代表してヒューマンファクタ国際標準化の役割を担い、国内の意見調整やデータ準備、国際会議の結果の国内への展開の役割を担っている。

#### 4.2 ナビゲーションの設計要件の国際標準化

ISO の二つの WG で国際規格の標準化が始まった（表 2）。検討のベースになったのは、日本が提供した前述の JAMA ガイドライン「画像表示装置の取り扱いについて」と、欧州が持ち込んだ DRIVE II の成果である HARDIE<sup>注41)</sup>

ガイドラインで「ルートをハイライトで表示した地図を表示してはならない」等、日本のナビゲーションの実態に合わない規格であった。ドライバーに考えさせてはいけない、こうしろという指示のみがよい、という理屈であった。その後の標準化作業の検討項目になった。

なお 1995 年に TC204/WG13 は廃止され TC22/SC13/WG8 に一本化された。当時、多くの情報が一斉にドライバーに提供されると、ドライバーは情報を処理しきれず安全情報を無視する可能性があるということで、情報の提供の仕方を検討することになったが、製品化が最も進んでいた日本が担当した。そのために情報の優先順位という考え方を表 2No.4 の一部である ISO/TS 16951 Message Priority で導入し、安全上重要なもの、直ちに行動を起こさなければならぬものの優先順位を高くする情報ごとのランキング法を明確にした。また警報の統合化について ISO/CD<sup>注42)</sup> 12204 Warning Integration を日米が中心で準備中である。

4.3 使用実態に即した自主ガイドライン改訂と法的整備  
実際にガイドラインを運用してみた結果、表 1 のごとく、

JAMA ガイドラインは1995年と1999年に改定された。1999年道路交通法でテレビ映像等の動画の走行中の視認が禁止された。これは事実上野放しであったテレビ番組の視聴を規制するものであったが、ナビゲーション画面の視認も同時に規制対象にならないように、動画の定義が検討された。2002年には、JAMA ガイドライン Ver 2.0はVer 2.2に改訂されたが、ここでの主な追加点は表示装置の設置位置に関するもので、正面から視角30度以内にディスプレイを置くことを定めた。この年に、ガイドラインに沿った形で、道路交通法の改訂がなされ法的な整備が行われた。

また、4.1節で述べたように、運転中の視認・操作はいわゆる脇見運転を誘発することになることから、安全運転を阻害する脇見という観点から、規制すべき視認・操作を規定することの必要性がでてきた。

#### 4.4 ドライバーの脇見 (Driver Distraction) への対応

討議のキーポイントは、走行中ドライバーが前方運転視界から視線を移動し、ナビゲーションの表示を読み／判断し／操作をするという脇見行為をどこまで許すかであった。この問題意識は米国でも持たれ、AAM<sup>註43)</sup>でも検討が始まった。その結果、WG8において、2002年からDriver Distractionとして測定法、評価法の構築が始まった。JAMAではナビゲーションやメーター等への視認行動の計測、車内へ視線がいくことによる運転への影響等の実験を行った。また米国からの提案のあった液晶シャッターのついた眼鏡で視認・操作するOcclusion法をも並行して検討し、この方法によって運転中に許される範囲を実験的に検討した。これを基にして、JAMA ガイドライン Ver3.0が2004年に発行された。この試験法のISO 16673 Occlusion Methodが成立したのは2007年で、国際標準化活動に先駆けて、国内ガイドラインとして公表されたこと

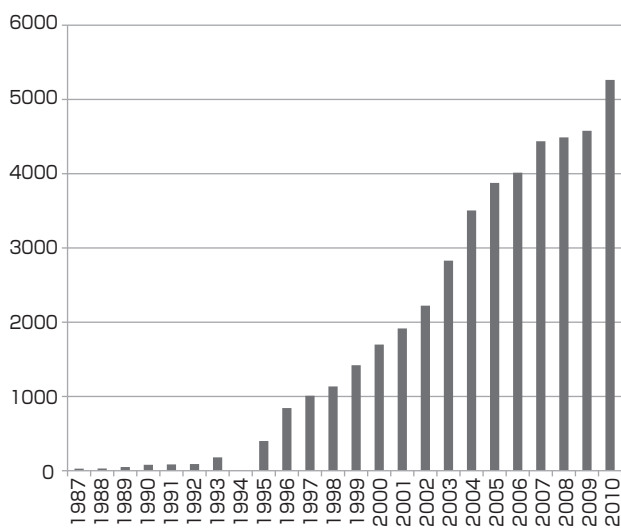


図2 出荷台数 × 1,000<sup>註8)</sup>

になる。このように、ナビゲーション製品が世界を先駆けたと同様、安全のための基準作りも日本が世界をリードしてきたことを明記したい。

海外では他に国連欧州経済委員会のWP29<sup>註44)</sup>、IHRA<sup>註45)</sup>/ITS WG等で検討し、Standard (標準)、Code of Practice (服務規程)、ガイドライン、法律等強制力の異なるものにまとまりつつある。カーメーカーや部品・ナビゲーションメーカーが、国際規格等を満足したうえで、使いやすく安全を担保した形での商品開発と社会導入を図って活動をしてきたことが、官民学の連携の基盤となり、図2のごとく、広く市場に普及することに貢献してきた。

## 5 おわりに

ナビゲーションが世界に普及したのは、目的地にガイドしてくれる装置へのニーズの存在と、多くの分野の技術者がそのことに共感して先行検討してきたこと、また時代が必要な技術を提供してきたこと、メーカーに商品力向上の一環として開発しようとする意欲があったこと、自動車の販売が急速に伸び市場が成長したこと、新規産業創出への期待から行政組織からの支援を得ることができたこと、世界的なITS推進の動きに乗って各国に展開されていったこと等、人智を集約し、多くの技術や状況が融合・統合・発展し、成果を上げたと考える。今後の自動車に期待される知能化・自動化への貢献も望みたい。また第4章では、製品の技術開発と安全性のため技術開発を両輪として進めたことを紹介したが、氏家<sup>註9)</sup>は立体映像の分野でも進めており、こういったアプローチは人が日常生活で使う製品の社会受容性を作り出すことに有効に働くものとする。

なお効率よい自動車の目的地への走行は、ドライバーの精神的・肉体的負担軽減だけでなく燃料消費等環境にも良い効果を導くことを明記したい。

世界をリードしてきたナビゲーションは、日本国内での装着率は約40%にもなり、また携帯電話、スマートフォンのパーソナルなナビゲーションにとって良いお手本になってきた。このように、日本はナビゲーションにおいて世界に先鞭をつけてきたが、車載用PNDの出現で、生産量、収益の点で海外企業に差をつけられているのが現状である。名ばかりでなく実をナビゲーションで得たいものである。

## 謝辞

この論文を作成するに当たり、情報のご提供と内容のご討議をいただいた、トヨタ自動車株式会社第1電子開発部 杉本浩伸氏、(独)産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門赤松幹之氏に御礼を申し上げます。

- 注1) Cathode Ray Tube (陰極線管、通称ブラウン管)  
 注2) Compact Disc  
 注3) Digital Versatile Disc  
 注4) Secure Digital memory card  
 注5) Hard-Disc Drive (ハードディスク)  
 注6) Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display (TFT液晶)  
 注7) Global Positioning System  
 注8) Vehicle Information & Communication System  
 注9) Dedicated Short Range Communication (短距離通信方式の一つ、ETCは応用例)  
 注10) Intelligent Transport Systems (高度道路交通システム)  
 注11) Electronic Toll Collection system  
 注12) Telecommunication+Informaticsからの造語  
 注13) Working Group (作業グループ)  
 注14) Technical Specification  
 注15) Geographic Information System (地理情報システム)  
 注16) Personal Navigation Device  
 注17) Head-up Display (ヘッドアップディスプレイ)  
 注18) 米国運輸省の機関Federal Highway Administration  
 注19) Electronic Route Guidance System  
 注20) Intelligent Vehicle Highway System  
 注21) Autofahrer Leit und Informations system  
 注22) Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe  
 注23) Transport Telematics Application Programme  
 注24) Comprehensive Automobile Traffic Control System  
 注25) Advanced Mobile Traffic Information and Communication Systems  
 注26) Road/Automobile Communication System  
 注27) Advanced Safety Vehicle  
 注28) Advanced Road Traffic Systems  
 注29) Automated Highway Systems  
 注30) Universal Traffic Management Systems  
 注31) Driving Safety Support Systems  
 注32) Super Smart Vehicle System  
 注33) Information Technology  
 注34) 「高度道路交通システム (ITS) に関する全体構想」  
 注35) 当初は路・交通・自動車インテリジェント化推進協議会 VERTIS  
 注36) Japan Automobile Manufacturers Association (JAMAと略す)  
 注37) Technical Committee  
 注38) Transport Information and Control Systems  
 注39) Man-Machine Interface  
 注40) Sub Committee  
 注41) Harmonization of ATT Roadside and Driver Information in Europe  
 注42) Committee Draft  
 注43) Alliance of Automobile Manufacturers (米国自動車工業会)  
 注44) World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (自動車基準調和世界フォーラム).  
 注45) International Harmonization Research Activities (国際協調研究活動)  
 注46) Lane Change Task  
 注47) Adaptive Cruise Control  
 注48) Forward Vehicle Collision Warning System

#### 参考文献

- [1] R. French: Automobile navigation in the past, present, and future, <http://mapcontext.com/autocarto/proceedings/auto-carto-8/pdf/automobile-navigation-in-the-past-present-and-future.pdf>.  
 [2] 池田祥榮,小林祥延,平野和夫: いかにしてカーナビゲーション

システムは実用化されたか, *Synthesiology*, 3 (4), 292-300 (2010).

- [3] 伊藤 肇: カーナビゲーションの歴史, *ケータイ・カーナビの利用率と人間工学*, 61-66 (2002).  
 [4] 小塚一宏: ITS (高度道路交通システム) の国内外の動向, *豊田中央研究所R&Dレビュー*, 33 (3), 53-68 (1998).  
 [5] J. Michion (ed): *Generic Intelligent Driver Support*, Taloy & Francis (1993).  
 [6] M. Akamatsu, M. Yoshioka, N. Imacho, T. Daimon and H. Kawashima: Analysis of driving a car with a navigation system in an urban area, *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces*, I. Noy (ed), Lawrence Erlbaum Associates, 85-86 (1997).  
 [7] M. Akamatsu: Japanese approaches to principles, codes, guidelines, and checklists for in-vehicle HMI, *Driver Distraction Theory, Effects, and Mitigation*, ed. M. Regan, J. Lee and K. Young, CRC Press, 425-443(2009).  
 [8] JEITA公表資料他から推計  
 [9] 氏家弘裕: 映像の安心な利用を可能にする映像酔い評価システムの開発, *Synthesiology*, 3 (3), 180-189 (2010).

#### 執筆者略歴

伊藤 肇 (いとう はじめ)

1971年名古屋大学大学院工学研究科修士課程応用物理学専攻修了後、(株)豊田中央研究所に入社、車載ミリ波レーダの研究に従事。1973年トヨタ自動車工業株式会社(現トヨタ自動車株式会社)に転籍、ESV用衝突予知レーダの開発に従事。その後クルーズコンピュータ、電子コンパス、ナビコン、オートワイパ、スピークモニター、バックソナー、デジタルメータ、HUD、オプティクロンメータ、センターメータ等新製品設計を主導。1991年東富士研究所第13研究部ボデー分野リーダー、1993年第1ボデー設計部室長。1998年矢崎総業株式会社に出向・転籍、商用車のITS開発に従事。2001年矢崎計器株式会社取締役、2006年同常務取締役。2010年(株)トラスト・テック技術顧問。1991年よりARTS、UTMS、ASVプロジェクトに参画。1993年よりISO/TC204、TC22 WGの国際エキスパート、(社)自動車技術会ヒューマンインタフェース分科会初代分科会長、TC204国内技術委員会委員、2004年ITS Japan 幹事、2005年経済産業省ITS産業振興研究会委員。



#### 査読者との議論

##### 議論1 国際標準等への採用

質問 (景山 晃: 産業技術総合研究所イノベーション推進本部)

商品企画の段階からヒューマンインタフェースの問題を重視し、基準策定から国際標準化にまで展開した論述は *Synthesiology* にふさわしい内容です。さらに、国際標準化は国益の対決という側面もあります。この点に関して、カーナビゲーションを統合的システムとして世界に先駆けて商品化した日本が提案した規格案のうち、どの程度がISO等の国際標準、規格として採用されたのかの目安を主要事項ごとに示すことは可能でしょうか。

回答 (伊藤 肇)

ご評価ありがとうございます。カーナビゲーションは、電子技術、通信技術のみならず、個人、会社組織、省庁、団体、委員会が見事に融合、作り上げた、日本の誇るべき成果と考えます。ご質問の標準化作業グループISO/TC22/SC13/WG8では、5か国以上が協力すると宣言したテーマが組上に登り、テーマ議長国がたたき台を作り、各国が修正を行うという形で進みました。日米豪以外はすべて



欧州であったため投票数の上では不利な状況はありましたが、「安全運転」という大義のためロジカルな議論が尽くされており、日本は国内での標準案の検証、JAMAの協力、省庁の法的整備等とおして、現在では、主要リード国として認められています。その結果、日本提案の Message Priority と Warning Integration は規格化へと進み、さらに Occlusion method のように日本以外の議長国テーマでも、日本は修正・合意し、10 件程度の ISO 化が行われています。すなわち国益を満足し、技術的にも世界中および日本国内が納得した形で ISO ができつつあります。

## 議論2 カーナビゲーションの普及

コメント（内藤 耕：産業技術総合研究所サービス工学研究センター）

カーナビゲーションの技術開発において、GPS システム利用の一般開放と電子地図の技術普及等が重要な役割を果たしたことは前半で論じています。一方、後半は筆者の主張の中心であるヒューマンファクタの研究や、その国際標準化の役割が記述されています。ここで議論しているカーナビゲーションの本格的な一般への普及が 1995 年頃から始まったということは、この筆者の仮説を補強しています。よって、JEITA で公表されているカーナビゲーションの普及台数と国際標準化の動きを合わせた記述をされれば、筆者の論点は説得力を増すと思います。

回答（伊藤 肇）

技術開発、GPS、VICS 等、環境整備に加え、使い勝手、安全への担保により商品力が向上したと考えます。そして、各メーカーの努力、研究所、学界の協力、そして標準化された使いやすさ、安全性が相まって、総合的に商品力が向上し、90 年代後半から普及したと考えております。そこで第 4 章に図 2 を追加しナビゲーション出荷数の伸びを表示しました。

## 議論3 技術の統合

質問（景山 晃）

カーナビゲーションの変遷を、どのような技術が統合されていったのかを、要素技術と時間軸との表であらわしていただくことは可能でしょうか。また、文章の記述を簡潔なものとし、技術～時間軸の表を併用することで、大変読みやすく、かつ、読者の理解を高められると思います。

回答（伊藤 肇）

図 1 に技術の開発として技術要素と時間軸を記入しました。この論文に出てくる技術要素等をできるだけ入れ、この論文の理解を助けるようにしました。新しい技術の追加や使われなくなった技術の代謝が読み取れるようになりました。