

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

— 開発マネジメントと事業化について —

池田 博榮^{1*}、小林 祥延²、平野 和夫³

日本が実用化の先鞭をつけた車のカーナビゲーションシステムは、今や全世界に広がりたいへん有用なものとなり、日本だけでも約5000億円/年を超える事業規模となっていると思われる。しかし、これを実現するためには、当時にはなかった全国のデジタル地図作成のための仕組みづくりと作成、交通情報を車に流す仕組みや米国によるGPS整備とその利用等環境整備が必要であり、これに多くの労力を割いた。またマップマッチング等位置検出技術、ジャイロセンサー、ディスプレイ、メモリー、マイコン等ナビに必要なソフトウェア、ハードウェア開発が必要であった。今ではカーナビゲーションシステムは車載情報通信システムとして発展拡大している。まだ世の中に同システムに必要な要件が整備されていなかったところから始めた開発と事業化について、開発マネジメントの観点から述べる。

キーワード: カーナビゲーションシステム、地図データベース、マップマッチング、ジャイロセンサ、ルートガイダンス、VICS、GPS

How car navigation systems have been put into practical use

– Development management and commercialization process –

Hirosaka Ikeda^{1*}, Yoshinobu Kobayashi² and Kazuo Hirano³

Japanese manufacturers have played key roles in developing practical vehicle navigation systems (hereinafter “NAVS”). The NAVS have spread throughout the world and have become extremely useful. The market size in Japan alone is considered to exceed 5 hundred billion yen a year. This system could not have been achieved without the development of a scheme to create a nationwide digital road map, subsequent map creation, methodology to provide traffic information to vehicles, GPS development and its utilization in the United States. Much effort has been directed toward laying down infrastructure comprising these factors. Furthermore, it has been also necessary to develop the required software and hardware for the NAVS including location detection techniques such as map-matching, gyro sensors, displays, memory and microprocessors. The NAVS are presently evolving as onboard information communication systems. This report describes their development and commercialization, which started even before the requisites for the NAVS developed fully, from a development management perspective.

Keywords: Car navigation system, map database, map-matching, gyro sensor, route guidance, VICS, GPS

1 はじめに

近年多くの自動車にカーナビゲーションシステム（以下、ナビと記す）が標準装備され、レンタカーやタクシーにも装着されるようになってきている。筆者は4年前にドイツに駐在したが、ナビを装着した乗用車を使ったお陰で、地理を知らないまま地図帳なしで、どこへでも運転することができた。当初ヨーロッパの研究者らが主張した進行方向を矢印で示すのみのターンバイターン方式ではなく、すべてのナビは日本式の地図ナビとなっていた。

ナビの始まりは中国の十八史略にある殷の黄帝が発明したといわれる指南車であった。その後時代を経て、本田技研工業（株）が1981年にガスレートジャイロを用いたナビを作ったが、透明シート地図を用い、自車位置を光で投射するものであった^[1]。その後地磁気を用いて走行方向を示

すものはあったが、ディスプレイ上の地図に自車位置を重ねて表示するものが1987年にトヨタクラウンに搭載され、これがナビの始まりであった。このナビは地磁気と車速センサーの出力を基に移動量を積算していくので、徐々に真の位置からずれていくものではあったが、これによりナビ搭載の気運は高まった。このときの地図は1/5万（1 cmが500 m）と粗いものを用いていた。そして、1989年に日産シーマにナビが搭載されたが、これは住友電気工業（株）（以降、住友電工という）によって開発されたものであり、地図中の道路の上に自車位置が精度良く表示されるという点において実用的なナビの最初と言うことができる。本稿では、住友電工におけるナビの研究開発のプロセスを振り返り、実用化のポイントと困難さについて述べる。

1 九州大学イノベーション人材養成センター 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 創造パビリオン 1F、2 (株) オートネットワーク技術研究所 〒510-8503 四日市市西末広町 1-14、3 住友電気工業 (株) 〒541-0041 大阪市中央区北浜 4-5-33 (住友ビル)

1. Innovation Training Program Center for R&D and Business Leaders of Kyushu University Sozo Pavilion 1F, 6-10-1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581, Japan * E-mail: ikeda@itp.kyusyu-u.ac.jp, 2. AutoNetworks Technologies, Ltd. 1-14 Nishi-Suehirocho, Yokkaichi 510-8503, Japan, 3. Sumitomo Electric Industries, Ltd. 4-5-33 Kitahama, Chuo-ku, Osaka 541-0041, Japan

2 ナビの基盤となった道路の情報化技術

ナビは地図上に自車位置を表示し、地図上の道路に沿って目的地に至る経路をドライバーに提示すると共に道路の渋滞状況を表示するシステムである。したがって、自動車に搭載する車載機器単独で成立するのではなく、道路インフラ側の情報化技術の開発も不可欠である。このインフラ側の開発がいち早く行われたのが我が国の特徴であった。

1966年に東京銀座にて信号機と車両感知器をオンラインでつなぎ、交通流の検出から信号機の制御をコンピューターで行う交通管制システム実証実験が行われ、有効性が確認されて実用化が始まったが^[2]、さらに急激に増大し始めた交通事故の防止と交通渋滞対策の必要性が課題となっていた。1973年に行われた通商産業省(当時)の自動車総合管制システム^[3](CACS)では交差点にコイルを埋設し、交差点を通る車に誘導無線を用い、渋滞を避けるための進路を車載機に表示する実験が行われた。実用化には、車載機とインフラとの両方の整備が必要で、ニワトリと卵の関係で実現しなかったが、交通情報で車を空いている道路に誘導することの有効性は実証された。

これとは別に、警察庁はパトカーの有効な運用の為に、センターでパトカーの位置を把握し誘導するパトカーロケーションシステム^[4](以下パトロケと記す。警察用語ではカーロケータ)開発を進めようとしていた。

こういった情勢のなか、道路インフラ技術に参画していた住友電工ではナビの開発の必要性を感じていた。そして、1983年当時住友電工で交通管制やCACSをリードしてきた油本暢勇氏(後の専務取締役)は米国で開発されたマップマッチング技術を知り、これを用いることでナビを実用化できると判断して、この方式での開発を決定し、着手した。

その後、路車間通信システムの技術は官民の連携によって進められ、1984年には路車間情報システム(RACS)がスタートし、1987年には新自動車交通情報通信システム(AMTICS)が発足した。このように道路交通情報の収集が進み、またナビの車載化が始まり、移動体を対象とした新たな道路交通情報システム導入の機運が高まった。その結果AMTICSやRACS会員を中心に新たな会員も加わり、VICSが1991年に発足し、さらにITS(Intelligent Transportation System)へと拡大することになった。

3 ナビゲーションシステムの開発

住友電工におけるナビ開発は車載ナビ開発とパトロケ開発からなり、それに必要な共通の技術や部品を開発した。本稿ではナビを中心に述べる。

3.1 現在位置検出技術

1) マップマッチング^[5]技術開発

ナビの基本技術は、いま自分がどこにいるかという位置検出の技術と、目的地までの経路を計算し、その経路に沿って案内する経路計算、経路案内技術である。

現在では、この基本技術の一つである位置検出は、GPS衛星を利用したシステムを使用することで比較的簡単にできるようになっている。私達のパトロケやナビ開発当初はまだGPS衛星が数個しかなく、実際にこれを用いて位置を計算できるのは1日のうちわずか1~2時間という未整備状態であり、まだ使えるものではなかった。

① マップマッチング方式の開発

スタートの位置がわかり、その位置からの走行距離と進行方向がわかれば、原理的には位置がわかることになる。この方法をデッドレコニングと呼ぶ。ただし、この方法はその走行距離および走行方向を検出するセンサーの精度がととも重要で、潜水艦や航空機に使用されていた高精度かつ高価なセンサーを自動車に使用するのは無理であった。この高価なセンサーを用いなくても、正しい位置検出ができる方法を、アメリカのETAK社が開発した。それがマップマッチング方式であった。この方式では、デッドレコニングで検出した自車の軌跡を、自動車は道路上を走るものとして、地図の道路と比較してその誤差を補正するものであるため、センサーによる誤差の累積を防ぎ、正しく位置の検出ができることになる。図1に説明図を示す。

青色はデッドレコニングによる軌跡である。走行距離や方向にわずかのずれを有するため、徐々に緑色の真の道路位置から離れていく。車が交差点を曲がる時に、マップマッチング方式では道路地図データから交差点の位置を参照し、現在位置を交差点位置に修正する。

赤色がマップマッチングにより修正された軌跡である。軌跡が道路上に補正されているため、ドライバーに違和感を与えないものである。開発チームはETAK社の技術を導入するかどうかを考えたが、日米の道路密度、道路形状

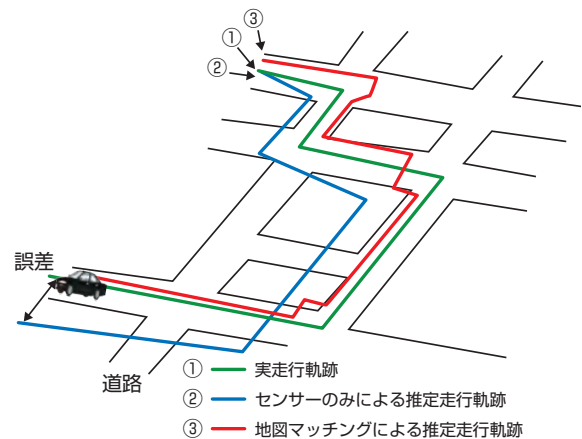


図1 マップマッチングの原理
(住友電気工業(株)提供)

の違い等、ロジックに影響を与える要因に隔たりが大きかったことや、将来の発展を考えて、自社開発することにした。

②センサー、ハードウェア、ソフトウェアの考え方

センサーとしては、移動量、旋回角のセンサーが必要である。自動車に用いるためには、潜水艦や航空機に比べ2～3桁安価で、精度はそこそこ、しかも車の使用年数十年くらいは調整が不要で壊れないというものが必要となる。

移動量と旋回角は車の両輪の回転数の平均とその差分でそれぞれ検出できる。住友電工はアンチロックブレーキ（以下ABSと記す）メーカーでもあったので、よく分かっていたABS用車輪速センサーを車メーカーにお願いし、それをセンサーとして使用することにした。また、旋回角のセンサーだけでは、絶対方位が分からないため、絶対方位の分かる地磁気センサーを併用した。ただし、車輪の回転数はスリップのために実際の移動距離と違ったり、地磁気センサーも直流駆動電車の近く等場所によって大きく狂うことがあるため、これらセンサーの誤りをマップマッチングでいかに正すかというソフトウェア開発がとても重要になる。そのソフトウェア検証のため、種々のコースで実車走行したり、実車走行のデータをもとにシミュレーションを行ったりした。ただ、これらの検証走行やシミュレーションの結果から、車輪の両輪差からの検出方法では旋回角の精度が不十分であることが分かり、後に示す光ファイバージャイロ⁶⁾を開発することになった。その他の部品についても、自動車用を使用する場合は、世の中一般に使用されており、十分信頼性の高い物かつ自動車の振動や高温に十分耐えられる物を選ぶ必要があった。地図の表示や推奨経路の表示については、当初は（車に一部搭載されていた）6インチ程度のCRTを用い、また地図の記録媒体としてCD-ROMを使用した。これらの方式を用いたナビが1989

年セドリック、シーマに採用された（図2）。現在では、これらの表示装置や記録媒体は、液晶ディスプレイとDVDまたはハードディスクにとって代わられている。

1990年頃のナビには6インチCRTが使われたが、これまでオーディオやエアコンの操作パネルが位置していたところにナビが入り、オーディオやエアコンの操作機能もナビ機能に組み込まれた。

③実用化の考えかた

一般車では、ナビの車輪速センサーとしてその当時まだ搭載が少なかったABSシステム用のセンサーを用いたため、ナビを搭載できる車両はABSシステムの搭載車に限られることになった。地磁気センサーについては、車メーカーが製作時に車体を消磁すること、および一度旋回し磁石の方位を確認してセンサーの常数を記録させることを行い、その後は車輪速センサーの値とマップマッチングにより自動補正を行う方法にした。

マップマッチングによる位置検出方式は、基本的にスタート地点を設定する必要がある。また、走行中に実際の道路と地図が異なることがあり、位置を見失う場合がある。その時は改めて位置の分かった地点でスタート地点の登録が必要になる。これは、ユーザーが行うことになるため、できるだけその回数を減らし、また簡単に行えるようにしなければならなかった。

このためディスプレイでの表示内容は見易く、かつスタート位置の設定等は簡単な操作で扱える必要があった。したがって、自車位置検出や経路誘導・経路案内を行うためのソフトウェアのほか、ディスプレイに表示および操作するためのソフトウェアがとても重要となってきた。

また、このナビシステムでは表示用のほかマップマッチング用のデジタル地図が必要となったが、これも当時は世の中になく自ら作るようになった（後述）。

さらに、ナビ用ディスプレイは、ナビ以外に車の情報表示装置として重要な役割があり、それらが表示できるようにソフトウェアの開発は行われた。ナビの目標価格は5万円、10万円、20万円といった金額になるが、ディスプレイをカラーで大きなものにする限りは、コスト低減に限界がある。基本的にナビは高価な商品といえる。アフターマーケットに出ていた後付けタイプのディスプレイは安いが小さいために視認性が悪く、安全を確保することが必要なカーメーカー純正のシステムにはそぐわないものであり、採用することはできなかった。

2) 方位検出ジャイロの開発

①光ファイバージャイロ⁶⁾の開発

車の旋回角度をはかるセンサーとして、両輪の回転数差を求める方式は必ずしも精度は良くなく、当初のナビでは



図2 カーナビゲーションシステム
(1989年日産シーマのカタログより、日産自動車(株)提供)

そのためにマップマッチング処理の限界を超え、道に迷うことが度々あった。旋回角センサーの精度を上げることが必要と考え、当時住友電工で極限作業ロボット用として開発していた光ファイバージャイロ (サンプル価格は数百万円程度) を何とか安く作ってナビ用にできないかと考えた。幸い住友電工では光ファイバージャイロに必要な部品のほとんどを内製できたこともあって、それぞれの部品を量産で安く作ることや、ナビ用として精度を落としても問題ないところは低コスト化のため落とす等することで、コストを2ケタ下げることができ、車に搭載することが可能になった。光ファイバージャイロの採用により、位置を見失う頻度が200 kmに1回程度に低下するところまで性能を向上することができた。

②振動ジャイロ^[7]

1990年以降になってナビにGPSが使用できるようになると旋回角センサーには光ファイバージャイロ程の精度は必要でなく、もっと低コストのものが求められた。当時、カメラの手ぶれ防止用の振動ジャイロが世の中に出始め、これをナビに使用できないかを考えた。カメラ用の振動ジャイロは手の動きを検出することを目的としているため、長時間にわたる零点ドリフトについては考慮されていなかった。ナビ用の要求仕様を作り、センサーメーカーに開発を依頼した。その結果、ほぼ満足できるジャイロセンサーを(株)村田製作所が開発でき、振動ジャイロに切り替えることができた。もちろん、振動ジャイロ単体性能の向上によるだけでなく、ジャイロを扱うソフトウェアにおいても走行中の零点ドリフトの推定処理やジャイロ温度測定によるドリフト量の推定等のソフトウェア機能を追加した。このソフトウェア機能により光ファイバージャイロよりも小型・安価であるが零点オフセットが5倍大きな振動ジャイロであっても採用することが可能となった。

3.2 経路計算・経路案内技術の開発

位置が精度良く検出されると、その次には目的地までの最適経路を求め、走行中に右左折を案内する機能が求められた。経路計算のアルゴリズムは多くが大学の研究によ

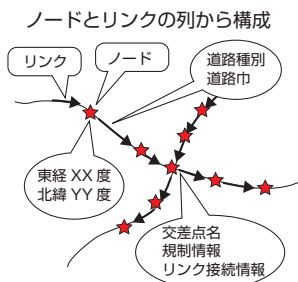


図3 道路形状データ (住友電気工業(株)提供)



図4 実道路のプロット例 (住友電気工業(株)提供)

て産み出されていたが、多くは膨大なメモリー、高速読み出しのできる地図データ記憶媒体を前提としていた。一方、ナビにおいては1倍速のCD-ROMとコスト的に厳しく切り詰めたメモリーを使って、東京-大阪500 kmの経路計算を速やかに行うことが求められた。住友電工ではこれまでの方式では30分かかった経路計算をソフトウェアの工夫により30秒にまで高速化し、製品化した。

3.3 デジタル地図の開発

①地図データベースの確保

マップマッチングには、デジタル化された地図データが必要であり、交差点をノード、交差点間をリンクと呼ぶ地図データ構成となる。表示目的だけで構成された地図データよりも、道路間の接続関係や一方通行規制等、はるかに緻密なデータからなる。

図3において、ノードは交差点や道路の折れ曲がっている点であり、座標や交差点名、つながっているリンクの情報が含まれている。リンクはノードを直線でつないだベクトルデータであり、道路属性や道幅等の情報を含む。

図4は実際の道路の例であり、高速道路への接続道路が多くのリンクから実際の曲線を模擬する形で構成されている。図5は表示地図であり、人が見やすい地図にするために、水系、建物形状、地名、施設名等の情報が含まれている。

当初、ナビ各社で独自にデータ整備を始めた。住友電工の場合は、電力会社、ガス会社、地方自治体発行2500分の1の都市計画図等の詳細地図データを元に、3大都市圏の整備を行った。地方自治体の許可が必要となるため、開発者が手分けし許可を求めに各地方自治体をまわった。

②財団法人日本デジタル道路地図協会^[8]

初期の大都市向け用途では独自開発で十分であった。しかしナビ普及の気運の高まりと共に膨大な工数と費用を必要とする地図データは民間企業が個々に行うべきことではないことが各社で認識されてきた。そこで、関係部門に働きかけた結果、当時の建設省を中心にデジタル地図を整備することとなり、(財)日本デジタル道路地図協会が設立



図5 地図データ表示例 (住友電気工業(株)提供)

された。設立のポイントは、仕様（標準化）と会員（ユーザー集め）であり、測量・編集領域では業界のために互いに協力する一方で、表示デザイン等の表示の仕方については競争領域にするとカーメーカーが決断したことによって大きく進んだ。建設省（当時）内では、道路局と国土地理院の両方の参画を得た。民間企業は、地図データの共通化による差別化の喪失があったが、コスト削減ができるため、基金・会費の供出やエンジニアの派遣を含めて参画をした。

地図データに求められる機能も、ナビの進化とともに変化してきた。現在位置を表示するだけの第1世代ではネットワークの正確さが、目的地への経路を表示する第2世代では、一方通行や右左折規制、中央分離帯の有無等の規制情報が、交通情報を表示する第3世代では、渋滞状況の管理単位との適合性が、それぞれ求められてきた。以後、現在に至るまで（財）日本デジタル道路地図協会のデータが日本のナビを支えている。この元地図に警察が管轄している右左折禁止等の交通規制データを加味して、経路誘導機能が実現された。

3.4 交通情報の受信

狭い国土と交通網を最大限に活用するために我が国の道路交通管制は世界で最も進んでいる。道路上に設置された数多くの車両感知センサー^[9]や画像感知器、交差点監視カメラ等で渋滞状況は把握されてきた。その渋滞情報を、郵政省（当時）の管轄するFM放送を使って、建設省が管轄する高速道路上では電波ビーコン^[10]で、警察庁が管轄する一般道路では光学式車両感知器^[11]（光ビーコン）で、というように複数のメディアを介してナビに提供されている。関係者の努力でVICS^[12]（Vehicle Information and Communication System）センターが構築され、VICSセンターに集約された情報は、各メディアセンターを介して、ナビへと送られた。この仕組みを通じてナビでは全国の渋滞状況も知ることができるようになった。電波ビーコンや、光ビーコンからのデータは媒体こそ異なるものの共通的なデータについては、そのフォーマットの統一が企業関係者の努力により成し遂げられた。

ビーコンの受信においてもデータ処理ソフトウェアが重要であった。ビーコンから送られる簡易図形のデータはその地点特有のものであり、ナビがどういう表示状況にあるとも即座に割り込み的に表示させる必要がある。表示縮尺切り替え中や経路再探索中等CPUやメモリー負荷の高いタイミングにビーコン受信を行うと内部処理がたいへんであった。

この交通情報の提供に当たっては、渋滞情報を収集している地図データ表現、VICSセンターでのデータ表現、ナビ車載器でのデータ表現の対応付けが必要であったが、関係者の努力により克服することができた。

図6において地図の上の緑の矢印は空いている道路、赤の矢印は混雑している道路を示す。ナビが普及し、VICSが1996年にでき、1973年にCACSにおいて描いた車載器とインフラの協調システムは、ようやく実現に至った。

3.5 その他コア部品開発

ナビは、マップマッチングを行うほか、目的地までの経路計算と経路誘導をリアルタイムでディスプレイの地図上に表示しなければならず、これまでの車載機器にない大きなメモリー量、ソフトウェア量と計算パワーが必要となった。まず表示用、マップマッチング用の地図を実用的な範囲で記憶するにも、開発当初の半導体メモリーでは全く容量が足りず、当時車にはほとんど使用されていないCD-ROMを使うことにした。このCD-ROMを採用するに当たり、特に車の振動に耐えられるよう住友電工の関連会社である東海ゴム工業（株）が開発したオイルダンパーをCDドライブメーカーに紹介した。

また1M byteにおよぶプログラムメモリーにROMを、地図演算用メモリーにはこれも車で使用実績のあまりないD-RAMを採用した。これらを採用するにあたり、車用の環境試験や信頼性に留意した。

米国が1988年頃から軍用目的で整備を始めたGPSは、民間用途にも精度を意図的に下げながらも提供されてきた。先述の種々のセンサーを車に装着しなくても受信機さえ備えれば現在位置が分かるということで、その取り付けの簡便さゆえに市販ナビを中心にGPSナビが1990年頃から登場してきた。当初は測位に必要な十分な数の人工衛星が上空を飛んでいないため、トンネルやビル陰等衛星が見えない状況では、役に立たない場面もあったが、1995年頃にはほぼ実用レベルになり、2001年に精度劣化が解除されると十分実用レベルへと達した。

3.6 カスタマーへの売り込み

1983年にナビの単独開発を始めて半年後には大阪周辺のデジタル地図を作り、ナビのテストが進み始め、カーメーカーへPRを開始した。結果的には日産自動車（株）が評



図6 渋滞表示有りの地図表示

価してくれ、車輪速センサー、地磁気センサー、1/2500 地図によるマップマッチングナビが、1989 年シーマ、セドリックに 1 千台 / 月の企画で量産が始まったが、位置精度にはまだ課題があった。1991 年セドリック、シーマにファイバージャイロを用いたものを出したが、その後日産自動車(株)は(株)日立製作所との合弁会社『(株)ザナヴィ・インフォマティクス』を設立し、自社開発体制とした。住友電工のナビは、その後トヨタ自動車(株)以外の顧客に採用されたが、カスタムメイド化に多大の設計工数を要し、事業的には大きな赤字となり問題となった。

一方、後付け市販ナビがオーディオメーカー中心に出始め、これが主流になり始めた。将来はナビは運転支援システムとして純正ナビが主流になると読んでいたが、市販で評価されることも生き残りに重要であると考え、社内の反対があったが、市販市場に打って出た。GPS からの検出座標を元に道路上以外や湖にも現在位置を表示してしまう GPS ナビが多い中、車載純正ナビで培った位置精度と経路算出の迅速さが好評を博した。

4 ナビ事業展開と撤退

4.1 開発費負担と事業利益確保

ナビ用のハード開発や、位置検出の改良、地図表示、経路計算、経路案内、さらに全国地図の作製や更新費用を負担しながら、事業利益確保の見通しをしなければナビの事業は続けることはできない。これら費用を回収するためには、月 2 万台以上のナビの販売が必要であった。

その当時は純正ナビの車への搭載数は、当社が納入していないトヨタ自動車(株)が高かったほかは、各自動車メーカーとも数千台 / 月の規模で、多い時でも受注数量は 1 万台 / 月にもならなかった。

当時は、ナビの市場が爆発的に増え、採算を取ることができると販売台数にすぐなると考えていたが、バブルが崩壊して思った程市場が伸びず、結局事業採算のとれない状態が続いた。多大の地図データやソフトウェア開発費をメーカーに負担してもらった仕組みを作れなかったのが、ナビビジネスモデルの敗因となった。

このため、何とか採算を改善することを考え、地図データベースの作成やナビ開発そのものについても他社との協業等を行った。

4.2 車載ナビソフトウェア開発問題

市販ナビ参入後も並行して複数のメーカーと純正ナビの開発も進めた。純正ナビでは、オーディオやエアコンの操作も同一画面で行う必要がある。車種が異なるとインパネデザインが変わり、インパネに配置できるスイッチの数が変わる。携帯電話で機種を変更すると操作感が大き

く変わるように、一つのスイッチの増減でソフトウェアは大きく変えなければならない。これら車種への横展開とともに、1995 年以降 VICS 受信やインターネット接続といった大きなソフトウェア新機能実現の縦展開を並行して行っていた。こういう時期にはソフトウェアを共通化して容易に機能拡張できることが、VICS 対応やインターネット接続機能等の新機能をいち早く世に出すためにも重要である。

先述の横展開と縦展開で、複数のメーカーのそれぞれの要望をかなえるには強力な開発陣容を必要とした。その結果ソフトウェア開発費が事業を圧迫するようになってきた。

しかるに、当時住友電工では市販のナビをより高性能にすべく、当社独自のナビ OS を開発していた。1995 年発売の市販ナビはこれゆえに性能速度において高く評価された。しかし一面では特化した OS やソフト体系になってしまっており、これをベースに各メーカーの車種への横展開、新機能実現の縦展開をするには、OS の改造をする必要がでてきた。インターネット接続等の機能においてもブラウザを独自新規開発せねばならない等、縦機能展開への障壁となり、ソフトウェア開発費用と工数が莫大となり、メーカーに機能実現見送りをお願いせねばならなかった。

このなか 1997 年に発売したナビでは、仕様の変更等でソフトウェア開発の工数として当初見積もり約 200 人月が完成時 1,000 人月を越える等費用が大幅に膨らんだことに加え、発売後ソフトウェアのバグが多発し、メンテ費用も大幅に増え、赤字幅を大幅に増やした。これがナビ市場撤退の大きな要因となった。

おりから各企業では“選択と集中”がキーワードとなり、住友電工は事業損益の点で大きな赤字を続け、改善の見通しが立たないナビ事業から撤退することを決断した。

5 まとめ

ナビ開発は単なるナビソフトウェア開発のみでは実現しなかったものであり、地図 DB、交通情報、通信方式、各種ハード等々、多くのインフラ構築や関連技術の開発が相まって実現したといえる。当時の建設省、郵政省、警察庁の関係者、トヨタ自動車(株)、本田技研工業(株)、日産自動車(株)等メーカー、(株)デンソー、三菱電機(株)、アルパイン(株)、パイオニア(株)等多くのナビメーカー、パナソニック(株)、(株)日立製作所等インフラ整備メーカー、地図メーカーの方々、小型振動ジャイロ、GPS、ディスプレイ等を開発された各部品メーカーとの協力関係があつてこそ、現在の普及が実現できたといえる。

図 7 にナビに採用された技術および部品と関連する社会システムを時代を追って図示したが、この図に示すようにナ

びは多くの技術、部品の組み合わせとこれらを有効に活用するソフトウェアによって完成されたものである。

地図データにおいては、各社独自の地図データから共有化に移行し、センサーにおいては振動ジャイロが登場し、GPSの整備により現在位置検出が容易になると共に高精度となった。表示においては液晶の低価格化により大画面化し、機能拡張においては、CPUの高機能化・メモリーの大容量化・CDROMからDVDやHDDへの進化、といった動きがあった。

また、ナビ普及をさらに促進したものと、並行して開発された社会システムの発展もある。日本のITS (Intelligent Transport System) はナビの普及から始まり、今や車に必須のものとなった。ETCシステムの整備がそれに続いた。

ナビは車における情報センターとなり、車載カメラ映像や種々の情報が映し出されるようになってきている。曲がるべき交差点前で自動減速する等、運転制御との統合も進んでいる。一方でPND (Portable Navigation Device) の普及も海外ではめざましい。今後も、高級機能の純正ナビ、手頃なPNDの二極に分化しつつ普及が進んでいくであろう。

6 謝辞

ナビの実用化は産官学にわたる多くの関係者が努力し、貢献したことによるものであり、それらの功を称えて感謝したい。また元住友電工油本暢男氏、三藤邦彦氏がナビ開発にかかわる多くの課題に貢献されたことを述べてみたい。さらに本稿を記すにあたり、三藤邦彦氏の協力をいただいたことに謝意を表したい。最後にナビ開発、製品化、車載化等を進めてきたが、事業としてはうまくいかず、撤退せざるを得なかった。この間多くの関係者に多大のご迷惑をお掛

けたことを、それに携わった責任者として衷心よりお詫び申し上げたい。

参考文献

- [1] ホンダ・エレクトロ・ジャイロケータ, 日本の自動車技術240選, <http://www.jsae.or.jp/autotech/data/14-2.html>
- [2] ITS -安全, 安心, 快適な交通社会の実現に向けて-, 松下テクニカルジャーナル, 51 (2), 84-89 (2005).
- [3] 大山尚武: 自動車総合管制技術(解説), 自動車技術, 33 (4), 243-248 (1979).
- [4] 警察庁編: カーロケータ, 昭和60年警察白書, 第1章第1節1(2)カ, <http://www.npa.go.jp/hakusyo/s60/s600101.html>
- [5] 田中二郎, 平野和夫, 小林祥延, 信田裕明, 川村静治: マップマッチングを用いたナビゲーションシステム, 住友電気, 136, 7-11 (1990).
- [6] 大岡明裕, 西浦洋三, 鷲見公一, 岡本賢司, 岩下隆樹, 川村静治, 吉川順一, 長谷川早人: カーナビゲーションシステム用光ファイバージャイロ, 住友電気, 140, 71-75 (1992).
- [7] 中村武: 圧電振動ジャイロスコープ, 電子情報通信学会誌, 76 (1), 39-41 (1993).
- [8] デジタル道路地図協会ホームページ: www.drm.jp
- [9] 福澤克寿: 車両感知器, 交通工学, 17 (7), 46 (1982).
- [10] 高田邦彦: 路車間情報システムの開発状況(解説), 自動車技術, 43 (2), 58-64 (1989).
- [11] 宇佐美勲: 高度交通管制システム, 国際交通安全学会誌, 26 (2), 21-28 (2001).
- [12] 宮田稔: 快適な自動車交通を目指して-VICSの挑戦-, 自動車技術, 47 (8), 11-17 (1993).

執筆者略歴

池田 博榮 (いけだ ひろさか)

1964年九州大学工学部応用化学科卒、1964年住友電気工業(株)入社、自動車用ワイヤーハーネス開発、カーエレクトロニクス、ナビを統括。1999年常務取締役、1995年(株)オートネットワーク技術研究所社長、2008年九州大学イノベーション人材養成センター特任教授、現在に至る。本論文ではナビ開発の背景、進め方、マネジメントを担当。



小林 祥延 (こばやし よしのぶ)

1967年大阪大学工学部電気工学科卒、1967年住友電気工業(株)入社、ハーネスエレクトロニクス、ナビ開発、1999年カーエレクトロニクス事業部長、2000年(株)オートネットワーク技術研究所エグゼクティブチーフエンジニア、現在嘱託。本論文では、主としてハード開発を担当。後にナビ事業の採算改善、リストラを進めた。



平野 和夫 (ひらの かずお)

1974年京都大学工学部数理工学科卒、1974年住友電気工業(株)入社、1981年ハーネスエレクトロニクス、ナビ開発、1996年カーエレクトロニクス事業部技術部長、自動車技術研究所次長、現在自動車事業本部統合企画部室長。本論文では主として、車載ナビソフトウェア開発、VICSの構築を担当。



ナビ	現在位置検出	経路案内	交通情報を加味した経路誘導	ITS
地図	表示用 位置検出用 (MM)	周辺案内充実 規制	波滯	
位置センサー	距離 車輪速 方位 地磁気	GPS	光ファイバジャイロ (光FJ) 振動ジャイロ (BJ)	
ハード	表示器 CRT 地図記録 媒体 CD CPU 16 bit	液晶 VICS受信機 全国3~5分割 32 bit	DVD HDD	
ソフト	構成 ナビ単独	高速化	汎用化 他の機能と一体化	携帯・パソコンとの融合
社会システム	CACS '73 RACS '84 AMTICS '87 交通管制システム '66	デジタル道路地図協会 '88	VICS '91	
住友製品	'89 ▲MM '91 ▲光FJ セドリック・シーマ	'92 ▲GPS・BJ・経路 ダイヤモンド '93 ▲市販	'97 ▲VICS アコード	

図7 カーナビゲーションシステム開発相関図

査読者との議論

議論1 論文全体

コメント（景山 晃：産業技術総合研究所イノベーション推進本部）

カーナビゲーションシステムとして、広範囲の要素技術をコンパクトにまとめた論文としてシンセシオロジーに相応しい内容になっていると思います。ある製品が世の中に出るために求められる技術群の領域の広さを示すと同時に、目的に沿ってどの技術を採用し、逆にどの技術を捨てたのか、また、その技術と他領域の技術とをどのように融合させたのかは、企業における研究開発マネージメントの事例として大変貴重な論文です。

また、限られた誌面の中で、研究開発マネージメントの重要な側面として、(財)日本デジタル道路地図協会の設立や企業間連携、官公庁との連携等の重要性に触れてあり、シンセシオロジーの典型的な論文だと思えます。

議論2 各要素技術の融合化の全体像

コメント（景山 晃）

本論文では要素技術として、(A) 位置検出技術、(B) 経路計算技術、(C) 経路案内技術が基本であることを述べています。マップマッチング技術を皮切りに、(A) を完成させるための候補技術、(B) を完成させるための複数の技術、(C) を完成させるための幾つかの技術を記述してあります。分野外の読者の理解を助けるという意味で、これらカーナビを実用に耐える技術として仕上げるための要素技術群を、図または一覧表で載せてはいかがでしょうか。実に多様な技術が不可欠であることが読者に一層よく伝わるように思います。

コメント（赤松 幹之：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）

マップマッチング技術、位置同定技術、デジタル地図、経路計算技術等の大きな技術要素ごとに、時代によってほかの要素（GPS、CPU、ストレージデバイス）によって、どのように技術の選択が変化していったのかが図示できると、技術動向に合わせてダイナミックにシナリオが変化していったことが読者に直ちに理解してもらえと思えます。

回答（池田 博榮）

要素技術間の関係を、「5 まとめ」の章に図7として挿入しました。

議論3 多種のハードウェア技術を統合制御するソフトウェア技術開発の重要性

コメント（景山 晃）

センサー技術だけでなく、ソフトウェア技術が重要であることが述べられていますが、OSを含めたソフトウェアの研究開発の重要性をもう少し強調して記述された方がよいと思います。センサー技術とデジタル地図との融合や位置ずれの補正技術、電波または光ビーコンからのデータ処理技術等のソフトウェアも重要な役割を担っていると推察します。

回答（池田 博榮）

ご指摘のとおり、カーナビはソフトウェア技術が重要な車載装置であり、車載装置の中でも群を抜いて大きなソフトウェア量となっています。本論文では、3.1 振動ジャイロの節において、光ファイバージャイロよりも単体性能、とりわけドリフト値において相対的に劣る振動ジャイロを使うようにするためのソフトウェアの工夫を追記しました。また、ビーコン受信については、受信後の割り込み画面への切り替え等負荷が集中し、内部的に複雑な処理が求められたことを記載しました。

議論4 技術開発の展開

質問（景山 晃）

ソフトウェアの開発費用が膨大となり、住友電気工業（株）（以下、住友電工という）としては事業を撤退せざるを得なくなったと論述さ

れています。カーナビシステムの黎明期に業界を引っ張った住友電工の撤退は大変残念な出来事ですが、その後、カーナビやETCが大きな産業となったことに繋がった技術、またはマネージメント上のポイントを、技術あるいは産業領域という視点から簡潔に示していただくことは可能でしょうか。

回答（池田 博榮）

1) 大きな産業に繋がったポイント

① 技術的なポイントとしてはTVと同様にリピートが効く製品であり、一度使えばやめられないものであることが大きいと思います。TVも始めには「家庭にTVは不要」といった教育的視点、家庭環境悪化といったことから不要論がありましたが、今や家庭に何台もある時代になりました。

カーナビも初めの頃は車メーカーの電子技術部のほとんどの人は「車にナビは不要」と言い、「池田さん、この忙しい時に何をやっているのか、ナビ開発なんかやめろ」と言われたこともありましたが、その人は後でカーナビ開発の責任者になり、「池田さん、あれは誤りでした」と言われたことがありました。また当時、マーケティング調査ではカーナビ装着を望む人は少なかった。それに対し、車メーカーのある幹部はいわゆるマーケティング手法をまったく信用していなかったのが今でも印象的でした。「池田さん、世の中にない製品が欲しいかどうかをお客さんに聞くのは意味がない。お客さんは分かっているのだから」と言われました。同じことがタクシーや会社のプロの運転手も「ナビは不要、地図を見れば良い」と言っていました。ご存じのように今ではタクシー運転手にとっても不可欠のものとなっています。そういう意味でカーナビは運転の支援システムと言えます。そして今では、カーナビという言葉が「リクナビ・・・」等のように他分野でも使われるようになったことが、いかにカーナビが浸透したかをよく表していると思います。

② 車で1万円を超える部品は少なく、まして10万円を超えるものは少なかったのですが、カーナビによって高額な車載機器というものが成り立つことが分かりました。また部品のすそ野が広い機器であり、例えば車載用の液晶ディスプレイだけでも一つの市場となり得ています。

③ 車の組み込み系ソフトウェアとして最大のものであり、かつ品質信頼性でパソコン等ほかの分野よりはるかに高品質を要求されたため、ソフトウェアの品質向上が進みました。ハードウェアもそうですが自動車関連では品質要求は高く、お客さんに不具合がすぐわかるために、一般のIT企業では純正ナビに入れない「品質WALL」による差別化ができる分野となりました。「基本的にバグが許されない世界」ですが、逆にこのことが開発マネージメントとして住友電工が陥った穴でした。

2) ソフトウェアのブレイクスルー

ソフトウェアを構成するうえで、独自化による機能差別化と、共通化による拡張の容易性を考慮する必要があります。住友電工は当初からカーナビ性能において抜きんできていたと自負しております。しかし、1995年以降はVICS対応、さらにはインターネット対応と大きな機能追加を行うべき時期が到来してきていました。その時期には共通化を目指すべきであったと考えます。しかし当時住友電工は機能差別化、高速化を図るべく独自OS開発へと進み、結果的に大きな機能追加を独自で行わねばならなくなりました。本文においても、これらのことを示すように改訂しました。

議論5 ETAK社のカーナビ技術の情報

質問（赤松 幹之）

マップマッチング技術を最初に世に出したETAK社のカーナビは1985年だったようですが、本論文では1983年に油本氏が同技術に注目したと記載されています。これはETAK社が製品化する前から論文等でマップマッチング技術について発表されていたから知ることが出来たのでしょうか。

回答（池田 博榮）

1983年に当時住友電工の油本氏がアメリカ出張しており、この分野

の先駆者であった French さんからの情報を得て ETAK の試作カーナビに試乗したものです。当時は、地図は簡易なものでした。

議論6 カーナビ普及に関する海外との比較

質問 (赤松 幹之)

本田技研工業 (株) のジャイロケータ、トヨタ自動車 (株) のエレクトロマルチビジョン、そして住友電工さんのシステム等と同時代に、米国 ETAK 社がカーナビを開発し市販しましたが、結果的には我が国でカーナビが普及しました。この違いは、どのような点にあるとお考えでしょうか。

さらに、産業界がなぜ積極的に動いたのか、また行政サイドでも積極的な動きがあったのはなぜなのか、どのようにお考えでしょうか。

回答 (池田 博榮)

①カーナビ普及の違い

アメリカ国土は都市内は Street と Avenue からなる碁盤の目で整然としており、また都市間道路の出入口は番号化され、分かりやすく、カーナビの必要性が少ないこと。また、アメリカでは道路案内は地図より、簡条書き案内が多く、地図ナビはそれほど必要ではありませんでした。

一方ヨーロッパは、歴史の古い都市国家で道路は曲がりくねり非常に分かりづらく、日本も同様で、カーナビが普及しやすい国柄です。

日本は新し物好きといった国民性以外に、技術的にはカーナビに必要なジャイロセンサー、ディスプレイ、CDROM ドライブ、半導体、道路交通情報等々が進んでいたこともあります。

②動いた産業分野はシステム開発と地図については、自動車メーカー、カーエレクトロニクス、オーディオ、電機、地図メーカー等が動き、ジャイロセンサー、GPS、マイコンを始めとする半導体、CD、DVD、HDD、ディスプレイ等々については部品メーカーが動きました。さらにナビソフトウェアを組み込んだ新しい情報企業等々が新分野として多く参入し、普及を推し進めました。

③行政サイドに関しては、インフラを含めた新分野として注目したからであったと思います。

議論7 解説、レビュー論文との差異化

コメント (景山 晃)

この論文は読者から見て、カーナビ技術開発に関する解説 (レビュー)、研究開発史という印象を与えます。そこで、候補技術群の中でなぜその技術を選定して研究開発を進めたのか、

結果としてその選定技術がどのような点でほかの候補技術より優れていたのかについて、半定量的な数値情報を加える等により、論述していただくとよいと思います。

回答 (池田 博榮)

光ファイバージャイロについては、「光ファイバージャイロの採用により、マップマッチング処理の限界を超えることは 200 km に 1 回程度に低下するところまで性能を向上することができた。」との文を、振動ジャイロについては、「もちろん、振動ジャイロ単体性能の向上によるだけではなく、…。このソフトウェア機能により光ファイバージャイロよりも小型・安価であるが零点オフセットが 5 倍大きな振動ジャイロであっても採用することが可能となった。」の文を追加しました。

議論8 シンセシオロジー論文について

質問 (赤松 幹之)

今回、カーナビの開発と事業化についての論文を執筆していただきましたが、著者として、これまでの論文や総説また技報等では記述されることはなかったことで、シンセシオロジー論文にすることで初めて記述できたこととしてどのようなものがあったのか記載いただけませんか。

回答 (池田 博榮)

ここで書けたもの

- ①住友電工がカーナビ開発を進めた経緯。
- ②位置精度向上のために光ファイバージャイロを開発した経緯
- ③世の中になかったデジタル地図データベース作成経緯
- ④車メーカーとの関係
- ⑤後付けカーナビ開発
- ⑥事業採算と開発費の問題
- ⑦ソフトウェア不具合問題

書けなかったもの

- 省庁間の調整の問題
- 部品入手の苦労
- カスタマーへの売り込み
- 各種イベント対応 (事業推進の観点からすると、積極的な参加は必ずしも得策ではなかった)。
- 住友電工社内の反対
- 競合メーカーとの関係
- アライアンス等々多くの話れないものあり。