

カーナビゲーションをとりまく ITS 技術

ITS technology related to car navigation

長 岐 孝 一

Koichi Nagaki

要 旨 カーナビゲーションの歴史，カーナビゲーションのハードウェア，ソフトウェア技術について解説するとともに，カーナビゲーションにおけるカメラ応用，車両制御の取り組みなど，カーナビゲーションに応用されている ITS 関連技術について述べる。

Summary This paper presents the history of car navigation, the technology behind its hardware and software, and the environment of ITS regarding car navigation systems. Car navigation systems have become a convenient means to obtain traffic information and connect to mobile phones. The latest car navigation systems have also incorporate camera technology and car control information.

キーワード : カーナビゲーション, ITS, GDC, ビーコン, VICS, カメラ, 携帯電話, 通信モジュール

1. はじめに

1990 年初めの頃のカーナビゲーションはスタンドアロンで動作していたが，1997 年に通信による交通渋滞情報発信が開始され，VICS(Vehicle Information and Communication System) は不可欠な機能となった。2002 年になると通信型モジュールが内蔵された通信カーナビゲーションが出現し，通信によるリアルタイム情報配信が始まった。近年ではカーナビゲーションの高度化にともない，市販カーナビゲーションにおいては新たなエンターテインメントの創出，純正カーナビゲーションでは運転支援，車両情報+車両周辺情報の把握などが期待されており，カーナビゲーションは ITS の領域へ新たな可能性に向かっている。

まず初めに，カーナビゲーションの概略について説明し，カーナビゲーションを取り巻く ITS 技術について概説したい。

2. カーナビゲーションの概略

2.1 歴史

1990 年に GPS(Global Positioning System) 技術を使ったカーナビゲーションが導入された。初期のカーナビゲーションは地図データ格納メディアとして CD-ROM を使い，また自車位置は GPS 測位技術のみを使って決

定していた。地図表示は北上固定で，地図上を自車マークが移動し，自車マークが地図表示の端までくると，地図全体が更新されるものであった。

地図の情報量やその他付加情報が増大し，1 枚の CD-ROM では納めることが出来ず，複数枚の CD-ROM を使うこととなった。増大する地図データに対応するため DVD-ROM を使ったカーナビゲーションが 1997 年に市場に導入された。DVD-ROM は 2 層のものを使い，容量は 8.5Gbyte であった。画面の解像度は，WQVGA(Wide Quarter VGA) と呼ばれる 400 × 234 ドット程度のもものが多く使われていた。地図表示は自車位置を中心とし，北上，または進行方向が上を向き，地図がスクロールできる Heading UP と呼ばれるものになった。自車測位技術も，ジャイロ，加速度センサー，車速パルスなど，各センサーと GPS，地図データを組み合わせることにより，極めて高い精度で自車位置を検出できるようになった。

2001 年に地図データ格納メディアに HDD(Hard Disk Drive) を使ったナビゲーションが市場に導入された⁽¹⁾。当時使われていた HDD は 2.5inch サイズで容量 10Gbyte であったが，毎年 HDD の容量は増加し続け，現在は 40Gbyte を使った製品も市場に導入されている。大容量の HDD の出現にともない，地図画面

には WVGA(Wide VGA, 800 × 480 ドット程度)画面も出現し、現在は WVGA と WQVGA タイプの両方がある。

初期のカーナビゲーションはナビゲーションのみの機能しか有していなかったが、地図メディアとして DVD が使われるようになって、ナビゲーションと AV 機能と組み合わせた AVN(Audio Video Navigation) と呼ばれるタイプのナビゲーションが出現した。現在では HDD ならではの書き込み性を活かし、CD から HDD への高速録音機能を有する音楽機能が充実した AVN が数多く存在している。

2003 年ごろから、欧州でポータブルナビゲーションと呼ばれる、持ち運びが容易な GPS 内蔵のカーナビゲーションが市場に導入された。従来のカーナビゲーションは車の 1DIN サイズあるいは 2DIN サイズのスロットに取り付ける、いわゆる据え付け型のカーナビゲーションで

あったが、ポータブルナビゲーションは取り付けキットを使い、車に容易に取り付けられる。小型であり、ポータビリティを持ち、低価格のこともあり、北米や欧州で大きな市場を形成しつつある。

2.2 カーナビゲーションプラットフォーム

2.2.1 ハードウェア

カーナビゲーションプラットフォームは、2D,3D の地図表示、携帯電話との接続、さらに外部機器との接続が容易な構成がとれるように作られている。各処理をリアルタイムに実行する関係上、CPU には高性能な 32bitRISC 型プロセッサが多く使われている。高性能なナビゲーションにおいては動作周波数が 400MHz を超える。2D, 3D の地図描画が必要とされるため、CPU とは別に描画専用の LSI を用いることが多い。図 1,2 に示されるような高度な 3D マップを表示するために、描画プロセッサには座標変換用のジオメトリエンジン、Z



図 1 カーナビゲーションの地図表示例 (1)

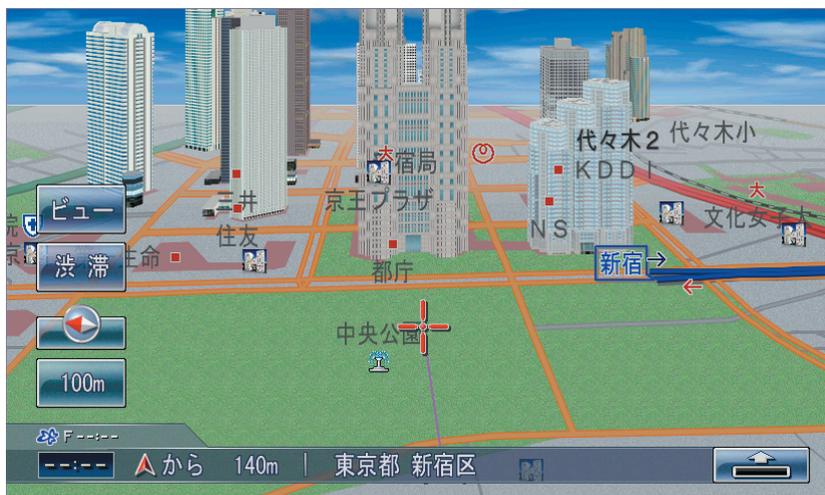


図 2 カーナビゲーションの地図表示例 (2)

バッファ法による隠面消去などの制御が搭載されている3Dエンジンを搭載された描画専用LSIを用いている。従来、図3のようにグラフィックチップが別途VRAMを必要としていたが、LSIプロセスの進化にともない図4のようにCPUが搭載されたLSIが描画プロセッサを取り込み、VRAMはメインメモリとメモリーを共有するユニファイドメモリアーキテクチャが主流となりつつある⁽²⁾。また、半導体プロセスの進化に伴いCPU側はGPS機能もとりこみ、1チップでナビゲーションの機能を実現できるSoC(Silicon on Chip)化が進んでいる。

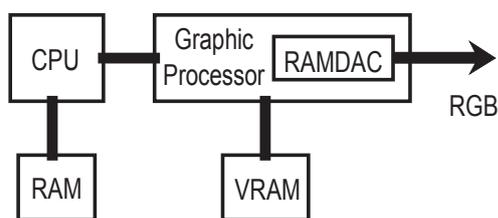


図3 カーナビゲーションのグラフィックスアーキテクチャ(1)

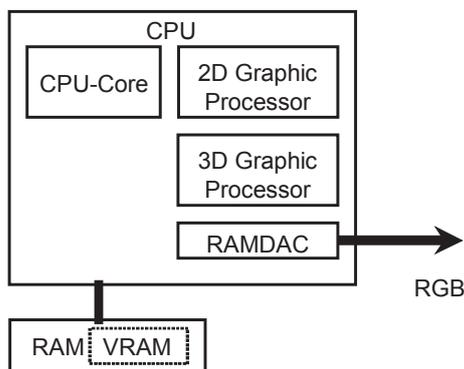


図4 カーナビゲーションのグラフィックスアーキテクチャ(2)

2.2.2 ソフトウェア

カーナビゲーションシステムは、刻々と変化する自転車位置への対応、外部からの割り込みに対する迅速な反応を実現するため、ソフトウェアの多くはリアルタイムOSを搭載している。以前はリアルタイムOSに μ ITRONを使ったものが多かったが、通信機能のサポート、外部機器との接続が容易なUSBに対応するため、汎用のリアルタイムOS、たとえばWindows CE、Linuxなどを載せたカーナビゲーションシステムが市場に導入されている。カーナビゲーションのアプリケーションの進化は著しく、ナビゲーションの機能の他に、音声認識機能、通信接続機能、インターネットブラウザ機能などが搭載されている。そのため、カーナビゲーションのソフトウェアのソースコードは400万行から600万行となっている。大規模なアプリケーションを動作させるため、近年のナビゲーションでは、128Mbyteあるいは256Mbyteのメモリーを有している。

3. カーナビゲーションにおける交通情報

カーナビゲーションに求められる性能、目的は第一に自転車位置の正確さ、第二にいかに早くルート検索を行うか、第三にいかに早く目的地に到着できるかである。近年、アプリケーション開発の軸は変化してきており、到着時間と予想精度の勝負へと新たな段階に進んでいる。そのなかで渋滞情報をいかに活用するかが、カーナビゲーションにおいては重要である。

日本では交通情報取得手段として、VICSが使われている⁽³⁾。表1にVICSの特性を示す。都道府県警察、道路管理者から(財)日本道路交通情報センターに交通情報が集められ、この情報がVICSセンターに展開され、FM多重放送、光ビーコン、そして電波ビーコンを使い、カーナビゲーションにリアルタイムに送信されている。

表1 VICSの特性

提供装置	電波ビーコン 電波ビーコン (路上機)	光ビーコン 光ビーコン (路上機)	FM多重放送 VICS FM多重放送
受信可能場所	主に高速道路	主要一般道路	放送エリア内
周波数/波長	2.5GHz	---	76~90MHz
データ容量	8KB	10KB	50KB
伝送速度	64Kbps	1Mbps	16Kbps
通信エリア	70m	3.5m	10~50km
情報提供繰り返し	2~3回/1受信		2回/5分
実効情報量	約8,000文字相当/1箇所	約1万文字相当/1箇所	約5万文字相当/5分
提供内容	・ビーコン設置地点から約200km 先までの高速道の情報 ・インターチェンジ周辺の情報	・ビーコン設置地点から前方約 30km、後方1kmの一般道の情報	・その放送局がある都道府県の情報 ・約100km先までの高速道の情報

FM 多重放送を使った交通情報は、FM 放送局の音声放送に多重化されて送られている。カーナビゲーションは自車位置が自分自身で把握できるため、自動的に FM 局を選曲し、情報を受信している。NHK で開発された DARC(DAta Radio Channel) が用いられている。データはデジタル変調されており、伝送ビットレートは 16kbit/s である。5 分間に同じデータが送信され、2 分半あたり約 5 万文字が伝送されている。渋滞情報の他に、交通障害情報、規制情報、駐車場の状況も送られている。

光ビーコンは、進行方向の前方 30km、後方 1km の一般道と高速道路の情報が提供される。道路上 5.5m 上に設置された投受光器を用い、指向性が非常に高い遠赤外線技術を使いデータを送受信している。通信領域は 3.5m ほどの通信領域内で、符号化形式はマンチェスタコード、データ変調方式はパルス振幅変調方式を使っている。データ転送速度はアップリンク 64kbit/s、ダウンリンク 1Mbit/s、通信可能車両速度は 0～70km/h である。光を用いているため相互干渉せず、局所通信ができ、また電波法上の免許がいらないため一般道路に多く用いられている。

電波ビーコンは主に高速道路に設置され、進行方向の前方約 200km 程度の高速道路の情報やインターチェンジ付近の接続道路や平行する一般道路情報が提供される。無線方式は、送信搬波周波数 2.49GHz、占有帯域幅 85kHz 以下、送信出力 10mW×2、64kbit/s である。受信エリアは電波ビーコン直下の前後 70 m 程度である。これらの機能は前述した表 1 にまとめて示した。

以上のようにリアルタイム配信を利用し、渋滞情報などの交通情報を提供してきたが、過去の VICS 情報を統計データとして扱い、季節・時刻・曜日などで統計処理し、渋滞予測データとして活用できるカーナビゲーションも市場に導入されている。より正確な到着予想時間を知らせることができ、また地図上で渋滞予測を確認できるようになっている。リアルタイムな VICS 情報は、自車位置周辺の渋滞情報しか得られないが、携帯電話などの通信端末を利用することで、広範囲の VICS 情報を一括して取得できるサービスも始まっている。

このように、カーナビゲーションは渋滞情報を的確にドライバーに知らせ、最適なルートを案内することにより、今、地球温暖化で問題となっている CO₂ 削減にも寄与できる役目が今後さらに求められていくものと思われる。

近年、VICS 情報からの交通情報を取得する以外に、車が走行した際の所要時間情報を携帯電話などの通信を使い、サーバーにデータをアップロードするシステムが実用化されている。VICS 対象道路以外の一般道路の交通情報が得られるため、VICS 対象以外の道路混雑度を考慮することにより高精度なルート案内をすることができる。車がプロービングする役目を担うことからプローブカー情報システムと呼ばれている。今後、このように車から集めたリアルタイムな情報を活用することにより、新たなサービスが出現し、より高度な交通情報システムへと発展できるカーナビゲーションの開発が今後期待されている。

欧州における交通情報サービスは、RDS-TMS(Radio Data System - Traffic Message Channel) が使われている。FM を使いデータを送ることから、安価にカーナビゲーションに組み入れることができるため、交通情報伝達手段として主流となっている。

北米においては衛星を使用したデジタル放送、SDARS(Satellite Digital Audio Radio Service) レシーバーにカーナビゲーションを接続することにより、交通情報をカーナビゲーションに反映できる。米国でも RDS-TMS のサービスが開始されており、SDARS レシーバーがなくても、FM から情報を得ることができるため、今後の動向が注目されている。

4. 通信型カーナビゲーション

通信機能を用いて専用サーバーへアクセスするクライアント/サーバー型のカーナビゲーションが 2002 年に市場に導入された。カーナビゲーションの本体の中に標準で通信モジュールが内蔵されているのが特徴である。CDMA2000 1 x 通信モジュールを使い、データ通信性能は最大 44kbit/s で、携帯電話網を使用し通信をする。基本的にはカーナビゲーション側に大容量のデータをもたず、自車位置、目的地など、ナビ側にしか分からない情報をサーバー側に送信し、必要な情報を受信するシステムである。従って、検索やルート検索、誘導をサーバー側で行い、結果がカーナビゲーション本体に送信される。サーバー側で検索データ、道路情報を最新の状態に保つため、いつでも新しいデータを操作結果に反映することができる。地図データは i フォーマットが使われている。i フォーマットとは、カーナビ・PDA・携帯電話などのモバイル端末向けに、通信型のナビゲーションを提供するために策定されたサーバー技術の体系である。携帯電

話を使った細い通信環境であっても地図データがサーバー側から端末へ送ることができるよう、表示用に最適化されたデータフォーマットをもっている。地図データはベクターとしてもっており、地図の拡大縮小、回転などカーナビゲーションの基本的な性能を有している。メッシュ単位で地図データが管理されているため、最新の地図データを必要な分だけリアルタイムに提供することができる。全国地図データは、内蔵のフラッシュメモリーに予め格納されており、詳細なスケールで地図を表示したい場合は、サーバー側から詳細地図データが送られるようになっている。経路計算、経路誘導、検索（電話番号、住所、POI、周辺）、渋滞情報はサーバーを介して情報が送られてくる。サーバー側でサービスを提供できる仕組みをもっているため、情報誌からの情報提供、駐車場の満空情報の提供も可能である。通信機能を使うことによりプログラムのアップデートができ、今後の新しいカーナビゲーションの方向性を示すものとして期待されている。

自動車メーカーにおいても、車載搭載タイプの通信モジュールを開発し、カーナビゲーションと組み合わせることにより、高度な情報提供サービスを開始している。通信モジュールには、高速なデータ通信が可能な通信モジュール、緊急情報、セキュリティ情報モジュールが内蔵されており、これらを統合管理するCPUのもとで動作している。緊急情報モジュールはエアバッグ作動信号が直接入力されており、カーナビゲーションからの位置情報、直前までの走行軌跡が発信できる仕組みを持っている。このように自動車メーカーも独自の通信モジュールを組み込むことにより、カーナビゲーションと組み合わせ、情報提供、セキュリティなどの新たな取り組みを行っている。

携帯電話の普及に伴い、カーナビゲーションと携帯電話を接続し、ハンズフリー通話、データ通信サービスが可能となり、通信機器との接続性が重要になってきている。携帯電話がPDCの場合はカーナビゲーションとの接続はPDC共通仕様である16芯インタフェースを使い接続される。コマンド系はシリアル通信、データ通信には同期シリアル信号を用いる。第3世代の携帯電話ではARIB準拠のARIB Aコネクタが使われている。データ通信にはUSBを用いており、高速にデータ通信が行えることができるようになっている。またBluetoothにてハンズフリープロファイルが規定されたことにより、Bluetoothを使つての接続形態も増えてきた。今後はケーブルを使う接続より、携帯電話を

車内に持ち込むと携帯電話とカーナビゲーションの間で自動的にリンクが張られ、ハンズフリー、データ通信が容易に行われるBluetoothが普及していくものと思われる。

現在の無線通信環境は、IEEE 802.11技術を使い、最大通信距離100m程度で、最大通信速度50Mbit/sである。また、WiMAX(IEEE802.16a/16e)技術を使用した環境では通信カバーエリアが広く、さらに高速移動体を考慮した無線規格を使用する安価なインフラが2008年ごろから開始されるとの予想がある。安価で高速な通信サービスの開始により、カーナビゲーションの世界に新たなサービスが出現する可能性がある。

北米においては1996年よりテレマティックサービスが開始されており、安心、安全をキーワードに24時間サービスが自動車メーカー独自のサービスとして実施されている。通信手段は衛星放送と携帯電話である。いろいろなサービスがあるが、オペレータサービスにおいては、センターのオペレーターに電話し、ドライバーに代わって各種チケットの手配やレストランの予約などのさまざまな作業を依頼できる。レストランの予約では、センター側でユーザーのカーナビゲーションに目的地を設定する。ルートサポートにおいては、カーナビゲーションの使い方がわからないユーザーが電話でセンターに目的地設定などの遠隔操作を依頼することができる。今後はネット系独自のAVコンテンツの視聴や膨大なインターネットコンテンツから必要な情報を最適な形で表示したり、ニュース、天気などのリアルタイム情報を定期的に収集を行うなどの新たなサービスの創造が期待されている。

5. カーナビゲーションにおけるカメラ応用

車のセンターコンソールとてカーナビゲーションが使われるようになっている。そのため、車内外の情報を収集し、カーナビゲーションがセンター機能を担うようになってきた。この概念を図5に示す。

車両周辺状況収集の手段として、車載カメラが重要な情報収集手段として注目されている。カメラ応用の概念を図6に示す。車外カメラの使い方としては、遠赤外線カメラを使い、夜間の視野補助をするシステム、CCDカメラなどの画像認識により、前方障害との距離を検知する障害物探知システム、前方、側方、後方にカメラを配置し、死角になる部分の画像情報を伝えるシステム、車載カメラ映像など認識により白線を認識し、警告や運転補助をおこなうシステムなどがあ

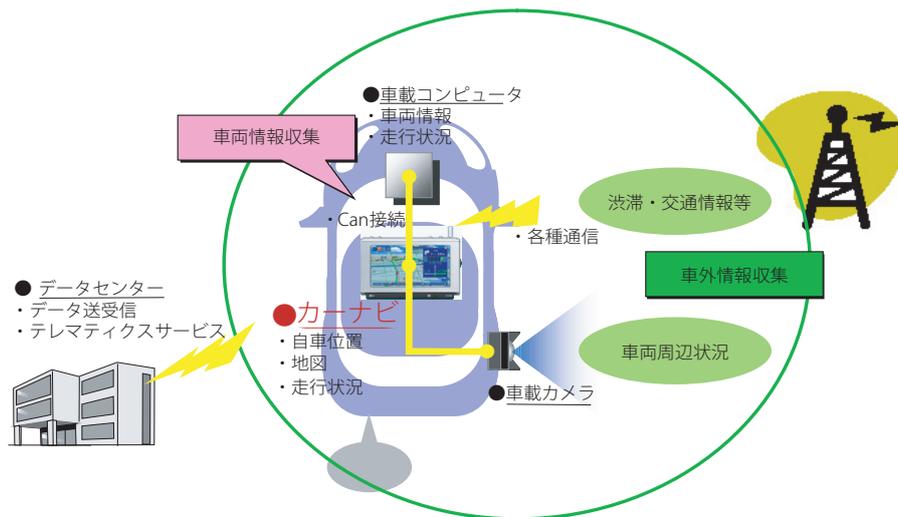


図5 カーナビのセンター機能

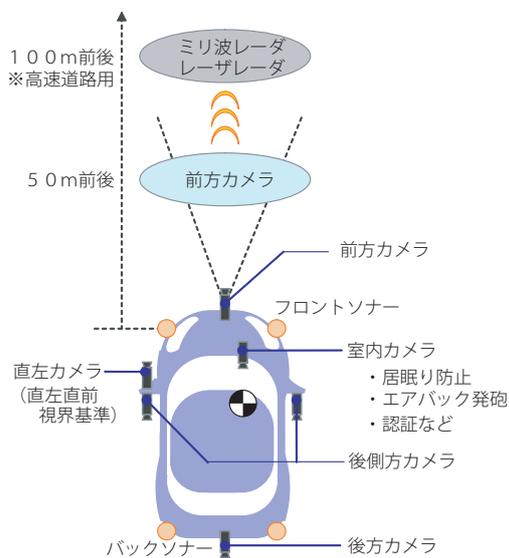


図6 カメラ応用

り、実用化されている。

車内カメラ応用としては、ドライバーの脇見運転や居眠り運転状況を検知し注意を促すドライバー監視システム、ドライバー本人であることを認証して、エンジンを始動するドライバー個人認証システム、着座状態に合わせて、爆発の仕方を調整できる着座状態制御 SRS エアバッグシステムがある。このように撮像・認識技術の開発が行われているが、今後カーナビゲーションを組み合わせ、よりアクティブセーフティーに向けての取り組みが期待される。

フロントカメラの応用として、前方の状況を撮影する車載カメラとカーナビゲーションを組み合わせ

たドライブレコーダーへの応用が考えられる。HDDカーナビゲーションの場合は、画像データを継続的に HDD に記録することが可能である。カーナビゲーションに搭載された G センサーが衝突を検知し、衝突の前後数秒の画像データを保存できる。カーナビゲーションに通信機器を接続しておけば、衝突を検知した時点で警察、消防に連絡ができ、事故時の状況を保存することも可能である。このようなエマージェンシー時の対応能力がカーナビゲーションに求められる時代がくると予想される。

6. カーナビによる車両制御の取り組み

カーナビゲーションを活用したシステムとしては、ハイブリッド車で地図データを元に道路勾配を予想することでエネルギーを効率的に使い、燃費を高める技術、ハイブリッド車で毎日通るルートの渋滞状況を予想することでエネルギーを効率的に使い、燃費を高める技術、スクールゾーンなど特定のエリアでは、設定速度以上は出ないように安全性を高めるナビ協調運転支援システム、カーナビの情報を元にフロントライトを最適化し、安全性を高める技術が報告されている。

カーナビゲーションの道路属性データを使い、先方のカーブを先読みし、ドライバーの運転にあわせて変速機を制御する取り組みが自動車メーカーで行われ、実用化されている⁽⁴⁾。システムの構成を図7に示す。

市販のカーナビゲーションにおいては車両制御情報を取り込み、車両を制御することは難しいが、ライン純正カーナビゲーションは車の開発段階からカーナ

ビゲーショと組み合わせた開発が可能である。今後、地球温暖化など、車を取り巻く環境への要求はますます厳しくなってくる。ハイブリッド車や電気自動車において、カーナビゲーショの地図データ、車両制御を組み合わせ CO₂ 削減に寄与できるシステム開発が期待される。

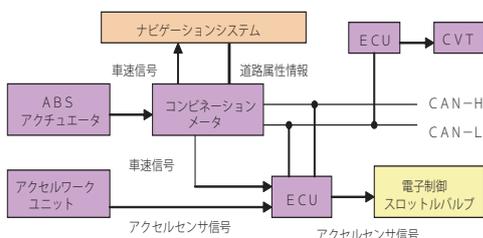


図7 車両制御システム構成

7. おわりに

カーナビゲーショが市場に登場した当時はスタンドアロンで動いていたが、ナビゲーショの進化にともない、交通情報、通信機能を取り込み、さらには車両情報をも取り込み、ナビゲーショ機能は進化を続けている。地図格納メディアも CD から DVD へ、そして HDD へと扱う情報が格段に増え、また HDD の書き込みできる利点を活用したカーナビゲーショが市場に導入されている。カーナビゲーショが車の中心コンソールをつかさどるのは間違いなく、カーナビゲーショが ITS 分野を切り開く先進機器となることを期待したい。

参考文献

- (1) Koichi Nagaki, Hitoshi Ando, Keiichi Yamauchi, "HDD NAVIGATION SYSTEM" IEEE International conference of consumer Electronics, Jun 2002.
- (2) 長岐孝一, 松本令司; カーナビゲーショ, 画像電子学会誌, 2004 Vol.33 No.6 p1044 - 1046
- (3) <http://www.vics.or.jp>
- (4) 日経オートモーティブ・テクノロジー Special Issue 2005

筆者紹介

長岐 孝一 (ながき こういち)

MBG 川越事業所技術統括部ソフト開発部。