

# 特集 | カーナビゲーションシステム向け新規道路学習機能の開発\*

## Automated Map Learning for Car Navigation System

式町 健                      中村 修治                      兼松 修                      小林 知一  
 Takeshi SHIKIMACHI      Shuji NAKAMURA      Osamu KANEMATSU      Tomokazu KOBAYASHI

This paper presents a newly developed automated-map-update system using the positioning module integrated in car navigation systems. Regarding the map data revision of car navigation systems, the revision delay period depends on the type of road for the map-data-revision of uncharted roads including newly constructed roads. That is, high-class roads, such as freeways or highways, are updated normally within one year. However, some low-class roads, such as residential roads, take a longer time to be updated. Even if those roads are low class, sometimes they could be very important for particular users who use them for daily life. Our automated map update system displays the low-class roads, which are uncharted but actually exist, on the navigation screen quickly by learning. \*1) In some cases, qualities of the newly indicated road shapes can be superior to those of the commercially released base map database. Furthermore, learned road data can be used for route guidance.

\*1) Learning: We defined the learning process of this system as follows:

- [1] Detect an un-charted road, drive the uncharted road from the deviating starting point of a charted road to the merging ending point of another/same charted road and pick up the driving trajectory.
- [2] Adjust the shape of the driving trajectory based on the map-editing standard and incorporate it into the data-base and road network of the map

**Key words :** New road detection, Map update by learning, High accurate positioning, Uncharted road.

### 1. はじめに

現在、カーナビゲーションシステム（以下、ナビ）向けの地図情報は所定の手続きを取ることで最新の地図情報に更新することが可能となっているが、その方式は地図会社によって整備されるデータで車載機の地図データを全て更新するか、あるいは正味の差分データだけを配信して部分的に更新する方法が一般的である<sup>1)</sup>。この場合、地図会社によって整備される地図に新しい道路のデータが取り込まれるまでには時間的な遅れが生じることがあり、フリーウェイやハイウェイなど公共性の高い道路の場合、最大1年程度の期間を要する。特に北米における住宅街の道路など公共性の低い細街路は、場合によっては更新されるまでに数年から10年近くも地図データの更新に時間を必要とする場合もある。この場合、例えば細街路であっても日常的にその道路を利用するユーザにとっては、重要な道路がいつまでたっても地図情報として更新されないことになる。このようなケースにおけるナビユーザの意識、ニーズを調査した。

Fig. 1に、北米のナビユーザ250人（組み込みナビ100人とPND（Portable Navigation Device）150人）に対して、ナビ地図と現実世界の間で、ユーザが気づいた

地図に無い道路の種別を調査した結果を示す。この結果から北米のナビユーザは「住宅街の道路は更新されにくい」という共通認識を持っており、住宅街の道路に対する地図更新のニーズがあることがわかった。

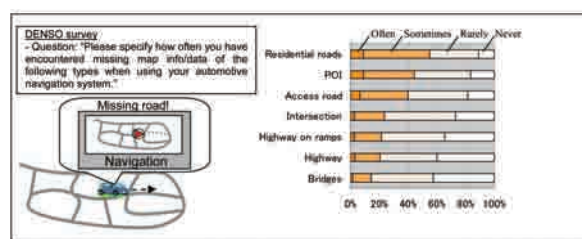


Fig. 1 Survey result of uncharted roads

本報告では、このニーズに対応するために開発した新規道路学習機能について述べる。

### 2. 機能概要

新規道路学習機能は、車載機自身で地図に無い道路を学習する機能である。Fig. 2を用いて、本機能の動作の概略を説明する。Fig. 2に破線で表現した橋（C）が現実世界では存在するが、地図データの道路データとして格納されていないとする。このような場合、車両が（A）－（C）のように進むと、マップマッチングの処理において、地点（B）付近で、地図データに

\*2012年ITS世界会議で発表論文を和訳し掲載

格納されている道路上から逸脱する。更に車両位置が (C) - (E) のように進むと、地点 (D) 付近の地図データに格納されている道路上に復帰する。本機能は、地図に無い道路上を走行した際に道路データ上から逸脱する地点 (B) を道路データ上に再び復帰する地点 (D) を検出し、(B) - (D) 区間の車両の走行軌跡から道路データを作成し、地図を更新する。そして、作成した道路データと既存の地図データと合わせて経路探索および経路案内に利用することを目的とする。

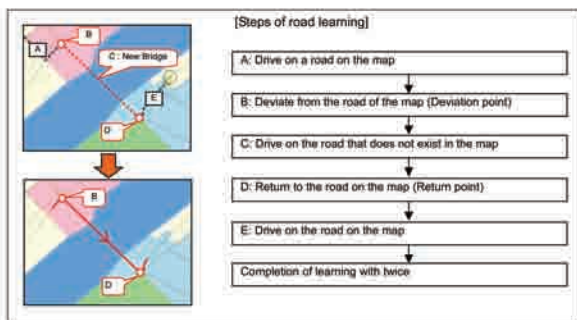


Fig. 2 Steps of Road Learning

Fig. 2では、新しく橋ができたシーンを例に説明したが、道路データ上からの逸脱及び復帰という動作は、駐車場を走行する際など道路以外を走行する場合にも発生する。開発品において学習すべき対象を「本来地図データに道路として整備されるべきだが未整備の道路」、特にユーザニーズのある住宅街の道路とした。

### 3. 開発上の課題

#### 3.1 誤学習のリスクと対応方針

車両が駐車場を走行した場合などには、地図の道路形状にマッチングしない走行パターンが検出される。ユーザの中にはよく通過する駐車場の道路を学習したいと望むユーザもいることも考えられるが、本機能では本来地図データに道路として整備されるべきではない道路を検出することを、不要検出と定義する。不要検出した道路を地図に登録することを、誤学習と定義する。また、検出するべき道路を検出しないことを未検出と定義する。

誤学習が発生した場合、例えば駐車場内を通る経路を案内する等、実際の交通規制と異なる案内を提供し、運転中のユーザに混乱を与えるリスクが生じうる。したがって、誤学習の対策は機能を実現する上で不可欠となる。

我々は、以下のように検出率と誤学習率を定義し、

目標値を定めた。検出率は、検出すべき対象の道路パターン数に対する実際に検出した道路パターン数の割合で目標値90%以上、誤学習率は、実際に検出した道路パターン数に対して誤学習した道路パターン数の割合で目標値5%以下とした。この指標は本機能がユーザに認知されるとともに許容される誤りを想定しており、実用化において顧客とも合意した指標である。

課題の詳細を把握するため、まず北米にて簡易的な新規道路検出プログラムを組み込んだ車載器を搭載した車両を準備し、現地ドライバーによる半年間のモニター評価を実施した。その期間に検出したデータを解析、集計した結果をFig. 3に示す。この結果から分かるように、誤学習が全体の63%を占めており、それらは駐車場内の走行やUターン時に発生したものであった。したがって、誤学習への対応方針としては、駐車場・Uターンの対策が最重要となった。

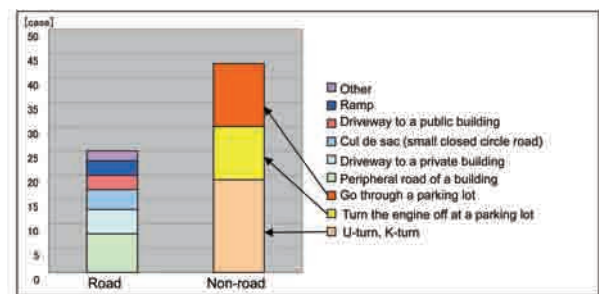


Fig. 3 Field Test Result of Detected Type of Road

#### 3.2 既存システムへの統合

本機能は、既存のナビゲーションシステムに対して機能追加するにあたり、システムへの影響を最小限となるように機能を搭載する方針とした。具体的には、ハードウェアの変更をしないこと、長期間メンテナンスが必要となる地図のメンテナンス性を損なわないために地図フォーマットの派生を作らないこと、既存の道路データとの整合性を保ち、地図を参照する地図表示・経路計算・経路案内などの上位アプリケーションへの影響を極力抑えてソフトウェアの品質を確保することが挙げられる。

### 4. 課題への取り組み

#### 4.1 誤学習に対する取り組み

誤学習に対する取り組みとして、不要検出自体をフィルタリングする対策を実施した。

##### ・不要検出のフィルタリング

- ▶ 地図の駐車場の背景ポリゴンデータを利用して、

駐車場内の走行を検知し、不要検出として学習しない。

- ▶ 検出結果を学習する条件として、同一地点で2回検出した走行軌跡形状の一致判定の実施を行う。通常は、駐車場内での走行軌跡形状が全く同一にならないと想定し、地図に駐車場データが無い施設での学習を防止する。Fig. 4に学習する場合としない場合の例を示す。
- ▶ 駐車場内で発生しやすい車両挙動（後進、ACC off）を検知し、不要検出として学習しない。
- ▶ Uターン走行データを検知し、検出を防止する。
- ▶ マップマッチングの確からしさが低下する場合には、道路を接続する地点が正しく特定できない可能性があるため、未検出とする。

駐車場内での走行に対する学習を完全に防止することはできないため、不要検出のフィルタリングで防止しきれない学習結果に対する以下のリカバリ処理を検討・実装した。

・誤学習に対するリカバリ処理

- ▶ 基本的には自動化によりユーザ操作を伴わない設計とするが、ユーザ操作による学習道路データの削除機能を搭載し、ユーザの判断で学習した道路を残すかどうか判断できるようにする。
- ▶ 学習した道路を利用した経路案内時にナビ画面・音声で学習した道路を利用していることを警告し、学習した道路の情報が間違っている可能性があることをユーザに伝え注意を促す。学習した道路については、学習時に走行した方向のみを通行可能とし、一方通行の道を学習した際に、逆走する経路案内を防止する。

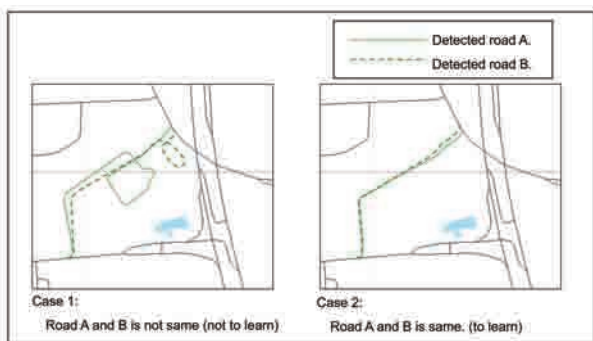


Fig. 4 Prevention of unnecessary learning in parking lots.

4.2 システム構成

本自動地図更新システムは既存のカーナビゲーション

システムにハードウェアを追加すること無く、ソフトウェアの変更のみで実現した。Fig. 5にソフトウェアの構成を示す。既存のソフトウェアへ追加したモジュールをイタリック体で記した。その他のモジュールは既存のソフトウェアと同様である。地図データを利用するアプリケーションは、出来る限り地図の変更を意識すること無く、従来の機能を提供できるようにした。

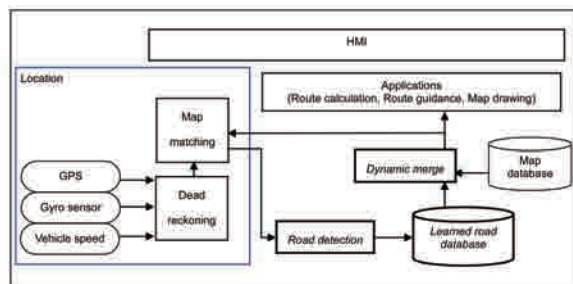


Fig. 5 Software System

地図データの整合性を保つため、学習した道路は車両の走行軌跡そのものではなく、地図データの整備基準に従って補正を実施した。その例をFig. 6に示す。Fig. 6の(a)の左の図に示す通り、車両軌跡をそのまま道路形状として使用した場合、交差点付近で曲がった形状となり、通常の地図データの表現と異なる。本機能では、地図整備基準に基づいて交差点か否かの判定を実施し、曲がった形状を通常の交差点に整備される地図データのように真っ直ぐな形状に修正する。Fig. 6の(b)に示す通り、住宅などへの引き込み道路については、往復の道は通常一本の道路として整備されるため、地図データの形式に合わせて往復できる箇所の統合を実施した。

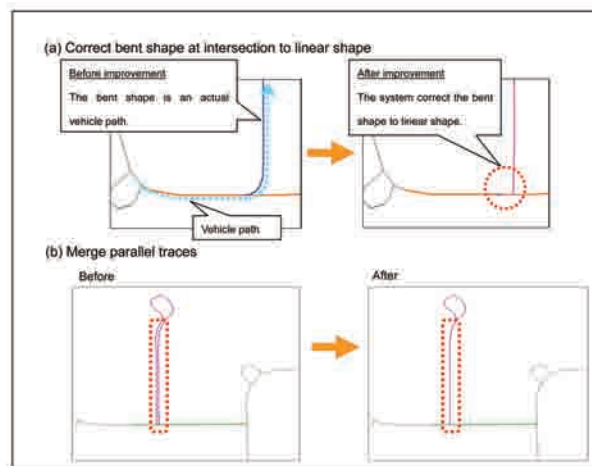


Fig. 6 Example of database adjustment of uncharted roads to make them charted roads based on map-editing-standard

学習道路の道路ネットワーク整合性についてFig. 7に示す。新しい住宅街などで新規道路の学習が複数回行われた場合は、図のように道路ネットワークを拡張する。これにより、地図会社によって整備されにくい住宅街の道路ネットワークを構築することが可能となる。

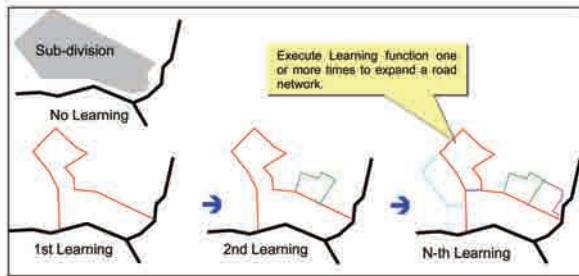


Fig. 7 Network Connection of Learned Roads

### 5. 評価

学習する道路パターンは色々なケースが有るが、学習すべき対象となる地図に格納されていないが現実には存在する道路を見つけることは非常に手間がかかる。特定の地域に学習すべき対象の道路が固まって存在する可能性も低い。網羅性高く効率的に評価を進めるため、Fig. 8に示すプロセスで評価を実施した。

1. 元の地図データからテスト対象として様々なパターンの道路を選択する。
2. テストツールにてテストする必要がある道路データを削除した地図データベースと、削除した道路データに基づく正解の学習結果を準備する。これにより、現実に存在しかつ地図データにも格納されている道路を使用したテストが可能となる。
3. 実車で削除した道路データを含む区間の走行データの収集を行う。
4. アルゴリズムの評価は、収集した走行データを用いて、シミュレーションにて実施し、アルゴリズムの改善・調整を行う。

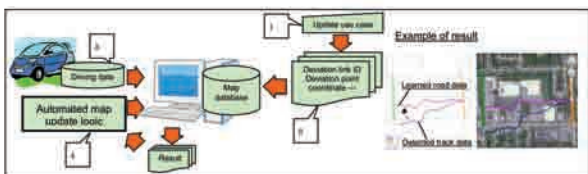


Fig. 8 Simulation Test Process

Table 1に道路種別とテストに使用した項目を示す。テスト対象の道路を選定するにあたり、道路形状（直

線、カーブ、ロータリーなど）と他の道路との関係（右左折、並走、狭角分岐など）を考慮し、網羅的に道路パターンを選定した。その結果、全102ケースの内98ケースで道路検出が行われ、検出率は96%で目標検出率90%以上を達成した。学習しなかったケースは、検出対象の道路に対して近接する並走路が存在し、ロケーションの性能に起因してマップマッチングの確かさが低下するケースに該当し、不要検出のフィルタリングの方針に基づき正しく誤学習を防止できた。これらのテストケースにおいて、誤学習率0%で目標誤学習率5%以下を達成した。

Table 1 Road Types used in the Simulation Test and Result

Type	Function	Example	Feature	Birth	No learning
Artery road	Connect town	Road Pike	Most road sections go straight Road length: long Multiple lanes	23	1
Main road	Located through town	Street Avenue BLVD Park Way	Grid road network mostly centers (Parallel road) Straight road with center divider/lane between split lanes in outskirts of a city (Wide road)	26	0
Residential road	Located through residential area	Drive Lane Path Trail	Most main streets are connected to other main streets Road length: not so long (Different geometries)	26	1
Segment road	Connect residential subdivision	Terrace Fence Circle Court Ways	Most road sections reach dead ends; or are loop shaped (different geometries)	22	2
Private road	Located in private area	-	Loop, rotary, open space, straight road etc.	4	0
Total				102	4

### 6. おわりに

北米におけるカーナビゲーションの地図情報の更新ニーズを発掘し、走行軌跡を地図化して利用する新規道路学習機能をカーナビゲーションシステムに導入した。このシステムは2012年向けの製品として量産化された。将来この技術はドライバーの道案内を目的としたカーナビゲーションだけではなく、車載機が検出した軌跡の精度を向上させることでより安心、安全に寄与するようなアプリケーションへの適用が考えられる。

#### <参考文献>

- 1) 加藤光治，デンソーカーエレクトロニクス研究会：図解カーエレクトロニクス[上]システム編，日経BP (2010)，pp.239-242

<著 者>



式町 健  
(しきまち たけし)  
情報通信事業部情報通信技術3部  
自車位置評定技術を利用した  
カーナビゲーション及び  
走行支援センサの開発に従事



中村 修治  
(なかむら しゅうじ)  
情報通信事業部情報通信技術3部  
自車位置評定技術を利用した  
カーナビゲーション及び  
走行支援センサの開発に従事



兼松 修  
(かねまつ おさむ)  
情報通信事業部情報通信ソフト  
開発室  
情報通信分野におけるソフト  
ウェア開発プロセスの構築に  
従事



小林 知一  
(こばやし ともかず)  
情報通信事業部情報通信技術3部  
自車位置評定技術を利用した  
カーナビゲーション及び  
走行支援センサの開発に従事