

自律型モビリティシステム（自動走行技術、自動制御技術等）の開発・実証
Ⅲ 高度地図データベースの高効率なリアルタイム更新・配信技術の確立
Development and demonstration project on autonomous mobility system
(self-driving technology, automatic control technology)

Ⅲ Establishment of highly efficient and real-time update and distribution
technology of the advanced map (dynamic map) database

代表研究責任者 瀬戸口 純一（株式会社 NTT ドコモ）

研究開発期間 平成 28 年度

【Abstract】

In this project, R&D on establishing technology to update, distribute and receive efficiently advanced map (hereinafter, dynamic map) database which is necessary for autonomous mobility to drive automatically, while achieving reduction of network load when dynamic map database is distributed have already been carried out. The targets for FY2016 have already been implemented, and the main results are as follows: (1) Updating technology: detection of change of road by probe information etc. (2) Distribution management technology: distributed arrangement method of dynamic map database by using edge server (3) Demonstration and extraction of problems in real environment (LTE test base station, autonomous car, etc.)

To develop the above results including solving the problems clarified, further research works are planned to be carried out at “R&D of frequency effective utilization technology corresponding to various situations supporting a vast number of autonomous mobility systems” (FY2017-2018) of Ministry of Internal Affairs and Communications.

1 研究開発体制

- 代表研究責任者 瀬戸口 純一（株式会社 NTT ドコモ）
- 研究分担者 末次 光（株式会社 NTT ドコモ）
新聞 寛太郎（株式会社 NTT ドコモ）
足立 憲児（株式会社 パスコ）、他
- 総合ビジネスプロデューサ 中村 秀治（株式会社 三菱総合研究所）
- ビジネスプロデューサ 安部田 貞行（株式会社 NTT ドコモ）
堀井 譲（株式会社 パスコ）

- 研究開発期間 平成 28 年度
- 研究開発予算 総額 350 百万円

2 研究開発課題の目的および意義

我が国が超高齢化と労働人口減少を迎える中、過疎地も含めた高齢者の安全・安心な生活、多様な経済活動の生産性確保等を図るため、様々なセンサ情報等も活用し、ICT 基盤技術と連携して、高信頼・高精度な自動走行を実現する自律型モビリティシステム（自動走行技術、自動制御技術等）を開発することが重要である。また、自律型モビリティシステムは、多様な分野における持続的な成長の基盤として期待されており、主要国でも官民を挙げた大規模プロジェクトが始動しているため、我が国でも本施策を早急に推進する必要がある。

このため、自動走行に必要な高度地図データベースの更新・配信のための通信技術の開発や、自動走行技術、自動制御技術等を活用した安全・安心な自律型モビリティシステムの開発及び利活用実証を推進することで、自律型モビリティシステムを支える ICT 基盤技術の確立及び研究開発に関する国際標準の獲得等による我が国の国際競争力の向上に寄与することを目的とする。

高度地図データベースの更新や配信は、ネットワークにかかる負荷が大きいため、その実用化や普及を見据え、本研究開発課題では、多様な利用者を想定して、高効率かつリアルタイムに更新や配信を行うことができるネットワーク技術の研究開発を通して有用性及び実用性を検証する。

3 研究開発成果（アウトプット）

3. 1 課題Ⅲ-1 高度地図データベースの更新技術

日本の交通環境において、自動走行車両等から収集されるプローブ情報（最大 2Mbps の通信帯域に相当するデータ量を想定）を無線アクセス経路で II オ）リアルタイム位置情報基盤に送信する技術を確認する。

また、II オ）リアルタイム位置情報収集基盤で処理した情報やその他の変動情報から用途ごとに必要なタイミングで高度地図データベースを更新する技術を確認する。

課題Ⅲ-1-（1）静的情報の更新技術の検討

高度地図データベースのうち静的情報を更新する技術について、以下の 2 点を実施した。

①道路変化箇所検知に利用するデータの定義化および検知方法の検討

②静的情報の更新内容の自動認識・自動抽出方法の検討

①については、道路変化のパターン（新設、変更（拡幅など）、廃止）および車両（車両に設置する機器を含む）のセンサーから得られるデータを洗い出し、パターンごとに検知に必要なデータを整理した。また、これらのデータを用いて機械学習等により道路変化箇所を検知する方法を検討した。これにより、従来の目視による検知手法と比較して検知時間が 15 分の 1 程度に短縮されることを机上で確認した。

②については、移動計測車（MMS: Mobile Mapping System）で取得した点群データや画像データから静的情報の更新内容となる道路関連地物（道路縁、道路標識、信号機、区画線）を自動で認識および抽出する方法を検討した。これにより、逆行等の撮影環境下などを除くほぼ全てのケースで自動認識・自動抽出が可能となることを机上で確認した。

課題Ⅲ-1-(2) 准静的情報・准動的情報の更新技術の検討

高度地図データベースのうち准静的情報・准動的情報を更新する技術について、以下の2点を実施した。

①准静的情報・准動的情報の更新情報生成に利用するデータ送信方法の検討

②准静的情報・准動的情報の更新情報入力用の外部接続インタフェースの定義化

①については、自動走行車両等からⅡオ)リアルタイム位置情報収集基盤等へ送信されるプローブ情報の送信タイミングや送信先を検討し、1分間に1回程度、クラウドではなくエッジサーバに対して送信する方法を導出した。これにより、通信トラフィックが25.7%（コアネットワーク区間は51.3%）削減されることを机上等で確認した。

②については、准静的情報・准動的情報の更新情報を入力するための外部接続インタフェースの定義化を実施した。具体的には、Ⅱオ)リアルタイム位置情報収集基盤等から高度地図データベースに対して入力する准静的情報・准動的情報の更新情報に関するデータの構造や項目等を定義化した。

3. 2 課題Ⅲ-2 高度地図データベースの配信管理技術

自動走行車両等が、高精度な地図情報の最新化を図りたい場合など地図の更新データを有する場合には、保有する高度地図データベースのバージョンや位置情報などを用いて、高度地図データベースを配信できる配信技術を確立する。

また、Ⅱア)で確立したエッジコンピューティング構成をシステム基盤に用いた高度地図データベースの配信管理技術を確立することで、高度地図データベースの更新・配信に関わるデータ量、およびネットワークへの負荷を総トラフィック量で50%以下に低減する。

課題Ⅲ-2-(1) 高度地図データベースの分散配置の検討

クラウドとⅡア)エッジサーバ(※1)を用いた高度地図データベースの分散配置について、以下の2点を実施した。

①クラウドとエッジサーバへの分散配置方法の検討

②分散配置におけるデータ分離方法の検討

①については、エッジサーバの配置場所（カバーする携帯電話システム基地局の範囲）や1台のエッジサーバが走行中の自律型モビリティに対して配信する高度地図データベースの範囲を検討した。結果、エッジサーバ1台あたり1~8箇所の基地局までカバーし、静的情報であれば次の1エリア分（1k㎡）、准静的情報・准動的情報であればルート上の都道府県分を配信する方法を導出した。これにより、通信トラフィックが39.4%（コアネットワーク区間は69.9%）削減されることを机上等で確認した。

②については、エッジサーバが保持する高度地図データベースの範囲を検討した。結果、走行前に長距離のルート検索を行う場合等を考慮し、各エッジサーバが日本全国全ての高度地図データベースを保持する方法を導出した。なお、更新頻度が高い准動的情報（1分間隔）については、通信トラフィック削減等の観点から自エリア以外の情報は間引いて（例：10分間隔）保持する方法とした。

(※1) 今回の実証環境に用いたエッジサーバの性能概要は、仮想CPU：8個、メモリ：16GB、ストレージ：160GB、OS：Ubuntu14.04である

課題Ⅲ-2-(2) 送信データ量抑制技術の検討

高度地図データベースを自律型モビリティへ配信する際の送信データ量を抑制する技術について、以下2点を実施した。

- ①バージョン管理方法の検討
- ②ハンドオーバー時における配信継続方法の検討

①については、SIP自動走行システムにおいて平成27年度に検討された高度地図データベースのデータ構造をベースに、バージョン管理を可能とするデータ構造を定義した。具体的には、高度地図データベースを構成する全てのテーブルに対してデータバージョンカラムとメッシュ番号カラムを追加するとともに、1エリアを含むメッシュを対応付けるエリアマスタテーブルを追加した。

②については、Ⅱア) エッジサーバから提供されるハンドオーバー通知機能の存在を前提として、ハンドオーバー等による通信断の後に通信復旧した場合にも高度地図データベースの配信を継続するためにレジューム機能を具備する方法を導出した。

課題Ⅲ-2-(3) 更新情報の配信技術の検討

高度地図データベースの更新情報を自律型モビリティへ配信する際の配信技術について、以下2点を実施した。

- ①自律型モビリティへの配信方法の検討
- ②差分管理・配信方法の検討

①については、静的情報や准静的情報・准動的情報の更新情報を自律型モビリティへ配信する方法として、PULL型とPUSH型のどちらが最適かを検討した。結果、静的情報についてはPULL型、准静的情報や准動的情報についてはPUSH型が望ましいとの結論に達した。

②については、高度地図データベースの更新情報のデータ削減方法を検討した。結果、高度地図データベースを構成する全てのテーブルに追加したデータバージョンカラムを活用して変更したデータのみを配信したり、メッシュ番号カラムやエリアマスタテーブルを活用して必要な範囲のみを配信したりする方法を導出した。

3. 3 課題Ⅲ-3 高度地図データベースの受信技術

日本の交通環境において、走行、停車などで自動走行車両の速度が変化する実際の道路環境を想定し、様々な無線システム（セルラーやWi-Fi、ITS専用周波数（760MHz）など）を組み合わせ、高度地図データベースを受信する適用技術を確立する。

課題Ⅲ-3-(1) 複数無線ネットワークを用いた受信方法の検討

自律型モビリティが利用可能な無線システム（※1）の特性、受信対象のコンテンツ（※2）および自律型モビリティの走行状態（※3）を整理し、高度地図データベースを受信する際の無線システムの最適な使い分けを検討した。

また、無線ネットワークのうち携帯電話システム（LTE）を用いて高度地図データベース（静的情報）を受信するシステムを開発し、高度地図データベースの受信技術のサービス成立性を確認した。

（※1）携帯電話システム（LTE）、無線LAN（Wi-Fi）、無線PAN（Bluetooth）、ITS専用通信システム（ITS Connect、ETC）、放送（FM-VICS）

- (※2) 静的情報（例：道路変化更新の差分情報）、准静的情報（例：交通規制情報、道路工事情報、広域気象情報）、准動的情報（例：渋滞情報、事故情報、狭域気象情報）、動的情報（例：周辺車両、歩行者情報、信号情報）
- (※3) 駐車時（自宅、外出先、自動車関連の地点）、走行時（道路、地下/トンネル、山間部、信号機周辺）、徐行時（高速道路料金所、生活道路）、停車時（交差点前/停止線前、駐車場入り口）

課題Ⅲ-3-(2) 実環境における実証および課題の抽出

実環境において高度地図データベースの配信等を実証するため、実証エリアである横須賀リサーチパーク（YRP）を測量車両（MMS）で測量し、高度地図データベース（静的情報）を作成した。また、携帯電話システム（LTE）試験基地局の屋内設備（eNB や EPC-iSIM 等）を構築した。実証においてはこれらの設備等を活用するとともに、方式が異なる 3 台の自動走行車（同志社大学、名古屋大学、金沢大学）を用いて走行実証を行うことで、サービス成立性の確認等を実施した。

4 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた取組みの実施状況

本研究開発に先立って定めたアウトカム指標は、以下の 3 点である。

- ① 普及展開を想定した高度地図データベースの更新・配信管理・受信技術の確立
- ② 高度地図データベースの更新・配信管理・受信技術に関するガイドラインの策定
 - －平成 30 年度 ガイドラインの策定
 - －平成 31 年度以降 ガイドラインの普及活動
- ③ 他の研究機関や企業への実証環境の提供（利活用促進）
 - －平成 29 年度 大学関連への提供
 - －平成 30 年度 自動車や車載器メーカーなどへの提供

①については、更新・配信管理・受信の各技術について平成 28 年度の到達目標までは実施済である（詳細は 3 章に示す）が、普及展開のためには本研究開発で明確になった課題への対応が必要な状況である（詳細は 5 章に示す）。

②については、上記①で確立した技術に関してはガイドラインに盛り込む事項を整理済であり、今後は残課題を解決する技術を確認した上でそれらも含めたガイドラインを策定することが必要な状況である。なお、平成 28 年度においては、ガイドラインの策定や普及展開に先立って確立した技術の普及展開を行うため、年度末に開催された総務省 ITS 関連事業発表会やスマート IoT 推進フォーラム第 2 回総会において成果報告を行った。

③については、実証エリアである横須賀リサーチパーク（YRP）において、高度地図データベース（静的情報）や携帯電話システム（LTE）試験基地局の屋内設備を構築し、今後は携帯電話システム（LTE）試験基地局の屋外設備の構築や他課題（Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ）が構築する設備等との接続等が必要な状況である。

5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

本研究開発で明確になった課題（※1）の解決や社会実装に向けて必要となる研究開発を引き続き行う。この関連研究開発においては、2020 年代前半の自律型モビリティシステムの本格普及を見据えて、平成

30 年度に「高度地図データベースの更新・配信管理・受信技術に関するガイドラインの策定」や「YRP 地区に構築する実証環境における一般参加者(研究機関や企業等)を巻き込んだ統合実証」を行う予定である。

また、本研究開発および関連研究開発における成果については、適宜スマート IoT 推進フォーラム等で普及啓発を行うとともに、平成 29 年度から 30 年度にかけて実施が予定されている SIP 自動走行システムの大規模実証での活用を推進する予定である。

なお、本研究開発および関連研究開発における成果については、自律型モビリティシステムのみならず、高度地図データベースを使用する全てのモビリティ等への応用展開が期待できる。

(※1) 本研究開発においてはコアネットワーク区間の通信トラフィック削減については一定の成果を得たが、無線アクセス区間の通信トラフィック削減については更なる研究開発が必要である。これを踏まえて、今後解決すべき具体的な課題等を以下に示す。

(1) 高度地図データベースの更新技術に関する課題

高度地図データベースを効率的に更新するためには、計測車両を含む自律型モビリティが車載センサー等で取得した情報をネットワーク経由で収集することが必要となるが、これらの大容量な情報を通信トラフィックを削減して収集することが課題である。具体的には、センサー等の情報から高度地図データベースの更新に必要な情報のみを抽出する等の技術の確立が必要である。

また、上記の計測車両等が走行しない地域や時間帯においても高度地図データベースを効率的に更新するためには、カメラやレーダ等の路側設備が取得した情報が有効と考えられるが、これらの情報についても通信トラフィックを削減して収集することが課題である。具体的には、路側等での知的処理(画像圧縮・認識処理等)により収集したデータ量を削減する技術等の確立が必要である。

(2) 高度地図データベースの配信管理技術に関する課題

自律型モビリティシステムの自動走行を成立させつつ、無線アクセス区間における通信トラフィック量の削減を実現するためには、自律型モビリティへ配信するデータ量の削減や配信するタイミングの最適化が課題である。具体的には、自律型モビリティの走行状態や配信するデータの用途や容量等に応じて、高度地図データベースを差分配信や分割配信等を行う技術の確立が必要である。

(3) 高度地図データベースの受信技術に関する課題

自律型モビリティシステムの自動走行を成立させつつ、無線アクセス区間における通信トラフィック量の削減を実現するためには、通信の利用シーンに応じて複数の無線システムを適宜適切に使い分けることが課題である。具体的には、自律型モビリティの走行状態や配信するデータの用途や容量等に応じて、複数の無線システム(特に、携帯電話システムと無線 LAN システム)を動的に切り替えたり、同時に通信したりする技術の確立が必要である。

6 査読付き誌上発表論文リスト

なし

7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

なし

8 その他の誌上発表リスト

なし

9 口頭発表リスト

[1]瀬戸口 純一、“高度地図データベースの効率的な更新・配信の実現について”、スマート IoT 推進フォーラム 自律型モビリティプロジェクト キックオフシンポジウム（東京都）（平成 28 年 9 月 15 日）

[2]瀬戸口 純一、“高度地図データベースの効率的な更新・配信・受信の実現について”、一般公開公演会「情報通信が支える次世代の ITS」～総務省 ITS 関連事業発表会～（東京都）（平成 29 年 3 月 15 日）

[3]瀬戸口 純一、“自律型モビリティシステム（自動走行技術、自動制御技術等）の開発・実証”、スマート IoT 推進フォーラム 第 2 回総会（東京都）（平成 29 年 3 月 29 日）

10 出願特許リスト

なし

11 取得特許リスト

なし

12 国際標準提案・獲得リスト

なし

13 参加国際標準会議リスト

なし

14 受賞リスト

なし

15 報道発表リスト

（1）報道発表実績

[1] “総務省・自律型モビリティシステム（自動走行技術、自動制御技術等）の開発・実証の委託先に決定－高度地図データベースの高効率なリアルタイム更新・配信技術の開発を開始－”（株式会社 NTT ドコモ）、平成 28 年 7 月 19 日

[2] “総務省・自律型モビリティシステム（自動走行技術、自動制御技術等）の開発・実証の委託先に決定

－高度地図データベースの高効率なリアルタイム更新・配信技術の開発を開始－”（株式会社パスコ）、平成28年7月19日

（2）報道掲載実績

なし

研究開発による成果数

| | 平成 28 年度 | 合計 |
|-------------------------|------------|------------|
| 査読付き誌上発表論文数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| 査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む) | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| その他の誌上発表数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| 口 頭 発 表 数 | 3 件 (0 件) | 3 件 (0 件) |
| 特 許 出 願 数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| 特 許 取 得 数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| 国 際 標 準 提 案 数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| 国 際 標 準 獲 得 数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| 受 賞 数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |
| 報 道 発 表 数 | 2 件 (0 件) | 2 件 (0 件) |
| 報 道 掲 載 数 | 0 件 (0 件) | 0 件 (0 件) |

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの)) のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む) を計上する。

注 3 : 「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む) に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。) を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など) は、「口頭発表数」に分類する。

注 4 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む) を計上する。

注 5 : PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。