

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  
Ⅱ 自律型モビリティシステムの高精度化に係る技術の確立  
Development and demonstration project on autonomous mobility system  
(self-driving technology, automatic control technology)  
Ⅱ Establishment of Technology for Accuracy Improvement of  
Autonomous Mobility System

代表研究責任者 川村龍太郎 日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所  
研究開発期間 平成 28 年度

【Abstract】

In order to realize early social implementation and popularization of self-driving technology, we have conducted research and development on two technologies for accuracy improvement of autonomous mobility system.

The first is research and development on how to apply edge computing to an autonomous mobility system. This makes it possible to reduce the traffic volume of the core network in an autonomous mobility system to 50% or less. In addition, it has become possible to execute image analysis processing and data transfer processing accompanying data compression in real time. Furthermore, we defined efficient handover processing method of autonomous mobility and defined the interface specification. We also developed development guidelines for autonomous mobility applications.

The second is the research and development of the real-time location information collection platform technology that can generate high-precision location information of vehicles etc. in real time and exhaustively. This makes it possible to grasp accurate positions of various vehicles etc. and to notify the user in real time as surrounding environment information.

## 1 研究開発体制

- 代表研究責任者 川村 龍太郎（日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所）
- 研究分担者 中村 祐一†（日本電気株式会社†）
- 総合ビジネスプロデューサ 中村 秀治††（三菱総合研究所††）
- ビジネスプロデューサ 吉野 修一（日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所）  
田中 淳裕†（日本電気株式会社†）
  
- 研究開発期間 平成 28 年度
- 研究開発予算 総額 230 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、様々なセンサー情報等も活用し、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）の開発を推進する。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成果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政策目標とする。

本研究開発課題では、自律型モビリティシステムの高精度化に係る技術の確立を目的として、自律型モビリティシステムにおいて、コアネットワークトラフィック量低減、低遅延レスポンス、連続的ハンドオーバーを可能とするエッジコンピューティング技術と、車両等の正確な位置情報を安定的かつリアルタイムに収集・分析することを可能とする位置情報収集基盤技術の研究開発および検証を行う。

## 3 研究開発成果（アウトプット）

いずれの課題においても、当初掲げた H28 年度の年次目標を達成することができた。以下に、H28 年度の技術課題毎の目標と、達成した成果の概要を示す。

### 【研究開発目標と達成した成果の概要】

課題Ⅱ－ア） モバイルコア網及びアクセス網を想定したネットワークポロジーの中で、クラウドに存在するテラバイトレベルのマスターデータの自律型モビリティへの配信処理をエッジコンピューティング基盤へ分散配置し、コア網にかかる負荷を 50%以下にする目標に対し、エッジコンピューティング基盤を効果的に導入できる条件を明確化し、コア網にかかる負荷を 50%以下にできることを確認した。

課題Ⅱ－イ） 自律型モビリティシステムに関わるアプリケーションが要求する遅延レベルで処理を完了できる、高速データ処理・高速パケット処理が可能なエッジサーバを実現する目標に対し、高速データ処理が可能なエッジサーバを実現し、高速パケット処理については有効な圧縮方法と、適用時の課題を明らかにした。

課題Ⅱ－ウ） 自律型モビリティに関する想定アプリケーションの構成から、ハンドオーバー処理方式のフレームワークの定義と、エッジコンピューティング基盤が提供するハンドオーバーに関わる機能を決定し、インタフェースを定義する目標に対し、全て達成し、自律型モビリティアプリケーションに対し

て開発ガイドラインを規定した。

課題Ⅱ-エ) 様々な種類のアプリケーションが動作するエッジサーバにおいて、100 ミリ秒程度で位置情報を送受信するリアルタイム位置情報収集基盤の安定動作という目標に対し、測定対象となるアプリケーションの応答時間を測定し、与えられた処理時間の中でアプリケーションの実行時間を安定化させるためのリソース制御選択アルゴリズムを設計、動作を確認した。

課題Ⅱ-オ) 車両の動的情報の収集時の通信負荷軽減と位置精度確保の両立という目標に対し、位置精度を誤差 30cm に維持した状態にて 86%以上の通信頻度を削減可能なリアルタイム位置情報収集基盤技術を開発。さらに、右折・合流時の管制などに必要な車線判定の高精度化という目標に対し、車両の推定位置を入力として 95%の確率で走行車線が判定可能な車線判定アルゴリズムを開発した。

本研究は 2 つの共同研究機関によって実施しており、日本電信電話株式会社は課題Ⅱ-ア、イ、ウを、日本電気株式会社は課題Ⅱ-エ、オを、それぞれ担当した。以下、各課題の成果詳細について述べる。

### 3. 1 課題Ⅱ-ア) 自律型モビリティシステムへのエッジコンピューティング構成技術

日本の交通環境において、ネットワーク通信及びサーバ処理の効率的な負荷分散を実現し、コアネットワークが収容可能なトラフィック量に通信量を低減可能な垂直分散構成を明らかにし、エッジコンピューティング構成技術を確立する。

また、Ⅰ及びⅢにおいて確立した技術も用いて、全ての自動走行車両等が安全にかつ共通的に情報共有可能な自動走行車用プラットフォーム技術を確立する。

上記目標の達成に向けて、「モバイルコア網及びアクセス網を想定したネットワークトポロジーの中で、クラウドに存在するテラバイトレベルのマスターデータの自律型モビリティへの配信処理をエッジコンピューティング基盤へ分散配置し、コア網にかかる負荷を 50%以下にする。」ことを年次目標とした。

エッジコンピューティング基盤を活用したデータ配信では、各エッジサーバがマスターデータを保持するクラウド上サーバから一旦データを受信し、配下に収容する各自律型モビリティへのデータ配信を行う。このとき、1つのエッジサーバでなるべく沢山の自律型モビリティを収容するようエッジサーバを配置することにより、クラウド上サーバから自律型モビリティ群へ直接データを配信する場合に比べ、コア網にかかるトラフィック量を小さく抑えることが可能となる。また同様に、クラウド上サーバ・エッジサーバ間の通信頻度をエッジサーバ・自律型モビリティ間の通信頻度より低くすることにより、コア網にかかるトラフィック量は小さくなる。しかしながら、エッジサーバ数、自律型モビリティ数、通信頻度等のパラメータ群と、コア網トラフィック量削減率との定量的関係は必ずしも明らかではない。

そこで、自律型モビリティシステムへのエッジコンピューティング構成技術の確立に向けた基礎データ獲得のため、クラウド、エッジサーバ、自律型モビリティからなる系を模擬した検証環境を構築し、各パラメータを振らせてコア網にかかるトラフィック量の計測を行った。これにより、各パラメータ値の組合せによっては、コア網トラフィック削減量を目標とした 50%以下に抑えることが可能であることを確認することができた。さらに、実験結果に基づき、各パラメータとコア網トラフィック量削減率の定量的関係を定式化した。これにより、目標とするコア網トラフィック量削減率を達成するために必要となる各パラメータ値がとるべき範囲・条件を明らかにすることを可能とした。なお実験では、クラウド上サーバから自律型モビリティ群へ直接データを配信する構成では、想定パラメータ値において通信がクラウド上サーバに集中してしまい、自律型モビリティがデータ取得に失敗する場合が確認された。

エッジコンピューティング基盤の必要性を裏付けるものと考えられる。

以上のように、年次目標を達成することができた。今後は、本成果に加え、さらに各エッジサーバが収容可能な自律型モビリティ数や、各種データに必要とされるデータの鮮度により決定される通信頻度、各通信区間の帯域等の、各パラメータやパラメータ間の制約条件を鑑み、自律型モビリティシステムのためのエッジコンピューティング基盤の設計と実装、実証実験によるフェージビリティ確認を進める必要があると考えられる。

### 3. 2 課題Ⅱ-イ) 自律型モビリティシステムに対応した低遅延エッジサーバ技術

日本の交通環境において、Ⅱ-ア) のエッジサーバ上に配備された自律型モビリティシステムについて、アプリケーションの要求するレスポンスタイムを満たせるエッジサーバの構成を明らかにした上で、低遅延エッジサーバ技術を確立する。

上記目標の達成に向けて、「自律型モビリティシステムに関わるアプリケーションが要求する遅延レベルを満たすため、高速データ処理・高速パケット処理が可能なサーバアーキテクチャの開発を行う。これにより、アプリケーションが要求する遅延レベルで処理を完了できるエッジサーバを実現する。」ことを年次目標とした。

エッジコンピューティング基盤による負荷分散・低遅延化を実現するためには、各エッジサーバは自律型モビリティシステムにおいて必要とされるデータ処理やパケット処理を、期待される時間内に実行する必要がある。我々が想定する自律型モビリティシステムにおいて、各エッジサーバが実行すべきデータ処理のうち特に処理量の大きなものとして、道路空間情報の画像解析処理がある。車載カメラや監視カメラ等で撮影した道路空間の映像を解析し、人物等の物体検知を行う処理である。また各エッジサーバが実行すべきパケット処理として、データ圧縮を伴うデータ転送処理がある。自律型モビリティシステムにおいては、センサデータの収集やダイナミックマップデータの配信等、大量の車両との大容量のトラフィックが発生するため、帯域が限られた無線区間、あるいは通信が集中するコア網での通信において、データ圧縮を伴うデータ転送処理が求められる。そこで、画像解析処理、データ圧縮を伴うデータ転送処理それぞれについて、サーバアーキテクチャの検討と、処理時間の測定を行った。

画像解析処理についてのサーバアーキテクチャ検討・処理時間測定は次のように実施した。まず、画像解析処理に適したアーキテクチャとしては、並列処理計算に適した GPU を画像解析処理に活用可能なものが良いと考えた。エッジコンピューティング基盤は OpenStack 環境で構成し、画像解析処理はエッジサーバで動作する仮想マシン上のアプリケーションとして実装する。このため、仮想マシンから GPU を利用するために PCI バススルーを使用することとした。次に、このようなサーバアーキテクチャにおいて、OSS を活用した画像解析処理プログラムを実装し、処理時間を計測した。この結果、CPU のみで解析した場合には遅延が大きく、目標としたフレームレートの映像をリアルタイムに解析することができないのに対し、GPU を適用したアーキテクチャにおいては、各フレームをリアルタイムに解析できる性能が得られることを確認した。

データ圧縮を伴うデータ転送処理についてのサーバアーキテクチャ検討・処理時間測定は次のように実施した。まず、データ圧縮処理としては、汎用的に用いられる gzip 等の他、Redundancy Elimination(RE)の活用が有効であると考えた。RE は、冗長トラフィックを削減することによりトラフィック量を低減する技術であり、エッジコンピューティングにおける通信効率化技術として期待される。また、画像解析処理同様、RE の高速化には GPU の活用が有効であると考えた。次に、各手法によるデ

ータ圧縮を伴うデータ転送プログラムを実装し、データ圧縮を伴わないデータ転送、gzip によるデータ圧縮を伴うデータ転送、CPU のみを用いた RE によるデータ圧縮を伴うデータ転送、GPU を活用した RE によるデータ圧縮を伴うデータ転送のそれぞれにおいて、処理時間等を計測した。この結果、自動車情報を模した JSON データ、映像データ、HTML データのどのデータ種別においても、GPU を活用した RE によるデータ圧縮を伴うデータ転送が処理時間・データ圧縮率・通信スループットの全てにおいて優れることを確認することができた。ただし、本実験では、RE で用いるサーバ間のキャッシュは事前に共有している等の前提を置いており、キャッシュの随時作成・更新等の実装・計測は今後の課題である。

以上のように、年次目標を達成することができた。今後は、RE に関する上記課題や自律型モビリティの密度変化への対応方式について更なる検討を行うとともに、自律型モビリティシステムにおけるアプリケーションが要求するレスポンスタイムをエッジサーバが達成可能であることを実証していく必要があると考えられる。

### 3. 3 課題Ⅱ-ウ) 自律型モビリティシステムに追従するエッジサーバ間ハンドオーバー向上技術

日本の交通環境において、Ⅱア) のエッジサーバ上の自律型モビリティシステムについて、アプリケーションと自動走行車両等の通信が途絶する時間を可能な限り短くし、移動先のエッジサーバへの連続的なハンドオーバー処理を可能とする分散構成を明らかにした上で、エッジサーバ間ハンドオーバー技術を確立する。

上記目標の達成に向けて次の 2 点を年次目標とした。

- ・「自律型モビリティに関する想定アプリケーションの構成から、アプリケーションレベルでのハンドオーバーの形態と方式を分類し、ハンドオーバー処理方式のフレームワークを定義する。」
- ・「上記で検討したフレームワークを基に、エッジコンピューティング基盤が提供するハンドオーバーに関わる機能を決定し、インタフェースを定義する。」

まず、エッジコンピューティング基盤に適用するハンドオーバー処理方式を定義するために、エッジコンピューティング基盤上でとり得る複数のハンドオーバー処理方式案を検討し、それぞれの案について評価を行った。具体的には、エッジサーバとして動作する仮想マシンのライブマイグレーション機能を用いたハンドオーバー処理方式、ハンドオーバー時に移動先のエッジサーバで新たな仮想マシンを起動するハンドオーバー処理方式、事前に全エッジサーバ上に仮想マシンを起動しておくハンドオーバー方式（VM 事前作成方式）それぞれについて、動作手順を検討するとともに、アプリケーション開発容易性、ハンドオーバーにかかる時間、リソース消費量等の観点からメリット・デメリットを整理した。この結果、自律的モビリティシステムにおけるハンドオーバー処理方式としては、ハンドオーバーにかかる時間が短いことを主な理由としつつ、総合的に良い評価であった VM 事前作成方式が良いとの結論が得られた。

次に、VM 事前作成方式によるハンドオーバー処理の実現に向け、エッジコンピューティング基盤の機能設計を行った。具体的には、当該ハンドオーバー処理を実現するシステム構成を検討し、自律型モビリティアプリケーション起動時、終了時、ハンドオーバー時等の各ユースケース検討により当該システムを構成する各コンポーネントが保持すべき機能を明確化し、さらに、各ユースケースにおけるコンポーネント間の通信シーケンスとインタフェースの定義を行った。また、エッジコンピューティング基盤上で動作させる自律型モビリティアプリケーションを開発するための構成や実装条件をまとめ、アプリケーション開発ガイドラインとして規定した。

以上のように、年次目標を達成することができた。今後は、本成果により得られたインタフェース仕様やアプリケーション開発ガイドラインに従ってエッジコンピューティング基盤やアプリケーションの実装を進めるとともに、実証実験によるフィージビリティ確認や、それらからのフィードバックによる改良を行っていく必要があると考えられる。

### 3. 4 課題Ⅱ-エ) アプリケーション安定実行基盤制御技術

日本の交通環境において、Ⅱア)のエッジサーバ上の自律型モビリティシステムについて、車両等の位置情報を収集・分析するアプリケーションの応答時間を計測し、該応答時間を目標時間に収めるために必要なリソースを明らかにした上で、アプリケーションの安定動作を可能とするアプリケーション安定実行制御基盤技術を確立する。

上記目標の達成に向けて次の2点を目標とし、取り組みを行った。

- ・リソース制御手法の段階的な選択実行の方式設計におけるリソース制御手法を検討する
- ・与えられた処理時間の中でアプリケーションの実行時間を安定化させる適切な制御手法を選択するためのアルゴリズムを設計する

自動走行車両等の動作を支援するためには、周辺環境に関する最新情報を常に取得する必要がある。特に、高速で移動する車両等の位置情報に関しては100ミリ秒程度の短い周期で収集・分析する必要がある。また、エッジサーバでは、周辺環境に関するデータの収集・分析アプリケーション以外にも複数のアプリケーションが実行されており、計算資源やネットワークなどのリソースを共有され、周辺環境に関するデータの収集・分析に要する時間の増減幅が大きくなる。そこで、自動走行車両の動作支援に必要な情報を収集・分析するプログラムの安定動作を可能とするアプリケーション安定実行制御基盤技術の確立が求められる。

アプリケーション安定実行制御基盤技術の確立に向けて、リソース制御手法の段階的な選択実行の方式設計を実施した。具体的には、制御工学のフィードバック制御を採用し、エッジサーバ上で動作する情報処理サービスの応答時間をミリ秒単位で計測し、当該応答時間が目標値を上回る（閾値を超えて応答時間が劣化する）と予想される場合に、目標値を上回るまでの時間や程度に応じて、CPUの優先度変更、アフィニティ設定、CPUの占有割り当てなどのリソース制御手法を選択・実行するアプリケーション安定実行制御基盤技術の基本方式の設計を行った。

本設計においては、測定対象となるアプリケーションの応答時間の測定方法、当該測定値が応答時間の目標値を超過する時点を予測する方法、また、応答時間が目標値を超過した場合に、アプリケーションの優先度を上げるなど適切なリソース制御とそのパラメータを計算・実行する方法を設計・開発した。特に、静的な優先度付けが難しいようなエッジコンピューティング環境において、アプリケーションの応答時間を均一に保つためのパラメータ算出が課題となるため、与えられた処理時間の中でアプリケーションの実行時間を安定化させるためのリソース制御選択アルゴリズムを設計した。

上記リソース制御手法を評価するため、交通シミュレーションによる位置情報の送受信環境と、エッジサーバ上で動作する疑似アプリケーションによって、エッジサーバにかかる複雑な負荷パターンを再現し、本提案手法を適用した。その結果、従来と比較して、CPU使用率の極端な変動を約71%程度削減し、結果として応答時間が安定することを確認した。これによって、提案するアプリケーション安定実行制御基盤が、100ミリ秒程度で位置情報を送受信するアプリケーションの安定動作に有効であることが明らかとなった。

### 3. 5 課題Ⅱ-オ) リアルタイム位置情報収集基盤技術

日本の交通環境において、自動走行車両の位置を高精度に予測し、位置情報の送信頻度を減らすリアルタイム位置情報収集基盤技術を確立する。さらに位置情報に加え、走行中の車線を判定可能とする。

自動運転車が自律型センサーでは得られない周囲の状況を把握し、右折・合流時の管制、出会い頭事故防止、最短時間移動などを実現するため、エッジサーバにて車両の動的情報を収集する。しかし、渋滞などが発生した場合、多数の自動走行車両から局所的に情報が送信されるため、LTEの通信容量に制限がある中でも、すべての車両の位置情報をリアルタイムに把握することが重要である。

まず、サーバ側で車両側と同様の車の位置、速度、加速度、方向などを管理する位置推定アルゴリズムを設計した。具体的には、車両から送信された位置情報を利用して、走行車両の速度、加速度、進行方向を算出し、運動方程式を用いて、100ミリ秒後の車両位置を推定する。車両側とサーバ側で同じ車両位置を推定しておき、車両側とサーバ側の位置情報の差異が閾値を超えた場合にのみ、サーバへ車両側の位置情報等を送ることによって、車両の位置精度を維持しつつ、同時に位置情報の送信頻度を削減することが可能とする。提案方式を実車両の走行データを用いて評価した結果、車両の位置精度を誤差30cmに維持した状態で、86%以上の通信頻度を削減可能であることを確認した。

次に、エッジサーバにて収集した位置情報を用いた車線判定アルゴリズムを開発した。走行画像データの白線位置情報から緯度経度に変換し得られた車線の位置情報に基づいて、実際の車の位置情報を照合することで車両が走行する車線を推定する。さらに、車線判定アルゴリズムを拡張し、車線判定アルゴリズムで検知した個々の車両の走行車線の情報を基に、どの車線が現在渋滞状態にあるかどうかを検知するアルゴリズムを開発した。両提案方式を実車両の走行データを用いて評価した結果、95%以上の確率で車線の判定ができること、また、エッジサーバに収集した情報から渋滞判定ができることを確認した。

## 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

本研究開発では、アウトカム目標の達成に向けたアウトカム指標として「仕様策定・公開」、「標準化」、「特許出願・外部発表」、「事業化・製品化」の4つを掲げ、それぞれ次のように目標を設定した。

- **仕様策定・公開**：エッジコンピューティングがアプリケーションや外部システムに提供するインタフェース規定の公開、アプリケーション実行基盤の仕様明確化。
- **標準化**：市場への普及促進のため、ETSI MEC や OEC 等、積極的に国際標準化に参加。
- **特許出願・外部発表**：受託期間における特許出願や外部発表はもとより、終了後も出願の特許化や研究成果の評価結果等の外部発表を継続的に行う。具体的には、期間終了後を含め特許取得12件、論文2件、その他誌上発表4件、口頭発表12件、報道発表3件を想定。

- **事業化・製品化**：早期実用化を目指した、製品・サービスの企画活動、顧客ヒアリング等による顧客ニーズの明確化、研究開発からのスムーズな製品・事業開発の移管、等の活動を積極的に推進。

いずれのアウトカム指標についても、平成 28 年度の年次目標を達成することができた。各課題における平成 28 年度の実績を以下に示す。

## 課題Ⅱーア、イ、ウ (NTT)

### ○仕様策定・公開

自律型モビリティにおける想定アプリケーション構成から、ハンドオーバー処理方式の定義を実施した。これを基に、エッジコンピューティング基盤が提供するハンドオーバーに関わる機能とインタフェースの定義を実施。さらに、エッジコンピューティング基盤上で動作させる自律型モビリティアプリケーションを開発するための構成や実装条件等の要件について、アプリケーション開発ガイドラインとして規定した。

### ○標準化

市場への普及促進のため、本研究開発で得られた成果については、ETSI(European Telecommunication Standardization Institute) ISG MEC にて国際標準化を目指している。特に、最も標準化が必要と考えられるハンドオーバー技術については、ETSI ISG MEC でも議論が開始されたところであり、開発した技術の今後の標準仕様への反映を狙っていく。平成 28 年度の実績としては、ETSI ISG MEC への下記寄書投稿を行い、標準化に向けた議論提起を実施した（寄書投稿/会議参加各 1 件）。今後も継続し、標準仕様への組み込みを図っていく。

- ETSI ISG MEC への寄書投稿/会議参加
  - 発表題名：MEC018 - Relocation timing prediction
  - 発表日：平成 28 年 9 月 8 日
  - 発表場所：ETSI ISG MEC, Turin (Italy)
  - 発表概要：エッジコンピューティングにおけるハンドオーバー機能について、要求要件と課題提起のためのユースケース提案を実施。

### ○特許出願・外部発表

研究成果の対外アピールのため、下記の国際会議および国内研究会（招待講演）において口頭発表 2 件を実施。

- 国際会議における口頭発表
  - 発表題名：Creating Large Scale Edge Infrastructure
  - 発表日：平成 28 年 9 月 21 日
  - 発表場所：MEC Congress 2016, Munich (Germany)
  - 発表概要：交通など社会インフラに適用可能なエッジコンピューティング基盤の構築に関わる技術課題及び NTT の取組状況を紹介。
- 国内研究会における口頭発表（招待講演）
  - 発表題名：自律型モビリティへのエッジコンピューティングの適用
  - 発表日：平成 29 年 3 月 10 日

- 発表場所：電子情報通信学会 情報通信マネジメント (ICM) 研究会 (沖縄)
- 発表概要：課題Ⅱで実施しているエッジコンピューティングの研究内容の紹介と標準化動向について発表。

#### ○事業化・製品化について

まずは技術確立および標準化を優先して進めたため、平成 28 年度の実績はないが、今後、上記の標準化を通じて、本研究開発の成果の標準仕様への組み込みを行い、その標準に沿った機器・システムの開発を推進する。これにより、業界の多数の企業において開発した技術の事業化と普及を進めていく。

#### 課題Ⅱ-エ、オ (NEC)

#### ○特許出願・外部発表

研究開発した技術の知財確保のため、エ) アプリケーション安定実行基盤制御技術に関する特許出願 2 件、オ) リアルタイム位置情報収集基盤技術に関する特許出願 1 件を実施した。また、研究成果の対外アピールのため、国内研究会にて 5 件の発表を行った。また、自動運転等をテーマとする国際会議「ITS World Congress 2017」に採録され、2017 年 10 月に発表予定である。

## 5 政策目標 (アウトカム目標) の達成に向けた計画

各課題における平成 29 年度以降の取組みの計画を以下に示す。

#### 課題Ⅱ-ア、イ、ウ (NTT)

今回の研究開発の成果を踏まえ、平成 29 年度以降も自律型モビリティシステムの社会実装に向けた研究開発に取り組むと共に、対外アピール活動を継続し、自律型モビリティシステムの社会実装を推進する。

今後の研究開発、標準化活動、製品化・事業化の計画は以下の通りである。

まず、研究開発については、2018 年度を目標にエッジコンピューティングがアプリケーションや外部システムに提供するインタフェース規定と参照実装の確立、エッジコンピューティング上で多様なアプリケーションが実行可能な共通基盤の仕様明確化を目指し、本研究開発の成果とあわせて自律型モビリティシステムの実証実験を実施する。また、本研究開発成果の事業化に向けてサービスプロバイダ・通信機器ベンダ等のステークホルダを含めたエコシステムの構築を進める。

さらに、本研究開発の成果物の市場への普及促進のために積極的に国際標準化に参加する。この活動では、エッジコンピューティング技術の標準化を推進する ETSI MEC や OEC (Open Edge Computing Initiative) をはじめとした場を通して標準化を進める。この標準化された仕様についてはオープン戦略を取り、グローバルにキャリア共通仕様でプラットフォームを提供可能にすると同時に、自動走行技術に関わるダイナミックマップなどの他の標準技術が協調的に利用可能な基盤を目指す。

課題名	ターゲット	時期	目標
課題Ⅱ－アイウ	サービスプロバイダ、SIer	2018年度～	エッジコンピューティング基盤技術の実証環境提供、商用化支援
	通信機器ベンダ	2017年度～	エッジサーバ要求仕様の公開と開発支援
	キャリア（標準化）	2016年度～	ETSI MEC や OEC を通じた標準化活動

#### 課題Ⅱ－エ、オ（NEC）

今回の研究開発の成果を踏まえ、平成 29 年度以降も自律型モビリティシステムの社会実装に向けた研究開発に取り組み、自律型モビリティシステムの社会実装を推進する。今後の研究開発については、2018 年度を目標に精度改善などの改良を進め自律型モビリティシステムの実証実験を実施する。また、事業化については収集データを活用した地図情報サービスなどのサービスについても検討を進め、自律型モビリティシステムのエコシステムの構築を図っていく。

## 6 査読付き誌上発表論文リスト

特になし

## 7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

特になし

## 8 その他の誌上発表リスト

特になし

## 9 口頭発表リスト

- [1]K. Mori, “Creating Large Scale Edge Infrastructure”, MEC Congress 2016 (Munich (Germany)) (2016年9月21日)
- [2]吉田 雅裕, “自律型モビリティへのエッジコンピューティングの適用” (招待講演)、電子情報通信学会 情報通信マネジメント研究会 (沖縄) (2017年3月10日)
- [3]岩井 孝法、小比賀 亮仁, “IoT時代に向けたモバイルネットワークの研究紹介”、大学 ICT 推進協議会 (AXIES) 2016 年度年次大会 (京都) (2016年12月15日)
- [4]岩井 孝法、小比賀 亮仁, “IoT サービス向けモバイルネットワークにおけるコンテキストウェア制御技術”、電子情報通信学会 無線通信システム (RCS) 研究会 (石川) (2016年12月21日)
- [5]岩井 孝法、小比賀 亮仁, “IoT 時代のモバイルネットワークアーキテクチャの方向性と QoS/QoE を考慮したコンテキストウェア制御技術”、電子情報通信学会 コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会 (大阪) (2017年1月19日)
- [6]藤波 誠、水越 康博, “モバイルネットワークによる協調型 ITS 実現に向けた位置情報通信方式の評価”、電子情報通信学会 コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会 (大阪) (2017年1月20日)
- [7]小比賀 亮仁、金子 紘也、伊藤 暢彦、岩井 孝法, “自動運転を支えるアプリケーション安定実行制御基盤”、第 139 回 システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会 (福岡) (2017年3月1日)
- [8] M.Fujinami, H.Mizukoshi, “Evaluation of the communication system of vehicle location information for cooperative ITS via mobile network”, ITS World Congress 2017 (モントリオール) (採録済、2017年10月29日発表予定)

## 10 出願特許リスト

- [1]小比賀亮仁, 「タスク優先度設定システム、タスク優先度設定方法およびプログラム」(特願 2017-033804)、日本、2017年2月24日出願
- [2]藤波 誠、水越 康博「位置情報による停止検知方式」特願 2017-049418、日本、2017年3月15日出願
- [3]小比賀亮仁, 「コンピュータ装置、アプリケーション制御方法、及びプログラム」(特願 2017-065543)、日本、2017年3月29日出願

## 1 1 取得特許リスト

特になし

## 1 2 国際標準提案・獲得リスト

[1]ETSI ISG MEC、MEC018 - Relocation timing prediction、2016年9月8日

## 1 3 参加国際標準会議リスト

[1]ETSI ISG MEC、Turin (Italy)、2016年9月5日～2016年9月9日

## 1 4 受賞リスト

特になし

## 1 5 報道発表リスト

特になし

## 研究開発による成果数

	平成 28 年度
査読付き誌上発表論文数	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)
その他の誌上発表数	0 件 ( 0 件)
口 頭 発 表 数	8 件 ( 2 件)
特 許 出 願 数	3 件 ( 0 件)
特 許 取 得 数	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 提 案 数	1 件 ( 1 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 ( 0 件)
受 賞 数	0 件 ( 0 件)
報 道 発 表 数	0 件 ( 0 件)
報 道 掲 載 数	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。