

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
IV ロボット等も含めた自律型モビリティシステムの共通プラットフォーム構築のための
技術の確立

Development and demonstration project on autonomous mobility system
(self-driving technology, automatic control technology)

IV Common Platform for Low Speed Autonomous Mobility Systems

代表研究責任者 萩田紀博 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

研究開発期間 平成 28 年度

【Abstract】

The research project proposes fundamental specifications of a common platform with high reliability and precision, allowing to control low-speed (less than 6km/hour) self-driving mobility of wheelchairs, humanoid robots, and cart robots in order to facilitate secure and safety living life and social participation for the elderly and disables. It achieves three objectives; two kinds of specification and the preparation towards field experimentation of the platform. First, ATR proposes the specification allowing to send sensing information of pedestrians, mobility and obstacles observed from built-in sensors in the mobility to the platform. Second, Panasonic proposes the other specification allowing to send the information obtained from surveillance cameras to the platform. The common platform with these specifications expects to allow collaboration among mobility for preventing from collision. Third is to prepare the test course (5,000 m²). The Ethical, Legal and Social Issues on the system are investigated and standardization on the common platform is also prepared.

1 研究開発体制

- **代表研究責任者** 萩田紀博†（株式会社国際電気通信基礎技術研究所知能ロボティクス研究所†）
- **研究分担者** 神田崇行†
山崎龍次††（パナソニック株式会社AVCネットワークス社イノベーションセンター††）
- **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公共・制作部門†††）
- **ビジネスプロデューサ** 宮下敬宏†
行正泰長††

- **研究開発期間** 平成 28 年度
- **研究開発予算** 総額 150 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。

これらの目的および政策目標に資する、ロボット等も含めた自律型モビリティシステムの共通プラットフォーム構築のための技術の確立を研究開発目標とする。なお、各技術の研究開発成果を自律型モビリティシステムとして統合する必要があることから、各技術の研究開発は相互に連携し実施するものとする。

3 研究開発成果（アウトプット）

本研究開発は、以下の体系で実施した。

（ア）人と多様な自律型モビリティシステムが共存するために必要な共通プラットフォームの構築技術

（ア-1）センサ情報共有プラットフォームの構築技術に関する研究開発

（ア-1-1）動的な環境変化に対応した近傍状況認識技術の研究

（ア-1-2）3次元環境知能プラットフォームの研究開発

（ア-2）自律型モビリティシステムの協調制御技術に関する研究開発

（ア-2-1）複数モビリティ協調制御技術の研究

（ア-2-2）人々と協調したモビリティ制御技術の研究

（ア-3）共通プラットフォーム構築技術の実証・標準化

（ア-3-1）多様な自律型モビリティシステムでの実証システム構築・実証実験

（ア-3-2）共通プラットフォームに関する国際標準化

（イ）固定されたカメラ映像を用いた物体の検出、属性識別、追尾、行動予測等に係る技術

（イ-1）物体検出・属性認識技術の研究開発

（イ-1-1）人物・車両等検出技術の研究開発

（イ-1-2）人物・車両などの推定技術の研究開発

（イ-1-3）グループ属性推定技術の研究開発

（イ-2）物体追尾技術の研究開発

（イ-2-1）人物追尾技術の研究開発

（イ-2-2）カメラ間人物追尾技術の研究開発

（イ-2-3）人物位置特定技術の研究開発

（イ-2-4）群衆行動識別技術の研究開発

（イ-3）行動認識・予測システムの研究開発

（イ-3-1）行動予測技術の研究開発

（イ-3-2）行動認識システムの実証

上述した研究課題（ア）を株式会社国際電気通信基礎技術研究所（以下、ATR）、研究課題（イ）をパナソニック株式会社が担当した。

3. 1 （ア）人と多様な自律型モビリティシステムが共存するために必要な共通プラットフォームの構築技術

ネットワークに接続され、かつ低速で移動する自律型モビリティについて、少なくとも3種類以上の異なるシステムやサービス（たとえば、高齢者向け電動車いす、道案内ロボット、荷物配送ロボットなど）を対象に、各自律型モビリティの搭載センサー及び周囲に設置される環境センサーにより検知した情報（たとえば、周囲の人々位置や動的な障害物の位置）を他の自律型モビリティと情報共有できるようにするプラットフォーム構築技術を実現する。

いずれのシステム・サービスにおいても、共通プラットフォームにより情報共有することでシステムが単体動作する場合よりも効率的にサービスを提供できることを確認する。また、自律型モビリティシステムの近傍（半径10m以内）に、最大10名までの人々が集まっている場合にも、各人の特性（サービスを受ける人、無関係に移動している人、興味をもって寄ってきた人など）に応じて自律型モビリティシステムが適切に協調行動をする機能（例えば、周囲の人々の移動の邪魔にならない移動経路計画機能、介護者と話しながら移動するための並走フォーメーション維持機能、サービス対象となる人への接近機能など）を5種類以上抽出し、それぞれの機能をプラットフォーム上で実現し、複数のシステム・サービスの利用場面でその有効性を検証する。

上記目標の達成に向けて、サブテーマ（ア-1）～（ア-3）を定め、研究に取り組んだ。研究開発成果については、サブテーマごとにまとめて記載する。

3. 1-1 （ア-1）センサ情報共有プラットフォームの構築技術（担当：ATR）

（ア-1-1）動的な環境変化に対応した近傍状況認識技術の研究

ネットワークに接続され、かつ低速で移動する自律型モビリティについて、少なくとも3種類以上の異なるシステムやサービス（たとえば、高齢者向け電動車いす、道案内ロボット、荷物配送ロボットなど）を対象に、各自律型モビリティの搭載センサー及び周囲に設置される環境センサーにより、自律型モビリティシステムの近傍（半径10m以内）に最大10名までの人々が集まっている状況において、モビリティシステムから半径10m以内の人を検出する基本処理を実現する。

自律型モビリティの近傍（自律型モビリティを中心に半径10m以内）の人々の位置検出を実現するために、近傍の人々の位置検出手法の基本処理を提案した。複合商業施設（アジア太平洋トレードセンター（ATC）、大阪市住之江区）において人々の位置計測データを収集した。収集したデータを使用して、提案した基本処理で自律型モビリティの近傍の人々の位置を検出できることを検証した。検出率は、複合商業施設の一般来訪者が存在しない環境で98.6%、一般来訪者が多く存在する環境では遮蔽領域の影響から94.3%となることが明らかになった。以下、詳細について述べる。

自律型モビリティ（車いす型ロボット）を ATC 内に配置した様子を図 1 に示す。自律型モビリティには 3 次元距離計測装置として Velodyne 社製 HDL-32E を取り付けた。本装置により自律型モビリティ周辺の 3 次元距離情報（水平全方位 360 度、垂直視野 41.3 度（仰角 10.67 度、俯角 30.67 度）の範囲の 70 万点の点群の距離情報、測定可能距離 約 100m（最大））を取得（図 2）し、自律型モビリティの自己位置推定と、自律型モビリティ近傍の人々の位置を検出する。自己位置推定手法には移動ロボット分野で一般的に利用されている slam6d 法[1]を利用する。人々の位置検出手法は、3 次元距離情報（点群データ）から背景データを取り除いて人らしい点群データを抽出する新たな手法を提案した。（詳細については割愛する。）



図 1 自律型モビリティ（車いす型ロボット）

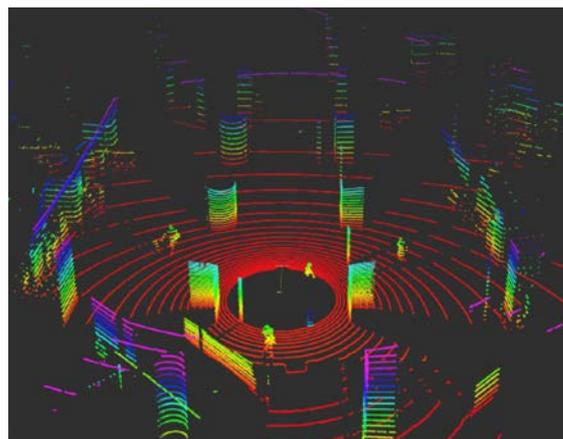


図 2 計測した 3 次元距離情報の例

複合商業施設（ATC）において、自律型モビリティ（車いす型ロボット）の近傍を歩く被験者の 3 次元距離情報（点群情報）を取得し、先の基本処理によって被験者の位置を検出する実験を行った。3 次元距離情報は 10 [Hz] で取得し、取得する毎に被験者の位置を検出した。実験場所は通行規制等は行わず、ATC に訪れている一般来訪者の行動も制限しなかったため、時間帯によって一般来訪者が多く存在する場合は、自律型モビリティと被験者の間に立つ、通過するなどにより、3 次元距離計測装置にとって遮蔽領域（一般来訪者の影になって計測できない領域）ができる場合が実験中に見られた。自律型モビリティの近傍（距離 10m 以内）の人の検出率（検出成功回数／全データ取得回数）は、一般来訪者がいない場合は 98.6 %、一般来訪者がいる場合は 94.3 %であった。これらの結果により、モビリティシステムから半径 10m 以内の人を検出する基本処理を上記の検出率で実現したことを示した。

（ア-1-2） 3次元環境知能プラットフォームの研究開発

ネットワークに接続され、かつ低速で移動する自律型モビリティについて、少なくとも 3 種類以上の異なるシステムやサービス（たとえば、高齢者向け電動車いす、道案内ロボット、荷物配送ロボットなど）を対象に、各自律型モビリティの搭載センサー及び周囲に設置される環境センサーにより検知した情報（たとえば、周囲の人々位置や動的な障害物の位置）を他の自律型モビリティと情報共有できるようにするプラットフォーム構築技術を実現するため、センサ情報を受信し、動的な情報送信を可能にするプラットフォームシステムの基本仕様を策定する。

ユビキタスネットワークロボットプラットフォーム（UNR-PF）をベースとして空間台帳の 3 次元空間への拡張を行うとともに、空間情報取得のためのインタフェース定義の改良を行なうことで、3 次元環境知能プラットフォームを開発する。そのために、各自律型モビリティが搭載しているセンサによる近傍状況の認識（近傍（半径 10m 以内）に 10 名程度の人々が存在する場合にも、周囲 10m 以内の人物や移

動物体、動的な障害物などの位置を検出)に加えて、周囲の環境認識(5cm以上の段差や階段の形状および位置を検出)の結果を、適宜、無線ネットワークを介して統合・共有するセンサ情報共有プラットフォームの基本仕様を、UNR-PFをベースとして策定した。以下、詳細について述べる。

サブテーマ(ア-3-1)で構築するプロトタイプと、想定される近傍状況の情報の粒度から、プラットフォームに求められるトランザクション性能要件を次のように算定した。

まず環境の条件を次のように想定する。

- ・対象空間内には10~20個の動的な障害物(歩行者)が存在する。
- ・3台以上の低速の移動体と、2種類の環境センサが存在し、毎秒50回(20ミリ秒に1回)センサ情報を収集する。

この状況下では、以下のような頻度で情報の交換を行うこととなる。

- ・5つ以上のロボット機能コンポーネントが同時にプラットフォームに接続し、20ミリ秒毎に、全体で100個のイベント情報を交換する。

すなわち、ネットワークによる遅延を除外して、プラットフォーム上では20ミリ秒以内に、100個のイベントを、3台の自律型モビリティとイベント情報を蓄積するデータベースシステムに対して配信を完了することが必要となる。(センサ情報を解析して高次の情報を抽出するサービスなどは、データベースシステムの先に接続するものとして、ここでは一次的な情報配信の対象から除外する。)

このトランザクションに含まれるセンサデータの規模について、以下のように算定した。

・低速の自律型モビリティが観測するデータ

低速の自律型モビリティに搭載される3次元距離計測装置(Velodyne社製HDL-32E)は、最大で毎秒700,000ポイントの計測が可能である。一つのポイントのデータを15byte(位置情報(x, y, z)それぞれ32bit整数、輝度情報(r, g, b)それぞれ8bit整数)で表現すると、毎秒10MByteの測定データが得られる。これらの生データはプラットフォーム上で取り扱う抽象度の高いイベントデータとは別のストリームで、3次元空間台帳を統合するシステムにアップロードする。

・低速の自律型モビリティが受け取る統合された3次元環境データ

低速の自律型モビリティは周囲の状況を3次元空間台帳から受け取る。低速の自律型モビリティの近傍領域を、水平方向に縦横20m、鉛直方向に2mの直方体状の空間と定義する。この近傍空間を各辺25cmのボクセルに分割し、ボクセル毎に障害物の有無、障害物の属性(人か、それ以外か、移動している場合は速度など)を情報として受け取ることにする。

このとき、近傍空間は51,200個($(20 \div 0.25) \times (20 \div 0.25) \times (2 \div 0.25)$)のボクセルで構成され、1つのボクセル当たりの情報を1KByte程度で表現することとすると、低速の自律型モビリティが受け取る情報は、無圧縮の場合で1周期あたり50MByte程度となる。実際の通信量は、どの程度の周期で環境情報を受け取るか、また、その周期の間どの程度のボクセルで情報が変化するか(変化の生じていないボクセルのデータは送信する必要がない)により、適切な値を決定する必要があるため、このデータ量が最大値となる。各自律型モビリティは、搭載したセンサにより周辺の詳細な情報を得ていることから、3次元環境の情報を100msのオーダで受け取る必要はない。障害物の影になるなど直接観測できない範囲の情報を取得して、近傍の人や移動体の行動を予測するために得る情報であるから、1秒から数秒のオーダで情報を取得できればよいと考えられる。

1秒周期で情報を取得すると想定し、近傍空間のうち動的な障害物が存在し得るボクセルの数を

算定することで、差分のみを送信する方式で圧縮した後の情報量を見積もった。一つの移動体が縦横 50cm 高さ 2m の領域を占め、毎秒 1m で移動すると仮定した場合、1 秒間に交差するボクセル数は 128 ボクセル程度である。そのような移動体が近傍領域に 20 体存在する場合、変化が生じるボクセル数は 2,560 ボクセル程度であり、これは近傍空間の 5%に相当する。このデータのみを送信する場合、1 秒あたりのデータ量は 2.5MB 程度となる。

3. 1-2 (ア-2) 自律型モビリティシステムの協調制御技術 (担当: ATR)

(ア-2-1) 複数モビリティ協調制御技術の研究

自律型モビリティシステムの近傍 (半径 10m 以内) に、最大 10 名までの人々が集まっている場合にも、各人の特性 (サービスを受ける人、無関係に移動している人、興味をもって寄ってきた人など) に応じて自律型モビリティシステムが適切に協調行動をする機能 (例えば、周囲の人々の移動の邪魔にならない移動経路計画機能、介護者と話しながら移動するための並走フォーメーション維持機能、サービス対象となる人への接近機能など) を 5 種類以上抽出し、それぞれの機能をプラットフォーム上で実現するため、複数モビリティ間での通信とリソース共有に関する基本仕様を策定する。

本研究開発課題が扱う複数の電動車いす、人型ロボットを制御するための通信およびリソース共有を実現する共通プラットフォームを効率よく開発するために、ロボットやセンサネットワークの仕様に依存しない、多地点対応可能なネットワークロボットのプラットフォーム Ubiquitous Network Platform (UNR-PF) を利用した基本仕様を策定することとした。複数の自律型モビリティ間の通信、リソース共有に加えて、課題 (イ) における、カメラによる物体検出・属性認識・行動予測技術についても、共通プラットフォーム上で提供できるようにすることを目指し、課題 (イ) を担当しているパナソニック株式会社との間でインタフェースを検討し、基本仕様を策定した。以下、詳細について述べる。

UNR-PF のインタフェース仕様のうち、ロボット機能コンポーネントの制御のための通信の仕様は、国際標準化団体である Object Management Group (OMG) で標準化された Robotic Interaction Service (RoIS) Framework に基づいて定義されている。RoIS は対話サービスのために必要となる機能コンポーネントの仕様を標準化したものであり、本研究開発課題が対象とする低速モビリティと合致する機能コンポーネントの多くを「基本コンポーネント」として定義している。RoIS はユーザが独自の機能コンポーネントを拡張するための方法を仕様の一部として定義しており、これまでも Navigation (ナビゲーション) コンポーネントを拡張して WheelChairRobot (車いすロボット) コンポーネントを定義した事例がある。この事例は本年度に発行された RoIS ver. 1.1 の Appendix A にコンポーネントの定義事例として収録されている。本研究開発においても、RoIS の基本コンポーネントを拡張することで必要となる機能を定義することを前提として検討した。

本研究開発課題が対象とする低速の自律型モビリティは、その動作を自律的に決定することから、外部から動作を事細かにリアルタイムに制御するためのインタフェース仕様を考える必要はない。そのため基本的には RoIS の基本コンポーネントである (上述の) 「ナビゲーション」や、その拡張事例である「車いすロボット」をほぼそのまま利用すればよいと考える。今後、自律動作のモデルが高度化するにつれ、自律動作を制御するパラメータが増えることは考えられるが、リアルタイムに外部から変更するものではなく、そのためのインタフェースの拡張も不要であると考えられる。

他方、自律型モビリティは、その動作を決定するために、周囲の状況を環境センサや他の自律型モビリティから獲得する必要がある。そのため本研究開発課題においてはセンサ系の機能コンポーネントの定義が必要となる。RoIS では対話サービスの対象である「人」を認識する基本機能コンポーネントとし

て、PersonDetection（人検出）コンポーネント、PersonLocalization（人位置検出）コンポーネント、PersonIdentification（人識別）コンポーネントの3つの機能コンポーネントが定義されている。サービス環境内の複数の人の移動経路の追跡にはこのうちの PersonLocalization を拡張することとした。また、本研究開発課題では、3次元距離センサ群を用いて歩行者のグループの属性を認識する環境センサと、カメラ映像を用いて個々の歩行者の属性を認識する環境センサの開発を進めているが、RoIS の PersonLocalization には属性情報を取得するための機能は定義されていないため、問い合わせのためのインタフェースを拡張して定義することとした。

UNR-PF の抽象アーキテクチャには、サービスを提供する対象であるユーザの情報を管理するための「ユーザ台帳」が含まれているが、ユーザ台帳が対象とする「ユーザ」のライフサイクルは長期的であり、保存される属性もシステムが動的に検出した値ではなくユーザの嗜好や身体的特性などの変化の少ない静的な情報を想定している。そのため、環境内でリアルタイムに増減し、システムが認識した（誤差を含み、変化しやすい）属性値を持つ「歩行者」を直接の対象とするものではないため、そのまま利用するにはふさわしくない。

このような動的な歩行者情報を管理するデータベースは、本研究開発課題におけるプラットフォーム技術として持つ必要がある。必要となる情報の規模はサブテーマ（ア-1-2）に述べたとおりであり、システム構成はサブテーマ（ア-3-1）に後述する。

（ア-2-2）人々と協調したモビリティ制御技術の研究

自律型モビリティシステムの近傍（半径 10m 以内）に、最大 10 名までの人々が集まっている場合にも、各人の特性（サービスを受ける人、無関係に移動している人、興味をもって寄ってきた人など）に応じて自律型モビリティシステムが適切に協調行動をする機能（例えば、周囲の人々の移動の邪魔にならない移動経路計画機能、介護者と話しながら移動するための並走フォーメーション維持機能、サービス対象となる人への接近機能など）を 5 種類以上抽出し、それぞれの機能をプラットフォーム上で実現するため、人々と協調したモビリティ制御技術を共通プラットフォーム上に実装するための、モビリティとプラットフォームの間の通信に関する基本仕様を策定する。

人々との協調のための制御技術を、人々の動作を認識する機能と、その認識結果に基づいて低速モビリティの動作を決定する機能に分割して構成する。そのため、それらの機能を実現するためのインタフェースの構成を、共通プラットフォームの基本仕様として策定した。

前者については環境センサから得られる情報についてのインタフェースを規定することとした。後者については、動作を制御するためのアクチュエータとしてのインタフェースは不要であるが、（モビリティ内で自律的に決定した）動作状態や動作計画を周囲に通知するためのインタフェースを定めることとした。

課題（ア）と課題（イ）を連携するため、環境センサから情報を得るためのインタフェースについて検討を行った。課題（イ）では、環境中の監視カメラの映像を再利用して、歩行者の移動経路の予測や歩行者の属性の認識を行う。このような機能は、人の認識に関わるものであるから、RoIS の PersonLocalization コンポーネントの機能を元に設計し、属性情報を取得するための問い合わせ用インタフェースを拡張することとした（前項参照）。属性の認識方法の詳細は課題イの研究開発課題であるが、本項では共通プラットフォーム側で得られる情報の概要について記述する。

参考文献[ア-2-1][ア-2-2]では、認識される個々の歩行者の経路情報および属性情報に基づいて、歩行者のグループ構造や、グループ内での歩行者間の関係のような高次の属性情報を認識することを提案

している。このような情報は低速モビリティの動作経路計画において重要であることから、本研究課題において詳細な分析を行い、有用な属性情報を取り入れたインタフェース仕様を策定することとした。以下、詳細について述べる。

・監視カメラから取得できる属性情報

課題イの行動認識システムにおいて、監視カメラ画像を分析することで得られる情報を整理すると、RoIS の PersonLocalization コンポーネントの仕様と合致する部分は、時刻、人物 ID、現在位置座標であることが明らかになった。これらの3種類の情報については PersonLocalization の仕様に沿って提供するとともに、人物 ID を検索キーとして、上記の表の全ての情報を取得する問い合わせ機能を追加することが適当である。RoIS では位置情報は RLS (Robotic Localization Service) 仕様で表現するため、カメラ毎の座標系や低速の自律型モビリティ毎の座標系を用いることができるが、実験環境全体で共通の座標系を設定し、行動認識システムを含めて共通プラットフォーム上ではその座標系を利用することとした。

・歩行者のグループに関する属性情報

日常環境においては、複数の歩行者がグループとして活動している。例えば、幼児2人と両親からなる4人家族や、同性の仕事の同僚の2人組というのはその事例であるが、この2つのグループでは歩行形態が異なることは容易に想像できる。システムが認識できた歩行者のうち、どの歩行者がグループを構成していて、それぞれはどのような属性を持っていて、構成員の間にどのような関係があるのかがわかれば、グループとしての歩行形態が推定できることが期待できる。この情報は低速モビリティの移動経路の計画に利用することができる。

推定のために必要となる属性情報には、人物の外見から得られる情報もあるが、参考文献[ア-2-2][ア-2-3]では距離センサによる人位置追跡システムを用いて得られる歩行者間の二人組を対象に、その相対位置、移動時の並走状況、身長などから構成員の関係を推定し、それに基づいて行動を予測する方法を提案していた。本研究開発課題では、その認識制度を分析し、どのような属性が予測に適当であるかを検討した。分析結果は査読論文として投稿中であるが、その preprint を arXiv に公開している (参考文献[ア-2-3])。

分析した結果として得られた有用な属性は以下のとおりである。

- ・移動の目的 (仕事・遊び)
- ・構成員の間の関係 (同僚・カップル・家族・友人)
- ・構成員の性別 (女性同士・異性・男性同士)
- ・構成員の (若い人の) 年齢 (10 歳毎に区切って分析)
- ・構成員の (低い人の) 身長 (10cm 毎に区切って分析)

参考文献：

- [ア-2-1] Z. Yücel et al., “Deciphering the Crowd: Modeling and Identification of Pedestrian Group Motion,” *Sensors*, vol. 13, pp. 875–897, 2013
- [ア-2-2] F. Zanlungo Z. Yücel and T. Kanda, “The Effect of Social Roles on group behavior,” in *Proc. of the 2016 Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference*, 2016
- [ア-2-3] F. Zanlungo et al., “Intrinsic group behaviour: dependence of pedestrian dyad dynamics on principal social and personal features,” arXiv:1703.02672v1

3. 1-3 (ア-3) 共通プラットフォーム構築技術の実証・標準化 (担当: ATR)

(ア-3-1) 多様な自律型モビリティシステムでの実証システム構築・実証実験

自律型モビリティシステムが、共通プラットフォームにより情報共有することで、システムが単体動作する場合よりも効率的にサービスを提供できることを確認する。センサ情報共有プラットフォームと自律型モビリティシステムの協調制御技術を共通プラットフォーム上で実現し、複数のシステム・サービスの利用場面でその有効性を検証する。

共通プラットフォーム構築技術の実証に関しては、ネットワークに接続された自律型モビリティシステムの利用シナリオについて、簡易なプロトタイプを構築することで、実現に必要な機能についての初期仕様を策定する。

アジア太平洋トレードセンター (ATC) にある ATC エイジレスセンター内に本研究開発に用いる実験環境を構築し、実際的な利用場面を想定したデータの収集を行った。自律型モビリティとして 3 次元距離計測装置 (Velodyne 社製 HDL-32E) を搭載した車いす型ロボットを用いて、並走、すれちがい、移動経路横断時の 3 次元距離情報を取得した。また自律型モビリティの 1 つである運搬ロボットを試作した。自律型モビリティシステムのための共通プラットフォームを UNR-PF 上をベースに構築するにあたって

そのシステム構成を検討した。自律型モビリティシステム分野における ELSI に関する国内外の動向調査を行った。以下、詳細について述べる。

ATC にある日本最大級の健康・福祉・介護関連の常設展示場である ATC エイジレスセンター (ATC 11 階、広さ: 約 5,000 m²) に、本研究開発の実験環境として、電動車いすを含むパーソナルモビリティのテストコースを構築した。本研究開発の成果となる近傍状況の認識 (近傍 (半径 10m 以内) に 10 名程度の人々が存在する場合にも、周囲 10m 以内の人物や移動物体、動的な障害物などの位置を検出) を行うシステムと、モビリティ協調制御技術 (単体のモビリティシステムでは認識できない広域の環境情報を得たり、複数のモビリティシステムを協調的に制御したりすることで、安全で効率的な動作を可能にする技術) の有効性を示すため、これらの技術を実

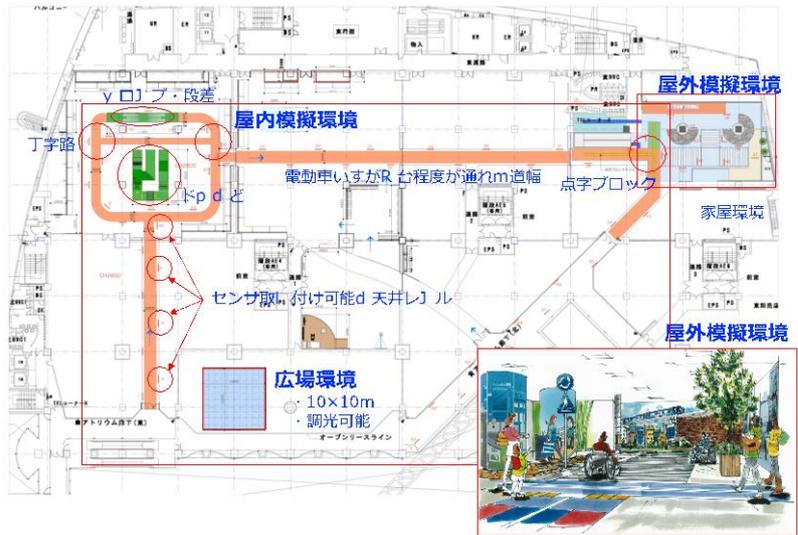


図3 自律型モビリティ実証実験のための実験環境 (設計図)



図4 構築した実験環境

の有用性を示すため、これらの技術を実

装した自律型モビリティが実際に一般市民にサービスを提供する環境に近い場所を対象とした実証実験を行う。そのための実験環境として、本研究開発の当初は、ATC エイジレスセンター内のパーソナルモビリティ展示場（広さ：約 800 m²）を活用する予定であった。しかし、低速の自律型モビリティが移動・案内・運搬などのサービスを提供する場所としては、屋内環境、広場環境、屋外環境（歩道、横断歩道など）が主に考えられるため、これらの環境の特徴を盛り込んだ実験環境を構築するためには当初のパーソナルモビリティ展示場では狭いことが明らかになった。そこで、当初計画で予定していた広さを拡大し、実験環境に必要な要件から導かれる仕様を満たす実験環境を設計した。設計した実験環境を図 3 に示す。実験環境は、大きく分けて屋内模擬環境、広場環境、屋外模擬環境の 3 箇所から構成されている。図中の橙色と緑色で記されている部分が自律型モビリティ用の模擬通路であり、ATC エイジレスセンターの本来の通路と繋がるように設計している。天井にはセンサ取付用のダクトレール（交流電源を取得することが出来るレール状のセンサ取付治具）を通路に沿って設置する。実際に構築した実験環境の様子を図 4 に示す。

・実験環境における 3 次元距離情報の収集

ATC エイジレスセンター内に自律型モビリティプロジェクトの実験スペースを構築し、実際的な利用場面を想定したデータの収集を行った。自律型モビリティとして 3 次元距離計測装置 (Velodyne 社製 HDL-32E) を搭載した車いす型ロボットを用いて、並走、すれちがい、移動経路横断時の 3 次元距離情報を取得した。

・自律型モビリティのプロトタイプ構築

本プロジェクトでは電動車いす、人型ロボット、運搬ロボットの 3 種の低速モビリティが動作する。車いすロボットおよび人型ロボットに関しては既存のロボットに 3 次元距離計測装置 (Velodyne 社製、HDL-32E) を搭載して構成した (図 1)。運搬ロボットに関しては、本研究開発で想定する日常生活内での荷物の運搬に適切なロボットが販売されていないため、図 5 に示すプロトタイプを構築した。このプロトタイプは、荷物を載せるために上部に搭載した荷台部、制御用のコンピュータを内蔵した胴体部、全方向移動台車部の 3 つの要素から構成されており、本研究開発のプラットフォームに接続でき、外部からの制御も可能になっている。



図 5 試作した自律型モビリティ（運搬ロボット）

・共通プラットフォームのシステム構成

UNR-PF 上をベースにその上に自律型モビリティシステムのための共通プラットフォームを構築し、そのプラットフォームに複数の自律型モビリティと環境センサを接続する実証システムの概略イメージを図 6 に示す。プラットフォーム上には、環境センサおよび自律型モビリティから収集した情報に基づき 3 次元の環境情報を統合する 3 次元環境知能技術（3 次元空間台帳）と、そこから得られる情報を利用してモビリティシステムの制御を行うモビリティ協調制御技術を同じく UNR-PF 上に構成する。

UNR プラットフォームおよびその上で動作する各種サービスはクラウド上での実行を想定していることから、1 台のサーバ上で複数の仮想マシンを動作させるテスト環境を構築した。3 次元空間台帳に関しては、各モビリティからのストリームデータを受信することと、統合処理のための計算負荷が大きくなることを想定して、1 台のサーバを占有して構築することとした。実際の負荷の状況に応じて柔軟に対応するため、これらの 2 種類の用途に対して同スペックのサーバ機器を用いて構築することとした。具体的には CPU に動作周波数が 2.4GHz で 10 コア構成の intel Xeon E5-2640 を用い、32G

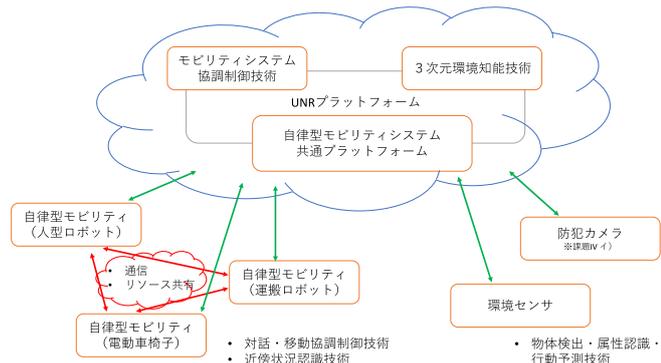


図 6 共通プラットフォーム実証システム概略

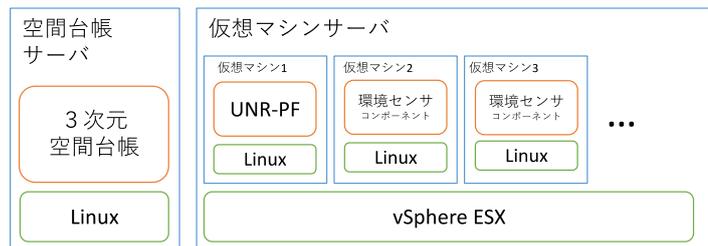


図 7 空間台帳サーバと仮想マシンサーバ上のプロセス配置

バイトのメモリを搭載したサーバを 2 台用いて、1 台を仮想マシンのホスティングに、もう 1 台を 3 次元空間台帳のための統合計算とデータ蓄積に用いることとした。2 台のサーバ上のプロセスの配置を図 7 に示す。

・自律型モビリティシステム分野における倫理的、法的、社会的問題 (Ethical, Legal, Social Issues, ELSI) に関する国内外の動向調査

高齢者・障害者の安全・安心な生活の社会参加（移動）促進を目指した、低速（時速 6km 以下）自律型モビリティ（電動車いす、人型ロボット、運搬ロボット）が歩行者と共存できる技術（「モビリティ同士が安全に伴走できる」「モビリティと人が安全・安心に伴走して会話しやすくなる」など）の開発には、自律型モビリティに乗車している人のみならず、周りを行き交う人々への配慮や、実際に乗車している人自身の気持ちなど（不安感他）の考慮が不可欠である。同分野に関連する ELSI の国内外動向を調査した。国外動向は、高齢者問題に関する国際会議 (U3A)、Social Robot の ELSI に関する国際ワークショップなどでの海外の研究者やステークホルダーとの議論、および米国 5 件、欧州 6 件の報告書等を対象として調査した。国内動向は、人工知能のネットワーク化を通じて目指すべき社会像と基本理念について議論している総務省 AI ネットワーク社会推進会議、カメラ等から取得される個人情報に関する商用利活用およびプライバシー問題などを議論している産業競争力懇談会 (COCON)、ユースケースとして自律型移動ロボットの競技会「つくばチャレンジ」について調査した。（調査結果詳細については成果報告書を参照のこと。）

動向調査の総括としては、国内外で行われている議論から、自律型モビリティを含むロボット (AI 技術) を利用する現場の事業者、管理者、事業主、出資者、供給者、社会システムや新サービスの研究開発者などが一体となったコミュニティ (エコシステム) をつくる必要性が明らかになった。また、Superintelligence (人類をはるかに超越した人工知能を超知能 Superintelligence と呼ぶ) との共

生方法を、市民を含めて検討することが重要である。研究開発された技術がユーザの手に渡った段階で生じる問題(ELSI)に関しては、技術的な問題や、それに関する保険システムや保証制度など、まだ全体的に不明確な部分が多く、それ自体のガイドラインが未策定であること、市民の技術に対する知識の理解力が、現在の技術開発・社会実装のスピードに追いついていないことも明らかになった。

自律型モビリティシステムが社会に導入される際に、利用者が求める安心・安全の設計、その設計に対する説明責任(Accountability)や、人と共生するのに必要なELSIに対する議論は世界的に活発になっており、米国・欧州すべての議会において、現状ではELSIに関する検討が不可欠になっている。システムの設計における考え方としても、Safety by Design、Total Design、などが主流になっており、本研究開発においても、設計者の倫理観にくわえて、システム利用者の倫理観も重要視して開発を進めなければならない。

(ア-3-2) 共通プラットフォームに関する国際標準化

アウトカム目標の達成に向けて、自動走行技術、自動制御技術及び関連技術に関する技術開発動向や市場動向を踏まえ、本研究開発成果を活用した製品やサービスの国際的な普及展開、国際的な標準化活動を実施する。

国際標準化活動として、Object Management Group (OMG)における Robotic Interaction Service (RoIS) 1.2 改訂タスクフォースを立ち上げるとともに、International Organization for Standardization (ISO) TC299 WG6 での New working item proposal (NWIP)にモビリティに関する提案を含め、参照元仕様として平成 28 年度中に発行される RoIS 1.1 を位置付ける。

OMG における RoIS 1.2 改訂タスクフォースを立ち上げた。ISO TC299 WG6 での NWIP (new working item proposal) 提案にモビリティに関する提案を含め、参照元仕様として(年度中に発行される) RoIS 1.1 を位置付けた。詳細については、初年度の標準化活動を「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」に、今後の標準化計画を「5. 政策目標(アウトカム目標)の達成に向けた計画」にまとめる。

3. 2 (イ) 固定されたカメラ映像を用いた物体の検出、属性識別、追尾、行動予測等に係る技術

複数の場所に固定された一般的な解像度のカメラを用いて、カメラ視野内の適切な距離にある物体に対して、混雑環境や昼夜を問わない物体の検出、複数の対象物の関係性も含めた人物の属性識別、混雑度が高い環境(交通流量: 30 人/分程度またはそれ以上)での安定した追尾、特定の人物の将来位置と行動についての行動予測に係る技術を確立する。

上記目標の達成に向けて、サブテーマ(イ-1)～(イ-3)を定め、研究に取り組んだ。研究開発成果については、サブテーマごとにまとめて記載する

3. 2-1 (イ-1) 物体検出・属性認識技術(担当: パナソニック)

複数の場所に固定された一般的な解像度のカメラを用いて、カメラ視野内の適切な距離にある物体に対して、混雑環境や昼夜を問わない物体の検出、複数の対象物の関係性も含めた人物の属性識別、混雑度が高い環境(交通流量: 30 人/分程度またはそれ以上)での安定した追尾、特定の人物の将来

位置と行動についての行動予測に係る技術を確立する。

そのため、人物・車両等検出技術について、既存研究を調査し、上記目標に到達しうる基本方式を設計する。属性識別技術については、現状の Deep Learning 方式の評価に必要な小規模なデータセットを構築し、課題の抽出や手法の調査や実装に向けた設計を行う。グループ属性推定技術については、詳細な実装方針を決定し設計を完了し、少人数（3 人以下）のグループについて開発評価に必要なデータセットを構築する。

・人物・車両等検出技術の研究開発

人物検出技術に関する最新の方式の調査と、精度面、速度面で将来的に目標到達可能な方式の検討を行い、基本方式として Faster-RCNN を採用し、さらに PVANet をディープネットワークの基本構造として選定を完了した。基本方式の実装とアカデミックデータを用いた学習、パナソニックセンターで撮影された映像を用いた評価を行った結果として、人物同士が重なる場合や近接する場合の検出や、子供に対する検出精度などに課題が見受けられ、改善を進めるべき方向性を確認できた。

今後はさらに屋内外の様々な状況を想定した、バリエーションに富んだ学習、評価データセットを構築することで、実運用に耐えうるロバストな人物検出技術開発を進めていく必要がある。

・属性識別技術の研究開発

属性識別技術における既存方式の調査と、基本方式の実装と評価を行った。所有物属性識別においては、上述の人物検出と同様の Faster-RCNN を基本方式として採用し、目標としていた単フレームにおいて所有物属性識別の精度 90%以上を達成、追跡結果も利用した最終的な識別における精度 90%以上の達成に見通しをつけ、基本方式選定を完了した。年層性別属性識別においては、GoogLeNet を基本としたネットワーク構造にデータオーグメンテーションとヘテロジーニアスラーニングで高精度化・高速化を図る方式を採用、目標としていた性別と 3 年層での推定精度 90%以上をアカデミックデータで達成し、基本方式選定を完了した。

今後は、所有物属性識別においては複数フレームでの推定手法の効果検証、年層性別属性識別においては実映像・実システムでの評価/分析を行い、課題に対して更なる手法の改善を行っていく予定である。

・グループ属性推定技術の研究開発

関連研究の文献調査を実施し、結果として、人物動線によりグループを判定し、人物の属性推定によりグループの属性の推定する方式を基本方式として採用した。ルールベースでのグループ属性推定技術を実装、評価を実施し、認識率 75.7%を確認した。

今後、グループの「属性」を頑健に推定するためには、人物の性別や年層、動きと人物間の関係性の相関に基づくルールを作成する必要があるとあり、効率的なルール作成のため機械学習を導入することを想定する。機械学習ベースのグループ属性推定技術を開発した後、対象領域の混雑度の変化等に対する推定性能を評価する予定である。

3. 2-2 (イー2) 物体追尾技術 (担当：パナソニック)

物体追尾技術については既存研究を調査し、基本方式を設計する。カメラ間物体追尾技術について、

時系列な特徴を含む相互補完関係を持つ特徴量群の設計と、複数特徴量を統合した人物アソシエーション方式の設計を完了する。人物位置特定技術について、人物位置特定技術の調査および基本方式を検討する。群衆行動識別技術について、群衆行動識別技術の調査と方式の検討を行う。さらにシミュレーション環境を構築する。

・人物追尾技術の研究開発

カメラ内の人物追尾技術に関して既存方式の調査を行い、動線補完をベースとする基本方式設計を完了した。また、本方式を用いた簡易評価を実施し、その有効性を示した。

今後は評価映像のバリエーションを増やして動線補完精度の向上に努めると共に、前段処理である人物検知部との結合を行い、システムとしての総合的な人物追尾精度向上を検討する。

・カメラ間人物追尾技術の研究開発

人物再同定における既存方式の調査を行い、基本方式として DeepFeature と HandCraftedFeature とを統合する方式を採用、採用方式の有効性を確認し、人物再同定方式の基本方式選定を完了した。

今後は、更に複雑な条件として、人物同士の重なりや隠れが発生する条件において、採用方式の有効性検証を行い、手法の改善を行っていく予定である。

・人物位置特定技術の研究開発

人物位置特定技術に関して、将来的に目標到達可能な方式の選定を行い、基本方式の実装を完了した。

今後はさらに様々なカメラ設置条件での評価を行いながら実運用に耐えるロバストな人物位置特定技術の開発を進めていく必要がある。

・群衆行動識別技術の研究開発

動き情報による動領域判定と人物形状情報による人物の存在判定を用いて、局所領域ごとの各種状態（動領域、静止領域、背景領域）を判別する手法を確立した。また、各種状態の判別結果により、混雑状況の指標（総合混雑度、動混雑度、静混雑度）を算出し、異常か否かの情報を提供可能な手法を確立した。

3. 2-3 (イー3) 行動認識・予測システム（担当：パナソニック）

行動予測技術について、既存研究調査および基本方式の検討を行う。行動認識システムについて、1台の固定カメラ映像に対して、複数台のPCで各種認識処理を実行する基本システムを構築する。認識結果を共通プラットフォームに送信する際のインタフェース基本仕様を策定する。

・行動予測技術の研究開発

人物行動予測技術の既存研究調査を行い、上位系である共通プラットフォームから入手可能な情報の内容の整理を行った。それらを参考に様々な作用を実装することが可能な基本方式の立案、設計を完了した。

今後更に動的障害物や人物属性およびグループ属性など様々な要素を実装し、データ収集とフィールド実証とを行ないながら精度の改善を図っていく。

・行動認識システムの開発

1 台の固定カメラ映像に対して、複数台の PC で各種認識処理を実行する基本システムの構築、および、認識結果を共通プラットフォームに送信する際のインタフェースに関する基本仕様の策定を完了した。

来年度以降、ライブ映像や複数カメラへの対応、共通プラットフォームへの接続を行う予定である。

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

4. 1 国際標準化の実施状況（担当：ATR）

ロボットサービスに必要となるコンポーネント機能は、国際標準化団体である Object Management Group (OMG) において Robotic Interaction Service (RoIS) Framework として国際標準化が進められている。同じく国際標準化団体 International Organization for Standardization (ISO) TC299 においても、WG6 Modularity for Robotic Service にて RoIS などを参照する形でモビリティを含むロボットコンポーネントのソフトウェアの標準化を進めようとしている。これらを自律型モビリティシステムの実現に必要なコンポーネント機能およびそのインタフェースの標準化提案の場として活動を進めた。現時点で RoIS 1.2 の改訂 TF (Revision Task Force) の設立準備が進められているため、RoIS 1.2 もしくは後継の新規格としての提案を進めた。平成 28 年度の活動状況を図 8 に示す。

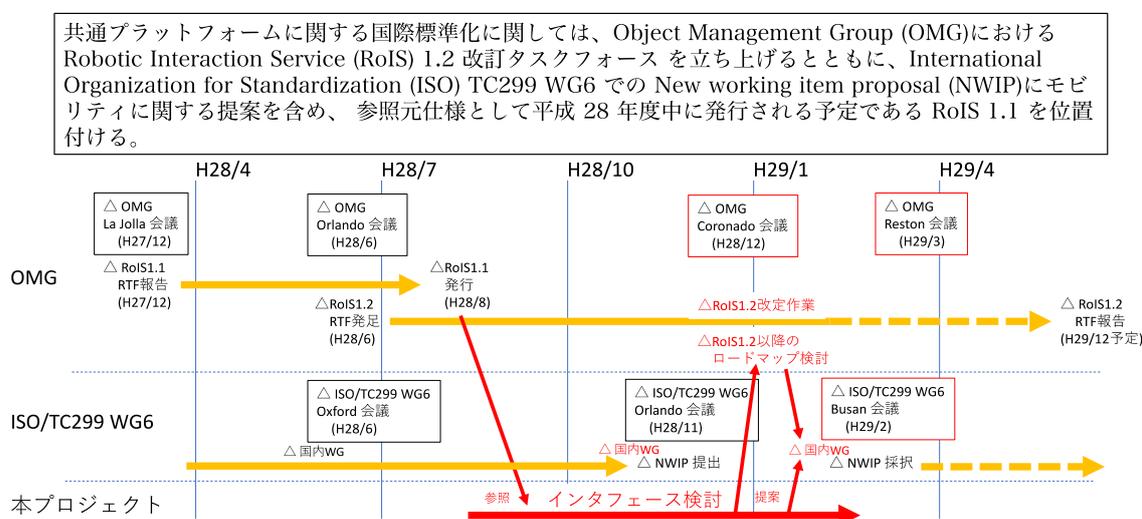


図 8 標準化活動の実施状況

・OMG における標準化活動

OMG Robotics DTF (Domain Task Force) 内の Robotics Functional Service WG (Working Group) において、ロボットサービスのための機能コンポーネントに関する標準化を進めた。

現行の標準化活動としては、2016 年 6 月に設立された RoIS 1.2 の改定 TF (Revision Task Force、RTF) において、RoIS 1.0/1.1 の残課題を修正する作業を進めている。

現行の企画では、コンポーネントの獲得や、イベント通知の条件を記述する Condition の説明が不十分であり、条件記述方法について事例に基づく詳細説明を追加することと、提示された条件に対

する実行時の挙動について詳細説明を追加することが必要であることから、H24 補正の車椅子ロボットと、本研究開発成果である低速の自律型モビリティの事例を反映した説明を追記する方針で検討されている。

・ ISO TC299/WG6 における標準化活動

ISO/TC299 WG6 で進められる Modularity for Service Robots の標準化は、サービスロボットの構成のモジュール化を推進するための仕様の検討を行っている。ソフトウェアコンポーネントの標準化の枠組みの中で、上述の RoIS が対象とする対話サービスを含め、それ以外にも移動機能や把持機能などに関するコンポーネント機能も対象とした標準化を進めようとしているが、現時点では形式的な枠組みをあたえないままに進むことが懸念されている。そのため（日本としては）この弱点を補完するものとして、OMG で標準化を進めているサービスロボットに関連する標準仕様 (Robotic Localization Service (RLS), RoIS, Robotic Service Ontology (RoSO), Hardware Abstraction Layer For Robotic Technology (HAL4RT) など) との連携を提案した。

移動機能モジュールの実現のために RLS 仕様を提案することは、自律モビリティの仕様と深く関連することから、2017 年 2 月の釜山会議には本プロジェクトからオブザーバとして参加し、RLS 仕様を参照するよう検討を求めた。

4. 2 パナソニックにおける事業化に向けた活動（担当：パナソニック）

・ 防犯カメラ映像の二次利用に関する検討

本研究開発の政策目標達成のためには、本研究の成果である自律型モビリティシステムの共通プラットフォームおよび固定カメラからの物体・行動認識技術の開発と導入が、事業として成立することが必要不可欠である。また、事業として成立するためには、防犯カメラを防犯以外の目的で利用する、防犯カメラの利活用・多目的利用に対する社会的コンセンサスを取っていく活動が必要不可欠である。

IoT の普及や AI の進化によって、防犯カメラなどの施設内に設置されたカメラ映像から画像認識技術によって様々な情報を抽出し、事業に活用していくことが期待されているが、一方でプライバシーや個人情報の取り扱いに関して不安があり、カメラ映像の活用を躊躇する場合も少なくない。このようなプライバシーに関する課題を解決するため、総務省や経済産業省などの省庁、防犯カメラ・システムなどを事業として取り扱うメーカー、これらのシステムを業務に活用しようとする小売などの事業者などが参画し、ガイドラインや指針の整理など様々な取り組みが行われてきている。

ここでは、パナソニックも参画したこれらの取り組みを 2 点紹介し、さらに自律モビリティへの防犯カメラ映像の二次利用に対しての論点・課題の整理を試みる。

・ IoT 推進コンソーシアムの活動

“IoT 推進コンソーシアム”では、コンソーシアム内に設置された“データ流通促進ワーキンググループ”（座長：森川博之 東京大学教授）の下に、カメラ画像の利活用について検討する“カメラ画像利活用サブワーキンググループ”（座長：菊池浩明 明治大学教授）を設置し、カメラ画像の利活用に対して検討を行い、そこで整理した内容を「カメラ画像利活用ガイドブック」として公開した。

このガイドブックは、個人を特定する目的以外の目的でカメラ画像の利活用を検討する場合を対象として、以下の類型に対して検討が行われており、それ以外の場合には別途検討が必要である。

- (1) 特定空間（店舗等）に設置されたカメラで、入出の時点で、画像を取得し、特徴量データを抽出し人物属性を推定した後、速やかに撮影画像と特徴量データを破棄するもの。
- (2) 特定空間（店舗等）に設置されたカメラで、空間内を人物等が行動する画像を取得し、座標値を取得し、動線データを生成した後、速やかに撮影画像と特徴量データを破棄するもの。
- (3) 公共空間に向けたカメラで、通行する人・車等を識別し、それぞれの数を計測した後、速やかに撮影画像を破棄するもの。
- (4) 公共空間に向けたカメラで、街中の看板・交通標識、及び道路の混み具合を識別し、これらの情報を抽出した後、速やかに撮影画像を破棄するもの。
- (5) 準公共空間（駅改札等）に設置されたカメラで、通行する人物を撮影し、アイコン化処理の後、速やかに撮影画像を破棄するもの。

さらに、ガイドブックでは、カメラ画像の利活用の過程を図9の通り定義し、それぞれの過程に対して検討・整理を行っている。この利活用の過程は基本原則、事前告知、取得、取扱い、管理に大分されており、全体として14の配慮事項として整理されている。

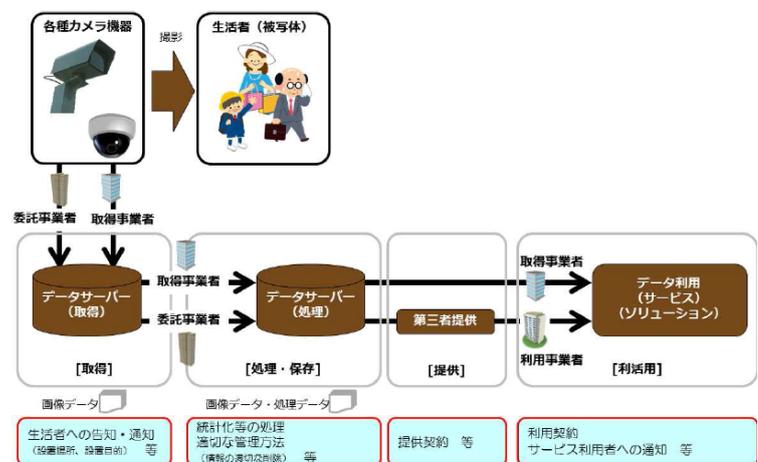


図9 カメラ画像の利活用の仮定
(カメラ画像利活用ガイドブックより)

・産業競争力懇談会(COCN)の活動

COCNは、日本の産業競争力の強化に深い関心を持つ産業界の有志により、国の持続的発展の基盤となる産業競争力を高めるため、産官学協力のもと様々な検討を行い政策提言としてとりまとめ、実現を図る活動などを行っている。

その中で、2015年度から2016年度の2カ年に渡って、「IoT時代のプライバシーとイノベーションの両立」プロジェクトが推進され、カメラ画像の利活用に関するルールの策定の検討が行われ、【IoT時代のプライバシーとイノベーションの両立】として最終報告書がまとめられ、一般に公開されている。

また、この報告書の中で「カメラで取得された人物関連データの商用目的における利用ルール」案がしめされており、その中では対象となるシステムのタイプ0～タイプ3の4種類に分類されている。

タイプ0：システム処理対象を「匿名の集団の1人」と扱い、個人を特定できる情報を長期にわたり保存あるいは保持を行わないシステムの中で、短時間でも対象人物の追跡を行わないもの。

タイプ1：システム処理対象を「匿名の集団の1人」と扱い、個人を特定できる情報を長期にわたり保存あるいは保持を行わないシステムの中で、短期的に人物の動線追尾を行うもの。

タイプ2：長期利用の匿名個人あるいは一人ひとりを具体的な人として認識し、長期間にわたって匿名の個人として保持するタイプである。

タイプ 3：長期利用の匿名個人あるいは一人ひとりを具体的な人として認識し、長期間にわたって特定の個人として認識・保持するタイプである。

これらのタイプごとの運用ルールの整理と合わせて、ショッピングモールをユースケースとして対象とし、モール運営者、テナント、テナントの本社機構、利用者など様々な権利関係・契約関係があるマルチステークホルダーのケースに対して、整理を試みている（図 10）。

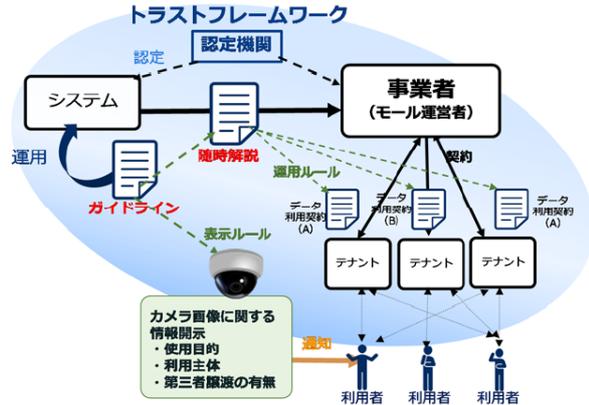


図 10 ショッピングモールにおけるステークホルダーの関係
(COCN【IoT時代のプライバシーとイノベーションの両立】プロジェクト
報告書より)

・自律モビリティへの防犯カメラの二次利用に関する基礎検討

上述のように、防犯カメラ映像の二次利用に関する問題は、その利用目的が非常に重要なポイントになっている。このため、自律モビリティへの適用を検討する場合にも、利用目的・ユースケースを仮定する必要がある。ここでは、議論をシンプルかつ具体的にするために“高齢者や松葉杖の人など、支援が必要な人物を認識し、支援ロボットを向かわせる”というユースケースを想定して検討を行った。

また、ロボットサービスの提供形態に関しても想定が必要であり、今回はショッピングモールなどの施設において施設運営者がロボットサービス全体を運営し、UNR-PFのサービスそのものも提供し、異なる組織がUNR-PF上でロボットを活用するサービスを提供する事業形態を仮定して検討を行った。

以下の表 1 にカメラ画像利活用ガイドブックにおける配慮事項に対して、上記仮定のロボットサービスユースケースにおける対応方法の案を示す。一部は現時点では対応方法の明確化が困難であり、今後サービスを具体化する中で明確化などの検討が必要であることを示した。

表 1 カメラ画像の活用に対する配慮事項への対応例

分類	配慮事項	対応
基本原則	①リスク分析 連絡先	【要継続検討】UNR-PFの構造の中でデータのライフサイクルを明確にし、システム管理関係の明確化が必要。 施設管理者・ロボット提供事業者・サービス事業者が異なる可能性があり、問い合わせ窓口の整理が必要。
事前告知	②事前告知実施 ③事前告知内容 ④多言語化	ロボット提供事業者として、プラットフォームとしてのデータ取得に関する告知が必要。また、サービス事業者がサービス目的と、そのために活用する情報に関する事前告知が必要。 【実施イメージ】 施設管理者がロボットサービスの開始時に“店舗にて人物の属性と位置を検出することによる適切なロボットサービスの提供”をHP等で告知。サービス事業者は“高齢者などに電動車いすロボットが向かって支援する”サービスの開始をHP上で告知
取得時	⑤通知実施 ⑥通知内容 ⑦多言語化	ロボット提供事業者として、プラットフォームとしてのデータ取得に関する通知が必要。また、サービス事業者がサービス目的と、そのために活用する情報に関する通知が必要 【実施イメージ】

		施設管理者がロボットサービスの開始時に“店舗にて人物の属性と位置を検出することによる適切なロボットサービスの提供”を店舗内ポスターで掲示。サービス事業者は“高齢者などに電動車いすロボットが向かって支援する”サービスの実施を同様にポスターで掲示。
取扱い	⑧画像の破棄	元の画像は、防犯システムから取得した後全てメモリー上で処理され、人物の位置を検出・追尾し、属性推定を行ったのち、保存されることなく破棄。 【UNR-PF での処理の明確化が必要】
	⑨処理方法の明確化	上記のように、位置と属性を推定しているのみになっており、個々の利用者を特定できないデータにして、処理している。
	⑩処理データの保存	ロボットサービスの提供完了後は、動線および属性情報を、匿名加工情報として保存【UNR-PF での処理の明確化が必要】
管理	⑪安全管理措置	防犯システムから取得した画像データは、人物の追尾を行うための個人識別符号にあたる特徴量データ抽出後、匿名加工情報として保存 【UNR-PF での処理の明確化が必要】
	⑫利用範囲 アクセス権	【要継続検討】 施設管理者とロボットサービス提供者が異なる場合の、利用範囲・アクセス権の UNR-PF とアプリケーション提供者の間のアクセス権のコントロールに関して整理が必要。
	⑬第三者提供	ロボットサービス提供者に提供されるのは、人の位置と属性のみであり、人物の画像データおよび特徴量データは提供されない。
	⑭契約変更	—

【付記】

- ・⑧項の「画像の破棄」に関しては、個人を特定する必要がないケースを想定しており、改正個人情報保護法において定義された個人識別符合の取得にならないように、さらには匿名加工化対応を念頭に、実証実験への準備を今後進めていくものとする。
- ・上記の安全管理措置については、個人情報保護委員会事務局の方で何らかの検討がなされるのではないかと考えられるので、その推移を見守りたい。

5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

今回の研究開発の成果を踏まえ、引き続き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。

本研究開発成果の社会展開に向けた政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた活動として、国際標準化、事業化、実証実験について、今後の計画を次節以降に示す。

5. 1 国際標準化の計画

本研究開発成果を反映させた国際標準化の活動を OMG および ISO TC299 において進めてきた。以下に今後の計画について述べる。

・OMG における標準化活動計画

OMG Robotics DTF 内の Robotics Functional Service WG において、ロボットサービスのための機能コンポーネントに関する標準化を継続する。

・RoIS 1.2

RoIS 1.2 の RTF において、2017 年 8 月までに寄せられたコメントに対応する最終報告を 2017 年 12 月に提出し、2018 年 8 月頃に RoIS 1.2 として発行される見込みである。

・RoIS 2.0 および Robotic Service Ontology (RoSO) 1.0

RoIS 1.X としてのマイナーな更改では満たせない要望があることから、今後の長期的な活動のロードマップ策定を進めた。RoIS 1.2 RTF の活動終了と同時に RoIS 2.0 の活動を立ち上げるとともに、並行してロボットサービスのためのオントロジフレームワークに関する新たな標準 RoSO (Robotic Service Ontology(仮称)) の策定を提案する予定である。

RoIS 1.X に含まれる具体的なサービスインタフェースの定義は、その呼び出し手順(syntax)を定めているが、その機能が達成すること(semantic)は記述できない。そのため機能に踏み込んだコンポーネントの選択を自動的に行うことや、コンポーネントの機能を動的に組み合わせることは難しい。そこで、一般的にロボットサービスのためのオントロジを記述するための仕様 RoSO の提案を検討しており、そのうち RoIS に関連する部分のサブセットを(RoIS2.0 の一部として)先行して提案することを検討している。本年度(2016年度)は、そのためのロードマップを策定し、2017年6月に情報収集のための公開提案(RFI; Request for Information)を行うためのドラフト文章を作成すること、関連するタスクフォース(Ontology PSIG (Platform Special Interest Group)とのコンタクトを進めた。RoIS 2.0 では、RoIS 1.X では一体として仕様化されていたものを3つのパートに分割する。具体的には1) 通信プラットフォーム、2) 機能定義記述方法、3) サービスAPIとする。このうち2)は前述のRoSOを念頭に置いた仕様である。これらの活動のロードマップを図11に示す。

Object Management Group (OMG)に Robotic Functional Service WG では、2017/12 の Burlingame 会議において RoIS 1.2 RTF 最終報告の採択と同時に、RoIS 2.0 の提案を行う計画である。また並行して 2017/06 の Brussels 会議において、Robotic Service Ontology (RoSO: 仮称)に関する標準化検討の開始を提案し、2018/06 以降に標準化活動を開始する計画である。

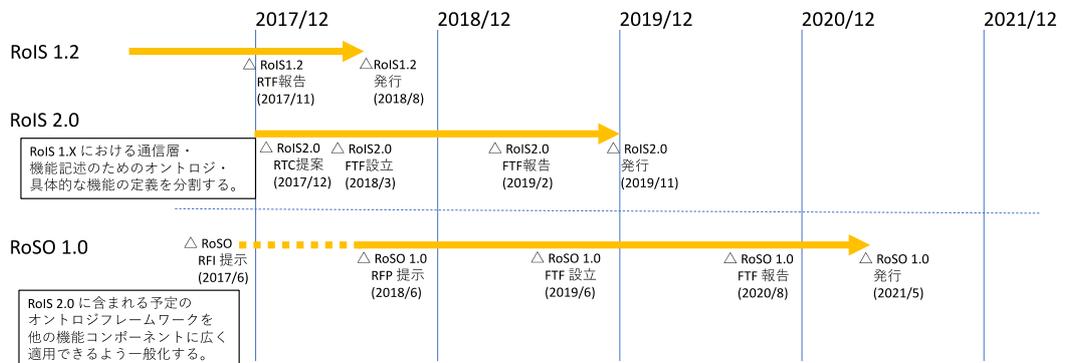


図11 OMG での標準化活動のロードマップ

・Robotic Localization Sertvice (RLS) 1.1 (もしくはその後継仕様)

RLS は、位置情報および座標系について、ロボットおよびセンサで必要となる時間や誤差の情報を含めた情報を交換するための仕様である。RLS1.1 を OMG から ISO/TC211 に提案する活動があったが中断されている。後述する ISO/TC299 WG6 での Modularity for Service Robots の標準化活動において、座標系の記述が必要な局面で明確な定義が与えられていないことが判明している。RLS 相当の定義が必要であることから、日本からは RLS 1.1 を参照するよう求める。RLS の仕様を ISO 仕様から公式に参照するための方法として、OMG との組織間の連携により RLS を ISO 仕様として提案することを OMG 内で検討するよう提案準備を始めた。公式の活動は、ISO 側の対応が明確になる 2017 年7月の会議以降となる。

・ ISO TC299/WG6 における標準化活動計画

ISO/TC299 WG6 で進められる Modularity for Service Robots の標準化は、サービスロボットの構成のモジュール化を推進するための仕様の検討を行っており、既に述べたように OMG で標準化を進める RLS, RoIS, RoSO, HAL4RT などの標準仕様との連携を提案してきた。今後は、2017年7月の会議までに、ウェブ会議にて移動機能モジュールの実現のために RLS 仕様を提案することについて検討する予定であり、その経緯に応じてエキスパートとしての正式参加を検討する。

5. 2 事業化に向けた計画

本研究の成果が事業として成立するためには、以下の項目が適切な関係になっていること、適切な関係にすることが重要である。

- a) システムの市場規模
- b) システムの市場で受け入れられる価格／システムの価値
- c) 導入コストおよび保守などの維持コスト

市場規模を直接的にコントロールすることは難しいが、グローバル展開などを推進することにより、拡大していくことは可能である。bの価値とcのコストはコントロールすることも可能である。システム価値向上のためには、本研究の技術の完成度を高めることにより価値を高めることも一つの手段である。また、上述の波及効果の項で述べたように、自律型モビリティシステムだけでなく、マーケティングや防犯など多用途での活用を促進することにより、システム価値の向上させることが出来る。コストに関して、画像認識の計算コスト削減やハードのコスト削減による削減はもちろんであるが、既設カメラの活用により大きくコストを下げる事が考えられる。また、維持コストに関しても、既存のセキュリティカメラなどの保守体制を利用可能にすることにより、新たに保守体制を構築する必要なく、システムの保守・維持が可能になる。ただし、既設のセキュリティカメラなどを自律型モビリティシステムで活用しようとする場合、個人情報の取り扱いなどについても社会的コンセンサスを取っていく活動が必要である。本研究の結果として得られるようになる属性情報や動線情報は個人情報には当たらないと考えられているが、一方で、セキュリティカメラの映像を自律型モビリティへの情報提供に利用することが目的外利用として社会からの批判を受け、システムの導入推進に対してネガティブな作用をする可能性がある。この様なプライバシー等にかかわる課題に対しては、様々なガイドライン検討などの取り組みが行われており、パナソニックも IoT 推進コンソーシアム データ流通促進 WG など、様々な活動に参画しながら検討を行っている。

これらの活動などを通じて、セキュリティカメラの多目的利用のガイドラインなどの整備し、社会的コンセンサスの構築を図っていく。

5. 3 実証実験に向けた計画

本研究開発成果の社会展開に向けた政策目標（アウトカム目標）の達成に向け、さらなる安全・安心な自律型モビリティシステムの開発及び活用実証を以下の計画で推進する。

自律型モビリティが本研究開発の成果を活用して社会展開するためには、膨大な数の自律型モビリティシステムの通信を支え効率的な無線通信を行う技術が不可欠になることから、平成 29 年度～平成 30 年度にかけて、自律型モビリティの周囲の人々や物体の位置を計測し、電波の有効利用のための環境情報も含めて構造化する低速用高度地図データベースをエッジサーバ上に作成する技術等を開発し、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。

6 査読付き誌上発表論文リスト

(ATR) 0 件 (海外 : 0 件) (投稿中 2 件)

- [1] MORALES, Y, Velocity Control to Reduce Anxiety from Crossing Collision for Robotic Wheelchairs, Robotics and Autonomous Systems. (投稿中)
- [2] Francesco ZANLUNGO, Zeynep YUCEL, Drazen BRSCIC, Takayuki KANDA and Norihiro HAGITA, “Intrinsic group behaviour: dependence of pedestrian dyad dynamics on principal social and personal features”, PLOS ONE (投稿中)

7 査読付き口頭発表論文 (印刷物を含む) リスト

(ATR) 1 件 (海外 : 1 件)

- [1] Yukiko HORIKAWA and Norihiro HAGITA, “Advent of New Ethical, Legal and Social Challenge of Robotic Services in Cyber Physical Spaces”, Twinned Workshop on the Ethical, Legal and Social Issues of Robots in Therapy and Education(NEW FRIENDS 2016) (Barcelona, Spain) (2016/11/2)

8 その他の誌上発表リスト

(ATR) 1 件 (海外 : 1 件)

- [1] Francesco ZANLUNGO, Zeynep YUCEL, Drazen BRSCIC, Takayuki KANDA and Norihiro HAGITA, “Intrinsic group behaviour: dependence of pedestrian dyad dynamics on principal social and personal features”, <https://arxiv.org/abs/1703.02672>

9 口頭発表リスト

(ATR) 18 件 (海外 : 6 件)

- [1] 宮下敬宏、“ユビキタスネットワークロボットからみたドローン分野とモビリティ分野”、デンソーセミナー2016 (大阪市) (2016/9/21)
- [2] 萩田紀博、“ロボット等も含めたプラットフォームの構築について”、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・IoT 人材育成分科会第 1 回合同会合・キックオフシンポジウム (東京都港区) (2016/9/27)
- [3] 宮下敬宏、“ICT×ロボット=ユビキタスネットワークロボット-ロボット・IoT・スマホ・センサを繋げたサービス創出に向けて”、メディア融合時代の通信産業研究会 (大阪市) (2016/10/7)
- [4] Norihiro HAGITA and Yukiko HORIKAWA, “Robotics Services for Super-Ageing Society in Japan-Living in Cyber Physical World -”, U3A Osaka International Conference 2016 (大阪市) (2016/10/11-12)
- [5] Norihiro HAGITA, “Autonomous Personal Mobility Services Using Smart Networked Robotics”, IROS 2016 Workshop on Assistance and Service Robotics in a Human Environment (Daejeon, Korea) (2016/10/14)
- [6] Yukiko HORIKAWA, Norihiro HAGITA, Takahiro MIYASHITA, Masahiro SHIOMI and Takamasa IIO, “Advent of New Ethical, Legal and Social Challenge of Robotic Services in Cyber Physical Spaces”, JSAI International Symposia on AI (ELS-JSAI) Twinned Workshop on the Ethical, Legal and Social Issues of Robots in Therapy and Education (2016/11/14)

- [7] Masahiro SHIOMI、“Robot applications and industry”、54th APEC TEL WORKING GROUP MEETING（京都府相楽郡）（2016/11/2）
- [8] Yukiko HORIKAWA、“JST CRDS-ISSIP Summit 2016 Impact Session<Social Impact and It’s Concern>”、JST CRDS-ISSIP Summit 2016（東京都千代田区）（2016/11/7）
- [9] Norihiro HAGITA、“Robotics and its Societal Impact :Intelligent Systems Creating Co-Experience Knowledge and Wisdom with Human-Machine Harmonious Collaboration”、JST CRDS-ISSIP Summit 2016（東京都）（2016/11/7）
- [10] 亀井剛次、宮下敬宏、“自律型モビリティシステムのための共通プラットフォーム～人と多様な自律型モビリティシステムが共存する社会の実現～”、ATR オープンハウス 2016（京都府相楽郡）（2016/11/10-11）
- [11] 萩田紀博、“スマートネットワークロボットの研究開発”、ATR オープンハウス 2016（京都府相楽郡）（2016/11/11）
- [12] 萩田紀博、“ネットと AI が融合する IoT 時代のロボットサービススマート・ネットワーク・ロボット”、アーバンイノベーションセミナー「2030 年の UMEDA を予測する」（大阪市）（2016/11/21）
- [13] 宮下敬宏、“安全・安心・快適な自律型モビリティシステムを実現するために”、名古屋大学協力会 第 3 回次世代ロボット講演会「社会実装期を迎える自律移動ロボット」（名古屋市）（2016/12/6）
- [14] Francesco ZANLUNGO、“Pedestrian group behaviour”、非線形セミナー（東京都目黒区）（2016/12/15）
- [15] 萩田紀博、“スマート・ネットワークロボット技術の最前線－倫理的・法的・社会的課題を考慮したロボットサービスとは－”、ブロードバンド&グローバル戦略特別セミナー会話ロボットの未来と事業機会－進化する人工知能、IoT との融合により拡大する活用領域－（東京都港区）（2017/2/9）
- [16] 堀川優紀子、萩田紀博、“ロボット社会実装における倫理的、法的、社会的問題の国内外動向”、電子情報通信学会 クラウドネットワークロボット研究会（札幌）（2017/2/18）
- [17] Yukiko HORIKAWA、“New Humanity - Agenda for the Next Step”、JST CRDS / ATR Joint Symposium on IT and New Humanity（京都府相楽郡）（2017/2/28）
- [18] 堀川優紀子、萩田紀博、“ロボット技術を中心とした米国における倫理的・法的・社会的課題の動向”、情報処理学会 第 79 回全国大会（名古屋市）（2017/3/16）

（パナソニック）1 件（海外：0 件）

- [1] 新崎誠、松本裕一、上田大介、渡邊偉志、野末洋佑、加藤邦弘、山崎龍次、“自律型モビリティシステムのための人物検出・属性推定・追尾・行動予測システム”、第 23 回 画像センシングシンポジウム（SSII2017）（日本）、平成 29 年 6 月 7 日～6 月 9 日

10 出願特許リスト

（パナソニック）3 件（海外：0 件）

- [1] 加賀屋智之、“識別器学習装置および識別器学習方法”、日本、平成 29 年 3 月 13 日
- [2] 上田大介、“迷子検出装置および迷子検出方法”、日本、平成 29 年 3 月 13 日
- [3] 加藤邦弘、“言語割合管理システムおよび言語割合管理方法”、日本、平成 29 年 3 月 29 日

1 1 取得特許リスト

なし

1 2 国際標準提案・獲得リスト

なし

1 3 参加国際標準会議リスト

(ATR) 3 件 (海外 : 3 件)

[1] The Object Management Group・OMG Technical Meeting、米国カリフォルニア州コロナド、
2016/12/5-9

[2] ISO TC299 Secretariat・ISO TC299/WG6 (Modularity for Service Robots) meeting #04、韓国釜
山、2017/2/16-17

[3] The Object Management Group・OMG Technical Meeting、米国バージニア州レストン、2017/3/20-24

1 4 受賞リスト

なし

1 5 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

なし

(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)	1 件 (1 件)	1 件 (1 件)
その他の誌上発表数	1 件 (1 件)	1 件 (1 件)
口 頭 発 表 数	1 9 件 (6 件)	1 9 件 (6 件)
特 許 出 願 数	3 件 (0 件)	3 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	0 件 (0 件)	0 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。