NTT DATA Technology Foresight 2013

サイバー・フィジカル・コンピューティング

情報処理技術、ネットワーク技術、センサ技術の普及により、IT 化の流れが加速している。従来は企業内業務の IT 化による業務の効率化・高度化が中心であったが、現在ではインターネットを通じた顧客接点の IT 化によるビジネス拡大やサービスレベルの向上が実現されている。今後は、IoT（Internet of Things）や M2M(Machine to Machine) 技術の進展により社会インフラの IT 化が進み、環境変化を捕捉して社会インフラをリアルタイムに制御することで全体最適化することが可能になっていく。このような変化は、医療・防災・交通・行政・エネルギー等、様々な社会インフラへと波及し、多様な社会課題にも自律的に対応できる世界を実現するだろう。本稿では、このような「サイバー・フィジカル・コンピューティング」に関する動向と、それに対する当社のアプローチを紹介する。

サイバー・フィジカル技術の進歩

「サイバー・フィジカル・コンピューティング」とは、サイバー空間から、実世界（フィジカル空間）を直接的に制御するシステムのことである。

サイバー・フィジカル・コンピューティングは、環境センシング、センサネットワーク、画像による物体認識などの「センシング技術」を起点として、２つの方向で実世界へ作用を及ぼす。ひとつは、ロボティクスなどの「(A) 実世界のリアルタイム制御」技術、そしてもうひとつは、AR(Augmented Reality：拡張現実)、3D 映像などの「(B) 実世界の拡張による人間の行動支援」技術である。それぞれの技術がどのようなことを実現するものか例を示す。

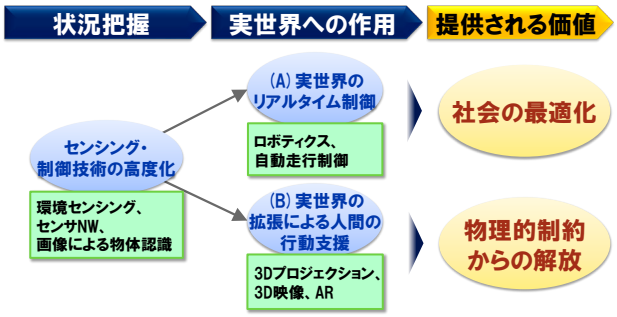

図１：サイバー・フィジカル技術の進歩

(A). 実世界のリアルタイム制御

環境やニーズの変化に合わせて実世界を高度に制御する例のひとつとして、車の自動運転が挙げられる。道路状況に合わせたリアルタイムな判断が要求される運転は従来人間にしかできない行為であったが、多様なセンサの登場、センサの高性能化、物体認識や制御の高度化により、近年では自動運転が実現され始めている。

(B). 実世界の拡張による人間の行動支援

実世界を拡張することで人間の行動支援を行う例としては、バーチャルフィッティングが挙げられる。実際にはその場にないデザインやサイズの商品であっても仮想的に試着して確認することができるため、個人の嗜好をより反映した商品選択・購買判断を行うことができるようになる。

NTT データのアプローチ

1. M2M2A クラウド基盤

M2M2A(Machine to Machine to Actuation)クラウド基盤は、センサ等により可視化した情報をもとに分析やサービス連携を図るとともに、その結果を用いて実世界へのアクションを伴ったサービスを実現する「実世界のリアルタイム制御」に関する研究開発事例である。

現在、国内だけでも約 30 億以上の「センサ、デバイス」が存在している。また、通信ネットワークの高速大容量化や低価格化、センサデバイスの高性能化が進んでいる。これらにより、多種多

様なデバイスが繋がり、人間を介さずセンサやデバイス同士が相互に情報交換する M2M ネットワークが広がってきている。

NTT データでは、各種センサからの大量の情報を収集・蓄積するとともに、ビッグデータの分析基盤との融合により、より速く・より簡単に付加価値の高いサービスを実現する仕組みとして、M2M クラウドを開発した。また、センサやデバイスを M2M ネットワークに容易に接続するための仕組みとして、センサデータ中継用コンセントレータの開発も進めている。これらの技術を利用し、小売店等に設置した温度／湿度等の環境データや電力量を M2M クラウドに収集し、お客様の動向と温度変化等を分析して空調制御へフィードバックすることで省電力化を実現する実証実験を行っている。

さらに、M2M クラウドを拡張した技術として、収集された情報と各種サービス等とを連携させ、デバイスやロボット等を通じた実世界へのアクションを伴うサービスを実現する M2M2A クラウドの技術開発を行っている。具体的な取り組みとしては、「①クラウドロボティクス」、及び、「②高齢化社会をサポートするスマートシティ」の実現に向けた研究開発を進めている。

① クラウドロボティクス

クラウドロボティクス基盤とは、ロボットとクラウドが連携することで高度なロボット動作を実現するアーキテクチャである。サービスを実行するためにロボットが有すべき機能を細分化し、各機能の特性に応じてロボット本体に配置する機能とクラウド側に配置する機能を最適化することで実現される。

クラウドロボティクス基盤を使うことで、ロボット側に複雑な状況判断機能を実装しなくても、クラウド側に実装した動作経路算出などの複雑な機能を用いて高度な動作を実現できる。また、１台の汎用ロボットを用いて、状況に合わせて異なる機能／サービスを実行させることが可能となる。

NTT データでは、テレプレゼンスロボット制御機能を実装したプロトタイプを開発し、適用に向けて検討を進めている。

② 高齢化社会をサポートするスマートシティ

現代社会では、様々なセンサが街の中に存在しているが、これまでのセンサネットワークは個々のインフラとして整備されてきた。NTT データでは、M2M2A の考えに基づいて、街全体のセンサ等を連携させ、来る超高齢化社会に対する新しい社会サービスを創出するシステムを検討している。

高齢者が毎日健康で元気に過ごすためには、外出やコミュニティ参加等の社会参加が有効であるとのデータ [1]がある。

高齢者の積極的な社会参加を促すには、屋外での活動が安全であるといった安心感の向上と、外出したいと思う動機づけが大切である。

そこで、各種センサによって、家の中から街の中に至るまで、シームレスに見守ると同時に、どこにいるのか、どんな健康状態かといった状況に合わせて、興味がありそうなイベント等を伝える等のサービスを検討している。

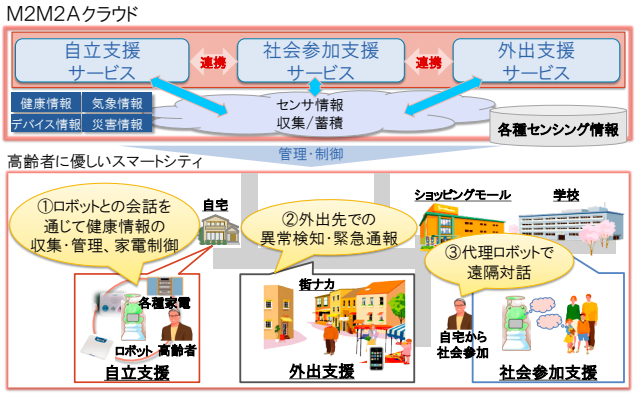

図 2：スマートシティによる高齢者サポート

具体的なユースケースの例を以下にあげる。

①自宅内では、ウェアラブルデバイスやコミュ

[1] 総務省 ICT 超高齢社会構想会議 報告書（2012 年 5 月 24 日 公表）

ニケーションロボットとの会話を通じ、バイタル情報をセンタに収集。収集したバイタル情報と本人の介護・医療情報に基づく健康管理や食事管理、服薬管理等の支援を行う。また、その日の屋外活動の目安や、個人の興味や体調に基づき、他の施設への外出を促すなどの支援を行う。

②外出中は、日常的な健康情報やバイタル情報に基づき、外出先での異常検知や緊急通報を行う。

③外出が難しい状況であっても、自宅や施設などからテレプレゼンスロボットをネットワーク経由で遠隔操作することで、ロボットを介した社会参加を支援する。また、在宅医療などの現場においてもロボットを介して遠隔地にいる医師と患者をつなげ、問診を支援する。

このように、NTT データは、あたかも街が高齢者を見守り、高齢者の社会参加を促進するようなスマートシティの実現をめざし、研究開発を行っている

2. ITS 交通制御

ITS 交通制御は、車に搭載された GPS から位置情報を大量に収集・分析し、渋滞予測により実世界を理解し、信号現示を制御することで渋滞緩和を行うことを目的とした「実世界のリアルタイム制御」に関する研究開発事例である。

交通渋滞は、先進国や発展途上国を問わず重要な社会課題となっている。国交省の H17 年の統計では、渋滞により年間約 38.1 億人時の損失が発生している。このように交通渋滞は、時間ロスによる膨大な経済損失を発生させるほか、CO2 発生や化石燃料消費など環境負荷をも発生させるため、各国で渋滞緩和・解消を行うための総合的な取り組みが実施されている。

そのための取り組みとして、渋滞情報提供による交通量の分散化や、信号機の系統的制御による信号待ち時間短縮等が行われている。日本国内では高速道路や幹線道路に設置されているトラフィックカウンタ等のセンサから取得した情報を基に，渋滞や交通規制などの道路交通情報をリアルタイムに送信する VICS(Vehicle Information and Communication System) が普及している。これにより、カーナビなどを通じて渋滞情報がドライバーに提供されている。またこれらの情報を用いて信号機の設置・調整を行うことで、一定の渋滞緩和が図られている。

しかし VICS ではセンサが設置されていない道路は分析対象外となる課題がある。そのため、車の移動履歴をカーナビゲーションシステムやスマートフォンに搭載された GPS 機能により記録したプローブデータを用いることで、分析可能な対象道路を拡大することが試みられている。

プローブデータは道路設備によるセンシングデータに比べると、安価・大量・広範囲に車の情報を収集できることから、そのさらなる活用が期待されている。

図 3：渋滞予測を活用した渋滞緩和

NTT データでは、これらのプローブデータに着目し、渋滞予測および交通制御を実現する技術に取り組んでいる。日本においては、プローブデータは VICS を補完する情報として位置づけられている。しかし、道路設備が不十分な新興国においては、道路設備への投資を必要としないプローブデータを基に渋滞予測・交通制御が実現できれば、非常に有用性の高い手段となる。

一方、プローブデータは走行中の車からしか情報が得られないため道路全体に対するカバー率が低いことや、全車両にセンサが装備されていな

いため走行中の全車両の走行情報が得られないなどの課題がある。そのため、我々はマルチエージェントシミュレーションと呼ばれる技術を用い、プローブデータから得られる一部の情報から、個々の車の動きや信号機や道路の状況を再現するロジックを構築することで、「①渋滞予測」と「②信号制御」を行えるプロトタイプシステムを構築した。

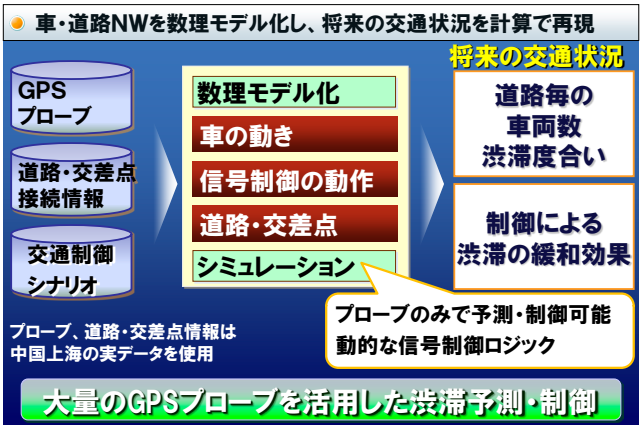

図 4：GPS プローブを活用した渋滞予測

① 渋滞予測

渋滞予測では、過去の車の走行傾向や信号や規制などの状況を勘案し、数十分先～数時間先等、将来の渋滞状況を再現することで、渋滞が発生しやすい道路・時間帯の把握ができる。プローブデータを用いた渋滞予測では、車、信号、道路・交差点など交通状況に影響を与える対象をエージェントとし、計算機上で仮想的に構築した道路 NW 上で車や信号を動作させることで渋滞状況を作り出す。エージェントのモデルは、例えば平日・休日別、時間帯別のプローブデータの傾向から、車の平均走行速度、走行特性、交差点の分岐率などのパラメータを算出する。また、プローブデータが取得できる走行車両を全体の交通流における代表値とし、それ以外の車両の走行を補完するロジックを構築することで、道路全体の渋滞状況の生成を可能にした。我々は中国上海の道路 NW およびプローブデータを用いた渋滞予測シミュレーションを行い、シミュレーションによる渋滞の予測結果が実データに近い結果となることを確認した。

② 信号制御

渋滞予測による渋滞発生箇所の特定後、その対策が必要となる。対策には、道路建設など都市計画による対応や信号設定や道路規制等設備による対応、カーナビゲーションシステム等への情報提示による誘導等の種別があるが、ここではより実世界に積極的に働きかける対策として信号制御を考える。

日本の交差点に設置されている信号の多くは、一定時間で現示が切り替わる時間式の制御だが、我々は信号機自身が管理する道路の渋滞の要因となる車の隊列（プラトーン）を検出し、青信号時間を柔軟に変更するロジックによるプラトーン制御方式をシミュレータ上に構築した。同様に中国上海のデータを用いて渋滞緩和効果を測定し、時間式と比べ平均 1/3 程度に信号機での待時間を短縮できることを確認した。

以上の技術により実世界を制御することで、快適な社会の構築を支援につながるものと考えられる。我々は今後本技術のニーズが高いと思われる東南アジアなどを対象に本技術の実証実験を行い、実用化を目指す。

今後のビジョン

サイバー・フィジカル・コンピューティング技術により、実世界の多様な情報をセンサから収集して把握し、デバイスやロボット等を通じて実世界を直接制御することで、様々な社会課題が解決されるようになることが期待されている。

ＮＴＴデータは、サイバー・フィジカル・コンピューティングの実現に向け「実世界の状況を把握するセンシング技術」と、「実世界への直接的な作用を実現するデバイス／ロボティクス制御技術」の両面で積極的な取り組みを進めていく。

2013 年 9 月版