解説

日常生活のロボタイゼーション

Robotization of Everyday Life

西田 佳史* 本村 陽一* *産業技術総合研究所

Yoshifumi Nishida* and Yoichi Motomura* *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

1. 日常生活のロボタイゼーション

今日、我々を取り巻く日常の生活環境は、少子・超高齢社会化による育児や介護のストレスの増加、身の回りの製造物の安全性に対する不信、成人病患者の増大など多くの問題を抱えており、これを解決する支援技術の開発は喫緊の課題である。日常生活の支援、換言すれば、日常生活の質を向上させる「制御」には、制御のための計算モデルが不可欠である。しかし、我々の日常生活は、身近な現象であるのにもかかわらず、実は、科学技術の観点からは未解明の物理現象であり、日常生活の計算モデルは不在である。

一方、近年の IT, RT の発展により、日常生活それ自体を、計算機上である種の「システム」として表現し、日常生活を「制御」や「計算」の対象とする計算論的アプローチの実現可能性は高まっており、不確定で手に負えない日常を、生活環境をロボット化することで制御可能な状態にしていく科学技術に、今、着手することが重要である。本稿では、我々の日常生活の場に、ある目的のために、新たなロボット要素を追加したり、既存のロボット要素群と有機的に統合することで、新たな価値を実現するフィードバック系を創造する行為および方法論を、「日常生活のロボタイゼーション」と呼び、そのパラダイムと研究課題を概観したい。

2. 日常生活ロボタイゼーションのパラダイム

日常生活現象のセンシング技術、センサデータ駆動型のモデリング技術を日常生活支援サービスと統合することで、日常生活の場でセンシングし、モデリングし、サービス提供するというフィードバック系を実装することが現実的になりつつある。このような「サービス統合」によるフィードバック系が可能となれば、日常生活を支えるための技術や知識を持続的に発展させる知識獲得の新たなパラダイム(方法論) [2] が可能になる(図 1 参照)。この日常生活ロボ

日常生活サービス技術
(サービス提示 /
サービス統合型センシング・モデリング /
持続的発展プロセス技術)

日常生活ロボタイゼーション
RT 要素の有機的統合による
日常フィードバック系の創造

日常生活センシング技術 (ユビキタス / インターネット
ライフログ取得技術) 日常生活モデリング技術 (知識発見 /
ヒューマンモデリング技術)

図 1 日常生活ロボタイゼーションのパラダイム

タイゼーションのパラダイムでは、基礎研究や応用研究という旧来型の単純な分類が必ずしも可能ではない。実サービスの社会実装を通じてのみ得られる膨大なデータを基礎として、新たな科学が創造され、その知見が実サービスを通じて還元されていく基礎から応用が混然一体となって進行していく新しいパラダイムである。

ロボタイゼーションの対象となる日常生活の場としては、病院、保育園、駅、公園、公園内の遊具などの公共施設から、一般家庭などの私的エリアに至るまで様々な場所が考えられる。これらロボット化された各フィールドが一つの小規模なロボットシステムとして機能するだけでなく、これらの小規模なシステム群が有機的に統合されることで上位のロボティックシステムが構成可能となる。このように、社会全体のロボット化が進行し、社会全体としては、小さなループ、大きなループが混在した社会フィードバックシステムを構成することになろう。

3. 日常生活ロボタイゼーションにおける研究課題

日常生活のロボタイゼーションでは、日常生活ロボティクスによる実サービスな社会実装を通じてのみ得られる膨大なデータを基礎として、「日常生活インフォマティクス」とでも呼べる新たな人間情報科学が創造され、その知見が再度、「日常生活ロボティクス」による実サービスを通じて還元され、両方が一体となって発展する。

日常生活インフォマティクスと日常生活ロボティクスにおける研究課題を以下に述べる。日常生活支援技術に不可

原稿受付 2008 年 8 月 6 日

キーワード: Human-Centered Robotics, Everyday Life Model

*〒 135-0064 江東区青海 2-41-6

*Koto-ku, Tokyo

ニュートン力学	状態変数 $\{F, m, \alpha\}$	多様な物理現象を記述するために共通して利用可能な変数が発見された。
	状態空間の構造 $F = m \cdot \alpha$	支配方程式（支配的因果構造）が発見され、現象の予測や制御において共通して利用可能であった。
日常系力学	状態変数 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$	日常を記述できそうな膨大な変数候補があり、いまだ汎用変数は発見されておらず、状態変数の設計法や変数の体系化（オントロジ）が課題。
	状態空間の構造 $P(X_1, X_2, \dots, X_n)$ $= \prod p(X_i pa(X_i))$	日常の不確実性に対応できる、時空間大規模データからの機能的因果構造探索が可能となりつつあるが、支配因果構造抽出や、多様な場面での演繹の利用法の確立が課題。

図2 日常生活のインフォマティクス

欠である日常生活空間で生きている人間の科学を可能とするためには、基礎データ（実日常生活データ）の収集と、この基礎データに基づく生活モデリングの研究が不可欠である。現在でも日常生活のデータに関しては、実験室環境における日常模擬データは取得可能であるものの、実際の実日常データの取得やそれに基づいた日常生活の計算論的モデルの開発は今後の重要な研究課題である。実日常生活データを収集する有効な方法の一つは、RT 日用品を開発し、これによる実サービスを通じて、大規模な生活データを機械のログとして収集する方法である。したがって、実日常生活データという観点からも、低コスト化のための標準 RT コンポーネントの開発や、これを手早く有機的に統合し、サービス化するためのミドルウェアの開発なども重要な研究課題である。

次に、大規模な実日常生活データに基づいて人間の日常生活モデルを開発するためには、その基礎となる日常生活インフォマティクス（図2参照）を確立する必要がある。ニュートン力学では、多様な現象に共通して使える変数や支配方程式が発見されているのに対し、我々を取り巻く日常系の力学では、支配的・共通の変数が不明であり、日常を記述する膨大な変数（日常生活ターミノロジ）が存在している。日常を情報科学の対象として取り扱うための変数選択・設計の方法論の確立や、変数の体系化（日常生活オントロジ）が必要である。

さらに、日常生活インフォマティクスによる日常生活の理解をもう一歩進めて、工学的応用を考えると、不確実な日常現象を制御する体系的な枠組み（日常生活ロボティクス）の確立が必要である。図3に示すように不確実な日常現象

図3 日常生活ロボティクスにおける制御モデル

を説明する変数は、A. 最終的に制御したい変数、B. 変更可能な変数、C. 変更不能であるが重要な説明変数、に分類可能であり、この間の因果構造を発見し、制御可能化する方法を開発する必要がある。最後に、日常生活支援サービスを開発するためには、具体的なニーズをもったフィールドやユーザを取り入れる研究体制をデザインすることも重要である。これに関する考え方の一つは、研究活動そのものが、現場に対するサービスと一体化し、一方を実施すると他方を実施することとなる関係（Research as a Service [2]）の構築である。

長い歴史をもつ学術分野には、社会と積極的にかかわり、社会問題の要請に応えることで、それまでの学術的到達点の限界を自覚し、これを打破するために理論や技術を飛躍させることに成功した学術分野が数多く存在する。例えば、三世紀にも渡る歴史をもつ統計学を見れば、その進歩は、いずれもその時代の社会の生産活動を土壌として成し得たものである[3]。日常生活のロボタイゼーションの技術開発には、社会と積極的なかかわり合いが不可欠である。それが真に解決すべき限界の的確な把握と新たな挑戦へとつながる。そのような意味でのロボット技術の豊かな土壌となることを期待している。

参考文献

- [1] 経済産業省：平成19年度技術戦略マップローリング委託事業報告書 ロボット分野に関するアカデミック・ロードマップ，2008.
- [2] 科学技術振興機構 研究開発戦略センター：知識を生産・活用するための科学構築への挑戦—知識基盤社会を支える知識生産・活用システムの実現を目指して—，2008.
- [3] 北川敏男：統計学の認識。白揚社，1948.

西田佳史 (Yoshifumi Nishida)

1998年東京大学大学院機械工学専攻博士課程修了。同年電子技術総合研究所入所。2003年産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター人間行動理解チーム長、主任研究員、博士（工学）。人工知能学会の会員。

（日本ロボット学会正会員）

本村陽一 (Yoichi Motomura)

1993年電気通信大学大学院修士課程修了。同年電子技術総合研究所入所。2003年産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター主任研究員。2008年よりサービス工学研究センター大規模データモデリングチーム長兼務、博士（工学）。人工知能学会、電子情報通信学会、日本認知科学会、日本行動計量学会、IEEEなどの会員。