

# 博士論文審査報告書

## 論 文 題 目

ネットワーク共有デバイスを用いた  
Ephemeral CPS の構成法に関する研究

Study on Ephemeral CPS Construction  
Using Shared Devices in the Network

申 請 者

野口	博史
Hirofumi	NOGUCHI

2020 年 2 月

## (1) 審査経緯

博士論文審査の経緯を以下に示す。

- ・ 2019年11月21日 予備審査会
- ・ 2019年12月5日 教室受理決定
- ・ 2019年12月19日 創造理工学研究科運営委員会受理決定
- ・ 2020年1月23日 公聴会
- ・ 2020年1月29日 学識確認（メカトロニクス，実体情報学，英語）
- ・ 2020年2月6日 審査分科会
- ・ 2020年2月20日 研究科運営委員会

## (2) 論文背景・内容・評価

近年、Internet of Things (IoT) が世界的に急速な普及拡大を見せている。IoTとは、あらゆるモノをインターネットに接続し、それらが発信するデータを収集・分析し、最適な状態に導くようにフィードバックする一連のシステムである。家電や事務機器、自動車、製造機械、建設装置といった多様なデバイスがネットワークにつながり、経済発展と社会的課題の解決に向けた高価値なサービスが誕生し始めている。日本においても、政府主導のもと、Society 5.0が推進されており、交通、医療、介護、ものづくり、農業、食品、防災、エネルギーといった多岐の事業分野に渡って、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムであるCyber-Physical System (CPS)の研究開発、環境整備がIoTを活用して進められている。また、IoTのサービス提供形態やサービス受給者の思想が近年、大きく変わりつつある。モノからコトへの支払い、つまり、モノを所有するのではなく、共用されたモノを一時的に利用するという考え方が主流になりつつある。このような背景のもと、IoTの進化の先には、多数のサービス提供者が、ネットワークにつながるデバイスとデータを共用してサービスを提供する“オープンIoT”が到来すると予想される。一方で、情報通信システムやロボットといった既存のCPSは、いずれも綿密な設計により指定されたデバイスから構成されるものであり、オープンIoTによってもたらされる大量のデバイスとデータの活用を想定したものは皆無である。つまり、オープンIoTの恩恵を享受するには、CPSの構成方法にパラダイムシフトが求められる。

本論文は、求められるCPSの変革に応えるべく、オープンIoTに対応する新たなCPSの形態として、「Ephemeral-Cyber-Physical System (E-CPS)」を提案している。E-CPSとは、ネットワークに分散する大量の共用デバイスを一時的に利用して、オンデマンドに構成されるCPSである。情報通信サービスの主流であるクラウドコンピューティングサービスのような高い迅速性と経

済性を有している。さらに、ネットワークに分散する多様な種類、機能、設置条件の共用デバイスを動的に組み合わせる E-CPS の構成法を提案している。

具体的には、多様なサービスとデバイスに対する汎用性を追求し、E-CPS の必須構成要素である通信設備を活用するアプローチを取り、データ収集からデバイス制御までの一連の基本動作を共用デバイスにより実現する手法を提案している。この提案は三手法で構成されている。第一は、大規模ネットワークに分散する大量の共用デバイスから、膨大なネットワークトラフィックを伴わずにデータ収集を行う手法である。本手法は、物理的なネットワークにおけるデバイス近傍のコンピュータにデータ分析ソフトウェアを配信し、必要なデータのみをリアルタイムに検索することを特徴とする。実験により、ネットワークトラフィックの削減効果および、トレードオフとして生じる検索時間の増加がサービス実行上許容できる程度に収まることを明らかにし、本手法の有効性を示している。第二は、デバイス制御の前処理として、ネットワークにつながっている多種類の共用デバイスに対し、その機種を受動的に得られる通信情報のみを用いて識別する手法である。本手法は、通信情報から抽出したデバイス機種固有の特徴量を用いて、機械学習により識別を行うものであり、複数機種が混在する環境において、それらの機種を正しく識別できることを実験によって示している。第三は、機種や設置条件が多様な複数の共用デバイスを、人手の設計や検証を介さずに自律制御する手法である。機械学習による制御値の算出と、制御値の動的な調整を組み合わせることで、少数の学習データのみを用いて、目的に応じた制御を自律的に行えることを特徴とし、複数デバイスから構成される実験システムに適用して、その有効性を示している。

以上要するに、本論文は、ネットワークを介して共用される多種多様なデバイスを一時的に利用して構成される CPS の制御法として、大規模ネットワークからのデータ収集、多種デバイスの識別、および多様なデバイスの自律制御という必須技術を E-CPS として実現したものである。本研究成果は、CPS の新しい構造を創出し、迅速、安価な CPS の提供と普及拡大に寄与するだけでなく、CPS を構成する要素技術であるロボット制御および情報通信分野の発展にも大きく貢献するものである。よって、本論文は博士（工学）早稲田大学の学位論文として価値あるものと認める。

2020年2月

審査員

主査 早稲田大学教授 工学博士（早稲田大学）

菅野 重樹

---

早稲田大学教授 工学博士（早稲田大学）

高西 淳夫

---

早稲田大学教授 博士（工学）早稲田大学

岩田 浩康

---

早稲田大学教授 博士（工学）東京大学

奥乃 博

---

早稲田大学名誉教授 博士（工学）早稲田大学

藤江 正克

---