

Quantum Science

Smart Mobility

Smart Robotics

# 超スマート社会推進コンソーシアム

活動報告書

Smart Agriculture

Smart  
Workplace

Artificial  
Intelligence



東京工業大学  
Tokyo Institute of Technology

2020

# 目次

1. 第3期（2020年度）活動概要.....	1
1-1 超スマート社会推進コンソーシアムとは.....	1
1-2 第3期（2020年度）活動ハイライト.....	1
2. 超スマート社会推進委員会の活動.....	3
2-1 超スマート社会グローバルフォーラムの開催.....	3
2-2 超スマート社会推進フォーラムの開催.....	3
3. 社会連携教育運営委員会の活動.....	4
3-1 サイバー・フィジカル・オフキャンパスプロジェクトの実施.....	4
3-2 超スマート社会創造科目.....	4
3-3 超スマート社会オンライン教育コンテンツの制作.....	5
4. 異分野融合研究推進委員会の活動.....	5
4-1 マッチングワークショップの開催.....	5
4-2 超スマート社会教育研究フィールドの構築.....	5
4-2-1 スマートモビリティ.....	5
4-2-2 スマートロボティクス.....	6
・ Robot Zoo Sky.....	6
・ Robot Zoo Aqua.....	7
・ Robot Land.....	7
・ Smart Manufacturing.....	8
4-2-3 量子科学.....	9
・ 量子コンピューティング.....	9
・ 量子センサ.....	9
4-2-4 人工知能.....	10
4-2-5 スマートワークスペース.....	11
4-2-6 スマート農業.....	12
5. 運営委員の紹介.....	13

# 2020 年度 超スマート社会推進コンソーシアム活動報告書

## 1. 第 3 期（2020 年度）活動概要

### 1-1 超スマート社会推進コンソーシアムとは

超スマート社会推進コンソーシアムは、来たる超スマート社会（Society 5.0）を牽引するリーダーを養成するために、人材育成から研究開発までを統合した次世代型社会連携教育研究プラットフォームを産官学が連携して共創することを目的に、2018 年 10 月に設立されました。2021 年 4 月現在では、研究機関、自治体、民間企業などから表 1-1 に示す 41 機関（個人会員を除く）が参加し、超スマート社会へ向けたオープンイノベーションとオープンエデュケーションを推進しています。

超スマート社会推進コンソーシアムには、図 1-1 に示す 3 つの委員会が設置されています。①超スマート社会推進委員会は、超スマート社会に向けたネットワークの場の提供を役割としており、超スマート社会推進フォーラム等の企画開催や、One-Day School の提供による社会啓発などを行なっています。②社会連携教育運営委員会は、人材育成とキャリア支援を役割としており、2020 年 4 月に東京工業大学（以下、東工大）に設置された超スマート社会卓越教育課程との連携による人材育成や、オフキャンパスプロジェクト（インターンシップ）の支援などを行なっています。③異分野融合研究推進委員会は、研究開発チームのコーディネート役割としており、マッチングワークショップの開催や、超スマート社会教育研究フィールドの構築などを行なっています。本報告書では、これら各種委員会の 2020 年度の活動をまとめます。

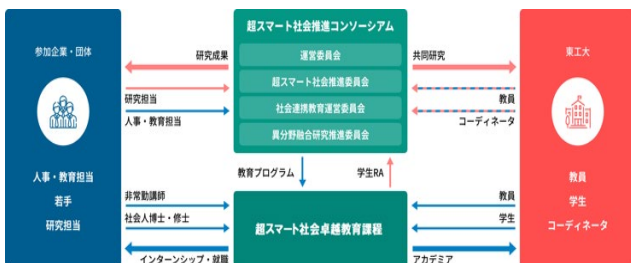


図 1-1 コンソーシアムの組織構成

### 1-2 第 3 期（2020 年度）活動ハイライト

表 1-2 は超スマート社会推進コンソーシアムの第 3 期（2020 年度）の活動、ならびにイベント一覧を対応する委員会とともにまとめています。各種委員会は合同で年

表 1-1 コンソーシアム参加機関（2021 年 4 月現在）

1. 国立大学法人 東京工業大学
2. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構
3. 国立研究開発法人 理化学研究所 革新知能統合研究センター
4. 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
5. 国立研究開発法人 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター
6. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 情報・人間工学領域
7. 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
8. KDDI 株式会社
9. ソフトバンク株式会社
10. 日本電信電話株式会社
11. 楽天モバイル株式会社
12. 株式会社光電製作所
13. 株式会社リコー
14. 株式会社東芝
15. 日本電気株式会社
16. パナソニック株式会社
17. 富士通株式会社
18. アズビル株式会社
19. 横河電機株式会社
20. 株式会社デンソー
21. 株式会社ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパン
22. マツダ株式会社
23. 株式会社ジェイテクト
24. 株式会社日立産機システム
25. 株式会社安川電機
26. 日本精工株式会社
27. 川崎重工業株式会社
28. 株式会社クボタ
29. コマツ
30. AGC 株式会社
31. 牧野フライス精機株式会社
32. ショーボンド建設株式会社
33. 東海旅客鉄道株式会社
34. 三菱地所株式会社
35. 株式会社横浜銀行
36. aiwell 株式会社
37. 農林水産省
38. 大田区
39. 川崎市
40. 一般社団法人大丸有環境共生型まちづくり推進協会（エコツェリア協会）
41. 独立行政法人中小企業基盤整備機構 関東本部



4 回開催し、超スマート社会推進事業や各イベントの企画立案を行ないました。2020 年度は何と言っても COVID-19 に翻弄された年であり、コンソーシアムのイベントは全てオンラインで開催せざるを得ない状況となりました。特に2020年4月に新たに設置した本コンソーシアムが支援する超スマート社会卓越教育課程は、開講を一ヶ月間遅らせ、また全ての講義をオンライン化し、一部の要件などを緩和することにより立ち上げることができました。この様な未曾有の事態ではありますが、何とかコンソーシアムの活動を続けることができたのは参加機関の皆様のご協力のお陰と感謝致します。各イベントの詳細を本活動報告書にまとめます。なお2020年度当初に計画していた超スマート社会に関する社会啓発を目的とする One-Day School は、対面での実施を前提とするため、実施を2021年度に延期致しました。

表 1-2 2020 年度活動・イベント一覧

時期	イベント	委員会
2020 年 6 月	第 6 回各種合同委員会	①②③
6/7 月	マッチングワークショップ (2020 年春)	③
6/7 月	超スマート社会創造 A2	②
7/8 月	オフキャンパスプロジェクト (2020 年夏)	②
9 月	第 7 回各種合同委員会	①②③
9 月	超スマート社会卓越教育院キックオフ 記念式典	①
9 月	超スマート社会グローバルフォーラム	①
10/11 月	超スマート社会創造 A1	②
11 月	第 8 回各種合同委員会	①②③
11/12 月	マッチングワークショップ (2020 年秋)	③
2021 年 1/2 月	オフキャンパスプロジェクト (2021 年春)	②
3 月	第 9 回各種合同委員会	①②③
3 月	超スマート社会推進フォーラム	①

①超スマート社会推進委員会 ②社会連携教育運営委員会  
③異分野融合研究推進委員会

COVID-19 感染拡大の影響により対面でのイベントやオフキャンパスプロジェクトは大きな制約を受けましたが、超スマート社会推進コンソーシアムでは感染収束後の飛躍のために、文部科学省卓越大学院プログラム「最先端量子科学に基づく超スマート社会エンジニアリング教育プログラム」の助成金などを活用し、表 1-3 に示す

表 1-3 超スマート社会教育研究フィールド

 自動運転車	スマートモビリティ 自動運転やそれを活用したモビリティサービスに関する教育研究プラットフォームです。実際に体験可能な自動運転車と最先端ワイヤレス (5G、ミリ波) を用いたフィールドを構築しています。
 野外フィールド用4脚ロボット	スマートロボティクス 陸、空、水中、製造分野に関するロボット活用の教育研究プラットフォームです。野外用4脚ロボット、ドローン、水中/水上ドローン、デジタルマニュファクチャリング技術などを取り揃えています。
 極低温測定システム	量子科学 次世代に向けた量子コンピューティング、量子センサに関する教育研究プラットフォームです。超高速次世代量子コンピュータと超高感度量子センサの研究・応用を実施しています。
 スーパーコンピュータ:TSUBAME3.0	人工知能 人工知能に関する教育研究プラットフォームです。スーパーコンピュータ「TSUBAME」とWi-Fi6により機械学習サービスの活用基盤を構築しています。
 熱画像に基づくAI空調制御	スマートワークスペース より良い働く場の構築を目指すスマートワークスペースに関する教育研究プラットフォームです。多様なセンサやAIを用いた空調制御などポストコロナ時代のワークスペースを構築しています。
 農業用ドローン(イメージ)	スマート農業 日本型の小規模農業が抱える問題に対応するためのスマート農業に関する教育研究プラットフォームです。AI・IoT・ロボット技術を駆使して、高品質作物を自動安定生産可能な遠隔農業技術を構築しています。

6 つの超スマート社会教育研究フィールドを構築しました。これらの教育研究フィールドは、我々が目指す超スマート社会の縮図という位置付けであり、コンソーシアム参加機関であれば誰でも教育と研究に活用することができるオープンプラットフォームです。教育研究フィールドのテーマや構成に関しては、前年度の各種委員会で

公募を募り、関連するコンソーシアム参加機関での協議により決定されたものです。また 2021 年度にはスーパースマートタウン大岡山構想など新たな教育研究フィールドの構築が予定されていますので、コンソーシアム参加機関の皆様には積極的に教育研究フィールドの構築および活用に御貢献頂きたいと考えています。教育研究フィールドを活用した社会課題の解決や社会実装の検証など随時アイデアを募集しています。

## 2. 超スマート社会推進委員会の活動

### 2-1 超スマート社会グローバルフォーラムの開催

超スマート社会推進コンソーシアムでは、超スマート社会に関する最新動向および最新技術を紹介するとともに、コンソーシアム参加機関・超スマート社会卓越教育院登録学生・海外アドバイザーの国際的なネットワークの場を提供することを目的に、2020 年 9 月 12 日に超スマート社会グローバルフォーラムをオンラインにて開催しました。プログラムを図 2-1 に示します。オンラインとなることから、単なる講演会ではなく、講演会とグループディスカッションを組み合わせた新たな取り組みとするとともに、欧州および北米からの参加者を考慮して午前・午後の 2 セッションに分けて実施しました。

Program	Main Topic: 5G & Beyond to realize super smart society
<b>Session 1</b>	
9:00-9:30	Invited talk by Dr. Ali Sadri (Vice President of SOLiD Gear, Inc.) Talk title: Role of mmWave Intelligent Repeaters in enhancing 5G coverage
9:30-10:30	Group discussion
<b>Session 2</b>	
16:00-16:30	Invited talk by Dr. Sumei SUN (Lead Principal Investigator of the Institute for Infocomm Research (I2R), Agency for Science, Technology, and Research (A*STAR))  Talk title: From 5G to 6G: What would be the key driving applications and enabling technologies?
16:30-17:30	Group discussion

図 2-1 グローバルフォーラムプログラム

フォーラム全体の主題を「超スマート社会実現のための 5G and beyond (第 5 世代以降の移動通信網)」とし、5G and beyond に関する最先端技術の講演と、5G and beyond の超スマート社会実現への貢献に関するグループディスカッションの組み合わせで実施しました。午前中のセッションでは、最初に米国 Solid Gear 副社長 Ali Sadri 氏より 5G の高速・大容量を支えるミリ波による

サービスエリア拡大の技術についての講演を頂きました。その後のグループディスカッションでは、海外アドバイザーと参加者が 7~8 名のグループに分かれて、10 年後を見据えた 5G 高速通信の応用に関する議論を行ない、最後に全体会で各グループの議論の結果を共有しました。午後のセッションでは、最初にシンガポールの IIR (Institute for International Research) 主席 研究員 Sumei Sun 氏より 5G の実現技術と 6G へむけた技術の発展について応用も視野に入れた講演を頂きました。その後のグループディスカッションでは、午前とは別の海外アドバイザーが参加者と 7~8 名のグループに分かれて 10 年後を見据えた IoT (Internet of Things) の応用について議論を行ない、最後に午前と同様、議論の結果を共有しました。

英語での議論に慣れていない参加学生も多い中で、海外アドバイザーのサポートを得ながら学生がファシリテータとなり国や専門性を超えた議論を進行する難しさはあったものの、特に学生のグローバルリーダーシップ涵養のために有意義なイベントでした。

2021 年度の超スマート社会グローバルフォーラムは 2022 年 3 月に開催する予定です。より多くのコンソーシアム参加機関の皆さまに出席いただけるような実施方法を検討中です。

### 2-2 超スマート社会推進フォーラムの開催

デジタル技術は、製造現場やオフィスの効率化のみならず、そこで働く人々のライフスタイルや働き方を大きく変革しつつあります。このような大きなトレンドを踏まえ、超スマート社会推進コンソーシアムでは、2021 年 3 月 8 日、「バーチャル空間 (デジタルツイン) の進化と新しいライフスタイル」と題して、第 3 回 SSS 推進フォーラムをオンラインで開催しました。本フォーラムは、超スマート社会推進コンソーシアム主催、東工大の共催、計測自動制御学会、情報処理学会、電子情報通信学会、東工大超スマート社会卓越教育院、(株)みらい創造機構、ならびに IEEE Japan Council の協賛、大田区、川崎市、横浜市経済局、ならびに蔵前工業会の後援で開催されました。プログラムを図 2-2 に示します。

フォーラム前半では、コンソーシアムコーディネータの阪口啓教授の挨拶に続き、日本マイクロソフト株式会社の榊原彰氏から「超スマート社会の実現に向けて/マイクロソフト最新テクノロジー」と題した基調講演が行なわれ、新たな社会課題を解決するツールとしての AI、

IoT、デジタルツイン、XR など、超スマート社会の実現に向けた最新テクノロジーの活用事例が紹介されました。引き続き、NTT アーバンソリューションズ株式会社の上野晋一郎氏、アズビル株式会社の大曲康仁氏、富士通株式会社の及川洋光氏、本学特任准教授の川上玲氏から、デジタルツイン、AI、AR/VR 技術等に関連するご講演をいただき、各社の取り組みとともに超スマート社会実現に資する最新技術トレンドを紹介いただきました。

超スマート社会推進コンソーシアム Super Smart Society Promotion Consortium

第3回 SSS 推進フォーラム

## バーチャル空間(デジタルツイン)の進化と新しいライフスタイル

デジタル技術は、製造現場やオフィスの効率化のみならず、そこで働く人々のライフスタイルや働き方を大きく変革しつつあります。超スマート社会推進コンソーシアムでは、超スマート社会実現に資する最新技術トレンドを紹介するとともに、新たな気づきを得る場として、デジタルツイン、AI技術、AR/VR技術など、様々な分野の専門家にご講演頂き、様々な現場での具体的な応用や利活用を通して未来の超スマート社会への展望を論じます。

### プログラム

13:00	開会・開会の辞 (コーディネーター・工学院教授 阪口 啓氏)	
13:10	基調講演 超スマート社会の実現に向けて/マイクロソフト最新テクノロジー(仮)	
	日本マイクロソフト株式会社 執行役員 最高技術責任者 兼 マイクロソフトディベロップメント株式会社 代表取締役 社長 納原 彰氏	
13:50	講演 1 NTT グループの街づくり事業の取組	
	取締役 デジタルイノベーション推進部長 上野 晋一郎氏	
14:20	講演 2 ビル空調業界におけるデジタルツインの活用	
	アズビル株式会社 東南アジア戦略企画推進室 マネージャー 大曲 康仁氏	
14:50	休憩	
15:05	講演 3 「デジタルツイン」による少し先の未来をお話しします	
	富士通株式会社 エバンジェリスト推進室 室長 及川 洋光氏	
15:35	講演 4 みんなの創造性でデジタル技術プロジェクトとXRにおけるデジタルコンテンツの未来	
	東京工業大学 情報理工学 院 特任准教授 / デンソー IT ラボラトリシニアリサーチャー 川上 玲氏	
16:05	パネルディスカッション	
	パネリスト : 講演者 (納原氏、上野氏、大曲氏、及川氏、川上氏) モデレーター : 畑中 健志氏 (工学院 准教授)	
16:35	超スマート社会推進コンソーシアムのご説明(コンソーシアム運営委員長・副学長・工学院教授 岩崎信行氏)	
16:50	閉会の辞 (理事・副学長 水本 吾弥氏)	
17:00	閉会	

2021.3.8 Mon オンライン開催 (Zoom) 13:00~17:00 参加無料

主催：超スマート社会推進コンソーシアム (問合せ Tel:03-5734-3625 Email: sss-secretariat@ssstec.ac.jp)  
 共催：東京工業大学  
 協賛：(公社) 野村自動制御学会、(一社) 情報処理学会、(一社) 電子情報通信学会、  
 東京工業大学超スマート社会卓越教育院、国みらい創造機構、IEEE Japan Council  
 後援：川崎市、産前工業会、横浜市経済局

図 2-2 第3回 SSS 推進フォーラムプログラム

フォーラム後半では、5 名の講演者に阪口啓教授、コンソーシアム事務局の福田英輔特任教授がパネリストとして加わり、畑中健志工学院准教授がモデレーターとなり、各専門分野における将来的な技術活用についてのパネルディスカッションが行なわれました。ここでは、デジタルツイン関連技術の具体的な応用や利活用を通じた未来の超スマート社会への展望や、将来に向けた人材育成や超スマート社会推進コンソーシアムに対する期待などを議論しました。

DX (Digital Transformation) に対する期待が急速に拡大する中、タイムリーな技術テーマであったことや、オンライン開催であったことから、学内外から 346 名が参加し、最先端技術を共有することができました。

### 3. 社会連携教育運営委員会の活動

#### 3-1 サイバー・フィジカル・オフキャンパスプロジェクトの実施

社会連携教育運営委員会の活動の一環として、本コンソーシアムおよび超スマート社会卓越教育院では、サイバー・フィジカルオフキャンパスプロジェクト（修士課程および博士課程の学生向けの異分野融合型インターンシップ）を企画しました。募集に際しては、コンソーシアムの Web サイトにコンソーシアム参加機関の募集情報を掲示し、広く学生に周知しました。このインターンシップは超スマート社会卓越教育課程の登録および修了に必要な主要要件であり、モチベーションの高い学生の応募を促しました。緊急事態宣言が発出された難しい時期ではありましたが、2020 年の春休み期間については 14 機関の募集があり、7 機関で 9 名の学生のインターンシップを受け入れて頂きました。また、2020 年の夏休み期間のインターンシップについては、6 機関に 7 名の学生のインターンシップを受け入れて頂きました。一方、課題としては、留学生を想定した英語によるインターンシップの難しさが挙げられます。2021 年度も引き続き参加機関の要望と学生の専門能力が合致する新たな分野を発掘し、より多くのインターンシップの受け入れをお願いしたいと考えています。時期は夏休み期間中(2021 年 8 月)、ならびに春休み期間中(2022 年 3 月)を想定しています。また、グローバル化の伸展に鑑みて、英語によるインターンシップの実現を働きかけるとともに、世界の状況を見ながら海外でのインターンシップも企画していきたいと考えています。

#### 3-2 超スマート社会創造科目

超スマート社会卓越教育院では、本卓越教育課程登録の学生、または興味を持っている学生（修士課程、博士課程）を対象に、超スマート社会を実現する専門力と俯瞰力を涵養するために、本コンソーシアム参加機関に協力いただき、実社会の先端的課題に関するオムニバス講義を開講しています。これにより、サイバー/フィジカル両面にまたがる専門分野で独創的な科学技術を創出するとともに、量子科学から超スマート社会までの道筋を俯瞰して様々な社会課題を解決し、産官学の各セクターを牽引できるリーダーシップ力を備えた学生の育成を目指します。2020 年度は、コンソーシアム参加機関のご協力による社会連携科目「超スマート社会創造 A1：量子科学の最前線」、ならびに「超スマート社会創造 A2：IoT/



ロボティクス/スマートシティ」を開講しました。COVID-19 感染拡大に鑑み、講義ビデオのオンデマンド配信と掲示板システムによるディスカッションを用いて、参加機関の研究者によるオムニバス講義を実施しました。2020 年度の第 2・第 4 クォータに開講した A2 には計 40 名が履修登録して 36 名が単位を取得し、また第 3 クォータに開講した A1 には 23 名が履修登録して 21 名が単位を取得しました。オンデマンドビデオ形式の講義や掲示板システムによるディスカッションは前例がありませんでしたが、学生は熱心に講義を履修して議論を行ない、講義内容や実施形態にも好意的な意見が多くありました。2021 年度からは、さらにスマート農業に関する「超スマート社会創造 A3：スマート農業の最前線」を開講すべく、関係機関と協議を進めています。

### 3-3 超スマート社会オンライン教育コンテンツの制作

2020 年度はオンライン教育の長期的な展開方針を策定しました。超スマート社会推進に寄与する、より効果的なオンライン教育の実施方法を検討し、今後のオンライン教育コンテンツを「SSS プロフェッショナルコース」と、「MOOC (Massive Open Online Course：大規模公開オンラインコース) 等の一般向け OER (Open Educational Resources：オープン教育資源)」の二種類の枠組みで提供するように基本方針を定めました。

「SSS プロフェッショナルコース」では、主に超スマート社会推進コンソーシアム参加機関に所属する社会人を対象とし、超スマート社会に関連する技術領域を中心とした専門性の高い内容を学習できるオンラインコースを提供します。最初のコースとして「スマートモビリティ」のコース開発に着手し、2021 年秋の開講を目指しています。2021 年度はさらに 2 コースの開発に取り掛かる予定です。

「MOOC 等の一般向け OER」では、「プログラミングしながら学ぶコンピュータサイエンス入門」の英語版を完成させ、edX (注：ハーバード大学と MIT が共同で立ち上げた無料のオンライン教育サービス) で開講しました。本コースは 2020 年度末までに日本語版に 1500 名、英語版も開講から 3 ヶ月で 500 名の登録者を集める人気コースとなりました。そのほか、MATLAB 言語のプログラミングを学べる「将棋で学ぶプログラミング」コースの開発も進行中で、こちらは 2021 年秋の開講を予定しています。

## 4. 異分野融合研究推進委員会の活動

### 4-1 マッチングワークショップの開催

2020 年 6 月 17 日、7 月 1 日にオンラインにて上期の異分野融合マッチングワークショップを開催しました。6 月 17 日は東工大学生からシーズ (図 4-1) を発信するラウンド (S-Round) であり、一方、7 月 1 日は、超スマート社会推進コンソーシアム参加機関からニーズを提示いただくラウンド (N-Round) です。34 名の学生と 22 の機関の研究者、および本学教員が参加し、活発な議論が行なわれました。学生と参加機関双方にアンケートを取り、その後、8 件ほどのマッチングが成立しました。さらに、2020 年 11 月 18 日、12 月 2 日に、下期の異分野融合マッチングワークショップを上期と同様の形態で開催しました。29 名の学生と 16 の機関の研究者、および本学教員が参加し、6 件のマッチングが成立しました。この 2 つのワークショップでのマッチング結果を含め、2020 年度には 7 件の共同研究を開始しています。



図 4-1 S-Round における参加学生のシーズ

### 4-2 超スマート社会教育研究フィールドの構築

#### 4-2-1 スマートモビリティ

超スマート社会卓越教育課程に登録する学生の教育、ならびに超スマート社会推進コンソーシアム参加機関とともに自動運転やそれを活用したモビリティサービスに関する共同研究を実施するためのプラットフォームを構築しています。

2020 年度は、登録学生を対象に自動運転車の操作・乗車体験を通じた教育を実施しました (図 4-2)。また、キャンパス内に 60 GHz ミリ波帯アンテナ、カメラ及び LiDAR (Light Detection and Ranging) を具備した路側機 (RSU: Road-Side Unit) を設置しました (図 4-3)。これにより、カメラ映像と LiDAR の点群情報とをセンサ

融合することで、周辺環境を立体的な情報として取得することが可能になります。これらの情報は、ミリ波無線伝送を用いてリアルタイムに車両に伝送され、事前の危険察知が可能となることで自動運転制御や安全運転に資することができます。さらに、新たな自動運転車として、公道での走行を想定したハイブリッド車を導入しました（図 4-4）。これにより、既に所有している車両と併せて車車間通信を含めた実験デモも可能となり、より充実した演習カリキュラムの構築や参加機関との実証実験が可能となります。

2021 年度は、RSU ネットワークを整備し本格的な稼働を開始するとともに自動運転機能の拡充を図り、モビリティサービスの研究開発を進める予定です。さらに、実験用としての 5G ネットワークをキャンパス内に展開していく予定です。また、他のフィールドとの融合による新たなサービスを創出可能なプラットフォームの実現が期待されます。これらの環境はコンソーシアム参加機関の皆様オープンにご活用いただけるものです。



図 4-2 自動運転演習の様子



図 4-3 キャンパス内に設置した RSU



図 4-4 公道での走行を想定した自動運転車

#### 4-2-2 スマートロボティクス

##### ● Robot Zoo Sky

Robot Zoo Sky は異種のドローンや移動ロボットを複数台同時制御するプラットフォームとして、2019 年度に構築されました。本教育研究フィールドは、効率的でロバストな環境モニタリング技術を開発することで、自然災害後の被害状況把握を支援し、レジリエンス強化の文脈で超スマート社会の実現に貢献することを目的としています。さらに、本教育研究フィールドでの演習を通じて、学生はネットワークで接続された複数のシステムを安全に制御・運用するための技術を修得することができます。

2020 年度は、本教育研究フィールドを利用した学修カリキュラムの構築に取り組みました。特に、フィールドの基盤であり、かつ社会的に広く普及しつつある Robot Operating System (ROS) の使用方法についての講習カリキュラムが完成しました。10 月にはコンソーシアム参加機関の技術者を対象に本 ROS 講習を実施し好評を得ました。また、実機を用いた演習の実施に向けて、前年度に購入した地上ロボットのシステム構築、モデリング、基礎的な制御系設計を実施し、教育への利用が可能であることを確認しました。さらに、複数の地上ロボットを協調制御するシステムを構築しました（図 4-5）。今後は、



図 4-5 複数地上ロボットの協調制御システム



ROS 講習と実機演習を連携させることで、さらに魅力あるカリキュラムへと発展させるよていです。

マルチドローンの協調制御システムについては、本教育研究フィールドから新たな環境モニタリング制御アルゴリズムが生み出されました。これにより、ターゲットの監視、衝突回避、環境の巡回、給電所への帰還など、現実に要求される様々な仕様をすべて調整し、満足する制御が可能になりました(図 4-6)。本研究成果は国際会議 IEEE Conference on Control Technology and Applications に発表し Outstanding Student Paper Award を受賞しました。本制御システムについてはコンソーシアム参加機関向けの実験デモを実施しました。本フィールドを活用した更なる連携研究の促進が期待されます。

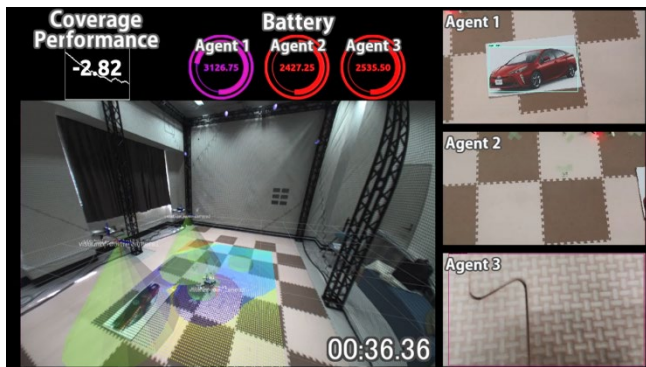


図 4-6 新たな環境モニタリング制御技術

### ● Robot Zoo Aqua

Robot Zoo Aqua は、ロボットが活躍するフィールドを水中に拡張することを目標としています。2019年度、本教育研究フィールドの基盤施設として、大型水槽、光学式モーションキャプチャシステム、および水中ドローンを導入しました。

2020年度は、本フィールドをより充実させるために慣性センサ式モーションキャプチャシステムを導入しました。本システムは図 4-7 のように人体やロボットに簡単に装着することが可能です。この図では例として上腕、

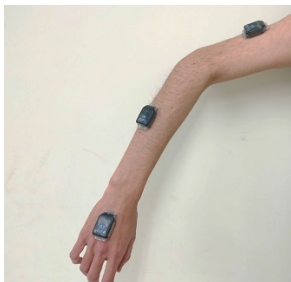


図 4-7 人体腕部に装着した慣性センサ

前腕、手部に一つずつ慣性センサを装着していますが、システム全体としては 16 個の慣性センサによる同時計測が可能で、かつ水中運動にも対応可能なように防水仕様となっています。現在、水中運動解析シミュレーションソフトウェアとの連携を進めており、これが実現すれば、人間の水中スポーツや水中エクササイズなどの全身運動を容易に計測して解析を行なうことが可能になります。

また、前年度に購入した光学式モーションキャプチャシステムのカメラを天井に固定しました(図 4-8)。これによって、スタンド位置の微小変化による再キャリブレーションの負荷が軽減され、さらに高精度な計測が可能になります。また、水上ドローンの自動制御システム構築に向けて、アクチュエーションの自動化を実現しました。具体的には、既存の制御装置を改造し、マイコンからの制御指令をロボット運動に反映させることが可能になりました。

さらに、本教育研究フィールドでは、コンソーシアム参加機関に見学いただくとともに、今後は本フィールドを活用した連携研究の具体化を推進します。

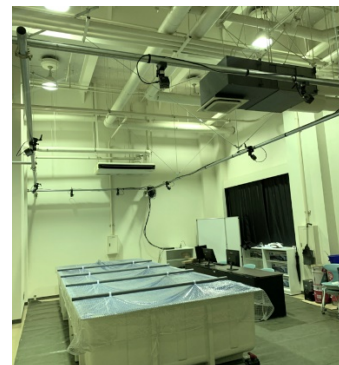


図 4-8 天井に固定された光学式モーションキャプチャシステム用カメラ

### ● Robot Land

Robot Land は、協働ロボット、東工大が開発した野外フィールド用 4 脚ロボット、多機能ロボットモジュールといった教育研究用のロボットプラットフォーム群と、デジタルシグナルプロセッサ及びコントローラ装置、制御用高速モーションキャプチャシステム、高精度 GNSS+INS (Global Navigation Satellite System+ Inertial Navigation System) ハイブリッド装置といった、ロボットの評価、制御設備群から構成されています。これらの設備を活用して、5G、IoT、AI を活用したスマートロボティクスの教育研究環境と、教育プログラムを提

供し、災害対応・インフラ整備・高齢化等、社会課題を  
見据えた実践的教育研究の推進を目指しています。

2020 年度は、各設備の稼働が開始され、制御用高速  
モーションキャプチャシステムは、各種ロボットの運動  
解析に活用されています。またこのシステムを用いるこ  
とで、オペレータの動きに従ってリアルタイムでロボッ  
トを駆動することに成功し、ロボットの遠隔操作による  
協働作業が可能なることを示しました(図 4-9)。また、協  
働ロボットを可搬可能な屋内用全方向移動プラット  
フォーム、ならびに屋外用不整地移動プラットフォーム  
を整備しました(図 4-10)。さらに、野外フィールド用 4  
脚ロボットの研究開発を進め、GNSS+INS の誘導によ  
り野外での自律動作を実現しました(図 4-11)。



図 4-9 制御用高速モーションキャプチャシステムを  
用いた遠隔作業

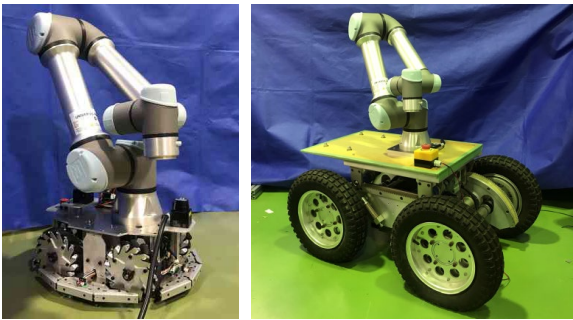


図 4-10 モバイルマニピュレータ VR テレオペレ  
ーションシステム (左: 屋内用, 右: 屋外用)



図 4-11 野外フィールド用 4 脚ロボット

## ●Smart Manufacturing

2020 年度の Smart Manufacturing 教育研究フィー  
ルドでは、(1) 3次元 CAD (Computer-Aided Design)に  
より設計された部品の加工計画を生成するための CAM  
(Computer-Aided Manufacturing)システムと加工機を連  
携しデジタルマニファクチャリングを体験できる環境  
の構築、(2) 機外に設置した 3次元カメラから、加工  
機に取り付けられた加工対象の形状データを機械座標上  
で定義するためのシステム作りなど、各種センサの実働  
環境を整備しました。特に、3次元カメラによる材料の  
位置・姿勢の取得に関しては、撮影のための光源や、カ  
メラによる 3次元データを補完するための触診式タッチ  
プローブなどを新たに導入することで、より高精度な計  
測の実現環境の整備を行ないました(図 4-12)。

一方、現在の加工・ものづくり分野の先端的なテー  
マの研究を進めるために、高いサンプリング周波数をもつ  
荷重センサや超音波援用加工を行なうための機材を導入  
しました。これらの機器を連携させた実際の加工実習を  
通して、加工工程設計のような上流側の生産システムの  
研究トピックから、超音波振動切削のように加工現場に  
実際に導入されつつある下流側の新しい加工技術までの  
体験的な理解に役立てることが出来ます。特に、サイ  
バー分野をベースとする学生に対しては、実際に加工の  
様子を見ながらこれらの先端研究に触れるための機会を  
提供することで、異分野を融合した研究のヒントになる  
ことが期待できます。

2021 年度は新たに導入した設備と既設の装置を有効に連  
携させ、具体的な実習プログラムの開発を行なう一方、  
AM (Additive Manufacturing)のような比較的新しい加工  
プロセスと、切削加工に代表されるような従来型の高精  
度加工を連携させた高効率生産システムの提案を目指し  
て研究を進める予定です。

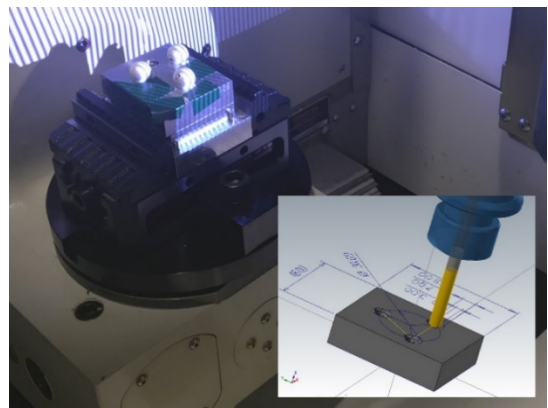


図 4-12 3D カメラによるワーク位置・姿勢の計測



## 4-2-3 量子科学

## ●量子コンピューティング

量子コンピュータは、量子力学の原理に基づく超高速次世代コンピュータとして、その実用化が期待されています。通常のコンピュータが「0」もしくは「1」のいずれかの状態（ビット）を情報処理に用いるのに対し、量子コンピュータでは、「0と1の重ね合わせ状態」である量子ビットを計算に使用します。大規模に集積した量子ビットを操作することで、超並列な高速計算が可能となることが知られており、その応用の探索も進んでいます。また、超スマート社会に要求される情報処理の問題解決への貢献も期待されています。

量子ビットを実現するための研究は、様々な物理系で精力的に行なわれています。超伝導を用いる方式が進んでいますが、シリコン量子ドット中のスピンも有望な系の1つとして期待されています。これは半導体加工技術による将来的な素子の集積化が可能な方式であり、更に情報の保持時間に相当するコヒーレンス時間が長いという利点があります。本教育研究フィールドでは、主にこの方式の研究に取り組みながら、人材育成と高度な量子技術の研究を行なっています。

2020 年度は、既存の極低温冷凍機（冷媒式・無冷媒式）と組み合わせて、図 4-13 の模式図に示すような、量子ビットを実装・評価するための測定系を構築し（図 4-14）、SSS キックオフ記念式典でのデモンストレーション等を実施しました（図 4-15）。また、極低温における量子現象を観測するための高精度で低雑音な測定系を拡張するため、ベクトル信号発生器、高速オシロスコープ、ロックインアンプからなる量子コンピューティングデバイス測定システム拡張用機器など、新たな設備を導入しました。2021 年度は、最先端量子科学研究で用いられる高周波技術、精密測定技術、極低温技術、真空技術等の修得を目的に、卓越大学院登録学生とともに測定システムを利用し量子状態を計測する実習や、企業を対象とした One-Day School を行なう計画です。また、関連する企業や国研等の方々にも活用して頂き、共同研究を進めたいと考えています。

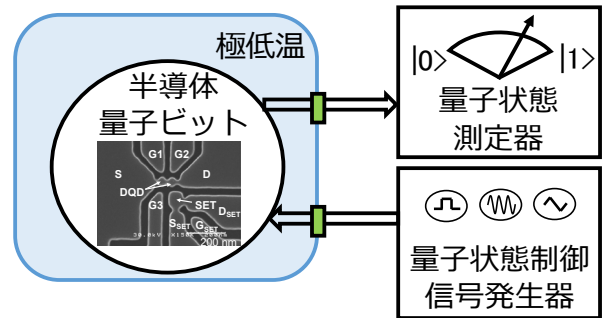


図 4-13 量子ビット測定系の模式図



図 4-14 既存無冷媒冷凍機と組み合わせた測定系



図 4-15 極低温技術や精密測定に関する演習風景写真

## ●量子センサ

センサとは物理現象や対象物の状態を、電気信号に変換する装置であり、とりわけ量子効果(量子力学に現れる現象)を使った量子センサでは、従来よりも高感度な検出が可能になります。これにより今までは検出できなかった情報が検出でき、超スマート社会構築への貢献が期待されています。

量子センサには超伝導量子磁束干渉計(SQUID :



Superconducting Quantum Interference Device)、ダイヤモンド窒素空孔中心(NV センター)、原子ガスを用いたものなどがありますが、この中で我々は特に図4-16 に示した、微小な磁界を検出できる SQUID に注目しています。高感度な検出が可能になれば、心臓や脳から発生している微弱な磁界を検出できるようになり、脳磁計や心磁計として医療に応用することができます。さらに、磁性マーカーを利用した免疫検査なども可能になります。このように超スマート医療に向け SQUID は重要な要素となりますが、技術的課題は、空間分解能が悪く、その動作に極低温が必要なことです。

そこで本教育研究フィールドでは、より小型で高温で動作する SQUID 開発に向け、その材料となる数原子層の厚さの高温超伝導体の開発を進めています。2020 年度はこの研究推進のため、超伝導薄膜特性評価装置を用いて SrTiO<sub>3</sub> 基板上的の単層 FeSe 薄膜の高温超伝導の研究を行いました。この結果、基板の表面構造を変えることで FeSe 薄膜の超伝導ギャップの大きさが系統的に変化することを明らかにしました。さらに超伝導薄膜作製装置を用いて単原子層の炭素シートであるグラフェンを用いた超伝導体の開発に取り組みました。平行して、SQUID と同じく微小な磁界を検出可能な、ダイヤモンド NV センターを用いた物性研究にも着手しました。

さらに、これらの装置を用いた卓越大学院登録学生向けの実習(図 4-17)を行ないました。以上のように、量子センサ教育研究フィールドでは、研究に取り組むだけでなく人材育成と量子科学の教育も実施しました。今後は One-Day School や共同研究を通じて企業や国研の方々にも本フィールドを活用していただきたいと考えています。

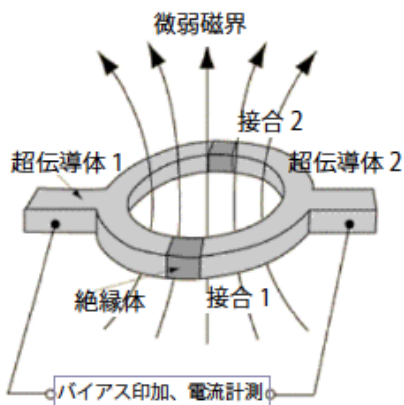


図 4-16 超伝導量子磁束干渉計(SQUID)の模式図

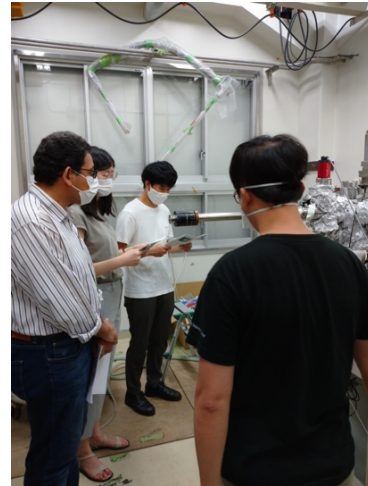


図 4-17 量子センサの実習風景

#### 4-2-4 人工知能

超スマート社会では、日常のあらゆる機器がコンピュータに接続されたスマートなものになり、安全かつ便利な生活を送ることができるようになると期待されています。コンピュータによる制御には、センサやカメラによって周囲の状況を認識・理解し動作するシステムが不可欠です。ただフィジカルな世界の情報にはノイズの入った曖昧なものが多く、これらをサイバー世界で的確に処理するためには、コンピュータが扱いやすい記号的な情報に変換する必要があります。

本教育院では、人工知能技術を超スマート社会におけるサイバーとフィジカルをつなぐ基盤技術のひとつとみなし、登録学生が手軽に人工知能技術を使いこなせるようになることを目標に教育を行なっています。東工大では、2020 年度より大学院課程の学生を対象とした全学規模のデータサイエンスおよび AI (DSAI: Data Science and Artificial Intelligence) 教育を開始しました。ここでは既存の座学みの授業とは異なり、学生が実際に機械学習ツールを動かしながら演習を行なえるのが特徴です。本教育研究フィールドではこのための WiFi 6 を使った教育システムを構築し、2020 年度より稼働しています。

人工知能技術の一つである深層学習を効率よく使用するには、GPU (Graphics Processing Unit) と呼ばれる高度な計算資源が必要となります。現時点では GPU はすべての学生が購入するには高価な機材ですが、クラウド上のサービスを使うことですべての学生に同等の計算資源を安価に提供することができます。本教育研究フィールドでは、学生は自身の所有する PC を使って WiFi

経由でクラウド上の学習環境に簡単にアクセスできます。クラウド上では Google Colaboratory<sup>(注)</sup> と呼ばれる Web サービスを使って、教員の提示した資料や演習問題を「動く教科書」として実際に実行することができ、快適な学習が可能になります(図 4-18)。また、本学のスーパーコンピュータ TSUBAME(図 4-19)上に搭載されている GPU を利用することも可能です。

(注) Google Colaboratory: Google 社が提供している機械学習の教育や研究用の開発環境

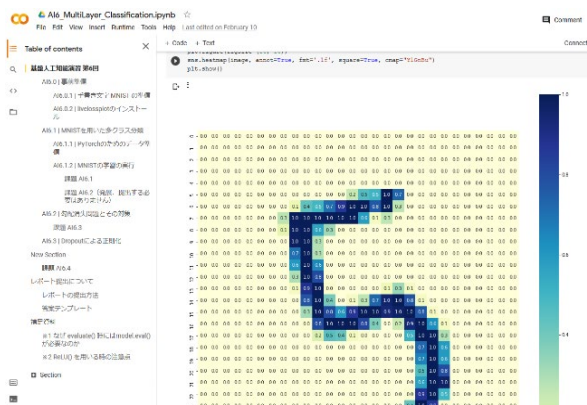


図 4-18 Google Colaboratory

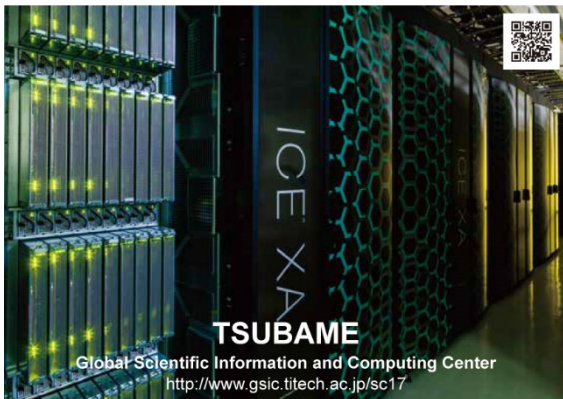


図 4-19 TSUBAME

2020年度からは本教育院の登録学生を対象として、最先端の研究成果を、実習を通して本学教員から直接学ぶことができ、本演習を通してさらなるスキル向上を目指しています。2020年は8月に音声認識および音声合成に関する演習を実施し、10月には学習の成果発表会も開催しました。

これらに加えて、2020年度からはオンラインによるサポートも開始しました。これは学生が人工知能を実際に自分の研究プロジェクトに利用するうえで生じる技術上の問題を専用のオンライン掲示板で質問し、必要に応

じて教員と直接ミーティングを行なうことで問題を解決できる体制を確立しています。

#### 4-2-5 スマートワークスペース

2020年度よりスタートした本教育研究フィールドでは、より良い働く場を目指した「スマートワークスペース」をテーマにプラットフォームを構築しています。これまで働く場として、オフィス以外の選択肢がほとんどなく、オフィスは単純に仕事の生産性を高めることに焦点が当てられてきました。しかし、健康経営への関心の高まりや2019年の働き方改革関連法の施行に伴い、オフィスでの健康管理も強く求められています。加えて2020年のCOVID-19の流行によって、在宅勤務の導入が急激に進み、住宅にも働く場としての役割が求められるようになりました。そこでスマートワークスペース教育研究フィールドでは、オフィスと住宅の働く場、ならびに健康管理の場としてのあり方を検証していきます。

2020年度は第一弾として、大手町のオフィス(図 4-20)に室内環境や執務者のバイタルサインのセンサネットワークの構築を開始しました(2021年5月末竣工予



図 4-20 センサネットワークを構築中のオフィス

定)。ここでは、センシング結果を基に、AIを用いたスマートな空調制御を行なうことで、従来の室温制御では成し得ない、より人に寄り添った、快適で生産性の高い環境を作り出すことを目指します。さらには、バイタルサインのセンシングによりオフィスでの健康管理のあり方を検証します(図 4-21)。

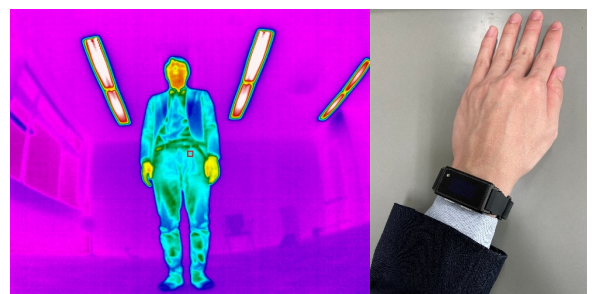


図 4-21 バイタルサインのセンシングの例



2021年度は、上記のセンサネットワークを活用してこれからのオフィスのあり方の検証を開始します。オフィスでの健康管理の面での喫緊の課題として、ポストコロナ下での感染対策が挙げられます。センシングした熱画像センサ情報を境界条件に数値流体解析を行ない、飛沫核の挙動をサイネージやMR（Mixed Reality）で可視化することで、ポストコロナ時代の感染対策を提示したいと考えています。また、もう一つの重要な働く場となった「住宅」の検証を行なうために、本学のすずかけ台キャンパス内に在宅勤務環境を再現する計画をしています。2021年度に工事を行ない、2022年度から被験者実験などの場として本格稼働する想定です。

#### 4-2-6 スマート農業

スマート農業は、ロボット、ICT（Information and Communication Technology）、AI（Artificial Intelligence）の先端技術を活用し、育種、生産、加工、流通、消費という農業におけるフードチェーン全体の生産性を高めることを目的としています。日本では、小規模農地が多いため効率化が難しく、また就農人口も減少していることから、スマート農業を早急に導入する必要があります。

本教育研究フィールドでは、東工大が強みとするロボット技術、ICT技術、AI技術を活用することで、様々なセンサから多くのデータを取得し、それを用いて意思決定を行なうエッジAIおよびクラウドAIを構築します。将来的には、無人での運用が可能な遠隔農業の実現を目指します。

2020年度に東工大すずかけ台キャンパスにスマート農業研究教育フィールドを構築することが決定しました。近年のドローンの急速な普及により、農地を高精度に計測したデータを大量に取得することが可能になりました。構築した教育研究フィールドで観測を行ない、得られたデータを用いて、生産性の高い農業を実現するための技術基盤を開発します。そこでは、複数のドローンを自律的に制御する高度なロボット技術も併せて開発します。電気・通信・水道・定点観測センサネットワークを完備したドローンの飛行が可能な緩衝ネット付きスマート農業フィールドが2021年度に完成します。（図4-22、4-23）。その後、コンソーシアム参加機関との共同研究の場として活用していく計画です。

また、本教育院は、スマート農業を推進するリーダーを育成することも目的としており、コンソーシアム参加

機関と共同で上述の農業フードチェーンの各要素を学ぶ講義科目を開講予定です。

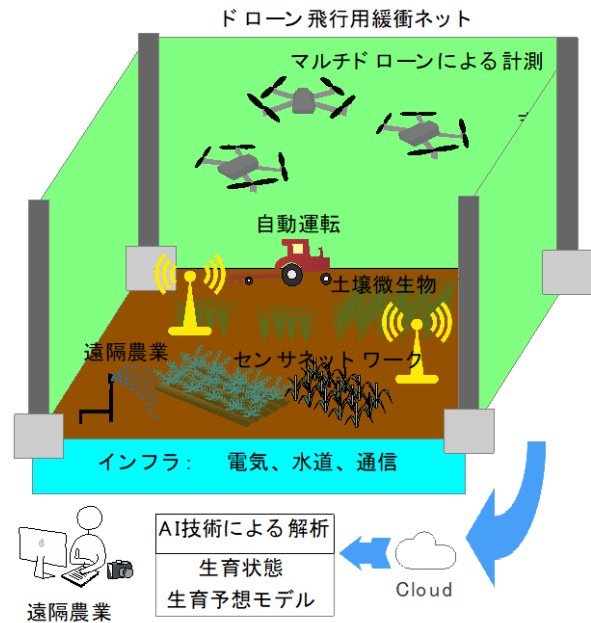


図 4-22 小規模露地スマート農業のための教育研究フィールド



図 4-23 スマート農業フィールド現地の予想図



## 5. 運営委員の紹介



## 運営委員長

岩附 信行  
国際広報担当副学長  
工学院 機械系 教授  
専門分野：ロボットの機構と制御、音響環境、アクチュエータ



## コーディネーター

阪口 啓  
超スマート社会卓越教育院 院長  
工学院 電気電子系 教授  
専門分野：B5G、IoT、ミリ波、無線電力伝送、コネクティッドカー、自動運転



## 副コーディネーター

岡田 健一  
工学院 電気電子系 教授  
専門分野：無線、ミリ波、5G、IoT、BLE、PLL、アナログ回路、センサ、ADC

超スマート社会推進委員会 委員長  
事務局 全体幹事

福田 英輔  
工学院 特任教授  
専門分野：ワイヤレスネットワーク、無線通信デバイス



## 社会連携教育運営委員会 委員長

三平 満司  
工学院 システム制御系 教授  
専門分野：非線形制御理論、制御応用、劣駆動システム



## 異分野融合研究推進委員会 委員長

篠田 浩一  
情報理工学院 情報工学系 教授  
専門分野：音声認識、映像理解、深層学習



## 財務担当

岩波 光保  
環境・社会理工学院 土木・環境工学系 教授  
専門分野：維持管理工学、海洋構造工学、マルチスケールデザイン



## 設備担当

鈴森 康一  
工学院 機械系 教授  
専門分野：人工筋肉、ソフトロボット、マイクロロボット、フルードパワーアクチュエータ



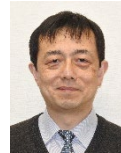
## 評価担当

高安 美佐子  
科学技術創成研究院 ビッグデータ数理工学研究ユニット 教授  
専門分野：ビッグデータ解析、モデリング、統計物理学



## 学内教育担当

藤澤 利正  
理学院 物理学系 教授  
専門分野：量子輸送現象、半導体ナノ構造、量子ホール効果



## グローバル連携担当

高田 潤一  
国際連携担当副学長  
環境・社会理工学院 融合理工学系 教授  
専門分野：電波伝搬、電波応用センシング・計測、ICT と国際開発



## オンライン教育担当

井村 順一  
教育運営担当副学長  
工学院 システム制御系 教授  
専門分野：制御理論、ネットワーク制御



## 産学連携担当

吉野 淳二  
理学院 リサーチ・アドミニストレーター(URA)



## 産学連携担当

山田 良一  
工学院 リサーチ・アドミニストレーター(主任 URA)



## 産学連携担当

原田 隆  
情報理工学院 リサーチ・アドミニストレーター(主任 URA)



## 産学連携担当

中戸川 万智子  
生命理工学院 リサーチ・アドミニストレーター(URA)



## 産学連携担当

米山 晋  
環境・社会理工学院 リサーチ・アドミニストレーター(主任 URA)



## 産学連携担当

小林 義和  
科学技術創成研究院 特任准教授



**2020年度**  
**超スマート社会推進コンソーシアム活動報告書**

---

発行日 2021年6月18日  
発行者 岩附 信行  
編 著 超スマート社会推進コンソーシアム運営委員会

発 行 超スマート社会推進コンソーシアム事務局  
〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 S3-14  
TEL:03-5734-3625

無断転載を禁止します。