

Quantum Science

Smart Mobility

Artificial
Intelligence

超スマート社会推進コンソーシアム

活動報告書

2021

Smart
Agriculture

Smart Workplace

Smart
Robotics

目次

1. 第4期（2021年度）活動概要.....	1
2. 超スマート社会推進委員会の活動.....	3
2-1 超スマート社会推進フォーラムの開催.....	3
2-2 One-Day School の開催.....	4
2-3 大田区起業体験セミナーの開催.....	5
3. 社会連携教育運営委員会の活動.....	5
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.....	5
3-2 超スマート社会創造科目.....	6
3-3 超スマート社会オンライン教育コンテンツの制作.....	6
4. 異分野融合研究推進委員会の活動.....	6
4-1 マッチングワークショップの開催.....	6
4-2 超スマート社会教育研究フィールドの構築.....	7
4-2-1 スマートモビリティ.....	7
4-2-2 スマートロボティクス.....	8
・ Robot Zoo Sky.....	8
・ Robot Zoo Aqua.....	8
・ Robot Zoo Land.....	9
・ Smart Manufacturing.....	10
4-2-3 量子科学.....	10
・ 量子コンピューティング.....	10
・ 量子センサ.....	11
4-2-4 人工知能.....	12
4-2-5 スマートワークプレイス.....	13
4-2-6 スマート農業.....	13
5. 運営委員の紹介.....	15

2021 年度 超スマート社会推進コンソーシアム活動報告書

表 1-1 コンソーシアム参加機関 (2022 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 産業技術総合研究所 情報・人間工学領域
4. 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
5. 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
6. 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
7. 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
8. aiwell 株式会社
9. アズビル株式会社
10. アンリツ株式会社
11. 株式会社イトーキ
12. AGC 株式会社
13. NTT アーバンソリューションズ株式会社
14. LG Japan Lab 株式会社
15. 川崎重工業株式会社
16. 株式会社クボタ
17. KDDI 株式会社
18. 株式会社光電製作所
19. コマツ
20. 株式会社ジェイテクト
21. ショーボン建設株式会社
22. ソフトバンク株式会社
23. 株式会社デンソー
24. 東海旅客鉄道株式会社
25. 株式会社東芝
26. 株式会社トレスバイオ研究所
27. 日本精工株式会社
28. 日本電気株式会社
29. パナソニック株式会社
30. 富士通株式会社
31. 株式会社ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパン
32. 牧野フライス精機株式会社
33. マツダ株式会社
34. 三菱地所株式会社
35. 三菱電機株式会社
36. 株式会社安川電機
37. 横河電機株式会社
38. 楽天モバイル株式会社
39. 株式会社リコー
40. 株式会社 ROCKY-ICHIMARU
41. 農林水産省
42. 大田区
43. 川崎市
44. 横浜市
45. 独立行政法人 中小企業基盤整備機構 関東本部
46. 公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所
47. 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)
48. 一般財団法人 マリンオープンイノベーション機構

1. 第 4 期 (2021 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として 2018 年 10 月に設立されました。2022 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 48 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ならびに、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キング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、超スマート社会卓越教育課程 (2020 年 4 月に東京工業大学に設置) 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に役割としており、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っています。本報告書では、これら各種委員会の 2021 年度の活動をまとめます。

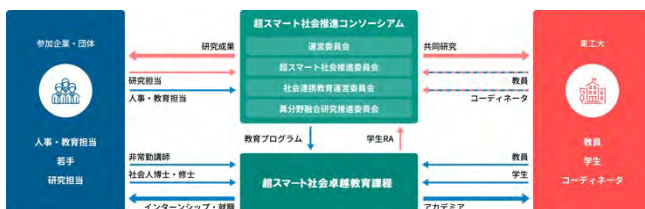


図 1-1 コンソーシアムの組織構成

1-2 第 4 期 (2021 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 4 期 (2021 年度) の活動・イベント一覧を対応する委員会名とともにまとめています。各種委員会は合同で年 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

を行いました。2021年度もコロナ禍の影響を多大に受け、特に夏と春のオフキャンパスプロジェクトはほとんどが実施できませんでした。その中で、SSS One-Day School や大田区起業体験セミナーは、まん延防止等重点措置が解除されていた僅かな期間に対面で開催することができました。

表 1-2 2021 年度活動・イベント一覧


時期	イベント	委員会
2021 年 6 月	第 10 回各種合同委員会	①②③
6 月	マッチングワークショップ (2021 年春)	③
6/7 月	超スマート社会創造 A3	②
7/8 月	オフキャンパスプロジェクト (2021 年夏)	②
9 月	第 11 回各種合同委員会	①②③
9 月	超スマート社会推進フォーラム	①
10/11 月	超スマート社会創造 A1	②
11 月	第 12 回各種合同委員会	①②③
11/12 月	マッチングワークショップ (2021 年秋)	③
11 月	SSS One-Day School	①
12/1 月	超スマート社会創造 A3	②
12/1 月	大田区起業体験セミナー	②
2022 年 1/2 月	オフキャンパスプロジェクト (2022 年春)	②
3 月	第 13 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
3 月	SSS MOOC 配信 将棋で学ぶプログラミング	②
3 月	SSS MOOC 配信 超スマート社会への招待	②

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

一方、教育コンテンツのオンデマンド配信に関しては、コロナ禍の影響でそのニーズが高まり、当初計画以上の成果が出ています。各イベントの詳細を本活動報告書にまとめます。本コンソーシアムでは、コロナ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助成金を含む複数の競争的資金を共同で獲得し、これまでに次に示す 6 つの超スマート社会教育研究フィールド（表

表 1-3 超スマート社会教育研究フィールド

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。
自動運転車	
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、デジタルマニファクチャリング技術などを取り揃えています。
野外フィールド用 4 脚ロボット	
量子科学	
	次世代の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。
極低温測定システム	
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。スパコン「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。
スーパーコンピュータ:TSUBAME3.0	
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。
熱画像に基づく AI 空調制御	
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。
農業用ドローン(イメージ)	

1-3) 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になっています。教育研究フィールドのテーマや構成に関しては、前年度の各種合同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、駿河湾全体を教育研究フィールドにする駿河湾スマートオーシャン構想が提案され、岸田政権が進めるデジタル田園都市国家構想の海洋版として、議員連盟が設立され、令和 4 年度予算成立後には、地元の清水市でキックオフシンポジウムが開催されるなど、実社会を舞台としたフィールドも構築されつつあります。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。また、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 超スマート社会推進フォーラムの開催

今年度は、以下に示しますように、前期、後期に超スマート社会推進フォーラムを 2 回開催しました。

(1) 第 4 回 SSS 推進フォーラム「超スマート社会を拓く量子科学最前線」

近年、量子コンピュータを始め、アカデミアや産業界で量子科学の発展や新たな開発事例が取り上げられています。従来、量子科学は物理学の対象と考えられてきましたが、具体的なプロダクトや実際のビジネスへ展開され始めており、科学から実用化のフェーズに移りつつあると考えられます。このよう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、学内外の専門家による、「超スマート社会を拓く量子科学最前線」と題した技術フォーラムを開催しました。

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、東京工業大学ならびに超スマート社会卓越教育院の共催、応用物理学会、情報処理学会、電子情報通信学会、土木学会、日本建築学会、日本物理学会、みらい創造機構、ならびに IEEE Japan Council から協賛を頂き、大田区、川崎市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 2-1 に示します。

フォーラムの前半では、まず、本学特任教授の西森秀稔氏から「量子アニーリングによる量子コンピューティ

ングの現状と課題」と題した基調講演が行われ、その後、産業界からは日本電気株式会社の白根昌之氏、ならびに株式会社東芝研究開発センター情報通信プラットフォーム研究所の鯨岡真美子氏から、それぞれ超伝導量子コンピュータ、量子暗号通信に関する講演が行われました。一方、本学からは、科学技術創成研究院教授の上妻幹旺氏、ならびに工学院教授の波多野睦子氏から、それぞれ、非 GPS 航法の精度向上技術、ピンクダイヤモンドを用いた量子センサの講演が行われました。

後半ではパネルディスカッションを開催し、量子科学の実用化への道筋や課題、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、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についての意見交換を行ないました。

昨今の社会情勢から本フォーラムはオンライン開催とし、学内外から 445 名が参加し、最先端技術を共有するとともに活発な議論が行われました。

(2) 第 5 回 SSS 推進フォーラム 「カーボンニュートラル時代の超スマート社会」

地球温暖化の懸念が世界的に高まる中、2050 年までに二酸化炭素排出を 0 にすることが叫ばれている世界的潮

The poster for the 4th SSS Advancement Forum is titled "QUANTUM 超スマート社会を拓く 量子科学最前線" (Quantum Science and Technology towards Super Smart Society). It is scheduled for September 29, 2021, from 13:30 to 17:45, available both in-person and online via Zoom. The keynote speaker is Professor Hirotoshi Nishimori from the University of Tokyo, presenting on "Overview of the current status of quantum annealing." The forum also features several speakers on topics like Quantum Computing, Quantum Cryptography, and Quantum Sensors. The event is organized by the SSS Consortium, with support from various academic and industrial partners.

図 2-1 第 4 回 SSS 推進フォーラムプログラム

流を踏まえ、「カーボンニュートラル時代の超スマート社会」と題した技術フォーラムを開催しました。オンライン開催とし、学内外から280名が参加し、最先端技術を共有するとともに活発な議論が行われました。

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、東京工業大学、超スマート社会卓越教育院、ならびに InfoSyEnergy 研究/教育コンソーシアムの共催、計測自動制御学会、自動車技術会、情報処理学会、電気学会、電子情報通信学会、土木学会、日本機械学会、みらい創造機構、先進エネルギーソリューション研究センター、ならびに IEEE Japan Council から協賛頂き、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。

図2-2 第5回 SSS 推進フォーラムプログラム

まず、本学の水本哲弥理事から開会の辞の後、来賓として文部科学省研究開発局環境エネルギー課長の土居下充洋氏からご挨拶を頂きました。その後、本学特命教授の岡崎健氏から「カーボンニュートラルに向けた水素利活用拡大と超スマート社会へ展開」と題した基調講演が行われました。その後、産業界から、株式会社日立製作所の青木雅博氏からは基幹産業における GX (Green

Transformation) の取り組みについて、株式会社本田技術研究所の岩田和之氏からはモビリティの電動化について、国立環境研究所の金森有子氏からは持続可能な脱炭素社会に向けたライフスタイルについて、そして農業・食品産業技術総合研究機構の白谷栄作氏からは農業からの GHG(Green House Gas)排出削減・吸収技術について、非常に幅広い観点からの講演が行われました。最後に、東京工業大学 エネルギー・情報卓越教育院長、InfoSyEnergy 研究/教育コンソーシアム代表の伊原学氏から、カーボンニュートラルに向けた系統協調/分散型エネルギーシステムならびに実証実験に関する講演が行われました。

後半は、カーボンニュートラル実現へ向けたビジョン、および関連する人材育成についてのパネルディスカッションが行われました。企業の講演者から、企業や個人のエネルギー使用履歴をどのようにビッグデータとして活用していくか、いくつかのビジョンが提案されました。一方、アカデミアサイドからは、標準化されたデータの整理や共有システムの構築が、大学の将来的な役割となるのではないかとの言及がありました。また、製造業においては、品質やコストだけでなく、カーボン排出を監視できる人材が必要となる可能性についても言及がありました。上記の議題のほかにも、参加者からいただいた質問を議題として、活発な議論がなされました。

2-2 One-Day School の開催

社会人リカレント教育の一環として、11月に超スマート社会推進コンソーシアム参加機関向けに5つの分野（人工知能、量子科学、スマートモビリティ、ロボティクス (Sky)、ワークスペース) に関する教育研究フィールドの実習体験の機会を提供しました。実習内容を表2-1に示します。ここでは、One-Day School の名称の通り、1日ですべての教育研究フィールドに関する講義と演習

表2-1 One-Day School のプログラム

教育研究フィールド	開催日	演習内容 (講義・実習)	開催場所
スマートモビリティ	11/24	自動運転、ITS、次世代無線通信技術に関する講義 自動運転車両を用いた演習	大岡山キャンパス
量子科学	11/19	量子現象の観測実験を通じた量子ビット素子冷却 精密測定に必要な技術に関する実習 量子センサを構成する超伝導体原子層薄膜材料の作製と物性測定技術に関する実習	
人工知能	11/18	ニューラルネットワークの原理、勾配降下法とバックプロパゲーション、RNNとCNNの説明、TSUBAMEの紹介、Google Colabを使った演習、言語獲得モデルの実験	大手町3×3Lab Future
ロボティクス (スカイ)	11/29	ROSの概要、フィードバック制御、マルチロボットの分散協調制御に関する講義とROSを用いた演習、マルチドローンを用いた実験デモ	
ワークスペース	11/25	スマートワークスペース教育研究フィールドの紹介 導入技術・センサの説明 人の温熱快適性・飛沫核挙動の見える化体験	

を行い、コンソーシアム参加機関に教育研究フィールドを概観いただくことで、今後の活用や研究開発を検討するための一助として頂くことを目指しました。参加人数は、原則としてひとつのフィールド当たり 5~10 名とすることで、担当教員との密接なディスカッション、ならびに参加者全員が教育研究フィールドに直接触れていただく機会を担保しました。今回は 7 社から 23 名が参加し、活発なディスカッションや演習体験を通して、コンソーシアム参加機関への技術的貢献を進めました。



図 2-3 スマートモビリティの実習の様子

2-3 大田区起業体験セミナーの開催

東工大では、「ビジネスコンテスト」などを通して学生のベンチャー起業支援を積極的に行っています。また、地元区である大田区は、新産業・創業発信拠点として「羽田イノベーションシティ」を新たに整備し、既存の起業・創業支援施設や中小ものづくり企業が集積する工場アパートの運営と併せ、これまで以上に起業支援活動を推進しています。東工大と大田区は「連携・協力に関する基本協定」を締結しており、超スマート社会推進コンソーシアムがオーガナイザーとなり、大田区と連携し 2 日間にわたり学生向けの起業セミナーを開催しました。

(1) 1 日目 (2021 年 12 月 22 日)

1 日目は、大田区の創業支援施設である羽田イノベーションシティにて開催しました。

午前には、大田区の職員からの区の概要の説明の後、一般社団法人 SDGs Innovation HUB の米倉ユウキ氏より、定款や税務上の注意など、起業する際の基本的知識や心構えなどに関する講義を受け、具体的なイメージをつかみました。午後は、羽田イノベーションシティ街区にて、自動運転バス乗車体験、創業支援オフィスに入居する企業見学を行ないました。その後、東工大発のベンチャー企業である、株式会社天の技代表取締役工藤裕氏、およ

び株式会社シグマエナジー代表取締役川口卓志氏から起業体験談を聞きました。最後に、2 日目に向けた「起業プラン」の宿題の説明を受けました。

(2) 2 日目 (2022 年 1 月 26 日)

2 日目は新型コロナウイルス感染急拡大の影響を受け、オンラインにて実施されました。

午前は創業支援オフィスに入居する株式会社ニフコ、ならびに一般社団法人加熱技術協会から、それぞれの事業内容を説明していただきました。午後は、学生が事前に日本政策金融公庫の HP からダウンロードした「創業計画書」を用いて作成した起業プランを持ち寄り、全体セッションの後、2 つのブレイクアウトルームにわかれ、それぞれの起業プランについてメンターとのディスカッションを行いました。このグループワークにより、起業するために必要な融資獲得の際の効果的な訴求ポイントを学習しました。



図 2-4 大田区起業体験セミナーの講演の様子

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）を企画しています。2021 年度もコンソーシアム参加機関にインターンシップの募集を依頼しました。募集に際しては、コンソーシアムの Web サイトに各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な要件であり、モチベーションの高い学生の応募を促しました。新型コロナウイルスの

感染拡大により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、2021年の春休み期間については、7機関にインターンを募集して頂き、そのうち3機関で3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、2021年の夏休み期間のインターンシップについては、2機関に4名の学生のインターンシップを受け入れて頂きました。なお、コロナ禍の影響はやはり大きく、特に留学生を対象とする英語によるインターンシップが成立しにくいことが、大きな課題として残りました。2022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積極的に発掘し、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。特に、2022年度からは、学生のプライバシーは保護した上で、各学生の研究テーマや研究実績をまとめた情報を参加機関で共有する枠組みを構築することで、参加機関とのマッチングを効率的に実施できるよう改善する見込みです。時期は夏休み期間中(2022年8月)、および2023年の春休み期間中を想定しています。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、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。ぜひ引き続きご協力をよろしくお願いいたします。

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修士課程と博士課程の学生を対象に、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ご協力いただき、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・フィジカルの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。2021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、A2、A3」を開講しました。参加機関から非常勤講師を選出いただき、量子科学の最前線(A1)、IoT/ロボティクス/スマートシティ(A2)、およびスマート農業(A3)に関するオムニバス講義を、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等を用いて実施しました。超スマート社会創造 A1 には計 20 名が履修登録して 16 名が単位を取得、A2 には計 21 名が履修登

録して 19 名が単位を取得、A3 には計 12 名が履修登録して 10 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学内の様々な異なる系・コースに所属する学生には好評で、熱心に講義を履修して議論を行い、講義の内容にも形式にも好意的な意見が多くありました。2022年度からは、さらにスマートワークスペースに関する「超スマート社会創造 A4」を開講する予定です。

3-3 超スマート社会オンライン教育コンテンツの制作

2021年度は、まず edX edge (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) による SPOC (Single Private Online Course) として、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基礎」を2021年10月29日から2022年3月31日まで学内限定で公開しました。この間、147名(全学院の学士課程から博士後期課程までの学生128名、教職員19名)が受講し、クイズ受講者数(1点以上)が64名、合格点(60点)に達した受講者数が20名で最高は95点と好評でした。また、2022年3月29日よりedXのMOOC (Massive Open Online Course) として「将棋で学ぶプログラミング基礎」と「超スマート社会への招待」の2コースを一般公開しました。前者は学内公開版に人間とコンピュータとの対戦の部分を加えたもので2022年9月27日まで公開予定です。後者はSSSの教育研究フィールドのいくつかをピックアップしたもので2022年11月29日まで公開予定です。さらに、超スマート社会卓越教育院オンライン教育委員会として、オンライン教育のポータルサイトとして「SSS Online」ウェブサイトを2021年9月1日に公開し、また非常勤講師による超スマート社会創造 A3「スマート農業の最前線」の収録を実施しました。

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

2021年度前期は、2021年6月9日、6月30日にオンラインにて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9日は東工大学生からシーズを発信するラウンド (S-Round)、6月30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。30名の学生と27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。後期は、2021年11月17日、12月8日に、前

期と同様の形態で開催しました。41名の学生と19の機関の研究者、および本学教員が参加しました。本活動への魅力を高めるため、前期・後期、ともに基調講演を企画しました(図4-1)。各開催では学生と参加機関双方にアンケートを取り、共同研究や人材のマッチングを図り、計18件のマッチングが成立しました。



(前期)

(後期)

図4-1 2021年度SSSマッチングワークショップのフライヤ

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、登録学生を対象に異分野融合研究企画集中演習を通して、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。また、キャンパス内に60GHz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。例えば、カメラ映像とLiDARによる点群情報とのセンサ融合により、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。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。

2021年度は、昨年度設置したRSUにLiDARの増設やV2I/V2V(Vehicle to Infrastructure/Vehicle to Vehicle)通信の導入などの機能強化を実施し、超高速低遅延狭域通信とITS(Intelligent Transport System)センシングを支える60GHzミリ波ネットワーク(バックホールとア

クセスを含む)を構築し、構内主要道路をカバーしました(図4-2)。

これらの環境はコンソーシアム参加機関や超スマート社会卓越教育院登録学生にオープンにご活用いただけるものです。これらを活用して、コンソーシアム参画機関や卓越大学院登録学生が自動運転に不可欠な基礎技術の学習・習得を通して、新たなサービスの創出が期待されます(図4-3、および図4-4)。

来年度は、新しいRSUを増設し、カバレッジを拡張する予定です。更に、実験用としての5Gネットワークのキャンパス内での展開も進め、2つのFR(Frequency Range)、すなわちFR1 Sub6、ならびにFR2 28GHzを用いたプライベート5G基地局を2台、エッジサーバーを1台配備しました。来年度はこのプライベート5Gネットワークに新技術を導入し、B5G/6Gネットワーク向けに機能を拡張する予定です。

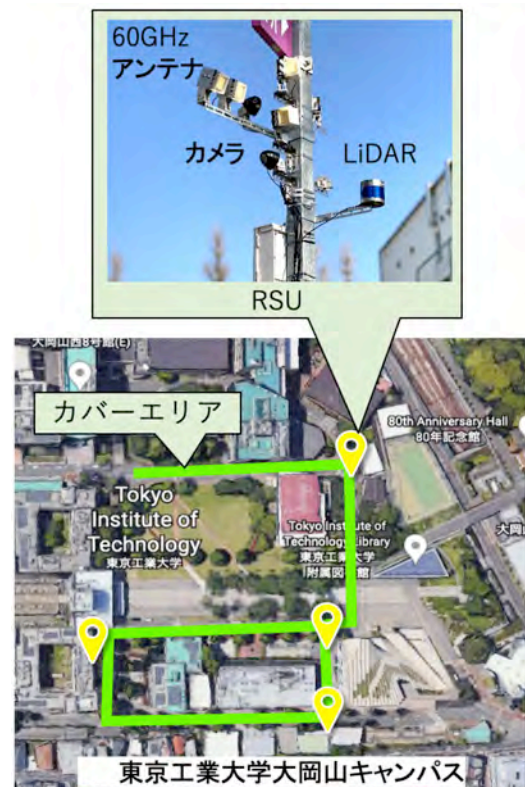


図4-2 RSUとミリ波ネットワーク

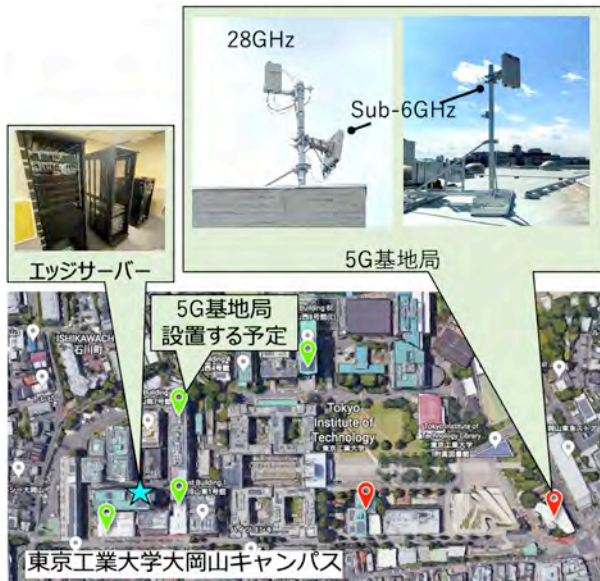


図 4-3 異分野融合研究企画集中演習の設備

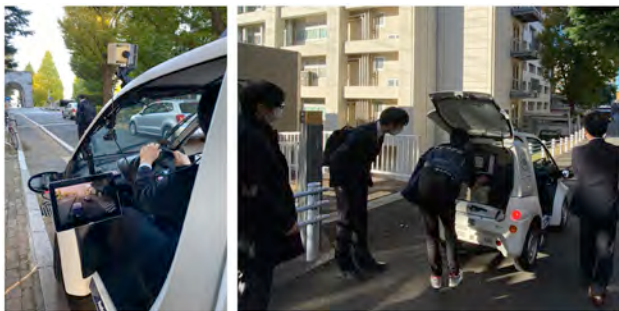


図 4-4 演習の様子

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に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。

2021年度は、前年度に作成したROS(Robot Operating System)の利用方法を学ぶカリキュラム内容をブラッシュアップし、さらに実験デモまでを統合した教育カリキュラムを作成しました。また、本カリキュラムを元に、10月に異分野融合企画集中演習、11月にコンソーシアム参加機関向けの One-Day School を実施しました(図

4-5)。特に One-Day School では、後日参加者が講師を務める形で、所属部署の社員向け社内教育を実施したとの報告を受けるなど、好評を博しました。さらに、MOOC「超スマート社会への招待」のコンテンツを作成するなど、オンライン教育の充実にも貢献しました。



図 4-5 異分野融合企画集中演習(左)と One-Day School(右)の様子

更に、本年度はスマート農業教育研究フィールドとの連携を開始しました。同フィールドの担当教員に加えてイタリア CNR-IEIIT、トリノ大学の研究者と、工学、情報理工学、農学から成る異分野融合研究チームを構成し、農業分野におけるマルチドローンの活用について共同研究を開始しました。特に、Angle-aware Coverage Control と名付けた農地図復元のための新たな環境モニタリング制御手法を考案し(図 4-6)、国際ジャーナル論文 1 報と国際会議論文 3 報が採録されるなど、研究活動は順調に進展しています。スマート農業教育研究フィールドの完成を受けて、フィールド実験を実施するなど、今後さらなる研究の発展が期待されます。

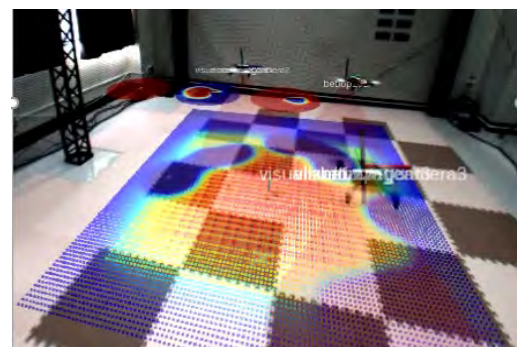


図 4-6 Angle-aware Coverage Control

● Robot Zoo Aqua

Robot Zoo Aqua は、ロボットの活躍するフィールドを水中に大きく拡張することを目標としています。一昨年度に、本学大岡山キャンパス西 8 号館 W 棟 B107 号室の工学院システム制御系共通実験室に本教育研究フィールドを構築いたしました。一昨年度は基盤施設として、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、昨年度に、慣性センサ式モー

ションキャプチャシステムの導入と、光学式モーションキャプチャシステムのカメラの天井への固定を行い、フィールドとしての完成度を高めました。

今年度は、教育環境としての充実を図るため、図 4-7 のように、MOOC の Aqua 分のコンテンツ作成に協力しました。作成されたコンテンツはすでに公開されています。今後、本教育研究フィールドを活用したオンライン教育のさらなる発展が期待されます。

システム構築の進捗としては、まず、ロボット技術研究会アクア研の協力を得て水中ロボット“Iwatobi”を改修することで、PC から自動制御可能な水上ドローン“Iwatobi 改”が完成しました(図 4-8)。また、前年度に設置したモーションキャプチャの情報を ROS (Robot Operating System) に取り込むシステムも完成しました。今後は両者を接続することによって、フィードバック制御に関する独自のカリキュラムの作成や、水上ドローンの自律航行に関する共同研究の実施が期待されます。



図 4-7 MOOC コンテンツ用撮影風景

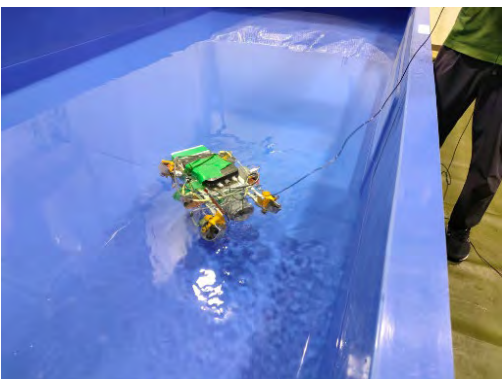


図 4-8 水上ドローン“Iwatobi 改”

●Robot Zoo Land

Robot Zoo 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、多機能ロボットアク

チュエータ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。

2021 年度は、図 4-9 に示すように、MOOC の Land に関する教育コンテンツを作成し、公開しました。研究活動としては、制御用高速モーションキャプチャシステムを用いて複数ロボットの協調動作制御や運動解析を行うとともに、ロボットアクチュエータモジュールを用いてインフラ点検に活用可能な長尺多関節アームを構成しました。またバーチャルリアリティ技術と組み合わせることで、ROS をベースとしたロボット遠隔操作システムの構築を進めました(図 4-10)。さらに、野外フィールド用 4 脚ロボットの信頼性を向上し、石川台地区において、坂道の登坂を含む 50 分の自立した連続歩行を実現しました(図 4-11)。



図 4-9 MOOC コンテンツ(ロボットと超スマート社会)

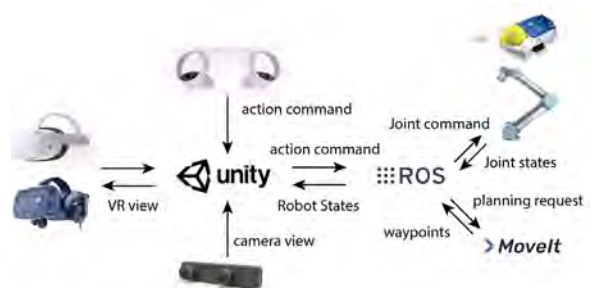


図 4-10 VR ロボット遠隔操作システム概要



図 4-11 野外フィールド用 4 脚ロボット歩行実験

●Smart Manufacturing

スマートマニュファクチャリング研究教育フィールドでは、すでに実稼働状態にあった 5 軸加工機の本来の機能である多軸同期を有効に利用するためのプロセス、すなわち CAD→CAM→機械とスムーズにつながる実用加工システムを用いた教育と研究を進めています。

教育面では本卓越大学院のカリキュラムにある「異分野融合研究企画集中演習」を実施しました（図 4-12）。演習は主に分野外の学生が受講することになるため、はじめに精密加工分野における部品加工の流れを概説することで基本的な知識を習得させたうえで、上記加工システムを活用することで複雑な一体部品を誤りなく加工するための一連のプロセスを実際に体験させることで、座学による知識の習得だけでなく各学生がそれぞれに持つバックボーンと融合した新たな研究テーマの立案に役立てることが期待できます。

研究面でも前年度から引き続いて複数の加工プロセスの連携による高付加価値なマニュファクチャリングの実現に向けた取り組みを行いました。特にプロセス間を対象部品が移動する時の精度の維持は、近年、特にマスカスタマイゼーションの重要性が増す中で取り組むべき優



図 4-12 異分野融合研究企画集中演習

先度の高い課題であり、参加企業との連携も見据えて次年度以降も進めていく予定です。

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。超伝導体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っています。2021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、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への拡張を行いました。ベクトル信号発生器、高速オシロスコープ、ロックインアンプなど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の新たな設備を導入し、シリコン量子ビットのコヒーレントな操作を実証できる実験系を確立しました（図 4-14）。

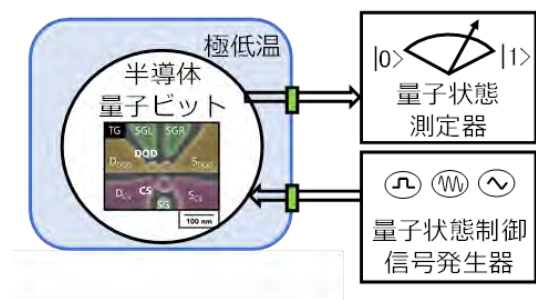


図 4-13 半導体量子ビット測定系の概念図

また、コンソーシアム参画機関向けの One-Day School や卓越大学院登録学生の演習などで、このフィールドを活用し、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とした、演習、デモンストレーション等を実施しました(図 4-15)。2022 年度以降も引き続き、本教育研究フィールドの拡張、機能拡充を行なう計画です。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。

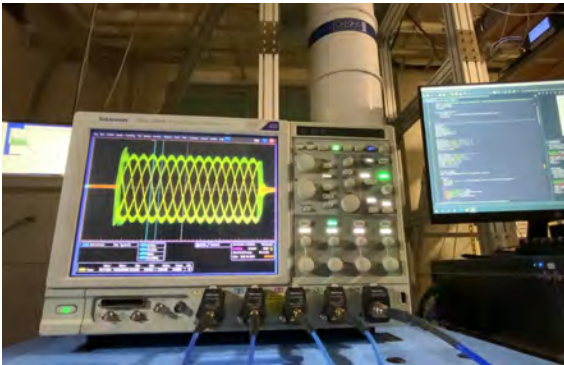


図 4-14 半導体量子ビット操作実験系



図 4-15 極低温技術、精密測定に関する演習風景

●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と考えられます。特に量子効果(量子力学に現れる現象)を使ったものを量子センサと呼び、従来よりも高感度な検出が期待でき、今までは検出できなかったものが検出することで超スマート社会構築への貢献が期待されています。

量子センサには様々なものが存在しますが、我々は特に図 4-16 に示した、微小な磁界を検出できる超伝導量子磁束干渉計(SQUID: Superconducting Quantum Interference Device)に注目しています。微弱な磁界は心臓や脳からも発生しており、高感度な検出が可能になれば脳磁計や心磁計として医療に応用できます。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 は重要な要素ですが、現状の問題点は空間分解能が悪く、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。2021 年度はこれまでに引き続き SrTiO₃ 基板上の単層 FeSe 薄膜の高温超伝導の研究を行い、輸送特性で超伝導が観測される温度(40 K)と電子状態でギャップが生じる温度(60 K)がずれていることを見出し、この系の超伝導の起源解明に向けた重要な知見が得られました。また、連携機関と共同で、ワイドギャップ半導体であるシリコンカーバイド結晶表面の酸素欠陥を利用した新たな量子センサ開発に向け、最適な表面酸化条件の探索を始めました。さらに、建設した装置を活用して卓越大学院所属学生に異分野融合集中企画演習実習および連携機関の若手社員の方を対象に One-Day School を行いました(図 4-17)。このように量子センサ教育研究フィールドでは、研究に取り組むと同時に人材育成と量子科学の教育を行っており、企業・国研の方々にも本フィールドを活用していただければと思います。

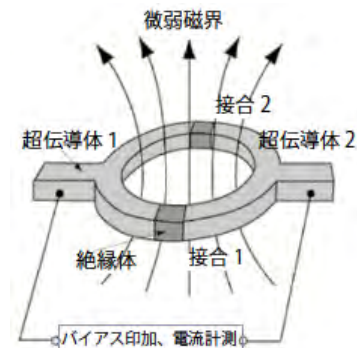


図 4-16 超伝導量子磁束干渉計(SQUID)の模式図



図 4-17 One-Day School の様子

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と期待されています。コンピュータによる制御に欠かせないものが、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です。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、これらをサイバーな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、登録学生に手軽に人工知能技術を使いこなしてもらいたいという目標のもと、教育を行っています。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のみでの授業とは異なり、実践的な環境を使って学生が実際に機械学習ツールを動かしながら演習を行えるのが特徴です。本教育院ではこのための WiFi 6 を使った教育システムを構築し、2020年度より稼働を開始しています。

人工知能の一種である深層ニューラルネットワークと呼ばれる技術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環境が必要となります。GPU は、現時点ではまだ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えばすべての学生に同様な計算環境を安価に提供することができます。本教育システムでは、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手軽にアクセスできます。クラウド上では Google Colaboratory^(注1) と呼ばれるサービスを使って、教員の提示した資料や課題を「動く教科書」として実際に実行してみることができ、快適に学習ができるようになっていきます(図 4-18)。また、本学のスパコン 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。

本教育院では、修了する学生が一定の人工知能に関する素養を身につけるよう要件を課していますが、さらに意欲のある学生のために、2020年度からは本教育院の登録学生を対象として、人工知能を使った異分野融合研究企画集中演習を実施しました。ここでは各学生は最先端の研究成果を、実演をととして本学教員から直に学ぶこ

とができるようになっており、これを通して学生のさらなるスキル向上を目指しています。2021 年は 10 月に音声認識および音声合成を対象とした課題を実践し、学習の成果発表会もおこないました。

2020年度からはオンラインによるサポートも開始しています。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の相談窓口ともいえるもので、学生は専用のオンライン掲示板上で質問し、必要な場合は教員とじかにミーティングをおこなうことで問題が解決できる体制を確立しています。また、2021年度はコンソーシアム参加機関を対象とした One-Day School も実施し、4 機関より計 10 名の方にご参加いただきました。ここではニューラルネットワークの原理を説明し、Google Colaboratory の基本的な使い方と、PyTorch^(注2) を用いた簡単な演習を行いました。

(注1) 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

(注2) PyTorch: コンピュータビジョンや自然言語処理で利用されている Python のオープンソースの機械学習ライブラリ



図 4-18 Google Colaboratory



図 4-19 Tsubame

4-2-5 スマートワークスペース

本教育研究フィールドでは、一人ひとりが健康的にいきいきと働くことができる場の実現を目標に、アズビル株式会社、株式会社イトーキ、エコツェリア協会、三菱地所株式会社、三菱電機株式会社、楽天モバイル株式会社とともに、「スマートワークスペース」をテーマとしたプラットフォームを構築しています。

2021 年度は、年度初めに大手町のサードスペースに構築した、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を用いた検証を開始しました。主に、①熱画像×AI (Artificial Intelligence) による温熱快適性判定システム (図 4-20)、②シミュレーション×MR (Mixed Reality) による飛沫核投影システム (図 4-21) の2つを開発しました。

①では、カメラや熱画像センサのデータを基に AI 画像解析することによって予測平均温冷感申告 PMV (Predicted Mean Vote) を算出、従来の室温制御よりもワーカーに寄り添った空調制御を行うことを最終目標としています。②では、新型コロナウイルスの空気感染の原因とされる空気中に長期間漂う飛沫核の様子を、シミュレーションと MR 技術で空間内に投影することによって、より安心・安全に働くことができるワークスペースの提供に繋げることを目指しています。

これらは学生の教育や社会人のリカレント教育に活用するとともに、一般向けにも分かりやすいように、プロモーションビデオを作成しました。

さらに 2021 年度は、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フィールド「スマートワークホーム」を整備しました。ここでは、様々に制御できる住宅設備 (空調・換気・床暖房・照明) を備えた、木質内装と一般的な内装の 2 部屋を用意しています (図 4-22)。従来からの住宅の役割である「休む」を睡眠効率によって、急速に需要が高まった「働く」を作業効率によって計測し、両者が最大化する住宅のあり方について、今後被験者実験をベースに検証する予定です。

2022 年度は、前述の「サードスペース」、「住宅」の 2 つのフィールドに加えて、依然として働く場の中心である「オフィス」の検証を行うためのフィールドを整備していきます。

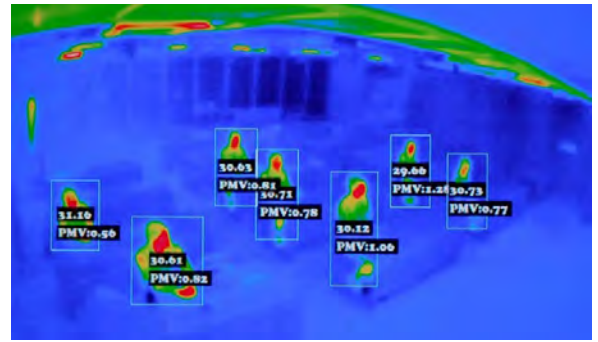


図 4-20 熱画像×AI による温熱快適性判定

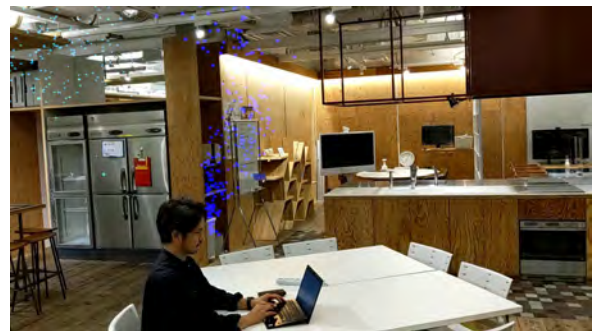


図 4-21 シミュレーション×MR による飛沫核投影



図 4-22 スマートワークホーム(すずかけ台キャンパス)

4-2-6 スマート農業

農業のスマート化は、育種、生産、加工、流通、消費というフードチェーン全体の生産性向上だけでなく、環境変動、環境保全などの観点から、注目されているテーマです。特に、山間部の小規模農地が多いため効率化が難しく、就農人口も減少している日本の農業事情を考慮した場合、農業のスマート化は日本の地方振興のためにも重要です。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 (Information and Communication Technology) 技術、AI 技術の先端技

術を活用し、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。

2021年度は、東工大すずかけ台キャンパスに確保したスマート農業フィールドの表土を栽培に適した赤土に入れ替え、約 2 アールの圃場を構築しました。また、係留ドローン飛行とセンサネットワーク設置のための鉄柱を設置しました（図 4-23）。2022 年度上半期には、電気、通信、水道、定点観測センサネットワークを完備した係留ドローン飛行可能なスマート農業フィールドが完成します（図 4-24）。その後、大豆などを栽培し、係留ドローンとセンサネットワークで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。そして、コンソーシアム参加機関との共同研究の場としても活用していきます。

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います。2021年度には、超スマート社会推進コンソーシアムメンバーで構成される講師陣による講義「スマート農業の最前線」を開講しました。これらの講義とスマート農業フィールドでの実習を通して、履修生は、日本型のスマート農業の未来と、その実現のための向けた先端実践例を学ぶことができます。

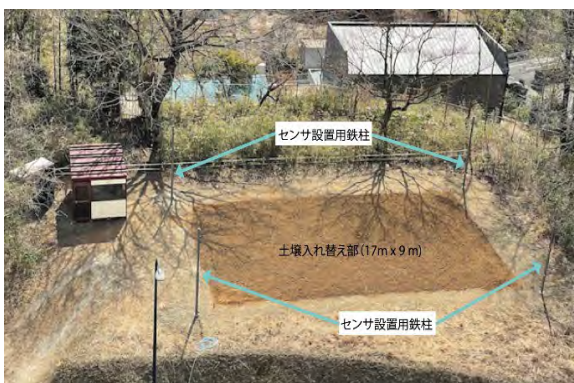


図 4-23 スマート農業フィールド現地写真
(土壌入れ替え、鉄柱設置済み)

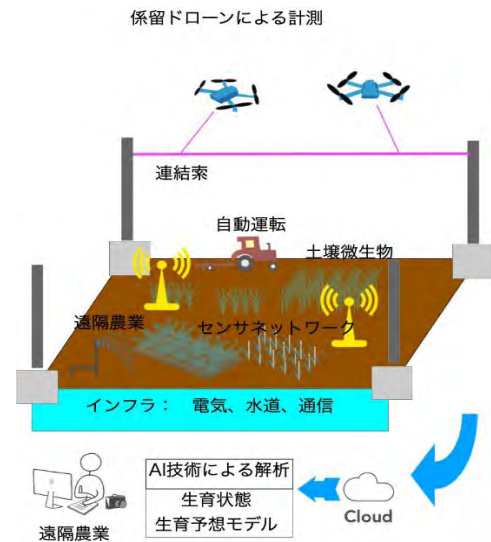


図 4-24 係留ドローンによる計測

6. 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**

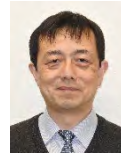
鈴森 康一
工学院 機械系 教授
専門分野：人工筋肉、ソフトロボット、マイクロロボット、フルードパワーアクチュエータ

**評価担当**

高安 美佐子
科学技術創成研究院 ビッグデータ数理科学研究ユニット 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**

Cross Jeffrey Scott
工学院 環境社会理工学院 教授
専門分野：水素製造・貯蔵、廃棄物エネルギー変換、教育工学、AI、機械学習、VR

**オンライン教育担当**

妹尾 大
工学院 経営工学系 教授
専門分野：組織論、戦略論、知識・情報システム

**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**

寺田 尚史
工学院 リサーチ・アドミニストレーター(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)



SSS
TokyoTech



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

2021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 2022年6月20日（改訂版 2022年8月31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。