



2019 年度

超スマート社会推進コンソーシアム 活動報告書

(2020年4月)

目次

1. 第2期（2019年度）活動概要	2
2. 超スマート社会卓越教育院の設置	2
2-1 概要	2
2-2 教育プログラムの目的	2
2-3 教育プログラムの実施体制	3
2-4 教育プログラムの構成	3
3. 超スマート社会推進委員会の活動	4
3-1 超スマート社会グローバルフォーラムの開催	4
4. 社会連携教育運営委員会の活動	4
4-1 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
4-2 超スマート社会創造科目の構築	5
4-3 超スマート社会オンライン教育コンテンツの制作	5
5. 異分野融合研究推進委員会の活動	5
5-1 マッチングワークショップの開催	5
5-2 超スマート社会教育研究フィールドの構築	6
5-2-1 スマートモビリティ	6
5-2-2 スマートロボティクス	6
・ Robot Zoo Sky	6
・ Robot Zoo Aqua	7
・ Robot Land	8
・ Smart Manufacturing	9
5-2-3 量子科学	9
・ 量子コンピューティング	9
・ 量子センサ	10
5-2-4 人工知能	11
6. 運営委員の紹介	12

2019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2期（2019年度）活動概要

超スマート社会推進コンソーシアムは、超スマート社会(Super Smart Society)の構築と進化、ならびにそれらを牽引する人材育成を産官学共同で実施することを目的として、2018年10月に発足しました。

2019年度は、その中核事業となるべき文部科学省の卓越大学院プログラムへの申請・採択に向けて、本コンソーシアムの組織体制の整備、超スマート社会推進活動の情報発信、申請する卓越大学院カリキュラムの構築、超スマート社会のための異分野融合研究の試みに注力して活動を行いました。

まず、参加機関の募集・勧誘活動を積極的に行い、この結果、参加機関数は2018年度末の34から2019年度末に41に増加しました。各参加機関からは、コンソーシアムの主要3委員会（超スマート社会推進委員会、社会連携教育運営委員会、異分野融合研究推進委員会）のいずれかに委員を派遣いただき、また卓越大学院のプログラム担当者（特別アドバイザー、研究アドバイザー、企業アドバイザー等）に就任いただきました。さらに、東京工業大学（以下、東工大）からは60名以上の教員をメンバーに加え、本コンソーシアムならびに卓越大学院運営の組織体制を確立しました。

活動の情報発信については、8月に初の国際フォーラムを開催し、「AIが実現する超スマート社会」をテーマに、種々の分野におけるAIの応用の展望について世界の有識者による講演会と情報交換会を実施しました。

卓越大学院のカリキュラムについては、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、参加機関の講師によるオムニバス講義や量子科学関連科目の設計、オンライン教育の制作ならびに企画、教育研究フィールドの構築を行いました。

以上の準備の下に、「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」として卓越大学院プログラムに申請し、8月に採択されました。これはコンソーシアム参加機関ならびに参加教員のご尽力の賜であると感謝申し上げます。その後、12月1日に「超スマート社会卓越教育院」を設置し、4月からの学生の選抜を実施しています。

最後に、超スマート社会のための異分野融合研究の試みについては、2019年11月に卓越教育院登録申請予定

の学生と参加機関とのマッチングワークショップを開催し、学生のシーズと参加機関のニーズの情報共有を行い、参加機関でのインターンシップをお願いいたしました。同時に、参加機関との異分野融合研究がいくつか開始されつつあります。

2020年度は、いよいよ「超スマート社会卓越教育院」の教育がスタートします。連携するコンソーシアムの目的を達成すべく、参加機関の皆様方のより一層のご協力をお願いいたします。

2. 超スマート社会卓越教育院の設置

2-1 概要

2019年度は、本コンソーシアムが推し進める超スマート社会推進事業における人材育成のための施策として、超スマート社会卓越教育プログラムを構築しました。また本教育プログラムの立ち上げのために、文部科学省の令和元年度卓越大学院プログラムに応募し、2019年8月9日に採択されました。<https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/takuetaigakuin/> そして2019年12月1日には、本教育プログラムを実施および運営する部局として、東工大内に超スマート社会卓越教育院が設置されました。そしていよいよ2020年4月より修士・博士一貫の学位プログラム「超スマート社会卓越教育課程」がスタートしました。<<https://www.wise-sss.titech.ac.jp/>>

2-2 教育プログラムの目的

図2-1に本教育プログラムが養成する人材像を示します。本プログラムは、未来の地球において、①スマート農業、②スマートシティ、③スマートオーシャン、④スマートマニュファクチャリング、⑤スマートモビリティ、⑥スマートエネルギー、⑦スマートスカイの、超スマート社会に関連する7つの技術領域をターゲットとし、これらのフィールドを牽引する人材の備えるべき資質として、

- (1)量子科学と人工知能の基幹的学力を有すること
- (2)サイバー空間・フィジカル空間にまたがる専門分野で独創的な科学技術を創出できること
- (3)量子科学から超スマート社会までの道筋を俯瞰でき

ること

- (4)異分野が融合する社会課題の解決能力を有すること
- (5)産官学の各セクターを牽引できるリーダーシップがあること

を挙げ、これらを有する知のプロフェッショナル、すなわち「スーパードクター」を養成することを目的としています。

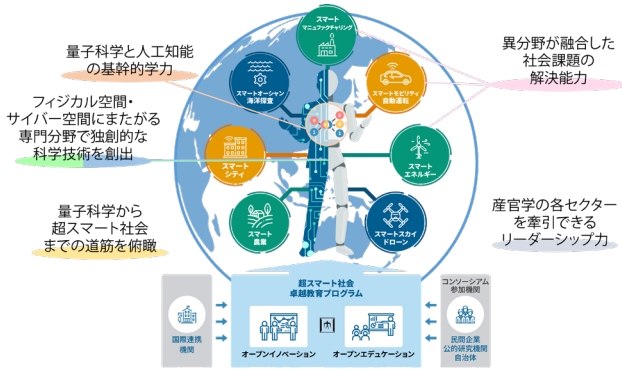


図 2-1 本教育プログラムが養成する人材像

2-3 教育プログラムの実施体制

超スマート社会の分野では、図 2-1 に示すように社会連携教育（オープンエデュケーション）および異分野融合研究（オープンイノベーション）を介した人材育成が不可欠です。本教育プログラムは、コンソーシアム参加機関と密接に連携し、社会連携教育による俯瞰力と、異分野融合研究による課題解決力の涵養を行います。また海外連携機関と協力したグローバルリーダーシップ教育を実施することにより、専門知と高い志の両方を持つグローバルリーダーを養成します。また東工大からは、6

つの学院・研究院、およびリベラルアーツ研究教育院を横断する教員が教育を行います。すなわち、工学院を中心とするフィジカル空間技術、情報理工学院を中心とするサイバー空間技術、ならびに理学院を中心とする量子科学の融合教育を実現し、これらの分野を横断した専門学力と独創性を涵養します。

2-4 教育プログラムの構成

教育プログラムの構成を図 2-2 に示します。中央のオレンジ色の部分が教育プログラムの構成を示しており、右側の青色がコンソーシアム参加機関、そしてその間の緑色が本コンソーシアムを示しており、本コンソーシアムはコンソーシアム参加機関と教育プログラム間の橋渡しをする役割を担っています。コンソーシアム参加機関と教育プログラム間を繋ぐ赤い矢印はオープンイノベーションを示し、一方青い矢印はオープンエデュケーションを示しています。

オープンエデュケーションは、本コンソーシアムの社会連携教育運営委員会が企画しており、(1)サイバー・フィジカル・オフキャンパスプロジェクト（コンソーシアム参加機関へのインターンシップ）、(2)コンソーシアム参加機関から非常勤講師を招聘して実施する超スマート社会創造科目の講義、および(3)教育コンテンツのオンライン配信に取り組んでいます。

オープンイノベーションは、本コンソーシアムの異分野融合研究推進委員会が企画しており、(1)異分野融合の研究チームを構築するマッチングワークショップ、(2)コンソーシアム参加機関の助言を受ける超スマート社会基

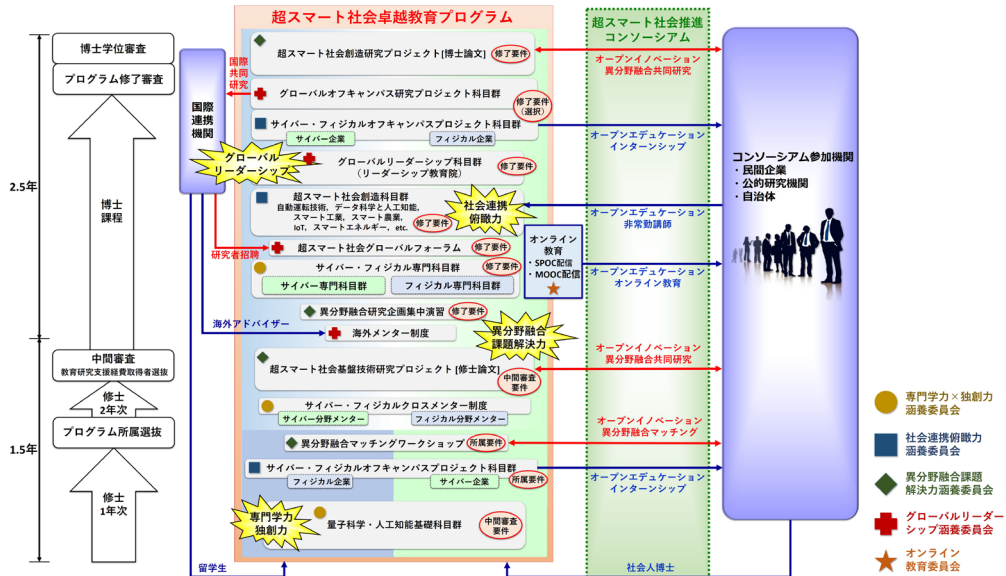


図 2-2 超スマート社会卓越教育プログラム

盤技術研究プロジェクト、(3)コンソーシアム参加機関と共同で実施する超スマート社会創造研究プロジェクトに取り組んでいます。またこれらの研究プロジェクトを共同で実施するプラットフォームとして、東工大のキャンパス内に教育研究フィールドを構築しています。

3. 超スマート社会推進委員会の活動

3-1 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、国際的なネットワーキングの場を提供することを目的に、2019年8月2日に東工大の蔵前会館にて国際フォーラム（超スマート社会グローバルフォーラム）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の主催、東京工業大学先進エネルギー国際研究センター（AES）ならびに東京工業大学地球インクルーシブセンシング研究機構（EISESiV）の共催、（一社）電子情報通信学会、IEEE Japan Council、ならびに（株）科学新聞社の後援で開催されました。プログラムを図3-1に示します。

第一部では国内外から様々な分野の研究者や専門家を招待し、「AI が実現する超スマート社会」をテーマに、医療・製造・サービスなど様々な現場でのAIの活用や応用によって実現できる超スマート社会の展望に関する講演会を行いました。最初の基調講演では米国 North Carolina-Chapel Hill 大学の Shen 教授から深層学習を適用した画像処理による癌検出方法の最新の研究成果を紹

介して頂きました。2件目は Fraunhofer HHI 研究所（ドイツ）の Schulz-Zander 博士から、欧州におけるスマート工場実現のための IoT 機器のセンサーフュージョンに対する人工知能適用例および標準化動向を紹介して頂きました。招待講演としては、Google Japan の Bacchiani 氏からは自社が開発している音声認識の最新技術について、そして 東工大科学技術創成研究院の鈴木教授からは人工知能を活用した医療や治療の最前線についての講演が行われました。依頼講演では、超スマート社会推進コンソーシアム参加機関から AI 応用に関する3件の最新の研究成果が紹介されました。第二部では、参加者間の情報交換の場として懇親会を開催し交流を深めました。

2020年度の超スマート社会グローバルフォーラムは9月9日に開催する予定です。

4. 社会連携教育運営委員会の活動

4-1 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

本コンソーシアムでは、社会連携教育運営委員会の活動の一環として、2020年の春休み期間（2020年2月10日から3月31日）に異分野融合型インターンシップを企画し、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。本インターンシップは単位取得科目とし、また超スマート社会卓越教育課程への登録申請への参加要件とすることで、モチベーションの高い学生の応募を促しました。その結果、参加機関の約3分の1にあたる14機関から応募があり、そのうち7機関で9名の学生のインターンシップの受け入れが実現しました。学生は修士課程1年が4名、修士課程2年が4名、博士後期課程1年が1名でした。インターンシップの期間は受け入れ機関により異なり、2週間から4週間の範囲です。また受け入れ機関の多くは製造業でした。

表 4-1 2019 年度インターンシップ募集状況

応募機関数	受け入れ機関数 (学生数)		マッチング不調 (応募者なし、新型コロナウイルスによる中止等を含む)
	国研	民間企業	
14 社	1 社	(2 名)	1 社
	6 社	(7 名)	6 社
	合計	7 社 (9 名)	7 社

プログラム	
【第一部】（くらまホール）	
13:00-13:05	開会の挨拶 益一哉氏（東京工業大学 学長）
◆基調講演	
13:05-14:05	"Deep Learning in Brain Quantification and Cancer Radiotherapy" ▪ Dinggang Shen 氏 (University of North Carolina-Chapel Hill)
14:05-15:05	"Bringing the benefits of AI to industrial communication for smart factories" ▪ Julius Schulz-Zander 氏 (Fraunhofer HHI)
15:05-15:25	休憩 (Break)
◆招待講演	
15:25-15:55	"End-to-end Speech Processing" ▪ Michiel Bacchiani 氏 (Google Inc.)
15:55-16:25	"Smart Medical Image Processing and Diagnostic Aid with Deep-Learning-Driven-AI" ▪ 鈴木 賢治 氏 (東京工業大学 科学技術創成研究院 特任教授)
16:25-16:40	休憩 (Break)
◆依頼講演	
16:40-17:00	"Introduction of Big Data and AI utilization cases in Industrial/Commercial Printing Systems" ▪ 森田 哲也 氏 (株式会社リコー)
17:00-17:20	"Cyber physical system construction using Bayesian network" ▪ 本村 隆一 氏 (国立研究開発法人 産業技術総合研究所)
17:20-17:40	"Co-Design for Deep Learning" ▪ 篠田 浩一 氏 (東京工業大学 情報理工学院 教授)
17:40-17:45	閉会の挨拶 岩附 信行 氏 (東京工業大学 工学院院长/超スマート社会推進コンソーシアム運営委員長)
【第二部】（ロイヤルブルーホール）	
18:00-19:30	懇親会

図 3-1 グローバルフォーラム プログラム

今回は新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、受け入れの中止、または延期の機関もあり、双方にとって残念な部分も否めません。また留学生を想定した英語によるインターンシップは成立しにくいことが今後の課題として残りました。

2020 年度は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。時期は夏休み期間中（2020 年 8 月）、および 2021 年の春休み期間中を想定しています。更に、グローバル化の伸展に鑑み、英語によるインターンシップも進められるよう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。

4-2 超スマート社会創造科目の構築

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、または登録を希望する修士課程と博士後期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の皆様にご協力いただき、実社会の先端的課題に関するオムニバス講義を開講します。これにより、サイバー空間・フィジカル空間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することで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を育成します。

2020 年度は、量子科学の最前線に関する科目と、IoT/ロボティクス/スマートシティに関する科目を開講します。各科目は 7 回の講義からなり、超スマート社会推進コンソーシアム参加機関から第一線で活躍されている方々に講師となって頂き、実社会の問題解決や超スマート社会実現に向けた課題について、量子科学・基盤技術・システム実装・新社会創造等の観点からオムニバス形式での講義をお願いしています。また、本教育院に関わる本学の教員によるオムニバス講義も順次開講する予定です。

4-3 超スマート社会オンライン教育コンテンツの制作

超スマート社会推進のための先導的な教育を実現すべく、量子科学や人工知能および超スマート社会教育研究フィールドに関連する MOOC (Massive Open Online Course)、ならびに SPOC (Small Private Online Course) について、2025 年までに 10 科目を開講する計画です。

それに先立ち 2019 年度には、「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」の講座を開発・運営するとともに、「将棋を事例にして学ぶプログラミング・AI」の開発に着手しました。このうち前者に関しては、入門的なプログラミングで「計算」の設計法を体験しながらコンピュータサイエンスの基礎を学ぶことをコンセプトとし、情報セキュリティの基本である暗号化・復号・解読や、コンピュータシミュレーションやデータマイニングなど、現代社会における情報工学の活用事例を取り上げました。講座は代表的な MOOC プラットフォームである edX 上に公開し、約 1000 人が受講しました。なお、英語版コースの開発にも着手し、2020 年 7 月頃に edX 上で公開する予定です。(注: edX はハーバード大学と 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す。)

後者に関しては、将棋を事例としてプログラミングや AI を学ぶことをコンセプトに、主要なプログラミング言語である Matlab および Python の両言語を活用した講座の開発を開始し 2020 年 3 月までに大まかな映像収録を完了させました。公開は、2020 年秋頃を予定しています。

5. 異分野融合研究推進委員会の活動

5-1 マッチングワークショップの開催

超スマート社会推進コンソーシアムおよび超スマート社会卓越教育院では、教育課程の一環として、2019 年 11 月 8 日にマッチングワークショップを開催しました。ここではコンソーシアム参加機関のニーズと東工大の教員・学生の技術的・人材的シーズをマッチングさせ、分野を超えた異分野融合研究チームの構築を目指しました。このマッチングワークショップの参加は、超スマート社会卓越教育課程の 2020 年度第一期生の登録選抜の申請資格となるため、東工大の学生や指導教員も出席し、参加機関との有意義な議論を行なうことができました。2018 年度には 2 回に分けて開催しましたが、2019 年度はマッチングの機会を更に強化するため、学生からのシーズ発信ラウンド (S-Round)、および参加機関からのニーズアピールラウンド (N-Round) を同日開催としました。プログラムを図 5-1 に示します。

基調講演の後に参加学生による 1 分間のショットガン発表およびポスター発表が行われました。S-Round のシーズ発信では 77 枚のポスターが展示され、80 名の学生（うち 3 名オブザーバ）が参加しました。一方、ニー

ズラウンド (N-Round) では、15 の参加機関から 3 分間のショットガン講演が行われ、その後懇親会を兼ねたポスター展示を通して意見交換会が開催されました。出展機関からは超スマート社会に向けた活動状況やニーズなどが紹介され、活発な研究討議の機会が提供されました。最後に参加機関による投票が行われ、その結果、異分野融合研究推進委員長から 7 名の学生に優秀学生ポスター発表賞が授与されました。

第一部 会場：くらまえホール	
◆ 13:00-13:10	開会の挨拶 趣旨説明 ・岩附 信行 氏 (東京工業大学 工学院院长/超スマート社会推進コンソーシアム運営委員長)
◆ 13:10-13:50	基調講演 ・尾高 雄一郎 氏 (株式会社三菱UFJフィナンシャル・グループ) 「デジタルトランスフォーメーション及びデータ分析民主化に向けた三菱UFJ銀行の取り組み」
◆ 13:50-14:00	休憩
◆ 14:00-15:30	学生ショットガン講演
◆ 15:30-17:00	学生ポスターセッション・意見交換
◆ 17:00-17:15	休憩
◆ 17:15-18:00	参加機関ショットガン講演
第二部 会場：ロイヤルブルーホール	
◆ 18:00-19:50	参加機関ポスターセッション・意見交換・懇親会
◆ 19:50-19:55	表彰
◆ 19:55-20:00	閉会の挨拶 ・篠田 浩一 氏 (東京工業大学情報理工学教授/超スマート社会推進コンソーシアム異分野融合委員会委員長)

図 5-1 マッチングワークショップ プログラム

更に、S-Round では参加機関からの、また N-Round では参加学生からの要望や技術的関心の有無についてのアンケートを実施し、これらを整合させることで、10 件のマッチングが成立しました。今後の共同研究や採用活動へとつなげたいと考えています。

2020 年度のマッチングワークショップについては、前期は 6 月 17 日に、後期は 11 月 11 日に実施する予定ですが、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、オンライン会議等の方法で実施することも検討しています。

5-2 超スマート社会教育研究フィールドの構築

5-2-1 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として、スマートモビリティ教育研究フィールドを構築しました。本教育研究フィールドは、自動運転用オープンソースソフトウェアである Autoware を搭載した電気自動車、最先端ワイヤレスシステム (5G、60 GHz/28 GHz ミリ波無線)、ならびに車載カメラや LiDAR (Light Detection and Ranging) などのセンサ設備を提供し、自動運転システムや様々なセンサ情報を集約したモビリ



図 5-2 動画伝送および自動運転実験

ティサービスの研究開発に資することを目的とします。
(注：「Autoware」は「The Autoware Foundation」の登録商標です。)

2019 年度は本学の大岡山キャンパスにおいて自動運転の試験走行を実施するとともに、RSU(Road-Side Unit)に備え付けられたカメラとミリ波無線システムを利用して車載モニタに動画を伝送する実験を行いました。(図 5-2、図 5-3) 詳細は以下の URL を参照ください。

<<https://www.youtube.com/watch?v=KO4SEPghtM0&feature=youtu.be>>

2020 年度は RSU を含むワイヤレスネットワークを更に拡大し、異分野融合研究企画集中演習およびリカレント教育を実施するとともに、モビリティサービスなどの研究開発に発展させていく予定です。



図 5-3 自動運転ならびに動画伝送実験レイアウト

5-2-2 スマートロボティクス

● Robot Zoo Sky

2019 年度を通じて、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 Robot Zoo Sky を構築しました。本教育研究フィールドは、一義的にはモバイルセンサネットワークによる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、例えば自

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ます。加えて、農業分野や老朽インフラの点検においても、モニタリング技術は生産性の向上に大きく資するため、労働生産人口の減少という喫緊の社会課題のソリューションともなります。さらに、本教育研究フィールドでの演習を通じて、学生は IoT 時代に必須となる、ネットワークで接続された複数のモノや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。

本教育研究フィールドは大岡山キャンパス西 8 号館 W101 号室に構築しました。フィールドは 5 台のドローン Bebop 2 (Parrot 社)、複数台の自作ドローン、移動ロボット Scamper 0-308(REVAST 社)、メカナムローバー Ver2.0(Vstone 社)、安全性確保のためのトラス(5.4m×4.3m×3.8m)・ネット、ロボットの状態計測用モーションキャプチャ PrimeX13(OptiTrack 社) 12 台、計測・制御用 PC それぞれ 1 台、撮影用カメラから構成されます。また、学生の演習用に 2 台の Surface Pro 7(Microsoft 社)が備えられています。モーションキャプチャの計測情報は計測用 PC を介して数 ms 周期で制御用 PC に送信されます。任意にコーディングした制御アルゴリズムはロボット用ソフトウェアプラットフォーム ROS 上に実装され、指令信号はリアルタイムでロボットに送信されます。(図 5-4、図 5-5)

既に、コンソーシアム参加機関を含む複数の企業が参画して、本教育研究フィールドを用いた異分野融合研究が始められており、参加機関内に本教育研究フィールド

を模擬したシステムの構築も進められています。また、2020 年度中に異分野融合研究企画集中演習およびリカレント教育を実施するよう検討を進めています。

● 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。元来、人類の主たる活動フィールドは陸上であったため、これまで水中環境は軽視されてきました。しかし地球の表面積の 7 割は海、すなわち水中であり、この水中環境についてはまだ多くのことが未解明です。大きなスケールでは海洋自然があり、これを調査する海洋自然調査ロボットが必要とされています。また等身大スケールのより身近な例としては、水泳などの水中スポーツや水中エクササイズなど人間の水中運動についても多くの未解明な点があります。Robot Zoo Aqua は上記のような社会課題の解決を目的にロボティクスの立場からアプローチしようとするものです。例えば海洋自然調査ロボットでは、複数台のロボットを群れのように配備することが考えられていますが、その群れをどのように制御すれば良いかについては十分に明らかにされていません。本教育研究フィールドを活用することにより、このような問題の解決が可能になると考えられます。

上記の目的を達成するために、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。メインの設備として、長さ 5.5 m、幅 2 m、深さ 0.7 m の繊維強化プラスチック製大型水槽を設置しました。更に 8 台の赤外線カメラ (OptiTrack 社、PrimeX13) を備えた光学式モーションキャプチャシステム、および 5 台の水中ドローン (PowerVision 社、PowerDolphin) を導入しました。図 5-6 に完成した Robot Zoo Aqua 全景を示します。モーションキャプチャシステムにより、水面を移動するロボットの位置座標が高精度で計測可能です。

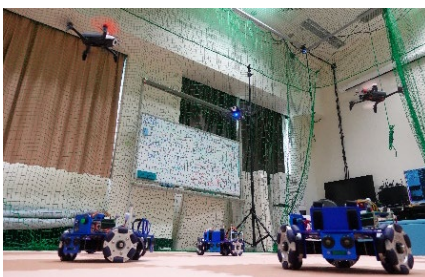


図 5-4
Robot Zoo Sky
全景



図 5-5
環境モニタリング
制御の様子



図 5-6 Robot Zoo Aqua 全景

本教育研究フィールドは理論やシミュレーションと、実際の海洋環境などとの間のテストプラットフォームと位置づけられます。ここでは水中ロボットの制御実験を実機の水上ドローンを用いて行うことができ、国内外でも例を見ない新しい演習の場を提供します。

現在、本教育研究フィールドを活用した異分野共同研究が 1 件進行中ですが、今後は、学生・教員が理論やシミュレーションと本教育研究フィールドでのモデル実験を担当し、外部機関が海洋環境などの実際のフィールドでの本格的な試験を担当することにより、連携研究を更に推進させることが期待されます。

● Robot Land

Robot Zoo Sky/Aqua に対して、Manufacturing 以外で陸上で活用するロボットに関する教育研究フィールドとして、Robot Land を構築しました。具体的には、協働ロボット(ユニバーサルロボット社製 UR5e) (図 5-7)、野外フィールド用 4 脚ロボット(東工大開発) (図 5-8)、多機能ロボットモジュール(HEBI Robotics 社製)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・プロセッサおよびコントローラ装置(dSPACE 社製)、制御用高速モーションキャプチャシステム(ナックイメージテクノロジー社製) (図 5-9)、高精度 GNSS+INS ハイブリッド装置(トリンプル社製)といった、ロボットの評価、制御設備群から構成されます。これらにより、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、高齢化等の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。

協働ロボットは 7 軸の冗長マニピュレータで、標準的なロボットマニピュレータの教育研究を行うプラットフォームとして導入したものです。ROS 上でプログラミングを行うことができ、産業用途、遠隔操作、人との協働作業、等に関するロボット応用の教育研究が行えます。

野外フィールド用 4 脚ロボットは、埃や雨天下の野外環境で活動可能な油圧駆動ロボットで、本学が独自に開発しました。実フィールドでタフに動く歩行ロボットは世界的にも多くはなく、実践的な教育研究が行えます。さまざまな改造も可能で、ロボット機構に関する教育研究にも用いることができます。

多機能ロボットモジュールは 1 軸回転動作関節モジュールで、これを組み合わせることでヘビロボットやロボットアームが自由を構成できます。Robot Land では

8 軸モジュールを有しており、作業に応じたロボット構成の教育研究に使用できます。また、これらのロボットプラットフォームの制御系開発、ナビゲーション、高速リアルタイム運動解析が行える評価システムも備えています。



図 5-7 協働ロボット

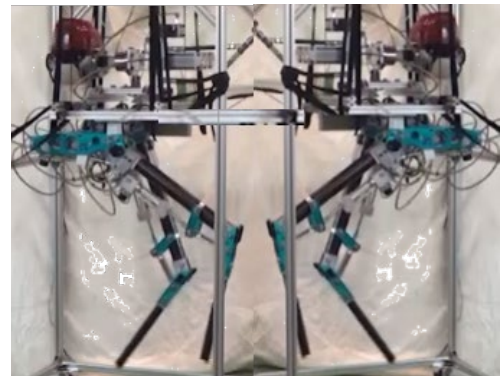


図 5-8 野外フィールド用 4 脚ロボット



図 5-9 高速モーションキャプチャシステムと身体サポートスーツ

● Smart Manufacturing

ものづくり（マニファクチャリング）分野では、この 10 年ほどの Additive Manufacturing (3D プリント)の広まりや、IoT、Industry4.0 といったキーワードで表される「ものづくりのデジタル化（デジタルものづくり）」が提案され、インターネットやコンピュータとの連携による生産の効率化を目指したコンセプトが次々と提案されてきています。また、顧客からの多種多様な部品製造に対する要求に迅速に対応するため、90 年代後半から、工場のような生産現場にある製造装置（工作機械、搬送機、ロボットなど）が互いに連携し合いながら自動生産を進めるモデルもいくつか提案されてきましたが、コンピュータや通信の能力が高まったことで、ようやく実用システムへの実装により効果の実証ができる段階になってきました。この意味で、本教育院で輩出する人材像として掲げる次世代リーダが持つべき能力と、将来、マニファクチャリング分野で重要となる技術との間には非常に高い親和性があると考えられます。

2019 年度は、Smart Manufacturing 教育研究フィールドではコンピュータによるデジタル設計からシームレスに部品加工へと繋がる現在の生産システムの流れを実際のソフトウェアと機械を用いたデモンストレーションを通して体験的に学べる環境を提供しました。一方、様々なセンサと連携したインテリジェントな加工システムの開発に向けた基礎研究を進めるための設備として、図 5-10 に示す多軸のモデリングマシンを導入しました。また、工作物の位置・姿勢に加え、リアルタイムに工作物や工具の形状を 3D データとして取得するための 3D 形状センサも組み合わせ、高い加工精度を維持しながら生産工程（部品生産のための個々のプロセス）間の遷移を行ない、工具軌跡と工作物・加工装置各部の位置関係を把握して干渉を回避する仕



図 5-10 Smart Manufacturing 導入設備

組みに関する教育研究設備の整備を行いました。

2020 年度は導入した設備を有効に活用することで、特に異分野に基礎をおいた、学生に対して効果的な教育を行うプログラムの整備や、各種センサを利用したリアルタイム加工状態モニタリングの組み合わせによる Smart Manufacturing に向けた共同研究を進める予定です。

5-2-3 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、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が期待されています。

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教育研究を行います。

2019 年度は、この研究推進のため、既存の極低温冷凍機（冷媒式・無冷媒式）と組み合わせ、図 5-11 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ました。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構築するため、新たな機器を整備しました。具体的には、ベクトル信号発生器、同期可能な 2ch 任意波形発生器、シグナルアナライザ、デジタイザ等から構成される量子コンピューティング計測システム（図 5-12、図 5-13）を構築しました。また、極低温冷凍機への高周波導入ラインを設置しました。2020 年度はこれらを本格的に活用して、極低温冷凍機にパルスやマイクロ波を導入するための測定系の構築や、量子状態を高精度に制御するための計測システムの拡充を進める予定です。

また、超スマート社会卓越教育課程登録学生とともにシステムを構築し、それをを用いて量子状態計測していく実習を行う計画です。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ています。また、企業・国研等の方々にも活用して頂き、共同研究も進めたいと考えています。

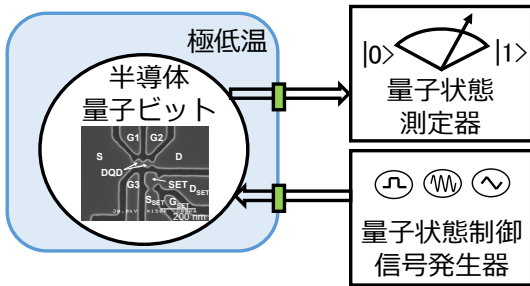


図 5-11 量子ビット測定系の模式図



図 5-12 既存無冷媒冷凍機と組み合わせた測定系



図 5-13 測定系の拡大写真

● 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と考えられます。その中で特に量子効果(量子力学に現れる現象)を使ったものは量子センサと呼ばれ、従来よりも高感度な検出が期待できます。これにより今まで検出できなかった物理量が検出でき、超スマート社会構築への貢献が期待されています。

量子センサには様々なものが存在します。例えば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: Diamond Nitrogen-Vacancy Center)、原子ガスを用いたものなどです。これらは検出したい対象や状況に応じて使い分ける必要があります。この中で我々は特に微小な磁界を検出できる SQUID (図 5-14) 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 は重要な要素となりますが、現状の問題点は空間分解能が低く、動作に極低温が必要なことです。

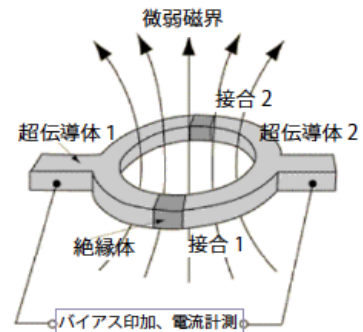


図 5-14 超伝導量子磁束干渉計(SQUID)の模式図

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、厚さが数原子層の高温超伝導体の開発を進めています。2019 年度はこの研究推進のため、新たな機器を整備しました。まず超伝導体の特性評価のための既存の走査トンネル顕微鏡装置の制御系を最先端のものに更新しました。これにより実験の精度が向上します。さらにより多種多様な超伝導薄膜材料の作製・評価をするために分子線エピタキシー法 (MBE: Molecular Beam Epitaxy) での蒸着が可能な試料作製装置を設置しまし

た(図 5-15)。2020 年度はこれらを本格的に活用し、これまででも研究対象としてきた SrTiO₃ 基板上の単層 FeSe 薄膜の高温超伝導の研究を推進するとともに、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も取り組む予定です。また、超スマート社会卓越教育課程の登録学生はこれらの装置を用いて実習を行い、基本的な量子力学的現象を体感するとともに最先端の量子科学研究で用いられる各種実験技術を習得します。平行して、SQUID と同様に微小な磁界を検出可能な、ダイヤモンド NV センタを用いた超伝導体や、磁性体の物性研究も行う予定です。これはダイヤモンド NV センタに関するノウハウを有するコンソーシアム参加機関と共同で進めていきます。

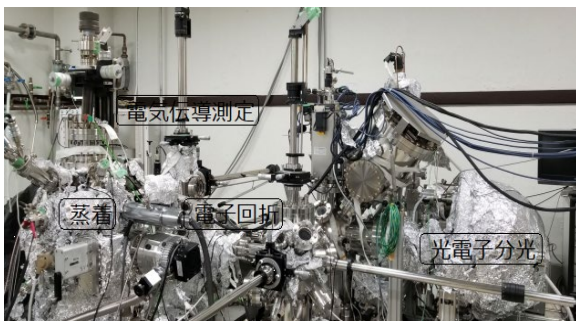


図 5-15 超伝導薄膜材料の作製・評価装置

5-2-4 人工知能

近年の人工知能技術の発展はめざましく、その技術は情報分野だけでなく、工学一般、さらには社会科学分野でも利用されるようになり、超スマート社会を実現する最重要技術の一つと考えられます。この状況に鑑み、東工大では 2019 年度より大学院課程の学生を対象とする人工知能教育、すなわち社会的課題解決型データサイエンス・AI 研究推進体 (DSAI: Data Science & Artificial Intelligence Research Group for Social Good) を始動させ、2020 年度からは全大学院生を対象として、全学的な人工知能教育の準備を進めてきています。この人工知能教育の鍵は、座学だけでなく、実習によりオンライン教材を利用し、機械学習ツールを実際に使用して技術を学修する点にあります。

これまでは計算機室の端末で機械学習技術の実習を行っていましたが、端末の台数等により受講者数に制約がありました。一方、ラップトップ PC やタブレット端末のコモディティ化により多くの学生がこれらを所有するようになってきたことから、多くの学生が一般講義室で無線 LAN を利用した実習により人工知能教育を受講す

ることが可能になってきました。しかしながら、人工知能教育では、講義資料やビデオ教材などのダウンロードだけでなく、機械学習のための大容量のデータセットのアップロード等、アップストリームの通信帯域幅も重要となります。

現在主流の Wi-Fi 5 の無線 LAN 規格では、特にアップストリームの通信バンド幅が小さいという問題点があります。このため 2019 年度は、人工知能教育のためのプラットフォームとして Wi-Fi 6 の無線 LAN を 4 講義室に導入し、学生が持ち込んだ PC やタブレット端末を利用して、各講義室からクラウド上の機械学習サービスに高速ネットワークを通じてアクセスすることが可能になりました。Wi-Fi 6 ではダウンロードだけでなくアップストリームの性能が飛躍的に向上しています。これらの特徴により、多くの学生が自分の端末を一般講義室に持ち込み、通信帯域幅の制約がない環境で機械学習の実習を実施できるようになります。今回の設備導入により、理論上、単一の講義室あたりアグリゲーション値で最大 10Gbps のアップ・ダウンロードの通信速度が、4 講義室同時にはアグリゲーション値で最大 20Gbps を実現できます。

現在、各分野に特化した機械学習の実習題材やオンライン教材の開発の検討が進められています。各分野に有用な題材で学生に機械学習技術の習得をしてもらい、それぞれの分野で活用されることで大きな研究成果に繋がるとともに、機械学習技術を習得した修了生が超スマート社会の実現に向けて社会で活躍することが期待されます。

6. 運営委員の紹介

**運営委員長**

岩附 信行

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：5G、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 (～2020年3月)**

藤田 政之

工学院 システム制御系 教授

専門分野：協調自律制御、ロボティックネットワークシステム、実時間最適化・実時間学習

**社会連携教育運営委員会 委員長 (2020年4月～)**

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**

鈴木 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：ビッグデータ数理工学

**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

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

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**

山田 良一

工学院 リサーチ・アドミニストレーター(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(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(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

**産学連携担当**

本間 紀美

科学技術創成研究院 特任准教授



2019 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 2020年4月20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。