

学術交流支援資金：外国語電子教材作成支援（2021年度）報告書
UBIQUITOUS INFORMATION SERVICE (GIGA/GG/GI)
～Covid-19 下での実験・実習系講義教材の再構築～

申請代表者：環境情報学部 高汐 一紀

1 本報告書の概要

本課題の目標は、Covid-19 下での実験・実習系講義の英語教材再構築にある。本科目は、従来の SFC カリキュラムで不足していた「モノ創り」の基本、さらにはそれらと密接にリンクする「ユビキタス情報サービス」の構築法を、実践的かつ体系的に学ぶ科目群のひとつとして設置され、本年度は GIGA/GG/GI 科目として開講された。ユビキタスコンピューティングの歴史に始まり、IoT とロボットを組み合わせた最新の事例 (IoRT: Internet of Robotic Things) まで、ユビキタス情報空間に関する幅広い分野を網羅した講義である。本課題ではまず、従来からのオンサイト型のファブキャンパスをオンライン発展させたファブアトリエ・オンライン構想のもと、スタッフオペレーションによるオンキャンパス機材の効率的な活用、履修者自身による実験環境サブセット「サテライトアトリエ」構築支援、デジタルデータによるキャンパス設備とサテライトアトリエとの有機的連携を実現する。その上で、AR/MR システムとの連携による IoRT サービスプラットフォームの三次元展開演習教材を新たに整備し、履修者に配布、キャンパス設備とサテライトアトリエを効果的に活用したサービスプラットフォーム開発演習を実施、サービスアーキテクチャの基礎と機械・制御システムの基礎を、体系的に修得させることを目指した。

2 教材開発の背景と目的

GPS (Cyber Physical System) 指向, IoT (Internet of Things) 時代のモノ創り

コンピューティング環境のユビキタス化が進行する中で、自動車、ロボット、家電機器、さらには居住空間から家具、日常のオブジェクトに至るまで、あらゆるモノがコンピュータの力を借りてネットワークに繋がる状況が現出しつつあり、モノがスタンドアロンで機能する状況は、既に過去のものになりつつある。そこでは、個々のモノが持つセンシング機能、プロセッシング機能、アクチュエーティング機能が、ダイナミックかつ有機的に結合することで、次々に新たな機能やサービスが生み出されていく。実世界の情報を取り込むセンシングと実世界上でのモノの作動を担う機械システム、そして情報通信システムの融合は、移動・物流・医療・介護・製造など様々な分野での改革を引き起こし、新たな社会的価値の創出を促す。SFC においてもこれら変革の先導に貢献する人材の育成は急務であった。

SFC 中でのモノ創りとサービスとしての社会実装 ～デザインと実践力～

デバイス、ソフトウェアを問わず、モノ創りの基本は、発想・設計 (Plan)、プロトタイプ

ピング・計測 (Do), 評価・分析 (Check), 処置・改善 (Act) を繰り返す螺旋状のプロセス (PDCA サイクル) を実施し, 完成度を高めることにある. すなわち「試行錯誤」の実践であり, そこでは, 高度な工学的センスと科学的センスの両者が不可欠となる. SFC でのモノ創りに関する教育の取り組みとしては, 建築系科目における制作活動や, エクストリームデザイン系の科目における制作活動を挙げることができる. これらは, アートとしての側面が強く, 制作物自体を目的とした活動である. 情報系科目においても, 先々代カリキュラムから導入された情報技術ワークショップにおいて, 一部の担当教員による講義・演習にモータを使った制作活動などが導入されてきた.

申請者は, これら提供されている科目の多くが制作活動そのものを重視したものであり, PDCA サイクルの視点で言えば, 発想・設計 (Plan), プロトタイピング・計測 (Do) で留まっている点が SFC のカリキュラムの問題点であるという意識を持っていた. このような背景から, 申請者らは, プログラミングや工作といった基礎的な創造技術の習得のみならず, それらを生かす科学的な眼, すなわち, 「ホンモノを見抜く眼」と「問題を見抜く眼」を磨くことを目的とした「モノ創りの科学」を, さらに, ある程度の「発想→プロトタイピング」の経験を積んだ学生を対象とし, 次回の発想・設計プロセスに繋がる「評価→改善」に重点を置き, CPS 指向でのモノ創りのプロセスを実践的に議論する科目として「モノ創り実験工房」を未来先導カリキュラム (2007 年度カリキュラム) の中で新規に設置し, デザインと実装力の両方で勝負できる人材の育成に注力した.

2007 年秋からは, 「モノ創り工房」の構想が急速に具体化, 2008 年度には, モノ創り系科目で共同利用可能な, 電源や工作机等のインフラ, 基板加工機, デジタルマルチメータ, デジタルオシロスコープ, 3D プリンタ等, 必要最小限の機材が整備されるに至った. 2015 年からは, ファブキャンパス構想のもと, 三層のファブ施設 (メディアセンターファブスペース, オミクロンアトリエスペース, DFF-M/W) の整備が進み, Fab Campus Guidebook の公開により, 各種ファブ機器を学生が自由に利用できる状況までになった. これらの活動は, 新旧カリキュラムの設置期間を通して, 一定の成果を得ることができたと認識している [1][2].

[1]. Fab Campus Keio SFC | 慶應義塾大学 SFC ファブキャンパス

<http://fabcampus.sfc.keio.ac.jp>

[2]. 学術交流支援資金：外国語電子教材作成支援 (2020 年度) 報告書

現行カリキュラムでの「UBIQUITOUS INFORMATION SERVICE」の位置付けと課題

各モノ創り系科目の教材が整備されていく一方で, 「受講者の実装力, 特に電気・電子回路に関する基礎学力, および機械・制御システム実装に関する経験の不足」が新たな問題点として浮かび上がってきた. モノの振る舞いを決定するロジックの基礎となるデジタル電子回路 (論理回路). モノと実世界, モノと人とのインタラクションの基礎となるアナログ電気・電子回路. これらアナログとデジタル両面での電気・電子回路への正しい理解と, 実

際の機械・制御システムへの応用力なくしては、ユビキタス情報サービスのコアを効率的にデザイン、実装することは困難である。

このような背景の下、本教材開発課題となる「UBIQUITOUS INFORMATION SERVICE」もまた、順次、講義・演習内容の更新（マイナーアップデート）が進められてきた。本年度は、これまでの講義主題であった「サービスアーキテクチャ」に加え、その実現に不可欠となる、サービスプラットフォームという視点からの機械・制御システムの基礎知識とそれらの応用実装スキルを体系的に修得することを目的に、講義・演習内容の大幅な再設計（メジャーアップデート）を実施した。具体的には、ユビキタス情報空間とのインタフェースとなるウェアラブルデバイス、ロボット、ドローン等のハードウェア設計と実装スキル、さらには、それらの自律・分散制御手法までを網羅的に解説し、計算機上でのシミュレーションだけでなく、SFCのファブ設備を最大限活用した実ハードウェアのデザイン、プロトタイピングを通して、その内容を深く理解してもらうことを目指した。いずれもSFCでデザインやモノ創りを学ぶ学生や、コンピュータシステムを学ぶ学生には必要不可欠な知識とスキルであり、工学的側面と科学的側面の両面から、ポストCPS/IoT時代の一翼を担うモノ創りの発想法の体系的なトレーニングを可能とする教材の整備と、継続的な内容のアップデートが求められている。

3 教材開発の目的と手法 ～Covid-19下での実験・実習系講義の再構築～

本教材構築の目的は、社会活動が極度にオンライン上に制限された状況下で、上述の教育的効果を最大限に発揮できる環境と素材を整備、提供することにある。従来からのオンライン型のファブキャンパスをオンライン発展させたファブアトリエ・オンライン環境を整備し、

- スタッフオペレーションによるオンキャンパスファブ機材の効率的利活用
- 履修者自身による実験環境サブセット「サテライトアトリエ」構築支援
- デジタルデータによるキャンパス設備とサテライトアトリエとの有機的連携

を実現、その上で、AR/MRシステムとの連携によるIoRTサービスプラットフォームの三次元展開演習教材を新たに整備した。これらは、キャンパス設備とサテライトアトリエを効果的に利活用したサービスプラットフォーム開発演習を実施することにより、サービスアーキテクチャの基礎と機械・制御システムの基礎を、体系的に修得させることを目指すものである。

本年度の「UBIQUITOUS INFORMATION SERVICE」で取り扱ったテーマおよび教材・課題の内容は、概ね次のようなものであった。

- uService Architecture: Construction of smart spaces / Context-aware services

/ Context-aware programming

- **uMobile Architecture:** Wearable sensors and user contexts / Vital information and applications
- **Augmented Human (Wearable vs. Implantable):** Wearable sensors and devices / Implantable computing / Affective interaction / Human hacking
- **Internet of Robotic Things (IoRT):** Sensor networks / Swarm of robots and drones / Drone programming / Renovation of IoT Environment with Robotics
- **Novel XR Technologies and IoRT Services:** History of XR technologies / Future of XR / IoT x XR Services
- **Social Robotics and Human Robot Interaction:** Cloud network robotics / H2R, R2R communication / Sensuous computing / Embodiment in interactions / Robot programming

本課題で新規に開発した **AR/MR システムとの連携による IoRT サービスプラットフォーム三次元展開演習教材**は、ユビキタス情報空間に XR 技術を組み合わせた最新事例を取り扱うものであり、受講者に AR×IoRT サービスに関する基礎知識の習得とプロトタイプ実装を行なえるだけの実践的なスキルを身に付けることをその主旨としている。同教材の利用にあたっては、受講者には講義での配布資料に加えて Scrapbox 上に用意されたオンライン資料が提供された (<https://scrapbox.io/u-service21/>)。

教材の設計にあたっては次の 3 点に留意した (図 1)。

- **AR/MR に関する基礎知識の習得**

本講義の対象は学部 1 年生から 4 年生までと幅広い。これまでの経験上、AR に関してある程度の知識は持っているものの、類似した概念である VR や MR の詳細を理解している者は少なく、ユビキタスサービスに対して AR 技術を適用することで得られる利点を明確にすることが困難な場面に立ち会うことが多かった。本教材では、冒頭で XR 技術の歴史や定義を、実例を示しつつ時間をかけて解説することでこれらを回避することを試みた。

- **プロトタイプ実装を通じたサービスの質の向上**

本教材では実践的なスキルを身につけることを目標としている。そのため、受講者各個で新しい AR と IoT を掛け合わせたサービスを発案しプロトタイプを実装することで、設計から実装までの一通りの体験をしてもらうことを意識した。設計の過程においては、自身が提案するサービスを受講者同士で評価し合い、実装に向けてのイメージを固めてもらった。さらに、実装されたプロトタイプのデモンストレーションを通して得た他の受講生からのフィードバックを反映することで、成果物の質を高めるような試みを行った。

- **プラットフォームの選択**

AR に関する演習を設計する上で重要となるのがプラットフォームの選択である。Unity をベースとした環境を整備するのが一般的ではあるが、本教材では、受講生の多くが「情報基礎」等で修得している JavaScript を実装言語とし、ブラウザベースでの AR 環境の構築を可能とする AR.js を用いることとした。AR.js は、ライブラリを導入することで手軽に AR 開発環境を構築することができるため、iOS や Android を含む、ほぼ全ての端末にて動作を確認することが可能となった。



図 1 AR×IoT 演習のイメージ

4 教材の効果と総括

運用において各教材に求められる要件は以下のようなものであった。

- UBIQUITOUS INFORMATION SERVICE の講義趣旨を実現すること
- 80 人程度の学生に対する講義・演習が可能であること
- 安全性が十分に考慮されていること
- 学生の不注意による機材の紛失、破損の可能性が少ないこと
- 教材としての耐久性が高く、長期間の使用に耐えられること
- 情報システム、デバイス、機械システム分野の題材をバランスよく扱えること
- 教材使用とその指導方法が分かりやすく、経験の浅い教員でも活用可能であること

本プロジェクトの目的は、理工学部等でよく見られるような、講義科目と実験・演習科目が独立設置された形態ではなく、基礎理論、設計論、実装方法論と実システム開発演習が

有機的に連携した教材を整備し、運用・評価することにある。加えて本年度は、オンライン状況下においても安全かつ効率的に上記の主題を満たす教育を実現するための体系的な教材の実現を目指した。具体的には、履修者によるサテライトアトリエ整備に対する支援を目的に、USB 接続型デジタルオシロスコープを始めとする省スペース計測機器を導入、STEM 教育キット用に最新型の Raspberry Pi 基板を核とする電子回路実験セットを導入、各種プロトタイピング素材と併せて教材を整備、必要に応じて履修者に発送する等の対応をとった。

本課題の対象である「UBIQUITOUS INFORMATION SERVICE」は、従来の SFC カリキュラムで不足していたモノ創りの基本やシステムとしての運用を、実践的かつ体系的に学ぶ科目として、現カリキュラムの中でも重要な位置を占めている。その趣旨は、プログラミングや工作といった基礎的な創造技術の習得のみならず、それらを生かす科学的な眼、すなわち、「本物を見抜く眼」と「問題を見抜く眼」を持つことにより、CPS 指向でのモノ創りに不可欠な工学的センスをも同時に磨くことにある。本教材を整備することにより、「モノ創りにおけるデザイン力の強化」、さらには「ハードウェア、ソフトウェア両面での実装スキル」の集中的な育成が可能となる。

本資金により開発された教材は、講義・演習を実のあるものにし、学生に実践的なモノ創りの発想法とその実現プロセスの基礎となる知識と技術を学ばせ、SFC の研究活動の高度化に貢献することが期待される。科目自体は CI 分野からの提案であり、扱う課題も主に、情報システム、デバイス、機械システムの基礎およびその制御手法というべきものである。しかし、情報システムの分野だけでなく、認知身体学分野、環境分野、デザイン分野においても、上記したプロセスの実践は重要である。本プロジェクトの成果は、分野を問わず、現在各学生の手探りで行われているモノ創り（造り）のプロセスの洗練化、効率化に貢献できると考える。