［グローバルに活躍する］

④グローバル Project-Based Learning
―ドローン制御ソフトウェア開発を通して―

久住憲嗣 | 九州大学　三輪昌史 | 徳島大学　大江信宏 | 東海大学

グローバル PBL 実施の経緯

近年，学生が国際会議で発表することは，一般的になってきた．国際会議での発表は，学生にとって貴重な経験ではあることは述べるまでもない．一方で，国際会議において学生が英語を使う機会は，発表時間と必要最小限の日常生活に限られている．そこで英語を使った協働の機会を提供すべく，情報処理学会組込みシステム研究会（SIGEMB）が主催する国際会議 APRIS（Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform）2018 では，目玉となるイベントの 1 つとして，APRIS ロボットチャレンジ（APRIS-RC）を，グローバル Project-Based Learning（以下，PBL）として実施した．

APRIS-RC は，SIGEMB が，組込みシステムシンポジウム（ESS）の特別企画として 15 年間開催してきた ESS ロボットチャレンジの知見に基づき実施した．本チャレンジは，PBL 形式のコンテストであり，(1) 異分野の学生，教員をつなげた学びの場の提供，(2) 実践的開発を経験する場の提供，さらに，(3) 継続的な研鑽を目指したコミュニティの形成，に貢献してきた．

この ESS ロボットチャレンジを発展させてグローバル PBL を実現したのが APRIS-RC である．その目的は，ソフトウェア，電気，機械工学などの個々の技術的な知識に基づき，海外の学生と英語コミュニケーションをとりながら，組込みシステムを開発するための教育を提供すること，すなわち，「専門分野に基づいたグローバルコミュニケーション」の場の提供である．テーマとして，ドローン開発を取り上げた．参加者は，室内用小型自律航空機（ドローン）を開発する PBL を通じて組込みソフトウェア開発のスキルを学ぶことができる．特に，複雑な制御モデルを図式化して表記する「モデリング」に力を入れている点が特徴である．本稿では，SIGEMB 主催で初めて海外で実施した，グローバル PBL の競技，進め方やその結果などを報告する．なお，このイベントは，「成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成（enPiT）」における組込みシステム分野（enPiT-Emb）の教育プロジェクトに基づいている．

スケジュール

表 -1 に全体スケジュールを示す．国際会議である APRIS2018 期間中に実施するために，APRIS-RC として活動できる時間は実質 2 日間に限られている．1 日目は主に講義を実施し，演習機材の理解，制御，設計方法論を学ぶ．1 日目の最後から 2 日目の午前にかけて PBL を実施する．実質 2 日間で PBL を遂行するために，APRIS-RC に参加する大学が多かった日本とタイ王国の両国において，事前にプロジェクトマネジメントの基礎や演習対象の習熟に務めた．

演習機材

APRIS-RC では，DJI 社が販売している Tello と呼ばれる室内用小型自律航空機（ドローン）を演習対象として選定・使用した（図 -1）．この機体は安価であるが，ビジョンポジショニング機能による正確な自動ホバリングが実現されている．そのため，小型航空機の操作経験が浅い者でも安全に使用できる．また，搭載されているカメラで画像撮影も容易である．

機体と操作用デバイスとは Wi-Fi で接続し，通信を行う．Tello では機体を制御するための API 関数や SDK が公開されており，Python のプログラミング開発環境で作成した自作プログラムでの機体操作が可能である．Python を取り入れるにあたり，組み込みシステム企業の多くは，C/C＋＋言語を使用していること，多くの学生が学んでいる言語は C 言語であることから，協賛企業やタイ側と環境について議論した．その結果，AI 等の発展を考慮し，Python とすることにした．

演習内容

目的

前述した通り，「専門分野に基づいたグローバルコミュニケーション」の育成が目的である．したがって，専門性と関連した力として，先に述べた enPiT-Emb における教育理念である「システムを作る技術力」，「開発工程を進める能力」，「プロジェクト管理の能力」，「プロフェッショナリズム」を想定している．これらの力を養うために，与えられた課題についてシステムを開発，競技を行い，成果発表するという PBL を行う．グローバルコミュニケーション力に関しては，国を超えたメンバ間で PBL を行うことにより育成する．

開発の特徴

本 PBL では，ドローンのハードウェアや内部に組み込まれているソフトウェアの開発をするのではなく，製品として提供されているドローン「Tello」を PC からコントロールするプログラムを開発する．このプログラムの開発には，ハードウェアやネットワークの知識やノウハウ，タイミングや制御対象機器の変化や個体差の考慮といった，組込みソフトウェア開発特有の課題がある．以上を踏まえ，学生は，要求分析を行い，ソフトウェアモデル（アクティビティ図）を構築し，実装する．

PBL 課題の設定

本課題は，要求分析およびソフトウェアモデリングが可能なようにすること，国際色を出すこと，設置・搬入の容易性を考慮して作成した．

表 -1　APRIS-RC2018 全体スケジュール

Day	Time	Session
Day 1	10:00 – 10:10	Opening
	10:10 – 11:00	Installation, Basics of Tello Control
	11:00 – 12:00	Control Programming
	12:00 – 13:00	Lunch
	13:00 – 15:30	Continue
	15:30 – 18:00	System Analysis and Design
Day2	09:00 – 14:00	Project-based Learning
	14:00 – 15:00	Contest
	15:00 – 16:00	Presentation
	16:00 – 17:00	Panel for Japanese, Lightning talk for Thai
	17:00 – 17:10	Closing Remarks

図 -1　DJI Tello

要求分析・モデリングと関連し，与えられたルートを飛行させるのではなく，「ドローンを使って遺産である建造物を調査し破損個所を発見する」というテーマを想定した．競技では，遺産である建造物のポスターと，破損個所・状況を模擬する AR マーカとを用意し，複数の AR マーカをポスターに貼り付けておく．図 -2 にそのイメージを示す．国際色を出すために，さまざまな国の建造物を用意した．また，設置・搬入を容易にするために，ドローンや PC 以外は，ポスターや AR マーカの持ち込みに限定した．

競技は，PC からの制御によって，ドローンがスタート地点から飛び立ち，捜索地点まで飛行後，回転して，ドローンのカメラで複数の AR マーカを探し，情報を読みとり，戻ってきて着陸する．読みとった AR マーカ（破損個所）の個数と情報を PC のコンソール上にレポート表示する，と設定した．図 -3 に飛行イメージと，ドローンがとるべき振舞いを示す．図 -3 における（1）～（6）がドローンに対する制御のポイントとなる部分である．

開発の方法

開発言語としては Python を使用した．前述したとおり Tello は Wi-Fi を通して TCP/IP を使って接続し制御できる．そのため，制御プログラムは Tello から現在の状態を受けとり，それに基づいて Tello に対して制御コマンドを送信するだけでよい．また，短期間の PBL で，ドローンの飛行，搭載しているカメラでの撮影，AR マーカの認識などのプログラムをゼロから開発するのは困難であるため，あらかじめサンプルプログラムを与えた．また，我々の授業の知見から，学生が混乱しやすい部分を隠蔽した．

サンプルプログラムは，Tello の状態を得る，カメラ画像を得る，キーボードからの入力に基づいて飛行する，などである．PBL では，学生はサンプルプログラムを課題に合わせて組み合わせ，プログラムを開発した．

評価方法

評価のポイントは，スピードと振る舞いの正確性であるが，あらかじめ設定した 15 の評価項目で採点した．まず，基本的な制御方式として，①PC のキーボードを使ったリモートコントロールによる飛行制御，②プログラムによるシーケンス制御による自律飛行，③シーケンス制御内容をプログラムとは別にファイルに記述しておき，記述内容に応じてシーケンス制御できるようにした自律飛行の 3 つのどの方式を選択したかを評価点にした．①のリモートコントロール方式は，人間がドローンの飛行状態やカメラ画像を見ながら操作して飛行する方式であり，操作に慣れる必要があるが，正確な飛行が可能である．②のシーケンス制御による自律飛行は，事前に何度も飛行させて，離陸，直進，回転，着陸などの飛行時間やスピードなどを計測した情報と，カメラによる AR マーカ取得状況に基づいてプログラムを何度も修正して，正確な飛行と読みとりを行う方式である．③の方式は，②の方式における制御パラメータ

図 -2　ドローンの活用イメージ

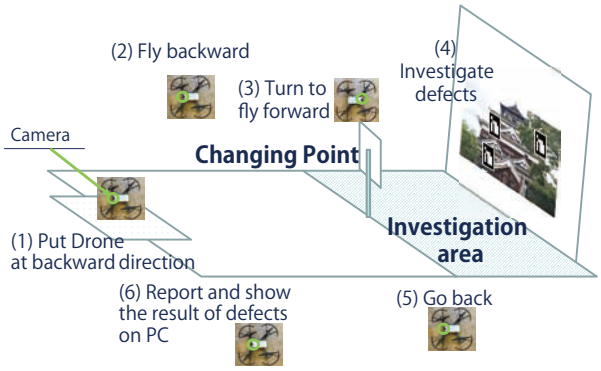

図 -3　ドローンの飛行課題のイメージ

をファイル上に記述しておき，それに基づいて制御する方式であり，チューニングが容易になる．

そして，スピードの評価として，スタートして戻るまでの時間を競った．また飛行にかかわる正確性の評価として，図-3の（1）～（6）までの動作の正確さを採点した．最後に，着陸エリア内（スタートエリアと同じ場所）に正しく着陸したかも評価項目とした．

PBLの推進方法と結果

推進方法

グループ編成は，約60人の参加者を5，6人ずつ10グループに分けて，PBLを実施した．グループ内ではそれぞれ役割を設定し，リーダをはじめ，設計，プログラミング，テスト，発表資料作成等々の役割を決めてプロジェクトを推進した．60人のうち，10数名が日本人でほかは主にタイ人であり，日本人を必ずグループに1，2名入れるように編成した．

PBL実施の手順としては以下のように進めた．①開発環境設定の確認，②モデル駆動開発の講義，③制御のための基本知識の講義，④離陸，着陸，飛行，カメラ，ARマーカ認識などの機能別サンプルプログラムの動作確認，⑤設計・開発，テスト，⑥競技の実行，⑦成果発表．

結果

①の環境設定については，これまでのESSロボットチャレンジ等の知見を活かし，事前講習を実施してスムーズに行うことができた．競技は10グループの対抗で行った．評価方法に基づいて，評価した結果，飛行，ARマーカの認識などの課題を満たし，飛行時間が短かったグループを最優秀として表彰した．テストでは成功したが，本番ではうまくいかなかった，機体が故障して機体を交換したことで90度旋回などの制御がうまくいかなくなったなどの組込みシステム特有の問題にぶつかったグループも3割程度あった．

2日間のPBLのグループ内の共通コミュニケーションの言語は英語であったが，同じ目的を持つメンバ間，身ぶり・手ぶり・図や絵によるコミュニケーションなども活発に行われた．タイ人にとっても日本人にとっても，英語はネイティブ言語ではないが，比較的コミュニケーションはうまく行われ，競技もあり，盛り上がったといえる．

APRIS-RC2018を終えて

ESSロボットチャレンジの国際版として，2018年度に初めてAPRIS-RCをタイで開催することができた．APRISで発表した日本人学生全員がAPRIS-RCに参加し，好評だった．短期間ではあるが，日本，タイ側の学生でチームを組み，高度な組込みシステム開発を実施できたと思っている．学生が異国の地で，技術に基づいたコミュニケーション力や実行力をつける必要があることを学べる貴重な機会であったと思う．したがって，学会発表にとどまらない「専門分野に基づいたグローバルコミュニケーション」の場を提供できたと確信する．また，実行委員としてもタイの学生の忍耐強いコミュニケーションをとる努力から学ぶところが多かった．

今後もAPRIS-RCを継続して実施していく予定である．参加をご検討いただければ幸いである．

（2019年4月30日受付）

久住憲嗣（正会員） nel@slrc.kyushu-u.ac.jp
2014年九州大学大学院博士課程修了．2008年から九州大学システムLSI研究センター准教授．IoT，ロボット等の組込みシステムの開発方法論の研究，教育に携わる．特にモデルやプログラム言語を使って日々の開発を支援する研究に従事．

三輪昌史 miw@tokushima-u.ac.jp
徳島大学大学院社会産業理工学研究部准教授．2000年ごろから無人航空機に関する研究を開始．飛行機型，ヘリコプタ型，マルチコプタ型を対象にした研究を行う．現在は無人機全般（空中，地上，水上，水中）を対象とした機体開発・運用方法についての研究に従事．

大江信宏（正会員） oe.nobuhiro.h@tokai.ac.jp
東海大学情報通信学部特任教授．1975年神戸大学工学部計測工学科卒業，同年三菱電機入社．ソフトウェア開発に従事，2018年より現職．博士（工学），技術士（情報工学），電気学会会員．