

コンピューターサイエンス入門教育の 題材としてのドローンの活用事例

新村 太郎（熊本学園大学経済学部）

A Case Study of an Application of Drones as a Contents of Introductory Computer Science Education Taro Shinmura

1. はじめに

社会における情報技術の浸透と進展は、情報教育をより重要で複雑なものとしてきた。インターネット、ブロードバンドおよびユビキタスの三者は、現在の日本国内の都市およびその周辺地域では容易にかつ安価に活用できる状態である。また若い世代のスマートフォンを中心とした高度な情報端末の利用率が非常に高くなってきた（内閣府，2019）。若い世代における高度な情報技術とその日常での利用はシームレス化する一方で、技術そのものはますますブラックボックス化する傾向にあり、よりわかりやすく魅力のある題材を情報技術の学習のきっかけとして用意する必要が高まっている。

新村ほか（2019）で指摘したように、ドローンはここ数年間でめざましく進化し、社会にも大きな影響を与えるようになってきた。本論では、その中でプログラミングを意識した情報教育入門のためのドローンは、情報技術の学習のきっかけとして有効に活用できると考えた。2019年度の春学期における情報関連の実習授業においてこのようなドローンを活用した事例を報告する。

2. 「Hello World」から出発したコンピューターサイエンスの教育

「Hello World」を出力することは、現在でもプログラミング学習の最初のステップで扱われている（例えば、カーニハンほか，1989）。かつて多くの人々にとって映像モニタは、テレビをはじめとした、見る側にとって受動的に情報が映し出される装置であった。そこに自ら作成したプログラムの出力結果を能動的に映し出すことは、大きな驚きであったであろう。その感動は、多くの初学者にプログラミングをはじめとしたITへの関心をもたせるきっかけとなったのではないだろうか。

時代が進むにともない、モニタ出力のカラー化、パソコンの小型化、パソコンのマルチメディアへの対応、インターネット接続の一般化、ユビキタスおよびブロードバンド時代の到来、さらには高性能な個人用端末であるスマートフォンの普及によって、現代の日本では目に見える高度なITとともに生活があり、大学生世代はそれらとともに青春時代を過ごして

きている。単に「Hello World」を表示させることだけでは、その彼らにかつてのような驚きや感動を与えることが難しくなっている。「Hello World」以来、これまでもマルチメディアをはじめとした様々な表現手段が、ITの進展にともないその代用となってきた（例えば、Tway, 1995）。

3. IT 学習入門の代替え

文字ベースで細かいルールに則った従来のプログラミングに代わって、Scratch (SCRATCH ホームページ) をはじめとした視覚的および直感的に分かりやすいグラフィックベースのブロックプログラミングが入門者向けに活用されるようになってきている。特に小学生を中心とした子供向けの教材は充実してきている。グラフィックベースのインターフェースに慣れている現代の大学生に対して、学習の初期においてこのようなブロックプログラミングを導入することは、単に学習のハードルを下げるのみならず、彼らがすでにスマートフォンで慣れた操作技術を活用するという点でも有効であると考えられる。

「Hello World」の出力の代わりに、静止画や動画、音声を流すなどマルチメディアの出力や加工も、ITに関心をもたせる入り口として有効であった。しかし現在ではすでにスマートフォンによって高画質の動画の撮影と加工が無料のアプリを用いることで、誰にでもどこでも可能になり、その機能を使いこなしている大学生は今や少なくない。IT学習の入門にマルチメディア以外のものを活用した例としては、地上を走行する簡易ロボットの制御をプログラミングによって行った事例があげられる。例えば佐々木 (2009) では、さらにその発展した形ともいえるレゴマインドストーム NXT (LEGO System A/S 社ホームページ) を活用した事例を報告している。ここでは、手で触れて実際に自分の目で見て体験することが学習効果を向上させると考え、既成のレゴマインドストーム NXT を教材として活用している。プログラミングの初学者である受講学生からのアンケート結果では、「授業が面白い」、「初めてでも分かりやすい」、「興味が湧きやすい」など充実感と関心をもったという回答が得られ、効果的な取り組みであったと評価している。

4. 情報ネットワーク実習の変遷

筆者は2002年度より熊本学園大学において「情報ネットワーク実習」の担当を18年間続けてきた。経済学部経済学科の2、3年生が受講の中心であり、プログラミングを含めてこの分野については初学者である。当初は専用の実習室において、受講者にそれぞれPCサーバを与えてLinux OSをインストールし、DNS、SMTPを初めとする各種サーバ機能を設定して実行させ、実際にインターネットに常時接続させてその機能の動作や運用状況を管理することによって、ネットワークの仕組みとそこに流れている情報について学習させた（新村, 2006）。大学のネットワーク運用のポリシーが年々厳しくなり、これら教育用サーバはDMZに置かれ、さらに徐々にアクセスに関する制限が増加し、実習として体験できる内容が少なくなっていく。最終的にはアクセスは学内からのみに限定され、またサーバの稼働は授業時間のみに制限された。そして2016年の熊本地震によって、この実習室が入る建物が被害を受けて使用できなくなり、その後代用となる設備は用意されず、また建物が再建されたにもかかわらず大学の方針によって実習室が復活することはなかった。そのため、実習

の内容を大幅に変更する必要に迫られることになった。

5. Wi-Fi 接続でプログラミング可能なドローン

レゴマインドストーム NXT は IT 学習の入門に適した教材ではあるが、学習できる内容としては機械の制御に重点が置かれており、ネットワークに関しては充実していない。上空からの映像取得を目的として、小型無人航空機は近年世界中で爆発的に普及してきた。その中には、より高度な撮影を目的としたタイプ、インフラ点検や災害救助などのために IR (InfraRed) カメラを搭載したタイプ、そして大型ラジコンヘリにかわって農薬散布に特化したタイプなどの産業用がある。これらの中には SDK (Software Development Kit) によってプログラミングが可能な機種もあり、教育への活用も検討したが、開発者用であるために高度な知識が必要となる。さらに 1 台が 50 万円以上であるために、授業で準備するには困難であった。

また一方で、主に屋内で飛行させる趣味用の小型軽量で安価なトイドローンがある。トイドローンは当初、飛行安定性が低くかつ飛行継続時間が短かったために、その名の通りおもちゃとしての位置付けであった。2015 年 12 月に施行された改正航空法および 2016 年 4 月に施行された「小型無人機等飛行禁止法」によって、屋外におけるドローンの飛行について法的に大きく制限がかかった。トイドローンは改正航空法の対象外である重量 200g 未満のものが多く、「小型無人機等飛行禁止法」に関係のない屋内での飛行にも適している。そのため航空法の改正などはトイドローンの需要が見直されるきっかけとなった。2018 年 3 月にドローンの世界最大手 DJI 社と Intel 社の技術協力のもと Ryze Tech 社より Tello (Ryze Tech 社ホームページ) が発売された。これは GNSS や電子コンパスによる位置調整機能がないほかは、ほぼ最新式のドローンと同程度の姿勢制御および衝突回避機能をもっており、最大飛行時間が 13 分であるにもかかわらず、重量はたったの 87g である。さらに価格は 12,800 円であるため、前述の SDK が組み込まれた本格的なドローンと比較して格段に安価であり、授業への導入が検討可能な価格である。また同年 11 月には、組み込まれた SDK によって Scratch、Swift、Python などのプログラミングによる制御機能を付加された Tello EDU が発売された (価格は前者よりも 4,000 円高い 16,800 円)。付属している 4 枚の Mission pad とよばれる約 20cm 四方の板を地上に置き、そのパターンを、搭載したカメラによって画像認識して、飛行の制御を行うことも可能である。

屋外で飛行させるドローンは 2.4GHz 帯の電波を用いて、プロポ (送信機) に対応した専用のプロトコルを使用して操作される。トイドローンは赤外線を使用して、同様にプロポと専用のプロトコルを使用する。ところが Tello シリーズは送信機と Wi-Fi で接続し、インターネットで使用されている汎用プロトコルで制御される。スマートフォンやノートパソコンが送信機となり、両者ともプログラミングによって自動制御を行うことができる。前者では無料アプリにあるマニュアル操縦機能も使用できる。Tello EDU においてはスマートフォンの無料アプリによって、Scratch に似た視覚を主とした直感的に組み上げることができるプログラミングによる制御が可能である。レゴマインドストーム NXT のように地上で動作をする教材に比較して、自ら離陸して様々な飛行を行い、最後に自動的に着陸することができるドローンは、さらに刺激的な教材となりうると考え、授業に活用できないか検討した。

6. 情報ネットワーク実習でのドローンの活用

Tello を Python などの CUI ベースのプログラミングで制御する場合、プログラム中には通信を確立するために、通信デバイス、ソケット、およびポート番号の設定が必要となる。すなわちプログラミングとネットワークプロトコルの両方について理解をすることがドローンを飛ばすためのステップとなり、教材として十分な内容を含む。操縦やプログラミングに必要なアプリは Android および iOS それぞれに対応したものが無料で提供されているために、学生の所有する携帯端末をそのまま送信機として利用することができる。さらに熊本学園大学では学生向けに小型軽量のノートパソコンの貸し出しを行っているため、CUI ベースのプログラミング言語を使用した制御も行うことが可能である。以上のように、ドローン以外の必要な機材は個人および大学内にすでにそろっていた。さらに、学内でドローンを安全に飛行させることができる校舎の中庭や、体育館内の広いスペースを利用することも可能であった。

以上のことから今年度 (2019 年度) の 4 月から半期で実施した情報ネットワーク実習 (受講者 8 名) では、受講者それぞれに Tello EDU (図 1 左) を 1 機ずつ貸し出して実習を行った。主な学習内容、実習内容は以下の通りである。

- ① ドローンの飛行の力学と制御について学習
- ② ドローンとの接続 (Wi-Fi 接続とそのしくみについての学習と実習)
- ③ ドローンの手動操縦実習
- ④ アプリ内のブロックプログラミングの学習
- ⑤ ブロックプログラミングによるプログラミング飛行の実習
- ⑥ TCP/IP プロトコルスタックの学習、およびドローンの制御との関係についての学習
- ⑦ プログラミングにおけるソケットについての学習
- ⑧ Python におけるソケットの設定の実習
- ⑨ Python で書かれた制御プログラムについての学習とそれによる自動飛行の実習

7. 結果および考察

スマートフォンを使ってアプリをダウンロードしてそれを使用することは現在の大学生世代にとっては日常的なことであるために、スマートフォンを使用した実習は予想以上に円滑に進行した。機体の飛行の操縦についても、スマートフォン上で感覚的にゲームパッドに似た方法でコントロールするために、短い時間に慣れて安定的な飛行を行っていた。ブロックプログラミングについては直感的に判断できるために習得速度は速かった。TCP/IP についての学習については、ドローンを飛行させるという具体的な目的があったために、従来よりも熱心に理解しようとする姿勢が見られた。また多くの受講者は出席率がほぼ 100% であり、前年度と比較して格段に高くなった。Python プログラミングについては、プログラミングの習得を目的とする実習ではないために、サンプルプログラムの内容を理解させる程度にとどめた。以下は実習用に作成した Python3 で動作するサンプルプログラムであり、プログラムファイルと同じディレクトリに TELLO SDK 2.0 User Guide で定められたコマンドを記述したテキストファイルを置き、MS-DOS コマンド上で以下のプログラムのファイル名の右に空白をおいてそのテキストファイルを指定すると、列挙したコマンドにしたがってプログラ

ミング飛行する。

```
import socket
import sys
import time
host = ''
port = 9000
locaddr = (host,port)
sock = socket.socket (socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
tello_address = ( '192.168.10.1 ', 8889)
sock.bind (locaddr)
def recv () :
    data, server = sock.recvfrom (1518)
    print ((data.decode (encoding="utf-8")))
sock.sendto (b"command", tello_address)
print ( 'command ' )
recv ()

sock.sendto (b"takeoff", tello_address)
print ( 'takeoff ' )
recv ()
file_name = sys.argv [1]
f = open (file_name, "rb")
commands = f.readlines()
for command in commands:
    if command != "" and command != ' ¥n ':
        command = command.rstrip()
        sock.sendto (command, tello_address)
        print (command)
        recv ()
sock.sendto (b"land", tello_address)
print ( 'land ' )
recv ()
```

飛行実習において確認されたトラブル例は次の通りである。マニュアル飛行ではドローンが暴走する事例が2件（コントロールに従わずに上昇を続けた事例と水平飛行で直進を続

けた事例)。ブロックプログラミングによる飛行では、途中でアプリが接続を認識しなくなり、Wi-Fiの再接続からやり直すことになる事例が1回の実習で2～3回あった。実習中に原因の特定には至らなかったが、一度に9つのWi-Fi接続を近接して行っていたことから、Wi-Fiの電波の干渉(混信)の可能性が考えられる。そのためアナライザーを使って干渉の状況を確認した上で、距離を置く、一度に飛ばす人数を限定するなどの対応をとる必要があった。

実習の最後の日に受講者に口頭で感想を述べてもらった。「ドローンを初めて見た上に自分がそれを飛行させること自体に大きな感動を持ったため、積極的に参加できた」という内容が多かった。また、ネットワーク、コンピュータおよびドローンが連携している様子や、自分のスマートフォンの活用の可能性が広がったことに対しても、プラスの印象を持った様子であった。一方で、特にトラブルなく順調に飛行を行うことができた受講者からは「単に漠然と飛行させるだけでなく具体的な飛行のミッションを設定するなどして、何らかの達成感を得たかった」というものが目立った。今後は上記の技術的な問題を解決した上で、ゲーム感覚を取り入れた飛行ミッションも含め、受講者がより関心を深める内容に工夫していきたい。最初に掲げた課題「ドローンは『Hello World』のかわりになりうるか」に対して、十分に達成できることが分かった。



図1 教材として使用した Tello EDU (左) と実習風景 (右)

左：Tello EDUは11機用意した。それぞれに機体のほぼ全体をカバーするCynova社製のプロペラガードを装着して人や周辺の設備に衝突した際の安全性を確保した。また墜落や衝突の際には衝撃を吸収して本体を保護する。重量は13gであるため、非常に軽量で飛行にほとんど影響はなかった。

右：実習室のある建物の中庭は風が弱いためにドローンの飛行に適していた。高低差はドローンの制御のための要素として役に立った。悪天時には飛行できないため、梅雨時期には体育館内で実習を行った。

謝辞

本研究を進める上で、熊本学園大学の e-キャンパスセンターにおいては実習室の柔軟な運用について理解をいただいた。体育センターにおいては、これまでに施設の利用で前例のないドローンの飛行実習について理解と許可をいただいた。また、担当の授業アシスタントには実習のサポートのみならず、いくつかの有意義な提案をしてもらった。以上の諸氏には心より感謝の意を表します。

参考資料一覧

- (1) 佐々木豊 (2009) : 「レゴマインドストーム N X T を用いた農業工学教育改善の検討」, 農業情報研究, 18, 4, 177-186.
- (2) 新村太郎 (2006) : 「Linux と e-learning を用いた情報の基礎教育に関する事例報告」, 熊本学園大学論集『総合科学』, 13, 1, 1-13.
- (3) 新村太郎・丸本幸治・野田和俊 (2019) : 「ドローンの進化と火山活動観測への活用の試み」, 熊本学園大学論集『総合科学』, 24, 2, 1-17.
- (4) SCRATCH ホームページ : <https://scratch.mit.edu/> (2019.9.24 最終アクセス).
- (5) Tway, L. (1995) : *Multimedia in action!*, Academic Press.
- (6) 内閣府 (2019) : 「平成 30 年度青少年のインターネット利用環境実態調査調査結果 (速報) 平成 31 年 2 月内閣府」, <https://www8.cao.go.jp/youth/youth-harm/chousa/h30/net-jittai/pdf/sokuhou.pdf> (2019.9.24 最終アクセス).
- (7) B.W. カーニハン (著)・D.M. リッチー (著)・石田 晴久 (訳) (1989) : 「プログラミング言語 C 第 2 版 ANSI 規格準拠」, 共立出版, pp.360.
- (8) Ryze Tech 社ホームページ : <https://www.ryzerobotics.com/> (2019.9.24 最終アクセス).
- (9) Ryze Tech 社ホームページ 「TELLO SDK 2.0 User Guide」 : <https://dl-cdn.ryzerobotics.com/downloads/Tello/Tello%20SDK%202.0%20User%20Guide.pdf> (2019.9.24 最終アクセス).
- (10) LEGO System A/S 社ホームページ : <https://www.lego.com/> (2019.9.24 最終アクセス).