

中学校技術・家庭科(技術分野)における 統合的な問題解決学習に対応した教材の開発と学習指導計画

岩山敦志*, 伊藤陽介**

2021年度より中学校学習指導要領(2017年告示)が全面実施となり、技術・家庭科(技術分野)の内容において「技術による問題の解決」の項目ができたことで、既習の内容を活用した統合的な問題を扱うことが必要となった。本論文では、学習指導要領改訂に伴った統合的な問題を扱う教材に着目し、「プログラムによる計測・制御」を対象とした教材を提案する。「主体的に学習に取り組む態度」や技術の見方・考え方を読み取り、生徒の生活や社会と密接に関連した学習できる教材を開発するとともに、その教材を扱う学習指導計画を立案した。

[キーワード: 計測・制御, 統合的な問題, プログラミング, 小型シングルボードコンピュータ, Python]

1. はじめに

2021年度より中学校学習指導要領(2017年告示)[1]が全面実施となり、中学校技術・家庭科(技術分野)(以下、技術科と表記)でも内容構成や履修方法の改善が行われている。特に、第3学年で取り上げる内容の「技術による問題の解決」の項目ができたことで、高等学校との関連を踏まえ、他の内容の技術も含めた統合的な問題を扱うことのできる教材が必要となった。一方、学習指導要領改訂に伴い、観点別学習状況評価の観点も「関心・意欲・態度」から「主体的に学習に取り組む態度」に変わり、生徒が自ら学習をすすめることのできる教材が必要となってきた。しかし、これらの視点を踏まえた教材は少なく、特に学習指導要領にある技術の見方・考え方を読み取り、生徒の生活や社会と密接に関連した事例に関連する報告は少ない。

以上を考慮して本研究では、統合的な問題を扱うことのできる教材の開発とその教育的効果を検証することを目的とし、技術科の学習内容「プログラムによる計測・制御」を対象として、ハードウェアを組み替えながら、プログラミング言語の一種であるPython[2, 3]でプログラミングする学習活動を取り入れた試行的な授業実践を行う。本論文では、技術科における統合的な問題解決学習に対応した教材を提案し、当該教材を用いて授業

実践できる学習指導計画について述べる。

2. 問題解決学習に対応した教材

2.1 小型シングルボードコンピュータの利用

統合的な問題を扱うことのできる教材については、授業時間数確保の視点から計測・制御のプログラミングによる問題を解決する学習活動と合わせて行われることが多い。しかし、これまでの計測・制御のプログラミングによる学習においては車輪移動型ロボットが多く、組み立て直して、統合的な問題を扱うことのできる学習に対応することは困難となると予想される。そのため、組み立て直しながら作業できるという視点から、教材には電子部品等の接着が不要で、交換しながら使用できることが必要である。そこで、半田付けなくても小型シングルボードコンピュータを含む電子回路を構成できるソルダレス・ブレッドボード(以下、ブレッドボードと表記)を採用する。

一方、安価に入手できることや、生徒が製作スペースを確保でき、電気回路を意識しながら作業できる開発環境を実現するため、汎用入出力ポートを備えた小型シングルボードコンピュータを教材化する。小型シングルボードコンピュータには、様々な種類はあるが、教師や生徒のICTスキル[4]に配慮するため、あらかじめ一般的なOSが利用でき、主な基本操作をグラフィカルユーザーインターフェースで行うことができるものとする。また、GIGAスクール構想における生徒1人1台情報端末[5]の整備環境に依存できることから無線LANを有するものとする。さらに、ユーザ数が多く、インターネットや書籍からシステム開発に関する

* 美馬市立三島中学校

** 鳴門教育大学大学院 高度学校教育実践専攻 自然・生活系教科実践高度化コース(技術・工業・情報教育実践分野)

情報を入力しやすいものとする。以上述べた点を考慮して、英国ラズベリーパイ財団によって開発されている Raspberry Pi シリーズを選定した。

Raspberry Pi シリーズには、汎用入出力ポートである GPIO ピンという端子が用意されている。この端子を入力モードとしてセンサ等を接続すると計測ができる。一方、この端子を出力モードとして LED やモータ等を接続すると、LED を光らせたり、モータを回転させたりでき、制御ができる。GPIO ピンを使うことによって、生徒は基本的なシステムやプログラムを学習後、ハードウェアを改変しながら統合的な問題に対しての学習を行うことができる。

具体的な教材として、Raspberry Pi シリーズの Raspberry Pi 3 Model B+(以下、Raspberry Pi と表記)を使用する。その主な仕様を表 1 に示す。Raspberry Pi には、OS イメージを含むマスターデータを記憶した SD カードを丸ごとコピーする「SD Card Copier」という機能が実装されており、容易にマスターデータを複製できる。事前に複製しておいたマスターデータを利用することで、製作途中で不具合が起きても SD カードを交換するだけで復旧できるため、製作中断時間は極めて短くなり、生徒は効率よく製作に取り組める。また、ある程度開発環境の構築が進んだところでスナップショットとしてマスターデータを複製することで、製作段階に応じた指導も可能となる。

プログラミング言語には高等学校情報科の科目

表 1 Raspberry Pi 3 Model B+の主な仕様

| | 規格など | |
|-----------|---|--|
| OS | Raspbian (Linux ディストリビューション) | |
| CPU | Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) SoC (1.4Hz) | |
| メモリ | 1GB | |
| 接続コネクタ | USB | USB2.0 Standard A x4 |
| | 有線 LAN | RJ-45 x1 : IEEE802.3i (10BASE-T) IEEE802.3u (100BASE-TX) IEEE802.3ab (1000BASE-T) ※USB2.0 接続のため転送速度最大 300Mbps 程度 |
| | その他 | RJ-45x1, HDMIx1(出力), microSD カードスロット x1, 3.5mm ジャック (オーディオ/コンポジットビデオ出力), Camera interface (CSI), Display interface (DSI), 40 ピン GPIO |
| Bluetooth | Bluetooth 4.2 Bluetooth Low Energy (BLE) | |
| 無線 LAN | IEEE802.11b, IEEE802.11g, IEEE802.11n, IEEE802.11ac (2.4GHz 帯/5GHz 帯対応) | |
| ソフトウェア | Python, Java, Scratch, C/C++, perl, lua, ruby | |
| 電源定格 | DC 5V | |
| 外形寸法 | 約 86 (W) × 57 (D) × 17 (H) mm | |

「情報 I」に対応した教員研修用教材 [6] で採用されており、ソースコードの記述が比較的簡単でライブラリやインターネット上での情報が豊富なことから Python を採用した。

2.2 熱中症対策用表示計の構想

熱中症対策については、環境省・文部科学省よりガイドライン作成の手引き [7] が出され、学校全体として取り組むべき事項となっている。そのため計測・制御システムのプログラミングによる問題を解決するための具体的な学習として、熱中症対策用表示計のモデルを製作する。

熱中症を引き起こす条件として、暑さ指数 (WBGT: Wet Bulb Globe Temperature) が用いられている。暑さ指数 (WBGT) の原理に則った測定には、乾湿計と黒球温度計を用いて、湿球温度を T_w 、黒球温度を T_g 、乾球温度を T_d とすると、日射がある場合は、

$$WBGT = 0.7 \times T_w + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_d \quad (1)$$

で表され、日射がない場合は、

$$WBGT = 0.7 \times T_w + 0.3 \times T_g \quad (2)$$

で表される。計算結果の数値によって、危険、嚴重警戒、警戒注意の 4 段階で基準が定まっている。しかし、日本生気象学会 [8] では、黒球付きの暑さ指数 (WBGT) 計を使用した測定はまだ一般的と言い難く、気温と相対湿度から簡易に推定できる方法が求められているため、室内用の暑さ指数 (WBGT) の簡易推定図を作成している。その表を図 1 に示す。縦方向に気温 (°C) 横方向に湿度 (%) を示し、それぞれからの計測によって WBGT 値が求められている。

熱中症対策用表示計は、Raspberry Pi に組み込まれている CPU で計測・制御プログラムを実行することで、温湿度センサモジュールから得られた情報を LCD に表示するとともに、規定の値を上回ったり、下回ったりすることで LED を点灯させるものとする。この仕組みに基づいた生徒による製作状況モデルと製作する熱中症対策用表示計の構成をそれぞれ、図 2 と図 3 に示す。製作時には、Raspberry Pi にモニタ、マウス、キーボードを接続し、事前にデータ化された製作に必要な回路図や実態配線図をモニタで確認しながら Raspberry Pi の GPIO ピンとブレッドボード、各電子部品の配線を行う。配線完了後、プログラムを起動し、期待される動作を行うか確認し、期待通りの動作になるように必要に応じてデバッグを行う。期待通りの動作が確認できたら、モニタやマウス、キーボードを取り外し、熱中症対策用表示計を継続的

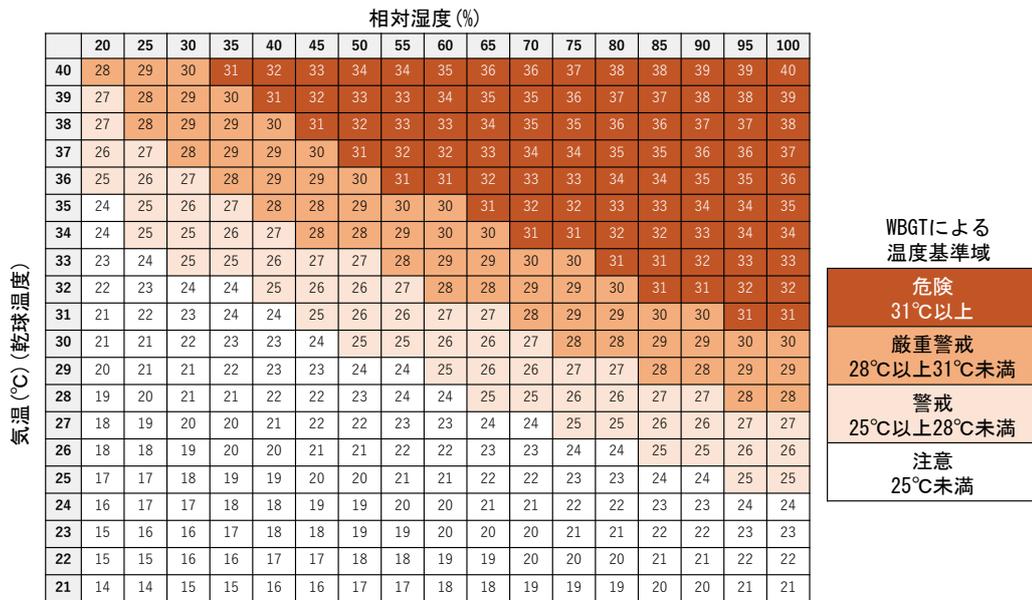


図1 室内用の暑さ指数 (WBGT) の簡易推定図

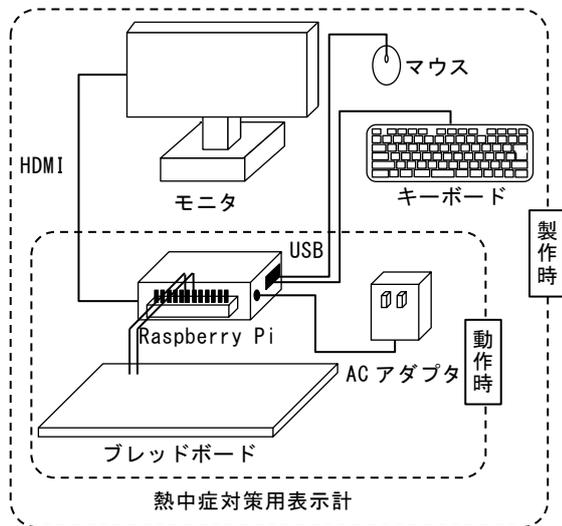


図2 生徒による製作状況モデル

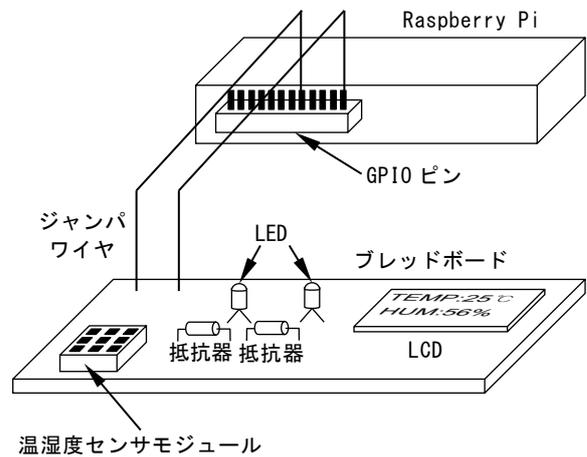


図3 熱中症対策用表示計の構成

に動作させる。

2.3 熱中症対策用表示計の開発

熱中症対策用表示計に利用する部品の仕様一覧を表2に列挙する。製作後の問題解決学習を想定して、ブレッドボードは縦164.0mm×横50.0mm×厚さ10.0mmのものを採用する。また、温度と湿度を上下段に分けて表示するため、2行の出力ができるLCDを用いる。LEDは温度用と湿度用に分けて制御するため赤色と緑色の2種類を使用する。熱中症対策用表示計の製作過程は2段階とし、第1段階では、気温の計測結果が規定の値を上回った場合に赤色のLEDを点灯させる制御(以下、熱中症対策用表示計①と表記)を行う。第2段階では、気温の計測とLEDの制御に加え、湿度の計測と緑色のLEDの制御を行う(以下、熱中症対策用表示計②と表記)。

表2 熱中症対策用表示計の主な部品の仕様

| 番号 | 部品名 | 主な仕様 |
|----|---------------------|---|
| 1 | ブレッドボード | サイズ: 50.0×164.0×10mm (穴数: 830) |
| 2 | LCD モジュール | 文字表示: 16文字×2行 動作電圧: 5V インターフェイス: I ² C サイズ: 80.0×35.0×11.0mm |
| 3 | 温湿度センサモジュール (DHT11) | 入力電圧: DC 3.3~5.5V 湿度: 20~90% (感度±5%) 温度: 0~50°C (感度±2°C) 外形寸法: 30.0×18.0mm |
| 4 | LED | 直径: 5mm 電流: 20mA 視野角: 45~50° 順方向電圧: 赤色 1.8~2.3V 緑色 2.8~3.6V |
| 5 | 抵抗器 | 抵抗値: 200Ω |
| 6 | ジャンパワイヤ | 長さ: 150mm |

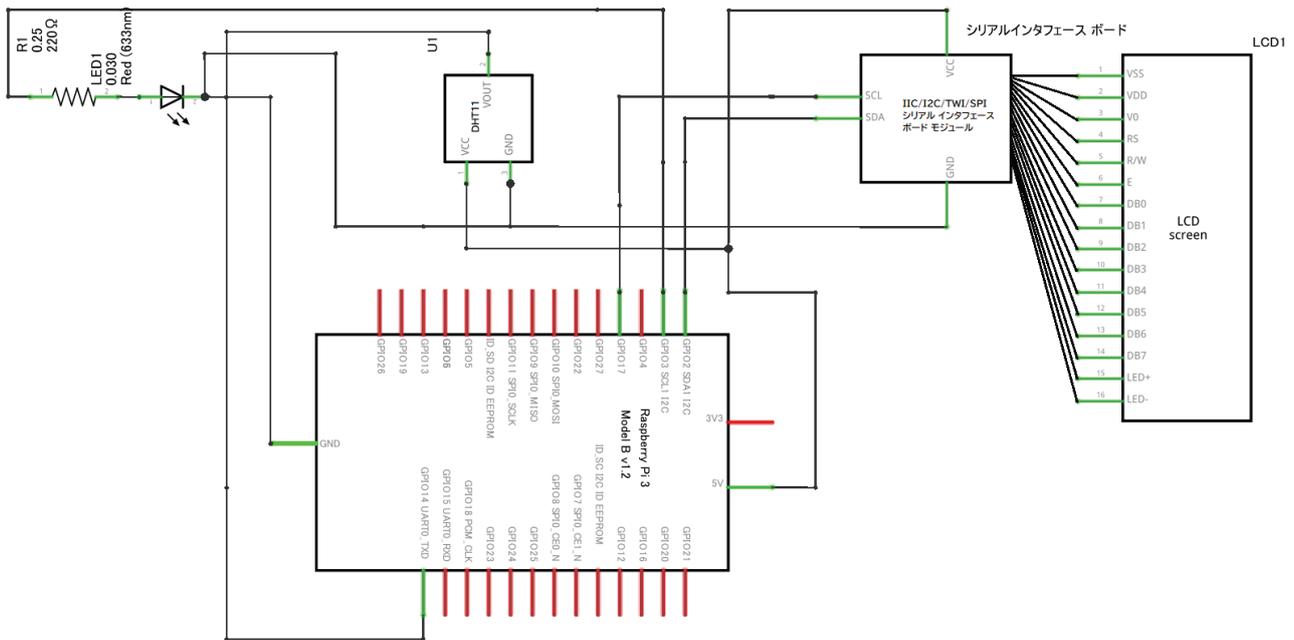


図 4 熱中症対策用表示計①の回路図

熱中症対策用表示計①の製作のための回路図と実態配線図を Fritzing[9]を用いて作図した。Fritzing は、あらかじめ登録されている電子部品のアイテムを利用することで回路図や実態配線図を作成できるアプリケーションソフトである。Fritzing は実態配線図を作図すると自動的に回路図に変更する機能を有している。Fritzing を用いて作成した熱中症対策用表示計①の回路図を図 4、実態配線図を図 5 に示す。図 4 右側の LCD 及びシリアルインターフェースボードは接続箇所が多く、接続範囲が狭いため、図 5 に示すように事前に接合して利用する。教師は回路図を用いて電源や電気信号の流れを説明し、生徒に配線を行わせる。配線が困難な場合には、実態配線図を確認させて配線を行わせる。

製作に必要な基本プログラムのアクティビティ図を図 6、プログラム確認用のプリントを図 7 に示す。基本プログラムは LCD のサンプルプログラム[10]を利用し、そこに LED 点灯用のプログラムを書き加えて構成した。生徒のタイプミスや作業時間の短縮のため、事前に基本プログラムは各 Raspberry Pi の SD カード内に保存している。また、図 7 に示したプリントに加えて、生徒が変更できる場所や間違いを見つけやすくするために、フォントや印刷サイズを調整したプログラム全文が把握できるプリントを作成した。以上述べた教材を利用して製作した熱中症対策用表示計①を図 8 に示す。作成したプログラムでは、LCD の上部に 1 秒ごとの気温を表示し、下部に湿度を表示できるようにした。気温が規定値以上になると赤色 LED を

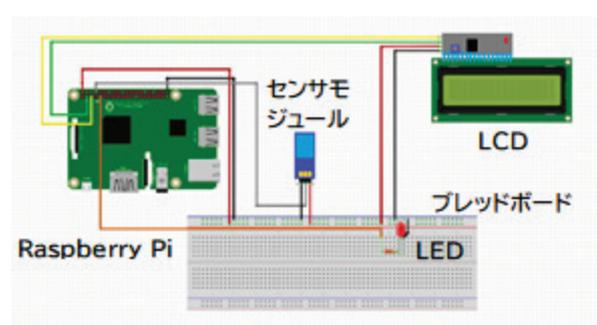


図 5 熱中症対策用表示計①の実態配線図

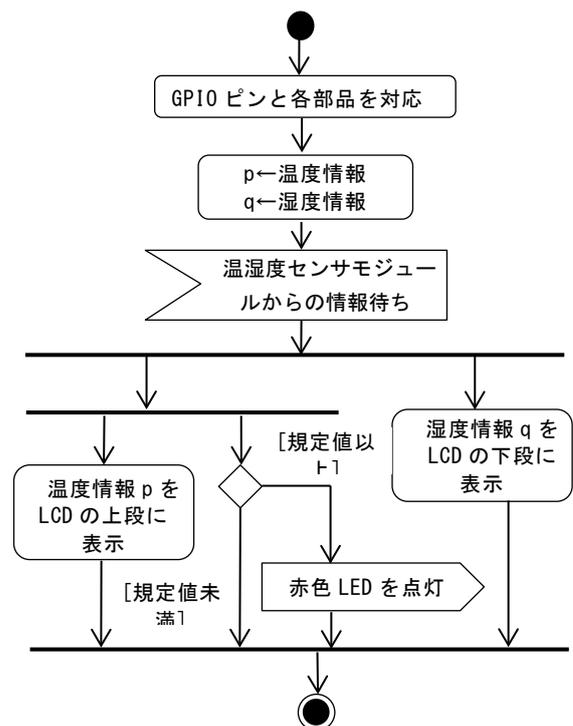


図 6 熱中症対策用表示計①のアクティビティ図

```

熱中症対策用表示計用プログラム
from gpiozero import LED
import smbus
import time
import dht11
import RPi.GPIO as GPIO

#温湿度センサモジュールと GPIO 14 pin を接続
Temp_sensor=14

#GPIO 17 pinに赤色 LED, GPIO 13 pinに緑色 LED を接続
ledR = LED(17)
ledG = LED(13)

#LCD の情報
I2C_ADDR = 0x27
LCD_WIDTH = 16 # 1 行の最大文字数

#LCD の設定
LCD_CHR = 1 # Sending data
LCD_CMD = 0 # Sending command

LCD_LINE_1 = 0x80 # LCD RAM address for the 1st line
LCD_LINE_2 = 0xC0 # LCD RAM address for the 2nd line
LCD_LINE_3 = 0x94 # LCD RAM address for the 3rd line
LCD_LINE_4 = 0xD4 # LCD RAM address for the 4th line

LCD_BACKLIGHT = 0x08 # On

ENABLE = 0b00000100 # Enable bit

#タイミングの設定
E_PULSE = 0.0005
E_DELAY = 0.0005

#Open I2C interface
bus = smbus.SMBus(1) # Rev 2 Pi uses 1

def lcd_init():
    # Initialise display
    lcd_byte(0x33, LCD_CMD)
    lcd_byte(0x32, LCD_CMD)
    lcd_byte(0x06, LCD_CMD)
    lcd_byte(0x0C, LCD_CMD)
    lcd_byte(0x28, LCD_CMD)
    lcd_byte(0x01, LCD_CMD)
    time.sleep(E_DELAY)

def lcd_byte(bits, mode):
    # Send byte to data pins
    # bits = the data
    # mode = 1 for data
    #       0 for command

    bits_high = mode | (bits & 0xF0) | LCD_BACKLIGHT
    bits_low = mode | ((bits<<4) & 0xF0) | LCD_BACKLIGHT

    # High bits
    bus.write_byte(I2C_ADDR, bits_high)
    lcd_toggle_enable(bits_high)

    # Low bits
    bus.write_byte(I2C_ADDR, bits_low)
    lcd_toggle_enable(bits_low)

def lcd_toggle_enable(bits):
    (以下, 省略)

```

図 7 確認用プリント

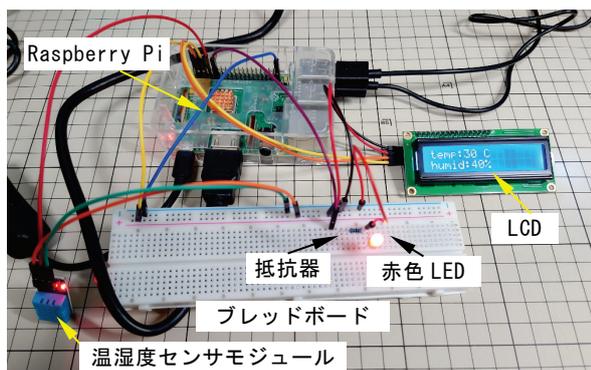


図 8 製作した熱中症対策用表示計①

点灯させ、規定値に満たない場合は消灯するようにした。点灯の実験は温湿度センサモジュールに直接触れ、温湿度の変化を起こして確認した。

3. 学習指導計画

3.1 学習のねらい

統合的な問題を扱うことのできる内容であり、生徒が自ら学習をすすめることのできる統合的な問題を扱うことのできる内容であり、生徒が自ら学習をすすめることのできる教材として、熱中症対策用表示計を開発した。本教材では、生徒の計測・制御システムのプログラミングを利用した、エネルギー変換の技術とこれまでに学んだ情報の技術を含めた統合的な学習をねらう。そのため、生徒は統合的な問題を扱うことのできる内容に至るまで、技術科でエネルギー変換の技術でセンサやLEDについて学習するとともに、情報の技術でデジタルコンテンツの制作から簡単なプログラミング技術の習得ができていることを前提とする。この学習指導計画では、Raspberry Pi を用いた熱中症対策用表示計の設計例を示すとともに、教師が用意した基本プログラムの一部を生徒が改変することにより、LED の制御を行う学習をできるように配慮する。

3.2 統合的な問題を扱う学習指導計画

本教材による教育的効果を検証するための統合的な問題を扱う学習指導計画を表3に示す。統合的な問題を扱う学習指導については全部で15単位時間とする。はじめに、計測・制御システムの構成について学習させる。生活の中にある計測・制御のシステムを利用した製品にふれ、センサやインターフェイスについての計測・制御に必要なシステムの構成について学習させる。次に、コンピュータによる計測・制御のシステムの情報の流れや順次処理・反復処理・分岐処理による情報処理の手順を整理させるとともに、熱中症対策用表示計の教材を利用し、計測・制御のプログラミングによる問題を解決するための基本的な学習を行う。

最後に熱中症対策用表示計の教材を参考にして、地域の中にある問題を計測・制御のプログラミングにより解決する学習を行う。地域の問題として、例えば、内容B生物育成の技術を学習した後「農業の跡取りが少なく、手入れされていない畑が増えている。どうすれば、作業者が安全に作業できるだろうか。」という生徒による問題発見を想定している。この問題を解決するために、「熱中症対策用表示計のように何かを計測して、負荷を制御

することで解決に近づくもの」考えさせ、B 生物育成の技術、C エネルギー変換の技術、D 情報の技術の統合的な問題を扱う学習を行わせる。

3.3 熱中症対策用表示計製作における学習指導案例

表3の番号3に示した熱中症対策用表示計の製作を指導するための学習指導案例を表4に示す。製作及び実験については全3単位時間で構成する。

表3 統合的な問題を扱う学習指導計画

| 番号 | 学習活動 | 時数 |
|----|---------------------------|----|
| 1 | 計測・制御システムの構成 | 1h |
| 2 | 情報処理の手順の整理 | 2h |
| 3 | 熱中症対策用表示計モデルの製作 | 3h |
| 4 | 地域の問題を解決するための計測・制御システムの利用 | 9h |

第1時では、プログラミングに使う Raspberry Pi の操作方法についての説明の後、気温をセンサで読み取り、LCD に表示させる回路の組立と利用するプログラムの学習と実行を行う。

第2時では、第1時で製作した回路に赤色 LED と抵抗器をつけ加え、熱中症対策用表示計①を製作する。プログラムは、規定の温度を超えると赤色 LED が点灯するプログラムを第1時のプログラムに書き加え、点灯させる実験を行う。

第3時では、第2時で製作したブレッドボードに緑色 LED と抵抗器をつけ加え、熱中症対策用表示計②を製作する。湿度の計測にあわせ、緑色 LED を制御するプログラムを第2時のプログラムに書き加え、点灯実験を行う。その後、赤色 LED と緑色 LED を制御する条件を変えながら、それぞれの生徒の目的に合わせた熱中症対策用表示計を製作する。

表4 熱中症対策用表示計製作の学習指導案

| 時 | 内容 | 時間(分) | 環境・資料 | 学習活動 |
|---|-----------------------|-------|--|--|
| 1 | 熱中症対策用表示計モデルの基本的な仕組み | 3 | ワークシート | ・本時の学習活動を確認する。 |
| | | 15 | Raspberry Pi | ・Raspberry Pi の操作方法について知る。 |
| | | 8 | Raspberry Pi, ブレッドボード, 温湿度センサモジュール, LCD 他 | ・モデル(ブレッドボード・温湿度センサモジュール・LCD)の接続方法を知る。 |
| | | 15 | Raspberry Pi, ブレッドボード, 温湿度センサモジュール, 確認プリント, LCD 他 | ・気温の計測実験を行う。 |
| | | 5 | ワークシート | ・学習のまとめ |
| | | 4 | ワークシート | ・自己評価 |
| 2 | 熱中症対策用表示計モデルの基本的な仕組み | 3 | ワークシート | ・前時の学習活動を振り返り、本時の学習活動を確認する。 |
| | | 15 | Raspberry Pi, ブレッドボード, 温湿度センサモジュール, LCD 他, 赤色 LED, 抵抗器 | ・モデル(ブレッドボード・温湿度センサモジュール・LCD・LED・抵抗器)の接続方法を知る。 |
| | | 25 | Raspberry Pi, ブレッドボード, 温湿度センサモジュール, 赤色 LED, 抵抗器, 確認プリント, LCD 他 | ・気温の計測・LED の制御実験を行う。 |
| | | 4 | ワークシート | ・学習のまとめ |
| 3 | 熱中症対策用表示計モデルを用いた製作・実験 | 3 | ワークシート | ・自己評価 |
| | | 6 | ワークシート | ・前時の学習活動を振り返り、本時の学習活動を確認する。 |
| | | 35 | Raspberry Pi, ブレッドボード, 温湿度センサモジュール赤色 LED, 抵抗器, 確認プリント, LCD 他 | ・気温と湿度の計測・LEDの制御実験を行い、オリジナルの熱中症対策用表示計を製作する。 |
| | | 5 | ワークシート | ・学習のまとめ |
| | | 4 | ワークシート | ・自己評価 |

4. まとめ

本論文では、技術科の生活や社会における統合的な問題解決学習の具体的な事例として熱中症対策を取り上げ、プログラムによる計測・制御学習を中心とする熱中症対策用表示計教材を提案するとともに、当該教材を用いた学習指導計画を示した。

開発した熱中症対策用表示計教材は小型シングルボードコンピュータとブレッドボードを用いることで部品点数を減少させていることから技術科の学習に適するものと期待できる。さらに、プログラミング言語として Python を採用することによって、高等学校情報科への繋がりも見えている。また、全ての部品を再利用できる点からも持続可能な社会の実現を踏まえた教材となっている。

今後、立案した学習指導計画に従い熱中症対策用表示計教材を用いた授業実践を行うとともに、当該教材の有用性について検証していく予定である。

参考文献

- [1] 文部科学省(2018) 中学校学習指導要領(平成29年告示), 東山書房.
- [2] Python, <https://www.python.org/>(最終アクセス日:2021年12月9日).
- [3] 磯蘭水・藤永奈保子・鈴木悠共訳(2014) たのしいプログラミング Python ではじめよう!, オーム社.
- [4] 登本洋子・高橋純(2021) 初等中等教育における情報端末の整備と活用に関する教員の意識, 日本教育工学会論文誌早期公開, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/advpub/0/advpub_45026/_pdf(最終アクセス日:2022年1月8日).
- [5] 初等中等教育局学びの先端技術活用推進室(2020) GIGA スクール構想による1人1台端末環境の実現等について, https://www.mext.go.jp/content/20200605-mxt_chousa02-000007680-6.pdf(最終アクセス日:2021年12月9日).
- [6] 文部科学省(2019) 高等学校情報科「情報I」教員研修教材, https://www.mext.go.jp/content/20200722-mxt_jogai02-100013300_002.pdf(最終アクセス日:2021年12月9日).
- [7] 環境省・文部科学省(2021) 学校における熱中症対策ガイドライン作成の手引き, https://www.mext.go.jp/content/210528-mxt_kyousei01-000015427_02.pdf(最終アクセス日:2021年10月4日).
- [8] 日本生気象学会(2021) 「日常生活における熱中症予防指針」Ver. 3.1, <https://seikishou.jp/cms/wp-content/files/yobousisin210603/20210604-114336.pdf>(最終アクセス日:2021年10月4日).
- [9] Fritzing, <https://fritzing.org>(最終アクセス日:2021年10月4日).
- [10] OSOY00, http://osoyoo.com/driver/i2clcd_a.py(最終アクセス日:2021年10月4日).