

# 自動追尾型太陽光発電パネルを題材としたSTEM教育教材

## STEM Educational Materials on Automatic Tracking Photovoltaic Panels

廣田 千明\*・橋浦 康一郎\*・伊藤 大輔\*\*

秋田県立大学システム科学技術学部\*・秋田県立大学総合科学教育研究センター\*\*

近年のトピックとして、探究学習やデータの活用教育、教科横断的な学習が挙げられる。現在、これらの内容に合致する教材は少なく、教材の開発が望まれている。そこで本研究では様々な探究活動ができ、データの取り扱いも体験でき、教科横断的である教材として、自動追尾型太陽光発電パネルを題材とした教材を作成した。本発表では、開発した教材を紹介し、小中高等学校の各段階でどのような学習が可能であるか検討結果を発表する。

キーワード：太陽光発電，データ分析，データ通信，micro:bit

### 1. はじめに

著者らはこれまで自動改札機や感染症のシミュレーションなど、身近な事柄を題材としたSTEM教育教材を作成してきた（廣田ほか（2021），廣田ほか（2022））。これらの教材は、プログラミング教育のねらいの一つとして挙げられている「情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くこと」（文部科学省，2020）に着目し、簡単なプログラミングを体験することにより、情報技術への気付きを促す教材となっている。他方で、近年のトピックとして探究学習やデータの活用教育、教科横断的な学習などが挙げられる。そこで、これまでの研究を活かし、教科横断的なテーマで、学習の中でデータの取り扱いを体験でき、様々な探究につながるSTEM教材の開発を考える。

題材として自動追尾型の太陽光発電パネルを選んだ。このパネルは回転する架台の上に設置されており、架台を回転させることで太陽を追尾することができる。しかしながら、架台を回転させるために電力を必要とするため、「太陽を追尾して発電することが効率的であるか」という問いが生まれる。この問いは身近な題材を扱っているため生徒・児童にとってイメージしやすい。また、発電の効率を調べるために発電量の時系列データを取り扱う。教科とのつながりをみると、太陽の日周運動は理科の内容であり、発電量の時系列データは算数の内容であるため、教科横断的な学習内容となっている。さらには、季節の変化や天候の変化によって発電量にどのような変化があるか様々な問いを立てることができ、探究を深める

ことができる。したがって、新しい教材の題材として最適であると判断した。本発表では、作成した教材を紹介し、小中高等学校の各段階でどのような学習が可能であるか検討した結果を発表する。

### 2. 自動追尾型太陽光発電パネルとその模倣

#### 2.1. 自動追尾型太陽光発電パネル

普通の太陽光発電パネルはどちらかの方角にパネルを設置する必要があるため、北半球に位置する日本では真南の方向にパネルを設置するのが一般的である。しかし、これでは、日の出や日の入りの時刻には、太陽光がパネルに入射する角度が大きく、発電量が低下することが予測される。そこで、太陽光パネルを架台の上に設置し、架台を太陽の動きに合わせて回転させるというシステムが開発されている。

実際、由利本荘保健所には、自動追尾型太陽光発電パネル（図1）が設置されており、絶えず太陽がパネルの正面に位置するように架台を動かし調整している（図2）。発電量を分析するには、パネルの設置者にデータを提供してもらう必要があるが、データを提供してもらえる保証はない。たとえデータを提供してもらえたとしても、分析するためには様々なデータが必要となり、分析に適したデータが得られる保証もない。そこで著者らは太陽光発電パネルを模倣したシステムを考案し、そのシステムを用いて実験データをとることで、分析に必要なデータを取得することを考える。



図1: 由利本荘保健所に設置されている太陽光パネル

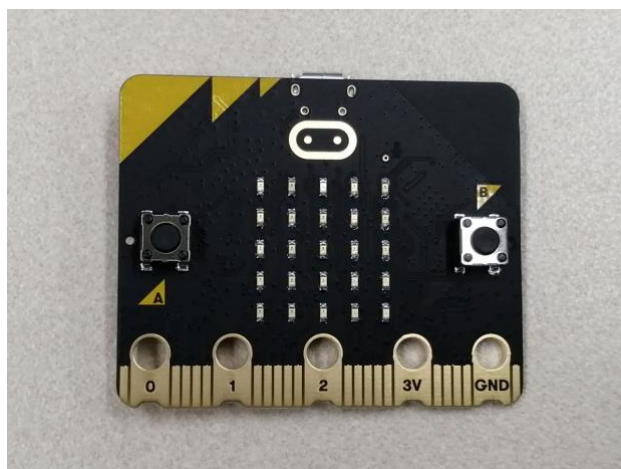


図3: マイコンボードmicro:bitの前面



図2: パネルが太陽を追尾する様子

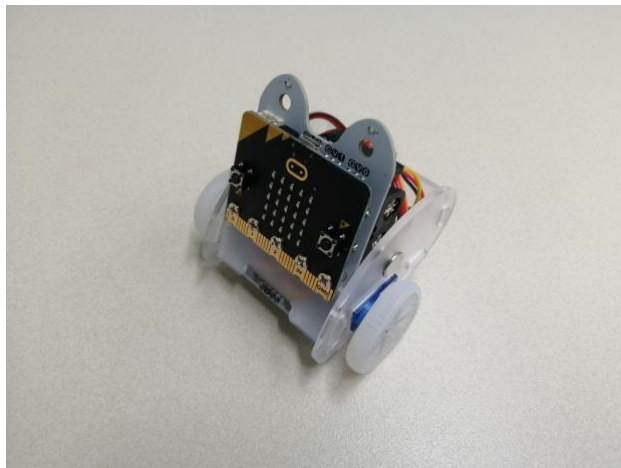


図4: ELECFREAKS製のロボットカー

## 2.2. 自動追尾型太陽光発電パネルの模倣

教育用マイコンボードmicro:bit (図3) には前面に25個のLEDを配置しており、これらが明るさセンサーになっている。明るさセンサーは0から255までの値を返し、この値を太陽光発電の発電量とみなすことにより、発電量を定量的に調べることができる。太陽の追尾は、3Dプリンタで架台を作製しサーボモーターで回転させることも可能であるが、簡単に入手が可能である市販されているロボットカーを利用する (図4)。ロボットカーの役割は明るさセンサーの値を無線通信により送信することと、合図を受信した時に太陽を追尾するように一定速度で右に回転することである。

ロボットカーから送信されたデータはもう一つのmicro:bitが受信する。こちらのmicro:bitはパソコン

に接続しておくことで、リアルタイムに受信したデータのグラフを表示することができる (図5)。また、データをダウンロードすることもでき、表計算ソフトで分析することも可能である。

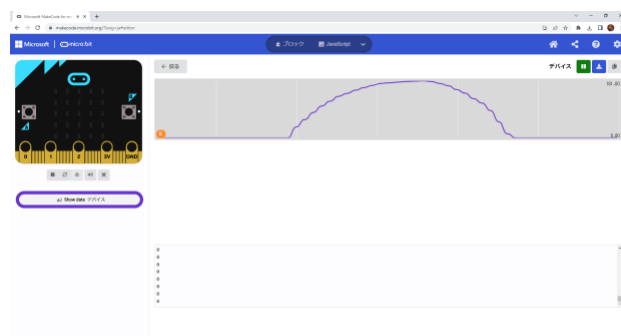


図5: リアルタイムに出力される発電量のグラフ

## 2.3. 太陽の模倣

太陽の動きは透明半球の太陽の軌道上にLEDテープを貼り、LEDテープの各LEDを順番に点灯させることにより模倣することができる(図6)。LEDテープの制御にはmicro:bitを用いることもできるが、ここではArduinoを用いた。Arduinoを用いた場合でも、FastLEDライブラリ(Garcia, 2010)を用いれば数行の簡単なプログラムで太陽の動きを模倣することができる。これにより、実際の太陽で実験するより、短時間にデータを取得することが可能となる。

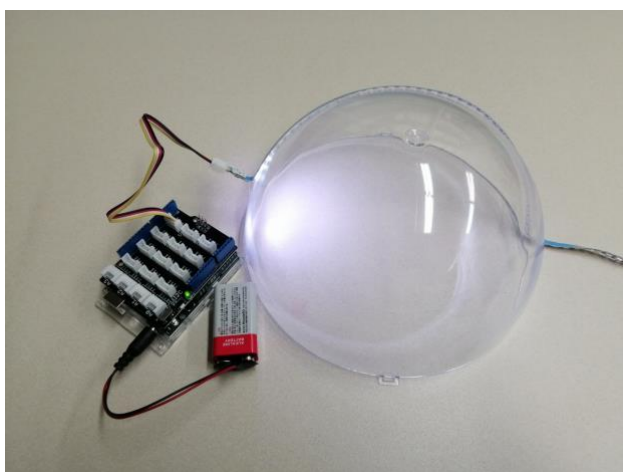


図6：透明半球とLEDテープで模倣した太陽

## 2.4. 発電量の比較

太陽を追尾しない場合は、単にロボットカーを透明半球の内側の中心部に南向きに配置し、発電量のデータを収集すればよい。一方、追尾する場合は、ロボットカーをあらかじめ合図を受けた時に一定速度で回転するようにプログラミングしておき、最初は東向きに配置する。真東のLEDが点灯したタイミングで合図を送り、太陽の追尾を開始する。

2つの場合について実験を行い、発電量を測定すると図7となる。発電量のデータから台形公式を用いて各グラフの面積を計算すると、追尾しない場合は約1785となり、追尾した場合は約2528となった。この実験では、追尾した場合の発電量は追尾した場合の142%となった。一方、実際の自動追尾型太陽光発電パネルの発電量はスマエネ(2019)やファインテック(n.d.)によると1.2倍から1.5倍程度になると報告されている。この結果から、本研究で作製したシステムが現実をよく再現していることがわかる。

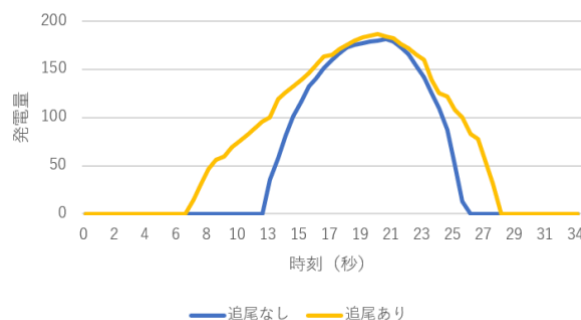


図7：発電量の比較

## 3. 授業の実施に向けて

### 3.1. 各段階での学習内容の検討

前節で説明した太陽光発電を模倣したシステムを小中高等学校の各段階でどのように活用できるか検討する。

小学校では、プログラミング教育としてプログラミングを体験することが期待されており、ビジュアル型プログラミング言語で簡単なプログラムを作成することが想定されている。学習のねらいとしては、プログラミングの良さを知ることが挙げられており、ロボットカーが太陽を追尾するプログラムにおいて、ロボットカーが回転する速さを児童が試行錯誤して決定することで、発電量を増加させることができることを体験することができ、この部分でプログラムの良さを感じることができる。

中学校では、技術・家庭(技術分野)の「D 情報の技術」において、「ネットワークを利用した双方向性のあるプログラミングによる問題の解決」と「計測・制御のプログラミングによる問題の解決」が学習内容として取り入れられている。太陽を追尾する発電パネルは、明るさを計測し、ロボットカーの動きを制御しているため、計測・制御のプログラミングとなっている。明るさセンサーのデータを無線通信で送信する部分とロボットカーに太陽の追尾を開始する合図を無線通信で送る部分は、ネットワークを利用した双方向性のあるプログラミングであるので、この点も中学校の学習に合致している。

高等学校の学習では、データの取り扱いについて学ぶことができ、数表のデータから区分求積法の考え方で積分値を推量することができる。また、上下の運動を無視して平面上での動きに限定し、太陽は真東から真西まで動くなど、いくつかの仮定をおき、間

題を単純化すると三角関数の積分を用いて理論的に発電量を見積もることができる。図8の通り、太陽光パネルからみて、真東を0度とし、そこから太陽までの角度を $\theta$ とする。太陽は12時間で $\pi$ 回転するとして、時刻 $t$ での角度は $\theta = \pi t/12$ となる。パネルの幅は定数 $L$ とし、このパネルは単位長さ当たり、単位時間に $C$ だけ発電できるとする。

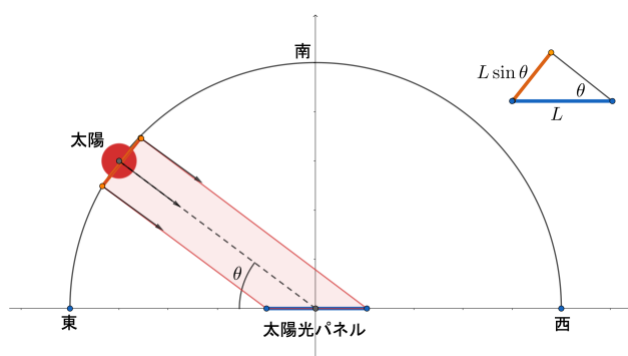


図8：パネルに当たる太陽光の量

まず、追尾しない場合を考えると、パネルはいつも真南を向いている。真南を向いたパネルに当たる太陽光は $L\sin\theta$ となるので、発電量は

$$\int_0^{12} LC \sin \frac{\pi t}{12} dt = \frac{12LC}{\pi} \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta = \frac{24LC}{\pi}$$

となる。他方、追尾する場合は、いつも太陽がパネルの正面にあり、 $L$ だけ当たるので、

$$\int_0^{12} LC dt = 12LC$$

となる。したがって、追尾した場合の発電量は追尾しなかった場合の発電量に対して、 $\pi/2 \approx 1.57$ 倍となることが予測できる。このように数学ⅡやⅢの学習を活用することができる。

### 3.2. さらなる探究に向けて

本研究で作成した教材の学習内容を踏まえて、さらなる探究を行うことができる。プログラミングの観点では、太陽を追尾するプログラムで、磁気センサーを利用して時刻と方角をもとに太陽を追尾することも可能であり、明るさセンサーの値が小さくなったら回転するといったプログラムも作成可能である。また、理科の観点からは、季節や天候によって発電量がどう変化するのか調べることができる。

## 4. おわりに

教科横断的な学習内容でデータの取り扱いが学べ、様々な探究を行うことができる教材として、自動追尾型太陽光発電パネルを題材とした教材を開発した。この教材は小中高等学校の各段階で利用可能である。今後は実際に授業を実施し、教材の評価を行いたい。

### 参考文献

- 廣田千明ほか(2021). 自動改札機を題材としたプログラミング教材, 秋田県立大学総合科学研究集報, 22, 121-126.
- 廣田千明ほか(2022). 計算機シミュレーションを利用した小学生向けプログラミング教育, 秋田県立大学総合科学研究集報, 23, 75-81.
- 文部科学省(2020). 小学校プログラミング教育の手引き (第三版), [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm).
- Garcia, D.(2010). FastLED Animation Library, <http://fastled.io/>.
- スマエネ(2019). 追尾式架台を利用した太陽光発電は得か？損か？徹底解説！, <https://sma-ene.jp/column/9102/>.
- ファインテック(n.d.). 太陽光発電自動追尾システム, <https://finetech.co.jp/製品案内/太陽光パネル追尾式架台/>.