

鉄道玩具(プラレール)を用いたSTEM教育教材開発

Development of STEM educational materials using railway toys (Plarail)

藤本 吉

群馬医療福祉大学医療技術学部

STEM教育の教材としてさまざまなものが開発されているが、子どもたちになじみやすく、また工学・数学・プログラミング・3DプリンタなどのSTEMの要素を組み込みやすいものを題材にすることで、教材としての効果がより高まるのではないかと予想される。本稿では、鉄道玩具のプラレールをSTEM教育の題材として取り上げ、また具体的な教材を開発した事例を紹介する。

キーワード：プラレール、教材開発

1. はじめに

2020年度より小学校でのプログラミング教育が義務化され、中学校・高校と順次拡大されていく。プログラミングはSTEMを構成するパーツの1つであり、プログラミングが授業に取り入れられることで、STEM教育への道へ一歩踏み出したと言えるだろう。

STEM教育のための教材は様々な物が開発されているが、STEM教育の効果をより高めるためには、子どもたちにとってなじみやすい教材を利用するのが良いのではないかと思われる。そのような観点から、玩具をベースにして教材を開発することが良さそうだと考えた。

玩具にもいろいろなものがあるが、工学・数学・プログラミング・3Dプリンタなど、STEMと関連付けやすいものを選択することで、教材に生かしやすくなる。そこで筆者は鉄道玩具のプラレールに着目し、それをベースにしたSTEM教育の教材開発を行っている。

2. プラレールを選定した理由

教材開発を行うにあたり、プラレールを選定した理由について述べる。

2-1.ハードルが低い

プラレールはごく一般的な玩具であり、玩具売り場や通信販売で容易に入手することができる。また、すでにプラレールを持っている子どもも非常に多い。これらのことから、教材として使う上でのハードル

が低く、またSTEM専用の教材を使う場合と比べてコストを抑えやすいと考えられる。

2-2.工学との親和性

鉄道はさまざまな部分で電気を使って動作している。車両を電気で動かすことはもちろんのこと、踏切・信号・ポイントなども電氣的に制御されるものである。

実際の鉄道のシステムでも、コンピュータによる制御が行われているが、それをマイコンで疑似的に行うことで、電気やプログラミングと結びつけることができる。

さらに、ポイントや踏切には、回転や角度変更などの機械的な動作も含まれている。それらの点も教材の中に組み込むことが可能である。

このように、プラレールは電気・機械・プログラミングなどの工学的要素との親和性が高く、STEMの題材として適していると考えられる。

2-3.数学との親和性

プラレールは基本的には直線と曲線の2種類のレールを使ってレイアウトを作っていく。レールの接続の方法次第でさまざまなレイアウトを作ることができるが、長さや角度などを考慮しないと正しくレイアウトすることができない。

また、市販のレールだけではできないようなレイアウトも存在する。それを解決するためにレールを自作することも考えられるが、その際には様々な数学的手法を組み合わせることが出てくる(図形、関数、曲線の方程式、微分など)。

このように、プラレールで様々なレイアウトを考える上で、数学的な手法を応用する場面は非常に多く、数学との親和性も高いと言える。

2-4.3D プリンターとの親和性

プラレールは、その名前の通り、多くの部品がプラスチックで作られている。そのため、3Dプリンターとの親和性も高い。3Dプリンターで部品を自作することで、カスタマイズしていくことが可能である。

3DプリンターもSTEMの構成要素の1つとして非常に重要であり、プラレールを教材にすることで、3Dプリンターの活用も盛り込むことができる。

3. 教材の事例

これまでに開発した教材の事例を挙げる。

3-1.星形のレイアウトを作るには？

鉄道のレールは直線と曲線の組み合わせでできている。プラレールの場合、市販されている曲線レールは中心角が45度となっている。そのため、レイアウト内でレールを曲げる場合、45度単位でしか曲げることができない。この制限の中で作ることができるレイアウトは、長方形・八角形・直角二等辺三角形など、形がある程度限定される。それ以外の形は、基本的には市販のレールだけでは作ることができない。

では、任意の形を作るには、どのようにすれば良いだろうか。この1つの例として、星形のレイアウトを作ること考えるという教材を考えた(図1)。

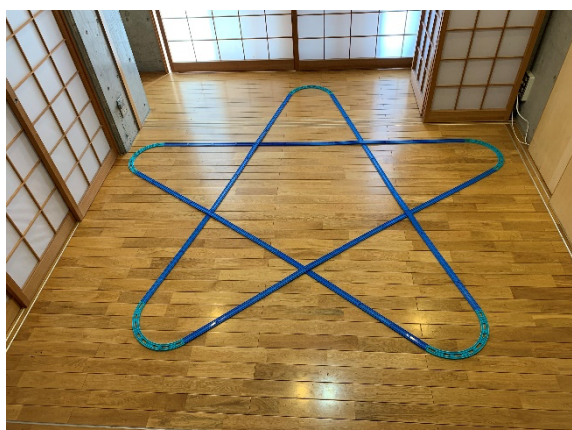


図1：星形のレイアウト

星形の先端部分の角度は36度である。ただ、中心角が36度のレールを単に配置しても、星形のレイ

アウトにはならない。先端部分の内側に接するように曲線を配置し、接線どうしがなす角が36度になるようにすることが必要である。まずこの点を数学的に理解することが、この教材の1つのテーマである。

ここまでのことが分かると、必要なレールの角度が導き出される(実際に必要な角度は144度)。それに沿ったレールがあれば良いが、そのようなレールは市販されていない。そこで、3Dプリンターを使って必要なレールを作る。これがこの教材の2つ目のテーマである。

なお、レールの3Dデータを作ることは、決して簡単とは言えない。そこで、3DモデリングソフトのFusion 360用に、さまざまなレールを作るためのスクリプトを作成した。曲線レールであれば、半径や中心角を指定するだけで、レールのデータを作ることができる(図2)。

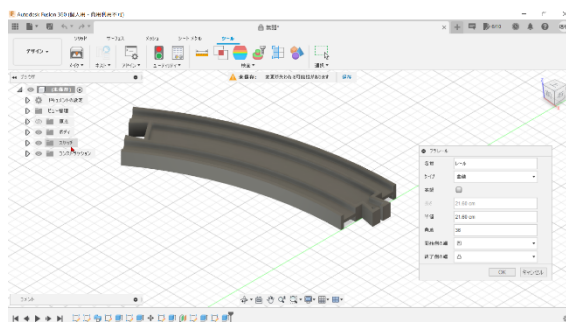


図2：Fusion 360用のレール作成スクリプト

3-2.ヒルベルト曲線を作るにはレールが何本必要？

ヒルベルト曲線はフラクタル図形(自己相似的な図形)の一種で、カタカナの「コ」の形を組み合わせで作られる。このヒルベルト図形をプラレールに置き換えたとして、レールが何本必要になるかを考えるという教材である(図3)。



図3：プラレールで作ったヒルベルト曲線

単純な「コ」の字をレベル0とすれば、レベル0を4つ組み合わせるとレベル1になり、さらにレベル2を4つ組み合わせるとレベル2になる。そのため、レベルが1つ上がるごとに、おおむね4倍のレールが必要になる。しかし、つなぎ目の部分のレールの種類を置き換えたりすることが必要なので、単純に4倍になるのではない。

実際に必要な本数を求めるには、数列の漸化式を応用すれば良い。例えば、図のように直線/2分の1直線/曲線の3種類のレールを組み合わせるレイアウトする場合、必要な直線レールの本数は、以下の漸化式から求めることができる。

$$s_0 = 2$$

$$s_{2n+1} = 4s_{2n} - 2$$

$$s_{2n} = 4s_{2n-1} + 1$$

「漸化式で求めることができる」ことまで考える流れや、仮に広い場所(体育館など)にレイアウトするにはレールが何本必要なかを想像したりすることが、この教材で行いたいことである。

3-3. 電動踏切を作る

鉄道のシステムでは、電氣的に動作し、コンピュータで制御されるものが多数ある。それを模したものを作ることで、システムの仕組みを考えたり、プログラムを作ったりするような教材を作ることが考えられる。

その一例として、電動踏切の教材を作成した。本物の踏切と同様に、列車が踏切に接近すると遮断機が下りて警報音が鳴り、踏切を通過すると遮断機が上がって警報音が止まるようにする(図4)。

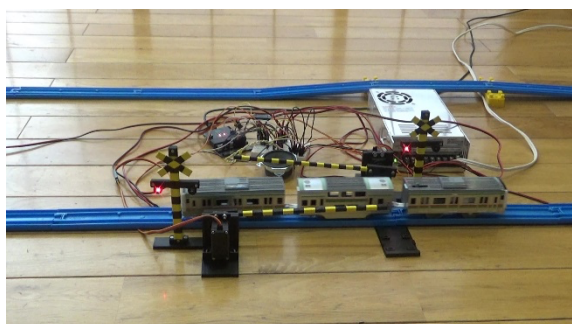


図 5 : 電動踏切

車両の接近および通過の検出は、スイッチを組み込んだレールで行う。車両がそのレールを通るとス

イッチが押されるので、それをマイコンで読み取る。そして、その状態を元に、遮断機のサーボモーターを回転させたり、音源から音を出したりといった処理を、プログラムで行うようにする(図5)。

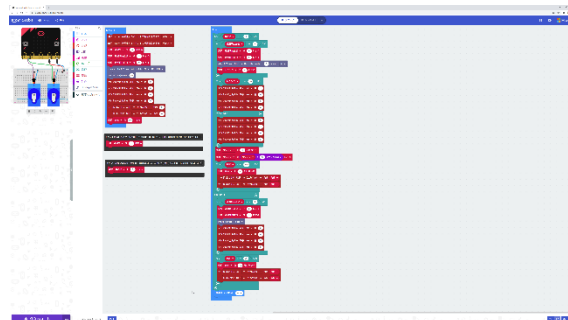


図 5 : 電動踏切のプログラム

図では線路が1本で車両は一方方向にのみ動くことを想定しているが、線路を2本にして両方から車両が来るようにしたり、あるいは線路1本で車両がどちらからでも来るようにしたりし、それらに合わせて制御の方法を発展させるという応用も考えられる。

なお、スイッチを組み込んだレールと、踏切の本体は、3Dプリンタで出力した。これらの3Dデータは無償配布していて、誰でも利用することが可能だ。

4. 今後の展開

本研究では今後以下のような展開を検討している。

4-1. 教材のさらなる開発

プラレールを応用した教材は他にも様々なものが考えられ、さらに開発を進める予定である。現在計画しているものとして、以下のようなものがある。

- ラックとピニオンの機構を利用したポイントの電動切り替え
- 特殊な曲線レールのパラメータを数値解析的に決定
- BluetoothやWiFiを利用したりリモートコントロール
- AI(画像認識)を活用した車両位置検出と自動制御

4-2. ワークショップ等の開催

今のところ、教材の開発を進めているが、実際の子供たちの反応を検証するところまでは進んでいない。

今後は、ワークショップ等を開催して、教材の効果を検証することを行いたい。

筆者が所属する群馬医療福祉大学には社会福祉学部子ども専攻があり、小学校教諭を目指すコースも存在する。その専攻の教員に協力をお願いし、近隣の小学校や公民館等でワークショップを開催することを検討している。

5. まとめ

本稿では、プラレールをSTEM教育に活用する意味や、その具体的な教材の例を紹介した。プラレールは工学や数学との関連性が高く、STEM教育への活用に適している。今後も鋭意開発などを鋭意進めていきたい。