

鉄道模型の運行制御について考える

2年 澤所武西

1. 鉄道模型が走行する仕組み

鉄道模型は通常、家庭用電源(日本では交流 100V)を制御機器(以下、パワーパックとする)で直流(Nゲージでは最大 12V)にし、2本の線路に+と-の電流をそれぞれ流します。そして、この電流が台車を経由して車両に流れ、モーターが回転して走ります。また、パワーパックで電圧を変えることで車両の速度が、+と-を入れ替えることで進行方向が変わります。¹

よって、2つ以上の動力車を同じ線路上に載せると

1. 同車種、同メーカーの場合

同方向、同速度で動きます。それぞれを別々に制御することはできません。

2. 異車種または異メーカーの場合

同方向に動きます。速度は車両のギア比、モーターの性能の違いからそれぞれ違います。勿論、この速度の違いを制御することはできないので、やはりそれぞれを別々に制御することはできません。

※同車種、同メーカーの場合でも、メーカーの技術力によっては異車種または異メーカーの場合のような挙動をする場合があります。

なので、何の工夫もしなければ同じ線路上に複数の列車を運転することは無理です。

なお、ここまでの前置きは、昨年度の部誌の内容をそのまま転載です。~~べつ、別に手を抜こうとか文字数を稼ごうとか不埒な考えを起こしたわけじゃないんだからね!~~

2. ならば、どうすればいいのか

昨年度の部誌においては、内容を稼ぐために複数の案を並べましたが、今回は本命である「ギャップ切り」及び電気系統の自動切り替え装置について解説いたします。まずは、今回の内容の大前提となる「ギャップ切り」から。

“線路の途中で絶縁部を挟むことによって複数の区間の電気を分断する方法です。

この方法を使えば、最大で(区間数-1)列車を運転することができます。ただし、それは各区間が、走らせるどの列車よりも長いことが前提です。滞りなく運転するには最低でも列車数の

¹ 25-011 運転を楽しもう！Nゲージ鉄道模型 ユニトラックガイドブック
株式会社関水金属

倍の区間数、できれば三倍以上の区間数を用意するべきです。

この方式の短所は、車両が区間を跨ぐ時に複雑なスイッチ切り替え操作が必要とされる点です。なので、この方式をそのまま使用することは(少なくとも我々には)無理です。“

(昨年度の部誌より引用)

昨年度の部誌にはこのように記されています。ただ、一年経った現在、この説明には些か不足している点や厳密には誤っている点があるので幾つか補足をいたします。

まず、ここで説明していることの大前提として、線路の配置が始点と終点が存在するのではなく、それらが存在しない環状線であることです。終点での折り返しを考えると話がややこしくなるのでその点はひとまず棚上げとします。また、車両基地等の引込線、途中駅での折り返しのための渡り線といった要素も同様です。

次に、最大で(区間数-1)列車というのは少し考えたらわかると思いますが、区間数と同じ列車数を入れると空き区間が全くなくなるので、列車の移動が不可能となります。列車の移動には、次の区間が空きであることが必要不可欠なので、各区間の境目が等間隔の時、列車を等間隔で走らせた場合、常に次の区間が空きである(=次の区間が空くのを待たなくてもよい)為には列車数の倍の閉塞が必要となります。実際には列車や区間の境目を等間隔にすることは困難なので、列車数の三倍以上の区間数を用意するべきでしょう。もちろん、区間数は列車数の三倍よりさらに多いに越したことはありません。

最後に、“複雑な”スイッチ切り替え動作とありますが、厳密には“難易度の高い”スイッチ切り替え動作です。適切な電気配線で適切なスイッチの配置であれば、使用するスイッチは、

{(回すタイプのスイッチ1種類+普通のオンオフを切り替えるスイッチ1種類)*区間数}だけなので、2種類のスイッチのみを扱えばよく、それらのスイッチを操作するパターンも片手で数えられるほどです。ここまで説明すると易しいように思えますが、状況を確認した直後(約1秒以内)に操作を完了しないと追突事故を起こしかねませんし、その状況がいつ訪れるかわからないため、スイッチを操作する人は一瞬も気が抜けません。また、操作を誤ると、止める必要がない列車を止めてしまったり、操作する列車を交換してしまったり、電流がショートしたりするリスクがあります

補足は以上ですが、これを人力で実行することは困難で、スイッチ操作担当者は多大なる精神的苦痛を味わうでしょう。

当然ながら、以上のうちスイッチの制御の部分を自動で行います。具体的には自分でプログラミング可能なICチップを中心に、列車を検知するセンサー、パワーパックからの電流へのスイッチとしてのトランジスタ、設定用としてタクトスイッチ(押釦)、そして信号機です。ちなみに、8月末までに、この自動化システム開発の為に部の予算から2万5千円を超える支出が行われている上、さらに五千円以上の出費が予想されております。しかし、肝心のICチップがうんともすんとも言わないという状況に見舞われており(8月末現在)、学院祭に間に合うかどうか怪しくなっております。

3. 自動化装置について解説

例の自動化装置を、仮に A S C S (Auto Section Changing System) と名付けておきます。それはともかくとして、その A S C S の各モジュールについて解説します。

1. I C チップ

走行、センサー制御、情報伝達を担う中心であるこの部分は、Microchip 社製の PIC マイコン、PIC16F628A を使用する予定です（8月末現在）。ただし、デバッガでプログラムを走らせたなら正常に動くにもかかわらず、実機でテストするとうんともすんとも言わないので今後どうなるのか、それとも開発に失敗するのかわかりません。

なお、信号機の制御にはより小型の PIC12F509 を使用しており、そちらは既にプログラム通りに動作することを確認しております。

2. 列車検知用センサー

この装置に使うセンサーは、鉄道模型が線路上を走ると線路に電流が流れることを利用し、ごく短い区間をギャップで隔離し、その区間にのみ通常のパワーパックからの電流に加えて、センサーであるフォトカップラと電流制限用の定電流ダイオードが繋がっている別系統の電流を流し、列車の通過を感知します。ただし、パワーパックからの電圧が 9 V 以上になるとセンサーが作動しなくなる欠陥が 8 月末時点では存在しており、この問題が解決されなければ電圧制限回路を設置する予定です。

なお、電流で作動するセンサーは赤外線 LED とフォトセンサーを使う方式に比べて外的要因による誤作動のリスクを大幅に抑えることができるため、復旧作業が比較的容易であります。ちなみに、外的要因による誤作動が少ないセンサーを搭載している上に、現時点でのカタログスペックでは当 A S C S システム管理下の全列車を停止させる非常停止ボタンまで存在しているという安全仕様となっております。

（まあ、8 月末時点では非常停止ボタン機能を含む中心部は完成のめどがたっておりませんのでこの“安全仕様”は絵に描いた餅ですが w w w)

3. 信号

普通に LED を使う予定です。点灯しているように見えますが、目に見えない速さで点滅しています。

4. 総括

上に色々と説明文を書きましたが、結局のところ、まだ存在していないし、学院祭までに完成するかどうかかわからない代物を説明するのは難しいです。これが実際に完成しているか、それとも……なのかは学院祭当日に実際に見てみてください。

5. おまけ

部誌のノルマは4枚なのです！よって、もっと書かなくてはならないのです！

よって、ここからは今後の構想（妄想？）を箇条書きに書いていくのです！

・逆走可能にする

現在は、電気回路の都合上、一方通行ですが、一方通行のやつでもちゃんと作ることができたのであれば予算5割増し程でできるのではないかと思います。なぜ5割も増額するのかというと、両方向に動けるようにするには、フルブリッジ回路というトランジスタ4個を使って正負極を切り替えられる回路を組まなくてはならず、この装置で最も高価な部品であるトランジスタを現行の1区間あたり3個から1区間あたり7個と倍以上に増やさなくてはならないからです。逆走ができれば車庫線までA S C Sシステムの管理下に置いたり、折り返し運転や単線区間での運転を行ったり、さらにスイッチバック運転をすることまでも実現可能となるはずです。

・ポイントレールとの同期機能をつける

前述の車庫線、折り返し、スイッチバックに加え、列車の退避にはポイントレールが必要です。しかし、当然ながら、ポイントの直線方向と分岐方向とは同一の区間として扱うことはできません（そんなことしたら、ポイントで分岐させる意味がなくなります）。この装置では、列車が直後に入線する区間に対して現在列車がいる区間から「X番のパワーパックの電流で走る列車が入るから準備よろしく」といった内容の情報が送られます。0と1の羅列で通信を行うといった技術力はないので、パワーパックの番号を送るためにピン（情報の出入り口）を2つ、列車が自らの区間にいることを示すためにピンを1つ占有しており、他にはセンサーや非常ボタン、トランジスタの制御でピンを多く使用するために、空いているのは逆走の実現のために残しておいた3つのみです。よって、これより多くの情報を送ることは今のところ不可能なのでとりあえず情報を両方に流して、その後列車が行かなかった方には取り消しを指示するということはできません。よって、必然的にポイントレールとの同期が必要となります。しかし、ポイントの開通方向をポイント側に細工をして検知するには技術力不足である上に電気配線が嵩張ります。なので、電動ポイントのスイッチとの連動式、いや、将来的にこの装置を経由させて自動運転を行いたいのので、電動ポイントのポイントスイッチ機能を内蔵したいな～と思っています。

・ATC化

現在はパワーパックからの電流をそのまま線路に流していますが、将来的にはパワーパックの電圧を測定し、その電圧と同じ電圧でA S C S装置側から電流を流すようにしたいと思います。そのようにすれば内部の配線のややこしさが緩和され、さらに装置を挟むことにより任意の速度制限を設けることが可能となり、現在のように、列車間隔が狭くなったらいきなり止めるのではなく、徐々に減速させていくことができるはずです。ただし、上で述べたビット通信の技術を得てからとなりますが……。