

中学校技術教育における磁気ライントレースカーの教材化

The development of a magnetic line trace car as a teaching material
for technology education in the junior high school

大 倉 宏 之・須 見 尚 文

Hiroshi OKURA・Naobumi SUMI

（平成15年10月1日受理）

Abstract

In the foregoing researches, we developed the magnetic line trace car (or, magnetic line tracer) as teaching materials for learning how to make things in junior high school. The tracer can operate only by using lead switches as sensors, and therefore the control circuit is very simple. It is already used in the classes of technology education of a public school. It is believed to be an excellent teaching material for learning how to make things.

In this research, in order to investigate the evaluation of this magnetic line tracer as teaching materials for technology education, the questionnaire was carried out to the teachers of technology in junior high school who participated in the practical skill training "the educational study session of summer" of Mishima-city educational study group in 2003. According to this questionnaire, we developed the new magnetic line tracer using a belt-like magnet so that the student could manufacture a magnetic line simply and cheaply. We also manufactured the teaching materials for supporting the designing and manufacturing the tracer, and the study of control.

1. はじめに

近年、生徒の「ものづくり離れ」「理科・技術離れ」などが深刻な社会問題となっている。このような社会背景のもと、平成10年7月の教育課程審議会の答申を受けて改訂された中学校学習指導要領－技術・家庭編－の技術分野では、ものづくりを題材とした実践的・体験的な学習活動を通して、自ら課題を見出し、問題を解決するための創意工夫する能力の育成がこれまで以上に強く求められている¹⁾。

著者らはこれまでに、生徒にもものづくりや科学に関する興味や関心を抱かせる動機付けとなり、また、ものづくりのための知識や技術が習得できる教材として、センサにリードスイッチを用いた磁気

ライントレースカー（以後、磁気ライントレース）を開発した^{2) 3)}。磁気ラインとしては市販の磁石片（磁束密度110mT）を多数埋設して作り、制御回路としては、リードスイッチ2個で制御する方法、リードスイッチ4個で制御する方法、リードスイッチにリレーを付加して制御する方法を提示した。この磁気ライントレースは、製作活動を通して、生徒の創意・工夫する能力を高め、発展的に学習することが期待されることから、公立中学での選択技術の授業で実践され、また平成15年度三島市教育研究会「夏の教育研修会」技術・家庭科班の分科会の研修題材（実技講習）として扱われている。

そこで、本研究ではこの磁気ライントレースの教材としての評価を調査するため、平成15年度三島市教育研究会「夏の教育研修会」において、実技研修に参加した技術科教員に対してアンケートを実施した。さらに、このアンケート結果を踏まえて、生徒が簡単で安価に磁気ラインを製作できるように帯状磁石を用いた磁気ライントレースの開発と、制御の仕組み学習を支援するための教具の製作を行なったので報告する。

2. 研修で扱った教材用磁気ライントレースの概要

平成15年度三島市教育研究会「夏の教育研修会」技術・家庭科班での実技研修では、磁石片を埋設した磁気ライン上を走行する4リードスイッチ型磁気ライントレースが用いられた。その磁気ライントレースの仕組みと概要を次に示す。

2.1 磁石片によるリードスイッチの動作範囲

本磁気ライントレースの制御回路は、駆動輪モータの電流を制御するスイッチに、磁力で動作するリードスイッチを使用する。磁気ラインは磁束密度110mTの市販の磁石片を一列に並べ、左車輪側がN極とすれば、右車輪側がS極となるように磁極を統一して埋設した。

図1にリードスイッチの仕組みを示す。左右に磁極をもつ磁石片をリードスイッチに近づけると、管の中の各リードは図に示すように磁化され、中央の接点部が互いに引き合い、接触する近接スイッチの一種である⁴⁾。

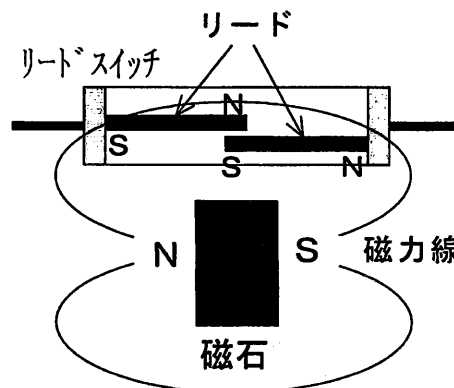
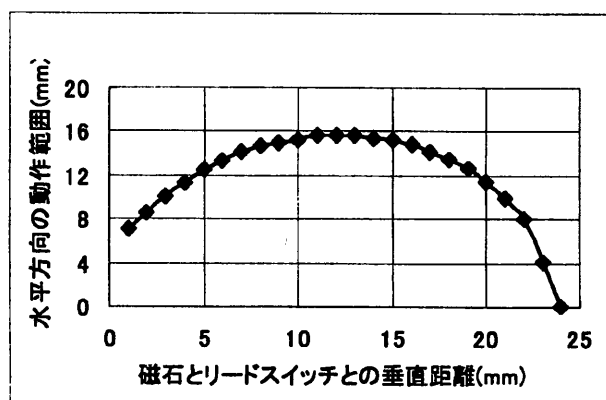
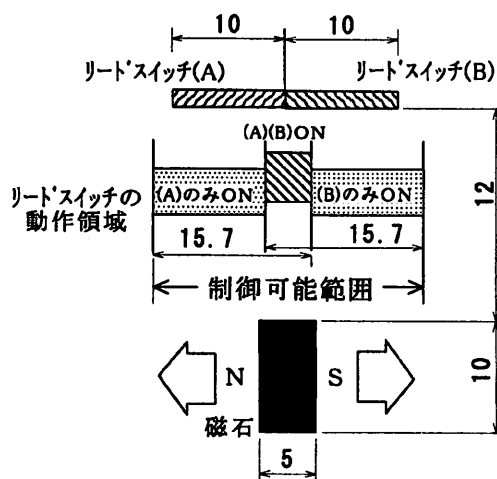


図1 リードスイッチの仕組み



(a) 動作範囲



(b) 動作範囲の図示

図2 リードスイッチの動作範囲（磁石110mT）

図2に磁気ラインに市販の磁石（磁束密度110mT, 幅5mm）を用いたときのリードスイッチ（沖センサデバイス製ORD211）⁵⁾の動作範囲の測定結果を示す。

図2(a)は、横軸に磁石とリードスイッチとの垂直距離を、縦軸に磁石を左右に水平に移動させたときのリードスイッチが動作する範囲を示す。この結果から、リードスイッチを磁石から垂直方向に12mm離れたとき水平方向の動作範囲は最大となり、その範囲は15.7mmであった。この動作範囲が最大となる条件のもとで、2個のリードスイッチを並べて配置した場合のライトレースの制御可能範囲を図2(b)に示す。制御可能範囲とは、磁気ラインがこの範囲内にあればトレサの制御が可能であることを示すものである。制御可能範囲はリードスイッチの配置の影響を受け、各リードスイッチの動作範囲の重なり合う量（(A) (B) ON領域）によって変化し、重なり合う量を多くすると制御可能範囲が狭くなり、逆の場合は広がる。ただし、制御可能範囲を狭くすると磁気ラインの曲率半径が小さくなるに従い、コースアウトして停止しやすくなる。この重なり合う量や磁気ラインからリードスイッチまでの垂直距離はライトレースの走行性能に影響を与える。

2.2 研修に用いた4リードスイッチ型磁気ライトレースの制御回路

図3に、最も基本となるリードスイッチを2個用いた磁気ライトレースとその制御回路を示す。図3(b)に示すように各駆動輪を制御するリードスイッチ(A)、(B)は磁気ラインを挟んで制御したい駆動輪の反対側に配置する。リードスイッチ(A)、(B)の中間付近に磁気ラインが位置するときは各リードスイッチは導通状態となり、左右のモータは回転して直進する。磁気ラインの曲率半径が小さくなり、例えば、磁気ラインがリードスイッチ(A)側に偏るとリードスイッチ(B)がOFFとなり、リードスイッチ(B)と対となった右車輪は停止するので、左車輪の駆動のみとなり、ライン上に復元する向きに旋回して姿勢を制御する。

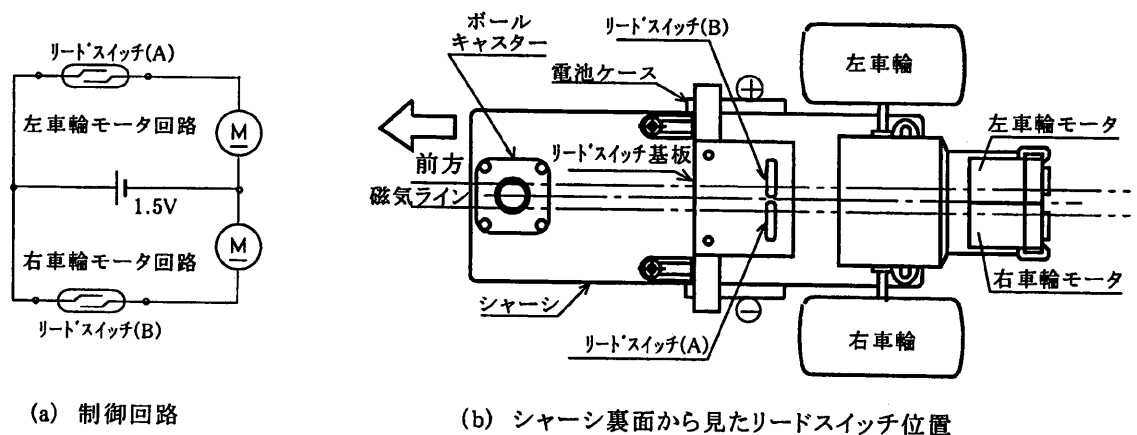


図3 2リードスイッチ型磁気ライトレースの制御回路とセンサ位置

この回路の特徴は、制御回路が簡単で制御の仕組みを機械的に捉えて学習できる。ただ、磁気ラインの曲率半径が小さくなると2つのリードスイッチが共にラインから離れ、磁気ラインに追従できなくなる欠点がある。

この欠点を発展的に解消するため、さらに2個のリードスイッチ(C)、(D)を追加して制御可能範囲を拡大した4リードスイッチ型を図4に示す。図4(a)において、リードスイッチ(A)とリードスイッチ(C)は並列に接続されている。また図4(b)において、リードスイッチ(C)はリードスイッチ(A)より外側に配置して制御可能範囲が拡大されているので、リードスイッチ(A)が磁気ラインから外れてOFFとなっ

でもリードスイッチ(C)が動作し、ライントレーサは停止することなくライン上に復帰するように旋回できる。

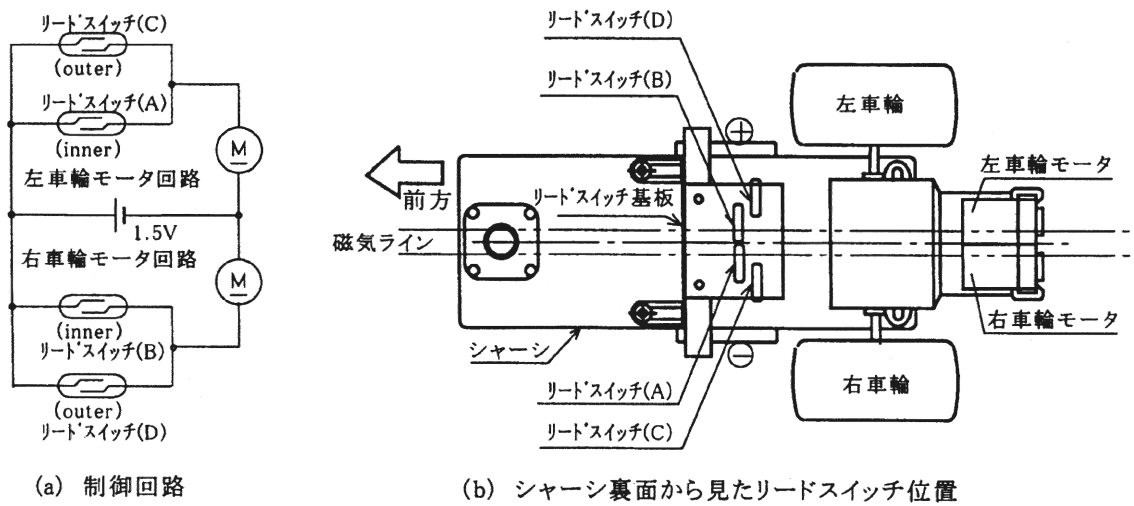


図4 研修に用いた4リードスイッチ型磁気ライントレーサの回路と構造

3. 磁気ライントレーサの教材としての評価アンケートの実施と結果

平成15年度三島市教育研究会技術・家庭科班の実技研修会では、最初に「磁気ライントレーサの概要と作業説明」を行い、その後製作活動、構造と原理の説明と続いた。研修後、磁気ライントレーサの教材としての評価アンケートを実施し、参加者8名全員から回答を得た。

図5、図6に研修会風景を示す。

「夏の教育研修会」の研修日程および参加者

日時 平成15年7月24日(木) 午前9時から12時

会場 三島市立中郷中学校

参加者 三島市内中学校技術科担当教諭8名

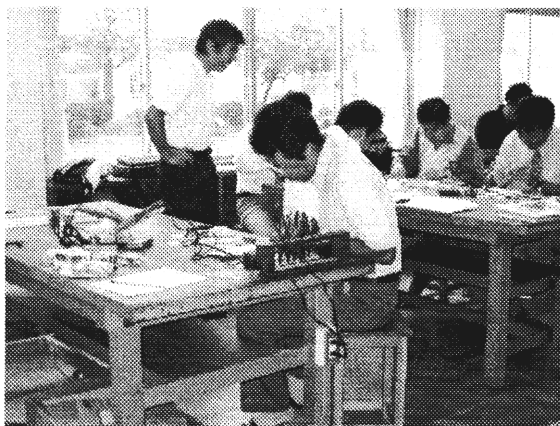


図5 磁気ライントレーサの製作

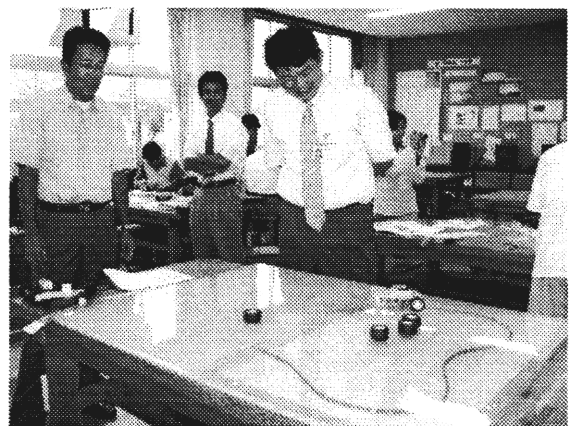


図6 テストコースで走行試験

3.1 使用部品の理解に関する調査

磁気ライトレースで使われる主な部品はモータ、ギヤボックス、リードスイッチ、磁石である。これらの部品の仕組みや働きを理解しながら製作することが求められる。

図7に「生徒は磁気ライトレースの使用部品の仕組みを理解して使用できると思われるか」を尋ねた集計結果を示す。

ギヤボックスやモータは教育現場ではこれまでに多く利用されており、それらと比べてリードスイッチや磁石の理解の難易度は同程度と判断できる。しかし、ギヤボックスやモータの教材・教具はこれまでに多く提供されているが、リードスイッチの仕組みに関する教具は見かけない。従って、リードスイッチの動作の仕組みを学習する教具は必要であると思われる。

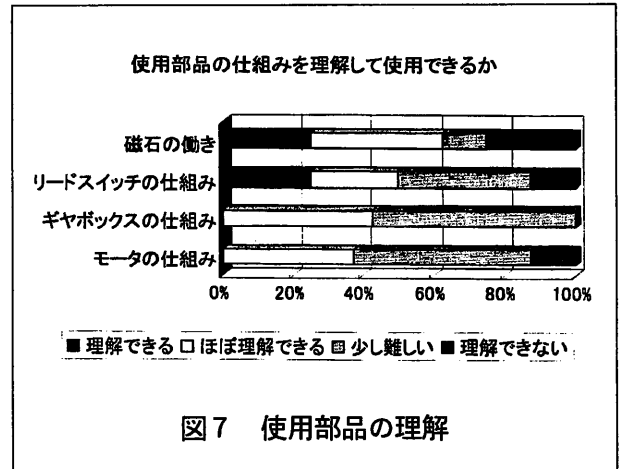


図7 使用部品の理解

3.2 磁気ライトレースの動作原理の理解と製作の難易度に関する調査

図8に「生徒は磁気ライトレースの動作原理を理解できると思いますか。」との質問に対する集計結果を示す。「理解できる」(25%)、「少し難しい」(75%)と大きく分かれた。動作原理の理解はリードスイッチの働きに依存しているので、このリードスイッチをどのように学習させるかが課題といえよう。

図9に「磁気ライトレースは生徒に製作できると思いますか」の質問に対する集計結果を示す。「製作できる」(25%)、「ほぼ製作できる」(75%)であった。製作は比較的容易と判断される。

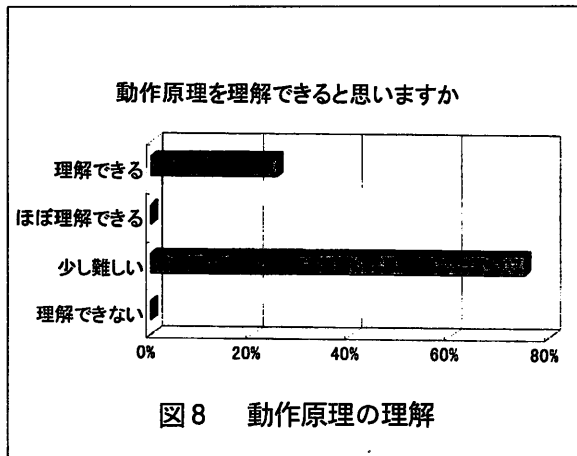


図8 動作原理の理解

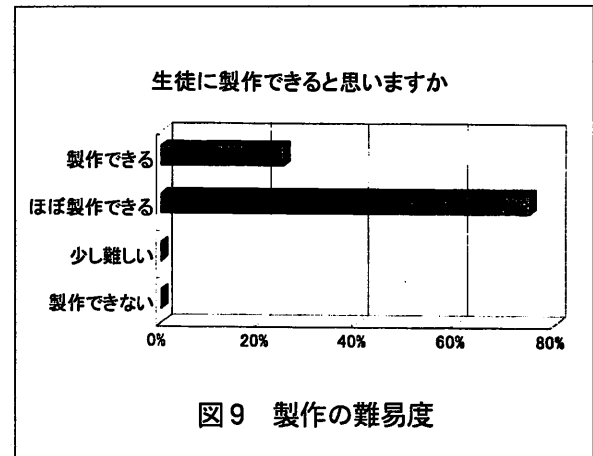
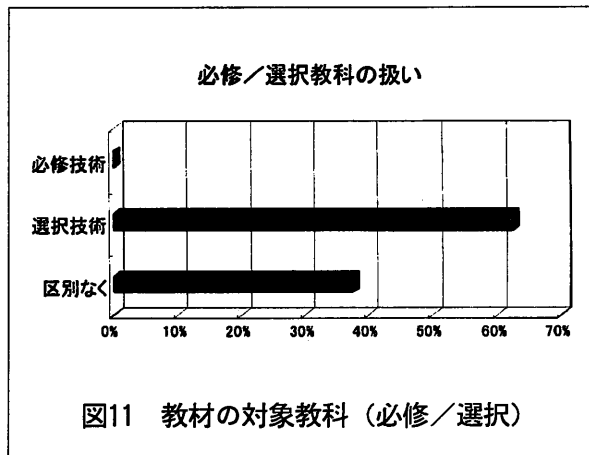
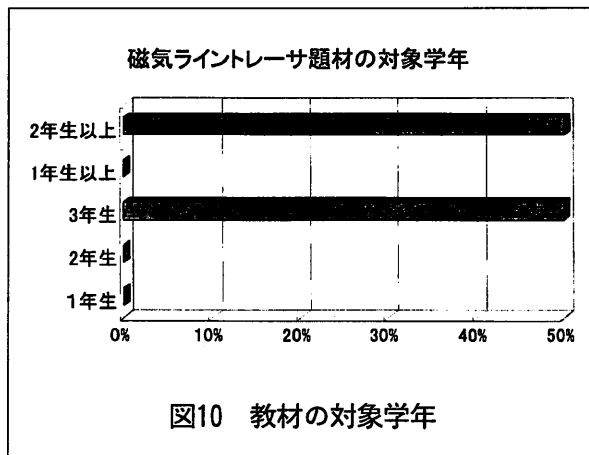


図9 製作の難易度

3.3 教材の対象学年と対象教科(必修技術・選択技術)に関する調査

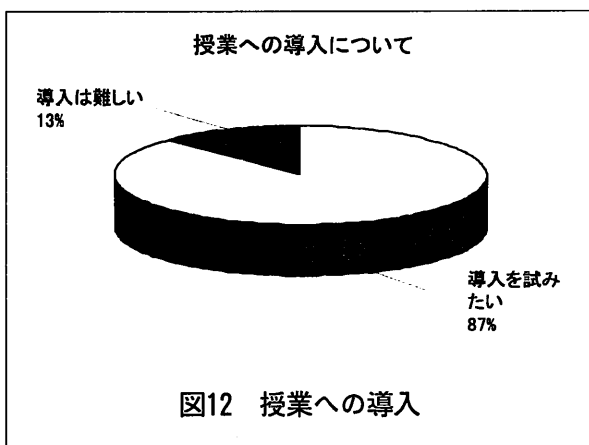
図10に「磁気ライトレースを学習題材と選定した場合の対象学年」を尋ねた集計結果を示す。「2年生以上」(50%)、「3年生」(50%)であった。3年生の題材としながらも回答者の半数が2年生でも技術・家庭科の教材としての利用が可能と考えている。

図11に「必修教科または選択教科のどちらの授業で扱うか」を尋ねた集計結果を示す。「選択教科」(62.5%)、「いずれでも」(37.5%)であった。選択技術の題材として評価しているが、回答者の3分の1はどちらでも可能と判断している。



3.4 磁気ライトレーサの授業への導入に関する調査

図12に「磁気ライトレーサの授業への導入について、どんな感想を持たれましたか」の質問に対する集計結果を示す。「導入を試みたい」(87%)、「導入は難しい」(13%)と大半は導入に前向きである。導入は難しいとする理由に「磁気ラインが高価なので、磁気ラインのトレーサだけ家庭に持ち帰らせた後、どうするかを考えると製作費の単価が高い。」等を挙げている。



3.5 教材としての長所・課題に関する意見内容

「磁気ライトレーサのものづくり教材としての長所・課題」に関する筆記回答を次に示す。

3.5.1 磁気ライトレーサの長所

- ・ブラックボックスの部分がなく生徒に理解させることができる。
- ・生徒の興味を引き、ものづくりの面白さを感じやすい。
- ・電気や磁気の理解に有効な教材と思う
- ・磁気の応用を考えたり、磁力のことを知るには良い教材と思う。
- ・製作が易しく、考えさせる場面もあり、楽しいと思う。
- ・生徒の工夫を取り入れる余地がある。
- ・簡単な部品と少ない部品でモータをコントロールできる。
- ・磁気センサの特性と位置、感度などの工夫、限界点がわかる。

3.5.2 磁気ライトレーサの課題

- ・製作のとき、リードスイッチを壊しやすい。
- ・家庭に持ち帰り、どうするかを考えると製作費(ラインを含めて)の単価が高いように思える。

3. 6 アンケート結果のまとめ

アンケート結果から、提示した磁気ライトレーサは、「ブラックボックスの部分がなく」、「生徒の興味を引く」、「製作が容易である」、「生徒の工夫を取り入れる余地がある」、「少ない部品でモータをコントロールできる」など教材として多くの長所が挙げられ、主に技術選択教科の題材として授業に導入したいとの意見を得た。その反面、磁気ラインに磁石片を使っていることから「製作コストや製作後の活用」に課題があると指摘された。また、これまでにリードスイッチの動作原理の理解のための教具がないため、磁気ライトレーサの制御の動作原理の理解に不安を抱いていると思われる。

4 磁気ラインにマグネット帯を用いた磁気ライトレーサの設計

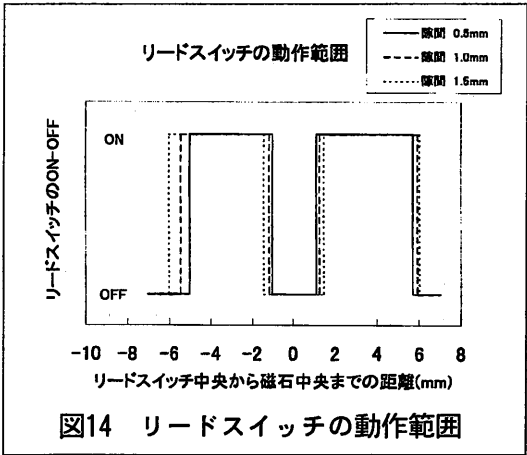
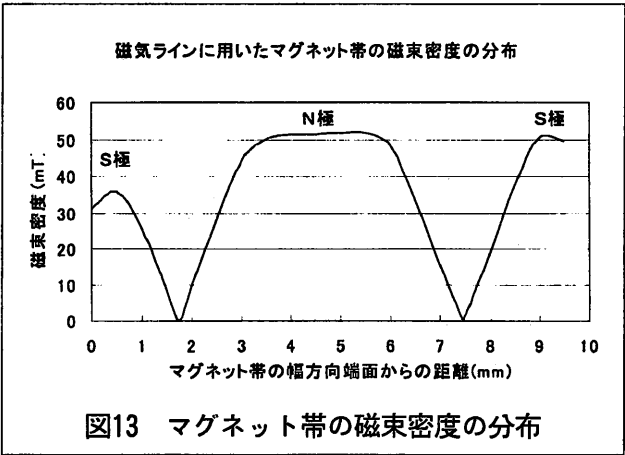
アンケート結果を踏まえて、安価で生徒が簡単に磁気ラインを製作できるようにするため、量販店で簡単に入手できる帯状磁石（磁石片に比べて磁気ラインの単位長さ当たり価格1/20程度）で動作する磁気ライトレーサの設計・製作を行なった。

4. 1 磁気ライトレーサのセンサ部の設計

実験に供した帯状磁石は新潟精機発売のマグネット帯（厚2mm、幅19mm、長500mm）⁶⁾の幅を2等分し、幅を9.5mmにして用いた。図13にマグネット帯の幅方向の磁束密度分布を示す。通常の磁石片の場合は各磁極が両端にあるが、このマグネット帯は図13に示すようにS極とN極が交互に分布している。この場合、マグネット帯の磁極がリードスイッチの中央付近に位置するときはリードスイッチがOFFとなるので、図13で示すような磁極の分布の場合、リードスイッチが磁気ラインの中央付近を横切るときOFFとなる。しかしながら、磁気ライトレーサの制御回路ではリードスイッチが磁気ラインから遠ざかったときのみOFFとしたいので、このOFFを生じないようにリードスイッチの配置方法を工夫しなければならない。

図14に磁気ラインとしてマグネット帯を用いたときのリードスイッチの動作範囲を示す。実線はマグネット帯とリードスイッチとの垂直方向の隙間が0.5mm、太い破線は1mm、細い破線は1.5mmとした場合である。磁石との隙間を狭めると、中央のOFF領域も狭くなる。

この中央でのOFF領域をなくす方法として、一つのモータを制御するのにリードスイッチを2個用い、図15に示すようにリードスイッチ(A)とリードスイッチ(C)とを軸方向に3mmずらして配置することで、リードスイッチ(A)、(C)を合成したON領域が形成され、動作範囲の拡大が計れることがわかる。従って、マグネット帯の場合はリードスイッチを4個用いた4リードスイッチ型の制御回路となる。図16に各リードスイッチの配置を示す。



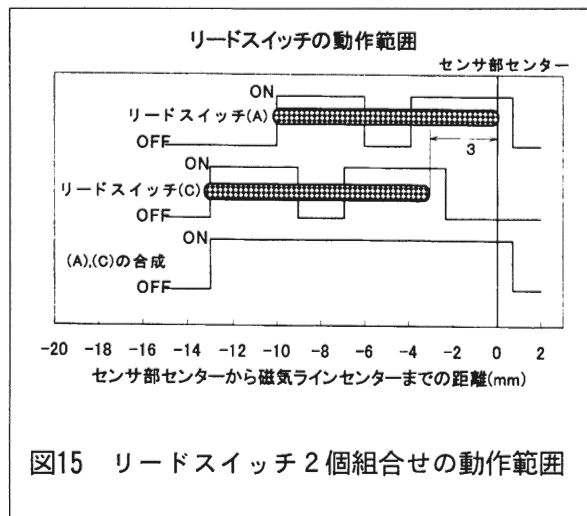


図15 リードスイッチ2個組合せの動作範囲

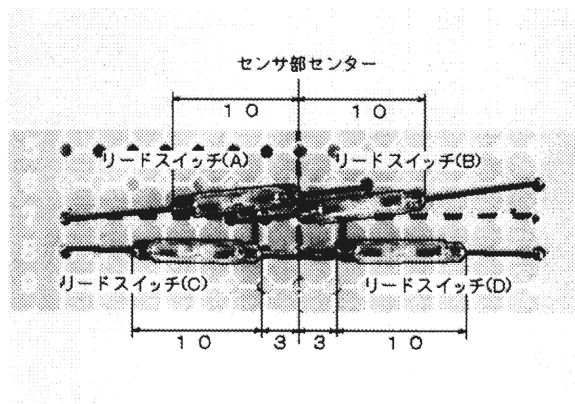


図16 リードスイッチの配置

4.2 走行試験の結果

走行試験において、製作した磁気ライトレーサのリードスイッチ基板の取付位置は走行路面からの高さを1mmとし、リードスイッチ(C)、(D)の位置を駆動車軸より前方50mmとした。駆動輪のトレッドは使用したギヤボックスの構造により100mmとした。

図17にテストコースを示す。テストコースは横900mm、縦600mmの合板上にマグネット帯を貼り付け、走行路面とマグネット帯との段差をなくすため、厚さ2mmのバルサ板を敷き詰めた構造である。

図18にマグネット帯用に設計した磁気ライトレーサの走行試験の結果を示す。Sをスタート点とし、矢印の方向に走行させたとときの走行軌跡を太い実線で示す。磁気ライン上を走行していることが確認できる。

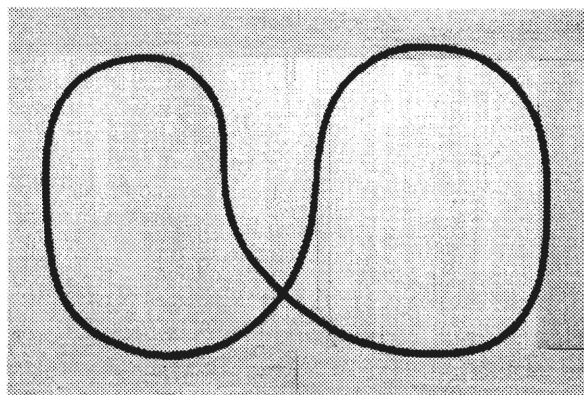


図17 テストコース

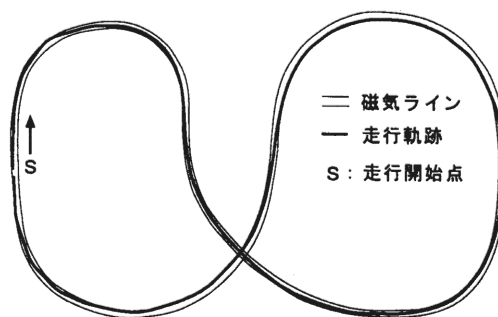


図18 走行軌跡

5. 磁気ライトレーサの設計・製作学習のための教具の開発

本研究で示した磁気ライトレーサは、センサとしてリードスイッチが用いられている。この教材を用いた学習を支援するため、リードスイッチの動作原理を理解できるリードスイッチ教具と、磁気ライトレーサのセンサとなるリードスイッチ基板の動作を確認するための動作テスターを製作した。

5.1 リードスイッチ教具

リードスイッチの動作原理を確認できる教具はこれまでに見かけない。そこで図19に示す教具を製作した。この教具は、珪素鋼板で作られたリードに磁石を近づけると左右のリードが接触し、遠ざけると離れる様子を視覚的に捉えて、リードスイッチの動作の仕組みを学習できる。

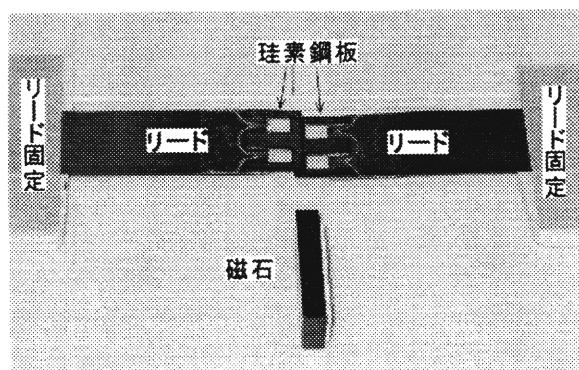


図19 リードスイッチ教具

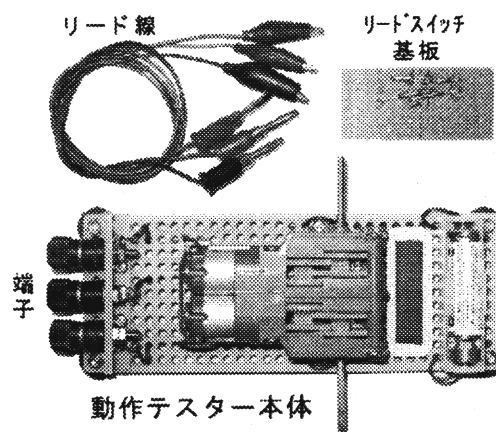


図20 リードスイッチ動作テスター

5.2 リードスイッチ基板の動作テストの製作

ライントレースの車体にリードスイッチ基板を取り付ける前に、製作したリードスイッチ基板が設計通りに動作するかを確認する必要がある。そこで、図20に示すリードスイッチ基板の動作テストを製作した。

製作したリードスイッチ基板をリード線を介して動作テスター本体の端子に接続し、リードスイッチ基板上のリードスイッチに磁気ラインに用いる磁石を近づけて、動作を確認する。テスター本体にはギヤボックスとモータが取り付けられているので、リードスイッチの動作の様子がギヤボックスの歯車の動きと音で確認できる。

6. おわりに

本研究では、平成15年度三島市教育研究会（技術・家庭科班）の「夏の教育研修会」の実技研修の題材として、これまでに開発した磁石片を敷設した磁気ライン上を走行する教材用磁気ライントレースカーが扱われた。この研修会において、この磁気ライントレースカーの教材としての評価を調査するため、研修に参加した技術科教員に対してアンケートを実施した。

アンケート結果から、提示した磁気ライントレースカーは、「ブラックボックスの部分がなく」、「生徒の興味を引く」、「製作が容易である」、「生徒の工夫を取り入れる余地がある」、「少ない部品でモータをコントロールできる」など多くの長所が挙げられ、主に選択教科の題材として授業に導入したいとの意見を得た。その反面、磁気ラインに磁石片を使っていることから「製作コストや製作後の活用」に課題があると指摘された。また、これまでにリードスイッチの動作原理の理解のための教具がないため、磁気ライントレースカーの動作原理の理解に不安を抱いていると思われる。

これらの課題を解決するため、安価に磁気ラインを製作できる方法として、マグネット帯で動作する磁気ライントレースカーを開発し、その設計・製作方法と走行性能の結果を示した。また、リードス

ッチの動作原理の教具や制御の仕組みを確認する動作テスターを製作し、提示した。

本研究により、教材用磁気ライントレーサは、走行するコースのレイアウトや磁気ラインに用いる磁石の種類などにより、リードスイッチの適切な配置を理論的・実験的に繰り返す活動を通して創意工夫する能力を育み、トレーサを完走させたとき、達成感、満足感を生徒は享受できる。これらから、リードスイッチを用いた磁気ライントレーサはものづくり学習における有用な教材としてより一層期待できる。

謝 辞

本研究にあたり、アンケート調査にご協力頂いた三島市教育研究会（技術・家庭科班）代表鈴木愛子校長（三島市立東小学校）並びに研修会参加の技術担当教諭の皆様にお礼申し上げます。なお、本研究の一部は平成15年度日本学術振興会科学研究補助金（奨励研究）の助成を受けて行なったものであることを記して感謝の意に代える。

参考文献

- 1) 文部省：中学校学習指導要領（平成10年12月）解説－技術・家庭編－、pp. 13-15、平成11年9月
- 2) 大倉宏之、須見尚文、畑俊明：ものづくり学習における磁気ライントレース型ロボットの教材化、静岡大学教育学部研究報告（自然科学編）第53号 pp41-51（2003）
- 3) 大倉宏之、須見尚文、畑俊明：ものづくり学習のための教材用磁気ライントレーサの開発、日本産業技術教育学会誌、第45巻、第2号 pp29-35（2003）
- 4) 柏倉宏美：位置検出センサの使い方、トランジスタ技術、2000年11月号 pp. 188-191（2000）
- 5) <http://www.osdc.co.jp/jpn/seihin.html>
- 6) <http://www.niigataseiki.co.jp/goods/diy/main/604291.html>