

# 夏休み自由研究お助け隊の新規テーマ作成と運用について

小野 雅晃、中山 勝

筑波大学システム情報工学等技術室

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

## 概要

夏休み自由研究お助け隊<sup>[1]</sup>は、筑波大学の技術職員が、中学生を対象に夏休みの自由研究を支援する企画である。夏休み自由研究お助け隊では、中学生が自分で考えたテーマや、夏休み自由研究お助け隊で提供したテーマについて、中学生に自由研究の進め方の助言を行う。今回は、夏休み自由研究お助け隊での新規テーマの作成と運用について述べる。

**キーワード：**社会貢献、中学生、自由研究

## 1. はじめに

筑波大学では、毎年、社会貢献の一環として、夏休み自由研究お助け隊（以下、お助け隊とする）というワークショップを開催している。お助け隊は、筑波大学の技術職員が中学生の自由研究を支援する企画で、中学生の夏休み期間中の 2 日間開催される。そこでは、中学生が自分で考えた独自のテーマや技術職員が作成した中学生の自由研究に相当と思われるテーマについて、技術職員が中学生に自由研究の方法を指導する。ワークショップは、1 回あたり 3 時間程度で実施される。

お助け隊は 2004 年から開始され、筆者らは、お助け隊の開始当時から新規テーマの作成やワークショップでの指導を行なっている。その経験を元に新規テーマの作成方法や運用の仕方を述べる。また、新規テーマとして考えたが、実現に至らなかったテーマもある。なぜ、それらのテーマが実施されなかったか？についても述べる。

## 2. 新規テーマ作成について

以下に、筆者らのお助け隊での新規テーマの作成概要について述べる。

### 2.1 お助け隊当初の新規テーマ

2004 年のお助け隊開始時には、中学生の理科のレベルがわからなかったため、中学生の理科の教科書を参考にし、中学生の理科では、どのような内容について学習しているかを調査した。それに基づいて、中学生に自由研究の一例として提供するテーマは、どのようなものが良いのかを考えた。筆者らは、“パソコンを使用して音の振動を調べる”と“いろいろな電池を作ってみよう”というテーマをお助け隊の実行委員会に提案して了承された。

“パソコンを使用して音の振動を調べる”は、中学校 1 年生で習う“音”について、より深く理解できるように、ダイナシステム社のパーソナルコン

ピュータ（パソコン）のフリーソフトウェア HotWav<sup>[2]</sup> を使用して、音声の波形や楽器、いろいろな音を出す物の波形を見るという自由研究のテーマである。このテーマについては第 3 章で更に詳しく述べる。なお、このテーマは、2012 年度まで継続して実施されている。図 1 に夏休み自由研究お助け隊 2011 での実験風景を示す。



図 1. “パソコンを使用して音の振動を調べる”の実験風景

“いろいろな電池を作ってみよう”は、イオン化傾向の異なる金属を対向して電解液の中に入れた時に電池となる現象を観察するテーマである。インターネットで、変わり種電池の情報を収集して、中学生が興味を持つと思われる 55 円電池や備長炭電池、レモン電池、豆腐電池などを採用した。これらの電池に負荷抵抗を接続して、電圧や負荷抵抗の抵抗値を測定し、内部抵抗を計算で求めている。いろ

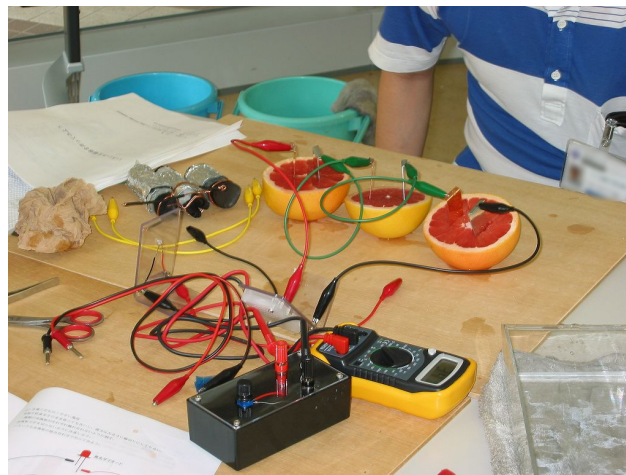


図 2. “いろいろな電池を作ってみよう”のグレープフルーツ電池の実験風景

いろな物が電池になるので、中学生の関心を引くことができる。このテーマも、2012 年度まで継続して実施されている。図 2 に“いろいろな電池を作ってみよう”のグレープフルーツ電池の実験風景を示す。図 2 ではグレープフルーツを 3 つ直列にして電子メロディを鳴らしている。

また、それ以外のテーマも考えてみた。“太陽電池の発電量を調べる”というタイトルの太陽電池の発電量を測定するテーマである。当初のテーマは太陽電池で単 3 型の 2 次電池を充電して、それによって、ゲーム機や自動車などのおもちゃがどのくらい動作するかを観察するテーマだった。これは、オームの法則を学習していない中学 1 年生にも、理解できるように電流計や電圧計を使わなくても実験ができるようにするためだ。だが、太陽電池のテーマには、いくつかの問題があった。まず 1 つ目は、ワークショップの時に太陽が出ているとは限らないことだ。太陽の光はエネルギーが強く、太陽電池に強力な白熱電灯の光を当てても晴れの日光下の出力は得られない。つまり、曇りか雨の日は太陽電池の実験ができにくくなり、本来の太陽電池の出力は望めない。晴れの日であれば、日陰を曇りとして曇りの状態での実験を行うこともできる。ワークショップの日の天気はいかんともしがたいものがある。第 2 の問題は充電の問題である。実験の方法としては、完全に放電させた充電電池に太陽電池で充電して、おもちゃなどの動作時間を比べる方法を用いた。その際に、充電電池を完全に放電させることが難しい。完全に放電させたと思って時間が経つと充電電池は回復する傾向がある。曇りや雨の日だと充電電池が回復しておもちゃが動作したのか？それとも充電による効果でおもちゃが動いたか？の違いがはっきりわからないという状態が発生した。これらの問題があり、2004 年、2005 年の 2 年間開催して、このテーマは終了した。図 3 に“太陽電池の発電量を調べる”の実験風景を示す。1.5 V 出力の太陽電池を 2 つ直列にして、ニッケル・カドミウム充電電池を充電した。なお、充電電池は温度が上昇しないように箱の中に入れて充電している。



図 3. “太陽電池の発電量を調べる”の実験風景

## 2.2 2005 年度の新規テーマ

次に考えたのは、2005 年に提供した“ゲーム機等の消費電力を調べる”というテーマだった。このテーマは、パソコンやゲーム機が待機状態の時の消費電力とゲームを行なっている時の消費電力を比べるものだ。更に、いろいろな家電の消費電力を比較してみようというものだった。家電の種類は電気ポットや扇風機、TV などだった。例えば、電気ポットは水からお湯を沸かす時の消費電力が大きく、お湯の温度を一定に保つときの消費電力は小さい。これらの消費電力を体感することによって、家のブレーカーを電流オーバーで落とすことが無いように考えたテーマだった。筆者の家では台所に消費電力の大きい家電が集まっている。炊飯器、オーブントースター、電子レンジなどだ。これらの家電を家人が、一度に使ってしまい、ブレーカーを落とすことが多発していた。そこで、普通の家庭で、家電製品の消費電力と電気料金の関係を理解できるように企画したテーマである。このテーマの実験装置は、クランプメータを使用している。クランプメータは秋葉原の秋月電子通商で安価にて購入し、中学生に配布した。安いクランプメータだったため、消費電流 (A) の桁が小数点以下 1 桁しかなかった。ゲーム機やパソコンの負荷による消費電力の違いを測定するには精度が足りないので、クランプする電源コードを 10 ターンして、精度を 10 倍にして測定した。更に、家の消費電力を測定するために積算電力計の回転を見て、現在の家全体の消費電力を概算する方法を説明した。この自由研究テーマをお助け隊でやるには、多くの家電製品を会場に持って行く必要があり、集められる家電製品だけでは、3 時間という時間が余ってしまう。非常に面白いテーマであり、昨年の東日本大震災による計画停電や節電を考えると、時流に最適なテーマであると考えられるが、前記の事情があり、2005 年の 1 回開催されただけである。図 4 に“ゲーム機等の消費電力を調べる”の実験風景を示す。図 4 ではクランプメータを使用して電気ストーブの消費電力を測定している。



図 4. “ゲーム機等の消費電力を調べる”の実験風景

## 2.3 2008 年の新規テーマ

この年は、“FM ラジオで遊んでみよう”というテーマを考えた。これは、エレキットの“はこ工作キット”シリーズの“FM はこらじ”<sup>[3]</sup>を使ったテーマだった。“FM はこらじ”は、ダンボールの外装、プリント基板、コンデンサ、抵抗、スイッチ、スピーカー、電池ボックスなどの部品が同梱されているキットだった。基板に予めハンダ付けされているソケットにコンデンサ、抵抗などの部品を挿入していくと FM ラジオが完成する。お助け隊では、最初に電波や波の周波数について簡単に説明してから、“FM はこらじ”を作ってもらった。その後、アンテナの長さを変えた時の感度の違いについて研究を行った。室内、室外での場所による感度の違いについて地図を渡して、地図上に○、△、×の記号を記入してもらった。更に、放送局の場所を調べて、アンテナの方向による感度の違いとの相関関係を調べてもらった。

中学生の興味を引くという観点から言うと、キットを作る時に中学生は一生懸命作ってくれて、FM ラジオの音が出ると喜んでくれたので、十分に満足してくれたと思う。しかし、このテーマはいかに自由研究としてまとめるかに苦労した。考えた末に、地図上に感度を書いて、ビル陰や、室内位置による感度の違いをまとめることにした。

このテーマでは、室外で感度測定を行っている時に、中学生が目を離すと遠くに行ってしまうという問題があった。4 人の中学生に対する監視役は 2 人だったため、暑い中を走りまわり、中学生を見つけるのがとても大変だった。自由研究としてのまとめも弱かったのと、“FM はこらじ”の確保にも苦労したので、2008 年 1 年のみで終了した。図 5 に“FM ラジオで遊んでみよう”の実験風景を示す。図 5 では、部品を基板のソケットに差し込んで、“FM はこらじ”を作製している。



図 5. “FM ラジオで遊んでみよう”の実験風景

## 2.4 2011 年度の新規テーマ

2011 年になって、東日本大震災後に太陽電池が注目されたこともあり、再び太陽電池の自由研究テーマをお助け隊のラインナップに加えてみたいと考えた。そこで、“太陽電池の発電量を調べてみよう”という題で太陽電池の自由研究を再開した。今度は、充電機に充電するのではなく、太陽電池に負荷となる可変抵抗をつないで、電流と電圧を測り、発電量を調べるというテーマとなった。今回はひたすら可

変抵抗を調節しながら、電流値と電圧値を読んでデータを取り、グラフを作成するという地味なテーマとした。地味すぎて中学生が興味を持てないことを心配して、最初に太陽電池パネルを置く台をスチレンボードで作ってもらうことにした。スチレンボードに切り取る形を書いた紙を貼っておいて、中学生にカッターで切り取ってもらった。それを組み立てて、太陽電池を 0 度、30 度、60 度、90 度の 4 つの角度に設置できる台を作ってもらった。最初に中学生が手を動かすことで興味を持ってもらい、あとの太陽電池の実験がスムーズに行くように工夫した。その後、太陽電池の測定を行い、グラフを作成した。測定結果を用いて、自分の家の屋根にその太陽電池を並べたら、夏休み中にどのくらいの電力が作れるかを推定してもらって、自由研究とすることにした。太陽電池の測定とグラフ書きは地味なため、この間に中学生が飽きてしまうことがあるので、最後に太陽電池に圧電スピーカーを接続して、光の音を聞く実験を行った。太陽電池に赤外線を当てることにより電圧が発生するので、テレビなどの赤外線リモコンを向けてボタンを押すと音が聞こえる。この音はメーカーなどによって異なるので、いろいろなリモコンの光の音を聞いてもらう実験を行った。更に、一部の液晶ディスプレイに太陽電池を近づけると音がするものがある。このように随時、中学生の興味を引く実験を行うことで、中学生を飽きさせない工夫をした。しかし、太陽電池の実験はお助け隊当日に晴れていないと十分なデータが測定できないという欠点がある。曇や雨では太陽電池の出力は極端に低下して、中学生が興味を引かないデータになってしまう。更に晴れの日でも安定して晴れていれば良いが、雲がかかったりして太陽電池の特性を測定している間に出力が変わってしまうと測定結果に矛盾が生じてしまう。2011 年のワークショップ当日の天候は、午前中は晴れていたが午後は曇ってしまい、太陽電池の測定結果が思わしくなかった。アンケートでも中学生から不満が出たので、このテーマは中止とした。図 6 に“太陽電池の発電量を調べてみよう”の実験風景を示す。図 6 では、太陽電池から出力される電圧と電流を測定して、太陽電池の出力特性を測定している。



図 6. “太陽電池の発電量を調べてみよう”の実験風景

## 2.5 2012 年の新規テーマ

2012 年には、太陽電池に替わって、ロボットの自由研究テーマを行うことにした。“ライントレースロボットを走らせてみよう”というライントレースロボットのテーマを作ることにした。ロボットは前からやってみたくはあったが、自宅でもできる自由研究というコンセプトからロボットを持ち帰ってもらうという制限があったので、なかなか実現は難しかった。決められた予算の範囲でロボットを購入することは難しかったからだ。今年になって秋月電子で、プログラミング教材ロボット“Beauto Racer”（ビュート レーサー）<sup>[4]</sup> が安価で販売されていることを知り、これでロボットの自由研究テーマをすることができると考えた。ビュート レーサーは PIC マイコンを使用した本格的なライントレースロボットで、2 つの赤外線センサを備えて、ラインをトレースすることができる。しかも、製造元のヴィストン社から講義資料やプログラミングを行う“ビュートビルダー R”を無償でダウンロードすることができる。“ビュートビルダー R”は、フローチャート風のグラフィカルな GUI 環境で“ビュートレーサー”のプログラムを行うことができる。動作を行う箱や判断を行う菱形を図面上に置いていけば、プログラムが完成し、プログラム言語を知らない中学生でも簡単に扱うことができる。このように中学生が興味を示す仕掛けが沢山あるので、お助け隊中は、中学生が興味を示してくれると思っていた。しかし、これを如何に自由研究としてまとめてもらうかという点に苦労した。初めのうちは、赤や青、黄色などのいろいろな色で赤外線センサの値が変化の様子を観察してもらおうかと思い、ロボットの赤外線センサで測ってみた。しかし、色を判別するのは可視光線だが、赤外線センサはそれよりも波長の長い赤外光で判別している。黒は顕著に値が大きくなるが、色に有意な差は見られなかった。これでは自由研究の項目として使用できない。そこで、いろいろなライントレースのコースごとのプログラムとそのプログラムによるライントレースの可否及びその時間を自由研究としてまとめてはどうかという提案を中学生にすることにした。図 7 に“ライントレースロボットを走らせてみよう”の実験風景を示す。図 7 は、ライントレースのプログラムをロボットにダウンロードして、ライントレースのコースを走らせているところだ。



図 7. “ライントレースロボットを走らせてみよう”の実験風景

## 3. 音の実験の指導手順

“パソコンを使用して音の振動を調べる”のテーマについて指導手順を説明する。毎年同じ様な指導ができるように指導手順書を書いて備忘録としている。以下に“パソコンを使用して音の振動を調べる”のテーマの指導手順書を示す。

1. 音はどんなものを説明する
  1. 音は空気を伝わり、真空中では伝わらない。
  2. 音と光のスピード差を雷、花火の例で説明。
2. 周期と周波数について説明。
3. 声のピッチ<sup>[5]</sup>について説明する。母音、子音について説明。
4. HotWav のインストール方法、マイクの設定方法について、実際にやってもらう。
5. HotWav の説明をしながら、“あ”の音声波形を録音。
6. ピッチの周期と周波数の測り方を解説。
7. ボイスチェンジャーで声を変えてみる。
8. “い”、“う”、“え”、“お”について同様にしてもらう。
9. “ホームラン”と音声入力し、選択したところだけ再生やボイスチェンジできるのを説明。
10. “おはよう”のローマ字読みを逆転した音声（“oyaho”）を録音して、逆転再生して“おはよう”になるかどうかを確かめる。（おはようは逆転再生すると元に戻りやすいが、元に戻る音声ばかりでもない）
11. 休憩
12. 子音+母音の音を録音して試みる。破裂音“か”、摩擦音“さ”、鼻音“な”。それぞれ子音、母音を選択して再生してみる。
13. 楽器の音を録音する。リコーダの“ド”を録音して、見てみる。周波数を測定。（リコーダの波形が正弦波に近くて良い）
14. 1 オクターブ分、波形を観測し、周波数を測定する。HotWav の波形が表示する周波数を記録する。
15. 音階の音の周波数の関係を確認。
16. いろんな楽器の音を録音して比較。（ギター、フルート、etc...）

（以下は説明のみ、発展課題）

17. 家族全員の音声を見てみよう。お父さん、お母さん、お姉さん、お兄さん、弟、妹、おじいちゃん、おばあちゃんの声はどんな特徴があるのか？（周波数の高低、波形の複雑さ）
18. 蟬の声はどんな波形、周波数なのか？ 車の音は？（ノートパソコンを持っている人は傘を使った手作りの集音マイクを作って確かめてみよう）

指導手順書では、項目 1.2.3. で音や周波数、周期、声について説明している。これはこれから自由研究をするに当たって必要な知識である。どうしても覚えてほしいことを最初に 20-30 分くらいに渡って中学生に説明する。これは中学生が一番眠くなる時間だと思う。ここは 20 分くらいで手早く済ませることにしている。

項目 4. で、HotWav というパソコンのソフトウェアを中学生にインストールしてもらう。ここで

中学生が自分の手を動かし、インストール作業を行うことで、今まで受動的だったのが活き活きとしてくるのがわかる。そして、項目 5. で“あ”の音声を録音して波形を観察するが、音声波形を録音して再生すると喜んでくれる。人間は自分で聞いている自分の声は骨伝導と大気の伝導が混ざり合っているが、録音すると大気の伝導だけになるので、普段聞いている自分の声と違う音がする。その違いもあって喜んでくれるのか？と思う。

項目 6. では、HotWav で表示された音声波形から、母音“あ”のピッチの周期と周波数を測定してもらう。ピッチの周期と周波数を測定するときの HotWav の画面を図 8 に示す。

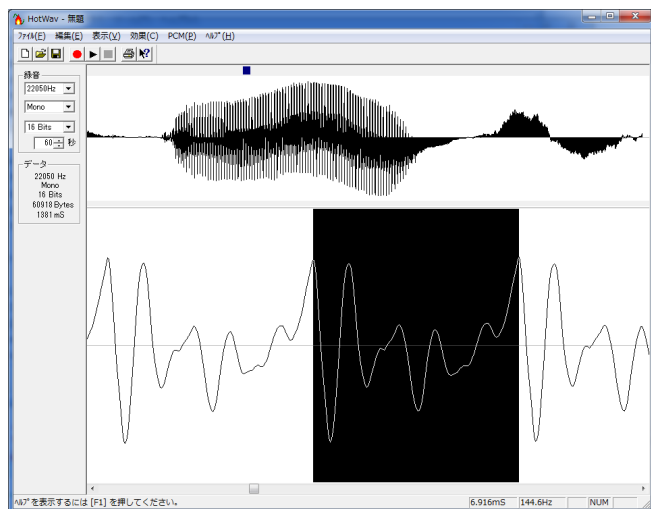


図 8. HotWav で表示した“あ”の音声波形

HotWav には上下に波形を表示できるウインドウがあるが、下の波形ウインドウで選択された部分の周期と周波数がステータスバーに表示される。図 8 の“あ”の音声の周期は 6.916 msec、周期は 144.6 Hz となる。この項目 6. で、最初に講義した周期と周波数の意味を理解してもらう。女子は声の周波数が高く、男子は声の周波数が低い。また、音声の波形は人によって全く違っているということを、他の中学生のパソコンの画面を見て回りながら理解させることにしている。更に、テーマに参加した全員の中学生の音声波形のピッチの周波数と周期を黒板に表形式で書いて、性別や個性による周波数、周期の違いを理解してもらう。

項目 7. では、自分の音声を HotWav のボイスチェンジャー機能で加工して再生することで、そろそろ飽きて来ているかもしれない中学生が興味を示すように工夫している。

項目 8. では、残りの母音を“あ”と同様に、ピッチの周波数、周期を確認して、他人との違いを確認してもらう。

項目 9. では、HotWav の選択した波形のみを再生する機能を使用して、“ホームラン”を録音した時に、どの部分が“ホー”でどの部分が“ム”かを見てもらう。HotWav の波形ウインドウで波形を選択すると、選択した範囲だけを再生できるので、連続して発声した音声波形がどの部分かを特定しやすい。

項目 10. では、休憩前に HotWav の逆転再生機能を使って、ローマ字読みにした言葉を逆に読ん

で録音し、逆転再生でもとに戻ることを体験してもらう。これも、中学生に興味を持ってもらうための手段として使用している。

このように、中学生が興味を持ってくれるように、興味を引きそうな事柄をちりばめてある。

休憩後は、項目 9. で説明した HotWav の選択画面の再生機能を使って、あ行以外の声を見てもらう。子音+母音の波形を選択して再生することによって、子音と母音を分けることができる。こうして、“か”行、“さ”行、“た”行等の五十音の音声波形を見てもらう。図 9 に“さ”の音声波形を示す。下の波形ウインドウは“さ”の子音部分を表示している。

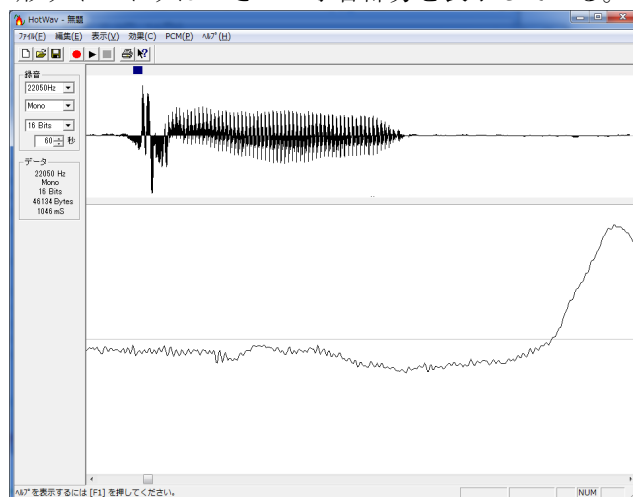


図 9. HotWav で表示した“さ”の音声波形

項目 13, 14, 15 では、楽器の音を録音して波形を見てもらっている。リコーダの“ド”の音を録音して波形を観察する。笛の波形は綺麗な正弦波に近く周波数や周期を観察するのに都合が良い。1 オクターブのリコーダの音の波形を見てもらい、その間にどんな関係があるのかを考えてもらう。

項目 16. ではギターやフルート、鐘、でんでん太鼓、マラカス等の楽器の波形の違いを観察してもらっている。

これで、“パソコンを使用して音の振動を調べる”の講義は終了だが、家族全員の音声波形を見て比べるのはどうだろうか？という発展課題の説明をしている。また、蟬の鳴き声の波形を観察することや、いろいろな音を録音して波形を比べてみたらどうだろうか？という発展課題を説明して終了する。

#### 4. 考えたが開催できなかったテーマ

今まで考えたけれどもいろいろな理由で開催できなかったテーマを以下に述べる。

1. 赤外温度計をお助け隊の費用で購入して頂いて、これが自由研究のテーマとして開催できるかを調べた。赤外温度計は赤外線を測って物の温度を測定する測定器である。例えば、車の色の違いによる温度の変化の違いや、夏にアスファルト道路に現れる“逃げ水”現象の現れる条件を調べるという自由研究が考えられる。これらの項目でお助け隊の 3 時間の講義にする自信が持てなかったのと、他人の車の温度を許可無く測定しても良いのか？という疑問と、道路での測定は危険が伴うことで、お助け隊の提供テーマにすることを断念した。

2. ストロボ光を発生する装置を作ってもらって、カメラで高速度撮影をするというテーマを考えたが、一眼レフカメラを持っている中学生しか対象にならないのと、ストロボ装置は出来ても、カメラの扱いに自信が無いため、これも企画段階で流れた。

## 5. まとめ

筑波大学のお助け隊における新規テーマの作成と運用方法について、実際に作成したテーマを例に挙げて説明した。第 3 章では“パソコンを使用して音の振動を調べる”のテーマ運用の様子を詳しく説明した。更に、第 4 章では考えたが実施できなかったテーマについて、その理由を述べた。

テレビや記事でいろいろなテーマを見るが、なかなか自由研究という枠の中で 3 時間分の講義にするのは難しいと思われる。

## 参考文献

- [1] 技術職員 web サイト/夏休み自由研究お助け隊,  
<http://www.tech.tsukuba.ac.jp/otasuke.html>
- [2] HotWav ページ,ダイナシシステム社,  
<http://www.dynasys.co.jp/FreeSoft/Hw/index.htm>
- [3] FM はこらじ (JS-621R), はこ工作キット,ELEKIT,  
<http://www.elekit.co.jp/product/4a532d36323152>
- [4] Beauto Racer (ビュート レーサー), ヴィストーン株式会社, [http://www.vstone.co.jp/products/beauto\\_racer/](http://www.vstone.co.jp/products/beauto_racer/)
- [5] 伊福部達, 音声タイプライタの設計, CQ 出版社