

## 理科教材用の安価なセンサ実験ボードの開発とその活用例

葉山 清輝\*

Development and utilization of science educational material of the low cost sensor board  
Kiyoteru Hayama\*

In this study, the low cost sensor board is developed for science educational material. The sensor board is equipped LCD display, cursor switches and 6 channel analog/digital I/O ports. The sensor board is named "SENSE BOARD", and is very useful to measure of time dependence physical phenomenon.

キーワード：センサ，マイコンボード，物理現象，時間計測

Keywords : sensor, microcomputer board, physical phenomenon, time measurement

## 1. はじめに

中学校の理科や本校低学年科目の物理の力学分野における実験では、距離、時間、周期、速度などの計測を行いデータの整理から物理現象に対する理解を含めることが行われる。理科学機器メーカーの市販する専用物理学実験機材は一般に教師実験用に生産されているものが多く、高価な場合が多い<sup>(1)</sup>。学生がより理解を深めるためには学生自身に実験をしてもらうことが効果的であるため、比較的安価な計測器を多数用意しておきたい。この要求に応えるため、市販の安価な電子部品を使ってセンサを使った計測・処理用の実験ボードを開発した。

## 2. SENSE BOARD の開発

## 2.1 概要

開発したセンサ実験ボードの外観を図1に示す。名称は「SENSE BOARD」とし、オープニング画面に表示されるようになっている。計測メニュー、結果表示のために16文字×2行のLCD表示、4方向のカーソルと実行、戻りボタンの計6個の操作ボタンを有し、ボタン操作によりボード単独での計測操作が可能である。

6チャンネルのデジタル/アナログ入力、デジタル出力用の外部端子を備えている。外部端子横に5V電源とグランド(GND)端子が備えてあり、信号、5V、GNDの順の配列の3端子2.54mmピッチのピンヘッダ(メス)によりセンサが6本まで接続可能である。

5V電源により動作し、0から5Vでアナログ出力するセンサが利用可能である。外部端子はデジタル入出力も可能なので外部機器にトリガをかけて計測を開始するようなこ

ともプログラム次第で可能になる。

操作方法について、4個のカーソルボタンを使ってメニュー画面から動作モードを選び、実行ボタンで計測等を開始できる。戻りボタンでメニューに戻る。デジタル値やアナログ値の計測、ラップタイム、タイマー、カウンタ、超音波センサによる距離や速度計測のプログラムを用意している。

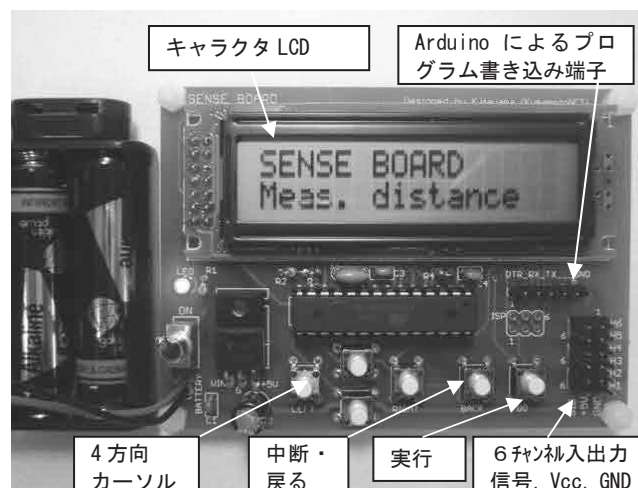


図1 SENSE BOARD の外観

## 2.2 回路構成

回路ソフトウェアともに公開できるようにオリジナルで作製した。SENSE BOARDの回路を図2に示す。計測制御にはAVRマイコン(Atmega328P)を使用した。マイコンからデジタル出力でキャラクタLCD表示を行い、タクトスイッチはデジタル入力に設定された端子に接続されている。センサ用の外部端子にはアナログ入力可能なA0からA5までの端子が引き出され、3×6ピンヘッダを使って電源、GNDと共に基板に配置されている。これらの端子はマイ

\* 情報通信エレクトロニクス工学科  
〒861-1102 熊本県合志市須屋2659-2  
Dept. of Information, Communication and Electronic Engineering,  
2659-2 Suya, Koshi-shi, Kumamoto, Japan 861-1102

コンの設定によりデジタル入出力端子としても利用可能である。単三電池3本(6V)を電源として利用することを想定し、サーボ等の外部機器利用も想定して、電流容量1Aの低損失型の5V3端子レギュレータを使用した。マイコンのファームウェア書込用にシリアル通信用の端子を備えている。

ボード製作に使用する部品表を表1に示す。製作を容易にするために、ボードを試作外注し、ボード単価は約500円となった。その他の部品も合わせて、約2000円程度で製作可能である。

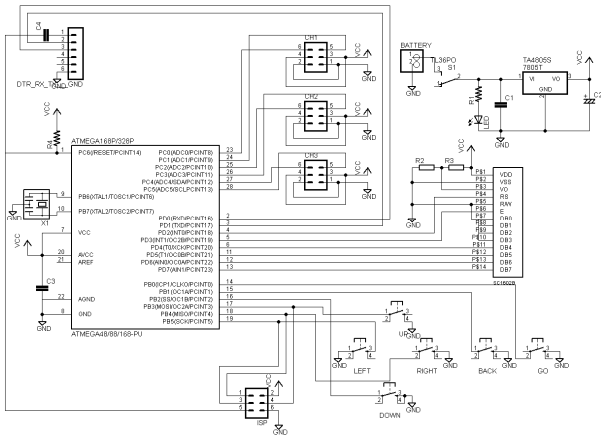


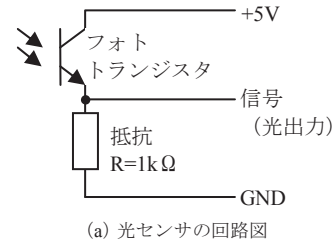
図2 SENSE BOARD の回路

表1 SENSE BOARD の部品表

品名	基板内の記号または備考	数量
1 SENSE BOARD 基板		1
2 ATmega328P (Arduino ブートローダ書込済)	最後に IC ソケットに挿し込む	1
3 IC ソケット (28P)	ATMEGA168/328P	1
4 LCD キャラクタディスプレイモジュール	LCD SC1602B	1
5 セラロック 16MHz	X1	1
6 タクトスイッチ	GO, BACK, UP, DOWN, RIGHT, LEFT	6
7 低損失三端子レギュレーター 5V1A, TA4805S	TA4805S	1
8 カーボン抵抗 1/6W 1k Ω (茶黒赤金)	R1, R2	2
9 カーボン抵抗 1/6W 10k Ω (茶黒橙金)	R3, R4	2
10 積層セラミックコンデンサ 0.1 μ F	C1, C3, C4	3
11 赤色 LED 3mm	LED	1
12 電解コンデンサー 220 μ F 25V	C2	1
13 基板用トグルスイッチ 3P (スリム)	S1	1
14 バッテリースナップ(Bスナップ)	BATTERY	1
15 ピンヘッダ (オス) 2×3P	CH1, CH2, CH3, CH4, CH5, CH6	3
16 ピンヘッダ (オス) 1×6P	DTR_RX_TX__G	1
17 プラスチックナット+連結スペーサー		4
18 電池ボックス 単3×4本Bスナ付		1
19 単3電池 (006P-9V電池でも可)		4

### 2.3 外部センサの製作例

各種センサについて、可視光センサは50円程度のフォトトランジスタ<sup>(2)</sup>と抵抗を接続して3端子でケーブルコネクタを接続して製作できる。光センサの製作例を図3に示す。



(a) 光センサの回路図



(b) 写真

図3 光センサの製作例

超音波センサはパルス幅変調出力を持つモジュールが3000円程度で市販されている<sup>(3)</sup>。超音波センサの製作例を図4に示す。



図4 超音波センサの製作例

### 3. SENSE BOARD による計測方法

SENSE BOARD には以下に列挙する計測ソフトウェアを準備した。ソフトウェアの開発には Arduino<sup>(4)</sup>の開発環境を利用している。Arduino のブートローダが書き込まれた AVR マイコンを使ってシリアル通信端子からプログラムを書き込んでいる。

### 3.1 アナログ信号の表示

メニューより「Meas. analog」を選択すると、チャンネル1から6までに接続されているセンサから得られる電圧値を、0から5Vの電圧を1024階調としてA/D変換した値を計測・表示できる。上下カーソルにより、表示されるチャンネルを切り替えることができる。

### 3.2 デジタル信号の表示

メニューより「Meas. digital」を選択すると、チャンネル1から6までのデジタル値を左から順に「0」または「1」で表示できる。しきい値は左右カーソルで変更可能である。光センサなどの接続後に初期状態として十分な光が入射されているか否かなどを確認できる。

### 3.3 信号カウント及び信号の時間間隔測定

光センサをチャンネル1に接続する。メニューより「Counter」を選択すると、画面に「cnt: カウント数」と、続いてカウント間の時間がミリ秒単位で表示される。光センサは十分な強度の光が入射してデジタル値1となっている状態を基準として、光が遮断された回数をカウントする。

### 3.4 ラップタイム測定

光センサをチャンネル1から順にチャンネル6まで必要な数だけ接続する。メニューより「Meas. lap time」を選択すると、画面に「set default」と表示される。この後に実行ボタンを押すとセンサの初期値（デジタル値で0または1）が設定され、画面に「1→2」と表示される。この状態では、チャンネル1のデジタル値の変化をスタートして、チャンネル2が変化するまでの時間を計測する。チャンネル3以降の変化まで時間計測を行いたい場合は、上下カーソルにより選択を行うと、「1→2→3→4→5→6」のように最高チャンネル6までのラップタイムの計測を行うことができる。

実行ボタンを押すと画面に「Ready」と表示され、信号の変化を待つ。チャンネル1の信号が変化した時点からラップタイムの計測が開始されて画面は「Timer Start！」となり、チャンネル2の変化が起こったときは、「Measured lap 2」と表示される。以降設定したチャンネルまでラップタイムを計測した状態が表示される。

測定終了後は、「1→2: 計測時間」のように表示されて、計測したチャンネル数だけ上下カーソルで表示を切り替えることができる。

### 3.5 超音波センサによる距離測定

超音波センサはHレベルのパルスをパルス幅変調で出力するものを使用する。チャンネル1にセンサを接続し、メニューより上下カーソルで「Meas. Distance」を選択する。cm単位の距離と、cm単位の移動速度が表示される。

### 3.6 距離の時間変化の測定

超音波センサをチャンネル1に接続する。メニューより「Log distance」を選択すると、画面に「Waiting」と表示されて待ち状態に入る。実行ボタンを押すと距離の計測と記録が開始され、画面に「logging」と表示される。記録は0.1秒間隔で最高500ポイントまで行う。必要な時間だけ計測を行ったら、「中断・戻る」ボタンを押すと、記録が中断され、その時点までの記録を呼び出せるようになる。次の画面で上下カーソルによりデータ番号（0から499番まで）と距離の関係を読むことができる。

## 4. SENSE BOARD の応用例

SENSE BOARDに用意した各種計測プログラムを使って以下に列挙するような応用例が考えられる。そのほかにも、5Vまでの電圧出力ができれば様々な種類のセンサを利用することができ、信号処理プログラムを作成・更新することで様々な計測が可能になる。

### 4.1 アナログ量・デジタル量のモニタ

各種物理量を電気信号に変化するものであれば、0-5Vまでを1024階調の値として読み取ることができる。また任意のしきい値でデジタル量のモニタもできる。

### 4.2 振子の回数・周期観測

振子の振動周期が3.3項による時間間隔の計測結果の逆数で得られる。

### 4.3 物体の移動距離の観測

物体に紐をつけ、回転体に巻き取るなどした際の回転体の回転数をカウントすることで物体の移動距離を知ることができる。

### 4.4 重力加速度の測定

3.4項のラップタイム測定を使って物体の落下中の途中通過点までの時間を計測することにより、重力加速度の実験・検証に利用できる。鉛直方向に落下する球、斜面を転がるボールや台車を使って実験ができる。

### 4.5 物体落下の実験

前述の3.5項と3.6項の距離センサによる距離の計測と時間変化計測により、物体の垂直・斜面落下による等加速度運動による位置変位が観測できる。

## 5. SENSE BOARD の活用事例

開発したSENSE BOARDを様々な場面で活用してもらえようにA4版で3ページの製作マニュアル、ソースプログラムを含めたソフトウェア改良も可能な8ページの解説書を用意した。

本校は菊池郡市の中学理科部会との連携関係があり過去数年に渡り教材の開発提供を行っている<sup>(5)</sup>。本年度も中学

校教諭を対象の平成25年度菊池郡市教科等研中学理科部会夏期実技研修会における教材研究の題材として本研究で開発した SENSE BOARD を使用し、参加者1人1台で合計35台の製作を行った。本体の説明及び製作で約2時間の時間を取り、参加者のほとんどが本体の製作を行うことができた。続く2時間で光センサを各々4本を製作してもらい、ラップタイムの計測実験を行うことができた。今後は中学校の理科教材としての導入を検討してもらおうことになっている。

## 6. まとめ

6チャンネルの入出力端子を備えボード単独で利用できる安価な教材用のセンサ実験ボードである SENSE BOARD を開発した。開発した SENSE BOARD についてはブログ<sup>6)</sup>でも公開しており、申し出があれば電子データの提供も可能である。開発した教材を実際に中学の理科教材としての利用を検討してもらっている段階であり、今後も広く活用してもらえることを期待している。

(平成25年9月25日受付)

(平成25年11月6日受理)

## 参考文献

- 
- (1) 例えば, EASY SENSE (株ナリカ), <http://www.easysense.jp/index.html>.
  - (2) <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-02325/>
  - (3) <http://www.switch-science.com/catalog/139/>
  - (4) Arduino - HomePage, <http://www.arduino.cc/>
  - (5) 熊本県菊池郡市教科等研究会中学理科部会, “手づくり教材教具拝見 高専と協力し各種測定教具を開発”, 内外教育 (5860), 13, 2008
  - (6) <http://plaza.rakuten.co.jp/cpu4edu/>