

環境学習用携帯測定装置の開発

高藤 清美*・余田 義彦**

The Development of a Portable Measurement Tool for Environmental Learning

Kiyomi TAKATO* and Yoshihiko YODEN**

要 約

環境教育の重要性が叫ばれ、学校教育の現場でも活発に取り組まれている。しかし、学校教育の現場では主観的な方法による取り組みが多い。測定という手段は、自然環境を科学的に理解するための有効な方法の一つである。学校教育で使うことができる適切な環境測定装置があれば、小学生を対象にした、客観的な方法による環境教育の実施が可能である。しかし、現状では、学校教育の現場で使うことのできる、適切な環境測定装置はほとんど無い。そこで、環境教育の中で使うことを目的とした環境学習用の測定装置の研究・開発に取り組んだ。本研究で開発に取り組んだ環境学習用携帯測定装置は次のような特徴を持つ。小学生でも使いこなすことが可能。測定結果の保存や読み出しが本体だけでできる。手動および自動による測定が可能。パソコン等へ保存した測定結果を転送することができる。小型軽量で、乾電池で動作するため、持ち運びが自由に行える。センサユニットが交換可能である。

キーワード：環境教育、環境学習、理科、生活科、実験・観察、測定、データロガ

1 はじめに

20世紀後半において、多くの人々に認識されるようになった環境問題の深刻化に連動して、学校現場でも環境に関わる教育が盛んに取組まれるようになって久しい。また、2002年から実施されている小中学校向けの新しい学習指導要領で取り入れられた総合的な学習の主要なテーマの一つとして環境学習が取り

上げられている¹⁻³⁾。

環境の実態を知るには、地球規模、国家規模の環境だけでなく、まずは身の回りの環境についてよく知ることが重要だと考える。すなわち、身の回りの環境を体感し、観察することが重要と考える⁴⁾。このことは、学校教育の中で、特に小中学校で環境を扱うときには重要であると考えられる。

実際に小中学校等の学校現場で環境学習を

* 東京家政学院筑波女子大学短期大学部 (Tokyo Kasei Gakuin Tsukuba Junior College)

** 同志社女子大学 (Doshisha Women's College of Liberal Arts)

実施する場合、現在の状況では、様々な資料を用いた調べ学習や環境関連施設への見学などを中心に取り組む場合が多く、自然環境を科学的に取り扱う事例はまだ少ない。この原因としては、学校の近くに適当な場所が無い、教師が不慣れであるなどの理由のほか、科学的に取り扱うための適切な教材や教具などが不足しているのも大きな理由と考えられる。

例えば、現在、学校用として市販されている測定器や測定装置⁵⁾は、一部を除いて、専門家向けのもと同じであったり、高価であったり、簡単に導入することが出来ないものがほとんどである。また、バックテストなどの簡易測定器具は子ども達にとっても使い易いものであり、一見、有効に思われるが、継続的に長期間、学習に取り組むような場合には、購入費が思った以上に掛かるために、テスト的に使用するだけで終わることも多い。

そこで、学校用の適切な機能を持った環境学習用の測定装置があれば、自然観察を取り入れた環境学習の実施に有効であると考え、環境学習用携帯測定装置を開発するに至った⁶⁻¹⁰⁾。

環境学習は小学校の低学年でも取り組まれることも多いため、環境学習用携帯測定装置は小学校低学年から使用可能となるように設計した。また、教室の外で使うための機能、長時間の自動測定を行う機能、複数のセンサを交換しながら使う機能、などを持たせることにより、活用範囲の広い測定装置とすることを目標とした。

2 環境学習用携帯測定装置の本体設計

2.1 概要設計

本システムは、児童が日常の授業の中で手軽に使い、自動測定装置として使うことができる性能と機能を持つことを目標に検討を行った。

本装置の主な設計目標を示す。

- (a) 児童が容易に使えるユーザインターフェースを備える。
 - (b) 単純な操作で扱え、理解しやすく、使いたいときに直ちに使える。測定対象の変更はセンサユニットの交換によりおこなう。
 - (c) 本システムだけで測定、データの保存、保存したデータの参照ができる。
 - (d) データの保存は、指定した時間間隔で自動的にできる。さらに、手動でおこなうこともできる。また、測定値と測定時刻をデータとして保存する。
 - (e) 保存したデータは、複数個を同時に参照できる。
 - (f) パソコンやプリンタ等、他の機器へのデータ転送ができる。
 - (g) 小型軽量堅牢でいつでもどこでも使える。
 - (h) 安価に製作できる。
- 以上の詳細について説明する。

- (a)(b) 市販の自動測定装置のほとんどはパソコンに接続することを前提にしている。そのため、操作が複雑である、使いたいときにすぐ使えない、場所の制約がある、等の問題がある。本システムは、説明無しでも使えるようなユーザインターフェースを持たせる。また、必要な機能は本システム本体内に組み込み、電池を電源とすることで、場所を選ばず、使いたいときに使えるようにする。センサはユニット方式とし、交換ができるようにする。
- (c) 学校向けとして市販されている近年のインテリジェント型の測定装置は、パソコンに接続することを前提としているものが多い。したがって、使用場所が制限され、使い勝手が悪い。環境学習用携帯測定装置は単独で使用できるため、使用場所を限定しない。また、記録してあるデータも本機だけで参照できるために、従来の測定装置に

- 比べて使い勝手が大幅に向上すると考えられる。
- (d) 通常の授業の中だけでは、十分な観察や測定をすることができないため、自動的な測定手法が使えるようにした。また、この機能があるため、長時間に渡り測定・観察をすることが可能となる。
 - (e) 保存してあるデータの複数同時表示により、測定値の変化の様子を容易に捉えることができる。
 - (f) 記録したデータを様々な形で活用するために外部の装置とのインターフェースを備える。
 - (g) 自然環境の観察は屋外での活動が主になるため、小型、軽量、堅牢であることが要求される。また、電池での稼働が必要となるため、回路の消費電力を小さくする必要がある。
 - (h) 学校内で十分に活用できる個数を容易に導入できるように、安価に製作できるように考慮する。

2.2 ユーザインターフェース

設計目標をもとに、ユーザインターフェースは次のような考え方で設計した。

- (a) 測定値の表示と記録されたデータの参照を行なうために複数行（4行以上）の表示のできる液晶表示装置を備える。4行以上の表示装置を使う理由は、測定値がどのように変化しているかを本機だけで確認できるようにするためである。4行のうち3行は測定値の表示、1行は動作モードなどの表示に使う。最低、3つの測定点のデータを表示できれば、測定値の変化の様子を確認できると考え、4行表示の液晶表示装置を使うこととした。
- (b) 本機の操作用のスイッチは4つとする。4つのスイッチの機能は次のようにする。動作モードの切替え（メニューキー）、動作の決定（はかる／きめたキー）、データ

参照時のスクロール動作（□キー、□キー）。

- (c) センサはユニット方式としコネクタを介して接続する。

以上を元に設計した環境学習用携帯測定装置のモックアップを図1に示す。また、本機の動作モードは表1に示した4種類が基本となる。これらの動作モードの切り替えなどの動作シーケンスを図2に示す。なお、図2に

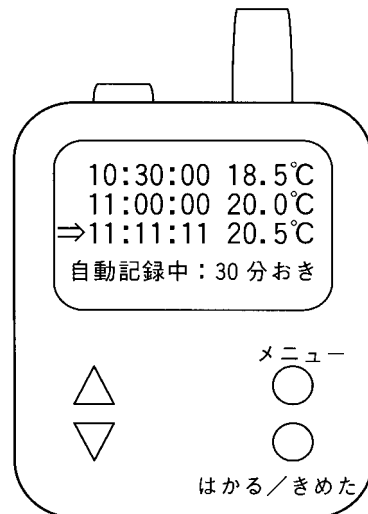


図1 環境学習用携帯測定装置のモックアップ

表1 環境学習用携帯測定装置の動作モード

モード	機能
手動記録モード	通常モード。現在の測定値の表示。はかる／きめたキーを押すとデータを記録。記録されているデータの参照もできる。
自動記録モード	インターバルタイマにより自動的にデータを記録。インターバル時間は予め用意してある中から選択する。記録されているデータの参照もできる。
転送モード	記録されているデータの転送。
消去モード	記録されているデータの消去。

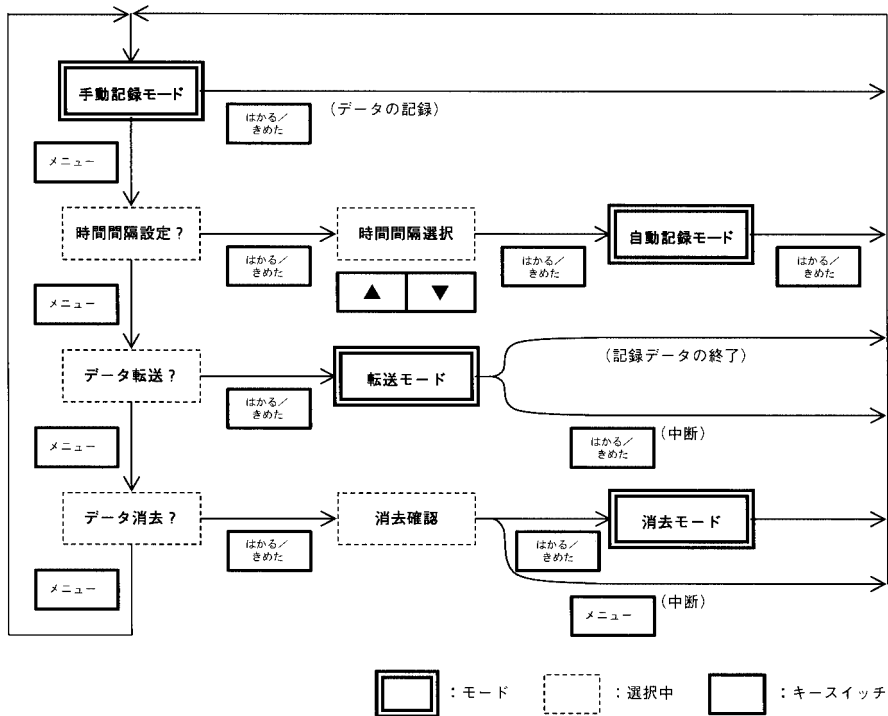


図2 環境学習用携帯測定装置の動作シーケンス

は示していないが、記録されたデータの参照は、手動記録モードおよび自動記録モードの時に、□キー、□キーでスクロールさせることで可能とする。

2.3 システム設計

2.3.1 システムの機能概要

ハードウェアは多機能マイクロプロセッサを中心とし、部品点数が極力少なくなるようにした。このようにすることで、信頼性の向上、低消費電力化、製作価格を下げること、などが可能となる。本機のブロック図を図3に示す。設計した試作機の回路図を図4に示す。各部分の概要は次の通りである。

2.3.2 マイクロプロセッサ

低消費電力、多機能、安価、などの条件を満たすマイクロプロセッサとしてワンチップ

マイクロプロセッサ PIC16F876 (Microchip Technology Inc.) を選択した。このプロセッサは、低消費電力、ROM、RAM を内蔵、多機能な I/O ポート (UART インターフェース、シリアル EEPROM インターフェース等)、プロセッサクロックと独立したタイマ機能 (リアルタイムクロックとして利用)、10ビット AD コンバータを内蔵するなど、環境学習用携帯測定装置の心臓部として使うのに必要な機能のほとんどを有している。

2.3.3 データメモリ

PIC16F876内蔵のメモリの容量はそれほど多くないので、データメモリ専用シリアル EEPROM を用いた。測定値と測定時刻を対象として、1,000件以上のデータを記録するために、256k ビットの EEPROM、24LC256 (Microchip Technology Inc.) を用いた。

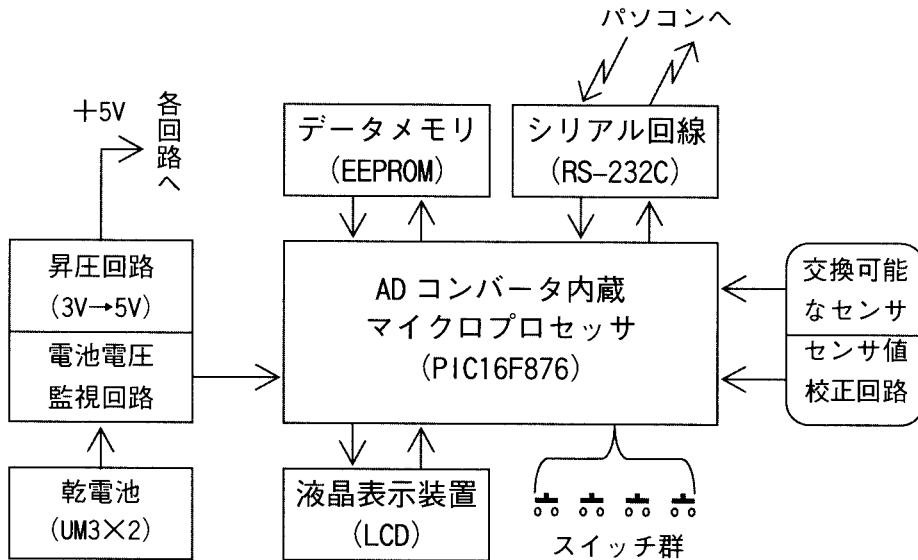


図3 環境学習用携帯測定装置のブロック図

2.3.4 センサ回路

センサ回路は、交換可能な方式にするために、センサユニット内にセンサの識別が出来る仕組みを組み込んだ。詳細については後述する。

2.3.5 液晶文字表示器

20文字×4行表示の液晶文字表示器を用いた。試作機では、LM2045A-SNG（株式会社デンシトロン）を用いた。

2.3.6 通信インターフェース

パソコンなどへのデータ転送用のインターフェースとして、RS-232C規格のシリアルインターフェースを実装した。また、RS-232Cと他のインターフェースの変換装置は各種のものが市販されているので、近年増えてきたRS-232Cインターフェースを持たないノートパソコン等への対応も問題は無い。

2.3.7 電源回路

電源は持ち運びを可能とするために乾電池の

使用が必須となる。試作機では、センサや液晶文字表示装置の駆動電圧として5Vが必要である。これを考慮し、システム全体の駆動電圧は5Vとした。電源として用いる乾電池は、回路全体の消費電力や乾電池のために確保できるケース内の容積等を元に検討した結果、単3乾電池2本とすることとした。2本の乾電池を直列に接続したときの電圧である3Vを5Vに昇圧するために、低損失昇圧コンバータIC、MAX631 (Maxim Integrated Products)を用いた昇圧回路を実装した。このICには電源電圧の監視回路が内蔵されているので、これを利用して、乾電池が消耗し切る前に本機の動作を強制的に停止し、記録してあるデータの保存などができるようにした。この機能を用いることで、乾電池の交換後に交換前の状態に戻す機能を組み込むことができた。

2.3.8 プログラム

本機は、センサユニットの交換が可能になっている。一般的に、センサを交換したときには校正が必要となるが、本機の場合は、セ

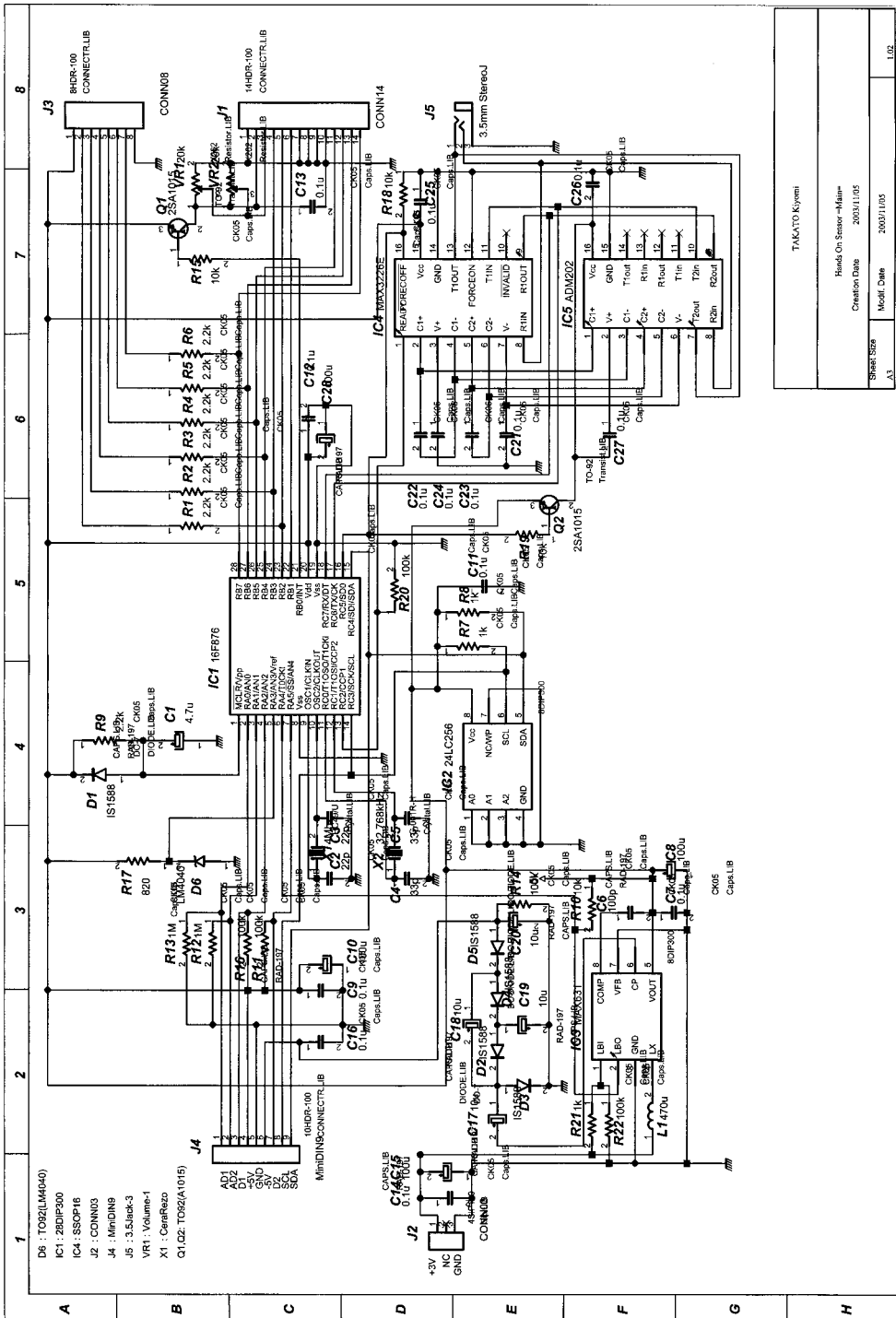


図 4 試作した環境学習用携帯測定装置の回路図

ンサユニット側に、校正値を持たせるように設計してあるために、センサユニットの交換後、直ちに測定を開始することが可能である。

センサユニット交換後の動作は、基本的には、インターバルタイマによる割り込みを元にして、1秒間隔毎にAD変換を行い、液晶表示装置にそのときの測定値の表示を行っている。また、このインターバルタイマをリアルタイムクロックの基準として用いている。なお、インターバルタイマの基準となるクロックは、システムクロックとは独立している。さらに、キースwitchの押し下げの状況や現在の動作モードを判定して、必要な処理を行っている。

3 センサユニットの設計と試作

3.1 センサユニットの基本構成

センサユニットには、センサユニットに搭載しているセンサの特性値を記録している校正用メモリを実装している。校正用メモリは、センサ毎に校正値を記録しているために、センサの交換時の再校正の手間を省くことができ、また、センサユニットの交換と同時に測定を開始することが可能となる。センサユニットの基本構成を図5に示す。試作機のセンサ値校正回路の回路図を図6に、プリント基板に実装した例を図7に示す。

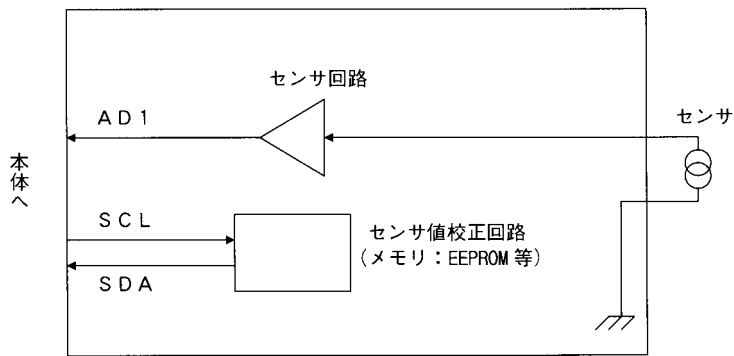


図5 センサユニットの基本構成

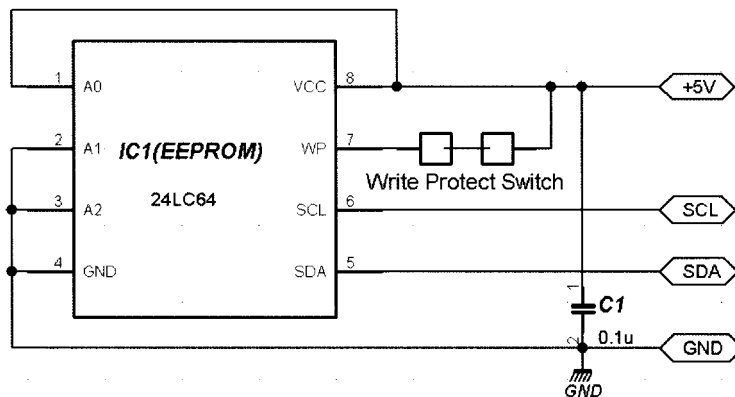


図6 試作したセンサ値校正回路の回路図

3.2 温度センサユニット

環境測定に使用できるものを考えた。 -20 から $+50$ 程度が測定できればよいとし、IC 温度センサ (米国 Analog Devices Inc.: AD22100ST = 測定範囲 $-50 \sim +150$ を $+0.250V \sim +4.750V$ に変換) を使用した。センサの出力を抵抗を介して PIC16F876 の AD コンバータに入力できるので、センサユニットの回路は単純になった。試作した温度センサユニットの回路図を図 8 に、ユニットを図 9 に示す。

3.3 湿度センサユニット

温度センサと同様に、環境測定に使用できるものを考え、ユニット化された湿度センサ (TDK 株式会社: CHS-GSS = 測定範囲 $5\% \sim 90\%$ を $+0.05V \sim +0.90V$ に変換) を使用した。センサの測定精度 ($\pm 5\%$) を考慮し、センサの出力は PIC16F876 の AD コンバータ

に直接入力した。試作した湿度センサユニットの回路図を図 10 に、ユニットを図 11 に示す。

3.4 待機消費電流センサユニット

待機消費電流センサユニットは、環境学習の一環として取り組まれる、電化製品の待機電流や消費電流の測定での利用を想定している。本機の測定データの記録機能を使うことで、従来の交流電流測定器では難しかった、長時間に渡っての継続的な測定および記録が容易に行える。今回は、交流電流センサ (株式会社ユー・アール・ディー: CTL-6-V-Z = $1mA \sim 15A$ を測定可能) と対数アンプ回路 (米国 Analog Devices Inc.: AD8307AN) を用いて構成した。CTL-6-V-Z は商用電源に非接触状態で測定するので、安全に使用することができる。また、対数アンプを使用することで、微小電流から大電流まで、広範囲の測定が可能にな

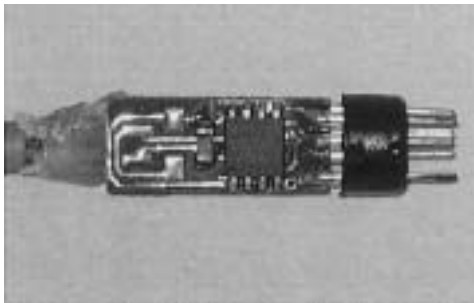


図7 プリント基板に実装したセンサ値校正回路



図9 試作した温度センサユニット

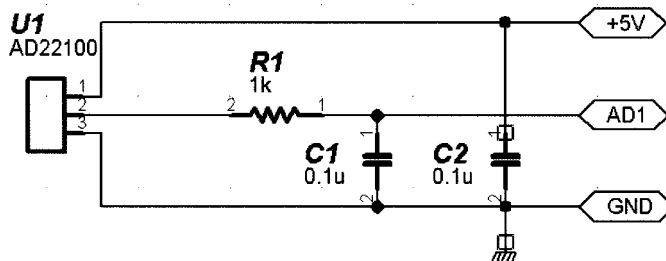


図8 試作した温度センサユニットの回路図 (センサ値校正回路は省略)

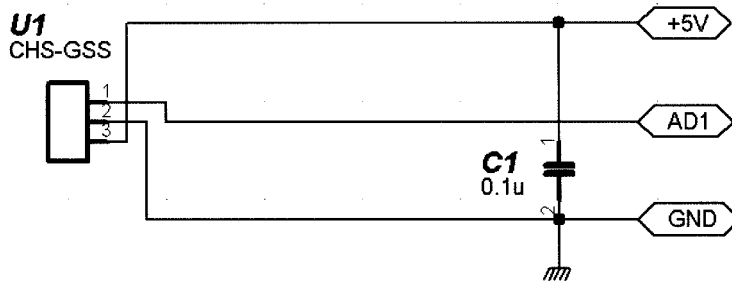


図10 試作した湿度センサユニットの回路図（センサ値校正回路は省略）



図11 試作した湿度センサユニット



図13 試作した待機消費電流センサユニット

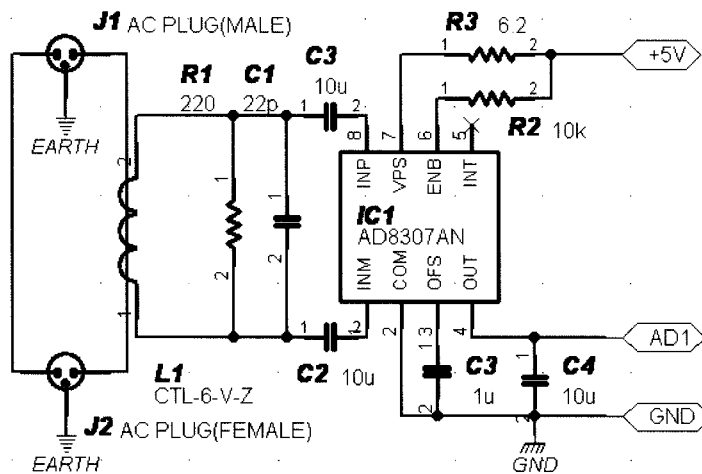


図12 試作した待機消費電流センサユニットの回路図（センサ値校正回路は省略）

る。試作した待機消費電流センサユニットの回路図を図12に、ユニットを図13に示す。

4 試作した環境学習用携帯測定装置の評価

4.1 試作結果

試作した環境学習用携帯測定装置の回路基板を図14に、センサユニットを接続した例を図15に示す。試作機は、所期の目標をほぼ達成できた。製作した試作機の仕様を表2に示す。

4.2 使用例

試作した環境学習用携帯測定装置を、簡単

な説明の後に、小学4年生の児童に使わせてみたところ、しばらく操作しているうちに使い方を理解することができた。

環境学習用携帯測定装置の活用例として「電気ポットの温度変化」を調べた例を紹介する。図16に自動測定機能を利用した2時間程度の観察の様子を示す。図16では、測定した結果を試作機の表示装置で読み出し、観察ノートに転記し、グラフを描いている。インターバルタイマによる自動記録機能があるために、授業時間内だけではできないような連続測定にも有効に活用できることが確認できた。また、図17に、同じデータをパーソナルコンピュータに転送して、Excelに取り込ん

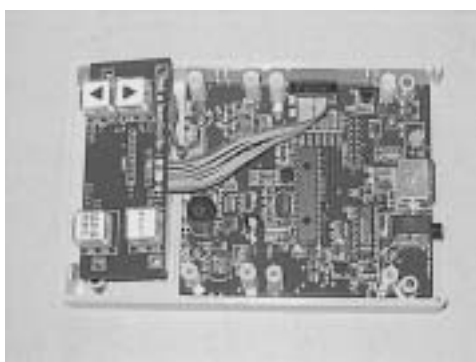


図14 試作した環境学習用携帯測定装置の回路基板

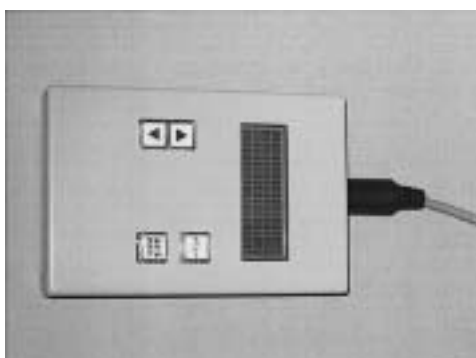


図15 試作した環境学習用携帯測定装置にセンサユニットを接続した例

表2 試作機的主要仕様

項目	機能
測定分解能	1024 段階 (10 ビット)
データ記録件数	約 1000 件
記録データ	測定値と測定時刻
データ転送機能	RS-232C インターフェース
センサ	交換可能 (センサユニット方式)
その他の機能	時計機能、電池交換サインの表示、電池交換時のデータの保持、など
連続使用可能時間	単 3 マンガン電池 2 本で 7 日間以上 (センサユニットにより変わる)
本体の大きさ	(幅)90×(縦)135×(厚)35(mm) 約 220g (単 3 電池 2 本込み)

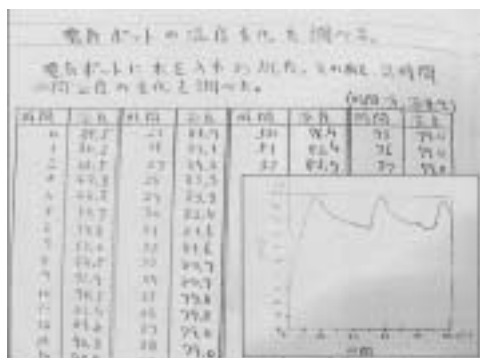


図16 「電気ポットの温度変化」を観察した例 (右下の図はグラフ化した例)

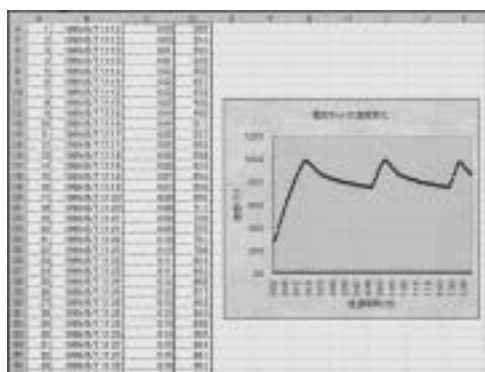


図17 Excelで測定結果を取込み、グラフを描いた例

でグラフにした様子を示す。高学年の児童や中学生など、自動測定の意味が分かり表計算ソフトの使い方が分かる場合にはこの機能を使うことで、効率の良い測定が可能となる。

5 まとめ

本機は、手動でも自動でも測定ができるので、子ども達が自ら使うことは勿論のこと、時間やその他の制約により子ども達がいなくても測定が継続が可能である。今まではやりたくてもできないような長時間測定や、授業時間以外での活用ができる。本機を授業に導入することにより、環境学習をはじめとした観察学習の方法を大きく改善することが期待できる。なお、小学校などにおける環境学習での活用例については、別稿で紹介する予定である。

付 記

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金（課題番号：12680191（平成12年度～平成14年度）

および13558010（平成13年度～平成15年度）研究代表者：高藤清美）の助成を受けた。

参考文献

- 1) 奥井智久, 佐島群巳.“ 小学校・環境教育ガイドブック”. 教育出版. 1994.
- 2) 佐島群巳, 奥井智久.“ 中学校・環境教育ガイドブック”. 教育出版. 1994.
- 3) 佐島群巳編.“ 環境教育の考え方・進め方”. 教育開発研究所. 1997.
- 4) 佐島群巳.“ 感性と認識を育てる環境教育”. 教育出版. 1995.
- 5) '99教育用ニューメディア総覧出版委員会.
“ '99教育用ニューメディア総覧”. 日本教育工
学振興会. 1999. (毎年発行されている)
- 6) 高藤清美, 余田義彦.“ 体験学習を支援するイ
ンテリジェント型データ計測・収集システム
の開発(1)”. 日本科学教育学会第22回年会
論文集. 1998, 71-72.
- 7) 高藤清美, 余田義彦.“ 体験学習を支援するイ
ンテリジェント型データ計測・収集システム
の開発(2)”. 日本科学教育学会第23回年会
論文集. 1999, 245-246.
- 8) 高藤清美, 余田義彦.“ 体験学習を支援するイ
ンテリジェント型データ計測・収集システム
の開発(3)”. 日本科学教育学会第24回年会
論文集. 2000, 175-176.
- 9) 高藤清美, 余田義彦.“ 環境教育用携帯型デ
ータログ「ハンズオン・センサ」の開発”. パー
ソナルコンピュータユーザ利用技術協会論文
誌. 2000, 53-59.
- 10) 高藤清美, 余田義彦.“ 体験学習を支援するイ
ンテリジェント型データ計測・収集システム
の開発(4)”. 日本科学教育学会第25回年会
論文集. 2001, 303-304.