

芦屋大学論叢 第74号
(令和3年3月22日)抜刷

《実践報告》

小学校理科教育における活動記録装置の導入検討報告

—簡易ミニ電卓を用いた計装カウンタの

教員免許更新講習講座での利用事例—

齋 藤 治
黒 木 出
渡 康 彦

《実践報告》

小学校理科教育における活動記録装置の導入検討報告

—簡易ミニ電卓を用いた計測カウンタの教員免許状更新講習講座での利用事例—

齋藤 治
黒木 出
渡 康彦

1. はじめに

筆者らが所属する芦屋大学生命工学実験室においては、昆虫活動記録装置（齋藤, 2001, 2005a, 2006）を用いて日夜、昆虫の行動記録を計測している。生物の活動リズムには日照時間、温度などの環境条件が1日の総活動量や活動周期に影響を与えることが知られている（沼田英治, 2014）。このような実験は初等教育の現場においては普段目にしていない生物の活動の環境との関わりの不思議さ、面白さを記録から読み解くための課題として適しており、その後の中等、高等教育の理科学習に大きく関わる内容である。2020年夏に本学にて、教員免許更新講習における小学校教諭・幼稚園教諭向け選択講座が開講された。そこでは、主に小学校理科教育分野で応用展開が期待される、身近に生息する小型生物における行動の計測を実演した。同年春先よりコロナ禍でコンパクトなイベント規模の制限の中、また講座受講者に実際、装置の操作を体験して感触を確かめて貰うための企画を開始する中、計測装置を構成する鍵となる肝心の基幹部品入手が困難となっていることが判明した。本報告では、ローコストDIYのポリシーにて、スモールスペックでの計測装置構築を講座にて展開した状況を取り上げる。また、講座への参加者へのアンケート結果と小学校理科教育への活動記録装置導入の可能性と課題について述べる。

2. 実験対象の選択

活動リズムの研究者たちは、一般的に飼育が容易で長期飼育が可能な生物を実験対象として選ぶことが多い。例えばショウジョウバエやゴキブリなどである。しかし、今回のように初等教育の現場を対象と考えた時は、長期的な実験を行う必要性はない。また、簡易的な計測器を用いる場合は、ある程度体長があり、一定の活動を繰り返す実験対象が最適である。そして、初等教育の現場で今回の講座内容を行うためには、1学年または1クラスの生徒を対象とすることが予想される。教育現場の周辺で一般的にみられ、さらに一度の採集で一定の個体が採取できるものが望ましい。

今回の講座で使用した生物はクロヤマアリ (*Formica japonica*) とオカダンゴムシ (*Armadillidium vulgare*) の2種であった。クロヤマアリの体長は4-6 mmとアリ類の中では比較的大きく、運動場や校庭のような乾いた砂地に巣を作り生息している。さらに社会性昆虫であるため、多くの個体が同一の巣内で存在することから、発見および採集が容易である。その一方で、簡易計測器のセンサ調整が十分でないという問題もある。もう一方のオカダンゴムシは、体長が10-14 mmとクロヤマアリの2-3倍と大きく、日当たりの悪い場所の石やコンクリートブロックなどの下にまとまって生息している。また、ペイトラッ

プといわれる紙コップなどで容易に作製できる誘因性のトラップを使うことで一度に大量の個体を採集することができる。そのため、簡易的な計測器であってもほとんどセンサの調整を行わず計測することが可能だが、個体によってほとんど動かず、活動記録が確認できない場合もありうる。

3. 活動計測システムの導入設計

3.1 光学計測センサと行動計測カウンタの選定

生物の行動を測定するための基幹電子部品である浜松ホトニクス製赤外線発光 LED の L2402-01, 受光センサ S6846 (図 1) の各電子部品には, 本学が従前より保管をしていた保守電子部品を用いて講座受講者予定数への流用をすることにより, 特に新規作製などのワークは発生していない。このセンサからの電気信号を計測する電気パルスは, アイソレーションフォトカプラによって電位が変換をされて伝達される。このフォトカプラ自体はリサイクル用として事前にストックをしてあった電話交換装置内の電子基板内に装着されていたアイソレーションフォトカプラインターフェイス PS2401-1 をハンダ付けで取り外し, 活用することとした。行動を積算するための電子計測カウンタには, オムロン社製 H7EC-NV, また当初中国からローコストな相当型番 H7ET-NP など (図 2, 3) の導入を検討していたが, イベント開催までの国際航空貨物運行停止の長期化に伴い, これら専用電子カウンタを使つての企画製作を断念せざるを得なくなった。また, これら電子カウンタの導入コストは, 産業用途である故の相応な価格設定であるため, 原始的な方法にて積算機能を実現できるためのアイデア抽出に軸足を移した。電子的にカウンタ機能を実現させる用途の中, ワンコイン店にある, 簡易ミニ電卓にカウンタ機能を受け持って貰うことを設計の根幹キーパーツとして検討することにした。

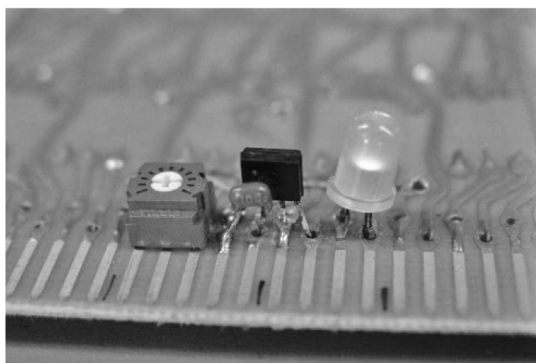


図 1. 受光センサ S6846 と感度調整トリマ



図 2. 電子カウンタ オムロン H7EC-NV



図 3. 電子カウンタ H7ET-NP



図 4. 簡易ミニ電卓とフォトカプラ PS2401-1 接続

3.2 簡易ミニ電卓を電子カウンタ機能として動作させる原理

簡易ミニ電卓には、加減乗除やメモリ演算といった四則演算としての演算機能を有している。ミニ電卓で今回利用する機能は、加算カウンタ機能を実現することである。電卓には、インクリメント（加算）命令として、“1+1=”とボタンを打鍵すると表示窓には答えである“2”が表示される。電子カウンタの機能として、信号パルス入力が入る度に、“3”“4”と1つずつ加算して表示されることが、加算カウンタ機能そのものである。つまり、“=”キーを虫計測センサの出力に接続することによって、計測対象がセンサを横切った際、これが実行される。簡易ミニ電卓はメガネなどに使われる細かいドライバを回して裏板を取り外すことにより、容易に裏面キーボードの配線部位にアクセスすることが可能となる。電卓のインターフェイスでの接続方法は、“=”キー部分の配線導通をテスターにて確かめた後、電線取り出しのためにレジスト部分を少しカッター刃で削ってハンダを盛り、イヤホンなどで使われる細い電線にて配線を引き出すことによって電卓インターフェイス部分での取り出しは完了する。簡易ミニ電卓は内部ボタン電池が1.5V程度で動作をしているため、フォトカプラ PS2401-1 の動作範囲で反応可能かどうかの判断テストに成功したことが今回、導入での決め手となった。簡易電卓キーボードとフォトカプラ間には、接続極性があるため、ICソケットを用いて接続結線をしている（図4）。

3.3 簡易ミニ電卓での性能と計測限界

簡易ミニ電卓は、基本的に演算キーを人間の手で操作することで演算するためのごく普通のものであるため、昆虫が長時間、動かない状態、あるいはフォトセンサを横切らない条件が一定時間継続すると、残念ながら電卓は、内部電池消費防止のため、8分程度で簡易ミニ電卓は自動的に表示がオフした後、電源が落ちてしまう。従って、電卓のカウンタ機能を限られた時間内だけの一部だけを利用しているという限定的な用途にだけ適用が可能である。24時間常時、数か月連続に及ぶ計測を導入する設計ならば、基本設計から異なるのは必然である。今回の簡易ミニ電卓で適用可能な計測範囲は、生物の動きがある程度緩慢的、なおかつ短時間でも活発な動きをしてくれる対象を選択することにより、活動の動作を客観的に記録することが叶うこととなる（齋藤, 2005b）。電卓操作でのキー応答時間は、指操作でのミスタッチを防ぐ時定数である200msより短い周期では応答をしなくなるため、こうした時定数での応答測定範囲を考慮した対象を選択する必要がある。今回の講座では、クロヤマアリと昆虫ではないがオカダンゴムシという普段の生活周りで普通にみられる2種を選択して臨んだが、実験装置内での光学センサ感度調整、レイアウト配置に、相当な時間的な手間がかかり、講座時間内での行動カウント結果での所要記録データ収集には時間的に至らず、これらセッティング場面での詰めが甘かったと判断がされた。

3.4 実際の教員免許状更新講習、小学校教諭、幼稚園教諭向け選択講座を通じて

今回の初等教育機関在籍教員対象の講座研修会の参加者は全部で6人であり、講座研修会受講後に「今回の講座の受講理由」・「講習後の講習内容についての理解度」・「受講前の機械に対する関心」・「受講前の昆虫に対する関心」・「講座研修会の総合的な満足度」について講習内容に対するアンケートを行った（図5, 6, 表1）。「今回の講座の受講理由」については自由回答であり、生物の活動について興味があった、今後の保育に生かせると考えた、などの回答が見られ事前に講習内容となる実験機材と実験対象についての関心・知識が見られる回答はほとんど見られなかった。それに対して、講習後の内容についての理解に対する回答は「大変理解できた」・「ほぼ理解できた」・「普通」・「難しかった」・「大変難しかった」の5つの選択制であったが、「大変理解できた」が4名、「ほぼ理解できた」が1名と参加者のほとんどが受講後に関心・知識に

対して好意的な結果が得られた。また、「受講前の機械に対する関心」・「受講前の昆虫に対する関心」では「元々興味を持っていた」・「今回の講習で興味を持った」・「どちらともいえない」・「今回の講習で難しく感じた」の4つの選択制であったが、受講者のうち5人が今回の「講習で興味を持った」という回答を行っており、ほとんどの受講者において実験機材と実験対象についての関心・知識に好意的な回答が得られた。また、今回の講習における総合的な満足度では、「大変満足」・「満足」・「普通」・「不満」・「大変不満」の5段階の選択制であったが、5人が「大変満足」、1人が「満足」の回答であり、講習内容に対して好意的な回答が得られた。



図5. 講座研修会の様子(右：作製機器を使った観察の様子, 左：観察中の参加者)

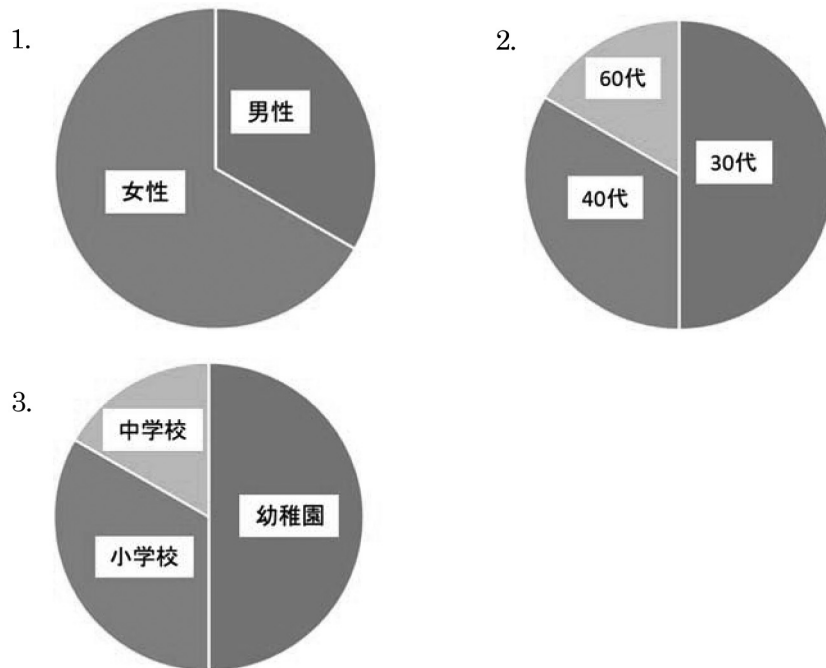


図6. 講習受講者の性別(1), 年齢(2), 更新免許の種類(3)についての割合

表 1. 初等教育機関在籍教員対象の講座研修会における事後アンケートに対する回答

	n	大変理解できた	ほぼ理解できた	どちらともいえない	難しかった	大変難しかった
講習後の講習内容についての理解	6	66.7%	16.7%	0.0%	16.7%	0.0%
		元々興味を持っていた	今回の講習で興味を持った	どちらともいえない	今回の講習で難しく感じた	
受講前の機械に対する関心	6	0.0%	83.3%	16.7%	0.0%	
受講前の昆虫に対する関心	6	16.7%	83.3%	0.0%	0.0%	
		大変満足	満足	普通	不満	大変不満
セミナー研修会の総合的な満足度	6	83.3%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%

4. まとめ

今回講座を行うにあたり、作製、使用した実験機材である赤外線センサを利用した活動記録装置はアクトグラフとも呼ばれており、主に時間生物学(生物の持つリズム現象のメカニズム、適応的な意義について研究する学問分野)で広く用いられているものを基にしている(富岡ら, 2003)。そして、様々な生物を対象に、似た装置が使用された実験が報告されており、現在でも様々な研究に使用されている。今回の講座のアンケートの結果では、生物学、工学に関する興味に対する回答で「今回の講習で興味を持った」という回答が参加者で多く見られた。このことから、機械と生物という一見関わりのないように思える二つの分野が合わさることで、元々関心がなかった分野であっても相互関係があり、その後の関心につながる講習内容になったと考えられる。初等教育の対象である児童においても同様に、生物学、工学のどちらか一方に関心がある場合でも新たな学問への関心に繋がる可能性が大いにある。

実験に使用する生物に関しては今回の2種でそれぞれに問題が確認された。1つは簡易計測器に関するセンサ感度に対する体サイズの問題、もう1つは実験対象の活動性の問題である。これらの問題は大学などの研究における実験では大きな問題となる。一方で、文部科学省の小学校指導要領解説理科編(2008年6月)では、小学校理科の目標は、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」とある。このことから、初等教育のような学習の基礎となる現場では、例えば、学校の構内で「よく動き、体長の大きな生物」を数種類捕まえてくるという課題を与えることで、このような問題をどのように解決できるか、自主的に科学的な見方や考え方を養う学習のための課題になりうるとも考えられる。

しかし、今回の講座対象者の務める初等教育の指導者の立場からは、参考となる研究報告書、科学論文を読むにあたっての専門的な知識の必要性、実験機器の値段など、様々な問題が考えられる。前述にある通り実験機器に関しては、今回作製した活動記録装置は電卓、インターネットを通じて安価に手入れることのできる電子機器を使用すること、今回の活動記録装置の設計図公開によって大きく改善できると考えられる。一方で、生物に関する専門的な知識については、金児靖二(1986)、山下俊和と兼久勝夫(1979)などで公開されている記録装置を使用した実験内容、実験対象を参考にして、検討する必要がある。そのためには地域の科学館や研究施設、大学などの研究機関との連携などを行い、初等教育の現場において、指導者、児童において適切な実験方法の設定や簡略化などの相談を行うことが重要である。

<引用・参考文献>

- 1) 齋藤治. パソコンのインターバルタイマを用いた計測応用, 芦屋大学論叢第 35 号, 2001, 51-66pp.
- 2) 齋藤治. 光学式昆虫行動記録装置の開発(1) -センサとハードウェア-, 芦屋大学創立 40 周年記念論文集, 2005a, 181-194pp.
- 3) 齋藤治. 光学式昆虫行動記録装置の開発(2) -PLC とデータ収集ソフトウェア-, 芦屋大学論叢第 43 号, 2006, 41-48pp.
- 4) 沼田英治 編. 昆虫の時計—分子から野外まで—, 北隆館, 2014, 245pp.
- 5) 齋藤治. 昆虫行動記録ソフトウェアの応答高速化, 芦屋大学論叢第 41 号, 2005b, 31-36pp.
- 6) 富岡憲治, 沼田英治, 井上慎一. 時間生物学の基礎, 裳華房, 2003, 234pp.
- 7) 文部科学省. 小学校指導要領解説理科編, 大日本図書, 2008, 86pp.
- 8) 金児靖二. *Periplaneta* 属ゴキブリの活動記録装置, 日本応用動物昆虫学会誌 30:4, 1986, 233-238pp.
- 9) 山下俊和, 兼久勝夫. 赤外線装置と自記電接計数器を用いた活動記録装置, 日本応用動物昆虫学会誌 23:3, 1979, 186-188pp.