

# 鶴学園内の初等中等各校の理科教育でのセンサーを活用した 授業のためのサポート体制構築の取り組み

角島 誠\*

(平成30年9月19日受付)

## Efforts to build support systems for classes utilizing sensors in science education for elementary and secondary schools within Tsuru Gakuen

Makoto KADOSHIMA

(Received Sep. 19, 2018)

### 概要

本学園内の初等中等各校の理科教育においてセンサーを活用した授業展開ができるように、学園のスケールメリットを活かして、物理的な環境整備ならびに教材研究等の支援体制の構築を行った。各校単独では進めにくいことなど、学園内の諸部署の連携を図ることで可能となる事例、メリットを生み出す事例として一連の取り組みの状況を報告する。

キーワード：理科教育，センサー，データロガー，学園，スケールメリット

### 1. はじめに

新学習指導要領，2020年，2024年の大学入試の変化を控え，初等中等段階の学校は学びの変革の最中にあり，表やグラフの活用や探究的な活動などが一層求められている状況であること，更にはICT活用と推進が叫ばれていることなどは周知のとおりである。

このような状況に鑑みたときに，理科教育において現象を定量的に扱う学びが一層求められることは論を待たない。初等中等段階でのセンサーを活用した計測（※1）は，IB（インターナショナルバカロレア）然り，先進国のみならずアジア諸国も含め，一般的なものとなっている。

しかしながら，国内の理科の授業でセンサーを活用した計測を自在に扱える環境は，SSH校や大学教育学部附属の一部の学校や特殊な自治体など限定的であり，後は個人的な取り組みに委ねられているのが実態である。

そのような中，本学園内の初等中等各校のWi-Fi環境や，iPadの普及といった環境が整いつつ，あるいは整っている状況がある。このことに鑑み，学園のスケールメリットを

活かした理科教育に対する支援ができないかと，初等中等教育研究センターでは，2017年度よりICTセンターとの連携において，学園内の初等中等各校の理科教育でのセンサーを活用した授業展開のために必要な環境整備，ならびにサポート体制の構築を行ってきた。

ここに，その一連の取り組みについての報告を行う。

### 2. サポート体制構築の道筋

#### 2.1 学園内初等中等各校の環境

表1 初等中等各校のICT関連の整備状況

	パソコン (ノート・デスクトップ)		タブレット端末 (iPad等)
	教員用	生徒用	
広島工業大学高等学校 全日制	110台	100台	110台
			95台
広島工業大学高等学校 通信制	14台	24台	0台
			40台
広島なぎさ中学校・高等学校	98台	34台	80台
			※317台
なぎさ公園小学校	67台		1台
		42台	36台

※広島なぎさ中高のタブレット端末については，高校1年生の個人所有の223台を含む。また，この数に対応できる通信インフラ整備を学年進行に合わせて実施している。

\* 初等中等教育研究センター，ICTセンター，広島工業大学生命学部食品生命科学科

2018年4月時点で、学園内の初等中等各校のICT関連の整備状況は表1の通りであり、施設設備的に充実した環境に近づきつつあるといえる。更に：

- ・鶴学園内の初等中等各校では、全ての教室でプロジェクター（あるいはモニター）が整理されている。
- ・広島工業大学高等学校では、2017年夏に新校舎が完成し、ICT環境が一層充実した。
- ・2018年度より広島なぎさ高等学校では、新高校1年生より全員が個人所有のiPadを持ち込むこととなった。
- ・初等中等教育研究センターとICTセンターが、学園内初等中等各校の教員が相互に授業動画や教材を見ることができ共有クラウド「授業缶詰」を構築し、2018年4月より稼働させた。

また、2003年に広島なぎさ中学校・高等学校がグラフ関数電卓を用いたセンサー計測の授業のために整備した際のVernier社の以下のセンサーが生徒実験できる数量で活用できる状況であった。

- ・加速度センサー／・力センサー／・モーションセンサー
- ・音圧センサー／・光センサー／・電圧センサー
- ・圧力センサー

## 2.2 機材の選定～自作センサーは検討しなかったのか

国内の教材会社で市販されている学校用のパソコン計測商品は全て海外メーカーのもので国産のものはなく、割高となっている<sup>(1)</sup>。これが、ものづくり大国&科学技術立国を標榜する日本の実態である。

たしかに、万円単位の既製品に比べ、数百円から数千円で作成可能な自作型のセンサーは安価である<sup>(2)</sup>。また、中学校の技術の授業では計測・プログラミングが入り、Arduino, Raspberry Pi, ビュートビルダーP, 等々などを使うとするなら、そのまま安価に理科でセンサー計測に転用することも可能であるともいえる<sup>(3)</sup>。

国内においても、教材としての自作の計測センサーの開発が個人レベルで何度も行われ、様々な場で発表されてきたりはしたが、パソコンのOSが変わるたびに、教員の自作レベルで追いかけていくには、手に負えない代物になっていく。かつて自作開発した教員、有能な開発能力のあった教員でも、他の業務や教材開発に時間が割けない時期を数年も経ると、追いかけていくことが難しくなって挫折していく。その点、メーカーは、Windows, MacOS, iOS, Android等々その都度のバージョンアップに無償対応してくれる。

稀有な事例ではあるが、熊本高等専門学校と連携している熊本県菊池郡市の中学校の事例のように<sup>(4)</sup>、自作的なセンサー類であっても、高専や大学のサポート体制が十分にあれば、乗り越えていけるものがあるだろうが、そういったサポートが無い場合は、「その先生がいたから」とか「時間的

余裕があったから」と一時的な個人芸に終わってしまうなど厳しいのではないだろうか。

大学や自治体のサポートがある事例として三重県教育委員会ならびに三重大学が進めているCST（コアサイエンスティーチャー）研修がある。同研修ではパソコン計測の研修も行われている<sup>(5)</sup>。そして、その成果が現場に還元できるようにされているが、三重大学が採用したのは、PASCO社のSPARKである<sup>(6)</sup>。専門機関のサポートとはいえ、自作型で対応しなかったのは、三重県全県各校の人事異動を前提とした汎用性と物理的なサポートといった側面からの安全策という点もあろう。三重県の事例は、とても自作型では難しいということの証左ととれる。

本学園の場合、iPadの利用環境が整っていることや、広島なぎさ中学校・高等学校に活用可能なセンサーが多数残っているという下地があった。そして学園のスケールメリットとして、センサーのバリエーションさえ持っていれば汎用性が広がることもあり、Vernier社のスクリーン無しのデータロガー、LabQuest Streamを利用した教材環境づくりを行うこととした。

## 2.3 LabQuest Stream と Graphical analysis 4 について



図1 LabQuest Stream と音圧センサー

Vernier社のデータロガーには、スクリーン付のLabQuest, LabQuest 2があるものの、スクリーン機能が劣化や破損すると、データロガー機能は正常であっても実質的には備品としての寿命となってしまう。2003年に、広島なぎさ中学校・高等学校で購入したグラフ関数電卓についても、液晶劣化により現在では使用ができないものが殆どである。しかしながら、購入15年後でも多くのセンサーは活用可能である。iPadがスクリーン機能を持つことで、LabQuest Streamの寿命は、データロガー機能のみで考えることができ、ある意味のリスク分散でもある。充電バッテリーも交換を前提とした作りとなっており、長寿命が期待できる。

解析ソフトは、高度な機能を有したPC用の有料のものもあるが、無償版がPC用（Windows, MacOS）、iOS、Androidに対応しており、個人のスマートフォンでも使用可能である。iOS版のGraphical analysis 4 for iOSで93種類のセンサーへの対応が可能となっている。そして、無償ソフトの機能は、初等中等の通常授業での使用レベルで申し分がない。データの分析等でさらに深く加工等をするのであれば、データをExcelに転送してExcelで処理が可能である。また、Graphical analysis 4 for iOSでグラフ化したものなどは、以下の展開例で示しているようにiPadの画像化機能でそのまま画像データ化できるので、レポートに添付がしやすい。更に、iPadやスマートフォンにインストールしたこのソフトはWi-fi接続していなくても使用可能である。LabQuest StreamはBluetoothでつながるので、iPadがWi-fi接続されていなくても使用可能となる。だから、屋外や移動しながらの計測等も可能である。

## 2.4 活用のメリット

学園内の理科教員向けの講習会では、以下の6点を指摘した。

- ① iPadで行うので操作が感覚的で極めて簡単である。
- ② ワンポイント的な使い方に優れている。
- ③ 授業が定性的な理解の教材群に留まっているところに、数値化・定量的な扱いによる説得力をもたらす。
- ④ 操作が簡単なために何度も再実験が可能である。
- ⑤ 演示実験で生徒と対話して思考を深めるなどに優れている。
- ⑥ データを共有し、生徒が個々にCurve fitあるいはExcel処理を展開することが可能である。

### ①について：

児童・生徒がスマートフォンやiPadの操作に馴染んでおり、更にLabQuest Streamのデータ処理ソフトも説明書が不要で感覚的に触りながら操作できるアプリと捉えることができ、操作のための指導ストレスや物理的な時間のロスがない。

### ②について：

物理的に準備等の手間がかからないので、演示実験として頻度高く活用が可能である。導入での発問の材料として、あるいは④⑤にもつながる概念形成やひと押ししたい場面で、定量的なダメ押しといったポイントで活用が可能である。また、生徒実験として活用する前に、演示実験として教員が使用勝手に十分に馴染んだ状態をつくるエントリー教材としても適している。

### ③について：

日本の教材や教材作りの文化として、いわゆるイベント的なびっくり実験をはじめとした定性的な手作り教材は

多数あるものの、定量的なものとなると、教科書にある定番の実験方法からは外れにくい実情がある。これまで定性的な扱いで終わっていた実験や現象についても数値化したデータとグラフを容易に提供することで、定量的な捉え方の習慣化を一層促すことが可能となる。

### ④、⑤について：

素朴概念（誤概念）を持っている現象などの理解において、何度も容易に再現ができること。そして、演示実験であったとしてもクラス全体で対話しながら進めていくことができる。

### ⑥について：

1台のLabQuest Streamからのデータ送信は、Bluetoothで対応した1台のiPadとの1対1の通信であるが、班内のデータ共有やクラスでのデータ共有はiPadの他の機能で十分可能である。すると、その後のデータ処理や考察は個人が操作しながら進めることもでき、個人でじっくり考えることを可能とする。

## 2.5 スケールメリット

### ①コストの分散と効率化

初等中等段階での通常授業の使用の仕方として、特定のセンサーを年間使い続けることはなく、該当単元の授業で一度使うと、場合によっては次年度まで使わないこともある。だから、各校で使用頻度が低いセンサーを持ち合わせなくても、初等中等教育研究センターやICTセンター（情報化推進室）が共有管理しておけば、センサーあたりの使用頻度は高まるし、各校の負担も減ることとなる。例えば、スペクトロフォトメーターやガスクロマトグラフなど（現時点では未購入）を、中等教育レベルでそう使うものではないが、こういったセンサーなどは共用が望ましい。

教員が頻繁に演示で使う程度の数量のデータロガーLabQuest Streamは各校で常備したとしても、生徒実験で台数が必要な状況等に備えて、数台を情報化推進室が共有管理しておくこともセンサーと同様な効果を持つ。

### ②学園内各校理科教員の情報交換等が可能

同じ機材を用いておれば、学園内の教員間が情報交換や教材開発の研究会を持ちやすくなる。こういった共通のプラットフォームを整備することが自発的な教員研修の仕掛けとして機能する。また、この度構築した「授業缶詰」を活用することで、学園内他校教員のちょっとした工夫や展開の様子を見ることも可能となった。

### ③大学の授業でも利用

ICTセンター（情報化推進室）が管理しているものもあり、広島工業大学の授業でも使用が可能である。教職用の授業「理科教育法」において、実際に活用している。

④学内便があること

初等中等教育研究センターでは、センサーやデータロガーの簡易な貸出手続き書式と、精密機器移動に耐える貸出用往復パッケージを整えた。各校が貸出を求めれば、学内便で翌日に届けることが可能であり、かつ使用後も、貸出用往復パッケージを利用して学内便で返却することができる。

⑤ Microsoft Office のライセンス使用が可能

生徒・学生の個人所有の iPad でも在学期間中であれば使用が可能であることで、容易にデータロガーからのデータの転送とその後の加工が可能となっている。

2.6 段取りと取り組み

以上の見通しをたてて、2017年度より以下のような段取りで環境整備ならびに支援体制を構築してきた。



図2 教材研究用 米国の教材用図書

- ①初等中等教育研究センターで、LabQuest Stream, 酸素センサー, 二酸化炭素センサー, 磁界センサー, pHセンサーを購入した。そして、広島なぎさ中学校・高等学校から現有のセンサーを借用し、使用パターンの教材例や資料を作成した。
- ②①で具体的な教材としての可能性が確認できたことから、ICTセンター（情報化推進室）と上記の構想を共有し、予算面も含め物理的なサポートの実現可能性を確認した。
- ③各校の理科教員に向けた講習会を行った。  
 広島なぎさ中学校・高等学校 2017.12.19  
 なぎさ公園小学校 2018.1.5  
 広島工業大学高等学校全日制 2018.1.15  
 広島工業大学高等学校通信制 2018.1.30
- ④各校から貸出を求めたいセンサーの希望をヒアリングし、各校で予算化するものと、共有化するものの調整を行った。
- ⑤2018年度より、貸出運用がスタートした。
- ⑥その他：  
 ・現場の理科教員の教材研究が可能となるように、センサー計測を前提とした教育活動が盛り込まれている米国

の教科書等を初等中等教育研究センターで準備し、センサー同様に、各校に学内便で貸し出す体制を整えた。

- ・必要に応じ、教員間の交流の場を初等中等教育研究センターがセッティングする。
- ・教育効果の測定や成果の発表、研究授業、論文化などを促進していく。

表2 各校とセンターの保有状況（2018.9.現在）

物品名	各校への永久貸与数				センターからの貸出可能数
	な小	な中高	工大高	エンカレ	
データロガー	1	2	2	1	4
二酸化炭素センサー	1	1	1	1	1
酸素センサー	1	1	1	1	1
電流センサー		1	1	1	0
光センサー	1		1	1	1
電圧プローブ	1		1	1	0
モーションセンサー	1		1	1	1
温度センサー	1		1	1	0
音センサー	1		1	1	1
力センサー			2	2	2
加速度センサー			2	2	2
pHセンサー		1	1		1
ドロップカウンター		1	1		1
紫外線センサー					1
3軸加速度計					1
圧力センサー					1
磁気センサー					1
土壌湿度センサー					1
赤外線温度センサー					1
放射線センサー					1

※本文でも触れたように、広島なぎさ中学校・高等学校は表2の保有数以外に2003年以降の生徒実験用のセンサーを有している。

3. 展開例と実践の様子

3.1 展開例

LabQuest の表示機能の紹介もかねて、教員対象講習会でも行った一部表示事例を紹介する。

①小学校 教室内の換気

図3は、教室内の空気を換気するために数分窓を開けて閉めたときの教室内の二酸化炭素濃度の変化の様子である。保健室や保健体育との連携によって、学習するのに好ましい濃度を示すなどして換気の啓蒙も可能である。また、こういったグラフを保護者通信に掲載し、家庭での換気をうながすことも可能である。

②小学校 酸素濃度の表示

小学校では気体検知管という教具の使用が一般的であるが、1回使用の使い捨てであり、かつ時間変動に対応できない。教室内の微妙な酸素濃度の変化を、グラフ表示ではなく、図4のようにメーター表示も可能である。

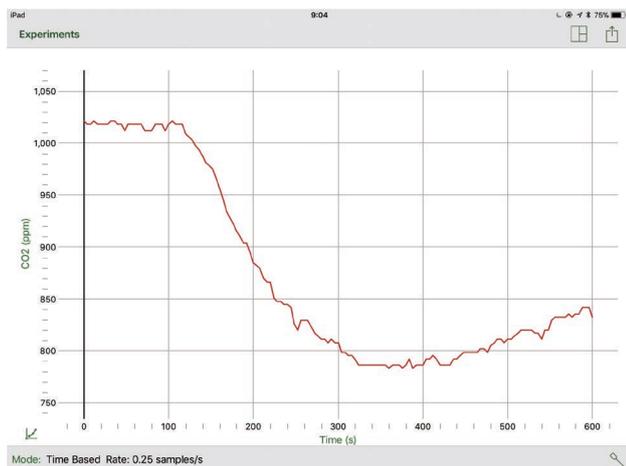


図3 CO<sub>2</sub>センサー

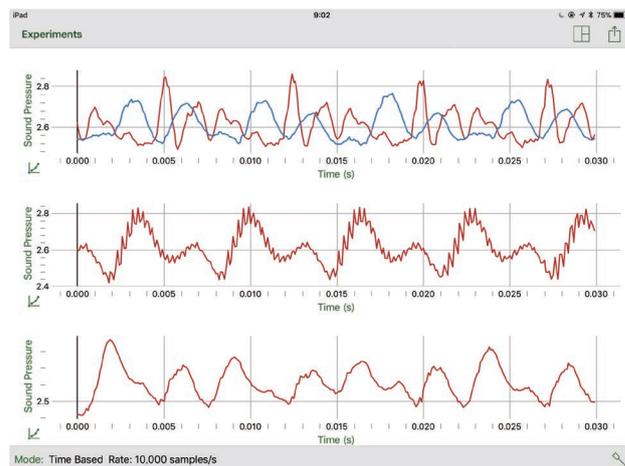


図5 音圧センサー



図4 酸素センサー

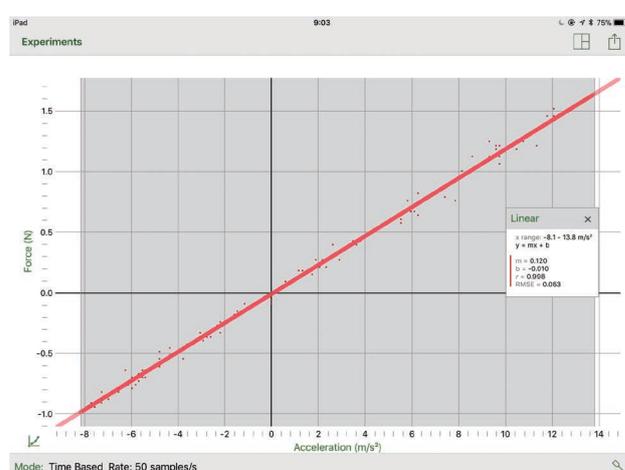


図6 カセンサーと加速度センサー

電圧センサーなど他のセンサーの使用時でもメーター表示機能は重宝し、教員による演示のワンポイントでの活用などに適している。

### ③中学校 音の波形

「あ」「い」「う」「え」「お」の音をサンプリングし、図5のように表示したいデータを同時に3つ比較表示、あるいはデータの重ねあわせた表示等が可能である。

オシロスコープを使う必要もなく、一般教室で容易に可能な実験となった。

シンセサイザー等の音源との組み合わせで、高校の物理でも該当単元の導入や、うなりの作成、振動数の導出等々展開は様々に可能である。

### ④高等学校 運動の第2法則

カセンサーと加速度センサーを同時計測したデータの出力を縦軸：力 (N)、横軸：加速度 ( $m/s^2$ ) とし、LinearのCurve fitを行ったもの。F=maが一発で表示されている。

数秒程度で大ざっぱに行ったサンプリングでも、 $r=0.998$ 、平均平方二乗誤差RMSE=0.053レベルのデータが回収できている。

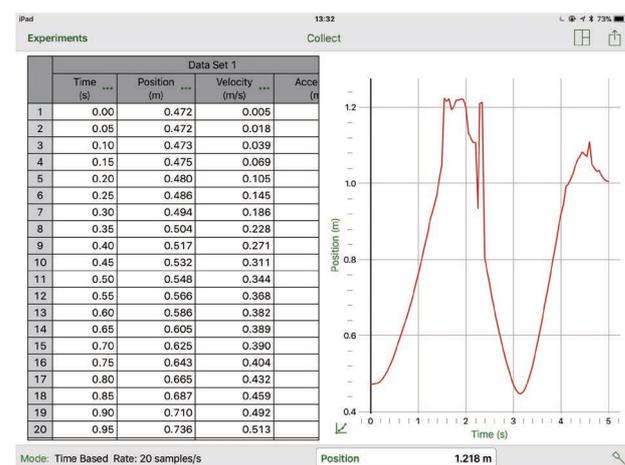


図7 モーションセンサー

### ⑤大学 教職「理科教育法」の授業 ICT活用

大学の授業の場合、ICTセンター（情報化推進室）から借り受けて実施している。2018年度は、教育現場でのICT活用の事例、教材開発の事例、ならびに誤概念に対する教授法の事例として活用している。図7は、表データとグラフの並列表示が可能であるという事例を示している。Excel

にデータを飛ばして Excel でデータ処理につなげる操作などの活用事例として示した。

### 3.2 実践の様子

講習会で扱った事例以外にも、各現場にて工夫した利用が行われている。



図8 広島なぎさ中学校3年生 カセンサーの利用

例えば、広島なぎさ中学校では、中学校3年生での「慣性の法則」の授業において、カセンサーを活用した授業が新たに開発実践された。

展開として：

- ・力を加えると物体が変形する例として提示
- ・予想をたてる
- ・ゆっくり引くときと勢いよく引くときで実験
- ・各班の結果から多数決で結果を共有
- ・結果が異なる原因を考える
- ・各班の考え方を共有
- ・カセンサーで力のかかりかたを数値で表現し、生徒の説を立証
- ・慣性の法則をまとめる
- ・ふりかえり

といった流れである。

生徒実験ではなく教員の演示実験ではあるが、発問と考えさせるプロセスを仕掛け、演示実験を全員が注目する中、視覚的かつ定量的に検証と共有できる展開となっている。中学校段階で、慣性の法則を数値的に視覚化できる授業例であり、優れた実践例といえる。

このように、生徒実験とまでいなくても、一般教室に持ち込む手軽な演示実験レベルの実践事例といった工夫を積み上げ、まずは教員自身が扱いに習熟していくことが肝要である。

次の実践事例は、広島工業大学高等学校通信制での物理

基礎での事例である。音の波形から音の大きさや高さの違いを考察する際に、データロガーを活用している。



図9 音さでの波形をサンプリングし…



図10 音さの振動数に近い音声が出るかな…

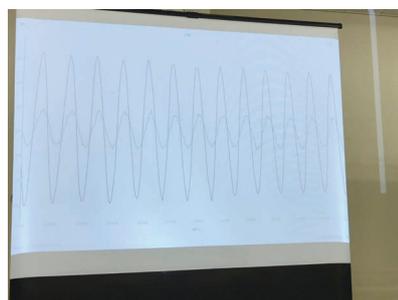


図11 おー、結構 重なっている…

授業担当者は、

- ・生徒たちも中々音を波としてみることはなく、データロガーを活用することにより意欲的に活動していた
- ・容易にデータの比較ができるためより充実した考察ができていた

と感想している。

一般に、通信教育のスクーリングで実験をするという想定はあまりされていない。そもそも理振法で定めるような実験器具や装置の使用は前提となっていない。

通信制高校が多様化していく中、ルネサンス大阪高等学校のサイエンスコースのような突出事例もあるが、一般的な通信制での理科の取り組みについては1996年の浮田の論文<sup>(6)</sup>、小林らの e-learning という観点からの理科教育の取り組み<sup>(7)</sup> など、事例報告も少ないのが現状である。e-learning ではなく、PC、iPad ないしはスマートフォンで生データを

とって実験するといった通信制での理科教育の取り組みは、全国的に見ても稀有な事例といえよう。

#### 4. 留意すべき点と今後に向けて

センサーで計測をしたからといって、劇的に大きな変化や成果が出るものではないことを踏まえておく必要がある。使い方を誤ると、ただのおもちゃに成り下がってしまう。廃品や100円ショップの材料を活用して手作りで教材を作る日本の理科教員文化を決して忘れることなく、またそうして手作りされる定性的な教材作りのアプローチの下地があつてこそ、こういった機器は扱うべきものとする。

主体的にさせる仕掛けとしてどれをどう使うのがよいか。それが、センサーを用いたものである必要はない。その場で最適なものであればそれが良いのである。同様に、対話的・協働的であるにはどうか、深い学びがどのようにしたら仕掛けられるか、使い方のワンポイントを見極める力量が必要である。その力量は、日頃の地道な手づくりの授業づくり無くして身につくものではない。

ただ、この度の取り組みによって、どれを使うかという選択肢を増やしたことは間違いなく、授業の展開に幅と厚みを持たせる環境と支援体制を構築できたのではないかと考える。

鶴学園初等中等各校の理科教員においては指導事例を増やし、各校の教員が共有しながら鶴学園らしい手作り教育の質的な向上に努めてもらいたい。

初等中等教育研究センターとしては授業づくりという観点からの助言や資料等の整備、ならびに米国や諸外国の先進的な探究の実験教材事例を参考に、現場に情報提供や展開支援を行っていく。ICTセンターとしては、学園内各校の先生方がより簡単に様々な情報の共有ができる体制づくりを一層進めていくものである。

また、広島工業大学の教職の「理科教育法」を担当する立場としては、教職センターとICTセンターの連携において、これらを利用した教授法の指導の充実を一層図っていくものである。

#### 5. おわりに

この度は、環境整備と支援体制の構築という取り組みの報告であった。整えた環境を現場が十二分に生かし切っているかといえばまだまだで、しばらくは助走と弾み付けの関わりが必要な状況ではある。

また、教育効果の測定や評価については、別の機会としたい。

## 謝 辞

情報化推進室の小川博道室長ならびにスタッフの皆様には、この度の取り組みにご協力を戴きました。御礼申し上げます。また、広島なぎさ中学校・高等学校の堀内和徳先生、広島工業大学高等学校通信制の原田将伍先生には実践事例ならびに写真の提供を戴きました。御礼申し上げます。

## 注 釈

(※1) センサーを活用した計測については、「パソコン計測」という用語が一般的に用いられていたが、タブレットやスマートフォンを活用する事例を必ずしも言い当ててはいないことから、このような表現としている。

## 文 献

- (1) 角島誠 (2017) 「高校物理でのニュートンの運動の第2法則の検証実験に関する考察 力センサーと加速度センサーを同時使用する方法に照らして」『広島工業大学紀要教育編』第17巻, pp. 13-22
- (2) 高橋三男 (2017) 『酸素が見える 楽しい理科授業』日刊工業新聞社
- (3) 鎌田俊之 (2014) 「Raspberry Pi を用いた中学校教員養成における計測・制御、プログラミング環境の構築と実践」研究報告コンピュータと教育 (CE) CE-126 (10), pp. 1-6
- (4) 松本卓也, 山本芳一 (2011) 「授業が変わる! センサー等を用いた教具の開発と実践. ~熊本高等専門学校との連携を通して~」第61回九州地区理科教育研究大会紀要, pp. 60-61
- (5) 三重 CST 養成プログラムホームページ <http://cst.pj.mie-u.ac.jp/gaiyou.html>
- (6) 三重 CST 養成プログラム (2014) 「データロガーを活用した理科実験」 [http://cst.pj.mie-u.ac.jp/pdf/kyouzai\\_jikken.pdf](http://cst.pj.mie-u.ac.jp/pdf/kyouzai_jikken.pdf)
- (7) 浮田裕 (1996) 「通信制高校における「自然科学」の取り組み (特集)」『物理教育』44 (2), pp. 123-128
- (8) 小林裕光・堀口秀嗣ら (2006) 「オープンソースのWBTシステムを利用した通信制高校における理科教育の方法について」『教育情報研究』22 (3), pp. 3-10

※ 掲載サイトの閲覧は2018年9月19日に最終確認