

[研究ノート]

理科教育におけるコンピュータ活用の変遷

内田 陽三

山陽小野田市立山口東京理科大学 共通教育センター

Transition of Computer Utilization in Science Education

Yozo UCHIDA

Center for Liberal Arts and Sciences, Sanyo-Onoda City University

要 約

1970年代後半からパーソナルコンピュータが普及し始めると、各学校における活用方法についても考えられるようになった。学校へのコンピュータ導入初期には、コンピュータ支援教育(CAI: computer-assisted instruction)の考え方をもとにしたドリル問題や穴埋め、記号選択など生徒の個別指導に対応しようとする試みがなされた。理科教育における活用方法としては、自然現象をモデル化したシミュレーションやアニメーション、理科実験における計測、データ処理等に用いられる事例が見られはじめた。ただ、理科教材用のソフトウェアも十分ではなく、個々の理科教員がプログラムを作成し活用方法を探っている状況であった。

1990年代になり、コンピュータの処理能力の向上やオペレーティングシステム(以下「OS」と表記)の共通化、周辺機器の充実、インターネットへの接続などが進み、理科教育におけるコンピュータの活用方法についても様々な可能性が出てきた。

現在では、児童生徒一人一人がタブレットを持ち、ネットワークを活用したオンライン授業や自然現象の迅速な検索、またネット上の動画による自然現象の確認など、理科教育におけるコンピュータの活用は個別の学習を進めていく上で重要な役割を果たしている。

本稿では、理科教育におけるコンピュータの計測機器としての活用、自然現象のシミュレーションとしての活用の変遷をたどりながら、理科教育の本質を捉えたコンピュータの活用方法はどうあるべきかについて述べる。

キーワード: 理科教育、コンピュータ、計測、シミュレーション

KEY WORDS: science education, computer, measurement, simulation

1. はじめに

コンピュータが学校へ導入されはじめたのは、今から40年以上前のことである。それに伴って各学校においてもその活用方法について考えられるようになった。ただ、1980年代初めはコンピュータのOSは、コンピュータ製造会社によって異なっており、ソフトウェアやデータの互換性が十分に図れる状況ではなかった。

コンピュータの理科教育における活用方法として、初期の頃は自然現象のアニメーション、シミュレーション、データ処理、計測等に用いられる事例が見られた。しかし、教材用のソフトウェアもなく、各コンピュータ製造会社でOSの異なるこの時代は、個々の理科教員がプログラムの作成に挑戦しながら試行錯誤で活用方法を探っている状況であった。

やがて1990年代になり、コンピュータの処理能力の向上やOSの共通化が進み、ハードディスクやCD等の容量の大きい記録媒体が出てくると、動画などのマルチメディア教材も扱えるようになってきた。さらに各学校からインターネット接続が可能になると、情報検索や遠隔地の学校との共同学習なども行われるようになった。

2019年には、児童生徒のICT活用能力の向上を目指した、一人一台の端末整備や学校の高容量の通信ネットワーク整備を進めるGIGAスクール構想が打ち出されたが、コロナ感染拡大に伴って、その整備が急速に進められた。現在、各学校からネットワークや通信技術を活用したオンライン授業の実施やネット上の実験、観察動画などの理科教材を授業で活用することもできる。また、児童生徒一人一台端末の時代に入り、そのような機器を効果的に活用して、個別最適化された学習を展開することの重要性も述べられている。

本稿では、紙面の都合もあり、筆者が取り組んできた事例をもとに、理科教育における実験の計測機器としての活用や天体現象をモデル化したシミュレーションの活用方法の変遷について述べることにする。

2. 計測機器としての活用

中学校3年の理科で学ぶ「力が働く物体の運動」に関する学習では、外部から力が加わらないときの等速直線運動や一定の力が働き続ける自由落下運動、斜面上を移動する物体の運動が中心である。このような平面を直線的に運動する物体については記録タイマーを用いて運動の様子を紙テープに記録し、分析させるのが一般的である。

しかし、身の回りの物体は様々な動き方をしており、例

えば曲面上を動く物体の速さの変化と力の働きの関係を理解するために、平面的な動きを調べるための記録タイマーを用いて実験をすることは不可能である。

そこで、曲面上を運動する物体の様子を調べるために、コンピュータを用いた計測方法を工夫し授業実践を行った。¹⁾

曲面で構成されたスロープを移動するFM台車(図1: FMワイヤレスマイクの回路を搭載している)のでFM台車と表記)の車輪の回転情報(1回転180パルス)をフォトカップラで読み取り、そのデータをFM電波で飛ばし、FMラジオからのデータをコンピュータによって処理するシステムを構築した。(図2、図3)

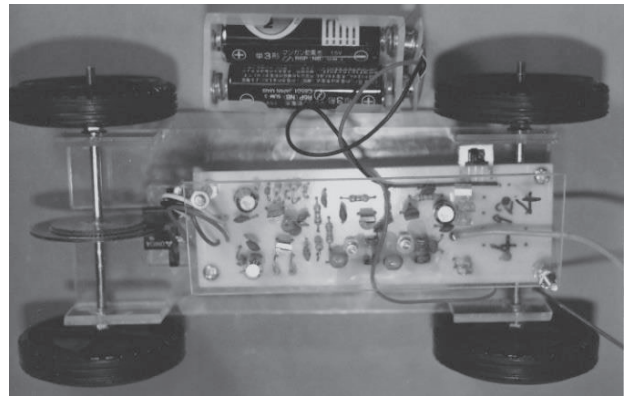


図1 FM台車

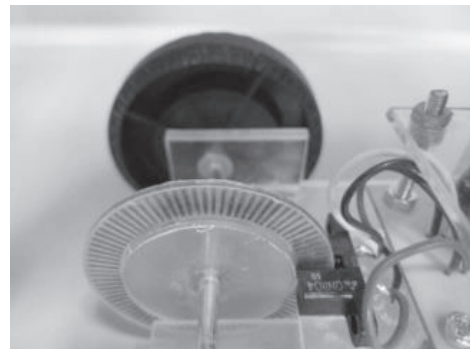


図2 FM台車のフォトカップラ

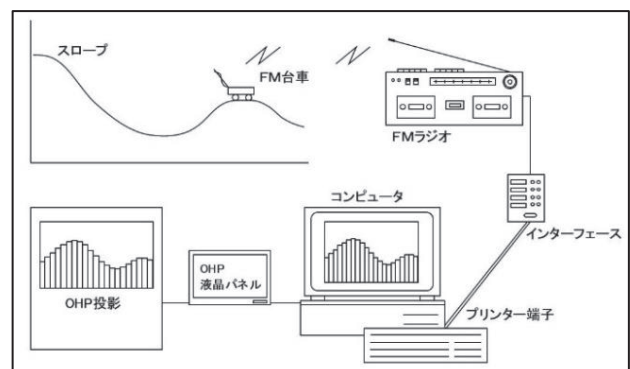


図3 FM台車のシステム

これは1991年の理科の授業実践の記録で、図3のシステムで使用したコンピュータはNEC VM21で、CPUの処理速度も遅く（10MHz）、記録媒体もフロッピーディスクであった。FM台車からの信号をFMラジオで受け、音声信号をADコンバータで変換し、入力装置を簡略化するためプリンター端子からコンピュータへデータを入力した。このようなシステムのためデータの画面表示処理も遅く、一旦データをメモリに落としてから表示処理を行うという状況であった。

図4は生徒がベニヤ板でスロープを作成し、その曲面上を移動するFM台車のデータをとっている様子である。生徒は、自分たちの作ったスロープを移動するFM台車の速さの変化を予測し、実際の実験結果と比較した。速さの変化の仕方がFM台車に働く力の大きさに関係していることをこの実験から確認することができた。図5はその時の学習プリントである。



図4 FM台車の実験の様子

また、図6のようなU字型のスロープでFM台車の速さの変化を調べる実験も行った。

その時の速さの変化を記録タイマーのテープの形にして処理した画面が図7である。FM台車の往復運動による周期的な速さの変化が記録されている。また、摩擦や空気抵抗による速さの減衰も確認できる。この実験では、物体の運動を調べる中で、エネルギーの変換（運動エネルギー ↔ 位置エネルギー）やエネルギーの保存などエネルギー概念についても学ぶことができた。

当時としては、自分たちで立てた課題を追究しながら解決して行く手段として、このようなコンピュータの活用方法

は効果的であったと考えるが、コンピュータの性能が十分でなく、また無線による通信環境もコンピュータにはない状況での活用であった。

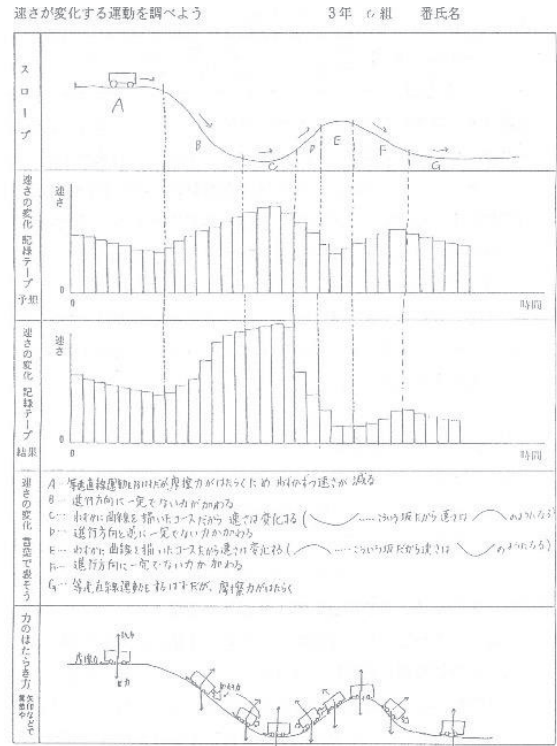


図5 生徒の学習プリント

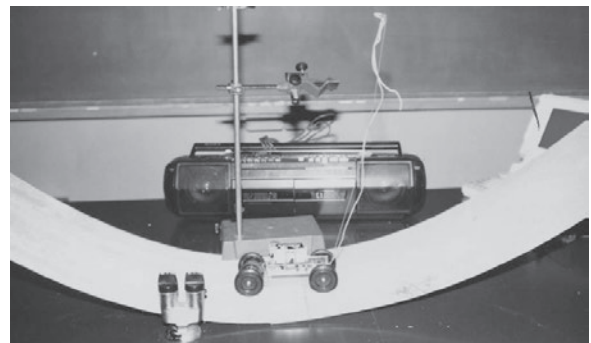


図6 U字型スロープを移動するFM台車

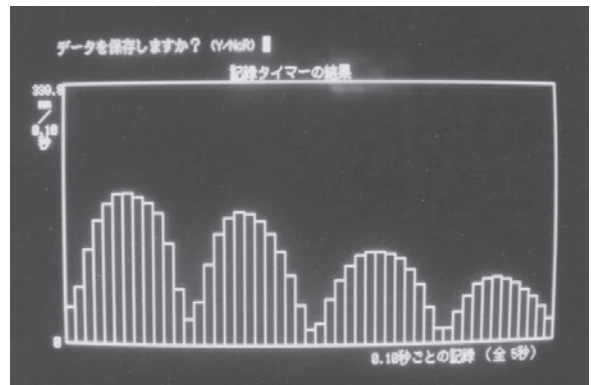


図7 U字型スロープを移動するFM台車の速さの変化を表した記録

2016年にコンピュータを用いて台車の運動の様子を調べる実験用の教具として、島津理化から図8のような力学台車(スマートカート)が発売された。²⁾



図8 スマートカート

スマートカートの車輪には、ホイールエンコーダが組み込まれており、車輪の回転情報から位置、速度、加速度を算出できるようになっている。また、内部に加速度センサも内蔵されており3軸の加速度の測定も可能になっている。スマートカートで得られたデータはBluetooth(近距離無線通信規格の1つ)を用いて、約30m離れたコンピュータでもデータを受けとることができるようになっている。



図9 U字型スロープを移動するスマートカートの記録

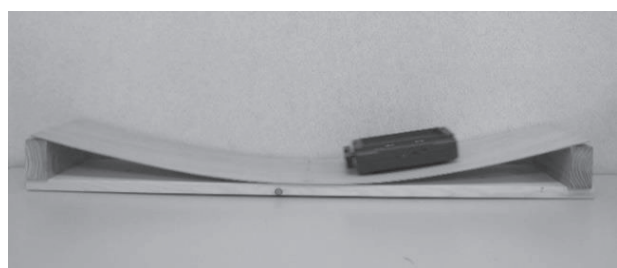


図10 U字型スロープを移動するスマートカート

図9は、図10のようなU字型のスロープ上を往復運動させたときのコンピュータによる解析画像である。専用のソフトウェアによって、スマートカートの位置の変化や速さの変化、加速度の変化をグラフ上で理解することができるよう

になっている。このスマートカートを活用すれば、例えばバネを付けて斜面上で往復運動させたときの様子や他の物体との衝突による速さの変化など、様々な運動を計測できるシステムとして活用できる。

30年前に筆者が実践したFM台車の実験からコンピュータの性能や周辺機器、通信技術の向上、専用教具等で物体の運動に関する実験計測のシステムは向上した。

このような実験でコンピュータを計測機器として活用することで、効率的に実験データを得ることができ、得たデータ処理も迅速かつ正確にできるというメリットはあるが、実験のデータはどのように記録され、どのように処理されているのかを生徒が理解できていることが大切である。それによって物体の運動の様子と得られたデータの変化を結びつけながら思考することができ、力の働き方と速さの変化の関係など物体の運動に関する見方・考え方が深まっていくものとする。

3. 天体シミュレーションの活用

理科教育におけるコンピュータの活用方法として自然をモデル化したシミュレーションを用いて自然の現象を理解することは大変有効である。平成29年に告示された中学校学習指導要領解説理科編³⁾の「地球と宇宙」の項の内容の取り扱いの中にも「コンピュータシミュレーションを用いて視覚的に捉えさせるなどの工夫が考えられる」と表記されている。中学校理科における天体の学習において、実際の天体観察とともに、天体の空間的な位置関係や時間的変化をコンピュータのシミュレーションを用いて学習していくことは、自然現象における時間、空間概念を形成していく上で大変有効なことであるとする。

図11は1984年に筆者が中野主一著の「マイコンが解く天体の謎」⁴⁾を参考にプログラミングしたものである。

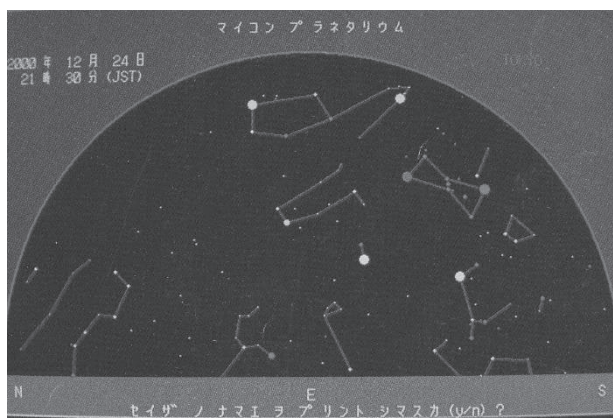


図11 天体シミュレーション画面

1980年代前半には理科の学習に活用できるシミュレーション用のソフトウェアはほとんどなく、各教員がプログラムを自作して授業で活用するという状況であった。表示できる色数も画素数も現在のものと比べて非常に少なく、夜空のシミュレーションとしては物足りないが、恒星や惑星については、計算上の正しい位置関係が表示されていた。

図12は、筆者が太陽、地球、火星の位置関係をシミュレーションできるようにプログラムを作成し、授業で活用したときの画像である。

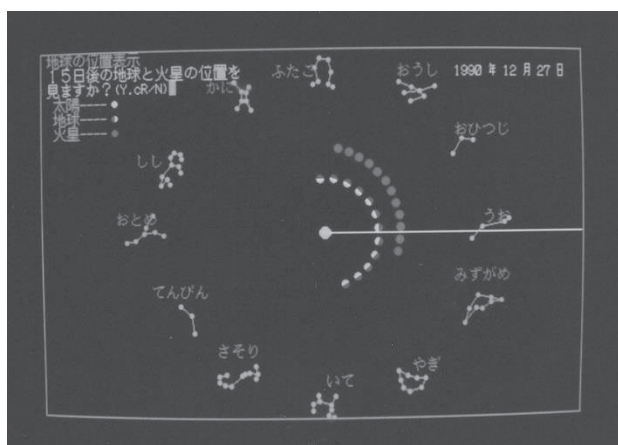


図12 太陽・地球・火星の位置関係の画面

また、図13はコンピュータ室で生徒が、このソフトウェアを使って火星の逆行現象について学習している時の様子である。コンピュータの計算によってそれぞれの天体の位置関係については、正確に表示されており、生徒は実際の夜空の火星の位置を意識しながら授業を進めることができた。



図13 火星の逆行現象を考える生徒

現在では、様々な天体シミュレーションソフトウェアが開発、販売されている。また、フリーのソフトウェアも多く存在している。コンピュータの性能やグラフィック技術の向上から、実際の夜空に近い状態を再現できるようになっている。

図14は市販されているステラナビゲータ11⁵⁾の火星の逆行シミュレーション画面である。ネットワークの通信技術を利用して、最新の天体や人工衛星などの情報の取得が可能となり、よりリアルな夜空のシミュレーションが可能となっている。また、スマホやタブレットを使用した、天体シミュレーションのVR(Virtual Reality)技術も進化しており今後の活用の可能性も広がっている。

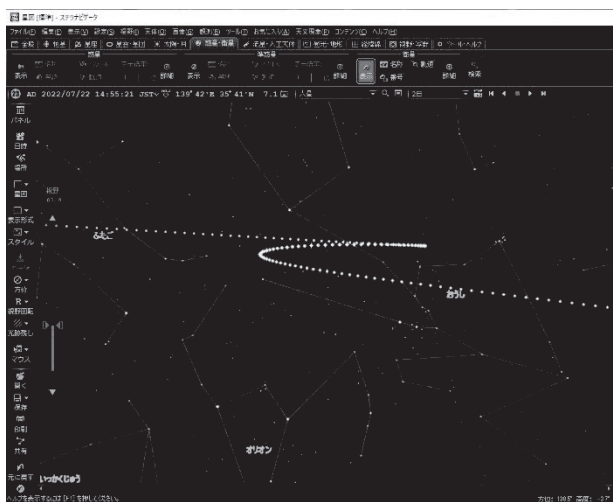


図14 ステラナビゲータ11の火星の逆行画面

このように天体の学習でコンピュータによるシミュレーションを効果的に活用することは、生徒の天体現象への興味、関心を深めるとともに、時刻や場所などの条件を様々にかえながら天体の動きや星空の広がりを考えさせることができ、基本的な科学概念の一つである時間、空間概念を育てることに有効であると考えられる。

4. おわりに

これまで理科教育におけるコンピュータの活用方法の変遷について、実験の計測やシミュレーションの実践例をもとに述べてきた。

平成29年に告示された現行の中学校学習指導要領解説理科編第3章の「指導計画の作成と内容の取り扱い」の「内容の取り扱いについての配慮事項」の中で「各分野の指導に当たっては、観察、実験の過程での情報の検索、実験、データの処理、実験の計測などにおいて、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的かつ適切に活用すること」との記述があり、理科教育の中でコンピュータを活用することの必要性が述べられている。

先に述べたように、天体の学習におけるコンピュータシミュレーションについては中学校学習指導要領解説理科編の中でその活用の有効性について述べられている。実

験の計測については、具体的な学習における活用方法の表記は中学校学習指導要領解説理科編の中に見られませんが、「各種のセンサを用いた計測を行い、通常では計測しにくい量や変化を数値化あるいは視覚化してとらえること」と述べられている。ただ、コンピュータを計測機器として活用する実験を記した教科書は少なく、その学習内容も音の波形を測定することや液体を加熱したときの温度変化をコンピュータで調べるといったものである。今後は、タブレットなどで、各種センサの特長を活かし簡単に扱うことのできる測定機器の開発が求められる。

コンピュータや周辺機器の性能、情報通信ネットワークなどの向上で、今後さらに理科教育における様々な活用方法が工夫、実践されていくものと考えられる。またAIやVRなどの技術も教育の中に取り入れられてくることが考えられる。これらの技術を生徒たちに自然の事象をわかりやすく教えるための方法や道具としてのみ捉えるのではなく、基

本的な科学概念を育みながら自然現象に対する見方・考え方を育てるための手段として考えていくことが大切である。

参考文献

- 1) 内田陽三：山口大学附属山口中学校研究紀要第36号(1992)
- 2) スマートカート：株式会社島津理化(2016)
https://www.shimadzu-rika.co.jp/products/ict/measurement/wireless_sensor/101_350.html
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編(2017)
- 4) 中野主一：マイコンが解く天体の謎 誠文堂新光社(1983)
- 5) ステラナビゲータ11：株式会社アストロアーツ(2019)