

コンピュータシミュレーションを用いた主体的な学び

— 万有引力の分野での試み —

加藤 徳善

万有引力の分野において、タブレット PC を用いて生徒自身がシミュレーションのソフトウェアを操作しながら学ぶ授業を実施した。生徒一人一人が主体的に取り組むことで、万有引力についての興味を助長し気づきを促すことをねらった。アンケート結果から、興味を持ち理解を深めることにつながったと考えられる。

キーワード タブレット、シミュレーション、主体的、万有引力、人工衛星

1 はじめに

現在、授業において主体的・対話的で深い学びが求められ、情報共有や協働的な学びのツールとしての ICT 活用が進められている。一方、従来から理解を促すための演示教材として、コンピュータシミュレーションのソフトウェア（以下ソフト）が利用されてきた。本発表では、このような従来からのソフトを、現在求められている主体的な学びに合わせて操作性等を改善し、タブレット PC 等へも対応させて利用する試みについて紹介する。

具体的には、万有引力の分野において、基礎を学んだ後、生徒 1 人または 2 人に 1 台タブレット PC (iPad) を持たせ、生徒自身がシミュレーションソフトを操作するかたちで授業を実施した。導入で教員からいくつかの確認点や試行してみる内容を示し、生徒がそれらの内容に取り組むことで、万有引力についての興味を助長し気づきを促すことをねらった。

実施後のアンケート結果から、生徒が万有引力を身近に感じ、学びを深めることにつながったと考えられる。

2 作成したコンピュータシミュレーションソフト

万有引力関係で作成したソフトは次の 4 種である。

① 「大砲で人工衛星 ～砲弾の速さを大きくしていくと・・・～」(図 1)

高度 400 km から大砲を打ち出して人工衛星となる可能性を探るソフト



図 1 「大砲で人工衛星」の 1 場面

② 「色々な人工衛星 ～人工衛星の軌道はどうなっているの、静止軌道って何～」(図 2)

静止衛星を含めいくつかの高度の衛星を観察し、いろいろな軌道を試してみることができるソフト



図 2 「色々な人工衛星」の 1 場面

③ 「仮定の恒星系で遊ぼう ～惑星や衛星を動かして新しい恒星系をつくってみよう～」(図 3)

仮定の地球、太陽、月の運動を観察し、いろいろな3天体の運動を試してみることができるソフト

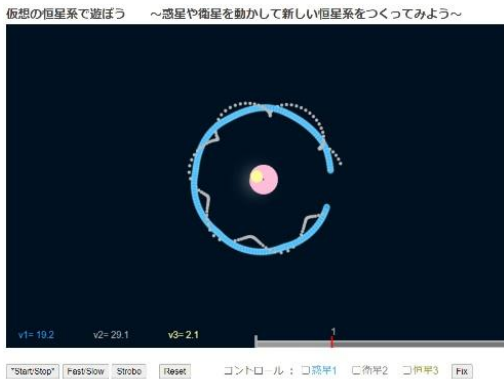


図3 「仮定の恒星系で遊ぼう」の1場面

- ④ 「3天体の運動 ～3体問題の予測のできない運動を楽しもう～」(図4)

同じ質量の3天体の運動を観察し、いろいろな場合を試してみることができるソフト



図4 「3天体の運動」の1場面

これらのソフトウェアは次の URL からアクセスできる。

「気づきのための物理シミュレーション」¹⁾

<http://www2.biglobe.ne.jp/~norimari/physics/index.html>

URL の QR コード→



共通する特徴は次のとおりである。

- ① タブレット PC を含め幅広い PC で利用できる。

(JavaScript でコーディング)²⁾

- ② ドラッグ操作などで直感的に操作できる。
- ③ グラフィックス表示で滑らかに動きを観察できる。
- ④ 高精度の計算を行っている。
(4 次の Runge-Kutta 法による計算)
- ⑤ インターネットからどこでも利用できる。

3 授業での利用

2年次理数科2クラスの理数物理の万有引力の単元で、人工衛星等の学習の場面において利用した。1つのクラスでは1人1台のiPadを、もう1つのクラスでは2人で1台を利用して行った。この差は意図したものではなく他の授業との兼ね合いで利用できる機器の数が制限されたためである。

プリントを配布し、それに沿って生徒に取り組む内容を指示しながら授業を進めた。大まかな流れは次のとおりである。

0 導入
① 人工衛星など万有引力のもとでの物体の運動を、iPad上で動くコンピュータシミュレーションでイメージ的に確認することを目的とすることを説明
② プリントのQRコードからソフトがページを開いてもらい、このソフトが万有引力と運動方程式を数値的に計算しグラフィックスで表示するものであることを説明
1 「大砲で人工衛星 ～砲弾の速さを大きくしていくと・・・～」を実行
① ニュートンが人工衛星の可能性を考えたことを簡単に紹介し、初めにこのことをコンピュータシミュレーションで試してみることを説明
② 人工衛星となる速さを探ってみるよう指示、また、1周するのに要する時間や軌道の形状を確認するよう指示、5分後に結果を共有することを確認
③ 5分後に、何人かに確認結果を発表させ、結果を共有
④ 第1宇宙速度についての教科書の記述の確認、その値との差の原因について考察
2 「色々な人工衛星 ～人工衛星の軌道はどうなっているの、静止軌道って何～」を実行
① 軌道半径の違う3つの人工衛星で、外側のは静止衛星を表示していることを確認
② 回転半径と衛星の速さを確認するよう指示
③ 内側の衛星をコントロールしているいろな

軌道を試し、その後、静止軌道に乗せることを試してみるよう指示
④ 5分後に、気づいたことを発表させ結果を共有、静止衛星軌道に乗せられたかを確認しその特徴を共有
3「仮想の恒星系で遊ぼう ～惑星や衛星を動かして新しい恒星系をつくってみよう～」を実行
① 仮想の地球、太陽、月を表しており質量比が1:10:0.1で、お互いに万有引力を及ぼしあっている運動であり、このような運動は3体運動であることを説明
② 5分間で、天体をコントロールして3天体の関係を崩してから再度地球の周りを月が回るようにしてみるよう指示
③ 5分後に、気づいたことを発表させ結果を共有
4「3天体の運動 ～3体問題の予測のできない運動を楽しもう～」を実行
① 同じ質量の3天体の運動を数値的にシミュレーションしていることを説明
② 5分間、いろいろな動きを観察してみるように指示
③ 5分後に、気づいたことを発表させて共有
④ このような3体問題は解析的に解けないが、数値シミュレーションで軌道を計算できることなどを説明
5 振り返り
① 第1宇宙速度、人工衛星の特徴、静止衛星についての確認
② 発展として、3体問題についても触れたことの確認

評価は、生徒の取り組みの様子の観察や発表等を用いるとともに、プリントに自己評価欄を設けてその内容などで行う。

4 授業の有効性

授業で使用したプリントの最後に簡単なアンケートを入れて、記名で回答してもらった。結果は次のとおりである。

質問内容\評価	人数					パーセント					肯定評価 (5.4)パーセント
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	
1 授業での利用はよかった	27	18	2	0	0	57.4	38.3	4.3	0.0	0.0	95.7
2 内容の理解が深まった	18	24	5	0	0	38.3	51.1	10.6	0.0	0.0	89.4
3 興味を持って取り組めた	29	13	5	0	0	61.7	27.7	10.6	0.0	0.0	89.4
4 使いやすかった	16	18	10	3	0	34.0	38.3	21.3	6.4	0.0	72.3
5 今後も使ってもらいたい	24	16	7	0	0	51.1	34.0	14.9	0.0	0.0	85.1
6 授業以外でも使いたい	8	15	21	3	0	17.0	31.9	44.7	6.4	0.0	48.9

5：たいへん 4：おむね 3：ふつう 2：あまり 1：まったく

また、自由記述の回答の一部を次に示す。

<ul style="list-style-type: none"> ・自分で衛星などを動かすことでより理解できた。 ・物理って感覚をつかみにくいからコンピュータシミュレーションを使うことでよく理解できた。 ・シミュレーションを用いて人工衛星の速さがかうまく想像できた。 ・月の軌道けっこう遠くにあるんだな、軌道にのせるのって難しいんだなと思った。 ・シミュレーションがよく分からなかった。(記述のみの者1名)
--

多くの項目で肯定回答(5:たいへん+4:おむね)が多数を占めた。「6 授業以外でも使いたい」については、半数程度が肯定回答であったが、残りの半分は「3:ふつう」という回答であった。

記述回答もよく理解できたなど肯定的なものがほとんどであった。ただ、項目に回答していない中の1名の記述に「シミュレーションがよく分からない」との内容もあり、少数ではあるが理解に結び付いていない者もいることもわかった。

アンケート結果から、今回の取組は多くの生徒にとって主体的な活動を促し、万有引力についての理解や興味助長に効果的であったと考えられる。また、授業での教員による生徒の観察では、主体的にiPadを操作しながら積極的に取り組んでいる様子がうかがえた。クラスによって台数が1人1台と2人1台の違いが生じたが、2人1台の方が対話的に取り組んでいる様子も見られた。このことから、1人1台の場合でも、ペアワークによるピア・インストラクションなどを取り入れ、話し合うことで概念形成にむすびつけられるような工夫も有効であると感じた。

5 終わりに

主体的に計画を立てながら学び、振り返りを行いながら学びを改善し深めていくような、真の意味での主体的な学びを、すべての生徒に物理の授業で実現することは極めて難しいことと感じている。このことに私自身悩むことが多い。今回は、

そのような中で、少しでも授業を改善する一つの試みとして行ってみた。生徒自身がタブレット PC を利用する環境と操作性を改善したコンピュータシミュレーションソフトを用いることで、主体的な活動を通した学びをある程度取り入れられ、効果も見られたが、対話的な要素についてはさらにいろいろな改善や工夫が必要であると感じる。

令和2年度（2020年度）から、宮城県の公立高校では、1学年分（3人に1台）のiPadの導入が進んでいる。これは文部科学省のGIGA構想で小中学校では生徒全員がタブレット PC 等を活用しながら学習を進めることが当たり前となる中での、中高の滑らかな接続のためには必要なことである。したがって、高校の学びの中でタブレット PC 等を活用した授業は待ったなしに進めなければならない状況になっている。また、対話的な学びを支援するプラットフォームとなるソフトウェア（ロイロノート³⁾など）も素晴らしいものがあり、こ

れらの活用も考えていかななくてはならない。さらに宮城県で導入している Google Classroom の活用や、感染症対応のためのリモート授業にも備えなければならない。

このような環境の変化の中で、今後も、実験ができないような分野やイメージしにくい分野などを中心に、主体的な活動を促すことのできる教材としてのコンピュータシミュレーションの可能性を模索していきたいと考えている。

6 参考文献・Web ページ等

- 1) 加藤徳善「気づきのための物理シミュレーション」のページ
<http://www2.biglobe.ne.jp/~norimari/physicsjs/index.html>
- 2) 田中賢一郎「ゲームで学ぶ JavaScript 入門」
- 3) ロイロノート <https://n.loilo.tv/ja/>