

タブレットによる実験データ共有の試み

岐阜県立各務原高等学校 竹腰 大樹

1 研究のねらい

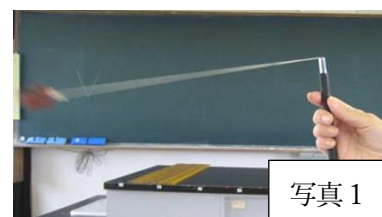
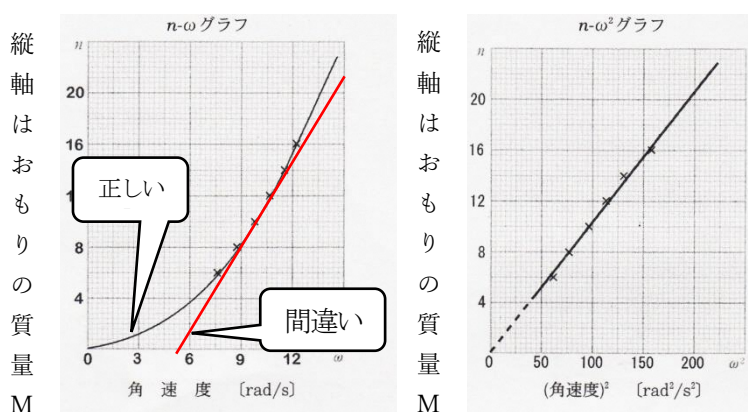
私は生徒実験に対して、授業時間と指導者数の制約により複数の課題が生じていると感じている。特に、測定時間の不足や計算が上手に行えなかった班への対応、まとめの進め方が実験結果の良し悪しに偏重してしまうことについて自らの課題と捉えた。そこで、これらの課題解決の取り組みの一環として、生徒のタブレットと Microsoft Teams、表計算ソフト（エクセル）を用いて、生徒と教員がすべての班の実験データを共有しながら実験に取り組めるように工夫を試みた。

2 実践した内容

(1) 実験内容の選択

岐阜県高等学校理化教育研究会編集の「物理の実験」に記載されている円運動(1)を取り上げた。このテーマを選んだ理由は以下の3点である。

- ①測定回数が多いため測定時間や計算時間が長くなりやすい
- ②測定誤差が生じやすく、結果が大きく変化しやすい
- ③2次関数の関係になるグラフを誤って1次関数のグラフとして描く生徒が多く、誤った関係性を理解してしまう可能性がある



グラフの理論式： $\sqrt{M} = \frac{\sqrt{ml}}{\sqrt{g}} \cdot \omega$ $M = \frac{ml}{g} \cdot \omega^2$ (グラフは、「物理の実験」指導書より)

(2) 実験概要

糸の先端にゴム栓を付け（写真1）、他端におもりを付けて（写真2）20周の円運動にかかる時間を測定する。その時間から1秒間に何[rad]回転したかを表す角速度を求め、角速度とおもりの質量及び角速度の2乗とおもりの関係のグラフを作成する。そして、そのグラフの形から円運動を行うために必要な円の中心に向かう力である向心力と角速度の2乗が比例関係であることを理解する実験である。

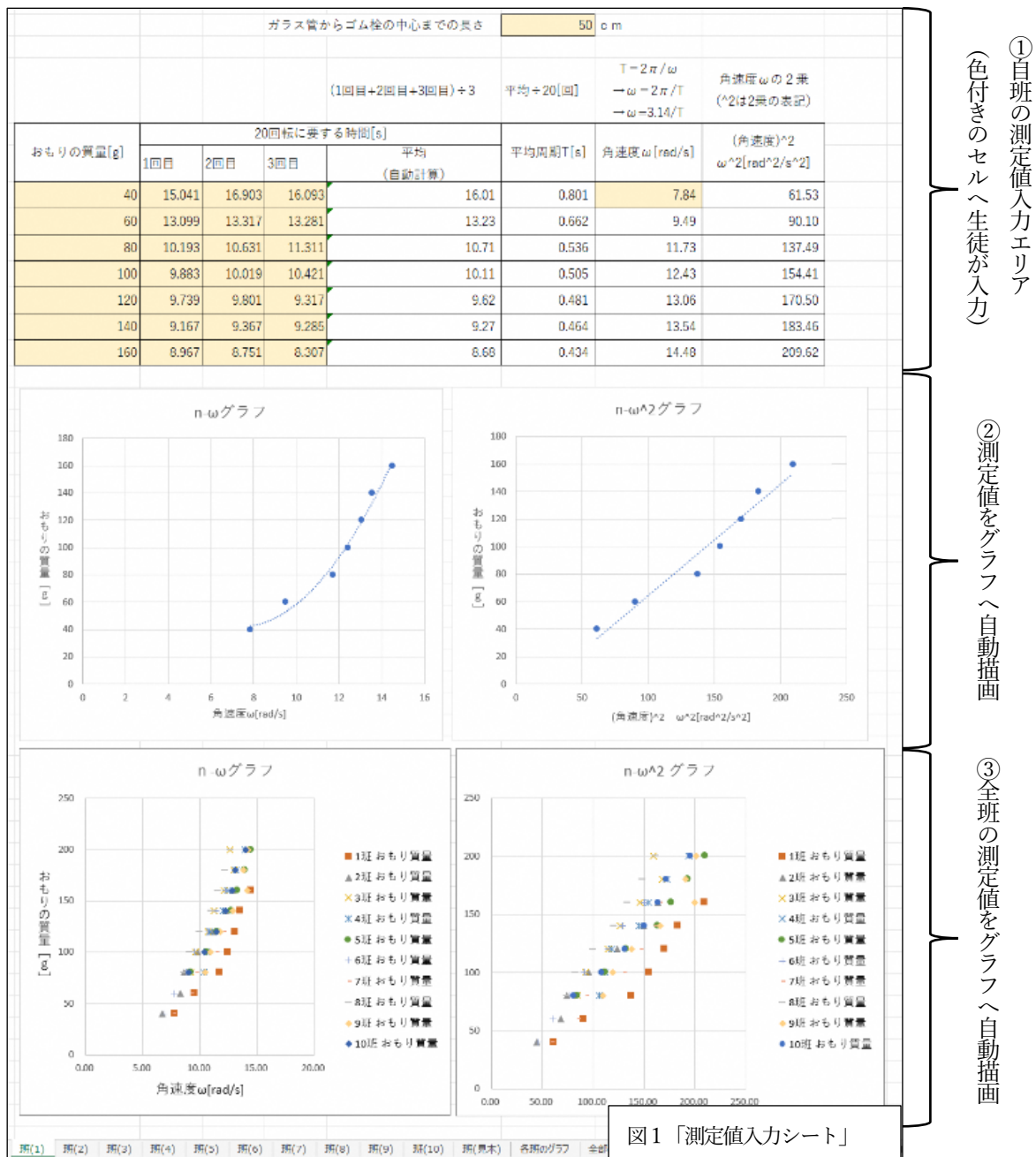
(3) ICT を用いた工夫

研究のねらいと実験内容の選択を踏まえ以下の取り組みを行った。

- ①生徒自身の計算練習の余地を残しながらも反復する計算は自動で行う「測定値入力シート」

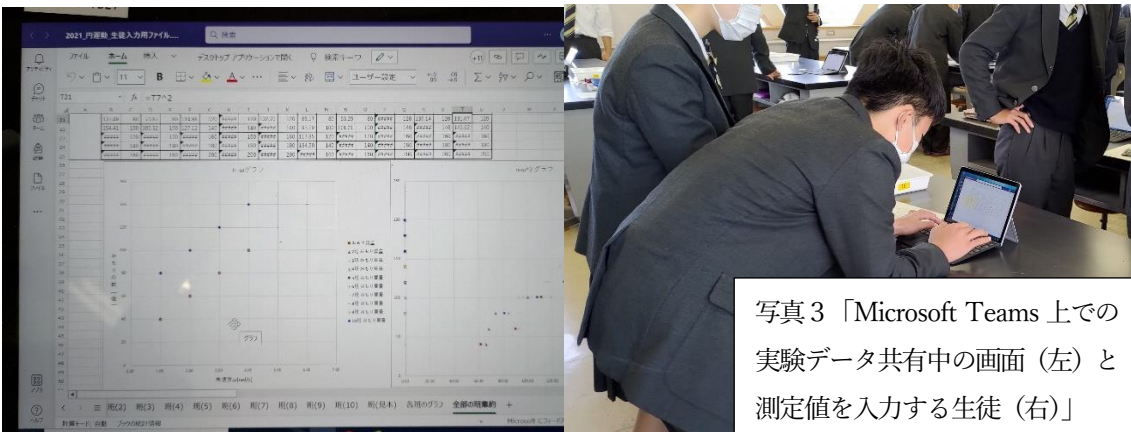
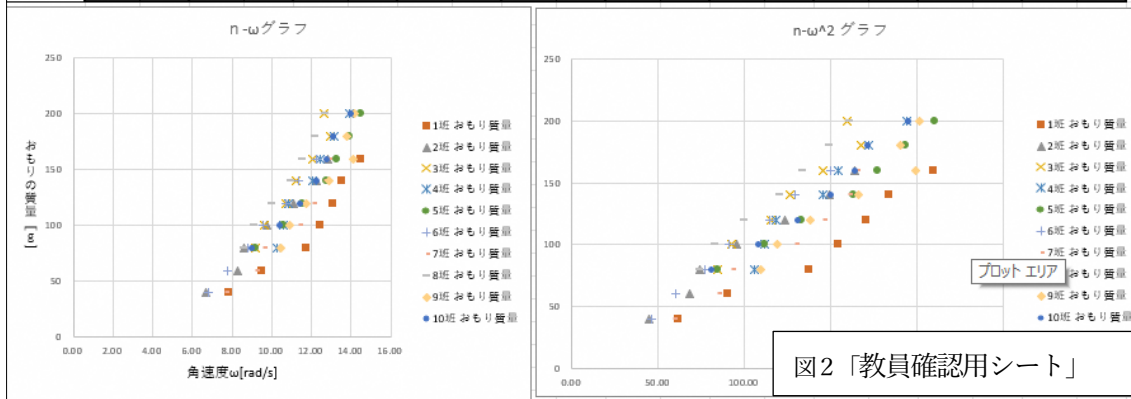
を作成した。(図1)

- ②「測定値入力シート」の中に、測定値を入力後に自動でグラフを描画させる部分を用意し、測定値の大きなずれを生徒自身で気付ける工夫をした。(図1)
- ③「測定値入力シート」の中に、②で描画される各班のグラフを一つにまとめたグラフを描画させ、他班の状況から自班の測定値の大きなずれを生徒自身で気付ける工夫をした。(図1)
- ④生徒の測定値やグラフを一覧で確認できる「教員確認用シート」を作成し、実験が遅れている班や測定値や計算が明らかに間違っている班に対して効果的に支援ができるような工夫をした。(図2)
- ⑤「測定値入力シート」と「教員確認用シート」を1つのエクセルファイルとして作成し、Microsoft Teams を通して共有することで、リアルタイムで実験の測定値や結果を共有できるようにした。(写真3)
- ⑥Microsoft Teams が共有でき、生徒が入力に慣れている生徒用 surfaceGo を使用した。



角速度 ω	1班		2班		3班		4班		5班		6班		7班		8班		9班		10班	
	ℓ -	50cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm	ℓ -	cm
	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量	ω	おもり質量
7.84	40	6.67	40	9.18	80	10.29	80	9.19	80	6.80	40	7.70	40	8.60	80	10.46	80	9.00	80	
9.49	60	8.26	60	9.61	100	10.58	100	10.57	100	7.76	60	9.23	60	9.11	100	10.92	100	10.40	100	
11.73	80	8.59	80	10.72	120	10.87	120	11.62	120	8.77	80	9.65	80	10.01	120	11.75	120	11.45	120	
12.43	100	9.77	100	11.24	140	12.06	140	12.78	140	9.54	100	11.42	100	10.99	140	12.88	140	12.24	140	
13.06	120	11.12	120	12.07	160	12.43	160	13.31	160	10.70	120	12.09	120	11.57	160	14.13	160	12.79	160	
13.54	140	12.23	140	12.95	180	13.12	180	13.91	180	11.36	140	12.68	140	12.20	180	13.81	180	13.10	180	
14.48	160	12.80	160	12.62	200	13.93	200	14.49	200	12.25	160	12.87	160	12.70	200	14.20	200	13.97	200	

角速度 ω^2	1班		2班		3班		4班		5班		6班		7班		8班		9班		10班	
	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量	ω^2	おもり質量
	61.53	40	44.44	40	84.21	80	105.88	80	84.46	80	46.24	40	59.29	40	74.04	80	109.37	80	81.00	80
90.10	60	68.28	60	92.44	100	111.96	100	111.65	100	60.28	60	85.17	60	82.90	100	119.35	100	108.16	100	
137.49	80	73.87	80	114.98	120	118.19	120	132.70	120	76.93	80	93.25	80	100.16	120	138.05	120	131.07	120	
154.41	100	95.54	100	126.44	140	145.39	140	163.37	140	90.95	100	130.37	100	120.70	140	165.85	140	149.89	140	
170.50	120	123.62	120	145.57	160	164.44	160	177.03	160	114.52	120	146.23	120	133.95	160	199.64	160	163.62	160	
183.46	140	149.57	140	167.78	180	172.13	180	193.47	180	128.96	140	160.85	140	148.88	180	190.79	180	171.52	180	
209.62	160	163.92	160	159.34	200	194.18	200	210.03	200	149.96	160	165.61	160	161.29	200	201.64	200	195.23	200	



3 実践中および実践後の生徒の変容

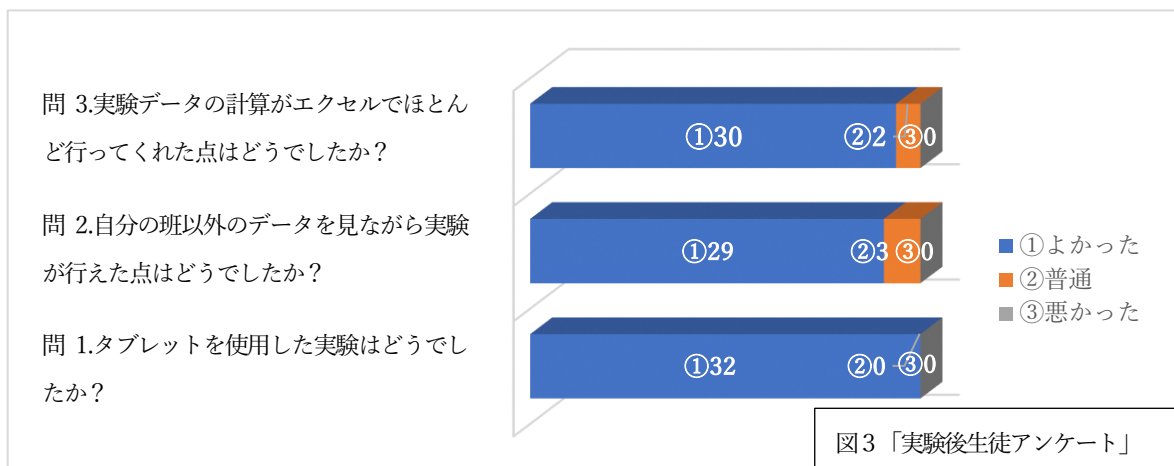
生徒は物理実験でタブレットを初めて使用するため、Microsoft Teams とエクセルの使用方法を5分程度で説明を行った。生徒は他の授業でタブレットを使用することが多く、また、エクセルの操作に関しては、1年次に2か月程度情報科の授業でエクセル処理を学んでいるため、特に戸惑う様子はなく積極的に取り組んでいた。この実験は一定の速さで円運動を維持することが難しく、昨年度実施した際は、明らかに速度が一定になっていない場合の測定値もそのまま計算に用いている班が多かった。しかし、今回の取り組みを通じて、計算時間の短縮による時間の余裕や自班のグラ

フの形状や他班のデータと比較して、疑わしいと考えられる測定値に対して、精度や実験方法の改善を話し合う姿がより多く生じ、実験精度を高めるために再測定する姿が多数見られた。実験時間のまとめでは、全部の班のデータをスクリーンに投影させ、それぞれの班の結果や測定値に関して言及した。その際、結果が異なっていた班に対しても、他班のデータと比較しながら法則性を確認することができ、複数の班の結果から法則性の正しさを理解している様子であった。

実験後の実験書の考察の部分については、これまで「〇〇がうまくいかなかった」をはじめとした定性的な表現が多かった。しかし、「おもりが少ないときは速度が遅くなりやすく、最初に行った2つのおもりの角速度は減少してしまった。そのためグラフの2点が左に大きく動いてしまった。」や「グラフの点が大きくずれた理由は、他の班との差を用いると1回転を多く回してしまったからだと思う。」など、今回の実験では測定値のずれやその大きさの大小を実験方法と関連させて表現した生徒が増加した。これは、実験中の精度向上の話し合いや、授業後もタブレットから自班や他班のデータを見ることができると、実験結果の精度や方法に対してこれまでより深い言及ができたのではないかと感じた。

4 研究のまとめ

私は今回の取り組みを通して、実践中および実践後の生徒の変容で述べたように多くの改善ができたのではないかと感じた。しかしながら、生徒は今回の取り組みをどのように捉えているか疑問に思い、簡単なアンケートを実施した(図3)。結果から今回の取り組みを肯定的に捉えている生徒が多く、自由記述欄に「今後も利用した実験を行いたい」「実験を行う時間がいつもより多くとることができた」など肯定的な意見が多数見られた。一方で、実験の計算を減らしことに対して、計算力の向上に疑問を感じる生徒が数名いた。そのため、計算箇所を少し増やすことを検討したいと思った。このような生徒の実験に主体的に取り組む態度は、今後新しい評価の中で形に残す必要を感じ、ワークシートや Microsoft Forms などを用いて生徒自身によって記録を残す必要性を感じた。また、今回の実践の授業者は円運動の実験を初めて行う先生に協力をお願いした。実験後の感想を尋ねたところ、「複数の班の結果を用いた説明が提示でき、まとめが行いやすかった。」「教員確認用シートを通して各班の状況が把握でき、支援が必要な班へすぐに支援を行えた。」という評価のように指導のしやすさについて成果があった。今後、他の実験に関しても取り組みを広げたいと感じた。



5 実践した授業の単元計画と指導案

(1) 単元の指導と評価の計画

時	主な学習活動など	重点	記録	評価基準・評価方法
1	等速直線円運動① 角速度の定義、速度や周期、回転数の関係の確認	知	○	評価基準：知識・技能（記述分析） ・円運動する物体の様子を表す方法を理解する。 ・速度や周期などの物理量を式で求めることができる。
2	等速直線円運動② 加速度と向心力の理解	知		評価基準：知識・技能（記述分析） ・円運動をする物体に働く力について理解する。 ・速度変化から加速度や向心力の存在について理解し、関係式を表すことができる。
3	等速直線円運動③ 円運動の実験	思	○	評価基準：思考・判断・表現（記述分析） ・実験を通して向心力と角速度の関係を判断ができる。
4	慣性力① 慣性力の理解	知		評価基準：知識・技能（記述分析） ・静止系と加速度系での物体の運動の見え方の違いを通して、慣性力の存在を理解する。
5	慣性力② 遠心力の理解・演習	思		評価基準：思考・判断・表現（記述分析） ・円運動について慣性力について考え、遠心力の存在に気付くことができる。 ・遠心力の関係式を理解し、演習問題を解くことができる。
6	万有引力① ケプラーの法則と万有引力の公式の導出	知	○	評価基準：知識・技能（記述分析） ・惑星の観測資料に基づいて、ケプラーの法則を理解する。 ・ケプラーの法則と運動の法則から万有引力を表現できることを理解する。
7	万有引力② 万有引力と重力 第1宇宙速度	思	○	評価基準：思考・判断・表現（記述分析） ・万有引力の公式を用いて、重力や地球表面上を円運動するために必要な速度を求めることができる。
8	万有引力③ 万有引力による位置エネルギー 万有引力と力学的エネルギー 第2宇宙速度	知		評価基準：知識・技能（記述分析） ・無限遠を基準とした万有引力の位置エネルギーを理解するとともに力学的エネルギーの保存が成り立っていることを理解する。
9	単振動① 単振動と円運動の関係を把握 単振動の変位、速度、加速度	知	○	評価基準：知識・技能（記述分析） ・単振動する物体の様子を表す方法を理解する。 ・円運動と関連させて各物理量を求めることができる。
10	単振動② 復元力と単振動の条件	知		評価基準：知識・技能（記述分析） ・単振動をする物体に働く力について理解するとともに、運動が単振動であるかの条件を理解する。
11	単振動③ ばね振り子・単振り子 単振動のエネルギー	思		評価基準：知識・技能（記述分析） ・各運動が単振動であるか判断することができるとともに規則性に関連する物理量に気付くことができる。
12	単振動④ 単振動の実験	態	○	評価基準：主体的に学習に取り組む態度（記述分析） ・グループ活動に積極的に参加し、実験精度向上に対してどのように改善しようとしたか表現している。

(2) 学習指導案

科目	物理		使用教材	教科書 実験プリント	
指導クラス	2年5・6組物理選択者(32人)		単元	1編 力と運動 第5章 等速円運動	
クラス観	物理選択者ではあるが、理系的な思考を不得意とする生徒が多く混在している。そのため、理解を深めるために意見交換や発言を積極的に行えるような手立てを行いたい。				
本時の主題	等速円運動の角速度と向心力の関係を理解する。	本時の位置	3/12		
本時の目標	円運動の角速度と向心力にはどのような関係があるか調べよう。				
評価の観点	<ul style="list-style-type: none"> ・実際の測定値から角速度を求め、向心力と角速度の関係をグラフから読み取ることができる。 【思考・判断・表現】				
本時の展開					
過程	学習内容	教員の働きかけ	学習活動 (生徒の活動)	評価の観点等 (具体的評価基準)	評価方法や 指導上の留意点
導入	<ul style="list-style-type: none"> ・円運動の振り返り ・本時の内容説明と ICT 機器の使用方法的説明 	<ul style="list-style-type: none"> ・向心力とその公式を復習する。 ・本時の目的と実験方法の説明、および実験結果の予想を立てるよう指示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・向心力とその公式を思い出す。 ・説明を聞き、本時の目的や実験方法、実験結果の予想を行う。 		<ul style="list-style-type: none"> ・入力が上手くできない班は申し出るように声を掛けをする。
展開	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごとの実験 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験や計算、入力が上手に進んでいない班へ机間指導を行う。 ・教員確認用シートを確認し、測定値が大きく外れている班の測定方法を生徒に尋ね、精度向上について話し合わせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごとに協力して実験を実施する。 ・測定値を用いて、計算やエクセルへの入力を行う。 ・自班や他班のグラフの形状を参考に自班の測定値の精度について考える。 ・測定値や結果、グラフ、考察をプリントに記入する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・グラフからおもりと角速度の2乗の関係が比例関係であることに気付くことができる。 【思考・判断・表現】	<ul style="list-style-type: none"> ・円運動を等速に行うことができないう班に対して技術指導を行う。 ・測定値が大きくずれている班に対して、原因を教えるのではなく、生徒が思考できるような声かけを行う。
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・本時のまとめ 	<ul style="list-style-type: none"> ・各班のグラフの形状を用いて、向心力と角速度の関係を生徒の意見を用いてまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自班と他班グラフの形状から向心力と角速度や角速度の関係を理解する。 		