

(8) 6年 SS 物理  
SS 科目 単元設計書

授業担当者	後藤貴裕	教科・科目名	理科 SS 物理
単元名	「波」が有する情報を現代社会はいかに活用しているか	対象学年	6年（高3）
IBDP の該当単元	Topic 4 Waves 4.3.Travelling waves 進行波 4.4.Wave characteristics 波の特性 4.5.Standing waves 定常波 Topic 9 Wave Phenomena 9.2.Single-slit diffraction 単スリット回折 9.3.Interference 干渉 9.4.Resolution 分解能 9.5.Doppler effect ドップラー効果 C1.Introduction to imaging イメージング基礎 C3.Fiber optics ファイバー光学 C4.Medical imaging(HL)医療イメージング	生徒数	物理選択クラス 18名
学習指導要領の該当単元	物理 2波 ア 波の伝わり方 (ア)波の伝わり方と表し方 (イ)波の干渉と回折 イ 音 (ア)音の干渉と回折 (イ)音のドップラー効果 ウ 光 (ア)光の伝わり方 (イ)光の回折と干渉 エ 波に関する探究課題	授業時間数	

探究：単元の目的を設定する。 **INQUIRY: establishing the purpose of the unit**

**学習目標 Transfer goals**

List here one to three big, overarching, long-term goals for this unit. Transfer goals are the major goals that ask students to “transfer”, or apply, their knowledge, skills, and concepts at the end of the unit under new/different circumstances, and on their own without scaffolding from the teacher.

波動はエネルギーを伝搬する現象として存在するだけでなく、波動そのものが有する情報を的確に理解し、活用することで身近な生活で有効に活用されている。波の性質を有効に活用することで有効に活用されていることを見出すために、波の基本的な考え方や知識理解をはかり、その考え方を応用して、独創的なアイデアを創出できるようにする。

- ・波動性が有する情報に関わる知識体系、方法、および手法を習得する。
- ・実験および研究に関する科学的スキルを身につける。スキルは身近な場面で応用できるようになることを含む。
- ・科学技術を用いることの妥当性について、グローバルな社会の一員として批判的な意識をもつ。

**Essential understandings**

List here the key content/skills/concepts that students will know/have at the end of the unit

<学習内容><スキル><概念>に分けて記入。

**学習内容 Students will know the following content:**

波の基本的性質として、波の重ね合せの原理、波の独立性があり、それらを用いてホイヘンスの原理や屈折の法則を理解する。

波の基本的性質が、振動現象や音響や光学のさまざまな現象として表出する関係を理解する。

波の伝わり方として直線上（1次元）での定常波を平面上（2次元）に拡張することで波の干渉を理解する。

波の伝わり方の基本的な考え方を拡張してドップラー効果を理解する。

ドップラー効果を利用して物体の運動を測定する原理や考え方を理解する。

光の干渉や回折を利用して距離や微小構造の測定する方法や考え方を理解する。

音の共鳴（固有振動）を用いて楽器の楽音（音階）の特定すること。

<p>全反射の性質（もしくは屈折）を用いて光ファイバが設計されているなど科学知識が応用されていることを理解する。</p> <p><b>スキル Students will develop the following skills:</b></p> <p>建築物の耐震構造を調べ、物体（固体）構造と固有振動の考え方を用いて、他者に説明するための物理モデルを作成する。</p> <p>コンピュータシミュレーションによる計算機実験を行い、帰納的にホイヘンスの原理を用いて屈折の法則を説明する。</p> <p>光の波動的性質（回折・干渉・屈折）を応用して水の屈折率を測定するための測定方法をデザインして測定する。</p> <p>画像解析を用いて液体の屈折率を求める。</p> <p>レーザー光による干渉縞とオプティカルレバーの原理を用いてCDの記録面のトラックピッチなど微細構造を測定する。</p> <p>自他の探究活動や研究成果を尊重しつつも批判的に省察し、改善や新たな課題へとつなげる。</p> <p><b>概念 Students will grasp the following concepts:</b></p> <p>開発：基本的な科学知識やそれによって得られたスキルを応用して、社会的に意味あるしくみやアイデアに応用して創造すること。</p> <p>モデル：他者に説明したり、思考を促すために原理を適切に抽象化させた具象</p> <p>パターン：シミュレーション結果や画像測定など、規則性や組合せなどで識別したり判断したりする。それを応用して事象を識別したり特定すること。</p>		
<p><b>探究の問い Inquiry questions</b></p> <p><b>Content-based:</b></p> <p>波動的性質をもちいて説明できる音、光の現象には何があるか？</p> <p><b>Skills-based:</b></p> <p>画像を用いて液体の屈折率を推測するための実験（測定）デザインとその測定精度と妥当性は？</p> <p>他者の共感（納得）を得る研究や開発に求められる要素は何か？</p> <p><b>Concept-based:</b></p> <p>「波動」の有する情報を現代社会はいかに活用しているか。</p>		
<p><b>学習評価</b>（学習評価に使用する規準を挙げる）</p> <p>規準 A：知識と理解</p> <p>規準 B：探究</p> <p>規準 C：実験観察の技能</p> <p>規準 D：データ処理</p> <p>規準 E：評価</p> <p>規準 F：科学による影響の振り返り</p>	<p><b>総括的評価 Summative assessment</b></p> <p>Outline of summative assessment task(s) including assessment criteria:</p> <p>(各規準のストランド(目標要素)から該当するものを抽出する)</p> <p>規準 A：知識と理解</p> <p>i.科学的知識について説明する。</p> <p>ii.科学的知識と理解を応用し、見慣れた状況下と見慣れない状況下で起きた問題を解決する。</p> <p>iii.情報を分析・評価し、科学的に裏付けられた判断を下す。</p> <p>規準 B：探究</p> <p>i. 研究トピックが特定され、関連性のある研究課題が明確に提示されている。研究課題は、十分に焦点が絞られている。</p> <p>iii.研究方法について、収集されたデータの関連性、信頼性、および十分に影響し得る重要な要素のすべて、またはほとんどすべてを考慮している。したがって研究方法は、研究課題を扱うのに非常に適切である。</p> <p>規準 C：実験観察の技能</p> <p>i. 実験器具、測定機器等の操作が正確である。</p> <p>ii.実験操作の過程、結果等、必要な情報を正確かつ十分に記録している。</p>	<p>Relationship between summative assessment task(s) and statement of inquiry:</p> <p>(評価課題の内容と学習目標や探究の問いとの関連を記述する)</p> <p><u>斜体・下線部は IB の要素が含まれる部分</u></p> <p>単元テスト：規準 A 波動に関する知識理解を評価するための問題演習などにより、科学的知識について説明したり、問題を分析したり、評価し、判断を行う。</p> <p>②音の共鳴現象の探究 S1：気柱共鳴 規準 C i：実験器具の扱い方が適切な方法で実施されていることを記録する。実験上の注意点が適切に記録されている。 規準 D i：<math>2(l_1 - l_2)</math>と<math>4l</math>の違いを実験結果から正確に説明できるだけの適切な測定（記録&gt;回数）を行い、それから求めた音速で妥当性を判断する。</p> <p>S2：楽音の音階メカニズムの解明 規準 B iii：楽器の音階の発生機構にはどのような共鳴（共振）が機能して固有振動を作りだしているか仮説をたて、その仮説を検証するのに適した研究方法がデザインされ、そのデータを含めた研究方法が適切であることを説明する。 規準 E ii：先行研究や仮説を裏づける理論が正確に説明されており、一般的（抽象度の高い）な物理現象や法則に則っていることを説明する。 規準 F iii：科学用語を用いて、音階の発生メカニズムに関して理解したり考えたことを明確かつ正確に表現する。 規準 F iv：仮説の根拠をしめすための情報（先行研究など）を明らかにして情報源を正確な方法で明記する。</p> <p>③固体の共振（固有振動）の探究 S3：建造物の地震対策構造の説明用科学工作モデルの開発 規準 A ii：<u>身近でない耐震・免震・制振構造を身近な紙工作モデルで説明する。</u> 規準 F ii：固有振動のしくみを現代社会のなかで応用されている具体的な事例をあげて、そのしくみの説明と社会的影響を評価して論じる。</p>

	<p>規準 D : データ処理</p> <p>i .課題に対する詳細で妥当な結論の裏づけとなり得る、十分に関連する定量的および定性的なデータが含まれている。</p> <p>ii .適切かつ十分なデータ処理が行われている。そのデータ処理には、研究課題の結論を実験データと完全に一致する形で引き出すことを可能にするのに必要とされる正確さが備わっている。</p> <p>iii .分析に関する測定値の不確かさの影響を十分かつ適切に考慮していることがうかがえる。</p> <p>iv .処理されたデータの解釈は、間違いがなく、研究課題に対して完全に妥当で詳細な結論を導き出し得るものである。</p> <p>規準 E : 評価</p> <p>ii .一般に受け入れられている科学的文脈と関連性のある比較を踏まえて、結論が正確に詳しく述べられ、正当化されている。</p> <p>iii .データの限界やエラーの原因など研究の長所と短所が議論されており、結論の構築に関連する方法論の問題※を明確に理解していることがうかがえる。</p> <p>iv .研究を改善し、広げるための現実的で関連性のある提案について議論されている。</p> <p>規準 F : 科学による影響の振り返り</p> <p>i .具体的な問題または課題への対処に科学がどのように応用され、用いられるかを説明する。</p> <p>ii .一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または課題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じ、評価する。</p> <p>iii .科学用語を一貫して応用し、理解したことを明確にかつ正確に伝える。</p> <p>iv .情報源を完璧に明記する。</p>	<p>④波（2次元）の波の伝わり方の探究 S4 : ホイヘンスの原理とシミュレーション実験 規準 D ii : <u>屈折の法則が媒質による波の伝播の速さの違いによって生じることをシミュレーションの結果から定量的に導くとともに、その妥当性を適切な作図に説明する。条件を変えたシミュレーション結果の比較にもつぎ適切な分析を行いホイヘンスの原理を用いた屈折の法則を説明する。</u></p> <p>規準 F i : シミュレーション結果や図説モデルと光の波動性を関連づけて、光の屈折の現象を的確に説明することができ、物理概念を説明するための図説モデルの違いを比較する。</p> <p>⑤光の伝わり方の探究（画像測定法の開発） S5 : ガラスの屈折率の測定 規準 D iv : 光路の記録が正確で処理（作図・計算）が間違いなく、ガラスの屈折率を求める方法として妥当であることを屈折率の妥当性から判断する。</p> <p>S6 : 浮上り現象から屈折率を推測する方法 規準 A iii : 画像から得られる情報を分析し、水の屈折率を決める。 規準 D iii : <u>画像から必要な情報が適切な方法で読み取っていることが図示され、測定点を増やす等そこから測定精度を上げるための工夫をする。</u></p> <p>⑥光の干渉性の応用 S7 : 薄膜干渉を用いたフィルム厚測定 基準 E iii : 読み取りデータの限界やエラーの原因などを含めた光学的測定方法の長所と短所が説明されており、結論（測定値）の精度や解析の方法へ与える影響などが説明されており、精度を上げるための工夫（読み取り・解析の方法）がなされている。</p> <p>S8 : 干渉縞を用いた微細構造（光学メディア記録面の構造）の測定 規準 B iii : <u>干渉縞の間隔からトラックピッチを導出できる測定原理が正確に説明されており、適切な実験デザインがなされている。測定値等をもとに適切なデザインであることが示めされていたり、適切な測定値が得られるための工夫が複数具体的に示されている。</u> 規準 D ii : 精度のよいトラックピッチを導出するのに十分な質と量のデータが収集できている。測定値からトラックピッチの導出の過程が論理的に説明されている。規格値と比較するなど、<u>実験結果を評価して、実験目的を満足する適切な処理ができていないか検討されている。</u> 規準 F ii : 複数の実験結果を考察して、光学記録メディアの情報密度の変遷について考察している。実験から得られた知見や科学知識にもとづいて、情報記録密度を向上させるためのアイデアが提案されている。<u>科学の基礎研究が人間生活を豊かにすることとの関係性について論じられている。</u></p> <p>S9 : 光学的特性を用いた屈折率測定方法の開発 規準 C ii : 結論（水の屈折率）が示されており、それを導出するために必要なデータが適切な方法で測定され、結論を導出する過程が示され、結論が妥当な値であることが示されている。 規準 E iii : 測定精度やその特徴（長所・短所など）について議論されており、量的に他の方法と比較するなどして、開発した測定方法の問題点などを明確にしている。 規準 F i : <u>これまでの実験や学習の結果を活用して独創的なアイデアが考案されており、実用的なアイデアであることが説明されている。</u></p> <p>⑦開発成果の提案 S10 : 研究成果の共有・査読 規準 B i : 査読意見や主張（何）を、図や実演（手法）などを用いて、執筆者や第三者（誰）に分かりやすく表現されるなど、議論しやすい適切な論点が示められ、活発な議論を展開させることができた。 規準 E iv : 先行研究や引用などに基づいて、独善性を排した評価がなされており、査読意見の正当性が示められている。</p>
--	--	--

活動：探究を通じた教授と学習 ACTION: teaching and learning through inquiry

学習内容・スキル・概念 Content/skills/concepts	学習課程 Learning process
<p style="text-align: right;"><i>斜体・下線部は IB の要素が含まれる部分</i></p> <p><u>&lt;学習内容&gt;Students will know the following content:</u>                      波動の基本的性質および固有振動について学習する。                      波の独立性・重ね合せの原理、定常波（1次元）、干渉など</p> <p>建造物の地震・振動対策構造の探究を通して構造体の固有振動モデルを理解する。</p> <p>ホイヘンスの原理に従う計算モデルを用いて屈折の法則を理解する。</p> <p>錯覚や画像測定を通して視覚的な特性から物質の絶対屈折率の物理的（光学的）特性（物質中の光が進む速さなど）を理解する。</p> <p><u>画像測定や光学的測量法をとおして光の波動性や光学特性（光の直進性や干渉性など）を理解する。</u></p> <p><u>&lt;スキル&gt;Students will develop the following skills:</u>                      建造物の固有振動の物理モデルの開発を通して、<u>波動の物理的特性を適確に表現する手法を得る。</u>（開発する）⇒説明用科学工作モデル</p> <p>シンプルなモデルで条件を変えた計算機実験を重ねることで、関連した事象を説明することができる。または、<u>他の原理や別の手法によって説明することができる技能を得る。</u>⇒ホイヘンスのシミュレーション</p> <p>屈折率や物質中の光が進む速さなど光学特性をもちいることで、間接的な測定をおこなったり、<u>直接測定できない物理量を推測する手法やその考え方を開発する。</u>⇒屈折率測定方法の開発・画像測定</p> <p>オプティカルレバーや干渉縞を利用して微細構造を解明したり測定する考え方や技能を身につける。⇒微細構造の探究</p> <p><u>&lt;概念&gt;Students will grasp the following concepts:</u>                      音や光の波の性質を活用することで、波動性が有する情報から直接・間接的にさまざまなことを知る（読み取り・推測）ことができる。</p> <p>波の基本的性質としての【独立性】【重ね合せの原理】および【回折性】【干渉性】を組み合わせることで、その発信源・経路の状況を知る情報源となることを理解する。</p> <p><u>これらの原理や考え方は身近な技術（主に測定技術として）として利用されていることを理解し、基礎的原理や概念を深く探究し理解することで、独創的なアイデアや技術革新につながることを理解する。</u></p>	<p>Learning experiences and strategies/planning for self-supporting learning: (実践した授業形態を選ぶ)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Lecture  <input type="checkbox"/>Socratic seminar  <input checked="" type="checkbox"/>Small group/pair work  <input checked="" type="checkbox"/>Powerpoint lecture/notes  <input type="checkbox"/>Individual presentations  <input checked="" type="checkbox"/>Group presentations  <input type="checkbox"/>Student lecture/leading  <input type="checkbox"/>Interdisciplinary learning</p> <p>Details:                      ① 波の基本的性質（講義）                      ② 音の共鳴現象の探究（S1 気柱共鳴，S2 楽音の音階メカニズムの解明）                      ③ 固体の共振（固有振動）の探究（S3 建造物の地震対策構造の説明用科学工作モデルの開発）                      ④ 波（2次元）の波の伝わり方の探究（S4 ホイヘンスの原理とシミュレーション実験）                      ⑤ 光の伝わり方の探究（画像測定法の開発）（S5 ガラス屈折率測定，S6 浮上り現象から屈折率を推測する方法）                      ⑥ 光の干渉性の応用（S7 薄膜干渉を用いたフィルム厚測定，S8 干渉縞を用いた微細構造（光学メディア記録面の構造）の測定，S9 光学的特性を用いた屈折率測定方法の開発）                      ⑦ 開発成果の提案（S10 研究成果の共有・査読）</p> <p><b>形成的評価 Formative assessment:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実験（開発）計画書の観点別の自己評価及び教員によるコメント</li> <li>・予備実験をもとにした実験デザイン</li> <li>・科学工作のプロトタイプについてチェックリストによる評価</li> <li>・シミュレーション実験の計算過程について相互評価</li> <li>・画像測定の解法過程の記録</li> </ul>
<p><b>学習の方法 Approaches to learning (ATL)</b></p>	
<p><input checked="" type="checkbox"/>Thinking                      転換：科学的知識を活用して、実験課題等の問題解決の戦略を立てる。                      創造的思考：様々な情報（科学的背景，社会的要請など）の関連付け，再構築をする。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Social                      協働：グループ実験において，個々の特性を生かした役割分担をおこない，他者の貢献を認め，意見の交換や統一をはかる。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Communication                      コミュニケーション：実験方法および計算・解析の過程の記録をおこなう。図示やグラフなど自分の思考を整理したり，他者へ適切な説明ができるように配慮する。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Self-management                      振り返り；開発成果の査読（相互評価）・省察（自己評価）において，自分の理解について熟考し，考え方を尊重しつつも批判的な視点を持ち，その取り組みや意見を正しく認識する。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Research                      情報リテラシー：原理や基本モデルを正しく理解し，それを活用するための適切な情報を正しい方法でえる。</p>	

資料 Resources
<p>川勝博 川勝先生の物理授業（下） 海鳴社</p> <p>工藤 有華, 佐々木 里奈, 宇藤 茂憲 「表計算ソフトを活用した光学実験システムの構築と実験例」 物理教育 59(2), 85-89, 2011-06-07</p> <p>山田朝治 横関俊介 編著「モアレ縞・干渉縞応用計測法」 コロナ社</p> <p>科学技術・理科教育のための革新的デジタル教材「波と粒で見る世界～光と電子の波動性と粒子性」（理科ねっとわーく）</p> <p>Takahiro Goto(2008) DEVELOPMENT OF TEACHING MATERIAL USING PRACTICAL INFORMATION TECHNOLOGY ～The Progress of Information Technology from the Viewpoint in High School Physics Program～ PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION2006pp. 280-281</p> <p>Takahiro Goto(2008) Visual Physics : Quantitative capturing of physical phenomena by using images, Innovative teachers conf</p> <p>後藤貴裕 (2006) 「水面波を定量的にとらえよう」(社) 日本教育工学振興会(JAPET) 実践事例アイデア集 1 5</p>

**振り返り REFLECTION: Considering the planning, process and impact of the inquiry**

What worked well	What didn't work well	Notes/changes/suggestions:
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S9 光学的特性を用いた屈折率測定方法の開発では、以前の探究活動を踏まえて創意工夫が見られた。</li> <li>・ S10 では他者の研究や開発成果に対して、欠落しているところの指摘だけでなく、良いところを相互に指摘できるなど前向きな配慮が見られた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 課題を完成させることを優先してしまった結果、実験精度を高める工夫や厳密性に対する指導を十分に行うことができなかった。</li> <li>・ 全員が同じレベルの探究活動や成果を得ることができなかった。特に、グループ活動や実験では、役割分担が明確にできずに、他人任せの作業が散見されたが、S10 などは授業時間外での活動が中心となってしまったため、十分に指導することができなかった。</li> <li>・ S9 では、測定方法の開発としたが、原理や開発の過程において探究活動は展開できたが、実用的なレベルでの開発にはいたっていないアイデアレベルにとどまった。&gt;S10 で議論を活性化させる機会とはなかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 探究過程を通して、音や光の波動的性質が持つ情報の活用の仕方について一定の理解を得ることができた。</li> </ul>

**Transfer goals**

List the transfer goals from the beginning of this unit planner.

波動の探究は、共振（固有振動）現象や音や光の現象を理解するためだけでなく、波動性が有する特徴を情報としてとらえ、それを適切に理解することで、身近なところで様々な形で利用されていることを知る。また、その考え方を理解することで様々な事象の波動的性質を利用することで、新たな知見や情報を得るための独創的なアイデアを考案できるようにする。

- ・ 波動性が有する情報に関わる知識理解をはかり、その情報を解釈したり利用することができるようになる。
- ・ 実験および科学研究に関する科学的スキルを身につけ、身近な場面で利用できるようになる。
- ・ 科学研究成果や科学技術を用いることの適切性や妥当性について、グローバル社会の一員としての自覚のもとに検討することができる。

**Transfer reflection**

How successful were the students in achieving the transfer goals by the end of the unit?

本単元において、上記の学習目標については、概ね達成できたと思われる。

教科の内容からスタートした探究活動であったため、単元の最初は講義や検証実験が中心となり、実験デザインなどの余地が無い探究活動であったが、後半の開発型実験や探究活動では、グループごとに異なる設計やアイデアを練ることができ、探究活動に対する視点の成熟がみられた。

固有振動の理解と応用 [ゆらゆら] (固有振動を簡単な物理モデルとして表現)

□物体の固有振動 (固有周期) は物体の大きさに関係がある。  
 □地震の際のビルのゆれ方もビルの大きさと関係があると考えられる。

《ビルの固有周期の関係》

鉄筋コンクリート造 (RC造) の場合 固有周期 (秒) = 0.02 × 建物の高さ (m)  
 鉄骨造 (S造) の場合 固有周期 (秒) = 0.03 × 建物の高さ (m)

Q: ビルの地震対策の種類とその仕組みを説明する物理モデルを作成して、私たちの暮らしにおける科学の応用について考察する。

準備: 紙テープ ホッチキス クリアファイル

- ビルの地震対策については、主に次の種類に分類すること  
 《ビルの地震対策の種類》耐震、免震、制振
- ビルの地震対策の詳細については各自で調査して、固有振動との関係から物理モデルが説明できるようにすること。



《レポートの要素》

- ① ビルの地震対策の種類と期待されている効果
- ② ①の地震対策の原理について固有振動の原理と関連づけて説明
- ③ 作成した物理モデルと①②との関係の説明
- ④ 地震対策における「科学の応用」と「社会的影響」について論じる。
- ⑤ 感想など自由記述

評価	評価規準 A: 知識と理解 (2)	
0	以下のいかなる水準にも達していない。	
1-2	固有振動を用いて、物理モデル(ゆらゆら)の類似する性質を述べることができる。	科学的知識と理解を応用し、見慣れた状況下で起きた問題の解決策を提案する。
3-4	固有振動を用いて、建築物(ビル)の地震対策構造と物理モデル(ゆらゆら)の類似する性質を述べることができる。	科学的な知識と理解を応用し、見慣れた状況下で起きた問題を解決する。
5-6	固有振動を用いて、建築物(ビル)の地震対策構造と物理モデル(ゆらゆら)の関係を説明することができる。	科学的知識と理解を応用し、見慣れた状況下で起きた問題の解決策を提案する。
7-8	固有振動が生じるしくみを理解してその知識を用いて、建築物(ビル)の地震対策構造を、身近に確認できる物理モデル(ゆらゆら)を用いて説明することができる。	科学的知識と理解を応用し、見慣れた状況下で起きた問題を解決する。
評価	評価規準 F: 科学による影響の振り返り (2)	
0	以下のいかなる水準にも達していない。	
1-2	固有振動が応用されている事例をあげてその概要を述べる。	一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または問題の解決に科学を用いることが与える影響についてその概要を述べる。
3-4	固有振動のしくみを身近な生活のなかで応用されている事例をあげて、そのしくみと影響について記述する。	一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または問題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じる。
5-6	固有振動のしくみを身近な生活のなかで応用されている具体的な事例をあげて、そのしくみの説明と影響を論じる。	一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または問題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じる。
7-8	固有振動のしくみを現代社会のなかで応用されている具体的な事例をあげて、そのしくみの説明と社会的影響を評価して論じる。	一つの要因と関係づけながら、具体的な問題または問題の解決に科学とその応用を用いることが与える影響を論じ、評価する。

固有振動 (物体固有の振動) の例

外部から周期的な振動を加えた時にその振動数と同じ固有振動数を持つ物体が振動し始め、私大に大きな振動になる現象 (共振) または (共振)

- ①振り子の固有振動
- ②洗面器の固有振動
- ③吊り橋の固有振動 (タコマ橋)

<http://www.rikonet.jst.go.jp/contents/cp0330/guide/auto/lesson/00000004.html>

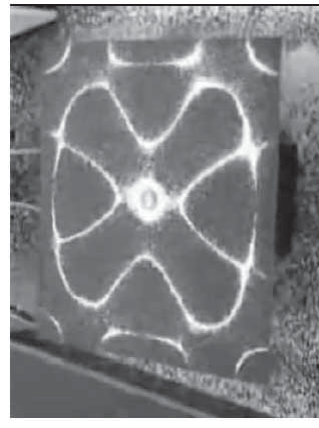


<http://www.sozogaku.com/fkd/cf/GA0000632.html>

- ④ ビルの固有振動と長周期地震 長さとも固有振動の関係  
<http://www.nikkeibp.co.jp/article/sj/20100120/2061167?P=5>  
 ビルの共振 (東日本大震災 ¥ 新宿)  
[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_detailpage&v=ACKMPD6MvSs#t=105s](http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=ACKMPD6MvSs#t=105s)  
[http://www.youtube.com/watch?list=PL1CD97E6EA4E0C74&v=JhJdztlz16KY&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?list=PL1CD97E6EA4E0C74&v=JhJdztlz16KY&feature=player_detailpage)

⑤ クラウド二図 (2次元平面における固有振動 (定常波))

振動数と図形の関係



## ビルの地震対策の種類とその仕組み

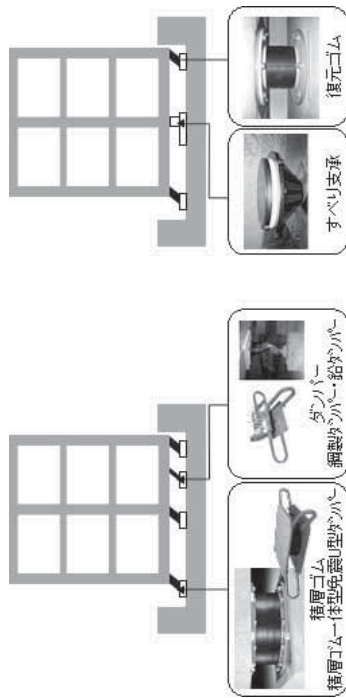
### 1. ビルの地震対策の種類、その説明

一般的な家屋とは違い、高層のビルは固有振動の値が小さく、数秒間に一回といったゆっくりに揺れ、つまり周期の長い揺れを持つ地震に対して弱く、またその揺れ幅も建物が高さにより、大きくなってしまふ。そのため建築外車は様々な方法でそのビルが受ける地震の揺れを小さくしている。

調べたところ、その建物の揺れを抑制する手法には、大きく分けて「免震技術」「制振技術」「耐震技術」の3つがある。どれも地震の揺れに対抗するための技術であるが、それぞれの原理として目的は大きく異なっている。

まず、免震は地震の揺れを建物がなるべく受けたくないようにする技術である。下の図のように、多くの免震技術では建物と地面の間にゴムやダンパーなど挟むことで、地表と建物を切り離す。つまり地表の揺れを直接建物に伝わらないようにしているのだ。建物自体の揺れが小さくなるので、例えば建物のガラスが割れにくくなり、飛散しにくくなり、家具や家電なども倒れにくくなる。まだまだ多額の設置費用やメンテナンス費用などがかかるが、後ほど説明する制振や耐震よりも建物の外部と内部の療法の安全性が極めて高い技術のため、さまざまな場所での利用が期待されている。

図1 免震構造の仕組みと種類



制振は地震の影響で揺れる建物のエネルギーを吸収して揺れを抑制する技術である。これは2つほど異なる方法があり、ひとつは建物の骨組みの間に制振ダンパーという揺れのエネルギーを吸収する装置を挟む方法。もうひとつは建物の最上階に建物の揺れと逆方向に動くおもりを設置し、建物にかかる波を逆位相の波で打ち消しながら揺れを吸収する方法である。前者は中層から高層のビルに、後者は高層から超高層のビルに組み込むと効果的であるという。免震とは違い、建物に直接波が伝わるので、高層部分は揺れにくくなるが、低層部分は自身のエネルギーをほぼ直に受けるので、建物内の家具などは倒れてしまう可能性が高いという欠点がある。ただ、すでに完成しているビルに付け加えるのが容易なので、免震よりも容易な地震対策である。

図2 ダンパー (省略) 図3 ビル最上階に置く巨大免震装置 (省略)

そして耐震は建物自体の構造を強化し、地震の揺れでの歪みや建物の倒壊をなくす技術である。建物が地震に耐え、中の人を守るのが目的であり、地震のエネルギーの減少を目的としていないので、揺れの大きさは地震対策を何も行っていない建物と同じとなる。そのため、建物内のモノの転倒や破損、建物自体がダメージを受け損傷する可能性が高い。免震や制振とは違い、耐震は建物の壁を厚く頑丈にしたり、柱を増やしたりなど、古くから行われてきた手法であり、最も一般的な地震対策方法と言えるだろう。

図4 耐震工事の例 (一部制振の内容を含む) (省略)

このように同じ地震対策であっても、それぞれの原理として目的は大きく異なっている。昔の建物は、耐震のみが備わっていることが多いが、最近の超高層ビルでは免震、制振、耐震の3つの地震対策を上手く組み合わせ、地震時の被害を最小限にしようと試みている。

日本での例としては色々あるが、おもに耐震と制振を使った例として大阪にある高さ300mのあべのハルカスが、おもに免震と耐震を使った例として同じく大阪にある高さ200mの中之島フェスティバルタワー挙げられる。

図5 あべのハルカス (省略)

図6 中ノ島フェスティバルタワー (省略)

さて、自分らは説明だけではなく、これらが本当に作用するのか、簡単ではあるが、厚紙などを用いて、実験してみた。

### 2. モデル作成による実験

実験では、先ほど説明した、免震、制振、耐震が本当に作用するのか簡単に調べるため、下の図のようなモデルを作成した。

ともかく、今回のゆっくりとした揺れの実験での制振モデルの揺れを除けば、このモデル実験から、免震、制振、耐震、この3つの地震対策技術は最初の部分での説明のように建物の揺れを大きく抑えることができることがわかった。

### 3. 地震対策における「科学の応用」と「社会的影響」

様々な地震対策方法があったが、どれもとてもシンプルな科学的な応用方法であると感じた。例えば制振技術であった、おもりで逆位相を作る方法は波の揺れが逆になり、合成波の影響でエネルギーが小さくなるということも簡単な仕組みであり、また免震技術の方も地面と建物を離し、揺れが伝わりにくくするという簡単な構想である。

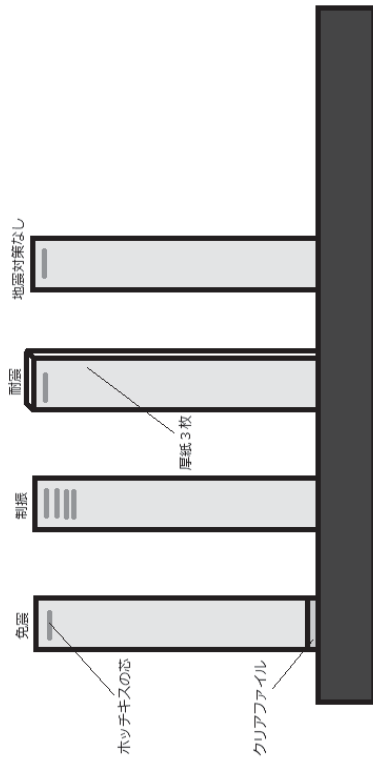
だれでも簡単に思いつきそうなものがあるが、このように世の中に使っていくのが重要であり、科学技術のあり方であるのかと感じた。また、地震対策は他の分野とは少し違い、建築基準法など法律にも関わっている。免震、制振、耐震のそれぞれの科学技術はシンプルであれども、世の中に使うように応用することによって、社会的、経済的、政治的にも強く影響するののだと感じた。

### 4. 感想等

今回行った実験や地震対策について調べることによって、いままです授業で勉強してきた逆位相時と同位相時の波の関係や、合成波の振幅の変化などが、世の中の建造物に関わっており、科学技術が世の中に影響しているいい例を理解することができた。今回は、今回の実験で少し疑問が出た制振技術の制御方法の仕組みを調べたり、波の性質を利用した科学技術が地震とは違うところで使われていないかなどを調べ、より理解を深めていきたい。

#### 参考文献

- 株式会社大林組 建物を揺れから守る URL : [http://www.obayashi.co.jp/service\\_and\\_technology/n\\_014detail01](http://www.obayashi.co.jp/service_and_technology/n_014detail01) 閲覧日 : 6月5日
- THK 免震ウェブサイト 免震ってなに? URL : <http://www.menshin.biz/?q=menshin/node/3395> 閲覧日 : 6月6日
- 日本の超高層ビル・あべのハルカス、最先端のテクノロジー URL : <http://toolbirtu.web.fc2.com/topic/top-12.12.09.html> 閲覧日 : 6月11日
- 中野島フェスティバルタワー タワー概要 耐震性 URL : <http://www.asahi.com/festivaltower/tower/earthquake.html> 閲覧日 : 6月12日



地面に見立てた黒い厚紙に、ビルに見立てた厚紙をつけ、それぞれ条件を変えていった。

- 地震対策なしモデルの場合は厚紙一枚で他には何も施さなかった。
- 免震構造モデルではクリアファイブの代わりとし、地面と厚紙の間にはさみ、実際の免震技術に使われるゴムやダンパーの代わりとし、地表と建物を切り離す構造を作った。
- 制振構造モデルでは厚紙の端にホッチキスの芯をたくさんつけることで、建物の最上階に建物の揺れと逆方向に動き、逆位相の波で地震の揺れを取めるおもりの代わりとしてみた。
- 耐震構造モデルでは厚紙を三枚重ねて、ビル自体を丈夫にした。

このように別々の条件で作ったモデルを、手で幾つか異なる振動数で揺らしながらそれぞれの動きを見てみる。

#### 実験結果

高層のビルが弱い、振動数が少ない、つまりゆっくりとした揺れでモデルを揺らしたところ、多くの場合、制振→地震対策なし→免震→耐震の順に揺れが小さくなっていった。

逆に振動数が少ない、細かい揺れでモデルを揺らすと、地震対策なし→耐震→免震→制振の順に揺れが小さくなっていった。

上のような結果になったのは、制振技術は難しさが原因と考えられる。なぜなら、モデル実験のゆっくりとした揺れの場合、おもりが建物の揺れと逆方向に揺れずに、同じ方向にゆれてしまい揺れのエネルギーを吸収せず、逆に揺れを増幅してしまう事があったからだ。



S6【画像から水の屈折率を推測：画像測定】

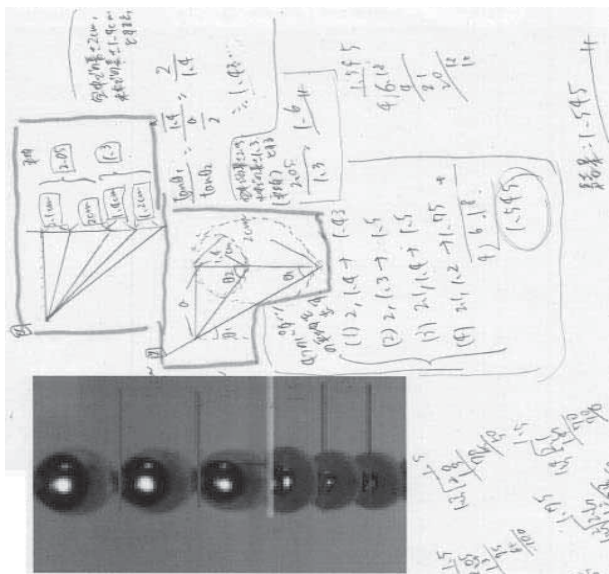


図1：S6浮上り現象から屈折率を推測する方法（画像測定）

評価	評価規準A：知識と理解（3）	評価規準D：データ処理（3）
0	以下のいかなる水準にも達していない。	以下のいかなる水準にも達していない。
1-2	画像から情報が読み取られていることが示されている。	画像からよみとったデータであることがしめさ
3-4	画像から必要な情報が読み取られていることが示され、それを使った解法が示されている。	画像から得られるデータの特徴を考え、それを考慮した処理がなされている。
5-6	画像から必要な情報が読み取られていることが示され、そこから水の屈折率を求める解法の過程が分かりよく示されている。	画像から得られるデータの限界を理解し、考慮して結論がえられる工夫がなされている。
7-8	画像から必要な情報が読み取られていることが示（図示等）され、そこから水の屈折率を求める解法の過程が論理的に示され、分かりやすく説明されている。	屈折率を求めるためには、画像から得られるデータの限界を理解し、それを考慮し、妥当な結論がえられるようにする工夫がなされている。
0	情報を解釈し、科学的に裏付けられた判断を下す。	分析に関する測定値の不確かさの影響を考慮していない。
1-2	情報を分析し、科学的に裏付けられた判断を下す。	分析に関する測定値の不確かさの影響をほとんど考慮していないことがうかがえる。
3-4	情報を分析し、科学的に裏付けられた判断を下す。	分析に関する測定値の不確かさの影響をある程度考慮していることがうかがえる。
5-6	情報を分析し、科学的に裏付けられた判断を下す。	分析に関する測定値の不確かさの影響を十分かつ適切に考慮していることがうかがえる。

図1に「S6浮上り現象から屈折率を推測する方法（画像測定）」の生徒レポートを示す。この課題では、評価規準A：知識と理解iiiと評価規準D：データ処理iiiを示している。

水の屈折率を求めるにあたって、「必要な情報の読み取りの根拠がしめされている」と、「解法の過程が図説等を用いて分かりやすくしめされている」と、など評価基準に則って解法の見通しを立て、探究を進めていることがわかる。複数の部位の測定値をとることと妥当性を高めようとしているが、結論の妥当性についての分析的な評価には至っておらず、授業時間内での活動としては解（画像から水の屈折率を推測する）を求めたことで課題を達成したとし、解法に対する省察も行われていることはなかったため〔評価規準Aを5相当・評価規準Dを6相当〕とした。

この課題が授業内で完結していること（時間的制約）、実験・観察などの実際の作業を伴わないので一意解を求める演習問題と同様な印象であったことなどが、探究活動（解法）に対する分析的な評価には至り難かった要因として考えられる。

S9【光学的特性を用いた屈折率測定方法の開発】

これまでの実験（ガラスの屈折率・画像測定）などを参考に液体の屈折率を求める独創的な手法を考案しなさい。

ヒント：6.1.2.2.S1（幾何光学的手法を用いたガラスの屈折率測定）、6.1.2.2.S2（画像測定）、6.1.2.5.S4（干渉縞測定）など物理課題研究で実施した測定方法を次のポイント③～⑤で評価（比較）して独創的なアイデアを考案するとよい。

考案した方法について次のポイント①～⑥についてまとめると。それぞれのポイントごとに、他手法（S1 幾何光学的手法、S2 画像測定、S4 干渉縞測定）と比較するとまとめやすい。

- ①測定方法の説明  
具体的にどのような方法で測定するのか図説などを交えて詳説し、実際に実験ができるような提案とすること
- ②提案の理由（科学的根拠）：その手法を提案した理由もしくは仮説（提案する方法で屈折率が測定できる理由や用いる原理などを説明）
- ③期待される測定精度とその妥当性（他の方法と比較してみよう。）
- ④期待される用途（応用）：提案した測定方法はどのような用途に使える可能性があるか（ただ測定精度が高いことが良いとは限りませんが、例えば採取できない液体の屈折率を測定できるとか他の方法ではできないことに価値を見出すこともできます。）
- ⑤長所と短所（改善したい点）
- ⑥参考文献など。先行研究などがあれば参考にしたい研究や技術（実装されたもの）

SS 物理生徒探究活動事例

SS 物理生徒探究活動事例

規準 C：実験観察の技能 II

評価	評価規準 C：実験観察の技能 II
0	以下のいかなる水準にも達していない。
1-2	結論（水の屈折率）および、結論に必要な情報が程々記録されている。
3-4	結論（水の屈折率）が示されており、それを導出するためのデータが測定され、結論を導出する過程が示されている。
5-6	結論（水の屈折率）が示されており、それを導出するためのデータが測定され、妥当な結論を導出する過程が示されている。
7-8	結論（水の屈折率）が示されており、それを導出するために必要なデータが適切な方法で測定され、結論を導出する過程が示され、結論が妥当な値であることが示されている。

規準 E：評価 III

評価	評価規準 E：評価 III
0	以下のいかなる水準にも達していない。
1-2	測定精度やその特徴について述べられているが、手順の問題点に限定された評価である。
3-4	測定精度やその特徴について述べられており、開発した測定方法の問題点などについて触れている。
5-6	測定精度やエラー、その特徴（長所・短所など）について述べられており、他の方法と比較するなどとして、開発した測定方法の問題点などについて触れている。
7-8	データの限界やエラー、特徴（長所・短所など）について議論されており、量的に他の方法と比較するなどとして、開発した測定方法の問題点などを明確にしている。

規準 F：科学による影響の振り返り I

評価	評価規準 F：科学による影響の振り返り I
0	以下のいかなる水準にも達していない。
1-2	これまでの実験や学習の結果を活用してアイデアが考えられている。
3-4	これまでの実験や学習の結果を活用して独自のアイデアが考えられており、まとめられている。
5-6	これまでの実験や学習の結果を活用して独自のアイデアが考えられており、実用的なアイデアであることが述べられている。
7-8	これまでの実験や学習の結果を活用して独自のアイデアが考案されており、実用的なアイデアであることが説明されている。

生徒レポートを示す。ここでは、主に探究活動を通して独自のアイデアを提案する探究活動の創造的アプローチを対象としている。この課題では、事前の探究活動を踏まえたデザインを対象とした。生徒のレポートからは、新たに探究した成果や過去に探究した課題や既習事項等を活用して、独自のアイデアに至った探究の過程がうかがえる。また、想定される用途が具体的に示され、測定における長所・短所が適切に示されており、たんなる思いつきのアイデアでなく、科学知識を用いて実現可能性について述べるなど、評価基準で示された要求水準に則って探究している様子がうかがえる。アイデアの科学的根拠に基づく提案及び独創性と実用性に関する説明も実証をされており関心・意欲が高いが、社会的な貢献や活用の展望までは述べられていないことや、他の測定方法と量的な比較評価がなされていないのが課題である。

(5) 液体の屈折率を求める独創的な手法の考案

① 測定方法の説明

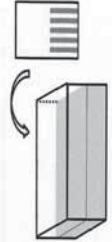

② 提案の理由

③ 期待される測定精度とその妥当性

④ 期待される用途

(参考) 仮実験で得られた水の絶対屈折率：約 1.2

⑤ 長所と短所

S9：光学的特性を用いた屈折率測定方法の開発