

修士論文

学習者の概念理解と能動性を高めることを目的とした JiTT による高校物理授業の実践
～その方法と効果～

The Use of JiTT for Improving Learner's Conceptual Understanding and Activeness
in High School Physics Classes ～The Method and Effect～

熊本大学大学院
社会文化科学教育部教授システム学専攻 博士前期課程
211-G8809
落合道夫

主指導 : 中野裕司 教授
副指導 : 久保田真一郎 准教授

2024 年 3 月

目次

第1章	序論	5
1.1.	本研究の背景	5
1.2.	JiTTの歴史	6
1.3.	JiTTの特徴	6
1.5	JiTTを導入する意義と期待される効果	7
1.4.	本研究の目的	7
1.6	先行研究	8
1.7	いわゆる反転学習との違い	9
1.7.1	反転学習の長所と短所	9
1.7.2	「反転」ではなく「事前」を	10
1.7.3	反転学習とJiTTの違い	11
1.7.4	溝上による反転学習とJiTTの境界	12
1.8	文科省学習指導要領との関連	13
1.8.1	現行の学習指導要領の特徴	13
1.8.2	高等学校学習指導要領 理科編 物理の特徴	13
1.8.4	「主体的・対話的で深い学び」のJiTT	15
第2章	JiTTの高校物理での実践	16
2.1.	JiTTのフィードバックループ	16
2.2	事前課題	16
2.3.	生徒の回答	17
2.4.	教師による分析	18
2.5.	授業内フィードバック	20
2.6.	授業内コンテンツ	20
2.7	その他の注意	22
2.8	授業内コンテンツの類型化	22
2.8.1	A型の展開例	23
2.8.2	B型の展開例	23
2.8.3	C型の展開例	24
2.8.4	D型の展開例	24
2.8.5	E型の展開例	24
2.8.6	F型の展開例	25
第3章	LMSの使用について	26
3.1	ロイロノート・スクールの使用	26
3.1.1	ロイロノート・スクールの概要	26
3.1.2	事課題の出し方	26
3.1.3	回答の作成と回収の仕方	27
3.1.4	回答の表示（共有）の仕方	28
3.1.5	ロイロノートの特徴	28

3.1.6	ロイロノートのアンケート機能.....	28
3.2	他の LMS の使用	29
第 4 章	JiTT の高校物理での実践の評価	30
4.1.	生徒の能動性が高まったかどうかの調査.....	30
4.1.1.	CLASS とは	30
4.1.2.	CLASS の結果.....	31
4.1.3.	CLASS の結果の分析 ～ 非落合クラスとの比較	34
4.1.4.	CLASS の結果の分析 ～ 他の調査との比較.....	36
4.2.	FCI による生徒の物理概念理解が高まったかどうかの調査	38
4.2.1.	FCI とは	38
4.2.2.	FCI の結果とその解釈～全体	38
4.2.3.	FCI の結果とその解釈～問題ごと	41
4.3.	日本型物理概念調査による生徒の物理概念理解が高まったかどうかの調査	43
4.3.1.	概念調査用紙 FCI などの既存の調査紙の問題点	43
4.3.2.	日本型物理概念調査の開発	43
4.3.3.	日本型物理概念調査の結果とその解釈～概要	43
4.3.4.	日本型物理概念調査の結果とその解釈～問題ごと	47
4.3.5.	ゲイン値が上昇した問題～JiTT の効果が現れた問題	48
4.3.6.	ゲイン値が低下した問題.....	50
4.4.	JiTT の効果を検証する	51
4.4.1	JiTT 意識調査	51
4.4.2	物理授業への意識調査	52
4.4.3	4つの質問紙によるパス図.....	54
第 5 章	JiTT 事前課題作成のためのチェックリストの開発.....	56
5.1.	作成方法.....	56
5.2.	チェックリストの仕様.....	56
5.3.	専門家評価の方法	57
5.4.	専門家評価の結果	57
5.5.	専門家評価の整理	58
5.6.	チェックリストの改善.....	59
5.7.	チェックリストを自作事前課題に用いてみる.....	59
第 6 章	インストラクショナルデザインの一つとしての JiTT.....	64
6.1.	ブルームのタキソノミーとの関連.....	64
6.1.1	ブルームのタキソノミーとは	64
6.1.2	ブルームのタキソノミーと JiTT の事前課題.....	65
6.1.3	これまでに自作・実践した事前課題をブルームのタキソノミーで分類する	66
6.2.	ガニエの 9 教授事象との関連	70
6.2.1	ガニエの 9 教授事象とは.....	70

6.2.2 JiTT と 9 教授事象との関連	70
謝辞	74
貢献	75

参考文献

付録

① JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト	付録 1
② JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト 専門家評価のお願い	付録 2
③ JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト 専門家評価の報告	付録 11
④ JiTT 事前課題集＜波動分野＞	付録 17
⑤ 学習目標集＜波動分野＞	付録 22
⑥ JiTT 事前課題集＜力学分野＞（含：学習目標）	付録 24～46

1. 第1章 序論

1.1. 本研究の背景

日本が工業化社会から脱工業化社会へと移行する過程で、求められる人材の質が変化している。工業化社会では効率と生産性を重視した作業能力が求められたが、脱工業化社会では創造性、批判的思考、コミュニケーションスキルなどが重要視されるようになっていく。この社会の変化は、学校教育における学力観や教育方法に変革をもたらしている。

これまでの伝統的な一斉講義型授業では知識の伝達が中心のコンテンツベースの教育であった。そこでは学習者よりも教師の指導法が中心であった。しかしこれからは学習者中心の教育が求められる。これは知識を単に修得するだけに留まらず、自ら問題を見出し、個別のおよび協同的に考えて答えを見出し、応用し、新しい状況に適用するというコンピテンシーベースの教育になる。

そのための授業方法はこれまでの一斉授業ではない、さまざまな授業方法が編み出されている。

"Just in Time Teaching" (JiTT) はこのひとつである。のような新しい教育手法が重要性を増している。JiTT は、授業前のフィードバックを基に内容を柔軟に調整し、学生の学習効果を最大化することを目指す。高等学校の「物理」教育においても、現行の学習指導要領に従い、物理的な事物・現象に主体的に関わり科学的に探究する態度を養うことが求められている。

この教育変革において、ICT（情報通信技術）の活用も重要な役割を果たしている。日本の中学校および高校では、ICT ツールを利用して教育の質を向上させる取り組みが進められている。例えば、タブレットやインタラクティブなデジタルボードの使用、オンラインリソースへのアクセス、そして生徒たちのプロジェクトや課題に対するオンライン協力などが挙げられる。これらの技術は、授業をよりダイナミックで参加型にし、学習者中心の教育を支援する。

さらに、ICT の活用は、個々の生徒の進捗状況を追跡し、パーソナライズされた学習経験を提供することを可能にする。生徒たちは自分のペースで学び、自分の学習スタイルに合わせた教材や活動にアクセスできるようになる。このような環境は、生徒が自己主導で学ぶことを促し、批判的思考や問題解決のスキルを発展させるのに役立つ。

結局のところ、これらの進歩は、日本の教育システムが現代社会の要求に応じて進化し、生徒たちが将来的に社会で活躍するために必要なスキルを身につけるための教育を提供するという目的に寄与している。JiTT や高等学校「物理」の教育における主体的な学習態度の養成、さらには ICT の活用は、この進化の重要な部分を形成している。

ところが日本の教育界においては JiTT の実践はほとんどなされていない。それは、日本の中学・高校においてはこれまで一人ずつに ICT 機器が行き渡っていなかったためであろう。JiTT を実践するには Web 上の LMS (Learning Management System) の利用が必須なのである。生徒一人一台に端末が行き渡った今、JiTT は ICT を有効に活用する方法の一つと言ってよいだろう。

1.2. JiTT の歴史

米国の大学の物理教育界で誕生したが、その後、全学問領域で利用されるようになっていく。

ジャストインタイムティーチング (JiTT : Just in Time Teaching) はそのような教育方法の一つとして開発された (Novak,1999) [1]。当初は米国の高等教育機関での物理教育において用いられたが、現在は全ての学問分野で用いられるようになっていく。

JiTT は E.F.レディッシュ著『科学をどう教えるか』 [2]において、「講義を基本とする方法」の1つとして「ピア・インストラクションとコンセプテスト」「相互作用型の演示実験講義 (ILDs)」と並んで紹介されており、「相互作用型授業」 [3]の一つとして位置づけられる授業方法である。

JiTT は、現在はインストラクショナルデザインの形態と考えられるようになっており、物理学を含む全ての学問分野で用いられるようになっていく。C.M.ライゲルースが著した米国教育工学の大学院レベルの教科書 [4]においても1章を割いて取り上げられている。

1.3. JiTT の特徴

Web 上の LMS による事前課題と、教室内でのフィードバックと様々なコンテンツを組み合わせた授業である。「フィードバックループ」と呼ばれる次のような要素からなる。

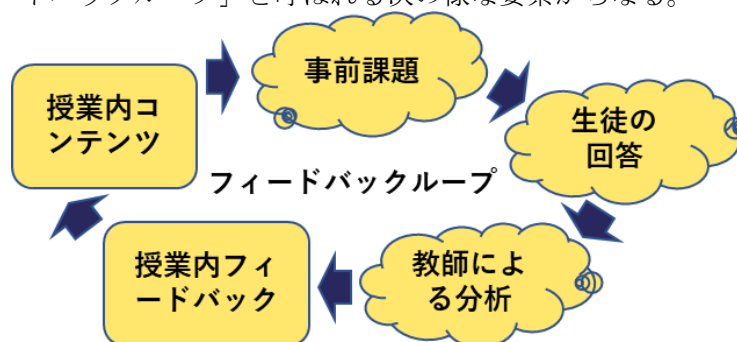


図 1.1 JiTT のフィードバックループ

①事前課題 と ②生徒の回答

教師は授業の数日前までに事前課題を Web 上の LMS に掲載する。生徒は授業の前日に設定された締切時刻までにその課題を解き、LMS 上で回答する。教師には課題呈示の、生徒には課題提出の締切があるところから Just in Time Teaching (ぎりぎりセーフ。ちょうど間に合った) という名称がついている。事前課題に取り組むことによって生徒は自分の考えを持った上で授業に参加することになる。これが授業中における生徒の能動性を高めることにつながる。

事前課題は教室での魅力的でインタラクティブな授業に導くための最も重要な要素であり、授業者が最も工夫する必要のあるところである。第5章ではそのため誰もが事前課題を作成できるようになるよう「事前課題作成のためのチェックリスト」を作成した。作成した事前課題をこのチェックリストを用いてチェックすることにより、その事前課題の有効性が判断でき、より良いものに改善することができるようになるためである。また、本修士論文の付録として実際に高校「物理基礎」の授業で作成した事前課題を紹介した。

③教師による分析

教師は締切後から授業開始までの限られた時間の間に生徒の回答を読み、分析した上で授業にのぞむ。それによりあらかじめ準備していた授業計画に修正を加える。事前に生徒の回答を分析することができるのは JiTT の非常に優れた点である。

④授業内フィードバック

授業は生徒の回答へのフィードバックを中心に組み立てられる。これが JiTT の最大の特徴である。ここでは生徒の回答を中心にできるだけ取り上げつつフィードバックしていくことが重要である。しかし同時に教師は最終的なゴール地点を目指してフィードバックを組み立てなくてはならない。

Just in Time Teaching には「必要なものを、必要なときに、必要な分だけ教える」という意味もある。これは事前課題を分析し、それに基づいたフィードバックを行うこと実現が可能となる。

⑤授業内コンテンツ

またフィードバック以外の授業内コンテンツも用いられる。例えば、クリッカーを利用した質問、学習者相互のディスカッション、グループでの能動的活動などである。高校物理の場合、演示実験、生徒実験、問題演習なども授業内コンテンツの一種と言える。授業内コンテンツは授業者が自由に設定できる。ただし、当然ながら生徒の回答へのフィードバックを発展させるものでなくてはならない。

1.5 JiTT を導入する意義と期待される効果

JiTT による効果は、ライゲルースの図書 [4]によれば、コロンビア大学(Deslauriers, L.ほか 2011) [5]等での統制された実験において実証されており JiTT クラスでは出席率の向上、授業への参加度の向上、2 倍以上の学習成果が見られたという。これは JiTT により、授業を能動的な学習の場に変革することに成功した結果と思われる。

筆者の取り組みでは、「物理についての意識調査 CLASS」 [6]によって点数化できる以下の事項の点数が向上することが期待される。これが JiTT による効果の 1 つ目である。

個人的な興味	現実世界とのつながり	問題解決一般	問題解決の自信
問題解決の洗練度	意味を考える努力	概念的なつながり	概念理解の応用

JiTT による効果の 2 つ目は物理の概念理解の向上である。

1.4. 本研究の目的

筆者は 2022 年度の高校 1 年生対象の「物理基礎」において、年間を通して JiTT を用いた授業を実践した。本論文はその紹介であると同時に、誰しもが JiTT を用いた高校物理の授業がデザインできるようになるための手引き書である。

2 章は実践の報告であり JiTT フィードバックループの各要素が「物理基礎」においてどのようなものになるかを説明した。授業内コンテンツのデザインの仕方は、事前課題の質や内容によって変わる。そこで 2 章では事前課題を 6 つの型に分類し、それぞれの場合の授業内コンテンツの展開の仕方を紹介した。

3 章は Web を用いた LMS の利用法について紹介する。筆者の場合は LMS として勤務校が利用している「ロイロノート・スクール」を用いた。4 章では 1 年間の JiTT 授業の成果を能動性の向上と物理概念の向上の 2 面において測定した結果を報告する。概念理解の伸長は FCI [7]と新田らによる日本型物理概念調査問題 [8]で、物理学習姿勢の変化については CLASS [6]で調査した。

JiTT では事前課題の作成がもっとも重要である。5 章では、よりより事前課題が作成できるよう、事前課題作成のためのチェックリストを開発した。JiTT に取り組んでみたい人は、是非こんもチェックリストを利用していただきたい。

6 章では JiTT をブルームのタキソノミー [9]およびガニエの 9 教授事象 [10]と比較することによってその相違について明らかにし、JiTT をインストラクショナルデザインのの一つとして位置づける。

1.6 先行研究

JiTT は米国の主に大学の物理教育において誕生した。以来、欧米や英語圏においては全学問分野において実践がなされ、多くの先行研究が存在する。ところが日本に関しては実践も研究も極めてすくない。数少ない取り組みの中に、成瀬 [11]によるものがある。

成瀬は高等学校の数学において JiTT を取り入れることにより、学習の動機付けが外発的なものから内発的なものにシフトするとの仮説をたて調査研究をしている。ここで言う内発的動機付けとは当該活動そのものが目的であるような心理現象（例えば、興味に基づく動機付け）、外発的動機付けとは手段として活動に取り組むような心理現象（例えば、賞罰に基づく動機付け）である。結果、仮説に反して、JiTT 授業を受けた生徒がその対照授業を受けた生徒と比較して内発的動機が高まるわけではないことが明らかになった。しかしながら JiTT 授業は、動機付けが外発的から内発的にシフトする際に重要な要素と考えられる「3つの欲求」（「有能さ」「関係性」「自律性」、Ryan&Deci [12]）のうち「有能さ」と「関係性」を高める効果があると報告している。「有能さ」とは出来るようになったという感覚などを言い、「関係性」とは友だちと共に学ぶことなどを言う。（ちなみに「自律性」とは自ら学ぶ姿勢を言う）。

この「3つの欲求」は動機付けのための要素であり、指導要領が言う子どもたちに必要な「資質・能力の三つの柱」と直接に関連している事柄と言えないが、「三つの柱」の基盤となるものと考えられる。つまりこの報告から JiTT は「三つの柱」を育成するのに有効であることが示唆されていると考えられる。

1.7 いわる反転学習との違い

1.7.1 反転学習の長所と短所

反転学習は 2010 年頃から欧米を中心に注目を集めるようになり、日本でも 2013 年頃から先進的な取り組みが始められた。重田 [13]は反転学習を次のように定義している。

自宅で講義ビデオなどのデジタル教材を使って学び、授業に先立って知識の習得を済ませる。そして教室では講義の代わりに、学んだ知識の確認やディスカッション、問題解決などの協同学習により、学んだ知識を「使うことで学ぶ」活動を行う。

また、溝上 [14]は次のように定義している。

「反転授業 (the flipped classroom / the inverted classroom)」とは、従来教室の中でおこなわれていた授業学習と、演習や課題など宿題として課される授業外学習とを入れ替えた教授学習の様式だと定義される (cf. Lage, Platt & Treglia, 2000; 山内・大浦, 2014)。具体的には、講義部分をオンライン教材として作成し授業外学習として予習させ、対面の教室、すなわち授業学習では、予習した知識・理解の確認やその定着、活用・探究を協同学習などを含めたアクティブラーニングでおこなうのである。

その効果として重田は、学習者の学習時間を実質的に増加させる利点があること、学んだ知識を使う（アウトプットする）機会があること、学習の進度を早めることができること、を挙げている。また、溝上は、学生は自分のペースで学習できること、学生は繰り返しオンライン教材を視聴でき、理解をより確かなものにすることができること、授業外学習時間が増加すること、対面教室でアクティブラーニングに多くの時間を充てられること、を挙げている。

小島 [15]は日本の大学初年次の物理教育に反転学習を取り入れて成果を上げている。小島の授業では予習課題として自ら作成した講義動画を学生に事前に視聴させる。教室に集まっただけの授業時間では、短時間の予習確認テストおよび教員による解説の後、多くの時間をピア・インストラクションを改変した知識構築のためのグループ学習に当てる（知識構築とは小島による用語だが、本論文で言う概念理解に近い意味の用語である）。これにより、重田や溝上が上で挙げているような反転学習の利点を実現している。

とは言え、反転学習にはこのような長所だけではなく短所もある。土佐 [16]は大学の初年次物理教育に焦点を当て、それらを表 1.1 のようにまとめている（一部、落合による補足あり）。

土佐は特に表内の①②の短所について、次のような問題点を指摘している。

- ①講義ビデオによる新知識の伝達が説明型の講義になってしまっており、理科教育の構成主義的なアプローチである学習者の素朴概念から出発し、実験・観察と議論を通して概念を協同構築する形になっていない。
- ②講義ビデオを繰り返し視聴することは学習者の概念理解を助けることにつながらない。ビデオを視聴して分からなかった場合、繰り返し視聴するよりも学習意欲を失い易い。対面の講義と違って、教員が学習者の反応に合わせて説明の内容や方法を変えることはできない。新しい学習内容を授業外に出すことの危険性は高い。

	長所	短所
時間と内容	授業時間を話し合いや問題解決などの応用問題を含めた活動に使うことができる→学習者主体の能動的な学び合いの実現	授業形態の変化に伴いカリキュラム、教授法、教材の整備が必要。学習者の授業外学習時間の確保が必要。
予習	前もって個人のペースで基礎知識の獲得が可能。繰り返し視聴も可能。 →授業中に分からなくなるという不安の解消	ビデオ学習をしてこなかった学習者や理解できなかった学習者への対応が必要。(②)
講義ビデオ	わかりやすい、面白い→動機付けにつながる	新知識の伝達が一方通行で学び合いではない。実験は動画で見せるだけ？(①)
教員	授業時間に学習者に個別対応可能。既製のビデオを使えば教員が学習者一人ひとりにかけられる授業外の時間は増える	教員の知識技能意識の改革が必要。学習者に個別対応や能動的学習を促す力量の形成が必要。ビデオを自作する場合は時間と労力が必要。

表 1.1 反転授業の長所と短所（大学の初年次物理教育の教授法に関する点に範囲を限る）

1.7.2「反転」ではなく「事前」を

このような反転学習の問題点を乗り越えるために、土佐 [16] は「事前授業(Pre Lecture)」を含む授業を提唱している。そして JiTT はその一種であるとしている。両者の違いは表 2 の通りである（一部、落合による補足あり）。

	事前授業を含む授業	反転授業
事前学習	基礎的問題 新しい内容のビデオ講義（ミニ講義）学習	新しい内容のビデオ講義学習
授業	新しい内容の講義、ディスカッション、演習、応用	新しい内容の演習、応用 （新しい内容の講義は含まず）
事後学習	練習問題、発展的課題	練習問題、発展的課題

表 1.2 事前授業を含む授業と反転授業の違い

1.7.3 反転学習と JiTT の違い

以下は筆者が実際に課した「事前学習」の例である（図 1.2）。


<p>授業04 事前課題 1</p> <p>銭湯の湯船にお湯が入れてある。波は立っていない。棒で水面を周期的に叩くと波ができた。波の伝わる速さを速くするためにはどうすれば良いか。下から選び、理由も記しなさい。</p> <ul style="list-style-type: none">a. より強い力で叩くb. より長い周期で叩くc. より短い周期で叩くd. 速さを変えることはできないe. その他	<p>JiTT 事前課題 5 授業07</p> <p>Just in Time Teaching</p> <p>ノイズキャンセリング・イヤホンは何のようにしてノイズを消しているのかを、調べて書きなさい。その際「波の独立性」「波の重ね合わせ」のうちのどちらかまたは両方の語を使うこと。</p> 
---	--

図 1.2 JiTT の事前課題例

このような課題を 1 回の授業につき数題用意し LMS に上げる。生徒は教科書などを用いて調べ、考え、LMS 上に回答する（図 1 「学習者の回答」）。反転学習と違い JiTT ではこの段階で講義ビデオを用いることは特に推奨されてはいない。講義ビデオで新しい知識を事前に学ぶ反転学習の短所は表 1 の①②で上述した通りである。

JiTT では指導者は授業前に図 1 の「指導者による分析」を行い「授業内フィードバック」の準備をする。日本の理科教育では、これまでも図 2 のような課題を出し、その回答を元にフィードバックし、生徒同士あるいは指導者との議論を重ねながら展開していく授業は存在した。仮説実験授業研究会 [17]や科学教育協議会 [18]による授業などである。しかしそれらでは授業前ではなく授業冒頭に課題が出される。直後にそれについて考えを書き、予想を立て、発表する。この場合、「指導者による分析」はその間の僅かな時間に机間巡視をして、今書かれている生徒の考えや予想をその場で把握しなくてはならない。それを全員の生徒について行い、それを元に瞬時にフィードバックを考えなくてはならない。これは神業と言える。それができない場合はフィードバックよりも教師があらかじめ準備した「授業内コンテンツ」（図 1）がその後の展開で優先されてしまうこともあるだろう。JiTT はではそれはいけないとされている。JiTT では授業前に課題の回答が提出されるので、余裕を持って「指導者による分析」ができるという利点がある。

対面の授業では「授業内フィードバック」が中心となる。LMS によって生徒の回答を可視化、共有化し、それを元にして生徒同士の議論、教師からの問いかけをすることが重要である。JiTT について 1 章がさかれているライゲルスの図書 [4]には、「学習者からの回答を（しばしば一語一句正確に）そのまま使うことで、対面授業は新鮮でおもしろくなる。」「回答から直接引用した文を複数の機会に、そして議論の中で多くの目的で使用することは彼らの回答が実際に授業を形作っているという証拠をみせるための効果的なテクニックである。」と記されている。反転授業では、特段、このようなことは重要視されていない。反転授業では、事前のビデオ講義で新しい内容を学んだ後、教室では JiTT のようなフィードバック中心の講義はなされず、新しい内容の演習、応用に時間が当てられる。

1.7.4 溝上による反転学習と JiTT の境界

上のように反転学習と JiTT の違いを述べたが、溝上 [14]は、JiTT は反転授業（の一つ）であると説明されることは無いが、その違いや境界がどこにあるかは難問であるとしている。溝上はまず JiTT を次のように説明している。

JiTT (Just-in-Time Teaching) と呼ばれる方法を用いてのテキストの予習と、それを前提としてのクlickerを用いた ConcepTest・ピアディスカッションを連動させたシステムティックなアクティブラーニング型授業の戦略である。JiTT (cf. Novak, 2011; Novak et al., 1999; Rozycki, 1999) とは、ウェブベースでの予習、そこでの理解の結果を反映させての授業運営の方法のことである。学生は、テキストを予習して、ウェブ上の問題に解答して授業に臨むように義務づけられている。この解答結果（情報）は、ウェブシステムを通じて教員に送られ、教員はその日に扱う授業内容について、学生がどの程度予習で理解できているかを授業前に知ることができる。そして、結果次第では、授業でのある部分の説明を少し豊かにしたり削ったりする。マズールは、この JiTT を教授学習システムのなかに組み込み、学生の事前の理解の程度をもとに、その日の授業を組み立てるのである（あるいは組み立て直すのである）。

そして溝上は次のように、JiTT を利用した授業はブレンディッド学習であると説明されるが、反転授業であると説明されることは無い、としている。

MOOCs をはじめとする ICT の発達とともに登場した反転授業は、上記の説明（講義パートを授業外学習に移動させて、対面教室では講義パートの理解を確認したり深めたりするアクティブラーニングの時間とすること：落合加筆）に加えて、対面学習とオンライン学習の組み合わせという意味での「ブレンディッド学習 (blended learning)」だと説明されることも少なくない (Strayer, 2012; 山内・大浦, 2014)。しかし、ピアインストラクション（という授業方法：落合加筆）は、JiTT やクlickerといった ICT を駆使したブレンディッド学習だと説明されることはあっても、反転授業だと説明されることはない。この境界がどこにあるかが難問である。

筆者は、JiTT と反転授業の境界は、上の下線部の「学生の事前の理解の程度をもとに、その日の授業を組み立てる」か否かにあると考える。つまり事前課題への回答を分析することによって学生の事前の理解の程度を知り、それを元にして、回答へのフィードバックを中心とした授業を組み立てるのが JiTT であると考え。一方、前述の通り反転授業では、事前のビデオ講義で新しい内容を学んだ後、教室では JiTT のようなフィードバック中心の講義はなされず、新しい内容の演習、応用に時間が当てられる。

1.8 文科省学習指導要領との関連

本節では、高等学校学習指導要領がいう子どもたちに必要な「資質・能力の三つの柱」の育成や「主体的・対話的で深い学び」の実現には JiTT は有効であることを説明する。なお本稿において、太字は引用を意味する。

1.8.1 現行の学習指導要領の特徴

平成 29・30・31 年（2017・2018・2019 年）改訂の学習指導要 [19]では、子どもたちに必要な「資質・能力の三つの柱」として、

①知識及び技能 ②思考力、判断力、表現力など ③学びに向かう力、人間性などをあげている。これらの説明を「政府広報オンライン」[20]から引用する。以下本節において太字は学習指導要からの引用である。

「知識及び技能」は、個別の事実的な知識のみでなく、習得した個別の知識を既存の知識と関連付けて深く理解し、社会の中で生きて働く知識となるものも含むものです。そして、その「知識及び技能」をどう使うかという、未知の状況にも対応できる「思考力、判断力、表現力など」、学んだことを社会や人生に生かそうとする「学びに向かう力、人間性など」を含めた「資質・能力」の 3 つの柱を、一体的に育成します。

1.8.2 高等学校学習指導要領 理科編 物理の特徴

では上記の子どもたちに必要な「資質・能力の三つの柱」を特に「物理」という科目において身につけさせるための物理の「目標」は学習指導要領でどのように述べられているかを見ていこう。

①物理を通して「知識及び技能」を身につけるための目標：

物理学の基本的な概念や原理・法則の理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けるようにする。

つまり、物理学における「知識」とは概念や原理・法則を、「技能」とは観察、実験などに関する技能を指していることが述べられている。

②物理を通して「思考力、判断力、表現力など」を身につけるための目標：

観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。

つまり、物理を通して身につけるべき「思考力、判断力、表現力など」とは「科学的に探究する力」であり、それは観察、実験などを行って養われるものであると述べられている。

③物理を通して「学びに向かう力、人間性など」を身につけるための目標：

物理的な事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

学習指導要領では「そのためには、日常生活や社会における科学の有用性を実感できるような場面を設定することが大切である。」と述べられている。

1.8.3 JiTT と学習指導要領の関連

このように学習指導要領に高校物理の「目標」が定められているが、そのほとんどは JiTT を用いることで達成が容易になると考えられる。ただし JiTT は、授業内コンテンツとして教師による演示実験や簡単な生徒実験を取り入れることはあるが基本的には講義型の授業である。従って、①の「知識及び技能」のうち「(実験などに関する) 技能」を身につけさせることは JiTT には向いていないと言えよう。

以下に指導要領の目指す①知識（「技能」は除く）、②思考力、判断力、表現力など、③学びに向かう力、人間性などの育成が、JiTT によってどのようになされるか（または、なされることが期待できるか）をライゲルースの図書 [4] の主張によって示す。太字はそこからの引用である。

①知識

- ・ JiTT のウォームアップ課題を作る際には**学習者に既有知識と経験を思い出すことを推奨すること**、とされている。これは「知識」の育成に繋がる。
- ・ JiTT では、**学習者は、情報を収集して整理、探究やコミュニケーション、批判的思考、問題解決などの汎用スキルを活用することによってそれらを統合し、知識を構築していく**、とされている。JiTT では「知識」をこのようにとらえている。
- ・ 物理学の概念は「知識」の一つであるが、**教室で概念についての議論をする前に、学習者が教科書を読み、概念について批判的に考え、それから概念について省察的的作文を書くことのすべてを要求する JiTT プロセスによって概念が身につくとされている。**

②思考力、判断力、表現力など

- ・ JiTT のウォームアップ課題では、**簡単に調べることかできない答えを要求することが重要とされている。**これは思考力・判断力の養成に繋がると考えられる。
- ・ JiTT のウォームアップ課題では、**学習者が自分独自の答えを導き出し、基礎概念の説明を含めて自分の言葉で説明することを要求することが重要とされている。**これは表現力の養成に繋がると考えられる。
- ・ JiTT の**全体的な学習課題は、多くの異なるスキルの組み合わせを必要とするもの**とされている。これにより思考力、判断力、表現力など多くの異なるスキルの養成に繋がると考えられる。

③学びに向かう力、人間性など

- ・ JiTT の大きな目的の一つは「**学習者が自分の学習経験を構築しモニターすることを推奨すること**」であるという。これは学びに向かう力の養成に繋がると考えられる。
- ・ 「**JiTT の学習課題と教室内活動は、学習者自身が持つ現在の知識を調べ、それを修正し、それに肉づけし、そしてそれを応用する準備をすることに動機づけるよう設計されている**」と述べられているが、これは指導要領で言われている**学んだことを社会や人生に生かそうとする「学びに向かう力、人間性など」**の養成と深い関わりがあると考えられる。
- ・ JiTT はメタ認知を学習ゴールの一つに置いている。JiTT 指導者は、**学習者と協力して、学級風土や、学習者と指導者とのやりとりの感情的側面、およびクラスか対象分野で習得しつつある認**

知面の発達を評価することが重要で、学習者は自己評価のスキルを伸ばすように励まされ、サポートされるべきであるとされている。これは自らを省察する力であり、「学びに向かう力」であろう。

- ・ JiTT 課題は**学習課題は現実生活の課題に基づいているべきとされている**。これは学んだことを社会や人生に生かそうとする「学びに向かう力、人間性など」の養成に繋がると考えられる。

1.8.4 「主体的・対話的で深い学び」の JiTT

以上指導要領が目標とする「資質・能力の三つの柱」について述べてきた。これらは「学びの目標」であるが、指導要領ではこれらをどのように学ぶか、つまり「学び方」も重視している。そこでのキーワードは「主体的・対話的で深い学び」である。Web サイト「政府広報オンライン」[20]ではこれらの視点を以下のように説明している。

(1) 「主体的な学び」の視点

学ぶことに興味や関心を持ち、自分の進路や職業などの方向性と関連付けながら、見通しを持って粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につなげるような学びになっているかという視点。

(2) 「対話的な学び」の視点

子供同士が目標を共有し力を合わせて活動をしたり、先生や地域の人との対話や先人の優れた考え方を手掛かりに考え、自分の考えを広げ深めるような学びになっているかという視点。

(3) 「深い学び」の視点

各教科等で、その教科等なりの「見方・考え方」を学ぶだけでなく、様々な教科等で学んだ見方・考え方を相互に関連付け、自分なりに問題を見だし解答を導きだせるような学びになっているかという視点。

前記の「資質・能力の三つの柱」よりも、こちらの方が、JiTT との親和性が高いと考えられる。それは JiTT は生徒の能動性を高めるために開発された教授方法（active learning）であるが、「主体的、対話的で、深い学び」はまさに旧指導要領（平成 10、11 年）で「アクティブ・ラーニング」と呼ばれていたものだからである。文科省の推奨している「アクティブ・ラーニング」＝「主体的、対話的で、深い学び」が ID に起源を持つことがよく分かる。

第2章 JiTT の高校物理での実践

第2章では2022年度に勤務する高校で行った高校「物理基礎」(2単位)での実践の報告である。対象は高校1年の1クラス(32名)である。1年間全ての授業をJiTTで行ったが、ここで報告するのは「波動分野」についてのものである。

2.1. JiTT のフィードバックループ

前章でも述べたとおり、JiTTのフィードバックループは以下の通りである。これらの5つの要素について、本章では実際に行った「物理基礎」の授業を例にして具体的に紹介する。

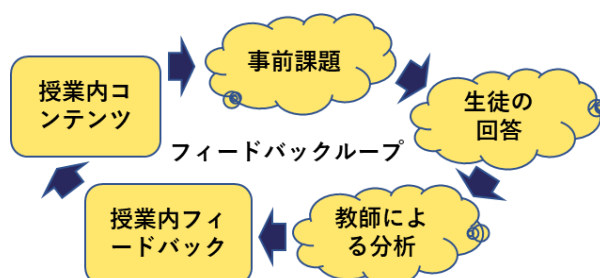


図 2.1 JiTT フィードバックループ

2.2 事前課題

JiTTの授業作りは事前課題作りからスタートする。JiTTで最も重要なのはこの事前課題だと考えている。これの出来によってその後の授業展開がほぼ決まると言って過言ではない。そのため、誰もが事前課題を作成することができるよう、「事前課題作成のためのチェックリスト」を開発した。第5章ではそれを紹介する。事前課題の作成法についてはその章に譲るとして、本章では実際に課した事前課題を元にしてJiTTフィードバックループの流れを説明したい。

以下はある時間に出題した事前課題である(答はエ)。

JiTT 事前課題1
Just in Time Teaching

銭湯の湯船にお湯が入れてある。波は立っていない。棒で水面を周期的に叩くと波ができた。波の伝わる速さを速くするためにはどうすれば良いか。下から選び、理由も記しなさい。

ア. より強い力で叩く
イ. より長い周期で叩く
ウ. より短い周期で叩く
エ. 速さを変えることはできない
オ. その他




図 2.1 事前課題の例

事前課題はその時間の学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結したものであるべきである。本時の学習目標は以下の通りであり、この事前課題の学習目標はその中の①である。

<学習目標>

①波の伝わる速さは媒質によって決まることが分かる。

②波の速さ v 、周期 T 、振動数 f 、波長 λ の間の関係 ($v=f\lambda$ 、 $f=1/T$) が分かる。

③ある媒質の波において、 f を変化させた v や λ はどう変化するか分かる。

このような事前課題を 1 回 (50 分) の授業のために 3 題程度出題する。この事前課題は多肢選択問題であるが、レディッシュによれば、それ以外には論文式 (自由記述式) や計算を伴う見積もり問題が一般的であるとされる。筆者が作成した論文式 (自由記述式) の例としては「音が伝わる速さ (音速) が約 340m/s であることを実感できる例を 1 つ以上あげ、簡単に説明しなさい」といった経験したことや調べたことを述べるものがある。また、筆者が作成した見積もり問題の例としては「地上 2000m (富士山の五合目) の雲が駿河湾まで広がっている。雲から落ちてくる雨粒は自由落下するものとする。①海面に達するまでの時間を求めよ。②海面での速さを求めよ。③これら結果をどのように解釈するか述べてよ?」の①②が挙げられる。また、筆者は「各自の iPad にインストールしてある phyphox というアプリを用いて、50cm の高さから iPad を自由落下させたときの〈落下時間〉と〈加速度〉を測定し、測定結果のスクリーンショットを提出しなさい」といった実験をさせる形式のものなども作成した。筆者が作成した全ての事前課題を「付録」に収めているので、参照していただきたい。

図 2.3 の通り、「物理基礎」は週 2 コマであり、実施年度は月曜日と金曜日が授業日であった。事前課題の出題はどんなに遅くとも授業の 2 日前の放課後までにすることを生徒に約束をした。つまり土曜日と水曜日である。

土	日	月	火	水	木	金
出題	提出 締切	授業		出題	提出 締切	授業

図 2.3 1 週間のスケジュール

2.3. 生徒の回答

生徒からの回答の提出締切は授業前日つまり日曜日と木曜日の 23:59 とした。つまり生徒は前々日、前日の間に事前課題に取り組む。1 回 (3 題程度) の事前課題をこなすための想定時間は 15~30 分程度である。この分量・難易度は、簡単には解決できないが、過大な負担にもならない程度を想定した。予習を課す場合に、負担が過大すぎると予習できずに逆効果になることが篠ヶ谷 [21]によって報告されている。

事前課題の出題と、生徒の回答提出は Web 上の LMS (Learning Management System) で行われる。筆者は LMS として本校で導入している「ロイロノートスクール」(以下ロイロノート) を利用した。ロイロノートでの JiTT の方法については次章で述べる。

ここではロイロノートでの実践を報告するが、同様なことは GoogleClassroom や Moodle、Microsoft Teams などでも可能である。可能であるばかりではなく、いずれもロイロノートよりも多機能であるから、それらの機能を活かせばより多くの可能性が開かれると思われる。どの LMS を利用するにしても、生徒の回答は簡単に送信、管理、確認できるような LMS でなければならない。

2.4. 教師による分析

教師は生徒の回答を授業前に分析し、授業内でフィードバックするための準備をする。幸い月曜と金曜の授業は午後であったので、午前中の空き時間を使って分析することができた。

以下の図は生徒から提出された回答の一覧である。生徒全員が提出したものが一度に閲覧できるロイロノートのこの機能はJiTTを行うにあたりとても便利であった。

図 2.4 ロイロノートの生徒の提出画面

この論文は白黒印刷なので分かりにくいですが、ア～オの選択肢ごとに次表のように指定した色カードで回答するように指示しており、ア～オの分布が一目瞭然である。

ア	イ	ウ	エ	オ
青	黄色 (イエロー)	うぐいす色	エンジ色 (赤色)	黄土色

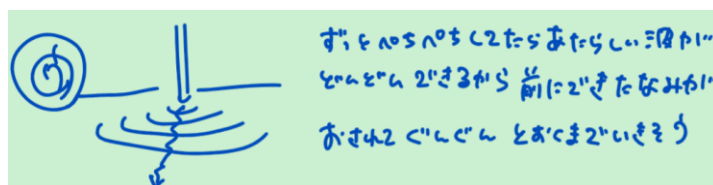
何人かの生徒の回答を以下に示す。

ア. より強い力で叩く

水に伝わる
力を大きくすると、
波が伝わる速さ
が速くなりそうだから。

イ. より長い周期で叩く……イを選択した者はいなかった。

ウ. より短い周期で叩く



エ. 速さを変えることはできない

実際にやってみたら
速さは変わらない気がしたから。

エ. 変えられない
強くたたいても、波が小さく
なりだけで、波の速さは
変わらないと思っただから。
周期は速さと関係はないと思
った。

波の速さは、媒質
によって決まるらしいから、
周期を変えても
波の速さは変わらない
だろうと思っただから。

オ. その他

オ. その他
振動数を多くする。
人の波の時に、(1秒間に)ひとりが
上下する速さは波の伝わる速さに
関係はなく、隣の人と動きがかぶ
るようにする(つまり、1秒間に上
下している人の数が多い)と、速く
波が伝わったと思うから。

教師はこれら生徒の回答全員分に目を通し、それに基づいてすでに計画していた「授業内フィードバック」に修正を加える。特にこれらの生徒の回答を紹介していく順番を組み立てるのは重要である。「教師による分析」の時間に重要なことを列挙する。

- ・ 個別の学習者が問題を抱えている内容を探し出している。
- ・ 新たな補助資料を提供すべきかどうか検討する。

2.5. 授業内フィードバック

生徒は自らの考えを持って授業に臨んでいるので、授業を受けるにあたっての能動的態度ができていると考えられる、それを引き出すのが授業内フィードバックの時間である。授業では、これらの生徒の回答をスクリーンに投影して紹介しながら展開して行く。クラス全員の回答画面を示しながら思考の可視化・共有化することで、ディスカッションを活性化することができる。

JiTT では、授業内フィードバックにおいて、以下の点が求められる。

- ・ 生徒の回答が授業の中核を構成している。
- ・ 優秀な回答がどのようなものであるかを生徒に伝えている。
- ・ 生徒のユニークな回答をそれと分かるように用いる。
- ・ 生徒の回答を（一語一句正確に）そのまま使うことで授業を新鮮で面白いものにする。
- ・ 生徒たちの回答を満遍なく使用している。全員の回答を少なくとも1回は使用している。
- ・ 回答では、正解を得ることよりも、努力したことに対し評価する。またそのことを生徒に伝えている。
- ・ 計画していた授業の流れやペースを生徒の発言に基づいて修正している。
- ・ 生徒が思いつくであろうことを予測しながら展開している。
- ・ 生徒が、自分たちが授業内容や流れを形成する役割を担っているということを経験できるようにしている。
- ・ さらに深く理解させるために、学習者中心のディスカッションを活用している。
- ・ グループディスカッションのネタとして、回答を拡張させたものを用いている。
- ・ 答そのものではなく答に達するプロセスに焦点を合わせるように設計されている。
- ・ 生徒全員がのびのびと参加し、間違いをしても許容されるような教室風土づくりをしている。
- ・ 生徒の考え、態度、および知識の状態に敏感になり、常に学習の進行状況を観察している。

2.6. 授業内コンテンツ

JiTT の授業内活動は授業内フィードバック以外に様々なコンテンツや教授アプローチと組み合わせられて実施されることが推奨される。高校物理の場合、ピア・インストラクション、相互作用型演示実験講義 (ILDs) などのもその一つである。また日本の高校物理教科書に掲載されている練習問題に取り組むこともその一つである。これらをまとめて「授業内コンテンツ」と呼ぶ。授業内コンテンツとして他に考えられるものは、ペアまたはグループディスカッション、全体でのディスカッション、シミュレーション操作、教師による演示実験、生徒による実験、動画視聴、Web 検索による調べ学習などがある。

この事前課題の場合は、小グループでのディスカッション、全体でのディスカッションの後、ロイロノートの「アンケート」機能を用いて再投票した。事前課題提出時と小グループディスカッション後の選択肢分布は次の通りである。ディスカッションによって正答率（正答はエ）が上昇していることが分かる。

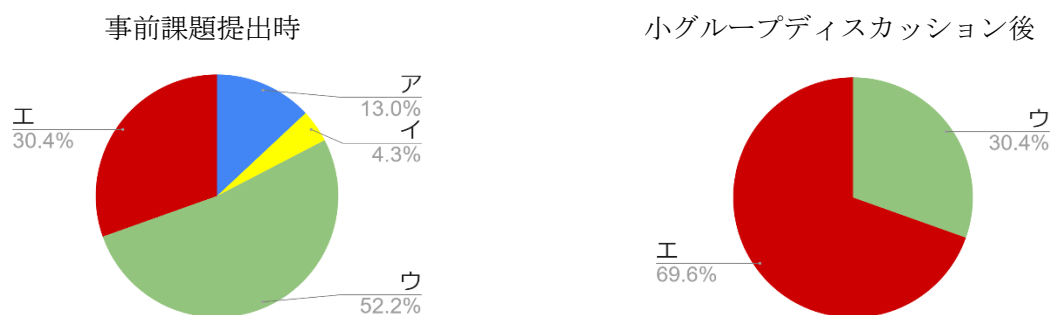


図 2.5 解答の割合の変化

その後、水波投影機を用いた演示実験で正解を示すという方法を用いた。水波投影機ではア～ウの操作を全て行うことができる。周期を変えて波の伝わる速さは変わらないことが目で見て判断できる。「(速さじだ!)」という歓声が湧く瞬間である。

最後にこの問題の正解がエであることを確認し、学習目標

- ・ 波の伝わる速さは媒質によって決まることが分かる。
- ・ ある媒質の波において、 f を変えたら v や λ はどう変わる。

に基づいて「波の伝わる速さは媒質によって決まり、振動数や周期を変えても変化しない」ことを伝えて終わる。

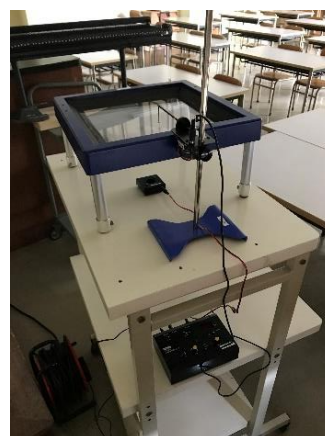


図 2.6 水波投影機

いた。
ても、
は) 同

るかわ

期を変

この後、フィードバックループ通りに次の事前課題に移る。次の事前課題は学習目標「波の速さ v 、周期 T 、振動数 f 、波長 λ の間の関係 (公式) が分かる」を達成するための以下のようなものである (答はイ)。

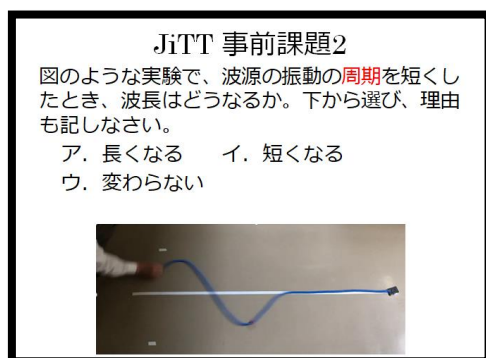


図 2.7 2つ目の事前課題の例

2.7 その他の注意

以上、JiTTの実践をフィードバックループの要素毎に具体的に紹介してきた。ここでは JiTT 授業を行うために必要なそれ以外のことを述べておく。いずれも JiTT での授業を成立させるために必要なことである。

- ・ JiTT をなぜ使うのか、どのように機能し、効果が期待できるのかを生徒に知らた。
- ・ JiTT の開始に際しては、LMS の使用法の説明に十分な時間かけた。
- ・ JiTT を 1 回の授業だけではなく 1 年間にわたって定常的に使用した。
- ・ 取り扱った JiTT 事前課題を定期テストなどに含め、生徒の最終的な成績評価に繋がるようにした。またそのことは年度当初に宣言しておいた。

2.8 授業内コンテンツの類型化

JiTT フィードバックループ は図 2.1 の 5 つの要素からなる。このうちの「授業内コンテンツ」は自由度が高く、前述の通り様々なものがコンテンツとなりうる。何を採用するかは、その時間の学習目標とそれに基づいて作成された事前課題の内容と形式に左右される。本節では高校物理基礎・波動の分野で作成した全 29 題の事前課題を「授業内コンテンツ」の流れに従って分類し、その流れについて説明をする。

図 2.9 (授業内コンテンツの流れ図) を参照していただきたい。授業内コンテンツは事前課題の種類によって A 型～F 型の 6 通りに分類される。

A 型には、討論、再投票、演示実験といった要素が含まれている。これが最も構成主義的な物理教育のアプローチ [16] にそった望ましい型と言える。B 以下では順にそれらの要素が少なくなり、生徒を能動的にさせるための仕掛けが減ってくる。できるだけ A 型に近い課題を課すことが望ましいが単元によってはそれが難しい場合もある。しかしまた、後述のように仕掛けの少ない F 型であったとしても、狙いによっては有効な場合もある。

以下、各要素について説明する。

「討論」とは生徒同士の討論である。教師が主導してクラス全体で討論することもあるし、生徒 2 人組あるいは 4 人組で討論することもある。

「再投票」とは選択肢回答型 (3～4 個の選択肢の中から正解を選ばせる) の事前課題の場合に行うものである。事前課題への回答時にすでに一度投票はしているが、同じ課題について、「討論」を経た上で「再投票」させるのである。投票は挙手による場合もあるが、ロイロノートの機能を用いることもある。「討論」を経ると教師が何も説明を加えなくとも自然に正解が増える (「3. A 型の展開例」参照)。これは「授業内フィードバック」や「討論」の有効性を示すものである。「討論」「再投票」ではピア・インストラクション [22] の方法を参考にした。

「事前課題」はなるべく「生徒実験による決着」「演示実験 (動画) による決着」で決着がつくものが良いと考えている。これは「科学的認識は、対象に対して目的意識的に問いかけるという意味における「実験」を通してのみ成立する」という仮説実験授業 [17] の主張に従った。

「まとめ」の仕方は事前課題の型によって様々あるが、なるべく生徒自身の言葉でまとめるよう働きかけている。


以下A型～F型の流れについて例を挙げながら説明する。例として挙げられていない事前課題については付録の「事前課題集」を参照していただきたい。

2.8.1 A型の展開例

JiTTT 事前課題1
Just in Time Teaching

銭湯の湯船にお湯が入れてある。波は立っていない。棒で水面を周期的に叩くと波ができた。波の伝わる速さを速くするためにはどうすれば良いか。下から選び、理由も記しなさい。

ア. より強い力で叩く
イ. より長い周期で叩く
ウ. より短い周期で叩く
エ. 速さを変えることはできない
オ. その他



上でも取り上げた事前課題1はA型に該当する。この答は「エ」である。授業内フィードバック時には生徒の回答を共有する。その際、図2.5の円グラフ（左）を示す。また選択肢を選んだ理由も同時に共有する。誤答の選択理由も正答の選択理由と同様に尊重して共有することが重要である。グループ討論後の全体討論では、できるだけ生徒が発言するように仕向ける。「指導者による分析」時に発言してくれそうな生徒をあらかじめ見つけておくことも重要である。

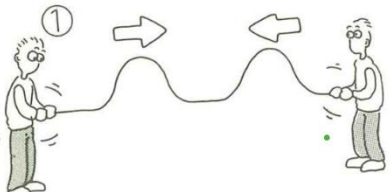
全体討論で意見が出にくいときは、2人または4人のグループでの討論を行う。討論後の「再投票」の結果が図2.5の円グラフ（右）である。正答率が上がっているのが分かる。

事前課題の正解は実験によって示されることが望ましい。この事前課題の場合は水波投影機を用いた演示実験によって実演し、正答が「エ」であることを揺るぎないものとする。その後の「まとめ」ではこの事前課題における学習目標である「波の速さは媒質によって決まる」ことを示し、公式「 $v=f\lambda$ 」「 $f=1/T$ 」の理解へと繋げる。

2.8.2 B型の展開例

JiTTT 事前課題10
Just in Time Teaching

2つの山がぶつかっている最中はどうなっているか。予想する形を下の図に書き込んで提出しなさい。（理由は書けたら書いて下さい）

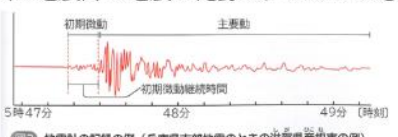


右図の事前課題10はB型に該当する（図は参考文献[18]から引用した）。B型での授業コンテンツの流れはA型とほぼ同じだが、回答を選択肢で求めるものではないため「再投票」は無い。この事前課題の場合、ウェイブマシンを用いた演示実験で決着を図るが、スロー動画を視るとより分かり易いのでそのようにした。

2.8.3 C型の展開例

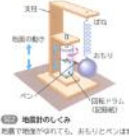
事前課題4

下図は地震計で地震を記録したものである。



地震計の記録の例（兵庫県南部地震のときの滋賀県彦根市の例）

また右図は地震計の仕組みである。



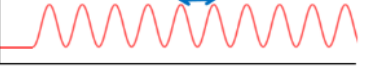
地震計のしくみ
地震で地面が揺れると、おもりとばねは振動の方向によって揺れ動くので、その振動を記録することができる。

(続く)

事前課題4 続き

(続き) 地震が起きていないときに、地震計のおもりを5cm下げ、手を放したところ、バネは単振動した。図はそのときの地震計の記録である。

バネが単振動する周期はバネによって決まっておりこのバネは0.5sである（ということは振動数は2Hzになる）。



図の矢印の幅は何を表しているか。色カードで答えなさい。そう考えた理由も答えること。
ア. 5cm イ. 0.5s ウ. 2Hz エ. その他

事前課題4はC型に該当する。答は「イ」である。C型での授業内コンテンツの流れはA型とほぼ同じだが、正解を実験で示すことは難しいので省略し、再投票で決着を図った。再投票時にほぼ全員が正解に達していた。


2.8.4 D型の展開例

事前課題5

y-xグラフは波を写真に撮ったものであると言える。一方y-tグラフは1個のおもり(媒質)の振動の時間変化を表したものであり、普通は写真に撮ることはできない。

しかし、ある方法を用いればy-tグラフも写真に撮ることができる。どのようにすれば撮ることができるか。あなたの考える方法を、白いカードに書きなさい。

ヒントはこの写真



事前課題5はD型に該当する。答は「露出時間を長くして写真を撮影する」である。この問題は「学習者の回答」や「討論」の時間に正解が得られることよりも、実際にそのような写真を生徒自身の手で撮影するという経験(生徒実験)が重要であるので、そのために多くの時間を充てた。教師が明るいライトを単振動させ、生徒はそれをiPadのカメラで長時間露光撮影をする。結果、目的の写真を得ることができる。このように生徒実験によって決着をつける事前課題は時間的制約、実験器具の制約から実施が難しい。

しかし興味関心を高め、深い理解を促すために重要であるので今後開発していきたい。

2.8.5 E型の展開例

事前課題27はE型に該当する。答は「短いパイプをふさいだときに、長いパイプは手をふさがないと定常波を形成するから」である。この課題は前の時終わりに実際に実演してみせた上で、次の時間の事題として課した。この課題は自由記述式なので表現方が難しく、また課題の内容そのものが難しいため学習者の回答時に正解者はほとんどいなかった。このような場合は「討論」の時間に早めに正解が浮かびるように討論を導き、早めに「まとめ」に入って教師が正解を伝えるのが得策である。生徒たちが自ら正解を見つけることの難しい課題だが、現象そのものが生徒の興味を引くものであるため、その効果を狙って事前課題に取り入れた。

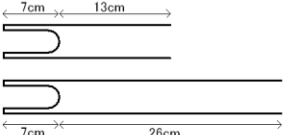
JiTT 事前課題27

Just in Time Teaching

2つのパイプ音叉があります。短いパイプ音叉は、手でふさぐと音が大きくなりました。長いパイプ音叉は、手でふさぐと音が小さくなりました。

その理由を下の図を使って考えなさい。定常波の形はどうなっていますか。次のカードに書いて提出しなさい。

(ヒント) この音の振動数は640Hz。



は手
きに
間の
前課
の仕
「学
のよ
がる

2.8.6 F型の展開例

JiTT 事前課題12
Just in Time Teaching
 ノイズキャンセリング・イヤホンはどのようにしてノイズを消しているのかを、調べて書きなさい。その際「波の独立性」「波の重ね合わせ」のうちのどちらかまたは両方の語を使うこと。

事前課題 12 は F 型に該当する。この型の問題は授業において何をテーマとするかを提示し生徒の中に学びへの構えを作ること、生徒に事前に調べ学習をさせて知識を蓄えさせること、基本的な用語を理解させることを目的としている。この型の事前課題では、自分の考えが生まれる訳ではないので

「討論」には向かない。「授業内フィードバック」で回答を共有した後、直ちに「まとめ」に入るのが良い。

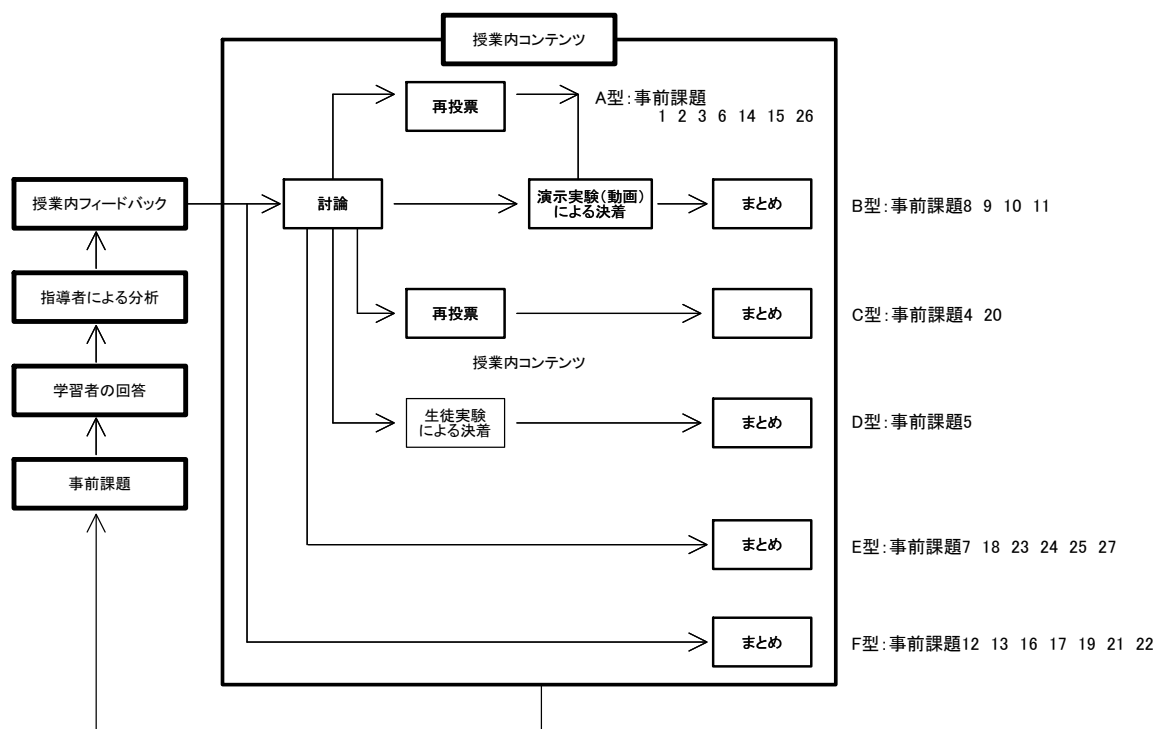


図 2.9 授業内コンテンツの流れ図

第3章 LMS の使用について

3.1 ロイロノート・スクールの使用

3.1.1 ロイロノート・スクールの概要

ロイロノート・スクールは日本のソフトウェア開発会社である株式会社 LoiLo（ロイロ、LoiLo Inc.）が開発した教育用アプリである。動作環境は Chromebook、Mac、Windows、Android の場合は Web ブラウザ（Google Chrome、Microsoft Edge）、iOS の場合は専用アプリになる。生徒ひとりあたり年間の使用料は契約の仕方にもよるが約 6,600 円である（利用できるクラウドの容量は無制限）。

画像・動画・テキスト・Web・各種ファイル・シンキングツール・小テスト・アンケートなどを「カード」として使用・共有することができる。「カード」をまとめていくことで、生徒ひとりひとりが独自のノートを作っていくのがロイロの特徴である。

3.1.2 事課題の出し方

筆者は授業をパワーポイントを用いて行っている。ロイロノートはパワーポイント形式のファイルを読み込むことはできないが、PDF ファイルを読み込むことはできる。PDF ファイルの 1 ページがロイロでは 1 枚のカードになる。そのため 1 つの事前課題はパワーポイントの 1 枚のスライドとして作り、PDF 化してロイロに送るのが良い。そのようにして作ったカードが図 1 である。また、ロイロの画面に複数のカードが表示されている状態を図 2 に示す。複数のカードが連なっている場合はそれらをまとめて 1 枚目だけを表示することもできる（図 3.1 の右上。＋マークの下に複数のカードが折りたたまれている）。

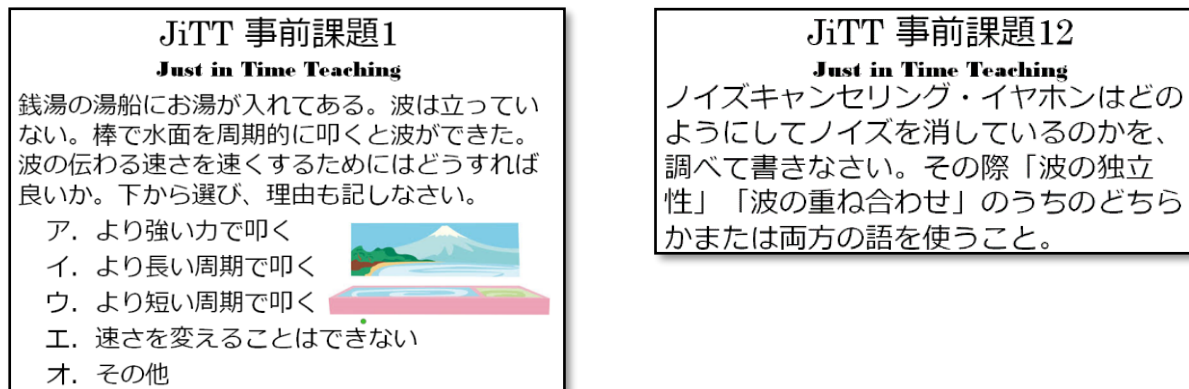


図 3.1 事前課題のカード

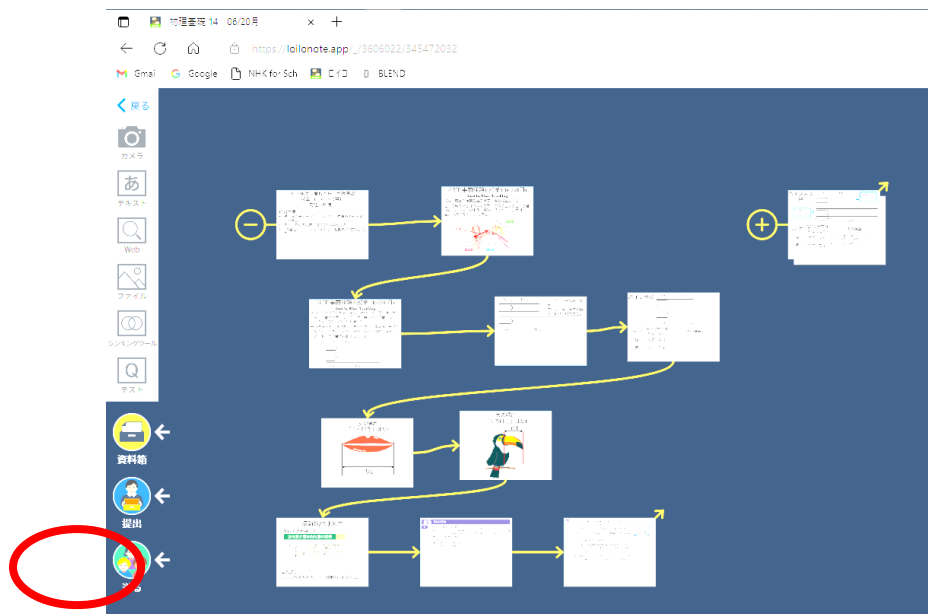


図 3.2 ロイロノート・スクール画面

JiTT の事前課題を生徒に送付するには、図 2 左下の「送る」機能を用いる。

事前課題を送るのと締め切るタイミングは毎回決まっている方が良いでしょうと考え、それぞれ、授業 2 日目の放課後、授業前日の 23:59 とした。

3.1.3 回答の作成と回収の仕方

図 3 は生徒が作成した事前課題への回答である。図 3 は手書きの文字と図による回答であるが、テキスト文字、静止画、動画で表現することもできる。生徒がこれを提出するには、図 3.3 の左下の「提出」機能を用いる。

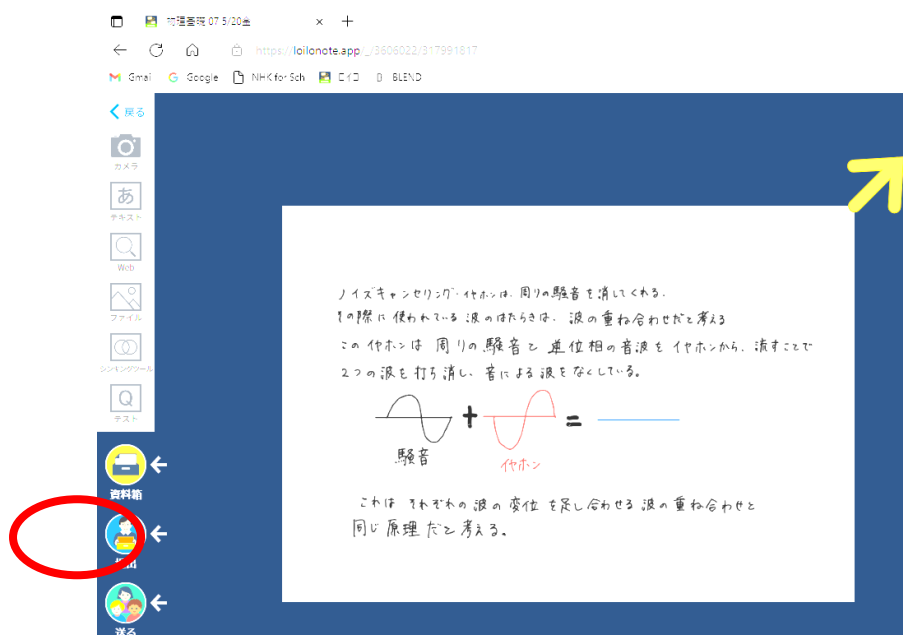


図 3.3 生徒が作成した事前課題への回答

3.1.4 回答の表示(共有)の仕方

このようにして「提出」された回答は、クラス全員分まとめられて教師用画面に図4のように表示される。これを教室のスクリーンに投影しながら授業を展開する。図4で示したのは選択問題形式の事前課題の回答である。このとき、選択肢のアは青色カード、イは黄色（イエロー）カード、ウは鶯色カード、エはエンジ色カードなどと決めておくと、ア～エの分布が一目瞭然に表現でき便利である。（ロイロにはGoogle Formのようなアンケート機能も搭載されており、結果を棒グラフで表示・共有することもできる。ただし、その選択肢を選んだ理由まで記述することはできないので、この様にしている。）

一つのカードを選択すると拡大表示され、特定の生徒の回答を表示することができる。ロイロのカードは、パワーポイントのスライドに似ており、プレゼンテーションに適しているので、回答の可視化・共有化にも適している。



図 3.4 生徒からの回答（クラス全員分一斉表示）

3.1.5 ロイロノートの特徴

ロイロは小学校低学年でも使える様に開発されているので、直感的に操作することができる。特に優れているのが思考の可視化と共有化に便利なことであろう。図4では選択肢の選択分布が可視化されている。また特定の生徒の回答を拡大表示することでその生徒の考えを共有化することができる。

JiTTの「授業内フィードバック」では生徒の回答を元にした生徒同士の議論や教師からの問いかけが重要であり、ライゲルースの図書[4]には、「学習者からの回答を（しばしば一語一句正確に）そのまま使うことで、対面授業は新鮮でおもしろくなる。」「回答から直接引用した文を複数の機会に、そして議論の中で多くの目的で使用することは彼らの回答が実際に授業を形作っているという証拠をみせるための効果的なテクニックである。」と記されている。クラス全員の回答（図4）やひとりの回答スクリーンに表示しながらだと、それが非常にやりやすい。また筆者は、生徒による優れた回答は模範回答として全生徒に配布するようにしている。これも、回答から直接引用した文を使用する一つの方法である。

3.1.6 ロイロノートのアンケート機能

ロイロノートには「アンケート」機能がある。事前課題を選択肢形式でした場合、授業中に再度回答を提出してもらうのにこの機能は便利である。はそうのようにして提出してもらった結果である。瞬時にして選択肢ア～オ布を知ることができる。



図 3.5 ロイロのアンケート機能

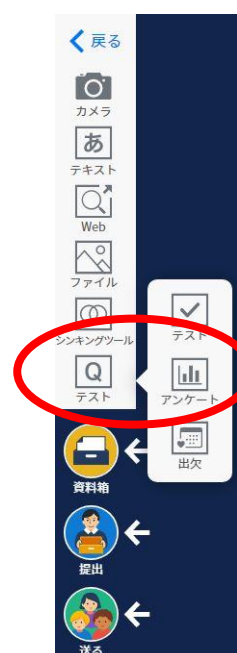


図 3.6 ロイロのアンケート機能

3.2 他の LMS の使用

Moodle や Google Classroom (以下 GC) はロイロに比べてずっと多機能であるので、ロイロでできることで Moodle や GC でできないことは少ない。JiT T 授業での事前課題の提示と回収はファイルでのやりとりになるが、Moodle や GC のその機能はロイロよりもずっと優れており、様々なファイルをやりとりすることができる。一方ロイロでは Word, Excel, PowerPoint といったソフトのファイルをやりとりすることはできないので全て PDF 化しなくてはならない。なので Moodle や GC で JiT T 授業をすれば、課題の提示と回収に関してはより高度なことができるだろう。

一方、JiT T 授業においてロイロの方が優れているのは、回答を元にフィードバック授業を展開する際の可視化と共有化である。Moodle や GC では図 3.4 のようなクラス全体表示は不可能であるし、個別の生徒の回答ファイルを開いても、パワーポイントやロイロのようなプレゼンに向けた表示にはならない。

第4章 JiTT の高校物理での実践の評価

4.1. 生徒の能動性が高まったかどうかの調査

4.1.1. CLASS とは

CLASS（シーラス：Colorado Learning Attitudes about Science Survey）は、コロラドの物理教育研究チームにより開発された物理を学習する際の意識・態度を測定する調査用紙である。日本語には石本と新田によって訳され「物理についての意識調査」と名付けられている。American Association of Physics Teachers（AAPT）のサイトからダウンロードすることができる。その冒頭を以下に示す。

物理についての意識調査

次の 42 の文は、物理の学習についての、いろいろな考えを述べたものです。それぞれの文の内容について、あなたの考えに最も合う評価を示す番号を 1 つだけ選択してください。

1. まったく同意しない
2. 同意しない
3. どちらともいえない
4. 同意する
5. 強く同意する

文の意味がよくわからない場合は回答欄を空欄のままにしてください。文の意味は分かっているけれどはっきりした意見がない場合は選択肢 3 を選択してください。

1. 物理学を学ぶ上での大きな問題の 1 つは、私が必要とする知識や事実すべてを記憶できなければならないということです。
2. 物理の問題を解いているときに、答えとして妥当な値を見積もろうとします。
3. 日常で経験することを物理学で理解しようと試みます。
4. 問題をできるだけ多く解くことが、私にとっては効果的な物理の学習方法です。

図 4.1 CLASS の冒頭部分

CLASS では、回答者は 42 の質問項目に対し「強く同意する」から「まったく同意しない」の 5 段階で回答する。データ分析のためのエクセルファイルが提供されており、調査実施者はデータをそこに打ち込めば、自動的に集計計算がなされ、物理学者らの同意によって得られた「専門家的回答」に一致する回答の割合を算出してくれる。それを元に以下の 8 項目について調査集団の「好ましい回答」「好ましくない回答」をした人数の割合が示される。

個人的な興味	現実世界とのつながり	問題解決一般	問題解決の自信
問題解決の洗練度	意味を考える努力	概念的なつながり	概念理解の応用

CLASS は授業実施前（4 月など）と実施後（3 月など）の 2 回行い（それぞれプレ調査、ポスト調査と呼ばれる）、生徒の意識・態度の変化を検討すると全体的な傾向を知るのに用いられる。しかし、1 回の調査でもその集団の傾向を掴むことができる。

上の 8 項目は生徒の能動性につながっていると考えられる。能動性の定義や測定方法は難しいが、ここでは上の 8 項目を能動性の具体的な指標とし測定する。

4.1.2. CLASS の結果

JiTT を用いた授業が生徒の能動性を高める効果があったかどうかを測定するために、以下の要領で CLASS のプレ調査とポスト調査を行った。対象は勤務する高校の高校 1 年生の落合クラス（特進クラス）と非落合クラス（進学クラス）の生徒である。落合クラスの生徒は 2022 年 4 月から 1 年にわたって「物理基礎」で JiTT による授業（JiTT 型授業）を受講した。非落合クラスの生徒は筆者以外の担当者による従来型の講義形式の授業（非 JiTT 型授業）を受講した。

調査日と人数は表の通りである。

	プレ調査	ポスト調査
落合クラス	2022/05/20 N=27	2022/12/17 N=23
非落合クラス	2022/07/02～07 N=74	2022/12/17 N=72

表 4.1 調査概要

得られた結果を次ページに示す。

落合クラス（JiTT 型授業）の結果

		好ましい回答（％）			好ましくない回答（％）	
		プレ	ポスト	差	プレ	ポスト
Overall	全体	45.3	45.0	-0.3	26.9	29.0
All categories	全てのカテゴリ	45.3	45.3	0	27.8	29.8
Real World Connection	現実世界とのつながり	49.1	59.8	10.7	17.6	18.5
Personal Interest	個人的な興味	36.4	36.2	-0.2	29.6	39.9
SensesMaking/Effort	意味を考える努力	70.4	59.6	-10.8	7.9	13.7
Conceptual understanding	概念的なつながり	34.0	42.8	8.8	35.2	29.7
Applied Conceptual understanding	概念理解の応用	30.7	36.0	5.3	43.4	39.1
PS General	問題解決一般	43.5	39.1	-4.4	28.2	32.1
PS Confidence	問題解決の自信	39.8	34.8	-5	34.3	42.4
PS Sophistication	問題解決の洗練度	27.2	26.8	-0.4	45.7	51.4

PS: Problem Solving

表 4.2 調査結果概要（落合クラス）

この表の内、「好ましい回答」をグラフにしたのが下図である。

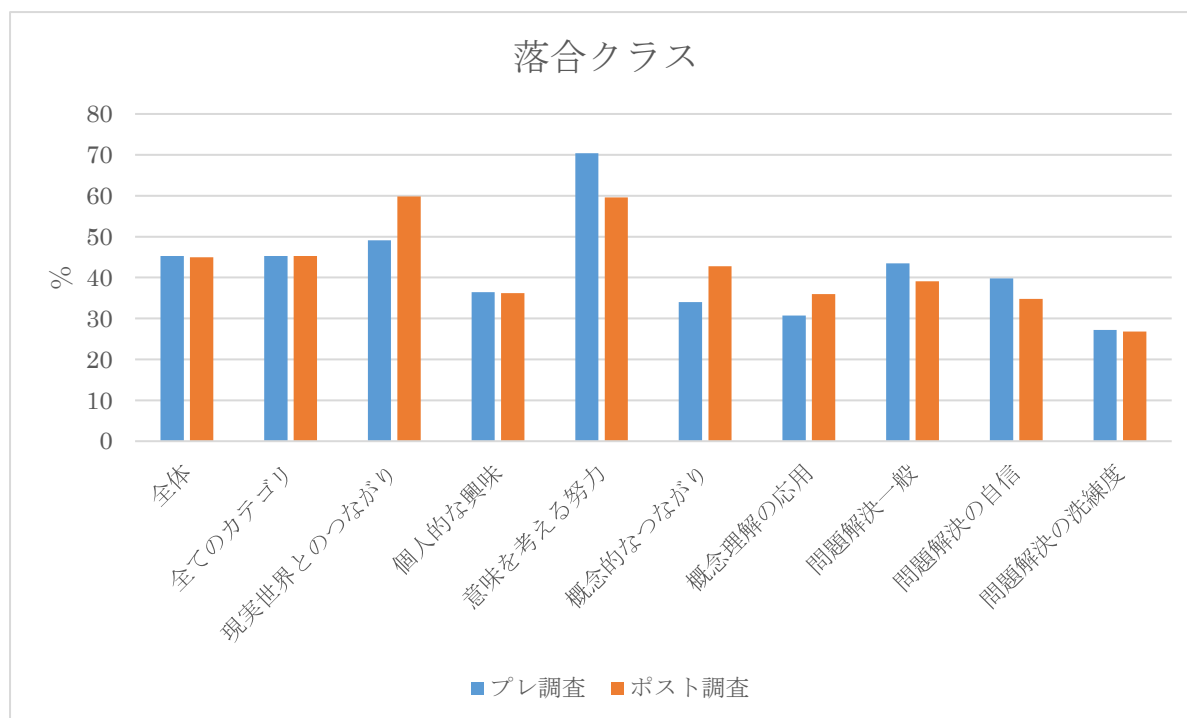


図 4.2 好ましい回答の割合（落合クラス）

非落合（非 JiTT 型授業）クラスの結果

		好ましい回答（％）			好ましくない回答（％）	
		プレ	ポスト	差	プレ	ポスト
Overall	全体	29.6	29.0	-0.6	33.1	36.8
All categories	全てのカテゴリ	29.8	27.2	-2.6	33.6	39.6
Real World Connection	現実世界とのつながり	34.5	22.6	-11.9	28.7	42.0
Personal Interest	個人的な興味	30.6	17.8	-12.8	37.2	52.5
SensesMaking/Effort	意味を考える努力	37.3	35.1	-2.2	26.6	29.4
Conceptual understanding	概念的なつながり	18.0	25.5	7.5	38.5	36.3
Applied Conceptual understanding	概念理解の応用	18.7	23.6	4.9	42.7	40.9
PS General	問題解決一般	34.1	30.6	-3.5	28.9	39.2
PS Confidence	問題解決の自信	33.4	31.9	-1.5	31.4	42.4
PS Sophistication	問題解決の洗練度	23.0	22.7	-0.3	43.2	47.9

PS: Problem Solving

表 4.3 調査結果概要（非落合クラス）

この表の内、「好ましい回答」をグラフにしたのが下図である。

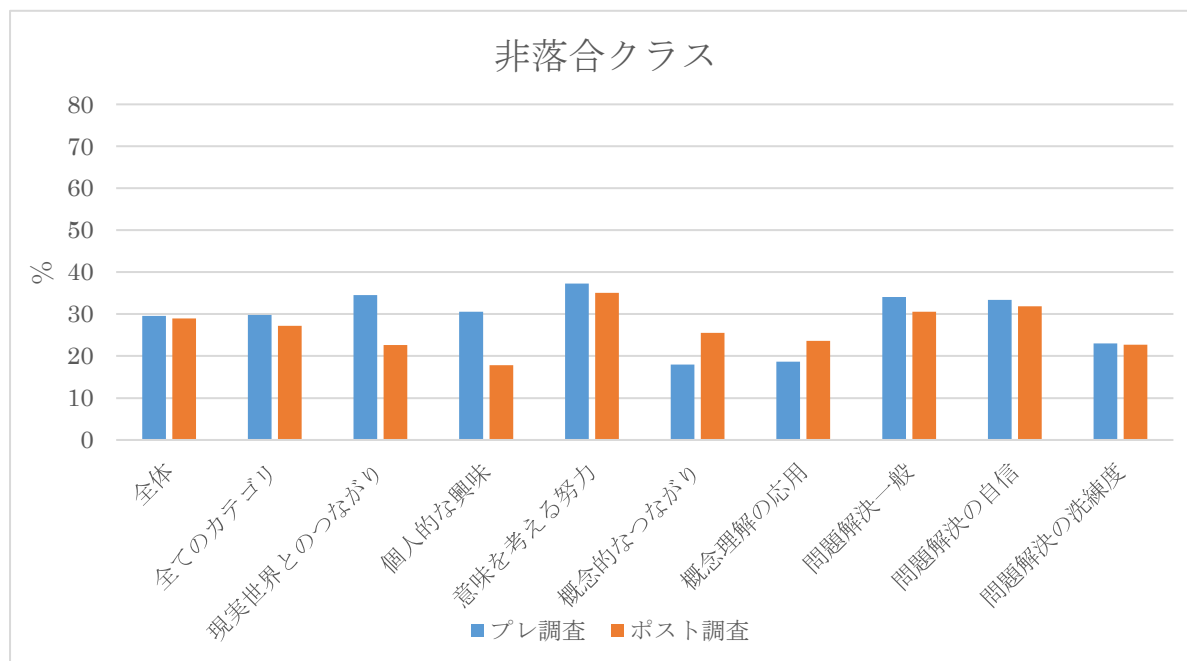


図 4.3 好ましい回答の割合（非落合クラス）

4.1.3. CLASS の結果の分析 ～ 非落合クラスとの比較

これらの結果を分析するのに、以下では「好ましい回答」の方を用いることとし、「好ましくない回答」については省略する。

落合クラスの方が全ての項目で高い値を示しているが、これは落合クラスは「特進クラス」といって理系や国公立文系を目指す（つまり大学入学共通テストで理科が必要な）生徒のクラスであり、非落合クラスは「進学クラス」といって主に私立文系を目指す（つまり大学入学共通テストで理科が不必要な）生徒のクラスだからである。

重要なのは値そのものよりも、プレ調査からポスト調査で値の変化である。それを比較するために、表に示した

$$\text{差} = \text{好ましい回答（ポスト）} - \text{好ましい回答（プレ）}$$

の値をグラフにした。

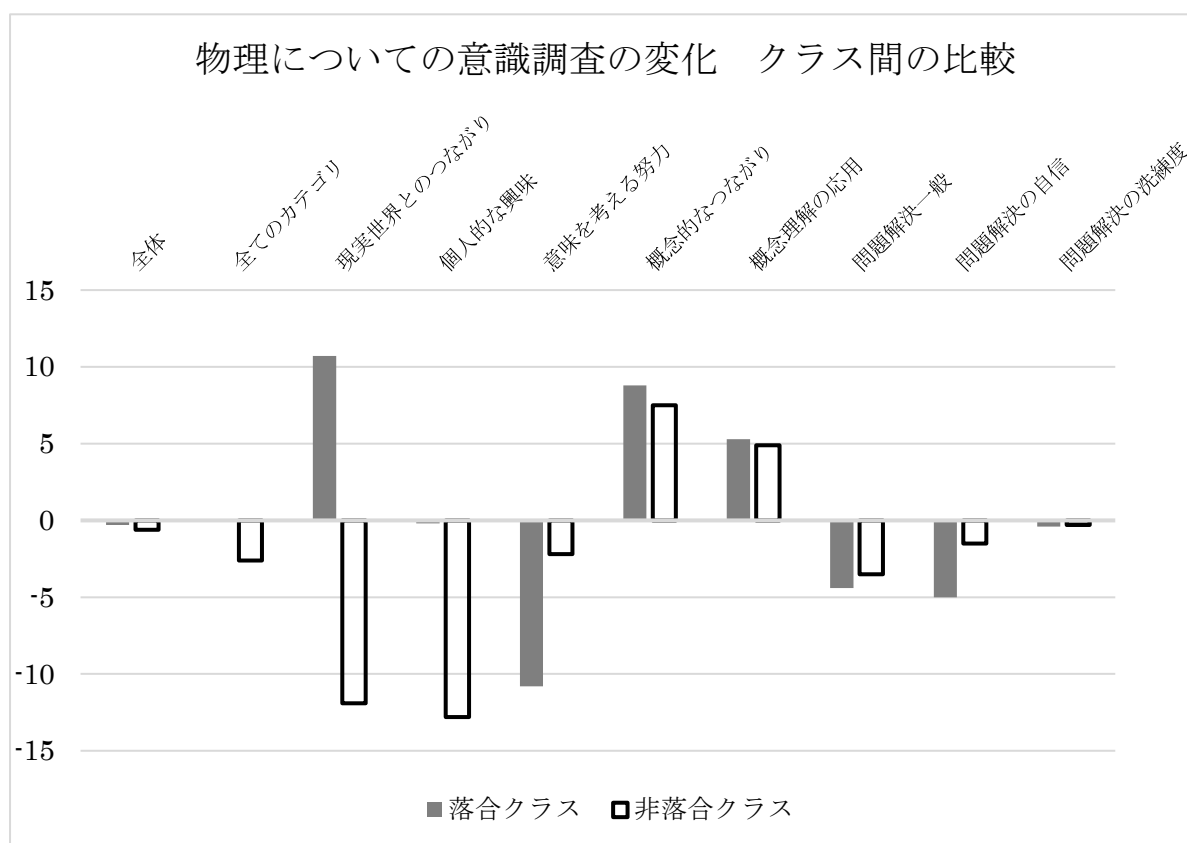


図 4.4 物理についての意識調査の変化 クラス間の比較

落合クラスの「全体」「全てのカテゴリ」「個人的な興味」の値はほぼゼロのため読み取りにくくなっている。

残念なことに「全体」として、または「全てのカテゴリ」において、好ましい回答の割合はプレ調査からポスト調査で下がっている。つまり授業をすることによって逆に物理についての意識は好ましくないものになってしまっているのである。これはある意味仕方の無いことかも知れない。各種調査では「物理」は高校生にとって常に人気の無い科目の上位を占める。国立教育政策研究所教育課程研究センター

の調査 [23]では、高校の全 22 科目の中で「各科目の学習（勉強）が好きだ」との調査において、「そう思う」「どちらかといえばそう思う」の回答率が最低であり、「そう思わない」の回答率が最高なのが「物理基礎」である。また、(株) ベネッセコーポレーション『進路選択に関する振返り調査－大学生を対象として－』 [24]よれば、物理は「好き」23.0%に対して「嫌い」28.2%であり、「好き」の割合が最低レベルであるばかりでなく、その比（23.0%/28.2%）の値は、高校の 19 科目中最低である。授業を行うほど物理嫌いが増えるのである。筆者が教えているのは女子校だが、この傾向は女子でより強いと言われていることも付記しておきたい。また Madsen らは物理教育研究に基づき設計された授業でも CLASS のスコアを向上させることは難しいことを指摘している。上の結果はそのような前提で見ていただきたい。

以下では落合クラスと非落合クラスを比較する。

「全体」あるいは「全てのカテゴリ」の変化は非落合クラスではマイナスになっているが、落合クラスはほぼ変化していない。これは JiTT 型授業によって好ましい意識の状態に何とか留めることができたためと解釈したい。

2つのクラスの変化で最も大きく違いが表れたのが「現実世界とのつながり」である。非落合クラスでは 11.9 ポイント減少しているにもかかわらず、落合クラスでは 10.7 ポイント増加している。この大きな違いは間違い無く JiTT の効果である。JiTT 事前課題は「真正な課題」であるべきとされている。筆者が開発した事前課題作成のためのチェックリスト（第 5 章参照）でも、チェック項目の一つとして「事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっているか」を設けている。落合クラスの生徒達はそのような事前課題に取り組むことにより、物理は現実世界を記述する学問であり現実世界は物理によって記述できるのだ、という認識が高まったものと考えられる。

「個人的な興味」にも違いが表れた。非落合クラスでは－12.8 ポイントと大きく下げているが、落合クラスは－0.2 ポイントだけの低下に留まった。物理と「現実世界とのつながり」を知ることによって「個人的な興味」を維持することができたものと考えられる。

「概念的なつながり」「概念理解の応用」の 2 項目はプレ調査からポスト調査で「好ましい回答」の割合が増加したものの、落合クラスでのそのポイントは非落合クラスよりもわずかに高いだけで有意な差とは認められない。つまり JiTT 型授業の効果はここには見出しにくい。だが CLASS で調査するのは意識や態度である。つまりここでは「概念的なつながり」を求めようとする意識や「概念理解の応用」をしようとする態度である。一方「概念理解」そのものが得られたかの調査は CLASS ではなく次節の FCI で行われる性質のものである。後述するが FCI の結果から JiTT 型授業により概念理解は促進していると考えられる。JiTT 型授業は物理概念に対する態度・意識を向上させる効果は無いものの、物理概念を理解させる効果はあったと考えられる。

なお「意味を考える努力」では反対に JiTT クラスの方が低下ポイントが大きい。落合クラスでは 70.4%→59.6%の低下、非落合クラスでは 37.3%→35.1%の低下である。これは JiTT クラスでのプレ調査での値が 70.4%と突出して高かったためである（「4.1.4.他の調査との比較」でもそのことは見て取れる）。そうなったのは、CLASS の一つの調査項目である「私にとって物理で大切なことは、公式を正しく使えるようになるより、むしろ公式の意味をよく理解することです。」に対し「同意する」「強く同意する」という好ましい回答をした者が 92.6%と多かったためである。これは授業者である第一著者の生徒への事前

の発言がバイアスとなったためと考えられる。ポスト調査ではそれは 73.9%まで減少し、結果「意味を考える努力」の好ましい回答は 59.6%という標準的な値に落ち着いた。

「問題解決一般」「問題解決の自身」「問題解決の洗練度」では両クラス間で差は見られず、両クラスともわずかにマイナスであった。これは日本の高校物理の学習が問題解決型学習（Problem Solving）ではないためであろう。問題解決型学習はアメリカの教育学者のジョン・デューイの学習理論で、学習を能動的なものと規定し、知識の暗記にみられる受動的なものを脱却し、自ら問題を発見し解決していく能力を身につけていくことに本質をもとめたものである（wiki）。高校物理の場合、生徒が自然の事物・現象に親しむ中で興味・関心をもち、そこから問題を見出し、予想や仮説を基に観察、実験などを行い、結果を整理し、考察を通して結論を導き出す過程である。落合クラス、非落合クラスともこのような活動は行っていないため、マイナスとなったものと思われる。

以上、JiTT による生徒の能動性向上の効果をまとめると次のようになる。

- ・ 勤務校の物理の場合、非 JiTT 型授業を半年間に渡って受けた生徒の CLASS のスコアはむしろ低下している。つまり生徒の能動的な態度・意識は失われてしまっている。
- ・ JiTT 型授業を半年間に渡って受けた生徒の CLASS のスコアはほぼ変化がない。つまり非 JiTT 型授業と比較すると、JiTT 型授業は生徒の能動的な態度・意識を維持させる効果があったと言える。
- ・ JiTT 型授業は「現実世界とのつながり」を高める効果があることが明らかになった。これは JiTT 型授業の事前課題が現実の「真正な課題」であるためである。これは生徒の能動性向上に資しているものと考えられる。
- ・ JiTT 型授業では「現実世界とのつながり」が高まることにより、物理に対する「個人的な興味」が維持されることが明らかになった。これも能動性を維持するのに役にたっていると考えられる。

4.1.4. CLASS の結果の分析 ～ 他の調査との比較

【1. 男女比較】金森、新田 [25]は、ある大学の小学校教員養成課程の理科選修 1 年生向け入門物理の受講者（ $N=102$ ）とある高校の 2 年物理基礎履修者（ $N=71$ ）に対して CLASS による調査を行い男女別にその結果を報告している。以下のグラフはそれと落合クラスの比較である。金森、新田の調査から、8 項目中「現実世界とのつながり」と「個人的な興味」の 2 項目のみが、男子よりも女子の方が好ましい回答をした者の割合が高いことが分かる。その差がより顕著なのは「現実世界とのつながり」の方である。またこの項目の落合クラス（女子校）のポスト調査結果は、8 項目中唯一、金森・新田の調査した男子の値よりも高くなっている。女子は現実世界とのつながりを求める傾向にあり、JiTT の真正な事前課題は女子にとって有効に機能しているものと思われる。

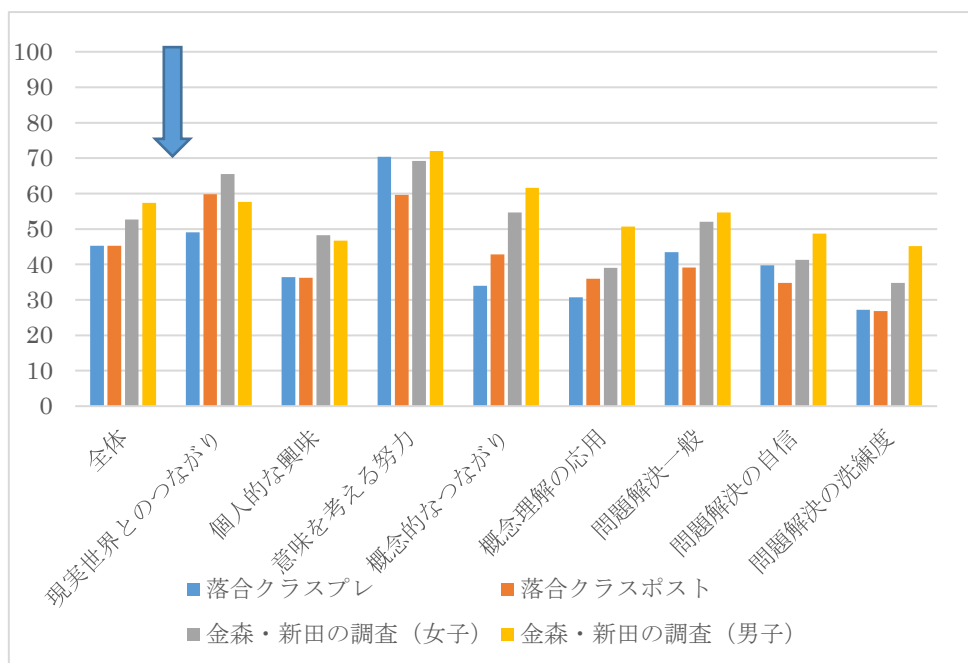


図 4.5 CLASS 結果（落合クラスと他クラスの比較 1）

【2. 様々な学部専攻者との比較】また、宗尻 [26]はある大学において入門物理を履修する物理を専門としない理系学部の電気系 ($N=75$)、化学系 ($N=53$)、建築系 ($N=80$)、教育系 ($N=13$)、総合系 ($N=15$)の学生、物理学専攻の2年生、およびある高校の3年生 ($N=68$) について CLASS による調査を行い「全体」だけを報告している。以下はそれと落合クラスの比較である。上の金森、新田の調査の結果も加えてある。他と比較して落合クラス、非落合クラスの値が妥当であることが分かる。

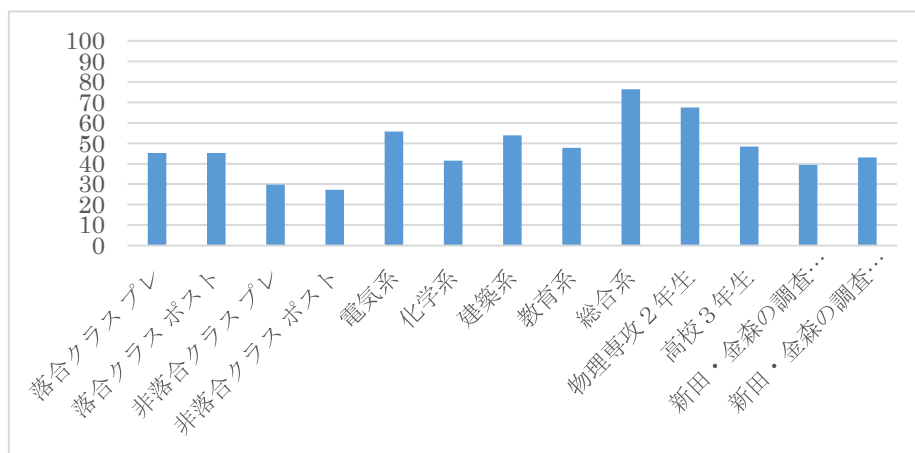


図 4.6 CLASS 結果（落合クラスと他クラスの比較 2）

4.2. FCI による生徒の物理概念理解が高まったかどうかの調査

4.2.1. FCI とは

FCI (Force Concept Inventory) [7]は、「力と運動」における物理教育の効果を定量的に比較することを目的として 90 年代前半に Hestenes らによって開発された。30 問の選択肢問題 (五択) からなる。FCI には 2 つの役割がある。一つは実際にどれだけの学生・生徒がどのような誤概念を抱いているのかを診断する役割。もう一つは、学生の力学概念の理解度を調査するための共通尺度としての役割である。

FCI の開発以来、その設問および選択肢の妥当性に関する多くの研究が現在まで蓄積されてきた。その結果、信頼性は十分に担保されている。いわば物理教育界全体の共通財産と言えるだろう。

FCI は多くの言語に翻訳され、世界各国で用いられてきた。日本語には新田らによって翻訳され、「力学概念指標」と呼ばれている。これは手続きを踏めば American Association of Physics Teachers (AAPT) のサイトからダウンロードすることができるのだが、調査の信頼性を担保するため、一般には秘匿とされている。そこで、新田らの文献と同様に、全 30 問のうち問 4 だけを例として以下に示す。またこの文献に掲載されている「FCI の設問とニュートン力学概念の対応表」を本節の最後に示す。

問 4. 大きなトラックと小さな自動車正面衝突をした。このとき、

- 1) トラックが自動車に及ぼす力の方が、自動車がトラックに及ぼす力よりも大きい。
- 2) 自動車がトラックに及ぼす力の方が、トラックが自動車に及ぼす力よりも大きい。
- 3) どちらも相手に力を加えない。トラックが進む方向に自動車がいたから、衝突したにすぎない。
- 4) トラックは自動車に力を及ぼすが、自動車はトラックに力を及ぼさない。
- 5) トラックが自動車に及ぼす力は、自動車がトラックに及ぼす力と同じ大きさである。

FCI では、力学を学習する期間の始めと終わりとに、同一の問題で調査を行い (プレ調査とポスト調査)、そのゲインを調べることになっている。ゲイン g は以下の式で表される。

$$g = \frac{\langle S_{post} \rangle - \langle S_{pre} \rangle}{100 - \langle S_{pre} \rangle}$$

ここに、 $\langle S_{pre} \rangle$ および $\langle S_{post} \rangle$ は、それぞれ事前事後の、30 問の問題の被験者集団の平均得点である。ゲインの値は最大値 1 に「規格化」されているため、被験者の絶対的な学力差を超えて授業効果を比較することが可能となる。

4.2.2. FCIの結果とその解釈～全体

筆者の JiTT を用いた授業の効果を測定するために、以下の要領で FCI のプレ調査とポスト調査を行った。対象は勤務する高校の高校 1 年生の落合クラス（特進クラス）と非落合クラス（進学クラス）である。落合クラスの生徒は 4 月以来「波動分野」「力学分野」で JiTT による授業を受講してきており、非落合クラスの生徒は筆者以外の担当者による従来型の講義形式の授業を受講してきた。調査日と人数は表の通りである。

	プレ調査	ポスト調査
落合クラス	2022/07/1 波動分野が終了し力学分野を開始する直前。80 名	2022/12/17 力学分野の「力」の学習終了時。エネルギーは未習段階。29 名。
非落合クラス	2022/07/1 力学分野の等加速度運動の学習中。73 名。	2022/12/17 力学分野のエネルギー学習時。23 名。

表 4.4 FCI 調査概要

結果の正答率は以下の表の通りであった。

正答率	FCI プレ調査	FCI ポスト調査	ゲイン g
落合クラス	27.2%	36.1%	0.12
非落合クラス	23.6%	25.4%	0.02

表 4.5 FCI 調査結果概要

2014 年に「物理教育の現状調査」 [27]として高校生・大学生の両方を含む 5600 人ほどの大規模調査が行われ、筆者も協力した。その結果によると「高校生、物理未履修グループ」では正答率 23%付近にピークがあるという。これは非落合クラスのプレ調査の正答率 23.6%とほぼ一致している。FCI の設問はすべて 5 つの選択肢から選んで答えるものであるから、でたらめに選んでも正答率は 20%になる。正答率 23.6%とは 30 題中 7 題の正答、20%は 6 題の正答である。つまり正答率 23.6%とは 30 題中の 1 題について正しい選択をしたということになる。これが「高校生、物理未履修グループ」の理解レベルである。それに比して落合クラスのプレ調査正答率の 27.2%はやや良好である。これは前述の通り落合クラスは「特進クラス」、非落合クラスは「進学クラス」だからである。

因みにこの大規模調査によれば「大学生、物理Ⅱ既履修グループ」の正答率の平均は 60%程度であった。また原田・小島が 2014～2016 年にかけて九州大学の文系学生に対して学部ごとに行った調査 [28]では正答率平均は 40～52%、また右近が東京都市大学工学部の学生に対し、まだ大学で物理学を学んでいない段階で行った調査 [29]では 39～59%であった。いずれも「ニュートン力学の基本をほぼ理解したと言える段階」とされている正答率 80%には遠く及んでおらず、せいぜい「ニュートン力学を理解する出発点に達している」とされている正答率 60%に近づいているにすぎない。

落合クラス、非落合クラスの生徒間には前提となる学力に差があるので比較すべきは正答率ではなくゲイン g の値であるが、落合クラスの 0.12 は非落合クラスの 0.02 に比べてかなり高いと言える。これは JiTT によって生徒の能動性を高め、概念理解を高めることを意図して授業を行って来た結果と言ってよいだろう。

比較のために、右近 [30]が東京都市大学工学部の学生に対し、大学で物理学を学んだ前と後とで行った調査結果を以下に示す（右近の論文では得点で記載されていたがここでは%に直した）。調査対象者は約 200 名で、その中には入試で物理を選択した者もしなかった者も含まれる。

	FCI プレ調査	FCI ポスト調査	ゲイン
クラス 1	57.7%	60.0%	0.05
クラス 2	58.0%	61.7%	0.09
クラス 3	59.3%	56.0%	-0.08
クラス 4	50.0%	58.7%	0.17
クラス 5	39.3%	50.7%	0.19
平均	53.7%	57.7%	0.09

表 4.6 FCI 調査結果（他クラス）

これらと比べても、JiTT による落合クラスのゲイン 0.12 は良好な結果だと言えよう。

さらに言えば FCI の 30 題中には高校「物理基礎」では学習しない内容も含まれている。それらを除いた落合クラスの結果は以下の通りより良好なものになる。

正答率	FCI プレ調査	FCI ポスト調査	ゲイン g
落合クラス 「物理基礎」範囲内のみ	30.5%	41.3%	0.16

表 4.7 FCI 調査結果（既習事項のみ）

とはいえ Hake によれば、伝統的講義形式の授業における g の平均値は 0.23、学生間、学生教員間等の相互作用型の授業では 0.48 という高い値が得られているという。それに比べると上に上げた日本の例では g の値はずいぶん低い。これは Hake が調査した米国の大学における物理授業と、日本の大学または高校のそれとが、時間数・構成などが非常に異なっているためであろう。なので Hake が求めた平均規格化ゲインと、上の値を直接比較することは難しい。米国の標準的力学入門コースは、講義が週 3 回程度で 3 時間（50 分×3 回）、演習が週に 1 回（50 分）、実験が週に 1 回（50 分×2）のセットから成るのである。

なので上の Hake による g の値に関しては、伝統的講義形式の授業における 0.23 と相互作用型の授業での 0.48 を比較すべきだろう。この相互作用型の授業の中には Mazur によるピア・インストラクション、Sokoloff による相互作用型演示実験講義 (ILDs) に並んで JiTT も含まれる。このことは落合クラスのゲインの良好さを裏付けるものであると考えられる。

4.2.3. FCI の結果とその解釈～問題ごと

図 4.6 に、落合クラスおよび上述の九州大学の文系学生 ($N=370$) の各問 (全 30 問) ごとの正答率を示す。九州大学文系学生の正答率は参考文献 [28] に掲載されている棒グラフを落合が目視で読み取り、グラフ化した。

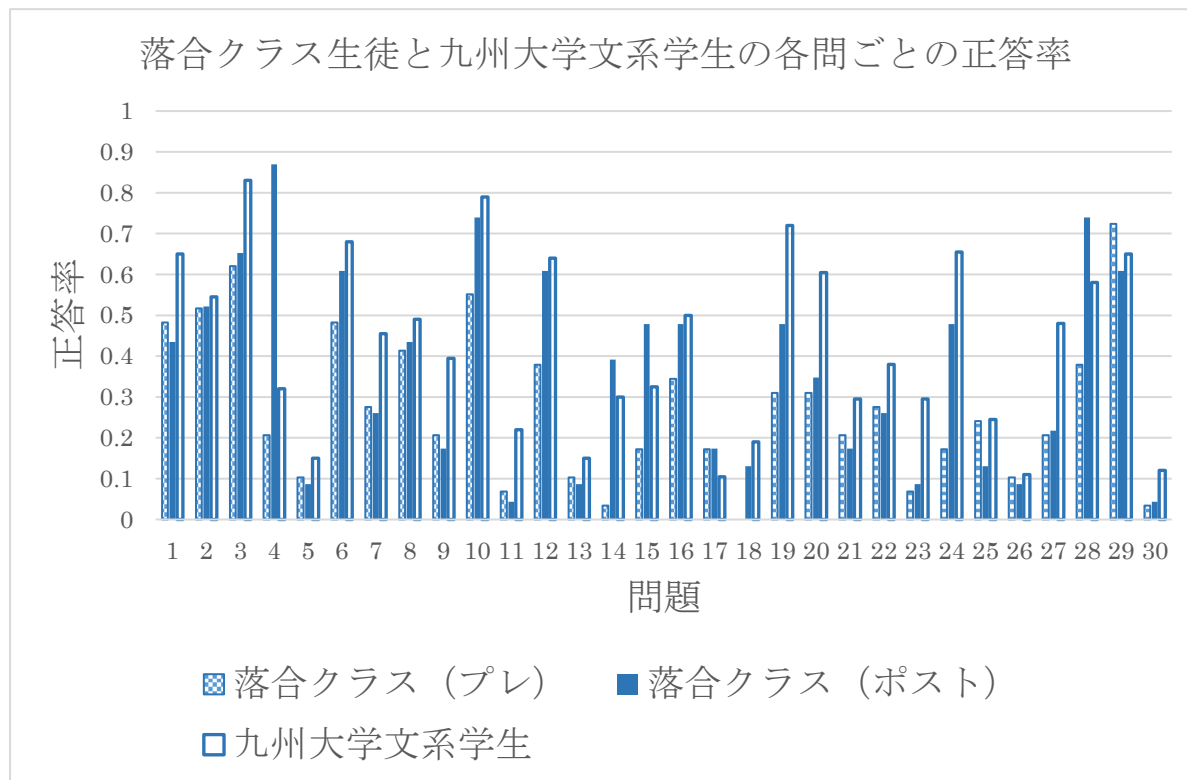


図 4.6 FCI 調査結果 (落合クラスと九州大学文系学生の各問ごとの正答率)

落合クラス (プレ) から落合クラス (ポスト) で「正答率が有意に上昇したと言える問題」「正答率に有意な変化が見られなかった問題」「物理基礎の範囲外の問題」とその内容は表 1 の通りである。

特徴的なのは、「等加速度による放物運動」「第 1 法則 力が加わっていない場合 (速さが一定)」「第 3 法則」「放物運動」など同じ概念に分類される問題は揃って正答率が上昇しており、「重ね合わせの原理」「第 1 法則 力が加わっていない場合」など分揃される問題では揃って正答率に変化が無い点である。この理由については今後の検討課題であるが、現段階では、JiTT という授業方法によるというよりは、FCI の設問と近い現象例を授業で扱ったか否かによるのではないかと考えている。

表 1 : FCI の設問とニュートン力学概念の対応表 (参考文献 2 より引用)

問題の分類は落合による。

		正答率 上昇	正答率 変化なし	範囲外
0. 運動学				
	位置と速度の区別	19		
	加速度と速度の区別		20	
	等加速度による放物運動	12,14		
	等加速度による速度変化		22	
	ベクトルとしての速度の加法			9
1. 第 1 法則				
	力が加わっていない場合	6	7,8	
	速度の向きが一定		23	
	速さが一定	10,24		
	力が打ち消し合う場合		17,25	
2. 第 2 法則				
	撃力	9	8	
	一定の力は一定の加速度をもたらす		26	21,22
3. 第 3 法則				
	撃力の場合	4,28		
	連続的な力の場合	15,16		
4. 重ね合わせの原理				
	ベクトル和		8	9
	打ち消し合う力		11,17,25	
5. 力の種類				
	5S. 固体との接触			
	受動的		11,29	
	撃力的	18		5
	摩擦は運動を妨げる		27	
	5F. 流体との接触			
	空気抵抗		30	
	5G. 重力		3,13	
	重さによらない加速		1,2	
	放物運動	12,14		

4.3. 日本型物理概念調査による生徒の物理概念理解が高まったかどうかの調査

4.3.1. 概念調査用紙 FCI などの既存の調査紙の問題点

前節で述べた通り物理教育の効果を定量的に比較することを目的として「力と運動」の概念調査用紙 FCI (Force Concept Inventory) が米国物理教育界で開発されたのは 1990 年代前半であった。以来、FCI は日本語を含む多くの言語に翻訳され世界各国で用いられてきた。FCI は 30 問の選択肢問題からなり、次の Hake [31] の規格化ゲインの値を割り出すことによって教育効果を考察する。

$$g = \frac{\langle S_{post} \rangle - \langle S_{pre} \rangle}{100 - \langle S_{pre} \rangle}$$

ここで、 $\langle S_{pre} \rangle$ および $\langle S_{post} \rangle$ はそれぞれ事前事後の 30 問の問題の被験者集団の平均得点である。Hake の規格化ゲインの値は最大値 1 に規格化されているため、被験者の絶対的な学力差を超えて授業効果を比較することが可能である。1990 年代中盤には日本の高校生に対しても数千人規模の FCI 調査が行われ、筆者も協力した。

しかし、新田 [32] によれば FCI には以下のような問題点もあるという。

＜Hake の規格化ゲインの問題点＞

- ・ 個人ごとのゲインの平均値が Hake の規格化ゲインの値と一致しない。
- ・ ゲインが負の値になった場合に異常な値になる。

＜FCI などの既存の調査紙の問題点＞

- ・ 米国で開発された既存の調査紙は日本の教育課程には適合しない。
- ・ 力学分野や電気分野の一部では調査紙が開発されているが、他分野の調査紙の整備が十分ではない。
- ・ FCI は 20 年以上使われて続けており、設問の秘匿性を確保するための配慮はなされているものの使用し続けることが年々難しくなっている。
- ・ 問題の秘匿性のため、生徒が質問してきたときに答えられない。

4.3.2. 日本型物理概念調査の開発

その解決策として新田 [32] らは日本の教育課程に適合した新たな概念調査紙の開発に取り組んでいる。日本の高等学校の現行の物理の科目には「物理基礎」と「物理」があるが、このそれぞれについて調査紙を開発している。2020 年の論文 [32] と 2021～2022 年の学会発表 [33] [8] ではその構想と完成までの作業工程が述べられている。2022 年度までに試行調査が終わり、2023 年度からは本格的な使用が始まっている。

全 30 問の構成は以下の通りである。

力学	熱力学	波動	電磁気学	原子分野
16	4	5	4	1

調査紙に記載されている問題はその性格から秘匿とされているが、参考のために数ページ後に 2 題を掲載する (図 4.11、図 4.13)

4.3.3. 日本型物理概念調査の結果とその解釈～概要

筆者もこの形成的評価に参加した。それはこの概念調査紙の開発に協力するとともに、この調査紙を

用いて筆者の行った JiTT 授業の効果を検証するためである。

以下の要領でプレ調査とポスト調査を行った。対象は勤務する高校の高校 1 年生の落合クラスと非落合クラスである。落合クラスの生徒は 1 年にわたり JiTT による「物理基礎」の授業を受講しており、非落合クラスの生徒は筆者以外の担当者による従来型の講義形式の授業を受講してきた。調査日と人数は表の通りである。

なお、落合クラスは「特別進学クラス」といって 2 年次以降、理系を希望する生徒、および、文系でも国公立大学を希望する生徒のクラスであり、非落合クラスは「進学クラス」といって主に私立文系大学や系列の文系女子大学、看護大学を希望する生徒のクラスであるので、前提となる学力に差がある。以下の結果はそのことを考慮して見ていただきたい。

	落合クラス	非落合クラス
プレ調査	2022 年 4 月 年度のはじめ。全て未習の段階。 $N=32$	2022 年 7 月 力学の等加速度運動、運動の法則が 終了した段階。エネルギーは未習。 $N=77$
ポスト調査	2023 年 3 月 物理基礎のうち力学、 熱力学、波動を終了した段階。 $N=25$	同左 $N=82$

表 4.8 日本型物理概念調査実施概要

結果の正答率・ゲインは以下の表の通りであった。表中の全国調査はこの調査紙を開発した新田らのグループが行ったものである。

		落合クラス	非落合クラス	落合クラスと 非落合クラス の合計	全国調査 (1)23 校, $N=2890$ (2) 17 校, $N=1716$ (3) 17 校, $N=1386$
プレ 調査	正答率	25.4%	19.9%	21%	33% ⁽¹⁾
	標準偏差	11.0	8.0	9.4	
ポスト 調査	正答率	36.8%	21.3%	25%	45% ⁽²⁾
	標準偏差	12.1	6.8	10.6	
ゲイン g		0.15	0.02	0.04	0.18 ⁽³⁾

表 4.9 日本型物理概念調査結果概要

落合クラス、非落合クラスのこの結果を対応のある片側 t 検定を行った結果は以下の通りである。対応のある t 検定の場合、プレ調査、ポスト調査の両方を受験した生徒のデータを用いる必要があり、どちらか一方しか受験していない生徒のデータは含めないで、値が上表とはやや異なっていることに注意していただきたい。

		落合クラス	非落合クラス
プレ調査	正答率	27.2%	20.0%
	分散	147.5	71.0
	標準偏差	12.1	8.4
ポスト調査	正答率	36.4%	21.8%
	分散	159.3	45.6
	標準偏差	12.6	6.8
ゲイン g		0.13	0.02
人数 (N)		24	67
自由度		23	66
t		-3.752	-1.423
$P(T \leq t)$ 片側		0.001	0.080
t 境界値 片側		1.714	1.668

表 4.10 日本型物理概念調査結果詳細

落合クラスの P 値（有意確率）は 0.1%（0.001）であった。つまりプレ調査とポスト調査においてこのような平均値の差が偶然に現れる確率は 0.1%であり、基準とされる 5%より低い。つまりプレ調査とポスト調査の平均値の差は偶然に現れたものではなく、有意な差であると判断することができる。ゲインの値は 4.3.1 で示した通り平均値から算出されるので、ゲインの値も有意であると言える。

一方の非落合クラスの P 値（有意確率）は 8.0%（0.080）であった。よってプレ調査とポスト調査の結果の間には有意な差は無いと判断される。

以下に散布図と度数分布を示す。散布図には線形近似した直線も示している。

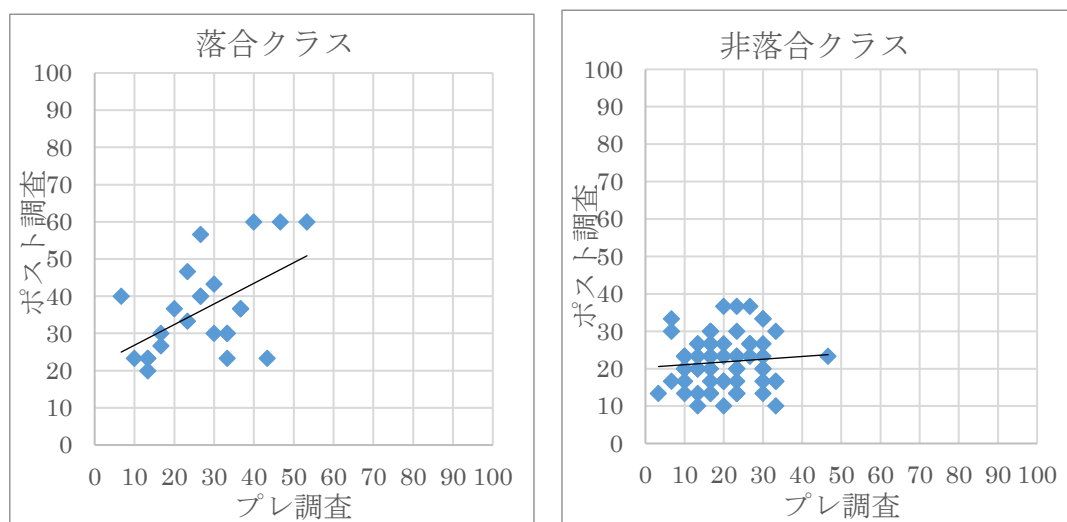


図 4.7 日本型物理概念調査結果（落合クラスと他クラスの比較－散布図）

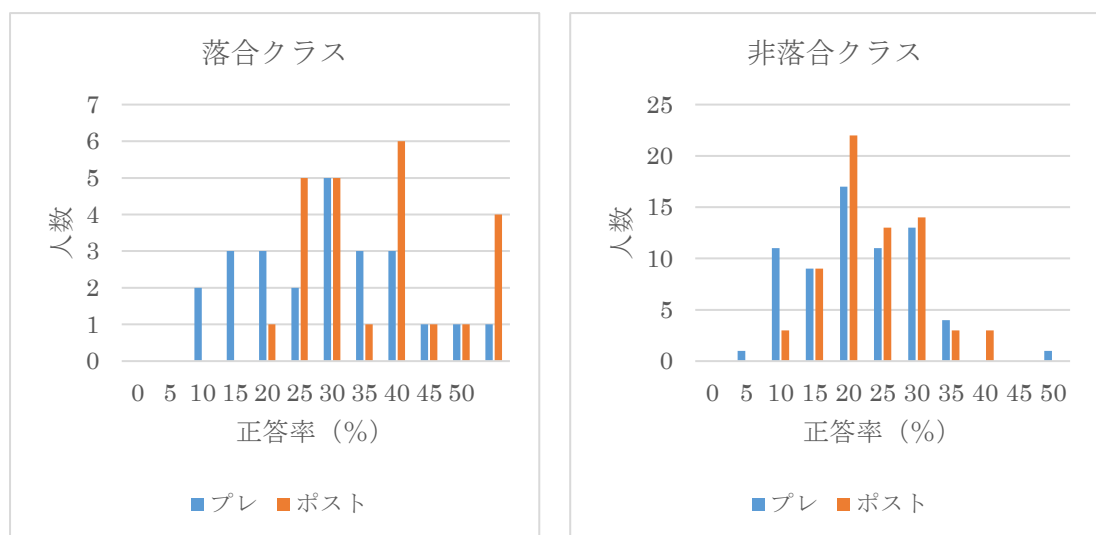


図 4.7 日本型物理概念調査結果（落合クラスと他クラスの比較－棒グラフ）

なお「物理基礎」は年間 70 コマ（1 コマ 50 分）で扱うことが標準とされているが、勤務校では 52 コマ程度で行うことになっている。そのため「物理基礎」全範囲のうち電磁気学、原子分野については割愛をしている。そこで本調査 30 問のうち、生徒が未習である電磁気学、原子分野の 5 問を除いた 25 問の正答率・ゲインを調べてみた。結果は次の表の通りである。全国調査の方は、先に示したのと同様全 30 問でのデータである。

	落合クラス	非落合クラス	全国調査 (1)23 校, $N=2890$ (2) 17 校, $N=1716$ (3) 17 校, $N=1386$
プレ調査	25.4%	20.6%	33%(¹)
ポスト調査	39.7%	21.6%	45%(²)
ゲイン g	0.20	0.01	0.18(³)

表 4.11 日本型物理概念調査結果概要（既習事項のみ）

前述の通り落合クラスと非落合クラスとでは前提となる学力に差がある。そのため比較すべきは正答率（%）ではなくゲイン g の値である。落合クラスの 0.20 は非落合クラスの 0.01 に比べてかなり高いと言える。また前述した通り全国調査のゲインは 0.18 である。これも上回っている。この結果は JiTT 授業は物理の概念理解を高める効果があったことを示していると言ってよいだろう。

なお、この日本型物理概念調査を開発した新田らの報告 [34]によると 2022 年度の試行調査の結果（正答率）を男女別に示すと以下の通りであったという（ゲイン g はそれを元に筆者が書き加えた）。

	男子（847 人）	女子（629 人）
プレ調査	37.4%	28.2%
ポスト調査	49.8%	38.1%
ゲイン g	0.20	0.14

表 4.12 日本型物理概念調査 男女別

新田はこのような男女差は FCI などでも見られることを指摘している。調査した落合クラス、非落合クラスは女子高のクラスである。この新田による女子のみのゲイン 0.14 と落合クラスのゲイン（0.15、既習事項に限ると 0.20）を比較すると、落合クラスの方が上回っている。この結果も JiTT 授業は物理の概念理解を高める効果があったことを示していると言ってよいだろう。

4.3.4. 日本型物理概念調査の結果とその解釈～問題ごと

以下の 2 つの図は、落合クラスおよび非落合クラスでのプレ調査およびポスト調査の各問（全 30 問）ごとの正答率（%）およびゲイン値を示したものである。第 17～20 問および第 30 問の 5 問は前述した未習分野からの問題であるので参考にしないで頂きたい。

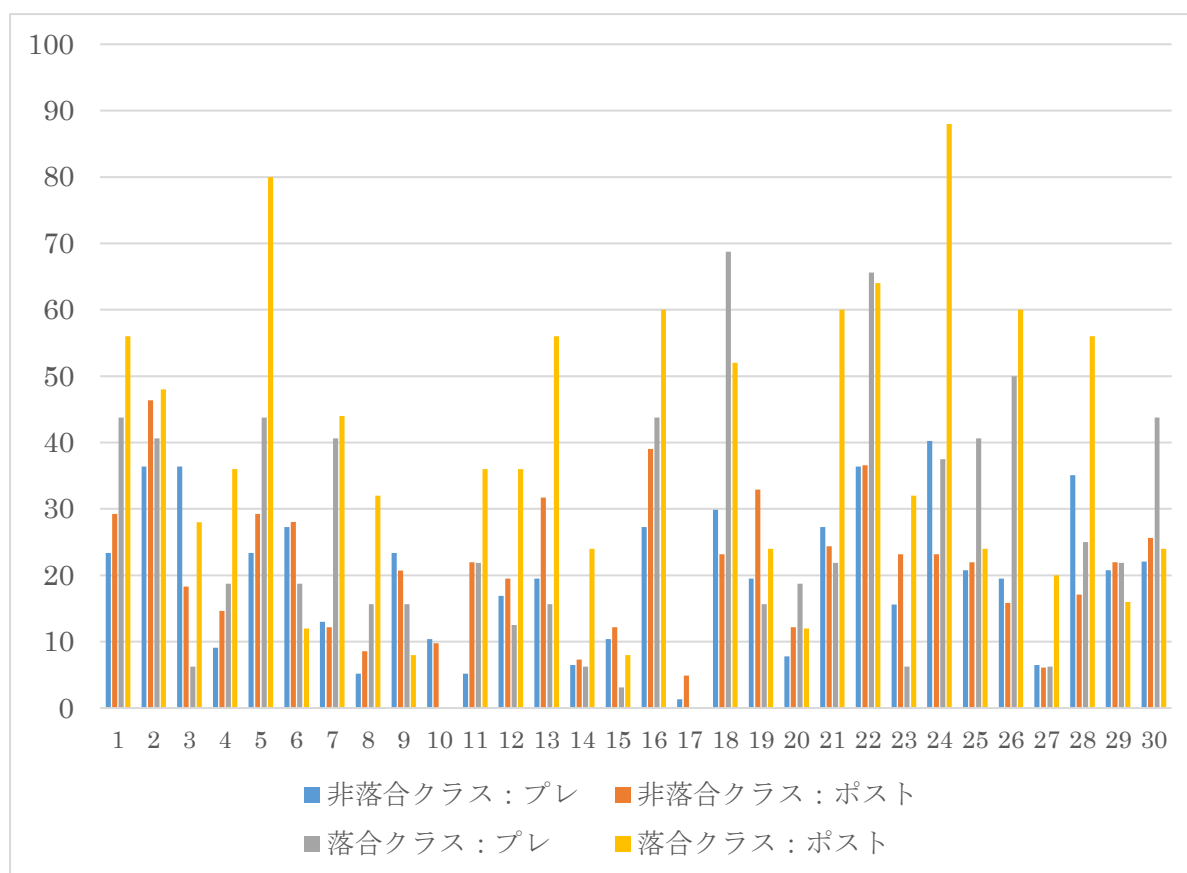


図 4.9 日本型物理概念調査結果（正答率の変化）

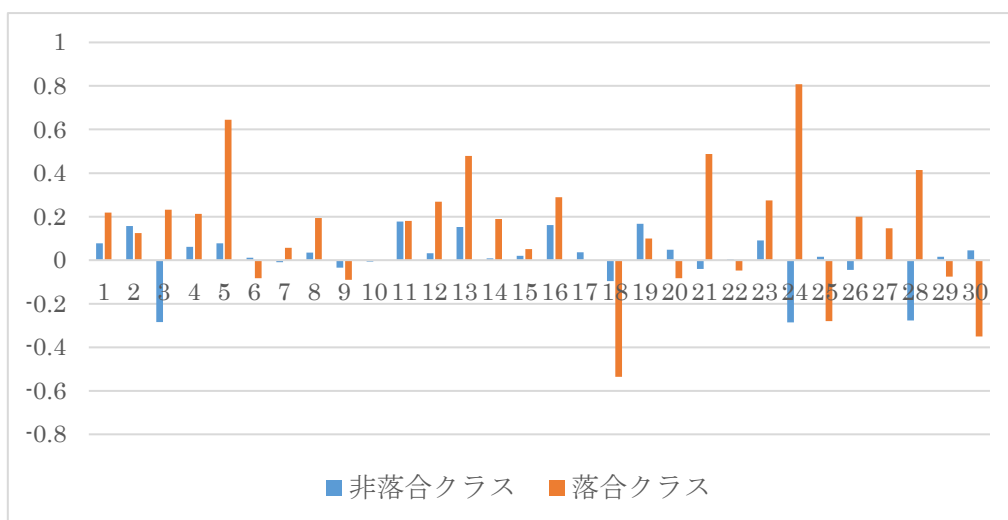


図 4.10 日本型物理概念調査結果（ゲインの変化）

これらの結果を元に、未習である第 17～20 問および第 30 問の 5 問を除いた問題を分類すると以下のようになる。

	ポスト調査の得点率が 落合クラス > 非落合クラス	ポスト調査の得点率が 落合クラス < 非落合クラス
落合クラスの ゲインがプラス	1 2 3 4 5 7 8 11 12 13 14 16 21 23 24 26 27 28	15
落合クラスの ゲインがマイナス	22 25 30	6 9 10 29

表 4.15 日本型物理概念調査結果（得点率とゲインを元にしたクラス比較）

4.3.5. ゲイン値が上昇した問題～JiTT の効果が現れた問題

落合クラスでゲイン値が最も大きく上昇したのは第 24 問であるが、これは、意図したわけでは無いがほぼ同じ問題が事前課題として出題されていたためである。そのため JiTT の効果を測るものとして適切では無いと考えられる。そこで、次いでゲイン値が大きく上昇した第 5 問を元に JiTT の効果を検証したい。落合クラスにおいて第 5 問は正答率がプレ 43.8%からポスト 80.0%に上昇し、高いゲイン値（0.64）を示している。第 5 問は以下の通り、作用反作用の法則に関する問題である。

5. 図のように、体重 95kg の学生 a と体重 77kg の学生 b がまったく同じ 2 つの椅子に向かい合って座っています。学生 a は裸足で、学生 b の膝に足をかけています。学生 a が急に脚を伸ばして押すと、両方の椅子が動きます。
押している最中でまだ足が膝についているとき、

- (1) どちらの学生もお互いに力を及ぼさない。
- (2) a は b に力を及ぼすが、b は a に力を及ぼさない。
- (3) お互いに力を及ぼすが、b の方が大きい力を及ぼしている。
- (4) お互いに力を及ぼすが、a の方が大きい力を及ぼしている。
- (5) お互いに同じ大きさの力を及ぼしている。

図 4.11 日本型物理概念調査「物理基礎」第 5 問

作用反作用の法則の授業（JiTTT 授業）では授業目標を「様々な場合について作用・反作用の法則が成り立っていることを納得できる」「作用・反作用の法則を具体例に則して理解できる」という点に置き、以下のような4つの事前課題を生徒に課した。正解はいずれも「ウ」である。生徒は自ら考え、答を選択し、なぜそのように選択したかの理由を web に提出した上で授業に臨む。フィードバック授業では生徒の提出結果と討論を中心に据えた授業を進める。事前に課題に取り組んできているために主体的・対話的な学びが実現できる。これらの事前課題の場合、討論の決着は実験で付ける。事前課題に登場するのは力センサーを備えた力学台車である。これを用いて演示実験すれば、衝突時の力（撃力）を横軸－時間、縦軸－力のグラフとして即時に表示することができ、正解が何かをその場で知ることができる。

作用反作用の法則は「物体Aから物体にBに力をはたらかせると、物体Bから物体Aに、同じ作用線上で、大きさが等しく、向きが反対の力がはたらく」と表現されることは教科書に記載されているが、それがどんな場合にも本当にその通りであることを生徒に納得させることは普通は難しい。しかし、事前課題1から事前課題4までを順を追って JiTT フィードバックループに則った展開をしていくと、生徒たちはどんな状況（法則が成り立たなそうな状況）であっても作用反作用の法則は確かに成り立っていることを実感を持って理解できるようになる。

これが第5問が正答率がプレ43.8%からポスト80.0%に上昇し、高いゲイン値（0.64）を示した原因であると考えられる。JiTTT が効果的に機能した例である。





<p>JiTTT 事前課題1 授業28(10/21金) Just in Time Teaching 図のように質量の等しい台車1、台車2を同じ速さで正面衝突させたところ、 「台車1が台車2から受ける力」と 「台車2が台車1から受ける力」とは同じ大きさでした。</p>  <p>では、止まっている台車1に動いてきた台車2が衝突するとき、2つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。 ア. 「台車1が台車2から受ける力」の方が大きい イ. 「台車2が台車1から受ける力」の方が大きい ウ. 同じ エ. その他</p>	<p>JiTTT 事前課題2 授業28(10/21金) Just in Time Teaching 図のように台車1の質量を2倍にして、台車1と台車2を同じ速さで正面衝突させた場合、2つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。 ア. 「台車1が台車2から受ける力」の方が大きい イ. 「台車2が台車1から受ける力」の方が大きい ウ. 同じ エ. その他</p> 
<p>JiTTT 事前課題3 授業28(10/21金) Just in Time Teaching 図のように台車1の質量を2倍にして、止まっている台車1に動いてきた台車2が衝突するとき、2つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。 ア. 「台車1が台車2から受ける力」の方が大きい イ. 「台車2が台車1から受ける力」の方が大きい ウ. 同じ エ. その他</p> 	<p>JiTTT 事前課題4 授業28(10/21金) Just in Time Teaching 図のように台車1の質量を2倍にして、前問とは反対に、止まっている台車2に動いてきた台車1が衝突するとき、2つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。 ア. 「台車1が台車2から受ける力」の方が大きい イ. 「台車2が台車1から受ける力」の方が大きい ウ. 同じ エ. その他</p> 

図 4.12 作用反作用の法則に関する事前課題

4.3.6. ゲイン値が低下した問題

一方、ゲイン値がマイナスであり、下がり方が大きいのが次の第 25 問である。正答率がプレ 40.6%からポスト 24.0%に大きく下降した。ゲイン値は-0.28 である。

25. あなたは、スーツケースを床からテーブルに持ち上げます。スーツケースにはたらく重力によってなされる仕事は、スーツケースの重さの他に、どんな要素で決まるでしょうか。次の (i)～(iii) の中からすべて選んでください。

(i) あなたがテーブルまでまっすぐに持ち上げるか、より長い道のりに沿って持ち上げるか
(ii) あなたが素早く持ち上げるか、ゆっくり持ち上げるか
(iii) 床からのテーブルの高さ

(1) (i)のみ
(2) (iii)のみ
(3) (i)と(iii)のみ
(4) (ii)と(iii)のみ
(5) (i), (ii), (iii)

図 4.13 日本型物理概念調査「物理基礎」第 25 問

正解は「(2) (iii)のみ」なのであるが、下表の通り(3)(5)の誤答を選択した者が増加している。つまり(i)や(ii)も重力によってなされる仕事の要素であると間違っ理解している者が、授業にすることによってむしろ増加したことを意味している。

	プレ	ポスト	変化	正解
(1)を選択	9.4%	12.0%	2.6	
(2)を選択	40.6%	24.0%	-16.6	
(3)を選択	21.9%	32.0%	10.1	
(4)を選択	15.6%	4.0%	-11.6	
(5)を選択	12.5%	28.0%	15.5	

表 4.16 日本型物理概念調査 選択肢ごとの変化

理由は以下の様に考えられる。

仕事の定義として「仕事＝力×距離」を学習するが、この式が使えるのは力と移動方向が同じ場合である。しかし、この式はあらゆる場合に使えると誤解していると(i)を選んでしまう。また、重力は保存力でありその仕事は経路によらないことを理解できていないことも(i)を選んでしまう理由であろう。

また、この場合は始めと終わりでスーツケースは静止しており、運動エネルギーは考慮する必要はない。しかし途中発生する運動エネルギーの違いが重力によってなされる仕事の値を決める要素だと考えてしまうと(ii)を選んでしまう。

学習前には素朴に正解の「(iii) のみ」を選んでいた生徒も、学習が進み新たな知識を獲得することによってかえって誤答が増えてしまっている。これらの誤答は、学習が進み理解が進むとより増えてし

まうタイプの誤答であろう。これは特段 JiTT 授業の影響というわけではなく、どの授業でも起こりうることであろう。

4.4. JiTT の効果を検証する

ここではより厳密に JiTT の効果を検証するために、4つの質問紙を用いた重回帰分析の結果を報告する。4つの質問紙とは、前述の CLASS、日本型物理概念調査、および、筆者が作成した「JiTT 意識調査」、「物理授業への意識調査」である。

4.4.1 JiTT 意識調査

これは JiTT 授業を受けた生徒に対して JiTT に対する意識を調査するものであり、次の3項目からなる。

1. (意図理解度) JiTT 授業をする意味や意図が分かっているつもりだ。
2. (事前課題取組度) JiTT 事前課題に毎回取り組むことができた。
3. (個人評価満足度) 個人に対してなされた JiTT 事前課題の評価に満足している。

これらの質問に対し、

- 5 : とてもそう思う 4 : まあそう思う 3 : どちらともいえない
2 : あまりそう思わない 1 : ほとんどそう思わない

の5件法で回答してもらった。調査は1年間の JiTT 授業が終了した年度末の3月10日に実施した。結果は以下の通りである。

標本数 : $N=26$

調査日 2023 年 3 月 10 日

	平均	標準偏差
1. 意図理解度	3.27	1.06
2. 事前課題取組度	3.42	1.25
3. 個人評価満足度	3.65	0.68

α 係数=0.74

表 4.17 JiTT 意識調査結果 1

これらの質問項目は筆者が独自に作成した。そのためこの結果が生徒の JiTT 理解度を正確に測定できているかどうか、測定値に信頼性があるかどうかを評価する必要がある。その指標としてクロンバックの α 係数を用いた。これは測定値の信頼性（測定した値が一貫しているか）、特に内的一貫性（項目間の内容が類似しているか）を測定するものである。 α 係数は 0~1 の間の値を取るが、0.8 以上であることが望ましく、最低でも 0.7 を超えている必要があるとされている。この調査での α 係数は 0.74 であった。やや低めであるが、標本数が少ないこともあり許容レベルと考えられる。

※質問項目は上記の3つ以外に「JiTT 事前課題に取り組んだ努力は評価された。」「JiTT 事前課題の優秀な回答がどのようなものであるかが理解できている。」もあった。だがこれらを質問項目に加えると更に α 係数が下がることから、この2つの質問には内的一貫性が無いと考えられるため考察から除外した。

4.4.2 物理授業への意識調査

これは次の 11 項目からなる。これらの項目は熊本大学大学院教授システム学専攻修士課程のオリエンテーション科目 Aにおいて受講生に問われる質問を高校物理の私の授業向けに改変したものである。オリエンテーション科目 Aにおける質問項目は「Parrish の学習経験の要因モデル」⁰ を元にして開発されたものである。

1. (知識スキル明確) 物理の授業で、自分がどのような知識スキルを学びたいのかがはっきりしている
2. (知識スキル以外明確) 物理の授業で、自分が知識スキル以外に何を得たいのかがはっきりしている
3. (態度明確) 物理の授業で、自分が学習者としてどのような態度で学習に臨もうとしているかはっきりしている
4. (貢献意識) 物理の授業中、受け身の受講者ではなく学ぶ仲間の一人として貢献していきたいと思っている
5. (自己開示) 物理の授業中は、自分に未熟な部分があっても、考えや気持ちを伝えたいと思っている
6. (多様性理解) 物理の授業に取り組む中で、多様な考えや異なる意見に触れてみたいと思う
7. (自分の考え大事) 物理の授業に取り組む中で、自分の考えを大事にしたいと思っている
8. (変化許容) 物理の授業を通して、学びに関する考え方が変化していくことも、学びの機会と広くとらえ、拒まないようにしたいと思っている
9. (自己解消意思) 物理の学びに疑念が生じたら活動する前に解消してから取り組むと思う
10. (授業への信頼) 物理の授業を、自分が得たい成果を得られる場として信頼している
11. (大切なものへの確信) 物理の授業での学習体験から何か大切なものが得られるに違いないとの確信を持っている

これらの質問に対し、

- 5 : とてもそう思う 4 : まあそう思う 3 : どちらともいえない
2 : あまりそう思わない 1 : ほとんどそう思わない

の 5 件法で回答してもらった。この調査は 1 年間の JiTT 授業が終了した年度末の 3 月 10 日に実施した。結果は以下の通りである。

標本数：N=25

α 係数=0.84

調査日 2023 年 3 月 10 日

	平均	標準偏差
1. 知識スキル明確	2.68	1.31
2. 知識スキル以外明確	3.04	1.29
3. 態度明確	3.84	0.31
4. 貢献意識	3.88	0.35
5. 自己開示	3.65	0.96
6. 多様性理解	3.96	0.68
7. 自分の考え大事	3.58	1.05
8. 変化許容	4.24	0.19
9. 自己解消意思	3.32	1.06
10. 授業への信頼	3.46	1.06
11. 大切なものへの確信	3.42	1.21

表 4.18 JiTT 意識調査結果 2

これらの質問項目もオリエンテーション科目 A を元にして筆者が改変したものである。そのため、クロンバックの α 係数を用いて測定値の信頼性を測定した。結果 0.84 となり満足できる値が得られた。

なお、「JiTT 意識調査」、「物理授業への意識調査」はどちらも筆者が作成したが、 α 係数が高く信頼のおける測定であったのは「物理授業への意識調査」の方であった。それは、この質問項目がオリエンテーション科目 A における質問項目を改変したものであったためであると思われる。一方の「JiTT 意識調査」に関しては、 α 係数が 0.7 を超えているものの 0.8 には達していない。今後、より信頼性の高いものに改良する必要があると言えよう。

4.4.3 4つの質問紙によるパス図

4つの質問紙（CLASS、日本型物理概念調査、「JiTT 意識調査」、「物理授業への意識調査」）を重回帰分析して、関連の高い項目を抽出し（関連の低い項目は消去し）、標準偏回帰係数（ β ）を示したのがパス図と呼ばれる下記の図である。抽出する基準を決定係数（ R^2 ）が 0.5 以上で、かつ p 値が 5% 以下のものとした。

「概念的なつながり」については $R^2=0.479$ と 0.5 をやや下回っている。また「意味を考える努力」と日本型物理概念調査の関連は p 値が 0.059 と 0.05（5%）を超えており有意確率は高くない。なのでこの2つは参考程度に留めておく。

決定係数（ R^2 ）とは重回帰分析で投入した共変量（説明変数、独立変数）（ $x_1, x_2 \dots$ ）を含むモデルによって、目的変数（従属変数、基準変数）（ y ）がどの程度予測されるかを表す指標である。取り得る値の範囲は 0～1 であり、値が大きいくほど関連性が高く、予測される割合が大きいくことを示す。値が 0.5 以上であれば関連性が高く、予測しているとしてよいと言われている。

それぞれの共変量の影響の大きさは図中に示されたパス係数（ここでは標準偏回帰係数（ β ））で表される。図の実線の矢印は正の関連を、破線の矢印は負の関連を示す。この値の有意性は t 検定によって検定される。算出した t 値と自由度から有意確率 p 値が導き出される。 p 値が 5% または 1% 以下であれば、統計的に有意な差があったと結論づけることができる。

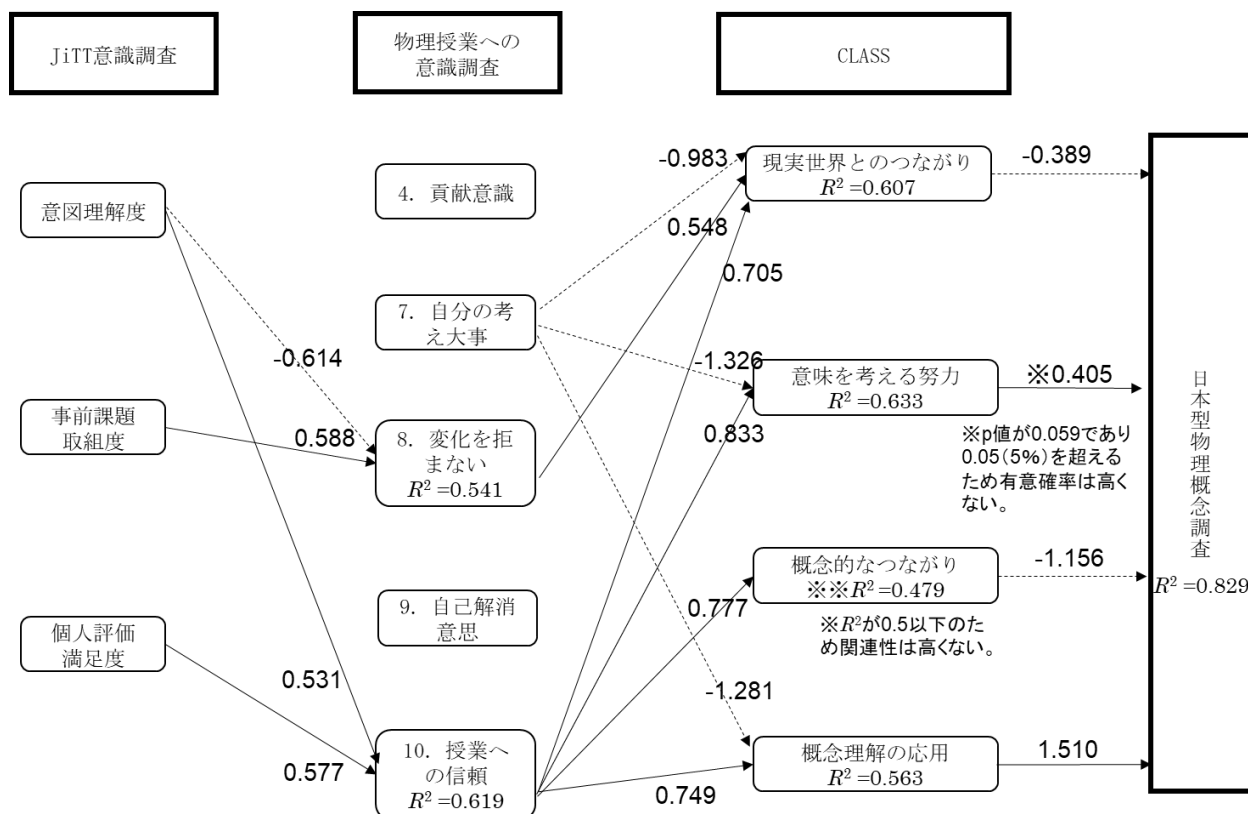


図 4.13 4つの調査間のパス図

図から分かる通り、JiTT の意図理解度、事前課題取組度、個人評価満足度が直接に CLASS や日本型物理概念調査の結果に関連しているとは言えない。しかし間接的には CLASS の結果や日本型物理概念

調査の結果と関連を示していることが分かった。

左から順に、まず JiTT 意識調査と物理授業への意識調査への関連から見ていこう。JiTT の意図理解度、個人評価満足度と「授業への信頼（物理の授業を、自分が得たい成果を得られる場として信頼している）」が関連があることが分かる。また、JiTT の事前課題取組の度合いは「変化を拒まない（物理の授業を通して、学びに関する考え方が変化していくことも、学びの機会と広くとらえ、拒まない）」態度と関連があることが分かる。

ところが、JiTT の意図理解度と「変化を拒まない」態度とには負の関連があることが分かる。これは JiTT の意図への理解度が高いとその理解を優先して、学びに関する考え方の柔軟な変化が阻害されているのかもしれない。

「授業への信頼」は、ここで抽出した CLASS の 4 つの項目のいずれとも関連があることが示された。CLASS は物理に対する意識調査であるが、それを高めるには授業への信頼感がやはり重要であることが示されたことになる。また、「変化を拒まない」態度と「(物理学と) 現実世界とのつながり」は関連があることが分かる。これまで知らなかった物理と現実世界のとらえを受け入れていくには「変化を拒まない」態度が重要であることを示している。

一方、「自分の考えが大事」と CLASS の 3 つの項目の間には負の関連があった。これは「変化を拒まない」態度と対をなしていると考えてよいだろう。「自分の考え」に凝り固まっていると、CLASS の示す物理に対する望ましい態度は身につかないということである。

CLASS と日本型物理概念調査の関連は単純では無く、正の関連もあれば負の関連もある。まず、「物理概念の応用」と日本型物理概念調査には関連があることが分かる。日本型物理概念調査の設問を解く際には授業で学んだ物理概念を応用する力が必要とされることから、これは当然であろう。次に「概念的なつながり」と日本型物理概念調査には負の関連があることが分かる。CLASS の「概念的なつながり」とは、概念と概念とはつながっていることの認識であり、概念理解や前記の「物理概念の応用」とは異なる。つまり CLASS の「概念的なつながり」に対する好ましい認識を得られたとしても日本型物理概念調査の設問を解くことはできないということになる。また、「現実世界とのつながり」と日本型物理概念調査にも負の関連があることが分かる。調査対象の生徒たちは、物理と「現実世界とのつながり」に関して好ましい認識を得られてはいるが、それだけでは日本型物理概念調査の設問に正しく答えることはできないということになる。有意性は高くないが「意味を考える努力」と日本型物理概念調査には正の関連があることが分かる。普段から意味を考える努力を続けた結果、日本型物理概念調査の設問の意味を正しく捉え、設問に正しく答えることに繋がったと言えるだろう。

第5章 JiTT 事前課題作成のためのチェックリストの開発

JiTT (Just in Time Teaching) は諸外国の高等教育機関においては既に多くの学問分野で実施されており、その効果も検証されている[1]。しかしながら日本の高等学校の物理での実践例はほとんどない。本論文の目的の一つは日本の高校物理において JiTT を普及させることにある。そのために事前課題作成のためのチェックリストを開発した。

JiTT のフィードバックループの要素には事前課題以外に、その分析、授業内フィードバック、授業内コンテンツがあるが、チェックリストは事前課題作成のためのものに限った。それは事前課題が JiTT において最も重要な要素であり、その作成が初めて取り組む教師にとって最も難しい局面であると考えられるからである。

高校物理授業を JiTT を用いて実施する教師は、事前課題作成前、中、後に、このチェックリストを利用して頂きたい。チェックリストは 15 項目からなる。多くの項目に適合する事前課題ほど、JiTT 事前課題として有効に機能するようチェックリストは作成されている。

5.1. 作成方法

ライゲルスの図書^[1]および"Pedagogy in Action : Connecting Theory to Classroom Practice"^[2]という米国 National Science Digital Library によって運営されるインターネットサイトには、JiTT を設計・実施する際の注意点が挙げられている。チェックリストの作成はこれらを元にして、筆者の JiTT 実践の経験を織り交ぜて作成した。付録に示したのはそのようにして作成したチェックリストである。

チェックリスト作成に当たっては根本・鈴木による「GBS 理論の適応度チェックリスト」^[35]にならって次のような工夫を取り入れた。

- ①質問形式を活用しやすいよう、また質問に答えやすいよう「はい」または「いいえ」で答えられる 2 択式の質問とした。ただしその質問に該当しない事前課題もありうるので、答に「該当しない」を設けた質問もある。
- ②全ての項目で、「はい」の選択肢が JiTT の方法に基づく場合であるようにして、チェックリストを利用する者が何が正しい JiTT の方法であるかが分かるようにした。
- ③観点毎にチェック項目を分類した。観点は「事前課題の形式」「事前課題の回答様式」「事前課題の内容」「事前課題の作成について」の 4 つとした。

5.2. チェックリストの仕様

仕様は以下の通りである。これも根本・鈴木による GBS 理論の適応度チェックリスト^[3]の仕様にならった。

<使用目的>

作成された（作成する）事前課題が JiTT 事前課題としてどの程度相応しいかを確認する。

JiTT 事前課題作成で考慮すべきチェックポイントを明らかにし、チェックリストを用いてチェックすることで、JiTT 事前課題としての不足点や改善点を知ることができる。

<使用時期>

JiTT 事前課題を作成し始める前、作成中、および実施後。

<使用者>

JiTT 授業を実施する高校物理の教員

<使用方法>

チェックリストに挙げられた2項目選択式設問への回答

<使用対照教材>

高等学校物理の通常の授業

5.3. 専門家評価の方法

開発したチェックリストを教育工学専門家（2名、K氏、M氏）と物理教育専門家（5名）に評価していただいた。これは教材開発の手法（鈴木 2002） [36]を応用したものである。評価は5種類の事前課題を用いて実施した。ライゲルスの図書に掲載されたもの（事前課題A）と Novak の教科書に掲載されたもの（事前課題B～E）である。5つの事前課題は以下のように形式や内容が偏らないようにした。詳細は本論文の付録を参照していただきたい。

事前課題A：生物学、自由記述形式

事前課題B：力学、自由記述形式

事前課題C：力学、選択肢形式

事前課題D：熱力学、自由記述形式

事前課題E：力学、連続問題、自由記述形式および選択肢形式

K氏（教育工学専門家）からの評価は書面でいただいた。その際、こちらから評価用紙と評価のための説明書をお送りし、チェックリストを用いて事前課題A～Eをチェックしていただいた上で、チェックリストについて自由記述欄に回答をしていただいた。評価用紙と評価のための説明書は付録を参照していただきたい。

M氏（教育工学専門家）からの評価も上と同じ書面でいただいた。その上で、その書面を見ながら zoom で説明をしていただいた。

物理教育専門家（5名）からの評価は対面で行った。こちらから評価用紙と評価のための説明書を配布し、チェックリストを用いて事前課題A～Eをチェックしていただきながら、意味の分かりにくいところなどを聞き取りながら進めた。全ての事前課題のチェックが終了した後に、フリートーク形式でご意見をいただいた。

5.4. 専門家評価の結果

事前課題A～E全てにおいて専門家によるチェックの結果多くの項目で「はい」が選ばれた。つまりこれらは JiTT の事前課題として相応しいものであることがチェックリストから判断された。これらの事前課題は JiTT についての著作に掲載された事前課題の模範例である。チェックの結果、多くの項目で「はい」が選ばれたということは、このチェックリストが妥当性を持っているということができると判断することができる。

5.5. 専門家評価の整理

評価の結果、指摘され明らかになった点を以下に示す。

- ・ チェックリストを読んだときに人によって解釈が違ってしまふ恐れのあるものがある。それは修正すべきだ。
- ・ 「はい」「いいえ」以外に「該当しない」がある項目と無い項目とがある。全ての項目にあった方がよいのではないか。
- ・ 項目 5 に「学習手順を導くようなワークシート」とあるが、具体的な例示があると分かりやすい
- ・ 項目の順番は、形式・回答様式・内容で分けられていると思いますが、項目 6 は他のチェック項目とは少し位置づけが異なる質問になるので、改善のためのチェック項目は別立ての方がわかりやすいようにも思います。
- ・ 項目 14 「事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。」の「生徒の能動性」の意味が分かりにくい。またそれが引き出せたかどうかをどのように判定するのか。
- ・ このようなチェックリストの存在はありがたい。初めての者でも JiTT に取り組みやすくなる。このチェックリストで「はい」が多い事前課題であれば、JiTT 事前課題として正当性があるということが分かり、自信をもって課題を出することができる。
- ・ このチェックリストを用いると、作った事前課題の修正点が明確になり、修正しやすくなる。
- ・ 15 項目というのは丁度良い数である。多すぎると時間がかかりすぎる。少なすぎると「これだけでよいのか」という気になる。
- ・ 「8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。」とあるが、「8. 選択肢で回答する事前課題では、どうしてその回答を選んだかを尋ねている。」と変えた方が良い。「理由」は答えにくい。「どうして…」なら例えば「実験してみたらそうなったから」などと答えやすい。

評価とともにいただいた感想を以下に示す。これは改善すべき点ではないが、今後の課題として修士論文完成後に取り組むべきと指摘された内容である。

- ・ チェックリストで「いいえ」の場合に、どのように事前課題を改善するのかのヒントが欲しい。
- ・ 「学習目標」を「事前課題」の上に記入してはどうか。(→これは事前課題集の場合だろう。生徒に事前課題を呈示する場合は「学習目標」は授業時には呈示するが「事前課題」時には呈示しない方がよいと考える。)
- ・ ブルームのタキソノミーの 4.0、5.0、6.0 の事前課題とはどのようなものになるのか。このような事前課題を作るのは非常に難しいのではないか。

5.6. チェックリストの改善

専門家評価の実施結果に基づき、チェックリストの改善を行った。行った点は以下の通りである。改訂版チェックリストを付録に示す。

- ・ チェックリスト利用者によって解釈が分かれるような表現を改めた。
- ・ 「その回答にたどり着いた理由」を尋ねるのではなく、「どうしてその回答を選んだか」を尋ねるようにした。理由は答えにくい場合があるから。
- ・ 質問項目の順番を変更した。

5.7. チェックリストを自作事前課題に用いてみる

専門家評価では教科書に見本として記載されている事前課題をチェックリストを用いてチェックした。ここでは筆者が自作した事前課題を改善したチェックリストを用いてチェックしてみたい。それによって事前課題およびチェックリスト双方の妥当性を測ることができると考えられる。また、以下でチェックする過程は、チェックリストを使ってみようとする人への使用例になるとも考えられる。

<事前課題F（自作）>

銭湯の湯船にお湯が入れてある。波は立っていない。棒で水面を周期的に叩くと波ができた。波の伝わる速さを速くするためにはどうすれば良いか。下から選び、理由も記しなさい。

- ア. より強い力で叩く
- イ. より長い周期で叩く
- ウ. より短い周期で叩く
- エ. 速さを変えることはできない
- オ. その他



JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は4題以内である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 事前課題は短く、扱い易いものである	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input checked="" type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートやその完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input checked="" type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

6. 事前課題の回答は、自分の言葉で説明するようになっている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
7. 選択肢で回答する事前課題では、どうしてその回答を選んだかを尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の内容

8. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
9. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題は調べただけで回答できる内容ではなく、生徒が自ら考えることによって初めて回答できる内容になっている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 事前課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は生徒の能動性を引き出すことを意図して作成されている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題はブルームのタキソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている（複数可）。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号①

事前課題の作成について

15. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
---	---

そのようにチェックした理由

項目1：この1題しか分からないので、無回答とした。

項目2：この事前課題は十分に短く、扱い易いものと判断したので「はい」とした。

項目3：このような事前課題が1回の授業であと2～3題程度あった場合、1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものであると判断したので「はい」とした。。つまりこのような事前課題1題あたり5～10程度の所要時間となると判断した。

項目4：事前課題がここでは複数ないので「該当しない」とした。

項目5：ワークシートを必要とする課題ではないので「該当しない」とした。

項目6：「理由も記しなさい。」とあることから、自分の言葉で説明するようになっていると判断して「はい」とした。

項目7：「理由も記しなさい。」が「どうしてその回答を選んだか」とは異なるので、「いいえ」とした。
「下から選び、理由も記しなさい。」を「下から選び、どうしてその回答を選んだかも記しなさい。」と修正すると良いだろう。

項目8：この事前課題の学習目標は以下の通りである。

- ・ 波の伝わる速さは媒質によって決まることが分かる。

- ・ 波の速さ v 、周期 T 、振動数 f 、波長 λ の間の関係（公式）が分かる。
- ・ ある媒質の波において、 f を変えたら v や λ はどう変わるかわかる。

この事前課題はここから逆算されており、これと直結していると判断できるので「はい」とした。

項目 9：銭湯の湯船の水面にできる波というところが真正な課題になっていると判断できるので「はい」とした。

項目 10：調べて答が得られる問題ではなく、自ら考えたり実際に実験してみてはじめて解答できる問題だと判断できるので「はい」とした。

項目 11：銭湯の湯船の水面にできる波について問うことで既有知識や経験を思い出させるものになっていると判断できるので「はい」とした。

項目 12：「振動数が大きい（周期が短い）ほど波の進む速さは早い」という誤概念を予測して作成されていると判断できるので「はい」とした。

項目 13：ウと誤答する者が多いと予想される事前課題であり、項目 9～11 を満たしていることから、能動性を引き出すことを意図して作成されていると判断できるので「はい」とした。

項目 14：これはブルームのタキソノミーの 6 分類の①知識に該当する。詳細は第〇章を参照していただきたい。

項目 15：選択肢問題であり選択肢のいずれかを選択するのはそれほど難易度は高くないだろう。また、理由を記すための所要時間についても、それほど長くかかるとは思えない。以上から「はい」とした。

<結果のまとめと考察>

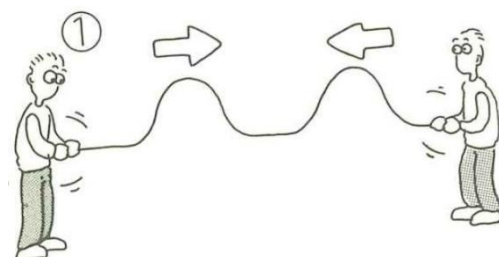
結果は、はい 11、いいえ 1、該当しない 1 であった。質問項目 1 は単独の事前課題だけでは回答できないので集計していない。この事前課題は、自分としては良く出来ていると考えているものである。このチェックを通して、この問題の妥当性とこのチェックリストの信憑性の両方が高められたと考えている。

<事前課題G（自作）>

波の山と山をぶつけると、ぶつかった後2つの山はどうか。色カードで答えなさい。（理由は書けたら書いて下さい）

- ア．跳ね返る
- イ．消滅する
- ウ．通り抜ける
- エ．その他

※図は参考文献 [18]より引用



JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は4題以内である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 事前課題は短く、扱い易いものである	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input checked="" type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートやその完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input checked="" type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

6. 事前課題の回答は、自分の言葉で説明するようになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ
7. 選択肢で回答する事前課題では、どうしてその回答を選んだかを尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の内容

8. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
9. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題は調べただけで回答できる内容ではなく、生徒が自ら考えることによって初めて回答できる内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ
11. 事前課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ
12. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は生徒の能動性を引き出すことを意図して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input checked="" type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題はブルームのタキソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている（複数可）。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号(①)

事前課題の作成について

15. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input checked="" type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
---	---

そのようにチェックした理由

項目1：事前課題Fと同じ。

項目2：事前課題Fと同じ。

項目3：このような事前課題1題あたり3分程度の所要時間となると判断した。これ以外に何題事前課題が出題されたのかは不明だが、分量的にやや少ないと判断し「いいえ」とした。

項目 4：事前課題 F と同じ。

項目 5：事前課題 F と同じ。

項目 6：選択肢を選ぶ問題で、「理由は書けたら書いて下さい」となっているので、回答を自分の言葉で説明するようになってはいない。そこで「いいえ」とした。

項目 7：「理由は書けたら書いて下さい」となっており、「どうしてその回答を選んだか」を尋ねてはいないので「いいえ」とした。

項目 8：ここでの学習目標は「波の独立性」と「波の重ね合わせの原理」である。そこから逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっていると判断できるので「はい」とした。

項目 9：真正な課題とは言えないので「いいえ」とした。

項目 10：どの教科書にもあり「調べただけで回答できる内容」なので「いいえ」とした。

項目 11：「既有知識と経験を思い出させるもの」になっているとは言えないので「いいえ」とした。

項目 12：前概念/誤概念を持ち合わせているとは思えない現象なので「いいえ」とした。

項目 13：項目 9～12 の結果から、「能動性を引き出すことを意図して作成」したとは言えないと判断して「いいえ」とした。

項目 14：学習目標の「波の独立性」と「波の重ね合わせの原理」は共にブルームのタキソノミーの 6 分類の①知識に該当する。知識の中でも「特定事実の知識 (Knowledge of Specific Facts)」に分類できるものである。

項目 15：選択肢問題であり選択肢のいずれかを選択するのはそれほど難易度は高くないだろう。また「理由は書けたら書いて下さい」なので、この課題に要する時間は短時間であると考えられる。以上から「はい」とした。とは言えもう少し難しく、所要時間の長い問題の方が望ましいだろう。

<結果のまとめと考察>

結果は、はい 4、いいえ 8、該当しない 2 であった。質問項目 4 は単独の事前課題だけでは回答できないので集計していない。この事前課題は、自分としては出来の悪いと考えているものである。チェックしてみるとその通り「はい」が少ない。このチェックを通して、この問題の不足点とこのチェックリストの有用性の両方が確かめられたと考えている。

第6章 インストラクショナルデザインの一つとしての JiTT

JiTT はインストラクショナルデザインの一つ (ID) と考えられるが、1990 年代に生まれたものでありまだ新しい。本章では、ID の古典であるブルームのタキソノミー、ガニユの 9 教授事象と JiTT を比較・検討することによって、JiTT の性格を明らかにし、そのより良い利用法を考える一助としたい。

6.1. ブルームのタキソノミーとの関連

6.1.1 ブルームのタキソノミーとは

ブルームのタキソノミー [9] [37]とは、教育の目標とする領域を「あたま、こころ、からだ」の 3 領域（認知・情意・精神運動領域）に分け、それらをレベル分け（分類）をしたものである。物理の JiTT 事前課題と関係するのは「あたま」（認知領域）であるので本タスクではそれのみを取り上げる。認知領域のタキソノミーは以下の通りである。上に行くほど高次の思考であるとされる。

6.0	評価	Evaluation	価値や意味を判断する力
5.0	統合 (総合)	Synthesis	部分をまとめて新しい全体をつくり出す力
4.0	分析	Analysis	問題の全体的な構造を明らかにする力
3.0	応用	Application	すでに学んだことを新しい課題場面や具体的状況に適用する力
2.0	理解	Comprehension	変形（表現を変えて自分の言葉で答える）、解釈（与えられた情報間の関係を答える）、外挿（示されていない内容を予想して答える）の 3 つがある
1.0	知識	Knowledge	様々なタイプの知識があるが、いずれも記憶することが求められる性質のもの

またこれらは以下のようにさらに詳細に分類される^[2]。

- 1.00 知識 (Knowledge)
- 1.10 個別的なものの知識 (Knowledge of Specifics)
 - 1.11 術語の知識 (Knowledge of Terminology)
 - 1.12 特定事実の知識 (Knowledge of Specific Facts)
- 1.20 特定のものを扱う手段・方法の知識
(Knowledge of ways and Means of Dealing with Specifics)
 - 1.21 約束ごとの知識 (Knowledge of Conventions)
 - 1.22 傾向性や順序性の知識 (Knowledge of Trends and Sequences)
 - 1.23 分類とカテゴリーの知識
(Knowledge of Classifications and Categories)
 - 1.24 基準の知識 (Knowledge of Criteria)
 - 1.25 方法論の知識 (Knowledge of Methodology)
- 1.30 一般的なもの、抽象的なものの知識
(Knowledge of the Universals and Abstractions in a field)

- 1.31 原理や一般化の知識 (Knowledge of Principles and Generalizations)
- 1.32 理論や構造の知識 (Knowledge of Theories and Structures)
- 2.00 理解 (Comprehension)
 - 2.10 変換 (Translation)
 - 2.20 解釈 (Interpretation)
 - 2.30 外挿 (Extrapolation)
- 3.00 応用 (Application)
- 4.00 分析 (Analysis)
 - 4.10 要素の分析 (Analysis of Elements)
 - 4.20 関係性の分析 (Analysis of Relationships)
 - 4.30 組織原理の分析 (Analysis of Organizational Principles)
- 5.00 統合(総合) (Synthesis)
 - 5.10 固有の伝達内容の創出 (Production of a Unique Communication)
 - 5.20 計画あるいは実施企画の創出
(Production of a Plan, or Proposed Set of Operations)
 - 5.30 抽象的な関係性の創出 (Derevation of a Set of Abstract Relations)
- 6.00 評価 (Evaluation)
 - 6.10 内的基準による判断 (Judgements in terms of Internal Evidence)
 - 6.20 外的基準による判断 (Judgements in terms of External Criteria)

6.1.2 ブルームのタキソノミーと JiTT の事前課題

このブルームのタキソノミーは効果的な JiTT 事前課題を開発するための有用なガイドとなると言われている [38]。作成する事前課題を通して生徒に身につけさせたい能力はこの6つのどれなのかを考えながら作成すると良いという。また、より高次の思考へと生徒を移行させるために、事前課題はどのように利用できるかを問いつつ事前課題を作成すると良いともいう。

6.1.3 これまでに自作・実践した事前課題をブルームのタキソノミーで分類する

ブルームのタキソノミーは 1948 年にアメリカ心理学会が大学の試験にかかわる研究者を集めて試験問題を分類することで定められたものである。これは既存の試験問題を元にして 6 つのレベルを生み出す作業だった。本タスクではこれとは反対に、筆者が作成した事前課題を 6 つのレベルに分類してみたい。それによって、筆者がその事前課題を作成した意図や狙った学習目標を明らかにする。

①知識

事前課題：銭湯の湯船にお湯が入れてある。波は立っていない。棒で水面を周期的に叩くと波ができた。波の伝わる速さを速くするためにはどうすれば良いか。下から選び、理由も記しなさい。

- | | |
|-------------|-----------------|
| ア．より強い力で叩く | イ．より長い周期で叩く |
| ウ．より短い周期で叩く | エ．速さを変えることはできない |
| オ．その他 | |

正解はエ

この事前課題は「1.31 原理や一般化の知識」に分類される。梶田[2]はこの知識を次のように説明している。

- ・ 現象の観察をまとめ上げるような固有の抽象概念に関する知識。これらは、説明したり、記述したり、予測したりする際に、あるいはまた適切な行為や方向を決定する際に価値のある抽象概念である。

この事前課題を通して学ぶべき学習目標は「波の伝わる速さは媒質によって決まり、波源の運動状態には寄らない」ということである。この学習目標は「現象の観察をまとめ上げるような固有の抽象概念に関する知識」に分類される。これは正解である「エ．速さを変えることはできない」ことを説明する際に価値のある抽象概念である。

事前課題：「力」の 3 つの働きは何ですか？ 教科書を読んで答えなさい。

正解は①物体の形を変える。②物体の運動状態を変える。③物体を支える。

この事前課題は「1.11 術語の知識」に分類される。梶田 [37]はこの知識を次のように説明している。

- ・ 特定のシンボル（言語的、非言語的）に関する知識。これは、一般的に受け入れられているシンボルに関する知識、1 つの対象に用いられる多様なシンボルに関する知識、シンボルのある特定の利用にとって最も適切な対象に関する知識、などを含む。

この事前課題を通して学ぶべき学習目標は「教科書で示されている「力」の 3 つの働きという知識を知る」ということである。この知識は特定の言語的シンボルであり、一般的に受け入れられている（＝教科書的に記載されている）シンボルに関する知識である。

②理解

事前課題：左図は地震計の仕組み、右図は地震計で地震を記録したものである。

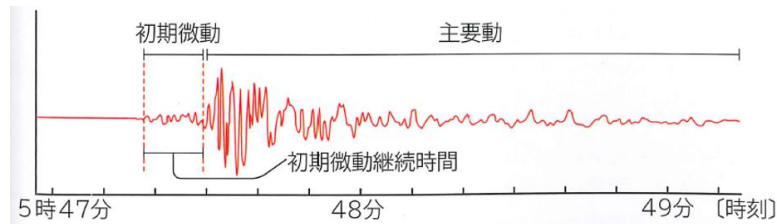
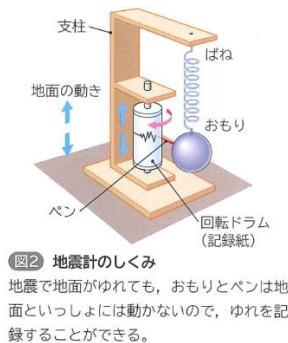
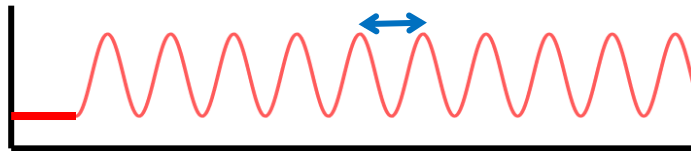


図3 地震計の記録の例（兵庫県南部地震のときの滋賀県彦根市の例）

地震が起きていないときに、地震計のおもりを 5cm 下げ、手を放したところ、バネは単振動した。下図はそのときの地震計の記録である。



バネが単振動する周期はバネによって決まっておりこのバネは 0.5s である（ということは振動数は 2Hz になる）。図の矢印の幅は何を表しているか。色カードで答えなさい。そう考えた理由も答えること。

ア. 5cm イ. 0.5s ウ. 2Hz エ. その他

正解はイ

この事前課題は「2.00 理解」の中の「2.30 外挿」に分類される。梶田はこれについて次のように説明している。

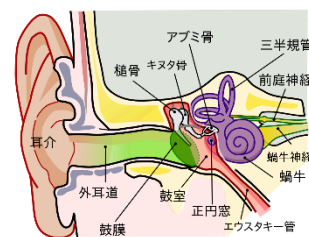
- ・ 含意、結果、結末、効果等を把握するために、与えられたデータの範囲を超えて傾向や趨勢を引き伸ばすこと。これらは当初のコミュニケーションにおいて記述された条件に従っていない。

この事前課題は、地震計による振動の記録という「結果」を把握するために、与えられたデータ（上右図）の範囲を超えて趨勢を引き伸ばすことによって答を予想させるものである。

③応用

事前課題：ヒトの耳の深さは約 3cm です。このことからヒトの耳に感度良く聞こえる音の振動数は何 Hz になるか。なお耳は「閉管」である。

画像は <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%80%B3> より引用



この事前課題は「3.00 応用」に分類される。梶田はこれについて次のように説明している。

- ・ 特定の具体的な状況における抽象概念の活用。この抽象概念には、一般的な観念、手続き上の規則、

一般化された方法などの形をとるものがあり、また、記憶しておいて応用しなくてはならない技術的な原理、観念、理論もある。

この事前課題は、教科書にある「一般的な閉管での気柱の共鳴」という抽象概念を、「耳」という特定の具体的な状況で活用させるものである。この抽象概念は「基本振動する閉管の長さは波長の4分の1である」という「一般的な観念」の形をとっている。

④分析

事前課題：左写真の「変声カン」の中身はヘリウムと酸素の混合ガスである。これを吸って声を出すと高い声が出る。その理由を下の表と数式を使って説明しなさい。



	媒 質	音速[m/s]
気 体	ヘリウム(0℃)	970
	二酸化炭素(20℃)	275
	窒素(20℃)	349
液 体	水(20℃)	1482
	海水(20℃)	1513
	メタノール(20℃)	1121
固 体	窓ガラス(縦波)	5440
	鉄(縦波)	5950
	アルミニウム(縦波)	6420

この事前課題は「4.00 分析」の中の「4.10 要素の分析」と「4.20 関係性の分析」に分類される。梶田は「4.00 分析」について次のように説明している。ここでいう「コミュニケーション」とはコミュニケーションする内容を指しているのだろう。

- ・ 1つのコミュニケーションを構成する要素あるいは部分に分解し、諸観念の相対的なヒエラルキーや表明された観念相互の関係などを明らかにすること。
- ・ そして「4.10 要素の分析」については次の通り説明している。
- ・ 1つのコミュニケーションに含まれる要素を明らかにすること。
- ・ また「4.20 関係性の分析」については次の通り説明している。
- ・ 1つのコミュニケーションの構成要素間の、また部分間の結合関係や相互関係を明らかにすること。

この事前課題に答える(というコミュニケーションをする)ためには、このコミュニケーションを3つの要素(①ヘリウムガス中での音速、②気柱の共鳴についての観念、③波の基本式 $v=f\lambda$) からなることを分析し、①②という実験事実を③という法則適用するという3要素間の結合関係や相互関係を明らかにする力が求められる。

⑤統合

事前課題：下の図によるとギターで高い音を出すには次の3つの方法がある。

- ①はじく弦の長さを短くする。
- ②弦を張る強さを強くする。
- ③弦の線密度が小さい弦(=細い弦)をはじく。

なぜ①～③のようにすると高い音が出るのか。式を用いて説明しなさい。

考えてみよう! ギターのしくみ

ギターを鳴らすとき、どのようにすると、高い音を出すことができるだろうか。

①はじく弦の長さを **短く** する。
(指で押さえる位置を変えると、弦の振動する部分の長さが変わる。)

②弦を張る力の強さを **強く** する。
(強く張ると固有振動数が大きくなる。)

③弦の線密度が **小さい**
弦をはじく。
(同じ材質の弦では細い弦ほど固有振動数が大きくなる。)



この事前課題は「5.00 統合(総合)」の中の「5.30 抽象的な関係性の創出」に分類される。梶田は「5.00 統合(総合)」について次のように説明している。

要素や部分を結合して1つのまとまったものを形作ること。

そして「5.30 抽象的な関係性の創出」については次の通り説明している。

- ・ 特定のデータや現象を分類したり説明したりするために抽象的な関係づけを発展させること。また基礎的仮定や記号的表示から仮説や関係を演繹すること。

事前課題に記された①～③の操作は「要素や部分」と言える。これらを結合した1つのまとまったもの(統合・総合したもの)として「波の基本式 $v=f\lambda$ 」と「 $v=\sqrt{(S/\rho)}$ 」(S は弦の張力、 ρ は線密度)がある。この課題では、①～③という特定の現象を説明するために「波の基本式 $v=f\lambda$ 」や「 $v=\sqrt{(S/\rho)}$ 」といった抽象的な関係づけを発展させる力が問われている。

⑥評価

「6. 評価」に関する事前課題を作成したことが無かったのでこれを機に試作してみた。日本の高校物理では「評価」に関することが学習目標とされることは少ない。しかしブルームによればこれが認知領域において最も高次のレベルの能力とされる。このことは日本の物理教育の課題として重大に受け止めなくてはならない。

事前課題：核エネルギーの利用については賛否両論あります。両方の意見について述べた後、現在の日本の核利用についてあなたの見解を述べなさい。

この事前課題は「6.00 評価」の中の「6.10 内的基準による判断」に分類される。梶田は「6.00 評価」について次のように説明している。

- ・ 素材や方法の価値を、目的に照らして判断すること。素材や方法が基準を満たす程度について量的・質的に判断すること。この基準は、生徒が自ら設定したものである場合もあり(内的基準)、また他から与えられたものであることもある(外的基準)。

そして「6.10 内的基準による判断」については次の通り説明している。

- ・ 論理的な正確さ、一貫性、その他の内的基準によって伝達内容の正確さを評価すること。

この事前課題に答えるには核利用の価値を、目的に照らして判断することが求められる。この答には正解は無い。しかし、一人一人の生徒が、論理的な正確さ、一貫性、その他の内的基準によって自らの見解の正当性を評価することが求められる。

6.2. ガニエの9教授事象との関連

6.2.1 ガニエの9教授事象とは

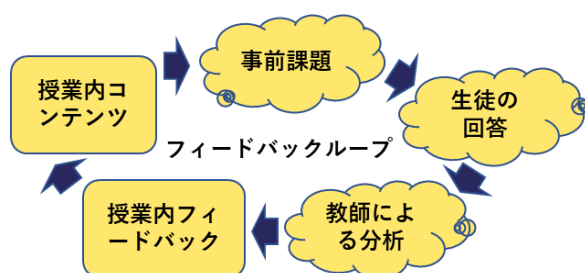
『インストラクショナルデザインの道具箱 101』(北大路書房) [39]ではガニエの9教授事象は以下のよう
に説明されている。

インストラクショナルデザインの生みの親ロバート・M・ガニエが、認知心理学の情報処理モデル
に基づいて人の学びを支援する外側からの働きかけとして9つの事象を提案したもので、授業や教
材に必要な構成要素として参考になる。

9つの事象とは以下の表のものである。

6.2.2 JiTT と9教授事象との関連

JiTT フィードバックループは以下の5つの要素からなることは前述した通りである。



ライゲルースの図書 [4]では、ガニエの9教授事象と JiTT フィードバックループが次の表のよう比較
されている。表にはそれに筆者の考えも加えた。これはガニエの9教授事象の考えを取り入れつつ JiTT
を実践する中で得られた知見である。

ガニエの9教授事象	JiTT フィードバックループ	
	ライゲルースの図書	落合の考え
1、学習者の注意を喚起する	事前課題	事前課題
2、授業の目標を知らせる	事前課題	事前課題、授業内フィードバック
3、前提条件を思い出させる	事前課題	事前課題、授業内フィードバック
4、新しい事項を提示する	授業内コンテンツ	授業内コンテンツ
5、学習の指針を与える	授業内コンテンツ	授業内コンテンツ
6、練習の機会をつくる	事前課題	事前課題、授業内コンテンツ
7、フィードバックを与える	授業内フィードバック	授業内フィードバック、授業内コンテンツの最後
8、学習の成果を評価する	授業内フィードバック	授業内フィードバック、授業内コンテンツの最後
9、保持と転移を高める	次の事前課題	次の事前課題、次の授業の授業内コンテンツ、定期テスト

図 6.1 ガニエの9教授事象と JiTT フィードバックループの比較

JiTT において以下のような事前課題を課した場合について 9 教授事象との関連を考えよう。



図 6.2 事前課題の例

この授業は高校・物理基礎のものでありテーマは「速度の合成」である。本時の目標は次の様に定めた。

- ・ 合成速度とは何か分かる。
- ・ 合成速度の計算の仕方が分かる。
- ・ 日常の場面において合成速度の例を挙げることができる。

事象 1、学習者の注意を喚起する

学習者の注意を喚起するためには、できるだけ現実味があり生徒の興味を引くような事前課題を準備する必要がある。この例は、実際の福岡－羽田間、札幌－羽田間の飛行時間を示し、福岡－羽田間では行きと帰りの飛行時間が大きく異なることを題材としており、学習者の注意を喚起することに成功していると思われる。

事象 2、授業の目標を知らせる

この事前課題出題時には、本時の目標（上記）が明示されている訳ではない。しかし事前課題に取り組むと本時の目標が何であるかが自動的にわかるようになっている。それは事前課題がダイレクトに本時の目標と関連しているからである。このように事前課題は本時の目標を示すと同時にその課題が達成出来たら本時の課題も達成できるようなものである必要がある。

本時の目標を明示的に示すのは、授業内フィードバックのときになる。それは教室での授業の冒頭である。これは事前課題に取り組んだときに自分なりに類推した本時の目標が教師の示したものと合致しているかをチェックする同時に、この 1 コマの授業の目標を改めて確認するものである。

事象 3、前提条件を思い出させる

この事前課題の場合の前提条件は小学校で做った「速さ＝距離/時間」である。事前課題はこの前提条件を思い出させる仕掛けとなっている。しかし授業内フィードバックにおいて生徒の回答を共有しながら改めて前提条件を思い出させるようにする。それは、事前課題に取り組んで、この前提条件を思い出せた生徒も、思い出せなかった生徒もいるからである。「教師による分析」ではどの程度の生徒が

前提条件を思い出しているかを分析することが重要である。

事象 4、新しい事項を提示する

教室での授業において、新しい事項である合成速度の公式「合成速度 $v=v_1+v_2$ 」を提示し、この事前課題の場合は「合成速度＝無風時の飛行機の世界速度＋偏西風の世界速度」であることを示す。これは「授業内コンテンツ」^(注)の中の「教師による説明」に当たる。事前課題が正解できた生徒はすでにこの公式を用いているのであるが、改めて教師が説明して提示することにより正しく記憶に残るようになる。事前課題が正解できなかった生徒には、この公式を用いて解く方法を示す。また事前課題に類似したいくつかの例に、この公式を適用してみせる。

(注) JiTT の「授業内コンテンツ」とは、様々なものが想定される自由度の高いものである。教師による説明、生徒同士の発表・討論、問題演習、生徒実験、演習実験、シミュレーション操作、作業、教科書読書、web 検索などが「授業内コンテンツ」となりうる。

事象 5、学習の指針を与える

これも「授業内コンテンツ」の「教師による説明」によって行われる。公式を用いる際に速度の正負に注意すること、たとえば、計算結果として合成速度が負の値になった場合は負の向きに進んでいること、ゼロである場合は静止していることに着目させて公式の適用を促す。これらの特殊な例を扱うことで、公式の理解を強化し、記憶により残り易くする。

事象 6、練習の機会をつくる

ライゲルスの図書では、事前課題に取り組むことが練習の機会となるとされている。確かにそのような側面も事前課題にはあるが、筆者は練習の機会が授業内コンテンツとして行われるべきだと考えている。というのは事象 6 は事象 4、5 との連続の中に位置づけられるべきものだからである。今の例の場合は、教科書や問題集にある合成速度の問題を解いて、事象 4、5 で示されたことが自分で正確にできるようになるために練習することである。

事象 7、フィードバックを与える

ここで言われるフィードバックとは事象 6 での練習に対するフィードバックだろう。一方 JiTT の授業内フィードバックとは事前課題に対するフィードバックであり、タイミングも意味も違う。よって 9 教授事象に従って JiTT を実践するにはフィードバックが 2 度必要になることになる。事前課題へのフィードバックと事象 6 の練習へのフィードバックである。1 度目の評価は授業内フィードバックの時に、1 度目の評価は授業内コンテンツの最後に行われるべきである。

事象 8、学習の成果を評価する

ライゲルスの図書には学習成果の評価は授業内フィードバックの時にすると書かれている。確かにそれは事前課題の成果を評価は授業内フィードバックの時に行われるべきである。しかしガニエの言う学習の成果の評価とはその時間の目標が達成できたかどうかの評価であり、事前課題だけに対する評価ではない。つまり事象 7 と同様に 2 度評価が必要になる。事前課題への評価と、その時間の目標

が達成できたかどうかの評価である。1 度目の評価は授業内フィードバックの時に、1 度目の評価は授業内コンテンツの最後に行われるべきである。

事象 9、保持と転移を高める

事象 9 は忘れたころにもう一度復習の機会をつくることで、学習の成果を長持ちさせ、また他の学習への応用ができるようにという意図がこめられている。ライゲルースの図書ではこれを次の事前課題で行うようになっているが、それだけに限らず次の授業の授業内コンテンツや定期テストで行うことも可能だろう。速度の合成の例でいえば、次の授業では相対速度について学ぶが、その授業内コンテンツとして、合成速度と相対速度の差異について取り上げることによって合成速度の理解について保持と転移を高めることができる。また定期テストはまさに保持と転移を高めるために行うものである。

謝辞

この論文は、中野裕司教授のご指導の下で完成しました。中野先生に感謝申し上げます。中野先生は、私の自由勝手な研究スタイルを暖かく見守りつつ、いつもの確なご指導をして下さいました。IT (Information Technology) のご専門家でありつつ教授システム学全般にわたる深い見識と豊富な指導経験をお持ちの中野先生のご指導は、常に洞察に富み、助言は実に有益でした。また、私にとってとても有り難かったのは、中野先生が物理学のご出身だったことです。物理学の内容を理解して下さい、ご指導戴けたことはとても幸いでした。中野先生と私が同じ大学・大学院の同じ学部・学科の出身であり、共通の恩師や知人がいることを知り、特別なご縁を感じております。

副指導教員である久保田真一郎准教授に感謝申し上げます。物理学のご出身である久保田先生からは、特に高校物理に JiTT を用いる際の特徴的な点について厳密にすべきとのご指摘をいただきました。これが「第 5 章 JiTT 事前課題作成のためのチェックリストの開発」へと繋がりました。

また、一年限りではありましたが副指導教員を務めて下さった平岡斉士准教授に感謝いたします。ID (Instructional Design) の一つとしての JiTT の機能について示唆を戴きました。第 1 章、第 6 章は主に平岡先生からのご指摘に基づいています。

その他、お名前は省略させていただきますが、GSIS の合宿などで貴重な示唆を下さった多くの先生方に感謝いたします。

チェックリスト開発時の専門家評価にご協力下さいました 2 名の ID の専門家の方々、福岡物理サークルに集う 5 名の物理教育の専門家の方々に感謝いたします。チェックリストを詳細に検討していただき、完成に至るための貴重なご意見をいただきました。

中野ゼミで一緒に過ごした先輩方や同級生にも感謝の意を表します。皆様の取り組みは私にとって大きな励ましと支えになりました。また多くの有益なアドバイスをいただきました。

同級生である GSIS 16 期生の皆様にも感謝いたします。共に学ぶことの楽しさを知ることができました。私が JiTT と出会うことができたのも同級生からのコメントによります。

1 年を通して JiTT を用いた物理基礎の授業や調査につきあってくれた 2 学年 170 名以上の生徒のみなさんに感謝します。この研究は授業実践を伴わないと完成しないものでした。毎回の事前課題への取り組みは大変だったかと思いますが、よくそれに応えてくれました。結果、皆さんの概念理解と能動性を高めることに成功したのではないかと考えています。

最後に、家族に感謝します。学習と研究に専念できたのは家族の理解と支援があったからです。

貢献

学会発表

- ・ [日本教育工学会 2022 年秋季全国大会](#)
- ・ [日本物理教育学会 第 38 回研究大会 \(2022\) 76 ページ](#)
- ・ [日本物理教育学会 第 39 回研究大会 \(2023\) 61 ページ](#)

依頼講演

- ・ [令和 5 年度 第 6 1 回九州高等学校理科教育研究会長崎大会](#)
- ・ [日本物理学会 物理教育シンポジウム 第 14 回「探究～物理教育における探究的な学習について考える～」](#)

公開した Web 資料

- ・ [実際の生徒向け Web ページ](#)
- ・ [事前課題集 \(力学編\)](#)
- ・ [事前課題集 \(波動編\)](#)
- ・ [JiTT でのロイロノートの使い方](#) (ロイロ認定ティーチャーのサイトへ)
- ・ [JiTT でのロイロノートの使い方](#) (文書による)
- ・ [JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト](#)

引用文献

- [1] Novak, “Just in Time Teaching,” J. Phys. 67, 1999.
- [2] E.F.レディッシュ, 科学をどう教えるか, 丸善出版, 2012.
- [3] 新田英雄, “日本の相互作用型授業と物理教育研究,” 物理教育 64-3, 2016.
- [4] C.M.ライゲルースほか編(鈴木克明監訳), 学習者中心の教育を実現する インストラクショナルデザイン理論とモデル, 北大路書房, 2020.
- [5] L.Deslauriers et al., “Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class,” Science 332(2011), 2011.
- [6] American_Association_of_Physics_Teachers_AAPT, “Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS),” [オンライン]. Available: <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=CLASS>. [アクセス日: 2023/12/24].
- [7] American_Association_of_Physics_Teachers_AAPT, “Force Concept Inventory (FCI),” [オンライン]. Available: <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=FCI>. [アクセス日: 2023/12/24].
- [8] 新田英雄, “日本型物理概念調査問題の開発,” 第 38 会物理教育研究大会予稿集, 2022.
- [9] 鈴木克明他, “熊本大学 基盤的教育論 ブルームのタキソノミー,” [オンライン]. Available: https://www.gsis.kumamoto-u.ac.jp/opencourses/pf/2Block/04/04-1_text.html.
- [10] 鈴木克明, “『放送利用からの授業デザイナー入門～若い先生へのメッセージ～』財団法人 日本放送教育協会 2 ガニエの 9 つの教授事象～学びのプロセスを支援する外的条件を整える～,” [オンライン]. Available: <https://www.gsis.kumamoto-u.ac.jp/ksuzuki/resume/books/1995rtv/r tv02.html#2>.
- [11] 成瀬政光, “反転授業の事前学習に関する一考察と高校数学への実践,” 早稲田教育評論 32 (1), 2018.
- [12] 溝上慎一, “溝上慎一 of 教育論 内発的動機づけ・自己決定理論,” [オンライン]. Available: [http://smizok.net/education/subpages/aglo_00010\(intrinsic-motivation&SDT\).html](http://smizok.net/education/subpages/aglo_00010(intrinsic-motivation&SDT).html).
- [13] 重田勝介, “反転授業 ICT による教育改革の進展,” 情報管理 56-10, 2014.
- [14] 溝上慎一, “(理論) 反転授業とは,” [オンライン]. Available: [http://smizok.net/education/subpages/a00029\(flipped\).html](http://smizok.net/education/subpages/a00029(flipped).html).
- [15] 小島健太郎, “知識構築のためのグループ学習を中心とした反転学習,” 物理教育 69-2, 2021.
- [16] 土佐幸子, “反転授業の長所と短所を探る—「反転」ではなく「事前」授業を一,” 大学の物理教育 20, 2014.
- [17] 板倉聖宣, 仮説実験授業の ABC, 仮説社, 1977.
- [18] 東京物理サークル, たのしくわかる物理 100 時間, 日本評論社.
- [19] 文部科学省, “平成 29・30・31 年改訂学習指導要領 (本文、解説),” [オンライン]. Available:

https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm.

- [20] 政府広報オンライン, “2020 年度、子供の学びが進化します！新しい学習指導要領、スタート！,” [オンライン]. Available: <https://www.gov-online.go.jp/useful/article/201903/2.html>.
- [21] 篠ヶ谷圭太, 予習の科学, 図書文化, 2022.
- [22] 新田英雄, “ピア・インストラクションとは何か(<シリーズ>物理教育は今)66-8,” 日本物理学会誌, 2011.
- [23] 国立教育政策研究所教育課程研究センター, “平成 27 年度高等学校学習指導要領実施状況調査結果のポイント,” [オンライン]. Available: https://www.nier.go.jp/kaihatsu/shido_h27/h27/h27csr_point.pdf.
- [24] ベネッセコーポレーション, “『進路選択に関する振返り調査－大学生を対象として－』(平成 17 年度経済産業省委託調査報告書),” [オンライン]. Available: https://berd.benesse.jp/berd/center/open/kou/view21/2006/06/03data_jituzo_01.html. [アクセス日: 2023/12/24].
- [25] 金森大和, 新田英雄他, “物理学習姿勢調査 CLASS と力学概念理解調査 FCI の相関,” 日本物理学会講演概要集 71-1, 2016.
- [26] 宗尻修治, “CLASS (Colorado Learning Attitudes about Science Survey) を用いた高校生、大学生の物理学習姿勢調査,” 日本物理教育学会年会 第 35 回 物理教育研究大会予稿, 2018.
- [27] 山. 長. 安. 村. 覧. 岸澤眞一, “2014 物理教育の現場調査・力学概念調査からの分析 (1): 全体の概況,” 物理教育研究大会発表予稿集, 2014.
- [28] 原田恒司、小島健太郎, “文系学生の持つ典型的力学誤概念 : Force Concept Inventory (FCI) を用いた解析,” 基幹教育紀要 3, 2017.
- [29] 右近修治, “誤概念診断ツールとしての F C I,” 東京都市大学共通教育部紀要 9, 2016.
- [30] 右近修治, “誤概念診断ツールとしての F C I,” 東京都市大学共通教育部紀要 9, 2016.
- [31] R. R. Hake, “Interactive-engagement versus traditional methods: A sixthousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses.,” American Journal of Physics 66, 1998.
- [32] 新田英雄, “新たな概念調査紙と評価方法の開発,” 物理教育 68-3, 2020.
- [33] 新田英雄, “日本型物理概念調査紙の試行版,” 第 37 回物理教育研究大会予稿集, 2021.
- [34] 新田英雄, “物理教育にみられる定量的な男女差,” 物理教育 71(3), 2023.
- [35] 根本淳子・鈴木克明, “ゴールベースシナリオ (GBS) 理論の適応度チェックリストの開発,” 日本教育工学会論文誌 29, 2005.
- [36] 鈴木克明, “教材設計マニュアル,” 北大路書房.
- [37] 梶田叡一, 教育評価, 有斐閣, 1983, pp. 113-119.
- [38] Pedagogy in Action : the SERC portal for Educators, “Developing Effective Questions for JiTT Exercises,” [オンライン]. Available: <https://serc.carleton.edu/sp/library/justintime/step2.html>.
- [39] 鈴木克明監修、市川尚、根本淳子編著, インストラクショナルデザインの道具箱 101, 北大路出版,

2016.

- [40] ビジネスリサーチラボ, “ α 係数とは何か,” [オンライン]. Available: <https://www.business-research-lab.com/220411-2/>. [アクセス日: 2023/12/24].
- [41] 鈴木克明, “学習経験の質を左右する要因についてのモデル,” 教育システム情報学会研究報告 24(4).
- [42] 鈴木克明著, 教材設計マニュアル〜独学を支援するために, 北大路書房, 2020.
- [43] 鈴木克明監修, インストラクショナルデザインの道具箱 101, 北大路書房, 2016.
- [44] 新田英雄, “新たな概念調査紙と評価方法の開発,” 物理教育 68-3, 2020.
- [45] 落合道夫, “JiTT 授業法を用いた、波の伝わる速さについての授業 波の性質【授業案】,” ロイロノート, [オンライン]. Available: <https://help.loilonote.app/%E9%AB%98%EF%BC%91%E3%80%80%E7%90%86%E7%A7%91%E3%80%80JiTT%E6%8E%88%E6%A5%AD%E6%B3%95%E3%82%92%E7%94%A8%E3%81%84%E3%81%9F%E3%80%81%E6%B3%A2%E3%81%AE%E4%BC%9D%E3%82%8F%E3%82%8B%E9%80%9F%E3%81%95%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A>. [アクセス日: 2023/12/24].
- [46] A. Madsen, “How physics instruction impacts students’ beliefs about learning physics A meta-analysis of 24 studies,” PHYSICS EDUCATION RESEARCH 11, 2015.
- [47] 三保紀裕・本田周二・森朋子・溝上慎一, “反転授業における予習の仕方とアクティブラーニングの関連,” 日本教育工学会論文誌 40, 2016.
- [48] Sarah P. Formica, et al., “Transforming common-sense beliefs into Newtonian thinking through Just-In-Time Teaching,” PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS - PHYSICS EDUCATION RESEARCH 6, 2010.

付録①

JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト

本チェックリストはジャストインタイムティーチング（Just in Time Teaching：JiTT）の事前課題を作成する方が、自分の事前課題がどのように作られているか、その形式や内容は適切なものであるかを確認するためのものです。JiTT のこれまでの実践から得られた知見を基にして、教育工学におけるチェックリスト開発の方法に基づいて開発しました。これを用いると作られた事前課題がどの程度適正であるかを明確にすることができます。

このチェックリストは日本の高校物理の授業での活用を念頭に置いて作成されていますが、他の教育機関の他の教科・科目においても利用可能なものであると考えています。

以下の質問に順に回答してください。

事前課題の形式

1. 1 回の事前課題は 4 題以内である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 事前課題は短く、扱いやすいものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1 回の事前課題は 15～30 分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートやその完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

6. 事前課題の回答は、自分の言葉で説明するようになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
7. 選択肢で回答する事前課題では、どうしてその回答を選んだかを尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の内容

8. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
9. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題は学習者に専門用語を示す内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 事前課題は調べただけで回答できる内容ではなく、生徒が自ら考えることによって初めて回答できる内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 事前課題は学習者に既有知識と経験を思い出させる内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題は生徒の能動性を引き出すことを意図して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
15. 事前課題はブルームのタクソノミーの 6 分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている（複数可）。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号()

事前課題の作成について

16. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
---	--

（注）ブルームのタクソノミーの 6 分類

6.0	評価	Evaluation	価値や意味を判断する力
5.0	統合(総合)	Synthesis	部分をまとめて新しい全体をつくり出す力
4.0	分析	Analysis	問題の全体的な構造を明らかにする力
3.0	応用	Application	すでに学んだことを新しい課題場面や具体的状況に適用する力
2.0	理解	Comprehension	変形（表現を変えて自分の言葉で答える）、解釈（与えられた情報間の関係を答える）、外挿（示されていない内容を予想して答える）の 3 つがある
1.0	知識	Knowledge	様々なタイプの知識があるが、いずれも記憶することが求められる性質のもの

2022 年 4 月依頼、私自身の高校物理の授業に、米国の教育工学界で注目を浴びているジャストインタイムティーチング (JiTT) を取り入れてきました。結果、一定の手応えを感じているところです。今後、効果を定量的に調査し、結果は修士論文の中で報告する予定です。修士研究ではこの JiTT を高校物理ひいては日本の教育全体に広く普及させるために、JiTT に初めて取り組む先生でも JiTT 事前課題が作成できるよう「JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト」を開発したいと考えています。つきましては、教育工学専門家、物理教育専門家の皆さまにこのチェックリストを使用していただき、評価していただきたくお願いいたします。ご意見を元によりよいチェックリスト開発を目指して行きたいと考えています。どうぞよろしくお願いいたします。

所要時間：30～60 分程度

以下の 1～4 は参考資料ですので読み飛ばしていただいて、始めから別ファイルのチェックリストに取り組んでいただいて構いません。

1. ジャストインタイムティーチングとは

ジャストインタイムティーチングは学習者中心の教育を実現するための教育方法の一つとして開発された (Novak, 1999) ¹。当初は米国の高等教育機関での物理教育において用いられたが、現在は全ての学問分野で用いられるようになっている²。

JiTT は Web を用いた事前課題とそのフィードバックを中心に組み立てられた授業とを融合させる方法である。

教師は授業の数日前までに**事前課題**を web 上の LMS に掲載する。生徒は授業の数時間前までにその課題を解き LMS 上で回答する。教師は授業前にそれらを読み、生徒の回答を分析する。

授業は生徒の回答へのフィードバックを中心に組み立てられる。またそれ以外のコンテンツも用いられる。例えば、クリッカーを利用した質問、学習者相互のディスカッション、グループでの能動的活動、実験、問題演習などである。

2. JiTT チェックリスト作成に取り組む背景

JiTT (Just in Time Teaching) は諸外国の高等教育機関においては既に多くの学問分野で実施されており、その効果も検証されている。しかしながら日本の高等学校の物理での実践はほとんど知られていない。そこで私の修士論文は、日本の高校の物理教師ひいては日本のあらゆる分野の教育者が自らの実践の中で JiTT を実施する手助けとなるものとしたいと考えている。その一つとして事前課題作成のためのチェックリストを開発する。

JiTT のフィードバックループの要素には事前課題以外にその分析、授業内フィードバック、授業内コンテンツがあるが、チェックリストは事前課題作成のためのものに限った。それは事前課題が JiTT において最も重要な要素であり、その作成が初めて取り組む教師にとって最も難しい場面であると考えられるからである。

3. JiTT チェックリストの作成方法

ライゲルースの教科書および"Pedagogy in Action : Connecting Theory to Classroom Practice"³という米国 National Science Digital Library によって運営されるインターネットサイトには、JiTT を設計・実施する際の注意点が挙げられている。チェックリストの作成はこれらを元にして、私の JiTT 実践の経験を織り交ぜて作成した。

チェックリスト作成に当たっては根本・鈴木による GBS 理論の適応度チェックリスト⁴にならって次のような工夫を取り入れた。

- ①質問形式を活用しやすいよう、また質問に答えやすいよう「はい」または「いいえ」で答えられる 2 択式の質問とした。ただしその質問に該当しない事前課題もありうるので、答に「該当しない」を設けた質問もある。
- ②全ての項目で、「はい」の選択肢が JiTT の方法に基づく場合であるようにして、チェックリストを利用する者が何が正しい JiTT の方法であるかが分かるようにした。
- ③観点毎にチェック項目を分類した。観点は「事前課題の形式」「事前課題の回答様式」「事前課題の内容」の 3 つとした。

4. JiTT チェックリストの仕様

仕様は以下の通りである。これも根本・鈴木による GBS 理論の適応度チェックリスト⁴の仕様になった。

<使用目的>

作成された（作成する）事前課題が JiTT 事前課題としてどの程度相応しいかを確認する。JiTT 事前課題作成で考慮すべきチェックポイントを明らかにし、チェックリストを用いてチェックすることで、JiTT 事前課題としての不足点や改善点を知ることができる。

<使用時期>

JiTT 事前課題を作成し始める前、作成中、および実施後。

<使用者>

JiTT 授業を実施する高校物理の教員

<使用方法>

チェックリストに挙げられた 2 項目選択式設問への回答

<使用対照教材>

高等学校物理の通常の授業

¹ Novak "Jut-in-Time Teaching ~ Blending Active Learning with Web Technology"(1999)
<https://www.physport.org/curricula/jitt/>

² C.M.ライゲルース著（鈴木克明監訳）「学習者中心の教育を実現する インストラクショナルデザイン理論とモデル」 北大路書房（2020）

³ Pedagogy in Action : the SERC portal for Educators~Developing Effective Questions for JiTT Exercises <https://serc.carleton.edu/sp/library/justintime/step2.html>

⁴ 根本 淳子、鈴木 克明 ゴールベースシナリオ(GBS)理論の適応度チェックリストの開発
日本教育工学会論文誌(2005) 3、309-318

JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト

本チェックリストはジャストインタイムティーチング（Just in Time Teaching：JiTT）の事前課題を作成する方が、自分の事前課題がどのように作られているか、その形式や内容は適切なものであるかを確認するためのものです。JiTT のこれまでの実践から得られた知見を基にして、作られた事前課題がどの程度適正であるかを明確にするものです。

このチェックリストは日本の高校物理の授業での活用を念頭に置いて作成されていますが、他の教育機関の他の教科・科目においても利用可能なものであると考えています。

以下の質問に順に回答してください。

<チェックした結果>

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は3～4題程度である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 1題の事前課題は短く、扱い易いものである	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートや完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
6. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

7. 事前課題では、自分の言葉で説明することを要求している。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ

事前課題の内容

9. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 学習課題は生徒に自ら考えさせる内容となっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 学習課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
15. 事前課題はブルームのタキソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号(③⑥)

(注) ブルームのタキソノミーの6分類

6.0	評価	Evaluation	価値や意味を判断する力
5.0	統合(総合)	Synthesis	部分をまとめて新しい全体をつくり出す力
4.0	分析	Analysis	問題の全体的な構造を明らかにする力
3.0	応用	Application	すでに学んだことを新しい課題場面や具体的状況に適用する力
2.0	理解	Comprehension	変形（表現を変えて自分の言葉で答える）、解釈（与えられた情報間の関係を答える）、外挿（示されていない内容を予想して答える）の3つがある
1.0	知識	Knowledge	様々なタイプの知識があるが、いずれも記憶することが求められる性質のもの

●専門家評価のため方法

現在開発中のチェックリストを用いてチェックしていただく事前課題として〈事前課題A〉～〈事前課題E〉の5題を用意いたしました。それらを読み、チェックリストを用いてチェックしてください。

このチェックは、チェックリスト完成後は事前課題の正当性を評価するためのものになりますが、今回お願いするのは現在未完成段階であるチェックリストを評価していただくことです。その評価を元に今後改善し完成させる予定です。

1. 所要時間は30分程度です。
2. まず〈事前課題A〉をお読み下さい。
3. 〈事前課題A〉について1～15の質問項目にお答え下さい。「はい」「いいえ」でお答えいただきますが、答えに「該当しない」を含めた質問項目もあります。
4. その事前課題からだけでは回答不能な質問もあります。その場合は無回答として下さい。
5. 自由記述欄にご回答または、インタビューにお答え下さいますようお願いいたします。

(注) チェック項目15番の「ブルームのタキソノミーの6分類」については第1ページを参照して下さい。

<事前課題A>

アリソンが両親とドライブを楽しんでいる時、突然重大な交通事故に巻き込まれてしまいました。救急室にて医師がアリソンに、あなたの母親は大丈夫だが、父親のボブは大量の出血をしていて輸血が必要になる、と言いました。

アリソンは輸血を志願し、自分の血液型が AB 型であることを初めて知りました。ボブはO型です。

- アリソンはボブに献血することができますか。できる理由もしくはできない理由を述べなさい。
- 生物学の学習者であるアリソンは、自分は養子なのではないかと疑問に思う始めます。あなたは彼女に何といいますか、そしてそれはなぜですか。

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は3～4題程度である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 1題の事前課題は短く、扱い易いものである	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートや完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
6. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

7. 事前課題では、自分の言葉で説明することを要求している。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ

事前課題の内容

9. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 学習課題は生徒に自ら考えさせる内容となっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 学習課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
15. 事前課題はブルームのタキソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号(③⑥)

自由記述欄

＜事前課題B＞

During aerobic exercise, people often suffer injuries to knee and other joints due to high accelerations. When do these high accelerations occur?

(日本語訳)エアロビクス運動中に大きな加速度により膝などの関節を痛めることが多い。この大きな加速度はどのような場合に生じるのでしょうか。

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は3～4題程度である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 1題の事前課題は短く、扱い易いものである	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートや完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
6. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

7. 事前課題では、自分の言葉で説明することを要求している。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ

事前課題の内容

9. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 学習課題は生徒に自ら考えさせる内容となっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 学習課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
15. 事前課題はブルームのタクソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号(③⑥)

自由記述欄

＜事前課題C＞

A locomotive pulling a train is accelerating the train on level track. The tension in the couplings is

- a) the same anywhere along the train.
- b) least between the locomotive and the first car.
- c) least between the last car and the caboose.
- d) none of the above

(日本語訳) (複数の車両からなる)列車を牽引する機関車が平坦な線路で列車を加速させている。
連結部の張力の大きさは・・・

- a) どの車両間でも同じである。
- b) 機関車と先頭車両との間で最も小さい。
- c) 最後尾の車両と車掌車との間で最も小さい。
- d) 上記のどれにも当てはまらない

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は3～4題程度である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 1題の事前課題は短く、扱い易いものである	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートや完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
6. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

7. 事前課題では、自分の言葉で説明することを要求している。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ

事前課題の内容

9. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 学習課題は生徒に自ら考えさせる内容となっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 学習課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
15. 事前課題はブルームのタクソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号(③⑥)

自由記述欄

＜事前課題D＞

A piece of wood at 80℃ can be picked up comfortably, but a piece of aluminum at the same temperature will give a painful burn. Why is this?

(日本語訳)80℃の木片は普通に手でつまめるのに、同じ温度のアルミ塊は触ると火傷をして痛い。これはなぜですか？

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は3～4題程度である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 1題の事前課題は短く、扱い易いものである	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートや完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
6. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

7. 事前課題では、自分の言葉で説明することを要求している。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ

事前課題の内容

9. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 学習課題は生徒に自ら考えさせる内容となっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 学習課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
15. 事前課題はブルームのタクソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号(③⑥)

自由記述欄

<事前課題E>

- 6a. A sky diver whose parachute is fully deployed is descending at constant speed. Describe what is happening to her kinetic energy, her potential energy, and her total mechanical energy as she falls. Is any work being done? If yes, where does it go?
- 6b. Some athletes can put out as much as 700 watts in short bursts. If you could sustain such an energy output long enough to reach the top of a mountain, how much time would it take you to get up there from the valley, 7000 feet below the peak?
- 6c. A force of 100 N, acting over a distance of 10 m, increases the kinetic energy of a moving object by 500 J. This information is sufficient to conclude that
- the object was accelerated.
 - there was friction present.
 - the potential energy changed.
 - all of the above

(日本語訳) 6a. パラシュートを完全に開いたスカイダイバーが一定の速度で降下しています。落下するときに、運動エネルギー、位置エネルギー、全力学的エネルギーはどう変化するかを説明してください。何か仕事が行われていますか？行われている場合、それは何になりますか？

- 6b. 一部のアスリートは瞬間的に 700 ワットもの出力をすることができます。もしあなたが、山の頂上に到達するまでの間、そのようなエネルギー出力を維持できるとしたら、7000 フィート下の谷から頂上に到達するのにどれくらいの時間がかかりますか？
- 6c. 物体に 100 N の力を加えて 10 m の距離移動させたと、物体の運動エネルギーは 500 J 増加しました。このことからどのように結論づけることができますか。次の中から選びなさい。
- 物体は加速された。
 - 摩擦があった。
 - 位置エネルギーが変化した。
 - 上記のすべて

事前課題の形式

1. 1回の事前課題は3～4題程度である。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
2. 1題の事前課題は短く、扱い易いものである	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
3. 1回の事前課題は15～30分程度で答えられるものである。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
4. 事前課題が複数題ある場合、それらは意図を持って配列されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
5. 必要な場合、学習手順を導くようなワークシートや完成事例が提供されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない
6. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ <input type="checkbox"/> 該当しない

事前課題の回答様式

7. 事前課題では、自分の言葉で説明することを要求している。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ

事前課題の内容

9. 事前課題は学習目標から逆算して考えられており、学習目標に直結した内容になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
10. 事前課題の内容は真正な課題（日常的な文脈に置かれた現実性の高いもの）になっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
11. 学習課題は生徒に自ら考えさせる内容となっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
12. 学習課題は学習者に既有知識と経験を思い出させるものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
13. 事前課題は学習者の前概念/誤概念を予測して作成されている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
14. 事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ
15. 事前課題はブルームのタクソノミーの6分類 ^(注) のいずれかを問うものになっている。①知識 ②理解 ③応用 ④分析 ⑤統合 ⑥評価	<input type="checkbox"/> はい <input type="checkbox"/> いいえ 「はい」の場合その番号(③⑥)

自由記述欄

付録③

JiTT 事前課題作成のためのチェックリスト 専門家評価の報告

JiTT 事前課題作成のためのチェックリストが一応出来上がった段階で、教育工学専門家2名と評価と物理教育専門家（大学生も含む）5名に専門家評価をしていただいた。本稿はその報告である。

I. 教育工学専門家による評価1

評価者：M先生（国立大学教育学部教員、熊本大学教授システム学で博士号取得）

日時：2022年12月16日（金）21:00～21:40

形式：Zoomによるインタビュー形式

Zoomによるインタビューを以下に抄録する。分量は短くしているが、内容としては全てを記載した。

（M先生）この場合「チェック項目6. 事前課題作成に際して、これまでの回答を分析して難易度、所要時間を調整した。」への回答は、1つの事前課題を見ただけでは分からないということになるのか？

→（落合）そうなります。チェック項目6は過去に別の事前課題を出題したことがある教師に対して、その回答を分析して難易度、所要時間を調整しましたか？ということ我问うています。

（M先生）「チェック項目14. 事前課題は教室での生徒の能動性を引き出すものになっている。」とあるが、事前課題出題者はこの事前課題が生徒の能動性を引き出すものであるかどうかをどうやって自己判断するのか？

→（落合）能動性を引き出せたかどうかの判断は最終的には学年末にCLASSという調査用紙を用いて測定します。1回の事前課題だけでは能動性を引き出せたかどうかを客観的に判断するのは難しいと考えていますが、それを意図すべきでしょう。そこでチェック項目14は以下のように変更します。「事前課題は生徒の能動性を引き出すことを意図して作られているか。」

（M先生）「チェック項目1. 1回の事前課題は3～4題程度である。」とあるが、ここには事前課題1題しかないが・・・。

→（落合）ここに挙げた事前課題は1回の授業で3～4題出題するうちの1題です。チェック項目1は「このような事前課題が全部で3～4題程度であるか」という意味になります。

（M先生）つまりこのチェックリストによって事前課題が1題しかないという問題点をあぶり出すことになるという意味か。

→（落合）その通りです。

（M先生）「チェック項目7. 事前課題では、自分の言葉で説明することを要求している。」

「8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。」これらは事前課題は短答式（選択肢形式）ではダメという意味か？

→（落合）選択肢形式でも良いと考えています。むしろ選択肢形式の方が良い場合もあるでしょう。しかし、その場合もその選択肢を選択した理由などを書かせることは必要だと考えています。

そうであれば、そのことをチェックリストに具体的に盛り込んだ方がよい。「要求している」だとわかりにくいので、たとえば「事前課題では、自分の言葉で説明を書かせている」「事前課題は、自分の言葉で説明する問題となっている」などとした方がよい。

→（落合）検討します。

（M先生）「チェック項目 11. 学習課題は生徒に自ら考えさせる内容となっている。」とあるが「自ら考えさせる」と単に「考えさせる」の違いは何か？ 課題が出題されれば誰でも考えると思うのだが……。何を求めているチェック項目かが分からない。

→（落合）これはライゲルスの教科書からほぼそのまま持ってきたものです。教科書やネットにあることをコピペすることで回答できる課題ではなく、自ら考えないと回答できない課題であるか、という意味です。

（M先生）教科書の内容をチェックリスト化する際には、チェックリストとして相応しい表現が必要となる。このように曖昧さが残っているのは人によって回答が違ってしまう。具体的な表現に変えた方がよい。

→（落合）検討します。

→（落合）検討の結果、チェック項目 11 を「学習課題は調べただけで回答できる内容ではなく、生徒が自ら考えることによって初めて回答できる内容になっている。」に変更する。

（M先生）「該当しない」が 4. 5. 6 だけにあるが、全ての選択肢にいれなくて良いのか。

→（落合）4. 5. 6 だけに入れているのは意図があつてのことだが、たしかに全ての選択肢に「該当しない」があつた方がよいように思えます。検討します。

今後に向けて

- ・（M先生）チェックリストで「いいえ」の場合に、どのように事前課題を改善するのかのヒントが欲しい。
- ・（M先生）「学習目標」を「事前課題」の上に記入してはどうか（これは事前課題集の場合だろう。生徒に事前課題を呈示する場合は「学習目標」は授業時には呈示するが「事前課題」時には呈示しない）。
- ・（M先生）ブルームのタキソノミーの 4.0、5.0、6.0 の事前課題とはどのようなものになるのか。このような事前課題を作るのは非常に難しいのではないか。

Ⅱ. 教育工学専門家による評価 2

評価者：K先生（私立大学情報マネジメント学部教授、熊本大学教授システム学で博士号取得）

形式：書面でご回答いただいた。

ご回答いただいた書面（全文）に私がコメントを加えたものを以下に記す。

自由記述欄 全般：

・事前課題の A～E は、1 回の出題の一部と捉えてよいのか、これが全体の 1 回分と捉えて良いのかが不明確なので、項目 1 と項目 3 は回答が難しいです。事前課題 E だけが、3 問出題されています。

→専門家評価時には項目 1、3 に次の説明を加えることで対応いたします。「専門家評価の際は 1 つの事前課題についてチェックしていただいておりますが、本来なら 1 回の授業でこのような事前課題が 3～4 題あるべきと考えこのような項目になっています。専門家評価においてはここは無回答として下さい。」

・チェックリストの仕様において、＜使用者＞の想定が「JiTT 授業を実施する高校物理の教員」とあるのですが、JiTT による授業の全体を理解し、その中での、事前課題の位置づけをまずは、理解していないと、このチェックリストの活用は難しいように思います。これから初めて JiTT の授業に取り組もうとしている教員を想定するのであれば、チェックリストを活用するための、JiTT の全体に対する説明や教材等が必要になると思います。

→ご指摘の通りです。修士論文では JiTT の全体に対する説明や教材等を呈示する予定です。

項目 1～項目 4：これはわかりやすいと思います。

項目 5：「学習手順を導くようなワークシート」等が必要になるような課題は 15 分～30 分で終わらないようにも思いますが、具体例として、ある単元において、このような課題の際には、このようなワークシートを準備するといい、という具体的な例示があると分かりやすいと思います。これは、チェックシートそのものというよりは、事前課題の作成方法を学ぶ際の教材として何か準備があるとよいかなと思います。

→ご指摘の通りです。修士論文では事前課題（特にワークシートを伴うもの）の例を示します。また事前課題の作成方法、およびこのチェックリストの使用例も示す予定です。

項目 6：難易度は授業での生徒の反応やアウトプットを見れば良いと思いますが、「所要時間」についての情報は生徒のアンケートや振り返り等から情報を得るのでしょうか？これは、具体的に事前課題を終えた生徒に対する、授業の進め方のところと関係するようにも思っています。

→かつて生徒にアンケートを取ったところ、予想以上に時間を要していることが分かり改善しました。一般に、の負担が大きすぎると、予習をしてこなくなる、不十分にしかしない、といったマイナス面が表れてくることが指摘されています（篠ヶ谷 圭太『予習の科学』図書文化）ので、この項目を加えました。

項目 6：また、チェックリストの使用時期については、仕様上は、「JiTT 事前課題を作成し始める前、作成中、および実施後。」とありますが、例えば、この項目 6 については、ある

程度の実践を経た後でないと、「はい」とは応えられないのですが、それは自明なので、特に説明は不要ということであれば、それはそれでよいと思います。

→自明ですので特に説明はしないことにします。

項目 6：このチェック項目は他のチェック項目とは少し位置づけが異なる質問になるので、形式・回答様式・内容、で分けられていると思いますが、改善のためのチェック項目は別立ての方がわかりやすいようにも思います。これが最後の項目であると、「作成前は、満たす必要はない」ということがより分かりやすくなるかと思います。

→ご指摘の通りですので、項目 6 は最後に移動します。

項目 7～項目 13：これはいいかと思います。

項目 14：「教室での生徒の能動性を引き出すもの」というところが少し分かりにくかったです。具体的な教室での「生徒の能動性」とはどのような行動でしょうか。例えば、質問をするとか、大勢と異なる意見を言うとか、他の人に教えるとか。。どのような場合に、事前課題の内容としては、どのようなものであれば、生徒の能動性を引き出せるのでしょうか？例えば、出題の中に曖昧性があり、2つの選択肢がありうる、とか、事前課題の文言だけでは決まらない事項が含まれているとか。などです。

→どのような行動が「能動性」であるかというご指摘について。

「能動性」の行動への表れ方は多様であるし、行動に表れないが内面では能動的である場合もあると考えています。私としては「知的好奇心を持って教室に来る。その結果、自ら進んで学ぼうとする。」というのが能動性だと考えています。しかしこれを可視化し評価するのは大変難しいです。

「能動性」の評価は最終的には CLASS という調査（物理学習意識調査）やアンケートによって測定する予定ですが、これは1学期または1年間の学習結果における測定であり、1つの事前課題による能動性の評価ではありません。上述のように、1つの事前課題による能動性を評価するのは難しいと考えています。

しかしながら、事前課題は能動性を引き出すものであるべきなので、項目 14 を（その能動性とは何か、またどうやって測定するかは留保をつけながら）チェックするようにしたいと考えます。その意味からも表現を少し変えて「事前課題は生徒の能動性を引き出すことを意図して作られているか。」とします。

また、ご指摘の通り「出題の中の曖昧性」、「2つの正解選択肢」「事前課題の文言だけでは決まらない事項」などは能動性を引き出す仕掛けになり得ますが、仕掛けはそれ以外にも様々あり得ますし、何よりも課題の内容そのもので能動性を引き出すことが最も重要かと考えていますので、項目 14 には詳細な限定を加えずに、上記のようにしたいと思います。

また、この項目 14 を「JiTT 事前課題を作成し始める前、作成中」に用いると、「生徒の能動性」を引き出す仕組みを課題の中に組み込んで入れているか、ということがチェック対象になりますが、「JiTT 実践後」であれば、実際に「生徒の能動性」があったのかが判明するので、もし、「生徒の能動性」が授業で見られなかった際には、事前課題の設計の課題なのか、対面授業上の課題なのか、を見極める必要があるかと思います。

→ご指摘の通りだと思いました。「能動性」をどのように可視化し、評価するか、評価内容の原因がどこ（事前課題 or 対面授業）に起因するかを見極めるかは大変に難しい問題だと考えています。今後の課題とさせていただきます。

項目 15：チェックリストの質問のし方が、「いずれかを問うもの」というのは、複数の分類を択してよいのか、NGなのかが、不明瞭です。例には、複数選択の例があるのですが、これは、一つの課題で、複数の分類に属するのか、一つの課題は一つの分類で、複数問題があるので、複数選ばれているのが不明確です。また、チェックリストをどう運用するのかにもよりますが、紙でなら、「はい」の場合その番号（③⑥）とあるのですが、この番号を記入する欄が右側にないので、これはどこに書かせようとされているのが不明確です。

→ご指摘の通りです。最後に（複数可）と書き加え、解答欄の（ ）を作ることに対応しました。

Ⅲ. 物理教育専門家による評価

評価者：大学教育学部物理教育専門の教員 1 名、高校物理の教員 2 名、
元高校物理の教員 1 名、物理の教員を目指す大学生 1 名

日時：2022 年 12 月 17 日（土）14:00～15:20

形式：対面形式 場所：西南学院中高・物理教室

チェックリストを実際に使って戴きながら自由発言をして戴いた。以下にそれを編集したものを書き記す。

チェックリストを使ってみての感想

- ・ このようなチェックリストの存在はありがたい。
- ・ 初めての者でも JiTT に取り組みやすくなる。このチェックリストで「はい」が多い事前課題であれば、JiTT 事前課題として正当性があるということが分かり、自信をもって出題することができる。
- ・ このチェックリストを用いると、作った事前課題の修正点が明確になり、修正しやすくなる。
- ・ 15 項目というのは丁度良い数である。多すぎると時間がかかりすぎる。少なすぎると「これだけでよいのか」という気になる。

専門家評価の方法についての意見

- ・ 事前課題 A は生物学、B～D は物理学からの出題だが、物理の教員が専門家評価する場合、生物学の問題からスタートするのは良いと思った。それは（事前課題の）内容の方に意識がいかにずいぶん、チェックリストの方に意識が行くから。
- ・ 事前課題 A は最初だからチェックするのに時間がかかるが、事前課題 B 以降は同じチェックリストなのでそれほど時間はかからなくなる。

チェックリスト改善のための意見

- ・ 事前課題 A～D のように問題が 1 題しか無い場合、「チェック項目 1. 1 回の事前課題は 3～4 題程度である。」は「いいえ」と回答するのですか。
→今は専門家評価なので 1 題の事前課題についてチェックしていただいているのですが、本来なら 1 回の授業でこのような事前課題が 3～4 題あるべきと考えこのような項目になっています。専門家評価においてはここは無回答として下さい。
- ・ 「チェック項目 1. 1 回の事前課題は 3～4 題程度である。」は「4 題以内」とした方がよいのではないかと。1～2 題であっても深く考えさせる問題、時間がかかる問題もあるのでは無いか。
→検討します。
- ・ 「8. 事前課題では、その回答にたどり着いた理由を尋ねている。」とあるが、「8. 選択肢で回答する事前課題では、どうしてその回答を選んだかを尋ねている。」と変えた方がよい。「理由」は答えにくい。「どうして…」なら例えば「実験してみたらそうなったから」などと答えやすい。
→そのように変更します。

付録④

JiTT 事前課題1

Just in Time Teaching

銭湯の湯船にお湯が入れてある。波は立っていない。棒で水面を周期的に叩くと波ができた。波の伝わる速さを速くするためにはどうすれば良いか。下から選び、理由も記しなさい。


ア. より強い力で叩く

イ. より長い周期で叩く

ウ. より短い周期で叩く

エ. 速さを変えることはできない

オ. その他



1

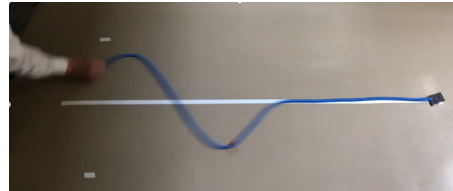
JiTT 事前課題2

図のような実験で、波源の振動の周期を短くしたとき、波長はどうなるか。下から選び、理由も記しなさい。

ア. 長くなる

イ. 短くなる

ウ. 変わらない



2

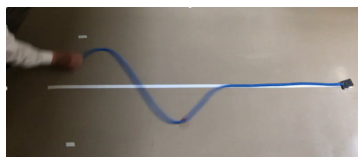
JiTT 事前課題3

図のような実験で、波源の振動の振幅を大きくしたとき、変わるものは何か。下から選び、理由も記しなさい。ただし、このとき振動数は変えないものとする。（振幅、波長についてはP117図7参照）

ア. 波長

イ. 周期

ウ. 振幅以外変わるものはない



3

JiTT 事前課題4

下図は地震計で地震を記録したものである。

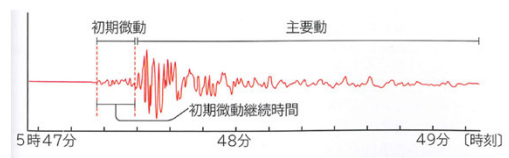
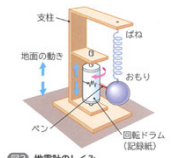


図3 地震計の記録の例（兵庫県南部地震のときの滋賀県彦根市の例）

また右図は地震計の仕組みである。



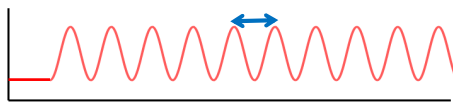
② 地震計のしくみ
地震で地面がゆれても、おもりとペンは地面とつしよには動かないので、ゆれを記録することができる。

(続く)

4

JiTT 事前課題4 続き

(続き) 地震が起きていないときに、地震計のおもりを5cm下げ、手を放したところ、バネは単振動した。図はそのときの地震計の記録である。バネが単振動する周期はバネによって決まっておりこのバネは0.5sである（ということは振動数は2Hzになる）。



図の矢印の幅は何を表しているか。色カードで答えなさい。そう考えた理由も答えること。

ア. 5cm

イ. 0.5s

ウ. 2Hz

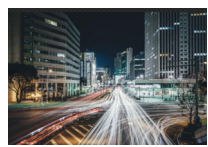
エ. その他

5

JiTT 事前課題5

y-xグラフは波を写真に撮ったものであると言える。一方y-tグラフは事前課題5のように、1個のおもり（媒質）の振動の時間変化を表したものであり、普通は写真に撮ることはできない。しかし、ある方法を用いればy-tグラフも写真に撮ることができる。どのようにすれば撮ることができるか。あなたの考える方法を、白いカードに書きなさい。

ヒントはこの写真



6

JiTT 事前課題6

Just in Time Teaching

P120にあるように、固体中では縦波も横波も伝わる。だから地震では縦波・横波の2つが伝わる。ではそのどちらが速いか。色カードで答えなさい。そう考えた理由も答えること。

- ア. 縦波の方が速い
- イ. 横波の方が速い
- ウ. 同じ

7

JiTT 事前課題7

最初に振動する画面右端の人と同位相の人は誰か。その人の苗字をカードいっぱい書いて下さい。



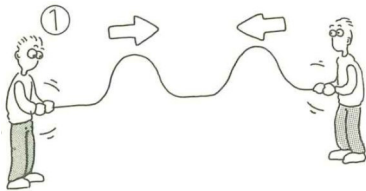
8

JiTT 事前課題8

Just in Time Teaching

波の山と山をぶつけると、ぶつかった後2つの山はどうか。色カードで答えなさい。
(理由は書けたら書いて下さい)

- ア. 跳ね返る
- イ. 消滅する
- ウ. 通り抜ける
- エ. その他



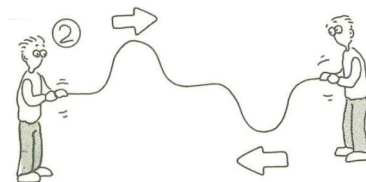
9

JiTT 事前課題9

Just in Time Teaching

波の山と谷をぶつけると、ぶつかった後どうなるか。色カードで答えなさい。(理由は書けたら書いて下さい)

- ア. 跳ね返る
- イ. 消滅する
- ウ. 通り抜ける
- エ. その他

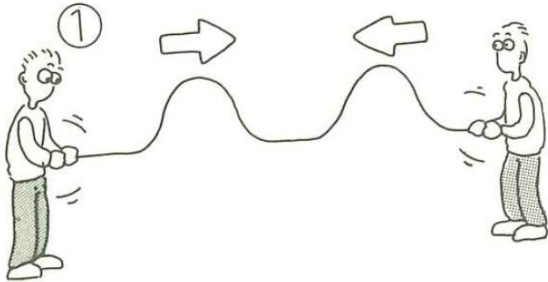


10

JiTT 事前課題10

Just in Time Teaching

2つの山がぶつかっている**最中**はどうなっているか。予想する形を下の図に書き込んで提出しなさい。(理由は書けたら書いて下さい)

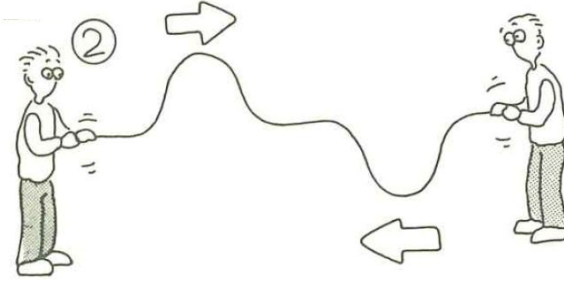


11

JiTT 事前課題11

Just in Time Teaching

山と谷がぶつかっている**最中**はどうなっているか。予想する形を下の図に書き込んで提出しなさい。(理由は書けたら書いて下さい)



12

JiTT 事前課題12

Just in Time Teaching

ノイズキャンセリング・イヤホンはどのようにしてノイズを消しているのかを、調べて書きなさい。その際「波の独立性」「波の重ね合わせ」のうちのどちらかまたは両方の語を使うこと。



13

JiTT 事前課題13

Just in Time Teaching

波が反射する現象の具体的な例を挙げ、簡単に説明せよ。

具体的な波には、水の波、ロープや弦の波、音、光、電波などがある。これらを例に挙げること。

14

JiTT 事前課題14

Just in Time Teaching

プールの水が壁面で反射している。壁面での振幅（しんぷく）は、入射波の振幅に比べて大きさはどうなっているか。色カードで答えなさい。そう考えた理由も答えること。

- ア. 大きくなる
- イ. 小さくなる
- ウ. 変わらない
- エ. その他



15

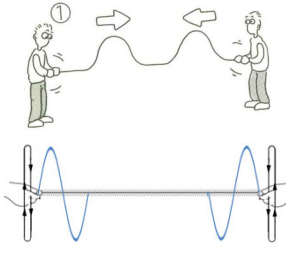
JiTT 事前課題15

Just in Time Teaching

前回の事前課題では左右の人が、上図のように1個だけの波（パルス波）を送った場合を考えた。

では、下図のように左右の人がプラスチックバネに絶えず波を送り続けた場合どのようなになるか。（なおこのときできる波長は図示した程度の長さとする。）

- ア. バネが一直線のまま上下する
- イ. 進まない波ができる
- ウ. 右向きに進む波と左向きに進む波ができる
- エ. その他



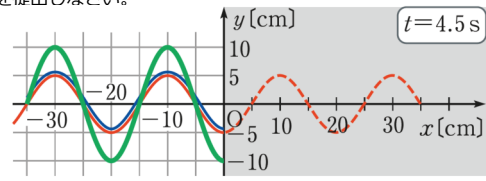
色カードで答えなさい。理由は答えられたらでよい。

16

JiTT 事前課題16

Just in Time Teaching

- まず、このカードの次のカードに記載のサイトを訪問し、自由にシミュレーションを試してみなさい。特に「自由端」「固定端」の違いを試してみること。
- 次に、教科書〇〇ページの「解」にある図（下図）と同じ状態でシミュレーションを停止させ、そのスクリーンショットを撮影し、ロイロノートに貼り付けなさい。完全に同じ状態は実現できないが、できるだけ同じ状態にして撮影すること。
- そのスクショに下図同様に「-10」「-20」「-30」の3つのx座標を書き加えなさい（手書きで良い）。
- それを提出しなさい。



17

JiTT 事前課題17

Just in Time Teaching

音が伝わる速さ（音速）は約340m/sです。そのことを実感できる例を1つ以上あげ、簡単に説明しなさい。新しい白いカードに答えなさい。

（解答例）
「稲妻と雷鳴」：稲妻は光（速さ3億m/s）なので瞬時に伝わるが、雷鳴は音（速さ340m/s）なので遅れて伝わる。

18

JiTT 事前課題18

Just in Time Teaching

右写真の「変声カン」の中身はヘリウムと酸素の混合ガスである。これを吸って声を出すと高い声が出る。その理由を数式を使って説明しなさい。
新しい白いカードに答えなさい。



19

JiTT 事前課題19

Just in Time Teaching

光は波の一種です。光の速さ（光速）は299792458m/s（約30万 km/s）です。
電波も波の一種です。電波の速さは光の速さと比べてどうですか。色カードで答えなさい。理由は書けたらでよい。
ア. 光速より速い
イ. 光速と同じ
ウ. 光速より遅い
エ. 電波の種類によってア～ウになる

20

JiTT 事前課題20

Just in Time Teaching

「うなり」という現象は次のどれと関連があるか。色カードを使って答えなさい。理由も書くこと。
ア. 波の独立性
イ. 波の重ね合わせの原理
ウ. 波の反射

21

JiTT 事前課題21

Just in Time Teaching

ヒトの可聴音は20～20000Hzである。ヒト以外の動物の可聴音を調べなさい。ネット上にある図などを貼り付けても良い。また気づいたことを書きなさい。

22

JiTT 事前課題22

Just in Time Teaching

同じ「ド」の音でも、ピアノとヴァイオリンでは「音色」が異なります。下のリンクのサイトを訪問して「音色」について学びなさい。そしてア～エから正しいものを全て選び、カードに大きく書いて提出しなさい。理由は書けたら書いて下さい。
ア. 「600Hzの純音」は「300Hzの純音」の1オクターブ上の音である。
イ. 倍音がどのように混じるかによって音色の違いが生まれる。
ウ. 600Hzの純音は300Hzの純音の倍音だが、900Hzの純音は300Hzの純音の倍音ではない。
エ. 1つのスピーカーから「300Hz：600Hz＝1：1」で2つの音を鳴らしたとき、2つの音が同じ大きさで聞こえる。

https://www.ne.jp/asahi/tokyo/nkgw/www_2/gakusyu/hadou/neiro/neiro.html

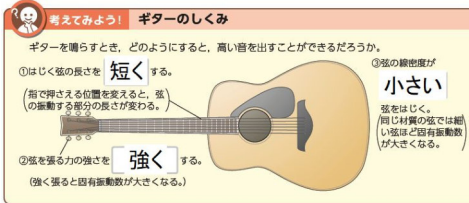
23

JiTT 事前課題23

Just in Time Teaching

P136の下図によると、高い音を出すには
①はじく弦の長さを短くする。
②弦を張る強さを強くする。
③弦の線密度が小さい弦（＝細い弦）をはじく。
この3つの方法がある。

続く



24

JiTT 事前課題23続き

Just in Time Teaching

次の課題 1 ～ 3 について式を用いて説明しなさい。

【課題 1】なぜ①のようにすると高い音が出るのか。

【課題 2】なぜ②のようにすると高い音が出るのか。

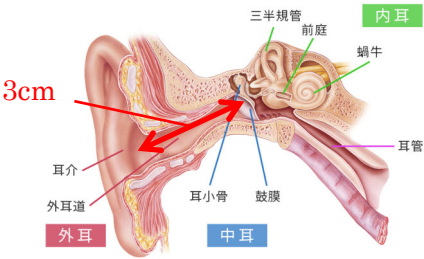
【課題 3】なぜ③のようにすると高い音が出るのか。

25

JiTT 事前課題24

Just in Time Teaching

ヒトの耳の深さは約3cmです。このことはヒトが音を聞くとときにどのような意味を持つか。なお耳の穴は「閉管」である。



26

JiTT 事前課題25

Just in Time Teaching

試験管笛（教科書〇〇ページ参照）では水の量が多いほど高い音ができる。その理由を式を用いて説明しなさい。

27

JiTT 事前課題26

Just in Time Teaching

試験管笛（教科書〇〇ページ）で水の量は変えずに、試験管内を空気の代わりに二酸化炭素で満たした。音はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も答えること。

- ア. 高くなる
- イ. 低くなる
- ウ. 変わらない
- エ. その他

28

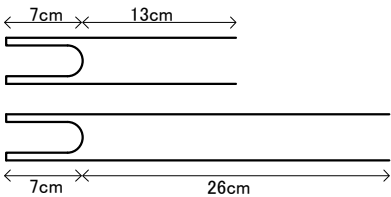
JiTT 事前課題27

Just in Time Teaching

2つのパイプ音叉があります。短いパイプ音叉は、手でふさぐと音が大きくなりました。長いパイプ音叉は、手でふさぐと音が小さくなりました。

その理由を下の図を使って考えなさい。定常波の形はどうなっていますか。次のカードに書いて提出しなさい。

（ヒント）この音の振動数は640Hz。



29

問題作問のとき参考にした・する本

- ・ 仮説実験授業の授業書
- ・ 東京物理サークル「たのしくわかる物理 100時間」日本評論社
- ・ 「川勝先生の物理授業」海鳴社
- ・ 「PSSC物理」岩波書店
- ・ 小川慎二郎『「高校の物理」が一冊でまるごとわかる』ベレ出版

30

付録⑤

付録 5：学習目標と事前課題

JiTT事前課題は、その時間の学習目標を達成するために設定される。

従って、事前課題を作成するためには、その前に学習目標が設定されていなければならない。

ここでは、毎時の学習目標を示し、その元に作成された事前課題の番号（付録 4）を示すことで両者の対応を明らかにする。

1

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業04 波の要素

- 学習目標 【事前課題 1、2、3】
- 波の伝わる速さは媒質によって決まることが分かる。
 - v, T, f, λ の間の関係（P117の公式(1)(2)(3)）が分かる。
 - ある媒質の波において、 f を変えたら v や λ はどう変わるかわかる。（P117「深めよう」）

2

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業05 波のグラフ

- 学習目標【事前課題 4、5】
- 波の 2 つのグラフ（ y - x グラフ、 y - t グラフ）の違いが分かる。
 - 2 つのグラフから、振幅、波長、周期を読み取ることができる。
 - 一定時間後の y - x グラフを書くことができる。
 - y - x グラフのある点の振動を y - t グラフに書くことができる。

3

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業06 縦波と横波

- 学習目標【事前課題 6、7】
- 縦波と横波の違いが分かる。
 - 様々な波が横波・縦波のどちらなのかが分かる。
 - 地震における縦波と横波の違いが分かる。
 - 縦波の変位を y 軸方向に表すことができる。

4

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業07 波の独立性・重ね合わせ

- 学習目標【事前課題 7、8、9、10、11、12】
- 「波の独立性」を身近な波の例を用いて説明できる。
 - 波の「重ね合わせの原理」が分かる。
 - 「波の独立性」や「重ね合わせの原理」が波の特性であることを粒子との比較から説明できる。
 - 波の重ね合わせの作図ができる。

5

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業08 定在波・波の反射

- 学習目標【事前課題 13、14】
- 定在波とは何か分かる。
 - 定在波のでき方が分かる。
 - 自由端反射と固定端反射の違いが分かる。
 - 反射により定在波ができることがわかる。
 - 自由端では「腹」と固定端では「節」になることが分かる。

6

2022年度 高校1年 物理基礎
授業09 反射波・定常波の作図

- 学習目標【事前課題15、16】
- 自由端反射と固定端反射の違いが分かる。
 - 自由端反射と固定端反射を作図して
 - 反射により定在波ができることがわかる。
 - 自由端では「腹」と固定端では「節」になることが分かる。

7

2022年度 高校1年 物理基礎
授業10 音速の測定

- 学習目標【事前課題17、18、19】
- ワイヤレスマイクを使った音速の測定実験の方法が分かる。
 - 音速と気温との関係（公式）が分かる。
 - 実験結果を、自分なりの表現でまとめることができる。

8

2022年度 高校1年 物理基礎
授業11 音の三要素・可聴音・うなり

- 学習目標【事前課題20、21、22】
- 人間の可聴音が分かる。
 - 音の三要素が何か言える。その三要素を変えると波形がどのように変わるか分かる。
 - 音色は倍振動の含まれ方によって決まることがわかる。
 - 「うなり」がどのようにして生じるか分かる。
 - 1秒間のうなりの回数の求め方が分かる。
 - 特定（＝固有）の振動数を与えないと振動しないことが分かる。
 - この現象を以下の言葉を使って説明できる。
固有振動、固有振動数、共振（共鳴）

9

2022年度 高校1年 物理基礎
授業12 弦の振動

- 学習目標【事前課題23】
- 波の伝わる速さは媒質によって決まるので、弦を伝わる波の場合は弦によってきまることが分かる。
 - 弦を伝わる波の速さは、振動数を変えても変わらないことが分かる。
 - 弦の定常波の波長と振動数を求めることができる。
 - 弦の音の高さを変える3つの方法が分かり、なぜ変わるのか「波の基本式 $v=f\lambda$ 」から説明できる。
 - 弦を強く張ると弦を伝わる波の速さは速くなること分かる。
 - 細い弦では弦を伝わる波の速さは速いことが分かる。

10

2022年度 高校1年 物理基礎
授業13 気柱の共鳴1

- 学習目標【事前課題24、25、26】
- 様々な気柱において、できている定常波の形を図示できる。
 - それを元にその音の波長 λ が求められる。
 - λ の値と $V=340\text{m/s}=f\lambda$ から、振動数 f が求められる。
- 次の場合の定常波の変化が分かり、その形を図示できる。
- 気柱の長さは変えずに、振動数を変える場合（メロディパイプの実験）
 - 振動数は変えずに、気柱の長さを変える場合（管の水位を変える実験）
 - 振動数は変えずに、媒質を空気から二酸化炭素に変える場合。

11

2022年度 高校1年 物理基礎
授業14 気柱の共鳴2

- 学習目標【事前課題27】
- 様々な気柱において、できている定常波の形を図示できる。
 - それを元にその音の波長 λ が求められる。
 - λ の値と $V=340\text{m/s}=f\lambda$ から、振動数 f が求められる。

12

付録⑥

JiTT 事前課題
Just in Time Teaching

問題作問のとき参考にした・する本

- ・ 仮説実験授業の授業書
- ・ 東京物理サークル「たのしくわかる物理 100時間」日本評論社
- ・ 「川勝先生の物理授業」海鳴社
- ・ 「PSSC物理」岩波書店
- ・ 小川慎二郎『「高校の物理」が一冊でまるごとわかる』ベレ出版

1

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業15 6/24 (金)
電車の速さ変化

内容目標

- ・ v - t グラフの面積は移動距離 (= 変位) を表すことが分かる。
- ・ 実際の電車の v - t グラフの面積から移動距離を求めることができる。
- ・ その移動距離と走行時間を元に平均の速さを求めることができる。
- ・ 時速と秒速の変換ができる。

2

JiTT 事前課題1 授業15(6/24金)
Just in Time Teaching

教科書P13の図 2 の電車の平均の速さはどのくらいか。色カードで答えなさい。理由もそえること。

図は省略
電車の 2 駅間の vt グラフ

図は省略
割り箸に厚紙をはさみ、十円玉A,Bを乗せ指ではじく図

ア. 20km/hくらい

イ. 30km/hくらい

ウ. 40km/hくらい

エ. 50km/hくらい

オ. 60km/hくらい

3

JiTT 事前課題2授業15(6/24金)
Just in Time Teaching

教科書P13の図 2 の電車が走行した 2 駅間の距離はどのくらいか。色カードで答えなさい。理由もそえること。

図は省略
割り箸に厚紙をはさみ、十円玉A,Bを乗せ指ではじく図

ア. 0.5kmくらい

イ. 1.0kmくらい

ウ. 2.0kmくらい

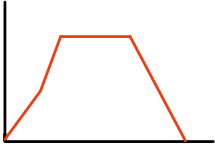
エ. 3.0kmくらい

4

JiTT 事前課題3 授業15(6/24金)
Just in Time Teaching

教科書P13の図 2 のグラフを下図のように直線で近似する。直線の傾きは何を意味するか。「速さ」「時間」などの語を使って簡潔に答えなさい。白いカードに大きな文字で書いて下さい。

図は省略
割り箸に厚紙をはさみ、十円玉A,Bを乗せ指ではじく図



5

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業17 7/6 (月)
加速度

内容目標

- ・ 加速度の定義が言える。
- ・ 加速度の単位が分かる。
- ・ 実際の電車の v - t グラフの傾きから加速度を求めることができる。
- ・ v - t グラフの傾きは加速度を表すことが分かる。
- ・ マイナスの加速度の意味が分かる。
- ・ 加速度と速度の違いが分かる。
- ・ 加速度が大きいことの体感的意味が実感できる。

6

JiTT 事前課題1 授業17(7/6月)

Just in Time Teaching

自分で作成した大橋→井尻の電車の運行のグラフを見て答えなさい。

- (1)止まっていた電車が最初の10s間で速さ(m/s)はいくかに増加していますか。グラフから読み取りなさい。
- (2)またその値を元に、この10s間において、1s間当たりどれだけ速さ(m/s)が増加したかを計算して求めなさい。計算式も書くこと。

次のカードに記入すること。

7

JiTT 事前課題1 授業17(7/6月)

Just in Time Teaching

(1)の答 (大きく書く)

(2)の計算

(2)の答

8

JiTT 事前課題2 授業17(7/6月)

Just in Time Teaching

(1)乗り物酔いになりやすいのはどんな乗り物(のどんな動き)のときですか？ できるだけ自分の体験に基づいて答えなさい。物理の用語を用いて説明すること。

(2)ジェットコースターやバンジージャンプは怖いのに、新幹線の中では安眠できるのはなぜですか？ 物理の用語を用いて説明すること。

次のカードに記入すること。

9

JiTT 事前課題2 授業17(7/6月)

Just in Time Teaching

(1)

(2)

10

2022年度 高校1年 物理基礎
授業18 7/13 (月)
*xt*グラフ

内容目標

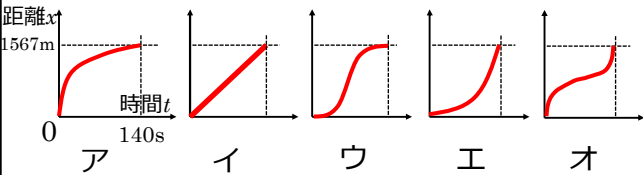
- *xt*グラフとは何か分かる。
- *xt*グラフの傾きは速さを表すことが分かる。
- 「平均の速さ」と「瞬間の速さ」の違いが分かる。

11

JiTT 事前課題1 授業18(7/11月)

Just in Time Teaching

大橋→井尻の電車の*vt*グラフは次スライドの通りでした。走行時間は140sでした。また走行距離は全員の平均を取ったところ1567mでした。ではこの電車の*xt*グラフ(横軸=時間、縦軸=走行距離のグラフ)の概形はどうなると思いますか。色カードで答えなさい。(理由も書くこと。)



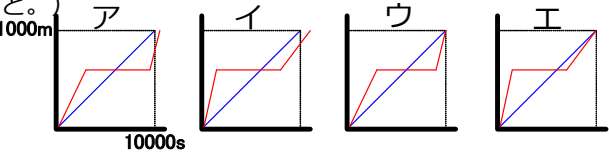
12

JiTT 事前課題2 授業18(7/11月)

Just in Time Teaching

「うさぎと亀」が全長1000mを競争します。同時にスタートを切りました。

亀は常に0.1m/sで走り10000sでゴールに達しました。うさぎは亀に先行しましたが途中で寝てしまい、目が覚めた後は、はじめより速いスピードで走りましたが、ゴールしたとき、すでに亀はゴールしていました。このxtグラフ（青線：亀、赤線：うさぎ）として正しいものを選び、色カードで答えなさい。（理由も書くこと。）



13

2022年度 高校1年 物理基礎

授業19 9/2（金）

等速直線運動と等加速度直線運動

内容目標

- 等速直線運動のxtグラフとvtグラフが書ける
- 斜面を下る台車の運動のvtグラフは直線となることが分かる（この運動を等加速度直線運動と言う）。
- xtグラフの傾きは速さを表すことが分かる。
- vtグラフの傾きは加速度の大きさを、面積は移動距離を表すことが分かる。
- 上のことを使って、計算問題を解くことができる。

14

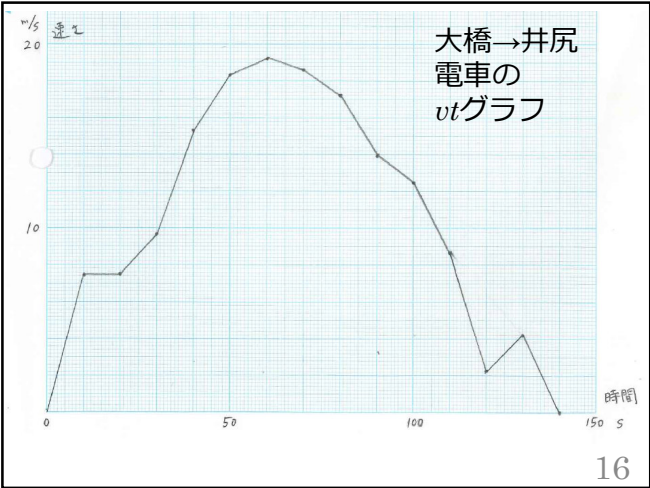
JiTT 事前課題 1 授業19(9/2金)

Just in Time Teaching

大橋→井尻の電車のvtグラフとxtグラフは次スライドの通りでした。(1)(2)の回答を次のカードに書き、

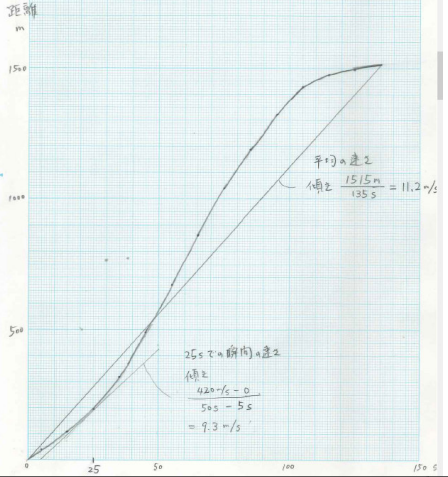
- (1) 電車が最も速いのは発車後何秒のときですか。 vtグラフから読み取りなさい。
- (2) その時刻でのxtグラフの曲線はどうなりますか。気づいたことをいくつでも書きなさい。

15



16

大橋→井尻
電車の
xtグラフ



17

JiTT 事前課題 1 授業19(9/2金)

Just in Time Teaching

(1) 秒

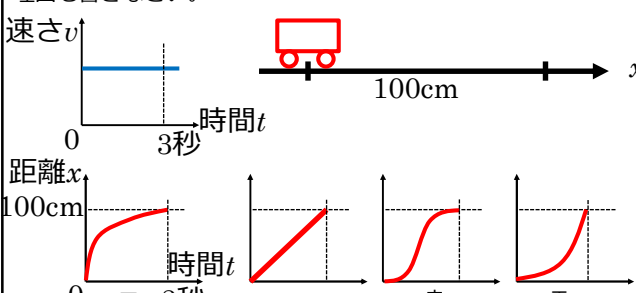
(2) いくつでも

18

JiTT 事前課題 2 授業19(9/2金)

Just in Time Teaching

止まっている力学台車を、3秒間かけて一定の速さで100cm動かして止めました。このときの v - t グラフは図のようになります。では x - t グラフはどうなりますか。色カードで答えなさい。その理由も書きなさい。



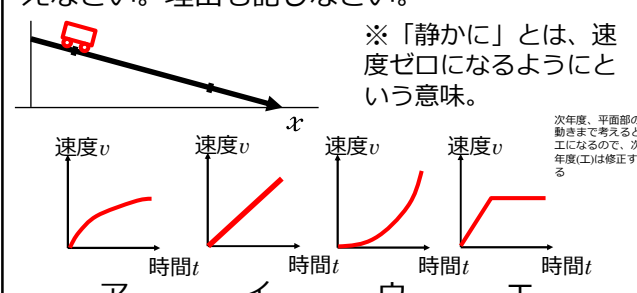
19

JiTT 事前課題 3 授業19(9/2金)

Just in Time Teaching

斜面に力学台車を置き、静かに※手を放しました。 v - t グラフはどうなりますか。色カードで答えなさい。理由も記しなさい。

※「静かに」とは、速度ゼロになるようにという意味。



20

2022年度 高校1年 物理基礎 授業20 9/5 (月) 負の加速度

内容目標

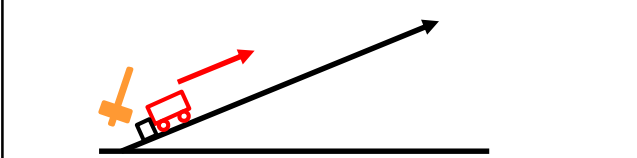
- 負の加速度を持つ物体の運動は以下の通りであることが分かる。
 - 速度が正の時：速さが小さくなっていく
 - 速度が負の時：速さが大きくなっていく
- 斜面を上る等加速度直線運動において、折り返し点（最も離れる点）では速度ゼロであることが分かる。
- 斜面を上り、その後下る等加速度直線運動において、上りと下りは対称な運動であることが分かる。

21

JiTT 事前課題 1 授業20(9/5月)

Just in Time Teaching

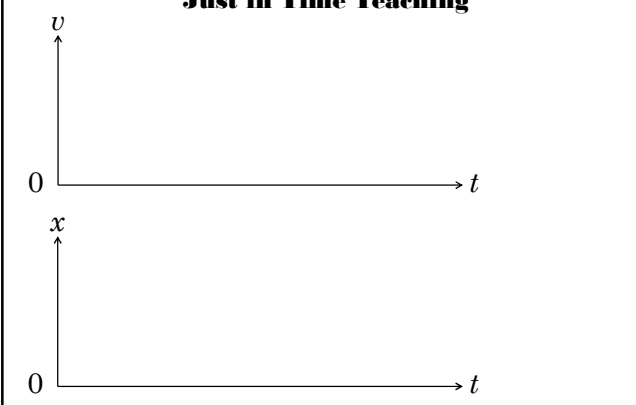
斜面に台車を置き、木づちで叩いて上向き velocity を与えた（これを初速度という）。その後、最高点に達したところで台車を手で持ち上げてレールから離れた。この時の v - t グラフ、 x - t グラフの概形を次のカードに書け。説明などを書き加えてもよい。



22

JiTT 事前課題 1 授業20(9/5月)

Just in Time Teaching




23

JiTT 事前課題 2 授業20(9/5月)

Just in Time Teaching

事前課題1と同じ設定だが、今度は最高点で台車を取り去ることはしなかった。すると台車は折り返して、逆向きの運動をして、スタート地点に戻った。つまり、
上り：スタート地点 → 最高点
下り：最高点 → スタート地点
という運動をした。
上りに要した時間 t_1 と、下りに要した時間 t_2 はどちらが長い。
またスタート時の速さ v_1 とスタート地点に戻ってきた時の速さ v_2 はどちらが速い。
正しいと思うものを○で囲め。
理由も書くこと。



24

JiTT 事前課題 2 授業20(9/5月)

Just in Time Teaching

○で囲む

$t_1 < t_2$

$t_1 = t_2$

$t_2 < t_1$

$v_1 < v_2$

$v_1 = v_2$

$v_2 < v_1$

(理由：時間)

(理由：速さ)

25

2022年度 高校 1 年 物理基礎

授業21 9/16 (金)

自由落下運動

内容目標

- 自由落下運動は等加速度運動であり、Phyphoxによる測定からその加速は9.8m/s²であることが分かる。
- 写真解析による加速度の測定方法が分かる。
- vtグラフを用いて、自由落下の計算問題ができる。

26

JiTT 事前課題 1 授業21(9/12月)

Just in Time Teaching

iPadにすでにインストールしてあるphyphox（フィフォックス）というアプリ用いて、自由落下運動の〈落下時間〉と〈加速度〉を測定し、測定結果のスクリーンショットを提出するのがここでの課題です。

次のスライド(I)～(VI)を読み、課題に取り組みなさい。

27

(I)phyphoxを立ち上げる

右のアイコンをクリック



(II)「gを含まない加速度」をクリックする



28


(Ⅲ)測定する

(1)「①絶対値」を選択する。

(2)「②▷」を押す。

(3)すぐに、できるだけ正確に 50cmの高さからiPadを落下させる。iPadが壊れないよう布団の上で行うこと。

(4)着地後すぐに「停止ボタン」を押す。



29

(Ⅳ)グラフを表示させる

(1)iPadを縦長に用いる。

(2)図の平らな部分が落下中です。

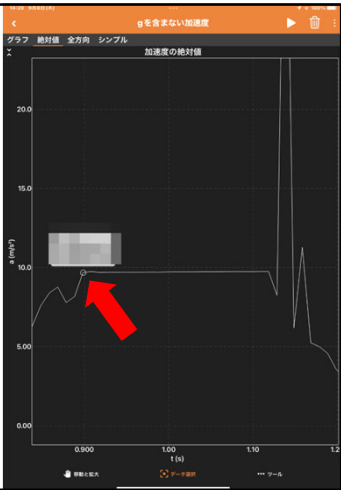
(3)画面下の「データ選択」ボタンを押す。



30

(V)落下が始まる点のデータを読み取る

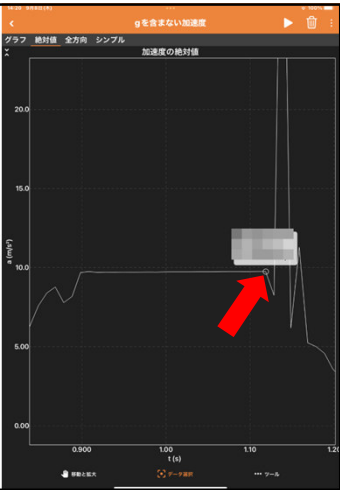
- (1)グラフの必要部分を拡大表示する。
- (2)落下が始まる点（図の矢印）をタップして図のように値を表示させる。（右図では値をモザイクで隠している。）
- (3)この状態でスクリーンショットを撮る。



31

(VI)落下が終わる点のデータを読み取る

前の「(V)落下が始まる点…」と同様に、スクリーンショットを撮る。



32

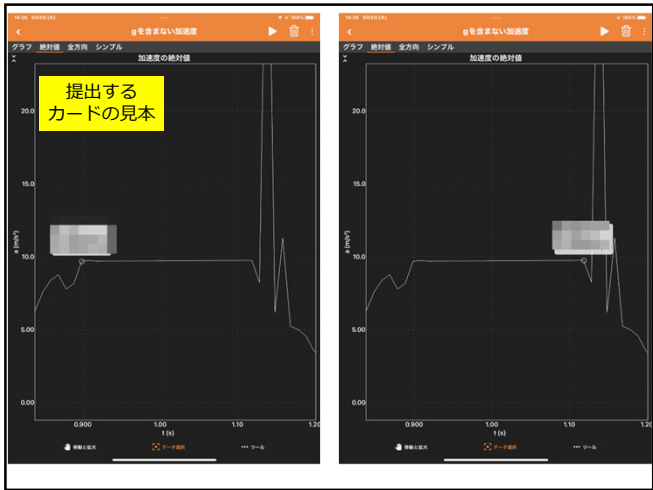
提出するもの

最後にある「提出するカードの見本」と同じものを提出しなさい。

<方法>

- (1)新しいカード（白色）を作成する。
- (2)カードの左半分に (V)で撮ったスクリーンショットを、右半分に (VI)で撮ったスクリーンショットを張り付ける。
- (3)提出する。

33



34

JiTT 事前課題 2 授業21(9/12月)

Just in Time Teaching

事前課題 1 で表示されたデータを元に以下の値を書きなさい。ともに小数第3位を四捨五入して小数第2位まで答えなさい。

- (1)始めの加速度の値、終わりの加速度の値
※ 2 つはほぼ同じはず
 - (2)落下時間
※(落下が終わる時刻)－(落下が始まる時刻)
 - (3)この運動は次のうちどれか。
ア. 等速直線運動
イ. 等加速度直線運動
ウ. どちらでもない
- 次のカードに、できるだけ大きく書いて下さい。

35

落下が始まる点の加速度	落下が終わる点の加速度
落下時間	
(3)	

36

2022年度 高校1年 物理基礎
授業22 9/26 (月)
投げ下ろし・投げ上げ

内容目標

- 投げ下ろし運動とは、自由落下運動の途中からの運動と考えて良いことが分かる。
- 投げ上げ運動において、上りも下りも常に加速度は一定値 9.8m/s^2 であることが分かる。
- 投げ上げ運動の vt グラフが書ける。
- 投げ上げ運動の上りと下りは対称的な運動であることが分かる。

37

JiTT 事前課題 1 授業22(9/26月)
Just in Time Teaching

最高点が50cm (図で $h=50\text{cm}$) になるように物体を投げ上げ、元の位置に戻るまでの運動を考える。この間の加速度の大きさはどうか。縦軸に加速度の大き、横軸に時間をとったグラフとして正しいと思うものを以下の中から選び、色カードで答えなさい。理由は書いたら書いて下さい。

図は省略

ボールの投げ上げ運動の図。投げ上げてから元の位置まで戻ってくる。

38

JiTT 事前課題 2 授業22(9/26月)
Just in Time Teaching

前回の事前課題はアプリphyphox (フィフオックス) を用いて「自由落下運動」の〈運動時間〉と〈加速度〉を測定し、加速度が 9.8m/s^2 であることを見いだしました。

今回は同じアプリを用いて「投げ上げ運動」の〈加速度〉を測定し、測定結果のスクリーンショットを提出するのが課題です。

39

(I) phyphox を立ち上げる
右のアイコンをクリック

(II) 「g を含まない加速度」をクリックする

40

(Ⅲ)測定する

- 「①絶対値」を選択する。
- 布団の上にiPadを立てた状態にして「②▶」を押す。
- すぐに、最高点の高さが50cm (できるだけ正確に) となるようにiPadを真上に投げ上げる。空気抵抗を受けないようiPadを立てて行うこと。
- 着地後すぐに「停止ボタン」を押す。

41

(Ⅳ)グラフを表示させる

- iPadを縦長に用いてグラフを表示させる。
- スクショを撮る。

42

提出するもの

次の「提出するカードの見本」と同じものを提出しなさい。

＜方法＞

(1) この後の最後のカードの左半分に (IV) で撮ったスクショを張り付ける。

(2) カードの右半分に、上昇中と下降中の加速度はどうなっているかを言葉で記入する。

43



上昇中と下降中の加速度はどうなっているか？

44


2022年度 高校1年 物理基礎
授業23 9/27 (火)
放物運動

内容目標

- 放物運動を、水平方向の運動と鉛直方向の運動に「分解」して考えることができる。
- 逆に、放物運動は水平方向の運動と鉛直方向の運動が「合成」された運動であることが分かる。

45

JiTT 事前課題 1 授業23(9/27火)
Just in Time Teaching

 考えてみよう！ 動く台車からの打ち上げ

台車に筒をつけ、筒の中から物体を鉛直に打ち上げる。台車が水平な床の上で等速直線運動をするとき、物体は、どこに落下するか考えてみよう。
~~また、台車の初速と運動方向の大きさはどうなるだろうか。~~

図は省略

これは教科書P36の問題です。

以下の中から答を選び色カードで答えなさい。

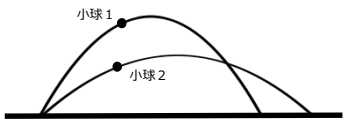
理由も述べること。

ア. 台車より前 イ. 台車の上
ウ. 台車より後ろ エ. その他

46

JiTT 事前課題 2 授業23(9/27火)
Just in Time Teaching

2つの小球を別々に投げたところ図のような軌道を描いた。



小球1の着地までの時間を T_1 、
小球2の着地までの時間を T_2 、
とする。両者の大小をア～オから選び色カードで答えなさい。理由は書いたら書いて下さい。
(2015センター試験)

※元ネタは"Peer Instruction" P110

ア $T_1 > T_2$ である。

イ $T_1 < T_2$ である。

ウ $T_1 = T_2$ である。

エ T_1 と T_2 の大小関係は、質量の大小関係による。

オ T_1 と T_2 に定まった大小関係はない。

47

JiTT 事前課題 3 授業23(9/27火)
Just in Time Teaching

【問題2】図のようにすると、十円玉Aは自由落下し、十円玉Bは水平投射(P35)する。どちらが先に着地するか。ア～オから選び色カードで答えなさい。理由は書いたら書いて下さい。

ア. Aが先
イ. Bが先
ウ. 高さによって結果が異なる
エ. はじく強さによって結果が異なる
オ. 同時

図は省略
割り箸に厚紙をはさみ、十円玉A,Bを乗せ指ではじく図

48

2022年度 高校1年 物理基礎
授業24 10/3 (月)
運動の法則 1

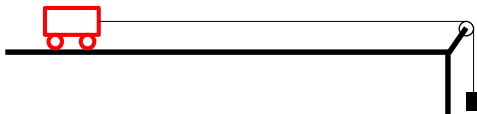
内容目標

- ・ 〈一定の力〉は〈一定の加速度〉を生じさせることが分かる。
- ・ 〈力〉を2倍にすると〈加速度〉も2倍になることが分かる。
- ・ 〈力〉が急に働かなくなったときの物体の運動が分かる。
- ・ 慣性の法則の後半部分「力が働いていないとき、運動している物体は等速直線運動を続ける」の意味が分かる。

49

JiTT 事前課題 1 授業24(10/3月)
Just in Time Teaching

台車には糸と滑車を介しておもりがつけられています。はじめ台車を手で止めていました。その手を離すと運動が開始しました。運動中、糸が台車を引く力はどのように変わりますか。色カードで答えなさい。理由は書けたら書く。



力 F
時間 t

ア イ ウ エ オ

50

JiTT 事前課題 2 授業24(10/3月)
Just in Time Teaching

事前課題1の運動の vt グラフはどうなりますか。色カードで答えなさい。理由は書けたら書く。

速度 v
時間 t

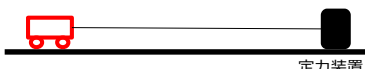
ア イ ウ エ オ

51

JiTT 事前課題 3 授業24(10/3月)
Just in Time Teaching

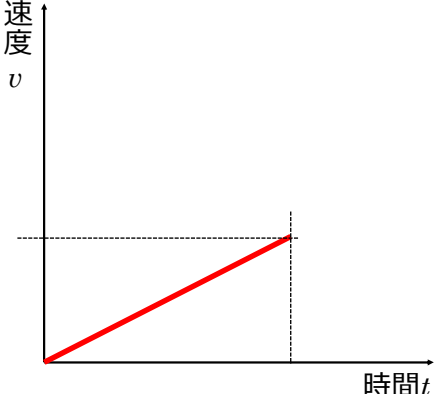
「定力装置」という一定の力で台車を引くことのできる装置があります。それを用いたところ vt グラフは次スライドのようになりました。

次に台車を引く力を前の2倍にしました。 vt グラフはどうのようになりますか。次スライドに書き込みなさい。移動距離は変えないものとします。



52

JiTT 事前課題 3



速度 v
時間 t

53

2022年度 高校1年 物理基礎
授業25 10/7 (金)
運動の法則 2

内容目標

- ・ 〈一定の力〉は〈一定の加速度〉を生じさせることが分かる。
- ・ 〈力〉を2倍にすると〈加速度〉も2倍になることが分かる。
- ・ 〈質量〉を2倍、3倍になると、加速度が1/2、1/3になることが分かる。
- ・ 力の単位N（ニュートン）の決め方が分かる。
- ・ 以上のことから、運動方程式 $ma=F$ が理解できる。

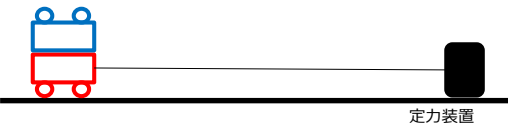
54

JiTT 事前課題 1 授業25(10/7金)

Just in Time Teaching

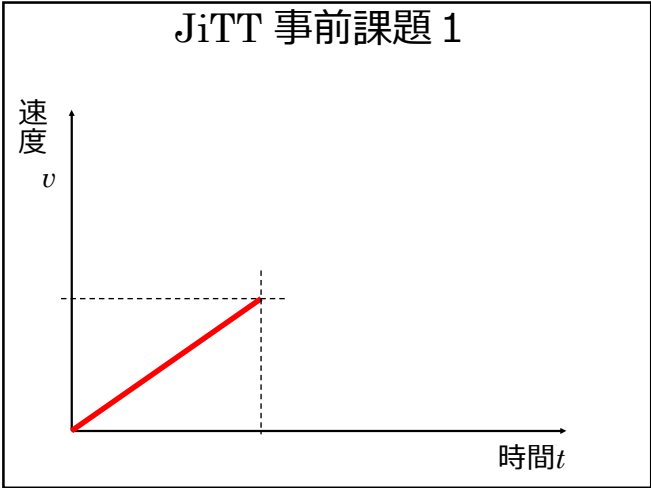
「定力装置」という一定の力で台車を引くことのできる装置があります。それを用いて台車1台を引いたところ vt グラフは次スライドのようになりました。

次に台車を引く力はそのまま、図のように台車を2段重ねにして固定し質量を2倍にしました。 vt グラフはどのようになりますか。次スライドに書き込みなさい。移動距離は変えないものとします。



定力装置

55



56

JiTT 事前課題 2 授業25(10/7金)

Just in Time Teaching

答は次のカードに記入しなさい。

ある車で一定の速さである距離進みました。

(1)速さはそのまま2倍の距離進むとき、要する時間は何倍になりますか。

(2)進む距離はそのまま2倍の速さで進むとき、要する時間は何倍になりますか。

(3)この車の速さが20km/h、進む距離が40kmのとき、要する時間は何分ですか。

(4)この車の速さを v [km/h]、進む距離を x [km]、要する時間を t [分] とします。 t の単位が [分] であることに注意して t を x, v を用いて表しなさい ($t=(x, v$ を含む式) で表しなさい) 。

57

JiTT 事前課題 2

出来るだけ太くて大きい文字で記入してください。

(1)	(2)
(3)	(4) $t=$

58

2022年度 高校1年 物理基礎 授業26 10/14 (金) 運動の法則 3

内容目標

- 「慣性の法則」の後半部分が理解できる。
- 様々な運動の vt グラフ、 Ft グラフが予測できる。
- その運動を「運動の法則」を用いて理解できる。


59

JiTT 事前課題 1 授業26(10/14金)

Just in Time Teaching

図のように、止まっている台車を記録開始から1秒後に一回だけチョンと押して右向き速度を与えました。チョンと押したとき手が触れている時間は0.1秒程度です。それ以外は台車には触れません。

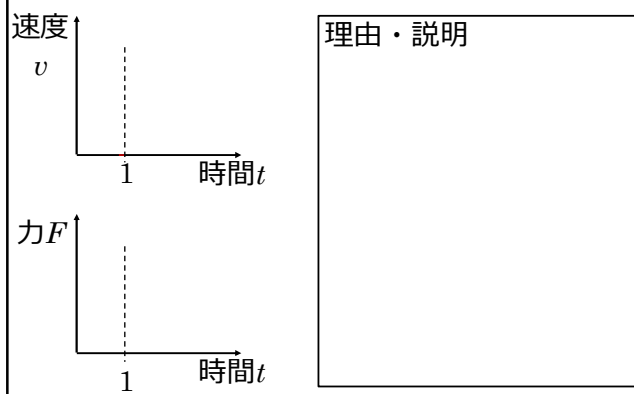
このときの vt グラフと Ft グラフはどのだいたいの形を書きなさい。理由・説明も書くこと。



60

JiTT 事前課題 1 授業26(10/14金)

Just in Time Teaching



61

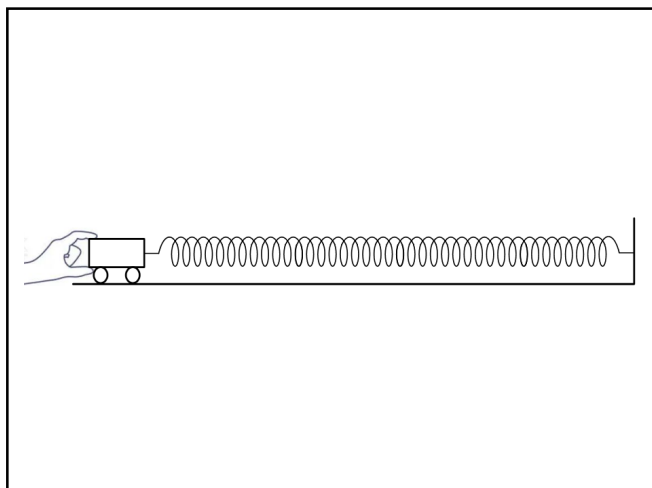
JiTT 事前課題 2 授業26(10/14金)

Just in Time Teaching

写真のように、台車を動かさないようにおもりで固定する。バネの左端を台車につなぎ、バネを伸ばした状態にしてバネの右端を木に固定する。おもりを静かに取り外したところ台車は運動を始めた。 vt グラフと Ft グラフはどのようなになるか。



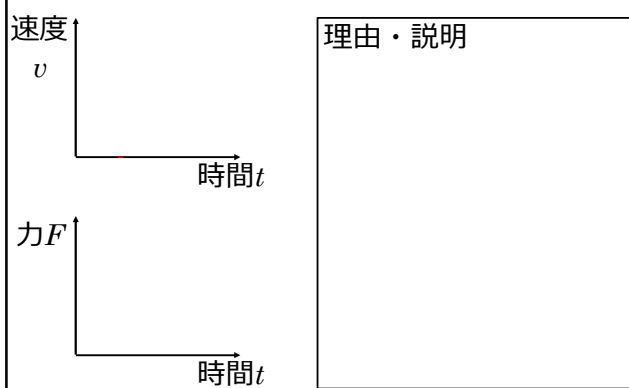
62



63

JiTT 事前課題 2 授業26(10/14金)

Just in Time Teaching



64

JiTT 事前課題 3 授業26(10/14金)

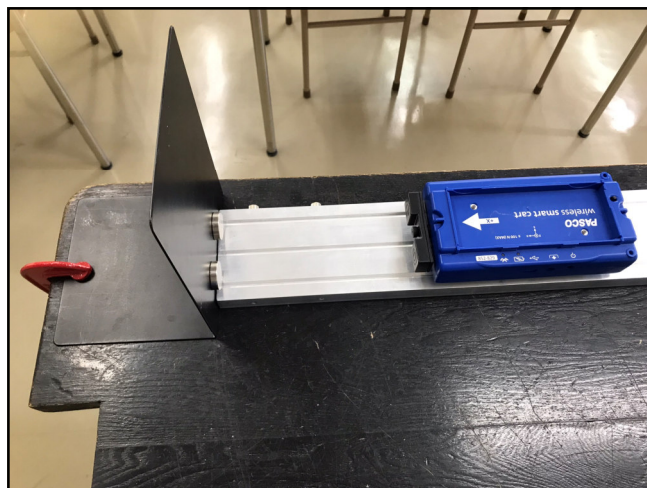
Just in Time Teaching

写真のように、止まっている台車を磁石の引力で動かす。
このときの v t グラフと F t グラフはどのようになるか。



前回出来ませんでしたので、再度提出をお願いします。

65



66

JiTT 事前課題 3 授業26(10/14金)

Just in Time Teaching

速度
 v

時間 t

力 F

時間 t

理由・説明

67

2022年度 高校 1 年 物理基礎

授業27 10/17 (月)

慣性の法則

内容目標

- 「慣性の法則」の意味が分かり、実例をあげて説明できる。
- 質量が大きいほど、慣性も大きいこと分かる。
- 「ガリレオの相対性原理」が納得できる。

68

JiTT 事前課題 1 授業27(10/17月)

Just in Time Teaching

【教科書P50の問題】

① コップの上にコインをのせたカードを置き、カードを水平に指で勢いよくはじくと、コインはどうなるだろうか。

また、この現象が慣性の法則（P50）とどう関係するのかを考えて書きなさい。

69

JiTT 事前課題 1 授業27(10/17月)

Just in Time Teaching

コインはどうなるか

慣性の法則とどう関係するのか

70


JiTT 事前課題 2 授業27(10/17月)

Just in Time Teaching

【教科書P50の問題】

糸のついた重い金属球をつるし、下の糸を引いて、上の糸だけ、または下の糸だけを切るには、それぞれどのようにすればよいだろうか。

また、説明も書けたら書いて下さい。「慣性」という語を用いて書けたらなお良い。



71

JiTT 事前課題 2 授業27(10/17月)

Just in Time Teaching

上の糸だけを切るには

下の糸だけを切るには

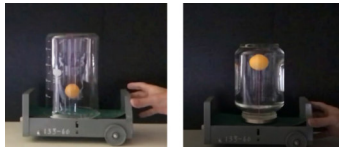
説明

72

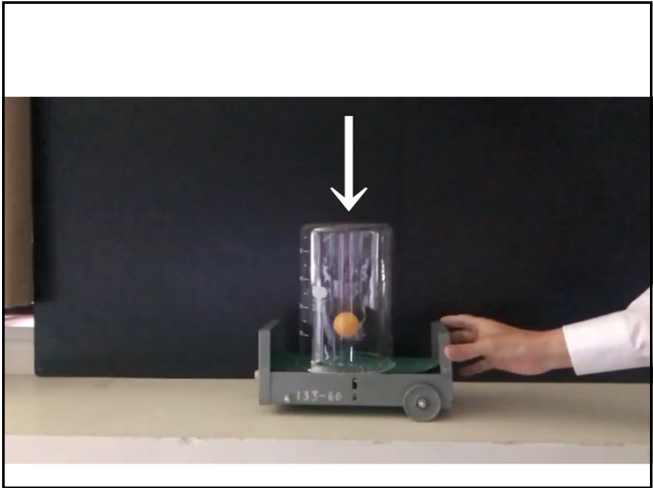
JiTT 事前課題 3 授業27(10/17月)

Just in Time Teaching

【問題】次の動画を視て次の課題に答えなさい。
(動画の内容) ビーカーを逆さにし、上からピンポン球を吊り、台車に乗せ、発車させたら、ピンポン球はビーカーの後壁に衝突しました。
次に、水を入れた瓶の中に下からピンポン球を吊り、台車を発車させたら、ピンポン球は前壁に衝突しました。
なぜそのようになるのでしょうか。2つの違いにもとづいて説明しなさい。



73



74

2022年度 高校1年 物理基礎
授業28 10/21 (金)
力とは、作用反作用の法則


内容目標

- すべての力について〈力の本名〉が言える。
- 様々な場合について作用・反作用の法則が成り立っていることを納得できる。
- 作用・反作用の法則を具体例に則して理解できる。
- 力と速度の区別を付けることができる。

75

JiTT 事前課題 1 授業28(10/21金)

Just in Time Teaching

図のように質量の等しい台車1，台車2を同じ速さで正面衝突させたところ、
「台車1が台車2から受ける力」と
「台車2が台車1から受ける力」とは同じ大きさでした。
台車1  台車2
では、止まっている台車1に動いてきた台車2が衝突するとき、2つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。
ア. 「台車1が台車2から受ける力」の方が大きい
イ. 「台車2が台車1から受ける力」の方が大きい
ウ. 同じ エ. その他

76

JiTT 事前課題 2 授業28(10/21金)

Just in Time Teaching

図のように台車1の質量を2倍にして、台車1と台車2を同じ速さで正面衝突させた場合、2つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。
ア. 「台車1が台車2から受ける力」の方が大きい
イ. 「台車2が台車1から受ける力」の方が大きい
ウ. 同じ エ. その他



77

JiTT 事前課題 3 授業28(10/21金)

Just in Time Teaching

図のように台車1の質量を2倍にして、止まっている台車1に動いてきた台車2が衝突するとき、2つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。
ア. 「台車1が台車2から受ける力」の方が大きい
イ. 「台車2が台車1から受ける力」の方が大きい
ウ. 同じ エ. その他




78

JiTT 事前課題 4 授業28(10/21金)
Just in Time Teaching

図のように台車 1 の質量を 2 倍にして、前問とは反対に、止まっている台車 2 に動いてきた台車 1 が衝突するとき、2 つの力はどうなるか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。

ア. 「台車 1 が台車 2 から受ける力」の方が大きい
イ. 「台車 2 が台車 1 から受ける力」の方が大きい
ウ. 同じ 工. その他



79

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業29(1/2) 10/21 (金)
作用反作用の法則 2

内容目標

- 作用・反作用の法則を具体例に則して理解できる。
- 「進み方」「動き方」「歩き方」「泳ぎ方」「飛び方」・・・を作用反作用の法則を使って説明することができる。

教科書ページ P46～47

80

JiTT 事前課題 1 授業29(10/24月)
Just in Time Teaching

今は2122年。気軽に宇宙旅行ができるようになりました。あなたは宇宙遊泳を楽しんでいます。しかし命づなが突然切れました。あなたは宇宙空間で静止しています。どうやったら宇宙船に帰還できるでしょうか。持っているものは次の物のみです。

白い新しいカードに言葉や絵で書き表しなさい。

- 時計
- ラジオ
- おもり付きのクツ
- 酸素ボンベ（10分ぶん）
- 懐中時計
- 切れたロープ
- ハンマー
- ペンチ
- これらの所持品を入れているリュック

81

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業29(2/2) 10/21 (金)
つり合いの 2 力と作用反作用の 2 力

内容目標

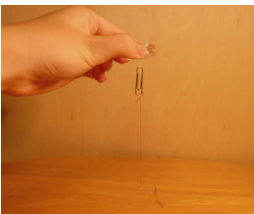
- 「力の原因」が分かる。
- 「力の原理」が分かる。
- 力のつり合いがわかり、つり合いの式を立てることができる。
- 「つり合いの 2 力」と「作用反作用の 2 力」の区別がつく。

82

JiTT 事前課題 2 授業29(10/24月)
Just in Time Teaching

図の様にクリップを磁力によって宙ぶらりんにします。このとき「クリップが受ける力」の矢印を次のスライドにすべて書き入れなさい。

またそれらはクリップが何から受ける力ですか。「〇〇がクリップを押す力（または引く力）」と書き入れなさい。



83

JiTT 事前課題 2 授業29(10/24月)
Just in Time Teaching



84

JiTT 事前課題 3 授業29(10/24月)

Just in Time Teaching

図のようにおもりの上下に糸を取り付け、上の糸を天井に吊した。この状態から下の糸をゆっくり引っ張った。糸は2つとも切れていない。このとき「おもりが受ける力」の矢印を次のスライドにすべて書き入れなさい。

またそれらはクリップが何から受ける力ですか。『~~おもりが~~ ~~〇〇から受ける力~~』と書き入れなさい。

「〇〇がおもりを押す力（または引く力）」

85

JiTT 事前課題 3 授業29(10/24月)

Just in Time Teaching

86

2022年度 高校 1 年 物理基礎

授業30 10/28 (金)

力の分解と合成

内容目標

- 「平行四辺形の法則」を用いて力を合成・分解できる。
- 分解する角度を変えたときの分力の大きさの変化が分かる。
- 身の回りの力の分解・合成について分かる。

87

JiTT 事前課題 1 授業30(10/28金)

Just in Time Teaching

水の入ったバケツを2人で持つとき、楽なのはどれか？ 色カードで答えなさい。理由も書くこと。2人の身長、腕の長さなどは同じであるとする。

ア. 2人は出来るだけ近づく方が楽
イ. 2人は出来るだけ離れる方が楽
ウ. 2人は適度に離れると楽（45°くらい）
エ. 近づいても遠ざかっても同じ

88

JiTT 事前課題 2 授業30(10/28金)

Just in Time Teaching

買い物の帰り、お母さんの持つ3kgの買い物袋の片側を子供が持って、運ぶのを手伝いしようとしています。このとき、図の様子から2人の引く力を考えてみましょう。お母さんと子供が図のように買い物袋を持っているとき、どちらの方が大きな力で引いていると考えられるでしょうか？色カードで答えなさい。理由も書くこと。

ア：お母さんの方が大きい
イ：2人は同じ大きさの力
ウ：子供の方が大きい
エ：この図からはわからない

図は省略

89

JiTT 事前課題 3 授業30(10/28金)

Just in Time Teaching

なぜ、橋（斜張橋）の柱は高いのでしょうか。次スライドの図に力の矢印を書き込むことによって説明しなさい。

写真は省略

写真は省略

横浜ベイブリッジ

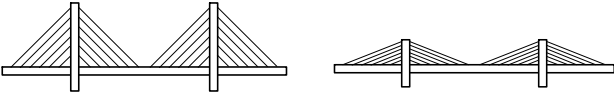
荒津大橋（福岡市）

90

JiTT 事前課題 3 授業30(10/28金)
Just in Time Teaching

高い場合

低い場合



91

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業31 10/31 (月)
2 物体の運動方程式

内容目標

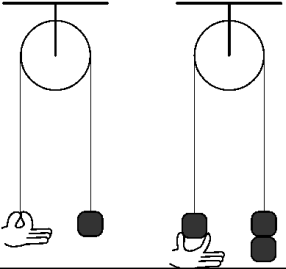
- 重力の大きさが mg となる理由が分かる。
- 2 物体のからなる系の運動方程式が立てられ、計算ができる。
- 質量は「慣性の大きさ」を示していることが分かる。

92

JiTT 事前課題 1 授業31(10/31月)
Just in Time Teaching

図の状態から手を放した。速く運動するのはどちらか。おもりの質量はすべて同じとする。色カードで答えなさい。理由も書くこと。理由はできるだけこれまで学んだことに基づいたものであること。

ア. 左図の方が速い
イ. 右図の方が速い
ウ. 同じ



93

JiTT 事前課題 2 授業31(10/31月)
Just in Time Teaching

①自由落下する物体の加速度は質量によらず 9.8m/s^2 だった。

②運動方程式 $ma=F$ の意味は、質量 $m=2\text{kg}$ の物体に $F=10\text{N}$ の力を加えると $a=5\text{m/s}^2$ の加速度が生じる、ということだった。

この①②をもとにして、以下の問いに答えよ。

(1)質量 1kg の物体にはたらく重力は何 N (ニュートン) か。

(2)質量 2kg の物体にはたらく重力は何 N (ニュートン) か。

理由や説明も添えて答えること。

94

JiTT 事前課題 2 授業31(10/31月)
Just in Time Teaching

(1)の答	(2)の答
N	N
理由・説明	理由・説明

95

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業32 11/4 (金)
斜面を走る台車の加速度を測定する

内容目標

- 斜面を走る台車の加速度が何に比例するかを探究的に求める。
- 科学者になる。
- データ分析の初歩を知る。
- 表計算ソフトで「散布図」が描けるようになる。

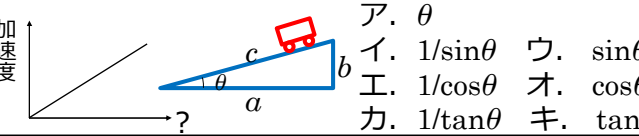
96

JiTT 事前課題 1 授業32(11/4金)

Just in Time Teaching

yがxに比例するとき、縦軸y-横軸xのグラフは原点を通る直線になります。

斜面の角度を変えて斜面に台車を走らせたところ、角度が大きくなるほど加速度は大きくなりました。この加速度は何に比例するのでしょうか？つまり加速度を縦軸にとったとき、何を横軸にとると原点を通る直線になるのでしょうか。色カードで答えなさい。理由も書くこと。



97

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業33 10/14 (月)
2 体系の運動方程式 2

内容目標

- 運動方程式 $ma=F$ の意味 (因果律) が分かる。
- 2 物体の系に運動方程式を適用できる。
- 2 つの運動方程式 (連立方程式) の計算ができる。

98

JiTT 事前課題 1 授業33(11/7月)

Just in Time Teaching

教科書P63類題VのF、 F_1 、 F_2 の本名は以下の通りです。

F：人がAを押す力

F_1 ：AがBを押す力

F_2 ：BがCを押す力

質量が $m_1=m_2=m_3$ の場合、これらの力の大小関係として正しいと思うものをア～ウから選び色カードで答えなさい。理由も答えること。

(ア) $F=F_1=F_2$ (イ) $F>F_1>F_2$ (ウ) $F<F_1<F_2$

図は省略

A,B,Cの物体が床に置かれ接触している。Aを人が押している。

99

JiTT 事前課題 2 授業33(11/7月)

Just in Time Teaching

事前課題 1 とは違って、

質量が $m_1>m_2>m_3$ の場合、これらの力の大小関係として正しいと思うものをア～ウから選び色カードで答えなさい。理由も答えること。

(ア) $F=F_1=F_2$ (イ) $F>F_1>F_2$ (ウ) $F<F_1<F_2$

図は省略

A,B,Cの物体が床に置かれ接触している。Aを人が押している。

100

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業35 10/21 (月)
摩擦力

内容目標

- 摩擦力を小さくする 2 つの方法が分かる。
- 摩擦力と垂直抗力は元々是一つであり、それを分解したものであることが分かる。
- だから両者は比例することが分かる。

101

JiTT 事前課題 1 授業35(11/21月)

Just in Time Teaching

次の動画 (省略) はある国の警察の犯罪捜査の一場面である。あなたは警察学校の教官で、今日はこの壁を登る指導する。訓練生はなぜ登ることができるのかが納得できないと、恐怖心から登ることができないだろう。訓練生が納得できるように科学的に正しい説明を考えなさい。

文だけでなく図を用いても良い。
物理の用語を用いて説明できるとなお良い。


102

JiTT 事前課題 2 授業35(11/21月)
Just in Time Teaching

「力の原理」（プリント29参照）によれば、静止している物体（動き出さない物体）に働いている力はいくらついている。

磁石が黒板にくっついて静止し、落ちないのは、重力に対してどのような力がついているためか？ 力の略称と本名を書きなさい。説明は書けたらでよい。

例：略称「重力」、
本名「地球が物体を引く力」



103

力の略称

力の本名

説明


104

JiTT 事前課題 3 授業35(11/21月)
Just in Time Teaching

次の小実験を各自行い、下の問いに答えよ。

【実験】箸を図の様に両手で支え、両手を中央に動かす（動かそうとする）。するとどうなるか。色カードで答よ。理由も書け。

ア. 最初は細い方の手（右手）が動く。
イ. 最初は太い方の手（左手）が動く。
ウ. 最初から両手とも動く。
エ. その他



太さに差がある箸はどうまわります。

105

2022年度 高校1年 物理基礎
授業36 10/21（月）
空気の抵抗力・水圧

内容目標

- 空気の抵抗力は速さに比例することが分かる。
- 最終的に等速になることの理由が分かり、 vt グラフが書ける。
- 水圧は深いほど大きいことが分かる。
- 水中の物体は、あらゆる向きから「水圧」を受けることが分かる。
- 浮力は、水圧の上下面の違いによって生じることが分かる。
- 浮力の大きさは深さによらないことが分かる。
- アルキメデスの原理が分かる。

106

JiTT 事前課題 1 授業36(11/21月)
Just in Time Teaching

人は高い所から落ちたら死ぬが、アリは死なない。それはなぜか説明せよ。（オックスフォード大学入試問題より）

図は省略

107

JiTT 事前課題 2 授業36(11/21月)
Just in Time Teaching

地上2000m（富士山の五合目）の雲が駿河湾までかかっている。雲から落ちてくる雨粒は自由落下するものとする。以下の①②は vt グラフを用いて答えよ。 $g=10\text{m/s}^2$ として計算すること。③は考えを述べよ。

①海面に達するまでの時間を求めよ。

②海面での速さを求めよ。

③この結果をどのように解釈しますか？

写真省略

写真省略

108

①②の計算欄

①の答

②の答

③

109

JiTT 事前課題 3 授業36(11/21月)

Just in Time Teaching

体積が同じで、質量の違うおもりを、図の様に棒が水平になるように天秤につるした。これを水に沈めると棒の傾きはどうか。2つおもりとも密度は1より大きく、ともに水に沈むものとする。色カードで答えなさい。理由も書くこと

ア. 水平のまま イ. 右が下がる ウ. 左が下がる

The diagram shows a horizontal beam balanced on a central pivot. On the left, a red mass labeled M is suspended at a distance L from the pivot. On the right, a green mass labeled m is suspended at a distance l from the pivot. Below the beam, the same setup is shown submerged in a blue liquid. The red mass is labeled '質量大' (large mass) and the green mass is labeled '質量小' (small mass).

110

2022年度 高校1年 物理基礎
授業37 11/25 (金)
速度の合成・相対速度

内容目標

- 合成速度について分かり、計算の仕方が分かる。
- 相対速度について分かり、計算の仕方が分かる。
- 合成速度、相対速度の例を挙げることができる。
- 合成速度、相対速度の区別がつく。

111

JiTT 事前課題 1 授業37(11/25金)

Just in Time Teaching

〈福岡⇄羽田〉と〈札幌⇄羽田〉は、距離はほとんど変わりませんが、次スライドのように〈福岡⇄羽田〉では往路と復路の飛行時間が大きく異なります。これは東西に飛行する〈福岡⇄羽田〉では偏西風の影響を受けるためです。一方、南北に飛行する〈札幌⇄羽田〉ではその影響はあまり受けません。

飛行時間を〈福岡→羽田〉は1.5時間、
〈羽田→福岡〉は2.0時間、
距離を1200kmとして、
①風が無いときの飛行機の速さ (km/h)
②偏西風の速さ (km/h)
をのだいたいの値を見積もりなさい。計算も書くこと。

112

JiTT 事前課題 1 授業37(11/25金)

福岡⇄羽田 Just in Time Teaching

Flight schedule for Fukuoka (FUK) to Haneda (HND) and Haneda (HND) to Fukuoka (FUK) via SKY. The first flight is from FUK at 9:00 to HND at 10:25, with a flight time of 1時間25分 (1h 25m). The second flight is from HND at 7:30 to FUK at 9:40, with a flight time of 2時間10分 (2h 10m). The text 'こんなに違う' (It's so different) is written in red.

千歳（札幌）⇄羽田

Flight schedule for Chitose (CTS) to Haneda (HND) and Haneda (HND) to Chitose (CTS) via SKY and ANA. The first flight is from CTS at 13:10 to HND at 14:55, with a flight time of 1時間45分 (1h 45m). The second flight is from HND at 20:00 to CTS at 21:35, with a flight time of 1時間35分 (1h 35m). The text 'そんなに変わらない' (It's not so different) is written in blue.

113

2022年度 高校1年 物理基礎
授業38 12/2 (金)
仕事の原理

内容目標

- 「仕事」とは「力×移動距離」であることが分かる。
- 「仕事の原理」が分かる。
- 「力で得して、距離で損する」の意味が分かる。
- てこ、滑車、斜面の3つは「仕事の原理」を利用している道具であることが分かる。

114

JiTT 事前課題 1 授業38(12/2金)

Just in Time Teaching

動滑車を使っておもりを引き上げるとき、直接引き上げるときと比べて、手が糸を引く力は半分ですみますが、手を動かす距離は2倍になります。つまり「力で得して、距離で損する」のです。

①動滑車以外で「力で得して、距離で損する」道具などの例を挙げ、簡単に説明しなさい。

②また反対に「距離で得して、力で損する」道具などの例を挙げ、簡単に説明しなさい。

※なるべく他の人とかぶらない例を！

図は省略

115

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業39 12/5 (月)
仕事率

内容目標

- 仕事[J]と仕事率[W]の違いが分かる。
- 階段を駆け上がるときや、自転車をこぐときの仕事率が計算できる。
- 一日の摂取カロリーから人間の平均仕事率が分かる。
- 1馬力とは何か分かる。
- 電気の消費電力と、人の仕事率との比較ができる。

※電卓を使用しましょう。

116

JiTT 事前課題 1 授業39(12/5月)

Just in Time Teaching

成人女性は一日に約2000kcal（キロカロリー）のエネルギーが必要です。つまり24時間でこのエネルギーを消費しています。以下の問いに答えなさい。途中の計算も書くこと。



- ① 2000kcalを J（ジュール）に直しなさい。ただし 1cal=4.2Jである。カロリーではなくキロカロリーであることに注意すること。
- ② 24時間を秒に直しなさい。
- ③ 人が 1 秒間に消費するエネルギーの平均を求めなさい。（これが人のW数（ワット数）です。これを「仕事率」といいます。W という単位は電気だけで使われるものではありません。）

117

2022年度 高校 1 年 物理基礎
授業40 12/12 (月)
運動エネルギー

内容目標

- 仕事はエネルギーを生むことが分かる。
- 吹き矢では、息が矢を押す力がする仕事「運動エネルギー」を生んでいることが分かる。
- 運動エネルギーは $(1/2)mv^2$ と書けることが分かる。
- 運動エネルギーと仕事の関係式を用いて計算ができる。

118

JiTT 事前課題 1 授業40(12/12月)

Just in Time Teaching

「スポーツウエルネス吹き矢」という競技がある。数メートル先の的（まと）に矢を命中させて得点を競うものである。次カードのYouTube（2分55秒頃）では、標的までの距離は5mであり、矢が飛び出してから標的に当たるまでの時間は動画解析したところ0.33秒（1/3秒）であった。

次の(1)(2)に答えなさい。途中の計算や説明を記すこと。

- (1) 矢が空中を飛ぶ速さは一定であるとする。その値を求めなさい。
- (2) 始め筒の中の口に近い場所で静止（つまり $v_0=0$ ）していた矢は「息が矢を押す力」を受けて加速し、上の(1)の速さで筒を飛び出した。この現象に教科書P80の「運動エネルギーの変化と仕事との関係」を応用して、矢の質量 m の値を見積りなさい。筒の長さは1.2mである。なお「息が矢を押す力」は吹く人によって異なるがここでは0.10Nとする。これは10gの物体に働く重力とほぼ等しい。単位に注意して計算すること。

119

(1)計算・説明

(1)答

(2)計算・説明

(2)答

120

JiTT 事前課題 2 授業40(12/12月)

Just in Time Teaching

事前課題 1 での矢が空中を飛ぶ速さを v とします。筒の長さを半分にしたら、矢が空中を飛ぶ速さはどうなると思いますか。色カードで答えなさい。理由は書けたら書いて下さい。ただし教科書P80の「運動エネルギーの変化と仕事との関係」にもとづいた理由を書くこと。

ア. $v/2$ より遅くなる

イ. $v/2$ ちょうどになる

ウ. $v/2 \sim v$ の間になる

エ. v のまま

オ. v より速くなる

ビースピで測ると良い

121

2022年度 高校 1 年 物理基礎

授業41 1/13 (金)

力学的エネルギー保存則

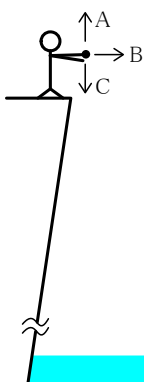
内容目標

- 力学的エネルギーとは何か分かる。
- 力学的エネルギーは運動中、常に一定である（保存している）ことが分かる。
- 位置エネルギーは mgh と書けることが分かる。
- 力学的エネルギー保存則の式を立てて、計算をすることができる。
- 重力の元での物体の運動を、力学的エネルギー保存則を使って予測することができる。

122

JiTT 事前課題 1 授業41(1/13金)

Just in Time Teaching



崖の上に立つイチローくんは、ゴム式のパチンコ（右下図）で3つのビー玉をA,B,Cの方向（左図）に初めの速さが同じになるように打ち出しました。水面に着くときの速さはどうなりますか。色カードで答えなさい。なぜそのように答えたかも書きなさい。3つのビー玉は同じ種類のものです。

ア. $A < B < C$

イ. $A > B > C$

ウ. $A = B = C$

エ. $A = C > B$

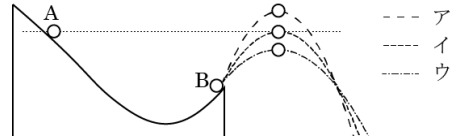
オ. $A = C < B$

カ. その他

123

JiTT 事前課題 2 授業41(1/13金)

Just in Time Teaching



下図は東京五輪で話題になったスケートボード・パークを単純化したものである。

曲面のA点に小物体を置き手を離れた。物体はB点で曲面から外れ、その後は飛んだ。そのときの軌道は図のA～ウのどれか。色カードで答えなさい。なぜそのように答えたかも書きなさい。

写真省略

124

JiTT 事前課題 3 授業41(1/13金)

Just in Time Teaching

振り子のおもりをAから速さゼロで離れた。OB間につっかえ棒をして糸が棒に引っかかるようにしたとき、おもりはどうなるか。色カードで答えなさい。なぜそのように答えたかも書きなさい。

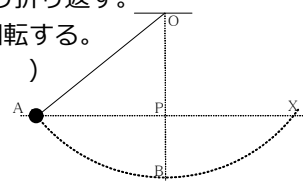
ア. AXより高い位置まで上がり折り返す。

イ. AXより低い位置まで上がり折り返す。

ウ. AXと同じ高さまで上がり折り返す。

エ. 糸が棒に巻き付いて一回転する。

オ. その他 ()



125

2022年度 高校 1 年 物理基礎

授業42 1/16 (月)

力学的エネルギー保存則の実験

内容目標

- 振り子の実験から、力学的エネルギー保存則が成り立っていることを実感する。

126

付録44

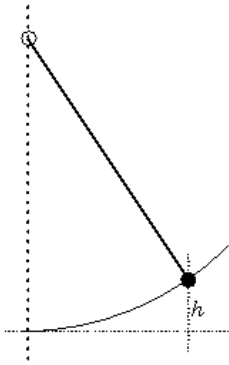
JiTT 事前課題 1 授業42(1/16月)
Just in Time Teaching

高さ h から振り子を振らせたとき、最下点での速さ v は

$$v = \sqrt{2gh}$$

になる。そのことを、力学的エネルギー保存則から導きなさい。途中の式をできるだけいねいに書くこと。

※導く途中で質量 m が消去されることに注意。つまりこの速さは、おもりの質量を変えても変わらないのである。



127

JiTT 事前課題 2 授業42(1/16月)
Just in Time Teaching

写真のようなループコースターでパチンコ玉を回転させる。1回転させるのは簡単だが、5回転させるのは難しい。どうしたら5回転させることができますか。なるべく多くのアイデアを出しなさい（今回の授業では実際にそれを試してもらいます）。

次カードをクリックすると
昨年の授業の様子を記録したサイトにリンクする（You Tube動画あり）。
これを参考にしなさい。



128

2022年度 高校1年 物理基礎
授業43 1/23（月）
弾性力による位置エネルギー

内容目標

- 「ばね定数」とは何か分かり、フックの法則が分かる。
- 弾性力による位置エネルギーが何か分かる。
- 実験から、弾性力による位置エネルギーを含む力学的エネルギー保存則が成り立っていることを実感する。
- グラフを直線にするための縦軸・横軸の量の取り方が分かる。
- 実験データの処理の仕方が分かる。

129

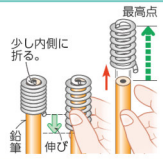
JiTT 事前課題 1 授業43(1/23月)
Just in Time Teaching

教科書P83に下のような記載がある。



やってみよう! ばねの運動

ばねを鉛筆にかぶせて、引き伸ばしてから静かに手をはなすと、ばねは飛び上がる。ばねを伸ばす長さを少しずつ変えて、ばねの伸びと飛び上がる高さとの関係調べてみよう。
ばねの伸びが2倍になったときに、飛び上がる高さはどうなるだろうか。予想してからやってみよう。



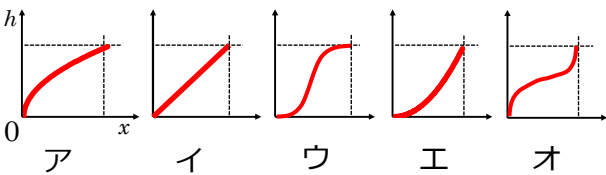
ばねの伸びが2倍になったときに、飛び上がる高さは何倍になると予想しますか。色カードで答えなさい。
なぜその様に答えたのかも書いたら書きなさい。

- | | | |
|-----------------|--------|-------|
| ア. $\sqrt{2}$ 倍 | イ. 2倍 | ウ. 4倍 |
| エ. 6倍 | オ. その他 | |

130

JiTT 事前課題 2 授業43(1/23月)
Just in Time Teaching

事前課題1において、ばねの伸びの長さを x 、飛び上がる高さを h とする。 x を横軸に、 h を縦軸に取ったグラフはどうなると予想しますか。色カードで答えなさい。なぜその様に答えたのかも書いたら書きなさい。



131

2022年度 高校1年 物理基礎
授業44 1/27（金）
弾性力による位置エネルギー

内容目標

- 「ばね定数」とは何か分かり、フックの法則が分かる。
- 弾性力による位置エネルギーが何か分かる。
- 実験から、弾性力による位置エネルギーを含む力学的エネルギー保存則が成り立っていることを実感する。
- グラフを直線にするための縦軸・横軸の量の取り方が分かる。
- 実験データの処理の仕方が分かる。

132

JiTT 事前課題 1 授業44(1/27金)
Just in Time Teaching

前回の授業ではばねのジャンプを動画に撮影しました。
その際の「ばねの伸び x 」と「最高点の高さ h 」を次
カードのGoogleスプレッドシートに入力下さい。

「ばねの伸び x 」は鉛筆に貼り付けた方眼紙から読み
取りましたね。

「最高点の高さ h 」は、撮影した動画を
「ActShot」というアプリでコマ送り再
生して、最高点で静止させ、スクショ
を撮り拡大し、画像中の1m定規で読み
取って下さい。

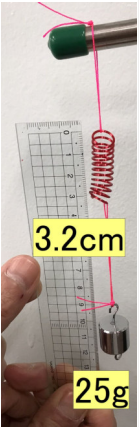
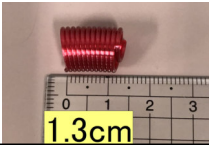
図は省略
バネをのばし
て鉛直に発射
させる図。そ
のバネが最高
点に達したと
きの図

133

JiTT 事前課題 2 授業44(1/27金)
Just in Time Teaching

以下は前回の授業で時間が無くてで
きなかった「ばね定数 k の値を測定
する方法 1」の結果です。
25gのおもりを吊したところ、自然
の長さが1.3cmだったバネは3.2cm
になりました。

P41 問 2 を参考にしてこのばねの
ばね定数 k を求め下さい。途中の計
算も書くこと。



134

JiTT 事前課題 2 授業44(1/27金)
Just in Time Teaching

計算欄

$k=$

135