

エネルギーの保存を 探究する

中野区立緑野中学校
(東京学芸大学教職大学院)

永尾 啓悟

背景①

181回

『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編』における「探究」の登場回数。

74回『中学校学習指導要領(平成20年告示)解説 理科編』

⇒「**探究**」が一層重視されている！

背景② 「令和の日本型教育」

「令和の日本型学校教育」の構築を目指して

～全ての子どもたちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(答申)【概要】

令和3年1月26日
中央教育審議会

第I部 総論

1. 急激に変化する時代の中で育むべき資質・能力

- 社会の在り方が劇的に変わる「Society5.0時代」の到来
- 新型コロナウイルスの感染拡大など先行き不透明な「予測困難な時代」

新学習指導要領の着実な実施

ICTの活用

一人一人の児童生徒が、自分のよさや可能性を認識するとともに、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、多様な人々と協働しながら様々な社会的変化を乗り越え、豊かな人生を切り拓き、持続可能な社会の創り手となることができるようにすることが必要

2. 日本型学校教育の成り立ちと成果、直面する課題と新たな動きについて

成果

- 学校が学習指導のみならず、生徒指導の面でも主要な役割を担い、児童生徒の状況を総合的に把握して教師が指導を行うことで、子どもたちの知・徳・体を一体で育む「日本型学校教育」は、諸外国から高い評価
- 新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止のため、全国的に学校の臨時休業措置が取られたことにより再認識された学校の役割
①学習機会と学力の保障 ②全人的な発達・成長の保障 ③身体的、精神的な健康の保障（安全・安心につながる可以保证の居場所・セーフティネット）

課題

子どもたちの意欲・関心・学習習慣等や、高い意欲や能力をもった教師やそれを支える職員の力により成果を挙げる一方、変化する社会の中で以下の課題に直面

- 本来であれば家庭や地域でなすべきことまでが学校に委ねられることになり、結果として学校及び教師が担うべき業務の範囲が拡大され、その負担が増大
- 子どもたちの多様化（特別支援教育を受ける児童生徒や外国人児童生徒等の増加、貧困、いじめの重大事態や不登校児童生徒数の増加等）
- 生徒の学習意欲の低下
- 教師の長時間勤務による疲弊や教員採用倍率の低下、教師不足の深刻化
- 学習場面におけるデジタルデバイスの使用が低調であるなど、加速度的に進展する情報化への対応の遅れ
- 少子高齢化、人口減少による学校教育の維持とその質の保証に向けた取組の必要性
- 新型コロナウイルス感染症の感染防止策と学校教育活動の両立、今後起こり得る新たな感染症への備えとしての教室環境や指導体制等の整備

教育振興基本計画の理念
(自立・協働・創造)の継承

学校における
働き方改革の推進

GIGAスクール構想の
実現

新学習指導要領の
着実な実施

必要な改革を躊躇なく進めることで、従来の日本型学校教育を発展させ、「令和の日本型学校教育」を実現

3. 2020年代を通じて実現すべき「令和の日本型学校教育」の姿

① 個別最適な学び（「個に応じた指導」（指導の個別化と学習の個性化）を学習者の視点から整理した概念）

- ◆ 新学習指導要領では、「個に応じた指導」を一層重視し、指導方法や指導体制の工夫改善により、「個に応じた指導」の充実を図るとともに、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整えることが示されており、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ることが必要
- ◆ GIGAスクール構想の実現による新たなICT環境の活用、少人数によるきめ細かな指導体制の整備を進め、「個に応じた指導」を充実していくことが重要
- ◆ その際、「主体的・対話的で深い学び」を実現し、学びの動機付けや幅広い資質・能力の育成に向けた効果的な取組を展開し、個々の家庭の経済事情等に左右されることなく、子供たちに必要な力を育む

指導の個別化

- 基礎的・基本的な知識・技能等を確実に習得させ、思考力・判断力・表現力等や、自ら学習を調整しながら粘り強く学習に取り組む態度等を育成するため、
・支援が必要な子供により重点的な指導を行うことなど効果的な指導を実現
・特性や学習進度等に応じ、指導方法・教材等の柔軟な提供・設定を行う

学習の個性化

- 基礎的・基本的な知識・技能等や情報活用能力等の学習の基盤となる資質・能力等を土台として、子供の興味・関心等に応じ、一人一人に応じた学習活動や学習課題に取り組む機会を提供することで、子供自身が学習が最適となるよう調整する

- ◆ 「個別最適な学び」が進められるよう、これまで以上に子供の成長やつまずき、悩みなどの理解に努め、個々の興味・関心・意欲等を踏まえてきめ細かく指導・支援することや、子供が自らの学習の状況を把握し、主体的に学習を調整することができるよう促していくことが求められる
- ◆ その際、ICTの活用により、学習履歴（スタディ・ログ）や生徒指導上のデータ、健康診断情報等を利活用することや、教師の負担を軽減することが重要

それぞれの学びを一体的に充実し 「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善につなげる

② 協働的な学び

- ◆ 「個別最適な学び」が「孤立した学び」に陥らないよう、探究的な学習や体験活動等を通じ、子供同士で、あるいは多様な他者と協働しながら、他者を価値ある存在として尊重し、様々な社会的な変化を乗り越え、持続可能な社会の創り手となることができるよう、必要な資質・能力を育成する「協働的な学び」を充実することも重要
- ◆ 集団の中で個が埋没してしまうことのないよう、一人一人のよい点や可能性を生かすことで、異なる考え方が組み合わせさり、よりよい学びを生み出す

- 知・徳・体を一体的に育むためには、教師と子供、子供同士の関わり合い、自分の感覚や行為を通して理解する実習・実験、地域社会での体験活動など、様々な場面でリアルな体験を通じて学ぶことの重要性が、AI技術が高度に発達するSociety5.0時代にこそ一層高まる
- 同一学年・学級はもとより、異学年間の学びや、ICTの活用による空間的・時間的制約を超えた他の学校の子供等との学び合いも大切

「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実（イメージ）

主体的な学び

学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成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

対話的な学び

子供同士の協働、教職員や地域の人との対話、先哲の考え方を手掛かりに考えること等を通じ、自己の考えを広げ深める

深い学び

習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう

主体的・対話的で深い学び

学習指導要領 総則 第3 教育課程の実施と学習評価

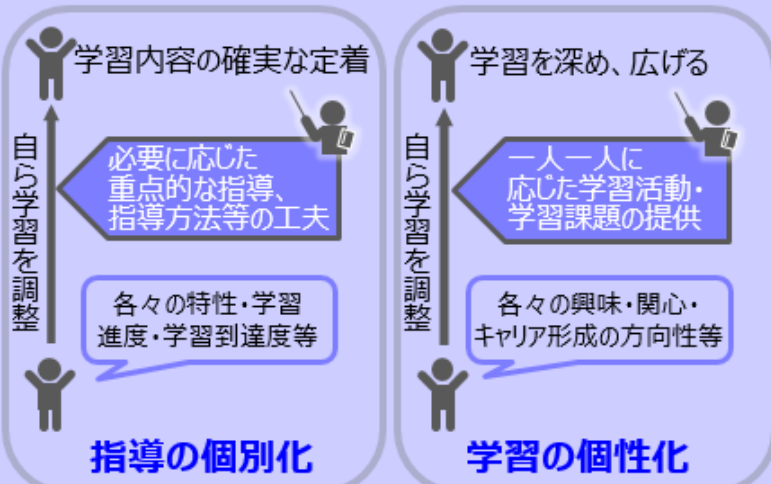
学習指導要領 総則 第4 児童(生徒)の発達の支援

一体的に
充実

授業外の
学習の改善

授業改善

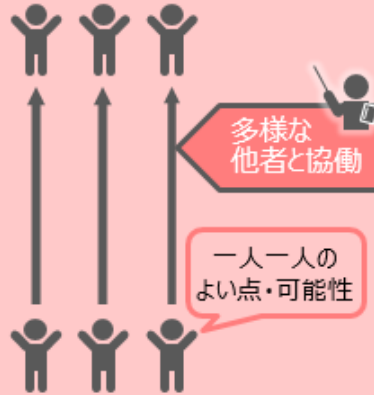
資質・能力の育成



個別最適な学び (教師視点では「個に応じた指導」)

修得主義 一人一人の学習状況に応じて学習内容を提供・一定の期間における一人一人の学習の状況・成果を重視
の考え方を生かす

異なる考え方が組み合わせり
よりよい学びを生み出す



協働的な学び

・集団に対して共通に教育を行う・一定の期間の中で一人一人の多様な成長を包含

クラスメイト



異学年・他校の子供



地域の人



専門家

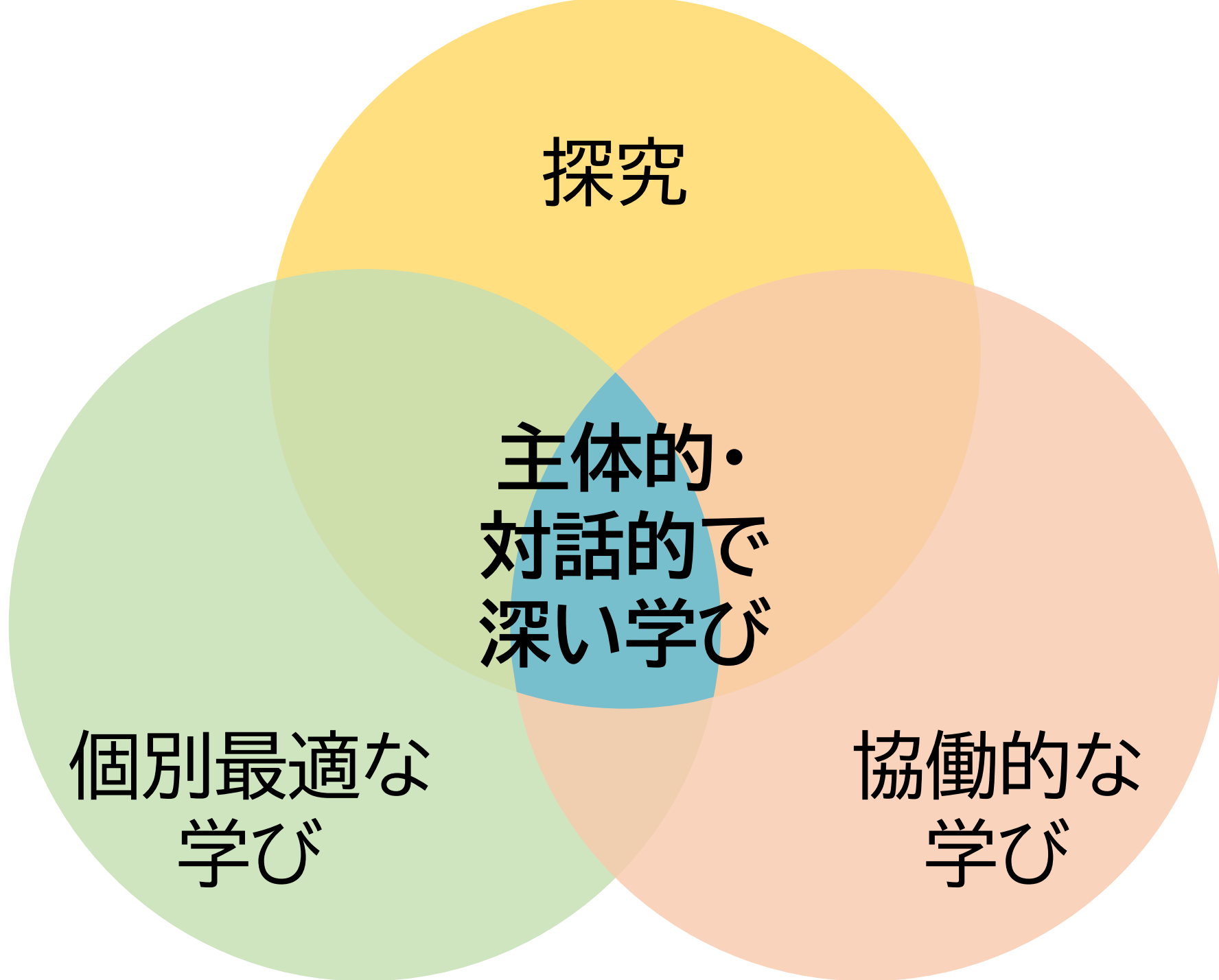


等

これからの学校には……一人一人の児童(生徒)が、自分のよさや可能性を認識するとともに、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、多様な人々と協働しながら様々な社会的変化を乗り越え、豊かな人生を切り拓き、持続可能な社会の創り手となることができるようにすることが求められる。

平成29,30年改訂
学習指導要領 前文

履修主義
の考え方を生かす



事例1

位置エネルギー，運動エネルギー，
力学的エネルギーの保存を
探究的に学ぶ。

学習指導要領の位置づけ

(5)運動とエネルギー

(ウ)力学的エネルギー

㊦ 仕事とエネルギー

仕事に関する実験を行い、仕事と仕事率について理解すること。
また、衝突の実験を行い、物体のもつ力学的エネルギーは物体が他の物体になしうる仕事で測れることを理解すること。

㊧ 力学的エネルギーの保存

力学的エネルギーに関する実験を行い、運動エネルギーと位置エネルギーが相互に移り変わることを見いだして理解するとともに、力学的エネルギーの総量が保存されることを理解すること。

標準的な授業展開

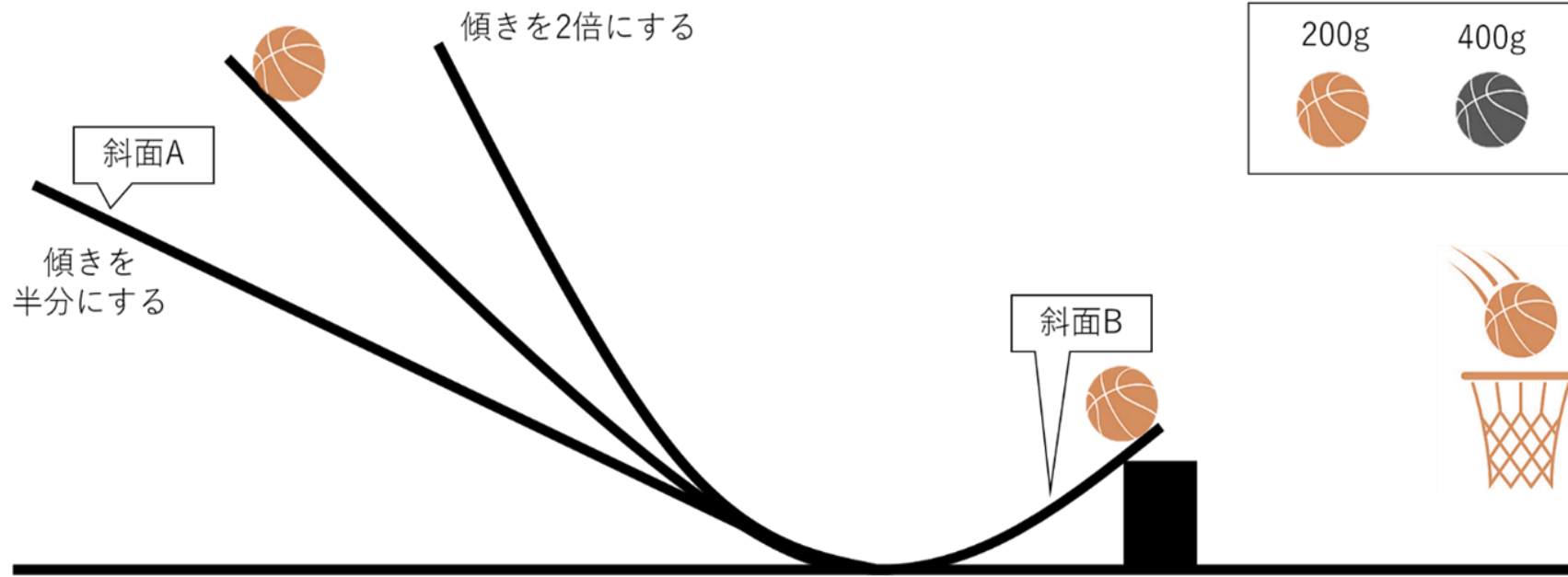
時	内容
1	<ul style="list-style-type: none">エネルギーについて理解する。位置エネルギーを調べる実験を行う。
2	<ul style="list-style-type: none">位置エネルギーについてまとめる。
3	<ul style="list-style-type: none">運動エネルギーを調べる実験を行う。
4	<ul style="list-style-type: none">運動エネルギーについて理解する。位置エネルギー, 運動エネルギーについてまとめる。
5	<ul style="list-style-type: none">力学的エネルギーの保存について理解する。

探究する授業展開

時	内容
1	<ul style="list-style-type: none">• 課題を把握する。• 見通しをもつ。
2 3 4	<ul style="list-style-type: none">• 課題を追究する。• 課題を解決する。
5	<ul style="list-style-type: none">• 課題を解決する。• 探究の過程を振り返る

課題を把握する

課題: フリースローを決めるには？

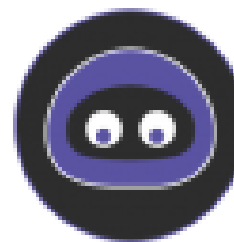


上のような斜面を使ったフリースローゲームがあります。斜面Aの傾きは自由に変えられます。また、斜面Bの傾きとゴールの位置は固定されています。いま、上の図のように200gのボールを斜面Aから転がすと、ボールは斜面Bから飛び出して見事フリースローが決まりました。

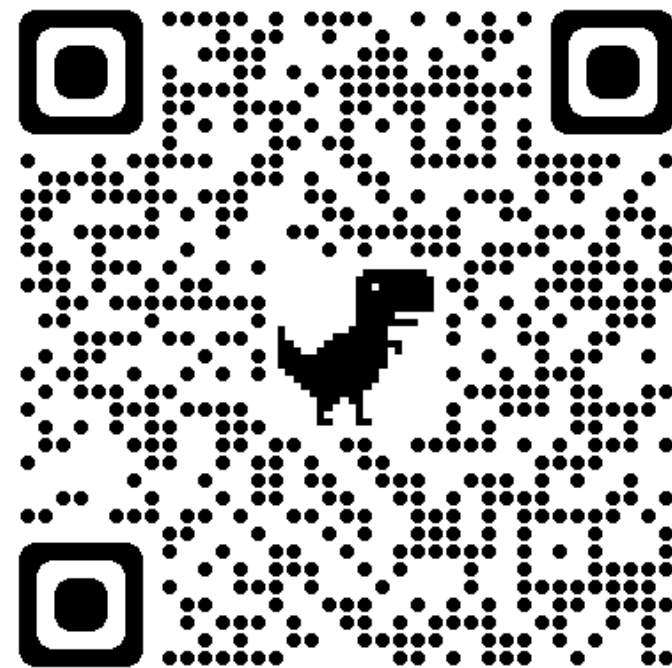
斜面Aの傾きを半分や2倍にしたり、ボールを400gにしたりしたとき、ボールを転がす位置をどのようにすればフリースローは決まるでしょうか。

目標

1. 斜面Aの傾きを半分や2倍にしたり, ボールを400gにしたりしたとき, ボールを転がす位置をどのようにすればフリースローは決まるかを発見する。
2. なぜ1のようにすると良いのか, 「位置エネルギー」や「運動エネルギー」, 「力学的エネルギー」などを使って理由が説明できる。



お手伝い
するよ



仮説を設定する

- 傾きを半分にしたら2倍の高さから、傾きを2倍にしたら半分の高さから転がせばいいと考える。なぜなら、傾きが急な坂道や滑り台の方が、スピードが出て勢いがついていた経験があるから。
- ボールの質量を2倍にしたら、同じ傾きでも2倍の高さから転がせばいいと考える。なぜなら、重たいものの方が動かしづらいし、すぐに落ちる気がするから。

見通しをもつ

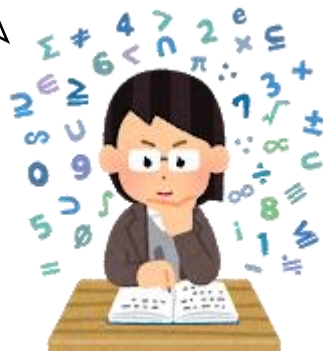
位置エネルギーや運動エネルギーについて調べてみよう。



一緒に考えると分かるかも！
助け合おう！



これまで勉強したことを思い出そう！



傾きが急なほど遠くへ飛ぶはず！

とにかく手を動かして実験だ！
入るのはどんな時かデータを取ろう。



マズハ ニホンゴ
ヨメナイトネ。



課題を追究する

あれ！？いつも
同じ高さだ！！
何でだろう??



傾きが変わっても重さ
が変わっても同じ高さ
なのは何でだろう。



ボールの飛距離は飛
び出す速さに関係す
るよね。速さに関係す
るエネルギーは…



ボールがもって
いたのは位置
エネルギーだけ
だよな？

速さってこと
は運動エネル
ギーが関係す
るのかな？

エネルギーの大きさに傾きは関
係なさそうだ。傾きを変えても
同じ高さからで良いのかも！



質量が2倍ってことは
位置エネルギーも2倍
だから、運動エネル
ギーも大きくなるん
じゃないの？



軽い球×傾き中

課題を解決する

どんな場合でも、初めの高さをほぼ同じにしたときにフリースローが決まっているね。

飛び出すボールがもっているエネルギーの大きさはボールがはじめに持っていた位置エネルギーの大きさと等しいはずだね。

位置エネルギーは質量と高さの積で、運動エネルギーは質量と速さの2乗の積になっていたよ。

どちらにも「傾き」って要素は入っていないね。だから傾きを変えても転がす高さは変わらなかったのか！

力学的エネルギー保存の法則から考えると、質量は両辺にあるから消える、つまり質量も関係ないってことじゃない？

探究の過程を振り返る

傾きが半分や2倍になったら、転がす位置も絶対変わると思っていたけど、同じなんてびっくりしたよ。

初めは全然分からなかったけど、位置エネルギーや運動エネルギー、力学的エネルギーの保存について理解してから考えると、このなぞが解けてスッキリしたよ。位置エネルギーとかについても絶対忘れなさそう。

計算上は全く同じ高さのはずだったのに、傾きを変えたらほんの少しだけ高さも変わってしまっていたのはなぜだろう。

確かに！結果をよく見てみると傾きを小さくしたときの方が大きいときよりも少し高い傾向があるね。次はこれについて考えてみたいね！

事例2

日常生活と関連した題材の探究を通して、エネルギーの保存の理解を深める。

学習指導要領の位置づけ

(5)運動とエネルギー

(ウ)力学的エネルギー

① 力学的エネルギーの保存

「また、実際の物体の運動では、摩擦力や空気の抵抗などが働くことに触れ、力学的エネルギー以外の音や熱などに変わり、力学的エネルギーは保存されないことを日常生活や社会と関連付けて理解させる。」

(解説 理科編)

標準的な授業展開

時	内容
1	<ul style="list-style-type: none">• 色々なエネルギーの種類があることを知る。
2	<ul style="list-style-type: none">• 色々なエネルギーが相互に移り変わることを理解する。• エネルギー変換の実験を行う。
3	<ul style="list-style-type: none">• 前時の実験からエネルギーのすべてが変換されていなかったことを振り返り, エネルギー変換効率を調べる実験を行う。
4	<ul style="list-style-type: none">• エネルギー保存について理解する。• 熱の伝わり方について理解する。

探究する授業展開

時	内容
1	<ul style="list-style-type: none">• 色々なエネルギーの種類があることを知る。• 色々なエネルギーが相互に移り変わることを理解する。
2	<ul style="list-style-type: none">• 課題を把握する。• 見通しをもつ。
3	<ul style="list-style-type: none">• 課題を追究する。
4	<ul style="list-style-type: none">• 探究の過程を振り返る。• 熱の伝わり方について理解する。



生卵？
ゆで卵？

割らずに調べる方法は？

- よーく見る
- 光に透かして見る
- 回してみる

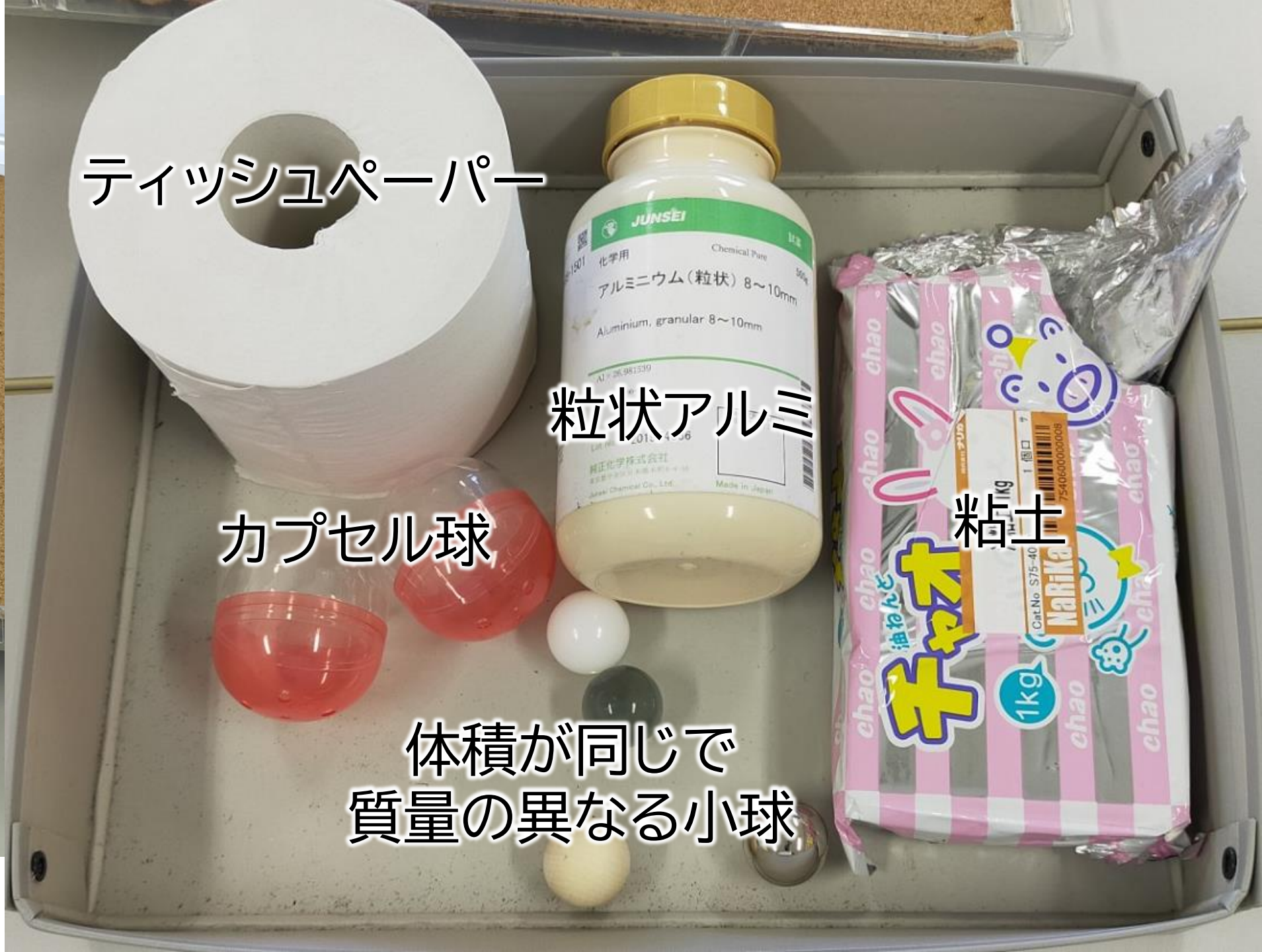


課題：生卵とゆで卵で、回したときにどのような違いがあるか。またそれはなぜか。

1. 仮説を立てよう。
これまでに学習したことや、生活経験などをもとに根拠のある仮説を立てよう。
2. 実験計画を立てよう。
カプセル2つ(卵殻のモデル)とトレーに入っている道具を駆使して、仮説を検証するための実験を計画しよう。
3. 実験を行い、結果を分かりやすくまとめよう。
4. 考察しよう。
結果を分析・解釈して、課題に対する自分たちの考えをまとめよう。



斜面用の板



ティッシュペーパー

粒状アルミ

カプセル球

粘土

体積が同じで
質量の異なる小球

A close-up photograph shows a person's hand holding a spherical container. The container is filled with granular aluminum particles, which are divided into two distinct layers: a top layer of silver-colored particles and a bottom layer of reddish-orange particles. In the background, a workbench is visible with another similar container and a roll of paper. The scene is set in a laboratory or workshop environment.

ゆで卵：粒状アルミを満タンに入れた

教職大学院生の考察

生卵は回りづらく、ゆで卵は回りやすいのはなぜか。今日の学習で分かったことをもとにまとめてください。

- ゆで卵は中身が固定されているため安定して回る、生卵は黄身や白身が卵の中で回転する時に動いてしまうため回る時に安定しない、エネルギーがどこにかかっているかのちがい？
- エネルギーが使われるために越えなきやいけなない障壁がある
- ゆで卵は周りの殻と中身が一体化となって回転するため回りやすく、生卵は殻と中身が違う運動を行うため回りづらい。
- 生卵が黄身が固定されておらず、重心がぶれてしまうため回りづらく、ゆで卵は重心が固定されているため回りやすいと考えた。

•アルミ粒を敷き詰めたカップと鉄球2つ入れたカップが斜面を転がる様子を観察した。(この際2つの質量は大体同じになるようにした。)鉄球を敷き詰めた方がよく転がったので、**中身が動かないほうが転がったり、回転するのではないかと考えた。**

•生卵は中が動きやすく、ゆで卵は中が固定されている。卵が人によって回されたとき、卵は一定の仕事をする。仕事をされることにより、エネルギーを得る。生卵は中が動いているので、「卵が回転するためのエネルギー」と「卵の中が動くエネルギー」に得たエネルギーが使われるため回りづらい。一方、ゆで卵は中が固定されているので、「卵が回転するためのエネルギー」にのみ得たエネルギーが使われるため回りやすい。

- 卵の黄身がその場に残ろうとするから
- 生卵はゆで卵と違って中に液体のような流動性のあるものが含まれており、生卵が回転することで、中の流動性のある白身等も回転することでエネルギーが失われていくから。
- 生卵はゆで卵と違い黄身や白身が液体で固定化されていないため、回るときに慣性のはたらきが生じてしまうから。

教職大学院生の声

- エネルギーの保存の学習、理系ではない私ですが中学生の頃、かなり興味をもちながら学習できた単元でした。高さなどの条件が同じであれば同じ量のエネルギーをもつ、結果が異なるのはどこかでエネルギーを使っているからである、自分の日常生活でもリンクする場面は多くあると感じます。日常生活に結び付けやすく、探究にもつながる学習だと思いました。
- 探究活動も、専門的な知識がそれほどなくても、取り組める内容で、かつ探究のしがいがある内容だったのでとても参考になりました。
- 生卵とゆで卵の判別というのも、生活から生まれる疑問を取り上げられていて、意欲的になりやすい問い立てであると思いました。ただ、ゆで卵は粘土でカプセルの中を埋めることで模型化することには納得なのですが、イメージとして、洗濯のりのようなドロツとしたもので白身を表すことが拭いきれず、粒状アルミニウムと鉄球で作成した生卵の模型がしっくり来ませんでした。

- 卵の実験も非常に面白かったです。自分たちでゆで卵と生卵のモデルを作成し考えるという工程が探究的であり非常に楽しかったです。
- 着眼点が日常的にもよくある題材を取り上げているのが、良いと思いました。実験手順を考える上でモデル化をするわけですが、そのモデルが立てやすく、論理的に考えるところに視点が行きやすかったです。一つ気になったのは、コマのように回転させる運動と、斜面から転がす運動を等価に扱っていいのか、ということです。回転の仕方が違うので、個人的には卵を回転させることを、斜面からカプセルを転がして考えてみるという発想に至りづらかった気がします(ただ、板が道具に含まれていたもので、これをどう使えばいいのか？そうか斜面に使えばいいんだ！となりました)。

- たまごの検討ですが、理科的な分析力を考察するための展開は大変面白かったです。共通の分析をするために条件を揃えるという考え方は、探究の手法を検討するには必要な考え方だったように思います。この部分こそが理科の出発点だと思います。
- 探究の題材、探究において条件をそろえることが重要であると感じられる点など、授業のスピード感と探究への持っていき方に、圧倒されてしまいました。

おわりに

- 今回は「条件制御のため」という大義名分のもと、コマのように回すのではなく、斜面を転がす方法をとりました。
- 実際の卵で同じように斜面から転がすと、結果はモデルの逆。つまり生卵の方が速く転がることになります。
- これは中身が回転しない生卵の方が慣性モーメントが小さいためです。
- 生徒が探究する場合でも、実際の卵や、水を入れて凍らせたペットボトル等を用いて検証してみると、アルミ粒での実験と違う結果になることになります。しかし、これはこれで、次の探究への足掛かりと考えれば良いのではないかと考えます。

参考文献等

- 文部科学省(2017)『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編』
- 文部科学省(2008)『中学校学習指導要領(平成20年告示)解説 理科編』
- 中央教育審議会(2021)『「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現～(答申)【概要】』
- 中央教育審議会(2021)『(参考)「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実(イメージ)』
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseioun/mext_01542.html(最終閲覧日2021年8月14日)