

NPO 法人理科カリキュラムを考える会シンポジウム（6 月 25 日開催）

ICT によって理科教育はどう変わるか —教員の勤務実態を踏まえて

ICT（Information and Communication Technology）は、まだ地域や学校によって差が大きいものの、教育現場にいろいろな形で入ってきています。今回は、タブレット、電子黒板、電子教科書、センサーのデータを記録するデーターロガー等の ICT 機器を使った授業や、ウェブを活用した学習環境作りを紹介します。ICT をどのように使えば有効か、日本での実践と韓国、アメリカ、イタリアなどの ICT 教育の動き等を紹介しします。また文科省から教員勤務実態調査が 4 月に紹介されました。多忙な教員をどのように支援できるかも考えます。

主催 NPO 法人理科カリキュラムを考える会

日時 2017 年 6 月 25 日（日）13 時～17 時

会場 (株)内田洋行 ユビキタス協創広場 CANVAS 地下 1 階

（東京メトロ日比谷線「八丁堀駅」下車、「A4」出口徒歩 4 分 東京メトロ日比谷線・東西線「茅場町駅」下車、「1 番」出口徒歩 5 分 JR 京葉線「八丁堀駅」下車、「B1」出口徒歩 5 分）

講演 「ICT によって理科教育はどう変わるか—日本、アジア、アメリカの事例から」

小林昭三（新潟大学）

「韓国の学校教育における ICT 事情と、これからの日本の教育インフラ」

吉田賢史（早稲田大学高等学院）

「日本とイタリアの教員の勤務実態と科学教育比較」

Dr. Beniamino Danese（REINVENTORE）

小川慎二郎（早稲田大学高等学院）

「ICT 教育に役立つ機材の紹介」

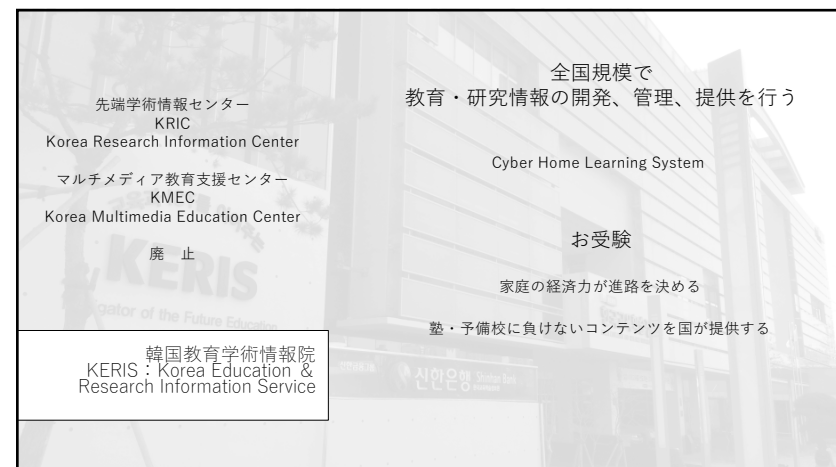
(株)内田洋行 他（依頼中）

参加費 無料

事務局連絡先 高橋和光 [science\(at\)sh.rim.or.jp](mailto:science(at)sh.rim.or.jp)

韓国の学校教育におけるICT事情と、 これからの日本の教育インフラ

早稲田大学高等学院
吉田 賢史



全国規模で
教育・研究情報の開発、管理、提供を行う

先端学術情報センター
KRIC
Korea Research Information Center

マルチメディア教育支援センター
KMEC
Korea Multimedia Education Center

廃止

韓国教育学術情報院
KERIS : Korea Education & Research Information Service

Digital Textbook



全国規模で
教育・研究情報の開発、管理、提供を行う

先端学術情報センター
KRIC
Korea Research Information Center

マルチメディア教育支援センター
KMEC
Korea Multimedia Education Center

廃止

韓国教育学術情報院
KERIS : Korea Education & Research Information Service

SMART Education

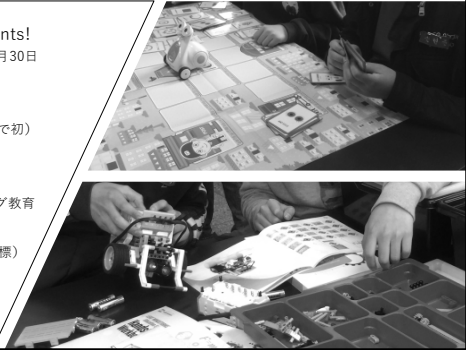
Self-directed
Motivated
Adaptive
Resource enriched
Technology embedded



Software教育
(Computational Thinking)

Software教育 = Computational Thinking

- 米 : Computer Science is for All Students!
• オバマ大統領2016年1月30日
- 英 : 科目名 "Computing"
• 2014年度(9月)必修化 (G20諸国の中で初)
- 韓 : ソフトウェア専門家不足への対応
• 2014年から20校の小学校でプログラミング教育
115の中学校でソフトウェアサークル運営,
教材普及, 教師研修を支援
• 2018年から高等学校の正規科目に採用 (目標)



Software教育 = Computational Thinking

- O-Sung(五星)中学校の実践事例
ー ROBOT活用SOFTWARE教育 実験学校ー
- Robotの活用
 - ALBERT SCHOOL (Educational Robots)
 - ROBORIST (アーテックブロック)
 - MINDSTORM (LEGO ブロック)
- Scratchの活用
 - ビジュアルプログラミング



日本の状況



日本の状況

- IT技術者の不足
- 2020年 小学校にプログラミング

不足しているのは？

プログラマーではない

問題は

Cloudで何をするの？何を提供するの？

IoTで何をするの？何を提供するの？

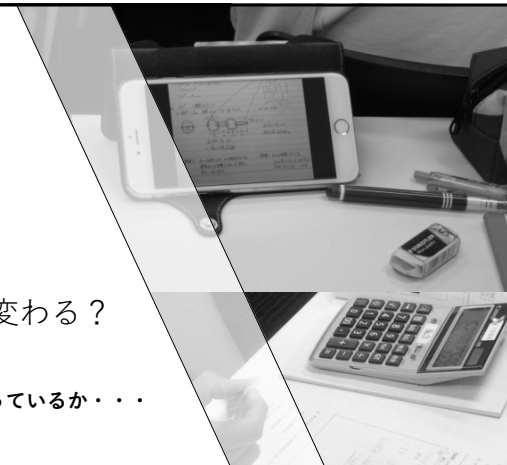
AIで何をするの？何を提供するの？

新しい価値を創造する人が不足している

日本の状況

学びの場はどう変わる？

現在のICT環境はどうなっているか・・・

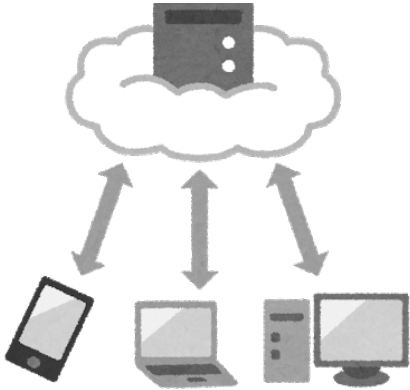


Cloud

- 無線LAN
- モバイルネットワーク

↓

- スマートフォンの利用
- IaaS(Infrastructure as a Service)



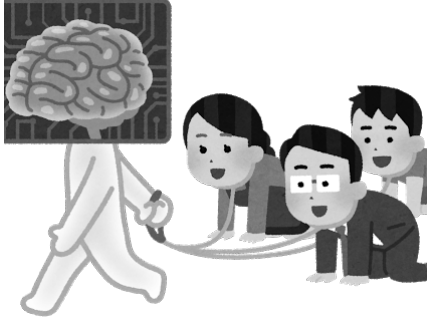
AI

- 教えることがなくなる？
- 記憶力と計算力が落ちる？

↓

- 対面授業における学びの場
- 教員の役割の明確化

✓ 東ロボ君：偏差値 57



IoT

- 教育サービス？
- 授業に関係あるの？

↓

- 安全管理（登下校・出席管理）
- 実験・観察



日本の状況

- IT技術者の不足
- 2020年 小学校にプログラミング

コンピュータに情報を処理させるために、
ものごとをシステムの捉え、それを明確に定式化する

新しい価値を創造する人が不足している

Computer Science

STEM / STEAM

Science
Technology
Engineering
Mathematics

+

Arts

Science
Technology
Engineering
Mathematics

Computational Thinking

日本の状況

- IT技術者の不足
- 2020年 小学校にプログラミング

新しい価値を創造する人が不足している

Computer Science
STEM / STEAM

現状把握

不便さを感じる力
“できない”の根拠を発見する力

Computational Thinking

目標設定

「ほどほどで・・・」
「私には無理！」

失敗が許されない！
失敗すると怒られる

Comfort Zone (快適空間: コンフォートゾーン)
心理的安全性が確保された空間

Stretch Zone (背伸び空間: ストレッチゾーン)

Growth Zone (成長空間) / Learning Zone (学習空間)

Panic Zone (混乱空間: パニックゾーン)

2008 Mike Brown "Comfort Zone: Model or metaphor?"

今の生徒は、Stretch Zoneが小さい

学びの環境

- 人工知能
 - 機械学習
 - ディープラーニング
- コグニティブ・テクノロジー
- アフェクティブ・コンピューティング

先進テクノロジーのハイブ・サイクル: 2016年 (ガートナー)

https://www.gartner.co.jp/press/html/pr20160825-01.html

ICT 利用目的

点数で評価する
可能性を引き出し
創造性を育む

学び方の個性を認める
他の人と異なる意見を持てる
人と比べない

デジタルの特性は何か
どのような格差を埋めるのか

提供する素材は同じでも
学び方は異なる
一人ひとりの多様な学びを
ICTが結びつける

ICT によって理科教育はどう変わるか －日本, アジア, アメリカの事例から－

小林昭三:新潟大教育

E-mail: kobayasiakizo@ed.niigata-u.ac.jp

2017年夏季シンポジウム「ICTによって理科教育は
どう変わるか－教員の勤務実態を踏まえて－」

内田洋行・ユビキタス協創広場CANVAS地下1階・2017.6.25,13時-17時

本研究はJSPS科研費15H02912,15H02913,15K12373
および, 17K01022 によるものである

ICT によって理科教育はどう変わるか

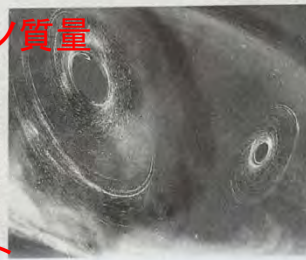
ICT (Information and Communication Technology)

IOT (Internet of Thing)

- タブレット、データロガー・ICT・IoT活用したアクティブラーニング授業講習⇒アジア普及と新展開
- 2000年前後から: ICT活用によるAL講習会
米国のローズ・ソコロフ・ソロントン; アジア講習会
オーストラリア(2000)・韓国(2002-4)・日本(2006)
フィリピン・タイ・マレーシア・中国・インド・スリランカ
- 2015ICPE北京: ソコロフ講演・車輪式無線センサー
- 2016; Smart Cart・スマートセンサー⇒無線化・IoT本格化
- 1018: 計測誤差6センチ日本版GPS(4基のGPS衛星体制)

ICT によって理科教育はどう変わるか

2007年は、ファラデー没(1867年)後150年:彼の
電磁場(電磁場:電・磁の統一)と重力場への夢想!
 マックスウェル方程式・**アインシュタイン重力波(1916)実現**
LIGO(ライゴ)重力波観測(3回成功!)・**マイクロモレイ型**
 30倍と20倍太陽の**ブラックホール合体⇒重力波(30億光年)**
 ●APPC2016オーストラリア
 梶田ノーベル賞講演・**ニュートリノ質量**
 LIGO重力波観測講演
 ●ICPE2015北京:(ソコロフ)
 カ学台車・車輪に無線センサー
 ●AAPT2016:PASCOスマートカート



最も遠く、より宇宙の初期に近い天体からの重力波をとらえたことになる。

モバイルICT・IoT・教育イノベーション 無線センサー・超高速動画・携帯PC他

Vernier: Wireless Dynamics Wireless Sensors; Smart Cart
 Sensor System (WDSS): Red & blue: PASCO-2016発売
 ICPE2006Tokyo P.Laws 演示



Go Wireless Temp



温度センサー・力センサー, 他



主催: ASPEN(Asian Physics Education Network), 応用物理学会中国四国支部

物理教育ASPENワークショップ2006
第9回「リフレッシュ理科教室」(香川会場)
 ----- 学生生徒児童主体の学習をひきだすために -----

国際的な講師とともに、理科教育(物理教育)において学生・生徒の主体的な学習を引き出すためのアドバンスレベルの実験や物理教育方法を学ぶことを目指します。使用言語は英語ですが、スタッフが通訳をします。

日時: 2006年8月10日(木)~12日(土)

8月11日(金)

午前: 「センサーとコンピューターで様々な物理現象を解析する」

Prof. David R. Sokoloff (USA)

午後: ① 「デジタル動画とコンピューターで様々な運動を解析する」

小林昭三教授(新潟大学)

② 「模擬授業: 問題・討論・実験で学ぶ力のモーメントと重心の学習」

高橋尚志助教授(香川大学)

主催: ASPEN、応用物理学会中国四国支部、香川大学

共催: 日本物理学会、日本物理教育学会

後援: 香川県教育委員会、高松市教育委員会、UNESCO

企画運営: ASPEN 実行委員会(香川)

「リフレッシュ理科教室」(香川会場)実行委員会

ITを活用したアクティブ・ラーニングメソッド

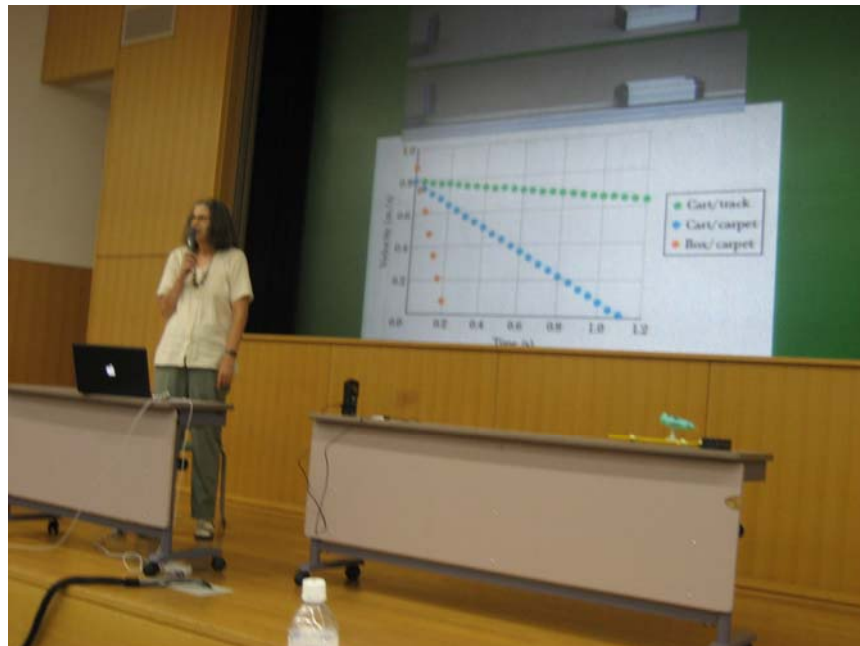
David R. Sokoloff (University of Oregon, USA)

- 1. リアルタイム物理実習(RTP)
8月11日に、高松でのプレワークショップ(ASPEN2006-Takamatsu)
- 2. インタラクティブ講義デモンストレーション(ILDs)
Active Learning in Lecture with Interactive Lecture Demonstrations

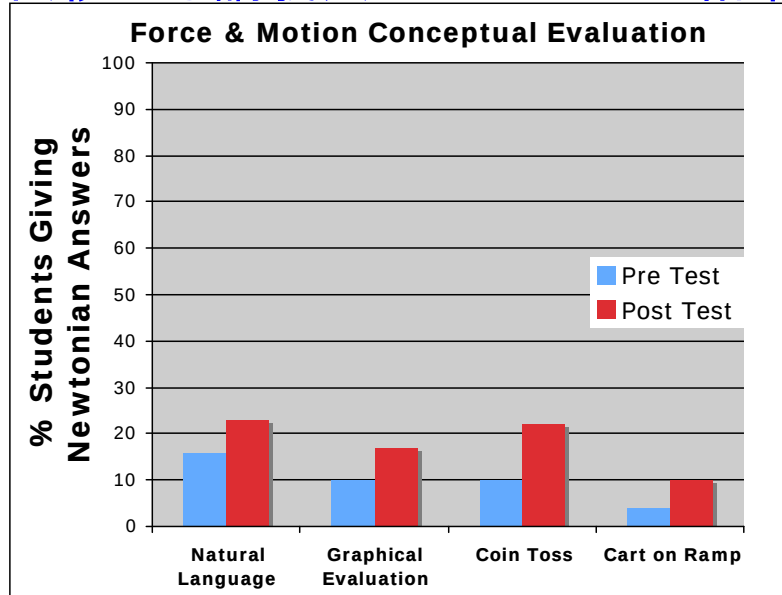
- 1.ITなしで、何を実験するか示す。
2. 生徒に、それぞれの予想を予想シートに記録させる。
3. 小グループでの議論で、全生徒を活動に参加させる。
4. 全体から大多数の生徒の予想を引き出す。
5. 予想シートに、個々の生徒の最終的な予想を記録させる。
6. ITツールで検証実験を行う。
7. 結果を述べさせ、検証内容と結果を議論させる。
8. 類似した物理的状況を議論させる。

アクティブ・ラーニング環境 受動的(パッシブ): 能動的(アクティブ)

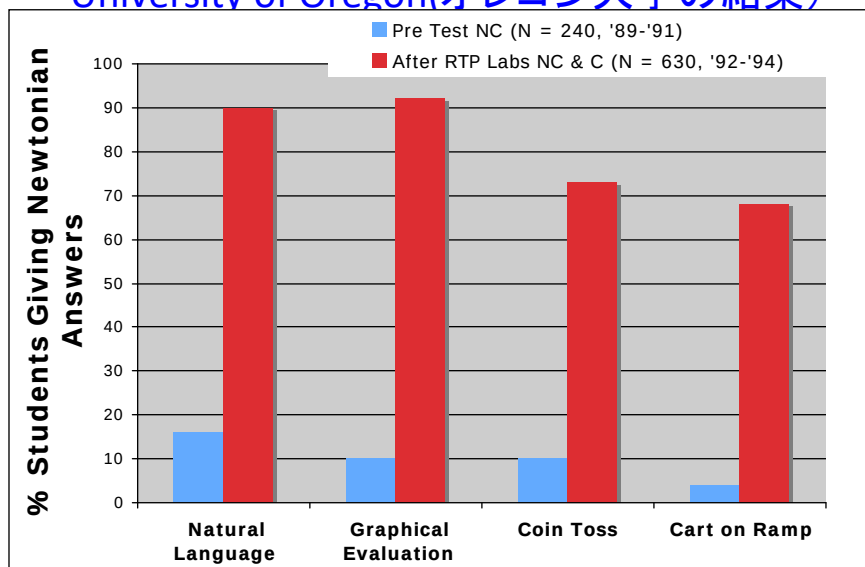
パッシブラーニング環境	アクティブラーニング環境
指導者・教科書は権威者－全知識の源泉	学生は観測から知識を構成・物理世界が権威.
学生の信念が公然と挑戦を受けることはない.	学生の信念・予想を実験観測と比較し試す
学生が信じる事と話される事の違い気づかず	信じたことと観測の間の違いに向き合い変更
指導するものの役割は権威としてである.	指導するものの役割は学習過程におけるガイドである.
仲間との共同作業は、しばしば奨励されない.	仲間との協力や共同作業が奨励される
実験結果は講義の中で事実として提示される.	実際の実験結果は、理解しうる方法で観測される－ITツールの手助けでしばしば即座に.
実験で習った理論を確かめるために用いられる実験はまれ、講義中心	実験は基本概念を学ぶために用いられる.



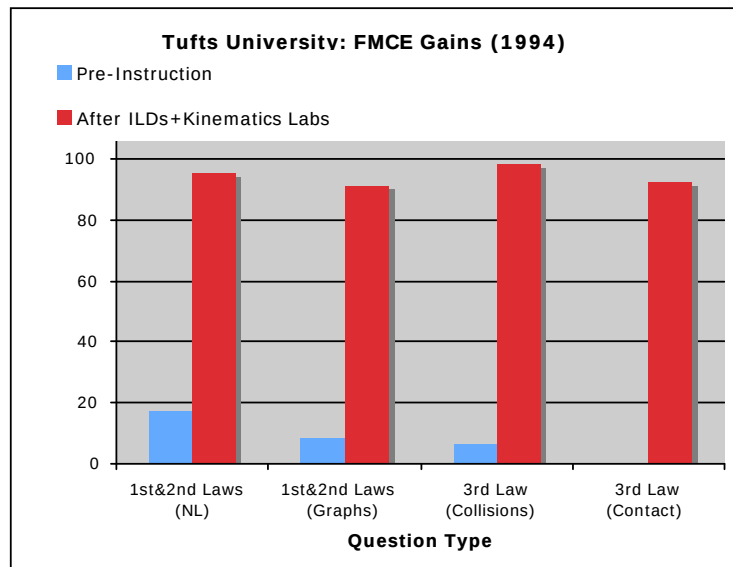
Traditional Instruction FMCE Results 伝統的な講義法によるFMCEの結果



RealTime Physics FMCE Results (リアルタイム物理によるFMCE結果) University of Oregon(オレゴン大学の結果)



Mechanics Learning: Tufts University タフツ大学における、力学学習の結果



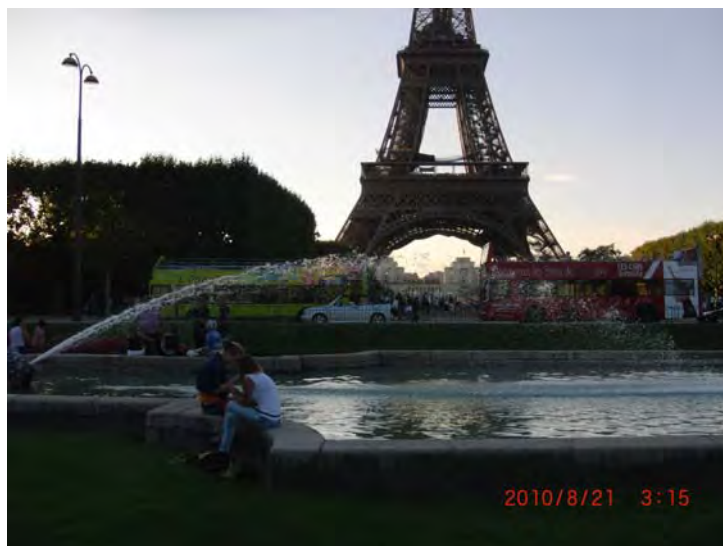
ミリ秒分解能で解明する科学教育教材の創新

デジカメ・ITセンサーで1000分の1秒の世界の認識・視覚を自在化

VTR動画30fps→↓→カシオ超高速1200fps

目にも留まらぬ「大切な現象」の視覚化・ICT活用で概念形成教材化
重心系と実験室系

噴水を超高速動画カメラ撮影・Slow motion movie による[Logger Pro](#)分析表示



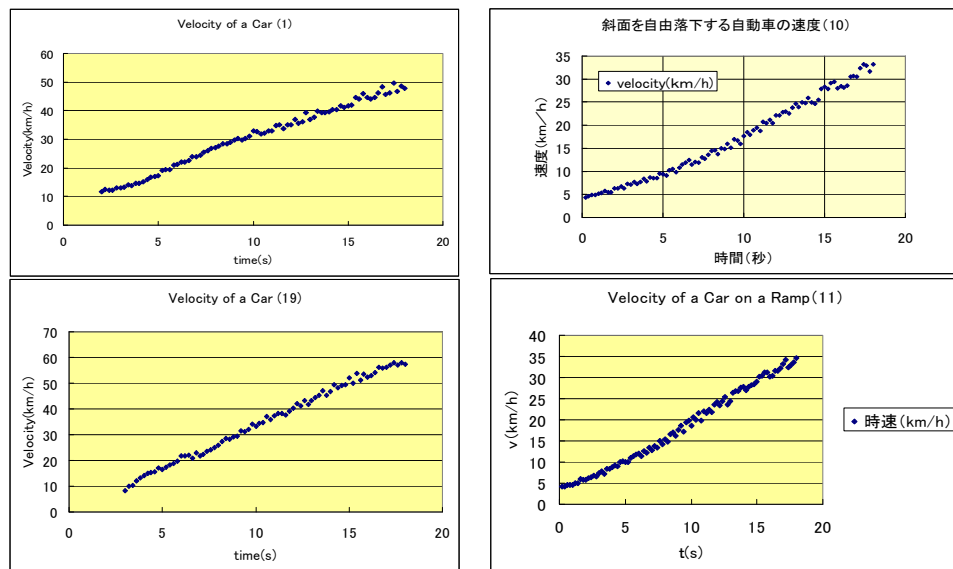
Drive Recorder (Witness)



Drive Recorder (Witness) attached on front glass of my car



Velocity Data of Drive Recorder for almost Constant Acceleration



Drive Recorder から スマートカートに

- 2018年度・日本版GPSが6センチ計測誤差時代：
GPS(衛星利用測位システム)本格運用・軽量GPSロガー付着物体・3次元位置誤差6センチでの力学授業
- 2016年スマートカート開始(ICPE2015北京:ソコロフ・車輪式距離センサー無線力学台車活用プレゼン)
- AAPT2016では:PASCOツアーとワークショップで、スマートカートの実演と3台(当たりくじ+予約)獲得
- 6台スマートカートを使った理科教育法・手作り(30分)4メートル級自在に曲がる滑走台4台・2m6台作成済;授業・4m1台・2m2台作成;今後の授業展望！
- 6cm誤差GPS付物体(ドローン・巨大風船・スキー)可

滑走台手作りで開始する 曲線運動授業法

手作り滑走台に必要な材料

コメリ資材館⇒大建廻縁3.9m

05MT702331ML;3個x@¥898

又は

大建廻縁1940mm(長さ約2m)

05MT702331MA;3個x@¥488

何れにも5mm幅の溝がある:

3枚を並べて右図のように
粘着テープで張り合わせる。

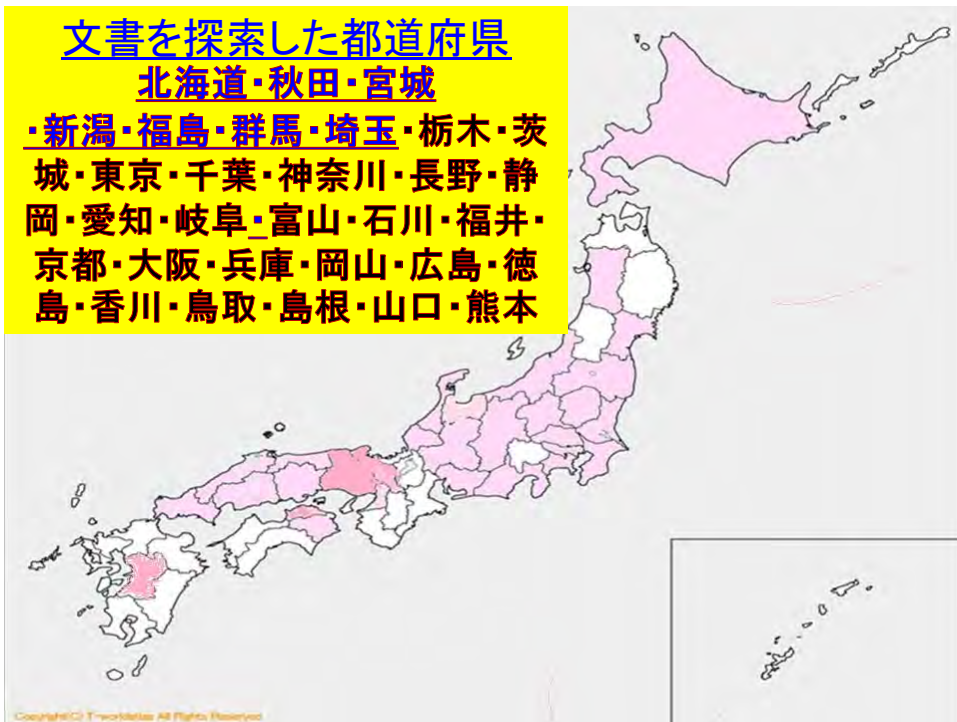
2本の5mm溝が6.3mmの車輪幅
にピッタリと一致=6.3mmレール
幅でよく曲がる滑走台の完成



文書を探索した都道府県

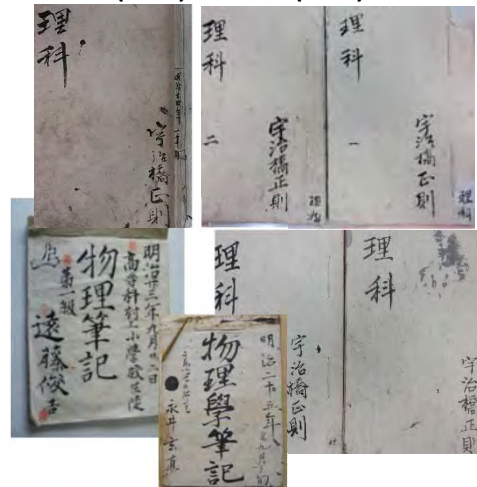
北海道・秋田・宮城

・新潟・福島・群馬・埼玉・栃木・茨城・東京・千葉・神奈川・長野・静岡・愛知・岐阜・富山・石川・福井・京都・大阪・兵庫・岡山・広島・徳島・香川・鳥取・島根・山口・熊本



明治期物理筆記他の再発見と当時に使用され筆記された科学・理科教科書

明治24-27年頃の高等小学校生徒授業筆記・宇治橋正則理科筆記1-5, 遠藤筆記(1889)永井筆記(1890)



• 1872 Katayama Junkichi 片山 淳吉 訳編 “Butsuri Kaitei” 『物理階梯』; R.G. Parker “First Lesson in Natural Philosophy” (1970)

• 1875 “Buturi Zenxhi” 『物理全誌』; G.P. Quackenbos, “Natural Philosophy”, A. Ganot “Natural Philosophy

• 1878 “Buturi Syogaku” 小林 六郎 訳 『士氏物理小学』; B. Stewart Science Primer “Physics”, (1872)

宇治橋正則の 物理筆記

墜落の部分

地球と物体との間
には引力あり

為に諸物体常に地
心に向て、近づか
んとす：次の3法則

- ①墜体の速度は質量
によらず同一、
- ②重力加速度=毎秒の
速度増加分32尺
- ③墜落全距離= $gt^2/2$ 。

M16小学物理書・
志賀泰山編訳原亮
三郎出版：カッケン
ボスの翻訳書⇄

(二)遊放墜落

墜體ノ速ハ漸次ニ増加スル者ナリ

之ヲ第一ノ墜落規則ト名ク

重力ハ物體ノ墜落スル最初ノ瞬時ニ一定ノ速
ヲ之ニ賦與ス而シテ其體ハ慣性ニ從ヒ第二瞬
時ニ在リテモ尚其速ヲ失フナシ且重力ハ第一
瞬時ニ在リテモ亦同シク作用ヲ之ニ及シ
ニ更ニ墜體ノ速ヲ増加ス而シテ其體ハ此増
シタル速ヲ以テ第三瞬時ノ墜落ヲ始メ此増
ニ在リテモ亦重力ノ爲ニ其速ヲ増加ス此瞬
時ニ至リテモ尚之ニ準ス今試驗上ニ依リテ測
定スルニ墜體ハ最初ノ一秒時間ニ四九メー
ル即我十六尺ヲ墜落シ第二秒時間ニハ其三
倍第三秒時間ニハ其五倍ノ距離ヲ墜落シ爾後ノ
諸秒時間ニ在リテモ墜落ノ距離ハ奇數ノ比ヲ
以テ漸ク増加スルヲ見ル故ニ第二ノ墜落規則
アリ左ノ如シ

ニ又左ノ規則アリ

初點ヨリ算シテ墜體ノ總距離ハ墜落時間
ノ自來ノ比ヲ以テ増加スル者ナリ

之ヲ第三ノ墜落規則ト名ク

墜落規則ハアトワード氏ノ器ヲ以テ之ヲ驗ス
ルヲ得ヘシ即此器ハ第六圖ノ如ク長徑二メー
トル許ノ方形木柱ニシテ其一面至ハ尺度ヲ翻
シ其上端ニハ容易ニ廻旋スヘキ車輪ヲ施設ス
ル者ナリ今此車輪ノ周圍ニ細索ヲ繞ラシ其兩
端ニハ重量地デカグラム許ノ同等ノ錘(ハ)及ヒ

第六圖

一錘(ハ)ニ一デカダ
ラムノ過重(ハ)ヲ加
フルハ此過重ノ

爲ニ(ハ)重ハ降下シ(ハ)重ハ上騰ス然レハ一デカ
グラムノ過重ハ尚九デカグラムノ重ヲ運動セ
シム即過重ノ力ハ十倍大ナル素量ニ分賦セラ
ル、力故ニ其速ハ遊放墜體ノ速ニ比スレハ十
倍小ナルノミニシテ全ク遊放墜體ノ規則ニ從
フヲ見ル即精密ナル時計ヲ以テ之カ時間ヲ計

第七圖

眞空中ノ墜落試驗今第七圖ノ如キ長キ玻璃筒
中ニ小貨幣
羽毛紙片等
ヲ入レ排氣

器ヲ以テ筒内ノ空氣ヲ排除シ然ル後速ニ之ヲ
轉倒スルハ貨幣羽毛紙片等皆同速ヲ以テ墜
落シ同時ニ筒底ニ達スルヲ見ル嘗テ英國ニ在

市川盛三郎の英国留学・スチュワート 物理・ロスコー化学・28日マンチェスター視察

1852(嘉永5)砲術市川師範次男生誕
1862(文久2)蕃所調所入所・英学等
1866(慶応2)英国留学(12名)ロンドン
大予科(Univ.Col.Sch)で物理学や
運動の機械発明や模型作りに苦心。
1868年6月幕府瓦解により一旦帰国
1870(明治3)大阪理学所・開成所内
ハラマタ(蘭)⇒リッテル(独)英語講義
・124人受講: 盛三郎が通訳(明治3年
理化日記・明治7年物理と化学日記
中学で上記の真空落下・アトウッドも

1874(明治7年)制作教
場(開成学校)の教授
1875(明治8年)盛三郎
ロスコー化学書の翻訳
1877盛三郎・英国留学
しスチュワートの物理
学を専攻・定温機・磁
石力の論文)明治15年
に死す・同僚の杉浦重
剛が同大学の化学専
攻(2人共オウエンス大)

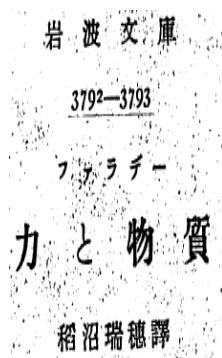
国際的理数教育の連関・能動的学習



ファラデー没後150年国際的教育改革

ファラデー
のクリス
マス講演

1859年6回
の力と物
質の講演



ファラデー「ローソクの科学」

1860-61年(6回)物理と化学の本質を解明!

欧米の最先端の物理教科書(パーカー、カッ
ケンボス、ガノー、スチュワート、デシャネル、
エベレッタ、ギレット、ロルフ等の)翻訳・編
集。ハックスレー・ロスコー・スペンサー他

実験を基に理論が述べられその関連で幾つか
の問題が問われる→能動学習授業が進展。

“...Children should be led to make their own
investigations, and to draw their own inferences.

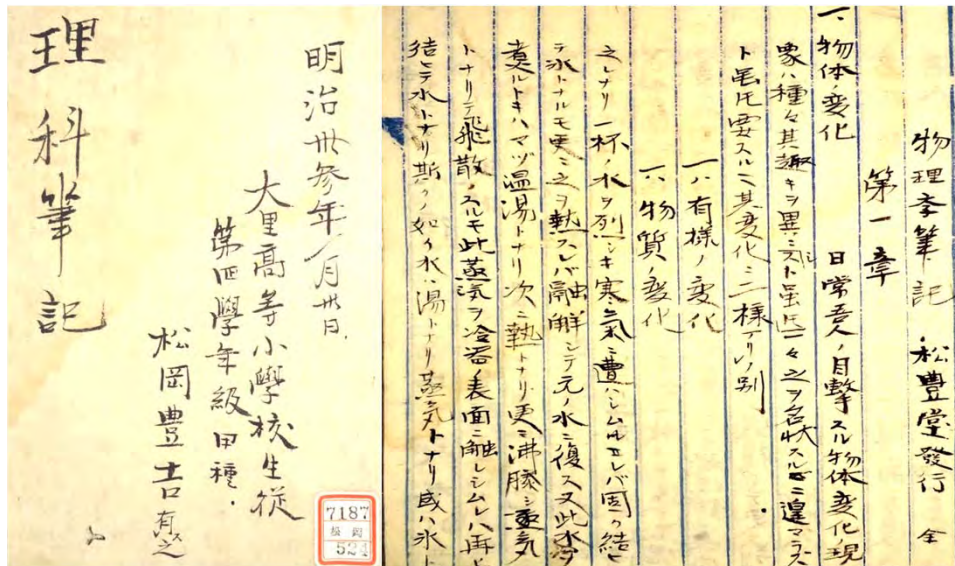
They should be told as little as possible, and
induced to discover as much as possible.”

[Herbert Spencer, Education: Intellectual, Moral, and
Physical, 1860; p.126.]

ファラデーの金曜講演と科学伝道法

- ・ファラデー発見の電磁現象 • ハックスレー・ロスコー・ス
他の実験を中核に進行 チュワートのサイエンスプリ
マール教科書:物理・化学・生
理学の実験・観察・検証が
基本
 - ・ファラデーは板上に粉をま
いて見事に振動の可視化
 - ・チンダルのような後継者
 - ・ハックスレーの講演例
 - ・超高速カメラ映像での動物
の四肢の映像分析
 - ・ブリースの1878の金曜講演
電話:音の振動波・ロゴグラフ
で可視化とマルコーニ・エディ
ソン・ベル・ヘルムホルツ・予
測の実験的確証が核心
 - ・1866年学校教育の審議会
を大英協会に置く
 - ・チンダル・ハックスレーはそ
のメンバーに
 - ・1870年王立審議会ができ
て動き出す。
- マイケルファラデー・黒田玲子
他・東京化学同人

明治33年物理学筆記⇔GageのAL (松岡豊吉・大里高等小学校4年)



明治19年4月9日小学校令・中学校令・ 師範学校令と理化・高等師範・尋常師範

明治19年「学科及びその程度」数学・地理・歴史・博物・物理化学・農業手工・家事：4年間；博物2，2，2，3，物理化学2，2，2，3，農業手工 2，2，2，6，家事5，5，4，5
博物、植物は総論・根・茎・枝・葉・花・実等の形論・及び、その作用・生活・種類分類法・解析法・記述法・最終報・の用紙、及び、隠花植物形質の概略 動物は総論、有脊椎動物、目脊椎動物、中の主要なる書網の論、及び其の解剖の初歩、人身生理の要旨 鉱物は、総論、形象、化学及び物理上の性質、等、及び、燃鉱類、金鉱類、石鉱類、齒積類、の諸論、普通鉱物鑑識の概略。

中学校の「学科とその程度」でも理化が登場
中学校：1年；博物1時間，2年：物理及び化学1時間，これが「理化示教」と「理化」出現
3年：植物2，4年，化学2，5年：動物3と物理3

物理化学：物理は、総論、力学、物質論、熱学、音響学、高圧、越歴学、磁気学、の要略 化学は、金属、非金属、中重要なる諸元素、及び、其化合物の製法、性質、及び農業工業上重要なる有機物の性質等の要略：

農業手工 農業は、土の成分、分類、植物の成分等、及び、肥料の用法、家畜の選択、保護等の要略、耕作の実業、器具の用法 手工は、木工具、金工具、の種類用法等、及び工業上の理財の要略 家事 衣食住、金銭の出納等に係る事項、及び、裁縫具の用法、各種、衣服裁縫等の実業。

1901(M34)の中学校令施行規則制定で中学校の博物示教・理化示教が終わる。⇒4年・5年で化学・物理を3時間と4時間博物1-4年2時間；1919年には中3年に物化2時間追加

明治19～37年(1889-1904)国定開始・ 日露戦争ごろまでの理化学・理科教育

カッテンボス・スチュワート・ロスコー・
ゲージ・後藤牧太・中川謙次郎……
他の欧米・世界トップ級科学教育に
挑戦する内容が、高等小学校・師範
・中学校他の科学教育筆記に発見
事例；

明治20年代

M22物理学・化学・藤城時郎

M21坂東新助・理科筆記

M21坂東姓・化学筆記

明治20年代・西角井家理科筆記

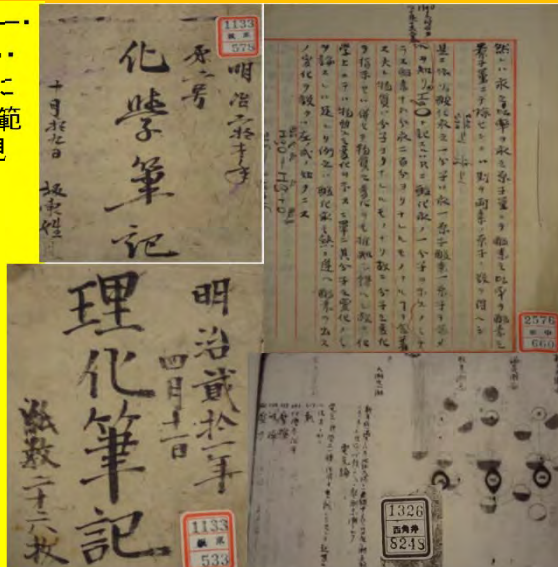
静電気電磁気天体

明治30年代

M30小室登芽(とめ)理科筆記

M30頃・師範2年・阿部

理化学筆記



明治33年物理学筆記 (松岡豊吉・大里高等小学校4年)

今、コップを水に入れて、是、排気鏡内に起きて空気を去りば、空気の昇給水中の各処より出現し、恰も沸騰するが如くの、水上に浮び出ずる。是、この実験によりて、水中には空隙ありて、少しも空気の入り在りたることを知る

此れによりて第一の説は不都合なること明らかなり。何となれば、もし水の実質に空隙をなきとせば、空気の存在すべき筈なればなり。然れども、第二の説によれば、水の実質の間には仲物入り得べき空隙あり。空気の水中に存在するも、怖れむに足らず。之れによりて、吾人の説知する、

各種の物体は、其の実質中に他物入り得るべき空隙を有するを知る。故に、空間の連続する如く、物体の実質もれん即するものにあらず。各種の物体を構成する粒子は、之を分子と呼ぶ

consist of a definite number of distinct particles called *molecules* (as represented in Figure 8), separated from each other by spaces so small as not to be perceptible, even with the aid of a microscope. Expansion, in this case, is accounted for by a simple separation of molecules to greater distances. There is no increase in the number of molecules, no increase in their size, but an enlargement of space between them. Which of these suppositions is the more probable? You observe, while heating, that little bubbles of air form in the midst of the water; they rise to the surface, or attach themselves to the sides of the glass. Evidently the air was previously in the same space occupied by the water. This seems to contradict the first supposition; for, according to that, the space occupied by the water is *full* of water, leaving no room for other matter. But according to the second supposition, the space is not *filled* with water; there is still room for particles of other matter, in the spaces among the molecules of water.



Experiment 2. Take a test-tube three-fourths full of water. Fill the tube by carefully pouring alcohol upon the water. Then close the mouth of the tube with a finger, and shake. It will be found that the tube is no longer full.

We cannot conceive of two portions of matter occupying the same space at the same time; in other words, where air or alcohol is, water cannot be. We conclude, then, that the glass "full of water" is not full of water; that no body completely fills the space enclosed by its surface, but that there are spaces in every body that may receive foreign matter.

If there are spaces, then the bodies of matter that our eyes are permitted to see are not continuous, as space is continuous. But every visible body is an aggregation of a countless number of separate and individual bodies, a single one of which constitutes a unit of matter, and is called a *molecule*.

Experiment. Take a smooth board (Fig. 86), about 4m long, and place it so that one end shall be about 4cm higher than the other. Suspend within easy view a string (about 1m long) and ball, as a pendulum. Set it in vibration, and, at the instant the ball reaches one extremity of its arc, let a marble begin to roll down the inclined plane. Let another person mark the point on the board that the ball reaches at the end of one swing of the pendulum. Repeat the operation several times, and mark the points that it reaches



ガリレイの落下の法則の実験
真空中(摩擦が無視できる世界)
どんな物体も(質量によらずに)
同時に落下する: 等加速運動

Arrange the results of your observations in a tabulated form as follows:—

No. of units of time.	Total distance passed over.	Distance passed over in each unit; also average velocity.	Increase of velocity in each unit, i.e., acceleration.	Velocity at the end of each unit.
1	1 ($\frac{1}{2}k$)	1 ($\frac{1}{2}k$)	2 ($\frac{1}{2}k$)	2 ($\frac{1}{2}k$)
2	4 "	3 "	2 "	4 "
3	9 "	5 "	2 "	6 "
4	16 "	7 "	2 "	8 "
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.

Gageの教科書
では4mの斜面
勾配4cm/400cm

§ 79. Velocity of a falling body independent of its mass and kind of matter. — If we grasp a coin and a feather between the thumb and finger, and release both at the same instant, the coin will reach the floor first. It would seem as though a heavy body falls faster than a light body. Galileo was the first to show the falsity of this assumption. He let drop from an eminence iron balls of different weights: they all reached the ground at the same instant. Hence he concluded, that the *velocity of a falling body is independent of its mass*. (This celebrated experiment should be repeated by every student.)

He also dropped balls of wax with the iron balls. The iron balls reached the ground first. Are some kinds of matter affected more strongly by gravitation than others? If a coin and a feather are placed in a long glass tube (Fig. 87), and the air exhausted, and the tube turned end for end, it will be found that the coin and the feather will fall with equal velocities. Hence, *gravity attracts all matter alike*; but, inasmuch as a wax ball presents, according to the amount of matter in each, more surface for resistance of the air than an iron ball, it falls more slowly. We conclude, therefore, that *all bodies fall with equal velocities in a vacuum*.

When the body falls freely, and the unit of time is one second, we use the letter *g* instead of *k* to represent the acceleration. Experiments show that in the latitude of all the Northern States the value of *g* is 9.8m, or about $2\frac{1}{2}$ ft.; that is, the velocity gained if the force of gravity acts

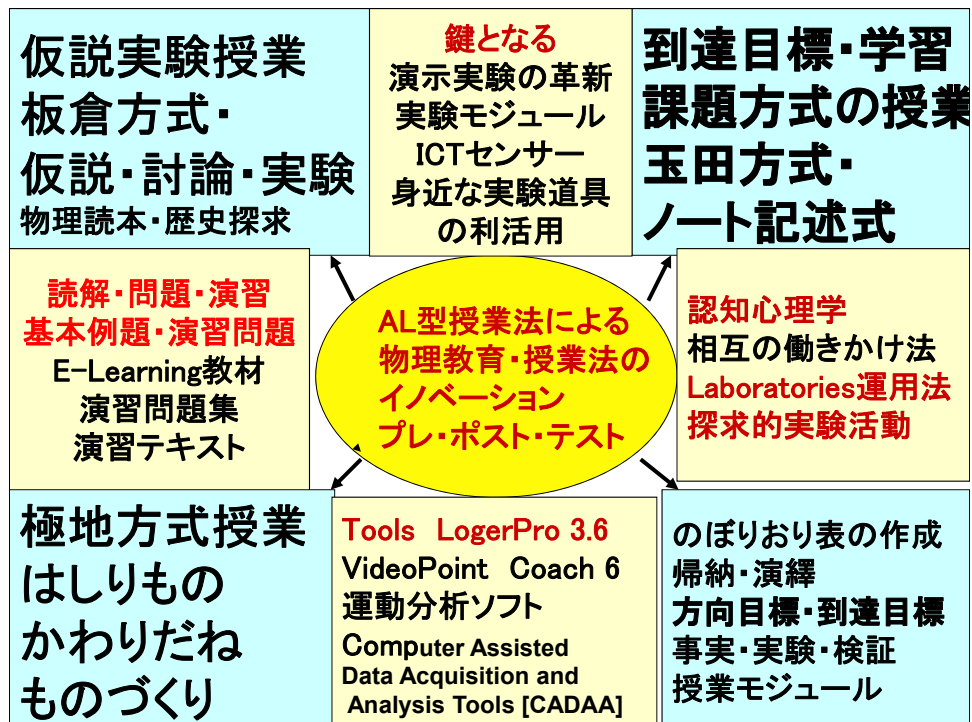


菊池熊太郎の
理学: 加速を遅
引するアトウツ
ド装置は良い
が構造が錯雑
ナノデ、何人
にも容易に実験
できる、4mの斜
面と1m(.993)
振子(1秒測る)
の実験法を説く

官例一 墜体五秒時ノ末尾ノ速度ハ如何 (答四九メートル)
 $V = 0.8 \times 5 = 4.0$
 第四秒時目ニ經過セル距離ニ如何 (答二四メートル)
 $S = 4.0 \times 7 = 28.0$
 六秒時間墜落セル物体ノ經過セル全距離ヲ問フ (答一七六メートル)
 物ヲ自由ニ墜落セシメテ加速動ノ法則ヲ證セントスルモ墜体ノ速度迅速ニシ
 テ實際ニ之ヲ觀察セシメトスルコト難シサレハ加速動ノ性質即チ平等ニ速度ヲ加
 フルノ規律ヲ觀スルコトナクシテ單ニ全体ノ速度ノモチ遅引スルノ方法ヲ設ケ
 テ其理ヲ研究スルノ裝置アリアドウイフ氏ノ機械是レナリ此ノ器械ハ真恰ニ
 テ至便ナレ共其構造稍々錯雜ナルヲ以テ茲ニハ何人ニモ容易ニ實驗
 シ得タルノ方法ヲ説クベシ
 極メテ平滑ナル板ヲ取リ其一端ヲ高クシテ表面ヲ斜ニシ別ニ二メー
 ル計リノ長サアル糸ノ一端ニ重錘ヲ附シ他ノ一端ニテ吊ルシ恰モ時計
 ノ振子ノ如ク震動シ得ベカラセバ此ノ振子ノ振動スル時間ヲ假ニ一秒
 時ト定ム精密ニ言ヘバ〇・九九三メートル長サアル振子ニアラザレハ
 一秒一震スルモノニアラズ今若シ滑カナル一個ノ球子象牙球ヲ可トス
 ラシテ板面ノ上端ヨリ輾轉セシムベシ此ノ球子ノ運動ハ重力ニ成ジテ
 起ルコト勿論ナレ直下墜落ト異ナリ斜面上ノ輾轉ナレハ全体ノ速度

戦後日本・世界でAL型授業の取り組み →科学概念形成授業法のイノベーション

- 1950: スプートニク・ショック(1957・10) → 教育革新
生活単元・問題解決批判(民間での教育検討)
 - 1960: PSSC・IPS・ESS・BSCS → 教育の法則の現
代化
- 世界と日本で前進、分析と総合、帰納と演繹、系統性・順次性、科学
の基礎・基本の明確化、原子論、エネルギー不滅、他...
- 水道方式(1958遠山)、新しい理科教室(田中1956)、仮説実験授業(
1962板倉)、極地方式(1970高橋)、玉田方式(1976)、直船...
- 1980: 科学概念形成・認知心理学の授業新展開; 現代化・系統化・
順次性 → その後に、後退開始; 中の運動第2, 第3法則は高校へ。
L.C. McDermott(1980), 力学形成と力学教育の論理[A.K.1980,1]
1983: 連邦報告書『危機に立つ国家』米国教育の危機的状況の訴え
これをきっかけに全国的な教育改革運動が進展



ガリレイの落下法則と斜面実験(5.4m)

ガリレイの新科学 対話(下)42~44 頁斜面の実験の記述

「実験こそは著者の無視しなかったものです。そして、私は著者と一緒に次のようにして落体によって実際に行われる加速運動が上述の通りのものになることを実証したのです」

「長さ約12キュービット=5.4m(指先から肘までの長さをキュービット=18インチ=18×2.5cm=45cm)、幅1/2キュービット、厚さ3指幅の定規又は角材をもって来ます、その縁に幅1指幅余りの溝を切ります。この溝はきわめて真直に作られ、平滑に、かつ磨かれ、なおその内側に、出来るだけ平滑な、つるつるした羊皮紙が張ってあります。その上を硬く、平滑な、完全に丸い真鍮の球を転がすのです。この板を、その一端が他端より、1乃至2キュービット(45から90cm)引き上げて、傾斜した位置に置き、上に述べた球を溝に沿って転がし、その落下に要する時間を次に述べるような仕方にて記録するのです。我々はこの実験を繰り返して、再度の観測の差が1脈拍の10分の1を超えない迄に精密なものにしました。(以下、全体の長さの1/2分の1、4分の1、3分の2、4分の3、・・・任意の分数をなすものと比較した。100回はたつぷり繰り返したのですが、かような実験に於いては、我々は常に、経過距離が時間の2乗に比例すること、又それが板の、即ち我々が球を転がした溝の傾斜が何拘わらず真なることを見出したのであります。)・・・中略・・・時間を測る為には、水を入れた大きな器を高い所に置いて用いました。この器の底には直径の小さい管がロウ付けされて居り、それぞれを通じて細い水流を流失せしめ・・・その水流の水を小さいコップに集めました。火曜に集められた水は、降下の都度、極めて精密な天秤で秤量されたのであります。その重さの比から、時間の差及び比が得られたわけですが、それは極めて正確なもので、数回繰り返してもその結果には目立つた偏差は生じなかったのです」



スチュワートやゲージ等教科書活用： ニュートン3法則の実験的検証実態

Gageの教科書では、4mの斜面を用い勾配4cm/4mを実現!⇔日本では？



ガリレイの緩斜面装置：落下の法則を検証=加速運動のスローモーション化



落下法則・加速運動の検証実験は日本で非実施？

スチュワートの物理教科書では;アトウッドの装置により(Atwood's machines)落下の法則のスローモーション化を実現し提示した。しかし、これは後述するように、日本では上手く行かなかった! しかし、巨大風船装置(ビッグバルーン)により、アトウッド装置に匹敵する検証実験が可能なことを、詳しく後述する!

モバイルICT活用・教育イノベーション 無線センサー・超高速動画・携帯PC他

Wireless Dynamics Sensor
System (WDSS): Vernier

Wireless Sensors; Smart Cart
Red and blue: PASCO



Go Wireless Temp



温度・力センサー, 他



ツールの紹介

無線センサ・Smart cart・運動分析ソフト・タブレット・スマホ等で、
理科授業法の創新・モバイルICT活用イノベーションが望まれる！

- ・[Wireless Dynamics Sensor System](#) (WDSS) \$346 ([Vernier社](#))
- ・ Smart Cart \$159-211([Pasco](#)), 無線センサー (PASCO, Vernier)
- ・[LoggerPro](#) version 3.11. ; \$160 ([Vernier社](#))
その所属する学校全生徒がインストールできる(サイトライセンス)
- ・[LabQuestViewer](#) ([Vernier社](#)); iphone ipad Smartphone用は無料
- ・Capstone version 1.7 ; \$99-132 ([Pasco社](#))
- ・SPARKvue \$89 ([Pasco社](#)) ; iphone ipad Smartphone 用は無料
- ・[Tracker](#) ; open-source application
フリーソフト、or [start it over the web.](#)
- ・[VideoPoint](#) ; \$200; 1台のPCにのみインストールできる
[大学生協等](#) ([VarsityWave](#)) で購入可能

SmartCart滑走台の手作り法を探究！ Gauge教科書4m滑走台⇒曲型の開発

コメリ資材館の大建廻縁(幅30mm・溝5mm)x長さ2-4m
又は、大建廻縁(幅30mm・溝7mm)x長さ2-4m
溝付き材は幾多ある中でこれがベストか？

- ①浅い溝の5mm又は7mmの2本レール⇒簡易滑走台
- ②レールを深い溝に両面テープで張る⇒脱線し難い。



滑走台手作りで開始する曲線運動授業法

手作り滑走台に必要な材料

コメリ資材館⇒大建廻縁3.9m

05MT702331ML;3個x@¥898

又は

大建廻縁1940mm(長さ約2m)

05MT702331MA;3個x@¥488

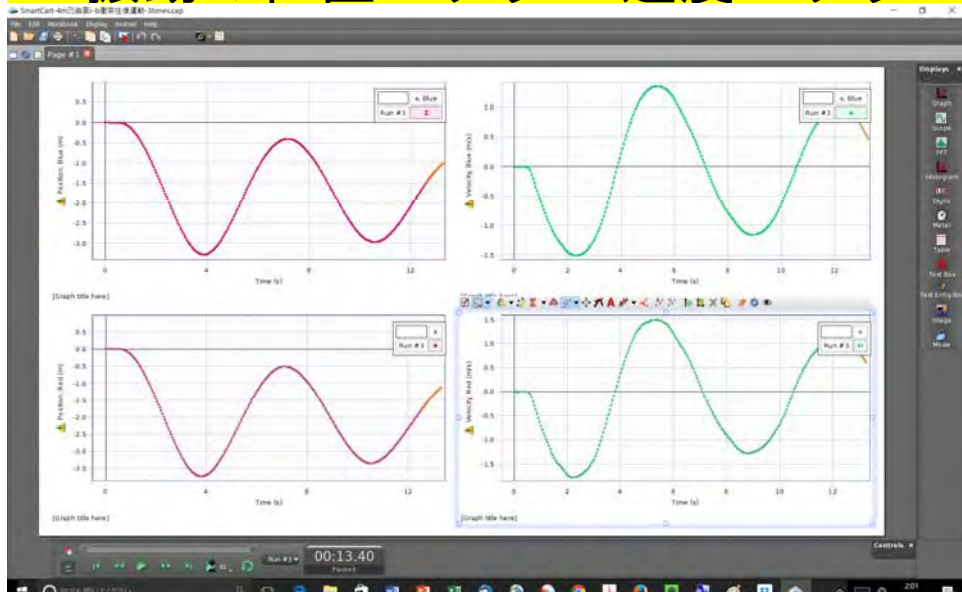
何れにも5mm幅の溝がある:

3枚を並べて右図のように
粘着テープで張り合わせる。

2本の5mm溝が6.3mmの車輪幅
にピッタリと一致⇒6.3mmレール
幅でよく曲がる滑走台の完成



SmartCartの重力による円曲面レーン 上振動の位置 x - t グラフ・速度 v - t グラフ



SmartCartの 斜面下りと斜面押し上げ 力-時間(F - t)・位置 x - t ・速度 v - t グラフ



ICTを活用したアクティブ・ラーニング型力学授業法 e-learningによる教員免許更新講習・選択(≒10年)

1	力と運動法則の教え方と学び方の現状と問題点、一作用と反作用、多様な位置・速度・加速度運動の体験—運動分析ソフトの実習—
2	位置・速度の体験から第1法則—摩擦の無視できる超軽量台車やホバーサッカー—IT活用による「センサー実験・動画映像で運動分析」
3	慣性の法則から第二法則—第一法則とガリレイの相対性の検証—
4	ニュートンの運動の第2法則—等加速度運動・自由落下運動・携帯扇風機による逆噴射の運動・物の投げ上げ運動・斜面上の落下運動—
5	摩擦のある世界の運動—空気中と水中の落下の法則—
6	運動量や角運動保存の法則—運動量の変化は力積に等しいや角運動量保存の法則をIT活用で実体験—
7	エネルギー保存の法則—3レーンの落下・走行・上昇実験等の検証等—

ICTを活用したアクティブ・ラーニング

予想用紙(提出用紙) 結果記入用紙(持ち帰り用紙)

問題1

太郎君と花子さんが手を握り合って、引っ張り合い競争をし、花子さんは太郎君の方に動かされた。その動かされたときに、太郎君の手が花子さんを引く「力の大きさ」と花子さんの手が太郎君を引く「力の大きさ」とを比べると次のA～Fは、
A) 太郎君の手が花子さんを引く「力の大きさ」の力が大きい。
B) 花子さんの手が太郎君を引く「力の大きさ」の力が大きい。
C) 太郎君の手が花子さんを引く「力の大きさ」と、花子さんの手が太郎君を引く「力の大きさ」と、は常に等しい。
D) その他
その理由を:



太郎 花子

問題2

自動車とトラックの衝突を考えます。トラックは自動車より重いものとします。

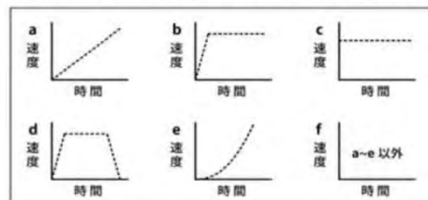


重たいトラックと軽い自動車とが、同じ速さでお互いに近づきあって正面衝突した場合に、トラックと自動車の間に働く力について、最も適当と思われるものを、下記のA～F及びXの中から1つだけ選んでください。

- A) トラックが自動車に及ぼす力の大きさは、自動車がトラックに及ぼす力の大きさよりも、大きい。
B) トラックが自動車に及ぼす力の大きさは、自動車がトラックに及ぼす力の大きさよりも、小さい。
C) トラックと自動車は、互いに力を及ぼさない。ただちに、自動車が弾除される。
D) 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。
E) 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、その大きさは同じである。
F) 問題文だけでは、力の大きさはわからない。

問題3

力学台車(摩擦がほとんど無視できる水平な滑走台上)を、勢いよく正の方向に手で押し出した手を離れた後における、台車の速度の時間的変化のグラフ(ベログラフ)はどのようになりますか?



また、手を離れた後には、どのような力が働いていますか?

- (a) 正方向に一定の力、 b) 正方向にだんだん弱くなる力、 c) 力は働いていない、 d) 負方向に一定の力、 e) 負方向に弱くなる力、 f) その他の力が働いている)

問題4

台車が斜面を下っているとき、斜面方向にどのような力が働いていますか?

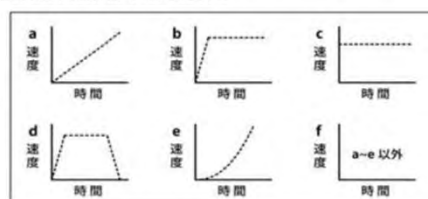
台車の摩擦や空気抵抗は無視できるものとして、あてはまる答えを選択してください。

- a) 下る向きに、だんだん強くなる力が働いている。
b) 下る向きに、一定の大きさの力が働いている。
c) 下る向きに、だんだん弱くなる力が働いている。
d) 力が働いていない。(つまり0の力)
e) その他の力が働いている。

問題5

台車に載ったミニ風車風を回して、推進力の方向にそって離したら、台車は動き出しました。

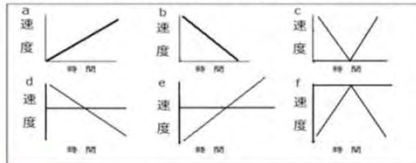
その後の台車の速度は、次のどのグラフのようになると思いますか? あてはまる答えを選択してください。但し、台車には摩擦力が働いていないものとします。



問題6

台車を手で押して斜面を上がります。台車を手から離れたあと、板を途中まで上がり、反転して下ってきます。台車の摩擦係数や空気抵抗はほとんど無視できるものとし、次の質問に対してはまる番号を選択してください。

1. 台車の速さの時間的な変化のグラフ(速度-時間)は次のどのグラフになるか? またはまる番号に○を付けよ。



2. 台車が斜面を上がっているときには、どのような力が働いていると思いますか?

- a 斜面を上がる向きに、だんだん強くなる力が働いている
- b 斜面を上がる向きに、一定の大きさの力が働いている
- c 斜面を上がる向きに、だんだん弱くなる力が働いている
- d 斜面を下がる向きに、だんだん強くなる力が働いている
- e 斜面を下がる向きに、一定の大きさの力が働いている
- f 斜面を下がる向きに、だんだん弱くなる力が働いている
- g 力が働いていない(つまり0の力)
- h 上がる向きのみから下がる向きの方に反転するよう力が働いている

3. 台車が斜面を上がったあとと反転する間には、どのような力が働いていると思いますか?

- a 斜面を上がる向きに、だんだん強くなる力が働いている
- b 斜面を上がる向きに、一定の大きさの力が働いている
- c 斜面を上がる向きに、だんだん弱くなる力が働いている
- d 斜面を下がる向きに、だんだん強くなる力が働いている
- e 斜面を下がる向きに、一定の大きさの力が働いている
- f 斜面を下がる向きに、だんだん弱くなる力が働いている
- g 力が働いていない(つまり0の力)
- h 上がる向きのみから下がる向きの方に反転するよう力が働いている

4. 台車が斜面を下っているときには、どのような力が働いていると思いますか?

- a 斜面を上がる向きに、だんだん強くなる力が働いている
- b 斜面を上がる向きに、一定の大きさの力が働いている
- c 斜面を上がる向きに、だんだん弱くなる力が働いている
- d 斜面を下がる向きに、だんだん強くなる力が働いている
- e 斜面を下がる向きに、一定の大きさの力が働いている
- f 斜面を下がる向きに、だんだん弱くなる力が働いている
- g 力が働いていない(つまり0の力)
- h 上がる向きのみから下がる向きの方に反転するよう力が働いている

摩擦が大きな日常的な世界における物体の落下運動

こんどは、摩擦が大きな日常的な世界での物体の落下運動を調べてみましょう。非常に軽い紙やアルミのカップ型容器（お弁当に入れる）を空中で落下させる実験をしてみましょう。

その紙などのカップを重ねる枚数を変化させることで、下向きの重力の大きさを自由に定えることができます。

軽い紙やアルミのカップ型容器の落下実験では、単純な材料ほど「空気抵抗が支配的な世界」をすぐに実現できます。特に、紙カップは、重ねる枚数を10枚前後にして落下させても、すぐ空気抵抗が支配的な世界に達します。

速さの向かって2倍する空気抵抗が働くとき、少し早くなると抵抗が支配的な世界に達します。つまり、8秒間後には、速さが増加して、空気抵抗は重力に等しくなる程度まで大きくなります。すると、空気抵抗と重力は、1度、打ち消しあってしまうので、何も力が働かないのと同じ状態、つまり、一定の速度（終速度）になってしまいます。

それでは、紙とアルミのケースを、重ねて落下させるとどうなるかを、運動分析ソフト（ビデオポイントや、M1）によって調べ、落下速度と空気抵抗との関係を探しましょう。

まず、紙を、1枚、4枚、9枚重ねて落下させてみましょう。そのx-t, v-t, a-t グラフをビデオポイントで調べましょう。

次に、アルミを1枚、2枚、4枚重ねて落下させてみましょう。そのx-t, v-t, a-t グラフをビデオポイントで調べましょう。1枚でも終速度に達しており、その終速度の9乗は枚数に比例することがわかります。

問題8 次の、それぞれの場合について、予想を立ててから（どれか1枚を捨てる）、実際に確かめてみよう。

1. 大きなアルミカップと、ごく小さなアルミカップ（厚さは0.3mm）では、どちらが先に落ちるか? (a, b, c)
10号の紙片1枚と、6号の紙片1枚とを、同時に落とすとき、どちらが早く落ちるか? (a, b, c)
10号のアルミ片1枚と、6号のアルミ片1枚とを、同時に落とすとき、どちらが早く落ちるか? (a, b, c)

- a 大きいものがずっと先に落ちる。
- b 小さいものがずっと先に落ちる。
- c 大きさに合わせて、だいたい、同じくらいに落ちる。

2. アルミ片と紙片を、同じように落下させる方法として、アルミ片1枚 に対し、紙片を何枚重ねるか?

紙片は、 1、2、3、4、5、6・・・枚のどれか?

3. 紙1枚、紙2枚、紙4枚、紙9枚を1枚ずつ同時に着地させるには、それらを紙1枚の時の高さの、何倍の高さから同時に落下させるか? 近い順に3次のどれか?

紙1枚149 紙2枚のときは1、1.5、2、2.5、3、4、5、6、7、8、9倍の高さにするとよい?

紙1枚149 紙4枚のときは1、1.5、2、2.5、3、4、5、6、7、8、9倍の高さにするとよい?

紙1枚149 紙9枚のときは1、1.5、2、2.5、3、4、5、6、7、8、9倍の高さにするとよい?

2 引き合い押し合い・作用と反作用

力センサーで引き合い・押し合いをしてニュートンの運動の第3法則を検証する・実体験する



作用と反作用の概念形成

この授業では、

- 次の設問により、力センサーを用いた実験を提示し、その結果を予想させて、討論させる、
- それを皆で確かめる実験をカプレートセンサーを使用して検証する手順で実施される。
- 学習者に生き生きとサイエンスの実体験を取り組ませる「アクティブな学習」の取り組みである

力センサーで作用反作用について予測・検証

太郎と花子の押し合い：

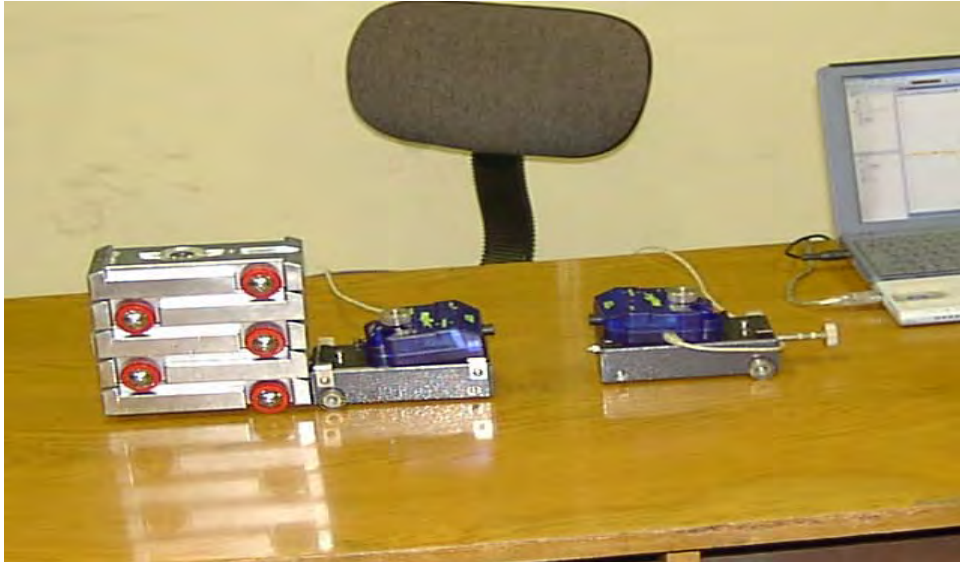
力の大きさはどちらが大きい？

(21人/24人)

力センサーで調べると引合ではどうなる？

摩擦が極小な台車に乗って調べる男-男(同じ体重)、男-女(大と小)

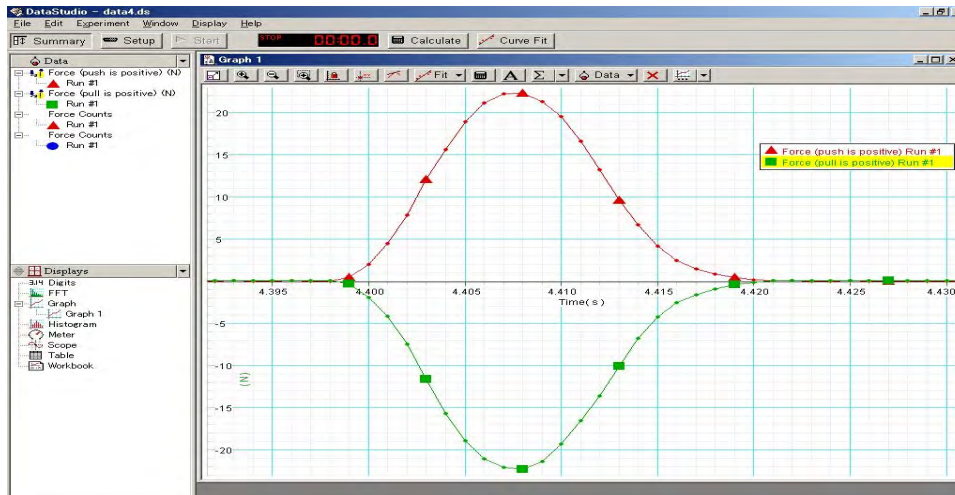
重いトラックが軽い自動車に衝突働きあう力はどちらが大きいか？



問題2 走っている重たいトラックが、止まっている自動車に衝突した場合に、トラックと自動車の間に働く力の大きさについて、最も適当と思われるものを、下記のA～F及びXの中から1つだけ選んでください。

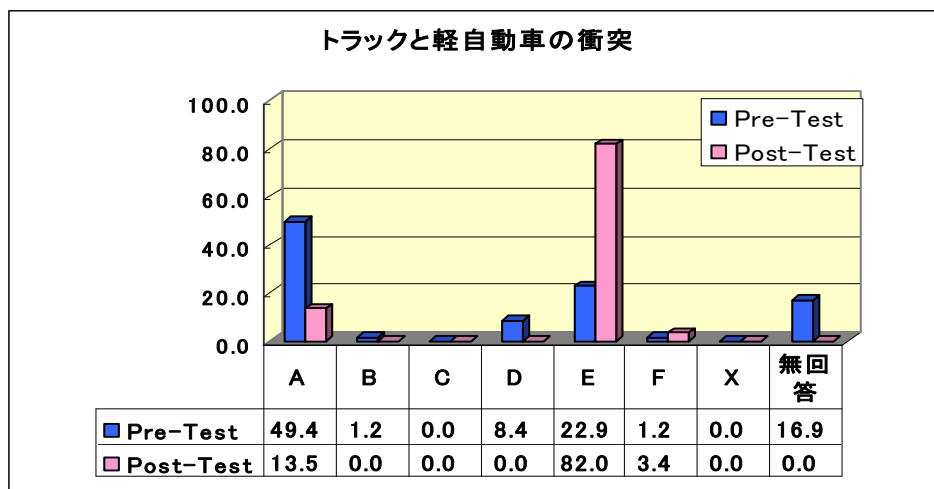
- A トラックが自動車に及ぼす力の大きさは、自動車がトラックに及ぼす力の大きさよりも大きい。
- B トラックが自動車に及ぼす力の大きさは、自動車がトラックに及ぼす力の大きさよりも小さい。
- C トラックと自動車は、互いに力を及ぼさない。ただ単に、自動車が粉砕される。
- D トラックは自動車に力を及ぼすが、自動車はトラックに力を及ぼさない。
- E トラックが自動車に及ぼす力の大きさは、自動車がトラックに及ぼす力の大きさと同じである。
- F 問題文だけでは、力の大きさはわからない。
- X 上記以外。問題1の後なので正解が多数→感想

衝突検証実験後に提示された力のデータ,運動量?



トラックと軽自動車の衝突

Pre-Test: 誤答Aは 49.4% 正解Eは 22.9%
 Post-Test: 正解Eは 82.0% 正答率は 59%も上昇。



トラックと軽自動の衝突

つまり、次のような、結果となった。

Pre-Test : 誤答 49.4% 正解 E は22.9%

Post-Test : 正解 E は82.0% 正答率 は59%に

「予想を立てることで、結果が予想と合っていても違っていても実験が記憶に残り、好奇心を持って実験に取り組める」という
手ごたえのある感想が得られた。

●トラックの力の方が強いと思っていたのに、実際コンピュータを使って明確な結果を見て驚きました。どんな状況でも作用と反作用はいつも同じ大きさになるのですね。

●言葉だけでは、作用反作用を理解しようとしても想像しにくいですが、パソコンで目に見えるような形で示すと、すんなりと頭に入ってわかりやすい本当に上下が対称的になったグラフで驚いた。

●1000分の1秒の単位で作用と反作用の力が等しいとは思ってもおらず驚いた。今までは力を及ぼしてからその後にその反作用が働くものかと思っていた。物理の核心に触れた気がする。

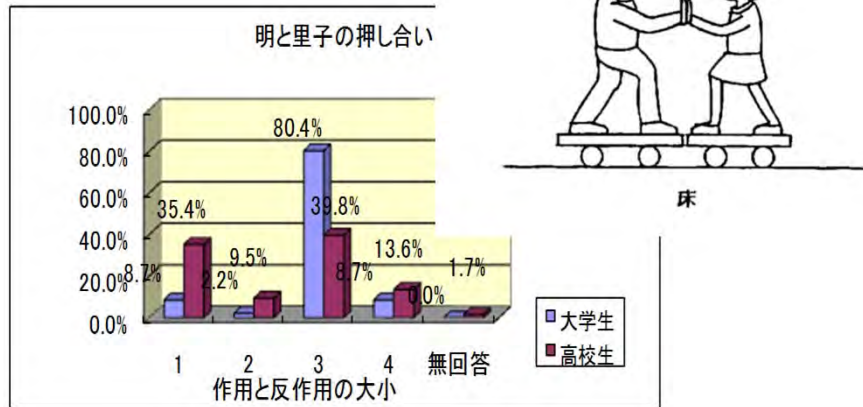
■作用反作用の実験はきわめて印象深い！

IT活用授業→大学生は 誤答1は 6.7% 正解3は80.4%に！

これまでの授業→明と里子の押し合い

高校生： 誤答1は 35.4% 正解3は 39.8%

1. 明の推す力の方が大きい。
2. 聡子の推す力の方が大きい。
3. それぞれの推す力は等しい。
4. どちらが大きいかは押し方によって異なる。



まとめ

- 作用と反作用の授業で、力センサー活用による授業はきわめて効果的である。
- どのように力を加えあってもどの瞬間も作用と反作用が等しくなることを感動的に体験できる。



2. “Atwood’s Machine” を巨大風船装置で復活させる:

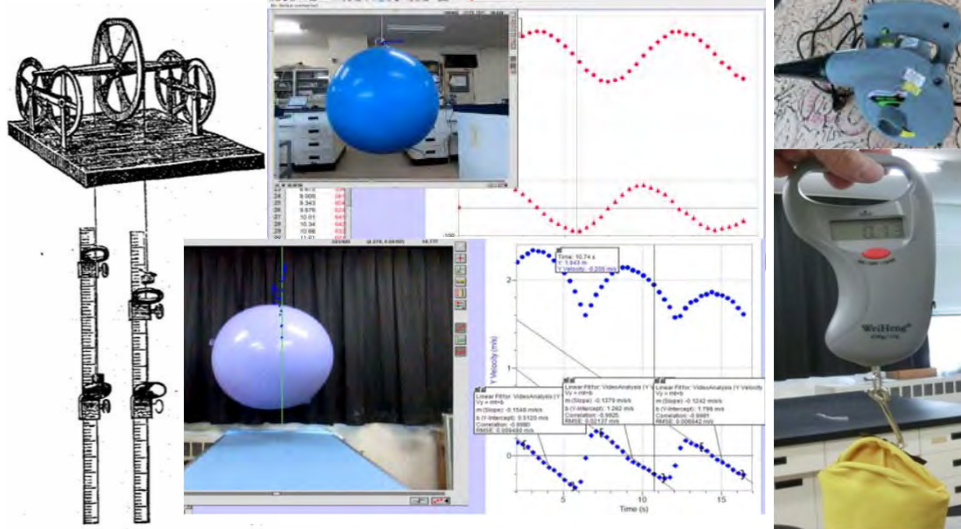
巨大風船中には大質量が入っている
フロアーで空気を吹き込む!

何故:いくら吹き込んでも重くない!

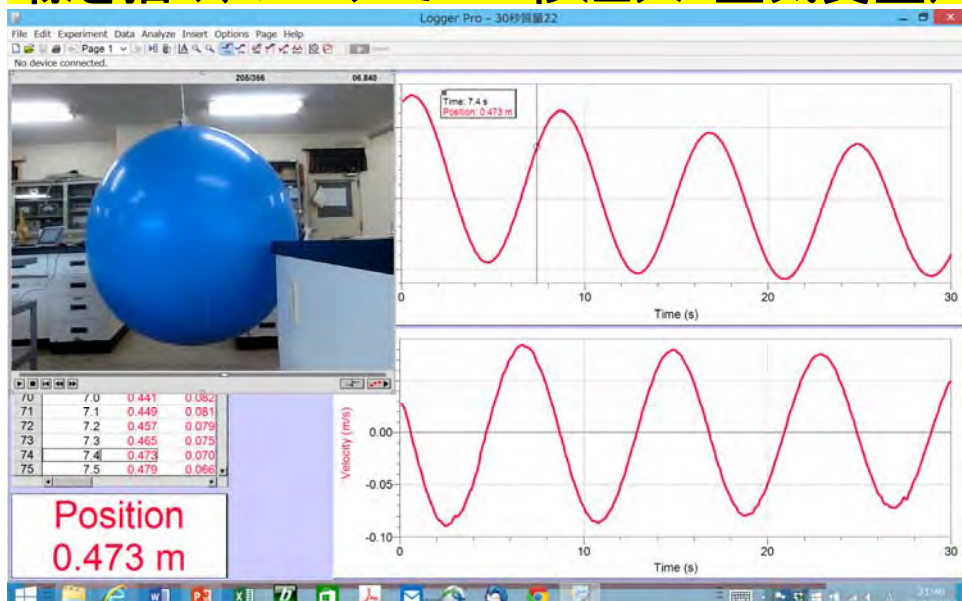
何故:ゴム 重力分でしか巨大風船を
引き下げる力はかからない

「巨大風船中の大質量に加わる重力は
上向きの空中浮力でピタリと相殺!」

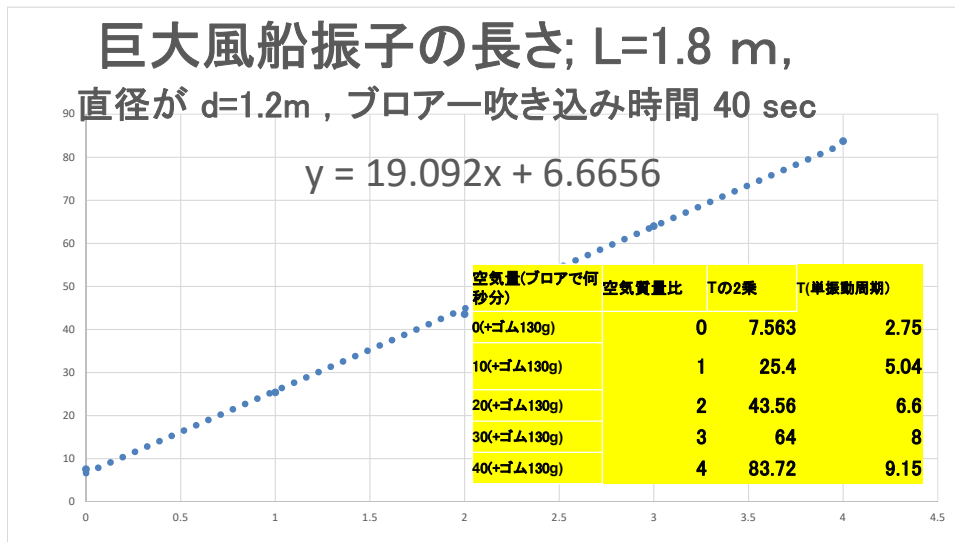
跳ね返るBB, BB自由落下, BB-振子
BB-バネ弾性振動; Atwood's 装置を
現代的な甦らせる, ICT活用AL型授業



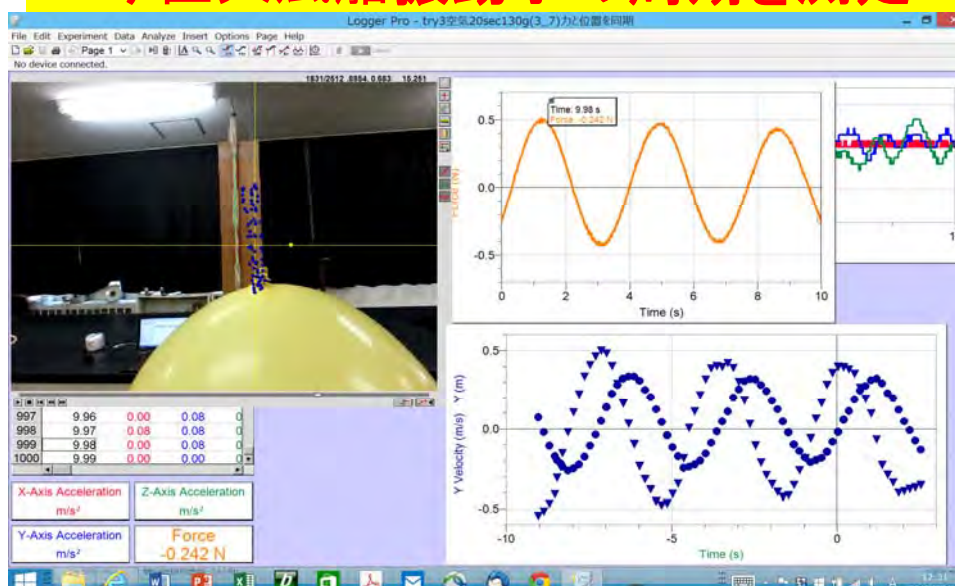
巨大風船振子の単振動は見事な正弦曲
線を描く(ブローで 30 秒注入・空気質量)



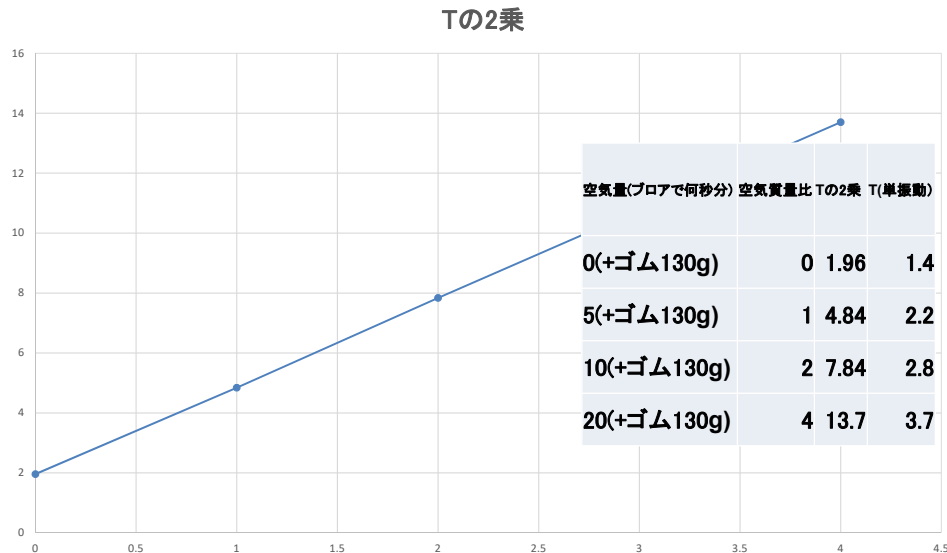
単振動の周期(T), $T^2 \propto M$ (空気質量)
 力: $F = Ma_x = (M_0g/L)x$; $T^2 = (2\pi)^2 ML/M_0g$



1-2-3-4 倍の空気吹込・バネ吊り下げ巨大風船振動子の周期を測定



風船単振動周期(T), $T^2 \propto$ 風船質量(m)
 バネ弾性係数 k ; $T^2 = m (2\pi)^2 / k$



「吹き矢型物体」を吹き上げる アクティブ・ラーニング型授業

- ①鍵となる運動の演示実験を提示する。
 - ②提示実験に関する設問への回答・予測をする。
 - ③予測について相互に討論し、予測を検討する。
 - ④予測の検証実験・その結果をICTでグラフ表示。
- 「一連の予測と実験検証」を単位としたアクティブ・ラーニング型授業例を以下に示す。
 - ブローで吹き上げる「吹き矢とエネルギー」における鍵となる概念の形成がどれだけ実現するか。

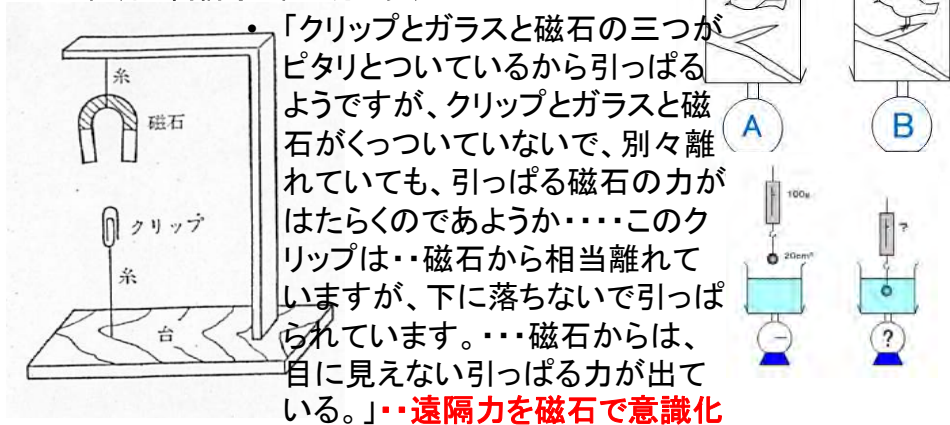


源流; 高橋金三郎[重さ・力]教材→仮説実験型

明治初期の教材→炭酸ガス・重さは保存と軽さ・飛ぶ鳥の重さは？

高橋, 遠隔力を磁力で→重力の意識化(1959年、高橋・普野『理科実践論』の103頁、長谷川純三の理科教室での指摘)

1970年3月の高橋等の極地方式発足へ



仮説実験授業でも使われる

ストロー天秤なら1cm²の紙で傾くよ！

日本のAL型授業方式の先駆的事例 最新の世界的なAL型授業の新展開

仮説実験授業

到達目標・学習課題方式の授業

1. 科学的認識は、対象に対して〈仮説・予想〉をもって意識的に問いかける〈実験〉によってのみ成立
2. 科学的認識は社会的な認識であって、個々の人間が仮説実験的に確かめた事柄を越えた認識を目指すものである
3. 授業には、各クラスの教師と生徒の個性を越えた法則性がある、個々の教師の作成した思いつきの教材で授業するよりも、他のクラスで成功した授業プランで授業したほうが成功するのが普通

玉田泰太郎の授業: 1976年11月2日5年「溶解」、6年「三態変化」

1985年3月4日: 渋谷区立長谷戸小6「ばねの両端にはたらく力」の授業

三井澄雄氏の命名; 到達目標→具体的内容→教材、で教材構成・指導計画
到達目標・学習課題方式の授業法

1. 課題を出し→
2. 生徒「自分の考え」発表→
3. 討論→
4. ひとの意見を聞いて→
5. 実験をして→
6. 実験でわかったことノート

2力の釣り合いと、釣り合いの破れ

2力の釣り合い

物体が宙づりになって **静止** しているとき；
 物体が受ける2力は ；
 向きが互いに逆向きで **大きさ** が等しいような
 2力を受けている。

。

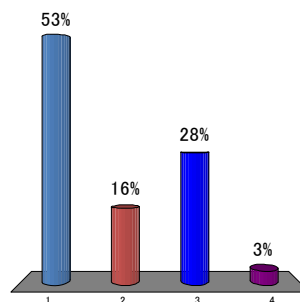
2力の釣り合いが破れるとき。

物体は互いに逆向きの2力を受けるとき、
 どちらかの力の大きさが、他方より大きければ、
 物体は、より **大き** な力の方向に動き出す。

71

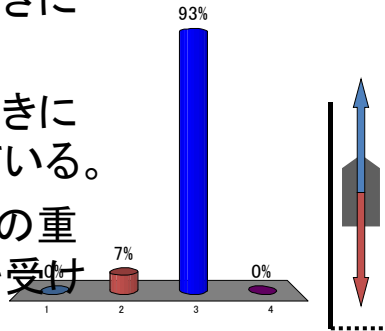
問題1 パイプ内の「吹き矢型物体」は 宙吊りになるか？

1. 宙吊りになる。
2. 宙吊りにならない。
3. 上下運動する。
4. その他。



問題3 結果からわかること:「吹き矢型物体」は、どのような力を受けているか？

1. 重力だけにより下向きに引かれている。
2. 風力だけにより上向きに上向きに力を受けている。
3. 同じ大きさの下向きの重力と上向きの風力を受けて、つりあっている。
4. その他

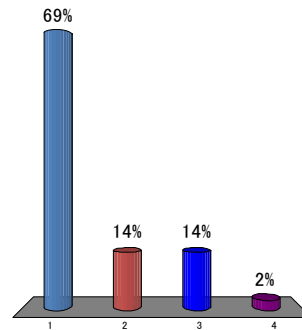


73

パイプの長さを変えて(→2倍にする)
吹き矢型物体は、どれだけ高く飛ぶようになるかを予想して検証する

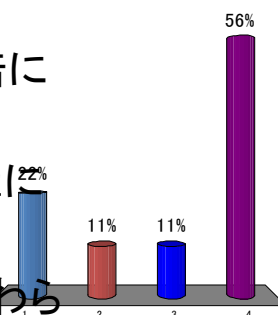
問題7-2 パイプの長さを二倍にすると、物体の飛び上る高さはどうなるか？

1. 上る高さは2倍になる。
2. 上る高さは1/2になる。
3. 上る高さは変わらない。
4. その他。



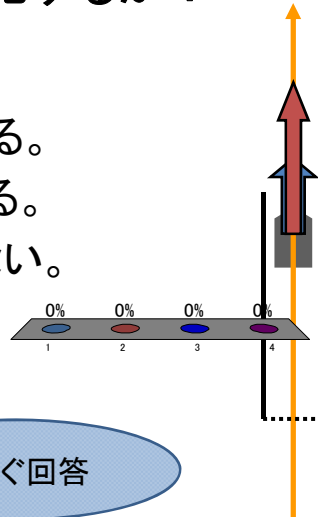
問題8 パイプの長さを二倍にすると、パイプから飛び出した瞬間の物体の運動エネルギーはどうなるか？

1. 運動エネルギーは2倍になる。
2. 運動エネルギーは1/2になる。
3. 運動エネルギーはかわらない。
4. その他



問題9 パイプの長さが二倍になると、物体が「ブローと重力の合力」から受ける仕事はどのように変化するか？

1. 受ける仕事は2倍になる。
2. 受ける仕事は1/2になる。
3. 受ける仕事はかわらない。
4. その他



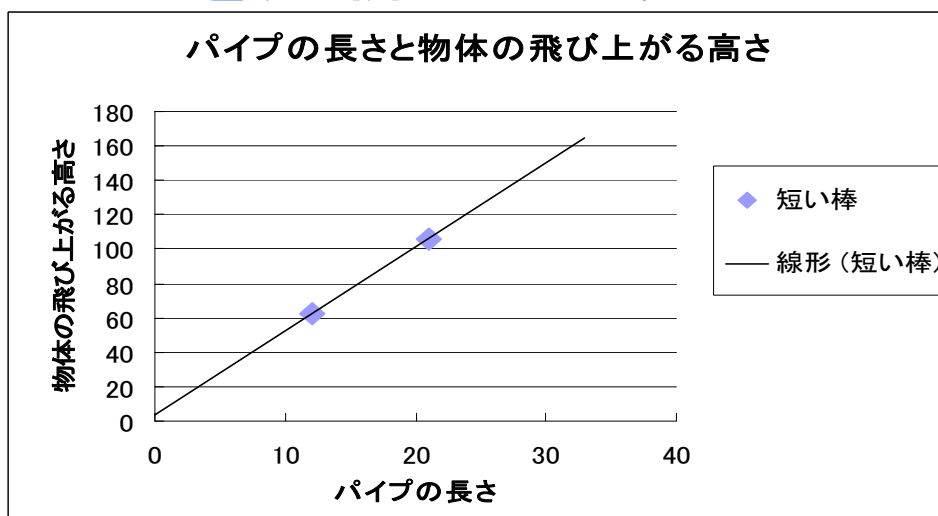
今すぐ回答

0 / 130

10

カウントダウン

長さを1倍、2倍にした実験
を分析・整理すると



概念形成:一定力を加え続ける運動

- 「ブロアと重力の合力」の推進力によってパイプ内の吹き矢型物体が一定の力を受け続けた時の運動;等加速度運動
- パイプから飛び出した後は、吹き矢型物体には重力しか働かないので、常に重力で減速され、最高点まで上がり落下に転ずる運動(物体の投げ上げ運動)を分析して、「動く方向にいつでも力を受けている」という素朴概念をくつがえす授業を実現。

まとめ

1. 筆記(新証拠)で新知見・従來說を変える新実態の解明
 - ①カッテンボス型・スチュワート型・日本型(小學校生徒用物理書他)が 明治20年代(理科時代)に開発主義・問答・実験・能動的授業に挑戦し展開:カッテンボス型・スチュワート型・スチュワート型・平野・藤城時郎・倉茂吾八は日本型を確証.
 - ②科学教育,直観科(低学年科学):大阪校外の直観科授業・明治33年松岡豊吉(高等小4年)のGageALの筆記・明治39年松沢やう(高等小3年)は原子・分子論・筆記等を解明。
2. 当時の世界最先端レベル(見失いがちな歴史的教訓・価値・源流):自然の階層性・統一性・歴史性等(進化論・万有進化論・原子論・質量と運動法則・エネルギー観)を展開。
3. その現代的再構成:最新モバイルICT・IoT活用したアクティブ・ラーニング型科学教育として再生・創新を試みた。
6cm誤差GPS付物体(ドローン・巨大風船・スキー)授業も可。

引用文献・参考資料

1. 小林昭三, 興治文子 『科学史研究』第52巻,200-210頁および,同誌, 240-248頁(2013) .
2. 板倉聖宣『日本理科教育史(付・年表)』第一法(1968).『増補 日本理科教育史(付・年表)』仮説社,170-171 (2009).
3. 高橋浩, 赤羽明, 所澤潤, 玉置豊美, 森下貴司, 滝沢俊治「群馬県における明治中期の「科学」・「理科」教育の実態と群馬県師範学校」,『科学史研究』 第43巻(No.230)(2004年), 74-82
4. A.P. Gage A ,“Textbook on the Elements of Physics for High Schools and Academies”, (Boston, 1882

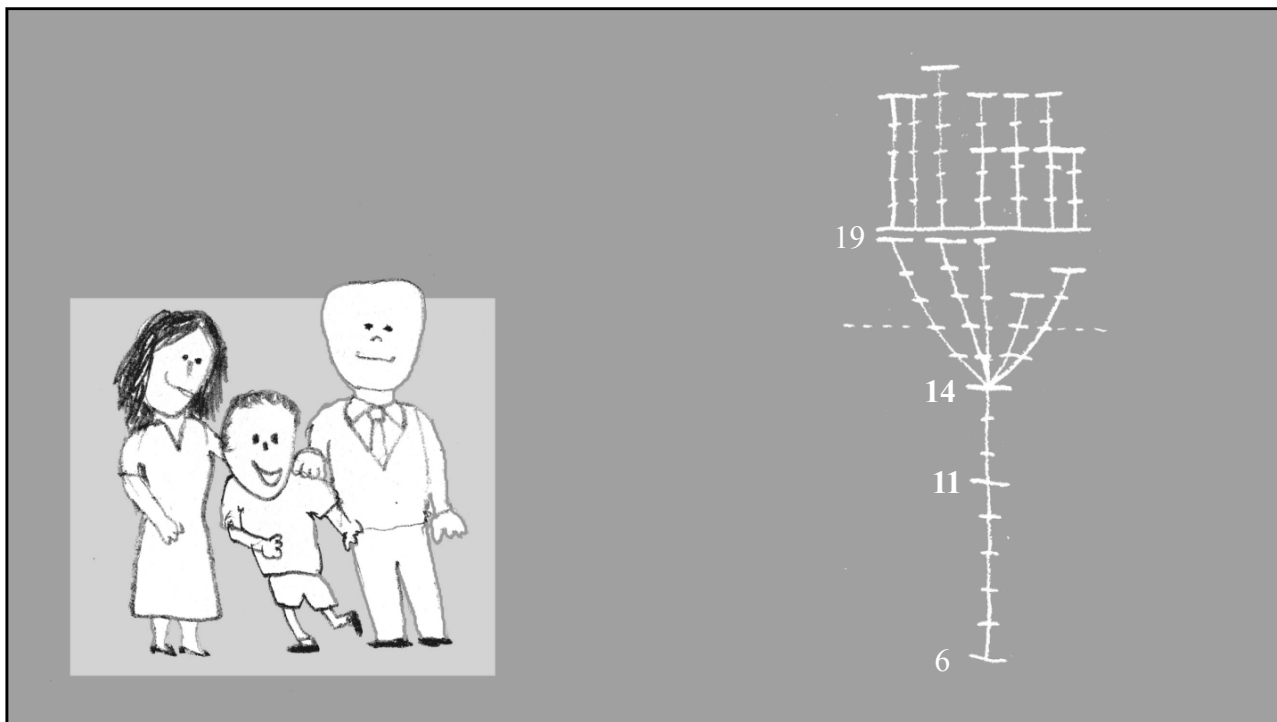
81

日本とイタリアの 教員の勤務実態と科学教育比較

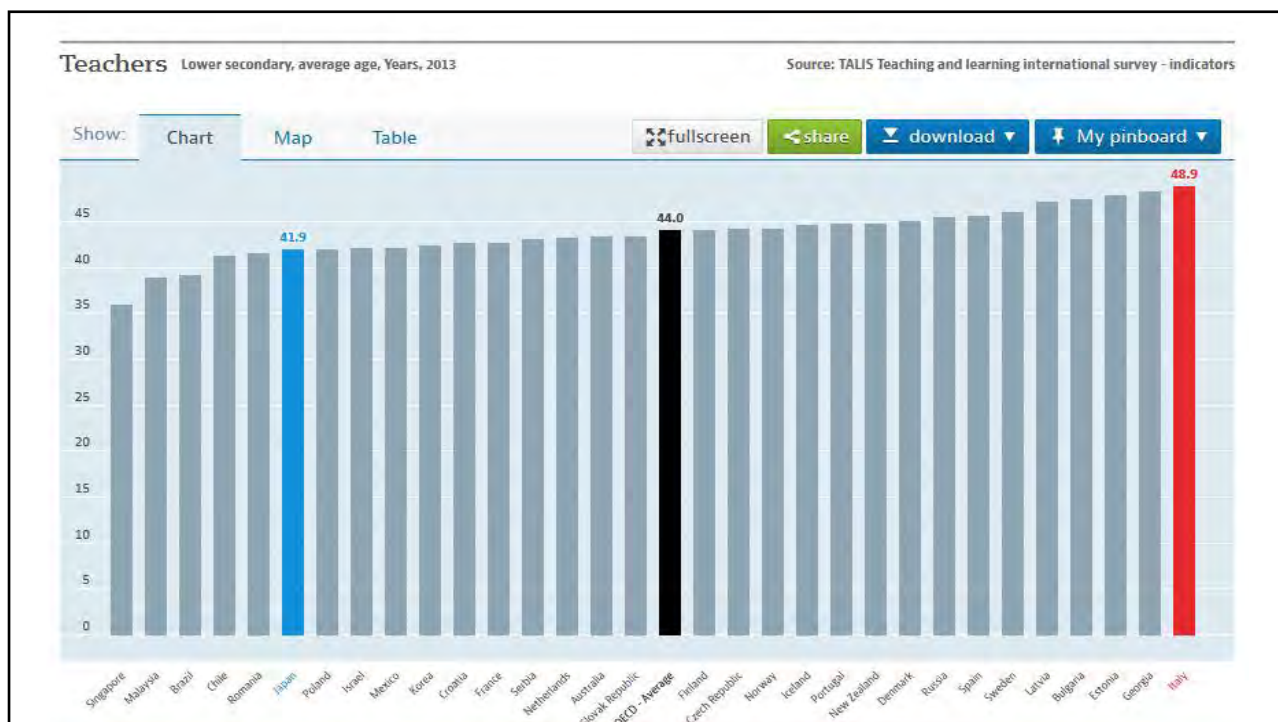
Beniamino DANESE (Reinventore & Istituto Don Mazza, Verona)

Shinjiro OGAWA (WASEDA University High School, Tokyo)









A week of a High School Student in Italy (Verona-private school)

		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
06:00								
07:00		breakfast bus	breakfast bus	breakfast bus	breakfast bus	breakfast bus	breakfast bus	breakfast
08:00								
09:00	1	MATH	History Philosophy	Latin	English	PHYSICS	History Philosophy	
10:00	2	MATH	History Philosophy	Italian	Drawing	History Philosophy	English	
11:00	3	SCIENCES	PHYSICS	Italian	Latin	Gym	Latin	
12:00	4	Drawing	SCIENCES	SCIENCES	MATH		MATH	
13:00	5	PHYSICS	Italian	Religion	History Philosophy bus lunch	English	Italian	
14:00		bus lunch	bus lunch	bus lunch	bus lunch	bus lunch	bus lunch	
15:00								
16:00								
17:00								
18:00								

LICEO CLASSICO

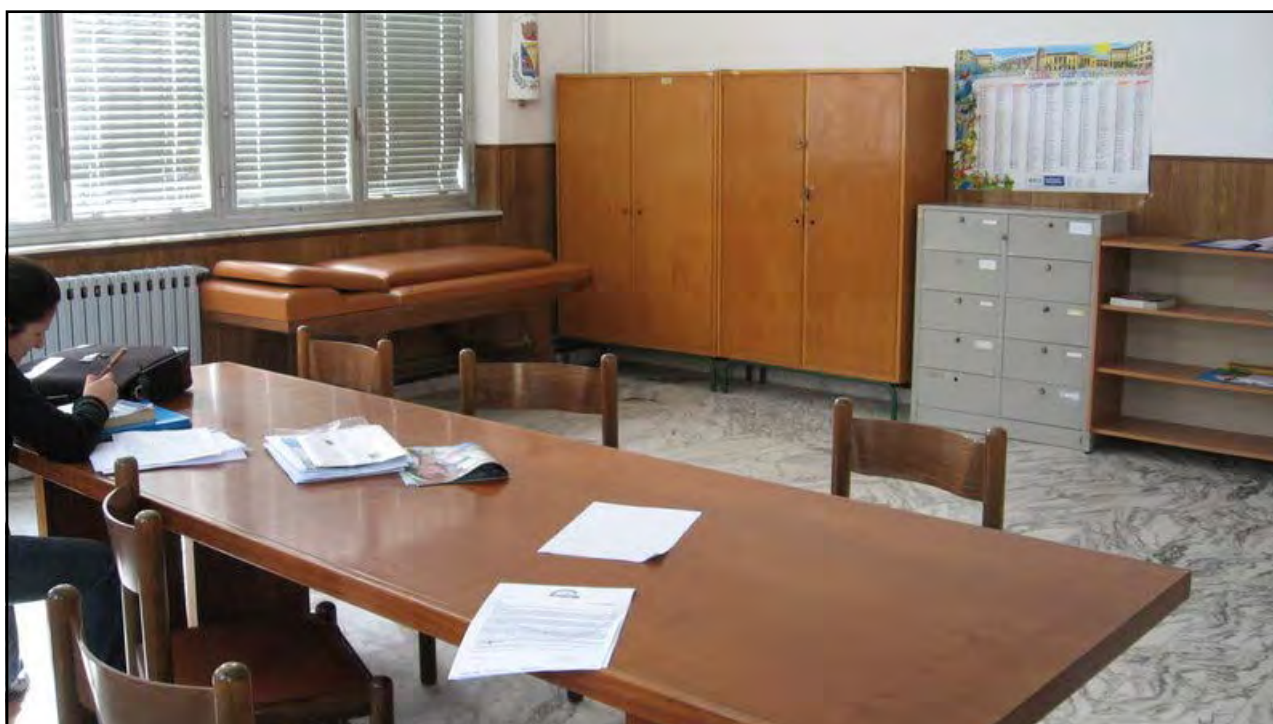
grade	Latino	Greco	English	math	informatics	physics	sciences	total
1	5	4	3	3	-	-	2	27
2	5	4	3	3	-	-	2	27
3	4	3	3	2	-	2	2	31
4	4	3	3	2	-	2	2	31
5	4	3	3	2	-	2	2	31

LICEO SCIENTIFICO SCIENZE APPLICATE

grade	Latino	Greco	English	math	informatics	physics	sciences	total
1	3	-	3	5	2	2	3	27
2	3	-	3	4	2	2	4	27
3	3	-	3	4	2	3	5	30
4	3	-	3	4	2	3	5	30
5	3	-	3	4	2	3	5	30

LICEO SCIENTIFICO SCIENZE APPLICATE FOCUSING FISICO-INFORMATICO

grade	Latino	Greco	English	math	informatics	physics	sciences	total
1	-	-	3	5	3	3	2	30
2	-	-	3	4	3	3	2	30
3	-	-	3	4	3	4	3	32
4	-	-	3	4	3	4	3	32
5	-	-	3	4	3	4	3	32



Teachers' salaries

Primary, 15 years' experience / Primary, starting, US dollars, 2012

Source: Education Database: ISCED-97, Educational Personnel



Education spending

Primary / Secondary, US dollars/student, 2013

Source: Education at a glance: Educational finance indicators



A week of a High School Teacher in Italy (Verona-private school)

		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
06:00								
07:00		breakfast	breakfast	breakfast	breakfast	breakfast	breakfast	breakfast
08:00					car		car	
09:00	1		car		1 scientific MATH		2 scientific MATH	
10:00	2	car	2 scientific MATH		1 classic MATH	car	1 scientific MATH	
11:00	3	1 scientific MATH	2 scientific MATH		2 scientific MATH	1 scientific MATH	parents care	
12:00	4	4 classic MATH	1 classic MATH		4 classic PHYSICS	1 scientific MATH	car	
13:00	5	2 scientific MATH	4 classic PHYSICS		4 classic MATH	1 classic MATH		
14:00	6	car lunch	car lunch	lunch	car lunch	Lunch	lunch	lunch
15:00	7					4 classic MATH car		
16:00								
17:00		marking preparation	marking preparation		marking preparation	marking preparation	marking preparation	
18:00								
19:00		dinner	dinner	dinner	dinner	dinner	dinner	dinner

ICT...

The comparison between Italy and Japan in Science Education

Beniamino DANESE, Shinjiro OGAWA

thanks, greetings

- 1) outline
- 2) the life of a student
- 3) TABLE: one week of a high school student
- 4) TABLE: hours of science and mathematics
- 5) the life of a teacher
- 6) TABLE: one week of a teacher
- 7) TABLE: one year of a teacher
- 8) bigger picture (comments)

DRAWING

2) the [compulsory] life of a student

1. childhood school
2. 6-11 five years of primary school
3. 11-14 three years junior high school (from 1962)
4. 14-19 high school

the school year:

- 1) from 10 september to 10 june (33 weeks)
- 2) long vacations: most of june-july-august-little of september
- 3) compulsory until 18 years
- 4) examinations: end of junior high school, end of high school [they give you a grade]
- 5) regional differences
- 6) poor laboratories: outreach both at primary (private) and secondary (from university)

primary:

- 1) one-two teachers (mainly female, 96%)
- 2) teacher: has a degree in Education
- 3) 6-7 hours of mathematics, 1-2 hours of science ... this tell much
- 4) pupils: 10% foreigner
- 5) one textbook
- 6) the “national indications” says doing experiments is important, there are huge disparities, the need is recognized,
- 7) very often pupil is at school from 8 to 16 (it's called “full time”) and has lunch at school (it was very rare thirty years ago, now it's the norm)
- 8) fruit at school
- 9) one classroom, drawings, sometimes plants, cabinets with books.
- 10) the school has a gym, sometimes a reading room, a kitchen.

junior high:

- 1) one teacher for each discipline (78% female)
- 2) the teacher moves in the different classrooms
- 3) there is one teacher of Mathematics and Sciences (6 hours)

- 4) teacher: has a degree in a scientific discipline
- 5) there is one teacher of Technology (2 hours)

comprehensive institutes

Liceo, Technical Institute, Vocational: (66% female)

- 1) one teacher each discipline
- 2) the teacher moves in the different classrooms
- 3) chair in mathematics, physics, mathematics & physics, chemistry-biology-geology
- 4) good laboratories in technical institutes
- 5) little laboratory activities in liceo (as a rule, there are exceptions)

3) TABLE: ONE WEEK OF A HIGH SCHOOL STUDENT

4) TABLE: HOURS OF MATHEMATICS / SCIENCE

5) the life of a teacher

- 1) the main difference is ROLE TEACHER vs PRECARIOUS TEACHER
- 2) the “role teacher” has won a Chair, a teaching post, she holds a lifetime job
- 3) she enjoys a lot of rights: she will teach in the same school (unless she asks for relocation) and she is “safe” until retirement age
- 4) the “precarious teacher” doesn't know if she will teach in the same school next year, is not safe, same duties, and so forth
- 5) thus, after graduation in mathematics, physics, chemistry, biology... you can teach. But that does not make you a “role teacher”, just a “precarious” one.
- 6) there is a path to become a “role teacher”, it's quite complicated, there are points, there are different graduatories, there is “habilitation”, sometimes there are concours, there is a two-year course, in University and in schools.
- 7) 18,5 % of teachers are precarious (talis ocse)
- 8) PROBLEM: not enough teachers of mathematics and science! Vacancies...
- 9) the (science) teacher at school
- 10) has to take care of the lab (nothing is due for preparation etc)
- 11) usually there is a “teachers room”
- 12) with a table and a little drawer [the word is:] for each teacher
- 13) but often teacher meetings are held in classrooms
- 14) meeting of colleagues, associations... more in mathematics than science
- 15) salary: OECD survey.
- 16) Beginning salary is 1500\$ every month. That is not considered very cool by society. It's below average... if you have a large family both parents have to work.... for a father of a family it's quite problematic... [At end of career, after 35 years, 2200\$.]
- 17) Yearly cost for the state: the double.
- 18) A student yearly cost is 10.000\$.

6) TABLE: one week of a teacher

7) TABLE: one year of a teacher