

第60回『「高大連携による数理教育の研究」』に関する研究会

# 高校でも使える金工大教材の提案

## —STEM e-learning教材及び物理実験—

金沢工業大学 数理工教育研究センター  
中村 晃

# アウトライン

## STEM e-learning教材

- KIT-STEMナビゲーションの紹介
- QRコードを用いたウェブ教材と連携したプリント教材の紹介
- オンライングラフ作成ツール desmos の紹介

## 物理実験

- フーコーの振り子の実験
- 高速度カメラを用いた実験(ビデオ動画)
- データサイエンス教材
  - ✓ 加速度センサーを用いた実験
  - ✓ スマホの加速度センサーを用いた実験
  - ✓ 電気回路(CR回路, LCR回路)

## ネットワークグラフを用いた数理工統合教育環境「KIT-STEMナビゲーション」の構築

3

2004年からKIT数学ナビゲーションを開発からスタートし、2015年からKIT物理ナビゲーション、2017年からKIT工学ナビゲーションの開発もしている。これらのウェブサイトを統合した。インターネット上に一般公開しており、多いときは1日当たり1万人以上が利用している。学習しているページを中心(赤色)としたグラフ図を用いて関連ページの相互関係、すなわち、近隣の知識構造を可視化したナビゲーション機能を新たに開発した。ページ上部をクリックするとグラフ図が表示される。グラフ図のノード(ページタイトルが書かれている楕円)をクリックすると、対応するウェブページが表示される。この新機能により、数学、物理、工学の関連も一目で確認することができ、効率よく幅広く深く学習することが可能となる。その他いろいろな活用方法が考えられる。

**クリック**

**色で分野分け**

- 数学 (赤)
- 物理 (緑)
- 工学 (黄)

楕円はページ、矢印はハイパーリンクに対応し、楕円の中にページタイトルが記載されている。直感的に知識構造を把握することができる

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/cgi-bin/graph/graph.cgi?node=/math/category/vector/gaiseki.html>

スマホでアクセス

4

## 高校物理と数学の関連を表すネットワークグラフ

**速度 (velocity)**

平均の速度

直線上 (x 軸上) を運動する物体の、時刻  $t_1$  [s] での位置を  $x_1$  [m]、時刻  $t_2$  [s] での位置を  $x_2$  [m] とすると、この間の位置の平均変化量を平均の速度  $v$  [m/s] とし、

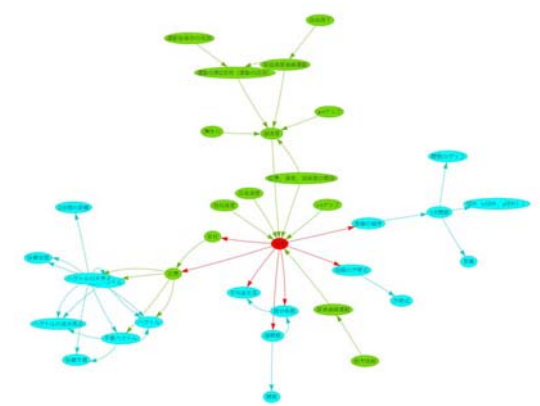
$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

で表される。つまり、位置  $x(t)$  を時刻  $\Delta t$  で割った量である。平均の速度  $v$  [m/s] は右図の点Pと点Qを結ぶ直線の傾きを表す。

上の平均の速度の式において、 $t_2$  を  $t_1$  に限りなく近づける。つまり  $\Delta t$  を限りなくゼロに近づけると、 $v$  [m/s] は時刻  $t_1$  [s] における速度(瞬間の速度)となる。

$v(t_1) = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} v = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$

となる。つまり、位置  $x(t)$  [m] の時刻  $t = t_1$  [s] における微分係数に対応し、時刻  $t_1$  [s] における瞬間の速度  $v(t_1)$  [m/s] は右図の点Pにおける接線の傾きを表す。



# QRコード活用したウェブ教材とプリント教材の連携

QRコードを埋め込んだプリント教材を配布し、生徒が自宅でスマホでウェブ教材を活用しながら自学自習できるようにする。



# インタラクティブなウェブ教材の開発

## JSXGraphを用いたウェブ教材の開発メリット

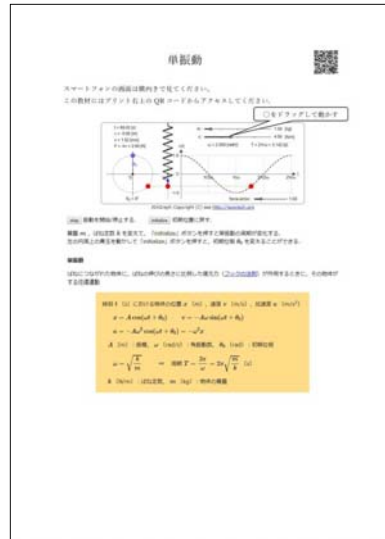
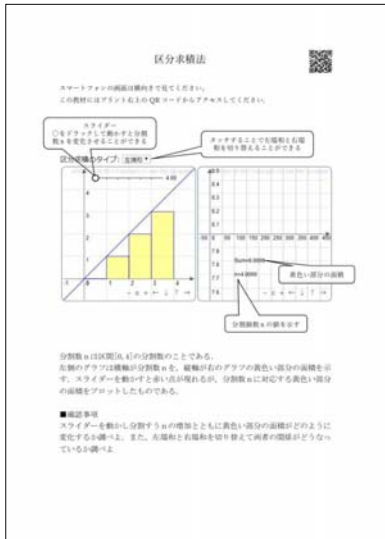
- 開発環境を準備する必要がない。
- パソコン、ブラウザ、テキストエディターだけで開発可能。
- KIT数学ナビゲーション、KIT物理ナビゲーションでも教材開発に利用



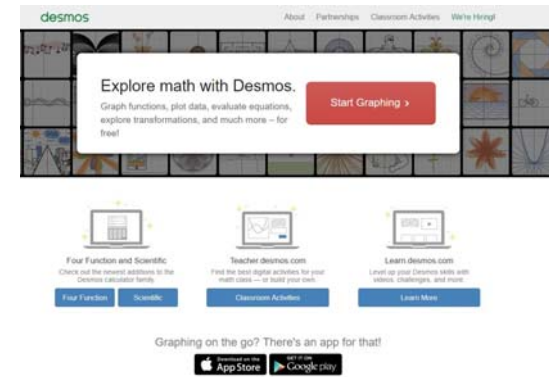
数学教材



物理教材



# オンライングラフ作成ツールdesmosの紹介

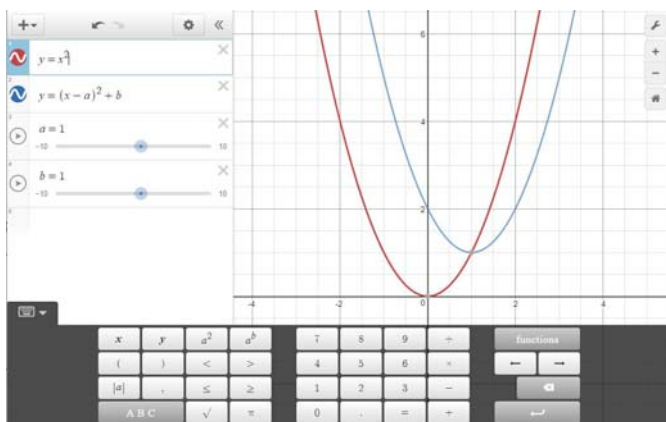


<https://www.desmos.com/> より引用

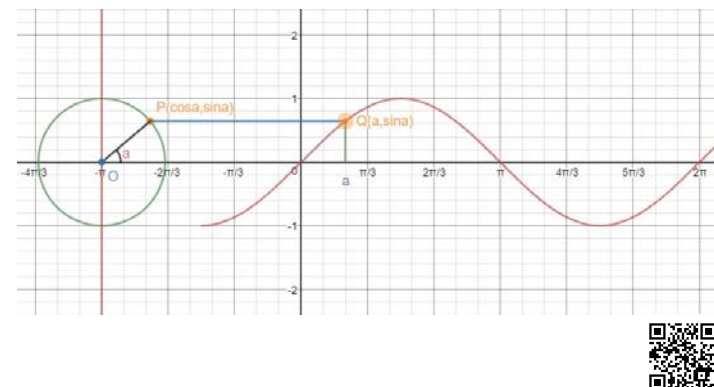


# Desmosの体験

実際にグラフを作成してみましょう！



# desmosで作成したsinθのグラフ



# Classroom Activityの紹介

平行移動

by Akira Nakamura (Created by you)

Mobile Tablet Laptop

$y = x^2$ のグラフを用いてグラフのx軸方向、y軸方向の平行移動について学習をする。

Classes

CLASS CODE: NX8AZY STUDENTS: 0 DATE: May 21, 2018 (8:58 pm) View Dashboard

Screens

Student Preview

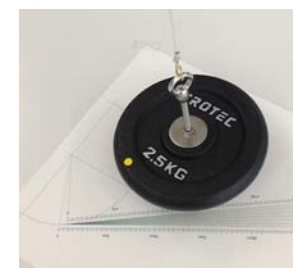
- 1 y軸方向の平行移動
- 2 x軸方向の平行移動
- 3 x軸方向とy軸方向の平行移動
- 4 二次関数  $y = x^2$  のグラフの頂点を点Aから点Bに移す。変化は  $y = (x-1)^2 - 2$  です。
- 5 x軸方向とy軸方向の平行移動

Classroom

# フーコーの振り子の実験



実験装置全体



おもり

取り外し可能

ホームセンターで購入可能な部材のみで作成

35分程度の測定時間で、振動面が5°回転することを確認できる。



# 高速度カメラ撮影教材



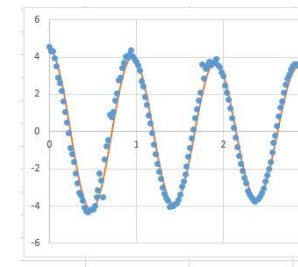
# 単振動教材サンプル(加速度センサー利用)



実験映像

時間 [s]	x [m]	v [m/s]	a [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	4.25994351	0.00	0.00
0.01	4.255674351	0.04	4.318994351
0.02	3.919134351	0.08	8.637988702
0.03	3.522284351	0.11	12.956983053
0.04	3.018614351	0.13	17.275977404
0.05	2.515004351	0.14	21.594971755
0.06	2.011394351	0.13	15.913966106
0.07	1.507784351	0.11	10.232960457
0.08	1.004174351	0.08	4.551954808
0.09	0.500564351	0.04	-0.870949159
0.10	0.000000000	0.00	-5.169943510
0.11	-0.499540000	-0.04	-10.488937861
0.12	-0.999080000	-0.08	-15.807932212
0.13	-1.498620000	-0.11	-21.126926563
0.14	-1.998160000	-0.13	-26.445920914
0.15	-2.497700000	-0.14	-31.764915265
0.16	-2.997240000	-0.13	-27.083909616
0.17	-3.496780000	-0.11	-22.402903967
0.18	-3.996320000	-0.08	-17.721898318
0.19	-4.495860000	-0.04	-13.040892669
0.20	-4.995400000	0.00	-8.359887020
0.21	-4.494940000	0.04	-3.678881371
0.22	-3.994480000	0.08	1.002124278
0.23	-3.494020000	0.11	6.321118629
0.24	-2.993560000	0.13	11.640112980
0.25	-2.493100000	0.14	16.959107331
0.26	-1.992640000	0.13	12.278101682
0.27	-1.492180000	0.11	7.597096033
0.28	-1.000000000	0.08	2.916090384
0.29	-0.500000000	0.04	-1.799943510
0.30	0.000000000	0.00	-6.099937861

測定データ



測定データのグラフ化

測定データ提供: 数理工教育研究センター 高香 滋

# スマートフォンのセンサーを用いた実験

## スマートフォンで加速度を測定し、運動を調べる

Physics Toolbox Sensor Suite 無料! <http://www.vieyrasoftware.net>



スマートフォンに搭載されているセンサーを使ってデータを収集し、リアルタイムにグラフや数値で表示、記録、CSVファイルとして出力/共有できる。CSVファイルを、表計算ソフトや可視化ツールで、さらに詳しく分析することができる。

※ 有料版(Physics Toolbox Sensor Suite Pro)もある

### ■ センサーの種類

- (1) Gメーター, (2) 直線加速度計, (3) ジャイロスコプ, (4) 気圧計, (5) ジェットコースター, (6) 湿度計, (7) 温度計, (8) 近接センサー, (9) 定規, (10) 磁力計, (11) コンパス, (12) GPS, (13) 傾斜計, (14) 照度計, (15) 騒音計, (16) トーン検出, (17) オシロスコープ

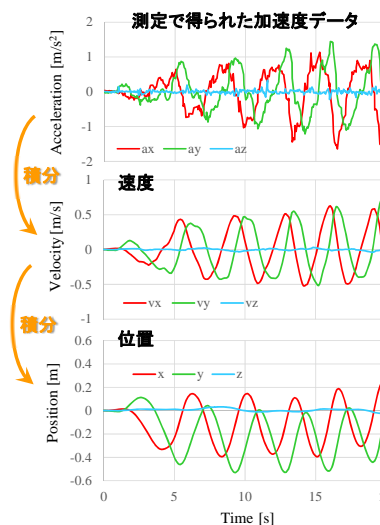
### 同様のアプリ

 <b>Sensor Kinetics</b> (Android/iOS対応, 無料, 有料版あり (Sensor Kinetics Pro))	 <b>Accelerometer</b> (iOS対応, 無料)	 <b>加速度・ジャイロスコプ・磁力センサーロガー</b> (iOS対応, 無料)	 <b>Accelerometer 加速度計</b> (Android対応, 無料)
--	---	---	--

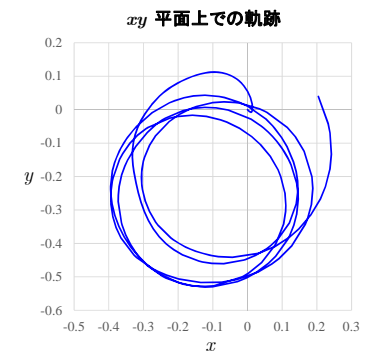
資料提供: 数理工教育研究センター 西岡圭太, 渡辺秀治

## スマートフォンで加速度を測定し、運動を調べる

測定例: 円運動 スマートフォンで測定した加速度のデータから数値積分により速度と位置のデータを得る。



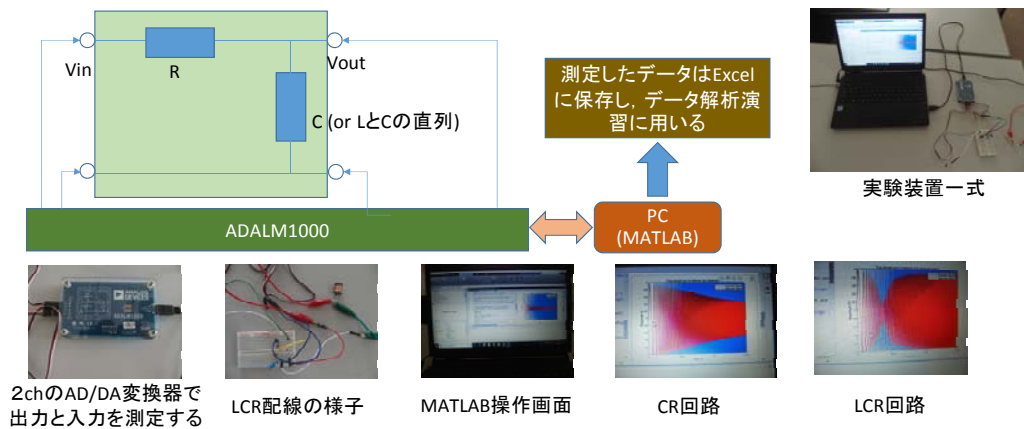
$$\begin{aligned}
 &\text{位置 } \mathbf{r}(t) \\
 &\text{微分 } \downarrow \uparrow \text{積分} \\
 &\text{速度 } \mathbf{v}(t) = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \\
 &\text{微分 } \downarrow \uparrow \text{積分} \\
 &\text{加速度 } \mathbf{a}(t) = \frac{d\mathbf{v}}{dt}
 \end{aligned}$$



資料提供: 数理工教育研究センター 西岡圭太, 渡辺秀治

## 電気回路 CR回路, LCR回路の周波数特性(20Hz~20kHz)

MATLAB とADALM1000 による測定結果



資料提供: 数理工教育研究センター 高香滋

## 最後に

### e-Learning教材の開発

JSXGraphやdesmosでグラフ教材の作成に関心のある方

KIT-STEMナビゲーションと連動させたプリント教材の作成に関心のある方

### 物理実験教材の開発

センサーなどの測定装置を使ってデータサイエンシ的な物理実験教材の開発に関心のある方

身近な部材での物理実験用材の開発に関心のある方

共同で教材開発をしませんか？

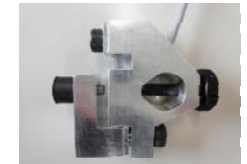
## 物理実験に使えるセンサー



光ゲートセンサ



距離センサ



カセンサ

資料提供: 数理工教育研究センター 工藤知草

ご清聴ありがとうございました

# 積分計算演習プリント

年 組 番 氏名: \_\_\_\_\_

1. 次の不定積分を解きなさい。(QRコードを用いて解答ページにアクセスできます。)

(1)  $\int \frac{3x^2 + 12x + 1}{x^2 + 4} dx$



(2)  $\int \frac{1}{x^2 - 4} dx$



2. 次の定積分を解きなさい。

(1)  $\int_{\frac{1}{2}}^4 \frac{1}{8x + 3} dx$



(2)  $\int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right) dx$





# 区分求積法



スマートフォンの画面は横向きで見てください。

この教材にはプリント右上の QR コードからアクセスしてください。

スライダー  
○をドラックして動かすと分割数  $n$  を変化させることができる

タッチすることで左端和と右端和を切り替えることができる

区分求積のタイプ: 左端和 ▼

黄色い部分の面積

分割個数  $n$  の値を示す

分割数  $n$  は区間  $[0, 4]$  の分割数のことである。

左側のグラフは横軸が分割数  $n$  を、縦軸が右のグラフの黄色い部分の面積を示す。スライダーを動かすと赤い点が現れるが、分割数  $n$  に対応する黄色い部分の面積をプロットしたものである。

## ■確認事項

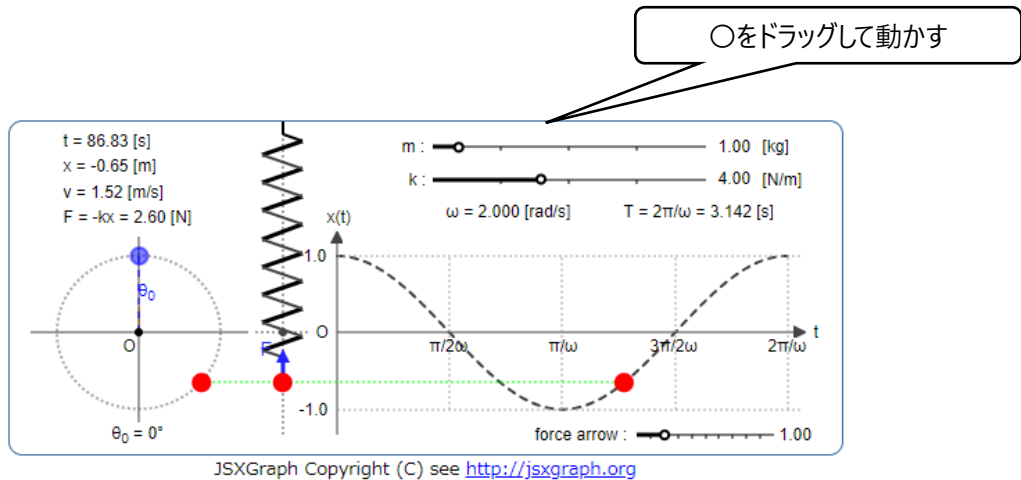
スライダーを動かし分割する  $n$  の増加とともに黄色い部分の面積がどのように変化するか調べよ。また、左端和と右端和を切り替えて両者の関係がどうなっているか調べよ

# 単振動



スマートフォンの画面は横向きで見てください。

この教材にはプリント右上の QR コードからアクセスしてください。



振動を開始/停止する.  初期位置に戻す.

質量  $m$ , ばね定数  $k$  を変えて, 「initialize」 ボタンを押すと単振動の周期が変化する.  
左の円周上の青玉を動かして「initialize」 ボタンを押すと, 初期位相  $\theta_0$  を変えることができる.

## 単振動

ばねにつながれた物体に, ばねの伸びの長さに比例した復元力 ([フックの法則](#)) が作用するとき, その物体がする往復運動

時刻  $t$  [s] における物体の位置  $x$  [m], 速度  $v$  [m/s], 加速度  $a$  [m/s<sup>2</sup>]

$$x = A \cos(\omega t + \theta_0) \quad v = -A\omega \sin(\omega t + \theta_0)$$

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \theta_0) = -\omega^2 x$$

$A$  [m] : 振幅,  $\omega$  [rad/s] : 角振動数,  $\theta_0$  [rad] : 初期位相

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \Rightarrow \quad \text{周期 } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (\text{s})$$

$k$  [N/m] : ばね定数,  $m$  [kg] : 物体の質量