

令和元年6月26日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05987

研究課題名(和文) アクティブ・ラーニングを効果的に行うためのスマートフォン対応材料力学教材の開発

研究課題名(英文) Development of smartphone applications, which could educate the mechanics of materials, for effective active learning.

研究代表者

辻 知章 (Tsuji, Tomoaki)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：80188531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：材料力学(強度に関する学問)に関する実際の現象や実験を、誰でもどこでも体験することができるスマートフォンやタブレット端末用のアプリを作成し、Apple StoreおよびGoogle Playにおいて公開した。

Apple StoreあるいはGoogle Playにおいて、キーワード「ZAIRIKI」で検索することにより、アプリをダウンロードし材料力学に関する現象を体験することができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

材料力学に関する色々な問題に関する、実験やシミュレーション結果を体感できるスマートフォンやタブレット端末用のアプリケーションを50以上作成し、Apple Store および Google Play を通じて全世界に配信した。このアプリを用いて、誰でも、物の変形や物体内の力の伝わり方を体感することができる。

実験やシミュレーションの画像があれば、簡単にアプリケーションを作成する仕組みを考案した。これにより、追加のアプリをプログラミングの専門知識を必要とせずに、誰でも簡単に作ることができ、さらにアプリの数を増す計画である。

研究成果の概要(英文)：We have created many applications for smartphones and tablets that allows anyone to experience the actual phenomena and experiments on the mechanics of materials (learning about strength) and published them on the Apple Store and Google Play. By searching for the keyword "ZAIRIKI" on the Apple Store or Google Play, you can download the application and experience the phenomena related to the mechanics of material.

研究分野：材料力学

キーワード：材料力学 スマートフォン アプリ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

材料力学教育の現状 (経験の不足)

材料力学は、機械や構造物の安全性を支えるための基礎となる重要な学問である。従来、物の破壊の形態や変形の様子等は、材料力学を学ぶ前に遊びを通して体感して身につけていた知識であった。しかし、世の中の変化に伴い、自然と親しむ機会が減少し、実際に物を作製したり破壊したりする経験が無いままに材料力学を学ぶ学生が目立つようになって来ている。そのため、受講者の経験不足から、従来の座学中心の講義形態では、実際の物の変形や破壊等の現象と講義内容を結びつける事が難しく、材料力学を正しく理解させる事が年々困難になって来ている。

数値解析との乖離 (材料力学の知識無しに高度な解析が行われている問題)

有限要素法ソフトの使い勝手の向上や CAD ソフトとの連携の強化に伴い、材料力学の学習経験がほとんどない者が高度な解析を行うようになって来ている。このままでは、解析結果の信頼性が保証されず、我が国の安全、安心が根底から揺らぎかねない。そのため、CAE 技術者にきちんと材料力学を学習させる事が必要となってきている。そのため、学会等において、盛んに材料力学の CAE 技術者向けの講習会が行われている。しかし、実験 = 実物による経験に乏しい座学のみ講習会がほとんどであり、実際の実験等を行った経験が無い者が CAE 解析を行っている現状がある。

(CAE: 機械や構造物の変形や応力シミュレーションを行うこと。)

2. 研究の目的

本研究では、実際の現象や実験を誰でも、どこでも体験することができるスマートフォンやタブレット端末用のアプリを作成し、工学教育の現場にアクティブ・ラーニングを取り入れることを目的とする。作成するアプリにより、簡単に実験やシミュレーションを各学生が体験することにより、現実の世界で起こっている現象を元に、工学問題を理解させることを目指す。特に、限られた時間で膨大な理論を学ぶことが要求される機械系の基礎学問の一つである材料力学の講義に取り入れ、学生自らの体験や観察を踏まえて、実際の問題のモデル化やメカニズムの理解を通して学びを促進することを目指す。

3. 研究の方法

以上のような背景と経緯を踏まえて、本研究では以下の点について研究を行う。

- (1) 材料力学アプリの作成: スマートフォンやタブレットを用いて、実験やシミュレーションを簡単に体験できるアプリを製作する。各々のアプリは、静力学の問題から始まり、応力、ひずみ、引張、圧縮、不静定、ねじり、はりの曲げ、座屈、応力集中までの、一般的な材料力学において必要な単元に分類する。
- (2) アプリを誰でも簡単に作成できる環境の作成およびデータベース化: 製作したアプリのメンテナンスや追加をするために、アプリで使用する要素、すなわち、「タイトル、画像、説明文、動作方法」等を入力することにより、各々のアプリが、アプリケーション作成の知識やノウハウ無しに作成することができる環境を作成する。それらをデータベース化することにより、膨大なアプリの維持、管理を行う。
- (3) 材料力学シミュレータの開発: 円柱、平板、はり、固定、支持、集中荷重、分布荷重、ねじりモーメント等の要素をスマートフォン内で組み合わせることにより、簡単なシミュレーションが実行できるアプリを開発する。
- (4) 講義内での実施による課題の抽出および改良: 実際の講義内に取り入れ、問題点の抽出や効果の検証を行い、研究計画にフィードバックし、変更を加えて行く。
- (5) アプリのバイリンガル化: 学生の現実感の欠如は日本のみの問題では無いと考えられる。アプリのバイリンガル化を行うことにより、グローバルな展開を目指す。

4. 研究成果

- (1) 材料力学アプリの作成: 以下にリストを示すアプリケーションを作成し、その一部は Apple Store および Google Play において全世界に向け公開した。

作成したアプリケーションのリスト

#	題名	詳細説明	アクション	ねらい
a	ワイヤーでつるされたボールのFBD	ボールに加わる FBD を表示	FBD ボタンを押すと FBD が表示される。	FBD の理解
a	片持ちはりのFBD	片持ちはりに生じる FBD を表示	FBD ボタンを押すと FBD が表示される。	FBD の理解
a	ピストンのFBD	ピストンに生じる FBD を表示	シークバーにより、シリンダー、ピストンに加わる荷重が変化。	FBD、内圧の理解
a	台車のFBD	台車のFBDを表示	FBD ボタンを押すと FBD が表示される。	FBD の理解
a	水平荷重を受ける消しゴムのFBD	消しゴムに生じる FBD を表示。	FBD ボタンを押すと FBD が表示される。	FBD の理解
a	水平荷重を受ける消しゴムのFBD	消しゴムに生じる FBD を表示。	FBD ボタンを押すと FBD が表示される。	FBD の理解
a	ボールペンのFBD	ボールペンに生じる FBD を表示	FBD ボタンを押すと FBD が表示される。	FBD の理解
a	片持ちはりのFBD	片持ちはりに生じる FBD を表示	FBD ボタンを押すと FBD が表示される。 シークバーにより荷重、たわみが変化。	FBD の理解

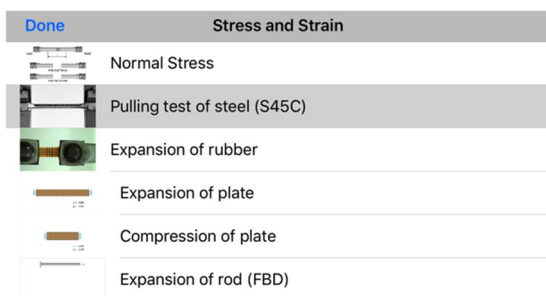
a	両端単純支持はりのFBD	両端支持はりに生じるFBDを表示	FBDボタンを押すとFBDが表示される．シークバーにより荷重，たわみが変化．	FBDの理解
a	ロボットアームのFBD	ロボットアームに生じるFBDを表示．	FBDボタンを押すとFBDが表示される．シークバーにより荷重が変化．	FBDの理解
a	フックのFBD	フックに生じるFBDを表示．	シークバーにより荷重の位置が変化．	FBDの理解
b	垂直応力	両端に引張を与えたときの棒に生じる内力，応力を表示	シークバーにより，荷重が変化．	内力，垂直応力の理解
b	引張試験(S45C)	S45Cの引張の様子を表示．	シークバーにより伸びが変化．SS curveをチェックすると応力-ひずみ線図を表示．	実際の棒の伸びとくびれ，荷重ひずみ線図の理解．
b	ゴムの引張	ゴムの引張試験を表示．	シークバーにより伸びが変化．幅が縮む．	縦ひずみ，横ひずみの理解．
b	板の引張	板の引張	シークバーにより伸びが変化．縦ひずみ，横ひずみを表示	縦ひずみ，横ひずみの理解．
b	板の圧縮	板の圧縮	シークバーにより縮みが変化．縦ひずみ，横ひずみを表示	縦ひずみ，横ひずみの理解．
b	棒の引張(FBD)	一端固定した棒の他端に荷重を加えたときのFBDを表示．	FBDをチェックする壁，棒のFBDを表示．内力を表示．	FBDの理解．棒に生じる内力の理解．
b	ポリエチレンの引張	ポリエチレンの一軸引張のシミュレーション結果を表示．	シークバーにより，両端の荷重が変化．	高分子材料の引張の理解．
b	ポリエチレンの二軸引張	ポリエチレンの二軸引張のシミュレーション結果を表示．	シークバーにより，両端と上下の荷重が変化．	高分子材料の引張の理解．
b	ボルトのせん断	ボルトのせん断による破壊の様子を表示．	シークバーにより変位が変化．	ボルトのせん断の理解．
b	ボルトのせん断	ボルトのせん断による破壊のアニメを表示．	シークバーにより荷重が変化．	ボルトのせん断の理解．
c	2本の柱の圧縮	二本の柱で支えられた剛体版に圧縮荷重を加える．	シークバーにより荷重が変化．FBDで柱のFBDを表示．	不静定問題の理解．圧縮．
c	段付き棒の引張	段付き棒の引張のアニメーション．	シークバーにより荷重が変化．FBDで柱のFBDを表示．	段付棒のFBDの理解．
c	両端が固定された段付き棒の引張	断部に荷重を受ける段付き棒のアニメーション．	シークバーにより荷重が変化．FBDで柱のFBDを表示．	段付棒のFBDの理解．不静定問題の理解．
c	トラスの引張(2部材)	2部の部材からなるトラスの引張	シークバーにより荷重が変化．柱のFBDを確認表示．	トラスの理解
c	両端が固定された棒の熱応力	両端固定の部材に生じる熱応力	シークバーにより温度が変化．部材のFBDを表示．	熱応力の理解
c	一端が固定され他端に小さいすまがある棒の熱応力	一端固定，他端にごくわずか壁から離れてある．した棒の他端に荷重を加えたときのFBDを表示．	シークバーにより温度が変化．部材のFBDを表示．	熱応力の理解
c	トラスの引張(5部材)	ひし形のワイヤフレームを接着	シークバーにより荷重が変化．部材のFBDを確認表示．	トラスの理解
c	3本の柱の圧縮	3本の柱を剛体板により圧縮する様子を示す	シークバーにより荷重が変化．柱のFBDを表示．	不静定問題の理解
c	両端が固定された接合棒の熱応力	異なる材質の接合棒の熱応力を表示	シークバーにより温度が変化．部材のFBDを表示．	熱応力の理解
c	両端が固定された段付き棒の熱応力	段付棒の熱応力を表示	シークバーにより温度が変化．部材のFBDを表示．	熱応力の理解
c	両端が固定された接合棒の熱応力(2)	接合棒の熱応力を表示	シークバーにより温度が変化．部材のFBDを表示．	熱応力の理解
c	両端に固定され中央にすまがある棒の熱応力	隙間がある場合の熱応力を表示	シークバーにより温度が変化．部材のFBDを表示．	熱応力の理解
d	ウレタン棒のねじり	ウレタン棒のねじりの様子を表示	シークバーにより腕によるねじり量が変化．表面の変形を表示．	ねじりの変形の理解
d	棒のねじり	一端固定の棒の先端のねじりの変形を表示	シークバーによりねじり量が変化．FBDを表示．	ねじりの変形，モーメントを理解．
d	段付き棒のねじり	段付棒のねじり変形を表示．	シークバーによりねじり量が変化．FBDを表示．	ねじりの変形，モーメントを理解．
d	両端が固定された棒のねじり	両端固定棒のねじり変形を表示．	シークバーによりねじり量が変化．FBDを表示．	ねじりの変形，モーメントを理解．
e	片持ちはりの曲げ	片持ちはりの曲げ変形を表示．	シークバーにより先端の荷重が変化．FBDを表示．	はりの曲げ変形，モーメントを理解．
e	ボールペンのチューブの曲げ	ボールペンの曲げ変形を表示．	シークバーにより先端の押し込み量が変化．	はりの曲げ変形を理解

e	両端支持はりの曲げ	両端支持はりの曲げ変形を表示 .	シークバーにより中央の押し込み量が変化 . FBDを表示 .	はりの曲げ変形 , モーメントを理解 .
e	3点曲げ試験	はりの3点曲げ試験を表示 .	シークバーにより中央の押し込み量が変化 .	塑性曲げを理解 .
f	回転一回転	両端回転端の棒の座屈を表示 .	シークバーにより荷重が変化 .	座屈の理解 .
f	固定-自由	一端固定他端自由の棒の座屈を表示 .	シークバーにより荷重が変化 .	座屈の理解 .
f	熱座屈	温度上昇による板の座屈を表示 .	シークバーにより温度上昇 , 突然板が外れる様子を表示 .	熱による座屈の理解 .
g	小さい穴 (アルミ)	円孔を有するアルミ板の引張破壊の様子を表示 .	シークバーにより引張量が変化 . 円孔縁からの破壊を表示 .	円孔の応力集中の理解 .
g	穴 (アルミ)	円孔を有するアルミ板の引張破壊の様子を表示 .	シークバーにより引張量が変化 . 円孔縁からの破壊を表示 .	円孔の応力集中の理解 .
g	円孔と切り欠き (アルミ)	円孔と切り欠きを持つ板の引張を表示 .	シークバーにより引張量が変化 . 円孔縁から破壊が始まる .	円孔 , 切り欠きの応力集中の理解 .
g	円形切り欠き	円形切り欠きを有する黄銅板の引張	シークバーにより引張量が変化 . 切り欠き底から破壊が始まる .	切り欠きの応力集中の理解 .
g	V字切り欠き	V字切り欠きを有する黄銅板の引張	シークバーにより引張量が変化 . 切り欠き底から破壊が始まる .	切り欠きの応力集中の理解 .
g	フィレット	フィレットを有する段付棒の引張	シークバーにより引張量が変化 . 細い棒のみ塑性変形 .	塑性変形を理解 .
g	円孔の応力集中	円孔を有する板の引張変形シミュレーション .	シークバーにより引張応力が変化 . 円孔縁の応力集中を表示 .	円孔の応力集中の理解 .

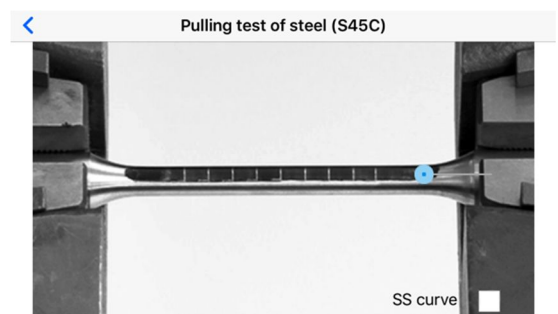
(2) アプリを誰でも簡単に作成できる環境の作成およびデータベース化 :  
 エクセルに , 以下の内容を登録するだけで , エクセルのマクロボタンを押すことにより , アプリケーションが自動的に作成できるシステムを構築した .

- A) アプリケーションの題目 (英語 , 日本語)
- B) icon のファイル名
- C) 画像の数
- D) 画像の大きさ
- E) ファイル名
- F) シークバーの有無と位置 : シークバーを入れたい場合に 0n にし , 入れたい位置を入力 .
- G) 追加の画像の有無と名前 : FBD 等の追加の画像を入れたい場合は 0n にし , 入れた画像ファイル名を入れる .

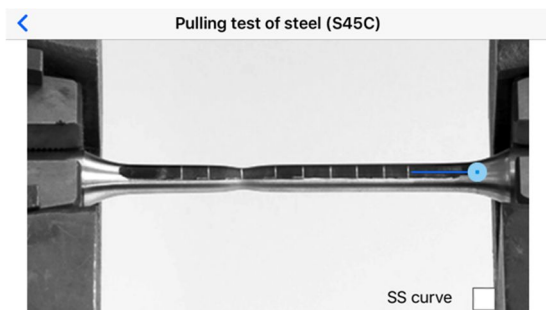
典型的なアプリの画像を以下に示す .



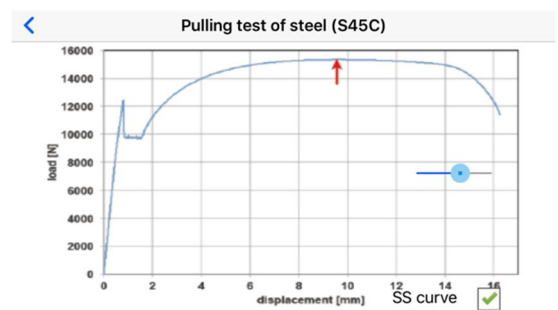
メニュー画面 (Sec. b)



アプリ「Pulling test of steel (S45C)」を選択



シークバーを動かし棒を引張



SS curve を表示

(3),(4),(5)については、現在開発中および、講義無いでの実施について準備中である。

## 5. 主な発表論文等

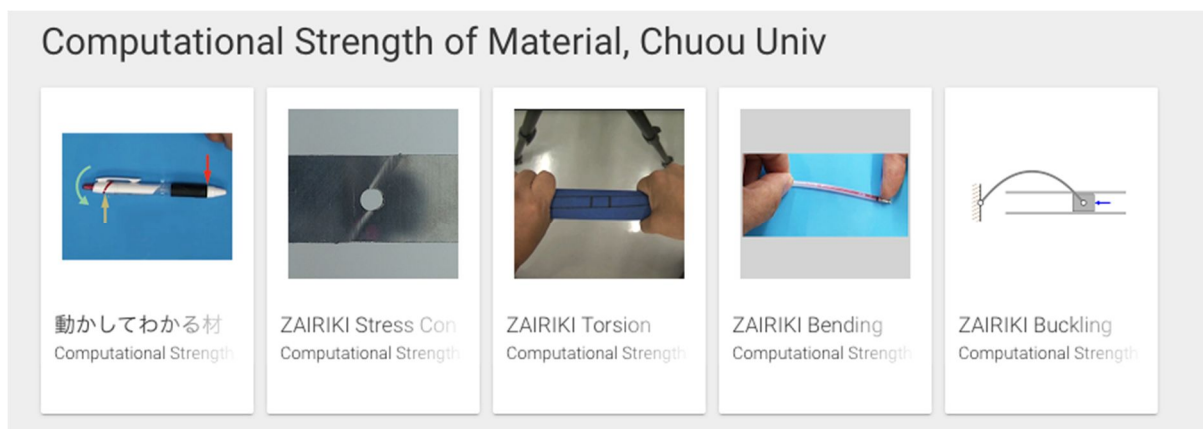
[その他] Apple Store および Google Play での公開

Apple Store において、key word "ZAIRIKI" で検索することにより、作成した Sec. a, b, c についてダウンロードできる。さらに、Sec. d, e, f, g について公開準備中である。



Apple Store において公開されているアプリ

Google Play において、key word "ZAIRIKI" で検索することにより、作成した Sec. a, d, e, f, g についてダウンロードできる。さらに、Sec. b, c について公開準備中である。



Google Play において公開されているアプリ

## ホームページ等

以下のホームページに、各アプリの詳細な説明、材料力学の各分野との関連を載せ、作成したアプリとの連携を図るよう準備中である。

<https://sites.google.com/site/tomzairiki/>

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：米津 明生

ローマ字氏名：Yonezu Akio

所属研究機関名：中央大学

部局名：理工学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 40398556

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。