

加速度とタッチ機能を用いた構造力学教育用コンテンツの試作

○油布拓也*¹ 前 稔文*²
松本裕司*³ 小林竜一*⁴

キーワード：構造力学 スマートフォン アプリ 教材 評価 加速度

1. 序論

1980年代から現在にかけて、情報・通信技術はめざましいスピードで発達を続けている。これらの技術の発達が教育の分野に与える影響は大きく、PC やインターネットを用いた教材や教育システムが幅広く活用されるようになった。

現在ではスマートフォンやタブレット端末などの高性能携帯端末が普及し、小学校の児童全員に配布するなど、実際に教育の場で活用される例も見られるようになった¹⁾。これらの携帯端末を利用した学習は画面サイズが制限されるなどの短所があるが、場所を選ばずに学習でき、学生も普段から扱いに慣れているため抵抗も少なく学習できるという期待がある。これらの利点に着目すると、専門分野においても携帯端末を活用できる可能性を十分に秘めていると考えられる。

これまでの研究²⁾では、構造力学を例として教材アプリの開発を行っており、その活用の検討が行われている。その結果、利用者はスマートフォン特有の機能を活用した、触れている感覚を持ちながら扱える教材アプリを望んでいることがわかっている。

本研究では、一連の研究で作成された教材アプリを改善、および新しい学習内容の追加を行ってきた³⁾。これらの教材に関してアンケート調査を行った結果、全体的に高い評価が得られ、教材アプリを活用できる可能性を見出すことができた。しかし、これらの教材アプリは、前述した利用者が求めるスマートフォン特有の機能を活かしたアプリとして十分なものではなかった。

そこで本報告では、スマートフォンに備えられている機能としてタッチ機能と加速度センサに着目し、これらを活用した教材アプリの作成を行った。また、アンケート調査を行なうことによって作成したアプリの活用の可能性を検討することとした。なお、被験者は構造力学を学習してきた大分工業高等専門学校（以下、大分高専）の都市・環境工学科の学生、および同学科を卒業した機械・環境システム工学専攻の学生 21 名とし、実際にアプリを操作してもらったうえでアンケートに回答してもらった。

2. これまでに作成した教材アプリ

ここでは、これまでに作成した教材アプリについて概要を述べる。図-1 に示すのは、教材アプリとして作成したコ

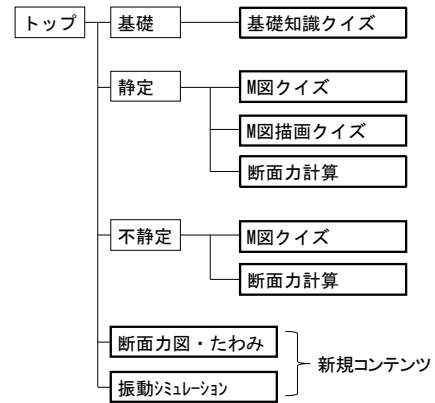


図-1 教材アプリの構成

ンテンツとその構成である。大きく分けて「基礎知識クイズ」、「M図クイズ（静定、不静定）」、「M図描画クイズ（静定）」、「断面力計算（静定、不静定）」の4種類のアプリとなっている。以下、これらのアプリについて説明を行う。なお、今回作成した新たなアプリについては後述する。

(1) 基礎知識クイズ

このアプリは、構造力学における基礎的な知識を学習するためのアプリである。図-2 に実行画面を示す。問題は四者択一であり、いずれかをタッチすると正誤のダイアログが表示され、不正解である場合には正答が表示されるようになっている。問題はランダムに 10 題が連続して出題され、全ての解答を終えると最後に正答率が表示される。

(2) M図クイズ（静定、不静定）

このアプリは、梁と荷重の組み合わせから正しい曲げモーメント図を四者択一で解答するものである。図-3 に実行画面を示す。基礎知識クイズと同様に、解答すると正誤判

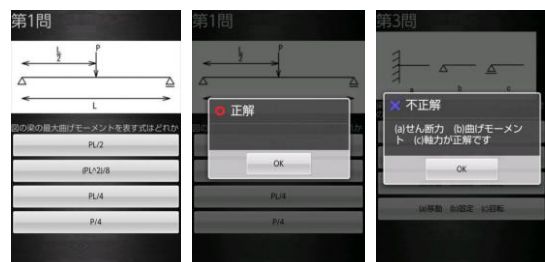


図-2 基礎知識クイズの実行画面一覧

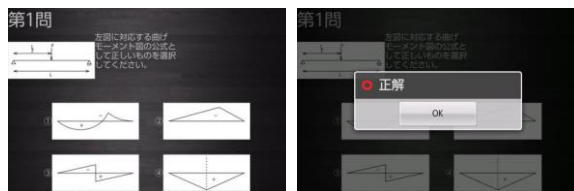


図-3 M図クイズの実行画面一覧

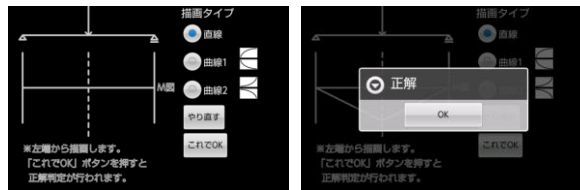


図-4 M図描画クイズの実行画面一覧



図-5 断面力計算アプリの実行画面一覧

定のダイアログが表示され、ランダムに 10 問が出題される。静定梁のみ出題されるものと、不静定梁のみ出題されるものの 2 種類を作成した。

(3) M 図描画クイズ (静定)

このアプリは、出題された梁と荷重の組合せを見て、曲げモーメント図を自らの指で描画し、その正誤判定を行うものである。図-4 に実行画面を示す。画面右側から描画タイプを選択し、画面に曲げモーメント図を描き解答する。描画が完了し、「これで OK」のボタンが押されると正誤のダイアログが表示され、次の問題へと移る。問題の解答を終えると、出題された問題とその正答の確認画面が表示される。

(4) 断面力計算アプリ (静定, 不静定)

このアプリは、画面上に表示された梁モデルについて任意の数値を入力することで、応力が自動で計算されるアプリである。図-5 に実行画面を示す。梁の長さ、荷重の大きさ、荷重の作用位置を入力すると、支点反力、最大曲げモーメント、最大たわみ、支点のたわみ角を求めることができる。また、各値が表示されるとともに、断面力図とたわみが画面に描画される。

3. スマートフォン機能を活用したコンテンツの作成

以上のアプリは、アンケート調査の結果では高い満足度が得られているが、各コンテンツの評価は満足度ほどの高い評価には至っていない。そのため、これらのアプリは触

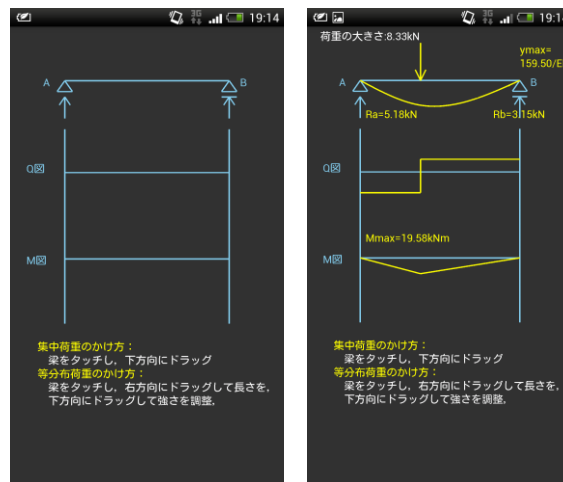


図-6 起動画面および実行画面

れている感覚を持ちながら扱えるアプリに至っていないと考えられる。そこで、本報告ではスマートフォン特有の機能であるタッチ操作と加速度センサに着目し、断面力・たわみの概形を学習できるアプリと、振動シミュレーションアプリを作成した。また、これらのアプリについてアンケート調査を行い、改善点を明らかにするとともにアプリ活用の可能性を検討することとした。

(1) タッチ操作による断面力図・たわみの確認アプリ

このアプリは、タッチ操作によって荷重を作用させ、梁に生じるたわみや断面力の概形を学習することができるものである。単純梁と片持ち梁の 2 種類のモデルについて作成した。図-6 に起動時の画面、および実行画面を示す。画面上部には梁の画像が表示されており、その下にせん断力図、曲げモーメント図が描画される領域がある。

作用させることができる荷重は集中荷重と等分布荷重の 2 種類となっている。荷重を作用させたい位置タッチし、そのまま下方にドラッグすれば集中荷重を作用させることができ、ドラッグした分だけ大きな荷重を載荷させることができる。また、作用させたい位置をタッチし、右方向にドラッグを行えば等分布荷重を作用させることができる。荷重の長さを調節し、そのまま下方にドラッグすることで荷重を大きくすることができる。

荷重を作用させると、画面の下に梁のたわみ、せん断力図、曲げモーメント図が描画されるようになっており、その概形を確認することができる。また、荷重の大きさ、反力、最大たわみ、最大曲げモーメントが数値によって表示されるため、数値的な変化も確認することができる。

(2) 振動シミュレーションアプリ

スマートフォンには加速度センサが標準で備わっており、端末に作用している加速度を測定することができる。図-7(a) に取得できる加速度の方向を示す。このアプリで

は、加速度センサの x 軸方向の値を外力として取得し、1 質点系の振動モデルに作用させている (図-7(b)). その応答をリアルタイムで求め、微小時間ごとに描画を行なうことで振動の様子を再現した.

起動画面および実行画面を図-8 に示すが、端末を振ったり動きを与えることで、画面上の振動モデルがそれに反応して動くようになっている。画面の上部には端末に作用している加速度の値がリアルタイムで表示される。また、ばね定数、減衰係数、おもりの重さをシークバーによって調

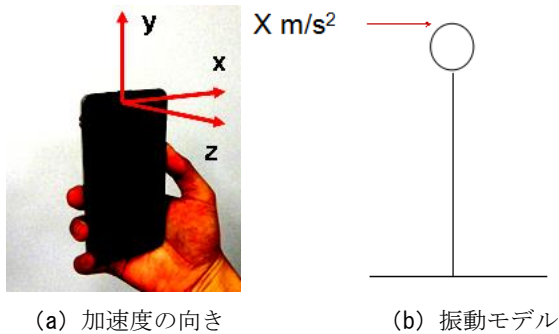


図-7 矢印の方向に加速度が作用する

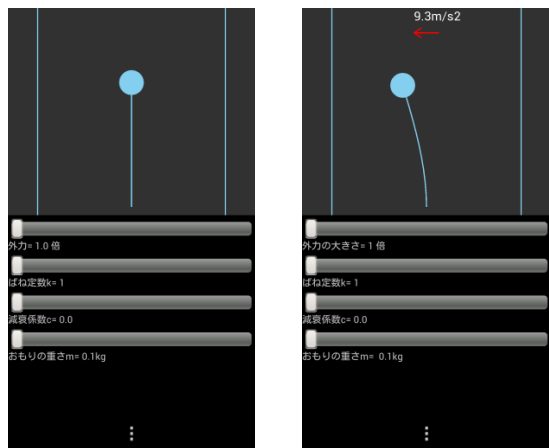


図-8 アプリの実行画面

表-1 アンケート内容

Q1. 以下を5点満点で評価してください。	
断面力・たわみアプリについて	振動シミュレーションについて
1. 全体の画面構成 図の見やすさ	1. 全体の画面構成 図の見やすさ
2. 梁の画像	2. 振動モデルの大きさ
3. たわみ曲線	3. 揺れのなめらかさ
4. せん断力図	4. スライドバーの大きさ
5. 曲げモーメント図	5. 加速度の矢印
文字の見やすさ	文字の見やすさ
6. 反力	6. スライドバーの文字
7. 最大曲げモーメント	7. 加速度の数値
8. 最大たわみ	操作性
操作性	8. タッチ操作
9. 集中荷重のかけ方	9. フリック操作
10. 等分布荷重のかけ方	10. スライドバー
11. 動きのなめらかさ	11. 加速度センサによる操作
Q2. アプリを使った総合的な満足度を5点満点で評価してください。	
Q3. このアプリが教材として役に立つと思いますか？(5段階)	
Q4. 実際に使う際、どのような使い方が効果的だと思いますか(複数可)。	
<input type="checkbox"/> 自己学習での使用 <input type="checkbox"/> 授業での補助教材 <input type="checkbox"/> 定期試験 <input type="checkbox"/> ゲーム感覚で遊びとして <input type="checkbox"/> 自由回答	

節できる。これによって各定数を変化させたときの挙動を確認できるようにした。さらに、加速度センサの他にタッチ操作によって振動を起こすことも可能である。画面に触れると振動モデルの質点を自由に動かすことができ、フリック操作によって任意の速度で振動を起こすことも可能である。

4. アンケート調査

ここでは、作成したアプリを大分高専の学生 21 名に実際に操作してもらい、そのうえでアンケートに回答してもらった。表-1 にアンケート内容を示す。質問項目はアプリの画面構成や操作性についての評価と、教材としての活用に関するものである。画面構成や操作性に関する質問では、作成した 2 種類のアプリそれぞれについて 5 点満点で被験者に採点してもらった (Q1)。また、アプリを使用した満足度についても 5 点満点で採点してもらい (Q2)、これらの項目について CS 調査を行った。満足度と各項目の評価の関係性から改善点を明らかにし、より活用できるアプリの作成を目指す。ここでは、各項目について 4 点以上の評価をした被験者の割合を満足率として CS グラフを作成した。

CS グラフでは、満足率が高く満足度との相関が強い項目、つまりグラフの右上にプロットされる項目が理想的とされている。一方で、グラフの右下にプロットされる項目は相関が強いにも関わらず満足率が低いため、改善の必要性があると判断できる⁴⁾。

また、改善が必要な度合いを表す改善度指数を算出した。改善度指数は、5 を超えるものは改善の検討が必要な項目となり、10 を超えるものについては改善が急務となる項目である⁴⁾。

断面力図・たわみアプリの CS グラフを図-9 に、改善度指数を表-2 に示す。CS グラフを見ると、画面構成や梁、たわみなどの図に関する項目は満足率が高く、反力や最大曲げモーメントなどの数値や文字に関する項目は満足率が低い結果となった。また、最も満足率が高い項目は「11 動きのなめらかさ」であった。改善度指数については、「7

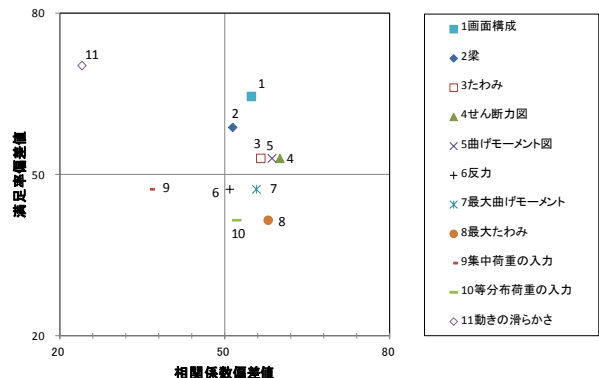


図-9 断面力・たわみアプリの CS グラフ

表-2 断面力・たわみアプリの改善度指数

	距離	角度	修正指数	改善度指数
1画面構成	15.37	116.99	-0.45	-6.97
2梁の画像	8.96	126.37	-0.59	-5.31
3たわみ	7.16	70.67	0.33	2.37
4せん断力図	10.40	62.34	0.46	4.83
5曲げモーメント図	9.04	65.06	0.42	3.81
6反力	2.78	-27.73	0.89	2.46
7最大・最小曲げ	6.25	19.83	0.94	5.88
8最大たわみ	11.47	-2.18	1.00	11.46
9集中荷重の入力	13.88	236.04	-0.56	-7.75
10等分布荷重の入力	8.67	-31.02	0.86	7.43
11動きの滑らかさ	33.07	186.98	-0.99	-32.83

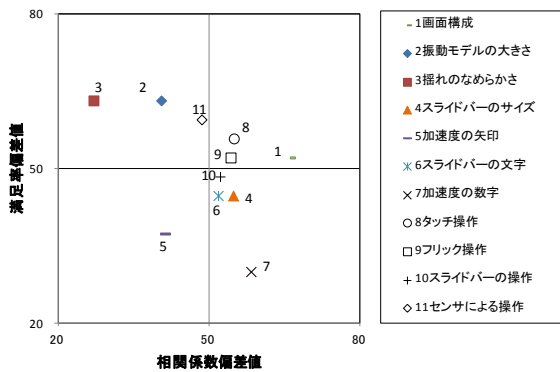


図-10 振動シミュレーションのCSグラフ

表-3 振動シミュレーションの改善度指数

	距離	角度	修正指数	改善度指数
1画面構成	16.25	52.12	0.61	9.98
2振動モデルの大きさ	16.17	170.98	-0.99	-15.97
3揺れのなめらかさ	26.43	195.31	-0.96	-25.49
4スライドバーのサイズ	7.22	-3.05	1.00	7.21
5加速の矢印	15.45	280.64	0.18	2.85
6スライドバーの文字	5.67	-26.15	0.90	5.09
7加速の数字	21.80	-22.46	0.92	20.15
8タッチ操作	7.56	94.00	-0.07	-0.53
9フリック操作	4.76	70.02	0.34	1.63
10スライドバーの操作	2.79	7.97	0.99	2.76
11センサによる操作	9.51	143.81	-0.81	-7.67

最大曲げモーメント」が 5.88, 「10 等分布荷重の入力」が 7.43 となり, これらは改善の検討が必要な項目である。「8 最大たわみ」については改善度指数が 11.46 となり, 10 を上回る数値であるため改善が必要な項目となる。

次に, 振動シミュレーションの評価について述べる。CS グラフを図-10 に, 改善度指数を表-3 に示す。CS グラフを見ると, 図の大きさや操作性に関する項目は高い満足率が得られているのがわかる。一方で, 文字や数値に関する項目は満足率が低く, 特に「7 加速の数字」は最も満足率が低い結果となった。改善度指数をみると, 「1 画面構成」が 9.98, 「4 スライドバーのサイズ」が 7.21, 「6 スライドバーの文字」が 5.09 となり, これらは改善の検討が必要な項目である。また, 「7 加速の数字」については改善度指数が 20.15 となり, 10 を大きく上回る結果となったため改善が必要な項目であることがわかった。

作成したアプリが教材として役に立つか (Q3) について 5 段階評価で回答を得たところ, 「思う」と回答した被験者が最も多く, 66% という結果となった (図-11)。このことから, 今回作成したアプリは教材としての活用に期待がもてる結果となった。

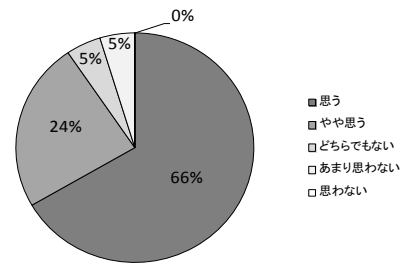


図-11 教材として役に立つか

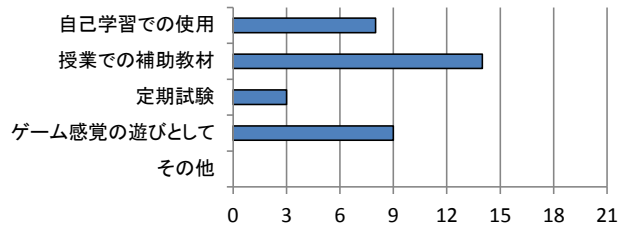


図-12 アプリの活用方法

作成したアプリの活用方法 (Q4) について選択形式, および複数選択可で回答を得ると, 「授業での補助教材」という選択した被験者は 13 名となり, 最も多い結果となった (図-12)。他にも, 「ゲーム感覚の遊びとして」や, 「自己学習での使用」と回答した被験者も多くみられた。

5. 結論

CS 調査で満足率を求めた結果, 図や操作性に関しては高い評価が得られた。しかし, 文字や数値に関する満足率は低いものとなっており, 限られた画面サイズで情報を見やすくすることが今後の課題となる。また, 改善度指数を求めた結果では, 改善の検討が必要な項目を明らかにすることができた。今後はこれらを改善し, さらに満足度の高い教材を目指す。

以上のように, 改善すべき点はいくつか挙げられたが, アプリを活用できる可能性をさらに見出すことができた。今後は, 明らかになった点を改善し, 継続的に新たなコンテンツの追加を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 武雄市教育委員会：
<http://www.city.takeo.lg.jp/kyouiku/> (参照 2013-11-20)
- 2) 油布拓也, 前稔文: 構造力学演習を例としたスマートフォンの教材アプリの作成と改善, 土木学会西部支部 第 68 回研究発表会講演概要集, pp. 837-838, 2012.
- 3) 前稔文, 松本裕司, 小林竜一: 構造力学教育における高機能携帯端末の導入についての検討, 日本建築学会・情報システム技術委員会 第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp. 213-216, 2013.
- 4) 菅民朗: らくらく図解アンケート分析教室, p.86, 2005.

*1 大分工業高等専門学校 機械・環境システム工学専攻
*2 大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 准教授 博士 (工学)
*3 京都工芸繊維 大学デザイン経営工学部門 助教 博士 (学術)
*4 無所属 修士 (工学)