

# 探求型 HTML 教材の教育利用とその効果について

木更津高専・基礎学系 阿部 孝之

Takayuki Abe, National Institute of Technology, Kisarazu College

木更津高専・基礎学系 山下 哲

Satoshi Yamashita, National Institute of Technology, Kisarazu College

## 1 はじめに

近年、学習指導要領の改訂が順次進められており、学生の知識および技能を重視した学びから、主体的・対話的な深い学びへと移行するために、アクティブ・ラーニング型授業の実践が求められている。これまで、高等学校や大学1・2年および高専におけるカレッジ級数学教育では、定理や公式を用いて問題を解く能力を養うことを重視していた。講義だけでなく演習も交えながら学生の主体的活動を促してきたが、数学的概念の難解さから定理や公式の形式的な利用に留まってしまい、本質的な理解には至らない場合が多い。新たな学習内容を学ぶために、学生が主体的に探求できるような教材を開発し、数学的概念の本質的理解を高めることが、将来、理学・工学等の専門分野で応用していくためには重要である。そこで、今回は  $-\theta$ ,  $\theta + \pi$ ,  $\frac{\pi}{2} - \theta$ ,  $\pi - \theta$  の三角関数の性質に関する探求型 HTML 教材を作成し、教育効果を調べるために実験授業を実施した。本稿では、その結果と今後の課題について報告する。

## 2 実験授業の概要

2021 年 2 月に木更津高専の機械工学科と情報工学科の 1 年生を対象として、探求型 HTML 教材を使用した実験授業をオンラインで実施した。テーマとしては、 $-\theta$ ,  $\theta + \pi$ ,  $\frac{\pi}{2} - \theta$ ,  $\pi - \theta$  の三角関数の性質を選定した。この単元は約 3ヶ月前に学習しているが、試験や課題の状況を見る限り、形式的に公式を覚えてだけで、なぜこれらの公式が成り立つかを十分に理解している学生は少ないことがわかっている。今回使用した探求型 HTML 教材はパソコンで利用することを前提に作成しており、パソコンユーザーとそれ以外のユーザーに分けて授業を行った。パソコンユーザーは下記の (1) から (4) を実施した。

- (1)  $-\theta$ ,  $\theta + \pi$ ,  $\frac{\pi}{2} - \theta$ ,  $\pi - \theta$  の三角関数に関する性質について、事前アンケートをとり、どの程度理解しているかを確認する。また、どの公式が理解しにくいのかやその理由について調査する。

### 事前アンケートの例

設問.  $-\theta$  の三角関数の性質について、正しいものを選んでください。

- ☐  $\sin(-\theta) = \sin \theta$
- ☐  $\cos(-\theta) = \cos \theta$
- ☐  $\tan(-\theta) = \tan \theta$
- ☐ 上記のいずれも正しくない。

- (2)  $-\theta$  の三角関数の性質に関する探求型 HTML 教材の利用方法を解説した 10 分程度の動画を視聴させる。この動画を見ることにより、 $-\theta$  の三角関数の性質を復習することができる。
- (3)  $-\theta, \theta + \pi, \frac{\pi}{2} - \theta, \pi - \theta$  に関する 4 種類の探求型 HTML 教材をパソコンにダウンロードして、実際に使用させる。
- (4) 事後アンケートを実施し、 $-\theta, \theta + \pi, \frac{\pi}{2} - \theta, \pi - \theta$  の三角関数に関する性質について、どの程度理解が深まったかを確認する。

パソコンユーザー以外の学生は、上記の (1), (2), (4) を実施した。事前アンケートでは、 $\frac{\pi}{2} - \theta$  の三角関数の公式が難しいと回答する学生が 68.4% と最も多かった。他の公式とは異なり、 $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \cos \theta$  のように  $\sin$  と  $\cos$  が入れ替わる点が混乱しやすい理由となっているようである。また、これらの公式について、理解はしていても符号を間違えるケースが多いという回答が多かった。パソコンユーザーが HTML 教材を使用した時間は、Microsoft Forms の記録から概ね 20 分から 30 分と推測される。探求型 HTML 教材を配付した直後に事後アンケートに回答した学生も数名いたが、1 時間近くをかけて取り組んだ学生もあり、多くの学生が意欲的に取り組んだと考えている。

### 3 探求型 HTML 教材の例

今回の実験授業で使用した探求型 HTML 教材は、図 1 のようなもので、下記の (1) から (4) の作業を行う。なお、教材の作成には統合型数学教材作成システム KeTCindy を用いた (参考文献 [1])。

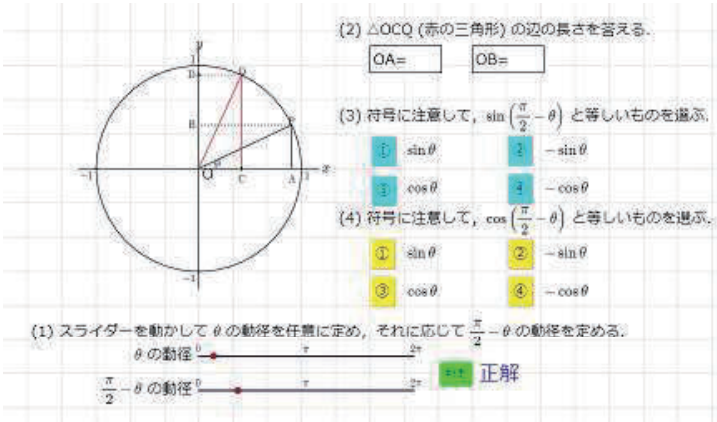


図 1  $\frac{\pi}{2} - \theta$  の三角関数の性質に関する探求型 HTML 教材

- (1) 0 から  $2\pi$  までのスライダーを動かして、 $\theta$  の動径を任意に定める。それに応じて  $\frac{\pi}{2} - \theta$  の動径を決定する。 $\frac{\pi}{2} - \theta$  の動径が正しいかどうかは判定ボタンを押すことで確認できる。

- (2) 画面に表示される2つの三角形  $\triangle POA$  と  $\triangle QOC$  を見て、線分  $OA$  と  $OB$  の長さと等しい辺をそれぞれ入力する．正解か不正解かは自動的に表示される．
- (3) 符号に注意して  $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$  と等しいものを選択肢から選ぶ．選択肢のボタンを押すと正解か不正解かが表示される．
- (4) 符号に注意して  $\cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$  と等しいものを選択肢から選ぶ．選択肢のボタンを押すと正解か不正解かが表示される．

$\frac{\pi}{2} - \theta$  の三角関数の性質が理解されにくい理由の1つとして、任意に定めた  $\theta$  から  $\frac{\pi}{2} - \theta$  の動径を正しく図示できないことが挙げられる．この教材は、(1) の作業で仮に「不正解」と画面に表示されたとしても、再びスライダーを左右に動かすとどこかで「正解」が表示されるようになっている．その位置を確認して、 $\frac{\pi}{2} - \theta$  という角の意味を理解することが期待できる．この教材の他に  $-\theta, \theta + \pi, \pi - \theta$  についての教材もあり、それぞれでスライダーを動かして正しい動径を見つけるという探求により、各公式の意味について理解を促すという点で、(1) の作業がこの教材の本質的な部分であると考えられる．

4 実験授業の結果

探求型 HTML 教材を使用した学生 45 名（A 群）と使用しなかった学生 33 名（B 群）について、それぞれの事前アンケートと事後アンケートの正解率（カッコ内は正解者数）を比較したところ、以下のような結果となった．

表 1 HTML 教材使用の学生とそれ以外の比較

|                          | 事前（A 群）    | 事前（B 群）    | 事後（A 群）    | 事後（B 群）    |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| $-\theta$                | 64.4% (29) | 54.5% (18) | 75.6% (34) | 63.6% (21) |
| $\theta + \pi$           | 64.4% (29) | 63.6% (21) | 75.6% (34) | 78.8% (26) |
| $\frac{\pi}{2} - \theta$ | 55.6% (25) | 54.5% (18) | 66.7% (30) | 45.5% (15) |
| $\pi - \theta$           | 51.5% (23) | 63.6% (21) | 77.8% (35) | 75.8% (25) |

A 群と B 群の事前アンケートの正解率を見ると、両者の間にはほとんど差がないことがわかる．一方、事後アンケートの正解率では、 $\frac{\pi}{2} - \theta$  の三角関数の性質について A 群と B 群の間に比較的大きな差があることがわかる．事後アンケートの正解率について、この差が有意であるかを調べるために  $t$  検定を行ったところ、以下の表のように有意差は認められなかった．

表 2 事後アンケートの A 群と B 群の正解率に関する有意差

|       | $-\theta$ | $\theta + \pi$ | $\frac{\pi}{2} - \theta$ | $\pi - \theta$ |
|-------|-----------|----------------|--------------------------|----------------|
| $p$ 値 | 0.259803  | 0.741809       | 0.062261                 | 0.836895       |
| 有意差   | 無         | 無              | 無                        | 無              |

今回の探求型 HTML 教材はパソコンで使用することを前提に作成しており，スマートフォンやタブレットでは操作性に問題がある．特に，動径の位置を決定するためにスライダーを使用しているため，パソコン以外では思った通りの位置に動径を調整することが困難であったとの意見が多く寄せられており，諦めてしまった学生もいたようである．パソコン以外の端末で教材を使用した学生が 12 名いたため，パソコンで教材を利用した学生 33 名（C 群）とそれ以外の学生 45 名（D 群）に分けて，それぞれの事前アンケートと事後アンケートの正解率（カッコ内は正解者数）を比較したところ，以下のような結果となった．

表 3 パソコンで HTML 教材使用の学生とそれ以外の比較

|                          | 事前（C 群）    | 事前（D 群）    | 事後（C 群）    | 事後（D 群）    |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| $-\theta$                | 63.6% (21) | 57.8% (26) | 84.8% (28) | 60.0% (27) |
| $\theta + \pi$           | 60.6% (20) | 66.7% (30) | 78.8% (26) | 75.6% (34) |
| $\frac{\pi}{2} - \theta$ | 54.5% (18) | 55.6% (25) | 75.8% (25) | 44.4% (20) |
| $\pi - \theta$           | 48.5% (16) | 62.2% (28) | 84.8% (28) | 71.1% (32) |

事前アンケートの結果を見ると，C 群と D 群ではやや D 群の方が優位に見えるが，探求型 HTML 教材をパソコンで使用した後の事後アンケートでは C 群の正解率の方がかなり高くなっている．事後アンケートの正解率に関する有意差検定の結果は以下の通りである．

表 4 事後アンケートの C 群と D 群の正解率に関する有意差

|       | $-\theta$ | $\theta + \pi$ | $\frac{\pi}{2} - \theta$ | $\pi - \theta$ |
|-------|-----------|----------------|--------------------------|----------------|
| $p$ 値 | 0.012679  | 0.741809       | 0.005248                 | 0.158860       |
| 有意差   | 有         | 無              | 有                        | 無              |

C 群と D 群を比較すると， $-\theta$  と  $\frac{\pi}{2} - \theta$  の公式について有意差があることがわかった．特に， $\frac{\pi}{2} - \theta$  の公式については有意水準 1% でも有意差が認められる．

## 5 まとめと今後の課題

前節で述べたように、我々が作成した探求型 HTML 教材は、講義一辺倒の授業にはない、学生自らが探求する活動を取り入れたことが功を奏し、三角関数の性質に関する理解を促す効果があったと考えられる。

今回はパソコンで利用することを想定して探求型 HTML 教材を作成したが、本来は学生がより気軽に利用できるスマートフォンやタブレット端末で操作が可能なものを作成したい。動径の決定にスライダーを用いており、これらの端末では操作がうまくできなかったため、入力方法について検討をする必要がある。スライダーの代わりに、角  $\theta$  や  $\frac{\pi}{2} - \theta$  などを数値で入力させて、動径が自動的に表示されるような教材を作ることも可能であるが、そのような入力方法で数学的概念の理解が深まるかどうかは不明である。また、今回は教材の使用方法を動画により解説したが、学生自らが予習や復習に利用できるようにするためには、教材を見ただけで自然に使えるような完成度の高いものにする必要がある。今後改良を加えたいと考えている。

学生が探求しながら学ぶことができる HTML 教材は、アクティブ・ラーニング型授業の実践には必要不可欠である。数学的概念の理解が難しいと思われる単元についてこのような教材を今後増やしていき、効果の検証と改良を重ねていきたいと考えている。

## 6 謝辞

本研究は JSPS 科研費 20K03140 の助成を受けたものである。

## 7 参考文献

- [1] M. Kaneko, S. Yamashita, K. Kitahara, Y. Maeda, Y. Nishiura, U. Kortenkamp, S. Takato, KeTCindy — Collaboration of Cinderella and KeTpic, The International Journal for Technology in Mathematics Education, 22-4, pp.179-185, 2015.