

高専生の図学教育における空間認識能力向上のための教材開発

Development of teaching materials for improvement of spatial recognition ability in technical college students' diagrams education

函館工業高等専門学校 ○正 員 山崎俊夫 (Toshio Yamazaki)

1. 本研究の背景

近年、教育の現場ではアクティブ・ラーニング(AL)の重要性が高まっている。また、教科書を使ってレクチャーを行い理解させる方法が、効率が悪い教育方法であるという指摘がある。板書の書き写しに終始するような授業はその典型であろう。一方、eラーニングの一形態であるCBT(Computer Based Teaching)が注目されている。教育現場ではALの重要性が声高に唱えられ、授業内容の改善に対する要求も日増しに強くなっている。こうした状況下においては、個々の教員レベルでも教材開発に取り組む必要性に迫られているといえる。

筆者は函館高専(以下、本校)の教員であり、デザイン・景観系の授業を担当している。近年、図学等の授業において学生の空間認識能力の低下を感じる。例えば、三面図による立体把握に欠陥がみられる学生がいる。これは心的回転(メンタル・ローテーション)に関する能力の問題である。しかし、これは図1に示すように隠れた面(図では左側面図)が想起できないという問題にとどまらない。平面図に描かれるべき傾いた正面部分が欠落している回答の方が多いという結果が得られた。また、正投影と透視投影による表現方法の違いを正しく理解できていない事例や、地図の読解ができないゆえに都市レベルでの空間把握が困難な事例もあった。こうしたことの原因として、デジタルゲームのやり過ぎが影響しているのではないかと懸念した。他方、幼いころからテレビゲームに親しみ、スマホを自由自在に操る世代である。ICT機器は直感的な操作方法で体験型の学習を可能とする。ICTデバイスを教育現場で活用することにより、学生の能動的な学びが促されるのではないかと考えた。

2. 本研究の目的

本校の旧学科の教育カリキュラムでは、1年生には「図学」という科目が用意され、三面図や正投影について学習していた。しかし、新学科のカリキュラムでは、1年生の「工学リテラシー」において、機械系の教員により三面図に関する学習を行っている。さらに、2年生の「創造デザイン」では作品課題の設計図を三面図で描かせている。しかし、3年生の「建設CAD・図学」において三面図の問題を出題したところ、図1のような結果となったものである。「建設CAD・図学」ならびに4・5年生の「構造設計製図」においてCAD製図を学習し、社会に出てから即戦力となるスキルを身に付けるものである。しかし、空間認識能力が身に付いていない状態でCAD製図を行うと、図面の単純な模写に陥ってしまう。CAD製図では、部材の外形線を、座標と寸法をテンキーで入力して描画する学習方法が取られている。部材を線画ではなく面として認識することができなければ、2次元の図面から3次元の立体をイメージすることは困難である。

2次元の設計図から3次元の構造物を製作する技術者には、2次元から3次元を想像し、3次元を2次元に落とし込む空間認識能力が必要である。こうした技術者を育成するためには、空間認識能力を向上させる教材を教育現場に導入することが必要である。空間認識能力を高めるためには、立体的な視覚認識を通じた3次元による教材ならびに教育ツールが必要である。本研究では、上記に述べた理由から空間認識能力向上のための教材の開発を目的とするものである。

3. 研究の方法

3-1. デバイスの選定

近年、ALによる授業を実践するためのデバイスとしてタブレット端末の活用が進んでいる。また、ウェアラブルデバイスの教育現場での活用の可能性を模索する動きもある。本研究では、20~40名を対象としたスクール形式の授業に採用することを視野に入れ、教材を使用するデバイスとして、タブレット端末を採用することとした。タブレット端末は、iOSとAndroidに大きく二分されるが、iOS向けの開発はXcodeによるビルドが必要であるのに対し、Android向けの方が手順が少ないというメリットがある。しかし、Android端末はiOS端末に比べて普及しておらず、当面の実験に必要な台数が確保可能かという問題点を抱えている。さらにウェアラブルデバイスとして、Head Mount Display(HMD)を仮想空

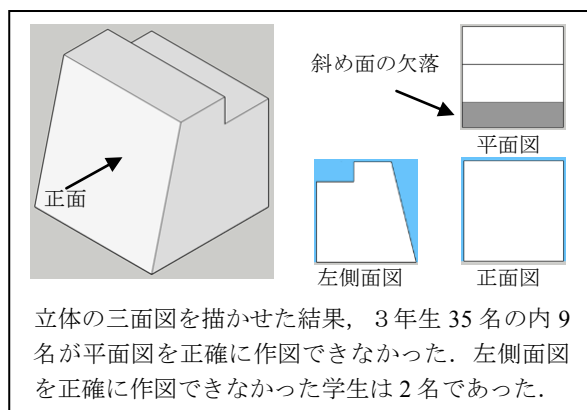


図1 三面図の作図課題

間の体験学習用として採用することとした。このようにタブレット端末とウェアラブルデバイスを用いることで、学生の学びへの取り組みが向上することが期待できる。

3-2. 開発用ソフトウェアの選定

開発用ソフトウェアについては、初心者でも導入可能であり、無料もしくは安価であり、MacOS、Windowsの両方に対応した（プラットフォームを選ばない）ことから、ゲームエンジンの「Unity」（Unity Technologies社）を採用することとした。「Monaca」（Asial Corporation社）、「Xamarin」（Microsoft社）も候補にあがったが、Web向けの教材開発やモバイルアプリ開発など、本研究が目的とするところの方向性の違いから採用しなかった。

3-3. 教材イメージ

研究当初に考えた教材イメージは、三面図と設計図と3次元立体を組み合わせたものである。例えば橋梁を事例として説明する。三面図をタップすると、寸法線と寸法を持った設計図が表示される。また、三面図の状態フリック（スワイプ）すると、三面図の各面が折り畳まれて3次元立体が現れる。3次元立体は自由な視点で鑑賞でき、自由に拡大縮小できる。3次元立体を正面から投影した状態に視点を移動させてタップすると三面図に戻る。こうした操作をタブレット端末において行い、橋梁の設計に関する理解を高める。また、HMDを使って3次元橋梁モデルの内部空間を移動する。ウォークスルーやバーズアイなど自由な視点による移動を仮想空間で体験する。仮想空間において橋梁等の設計対象物の構造等を体感することは、設計スキルの向上に繋がると考えられる。

4. ゲームエンジンによる3D教材の開発

4-1. シナリオ原案

函館新外環状道路の橋梁のたもとに、アバター（操作者の分身）が立っている。手にはタブレットを持っている。タブレット端末には橋の三面図が表示されている。この三面図を長押しすると、橋梁一般図が表示される。もう一度長押しすると三面図に戻る。今度は三面図をタップすると、3次元モデルの橋梁が表示される。この3次元モデルを指でフリック（ドラッグ、ピンチイン、ピンチアウト）すると、様々な方向から3次元モデルが表示される。そして、3次元モデルを長押しすると、VR空間の橋の中に移動し、橋の上を移動して周囲を見ることができる。

4-2. 画面遷移

1) (起動後) 初期画面→選択画面

画面に橋梁の立面図が表示され、見る橋梁をタッチして選択する。この選択画面は、【学習モード】と【試験モード】に切り換わる。

2) 学習モード

画面が上下左右に4区分され、右上に3次元モデルが表示される。

① 橋梁の三面図が表示される。

立面図をタップすると、立面図のみが表示される。同様に平面図、側面図も表示できる。立面図、平面図、側面図は「◀」「▶」ボタンの切り替えも可能である。「Enter キー」ボタンで三面図に戻る。

② 橋梁一般図を表示する。

三面図において何れかの画面を長押しすると、画面全体が橋梁一般図に切り換わる。ピンチイン、ピンチアウトにより図面を拡大縮小することができる。

③ 3次元モデルを表示する。

3次元モデルをタップすると、3次元モデルの橋梁が表示される。この3次元モデルを指でフリック（ドラッグ、ピンチイン、ピンチアウト）すると、様々な方向から3次元モデルが表示される。

④ 仮想空間に移動する。

3次元モデルを長押しすると、仮想（VR）空間に移動する。函館親外環状道路にアバターが立っている。初期視点はアバターを斜め後方から見下ろす視点だが、「視点変更」ボタンで一人称視点（FPS）に変更できる。「方向キー」ボタンでVR空間の中を移動し、カメラキーで視点を回転させる。このようにして橋梁を様々な視点（橋梁内部・上空など）から鑑賞することができる。

3) 試験モード

学習モードにより学習を終えた後に、試験モードに移行する。選択した橋梁の正しい平面図・立面図・側面図を選択肢から選ぶ。

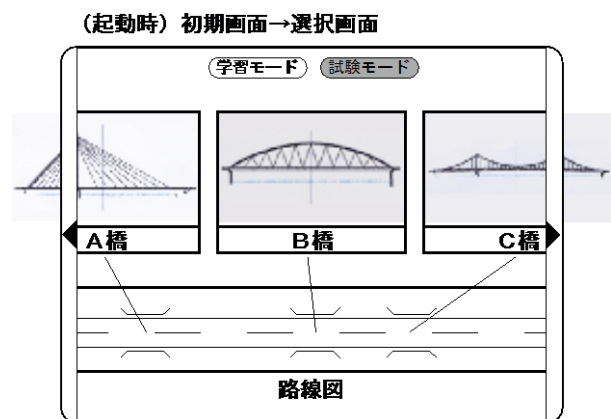


図2 選択画面（両モード共通）

【学習モード】三面図表示

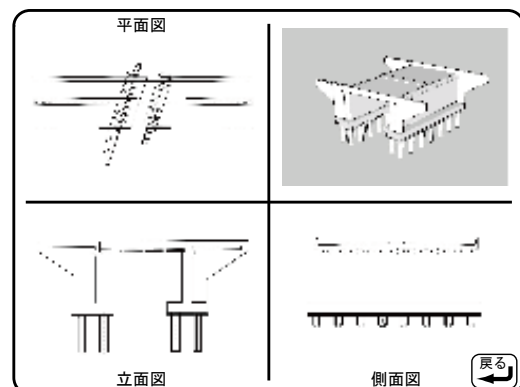


図3 三面図表示

【学習モード】三面図各図拡大表示

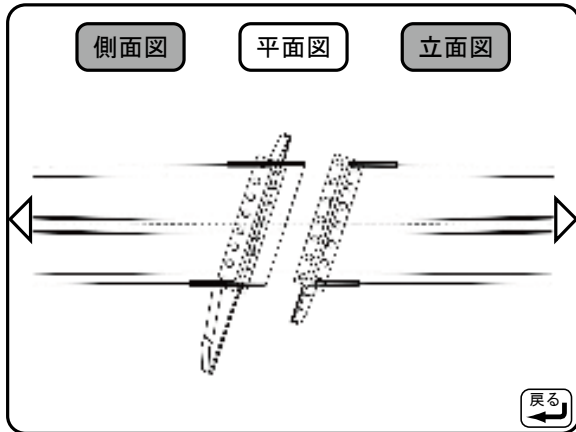


図4 三面図拡大表示

【学習モード】橋梁一般図表示

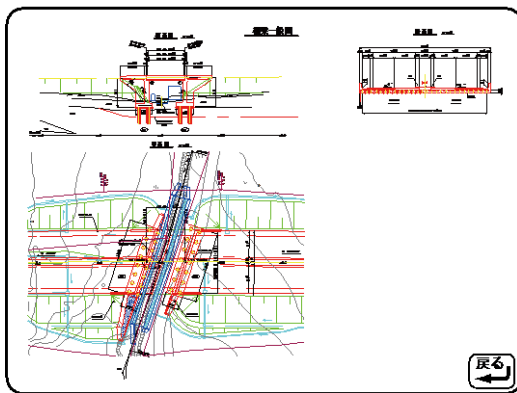


図5 橋梁一般図表示

【学習モード】3次元モデル表示

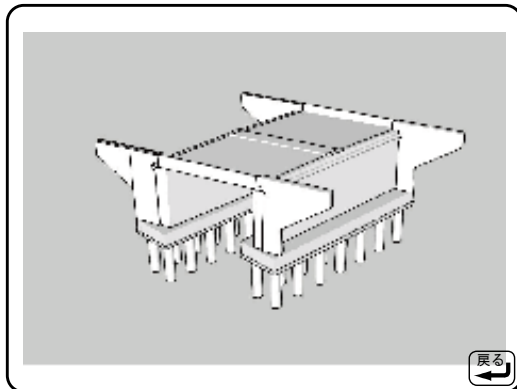


図6 3次元モデル表示

4-3. Unity による教材開発の手順

この教材では、函館新外環状道路に実在する橋梁を題材とした。函館新外環状道路 函館市 赤川改良工事の区間のうち、中野川橋を中心とする約 0.7km の区間であり、2本の跨道橋（亀田中野跨道橋・赤川跨道橋）を含む。入手した設計図（橋梁一般図・構造図など）の CAD データ（DWG ファイル／「AutoCAD」（Autodesk 社）の標準ファイル・フォーマット）より、3次元立体のモデルを「SketchUpPro」（Trimble 社）により作成し

た。同様に三面図の各面（平面図・立面図・側面図）を「AutoCAD」で表示した画面キャプチャにより作成した。この3次元モデルと三面図の各図面を、ゲームエンジンの「Unity」に読み込ませた。

5. 教育効果確認のための形成的評価の方法

5-1. 教材パッケージ

この教材を用いた学習の目標は、①物体の外観を鑑賞した結果から正しく三面図の各面をイメージできることと、②三面図（設計図）から物体の形状を正しくイメージすることができるようになることである。3次元 CG を用いることで、物体を手に取りるように確認することが可能である。ゆえに、こうした目標の達成が可能になると考えられる。そして、学習目標の達成を確認するために、メンタルローテーションに関する能力の確認テストを実施する。このテストは、事前と事後の2階に分けて実施する。事前テストでは、三面図から正しい物体の形状を選択することができるかを確認する。事後テストでは、CG の3次元形状から正しい三面図の各図面を選択することができるかを確認する。最後に、アンケート調査により CG の3次元形状により理解度が増したと思うかどうかを確認する。

5-2. 事前テスト・事後テスト

この教材による教育効果を、事前テストと事後テストの結果を比較することにより確認する。

事前テストは、この教材を使用していない学生を対象に実施する。このテストでは、橋梁のイメージ（写真・透視図など）を見せた後に、正しい三面図の各図面を選択肢から選ばせる。事後テストでは、橋梁一般図を見せた後に、正しい橋梁のイメージを選択肢から選ばせる。

事前テスト、事後テストそれぞれの正答数を比較する。事前テストより事後テストの正答数が増加しておれば、被験者は2次元の図面から3次元の立体形状をイメージする能力が高まったと判断する。

また、アンケートにより、理解度の向上について個人の感想を確認する。

6. まとめ

現在、この教材のプロトタイプを、当研究室の学生が卒業研究として開発中である。ユーザビリティ・テストを終えた後に、タブレット端末に実装して、実験を実施する予定である。そして、教材としての効果を事前・事後テスト並びにアンケートにより確認する。

本研究で使用した資料（橋梁一般図、構造図など）は、北海道開発局 函館開発建設部 函館道路事務所より提供を受けた。

本研究は、一般財団法人日本建設情報総合センターの研究助成を受けて進めている。