

プロジェクションマッピングを用いた中学校技術教材の試作

宮崎英一, 有友誠*, 渡邊広規**

(技術教育) (附属高松中学校)* (附属坂出中学校)**

760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部

*761-8082 高松市鹿角町394番地 香川大学附属高松中学校

**762-0037 坂出市青葉町1番7号 香川大学附属坂出中学校

Prototype of Junior High School Technology Teaching Materials using Projection Mapping

Eiichi MIYAZAKI, Makoto ARITOMO, and Hiroki WATANABE

Faculty of Education, Kagawa University, 1-1 Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522

**Takamatsu Junior High School Attached to the Faculty of Education, Kagawa University
394, Kanotuno-cho, Takamatsu, 761-8082*

***Sakaide Lower Secondary School Attached to the Faculty of Education, Kagawa University
1-7, Aoba-cho, Sakaide, 762-0037*

要旨 現在, プロジェクションマッピングは多くの場面で目にする事ができる。これらは実物の建物等を投影画面の対象として扱うだけでなく, その表面に映像を張り付ける(マッピング)する事で, 建物が視聴者に対して立体的な視覚感や特殊効果を与えるものであり, 生徒の興味関心も高いと思われる。プロジェクションマッピングは, 教室で使用している機材(コンピュータ, プロジェクター)で十分実現可能であるが, 使用するソフトウェアが技術教材としての目的を持っていないので, 技術教育における制御やプログラム等の学習効果が期待できない。そのため本研究では, このプロジェクションマッピング用のソフトウェアを自作する事で, これらの問題点を解決し, 技術教材としての制御・プログラム教材を提案するものである。

キーワード 技術教材, プロジェクションマッピング, プログラム学習, 制御

1. はじめに

最近、プロジェクションマッピングは図1に示すJR東日本における「TOKYO STATION VISION」¹や、香川ウォーターフロント・フェスティバルでの「平家物語 ウォータースクリーン絵巻 源平屋島合戦の巻」²等多くの場面で目にするようになってきた。プロジェクションマッピングとは投影画面の対象表面(建物等の実表面)に映像を投影(マッピング)する事で、対象物に立体的効果や特殊効果等の様々な視覚的效果を与えるものである。その結果、見る人に対して非日常的な感覚を体験させる事ができるので、この視覚的效果は大きいと言える。

本研究では、先に報告³したプロジェクションマッピング教材を用いて授業を行った結果、問題になった動画作成の手順等を改良し、中学校技術教材として授業に取り入れやすいプロジェクションマッピング教材に改良したものを報告する。



図1 TOKYO STATION VISION

2. プロジェクションマッピング

プロジェクションマッピング⁴は、基本的に図2に示すように、コンピュータと画像を投影するプロジェクターがあれば実現可能である。このため、中学校現場でもシステムの構成は簡単に行えると言える。しかし、問題

・コンピュータ



・プロジェクター



図2 要求されるハードウェア

になるのがプロジェクションマッピング用ソフトウェアである。

このソフトウェアに関する問題点を明らかにするため、最初にプロジェクションマッピングの原理⁵を図3を用いて説明する。例として、ここでは壁の丸い部分にのみプロジェクションマッピングを行うものとする。通常のプロジェクション(投影)は、プロジェクターを用いて、単純にその表面に画像を投影しただけのものである。このままでは何の視覚的效果もなく、表面に平面画像が投射されているだけである。そこで、まず投射部の丸い部分の大きさと位置を合わせて画像を切り抜く(マスクを作成する)。この画像を投影すると壁の丸い部分にのみ、画像が投影される。次にこのマスクをした画像(平面画像)に立体感を持たせるように陰影等の3D処理等を行う。最終的にこの画像を対象物に投射したものがプロジェクションマッピングとなる。

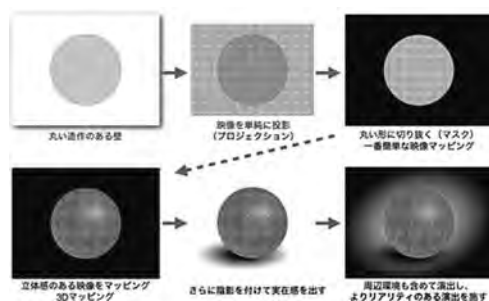


図3 プロジェクションマッピング原理

プロジェクションマッピングを用いた中学校技術教材の試作

このためプロジェクションマッピングを行うには、動画の時間的制御と投射オブジェクトへの投影制御の両者を同時に実行するプログラムが要求されるので、専用ソフトウェアが利用される事が多い。その結果、汎用的なソフトウェアと比較して高価であったり、操作手順が複雑であったりするだけでなく、教材として考えられていないので、教育現場での導入は極めて困難である。

そこで本研究では橋本⁶の手法を用いて、複雑な手順を経ずに、簡単にプロジェクションマッピングが行えるシステムを試作した。これはテクスチャマッピングを用いて図形の表面に動画像を貼り付ける事で実現される。テクスチャマッピングは通常、静止画を貼り付ける事が多いが、ここでは動画を貼り付けている（ビデオテクスチャ）。その後、プロジェクションマッピングでは、実空間に存在する投射対象の形に合わせて貼り付ける動画を構成する必要がある。しかし、実際の対象物と貼り付ける動画は位置、大きさが異なるので、マウス等を用いて目視しながら、実空間に存在する投射対象と貼り付ける動画を合わせる。

更に本研究では、中学校教材として使用するために、図4に示すような投射制限を設けた。ここでは実空間の投射オブジェクトを直方体（6面体、図5a）を参照）2体に限定し、この表面のうち、可視領域の3画面（A1, A2, A3およびA11, A22, A33）にのみ投影を行う。また、プログラム学習の題材として

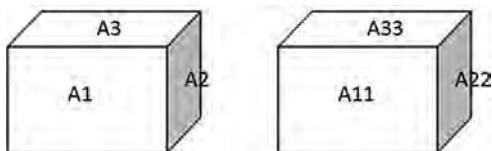
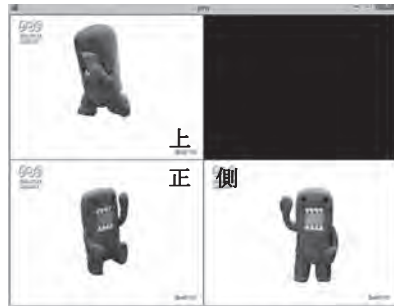


図4 動画を貼り付ける各画面の制限



a) 実空間の投射対象物体



b) 投影基本画面



c) 修正中画面



d) 修正完了

図5⁷ マッピングデータ投影

取り扱うために、表示する動画は、各投影面に塗りつぶす動画のみとした。

本研究で試作した実表面への動画貼り付けの流れを図5で示す。同図a)が実空間の投射対象図形のモデルである。ここではサイコロのような直方体とした。同図b)が先に述べたビデオテキストチャを用いた投影したい画像(動画)である。ここでは可視領域の3画面に動画を投影するので、正面、上面、側面の3画面が見えている。同図c)がマウスを用いて頂点を移動させ、位置調整を行っている。このように各動画の頂点を投射物体の頂点に合わせて移動させる事で最終的に同図d)の状態となり、同図a)の表面にプロジェクションマッピングを行う事が可能となる。

この手法の利点は、投影対象の大きさとプロジェクターの位置を測定する等の複雑な前処理(プリプロセッシング)がなく、マウスの操作だけでその場でのリアルタイムマッピングが可能な事である。このため、中学生を対象とした場合でも、簡単な操作だけでプロジェクションマッピングを行う事が可能になった。

3. プログラム教材としての拡張

上記の方法を用いてプロジェクションマッピングを中学校の学習教材として考えた場

合、最も大きな問題はソフトウェアにプログラム学習用教材となる部分が含まれていない点である。このままでは、指導要領に記載されている技術領域⁸に関する制御やプログラム領域の学習効果が期待できない。

そこで本研究では、物体に投影する動画を作成させるプログラムにプログラム学習機能を持たす事で、これらの問題点を解決し、プロジェクションマッピングを中学校技術のプログラム学習教材とした。

3.1 動画データの作成手順

本研究で試作したプロジェクションマッピングのデータ作成から投影までの手順を図6に示す。同図1)のエクセルによるマッピングデータの作成が、技術教育における「制御・プログラム」領域の教材としての機能を有する。動画の作成に関しては、エクセルが直接画像を生成するのではなく、画像を生成するプログラムのソースコードを生成する。ここではVBAを用いてProcessing言語のソースコードを自動的に生成している。このProcessing言語のソースコードをコンパイルする事で画像を生成する実行形式のプログラムが作られる。

同図2)に示す動画生成プログラムを実行すると、同図3)に示す各投影面に投射さ



- 1) データ作成 2) 動画作成プログラム 3) 連番静止画 4) 動画変換

図6 プロジェクションマッピングの動画データ作成手順

れる動画データのもとになる連番静止画が自動生成される。この連番静止画を同図4)に示すように連結していくと動画となる。同図2)～4)の項目は、マッピングの動画データを製作するものであり、プログラム教材としての機能は無い。よってこの部分は生徒側からはブラックボックスであり、その内容を知る事は必要ない。本研究では、この部分はコンピュータ側のプログラムで全て自動的に処理し、最終的にはマッピング用動画データだけが出力される。これらの操作をエクセルのマクロから処理を記述したバッチファイル呼び出して実行している。このバッチファイルを図7に示す。ここでは最初に前回のデータの影響を避けるために、作業ディレクトリのクリアしている。その後、静止画生成→動画生成のシーケンスが実行されている。

前回の報告³では、この部分に一部手動操作を含んでいたため、実際の教育現場での運用は困難であった。しかし本研究ではプログラムを改良して1つのボタンを押すだけで画像生成までが可能になっているので、教材として使用した場合、時間や手間の面からも先生にも生徒にも負担をかけないシステムとなった。

```

1 rmdir /q /s "A1framesY"
2 rmdir /q /s "A2framesY"
3 rmdir /q /s "A3framesY"
4
5 mkdir "A1framesY"
6 mkdir "A2framesY"
7 mkdir "A3framesY"
8
9 del A1.mp4
10 del A2.mp4
11 del A3.mp4
12
13 静止画生成:
14 C:\Users\miya\Desktop\Bin\processing-2.2.1\processing-
15 C:\Users\miya\Desktop\Bin\processing-2.2.1\processing-
16 C:\Users\miya\Desktop\Bin\processing-2.2.1\processing-
17
18 静止画→動画変換:
19 ffmpeg -r 30 -i "A1framesY%04d.png" -an -vcodec lib
20 ffmpeg -r 30 -i "A2framesY%04d.png" -an -vcodec lib
21 ffmpeg -r 30 -i "A3framesY%04d.png" -an -vcodec lib
    
```

図7 動画生成バッチファイル

3.2 プログラム学習教材

本研究では、上記で述べたようにプログラム学習教材としては「実空間の対象物のどの画面をどの色で何秒光らすか」というシーケンシャルなプログラムの手順を学習する事を目的とした。

ここでは動画の作成に表計算ソフトとして学習される事が多いエクセルを利用するので、普段使いなれたソフトをそのまま使用でき、プログラムの作成にのみ時間を集中できる。その結果、マッピングソフトウェアの使い方を学ぶという、本来の目的ではない事に時間を取られないという利点が発現出来た。本研究で作成したマッピングデータ作成用のエクセルのシートを図8に示す。ここでは実空間の各可視投影面(A1, A2, A3)に対して、それぞれ何秒間・何色で発光させるかを記述している。各セルには、各面の色と表示時間を記入し、ボタンを押すだけで動画作成用のプログラムソースコードが完成する。このデータを元にオブジェクトに投影する動画を自動生成していく。プログラムの学習内容に関しては先行研究として、中学校技術教育の「制御・プログラム」領域において渡邊がおこなった信号機の点滅プログラム⁹(時間軸を基準として、歩行者の動きまでを考慮した点灯時間のシーケンス)教材と内容的に合致している。

	A	B	C	D	E	F	G
1	時刻	0	3	4	5	6	9
2	A1	白	赤	緑	紫	白	赤
3	A2	白	青	水	赤	白	赤
4	A3	白	黄	青	白	白	赤
5	表示時間	3	1	1	1	2	2
6							
7							
8	黒赤黄緑水青紫白						
9							
10							
11							
12	動画作成!						
13							
14							
15							

図8 動画作成エクセル画面



図9 静止画生成中画面

3.3 動画生成プログラム

この動画生成プログラムを実行すると図9に示したように1秒間あたりに60枚の静止画が自動的に生成される。本研究で投影対象とした実空間の物体は、可視投影面を3面(A1, A2, A3)持っているの、各画面に対してそれぞれ静止画を生成する必要がある。ここでは3画面の画像生成(レンダリング)を3つ並列で行っている。このため前回報告³したプログラムと比較してレンダリング時間が1/3に短縮され、授業中の待ち時間も減るので、数多くのレンダリングが可能になった。その結果、授業中での生徒の興味・関心を持続させやすいプログラム開発環境を提供できた。また同図の「赤」、「黄」、「青」の四角形は生成中の各静止画面(A1, A2, A3)を示している。このようにレンダリング中にリアルタイムで画像を確認できるので、マッピング操作を行う前にプログラムの確認を行う事が可能となり、プログラムのミスを発見し易くなった。

3.4 動画のマッピング

マッピング動画データが生成されれば、このデータを実際のオブジェクト表面に投影する。オブジェクトにずれ無くマッピング動画を投影するためには、投影動画をオブジェクトの表面形状に合わせるソフトウェアが必要

```

1 |beginShape();↓
2 |  texture(mov);↓
3 |  vertex(pos[0][0], pos[0][1], 0, 0);↓
4 |  vertex(pos[1][0], pos[1][1], mov.width, 0);↓
5 |  vertex(pos[2][0], pos[2][1], mov.width, mov.he
6 |  vertex(pos[3][0], pos[3][1], 0, mov.height);↓
7 |endShape(CLOSE);↓
8 |[EOF]

```

図10 動画貼り付けプログラム

となる。多くの場合、専用ソフトウェアを用いる事が多いが、これらはプロユース用が多く、ソフトウェア本体が高価な事や、操作方法の習得等の問題から、生徒用の教材としては取り扱いにくい。

そこで、本研究では上記で述べたように、橋本のプログラム5を元に、これに3画面の独立した動画を投影できる拡張を行った。その動画貼り付け部分のプログラムを図10に示す。同図の式番号2が「MOVで定義された動画」を張り込むテキストチャとして定義している。式番号3～6が貼り付ける対象の各頂点座標と対応する動画の頂点座標を定義している。これだけで、ビデオテキストチャが実現できる。このルーチン操作が1画面分に相当するので、投影対象1物体につき、この操作を全画面分行う必要がある。本研究では投影対象2物体で計6画面分の動画を生成している。

上記で述べたように、この動画を図4のc), d)のような手順で実空間の投影対象と位置合わせを行う必要がある。このプログラム部分を図11に示す。同図の式番号2の「POS []」が投影されている動画の位置を示している。よって、式番号2がマウスにより

```

1 |if (mousePressed && selected >= 0) {↓
2 |  pos[selected][0] = mouseX;↓
3 |  pos[selected][1] = mouseY;↓
4 |  }↓
5 |[EOF]

```

図11 画像の位置合わせ

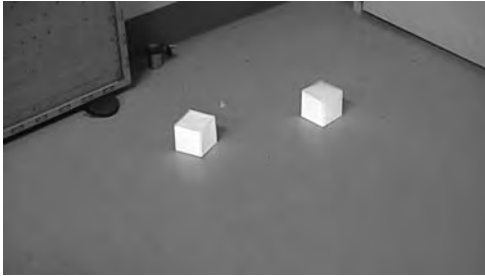


図12 a) プロジェクションマッピング投影



図12 b) プロジェクションマッピング投影1

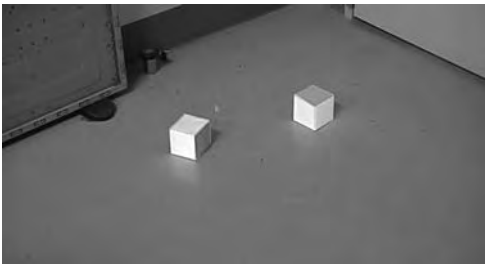


図12 c) プロジェクションマッピング投影2

選択移動された頂点のX座標を式番号3がY座標を投影画像の座標に代入する操作を示している。このようにして投影する動画の位置をマウスの操作だけで簡単にリアルタイムで修正する事が可能となった。

これらのことを用いて、2つの投影物体に対してプロジェクションマッピングをおこなった結果を図12に示す。同図a)は投影前の画像で、投射対象となる2つの立体表面は白色(紙の色)となっている。これにプロジェ

クションマッピングを行うと、同図b), c)で示すようにプログラムで指定した色で塗りつぶしが行われている。このようにエクセルで動画を生成するプログラムからボタン1つで、このような動画が生成され、これを実空間の物体表面に投影する事でプロジェクションマッピングが行えた。

4. さいごに

本研究では、最近急速に普及してきたプロジェクションマッピングを題材として中学校技術の制御・プログラミングを学習する教材を試作した。プロジェクションマッピング自体は大きな視覚的インパクトを持つため、本教材を用いる事で生徒の技術教育に関する興味・関心を持たす事は可能であると考えられる。

本研究では普段使い慣れたエクセルを使用してプロジェクションマッピング用の動画データが簡単に作成できるようになった。さらに、プロジェクションマッピングのマッピング操作もマウス操作だけで簡単に行う事が出来るので、日常生活ではブラックボックスとして見過ごされがちなプログラムに関心をもたらす事も可能となった。今後は、本教材と様々な外部インタフェースと組み合わせる事で、制御までも視野に入れた教材の開発を行いたい。

5. 謝辞

本研究では香川大学教育学部における平成26年度「学部教員と附属学校園教員による共同研究プロジェクト」の一部として行われたことを記して謝意を示す。

6. 参考文献

¹ 東京駅丸の内駅舎保存・復原 完成記念イ

- ベント, 「TOKYO STATION VISION ー トウキョウステーションビジョンー」の開催について
<https://www.jreast.co.jp/press/2012/20120906.pdf>, 2012, 9
- ² チームラボと香川 夏のデジタルアート祭り, 「香川ウォーターフロント・フェスティバル」<http://kagawa.team-lab.net/>, 2012, 7
- ³ 平成26年度「学部教員と附属学校園教員による共同研究プロジェクト」発表要旨集, 2014
- ⁴ プロジェクション・マッピング入門, MASARUOZAKI, 玄光社 2013
- ⁵ 建物がスクリーンに！今話題の「プロジェクションマッピング」とは?, <http://www.hivelocity.co.jp/blog/30189>
- ⁶ Processingで手抜きプロジェクションマッピング工学ナビ<http://d.hatena.ne.jp/kougaku-navi/20120109/p1>
- ⁷ どーもくん 激しくダンス 白バック素材「どーもくんの映像 (C) NHK・TYO」http://www1.nhk.or.jp/creative/material/18/D0002040242_00000.html
- ⁸ 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編, 文部科学省, 2008
- ⁹ 平成26年度教育研究発表会 附属坂出中学校 渡邊広規