

# 3次元物体推定による位置可変 プロジェクションマッピング

立命館大学

情報理工学研究科

博士課程前期課程 情報理工学専攻

学生証番号 6611140013-0

総谷美沙樹

2014年2月8日

# 概要

本文書は，卒業論文を作成する際のヒントや注意事項を述べる．また，このファイル自体が  $\text{\LaTeX}$  を使用して卒業論文を作成する際のテンプレートになることも想定している．なお， $\text{\LaTeX}$  を使用する上での注意事項は付録を参照のこと．

概要は論文全体の概要を書くこと．論文の最初に置かれるが，イントロダクションではない．結論まで含めて書く．論文執筆の際には本文を全部書きあげてから，概要を書いた方が書きやすい．

# 目次

第 1 章	緒言	1
1.1	研究背景 . . . . .	1
1.2	研究目的 . . . . .	2
1.3	論文構成 . . . . .	2
第 2 章	Ubiquitous Display (UD)	3
2.1	ハードウェア構成 . . . . .	3
2.2	ソフトウェア構成 . . . . .	3
2.3	座標系定義 . . . . .	3
第 3 章	UD によるプロジェクションマッピングの手法	4
3.1	プロジェクションマッピングする際の条件 . . . . .	4
3.1.1	UD がプロジェクションマッピングを行う環境 . . . . .	4
3.1.2	投影対象の位置 . . . . .	4
3.1.3	投影対象の認識 . . . . .	5
3.2	提案システムの概要 . . . . .	5
3.3	読み込むファイル . . . . .	5
3.4	投影対象のモデルデータ . . . . .	5
3.4.1	モデルデータの初期位置 . . . . .	5
3.4.2	モデルデータの初期位置ファイル . . . . .	5
3.4.3	初期位置合わせ . . . . .	6
3.5	位置姿勢推定 . . . . .	6
3.6	投影 . . . . .	6
第 4 章	実験	7
4.1	実験方法 . . . . .	7
4.2	実験環境 . . . . .	7

4.3	実験結果 . . . . .	7
第 5 章	結言	8
	参考文献	10
付録 A	以下, いろいろ	11
A.1	李研学位論文における共通項目 . . . . .	11
A.1.1	論文の構成 . . . . .	11
A.1.2	ページ番号 . . . . .	12
A.1.3	章タイトルおよび章番号 . . . . .	12
A.1.4	目次 . . . . .	12
A.1.5	参考文献への参照 . . . . .	12
A.1.6	図の挿入 . . . . .	13
A.1.7	表の挿入 . . . . .	13
A.1.8	その他 . . . . .	14
A.2	図や表の挿入の仕方 . . . . .	14
A.2.1	図の挿入の仕方 . . . . .	14
A.2.2	表の挿入の仕方 . . . . .	16
A.3	リンクの色 . . . . .	16
A.4	BibTex の使い方 . . . . .	17
A.4.1	手書き . . . . .	17
A.4.2	半自動 . . . . .	17

# 図目次

A.1	隣り合った 2 つの図 . . . . .	13
A.2	図の取り込み例 (PNG) . . . . .	15
A.3	図の取り込み例 (EPS) . . . . .	15

# 表目次

A.1	表の例：枠あり/文字中央寄せ . . . . .	16
A.2	表の例：枠なし/文字左寄せ and 文字右寄せ . . . . .	16

# 第 1 章

## 緒言

### 1.1 研究背景

近年、プロジェクションマッピングは視覚的表現方法のための新しいアプローチとして注目されている。プロジェクションマッピングはイベント、舞台、ライブといった様々な場面で活用されている。ここ数年では、東京駅や大阪城といった屋外の建築物に対してプロジェクションマッピングが行われた [1]。そのため、人々のプロジェクションマッピングの認識が高まっている。

従来のプロジェクションマッピングは、プロジェクタを固定し、投影する対象の形状に合わせて映像を生成する必要がある。投影する対象を動かした場合や投影する位置を変えた場合、再びその投影位置から投影対象の形状に合わせて映像を作成しなければならないため、再利用性に欠け、プロジェクションマッピングの製作者の手間がかかる。

投影する対象が立像や建物などの静的物体に対して、素早い動きをする動的な物体にプロジェクションマッピングを行うために、カメラなどの計測機器を用いて動きを計測し、投影を行うといった研究なども行われている。藤本らは手によって変形可能な柔軟物体に部分的読み取り可能なマーカパターンを配置し、柔軟物体の局所的な位置の推定を行うことで、柔軟物体に対して幾何学的整合性のあるテクスチャマッピングを実現している [2]。また、橋本らは高速度赤外カメラを用いて、手の動きを予測し、その結果を投影映像に反映させることによって手がある位置にプロジェクションマッピングを実現している [1]。しかし、投影する対象が複数存在した場合、投影する対象全てにセンサやプロジェクタを配置してプロジェクションマッピングを行うにはコストが多くかかる。そこで、ロボットにセンサとプロジェクタを搭載させることで上記の問題点が解決できると考えられる。

ロボットで投影を行う場合、自己位置推定を行い、投影する対象に投影可能な位置まで移動する必要がある。ロボットの既存の自己位置推定のひとつにオドメトリを用いた

手法がある．しかしオドメトリのような積分型の姿勢推定は累積誤差をもつ．そのため，ロボットが移動するにつれて，推定される姿勢の誤差が大きくなっていく [4]．また，ロボットが外界センサと環境地図から自己位置を推定する場合，センサの誤差や環境地図と自己位置との誤対応からの自己位置推定に誤差が発生する．さらに，ロボットのセンサを使用して地図と自己位置同期する場合でも，センサにのった誤差や環境との誤対応が生じることがある [5][6]．このロボットの立ち位置から投影対象の位置を計測すると，ロボットが認識している立ち位置と実際の立ち位置が異なるため，投影対象とずれた位置にプロジェクションマッピングがされてしまう．

## 1.2 研究目的

前節で述べたように，ロボットで投影する対象にプロジェクションマッピングを行う場合，自己位置推定による移動は精確ではないため，投影する位置にずれが発生するという問題がある．そこで本研究では，ロボットの位置から投影する対象の位置姿勢推定を行うことにより，投影位置の補整を行い，プロジェクションマッピングを達成する手法を提案する．

## 1.3 論文構成

本論文の構成を以下に述べる．第2章では，本研究で使用するロボットについて，ハードウェア構成とソフトウェア構成，そして座標系について述べる．第3章では，本論文で提案するロボットによるプロジェクションマッピングを実現するために提案した手法について述べる．第4章では，提案手法の実験を行い，その結果と考察について述べる．第5章では，本論文のまとめと今後の課題について述べる．



## 第 2 章

# Ubiquitous Display (UD)

### 2.1 ハードウェア構成

### 2.2 ソフトウェア構成

### 2.3 座標系定義

## 第 3 章

# UD によるプロジェクションマッピングの手法

第 1 章で述べた課題に対する提案手法を詳しく説明する．章の見出しは「提案手法」とするのではなく，提案内容がわかるように工夫する．

### 3.1 プロジェクションマッピングする際の条件

UD がプロジェクションマッピングを行う際，以下の条件のもとでおこなっている．1. 環境にセンサが設置されていない 2. UD は環境地図をもっており，投影対象の位置を事前に認識している 3. UD は投影対象の 3 次元モデルを事前に持っている以下に上記で述べた条件を設けた理由について述べる．

#### 3.1.1 UD がプロジェクションマッピングを行う環境

本研究では UD は広範囲を移動することを考慮している．その理由として，UD は複数の投影対象に対してプロジェクションマッピングするため，投影対象にプロジェクションマッピングを終えた後，他の投影対象の前まで移動する．このとき他の投影対象が事前に投影していた投影対象と近い位置に設置されているとは限らない．そのため，ロボットが移動する範囲が広範囲となり，ロボットが移動する環境にセンサを設置することはコストがかかる．このことから，条件 1 を設定した．

#### 3.1.2 投影対象の位置

本研究では UD は事前に環境地図を持ち，投影対象の位置を認識している．この環境地図を参照して UD は投影対象の前まで移動を行い，投影対象の位置にプロジェクタを

回転させる．数か所に配置された投影対象に対して，各投影対象の前まで移動を行うが，仮に投影対象の位置が変更されても投影対象の位置を指定さえすれば，容易に投影対象の前に移動を行うことは可能である，このことから，条件 2 を設定した．

### 3.1.3 投影対象の認識

1 章で述べたように，自己位置推定は環境マップやロボットのセンサを使用しても精度が不十分であり，投影位置に影響を及ぼしてしまう．そこで投影対象の 3 次元モデルを事前に持ち，3 次元モデルとロボットからみた投影対象の点群の位置姿勢推定を行うことで投影する位置が固定された位置でなくても，ロボットから見た位置からのプロジェクションマッピングを実現することが可能である．また，複数の投影対象に対してプロジェクションマッピングを行うのでプロジェクションマッピングを行う投影対象の 3 次元モデルを生成することにより，生成した 3 次元モデルの投影対象にプロジェクションマッピングがが可能になる．そのため，条件 3 を設定した．

## 3.2 提案システムの概要

\section 見出し

### 3.3 読み込むファイル

### 3.4 投影対象のモデルデータ

\subsection 見出し

#### 3.4.1 モデルデータの初期位置

\subsection 見出し

#### 3.4.2 モデルデータの初期位置ファイル

\subsection 見出し

3.4.3 初期位置合わせ

3.5 位置姿勢推定

3.6 投影

## 第 4 章

# 実験

4.1 実験方法

4.2 実験環境

4.3 実験結果

## 第 5 章

# 結言

最後に結論をまとめる．原則として，新たな内容は書かずに今まで書いたことを再度まとめて書く．

また，今後の課題（やり残していること）についても最後に触れる．

# 謝辞

謝辞を書く．謝辞には章番号はつかない．

# 参考文献

- [1] 祥平酒巻, 直己橋本, “動的なプロジェクションマッピングにおける遅延補償手法”, 映像情報メディア学会誌, pp. 78–284, 2015.
- [2] athor1, author2, “title2”, booktitle2, pp. 137–142, 2010.
- [3] athor1, author2, “title2”, booktitle2, pp. 137–142, 2010.
- [4] athor1, “title3”, booktitle3, pp. 134–143, 2013.



# 付録 A

## 以下，いろいろ

ここより下の部分はアドバイスの何かなので実際に論文を書く際は削除して使用してください。

### A.1 李研学位論文における共通項目

李研内での学位論文（卒業論文・修士論文）のフォーマットを定める．このフォーマットは 2013 年度 M2 の議論と李先生のアドバイスで定めた．

#### A.1.1 論文の構成

基本的に以下の順で論文を構成する．

1. 表紙
2. 概要
3. 目次
4. 図目次
5. 表目次
6. 第 1 章 緒言
7. 第 2 章～第  $n-1$  章
8. 第  $n$  章 結言
9. 謝辞
10. 参考文献

### A.1.2 ページ番号

ページ番号の振り方は以下に従う。

- 概要～表目次までは，ローマ数字で i, ii, iii, iv, ... のように振る。
- 本文（第 1 章）～最後のページまではアラビア数字で 1, 2, 3, 4, ... のように振る。

### A.1.3 章タイトルおよび章番号

論文では，第 1 章と最終章の章タイトルを「はじめに-おわりに」，「序論-結論」などのように対応させることが多い。

李研における学位論文では以下のように定める。

- 第 1 章は「緒言」。
- 最終章は「結言」。
- 謝辞および参考文献には章番号を付けない。

### A.1.4 目次

目次に表示する見出しのレベルを定める。

- 目次に記述する見出しは項（a.b.c）まで。項より下のレベル（a.b.c.d）は記述しない。
- 参考文献は目次に記述する。
- 謝辞は目次に記述しない。

### A.1.5 参考文献への参照

参考文献への参照の書き方は以下のような例が挙げられる \*<sup>1</sup>。

1. 筆者ら [2] は～を提案している。
2. 筆者らは～を提案している [2]。
3. [2] では～が提案されている。

李研では 2 と同じ記述の仕方をを行う。以下に例を挙げる。

---

\*<sup>1</sup> ここで出てくる“筆者ら”とは参考文献の著者を示す



(a) 左の図

(b) 右の図

Fig. A.1 隣り合った 2 つの図

例 1 筆者らは～を提案している [2].

例 2 本手法では～を用いて検証を行った [2,3].

例 3 ～に関する研究が多く行われている [2–4].

### A.1.6 図の挿入

図を挿入する際の注意点を述べる.

- 図はページの上または下に配置する．文中には配置しない．
- キャプションは図の下側に “Fig. x Description of the figure” のように記述する．
- 修士論文ではキャプションを英語で書く．卒業論文では日本語でも英語でも OK.
- 全ての図は必ず本文中で参照する．
- 複数の図を横に並べて配置しない．配置したい場合は Fig. A.1 の Fig. A.1(a), Fig. A.1(b) のように，1 つの Fig. として扱い (a), (b) のようにする \*2.

### A.1.7 表の挿入

表を挿入する際の注意点を述べる.

- 表はページの上または下に配置する．文中には配置しない．

---

\*2 全く関係ないけど全角 ( ) と半角 ( ) は表示のされかた (見え方) が違うので注意

- キャプションは表の上側に “Table x Description of the table” のように記述する.
- 修士論文ではキャプションを英語で書く. 卒業論文では日本語でも英語でも OK.
- 全ての表は必ず本文中で参照する.
- 複数の表を横に並べて配置しない.

### A.1.8 その他

- 「本稿では～」という表現を用いない
  - 学位論文 (thesis) では, 「本論文では～」という表現を用いる.
  - 学会論文 (paper) では, 「本稿では～」でも OK.
- 節 (項) が 1 つしかない章 (節) をつぐらない.
  - 間違った例 1  
第 2 章に 2.1 節しか存在しない.
  - 間違った例 2  
3.2 節に 3.2.1 項しか存在しない.

## A.2 図や表の挿入の仕方

### A.2.1 図の挿入の仕方

Fig. A.2, Fig. A.3 を参照 <sup>\*3</sup>

---

<sup>\*3</sup> 図を参照するときは ref コマンドと label コマンドを組み合わせるのが便利



Fig. A.2 図の取り込み例 (PNG)

Fig. A.3 図の取り込み例 (EPS)

Table A.1 表の例：枠あり/文字中央寄せ

項目	内容
あいうえお	いうえ
かきく	けこかきくか

Table A.2 表の例：枠なし/文字左寄せ and 文字右寄せ

項目	内容
あいうえお	いうえ
かきく	けこかきくか

## A.2.2 表の挿入の仕方

Table A.1, Table A.2 を参照 \*4

## A.3 リンクの色

このテンプレートでは、参考文献や図を参照する部分に色付きのボックスが表示される。このリンクの色を非表示にしたい場合は、プリアンプル \*5 の 82 行目くらいにある

---

```
\usepackage[setpagesize=false,dvipdfm,%
bookmarks=true,bookmarksnumbered=true]{hyperref}
%bookmarks=true,bookmarksnumbered=true,colorlinks=true}{hyperref}
```

---

を

```
.....
\usepackage[setpagesize=false,dvipdfm,%
%bookmarks=true,bookmarksnumbered=true]{hyperref}
bookmarks=true,bookmarksnumbered=true,colorlinks=true}{hyperref}
.....
```

に変えると非表示になる（たぶん \*6）

---

\*4 表を参照するときも ref コマンドと label コマンドを組み合わせるのが便利

\*5 begin{document} より前に記述される部分

\*6 テンプレートを作成している際に適当にやってみたら非表示になっただけなので確証はないです

## A.4 BibTeX の使い方

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X における参考文献の書き方は主に以下の 2 通りである。

手書き tex ファイルの中に書く。

半自動 bib ファイルという別のファイルを作成しそのその中に書く。

### A.4.1 手書き

完全手書きの場合は以下のようなかんじで書く <sup>\*7</sup>。

---

```
\begin{thebibliography}{1}
\bibitem{test1}
  athor1,  author2,  author3, ‘‘title1’’,  booktitle1, pp. 2--181--2--182, 2009.
\bibitem{test2}
  athor1,  author2, ‘‘title2’’,  booktitle2, pp. 137--142, 2010.
\bibitem{test3}
  athor1, ‘‘title3’’,  booktitle3, pp. 134--143, 2013.
\end{thebibliography}
```

---

### A.4.2 半自動

半自動の場合は BibTeX を利用する。このテンプレートでは BibTeX を利用するかんじで書いている。

BibTeX の主な利点は以下の通りである。

- 文中で参照した文献だけ載せてくれる。  
(手書きの場合は参照したか確認しながら参考文献を書かなければいけない。)
- 勝手に参照順にソートして載せてくれる。  
(手書きの場合は自分で参照順を確認しながら参考文献を書かなければいけない。)
- フォーマットを考えずに書ける。フォーマットの間違いない。  
(手書きの場合は自分でフォーマットをすべて揃えないといけない。)

---

<sup>\*7</sup> 詳しくはぐぐってください

BibTex の主な欠点は以下の通りである.

- ビルドするのが若干ややこしい.

BibTex を利用する際は, このテンプレート tex ファイルと同じディレクトリにある aislab.bib の中身を編集する. aislab.bib の中には以下のような記述がいくつかある.

```
@INPROCEEDINGS{test3,  
  author = {athor1},  
  title = {title3},  
  booktitle = {booktitle3},  
  year = {2013},  
  pages = {134--143},  
}
```

これで 1 つの文献をあらわしている. 1 行目の

```
@INPROCEEDINGS{test3,
```

の `test3` という部分がこの文献のラベルである. このラベルは文献ごとに唯一でないと  
ならない<sup>\*8</sup>. このラベルを参照する (`\cite{test3}` のように書く) と参照できる [4].

BibTex のビルドは, 使用するエディタによっては勝手に行ってくれます. エディタが  
勝手に行ってくれない場合は分かる人に聞いてください (文字で書くとややこしくなる  
ので).

---

<sup>\*8</sup> 自分でこの記述をするのが面倒な場合は, 「文献名 BibTex」で検索すると, ほとんどの場合でその文  
献の BibTex 形式記述がでてくる