

# 自動車塗装へのプロジェクションマッピングの活用について

徳島工業短期大学 島田 清, 助道 永次, 小笠原 史也

**KEY WORDS:** ソーラカー, プロジェクションマッピング

## 1. 緒言

近年、自動車のデザイン性が大きく進化しスタイリッシュなものが数多く量産されている。これらのデザインから自分らしさを出したいという場合には、エアロパーツ装着やカラーリング変更などが行われる。

カラーリングを変更するためには塗装とラッピングが一般的である。スーパーGTなどのレーシングカーにおいても、キャラクターをデザインしたラッピングが施されている<sup>(1)</sup>。図1-1に、スーパーGTに参戦するラッピングが施された車両を示す。

本学では、図1-2に示すトヨタ86ラリー仕様をラッピングしている。ラッピングの際には実車にカラーテープでモデリングしてデザインを決定、カメラで撮影してシートを製作、写真と比較しながらラッピングシートを貼り付ける。しかし、デザインの変更に時間がかかることや左右の対称性や曲線の表現が難しく、また、シートの引っ張り具合によって寸法が変化するため、ボディへの部分的なラッピング施工は熟練度が必要と考えられる。



図1-1 グッドスマイル初音ミク AMG<sup>(1)</sup>



図1-2 トヨタ86ラリー仕様



図1-3 東京駅へのプロジェクションマッピングの様子<sup>(5)</sup>

塗装の場合、ラインテープやマスキングテープなどを使用してデザインをボディに施し、塗料を吹きつける。ラッピング同様、複雑なデザインになるほど左右の対称性や曲線の均一性が難しい。しかし、寸法が伸び縮みすることはないため、デザインのマスキングを正確に行うことができれば難易度は低下すると考えられる。

徳島県には体験型科学教育機関「あすたむらんど」があり、以前からソーラカーの開発などを通じて本学と連携した活動を行っている<sup>(2)</sup>。今回、あすたむらんどより製作を依頼された園内周遊用多人数乗りカート(以後、あすたむらんどとする。)を用いてプロジェクションマッピングによるデザインの製作に活用する。

プロジェクションマッピングは、プロジェクタを用いて映像を投影することで、映像によるストーリー性の表現や建物が動くような動的な演出をすることができる。建物などの凹凸のある面に映像を投影し、光のミュージカルを作り出している。平面の物体に奥行きを持たせることも可能である。物体に合わせて補正することで精密な映像となる。

東京駅のリニューアルオープンや札幌雪祭りなどで映像を投影されている<sup>(3)</sup>。また、観客や現場の盛り上がりによって映像を変化させるインタラクティブプロジェクションマッピングも実施されている<sup>(4)</sup>。さらに、辻合らは、軒下空間における上面へのプロジェクションマッピングを行っており、見上げることによってこれまでと異なる表現が期待できるとしている<sup>(5)</sup>。



図 2-1 フレーム製作



図 2-2 乗降性の確認



図 2-3 ボディ製作



図 2-4 ボディ仮塗装

本研究では、まず、あすたむらんどより依頼されたあすたむカートを作成する。あすたむカートは軽自動車を改造した

ソーラ発電付電気自動車とする。

車両製作後、プロジェクションマッピングによるデザインを検証する。パソコン上で制作したデザインを、あすたむカートにプロジェクタで投影して実際に確認する。

デザインを決定後、あすたむカートにプロジェクションマッピングでデザインを投影しながらラインテープを貼り、塗装する。

最後に、ラインテープ貼付け時などにおけるプロジェクションマッピングのマーキング効果について検証する。軽乗用車のドアパネルにマスキングテープ 1 本を貼って基準線とする。その基準線の下方 100 mm に、目測によってマスキングテープを貼る場合とプロジェクションマッピングを用いてマスキングテープを貼る場合の基準線との間隔を測定し、有効性を検証する。

## 2. あすたむカートの製作

科学教育機関であるあすたむらんどより、定員 10 名以上で動力として電動モータを使用した電動カートを依頼されたため、次の条件で製作する。

1. あすたむカートは運転手 1 名、乗客席は 3 人掛け 3 列とし、各列大人 2 名小人 1 名を乗車定員とする。
2. ソーラ発電付き電気自動車とする。最高速度は 20 km/h で、巡航速度は 10 km/h を想定する。回生ブレーキを搭載する。
3. 安全性に配慮したものとする。衝突被害軽減ブレーキを搭載する。また、走行中は乗降できない構造とする。歩行者が車体下部へ巻き込まれないボディ形状とする。

製作効率や雨天時の走行を考慮してダイハツ社製ハイゼット（型式：S200 前期）をベースとし、定員を収容可能にするためにホイールベースを延長する（図 2-1）。

運転席より後ろ側の乗客席は、子供の乗降性を考慮してステップ高 160 mm の 2 段登ってフロアとする（図 2-2）。建築基準法施行令で定められている小学校の階段に関する基準は、蹴上高さが 16 cm 以下、踏面奥行き寸法が 26 cm 以上となっているため、その基準に合わせる<sup>(6)</sup>。

ボディはフロント部に流線型のデザインとするためにフレキシブルメタルで、サイド部とリヤ部はコンパネで基本ボディを製作し、FRP で架装する（図 2-3）。屋根はコンパネで型を作り、強度と重量を考慮して FRP で製作し、上部にフレキシブルソーラパネルを取付ける。ボディはベースをホワイトとしてその上に色を重ねてデザインする（図 2-4）。

安全性向上のため、自動車同様の前後灯火類を搭載する。車両が動き出すときに流れる音声アラームも取付ける。さらに、前方には超音波ソナー式の車間距離警報器の信号を利用

した緊急ブレーキ装置を組み込む。

表1～4に、あすたむカート、搭載するモータ、ソーラパネル、バッテリーの諸元をそれぞれ示す。

### 3. デザインと塗装

図3-1に、マイクロソフトのパワーポイントで制作したデザイン案（以下、PPデザイン案とする。）の側面を示す。あすたむカートのデザインコンセプトはソーラカーとして必要な太陽と空をイメージしたものとする。車体最下部のバンパとなるパイプを赤い太陽に見立て、その上に雲と青空、そして、虹が表現されるデザインを基本としてレイアウトする。そこから、大学ロゴやワンポイントマークなどを組み合わせる。ロゴマークやワンポイントの大きさ、場所等を変更したものを数種類制作する。

図3-2に、PPデザイン案の前面を示す。青い部分は青空で、白い部分は雲となる。黒枠の内側はヘッドライトが入る。フロント部は複雑なボディ形状をしているため、いくつかのモデルを投影し比較検討する。前面のデザインは、徳島工業短期大学ロゴを中央に配置し青空部分が変更されている。パターン1と2では、雲部分の円弧の半径が異なり、パターン1の方が大きい半径となっている。パターン3と4では、雲の突起が3つのデザインで、真ん中の雲の山が異なる。この他にも多数のパターンを制作する。

図3-4(1),(2)に、プロジェクタを用いてプロジェクションマッピングを実施し、デザインを比較する。パターン3の評価が最も高く、パターン1の評価が最も低い結果となった。

表2-1 車両諸元

車両名	あすたむカート
乗車定員	10名
車両重量	5600N

表2-2 モータ等の仕様

名称	モータ	コントローラ
メーカー	Golden Motors	Golden Motors
型式	HPM5000B	VEC300
タイプ	ブラシレス	三相交流
定格出力	DC48V5kW	
定格電流	100A	120A
本体サイズ	φ206×126	190×180×50

表2-3 ソーラパネル、コントローラの仕様

名称	ソーラパネル	コントローラ
メーカー	IEC	Sun Yoba
型式	Semi flexible	MPPT20
タイプ	単結晶	PWM/MPPT
定格出力	100W	24V20A
本体サイズ	1200×540×2.5	143×89×46

パターン1では青空の面積が少なく、パターン4ではロゴマークと青空が近すぎるといった意見が得られた。また、確認作業については、実際に色が付いたような状態で確認ができ、違いを評価しやすかったなどの意見が得られた。

このプロジェクションマッピングを用いて塗装のためのラインターープでマスキングし、塗装する。

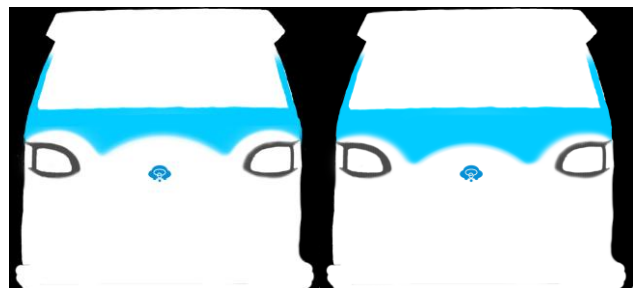
図3-5(1),(2)に塗装したあすたむカートを示す。ほぼ左右均等に塗装することができている。

表2-4 バッテリー仕様

名称	バッテリー
メーカー	古川電池
型式	EB65
タイプ	EB バッテリー
5時間率	65Ah
本体サイズ	225×171×304

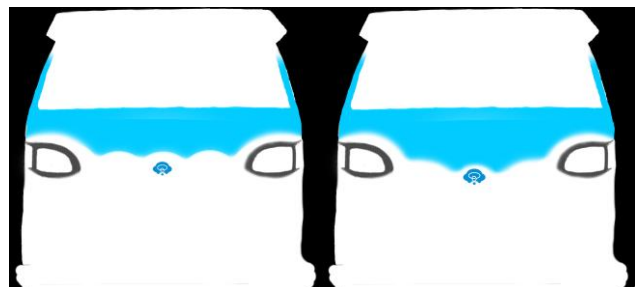


図3-1 MSデザイン案（側面）



パターン1

パターン2



パターン3

パターン4

図3-2 PPデザイン案（前面）



図 3-4 (1) プロジェクションマッピングによる確認 (前面)



図 3-4 (2) 側面



図 3-5 (1) 塗装後の車両 (前)



図 3-5 (2) 塗装後の車両 (後)

4. プロジェクションマッピングを用いたマスキング手法  
あすたむカートで実施したプロジェクションマッピングによるマスキング手法の効果を検証する。ラインテープなどのテープ類を貼り付ける場合、目測で行うことが多い。しかし、

テープを正確に貼ることに慣れていない場合、補助的につけたマーキングにしたがって実施する。よって、正確性を追求するためにマーキング作業が増えることで作業時間が長くなることが容易に考えられる。このマスキング作業をプロジェクションマッピングによって行うことで短時間に正確に行うことができると考えられる。

そこで、今回用いたプロジェクションマッピングによるマスキング手法と目測の場合を比較し、プロジェクションマッピングによるマスキング手法の有用性を評価する。

実験方法を次に示す。自動車のドアパネルに基準線となるマスキングテープを引く。その基準線から下方へ 100 mm の位置に引くマスキングテープを実験線とし、基準線との間隔を測定する。測定位置はフロントドアミラー位置からリア方向へ 200 mm の間隔とする。実験線の貼付け作業は 1 分以内とし、目視での実験とプロジェクションマッピングを活用した実験で比較する。被験者は学生 3 名で実施する。フロントドアパネル 1 枚のみとフロントからリアドアパネル 2 枚の 2 パターンで実験を行う。実験車両はダイハツ社製ムーブで、平面に近い形状の所で実験を行う。

図 4-1 に、基準線を示す。ミラー後方を 0 mm とし、後方へ 200 mm の間隔で測定点とする。

図 4-2 に、プロジェクションマッピングの様子を示す。基準線が一番上で中央が実験線、一番下がプロジェクタより投影したマッピング線とする。実験ではマッピング線は投影しない。

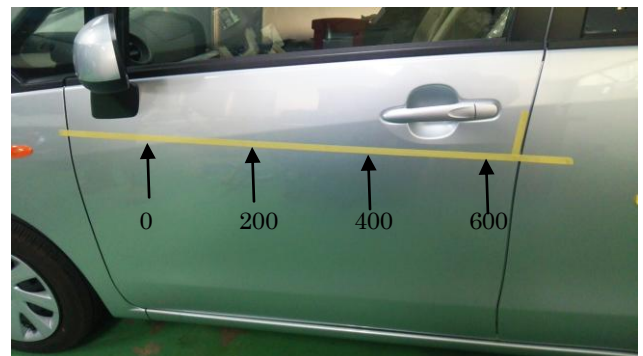


図 4-1 基準線

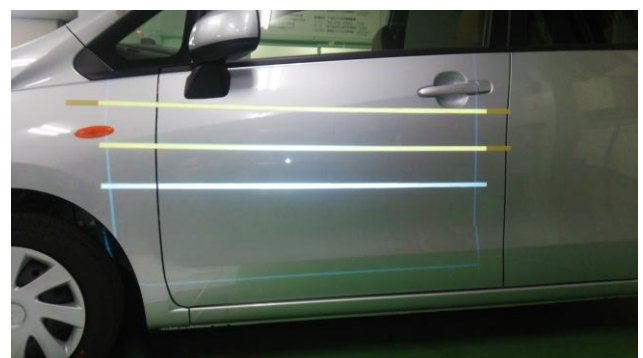


図 4-2 プロジェクションマッピング



図4-3 プロジェクションマッピング使用時のパネル1枚実験



図4-4 パネル2枚実験

図4-3に、プロジェクションマッピング使用時のパネル1枚の実験の様子を示す。被験者は1分以内にマーキングされたガイドラインに沿ってマスキングテープを引く。

図4-4に、パネル2枚の実験の様子を示す。フロントドアパネルからリアドアパネルまで切れ目のない1本のテープを引く。

### 5. 実験結果

図5-1に、1パネル時の目測実験による基準線と実験線の誤差を示す。横軸に測定距離、縦軸に基準線と実験線の間隔である100mmからの誤差である変位量を表している。実験の結果、全て数値が100mmから小さい方向となった。全体的に距離が長くなるにしたがって変位量が増える傾向にあることがわかる。

図5-2に、1パネル時のプロジェクションマッピングによる基準線と実験線の誤差を示す。図5-1と同様に、横軸に測定距離、縦軸に基準線と実験線の間隔である100mmからの誤差である変位量を表している。これも全ての測定箇所でも100mmから小さい方向となった。図5-2を見ると、測定距離に対して変位量が0.5mmと小さい。

図5-1の目測実験による場合と図5-2のプロジェクションマッピングによる場合を比較すると、プロジェクションマッピング使用時が小さい変位量を示していることがわかる。また、実施者による振れ幅も小さいことが分かる。

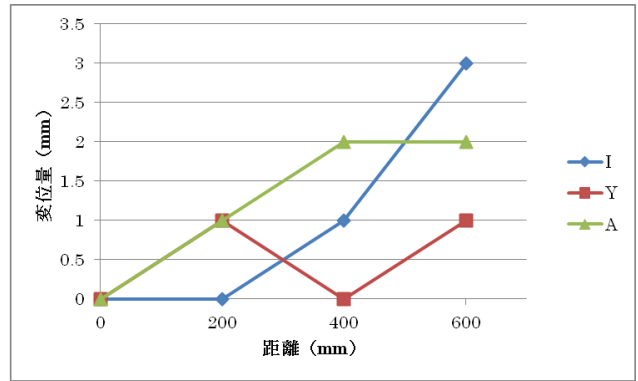


図5-1 目測による実験結果 (1パネル)

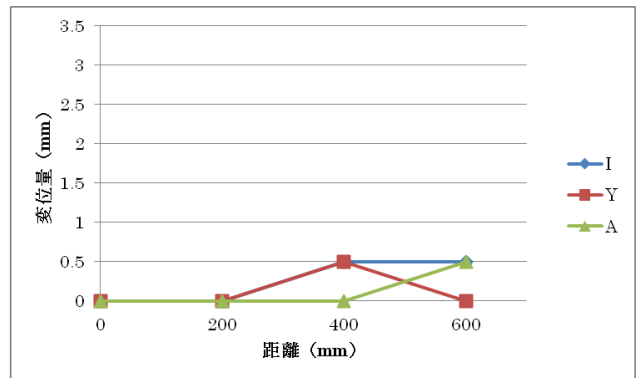


図5-2 プロジェクションマッピングによる実験 (1パネル)

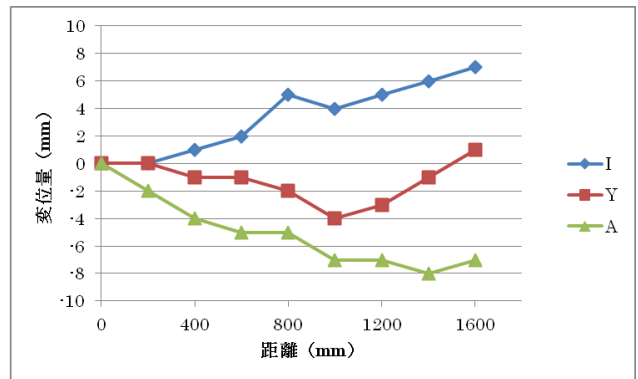


図5-3 目測による実験 (2パネル)

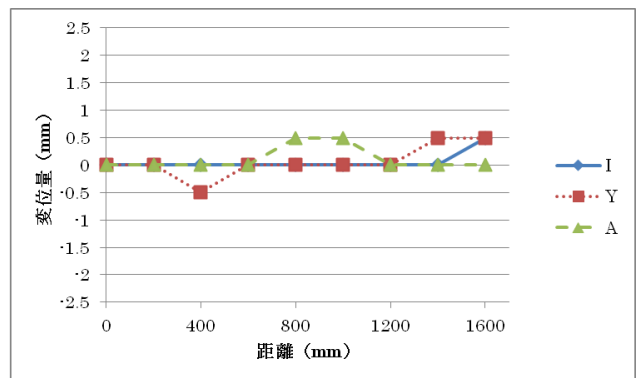


図5-4 プロジェクションマッピングによる実験 (2パネル)

図 5-3 に、2 パネル時の目測実験による基準線と実験線の誤差を示す。横軸に測定距離、縦軸に基準線と実験線の間隔である 100 mm からの誤差である変位量を表している。変位量が負の場合は 100 mm から間隔が縮まっており、正の場合は間隔が広がる。距離が長くなるほど、被験者 I は変位量が大きく、被験者 A は変位量が小さくなる傾向がわかる。また、被験者 Y は変位の傾向が変化していることがわかる。これらから、距離が長くなるほど変位量や傾向が大きく変わっていることがわかる。

図 5-4 に、2 パネル時のプロジェクションマッピング実験における基準線と実験線の誤差を示す。横軸に測定距離、縦軸に基準線と実験線の間隔である 100 mm からの誤差である変位量を表している。変位量が負の場合は 100 mm から間隔が縮まっており、正の場合は間隔が広がる。どの被験者も振幅が 0.5 mm と小さいことが分かる。

図 5-3 と図 5-4 を比較すると、明らかにプロジェクションマッピングを使用したときの方で誤差が少なく、その有効性が確認できる。よって、プロジェクションマッピングをガイドラインとして用いることで誤差を少なくデザイン（今回の場合、マスキングテープを貼り付けること）することができるとうわかった。

## 6. 結言

本研究では、あすたむらんどより依頼されたあすたむカードを製作した。車両製作後、プロジェクションマッピングによるデザインを検証した。デザインを決定後、あすたむカードにプロジェクションマッピングでデザインを投影しながらラインテープを貼り、塗装した。

最後に、ラインテープ貼付け時などにおけるプロジェクションマッピングのマーキング効果について検証した結果以下のことがわかった。

1. プロジェクションマッピングによって実際に色が付いたような状態で確認ができ、違いを評価しやすかったなどの意見が得られた。
2. プロジェクションマッピングをガイドラインとして用いることで誤差を少なくデザインすることができるとわかった。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、車両デザイン評価にご協力いただいたあすたむらんどの皆様、製作、実験に協力いただいた学生に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- (1) GOOD SMILE RACING 公式ホームページ内ギャラリー  
[http://www.goodsmileracing.com/gt-gallery\\_17\\_07/](http://www.goodsmileracing.com/gt-gallery_17_07/)
- (2) 福栄堅治, 島田清, 近藤嘉宏, 河井数馬: 学童教育用ソー

- ラーカーの設計・製作, 自動車技術に関する研究報告誌, 全国自動車短期大学協会, Vol.17, p.13-14 (2013)
- (3) マイナビニュース「東京駅丸の内駅舎の完成を祝うプロジェクションマッピングついに公開!」  
<http://news.mynavi.jp/news/2012/09/22/021/>
  - (4) 斎藤精一: 「インタラクティブプロジェクションマッピング」の可能性, 映像情報メディア学会誌, Vol.68, No.2, p.136-140 (2014)
  - (5) 辻合秀一: 軒下プロジェクションマッピング—高岡えまき一, ITE Technical Report, Vol.40, No.11, p.75-76
  - (6) 建築基準法施行令 (平成二七年一月二一日政令第一三号) 第 3 節階段 第 23 条