

# インターネット情報を利用した街路景観評価モデルの作成手法に関する研究

研究予算：運営交付金（一般勘定）

研究期間：平 27 年～平 28 年

担当グループ：材料資源研究グループ

研究担当者：明嵐 政司

## 【要旨】

街路景観プログラムを用いて、歴史的街路景観が残っている横浜市を対象に街路景観分析調査を行い、収集した街路景観データから、色視差モデルの計算を行った。そのモデル画像の作成に当たり SFM (Structure from Motion) による手法で実施したことにより、時間の短縮と費用の圧縮ができた。

さらに、取得した景観データを基に 3 次元評価モデルによる色視差の計算を行い、街路景観の定量的分析手法の妥当性を示すことができた。

キーワード：横浜市、街路景観定量的分析、SFM 手法、色視差、3 次元モデル

## 1. はじめに

過年度までのモデル画像の作成はカラー画像（RGB 画像）と距離画像（カメラから各画素までの距離）で示された画像であるため CG モデルの作成が必要であったため、時間と費用がかかっていた。この問題を改良するため、今年度は、SFM 手法によりモデルを作成した。

本課題は、横浜の歴史的建造物を対象に、人間の視覚特性の評価モデルの色視差計算を行った。

## 2. 研究方法

### 2.1 街路景観データの収集

横浜市では、「横浜市魅力ある都市景観の創造に関する条例<sup>1)</sup>」が制定されている。この条例の趣旨・目的は、「魅力ある都市景観を創造するため、横浜市、事業者および市民の責務を明らかにし、都市景観を形成する行為に関する協議その他必要な事項を定めるとともに、景観法の規定に基づき景観計画を策定する手続きに関する規定等を定めることにより、地域の個性と市民等の豊かな発想が調和した、人を引きつける質の高い年の実現を図り、もって横浜らしい都市景観が市民の財産として将来にわたり共有され、市民生活の向上に寄与することを目的とする。」と、定められている。街路景観データ収集の対象地区は、横浜市の景観推進地区内にある、認定歴史的建造物<sup>2)</sup>である、みなとみらい新興地区の赤レンガ倉庫および関内地区の開港記念会館、神奈川県立博物館などである。対象地区及び建造物を図 - 1 から図 - 5、表 - 1 に示す。



図-1 みなとみらい21 新港地区での収集箇所（背景は横浜市行政地図）



図-2 赤レンガ倉庫1



図-3 赤レンガ倉庫2



図-4 関内地区（一部みなとみらい地区）での収録箇所（背景は横浜市行政区）

表-1 関内地区での画像収集箇所

NO	対象
10	開港記念会館
11	神奈川県立博物館・旧横浜正金銀行本店 ～日本興亜馬車道ビル
12	横浜税関
13	北仲ブリック・旧帝蚕倉庫本社
14	横浜第二合同庁舎
15	日本郵船歴史博物館
16	海洋会館～貿易協会
17	旧英国七番館
18	ホテルニューグラウンド
19	神奈川県庁
20	日本丸



図-5 横浜税関

過年度研究の手法である、「街路景観の定量的分析に関する研究<sup>3)</sup>」「人間の視覚特性に着目した街路景観評価手法に関する研究<sup>4)</sup>」における景観の評価手法で必要となるのは、RGB 画像と距離画像である。過年度研究において、景観評価で必要となる CG モデル（特に距離画像）の取得の前段として、Google Street View の画像や You Tube 等に UP されている観光記録（動画）を基に、連続的に街並みを撮影している条件の良い画像から、距離画像の基となる 3 次元モデルが作成できることを報告している。本研究の画像収集は、現場での撮影を実施し、3D モデルの作成が可能な連続画像を取

得した。

## 2.2 モデル画像作成

収集した街路景観を写した連続画像を基にモデル画像（RGB）と奥行き画像を作成した。モデルの作成は、SFM (Structure from Motion) による手法<sup>注1)</sup> で実施した。また商用ソフトウェア Agi Soft Photo Scan を用い、現地での撮影画像から 3 次元状として色つき点群を取得した。色つき点群からカラー画像と距離画像を作成した。具体的なカラー画像と距離画像の作成は、モデルの視点 (XYZ 座標)、見る方向 (方位と仰角)、視野、焦点距離を基に、各点とカメラの位置関係をモデル化して作成した。図-6 から図-8 に使用した抽出画像の事例と距離画像作成フローを示す。



図-6 隣接間画像（左・右）との同一点（中）の抽出（画像内の青い点が隣接画像と同一と判定した点）

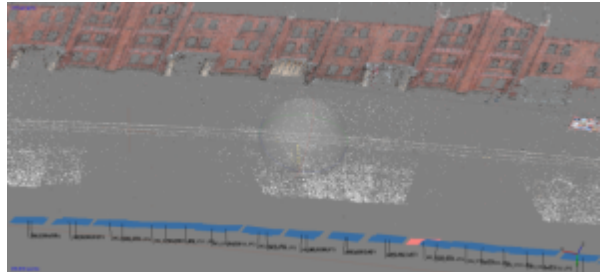


図-7 カメラ撮影位置（画像内の青い口が SFM ソフトが推定したカメラ位置）

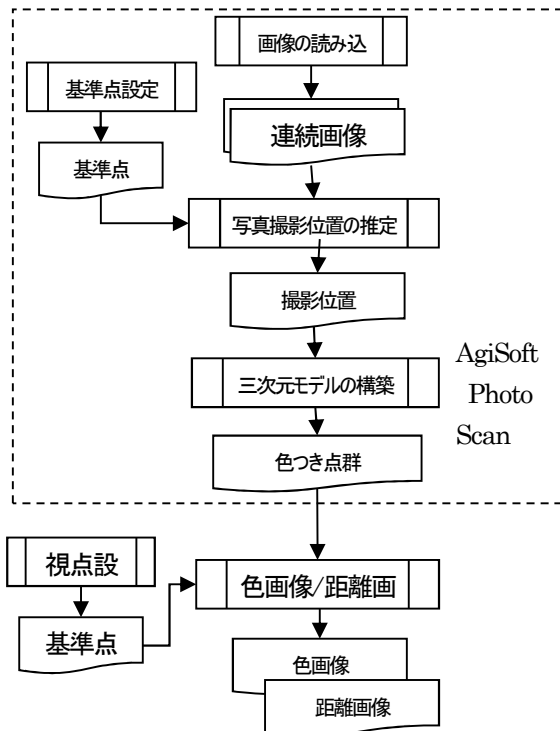


図-8 SFMを用いた色画像と距離画像の作成

### 2.3 3次元モデルの構築

SMF ソフトでの写真撮影位置の推定は、隣接画像との同一点を特徴点検出手法で算出、写真測量手法に基づき、写真撮影位置の3次元モデルの構築も SFM ソフトで行った。SFM ソフトにおける3次元モデルの構築は、推定したカメラ位置を基に、隣接して撮影した画像の同一点のみでなく対象物が撮影されているすべてのモデル（二枚の画像の組み合わせ）を用いて同一点を抽出して、その色つき座標群を加えてゆく手法である。ただし、特徴点が抽出できない窓部分や透明シェード、もしくは撮影時にラップが少ない部分などでの計算は行えない。図-9、図-10に具体例を示す。



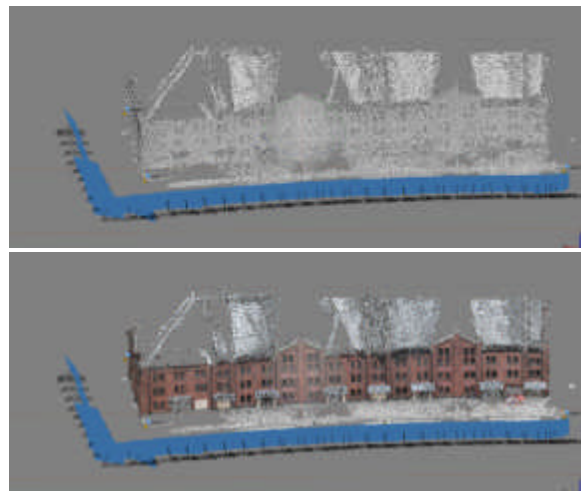
図-9 計算不可の例



対象が映っている総てのカメラの組み合わせを使うと同一点を増やす事ができる

図-10 カメラ位置推定時の同一点（上）と、三次元モデル作成後の色つき点群（下）

本研究で作成した3次元モデルについて図-11に示す。



（上：XYZの点群モデル、下：色付き点群モデル、図中の青色は推定したカメラ位置、旗は基準点を示す）

図-11 赤レンガ倉庫の三次元モデル（全体図）

得られた色つき点群から、色画像と距離画像を作成した。作成方法は以下の通りである。

#### ①人の目を模したカメラの設定

3次元点群のある3次元空間に、カメラ視点（XYZ座標）、見る方向（方位と仰角）、視野（画像サイズ、HDTVサイズ、1920画素×1080画素）、焦点距離（20.5mm）からなる、人の目を模したカメラを設定した。図-12に示す。

#### ②色画像と距離画像の作成

色つき点群の1点とカメラ視点を結んだ線と、撮像面の交点を算出し、撮像面の座標で並び替えをおこない、色画像（RGB値を利用）、距離画像（カメラ視点から対象物までの距離）を作成した。図-13に画像化のコンセプトを示す。図-14及び図-15に作成された色画像と距離画像を示す。

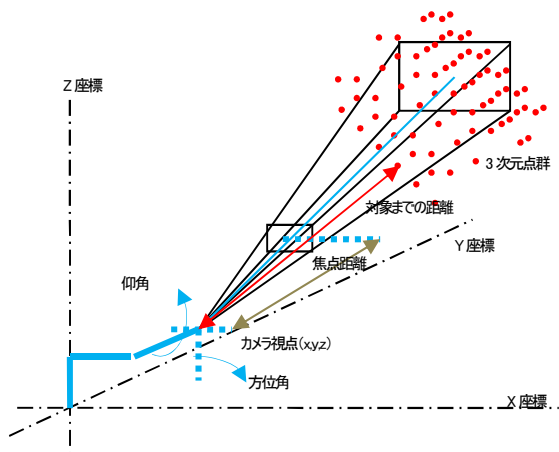


図-12 色画像と距離画像の作成

(カメラ視点、方位角/仰角、焦点距離等)

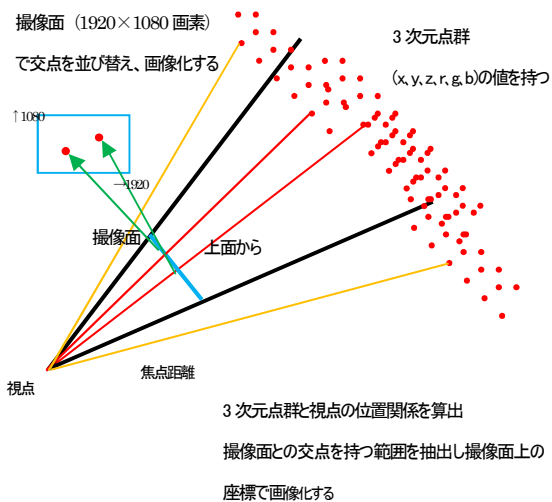


図-13 撮像面への投影 (上面からの説明図)



図-14 3次元モデルから作成した色画像

(青色の部分は、窓、透明のシェード等でSfM計算ができていない範囲)



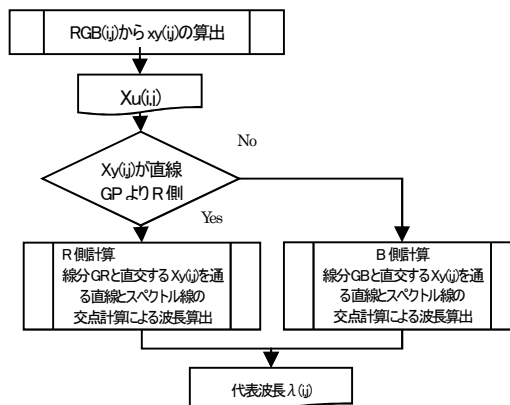
図-15 3次元モデルから作成した距離画像

(0m~70mを白~黒に割り当てている)

(青色の部分は、SfM計算できていない範囲)

## 2.4 代表波長の算出

代表波長は、モデル画像のうち色画像のRGB値をXYZ値に変換し、各画像の代表波長を算出した。算出方法は、平成24年度研究で行った「xy色度図を用いた波長算出手法」に準じて実施した。その手順を図-16に示す。



す。

図-16 代表波長の算出手法 (平成24年度業務報告書より)

代表波長の算出結果を図-17に示す。



図-17 代表波長の算出 (黒~白に400nm~700nmを割り当てた)

## 2.5 色視差の算出

色視差はモデル画像のうち距離画像と代表波長を基に、人間の視覚特性モデルにより計算される。人間の視覚特性モデルとは、人間の目の焦点距離は対象物の発する波長(色)で変わるという前提で、画像の各画素の代表波長(色)と対象物までの距離を用いて、対

象物までの実際の距離と、代表波長（色）による焦点距離の変化で見かけ上変わった対象物までの距離との差分で示す色視差モデルである。この色視差モデルでは、最初に代表波長と距離による焦点距離の算出が必要である。本研究では、平成24年度研究で作成した代表波長と距離から焦点距離の算出式を利用した。式を以下に示す。

式 (1)

$$\Pi(x, y) = a(x, y) \times Ln(L0(x, y)) + b(x, y)$$

$a(x, y)$ : LN項  $b(x, y)$ : 定数項

$L0(x, y)$ : 視距離(m) = 対象物までの距離 (m)

$\Pi(x, y)$ : 焦点距離(mm)

$(x, y)$ : 画像内での位置

式 (2)

$$a(x, y) = 0.0375Ln(\mu(x, y)) + 0.2113$$

$a(x, y)$ : LN項

$\mu(x, y)$ : 代表波長(nm)

式 (3)

$$b(x, y) = 1.1532Ln(\mu(x, y)) + 11.697$$

$b(x, y)$ : 定数項

$\mu(x, y)$ : 代表波長(nm)

色視差モデルでの評価に必要な各画素の差分（実際の距離と、焦点距離の変化による見かけの距離の差）は、平成24年度研究手法に基づき各画素の波長依存焦点距離とモデル作成時の焦点距離の比を用いて修正距離を算出し、実距離との差分を算出した。その結果を図-18、図-19に示す。



図-18 修正距離画像(白～黒に0m～70mを割り当てた)

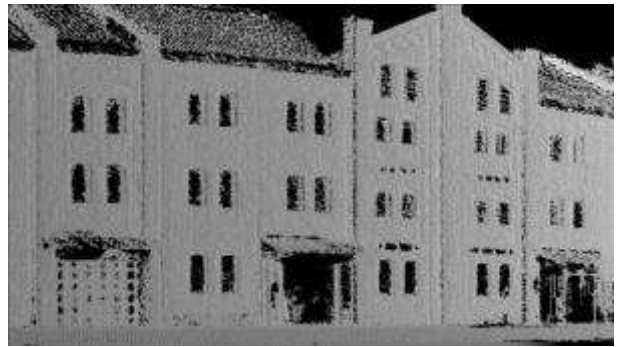


図-19 差分画像(黒～白に1m～1mが割り当てた)

### 3. 研究結果

#### 3.1 色視差の評価値の算出

平成24年度研究で利用したCG手法では、出来上がりの品質が作成者によること、モデルの作成に時間と費用がかかることなどの欠点があった。このため、本研究では平成24年度のCGによる手法とは異なるSFM手法でモデル画像を作成した。SFM手法は写真と専用ソフトを用い、ほぼ自動でモデル画像ができることから、比較的廉価に広い範囲の3次元モデルを作成することができる。そこで、本研究では対象からの距離や方向を変えて、複数の視点からの差分画像の計算を行った。

なお、差分画像の評価値の計算は、平成24年度研究に準じて、差分画像を短冊に分けて、短冊ごとに差分値の平均値（上段）と標準偏差（下段）を算出した。図-20に示す。

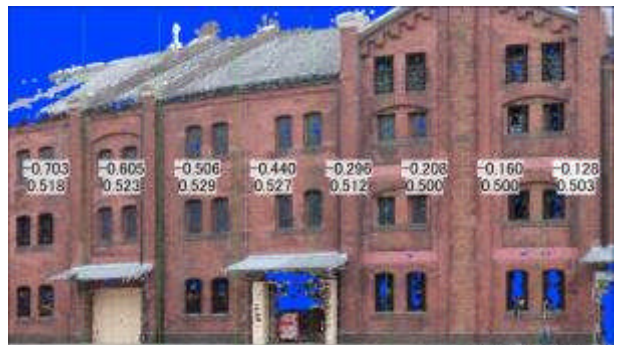


図-20 短冊状での計算結果例

(上: 差分値の平均、下: 差分値の標準偏差)

なお、差分値の平均値は、対象全体で実際より大きく見えるか小さく見えるか（存在感、重圧な・軽快な等）を示し、標準偏差は細かい凹凸の多さ（単純・複雑、単調な・変化がある等）を示す。算出例として、「赤レンガ倉庫」、「横浜税関」における事例を以下に示す。

#### 1) 赤レンガ倉庫

##### ① 計算モデルと計算条件

「赤レンガ倉庫」の3次元モデル(SFMで作成した点

群モデル)と、色画像・距離画像を作成した仮想カメラ位置と撮影方向を図-21および図-22に示す。

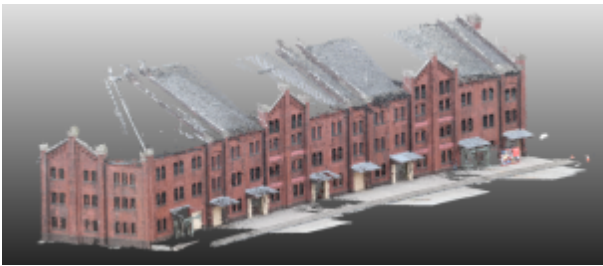


図-21 SFMで作成した3Dモデル(赤レンガ倉庫)  
撮影画像51枚から作成

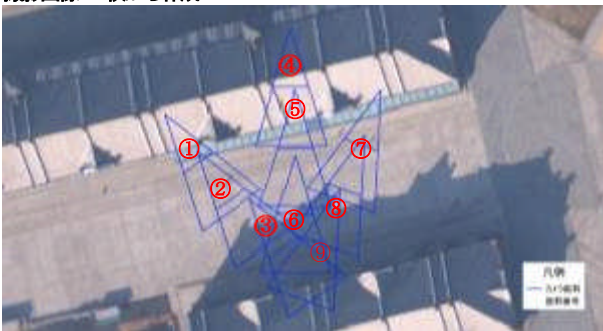


図-22 モデル画像作成のための仮想カメラ位置と撮影方向

② 計算結果

カメラ位置と方向ごとの計算結果を表-2に示す。計算の結果赤レンガ倉庫については、向きによる変化は小さいが対象に接近すると平均値が大きくなる。一方、標準偏差は距離や向きに応じてあまり変わらない。この結果は、近づくとき実際よりも大きく見える(近づくとき重圧を感じる)、遠くからでも複雑さを感じていることがわかる、ということを示すと考えられる。

表-2 赤レンガ倉庫での距離と向きに応じた評価計算結果

①右方向から(遠く)	②右方向から	③方向から(近く)
平均値の平均	平均値の平均	平均値の平均
-0.946	-0.381	-0.803
標準偏差の平均	標準偏差の平均	標準偏差の平均
0.519	0.514	0.433
④面から遠く	⑤正面から	⑥正面から近く
平均値の平均	平均値の平均	平均値の平均
-1.286	-0.780	0.257
標準偏差の平均	標準偏差の平均	標準偏差の平均
0.520	0.525	0.535
⑦左方向から(遠く)	⑧左方向から	⑨左方向から(近く)
平均値の平均	平均値の平均	平均値の平均
-0.893	0.282	0.282
標準偏差の平均	標準偏差の平均	標準偏差の平均
0.520	0.516	0.516

2) 横浜税関

①計算モデルと計算条件

横浜税関の3次元モデル(SFMで作成した点群モデル)と、画像・距離画像を作成した仮想カメラ位置と撮影方向を図-23、図-24に示す。





図-24 評価をおこなったカメラ位置と方向

②計算結果

評価計算結果を表-3に示す。計算の結果、横浜税関についても向きによる変化は小さいが対象に接近すると平均値が大きくなる。一方、標準偏差は、距離・向きにかかわらず、加工の多い出入口で、周辺よりも高くなっている。この結果は近づくと実際よりも大きく見える(近づくと重圧に感じる)、遠くからでも出入口に複雑さを感じている、ということを示すと考えられる。

表-3 横浜税関での距離と向きに応じた評価計算結果

①右方向から(遠く)	②右方向から	③右方向から(近く)
平均値の平均	平均値の平均	平均値の平均
-1.469	-0.815	0.512
標準偏差の平均	標準偏差の平均	標準偏差の平均
0.475	0.541	0.678
④正面から(遠く)	⑤正面から	⑥正面から(近く)
平均値の平均	平均値の平均	平均値の平均
-1.717	-0.945	0.438
標準偏差の平均	標準偏差の平均	標準偏差の平均
0.558	0.538	0.584
⑦左方向から(遠く)	⑧左方向から	⑨左方向から(近く)
平均値の平均	平均値の平均	平均値の平均
-1.240	-0.383	0.753
標準偏差の平均	標準偏差の平均	標準偏差の平均
0.565	0.642	0.611

### 3.2 3次元モデルによる色視差の算出結果

3次元モデルによる色視差を用いた景観評価では、遠くからの景観を重要視する。3.1の表-2および表-3にある各①、各④、各⑦の平均値の平均は、いずれも0よりも小さい値であることから、色視差が相対的に小さいということがわかる。

### 4. まとめ

本研究では、横浜市の認定歴史的建造物である、赤レンガ倉庫群および横浜税関を対象とし、画像を収集し、人間の視覚特性に基づく評価モデルを用いた分析を行った。その結果以下のことがわかった。

- 1) SFM手法を用いることにより必要なモデル画像を取得することに関して、時間の短縮と費用の圧縮ができた。また、CGモデル化をおこなわないために、色画像と距離画像が同時に取得できるようになった。
- 2) 人間の視覚特性に基づく評価モデルによる色視差計算をおこなった。良好な景観の場合では、視差の値が相対的に小さいこととなるが、今回の事例においても、そのような算出結果となった。
- 3) SFM手法による色視差の算出が行えることにより、実用において評価をしたい対象の撮影画像を取得し利用することにより、時間と費用をより圧縮して景観の評価を行えるようになることがわかった。

### 参考文献

- 1) 横浜市HP：「都市整備局所管の横浜市条例・規則」  
<http://www.city.yokohama.lg.jp/toshi/somu/reiki/>  
平成18年2月15日
- 2) 横浜市：「横浜市認定歴史的建造物一覧」  
<http://www.city.yokohama.lg.jp/toshi/design/m09/building/>
- 3) 明嵐 政司：「街路景観の定量的分析に関する研究」、  
景観・デザイン研究講演集、N07、平成23年12月、  
44～45頁
- 4) 明嵐 政司：「人間の視覚特性に着目した街路景観評価  
手法に関する研究」、平成26年度 土木研究所成果報告書、  
<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/report/report-seika/2014/report-seika2014.html>

注1 SFMとは、あるシーンをカメラの視点を変えながら撮影した複数枚の画像から、3次元状とカメラの一を同時に復元する手法である。SFMによる3次元は、色つきの点群(X, Y, Z, R, G, Bで示されたデータ)、TINモデル(3次元空間上の三角形の集合で示したモデル)等で出力される。



# A STUDY ON THE MAKING METHOD OF URBAN HIGHWAY LANDSCAPE EVALUATION MODEL BY USING INTERNET INFORMATION

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2015-2016

Research Team : Materials and Resources Research  
Group

Author : MEIARASHI Seishi

**Abstract** : Urban highway analysis investigation was performed targeted for Yokohama-City where historical street landscape is left using the urban highway landscape program. The color parallax model was calculated from collected urban highway landscape data. The model pictures were made by the technique by SFM (Structure from Motion), so reduction in time and cost could be compressed. Furthermore, based on acquired landscape data, the color parallax by the three dimensional evaluation model is calculated. As the result, it was possible to indicate the validity of the quantitative analytical method of urban highway landscape.

**Key words** : Yokohama-City, Quantitative analytical method of urban highway landscape, Method of SFM, Color parallax, Three dimensional evaluation model