

ハフ変換による画像分析試論—絵巻の建築物を中心に—

下原美保・長友希巳

(2014年10月28日 受理)

A Study of the image analysis by Hough transformation, featuring buildings in *Emaki*

SHIMOHARA Miho, NAGATOMO Kimi

鹿児島大学教育学部研究紀要 第66巻 別刷

(2015年3月11日発行)

ハフ変換による画像分析試論—絵巻の建築物を中心に—

下原美保*・長友希巳**

(2014年10月28日 受理)

A Study of the image analysis by Hough transformation, featuring buildings in *Emaki*

SHIMOHARA Miho, NAGATOMO Kimi

要約

科学的手法を用いた絵巻における画像のパターン分析は、一部の研究を除き、従来ほとんど着手されてこなかった。本研究は、ハフ変換を用いることで、絵巻に描かれた建築物の斜角を検出し、その傾向をパターン分析したものである。

対象とした作品は、制作年代が巻によって異なる「石山寺縁起絵巻」、鎌倉時代に同一工房で制作された「春日権現験記絵巻」、江戸時代初期に制作された「元三大師縁起絵巻」等である。

「石山寺縁起絵巻」では、時代の違いと建築物における斜角の傾向がほぼ一致していること、「春日権現験記絵巻」では、前半の斜角はほぼ同じであるが、後半は差異が見られること、「元三大師縁起絵巻」では全巻を通して斜角にばらつきが見られることを指摘した。これらは時代や工房の違い、分業の在り方、絵巻における古典編集を反映していると推測される。

今後は、従来の文献や様式研究等と照合することで、その有用性を検証していきたい。

キーワード：絵巻・画像のパターン分析・ハフ変換・建築物の斜角・古典編集

* 鹿児島大学教育学部 教授

** ソフト流通センター

はじめに

本研究は平成24-26年度科学研究費基盤研究(C)「住吉派の事例にみる古典受容の在り方の解明—画像のパターン分析を中心に—」(研究代表者:下原美保、研究分担者:高岸輝[東京大学文学部]、江村知子[東京文化財研究所]、連携研究者:佐藤公則[鹿児島大学工学部]、赤澤真理[同志社女子大学生生活科学部]他)の一環としてスタートしたものである。当初の目的は、近世やまと絵の一流派である住吉派の作品において、古典作品の構図やモチーフがいかにかに引用され、編集されたのかを画像分析の手法を用いて解明することにあつた。

これらの作品は、古典要素を基盤としつつ、当時における享受者の意向や古典解釈学の流行を反映しながら複雑に編集されており、画像の量も膨大であるため、科学的手法を用いて研究を進めることにした。

本格的な画像分析に着手する前に、画像データベースとする複数画像から局所特徴量を抽出するBag-of-Features(注1)で画像表現を行ったところ、本来出力されてほしい画像が出てこない、出力されても類似度の順位が一番でないなどの問題点が明らかになった。そこで、本研究の第一ステップとして、画像中の直線を抽出し、建築物の斜角を割り出し、グループ化する方法を模索することにした。このことによって、時代や工房、絵師の違いが推定できると考えたからである。

本研究における画像分析は、当時、鹿児島大学大学院理工学研究科に在籍していた長友希巳(現 ソフト流通センター)が中心となり、佐藤公則教授の指導のもとに遂行されたものである。

1 先行研究

科学的手法を用いた絵画における画像のパターン分析は、一部の研究を除き(注2)、従来ほとんど着手されてこなかった。絵巻に登場する建築物の斜角の分析自体は、熊本大学植田宏教授が継続的に行ってきたが(注3)、画像分析の手法は人の手によるトレースに基づくものであった。しかしながら、この手法では大量画像を処理することは難しく、得られた情報にも幅があるため、本研究では画像をスキャンし、ハフ変換を行うこととした。ハフ変換とは、直角座標上の点 $P(x, y)$ を通るすべての直線が、その直線と直角に交わる垂線軸(x)との角度(θ)と、原点からの距離(ρ)で表されるため、 x, y を θ と ρ の組み合わせに変換することである。

以下は、絵巻における建築物の斜角をハフ変換によって画像処理を行い、解析結果を分析した研究である。この研究は長友希巳の修士論文「絵巻における建築物の描画に関する研究」(平成26年3月 鹿児島大学大学院理工学研究科提出)によって発表されており、本論文はこれに基づきながら、必要に応じて加筆したものである。

2 画像処理の手順と手法

1) 絵巻画像の処理手順

本研究で使用する画像データは、『日本絵巻大成』(注4)や『続日本絵巻大成』(注5)などの画像をスキャンしたもの、及び絵巻をデジタルカメラで撮影したものである。本研究では、取得した画像(ここでは、主に「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段の画像を使用)に対し、図1のような処理を行った。

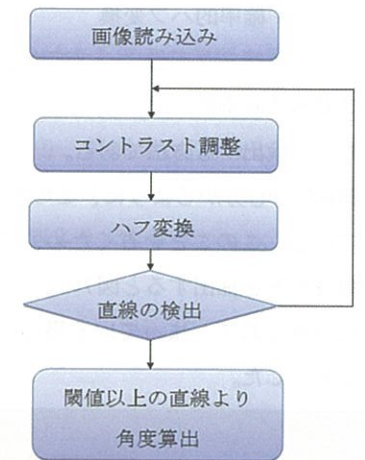


図1 処理の流れ

2) コントラスト調整

カメラで撮影した画像の場合、そのまま処理を行うと、直線が検出されないことがある。そのため、ヒストグラム均等化法を用いて、コントラストの調整を行っておく。

3) 直線検出のためのハフ変換

(1) ハフ変換前の処理

本研究ではハフ変換を行うにあたり、前処理としてエッジ検出(注6)を行った。図2は原画像の一部を拡大したもので、図3は原画像に対しエッジ検出を行った画像である。エッジが波立つようなかたちで検出されているため、この処理画像にハフ変換を行うと図4に示すように線が途中で切れてしまう。その対策として、エッジ検出した画像には膨張処理を行う。図5は図4と同じ箇所を処理した結果である。



図2 原画像(「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段)



図3 エッジ検出の例(「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段)



図4 ハフ変換による直線検出の例(「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段)



図5 膨張処理後の画像例(「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段)

(2) 確率的ハフ変換

前処理を行った画像にハフ変換を行い、直線を検出したものを図6に示す。また、本研究でのハフ変換は確率的ハフ変換のことを指す。確率的ハフ変換とは、画像の中から端点を持つ線分として線を検出する方法である。

図6からも分かるように、この状態では直線でない部分にも線が引かれており、過剰に検出されている。このことを省くため、絵巻に描かれている建築物の柱の長さ3分の2以上の長さを持つ線分のみを抽出すると図7のようになる。図8のように絵巻に描かれた霞や描かれた位置によって柱が見切れてしまっている場合は、ハフ変換で検出された最長の長さの3分の1以上を抽出することにした。

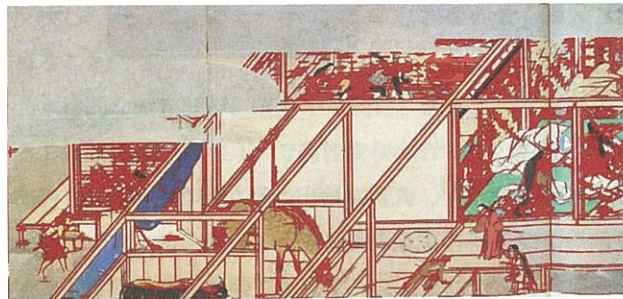


図6 ハフ変換によって抽出された直線（赤色）（「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段）

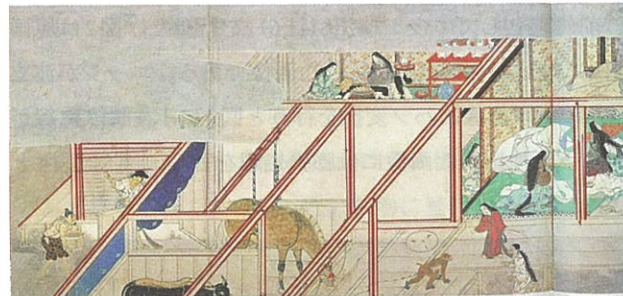


図7 閾値以上の直線のみを抽出した画像例（「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段）



図8 霞や描かれた位置により柱が見切れている画像例（「石山寺縁起絵巻」第5巻第1段）

4) 角度検出

ハフ変換によって直線検出した建築物の角度算出には直線の始点と終点の座標を用いる。ここでは図9のように画像の左下の座標を(0, 0)とおき、横幅をx軸、高さをy軸とする。また、図10においてはハフ変換で検出したある直線lの始点を(x0, y0)、終点を(x1, y1)とし、直線lと始点が同一で画像に対し水平方向に伸びる直線を直線mと仮定する。この直線mの終点を(x0+1, y0)とすれば、直線l, mのなす角をθとすると、内積の式より

$$\cos \theta = \frac{x_1 - x_0}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}}$$

(1) が成り立つ。即ち、

$$\theta = \cos^{-1} \frac{x_1 - x_0}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}}$$

(2) となる。

(2)式を利用し、2の2), 3)で検出した直線が画面に対し、どのような角度で描かれているか計算を行う。角度算出は長さが長い直線を選出し、平均値を出すことで求める。この際、画面に対し垂直に描かれている直線、及び水平に描かれているものを除くこととする。

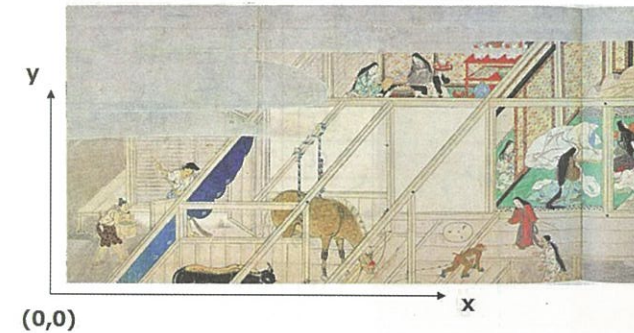


図9 角度算出のための座標定義

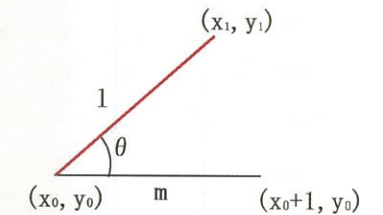


図10 角度算出のための模式図

3 絵巻の解析結果と考察

1) 作品別解析結果

本研究で対象とした作品は、「石山寺縁起絵巻」（石山寺）、「春日権現験記絵巻」（三の丸尚蔵館）、「玄奘三蔵絵」（藤田美術館）、「平治物語絵詞」（ボストン美術館・静嘉堂文庫美術館・東京国立博物館）、「元三大師縁起絵巻」（寛永寺）、「慈眼大師縁起絵巻」（同）の6作品である。表1に各々の制作年代を示す。

鎌倉時代	「石山寺縁起絵巻」1-3巻 (14世紀初期 石山寺)
	「春日権現験記絵」(高階隆兼 延慶2年 [1309] 三の丸尚蔵館)
	「玄奘三蔵絵」(伝高階隆兼 藤田美術館)
室町時代	「石山寺縁起絵巻」5巻 (南北朝時代末期~室町時代初期 石山寺)
	「石山寺縁起絵巻」4巻 (石山寺)
	「平治物語絵詞」(13世紀後半~14世紀中期 ポストン美術館・静嘉堂文庫美術館・東京国立博物館)
江戸時代	「石山寺縁起絵巻」6・7巻 (江戸時代末期 石山寺)
	「元三大師縁起絵巻」(住吉具慶 延宝7年 [1679])
	「慈眼大師縁起絵巻」(住吉具慶 延宝7年 [1679])

表1 作品の制作年代

①「石山寺縁起絵巻」(石山寺)

「石山寺縁起絵巻」は全7巻で構成されており、1-3巻は鎌倉時代、4巻は室町時代、5巻は南北朝時代末期~室町時代初期、6-7巻は江戸時代に描かれたとされる。建築物の直線の角度を算出し、順番にプロットしたものが図11で、横軸は巻に相当する。巻ごとにまとめると、表2に示したように右上がりの直線の角度は1巻49.8°、2巻42.9°、3巻42.3°、4巻39.9°、5巻46.7°、6巻40.3°、7巻40.4°で、左上がりの直線の角度は5巻40.0°、6巻35.3°となった。また全体の右上がりの角度平均は43.5°、左上がりの角度平均は37.7°であった。

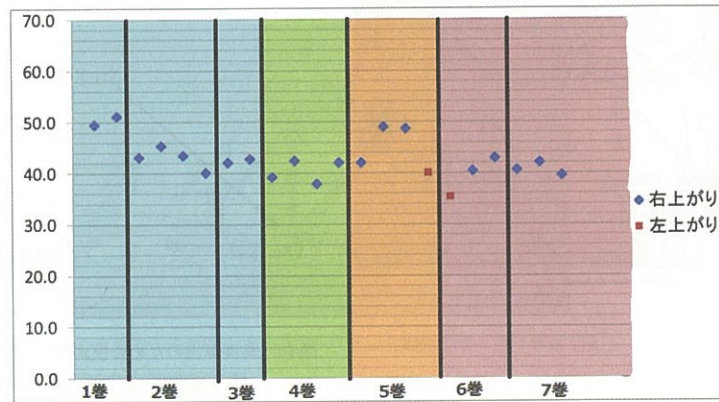


図11 「石山寺縁起絵巻」における建築物の直線角度分布

	1巻	2巻	3巻	4巻	5巻	6巻	7巻
右上がり	49.8°	42.9°	42.3°	39.9°	46.7°	40.3°	40.4°
左上がり	/	/	/	/	40.0°	35.3°	/

表2 「石山寺縁起絵巻」における建築物の直線角度

②「春日権現験記絵巻」(三の丸尚蔵館)

「春日権現験記絵」は全20巻で構成されており、制作年代は鎌倉時代(延慶2年・1309)であ

る。描かれた建築物の角度を算出し、順番にプロットしたものが図12である。表3に示す通り、巻ごとにまとめると、右上がりの直線の角度は1巻40.9°、2巻38.3°、3巻39.4°、4巻38.6°、5巻42.8°、6巻40.7°、7巻43.8°、8巻42.0°、9巻45.0°、10巻41.1°、11巻42.0°、12巻45.5°、13巻40.5°、14巻41.3°、15巻41.3°、16巻43.0°、17巻42.3°、18巻33.4°、19巻36.9°で、左上がりの直線の角度は1巻47.1°、2巻41.0°、8巻38.4°、9巻41.9°、10巻38.7°、11巻42.4°、12巻40.8°、13巻40.8°、14巻33.6°、15巻47.5°、16巻37.1°、17巻40.7°、18巻39.7°であった。右上がりの角度平均は41.0°、左上がりの角度平均は40.8°となった。また、20巻は建築物の絵がなかったため角度を算出できなかった。

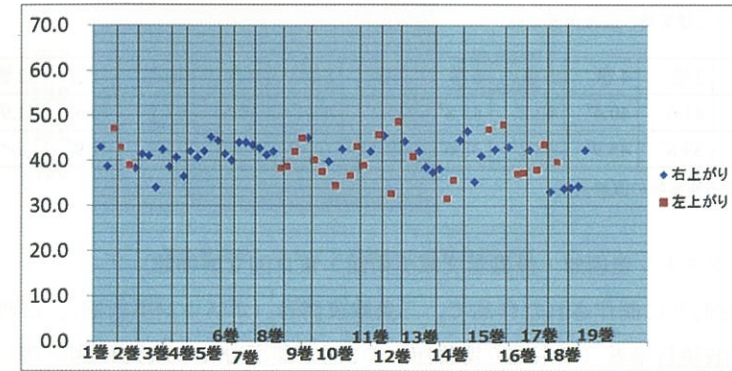


図12 「春日権現験記絵巻」における建築物の直線角度分析

	1巻	2巻	3巻	4巻	5巻	6巻	7巻	8巻	9巻	10巻	11巻	12巻
右上がり	40.9°	38.3°	39.4°	38.6°	42.8°	40.7°	43.8°	42.0°	45.0°	41.1°	42.0°	45.5°
左上がり	47.1°	41.0°	/	/	/	/	/	38.4°	41.9°	38.7°	42.4°	40.8°
	13巻	14巻	15巻	16巻	17巻	18巻	19巻					
右上がり	40.5°	41.3°	41.3°	43.0°	42.3°	33.4°	36.9°					
左上がり	40.8°	33.6°	47.5°	37.1°	40.7°	39.8°	/					

表3 「春日権現験記絵」における建築物の直線角度

③「玄奘三蔵絵」(藤田美術館)

「玄奘三蔵絵」は全12巻で構成される作品で「春日権現験記絵」と同じ工房で、鎌倉時代のほぼ同時期に制作されたと考えられている。描かれた建築物の角度を算出し、順番にプロットしたものが図13である。巻ごとにまとめると、表4に示す通り、右上がり直線の角度は1巻40.0°、2巻40.2°、3巻43.6°、4巻40.4°、5巻42.2°、6巻43.8°、7巻39.3°、8巻44.4°、9巻40.5°、10巻42.7°、11巻44.4°、12巻41.9°で、左上がりの直線の角度は1巻42.2°、2巻44.5°、3巻39.8°、4巻45.9°、5巻48.2°、6巻38.6°、7巻34.0°、11巻41.9°であった。右上がりの角度平均は41.9°、左上がりは42.6°となった。

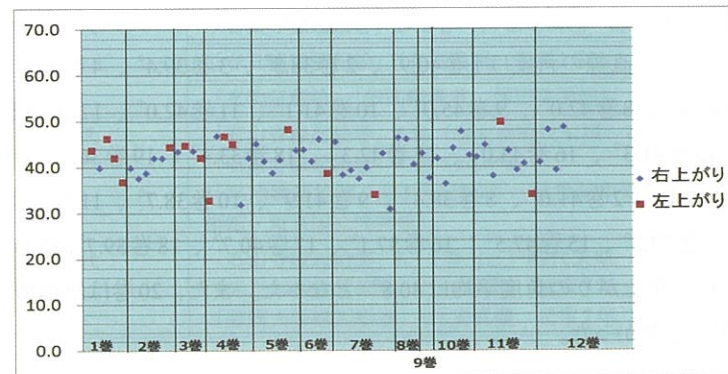


図13 「玄奘三蔵絵」における建築物の直線角度分析

	1巻	2巻	3巻	4巻	5巻	6巻	7巻	8巻	9巻	10巻	11巻	12巻
右上がり	40.0°	40.2°	43.6°	40.4°	42.2°	43.8°	39.3°	44.4°	40.5°	42.7°	44.4°	41.9°
左上がり	42.2°	44.5°	39.8°	45.9°	48.2°	38.6°	39.3°				41.9°	

表4 「玄奘三蔵絵」における建築物の直線角度

④「平治物語絵詞」(ボストン美術館・静嘉堂文庫美術館・東京国立博物館)

「平治物語絵詞」は鎌倉時代に制作された作品で、三条殿夜討巻(ボストン美術館)、信西巻(静嘉堂文庫美術館)、六波羅行幸巻(東京国立博物館)の3巻と諸所分蔵の残欠14図が残る。上記3巻に描かれた建築物の角度を算出し、順番にプロットしたものが図14である。巻ごとにまとめると、表5に示す通り右上がりの直線の角度は三条殿夜討巻41.2°、信西巻39.0°、六波羅行幸巻38.5°で、平均は35.9°、左上がり直線の角度は六波羅行幸巻でのみ検出され43.9°であった。

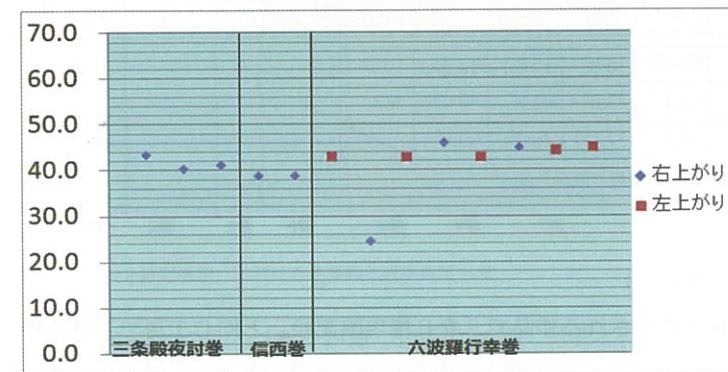


図14 「平治物語絵詞」にみる建築物の直線角度分析

	三条殿夜討巻	信西巻	六波羅行幸巻
右上がり	41.2°	39.0°	38.5°
左上がり			43.9°

表5 「平治物語絵詞」における建築物の直線角度

⑤「元三大師縁起絵巻」(寛永寺)

「元三大師縁起絵巻」は1、2、5巻のみが現存する作品で、江戸時代初期(延宝7年・1679)に制作されたものである。描かれた建築物の角度を算出し、順番にプロットしたものが図15である。巻ごとにまとめると、表6に示す通り右上がりの直線の角度は1巻31.4°、2巻37.6°、5巻39.2°で、左上がりの直線の角度は1巻42.6°、2巻44.7°、5巻39.2°であった。全体の右上がりの角度の平均は34.3°、左上がりの角度の平均は43.0°となった。

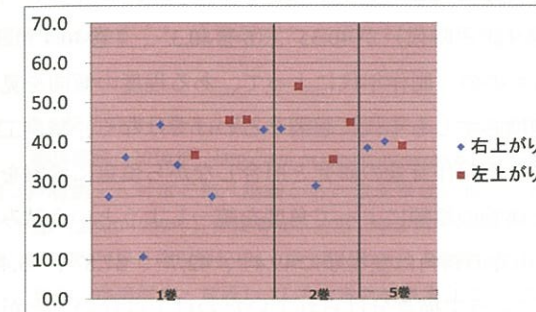


図15 「元三大師縁起絵巻」における建築物の直線角度分析

	1巻	2巻	5巻
右上がり	31.4°	37.6°	39.2°
左上がり	42.6°	44.7°	39.2°

表6 「元三大師縁起絵巻」における建築物の直線角度

⑥「慈眼大師縁起絵巻」(寛永寺)

「慈眼大師縁起絵巻」は3巻(上・中・下巻)から成る作品で、「元三大師縁起絵巻」同様、延宝7年(1679)に制作されたものである。描かれた建築物の角度を算出し、順番にプロットしたものが図16である。巻ごとにまとめると表7に示す通り右上がりの直線の角度は上巻39.0°、中巻41.0°、下巻46.0°で、左上がりの直線の角度は上巻35.6°、下巻44.3°であった。全体の右上がり角度の平均は40.8°、左上がり角度の平均は39.1°となった。

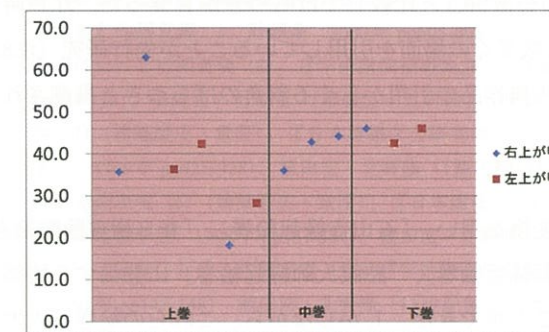


図16 「慈眼大師縁起絵巻」における建築物の直線角度分析

	上巻	中巻	下巻
右上がり	39.0°	41.0°	46.0°
左上がり	35.6°		44.3°

表7 「慈眼大師縁起絵巻」における建築物の直線角度

以上の解析結果を踏まえると、下記のことが指摘できる。

制作年代が巻ごとに異なる「石山寺縁起絵巻」は、年代別にまとめると1-3巻(鎌倉時代)の平均が右上がり度で45.0°(1巻49.8°、2巻42.9°、3巻42.3°)、4巻(室町時代)が39.9°、5巻(南北朝時代～室町時代初期)が46.7°、6-7巻(江戸時代)が40.35°(6巻40.3°、7巻40.4°)となる。1巻と2、3巻の斜角の差異が気になるものの、制作年代によって、ある程度の傾向を見出すことができた。しかしながら、斜角の傾向は必ずしも年代に起因するわけではなく、制作工房や絵師による要因も想定されるため、文献による制作背景の研究と照合しながら慎重に考察を進めていく必要があるだろう。なお、描かれた建物の種類によって角度を統一しようという試みがなされているのかも調べてみた。例えば、石山寺の斜角は登場順に49.4°、42.7°、37.8°、43.4°、39.1°、42.0°となっており、建築物の種類によって描き分けられていたわけではないことがわかった。他の建築物の種類でも調べたものの、同様の結果が得られたため、建築物の種類は関係ないと推測される。

「春日権現験記絵」では、前半部分(1-9巻)の角度の差異は控えめであり、後半(10-19巻)になると、ばらつきが大きくなる傾向があった。絵巻の前半は工房の中でも熟達した一人の絵師が手掛け、後半は工房内で分業されたためと推測される。前半(1-9巻)の分散8.00と後半(10-19巻)の分散20.4でF検定(注7)を行ったところ、1%以内で有意差が認められた。また、同じ工房作と考えられる「玄奘三蔵絵」と「春日権現験記絵」は近い値を示し、同時代でありながら「平治物語絵詞」とは角度に若干の差が見られた。建築物の描き方は年代ではなく、工房や絵師に関わる部分が大きいと推測される。

江戸時代初期の作品である「元三大師縁起絵巻」や「慈眼大師縁起絵巻」は、それぞれ分散が97.2、118.1となっており、「石山寺縁起絵巻」の分散15.5、「春日権現験記絵」の分散15.4、「玄奘三蔵絵」の分散17.7、「平治物語絵詞」の分散30.3と比較してばらつきが目立った。江戸時代初期の、特に住吉派の作品は、古典作品から数多くの場面を引用していることが先行研究(注8)によって指摘されていることより、様々な古典作品の引用からくる斜角のばらつきと推測される。

結語

本研究では、画像分析の手法であるハフ変換を用い、「石山寺縁起絵巻」、「春日権現験記絵巻」、「玄奘三蔵絵」、「平治物語絵巻」、「元三大師縁起絵巻」、「慈眼大師縁起絵巻」に登場する建築物の斜角を検出し、以上のような結果を得ることができた。しかしながら、これらの絵巻は人の手により描かれたものであるため、当然ながら、検出された数値だけで年代や工房特定に結びつけ

るのは無理がある。むしろ、従来の様式研究や文献による制作背景の研究と照合し、それらの証左となるべきデータとして有用だろう。例えば、「春日権現験記絵巻」の斜角の傾向は、工房内の制作における統制の在り方を示唆しているといえよう。また、このような科学的手法は、大量の画像から、ある一定の傾向を探る場合も、主観による誤差や手作業による時間の拘束から解放してくれるだろう。

科学的手法を用いながら、近世やまと絵における古典編集の在り方を探る研究は、未だその途についたばかりである。今後は、画面に対するクローズアップの算出など、分析の手法を広げ、精度を高めながら、絵巻研究に有用な科学的手法を模索していきたい。

注1 像を局所特徴の集合と捉えた画像の表現方法。(秋山瑞樹「大量の画像を用いた特定物体認識手法による一般物体認識」2010年 <http://mm.cs.ucc.ac.jp/research/?res=akiyama-m> 参照)

注2 戸嶋朗・八村広三郎「絵画からの画面構成の抽出と検索への応用」(『情報処理学会論文誌』Vol.40.No.3 pp.912-920 1999年) 画像構成を抽出し印象語と対応付けて検索を行うシステムに関する研究。

注3 植田宏「[春日権現験記絵](巻1-3)における建築空間の表現について：絵画における空間表現(18)(日本：指図、建築歴史・意匠)」(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 2006年 pp97-98)、植田宏「[石山寺縁起]における建築空間の表現について：絵画における空間表現(17)(日本：指図、建築歴史・意匠)」(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 2005年 pp599-600)、植田宏「[道成寺縁起]における建築空間の表現について：絵画における空間表現(16)(日本：指図、建築歴史・意匠)」(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 2004年 pp627-628)、植田宏「[桑実寺縁起]における建築空間の表現について：絵画における空間表現(15)(日本：指図、建築歴史・意匠)」(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 2003年 pp279-280)、植田宏「[13世紀後半の縁起絵巻における建築空間の表現について：絵画における空間表現(14)(2002年大会〔北陸〕)』(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 2002年 pp127-128)、植田宏「[北野天神縁起]承久本における建築空間の表現について：絵画における空間表現(13)(『日本建築学会研究報告』九州支部 3 計画系 2002年 pp533-536)、植田宏「[12世紀縁起絵巻における建築空間の表現について：絵画における空間表現(12)(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 2001年 pp641-642)、植田宏「[説話絵巻における建築空間の表現について：絵画における空間表現(11)(『日本建築学会研究報告』九州支部3 計画系(40) 一般社団法人日本建築学会 2001年 pp525-528)、植田宏「[伴大納言絵詞]における建築空間の表現について：絵画における空間表現(10)(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 2000年 pp187-188)、植田宏「[吉備大臣入唐絵巻]における建築空間の表現について：絵画における空間表現(9)(歴史・意匠)(『日本建築学会研究報告』九州支部 3 計画系 2000年 pp605-608)、植田宏「[経説絵巻における建築空間の表現について：絵画における空間表現(8)(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 1999年 pp133-134)、植田宏・北野隆「[華嚴五十五所絵巻]における建築空間の表現について：絵画における空間表現(7)(建築歴史・意匠)(『日本建築学会研究報告』九州支部 3 計画系(38) 一般社団法人日本建築学会 1999年 pp425-428)、植田宏・北野隆「[源氏物語絵巻]における建築空間の表現について：絵画における空間表現(6)(建築歴史・意匠)(『日本建築学会研究報告』九州支部 3 計画系(38) 一般社団法人日本建築学会 1998年 pp381-384)、植田宏・北野隆「[12・13世紀の物語絵巻きにおける建築空間の表現について：絵画における空間表現(5)(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 1997年 pp147-148)、植田宏・北野隆「[13世紀後半の物語絵巻における建築空間の表現について：絵画における空間表現(4)(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 1997年 pp533-

536)、植田宏・北野隆「絵巻物における建築空間の表現について (2): 絵画における空間表現 (3)」(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 1996年 pp123-124)、植田宏・北野隆「[紫式部日記絵詞]における建築空間の表現について: 絵画における空間表現 (2) (建築歴史・意匠)」(『日本建築学会研究報告』九州支部 3 計画系 (10) 一般社団法人日本建築学会 1996年 pp725-728)、植田宏・下田雅子・北野隆「絵巻物における建築空間の表現について (1): 絵画における空間表現 (1)」(『学術講演梗概集』F-2 建築歴史・意匠 一般社団法人日本建築学会 1995年 pp171-172) 植田宏『日本の絵画に見られる建築空間の表現方法に関する図形科学的研究 研究成果報告書』(平成10-12年度科学研究費補助金研究成果報告書) (2001年)

注4 『日本絵巻大成』1-26 (小松茂美編 中央公論社 昭和52-54年)

注5 『続日本絵巻大成』1-20 (小松茂美編 中央公論社 昭和56-58年)

注6 エッジ検出とは、画像中で明るさや色が急激に変化している場所 (エッジ) を検出すること。

(新井康平『画像処理アルゴリズムの基礎理論』[学術図書出版社 2006年] 参照)

注7 F分布における検定のこと。F分布とは2つの分散の比に関する確率分布。

(石村貞夫・石村友次郎『統計学の基礎のソ 正規分布とt分布編』[東京図書 2012年])

注8 「延宝七年〔元三大師縁起絵巻〕制作をめぐって」(榎原悟『古美術』73 1986年)、「中・近世の源氏絵の展開―住吉具慶〔源氏物語図屏風〕をケーススタディとして」(野口剛『王朝文学と物語絵』竹林舎 2010年) ほか

*図3-7は『日本絵巻大成18 石山寺縁起』(小松茂美編 中央公論社 昭和53年)の画像を使用し、ハフ変換や膨張処理等の加工を加えて掲載した。

図9は『続日本絵巻大成18 石山寺縁起』(小松茂美編 中央公論社 昭和53年)より転載した。

【謝辞】

本研究を進めるにあたっては、平成24年-26年度科学研究費基盤研究(C)「住吉派の事例にみる古典受容の在り方の解明―画像のパターン分析を中心に―」(研究代表者: 下原美保)の連携研究者である佐藤公則教授〔鹿児島大学工学部〕をはじめ、研究分担者である高岸輝准教授〔東京大学文学部〕、江村知子主任研究員〔東京文化財研究所〕、連携研究者である赤澤真理助教〔同志社女子大学生活科学部〕より、示唆に富む重要な御指摘をいただいた。特に佐藤教授からは、これまで着手される機会の少なかった科学的手法による絵画の画像分析に御理解をいただき、数多くのご助言をいただいた。また、長友の修士論文執筆に際しては、同教授をはじめ、鹿児島大学工学部の渡邊睦教授、鹿嶋雅之助教にも御指導いただいた。さらに、本論文をまとめるにあたっては、佐藤ゼミの学生森元啓志にも用語説明や画像処理を手伝ってもらった。ここに深くお礼申し上げたい。