

絵巻に描かれた牛車車輪輪郭の対称軸の方向に関する一考察

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

概要: 平治物語絵巻の中の牛車の車輪の輪郭は楕円様に描かれている。この車輪の長軸の方向は、牛車の大半で建物の柱と平行で、地面に垂直、すなわち鉛直に描かれているように見える。これを個々の牛車の屋形の基本方向と比較することで、牛車車輪の表現の基本形式を見出すことを試みた。三条殿焼討巻に信西巻も加えて分析することで、牛車車輪の対象軸は、屋形自身の高さ方向に対して平行になるように決められていると判断された。

キーワード: 造形論／絵巻／車輪／対称軸の方向／牛車
／平治物語絵巻

1. はじめに

絵巻に描かれた牛車車輪の表現には、興味深い特徴がある。例えば、鑑賞者から見た絵巻空間内の牛車の置かれ方にかかわらず、その車輪は楕円様に描かれている。著者は、既報^[1]において、平治物語絵詞三条殿焼討巻の住吉廣行による写本の牛車車輪の観察から、車輪は対称軸のひとつを概ね紙面の高さ方向にとった楕円様に描かれていること、輪郭が正確な楕円よりも幾分膨らんで描かれていることを示した。さらに、輪郭上の座標を取得して ellipsoid に当てはめることで車輪形状を定量的に評価し、その膨らみが hyperellipse の冪指数 n の 2.2 相当である^[2]ことを明らかにしてきた。

本報では、分析の対象を、戦闘状態で走行中の牛車が多い三条殿焼討巻から、停車・待機状態の牛車が散見される信西巻にも広げ、車輪の描かれ方を牛車本体(屋形)と関係づけた説明を試みる。

2. 牛車

図1に牛車の形状、名称を示す。牛車は箱型の屋形を左右一対の大径の車輪(くるまのわ)に載せた構成であり、牛をつないで曳かせるための轡が前方に伸びた、独特の形状を有する。特徴的な形状として、直方体とその面のひとつに平行な円形が抽出され、直交3軸方向の長さおよびその2軸により張られる平面内の円の直径とが測定できる。牛車各部の寸法や様式は細かく定められているので、絵画表現を定性的にだけでなく、定量的に表現するにも適していると考えられる。

3. 平治物語絵巻と牛車

平治物語絵巻は、平治元年(1159 年)に勃発した平治の乱を題材にして、乱の約 100 年後に制作された。15 巻近い大作とされるが、現在、3 巻と数葉および 2 巻分の模本が伝わっている。

本報で解析の対象とした平治物語絵巻は、古画の模写も多く行った住吉廣行により 1798 年に模写されたもので、国立国会図書館デジタルアーカイブに収録されている^[4]。享保 5 年(1720 年)の禁書緩和以降、幾何学など多くの西洋科学が日本に入ってきたと言われるが、これらの絵図は、「原本に忠実に模写した」と伝えられており、用器画法とは異なる。我国の手法によると考えてよいように思われる。

藤原信頼および源義朝による後白河上皇の拉致と御所三条殿の焼討を描いた三条殿焼討巻には、焼討を行う者に加えて、図 2(a) および (b) に示すように、人員輸送・戦闘車両として 10 台の牛車が描かれている。牛車の移動方向は正(左)方向、逆(右)方向、手前に向かうものなどあり、牛車 D は逆走の中で転倒をしにかけているように見える。

信西の最期を描いた信西巻に描かれている牛車は 7 台で、三条殿焼討巻とは対照的に、人々が乗り付けて停められた状態の牛車が多い。それらの中に、榻を置かず、轆を地面に直接置いた牛車 2 台が描かれている。通常は牛の背の高さにあり、概ね水平である轆が傾斜し、これに対応して屋形も前方を低くした傾斜姿勢にある。

4. 車輪の表現

平治物語絵巻の牛車車輪は、図 2 の三条殿焼討巻の牛車 A、B、C の三者に見られるように、輻の描き方を牛車の

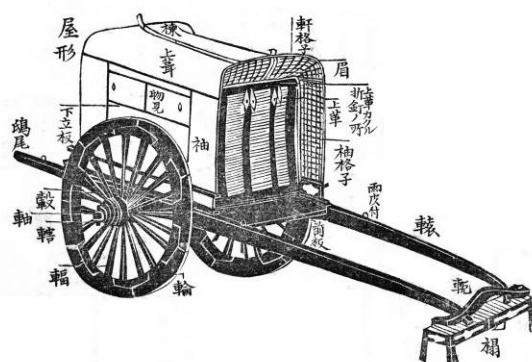


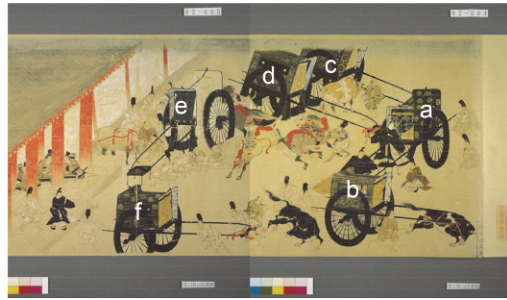
図1 牛車の各部名称^[3]



(a) 三条殿焼討巻 (06-09)



(b) 三条殿焼討巻 (14)



(c) 信西巻 (04,05)



(d) 信西巻 (13)

図2 平治物語絵詞（住吉廣行写本）に描かれた牛車（括弧内はデジタルアーカイブのページ番号）

速さに応じて変えた表現の豊かさでよく知られている。これと同時に、車輪がその輪郭形状の対称軸のひとつが、概ね紙面の縦方向（牛車の奥に描かれて屋敷の柱）と平行にして描かれて、投影理論に基づく斜投影とは異なっていることも特徴的である。

その他にも車輪の表現は細やかであり、図3を詳細に見れば、車輪の厚みが描かれていることが確認される。この厚みは、図3(a) 左右一対の両方に描かれているもの、(b) 手前の車輪だけに厚みが確認されるものが混在している。この厚みは、大輪の外周側には描かれているが、輻が接続される内周側には描かれていないことが共通している。

分析画像には、擦れによる色の重なるの損失、これによ

る輪郭の欠落があり、車輪厚みの表現が確認できない場合に、牛車の方向に対応したものか、すべてに描かれているものかの確認が難しいのが惜まれる。なお、今回の対象では信西巻の牛車 b では、厚みの表現が不鮮明だったので、描画形状の最外周の点を取得した。

5. 車輪の表現の分析

5.1. 分析対象

図2において、三条殿焼討巻で A, B, D と H の4台、信西巻で a, b, c と d の4台、計8台とした。これらは、それぞれ牛車の姿勢が特徴的であるように選んだ。信西巻 c, d は、輻が榻に置かれず直接地面に接していて、輻側を下



(a) 両輪ともに厚みが明確な表現
（信西巻 牛車 d）



(b) 手前の片輪のみ厚みが認められる例
（三条殿焼討巻 牛車 A および牛車 D）

図3 車輪の厚みの表現

げた傾斜状態にある本絵巻内では特殊な姿勢の例として重複して選んだ。

5.2. 寸法・形状・姿勢特性値の抽出

5.2.1. 特徴形状点の座標取得

車輪輪郭の座標は、史料画像から車輪と屋形とを含む部分を切り出し、1366ピクセル×945ピクセルの長方形に調整したのち、図4に示した輪郭座標取得位置の目安の放射線を重ねてPCのディスプレイに表示し、WinAPIのGetCursorPos関数を用いて、マウスクリックの手作業により、画像左下隅を原点(0,0)としたクリック点までのピクセル値を座標(x,y)として取得している^[5]。

屋形の長さ、幅を取得するために屋形の開口部から後端まで物見に沿った2点、巻上げた前簾の上縁をガイドにし開口部の幅の両端の2点をとった。高さについては、描かれた屋形に明確な端を見いだせず、屋形の高さ方向が紙面に対してどのように配置されているかを見出すことを目的として、開口部側部の2点を選択した。図4には、これらの取得点および対になる特徴点を結んで得られる屋形の長さL、幅W、高さH(方向のみ)。それらの方向は、屋形の鑑賞者に対する手前の隅を起点にして、長さ、幅、高さ方向のそれぞれについて水平方向からの角度 α 、 β および γ として定義する。

車輪輪郭については、図4で車輪に重ねた放射状のガイドを利用して、中心角5度ごとの72点を取得した。このとき、前述のように、手前の車輪には、共通して前述の厚みの表現が確認できたので、車輪の外側の面の輪郭を辿ることに気を付けて、座標取得点を選定した。

また、これに加えて、輻が集中する車輪面の中心付近の位置Oを目見当で取得した。この車輪中心付近の点の座標値は、次項で述べる、車輪輪郭形状のellipsoid当てはめのための最適化計算における初期値として用いる。

5.2.2. Ellipsoid への当てはめ

少ない特性値で形状の特徴を表すために、車輪の輪郭

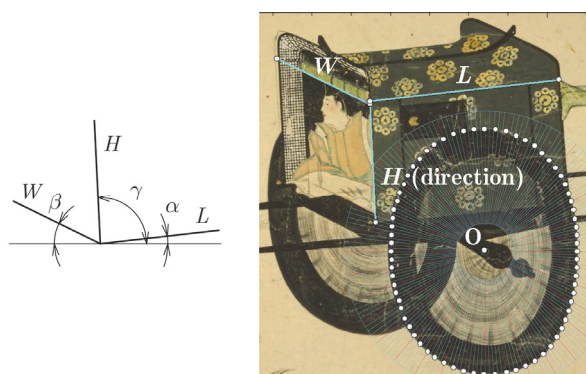


図4 分析対象画像と取得点（三条殿焼討巻 牛車A）

を次式(1)

$$|X/a|^n + |Y/b|^n = 1 \dots\dots\dots(1)$$

に当てはめて、楕円からのずれを冪指数nの値で定量的に表すことを行ってみた。輪郭座標値(X,Y)には、輪郭の中心位置(x_c,y_c)に加え、軸の傾き角θを含めた。

$$\begin{cases} X = (x - x_c) \cos \theta - (y - y_c) \sin \theta \\ Y = (x - x_c) \sin \theta + (y - y_c) \cos \theta \end{cases} \dots\dots\dots(2)$$

ただし、式(2)においてx,yは車輪輪郭上の点の座標、x_c,y_cは輪郭に対する中心位置、a,bは輪郭の短半径、長半径である。あてはめ式が線形ではないので、一般化簡約勾配法を利用し、n,(x_c,y_c),A,Bおよびθを変数として、式(3)の残差平方和平均Δを最小化するための反復収束の結果として、それぞれの値を求めた^[2]。

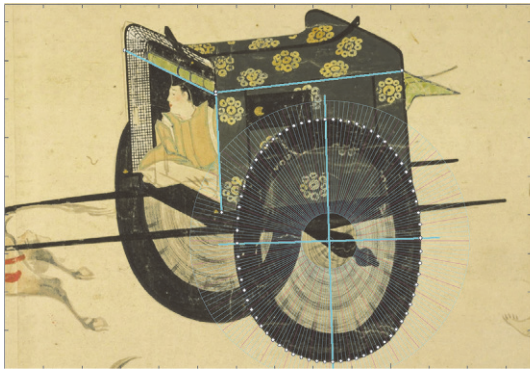
$$\Delta = \sqrt{\sum \{ |X/A|^n + |Y/B|^n - 1 \}^2 / N} \dots\dots\dots(3)$$

なお、式(3)を指標とした車輪輪郭形状・寸法・姿勢の式(1)への当てはめは多峰性を有していて、適切な初期値を設定しないと適切な結果が得られない場合がある。既報^[2]では、車輪単体での輪郭取得とellipsoidへの当てはめを行っていて、車輪を画像の中心付近においた解析を行ったので、画像中心付近の座標を初期値に設定すれば適切な当てはめが得られるパラメータへの収束が得られたが、車輪に屋形を加えて分析する本報では、牛車が空間に置かれた方向・向きにより分析画像内での車輪の位置が異なり、画像ごとに車輪位置を取得する必要性が生じた。車輪輪郭の全周が得られる画像では、輪郭点の平均値を利用して車輪中心位置を予め推定できるが、輪郭の一部が欠けた画像も解析の対象とするために、画像から直接取得する処理を追加した。

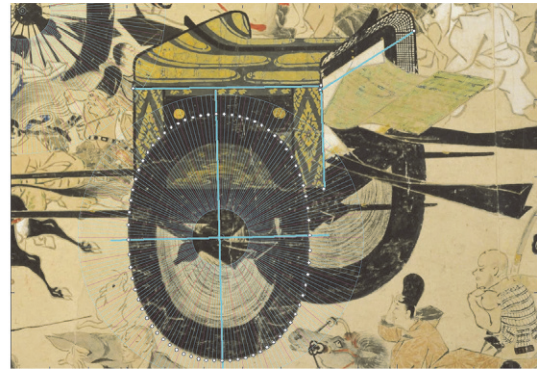
6. 結果および考察

図5に、車輪輪郭をellipsoidに当てはめた結果を、解析画像に重ねて示す。三条殿焼討巻については既報^[2]で確認しているが、信西巻に描かれた牛車においても、輪郭の一部が欠けた車輪でも輪郭の当てはめが現画像に対して違和感なく行われており、長軸、短軸の方向、およびそれらの交点の中心位置も自然であるように観察される。

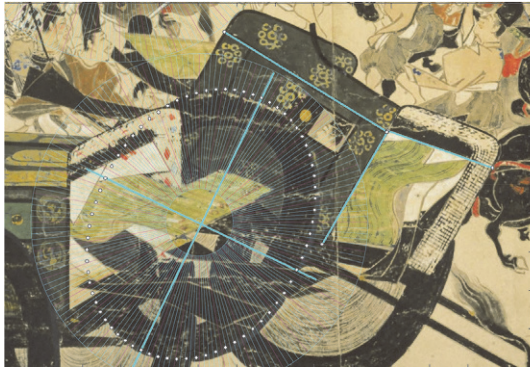
表1は、この解析で得られた形状・姿勢特性値で、a/bから後述するθ'までが車輪に、L*=L/b、W*=W/bからγまでが屋形に関するものである。なお、解析時の画像切り出しは、座標取得画面内に対象をできるだけ大きく含めるために、画像ごとに現画像に対する比率が幾分異なる。この



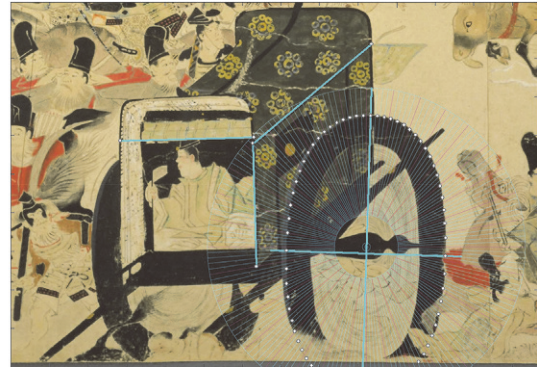
(a) 三条殿焼討巻 牛車 A



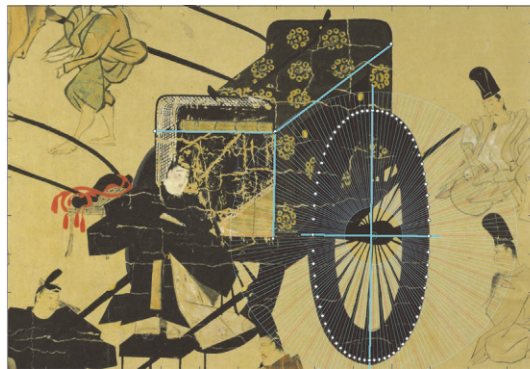
(b) 三条殿焼討巻 牛車 B



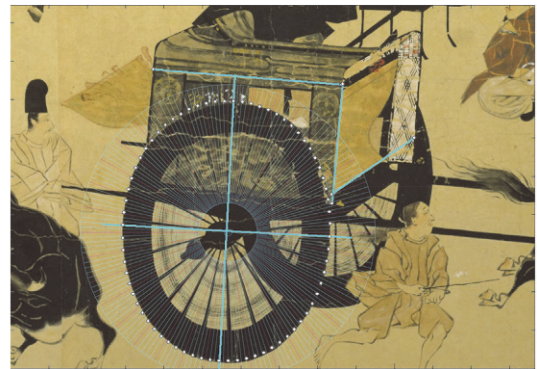
(c) 三条殿焼討巻 牛車 D



(d) 三条殿焼討巻 牛車 H



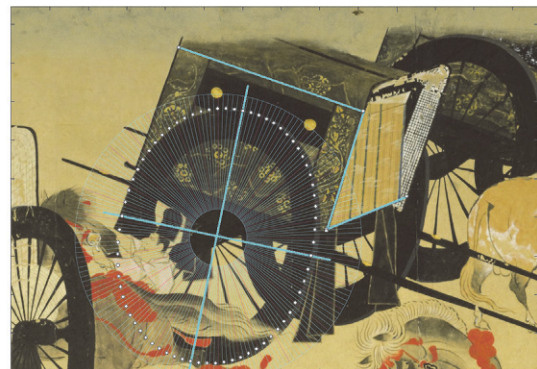
(e) 信西巻 牛車 a



(f) 信西巻 牛車 b



(g) 信西巻 牛車 c



(h) 信西巻 牛車 d

図5 車輪に当てはめた ellipsoid の輪郭と対称軸

ため、長さに関する数値は、それぞれの牛車車輪の長軸の長さ b で無次元化して示した。なお、 b による無次元化は、車輪の長軸長さは、屋形の寸法に呼応して、絵巻空間のス

ケールに関する量として牛車間でほぼ同じにとられるものと推測してのことである。

これらの数値から、まず車輪について形状の特性をみれ

表 1 牛車の車輪の形状特性値と屋形の方角・寸法

巻	三条殿焼討巻				信西巻			
牛車	A	B	D	H	a	b	c	d
a/b	0.758	0.737	0.760	<u>0.577</u>	<u>0.465</u>	0.799	0.734	0.757
n	2.18	2.25	2.07	2.32	2.30	2.09	2.18	2.16
θ [deg.]	-1.8	-1.4	25.6	1.9	0.7	3.1	15.9	11.8
θ' [deg.]	91.8	91.4	64.4	91.9	89.3	86.9	74.1	78.2
$L^*=L/b$	1.55	1.53	1.36	1.13	1.17	1.46	—	1.53
$W^*=W/b$	0.84	0.90	0.80	0.97	0.96	0.77	0.66	0.68
$L^*(a/b)$	1.18	1.13	1.04	0.65	0.55	1.16	1.00	1.16
W^*/L^*	0.54	0.59	0.58	0.86	0.81	0.53	0.48	0.44
α [deg.]	6.47	-0.71	31.6	40.1	37.1	4.7	16.7	19.1
β [deg.]	-25.9	32.2	-19.4	-1.5	-0.6	34.4	24.3	22.2
γ [deg.]	92.8	91.7	60.0	91.6	89.0	84.8	68.4	72.7
$\gamma-\theta'$	1.0	-0.3	4.4	0.3	0.3	2.1	5.7	5.5
$L\cos\alpha/a$	2.04	2.07	1.53	1.50	2.02	1.82	1.78	1.91

ば、 a/b は 8 台のうち 6 台で 0.75 の前後であり、三条殿焼討巻の牛車 H、信西巻の牛車 A でそれぞれ $a/b=0.577$ 、0.465 と、これらの絵巻中では、特に小さい値を有する。これら 2 台の牛車は、他の牛車が絵巻の物語の進行方向に描かれているのに対して、鑑賞者に向かう側を向いていて、これらの絵巻の中では特異な方向に描かれている。

n は、これまでに三条殿焼討巻に描かれた牛車におけるのと同様に、信西巻の牛車でも 2 をいくらか超えることが確認できる。それらのうち、前述の a/b が他よりも小さく描かれている三条殿焼討巻の牛車 H、信西巻の牛車 a の $n=2.32$ 、2.30 は他よりも大きく、扁平の程度が大きい車輪は、楕円からの膨らみの程度も大きい傾向が認められる。

さて、本報の最も中心となる対象である、車輪の対称軸の方角について、以下の両をもとに考察を行う。

車輪の長軸の傾き角 θ は、長方形画像の長手右方向を x 軸、これに反時計回りに 90° 回転した向きを y 軸として暫定的に取った座標系と、当てはめ ellipsoid の短軸方向を X 軸、長軸方向を Y 軸とした座標系の間の回転角を表している。これをはじめに設定した座標系に対する楕円の長軸方向の指示とするには符号を逆にすればよく、 x 軸から ellipsoid の長軸までの角度 θ' は、 $\theta'=90^\circ-\theta$ と算出される。

牛が軛に繋がれていて屋形の床が水平になっている三条殿焼討巻の牛車 A、B、H および信西巻の牛車 a および b では、 θ' が概ね 90° で、牛車の進行方向にかかわらず、その車輪は楕円様の長軸を上下方向にして描かれていると解釈した根拠である。三条殿焼討巻では、唯一、牛車 D

がこの解釈から外れて 64.4° と大きく傾いているが、これは転倒状態にある特別な表現として、例外と判断した。

このような牛車車輪と屋形や後方の屋敷を描いた視点を推測すれば、以下の説明が可能である。

矩形の組合せを基本形状とする屋敷は、正面に対して奥行を追加する工夫を施して斜投影的な表現ができ、牛車の屋形についても、奥行方向の表現を重ねることで、地面と平行な 2 軸の方向を描き分け、進行方向を表現し分けることができた。

これに対して、車輪は、実際に地面に置かれた牛車の車輪を観察し、目の高さとは違わない車輪を概ね水平に近い視線のもとで観察した結果として描けば、牛車を周るどの方向からも車輪の長軸はほぼ鉛直に置かれ、牛車周りの位置によりその扁平率が変わったものとの説明が可能である。

三条殿焼討巻の牛車の表現は、上記のように屋形と車輪を別々の視点・様式で描いたものと解釈すれば、説明に一応の整合性を確保できるように思われた。

しかし、信西巻の牛車 c および d が解析の対象に含まれたことで、異なる説明が必要になる。

両輪が地面に正常な状態で接している信西巻の牛車 c および d では、 θ' がそれぞれ 74.1° 、 78.2° と、先の三条殿焼討巻の牛車 D ほどではないにしろ、上下方向の 90° からは大きく外れる。

これらは何を基準にして描かれているかを考察するために、表 1 でこれらに近い値を探すと、屋形の高さ方向を示

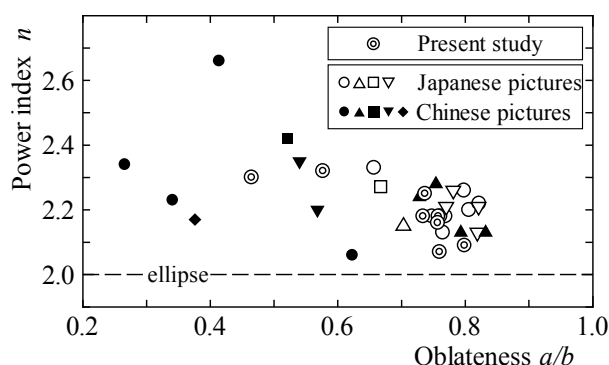


図6 車輪形状特性値の分布

す角度 γ が見つかる. 表 1 で網かけを施した両者の差 $\gamma - \theta'$ をみれば, 通常姿勢の牛車では -0.3° から 2.1° , 傾斜姿勢にある三条殿焼討巻 D, 信西巻 c, d でも 4.4° , 5.7° および 5.5° と, 概ね館の高さ方向を参照して, これに平行に車輪の長軸を合わせたとして, よいように思われる. つまり, 車輪は, 地面に対する姿勢に関係なく, 屋形の高さ方向に長軸方向を揃えるように, 屋形と一体化したパターンとして描かれているという説明が, 一貫性を持つ.

そうすると, 車輪の短軸の長さ a は, 屋形の長さまたはその水平方向の寸法に関連して決められたと期待される. しかしながら, 表 1 に屋形の長さ L の水平方向の成分 $L \cos \alpha$ と a の比 $L \cos \alpha / a$ を加えてみても, これを含めて a と対応する長さは見当たらず, a はパターン化が弱い寸法であるのか, 他に参照した長さがあるのかについては, さらなる調査が必要である.

図 6 には, 日中の絵画に描かれた牛車および荷車の車輪形状の解析における, 車輪の輪郭を ellipsoid に当てはめたときの短軸/長軸の比 a/b に対する n の値の分布^[6]に, 本報での 8 台の牛車分を追加して示す. 既報^[6]での解析の対象は, 日本の絵巻では平安後期から鎌倉を主として, 本報の平治物語 三条殿焼討巻の写本を含み, 中国絵画では宋, 明代のものである. 黒のプロットで示された中国の絵画の車輪に対して, 白で示された日本の絵巻中の牛車は n の値の範囲が $n=2.2$ 程度を中央にして狭い範囲にまとまっている. これは, 牛車が屋形と車輪とを一体化したパターンとして描かれていることによるものとも考えられる.

7. まとめ

平治物語絵巻の住吉廣行による写本 三条殿焼討巻, 信西巻に描かれた牛車について, 車輪の表現を屋形と関連づけて解析して, 正確な楕円よりわずかに膨らんだ形に描かれている車輪の長軸の方向は, 屋形の高さ方向を参照して決められているとの説明が可能であるとの結果を得た.

車輪は, 地面や視方向に対する姿勢に基づいて描かれたものでなく, 屋形の高さ方向に長軸を揃え, 牛車と車輪をひとつのパターンとし, 牛車屋形の床が水平である状態を基本パターン化して, 屋形が傾く場合には, これに伴って車輪輪郭の対称軸も回転させて描かれているとの説明が一貫性を持つ.

参考文献

- [1] 竹之内和樹, 大月彩香, “平治物語絵巻に描かれた車輪形状の幾何学的解析に基づく一考察”, 日本図学会 2012年度秋季大会(東京) 学術講演論文集, pp.77-80.
- [2] 竹之内和樹, “絵巻物に描かれた牛車車輪の輪郭の形状について —スーパー楕円へのあてはめ精度の向上—”, 日本図学会 大会学術論文集 2015年度春季大会(札幌), pp.133-136.
- [3] 関根正直, 宮殿調度図解(1900), pp.114-115.
- [4] 住吉廣行(写), 平治物語[絵詞] 三条殿焼討巻, 信西巻, 国立国会図書館デジタルコレクション, <http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1288449>, (2017年10月7日確認).
- [5] 竹之内和樹, 大月彩香, “絵巻物に描かれた牛車車輪の輪郭の形状について —スーパー楕円のあてはめによる形状パラメータの抽出—”, 日本図学会 2013年度秋季大会(盛岡) 学術講演論文集, pp.21-26.
- [6] K. Takenouchi and B. Dong, “Evaluation of a Profile Parameter of Wheels Drawn in Ancient Pictures in Japan and China”, USB Proceedings of Asian Forum on Graphic Science 2017, (2017).

著者紹介

たけのうち かずき:九州大学芸術工学研究院 コンテンツ・クリエイティブデザイン部門, 〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1, takenouchi.kazuki.477@m.kyushu-u.ac.jp