

絵巻物に描かれた牛車車輪の輪郭の形状について

— 楕円のあてはめによるパラメータの抽出 —

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

大月 彩香 Ayaka OHTSUKI

概要: 絵巻物には、牛車や荷車がさまざまな方向で描かれている。これらの車輪は鉛直軸を長軸とする楕円に類似した形状に描かれており、投影の理論には従っていない。このような車輪輪郭の形状について、長軸と短軸の比に加えて楕円からのずれを調べ、スーパー楕円をあてはめるときのべき指数 n の値を定量的に求めた。まず、べき指数の値を変えて作図したスーパー楕円を車輪輪郭に重ね合わせて比較した結果から $n=2.2\sim 2.4$ と大まかに見積もり、次いで輪郭上の多数の点での残差値をもとに定量的に評価して近似の精度を上げて $n=2.2$ と評価した。

キーワード: 造形論／絵巻／投影法／スーパー楕円／べき指数

1. はじめに

学生に円形物体の投影により得られる楕円の作図・図形表現を指導すると、楕円の正確な作図のみならず、軸の方向の理解には、もの見え方に関する正しい認識が必要であることを、改めて強く感じさせられる。

明治初期には、コンパスを用いて作図した円弧を接続する楕円作画法が出版され^[1]、西洋的作図法が導入されているが、それ以前の楕円の描画・作図はどのように行われていたのであろうか。

例えば、平治物語絵巻をみれば、建物は斜投影法的に表現されている^[2] のに対して、実形が円であるべき牛車の車輪は、牛車の方向にかかわらず、縦に長い楕円のような形に描かれており、車輪は斜投影とは異なるようである。そこで、我が国の絵巻に描かれた車輪の形状を図学的な視点から調べることにした。楕円は、車輪や桶といった円形の物体の表現として古くから絵図に含

まれていることから、それらを資料にして、実形が円である物体の投影表現を系統的に調べることに発展させることができそうである。このような、実形が円である車輪の図表現については、描画形状を楕円と仮定したうえで、投影方向と軸方向、長軸/短軸比(円の傾き角)を詳細に、多数の絵巻を整理した系統的調査^[3] がある一方で、輪郭形状自身に着目したものは見当たらないようである。

そこで、前報^[4] に加え、車輪輪郭の形状自身にも目を向け、可及的簡便に形状パラメータを抽出することを試みた。描画された形状の特性が数量化できれば、形状認識における主要な視点や、描画の原理に言及できる可能性がある。本報では、平治物語絵巻 三条殿焼討巻^[5] を資料とし、牛車車輪の描画について解析した結果を報告する。

2. 平治物語絵巻

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。

本報で解析の対象にした平治物語絵巻 三条殿(さんじょうどの)焼討[夜討]巻^[5](縦 41.3cm×横 699.7cm)を図 1 に示す。これは、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もので、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。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

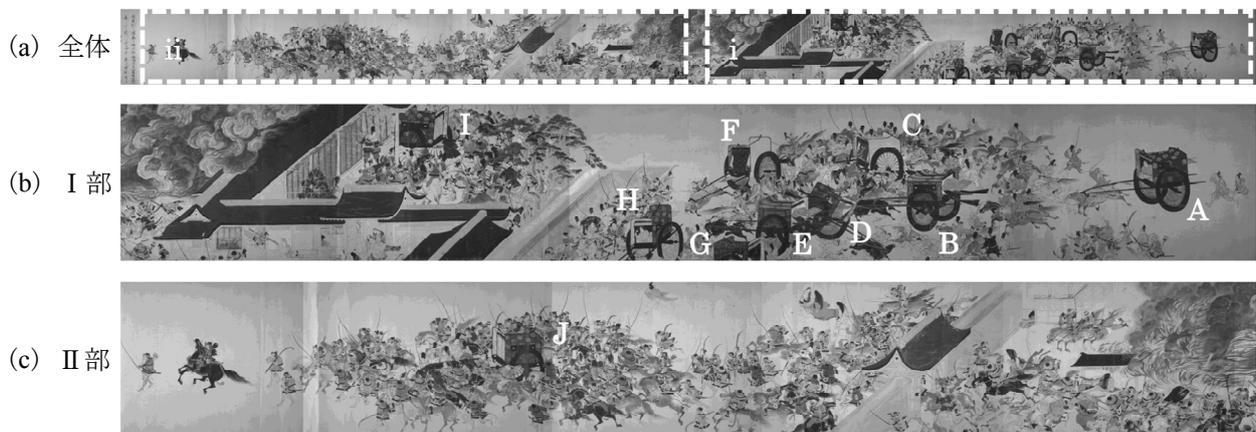


図 1 平治物語絵巻^[5]

うに思われる。

この絵巻には、焼討を行う者に加えて、人員搬送・戦闘車両として 10 台の牛車が描かれている。牛車は、左右に長方形の壁を互いに平行に設けた箱型の屋形(やかた)を大径の車輪(くるまのわ)で支えた乗り物である。特徴的な形状を抽出すれば、直方体とその面のひとつに平行な円形とから成り、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。これらの牛車は、紙面の絵図の各部において、左右、前後の方向に走行し、ときには停止した状態で描かれていることから、視方向(投影方向)と表現の関係を調べるのに好適であろう。

3. 牛車の表現と状態の読取り, 特性値の測定

図 2 に牛車の形状、名称^[6]を示す。牛車は直方体に近い「屋形」を左右一対の大型の車輪「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轆が前方に伸びている。

図 3 に、絵巻から抜き出した牛車を示す。これらの牛車を観察すれば、紙面と牛車の姿勢の関係ならびに牛車の表現の基本を読み取れる。

牛車 H をみれば、前板の上端は絵巻の水平線と平行で、正面の出口は長方形であり、この面が紙面と平行であることが意識されるようである。そうすると、屋形の側面は、視方向に垂直ではないことになり、この面に平行な車輪も傾きを意識して描画されるであろう。実際、牛車 H では、車輪は縦に対して横方向の寸法が 0.6 倍の長円状に表現されている。

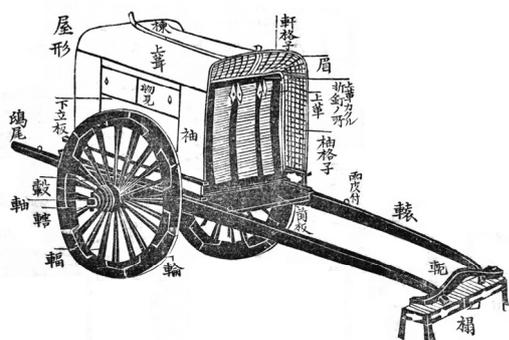


図 2 牛車の各部名称^[6]

表 1 牛車の状態と特性値

	位置	方向/向き	牛	輻	動き	車輪 ^{*1}			屋形 ^{*2}				
	近・中・遠					長軸	短軸	短/長	幅	奥行	幅/長	奥行/長	傾き ^{*3}
A	中	横/左	有	不	速	11.3	8.7	0.77	4.8	8.8	0.42	0.78	28°/7°
B	中	横/左	有	不	速	11.3	8.2	0.73	5.1	8.7	0.46	<u>0.78</u>	34°/0°
C	遠	横/左	有	描	遅	10.9	8.3	0.76	4.6	8.2	0.42	0.75	28°/4°
F	中遠	斜/左下	有	不	速	11.2	7.8	0.70	5.6	6.1	<u>0.50</u>	0.54	0°/29°
H	近	斜/左下	有	不	速	12.8	7.6	0.59	6.8	7.4	<u>0.49</u>	0.57	0°/40°
J	中	横/左	無	描	静	11.2	8.8	0.79	4.3	9.3	0.38	<u>0.83</u>	40°/2°

1 車輪の対称軸の長い方を長軸、短い方を短軸と記述。車輪、屋形の寸法は、絵図の資料化において付加されたスケールにより測定。
2 下線を付した数値を実長相当と仮定した。
3 傾きは「幅方向/奥行き方向」の順に記載。

一方、右から左に向かって疾走している牛車 B をみれば、屋形の側面の窓である物見はほぼ長方形に描かれており、その横の辺は絵巻のほぼ水平方向であり、右側面が紙面に正対する姿勢に近いようである。一方、屋形の幅方向の前板の縁と水平線がなす角は 30°ほどあり、明確に紙面との傾きを示している。この状態において紙面とほぼ正対する車輪面の外形は、円でなく明確に縦長に描かれている。

さらに、上記以外の牛車も見れば、車輪はすべて楕円状で、屋形側面がほぼ実形の長方形で描かれる牛車 A~C, J でも円形には表現されていない。また、それらの長軸は、図 1 で転倒している牛車 D を除いて、鉛直方向である。ただし、牛車の方向と関係するの、車輪の縦横方向の長さの比率は一定していないようである。

車輪の以外の表現に目を向けると、牛車の動静も車輪で表現してあり、輻(や)が描かれているもの、輻は全く見えず車輪の回転による輻上の点の軌跡に相当すると思われる長円状の線が多数描かれたもの、これに輻の影に見える放射状の線が付加されたものの描き分けが認められる。

これらの点に注意しながら、車輪の屋形の寸法が測定でき、対になる姿勢がある牛車 A, B, C, F, H, J について、絵図の中での奥行き方向の位置、屋形・轆の方向と向き、牛の有無、輻の表現に基づく牛車の動静の様子を読み取り、車輪の大きさ、屋形の幅と奥行き(長さ)および屋形の幅・奥行き方向が絵図の水平線となす角を測定した。なお、描かれた車輪の輪郭は、後述するように楕円よりはスーパー楕円に近いが、便宜的に 2 本の対称軸方向の寸法のうち長い方を長軸、他方を短軸と記述した。また屋形の奥行きの測定は、物見の下端に統一して、正確さを確保した。牛車の動きは、輻の描かれ方で、速・低・静の三通りに大別した。

4. 投影法の解析

表 1 に各牛車の測定結果を示す。車輪や屋形の寸法は、牛車 A と C を例として、類似した方向・向きにおけるものが同じではなく、また、遠近による規則も明確ではないようである。そこで、車輪、屋形における寸法は、車輪の長軸長さを用いて正規化した値も求め、二重罫線で囲んで示した。また、上記の情報から、車輪の表現の幾何学的特性を解析して斜投影と比較して解析するには、表現が斜投影であったときのパラメータを求めておく必要がある。このために、形状の表現が単純である、

牛車の屋形を基にした解析を行った。

車輪についてみれば、牛車の方向にかかわらず車輪の長軸長さに対して短軸長さは 0.6~0.8 の比率で一定せず、類似の方向・奥行きのある位置にある A, B と J の間でも 0.73, 0.79 と 1 割程度異なる。

このような牛車の表現のうち斜投影と考えられる絵に、図学の斜投影の概念を適用した 3 次元作図により正確な楕円を作図して重ねてみる。この作図には斜投影の比率 μ (=奥行の作図上の長さ/奥行の実長) が必要である。牛車 B と J は斜投影法で描かれているとして、牛車の側面が実長であると仮定し、同様に牛車 F と H の正面も実形と仮定して、車輪の縦直径を基準に牛車の幅と奥行き比を求め、これらの寸法を基に μ を推定した。すなわち、表 1 中の下線を付した数値は、牛車の姿勢から実長が表れていると仮定し、屋台の幅に 0.5, 奥行きに 0.8 の値を採用した。

図 4 は、ここで用いた斜投影による 3 次元作図法であり、以下の手順による。投影面に垂直な面(正面)に車輪に相当する直径 1 の円を作図し、投影面上には水平面から δ の角度で長さ μ の斜投影の奥行きを作図す

る。それらの正面と投影面との対応する点をつないだ線分が投影線となるので、これに基づいて正面の円を投影面に投影すれば、求める楕円が得られる。

図 5 に牛車 H について車輪の斜投影による理論的な投影形状(楕円)を白線で重ねて示す。牛車 H については、描かれた車輪の長軸長さに対して 0.8 と推定された奥行きが 0.57 で描かれていることから、 $\mu=0.57/0.8=0.713$ と見積り、表 1 の測定結果のとおり $\delta=40^\circ$ とした。斜投影の基本的知識として理解されている楕円の軸の傾きと描かれた車輪の姿勢との差が大きいことが確認される。

5. 車輪輪郭の解析

図 3 には、描かれた車輪の長軸と短軸の長さを求めるための車軸を中心とした 2 つの同心円に加え、これらにそれぞれ内接・外接する楕円を描いている。車輪の輪郭線に直線部は認められないので、車輪は長円ではなく楕円で描かれていると想定したが、中心から $\pm 45^\circ$ 方向の近辺では、車輪の輪郭が楕円から外側にはみ出していることがわかる。第 4 章の楕円の軸方向の解析

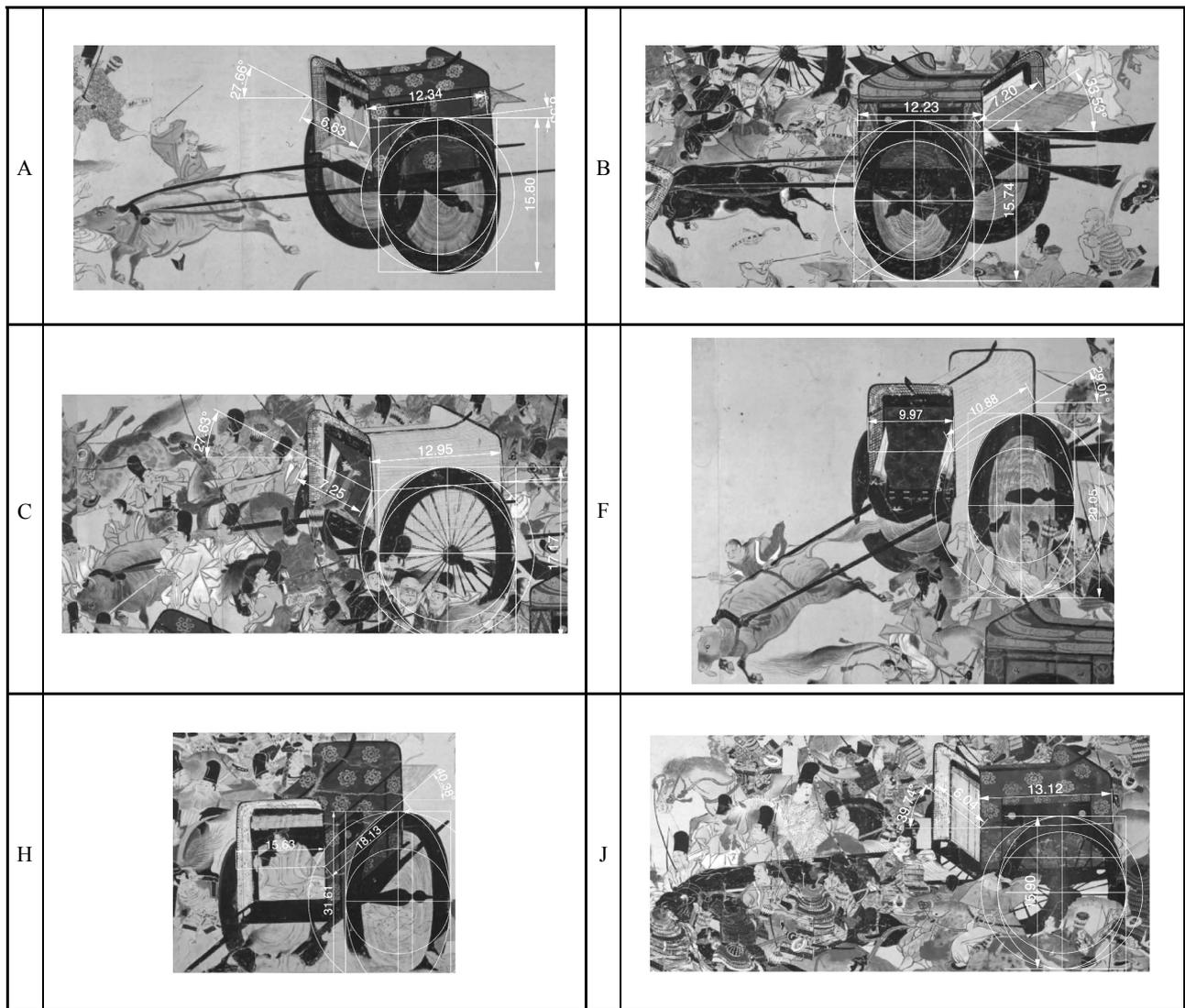


図 3 牛車部における図法解析結果

(図中の長さ寸法は作業時の画面解像度を単位としている)

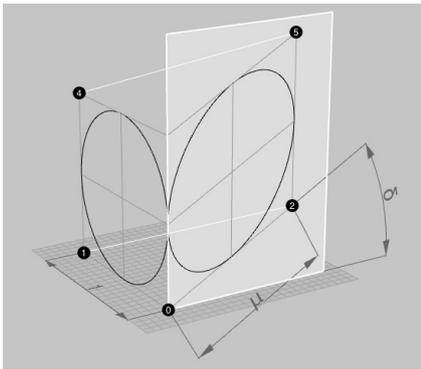


図 4 円の斜投影図の作図法



(a) 牛車 B (b) 牛車 H
図 6 車輪の形状



図 5 牛車車輪の投影形状(円の斜投影)

と併せて、絵巻に描かれた車輪は、形状、姿勢について、ともに円の斜投影とは明確に異なることが知られる。

当時、歪んだ円をどのように捉えて描いたかについては今後の調査・考察によるとして、ここでは、できるだけ少ない特性値で形状の特徴を表すために、車輪の輪郭をスーパー楕円

$$|x/a|^n + |y/b|^n = 1 \dots\dots\dots(1)$$

と仮定し、楕円からのずれをべき指数 n の値で定量的に評価してみる。

図 6 に、牛車 B と G について、スーパー楕円のべき指数を $n=2$ から 3 まで 0.2 ごとの 6 段階に変化させたときのスーパー楕円を車輪に重ねて描いてみた。車輪の

輪郭は上下および左右について対称からのずれがあり、図 6 におけるスーパー楕円と車輪の輪郭とのあてはめの良否には感覚的な判断を含むが、 $n=2.2\sim 2.4$ がよく重なるようである。

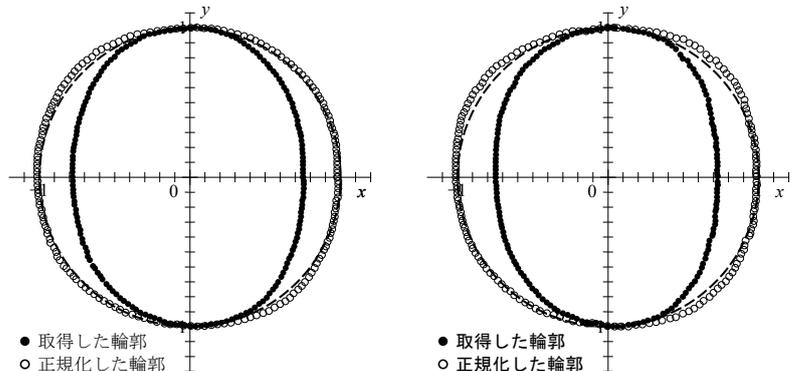
これをさらに精密に推定するために、車輪の輪郭座標をもとにして、数値的評価を行なう。

図 7 は、車輪輪郭の座標値取得のための作業過程の一部である。360°を 180 に等分割する放射線を、背景を透過して解析対象と重ねて PC のディスプレイに表示し、WinAPI の GetCursorPos 関数を用いて、放射線と車輪輪郭との交点の座標を取得した。これにより、放射線の中心から水平右向きを 0°として 2°ごとの (x, y) の組 180 個が得られた。なお、この輪郭取得の放射線の中心は車輪の軸上にとることを予定したが、図に示した牛車 B では、幾分ずれた位置に置く方が、車輪輪郭との位置関係はよいように思われた。また、図 3 で他の牛車をみても、車軸と車輪の外・内接円の中心とは必ずしも一致していない。したがって暫定的な座標原点は、輪郭を基準にした感覚的位置合せによっている。車軸の描かれた位置が必ずしも車輪の中心位置を与えないのでは、全周の輪郭が示されていない車輪は中心位置が特定できないため、以降の解析では、牛車 A と B を対象にする。また、屋形の高さ方向は必ずしも絵巻の用紙に対して水平・垂直ではないようであるが、デジタル化資料の水平方向を y 軸、これに垂直に x 軸をとった。

図 8 には、牛車 A, B について、取得した座標を、 x 座標については短半径 $a/2$, y 座標については長半径



図 7 車輪部に重ねた放射線のテンプレート (牛車 B)



(a) 牛車 A (b) 牛車 B

図 8 車輪輪郭の形状

$b/2$ で正規化して黒丸で示す. 短軸長, 長軸長は, それぞれ取得した輪郭を挟む x 軸, y 軸に平行な二組の平行線で挟んだ時の幅, すなわちそれぞれの x 座標, y 座標の最大値と最小値との差として求めた. また, 原点は, 輪郭座標の算術平均による位置とした. 白丸で示したのは, x 座標, y 座標をともに長半径 $b/2$ で無次元化した形状であり, これと比較するために, 半径 1 の円 $x^2 + y^2 = 1$ を破線で示した. 図 3 において車輪に楕円を重ねて確認している通り, 車輪の輪郭は, 座標軸から離れた位相角位置において破線よりも外側に膨らみ, 2 次曲線である楕円よりも高い次数の形状で近似することが適切であることが再確認される.

どれほどの n の値が適正かを見積もるために, 輪郭形状全体の式 (1) からのずれを, 以下の残差平均 Δ_0 , 残差絶対値の平均 Δ_1 , 残差平方和平均の平方根 Δ_2 を用いて評価することを試みる.

$$\begin{aligned} \Delta_0 &= \sum (|x/a|^n + |y/b|^n - 1) / N \\ \Delta_1 &= \sum ||x/a|^n + |y/b|^n - 1| / N \quad \dots\dots\dots(2) \\ \Delta_2 &= \sqrt{\sum (|x/a|^n + |y/b|^n - 1)^2 / N} \end{aligned}$$

ここで, $N (=180)$ は輪郭座標の組の数である. x 軸方向, y 軸方向の直交 2 軸上の輪郭値は $[-1, 1]$ に正規化されていて, 式 (2) の Δ_0 は, 車輪の輪郭が指定された n の値のスーパー楕円よりも半径外側にあれば正, 内側にあれば負の値をとり, 輪郭がスーパー楕円とぴったり重なるときに零となる. したがって, Δ_0 が零になるときの n が適正近似形状を与える. これに対して, Δ_1, Δ_2 は, ずれの向きに関わらず正値を与えるので, その最小値における n が適正となる. Δ_1, Δ_2 の違いは, Δ_1 に対して Δ_2 の方が, 大きなずれを小さなずれに対して, より厳しく評価する点にある.

表 2 の種々の n の値について, 式 (2) による残差評価値を示す. 上述の n の好適値の近傍では, n の刻みを小さくとり, 評価式のそれぞれにおいて n の好適値を示す欄には網掛けを付した.

まず, あてはめに好適な n の値を (a) 牛車 A についてみれば, Δ_0 と Δ_1 は $n=2.14 \sim 2.15$ を示すのに対して, Δ_2 では $n=2.15 \sim 2.16$ とこれらより少し大きな値である. (b)

牛車 B では, あてはめに適正な n の値はどの指標においても牛車 A におけるよりも大きな値を示し, 全体を平均して 2.23 程度である. ただし, 各指標が示唆する好適値の大小関係は (a) におけるものと異なり, Δ_0 が最も小さな値を与え, 次が Δ_2 で, Δ_1 は三者のうちで最も大きな値を好適値として示す. この三者による n の値の広がり, (a) が 0.02 程度であるのに対して, (b) は 0.04 ほどで, (a) よりも大きい点も異なる.

ここまでの解析では, スーパー楕円の対称軸は, 暫定的に紙面の輪郭に対して平行, 垂直な方向をもとに定めているが, 図 8 の白丸と破線のずれを詳細にみれば, x 軸の下部よりは上部で大きく, 第三象限で, 最も小さいようである. 上記の楕円あてはめによるパラメータ抽出をさらに進めるために, 試行的に輪郭で形成される形状の面積 A , 一次モーメント I_x, I_y , 図心 $(x_c, y_c) = (I_x/A, I_y/A)$, 二次モーメント I_{xx}, I_{yy}, I_{xy} を算出してみる. これらの各断面特性値の算出においては, 式 (3) のように定義式の二重積分の内項, 外項ともに個々の数値積分要素の区間の代表値を用いた近似計算を行った.

$$\begin{aligned} A &= \int_0^{2\pi} \int_0^r r dr d\theta \approx \sum \frac{1}{2} \bar{r}^2 \Delta\theta \\ I_x &= \int_0^{2\pi} \int_0^r r \sin \theta r dr d\theta \approx \sum \frac{1}{3} \bar{r}^3 \sin \bar{\theta} \Delta\theta \\ I_y &= \int_0^{2\pi} \int_0^r r \cos \theta r dr d\theta \approx \sum \frac{1}{3} \bar{r}^3 \cos \bar{\theta} \Delta\theta \\ I_{xx} &= \int_0^{2\pi} \int_0^r (r \sin \theta)^2 r dr d\theta \approx \sum \frac{1}{4} \bar{r}^4 \sin^2 \bar{\theta} \Delta\theta \\ I_{yy} &= \int_0^{2\pi} \int_0^r (r \cos \theta)^2 r dr d\theta \approx \sum \frac{1}{4} \bar{r}^4 \cos^2 \bar{\theta} \Delta\theta \\ I_{xy} &= \int_0^{2\pi} \int_0^r r \sin \theta r \cos \theta r dr d\theta \\ &\approx \sum \frac{1}{4} \bar{r}^4 \sin \bar{\theta} \cos \bar{\theta} \Delta\theta \quad \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

ただし, 式 (3) における \bar{r} には隣接する輪郭点をつなぐ弧の始点, 終点における半径の平均, 同様に $\bar{\theta}$ には始点と終点における位相角の平均値を用い, $\Delta\theta$ はこの弧に対する中心角である. なお, 半径 1 の円から位相角間隔を 2° とした離散座標値を作成して, 式 (3) による計算を行った結果は, $A=3.1415, I_x = I_y = 0.0, I_{xx} = I_{yy} =$

表 2 式 (2) のべき指数 n と式 (2) の残差平均値の変化

(a) 牛車 A

n	2.12	2.13	2.14	2.145	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19
Δ_0	0.0044	0.0026	0.0009	0.0001	-0.0008	-0.0025	-0.0041	-0.0058	-0.0075
Δ_1	0.0202	0.0201	0.02000	0.02002	0.0201	0.0202	0.0203	0.0206	0.0209
Δ_2	0.0243	0.0238	0.0235	0.0233	0.02328	0.02327	0.02335	0.0238	0.0243

(b) 牛車 B

n	2.21	2.217	2.22	2.23	2.24	2.25	2.255	2.26	2.27
Δ_0	0.0012	0.0001	-0.0004	-0.0020	-0.0036	-0.0051	-0.0059	-0.0067	-0.0098
Δ_1	0.0270	0.0269	0.0268	0.0267	0.0266	0.02656	0.02656	0.02656	0.0266
Δ_2	0.0317	0.316	0.0316	0.0315	0.0316	0.0318	0.0319	0.0320	0.0324

表 4 修正した中心位置, 傾きでのべき指数 n と式 (2) の残差平均値の変化

(a) 牛車 A

n	2.13	2.14	2.15	2.155	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20
Δ_0	0.0043	0.0026	0.0009	0.0000	-0.0008	-0.0025	-0.0041	-0.0058	-0.0075
Δ_1	0.0138	0.0132	0.0129	0.0128	0.0127	0.0129	0.0132	0.0136	0.0142
Δ_2	0.0167	0.0161	0.0156	0.01551	0.01545	0.01554	0.0159	0.0165	0.0173

(b) 牛車 B

n	2.20	2.21	2.212	2.215	2.22	2.225	2.23	2.24	2.25
Δ_0	0.0019	0.0003	0.0000	-0.0005	-0.0013	-0.0021	-0.0029	-0.0045	-0.0061
Δ_1	0.0240	0.02393	0.02393	0.02393	0.02392	0.02393	0.02395	0.02402	0.0241
Δ_2	0.0295	0.02924	0.02920	0.02915	0.02909	0.02907	0.02908	0.02919	0.0294

表 3 車輪輪郭の形状特性値

	牛車 A	牛車 B
短半径/長半径	0.7680	0.7380
$\arcsin(\text{短半径/長半径})$	50.17°	47.56°
面積 A	2.475	2.404
一次モーメント I_x	-0.00072	0.01351
I_y	-0.00954	-0.00663
図心座標 x_c	-0.00386	-0.00276
y_c	-0.00029	0.00562
二次モーメント I_{xx}	0.6334	0.6204
I_{yy}	-0.01059	-0.00670
I_{xy}	0.3760	0.3422
慣性主軸の方向 α	2.35°	1.38°

0.7854, $I_{xy} = 0.0$ であり, それぞれの解析値である, $\pi, 0, \pi/64 = 0.7854$ に 3 桁以上の精度で一致するので, 離散値による断面特性値の計算精度は議論に利用可能であると判断した.

表 3 には, 上記の特性値をまとめて示す. 図心位置は, 輪郭座標の平均から求めた中心に対して, 車輪の長軸方向の差し渡し 0.2% 程度のずれであり, 形状の対称性は悪くないようである. また, 断面二次モーメント, 相乗モーメントから慣性主軸の方向 α を次式

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan \frac{I_{yy} - I_{xx}}{I_{xy}} \dots\dots\dots (4)$$

により求めたところ, 輪郭座標取得時にデジタル化資料の水平・鉛直方向から, 表 3 の最下段に示すように 2° 程度傾いていた. 図 7 の屋形もこの慣性主軸の程度に傾いているようであり, 屋形に対応して車輪が描かれているとすれば, 車輪輪郭の座標取得のために設定する x 軸, y 軸も, これに対応してとるべきであろう. そこで, これまでの車輪輪郭の解析を, 車輪の図心を図心として, 慣性主軸を x 軸, これに垂直に y 軸を取り直した輪郭座標について行った. この解析から得られた Δ_2 の値を, 表 4 に示す. 結果は, わずかではあるが, (a) 牛車 A では

$n=2.16$ 程で, 座標軸補正前よりも n の大きい側に, (b) 牛車 B では $n=2.22$ 程で, n の小さい側に好適値が変化し, 結果として, 牛車 A と牛車 B の n の値の差は小さくなった. また, $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ のそれぞれが示す最適 n 値のばらつきが小さくなることも知られた. このことは, あてはめによる n の値の評価においては, 座標軸方向の決定を注意深く行う必要があることを示している.

6. まとめ

平治物語絵巻三条殿焼討図に描かれた牛車の描かれ方を投影の視点から解析し, 屋形と車輪とは別の見方で描かれていることを示した. また, 車輪の輪郭形状は楕円よりも高次の曲線であることを確認した上で, 楕円からのずれに対して, べき指数値を用いた定量的評価を試み, スーパー楕円をあてはめる場合は 2.2 程度が適当であることを示した. このとき, あてはめの信頼性の向上には, 適切な座標軸方向の選定が大切であるという知見を得た.

参考文献

- [1] 多賀章人, 図法一斑(1880).
- [2] 小山清男, 日本の絵巻における絵画空間, 図学研究, 66号(1994), pp.21-27.
- [3] 田中保, 絵巻物のなかに描かれている牛車(ぎっしや)の表現, 名古屋大学教養部紀要, 第28輯(1984), pp.25-45.
- [4] 竹之内和樹, 大月彩香, 平治物語絵巻における牛車車輪の表現に関する一考察, 図学会 2012 年度秋季研究発表講演会, pp.77-80.
- [5] 住吉廣行(写), 平治物語絵詞 三条殿焼討巻(1798), 国立国会図書館デジタル資料.
- [6] 関根正直, 宮殿調度図解(1900), pp.114-115.

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, ktake@design.kyushu-u.ac.jp
 おおつき あやか: 九州大学大学院工学研究院 機械工学部門, 819-0395, 福岡県福岡市西区元岡 744