

## 幾何学的形態測定学手法を用いた、洛中洛外図の系統化の研究

### Research on the formulation of “Raku-chu Raku-gai Zu” using Geometrical morphometric technique

関口敦仁

SEKIGUCHI Atsuhito

**Abstract** As scenes construction of “Raku-chu Raku-gai Zu” is the forms, I researched formulation and numerical zooming of works using with Geometrical morphometric technic as formulating organic evolutions.

They are Making the DB of scene construction models, visualization of inter works changes by TPS(thin plate spline)analyzing method of geometrical morphology technic and development of “MARB” as directly visualization software of relationship for Kyoto geography and “Raku-chu Raku-gai Zu”. In open web site of researching, by presentation of scene construction models DB, downloading of software, showing analyzed image and cluster analyzing image etc., it is possible for other researchers to analyze formulation of “Raku-chu Raku-gai Zu” by new direction.

**Keyword** Raku-chu Raku-gai Zu, Geometrical morphometric, Formulation, Japanese art history of Kinsei,

#### 1. はじめに

##### 1.1 洛中洛外図の研究について

洛中洛外図は中世近世都市の中心として栄えた京都を描いた都市図として、貴重な絵画的史料であり、芸術的にも質の高い美術品である。国内では京都国立博物館「洛中洛外図」展（1965）、「都の形象」展（1996）での展示によって、広くその存在と歴史的、美術的価値は確立された。これまで洛中洛外図を貴重な研究資料として、美術史的視点や建築史、都市史学、文学的視点などから研究のアプローチがなされた。建築史の研究として内藤昌は景観構成法提案し、地理情報と近世都市図とを対比する、絵画、建築、地理の統合的分析手法による特出すべき研究をおこなった。

##### 1.2 幾何学的形態測定学について

幾何学的形態測定学は形態データから幾何学的情報を抽出し、特定したパターンを統計的に解析する理論体系を持つ。形態測定学は、情報技術の発展によって、生物学のみならず医学、考古学、製造科学などに利用可能な分析ツールを提供している。三中信宏は啓蒙的活動のなかで、これらの手法について多分野への利用の有効性について論じている。[三中信宏, 生物系統学 1997] この幾何学的形態測定学の手法は同一の対象を持つ形態に有効な手法であり、人工物の感性学的解析や芸術解析の新しい方向性を示す道具としても有用である。

## 2. 研究の目的と方法

### 2.1 研究目的

近世美術史における重要な絵画史料でもある洛中洛外図作品群の景観構成を“かたち”として捉え、幾何学的形態測定学手法の有用性を検証し、芸術作品への適用可能性を研究、提案する。またそれらの解析結果から、中世から近世後期までの作品群の系統化について、統計的手法を用いて、視覚的に関係性を明らかにする。そして、本研究で作成されたデータやそれらを利用した直感的表示ツールの配布をおこなう。以上を本研究の目的とした。

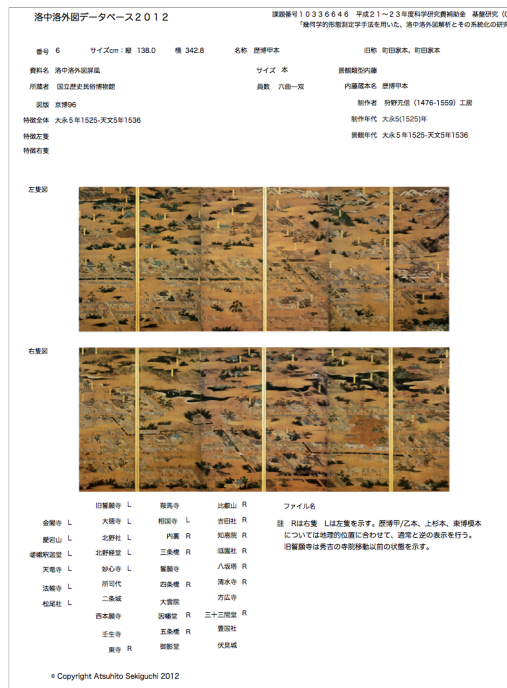
### 2.2 研究手法

4つの主な研究科目を設け、それぞれに成果を出せるようにすすめた。研究の主な流れとして、作品データの整理から作品の解析と系統化をおこない、それらを直感的に比較できるような視覚的資料の作成を計画した。

#### 2.2.1 洛中洛外図情報のデータベース化

はじめにこれまでの展示や出版により発表された作品情報の収集によって、これらの作品情報によるデータベースの作成をおこなった。(図1)それによって、作品内でのランドマークをベースとする定量化の準備と、研究者によるこれまでの分類と比較できる項目を設置した。

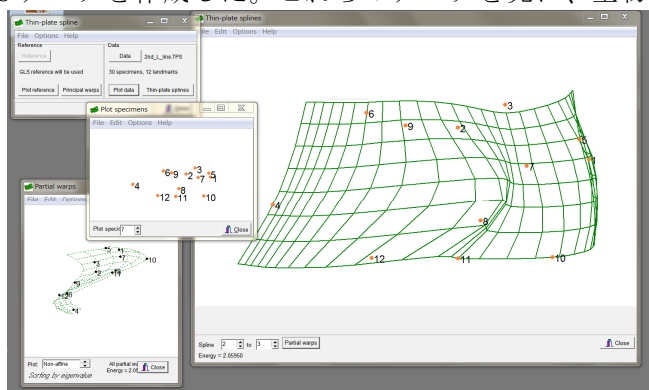
図1 洛中洛外図データベース画面



#### 2.2.2 形態測定学手法による比較研究

作品画像上でランドマークを編集した洛中洛外図から、描かれたランドマークが共通する作品をそれぞれまとめ、薄板スプライン (TPS) 分析法ソフトウェアでのランドマークの形成・編集作業によって、各作品の TPS データを作成した。これらのデータを元に、生物の形態進化の分析に利用されてきた幾何学的形態測定学が提唱する TPS 分析法による作品間の屈曲エネルギーのベクトル表示や変形格子図表示などによって、視覚的な形態変化から直感的に比較が可能な状態を提示する。また、ランドマークと地理的位置、作品間でのランドマークの位置からそれぞれの屈曲エネルギー値などのパラメータを抽出する。

図2 TPSソフトウェア“TPS-SPLLINE”での deform grid



#### 2.2.3 比較データの芸術学的解析と系統化研究

TPS 分析によって得られたデータをクラスター解析によって統計的に、作品群の分類をおこない、系統図をプロットする。ここから得られた分類をこれまでの研究者による美術史的

分類との整合性を検証し、本研究の解析と系統化の有用性を図る。

### 2.2.4 直感的研究成果表示コンテンツの作成

京都の地理と洛中洛外図の対応関係を直感的に比較表示するソフトウェア「MARB」"Morphological Analyzer for Raku-chuRaku-gai Zu"を作成し TPS データを参照して洛中洛外図画像を変形し、比較をおこなう。これらの研究の進行と共に成果公開ウェブを制作し、景観構成模式図データベースの公開と配布、解析画像やクラスター解析図などを示すことを目指した。

## 3. 研究成果

### 3.1 景観構成模式図データベース

洛中洛外図のデータベース（図 2）によって、ランドマークをベースとする定量化データと、研究者によるこれまでの分類と比較できる項目を設置した。これらのデータから、作品内で描かれた洛中洛外のランドマークそれぞれの有無を示し、これらと連動して表示される景観構成模式図による GUI をもつデータベースを作成した。（図 3）これに伴い、景観類型による作品群の分類による比較をおこなうことが可能となった。

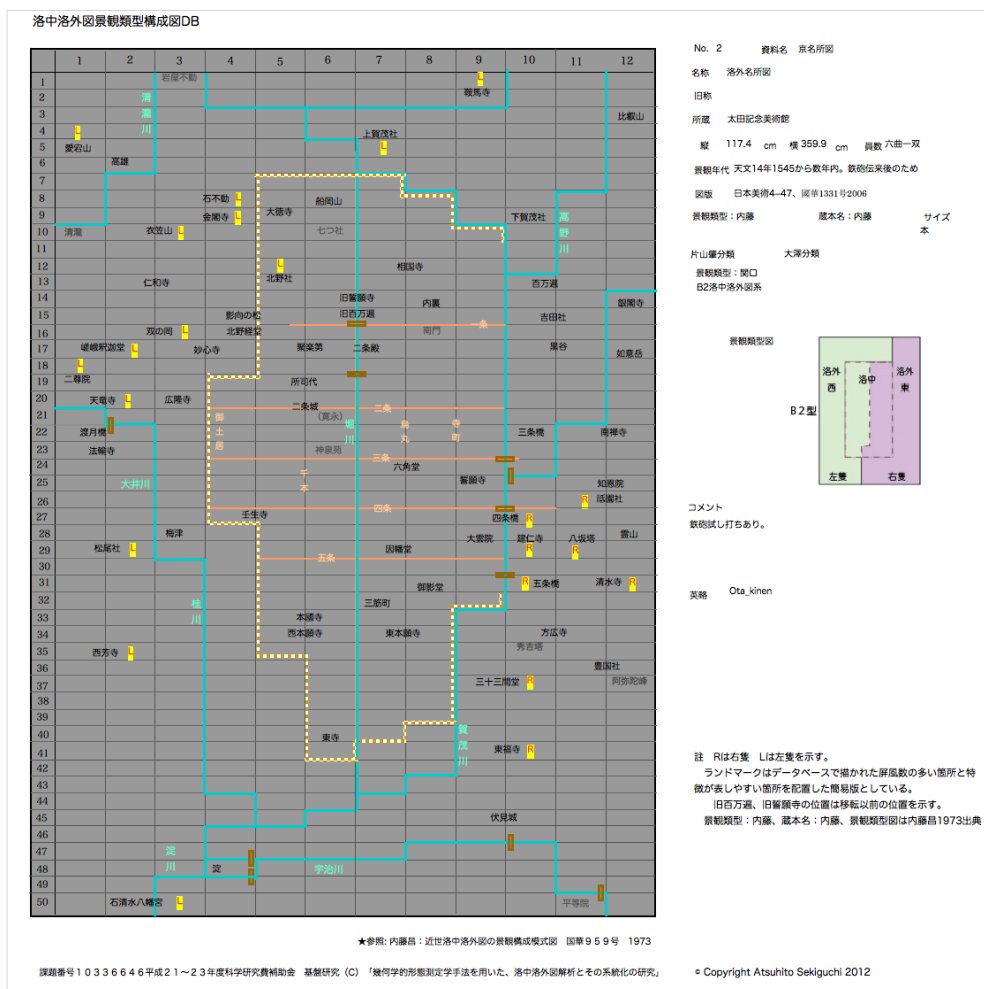


図 3 洛中洛外図景観構成図データベースのインターフェイス画面

### 3.2 形態測定学手法の TPS 解析による比較研究

#### 3.2.1 地理的位置情報との比較

描かれたモチーフとしてランドマークの配置を地理的位置情報として比較検証をおこなった。位置情報を基本情報として、各ランドマークとの関係を TPS 解析によって比較した。

室町末期洛中洛外図の歴博甲本、東博模本、上杉本、歴博乙本の第一定型 4 作品での共通ランドマークは 6 7 点。これらのうち左隻 2 5 点、右隻 3 0 点を比較しそれぞれポイントの屈曲エネルギーから作品特徴を照合した。第一定型では作品数も少なく比較的形態比較しやすいことから、それぞれの空間構成模式図と地理情報合成図（図 4）を作成した。

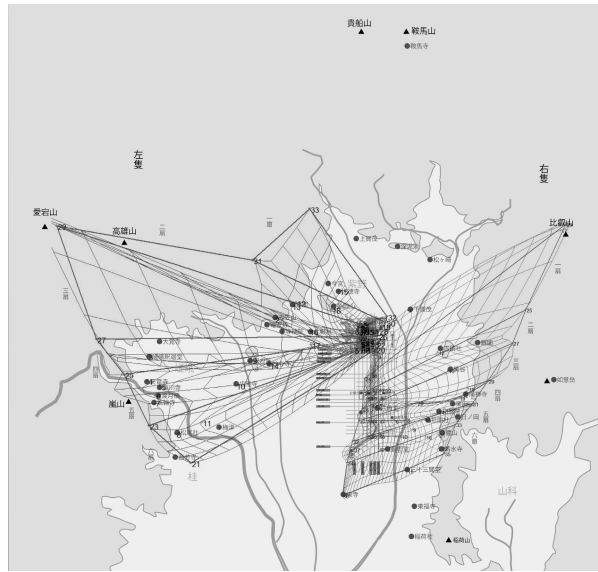


図 4 洛中洛外図歴博乙本の空間構成模式図

[関口敦仁 紀要第三巻 2011]

第二定型の作品群ではデータベース化した約 50 作品の画像を検証し、それぞれの共通ランドマークが左隻 7 点、12 点、15 点、右隻 7 点、15 点、19 点のそれぞれ三形式で比較をした。（表 1）第二定型の作品では、描かれた時代が江戸初期から後期までに渡り、多くの類型を含んでおり、共通するランドマークも時代の変遷による建造物の消失や移築、また発注者や作者の違いから、描かれる対象が大きく異なる。このような状況は洛中洛外図の特徴分類の重要な要素であると共に、各分野からの総合的な視点による評価が必要となる要因でもある。そのため、作品量を確保しつつランドマーク数を段階的に設定し、比較をおこなうこととした。それぞれのポイント数に合わせて TPS 分析手法によってランドマークの各歪曲エネルギー値、距離を算出した。

左隻				右隻			
ランドマーク数	7	1 2	1 5	ランドマーク数	7	1 5	1 9
該当作品数	3 9	2 9	2 6	該当作品数	4 9	3 1	2 6
北野社	○	○	○	清水寺	○	○	○
嵯峨釈迦堂	○	○	○	祇園社	○	○	○
愛宕山	○	○	○	三十三間堂	○	○	○
金閣寺	○	○	○	方広寺	○	○	○
虚空蔵	○	○	○	五条橋	○	○	○
経堂	○	○	○	知恩院	○	○	○
二条城門	○	○	○	豊国廟	○	○	○
東寺	/	○	○	八坂の塔	/	○	○
天竜寺	/	○	○	内裏	/	○	○
堀川丸太	/	○	○	三条橋	/	○	○
堀川二条	/	○	○	四条橋	/	○	○
堀川御池	/	○	○	誓願寺	/	○	○
壬生寺	/	/	○	寺町三条	/	○	○
妙心寺	/	/	○	寺町四条	/	○	○
大徳寺	/	/	○	寺町五条	/	○	○
NA	NA	NA	NA	御影堂	/	/	○
NA	NA	NA	NA	大雲院	/	/	○
NA	NA	NA	NA	吉田社	/	/	○
NA	NA	NA	NA	比叡山	/	/	○

表 1 共通ランドマーク対応表



### 3.2.1 consensusによる比較 第二定型のみ

画面四隅中央上下にもランドマークを配置し、画面内でのランドマークの位置を検証し構図として比較を行う。照合した全作品の consensus を計算しそれを元に比較した。各歪曲エネルギー値、距離を算出した。

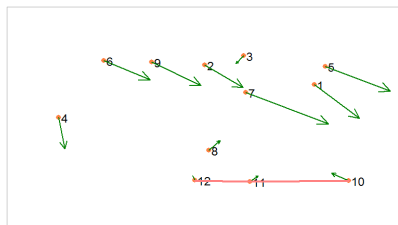


図5 歪曲エネルギーベクトル図 A

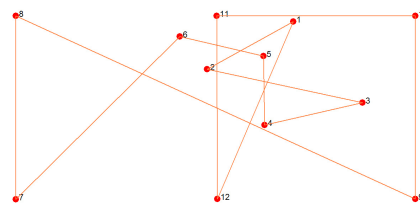


図6 ランドマーク配置図\_R6 大阪市美本 右隻

### 3.2.1 consensusによる比較 全作品対象

室町末期の第一定型作品群と桃山期の作品群、そして第二定型作品群も含め、現存する多くの作品の傾向を対象としたため、ランドマーク数は表2の通り減少した。

約90点の対象作品のうち、共通ランドマークを左隻で4点、右隻で6点とした場合は、それぞれ57作品程度の共通ランドマークが得られた。(図5) これらについても各歪曲エネルギー値、距離を算出した。

consensusによる比較 全作品対象のランドマーク数				
	左隻		右隻	
分類名	L4	L7	R6	R8
共通 Landmark 数	4	7	6	8
作品数	57	35	57	30

表2 共通ランドマーク数全作品対応表

## 3.3 クラスタ解析による洛中洛外図の系統化

### 3.3.1 第二定型左隻共通ランドマーク

第二定型左隻での共通ランドマーク15点を持つ26作品の解析を例としてその成果を示す。

統計解析ソフトウェアRを用いて歪曲エネルギーと距離データから樹形図(デンドログラム)をウォード法で作成。(図7)

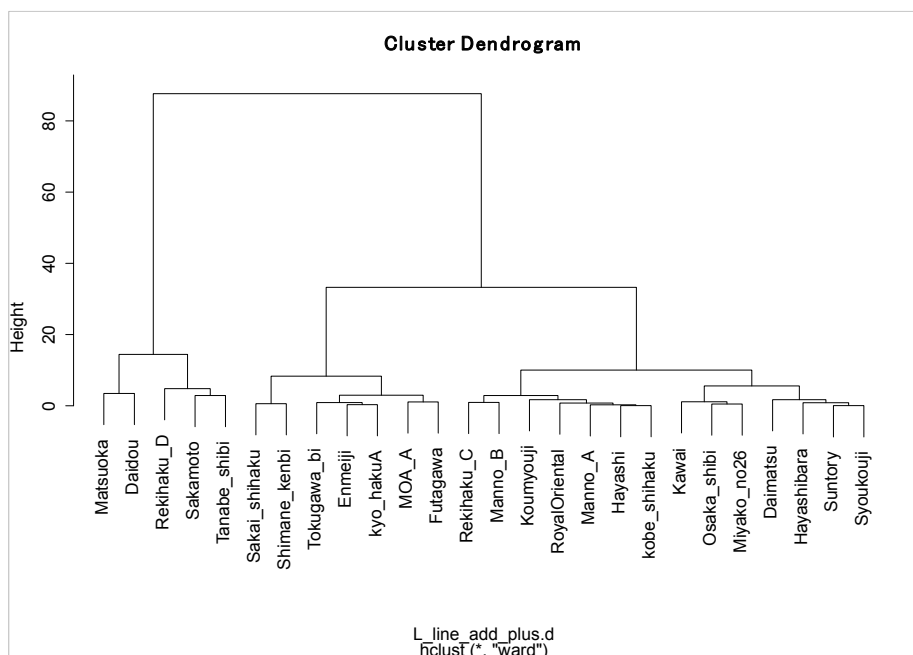


図7 第二定型左隻共通LM15 樹形図(デンドログラム)、Rで作成

分類の傾向を調べるため、クラスター数 (k=n) を変化させながら、クラスター分類図表示をおこなった。(図 8) どのようなクラスター分類を持つか直感的に理解できるだろう。クラスターと個体との関係を確認し、共通ランドマークの特徴を把握した。

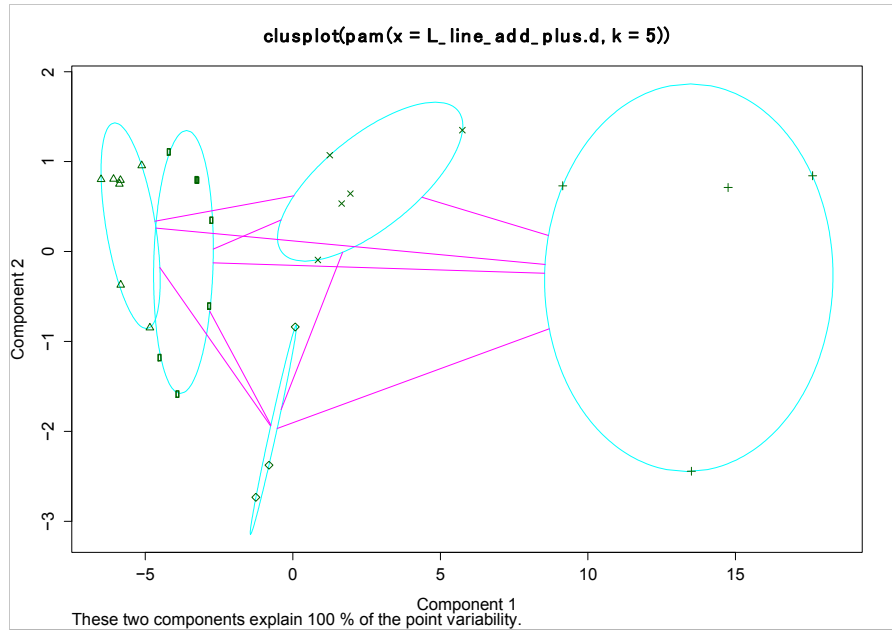


図 8 クラスター分類図 K=5 R で作成

### 3.3.2 クラスター分布の推移と分類

クラスター数指定を段階的に変更し、分類結果からクラスター分布の推移表 (図 9) を作成し、分類の系統を確認した。これにより美術史研究上での分類に適合したクラスターに含まれる作品群の特定を試みた。

第二定型左隻での共通ランドマーク 15 点の条件で、クラスター数  $k=2<5$  において同クラスターグループ内 5 作品 (Sakamoto, Rekihaku\_D, Tanabe\_shibi, Matsuoka, Daidou) のうち、片岡肇(1997)は Sakamoto, Rekihaku\_D, Tanabe\_shibi, Matsuoka, の 4 作品について同類型と結論付けた。また、大塚泉(2004)は Sakamoto, Rekihaku\_D を同類型とした。

これらのことから、クラスター分析による景観類型の検証は、専門的研究者に類型判断に近似しており、この手法を類型同定の総合的判断の一つとして利用することは、有用である。

また、これらの分類がランドマークを地理的位置に合わせた変形格子でも、変形が同類型であることが認められる。(図 10、11、12、13、14) このことから上記の作品群特定の正しさを確かめる事ができよう。

cutree(L_line_add_plus_w.hc,k=n)						
	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7
Hayashibara	1	1	1	1	1	1
Suntory	1	1	1	1	1	1
Syoukouji	1	1	1	1	1	1
Daimatsu	1	1	1	1	1	1
Osaka_shibi	1	1	1	1	1	3
Kawai	1	1	1	1	1	3
Miyako_no26	1	1	1	1	1	3
Hayashi	1	1	1	2	2	2
RoyalOriental	1	1	1	2	2	2
Manno_A	1	1	1	2	2	2
kobe_shihaku	1	1	1	2	2	2
Koumyouji	1	1	1	2	2	2
Rekihaku_C	1	1	1	2	2	2
Manno_B	1	1	1	2	2	2
MOA_A	1	3	4	5	5	6
Enmeiji	1	3	4	5	5	6
kyo_hakuA	1	3	4	5	5	6
Futagawa	1	3	4	5	5	6
Tokugawa_bi	1	3	4	5	5	6
Sakai_shihaku	1	3	4	5	6	7
Shimane_kenbi	1	3	4	5	6	7
Sakamoto	2	2	2	3	3	4
Rekihaku_D	2	2	2	3	3	4
Tanabe_shibi	2	2	2	3	3	4
Matsuoka	2	2	3	4	4	5
Daidou	2	2	3	4	4	5

図 9 第二定型左隻共通LM15 クラスター推移表

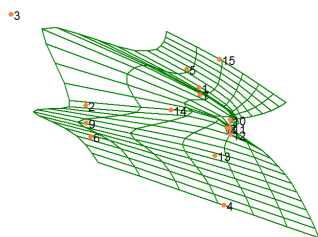


図 10 Tanabe\_shibi 田辺市美本

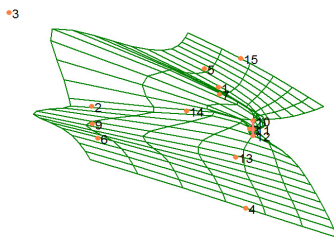


図 11 Sakamoto 個人本

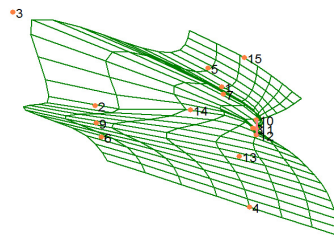


図 12 Matsuoka 松岡美本

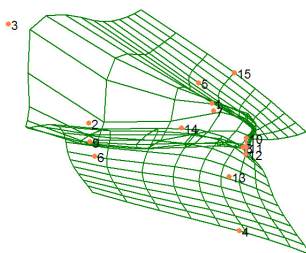


図 13 Rekihaku\_D 歴博 D 本

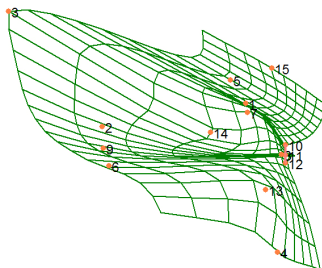


図 14 Daidou 大道本

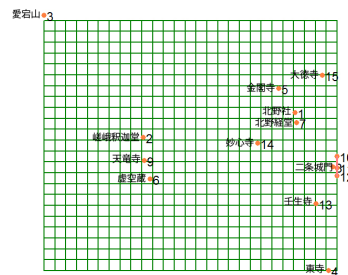


図 15 Reference\_L 左隻

田辺市美本、個人本、松岡美本 (図 10、11、12) では、ほぼ同形態に変形がなされている。これはランドマークの位置がほぼ同じで、同じ下絵から写しが行われた同構図の同工房による作品と判断できよう。

### 3.3.3 変形格子図の系統的配置

第一定型から第二定型まで全時代に対応した作品群を共通ランドマークに対応させ(表 2)、それぞれの変形格子図 (Deform Grid 参考図 16,17) を作成した。こちらの変形格子図では、四隅中央上下にもランドマークを与え、画面上でのひずみを比較できる様に出力をおこなった。

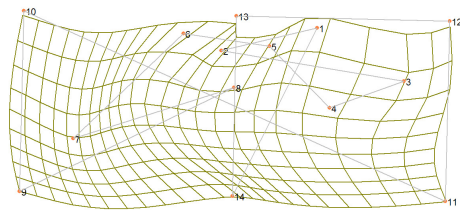


図 16 Deform Grid 図 歴博甲本-Rekihaku\_kou

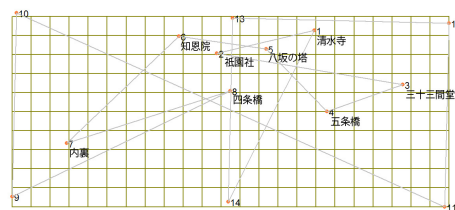


図 17 Deform Grid 図 ランドマークレファレンス

これらをクラスター推移表に従って作成した系統図に配置し分析をおこなった。(図 18、19、20、21)

洛中洛外図左隻での 7 点の共通ランドマークを持つ作品の樹形図 (図 18) では、6 グループに分類されている。グループ 1、2、3、6 では真ん中丈夫に皺が見られ、北野社西がやや広げられて配置された傾向が見られる。また、グループ 2、3、6、では画面右や左にやや偏りがあり、発注者の要望などの反映が強いと言えよう。

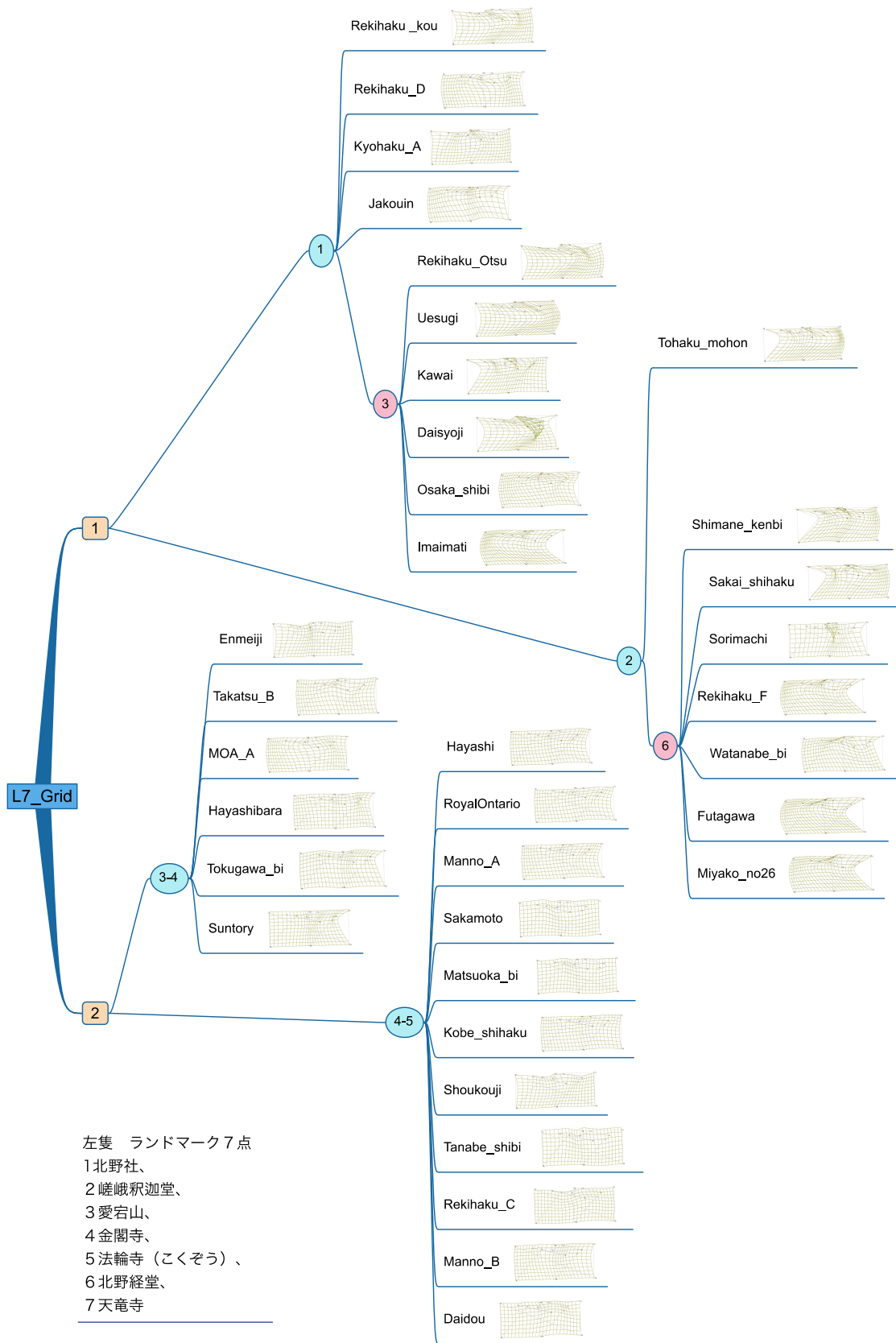


図18 洛中洛外図左隻共通 LM7変形格子樹形図

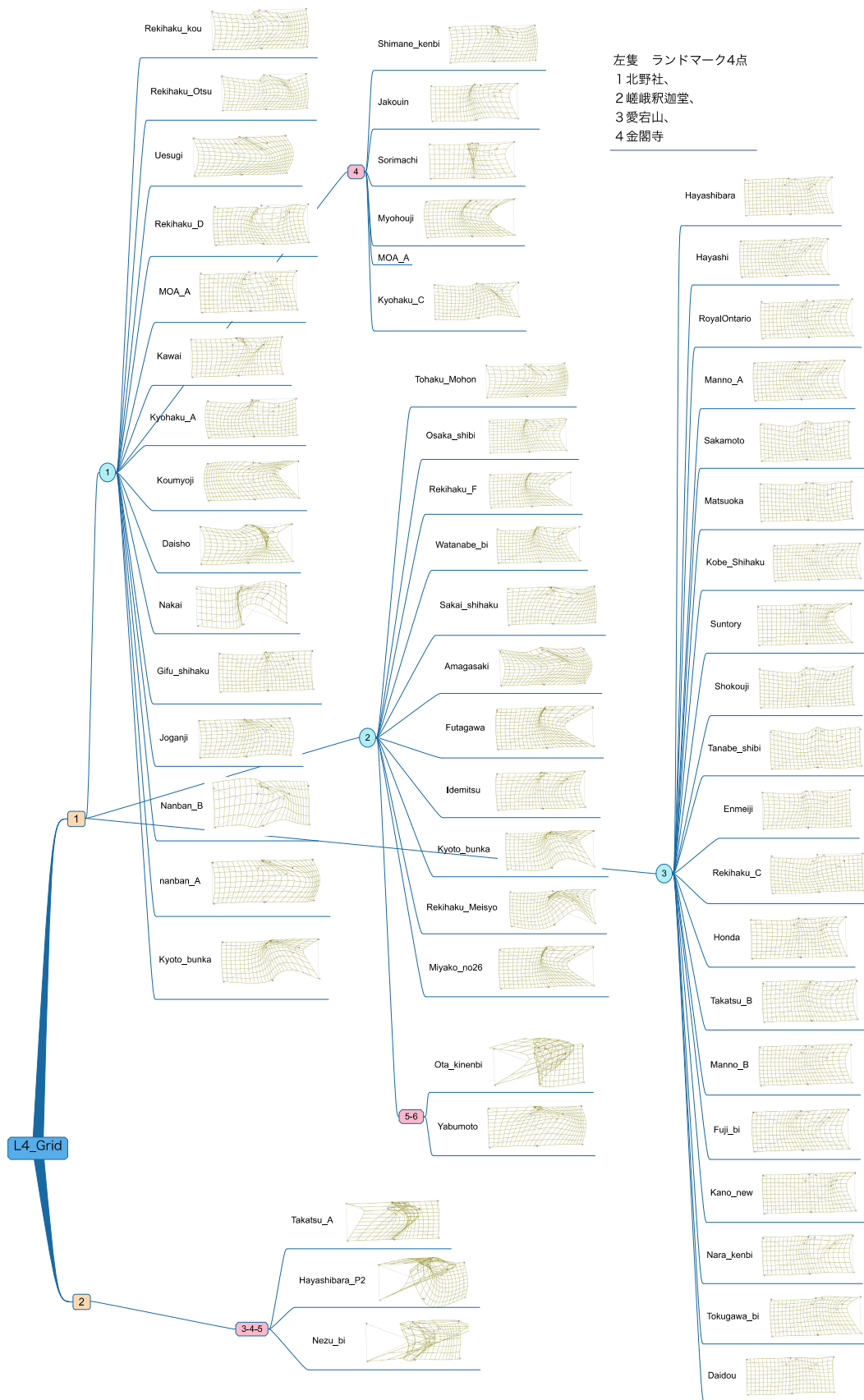


図19 洛中洛外図左隻共通 LM4 変形格子樹形図

図 19 は 4 点のみの共通ランドマークからの系統図。グループ 5、6 は地理的バランスを故意に崩した構図をとっている。

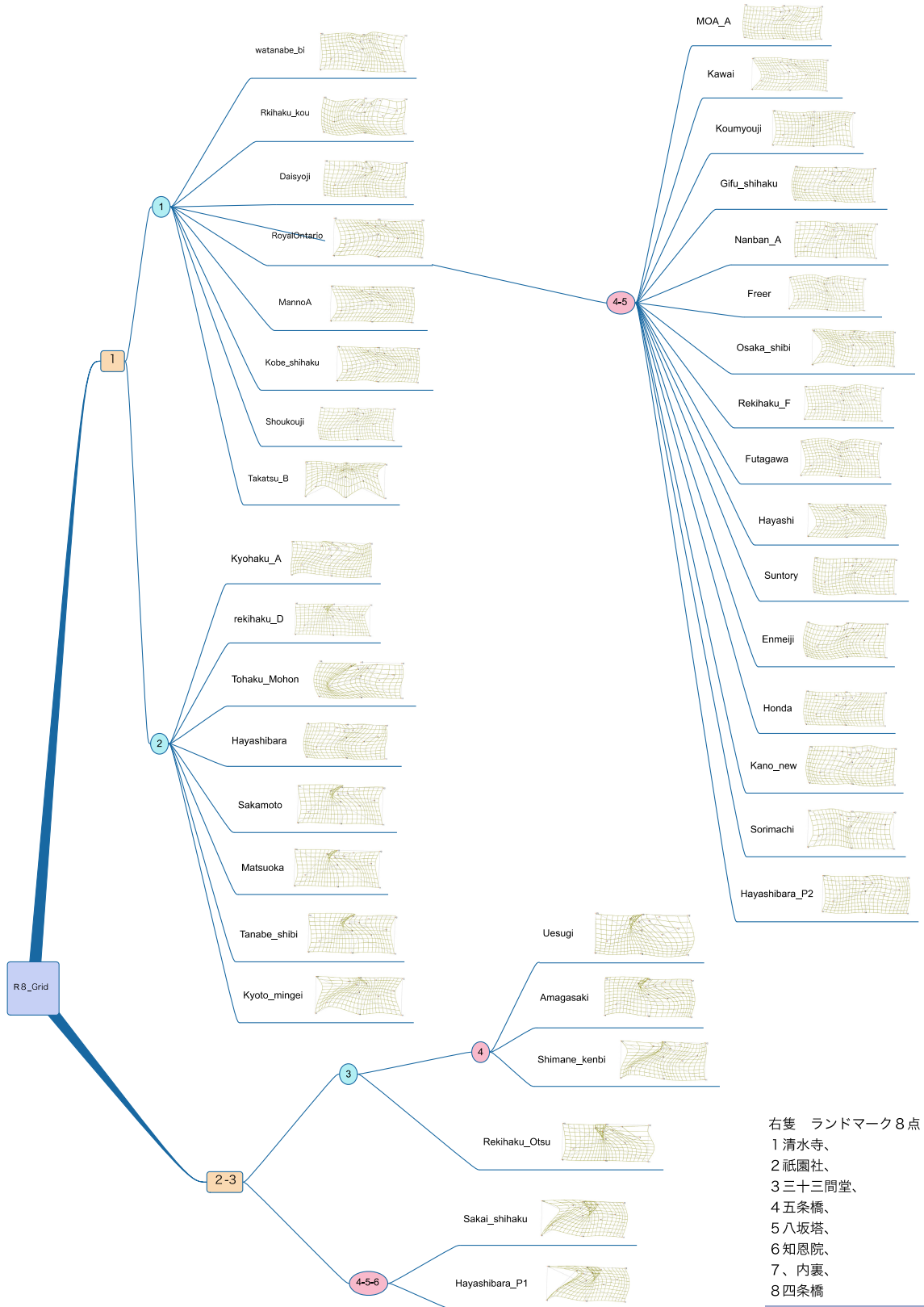


図 20 洛中洛外図 右隻共通 LM8 変形格子樹形図



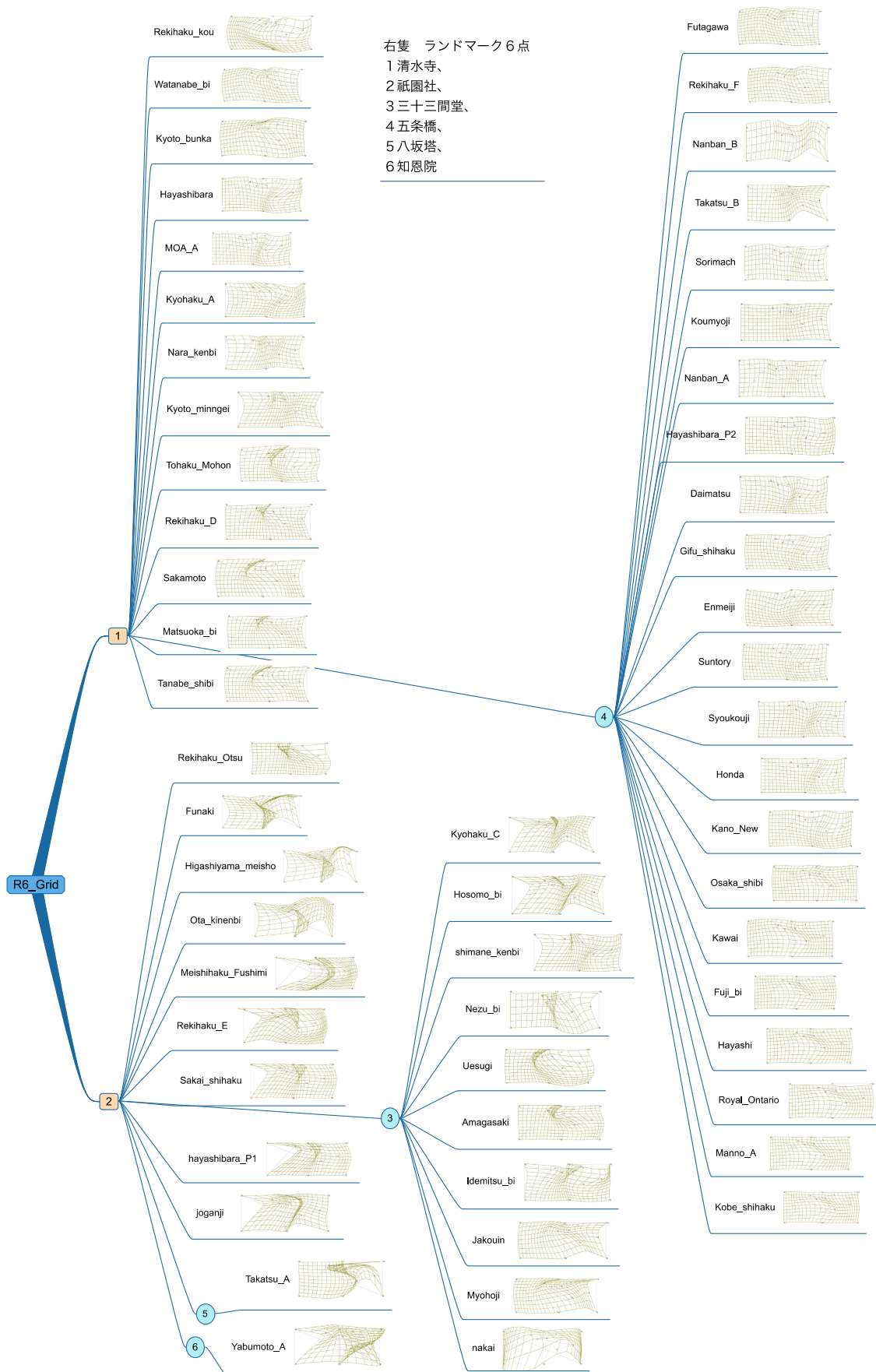


図 21 洛中洛外図 右隻共通 LM6 変形格子樹形図



右隻共通ランドマーク6点の変形格子樹形図（図21）のグループ2、3、5、6では大きな変形がみとめられる。そのうちグループ2の作品群には第一定型や初期の作品が多く含まれている。モチーフ配置に時代的な傾向が見られると思われる。

### 3.4 直感的洛中洛外図比較表示ソフトウェア「MARB」の配布

直感的洛中洛外図比較表示ソフトウェア「MARB」の配布をおこなった。ここではその操作や機能の記述は割愛するが、洛中洛外図検証画像を用いて「MARB」で視覚的比較が可能な形態への変形をおこなう。その処理による画像を以下に提示する。また、変形用のデータ取得のために利用した「TPS Spline」での変形格子図を並載する。何れも地理位置をベースに変形。

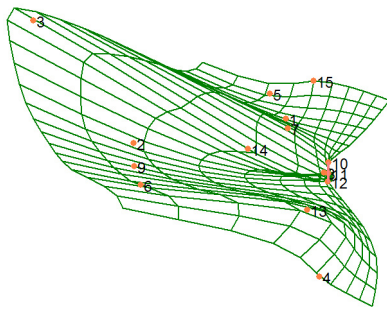


図 22 サントリー美本

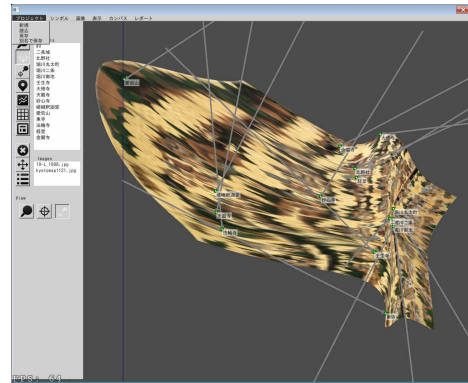


図 23 サントリー美本

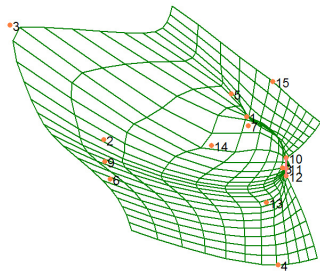


図 24 林家本

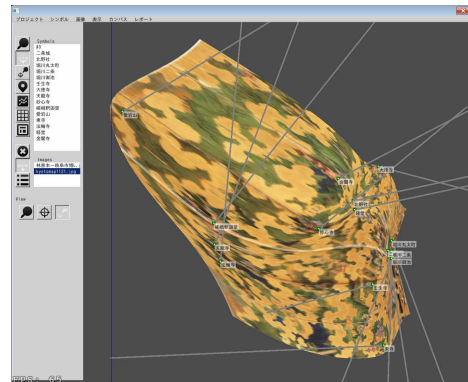


図 25 林家本

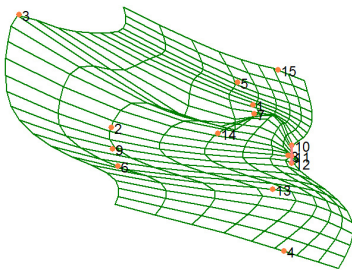


図 26 林原本

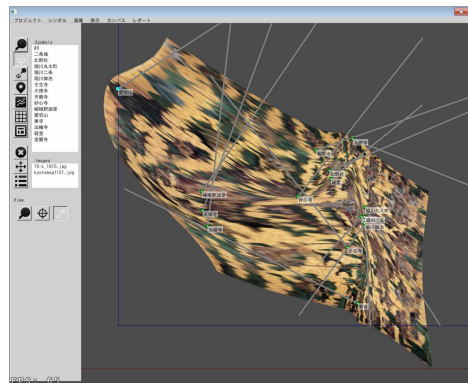


図 27 林原本

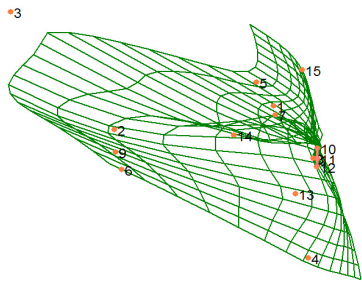


図 27 島根県美本

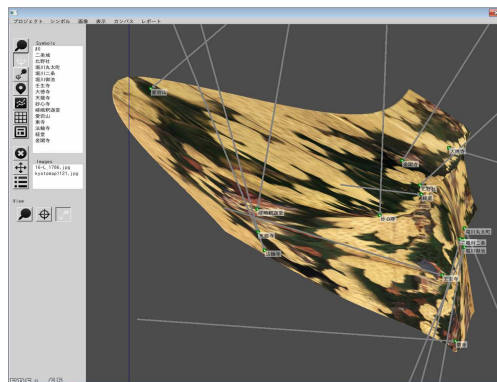


図 28 島根県美本

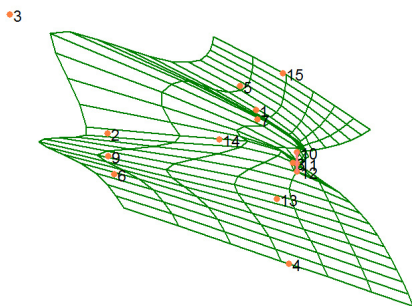


図 29 坂本家本

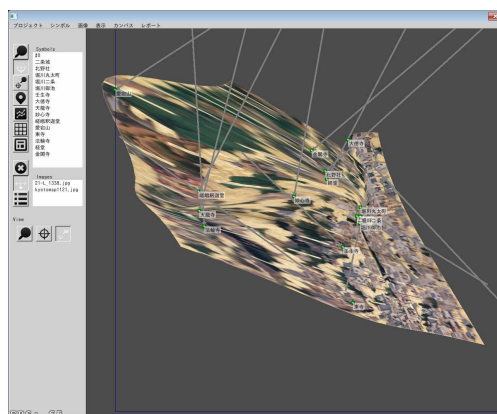


図 30 坂本家本

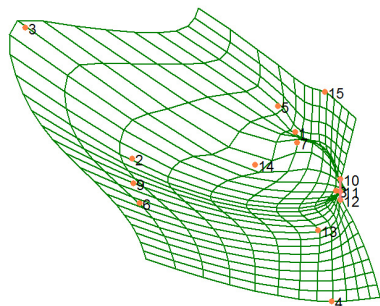


図 31 大阪市美本

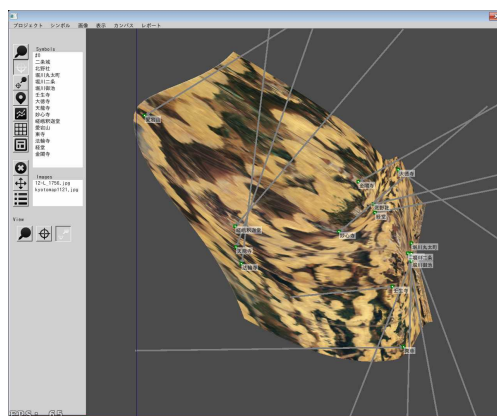


図 32 大阪市美本

#### 4. まとめ

本研究では形態測定学が提唱する TPS 分析法による屈曲エネルギー解析などによって、視覚的な形態変化による直感的な比較が可能な状態を生成し、この比較方法から景観構成の分析に有用なパラメータを抽出し、これまで史的視座からなされた景観比較をより直感的で且つ視覚的な比較と同時に定量化された形態比較データの分析と連動しておこなうことができた。

洛中洛外図で描かれたランドマークから形を抽出し、幾何学的形態測定学手法によって解

析、系統化を図る研究は、有用である事は間違いない。しかしながら、一方で美術史学専門家の認知能力による作品の視覚的分析が優秀で且つ確実である事は確かである。多くの作品を目にする機会を持つ研究者のみならず、芸術作品解析を定量化による手法でおこなう可能性が広がれば、より客観的な分析に貢献できるであろう。本研究のアプローチは画期的ではあるが、美術史的にはまだ数多くの視座が存在し、それらについても定量化を図り、総合的な観点から解析をおこない、時代経過も含めた系統化を行っていく必要があるだろう。

なお、本研究の成果の多くは画像などのデータ化した資料が多いため、それらのほとんどは本研究ホームページに掲載した。

「洛中洛外図とその系統化の研究」

<http://www.iamas.ac.jp/kaken/raku/>

また本研究は、平成21～23年度科学研究費補助金 基盤研究(C)「幾何学的形態測定学手法を用いた、洛中洛外図解析とその系統化の研究」課題番号10336646の成果に因るものである。

## 参考文献

1. 関口敦仁、「幾何学的比較形態学手法を用いた洛中洛外図の比較-室町末期の洛中洛外図-」、情報科学芸術大学院大学紀要第三巻、pp47-pp52, 2011
2. 高橋裕美子、大澤泉、杉森哲也。「洛中洛外図ランドマーク対照表」科学研究費研究成果報告“第二定型洛中洛外図屏風の総合的研究”，黒田日出雄。立正大学人文学部, 2005.
3. 狩野博幸。「洛中洛外図偶感」 “都の形象 洛中洛外図の世界”。淡交社, 1997.
4. 大澤泉。「景観構成に見る第二定型本の分類」 “中近世風俗画の高精細デジタル画像化と絵画史料学的研究”，黒田日出雄。立正大学文学部, 2010.
5. 内藤昌。「近世洛中洛外図屏風の景観類型-新出図の考察を契機として-」 国華 959. 1973
6. 片岡肇、「洛中洛外図屏風の類型について」(1) 京都文化博物館研究紀要 スザク第9集 1997
7. 三中信宏 「形態測定学」「古生物の科学 第2巻 古生物の形態と解析」朝倉出版 1999
8. 内藤昌、「洛中洛外図景観分析」 洛中洛外図大観 舟木家旧蔵本 小学館 1987
9. 三中信宏 「生物系統学」東大出版会 1997
10. 武田恒夫 「洛中洛外図」小学館 1966