

歴史文化資源のためのデータベースの構築と 地域利活用を考慮した価値構造の自動評価手法に関する研究

○北垣 亮馬*¹ 林 憲吾*² 谷川 竜一*³
鮎川 慧*⁴ 三村 豊*⁵ 村松 伸*⁶

キーワード：歴史的文化資源、悉皆調査、主成分分析、クラスター分析、GIS

1. はじめに

1.1 背景と目的

近年、世界各地に存在する歴史文化資源の損傷に対する危機感や¹⁾、それらを保全・活用しようとする機運の高まりから、歴史文化資源の空間分布や経時変化をデータベース化する試みが行われている²⁾。歴史学や建築史学の専門家を中心に悉皆調査に基づく歴史文化資源の台帳作りはこれまでも実施されてきたが³⁾、近年ではより汎用性の高いWEBデータベースの構築が主流である。

しかしながら、こうしたWEBデータベースは、多くの場合、個別のデータの検索・閲覧にとどまっており、多量のデータから地域の歴史的価値を理解するツールにはなっていない。それぞれの地域における歴史的な文脈の解釈には、歴史についての高い分析能力と、その地域での調査経験の多さが必要であるため、その後のデータ分析は、専門家が個人的に行うのが一般的である。

一方で、歴史文化資源が立地する地域の人々が主体となって、地域への親近感や知識を深めることを目的として簡易な悉皆調査を行い、保全活動に結びつける事例も増えてきている。そのため、初学者であっても歴史文化資源の価値を適切に評価できることが望ましい。

そこで本研究では、初学者や近隣住民であっても歴史文化資源の価値や空間分布構造を適切に分析できる手法の一つとして、悉皆調査の調査データ項目を一般化し、調査により収集されたデータを地図情報システム(GIS)で可視化した上で、地域の歴史文化資源がもつ特徴にかかわる情報の相対的な類似性および異質性を、階層的クラスター分析・主成分分析によって評価することで、価値構造を理解する方法論を提案する。そして、この手法をインドネシアのメダン市における歴史文化資源悉皆調査に導入することで、手法の有効性を検証することを目的とする。

2. 歴史文化資源の定義

2.1 歴史文化資源の特徴を整理するための情報の定義

わが国の文化財保護法に規定されている文化財のうち、建築物や都市の諸要素が対象とされる文化財項目は、有形文化財としての建築物や伝統的建造物群がこれに相当する。それぞれの定義をひも解くと、建築物は、「わが

国にとって歴史上又は芸術上価値の高いもの」であり、伝統的建造物群は、「周囲の環境と一体をなして歴史的風致を形成している伝統的な建造物群で価値の高いもの」となっている⁴⁾。この定義によると、文化財として、保護するに値する対象であるかどうかは、その対象が、製作された時期から十分な時間を経過しているということ以外、専門家による分類行為が必要であることになる。すなわち、歴史的価値および芸術的価値というのは、単に対象自身のもつ経時変化だけでなく、環境(解釈する時代の人、社会、空間など)の経時変化によっても変動し、これらの相対的な関係性として解釈される存在ということになる。この定義は、Carr⁵⁾の「歴史の客観性」の記述「過去と現在と未来との間の客観性」に沿い、その物件や周辺環境の基礎情報から特徴が抽出され、その価値を解釈されるもの、と考えられる。

2.2 歴史的文化資源の価値評価のあり方について

ここで、前節で示した歴史文化資源の特徴をもった情報が、どのように評価されるのかについて考えてみる。価値とは、近代経済学分野においては、資産の有限性にもとづく限界効用と全体効用の関係性において記述される⁶⁾。ただし、近代経済学分野は、資産を消費し、効用が得られるものであることを前提に組み込まれているため、資産の消費と効用を前提としない歴史文化資源には符合しない。始原的な意味で、価値は、消費するしない以前に、それを要望する人間が必要とする量と、実際に存在している量の比を、稀少性として取り扱うことで決定される存在であるといえる⁷⁾。例えば、古来より人類の知的欲求を満たし理解を深めるために必要十分な情報が保存され続けていた場合を仮定して、そこからどの情報を失うことでも、人類の理解を妨げる要因となると考えると、歴史は限られた情報を解釈することで得られるものであり、歴史を生成する上で分析に必要な情報の価値は、まずその情報の稀少性によって表現することができる。この場合、稀少性とは、

である。ここで、人類の理解にとって必要とされる情報量とは、本来、古来より蓄積されてきた情報の全体量であるから、歴史的文化資源にとって稀少性とは、

稀少性 = 現存する情報量 / 過去存在していた情報量

と定義できる。この場合、稀少性を判断する現在の我々にとって、過去に存在していた情報量のすべてとは、人類が築き、破壊してきたものの存在した時間と場所をすべて記録した全部の情報そのものであり、一定値をとると考えると、現時点での稀少性は、現存するその歴史文化資源の情報の稀少性だけでも相対的に評価可能であると考えられる。例えば、ある歴史的文化資源は、人類の過去の活動記録の中で、ある都市全体に広がって多数存在していたが、今ではこの街にたくさんある情報の中で、たった1件の破損した建築物としてしか存在していない、というものであったとする。この「破損はあるが、現存するたった1件の物件、という情報」が稀少性そのものを表していると考えられる。そして、近代化された都市域に残された歴史文化資源を抽出する場合、抽出するためのチェックポイントを知れば、稀少性の高い建築物を簡易に抽出する事が可能であると考えられる。ただし、稀少性の高い建築物を抽出した後、それらがどのような特性を帯びているのかを理解するには、これまでは専門家による特徴の解釈が必要であったと考えられる。そこで、本研究では、歴史文化資源を調査する場合、まず稀少性の高いものを抽出するために、専門家が作製したチェックポイントに基づいて、ある地域の建築物の中から稀少性の高い情報を持つ建築物を抽出し、その後、主成分分析やクラスター分析によって、特徴を抽出・類型化した上で、専門家によって抽出された特徴と比較することで手法の妥当性を検証する。

2.3 歴史文化資源の調査方法

本研究では、悉皆調査によって得られた歴史文化資源の価値を初学者や近隣住民が適切に分析するための定量化手法の確立を目的としている。そのためには、悉皆調査において稀少性の高い歴史文化資源を可能な限り抽出し、情報収集や評価を効率よく行える調査スキームの構築が必要である。本研究では、これまでの悉皆調査を踏まえ⁸⁾、次のようなスキームが最も効率がよいものと考え、5章に示す実際の調査において利用している。以下に調査方法の概要を示す。

- (1) 調査地の学術的背景を十分に考慮した上で、抽出する歴史文化資源の種類と調査範囲を決定する。
- (2) 目視調査の注目点やヒアリング時の質問集で構成された簡単なチェックシートを専門家が作成する。
- (3) 調査範囲内のすべての道を歩き、歴史文化資源の発見とチェックシートを用いた情報収集を行う。その際、調査熟練者と初学者がチームを組んで、初学者に歴史文化資源の抽出方法(発見方法)を理解してもらうことで、途中より調査要員の増加と調査効率の向上を図る。
- (4) 悉皆調査で集められたデータ項目のうち、数理的に解釈できる部分については自動的にデータベースへ

の入力を行い、数理的に解釈できない、専門家や地域の住民が考慮したいデータについては、別途検討した後、データベースへの入力を行う。

3. 歴史文化資源のデータモデルおよびデータベース

3.1 必要なデータ項目の決定

建築物に関する限り、非専門家であっても歴史文化資源としての評価に一貫性を保てるデータ項目は、形状、空間配置、関係する人間(設計者・建設者・補修者・利用者)および、これに関する時系列的変遷情報であると考えられる。ただし、実際には、時間、手間、社会的背景などから本来もっているはずの情報の一部しか得られない場合も多いと考えられるため、従来の悉皆調査を経て収束させてきたデータ項目と、本研究で考えてきたデータ項目との間で整合性をとり、表1のような内容を決定した。

3.2 更新性を維持できる WEB-GIS データベースの開発

表1のデータ項目に基づく悉皆調査が可能になると、データの客観性が担保しやすくなるため、専門家/非専門家の両方が共同して一貫性のある歴史文化資源のデータ収集が可能になる。そのため、調査期間内に収集できなかった情報を、後日、地域住民が補完するようなことも可能になる。従って、極めて高頻度に情報が更新されることも想定されるため、次のような機能を満たすようにWEB上のGISにデータベースを構築した。

3.2.1 多様なファイル様式を保管できる構造

歴史的文化資源は、表で整理されるデータだけでなく、資料や画像など複数の形態の情報をもつことになる。そこで、図1に示すように、基本的なテキストデータを格納できるだけでなく、画像、PDF、図面などの色々なデータタイプの格納が可能になるように、外部リレーション構造を用意した。また、あわせて色々なファイルの表示ができるように、インターフェイスを、メインフレームとそれを構成するサブフレームに分割し、サブフレームに任意のモジュールを導入できるようにすることで、WEB上で表示可能なものはほぼ網羅的に表示できるようにした。

3.2.2 複数のデータ項目を同時利用できる検索ツール

これまでの歴史文化資源のデータベースの多くは、情報の蓄積性には優れたものが多いものの、情報を横断的に比較し、必要なデータだけを抽出する機能については十分でなかった。このために、歴史的文化資源の特徴をよく把握したうえで有用に活用することができなかった。そこで、図2、図3のように、データ項目によらず、任意の前後方検索ツールを開発し、データの絞り込みが可能ないようにし、例えば、緯度経度がある範囲に存在する、宗教建築物だけを抽出ということもできるようになった。またこの建築物から半径何キロの歴史的文化資源を抽出

するなど、データの連関性を重視した抽出も可能である。

3.2.3 マルチスケールに把握できる空間検索ツール

これまでの歴史文化資源のデータベースは、相互の空間位置関係と、それ以外の情報の参照性が悪く、位置情報を把握するときには、その歴史的文化資源の詳細情報を閲覧する際に、円滑にページングすることが難しかった。そこで、GoogleMapをマッシュアップする形で図4に示されるようなWebベースのGISツールを開発した。キーワードや緯度経度の範囲内に収まるデータを抽出し、それらの一覧を地図上に表示するシステムを構築した。

4. 歴史文化資源の分析ツールの搭載

4.1 概要

2章で示した調査データを、3章で示したデータベースに入力することで、大量のデータを容易に操作・比較できる環境が構築された。ここで、さらに、このデータベースに一定の分析を自動的に施せる機能を搭載する。

データベースに含まれる対象のもつデータの特徴を知り、対象を分類することができれば、例えば、調査対象地域の空間分布構造、建物種別の構成、立地と建物種別、立地と民族性の関係性などの概観を自動的に知ることができる。悉皆調査における初学者や未習熟者の理解を助けるだけでなく、そこから、専門的知識と経験に基づく深い解釈を進めることもできる。以下、搭載した自動分析機能について示す。

4.2 主成分分析によるデータの特徴の自動抽出

主成分分析とは、あるデータをもった集団に対して、規定されるデータ項目を組み合わせてベクトルを構成することにより、少ないベクトル数で集合を表現する統計的手法である。ここで、そのベクトルの大きさから集団に対する重要性和、ベクトル成分によってデータ項目間の相互関連性の強さを表すことができる。数理的には、 P 個の変数 $\{x_p\}(p=1, 2, \dots, P)$ を持つ N 個のデータについて、情報の損失を最小限に抑えながら、 $\{x_p\}$ の一次結合として与えられる、互いに独立かつなるべく分散が大きくなるような $M(M \leq P)$ 個の主成分を算出する。最終的に、主成分は固有ベクトルとして取り出され、固有値が1以上、大きい固有ベクトルから順に、累積ベクトル大きさが6割程度までの固有ベクトルを集団の代表的なベクトル（主成分）として扱う。したがって、代表的なベクトルの中から、有意なデータ項目間の関連性を抽出したい場合に利用される。また、明らかに有意な関連性があるデータ項目どうしであるにもかかわらず、主成分分析の結果、関連性のある主成分が取り出せなかった場合に、調査のやり方を検証するベンチマーキングにも利用できる。つまり、調査データに主成分分析を施すことによって、対象のもつ歴史文化資源がどのような特徴をもっているのかを自動で抽出することが出来る。

表 1 実用的な歴史文化資源のデータ・モデル

人間	現在の名前	Name_present
	過去の名前	Name_past
	現在の用途	Use_present
	過去の用途	Use_past
	民族	Current_owner
	宗教	Ethnic Identification Number
	現在のオーナー	Religion Number
	設計者	Designer
形状	建設者	Contractor
	竣工年	Completion Year
	リノベーション年	Renovation_year
	規模(延床面積)	Size
	主構造	Main structure
空間配置	仕上材	Finishing_material
	住所	Address
	緯度	Latitude
	経度	Longitude
調査情報	調査チーム	Team
	調査人	Surveyer
	調査年月日	Date

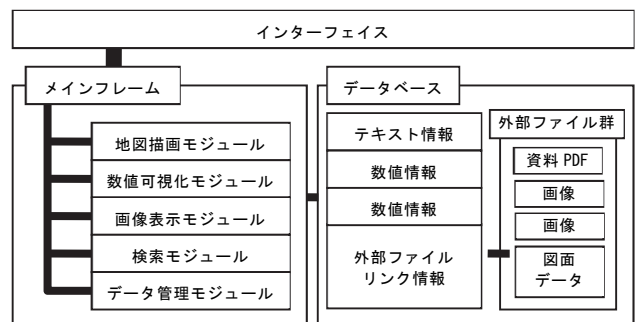


図 1 データベースの構造



図 2 データベース・メイン画面（検索画面）



図 3 操作画面 左：画像拡大 右：データ表示（数値、写真、PDF）



図 4 データベース・地図検索詳細

4.3 クラスタリングによるデータの自動分類

一般に、分類とはある価値空間におけるベクトルの分布において、クラスタリングを行うこととに相当する。すなわち、調査によってえられた経時情報、空間情報、形状情報をもとに、クラスター分析を行うことで、悉皆調査で得られた対象を、特徴に応じて自動的に分類することができる。たとえば、空間的に群になっているところとそうでないところを分類したり、用途や宗教的背景を基準に分類されることで、性質の異なるクラスター間の相違を認識し、その後の専門的な考察に生かすなどの利用方法が考えられる。よって、本研究のデータベースでは、ウォード法によるクラスター分析⁹⁾を行うツールを搭載した。

5. 実際の歴史文化資源調査データへの適用と有効性の検証

5.1 概要

2章～4章で得られた歴史文化資源の自動評価システムの有効性を検証するため、ある地域の調査データの歴史文化資源の特性を評価した。以下、その詳細を示す。

5.2 調査対象および手法

本研究で提案した手法を適用するのに用いたデータは、2002年にインドネシア・メダン市および北スマトラ州の周辺都市を悉皆調査した際に得られたデータである。ここで、データは表1に従う項目が取得されており、このうち、無回答が多かった形状項目群については、現地の教育機関と共同で歴史文化資源の調査を継続的に実施している専門家から訓練を受けた人員によって、建築物の主構造や仕上材などの構成を視覚的に判断し、「評価値」と「保存状態」という項目に整理し、表2のように設定した。これらの情報を用いて、本研究で提案している主成分分析および階層的クラスター分析を用いることで、実際に、自動的な歴史文化資源の特徴分類が可能かを検証した。また、主成分分析はすべての項目において分散1、平均が0になるように標準化した上で実施した。

5.3 結果：主成分分析

主成分分析した結果を表3に示す。固有値が1を超え、累積寄与率が60%を超えるまでの主成分を抽出すると、第8成分以降は、その要素間の相互関係を見いだせなかったため、第一主成分から第七主成分までの結果について、各主成分の特性を表す要素を黒反転させて表示した。

まず、本研究で実施した主成分分析の結果について、現地で調査経験のある専門家に対してその妥当性についてヒアリングを実施したところ、第一、三、五主成分は専門家が調査時に調査地域の特徴として把握できる特徴と一致することを確認した。

次に、残りの第二、第四、第六主成分について考察する。第二主成分と第六主成分は、二つを合成すると、東

方のトバ・バタック族のキリスト教会の保存状態が悪いものが多いが(第二主成分)、調査地域全体で見ると一部よいもの含まれている。また、ヨーロッパ系の教会はよいものが多い(第六主成分)、と理解できる。さらに、第四主成分は、調査地域のメダン市南東部分には、古くからのヒンズー教とイスラム教の住宅地域、宗教施設がある、と理解できる。最後に第七主成分は、調査地域の重心部分に相当するメダン市内より北西にブラウン港を中心とする工業地帯があり、そこには古くからの歴史的な文化資源が残されている、という特徴を示している成分

表2 利用したデータ項目

用途	表3に示す10項目の用途種類のダミー変数を設定し該当する場合に1、それ以外に0を入力
民族	表3に示す10項目の民族種類に対してのダミー変数を設定し、該当有無によって1、0を入力
宗教	表3に示す5項目の宗教種類のダミー変数を設定し、該当有無によって1、0を入力
評価値	10段階の数値データ
保存状態	10段階の数値データ
緯度	実数値
経度	実数値

表3 主成分分析結果(上)と各主成分の特長(下)

主成分	1	2	3	4	5	6	7	
用途	オフィス	-0.171	-0.013	0.009	0.155	0.000	0.178	0.080
	商業ビル	-0.061	0.124	-0.228	0.293	0.150	-0.031	0.277
	工場	-0.039	-0.071	0.050	-0.145	-0.079	-0.105	0.240
	マンション	0.058	0.066	-0.131	-0.068	0.234	-0.264	-0.041
	住宅	0.187	-0.129	0.089	0.076	0.001	-0.306	-0.401
	ショップハウス	-0.020	-0.038	0.044	-0.219	0.281	-0.087	0.321
	ジェンキハウス	0.152	-0.152	-0.206	0.045	-0.156	0.089	0.151
	宗教施設	0.293	0.227	0.094	-0.158	-0.148	0.218	0.145
	公共施設	-0.088	0.004	0.015	-0.134	-0.141	-0.094	0.036
	その他	-0.222	-0.030	0.032	-0.029	-0.022	0.192	-0.143
民族	マラコ	0.199	-0.124	-0.305	0.213	-0.012	-0.156	-0.015
	カロ	0.128	0.354	-0.070	-0.160	-0.043	0.079	-0.110
	トバ	0.090	0.146	0.000	-0.100	-0.061	0.228	-0.006
	マンダリン	0.160	-0.115	-0.077	0.045	-0.079	-0.007	-0.044
	ミナンカバウ	0.080	-0.032	-0.074	0.037	-0.021	-0.154	-0.102
	ジャワ	0.134	0.082	-0.168	-0.046	-0.120	0.104	0.155
	中華系	0.128	-0.066	0.052	-0.138	0.522	0.045	-0.205
	インド系	0.195	0.140	0.507	0.270	-0.043	-0.142	0.155
	ヨーロッパ	-0.136	0.124	-0.147	0.317	0.205	0.201	0.299
	その他	-0.276	-0.099	0.128	-0.340	-0.296	-0.188	-0.059
宗教	イスラム	0.358	-0.273	-0.301	0.058	-0.170	-0.144	0.085
	キリスト教	0.180	0.367	-0.049	-0.238	-0.097	0.294	-0.132
	ヒンズー教	0.202	0.129	0.512	0.279	-0.039	-0.149	0.132
	仏教	0.121	-0.157	0.112	-0.256	0.522	0.070	0.030
その他	-0.516	0.007	0.009	0.106	-0.037	-0.057	-0.043	
評価値	-0.007	-0.412	0.181	0.123	0.014	0.392	-0.015	
保存状態	0.117	-0.406	0.141	0.046	-0.107	0.399	-0.073	
緯度	0.006	-0.103	0.022	-0.268	-0.001	-0.072	0.454	
経度	-0.034	0.231	-0.101	0.258	0.120	0.119	-0.253	
固有値	3.087	2.288	2.024	2.008	1.917	1.710	1.575	
寄与率	0.106	0.079	0.070	0.069	0.066	0.059	0.054	
累積寄与率	0.106	0.185	0.255	0.324	0.390	0.449	0.504	

第一成分	宗教施設は、マレー系、インド系民族とイスラム教、ヒンズー教の関係が深いものが多い。
第二成分	調査地域の東方に位置するカロ・バタック族、トバ・バタック族のキリスト教会の評価および保存状態が悪い。
第三成分	ヒンズー、インド系の宗教施設の評価値・保存状態が良い。
第四成分	南東方面の商業ビル、オフィスは、マレー系、インド系、ヨーロッパ系民族と、ヒンズー教に関連するものが多い。
第五成分	マンション・ショップハウスは、中国系との関係が深い。
第六成分	ヨーロッパ系、トバ・バタック系のキリスト教会は、保存状態、評価が良い。
第七成分	調査地域の北西方面に、商業地域、工場が広がっている。

であると理解できる。このように、本手法による結果は、特徴に関する具体的内容として、専門家が調査によって得る特徴とおおむね一致することが確認できた。

5.4 結果：クラスター分析

5.3 と同様のデータを利用しクラスター分析を行った。クラスター分析結果のうち、16 個のクラスターに分割した場合を図 6 に示し、このクラスター分析によって、明らかになったことを下記に示す。

- 幹線道路沿いのショップハウス群がクラスターとして認知された。
- 中心都市と別都市が別クラスターとして認識されており、郊外都市部のクラスターと市内のクラスターが明確に分割された。空間分布の区分けは問題無く自動化されたと考えられる。
- 市中心部のクラスターについては、距離の近いものだけでなく、用途(住宅、宗教施設かどうか)が優先されるクラスター分割になった。建築物の基礎情報と空間情報を組み合わせた区分けについても問題無く自動化できるものと考えられる。

6. まとめ

本研究では、従来の悉皆調査を基に、非専門家であっても適切に歴史的文化的資源の価値を理解できるように、歴史的文化的資源のデータ項目、データベースシステム、基本分析を行うためのツールの開発と実装を行い、その適用性を実際の悉皆調査におけるデータを利用して検証した。検証によって、これまでは、悉皆調査をした後、専門家による解釈によって歴史的文化的資源の意味付けが与えられてきたような歴史文化資源の特徴が、主成分分析と階層的クラスター分析を組み合わせることによる自動的な特徴抽出による分析手法によって、専門家にあまり手をかけることなく、他の建築物の空間分布を踏まえた上での相対評価として得られる可能性を示した。今後

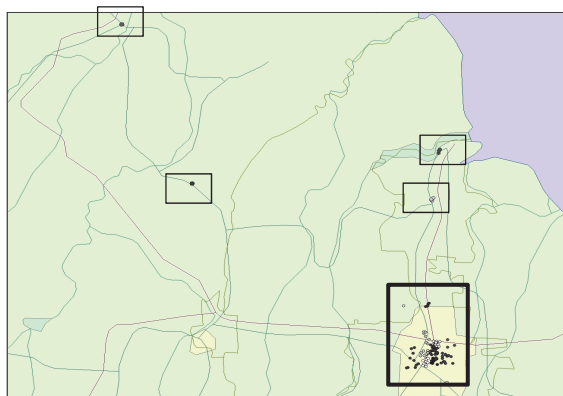


図 5 調査地域のクラスター分析結果：全体像

は、自動分析手法を有効に活用できるためのデータ項目、データベースの拡充を行うことで、より多くの初学者を

を含む歴史的文化的資源を残す希望者が活用できる枠組みを、実際の調査活動経験者と連携をとりながら構築していく必要が望まれる。

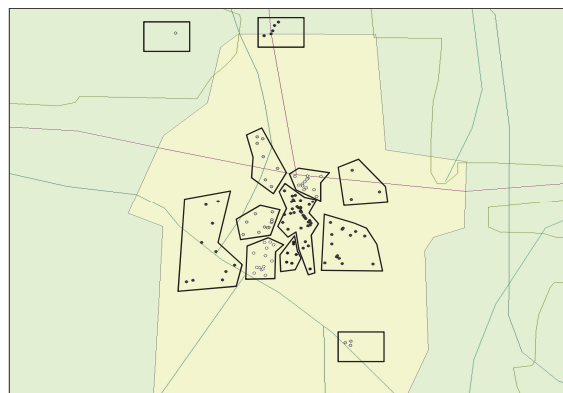


図 6 調査地域のクラスター分析結果(図 5 太線部拡大)

[参考文献]

- 1) 例えば、Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage, Unesco Convention Text, retrieved in 14.07.2008, from <http://whc.unesco.org/en/conventiontext/>
- 2) 日本の事例として、文化庁：文化遺産オンライン [<http://bunka.nii.ac.jp>]、日本建築学会：歴史的建築総目録データベース [<https://glohb-aij.eng.hokudai.ac.jp>] などがある。
- 3) 近代建築の事例として、日本建築学会編：日本近代建築総覧、技報堂出版、1980、藤森照信・汪坦監修：全調査・東アジア近代の都市と建築、筑摩書房、1996 がある。
- 4) 馬淵久夫ほか：文化財科学の事典、pp.13-24、朝倉書店、2003.6
- 5) E. H. Carr, 清水幾太郎訳：歴史とは何か、pp.182-185 岩波新書、1962.3
- 6) ウィクセル、橋本比登志訳：経済学講義 I, pp.123-131, 日本経済評論社、1984.03
- 7) 久保田哲夫：総合政策学入門、pp.71-92, 昭和堂、2006.04
- 8) 谷川竜一・鮎川慧：アジア都市環境文化資源のデータベース化とその活用可能性、人文科学とコンピューターシンポジウム論文集 つながるデジタルアーカイブ—分野・組織・地域を越えて、第 7 号、pp.79-84, 情報処理学会、2012.11
- 9) 田中 豊ほか：多変量統計解析法、pp.229-244, 現代数学社、1998.1

- *1 東京大学大学院工学系研究科 講師 工博
- *2 東京大学生産技術研究所 講師 工博
- *3 金沢大学新学術創成研究機構 助教 工博
- *4 京都大学学術研究支援室 工修
- *5 総合地球環境学研究所 センター研究推進員 工修
- *6 東京大学生産技術研究所 教授 工博

Spatial database implementing the system for evaluating historical cultural resources utilized as local resources

○Ryoma KITAGAKI^{*1}, Kengo HAYASHI^{*2}, Ryuichi TANIGAWA^{*3}
Kei AYUKAWA^{*4}, Yutaka MIMURA^{*5}, Shin MURAMATSU^{*6}

Keywords : Historical cultural resources, Complete enumeration, Principal component analysis, Cluster analysis and GIS

The motivation for preserving historical cultural resources is rapidly increasing in several areas of the world and the consistent method is required to give some brief interpretations into historical cultural resources in an investigated area. However, there is no established method of complete enumeration for extracting historical cultural resources. In this research, the method and the systems for complete enumeration of historical cultural resources consisting of the database system and analytical tools supporting investigators' understandings are developed, and its usability and validity are verified by introducing into actual results of complete enumeration in Medan city, Indonesia.

*1 Assistant Professor, Graduate School of Eng., the Univ. of Tokyo, Dr.Eng.

*2 Assistant Professor, Institute of Industrial Science, the Univ. of Tokyo, Dr.Eng.

*3 Assistant Professor, Institute for Frontier Science Initiative, Kanazawa University, Dr.Eng.

*4 Researcher, Research Administration Office, Kyoto University, Ms.Eng.

*5 Project Researcher, Research Institute for Humanity and Nature, Ms.Eng.

*6 Professor, Institute of Industrial Science, the Univ. of Tokyo, Dr.Eng.