

## 石造遺物銘文取得のためのデータベース開発

上相 英之                      上相 真之                      多仁 照廣  
神戸学院大学 人文学部   宇宙航空研究開発機構   敦賀短期大学 地域総合科学科

本論文では、画像を登録すると、過去の解析実績から類似した残存状況の石像遺物に適用された解析手法を検索・適用し、自動解析を行う、解析型のアーカイブシステムの開発を行った。

### Development of the Database for Pictures of the characters on the Monuments

Hideyuki Uesugi                      Masayuki Uesugi                      Teruhiro Tani  
Kobegakuin University   Japan Aerospace Exploration Agency   Tsuruga Junior College

In this paper, we developed a new data archive system for stone monuments, which includes image processing tools for pictures of the characters on the monuments. We can store and search the algorithms of the image analysis as well as the images and data of the samples to the system, and can semi-automatically apply the algorithms of the image processing which applied to the previous samples those have similar characteristics of the new sample.

#### 1. はじめに

本論文では、石造遺物の表面に刻まれた銘文の画像解析による取得を目的とした、それらの様々な残像状況に応じた解析手法を登録・検索・適用することが出来る、解析型のデジタルアーカイブについて述べる。

近年、デジタルアーカイブ構築の隆盛の中、石塔や石碑、水鉢といった石造遺物のデジタルアーカイブは、歴史的価値が高いものなど一部のものを除いては殆ど構築事例が無い。その一因として、石造遺物からの文字情報取得の困難さが挙げられる。これまでは、拓本による文字の取得が行われ、その拓本をデジタル化することで、石造遺物のデジタル化は進められてきた(「日本金石拓本コレクションデータベース」早稲田大学[1]、「金石文拓本資料データベース」東京大学史料編纂所[2]など)。しかし拓本の取得には時間がかかるうえ、経験を重ねる必要がある。また、石造遺物は歴史的・宗教的な観点から、汚損が許されず非接触での観察しか許されないために適用できないことも多い。近年では、デジタルカメラや 3D スキャナーによる、3次元形状の復元が可能となり、文化財のデジタル化に大きな役割を果たしている[??]。しかし、これらのデバイスを用いて石造遺物のデジタルアーカイブを構築するには未だ課題は多い。先ず 3D スキャナーはフィールドワーク中に使用可能なハンドタイプのもので開発されてい

る。しかし、非常に高額なため、複数導入することは難しく、フィールドに無数に存在する石造遺物のデータ取得には不向きと言える。次に比較的安価に手に入るデジタルカメラを使用する場合も課題は多い。石造遺物のほとんどは屋外に在り、長期にわたって風化作用を受けているため、

- 1.表面がコケで覆われている(図1)
- 2.風化のため通常撮影では文字の認識が難しい(図2)
- 3.試料前面に十分な撮影距離がとれず、統一されたデータ取得方法が採れない(図3)

などの理由により、通常撮影だけでは判読出来ない場合が多い。加えて、拓本・デジタルカメラの 3D スキャナーいずれの場合も、文字情報取得のためにはデータ取得後、さらに煩雑な画像処理が必要となる。その画像処理にしても、石造遺物は、円柱・角柱・自然石などの形状の差や、風化の度合い・材質など多くの要因によって、採るべき手法は変わってくる。現在稼働しているデジタルアーカイブは博物学的な展示システムの延長であり、画像解析に使用できるアーカイブシステムについては未整備である。

筆者らは、これまで試料表面文字情報取得の為に効率的な撮影技法、及び画像処理法の検討・発表を行ってきた[3]。1枚の画像からデータを解析する方法は非常に多くの研究が

あるが、情報量が変化しない以上、どれほど優れた画像処理法でも限りがある。しかし、様々なパラメータを連続的に変化させることで、新しい情報(軸, 次元)を取得することが出来る。連続的なデータを規格に従って取得することで、決まった手法で効率的に画像解析をすることが可能となり、一枚の画像からは得ることの出来なかった情報を容易に引き出すことができるようになる。Photometric Stereo[4]は、複数の照明条件で画像データを取得し、照明の位置を新たな軸として対象となる物体の 3 次元形状を推定する解析手法で、Reflectance Transformation Imaging[5]で既に文化財へ適用実績がある。また、shape from shading[6]を活用すれば、陰影から三次元形状を復元することも可能となる。これらの解析手法は研究の蓄積も多く、大いに参考にすべき技術である。しかし、どのような優れた解析手法であっても、解析が行われた場合、解析の手順やパラメータは解析担当者の経験の中、アプリケーションの中、マニュアルに転記される事もあり得る。再度、過去の解析で使用した手順やパラメータを利用する場合、ある程度の労力を必要とする。

本論文で発表する解析型デジタルアーカイブとは、パラメータも含め、優れた画像処理技法の一連の手順を ShellScript に保存し、モジュール化する。そこで、再度同じ条件で解析が必要となった場合、画像の閲覧/抽出だけでなく、解析ルーチンを検索/再帰的に実行することは可能となる。



図 1 表面がカビで覆われた石塔



図 2 風化した石塔



図 3 前面に障害物がある石塔

## 2. データベース概要

### 2.1. システム構成

本研究ではデータ取得後の画像解析をより効果的に進めるためのデジタルアーカイブシステムを開発した。

システムの構成は以下の通りである。

- ・ プログラム言語 : Shell script + perl
- ・ データベースサーバ : Apache + CGI
- ・ データベース管理閲覧 : Web ブラウザ使用
- ・ OS : MacOSX, Linux

MacOSX であれば UNIX 環境, Apache, perl が標準装備されており、サーバ設定が比較的容易である。また、OS に高性能な画像変換プログラム“sips”が標準搭載されており、このプログラムを利用することで、高価な画像処理ソフトを購入する必要が無い。また、Shell Script を使用し、Sips の他にも

Image Magick や OpenCV といったライブラリが使用可能である。

## 2.2. データベース設計

本研究のデータベースシステムは、本来地球惑星科学分野において、個人運用を目的とし、データベースの設置から運用までのすべての過程を計算機システムに習熟していない研究者にも設置・運用が可能となることを目的として開発されたものである[7]。設置方法は指定されたディレクトリにファイルを設置し、サーバを公開するだけである。そのため、Mac で Web 共有設定が可能であれば、設置は数回のクリックだけで完了する。

設置が完了し、撮影した画像をシステムに登録する際、右のメタデータを登録する。位置データである「住所」「造立場所」と画像のグループ化のための「ID」の三つのメタデータで石造遺物を一意に決定する。しかし、石造遺物には撮影されるべき刻字面が複数存在するものも多いため、一意にレコードを決定するものではない。他にも「形状」「種類」「年代」「移設年代」「材質」「施主」画像解析で得られた石造物表面のテキストデータ「銘文」といった従来の博物学的デジタルアーカイブに登録されるものがある。さらに、文字判読に影響を与える可能性のある「字面形状」や風化の程度を目安となる「視認度」、撮影時に設定する「光源数」「撮影枚数」なども登録する。加えて、本システムの特徴である、解析データを検索することで、2回目以降の解析では過去の解析例を新しいデータに適用できるようになり、解析の自動化・効率化を実現するために、画像解析の一連の手順（道具・手法・パラメータ）を ShellScript に記述し、モジュール化してシステムに登録する。このモジュールはコマンドラインで使用するソフトにパラメータを渡しそのパラメータに沿って、解析アプリケーションを実行する。そのため、画像データを登録した際、類似したメタデータを持つ試料の解析結果をもとに抽出された手順（モジュール）を、容易に適用することが可能となる。

また、本システムでは画像処理にいくつかの段階が存在する。システムは各段階でディレクトリを作成し、画像処理の経過で作成された画像も保存する。そのため新しい解析手法が登録されると、一度解析したデータにも新しいモジュールでの解析を適用できる。

表 1 メタデータ一覧

メタデータ	説明
住所	試料の現所在地の住所。
元住所	試料が移設され、その元の位置が明らかならばその住所。
造立場所	寺社名・道路・河川など像率場所の概況を記述する。
ID	試料の ID。石造遺物には単一の試料に複数字面が存在する場合が多く、また字面が広く、一回で撮影できない場合もある。この ID は一意にレコードを決定できる物ではなく、「住所」「像率場所」「ID」が同じであれば、同一の試料の別の箇所の画像という意味になる。
形状	角柱、円柱、自然石など試料の形状の概略。
種類	石灯籠、宝篋印塔、鳥居、水鉢など。
年代	試料の造立・作成年代を西暦で
移設年代	移設されたのであれば、その年代。
材質	和泉砂岩や御影石など石の材質。
施主	試料の造立主体。複数の場合は複数記述。
銘文	銘文の内容。解析後に登録可。
視認度	文字の視認度を以下の5段階で評価。 1. 通常撮影画像でも十分視認可能 2. 現地視認は比較的容易だが通常撮影画像は困難 3. 現地視認が不可能ではないが困難 4. 文字がある事は認識できるが現地視認不可 5. 字形が残っていない
字面形状	凹曲面・凸曲面・凹平面・凸平面など字面の形状
方角	撮影面の向いている方角
斜光光源数	撮影時に設置した斜光光源の総数（1～8）
正面光源	正面光源を設置したら(1)、設置していない(0)
撮影画像枚数	撮影画像の総数
解析モジュール	使用ソフトや解析手順・解析に使用したパラメータを保存した ShellScript

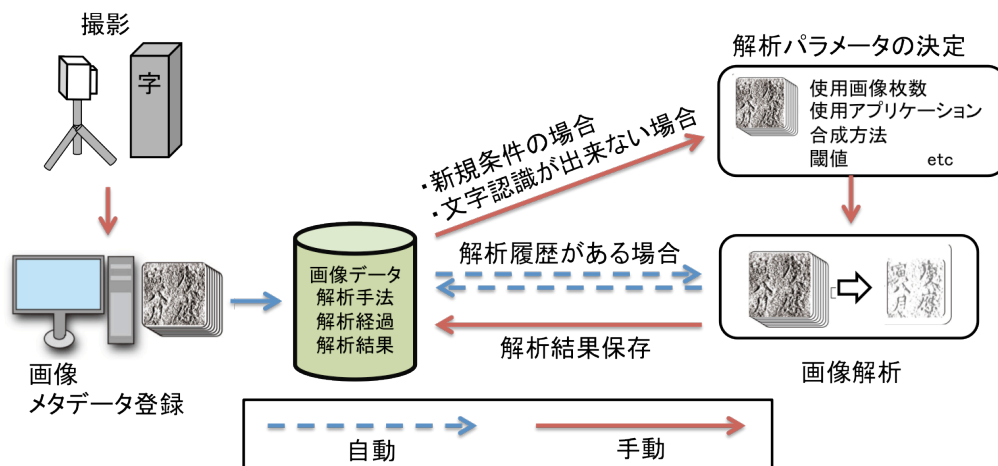


図 4 システムの概要

### 3. 撮影から画像処理までの流れ

#### 3.1. ワークフロー

- (1) 4 光源+正面光源の 5つの光源毎に撮影
- (2) 解析サーバに画像を登録
- (3) メタデータ登録
- (4) 画像の切り抜き
- (5) 光源毎の画像平均を取得
- (6) グレースケール化し 5枚の画像を取得
- (7) 各画像の輝度幅を揃える
- (8) 正面光源から斜光の差分を取得
- (9) 最も明るいピクセルで合成

(1)が撮影, (2)~(3)がデータ登録, (4)~(8)が全試料に共通した画像処理となり, 画像データが登録されると, 自動で(8)まで解析する。(9)以降がモジュールであり, 試料毎に内容が変化する。

#### 3.2. 撮影

- (1) 4 光源+正面光源の計 5つの光源毎に 4~8枚撮影する (図 5)。

撮影時は以下の点に注意する。

- ・撮影枚数は光源間で一致させる
- ・撮影時, カメラが動くとき位置合わせが必要となるため, リモコンを使用して撮影中はカメラを動かさない
- ・地面が柔らかいと周囲を踏みしめただけで位置がずれることがあるため, 極力カメラにも近づかない
- ・光源を写り込ませない
- ・一つの光源を撮影し始めたら, 決めた枚数を撮影し終えるまで, 光源を他の角度に動かさない

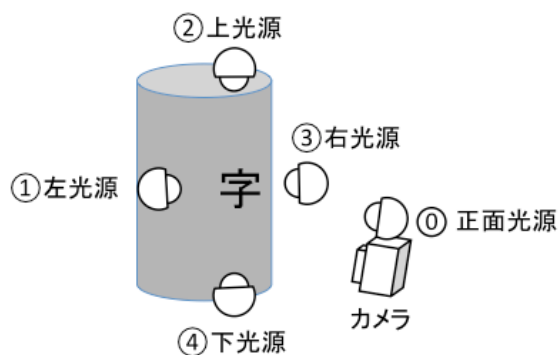


図 5 撮影状況概略

#### 3.3. データ登録

(2)サーバに画像を登録する。その際, ファイル構成を記述した text ファイルを登録する。text ファイルは全て一行一文字で, 0 から 4 までの数字を記述する (図 6)。この数字が光源方向を表しており, サーバでは画像ファイルをファイル名順にソートするので, 登録前にファイル名でソートした上で, 画像の光源方向を確認し数字を記述する。同一数字のファイルは全て average で平均化される。



図 6 ファイル構成テキスト

(3)メタデータを登録する。メタデータを登録する際、画像処理に関わるパラメータなどは現時点では定まっていない。そのような不明なメタデータは空白とする。登録されたメタデータから近似した条件の過去の試料の解析データを検索し、その過去の試料に適用されたモジュールで新規登録画像の解析を行う。過去の解析実績が無い場合、若しくはシステムが提案したモジュールによる解析結果が思わしくない場合は、新規に「使用画像処理ソフト」「パラメータ」「解析手順」を検討・開発し、その一連の手順をモジュール化し、登録する。

### 3.4.共通処理

画像処理には全ての試料に適用できるものがある。それを「共通処理」として、画像が登録された際に自動で全ての画像に適用される。

(4)trim…石造遺物以外が映り込まない様、トリミングを行う。(6)で輝度を揃える際、背景迄映り込んでいると、輝度が上手く揃えられない可能性があるため。

(5)average…光源毎の複数枚画像の average 平均をとることで、虫や塵などの映り込みや自然光の揺らぎの影響を低減する(図7)。

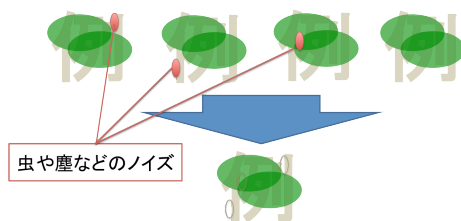


図7 averageの取得

(6)gray…本研究において重要なのは濃淡であり、色情報は必要無いため、グレースケール化し5枚の画像を取得する。

(7)brightness…各画像輝度を揃える(図8)。

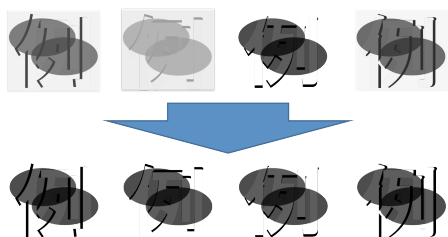


図8 輝度の調整

(8)subtract…正面光源画像から斜光画像の差分を取得(図9)

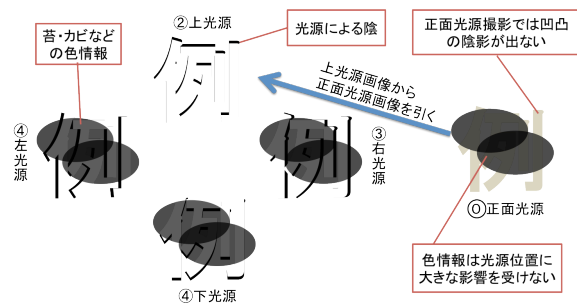


図9 差分の取得

### 3.4.個別処理

(9)差分をとった画像のMax(最も明るい部分)で画像合成すると上下左右の光源でできた陰影によって文字が浮かび上がる(図10)。(8)の作業で差分をとるが、差分をとることで、画像間で最も差が開いている場所が強調(明るく)表示される。正面光源では光が当たっているが、斜光ではあたってない箇所、陰の部分にそれにあたる。

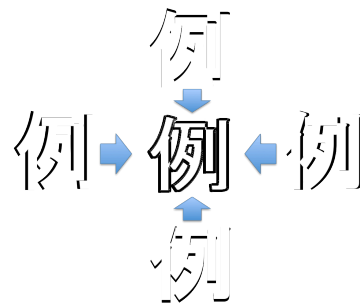


図10 Max合成

## 4. 実験

試料は、神戸市垂水区高丸一丁目の瑞丘八幡神社の石塔で、図11に見られるように通常撮影では銘文を読むことは出来ない。

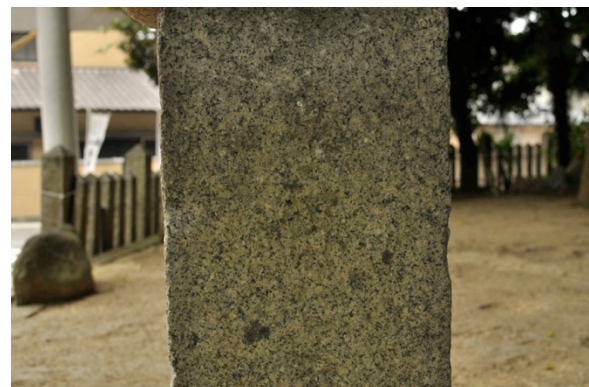


図11 瑞丘八幡神社石灯籠

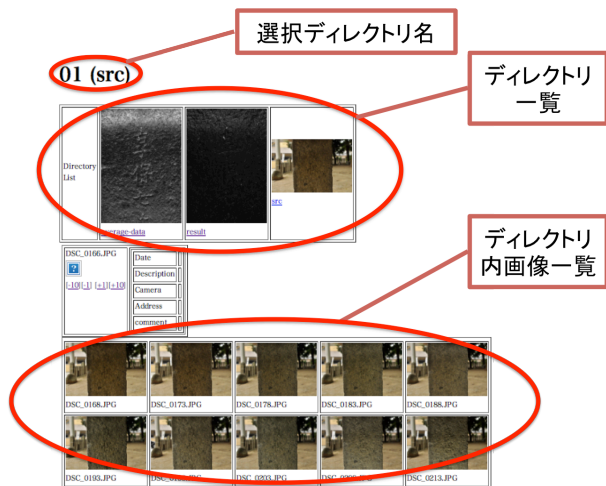


図 12 データベース画面

画像を登録し解析を実行すると図 12 に見られるように、ディレクトリが src (元画像), average (共通処理), result (解析結果) のディレクトリが作成され、ディレクトリ一覧に表示される。ディレクトリ一覧から見たいディレクトリを選択すると、下部にそのディレクトリ内に保存されている画像の一覧が表示される。解析結果のディレクトリを選択した結果が図 13 である。

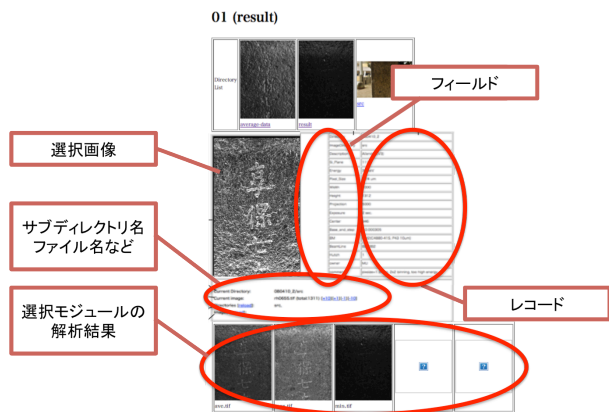


図 13 解析結果の表示

解析結果のディレクトリを選択し、下部の選択モジュールの解析結果一覧から、見たい解析結果をクリックすると、中段に選択した解析結果の画像が表示される。

## 7. おわりに

本データベースは xml フォーマットを用いたメタデータファイルに、解析手法のアルゴリズムを保存することが可能である。この解

析データを検索することで、2 回目以降の解析では過去の解析例を新しいデータに適用できるようになり、画像の取得情報の閲覧/抽出だけでなく、解析ルーチンを検索/再帰的に実行することが可能となる。石造遺物は角柱や円柱、像容など様々な形状が存在する。後述する Max で合成する単純な解析手法では文字情報の抽出は難しい。本システムは一連の解析をモジュール化して保存している。多様な解析手法を登録・検索・適用できる解析型デジタルアーカイブを生かすためにも、今後は優れた画像解析の手法を生かしたモジュールを本データベースに登録していきたい。

また、この機能を検証・活用する為には多くの試料画像が必要となる。今後は多くの研究者に登録・解析の検証を行って貰える様、システム公開を前提に、セキュリティやシステムの安定度を高めていきたい。

## 8. 謝辞

本研究は科研費 23650122 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] [http://www.enpaku.waseda.ac.jp/db/\\_kinsekitakuhon/](http://www.enpaku.waseda.ac.jp/db/_kinsekitakuhon/), 日本金石拓本コレクションデータベース
- [2] [http://wwwap.hi.u-tokyo.ac.jp/ships/\\_shipscontroller](http://wwwap.hi.u-tokyo.ac.jp/ships/_shipscontroller), 金石文拓本史料データベース
- [3] 上相英之, 上相真之, 多仁照廣: 石造遺物デジタルアーカイブ構築のための撮影手法の開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-EIP-55 No.11, pp.99-100, 2012.
- [4] R. J. Woodham.: Photometric Method for Determing SurfaceOrientation from Multiple Image, Optical Engineering, Vol. 19, pp.139-144(1980).
- [5] Reflectance Transformation Imaging <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>
- [6] Ramachandran, V. S. (1988) Perceiving shape from shading. Scientific American, August, 76-83.
- [7] Ramachandran, V. S. (1988) Perception of shape from shading. Nature, 331, 163-166.
- [8] 上相真之, 上杉健太郎: X 線 CT の 3 次元データのためのデータベース開発, 日本惑星科学連合 2010 大会予稿集, Disk2, MGI015-06