

木簡整理のためのアノテーションツールの開発

Phan Van Truyen, 中川 正樹
東京農工大学 大学院情報工学専攻

馬場 基, 渡辺 晃宏
奈良文化財研究所, 都城発掘調査部

本稿では、木簡画像の電子的な蓄積を支援するツールについて述べる。木簡とは木片に文字が記された文書の総称である。平城京跡からは、20万点以上の木簡が出土しており、これまでに日本全土で出土した約35万点の半数以上を占める。木簡の発掘が進み、出土点数が増大している。これに対応するためには、従来の整理方法では追いつかず、効率的な整理・解析が可能なツールが必要である。本稿では、発掘の当初から画像の蓄積と属性情報の登録に利用できるアノテーションツールの設計と実現を報告する。特に、画像処理技術について詳述する。

Development of an annotation tool for accumulating Mokkan Images

Phan Van Truyen, Masaki Nakagawa
Dept. of Computer and Information Sciences
Tokyo Univ. of Agri. & Tech.

Baba Hajime, Watanabe Akihiro
Dept. of Imperial Palace Sites Investigations
Nara National Res. Ins. for Culture Properties

This paper describes an annotation tool to accumulate mokkan images electronically. A mokkan is a generic name given to Japanese historical wooden tablets that have handwritten characters. More than 200,000 of the 350,000 morkkans unearthed in Japan come from excavations of Heijyo-Palace. The number is increasing as the excavations continue. In order to respond to this situation, it is necessary to build an effective tool for archiving and annotating mokkan images because traditional methods can not keep up with. In this paper, we report the design and implementation of an annotation tool which supports to archive mokkan images and annotate attributes from the early stage of excavation. In particular, we describe image processing techniques in details.

1. まえがき

古代の歴史、文化を扱う上で、その時代の遺物に記された文字情報の保存、解読は非常に重要である。近年、奈良県に位置する平城京跡からは、奈良時代の遺物が数多く出土する。遺物の中には、木片に文字または文字列が記された「木簡」が含まれる。平城京跡からは、当時の宮城であった平城宮跡を中心に20万点以上の木簡が出土しており、これまでに日本全土で出土した約35万点の半数以上を占める。木簡の発掘が進み、出土点数が増大しているが、木簡の解読は専門家にとっても困難であり、これまでに解読が行われた木簡は数万点にとどまる[1]。

また、2008年12月から2009年1月にかけて大規模な焼却土坑が見つかり、削屑を中心とする木簡を多量に含む50cmにも及ぶ木屑の堆積が見つかった。整理室に木屑を全て持ち帰り、順次洗浄・整理を進めているが、10万点の規模の木簡の発見が予想される。この膨大な量の木簡の発見に対応するには、従来の整理方法では処理が追い付かない。そこで、効率的な整理・

解析を行うべく、文書画像注釈のための環境についての研究[2]を参考にして、削屑のガラス板画像(図1)に管理情報や訳読成果を書き込めるアノテーションツールを設計・開発し、実用に供し始めた。なお、ガラス板画像とは10個程度の削屑をガラス板上に配置して撮影した画像である。



図1. ガラス板画像

2. ツールの概要

削屑木簡画像に対して、注釈情報を加えて、蓄積、管理ができるツールを開発した。明るさ調整、回転、注釈、印刷などの様々な機能を実現した。そして、これらの機能を木簡解読の専門家が有効に活用できるように、使いやすいユーザインタフェースを提供した。このアノテーションツールでは、各種の注釈情報について特定の属性を前提とする。注釈内容には出土情報、バット情報、ガラス板情報、個別木簡情報、記帳情報及び位置・表示情報が含まれる。ユーザインタフェースを介して、これらを入力、確認、印刷ができる。また、メタデータファイル(XML)への保存、木簡データファイル(CSV)への出力、DBへの蓄積、多様な形式での削屑木簡画像の整理を可能にする。ツールでの作業の流れを図2に示す。

3. ユーザインタフェース

木簡整理のためのアノテーションツール MokkaAnnotator は、画像処理機能、注釈機能、

積文管理機能、情報検索機能などをグラフィカルユーザインタフェース (GUI) を介して提供する。この GUI は MDI (マルチ・ドキュメント・インタフェース) 方式により、親ウィンドウ内に複数の子ウィンドウを表示して管理する GUI である。ツールは 6 つコンポーネントから構成される：メニュー(A)、ナビゲーション・バー(B)、エクスプローラ(C)、ツールバー(D)、表示領域(E)、プロパティウィンドウ(F)、積文リストウィンドウ(G) (図 3)。各ウィンドウは個々に独立であり、画面上で自由に配置、画面サイズ調整ができる。各画面の大きさと位置を MokkaAnnotator で保持できるようにした。レイアウトは、再開する度に直前に作業したレイアウトを復元することができる。また、複数のガラス板画像を同時に開き、タブパネル上に表示できる。これにより、ユーザごとに作業効率の高いレイアウトを得ることが可能となる。

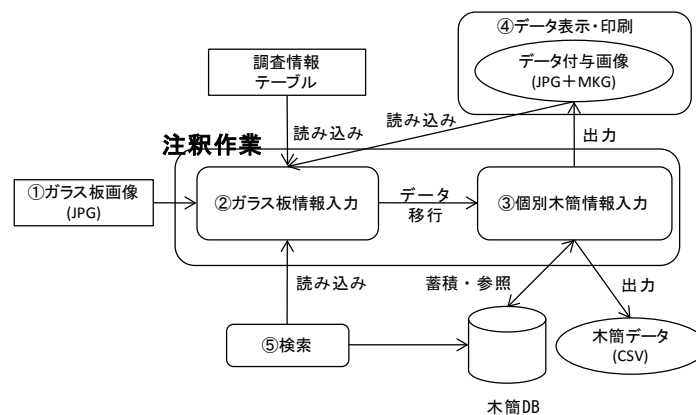


図 2. 木簡画像注釈の流れ

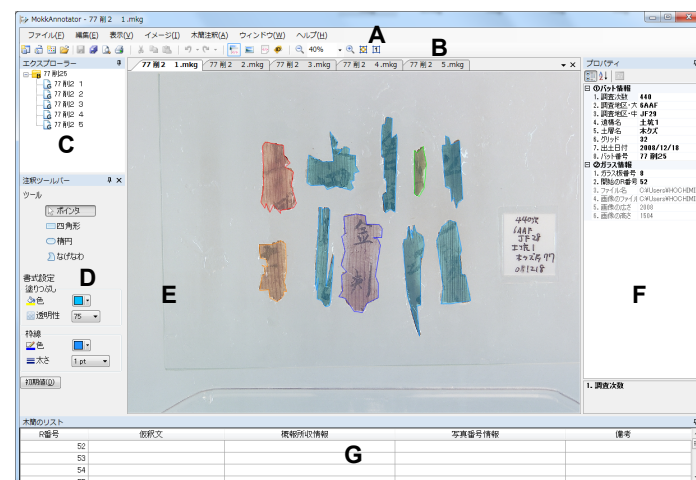


図 3. ユーザインタフェース

```
<?xml version="1.0"?>
<batinfo chousa_jisuu="440" oo_chiku="6AAF" chuushou_chiku="JF28" ikoumei="土坑1" dosoumei="
  <glasses>
    <glass>C:\Users\NAKALAB\Pictures\Image\77 削2\77 削2 1.jpg</glass>
    <glass>C:\Users\NAKALAB\Pictures\Image\77 削2\77 削2 2.jpg</glass>
    <glass>C:\Users\NAKALAB\Pictures\Image\77 削2\77 削2 3.jpg</glass>
    <glass>C:\Users\NAKALAB\Pictures\Image\77 削2\77 削2 5.jpg</glass>
    <glass>C:\Users\NAKALAB\Pictures\Image\77 削2\77 削2 4.jpg</glass>
  </glasses>
</batinfo>
```

(a)

```
<?xml version="1.0"?>
<bat chousa_jisuu="440" oo_chiku="6AAF" chuushou_chiku="JF28" ikoumei="土坑1" dosoumei="
  <glass glass_ita_bangou="11" kaishi_r_bangou="101" image_file="77 削2 11.jpg" width="
    <mokkans>
      <mokkan_polygon>
        <info r_bangou="101" kari_shakubun="・宿直資人○三人○／赤染秋足／／大殿侍||／忍
          shasin_bangou_jyohou=" (接続前) (R165) 93-* -346; 347; (R350) (オ) 93-
          <format border_color="#FF8000" pen_width="1" fill_color="#C0FFFF" alpha="50" r_b
          <shape count="30"
            coordinates="{(712,409);(729,389);(707,363);(695,340);(692,312);(667,304);(636,3
              11,617);(647,623);(684,620);(723,617);(753,609);(764,592);(765,564);(759,529);(7
            </mokkan_polygon>
```

(b)

図4. BMK ファイル(a)と MKG ファイル(b)の内容

4. データフォーマット定義

実際の整理作業では、個々の削屑 10 個程度をグループ化してガラス板上に配置する。そして、数枚のガラス板をバットに配置する。ガラス板を撮影した画像はバットごとのフォルダに保存する。このように、ガラス板とバットはアプリケーションでファイルとプロジェクトに相当すると考えられる。

注釈メタデータは、XML ベースのフォーマットであり、出土情報、管理情報などを階層的に記述する。ガラス板画像のメタデータファイルに MKG、バット管理ファイルに BMK という拡張子を設定する。メタデータファイルの内容の例は、図4のように表す。

BMK ファイルには、出土情報、バット情報及びガラス板画像のファイル一覧が格納される。一方、MKG ファイルには、出土情報、バット情報、ガラス板情報、木簡情報及び表示情報が階層的に格納される。MKG ファイルはバットの下に、あるいは個別に取り扱うことも可能である。

5. ツールの機能

MokkAnnotator は、木簡の情報を登録・管理するため、次の各機能を提供する。

(1) 画像及びメタデータ表示

表示パネル上にガラス板画像と注釈された木簡領域を表示する。ユーザは、全ての表示、画像のみ表示、及び木簡領域のみ表示、の3つの表示オプションを選択でき、木簡番号の表示・非表示を指定できる。

(2) 木簡領域描画及び編集

木簡に情報を注釈するため、領域を定義し、木簡情報を領域の属性として入力する。領域の定義は3つ形状：四角形、楕円となげなわを選択できる。領域は、手動または自動で定義することができる。前者は、ツールバーで形状を選択した後、木簡の上にマウスで描画する方法である。後者は画像解析により、木簡の領域を自動的に検出する方法である。この方法で、全て領域はなげなわの形状となる。木簡領域自動定義は次の項目で詳細に説明する。

さらに、本ツールは、選択、移動、サイズ調整、切り取り・コピー・貼り付け・削除、前面・背面へ移動など領域編集機能を提供する。

(3) 注釈

ガラス板画像に対して、出土情報を付し、木簡領域に対して、木簡情報、記帳情報などを付し、領域の表示属性を設定する。注釈方法はプロパティウィンドウ、または積文ウィンドウで記入・編集できる。注釈した画像と注釈下情報の例を図5、図6に示す。

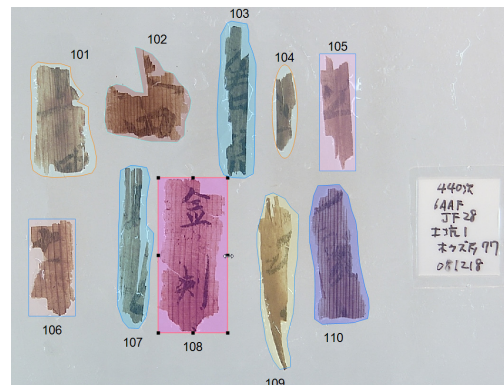


図5. 注釈したガラス板画像

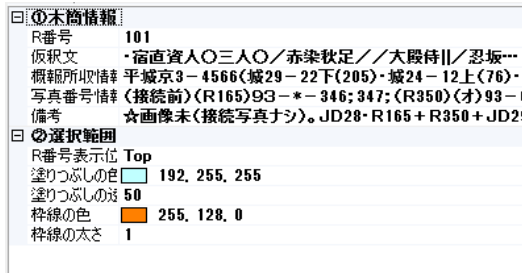


図 6. 注釈した個別木簡情報

(4) 自動R番号配置

削屑木簡を区別する木簡番号 (R 番号) を作業順に自動生成する. この順番に配列することもできる. R 番号は, 図 5 に示すように, 削屑木簡の配置, 大きさなどを考慮し, 上部または下部に配置する.

(5) 画像処理

出土情報, 木簡情報, 記帳情報を付したあと, さらに進んで, 解読情報を付するためには, 見にくい画像を見やすくする画像処理が有効である. このために, 画像の明るさ・コントラスト調整, 拡大・縮小, 回転などを提供する. 処理対象は全体の画像, または個別木簡である. 個別木簡の場合, 木簡領域を指定し, 別の画面で操作を行う (図 7).

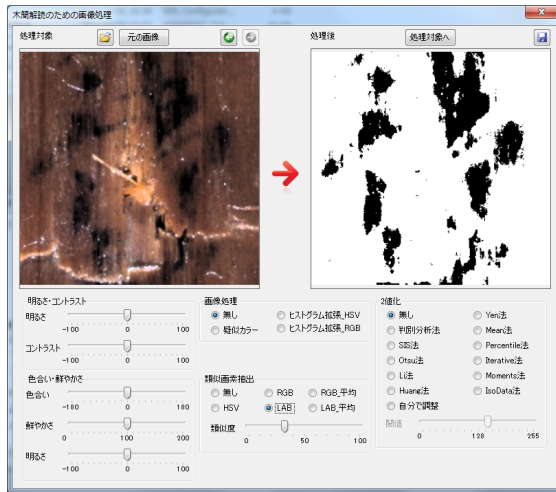


図 7. 木簡解読支援の画面

本ツールには, 高倉ら[3]が実装した手法も導入した. ノイズ軽減, コントラスト促進及び画素指定 2 値化は木簡解読に有効的な手法であるとの意見が寄せられている. 処理した画像の例を図 8, 図 9 に示す.

(6) メタデータ出力

注釈されたデータを保存でき, 分析・統計のため CSV ファイルへ出力することもできる. データベースにも蓄積できる.

(7) 検索

データベースに蓄積された出土情報, 木簡情報に対して, 管理番号や釈文などをキーに検索ができる. 検索結果からガラス板画像および個別の木簡を素早く参照できる.

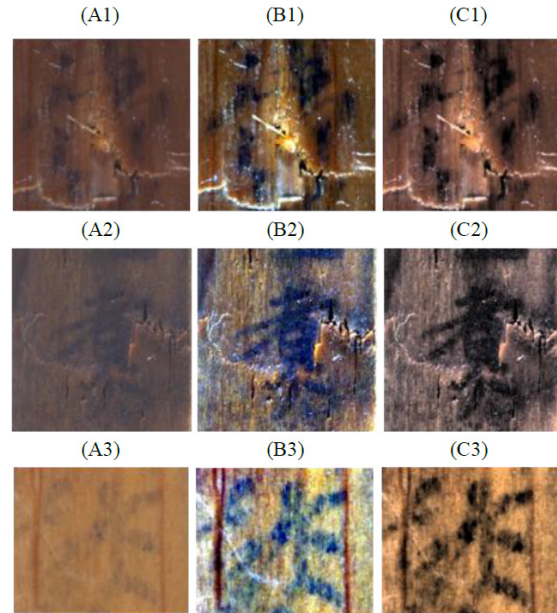


図 8. (A1-A3) 元の画像, (B1-B3) RGB 色空間でのコントラスト促進, (C1-C3) HSV 色空間でのコントラスト促進

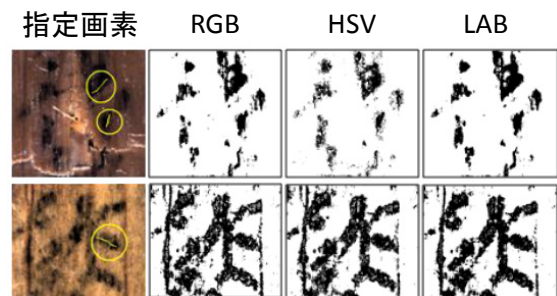


図 9. RGB, HSV, LAB 色空間で画素指定による 2 値化処理の結果

(8) 印刷

メタデータが付与された画像を印刷できる. アノテーションツールが提供する各機能は GUI 上に可視化されており, これにより, ユーザが簡単に操作することが可能となる.

6. 木簡領域自動定義

専門家が木簡領域を定義する手間と時間を節約するため, 自動定義機能を提供する. 削屑木簡を検出する方法として, 2 値化とカラーフィルタが挙げられる.

2 値化は, 画像の輝度値が閾値以上の場合は

白，閾値未満の場合は黒にする処理を行う．ローカル閾値または適応型閾値による 2 値化手法は，品質の低い歴史的な文書に相応しい．しかし，ガラス板画像には木簡に書いてある文字層，木簡層及びガラス板層という 3 層がある．我々の目的は，木簡をガラス板から分離することである．代表的な削屑木簡画像に対する予備検討では，Niblack 法[4]，Sauvola 法[5]など適応型閾値による 2 値化手法はあまり相応しくないことが分かった，Otsu 法[6]，SIS 法[7]，Li 法[8]などグローバル閾値による 2 値化手法の中から，エントロピー法[9]が一番適していると思われる．そこで，エントロピーを用いて閾値を定めた．

グローバル閾値による 2 値化手法の場合は閾値を自動計算する．一方，カラーフィルタ手法の場合は，ユーザが範囲を定める．HSL（または YCbCr）色空間で画素ごとに，画素の色が指定された HSL（または YCbCr）範囲の内部にあるなら黒に，外部にあるなら白にする．

実験において，10 個程度の削屑木簡を載せているガラス板画像に対して，手動で定義すれば 30 秒以上がかかるが，自動方法による 2 値化なら 10 秒程度，ユーザが範囲を指定するカラーフィルタなら 3 秒程度に縮小できた．

画像を 2 値化した後で，縦横へのヒストグラ

ムの解析により木簡群の領域を抽出する．抽出した領域の輪郭を検出し，ノイズを除去する．最後，Douglas-Peucker 法[10]により輪郭点圧縮を行い，木簡領域を抽出する．処理の流れとその結果を図 10，図 11 に示す．

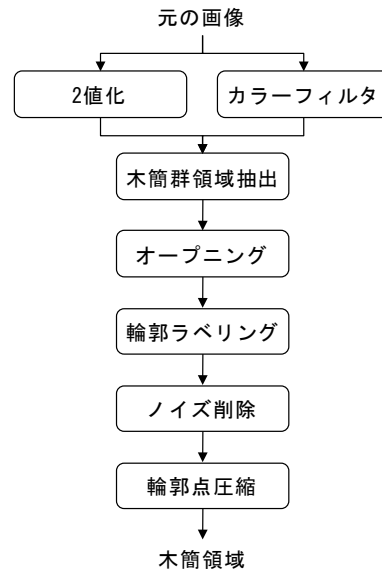


図 10. 木簡領域自動定義の処理流れ

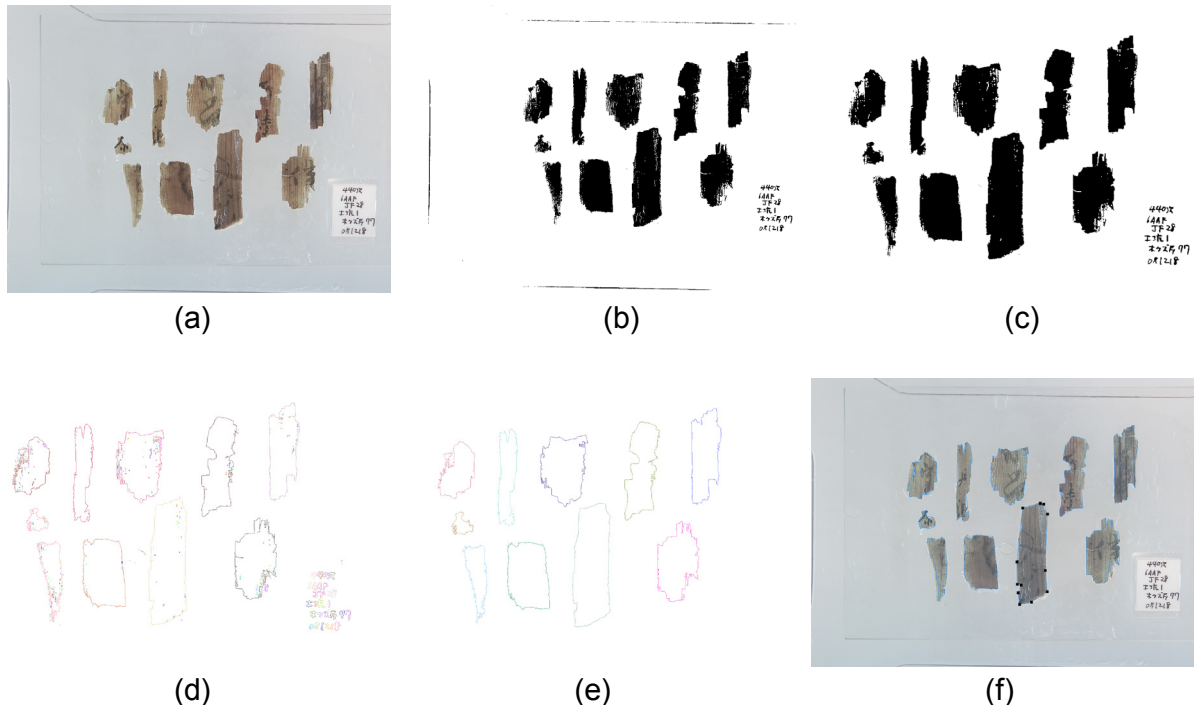


図 11. (a) 元の画像，(b) 2 値化の画像，(c) 木簡群の領域抽出の結果，(d) 輪郭検出の結果，(e) ノイズ削除の結果，(f) 輪郭点圧縮後の結果

7. あとがき

本稿では、木簡を蓄積し、整理するための注釈ツールについて述べた。本ツールは、各種情報を注釈する機能、画像処理機能、検索機能、印刷機能などを備えている。現在、この機能を実装した整理支援システムの配布を行い、専門家による評価を実施している。本ツールにより木簡を効率的に整理できることが期待される。

謝辞

本稿は、科学研究費補助金・基盤研究(S)20222002の補助による。

参考文献

- [1] M. Nakagawa, K. Saito, A. Kitadai, J. Tokuno, H. Baba and A. Watanabe: Damaged character pattern recognition on wooden tablets excavated from the Heijyo palace site, Proc. 10th International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition (IWFHR 2006), La Baule, France, Vol.I, pp.533-538, 2006.10.
- [2] D. Doermann, E. Zotkina and H. Li: GEDI - A Groundtruthing Environment for Document Images, Ninth IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS 2010), 2010.
- [3] J. Takakura, A. Kitadai, M. Nakagawa, H. Baba and A. Watanabe: Techniques to Enhance Images for Mokkan Interpretation, Proc. 12th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR2010), Kolkata, India, pp.358-362, 2010.11.
- [4] W. Niblack: An introduction to Digital Image Processing, Prentice-Hall, 1986.
- [5] J. Sauvola and M. Pietaksinen: Adaptive Document Image Binarization, Pattern Recognition 33(2), pp.225-236, 2000.
- [6] N. Otsu: A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66, 1979.
- [7] J. Kittler, J. Illingworth and J. Föglein: Threshold selection based on a simple image statistic, Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 30, Issue 2, pp.125-147, 1985.5.
- [8] C.H. Li and P.K.S. Tam: An Iterative Algorithm for Minimum Cross Entropy Thresholding, Pattern Recognition Letters, 18(8), pp.771-776, 1998.
- [9] J. N. Kapur, P. K. Sahoo and A. K. C. Wong: A New Method for Gray-Level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram, Computer Vision, Graphics and Image Processing 29, pp.273-285, 1985.
- [10] D. Douglas and T. Peucker: Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature, The Canadian Cartographer 10(2), pp.112-122, 1973.