

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：12101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22720287

研究課題名（和文） 遺構実測図のデジタル化支援システムの開発

研究課題名（英文） Development of a Computer Aided Digitization System  
for Measured Drawings of Archaeological Remains

研究代表者

梅津 信幸 (UMEZU Nobuyuki)

茨城大学・工学部・助教

研究者番号：30312771

研究成果の概要（和文）：遺構の発掘は基本的に破壊的な検査であり、遺構実測図はその過程を記録する最も重要な記録の一つである。多くの実測図は発掘現場で手描きで作成された後にスキャンされ、考古学者が多大な時間をかけて多数の点をクリックして手作業でベクトル形式に変換する。本研究で提案するラスター・ベクター変換アルゴリズムにより、そのような非効率な状況が改善された。イスラエルのテル・レヘシュ遺跡の実測図をスキャンして用いたベクトル化の実験から、提案するアルゴリズムによって手作業によるクリックと編集の負担が大幅に軽減されることが確認された。

研究成果の概要（英文）：Since archaeological excavation is basically a destructive process, measured drawings are one of the most important records. Most of measured drawings are first hand-drawn at excavation sites and then archaeologists spend enormous amount of time in converting scanned drawings into digital vector formats by clicking innumerable points. The proposed raster-vector conversion algorithm will improve such inconvenient circumstances. Vectorization experiments are performed using scanned measured drawings of the archaeological remains at Tel Rekhesh, Israel. The resultant drawings demonstrate that the algorithm can drastically reduce the following process of manual clicking and editing.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
年度			
総計	800,000	240,000	1,040,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：史学・考古学

キーワード：デジタルトレース、ラスター・ベクター変換、画像処理

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 遺構実測図の現状

今日、考古学の発掘調査においては、発掘と

並行して各種の測定を行い、遺構実測図を作成するのが通例である。資金に余裕のあるごく一部のプロジェクトでは、遺構の測定から実測図作成までの作業の全工程がデジタル化され、極めて効率的に作業が進められてい

る。しかし、それらの専用の測定機器は非常に高価であるため、通常のプロジェクトでは、遺構実測図は方眼紙に鉛筆でスケッチするという手作業で作成されるのが現状である。

加えて、その後のデジタルトレースと呼ばれる作業も、「デジタル」とはいえ現在は人手によって実行されている。この処理過程では、手描きで作成された実測図をスキャンし、得られた画像を参考に人間がマウスをクリックしながら数百・数千の点の位置を指定して線図（ベクトル型データ）を作成する。この過程は、発掘現場での手描き実測図の描画と同程度の時間を要するために、多くの遺構実測図がベクトルデータ化されないまま単に蓄積された状態にとどまっている。

スキャンした画像のデジタル化（デジタルトレース）とは、ラスター型の画像から境界などの図形要素を抽出しベクトル型データへと変換することである。スキャンで得られた画像はラスター型と呼ばれ、色情報が格子状に分布しているため、拡大を繰り返すと画像が粗くなる。一方、ベクトル型では、点や線、多角形などの図形要素を座標で表し、拡大しても粗さに変化がないため、発表や公開のデータとして非常に有用である。

## (2) 従来のベクトル化手法の問題点

遺構実測図のデジタルデータ化が一般的になったのは 2000 年以降であるため、従来からのベクトル化手法はいずれも他分野のものである。CAD の分野では、紙に描かれた設計図面をスキャンしてコンピュータ内で扱うために、直線と円弧、数値などの抽出・認識の研究がなされてきた。また、手書き文字認識では、一定の大きさ・位置を仮定した上で有限個の種類 of 文字を認識する方法が提案されている。本テーマにおける遺構実測図では、対象となる形状が自由曲線であり大きさも限定されないこと、方眼紙自体の印刷パターンや屋外での実測図描画における汚れへの対処など、従来の手法を直接適用することは不可能である。

また、従来の手法は、専用ソフトウェアを導入したパソコンでのみ実行可能であったため、利用できるユーザや場所が著しく制限された。現在では、インターネットの通信速度が向上し、事前準備なしにネットワーク経由で処理を実行する形態が一般的になりつつある。そこで、本研究のベクトル化処理ソフトウェアも、単体で動作させるだけでなく、ネットワークサービスとして公開し、機種・場所を問わず誰でも変換処理を利用できるようになれば、利便性が大いに向上する。

## (3) 本研究に至った経緯

研究代表者は、本テーマのラスター・ベクトル変換（2次元）について、その3次元版であるポリウム・サーフェス変換を過去に研究していた。現在は画像処理を主な研究分野としており、考古学分野の複数の研究者とのディスカッションを通じ、画像処理とラスター・ベクトル変換の組み合わせが考古学分野にて有効な支援・応用例となり得ることに思い至った。

## 2. 研究の目的

### (1) 目的

本研究では、現場での実測図の作成段階ではなく、その後のベクトル化（デジタルトレース）の段階に着目し、コンピュータ支援により作業過程を効率化することを目的とする。複数の熟練した研究者による同一の実測図のデジタルトレース結果が厳密に一致するとは限らないことから、処理の完全な自動化は困難と予想されるため、従来の完全な手作業に比べ、本研究課題によって開発されたシステムがどの程度の効率化をもたらすかを、主に作業時間の観点から明らかにしたい。

### (2) 学術的な特色

遺構実測図のデジタル化作業は、高度な技能・熟練や遺構そのものに関する知識を要するため、外注が困難である。現状では、研究者が自ら貴重な時間を消費しつつ作業を行っているため、本研究課題のシステムは作業を大幅に効率化できる点が特色である。また、従来コンピュータによる画像処理分野において遺構実測図という対象に特化した研究例は存在しない。さらに、システムの機能をネットワーク経由で公開することにより、使用者の使用機器や位置・日時、研究者か一般人かに関わらず変換処理が利用できるようになる点も、コンピュータを用いた他の考古学支援の手法と異なる。

## 3. 研究の方法

### (1) 抽出する線分の精度の向上

これまでに開発したプロトタイプの処理結果から、二値化・線分抽出の精度、特に複数の描画線が集中・交差している部分の扱いに、大きな改善の必要性が判明している。当初はまず、線分抽出時の追跡処理を現在の8-連結からより大域的に変更し改善を行う。また、各線分の方眼に対する角度・長さ・曲率から、遺構の一部を示す描画線なのか、作業者の説明のための線（注釈線）かを判定する

処理を加える。

#### (2) 曲線化におけるアンカー点の最適化

生成されるベクトルデータは、効率的な Bezier 曲線を用いてできる限りデータ量が低減されている方が望ましい。Bezier 曲線のアンカー点・制御点が少ないことは、データ量の面だけでなく、のちに人間が曲線形状を編集する作業においても有利である。そこで、折れ線（複数の直線の連続）を簡略化する Douglas-Peucker アルゴリズムを参考に、複数の連続した Bezier 曲線を簡略化し、影響の少ないアンカー点・制御点を除去するアルゴリズムを開発する。

#### (3) アルゴリズムの実データへの適用と改良点の確認

開発したアルゴリズムを用いて、100 枚程度のスキャンされた実測図に対して処理を行い、性能や各種パラメータ（二値化や色合いの処理のしきい値など）の標準値を決定し、アルゴリズムを調整する。また、ネットワーク経由での公開用サーバにおいて、まずローカル（部屋内接続）状態でのブラウザからの処理試験および処理時間の測定を行う。

#### (4) アルゴリズムの改良と性能評価

遺構実測図は通常、薄い青色の方眼紙に描画されることが多い。積極的な除去法として、離散フーリエ変換によって画像中の繰り返し成分を抽出すること、および実測図をカラーでスキャンすることで方眼パターンの色情報を用いて分離を行う。

#### (5) 成果報告書の作成および成果物の公開

本テーマの研究成果を論文・学会発表にて報告する（映像情報メディア学会）。

### 4. 研究成果

本研究では、下記の 3 層を用いて実測図をモデル化しラスター・ベクター変換を効率化するアルゴリズムを提案した。

- (1) 方眼パターン: 周数数領域で 周期, 角度を推定して除去する
- (2) 注釈: 一定以上の長さを持つ線要素は標高を与えるための注釈線として削除する
- (3) 遺物の輪郭線: 残った要素について, watershed 変換に類似した連結領域ラベリングアルゴリズムを用いて抽出し, その輪郭線を簡略化して Bezier 曲線で表現する

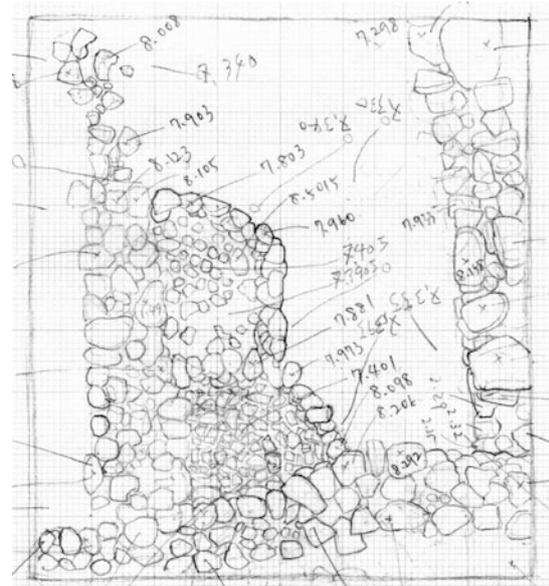


図 1 手描きの遺構実測図の例



図 2 提案手法によるベクトル化の結果

提案したアルゴリズムを実装し、アップル MacPro (Intel Xeon 2.66GHz, メモリ 6GB) を用いて実際の遺構実測図をベクトル化する実験を行った結果を図 1, 2 に示す。図 1 に入力とした実測図 (Tel Rekhesh 遺跡, イスラエル) を示す。サイズは 1357 × 1487 画素, クレイスケール JPEG 形式で 745KB である。ベクトル化された EPS ファイルを図 2 に示す。変換に要した処理時間は 0.29 秒であった。容量は 698KB であり入力の JPEG ファイルと同程度であったが、圧縮ソフトウェア bzip2 によって 164KB

まで圧縮された。圧縮処理に要した時間は0.35秒で変換の過程と合わせても1秒未満であり、十分に高速であるといえる。その結果、完全な自動抽出は困難であるものの、手作業による修正は従来必要とされる分量より低減され、より短時間で従来と同等の品質のベクトル化が達成されることを確認してきた。完全な手作業の場合は数時間を要するのと比較し、本研究で提案した手法によれば、人手による修正作業も含めて1/3~1/5程度の時間であり、ベクトル化作業の大幅な効率化が可能となる。

上記の成果を映像情報メディア学会冬季大会で口頭発表し、同学会論文誌に投稿・採録された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 梅津信幸、長谷川修一、『考古学における遺構実測図のベクトル化アルゴリズム』、映像情報メディア学会論文誌、Vol.66, No.7 (掲載決定)、2012、査読有

[学会発表] (計 1 件)

- ① 梅津信幸、長谷川修一、『考古学における遺構実測図のデジタル化支援』、映像情報メディア学会冬季大会、2011.12.22、芝浦工業大学

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

梅津 信幸 (UMEZU Nobuyuki)  
茨城大学・工学部・助教  
研究者番号：30312771

##### (4) 研究協力者

長谷川 修一 (HASEGAWA Shuichi)  
立教大学・文学部・兼任講師