

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29日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500089

研究課題名（和文） 地形図から高分解能 DEM を自動生成するための画像処理システムの開発

研究課題名（英文） Development of Image Processing System to Automatically Produce High-resolution DEMs from Topographic Maps

研究代表者

渡邊 孝志（WATANABE TAKASHI）

岩手大学・工学部・教授

研究者番号：50133905

研究成果の概要（和文）：本研究では、既開発の基本システムをベースとして、地形図から高分解能DEMを自動生成するための画像処理システムの開発を行った。具体的には、基本システムにおける多数の適用実験を踏まえて、地形図とDEMから各種地形特徴を効率的に抽出して処理するための輪郭線画像処理を主体とした各種画像処理アルゴリズムの開発と性能改善を行うとともに、システムとしての統合化を行い、ユーザ・フレンドリーなトータルシステムとしての実現を図った。

研究成果の概要（英文）： In this project we have developed an image processing system to automatically produce high-resolution digital elevation models (DEMs) from topographic contour maps, based on our fundamental system that was already made by us. Concretely, testing the system to many real topographic maps, we developed and improved performance of the adopted algorithms that are mainly on contour image processing to effectively extract and process various topographic features from topographic contours and DEMs. And also we have tried implementation of the total system using graphic-user-interface (GUI) techniques to realize a user-friendly one.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：数値標高モデル，DEM，地形図，等高線，補間，画像処理，GIS

1. 研究開始当初の背景

数値標高モデル（DEM）は三次元地形を表すデータベースであり、地理情報システム（GIS）にとって必須の構成要素である。その用途はリモートセンシング、環境保全、自然災害対策、農林学、土木工学、建設工学、国土計画、地学、などの極めて広い分野に渡っている。現在、我が国において入

手可能な DEM は国土地理院が発行する「数値地図」であるが、その分解能の多くは 50 mメッシュにとどまっている。これに対して、縮尺 2 万 5 千分の 1 の地形図が広く市販されており、国・県・市町村の関連機関や各種企業体においても測量で得た大縮尺の測量図が等高線地形図の形で膨大に蓄積されている。これらの地形図から等高線情

報を画像処理技術によって抽出し、それに基づいて1mメッシュレベルのDEMを手軽に生成できるとしたら、その波及効果は極めて大きいと言えよう。しかし、実際の地形図では等高線に文字や各種地図記号が重畳して印刷されているので、得られる等高線画像には多数の断線が生じてしまう。これらの等高線画像から断線等高線を正しく復元し直して高分解能なDEMを構築するためには、画像処理工学上のいくつかの困難な問題を克服しなければならない。つまり、地形図画像から高分解能DEMを自動作成するという課題は応用上重要であると言うだけでなく、画像処理工学上も深い研究課題を提示しているのである。

これまでに地形図から等高線を抽出してDEMを作成する研究の試みは幾つかある。国外では等高線地形図があまり完備していないこともあって、この種の研究は国外よりも国内の方で主として取り扱われてきた。国内では、東工大の安居院ら[1]が地形図画像処理を手がけ始め、長崎大の森ら[2]が色情報正規化による等高線抽出、通産省電総研の村木ら[3]が正則化法による標高値復元、東海大の李ら[4]が断線等高線画像の復元処理、筑波大学の川島ら[5]が反復解法による標高値復元、などの研究を行っている。国外では、カーネギーメロン大[6]で等高線の最大曲率点を検出する研究などがある。しかしながら、いずれの研究も断片的な研究に留まっており、計算機の所用メモリ量と処理時間が膨大に掛かるという問題や、等高線の途切れが少し複雑になると処理不可能になる、などの問題を抱えたままである。また、作成されたDEMの精度検証まで踏み込んで議論した研究は殆どなされていないという状況にある。

我々は計算機画像処理に関して豊富な経験と先進的技術を蓄積しており、10年程前からこの問題を取り上げ、基礎的検討と実験を積み重ねてきた[7,8]。特に、実用化を本格的に意識した研究は、我々によって初めて取り上げられたとあって過言でない。この間の研究成果として、現時点ではシステムの基本部分(基本システム)が完成して、これをベースとして実用化システムを構築できる見通しが得られた段階にある。

【参考文献】

- [1]T. Agui, F. Furukawa: "A method for extracting and restoring of contour lines on a contour map", Trans. of IECE of Japan, Vol. E63, No. 8, pp. 581-587 (1980).
[2]森, 瀬戸, 中村: "地形図における3次

元情報の自動抽出とその応用", 情報処理学会論文誌, Vol. 29, No. 3, pp. 221-231 (1988).

[3]村木, 横矢, 山本: "正則化法による等高線画像からの曲面再構成", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J73-DII, No. 11, pp. 1854-1862 (1990).

[4]李, 福江, 下田, 坂田: "コンターの隣接関係を用いた等高線画像の復元処理", 写真測量とリモートセンシング, Vol. 34, No. 2, pp. 2308-2315 (1995).

[5]川島, 徳永, 平井: "大規模切断された等高線図に対する離散高度付与法", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-DII, No. 9, pp. 2308-2315 (1997).

[6]I. S. Kweon, T. Kanade: "Extracting topographic terrain features from elevation maps", CVGIP: Image Understanding, Vol. 59, No. 2, pp. 171-182 (1994).

[7]渡邊孝志, 山本, 阿部, 木村: "拡張ボロノイ線図を用いた等高線画像の大局的復元処理", GIS-理論と応用(地理情報システム学会誌), Vol. 6, No. 2, pp. 23-31 (1998)

[8]古舘, 渡邊孝志, 阿部, 横山: "数値標高モデルの生成に用いる補間手法の性能評価", GIS-理論と応用(地理情報システム学会誌), Vol. 8, No. 1, pp. 29-38 (2000)

2. 研究の目的

本研究では、これらの準備を基として、3年の研究期間内に次の2項目の実現を図ることを目的とした。

(1) 基本システムに対して処理アルゴリズムの改良とシステムとしての統合化を図ることで、市販の地形図等から1mメッシュ程度の高分解能DEMを自動作成するための実用化システムを開発する。

(2) 開発したシステムを実利用するための応用研究を同時に推進する。特に、高分解能DEMの整備と各種地形特徴を効率的に抽出するための画像処理アルゴリズムの新規開発を行う。

本研究で開発する実用化システムは、上記に挙げた広範な応用分野の研究者と実務者に手軽に利用できるように、パソコンレベルの安価な計算機上に容易に移植できるものとし、使用上もグラフィック・ユーザ・インターフェイス(GUI)を駆使したユーザ・フレンドリーなシステムとして実現を図る。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、既開発の基本システムをベースとして、地形図から高分解能 DEM を自動作成するための実用化システムを開発することに主眼を置いて、次の4項目に従って研究を進める。

- (1) 多数の適用実験を踏まえて基本システムの各種処理アルゴリズムの性能改善を行う。
- (2) 作成した小規模 DEM を張り合わせて、1つの統合 DEM にまとめる技法の開発を行う。
- (3) 地形図と DEM から各種地形特徴を効率的に抽出するための画像処理アルゴリズムの開発を行う。
- (4) システムとしての統合化を行い、ユーザ・フレンドリーなトータルシステムとしての実現を図る。

まず(1)については、既に、基本システムを多数の地形図に適用して問題点を洗い出す作業に着手しており、その結果、生成 DEM 表面に残存する不自然な段差、瘤、凹みなどを解消する整形後処理法の開発が必要となっているが、これについては2つの処理手法を新たに着想している。一つは、拡張型 Grimson 正則化法である。この手法は Grimson 正則化法の拡張を試みたものであり、従来の2次変動最小の評価関数に平面的な抑制効果がある1次変動項を加えたものである。予備実験の結果、不自然な段差、瘤、凹みなどの少ない、滑らかで高品質な DEM を生成できるという結果が得られている。しかし、処理時間が膨大にかかるので、今後はこの手法の高速化を中心とした改良を推進する。他の一つは、選択的平滑化法である。これは DEM 表面上の不自然な段差を検出し、その段差を局所的な平滑処理の反復によって段差を解消しようとするものである。特に、段差の大きさに応じて平滑化の範囲と反復回数を適応的に決定する点が特徴である。これによって少ない処理時間で効果的な DEM 整形効果を期待できるので、この手法の実用的改良を行う。その他、各種の適用実験を多角的に実施しながら、実用化システムを実現するための各種処理アルゴリズムの性能改善を行う。

次に(2)については、市販の地形図では図面の境界同士で若干のずれを発生しており、小規模 DEM を張り合わせて統合 DEM にまとめる上での問題となっている。そこで、その対策としてのずれ処理法の開発が必要となっている。具体的には、境界部分において両者を DEM 上でモーフィング的に融合する手法について検討する。

さらに(3)については、地形の斜度と方位、

流域部、尾根部、谷部などを地形図と DEM から正確に決定することが必要となるが、これらの各種地形特徴を効率的に抽出する画像処理アルゴリズムの開発を実施する計画である。具体的には、ウェーブレット変換を輪郭線画像処理に導入することで、新しい地形特徴抽出法を確立したいと考えている。また、地形の斜度と方位、流域部、尾根部、谷部などを等高線図から直接的に決定する方法についても検討したい。DEM を利用した場合は精密な決定が可能となるが、一般に処理がかなり重くなる。従って、等高線図から簡便な形でこれらの情報を抽出することはそれなりの利用があると考えられ、線図形画像処理法の開発という観点からも興味深いテーマであると考えている。

最後の(4)については、グラフィック・ユーザ・インターフェイス (GUI) を駆使したユーザ・フレンドリーな処理システムとしての実現を図る。開発した基本システムは既にこのような思想で設計が考慮されているので、多数の適用実験を通じた使用経験を踏まえて一層の使い易いシステムとしてのトータルシステム化を図る。また、既存の地理情報システムとのインターフェイスをはじめとする各種ユーティリティ機能も充実を図りたい。

4. 研究成果

既開発の基本システムをベースとして、地形図から高分解能 DEM を自動作成するための実用化システムの開発を目指して、以下の4項目に重点を置いて研究を進めた。

- (1) 多数の適用実験を踏まえて、基本システムの各種処理アルゴリズムの性能改善を行う。
- (2) 作成した小規模 DEM を張り合わせて、1つの統合 DEM にまとめる技法の開発を行う。
- (3) DEM から各種地形特徴を効率的に抽出する基本処理アルゴリズムの開発を行う。
- (4) システムの統合化を行い、ユーザ・フレンドリーなシステムとしての実現を図る。

まず(1)については、基本システムを多数の地形図に適用して問題点を洗い出した結果、生成 DEM 表面に残存する不自然な段差、瘤、凹みなどを解消する整形後処理法の改善が必要となっており、具体的に2つの処理手法(拡張型 Grimson 正則化法、選択的平滑化法)の改良を行い、良好な実験結果を得た。さらに、各種の適用実験を多角的に実施しながら、実用化システムを実現するための各種処理アルゴリズムの性能改善についても検討した。

次に(2)については、市販の地形図では図面の境界同士で若干のずれを発生しており、そ

の対策が小規模DEMを張り合わせて統合DEMにまとめる上での課題となっており、境界部分において両者をDEM上でモーフィング的に融合する手法を構想したが、システムとしての実現化作業はまだ未着手である。

さらに(3)については、地形の斜度と方位、流域部、尾根部、谷部などを地形図とDEMから正確に決定することが必要となるが、これらの各種地形特徴を効率的に抽出するために、ウェーブレット変換を用いた輪郭線抽出処理アルゴリズム、差分チェーンコードの統計的性質を利用した輪郭線画像の効率的な圧縮符号化法、などの開発を行った。特に前者については、ウェーブレット変換によるデジタル信号の多重分解公式を利用して得られた高周波成分のウェーブレット係数値を隣接スケール間で乗じることで、大局的情報を考慮した雑音に強い新しいエッジ抽出法を確立することができた。

最後の(4)については、グラフィック・ユーザ・インターフェイス (GUI) を駆使したユーザ・フレンドリーなシステムとしての見直しを行った。また、既存の地理情報システムとのインターフェイスをはじめとする各種ユーティリティ機能についても見直しを行った。

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木村彰男, 遠藤卓弥, 渡邊孝志, 差分チェーンコードの統計的性質を利用した輪郭線画像の効率的な圧縮符号化, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, J93-A, 2010, 229-234

[学会発表] (計 5 件)

①Yu Kikuchi, Akio Kimura, Takashi Watanabe, A Study on Parallelization of Digital Image Processing using MPICH, International Workshop on Image Technology 2010, Thailand, Jan. 2010

②長谷川浩之, 木村彰男, 阿部英志, 渡邊孝志, ウェーブレット変換の多重スケール情報を利用した効果的なエッジ抽出法の検討, 平成 22 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2010 年 8 月 27 日, 八戸工業大学 (八戸市)

③工藤英訓, 木村彰男, 阿部英志, 渡邊孝志, 独立成分分析を用いたテクスチャ画像自動分類法の検討, 平成 22 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2010 年 8 月 27 日, 八戸工業大学 (八戸市)

④豊間根一志, 木村彰男, 阿部英志, 渡邊孝志, 投票方式を用いたアフィン変換不変な物体認識法の検討, 平成 22 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2010 年 8 月 27 日, 八戸

工業大学 (八戸市)

⑤菊池佑, 木村彰男, 阿部英志, 渡邊孝志, クラスタ PC を用いた並列画像処理システムの検討 I - 汎用 PC の場合, 平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2009 年 8 月 21 日, 東北文化学園大学 (仙台市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 孝志 (WATANABE TAKASHI)

岩手大学・工学部・教授

研究者番号: 50133905