

# 衛星画像からの地形情報の抽出

Extraction of Topographic Information from Satellite Imagery

村 井 俊 治\*・唐 新 橋\*・秋 山 隆\*

Shunji MURAI, Xin Qiao TANG and Takashi AKIYAMA

衛星画像の中には地形の起伏に関連した情報が含まれている。特に地形の傾斜がつく太陽光の陰影は断層を含むリニアメントの抽出にすでに利用されている。本稿では陰影を利用して尾根線および谷線の抽出を行う手法の解説を行う。研究の成果によれば、太陽光に直交する方向の尾根線および谷線はきわめて良く抽出できているのに対し、太陽光と平行の方向の線成分は抽出されていないものもある。

## 1. 衛星画像から地形情報を抽出する問題

衛星画像の中に含まれる地形情報にはつぎのものがあ

### (1) 地形標高

図1に示すように、地形標高があれば、基準面上に投影された地形点  $P'$  の画像位置  $p'$  と、地形点  $P$  の画像位置  $p$  とは同一点とならずに放射状方向にずれる。これを relief displacement という。1枚の平面画像のみでは、一般にこのずれの量はわからない。異なる場所から同一地形を見て作られたステレオ画像を用いると、図2に示すように高さの情報が得られる。写真測量はこの原理を利用したもので、図3に示すようにステレオ画像を立体視したときの視差、すなわち視差差から2点間の高さの差、すなわち比高を求める。図4はこの原理を利用してコンピュータにより作られたステレオ画像である。将来はこのような画像が衛星画像として取得され、地形標高

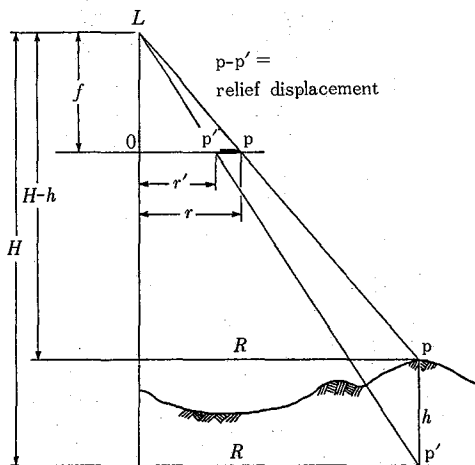


図1 地形による画像の歪

が求められる。

### (2) 地性線

尾根線、谷線、傾斜変換線は地貌を特徴づける線で、図6に示すように、地形をとらえるのに不可欠の線であり、地性線とよばれる。地性線は等高線と直交する。衛星画像では太陽光が地形の斜面に入射されたものか、斜面の傾斜に応じて反射されるので、特に近赤外線のパンドでは地形の斜面に対応した陰影がつく。図6は、北アルプスのランドサット MSS の7バンド (近赤外バンド) の画像である。日影部と日照部の境界が尾根線および谷線となっている。本研究では衛星画像の陰影から尾根線と谷線を抽出した例を後述する。

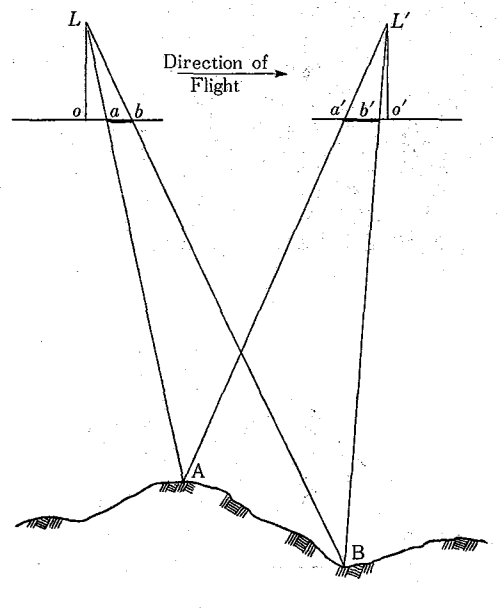


図2 ステレオ画像による高さの測定

\* 東京大学生産技術研究所 第5部

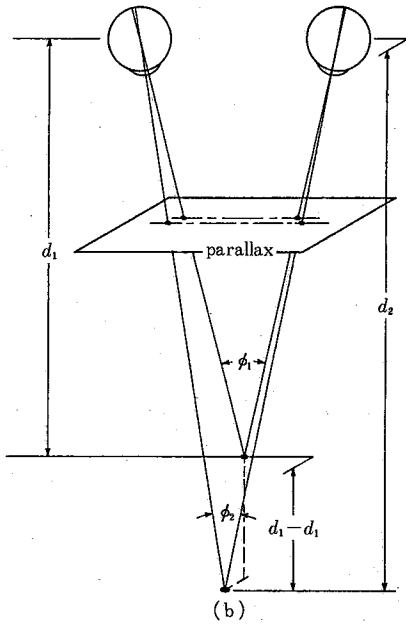


図 3 視差差による比高の測定

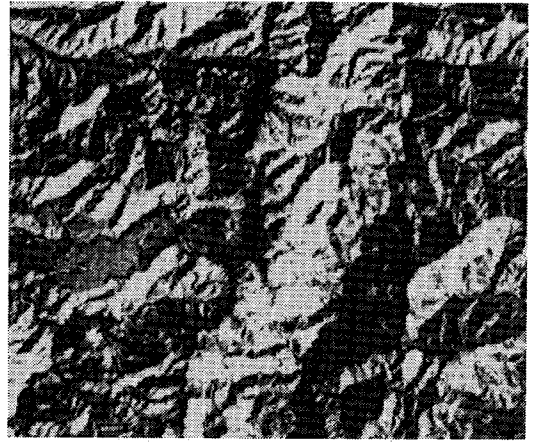


図 6 ランドサット MSS7「立山」

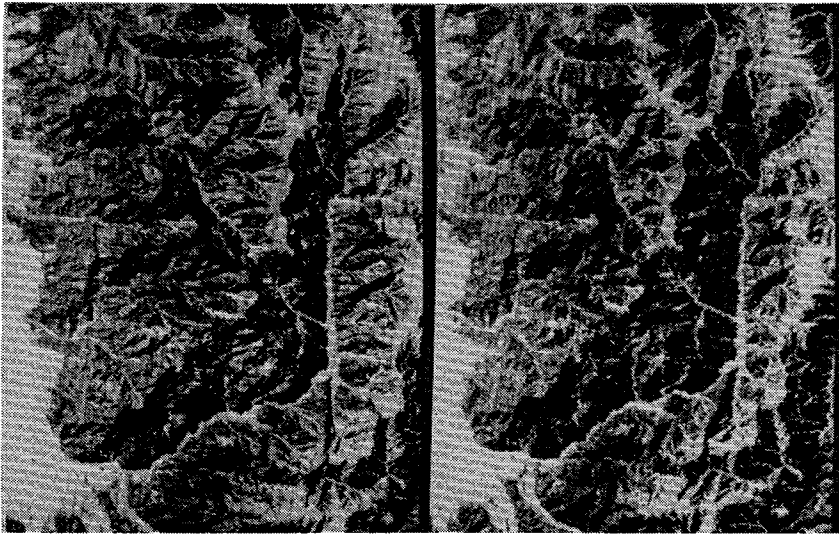


図 4 コンピュータで作成されたステレオ画像



図 7 伊那谷と平行に走る中央構造線

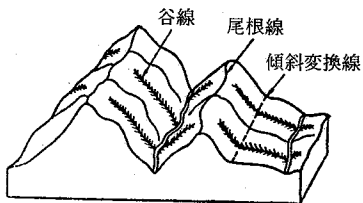


図 5 地貌と地性線

### (3) 構造線

断層や傾斜変換線など構造線（リニアメントとよばれる）は、衛星画像では、植物などの被覆の影響は弱められ、線状の特徴線として見える。このため、地質学の分野ではリニアメントの抽出に、衛星画像が良く用いられる。図 7 は南アルプスと伊那谷の中間を走る中央構造線を示している。

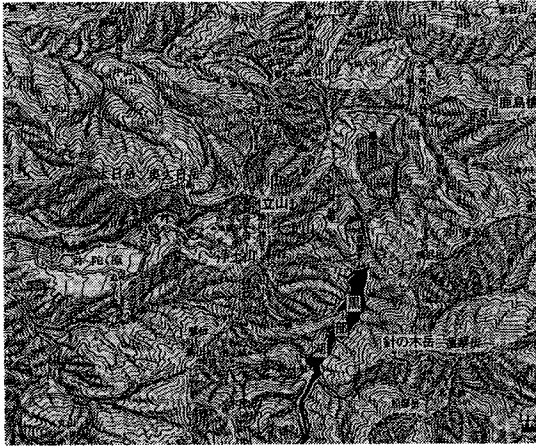


図8 北アルプステスト地区「立山」

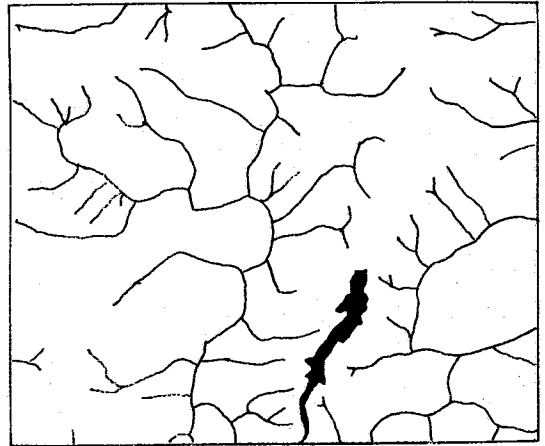


図9 20万の1地勢図から読んだ主要尾根線

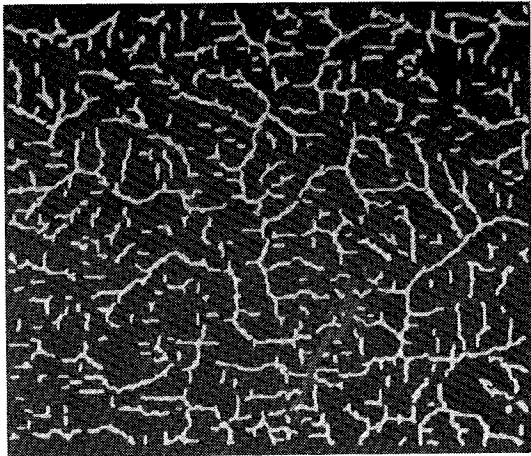


図10 標高メッシュデータから自動認識した尾根線

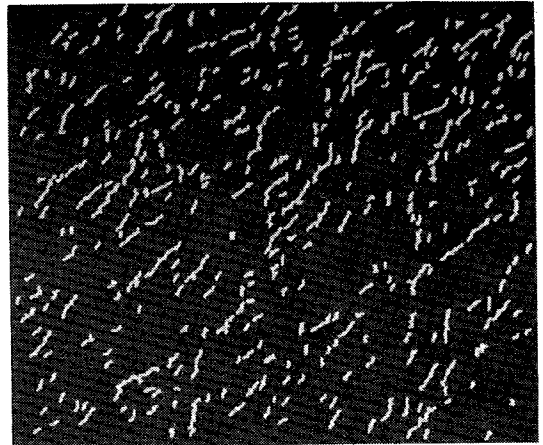


図11 太陽と直交する線分の強調

## 2. MSS 画像を用いた尾根線、谷線の抽出

### 2.1 テスト地区

5万分の1の地形図「立山」(東経 137°30'~137°45'; 北緯 36°30'~36°40')の図葉に対応する地域を選んだ。この地域は北アルプスの山岳地帯である。図8に示すように黒部湖、立山連峰、鹿島槍ヶ岳、針ノ木岳等が含まれる。

### 2.2 使用したデータ

検証用の地形データとして国土庁が整備した国土数値情報の中の標高データ(1/4細分メッシュ; 約250メートルメッシュで5万分の1地形図が縦横ともに80等分された間隔)を用いた。

ランドサット MSS データは昭和50年(1975)9月11日に撮影されたもので、MSS 7バンド(すでに図6に示してある)を用いた。データ量は389×321とし地上で58メートルメッシュに内挿した。

### 2.3 尾根線、谷線抽出の方法

尾根線、谷線を抽出する方法には以下のものがある。

(1) 地形図を用いる方法(図9参照)

地形図から尾根線、谷線を読みとる。

(2) 標高メッシュデータを用いる方法(図10参照)

コンピュータにより、ある小領域の極大値および極小値を求め、それぞれ尾根線および谷線として認識する。

(3) 衛星画像を用いる方法

上記の(1)、(2)はいずれも地形が既知のときのみに有効な方法である。衛星画像を用いる方法は地形が未知のときにも有効である。画像の濃淡のみから求める。画像の濃淡から尾根線および谷線を用いる方法にはつぎの2つが考えられる。

i) エッジ強調を行い、画像の濃淡が変化するところの線状成分をとる。この方法はノイズ成分が多くなり意外と有効でないことが多い。試しにつぎの2つのエッジ強調を行ってみた。

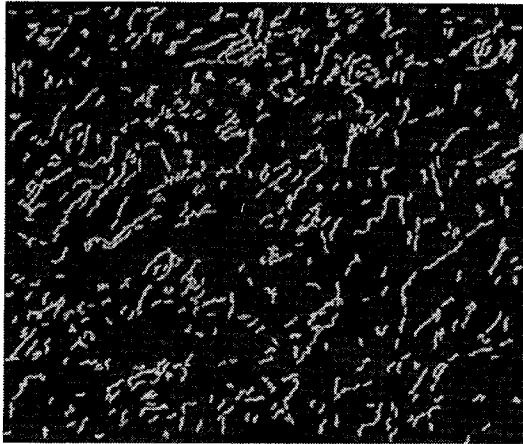


図12 ウィンドオペレータによる全方位線分の強調

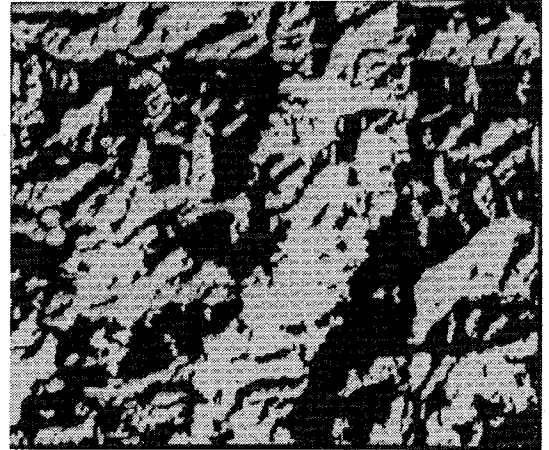


図13 日影・日照の二値画像

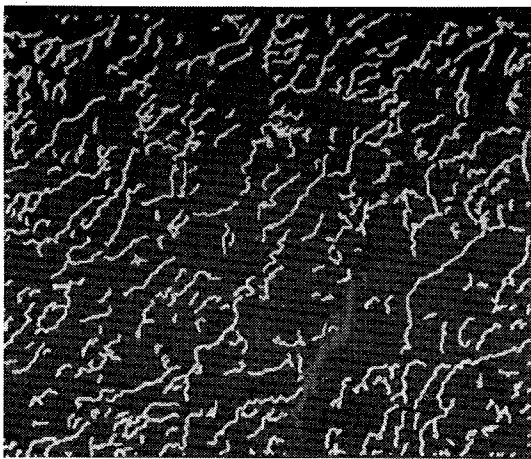


図14 自動抽出された尾根線

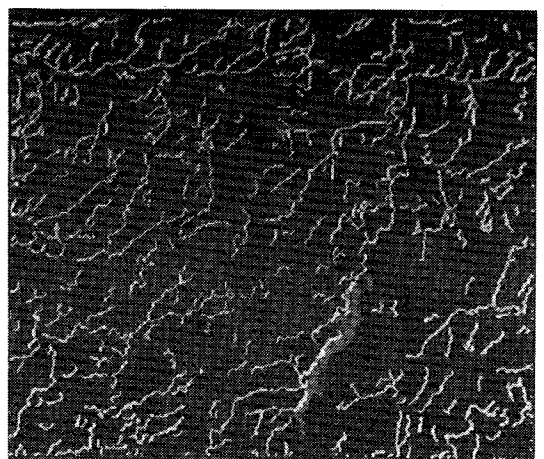


図15 自動抽出された谷線

## a. 太陽光と直交する線分の強調

$$\begin{pmatrix} -3 & -1 & 0 \\ -3 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

## b. 全方向のエッジの強調

$$\begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

図11はa.の方法による線分、図12はb.の方法による線分である。図9および図10の尾根線にくらべてやや精度が悪い。

ii) 画像全体を日影部(黒)および日照部(白)の二値画像にクラスター分類し、左から右のほうに走査したとき日影部(黒)から日照部(白)に変わるところが尾根部と認識し、逆を谷部と認識する。日影部と日照部の二値画像に分けるのは閾値で分けるのはあまり良い精度とならず、本研究ではスムージング効果を加味したクラ

スタ分析によった。図13はクラスタ分析によるMSS 7バンドの日影・日照の二値画像である。図14は尾根線、図15は谷線である。

標高データから得られる尾根線(図10)と本研究で得られた尾根線(図14)とを比較してみると、地形データでは尾根線であったものが衛星画像で尾根線でないものは太陽方向と平行な線分であり、逆に地形データでは尾根線でないものが、衛星画像では尾根線として与えられたものは太陽方向と直交した線分である。後者の現象は地形データの原データが250メートルメッシュに対し、衛星画像は約80mであり微地形が太陽直交方向に表れたとみるべきである。全体としてよく尾根線が認識されている。

## 3. 衛星画像を用いた地形の3次元表示

衛星画像を用いて地形の3次元的形状を表現する方法に次の3通りがある。

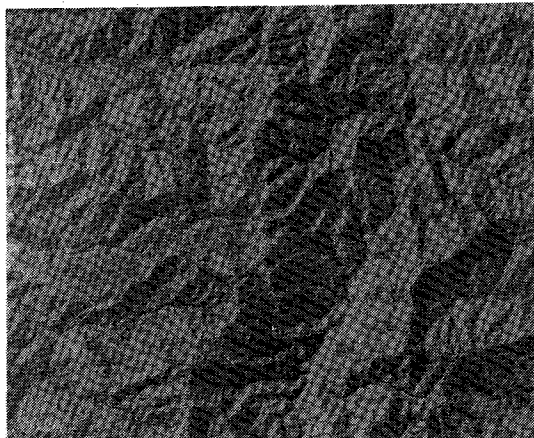


図16 衛星画像から作られたくんせん地図「立山」

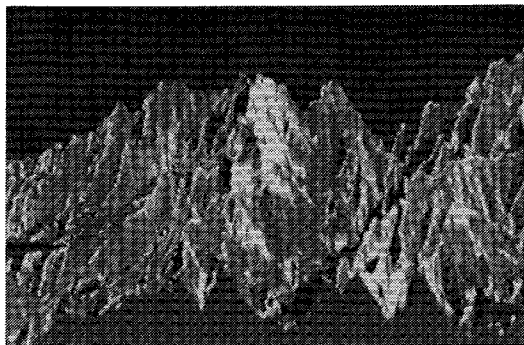
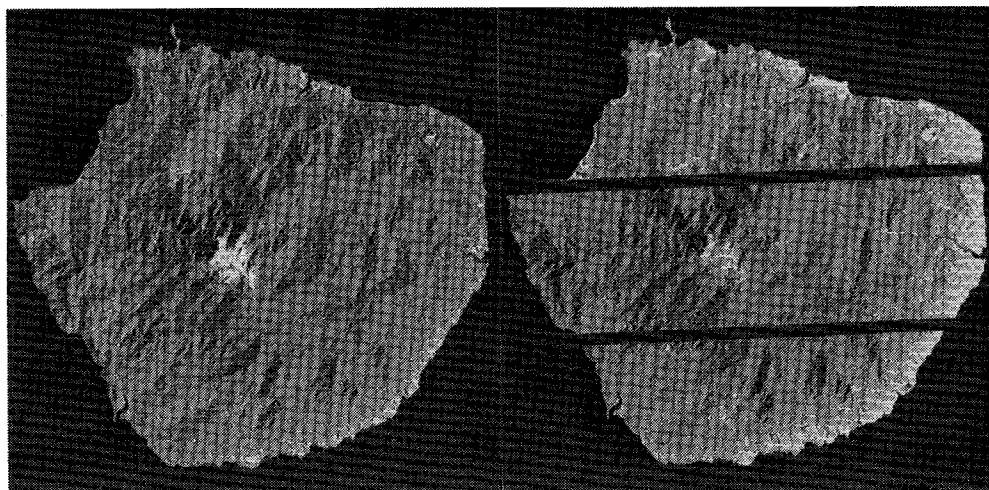
図18 コンピュータで自動作画された3次元景観図  
(南から俯角30°で見た平行投影図)

図17 ランドサット MSS による九州屋久島のステレオ画像

(1) 衛星画像の地形陰影を既存の地形にオーバーレイする。ただし、陰影を反転させ、あたかも太陽が北西方向から地形を照らしたとき出来るような陰影を作り、オーバーレイしないと3次元的效果が出ない。図16はランドサットのポジの濃淡を反転して5万分の1の地図オーバーレイし、いわゆるくんせん地図 (relief shaded map) にした例である。

(2) 異なる場所から同一地形を眺めた衛星画像を立体視する。ランドサット画像は隣接軌道の境界部のみオーバーラップしているのでわずかな部分だけ立体視ができる。図17は九州の尾久島のステレオ画像で立体視をすれば地形の起伏がわかる。

(3) 地形標高データと組み合わせて平行投影あるいは透視変換を行い3次元画像を作る。図18は、本研究で示したテスト地区(立山)の3次元画像をコンピュータで作成したもので、尾根線を白色に抜いている。前にのべた尾根線が精度良く抽出されている確認を行うことができる。

は透視変換を行い3次元画像を作る。図18は、本研究で示したテスト地区(立山)の3次元画像をコンピュータで作成したもので、尾根線を白色に抜いている。前にのべた尾根線が精度良く抽出されている確認を行うことができる。

#### 4. 今後の課題

(1) 衛星画像に含まれる地形情報を積極的に利用するためのアルゴリズムの開発と、地図作成への応用を進めるための方策を検討する。

(2) 衛星からのステレオ画像の取得の推進と地形計測の自動化のアルゴリズムの開発を行う。

(1984年4月5日受理)