

# カラー画像を用いた斜面監視システムの

## ターゲットレス化に関する研究

建設設計工学研究室 佐藤 誠二

指導教官 宮木 康幸

### 1 はじめに

現在、地すべりや土砂崩れといった斜面崩壊による事故が多く、斜面監視体制の強化が課題になっている。したがって、現在では崩壊の前兆をとらえる手段としてさまざまな手法が研究・開発されてきている。その中の一つに、CCD カメラを用いた斜面監視システムが研究・開発されている。このシステムは標柱による移動量計測や伸縮計による地盤伸縮変動量観測などの現行の斜面監視方法と比較して安価で、遠隔地での無人自動監視を可能にする等の長所を持つ。しかし、このシステムは計測の対象となる斜面にターゲットを設置し撮影して行うものであり、それらの設置と撤去には多大な負担と危険性を伴い、システムの機動性が高いとはいえない。そこで、本研究ではカラーCCD カメラやデジタルカメラを用いて撮影される、情報量が多いカラー画像を用いることにより、これまで用いられてきたモノクロ画像では難しかった斜面上にある自然物を従来のターゲットの代わり（以後、代替ターゲットと呼ぶ。）に用いることを可能にした。

### 2 目的

本研究の目的は、五月女(1999)<sup>1)</sup>と八木(2000)<sup>2)</sup>の方法で抽出できなかった代替ターゲットを抽出できるようにし、システムの自動化を計り、日照の影響の改善をすることである。

### 3 概要

#### 3-1 代替ターゲット

本年度は、五月女(1999)<sup>1)</sup>と八木(2000)<sup>2)</sup>の研究

と同様に自然石を代替ターゲットとして用いて連続抽出処理を行った。このような代替ターゲットの例を図-1 に示す。



図-1 代替ターゲット例

#### 3-2 本年度の処理方法

システムのフローを図-2 に示す。



図-2 処理フロー

本研究の代替ターゲットの抽出方法として、輝度・色相・彩度<sup>3)</sup>を用いた抽出方法を取り入れた。この処理方法は、人間の視覚を真似したもので、図-3 に示すように輝度（明るさ）、色相（色）、彩度（鮮やかさ）の3成分をRGB成分より計算し、画像処理を行っている。この方法により、抽出された領域をターゲットとして認識することができる。

画像処理方法

・輝度・色相・彩度

・輝度

明暗を256階調で表現する。

・色相

色の種類を角度で表現する。

・彩度

色の濃さを表現する。

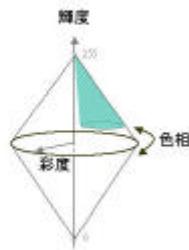


図-3 輝度・色相・彩度のイメージ

輝度・色相・彩度<sup>3)</sup>の計算方法として、取得した画像のRGB成分から(1)、(2)、(3)式より輝度信号Yと色差信号C1、C2として表すことができる。

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

$$C1 = R - Y = 0.7R - 0.59G - 0.11B \quad (2)$$

$$C2 = B - Y = -0.3R - 0.59G + 0.89B \quad (3)$$

この色差信号を使って(4)、(5)式により色相H、彩度Sを求めることができる。

$$H = \tan^{-1}(C1/C2) \quad (4)$$

$$S = \sqrt{C1^2 + C2^2} \quad (5)$$

輝度は256階調で表すことができ、色相は0°~360°の範囲で表すことができる。

図-4のフローで画像処理を行う。

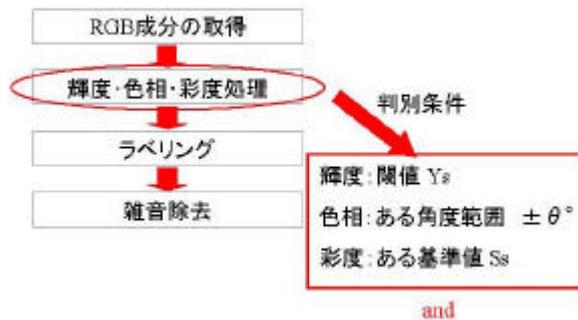


図-4 画像処理フロー

ここで、輝度・色相・彩度処理で輝度はある閾値Ys以上で、色相ある角度範囲±θ°以内で、彩度ある基準値Ss以上のものを255(白)それ以外を0(黒)でそれぞれ2値化を行い、その論理積(and)をとる。その抽出結果を代替ターゲット

と識別する。

3-3 五月女(1999)<sup>1)</sup>の処理方法

図-5に五月女(1999)<sup>1)</sup>の処理方法であるRGB分解処理の画像処理フローを図5に示す。

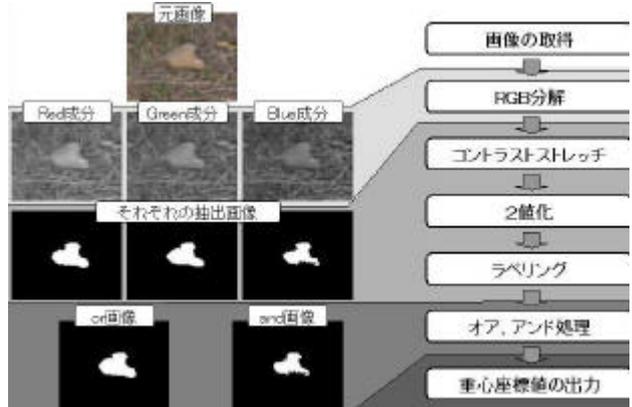


図-5 五月女(1999)<sup>1)</sup>の処理方法

ここで、2値化を行うときの判別条件としてRGB各々で閾値を決定し、その閾値以上のものを255(白)それ以外を0(黒)とする。RGBの3つの成分で、それぞれを2値化した結果の論理和(or)と論理積(and)をとりその抽出結果を代替ターゲットとして識別する。(以後、論理和(or)の処理方法をRGBor処理、論理積(and)の処理方法をRGBand処理と呼ぶ。)

4 抽出結果

輝度・色相・彩度処理による抽出結果例を五月女(1999)<sup>1)</sup>と八木(2000)<sup>2)</sup>による抽出結果と比較しつつ、図-6に示す。

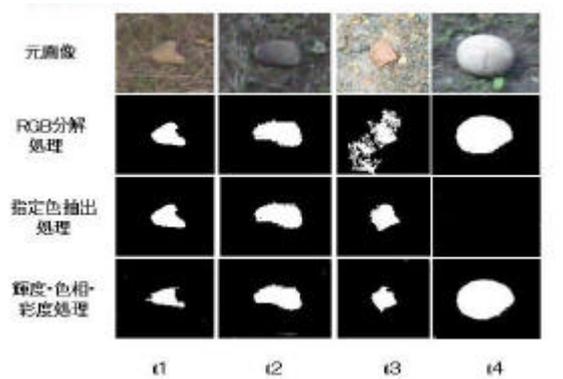


図-6 抽出結果例

五月女(1999)<sup>1)</sup>と八木(2000)<sup>2)</sup>の処理方法では抽出できなかったものでも、本研究で採用した輝度・色相・彩度処理により抽出できるようになり、代替ターゲット選定が簡易化された。

## 5 連続計測

### 5-1 連続計測概要

前章で述べた処理方法に対し本研究で考案した次節で述べる自動閾値決定法を導入し、従来の方法のうちでもっとも精度のよかった五月女(1999)<sup>1)</sup>の処理方法であるRGBor処理との比較を行った。連続計測の概要を表-1に示す。

表-1 連続計測概要

画像データ	使用カメラ	カラーCCDカメラ
	計測時間	A.M.9:00 ~ P.M.5:00 15分毎
	ファイル形式	JPEG
	画像解像度	768 x 494
斜面データ	カメラレンズ	12mm
	対象斜面との距離	約5m
	対象斜面の大きさ(縦)	約2m
	対象斜面の大きさ(横)	約2.7m

連続計測対象となる代替ターゲットは図-7に示す。四角で囲まれている石を代替ターゲットとして連続計測を行う。



図-7 計測対象画像

なお、画像上での1Pixelは斜面上で約5.5mmに相当する。これは、カメラレンズ、画像解像度、対象斜面との距離の比より計算する。

### 5-2 判別条件の決定法

判別条件としては、輝度、色相、彩度を決定しなければならない。輝度は本研究で考案した自動閾値決定法を用い、色相はある角度範囲一定、彩度はある基準値一定で設定する。以下にこれらの処理方法を示す。

#### ・ 輝度の自動閾値決定法

1. 基準となる画像（撮影した初めの画像）を決め、ターゲットの形で抽出できている閾値で画像処理を行い、2値化画像を作成する。
2. 作成した2値化画像の白色部分の面積を記憶させる。
3. 連続計測において、次の画像に対して画像処理を行う際、閾値を255から1ずつ下げていき2.で記憶させた面積以上になるまで画像処理を行う。
4. 重心座標を求める。

#### ・ 色相の判別条件

基準となる画像の代替ターゲットの平均色相角度を求めその角度を基準に、ある角度範囲（推奨 平均色相角度を基準に $\pm 30^\circ$ ）を決める。それに1日で変化する角度 $\pm 10^\circ$ をプラスし、その後はその角度一定で連続計測を行う。

#### ・ 彩度の判別条件

代替ターゲットの平均彩度値を求めその彩度値よりも小さい値（推奨 平均彩度値より-10）に設定する。

### 5-3 連続計測結果

五月女(1999)<sup>1)</sup>の処理方法であるRGBor処理（閾値手動）と本年度の処理方法である輝度・色相・彩度処理（閾値自動）の計測結果を図-8(1)に

示し、RGBor 処理のヒストグラムと標準偏差を図-8(2)、輝度・色相・彩度処理のヒストグラムと標準偏差を図-8(3)に示す。

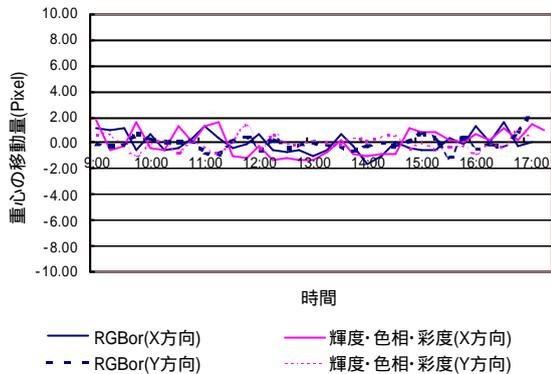


図-8(1) 各処理による連続計測結果

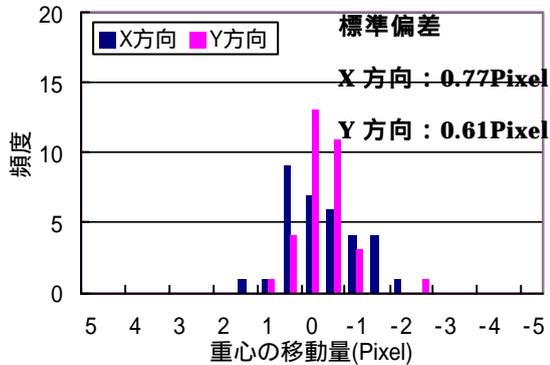


図-8(2) RGBor 処理によるヒストグラムと標準偏差

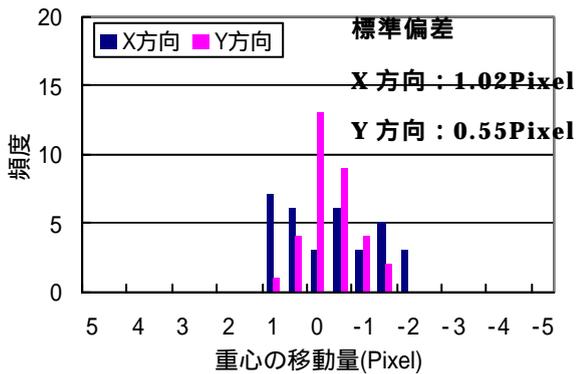


図-8(3) 輝度・色相・彩度処理によるヒストグラムと標準偏差

図-8(2)、図-8(3)の結果より標準偏差は RGBor 処理の方がよかったが、自動計測ということ考えるとよい結果が得られたといえる。

## 6 現場実験

### 6-1 現場実験概要

実際に実斜面で連続計測を行い計測ができるか実験する。現場は新潟県牧村沖見地区で 2001 年 11 月 21 日～23 日まで行う。現場実験の概要を表-2 に示す。

表-2 現場実験の概要

デジタルカメラ(Canon Power Shot G1)		
画像データ	計測時間	A.M.7:00 ~ P.M.5:00 1時間毎
	画像解像度	2048 × 1536画素(RGB Color)
斜面データ	レンズ	21mm
	距離	約80m
	対象斜面の大きさ(縦)	約38m
	対象斜面の大きさ(横)	約29m

現場の全景写真を図-9 に示す。



図-9 現場の全景写真

図-9 の四角で囲まれる計測小屋の上に図-10 のようにカメラを設置する。



図-10 カメラ設置状況

計測小屋内の設置状況として図-11 のようにパソコンとハードディスクを設置し計測を行う。



図-11 計測小屋内の設置状況

このような実験概要により取得される画像を図-12 に示す。



図-12 取得画像

図-12 において四角で囲まれている部分を拡大すると図-13 のように人工ターゲットの下に石が写っているので、この石を代替ターゲットとして連続計測を行う。計測の対象としては、この人工ターゲットと代替ターゲットとする。



図-13 人工ターゲットと代替ターゲット

## 6-2 現場実験結果

まず、モノクロ画像とカラー画像の精度の比較を行った結果を図-14(1)に示す。その次に各処理方法の比較として RGBor 処理と輝度・色相・彩度処理との比較を行った結果を図-14(2)に示す。次に人工ターゲットと代替ターゲットの比較を行った結果を図-14(3)に示す。これらの比較を行うことにより輝度・色相・彩度の代替ターゲット処理の精度の比較・検討を行う。

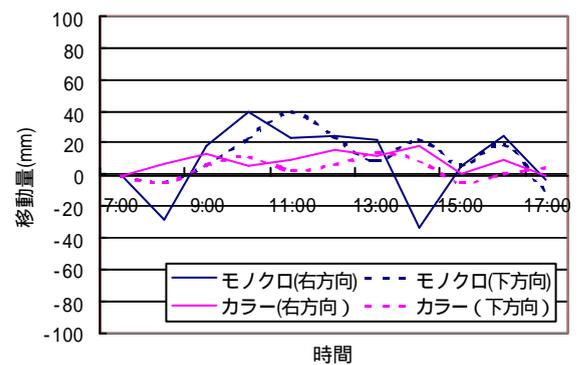


図-14(1) モノクロ画像とカラー画像の比較

図-14(1)にモノクロ画像とカラー画像の比較結果を示す。モノクロ画像よりもカラー画像の方が若干ではあるが精度は良かったが、計測日が異なることを考慮すると同等の精度と考えられる。

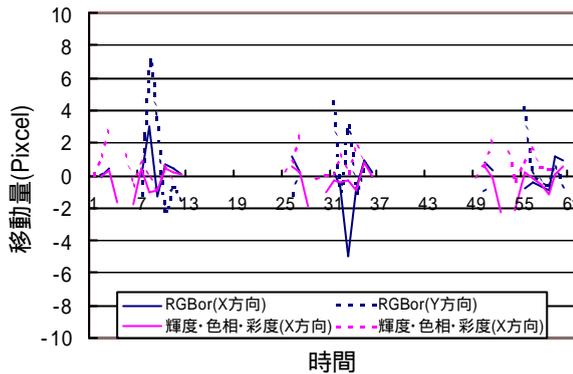


図-14(2) RGBor 処理と輝度・色相・彩度処理の比較

図-14(2)に RGBor 処理と輝度・色相・彩度処理の比較結果を示す。輝度・色相・彩度処理は RGBor 処理で計測できなかった時間帯でも計測ができ精度も良かったといえる。夜間は暗くなり代替ターゲットが見えなくなるため計測を中止した。

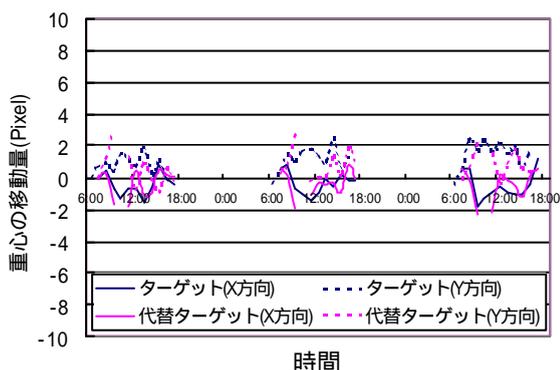


図-14(3) ターゲットと代替ターゲットの比較

図-14(3)に人工ターゲットと代替ターゲットの比較結果を示す。人工ターゲットと代替ターゲットの精度は同等くらいの精度で計測ができる。したがって、モノクロ画像の白黒ターゲット結果と同等の精度で計測が可能となった。夜間は暗くなり代替ターゲットが見えなくなるため計測を中止した。

## 7 結論

輝度・色相・彩度処理により昨年度まで抽出できなかった代替ターゲットでも抽出可能になり代替ターゲットの選定が容易になった。また、連続計測を行う際、昨年度までは代替ターゲットを判別する判別条件として手動または一定で行っていたが、自動化することが可能となった。実際の現場においても白黒CCDカメラの白黒ターゲットと同じくらいの精度で計測が可能となった。

## 参考文献

- 1) 五月女繁：カラーCCDカメラを用いた新斜面監視システムの開発、長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文、1999年
- 2) 八木和也：カラー画像を用いた代替ターゲットの自動抽出に関する研究、長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文、2000年
- 3) 八木伸行・井上誠喜：C言語で学ぶ実践画像処理、オーム社、1992年