

成蹊大学 ○小野哲治 青木正喜
日本無線 松木功

1 概要

本研究では、土石流の発生する可能性の高い川に固定監視カメラを設置して、その画像から川の流れの異常を解析する。画像全体に対してフレーム間差分と、画像上の特定の画素についての濃度値の時間的変化に注目する。これら2つの処理を組み合わせて用い、川の流れを継続的に監視する。

2 はじめに

土石流発生検知装置として、代表的な方法にワイヤセンサがある。ワイヤセンサは川に設置してあるワイヤが切断されることにより土石流を検知する。しかし、一度検出すると、次に検出可能とするためにはワイヤを張り替える必要がある。そこで、ワイヤセンサに替わる、または補完する非接触センサとして、固定監視カメラの映像から川の流れの異常を解析し、継続的に土石流の発生を監視する。

3 画像処理

時系列土石流画像に対して、フレーム間差分と、画像上の特定の画素についての濃度値の時間的変化に注目する。

3.1 フレーム間差分と二値化

フレーム間差分は時系列画像の現在のフレームと前フレームの差である。フレーム間差分値の正負は、移動物体の方向に関する情報を持っているが、本研究では動きの大きい部分を検出することを目的としているので、フレーム間差分の絶対値を用いる(式(1))。さらに、しきい値(Th)を設定して二値化処理を行い(式(2))、Th以上の画素の面積を求める(式(3))。そして、 N_n の時間的変化に注目する。

図1は土石流発生前、図2は土石流がダムに到達した時の画像である。図2は図1の約11秒後の画像である。図1と図2のフレーム間差分絶対値の画像を図3に示す(見えやすくなるように濃度調整を行った)。また、 $Th=20$ として1=白、0=黒として描画した二値化画像が図4である。

3.2 1点における濃度値の時間的変化

画像上で変化のない所に土石流が到達すると、濃度値が変化するはずである。そこで、画像上の特定の画素について、濃度値の時間的変化に注目する。本研究では川の上流、中流、下流に注目する画素を設定した。この3点に設定することで、濃度値の変化が起きる時刻に、時間差が生じることが予想できる。

4 実験

固定監視カメラから得られた時系列土石流画像の一部を図5に、画像の緒元を表1に示す。定常流の状態から土石流が発生して、後続流(泥流)が流れてくる画像である。参考のために目視で土石流と川とダムの部分に線を描いた。白線がダム、黒線が定常流、灰色の太線が土石流の先端部(図5(b)~(d))、灰色の細線(図5(e))が泥流である。画像上のA, B, C点は濃度値の時間的変化を観察する場所を示している。元の映像から30フレーム/秒で静止画に取り込み、10フレーム毎に処理する。これは処理するフレーム間隔が短か過ぎると、画像上の変化が少ないからである。

$$FD_n(x, y) = |I_n(x, y) - I_{n-1}(x, y)| \quad \text{式(1)}$$

$FD_n(x, y)$: nフレームとn-1フレームの
フレーム間差分絶対値

$I_n(x, y)$: nフレームにおける(x, y)の濃度値
n: フレーム番号 ($n \geq 2$)

$$f(x, y) = \begin{cases} 0 & g(x, y) < Th \\ 1 & g(x, y) \geq Th \end{cases} \quad \text{式(2)}$$

Th: しきい値

$$N_n = \iint_s f(x, y) \quad \text{式(3)}$$

N_n : Th以上の画素数

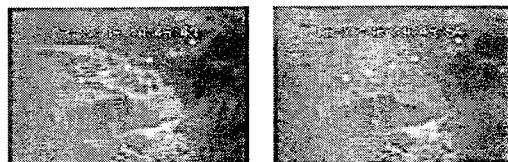


図1 土石流発生前 図2 土石流発生

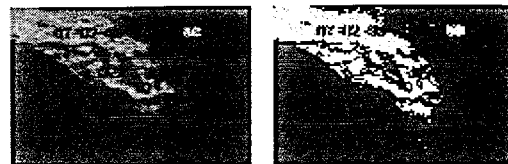


図3 フレーム間差分絶対値画像 図4 二値化画像
Th=20

表1 画像の諸元

解像度	横360×縦240
階調	モノクロ256階調
時間	66.6秒(2001フレーム)
処理間隔	10フレーム毎(1/3秒毎)

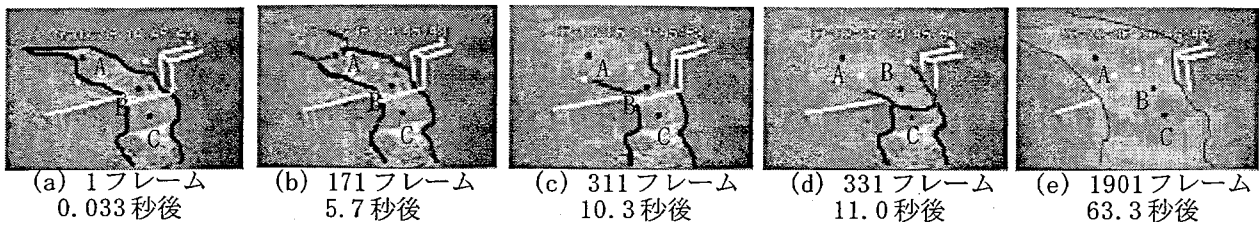


図5 時系列土石流画像

4.1.1 定常流におけるフレーム間差分絶対値としきい値

土石流発生前の2枚の時系列画像(1フレームと11フレーム)からフレーム間差分絶対値を求めた。そのヒストグラムが図6である。土石流発生前の定常流の状態でも図6のように差分絶対値がある。そこで、定常流の差分絶対値を検出しないため、 $Th=20$ と設定した。

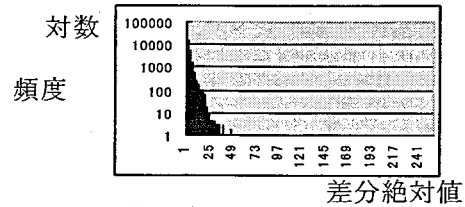


図6 差分絶対値のヒストグラム

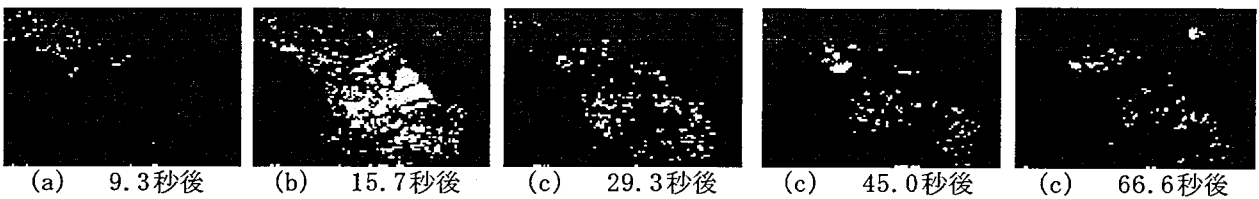


図7 二値化画像

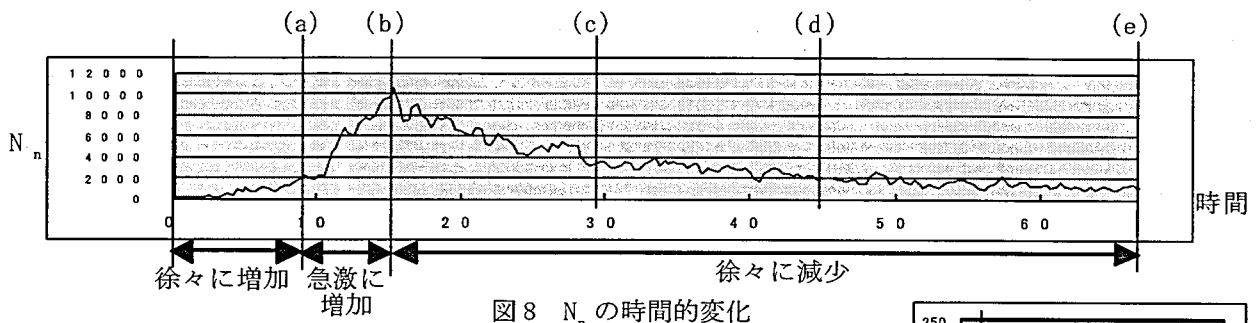


図8 N_n の時間的变化

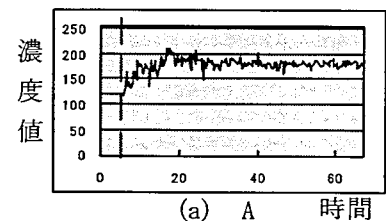
4.1.2 フレーム間差分と二値化

$Th=20$ で二値化した画像が図7であり、 N_n の時間的变化を表しているのが図8である。

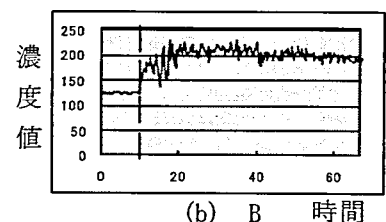
図5、図7、図8から、土石流がダムに接近するまでは徐々に N_n が増加し、土石流がダムに到達したときに急激に N_n が増加する。また、図8(b)付近のピーク時は岩がダムから落下している。これは岩がダムから落下する際に、土石流の中に埋もれていた岩全体が急激に表れるので、 N_n が大きくなっている。

4.2 1点における濃度値の時間的变化

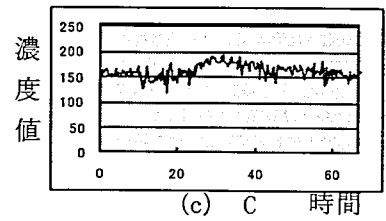
画像上の特定の画素について、濃度値の時間的变化に注目した(図9)。場所は図5で示している3点である。AとBは定常的に水が流れていないので、濃度値の変化は小さい。しかし、土石流到達と共に、濃度値の変化が大きくなっている。また、Aを上流、Bを中流に設定しているので、A、Bで変化の大きくなり始めに時間差が生じているのが分かる。Cに関しては、土石流到達前の状態においても、普通の川の流れて濃度値の変化が大きく、土石流が到達したと分かる明確な変化はない。



(a) A 時間



(b) B 時間



(c) C 時間

図9 濃度値の時間的变化

5 終わりに

フレーム間差分を用いることで、流れの異常を検出できる可能性を示した。差分絶対値の大きい画素の面積を求めることで、画像全体として流れの異常を示す。また、濃度値の時間的变化に注目することで、土石流がどのように伝わっているかを場所による時間差により得ることができる。今後は、別の土石流画像に対する解析、量的な規模の推定を行っていきたい。