

ブラジル国において発生した土石流の HyperKANAKO による再現

八千代エンジニアリング株式会社 ○西尾陽介、溝口昌晴、下田義文、下大迫博志、後藤宏二

1. はじめに

ブラジル国リオデジャネイロ州では、2011年1月の豪雨によって多数の土砂流出やフラッシュフラッドが発生し、行方不明者約400名、死者900名を超え、約2万人が家を失うというブラジル史上最大の土砂災害が発生した。ブラジル政府はこの災害を契機として多年度計画プログラム「災害リスク管理・対応プログラム」を策定し、その一環として土石流災害発生時の被害数量想定方法についても検討を進めている。

日本では、堀内ら(2012)等¹⁾による HyperKANAKO や iRIC 等の多くのユーザーが利用可能な土石流シミュレーションモデルを活用することで、土石流による氾濫範囲を比較的簡易に数値解析することが可能となっており、このような GIS と連携した視覚的にわかりやすい数値解析モデルは、海外の土石流対策の検討にも有用であると考えられる。

そこで本報告では、日本国外で発生した土石流現象を対象とした氾濫解析結果の再現性を検証するため、2011年1月豪雨によるリオデジャネイロ州の土砂災害を対象として HyperKANAKO を用いて土石流計算を実施した結果について報告する。

2. 対象溪流と計算条件

2.1 対象溪流の概要

再現計算の対象溪流は、2011年1月豪雨の際に土石流が発生したリオデジャネイロ州内の溪流のうち、基幹



図-1 対象箇所位置図

病院が被災した Nova Friburgo 市の SaoLucas 病院溪流、及び死者行方不明者が572人と最も被害が大きかった Teresopolis 市の Principe 川の2溪流を対象とした。対象溪流の流域界は、JAXA の陸域観測技術衛星「だいち(ALOS)」の衛星画像から作成された2.5m解像度のデジタル地形データ(AW3D)を使用して作成し、2011年豪雨当時の氾濫状況を踏まえ、各溪流の基準点(氾濫開始点)を設定した。

2011年豪雨時の流出土砂量は、実績値が不明であることから、既往調査結果²⁾に基づく移動可能土砂量調査結果等を使用するものとした。

2.2 計算条件

HyperKANAKO の計算で用いる代表粒径は、現地の河床状況を踏まえ0.2mを採用した。土石流のハイドログラフは、流出土砂量と勾配に基づく土石流濃度から算出される土石流総流量を使用して土石流ピーク流量



図-2 2011年豪雨による土石流流下状況
【左：Sao Lucas 病院溪流、右：Principe 川】

(出典：国家統合省提供)

表-1 対象溪流の諸元

| 流域名 | 流域面積 (km ²) | 基準点 勾配 | 1波の土砂量 (m ³) | 土石流 ピーク流量 (m ³ /s) |
|--------------------------------|-------------------------|--------|--------------------------|-------------------------------|
| Sao Lucas病院溪流 (Nova Friburgo市) | 0.12 | 1/5.1 | 10,873 | 24 |
| Principe川流域 (Teresopolis市) | 3.19 | 1/14.3 | 36,231 | 145 |

の継続時間を設定した。その他の計算パラメータは一般値³⁾を使用した。

なお HyperKANAKO は、一次元計算から二次元計算を連続して計算するモデルであるが、今回の計算では二次元的な土石流流下範囲の検証を主目的とすることから、一次元計算区間の計算断面は一定区間を固定床条件で計算し、二次元計算領域に設定した土石流ハイドログラフが流入する方法を採用した。二次元領域のメッシュサイズは10mとした。

3. 計算結果

3.1 Sao Lucas 溪流 (Nova Friburgo 市)

Sao Lucas 病院溪流の土石流氾濫計算結果をみると、谷出口から流出した土石流が北東方向に直進し、その後谷底の住宅地に沿って南東方向に流下する結果となった(図-3)。2011年1月の土石流災害後に上空から撮影された写真をみると、谷出口下流では直線的に土砂が堆積しているが、対岸の斜面崩壊によって谷底に崩土が堆積していたことから、崩土より下流には土砂が流下していない。(図-4)。このため谷出口下流に限って見た場合、土石流氾濫計算での流動状況と当時の氾濫

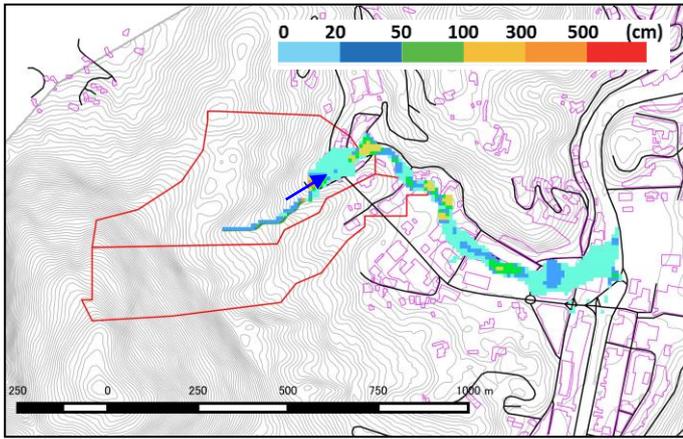


図-3 最大流動深【Sao Lucas 病院溪流】

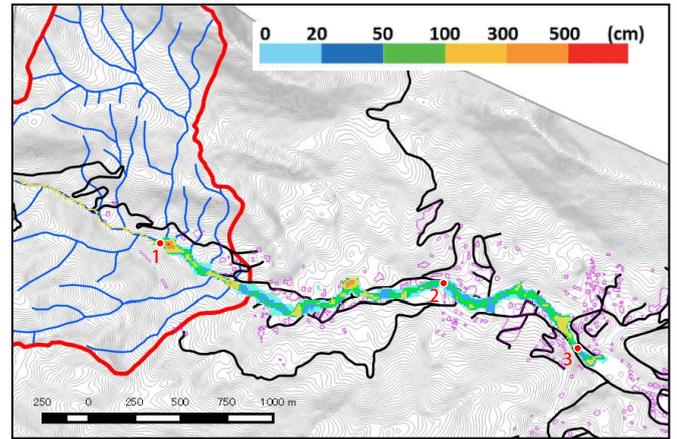


図-5 最大流動深【Principe 川】

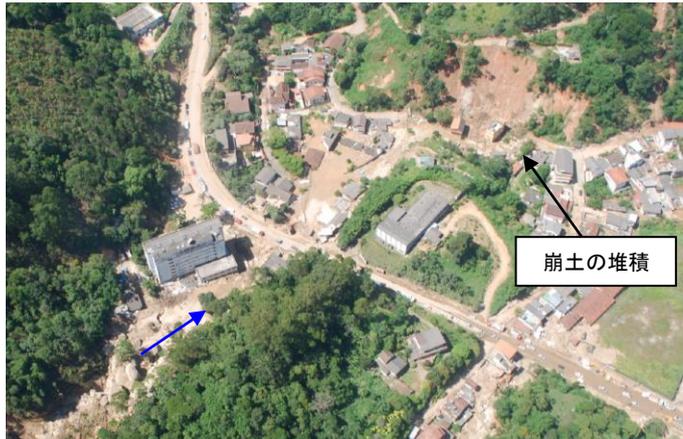


図-4 2011年豪雨の土石流流下状況（谷出口下流）
【Sao Lucas 病院溪流】（出典：国家統合省提供）

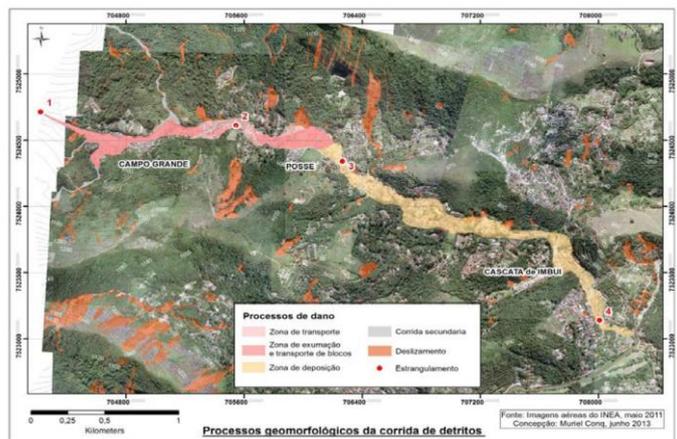


図-6 2011年豪雨による流出土砂移動範囲
【Principe 川】⁴⁾

状況は概ね一致していると考えられる。

3.2 Principe 川 (Teresopolis 市)

Principe 川の土石流氾濫計算結果(図-5)をみると、谷出口から流出した土石流が谷地形に沿って氾濫する結果となっている。2011年1月の土石流災害では、Principe 川の河道沿いに形成されていた住宅地を土石流が流下したことが要因となって非常に大きな人的被害が発生している。したがって土石流氾濫計算での流動状況と当時の氾濫状況は概ね一致していると考えられる。また、2011年1月災害後の調査結果²⁾によると Principe 川からの流出土砂が流下した範囲(図-6)と今回実施した氾濫解析の土石流流動範囲は概ね一致する結果となっていることが確認できた。

これらの結果から、HyperKANAKO を用いた土石流氾濫解析による土砂流動範囲は、比較的良好に再現できているものと考えられる。

4. おわりに

ブラジル国では、近年雨季になると国内各地で集中豪雨が頻繁に発生しており、土砂災害も各地で発生している。そうした中で土石流災害のリスクも増加傾向にあると考えられる。しかしブラジル国では、これまで土石流対策を実施した経験がほとんどないことから、土石流対策の計画、設計及び施工を担える技術者の育成、及び各工程を適切に管理監督できる行政担当者の

育成が必要となる。

本報告は、JICA プロジェクト「強靱な街作りのための土砂災害構造物対策能力向上プロジェクト (SABO プロジェクト)」のとりまとめ結果の一部であり、この技術協力を通じて日本で活用されている手法の技術移転を行い、ブラジル国の土石流対策能力の向上を進めていく予定である。

なお本報告に使用した対象溪流の土砂災害実績や調査結果は、ブラジル国統合地域開発省及びブラジル地質調査所の調査結果を活用した。また前 JICA 長期専門家の越智氏より多数のアドバイスをいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 堀内ら (2012) : GIS と連携した土石流シミュレーションシステムの開発, 平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集
- Ministério da Integração Nacional, Prefeitura Municipal de Nova Friburgo/RJ (2017): Estudo de Caso Nova Friburgo/ RJ, GIDES
- 中谷ら (2018) : 異なる地形データを用いた土石流の到達範囲の検討, 自然災害科学 J.SENDS 37 特別号
- Muriel Conq (2015) : Processos geomorfológicos e danos derivados da corrida de detritos de janeiro 2011 na bacia do Córrego do Príncipe, Teresópolis, Ciência e Natura, v.37 n.1, 2015