

エジプト「王家の谷」におけるフラッシュフラッドのリスク評価 Risk assessment of flash floods in the Valley of the Kings, Egypt

小木曾友輔・○角 哲也・Sameh Kantoush・Mohammed Abdel-Fattah・Mohammed Saber
Yusuke OGISO, ○Tetsuya SUMI, Sameh Kantoush, Mohammed Abdel-Fattah, Mohammed Saber

Flash floods unavoidably affect various archaeological sites in Egypt, through increased frequency and severity of extreme events. The Valley of the Kings (VoK) is a UNESCO World Heritage site with more than thirty opened tombs. Recently, most of these tombs have been damaged and inundated after 1994 flood. Therefore, VoK mitigation strategy has been proposed and implemented with low protection wall surrounding tombs. The present study focuses on the evaluation and risk assessment of the current mitigation measures especially under extreme flood events. Two dimensional hydrodynamic model combined with rainfall runoff modeling by using TELEMAC-2D to simulate the present situation without protection wall and determine the risk of 1994 flood. The results revealed that the current mitigation measures are not efficient. Based on the simulation scenarios, risk of flash floods is assessed, and the more efficient mitigation measurements are proposed.

1. はじめに

乾燥地帯においてまれに局所的に強い雨が降ることがあり雨は短時間でワジに流れ込み洪水を引き起こす。これをフラッシュフラッドという。フラッシュフラッドは10年に2, 3回と頻度は少ないが町や建築物に大きな被害をもたらす。エジプトは国土のほとんどが乾燥地帯で多くの歴史的価値が高い古代遺跡が存在する。ルクソールにある王家の谷も世界で最もよく知られ文化的価値が高い古代遺跡の一つである。1994年王家の谷において大規模なフラッシュフラッドが起こり流出した水や土砂が遺跡にある王の墓に流れ込み、大きな被害をもたらした。これを受けてエジプト政府は減災対策として水の流入を防ぐための壁の建築や道の整備を行った。しかし降雨や地形データの不足により水文研究が十分ではなくこれらの対策が効果的なものかどうか調べる必要がある。

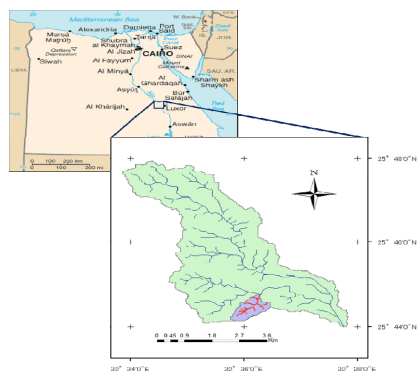


Figure 1 Study area

2. 研究の目的

以上より、本研究では以下を目的とする。

- (1) 王家の谷におけるフラッシュフラッドのリスク評価
- (2) 将来起こりうる激しい降雨を基にした効果的な減災措置の提案
- (3) データが不足している乾燥地帯においてフラッシュフラッドの再現性を高めるために必要となる要素の検討

3. 研究の手法

流出計算には、フランス電力公社 (EDF) の開発した TELEMAC-2D モデルを用いる。TELEMAC-2D は、自由表面流を計算するプログラムで、三角要素の非構造格子による有限要素法を用いて2次元の浅水流方程式を解く。水深 h と x, y に沿った2つの速度成分 u, v が特定の位置および時間で計算される。降雨分析は実測データや衛星を利用した降雨データがないため、先行研究で用いられたデータを利用する。1994年のフラッシュフラッドをシミュレーションし遺跡に残った水の高さを使ってモデルの較正を実施する。較正の際のパラメーターは粗度係数、間隙率、流出係数、透水係数である。減災対策として建設された壁をモデルに組み込み、1994年の降雨および50年、100年、200年確率降雨による流出計算を行う。その結果からフラッシュフラッドのリスク評価を行い、歴史的価値を考慮し総合的に効果的な減災対策を提案する。

4. 結果および考察

1994 年の降雨による減災対策のシミュレーション結果が **Figure 2** である。1994 年の降雨および 50, 100 年再現期間の降雨によるフラッシュフラッドのシミュレーションより、減災対策のない場合とある場合の洪水の被害を受ける墓の数が **Figure 3** のようになった。この結果から減災対策によって守られる墓もあるが 100 年再現期間のフラッシュフラッドでは半分以上が被害を受ける。また歴史的価値や観光客の訪れる数を踏まえて墓の重要度を考慮するとツタンカーメン、ラムセス 1 世、ラムセス 3 世、ラムセス 5 世・6 世、ラムセス 9 世、トトメス 3 世の墓は守る優先順位が高くそれらの結果は **Table 1** である。コストを抑えた最低限の対策として、壁を現状より 50cm 高くすることが提案される。また、より効果的な対策として、水が溜まらないように窪地を除去し壁を作り直すことが提案される (**Figure 5**)。TELEMAC-2D モデルで最低限必要となる要素は高解像度の DEM と特定の地点でのピーク水位である。

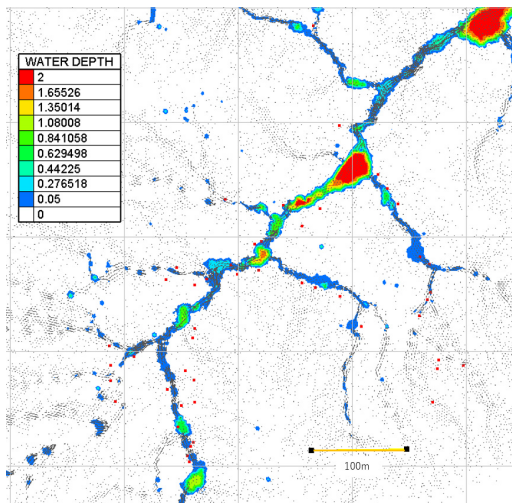


Figure 2 Simulation result of the 1994 flood event

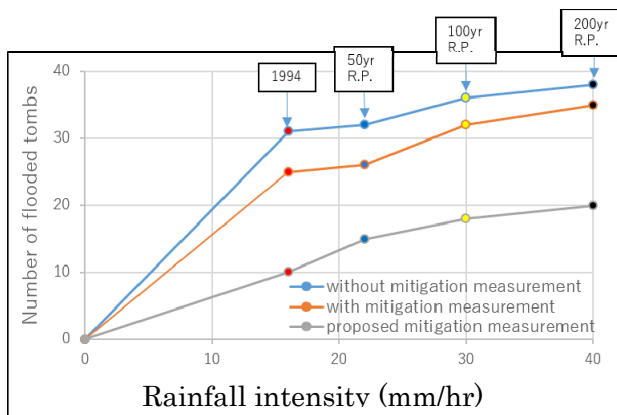


Figure 3 Number of flooded tombs

Table 1

ツタンカーメン	100 年確率降雨で浸水
ラムセス 1 世	浸水しない
ラムセス 3 世	浸水しない
ラムセス 5 世・6 世	50 年確率降雨で浸水
ラムセス 9 世	浸水しない
トトメス 3 世	50 年確率降雨で浸水

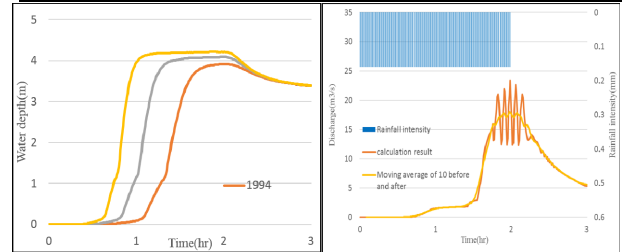


Figure 4 Water depth and discharge at a point

5. 結論

現在の王家の谷において 100 年確率クラスの降雨が起こると多くの墓が浸水するため、対策は十分とは言えない。フラッシュフラッドのリスク評価を行う際 TELEMAC-2D モデルは高解像度の DEM と特定の地点でのピーク水位がわかれば再現可能であり、今後、再現性を高めるためには、カメラとメモリをセットしてフラッシュフラッドが発生した場合の時間ごとの水位を取得できればより高い再現性を実現できるものと考えられる。

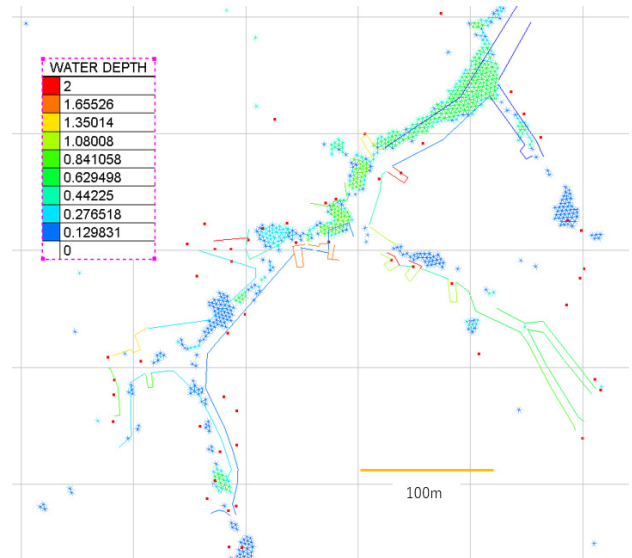


Figure 5 Simulation result of the case of depression filled