

第 部門 文化財を含む市街地の崩壊・土石流ハザードマップに関する研究

立命館大学 学生員 西窪 久弥 立命館大学理工学部 フェロー 江頭 進治
立命館大学理工学部 正会員 伊藤 隆郭 立命館大学 学生員 Kaushal Raj SHARMA

1.はじめに 近年、局地性、地域性の強い豪雨災害が頻発しており、このような災害を防止・軽減するためにも、災害外力の設定を1ランク引き上げた評価が必要であると考えられる。さらに、文化財を有する市街地において、自然災害から文化財を保全するための方策については、あまり行われてこなかったのが現状である。本研究は世界遺産、国宝・重要文化財が多く密集する京都を対象とし、豪雨を契機に発生する崩壊・土石流のハザードマップを検討することを目的とする。

2.文化財の分布と土砂災害ポテンシャル 図-1 は、2500分の1の地形図に京都市の1999年(明治42年)¹⁾、1930~1932年(昭和5~7年)¹⁾および現在(1999年)の市街地の領域を重ね合わせたものである。同図には、文化財の分布を示すと共に、後述する土砂災害危険領域の解析結果を東福寺周辺から嵐山までの領域に渡って示している。この図から、1909年および1927~1930年の当時の市街地では京都市北部、西部、南部には集落が島状に点在していたが、現在では都市化が進み島状の集落は消滅し、市街地が土砂災害の被害を受けやすい山裾の急傾斜地まで拡大していることが分かる。さらに、京都市における文化財の分布は、京都市東部の東山山麓周辺、北西部の金閣寺から嵐山にかけての山側に密集していることが分かる。以上より、豪雨が発生した場合、山麓周辺や急傾斜地に位置する文化財やそれを含む市街地の土砂災害ポテンシャルが高いことが推察される。

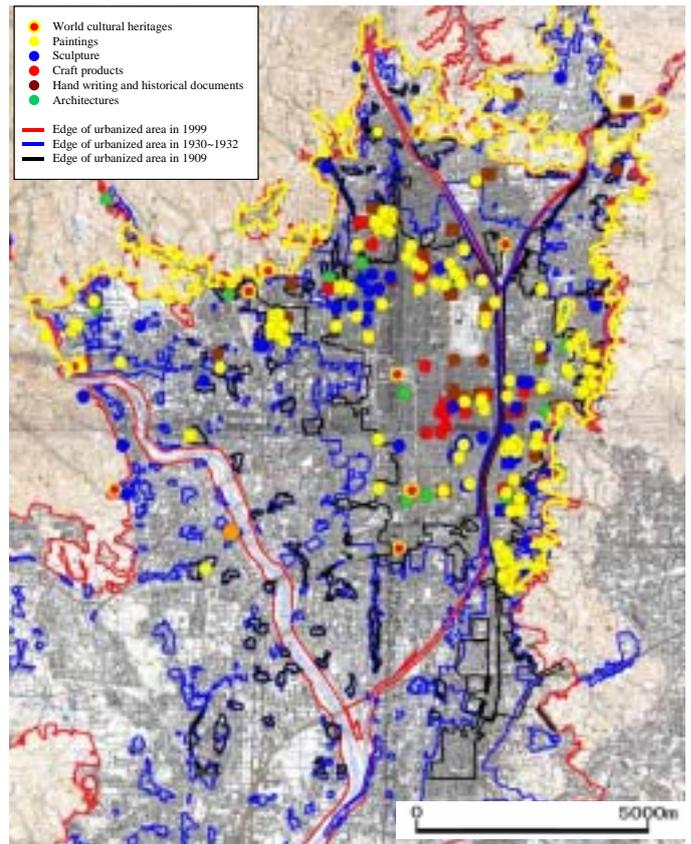


図-1 京都市における市街地の変遷および文化財の分布

3.土砂災害領域の解析 ここでは、崩土の運動と土石流を区別せずに取り扱い、渓床を移動する土塊を土石流とみなす。また崩土の流動過程において、侵食・堆積の影響は顕著でないものと仮定する。崩土の運動は図-2を参照し、江頭らのモデル^{2), 3)}を用いると、次式で表される。

$$v' \frac{dv'}{dx'} = -av' + b \quad (1)$$

式(1)を解くと、次式が得られる。

$$v' = \left\{ v_0'^2 e^{-2ax'} + \frac{b}{a} (1 - e^{-2ax'}) \right\}^{1/2} \quad (2)$$

ここに、 $v' = v/\sqrt{gh}$ 、 $x' = x/h$ 、 v :崩土の移動速度、 x :移動距離、 h :平均崩壊深さ、 v_0' :崩土の初速度、 a :流動抵抗の項、 b :重力の x 成分と摩擦抵抗との差を表す。 a, b については、次式で定義されている。

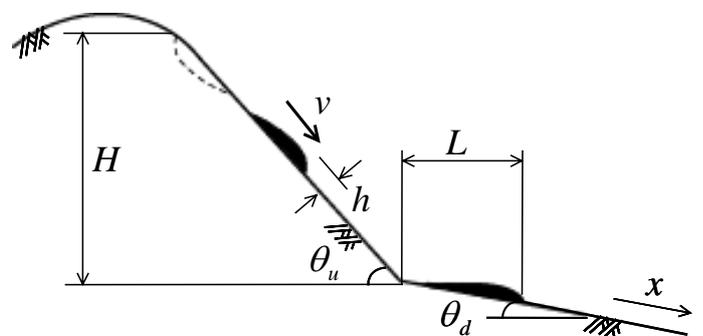


図-2 崩壊土砂の到達距離

$$a = \frac{1}{k(\sigma/\rho - 1)c + 1} f_b \quad (3)$$

$$b = \cos \theta \left\{ \tan \theta - \frac{(\sigma/\rho - 1)c}{(\sigma/\rho - 1)c + 1} \tan \phi_s \right\} \quad (4)$$

$$f_b = \frac{25}{4} \left\{ k_f \frac{(1-c)^{5/3}}{c^{2/3}} + k_d \frac{\sigma}{\rho} (1-e^2) c^{1/3} \right\} \left(\frac{h}{d} \right)^{-2} \quad (5)$$

ここに、 ρ : 土砂の密度、 ρ_w : 水の密度、 c : 土砂の体積濃度、 d : 代表粒径、 ϕ_s : 土砂の内部摩擦角である。式(2)を用いて崩土の到達距離、すなわち、移動速度が 0 になる距離を渓床および斜面の落水線上に沿って求めることができる。この支配方程式の適用性については、2004 年 9 月 29 日の台風 21 号に伴う豪雨によって発生した三重県宮川村土砂災害を対象にした解析結果⁴⁾によって確認されている。

図-3 は式(2)を用いて崩土の到達距離を平面的に連ねて求められた土砂災害危険領域の解析結果のうち、図-1 に示した清水・東福寺周辺を抽出したものである。同図には、図-1 と同様に市街地の変遷を示している。計算においては、比較的小さい崩壊である崩土の厚さが $h=1\text{m}$ とした

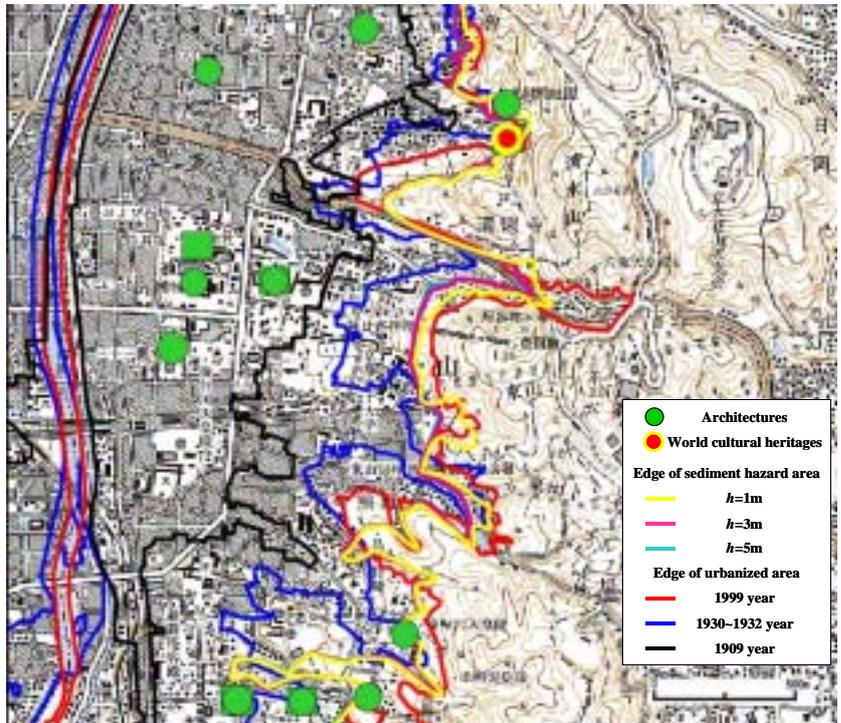


図-3 清水・東福寺周辺の土砂災害危険領域

たもの、比較的大規模な崩壊を想定した $h=3\text{m}$ 、 $h=5\text{m}$ とした解析結果を示している。式(2)～式(5)におけるパラメータは、次のようなものを用いている。 $\sigma/\rho=2.65$ 、 $c=0.52$ 、 $d=0.2\text{m}$ 、 $\phi_s=34\text{deg}$ 、 $e=0.85$ 。同図によれば、1909 年当時の市街地は危険領域まで伸びていなかったものの、現在では土砂災害危険領域よりも山側に市街地が伸びてきている。また、幾つかの文化的建造物も危険領域に存在している。

事実、これまでの東山一帯における災害被災事例をみると、土砂災害に伴う建造物の被災例が報告されており、それらが危険領域に存在しているものもある。なお、上述の算定法からも分かるように、危険領域が一様に危険性をもっている訳ではなく、災害危険度は落水線の密度等に依存する^{2), 5)}。危険領域に立地する文化財や市街地の災害対策を詳細に行うためには、更なる調査が必要と思われる。しかしながら、図-3 に示したような解析に基づいて、文化財やその周辺市街地の景観を損なわない程度の災害対策、例えば、家屋移転などを行うことによって緩衝領域のような空間を設けること等の必要性はできるものと推察される。同図における解析法およびその解析例は、今後の土地利用の在り方を議論する上での重要なものと思われる。

4.おわりに 江頭らの支配方程式に基づき、山腹の表層崩壊に伴う土砂災害危険領域について、質点系の運動方程式による解析を行った。その結果、東山山麓周辺の文化財を含む市街地は、豪雨や地震を契機とした土砂災害を受ける可能性が高いことが分かった。さらに、土砂災害危険領域内に含まれる文化的建造物の存在も確認された。これらの重要文化財やその周辺の市街地においては、歴史都市環境に配慮した的確な対応が要求されるため、今後、土砂災害危険領域における危険度を示すパラメータ等を設定することによって、土地利用の在り方等を検討する予定である。

参考文献 1) 柏書房:正式二万分一地形図集成(関西), 2001, 2) 土木学会:水理公式集, pp.144-145, 1999, 3) Egashira, S. et al.:Distribution of cultural heritages and residential region in sediment hazard zone, Proc. Int. Conf. on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters (MPMD), January 12-15, DPRI, pp. 667-672, 4) 伊藤ら:水工学論文集 50 巻, pp.895-900, 2006, 5) 例えば, 江頭進治ら:砂防学会誌(新砂防), Vol.49, No.3, pp.11-19, 1996.