

地理情報システムと土石流シミュレーションを 用いた複合災害発生ポテンシャルの検討

-山口県を対象として-

大中臨*・赤松良久*・杉田唯*

*山口大学大学院創成科学研究科

1. はじめに

近年の日本では、海面水温の上昇に伴う台風の巨大化やジェット気流の長期停滞などの影響によって多くの水害が発生し、甚大な被害を引き起こしている。特に、土石流によって運ばれた土砂や流木が河川に流入することによって河川氾濫が発生する、いわゆる複合災害の発生による被害が中山間地域で多く発生し、その実態解明に関する研究が行われている¹⁾。しかしながら、それらの研究は実態の解明に留まり、複合災害に対する減災対策について検討した例は少ない。また、近年は土砂災害や河川の氾濫に伴う鉄道の被害も増加している²⁾。例えば、長野県南木曾町では、2014年に最大時間雨量57mmの降雨の影響で発生した土石流により、JR中央線の橋梁が全壊し、復旧まで1か月の時間を要した。また、広島を通るJR呉線では、平成30年7月豪雨によって発生した土石流によって線路が埋没して運休を余儀なくされ、運休中は約173万日人に影響が及んだ。

減災対策を考える上で、日本では平成26年に国土交通省水災害に関する防災・減災対策本部が設置されており、昨年の審議において、緊急に実施すべき対策の中にリスク情報の空白地帯の解消が挙げられている³⁾。水災害について現時点で評価されているリスクは、土砂災害と河川氾濫それぞれ土砂災害警戒区域・土砂災害特別警戒区域、浸水想定区域という形で公表されているが、それらは個々の災害のみの評価にとどまり、土砂災害と河川氾濫の複合災害に関するリスク評価や、鉄道災害へのリスク評価は行われていない。

以上の背景を踏まえ、本研究では複合災害の発生の危険性を評価し、複合災害発生ポテンシャルの高い箇所を明らかにすることを目的として、平成30年7月豪雨で土石流によって河川氾濫の複合災害が発生し、土砂災害によって鉄道の被害も多く発生した山口県を対象として、土石流警戒区域、土石流特別警戒区域、鉄道、河川に関する地理情報を、ArcMAPを用いて解析し、土石流を起因とした複合災害発生の可能性が高い地域を抽出し、当該地域に関して土石流数値シミュレーションを実施して複合災害の発生ポテンシャルマップを作成した。

2. 複合災害発生の危険性が高い箇所の抽出

2.1 解析方法

山口県は、土石流警戒区域および土石流特別警戒区域を、図形情報と属性情報をもった地図データファイル（シェープファイル）として公表している。また、国土交通省は、鉄道網および河川網をシェープファイルとして公表している。本研究では、これらのデータをArcMap（ESRI社）に出力し、以下の手順で複合災害発生の危険性が高い箇所の抽出を行った。①インターセクト機能を用いて、土石流警戒区域と鉄道網のポリゴンが重なる地点、土石流警戒区域と河川網のポリゴンが重なる地点、土

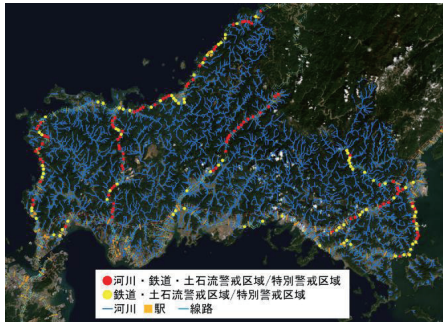


図-1 複合災害危険区域の抽出結果

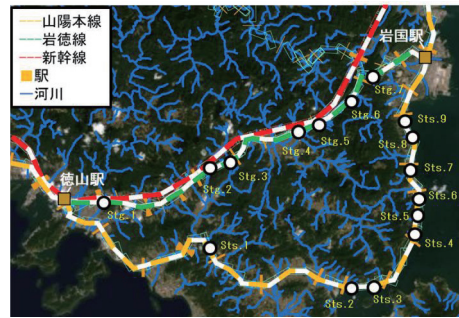


図-2 土石流シミュレーション対象区域

石流特別警戒区域と鉄道網のポリゴンが重なる地点、土石流特別警戒区域と河川網のポリゴンが重なる地点を抽出する。②各土石流警戒区域、土石流特別警戒区域の名称を基に、河川網と鉄道網が重なる土石流警戒区域、土石流特別警戒区域を抽出する。

2.2 解析結果

ArcMAP上に地理情報システムのデータを入力し、解析を行った結果、山口県に指定されている9805箇所の土石流警戒区域の内、河川網と重なる区域は5471箇所、鉄道網と重なる区域は502箇所、河川および鉄道網と重なる区域は211箇所であった。また、山口県に指定されている8770箇所の土石流特別警戒区域の内、河川網と重なる区域は864箇所、鉄道網と重なる区域は72箇所、河川および鉄道網と重なる区域は11箇所であった。これらの結果を図-1に示す。青い線が河川網、黄色い点が土石流警戒区域および土石流特別警戒区域に河川網および鉄道が重なっている地点(222箇所)、赤い点が土石流警戒区域および土石流特別警戒区域に河川網および鉄道網が重なっている地点(574箇所)を示しており、同じ土石流警戒区域または土石流特別警戒区域に指定されている区域の中でも、複合災害発生の可能性の高い箇所が多数存在することが明らかとなった。

3. 土石流シミュレーション

3.1 解析方法

本研究では、2章で抽出した箇所内、図-2に示すように、平成30年7月豪雨で特に鉄道の被害が大きかった、徳山駅から岩国駅間の山陽本線と岩徳線に被る箇所を対象として、土石流シミュレーションを行った。また、抽出した箇所だけでなく、抽出した箇所と近い土砂災害警戒区域(合計50箇所の谷筋)についても同時に解析を行った。なお、複数の土石流警戒区域・特別警戒区域が重なる区域もしくはかなり隣接している区域もあったため、図-2に示すように、路線ごとに独自に地点(岩徳線沿いはStg、山陽本線沿いはSts)を設定し、それぞれの地点内の土石流の挙動をみて、複合災害発生の危険度を評価した。土石流シミュレーションには、iRICのMorpho2DHソルバを用いた。Morpho2DHソルバは、一般曲線座標で境界適合座標を用いた非定常平面2次元の土石流・泥流モデルを主体とした解析ソルバであり、土石流・泥流の発生・流動・堆積過程を表現し、視覚的に捉えるツールとして非常に優れたモデルである。本モデルでの解析には、初期条件として、斜面崩壊の位置、深さ、最大浸食深さ(浸食が予想される溪床堆積土砂の平均深さ)、土砂濃度(土砂と水の合計量に対する土砂の割合)、静止堆積濃度(静止堆

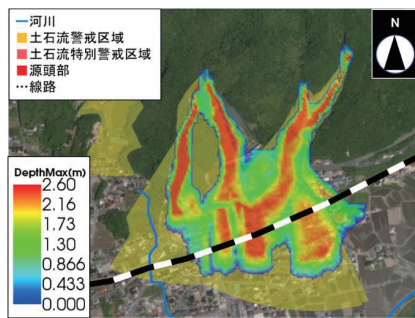
表-1 計算パラメータ

斜面崩壊(m)	0.3
土砂濃度	変化
静止堆積濃度	0.6
液体として振舞う土砂の割合	0.2
最小流動深(m)	0.01
内部摩擦角(degree)	34
平均粒径(m)	0.01
抵抗係数	72

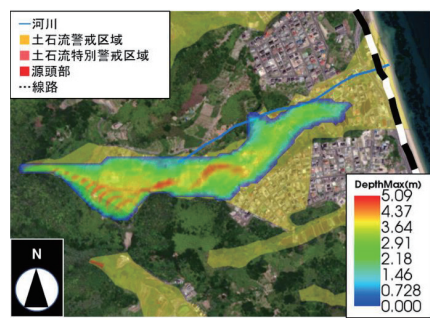
積層の砂礫の堆積濃度), 液体として振る舞う土砂の割合(流体として振る舞う微細土砂の割合), 最小流動深(土石流・泥流の最小の深さ), 土砂の内部摩擦角, 層流層の厚さ, 層流層の厚さの比, 抵抗係数(泥流の抵抗に関する係数)を設定する必要がある. 本研究では, Morpho2DHに関する技術報告書⁹⁾を参考にして, 初期条件を表-1のように定めた. なお, 最大浸食深さに関しては, 現地での観測が困難であるため, 各地点で, 解析における土石流の流動の様子を見ながら, 0.05m-0.5mの範囲で設定した. また, 層流層の厚さに関しても, 土石流の流動の様子に合わせて, 各地点で, 計算中に層流層の厚さが変化する条件, 一定値(0.2-0.4)を保つ条件のいずれかを適用した. 斜面崩壊の位置は, 土石流警戒区域・土石流特別警戒区域の源頭部もしくは, その周辺の谷型の斜面または, 遷急点とした. 地形データには, 国土地理院の数値標高モデル(10mメッシュおよび5mメッシュ)を用いた. 計算格子は, 5mメッシュまたは1mメッシュとし, 計算時間間隔は0.01秒または0.001秒とした.

3.2 解析結果

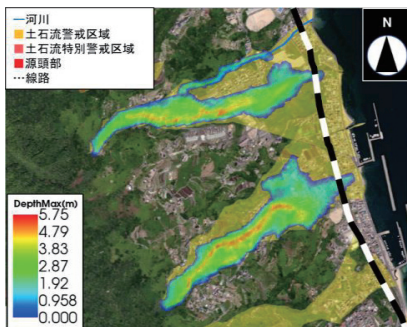
2章で抽出した, 土石流警戒区域・特別警戒区域に河川網および鉄道網が重なる地点を対象に, 土石流解析を行った. また, 本研究で示す結果の対象範囲は, 昨年の平成30年7月豪雨で, 被害が多かった岩国駅から徳山駅間の山陽本線または岩徳線沿いに絞った. さらに, 重なった区域と近い土石流警戒区域についても同時に解析を行った. 解析の結果, 土石流が鉄道のみに入流した地点(Case1), 土石流が河川のみに入流した地点(Case2), 土石流が鉄道と河川に入流した地点(Case3), Case3の内, 土石流が河川と鉄道の交差している箇所に入流した地点(Case4)が示された. 図-3(a)には, Case1となった解析結果の一例を示している. 土石流の到達範囲は鉄道に留まっているが, 線路上に2m以上土砂が堆積する可能性が示され, 土石流による鉄道災害発生危険性が極めて高い箇所であることが明らかとなった. 図-3(b)には, Case2となった解析結果の一例を示している. 土石流の到達範囲は河川に留まり鉄道には到達していないが, 住宅密集地近くの河川に土石流が2m程度堆積することが示され,



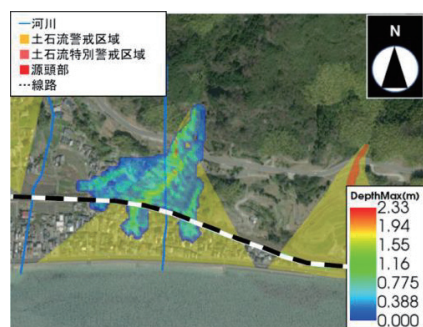
(a) 土石流が鉄道に入流 (Case1)



(b) 土石流が河川に入流 (Case2)



(c) 土石流が鉄道と河川に入流 (Case3)



(d) 土石流が鉄道と河川の交差箇所に入流 (Case4)

図-3 土石流シミュレーション結果

土石流による河川氾濫の被害が発生する危険性の高い箇所であることが示された。図-3(c)には、Case3となった解析結果の一例を示している。河川、鉄道ともに土石流が到達し、鉄道災害、河川氾濫、両ケースが土石流に伴って発生する危険性が高いことが示された。しかし、河川氾濫が鉄道に被害を与える可能性は低いと思われる。図-3(d)には、Case4となった解析結果の一例を示している。鉄道災害への複合災害につながる恐れがあるだけでなく、河川氾濫がさらに鉄道災害を引き起こす可能性も示唆され、非常に複合災害発生のポテンシャルが高いことが分かる。これらの解析結果を色ごとに分け、山口県の地図にプロットした結果を複合災害ポテンシャルマップとして図-4に示す。Case1, Case2, Case3, Case4の結果はそれぞれ、橙色、黄色、桃色、赤色で示されており、どの地点でどのような複合災害の発生する可能性が高いのかを示すことができた。また、山陽本線は特に複合災害発生の危険性が高いことが示された。以上、複合災害発生の可能性が高い区域で土石流シミュレーションを行った結果、2章の抽出結果よりもさらに詳細に複合災害発生の危険性のリスクが評価でき、山口県の地図上に示すことが出来た。また、図-3(a), (d)に示すように、土石流の到達範囲が土石流警戒区域外まで広がる地点が示され、複合災害リスク情報の空白地帯解明にも土石流シミュレーションが有用であることが示唆された。

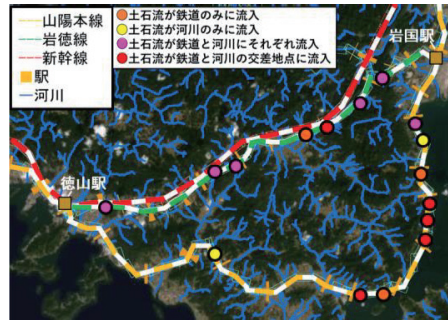


図-4 岩国-徳山間の岩徳線と山陽本線における複合災害ポテンシャルマップ

4. まとめ

地理情報システムを用いた解析の結果、山口県に指定されている土石流警戒区域および土石流特別警戒区域と河川網が重複する地点は、全体の34%、鉄道網が重複する地点は全体の3%、河川網および鉄道網と重複する地点は全体の1%存在することが明らかとなり、同じ土石流警戒区域または土石流特別警戒区域に指定されている区域の中でも、複合災害発生の可能性の高い箇所が多数存在することが明らかとなった。また、土石流シミュレーションの結果、複合災害発生の危険性のリスクを詳細に評価でき、リスクごとにマップに示すことで複合災害別の発生リスクが示された。また、複合災害リスク情報の空白地帯解明に土石流シミュレーションが有用であることが示唆された。今後は、複合災害発生の危険性が高い区域の解析範囲を広げると共に、複合災害発生の危険性が高い箇所の特性を明らかにし、効果的な対策案を検討していきたい。また、住居地の微地形を考慮した解析を実施したい。

参考文献

- 1) 原田大輔, 江頭進治: 流砂・流木を伴う洪水流の解析—2017年7月九州北部豪雨による赤谷川洪水を対象として—, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 74, No. 4, pp. I_937-I_942, 2018.
- 2) 大中臨, 赤松良久, 山口皓平, 河野誉仁: 平成30年7月豪雨における島田川水系東川の土石流・河川氾濫の複合災害の実態解明, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.75, No.1, pp.260-269, 2019.
- 3) 国土交通省, 政策レビュー「鉄道の防災・減災対策」, 鉄道局施設課, 2018.
- 4) 国土交通省, 大規模広域豪雨を踏まえた水災害のあり方について～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～, 社会資本整備審議会, 2018.
- 5) 田中春樹: iRICを用いた土石流解析, 応用技術株式会社, OGI Technical Reports vol.24, pp. 39-44, 2016.