

山口県内鉄道沿線を対象とした土石流を起因とする複合災害発生ポテンシャルの検討

山口大学創成科学研究科 学生会員 ○江口翔紀
 山口大学創成科学研究科 学生会員 大中 臨
 山口大学創成科学研究科 教授 正 会 員 赤松良久

1. 序論

近年、地球温暖化に伴う豪雨の増加により、土石流による複合災害が頻発している。平成30年7月豪雨では、山口瀬越地区において、土石流によって河道内に流木や土砂が流出したことによって河川氾濫が発生し、多くの被害をもたらした。また、同災害では、鉄道への土砂流入および線路の流出によって、全国計9業者の17路線が運転休止を余儀なくされた。しかし、現在公開されている土石流警戒区域や土石流特別警戒区域の情報のみでは土石流の挙動を予測することができないため、前述したような土石流を起因とした鉄道被害もしくは河川氾濫（以下、複合災害と称す。）の対策が困難である。また、大中ら¹⁾は、複合災害の危険性を評価する上での土石流シミュレーションの有用性を示唆しているが解析範囲は山口県内の3路線の一部に限定されている。

そこで、本研究では複合災害の発生ポテンシャルを明らかにするために、山口県全域における複合災害の発生する危険性の高い地点を抽出し、それらの地点を対象に、土石流シミュレーションによって、複合災害発生ポテンシャルの定量評価を実施した。

2. 山口県内の複合災害発生危険箇所の抽出

2.1 地理情報処理ソフトによる危険箇所の抽出

はじめに、山口県内の複合災害の発生危険箇所を広域的に把握するため、山口県内の土石流警戒区域、河川および鉄道のシェープファイルを地理情報処理ソフトである、ArcMap10.8.1 (Esri社) に出力し、複合災害発生危険箇所を抽出した。なお、土石流による鉄道被害の発生危険箇所（以下、h-railと称す。）は、鉄道線路（図-1）と重なる土石流警戒区域とし、土石流による河川氾濫の発生危険箇所（以下、h-rivと称す。）は、河川流心から100m以内に位置する土石流警戒区域とした。ここで、山陽新幹線は鉄道線路の大



図-1 山口県内の路線図

半が高架橋上に建設されており、土石流の土砂流出による被害の発生が考えにくいと抽出の対象外とした。また、それらの2つが重なる箇所を土石流による鉄道被害および河川氾濫の発生危険箇所（以下、h-rail-rivと称す。）とした。

2.2 危険箇所の抽出結果

抽出の結果、山口県内に存在する全9867か所の土石流警戒区域のうち、h-railが415か所、h-rivが7302か所、h-rail-rivが282か所存在することが明らかとなった。これにより、山口県内に存在する土石流警戒区域全体の7割以上の箇所で、土石流による河川氾濫の危険性が高いことが分かった。また、抽出されたh-railおよびh-rail-rivの位置を図-2、それらの路線ごとの集計結果を図-3に示す。山陰本線および山陽本線ではh-railが他の路線と比べて多く抽出されたが、この要因として、この2路線は路線長が他の路線に比べて長いこと空間的に土石流警戒区域と多く重なったことが主な要因と考えられる。また、路線長に対してh-rail-rivが最も多かったのは美祢線（路線長46.22km、62か所）であり、路線のほとんどが二級河川である深川川および厚狭川沿いの山麓に位置しているという地形特性がその要因として考えられる。

キーワード 土石流、複合災害、ポテンシャルマップ、iRIC、ArcMap

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9339

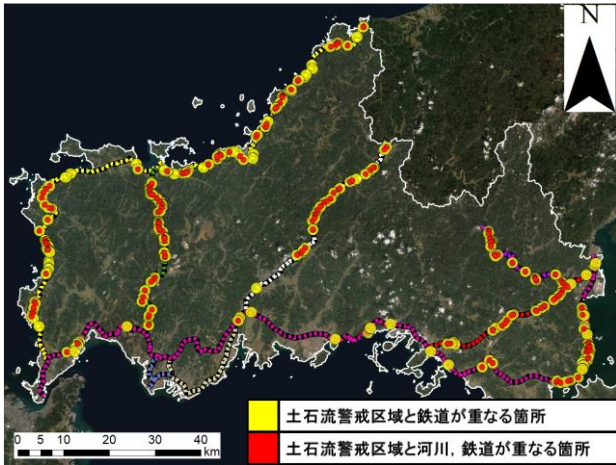


図-2 抽出された危険箇所の位置

また、小野田線および宇部線については路線が海沿いの平野部に位置しているため、土石流自体の危険性が低いことから、複合災害の危険箇所は抽出されなかったと考えられる。以上により、山口県における複合災害の危険性が高いと考えられる箇所の位置が明らかとなった。

3. 土石流シミュレーション

3.1 方法

抽出した複合災害発生危険箇所でも最も危険と考えられる、h-rail-rivを対象に、土石流シミュレーションを実施した。土石流シミュレーションには、iRICのMorpho2DH ソルバを用いた。Morpho2DH ソルバは平面二次元の土石流・泥流モデルを主体としたソルバであり、斜面崩壊を初期条件として土石流・泥流の流動・堆積過程を表現可能なモデルである。計算に用いた地形データは、山口県全域の標高データが再現可能である、10m メッシュのDEMを用いた。なお、斜面崩壊面積は5m×5m、深さ0.3mで発生すると仮

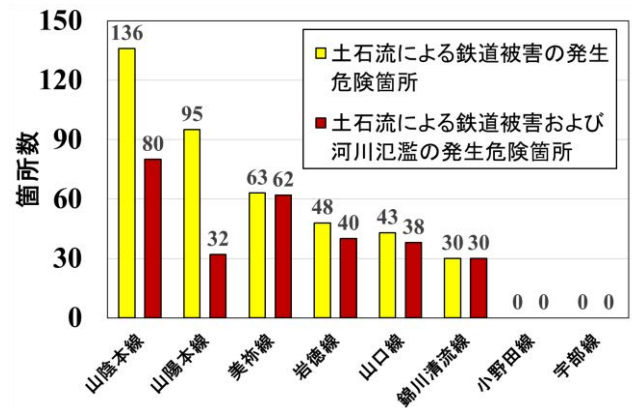
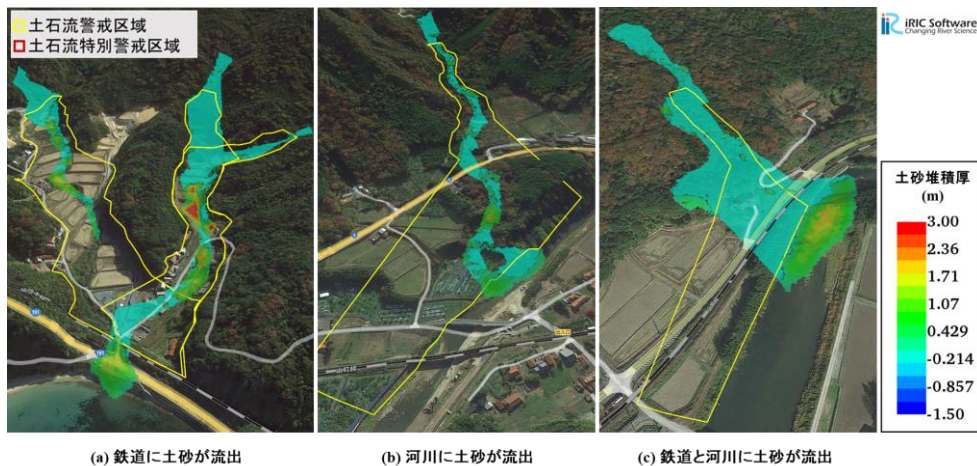


図-3 路線ごとの危険箇所の数

定し、土石流警戒区域の対象となっている溪流を土石流が流下するように斜面崩壊位置を設定した。また、1つのh-rail-rivにつき、1つの計算領域および1つの斜面崩壊を作成したが、複数の土石流警戒区域が重なる箇所は、複数のh-rail-rivをまとめて1つの計算領域を作成し、複数の斜面崩壊を設定した。その結果、計算領域は171か所となった。その他の計算条件は、計算格子間隔を2mとし、土砂の平均粒径を1cm、土石流による浸食が予想される河床堆積土砂の平均深さは、土石流の挙動を見ながら0.1~0.3mの間で設定し、計算時間間隔はCFL条件を満たすように適宜設定した。これらの計算条件は過去の災害報告書²⁾や、Morpho2DHの技術報告書³⁾を参考に設定しており、全計算において同様とした。また、計算結果より鉄道および河川への流出土砂量、平均堆積厚を算出し、複合災害発生ポテンシャルの定量評価を行った。

3.2 結果

作成した計算領域での土石流シミュレーションの例を図-4に、計算領域での土石流シミュレーション



(a) 鉄道に土砂が流出 (b) 河川に土砂が流出 (c) 鉄道と河川に土砂が流出

図-4 土石流シミュレーションの例

表-1 各路線の土石流シミュレーション結果

	計算領域	鉄道に流出	河川に流出	鉄道と河川に流出	土石流警戒区域外に流出
山陰本線	52	19(36.5%)	7(13.5%)	5(9.6%)	7(13.5%)
山陽本線	18	6(33.3%)	0	0	4(22.2%)
美祢線	37	23(62.2%)	27(73.0%)	18(48.6%)	21(56.8%)
岩徳線	19	12(63.2%)	12(63.2%)	7(36.8%)	7(36.8%)
山口線	27	15(55.6%)	12(44.4%)	8(29.6%)	13(48.1%)
錦川清流線	18	17(94.4%)	16(88.9%)	15(83.3%)	16(88.9%)
合計	171	92(53.8%)	74(43.3%)	53(31.0%)	68(39.8%)

表-2 河川への流出土砂量が多かった上位 10 か所

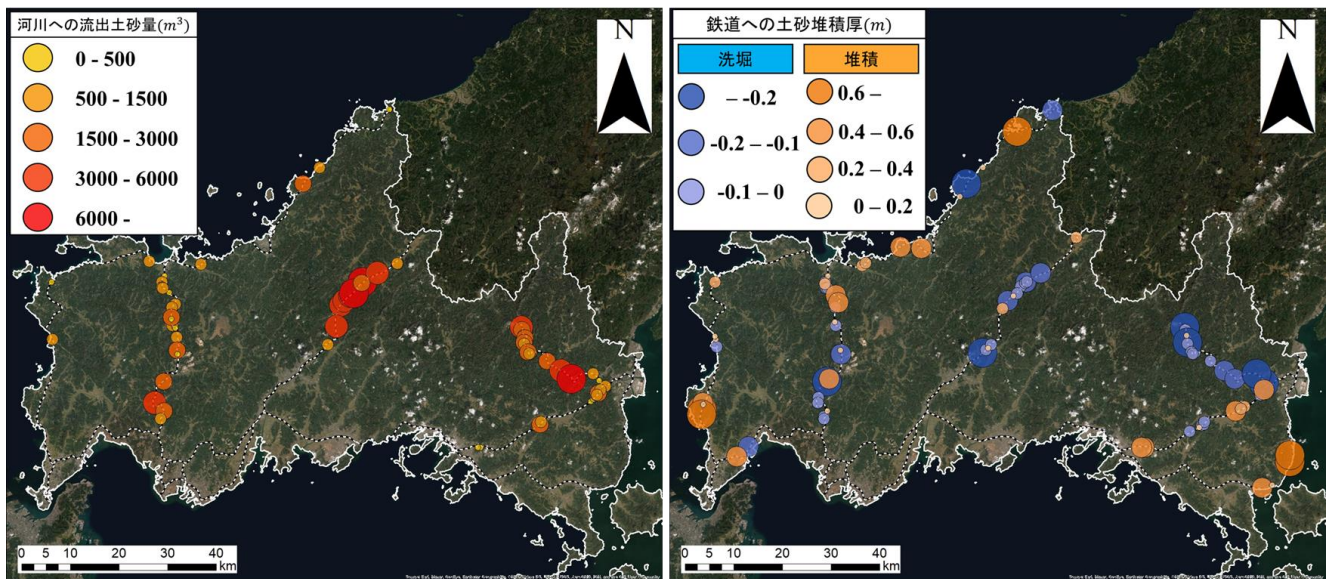
箇所名	流出土砂量 (m ³)	土砂堆積厚 (m)	河川名	川幅 (m)
stn13 (錦川清流線)	36668.40	0.609	錦川 (二級河川)	125
sty7 (山口線)	7865.71	0.514	阿武川 (二級河川)	56
styx10 (山口線)	7216.76	1.058	阿武川 (二級河川)	52
stn1 (錦川清流線)	5904.71	0.424	錦川 (二級河川)	81
stn12 (錦川清流線)	5309.47	0.510	錦川 (二級河川)	130
styx4 (山口線)	5063.95	0.985	篠目川	39
stmex15 (美祢線)	4293.53	0.715	厚狭川 (二級河川)	39
styx8 (山口線)	3829.76	0.807	阿武川 (二級河川)	40
styx12 (山口線)	3731.63	0.508	阿武川 (二級河川)	54
sty5 (山口線)	3686.54	1.243	田代川	15

表-3 鉄道への土砂堆積厚が高かった上位および下位 10 か所

箇所名	平均堆積厚 (m)	流出土砂量 (m ³)	箇所名	平均堆積厚 (m)	流出土砂量 (m ³)
stsix17 (山陰本線)	1.394	504.77	stn14 (錦川清流線)	-0.293	-146.14
stsy8 (山陽本線)	1.157	1343.52	stn1 (錦川清流線)	-0.293	-309.46
stsy7 (山陽本線)	0.834	1330.97	stmex13 (美祢線)	-0.286	-88.63
stsix1 (山陰本線)	0.691	759.84	stn6 (錦川清流線)	-0.282	-51.06
stsi3 (山陰本線)	0.607	313.96	stnx4 (錦川清流線)	-0.281	-34.53
stg1 (岩徳線)	0.596	95.30	sty1 (山口線)	-0.237	-41.95
stsix11 (山陰本線)	0.579	259.29	stsi29 (山陰本線)	-0.228	-451.05
stsi1 (山陰本線)	0.552	266.84	styx10 (山口線)	-0.200	-142.09
stmex12 (美祢線)	0.549	194.26	stn13 (錦川清流線)	-0.192	-503.27
stgex11 (岩徳線)	0.465	41.89	styx12 (山口線)	-0.186	-129.31

結果を表-1 に示す。小野田線と宇部線については h-rail-riv が存在しなかったため、土石流シミュレーションを実施していない。また、表-1 の土砂が河川に流出したと判定した箇所をまとめる際、川幅が 5m 以下である水路のような河川に流出した箇所は、複合災害の対象から外れると考え、当該箇所を除外して集計している。土石流シミュレーション結果、計算領域の内、半数以上の箇所で土砂が鉄道に流出し、約 4 割の箇所で土砂が河川に流出、約 3 割の箇所で鉄道、河川の両方に土砂が流出することが明らかとなった。h-rail-riv が最も多く抽出されていた山陰本線では、土石流シミュレーションによって土砂が河川に流出した箇所が h-rail-riv の 1 割程度であり、ArcMap での抽出結果とは反対に複合災害発生の危険性が比較的低いことが明らかとなった。錦川清流線は h-rail-riv の抽出数が最も少なかったが、土石流シミュレーションの結果、ほとんどの箇所で土砂が鉄道や河川に

流出し、複合災害発生の危険性が非常に高いことが明らかとなった。また、表-2 に河川への流出土砂量が多かった上位 10 か所を、表-3 に鉄道への土砂堆積厚が高かった上位および下位 10 か所を示す。表-2 より、河川への流出土砂量が多かった箇所は比較的川幅の広い河川に沿う路線（錦川清流線（錦川沿い）、山口線（阿武川沿い））に集中していることが示された。表-3 より、鉄道への土砂の堆積厚が高かった箇所は、海沿いの路線である山陰本線および山陽本線の箇所が多かったが、この 2 路線は他の路線と比較して、線路が平坦な土地に建設される傾向があり、土砂が堆積しやすかったことが要因として考えられる。また、反対に多くの土砂が洗堀された箇所は、錦川清流線の箇所特に多かったが、錦川清流線は勾配が大きい山麓に線路が位置し、土砂が洗堀されやすかった箇所が多かったためと考えられる。また、計算領域の約 4 割の箇所で土石流が土石流警戒区域外に流



(a) 土石流による河川氾濫発生ポテンシャルマップ

(b) 土石流による鉄道被害発生ポテンシャルマップ

図-5 土石流による複合災害発生ポテンシャルマップ

出したことから、土石流警戒区域外であっても、土石流および土石流を起因とする複合災害の危険性があることが示された。以上のように、土石流シミュレーションを用いることで、土石流警戒区域や土石流特別警戒区域の情報では把握できなかった、土石流の詳細な流動範囲を把握することができるため、土石流災害の危険性の評価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。

3.3 ポテンシャルマップの作成

また、図-5 に算出した土石流による鉄道への堆積土砂厚および河川への流出土砂量を用いて作成した、複合災害発生ポテンシャルマップを示す。図-5 より、土石流による河川への流出土砂量が多かった箇所は、美祢線（深川川、厚狭川沿い）、山口線（阿武川沿い）、錦川清流線（錦川沿い）の箇所に集中していることがわかる。したがって、このような場所では、土石流による河川氾濫のポテンシャルが高いと考えられる。また、土石流による鉄道への土砂堆積厚が高い箇所は海沿いに位置する路線で特に高い傾向であり、これは前述したように線路が平坦な場所に建設されていたためと考えられる。また、反対に土砂が洗堀され、線路が流出する可能性が高い箇所は、錦川清流線や山口線などの、路線が山麓に位置しており、勾配が大きい箇所に多い傾向であった。このように、土石流シミュレーション結果に基づいて、複合災害発生ポテンシャルマップの作成することにより、山口県内

に位置する各路線で、発生する可能性の高い複合災害の分布や規模を把握することができた。

4. 結論

山口県内の複合災害発生危険箇所を把握するため、地理情報処理ソフトによる広域的な複合災害発生危険箇所の抽出を行った。その結果、海沿いの平野部に位置する路線を除く、県内の各路線で複合災害の危険性が存在することが明らかとなった。また、複合災害発生危険箇所を対象とした土石流シミュレーションにより、土石流による河川への流出土砂量および鉄道への土砂堆積厚を算出し、当該危険箇所の複合災害の発生ポテンシャルの定量評価およびポテンシャルマップの作成を実施した。その結果、美祢線、山口線、錦川清流線などの河川沿いに路線が位置する箇所で、土石流を起因とする河川氾濫の発生ポテンシャルが高いことや、山陰本線や山陽本線などの海沿いに路線が位置する箇所や、錦川清流線や山口線などの路線が山麓に位置する箇所で、鉄道被害の発生ポテンシャルが高いことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 大中ら(2020) 河川技術論文集, 第 26 巻, pp.579-584
- 2) 竹林ら(2020) 京都大学防災研究所年報, A, 63, pp.91-100
- 3) 田中春樹(2016) OGI Technical Reports, vol.24, pp.39-44