

気候変動による鉄道ネットワークの水害リスク変化予測

名古屋大学大学院 学生会員 ○田島 治希
 名古屋大学大学院 正会員 徐 非凡
 名古屋大学大学院 正会員 加藤 博和

1. はじめに

気候変動による自然災害の激甚化・頻発化が懸念されている。国土交通省のとりまとめによると、全国の洪水発生頻度は20世紀末に比べ21世紀末には世界の地上平均気温が4℃上昇するケースでは平均して4倍増加するとの試算が示されており、今後の自然災害による被害は全国で増加すると考えられる。

交通ネットワークは自然災害の影響を大きく受けるため、気候変動による自然災害の変化に適応することが重要である。鉄道に着目すると、近年にも2020年7月豪雨で被災した肥薩線や、2022年8月豪雨で被災した五能線など、水害によって長期不通に追い込まれる事例が発生している。

国は現在「国土強靱化基本計画」に基づき、老朽化したインフラの強化に注力しており、2018年の改定では気候変動の影響を踏まえた水害対策の推進を明記している。鉄道ネットワークの将来の水害リスクを把握することは今後の効率的な災害対策・気候変動適応策の推進にあたり重要な課題である。

本研究では、鉄道ネットワークを対象とした水害のリスク評価手法を提案し、それを用いて全国の鉄道ネットワークの将来水害リスクを評価することを目的とする。

2. 鉄道ネットワークの水害リスク評価における3因子

リスク評価における因子として、“危険源”、“曝露”、“脆弱性”などが用いられる。本研究においてはこれら3つについて以下のように定義し用いる。

2.1 “危険源”

“鉄道路線が長期不通となり得る規模の水害の発生確率”として定義する。区間ごとに計画基準や浸水深を基に閾値を定め、その閾値に相当する規模の水害が1年間に発生する確率(/年)をもって表す。なお、全国の鉄道路線区間を河川橋梁があるかどうかで大別し、それぞれについて閾値を設定する。

2.2 “曝露”

“鉄道路線の長期不通によって直接影響を受ける人数”として定義する。不通となった鉄道路線を平常時に利用していた人数、すなわち路線の平均通過人員(人/日)をもって表す。

2.3 “脆弱性”

“水害の発生によって、より大きな悪影響を及ぼしうる特性”として定義する。具体的には、以下の2つが考えられる。

- ・ “インフラ形状による脆弱性”：インフラが老朽化している、被災すると修復が困難である等の要因から、インフラ形状に依拠して不通期間が長くなってしまう性質
- ・ “ネットワーク形状による脆弱性”：ネットワークとして重要な路線であるため、不通になると迂回時間が発生し、悪影響を及ぼす性質

“インフラ形状による脆弱性”は水害に被災した際の不通日数(日)をもって表す。一方、“ネットワーク形状による脆弱性”はある鉄道路線が長期不通になった際、迂回により損失する1人あたり平均時間(分/人)をもって表す。

2.4 “水害リスク値”

以上の3因子の積を“水害リスク値”と定義する。単位は分/年である。これはある鉄道路線が水害によって不通になることで、利用者が損失する時間の総和の1年当たり期待値と言い換えることができる。

3. 各評価因子の算出に用いるデータと計算手法

3.1 “危険源”

柳原ら(2022)は、共有社会経済経路(SSP)別の気候シナリオデータを用いて洪水氾濫による浸水深を算出している。これを本研究で利用する。データの詳細を表-1に示す。閾値は河川橋梁部では基準気候における100年に1度相当の水深、地上部ではレールが冠水する60cmとして定め、シナリオごとに将来変化を評価した。

3.2 “曝露”

鉄道統計年報より各鉄道路線の 2019 年度の平均通過人員データを入手した。将来予測では各路線の輸送量は路線沿線人口に比例すると仮定し、上記のデータと現在と将来の路線人口の比を掛けて算出した。現状と将来の人口分布データは A-PLAT(adaptation-platform.nies.go.jp)より環境研究総合推進費 2-1805 成果(日本版 SSP3 次メッシュ人口シナリオ第2版)を入手した。

3.3 “インフラ形状による脆弱性”

“危険源”で用いたデータに加え、国土数値情報(nlftp.mlit.go.jp)より入手した「低地地形分類」データを用いて、鉄道路線を河川橋梁部、高地部、低地部に分類し、それぞれ不通日数を1年、4週間、1週間と設定した。

3.4 “ネットワーク形状による脆弱性”

Arc GIS 上で鉄道ネットワークをグラフとして抽象化したデータを作成し、各リンクには Hyper Dia(www.hyperdia.com/ja/)を参照し、平均所要時間を与えた。これを用いて Arc GIS 上で OD コストマトリックス解析を行うことで各 OD ペア間の所要時間を算出し、リンク断絶前と断絶後で比較することで損失時間を算出した。OD ペアは那覇市を除く 46 都道府県庁所在地の中心駅間とした。

4. 分析結果

基準気候における水害リスク値を図-1、土地利用変化シナリオ、21世紀末における水害リスク値総計を図-2に示す。本手法により水害リスクの高い路線を可視化することができた。

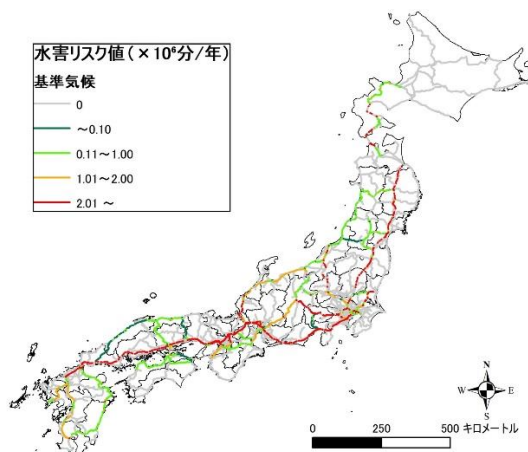


図-1 基準気候における水害リスク値

表-1 “危険源” データの詳細

※全て5次メッシュ(250m×250m)の全国データである。

年代	1981年-2000年(基準気候)
再現期間(年)	30,50,100,200

年代	2031年-2050年(近未来気候) 2081年-2100年(21世紀末気候)
再現期間(年)	30,50,100,200
社会経済シナリオ	SSP1(持続可能シナリオ) SSP5(化石燃料依存シナリオ)
気候モデル	MRI-ESM2-0 MIROC6 ACCESSCM2 IPSL-CM6A-LR MPI-ESM1-2-HR
土地利用変化	変化, 固定

加えて、将来気候における水害リスク値の評価結果から、気候変動緩和策を推進し、持続可能シナリオに近づくことで鉄道の水害リスクが低減することが確認できた。

謝辞

本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20S11818)の一環として実施した。

参考文献

柳原駿太, 風間聡, 多田毅, 山本道, 峠嘉哉: 共有社会経済経路(SSP)を用いた気候変動と土地利用変化による日本全国の洪水被害の変化, 土木学会論文集G(環境), Vol.78. No.5, pp. I_387-I_396, 2022.

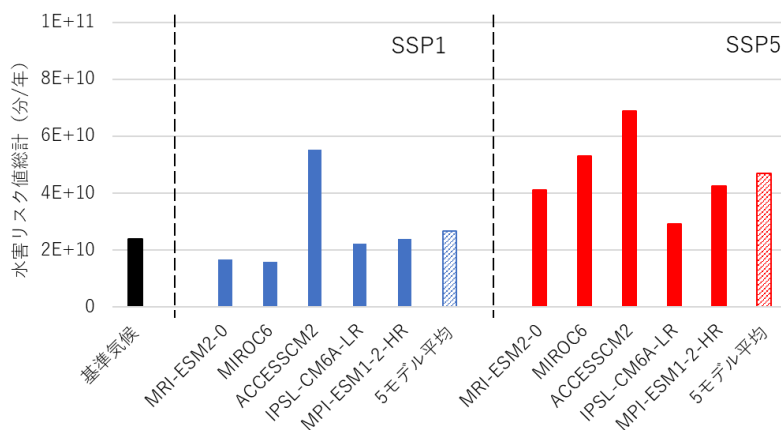


図-2 土地利用変化シナリオ、21世紀末における水害リスク値総計