

相乗型豪雨災害のネットワーク分析

広島大学	学生会員	○西澤	巧真
広島大学	学生会員	野口	寛貴
広島大学	正会員	布施	正暁

1. 背景・目的

相乗型豪雨災害では、同時多発的に異なる種類の自然災害が発災するため、その被害規模は深刻である¹⁾。相乗型豪雨災害に対応するためには、その被害波及プロセスの特徴を把握しておく必要がある。近年、自然災害の被害波及プロセス特徴把握手法として、多くの被害波及プロセスが特定できる点でネットワーク理論の活用が注目されている²⁾。特徴把握結果は、時間変化に対応したきめ細かな災害対策を実施するための基礎情報として活用するため、災害発生からの時間経過を考慮することが求められる。しかしながら、ネットワーク理論を活用して自然災害の被害波及プロセスの特徴把握を行った既存研究では、時間経過が考慮されていない。そこで本研究の目的は、相乗型豪雨災害を対象に、ネットワーク理論を活用して時間経過を考慮して被害波及プロセスの特徴を把握することである。

2. 相乗型豪雨災害のネットワーク分析手法

本研究で用いる分析手法は 3 ステップから構成される。第 1 ステップでは、被害波及プロセス事例を新聞記事より収集する。第 2 ステップでは、収集した被害波及プロセスごとにネットワークを作成し、それらを重ね合わせることで相乗型豪雨災害のネットワークを構築する。第 3 ステップでは、相乗型豪雨災害のネットワークに対してネットワーク分析を行い、その特徴を把握する。以上の 3 ステップをフェーズ 1 (災害発生直後から 1 週間)、フェーズ 2 (災害発生 1 週間後から 1 ヶ月まで)、フェーズ 3 (災害発生から 1 ヶ月以降) の 3 つのフェー

ズで行うことで時間経過を考慮した自然災害の被害波及プロセスの特徴把握を行う³⁾。

〈1〉新聞記事の収集

既往研究では災害事例を専門家へのヒアリング調査や、過去の事例から収集していたが、本研究では相乗型豪雨災害の被害波及プロセスの事例は新聞記事より収集する。新聞記事を活用する利点は、特定の種類に限らずさまざまな種類の被害波及プロセスを収集できる点、また、被害波及プロセスの情報が時間経過と同時に記述されている点である。新聞記事より収集した被害波及プロセスから当該プロセスを説明するキーワードを災害事象として抽出する。対象期間は 2018 年 7 月 5 日から 2019 年 10 月 31 日である。対象期間内の新聞記事上で「災害事象 m により災害事象 n が発生した」といった原因と結果が明確に記述されている場合に被害波及プロセスとする。

〈2〉ネットワーク構築方法

相乗型豪雨災害のネットワークは、新聞記事より収集した被害波及プロセスごとにネットワークを作成した上で、それらを重ね合わせることで構成される。一連の相乗型豪雨災害のネットワーク作成フローを図 1 に示す。まず、抽出した災害事象をノード (図 1 における DE)、災害事象間の因果関係をリンクにもつネットワークを作成する。このネットワークは隣接行列 A に変換できる (図 1 における A_1 から A_3)。これらのネットワークを重ね合わせることで相乗型豪雨災害のネットワークが構成される。

キーワード 相乗型豪雨災害 ネットワーク分析

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山一丁目 4 番 1 号

T E L 082-424-7505

相乗型豪雨災害のネットワークの隣接行列は、(1)式で与えられる。

$$N(m,n)=\sum_i A_i(m,n) \tag{1}$$

ここで、 A_i は被害波及プロセス*i*の隣接行列、 N は相乗型豪雨災害のネットワークの隣接行列である。隣接行列 A_i の要素 $A_i(m,n)$ は、災害事象*m*と災害事象*n*の因果関係を示し、災害事象*m*から災害事象*n*に因果関係がある場合は1、そうでない場合は0となる。また、 N は、実際には発生経験はないが、発生しうる被害波及プロセスを特定できる利点を持つ。例えば図1において、災害事象DE1からDE5に至るプロセスは、発生経験はないが*N*上ではリンクを介して繋がっていることから、このプロセスは発生しうると特定できる。

〈3〉ネットワーク分析方法

ネットワーク分析では、重要な災害事象を定量的に特定するため、ネットワーク中心性指標の一つである次数中心性*dc*を式(2)から(3)に従い算出する⁴⁾。次数中心性はin-degreeとout-degreeに分類でき、それぞれ当該事象に入次する数と当該事象から出次する数である。in-degreeは他の事象から注目事象が受けた影響の程度、out-degreeは注目事象が他の事象に与えた影響の程度をそれぞれ表す。

$$dc_{n,k=in}=\sum_m N(m,n) \tag{2}$$

$$dc_{n,k=out}=\sum_m N(n,m) \tag{3}$$

ここで、 m と*n*は災害事象、 k は災害事象に対する入次($k=in$)と出次($k=out$)、 dc は次数中心性である。

3. 相乗型豪雨災害のネットワーク分析結果

表1に新聞記事より得られた災害事象、図2に構築したネットワーク図を示す。147件の新聞記事から46個の災害事象と323件の被害波及プロセスを得た。被害波及プロセスの内訳は、フェーズ1が198件、フェーズ2が76件、フェーズ3が49件であった。次数中心性の計算結果より、in-degreeが低く、out-degreeが高いノードは、被害波及プロセスの出発点、in-degreeが高く、out-degreeが低いノードは、被害波及プロセスの終点、in-degreeとout-degreeが均衡するノードは被害波及プロセスの中間地点として各フェーズで重

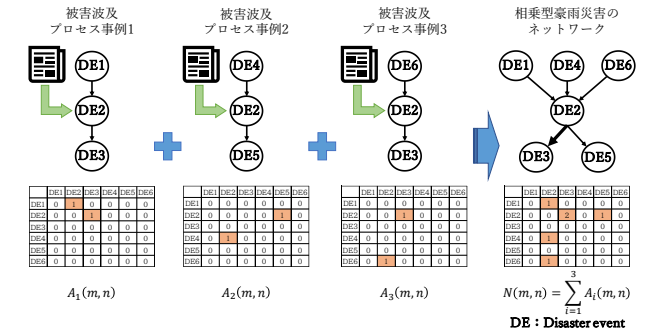


図1 相乗型豪雨災害のネットワーク作成フロー

表1 新聞記事より得られた災害事象

分類	災害事象
自然災害	大雨 (DE1)、酷暑 (DE2)、土砂崩れ (DE3)、土石流 (DE4)、氾濫 (DE5)、浸水 (DE6)、倒木 (DE7)
	通勤通学困難 (DE8)、代替輸送の増加 (DE9)、混雑・渋滞 (DE10)、交通事故 (DE11)、道路・線路の寸断 (DE12)、公共交通の混乱 (DE13)
	死亡 (DE14)、行方不明 (DE15)、孤立 (DE16)、けが (DE17)、体調不良 (DE18)、不安・恐怖 (DE19)
インフラ	停電 (DE20)、通信遮断 (DE21)、上下水道設備の被害 (DE22)、避難所の設置 (DE23)
建物	家屋・車被害 (DE24)
サプライチェーン	農業・漁業被害 (DE25)、メーカー操業停止 (DE26)、廃業 (DE27)、サプライヤー操業停止 (DE28)、レンタカー車両不足 (DE29)、防犯グッズ需要増加 (DE30)
	病院の機能停止 (DE31)、患者の転院 (DE32)
地域	被災地の地価下落 (DE33)、地域シンボル行事の中止・変更 (DE34)、風評被害 (DE35)、観光促進キャンペーンの実施 (DE36)、他地域への移住 (DE37)
	災害関連の基準見直し (DE38)、災害ごみの発生 (DE39)、事前災害対策の失敗 (DE40)、休校・始業時間変更 (DE41)、捜査難航 (DE42)
行政	他県からの援助受け入れ (DE43)、窃盗事件の発生 (DE44)、支援に対する感謝 (DE45)、農作物・海産物の価格上昇 (DE46)
その他	

要ノードが把握された。フェーズごとの被害波及プロセスの出発ノードの中では、フェーズ1では、「土砂崩れ (DE3)」と「浸水 (DE6)」のout-degreeがそれぞれ34、31、フェーズ2では、「浸水 (DE6)」のout-degreeが12、フェーズ3では、「浸水 (DE6)」と「事前災害対策の失敗 (DE40)」がそれぞれ7、8と高く、これらが重要ノードといえる。in-degreeが高くout-degreeが低いノードは、被害波及プロセスの終点であると解釈できる。フェーズごとの被害波及プロセスの終点ノードの中では、フェーズ1では、「メーカー操業停止 (DE26)」のin-degreeが24、フェーズ2では、「農業・漁業被害 (DE25)」のin-degreeが18、フェーズ3では、「他地域への移住 (DE37)」と「災害関連の基準見直し (DE38)」のin-degreeがそれぞれ7、12と高く、これらが重要ノードといえる。in-degreeとout-degreeが均衡するノードは、被害波及プロセスの中間地点であると解釈できる。フェーズごとの被害波及プロセスの中間地点としては、フェーズ1では、「道路・線路の寸断 (DE12)」と「家屋・車被害 (DE24)」と「事前災害対策の失敗 (DE40)」のin-degreeとout-degreeの和が

それぞれ、36, 28, 18, フェーズ2では、「家屋・車被害 (DE24)」の in-degree と out-degree の和が 9, フェーズ3では、「家屋・車被害 (DE24)」の in-degree と out-degree の和が 12 と高く、これらが重要ノードといえる。すべてのフェーズの結果をみると、出発ノードは「浸水 (DE6)」が共通してあげられ、終点ノードはそれぞれのフェーズで異なり、中間地点は「家屋・車被害 (DE24)」が共通してあげられることからこの2つのノードは特に重要なノードといえる。

4. 結論

本研究は、近年多く観測される豪雨災害の中でも、同時多発的・相乗的な被害をもたらす相乗型豪雨災害における被害波及プロセスの特徴を災害発生からの時間経過を考慮して求めるために相乗型豪雨災害のネットワークを構築、分析した。フェーズごとの代表的な被害波及プロセスと出発ノードや終点ノード、中間地点を把握することができた。特に、3つのフェーズを通して出発ノードは「浸水 (DE6)」が、中間地点は「家屋・車被害 (DE24)」が共通してあげられることからこれらのノードは重要なノードであることを把握した。相乗型豪雨災害発生前後にはこの重要ノードに関して対策を講じることで、被害を小さくすることが出来ると言える。また、終点は各フェーズで異なるため、各フェーズに適した対策も求められると結論付けた。

本研究の課題は、被害波及プロセスを表すネットワークの構築に用いられる災害事象の選定に分析者の判断が残ることである。災害事象の選定では、恣意性を排除することが望ましく、選定根拠を明確に示すことが望ましい。また、災害事象同士の因果関係は新聞記事を1つずつ読むことで把握されるため、新聞記事数が増えるほどその作業は増えてしまう。この課題を解決するために、テキストマイニング法が活用できる¹⁶⁾。具体的にテキストマイニング法は、新聞記事をテキストデータとして取り扱い、出現パターンの似た用語を線で結んだ共起ネットワークを作成できる。災害事象を共起ネットワークにおける出現パターンの似た用語をグルーピング結果とすることで明確な根拠をもって選定できる。

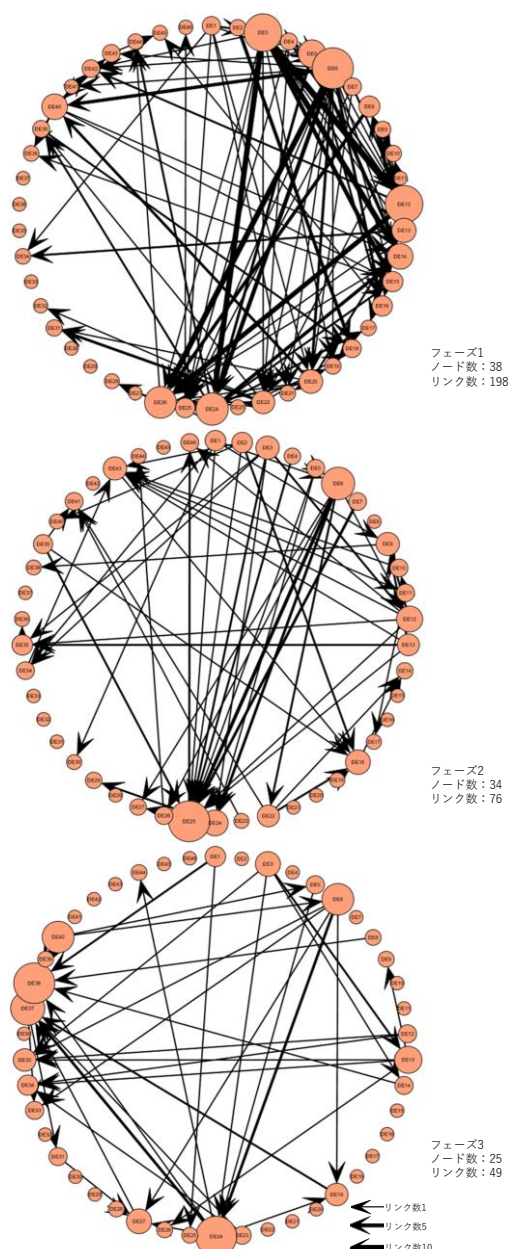


図2 構築したネットワーク図

参考文献

- 1) 広島大学防災・減災研究センターホームページ (アクセス: 2020年1月21日)。
- 2) Tang, P., Addressing cascading effects of earthquakes in urban areas from network perspective to improve disaster mitigation, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35, 2019.
- 3) 内閣府: 市町村が実施すべき主な対策 (アクセス: 2020年1月21日)。
- 4) Yang, Y., Xie, J., Mining Important Nodes in Directed Weighted Complex Networks, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2017, Article ID 9741824.