



グラフデータベースを用いた 広域災害指標に関する研究

伊藤, 史佳
梶川, 義幸
大石, 哲

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 24:111-120

(Issue Date)

2020-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81013262>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81013262>



グラフデータベースを用いた 広域災害指標に関する研究

Study on indicator of inter-region-disasters by using graph database

伊藤 史佳¹⁾
Fumika ITO
梶川 義幸²⁾
Yoshiyuki KAJIKAWA
大石 哲³⁾
Satoru OISHI

概要：広域災害を2つ以上の地域にまたがって発生する災害と定義すると、広域災害が発生した場合にはその中間にある都市は健全な地域からのアクセスを失い、復旧までに時間を要することになる。本研究は、広域災害が起きる前に、大規模災害に対して迅速な復旧支援体制の形成に資する指標を策定することを目的とする。そのため、グラフデータベースに明治時代以降の災害情報を入力し、その災害と地域のリンクに関する数値をもとに広域災害に関する指標を提案する。本研究で提案された3つの指標から豪雨災害と地震災害について広域災害に関する指標の違いを分析し、地域をまたがった取り組みとしての復旧支援体制の形成について議論する。

キーワード：グラフデータベース, 災害情報, 広域災害指標, Page Rank, Neo4j

1. はじめに

広域災害を2つ以上の地域にまたがって発生する災害と定義すると、広域災害は被害規模が大きく、被災地となった地方公共団体内のみでは十分な災害対応が困難となり、被災地外からの人的、物的、行政機能の支援などが必要となることが予想される。舩木ら¹⁾は近い将来発生が懸念されている南海トラフ地震、首都直下型地震では、阪神淡路大震災をはるかに上回る広域的な被害が隣接する複数の都道府県にわたって同時に発生するとしている。このような広域災害発生に備え、迅速な復旧対応ができるよう体制を整えることは重要である。そこで、広域災害後に周囲の地域からの復旧支援に寄与する指標を策定し、事前に起こりうる災害に対して迅速な復旧に向けた対策を講じることを目標として、広域災害の発生形態に関する指標によって適切な復旧支援やBCPの体制形成に資することを本研究の目的とする。

ここで、本研究では災害対策基本法²⁾にならい災害を暴風、竜巻、豪雨、豪雪、洪水、崖崩れ、土石流、高潮、地震、津波、噴火、地滑り、その他の異常な自然現象により生ずる被害と定義する。また、本研究では、日本を北海道、東北、関東、中部、近畿、中国四国、九州沖縄の地域にわけ、その地域の境界を越えて被害を及ぼした災害を広域災害として検討を進める。

既往研究として阪神淡路大震災や新潟中越地震などの過去に発生した災害から広域災害の支援における様々な課題解消についての研究がなされている。矢島ら³⁾は斜面災害による道路の被害軽減を目的として、発生した1,310件の斜面災害事例を体系的にとりまとめ、構築した国道斜面災害データベースを用いて道路斜面災害の特徴や地域性、地質・地形・雨量等の要素と災害発生数との相関について分析している。その中では、災害特性を分析するうえでデータの信頼性を高めるために母集団を大きくする事の重要性について述べている。

また、中岡⁴⁾は選定した4,000件の土木事象についてリレーショナルデータベースを用いたデータベース

化によって、年表作成に新しい方法論を提供するとともに、データの取り出し方によって様々な専門分野の視点から見る多様な年表の作成を可能にした。

一方で、四月朔日ら⁵⁾はCIMで扱われるプロダクトモデルを様々な方式のデータベースに格納する方法を検討し、深い階層構造を有するモデルに対しては、リレーショナルデータベースではなくグラフ理論に基づいたグラフデータベース⁶⁾を用いることが有用である事を示した。

これらの先行研究を踏まえ、本研究では、過去の広域災害の地理的分布の整理を行う。地理的分布の解析にあたり、地理空間を考慮した分析を行う事ができるという利点を有するグラフデータベースを作成し、得られたグラフデータベースから広域災害指標の検出を行う。グラフデータベースにはNeo4J⁷⁾を用い、広域災害指標としてPageら⁸⁾によるPage Rank値を参考にした3つの指数を提案する。最後に広域災害指標を用いた災害種類ごとの復旧支援体制のあり方を提案する。

2. 災害グラフデータベースの構築

(1) 災害グラフデータベース

はじめにグラフデータベースの構造を述べる。

グラフデータベースは、災害および2種類(地域・地名)の場所のノード、そして災害から発生場所に向かうリレーションからなる。災害の各ノードには識別子としてa1, a2・・・と順に番号を付け、プロパティとして災害名、発生年月、発生場所、そして被害状況を表す項目を用意して資料から読み取ったデータをプロパティとして格納した。災害ノードは災害の種類を英語で表したもの(rain, earthquake, volcano, snow, cold damage, bombing, wind, drought)をノードのラベルとして付け、同様に地域のノードはrelationを、地名のノードはplaceをラベルとして付けた。

各グラフの構造として、**図1**に示すように災害と発生場所の関係を表す[災害グラフデータベース(グラフ①)]、日本の県、市、区の関係を表す[地名グラフデータベース(グラフ②)]の2種類のグラフデータベース①、②を作成した後、①、②に共通したノード(すなわち北海道/東北/関東/中部/近畿/中国四国/九州沖縄の7地域)が結合されることで地名-災害グラフデータベース(グラフ①')とした。

以下にグラフデータベース①、②の詳しい作成手順を述べる。

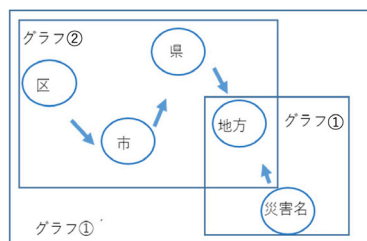


図1 グラフデータベースの構造

①災害グラフデータベース

データソースとして力武、武田⁹⁾の第II章「記録に見る自然災害の歴史」に収録されている明治から平成(1995年7月)までの災害データを資料として用いる。同書に収録されている災害データの基準として「記録に残された国内の主要な自然災害をまとめたもので、区分した時代それぞれの自然災害全般及び災害対策に関して概観した後、主要な災害一覧を年代的に記載した。力武、武田⁹⁾では参考資料は主として荒川ら¹⁰⁾、黛¹¹⁾、井上^{12)~14)}、村井¹⁵⁾、井上・林屋¹⁶⁾を基にした上で各災害に関する資料を参考にして記述した。」とある。ただし、引用方法については本論文の引用方法に従って書き直している。その上で、武田⁹⁾に掲載されている各災害に関して発生時期、災害名、死者・行方不明者数、家屋損壊数、地震の際はマグニチュードなどの被害規模を表す情報をグラフデータ内にプロパティとして以下のように内蔵した。

- ・ 災害データのテキスト化：資料のスキャンを行い、OCR機能によりPDFファイルからテキストファイルに変換した。ここでの問題点として、OCR機能で資料のテキスト化を行う際にレイアウト保持ができない所が一部あった。そのためレイアウトが保持できていない箇所は手動でレイアウト通りになるよう変更した。
- ・ Pythonスクリプトを作成しテキストデータからの情報抽出：災害ノードのプロパティとして内蔵する被害情報を抽出するアルゴリズムを作成した。抽出方法としては、災害文ごとに分割したうえで、災害名は最初に出てくる漢字の集合を抜き出す、日付は「(」の直後の数字を抜き出す、被害状況を表す数字に

については、例えば負傷者数を抜き出す際は「負傷者」という文字の直後に出てくる数字をそれぞれ抜き出すようなアルゴリズムとした。

- Python によるグラフデータベース作成プログラムの生成：Neo4j においてノード、リレーションの生成を行うクエリコードを作成し実行する Python コードを作成した。リレーションについては各地域に属する県名や各地域名、東日本、西日本などの地域区分を災害名に含んでいる際にその災害から、災害発生場所として災害名に含まれる各地域に向かうものとして作成した。Python によるアルゴリズム作成では、文字列において特定の文字を取得する際は、文字の有無を判定するのではなく、正規表現で位置を取得する事によって抜き出す事でプログラムの高速化を図った。

②地名グラフデータベース

県/市/区/町名から成る郵便番号データを地名データとして用いる。
本研究で作成するノードは県/市/区までとした。

- 郵便局の公開している郵便番号データ(excel データ)をテキストファイルとして読み取る。
- Python により正規表現を用いた文字列の検索を行い、政令指定都市を含む地域には県/市/区、非政令指定都市の地域については県/市のノードを作成する。
- 区から市、市から県、県から地域へ向かうリレーションを作成する。

(2) 災害グラフデータベースの構築結果

図 2、図 3 に前節で示した手順で作成したグラフデータベース①、①' の全ノード、リレーションを視覚化した結果を示す。

災害グラフデータベースにおいては各地域名をノードの上に記した。各ノードの色はラベルにより分類されている。色の指定のない灰色のノードは python によるアルゴリズムで災害名から災害種類を判別することができずラベルを付ける事のできなかつたものである。

ここで、グラフを利用した検索の 1 例として一定期間内に同一地域で発生した災害を検索する。災害の発生期間と場所を限定する点において、広域的な自然災害を探し出す際に有用な検索であるといえる。例として 1975 年～1980 年の間に同じ地方で起きた 2 つの災害を検索する際のクエリは次のようになる。

```
match(n:earthquake)-[:起きた]->(s:region)<-[:起きた]-(m:rain)
where n. year>197500 and n. year<198000 and m. year>197500 and m. year<198000
RETURN n, s, m;
```

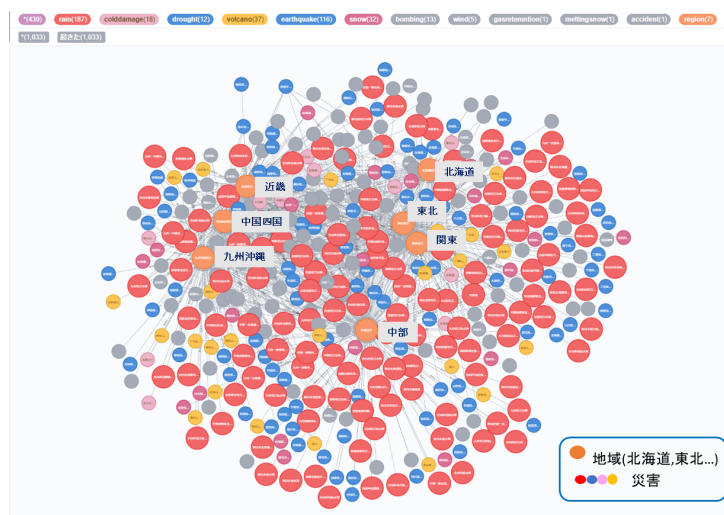


図 2 災害グラフデータベース①

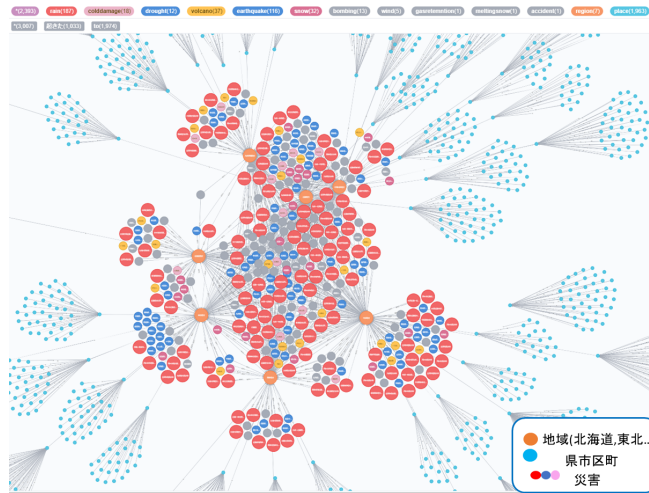


図 3 地名-災害グラフデータベース①

実際には期間と場所の制限は必ずしも広域的な自然災害を特定する条件とは言えず，広域的な自然災害の定義を十分に定め，期間や場所以外の条件も考慮する必要がある。

ここでグラフデータベース①' は①に地名情報を付加したものであるが，本研究では本項以降①の災害グラフデータベースについて話を進めることとする。

図 3 に示す災害グラフデータベースにおいてトポロジーについて考える。トポロジーとは何らかの形あるいは空間を連続変形（伸ばしたり曲げたりすることはするが切ったり貼ったりはしないこと）しても保たれる性質に焦点を当てたものである。ここでのトポロジーはグラフ理論の応用であるネットワークトポロジーでありノードとリレーションの経路との関係をダイアグラムで抽象化したものと言える。

地域のノードに注目するとトポロジーは図 4 のようになり，図 5 で表されるような日本列島のトポロジーと一致していることが確認できる。すなわち災害グラフデータベースでは，単独災害は外側に，広域災害は内側に集まっており地域のノードの最適な配置を表しているため複数地域に跨って発生する広域災害は地理的につながりのある地域において発生しているという事を視覚的情報から確認できる。

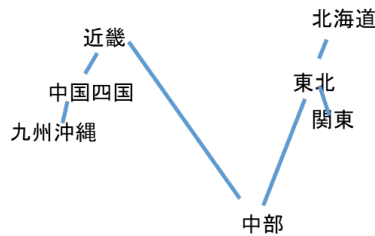


図 4 災害グラフデータベースにおけるトポロジー



図 5 日本の地理的トポロジー

3. 広域災害指標を用いた広域災害の地理的分布の解明

本節では Page Rank アルゴリズムにより，作成した災害データベースにおける各ノードのランク付けを行った後，Page Rank 値，災害件数それぞれの比較により定義した広域災害の指標を用いて広域災害の地理的分布解明に向けて検討，考察を行う。

(1) Page Rank による災害の関係性解析結果

災害データベースに対し Neo4j の Page Rank アルゴリズムによるランク付けをした結果の一部を表 1 に示す。

表 1 各ノードにおける Page Rank の比較

地方名	Page Rank 値
中部地方	11.49
九州沖縄地方	7.82
東北地方	7.29
関東地方	6.46
近畿地方	6.41
中国四国地方	6.11
北海道地方	4.95
四国一北海道各地方風水害	0.15
九州東部四国地方風水害	0.15
北海道東北地方冷害	0.15
近畿四国北九州地方干害	0.15
桜島大噴火	0.15
鹿児島地方地震	0.15
秋田県南部地震	0.15
北陸甲信越関東各地方風水害	0.15

ここで例として中部地方の Page Rank 値を考える。各災害はインリンクを持っていないので全災害の各 Page Rank 値は同一(0.15)である。中部地方で発生した災害数は 172 件である。したがって中部地方で発生した全ての災害が 1 つの地域のみで起きた災害、すなわち単独災害であると仮定して中部地方のノードの Page Rank 値を計算すると $172 \times 0.15 = 25.8$ となる。

表 1 の中部地方の Page Rank 値(11.49)と異なる理由の 1 つとして、単独災害以外にも複数地域に跨って発生し被害を及ぼした広域災害が存在する事があげられる。

別の例をあげて説明する。図 6 において災害 $\alpha \sim \delta$ が全て単独災害である時の地方①の Page Rank 値は $0.15 \times 4 = 0.6$ となる。一方で災害 α が 2 地域に跨る広域災害であるとするとき災害 α から地方①へのアウトリンクの重要度が半減するため地方①の Page Rank 値は $0.15 \times 3 + 0.15 \times 1/2 = 0.525$ となる。

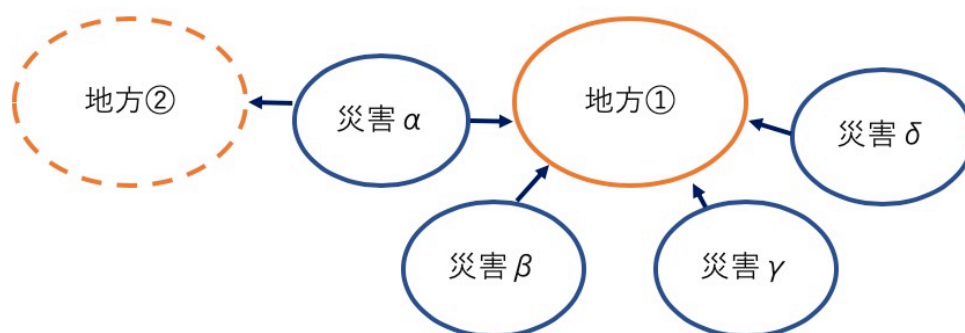


図 6 Page Rank 算出の仕組み

このように広域災害の有無により Page Rank 値が変化する。

そこで、定義通りの Page Rank 値を A 、全災害を単独災害とした時に算出される Page Rank 値を B とし、 BA を PageRank による広域災害指数 M と定め各地域の M を表 2 のように求めた。 M の値が大きいほど広域災害は起こりやすい。その広域災害指数 M と地域の間を関係を図 7 に示す。この図から近畿、中国四国地方で災害が発生する時は他の地域にも同じ災害が起こる(広域災害となる)確率が高く、中部地方で災害が発生する時は単独災害となる確率が高くなる事が分かる。

表 2 Page Rank による広域災害指数 M の算出

地域名	全災害発生件数	A Page Rank 値	B 全て単独災害として 計算した Page Rank 値	M(B/A)
北海道	84	4.95	12.60	2.55
東北	121	7.29	18.15	2.49
関東	122	6.46	18.30	2.83
中部	172	11.49	25.80	2.25
近畿	143	6.41	21.45	3.35
中国四国	135	6.11	20.25	3.32
九州沖縄	140	7.82	21.00	2.69

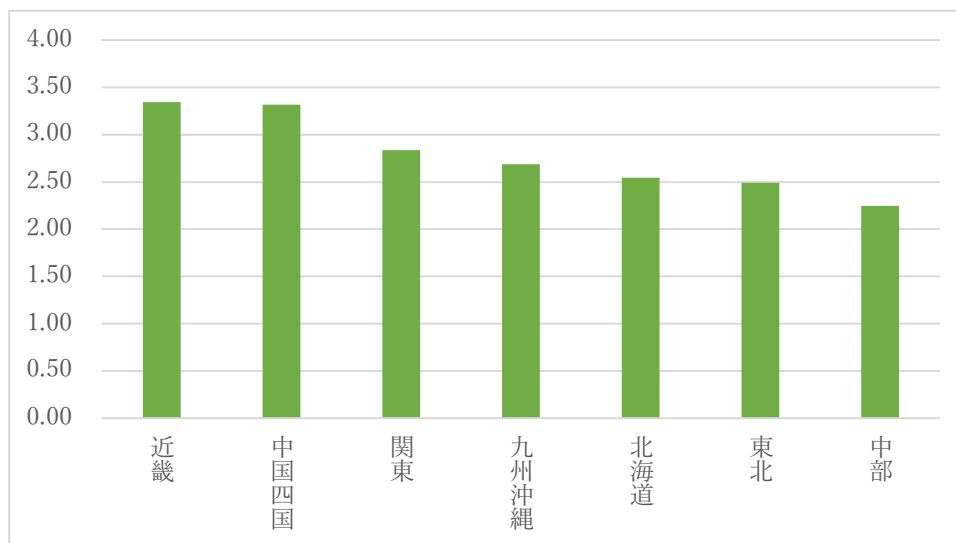


図 7 Page Rank による広域災害指数 M の地域比較

(2) 災害件数による災害の関係性解析結果

各地域における全災害件数を m 、広域災害件数を n 、単独災害件数を $m-n$ としたときの $m/(m-n)$ を、災害件数による広域災害指数 N と定めた。表 3 のように各地域の N を求めた。災害件数による広域災害指数 N の値が大きいくほど広域災害が起こりやすい。図 8 に地域別の広域災害指数を示す。図 8 から中国四国、近畿地方で災害が発生する時は他の地域にも同じ災害が起こる(広域災害となる)確率が高く、中部地方で災害が発生する時は単独災害となる確率が高くなる事が分かる。

ここで、災害の種類によって発生件数が異なるために、災害種ごと(地震、豪雨)の広域災害指数 N を図 9 に示し比較する。図 9 から豪雨災害の広域災害指数は地震災害の広域災害指数より大きく、広域災害指数に地域差がある事が分かる。豪雨災害について資料で確認したところ多くが 6~10 月頃に発生する台風による災害であり、その他の災害は梅雨前線等による豪雨による事が分かった。したがって豪雨災害の広域災害指数の値が大きく、地域差があるのは台風による豪雨が日本列島を通過することによると考えられる。また、豪雨災害の広域災害指数のうち、九州沖縄の値が小さいのは、九州沖縄ではその他の地域よりも地域の中の単独災害が多いことが原因である。それ以外の地域の広域災害指数の値の違いは計算方法に起因するものである。

一方で地震災害の広域災害指数が小さいのは地震災害が地域の中で完結している場合が多いことを示している。

このことから、地震災害を想定した復旧支援や BCP では地域をまたがった取り組みが有効である一方、豪雨災害を想定した復旧支援や BCP では地域をまたがった取り組みは機能しないことが多い可能性があることが示唆される。

表 3 災害件数による広域災害指数 N の算出

地域名		災害発生数	N 全体/単独	rain		earthquake	
				件数	N	件数	N
北海道	A(全災害)	84	5.25	43	43	11	1.38
	B(単独災害)	16		1		8	
東北	A(全災害)	121	5.50	66	66	24	1.33
	B(単独災害)	22		1		18	
関東	A(全災害)	122	9.38	84	84	18	1.64
	B(単独災害)	13		1		11	
中部	A(全災害)	172	4.00	101	50.5	29	1.32
	B(単独災害)	43		2		22	
近畿	A(全災害)	143	15.89	116	58	8	1.14
	B(単独災害)	9		2		7	
中国四国	A(全災害)	135	22.50	111	111	6	1.20
	B(単独災害)	6		1		5	
九州沖縄	A(全災害)	140	6.36	111	9.25	11	1.22
	B(単独災害)	22		12		9	

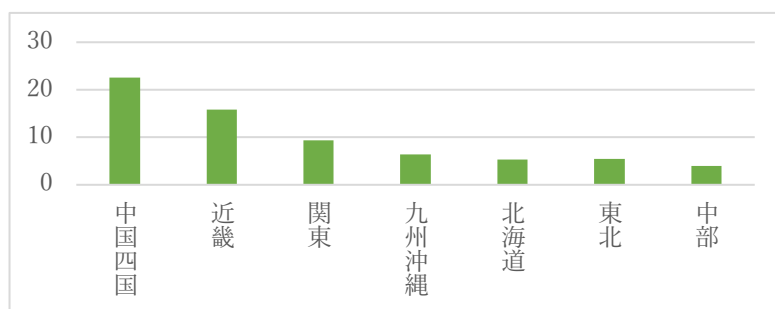


図 8 災害件数による広域災害指数 N

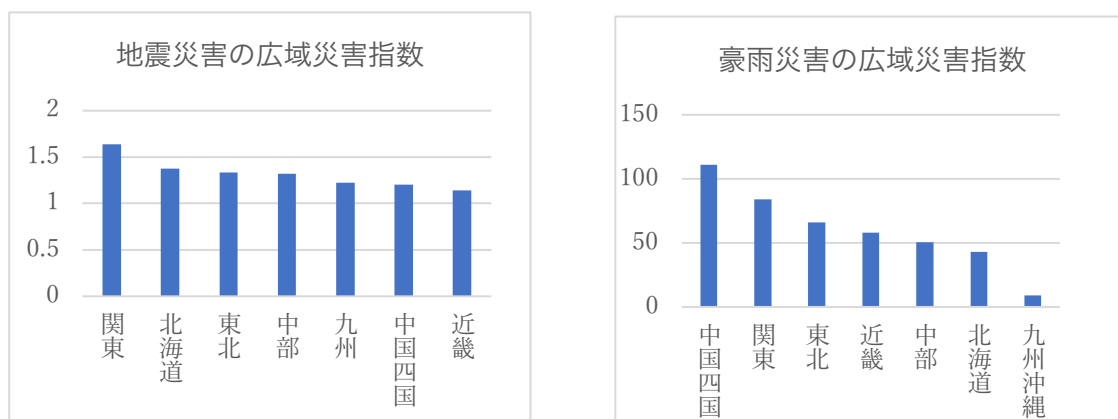


図 9 災害種別に見た災害件数による広域災害指数 N

(3) Page Rank 及び災害件数による広域災害指数の比較

PageRank による広域災害指数 M と、災害件数による広域災害指数 N についてそれぞれの指数の有用性について考える。災害件数による広域災害指数 N については複数地域にまたがる広域災害の件数の増加に伴い N の値が大きくなる一方で、Page Rank による広域災害指数 M の値は広域災害件数に加え、広域災害 1 件の関わる地域数が値に影響している。したがって広域災害の指標として、広域災害の規模を考える際には Page Rank による広域災害指数 M を、広域災害の発生確率を考える際には N を状況に応じて使う必要があると

考えられる。

次に PageRank による広域災害指数 M に関連して広域災害の規模，すなわち同じ災害で同時に被災する地域の数を考える．ある地域において災害 m 件中 n 件が a 個の地域にまたがった広域災害であり，それ以外は単独災害であるとする．この場合，平均して a 個の地域にまたがる広域災害が発生していることと考えられる．

$$A = \frac{m-n}{m} B + \frac{n}{m} \times \frac{1}{a} B = \frac{am+(1-a)n}{am} B \quad (1)$$

ただし， A ：Page Rank 値， B ：全て単独災害として計算した Page Rank 値 ($0.15 \times$ 全災害件数) である．ここで，PageRank による広域災害指数 $M=B/A$ ，災害件数による広域災害指数 $N=m/(m-n)$ と定義しているので式(1)から M ， N について次のような関係が得られる．

$$\frac{a+N-1}{aN} = \frac{1}{M} \quad (2)$$

したがって各地域において，1 件あたりの広域災害に関して平均何地域に関わる広域災害が発生しているかを表す a が式(3)のように求まる．

$$a = \frac{M(1-N)}{M-N} \quad (3)$$

各地域の a を算出した結果を表 4 に示す．結果より広域災害は平均して 3~4 地域に関わる災害であるといえる．しかし，単独災害，広域災害の件数比較による広域災害 1 件当たりの関わる地域数を示した図 10 を見ると，2，3 地域に関わる広域災害と 7 地域(全国)に関わる広域災害でピークが見られる．このことより広域災害は，2，3 地域に関わる広域災害と全国に関わる広域災害の 2 種類に主として分けられるので，豪雨災害対応の復旧支援や BCP では，近隣地域以外，すなわち近畿であれば関東や九州沖縄からの支援を考慮に入れるのがよいといえる．

表 4 広域災害 1 件当たりの広域災害がかかわる地域数 a

地域名	M	N	a
北海道	2.55	5.25	4.01
東北	2.49	5.50	3.72
関東	2.83	9.38	3.62
中部	2.25	4.00	3.86
近畿	3.35	15.89	3.98
中国四国	3.32	22.50	3.72
九州沖縄	2.69	6.36	3.93

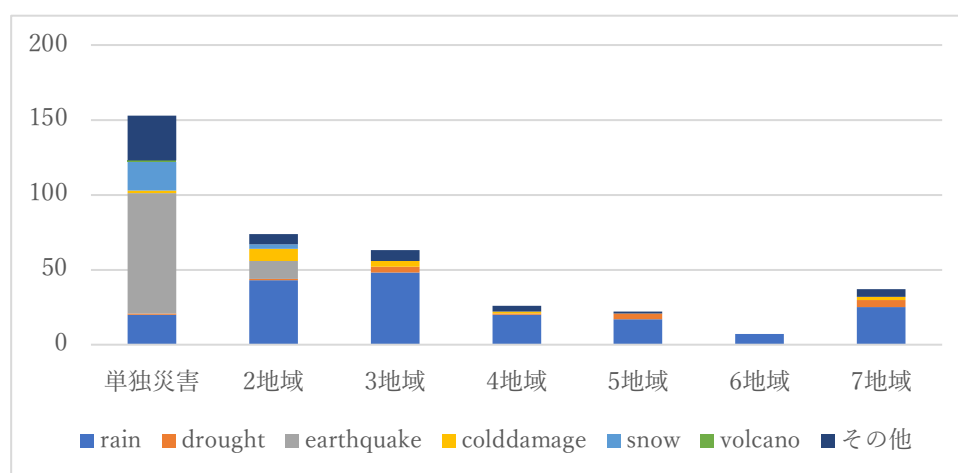


図 10 災害件数による広域災害 1 件当たりの関わる地域数

4. 結論

本研究ではデータソースの書籍から自動でデータベース作成のためのスクリプトを作成する事により災害グラフデータベースを作成した。得られた災害グラフデータベースを用いて地理的分布を考慮した広域災害の関係性を調査することで各種災害や広域災害の性質について考え、広域災害発生時の災害規模ごとの支援対応策に寄与する指標を検出した。

今後の研究を進めるにあたり必要な事を以下に述べる。

- ・ 本研究では約 500 件の災害を分析したが、より信頼性の高い分析を行うためには分析する災害件数を大きくすることが必要である。防災科学技術研究所の作成した災害事例データベースには約 5 万 8000 件の災害が登録されており、この災害事例データベースとグラフデータベースを融合させたうえで広域災害指数を用いた解析を行う事で新たな結果が得られると期待する。
- ・ 地域別に見た広域災害指数 M, N の順位については地形特性による広域災害の起こりやすさや災害規模に加え、比較する地域面積の違いなどが影響していると考えられるため、地域面積を考慮することでより精密な広域災害指数を検討することができると思われる。
- ・ 災害発生時の社会での対応は自治体ごとによる対応が主であるため地域区分による広域災害ではなく、より細かな県や自治体ごとの広域災害指数について考える事で広域災害発生時の対応マニュアル作成などに有益な情報になると考える。
- ・ 作成したグラフデータベースを活用して広域災害のみならず、複合的な災害について考えるために、複数の災害について発生間隔や発生要因などを考慮して比較していくことが必要である。

参考文献

- 1) 船木伸江, 河田恵昭, 矢守克也: 大規模災害時における都道府県の広域支援に関する研究—新潟県中越地震の事例から—, 自然災害科学 J. JSNDS25-3329-349, 2006.
- 2) 内閣府: 災害対策基本法.
- 3) 矢島良紀, 佐々木靖人, 倉橋稔幸: 国道斜面災害データベースを用いた災害特性分析, 応用地質, 第 48 巻, 第 6 号, 304-311 頁, 2008 Jour. Japan Soc. Eng. Geol., Vol. 48, No. 6, pp. 304-311, 2008.
- 4) 中岡良司: リレーショナルデータベースによる土木史年表の作成と応用, 土木史研究 第 10 号, pp. 13-23, 1990.
- 5) 四月朔日勉, 矢吹信喜: 3次元プロダクトモデルのグラフ DB による共有, 土木情報シンポジウム講演集, vol. 40, pp. 33-36, 2015.
- 6) 岡本茂久: グラフデータベースとは何か, IS magazine No. 21, 2018.
- 7) Ian Robinson, Jim Webber, Emil Eifrem (佐藤直生監訳, 木下哲也訳): グラフデータベース—Neo4j によるグラフデータモデルとグラフデータベース入門, オライリー・ジャパン, 235p., 2015.
- 8) L. Page, S. Brin, R. Motwani, and T. Winograd: The Page Rank citation ranking: Bringing order to the web, Technical Report of the Stanford InfoLab, 1999.
- 9) 力武常次, 竹田厚監修: 日本の自然災害—奈良時代—阪神大震災までを収録— 500~1995 年, 日本専門図書出版, 637p., 1998.
- 10) 荒川秀俊, 宇佐美達夫: 日本史小百科 災害, 近藤出版社, 350p., 1985.
- 11) 黛 弘道: 年表日本歴史 1 原始~飛鳥・奈良, 筑摩書房, 215p., 1980.
- 12) 井上光貞: 年表日本歴史 2 平安, 筑摩書房, 226p., 1980.
- 13) 井上光貞: 年表日本歴史 3 鎌倉・室町・戦国, 筑摩書房, 238p., 1981.
- 14) 井上光貞: 年表日本歴史 4 安土桃山・江戸前期, 筑摩書房, 208p., 1984.
- 15) 村井益男, 森谷尅久: 年表日本歴史 5 江戸後期, 筑摩書房, 289p., 1988.
- 16) 井上光貞, 林屋辰三郎, 児玉幸多: 年表日本歴史 6 明治・大正・昭和, 筑摩書房, 349p., 1988.

筆者: 1) 伊藤史佳, 工学部市民工学科, 学生; 2) 梶川義幸, 都市安全研究センター, 特命教授;
3) 大石哲, 都市安全研究センター, 教授

STUDY ON INDICATOR OF INTER-REGION- DISASTERS BY USING GRAPH DATABASE

Fumika ITO
Yoshiyuki KAJIKAWA
Satoru OISHI

Abstract

Inter-region-disasters are disasters that affect two or more regions. When it happens, the devastated city in the middle of the regions loses access to the safe area so that the recovery process takes a longer time in the devastated area.

The objectives of the present study are to develop an indicator that helps to prepare a better recovery plan from inter-region-disasters as a proactive preparation. The study applied the graph database having past disaster data from the Meiji era for creating three kinds of indices regarding links between disasters and regions. Then, the difference of indices between severe rain disasters and earthquake disasters will be analyzed for proposing better preparation by considering the types of disasters concerned.

©2020 Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, All rights reserved.