

都市の進展に伴う 災害リスクの変化に関する基礎的分析 ～土地利用と人口を考慮して～

長木 雄大¹・森崎 裕磨²・藤生 慎³・高山 純一⁴・塩崎 由人⁵

¹学生会員 金沢大学 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:kazuhiro618@stu.kanazawa-u.ac.jp

²学生会員 金沢大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: yki20@stu.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学准教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fujju@se.kanazawa-u.ac.jp

⁴フェロー 金沢大学教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: takayama@se.kanazawa-u.ac.jp

⁵正会員 金沢大学特任助教 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail:yuto@se.kanazawa-u.ac.jp

近年、日本で頻発する災害では被害の広域化・甚大化がみられる。そのひとつの要因として、様々な地域で都市化の進行が考えられる。広域化、甚大化した自然災害における人的被害の軽減には、都市が縮退していくことを考慮すると、災害リスクを踏まえた土地利用を考えていく必要がある。

そこで本研究では、石川県金沢市を対象とし、国土数値情報より土地利用データ、人口推移データを用いることで、長期的な都市構造の変化を明らかにした。そして人口構造、想定される計測震度との相関から都市の進展とそれに伴う災害危険性の基礎的把握を行った。災害リスクは、想定震度による一律な評価を行える地震によるものを考慮した。その結果、都市化の進展と災害規模には関係性があることが明らかとなった。

Key Words : urbanization, natural disaster, land use, disaster scale,

1. はじめに

(1) 本研究の背景

我が国は、世界でも有数の災害大国である。国連大学が出している「ワールドリスク報告書2016」¹⁾には、自然災害の被災可能性の項目で、日本は世界で4位に位置づけられている。そして日本において考えられる自然災害は、地震や津波、台風や洪水など数多くあげられる²⁾。

近年我が国では、2018年の北海道胆振東部地震を始め、平成30年7月豪雨や2016年の熊本地震など大規模な災害が頻発している。平成31年現在、北海道胆振東部地震においては死者42人、重傷31人、軽傷731人³⁾であり、平成30年7月豪雨においては死者237人、重傷123人、軽傷309人⁴⁾、熊本地震においては死者273人、重傷1203人、軽傷1606人⁵⁾と多くの人的被害が報告されている。また近年、1時間降水量50mmを超える雨が頻発し、1976年か

ら1985年の10年平均と比較し約1.4倍との報告も挙げられている⁶⁾。上記より、近年、我が国で発生する自然災害において被害の甚大化・広域化がみられ⁷⁾、甚大化・広域化した自然災害からの被害を軽減させる必要がある。

甚大化・広域化する自然災害に要因の1つとして社会形態の変化が挙げられる。社会形態の変化としては、都市化の進展や人口形態がある。都市部は他の地域と比べ人口や建物が集積していることから、人的・物的被害の甚大化が予測できる。また災害に対して脆弱な地域の都市化に伴う災害危険性の増加が推察できる。核家族化による地域間コミュニケーションの低下や、居住者が高齢化に伴う避難行動などの災害対応力低下が見込まれる。今後の高齢化進行を考慮するとより一層の被害の拡大が推察可能である。

自然災害の危険性を多く持ち、近年自然災害の甚大化・広域化が進む日本において災害対策は必須であり、

STEP	目的	使用データ
①都市部の経年変化の把握	✓ 土地利用変化の把握 ✓ 居住人口の整理	✓ 国土数値情報 ✓ 住民基本台帳に基づく金沢市の人口及び世帯数
②被災状況の把握	✓ 危険性の把握	✓ 地震ハザードステーション
③災害危険性の整理・把握	✓ 土地利用と災害危険の関係性を評価	✓ STEP①・STEP②における算出結果

図-1 本研究における分析の流れ

大規模な地震災害を想定した際の詳細な被災状況の実態把握は不可欠である。また、被災状況は、震度や浸水深などの被災想定のみだけでなく、土地利用や居住者などの社会形態にも依存し変化する。そのため甚大化・広域化する自然災害の人的被害軽減には災害危険性を踏まえた土地利用を考慮すること必要であり、都市化と災害リスクとの関係性を把握することは有意義であると考え。

(2) 本研究の目的

本研究では、現在の課題である甚大化・広域化する自然災害における人的被害を軽減させるために、災害危険性を踏まえた土地利用を考慮することを目的とする。そのために、都市化の進展と被災状況を結びつけることで、都市化の進展に伴う災害危険性の変化を定量的に把握・評価を行う。本研究において災害危険性とは、想定される自然災害内に存在する人数と設定し、分析を行う。

本研究において活用するデータ及び分析の流れを図-1に示す。本分析における被災状況の把握としては、震度階級で一律な評価を行えるため地震被害と対象とした。詳細な分析手法の記述は3章で述べる。

2. 既往研究

本章では、防災における土地利用変化に着目した研究と、地震を想定した被災者の推計に関する研究の2つの視点から既往研究の整理を行う。

(1) 防災における土地利用変化に関する研究

土地利用に着目した防災の研究として、アンケートを活用することで危険な地域に着目した研究が多くなされている。

増田ら^{8) 9)}は、自治体の防災及び都市計画部局に対するアンケートから、地域防災計画の策定で把握された災害情報の公開と、情報が都市計画策定時にどのように考慮されたのかを明らかにした。また、活断層対策を中心に防災型土地利用規制導入の先進事例として、松本市、横須賀市、西宮市に着目し導入の経緯や特徴、問題等の考察を行った。

(2) 地震を想定した被災者の推計に関する研究

これまで、地震における被災実態に着目した研究は多くの蓄積がなされている。

河田ら¹⁰⁾は、従来人的被害として着目されていた建物の倒壊や火災だけでなく、鉄道事故や高速道路事故といった移動中の事故による人的被害や津波による人的被害等にも着目することで、時空間的に変化する大規模災害時における人的被害の詳細な被害推計を行った。

中村ら¹¹⁾は、切迫性が高まっている首都直下地震の備えを確かなものにするため、都及び区都市町村における震災対策の一層の強化を図るとともに防災意識の向上に寄与することを目的とし、区市町村単位での被害想定を行った。

(3) 既往研究を踏まえた本研究の位置づけ

本研究は、都市化と災害危険性との関係性を明らかにするものである。本章(1)にてあげた既往研究に関しては、災害の危険性の高い自治体に着目し、アンケートを用いた防災意識の整理、防災型土地利用規制に着目を当てている。本章(2)にてあげた既往研究では、大規模災害における詳細な人的被害の算出法についての研究を行った。

本分析は、土地利用の経年変化と被災予測から、都市化の進展と被害危険性を結びつけるものである。土地利用の変化や地震の被災実態の推計は、個々の研究として多く行われているが、それらを結び付け、被災実態の経年変化を追うことがなされていないため、新規性があると考え。甚大化・広域化する自然災害において人的被害を軽減するには、土地の災害危険性を考慮した土地利用が重要であり⁹⁾、その前提として上記2つを結びつけ、土地利用と被災状況の関係性を明らかにすることは有意義であると考え。

3. 分析概要

本章では、分析概要として、分研究の分析対象地と分析の流れ及び「使用データについて記述する。詳細な分析結果は4章で述べる。

(1) 分析対象

本研究における分析対象地は、石川県金沢市とする。石川県金沢市は、石川県の中央に位置し、令和元年9月1日における人口は、約463,993人¹²⁾、面積が約468.6km¹³⁾の石川県の県庁所在地であり、中核を担う地域である。石川県金沢市の位置を図-2に示す。

また、本研究において、想定される自然災害として、森本・富樫断層における地震を分析対象とした。自然災

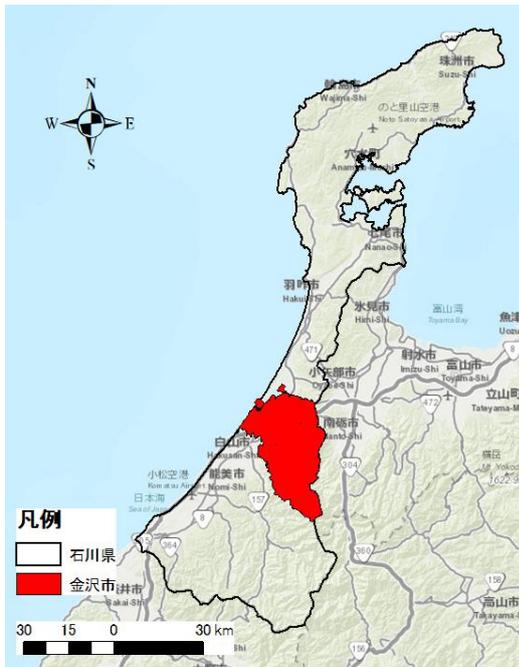


図-2 分析対象地：石川県金沢市



図-3 分析対象地：森本・富樫断層¹⁴⁾

害には、洪水なども挙げられるが、治水対策により河川の形状が変化するなど被災状況が変化するため、経年変化を考える上で一律な指標での評価が困難である。断層帯を指定することで想定震度階級で被災状況を一律評価できるため、本分析では地震被害に着目をした。森本・富樫断層は、金沢平野の南東部縁に存在し、長さが約26kmの活断層である¹⁴⁾。森本・富樫断層の位置を図-3に示す。

(2) 分析の流れ及び使用データ

本節では、分析の流れ及び分析STEPにおいて使用したデータの概要のついて記述する。

表-1 土地利用細分メッシュデータの概要

年度	原典資料	分析対象年度
昭和51年度	国土地理院	○
昭和62年度	国土地理院	×
平成3年度	国土地理院	○
	衛星画像(Landsat)	
平成9年度	国土地理院	×
	衛星画像(Landsat,SPOT)	
平成18年度	国土地理院	○
	衛星画像(TERRA(Aster),ALOS)	
平成21年度	国土地理院	×
	衛星画像(ALOSなど)	
平成26年度	国土地理院	×
	衛星画像(SPOT,RapidEye)	
平成28年度	国土地理院	○
	衛星画像(SPOT,RapidEye)	

a) STEP.1 都市部の経年変化の把握

国土数値情報の土地利用細分メッシュデータを用いて、石川県金沢市の都市部の変化の把握を行った。対象年度を昭和51年度、平成3年度、平成18年度、平成28年度と約10年刻みに設定し、約40年間の土地利用変化を整理した。本データは100mメッシュデータであり、昭和51年度から平成28年度で8回データ化されている。原典資料として国土地理院の2万5千分の1地形図や、衛星画像を用いている¹⁵⁾。表-1にデータ化された年度、原典資料、対象年度を示す。また、土地利用区分ごとに整理されているが、年度により、利用区分の表記が異なるため、本分析においては、都市部、農耕地、森林、水域、その他の用地の統一の5グループに再区分し使用した。

また、土地利用の面積だけでなく、人口により評価を行う為、金沢市企画調整部、調査統計課より「住民基本台帳に基づく金沢市の人口及び世帯数」¹⁶⁾も利用した。本データは、小学校区単位、町字単位での年齢5階級別人口が記載されているデータである。しかし、分析対象である昭和51年度のデータにおいて、小学校区単位が最小単位であったので、小学校区単位での算出を行う。約40年間に於いて新たな小学校の設立や廃校といった小学校区の変化については、各小学校のホームページよりどの小学校と統合したかを調査し、平成28年度における小学校区データに統一し利用した。平成28年度時点で、金沢市には、小学校が55校存在した。

b) STEP.2 被災状況の把握

被災状況の把握として、地震ハザードステーションの森本・富樫断層を対象とした地震動予測地図¹⁸⁾を利用し、計測震度から各震度階級がどのように金沢市に分布しているのかを整理を行った。

c) STEP.3 災害危険性の整理・把握

STEP1.2より把握した都市化と被災状況を結びつけることで、土地利用の変化に伴う都市部での震度階級の変化を算出し、災害危険性の推移を明らかにした。先にも記述したが、災害危険性は、想定される震度階級に属

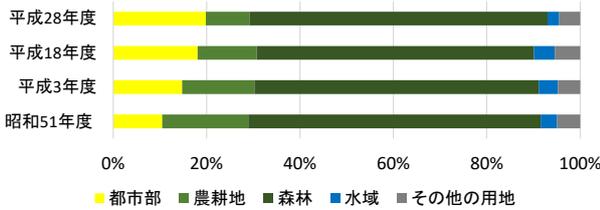


図4 土地利用の経年変化

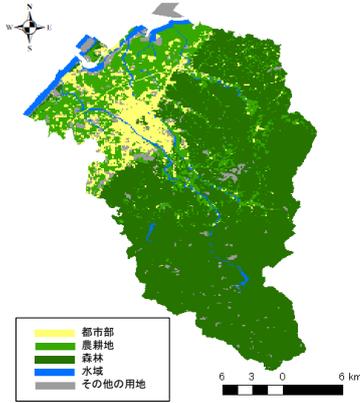


図5 昭和51年度における土地利用の見える化

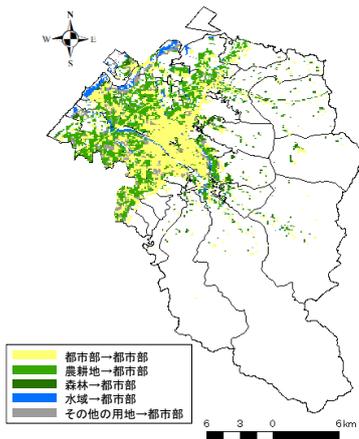


図6 40年間の都市部の変化

する都市部の面積や人数とし、定量的に評価を行った。

4. 分析結果

本章では、STEPごとの分析結果を記載する。

(1) STEP.1の分析結果

土地利用区分の変化を図4に示す。図4より、森林、水域、その他の用地には大きな変化は見られなかったが、都市部では約10%から約20%まで増加し、農耕地は約

表-2 金沢市都市部の経年変化

	都市部の割合	都市人口(人)	65歳以上の都市人口(人)
昭和51年度	10%	224483	18072
平成3年度	15%	271988	33537
平成18年度	18%	285840	52360
平成28年度	20%	308789	78296

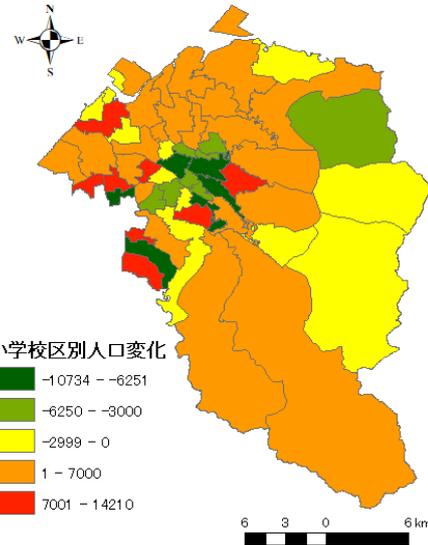


図7 40年間の小学校区別総人口の変化の見える化

19%から約9%まで減少していることが分かった。また、図5に昭和51年度における土地利用の分布、図6に40年間で都市部の変化を示す。図5より従来都市部は金沢市中心部に分布していたことが分かる。また図6より40年間で金沢市の北西部における農耕地が多く都市化したことが分かる。金沢市北西には金沢港が位置しており、地震による被害だけでなく、津波等の被害も推察できる。また、水域が都市となった地域が北西部に多く、中央部から南部にかけて少なくなることから、河川上流部の整備が十分に進んでいないことも推察可能である。

都市部の面積割合、都市人口、65歳以上の都市人口を表-2に示す。都市人口としては、農林水産省にのっとり総人口数から算出した¹⁸⁾。都市人口が、約40年で約84,605人増加し、そのうちの約70%以上が65歳以上の高齢者と高齢者が多く都市に居住するようになったことが分かる。小学校区ごとの総人口の変化を図7に示す。昭和51年度時点で都市部であった金沢中央部では、人口が減少している小学校区が多く存在する。一方で、中央から西部にかけて都市化が進展したところに多く人口が増加した傾向があることが把握できた。ここから、土地利用が同じ年であっても居住人口はその地区ごとに変化量が異なることが明らかとなった。

(2) STEP.2の分析結果

地震ハザードステーション¹⁷⁾より、森本・富樫断層

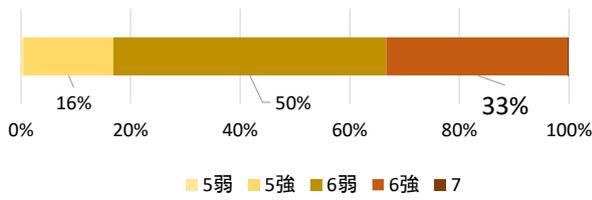


図-8 金沢市の震度階級

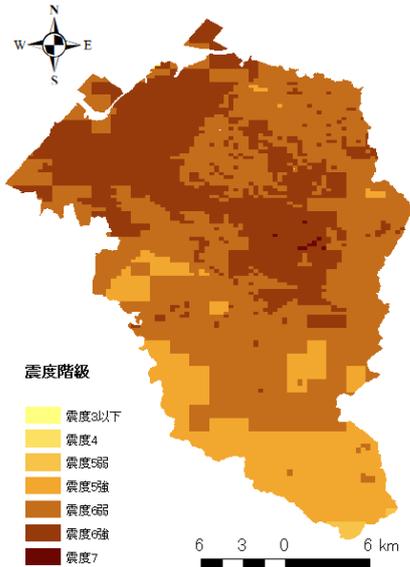


図-9 金沢市の震度階級分布

における震度階級の割合を図-8に示す。図-8より、最も大きな想定震度は6強であり、金沢市の約50%は6弱、約33%は6強を示すことが分かった。

震度階級の分布を図-9に示す。図-9より森本・富樫断層における震度階級は中央部から北西部に強い揺れを示すこと明らかとなった。想定震度を小学校区別に区分した結果、戸板小学校区、諸江町小学校区、西小学校区、大徳小学校区、長田小学校区、明成小学校区において、小学校区が全て震度6強を示すものとなった。

(3) STEP. 3の分析結果

上記より、石川県金沢市における都市化の変位と、森本・富樫断層における地震の被害予測ができたため、これら二つを結びつける。金沢の都市部が示す震度階級を図-10に示す。図-10は、金沢市の全面積を各震度階級の都市部の面積で除しパーセント表示したものである。図-10より、金沢市の都市部は震度6弱と6強に多く存在することが分かり、都市部においては対象の約40年間で6弱が約4%から約8%、6強が約6%から約12%と大きく増加していることが明らかとなった。これらを面積に表わすと、6弱が約19km²増加し、6強が約28km²増加したこと

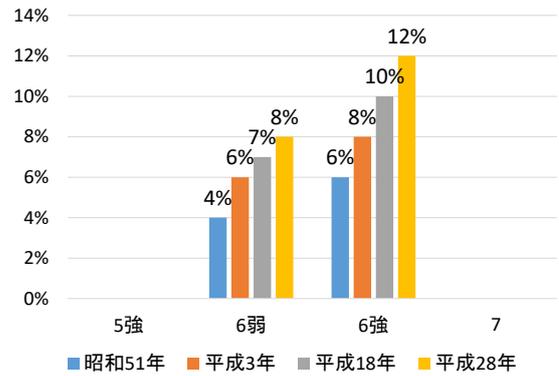


図-10 各震度階級の都市部における震度階級の変化

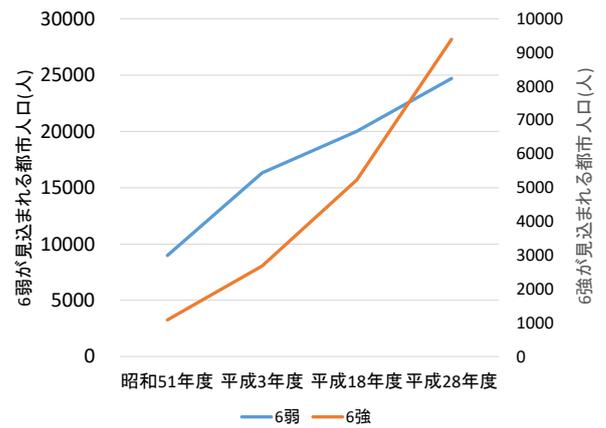


図-11 強い揺れを示す都市部に居住する人口数

になる。また、本章(2)より、森本・富樫断層の地震動において、金沢市全体では6弱が半数を占め、6強が約33%を占めることから、災害に対して脆弱な土地に都市が進行していることが分かった。

また、6弱、6強を示す都市部に居住する人口数の変位を図-11に示す。6弱に見込まれる都市居住人口は昭和51年度から平成3年度にかけて最も増加し、その後、緩やかに増加している。一方、6強は平成18年度から平成28年度にかけて最も増加していることがわかった。これより金沢市において、都市化により脆弱な地域への人口が84306人増加したことが明らかとなった。

このように本研究に実施した推計により、昭和51年度から平成28年度にかけて、土地利用の割合、都市人口の推移が把握でき、災害危険性の定量的な把握ができた。

5. まとめと今後の課題

本研究では、国土数値情報と地震ハザードステーションのオープンデータを用いて、都市化の進展による災害リスクの変化の把握を行った。石川県金沢市において昭和51年度から平成28年度にかけて都市部は、市全体の約10%から約20%まで増加し、森本・富樫断層での地震動において、震度階級6強が昭和51年度では市の面積の内

約6%であったが、平成28年度では12%と大きく増加していることが明らかとなった。増加した都市は、金沢市中央部から北西部にかけて拡大した。森本・富樫断層において中央部から北西部にかけて大きな揺れを示すため、強い揺れを示す場所であり、脆弱な地域に都市が進展していったことが明らかとなった。

また、住民台帳に基づく人口データと農林水産省のデータより、金沢市の都市人口の算出を行った。都市人口としては、昭和51年度から平成28年度にかけて、約84,605人増加し、そのうちの約70%以上が65歳以上の高齢者と高齢者が多く都市に居住するようになったことが明らかになった。

本研究においては、土地利用の評価にオープンデータを用いた。本データには対象年度に8回や、平成30年などの近年のデータがない等制限がある。より細かなスパンでの土地利用の変化、都市化の進展を追う為に、人工衛星のデータを用いた画像分類等を行う必要がある。

また、都市が進展した北西部には金沢港、日本海があり、津波等の被害が起こる可能性が考えられる。そのため、本研究では土地利用、人口を地震被害と結びつけたが、津波や水害といったその他の自然災害に伴う災害危険性の分析・評価を行う必要がある。

参考文献

- 1) United Nations WorldRiskReport2016 2016年 p48
http://collections.unu.edu/eserv/UNU:5763/WeltRisikoBericht2016_small2meta.pdf 2019年9月26日閲覧
- 2) 前林清和：災害と日本人の精神性，現代社会研究，第2号，2016年，p 61-75
- 3) 内閣府，防災情報のページ，平成 30 年北海道胆振東部地震に係る被害状況等について
http://www.bousai.go.jp/updates/h30jishin_hokkaido/pdf/310128_jishin_hokkaido.pdf 2019年9月26日閲覧
- 4) 内閣府，防災情報のページ，平成 30 年 7 月豪雨による被害状況について
http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109_170_0_h30typhoon7_01.pdf 2019年9月26日閲覧
- 5) 内閣府，防災情報のページ，平成 28 年熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況について
http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin_55.pdf 2019年9月26日閲覧
- 6) 気象庁，大雨や猛暑など(極端現象)のこれまでの変化
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html 2019年9月26日閲覧
- 7) 毎日新聞，2016年4月11日
<https://mainichi.jp/articles/20160415/k00/00e/040/205000c> 2019年9月26日閲覧
- 8) 増田聡，村山良之：地方自治体における防災対策と都市計画—防災型土地利用規制に向けて—，地学雑誌，110巻，6号，pp980-990，2001
- 9) 増田聡，村山良之：防災型土地利用規制の社会的受容・実施に関わるアジェンダ形成の検討^①—活断層研究者らの提言と長町—利府線を有する仙台市住民の意識調査を踏まえて—，第 33 回日本都市計画学会学術研究論文集，33巻，pp829-834，1998
- 10) 河田恵昭：大規模地震災害時による人的被害の予想，日本自然災害科学，16-1，pp3-13，1997
- 11) 中村晶晴，首都直下地震による東京の被害想定，地学雑誌，116巻，3-4号，pp504-510，2007
- 12) 金沢市ホームページ，金沢市統計データ集
<https://www4.city.kanazawa.lg.jp/11018/index.html> 2019年10月1日閲覧
- 13) 金沢市ホームページ，金沢市の紹介
<https://www4.city.kanazawa.lg.jp/menu/syokukai/> 2019年10月1日閲覧
- 14) 地震本部，内陸の活断層，森本・富樫断層
https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_katsudanso/f057_morimoto_togashi/ 2019年10月1日閲覧
- 15) GIS ホームページ，国土数値情報ダウンロードサービス，土地利用細分メッシュデータ
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html> 2019年10月1日閲覧
- 16) 金沢市企画調整部，調査統計局，住民基本台帳に基づく金沢市の人口及び世帯数 2019年10月1日閲覧
防災科研，地震ハザードステーション，震源断層を特定した地震動予測地図
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/> 2019年10月1日閲覧
- 17) 農林水産省，農村における人口減少
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h26/h26_h/trend/part1/chap0/c0_1_01.html 2019年10月1日閲覧

(2009.7.1 受付)

Basic analysis on changes in disaster risk due to urban development ~Considering land use and population~

Kazuhiro NAGAKI, Yuma MORISAKI, Makoto FUJIIU, Junichi TAKAYAMA, and
Yuto SIOZAKI

In recent years, the damage caused by disaster in Japan has increased. One of the factors is the progress of urbanization in various regions. Cities increase in vulnerable areas. Along with that, disaster risk has also increased. It is necessary to consider land use bases on disaster risk.

Therefore, in this study, the relationship between urban development and disaster risk was clarified. The target was Kanazawa City, Ishikawa Prefecture. The disaster risk in the analysis was for earthquakes. This study found that there is a relationship between the progress of urbanization and the scale of disaster.