

函館市における土地利用の空間的特徴と津波災害リスク

川村 壮*・橋本雄一**

Spatial Characteristics of Land Use and Tsunami Disaster Risk in Hakodate City

Takeshi KAWAMURA*, Yuichi HASHIMOTO**

Abstract: The purpose of this study is to clarify the relationship between changes in land use spatial characteristics and tsunami disaster risks such as damage to buildings by spatial analysis. In addition, this study also estimates the economic damage caused by the tsunami. The study area is Hakodate City, which has the largest population on the Pacific coast of Hokkaido. To understand the land use changes in the port cities, this study analyzed the basic urban planning survey data with a viewpoint of spatial perspective. As a result, the study pointed out that the tourism development of around ports may increase the risk of tsunami disasters. This study reveals that changes in spatial characteristics of land use have a certain impact on tsunami disaster risk.

Keywords: 都市計画基礎調査 (city planning basic survey data), 土地利用変化 (land use change), 津波被害想定 (Tsunami damage estimation), 建物被害面積 (Area of building damage), 被害額 (amount of damage)

1. はじめに

1.1. 研究の背景と目的

港湾はそれ自体が生産や物流の重要な拠点であるばかりでなく、港湾が立地する都市の土地利用の空間的特徴に大きな影響を与える。例えば本研究の対象である函館市に関して、奥平 (1967) は函館港の連絡船棧橋の移転が中心市街地の移動に影響を与えたことを指摘している。このような港湾と周囲の土地利用の関係を体系化した研究として、Bird (1977) や Wrenn and Casazza (1986), 林 (2017) が挙げられる。林は Bird の Anyport Model に 1970 年代以降の港湾の発展過程を補い、港湾の発展と背後地の都市の土地利用との関係を示した。林によれば、20 世紀中ごろまでに港湾における関連産業の立地により港湾都市の工業化が進展したが、以降は港湾機能が都市から空間的に分離し、工業生産の縮小や再開発が進んだとされる。以上のような港湾の影響による港湾都市の土地利用変化は津波災害リスクにも影響すると考えられるが、港湾都市の災害リスクを取り扱った研究は橋本 (2013) や Zhang (2019) など少数で

ある。また、Zhang (2019) では土地利用の変化は扱われておらず、橋本 (2013) も 2000 代以降を分析対象としており、港湾の発展と津波災害リスクの関係は十分に解明されていない。

そこで本研究では、北海道太平洋沿岸で最大の人口を擁し函館港が立地する函館市を対象に、1970 年代後半以降の土地利用変化の空間的特徴を解明し、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震により引き起こされる最大級の津波が発生した場合に想定される津波災害リスクを定量的に示すことを目的とする。さらに、土地利用の空間的特徴と津波災害リスクの関係の解明を試みる。なお、函館市は 1939 年に湯川町、1966 年に銭亀沢村、1973 年に亀田市を合併し、2004 年に戸井町・恵山町・榎法華村・南茅部町を合併しているが、本研究では 2004 年に 3 市 1 町を合併する直前の函館市域を対象とする (図 1-1)。

また、研究対象地域である 2004 年の合併直前の函館市にあたる領域の人口動態は図 1-2 のとおりである。函館市は、かつては北海道最大の人口を持つ都市であり、1935 年の国勢調査では人口 20 万人を

* 学生会員 北海道大学大学院文学研究科 (Graduate School of Humanities and Human Sciences Hokkaido University)

〒060-0810 北海道札幌市北区北 10 条西 7 丁目 E-mail : t_kawamura@frontier.hokudai.ac.jp

** 正会員 北海道大学大学院文学研究院 (Faculty of Humanities and Human Sciences Hokkaido University)

を超え、全国的にも大きな都市のひとつであった。その後、札幌市、旭川市に抜かれ現在では北海道第3位の都市となり、1980年以降は人口減少に転じている。

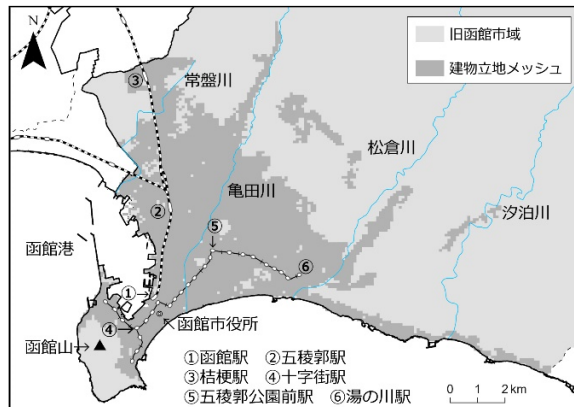


図 1-1 地域概観
国土数値情報による

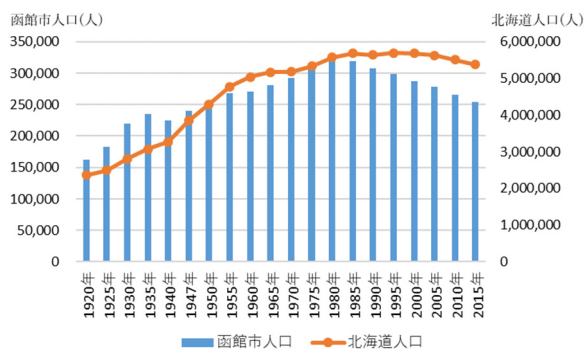


図 1-2 北海道と函館市の人口の推移
国勢調査による

1.2. 研究方法と資料

本研究では、まず第2章で北海道の港湾の立地と太平洋沿岸の港湾の貨物取扱の状況を確認し、北海道建設部建設政策局維持管理防災課が公表している北海道太平洋沿岸の津波浸水データを用いて、北海道太平洋沿岸の港湾で想定される津波浸水深を確認する。なお、このデータには2012年公表のもの(2012年想定)と2021年公表のもの(2021年想定)があるが、本研究では基本的に2021年想定を使用する。ただし一部の分析では2012年想定も使用する。次に第3章において、北海道建設部まちづくり局都市計画課より提供を受けた都市計画基礎調査データを用いて、函館市の土地利用の分析を行う。続いて第

4章において、都市計画基礎調査データと津波浸水データを重ね合わせて、函館市において想定される津波被害を推計し、港湾都市における土地利用変化と津波災害リスクの関係について考察する。

2. 北海道の港湾と津波浸水想定

2.1. 北海道における港湾の立地状況と貨物取扱量

表 2-1 は全国および北海道の港湾種別ごとの港湾数である。また、北海道の港湾の位置を図 2-1 に示す。北海道には国際拠点港湾が2港湾、重要港湾が10港湾立地しており、地方港湾と56条港湾を含めて合計で41の港湾が立地している。国際戦略港湾は立地していない。これは、全国に993の港湾が立地する中で約4.1%を占めるが、道外と比べると海岸線の長さに対して港湾数が少ない。

表 2-1 港湾種別ごとの港湾数

港湾法上の港湾種別	全国の港湾数	うち北海道内の港湾数
国際戦略港湾	5	0
国際拠点港湾	18	2
重要港湾	102	10
地方港湾	807	23
56条港湾	61	6
合計	993	41

国土交通省港湾局 港湾管理者一覧表(令和3年4月1日現在)による

図 2-2 は、北海道内の国際拠点港湾および重要港湾の貨物取扱量である。重要港湾は日本海側やオホーツク海側にも立地しているが、実際には太平洋沿岸の函館港・釧路港とそれ以外の重要港湾では貨物取扱量に大きな差があり、本研究の対象である函館港は道南地域の中心的港湾となっている。

図 2-3 は函館港のフェリーを除く品目別貨物取扱量である。函館港の貨物取扱量は化学工業品と鉱産品が多く、この2つで大部分を占めている。化学工業品のうちセメントの移出や輸出が多いが、これは近隣に太平洋セメント上磯工場が立地していることが主な理由である。農水産品などの一次産業に関連する品目の取り扱いもあるが、絶対量は少ない。また、このグラフには含まれていないがフェリーの貨物取扱量や輸送人員が多く、本州と北海道を結ぶ交通港としての役割が大きい港湾でもある。

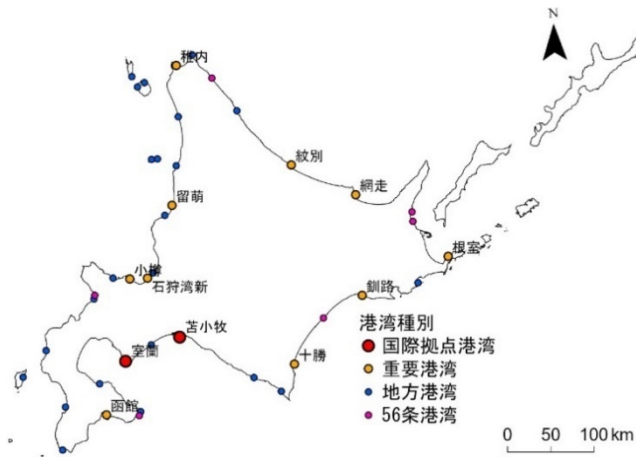


図 2-1 北海道の港湾の立地状況
国土数値情報による

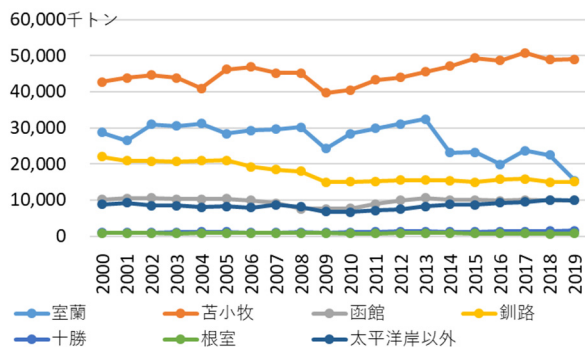


図 2-2 北海道の港湾の貨物取扱量
日本港湾協会港湾政策研究所 HP による

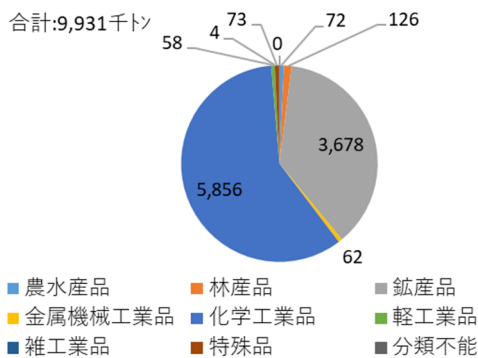


図 2-3 函館港の品目別貨物取扱量
函館港統計年報（令和元年度版）による

2.2. 北海道の港湾における津波浸水想定

前述のとおり北海道では太平洋沿岸に重要性の高い港湾が集中していることから、ここでは太平洋沿岸の各港湾の津波浸水想定を確認する。国土数値情報の各港湾の位置から周囲 10km の津波浸水深が記

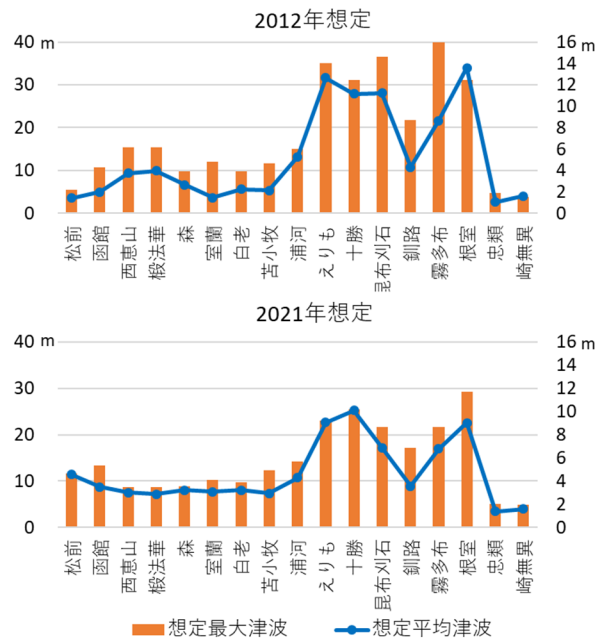


図 2-4 北海道の港湾の津波浸水想定
北海道津波浸水想定・国土数値情報による

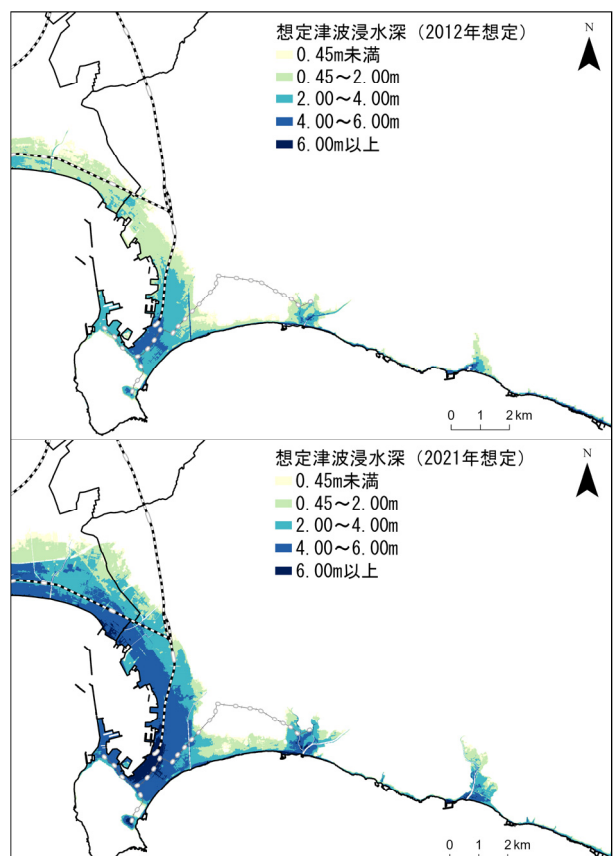


図 2-5 函館市周辺の想定津波浸水域
北海道津波浸水想定による

録されているメッシュの平均浸水深と最大浸水深を算出した（図 2-4）．函館港を含む襟裳岬以西の港湾では、2021 年想定の方が最大浸水深と平均浸水深が大きい傾向にあり、浸水域が拡大している．

続いて函館市周辺で想定される津波について、2012 年想定と 2021 年想定を地図化した（図 2-5）．2021 年想定では港湾周辺は大部分が浸水深 4～6m 未満、函館駅付近の一部が 6m 以上となっており、港湾施設や港湾周辺の建物が被害を受け港湾機能が低下する危険性がある．コンテナヤードやフェリーターミナル等の物流や交通に関わる主要な施設は主に五稜郭駅に近い港湾の北部に設置されており、函館駅付近は主に観光関連施設が立地する．なお、函館港は周囲に機能を代替できる規模の港湾が存在しないため、被災の影響が道南地域全体に波及するおそれがある．

3. 函館市の土地利用変化

3.1. 使用データの概要と分析手法

津波災害リスクと土地利用の関係を考察するために、まず都市計画基礎調査を使用した土地利用分析を行う．ここでは、分析に使用できる都市計画基礎調査データが存在する最も古い年次である 1979 年、青函トンネルの開設・青函連絡船廃止の直前にあたる 1984 年、最新の調査年次である 2015 年のデータを用いて、各年次の土地利用および年次間比較の分析を実施する．

まず、函館市全域の年次別・建物用途別の延床面積とその増加率、および高層化指数（延床面積／建物面積）を算出する．続いて延床面積の全市的な分布状況を地図化する．なお、1979 年および 1984 年は旧測地系 100m メッシュ、2015 年は建物ごとのデータが整備されているが、ここでは 2015 年の建物ごとのデータを旧測地系 100m メッシュに統合して地図化する．また、各メッシュで最大となる建物用途も示す．最後に、函館市内を図 3-1 のとおり港湾および JR・市電の駅により地域区分し、それぞれの地域内の土地利用状況を確認する．具体的には、市内を臨港地区、臨港地区周辺 1km、中心市街地の駅（JR 函館駅・函館市電五稜郭公園前駅）の周辺 1km、

その他の主要な駅（函館駅以外の JR 駅と、函館市電の十字街駅・湯の川駅）の周辺 1km、いずれにも該当しない地域の 6 つに区分し、函館市全域と同様の分析を行う．

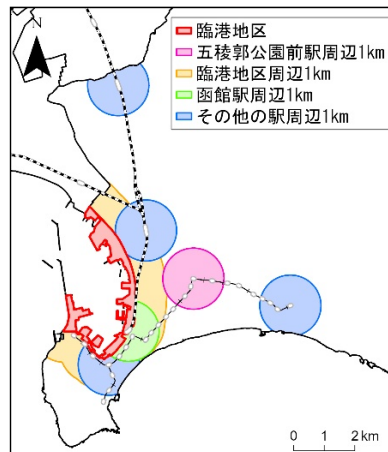


図 3-1 分析の地域区分

国土数値情報・函館港港湾計画図による

3.2. 函館市の土地利用変化

図 3-2 は函館市全域の建物の延床面積とその増加率、高層化指数を示したものである．函館市では 1980 年以降は人口減少傾向であるにもかかわらず、延床面積は増加している．ただしその多くは住宅と商業系建物の増加によるものであり、工業系の建物は減少している．また、商業系建物の高層化指数が低下しており、郊外型の低層の店舗の増加を表していると考えられる．

図 3-3 はメッシュごとの全建物の延床面積の分布状況である．主に市の北部に新たな市街地が形成されている．図 3-4 はメッシュごとの全建物の延床面積の年次間の変化である．1979 年から 1984 年では全市的に増加メッシュと減少メッシュが混在している．しかし 1984 年から 2015 年では、函館駅周辺から函館山の北側にかけては減少メッシュが集中する一方で、市街地北東部では増加メッシュが広く分布しており、郊外化が明確になっている．

図 3-5 はメッシュごとに延床面積が最大となる建物用途を示したものである．1979 年と比べ 2015 年には、港湾周辺の工業が卓越する地域が縮小し、住宅や商業に置き換わっている．特に函館駅周辺は商業が目立つようになっており、この地域が主に倉庫

や工場などの港湾関連施設が立地する地域から観光地に変化したことを示している。

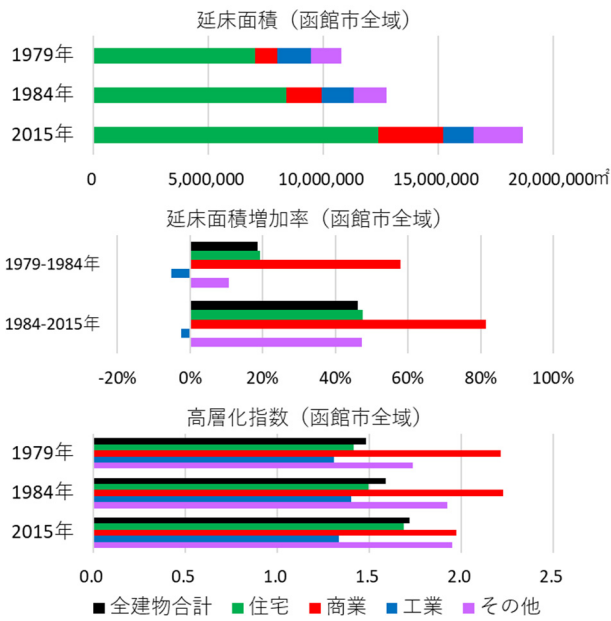


図 3-2 函館市全域の土地利用
都市計画基礎調査による

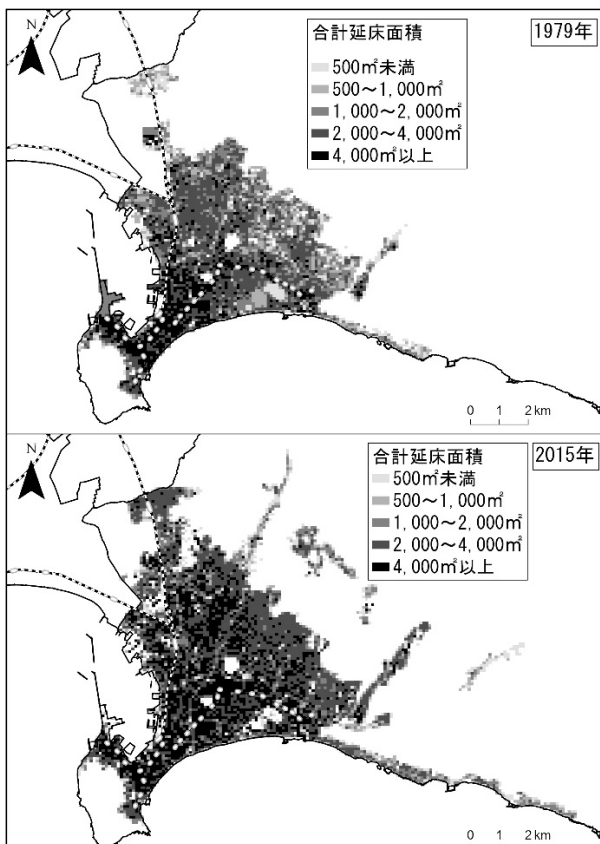


図 3-3 函館市の延床面積の分布
都市計画基礎調査による

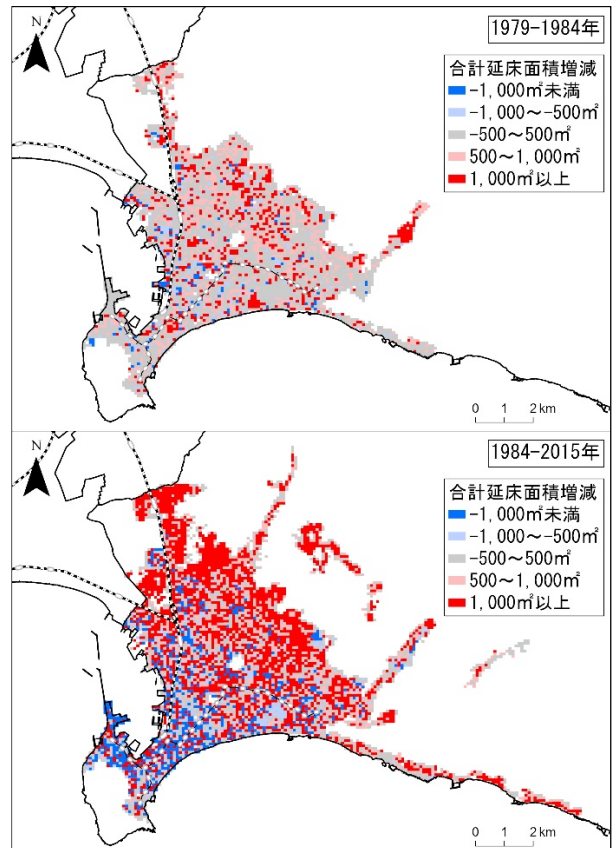


図 3-4 函館市の延床面積の増減
都市計画基礎調査による

3.3. 函館市の地域別土地利用

函館市の土地利用の空間的特徴を明らかにするため、図 3-1 のとおり区分した地域ごとの建物の延床面積を図 3-6 に示した。市内の各地域で唯一、函館駅周辺では 1984 年以降に延床面積が減少している。一方で、もう一つの中心市街地である五稜郭公園前駅周辺は 1984 年以降も延床面積の減少はみられない。また、いずれにも該当しない地域の延床面積は大きく増加しており、郊外化が進行していることがみてとれる。さらに、臨港地区内やその周辺で商業が増加しており、港湾周辺の観光地化が進んでいることが示されている。

以上の分析結果のとおり、函館市では 1980 年代までは全市的に建物の増加が進行していたが、以降は函館駅周辺の中心市街地の衰退と市北部の郊外への市街地の進出がみられた。このような郊外化は多くの日本の地方中小都市において発生している現象

であるが、港湾都市においては港湾機能との関連も指摘することができる。函館市では函館駅周辺の中心市街地と函館港の南側が近接して位置しており、

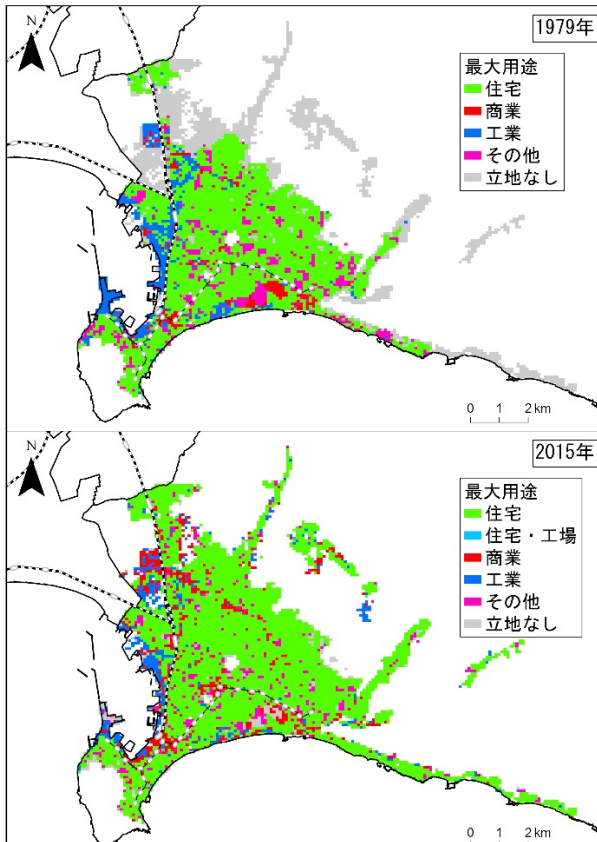


図 3-5 函館市の各メッシュの最大延床面積の用途
都市計画基礎調査による

1977 年の排他的経済水域の設定による漁業基地機能の衰退や、1988 年の青函トンネル開通に伴う青函連絡船の廃止による旅客機能の衰退といった港湾機能の低迷が、函館駅周辺の中心市街地の重要性の低下を招いたと考えられる。

また、フェリーターミナルやコンテナヤードといった主要な港湾施設が中心市街地から離れた港湾の北部に設置され、港湾の南部は倉庫跡などを利用した観光施設が立地するようになった。これは、Wrenn and Casazza (1983) が論じた港湾機能の移転に伴うウォーターフロント開発の一種であるといえる。加えて、函館市は 1989 年に国際観光都市宣言を行っており、このような観光地化は港湾機能の低迷への函館市の対応の結果という側面もある。

4. 函館市の津波被害推計

4.1. 使用データと分析手法

本章では、土地利用分析の結果と津波浸水想定を GIS 上で空間的に重ね合わせて、建物の物的被害と経済的被害を明らかにする。土地利用のデータには前章で用いた都市計画基礎調査データを、津波浸水想定データには第 2 章で確認した北海道太平洋沿岸の津波浸水データを用いる。津波浸水データは 2021 年想定を使用する。

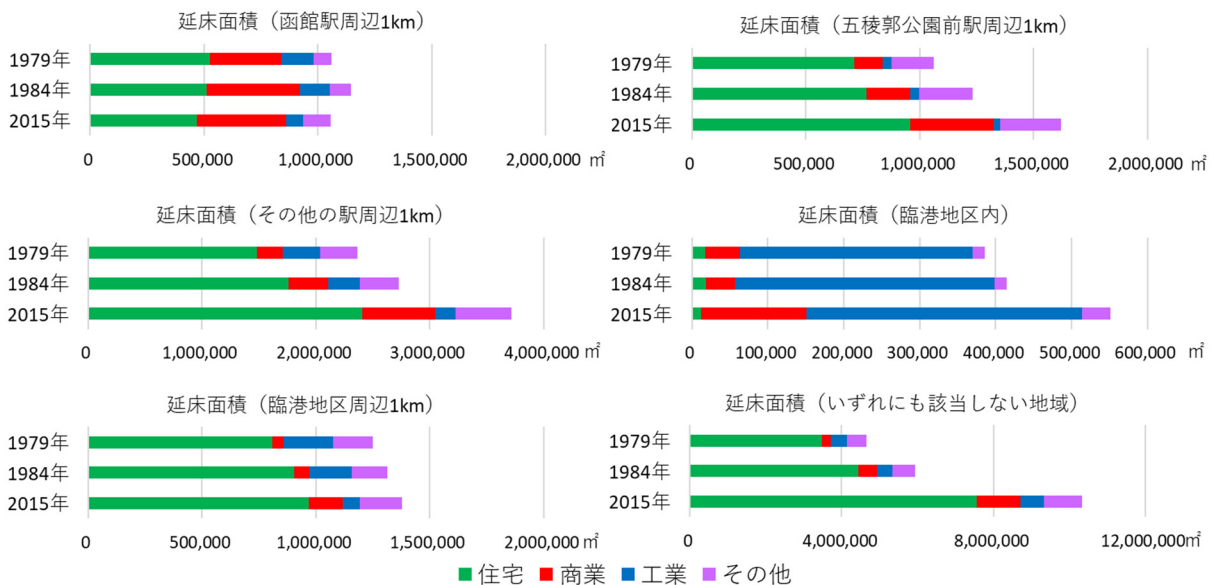


図 3-6 函館市の地域別の延床面積
都市計画基礎調査による

まず、津波浸水域における建物立地状況を確認する。図 2-5 に示した 2012 年想定と 2021 年想定の新規浸水域を比較し、2021 年想定で新たに浸水域となった地域と 2012 年想定から継続して浸水域である地域に立地する建物の延床面積を図 4-1 に示す。

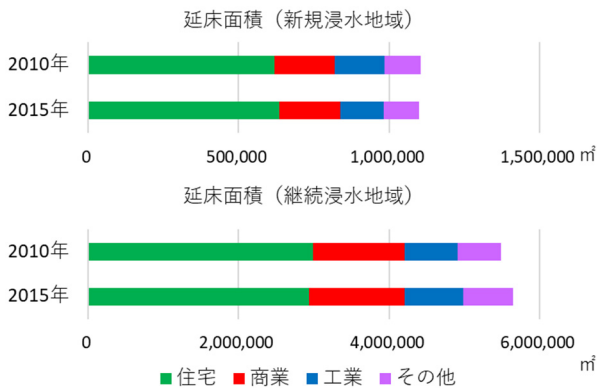


図 4-1 新規浸水域・継続浸水域の延床面積
都市計画基礎調査・北海道津波浸水想定による

次に津波による建物の物的被害について、神奈川県 (2015) で示されている建物被害率関数 (式 1) と建物構造別・DID 地区別の係数 (表 4-1) を用いて、建物ごとの全壊率および半壊率を算出する。

$$\text{建物被害率} = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad \dots \text{式 1}$$

表 4-1 建物被害率関数の係数

		DID 地区		DID 地区以外	
		μ	σ	μ	σ
木造	全壊率	2.05	0.439	2.10	0.673
	全半壊率	0.502	0.409	0.476	0.703
非木造	全壊率	2.80	0.850	2.80	0.850
	全半壊率	0.352	0.418	0.494	1.100

※半壊率 = 全半壊率 - 全壊率

神奈川県 (2015) による

この結果から、被害面積 (延床面積 × 全壊率 + 延床面積 × 半壊率 × 1/2) と被害率 (被害延床面積 / 延床面積) を算出し、地図およびグラフに示す。これにより、都市開発により津波災害リスクがどう変化したか把握することができる。

なお、この被害率関数では非 DID 地区の木造建物では概ね浸水深 3m、非木造建物では概ね浸水深 4m で全壊率が 90%程度となる。しかし、被害の実態は全壊と判定される建物の中でも様々であり、完全な

流失に至る建物ばかりではなく、非構造部材の破壊にとどまる建物もある。東日本大震災の建物被害を調査した建築研究所 (2012) の報告からは、5 階建以上の非木造建築物では倒壊に至ったものは少なかったことが示唆される。このため、被害率の高い地域であっても一様に全ての建物が流出や倒壊に至るのではなく、特に大型の非木造建築物が立地する地域では垂直避難に活用可能な建物が残存する可能性があることに留意する必要がある。

ところで、都市内部における津波被害のインパクトを評価するためには、建物の被害面積だけでなく、建物自体と建物内部の資産の被害額の算出が有効であると考えられる。これは、被害を金額で算出することで、インフラ被害などの建物被害以外の被害との被害規模の比較に活用できるためである。本研究では中央防災会議 (2013) の手法を用いて、被害量に単価を乗ずることで被害額を算出する。なお、被害額は現在における再建費用とし、建物や資産の経年による価値の低下や物価変動は考慮しない。

建物の単価は建設物価調査会 (2021) の数値を用いて、建物用途別・建築構造別に設定する。建物内部の資産は、非住宅には償却・在庫資産、住宅には家庭用品資産が存在するものとみなして被害額を算出する。被害額は、業種別の従業者数に単価を乗じて算出する。従業者数のデータには 2014 年の経済センサス基礎調査の小地域別の産業分類別従業者数の数値を用いる。産業分類別の従業者 1 人あたりの償却・在庫資産額の単価は、洪水被害の算出方法をまとめた国土交通省 (2020) の数値を用いる。ただし、農林水産業は従業者数ではなく戸数あたりの単価を用いる。世帯数のデータには 2015 年の国勢調査を使用し、家庭用品資産額の単価には、国税庁がホームページ上で公表している家族構成別家庭用財産評価額を用いる。

4.2. 函館市で想定される津波の物的被害

図 4-2 は、2021 年の津波想定に基づき算出した函館市全域の建物の延床面積の被害面積と被害率である。被害面積は増加しているが、津波被害が想定されない市北部での建物増加が多いことから、どの建物用途でも被害率は低下傾向にある

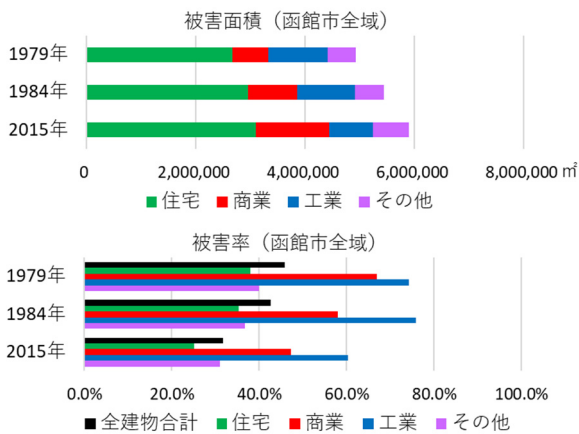


図 4-2 函館市の想定津波被害面積
都市計画基礎調査・北海道津波浸水想定による

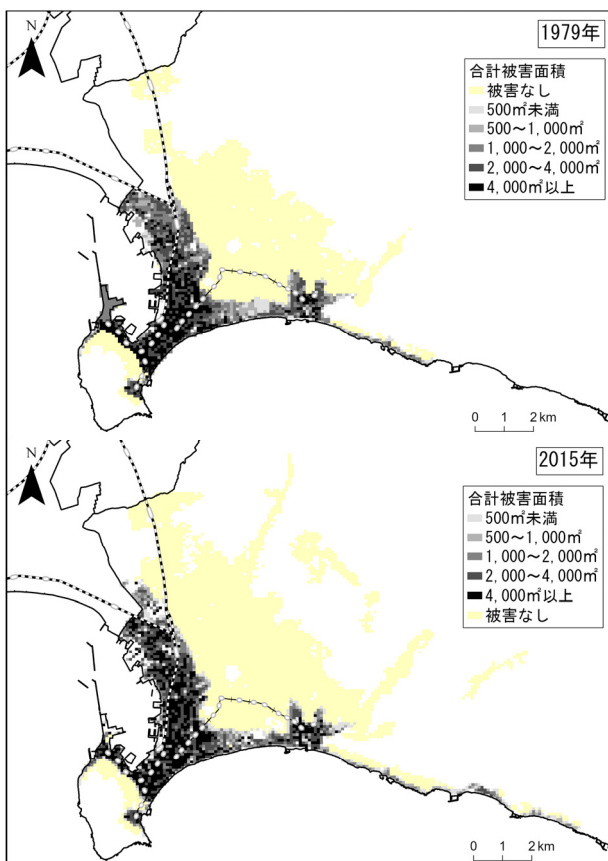


図 4-3 函館市の想定津波被害面積の分布
都市計画基礎調査・北海道津波浸水想定による

図 4-3 は、函館市における被害面積の分布状況である。五稜郭駅の北東部に新たに市街地が進出した他は、この図からは大きな変化は読み取れない。しかし、図 4-4 に示す被害面積の増減の分布からは、時間的・空間的な傾向の変化を確認することができ

る。1979 年から 1984 年にかけては、全市的に変化は少ないが函館駅周辺などでまとまって増加がみられる地域がある。1984 年から 2015 年にかけては、函館駅周辺の中心市街地や函館山の北側の地域で減少がみられる一方、五稜郭駅周辺や函館港北部では増加がみられる。また、十字街駅周辺の港湾付近の観光地化が進んでいる地域でも増加がみられる。

続いて図 4-5 は、函館市内各地域の建物の被害面積を示したものである。その他の駅周辺の被害面積が大きく増加しているが、これは主に五稜郭駅周辺の市街化によるものであり、特にロードサイド型商業施設の進出の影響で商業の増加率が大きい。また、臨港地区内の商業の被害面積の増加率も大きくなっている。一方で、港湾周辺と駅周辺のいずれにも該当しない地域はほとんどが津波浸水域外にあたることから、延床面積が大きく増加していることに比べて被害面積はあまり増加していない。以上から函館市においては、主に五稜郭駅周辺の市街化と港湾周辺の観光地化が津波災害リスクの増大につながって

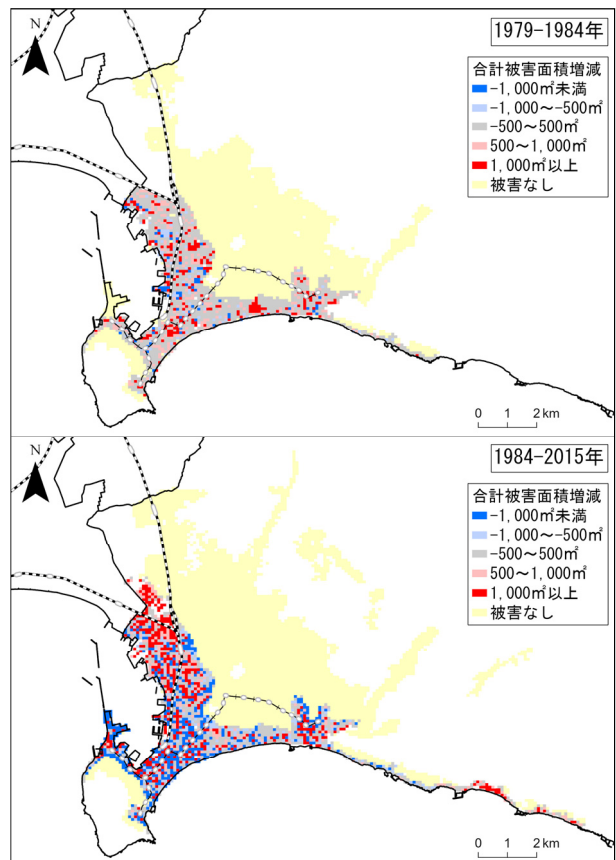


図 4-4 函館市の想定津波被害面積の増減
都市計画基礎調査・北海道津波浸水想定による

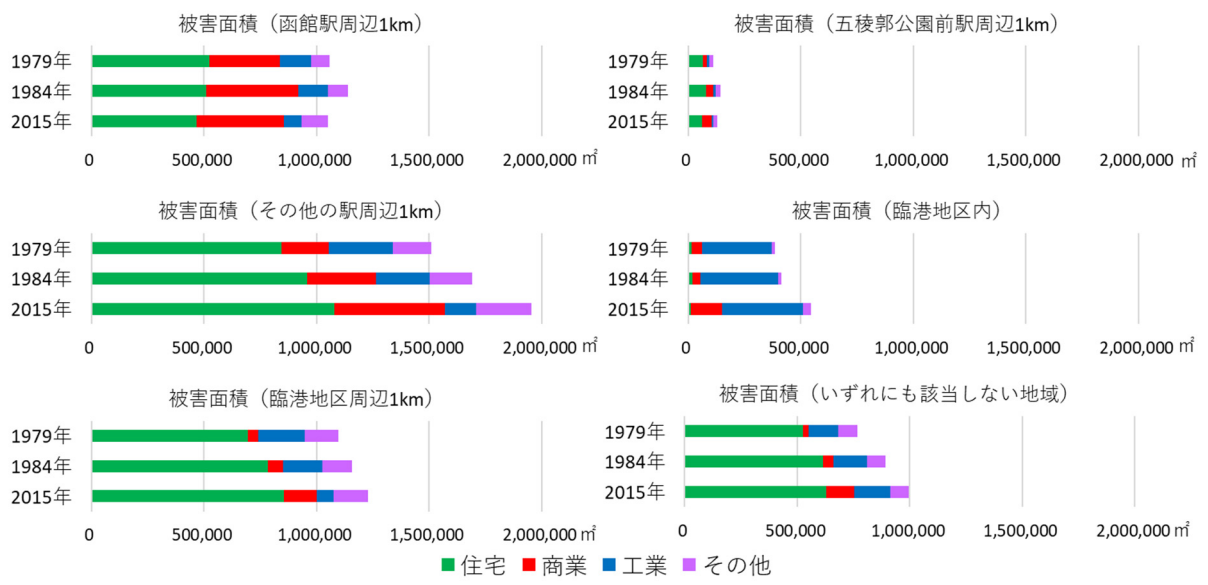


図 4-5 函館市内の各地域の想定津波被害面積
都市計画基礎調査・北海道津波浸水想定による

いる。しかし、郊外化は五稜郭駅周辺を除き津波浸水域外で進行しており津波災害リスクの増大にはあまり影響していない。

ただし、これはあくまで函館市内に限った分析結果であることに留意が必要である。函館市の西側に隣接する北斗市の海岸付近の市街地は、函館市における郊外化の影響が及んでいると考えられる。北斗市では2005年の国勢調査まで人口が増加しており、函館市の郊外化の影響で津波災害リスクが高まっている可能性がある。

4.3. 函館市で想定される津波の経済的被害

図 4-6 は、函館市の津波被害額の推計結果である。全市では約17,000億円の被害が想定される。これは、2018年度の函館市の市内総生産である9,440億円の2倍弱にあたる。本研究で推計したストックの被害とフローである市内総生産を単純に比較することはできないが、函館市の経済規模に対して大きな被害が想定されるということが出来る。地域別にみると、各地域の被害の大きさや建物用途ごとの被害の大きさの傾向は被害面積のものとはあまり変わらないことから、函館市においては地域ごとの経済的被害の状況は概ね建物立地状況に左右されているといえる。

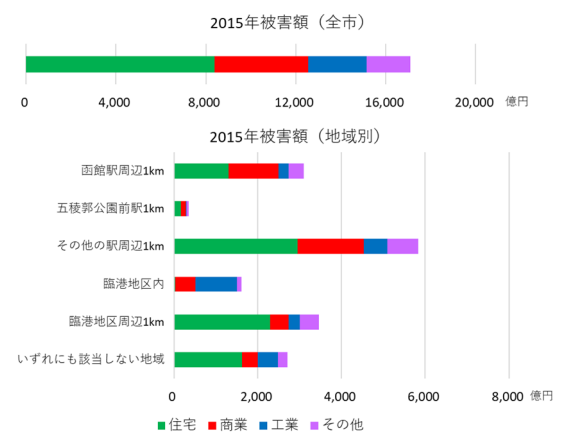


図 4-6 想定される津波被害額の推計
都市計画基礎調査・北海道津波浸水想定・経済センサス・国勢調査による

5. おわりに

本研究では、北海道太平洋沿岸最大の都市である函館市を対象に、港湾都市の土地利用の空間的特徴を把握するとともに、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震による最大級の津波が発生した場合に想定される津波災害リスクを定量的に示した。

結果は次のとおりである。函館市においても日本の地方中小都市で一般的に見られる傾向と同様に、1980年代以降に中心市街地の衰退と郊外化が進行した。また、函館港周辺の観光地化が進み、卓越す

る建物用途が工業系から商業系に変化した地域がみられた。これらの土地利用変化の要因として、青函連絡船の廃止や北洋漁業の衰退による港湾機能の低迷が挙げられる。

次に津波被害は、主に函館駅周辺や五稜郭駅周辺、港湾周辺で想定された。このうち函館駅周辺では被害面積が減少傾向にあり、五稜郭駅周辺と港湾周辺では拡大傾向にある。一方で宅地化が進んでいる市の北部では被害が想定されておらず、函館市において郊外化は津波災害リスクの増大にはあまり影響していないと考えられる。また、被害額の推計を行い、函館市の経済規模に対して大きな経済的被害が想定されることを明らかにした。

災害と社会の関係について論じた代表的な研究である Wisner et al. (2004) は、海外における高潮やハリケーンの被害の事例から、観光地化や製造業の集積、投機的な宅地開発などにより海岸付近の人口が増加し災害リスクが増大したことを示した。また、経済的・政治的問題がこのような災害リスク増大の背景にあると主張した。本研究ではこのような土地利用の空間的特徴と災害リスクの関係を定量的かつ空間的に示すため、土地利用と津波災害リスクの空間分析を実施した。結果、1970年代後半以降の函館市においては、観光地化による津波災害リスクの増大はみられたものの、製造業の集積や宅地開発は津波災害リスクの増大にあまり寄与していないことが明らかとなった。ただし、同じ北海道太平洋沿岸の都市でも苫小牧市や釧路市のように海岸に沿って市街地が拡大してきた都市では異なる結果になると考えられることから、今後は他都市の分析結果との比較検討を進めたい。

謝辞

本研究の実施にあたり、北海道建設部まちづくり局都市計画課より都市計画基礎調査データを提供いただきました。ここに記して厚く御礼申し上げます。また、本研究は建議研究「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第二次)」の課題研究「地理空間情報の総合的活用による災害への社会的脆弱性克服に関する人間科学的研究」(代表者:橋本雄一、

課題番号:HKD07) および JSPS 科研費(基盤研究 C)「ブラックアウト・ホワイトアウトを考慮した千島海溝地震の津波避難モデル構築」(代表者:橋本雄一、課題番号 22K0104002) における成果の一部である。

参考文献

- Bird, J. (1977) 『Centrality and Cities』. Routledge.
- Wisner, B. Blaikie, P., Cannon, T. and Davis, I. (2004): 『At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters』. Routledge.
- Wrenn, D.M., Casazza. J. (1983) 『Urban Waterfront Development』. Urban Land Institute. レン, D.M. 著, 横内憲久監訳 (1986) 『都市のウォーターフロント開発』 鹿島出版会.
- Zhang, A., Wu, J. and Yun, Y. (2019) Strategies for increasing tsunami shelter accessibility to enhance hazard risk adaptive capacity in coastal port cities: a study of Nagoya city, Japan. 『Natural Hazards and Earth System Sciences』, 19, 927-940.
- 奥平忠志(1967) 港湾と都市の変遷—函館の場合—。『東北地理』, 19, 102-108.
- 神奈川県 (2015) 神奈川県地震被害想定調査報告書 (手法編)。
- 建設物価調査会 (2019) 『令和元年度版 建築統計の年間動向』。
- 建築研究所 (2012) 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震調査研究 (速報)。
- 国土交通省 (2020) 治水経済調査マニュアル (案)。
- 中央防災会議 (2013) 南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要～ライフライン被害、交通施設被害、被害額など～。
- 橋本雄一 (2013) GIS を援用した北海道沿岸都市における積雪期の津波災害時避難に関する地理学的研究。『北海道開発協会 平成 24 年度助成研究論文集』, 163-183.
- 林 上 (2017) 『都市と港湾の地理学』, 風媒社。