

立地適正化計画における津波災害リスクを考慮した 持続可能な都市構造の基礎的検討

Fundamental study of sustainable urban structure for considering the tsunami disaster risk in the location optimization plan

独) 函館工業高等専門学校環境システム工学専攻 ○学生員 福田京平 (Kyohei Fukuda)
独) 函館工業高等専門学校社会基盤工学科 正員 永家忠司 (Tadashi Nagaie)

1. 研究の背景と目的

超高齢化社会に突入した日本では少子化も相まって少子高齢化が問題となっている。今後も高くなる高齢化率も考慮すると、高齢化率が高く、人口も減少する地域では将来様々なライフラインの維持管理が困難になることが予想され、都市の持続が困難になることが懸念されている。そのため、郊外部の人口を中心部へ集約する「集約型都市構造」の実現が必要不可欠である¹⁾。そこで2014年に改正都市再生特別措置法が施行され、立地適正化計画（以下、当該計画）が創設された。当該計画は、医療や福祉、商業等を誘導する都市機能誘導区域とその周辺に人口を誘導する居住誘導区域の2つを設定し、将来も一定の人口密度と生活サービスを維持することで持続可能な都市構造の実現を目指すものである²⁾。

居住誘導区域の設定にあたって「立地適正化計画作成の手引き」では、土砂災害、津波被害、浸水被害等により甚大な被害が想定される地域は居住誘導区域から除外することが望ましいとされている。しかし、本研究の対象地域である函館市も含め、当該計画を策定した自治体の中には、既に人口密度の高い市街地であることや都市機能が集中していること等を理由に災害リスクが高い地域も居住誘導区域に含まれている自治体も少なくない³⁾。

そこで本研究は、函館市の人口増減数に着目し、当該計画作成の手引きに記されている項目を中心に人口の増減に影響する要因を特定することで、どのような要因が人口増減に影響を与えるのかを定量的に把握することを目的とする。また、重回帰分析の結果を用いて将来も人口が集中すると予想される地域を特定し、それらの地域の津波災害リスクについて分析することで、持続可能な都市構造を形成しつつ津波災害を考慮した都市構造の検討を行う。

2. 対象地区の概要

2.1 函館市の人口推移

対象地域である函館市も少子高齢化の影響により人口が減少する中でも老年人口の割合は上昇し、2018年時点で人口の34.4%が老年人口となっている⁴⁾。国立社会保障・人口問題研究所が推計したデータによると、2040年には高齢化率が43.5%に程度になる予想されており、函館市の高齢化率は全国と比較しても高い傾向にある⁵⁾。また、生産人口の割合は48.3%となり、老年人口と割合がほぼ同数となることから函館市の少子高齢化の問題は深刻であると言える。

2.2 函館市の立地適正化計画の概要

函館市では2018年3月に当該計画が策定され、2040年までに居住誘導区域内の人口密度をDID基準である40人/ha以上とすることを目標としている⁶⁾。図-1に国土数値情報の500mメッシュ将来推計人口データより作成した2020年時点で目標値を満足しているメッシュの分布を示す。居住誘導区域内の目標値を達成しているメッシュ数は、居住誘導区域内の総メッシュ数が167に対して、99のメッシュが目標値を満足している。しかし、図-2に示す2040年時点で目標値を満足しているメッシュの分布では、52のメッシュのみ目標値を達成しており、2020年から47のメッシュが減少し、達成率は31%と予想されている。これらのことから現在のままでは、居住誘導区域内全域で2040年までに目標値を達成することは困難であると考えられる。

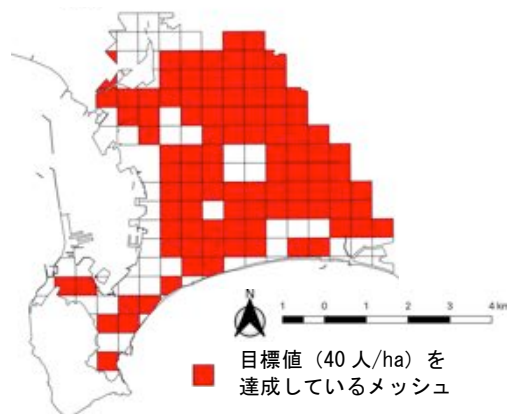


図-1 目標値を達成しているメッシュ (2020 年)

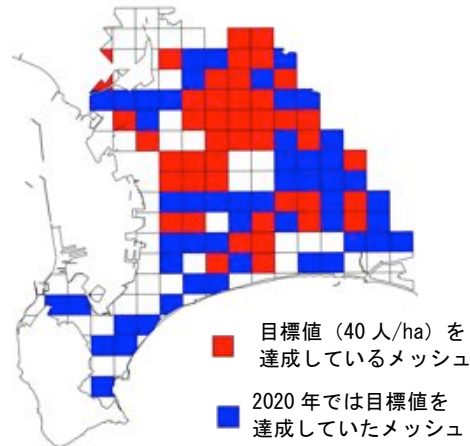


図-2 目標値を達成しているメッシュ (2040 年)

2.3 函館市の地震津波想定

北海道が2011年に公表した千島海溝沖地震津波浸水想定によれば、太平洋側から入射する津波は函館山に沿って大きく回折した後、西部地区を含む砂洲のほぼ全域が4~6m程度浸水すると想定され、湯の川地区にも被害は及ぶ⁶⁷⁾。

立地適正化計画作成の手引きには、災害リスクが低い地域への人口誘導が望ましく、災害リスクを含む地域には、災害リスクを記載するとともにソフト、ハードの防災対策を合わせて検討・記載すると記されている。この被害想定範囲には函館市の当該区域も含まれており、特に都市機能が集中する地域に甚大な津波被害が想定されている(図-3)が、「函館市立地適正化計画」には、ハザードマップの配布等のソフト面の防災対策しか明記されていない⁸⁾。

3. 研究方法と使用データ

本研究では重回帰分析を用いて、現在から目標年次までの人口増減に影響を与える要因を定量的に把握する。

主軸となる人口のデータとして国土数値情報の500mメッシュ将来推計人口データ(以下、人口データ)を用いた。人口推計方法としてコーホート要因法を用いて試算しており、推計値・仮定値は国立社会保障・人口問題研究所などのデータを使用している⁹⁾。このデータを基に算出した2020年から目標年次である2040年までの人口増減数を被説明変数とした。そして、説明変数として表-1に示す国土数値情報より取得したデータを採用し、GISを用いて説明変数の値を人口データの新たな属性として格納し、重回帰分析を行った。本研究では当



図-3 当該計画誘導区域と津波浸水想定区域

該計画が人口増減に及ぼす影響を推定することを目的としているため、説明変数には「都市構造の評価に関するハンドブック」と「函館市立地適正化計画」に記されている項目を中心に採用している¹⁰⁾。また、説明変数の選択には、影響のある変数を一つでも多く特定するため、変数減少法を用いた。

函館市は、具体的な人口誘導施策が未だ公表されていないことから、人口の誘導には、都市機能誘導区域を持つ都市機能の充実性や持続性などの効果のみが期待されているものと考えられる。このことから表-1の項目17~22には、各都市機能の近接性を追加した。近接性は、それぞれの施設からのアクセスの容易さを表す指標であり、10mメッシュ単位で各施設からの距離を算出した後、人口データと重なり合った10mメッシュの平均を人口データの属性として格納した。災害リスクとしては、津波浸水、河川浸水、土砂災害のそれぞれの想定区域が人口データ内に存在するか否かをダミー変数として属性に格納した。次に小・中・高等学校の近接性については、函館市では身近な都市機能増進施設として特定の区域に集約せず、当該計画区域内全域に満遍なく配置するものとしているが、人口増減に影響を与える可能性が考えられるため、説明変数に追加し、各施設の近接性を同様の方法を用いて属性として格納した。その他に公共交通の近接性、人口データ内で各種用途地域が占める割合、標高、傾斜を説明変数に追加した¹¹⁾。

4. 重回帰分析

4.1 人口増減要因の特定

前述した分析方法、及びデータを用いて作成した重回帰モデルを表-2に示す。函館市の人口は減少傾向であ

表-1 分析に使用した変数

1	商業系用途地域割合	12	小学校の近接性
2	工業系用途地域割合	13	土砂災害危険区域の有無
3	住居系用途地域割合	14	津波浸水想定区域の有無
4	標高	15	河川浸水想定区域の有無
5	傾斜	16	幅員5mの道路の近接性
6	駅の近接性	17	商業施設の近接性
7	市営電車駅の近接性	18	文化交流施設の近接性
8	バス停密度	19	医療施設の近接性
9	バス停の近接性	20	福祉施設の近接性
10	高等学校の近接性	21	行政施設の近接性
11	中学校の近接性	22	教育施設の近接性

表-2 重回帰分析の結果

	標準化されていない係数		標準化係数	t 値	有意確率
	B	標準誤差	β		
定数	-186.399	57.067		-2.266	0.001
商業系用途地域割合	-2.548	0.514	-0.344	-4.960	0.000
住居系用途地域割合	-2.390	0.327	-0.538	-7.310	0.000
傾斜	14.860	3.919	0.234	3.792	0.000
高等学校の近接性	0.051	0.026	0.132	1.963	0.051
小学校の近接性	0.080	0.045	0.115	1.794	0.075
河川浸水想定区域の有無	68.547	24.258	0.175	2.826	0.005
文化交流施設の近接性	-0.108	0.330	-0.209	-3.237	0.001
自由度修正済み決定係数	0.463				

るため人口が増加しているメッシュはなく、全てのメッシュで人口が減少している。よって、標準化係数が正で大きいほど人口の減少幅が大きく、負で大きいほど人口減少幅が小さい。

最終的なモデルの説明変数としては、商業系用途地域割合、住居系用途地域割合、傾斜、河川浸水想定区域の有無、文化交流施設、高等学校、小学校の近接性が採用された。調整済みの決定係数は 0.463 となり、被説明変数のばらつきの半分程度が説明できるモデルとなった。高等学校と小学校の近接性を除いた他の説明変数は 5%水準で有意と判断できる値となった。モデルに採用された変数の標準化係数に着目すると、住居系用途地域の割合の影響が最も大きく、次に商業系用途地域の割合、傾斜、文化交流施設の近接性の順で影響が強い結果となった。

分析結果より、函館市は、住居・商業系の用途地域の割合が低い地域、傾斜が急な地域、文化交流施設から近い地域、河川浸水想定区域における人口減少幅が大きい傾向であると言える。

4.2 老年人口未満を考慮した重回帰分析

前項では、全人口を考慮した人口減少数で分析を行ったが、65 歳以上の老年人口は、当該計画の策定によって住居を変える等の人口誘導される可能性は低いと考えられ、定年を迎えていることから持続的な都市機能維持を担うことが困難であると考えられる。加えて、函館市は 2020 年時点で約 3 割が老年人口であるため、前項の分析に老年人口が影響しているものと考えられる。

そこで次に、老年人口未満を考慮した重回帰モデルの

作成を行った結果を表-3 に示す。重回帰分析の結果、前項のモデルから、幅員 5m の道路の近接性と福祉施設の近接性、教育施設の近接性がモデルに追加された。説明変数は 5%水準で有意と判断できる値となった。調整済みの決定係数は 0.529 となり、前項のモデルよりも被説明変数のばらつきが説明できるモデルとなった。標準化係数に着目すると、影響の強い説明変数が前項のモデルとは異なり、高等学校などの教育関係の施設から遠いほど人口減少幅が大きい傾向にあると言える。

老年人口と生産人口以下を考慮したモデルで採用された説明変数は共通しているものが多いが、影響の大きさが異なることから、前項のモデルには老年人口が影響を少なからず与えていたと言える。また、調整済みの決定係数が上昇したことから当該計画が老年人口に与える影響は生産人口以下と比較すると低く、当該計画によって老年人口が居住区域内に誘導することはより困難である可能性が考えられる。

5. 津波災害を考慮した当該計画区域検討の必要性

函館市立地適正化計画等に記されている項目を中心に、重回帰分析により明らかになった人口増減の要因を用いて、今後も人口が集中すると予想される地域を特定する。次に、それらの地域に津波災害リスクが及ぶかを検討することで津波防災の必要性について考察する。今後も人口が集中すると予想される地域の特定を行う方法としては、はじめに表-3の中から標準化係数が高い説明変数をいくつか任意で取り上げ、それぞれの値に閾値を設けることで1～5の5段階に分ける。近接性については、人口データの属性フィールドに格納されている近接性の値を

表-3 老年人口のみを考慮した重回帰分析の結果

	標準化されていない係数		標準化係数	t 値	有意確率
	B	標準誤差	β		
定数	-324.471	52.906		-2.683	0.000
商業系用途地域割合	-1.090	0.406	-0.188	-2.683	0.008
住居系用途地域割合	-1.214	0.262	-0.348	-4.630	0.000
傾斜	10.129	4.922	0.203	2.508	0.041
高等学校の近接性	0.057	0.020	0.191	2.889	0.004
小学校の近接性	0.079	0.340	0.144	2.333	0.021
河川浸水想定区域の有無	73.751	19.942	0.239	3.698	0.000
幅員 5m の道路の近接性	-0.321	0.148	-0.159	-2.171	0.031
文化交流施設の近接性	-0.052	0.025	-0.127	-2.029	0.044
福祉施設の近接性	0.160	0.074	0.145	2.167	0.032
教育施設の近接性	0.022	0.008	0.255	2.679	0.008
自由度修正済み決定係数	0.529				

表-4 各説明変数同士の 5 段階分け条件

		教育施設の近接性				
		1	2	3	4	5
近接性の 高等学校の	1	1	1	1	1	1
	2	1	2	2	2	2
	3	1	2	3	3	3
	4	1	2	3	4	4
	5	1	2	3	4	5

		住居系用途地域割合				
		1	2	3	4	5
近接性の 高等学校の	1	1	1	1	1	1
	2	1	2	2	2	2
	3	1	2	3	3	3
	4	1	2	3	4	4
	5	1	2	3	4	5

		住居系用途地域割合				
		1	2	3	4	5
近接性の 教育施設の	1	1	1	1	1	1
	2	1	2	2	2	2
	3	1	2	3	3	3
	4	1	2	3	4	4
	5	1	2	3	4	5

400m毎に分け、1,600m以上はレベル1とし、距離が近いほどレベルが高く、遠いほどレベルが低くなるように5段階分けを行った。用途地域割合については、20%毎に5段階分けを行った。その後、3つの5段階分けされた説明変数を表-4に示す各条件の下、さらに5段階分けを行うことで人口減少幅が最も少ない傾向にあるメッシュを特定する。本研究では標準化係数が大きい順に、住居系用途地域割合、高等学校の近接性、教育施設の近接性の3つの説明変数を採用して検討を行った。河川浸水想定区域を採用しなかった理由としては、災害想定区域を変更することは不可能なため、分布の変更が可能な説明変数を採用した(図-4)。その結果、レベルが高いメッシュほど人口減少幅は小さく、今後も人口が集中する地域と予想される。そして、レベルが低いほど人口減少は著しいと予想される。

函館市では、砂州の部分は居住誘導区域を含めて都市機能誘導区域も設定されているが、図-4ではレベル1のエリアが大部分を占める。この地域に鉄道駅や市街地等が既に形成されていることもあるが、前述したように2020年から目標値を満足しているメッシュが消失したことや図-4の結果から人口減少の影響が大きいと予想される。加えて図-3で示したように津波災害リスクが特に高いこの地域を都市機能誘導区域に設定するならば、函館市は現在の防災対策に合わせて、ハード面の防災対策が必要と考えられる。

6. 結論

本研究では、重回帰分析を用いて、函館市の人口増減に影響のある要因の定量的な特定を行った。重回帰分析は、全人口を考慮した場合と生産人口以下を考慮した場合の2ケース行い、説明変数の選択に制限はあったが、両モデルとも被説明変数のばらつきの半分程度を説明することのできるモデルを作成することができ、1%水準で有意と言えるモデルとなった。

分析の結果、当該計画が老年人口とそれ以外の人口の増減に与える影響の違いを明らかにすることができ、当

該計画による老年人口の居住誘導の期待は低いと考えられる。そして、津波災害を考慮した当該計画の線引きを検討するため、生産人口以下に影響のある要因の中から任意で3つの説明変数を抽出し、人口減少幅の少ない傾向にあるメッシュの特定を行った。

その結果、本研究の観点からは、人口減少幅が大きく、災害リスクの高い砂州周辺の地域を都市機能誘導区域に設定することは望ましくないと言える。しかし、災害想定範囲を全て除いた線引きは現実的ではなく、ある程度リスクの許容は必要である。そのため、災害が想定される地域では、防災対策により注力しなければならない、函館市ではハード面の対策を検討する必要があると考えられる。

本研究では、重回帰モデルを説明変数に制限がある中で作成したため、今後はモデルの精度をさらに上げ、詳細な人口増減要因を特定する必要がある。そして、本研究で特定した人口増減の要因を含め、説明変数の値を変動させた場合、人口数にどの程度の影響を与えるかを分析し、居住誘導区域内の人口密度の目標値を達成するためにはどのような手段や組み合わせが必要なのかをいくつかのパターンを作成して検討を行っていききたい。また、居住誘導区域外の生産人口が仮に全員誘導された場合、目標値を達成することが可能であるかを分析し、目標値が適切であるか等を検討していききたい。

参考文献

- 1) 丸岡陽, 松川寿也, 中出文平, 樋口秀: 集約型都市構造の実現に向けた地方中核としての評価に関する研究, 都市計画論文集, Vol53, No.1, pp.85-96, 2018.
- 2) 国土交通省: 立地適正化計画の手引き(平成30年改訂)
- 3) 竹間美夏, 佐藤徹治: 立地適正化計画に基づく居住誘導施策検討のための都市内人口分布推計手法の開発 -愛知県豊橋市を対象として-, 都市計画論文集, Vol52, No.3, pp.1124-1129, 2017.
- 4) 函館市保健福祉部: 高齢者数の推計, 函館市高齢者計画策定推進委員会, 資料1, 2017.
- 5) 国立社会保障・人口問題研究所(平成30年推計)
- 6) 函館市: 津波ハザードマップ(平成28年3月作成)
- 7) 川村怜音, 永家忠司, 宮武誠: 都市形態からみた観光防災としての津波避難における課題の検討, 第53回土木計画学研究・講演集, pp.2155-2160, 2016.
- 8) 函館市: 函館市立地適正化計画(平成28年3月作成)
- 9) 国土数値情報: 500mメッシュ単位を基本としたメッシュ別将来人口の試算方法について
- 10) 国土交通省: 都市構造の評価に関するハンドブック(平成26年作成)
- 11) 田村一軌: 北九州市における小地域人口変動の統計分析からみた転入者・転出者の居住選択に関する研究, AGI Working Paper Series, 2015-11, pp.1-21, 2015.

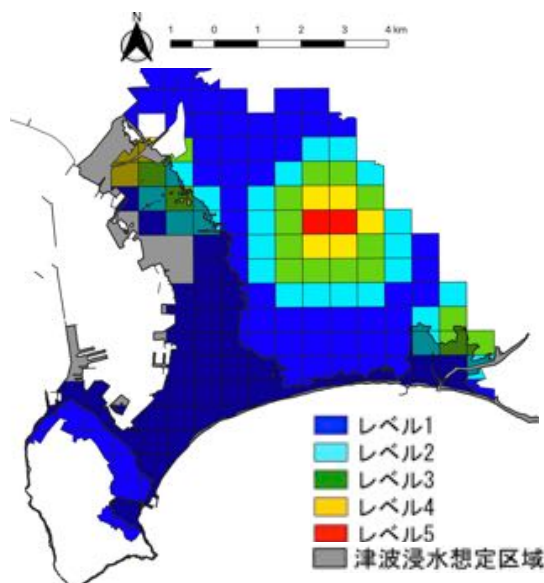


図-4 人口集中地区予想図