

津波に対する内陸方向退避を考慮した 避難計画の定量的評価

文教大学 経営学部経営学科

根本研究室

B6R11120

土屋 慧介

東北地方太平洋沖地震

東日本 大地震

青森から千葉にかけ
大津波襲撃



津波が押し寄せた気仙沼市。11日午後、NHKのカメラより

宮城震度7 大津波

朝日新聞


号外

朝日新聞社
〒100-8702 東京都千代田区西三軒三丁目1番1号
TEL: 03-5561-0111
FAX: 03-5561-0112
http://www.asahi.com
QRコード

各地の主な震度


(気象庁発表)

- 震度7
- 震度6強
- 震度6弱
- 震度5強



日本列島のほぼ全域で、震度5以上の揺れが観測された。宮城県を中心に、震度7の揺れが観測された。東北地方の太平洋側では、大津波が襲撃した。津波の高さは、最大で約10メートルに達した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

東日本大震災 地図で見る津波の被害



津波による浸水範囲
津波の浸水範囲を示す。津波の高さは、最大で約10メートルに達した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

1 仙台湾
仙台湾の周辺地域に、津波から避難する際の避難経路が示された。津波の高さは、最大で約10メートルに達した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

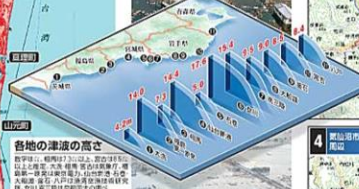
2 次巻町、鹿石町
宮城県内では、高さ10メートルの津波が押し寄せた。多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

3 大船渡市
大船渡市では、津波が押し寄せ、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

4 釜石市
釜石市では、津波が押し寄せ、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

5 北上川
北上川では、津波が押し寄せ、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

各地の津波の高さ



津波の高さは、最大で約10メートルに達した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。津波は、東北地方の太平洋側を襲撃し、多くの犠牲者を出した。

藤沢市

観光客数：年間400万人



津波避難計画

2 津波発生時の避難のあり方

津波災害に対する応急対策の基本は、津波警報等を一刻も早く捉え、一刻も早く避難対象地域の外へ避難することである。避難対象地域の外への避難が困難な場合は、避難対象地域内の津波一時避難場所・津波避難ビルに避難する。

津波避難ビル

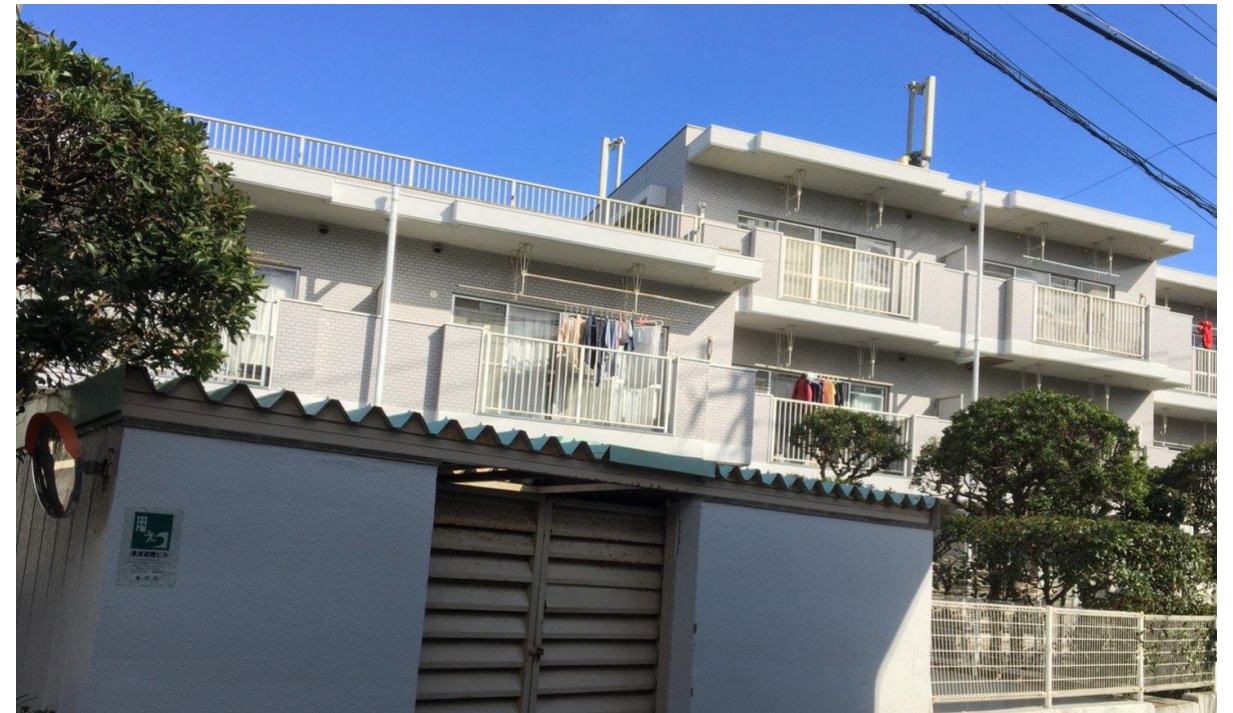


から、一時的又は緊急に避難するための高台・建築物を津波一時避難場所・津波避難ビルとして指定する。なお、津波避難ビルについては、原則として「昭和 56 年の建築基準法施行令改正により導入された新耐震基準に適合している、若しくは耐震診断や耐震改修により耐震安全性が確認されていること」、「RC 造（鉄筋コンクリート造）又は SRC 造（鉄骨鉄筋コンクリート造）であること」、「建築物等に 3 階以上の部分（共同住宅である場合は共有の部分）があること」等の要件を満たしているものを指定している。

本市の津波避難ビル指定区域は、これまで JR 東海道線以南の区域を対象としていたが、今後は、避難対象地域を対象に指定していく。

【参考】資料 9 津波一時避難場所一覧

資料 10 津波避難ビル一覧（避難対象地域）



既存研究

津波避難ビルの利用で避難完了度が大幅に向上

地域住民だけなら既存の津波避難ビルに収容可能



積極的に海岸方向にある津波避難ビルを利用すべき

藤沢市片瀬西浜地区における住民の津波避難ポテンシャルと津波避難ビル利用の効果, 2012

藤沢市片瀬西浜・鵜沼地区における津波避難ビル収容能力を考慮した津波避難計画, 2014

観光客を考慮した藤沢市片瀬西浜・鵜沼地区における避難時間を尺度とした津波危険度の軽減効果の検討, 2017

著者：村尾ら

・既存研究に対する疑問

津波襲来時に海岸方向へ避難しようとするだろうか…??

内陸方向へ逃げたいと考えるのが自然では??

この津波の市沿岸での最大津波高さや最大津波到達時間が示されているのは、湘南港海岸、片瀬漁港海岸、藤沢海岸の3地点であり、それぞれ次のとおりである。

	最大津波高さ	最大津波到達時間
ア 湘南港海岸	11.5m	12分
イ 片瀬漁港海岸	7.9m	11分
ウ 藤沢海岸※	8.8m	8分

※茅ヶ崎市境から片瀬漁港海岸西側まで（平成27年3月神奈川県津波浸水予測図より）



問題提起

津波襲来時の内陸方向退避を考慮した際の避難計画を評価する

津波避難の設定

収容人数：12～3,503人

収容人数を考慮したうえで、
全体の結果が最適となる避難施設選択を行う

地域住民：22,529人

避難距離：

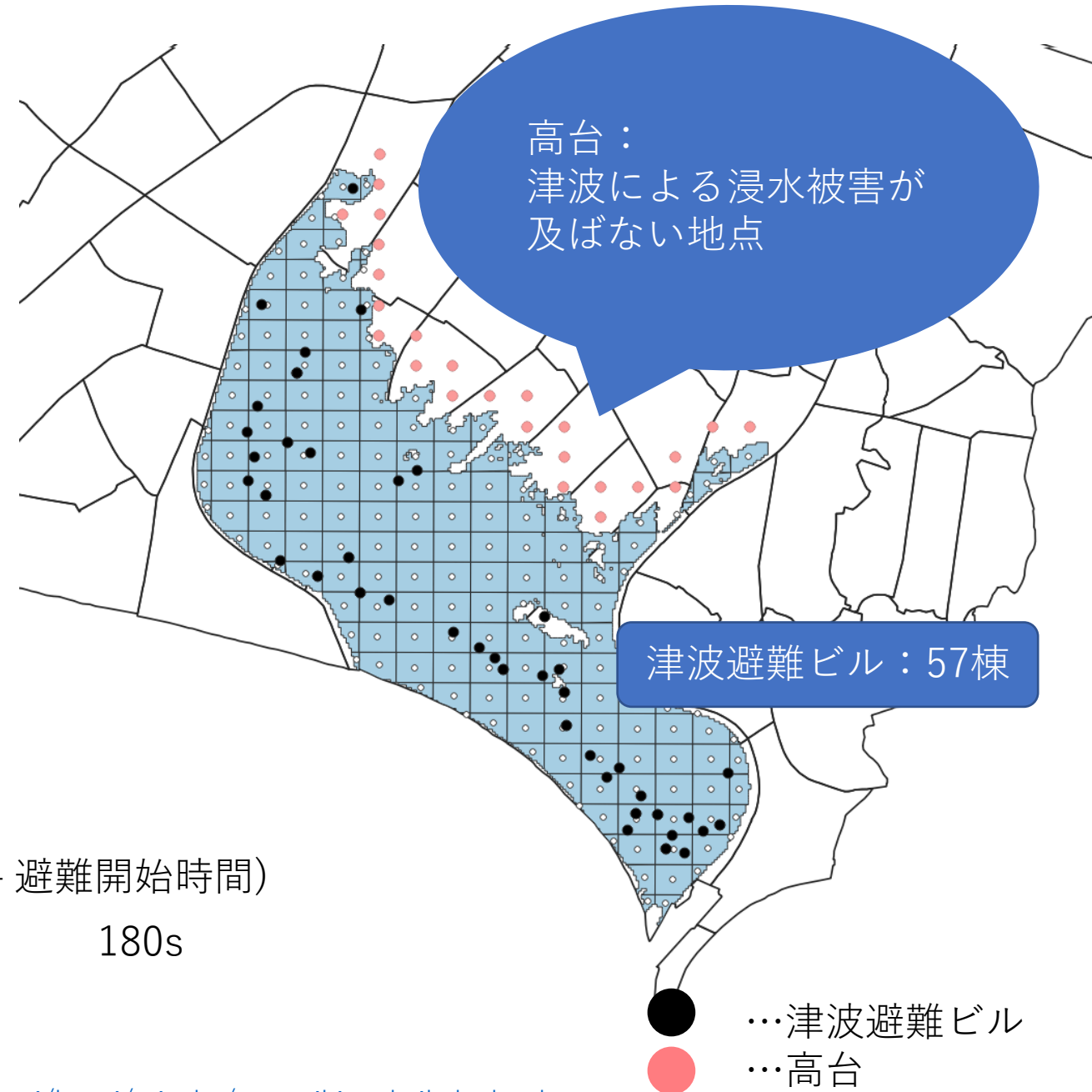
避難距離 = 歩行速度 × (津波避難到達予想時間 - 避難開始時間)

1.0m/s

480s

180s

避難距離は約300mが目安となる



	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	5
2	人口	ID	湘南江ノ島	マイキャッ:	シーサイド	藤ビル	カーサカリ:
3	136	52397378314	753	767	767	738	574
4	181	52397378323	677	665	665	644	499
5	135	52397378312	669	703	703	666	493
6	181	52397378321	578	586	586	558	399
7	158	52397378334	930	916	916	897	751

点間の距離を算出
人口&収容人数データ

藤沢市津波避難計画
国勢調査(e-stat)
QGIS(距離マトリックス)より

```

All other variables in the range 1-14515 are 0.
CPLEX> read 1115.lp
Problem '1115.lp' read.
Read time = 0.03 sec. (1.96 ticks)
CPLEX> opt
Tried aggregator 1 time.
MIP Presolve eliminated 14472 rows and 5061 columns.
MIP Presolve modified 2852 coefficients.
Reduced MIP has 220 rows, 9454 columns, and 18745 nonzeros.
Reduced MIP has 0 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0.02 sec. (17.63 ticks)
Tried aggregator 1 time.
Reduced MIP has 220 rows, 9454 columns, and 18745 nonzeros.
Reduced MIP has 0 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0.01 sec. (6.53 ticks)
MIP emphasis: balance optimality and feasibility.
MIP search method: dynamic search.
Parallel mode: deterministic, using up to 8 threads.
Root relaxation solution time = 0.06 sec. (5.32 ticks)

```

数理モデル化

Nodes	Cuts/	ItCnt	Gap
Node Left	Objective IInf Best Integer Best Bound	ItCnt	Gap
Incumbent solution		282	0.00%
Variable Name	Solution Value		
x00155	1.000000		
x00255	1.000000		
x00311	1.000000		
x00418	1.000000		
x00547	1.000000		
x00647	0.644172		
x00655	0.355828		
x00721	0.057325		
x00724	0.636943		
x00755	0.305732		

CPLEX

1115.lp - 実行

```

min
753x00101+ 767x00102+ 767x00103+ 738x00104+ 574x00105+ 520x00106+ 692x00107+ 477
677x00201+ 665x00202+ 665x00203+ 644x00204+ 499x00205+ 462x00206+ 568x00207+ 405
669x00301+ 703x00302+ 703x00303+ 666x00304+ 493x00305+ 430x00306+ 655x00307+ 395
578x00401+ 586x00402+ 586x00403+ 558x00404+ 399x00405+ 353x00406+ 519x00407+ 302
930x00501+ 916x00502+ 916x00503+ 897x00504+ 751x00505+ 709x00506+ 804x00507+ 657
886x00601+ 848x00602+ 848x00603+ 839x00604+ 713x00605+ 685x00606+ 715x00607+ 625
851x00701+ 848x00702+ 848x00703+ 825x00704+ 671x00705+ 625x00706+ 749x00707+ 575
780x00801+ 753x00802+ 753x00803+ 738x00804+ 604x00805+ 573x00806+ 634x00807+ 514
1614x00901+ 1664x00902+ 1664x00903+ 1625x00904+ 1446x00905+ 1373x00906+ 1604x00907+ 135
1691x01001+ 1732x01002+ 1732x01003+ 1696x01004+ 1519x01005+ 1449x01006+ 1663x01007+ 142
1052x01101+ 1024x01102+ 1024x01103+ 1012x01104+ 876x01105+ 839x01106+ 894x01107+ 783
999x01201+ 952x01202+ 952x01203+ 947x01204+ 828x01205+ 803x01206+ 807x01207+ 741
1384x01301+ 1394x01302+ 1394x01303+ 1368x01304+ 1205x01305+ 1147x01306+ 1296x01307+ 110
1682x01401+ 1685x01402+ 1685x01403+ 1655x01404+ 1485x01405+ 1421x01406+ 1596x01407+ 138
1582x01501+ 1615x01502+ 1615x01503+ 1582x01504+ 1408x01505+ 1341x01506+ 1537x01507+ 131
1480x01601+ 1502x01602+ 1502x01603+ 1472x01604+ 1303x01605+ 1239x01606+ 1415x01607+ 120
1296x01701+ 1293x01702+ 1293x01703+ 1272x01704+ 1117x01705+ 1065x01706+ 1183x01707+ 102
1392x01801+ 1380x01802+ 1380x01803+ 1362x01804+ 1213x01805+ 1165x01806+ 1259x01807+ 111
1564x01901+ 1577x01902+ 1577x01903+ 1550x01904+ 1386x01905+ 1326x01906+ 1479x01907+ 128
1474x02001+ 1475x02002+ 1475x02003+ 1452x02004+ 1294x02005+ 1240x02006+ 1366x02007+ 119
1154x02101+ 1118x02102+ 1118x02103+ 1109x02104+ 978x02105+ 945x02106+ 979x02107+ 887
1102x02201+ 1047x02202+ 1047x02203+ 1045x02204+ 933x02205+ 911x02206+ 893x02207+ 848
1219x02301+ 1201x02302+ 1201x02303+ 1185x02304+ 1040x02305+ 997x02306+ 1077x02307+ 945
1320x02401+ 1293x02402+ 1293x02403+ 1281x02404+ 1143x02405+ 1102x02406+ 1160x02407+ 104
1910x02501+ 1960x02502+ 1960x02503+ 1921x02504+ 1742x02505+ 1668x02506+ 1899x02507+ 164
1803x02601+ 1850x02602+ 1850x02603+ 1812x02604+ 1634x02605+ 1561x02606+ 1786x02607+ 153
1261x02701+ 1218x02702+ 1218x02703+ 1212x02704+ 1087x02705+ 1056x02706+ 1071x02707+ 998
1216x02801+ 1154x02802+ 1154x02803+ 1155x02804+ 1049x02805+ 1029x02806+ 993x02807+ 966
1986x02901+ 2033x02902+ 2033x02903+ 1995x02904+ 1817x02905+ 1745x02906+ 1967x02907+ 172
2057x03001+ 2097x03002+ 2097x03003+ 2061x03004+ 1895x03005+ 1815x03006+ 2022x03007+ 178
1874x03101+ 1915x03102+ 1915x03103+ 1879x03104+ 1702x03105+ 1632x03106+ 1842x03107+ 160
1765x03201+ 1798x03202+ 1798x03203+ 1765x03204+ 1591x03205+ 1524x03206+ 1718x03207+ 149

```

Solution time = 0.13 sec. Iterations = 282 Nodes = 0
Deterministic time = 36.72 ticks (293.76 ticks/sec)

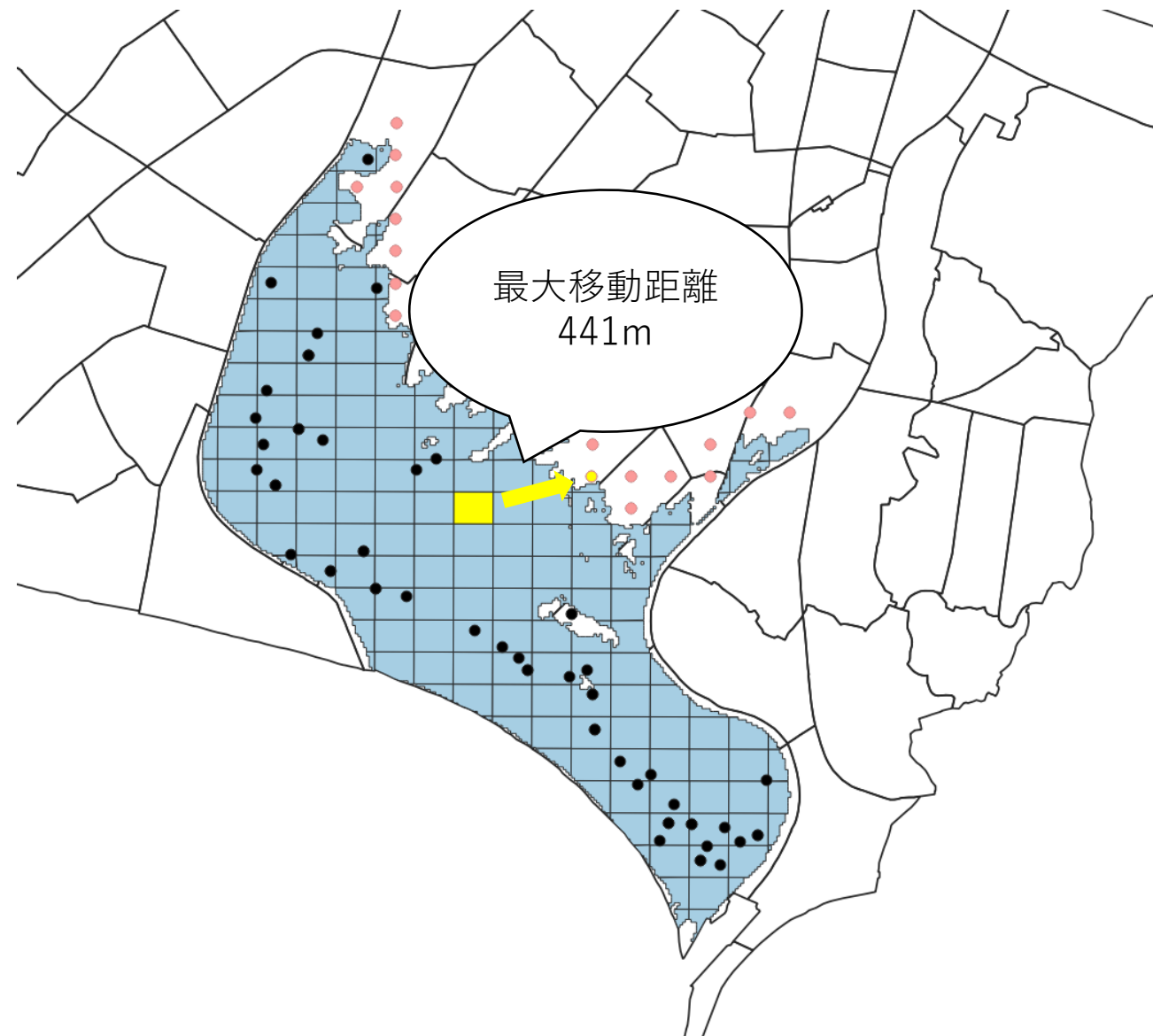
モデル1

- ・ 津波避難ビル + 高台

平均移動距離：161m

300m以上移動する割合：4.5%

- …津波避難ビル
- …高台



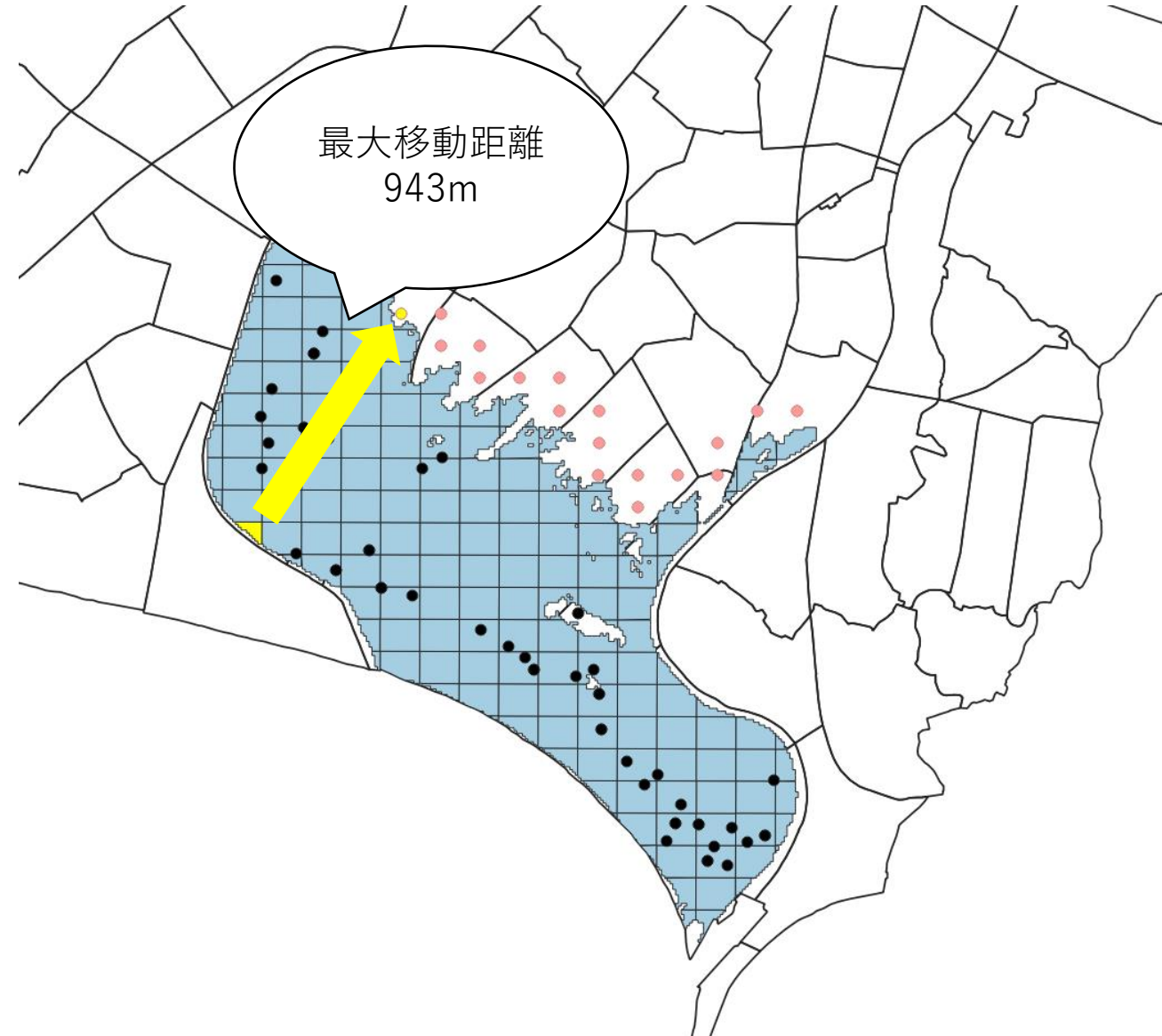
モデル2

- ・津波避難ビル + 高台
+ 高台方向のみ

平均移動距離：201m

300m以上移動する割合：17.8%

- …津波避難ビル
- …高台



津波避難タワー



7.5m × 7.5m
100人収容可能

建築敷地、
駐車場、
道路に建設可能

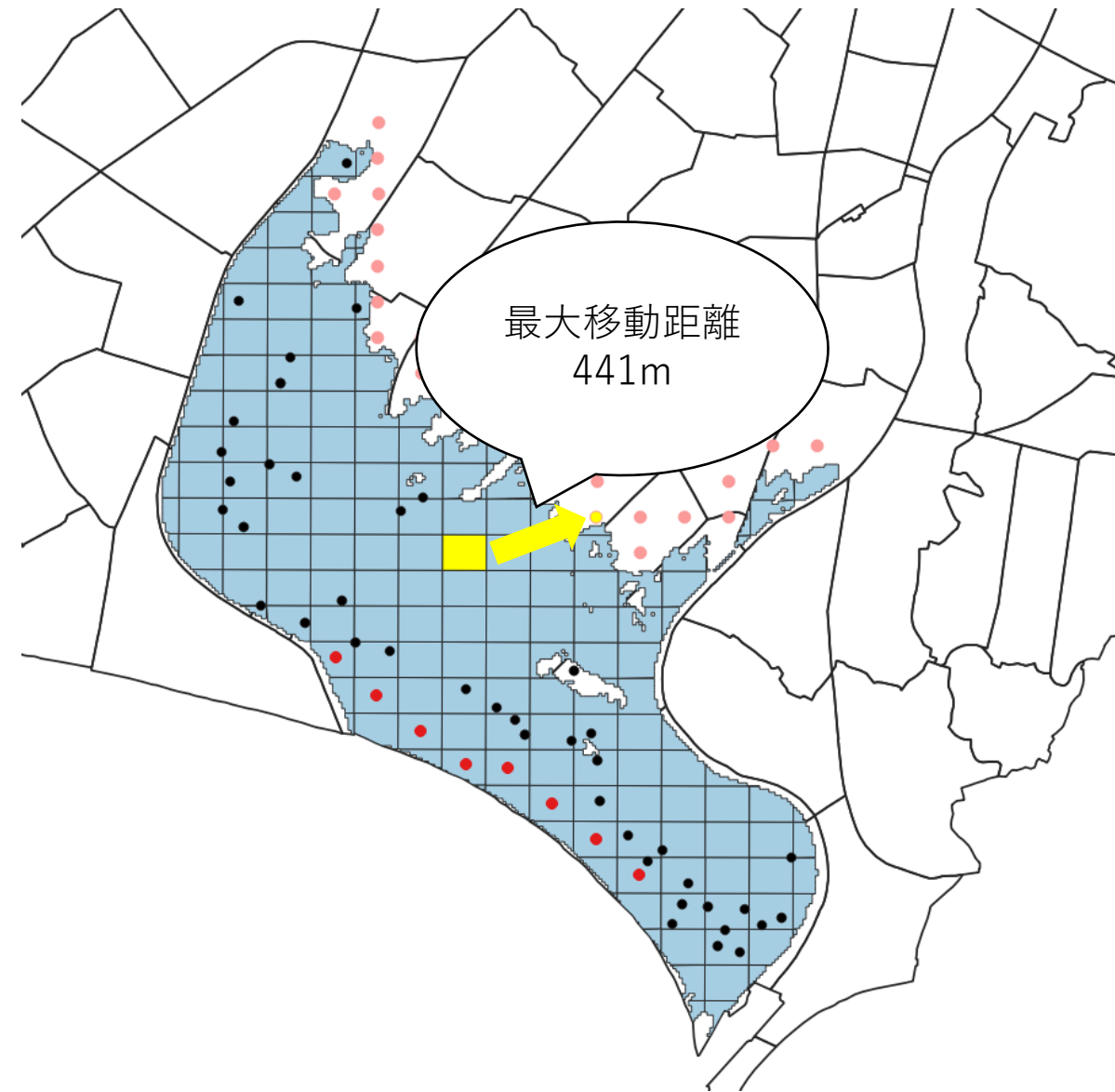
モデル3

- ・ 津波避難ビル + 高台
+ 海岸沿いに津波避難タワー設置

平均移動距離：161m

300m以上移動する割合：5.1%

- …津波避難ビル
- …高台
- …津波避難タワー



モデル4

- ・ 津波避難ビル + 高台
+ 高台方向のみ
+ 内陸部に津波避難タワー設置

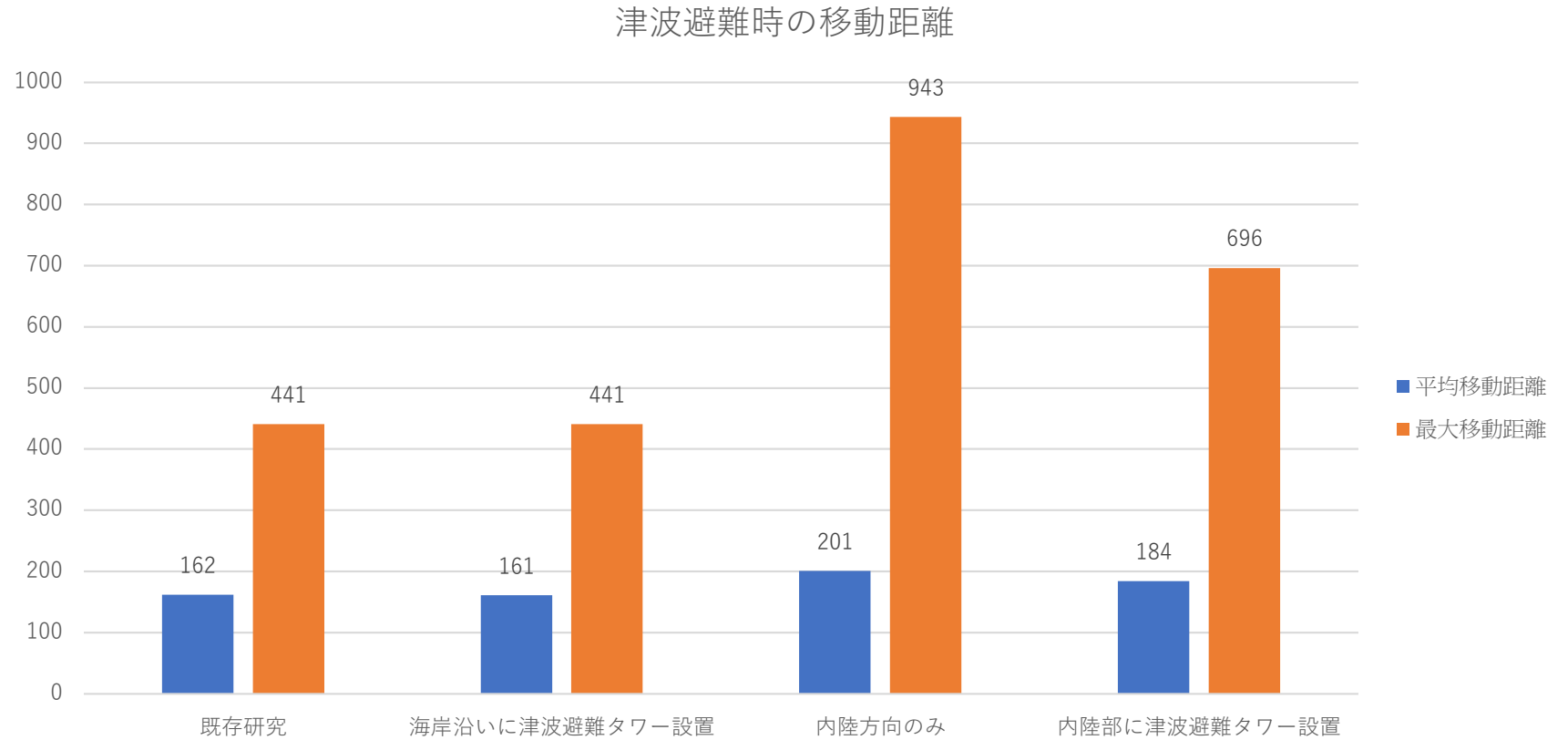
平均移動距離：184m

300m以上移動する割合：14.6%

- …津波避難ビル
- …高台
- …津波避難タワー



まとめ



海岸沿いに津波避難タワーを設置するのは効果的と言えない

内陸部に津波避難タワーを設置するのは効果的

実際に設置することが可能か検証が必要