

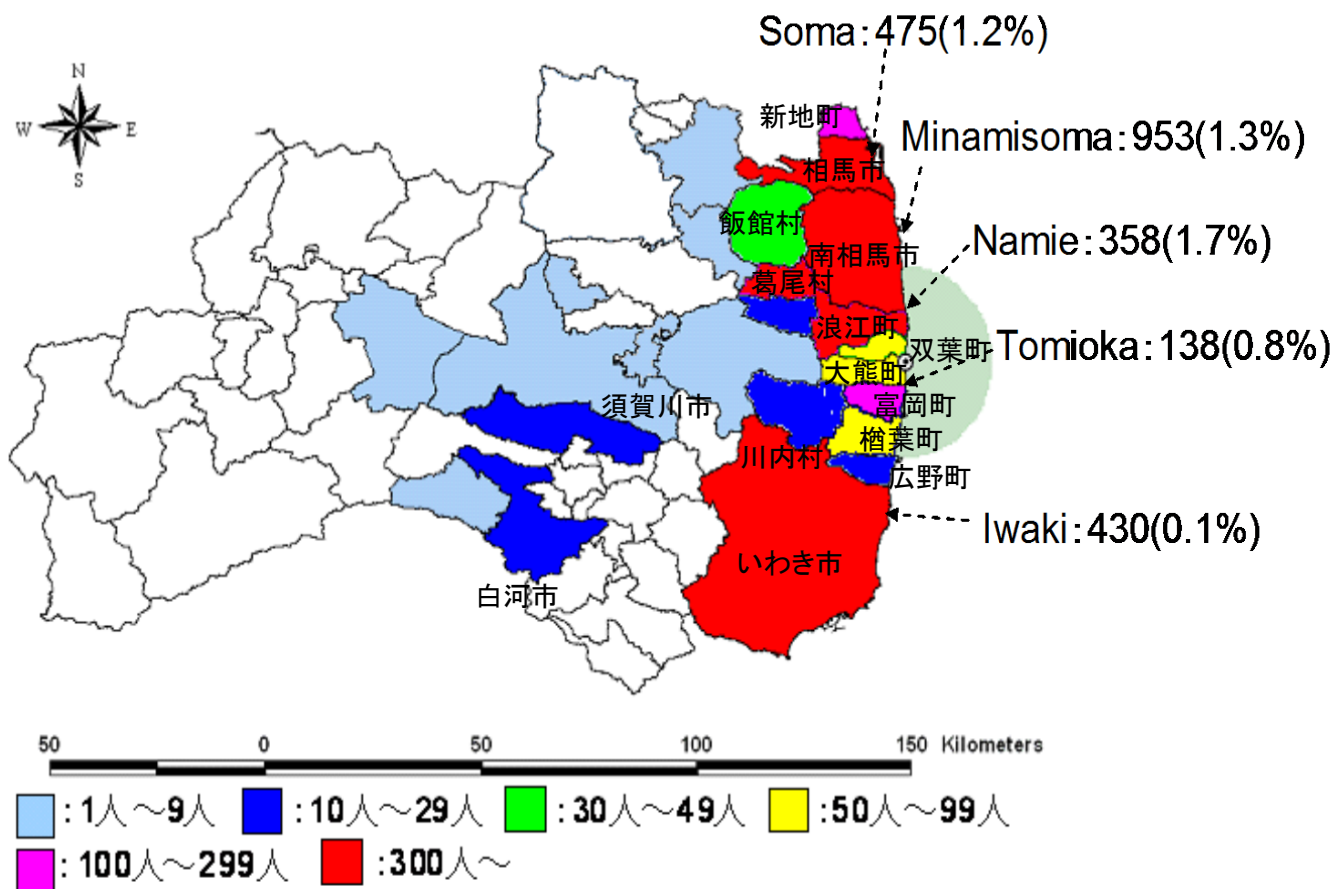
一般財団法人河川情報センター 研究助成
東日本大震災に伴う死者と地域特徴の分析による
集落レベルの情報取得から
避難行動計画に向けた研究



I 研究概要

東北地方太平洋沖地震[2011/3/11]

未曾有の津波発生により東北地方太平洋沿岸域で多くの死傷者が認められた一方で、市町村の死亡率に着目すると地域的差異や特徴が認められている。



[例]

■ 震源域に方向と直面する

→新地町, 相馬市他

■ 平野に位置し、避難困難な地形条件を有するエリア

→相馬市, 南相馬市他

■ 沿岸域に多くの人口が分布するエリア

→浪江町, いわき市他

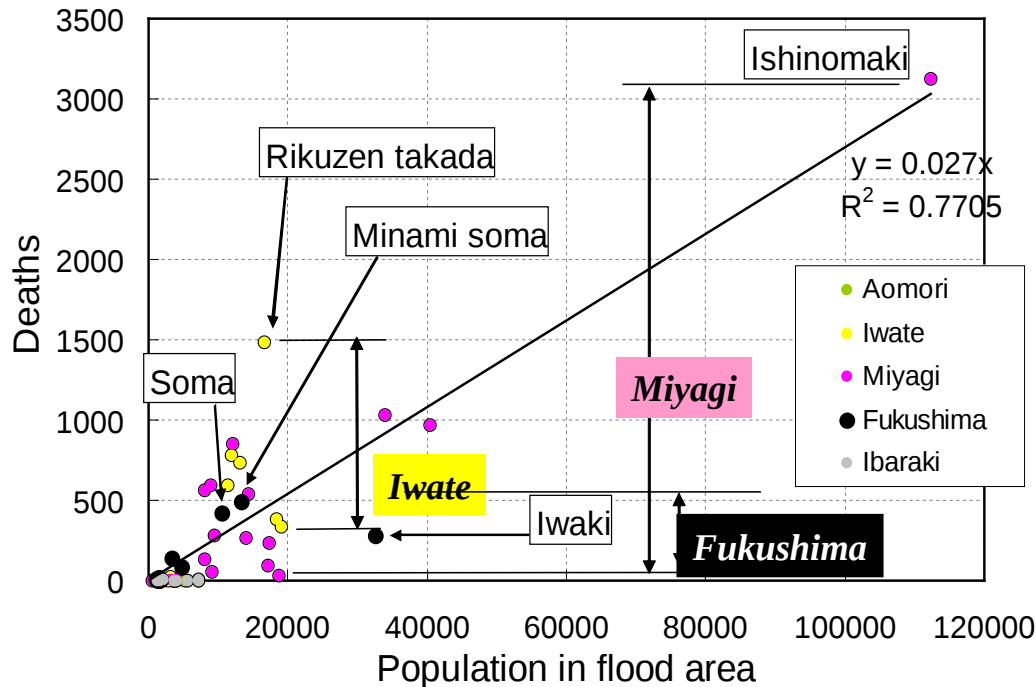
■ 人口分布が少ないものの、従業人口が高く責務上の避難判断が遅くなる可能性のあるエリア

→大熊町, 富岡町他

東日本大震災による福島県市町村別の死者数

※ 福島県警調をデータベース化

太平洋沿岸地域(青森県一茨城県)市町村でマクロ的に「地域差」について検証を試みると…



死者と浸水人口の関係

※ 各県調をデータベース化

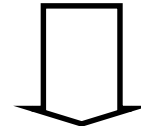
例えば…
死者と浸水人口を検証すれば

「浸水領域が広い」
→
「人的被災リスクが高まる」

ただし、人口分布(社会条件)や
地形特性(自然条件)、避難行動
(防災体制)により死者は異なる。

- 震源に近い岩手県、宮城県と比較し、津波到達までのタイムラグがあるため死者は少ない傾向を示す。
- 全体的な傾向として浸水人口に対して約3%の死亡率を示す一方で、市町村ではばらつきが認められる。
- 陸前高田市(岩手県)は死亡率(約10%)著しい。
- 福島県では相馬市、南相馬市が死亡率高い。

地域に応じた「情報取得から避難行動」を着実かつ円滑にするために

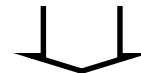


[フォローアップ]

- ① 情報取得と避難行動計画
- ② 防災訓練
- ③ 防災教育

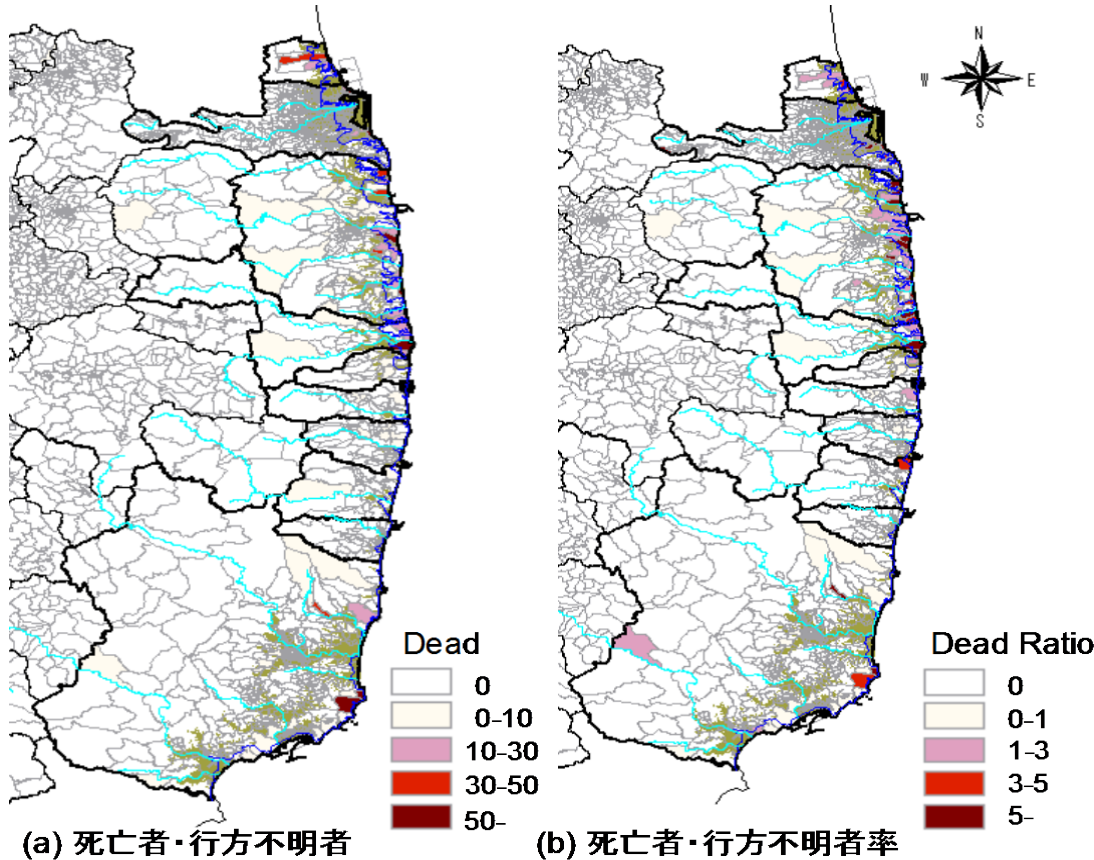


集落レベルのフォローアップは市町村毎の「地域防災計画」で單元化できない



- 地形条件・災害履歴
- 高齢化集落の存在
- 避難判断の決定

etc



福島県沿岸域集落レベルの死者数・死亡率

※ 福島県警調をデータベース化

細分化した集落レベル(ミクロ的)で見ると、地域の持つ自然・社会条件、および地域に応じた「情報取得から避難行動」の差異の可能性からり差異が明瞭になる。

地理，社会による地域特徴や意識に応じて市町村よりも小規模範囲に適応できる集落単位の地域防災計画(市町村⇔集落の関係を強化)を整備し，その中で自主防災組織や住民が情報取得を基に避難行動の準備に取り組んでいくアプローチが必要

本研究では，東日本大震災の津波により人的被害を受けた福島県の沿岸域を対象に，集落毎の死亡率と外力条件，地理条件，社会的条件の関係を整理し，これら条件の中での「情報と避難行動」について分析，検証することを試みた．

本日の発表内容

- I 研究概要
- II 避難検討
- III 死者・行方不明者と地域条件との因果関係検討
- IV 地域防災情報の検証
 - (1) サイレン
 - (2) 交通路
- V おわりに

助成研究を通じての結論(≡避難行動計画に向けて)

■ 細かな分析を行ったが、避難距離(時間)が長く[安全な高台のない]、地域コミュニティが広範囲に分布する[広範囲に家屋が点在する]で集落で死者・行方不明者が多くなる結果を得た。

■ 避難行動をしている過程の中で、警報(継続的かつ断続的に情報提供する)、避難経路の問題がヒアリングより明らかにされた。

■ 主体的な避難行動の徹底

避難訓練、防災教育の受講(これは産学官を通じて受講できる場を構築させる必要がある)を徹底させて、主体的避難行動できるようにしなければならない。

■ 情報伝達手段の整備

避難場所まで移動する避難経路沿いに重点的に情報重篤可能な機器を配置させていくことを進める。特に発令に対して解除情報は不足しがちであるため継続的に音響を行える体制にする。また、J-Alert、テレビ、ラジオ、個人の側面に対応できる携帯電話、スマートフォンを通じたエリアメールも利用した、多様な情報取得手段を駆使していくことが必要。

■ 避難支援者の安全確保

災害に対する水防活動や救助、避難誘導者を行う防災避難支援者の被災回避をするため、避難支援者に対する行動内容や退避判断基準の取り決めを行い、責務の所在を明らかにする。

■ 安全な避難場所・避難経路の整備と周知徹底

津波に対する非難高い場所を目指すことが基本であり、レベル1、レベル2に対しての高台としての許容量を明らかにするとともに、最善の行動ができるまでの道筋をクリアにさせる。許容不足についての情報もクリアにして、不足面を補うためのインフラ整備を実施させる(避難ビル、避難経路の整備など)。

■ 津波避難計画の暫時的な見直し

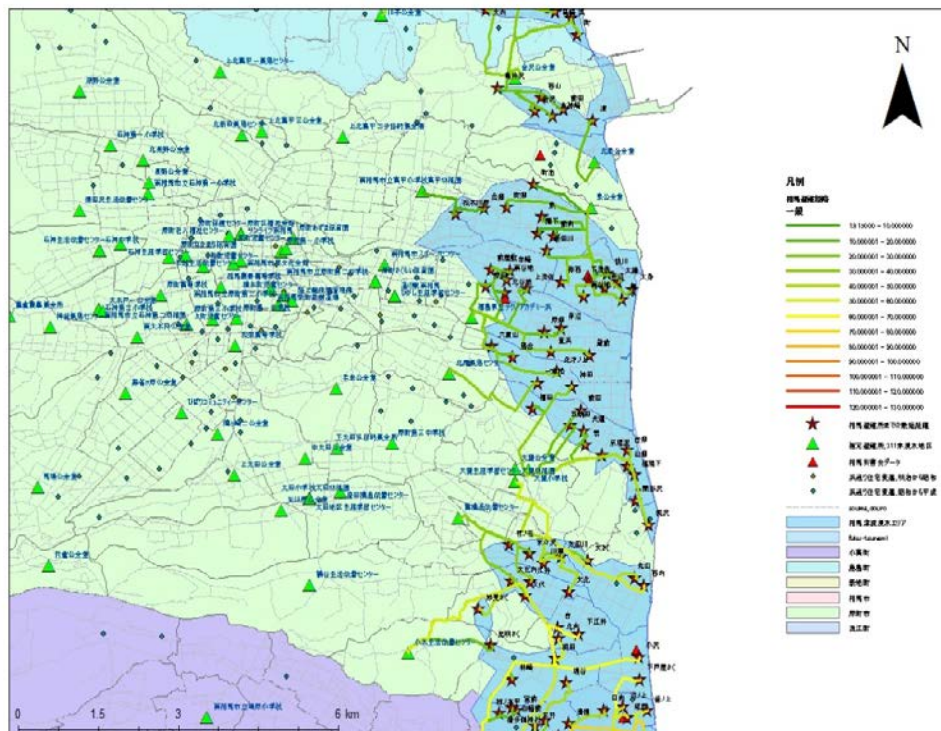
避難計画の策定に関しては、シミュレーションなどを行い実施するが、常に住民構成、インフラ、科学的知見の最新の情報も更新していくことが必要である。住民、自主防災組織、消防機関などの様々な人員構成の基で参画していく。

■ 主体的な避難行動をとる姿勢を熟成させる防災教育の徹底

教育機関も利用しながら自然災害、防災に関する研修を行う体制を整備し、今までの経験だけで災害を対処しないように、防災教育を実施する。教育を通じて、津波避難計画の基礎資料作りを実施していく(防災マップ、防災手帳など)ことも推進させる。

Ⅱ 避難検討

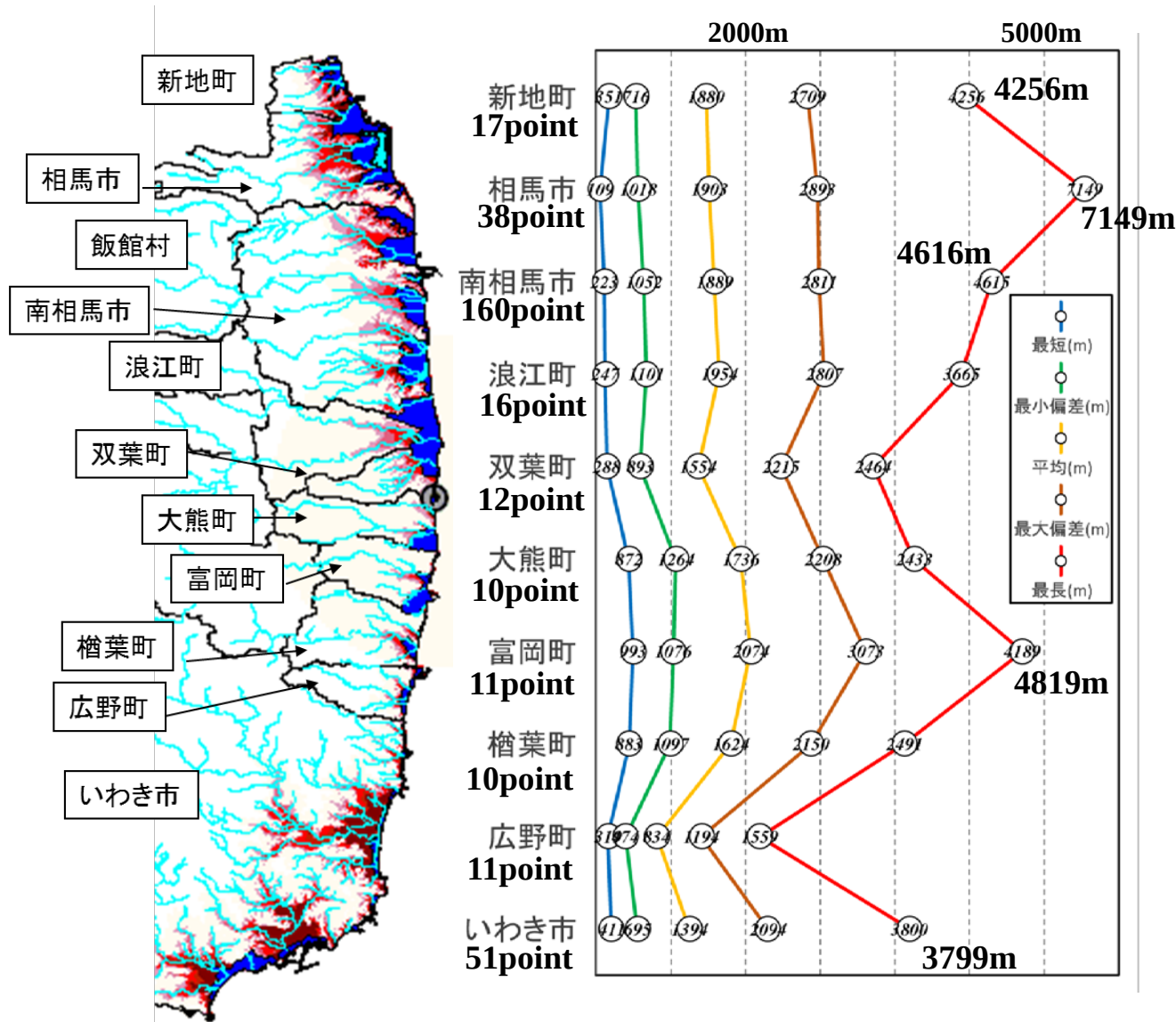
福島県の各市町村，集落毎に避難所(浸水領域に入らない最近隣)の距離，および到達までの所要時間を検証した。

[illegible]

避難所までの距離、および所要時間の検討図(事例：南相馬市)

各市町村の避難場所，集落のデータベースを数値地理情報化して算定を試みた。

福島県沿岸域の各集落毎の距離，および到達時間を市町村で集計した結果は以下から示す通り.



■ 平均的に見れば約避難距離1kmから2kmの範囲に収束する

■ ただし、最長距離には大きなばらつきがある

■ 相馬市は避難距離約7kmの集落が存在する

■ 新地町、南相馬市、富岡町にも4kmから5kmの集落が存在する

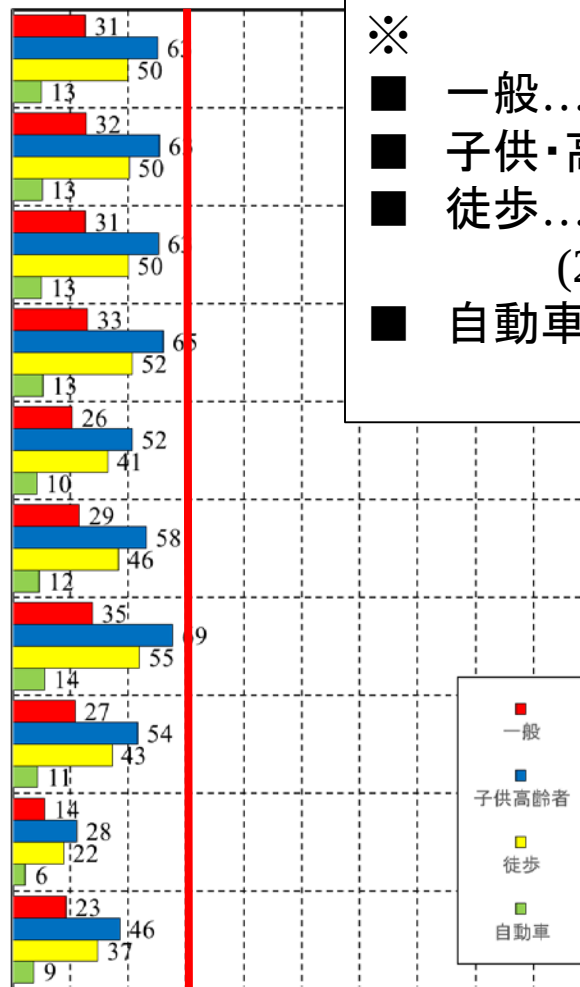
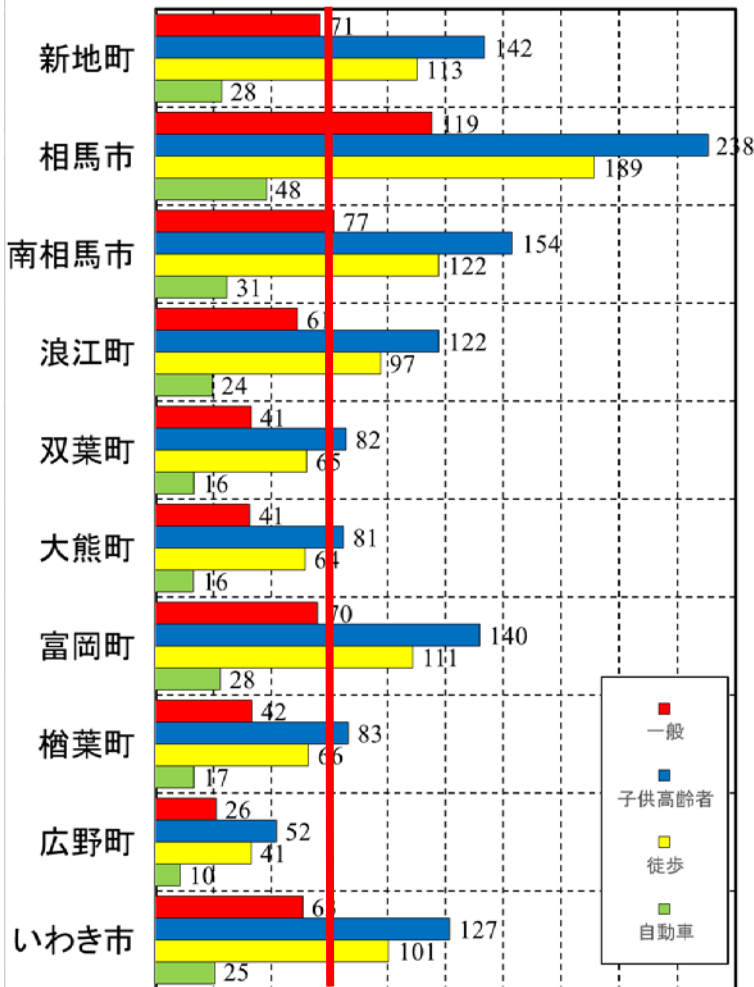
距離から時間に換算すると...

市町村毎の集落における避難距離

最長距離 時間(min)

平均距離 時間(min)

0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250



※

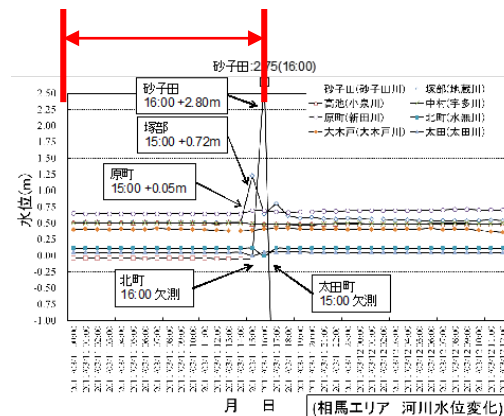
- 一般...1.00m/s¹
- 子供・高齢者...0.50m/s¹
- 徒歩...0.63m/s²
(2.3km/h)
- 自動車...2.50m/s²
(9.0km/h)

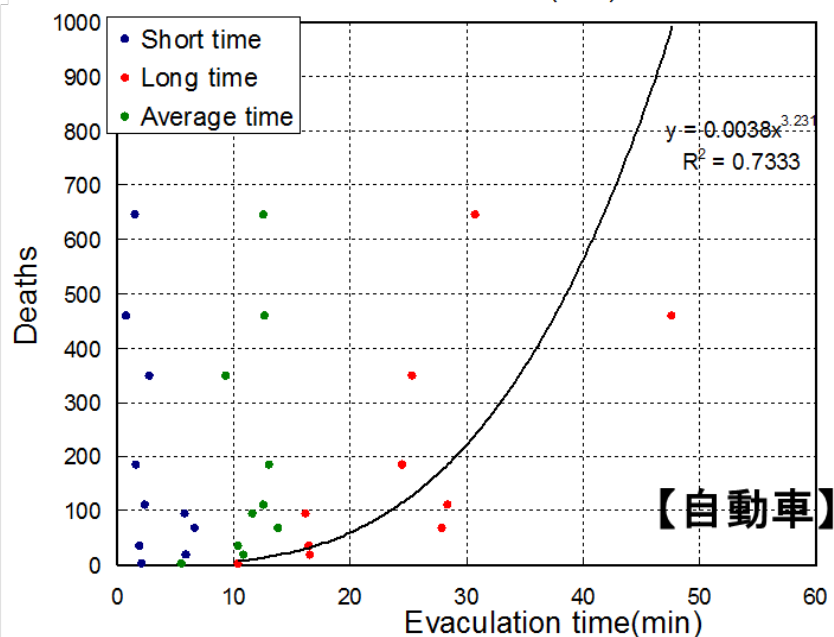
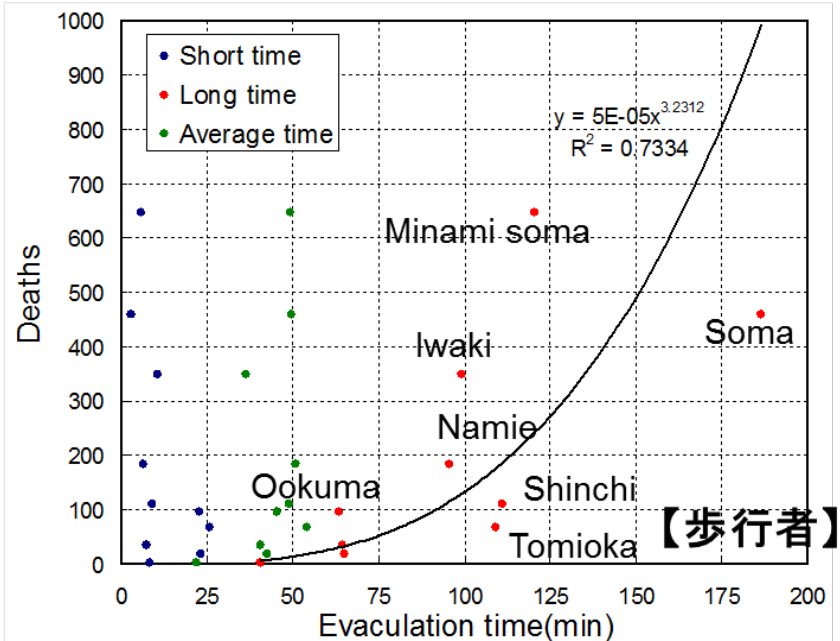
避難時間の検討結果

一概に避難距離で断定することはできないが、東日本大震災の調査報告や、従来解析による子供・高齢者の歩行速度で被災回避できない集落が存在している。

- 1) 中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の被害想定について 避難シミュレーションについて
- 2) 東日本大震災の津波被災現況調査結果(第3次報告)～津波からの避難実態調査結果(速報)～

推定時間60-75分後





避難時間と死亡者の関係(市町村別)

東北地方太平洋沖地震における各市町村の避難時間(子供・高齢者)と死者の関係を示した.

[Case→徒歩(0.63m/s), 自動車]

■ 各市町村ともに最短時間, 平均時間に相関は認められない

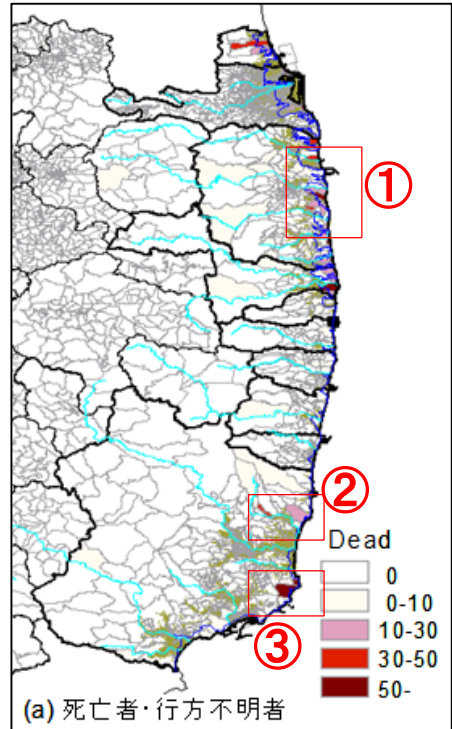
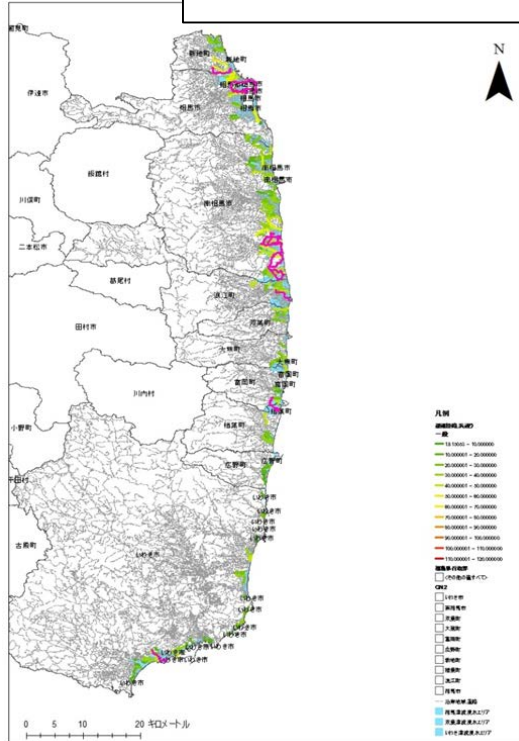
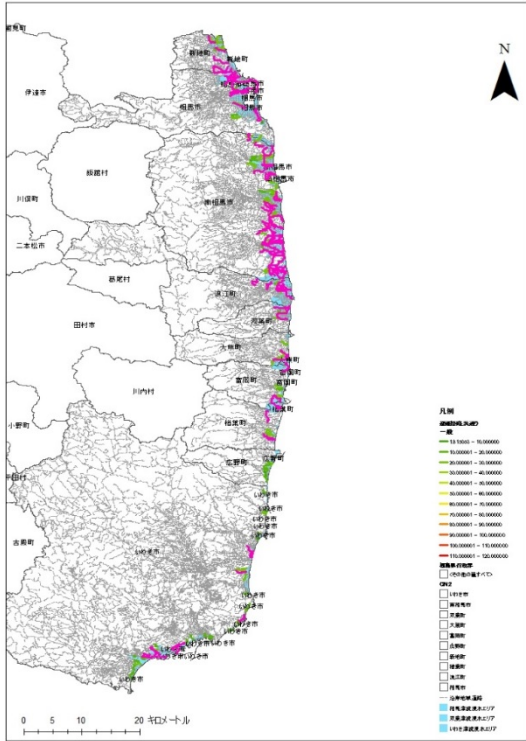
■ 最長時間においては強い相関が示されている.

■ 最長時間との強い相関は, 避難行動し安全域に到達するまでの時間のかかる地域で死者が多く認められていることを示唆する

■ この関係より求められる特徴的な結果として, 避難時間と死者が指数関数的に示されていることであり, ある程度の避難時間を経過すると死者数が急増しやすいことを示している

■ 指数関数を見ると, 歩行者で100分超過, 自動車で25分超過することで死者が急増した結果が明らかにされた

基準時間超過経路



(避難時間30分以上) (避難時間60分以上) (死亡者・行方不明者)

避難時間ー死亡者マップの比較

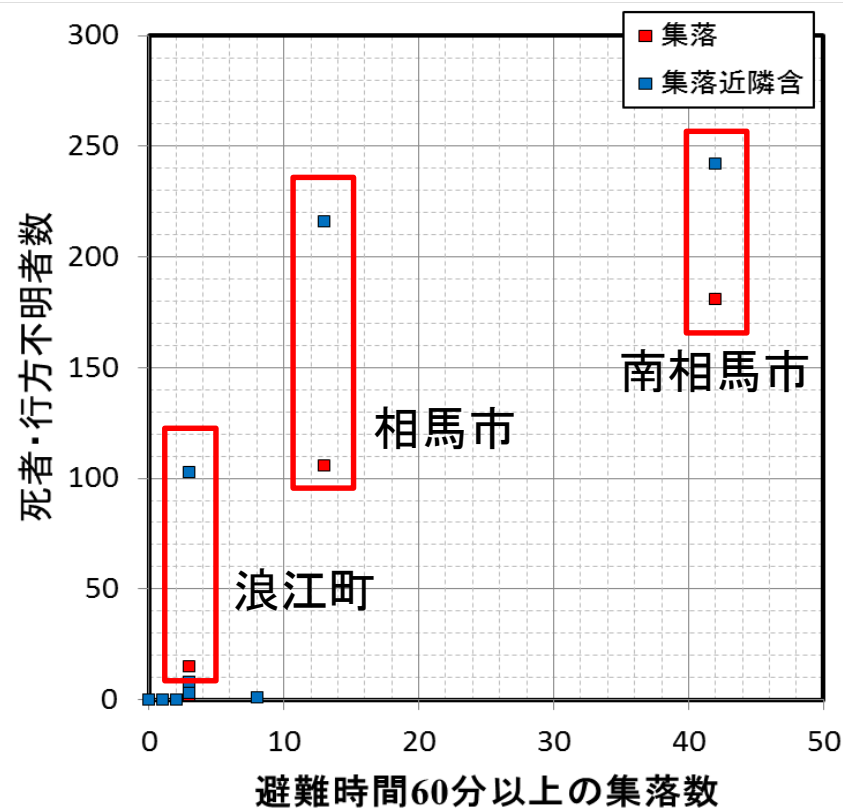
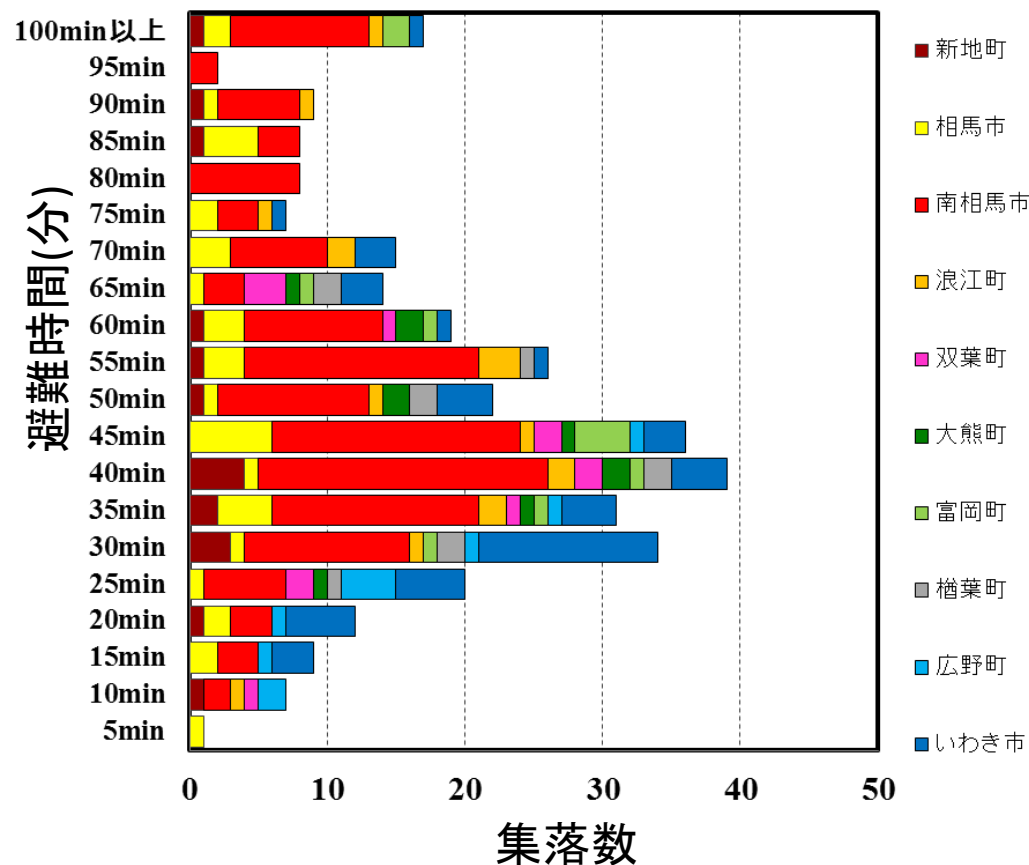
■ 避難時間60分以上の領域は死者・行方不明者が多く認められる
(逃げ遅れ→溺死)

■ ただし、60分以上でなくとも死傷者の多い集落も存在する

①南相馬南谷地・蔵前, ②いわき市久之浜町, ③いわき市江名 等

→避難系統以外の要因も含まれている可能性を示唆する.

各市町村の避難時間内訳, および死者・行方不明者は…



避難時間60分以上の集落と死者行方不明者の関係

- 避難時間100分以上を超過する集落は南相馬市に集中する。
- 避難時間60分以上を超過する集落数が30%以下になるのが、楢葉町、広野町、いわき市であり、北部側は30%以上で占められる(最大 相馬市42%)。
- 平野の広がる南相馬市、相馬市、浪江町は死亡者多数である。
- いわき市は60分以上集落でも死者・行方不明者少。(津波到達のタイムラグ?)

Ⅲ 死者・行方不明者と地域条件との因果関係検討

福島県沿岸域の集落について、各種地域条件を元に主成分分析を行ない地域条件と死者・行方不明者との関係を検証した。

主成分分析

【集落条件】

- ・避難(公共施設)までの距離
- ・集落の面積, および周長
- ・人口
- ・浸水面積, および浸水域周長
- ・明治地形(地形改変面積)
- ・昭和地形(地形改変面積)
- ・海岸災害履歴の有無
- ・平均傾斜方向
- ・植生状況(アカマツ群落, アカマツ植林, クロマツ群落, クロマツ植林, コナラ群落, ススキ群団, ヌマガヤオーダー, モミ-シキミ群集, ヨシクラス, 河辺ヤナギ低木群落)
- ・河川の有無
- ・対策有無

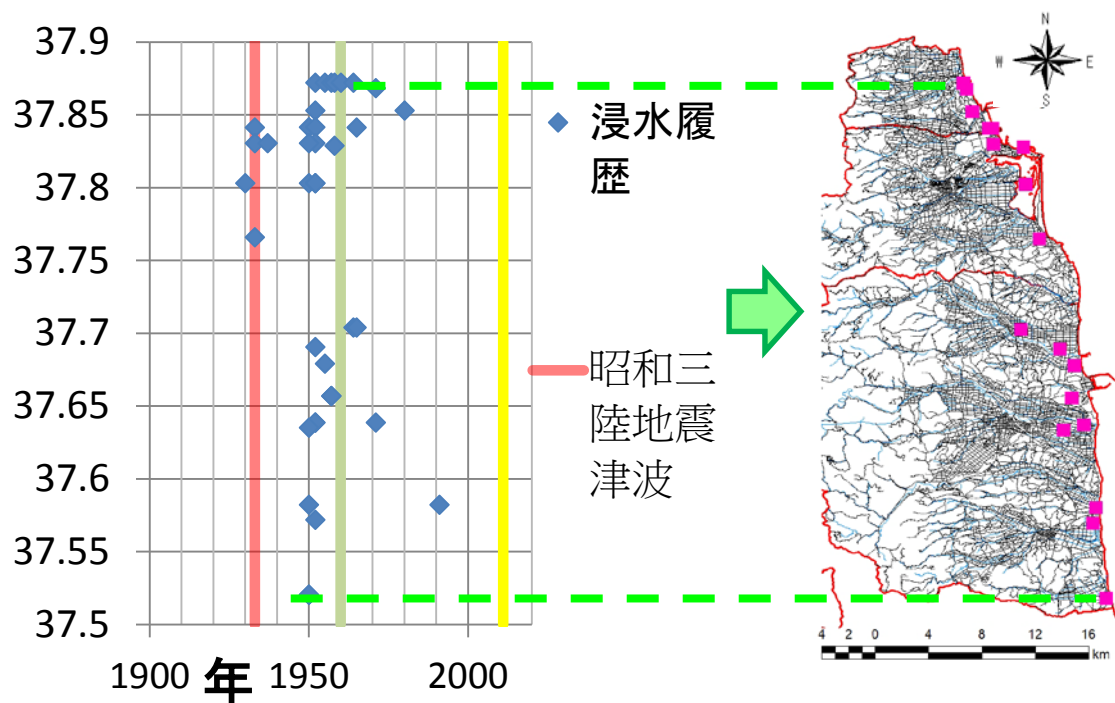
多種類の説明変数(定量的データ)をとり
まとめて総合指標となる変数(定量的
データ)を作り, 要因間の差異を明瞭化

データの事例として 海岸災害履歴の有無についてあげると…(データ 回数)

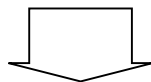
西暦	月日	災害名	場 所	備 考 欄
1677	11月4日	地震・津波	磐城地方	磐城地方に強い地震があり、500余名が死亡。午後8時ころ小名浜に津波があり、家屋1000戸余が流出し、80余名が溺死。
1696	7月25日	地震・高潮	磐城地方	磐城地方に強い地震があり、小名浜に高潮がきた。地震と高潮のため、2450名が死亡。
：	：	：	：	：
1930	10月26日	高潮	相馬郡松川浦	相馬郡中村町の松川浦に高波が押し寄せ、堤防が決壊し、水田10町歩が冠水した。
1933	3月3日	三陸大津波	浜通り海岸	3日午前2時32分ころ、三陸沖に発生した地震により太平洋岸全般に津波が起きた。相馬郡福浦村で1.7m、中村町で1.0m、磯部村で1.5mの津波が来襲。相馬・双葉の両郡の海岸で漁船流出5隻、原釜で堤防決壊40間、床下浸水5棟を出した。
1934	2月20日	高潮	浜通り海岸	浜通り海岸に高潮が押し寄せ、双葉郡久ノ浜町では堤防60間が決壊して海水が町内に侵入し住家4戸、非住家4棟を全壊した。石城郡江名町で漁師2名が海中に転落死亡した。
：	：	：	：	：
1952	10月2日～3日	高潮	浜通り海岸	2日夜から3日未明にかけて浜通り海岸に高波が押し寄せ、双葉郡末崎海岸で堤防80m決壊して住家浸水4戸、久の浜で浸水5戸、四倉町で堤防決壊200m、住家浸水15戸、豊間町で堤防決壊400m、沼ノ内海岸でも堤防決壊215m、新地村で家屋浸水15戸を出した。
1952	11月5日	津波	浜通り海岸	5日午前1時58分ころ、カムチャッカ半島南東沖に大地震が起こり、これに伴う津波が太平洋沿岸各地に押し寄せた。このため浜通り海岸に1～2mの高波が見られ、一部に軽微な被害を出した。原釜で朝9時ごろ、波高50cm～100cmあり、松川浦でも普通の満潮時より1m高くなり、ノリつけ網が流失した。
1953	9月26日	台風13号	県下全域	船沈没、流失、破損39隻、港湾、海岸決壊5箇所
：	：	：	：	：
1959	9月24日～27日	伊勢湾台風	県下全域	土木関係では、海岸7箇所被害額1050千円。
1960	3月21日	津波	浜通り海岸	21日午前2時8分ころ、三陸沖を震源地とする地震が起こった。この地震のため3時52分ころ浜通り海岸に20cmくらいの津波が襲来し、4時50分ころは50cmを越えた。小名浜港内では漁船の出港を見合わせ、荷揚げのため接岸していた船舶は岸壁を離れ避難したため被害を受けなかった。
1960	5月24日	チリ地震津波	浜通り海岸	24日午前4時30分ころ、浜通り海岸一帯に波高1m位の津波第一波が襲来。7時10分ころ最大のものが来襲、波高1.5m。この津波で死者1名、床上浸水6戸、床下浸水59戸、畑冠水5ha、堤防決壊2箇所、がけくずれ1箇所、船舶破損4隻、11世帯57名が被災者となった。
1960	10月20日～21日	高潮	浜通り海岸	20日から21日にかけて海岸一帯に高波が押し寄せ、21日の午前4時から5時ごろには満潮時と重なって、波の高さは7mになったところがあった。磐城市江名町、勿来市勿来港、平市豊間、石城郡四倉町、双葉郡檜葉町、浪江町、相馬郡新地村の海岸などで被害を出した。住家流失3戸、半壊11戸、床上浸水25戸、床下浸水161戸、水稻浸水156ha、畑浸水41ha、堤防決壊11箇所1061m、港湾11箇所900m、漁船大破8隻、中破6隻、小破43隻、県内の被害総額は1億4415万円に達した。
：	：	：	：	：
1965	10月19日	波浪	浜通り海岸	19日台風の影響により永崎海岸、富岡海岸、四倉海岸などで堤防・港湾など8箇所1400万円の被害を出した。またこの波浪で磐城沖を航海中の貨物船565トンが小名浜港に避難しようとして中之作港沖で座礁した。
1968	5月16日	十勝沖地震	県下全域	16日午前9時49分ころ、県下全域に強い地震があった。小名浜には津波の第一波が10時53分に43cm、第二波が12時49分に69cmの津波が来襲した。
1968	8月29日～30日	風水害	中通り・浜通り地方	29日午後から30日朝にかけて風雨が強く中通り南部や阿武隈山地では1時間300mmの雨が降り、海岸には高波が押し寄せた。小名浜港においてタンカー第17副神丸372tが強風のため沈没した。
：	：	：	：	：

■ 1677年以降 沿岸の災害は50件であり、そのほとんどが高潮。

■ 1971年の高潮以降(東日本大震災まで)に沿岸域の甚大な災害は認められていない



対象地域の地誌等を用いて過去の浸水履歴（津波，高潮）を調査．

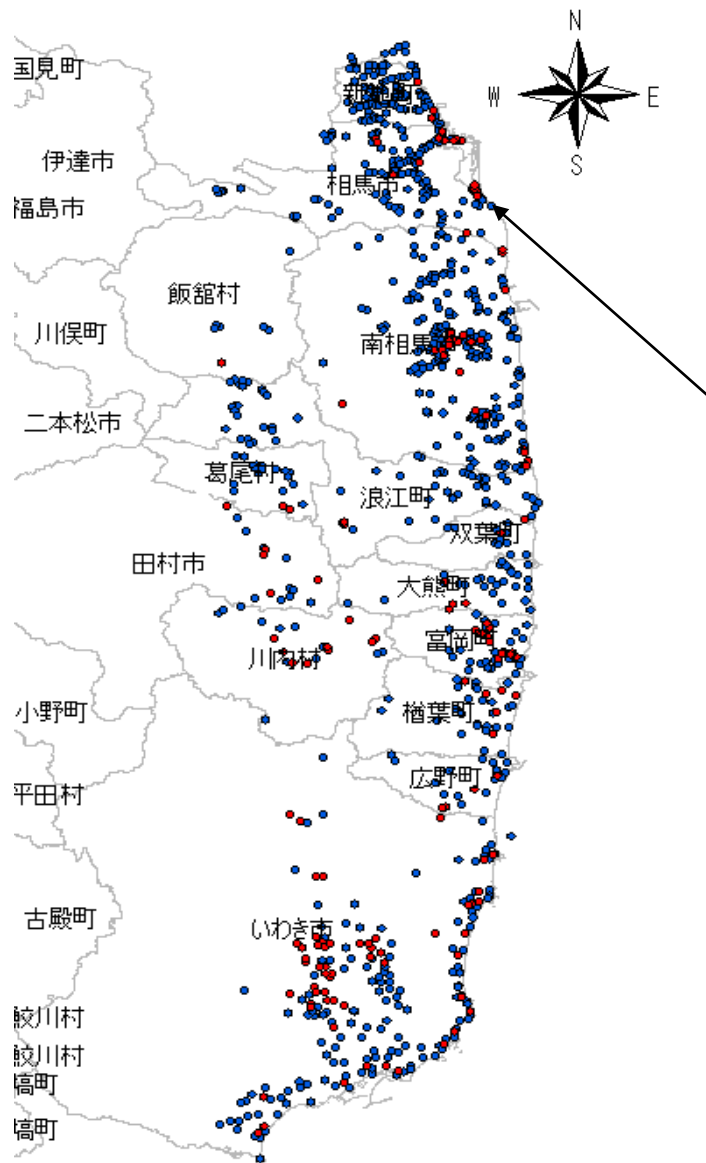


ただし台風，高潮などで過去に被害を受けた地点の多くが今回も被災した．

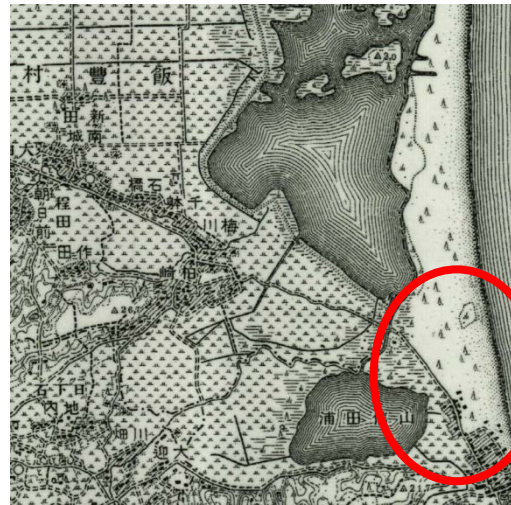
ただし，近年は対策整備の影響もあり，沿岸域の災害事例は少ない傾向にあった．過去の災害事例が地域住民の記憶より欠如していた可能性大．

沿岸域の災害履歴分布図

データの事例として 地形改変の有無についてあげると…(データ 回数)



沿岸域の集落の変遷分布図



明治41年(1908年)測図



昭和27年(1952年)応急修正

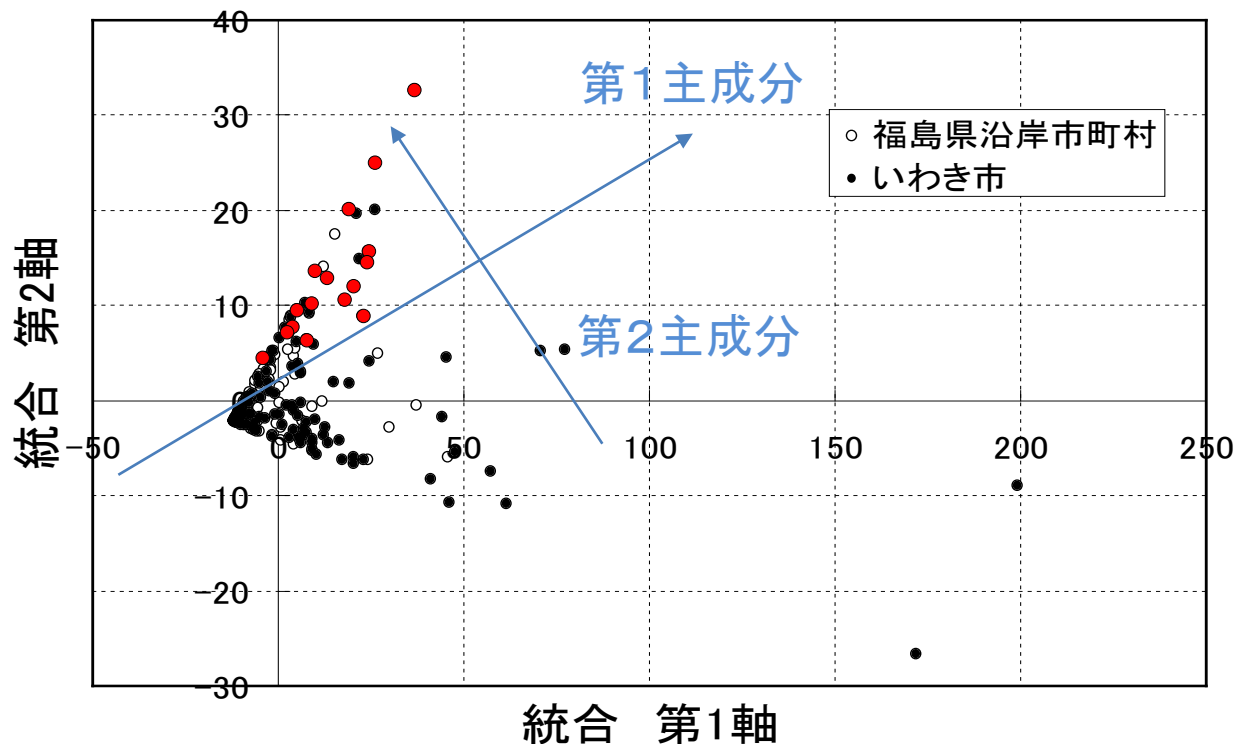


平成4年(1992年)修正

明治一昭和(戦後)と
昭和(戦後)一平成の
国土地理院発行の
1:50,000地形図を用い
て比較検討.

数多い集落の変遷
が認められるが、概ね
の集落開拓は昭和と
平成の間である.

主成分分析結果を以下に示すと…



(成分負荷量): 第1軸→面積(1.00), 周長(0.95), 人口(0.68)
第2軸→浸水域面積(0.68), 浸水域周長(0.65)

(寄与率): 第1軸...93.98(93.98), 第2軸...6.02(100.00)

● : 死者30名以上の集落

主成分分析結果

- 第1主成分→
津波被害地における社会形成条件
- 第2主成分→
津波外力に伴う被害状況

■ 各々の集落の成分の位置関係から同一の市町村内で集落が特徴付けられるのはいわき市

■ 第1主成分, 第2主成分の正の値に位置する集落は, 総じて死者数, 行方不明者数の多い状況である.

集落の社会規模が大きく, 浸水規模の大きい条件だと人的被害が甚大になることを示唆している. 集落規模が大きい場合は, 避難時に判断を鈍らせる, 地域協働の意識に不足, また, これらを助長させる要因が存在している可能性あり.

Ⅳ 地域防災情報の検証

結果として...

①避難経路 →

例外的な地域も存在するが、基本的に避難距離が長いほど死者・行方不明者が多く認められた。歩行者で100分超過，自動車
で25分超過することで死者が急増の傾向あり。

②各種要因による集落分析→

集落の社会(≡community)規模が大きく，浸水規模の広い条件だと人的被害が甚大になる。集落規模が大きい場合は，避難時に判断を鈍らせる，地域協働の意識に不足，また，これらを助長させる要因が存在している可能性あり。震央から距離が離れていても，

→ 南相馬市，いわき市で地域住民にヒアリング調査を実施し，意見集約へ

ヒアリング意見

- ① 避難警報(およびサイレン)が途切れたため、避難解除と思い、第2波が来ることは想定していたが、現地に残されている可能性のある被災者、貴重品、水田の様子を確かめるため被災現場まで戻った。
- ② 警報発言場所と離れていたためサイレンが聞き取れなかった。
- ③ 交通渋滞のため移動できなかった。
- ④ 地震により交通路が寸断され、車両移動ができなかった。
- ⑤ 情報としての津波の規模は知っていたものの、規模が小さい、もしくは来ないと思い込みがあった。
- ⑥ 業務上(仕事, 救援)で避難できなかった。



■ サイレン

■ 交通路

についての検討を実施

Ⅳ(1) サイレン 地域防災情報の検証

避難に関してサイレンに関する継続的な活用の要望が、ヒヤリング中に多く認められた。

避難勧告が聞き取りにくいいため、女性のアナウンスにするか(声高)、サイレンを継続的および断続的に発する。

サイレンに関しては、自然災害事例と異なるが「武力攻撃事態等における警報サイレン音に関する検討会(総務省 消防庁)」などで検討が進められている。

武力攻撃事態における国民の
保護のための措置に関する法律
(平成16年6月18日)

- 市町村長は、サイレン、防災行政無線その他の手段を活用
- 住民及び関係のある公私の団体に伝達する

第47条

市町村長は、前条の規定による通知を受けたときは、その国民の保護に関する計画で定めるところにより、直ちに、その内容を住民及び関係のある公私の団体に伝達するとともに、当該市町村の他の執行機関その他の関係機関に通知しなければならない。

国民の保護に関する基本指針 (平成17年3月25日)

第4章 国民の保護のための措置に関する基本事項

第1節 住民の避難に関する措置

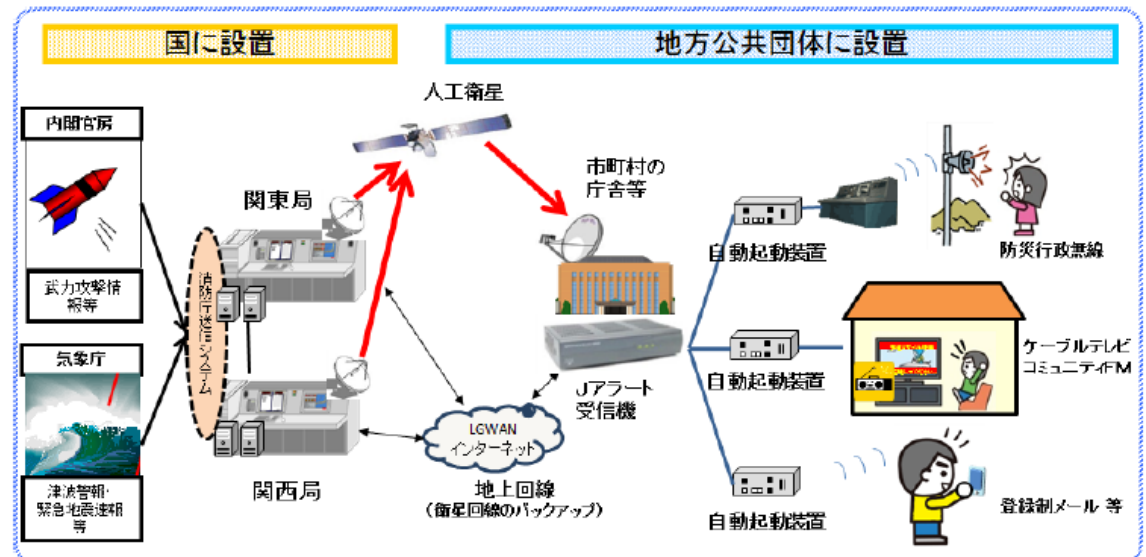
1 警報

(2) 警報の通知及び伝達

○武力攻撃事態等におけるサイレンのパターン及び音色については、武力攻撃が迫り、または現に武力攻撃が発生したことを明確に認識できる明瞭なものを国が定める

こうした警報(サイレン)の実際の運用として
全国瞬時警報システム(J-ALERT)

時間的余裕のない事態に関する情報を、人工衛星を用いて国→市町村→住民まで瞬時に伝達するシステム



気象業務法による津波の国民保護サイレンのパターン

● 津波注意報標識

標識の種類	標 識	
	サイレン音	鐘 音

ここまでの系統について

「津波警報が発表されました. テレビ, ラジオをつけて下さい」以降

■ 集落単位, および住民が認識しているか?

→

防災教育での補間

■ 円滑に運用されるか?

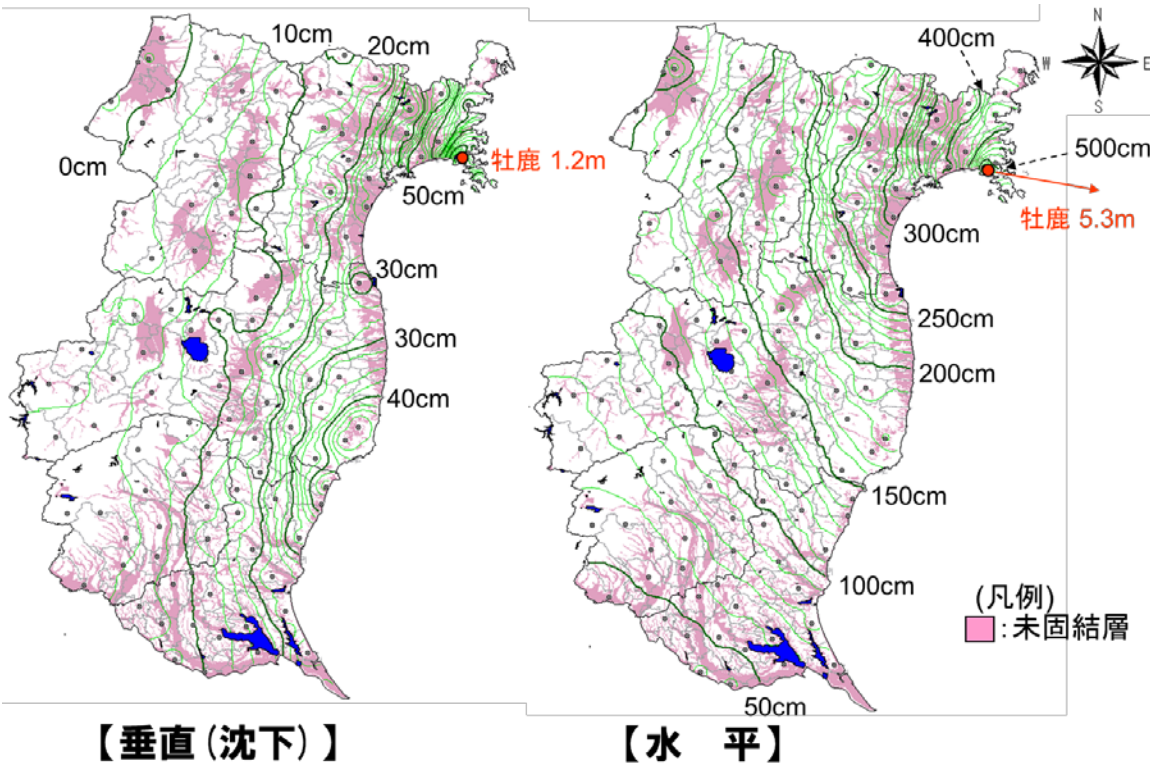
→

- ・情報取得が集落をカバーできるような整備
- ・耐震, 防水, 2次的災害の通信施設強化
(電話, スマートフォンの活用も視野に入れた)

大津波(特別警報) 警報標識	約3秒 短声連点 ○— ○— 約2秒	連点 ●—●—●—●—●
-------------------	--------------------------	-----------------

Ⅳ(2) 交通 地域防災情報の検証

津波による被害前に強震発生による地形変形が生じていた。



南相馬道路被災状況

東北地方太平洋沖地震直後の地表面移動量

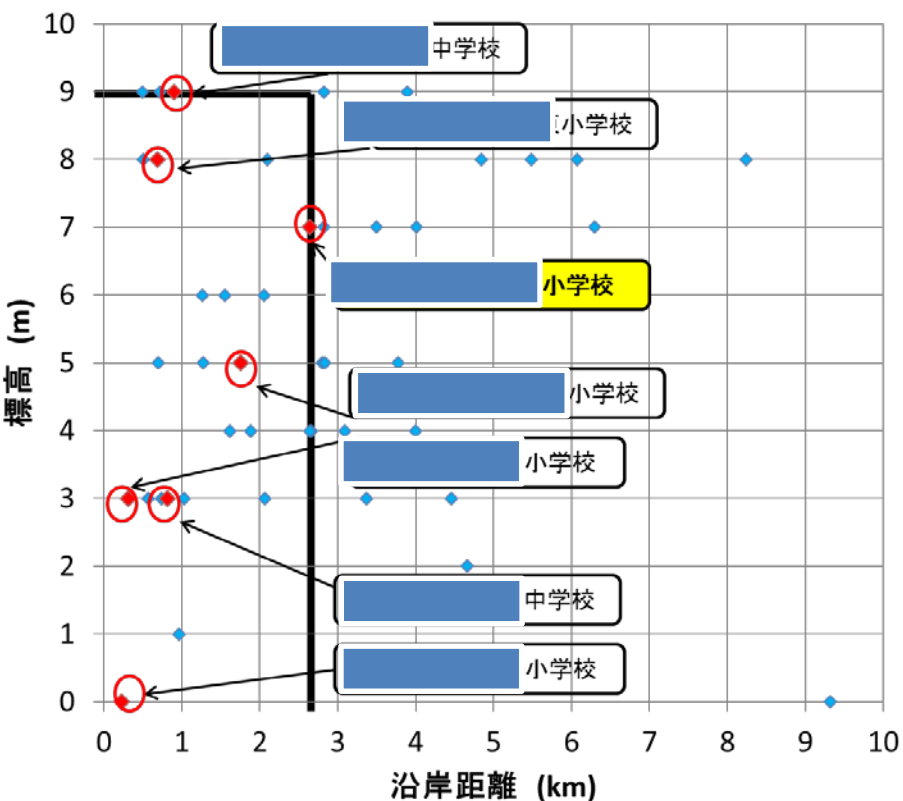
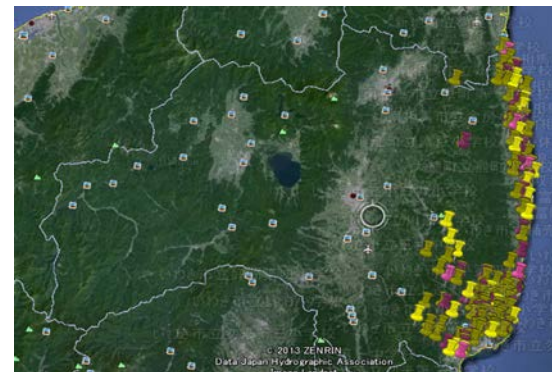
被災交通網

盛土・平野部で陥没、沈下が多発のため避難支障が生じた...開拓多いため顕著

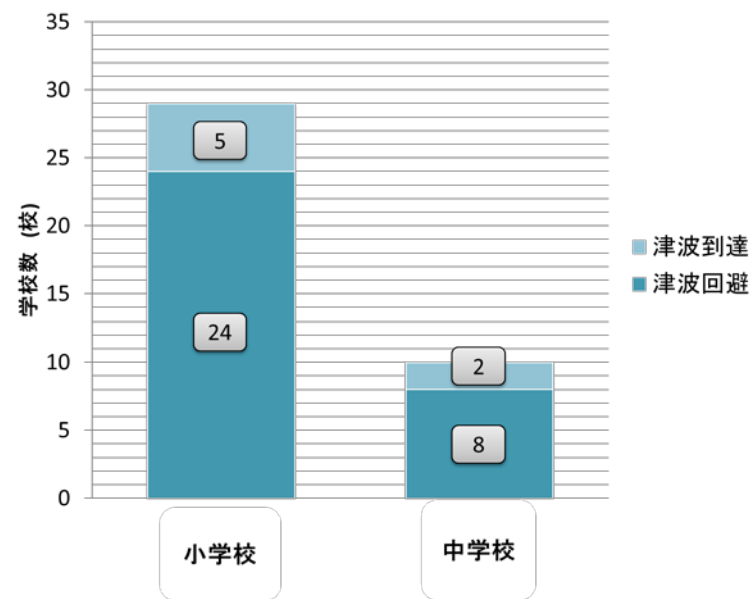
沿岸域に関しては、防災都市計画的観点から沿岸域への住宅建築は制御されるが、平野部の軟弱地盤に関しては沈下の強化の必要あり。

避難を行うにあたり安全な領域まで移動距離が長い
エリアも多く認められた。

災害時要援護者になる若齢層の集合する沿岸域
の小・中学校の避難と交通網を検証を進めた。



沿岸距離・標高と浸水の関係図



標高9m以下の沿岸域小中学校

東北地方太平洋沖地震による津波の被害範囲に存在する小学校中学校は、沿岸域に多く存在した。

浸水被害のあった小学校について、避難距離、移動時間を数値情報で解析した.

- ① 集落の避難所
- ② 近隣の高台, 山

※ 近隣の高台・山の基準は標高10mを基準に学校最近隣のものとした.

浸水被害のあった沿岸域小中学校の避難距離と時間

学校名		避難所までの道のり (km)	移動時間 (分)	近隣の高台・山までの道のり (km)	移動時間 (分)
	小学校	1.2	26	0.44	7
	小学校	3.2	69	0.91	19
	小学校	2.0	21	0.09	2
	小学校	4.1	87	3.10	66
	中学校	2.2	28	0.09	2
	小学校	1.5	32	2.80	60
	中学校	0.8	17	1.50	32

避難所, 近隣の高台・山でも60分以上を避難に費やす小中学校は存在する.
浪江町, 富岡町以外の学校で現地調査を実施.

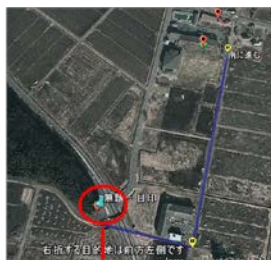
■ 小学校で検証したが...

- 道路オーバーレイの痕跡から見ても沈下等の影響を受けている.
- 近隣に高台があってもアプローチする交通路が幅狭.
- 多人数の場合は, 誘導も困難.

避難路自体の検討も更に検証していかなければならない(インフラ整備?).



高台①



高台を想定して避難した.

小学校からの道のり: 500m



この地点までの避難時間

7分

高台②



小学校からの道のり: 約1000m



道沿いを高台まで避難した.



高台に民家や空き地があり、避難可能な場所まで移動完了

この地点までの避難時間

14分

小学校の現地調査概要

V おわりに

助成研究を通じての結論(≡避難行動計画に向けて)

- 主体的な避難行動の徹底
- 情報伝達手段の整備
- 避難支援者の安全確保
- 安全な避難場所・避難経路の整備と周知徹底
- 津波避難計画の暫時的な見直し
- 主体的な避難行動をとる姿勢を熟成させる防災教育の徹底



がんばっぺ
福島

ご清聴ありがとうございました
平成26年4月11日