

34. 東日本大震災に関する沿岸地域の災害固有性分析と適応策の検討

江坂 悠里¹・川越 清樹^{1*}・渡部 宏教¹

¹福島大学共生システム理工学類 (〒960-1296 福島県福島市金谷川1)

* E-mail: kawagoe@sss.fukushima-u.ac.jp

東北地方太平洋沖地震に伴う津波による死亡者数、行方不明者数と自然、社会に関する情報を比較検証し、集落レベルの地域固有性の特徴について検討を行った。また、この比較検討より同一市町村内で集落の危険差異が大きく認められるいわき市を対象に復興アンケートと地域固有性検討を行った。結果として震央から距離が離れている市町村でも、地域規模が大きい場合は、避難に地域協働の意識に不足が生じる危険性があること等の影響が示唆され、被害増幅が生じることが明らかにされた。また、同じ市町村内でも人的被害の多い地域は同地区での住宅を望まないことが認められた。

Key Words : Global environment change, Disaster mitigation, Residents questionnaire

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い岩手県、宮城県、福島県等の太平洋に接する沿岸域では、人命、資産に甚大な被害が認められた。地震後約2年半を経て、各々の復旧、復興の取り組みが講じられており、①被災者の生活再建と安定、②新たな発想による復興まちづくり、③地域産業・経済の再生とそれを支える都市・交通基盤、④災害に強い国土構造への再構築の方針を定め、被災地の直面する課題に応じた施策を総合的に展開していく整備が進められている¹⁾。しかしながら、時間推移による自然、社会の環境変化に伴う復旧、復興に対しての新たな課題が明らかにされるケースもあり、未だ整備の滞っている地域も多く存在している。こうした発展的に明らかにされる課題に対して、データの正確性や客観性を確保する必要を求めるための調査、分析が様々な機関で取り組まれ、課題への適応が進められている²⁾。復旧、復興に対する発展的な課題に関しては、行政、専門家の意見にとどまらず、直接、生活の中で対峙すべき地域住民の意識も反映していくことが望ましく、将来の防災意識や社会経済の発展も踏まえながら設計、計画していかなければならない。また、①東北地方太平洋沖地震に対し生じた当初から発展的課題に至るまでの過程、②今後の災害外力の想定、③今後の地域発展の一

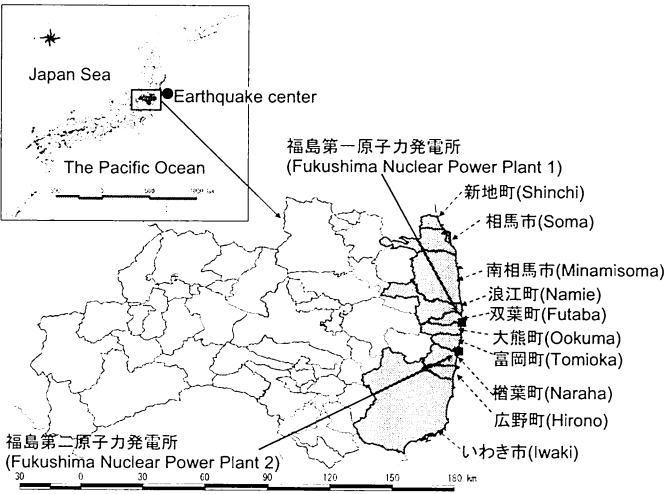


図-1 検討対象領域位置図

役を担う住民意識と地域固有の特徴の関係等を十分に検討し、復旧、復興を進めることがベースとなる。こうした復旧、復興の課題への貢献を目的に、著者らは、福島県沿岸域(ただし、旧避難地域を除く)を対象に震災以前の災害履歴も含めた自然、避難経路も含めた社会に関する情報を利用して数値情報の整備を試み、各々の地域固有性の特徴について検討を行ってきた³⁾。また、この地域的な固有性分析を基に最適な沿岸域の防災適応策誘導のアルゴリズムの構築に取り組んでいる。こうした検討より求められる結果は、地震に伴う津波対応だけではなく、地球温暖化による海面上昇に対する適応策などの沿

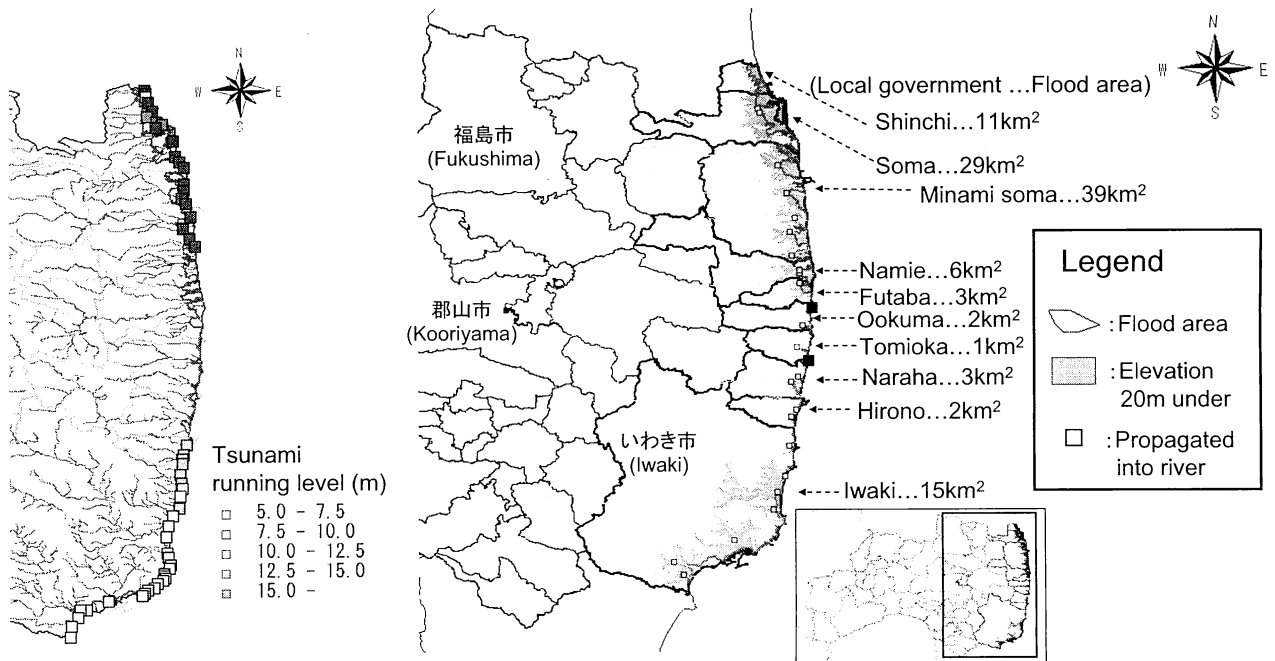


図-2 津波遡上高位置図

図-3 津波浸水域平面図

岸域に将来的に生じうる災害への適応策にも利用できるものである。

こうした背景をふまえて、本研究では以下の福島県沿岸域に対する以下の検討を行った。

- 各県市町村の死傷者と津波情報との比較分析
- 福島県内市町村の集落の津波死傷者と地域諸条件の比較分析
- いわき市の復興に関わるアンケートとの比較分析

こうした研究を進めることで、実被害と地域情報の比較検討を行うとともに、各種アンケートの結果も集計し、集落レベルの地域的な地理、および社会の固有性分析を行った。図-1に検討対象領域位置図を示す。

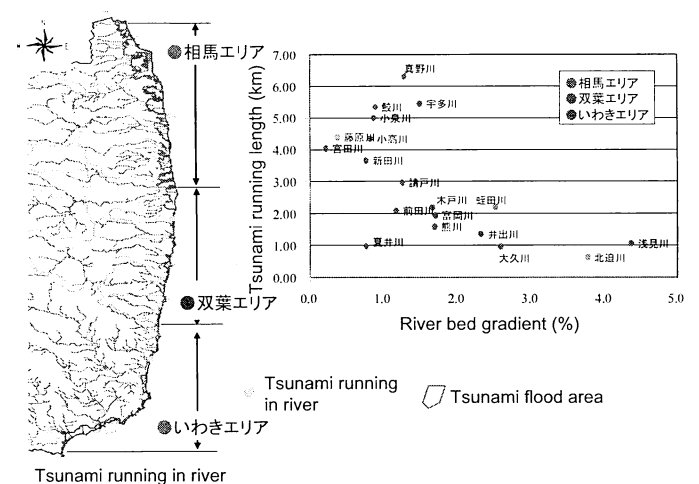


図-4 津波の河川遡上概要図

2. 福島県における津波状況および死亡者

(1) 津波の状況

図-2に津波遡上高、図-3に津波浸水域平面図を示す。なお、津波遡上高に関しては土木学会東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループよりまとめられたデータ⁴⁾を図化したもの、津波浸水域平面図は衛星画像(衛星画像: Geo eye2)より浸水域を判別したものである。震災と対面の方向を呈し、相対的に距離も短い福島県北部エリアは、津波遡上高が10mから15mで高く、および浸水面積も広い傾向が見てとれる。なお、相馬地区を中心に福島県北部エリアに関しては、震災前までTP 6.2mに防波堤と護岸の設計高さを設定している。そのため、福島県北部は津波に伴う被害が甚大になりやすい条件であったといえる。浪江町から広野町の津波遡上高は原発事故に伴う警戒地域であるため正確なデータが取得できていない

状況であるが、南北方向に延びる海岸線から震央とやや斜向きの位置関係であるものの衛星画像による浸水状況や防潮堤の判読からは海岸施設破損が多く認められている。福島県南部は、震央と逆の位置関係になることも影響し、津波遡上高は相対的に低く、北側で7m程度、南側で5m程度となる。基本的に津波被害は河川沿いの沖積平野に集中しており、河川を遡上した津波による構造物への被害も多く認められている。福島県沿岸域北部から南部で津波遡上高や津波浸水域に差異は生じているものの、共通して津波による被害は河川沿い沖積平野の低地を中心に広がる傾向が見てとれる。図-4に河川遡上の平面位置関係、河川遡上延長と河川勾配の関係を記載した津波の河川遡上の概要図を示す。相対的に北側(以後相馬エリアと称する)の河川勾配は緩く、長い遡上延長が長く、浪江町から広野町の範囲(以後 双葉エリア)の

河川勾配は急峻であり遡上延長が短いことが見てとれる。なお、福島県南部(以後 いわきエリア)については、河川勾配、遡上延長ともにバラツキがある結果が示されている。なお、津波の到達時間について沿岸域の福島県の計測する河川水位を参考に推測する(図-5参照)。相馬エリアで15時、16時に河川水位の上昇が認められているが、国土交通省 水管理・国土保全局の資料⁹⁾によれば、福島県以北に位置する阿武隈川の阿武隈大堰(阿武隈川河口より10km)で津波到達した時間が16時12分とされている。相馬エリアに存在する河川水位観測水位所群も概ね河口10km前後とであり、16時以前の河川遡上は想定しにくい。そのため、16時に砂子田で記録された水位上昇は津波遡上に起因した、15時に記録された異常値は強震により応答したことが有力である。双葉エリアも相馬エリアと同様に15時、16時に異常を示唆する変動が記録されている。15時の変動は双葉(請戸川支流前田川)、落合(熊川)のみであり、その他は16時に認められている。阿武隈川や相馬エリアの推定津波到達時間の関係より、当該エリアも16時の水位上昇が津波到達を示唆していると推測される。いわきエリアに関しては、河川水位の変動のパターンは3つに分類される。① 15時に欠測、以後、水位変動無し、② 16時に水位上昇する、③16時、17時に段階的に水位上昇する。しかしながら相馬、双葉エリア同様に16時の水位上昇が津波到達を示唆していると推測される。概ね地震発生した2013年3月11日14:46より1時間15分前後に福島県沿岸には津波が到達していた可能性を示している。

(2) 死者行方不明者の状況

図-6は福島県災害対策本部平成23年東北地方太平洋沖地震による被害状況即報⁹⁾よりまとめた福島県市町村別の死亡者、行方不明者状況図である。図に示されるとおり、沿岸域を中心に多くの死亡者、行方不明者が認められており、津波状況で示された津波遡上高、津波浸水領域の大きさと並行して相馬エリアの相馬市、南相馬市の死亡者、行方不明者が甚大であることが理解できる。その一方で、いわきエリアのいわき市も430人の死亡者、行方不明者も認められている。これは他の市町村と比較して海岸延長が長い影響もあるが、沿岸域における地形状況、就業構造等の可能性も推測される。こうした状況から、更に地域を細やかに分類してその影響を十分に議論する必要がある。市町村を集落レベルに更に細やかに分類した結果を図-7の集落レベル死者行方不明者分布図に示す。この分布には、河川沿い沖積平野の低地を中心に広がる傾向もふまえて河道情報も示している。(a)に死者・行方不明者数、(b)に死者・行方不明者率(死者・行方不明者/集落人口 ※集

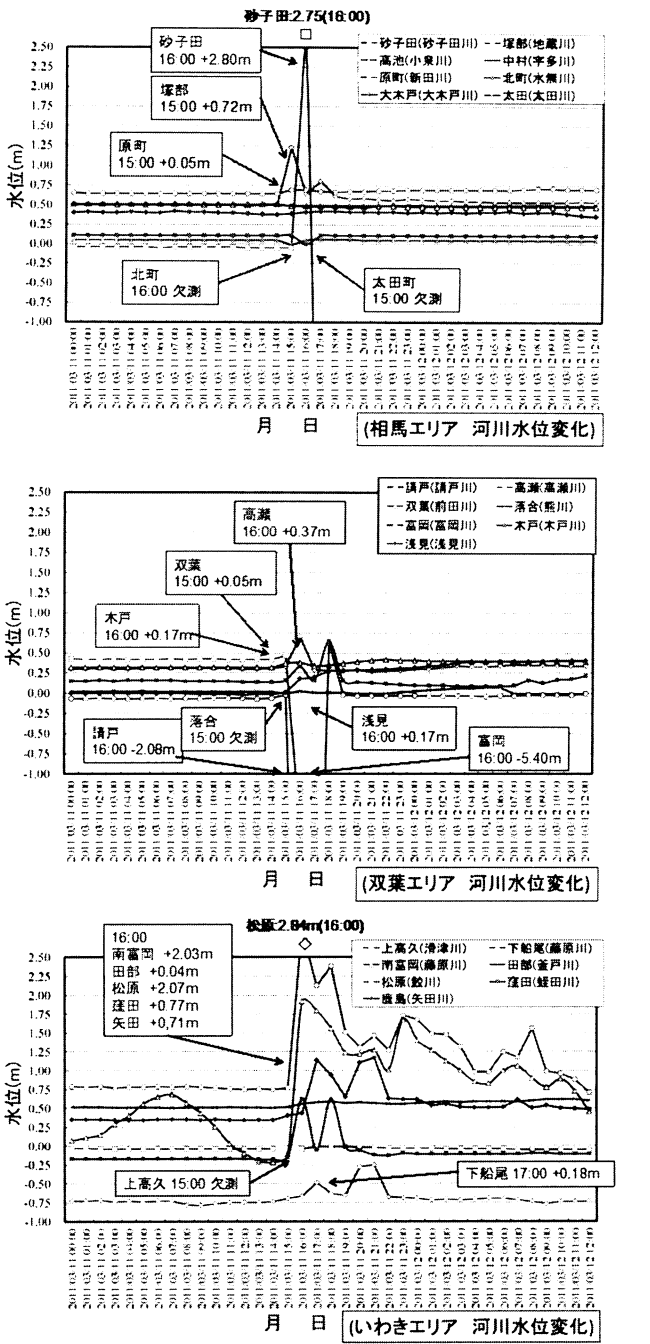


図-5 河川水位変化図

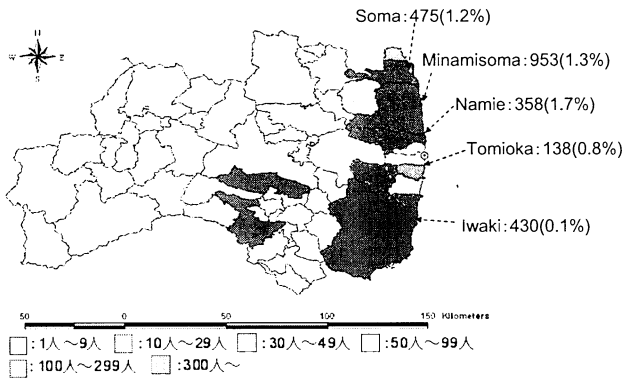


図-6 東北地方太平洋沖地震による死亡者・行方不明者

落人口は平成17年 国勢調査データを利用)である。図に示されるとおり、同じ市町村でも死亡者、行方不明者

の大小が明瞭に分離できる。こうした死亡者、行方不明者の差異に関しては、地形状況等による自然的背景、産業構造や居住住民の年齢層などによる社会的背景が大きく関与している可能性が高く、また、こうした各背景と津波減少に介在している社会基盤、避難防災体制も影響しているものと推測される。なお、死者数、行方不明者数として50人以上の被害の認められる集落は、相馬市磯部字芹谷地、いわき市平薄磯、南相馬市原町区萱浜字赤沼、双葉郡浪江町大字請戸、いわき市平豊間、南相馬市小高区村上、相馬市原釜字大津である。また、死者・行方不明者率が20%以上になる集落としては、相馬市磯部字大迎、相馬市磯部字芹谷地、いわき市四倉町山田小湊、南相馬市鹿島区北海老字釜戸、南相馬市原町区大甕字戸屋下、南相馬市原町区萱浜字赤沼が挙げられる。死者数、行方不明者数、および死者数、行方不明者率の双方の上位に含まれる地域は相馬市磯部のみである。なお、当該地区は、平野部がほとんど浸水している、家屋もほぼ流出している被災状況が認められている。

3. 市町村毎の死亡者数・行方不明者数の分析

本章では、被災報告された太平洋沿岸域各県の市町村をも含めた死傷者と各要因を比較した結果を示す。比較するための要因として設定したものは、(a)標高、(b)非浸水域死者、(c)15歳未満死者、(d)15-64歳死者、(e)65歳以上死者、(f)浸水人口、(g)浸水世帯数、(h)浸水事業所、(i)浸水従業員数、(j)浸水面積、(k)浸水土地利用(水田、その他の農用地、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、海浜)である。これらの条件は平成17年国勢調査、国土数値情報による数値地理情報より取得されたデータである。各県までを含めると広範領域になるため、諸条件との関係性が不均一になる傾向が認められた。ここでは、潜在的な要因まで解釈するのではなく、ある事例の関係性を説明することとする。図-8に死亡者数、行方不明者数と浸水人口の関係、図-9に死亡者数、行方不明者数と浸水面積の関係、図-10に死亡者数、行方不明者数と幹線道路整備率の関係を示す。なお、幹線道路整備率とは浸水面積に対する幹線道路の割合をさしたものである。これら各要因は死亡者数、行方不明者数と強い関係性を示している。浸水人口、浸水域面積の関係式は線形式で関係が示され、沿岸域で面積が大きい、浸水面積が大きいに連れて死者が多くなることが明らかである。直接的な現象に関わるため影響が明白だが、こうした線形に対する位置関係で各市町村の特徴を理解できる。浸水人口における近似式と比較して著しく死者、行方不明者の大きな市町村は陸前高田市である。また、福島県を対象にした場合、死者、行方不明者の多い市町村として南

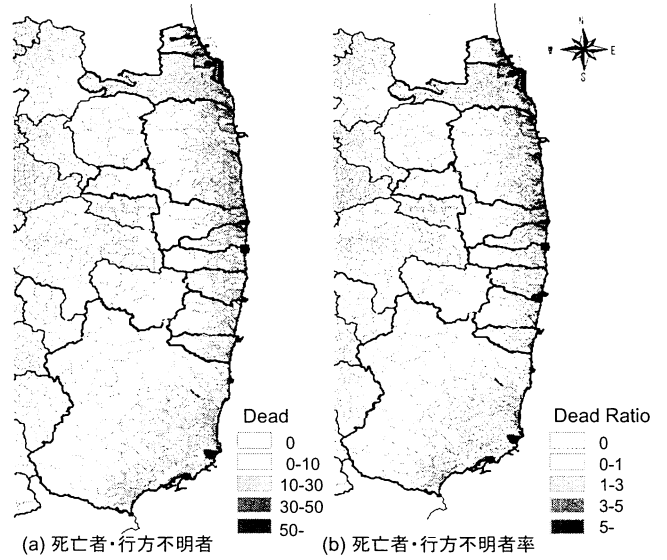


図-7 集落レベルの集落レベルの死亡者・行方不明者

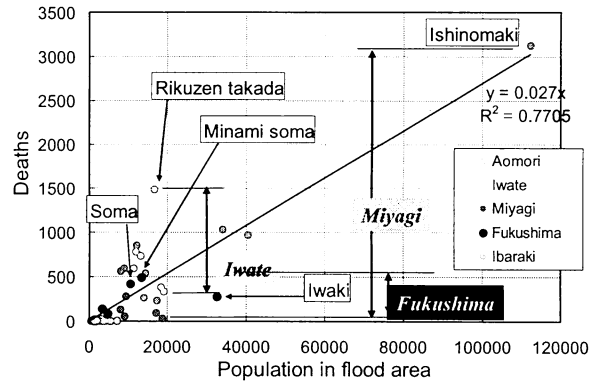


図-8 集死亡者数、行方不明者数と浸水人口の関係

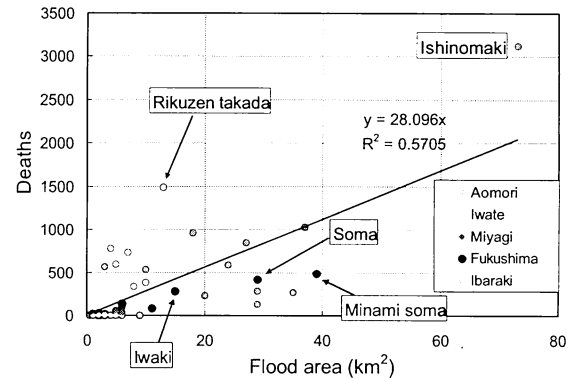


図-9 集死亡者数、行方不明者数と浸水面積の関係

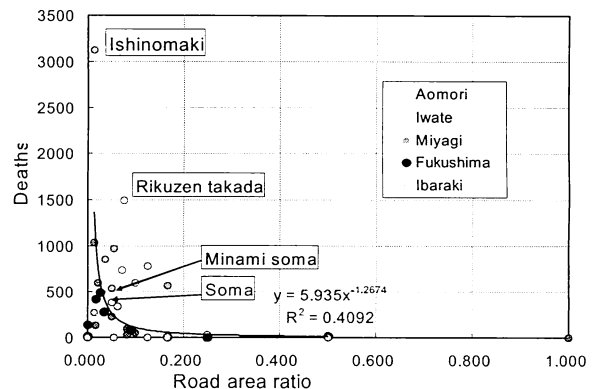


図-10 集死亡者数、行方不明者数と幹線道路整備率の関係

相馬市、相馬市が含まれる。対していわき市は、死者、行方不明者の少ない市町村に含まれる。いわき市に関しては、震央から距離が離れていたことが影響し、浸水面積自体存在するものの避難できるまでのタイムラグのあった地域も存在した可能性を持つ。そのため、平均的な関係よりも死者、行方不明者が少なかったことが推測される。浸水面積における近似式と比較して、著しく死者、行方不明者の大きな市町村は石巻市、陸前高田市である。なお、浸水面積に関しては各市町村での特徴よりも、震央との距離や到達時間の影響も見て取れる。そのため、福島県の市町村は平均的な関係よりも死者、行方不明者が少ない傾向を示している。死亡者数、行方不明者数と幹線道路整備率の関係では累乗近似によりやや良好な関係が示される。この検討は、非常時に道路を伝って被災回避できる、もしくは道路の存在による空間開放により津波が伝播しやすいという、可逆になる避難と現象の影響を見積もるための検証である。死亡者数、行方不明者数と幹線道路整備率の関係より幹線道路が存在しないほど死者数、行方不明者数が多い結果が得られており、道路整備が避難誘導しやすい結果を示していると解釈できる。

4. 福島県内集落毎についての死者数・行方不明者数の分析

細かな集落に対する地域的な特徴を把握するため、3章で示した要因に津波外による条件として集落面積、集落周長、地理的条件として明治地形、昭和地形、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)、社会条件として災害履歴を加えて福島県集落に対する主成分分析を行った。主成分分析により、各要素の剛性変数を求め、各集落の特徴を示すと共に、人的被害に及んだ潜在的影響度を見積もるためにこのような検討に取り組んでいる。

図-11は主成分分析より得られた第1主成分と第2主成分の関係である。なお、寄与率としては、第1主成分で93.98%、第2成分で6.02%で構成される。第1主成分は集落面積、集落周長、人口の要素、第2主成分は浸水域面積、浸水域周長の要素より示されたものである。こうした要素の構成から、第1主成分は津波被害地における社会形成条件、第2主成分は津波外力に伴う被害状況と言い換えることができる。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であり、各主成分の値にバラツキが認められている。各集落の特徴と死者数、行方不明者数の関係を把握、検討

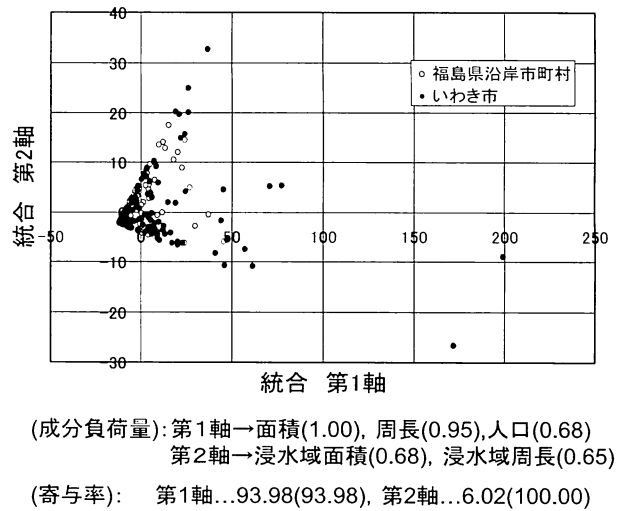


図-11 第1主成分と第2主成分の関係

する上で重要なサンプルになりえる。また、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。したがって、この主成分分析の結果は、集落の社会規模が大きく、浸水規模の大きい条件であれば人的被害が甚大になることを示唆している。震央から距離が離れている市町村でも、地域規模が大きい場合は、避難に地域協働の意識に不足が生じる危険性があること等の影響が予測される。

5. いわき市に関するアンケート調査との比較

福島県における集落毎の死者数、行方不明者数の分析より、同一の市町村内で集落の危険性が特徴付けられるいわき市を対象にアンケートの分析を行った。アンケート結果はいわき市との協力により取得されたデータであり、東日本大震災による津波被害で被災した地区の世帯主を調査対象にした第2回津波被災市街地の復興に関する意向調査結果である。復興へのアンケート結果と被害との関係から地域住民の潜在的な意識の検討を行った。アンケート結果概要図を図-12に示す。

「同じ場所への住宅建設」、「同じ場所で津波の危険性の低い場所への住宅建設」、「同じ場所に近い安全な場所への住宅建設」、「いわき市外への住宅建設」等も含んだ結果と死亡率との関係を検討した。地域により回答に差異が認められ、末続、久ノ浜(海側)、薄磯、岩間、は被災前と同じ場所への住宅建設の回答が少ない(10%から25%前後)、死亡率が3%を超える薄磯、豊間、金ヶ沢は同地区内に住むことをできるだけ避けたい意思があると捉えられる。同地区内で津波の危険性が低い場所への移転回答割合をみると、金ヶ沢、仁井田の回答割合が多く(20%以上)、走出、田之網の回答割合が少ない(0%)。走出、田之網は死亡率が比較的少ないため(走出0%、田之網1.35%)特に危険性に関して意識が強いというわけではないと推測できる。死亡率の高い薄磯、豊間、金ヶ沢

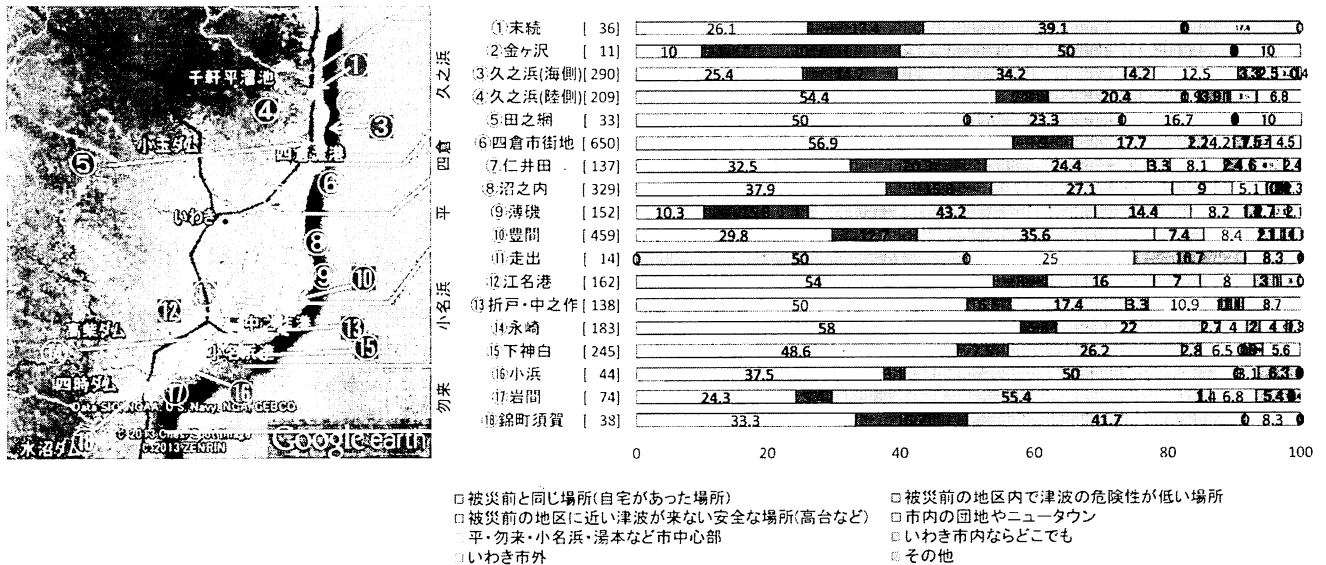


図-12 いわき市アンケート結果概要図

は比較的回答割合が多い。対して、金ヶ沢、走出、小浜、岩間は同地区での安全な場所の移転の回答が多い(50%以上)ことが認められた。岩間地区は、被災前と同地区、同地区内の津波の危険性が低い場所の回答割合は決して高くはないが、同地区に近い安全な場所への移転の回答割合が高く(55.4%)、できる限り同地区に近い場所で安全性を要求していることが推測される。岩間地区は集落中で意見が全く異なる特徴的な結果が示されている。いわき市外への回答割合は、被災状況が7割近く流出と回答した走出の回答割合が一段と高く(8.3%)、つづいて永崎、薄磯、久之浜(海側)の回答割合も高く示されている(2.5%から4%)。永崎は、被災前と同地区への回答割合も高く、岩間地区と同様に、集落中で意見が全く異なる特徴的な結果を示した。人的被害の多い地域は同地区での住宅を望まないことが明らかにされた。こうした関係の中で傾向に含まれない岩間、永崎のような集落は、地域における固有的な地形や災害履歴などの特徴を含む。

6. 結 論

東北地方太平洋沖地震に伴う津波による死亡者数、行方不明者数と自然、社会に関する情報を比較検証し、集落レベルの地域固有性の特徴について検討を行った。また、この比較検討より同一市町村内で集落の危険差異が大きく認められるいわき市を対象に復興アンケートと地域固有性検討を行った。結果として震央から距離が離れている市町村でも、地域規模が大きい場合は、避難に地域協働の意識に不足が生じる危険性があること等の影響が示唆され、被害増幅が生じることが明らかにされた。また、同じ市町村内でも人的被害の多い地域は同地区での住宅を望まないことが認められた。この結果は、災害に対して危険地域を明らかにして、例えば集落移転など

の被災を回避するための適応も対策として有効であることを示唆する。ただし、この結果は調査経過のものである。今後も引き続き分析を進めて、包括的な結論を求める意向である。

謝辞：本研究の遂行において福島県、いわき市の協力を得た。また、本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費(S-8)、財団法人 河川情報センターの支援により実施された。ここに謝意を表する。

参考文献

- 国土交通省：東日本大震災からの復旧・復興に向けた取組、http://www.mlit.go.jp/page/kanbo01_hy_002322.html , Cite viewed 18/07/2013.
- 例えば佐藤 翔輔・今村 文彦：東日本大震災における震災復興計画の巨視的分析－岩手県・宮城県沿岸市町村を対象にして－, 自然災害科学, Vol.31, pp. 305-316, 2013.
- 江坂悠里・渡辺麻子・川越清樹：道路情報を用いた福島県沿岸域における災害適応策の検討, 第 20 回地球環境シンポジウム講演論文集, No.20, pp.187-196, 2012
- 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：東北地方太平洋沖地震津波情報, <http://www.coastal.jp/tjtf/> , Cite viewed 18/07/2013.
- 国土交通省 水管理・国土保全局：河口部における施設計画上の津波水位の設定に関する資料, http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/scibi/pdf/natori_h241114_2.pdf , Cite viewed 18/07/2013.
- 福島県：福島県災害対策本部平成 23 年東北地方太平洋沖地震による被害状況即(第 989 報), <http://www.cms.pref.fukushima.jp/> , Cite viewed 18/07/2013.