# 震後土地区画整理事業の復興形態に影響を与える地形的要因

水上　昌信[1]・鍬田　泰子[2]

[1]学生会員　神戸大学大学院　工学研究科（〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1）
E-mail: 169t138t@stu.kobe-u.ac.jp
[2]正会員　神戸大学大学院　工学研究科 准教授（〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1）
E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp

災害後の復興過程や復興形態は，社会的な観点から議論されることが多い．東北地方太平洋沖地震とそれにより生じた津波は，東北地方のリアス式海岸に大きな被害をもたらした．このような地域の災害後の復興形態は社会的な要因のみならず地形的な要因の影響を強く受けると考えられる．そこで本研究では東日本大震災後に実施された土地区画整理事業を対象にして，被災市街地の復興形態に関わる地形的要因と他の要因との関係を明らかにし，今後の事前復興計画を策定する上で参考にすべき地形的要因を提案することを試みた．その結果，復興形態は被災前の人口，復興交付金などの社会的要因よりも土地区画整理事業周辺の地形に依存する傾向にあることがわかった．

***Key Words**: the Great East Japan earthquake disaster, reconstruction pattern, geographical factor*

## 1. はじめに

2011年3月11日に我が国の観測史上最大となるマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震が発生し，それにより生じた巨大津波は東北地方，関東地方の沿岸市町村に甚大な被害をもたらした．建物被害数は110万戸以上[1)]と壊滅的な被害を受け，都市機能を喪失した地域も多く存在する．このような未曾有の大震災に対しても都市の災害復興には迅速さが期待され，また，従前の都市機能よりも防災性に優れた都市基盤の構築が望まれる．我が国の災害後の復旧においては，比較的被害が軽微な場合には被災した施設をもとの水準にまで戻す原形復旧を目指すことが基本であり，これまでに約300万箇所において災害復旧事業が実施されている[2)]．しかし，東日本大震災のように大規模災害によって都市域全体が壊滅して，原形復旧が困難な場合には土地区画整理事業等を用いた都市の再計画と連動して復興まちづくりが行われる．歴史的にみると，関東大震災や第二次世界大戦による戦災，阪神・淡路大震災など震災や戦災の復興局面においても運用されている[3)]．本震災後の津波被災市街地復興手法としても防災集団移転促進事業や津波復興拠点整備事業等が挙げられ，なかでも土地区画整理事業は市街地整備事業の中心的な役割を担っている．

津波災害後の復興計画を行政と住民が共有し，事前に住民との土地の権利調整や合意形成を図っておくことは災害後の復興を迅速に遂げるためには有効である．その観点では，事前復興という考え方で住民を巻き込んだ防災計画や対策のとり組みが進められている[4),5)]．一般的に津波後の復興に関するプロセスにおいて土地区画整理事業を用いた都市復興は費用対便益費や地域コミュニティの活性化などの社会的な要因が着目されることが多い[6),7)]．しかし，本震災に関しては，津波被害の大きい沿岸市町村がリアス式海岸であるために居住範囲に限界があり，社会的な要因だけでなく地形的な要因が復興形態に影響することが考えられる．今後発生することが予想される南海トラフ巨大地震等の巨大地震に備えて，被害を軽減するための地震対策や，災害後の応急対応に着目するのみにとどまらず，市街地の地形的特性を踏まえた災害後の都市復興戦略に関しても事前に想定しておくことは重要である．

津波被害と地形的要因に関する研究として鈴木・林[8)]は地形的要因や社会的要因から本震災の津波による地域間の人的被害率の差を検討している．地形的要因には，市町村ごとの浸水域の平均高低差，人口密度，面積等を

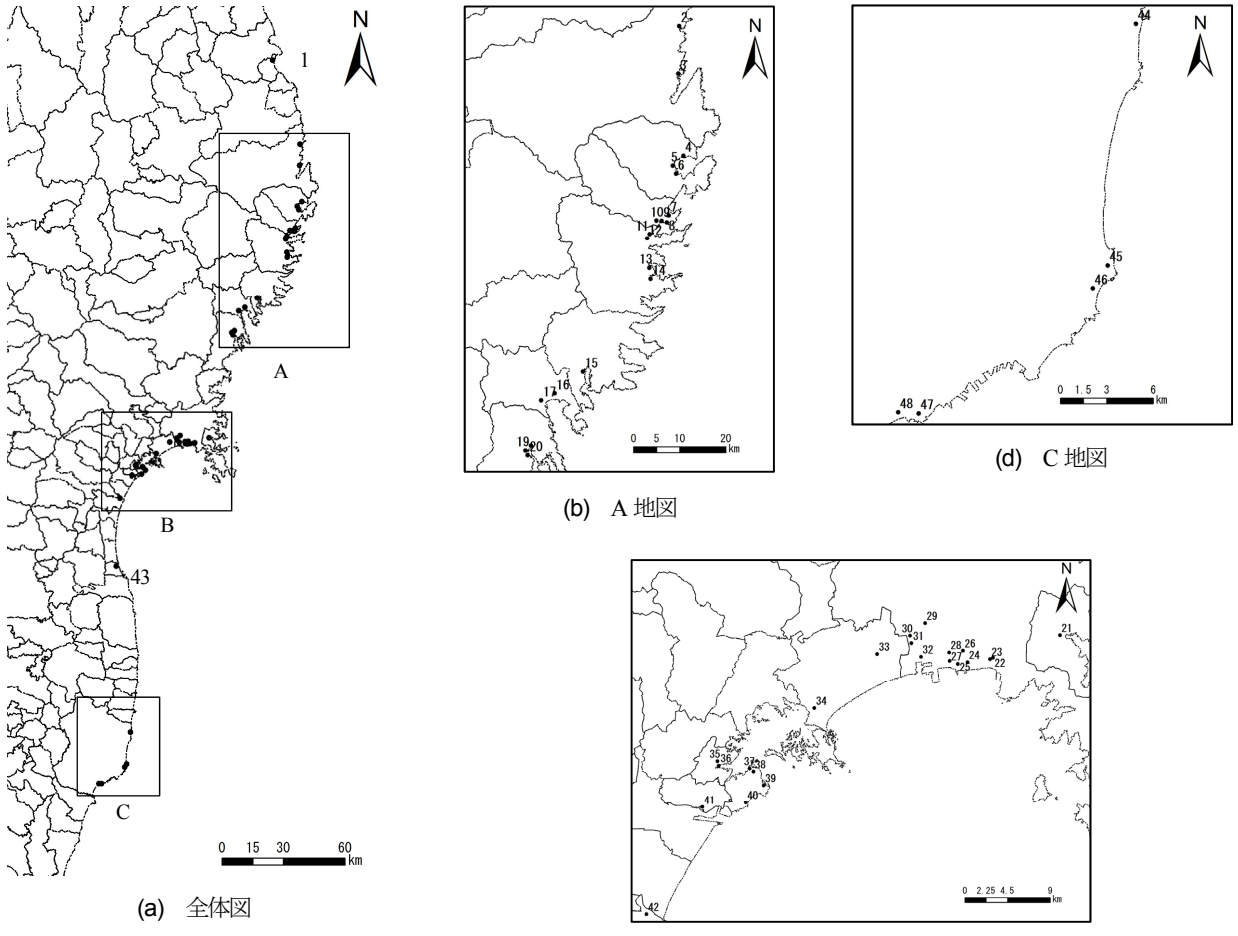
指標にしている．このように津波被害に関わる地形的要因についての研究は進められているが，津波被害と土地区画整理事業との地形的な関係については国で報告書[9]として系統的に整理されている程度で統計的な分析には至っていない．

そこで本研究では，東日本大震災を対象にして復興事業として土地区画整理事業が実施された地区を整理して，被災市街地の復興形態に関わる地形的要因と他の要因との関係を明らかにし，今後の事前復興計画を策定する上で参考にすべき地形的要因を提案することを目的としている．津波被害想定結果や被災後の住民と行政との関わり方だけでなく，地形といった物理的な制約の中で可能性のある土地区画整理事業の復興形態を絞ることができれば，復興までの期間や内容など具体的なイメージを持つことができ効果的な事前復興計画の策定につながることが期待できる．そこで，本研究では津波で被災した後，土地区画整理事業が実施された岩手県，宮城県，福島県の 3 県(以下，被災 3 県とする)において今次津波の浸水区域や浸水深，建物被害などの被害状況や土地区画整理事業地区をデータベース化し，被災 3 県の被災市町村ごとに土地区画整理事業の有無の違いを分析する．さらに，今回の津波で実施された土地区画整理事業 51 地区を復興形態で分類し，その被害状況，地形的要因とその他の要因との関係を考察する．本研究で扱う地形的要因には，浸水域の標高，傾斜角による地形分類を指標にしている．復興プロセスにおいて社会的要因が深く関わっていること明らかであるが，本研究ではそれら全てを考慮することができない．そこで，社会的要因として，土地区画整理事業遂行に際して大きな原動力となっている国庫補助と復興前の地域の居住やコミュニティとしてのまとまりとして人口を考慮する．

## 2. 土地区画整理事業の実施市町村とその被害

### (1) 土地区画整理事業の実施市町村とその被害

本地震により大規模な津波が発生し，東北・関東地方の太平洋沖沿岸地域の多くの住宅が被災した．東北地方を中心に，津波の痕跡高が 10m を超える地域が南北に約 530km に渡り，20m を超える地域も約 200km と非常に大きな痕跡高が広範囲に渡って記録されている[10]．浸水が確認された青森，岩手，宮城，福島，茨城，千葉県の 6




(a) 全体図　(b) A 地図　(d) C 地図　(c) B 地図

**図-1** 土地区画整理事業地区(図中の番号は，**表-1** の土地区画整理事業地区 No.に対応する)

**表-1**　土地区画整理事業地区の面積と復興交付金額(文献 11)，12)より作成)

| No. | 市区町村 | 地区 | 面積(ha) | 復興交付金(億円) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 野田村 | 城内 | 13.65 | 12.34 |
| 2 | 宮古市 | 田老 | 18.89 | 17.62 |
| 3 | | 鍬ヶ崎・光岸地 | 24.49 | 71.24 |
| 4 | 山田町 | 大沢 | 6.33 | 12.01 |
| 5 | | 山田 | 19.92 | 74.76 |
| 6 | | 織笠 | 1.32 | 15.79 |
| 7 | 大槌町 | 吉里吉里 | 9.20 | 22.63 |
| 8 | | 赤浜 | 9.51 | 49.34 |
| 9 | | 安渡 | 6.31 | 28.05 |
| 10 | | 町方 | 30.08 | 125.43 |
| 11 | 釜石市 | 片岸 | 25.07 | 22.09 |
| 12 | | 鵜住居 | 48.26 | 83.1 |
| 13 | | 嬉石・松原 | 11.77 | 46.58 |
| 14 | | 平田 | 21.96 | 69.25 |
| 15 | 大船渡市 | 大船渡駅周辺 | 37.72 | 50.69 |
| 16 | 陸前高田市 | 高田 | 193.31 | 134.97 |
| 17 | | 今泉 | 138.17 | 421.17 |
| 18 | 気仙沼市 | 鹿折 | 41.09 | 72.64 |
| 19 | | 魚町南町 | 11.58 | 53.32 |
| 20 | | 南気仙沼 | 34.89 | 90.57 |
| 21 | 女川町 | 荒立 | | |
| 21 | | 陸上競技場跡地 | | |
| 21 | | 宮ヶ崎 | | |
| 21 | | 中心部 | 227.42 | 326.17 |
| 22 | 石巻市 | 新渡波 | 14.95 | 11.35 |
| 23 | | 新渡波西 | 9.77 | 6.75 |
| 24 | | 湊東 | 28.30 | 26.13 |
| 25 | | 湊西 | 42.71 | 24.31 |
| 26 | | 湊北 | 16.42 | 18.95 |
| 27 | | 新門脇 | 23.45 | 36.13 |
| 28 | | 中央一丁目 | 1.28 | 1.07 |
| 29 | | あけぼの北 | 4.21 | 4.38 |
| 30 | | 新蛇田 | 43.35 | 24.63 |
| 31 | | 新蛇田南 | 23.51 | 21.69 |
| 32 | | 下釜第一 | 11.52 | 9.64 |
| 33 | 東松島市 | 東矢本駅北 | 22.25 | 16.81 |
| 34 | | 野蒜北部丘陵 | 91.21 | 199.79 |
| 35 | 塩竈市 | 藤倉二丁目 | 0.83 | 7.42 |
| 36 | | 北浜 | 5.66 | 16.63 |
| 37 | 七ヶ浜町 | 代ヶ崎浜B | 8.67 | 12.27 |
| 38 | | 代ヶ崎浜A | 4.73 | 3.25 |
| 39 | | 花渕浜 | 9.98 | 13.25 |
| 40 | | 菖蒲田浜 | 4.00 | 3.92 |
| 41 | 多賀城市 | 宮内 | 7.19 | 16.14 |
| 42 | 名取市 | 閖上 | 57.30 | 182.27 |
| 43 | 新地町 | 中島 | 24.13 | 54.61 |
| 44 | いわき市 | 久ノ浜 | 29.11 | 30.46 |
| 45 | | 薄磯 | 38.68 | 72.1 |
| 46 | | 豊間 | 61.53 | 102.48 |
| 47 | | 小浜 | 4.88 | 8.52 |
| 48 | | 岩間 | 33.09 | 5.43 |

県 62 市町村のうち被災規模が大きく土地区画整理事業が実施された市町村は平成26年3月末時点で被災3県で17 市町村であり，地区数は 51 地区である [11]．本研究では土地区画整理事業と地形的要因との関係を分析するために土地区画整理事業地区をGIS 上にポリゴンで投影し，分析を行った. **図-1** は分析対象地区の場所を示している．**表-1** は土地区画整理事業地区と面積，復興交付金額を表しており，No.はそれぞれ**図-1** に対応している．区画整理地区の面積は公表されていない自治体もあるため著者らがGIS 上で作成したポリゴンから算出した．そのため自治体の公表値とは異なる場合がある点に留意されたい．また女川町の土地区画整理事業 4 地区については No.21 の中心部地区内にそれ以外の 3 地区が含まれているので 1 地区として扱う．

大規模かつ資金を要する土地区画整理事業の推進においては，事業実施に係る国庫補助は無視し得ない．平成23 年 12 月 7 日に成立した東日本大震災復興特別区域法によって，震災により著しい被害を受けた地域の円滑，迅速な復興を支援するための東日本大震災復興交付金(以下，復興交付金とする)が創設され，平成 28 年 3 月までに計 14 回, 復興交付金事業計画が各市町村から提出されている 12)．**表-1** の復興交付金額は第 14 回までの土地区画整理事業分の交付金額の累計を表したものである．これも面積と同様に女川町については，中心部地区にそれ以外の 3 地区の復興交付金額を計上している．被災市街地復興土地区画整理事業については基本国費率を国：1/2，地方公共団体：1/2 としているので，復興交付金額の 2 倍を土地区画整理事業に係る費用とする．また，補助対象としては，区画道路，公園等の公共施設を用地買収方式で整備した場合の事業費等であるため，堤防等の嵩上げは含まれていない．

### (2)　土地区画整理事業と津波被害との関係

被災 3 県の 37 市町村のうち浸水域人口が 15,000 人を超える市町村では土地区画整理事業が実施された．**図-2** は 37 市町村のうち市町村総人口が 5 万人以下の 24 市町村において土地区画整理事業と津波被害との関係分析を行った結果である．今回は津波被害の大きい沿岸を対象とするため, 仙台市やいわき市など市町村総人口が多く，浸水地域と内陸の非浸水地域が混在している市町村は対象から除外した．全半壊数，浸水域人口は総務省統計局のデータ [13] を用いた．対象地域において区画整理が実施される 10 市町村のうち 7 市町村は全半壊数が 3,000 棟以上であり，区画整理実施の 1 つの目安となる．他の 3 市町村は具体的には七ヶ浜町, 新地町, 野田村であるが，全半壊が 1,500 棟以下でありながら，区画整理事業が実施されている．これらの総人口はそれぞれ，20,416 人，8,224 人，4,632 人と他の区画整理事業が実施された市町村に比べて少なかった．このことから沿岸市町村の総人口が少ない場合には，全半壊数が少ない場合でも区画整理が実施される可能性があることがわかる．また，全半壊数が 3,000 棟以上で区画整理事業が実施されていない

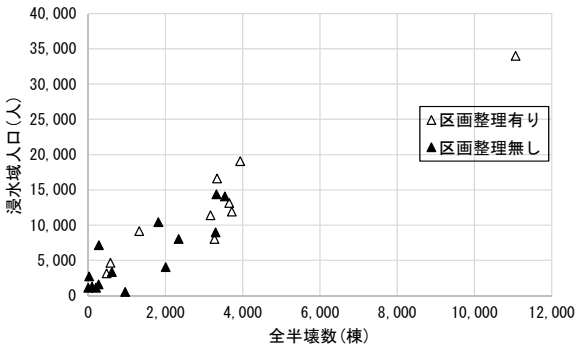



**図-2**　土地区画整理事業と津波被害との関係

亘理町や山元町では防災集団移転促進事業や災害公営住宅整備事業等，他の市街地整備事業が行われている[11]．このように全半壊数が 3,000 棟以上の各市町村で被害が大きい場合や，全半壊数が少ない場合でも，総人口が少ない場合では土地区画整理事業が実施される傾向にあることがわかった．

## 3. 土地区画整理形態の分類と諸要因との関係

### (1) 土地区画整理形態の分類

国土交通省都市局の調査[9]では，本震災後の津波被災市街地復興手法は，移転，現地集約，嵩上げ，移転+嵩上げ，施設等設備による現地復興の 5 パターンに分類できるとしている(図3 参照)．調査対象地域は32 市町村208 地区で，5 パターンごとに具体事例を 1 地区ずつ挙げ，地形特性，市街地特性等との関係を考察している．そこで本研究ではこれらの復興形態の分類方法を一部踏襲し，嵩上げ，高台整備，嵩上げ+高台整備，現地集約の 4 つに分類した．国土交通省の分類との違いは市街地整備事業として土地区画整理事業のみに着目した分類を行っている点である．

次に土地区画整理事業 51 地区の形態を分類した．以下に具体事例を 1 地区ずつ挙げ，さらに津波被害状況や地形的特性，復興交付金との関係を明らかにする．以下に示すそれぞれの具体事例図(図 4～図 7)に示す No.は表 1 のものと対応する．事業区域とは土地区画整理事業地区のことを示し，浸水深は国土交通省都市局の 100m メッシュ浸水深データ[14]，等高線，道路は，国土地理院のデータ[15]を用いた．

#### a) 嵩上げ(24 地区)

嵩上げとは津波浸水区域内の一部で地盤の嵩上げを行い，居住地をその地域に集約する形態とした．宮城県名取市閖上地区(図-4 参照)や岩手県野田村城内地区，福島県新地町中島地区が分類される．ここで「嵩上げ」とは地盤沈下への対応や内水排除のための嵩上げは除き，住宅用地について行われる宅地の嵩上げのことを指す．防災集団移転促進事業と土地区画整理事業が同時に行われる場合，国土交通省による復興形態では土地区画整理事業が浸水区域内で行われていたとしても，住宅の規模が防災集団移転促進事業による移転の方が大きければその地区の復興形態を移転としているが，本研究では区画整理地区内において住宅地の嵩上げを行っている場合，「嵩上げ」と分類する．

嵩上げ事業における減歩，換地の状況について，例えば城内地区では減歩率 28.81%，仮換地指定率 100%(平成 28 年 4 月末時点)[16]となっているが，大船渡駅周辺地区では減歩率 10.75%，仮換地指定率が 83.4%(平成 28 年 3 月末時点)[17]となっており，いまだに仮換地指定率が 100%に到達していない地域もある．

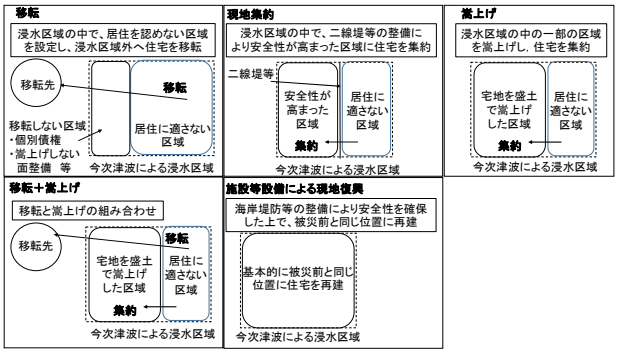



図-3 国土交通省による市街地復復興形態(文献 9)より加工)

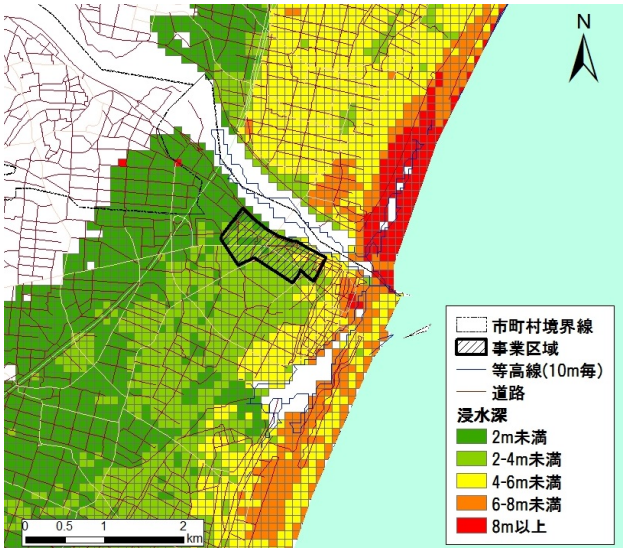



図-4 閖上地区(No.42)

図-4 の閖上地区は仙台平野に位置し，標高差が少なく広大な土地であるという特徴があるが，近くに移転できる場所の確保が困難である．そのため今次津波浸水深を免れる高さの T.P+5.0m まで住宅地の嵩上げを行い，浸水区域内であっても安全性を高めている．

#### b) 高台整備(1 地区)

高台整備とは津波浸水区域外の高台部を整備し，津波被害があった低地部の市街地地域を高台整備された区画整理地区内へ集約する形態とした．この形態は宮城県東松島市野蒜北部丘陵地区(図-5 参照)の 1 地区のみが該当した．

当該地区の丘陵地は等高線が沿岸部に比べて密になっていることから沿岸部との高低差が大きく，津波浸水を免れた．また，野蒜地区では地震による地盤沈降により，海抜 0m 地帯になった．そのため造成可能な高台のある野蒜北部丘陵地区を整備して新市街地を形成する復興形態となった．

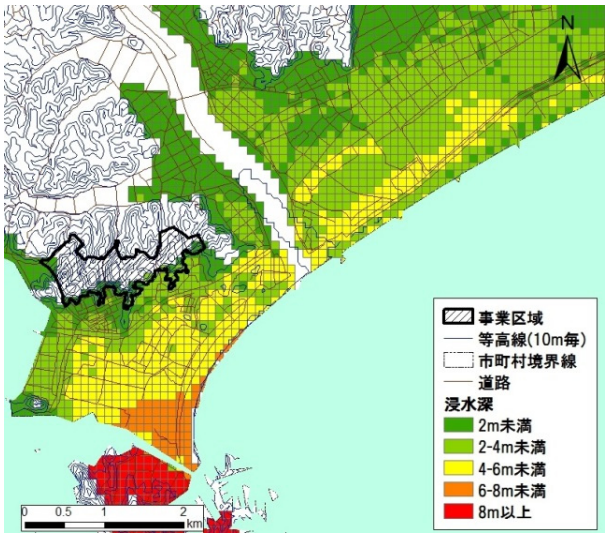



**図-5**　野蒜北部丘陵地区(No.34)

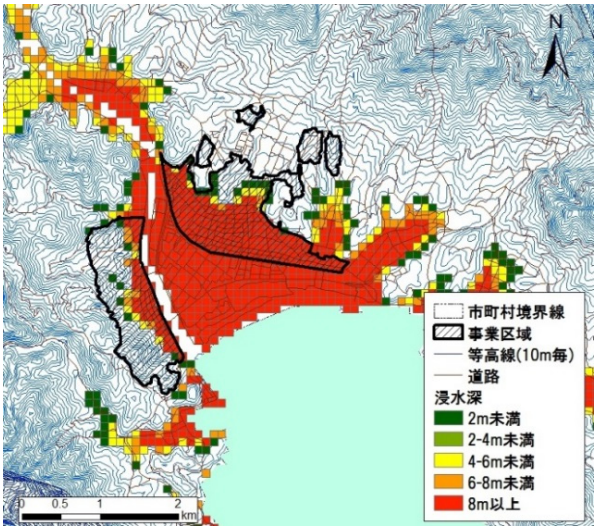



**図-6**　高田・今泉地区(No.16，17)

c)　嵩上げ+高台整備(13 地区)

嵩上げと高台整備の組み合わせのことで，浸水区域内は一部で嵩上げを行い，安全性がより高められた嵩上げ地域へと住宅を集約し，嵩上げ地域で収まらない住宅は浸水区域外へ移転を行う区画整理の形態とした．いずれかの規模が大きくとも，嵩上げと高台整備を行っている場合にはこの形態に分類した．岩手県陸前高田市高田・今泉地区(**図-6** 参照)がこの形態に分類される．

高田・今泉地区では，事業区域内において居住地と非居住地を設定し，居住地内は津波の浸水が確認された T.P+12.4m まで一部嵩上げを行い，非居住地は公園や緑地等の公共用地とする．また居住地内において津波浸水区域外は高台造成工事等整備を行った後に，海岸沿いの平野部の住宅地を移転する．高田地区は津波前に駅や住宅が集中し，中心街であったため，新たな計画でも嵩上げをして旧市街地を残したといえる．さらに，今泉地区の山・川を造成し，その浚渫土を今泉・高田地区の盛土に使用することができた．

d)　現地集約(13 地区)

浸水区域内において住宅用地についての嵩上げを行わず，また，浸水区域外の高台を整備することもなく，海岸堤防や二線堤等の整備により津波に対する安全性が高められた地域へと住宅を集約する形態とした．宮城県石巻市の土地区画整理事業地区はこの形態に分類することができる(**図-7** 参照)．

石巻市では海岸防潮堤，河川堤防をおおむね 100～150 年周期で発生するマグニチュード 8 クラスの津波(L1 津波)に対応するために T.P+7.2m まで嵩上げし区画整理区域内は嵩上げ，高台整備を行わずに市街地復興を遂げる形態である．石巻市は仙台平野内に位置し，海岸沿いの平野に住居が集中しており今次津波被害が最も大きかった．既成市街地に住居や商業施設が密集しており，嵩上げをすることができず，また浸水区域外である東部の牧山は急峻な地形で造成が困難であり西部の日和山は震災前に宅地や公園が整備されていたため，移転できる造成可能な地域がなかった．

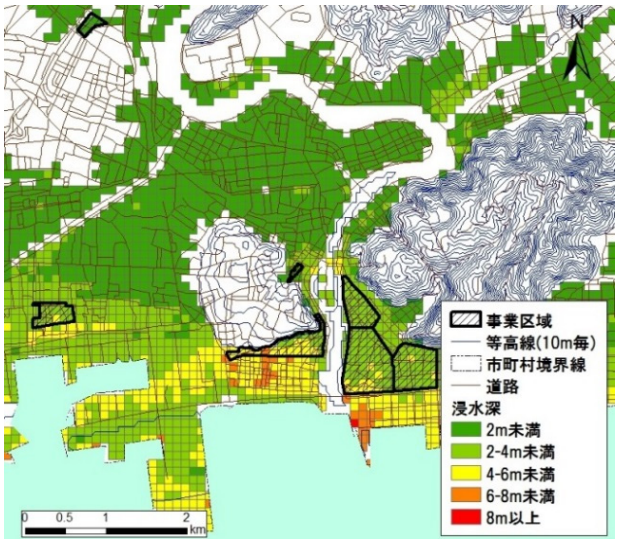



**図-7**　石巻市中心市街地(No.24～29,32)

(2)　津波被害状況との関係

区画整理区域内の浸水が確認された地区の浸水深と復興形態との関係について分析を行う．ポリゴンで包囲した区画整理地区と 100m メッシュ浸水深データとをインターセクト処理をし，事業区域内の浸水深を算出して浸水深の大きさから区画整理形態との関係を考察する．ここで，浸水深の大きさとは区画整理区域内の浸水深データのみに着目し，メッシュごとの浸水深データを区域内の 100m メッシュ浸水深データの個数で除したその事業区域内の平均の浸水深のことを指す．そのため土地区画整理事業が浸水区域外で行われている野蒜北部丘陵地区

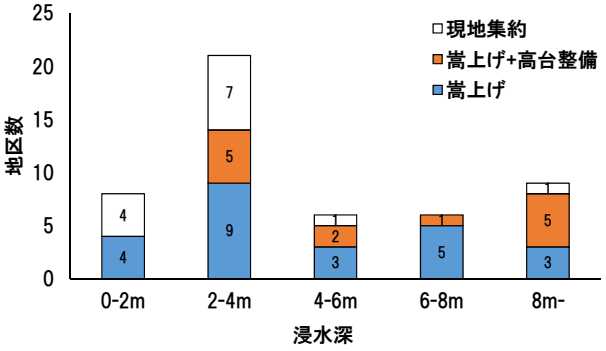



図-8　復興形態と浸水深との関係

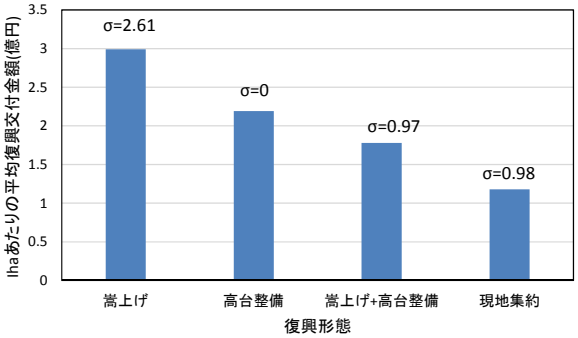



図-9　復興形態による単位面積あたりの復興交付金額

は津波被害状況との関係では分析対象から除外する．

図-8に示すように復興形態を津波浸水深ごとに分類すると，浸水深が4m未満の場合には現地集約は全13地区中11地区採用されており，浸水深6m以上では1地区のみとなっていることがわかる．また，嵩上げ+高台整備は浸水深2m未満の場合は実施されておらず，浸水深8m以上の場合では最も多い形態となっている．嵩上げ形態は浸水深4m未満の場合に半数以上の13地区が採用されているが，いずれの浸水深に対しても幅広く採用されていることがわかり，明確な関係を得ることはできなかった．

### (3)　復興交付金との関係

区画整理地区の単位面積(1ha)あたりの復興交付金額を算出し，区画整理形態との関係を考察する．図-9に区画整理1haあたりの復興交付金額を示している．分析の結果，嵩上げが最も復興交付金額の多い復興形態となっていることがわかる．しかし，山田町の織笠地区では1haあたり11.96億円と最も多い復興交付金額であるのに対して，七ヶ浜町の代ヶ咲浜A地区では0.69億円であるなど，同じ復興形態であっても復興交付金額の差にかなりばらつきがあることがわかり，標準偏差は2.61であった．また，高台を整備する場合は，山を切り開いて土地を造成するので，費用が少なく済み，嵩上げほど復興交付金額は多くなかった．本研究で示している復興交付金額は被災市街地復興土地区画整理事業に係る金額のみを分析している．そのため，河川堤防の嵩上げや二線堤の整備等，二次的なものについては含まれていない．そのため現地集約において復興交付金額が最も少なくなっていると考えられる．以上のことから，復興交付金は復興形態によって金額が変わり，復興形態を決める重要な要因であると考えられる．

### (4)　地形的特徴との関係

区画整理地区の地形条件を平野部，緩中傾斜地，急傾斜地に分類し，区画整理形態との関係を分析する．緩中

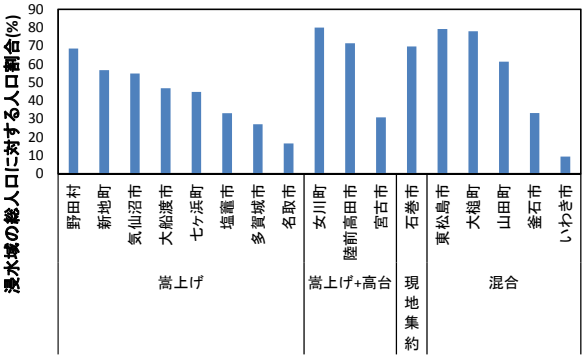



図-10　総人口に対する浸水域人口割合

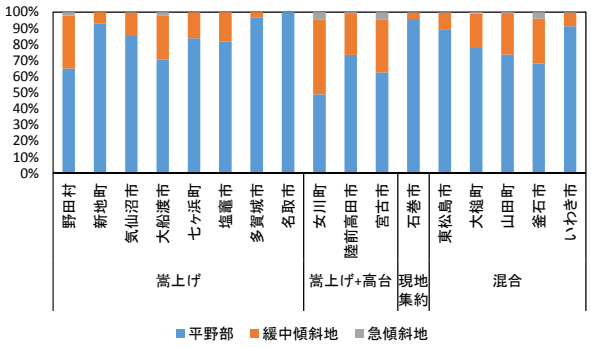



図-11　浸水域の地形分類ごとの人口割合

傾斜地とは傾斜角30°未満の地形をいい，傾斜角30°以上を急傾斜地とする．分析には数値地図 25000(空間データ)[14]を用い，GIS上で傾斜角を算出した．

まず，区画整理が実施された市町村の100mメッシュ浸水域ごとの地形分類を傾斜角を用いて行い，市町村ごとに被災前から地形と居住環境との関係について分析する．冒頭でも述べたように本被災地の多くはリアス式海岸に点在する居住地が多いことから，被災前から復興形態が地形的な条件で決定されているのではないかと考えるためである．

図-10は各市町村の総人口に対する浸水域人口割合を示したものである．横軸は市町村を表しており，復興形態ごとに浸水域人口割合が多い市町村から降順である．復興形態において混合とは，同一市町村において区画整

理事業の形態が異なっていることを示しており，5 市町にあてはまる．さらに，図 11 に浸水域の地形分類ごとの人口割合と復興形態との関係を示す．各市町村は図 10 と同じ順に示している．

復興形態が嵩上げの形態のうち名取市では平野部は 100%，多賀城市では平野部が約 98%になっているなど，各市町村の浸水域においての人口割合は平野部が多く占めており，最も浸水域人口割合が多い野田村では緩中・急傾斜地が約 4 割を占めている．それに対して，移転+嵩上げでは緩中傾斜地，急傾斜地の割合が比較的多い傾向にあるが，浸水域人口割合と地形割合との関係に相関があまり見られない．また，嵩上げ形態である大船渡市と，嵩上げと嵩上げ+高台整備である陸前高田市とでは地形分類の割合がほとんど同じであるなど，浸水域の地形のみで定量的に復興形態を分類することは困難である．被災地の多くは居住できる場所が制約されているとはいえ，市町村間で同様な条件であったとはいえない．つまり，本震災の被災地はリアス式海岸の集落が多いが，一概に被災地前の居住環境だけで整理するのは難しく，多様性のある居住環境の中で復興形態が決定されたといえる．

次に，復興形態には背後に急峻な山地があるなど周辺の地形に依存する可能性があるため区画整理地区周辺の傾斜角に着目した．分類の結果，対象地域においては平野部は石巻湾以南の地域のみであり，石巻市牡鹿半島以北では平野部は存在せず，緩中傾斜地か急傾斜地のいずれかであった．区画整理形態ごとにこれら 3 種類の地形的特徴の地区数を表したものを**表-2** に示す．平野部においては嵩上げか現地集約の 2 つの形態のいずれかに分類された．緩中傾斜地，急傾斜地では嵩上げか嵩上げ+高台整備に多く分類され，これら 2 つの形態 14 地区のうち 7 割近くの 10 地区がリアス式海岸沿岸部であった．

区画整理事業が，元々の居住地で行われるか新たな場所で展開されるのかは被災形態にも左右されるが，本震災で事業が行われた場所では地形的な制約により以下のような理由で復興形態を分類することができると考えられる．

- 嵩上げでは，背後地が急峻で造成が困難な場合と平野部に位置し，周辺に高台がなく移転する場所を確保することができない場合においては行われやすい．
- 高台整備は，1 地区のみであるが被災市街地後背部に造成可能な高台地域があり，傾斜も緩やかである場合に行われる．
- 嵩上げ+高台整備では，平野部では行われず，背後地に傾斜のある地域で実施される．

**表-2**　区画整理形態と地形的特徴(地区数)

| 区画整理形態 | 地形的特徴 | | |
|---|---|---|---|
| | 平野部 | 緩中傾斜地 | 急傾斜地 |
| 嵩上げ | 8 | 12 | 4 |
| 高台整備 | 0 | 1 | 0 |
| 嵩上げ+高台整備 | 0 | 6 | 7 |
| 現地集約 | 10 | 1 | 2 |

- 現地集約では，平野部において嵩上げ工事を行うことが困難で近くに移転できるような高台がない場合に行われる．

### (5)　復興形態に寄与する要因のまとめ

本震災の被災地の多くはリアス式海岸に沿った集落で，居住できる場所が制約されているとはいえ，市町村間で同様な条件であったとはいえなかった．むしろ，多様性のある居住環境の中で復興形態が決定されたといえる．さらに，区画整理事業が，元々の居住地で行われるか新たな場所で展開されるのかは被災形態にも左右されるが，土地区画整理事業が実施される場合，その復興形態は事業周辺の地形に依存する傾向があることが示せた．元の地形が平野部で周辺に造成可能な高台がない場合には，嵩上げか現地集約のいずれかが選択され，周辺に傾斜地がある場合には嵩上げや高台整備が主となる．また，浸水深について検討したが，明確な復興形態との関係を得ることはできなかった．復興交付金とは，復興形態により平均金額に関係が見られたが，嵩上げについてはばらつきが多かった．

以上のことから，想定地震の被害予測とともに，事前に復興計画を描く上で，浸水被害だけの情報だけでなく，標高などの情報によって地形条件を設定し，周辺に造成可能な高台の有無と合わせて復興形態を絞り込むことが可能といえる．これは地形的な側面から導かれた復興形態であり，これらの条件に基づいて，行政や住民が合意形成を図る基礎資料になると考えられる．しかし，本研究でも明らかになったように，野蒜地区のように地盤沈降によって地形条件が地震前と大きく異なるような特殊な事例も存在することに留意されたい．

## 4.　データマイニング手法を用いた復興形態分析

### (1)　データマイニング手法

復興にむけたまちづくり全体としての対応を効率的に迅速に行うには，あらかじめ津波被害が想定される地域においてその想定被害と地形的な要因から土地区画整理事業が実施されるか否か，また，その土地区画整理事業地区の復興形態の可能性を予測しておくことが重要である．そこで，本章では東日本大震災後の土地区画整理事

表-3　パラメータ設定

| 変数 | 尺度 | 内容 | データ数 |
|---|---|---|---|
| 復興形態 | 従属変数 | 嵩上げ | 735 |
| | | 嵩上げ+高台整備 | 763 |
| | | 現地集約 | 382 |
| 地形 | 名義尺度 | 1:平野部 | 583 |
| | | 2:緩中傾斜地 | 554 |
| | | 3:急傾斜地 | 743 |
| 浸水深 | 順序尺度 | 1:0～2m | 370 |
| | | 2:2～4m | 553 |
| | | 3:4～6m | 351 |
| | | 4:6～8m | 132 |
| | | 5:8m以上 | 474 |
| 標高 | 順序尺度 | 1:～2m | 789 |
| | | 2:2～4m | 478 |
| | | 3:4～6m | 220 |
| | | 4:6m以上 | 393 |
| 人口 | 順序尺度 | 1:0～5人/100㎡ | 957 |
| | | 2:5人以上/100㎡ | 923 |
| 復興交付金 | 順序尺度 | 1:～1億/ha | 632 |
| | | 2:1～2億/ha | 769 |
| | | 3:2億～/ha | 479 |

業地区について，100m メッシュごとにデータマイニング手法を用いて復興形態に影響を与える要因について地形的要因の他に，外力の程度や人口などの被災前の地域の状況など他の要因と含めて，それらの中から地形的な要因の影響を定量的に明らかにする．

データマイニングとはデータベースなどに蓄積された生データを，マイニング（採掘）し，大量のデータの中に埋もれた法則やパターンなど意味のある情報・仮説・知見・課題等を見つけ出すことをいう[18]．その分析結果を基に，法則性の発見，効果測定，予測などさまざまなファクターが導き出すことが可能であり，種戦略的な対策を取るのに役立つ．本研究では，データを基に分類規則を見つけ，それによりどのような条件で土地区画整理形態が決定するのか分析を行う．樹形演算の分析の演算には IBM SPSS Decision Trees を用いる．また，分岐アルゴリズムには CART(Classification and Regression Tree)アルゴリズム[18]を用いた．CART アルゴリズムを用いた研究として，原山ら[19]による 2003 年十勝沖地震における浦河町の水道管路被害の要因分析が挙げられる．

### (2)　復興形態の要因分析

土地区画整理事業が実施された地域で浸水が確認された地域において復興形態の要因分析を決定木を用いて行う．そのため高台整備形態である野蒜北部丘陵地区は分析対象から除外している．50 地区の土地区画整理事業地区と 100m メッシュ浸水深データとをインターセクトしたメッシュデータの個数は 1880 個であった．これらのデータに地形，浸水深，標高，人口，復興交付金データをそれぞれ**表-3** のようにカテゴライズし入力した．従属変数に復興形態，説明変数のうち地形は名義尺度として，浸水深，標高，人口，復興交付金は順序尺度としてパラメータを設定した．名義尺度とは単に対象を区別，分類するために用いられるもので数値を名前のようなもので本質的な順位をもたないカテゴリーとして扱う．順序尺度とは数値を順序として扱う．

表-4　ノード 0 における改善度

| 説明変数 | 改善度 |
|---|---|
| 地形 | 0.156 |
| 標高 | 0.102 |
| 復興交付金 | 0.061 |
| 浸水深 | 0.053 |
| 人口 | 0.015 |

表-5　誤分類行列

| 観測 | 予測 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 嵩上げ | 嵩上げ+高台整備 | 現地集約 | 正解の割合(%) |
| 嵩上げ | 525 | 154 | 56 | 71.4 |
| 嵩上げ+高台整備 | 96 | 667 | 0 | 87.4 |
| 現地集約 | 3 | 12 | 367 | 96.1 |
| 全体の割合(%) | 33.2 | 44.3 | 22.5 | 82.9 |

表-6　誤差統計量

| | 誤差統計量 |
|---|---|
| 標準推定誤差 | 0.009 |
| 誤分類率 | 0.171 |

ノード 0 における改善度を**表-4** に示す．また 5 段階まで自動的に成長させた樹形モデルを**図-12** に示す．最初の分岐は改善度が最も高い「地形」により分類され，上の子ノードに平野部，下の子ノードに緩中傾斜地，急傾斜地であるデータが送られることを示している．説明変数のうち改善度が最も高い「地形」が復興形態の決定要因として最も重要であることを示している．さらに次に高い改善度をもつ要因も地形的な情報を含む標高であった．復興形態と復興交付金は上述の分析では関係があるように見えたが，嵩上げの復興交付金額にばらつきがあるためか，標高よりも改善度は低くなった．また改善度は「人口」が最も低い値となった．この要因としては，本研究での分析では区画整理区域内のみの人口に着目しているが，事業実施において区画整理区域外の住民も区画整理地区に集約される場合もあり，区画整理実施において影響を受ける全体の人口を正確に把握できていないことなどが考えられる．

この樹木の精度を考慮することは重要であり，本研究では樹木の検証に 10 フォールドクロスバリデーションを用いた．この検出方法は，ほぼ大きさの等しい 10 個の部分データ集合にランダムに分割し．そのうち 9 個を学習データ，残り 1 個を検証データとして作成木の精度を求めるものである．

クロスバリデーション結果を**表-5**，**表-6** に示す．標準推定誤差は交差検証を行った際の推定誤差の平均であり，推定誤差とは事前確率を考慮した誤分類率のことである．

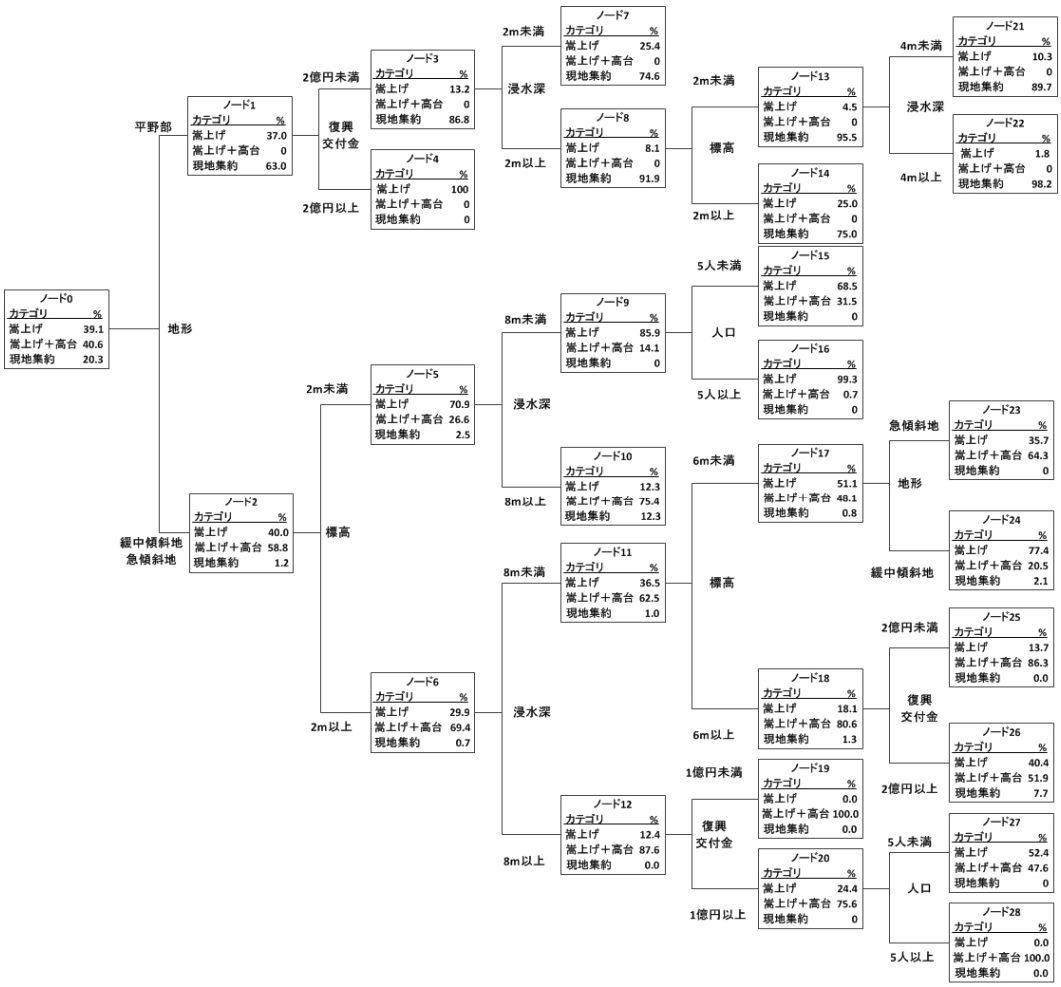



**図-12**　影響要因を表したツリーモデル

今回の分類方法での復興形態の予測の正答率は 82.9%であり，精度よく分類できることがわかる．例えば，ノード 4 では地形が平野で，1ha あたりの復興交付金が 2 億円以上である場合では，100%嵩上げ形態となっていることがわかり，本研究の対象地域ではこのようなパラメータの設定で復興形態をある程度分類することができると考えられる．嵩上げを嵩上げ+高台整備として多く予測していることについては，嵩上げだけで被災者の居住ができるキャパシティがあるか否かを今回設定したパラメータだけでは説明が難しく，また，区画整理事業以外の事業も被災地では並行して行われているため予測に限界があるといえる．

## 5. まとめ

本研究では，東日本大震災を対象にして復興事業として土地区画整理事業が実施された地区を整理して，地形的要因と津波被害，被災市街地の復興形態との関係を明らかにし，復興形態に地形的要因の有無とその特性について分析した．

区画整理事業実施に与える影響要因を，各市町村の津波浸水域人口，建物の全半壊数に着目した分析の結果から，全半壊数が 3,000 棟以上の市町村では区画整理事業が実施される傾向にあり，事業実施の一つの目安となることがわかった．

土地区画整理事業が実施された 51 地区を嵩上げ, 高台整備，嵩上げ+高台整備，現地集約の 4 種類の復興形態に分類することができた．それぞれの復興形態と地形との関係分析より，現地集約は平野部で多く用いられ，嵩上げ+高台整備はリアス式海岸のような地形を有している緩中傾斜地・急傾斜地で多く用いられている．

決定木を用いて，復興形態に影響を与える要因分析を行った結果，地形，標高，浸水深，人口，復興交付金のうち，地形が最も復興形態に与える影響が大きいことがわかった．

地権者と行政との合意が得られなければ，土地区画整理事業は実施されないことなど，区画整理実施には社会的な要因が大きく影響を与えるが，今回の事例に限っては，地形的な要因も影響を与えていることがわかった．他の社会的要因については今後検討に含める必要はあるが，事前復興計画策定の参考資料として，浸水深，地形，

標高，人口のデータがあれば復興形態を分類する手立てとして利用することができると期待できる.

**参考文献**


1) 警察庁緊急災害警備本部:平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察処置，2016 年 1 月 8 日
2) 国土交通省河川局防災課：災害復旧事業(補助)の概要 http://www.mlit.go.jp/river/hourei_tsutatsu/bousai/saigai/hukkyuu/(2016 年 5 月 11 日閲覧)
3) 国土交通省：東日本大震災の被災地における市街地整備事業の運用について(ガイダンス) http://www.mlit.go.jp/toshi/city/sigaiti/toshi_urbanmainte_tk_000003.html(2016 年 5 月 10 日閲覧)
4) 内閣府:復興準備計画策定の推進に関する調査報告書(2007 年 3 月) http://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hukkousesaku/houkoku.html(2016 年 5 月 10 日閲覧)
5) 加藤孝明，中村仁，佐藤慶一，廣井悠：未経験の復興状況に対応するための事前準備:復興状況イメージトレーニング手法の構築, 都市計画論文集, vol.46, No.3, pp.913-918, 2011.10
6) 石川幹子:復興まちづくりの特質と課題, 学術の動向 vol.17, No.11，pp.10-14，2012
7) 広田純一：震災 4 年目を迎える津波被災地の復興まちづくりの課題, 農村計画学会誌, vol.32, No.4, pp.440-412, 2014
8) 鈴木進吾，林春男：東北地方太平洋沖地震津波の人的被害に関する地域間比較による主要原因分析，地域安全学会論文集，No.15，pp.179-188，2011.11
9) 国土交通省：東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査のとりまとめについて http://www.mlit.go.jp/report/fukkou-index.html
10) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ http://www.coastal.jp/ttjt/(2016 年 5 月 10 日閲覧)
11) 復興庁：復興の現状と取り組み(2015 年 11 月 11 日) http://www.reconstruction.go.jp/(2016 年 5 月 10 日閲覧)
12) 復興庁：復興交付金制度 http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-14/ (2016 年 8 月 24 日閲覧)
13) 総務省統計局：東日本太平洋海岸地域のデータ及び被災関係データ http://www.stat.go.jp/info/shinsai/
14) 国土交通省都市局：復興支援調査アーカイブ http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp
15) 国土地理院：数値地図 25000(空間データ基盤)
16) 岩手県野田村：城内地区津波復興土地区画整理事業 http://www.vill.noda.iwate.jp/machinamisaiseihann/325.html (2016 年 8 月 30 日閲覧)
17) 岩手県大船渡市：大船渡駅周辺地区土地区画整理事業 http://www.city.ofunato.iwate.jp/www/contents/1464239770772/index.html(2016 年 8 月 30 日閲覧)
18) 福田剛志，森本康彦，徳山豪：データサイエンスシリーズ第 3 巻 データマイニング,共立出版，2001.9.
19) 鍬田泰子，原山絵巳子，高田至郎：KDD 法による地中管路の地震被害予測法と精度検証，土木学会地震工学論文集, vol.28，pp.79-87，2005


## GEOGRAPHICAL FACTORS AFFECTING RECONSTRUCTION PATTERN OF POST-DISASTER LAND READJUSTMENT PROJECT


Masanobu MIZUKAMI and Yasuko KUWATA



Disaster reconstruction process and its pattern have been often discussed from the social point of views. By the way, the Great East Japan earthquake and tsunami hit the deeply indented coastline of the Tohoku area. The disaster reconstruction in these areas seems to be strongly affected by the geographical factors. This study focused on the geographical and other factors related to the reconstruction patterns of the land readjustment projects after the event and proposed effective geographical factor for the pre-disaster reconstruction planning. As a result, it has been understood that the reconstruction pattern tends to depend on the geography around the land readjustment projects rather than social factors such as the population and the reconstruction grants.