

# 南海トラフ地震に対する地域のレジリエンス指標の検討

尾崎 平<sup>1</sup>・盛岡 通<sup>2</sup>・稲森 優吾<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)  
E-mail:ozaki\_t@kansai-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)  
E-mail:tmorioka@kansai-u.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 関西大学大学院 理工学研究科 (〒564-8680大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

本研究では、南海トラフ地震により被害が想定される四国太平洋岸の2町を対象とし、その地震津波による市街・集落の被災に備える地域の特性を解釈すべく、「レジリエンスの枠組み」を提案した。その結果、3群9要素のレジリエンス評価法による相対評価は概ね地域実態を反映して経験知に合致しており有用であることを確認した。また、対象地域に適用した結果、地域特性として、避難行動の備えや災害復興のポテンシャルが高く、新たな集積拠点として期待できるエリアが存在することや、避難所は地域に広く分布しているが、道路ネットワークが海岸沿いに偏しており、垂直に駆け上がることのできる道路が少ないため、沿岸部のインフラ条件としてのレジリエンスの弱さがあるエリアを浮き彫りにすることができた。

**Key Words :** *vulnerability assessment, resilience, local community, risk-based, tsunami disaster*

## 1. はじめに

レジリエンスとはもともと物理学の用語であり、ストレスは「外力によるゆがみ」を意味し、レジリエンスは「外力によるゆがみを跳ね返す力」として使われていた。現在、その概念は、自然環境 (Climate, Ecological), 社会学 (Organizational, Psychological), 工学 (engineering and construction) の分野などで幅広く用いられており、ひとつの解釈として「変化に対してうまく対応 (適応) する能力」と言える。

本研究では、地球的自然の振舞いが想定外 (内) の災いとして人間社会あるいは地域コミュニティに襲いかかってくる際に、人間社会の側に被害を甚大にする要因を抱えている場合には、その状況を脆弱性 (Vulnerability) と呼び、外力やリスクが拡大しあるいは影響の増大に対する適応できる状態・能力をレジリエンスと呼ぶ。また、外力やリスクの拡大による影響の過程および程度を分析し、それに付随する弱みに対処すべく的確な評価をおこない、総合的対応を構築することが肝要であり、その水準や適否を評価することをレジリエンス評価と称す。

この評価法としては、要因の同定、弱みと強みの程度

の評価、弱みや悪影響を減じる方策の代替案の評価、選択案の実行の是非 (見通しと効果) のそれぞれにより異なった方法がある。

本研究の目的は、地震津波による市街・集落の被災に備える地域の特性を解釈すべく「レジリエンスの枠組み」を提案し、系統的かつ情報取得が容易な形式で分析評価することである。

そのため、ISO31000のGuide73<sup>1)</sup>における好ましくない結果に対処するリスク対応として、「リスク軽減」、「リスク排除」、「リスク予防」及び「リスク低減」やICRGのGuidance for the Governance of Unfamiliar Risks<sup>2)</sup>では、「リスク生成・拡大要因に働きかける」、「予防的アプローチを発展」、「脆弱性を削減」、「新たなリスクに組織のリスク選好を変える」、「手慣れたリスクに適用してきたリスク管理方法を活用」、「何もしない」の概念構成を援用し、枠組み構築を行った。また、fi360がUSAIDのために報告したVulnerability Assessment Methodologies: A Review of the Literature (2014)<sup>3)</sup>やICRGの最新事業であるカントリー・リスクの評価<sup>4)</sup>でも、レイティング・ガイドを用意し、インデックスとして表現する方法をとっているところから、本研究でも「レイティングと

インデックス (rating and index) 」を評価ツールとして利用することにした。

なお、本研究では、南海トラフ巨大地震津波に曝される四国太平洋岸の津波避難対策特別強化地域の中で、特徴的な2つの町（高知県黒潮町、徳島県美波町）を直接の対象地域とし、検討した。

## 2. 震災・津波に対し脆弱な地域を対象としたレジリエンス指標の枠組み (3つのスコープと9つの要素)

脆弱さは津波災害に特有な低地で海に臨む集落の地勢的条件に潜み、また緊急避難の行動先と居住地の地理的關係を重要なスコープとして見据えることが出発点である。事前に防災力を強化し、そのインフラ(コモン・ファシリティ)を維持更新し高度化しておくことも欠かせないスコープである。加えて、被害を低減しあるいは回

復・復興させる力はコミュニティと社会関係力にあるというスコープも益々重視されてきた。本研究では、レジリエンス評価を考えるべく、この3つのスコープを表す標識をまず想定し、それを指標として表現し、時に代用指標として試行してさらに評価システムの高度化を図るという循環的アプローチをとる。本研究で構築したレジリエンス指標の一覧を表-1に示す。

標識から指標を選択する際には、一般に指標に求められる条件として、介入政策の感度を計測(評価)できることがあげられ、指標の先行性が必要とされることがある。本研究では介入政策による「作用力」を評価する指標ではなく、「状態変数」を系統的かつできるだけ少数を選び出すことを優先し、簡便性、データの取得性、操作の所要コスト、代表性の4つの側面から試験し、最終的に、表-1に示す9つの要素(標識)とそれに対応する指標を選定した。

3つのスコープ、それぞれに3つの要素(標識)で階層的

表-1 本研究で構築した震災・津波に対し脆弱な地域を評価するレジリエンス指標

スコープ	標識	意図 (仮説)	指標	計測方法
(1) 災害に対して、即座に避難し、生き永らえ復旧復興に取り組むこと	(1-1) 避難施設まで辿りつきやすい	近場に避難施設があることは安全に避難しうる効果を高める	メッシュ内人口に対する避難施設から 500m の範囲内の人口の割合	国土数値情報の避難施設および国勢調査データより集計。
	(1-2) 安全な高台に繋がる道が近くにある	安全な高台に繋がる道が多ければ、避難側は混雑を起こすことなく避難ができ、また支援側も効果的に支援できる	山側に向かう県道等の道路の本数	Zmap-Arcall をベースマップとしカウント (レイティングはゼロ, 1, 2, 3 本以上の4区別)。
	(1-3) 集まって住み助け合う	人口密度が高ければ、被災後の地域の復興・再建を目指した活動が積極的に行われ、早期の回復が期待できる	1km メッシュの可住地面積あたりの夜間人口	国勢調査データを基に可住地あたりの夜間人口 1000 人メッシュをレイティングの最高位とした。
(2) 人の力で知恵を働かせ、技術を駆使して減災に取り組むこと	(2-1) 耐震建物で直後に逃げて安全に対処しやすい	建物や都市構造物が耐震設計により建設され、地震直後にも健全であり津波避難や生活復興を支えられると、地域のレジリエンスが高い。	耐震構造物の割合 (行政単位の建物耐震率から町丁目の各メッシュの建築物の耐震率に再配分)	高齢者人口の占める割合が高ければ新耐震設計(1981年)以降の建築物の割合が低いという仮説を美波町の町丁目資料で検証した上で、耐震率を配分。
	(2-2) 幹線道路から集落にアクセスしやすい	幅のある道路の延長が長いほど、災害後の地域復興時にも、救援物資の円滑な輸送などを行うことができ、地域の早期回復を見込める。	幅員 5.5m 以上の道路延長	国土数値情報の 5.5m 以上の道路延長より集計 (道路延長が 3km <sup>2</sup> メッシュをレイティングの最高位とした)。
	(2-3) 重大な浸水を避ける地域に集住している	浸水がなければ、生存率は著しく高くなる。また、他の浸水域の人々を支援する側に回ることも可能となる。	0.3m 以上の浸水想定域外に居住するメッシュ内の人口割合	内閣府が公表している浸水想定および国勢調査の人口データより集計。
(3) 人の付き合いや行動、そのルールとしての制度の特性を高めて災害に賢く適応すること	(3-1) 支援する担い手が潜在的に多い	災害時に支援人数が多いと要援護者支援の力は高まり、迅速な避難が可能になる。	15 歳以上 64 歳以下のメッシュ内の人口割合	国勢調査データより集計。
	(3-2) 活発なコミュニティで災害に対応しやすい	自主防災会が存在し、かつ、活動が活発であるほどコミュニティとしての防災能力は高い。	自主防災会の活動レベル(①地域に自主防災組織がない、②組織はあるが活動が確認できない、③年一回の避難訓練を行っている、④年に2回以上の活動)	①市町の防災計画、②市町の広報、③市町の議会だより、④市町の防災課等が SNS 上で発信している活動報告を調査し、自主防災組織及び連合会単位で行っている活動 (避難訓練や協議会等) 報告数をカウント。
	(3-3) 内生で連鎖の多様な産業で支える	内生的な産業の多様な連鎖があれば雇用と生業が持続・継続され復興する力となる。	地場の生業 (事業所) の多様性	町・大字単位の業種 (経済センサス) の事業所数を基に、シンプソンの多様性指数を算定。

な構図で回復する力としてのレジリエンスを表すことを試み、この枠組みを南海トラフ地震津波に曝される沿岸域300kmの中で今回は2町(徳島県美波町、高知県黒潮町)を取り上げて適用を試みた。

ここで、レジリエンスと脆弱性の関係について、本論文の範囲内で規定をしておく。自然災害分野でレジリエンスの語彙を用い復旧や回復の相対量を添え図式化する試みとしては、災害が生じた直後に以前の状態よりも悪化した状態から回復していく際に、その経過を災害後の最大低下分、或いは回復目標からの累積的な乖離量、さらにある相対水準(例として以前とほぼ同等水準)に至るまでの復旧時間等で表現することがなされる。

この例のように、一般に脆弱性はある状態を意味するものとし、レジリエンスを応答のダイナミズムと捉えて区別することが多い。また、脆弱性評価の後に戦略的には時空間を限定して部分的には脆弱性を改善しないことも大局的にはレジリエンス戦略として在りうる。このようにレジリエンスは脆弱性と異なり、政策的含意を広く持ち得る概念である。

しかし、本研究報告の範囲では、最も簡単かつ初歩的な使い方として、脆弱性が減じられて(改善され)、以前より低水準の脆弱性となれば、レジリエンス施策が展開されている反映と見なし、そのターミナルエンドとして、3つのスコープと9つの要素によって表現されたレジリエンスが当該地域では高いとの状態の評価をおこなっている。すなわち、脆弱性を削減することは、政策的にはレジリエンスを高める施策が展開されていることと表裏一体であると見なした上で、レジリエンスを地域の状態として投影して評価しているので、結果的には脆弱性の程度を逆にポジティブ方向に向きを改めて総じて現れる状態として、地域のレジリエンスの程度を示しているという扱いである。

### 3. 震災・津波に対する脆弱性の評価モデルの構築

#### (1) 評価モデルの基本構造

本研究では、集住地の脆弱度を地域間で比較評価するために汎用モデルを構築することを目的とし、地理情報システムを用いて、対象地域の評価を行う。分析の地理的単位として総務省が公表している標準地域メッシュの1つで、第3次地域区画である経度間隔30秒、緯度間隔45秒の3次メッシュ(約1km×1kmの四角形)を用いる。今回は、ケーススタディとして、徳島県美波町と高知県黒潮町を対象とし、その解釈を地域防災計画等の構想計画と照らし合わせて、モデルの妥当性を判断した上で、さらに今後は南海トラフエリア全域を対象とし、広域的に災害脆弱度を明らかにすることを想定している。

#### (2) 脆弱性を評価する指標の選定

評価指標としては、表-1の3スコープ、9つの指標を用いる。また、評価指標を選定する上で、前提条件として(0-1)非浸水面積の割合、(0-2)緩傾斜の可住地の土地面積の割合、の2つの指標を設定する。非浸水面積割合は、メッシュ内の土地面積に対する非浸水面積の割合を算定する。緩傾斜度の可住地面積は、地域内で土地利用細分メッシュの森林・水面・荒地等を差し引いて可住地と見なし、メッシュ内の土地面積に対する比率で可住地割合を比較する代用指標とする。

#### (3) 評価方法

本研究では、対象地域の全域をメッシュ区分で比較するのではなく、上述の可住地が確認されるメッシュのみをレイティングの対象とし、各指標ごとのレイティング(図上で色塗り区分)を行った。したがって、図の中で中抜き表現がなされ色の付いていないメッシュがあるが、それは人の住んでいないメッシュであり、直接にレジリエンスの評価の対象になっていないメッシュを表す。

まず、当初より4区分のレイティングをおこなった指標(1-2)および(3-2)を除いて、スケールの10区分を行った。次に上述の9つの指標のうち個別に10区分で表現した指標を「0%～30%」を1点、「30%～50%」を2点、「50%～70%」を3点、「70%～100%」を4点として、4つのレイティング(1, 2, 3, 4)に再分類する。道路本数(1-2)と自主防災組織の活動頻度(3-2)を表す指標はそのまま1点から4点のレイティングを用いる。

### 4. 震災・津波に対する脆弱性の評価の結果

町ごとに9つの指標の値と分布、それに9つの指標のレイティングを行って(図-1, 2)、その結果からまずは地勢人口的特性値(形式的には最大は12点、最少は3点で3で割ると14点の分布(実質は1点台、2点台、3点台の3類型)になる)、次にインフラコモンの特性値、さらに社会的特性値について論じる、最後にはその合計値(最大36点、最少9点で割ると14点の分布(実質は1点台、2点台、3点台の3類型)になる)について述べる(図-3, 4)。

#### (1) 美波町を対象とした脆弱性評価

地勢人口的な意味では、津波浸水に影響される(2-3)が、日和佐等の人口集積(1-3)は復興の力の源泉であり、それらのレジリエンスが高い。海岸沿いの道路ネットワークが内陸向き(津波へ安全な通行方向)に複線化されていない弱点(1-2)はあるが、避難先の高台は近く(1-1)にあり、

由岐は防災市民活動の活発さ(3-2)で、日和佐は昼間人口(1-3、夜間人口も)が優れ、レーティングを行って和を勘定すると、この2地区の相対的なレジリエンスは高い。特に奥河内の旧日和佐町を含む地域は、避難施設が多くあり(1-1)、人口ポテンシャルも高い(1-3)ので、集積拠点として活用していくのに適したエリアである。

9つの指標を用いて総合的なレーティングした結果を観察すると、集落の人口規模が小さい(1-3)がその集落の大部分が浸水域で被災が想定(2-3)され、道路条件等のインフラ条件(1-2、2-2)が劣り、避難可能な施設が近くで確保されない(1-1)ところ(メッシュ)のレジリエンスのレーティングが低いことが読み取れる。

次に由岐と日和佐の地区間の海岸線の集落を含むエリア(メッシュ)と、阿南より由岐にいたるエリア(メッシュ)を比較すると、両エリアとも元々復興に廻る人口ポテンシャルは小さい(1-3)が、由岐-日和佐の間のエリアでは支援に廻れる人の割合は多い(3-1)ものの、浸水域に住む人の安全な避難所が不足(1-1)しており、救援の道路本数も乏しい(1-2)ことに起因し、脆弱性が高い。一方、阿南-由岐間のエリアは、先のエリアに比べて総合評価はやや高いが、高齢化率(3-1)や非耐震建築(2-1)が目立つので、道幅の狭いところでの倒壊での避難困難を招き道路啓開の困難さをもたらす脆弱性が懸念される。

(2) 黒潮町を対象とした脆弱性評価

黒潮町の町内沿岸部のほとんどのエリアで自主防災活動が盛ん(3-2)であり、町内のあらゆる部署の職員が地域担当制度により日頃より防災訓練、津波避難訓練を行ってきた。人口が減少するなかでも、旧佐賀、旧大方の中心部に人口集積が見られ(1-3)、そのエリアでは相対的に壮年世代が多いものの全体として町全体に高齢化が進んでいて、高齢者も逃げる避難路を多く設定し、近い高台の避難所への発災直後の避難の準備(1-1)を整えている。しかし、山間から沿岸部に下がる幹線道路が集落を周回して大方(中村経由宇和島方面)に繋がる道路ネットワークに依存していることから、これが寸断あるいは閉鎖されるような事態には弱いことが、山側に向かう道路本数(1-2)や幅員の有る道の延長(2-2)などの指標でみると理解できる。このエリアが広範に脆弱であることが読み取れる。

より詳細に地区の比較を行うと、旧佐賀町の側には避難所へのアクセスに弱みがある上に、地勢にインフラを工夫して山側への道や幅の有る道を通して救援や復興支援に資するというまち基盤の上で弱さが目立ち、市民の自主防災に頼る傾向にある。

現地調査の結果、旧佐賀町の避難の拠点は谷の東の高台に造成している運動場(へり拠点にも広支援拠点にもなりえる)であるが、そこへの避難経路は車では砂浜沿

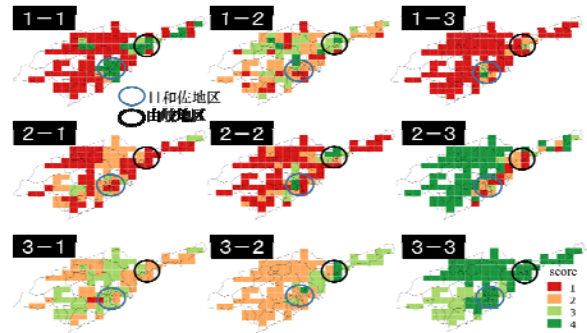


図-1 美波町における9指標のレーティングの結果

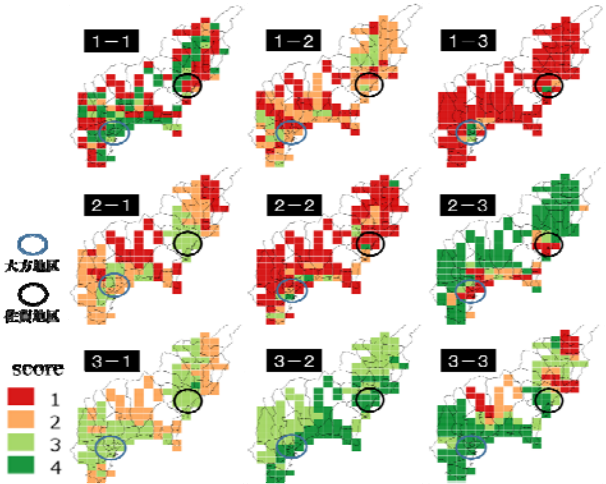


図-2 黒潮町における9指標のレーティングの結果

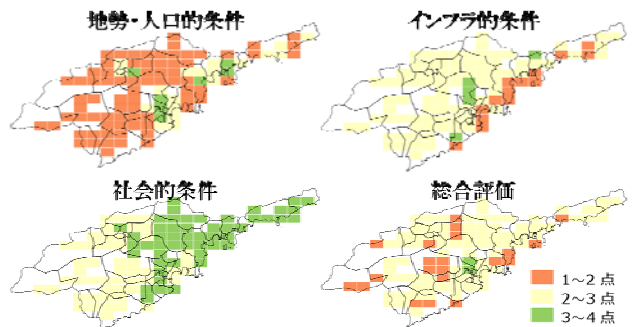


図-3 美波町の総合評価

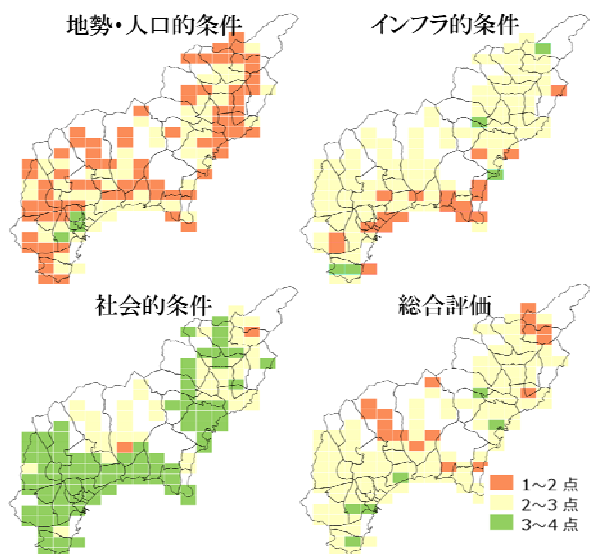


図-4 黒潮町の総合評価

いの道路を経由せねば高台に上がれず、津波襲来時の通過は非常に困難であり、ボトルネックとなっている。他方で狭い生活道路、通学路の延長にスロープで形成されたLED灯付き避難路は車いすも押し上げる支援が必要な上に車は通行できないし、墓地の横で支援者と避難者が錯綜する点に弱みがあった。

なお、南海トラフ域での狭い海岸べりの集落では谷を駆け上がったところに墓地を形成しているところが多く、その墓参の道を避難路にする事例が多い。佐賀小学校を抱えた室（風待ちの港の湾や窪み）の東側の斜面はその典型だ。別の例を挙げると、和歌山県串本町の無量寺裏の墓地の両側に自然発生した避難路、あるいは高台形成に活用する道の造り方のパターンも、墓地の有る谷を生き永らえ復興させる「谷上がり道筋避難」として活用する自然災害適応の様式を生み出している。

黒潮町の総合評価のレイティングを見ると数百人/km<sup>2</sup>規模以上の人口集積のあるメッシュはすべて浸水するエリア(メッシュ)にあり、その数メッシュの中では高台にあがり難を避けること(1-1)に不足があるメッシュでは、他の指標でのレイティングの多寡を加算して、総合レイティングでみると相対的に劣位の側に属する事が分かる。

## 5. おわりに

本研究では、簡易に入手可能なデータを用いて、震災・津波に対する脆弱性を評価するモデルの構築を試み、徳島県美波町、高知県黒潮町に適用した。その結果、3群9要素のレジリエンス評価法による相対評価は概ね、地域実態を反映して経験知に合致しており広く評価法として有用であることを明らかにした。また、レジリエンス政策を展開する自治体が域内の地区の強みと弱みを相

対的に評価することが、提案した方法で簡便な情報源に基づいて可能であることを示した。

本モデルを美波町に適用した結果、美波町は社会的条件における、レジリエンシーが高く、特に日和佐地区では、避難行動や災害復興のポテンシャルが高い。これから高台等を設けていけば、集積拠点として期待できるエリアを浮き彫りにできた。また、黒潮町では、地勢的な脆弱性が大きく、避難所は地域に広く分布しているが、道路ネットワークが海岸沿いに沿って広がっており、垂直に駆け上がることのできる道路が少ないため、沿岸部のインフラ条件としてのレジリエンスの弱さが浮き彫りとなったが、コミュニティの力でリカバー使用とする様子を確認できた。

以上より、本モデルにより自治体として地域の継承にとり欠かせない地区を浮き彫りにすることができ、いわゆる事前復興の計画策定にとって利用しうると期待される。

謝辞：本研究は環境研究総合推進費（3K153008, 研究代表者：北詰恵一）の助成を得て行った研究である。

## 参考文献

- 1) ISO 31000."Risk management-principles and guideline", 2009.
- 2) ICRG : Guidelines for the Governance of Unfamiliar Risks, 2015.
- 3) FTI 360 : Vulnerability Assessment Methodologies: A Review of the Literature, 2014.
- 4) The PRS Group, International Country Risk Guide Methodology,2014. <http://www.prsgroup.com/wp-content/uploads/2012/11/icrgmethodology.pdf>

(2016. 4. 22 受付)

## PROPOSING INDICATORS FOR EVALUATION OF COMMUNITY RESILIENCE TO NANKAI TROUGH EARTHQUAKE

Taira OZAKI, Tohru MORIOKA and Yuhgo INAMORI