

被災者のQOL水準に基づく小地区単位の 災害影響時系列評価システム

高野 剛志¹・戸川 卓哉²・三室 碧人³・加藤 博和⁴・林 良嗣⁵

¹学生会員 名古屋大学 大学院環境学研究科(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)
E-mail: ttakano@urban.env.nagoya-u.ac.jp

²正会員 独立行政法人 国立環境研究所(〒305-8506 つくば市小野川16-2)

³学生会員 名古屋大学 大学院環境学研究科(日本学術振興会 特別研究員)(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

⁴正会員 名古屋大学准教授 大学院環境学研究科(同上)

⁵フェロー 名古屋大学教授 大学院環境学研究科(同上)

本研究では、大規模災害を想定した減災・防災計画の検討・立案を支援するために、発災から復興までの間に刻々と変化する被災者の「生活の質(Quality of Life: QOL)」を、小地区単位で定量的に評価可能なモデルシステムを構築した。

本システムを東日本大震災被災地域に適用し、余命指標によってQOLを計測した結果、発災からの半年間に、津波被害を受けた沿岸市区町村では平均36日/人、内陸市区町村では平均5日/人の余命損失があったことが推計された。また、津波浸水地区周辺でも、津波によるインフラ・建物の破壊が、その後のQOLの回復を阻害したことが定量的に示された。これにより、今後の減災・防災対策において、QOLの回復が遅い地域における住民の一時移転検討、被災後の物資救援のための道路網のリダンダンシー確保の必要性が明らかになった。

Key Words : *Quality of Life, Life Year Indicator, Emergency Management*

1. はじめに

東日本大震災では、低地にある住宅地を津波が襲い、甚大な人的被害をもたらすとともに、道路等の社会インフラが破壊され、被災後の避難・救援活動が困難な状況に陥った。その結果、食料等が不足する劣悪な避難所の生活環境下で被災者が長期間に渡って生活することを余儀なくされた。このことから、今後の大規模災害への事前対応策を検討する際は、避難後の被災者の生活水準をある程度確保することを前提として、交通ネットワークのリダンダンシー確保による孤立地域回避や、避難所・備蓄所の整備などの適応策が不可欠である。

発災後の状況は時々刻々と変化し、その各段階に合わせ対応が求められる。そこで、単なるハザードマップや避難所マップにとどまらず、各地区単位で発災後から平常時に至るまでに時系列で変化する状況に各種対策が及ぼす影響メカニズムを、システムティックにかつ定量的に評価するシステムを構築し、対策の優先順位付けを可能とする意思決定サポートツールとして活用することが求められる。

本研究では、大規模災害後の被災者の状況を「生活の質(Quality of Life: QOL)」で表現し、それを小地区単位で時系列かつ定量的に評価するシステムを構築する。そして、本システムにより、被災者のQOL低下を抑制する事前・事後の対策の優先順位付けを検討する際に有用となる定量的情報を提供することを目的とする。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

生活者の視点から災害の影響を検討する際には、生活環境(インフラ状況)変化と心理変化の両方を考慮する必要がある。その主な関連研究として、三室ら¹⁾による住民のアクセシビリティからみた道路ネットワーク損壊の影響評価、紙野ら²⁾や塚本ら³⁾による被災者の時系列におけるニーズ変化とインフラの復旧状況との関係を整理した研究、伊村ら⁴⁾による災害時に被災者が選択する住居の空間性能とニーズ変化に着目した定量評価、能島ら⁵⁾や塩野ら⁶⁾によるライフラインの機能状況と被災者ニーズ変化を考慮した評価、などがある。ニーズ変化や生

活環境の一部に着目した研究は多く蓄積され、それらを定量評価した研究も既に存在する。しかし、小地区単位で非常時から平常時までを统一的に評価可能とするシステム構築の事例はない。

一方で、平常時のQOLを評価する研究として、加知ら⁷⁾は居住環境へのニーズと各種インフラの整備状況との因果関係に着目し、居住環境項目とそれに対する居住者の選好の度合いを意味する重みとを掛け合わせ、QOLを定量的に評価可能とする手法を確立している。さらに、QOLの比較可能性を担保するために、余命指標(Quality Adjusted Life Year : QALY)へ換算をすることにより、生活環境の改善または悪化を定量評価している。本研究では、このQOL評価手法をベースに、災害時における被災者の生活水準を確保するために必要となるニーズの変化や、ニーズの充足にインフラ被害が及ぼす影響メカニズムを組み込んだ新たなQOL評価手法を構築する。これにより、非常時から平常時まで時系列で変化する被災者のQOLとその低下抑制策を定量的に評価でき、施策の優先順位付けをサポートするツールとなる。

3. 災害時 QOL 評価システム

(1) 本研究における生活の質(QOL)の考え方

一般に生活の質(QOL)は、個人がどれだけ望み通りの生活を送ることができているか、を表す概念であり、これは、個人の理想像(価値観)と、それを達成するための機会・能力(環境質)によって決まる自己実現の程度と言い換えることができる。すなわち、QOL 評価は満足・充足ないし不満足・不安といった生活者の主観的評価で終わるのではなく、そのような結果をもたらした要因を割り出し、そのよしあしを評価するプロセスが含まれる。本研究における QOL 評価は、清水⁸⁾による、評価の対象となる環境が、その環境に置かれた人の人生のチャンスないし可能性(選択の幅)をどれだけ広げているか、に従うものとする。

災害時においては生存条件が脅かされ、被災者が重きを置くものは平常時と大きく変化するとともに、そのニーズも時々刻々と変化(顕在化)する。また、インフラ・建物が壊滅状態にあり、被災者がニーズを充たすための機会は大きく制約されることが想定される。

このような状況に、医療分野で扱われる QOL の概念が適用できる。医療分野において QOL とは、健康でないときの 1 日は、その環境(身体不全を含む)の物理的な制約により健康状態の 1 日よりも価値は小さくなるという前提での、患者の健康状態に対する効用値と定義されている。これらを数値化したものが QOL 値である(QOL 値 ; 死亡している状態を 0, 全く健康な状態を 1, その

他の健康状態を 0~1 の値をとる)。また、時間軸を考慮するために QOL 値にその状態が続くであろう年数を乗じた QALY(質で調整された生存年数<余命>)という単位に変換することで、医療資源の最適配分の検討にも用いられている。

災害が発生し、避難所での不自由な生活を余儀なくされるなど、生活環境が大きく悪化すれば、健康で怪我をしていない人でも、平常時と比べ、その 1 日の価値が大きく減少すると考えることができ、上記の QOL による評価が可能である。

以上より、災害時における QOL が個人レベルで定義できる。しかし、本研究では、QOL に対する価値観の個人間の差は考慮せず、地区レベルで計測できるものとして定義する。その上で、a)ある時点において顕在化するニーズ、b)そのニーズに対応できるインフラなどの周辺環境、の双方を考慮し算出された QOL 値と、その状態が続く期間(QALY)の 2 つの評価尺度を用いる。

(2) 被災者ニーズと QOL 決定構造の関係

災害時において刻々と変化する被災者のニーズと QOL の関係は、マズローが提唱した 5 段階の欲求仮説に基づく決定構造に従うとする。以下では、a)マズローの 5 段階欲求説、b)発災後における被災者のニーズ変化、c)QOL とニーズの関係について述べる。

a) マズローの 5 段階欲求説

マズローの仮説によれば、人間には生理的欲求、安全の欲求、社会的欲求、尊厳欲求、自己実現欲求という 5 段階からなる基本的な欲求構造が存在するとされる。これは、下位にある欲求が充たされるにつれて上位にある欲求が高まるという仮説であり、人間の潜在的な欲求構造を可視化したものとして知られている。このように、被災者のニーズ変化を、物理的な時間経過ではなく、周辺環境の変化と対応した心理的な時間経過でとらえることにより、QOLの決定構造に高い説明力を付与することが可能である。

b)被災者ニーズの時系列変化

東日本大震災発災後の新聞記事、東日本大震災の被災者を対象としたアンケート調査^{9) 10) 11)}、過去の災害を対象とした既往研究より、被災レベルが最も高い地区における被災者のニーズ変化(ニーズの顕在化)の特徴を以下のようにまとめる。

- ・ **被災直後** : 緊急避難施設や医療施設へのアクセス性、食料、飲料水、避難所の寒さ対策等、生命維持に対するニーズ。
- ・ **避難段階(短期)** : 避難所の開設状況や水・食糧等の避難物資の供給に対するニーズ。トイレの状態や入浴施設の整備状況、着替えの確保などの衛生面に対

するニーズ。余震による二次災害への不安、家族の安否確認等の情報。

- ・ **避難段階(長期)**：プライバシー確保、衛生状態の改善、感染症の抑制等、良好な衛生環境へのニーズ。
- ・ **復旧段階**：仮設住宅への入居に対するニーズ。就業や就学の再開に合わせた交通手段の確保。
- ・ **復興段階**：仮設住宅における生活環境などアメニティ関連のニーズ、就業や買い物施設への利便性。

c) 災害時に対応した4段階のQOL決定構造

以上を基に、災害時のQOL構成要素の決定構造は、環境変化と被災者の心理的な時間経過に対応した階層構造になっていると仮定する。具体的には、災害時のQOLは下位から順に1)生命の保持、2)健康・衛生の保持、3)社会的生活の保持、4)文化的生活の保持、の全4段階で構成されるとする。

また、QOL各要素は、その充足方法の違いから、移動によって充足可能な要素と、その場で充足可能な要素、あるいはそのどちらかにより充足可能な要素に大別される。周辺環境および心理変化を考慮した災害時のQOL構成要素の時系列変化の概念を図-1に示す。

(3) 災害時 QOL 評価システムの全体概要

上記を踏まえ、本稿では図-2 に示す災害時 QOL 評価システムを構築する。

システムは、小地区単位(本研究では第3次メッシュ単位<約1km四方>)で、被災者ニーズ(QOL構成要素)の時系列変化に対して、各時点のQOL構成要素とインフラの整備状況との関係から、QOL値を導出する構造となっている。具体的には、まず、被害の実データもしくはシミュレーション、その後の復旧データから、a)インフラ・建物の機能停止・阻害状況を小地区単位で明らかにする。その状況から、b)QOL構成各要素の充足可能地区を項目別に判定する。最後に、個別に判定されたQOL構成要素の充足状況を、マズローに倣ったQOL決定構造において下位の段階から順に、どの段階まで満たされているかを示すc)QOL値が出力される。

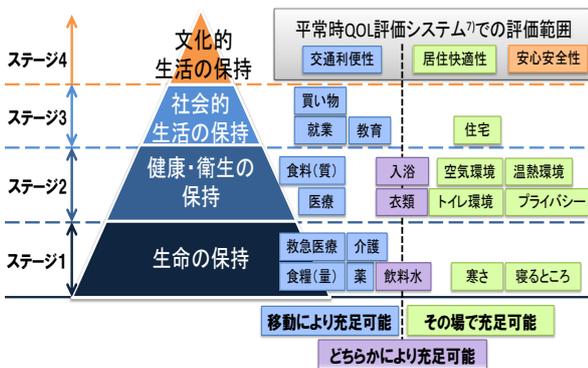


図-1 災害時 QOL 構成要素の時系列変化

(4) QOL 構成各要素の充足・非充足の判定方法

(3)の評価システムにおける被災者のニーズとインフラの整備状況の関係から求められる、小地区単位の各QOL構成要素の充足・非充足の判定方法について述べる。

QOL構成各要素が充足されるために必要なインフラ等の要件が揃った場合を充足可能、それ以外の場合を充足不可能と判定する。

QOL構成各要素は、1)その場で充足可能な要素と、2)移動により充足される要素との2種類が存在し、充足・非充足の判定方法を以下のように整理する。

1) その場で充足可能な QOL 構成要素

QOL 構成要素を支えるインフラが全て機能している場合、充足可能と判定する。

2) 移動によって充足される QOL 構成要素

①道路や公共交通の接続性を考慮し、居住地から到達可能な範囲を特定する。

②その到達可能範囲内に目的施設があれば充足可能と判定する。

例えば、「入浴機会の確保」(入浴ニーズの充足)のためには「住宅」と「ライフライン(上下水道・ガス)」もしくは「交通機関」と「入浴施設」の組み合わせのうち、少なくともどちらか一方が正常に機能(復旧)している必要があることが示されている。この関係は式(1)のように定式化される。

$$y = (x_1 \wedge x_2) \vee (x_3 \wedge x_4) \quad (1)$$

ここで、y:入浴機会、 x_1 :住宅、 x_2 :ライフライン(上下水道・ガス)、 x_3 :交通機関、 x_4 :入浴施設に対応する。各変数は充足・機能している場合1、非充足・機能停止の場合0となる。

なお、充足可能範囲は、施設の復旧・道路や公共交通の復旧に従って拡大する。

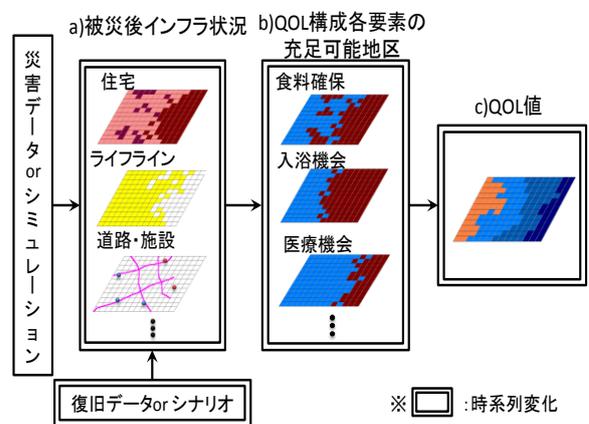


図-2 災害時 QOL 評価システムの全体構成

(5) QOL 値および QALY 算出方法

被災後のある一時点での良し悪しを判断可能とする QOL 値と、災害後を通して見た時に、どの地区が良いか悪いかの判断基準となる QOL 値の積分値である合計損失余命 QALY の算出方法を述べる。

a) QOL の段階(ステージ)の判定と QOL 値算出方法

図-1に示すQOL決定構造に従えば、下位の構成要素が徐々に満たされるにつれて上位の段階に移行ことになるが、特に下位の段階では、これらの要素のどれが最も重要であるかという優先順位をつけることは困難であり、どれが欠けても生活は成立しないという特性を有している。よって、本研究では下位の構成要素が全て満たされることにより上位の段階に移行すると仮定する。図-3に各地区のQOL値算出フローを示す。

本稿では各ステージのQOL値は一定と仮定し、各ステージのQOL値を、医療分野において時間損失法により求められたQOL値の参考値(小笠原¹³⁾)との比較から定量化する。その結果から、平常時または文化的生活の保持の段階(ステージ4)を、健康状態と同等の1と仮定し、生命の保持の段階(ステージ1)は0.4、健康・衛生の保持の段階(ステージ2)を0.6、社会的生活の保持の段階(ステージ3)を0.8と仮定する。

b) QALY 算出方法

本稿では災害影響評価を目的とするため、図-4で示すように、災害が発生しなかった場合のQALYから、災害が発生した場合のQALYを差し引いた、損失余命LLE(Loss of Life Expectancy)で評価を行う。LLEの算出式を以下に示す。

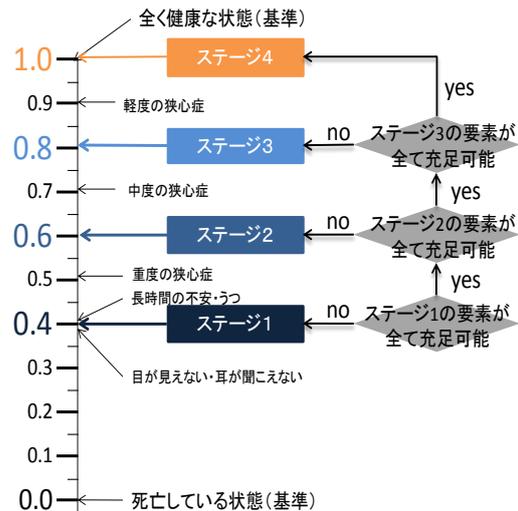
$$LLE_{pl} = \int_0^{\hat{t}} \{1 - W_{pl}^{QOL}(t)\} dt \quad (2)$$

ここで、 LLE_{pl} : 地区 l の災害影響による健康な個人 p の損失余命、 \hat{t} : 発災から復旧・復興までの期間、 W_{pl}^{QOL} : 健康な個人 p が地区 l で t 日目に居住することで得られる QOL 値(平常時の状態を 1、死亡状態を 0、その他の状態は 0-1 の値をとる)。

4. ケーススタディ

2011年3月11日に発生した東日本大震災の被災地域(岩手県、宮城県)を対象としてケーススタディを行い、3章で構築した QOL 評価システムの有用性を検証する。

本稿では、1)三陸沿岸道路が一部供用されている場合(実際)と、2)三陸沿岸道路の計画区間が全線供用されている場合とを比較し、インフラの整備状況が被災者のニ



小笠原(2007)より筆者編集

図-3 各地区の QOL 値算出フロー

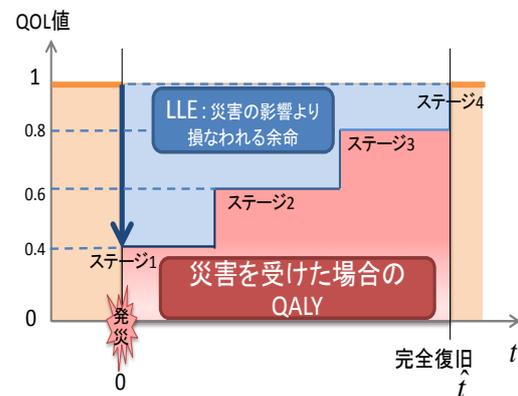


図-4 QOL のステージの変化と損失余命の関係

ーズ充足、及び QOL へ及ぼす影響の差異を定量的に分析する。

分析に利用したデータは、表-1 に示すように道路ネットワーク、医療や入浴施設、水道・ガスなどである。これらインフラデータと QOL 構成各要素との関係を整理したものが表-2 である。これは、縦軸がニーズ項目、横軸がインフラ項目であり、表中の○印は、ニーズ充足に関連するインフラ項目を示している。

(1) 実際の場合(三陸沿岸道路一部供用の場合)

a) 各地域における QOL のステージの変化

図-5 に発災 3 日後の 3 月 14 日から 2 か月後の 5 月 11 日までの各地域における QOL のステージの変化を示す。ただし、本稿では被災後の就業機会を考慮できていないため、社会的生活の保持の段階(ステージ 3)の地区数が非常に少ない結果であることに留意されたい。

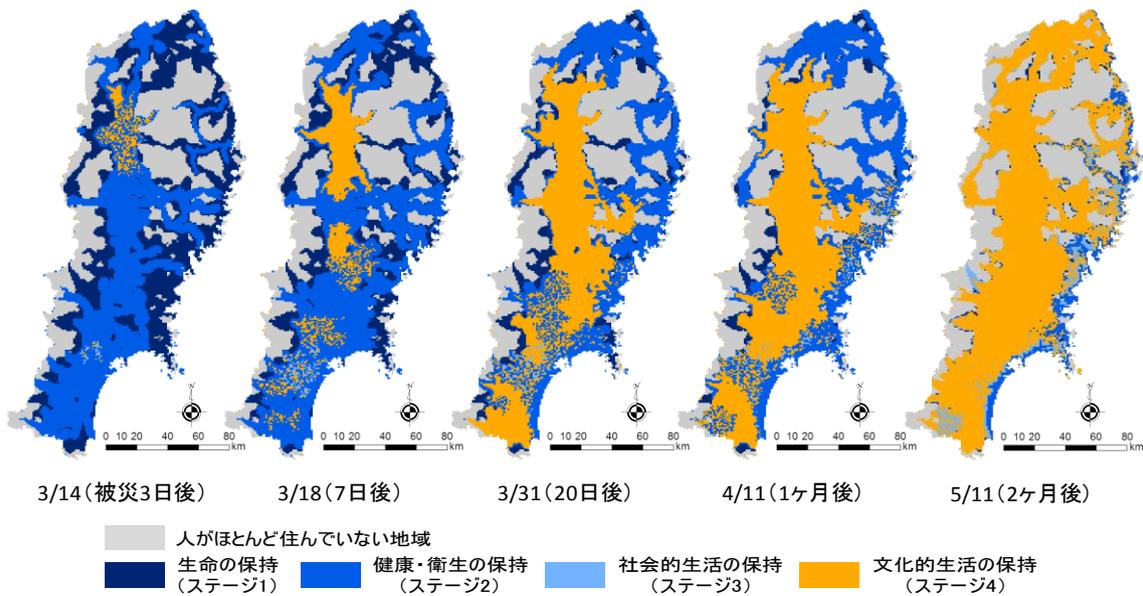


図-5 各地域におけるQOLステージの変化(実際)

が確保されなかったことが挙げられる。また、仙台市の内陸部と盛岡市を比較すると、QOLの回復は盛岡市の方が早いという結果になった。この理由は、仙台市は都市ガスの配管ネットワーク全体の復旧が遅れたのに対し、盛岡市では各家庭に設置するLPガスを利用していたため、個別に対応できたことが結果的にQOLの回復を早めたと考えられる。

最後に、沿岸部と内陸部を比較する。被災から1ヶ月後の4月11日時点では、沿岸部の多くの地区でステージ2へ回復している。また、津波浸水範囲よりも広い範囲でステージ2にとどまっていることがわかる。この理由として、住宅への直接被害がなくとも、津波による重要施設の流出や主要道路の被害に伴い、高台の住民のアクセシビリティが大きく低下したことが考えられる。加えて、浄水施設等のライフライン供給元の被災によって、供給範囲内の地区全体に影響が及んだことも考えられる。一方で、内陸部は多くの地区が早々にステージ4まで回復している。

b)合計損失余命算出結果

図-6は東日本大震災の発災日である3月11日を基準日とし、9月11日までの6ヶ月間で、被災前と同じ地区に住み続けた場合の1人あたりの合計損失余命を表している。これが大きいほど、災害の影響が大きい地区であると言える。津波被害を受けた沿岸市区町村では、低いQOLのステージが長期間続いた関係から平均36日/人と大きい一方で、内陸市区町村では早急なQOLステージの回復により、平均5日/人の損失余命に留まったことが推計された。

c)各QOLステージの人口の推移

図-7に各QOLステージの人口の推移を示す。ここで的人口は、被災後も被災前に住んでいた地区に住み続けていることを想定する。

避難所生活者数だけではなく、自宅生活を選択した被災者も、ライフラインの断絶や、交通網の寸断等により、不便な生活を強いられる。よって、一様に避難者数として集計するのではなく、QOLのどの段階に何人いるのかを推計できれば、支援のミスマッチを防ぐことにも活用可能となる。3月31日までは、全体的に回復側へと推移しているが、4月11日では4月7日に発生した余震により悪化側への推移となった。

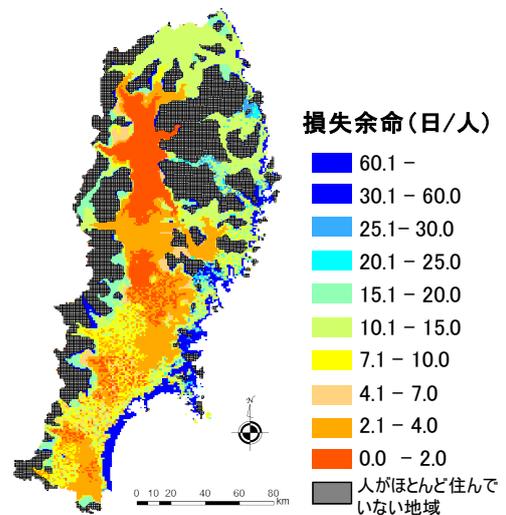


図-6 損失余命

(2)三陸沿岸道路が全線供用していた場合

三陸沿岸道路の計画区間が全通かつ震災の被害無しの場合を想定し(図-8)、一部供用時の QOL 推移と比較する。図-9 に発災直後の 7 日間に着目した、三陸沿岸道路一部供用(実際)と全線共有後との合計損失余命の差を示す。三陸沿岸道路周辺地域では、全通によってアクセシビリティが向上し、損失余命(日/人)が直後の 7 日間だけで約 0.5~1.5(日/人)減少(回復)していることが分かる。この減少分は、三陸沿岸道路全通による効果と考えることができる。

5. まとめ

本研究では、大規模災害被災者の QOL の時系列変化を小地区単位で定量的かつ包括的に評価するシステムを構築した。このシステムを東日本大震災被災地区に適用し、システムの妥当性の検証とインフラ整備効果の推計を行った。

結果、被災者ニーズとインフラ回復状況を考慮することで、道路ネットワークの強化によるリダンダンシー向上が、被災直後の QOL の維持・向上に重要な役割を果たすことが示された。また、ライフラインや住宅の被害は長期的に QOL 低下に影響することが明らかになった。

今後の課題として、データ制約から未考慮となっている QOL 構成要素やインフラ要件があること、詳細な QOL 値の分析、被災後の人の移動を考慮することが挙げられる。

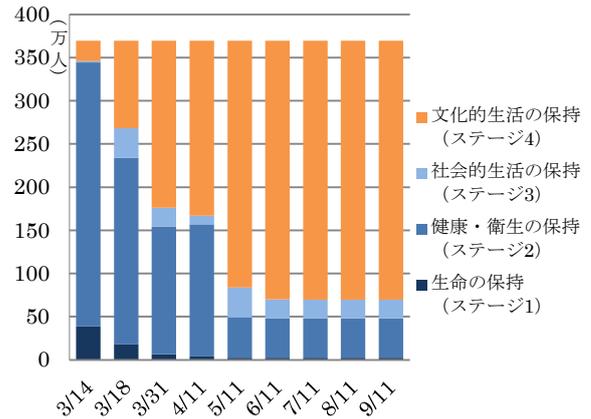


図-7 各 QOL ステージの人口の推移

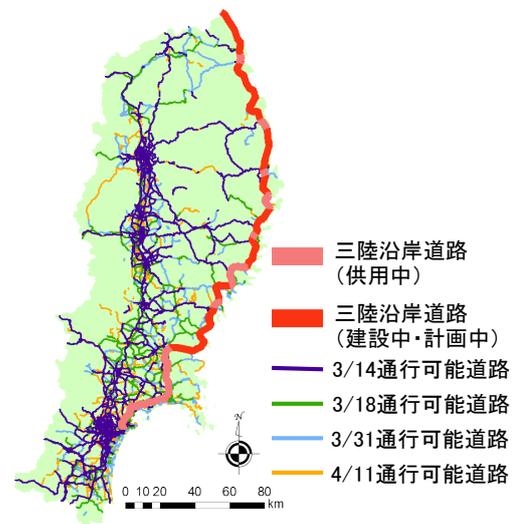


図-8 三陸沿岸道路の概要

参考文献

- 1) 三室・戸川・加藤・林・西野・高野: QOL 指標による地震被害に伴う道路交通網寸断の影響評価〜モンテカルロ・シミュレーションを用いて〜, 土木計画学研究・講演集 Vol.44, 2011.
- 2) 紙野桂人監修 社団法人日本都市計画学会関西支部震災復興都市づくり特別委員会編著: これからの安全都市づくり, 学芸出版, p.160, 1995.
- 3) 塚本・波床: 都市インフラ機能低下への人々の対応行動とインフラの整備要件, 土木計画学シンポジウムテキスト, 第32巻, pp.719-724, 1997.
- 4) 伊村・石川: 兵庫県南部地震の復興過程における生活からとらえた住居の位置づけ, 社団法人日本建築学会研究報告集 構造系, 第66号, pp.17-20, 1996.
- 5) 能島・亀田・林: 地震時のライフライン機能障害に対する利用者の対応システムを考慮した生活支障の評価法, 地域安全学会論文報告集, No. 3, pp.195-202, 1993.
- 6) 塩野・中林・高野: 震災時生活支障の予測マップ, 地域安全学会論文報告集(5), pp.387-394, 1995.

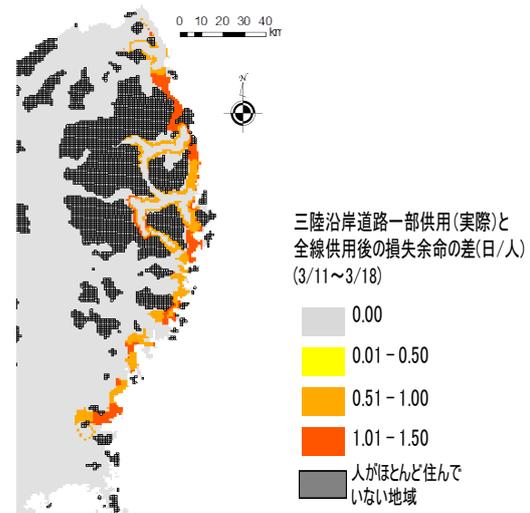


図-9 三陸沿岸道路一部供用(実際)と全線供用後の損失余命の差

- 7) 加知・加藤・林・森杉:余命指標を用いた生活環境質(QOL)評価と市街地拡大抑制策検討への適用, 土木学会論文集 D, Vol.62, No.4, pp.558-573, 2007.
- 8) 清水哲郎:(QOL)概念の明確化と医療への適用, 行動計量学, 25巻, 2号, pp.72-75, 1998.
- 9) 城仁士:阪神大震災における災害ストレスの実態調査, 平成7年度ひょうご科学技術創造協会「阪神・淡路大震災に関する緊急調査研究助成」研究実績報告書, 28p, 1995.
- 10) 中森広道:地震災害に関する住民の意識と対応-社会調査から考える課題-, クォーターリー生活福祉研究, 66号, Vol.17, No.2, pp.24-40, 2008.
- 11) つなプロ:多賀城市アンケート結果 調査結果報告書 提言編・資料編 2011.
- 12) 小笠原克彦:費用便益分析と QOL, 日放技学誌, Vol.63, No.7, pp.791-795, 2007

A Disaster Impact Evaluation System along the Phases
Based on QOL Level Perspective of Refugees in each Detailed District

Tsuyoshi TAKANO, Takuya TOGAWA, Aoto MIMURO,
Hirokazu KATO, Yositsugu HAYASHI