

2016 年熊本地震の被災事例に基づく避難者人口推定式の検討

岐阜大学大学院 学生会員 ○繁田 健嗣
 岐阜大学工学部 正会員 能島 暢呂
 岐阜大学大学院 学生会員 永井小雪里

1. 背景と目的

2016 年熊本地震では住宅被害やライフライン機能の停止など甚大な被害が発生し、それに伴って多くの人が避難した。建物被害や断水の影響を考慮した避難者人口推定式¹⁾はあるものの、ライフライン被害の影響は十分に検討されていない。本研究では熊本地震の被災事例に基づいて、避難者人口推定式を再検討する。

2. ライフラインの復旧に付随する避難者数の推移とその予測

熊本市のアンケート調査²⁾によると、自宅外に避難した人の避難理由(複数回答)として、自宅を危険と判断したことが 67.0%、余震が続くと思ったことが 66.5%、停電や断水による自宅生活の不安が 35.5%などとなっている。避難所を出た理由(択一方式)としては、余震の減少が 17.9%、次いで断水の復旧が 12.4%のほか、停電の復旧が 8.3%、ガスの復旧が 1.3%となっている。断水・停電の復旧で 20.7%を占めることから、停電は考慮すべきと判断される。これを踏まえ、従来式¹⁾を拡張して、地震後経過日数 t における避難所における避難者数を式(1)で予測する。

$$N_E(t) = \left\{ (M_C + e_H M_H) + (M - M_C - e_H M_H) \times \max\{e_E D_E(t), e_W D_W(t)\} \right\} e_S \times R_{es}(t) \quad (1)$$

ここで M は全人口、 M_C は全壊・焼失建物の居住人口、 M_H は半壊建物の居住人口、 e_H は半壊建物被害による

避難率、 e_E は停電による避難率、 $D_E(t)$ は停電率、 e_W は断水による避難率、 $D_W(t)$ は断水率である。また e_S は避難所率($1 - e_S$ は疎開率)で、避難所生活者数と避難所以外への疎開者数に分ける係数である。さらに時間的な変動を最大値 1 の時間関数 $R_{es}(t)$ で表し、線形 1 自由度系の運動方程式の過減衰($h > 1$)の解を用いる³⁾。

$$X(t) = e^{-\alpha t} \left[\frac{d_0(\alpha + \beta) + v_0}{2\beta} e^{\beta t} - \frac{d_0(\alpha - \beta) + v_0}{2\beta} e^{-\beta t} \right] \quad (2)$$

d_0 は初期変位、 v_0 は初速に対応し、 $\alpha = \omega h$ 、 $\beta = \omega \sqrt{h^2 - 1}$ であり、周期 T を含めて次式の関係にある。

$$\alpha = \frac{2\pi h}{T}, \beta = \frac{2\pi \sqrt{h^2 - 1}}{T}, T = \frac{2\pi}{\sqrt{\alpha^2 - \beta^2}}, h = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 - \beta^2}} \quad (3)$$

$d_0=1$ 、 $v_0=0$ とした過減衰モデルは式(4)となる。

$$R_{es}(t) = \frac{(\alpha + \beta)e^{-(\alpha - \beta)t} - (\alpha - \beta)e^{-(\alpha + \beta)t}}{2\beta} \quad (4)$$

本研究では $T=100$ 日、 $h=300\%$ ($\alpha = 0.1884$, $\beta = 0.1776$)とした。仮設住宅やみなし仮設住宅の整備過程などが寄与する避難人口の解消過程を、災害からの社会的回復力、すなわちレジリエンスとみなしたものである。

3. 対象市町村における避難者数と推定結果

益城町、西原村、南阿蘇村、御船町、熊本市の 5 市町村を対象とした。推定避難人口と実測値を比較すると、熊本市以外の 4 町村では、本震直後を除けば概ね適合した。以下、停電・断水・全壊・全半壊人口と避

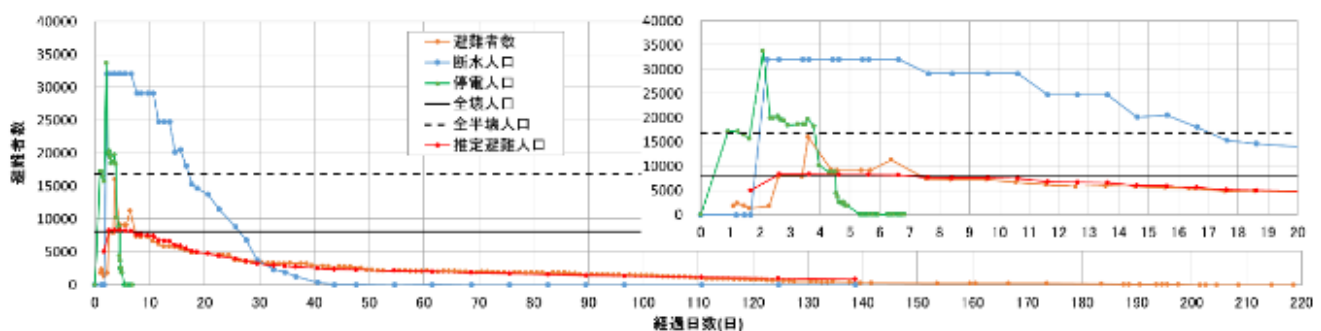


図 1 益城町における停電・断水・全壊・全半壊人口と避難者数および予測式による推定結果
 (横軸は 4 月 14 日 0 時 00 分からの経過日数. 10 日目(D10)=4 月 24 日, 20 日目(D20)=5 月 4 日)

キーワード 避難者, 推定式, 建物被害, 停電, 断水, レジリエンス, 過減衰モデル

連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL:058-293-2416

難者数および実測値に整合するように暫定的に定めたパラメータによる推定避難者数を示し、3市町村の特徴的な点を説明する。

3.1 益城町(図1)

本震直後の避難者数の減少は停電復旧との関連性が認められ、余震とともに影響を及ぼしたと考えられるが、予測結果は断水人口に支配され、その傾向を反映できていない。D30以降は、当初復旧対象外とされた家屋損壊が大きい被害甚大地域で断水復旧作業が行われていた時期に相当し、避難者数の減少ペースの鈍化は、断水人口の減少ペースの鈍化に整合している。

3.2 南阿蘇村(図2)

D6～D9では停電の復旧に伴い水道が復旧している。推定避難人口はこうした変化を反映して減少傾向を示し、結果的には過小評価となっており、実際の状況の確認が必要である。D40付近から避難人口は増加傾向を示し、推定避難人口は過小評価となっている。本震から約1か月後(D30)に「阿蘇ファームランド」などの2次避難所への誘導が行われ、約4ヵ月後の閉鎖まで避難者数が増加したこと⁴⁾が理由として挙げられる。

3.3 熊本市(図3)

D6～D16において、推定避難者数はかなり過小評価されている。特にD4～D8の急激な断水解消を反映して推定避難人口も急激に減少しているが、実際の避難者数はD8～D20まで徐々に減少している。この隔たりの要因として、熊本市の通水状況(図4)と実際の断水人口の不整合が考えられる。4月21日(D7)にはほぼ

全域で「通水に着手」となり断水戸数は約1,000戸に減少したとされている。しかし試験通水中の戸数(「通水に着手」および「一部通水に着手」を含む)も断水解消として扱われており、熊本市が断水復旧とみなしても、実際には漏水や水が使えない場合があった。D6～D16における避難者数の減少が実際の断水解消過程を反映していると仮定すると、通水状況に基づいて公表された断水人口は、この期間において過小評価されていると推察される。

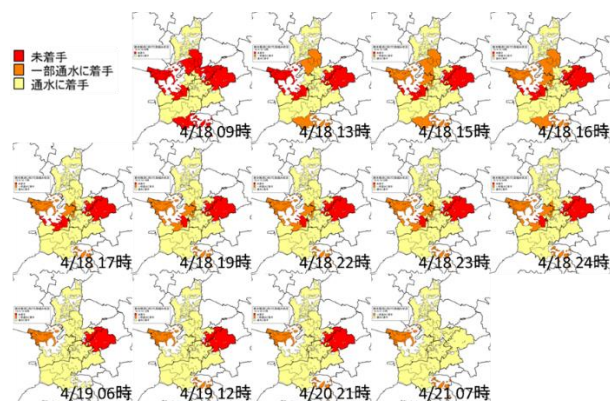


図4 熊本市における通水着手の過程(4月18～21日)

参考文献

- 1) 損害保険料率算出機構：国・自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査(平成25年度調査)，地震保険研究27，pp.331-339，2014.5.
- 2) 熊本市：平成28年度市政アンケート調査結果報告書，2016.8.
- 3) Reed, D., Wang, S., Kapur, K. and Zheng, C.: Systems-Based Approach to Interdependent Electric Power Delivery and Telecommunications Infrastructure Resilience Subject to Weather-Related Hazards, *Journal of Structural Engineering*, Vol.142, Issue 8, August 2016.
- 4) 南阿蘇村：二次避難のお知らせ(第2回)，2016.5.17.

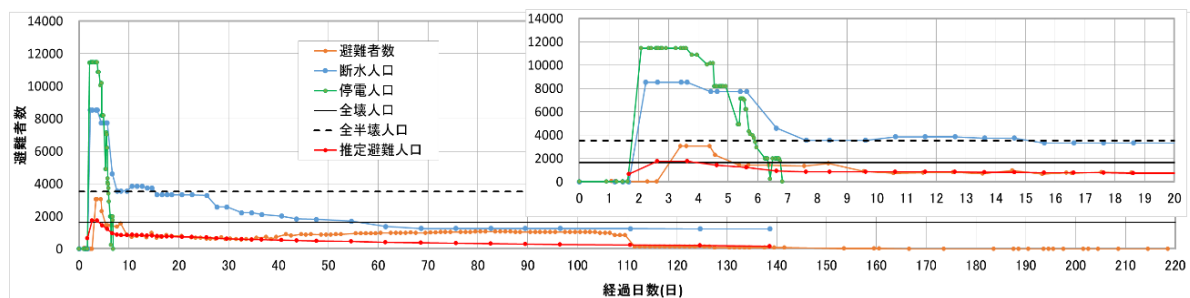


図2 南阿蘇村における停電・断水・全壊・全半壊人口と避難者数および予測式による推定結果

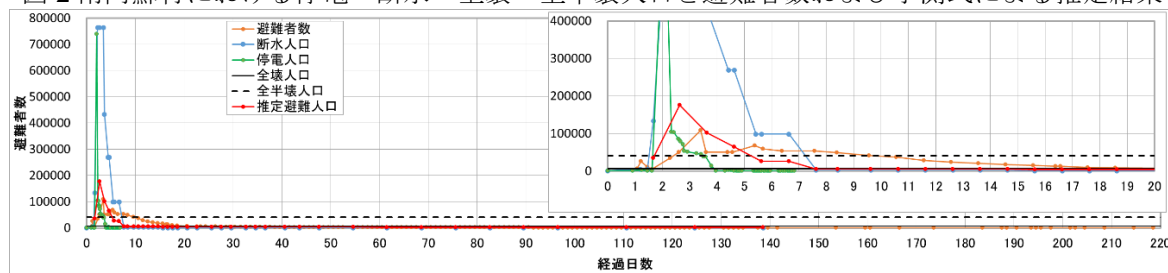


図3 熊本市における停電・断水・全壊・全半壊人口と避難者数および予測式による推定結果