

重要拠点施設の地震時BCPのためのライフライン機能被害の影響評価

岐阜大学 学生会員 ○石原慎也
岐阜大学 正会員 能島暢呂

1. はじめに

重要拠点施設の地震時のBCP（事業継続計画）を検討するにあたっては、ライフライン機能の使用可能性は非常に重要な基礎情報であるが、特定地点における地震後のライフライン機能予測を行い、それに見合った対策を検討することは必ずしも容易ではない。本研究はその一助となるような評価体系の構築を目的とするものである。一例として、首都直下地震をシナリオ地震として、災害拠点病院におけるライフライン被害・復旧の時系列的展開と病院の機能充足度をシナリオ化し、ライフライン・ユーザー側としての病院および供給側としてのライフライン事業者の対策効果を検討する。

2. ライフライン停止・復旧による地震時機能充足度評価の枠組み

供給系ライフラインの $2^3=8$ 通りの停止パターンを $(\delta_E, \delta_W, \delta_G)$ で表す。ただし δ は供給可能(1)・供給不可能(0)を表す二値変数で、Eは電力、Wは水道、Gは都市ガスを表わす。時間 t における供給系ライフラインの停止パターン別の機能充足度（全く活動できない水準0～通常の水準1で基準化した指標）の時間関数 R は、次式で定義される¹⁾。

$$R(\delta_E, \delta_W, \delta_G; t) = \prod_{k=E, W, G} A_k(t)^{1-\delta_k} \quad \text{ただし} \quad A_k(t) = 1 - (1 - R_k) \cdot B_k(t) \quad (1)$$

R_k ：バックアップが無い場合の各ライフラインの単独停止時の機能充足度

$B(t)$ ：バックアップの持続時間に関する累積分布関数

$A_k(t)$ ：供給系ライフラインの途絶に対する機能充足度の時間関数

また能島¹⁾は、兵庫県南部地震の被災事例に基づいて構築されたライフライン被害・復旧過程の予測モデルを、地域固有のライフライン脆弱性や地震防災対策を考慮できるように改良した。震度 I 、時間 t における停止パターンの生起確率の時間関数はこの改良モデルより $Q(\delta_E, \delta_W, \delta_G; I, t)$ として求められるので、地震時機能充足度は次式により評価される。

$$\bar{R}(I, t) = \sum_{\forall(\delta_E, \delta_W, \delta_G)} R(\delta_E, \delta_W, \delta_G; t) \cdot Q(\delta_E, \delta_W, \delta_G; I, t) \quad (2)$$

3. 首都直下地震における首都圏の8病院における地震時機能充足度の評価

Inagaki and Sadohara²⁾は、1都3県の災害拠点病院を対象として、ライフライン途絶の影響と対策に関するアンケート調査を実施した。停電、断水、暖房・給湯・冷熱供給停止（ここでは都市ガス停止と解釈）により業務に支障をきたすと回答した病院の割合は、それぞれおよそ57%、74%、42%であった。アンケート対象病院から、東京・神奈川・千葉・埼玉でそれぞれ2病院を抽出して、計8病院（図1）を対象とする（T1, T2, K1, K2, C1, C2, S1, S2のイニシャルは都県名に対応）。パラメータ設定については、アンケート個票は用いず全体の回答傾向を踏まえたものとする。

まず、バックアップ設備がないという前提でのライフライン停止時の機能充足度については、停電で0、断水で0、都市ガス停止で0.42と定めた。図2(a)にライフライン停止パターン別機能充足度を図示する。バックアップについては、自家発電容量の契約電力に対する割合は67%²⁾であるが、災害時には重要ニーズのみに自家発電設備が使用されると仮定し、機能充足度が100%になるものとした。自家発電設備で維持できる期間は平均74時間、断水時に給水機能を維持できる期間は平均27時間との結果²⁾より、停電、断水、都市ガス停止に対するバックアップの持続時間に関する累積分布関数 $B(t)$ を、平均値3日、1日、0日（以下、(E,W,G)=(3,1,0)と表す）、変動係数30%の正規分布とした。ライフライン停止パターン別機能充足度の時間

関数を図 2(b)に示す。

地震時機能充足度は、バックアップがない場合は図 3(a)に示すように、機能充足度は地震直後にいったん 0 まで低下する。バックアップ(E,W,G)=(3,1,0)がある場合(図 3(b)),地震直後の機能充足度低下はかなり緩和できるが、病院間で大きな差があり、その後の回復過程は図 3(a)とほぼ同じである。さらに対策効果を比較するため、上水道に関するバックアップを増強して(E,W,G)=(3,10,0)としたケースを図 3(c)に示す。機能充足度の低下は、K2を除いてほぼ 0.4 程度まで緩和されている。また、災害拠点病院はライフラインの優先復旧の対象とされ、東日本大震災でもその事例報告³⁾がある。そこで、予測モデルにおいて上水道と都市ガスの平均復旧時間を 0.5 倍として復旧を早めた結果を図 3(d)に示す。機能充足度の低下が一段と緩和されていることがわかる。

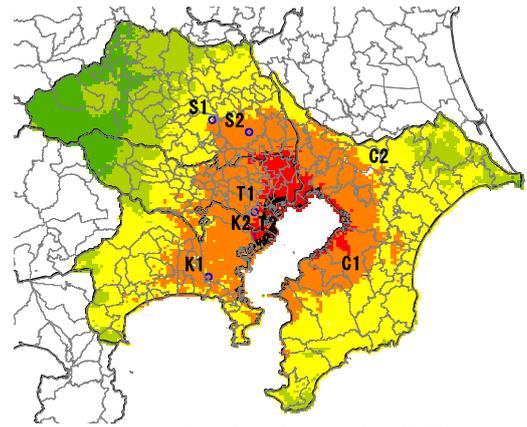


図 1 対象とした 8 病院の位置
(背景は東京湾北部地震による震度分布)

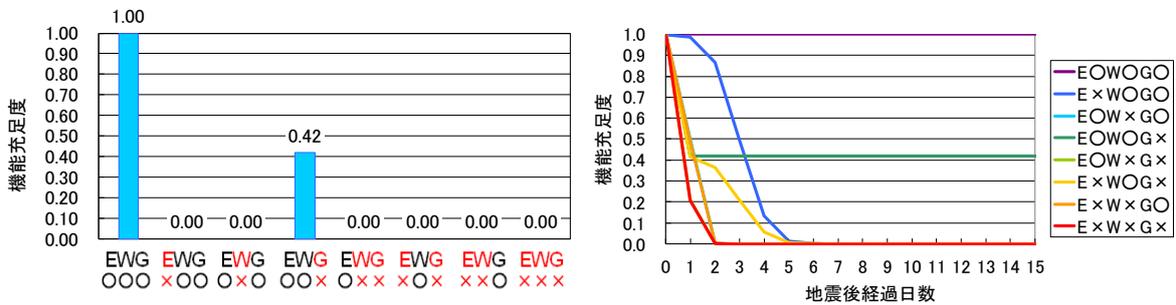


図 2 首都圏の 8 病院におけるライフライン停止パターン別機能充足度

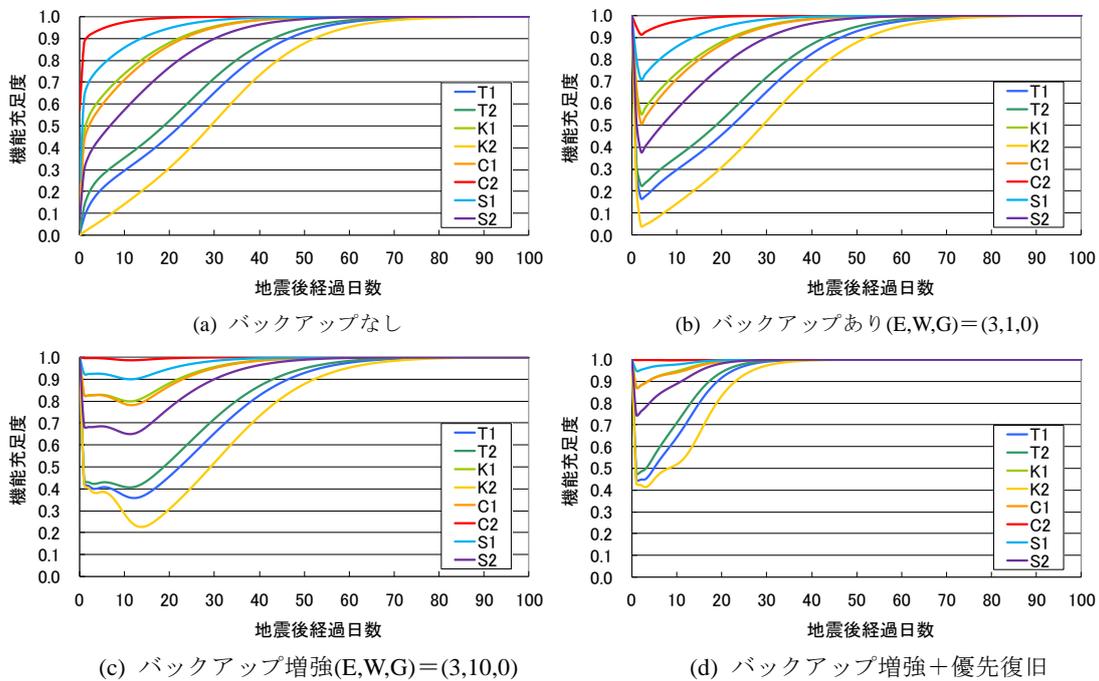


図 3 首都圏の 8 病院における地震時機能充足度の時間関数

謝辞：横浜国立大学 稲垣景子助教には、データ提供と有益なご助言をいただいた。記して謝意を表す。

参考文献：1) 能島暢呂：事業者と利用者の対策効果を考慮した供給系ライフラインの地震時機能停止の影響評価モデル，地域安全学会論文集 No.15, 2011.11, pp.153-162. 2) Inagaki, K. and Sadohara, S: Improvement of Local Ability under Lifeline Disruptions by Construction of Distributed Self-Sustaining Zone, -Based on Research of Disaster Base Hospitals in Tokyo Capital Area-, Journal of Disaster Research (in printing). 3) 能島暢呂：東日本大震災における供給系・通信系ライフラインの復旧概況，地域安全学会梗概集, No.28, pp.97-100, 2011.5.