

商店街における災害時の 住民への食料提供の可能性に関する基礎的研究

横松 宗太¹・小谷 仁務²・伊藤 秀行³

¹正会員 京都大学准教授 防災研究所 巨大災害研究センター (〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)
E-mail: yoko@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

²正会員 東京大学助教 大学院 新領域創成科学研究科 (〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)
E-mail: hitomu.kotani@edu.k.u-tokyo.ac.jp

³正会員 株式会社ピーアイ物流企画 (〒 480-0103 愛知県丹羽郡扶桑町大字柏森字天神 287-2)
E-mail: pi0001@h3.dion.ne.jp

本研究では、防災性能の高いアーケード商店街が、食料備蓄付き災害避難所の機能をもつことを指摘する。災害時において、商店街を構成する食料品店が、売り場に並べられた食料品や在庫ストックを救援の食料として地域住民に提供するとともに、住民がアーケード空間を災害避難所として利用する方策を提案する。地域住民は食料品店のランニングストックを備蓄とすることによって、自宅における個人備蓄を減らすことができる。食料品店にとっては、地元住民がより頻繁に利用するようになれば日常的な利益が増加する可能性がある。本研究では在庫不足と災害到着によって営業が停止する random stopping time モデルを定式化し、提案する方策が地域住民と食料品店にとって誘因整合的となりえるかを定性的に検討する。また、神戸市長田区の商店街を対象に、商店街に店舗在庫として存在する飲食物の量を試算し、それらが何人日分の食料に相当するかを把握する。また、商店街の空き店舗や共有スペースなどの床面積を求め、何人の避難者を受け入れ可能かを明らかにする。

Key Words : Disaster, relief goods, shopping street, grocery, evacuation shelter, probability model

1. はじめに

本研究では、地域住民が、防災性能の高いアーケード商店街を、災害時に食料備蓄付き災害避難所として利用する方策について提案する。地域の商店街の中には、防災性能の高いアーケード空間をもちながら、空き店舗が多いなど、空間が有効に利用されていないケースが見られる。例えば、兵庫県神戸市長田区の大正筋商店街は、阪神・淡路大震災後、耐震性や耐火性の向上を重視した復興事業によって、道幅が広く、地上複数階と地下1階の構造をもつ、近代的なアーケード街となった。しかし2階部分を中心に空き店舗が散見する¹⁾。

一方、災害後の被災地では、多くの人が公園の駐車場で夜を越すなど、大きなスペースが必ず指定外の避難所となって利用されている²⁾。指定避難所の収容人数が十分でなかったり³⁾、指定避難所へのアクセシビリティが悪かったりするためである。そのような指定外避難所が、指定避難所を補完するスペースとして必要であると認識されるようになってきた一方で、指定外避難所までは行政による支援が追い付かないことも指摘されている⁴⁾⁵⁾。指定外避難所では、地域住民がより自立的に避難生活を運営することが求められる。

そのような状況において、防災性能が高い商店街空間の空きスペースは、災害時に避難所として有効に機

能するポテンシャルをもつものと思われる。商店街が様々な業種の店舗により構成されていれば、商店街には多様な商品が存在する。飲食物品に加えて、衣服や寝具、食器、タオル等の生活雑貨などがある場合もある。住民にとって、アーケード商店街はオンサイトで救援物資を得られる避難所となる。

地域住民は商店街のランニングストックを備蓄とすることによって、自宅における備蓄の量を減らすことができる。一方で、民間企業である商店にもメリットがなければならない。なぜならば、とりわけ食料品店にとっては、災害時には帰宅途中の人々を始め、多くの人が店に飲み物や食べ物を買ってくる。むしろ平常時よりも集中的な需要が生まれることが予想される。店の食料品を地域住民に無償で提供することは、客からの収益の機会を犠牲にすることを伴うからである。

近年、企業の社会的責任 (corporate social responsibility) に関する議論が盛んになっている。また、地域貢献によって地元から高い評判を得ることは、長期的な give-and-take を通じて店もリターンを得ることになり、功利的な意味でも合理的な戦略となり得る。その一方で、多くの個人商店や中小規模のスーパーマーケットは、より短期的な視野によって倒産のリスクに対応している。よって、本計画が短期的にも食料品店を利用する可能性が示されれば、計画の実行可能性は高まる

ことになろう。本研究では、住民が日常的に、より頻繁に地元食料品店を利用するようになれば、店の取引規模全体が増大することによって平常時の店の利益が増える、入荷量やストック量が増大することによって、災害時に住民に提供される食料も増える、という直観的シナリオを示すとともに、その可能性をモデル分析によって検証することを目的とする。

さらに本研究では、神戸市長田区の大正筋商店街を対象に調査を行い、現状における当商店街の飲食料品ストックと空きスペースの大きさを定量的に推計する。そして商店街には、潜在的に何人日分の食料がストックされているのか、何人の避難者を受け入れ可能であるのかを試算する。

災害に備えるために、常時3日分の食料をストックする必要性が唱えられている。広域で甚大な被害をもたらす南海トラフ巨大地震に対しては1週間以上の備蓄が望ましいとの指摘もある。十分な備蓄や救援物資ロジスティクスを実践するためのアイデアも多様に示されている。本研究では、これまで住民と自治体、政府の間の協同や連携と比較すると検討が手薄であった、企業主体と住民のコーディネーションによる備蓄の形態を議論するための基礎モデルと一次的調査結果を提供する。

2. 定性的モデル分析

(1) 客の到着と災害の発生

ある地域で営業する食料品店について考える。食料品店は、スーパーでも個人商店でもよいし、八百屋や肉屋などを含んだ、ひとつの商店街を構成する商店の集合でもよい。以下、簡単化のため「店」と表記する。店において、商品を入荷する時間間隔を T とする。時点 $t = 0$ において商品を入荷し、時点 $t = T$ に次の入荷が行われるものとする。また、一度に入荷する食料品の量を Q とする。時点 t における店の食料品ストックを $s(t)$ により表す。なお本モデルでは1種類の財としてモデル化し、商品の多様性については考えない。

一方、買い物客は到着率 λ のポアソン過程に従って到着するものとする。時点 t までに到着して買い物をした客の数を $n(t)$ により表す。また、全ての客が同じだけの量の食料品を購入すると仮定し、一人当たりの購入量を1単位に基準化する。個々の客の購入量を確率変数として扱うことは今後の課題とする。したがって時点 t までに売れた食料品の量は、購入した客の人数 $n(t)$ に一致する。食料品ストックと客数の間に以下の関係が成立する。

$$s(t) = Q - n(t) \quad (1)$$

店は時点 $t = 0$ に Q 人分の商品を入荷する。その後

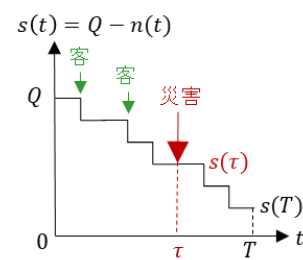


図-1 客の到着と食料品ストックの変化，災害の発生

Q 人が来店し、 $s(t) = 0$ となったところで在庫切れとなる。なお本モデルでは、時点 T 以前に Q 人目の客が食料品を購入した状況を「在庫切れ」、 $Q + 1$ 人目の客が店に到着した状況を「在庫不足」と呼ぶこととする。次節で述べるように、「在庫不足」に陥ると、店に負のインパクトが与えられる。

期間 $(0, T]$ における災害の到着をハザードモデルによって表現する。 $\Psi(t)$ を時点 t までに災害が到着する確率とすると、時点 t までに災害が到着せずに微小時間間隔 $(t, t + dt]$ に災害が発生する確率は次式で与えられる。

$$\mu dt = \frac{\psi(t) dt}{1 - \Psi(t)} \quad \text{where } \psi(t) = \frac{d\Psi(t)}{dt} \quad (2)$$

$\psi(t)$ は $\Psi(t)$ の密度関数である。以下の関係が従う。

$$1 - \Psi(t) = e^{-\mu t} \quad (3)$$

上式は時点 t までに災害が発生しない確率を表す。

(2) 店の期待利益

店が商品を入荷してから次に入荷するまでの期間を1つのサイクルと考える。サイクルは終わり方によって、以下の3つの事象に分類される。

事象 N (Normal)： 時点 0 から時点 T までに在庫不足も災害も発生しない。

事象 L (Lack of stock)： 期間 $(0, T]$ のある時点 τ に在庫不足が発生してサイクルが終了する。それまでに災害は起こらない。営業時間にも関わらず在庫不足によって販売が終了することは評判の低下を招く。よって評判回復のための努力など、追加的な費用 B を要することになる。

事象 D (Disaster)： 期間 $(0, T]$ のある時点 τ に災害が発生してサイクルが終了する。それまでに在庫不足は起こらない。災害発生時点で残っている食料品ストック $s(\tau)$ は、地域住民の避難所の食料として提供される。

確率空間全体を Ω により表すと、事象 N, L, D は以下の関係を満たす。

$$N \cap L = L \cap D = D \cap N = \phi \quad (4a)$$

$$N \cup L \cup D = \Omega \quad (4b)$$

ただし ϕ は空集合を表す。

各事象に関する店の期待利益を W_j ($j = N, L, D$) により表す。事象 N の期待利益 W_N は以下のように構成される。

$$W_N = \Pr\{\delta(T) = 0\} \cdot \sum_{n(T)=0}^Q \frac{(\lambda T)^{n(T)}}{n(T)!} e^{-\lambda T} \cdot V_N(n(T)) \quad (5a)$$

where

$$\Pr\{\delta(T) = 0\} = 1 - \Psi(T) = e^{-\mu T} \quad (5b)$$

$$V_N(n(T)) = n(T) + \varepsilon s(T) \\ = n(T) + \varepsilon(Q - n(T)) \quad (5c)$$

ただし $\Pr\{\cdot\}$ は確率を表す。 $\{\delta(t), t \geq 0\}$ は災害の計数過程であり、 $\delta(t) = 0$ は時点 t までに災害が発生していないことを、 $\delta(t) = 1$ はそれまでに災害が発生していることを意味する。また、 $V_N(n(T))$ はあるサイクルにおいて $n(T)$ の量が売れたときの店の利益を表す。1 単位あたりの食料品の価格を 1 に基準化する。一方、時点 T で残った食料品ストック $s(T)$ は $\varepsilon (< 1)$ の価格によってある特定の業者に買い取られるものと仮定する。次のサイクルで売ることができると考えてもよいが、その場合も、鮮度が下がるため、価格 ε は 1 よりも小さくなる。

事象 L の期待利益 W_L は次式のように表される。

$$W_L = \int_0^T \Pr\{\delta(\tau) = 0\} \cdot \Pr\{s(\tau) = 0\} \cdot \Pr\{dn(\tau) = 1\} \cdot V_L d\tau \quad (6)$$

すなわち時点 τ で在庫不足によって閉店するケースを、 τ に関して積分している。積分の中の 3 つの確率の積は、時点 τ までに災害が発生せずに、時点 τ の期初の時点で在庫切れの状態であり、その期に客が到着して在庫不足が発生する確率を表している。 V_L は事象 L で得られる利益を表す。各項は以下のように与えられる。

$$\Pr\{\delta(\tau) = 0\} = e^{-\mu\tau} \quad (7a)$$

$$\Pr\{s(\tau) = 0\} = \Pr\{n(\tau) = Q\} = \frac{(\lambda\tau)^Q}{Q!} e^{-\lambda\tau} \quad (7b)$$

$$\Pr\{dn(\tau) = 1\} = \lambda d\tau \quad (7c)$$

$$V_L = Q - B \quad (7d)$$

式 (6) は以下のように整理される。

$$W_L = \frac{\lambda^{Q+1}(Q-B)}{Q!} \int_0^T \tau^Q e^{-(\lambda+\mu)\tau} d\tau \quad (8)$$

そして事象 D の期待利益 W_D は次式のように表さ

れる。

$$W_D = \int_0^T \Pr\{\delta(\tau) = 0\} \cdot \Pr\{d\delta(\tau) = 1\} \left[\sum_{n(\tau)=0}^Q \frac{(\lambda\tau)^{n(\tau)}}{n(\tau)!} e^{-\lambda\tau} \cdot V_D(n(\tau)) \right] d\tau \quad (9a)$$

where

$$\Pr\{d\delta(\tau) = 1\} = \mu d\tau \quad (9b)$$

$$V_D(n(\tau)) = n(\tau) \quad (9c)$$

$\Pr\{\delta(\tau) = 0\}$ は式 (7a) に等しい。 $V_D(n(\tau))$ は事象 D で得られる利益であり、 $n(\tau)$ が確率変数であるため確率変数である。

店の期待利益は以下のように表される。

$$EW = W_N + W_L + W_D - p_0 Q \quad (10)$$

p_0 は卸売価格であり、 $p_0 Q$ は入荷費用に相当する。

(3) 災害時のストックの期待値

災害時に店に存在する食料品の量について、事象 D に関する条件付き期待値は以下のように表される。

$$E[s(\tau)|D] \\ = \frac{1}{P(D)} \int_0^T \Pr\{\delta(\tau) = 0\} \cdot \Pr\{d\delta(\tau) = 1\} \cdot \left[\sum_{n(\tau)=0}^Q \frac{(\lambda\tau)^{n(\tau)}}{n(\tau)!} e^{-\lambda\tau} \cdot s(\tau) \right] d\tau \quad (11a)$$

where

$$P(D) = \int_0^T \Pr\{\delta(\tau) = 0\} \cdot \Pr\{s(\tau) \geq 0\} \cdot \Pr\{d\delta(\tau) = 1\} d\tau \quad (11b)$$

$$s(\tau) = Q - n(\tau) \quad (11c)$$

$$\Pr\{s(\tau) \geq 0\} = \Pr\{n(\tau) \leq Q\} \\ = \sum_{n(\tau)=0}^Q \frac{(\lambda\tau)^{n(\tau)}}{n(\tau)!} e^{-\lambda\tau} \quad (11d)$$

$\Pr\{\delta(\tau) = 0\}$ と $\Pr\{d\delta(\tau) = 1\}$ はそれぞれ式 (7a)、(9b) により与えられる。

(4) 住民による備蓄と支出

地域住民の人数を 1 に基準化する。単位時間あたりの店の利用頻度は λ である。一方、住民は地域の外の大型ショッピングセンターにも $\tilde{\lambda}$ の頻度で買い物に出かける。大型ショッピングセンターの方が価格が安く、1 単位当たり $\omega (< 1)$ であるものとする。また住民は自身で h の量の食料備蓄を行う。住民の単位時間あたりの消費水準 u と支出 Γ は以下のように表される。

$$u = \lambda + \tilde{\lambda} \quad (12a)$$

$$\Gamma = \lambda + \omega \tilde{\lambda} + \frac{\omega h}{\theta} \quad (12b)$$

ただし θ は食料備蓄が耐久する時間の長さを表す． θ を越えると買い換える必要がある．また，個人は備蓄用食料を大型ショッピングセンターで購入するものと仮定する．個人備蓄量 h は以下のように決まる．

$$h = H - E[s(\tau)|D] \quad (13)$$

H は災害後の3日間を生存するための食料の量を表している．本方策の導入によって，各個人は $E[s(\tau)|D]$ の量の食料を食料品店にて得ることを期待することができる．よってその分を差し引いた残りの必要量を個人で備蓄しておけばよい．また，消費水準 u の達成が与件であるとき，大型ショッピングセンターにおける買い物の頻度 $\tilde{\lambda}$ は λ の水準に依存する．

$$\tilde{\lambda}(\lambda) = u - \lambda \quad (14)$$

(5) 誘因整合性条件

店が災害時の食料提供に合意するためには，その仕組みの導入によって期待利益が増加する必要がある．一方，住民にとっては，日常的にある一定の消費水準を実現するための支出が減少する必要がある．いま，店は入荷量 Q を決定し，住民は店の利用頻度 λ を決定する．店と住民の間にこの災害時食料協定が成立するためには，両者の誘因が整合的である必要がある．すなわち以下の2つの不等式を満たす (Q^*, λ^*) が存在しなければならない．

$$EW(Q^*, \lambda^*) \geq EW_0(Q_0, \lambda_0) \quad (15a)$$

$$\Gamma(Q^*, \lambda^*) \leq \Gamma_0(Q_0, \lambda_0) \quad (15b)$$

ただし $EW_0(Q_0, \lambda_0)$ と $\Gamma_0(Q_0, \lambda_0)$ はそれぞれ協定が存在しないときの店の期待利益と住民一人の支出を表す．協定が存在しないとき，店は災害が発生してもサイクルが停止しない．すなわち事象 D は起こらない．そのときの期待利益 EW_0 は，2.(2) に示すモデルの，災害に関連する項に $\mu = 0$ を代入することによって得られる．また，個人の支出 Γ_0 は，式 (12b) に $h = H$ を代入することによって与えられる．

(6) 数値計算事例

各パラメータの値を仮定して数値計算を行い，災害時に商店街による食料提供がない場合 (Case 0) と食料提供がある場合 (Case P) の解を比較した．図-2 は Case P における店の期待利益と住民の支出を示す．両者の最適応答反応の構造は Case 0 と Case P の間で同様となる．両ケースにおいて，住民の各 λ の水準に対する店の最適応答は，小さな λ に対しては小さな Q を選び，大きな λ に対しては大きな Q を選ぶというものになる． λ が小さいときに Q を大きくすると在庫が残るリスクが生じ， λ が大きいときに Q を小さくすると在庫切れのリスクが発生するからである．一方，住民の側は， Q の

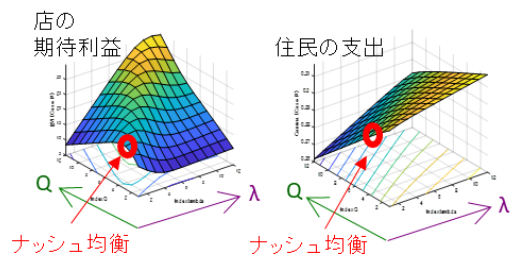


図-2 食料提供がある場合 (Case P) の店の期待利益と住民の支出

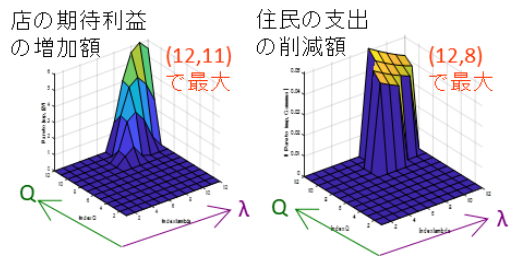


図-3 Case 0 のナッシュ均衡よりも，店と住民がパレート改善する範囲

大きさに関わらず最少の利用頻度 λ を選ぶことが支配戦略となる．ショッピングセンターで買った方が安いからである．さらに Case P では，住民にとっては，商店街の店の在庫をより多く余らせた方が，災害時に利用できる物資が増えるため，ありがたい．以上の戦略選択によって，ナッシュ均衡は小さな Q と，最小の λ の組み合わせとなる．そして，両ケースのナッシュ均衡を比較すると，Case P において住民の支出は下がる（改善）が，店の期待利益も下がる（改悪）．住民の支出減少は，個人備蓄が少なくなる便益を享受する結果である．一方，店の利益の低下は，災害後に商機を失うことに起因している．

したがって，商店街による災害時の食料提供方策の導入のみによっては，住民の商店街利用頻度の増加のインセンティブは生まれない．一方で，Case 0 のナッシュ均衡よりも店と住民がパレート改善する範囲は存在する．図-3 に示すように，入荷量 Q と利用頻度 λ がともに大きい範囲では，Case P において両者の厚生はパレート改善する．しかしその解は自己拘束的ではない．

Case P において，パレート改善を実現するためには，入荷量と利用頻度に関する協定（コミットメント）が必要である．そして，その協定からの逸脱を防ぐためには，「繰り返しゲーム」における懲罰が有効かもしれない．その理論的検証は今後の課題とする．

表-1 試算の結果

業種	食料		飲料
	ライフライン停止時	代替ライフライン利用可能時	
60 店舗の合計	2,404,820 kcal	5,061,080 kcal	4,989 L
人日換算	1,202 人日	2,531 人日	1,663 人日

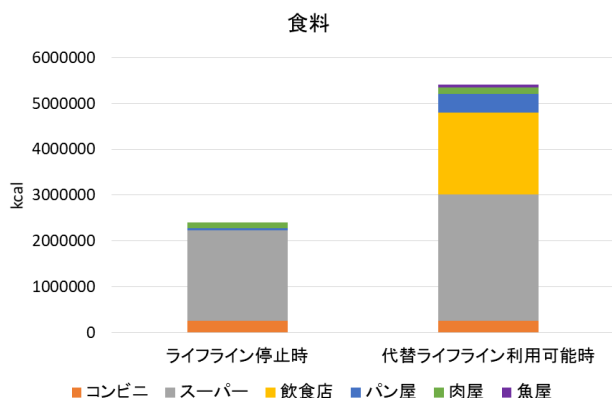


図-4 災害時に商店街で利用可能な食料の総量と提供元の内訳 (単位: kcal)

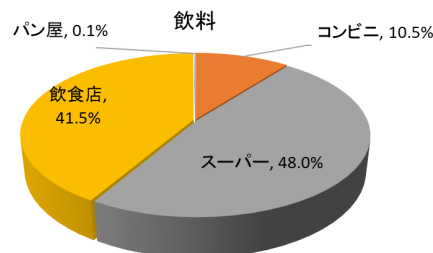


図-5 災害時に商店街で利用可能な飲料の総量と提供元の内訳 (単位: リットル)

3. 神戸市長田区の商店街の調査

神戸市長田区の商店街の一部のエリアを対象に、現状の食料品のストック量と空きスペースの面積を概算する。それによって、本方策のポテンシャルの定量的な把握を試みる。本調査研究には、現地調査の方法や代替的なデータの利用方法、仮定や計算方法等に詳細な内容が存在するが、紙面の制約上、それらの説明は他の機会に行うこととする。本稿では調査や試算の過程の記述を省略して、結果の概要のみを記す。

対象エリアは、JR 新長田駅南部に位置する「大正筋商店街」とする。「大正筋商店街」の厳密な定義等については記載を省略する。また想定避難者は当商店街地域の住民と考える。平成 27 年国勢調査（総務省統計局, 2015）のデータを用いると、想定避難者数は $N = 5,219$ 人となる。

大正筋商店街には 68 軒の食料品店や飲食店が存在する。調査では、それらのうち 9 軒の店舗から回答を得た。回答が得られなかった店舗に関しては、公開されている他のデータに基づいた試算を行った。そして、本事例分析では「八百屋」と「その他」の業種に属する店舗を除いた 60 店舗から飲食料の供給があるシナリオを対象に、商店街が供給可能な食料の総カロリー（単位: kcal）と飲料の総容量（単位: L）を算出した。その際

に、災害時の状況を「ライフライン停止時」と「代替ライフライン利用可能時」の 2 つのケースに分類した。前者では、電気、ガス、水道が全て停止する場合を想定する。一方、後者では、発電機やガスボンベ、井戸水が利用でき、食品の加熱調理が可能となる場合を想定する。対象地域周辺には井戸が存在する。また商店街空間に発電機やガスボンベを備蓄することも考えられる。そのような備えと災害状況によって、後者の分析では加熱調理が必要な食品も利用可能となる。

結果を表-1 に示す。また図-4 と図-5 に提供元の内訳を示す。表-1 の最終行は、供給可能な食料と飲料の総カロリー（単位: kcal）と総容量（単位: L）を、ある原単位を用いて、それぞれ人日換算した値である。災害発生の当日（1 日目）に、ライフライン停止時には 1,202 人分、代替ライフライン利用可能時には 2,531 人分の食料を商店街から提供できる。これは商店街近隣の想定避難者 $N = 5,219$ 人の 1 日の食料の内、それぞれ 23% と 48% を賄えることに相当する。代替ライフライン利用可能時には、ライフライン停止時と比べて、食料の提供量がカロリーベースで約 2.1 倍増加する。

また、大正筋商店街空間には、避難所として利用可能なスペースとして、2 階の空き店舗や地下の共有スペースなどがある。それらの面積を建物平面図から概算したところ、約 $6,900 \text{ m}^2$ の空きスペースが存在することが明らかになった。1 人が滞在するために 3 m^2 の床面積が必要であると仮定すると、そのスペースは約 2,300 人を収容することができることになる。その数は想定

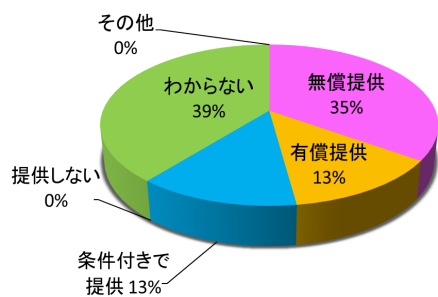


図-6 災害時の住民への商品提供の意思と条件

避難者 $N = 5,219$ 人の 44% に相当する。なお、商店街のアーケード通路や商店街近隣の駐車場でも、風雨を凌げる。よって季節によっては、適切な資材で補完をして安全性等を確保することによって、滞在スペースとして利用できる可能性もある。それらの資材を商店街の共有スペースの一角に保管する等の備えによって、より多くの避難者を収容する案も検討に値する。

4. おわりに

本研究では、商店街を構成する食料品店が、災害時に、売り場に並べられた食料品や在庫ストックを救援の食料として地域住民に提供するとともに、住民がアーケード空間を災害避難所として利用する方策を提案した。また、神戸市長田区の商店街を対象に調査を行い、現時点で商店街に店舗在庫として存在する飲食料の量や空きスペースの面積の試算を行った。

調査では、「商店街の販売商品を避難者へ提供する仕組みが地域で運用されるとすれば、あなたの店舗は提供しますか」という質問も行い、図-6 に示す結果を得た。回答店舗の約 60% が「無償で提供」、「有償で提供」、「条件付きで提供」のいずれかを回答した。「条件付きで提供」の中には、「行政との連携の下での提供であれば」という条件や、「災害発生後の限られた期間での無償提供であれば」という条件を特定する記述もあった。また、調査票の最後の自由意見欄には、「避難所や調理場として店舗を提供しても構わない」という肯定的な意見もいくつか示された。

当地域には、「肯定的な経験」も存在する。阪神淡路大震災直後の断水時に、大正筋商店街の近隣の市場では井戸水が利用できたため、地元住民にその井戸水を分け与えた。そのことが縁となって、現在でもその市場の店を頼りにする客が存在する¹⁰⁾。そこでは、商品の売買にとどまらないコミュニケーションや人間関係も生まれている。

本研究はスタートアップの段階にあり、今後によく

の課題を残す。実践に向けた制度設計は、最終的な課題の一つである。既述のように、本研究では、商店街と住民の双方が経済的に利する仕組みを設計することを目標としている。その一方で、以上のように、店の短期的利潤とは異なる規範によって、地域住民への協力が肯定的な店主が存在する事実は、実践の可能性を希望的にする要素であると思われる。

謝辞 本研究の遂行にあたり、新長田まちづくり株式会社（代表取締役社長 宍田正幸氏）から多大なるご協力をいただきました。アンケート回答店舗には本研究の主旨をご理解いただき、貴重なデータを提供いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 小谷仁務・岩堀卓弥・直田梓・国領優・張詩雨・梶原哲朗・杉山高志・藤田陽介：商店街でのおしゃべりがインフラ 復興から生まれる新しい新長田，土木計画学研究・講演集 公共政策デザインコンペ，Vol.47，2013.
- 2) 毎日新聞：2016 年 5 月 11 日 熊本地震 指定外避難所に 3 万 6000 人 本震翌日，2016a.
- 3) 朝日新聞：2011 年 03 月 21 日 避難所満杯で… 寒さに耐え 30 人車中泊 岩手・大槌町，2011.
- 4) 船越康希・畑山満則：熊本地震を事例とした避難所の同定及び市町村をまたぐ広域避難に関する研究，研究報告情報システムと社会環境 (IS)，Vol.2016，No.14，pp.1-8，2016.
- 5) 毎日新聞：2016 年 04 月 22 日 熊本地震支援，避難所で差 周辺部は食料配給なし 中心部は医療班が常駐，2016b.
- 6) Murthy, D. N. P., and D. G. Nguyen: Study of a Multi-component System with Failure Interaction, European Journal of Operational Research, Vol.21, No.3, pp.330-338, 1985.
- 7) Ross, S.M.:Introduction to Probability Models, Eleventh Edition, Academic Press, 2014.
- 8) Satow, T., and S. Osaki : Optimal Replacement Policies for a Two-unit System with Shock Damage Interaction, Computers & Mathematics with Applications, Vo.46, No.7, pp.1129-1138, 2003.
- 9) Yokomatsu, M., T. Kajihara, H. Ito, and W. Wisetjindawat: Risk-diversified Allocation for Storing of Disaster Relief Goods by Stockpile Sharing Strategy: A Case Study in Japan, the Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, October 9-12, Hong Kong, pp.598-605, 2015.
- 10) 小谷仁務・横松宗太：神戸市長田区の縁日・地藏盆と地域の交流の拡がりに関する調査研究，都市計画報告集，No.14，pp.91-98，2015.

(2018. 6. 29 受付)

A PROBABILITY MODEL OF AVAILABILITY OF FOOD STUFFS IN GROCERY STORES IN LOCAL SHOPPING STREET

Muneta YOKOMATSU, Hitomu KOTANI, and Hideyuki ITO

This study points out that a shopping street with a disaster-proof building has potential for turning into a temporary evacuation shelter for local residents at the time of disaster. We propose a strategy that grocery stores and restaurants in the shopping street provide food and drink, using their inventory stock, and, residents use vacant spaces of the building to stay during the disaster time. Under this agreement, the residents may be able to decrease their personal stocks, and moreover, the stores may enjoy larger profits in a non-disaster time if the residents increase frequency of shopping in those stores in daily life. The study applies the random-stopping-time model, and qualitatively examines the incentive compatibility condition of the residents and the stores. Furthermore, targeting one shopping street in Nagata Ward, Kobe, Japan, the study quantitatively estimates the amount of its stocks of foods and drinks, the area of vacant spaces, and accordingly, the number of evacuees that the street can potentially accommodate.