

商店街における災害時の住民への食料提供と 空きスペースの避難所利用の可能性に関する調査研究： 神戸市長田区の商店街を対象として

The Potential of a Shopping Street to Serve
as a Food Distribution Place and an Evacuation Shelter at the Time of Disaster:
Case Study of Nagata Ward, Kobe, Japan

小谷仁務⁽¹⁾・横松宗太・伊藤秀行⁽²⁾

Hitomu KOTANI⁽¹⁾, Muneta YOKOMATSU and Hideyuki ITO⁽²⁾

(1) 東京大学大学院新領域創成科学研究科

(2) 株式会社ピーアイ物流企画

(1) Graduate School of Frontier Sciences, the University of Tokyo, Japan

(2) P&I Logistics, Japan

Synopsis

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. Targeting Taisho-Suji Shopping Street in Nagata Ward, Kobe, Japan, the study estimates the number of people for which retail stores and restaurants in the shopping street can potentially provide food and drink, using their inventory stock. The study also estimates the number of evacuees that the building can accommodate using its vacant spaces. While 5,200 people are expected to evacuate at the time of disaster in the local community, our survey found that, in the case of power and water supply outage, the total amounts of available food and drink supplied by stores and restaurants would be approximately equivalent to 1,200 and 1,700 person-day, respectively. In another case, in which alternative facilities provide electricity and water, the amount of available food increases to about 2,500 person-day. Moreover, it was found that the building could accommodate approximately 2,300 persons. The study also suggests that, by building stockpiles of food and drink in the vacant spaces, the capacity of accommodating the local evacuees will be further enhanced.

キーワード: 店舗在庫, 避難所, 商店街, 災害救援物資, 神戸市長田区, 調査研究

Keywords: retail-store inventory, evacuation shelter, shopping street, disaster relief goods, Nagata Ward, Kobe, survey analysis

1. はじめに

地域の商店街の中には、防災性能の高い空間を有する商店街がある。その中には、空き店舗の多い

「シャッター商店街」と呼ばれる商店街も増えており、防災性の高い空間が有効に利用されているとは言い難い。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。だが、2階部分を中心に空き店舗が見受けられる (e.g., 小谷ら, 2013)。

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、大きなスペースが自ずと指定外の避難所 (以下、「指定外避難所」と呼ぶ) となって利用されている (e.g., 毎日新聞, 2016a)。指定避難所の収容人数が十分でなかったり (e.g., 朝日新聞, 2011; 船越・畑山, 2016)、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 (e.g., 船越・畑山, 2016; 毎日新聞, 2016b)。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。そういった中で、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ちうる。また、様々な業種の店舗が立地していれば、商店街に多様な商品が多く存在する。そのため、災害直後にその在庫を利用できれば、オンサイトで被災者に供給できうる。つまり、あたかも避難所の中に救援物資の備蓄庫があり、住民はオンサイトで物資を得られるような環境となりえる。

そこで、本研究は、様々な業種の店舗が複数立地し、かつ防災性能が高い空間を有する商店街に着目する。具体的には、本研究では、災害時における商店街の次の二つの機能を定量的に検討する (1) 商店街の小売店や飲食店が在庫 (以下、「店舗在庫」と呼ぶ) として保有する飲料や食料 (以下、「飲食料」と呼ぶ) を、災害直後の救援物資として避難者に供給する機能と (2) 商店街空間の中の空きスペースを用い、飲食料を受け取る避難者を一時的に受け入れる機能である。そのために、調査を行い、商店街に店舗在庫として存在する飲食料の量を試算し、それが何人日分に相当するかを明らかにする。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。本研究では、ケーススタディとして神戸市長田区の商店街を対象とした事例分析を行う。

本提案は災害前の備えの段階でも発現しうる効果をもちうる。例えば、災害時に商店街の飲食料が供給されるため、各家庭の備蓄食料は少なくて済み、賞味期限切れなどによる家庭の備蓄食料の廃棄が減

りうる。さらに、地域住民が本提案を支持すれば、地域住民は、より多くの店舗在庫を地域の商店街に保持しておきたいと考え、商店街での消費量を増やことが経済的でありえる。家庭での備蓄量の削減や商店街の店舗在庫 (消費量) の増加などの経済評価と商店街と住民の連携可能性の検討は今後の課題となる。

災害時の救援物資の供給に関する研究は、ロジスティクスないし交通ネットワークに着目するものが多数を占める (e.g., Horner and Downs, 2010; Horner and Widener, 2011; Widener and Horner, 2011; Ahmadi et al., 2015; Noyan et al., 2015)。一方、救援物資をオンサイトで得られる仕組みに関する研究は多くない。災害時に必要な物資の内、食料供給は、大別すると (1) 自治体による「公的備蓄」と (2) 卸売業者や小売業者による「流通在庫」と (3) 家庭による「家庭内食料在庫」からなされる (e.g., 川島ら, 2009; 高篠, 2012; 樋口, 2012)。「公的備蓄」については、備蓄品の容量計算 (Ito et al., 2015) や備蓄場所、配分計画 (Yokomatsu et al., 2015) などの視点から研究の蓄積が進みつつある。「家庭内食料在庫」については、各家庭の備蓄食料の量 (川島ら, 2009; 吉田ら, 2017) や備蓄行動の規定要因 (川島ら, 2009) の分析がなされている。一方、「流通在庫」については、村尾・岩本 (2005) が、阪神・淡路大震災時、地域の小売店の一つであるコンビニエンスストア (以下、「コンビニ」と呼ぶ) の商品が客や自治体に無料で提供されたことを指摘しており、コンビニの飲料保有量の算出を試みている。ただ、各小売店や飲食店に流通在庫として存在する飲食料の量の把握の研究の蓄積は十分でない。さらに、上記の研究は、各コンビニ店舗の役割に着目するにとどまっている。本研究は、上記同様に「流通在庫」の内の「店舗在庫」に着目するものであるが、商店街のコンビニやスーパーマーケット (以下、「スーパー」と呼ぶ) などの小売店や飲食店の共同によって多様な商品を大規模に供給できる商店街の役割を主張する。

大きな空間をもつ施設の一時的な避難所利用については、例えば、大学 (多賀, 2004) や図書館 (衛藤ら, 2012)、道の駅 (松田ら, 2013; 平野, 2017)、寺院などの宗教施設 (Ansary et al., 2010; 大窪ら, 2011; 後藤ら, 2015; 佐々木・勝又, 2015) の利用可能性が議論されている。商業施設の避難所利用を検討するものもわずかに存在するが、収容可能な面積と人数 (太田ら, 2017) や施設までのアクセシビリティ (Sanuki et al., 2018) を試算するにとどまって

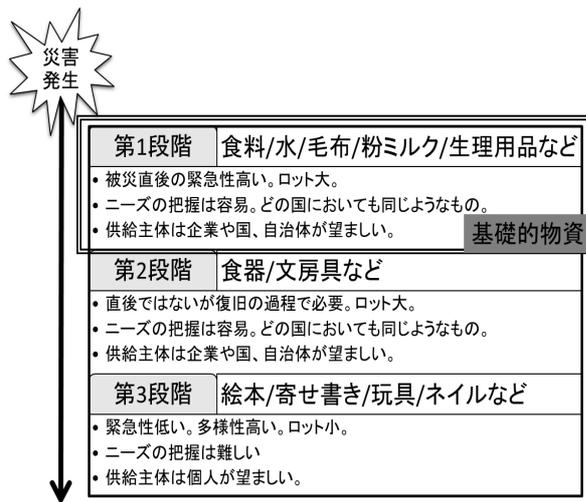


Fig. 1 Change of the evacuees' needs over time

いる。店舗在庫の供給と、避難所としての利用を関連させて考えるものはない。本研究は、災害時において、商店街が避難所のみならず、店舗在庫を供給する拠点としての役割を果たす防災インフラとなりえることを主張する。

以下、2. では、本研究の枠組みを示す。そして、本提案の検討に必要な変数やその算出方法の詳細を示す。3. では、神戸市長田区の商店街を対象とした事例分析を行う。4. では、本研究の結論と今後の課題を述べる。

2. 商店街の在庫供給と避難所利用の検討

2.1 本研究の枠組み

商店街における店舗在庫の供給と一時的な避難所利用について検討するための枠組みを示す。

これまで筆者ら (Kajihara et al., 2016) は、Fig. 1 に示すように、救援物資へのニーズが災害後に時間変化することを指摘してきた。そして、災害から生き延びた人々の生存を確保するために必要な救援物資（以下「基礎的物資」と呼ぶ）を供給する問題を考えてきた (Fig. 1 の第1段階)。特に、基礎的物資が Table 1 の1列目に示す品目で構成されることを示してきた (Ito et al., 2015)。本研究では、商店街の各店舗に在庫として存在する商品を供給することで、基礎的物資の品目の「水」と「食品（ビスケット）」が代替可能であることを主張する。なお、基礎的物資のどの品目を、商店街から供給可能かは対象とする商店街に依存する。また、本研究では、商店街の空き店舗や風雨を凌げる建物内の通路スペースに避難者を受け入れるものとする。

Table 1 List of basic relief goods and recipients

基礎的物資の品目	対象者
毛布	全員
水	全員
食品（ビスケット）	全員
粉ミルク	乳幼児
哺乳瓶	乳幼児
カイロ	乳幼児
生理用品	女性
おむつ	乳幼児，要介護者
便袋	全員
トイレトペーパー	全員
排泄物仮置き場用袋	全員
簡易便座	全員
間仕切り	乳幼児，要介護者

以上の枠組みの下、本研究は、災害時における商店街の店舗在庫の供給能力と避難所としての収容能力を検討する。具体的には以下の2つの内容を分析する。

- I. 商店街に店舗在庫として存在する飲食料の量を算出する。何人日分の飲食料が供給可能か、商店街周辺地域の想定避難者の何割をカバーしうるかを示す。
- II. 避難所として利用可能な商店街空間の床面積を算出する。そして、食料を受け取る人たちの内の何人を収容しうるかを示す。

なお、ケーススタディの最後に、店舗在庫では賄いきれない分の基礎的物資を商店街空きスペースに備蓄することの有効性や、各店舗の協力可能性を示す。これを通じて、今後の拡張や発展の可能性を補足的に検討する。

2.2 必要な変数と算出方法

ここでは、商店街の(1)店舗在庫の飲食料の供給量と(2)避難者の収容人数を検討するために必要な変数と算出方法を述べる。

(1) 店舗在庫の供給能力

商店街に存在する商品によって、基礎的物資の品目の「水」と「食品（ビスケット）」が代替される。店舗在庫として存在する飲食料の量とそれによって賄える人数の調査法と算出方法を示す。

商店街の小売店と飲食店の全店に対して調査を行い、棚卸データの提供を依頼する。そのデータを用い、商店街の各店舗に店舗在庫として存在する飲食料の量を把握する。なお、調査協力が得られずデータの無い店舗については、各小売店あるいは飲食店で得られたデータを基に飲食料の量を推計する。食料については総量をカロリー（単位：kcal）に変換する。災害直後は、一人1日当たり、2,000 kcalのカロリー（厚生労働省, 2011）と3Lの水（Ito et al., 2015）がそれぞれ必要だと考えられている。本研究も、これらの値に従い、商店街に店舗在庫として存在する飲食料によって何人日分を賄えるのかを算出する。また、商店街周辺地域の想定避難者の内、どれだけの割合を賄えるのかも示す。

(2) 避難所としての収容能力

商店街の空き店舗や通路スペースといった、一時的な避難所として利用可能な空きスペースを選定する。空きスペースの床面積を実測や建物平面図によって算出する。避難所では一人当たり 2m^2 から 3m^2 の床面積が必要であると考えられている（e.g., 紅谷・定池, 2011; 古橋, 2013）。よって、本研究では一人当たり 3m^2 の床面積が必要であると考え、店舗在庫の飲食料を受け取る人たちの一時的な避難所としての必要な床面積を算出する。そして、商店街の飲食料が供給される人たち内、何人程を収容できるかを示す。

3. ケーススタディ

ケーススタディとして、Fig. 2において赤色で示すエリア（神戸市長田区のJR新長田駅南部の一部エリア）に含まれる店舗を対象とする。具体的には、震災復興再開発事業によって建設された「アスタくにつか1番館」から「アスタくにつか6番館」までのビル群内の店舗を対象とする。このビル群内に大正筋商店街が存在する。大正筋商店街は、本来、このビル群内の店舗の中で「大正筋商店街振興組合」に加盟する店舗群のみを指すが、以下では、簡単化のため、アスタくにつか1番館から6番館のビル群内の店舗群を単に「大正筋商店街」と呼ぶ。また、同様に、これらビル群内の空間を単に「商店街空間」と呼ぶ。1. で述べたように、このビル群内には、地震や火災の直接的な被害は受けにくく、かつ、避難所として利用可能であると思われる空間が、空き店舗や共有スペースを中心に存在する。

なお、一つのベンチマークとして、Fig. 2において黄色で示すエリアの想定避難者を考える。このエ

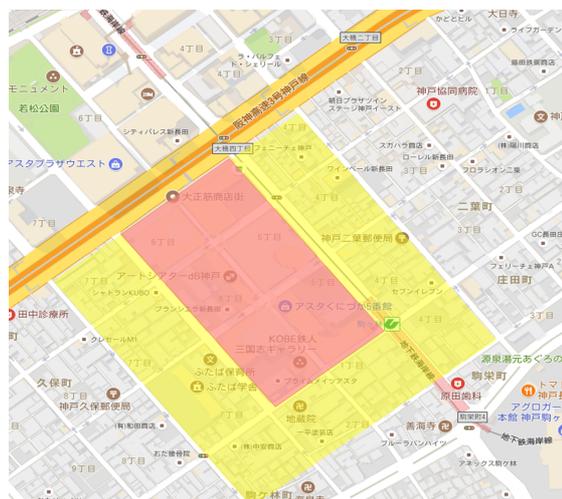


Fig. 2 Target area ©2017 Google, ZENRIN

リアは、神戸市長田区の腕塚町4丁目から7丁目、久保町4丁目から7丁目、二葉町4丁目から7丁目、駒ヶ林町1丁目から3丁目、庄田町4丁目に対応する。ここでは、想定避難者は、対象地域の住民に一致すると考える。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。

3.1 店舗在庫の供給能力

大正筋商店街において、基礎的物資の水と食料を代替する商品をもつと予想される小売店と飲食店の内訳をTable 2の1列目と2列目に示す。これらの店舗に、入荷飲食料の商品名や1回当たりの入荷量、入荷頻度などを問うアンケート調査を実施した。アンケート票は、新長田まちづくり株式会社によって2017年9月28日に訪問配布され、同社によって2017年10月16日に訪問回収された。Table 2の3列目に回収結果を示す。調査結果を踏まえ、本分析では各業種をどう取り扱うかを以下に示す。

肉屋と魚屋とパン屋と飲食店

これらの業種からは回答が得られた。よって、回答が得られた店舗については回答を基に飲食料の供給量を算出する。回答が得られなかった店舗については回答店舗のデータを基に算出する。

コンビニとスーパー

これらの業種からは回答が得られなかった。だが、飲食料の供給において大きな役割を担うと思われる。よって、コンビニやスーパーに関する公開データを代用し、飲食料の供給量を算出する。

Table 2 Variety and the number of shops and restaurants, and the number of samples of the survey

業種	店舗数	アンケート回答店舗数	対応
肉屋	3	2	回答店舗については回答データを用い算出． 無回答店舗については回答店舗の回答データを基に算出．
魚屋	7	1	
パン屋	1	1	
飲食店	46	5	
コンビニ	1	0	様々な公開データを代用し算出．
スーパー	2	0	
八百屋	2	0	今回の分析では考えない．
その他	6	0	
合計	68	9 (回答率：13%)	

八百屋とその他

これらの業種から回答を得ることができなかった．八百屋やその他業種（嗜好品販売店や調味料販売店など）は，他の業種に比べ推計が困難であるため，今回の分析では考えないこととする．これらの業種の推計は今後の課題となる．

したがって，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 店舗からの飲食料の供給を考える．

アンケートの回答を用い，各店舗の平均在庫量を推計し，各業種における飲食料の供給量を求める．なお，平均在庫量の推計に際し，在庫量の時間変化としてロジスティックスの分野で広く使われる鋸歯モデル（Sawtooth model）（e.g., Myerson, 2015; Coyle et al., 2016）を仮定する（Fig. 3）．このモデルでは，各商品の在庫量が毎時一定量消費され，在庫がなくなるタイミングで商品が一定量入荷される．また，安全在庫は存在しないものとする．

供給可能な商品を考える際，本事例分析は(1)「ライフライン停止時」と(2)「代替ライフライン利用可能時」の二つのケースを考える．前者は電気，ガス，水道が全て停止する場合を想定する．後者は発電機やガスポンプ，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．つまり，後者の分析では加熱調理が必要な食品も追加的に供給可能となる．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ポンプを備蓄することも考えられる．後者の分析によって，商店街からの飲食料の供給量の増大効果という観点から，地域の井戸を利用することや発電機やガスポンプを備蓄することの意義を明らかにする．

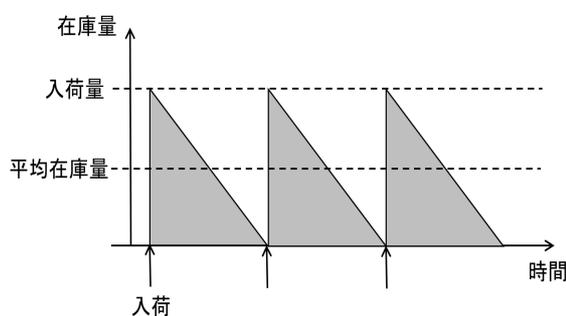


Fig. 3 A sawtooth model of arrival and reduction of inventory stock

まず，食料に関し，業種毎に供給可能な商品およびその平均在庫量とカロリーの算出方法を以下に示す．

肉屋と魚屋

ライフライン停止時には焼豚やハムなどの生食可能な商品が供給可能であると仮定する．一方，代替ライフライン利用可能時には生肉などの生食が困難な商品も調理することによって供給可能になると仮定する．これら商品の平均在庫量とカロリーの算出方法の詳細を付録 1 に示す．

パン屋

ライフライン停止時には陳列商品のみ供給可能であると仮定する．一方，代替ライフライン利用可能時には在庫食材を調理することによって平常通りの商品を供給できるものとする．なお，提供可能な商品は，データの制約上，1日の平均販売数上位 5 位を占める商品に限定する．これら商品の平均在庫量とカロリーの算出方法の詳細を付録 1 に示す．

Table 3 Estimation results

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

飲食店

ライフライン停止時には生食可能な商品はほとんどなく、調理不可能なため供給可能なものは存在しないと仮定する。一方、代替ライフライン利用可能時にはパン屋同様、在庫食材を調理することによって平常通りのメニューを供給できるものとする。なお、提供可能なメニューは、データの制約上、1日の平均販売数上位5位を占めるメニューに限定する。これら商品の平均在庫量とカロリーの算出方法の詳細を付録1に示す。

コンビニとスーパー

ライフライン停止時には、店舗在庫として存在する生食可能な商品がスーパーとコンビニから供給可能であると仮定する。一方、一般的に生肉や生魚などの生鮮品はスーパーには大量に存在するが、コンビニにはほとんど存在しない。よって、代替ライフライン利用可能時には、スーパーに店舗在庫として存在する生鮮品が調理することによって供給可能になると仮定する。換言すれば、代替ライフライン利用可能時にはスーパーのみからの追加的な食料供給を仮定する。これら商品の平均在庫量とカロリーの算出方法の詳細を付録2に示す。

次いで、飲料に関しては、店舗在庫として存在する商品（アルコール飲料を除く）がライフライン停止時でも供給可能であると仮定する。飲料は全ての業種から供給可能であるとする。飲料の平均在庫量の算出方法の詳細を付録1と付録2に示す。

以上の方法を基に、ライフライン停止時と代替ライフライン利用可能時の各場合に商店街から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）を算出する。その結果をTable3に示す。また、Fig.4とFig.5に業種毎の総供給量に占める内訳を示す。Table3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）をそれぞれ人日換算した値である。Table3から

分かる通り、代替ライフライン利用可能時には、ライフライン停止時に比べ、食料の供給量がカロリーとして約2.1倍増加する。

仮に、商店街に店舗在庫として存在する食料を一人に1日分供給するものとする。この場合、Table3より、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供給できる。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。

以上によって、大正筋商店街の災害時における飲食料の供給能力を示した。結果からも分かる通り、発電機やガスボンベの保有や井戸水の利用によって商店街の商品を加熱調理できるようになれば、食料供給の拠点としての商店街のポテンシャルはおおよそ倍増しうる。災害時に商店街からの食料供給が増加すれば、災害から暫く経った後に地元商店街を最優先にしてくれる住民も現れうるだろう。事実、阪神・淡路大震災直後の断水時、大正筋商店街の近隣の市場では井戸水が利用できた為、地元住民にその井戸水を分け与えた。そして、それが縁となり現在でもその市場を最優先にする買い物客が存在する（小谷・横松, 2015）。災害後に最優先の客が増えれば、商店街の収益増加という便益が日常から商店街にもたらされうる。そして、この消費量の増加に伴い商店街の店舗在庫は増加しえ、災害時における商店街の食料供給能力のさらなる増大につながりうる。以上の波及効果も考慮すると、発電機やガスボンベの保有や井戸水の利用を積極的に検討することが肝要だろう。

3.2 避難所としての収容能力

大正筋商店街空間において、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挙げられる。対象とする建物群の共有スペースや空き区画の面積を建物平面図から概算した。結果として、約 $6,900\text{m}^2$ の空きスペースが存在することが分かった。

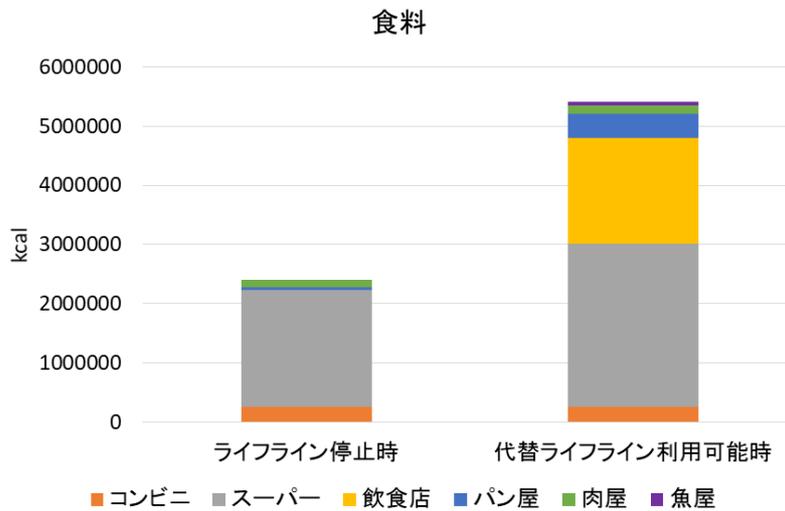


Fig. 4 The total amounts of available food and the breakdown (unit: kcal)

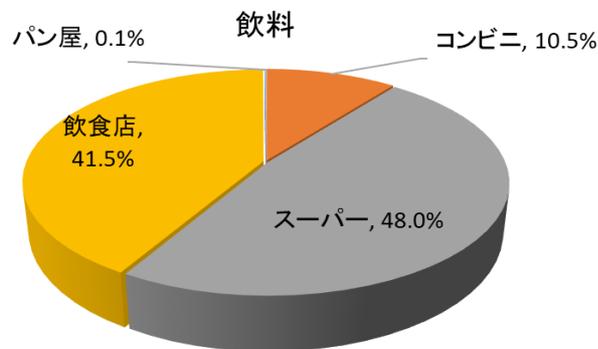


Fig. 5 The total amounts of available drink and the breakdown (unit: liter)

一方、ライフライン停止時には、商店街の食料を供給可能である1,202人を受け入れるのに必要なスペースは3,606m² (= 1,202人 × 3m²/人)となる。これは、商店街空きスペース(6,900m²)を利用することで確保可能である。すなわち、商店街の食料を受け取る全員を受け入れることができる。

代替ライフライン利用可能時には、商店街の食料を供給可能である2,531人を受け入れるのに必要なスペースは7,593m² (= 2,531人 × 3m²/人)となる。これは、商店街空きスペース(6,900m²)を利用することでは確保できない。ただ、2,300人 (= 6,900m² ÷ 3m²/人)、すなわち、飲食料を受け取る人たちの91% (= 2,300人 ÷ 2,531人)を受け入れることはできる。残りの231人 (= 飲食料が供給される人数2,531人 - 商店街に受け入れ可能な人数2,300人)は、商店街建物内の空きスペースではなく、商店街の屋外や近隣施設、自宅等で一時避難することになる。

以上から、大正筋商店街は、商店街の店舗在庫の食料を受け取る人数分の一時避難所としてであれば概ね機能しうることがわかる。つまり、防災性能が高く、空きスペースを多くもつ商店街空間は、指定避難所を補完するスペースとなりうる。これは、商店街の空き区画が有効に利用されることに加え、防災を主たる目的の一つとして作られた空間がその目的に沿った実践の場として利用されることも意味する。なお、本研究では、商店街のビル群(アスタくにつか1番館から6番館)内の空きスペースのみ考えたが、商店街空きスペースにテントや防寒シート等を備蓄すれば、アーケード通路や商店街近隣の駐車場なども風雨を凌げる避難所として利用可能となる。これらの物資を備蓄することで、避難所としての商店街のポテンシャルは増大しえ、避難者の受け入れ可能性も高まるだろう。

3.3 今後の拡張や発展の可能性

ここでは、上述の事項以外にも、今後の発展や拡張の可能性を検討することを目的に（1）店舗在庫では賄いきれない基礎的物資の品目を商店街空きスペースに備蓄することの有効性と（2）各店舗の協力可能性を示す。

（1）商店街空きスペースへの基礎的物資の備蓄可能性

先にも示した通り、ライフライン停止時には、商店街の食料を受け取る避難者を商店街に収容しても、空きスペースはまだ $3,294\text{ m}^2$ （＝空きスペース全面積 $6,900\text{ m}^2$ －店舗在庫を受け取る避難者のための避難スペース面積 $3,606\text{ m}^2$ ）も存在する。この未使用の空きスペースに、店舗在庫では賄いきれない想定避難者分の基礎的物資（Table 1 で示した水や食品（ビスケット）、毛布、粉ミルクなど）を備蓄することを検討する。本事例では、一つのベンチマークとして、全ての想定避難者が三日間生存することを保証する基礎的物資の備蓄を考える。すなわち、店舗在庫の飲食料（1日目の1,202人分の食料と1,663人分の飲料）で代替される分を除き、全想定避難者三日間を賄うための基礎的物資の備蓄の容量と必要床面積を考える。なお、全想定避難者の生存を確保するために何日分の基礎的物資を用意しておくかは、対象とする地域に依存する。

結果として、必要な基礎的物資の総容量は 335 m^3 、この備蓄のために必要な床面積は 167 m^2 であることがわかった。具体的な計算方法は付録3に示している。備蓄のための必要な床面積（ 167 m^2 ）は、商店街の空きスペース面積（ $3,294\text{ m}^2$ ）より十分小さい。つまり、ライフライン停止時には、店舗在庫では賄いきれない分を補う基礎的物資を、商店街空きスペースに備蓄することが十分に可能であるといえる。無論、基礎的物資を空きスペースに備蓄しても、まだ $3,127\text{ m}^2$ （＝ $3,294\text{ m}^2$ － 167 m^2 ）利用可能である。そのため、追加で1,042人（ $3,127\text{ m}^2 \div 3\text{ m}^2/\text{人}$ ）収容できる。以上から、ライフライン停止時を想定して空きスペースに基礎的物資を備蓄することで、想定避難者全員に三日間の食料を供給でき、想定避難者の内2,244人（＝1,202人＋1,042人）を収容できる。この収容人数は、全想定避難者の43%（＝2,244人÷5,219人）に相当する。ライフライン停止時を想定する場合には、基礎的物資の備蓄を併せて検討することの有効性が示唆される。

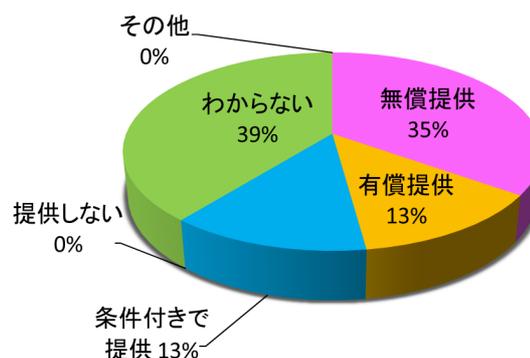


Fig. 6 The breakdown of answers to the question on the possibility of supply of inventory ($n = 23$)

（2）各店舗の協力可能性

商店街からの供給可能な店舗在庫は、供給に協力する店舗が増える程、量や種類が増大しうる。つまり、商店街の店舗在庫による供給の有効性は、各店舗からの協力の上に成り立つ。

そこで、各店舗の協力可能性を調べることを目的に、今回のアンケート調査では、「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」という質問を選択形式で行った。選択項目は、「無償で提供」、「有償で提供」、「条件付きで提供」、「提供しない」、「わからない」、「その他」である。

結果として、Fig. 6に示す内訳を得た。この図から分かる通り、「提供しない」という回答は存在しなかった。一方、回答店舗の内、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ていた。「条件付きで提供」の中には、行政との連携の下での提供や、災害発生後の限られた期間での無償提供であれば、協力可能であるとの回答があった。また、調査票の最後に自由意見を求めたが、その中には、「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がいくつか見られた。したがって、災害時に商品の供給を完全に反対する店舗は存在しない状況や、行政との連携や提供期間の策定などの検討を踏まえれば、今後、各店舗の協力を得られる可能性は十分にあるといえる。

4. おわりに

本研究では、商店街の各店舗に在庫として存在する飲食料を、災害直後において地域住民に供給することを考えた。そして、防災性能が高い商店街空間

を一時避難所として利用することを考えた。これは、住民が災害時に防災性能の高い商店街に避難でき、オンラインで救援物資（店舗在庫）を得られる環境を作り出す提案である。本研究では、この枠組みを示すと共に、この提案を定量的に検討するため、各店舗の在庫量や避難所としての必要床面積を算出する方法を示した。ケーススタディとして神戸市長田区の大正筋商店街を取り上げ、定量的な結果を示した。具体的には、大正筋商店街は、ライフライン停止時には1,202人日分、代替ライフライン利用可能時には2,531人日分の食料を供給可能であることがわかった。上記結果は、商店街が、近隣の想定避難者の1日目の食料の内、それぞれ23%と48%を補う機能があることを示している。また、商店街の食料によって賄える避難者数分の避難所としてであれば概ね利用可能であることがわかった。最後に、ライフライン停止時における基礎的物資の備蓄の有効性や、各店舗からの協力可能性の高さを示した。以上を通じて、地域の商店街が災害時においてオンラインでの飲食料の供給拠点になりえ、避難所としても機能しうる可能性が高いことを示した。

一方、既述の課題に加え、本研究はいくつかの課題を残す。第一に、本研究では回答が得られなかったコンビニとスーパーについては公開データを用いて在庫量の推計を行った。ただし、本分析結果（Fig. 4とFig. 5）が示す通り、コンビニとスーパーが飲食料供給に大きな役割を果たす可能性が高い。今後、これらの店舗に個別調査を実施するなどし、より精緻なデータを集める必要がある。第二に、今後は、避難所の運営方法や店舗在庫の供給方法についても検討しなければならない。

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。本研究は、科学研究費補助金・基盤研究（C）（課題番号：16K06537）の助成を受けて行われました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

朝日新聞（2011）：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。
一般社団法人 新日本スーパーマーケット協会（2013）：2013年版スーパー

マーケット白書 第3章：小売業界、
<http://www.super.or.jp/wpcontent/uploads/2013/02/NSAJhakusho2013-3a.pdf>。
一般社団法人 新日本スーパーマーケット協会（2016）：平成28年スーパーマーケット年次統計調査報告書、
<http://www.super.or.jp/?pageid=4223>。
一般社団法人 日本フランチャイズチェーン協会（2016）：コンビニエンスストア統計調査年間集計（2016年1月から12月）、
<http://www.jfac.or.jp/particle/320.html>。
衛藤廣隆・藤井広志・船倉武夫（2012）：大災害時における地域の公共図書館の役割とその支援体制、千葉科学大学紀要、Vol.5、pp.35-54。
大窪健之・林倫子・伊津野和行・深川良一・里深好文・建山和由・酒匂一成・大岡優（2011）：東日本大震災における地域文化遺産の避難所としての活用実態、歴史都市防災論文集、Vol.5、pp.329-334。
太田葵・稲垣景子・佐土原聡（2017）：商業・業務集積地区における災害時一時滞在空間に関する研究、都市計画報告集、No.16、pp.28-31。
小川進（2005）：セブン-イレブンの事業システム、国民経済雑誌、Vol.191、No.6、pp.87-97。
株式会社 ウィット：あすけんダイエット-栄養士が無料であなたのダイエットをサポート、
<https://www.asken.jp>。
株式会社 栄養計算.com：簡単！栄養 and カロリー計算、
<https://www.eiyoukeisan.com/>。
川島滋和・森田明・樋口貞三（2009）：都市型地震に対する一般家庭の食料の準備行動、フードシステム研究、Vol.16、No.1、pp.1.14-1.24。
経済産業省（2016）：平成28年商業動態統計年報、
http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/syoudou/result/h28_2.html。
厚生労働省（2011）：避難所における食事提供の計画・評価のために当面の目標とする栄養の参照量について（2011年4月21日）、
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001a159img/2r9852000001a29m.pdf>。
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（2013）：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。
小谷仁務・横松宗太（2015）：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。

- 後藤浩・石野和男・玉井信行・竹澤三雄 (2015) : 寺院の津波避難場所としての役割に関する考察, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.71, No.2, pp.I.695-I.700.
- 佐々木健・勝又英明 (2015) : 広域災害時における寺院の利用の実態と緊急避難場所・避難所の指定の意向, 日本建築学会計画系論文集, Vol.80, No.716, pp.2221-2229.
- 総務省統計局 (2015) : 平成 27 年国勢調査, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/>.
- 高篠仁奈 (2012) : 震災時の食料供給と小規模商店の役割, 地域安全学会論文集, No.16, pp.93-100.
- 多賀直恒 (2004) : 都市の防災拠点としての大学キャンパス: 福岡大学の現状と将来構想のためのノート, 福岡大学工学集報, Vol.73, p.121-137.
- 寺嶋正尚 (2010) : わが国スーパーマーケットにおける欠品に関する研究グロサリーカテゴリーを例に, 産業能率大学紀要, Vol.30, No.2, pp.1-15.
- 樋口貞三 (2012) : 異常態フードシステムと民間(家庭)食料備蓄の在り方「備蓄」の意義付け: 「希望資源」として, フードシステム研究, Vol.18, No.3, pp.375-380.
- 平野綾子 (2017) : 道の駅の防災拠点機能, 法政大学大学院デザイン工学研究科紀要, Vol.6.
- 船越康希・畑山満則 (2016) : 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.
- 古橋信彦 (2013) : 東日本大震災 避難と避難所から見えるこれからの防災, 消防防災の科学, No.111.
- 紅谷昇平・定池祐季 (2011) : 東南海, 南海地震における広域避難の可能性と条件, 地域安全学会梗概集, No.28, pp.85-88.
- 毎日新聞 (2016b) : 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.
- 毎日新聞 (2016a) : 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.
- 松田泰明・高田尚人・新井健 (2013) : 災害時の地域貢献からみた道の駅の防災機能向上に有効な方策と課題について, 寒地土木研究所月報, No.723, pp.27-34.
- みんなの料理レシピ: みんなの料理レシピ, <http://recipe.flexpromotion.com/>.
- 村尾修・岩本宜式 (2005) : コンビニエンスストア各社の防災対策とその立地を考慮した川崎市におけるコンビニ寄与度マップの作成, 日本建築学会計画系論文集, Vol.70, No.594, pp.77-84.
- 文部科学省 (2015) : 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂), <http://fooddb.jp/index.html>.
- 吉川国之 (2014) : 業界別の物流事情 コンビニ物流編, FOODS CHANNEL, <https://www.foodsch.com/shokuhin/1410499631610/>.
- 吉田裕実子・大澤脩司・藤生慎・高山純一・中山晶一郎 (2017) : 大規模災害を想定した食料シミュレーション 南海トラフ巨大地震を対象として, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.73, No.4, pp.I.422-I.430.
- Ahmadi, M., Seifi, A. and Tootooni, B. (2015): A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol.75, pp.145-163.
- Ansary, M., Reja, M. and Jahan, I. (2010): Rethinking the public building as post disaster shelters-in the context of Old Dhaka, Proceedings of the 9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering.
- Coyle, J. J., Langley, C. J., Novack, R. A. and Gibson, B. (2016): Supply Chain Management: A Logistics Perspective, Nelson Education.
- Horner, M. W. and Downs, J. A. (2010): Optimizing hurricane disaster relief goods distribution: Model development and application with respect to planning strategies, Disasters, Vol.34, No.3, pp.821-844.
- Horner, M. W. and Widener, M. J. (2011): The effects of transportation network failure on people's accessibility to hurricane disaster relief goods: A modeling approach and application to a Florida case study, Natural Hazards, Vol.59, No.3, pp.1619-1634.
- Ito, H., Wisetjindawat, W. and Yokomatsu, M. (2015): Dealing with relief supplies when shelters are at risk of becoming isolated: Discussion of current Japanese practice, Journal of Natural Disaster Science, Vol.36, No.2, pp.53-61.
- Kajihara, T., Yokomatsu, M., Ito, H. and Wisetjindawat, W. (2016): Inter-ward, risk-diversified allocation model for storing of disaster relief goods, Journal of Natural Disaster

Science, Vol.37, No.1, pp.11-33.

Myerson, P. A. (2015): Supply Chain and Logistics Management Made Easy: Methods and Applications for Planning, Operations, Integration, Control and Improvement, and Network Design, Pearson Education.

Noyan, N., Balcik, B. and Atakan, S. (2015): A stochastic optimization model for designing last mile relief networks, Transportation Science, Vol.50, No.3, pp.1092-1113.

Sanuki, R., Satoh, E., Suzuki, T., Yoshikawa, T. and Maki, N. (2018): Evaluation of the location potential of commercial facilities as a place of refuge: A case study on facilities providing food in the Kii Peninsula, Japan Architectural Review, Vol.1, No.1, pp.118-128.

Widener, M. J. and Horner, M. W. (2011): A hierarchical approach to modeling hurricane disaster relief goods distribution, Journal of Transport Geography, Vol.19, No.4, pp.821-828.

Yokomatsu, M., Kajihara, T., Ito, H. and Wisetjindawat, W. (2015): Risk-diversified allocation for storing of disaster relief goods by stockpile sharing strategy: A case study in Japan, Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), pp.598-605.

付録 1

肉屋，魚屋，パン屋，飲食店に店舗在庫として存在する飲食料の総量の算出方法

肉屋，魚屋，パン屋，飲食店からの飲食料の供給量の算出方法を示す。

1. 1 アンケート回答店舗

まず，アンケート回答店舗について飲食料の供給量の算出方法を示す。

(1) 食料

(a) 肉屋と魚屋

肉屋と魚屋の食料の供給量（単位：kcal）の計算手順は次の通りである。(i) アンケートで回答された各商品が生食可能かどうかを判定する。(ii) 各商品の平均在庫量（単位：kg）を計算する。(iii) 平均在庫量（単位：kg）をカロリー（単位：kcal）に変換する。各ステップの詳細を以下に述べる。

(i) 商品が生食可能かどうかの判定

アンケートでは各店舗に「入荷する商品名」を質問した。ここから各店舗が入荷する商品名がわかる。回答された商品が生食可能であれば，ライフライン停止時でも供給可能な商品とする。そうでなければ，代替ライフライン利用時のみ供給可能な商品とする。例えば，入荷商品として「ハム」が回答されていれば，ハムは生食可能なため，ライフライン停止時でも供給可能な商品と考える。

(ii) 平均在庫量（単位：kg）の計算

アンケートでは (i) で回答された商品の「1 回当たりの入荷量（単位：kg）」を質問した。ここから各商品の 1 回当たりの入荷量 Q kg がわかる。Fig. 3 の鋸歯モデルの下では，平均在庫量は $Q/2$ kg となる。例えば，入荷商品「ハム」の 1 回当たり入荷量が「6 kg」と回答されていれば，平均在庫量は 3 kg となる。

(iii) 平均在庫量（単位：kg）をカロリー（単位：kcal）に変換

食品カロリーを算出するウェブサイトである「食品成分データベース」(文部科学省, 2015)，「簡単! 栄養 and カロリー計算」(株式会社 栄養計算.com)，「みんなの料理レシピ」(みんなの料理レシピ) のいずれかを用い，各商品の平均在庫量 $Q/2$ kg をカロリー（単位：kcal）に変換する。例えば「食品成分データベース」(文部科学省, 2015) によると (ローズ) ハム 100 g 当たり 196kcal である。よって，平均在庫量 3 kg のハムは 5,880 kcal (= 3 kg × 196/0.1 kcal/kg) に相当する。

(b) パン屋

ライフライン停止時におけるパン屋の食料の供給量（単位：kcal）の計算手順は次の通りである。(i) 販売数上位 5 位を占める各商品の平均陳列量（単位：個）を計算する。(ii) 平均陳列量（単位：個）をカロリー（単位：kcal）に変換する。各ステップの詳細を以下に述べる。

(i) 平均陳列量（単位：個）の計算

アンケートでは，各店舗に「販売数上位 5 位の各商品の 1 回当たりの陳列量（単位：個）」を質問した。ここから販売数上位 5 位の各商品の 1 回当たりの陳列量 Q 個がわかる。Fig. 3 の鋸歯モデルの下では，各商品の平均陳列量は $Q/2$ 個となる。ライフライン停止時にはこの平均陳

列量だけ供給可能であるとする。例えば、販売数1位を占める商品が「あんパン」であり、その1回当たり陳列量が「60個」と回答されていれば、あんパンの平均陳列量は30個となり、この分だけ供給可能である。アンケートで回答された上位5位を占める各商品についてこの計算を行う。

(ii) 平均陳列量(単位:個)をカロリー(単位:kcal)に変換

食品カロリーを算出するウェブサイトである「簡単!栄養 and カロリー計算」(株式会社 栄養計算.com)、「あすけんダイエット」(株式会社 ウィット)のいずれかを用い、(i)で求めた各商品の平均陳列量 $Q/2$ 個をカロリー(単位:kcal)に変換する。例えば、「簡単!栄養 and カロリー計算」(株式会社 栄養計算.com)によると、あんパン1個当たり280kcalである。よって、平均陳列量として存在する30個のあんパンは8400kcal(=30個×280kcal/個)に相当すると考える。

一方、代替ライフライン利用可能時におけるパン屋の食料の供給量(単位:kcal)の計算手順は次の通りである。(i) 食材の平均在庫量(単位:人日分)を計算する。(ii) 平均在庫量(単位:人日分)を用いて供給可能な販売数上位5位を占める各商品の量(単位:個)を計算する。(ii) 各商品の量(単位:個)をカロリー(単位:kcal)に変換する。各ステップの詳細を以下に述べる。

(i) 食材の平均在庫量(単位:日分)の計算

アンケートでは、各店舗に「1回当たりおよそ何日分の販売が可能のように食材の仕入れを行っているか」を質問した。ここから、1回当たり Q 日分の販売が可能のように食材が仕入れられていることがわかる。Fig. 3の鋸歯モデルの下では、食材の平均在庫量は $Q/2$ 日分となる。この平均在庫量を使って調理した分の商品だけ、供給が可能であると考え。例えば、1回当たり「4日分」の食材の仕入れがなされていると回答されていれば、平均在庫量は2日分となり、2日分の食材を用いて調理される分の商品が供給可能である。

(ii) 平均在庫量(単位:日分)を用いて供給可能な商品の量(単位:個)の計算

アンケートでは、各店舗に「販売数上位5位を占める各商品の1日当たりの平均販売量(単

位:個)」を質問した。ここから、販売数上位5位を占める各商品の1日当たりの平均販売量 R 個がわかる。したがって、平均在庫量 $Q/2$ 日分の食材を使うと、各商品は $R \cdot Q/2$ 個だけ、代替ライフライン利用可能時に供給可能であると考え。例えば、商品「あんパン」の1日当たりの平均販売量が「100個」と回答されていれば、上記の例の平均在庫量(2日分)の食材を使えば200個だけ製造可能となり、この分だけ代替ライフライン利用可能時には供給可能となると考える。

(iii) 供給可能な商品の量(単位:個)をカロリー(単位:kcal)に変換

食品カロリーを算出するウェブサイトである「簡単!栄養 and カロリー計算」(株式会社 栄養計算.com)、「あすけんダイエット」(株式会社 ウィット)のいずれかを用い、各商品の製造量 $R \cdot Q/2$ 個をカロリー(単位:kcal)に変換する。

(c) 飲食店

アンケートでは、各店舗に、1日の販売数上位5位を占めるメニューの「メニュー名」、「1日当たりの平均販売量(単位:食分)」を質問した。また、1回当たり何日分のメニューが提供可能なように食材の仕入れが行われているかも質問した。得られた回答を用い、代替ライフライン利用可能時において供給可能な平常時のメニューの量(単位:食分)とそのカロリー(単位:kcal)を計算する。算出方法は、先にパン屋で示した方法と同様である。

(2) 飲料

ここでは、飲料の平均在庫量(単位:L)の算出方法を述べる。アンケートでは、各店舗に、入荷する飲料の「各商品名」とその「1回当たりの入荷量(単位:L)」を質問した。ここから入荷する商品名とその1回当たりの入荷量 Q_L がわかる。Fig. 3の鋸歯モデルの下では、各商品の平均在庫量は $Q/2L$ と計算される。例えば、入荷商品の一つとして「ミネラルウォーター」が回答され、その1回当たり入荷量が「6L」と回答されていれば、平均在庫量は3Lとなる。回答された各商品についてこの計算をすることで、各店舗からの供給可能な飲料の容量(単位:L)を算出する。

1.2 アンケート無回答店舗

次に、アンケート無回答店舗について考える。ここでは店舗からの飲食料の供給量は、店舗の区画面

積に応じて大きくなるものと仮定する。この仮定の下、アンケート無回答各店舗から供給可能な食料のカロリー（単位：kcal）と飲料の容量（単位：L）の算出手順を示す。その手順は次の通りである。(i) アンケート回答店舗の結果から各業種の単位面積当たりの食料の平均供給量（単位：kcal/m²）と飲料の平均供給量（単位：L/m²）を計算する。(ii) この結果を基に、無回答店舗の区画面積に応じた、無回答店舗からの食料のカロリー（単位：kcal）と飲料の容量（単位：L）を計算する。各ステップの詳細を以下に述べる。

(i) アンケート回答店舗の結果から各業種の単位面積当たりの食料の平均供給量（単位：kcal/m²）と飲料の平均供給量（単位：L/m²）を計算本分析ではアンケート調査の配布と回収を訪問形式で行ったため、どの店舗が回答店舗で、どの店舗が無回答店舗であるかが分かる。また、建物平面図より各店舗の区画面積も分かる。よって、回答店舗の区画面積は分かる。アンケート回答各店舗の区画面積と付録 1 の 1.1 で求めた各店舗の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）を用い、ライフライン停止時と代替ライフライン利用可能時の各場合について、各回答店舗の「単位面積当たりの食飲料の平均供給量（単位：kcal/m²または L/m²）」を求め、業種毎に各回答店舗の「単位面積当たりの食料の平均供給量（単位：kcal/m²）」と「単位面積当たりの飲料の平均供給量（単位：L/m²）」の平均を計算し、ライフライン停止時と代替ライフライン利用可能時の各場合について、「各業種の単位面積当たりの食料の平均供給量（単位：kcal/m²）」と「各業種の単位面積当たりの飲料の平均供給量（単位：L/m²）」を計算する。今回の調査で得られた「各業種の単位面積当たりの食料の平均供給量（単位：kcal/m²）」と「各業種の単位面積当たりの飲料の平均供給量（単位：L/m²）」を Table 4 に示す。

(ii) 各無回答店舗の区画面積に応じて、無回答店舗の供給可能な食料のカロリー（単位：kcal）と飲料の容量（単位：L）を計算建物平面図より各無回答店舗の区画面積が分かる。各無回答店舗の区画面積と、この無回答店舗が属する業種の単位面積当たりの平均供給量を用い、各無回答店舗の飲食料の供給量を計算する。例えば、無回答である飲食店 A の区画

面積が 100 m² であるとする。Table 4 より飲食店の単位面積当たりの平均供給量は食料について 457 kcal/m²（代替ライフライン利用可能時）、飲料について 0.52 L/m² である。そのため、飲食店 A の食料供給量は 45,700 kcal（= 457 kcal/m² × 100 m²）であり、飲料供給量は 52 L（= 0.52 L/m² × 100 m²）となる。

付 録 2

コンビニとスーパーに店舗在庫として存在する飲食料の総量の算出方法

アンケート無回答であるコンビニとスーパーからの飲食料の供給量については、様々な公開データを用い推計する。ただし、データの制約上、食料については、ライフライン停止時には、コンビニとスーパーから「主食品」（米、パン、麺類など）、「嗜好品」（菓子、デザートなど）の商品カテゴリーに含まれる商品のみが供給可能であるとする。一方、代替ライフライン利用可能時には、スーパーのみから生鮮品である「青果」、「畜産物」、「水産物」の商品カテゴリーに含まれる商品が追加的に供給可能であるとする。他方、飲料については、「清涼飲料」と「乳製品」の商品カテゴリーに含まれる商品のみが供給されるものとする。

以下に、コンビニとスーパーそれぞれについて、各商品カテゴリーに含まれる食料の供給量（単位：kcal）と飲料の供給量（単位：L）を計算する手順を示す。

2. 1 コンビニ

コンビニの食料の供給量（単位：kcal）と飲料の供給量（単位：L）の計算手順は次の通りである。(i) 各商品カテゴリーの 1 回当たりの入荷量（単位：円）と平均在庫量（単位：円）を計算する。(ii) 平均在庫量（単位：円）を数量（単位：個）に変換する。(iii) 数量（単位：個）をカロリー（単位：kcal）または容量（単位：L）に変換する。各ステップの詳細を以下に述べる。

(i) 各商品カテゴリー 1 回当たりの入荷量（単位：円）と平均在庫量（単位：円）の計算

Fig. 3 の鋸歯モデルの下では、各商品カテゴリーの 1 回当たりの入荷量 R 円は、その商品カテゴリーの「入荷 1 サイクル中の消費量」に等しい。本分析では、「入荷 1 サイクル中の消費量」は、「入荷 1 サイクルの時間」と「1 サイクル中の平均来客数（単位：人/1 サイクル時

Table 4 Average amounts of available food and drink (in terms of kilo-calories per floor space) that meat shop, fish shop, and restaurant provide

業種	食料 (kcal/m ²)		飲料 (L/m ²)
	ライフライン停止時	代替ライフライン利用可能時	
肉屋	1,708	1,750	0
魚屋	0	147	0
飲食店	-	457	0.52

Table 5 Data used for estimating the amounts of available food and drink stocked in a convenience store

	主食品	嗜好品	清涼飲料	乳製品
入荷頻度	3回/日	3回/週	3回/週	3回/日
各カテゴリーの代表商品	梅おにぎり	板チョコレート	500ml ミネラルウォーター	200ml 牛乳
代表商品 1個当たりの価格 p 円/個	150	120	130	120
代表商品 1個あたりのカロリー k kcal/個または容量 l L/個	173 kcal/個	279 kcal/個	0.5 L/個	0.2 L/個
カロリーまたは容量	21,455 kcal	212,510 kcal	270,017 L	4,190 L

間)」と「客一人当たりの各商品カテゴリーの平均購入金額(単位:円/人)」の積によって近似できるものとする。各変数の値は以下に示す方法によって求める。

- 「入荷1サイクルの時間」
入荷1サイクルの時間は、各商品カテゴリーの入荷頻度が分かれば計算可能である。本分析では、小川(2005)や吉川(2014)より、入荷頻度をTable 5の2行目に示す通りとする。よって、例えば「主食品」の入荷頻度は「3回/日」であるため、「主食品」の入荷1サイクルの時間は「8時間」となる。
- 「1サイクル中の平均来客数」
1サイクル中の平均来客数は、「コンビニ1店舗当たりの1日の平均来客数(全国平均)」から近似的に計算する。コンビニ1店舗当たりの1日の平均来客数(全国平均)は、「全店舗の年間来客数」÷「全店舗数」÷「365日」によって計算できる。「全店舗の年間来客数」と「全店舗数」の値はコンビニエンスストア統計調査年間集計(2016年1月から12月)(一般社団法人日本フランチャイズチェーン協会, 2016)から入手可能である。

- 「客一人当たりの各商品カテゴリーの平均購入金額」

客一人当たりの商品カテゴリーの平均購入金額を、「平均客単価」と「購入金額の内の飲食料の出費割合」と「飲食料の内の各商品カテゴリーの出費割合」の積によって近似する。各変数の値は以下のよう求める。

- － 「平均客単価」
平均客単価は、コンビニエンスストア統計調査年間集計(2016年1月から12月)(一般社団法人日本フランチャイズチェーン協会, 2016)の「年間平均客単価」によって近似する。
- － 「購入金額の内の飲食料の出費割合」
購入金額の内の飲食料の出費割合は、「全国のコンビニによる『商品販売額とサービス売上高』の合計の内、飲食料の販売額が占める割合」に等しいものとする。また、この飲食料の販売額は、全国のコンビニによる「ファーストフード及び日配品の販売額」と「加工食品の販売額」の和に等しいものとする。全国のコンビニによる「商品販売額とサービス売上高」と「ファーストフード及び日配品の販売額」と「加

工食品の販売額」は、平成 28 年商業動態統計年報（経済産業省, 2016）から入手可能である。

- 「飲食料の内の各商品カテゴリーの出費割合」
2013 年版スーパーマーケット白書（一般社団法人 新日本スーパーマーケット協会, 2013）には、小売業態別一人あたりの食品と飲料の年間購入額のデータがカテゴリー別（「主食」、「調味料」、「加工食品」、「嗜好品」、「嗜好品（飲料）」、「乳飲料」、「清涼飲料」、「アルコール飲料」）に存在する。よって、飲食料の内の各商品カテゴリーの出費割合が計算可能となる。

以上のデータと計算方法により、各商品カテゴリーの 1 回当たりの入荷量 R 円が計算できる。そして、Fig. 3 の鋸歯モデルの下では平均在庫量は $R/2$ 円となる。

- (ii) 平均在庫量（単位：円）を数量（単位：個）に換算

商品カテゴリーの代表的な商品（以下「代表商品」と呼ぶ）を取り上げる。各商品カテゴリーに含まれる各商品の 1 個当たりの価格に大きなばらつきはないものと仮定する。代表商品 1 個当たりの価格 p 円/個を用い、各商品カテゴリーの平均在庫量 $R/2$ 円を代表商品の個数に変換する。つまり、各商品カテゴリーに含まれる商品は合計で $(R/2)/p$ 個となる。本研究では各商品カテゴリーの代表商品とその価格として Table 5 の 3 行目と 4 行目にそれぞれ示す値を用いる。

- (iii) 数量（単位：個）をカロリー（単位：kcal）または容量（単位：L）に換算

各商品カテゴリーに含まれる各商品 1 個当たりのカロリーに大きなばらつきはないものと仮定する。代表商品 1 個当たりのカロリー k kcal/個を用い、各商品カテゴリーの平均在庫量 $(R/2)/p$ 個をカロリー（単位：kcal）に変換する。つまり、各商品カテゴリーに含まれる商品は合計で $((R/2)/p) \cdot k$ kcal となる。同様に、飲料の場合には、代表商品 1 個当たりの容量 l L/個を用い、数量（単位：個）を容量（単位：L）に換算する。なお、代表商品 1 個当たりのカロリー k kcal/個は、食品の成分を算出

するウェブサイトである「簡単！栄養 and カロリー計算」(株式会社 栄養計算.com) の値を用いる。本研究では、各商品カテゴリーの代表商品 1 個当たりのカロリー k kcal/個または容量 l L/個として Table 5 の 5 行目に示す値を用いる。

以上の手順により、コンビニ 1 店舗から供給される「主食品」と「嗜好品」それぞれのカロリー（単位：kcal）と「清涼飲料」と「乳製品」それぞれの容量（単位：L）を計算する。本分析における結果を Table 5 の最終行に示す。

2.2 スーパー

スーパーからの食料の供給量（単位：kcal）と飲料の供給量（単位：L）の計算手順は、コンビニで示した手順とほぼ同じである。異なる点は、(1) 用いるデータが一部異なる点と (2) 代替ライフライン利用可能時には、生鮮品である「青果」、「畜産物」、「水産物」の商品カテゴリーに含まれる商品が追加的に供給可能となる点である。したがって、以下には、コンビニで示した内容に変更があるステップのみ詳細を示す。

- (i) 1 回当たりの入荷量（単位：円）と平均在庫量（単位：円）の計算

- 「入荷 1 サイクルの時間」

各商品カテゴリーの入荷頻度は、寺嶋 (2010) 及び本調査での肉屋と魚屋の回答結果より、Table 6 の 2 行目に示す通りとする。なお、「主食品」については「1 回/日」とし、「嗜好品」と「清涼飲料」と「乳飲料」については Table 5 の 2 行目と同様の値を用いる。

- 「1 サイクル中の平均来客数」

1 サイクル中の平均来客数を、スーパー 1 店舗当たりの 1 日の平均来客数を用いて近似的に計算する。売り場面積に応じた「1 日の来客数（平日）」のデータは平成 28 年スーパーマーケット年次統計調査報告書（一般社団法人 新日本スーパーマーケット協会, 2016）から入手可能である。本分析では区画面積と売り場面積はほぼ同じであると仮定する。建物平面図より商店街の各スーパーの区画面積は分かっている。よって、商店街の各スーパーの区画面積に応じた「1 日の来客数（平日）」

Table 6 Data used for estimating the amounts of available food and drink stocked in a supermarket

	青果	畜産物	水産物
入荷頻度	1回/日	1回/日	1回/日
各カテゴリーの代表商品	キャベツ1玉	牛肩肉1パック(100g)	あじ1尾
代表商品1個当たりの価格 p 円/個	250	400	279
代表商品1個当たりのカロリー k kcal/個	230	201	54

の値が分かり、これによって1サイクル中の来客数を計算する。

● 「客一人当たりの各商品カテゴリーの平均購入金額」

－ 「平均客単価」

平均客単価は、平成28年スーパーマーケット年次統計調査報告書（一般社団法人新日本スーパーマーケット協会、2016）の売り場面積別の「平均客単価（平日）」の値を用いる。

－ 「購入金額の内の飲食料の出費割合」

平成28年スーパーマーケット年次統計調査報告書（一般社団法人新日本スーパーマーケット協会、2016）から、売り場面積別に1店舗当たりの「売上高構成比（平均値）」のデータが入手可能である。売上高の合計の内、飲食料の販売額が占める割合（「非食品」を除いた「一般食品」と「日配品」と「青果」と「畜産物」と「水産物」と「惣菜」の販売額が占める割合）が、購入金額の内の飲食料の出費割合に等しいものとする。

－ 「飲食料の内の各商品カテゴリーの出費割合」

客一人当たりの「青果」と「畜産物」と「水産物」の商品カテゴリーの購入金額は、先述したように、客一人当たりの購入金額の内の「青果」と「畜産物」と「水産物」の商品カテゴリーの出費割合が分かっているため、この割合を用いることで計算可能である。一方、客一人当たりの「主食品」と「嗜好品」と「清涼飲料水」と「乳製品」の各商品カテゴリーの購入金額は「青果」と「畜産物」と「水産物」を除いた残りの購入金額の内、「主食品」と

「嗜好品」と「清涼飲料水」と「乳製品」の各商品カテゴリーが占める割合が分かれば計算可能である。2013年版スーパーマーケット白書（一般社団法人新日本スーパーマーケット協会、2013）には「小売業態別一人当たり食品年間購入額」と「小売業態別一人当たり飲料年間購入額」のデータ、つまりカテゴリー別（「主食」、「調味料」、「加工食品」、「嗜好品」、「嗜好品（飲料）」、「乳飲料」、「清涼飲料」、「アルコール飲料」）の年間購入額のデータが存在する。これにより、「主食品」と「嗜好品」と「清涼飲料水」と「乳製品」の各商品カテゴリーの購入金額の割合がわかり、客一人当たりのこれら商品カテゴリーの購入金額が計算可能である。

(ii) 平均在庫量（単位：円）を数量（単位：個）に換算

「青果」と「畜産物」と「水産物」の各商品カテゴリーの代表商品とその価格を Table 6 の3行目と4行目に示す「主食品」と「嗜好品」と「清涼飲料水」と「乳製品」については Table 5 の3行目と4行目に示すものと同様のものを用いる。

(iii) 数量（単位：個）をカロリー（単位：kcal）または容量（単位：L）に変換

「青果」と「畜産物」と「水産物」の各商品カテゴリーの代表商品の1個当たりのカロリー k kcal/個として Table 6 の5行目に示す値を用いる。「主食品」と「嗜好品」と「清涼飲料水」と「乳製品」については Table 5 の5行目と同様の値を用いる。

以上の手順により、スーパー1店舗から供給される「主食品」、「嗜好品」、「青果」、「畜産物」、「水

産物」のカロリー（単位：kcal）と「清涼飲料」と「乳製品」の総容量（単位：L）を計算する。

付録 3

基礎的物資の備蓄容量と必要床面積の計算方法

基礎的物資の容量と備蓄のための必要床面積の計算方法を示す。

3.1 供給対象者の人数

Table 1 で示した基礎的物資は品目に応じて供給対象者が異なる。よって、基礎的物資の必要量を算出するためには、各品目の供給対象者の人数を算出する必要がある。これまでの筆者らの研究（Ito et al., 2015）を応用し、本研究では、各品目の供給対象者を Table 1 の 2 列目のように設定する。生理用品は女性に供給される。粉ミルクや哺乳瓶、おむつ、間仕切りは 0 歳から 3 歳までの子ども（以下、単純化のため「乳幼児」と呼ぶ）に供給される。おむつと間仕切りは要介護者に供給される。その他の物資は想定避難者全員に供給される。なお、性別に応じて排尿の仕方に差があるため、トイレトーパーと便袋と排泄物仮置き場用袋の必要量には性差がある。そのため、想定避難者数の内の男性の人数の算出も必要となる。以下では、各供給対象者の人数の算出法を述べる。

商店街近隣の対象地域における想定避難者数を N とする。想定避難者の内の男性と女性の人数をそれぞれ N_m , N_f とする。したがって $N = N_m + N_f$ である。 N と N_m と N_f は対象地域における国勢調査データの住民数と男性の人数と女性の人数をそれぞれ用いる。

想定避難者の内の乳幼児と要介護者の人数をそれぞれ N_b , N_c とする。乳幼児の人数 N_b については、国勢調査で「0 歳から 4 歳の人数」が把握され

ているため、その値を近似的に用いる。Ito et al. (2015) に依れば、要介護者数は全国平均では全人口の 0.5% である。そのため、要介護者の人数 N_c は $N_c = N \cdot (0.5/100)$ とし算出できる。

以上の方法を本研究のケーススタディに適用する。ケーススタディにおける具体的な計算では、平成 27 年国勢調査（総務省統計局, 2015）データを用いた。結果として全想定避難者数は $N = 5,219$ となり、男性の人数 $N_m = 2,388$, 女性の人数 $N_f = 2,831$ となった。さらに、乳幼児数 $N_b = 184$ と要介護者数 $N_c = 26$ を得た。

3.2 基礎的物資の容量と必要床面積

各供給対象者を必要日数分だけ賄う基礎的物資の量 $V \text{ m}^3$ を算出する。算出方法は、Ito et al. (2015) に従う。なお、基礎的物資の内、簡易便座の容量計算では、災害時においても利用可能な和式トイレの数が必要となる。災害時に商店街で利用可能な和式トイレの数は対象とする商店街に依存する。

備蓄所の必要面積を $A \text{ m}^2$ とする。Ito et al. (2015) 同様、物資を高さ 2 m まで積み上げるものと考え、 A を $A = V/2$ によって算出する。ただし、物資を積み上げる高さは、空きスペースの天井高や作業員の身長などを考慮して設定されるべきであり、対象とする商店街に依存する。

以上の方法を、本研究のケーススタディに適用する。商店街の店舗在庫による飲食料の供給量を加味し、それでは賄いきれない分の基礎的物資の容量 $V \text{ m}^3$ と備蓄所の必要床面積 $A \text{ m}^2$ を計算する。なお、大正筋商店街での、災害時に利用可能な和式トイレの数を 20 基と仮定した。以上から、基礎的物資の必要容量 $V = 335 \text{ m}^3$ と必要床面積 $A = 167 \text{ m}^2$ を得た。

（論文受理日：2018 年 6 月 13 日）