

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510185

研究課題名(和文)震災時等災害時物流の「見える化」に関する研究

研究課題名(英文)A Study on "Visualization" of the Physical Distributions in case of an Earthquake Disaster etc.

研究代表者

鶴田 三郎 (TSURUTA, SABURO)

東京海洋大学・その他部局等・理事・副学長

研究者番号：30114911

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：震災時には被災地に救援物資が迅速に届けられる必要がある。このためには輸送、保管、荷役等の物流業務に必要な物流情報が各業務を担う作業者に「見える化」されていなければならない。そこで本研究では、救援物資を保管するために必要な集積所における保管面積の推計方法及び救援物資のロケーションの設定方法を立案した。これにより、物流業務を担う作業者に「見せる」べき情報である救援物資のロケーション情報を提示可能とした。

研究成果の概要(英文)：In case of an earthquake disaster, relief goods need to be quickly sent to a stricken area. For this purpose, information required for a physical distribution service must be definitely shown to the operator. So, in this study, I performed the following two examinations. (1) The estimation method of the storage area in a terminal. (2) The setting method of the location of relief goods. And we were able to show the operator the information on the storage place of relief goods.

研究分野：ロジスティクス

キーワード：見える化 物流情報 災害時物流 物流 救援物資 支援物資 緊急物資

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災においては、救援物資が集積所に山積みになっているにもかかわらず、被災地には必要な物資が届かないことが大きな問題となった。段ボール箱の中に何が入っているのか判らない、在庫状況や輸送状況が見えない、被災地で何が必要としているのかが判らない。日本語という制約により外国からの救援物資を受け入れにくい。どの経路で輸送できるのか判らない等、多くの課題が露呈した。効果的な物流は平常時において、生産業においても、販売業においても、また当然物流業においても、重要な課題となっている。

しかしながら、緊急時においても、また緊急時こそ効果的な物流はより重要な課題である。被災者に救援物資を効果的に届けるためには、適切な救援物資が準備され、仕分けや輸配送等の物流サービスが提供され、トラック、船、列車等の輸送配送機器が運行可能であり、そして道路、港、鉄道等の物流基盤が利用可能でなければならない。これら全体が利用可能で、そして物流システムが途切れることなく連続して、初めて救援物資を必要とする人々まで迅速で的確で一貫して提供することが可能となる。物流の現場で、また物流を統括する管理部署において、これらの対応を行うためには、情報の有効利用・効果的利用が不可欠である。

2. 研究の目的

今回の研究は、これまで平常時を対象に進められてきた企業のそして物流の「見える化」を震災時等災害時の物流に適用しようとするものである。しかしながらこれまでの「見える化」は、事例を参考に実施され、的確な情報が選定されている保証もなく、また目的に応じた成果が出ているのか評価されることもなく実施されてきた。この経験ベースの「見える化」を、体系的に利用可能なものとするために、また災害時物流において利用可能なものとするために、記憶が薄れる前に災害時物流について調査を行い「見せる」べき情報を明らかにするとともに、表示方法について検討するものである。

3. 研究の方法

震災時には被災地に救援物資が迅速に届けられる必要がある。このためには輸送、保管、荷役等の物流業務に必要な物流情報が各業務を担う作業者に「見える化」されなければならない。そこで、はじめに東日本大震災における救援物資の物流について調査を行い、「見える化」に関する問題の抽出を行う。

次に、この問題の解決を図るために既存の物流施設の調査をもとに、その問題解決策の検討を実施する。具体的には、次の2つの設定方法を検討するとともに、この設定方法を用いて得られた結果から「見せる」べき情報

の提示方法について検討を行う。

- (1) 集積所における救援物資の保管可能量の推計方法の検討
- (2) 集積所の保管場所における救援物資のロケーションの設定方法の検討

4. 研究成果

(1) 救援物資の必要床面積推計の定式化
集積所で物資が溢れた問題は、集積所において運搬や保管等の作業を適切に行うために必要な床面積を把握できていなかったことが原因の一つとしてあげられる。つまり、必要な床面積や保管可能な救援物資の量に関する情報が「見える化」されていなかった。そこで、救援物資の必要床面積推計の定式化を行った。

集積所における必要床面積は、救援物資を保管するための保管面積と荷役や運搬を行うための荷捌き場の面積、そして通路の面積の合計から求められる(式1)。

$$S_a = S_b + S_n + S_t \text{ ----- 式 1}$$

S_a : 必要床面積
S_b : 保管面積
S_n : 荷捌き面積
S_t : 通路面積

なお、実際の推計式の適用では推計のしやすさを考慮し、荷捌き面積や通路面積が保管面積と相関があることから、次のように推計することとする。

$$S_a = (1+n+t) \cdot S_b \text{ ----- 式 2}$$

$$n = S_n / S_b \text{ ----- 式 3}$$

$$t = S_t / S_b \text{ ----- 式 4}$$

次に、保管面積について説明する。集積所におけるレイアウトを決定するためには、予め基準となるサイズを決定しておくことが望ましい。そこで一次集積所などフォークリフトの活用が出来る場合も想定して、日本で流通している標準パレット(T11型)のサイズを1区画とする。また、集積所における保管効率を考慮し、6区画を一つの保管エリアとして保管面積を推計することとする。

そもそも救援物資を床に保管するために必要な床面積は、次のように推計できる。

$$S_i = \frac{Q_i}{SPE_i} \text{ ----- 式 5}$$

$$Q_i = RQO_i \cdot NVM \cdot P_i \cdot LTM_i \text{ ----- 式 6}$$

S_i : 救援物資 i を保管するのに必要な床面積

Q_i : 救援物資 i の必要な保管量

SPE_i : 救援物資 i の単位面積あたり保管量

RQO_i : 救援物資 i の避難者が1日に必要な量

NVM：集積所が対象とする避難者数

LTM_i：救援物資 i の補充間隔

P_i：救援物資 i を必要とする避難者の割合

そして1区画に1つの救援物資を保管する場合の区画数と必要な保管エリアの数は、次のように計算される。

$$NK_i = \text{ceiling} \left(\frac{S_i}{DVS} \right) \quad \text{----- 式 7}$$

$$NA = \text{ceiling} \left(\frac{\sum_{i \in SI} NK_i}{6} \right) \quad \text{----- 式 8}$$

NK_i：救援物資 i の保管区画数

DVS：1区画の面積

NA：保管エリア数

SI：救援物資の集合

したがって、救援物資の保管面積は次の式で求められ、これにより集積所における必要床面積が推計できる。

$$Sb = DVS \cdot 6 \cdot NA \quad \text{----- 式 9}$$

(2) 救援物資の配置の定式化

(目的関数)

集積場における入出荷時の運搬作業にかかる総作業負荷を最小とするように、救援物資を保管する区画を決定する。

目的関数である総作業負荷は、次の式で求められる。

$$\begin{aligned} \min. TDS = & \alpha \cdot \sum_{i \in SI} \sum_{j \in SJ} L_{i,j} \cdot DSI_j \cdot F_i \cdot W_i \\ & + (1 - \alpha) \cdot \sum_{i \in SI} \sum_{j \in SJ} L_{i,j} \cdot DSO_j \cdot F_i \cdot W_i \end{aligned} \quad \text{----- 式 10}$$

TDS：総作業負荷

：入荷を重視する比率。 $\in [0,1]$

L_{i,j}：救援物資 i の区画 j における保管の有無

DSI_j：入口から区画 j までの往復の移動距離

DSO_j：区画 j から出口までの往復の移動距離

F_i：救援物資 i の1区画あたりの1日の作業頻度

W_i：救援物資 i の作業負荷係数

SI：救援物資の集合

SJ：区画の集合

次に、作業負荷係数 (W) を重さによる運搬や荷役時間の変化を参考に定める事とし、作業頻度 (F) を次の式から求める。

$$F_i = \frac{RQO_i \cdot NVM \cdot P_i}{HLG_i \cdot NK_i} \quad \text{----- 式 11}$$

F_i：救援物資 i の1区画あたりの1日の作業頻度

HLG_i：救援物資 i を作業者が一度に運べる量 (制約条件)

$$\sum_{j \in SJ} L_{i,j} = NK_i \quad \forall i \in SI$$

$$\sum_{i \in SI} L_{i,j} \leq 1 \quad \forall j \in SJ$$

$$L_{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i \in SI, \forall j \in SJ$$

なお、救援物資毎の保管区画数は、救援物資毎の補充間隔から求められる必要な保管量を、救援物資毎の単位面積あたりの保管量で除することで求めることができる。

(3) 集積場における救援物資の必要床面積と配置例

救援物資の必要床面積を推計した結果を表1と表2に示す。表1から集積所における運搬等の作業を効率よく行うためには、非常に広い床面積を確保する必要があることが分かる。今回の例では、救援物資を保管する床面積の4.1倍もの床面積が必要である。

次に、救援物資の配置結果を図1に示す。図中の「水」や「米」等の記号は、表2に示す各救援物資を表す記号である。

(4) 活用例

各自治体は想定される震災毎の避難者数から確保すべき必要床面積が分かり、集積所の確保が十分か事前の検討が可能となる。また、震災発生時は各集積所において取扱可能な救援物資の量が分かるため、各集積所における在庫量を見ながら過剰に救援物資を供給することがないように調整することが可能となる。

小学校や体育館のような集積所として使用される施設に、事前に救援物資の配置図を配付しておくことで、保管場所などを逐次相

談する必要が無く、震災時の作業指示を迅速に行えるようになる。

表1 救援物資の必要床面積(単位：m²)

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| Sb | Sn | St | Sa |
| 87.1 | 130.7 | 139.4 | 357.2 |

表2 救援物資別の計算結果

| 大分類 | 品目 | 中分類 | 記号 | Q | S | NK | F | |
|-------------|--------------|------------|------|-------|----------------|-------|------------|-------|
| | | | | | m ² | 区画 | 回/(1区画・1日) | |
| 飲料 | 飲料水(2L) | 水 | 水 | 14400 | 本 | 44.44 | 37 | 16.22 |
| | | | | 10800 | 個 | 3.60 | 3 | 36.00 |
| 食器類 | 紙コップ | コップ | 紙コップ | 14630 | 個 | 0.24 | 1 | 3.66 |
| | | | | 10800 | 個 | 0.40 | 1 | 5.40 |
| | | | | 10800 | 個 | 0.16 | 1 | 1.80 |
| トイレ | 簡易トイレ(目隠し付) | 簡易トイレ用薬劑・袋 | トイレ | 20 | 台 | 1.11 | 1 | 20.00 |
| | | | | 18000 | 個 | 4.80 | 4 | 30.00 |
| | | | | 396 | ロール | 0.49 | 1 | 8.28 |
| 保温用品 | 使い捨てカイロ | カイロ | カイロ | 3600 | 個 | 0.63 | 1 | 15.00 |
| | | | | 2400 | 枚 | 17.14 | 15 | 16.00 |
| 女性用品 | 生理用品 | 生理用 | 生理用 | 1296 | 枚 | 0.04 | 1 | 0.25 |
| | | | | 3888 | 枚 | 0.03 | 1 | 1.35 |
| 幼児用品 | 幼児用おむつ | おむつ | おむつ | 626 | 枚 | 0.11 | 1 | 2.70 |
| | | | | 3744 | g | 0.02 | 1 | 0.22 |
| | | | | 626 | 枚 | 0.03 | 1 | 0.22 |
| 要介護者・高齢者等用品 | 介護用おむつ(パンツ型) | 介護用 | 介護用 | 108 | 枚 | 0.05 | 1 | 1.35 |
| | | | | 324 | 枚 | 0.04 | 1 | 0.68 |

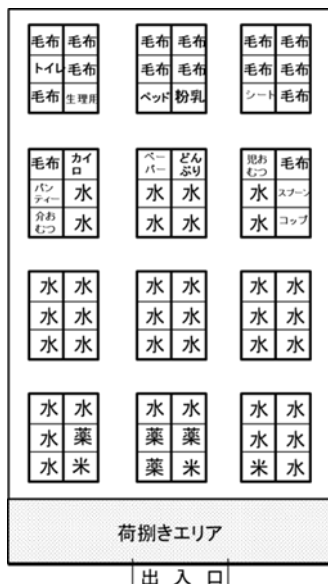


図1 救援物資の配置結果

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)
趙潔;黒川久幸,"集積所における救援

物資の必要床面積と配置決定に関する研究",日本物流学会誌,No.23,2015.5
柯晟劼;趙潔;黒川久幸;麻生敏正,"作業工数から見たコンベヤを用いたピッキングの選択に関する研究",日本物流学会誌,No.22;pp.205-212,2014.5
趙潔;柯晟劼;黒川久幸;麻生敏正,"バッチピッキングにおけるピッキング場レイアウトの設計に関する研究",日本物流学会誌,No.22;pp.197-204,2014.5
柯晟劼;趙潔;黒川久幸;麻生敏正,"注文データに基づくピッキング方式の選定に関する研究",日本物流学会誌,No.21;pp.151-158,2013.5

〔学会発表〕(計5件)
趙潔;黒川久幸,"出入口の位置関係を考慮した集積場における救援物資の配置に関する研究",日本物流学会全国大会研究報告集,No.31;pp.141-144,2014年9月
Shengjie KE;Hisayuki KUROKAWA,"A Study on Selection of Order-picking Directive Methods and Equipment Based on Order-data",The 5th International Conference on Transportation and Logistics (T.LOG 2014), July 28-30, 2014,Bangkok, Thailand
蔣国慶;黒川久幸;鶴田三郎,"災害時における集積所の物資配置方法に関する研究",日本物流学会全国大会研究報告集,No.30;pp.211-214,2013年9月
柯晟劼;趙潔;黒川久幸;麻生敏正,"注文データの規模に基づくピッキング方式と設備の選択に関する研究",日本物流学会全国大会研究報告集,No.30;pp.223-226,2013年9月
趙潔;柯晟劼;黒川久幸;麻生敏正,"注文データに基づくピッキング場レイアウトの設計に関する研究",日本物流学会全国大会研究報告集,No.30;pp.219-222,2013年9月

〔その他〕
ホームページ等
<http://lse6.u.e.kaiyodai.ac.jp/>

6. 研究組織
- (1)研究代表者
鶴田 三郎 (TSURUTA, Saburo)
東京海洋大学・理事・副学長
研究者番号：30114911
- (2)研究分担者
黒川 久幸 (KUROKAWA, Hisayuki)
東京海洋大学・大学院海洋科学技術研究科・教授
研究者番号：50282885