

# 東日本大震災時の救援物資ニーズの発生順序の分析

東日本大震災では、被災地の人的資源の不足や通信手段の途絶により被災地の救援物資のニーズ情報が被災地外の物資提供者へ正しく伝わらなかった。そのため、被災地のニーズと被災地に送られる救援物資の間に不一致が生まれ、必要な物資が届かなかったことに加えて、被災自治体において不要な物資の仕分け、保管作業が必要になるという問題が発生した。本研究では避難所から出された救援物資の要望書を用い、救援物資ニーズの時間的変化を分析する。その結果を物資間の前後関係を反映する物資リストにまとめて、次回以降の震災時における物資提供者の物資発送の決定に活かすことを目的とする。

キーワード | 救援物資, 被災地支援

奥村 誠

OKUMURA, Makoto

博(工) 東北大学災害科学国際研究所教授

ブンボン 健人

BUNPHONG, Kento

東北大学大学院工学研究科博士前期課程

大窪和明

OKUBO, Kazuaki

博(学術) 東北大学東北アジア研究センター助教

## 1—はじめに

ここではまず、東日本大震災での救援物資輸送において救援物資と被災地ニーズの不一致が生じていたことを示す。それを踏まえて本研究で行う救援物資ニーズの分析が果たす役割を述べる。

### 1.1 救援物資と被災地ニーズの不一致

東日本大震災では宮城・岩手・福島の東北3県を中心に甚大な被害を受けたため、これらの被災地に対して多くの救援物資が、[被災地外(物資供給者)]→[一次集積拠点(県)]→[二次集積拠点(市町村)]→[避難所]といった流れで届けられた。災害対策基本法では、救援物資の調達は市町村の責務であり、単独での実行が不可能な場合に、市町村長の要請を受けて都道府県知事が調達することが規定されていた。本震災では市町村庁舎や職員の被災、通信手段の途絶のために、市町村が必要な物資の発注や県への要望を行うことが困難であったため、政府の災害対策本部内に設けられた救援物資専門チームや被災地外の企業・NPOなどの物資供給者が、被災地でのニーズを想像して物資調達と被災自治体に向けた発送を行うことになった。

その際、被災地の人的資源の不足や通信手段の途絶により、宮城・岩手・福島県(東北三県)などの被災地のニーズ情報が関西地方などの被災地外の物資提供者へ正しく伝わらなかったため、時々刻々と変化する被災地ニーズと実際に被災地に送られてくる救援物資の間に不一致が

生じることとなった。例えば、宮城県では2011年3月27日時点で在庫として水、茶などの飲み物6万箱、毛布8万枚が余る一方で、長期化した避難所生活に伴い生じた衣類や靴、食器、シャンプー、掃除用具などの要望に答えきれていなかった<sup>1)</sup>。

このような被災地ニーズと発送された救援物資との不一致が生じた結果、避難所に本当に必要なものが届かないだけでなく、被災自治体では大量に届いた不要な物資の仕分け、保管作業が必要になるなどの問題が発生した。

### 1.2 迅速な被災地支援のための救援物資供給体制

今後発生が予想される震災においても、特に深刻な被害を受けて迅速な支援を必要とする被災地内(本震災では例えば、東北三県)からの情報が被災地外(本震災では例えば、関西地方)に伝わらない危険性が高い。そのため、被災地からのニーズ情報を待つのではなく、被災地外で発送すべき物資を選ぶ「プッシュ型」の供給体制をとることが必要である。2012年6月20日には災害対策基本法が改正され、都道府県や国は、被災市町村からの要請を待たずに自らの判断で救援物資を供給できるという規定が設けられた。プッシュ型の供給を行う際には、多くの物資候補の中から被災地で必要とされている物資を適切に選択しなければならない。この際「A→B→Cの順で物資が必要になる」といった物資ニーズの順序に関する情報を社会の認識として共有しておけば、被災地外で発送すべき物資を決める手助けとなる。

また通信手段が確保でき、被災地内外でやり取りが交

わせる段階になれば、「被災地ではグループBの物資が不足しているがグループCの物資はまだ不要である」というような形で簡潔にニーズを伝えるためのコミュニケーションツールとして活用でき、「プッシュ型」から「プル型」へ早期に移行するための手助けとなる。

本研究では「宮城県仙台市の各避難所からの必要(=不足)物資に関する要望書」(以下、仙台市の避難所要望書)を「被災地からのニーズ」を代表するデータと考え、このデータを用いて救援物資ニーズの発生順序を反映したリストを作成することを目指す。(この理由及び、データの詳細については2.1節で述べる)。

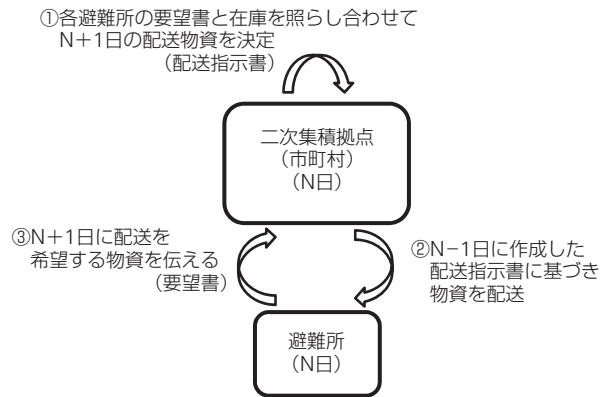
そのためにまず考えられる方法は、「各物資が平均して発災後何日目から要望されるか」といった日数の平均値に基づいて順序を付けることであるが、避難所ごとに要望される日数が大きく異なり、うまく順序が抽出できない(2.4節)。そこで本研究では、多くの避難所で共通して現れる物資ニーズの前後関係を要望書から抜き出して、順序付けを行うこととした(3章)。

## 2——仙台市の避難所要望書について

まず2.1節では本研究で使用する要望書の内容について述べ、続く2.2節では要望書の分析を行うための前処理として、自由記述で要望書に記載されている物資を一定のルールに従って分類する。2.3節では仙台市の各区における物資の要望のされ方を比較し、以後の分析対象とする2つの地域を選定する。そして2.4節では物資が要望される日数の平均値を用いた物資ニーズの順序付けを行いその問題点について述べる。

### 2.1 宮城県仙台市での救援物資供給体制と仙台市の避難所要望書

被災地における物資供給の仕組みに関しては、『支援物資物流システムの基本的な考え方』に関するアドバイザー会議<sup>2)</sup>報告書<sup>2)</sup>が詳しい。宮城県仙台市では発災後数日が経過して自治体の機能が回復してくると、宮城県消防学校に物資を収集し、ここを物資拠点(二次集積拠点)として各避難所へ物資の配送を行うようになった。その際の二次集積拠点と各避難所の間で行われたやりとりを図一1に示す。この中で、避難所が仙台市に翌日の配送希望物資を伝える際(③)に使われたシートが避難所要望書である。当初はありあわせの紙に手書きで要望が書かれていたが、3月16日ごろには市側で避難所名、避難人数、要望書の記入日のほか、必要な物資と数量を記入する枠を印刷した用紙が作られ、物資配送時(②)に翌日分を回収するようになった。3月21日ごろから、多くの避難所からの要望に共通する物資をあらかじめ印刷した用紙



■図一1 物資拠点と避難所のやり取り

が使われるようになり、その物資名も4月初めに見直しがなされた。

本研究ではこの「避難所要望書」を「被災地ニーズ」を代表するものと考え分析を行っていく。ここで救援物資「ニーズ」とは、被災者が被災生活を送る上で必要とされた物資の全貌を表現していることが理想であるが、「避難所要望書」は「ニーズ」と被災地の「ストック」((イ)避難所の備蓄、(ロ)避難者が自宅から持ち込んだ物資、(ハ)仙台市を介せず(要望を受けずに)直接避難所に運ばれた物資、など)との差分として表れるものである。しかし、本震災での避難生活が長期に及んだことを考えると、(イ)(ロ)の影響は要望物資量に対して十分に小さいと考えられる。また、不要な物資が避難所の保管場所を圧迫していたことを考えると、今後は「不要な物資を送らない」ことが重要であり、不要な物資を含む(ハ)の影響は考えずに、その時々確実に必要であった「『不足分』としての『要望』物資」をニーズとして考えても差し支えないと考えられる。

本稿ではこの「避難所要望書」について、仙台市から提供していただいた2011年3月16日～4月23日のものを用いる。ここで「物資量」については、未記入が多いことと、単位の統一が困難なこと、「避難人数」については未記入の避難所が多いことから、本研究ではこれらのデータについては扱わない。

ここで、N日のS避難所の要望書情報とは、N+1日の配送希望物資(以下、要望物資と呼ぶ)としてS避難所が希望した物資の集合を意味するものとする。

市の物資配送の担当者は各避難所から得た要望書(図一1③)の要望を最大限満たすように、各避難所への翌日の配送物資を在庫物資から決定する(図一1①)とともに、一次集積所(県)に対して必要物資の要望(発注)を行っていた。

### 2.2 要望書分析のためのデータの前処理

2.1節で述べたように、発災当初は各々の避難所が手書

きで要望書を記入していたため物資名が統一的なルールに従って記述されていない。例えば記述の中には『バナナが欲しい』と具体的な物資名を挙げているものもあれば、『果物が欲しい』と果物全般に言及している場合もある。これらの記述を別の物資の要望として扱うことは適切でないため、一定のルールに従ってこれらの物資を分類する必要がある。そこで本研究では、以下の①②の条件を最低限満たすように要望物資の分類を行った後、③の条件も加味してデータの前処理を行う。その結果として得られた分類を表一1に示す。なお仙台市において要望書の提出履歴がある避難所は188か所存在し、表一1では要望した避難所数(要望避難所数)が31以上の物資分類(以後、この「物資分類」名のことを要望物資と呼ぶ)について示している。

条件① 使用目的が一致している物資は同一分類とする  
 例。「バナナ」「ミカン」は震災時には「果物」として互いにそれほど区別なく需要(要望)されていたと考え、同分類「果物」に属する物資として扱うことにする。

条件② 使用条件が一致している物資を同一分類とする  
 例。「包装米飯;パックごはん」「アルファ米」は、ともにコメを用いた主食であるが、前者は電子レンジや湯煎による加熱が必要で、停電等により多くの地域で食することが困難であった。一方、後者は水を加えて柔らかくするだけで食することができる。このことから、使用条件が異なる「パックごはん」と「アルファ米」は別の物資として分類する。

条件③ 複数の分類にまたがるような記述をされた場合、その全ての分類に属するとみなす

例。例えば「単一電池」「単二電池」「単三電池」「単四電池」はそれぞれ用途が異なるため別分類としている。そのため「電池」と記載されている場合は、「単一電池」「単二電池」「単三電池」「単四電池」のそれぞれが1回ずつ要望されたとカウントすることにする。

### 2.3 仙台市における分析地域の選定

ここでは地域による要望物資の違いをみるために、表一1で挙げた分類のうち要望避難所数が60以上の物資について、これらの物資の仙台市の各区における要望避難所数とそれを降順に並べた際の順位を調べた。その結果を表一2(a)にまとめる。実際には、避難所毎に避難している人数は異なるため、その大小に依って各避難所の1つの「要望」がもつ重みを考慮すべきであるが、避難人数及びそれに準ずる情報を全ての避難所で網羅的に把握できないことから今回は考慮しない。

■表一1 物資の分類とその物資例

要望避難所数	分類名	物資例
143	水	
140	カップ麺	カップラーメン、カップ焼きそば、「カップメン」
128	おむつ	大人用おむつ、子供用おむつ
125	果物	バナナ、ミカン、「果物」
123	パン(主食)	食パン、「パン」
122	米	
122	カセットボンベ	
117	菓子	「菓子」
111	消毒液	アルコール消毒液
110	アルファ米	
105	トイレトペーパー	
100	生理用品	ナプキン、「生理用品」
98	カンパン	カンパン、備蓄用パン
98	寝具	毛布、シーツ、枕
97	マスク	
92	ジュース	{トマト、りんご、キャロット}ジュース
92	カセットコンロ	
91	単一電池	
88	サランラップ	
83	カイロ	
79	粉ミルク	
78	肌着(女)	下着、シャツ、パンツ、ブラジャー
78	ゴム手袋	
76	肌着(男)	下着、シャツ、パンツ
72	使い捨て食器	紙食器、発砲スチロール食器
70	おかず	「おかずになる缶詰」「おかず」
66	灯油	
63	ウェットシート	ウェットティッシュ、おしりふき
61	レトルト食品	レトルトカレー、レトルト牛丼
60	ガムテープ	
59	スープ	カップみそ汁、わかめスープ、卵スープ
58	上着	ジャージ、スウェット、トレーナー、セーター、ズボン
57	靴下	
56	紙パック茶	お茶(ペット)、お茶(2L)
54	使い捨て手袋	ビニール手袋、プラスチック手袋
54	使い捨て袋	ごみ袋、ビニール袋
50	食器	
48	箸など	はし、スプーン、フォーク
44	単三電池	
43	ふりかけ類	ふりかけ、梅干し、漬物
43	パックご飯	
42	肉(おかず)	ハム、ソーセージ、ベーコン
38	単二電池	
38	ティッシュペーパー	
37	みそ	
36	牛乳	牛乳、ロングライフミルク
36	石鹸	ボディソープ、ハンドソープ
35	食器洗剤	
34	野菜	「野菜」
33	タオル	フェイスタオル、ハンドタオル、バスタオル
32	しょうゆ	
31	ガンリン	

また区毎に存在した避難所数は大きく異なり、要望避難所数での比較が難しいため、要望避難所数の区毎で降順に並べた順位を用いて各区相互の比較を行う。表一2

(a)の網掛け部分は、区内における順位が仙台市全体における順位よりも5番以上上位である物資を表しており、各区における「特徴的な物資」であるといえる。表—2(a)において異なる区で共通して「特徴的な物資」となっている物資の数を表—2(b)に示す。これをみると若林区と宮城野区、太白区と泉区でそれぞれ共通する物資の数が多くなっている。前者の2区は共に仙台市沿岸部を含む地域で、津波被害の影響が要望に表れていると考えられる。なお青葉区の要望には目立った特徴が見られない。そこで、以下では、若林区・宮城野区を「沿岸部」、太白区・泉区を「内陸部」と定義して、これらの2つの地域に分けて分析を行う。

■表—2 地域毎の要望書比較

(a) 各区での物資の要望避難所数と順位

順位	分類名	仙台市		青葉区		泉区		太白区		宮城野区		若林区	
		避難所数	順位	避難所数	順位	避難所数	順位	避難所数	順位	避難所数	順位	避難所数	順位
1	水	143	33	3	33	1	37	1	23	9	17	6	
2	カップ麺	140	40	1	22	10	30	7	28	3	20	1	
3	おむつ	128	32	6	25	7	32	6	24	7	15	13	
4	果物	125	33	3	20	14	27	13	26	5	19	2	
5	パン(主食)	123	35	2	19	16	21	17	29	1	19	2	
6	米	122	31	9	29	3	35	2	17	22	10	36	
6	カセットボンベ	122	33	3	26	6	28	11	18	19	17	6	
8	菓子	117	32	6	30	2	35	2	14	30	6	69	
9	消毒液	111	24	16	22	10	30	7	24	7	11	30	
10	アルファ米	110	29	11	15	18	19	18	29	1	18	4	
11	トイレットペーパー	105	30	10	13	19	19	18	27	4	16	11	
12	生理用品	100	26	13	23	9	29	9	12	34	10	36	
13	カンパン	98	22	20	28	5	34	4	10	42	4	93	
13	寝具	98	22	20	29	3	33	5	5	74	9	45	
15	マスク	97	26	13	24	8	29	9	11	37	7	58	
16	ジュース	92	28	12	16	17	26	16	12	34	10	36	
16	カセットコンロ	92	25	15	21	12	27	13	10	42	9	45	
18	単一電池	91	23	18	13	19	18	20	23	9	14	20	
19	サランラップ	88	32	6	12	21	18	20	17	22	9	45	
20	カイロ	83	23	18	21	12	28	11	7	56	4	93	
21	粉ミルク	79	20	23	20	14	27	13	7	56	5	81	
22	肌着(女)	78	16	25	9	23	13	24	23	9	17	6	
22	ゴム手袋	78	22	20	10	22	15	23	17	22	14	20	
24	肌着(男)	76	14	26	8	24	13	24	23	9	18	4	
25	使い捨て食器	72	17	24	8	24	11	31	21	13	15	13	
26	おかず	70	12	27	7	27	13	24	21	13	17	6	
27	灯油	66	24	16	8	24	16	22	8	53	10	36	
28	ウェットシート	63	7	42	7	27	11	31	26	5	12	24	
29	レトルト食品	61	12	27	6	30	8	39	20	17	15	13	
30	ガムテープ	60	8	38	5	32	9	34	21	13	17	6	

注1: 網掛け部分は、区内における順位が仙台市全体で考えた場合の順位よりも5番以上高い物資

注2: 「順位」とは各地域(青葉区、泉区、太白区、宮城野区、若林区)における物資の要望避難所数を降順に示したものの。

(b) 各区間の要望の類似度

	青葉区	泉区	太白区	宮城野区	若林区
青葉区		0	1	0	1
泉区			4	0	0
太白区				0	1
宮城野区					6
若林区					

## 2.4 要望日数の平均値を用いた順序付けとその問題点

この節では「内陸部」「沿岸部」のそれぞれで、要望日数の平均値を用いて物資ニーズの順序付けを行って、その問題点について考察する。東北地方太平洋沖地震が発生した2011年3月11日を0日目として「内陸部」「沿岸部」それぞれで表—2(a)に示した30物資の各物資が「平均何日目から要望されはじめたか:  $\overline{FD}_i$ 」「平均何日目まで要望されていたか:  $\overline{LD}_i$ 」「平均要望回数」を表—3に示す。また表—3中では  $\overline{FD}_i$  の昇順、つまり早い日数から要望される順に物資を並べている。

表—3中の平均要望回数を「沿岸部」と「内陸部」で比較すると、多くの物資で「沿岸部」のほうが多く要望されており、津波の影響で物資が不足していたことがわかる。

ここで表—3(b)を見ると、「沿岸部」において消毒液は平均7.6日目、トイレットペーパーは8.8日目から要望されることがわかるが、この結果から果たして消毒液はトイレットペーパーより早く要望されるといえるだろうか。実際、消毒液とトイレットペーパーの  $\overline{FD}_i$  の標準偏差はそれぞれ3.9日、6.3日であり、各避難所の細かな被災状況などによりこれらの物資が要望される日数は  $\overline{FD}_i$  から標準偏差分の日数程度は前後する可能性があることを示している。つまり、表—3で示した要望日数の平均値による物資ニーズの順序付けは、実際の被災地ニーズの推移を正しく表せているとはいえない。

## 3—要望書における登場順序に基づく物資の順序付け

本章では避難所毎に各物資が要望書に登場する順序の前後関係に着目し、そのなかで多くの避難所で共通するものを「ニーズの前後関係」として抜き出す。そうすることで2.3節の表—3で見たような避難所の違いによる要望日数のずれの影響を排除して、より安定的に物資ニーズの順序付けを行うことができる。

### 3.1 単一避難所での2物資間ニーズの前後関係の定義

2物資  $g_i, g_j$  間でのニーズの前後関係として、「避難所  $s_k$  で物資  $g_i$  のニーズが物資  $g_j$  のニーズに先行する」ことを  ${}_iR_j^{s_k}$  とし、 ${}_iR_j^{s_k}$  であることを(1)式のように定義する。

$$LD_i^{s_k} < FD_j^{s_k} \rightarrow {}_iR_j^{s_k} \quad (1)$$

$FD_i^{s_k}$ : 避難所  $s_k$  で物資  $g_i$  が初めて要望されたときの発災日からの日数

$LD_i^{s_k}$ : 避難所  $s_k$  で物資  $g_i$  が最後に要望されたときの発災日からの日数

(ただし発災日である2011/3/11を0日とする)

■表—3 物資毎の要望日数の違い

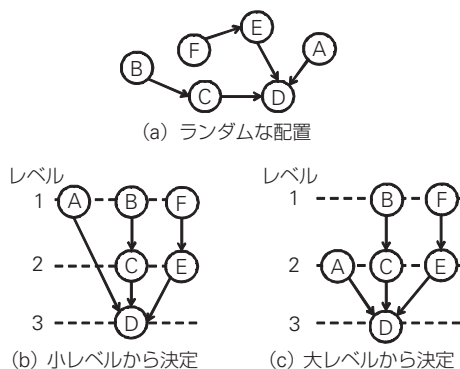
(a) 内陸部：太白区・泉区

(b) 沿岸部：若林区・宮城野区

要望 避難所数	分類名 (g)	初要望時		最終要望時		平均要望 回数	要望 避難所数	分類名 (g)	初要望時		最終要望時		平均要望 回数
		平均日数	標準偏差	平均日数	標準偏差				平均日数	標準偏差			
		FD <sub>i</sub>		LD <sub>i</sub>		(回)			FD <sub>i</sub>		LD <sub>i</sub>		(回)
47	粉ミルク	5.7	2.5	6.3	3.1	1.2	35	消毒液	7.6	3.9	10.0	4.9	1.9
62	寝具	5.7	2.6	6.2	3.0	1.2	39	おむつ	7.6	2.8	10.6	4.7	1.9
52	生理用品	5.8	3.1	7.0	3.7	1.6	48	パン (主食)	7.7	3.5	18.3	7.5	5.7
65	菓子	6.1	3.5	8.1	5.8	1.8	31	ゴム手袋	8.2	3.9	10.7	5.2	1.7
53	マスク	6.2	3.1	7.3	4.0	1.7	26	サランラップ	8.3	5.3	11.7	6.5	1.8
64	米	6.3	4.8	7.6	6.9	1.7	35	カセットボンベ	8.3	4.6	12.9	5.6	2.5
49	カイロ	6.3	4.1	8.0	5.0	1.7	47	アルファ米	8.4	6.2	13.4	7.3	3.3
48	カセットコンロ	6.3	4.0	7.4	4.3	1.5	19	カセットコンロ	8.5	4.7	11.3	5.9	1.5
62	カンパン	6.5	4.2	6.8	4.6	1.1	18	マスク	8.6	5.6	9.7	5.3	1.4
54	カセットボンベ	6.5	3.7	9.6	6.2	2.3	37	単一電池	8.6	6.1	11.7	7.1	2.0
70	水	6.5	4.2	8.7	6.6	2.0	43	トイレトペーパー	8.8	6.3	14.0	6.8	2.4
52	消毒液	6.8	4.5	7.7	4.7	1.5	48	カップ麺	8.8	5.9	16.0	7.7	3.7
57	おむつ	6.9	5.6	9.3	7.1	2.2	12	粉ミルク	9.1	5.0	10.2	4.7	1.7
24	灯油	6.9	1.4	8.4	1.9	2.0	14	寝具	9.3	5.7	14.2	10.0	1.6
31	単一電池	7.1	4.1	9.1	4.9	1.8	45	果物	9.3	6.6	17.5	8.7	3.6
42	ジュース	7.3	5.4	9.8	8.8	1.5	38	ウェットシート	9.7	5.2	11.4	6.3	1.4
47	果物	7.6	4.9	10.3	6.5	2.2	38	ガムテープ	9.8	3.9	14.8	6.6	2.8
52	カップ麺	7.6	4.7	11.4	8.5	2.6	40	肌着 (女)	10.0	5.4	15.6	6.6	2.8
40	パン (主食)	7.8	4.2	11.7	6.1	2.8	18	灯油	10.3	9.0	13.3	9.2	1.6
30	サランラップ	8.3	5.5	10.3	7.8	1.9	41	肌着 (男)	10.5	5.5	15.6	5.8	2.6
18	ウェットシート	8.4	4.7	12.1	9.0	1.9	14	カンパン	10.6	5.3	12.8	6.1	1.6
32	トイレトペーパー	8.4	5.2	10.1	7.5	1.8	22	生理用品	10.8	7.0	11.4	6.9	1.2
25	ゴム手袋	8.7	5.9	11.0	7.5	1.6	40	水	10.9	9.6	13.6	10.3	1.6
34	アルファ米	8.9	5.9	12.6	8.1	2.6	20	菓子	11.2	6.8	12.2	7.0	1.4
21	肌着 (男)	10.3	6.4	14.5	10.4	2.5	36	使い捨て食器	11.5	8.7	20.8	9.3	3.3
19	使い捨て食器	10.4	4.9	15.2	10.3	2.2	11	カイロ	11.7	9.7	14.8	10.6	1.5
22	肌着 (女)	10.5	6.3	14.0	9.1	2.4	27	米	11.8	7.9	13.6	8.2	1.7
14	ガムテープ	11.8	6.7	13.1	6.5	1.6	38	おかず	12.5	5.8	18.6	8.1	2.7
20	おかず	12.6	6.0	19.0	9.9	3.1	22	ジュース	13.1	8.6	18.9	9.3	2.4
14	レトルト食品	14.7	6.5	19.0	9.6	2.1	35	レトルト食品	15.0	6.5	18.5	6.3	1.9

(1)式はつまり「避難所 $s_k$ で物資 $g_i$ が不必要となつてから初めて物資 $g_j$ が必要となる」場合を ${}_iR_j^{s_k}$ とみなすことを表現している。

ここで定義したニーズの前後関係 ${}_iR_j^{s_k}$ をノード $i$ とノード $j$ を結ぶリンクとみなせば、有向グラフのネットワークを用いて多物資間のニーズの前後関係を表現できる。例えば6つの物資A, B, C, D, E, Fで順序関係 ${}_A R_D$ ,  ${}_B R_C$ ,  ${}_C R_D$ ,  ${}_E R_D$ ,  ${}_F R_D$ が成り立つ場合には、例えば図—2(a)のようなネットワークを考えることができる。



■図—2 多物資間のニーズの順序関係の表現

### 3.2 複数避難所からなる地域に拡張した場合のニーズの前後関係

ここまで単一の避難所 $s_k$ で考えていたものを、複数の避難所からなる地域 $S$ に拡張した場合の前後関係 ${}_iR_j^S$ を以下の式(2)で得られる行列 $A$ の成分 $a_{ij}$ を用いて式(3)の条件により定義する。

$$A = \{a_{ij}\}$$

$$a_{ij} = \sum_{k=1}^S a_{ij}^{s_k} \quad \forall g_i, g_j \in G \quad \forall s_k \in S \quad (2)$$

$${}_iR_j^{s_k} \rightarrow a_{ij}^{s_k} = 1 \quad \forall g_i, g_j \in G \quad \forall s_k \in S$$

$$G = \{g_1, g_2, \dots, g_G\} : G \text{は対象物資の集合}$$

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_S\} : S \text{は対象地域の避難所集合}$$

すなわち行列 $A$ の $ij$ 成分 $a_{ij}$ は、 ${}_iR_j^S$ が成立する避難所数を表している。そして行列 $A$ の成分の差 $(a_{ij} - a_{ji})$ や比 $(a_{ij}/a_{ji})$ の値が小さい場合は物資 $g_i$ と物資 $g_j$ の間にニーズの前後関係はないと判断し、式(3)のように ${}_iR_j^S$ の有無を決定する。

$$a_{ij} - a_{ji} \geq U_A \quad \text{and} \quad a_{ij}/a_{ji} > U_B \quad (3)$$

$$\rightarrow {}_iR_j^S$$

$U_A, U_B$ は任意に定める下限値

**3.3 有向グラフを用いた物資ニーズの順序付け**

ここでは前節で定義した前後関係 $R_i^k$ に基づいた有向グラフのネットワークを用いて、物資ニーズの順序付けをすることを考える。図—2(a)のようにランダムに配置されたネットワークを図—2(b), (c)のように全てのリンクが同一方向(紙面の上から下)を向くように並び替えることで、物資のネットワーク内の配置(高さ)を用いて物資ニーズの順序付けと対応させることができる。このとき各物資につけられたニーズの順番をレベルと呼ぶことにする。

なお各物資のレベルはレベル付けの方法により若干異なり、レベルの小さい(先行する)物資から逐次的にレベルを決める方法(図—2(b))と、レベルの大きい(従属する)物資から逐次的にレベルを決める方法(図—2(c))の2種類があり、両者では物資Aのレベルが異なっていることが分かる。

以下にレベルの小さい(先行する)物資から逐次的にレベルを決めるプロセスを示す。

(手順0) 初期化

対象物資を $G_0 = \{g_1, g_2, \dots, g_G\}$ 、初期対象物資を $G = G_0$ とし、レベルの初期値を $L_0 = 1$ 、全ての物資のレベルを $L_i = 0$ とする。

(手順1) 対象物資中で最も先行する物資の判定

$g_i$ に対して先行する物資集合： $E_i =$

$$\{g_j \in G \mid R_i^k\} \quad \forall g_i \in G$$

最も先行する物資のレベル決定： $E_i = \emptyset \rightarrow L_i = L_0$

(手順2) 対象物資の更新

レベル決定済み物資集合： $P = \{g_i \in G_0 \mid L_i \neq 0\}$

レベル未決定物資集合： $G = \{g_i \in G_0 - P\}$

レベル値の更新： $L_0 = L_0 + 1$

(手順3) 終了判定

$G_0 = P$ なら終了。  $G_0 \neq P$ なら(手順1)へ戻る。

レベルの大きい(従属する)物資から逐次的にレベルを決める方法(図—2(b))をとる場合には、以上の(手順1)で集合Eを $E_i = \{g_j \in G \mid R_i^k\}$ ( $g_i$ に対して従属する物資集合)に置き換えてレベルを決定し、計算されたレベルを逆順につけ直すことで、レベルを決定できる。

**4——ニーズの順序に基づく物資リストの作成とその解釈**

この章では3章で述べた方法を使い各物資のレベル

を決定して、レベル毎に物資を分けたリストを作成し、このリストについての考察を行う。

**4.1 分析条件の設定(下限値 $U_A, U_B$ の設定)**

対象地域としては(A)内陸部の避難所(避難所数77)、(B)沿岸部の避難所(避難所数64)の2地域を考える。また対象物資としては内陸部と沿岸部で物資の要望されるタイミングの違いを見るために、内陸部と沿岸部で共通の30物資(仙台市における要望数上位30物資(表—2))を用いることにする。

ここで3.3節で述べた2種類の方法で物資にレベル付けを行うが、この際に重要となるのが $R_i^k$ の有無を決定するための下限値 $U_A, U_B$ の設定である。下限値を小さく設定すると、少数の避難所でのみ $R_i^k$ が成立していて本来前後関係が成立するといえない物資間の前後関係を認めてしまうが、下限値を大きく設定しすぎると成立するはずの前後関係も打ち消す恐れがある。ここで $U_B = 5$ で固定して下限値 $U_A$ を変化させたときの結果の違いを表—4に示す。表—4中の「リンク数」は全物資で成立した $R_i^k$ の総数、「ノード数」は他物資との前後関係 $R_i^k$ が少なくとも1つは成立した物資の数をそれぞれ表す。

この表—4で最も重要となるのが物資ニーズの順序付けに直結する「レベル数」である。ここでレベル数が4より大きな状況になると、下限値 $U_A$ の変化に対してレベル数が大きく変化しており、「頑健な結果」とはいえない。そ

■表—4 下限値の変化によるレベル付け結果の違い

内陸部：太白・泉区の避難所				沿岸部：若林・宮城野区の避難所			
$U_A$	ノード数	リンク数	レベル数	$U_A$	ノード数	リンク数	レベル数
1				1			
2	30	255	10	2	30	128	11
3	30	226	6	3	30	92	6
4	30	202	4	4	29	77	5
5	30	176	4	5	27	61	3
6	29	134	4	6	24	46	3
7	26	102	3	7	21	33	3
8	24	69	3	8	18	22	3
9	23	51	3	9	16	17	2
10	19	37	2	10	14	13	2
11	16	31	2	11	8	6	2
12	14	27	2	12	7	5	2
13	12	20	2	13	2	1	2
14	9	16	2	14			
15	8	12	2	15			
16	8	11	2	16			
17	8	11	2	17			
18	7	8	2	18			
19	7	7	2	19			
20	6	5	2	20			
21	5	4	2	21			
22	5	4	2	22			
23	2	1	2	23			
24	2	1	2	24			
25	2	1	2	25			

ここで今回は内陸部、沿岸部ともにレベル数が3となる結果のうち下限値 $U_A$ が最小となるもの、つまり内陸部では $U_A=7$ 、沿岸部では $U_A=5$ をそれぞれ採用してレベル付けを行うことにする。

#### 4.2 物資ニーズの順序付け(レベル付け)の解釈

4.1節で決定した条件に基づいて、各物資についてのレベルと各物資に成立した前後関係の数を表—5(a), (b)に示す。ここで表中の「順位」は各地域での各物資の要望避難所数を降順に並べた際の順位である。なお2つの方法で異なるレベルとなった物資については、両結果のレベルを記載した。ここで表—5中の「 $R_i$ 」は表中の物資 $g_i$ に対して「 $R_i$ が成立した(従属する)」物資数、「 $r_i$ 」は表中の物資 $g_i$ に対して「 $R_i$ が成立する(先行する)」物資数をそれぞれ表している。表—5の網掛け部分は「 $R_i$ 」「 $r_i$ 」の値が6以上の場合と「順位」が30位未満の場合を表す。

ここで物資につけられるレベルが表す意味について考える。  
レベル1

成立した前後関係の中で自身が従属物資となることはな

く、早い段階から要望され始める物資である。同時に早い段階で要望されなくなる可能性のある物資であり、発災直後に速やかに発送すべき物資といえる。言い換えれば、発災直後から必要になるため常時から備蓄として置いておくべき物資といえる。

#### レベル2, 3

レベル1の物資より遅れて要望される物資であり、発災後の被災地の状況の変化などに伴い要望されるようになる。被災地内での物資保管場所や仕分け作業を考えると、被災直後には発送をすべきでない物資である。ただし被災地の状況の変化に素早く対応するために、徐々に発送する体制を整えておく必要がある物資である。

#### レベルがつかない

式(3)でみたように、物資ニーズの順序関係 $R_i^k$ は「先行物資が要望されなくなつてから、従属物資が要望されなくなる」ことを想定しているの、本分析において長期間要望され続ける物資には順序関係があまりつかない傾向にある。

■表—5 レベル付け結果

(a) 内陸部：太白区・泉区

要望 避難 所数	順位	分類名 (g)	レ ベル	$R_i$	$r_i$	初要望時		平均要望回数 (回)
						平均日数 FD <sub>i</sub>	標準 偏差	
64	3	米	1	9		6.3	4.8	1.7
62	4	寝具	1	15		5.7	2.6	1.2
62	4	カンパン	1	14		6.5	4.2	1.1
52	9	生理用品	1	10		5.8	3.1	1.6
52	9	消毒液	1	10		6.8	4.5	1.5
48	13	カセットコンロ	1	6		6.3	4.0	1.5
47	14	粉ミルク	1	13		5.7	2.5	1.2
70	1	水	1,2	3		6.5	4.2	2.0
65	2	菓子	1,2	4		6.1	3.5	1.8
53	8	マスク	1,2	7		6.2	3.1	1.7
49	12	カイロ	1,2	5		6.3	4.1	1.7
47	14	果物	2	1	5	7.6	4.9	2.2
42	16	ジュース	2	4	5	7.3	5.4	1.5
24	23	灯油	2	1	7	6.9	1.4	2.0
52	9	カップ麺	2,3	8		7.6	4.7	2.6
40	17	パン (主食)	2,3	10		7.8	4.2	2.8
32	19	トイレットペーパー	2,3	5	8	8.4	5.2	1.8
31	20	単一電池	2,3	8		7.1	4.1	1.8
30	21	サランラップ	2,3	3	8	8.3	5.5	1.9
25	22	ゴム手袋	2,3	5	8	8.7	5.9	1.6
20	26	おかず	2,3	4	12	12.6	6.0	3.1
34	18	アルファ米	3	10		8.9	5.9	2.6
22	24	肌着 (女)	3	11		10.5	6.3	2.4
21	25	肌着 (男)	3	9		10.3	6.4	2.5
19	27	使い捨て食器	3	8		10.4	4.9	2.2
14	34	レトルト食品	3	4		14.7	6.5	2.1
57	6	おむつ	-			6.9	5.6	2.2
54	7	カセットボンベ	-			6.5	3.7	2.3
18	29	ウェットシート	-			8.4	4.7	1.9
14	34	ガムテープ	-			11.8	6.7	1.6

(b) 沿岸部：若林区・宮城野区

要望 避難 所数	順位	分類名 (g)	レ ベル	$R_i$	$r_i$	初要望時		平均要望回数 (回)
						平均日数 FD <sub>i</sub>	標準 偏差	
43	5	トイレットペーパー	1	3		8.8	6.3	2.4
39	9	おむつ	1	8		7.6	2.8	1.9
35	15	消毒液	1	6		7.6	3.9	1.9
35	15	カセットボンベ	1	6		8.3	4.6	2.5
31	21	ゴム手袋	1	7		8.2	3.9	1.7
26	29	サランラップ	1	8		8.3	5.3	1.8
22	34	生理用品	1	3		10.8	7.0	1.2
20	45	菓子	1	1		11.2	6.8	1.4
19	47	カセットコンロ	1	3		8.5	4.7	1.5
18	50	マスク	1	3		8.6	5.6	1.4
18	50	灯油	1	3		10.3	9.0	1.6
40	7	水	1,2	2		10.9	9.6	1.6
38	10	ウェットシート	1,2	2		9.7	5.2	1.4
37	13	単一電池	1,2	2		8.6	6.1	2.0
14	59	寝具	1,2	2		9.3	5.7	1.6
12	66	粉ミルク	1,2	1		9.1	5.0	1.7
48	1	カップ麺	2	1	4	8.8	5.9	3.7
47	3	アルファ米	2	1	1	8.4	6.2	3.3
41	6	肌着 (男)	2	1	7	10.5	5.5	2.6
40	7	肌着 (女)	2	1	8	10.0	5.4	2.8
38	10	ガムテープ	2	1	4	9.8	3.9	2.8
36	14	使い捨て食器	2	1	4	11.5	8.7	3.3
45	4	果物	2,3	2		9.3	6.6	3.6
27	27	米	2,3	1		11.8	7.9	1.7
22	34	ジュース	2,3	5		13.1	8.6	2.4
38	10	おかず	3	10		12.5	5.8	2.7
35	15	レトルト食品	3	20		15.0	6.5	1.9
48	1	パン (主食)	-			7.7	3.5	5.7
14	59	カンパン	-			10.6	5.3	1.6
11	70	カイロ	-			11.7	9.7	1.5

注：網掛け部分は「 $R_i$ 」「 $r_i$ 」の値が6以上の場合または「順位」が30位未満の場合を表す

4.3 レベル毎の物資リストとその考察

表—5の結果から物資をレベル毎にまとめたリストを図—3に示す。なお表—5でレベルのつかなかった物資はレベル1~3の時期に並行して長期間要望される物資とみなして、図では並べて示すものとする。またこのリストを用いて次回以降の震災で配送すべき物資を決定するにあたっては、重要性の高い(要望される機会の多い)物資のみが記載されているべきである。そこで、表—5中の各物資のうち各対象地域での要望避難所数の順位が30位未満の物資については図—3のリスト内で網掛けとして区別できるようにした。

表—5のレベル付け結果および図—3のリストについて、以下のような考察ができる。

・「米」「アルファ米」

「米」は沿岸部ではレベル2, 3であることから早い段階での重要性は低いといえる。沿岸部では電気などのインフラ復旧が遅れたため、カセットボンベや電化製品などによる調理ができなかったためであろう。一方で、内陸部では「米」がレベル1に属し、緊急時により多く要望されるであろう「アルファ米」がレベル3となっている。これについては、津波被害を受けなかった「内陸部」では発災後数日で電気が復旧したために「米」を炊くことが可能となり、風味等で劣る「アルファ米」は早い段階では要望されなかったと考えられる。その後、遅れて「アルファ米」が要望されている理由としては、「アルファ米」を備蓄として用意していなかった避難所が、いざという時に備えて「米」に比べて配布することが容易な「アルファ米」を要望したためではないかと考えられる。

・「カンパン」「パン」

「カンパン」は内陸部ではレベル1でありこれに対して従属している物資数も14と多い。これは先に要望される物資であることを表すが、同時に早い時期に要望されなくなる物資であることも表している。この背景としては「カンパン」は救援物資として広く知られる物資であるため要望しなくとも被災地外から送られてくること、時間が経過するにつれ風味の勝る「パン」に要望が推移したことなどが挙げられる。

・「肌着(女)」「肌着(男)」

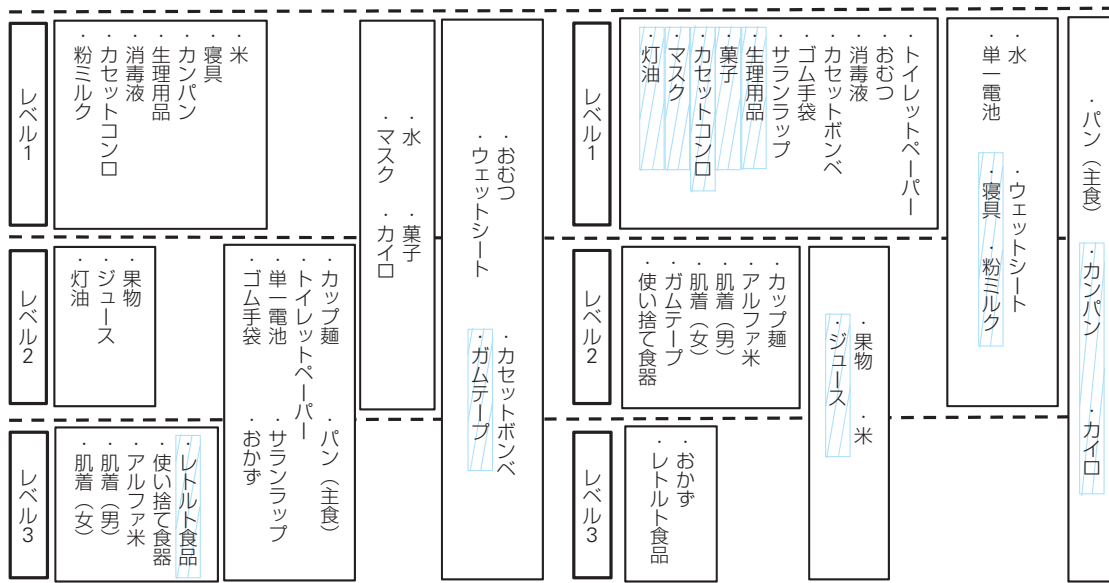
内陸部ではレベル3、沿岸部ではレベル2にそれぞれ属し、多くの物資に対して従属している。これは避難生活の長期化に伴い震災前からのストックが底をつく段階で要望され始めるためと考えられる。このようにいずれ必要になる物資については、すぐに発送ができるような体制を被災地外で整えておく必要がある。

・「サランラップ」「ゴム手袋」

共に沿岸部においてレベル1で、早い段階から必要な物資となっている。サランラップは震災時において包帯や食器、ひも、割れた窓ガラスなどの代用品として用いることができ、ゴム手袋は震災後の劣悪な環境で作業する際に必須であり、これらの物資は被害の大きかった地域で要望が多かったと考えられる。

・「おむつ」「トイレトペーパー」

「トイレトペーパー」や「おむつ」といった消耗品は継続して要望されると推測されるが、本リストではレベル1となっ



(a) 内陸部：太白区・泉区  
注：網掛け部分は各対象地域での要望避難所数の順位が30位未満の物資  
■図—3 レベル毎に物資をまとめたリスト



ている。これらの物資の不足がニュース等で報じられた結果、要望する必要がなくなるほど大量のこれら物資が避難所に届けられたためではないだろうか。

## 5—おわりに

本研究では、東日本大震災において救援物資が要望書に書かれた順番に着目して物資ニーズの順序付けを行い、その順序に基づいて物資リストを作成した。本研究の分析には、把握できる避難所の属性の制約|被災種類：建物倒壊率など、被災程度：避難人数など、要望物資量、要望に対する搬入実績、備蓄物資量|や「要望」データの不完全性のため以下の(二)(ホ)(へ)のような不十分な点がある。

(二)「物資量」や「避難人数」といった定量的な情報は用いず、多くの避難所で共通した順序で要望される物資ペアを抽出する方法をとっている。

(ホ)津波被害の有無のみを考慮して、対象地域を「沿岸部」である|若林区+宮城野区|と「内陸部」である|太白区+泉区|の2つに分けて分析している。

(へ)不足物資としての「要望書」をニーズとして考えているため、要望を受けずに直接に被災地外から避難所に搬入された物資の影響を考慮していない。そのために4.2節で考察したように、継続して要望されると推測される「トイレトーパー」や「おむつ」が早い段階で要望されなくなると判断される可能性がある。

これらの点から本研究の成果は、被災地のニーズを完全に表現しているとはいえない。しかし津波被害の有無

による要望物資の要望される段階の違いをおおまかに表現していると考えられ、震災時の混乱した状況下で発送する物資を適切に決め、不要な物資を送らないための対策を考える下地にはなると考えられる。

最後に、本研究は「東日本大震災」という特定の災害に対する知見であるため、次回以降の震災において上述の(二)(ホ)(へ)のような問題点を克服する形でデータが収集され、より詳細な分析が行われることが期待される。

**謝辞：**本研究で使用した「宮城県仙台市の避難所要望書」は、仙台市における緊急支援物資輸送の担当である仙台市経済局の了解を得てその内容を複製したものであります。またこの要望書のデータ化にあたっては東北大学ロジスティクス調査団を中心に他大学等の協力を得ました。本研究は独立行政法人経済産業研究所2011-2013年度地域経済研究プロジェクト「東日本大震災に学ぶ頑健な地域経済の構築に関する研究」、京都大学防災研究所2012-13年度共同研究「東日本大震災における支援物資と燃料輸送に実態解明」の一部として支援を受けています。ここに記して感謝をいたします。

### 参考文献

- 1) “毛布より衣類を 宮城県、希望の救援物資品目公表へ”, 「河北新報」, 2011/3/28.
- 2) 国土交通省[2011], “「『支援物資物流システムの基本的な考え方』に関するアドバイザリー会議」報告書”, (オンライン), <http://www.mlit.go.jp/common/000184634.pdf>, 2011/12/2.
- 3) 苦瀬博仁[2012], “ロジスティクスからみた被災地への緊急支援物資供給と産業復興計画の課題”, 「運輸と経済」, 第72巻, 第3号.
- 4) 榎本義一・河村和彦[1981], “第3章 ISM法とその応用”, 『参加型システムズアプローチ手法と応用-』, 日刊工業新聞社.

(原稿受付 2012年8月31日)

---

## Sequence Analysis of Needs for Relief Goods in Great East Japan Earthquake

By Makoto OKUMURA, Kento BUNPHONG and Kazuaki OKUBO

Under Great East Japan Earthquake, relief goods supplier couldn't grasp needs of damaged area, and relief goods carried there weren't consistent with their needs. In this study, we tried to analyze the sequence of relief goods requested in the damaged area through demanding papers submitted by shelters in Sendai City.

---

**Key Words :** *humanitarian logistics, relief goods, support for damaged area*

---