

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18133

研究課題名（和文）災害時のロジスティクスの不確定を考慮したリソース管理モデルの開発

研究課題名（英文）Managing Humanitarian Logistics Resources under Uncertainty.

研究代表者

ウィセツジンダ ウィスニー（Wisetjindawat, Wisinee）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：40534376

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：南海トラフ地震では、東北地方太平洋沖地震より多くの避難者が、広範囲の都道府県で出ることが想定されており、現在の備蓄量では、3日以内に災害支援物資が不足すると考えられる。既存の備蓄スペースを最大限利用し、未使用のまま廃棄される物資の量を減らしながら、南海トラフ地震の際に物資が不足しない効率的な物資の運用システムを構築する。本研究は自治体で災害支援物資の維持管理や防災計画を作成する担当の方に現状の災害支援物資の備蓄方法についてアンケートをした。構築したシェアリングシステムを用いて、広域連携した全国規模での災害支援物資シェアリングシステムの構築し、3つのシナリオの分析を行った。

研究成果の概要（英文）：The Nankai Megathrust Earthquake is expected having a large impact to wide area of Japan. The Japanese government has guaranteed providing an adequate amount of relief goods for the victims for three days after the disaster. However, due to the fact that the scale of this earthquake is very large, it is possible that the relief goods prepared by the government might not be adequate to supply to the large number of victims. There is a need to improve the current storage policy in order to reduce the risk of shortage. This research aims to develop a system for sharing the relief goods among the local governments overall the country so that the possible risks to the victims of the Nankai Megathrust Earthquake can be reduced. Three scenarios of the sharing system of relief goods among the local governments are examined.

研究分野：防災計画

キーワード：防災物流 救援物資 広域連携 不足リスク

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国の災害に対する国民の関心は過去にないほど高まり、行政は防災のため全国各地で緊急の工事を行なうなど、災害対策が進められている。しかし、南海トラフ地震では、東北地方太平洋沖地震より多くの避難者が、広範囲の都道府県で出ることが想定されており、現在の備蓄量では、3日以内に災害支援物資が不足すると考えられる。さらに、都市や観光地では、夜間と昼間や季節により災害支援物資を必要とする人数が変化するため、災害が起こる時期によって必要な備蓄量が大きく変わるので、それらを考慮して備蓄する必要がある。このように、発生頻度が低く、必要な備蓄量が時期により大きく異なる大規模災害に対して、十分な災害支援物資（以下 物資）を各県で備蓄し続ける事は財源面や維持管理の面から見ても困難であり、都道府県の人口に対して過剰すぎる備蓄は、財政を圧迫する可能性がある問題である。南海トラフ地震のような大規模災害では、多くの避難者が出て、必要になる物資の量は膨大な数になることも予測できる。また、多くの物資を備蓄するスペースは既存の備蓄スペースでは不十分であり、新たに備蓄スペースを設ける必要があり、費用が必要以上に掛かることも問題であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、先に示した問題を解決するため、既存の備蓄スペースを最大限利用し、未使用のまま廃棄される物資の量を減らしながら、南海トラフ地震の際に物資が不足しない効率的な物資の運用システムを構築する。ここでは、物資の輸送が可能な距離にある都道府県間で連携して物資を融通することに加え、物資の不足が起きないように災害支援物資の購入を行い、物資の量をコントロールするシステムを構築する。これにより備蓄スペースや財源に制約のある災害支援物資を、国内で最大限活用し、より少ないコストで災害時に物資が不足するリスクを減らすことができる。

3. 研究の方法

本研究のシェアリングシステムを構築するにあたり、現在の災害支援物資の備蓄方法や買い替え方法、相互応援協定の締結基準を調査し把握することで、現在の備蓄方法や買い替え方法を踏まえたシステムが構築できると考えた。そしてシェアリングシステムなど新たな被災地支援のシステムによって、期待できる効果や、被災した都道府県に物資を融通できる上限量を調査のうえ、被災した際に都道府県が実現可能で求めるシェアリングシステムを構築するため調査を行った。

また、災害時に被災した地域の避難者へ、効率的に国内にある備蓄物資を用いて被災地を支援するための、全国規模での物資融通のシステムが提案される。南海トラフ地震な

どの大規模で発生頻度が極めて少ない災害が起きた場合でも、物資が3日間一度も不足せず支援することが可能になる。また、物資を融通することで備蓄量を少なく抑えることもできると考える。想定される大規模災害の被害や避難者数をもとに、前もって物資の不足量を予測し、被災地域の物資の備蓄量を増加させ、各都道府県間で備蓄されている物資を、被災地域へ非被災地域から融通するとともに、都道府県の組み合わせや運搬経路などを計画することで、災害時に計画通り被災地内の備蓄量をコントロールすることができ、物資が3日の間に不足せず、輸送が可能な範囲にある非被災地域の物資が効率よく最大限活用される。

3.1 各都道府県の救援物資の備蓄状況

現在の災害支援物資の備蓄方法や買い替え方法、相互応援協定の締結基準を調査し把握することで、現在の備蓄方法や買い替え方法を踏まえたシステムが構築できると考えた。さらに、シェアリングシステムの構築にあたり必要な現在の災害支援物資の備蓄量の詳細の把握も行った。アンケートの調査対象は、全47都道府県の危機管理課などの災害支援物資や防災計画の担当者であり、2015年10月から11月の1ヶ月の期間に電話で了解を取り、メールにてアンケートを配布し回収を行った。アンケートは、3つの項目からなっている。項目1では、現在の防災計画において災害時相互応援協定を締結している都道府県や協定の数、基準について、また項目2では、現在の災害支援物資の備蓄の方法、買い替えなどの管理方法についてそして項目3では、シェアリングシステムについて、担当者の意見や期待項目等を調査した。物資の備蓄方法は、回答があったほとんどの都道府県で、備蓄倉庫に集中して備蓄する場合や、各避難所に分散して備蓄する場合とが市町村によって異なっており、都道府県が把握したり、都道府県内で統一はしていないようであった。また買い替えも同様に把握していなかった。使用期限に合わせて分割購入し随時物資の入れ替えを行う都道府県が多かった。備蓄量の基準に関しては、空白も多く回答あったが、備蓄量の基準は現在想定される避難者数の1日分(3食)が一番多く、次に避難者数の3日分(9食)であった。

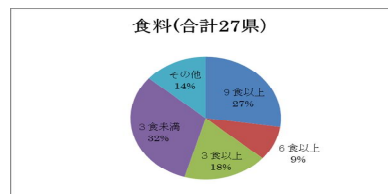


図1 災害支援物資の備蓄基準。

3.2 救援物資のシェアリングシステム

現在、想定されている南海トラフ地震のような巨大地震では、被災する各都道府県と

市町村が備蓄している物資のみで、その都道府県内の全避難者に3日間の物資を供給できない。既存の災害時相互支援協定は地域毎に締結されておりその地域の大半の都道府県が被災してしまうと、協定を締結していても避難者を支援することが困難な都道府県が複数出てしまうと推測できる。そのため、各都道府県や市町村では避難者が食料などの物資が受け取れないということが起こらないよう、各都道府県内や地域内で物資の備蓄を、想定される避難者の3日分供給できるように支援物資を追加備蓄する必要がある。

災害支援物資の備蓄は、物資を一度購入すればよいわけではなく、5年程度の賞味期限や使用期限が過ぎれば廃棄し、そして廃棄分を追加購入することを繰り返すものであるうえ、備蓄施設の維持管理などの費用も掛かる。

現在、賞味期限や使用期限が近づいた物資を再利用するシステムがなく、多くは廃棄されている。物資は財政面以外から見ても効率的に運用される必要がある。

本研究のシェアリングシステムにより、南海トラフ地震などの大規模で発生頻度が極めて少ない災害が起きた場合でも、物資が3日間一度も不足せず支援することが可能になる。また、物資を融通することで備蓄量を少なく抑えることもできると考える。想定される大規模災害の被害や避難者数をもとに、前もって物資の不足量を予測し、被災地域の物資の備蓄量を増加させ、各都道府県間で備蓄されている物資を、被災地域へ非被災地域から融通するとともに、都道府県の組み合わせや運搬経路などを計画することで、災害時に計画通り被災地内の備蓄量をコントロールすることができ、物資が3日の間に不足せず、輸送が可能な範囲にある非被災地域の物資が効率よく最大限活用される。

本研究では、地震が起きた当日を1日目とし、地震直後であるために被災状況が確定せず、物資を輸送するトラックや職員の手配に時間が要する。そのため、1日目に物資を融通するのは困難であると考えられる。よって、被災地域に物資シェアリングシステムモデルが機能し融通物資が到着するのは2日目以降とし、1日目の分は、少なくとも被災する都道府県で備蓄するものとする。

災害支援物資のシェアリングは、1日目の間に、被災の程度が小さい都道府県の庁舎周辺に各避難所から融通される物資が収集されているとする。2日目以降は、積み込みを行い被災地の庁舎周辺に運搬し荷卸ろしを行い、そこから被災地の各避難所そして避難者に物資が供給することができるとする。

物資の融通は、各都道府県で想定される被災の程度によってランク付けされ、一番被災の程度が大きく物資を必要とする都道府県に、被災の程度が小さく、物資を融通できるとランク付けされた都道府県からのみ行うものとする。物資は食料を対象とし、一日

3食を3日分で計9食用意する。3日間は食料の不足が起きてはならないものとしてシステムを構築する。物資の融通は、一番被災の程度が大きく、災害支援物資を必要とするとしてランク付けられた都道府県に、物資を融通できる程度の被災であるとランク付けされた都道府県からのみ行うとし、5段階のランクに分ける。

被災ランクは、AからEの5段階で、Aが一番深刻な被災で、Eはほとんど被災していないものとする。また、物資を融通できるとランク付けされた都道府県の融通物資の量も、ランクによって決められる。被災の程度には、人的被害の件数や、建物被害の件数など様々な被害の件数で計ることができるが、本研究では、物資のシェアリングを考えており、避難者の数や使用されないで備蓄されている物資の量が直接的に影響するため、避難者数と災害が起きてから3日の間、使用されずに備蓄されている量によって被災のランク付けを行うものとする。ランクEは、被災の程度が一番小さく、被災者が一人もいない状態であり、物資は全く使用されずにすべて残っており物資を十分融通できる状態とする。ランクDは、避難者が避難所で生活しており、物資は一部使用されている状態であるが、災害が起きてから3日間避難者に物資を提供しても、物資の使用量は備蓄量の20%未満であり、一部の物資を融通したとしても4日目以降の避難者に対しても物資の量が十分であるとする。ランクCは、避難者が避難所で生活しており、災害が起きてから3日の間、避難者に提供される物資の量は、備蓄量の50%未満であり、物資を一部融通できるが、融通してしまうと4日目以降避難者に物資が十分供給できない可能性が出るとする。ランクBは、災害が起きてから3日間避難者に提供される物資の量は、備蓄量を上まわらないものあり、3日の間であれば、物資は自らの都道府県内のみで賄える状況である。しかし、避難者の数によっては、4日目以降急激に物資の量が不足する可能性はあるとする。ランクAは、被災の程度が一番大きいものであり、災害が起きてから3日間避難者に提供する必要がある物資の量が、備蓄量を上まわり、都道府県内で賄えない状態である。

災害支援物資の融通量は、南海トラフ地震によってほかの地震が誘発され新たな災害が起こることも考えられ、その際被災の程度が軽く、融通を行ったがために物資の量が不足するようなことがあってはならない。一定量の物資を備蓄しておくことは必要である。そのため、本研究では、融通後の災害に対応できるように、被災ランクごとに融通する量と、融通後に残る物資の量を決定する。

ランクEの都道府県の融通量は、その都道府県が備蓄している物資の70%とする。被災の程度が一番軽く、被災者が都道府県を通して一人もいない状態であり、災害支援物資は全く使用されずにすべて残っており、70%

の融通を行っても災害前の備蓄量の 30%は残る。一般的に、物資は賞味期限が 5 年のものであれば、5 年で全てが新しいものになるように 20%ずつ 5 年をかけ入れ替えを行う。つまり、融通を行いランク E の都道府県で備蓄量が 30%になっても、1 年の間に 20%新しい物資の購入を行う事ができ、1 年で災害前の 50%の備蓄量になる。毎年 20%の物資の購入を続ければ、4 年で元の備蓄量に戻る。



図 2 被災ランク決定の基準

ランク D の都道府県の融通量は、ランク D の都道府県で避難者のために使用されずに備蓄されている災害支援物資の 60%とする。被災ランク D の都道府県は 3 日間で最大で備蓄量の 20%の災害支援物資を使用するため、その間使用されず備蓄されるのは、災害前の備蓄量の 80%であり、その 60%にあたる 48%の物資が融通できる。その結果災害前の 32%の物資が備蓄された状態になる。

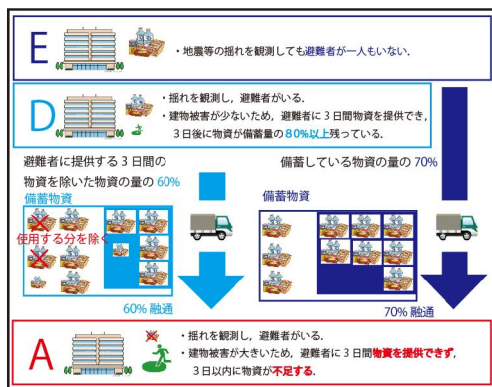


図 3 融通可能災害支援物資量の基準

ランク E と同様に 1 年の間に 20%新しい物資の購入を行うと、災害前の 52%の備蓄量になり 4 年かければ元の備蓄量に戻る。

仮に、災害後は予算を増やし、毎年 30%の物資が購入できるように増やす事ができれば、2 年で災害前の 90%になりほぼ元の備蓄量に回復し、次の災害に備えることができるため少なくとも融通を行う都道府県はすべての備蓄の融通を行わず、30%を基準に備蓄を残しておくことが、大規模災害が起きた後の災害を見据えた災害支援物資の運用上大切であると思われる。

4. 研究成果

アンケートにより、シェアリングシステムに関する項目では、シェアリングシステム導入で、物資の不足するリスクを減らせる、備蓄のコストを抑えられる、物資の輸送をスムーズに行えるなどの 3 つの効果期待できると考えており、その効果の優先順位は、備蓄コストを抑えることであり、次いで物資が不足するリスクを減らすことであった。

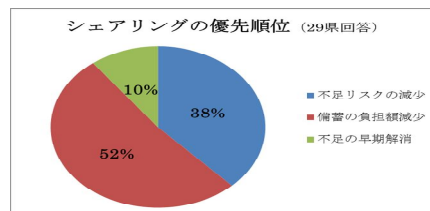


図 4 シェアリングシステム導入によって一番優先される効果

4.1 シェアリングシナリオ

シェアリングの基本モデル式を用いて、広域連携した全国規模での災害支援物資シェアリングシステムの構築を目指している。南海トラフ地震のような大規模災害では、全国規模の融通のみでは、全避難者が 3 日間避難所生活をできる量の物資を賄うことが困難であり、物資を追加して備蓄する事が必要になると推測される。そこで、物資の融通と同時に、物資の追加購入の方法と物資のあり方について複数のシナリオを比較し検討する。本研究では、4 つのシナリオを検討する。

シナリオ 0 は、各都道府県がそれぞれ物資を追加して備蓄する。現在の地域防災計画では、3 日の間は、被災した都道府県と市町村の備蓄物資と個人の備蓄物資で生活できると想定されており、3 日の間に災害時相互応援協定で物資を提供してもらう計画はなく、実際に被災すると、既存の計画ではシナリオ 0 が用いられる。

シナリオ 1 は、災害支援物資を供給する被災ランク E, D (被災の程度が小さく物資を融通できる) の都道府県は、災害支援物資を供給し、被災ランク A (被災の程度が大きく、物資が不足する) の都道府県は物資の供給を受けても物資が不足する可能性があり、不足する場合は備蓄量を増やす方法である。被災ランク A の都道府県が備蓄している物資と、3 日の間に融通を受け避難者に物資を提供する。融通してもらっても物資が不足する量に関して、被災ランク A で物資が不足している都道府県が前もって物資を備蓄する。

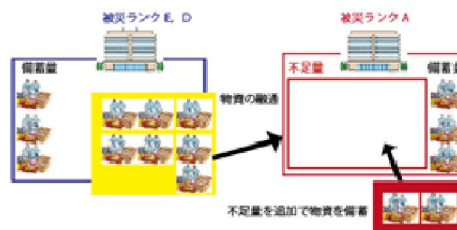


図 5 シナリオ 1

シナリオ2は、全都道府県の災害支援物資の備蓄量を平等にし、災害支援物資を供給する被災ランクがE, Dである都道府県は、災害支援物資を供給し、被災ランクがA(被災の程度が大きく、物資が不足する)であり、災害支援物資の供給を受けても災害支援物資が不足する量を自ら備蓄量を増やし備蓄する方法である。現在、災害支援物資の備蓄量が都道府県の人口に対して平均で約17%ある一方で、備蓄量が10%満たない都道府県が複数存在している。災害支援物資のシェアリングを行うには、各都道府県が備蓄する災害支援物資の量と負担はある程度公平性がないといけなと考えられる。そのため、災害支援物資の備蓄量が平均以下である都道府県は17%の備蓄を義務化し増加させた上で、災害支援物資を供給する被災ランクがE, Dである都道府県は、災害支援物資を供給し被災ランクがAであり、災害支援物資の供給を受けても災害支援物資が不足する量を自ら前もって備蓄する方法である。

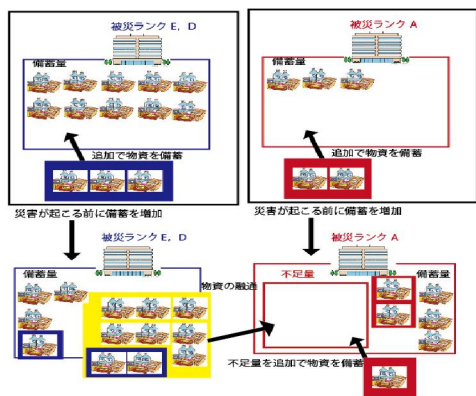


図6 シナリオ2

シナリオ3は、地域利用災害支援物資という架空の備蓄制度を導入する。これは、災害時に地域ブロックに属している都道府県であれば自由に全備蓄量を輸送して利用できる。地域共用災害支援物資は、災害時には比較的被災が少なく、既存の備蓄スペースに余裕がある都道府県に優先的に物資の備蓄を依頼し、追加で備蓄してもらい。管理は地域ブロックであり、被災の程度がすくないため、物資が使用できなくなるリスクも減り、安全に備蓄できる。本研究では、ランクがC以上(避難者は出るが、必要になる物資の量が、備蓄量の半分以下である)で、都道府県人口に対して物資の備蓄量が17%未満である都道府県に地域利用災害支援物資を追加で備蓄し、ランクA(被災の程度が大きく、物資が不足する)の都道府県が全備蓄量を利用できると決める。他とモデルと同様に、ランクがE, Dである都道府県が融通を行う。そのため、ランクAの都道府県は、ランクCの都道府県から地域共用災害支援物資を供給してもらい、ランクがE, Dである都道府県が災害支援物資の融通と地域共用災害支援物資

の供給をしてもらい、不足する量に関して、ランクAの都道府県が不足する量を自ら前もって追加で備蓄する。

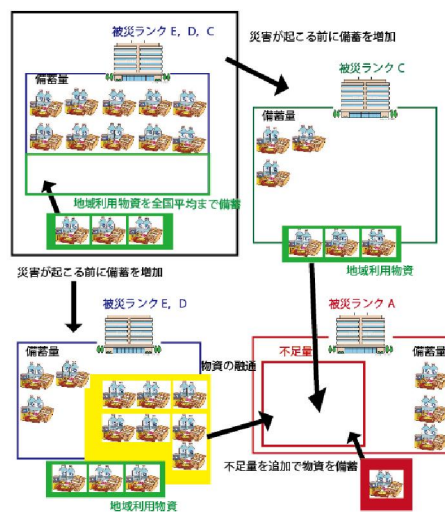


図7 シナリオ3

4.2 シェアリングシナリオの比較

総合コストを比較すると、シナリオ1が一番少なく、シナリオ3が次に少なくなる。シナリオ1とシナリオ3の差は6600万円である。シナリオ1とシナリオ3がシナリオ0やシナリオ2と比較してもコストが少なく物資を有効に利用できるシェアリングのシステムである。詳細を比較すると、シナリオ1は、必要となる物資の量がシナリオ3より少なく、購入費用は抑えられているが、新しく設ける災害支援物資の倉庫を維持管理する費用がシナリオ3の1.8倍かかっている。シナリオ3は2日間通して、輸送コストがどのシナリオと比較しても多くかかっており、どのシナリオよりも輸送というものに依存している。それぞれ輸送コストと備蓄の維持管理コストが比較して高いため、シナリオ1とシナリオ3について、必要になる物資の備蓄量や新設倉庫数、物資の輸送を詳しく比較する必要がある

表1 シナリオ別コスト (単位:円)

	融通コスト		物資追加コスト		総合コスト
	2日目	3日目	物資	倉庫	
シナリオ0	0	0	2,037,768	177,298	2,215,066
シナリオ1	196	667	443,953	35,234	480,049
シナリオ2	255	666	687,487	28,233	716,639
シナリオ3	322	708	466,182	19,424	486,634

シナリオ別に構築したシェアリングシステムについて分析を行った結果、それぞれシナリオによって期待できる効果が異なり、シェアリングシステムを実際に計画するにあたって以下の結論が見出された。

① 災害支援物資の量は都道府県によって異なり、備蓄量を人口によって基準を決め、備蓄量引き上げを課すことで、災害時に物資が不足する都道府県の数を減らすことができた。

② 大規模な災害であっても、既存の地域ブロックでの災害時相互応援協定で災害支

援物資の供給は可能であるが、供給できる災害支援物資は多くても1日分であり、3日以内に地域ブロック外から物資の供給を受ける必要がある。

③ シナリオ1のように、災害時に災害支援物資の不足が想定される都道府県が、物資が不足しないように対策し、事前に追加しておくことが、災害時にトラックの台数や燃料に限りがあり、不足するリスクがあることを考慮すると、総合コストも抑えることができしており、効果的なシステムであるといえる。

④ シナリオ1のように、災害時に災害支援物資の不足が想定される都道府県が、物資が不足しないよう事前に追加する量は、避難者数が多くなる分増加し、備蓄物資の量が全国の備蓄量からみて非常に多くなり、維持管理などの負担が被災の大きい地域に偏った。

⑤ シナリオ2のように、全都道府県で備蓄量引き上げを課すと、都道府県の備蓄量が増え、被災の程度が大きい都道府県の維持管理の負担を減らせるが、被災の程度が物資を融通できるほど持っていないが不足もしない都道府県も、備蓄量を増やしているため、他のシナリオと比べ必要以上に備蓄をってしまった。

⑥ シナリオ3のように、被災の程度が小さく、災害支援物資の備蓄量が少ない都道府県にどの都道府県でも全ての量使用できる物資を備蓄する事で、被災が大きい地域が災害時に必要な物資の備蓄量が減らせ、負担が分散できた。

⑦ シナリオ3のように、被災の程度が小さく、災害支援物資の備蓄量が少ない都道府県は被災の程度が大きい太平洋側の都道府県から遠いため、輸送時間と燃料が余分にかかった。

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3件)

- ① Wisetjindawat W., Kermanshah A., Derrible S., Fujita M. (2017) Stochastic Modeling of Road System Performance to Multi-Hazard Events: Flash Floods and Earthquakes. ASCE's Journal of Infrastructure Systems (Accepted).
- ② 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(1), pp.11-33.
- ③ Ito H., Wisetjindawat W., Yokomatsu M. (2015) Dealing with Relief Supplies for Possible Isolation of Shelters: Discussion on the Current Japanese Practice, Journal of Natural Disaster Science, Vol. 36(2), pp.53-61.

[学会発表] (計4件)

- ① Wisetjindawat W., Kanayama H., Fujita M., and Khan M.H., (2017) Road Reopening Plan for Delivery of Relief Supplies after a Disaster using Minimum Spanning Tree Technique with Link Importance Index, Proceeding at the 96th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 8-12, 2017, Washington DC. (査読あり)
- ② Ito H., Wisetjindawat W., Yokomatsu M., (2016) Reducing the Second Disaster through a Better Communication with Donors, Presentation at the 7th International Conference on Integrated Disaster Risk Management, October 1-3, 2016, Isfahan-Iran. (査読なし)
- ③ Ito H., Wisetjindawat W., Yokomatsu M., (2015) Managing Individual Donations in the Aftermath of a Large-scale Disaster: Logistics Issues and Coordination Among the Involved Sectors, Presentation at the 6th International Conference on Integrated Disaster Risk Management, October 28-30, 2015, New-Deli, India. (査読なし)
- ④ Yokomatsu M, Kajihara T, Ito H, 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, October 9-12, 2015, Hong Kong. (査読あり)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

ウイセツジンダワットウイスニー
(WISETJINDAWAT, Wisinee)
名古屋工業大学・社会工学科・助教
研究者番号：40534376

(2) 連携研究者

横松 宗太 (YOKOMATSU, Muneta)
京都大学・都市社会工学専攻・准教授
研究者番号：60335502

(3) 研究協力者

伊藤 秀行 (ITO, Hideyuki)
㈱ピーアイ物流企画・代表
大庭 凌輔 (OBA, Ryosuke)
京都大学・都市社会工学専攻・院生