

災害リスクガバナンスの観点からの 災害関連ICTシステムの先行研究レビュー

—レジリエントなコミュニティづくりのための適応的・統合的アプローチに着目して—

A Review of Disaster ICT System in the Context of Disaster Risk Governance:
Toward Adaptive and Integrated Approach to Build Resilient Communities

澁谷 遊野*
Yuya Shibuya

1. はじめに

情報通信技術（ICT）の飛躍的進展によって、災害に関する情報をオープンかつリアルタイムに近い形で共有するオンラインプラットフォーム活用の動きが広まっている。特にソーシャルメディアなどのWeb2.0が可能にする双方向・多方向のコミュニケーションは、多様な主体が自律分散的なネットワークを構築し協働することを可能にしている。そのような特徴を生かしたオンラインプラットフォームを災害対応や防災を目的に開発・運用したり、Twitterなどの既存プラットフォームを災害対応や防災へ活用したりする動きも広まっている（以下本研究では、このような自律分散的で多様な主体間の協働をサポートするオンラインプラットフォームを「災害関連ICTシステム」と呼ぶ）。たとえば、2011年の東日本大震災時には、オンライン上に拡散していた被災地に関する情報を地図上に整理した「sinsai.info¹」が運用されたり、双方向型カーナビゲーションから収集する車両走行軌

跡データなどを地図上で示し、被災地周辺の道路状況をほぼリアルタイムで示した「通行実績情報²」などが運用されたりした。こうした災害関連ICTシステムは複雑さや不確実性を増す災害リスクに大きな役割を担うツールとして幅広く研究されている。他方、災害関連ICTシステムに関する研究は個別のシステムや特定の災害を対象としたものがほとんどで、包括的な研究は少ない。そこで、本研究は災害関連ICTシステム研究のレビューを通して、災害リスクガバナンスでの論点を、災害関連ICTシステム研究に明確に位置付け、今後の研究課題を提示することを目的とする。

以下、本論文は次のように構成される。第2章では、災害リスクガバナンス研究の中で近年特に焦点が当てられている適応的・統合的アプローチを整理する。続く第3章では、災害関連ICTシステム研究をレビューし、第2章で示した適応的・統合的アプローチに従って考察す

* 東京大学大学院学際情報学府博士課程

キーワード：災害リスクガバナンス、適応的・統合的ガバナンス、ICT、協働

る。最後に第4章で、以上の内容をまとめる。

2. 災害リスクガバナンスにおける適応的・統合的アプローチ

近年、災害リスクは、気候変動や持続的な開発、公衆衛生、エネルギー技術など多様な他のリスクとの密接な結びつきが指摘されている。さらに人為災害と自然災害が同時発生する可能性もあるなど、災害リスクはその複雑さや不確実性を増している。そこで災害リスクガバナンス研究においては、複雑かつ不確実な災害リスクへのアプローチとして、適応的・統合的アプローチが取り入れられてきている (Djalante, Holley, Thmalla & Carnegie, 2013)。適応的・統合的アプローチ着目への背景としては、先に指摘した気候変動や持続可能な開発との関連性を筆頭に他のリスクと災害リスクを統合したオールハザード型アプローチの重要性が指摘されてきたことや (Boin & Hart, 2010; Forino, Meding, & Brewer, 2015; Greve, 2016; Schelfaut, Pannemans, Craats, Krywkow, Mysiak, & Cools, 2011; Wachinger, Renn, Begg, & Kuhlicke, 2013)、災害リスクの発生頻度や規模などに関する自然科学的研究のみならず、コミュニティの脆弱性の原因や、社会生態システムへの影響など、社会科学や人文科学など幅広い研究分野を統合させた学際的アプローチにより、動的環境下にある災害リスクに適応できるようなコミュニティのレジリエンスを高める必要性の高まってきたことなどがあげられる (Djalante et al., 2013)。適応的・統合的アプローチは、行政のほか民間企業や各種団体、地域住民など多様なステークホルダーによ

る協働を中心的特徴としている点で (Klinke & Renn, 2012)、従来型の災害ガバナンスの中心であったコマンド・コントロールモデルとは異なる。

適応的・統合的アプローチに関する議論では、多様な観点が指摘されてきているが、大まかに分けると次の3つ観点の重要性が共通して指摘されている。a) アクター間の情報フロー確保、b) アドホック・即興性 (improvisation) への柔軟さ、そしてa) とb) を確保するためのc) 十分な事前準備と継続的見直しである。以下これら3つの観点を整理する。

・アクター間の情報フロー確保

先にも述べたように適応的・統合的アプローチは、多様なステークホルダーや住民の参加を基盤としていることから、言うまでもなく各アクター間の情報フロー確保は必須である。しかし、特に災害発生後は、刻々と状況が変化することから必要な情報が必要な時に伝達することは困難となる (Ley, Ludwig, Pipek, Randall, Reuter, & Wiedenhofer, 2014)。さらに防災の観点からも、科学的知見に加え災害リスクを形成する政治・文化的要素を考慮し、リスクアセスメントの過程にステークホルダーの参加を取り込みながら情報フローを確保することは欠かせない (Komendantova et al., 2014)。情報フローを妨げる要因として、Day, Junglas, & Silva (2009) は、情報入手の困難さ、一貫性

のないデータ・情報フォーマット、情報不足や情報過負荷、情報の優先順位の低さ、情報源特定の困難さ、ストレージメディアの乖離、信ぴょう性のない情報、動機付けの欠落の8つを挙げる。また、Boin & Hart (2010) は情報フローを妨げる要因の多くは技術的というよりむしろ文化的要因であることが多いと指摘し、その例としてコミュニケーション手段や所定の手順が事前がないことや、組織間の信頼の欠如などを挙げる。従来のコマンド・コントロールモデルではトップダウン的で情報伝達経路が明確であるのに対し、適応的・統合的アプローチでは多様なアクター間の水平的ネットワークを基盤としていることから、上記の課題にいかに対処しアクター間の情報フローを確保するかは重要となっている。

・アドホック・即興性への柔軟さ

災害時には、様々な関心によって動機付けられた多様なアクターが、平時にはないスケールでアドホック的に緩やかなネットワークを形成し、時間的プレッシャーの下、即興的対応を講じる (Olshansky, Hopkins, & Johnson, 2012; Rodriguez, Trainor, & Quarantelli, 2006; Waugh & Sylves, 2002)。Cutter, Barnes, Berry, Burton, Evans, Tate & Webb (2008) によると即興力とは、コミュニティの想定を超えるような災害が起きた場合や、想定内であっても事前準備が十分でなかった場合に発揮される力である。複雑さや不確実性を伴う災害リスクでは、当然ながらあらゆる事態を想定した計画を立てることは不可能で、よってアドホック的参加者やネットワーク、即興的対応をサポー

トする柔軟さが欠かせない (Ley et al., 2014; Mendonça, 2007)。Kendra & Wachtendorf (2003) は即興の例として、2001年のアメリカ同時多発テロで破壊された災害対策本部を即座に移転し、仮設の場所で多様な関係主体が協力しながら災害対応に奔走した事例や、学生ボランティアや民間企業などによって結成されたGIS (地理情報システム) チームが被災現場で必要な地図を作成した事例をあげる。さらに、Kreps (1991) は即興と事前準備の補完関係を以下のように指摘する。

即興のない緊急事態管理は状況変化に対応する柔軟性を失う。事前準備のない緊急事態管理は本質的な災害時の要求に対応する効率性と明快さを失う。即興と事前準備は両者同様に重要で、hand-in-handの関係にある。(Kreps, 1991, p.30)

前述のアメリカ同時多発テロでも、事前の計画や訓練、経験、人的ネットワークなどの組み合わせが、敏速な創造力を生み、即興的かつ適応的な対応に繋がったと指摘されている (Kendra & Wachtendorf, 2003)。また、コマンド・コントロールに比べ、適応的・統合的アプローチの参加主体の多様性や結びつき、余剰などが即興やアドホック的対応を醸成しているとも言える。

・事前準備と継続的見直し

最後に1) アクター間の情報フローと2) アドホック・即興性への柔軟さをサポートする3) 事前準備と継続的見直しの重要性である。災害

研究では2000年代後半ごろから、事後的な復旧復興だけでなく、将来の災害に備えるための視点としてレジリエンス³が広く扱われるようになってきた（澁谷・田中，2014）。適応的・統合的アプローチでは多様なリスクに対応できるようなオールハザード型の対策に取り組む必要がある（Edwards & Goodrich, 2007）。また、責任者の割り当てなどに重点置くコマンド・コントロールモデルよりも、コミュニティや組織を超えた人的・物的リソースの統合と調整が重

要である（Quarantelli, 1988）。さらに、事前準備では、一度作成した計画に固執しないことも重要である。Boin & Hart (2010)によると、計画作成はアウトプットではなくプロセスであるべきで、法的義務に基づく書類作成などではなく、継続的なリスクモニタリングや教育、訓練などを通してコミュニティが常に学習し、計画を継続的に更新、調整することが求められる。

3. 災害関連ICTシステム研究レビュー

前章では、災害関連ICTシステム研究をレビューする前段階として、災害リスクガバナンスに関する先行研究を概観し、近年はコミュニティレジリエンス向上のためのアプローチとして適応的・統合的ガバナンスに焦点が集まっていて、大まかに分けるとa) 情報フローの確保、

b) アドホック・即興性への柔軟さ、c) 事前準備と継続の見直しの重要性が指摘されていることを示した。本章では、災害関連ICTシステム研究を包括的に概観し、適応的・統合的アプローチの視点を位置付ける。

3.1 対象論文の選定方法

選定にあたっては、論文検索データベース Web of Science Core Collection で Disaster, management, governance, ICT, IT, GIS, social media, SNS などのキーワードを組み合わせて検索を行い、筆者が入手可能な文献かつ本研究が対象としている災害関連ICTシステムを扱うものを抽出した。さらに抽出論文の引用及び被引用文献で筆者が本研究に関連が深いと判断した論文も対象に加えた。なお、Disaster をキーワードに検索を行ったもののうち、自然災害以

外にもテロなどの人為災害を扱う文献なども対象に含めたが、組織の災害（organizational/institutional disasters）は本研究の目的と異なるため対象から除外した。対象はあわせて36件である。以下まず3.2節で、どのような観点から災害関連ICTシステム研究が行われてきたのかを概観する。その上で3.3節では、適応的・統合的観点から災害関連ICTシステムを考察する。

3. 2 災害関連ICTシステムに関する先行研究

災害関連分野では2000年前後からICT活用が活発化・多様化した。当初は、医療機関用での災害情報マネジメントシステムやシミュレーションによる災害リスクアセスメントなど専門家による専門的な用途での利用がメインであったが、その後、スマートフォンなどの携帯端末の普及やSNSやWiki、マイクロブログなどのソーシャルメディアが広く浸透するに伴い（Web2.0）、専門家にとどまらず住民を含めた非専門家による情報の送受信が可能になり、協働促進のツールとしてICTが位置づけられていった。従来は中央集権的にそれぞれの組織がデータをサイロ化して情報を保有していたが、ソーシャルメディアの強みは、異なる専門性や文脈を持つ多様な主体からなるアドホックなネットワークをサポートする共通基盤を提供し、オープンな情報共有を可能にすることである（Yates & Paquette, 2011）。

・多様なアクター間の協働

Laituri & Karis (2008) によると2004年のスマトラ島沖地震と2005年のハリケーン・カトリーナを契機に、情報発信や寄付活動、家族や友人の安否確認や避難場所の確保などをオンライン上で行う動きが広く見られるようになった。さらに、ハリケーン・カトリーナで政府組織や民間セクター間での情報共有の欠如が教訓として指摘されたことなどから（Wise, 2006）、災害リスクに関わる多様な主体の協働の促進を主たる目的とした災害関連ICTシステムの提案・運用がその後広まった（Vivacqua & Borges, 2012; Benssam, Nouali-Taboudjemet,

& Npiali, 2014; Heard, Thakur, Losego, & Galluppi, 2014）。たとえば、Troy, Carson, Vanderbeek, & Hutton (2008) は災害準備や災害時にNGOや公共セクター、民間セクターが共有できるコミュニティリソースのマネジメントデータベースシステムを提案している。また、Ginge, Paolino, Romano, Sebillio, Tortora, & Vitiello (2014) は、行政や各種団体などがオンラインスプレッドシート上で情報共有するプラットフォームを提案した。

・ソーシャルメディアの活用と住民協働

多様なアクターの中でも特に住民参加によるボトムアップ的なICT活用の重要性も指摘されてきた（Jaeger, Shneiderman, Fleishmann, Preece, Qu & Wu, 2007）。とりわけソーシャルメディアによる住民参加が広くみられるようになったのは、携帯端末やソーシャルメディアがより社会に浸透していた2010年のハイチ地震で（Liu, 2014; Poorazizi, Hunter, & Steiniger, 2015）、Twitterを活用した救助救援の要請や、オープンソースソフトウェアUshahidiを活用した災害情報のマッピング活動などがみられた。ソーシャルメディアは住民の災害対応への主体的参加を高めており（Vieweg, Palen, Liu, Hughes, Sutton, 2008）、携帯端末やソーシャルメディアのコミュニケーション能力や普及度を考慮すると、ソーシャルメディアの活用はもはや、行政にとって組織的メッセージ伝達のための任意手段ではない（Graham, Avery & Park, 2015; Shen & Chu, 2014）。コミュニティは救援・救助の対象にと

どまらない力強く自己組織化できる集積した知識力としてみなすことができる (Alexander, 2014; Roberts, 2011). たとえばReuter, Ludwig, & Pipek (2014) は、アドホックな参加や即興的対応を促すことを目的に、携帯端末から災害現場の状況や関連する情報をオンライン地図上に入力し、他のアクターと共有・編集することを可能にするアプリを提案している。

・効率的な収集・分析・共有と共有情報の分析

多様な主体によるネットワークを支えるための情報収集・分析・共有の効率化・効果化に関する研究も広く行われている (Bharosa, Lee & Janssen, 2010). 特にオンライン上の様々なプラットフォーム上に分散する災害関連情報の統合的収集・活用に関する研究が活発である (Gao, Xufei, & Huan, 2011). たとえば Gao et al. (2011) は東日本大震災などで活用されたUshahidiなど、ソーシャルメディアのクラウドソーシングの可能性や課題を分析した。Li, Liu, Khan, & Nasir (2014) や Malizia, Paloma, Ignacio, & Levaldi (2011) はTwitterなどの限られた情報プラットフォームに依存せずに複数の情報ソースを確保するシステムを提案した。またプラットフォームに収集された災

害関連情報の分析では、多数のアクターの参加で膨大化した情報の中から、必要な情報を効果的に見つけるためのマルチレベル索引アルゴリズムや (Wu, Yan, Liu, Ding, & Jiang, 2015), 情報の信ぴょう性などを評価するアルゴリズム (Javaid, Majeed, & Afzal, 2013) が提案されている。

災害関連ICTシステムで共有される情報に関する研究も社会心理などの社会科学研究を中心に盛んである。たとえばLu & Dan (2011) は2008年の四川地震後、オンラインプラットフォーム内でやり取りされたデータからソーシャル・キャピタルと情報交換の関係性を分析した。Tang, Tang, Weng, Cao & Lu (2012) と Cao, Lu, Dong, Tang, & Li (2013) は、四川大地震のソーシャルメディアのデータ分析から、結合型ソーシャル・キャピタルと橋渡型ソーシャル・キャピタルのそれぞれがデータの質に与える影響や、情報の量と質のそれぞれが個人やコミュニティに影響をあたえることを明らかにした。Kapucu (2006) は災害時の効果的なコミュニケーションには災害前のアクター間コミュニケーションとソーシャル・キャピタルの水準が影響することを示した。

3. 3 考察

以上、前節では協働を促進する災害関連ICTシステム研究を概観し、どのような論点で議論が行われてきたのかを示した。本節では第2章で示した災害リスクガバナンス研究の適応的・統合的アプローチでの論点を照らし合わせ、災害リスクICTシステムを災害リスクガバナンス

研究に明確に位置付けることを目的とする。表1は、本研究が対象とした災害関連ICT研究を、第2章で示した適応的・統合的アプローチの3つの論点である、a) アクター間の情報フロー確保、b) アドホック・即興性への柔軟さ、c) 事前準備と継続的見直しという観点が含まれてい

るかどうかで分類して示したものである。具体的には第2章に基づき、3つの観点を含む災害関連ICTシステム研究を次のように操作的に定義した。第1のa)は、多様な主体間の情報フローを担保することを目的としているシステムに関する研究とする。第2のb)は、緩やかなネットワークによるアドホック・即興的対応をサポートすることを目的としているシステムに関する研究とする。第3のc)は、次の2つに分かれる。まず事前準備や継続的見直しを目的とするシステムに関する研究である。次に第1のa)アクター間の情報フロー確保を目的としたシステム、あるいは第2のb)アドホック・即興性への柔軟さを可能にするシステムが災害時に十分に機能するための事前準備や継続的見直しに関する研究とする。同表のx印は、当該論文が扱っている項目を示す。

同表に基づいて概観すると、本研究で扱った先行研究の全てで情報フロー確保に関する論点が扱われていることが確認できた。他方、アドホック・即興性への柔軟性や事前準備に関する論点を含んでいる論文は散見されるが、3つの論点全てを扱う論文は4つと限られている。さらに、災害関連ICTシステムを適応的・統合的ガバナンスの観点で位置付けることで、3つの論点に関する災害関連ICTシステムの課題が以下のように明らかになった。

情報フローの確保に関する課題

まず、情報フローの確保の論点に関する課題である。すでに述べたように他アクター間の協働を基盤とする適応的・統合的アプローチにおいてアクター間の情報フロー確保はシステムの

根幹に関わる。これは本研究の対象論文すべてで情報フロー確保が論じられていることによってサポートされる。他方、情報フローの効率化・効果化に関する技術的側面やシステム内の

表1：災害関連ICTシステムに関する先行研究と適応的・統合的アプローチの関連性

論文	(a)	(b)	(c)
Alexander (2014)	x	x	(x)
Benssam et al. (2014)	x	x	x
Bharosa et al. (2010)	x		
Cao et al. (2013)	x		
Dorasamy et al. (2011)	x		x
Gao & Geoffery et al. (2011)	x	(x)	
Gao & Xufei et al. (2011)	x	x	
Ginge et al. (2014)	x	x	
Graham et al. (2015)	x		
Harrald (2006)	x	(x)	x
Heard et al. (2014)	x	x	
Houston et al. (2015)	x		x
Ikeda & Nagasato (2011)	x		x
Jaeger et al. (2007)	x		x
Javid et al. (2013)	x		
Kapucu (2006)	x		(x)
Laben (2012)	x		x
Laituri & Karis (2008)	x	x	
Leidig & Teeuw (2015)	x	x	
Li et al. (2014)	x	x	
Liu (2014)	x	x	
Lu & Dan (2011)	x		
Malizia et al (2011)	x		
Mendonca (2007)	x	x	x
Poorazizi et al. (2015)	x	x	
Reddick (2011)	x		x
Reuter et al. (2014)	x	x	
Roberts (2011)	x	(x)	
Shen & Chu (2014)	x		x
Tang et al. (2012)	x		
Troy et al. (2008)	x		x
Vieweg et al. (2008)	x		
Vivacqua (2012)	x	x	
Wehn et al. (2015)	x		(x)
Wu et al. (2015)	x	x	
Yates & Paquette (2011)	x	x	

(註1) a：情報フローの確保，b：アドホック・即興性への柔軟さ，c：事前準備
(註2) (x)は論文中で当該項目を今後の課題としてのみ扱っていることを示す

情報に着目した研究が多く、情報フローを妨げるもしくは促進する要因に関する社会・経済的背景や、社会システムの考察などは少なかった。たとえば、Bharosa et al. (2010) はインセンティブの欠如などの理由で各アクターが外部からの情報受信に比べ情報提供を積極的に行わない傾向を明らかにしている。今後はどのようなインセンティブが情報発信に必要であるか具体的に検討する必要があると考える。また、既存の災害関連ICTシステムは、単一や少数のリスクやデータに特化したものが多いため、関連する他のリスク情報やアクターのシステムへの統合や、複数の災害関連ICTシステム間のネットワーク構成などに関する研究が必要と考えられる。

アドホック・即興性への柔軟さに関する課題

次にアドホック・即興性への柔軟さ確保の論点に関する課題である。この論点に関して、対象論文では、全てのアクターへのシステムのオープン化の必要性や (Harrald, 2006)、柔軟性の高いオープンソフトウェアの有効性 (Leidig & Teeuw, 2015; Laituri & Karis, 2008)、情報の互換性 (Vivacqua & Borges, 2012)、エンドユーザー思考のシステム (Ginge et al., 2014) などの議論がみられた。このように、アドホック・即興性をサポートするシステムに関する技術的観点による研究は、特にここ最近で盛んになっている一方、技術的進展に伴う、情報の公開範囲やプライバシーなど情報セキュリティに関する研究は課題である (Bharosa et al., 2010; Careem et al., 2006;

Leidig & Teeuw, 2015; Mills et al., 2009; Jaeger et al., 2007)。またLiu (2014) が指摘するように、アドホックな参加者や、即興性をサポートするシステムの技術的検討だけでなく、社会・制度的、政策的観点からの研究も今後求められる。

事前準備と継続的見直しに関する課題

最後に、事前準備と継続的見直しの観点は、本研究の対象論文では最も扱いが少なかった。災害関連ICTシステムの事前準備での有効性は広く認められているものの (Houston, Hawthorne, Perreault, Park, Hode, Halliwell, McGowen, Davis, Vaid, McElderry & Griffith, 2015)、たとえば、コミュニティに事前準備を促す教育・啓発を目的としたプラットフォーム (e.g. Ready.org⁴) やハザードマップ (e.g. 国交省ハザードマップポータルサイト⁵) など実際に運用されているシステムに関する研究は限られている。特に、事前準備に災害関連ICTシステムがサステナブルに機能するための継続的見直しの必要性は今後議論する必要があると考える。また、既存の災害関連ICTシステム研究全体として、災害時の技術的側面やシステム内のデータに着目した研究が大部分を占めることから、訓練を含めたシステム運用プロセスの改善 (Laben, 2012) や、複雑な災害システムの中でICTシステムを統合しより活用するための統合的・体系的な計画作成や十分な準備などが (Houston et al., 2015)、今後の研究課題と考えられる。

4. まとめ.

本研究では、災害関連ICTシステムに関する先行研究を、災害リスクガバナンスの適応的・統合的アプローチの観点から包括的にレビューすることを試みた。全体をまとめると、複雑性・不確実性を増す災害リスクのガバナンスとして、多様な主体間の協働と住民参加に基づく適応的・統合的アプローチの重要性が広く認識されるようになり、特にa) 情報フローの確保、b) アドホック・即興性への柔軟性、a) とb) を実現するためのc) 十分な事前準備と継続的見直しの必要性が論じられていることを確認した。その上で、災害関連ICTシステム研究をレビューすると、a) 情報フロー確保に関する論点は全ての対象論文に含まれているものの、c) 事前準備と継続的見直しを扱う研究は少なく、全体としては技術的側面に着目した研究が多いことが確認された。今後の研究課題として、コミュニティのレジリエンスを高める事前準備に

資する災害関連ICTシステムに関する研究を、技術面にのみならず社会・経済的観点から行い、社会システム全体の中で災害関連ICTシステムを捉えていく必要があると考える。そのため具体的な研究課題としては、個別の災害関連ICTシステム間のネットワーク構築や、災害関連ICTシステムへの参加や情報共有のインセンティブ、災害関連ICTシステムのトレードオフやサステナブルな運用、体系的・統合的な計画づくりなどに関する研究などが考えられる。本論文では、主に英文の文献データベースに主に依拠する対象研究の選定方法などにより、限られた先行研究しか取り上げていない点で限界がある。特に日本国内の災害を事例とした研究については今後の研究課題である。また、オープンデータなどの新たな潮流が災害関連ICTシステムでどのように捉えられているかについても今後の研究課題としたい。

註

¹ <http://www.sinsai.info/>

² <http://www.its-jp.org/saigai/>

³ レジリエンスの定義は分野によって異なるが、Zolli & Healy (2013) は「システム、企業、個人が極度の状況変化に直面したとき、基本的な目的と健全性を維持する能力」(p.10)と定義する。また災害復興を論じるAldrich (2012) は「災害などの危機を切り抜けるとともに、調整された作業と協調的な活動を通じて効果的・効率的な復興に参加する能力」と定義する (p.7)。

⁴ <https://www.ready.gov/>

⁵ <http://disaportal.gsi.go.jp/>

参考文献

- Aldrich, D. 2012. *Building resilience: Social capital in post-disaster recovery*. Chicago, University of Chicago Press. 248p.
- Alexander, D. 2014. Social media in disaster risk reduction and crisis management. *Science and engineering ethics*. 2014, 20 (3), pp.717-733.

- Benssam, A., Nouali-Taboudjemet, N., & Nouali, O. 2014. Requirements for an IT based platform for disaster management. *Information and Communication Technologies for Disaster Management*, 2014 1st International Conference, pp.1-4.
- Bharosa, N., Lee, J., & Janssen M. 2010. Challenges and obstacles in sharing and coordinating information during multi-agency disaster response: Propositions from field exercises. *Information Systems Frontiers*. 12 (1) , pp.49-65.
- Boin, A. & Hart, P. 2010. Organising for effective emergency management: lessons from research. *Australian Journal of Public Administration*. 69 (4) , 375-371.
- Cao, Q., Lu, Y., Dong, D., Tang, Z., & Li Y. 2013. The roles of bridging and bonding in social media communities. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 64 (8) , pp.1671-1681.
- Cutter, S., Barnes L, Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb J. 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*. 18 (4) , pp.598-606.
- Day, J., Junglas, I., & Silva L. 2009. Information flow impediments in disaster relief supply chains. *Journal of the Association for Information Systems*. 10 (8) , p.637-60.
- Djalante, R., Holley, C., Thomalla, F., & Carnegie, M. 2013. Pathways for adaptive and integrated disaster resilience. *Natural Hazards*. 69 (3) , pp.2105-35.
- Dorasamy, M., Raman, M., Muthaiyah, S., & Kaliannan, M. 2011. Investigating perceived ICT usefulness for disaster readiness: A preliminary analysis. 2011 7th International Conference on Information Technology in Asia. pp.1-7.
- Edwards, F. & Goodrich, D. 2007. Organizing for emergency management, in : Waugh, W. & Tierney, K. (Eds.) , *Emergency Management: Principles and Practice for Local Government*, International City Management Association, Washington, DC. pp.39-55.
- Forino, G., Meding, J., & Brewer, G. 2015. A conceptual governance framework for climate change adaptation and disaster risk reduction integration. *International Journal of Disaster Risk Science*. 6 (4) , pp.372-84.
- Gao, H., Barbier, G., & Goolsby, R. 2011. Harnessing the crowdsourcing power of social media for disaster relief. *Intelligent Systems*. 26 (3) , pp.10-14.
- Gao, H., Wang, X., & Huan, L. 2011. Promoting Coordination for Disaster Relief From Crowdsourcing to Coordination. International Conference on Social Computing, Behavioral-Cultural Modeling, and Prediction, pp.197-204.
- Ginge, A., Paolino, L., Romano, M., Sebillo, M., Tortora, G., & Vitiello, G. 2014. Information Sharing among Disaster Responders: An Interactive Spreadsheet-Based Collaboration Approach. *Computer Supported Cooperative Work*. 4 (6) , pp.547-583.
- Graham, M., Avery, E., & Park, S. 2015. The role of social media in local government crisis communications. *Public Relations Review*, 41 (3) , pp.386-94.
- Greve, A. 2016. Sustainable development, climate change adaptation and disaster management. *Sustainable Development and Disaster Risk Reduction*, pp.13-36.
- Harrald, J. 2006. Agility and discipline: Critical success factors for disaster response. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*. 604, pp.256-72.
- Heard, J., Thakur S., Losego, J., & Galluppi K. 2014. Big board: Teleconferencing over maps for shared situational awareness. *Computer Supported Cooperative Work*. 23 (1) , pp.51-74.
- Houston, B., Hawthorne J., Perreault, M., Park, E., Hode M., Halliwell, M., McGowen, S., Rachel, D., Vaid, S., McElderry, J., & Stanford, G. 2015. Social media and disasters: A functional framework for social media use in disaster planning, response, and research. *Disasters*. 39 (1) , pp.1-22.
- Ikeda, S., & Nagasaka T. 2011. Emergent framework of disaster risk governance towards innovating coping capability for reducing disaster risks in local communities. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2 (2) . pp.1-9.
- Jaeger, P., Shneiderman, B., Fleischmann, K., Preece, J., Qu, Y., & Wu, P. 2007. Community response grids: E-government, social networks, and effective emergency management. *Telecommunications Policy*. 31 (10) , pp.592-604.
- Javaid, S., Majeed, A., & Afzal, H. 2013. A reputation management system for efficient selection of disaster management team. 2013 15th International Conference on Advanced Communication Technology, pp.829-34.

- Kapucu, N. 2006. Interagency communication networks during emergencies - boundary spanners in multiagency coordination. *American Review of Public Administration*. 36 (2) , pp.207-25.
- Kendra, J. & Wachtendorf, T. 2003. Elements of resilience after the world trade center disaster: Reconstituting new york city's emergency operations centre. *Disasters*. 27 (1) , pp.37-53.
- Kreps, G. 1991. Organizing for emergency management, in: Drabek, T. & Hoetmer, G. (Eds.) , *Emergency Management: Principles and Practice for Local Government*, International City Management Association, Washington, DC. pp.159-181.
- Klinke, A. & Renn, O. 2012. Adaptive and integrative governance on risk and uncertainty. *Journal of Risk Research*. 15 (3) , pp.273-292.
- Komendantova, N., Mrzyglocki, R., Mignan, A., Khazai B., Wenzel, F., Patt, A., & Fleming, K. 2014. Multi-hazard and multi-risk decision-support tools as a part of participatory risk governance: Feedback from civil protection stakeholders. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 8 (JUN) , pp.50-67.
- Laben, C. 2002. Integration of remote sensing data and geographic information system technology for emergency managers and their applications at the Pacific Disaster Center. *Optical Engineering*, 41 (9) , pp.2129-2136.
- Laituri, M. & Kodrich, K. 2008. On line disaster response community: People as sensors of high magnitude disasters using internet GIS. *Sensors*. 8 (5) , pp.3037-3055.
- Leidig, M. & Teeuw, R. 2015. Free software: A review, in the context of disaster management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 42 (OCT) , pp.49-56.
- Ley, B., Ludwig, T., Pipek, V., Randall, D., Reuter, C., & Wiedenhofer, T. 2014. Information and expertise sharing in inter-organizational crisis management. *Computer Supported Cooperative Work*. 23 (46) , pp.347-87.
- Li, J., Qingrui, L., Chao, L., Ullah, K., & Nasir, G. 2014. Community-Based Collaborative Information System for Emergency Management. *Computers and Operations Research*. 42, pp.116-24.
- Liu, S. 2014. Crisis Crowdsourcing Framework: Designing Strategic Configurations of Crowdsourcing for the Emergency Management Domain. *Computer Supported Cooperative Work*. 23 (46) , pp.389-443.
- Lu, Y. & Yang, D. 2011. Information Exchange in Virtual Communities Under Extreme Disaster Conditions. *Decision Support Systems*. 50 (2) , pp.529-38.
- Malizia, A., Andrea, B., Paloma, D., Ignacio, A., & Levaldi, S. 2011. eStorys: A visual storyboard system supporting back-channel communication for emergencies. *Journal of Visual Languages and Computing*. 22 (2) , pp.150-169.
- Mendonça, D. 2007. Decision support for improvisation in response to extreme events: Learning from the response to the 2001 World Trade Center attack. *Decision Support Systems*, 43 (3) , pp.952-967.
- Mills, A., Chen, R., Lee, J., & Rao, R. 2009. Web 2.0 emergency applications: How useful can Twitter be for emergency response? *Journal of Information Privacy and Security*, 5 (3) , pp.3-26.
- Olshansky, R., Hopkins, L., & Johnson, L. 2012. Disaster and recovery: Processes compressed in time. *Natural Hazards Review*. 13 (3) , pp.173-8.
- Poorazizi, M., Hunter, A., & Steiniger, S. 2015. A volunteered geographic information framework to enable bottom-up disaster management platforms. *International Journal of Geo-Information*. 4 (3) , pp.1389-422.
- Quarantelli, E. 1988. Disaster crisis management: A summary of research findings. *Journal of management studies*, 25 (4) , pp.373-385.
- Reddick C. 2011. Information technology and emergency management: preparedness and planning in US states. *Disasters*. 35 (1) , pp.45-61.
- Reuter, C., Ludwig, T., & Pipek, V. 2014. Ad hoc participation in situation assessment: Supporting mobile collaboration in emergencies. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 21 (5) , p.26:1-26:26.
- Roberts, N. 2011. Beyond Smokestacks and Silos: Open Source, Web Enabled Coordination in Organizations and Networks. *Public Administration Review*. 71 (5) , pp.677-693.
- Rodriguez, H., Trainor, J., & Quarantelli, E. 2006. Rising to the challenges of a catastrophe: The emergent and prosocial behavior

- following Hurricane Katrina. *The annals of the American academy of political and social science*. 604 (1) , pp.82-101.
- Careem, M., Silva, C., Silva, D., Raschid, L., & Weerawarana, S. 2006. Sahana: Overview of a disaster management system. Information and Automation International Conference, pp.361-366.
- Schelfaut, K., Pannemans, B., Craats, I., Krywkow, J., Mysiak, J., & Cools, J. 2011. Bringing flood resilience into practice: The FREEMAN project. *Environmental Science and Policy*. 14 (7) , pp.825-33.
- Shen, C. & Chu, S. 2014. Web 2.0 and social networking services in municipal emergency management: A study of US cities. *Journal of Universal Computer Science*. 20 (15) , pp.1995-2004.
- Tang, X., Tang, M., Weng, Z., Cao, X., & Lu, Y. 2012. The impact of social capital on information exchange and well-being in virtual communities. *Journal of Global Information Technology Management*. 15 (3) , pp.5-29.
- Troy, D., Carson, A., Vanderbeek, J., & Hutton, A. 2008. Enhancing community - based disaster preparedness with information technology. *Disasters*. 32 (1) , pp.149-165.
- Vieweg, S., Palen, L., Liu, S., Hughes, A., & Sutton, J. 2008. Collective intelligence in disaster: Examination of the phenomenon in the aftermath of the 2007 Virginia Tech Shooting. *Proceedings of the information systems for crisis response and management conference*. Washington, DC, pp.44-54.
- Vivacqua, A. & Borges, M. 2012. Taking Advantage of Collective Knowledge in Emergency Response Systems. *Journal of Network and Computer Applications*. 35 (1) , pp.189-198.
- Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., & Kuhlicke, C. 2013. The risk perception paradox: implications for governance and communication of natural hazards. *Risk analysis*. 33 (6) . pp.1049-1065.
- Waugh, W. & Sylves, R. 2012. Organizing the war on terrorism. *Public Administration Review*, 62, pp.145-153.
- Wehn, U., Rusca, M., Evers, J., & Lanfranchi, V. 2015. Participation in flood risk management and the potential of citizen observatories: a governance analysis. *Environmental Science and Policy*. 48 (2015) , pp.225-236.
- Wise, C. 2006. Organizing for homeland security after Katrina: Is adaptive management what' s missing? *Public Administration Review*. 66 (3) , pp.302-318.
- Wu, Y., Yan, C., Liu, L., Ding, Z., & Jiang, C. 2015. An adaptive multilevel indexing method for disaster service discovery. *Computers*, 64 (9) , pp.2447-2459.
- Yates, D. & Paquette, S. 2011. Emergency knowledge management and social media technologies: A case study of the 2010 Haitian earthquake. *International Journal of Information Management*. 31 (1) , pp.6-13.
- Zolli, A. & Healy, A. M. (2013) . *Resilience: Why things bounce back*. Simon and Schuster. (須川綾子訳. 『レジリエンス 復活力：あらゆるシステムの破綻と回復を分けるものは何か』. ダイヤモンド社)
- 澁谷遊野：田中秀幸. 2014. 災害復興の研究動向レビューー地域コミュニティとソーシャル・キャピタルの観点からー. 2014年社会情報学会 (SSI) 学会大会研究発表論文集. 京都, 2014-9-19/21. 社会情報学会. pp.83-85.

澁谷 遊野 (しぶや・ゆや)

[生年月] 1987年9月9日生

[出身大学または最終学歴] 東京大学大学院学際情報学府修士課程修了

[専攻領域] 災害リスクガバナンス、災害ロジスティクス

[所属] 東京大学大学院学際情報学府博士課程

[所属学会] 社会情報学会、社会・経済システム学会

A Review of Disaster ICT System in the Context of Disaster Risk Governance: Toward Adaptive and Integrated Approach to Build Resilient Communities

Yuya Shibuya*

Disaster ICT (Information and Communication Technology) systems, which improve multi-actor and citizen coproduction before, during, and after disasters, have already been recognized as a possible and viable tool for disaster risk governance. However disaster ICT system research has primarily focused on individual systems or disasters. Therefore this study tries to understand disaster ICT systems comprehensively and give insights on how disaster ICT system research can be enhanced in the context of disaster risk governance. First, this article describes the disaster risk governance research trend, where an adaptive and integrated approach has been increasingly called upon in order to cope with more complex and uncertain disaster risks. This paper recognizes roughly three main points that previous studies have emphasized: a) adequate information flow; b) flexibility to enhance ad hoc networks and improvisations; and c) having sufficient preparedness and continuous learning. Secondly, this study provides overview of disaster ICT system studies from the perspective of adaptive and integrated disaster risk governance. This study finds that there is a need to conduct further comprehensive disaster ICT system research which focuses more on preparedness. Particularly, it would be helpful to analyse what kinds of incentives can stimulate sharing information among various actors, and how to integrate diverse information, including information of other related risks. Furthermore, future research should be conducted by focusing on issues not only from technical standpoints but also from a comprehensive standpoint including social, institutional, and political factors.

Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo

Key Words : disaster risk governance, adaptive and integrated governance, ICT, citizen coproduction.