

災害情報共有文化の進化論

山本修一郎、佐藤久美
名古屋国際工科専門職大学

愛知県名古屋市中村区名駅 4-27-1

Evolution of Disaster Information Sharing Culture

Shuichiro Yamamoto, Kumi Sato

IPUT in Nagoya
4-27-1, Meieki, Nakamura-ku, Nagoya Aichi Japan

概要

アメリカの社会学者 Moore が提唱したコミュニティでの災害対応を説明する概念が災害文化である。本稿では、日本における地震災害を事例として災害時の情報共有行動の進化をシステム論の観点から考察する。具体的には、Systemigram で災害情報共有システムを図式化する方法と、変化点の伝搬によって情報共有システムの進化を分析する方法を提案する。

Abstract

Disaster culture is a concept proposed by American sociologist Moore to explain how communities respond to disaster.

This paper examines the evolution of information sharing behavior during disasters from the perspective of systems theory, using earthquake disasters which occurred in Japan for the past 20 years as examples.

Specifically, we propose a method for visualizing information sharing systems using Systemigram, and a method for analyzing the evolution of information sharing systems through the propagation of deviation points.

1. はじめに

1960 年代に、「過去に何度か災害に見舞われたコミュニティがそれ独自の災害対抗手段をつくりだすこと」を、アメリカの社会学者 Moore が「災害文化」として提唱した[1]。災害文化は、人々の被災経験に基づいて定着した地域の仕組みであり、災害前後になすべき行動を決めた規範や災害の兆候を見分ける知識や災害軽減のための方策を生み出してきた。

本研究では、システム思考のモデリング言語である Systemigram により、共同体における災害情報共有プロセスの系統的な見える化手法を明らかにするとともに、特に異なった災害文化を持つ人々との情報共有プロセスの進化を分析する方法を提案する。

具体的には、災害情報共有活動を記述する項目に着目して、記述項目を Systemigram 要素に変換する図

式手法を提案する。また、具体的な日本の地震災害に適用して、有効性を評価する。

以下では、まず 2 節で関連研究を説明する。次いで、3 節で Systemigram による災害情報文化の表現法を提案する。4 節では、具体的な適用例を説明する。5 節で災害情報文化の進化の可視化について考察を述べ、6 節でまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

以下では、災害情報共有ならびに、文化および組織進化、システム思考、科学技術の社会的受容性などの関連研究について述べる。

2.1 災害情報共有

観光庁では、訪日外国人旅行者の受入れを担う地

域や民間事業者による災害時の安全確保のための環境整備や ICT（情報通信技術）を活用して災害情報を提供するプッシュ型情報発信アプリ「Safety tips」を提供している[2]。

秦[3]が訪日外国人への災害情報提供の課題として、「訪日外国人に国や自治体が開発している災害情報提供アプリをインストールしてもらうことは無理がある」と指摘している。

相引ら[4]は、訪日外国人旅行者に向けた災害時の情報提供の取り組みを紹介するとともに、災害時に情報弱者となりうる人々に向けた今後の災害情報提供のあり方を考察している。

観光庁が作成した観光危機管理計画等作成の「手引き」[5]では「減災」、「危機への備え」、「危機への対応」、「危機からの復興」からなる4フェーズを想定して構成しており、「自治体・DMO」「事業者（観光・飲食・宿泊・交通事業者）」ごとに、テンプレートとワークシートを提示している。テンプレートは、手引き本体、参考事例、危機災害に情報発信を行う際の手引きである。ワークシートは観光危機管理計画等のひな型である。

鈴木ら[6]が、災害時の情報フローを人的情報、観測情報、避難・物資情報、建物・浸水情報、ライフライン関連情報からなる5種類に集約情報フロー図を提案した。また、この情報分類に基づき、情報の入手、処理、伝達という情報の処理プロセスを情報処理フロー図で整理し、情報共有とその共有ルールを定義した。さらに、情報フロー図に基づいて、市町村の災害時情報共有を実現する災害対応管理システムを試作している。

総務省が先導し、地方自治体や警察、消防、自衛隊などでの利用を想定する専用の通信システムの運用が2024年4月から始める予定である[7]。この通信システムでは、災害時に活動する公共機関が現場の画像や位置情報などを共有できる。

2.2 文化進化と組織進化

田村[8]は生物進化に倣って「集団中の文化的構成の時間変化」を「文化進化」としている。

組織進化では、組織が環境変化によって生じた問題に対応するために、組織の行動様式を発展させることを進化と考える。この場合、時間に従って、組織文化の現状から未来の新たな組織文化へと進化する。したがって、組織進化は、組織集団中の文化的構成の時間変化でもあるから、文化進化である。

Aldrich[9]は、変異、選択、保持、闘争という4プロセスによって組織が進化する組織進化論を提唱した。変異では、問題の探索や新組織の創設などにより組織の活動や能力が意図的もしくは無計画的に変化する。選択では、市場や競争的圧力、制度、安定性、同質性などの条件により、変異の中から特定の変異を選択し他の変異を除去する。保持では、選択された変異によって選択された行動が、専門化、標準化、制度化などにより保護、複製、再生産される。最後に競合する資源をどの行動が獲得できるかについて資本や正統性などの獲得闘争が生じる。

山本[10]は、知識コミュニケーションが組織に与える影響に、①組織に新たなコミュニケーション媒体が導入されることによる組織活動の変異とそれに伴

って組織の進化をもたらすという点と、②知識コミュニケーション媒体が組織の変異を促進するという組織進化の触媒になるという点があると指摘した。

変異、選択、保持、闘争とそれらによる組織の転換と進化について災害情報共有との関係は次の通りである。まず、災害の発生によって、被災地域で被災した居住者や訪問者の行動が変異する。次いで被災者が特定の災害情報獲得行動を選択する。選択された災害情報獲得行動を持続的に支援するために、災害情報共有のための標準化や制度化が必要となる。競合資源をどの災害情報共有行動に投入するかについて資本や正統性などの獲得闘争が生じる。

2.3 システム論

Checklandによるソフトシステム方法論（SSM、Soft System Methodology）[11]で用いられたシステムモデル図にある。複雑な人間活動を分析するために考案された方法論がSSMである。人間活動システムに含まれる個々の活動は「動詞」で表現できるから、人間活動システムを定義するためには動詞間の「結合性」も表現できる必要がある。このような活動間の関係をSSMでは概念モデルと呼ぶ。概念モデルの構成要素は、活動、活動間の論理的な依存関係、外部入出力と制御活動への出力からなる。SSMの概念モデルを記述する図式がシステムモデル図である。

実行可能システムモデル VSM(Viable System Model)[12、13]は、Beerが提案した組織進化モデルである。自己生産が可能な自律的なシステムの組織構造をVSMがモデル化している。環境変化に適用するシステムをVSMでモデル化できる。VSMには5つのシステム要素として、①現在のシステムを運用する運用要素、②運用要素間の協調活動を支援するための調整要素、③運用要素と調整要素で必要となる資源を配置してシステム運用上の問題を発見して解決する制御要素、④制御要素で解決できない問題を全体的な観点から解決する統制要素、⑤戦略的意思決定と危機管理のための対策を指示する企画要素がある。外部環境変化に対してシステムのあるべき姿を企画要素で定義する。統制要素で全体方針を決定し現在と未来のバランスをき取りする。運用要素、調整要素、制御要素によって現在のシステムを実行する。

2.4 イノベーションと問題解決

Latourら[14]による科学技術が社会的受容性を獲得する過程を説明するアクターネットワーク理論（Actor Network Theory、ANT）では、機械、法制度、組織などの人工物、自然環境、人間などからなるネットワークを分析する。活動主体には、個人だけでなく組織体も含まれる。アクターネットワークが新たなアクタを受容するには、それによって生まれるアクターネットワークの変化を取り込む必要がある。新たな人工物としての災害対策手段はアクタの例である。ANTでは、問題化、関心付け、取り込み、動員からなる社会的受容性の形成過程を提示している。

（問題化）焦点アクタが問題を認識する

（関心付け）焦点アクタが他のアクタとの提携関係

を構築しようとする

(取り込み) 焦点アクタが他のアクタと構築した提携関係をより強固に維持するために交渉する

(動員) 提携関係を代表するアクタの社会的受容性を形成する

Christensenによるジョブ理論[15、16]では、企業が提供する解決策（プロダクト）を用いて、消費者がジョブを遂行する。消費者が果たそうとする問題状況の原因を解消する活動としてのジョブが明らかにならない限り、結果として雇用される解決策としてプロダクトが利用されることはない。ある特定の状況で顧客が逃げようとする進歩を引き起こすために遂行されるプロセスが「ジョブ」である。状況は、顧客がもがき苦心していることである。

ジョブは、進歩を必要とするたびに、継続し反復する。ジョブを解決するために顧客が商品を用いるのである。

ジョブ理論を災害状況に適用すると、次の通りである。被災者が必要とする情報を獲得することが進歩である。プロダクトは災害情報提供サービスである。災害状況の下で被災者が必要とする情報獲得（進歩）を遂げようとするプロセスがジョブである。

2.5 Systemigram

Boadman[17、18]は、SSM のシステムモデル図が自然言語表現と対応しやすいことに着目して、より明確に自然言語による文章と対応する図式として、Systemigram(システムグラム)を提案した。Systemigram ではシステムと問題の構造を分かりやすく表現することができる。

Systemigram では名詞句をノードとし、名詞句間の関係を示す動詞句でノード間の関係を定義する。

複雑なシステムを分析するために、Systemigram が利用されている。たとえば、エンタープライズアーキテクチャや SoS(System Of Systems)の複雑性を分析するために Systemigram が用いられるようになっていく。

Clegg と Boardman は製造業の CE(Concurrent Engineering)プロセスに Systemigram を適用する方法を提案している[19]。複雑な人間活動からなる SoS の Network Enabled Capability (NEC)分析ではシステム工学の概念が不可欠であることから、Blair、Boardman、Sausser が Systemigram モデルによる包括的な NEC の可視化手法を提案している[20]。

Mansouri、Boardman、Sausser[21]が Maritime Transportation System of Systems (MTSoS)を対象として、システム間のレジリエンスやセキュリティなどの重要特性を Systemigram で分析している。

Mussante、Frittmann、Edson[22]が過去の大地震発生時の災害管理を Systemigram で分析した結果を一般化した災害管理テンプレートを提案している。また、災害テンプレートを他の地震発生時の災害管理に適用して、災害管理の重要成功要因を特定できると報告している。

Arnold と Wade が提案した Systems Thinking Systemigram[23]は、多様なシステム思考手法を統一的に定義する Systemigram である。Systems Thinking Systemigram は、明確なゴール、システム思考の要素、および要素間の相互接続からなる。

McDermott と Nadolski が世界的な天然ガスの供給企業からなる複雑な社会技術システムのフレームワークを Systemigram でモデル化している[24]。また、彼らは、システムエンジニアリングとシステム思考の間には2つのギャップがあると指摘している[25]。すなわち、利害関係者にとっての包括的な価値とシステム設計ツールとしての Systemigram と、その実践教育による能力開発である。

Engen ら[26]がシステム思考を適用することにより、高水準ビジネス要求の理解に基づくプロジェクト目標を達成する方法についてより深い洞察を獲得できるとしている。具体的には、開発プロジェクトで達成したい状態として、ノルウェー大陸棚で会社の支配的な市場シェアを回復するための Systemigram を作成している。

Bonilla-Ortiz と Verma[27]が MOSA(Secure Modular Open Systems Approach)を提案して、Systemigram をプログラム保護とシステムセキュリティエンジニアリングを MOSA ライフサイクルに組み込むことにより、多くの複雑な構成要素と関係からなる問題の理解を容易化できると指摘している。

システム工学で注目されているフレームワークとして、Martin による 7 人の侍フレームワークがある[28]。システムグラムと 7 人の侍フレームワークを比較した結果、システムグラムと 7 人の侍フレームワークが用いるグラフ構造は同じであること、システムグラムによって、7 人の侍フレームワークを表現できることが明らかになっている[29]。

3. Systemigram による災害情報共有

まず Systemigram で組織における災害文化を分析する。次いで、Systemigram による災害情報共有システムの図式化を提案する。さらに、変化要素に着目した Systemigram による災害情報共有文化の進化手法を明かにする。

3.1 災害文化の構造

Moore による災害文化の定義を Systemigram で表現した結果を図 1 に示す。すなわち、コミュニティが持つ災害文化によって、知識、行動規範、テクノロジーからなる災害対抗手段を策定する。行動規範が災害時になすべき行動を決める。災害がコミュニティを襲う。災害の兆候を知識が見分ける。テクノロジーが災害を軽減する。

このように、災害文化の構造を Systemigram によって見える化できる。

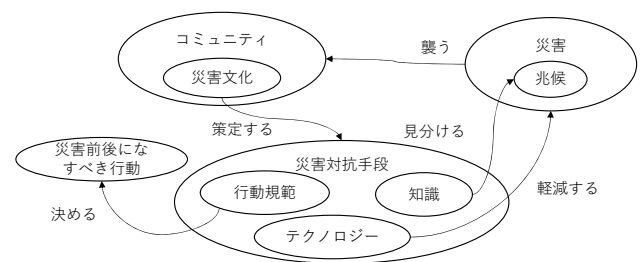


図 1 災害文化の構造

3.2 災害情報共有システムの図式化

鈴木らの情報処理フロー図では、人や組織をノードとし、ノード間の関係で災害情報の流れを記述している。しかし、ノード関係には「運行状況」などの情報と、「道路冠水確認依頼」や「対応指示」などの機能を表す動名詞が混在している。Systemigram のノードでは、人や組織ならびに情報を記述し、ノード関係で機能や処理を記述することとする。

新潟県中越地震発生時（2004 年 10 月）の柏崎市の災害情報共有システムの Systemigram を図 2 に示す。

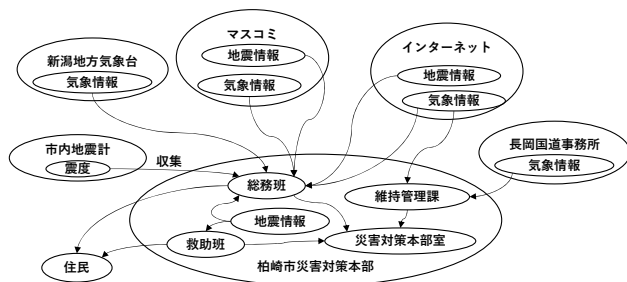


図 2 新潟県中越地震の災害情報共有システム

この図から、異なる組織間で地震情報や気象情報が管理されていることがよく分る。これらの組織は同じ情報を持っているのだろうか、それとも異なる情報を持つのが気になるところである。このように、情報をノードで記述する Systemigram によって災害情報の共通点と差異点を明確にすることができる。

また、図 2 を見ると、総務班に多数の関係が集中していることから、総務班が災害情報共有作業のボトルネック組織になる可能性があることが分かる。災害時に総務班に負荷が集中すると災害情報共有システム全体が機能不全に陥る可能性がある。

3.3 災害情報共有文化の進化

集団中の文化的構成の時間変化が文化進化である。したがって、災害情報共有文化の進化は、災害情報共有システムの構成要素とその関係の変化に伴って新たな災害対策が構築されるという時間的な過程である。

図 2 を用いて構成要素の変化に伴う災害情報共有システムの進化例を示すと以下の通りである。

たとえば、住民の中に在住外国人がいるという変異が考えられる。この場合、総務班や救助班には外国語で地震情報を提供するという新たな災害対策が必要になる。

また、震度を測定する市内地震計の変異には、地震による地震計の破損が考えられる。この場合、震度情報が収集できない場合の災害情報共有対策を準備する必要がある。

さらに、インターネットから収集する地震情報の変異には偽情報がある。したがって、災害情報許攸では、偽地震情報対策が必要である。

このように、災害情報共有システムを Systemigram で表現しておき、構成要素と関係の変異に着目することにより、災害情報共有文化の進化のあり方を明らかにすることができる。

4. 具体例

以下では、本提案を用いて熊本地震（2016 年 4 月）における災害情報共有文化の進化例を Systemigram で表現する。

地震発生の3時間半後の4月15日午前1時に国際交流会館では、外国人避難対応施設を開設した。

この記述に基づいて作成した Systemigram 表現を図 3 に示す。

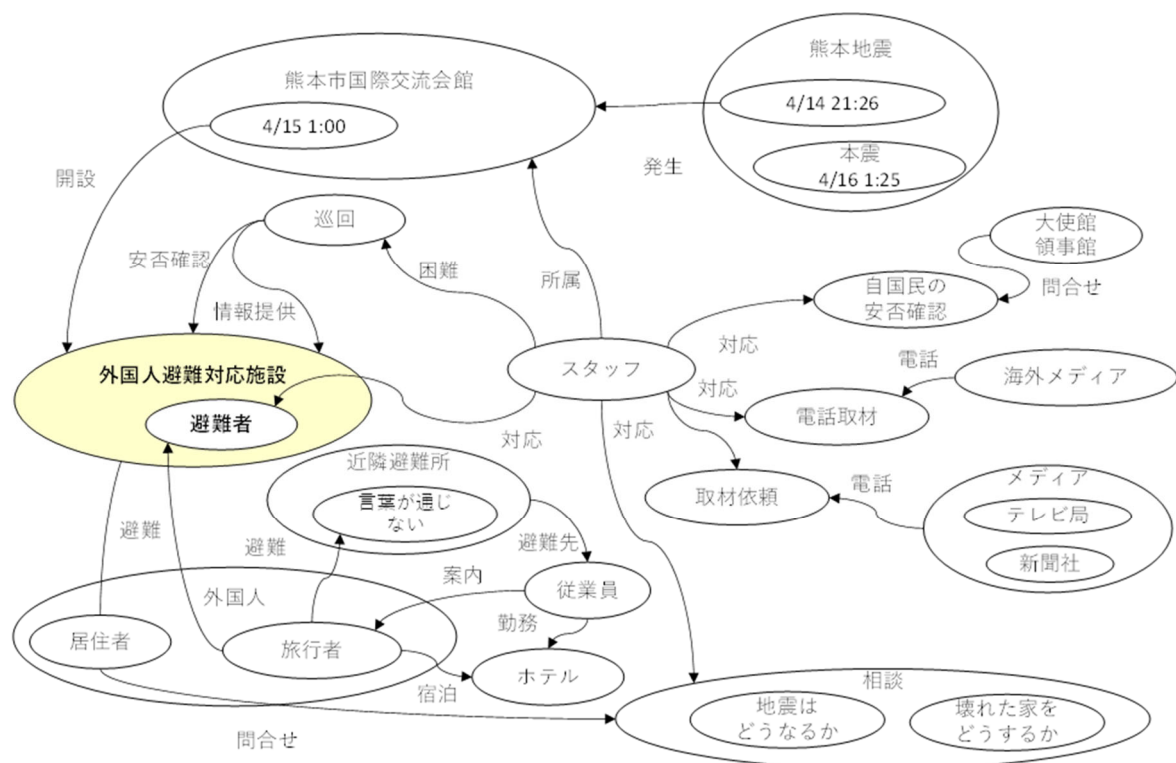


図 3 熊本地震の Systemigram

熊本地震における災害情報共有文化進化の契機となる変化点は以下の通りである。

4月14日の地震発生直後、避難所や給水所などについての災害情報は、FMなどのラジオ放送も含めて日本語でしか発信されていなかった。4月23日以降になって熊本市国際交流会館ホームページによる多言語情報が提供されるようになった。

災害情報共有文化が多言語化に進化するまで、地震発生直後から一週間以上を要したことになる。提供言語も、英語、中国語、韓国語であり、熊本県内の国籍別に在住外国人の多いベトナム語やフィリピン語、インドネシア語、タイ語、ネパール語などによる多言語情報提供文化にまで進化することはなかったことが分かる。

また、ホテルの外国人観光客の避難誘導では、「建物に大きな損傷がなくても水が出なくなった場合、宿泊客を受け入れない」という災害対応原則がホテルにあった。このため、外国人観光客がホテルから日本語しか通用しない避難所に誘導された。しかし、外国人観光客にとっては、ホテルの建物そのものは損傷がないのに避難所に誘導されたことは、納得できなかったようである。この例は、日本語の分からない観光客をホテル外の避難所に誘導する上で、災害情報共有文化が柔軟に進化できなかったことを示している。ここで、外国人観光客とホテルならびに避難所では異なる災害文化があることに注意する必要がある。災害文化は、組織や所属コミュニティで異なることから、組織ごとの個別的な文化進化だけでなく、組織文化間の共進化が必要である。

さらに、国際交流会館は、在住外国人のための情報提供などを進めていた。しかし、地震発生時には在住外国人が求めている情報とは異なる災害情報を外国人観光客に対して提供する必要があった。在住外国人対応から訪日外国人対応への変異が発生したことになる。このサービス提供対象の変異に対して、国際交流会館では、とにかく熊本から出たいと言う要求に交通機関の運行情報などを収集して翻訳したり、タクシー会社に連絡したりする対応策を提供するなど、国際交流会館の災害対応が進化した。

さらに、以下の変異に対する災害情報共有文化の進化も必要になる。

- ・地理的知識不足から危険地域に移動しようとする。
- ・案内板や道路上の日本語標識などの理解が難しい。
- ・Wi-Fi が繋がらないとインターネットからの災害情報を入手できない。

5. 考察

5.1 新規性

本稿では、Systemigram により災害情報共有文化を表現するとともに、変異に基づいて災害情報共有文化進化を分析する新たな手法を提案した。

これまで、Mussante、らが Systemigram による災害管理を一般化するテンプレートが提案されている。しかし、災害管理テンプレートは災害文化進化については考慮していなかった。また、災害管理テンプレートでは、Systemigram のノードを Actor、Aid/Delivery、Success Area、Event、Issues、

Vulnerable sectors に分類している。しかし、災害情報に対するノードや地震計などの災害情報収集機器を識別していない。

5.2 適用性

本提案を熊本地震に適用することにより、提案手法の有効性を明らかにした。災害情報共有要素ごとに Systemigram 要素を対応付けることができる。また要素間の関係を明確化することによって災害情報集中する過負荷業務を識別できることを示した。

本提案では、災害発生によって生じる変異に着目することで災害情報共有文化の進化を分析できることを明らかにした。また、災害情報共有文化は組織やコミュニティによって異なることから、災害文化間の共進化が必要であることを明らかにした。

5.3 Disaster Digital Twin

工場の生産性を向上する Digital Twin が注目されている。組織体の災害情報を可視化できなければ管理も共有もできない。このため、災害情報を共有する Disaster Digital Twin が必要である。観光庁では、多くの自治体・観光関連事業者等で災害時の外国人旅行者対応のための事前準備や災害対応マニュアルの整備が進んでいないことから、観光危機管理計画等作成のための手引きを公開している。異なる自治体や事業者間が観光危機管理計画で災害情報を共有するためには、災害情報のデジタル化が有効であると考えられる。Disaster Digital Twin の実現では、多くの自治体や事業者間で共通化できる参照アーキテクチャの設計が重要である。そのためには、Systemigram によって表現される概念モデルを ArchiMate[30、31]などのアーキテクチャ設計言語で表現する必要がある。ArchiMate はオープングループのエンタープライズアーキテクチャフレームワーク TOGAF[32]を設計するための図式言語である。山本ら[33、34]が Systemigram から ArchiMate で表現する方法を提案している。

ArchiMate では、ビジネス層、アプリケーション層、テクノロジー層、物理層から Disaster Digital Twin を階層的なアーキテクチャとして設計できる。たとえば、ビジネス層で災害情報を提供する運用プロセスを定義する。アプリケーション層で災害情報共有プロセスを支援する情報システムを定義する。テクノロジー層ではセンサーやアクチュエータを定義する。物理層では、設備やデバイス、監視カメラなど、テクノロジー層のセンサーに提供する災害情報や気象情報を実時間で収集する物理的な装置を記述する。

5.4 限界

本稿では、災害情報共有を Systemigram で表現する方法について提案し、熊本地震における情報共有文化進化に適用した。

しかし、他の地震や災害についての適用性については検討していない。今後、他の多くの災害事例についても提案手法の適用性を確認する必要がある。

6. おわりに

本稿では災害情報共有を Systemigram で表現する方法について提案し、Moore による災害文化を表現できることだけでなく災害情報共有文化進化を分析できること明らかにした。また、熊本地震における情報共有文化進化に適用した。

しかし、災害情報共有全般に対する今回の記述範囲は一部であり、Systemigram による災害文化表現の十分性を確認していない。

1995 年の阪神淡路大震災の発生時に、外国人住民が災害（情報）弱者になった。その反省から、外国人住民に向けての災害情報提供については各地域の国際交流協会などで取り組みが行われている。一方で、日本のインバウンド政策によって、多くの外国人観光客が訪れるようになったが、それらの短期滞在者に向けての情報提供の仕組みについてはまだまだ不十分であることが、熊本地震や 2024 年 1 月に発生した能登半島地震でも明らかになった。

今後、提案手法の十分性や一般性についても明らかにしていく予定である。

なお、本稿による熊本地震における情報共有文化の進化の分析は、関係各所の理解を得ているものではなく、筆者らによる独自の見解であることを注意しておく。

参考文献

- [1] 佐藤久美, 南宮智娜, 岡本耕平, 災害時における訪日外国人観光客への情報提供に関する考察, 金城学院大学論集 社会科学編 第 16 巻第 2 号, pp.112-122, 2020
- [2] 観光庁, 災害時情報提供アプリ「Safety tips」の対応言語を 14 か国語に拡大,
https://www.mlit.go.jp/kankocho/news08_000325.html
- [3] 秦 康範, 訪日外国人への災害情報提供の現状と課題, 国際交通安全学会誌 Vol.45, No.1, pp.28-35, 2020
- [4] 相引 梨沙他, 訪日外国人旅行者に向けた災害情報提供のあり方, 安全工学, 55 巻 3 号 p. 182-188, 2016
- [5] 観光庁, 観光危機管理計画等作成の「手引き」,
https://www.mlit.go.jp/kankocho/page03_000076.html#tool
- [6] 鈴木猛康, 天見正和, 地方自治体の災害対応活動における情報共有に関する実態調査, 日本地震工学会論文集 第 9 巻, 第 2 号 (特集号), pp.1-16, 2009
- [7] 山陽新聞 Digital, 災害情報共有で新システム 来年 4 月開始, 警察消防や自衛隊, 2023.9.25,
<https://www.sanyonews.jp/article/1455746>
- [8] 田村光平, 文化進化, 人工知能, 31 巻 6 号, pp.963-966, 2016
- [9] ハワード・オルドリッチ, 組織進化論, 東洋経済新報社, 2007
- [10] 山本修一郎, CMC で変わる組織コミュニケーション, NTT 出版, 2010
- [11] Checkland, P., Systems Thinking, Systems Practice, John Wiley & Sons Ltd., 1990.
- [12] S. Beer, Diagnosing the System for Organizations, Wiley, Chichester (1985)
- [13] R. Espejo and R. Harnden, The Viable Systems Model - Interpretations and Applications of Stafford Beer's VSM, Wiley, Chichester (1989)
- [14] Brouno Latour, Reassembling the Social - An Introduction to Actor- Network- Theory, Oxford, 2005
- [15] クレイトン・クリステンセン他著, 『ジョブ理論- イノベーションを予測可能にする消費のメカニズム』, 依田光江訳, ハーパーコリンズ・ジャパン, 2017
- [16] Clayton Christensen, Ridgway Hall, Karen Dillson, and Davis Duncan, Competing Against Luck, HarperCollins Publishers LLC, USA, 2016
- [17] J. Boardman, Wholes and Parts-A Systems Approach, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS. VOL. 25, NO. 7, pp.1150-1161, 1995
- [18] Boardman, J and B Sauser, Systems Thinking: Coping with 21st Century Problems. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, CRC Press, 2008
- [19] B. Clegg and J. Boardman, A Systems Approach to Process Improvement in Design and Manufacture, Systems Approach to Manufacturing, IEE Colloquium on a (Digest No.: 1996/171), pp. 3/1 - 3/9, 11 Nov 1997
- [20] Charles D. Blair, John T. Boardman, Brian J. Sauser, Communicating Strategic Intent with Systemigrams: Application to the Network-Enabled Challenge, Vol.10, Issue4, pp.309-322, 2007
- [21] Mo Mansouri, Brian Sauser, John Boardman, Applications of Systems Thinking for Resilience Study in Maritime Transportation System of Systems, pp.211-217, IEEE SysCon 2009
- [22] Jamie Mussante, Jaime Fritman, Robert Edson, The Use of Systemigrams in System Template Development: An Example in Disaster Management, pp. 1-10, 2011.
- [23] R. D. Arnold and J. P. Wade, A definition of systems thinking: A systems approach, Procedia Computer Science, vol. 44, pp. 669-678, 2015
- [24] Tom McDermott, Molly Nadolski, Lindsey Sheppard, Use of Systemigrams to Identify Emergence in Complex Adaptive Systems, 2015
- [25] Tom McDermott, Molly Nadolski, Training Systems Engineers to Model Sociotechnical Aspects of Complex Engineered Systems, 2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon), 2018
- [26] Siv Engen, Mo Mansouri, Gerrit Muller, Application of system thinking to frame the problem in a subsea development projects with high-level business requirements, 14th Annual Conference System of Systems Engineering (SoSE), pp.81-86, 2019
- [27] Giselle Bonilla-Ortiz, Dinesh Verma, The Need for a Secure Modular Open Systems Approach (MOSA): Building the Case Using Systems Thinking Methodologies, 2020
- [28] Martin, J., The Seven Samurai of Systems Engineering, INCOSE International Conference, 2004
- [29] 山本修一郎, 7 人の侍フレームワークとシステムigram の関係について, 第 15 回知識流通ネットワーク研究会 SIG-KSN-015-07, 2014
- [30] The Open Group, ArchiMate 3.2 Specification, <https://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/>
- [31] 山本修一郎, 付録 3, ArchiMate の概要, P159, 要求開発の基礎知識, 近代科学社 Digital, 2019
- [32] The Open Group, TOGAF v9.2, C182, 2018
- [33] 山本修一郎, ArchiMate による Systemigram 表現法の考察, AI 学会 KSN 研究会, 2022 年 2022 巻 KSN-030 号 p. 07-, https://doi.org/10.11517/jsaisigtwo.2022.KSN-030_07_2022
- [34] Chengchen Xia, Qiang Zhi, Zhengshu Zhou and Shuichiro Yamamoto, An Approach to Transform Enterprise Architecture Models from Systemigrams, 10th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS), Oct.18-20, Beijing, China, 2019, pp. 571-574.