

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K20122

研究課題名（和文）道路ネットワーク分析を用いた災害時における防災地図づくり支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of a Disaster Prevention Mapping Support System Using Road Network Analysis for Disaster Management

研究代表者

竹之内 要人（Takenouchi, Kaname）

早稲田大学・理工学術院・助手

研究者番号：60822434

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,000,000円

研究成果の概要（和文）：地図上の最短経路と災害時の避難経路は、必ずしも一致しない。道路の構造や周囲の状況から、災害避難時の経路としては不適になる区間があるためである。本研究では、市民による避難経路の検討を支援するツールとして、災害リスク因子とそのGPS情報を収集するための携帯型デバイスと道路ネットワークの情報をデジタルマップ上に統合、分析、可視化するソフトウェアを開発した。本システムを用いた防災地図づくりイベントを東京都内における7つの地域で実施し、従来手法よりも情報量の多いリスクマップの自動生成に成功した。本研究により、高精度な避難計画の策定が市民主体で行えるようになることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したシステムは、デバイスで収集した災害リスク因子の情報と、空間の特性を解析することができるSpace Syntax理論で分析した道路ネットワークの情報を重ね、災害リスクの高い道路をデジタルマップに自動生成することを実現させた。これにより、デジタルマップに可視化した災害リスク因子と道路ネットワークとの関係を適切に読み解くことで、避難計画の策定が誰でも容易にできることを示した。

研究成果の概要（英文）：The shortest route on a map does not necessarily correspond to the best evacuation route during a disaster because road structures and surrounding conditions make some road segments unsuitable as evacuation routes. In this study, we developed a portable device that collects disaster risk factors and related GPS data as a tool to help citizens select evacuation routes as well as software that integrates, analyzes, and visualizes road network information on a digital map. We conducted demonstration tests of this system during events related to disaster prevention mapping in seven areas of Tokyo and the system succeeded in automatically generating risk maps with more information than conventional methods. We expect that this research will enable citizens to formulate highly accurate evacuation plans by their own initiative.

研究分野：デザイン学

キーワード：防災地図づくり 道路ネットワーク分析 Space Syntax理論 避難経路シミュレーション 災害リスク因子 防災対策支援

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

防災地図づくりを支援するシステムは多く存在するが、これらのシステムはワークショップで収集した防災情報を地図上に可視化することが主な目的となっている。しかし、完成した地図を活用するためには情報を適切に読み解く能力が必要となるため、利便性の面で改善の余地がある。そこで防災地図を誰もが活用できるための仕組みとして、防災情報の収集から避難計画の立案までができる新たな防災地図づくり支援システムの開発を行った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、地域に潜在する災害リスク因子と道路ネットワークの関係を明らかにした上で、災害時の避難に有効な経路を検討できる防災地図づくり支援システムを開発し、その有用性を実証することである。

3. 研究の方法

本研究で開発した防災地図づくり支援システムは、携帯型デバイスを用いて地域に潜在する災害リスク因子の収集、リスクの高い道路の特定、災害時の避難に有効な道路の検討のプロセスを通して防災地図を完成させることができる点に特徴がある。各プロセスの特徴については以下に示す。尚、本システムでは地図として汎用性の高いGoogle Mapsを用いた。Google Maps APIを活用し、システムに実装した。

1) 災害リスク因子の収集

本システムを用いた防災地図づくりでは、道路に対して被害を引き起こす可能性のある災害リスク因子の要素とその危険度を評価するための基準を定義した(図1)。次に、図1で定めた基準を基に災害リスク因子の危険度を評価し、その評価値を記録することができるGPSロガーの機能を持つ携帯型デバイスを開発した(図2)。同デバイスは、地域に潜在する防災リスク因子の詳細を文字入力で記録するのではなく、ユーザーの直感的な操作を伴う新たな入力方法を用いた。これにより従来の文字入力の手間を省略し、災害リスク因子を効率的に収集することを可能にした。

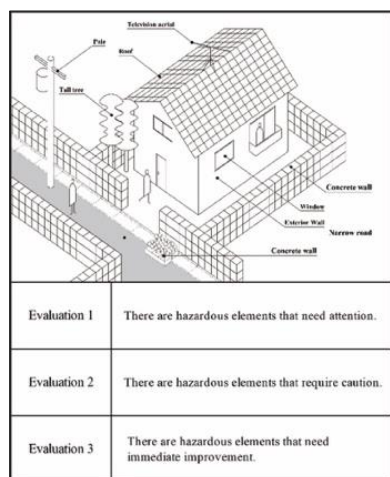


図1. 災害リスク因子の要素とその危険度評価の基準

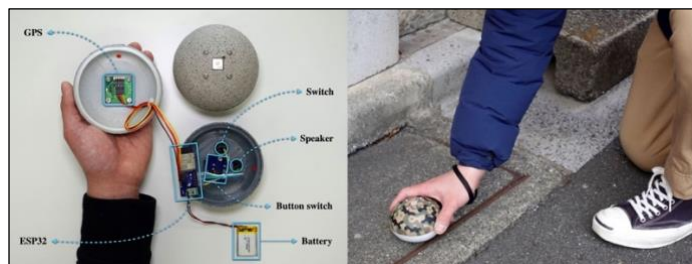


図2. 災害リスク因子を収集するための携帯型デバイス

2) リスクの高い道路の特定

デバイスで収集した災害リスク因子の評価値と位置情報のデータをデジタルマップに反映するための仕組みをHTMLやJavaScriptを用いて構築した(図3)。次に、地域の道路の特性を可視化するための手法として、Space Syntax理論(以下、SS理論)を用いた。SS理論に基づく道路ネット

ワーク分析で算出した地域の道路の接続状況を示す色指標(寒色:道路の繋がりが悪い/暖色:道路の繋がりが良い)で表現し、デジタルマップ上に反映させるWEBアプリケーションを制作した(図4)。このWebアプリケーションでは、災害リスク因子の評価値と道路の接続状況を示す色指標から判断し、リスクの高い道路を判別できる情報提示を実現した。尚、この道路の接続状況を示すカラー指標の算出には、オープンソースソフトウェアであるDepthMapX[1]を用いた。

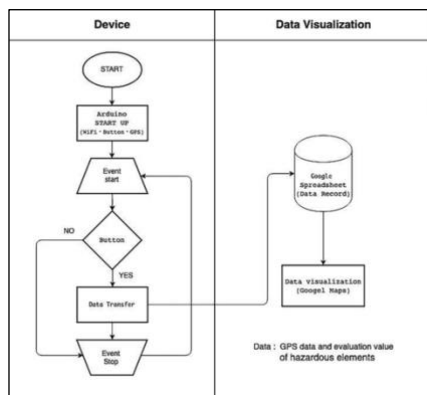


図 3. データの可視化プロセス



図 4. デジタルマップ上でのデータの可視化

3) 避難に有効な道路の検討

デジタルマップ上に可視化された災害リスク因子の評価値と道路の接続状況を示す色指標から判断し、災害時の避難に有効な経路を検討することができるインターフェースをWEBアプリケーションに実装した(図5)。主な機能は以下の3つである。

- 現在地や目的地をピン打ちできるマーカー機能
- 災害リスク因子が集中するエリアを図形で囲み、強調することができるシェイプ機能
- 避難に有効な経路を描画することができるライン機能



図 5. 避難経路を検討するためのインターフェース

4. 研究成果

本研究で開発した防災支援システムの有用性を検証するべく、既存のシステムと本システムを用いた防災地図づくりの比較検証を行った(図6)。尚、実験検証は東京都内における7つの地域で実施したが、以下に示す結果は複数回実施した検証のうち、論文に掲載した一部の結果のみを示す。尚、本検証はコロナ禍において、新型コロナウイルス感染症対策を十分にとった上で、1つの地域につき4名の被験者に協力を得て実施した。

被験者には、両システムを用いて災害リスク因子の収集から避難経路の検討までの一連のプロセスを通して、防災地図づくりを体験してもらった。その後、各システムで用いたデバイスについて、PPP(プロダクト・パフォーマンス・プログラム)評価法を用いてユニバ

	PHASE 1 (Collection)	PHASE 2 (Visualization)	PHASE 3 (Simulation)
General disaster prevention mapping system by using WebGIS (Type A)			
Characteristics	You can enter the details of the hazardous elements in text, but it takes time and effort.	You can see the details of the hazardous elements in the recorded text.	While checking the details of hazardous elements, you can carefully simulate the evacuation route at the time of a disaster. However, it takes time.
Disaster prevention mapping system in this research (Type B)			
Characteristics	By using the device, hazardous elements can be evaluated on a three-point scale.	Since the road network and the evaluation values of hazardous elements are shown on the map, it is possible to intuitively identify high-risk roads.	Based on the road network and the evaluation values of hazardous elements, it is possible to intuitively simulate the evacuation route at the time of a disaster.

図 6. 各システムを用いた防災地図づくりの手順

ユーザーデザインの達成度の検証を行った(図7)。PPP評価の結果、全体的に使いやすさの面で高い評価を得ることができたが、災害リスク因子を収集する際のデバイスを用いた所作は高齢者にとって負担になるため、万人が使えるデバイスとなるには改良の余地があるとの意見も得た。また、システム全体についてはSUU(システムユーザビリティスケール)評価法を用いて検証を行った。10項目の質問に対して5件法で評価してもらい、スコアを算出した。その結果、被験者の平均のスコアは85点であった。ユーザビリティ評価を研究しているJeff Sauro [2]によれば、平均的なスコアは68点としている。本検証における試験者数は少人数であったが、高いスコアを得ることができた。この結果により、本システムのユーザビリティは良いという傾向が分かった。また、検証後に行なったアンケートでは、次のような防災意識の向上に貢献する興味深いコメントを被験者から得た。デバイス(図2)を用いた災害リスク因子の収集体験は、地域のリスクを認知する機会となった。本システムを用いた防災地図づくりは複雑な操作もなく、災害時のリスク回避の検討が自分で容易にできた。

以上の結果を総合的に評価し、本研究で開発した防災地図づくり支援システムは、避難計画の策定を自助・共助で行える防災支援システムとして有用性があることを明らかにした。

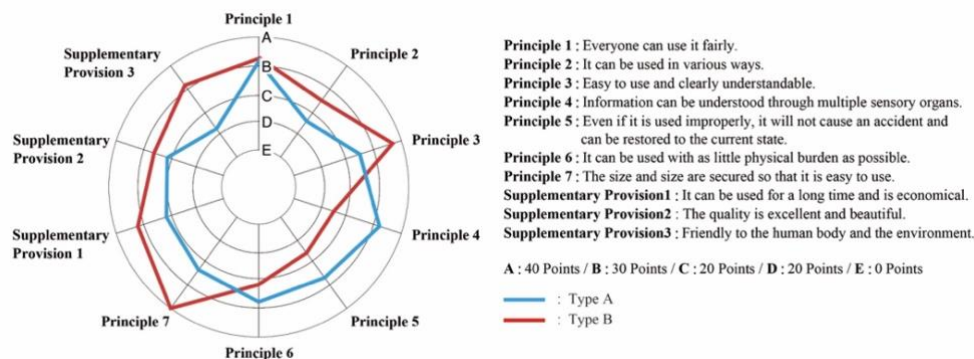


図 7. PPP 評価法を用いたデバイスの評価

表 1. SUS 評価法を用いた本システム(Type B)の評価

		Strongly Disagree				Strongly Agree
		1	2	3	4	5
(1)	I would like to use this system often.	0(0 %)	0(0 %)	1(25 %)	3(75 %)	0(0 %)
(2)	I found the system unnecessarily complex.	4(100 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)
(3)	I thought the system was easy to use.	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	1(25 %)	3(75 %)
(4)	You may need technical support to use this system.	0(0 %)	3(75 %)	1(25 %)	0(0 %)	0(0 %)
(5)	I felt that the system was simple and easy to operate.	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	1(25 %)	3(75 %)
(6)	The system was often inconsistent.	3(75 %)	1(25 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)
(7)	I think most people can learn how to use the system very quickly.	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	1(25 %)	3(75 %)
(8)	I found the system very awkward.	2(50 %)	2(50 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)
(9)	I am confident in my ability to use the system.	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	4(100 %)	0(0 %)
(10)	I thought I needed to learn a lot before I could start using the system.	1(25 %)	2(50 %)	1(25 %)	0(0 %)	0(0 %)

参考文献

[1] DepthmapX(website). <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/research/space-syntax/depthmapx>, (also at Internet Archive <https://web.archive.org/web/20210315121226/https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/research/space-syntax/depthmapx>).

[2] Measuring Usability with the System Usability Scale (website). <https://measuringu.com/sus/> (also at Internet Archive <https://web.archive.org/web/20220210122532/https://measuringu.com/sus/>)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takenouchi Kaname, Choh Ikuro	4. 巻 12184
2. 論文標題 Effective Disaster Prevention Map Creation Using Road Network Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Human Interface and the Management of Information. Designing Information	6. 最初と最後の頁 301 ~ 311
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-50020-7_21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Takenouchi Kaname, Choh Ikuro	4. 巻 4
2. 論文標題 Development of a support system for creating disaster prevention maps focusing on road networks and hazardous elements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s42492-021-00089-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Takenouchi Kaname, Sakai Shigekazu	4. 巻 1580
2. 論文標題 Effectiveness of a Disaster Prevention Mapping System Using Road Networks and Hazardous Elements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 HCI International 2022 Posters	6. 最初と最後の頁 138 ~ 145
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-031-06417-3_19	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Kaname Takenouchi, Ikuro Choh
2. 発表標題 Effective disaster prevention map creation using road network analysis
3. 学会等名 22nd International Conference on Human-Computer Interaction（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kaname Takenouchi, Shigekazu Sakai
2. 発表標題 Effectiveness of a Disaster Prevention Mapping System using Road Networks and Hazardous Elements
3. 学会等名 24nd International Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------