

群衆の位置付き画像提供に基づく災害時避難行動促進アプリケーション の提案

室谷 敏生[†] 陳 思楠[†] 佐伯 幸郎[†] 中村 匡秀^{†,††}

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

E-mail: [†]{musan,chensinan}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}sachio@carp.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 日本は災害大国であり、災害時に用いられる災害情報の伝達手段は多岐にわたる。しかしながら、従来の伝達手段は個々人に応じた災害情報を届けることが困難であり、住民は身の回りの危険を適切に把握できず、災害からの逃げ遅れにつながる。本研究では個々人に応じた災害状況を可視化し、適切な避難行動を提示する Web アプリケーション CANDLE (Crowd Assisted Navigation for Disaster Localization and Evacuation) を提案する。CANDLE は避難中の人々から災害情報を収集し、気象庁が提供する情報と併せることでユーザの周辺の災害状況を可視化し、避難勧告等の避難情報、ユーザの現在地、現在時刻、収集した災害情報等を考慮した避難行動を提示する。これにより住民一人ひとりに応じた災害情報を提供することが可能になり、ユーザの避難意識が向上し、適切な避難行動に繋がることが期待される。

キーワード オープンデータ, 災害, 避難意識, Web アプリ

Motivating Evacuation Actions in Disasters Using Crowds-Posted Pictures with Location

Toshiki MUROTANI[†], Shinan CHEN[†], Sachio SAIKI[†], and Masahide NAKAMURA^{†,††}

[†] Kobe University, Rokkodai 1-1, Nada, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

^{††} Riken AIP, 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027

E-mail: [†]{musan,chensinan}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}sachio@carp.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract Since Japan is a major disaster country, various means for delivering disaster information are used at the time of disaster. However, the conventional disaster information is for the mass, and does not consider individual circumstances and contexts. Therefore, some residents cannot grasp their surrounding dangers properly, and thus fail to escape from disasters. In this paper, we propose a new Web application CANDLE (Crowd Assisted Navigation for Disaster Localization and Evacuation), which visualizes disaster information adapted for individuals, and suggests appropriate evacuation actions. CANDLE collects micro disaster reports posted by people in evacuation. It then visualizes the reports on the map, together with macro information provided by local governments and the meteorological agency. Considering evacuation alerts, user's current location, the current time, and the collected micro reports, CANDLE suggests appropriate evacuation actions to the user. As a result, it is expected that the evacuation awareness of the user is improved significantly, and that the user can take a faster and more appropriate evacuation action.

Key words open data, disaster, evacuation awareness, Web application

1. はじめに

2018 年は我が国において災害が多発する年となった。しかし、日本においてこのように災害が多発するのは 2018 年だけ

でなく、毎年災害による死者・行方不明者が生じている。その中で逃げ遅れによって災害の被害にあう人々が一定数存在する [1]。このような逃げ遅れは自らの命を危険に晒すだけでなく、被災者全体の救助を遅らせてしまう要因の一つにもなり得

る。このことから、我が国が災害大国であることを理解し、災害時に各住民が適切な避難行動をとることが非常に重要であるとわかる。

本研究においては、上記の逃げ遅れによって被害にあう人の中でも災害発生地に居合わせてしまった人々や、身体的に不自由を抱えている人々ではなく、避難意識の欠如から逃げ遅れる人々を対象の中心とする。このような人々は災害への危機意識が低い、また、自身は災害による被害にあうことはないと考え、正常性バイアスに陥る傾向にある [2]。また、既存の避難勧告等の避難情報の伝達手段では自身の周辺状況を把握できず、視覚的にも乏しい。結果として適切な避難行動がとれず、災害に巻き込まれる可能性がある。以下に既存の伝達手段の問題点 P1～P4 を示す。

- P1. 従来のメディアはミクロな災害状況を配信できない
- P2. 様々な粒度の災害情報を視覚的に、一元的に把握する手段がない
- P3. 避難意識の低い住人が避難の重要性を認識できない
- P4. 避難意識の低い住人が適切な避難経路を判断できない

そこで本研究では、避難意識が欠如している住民に対して、災害時における自身の状況を把握させることで避難意識を向上させ、適切な避難行動につなげさせるアプリケーション CANDLE (Crowd Assisted Navigation for Disaster Localization and Evacuation) を提案する。

CANDLE では上記で述べた課題 P1～P4 を解決するために以下に示す 4 つのアプローチ A1～A4 をとる。

- A1. 群衆による災害状況の収集：メディア等で収集することが困難な全国にわたる局所的災害情報の取得が可能になる。
- A2. 災害情報の地図上での可視化・共有：ユーザ全員が参照可能な地図に災害情報を可視化することで周辺状況を視覚的に把握しやすくなる。
- A3. 現在地に対応した避難行動の提案：個々人に応じた避難行動の指示、提案を行うことで当事者性が増し、適切な避難行動に繋がる。
- A4. 現在地に対応した避難経路の誘導：周辺の災害状況を考慮した避難経路を提示することでユーザが適切な避難所へ安全に避難できる。

本稿では上記のアプローチに基づいて、CANDLE を Web アプリケーションとして設計する。提案する CANDLE によって災害時の周辺状況が理解しやすくなり、避難意識が向上し、適切な避難行動に繋がることが期待できる。

2. 準備

2.1 避難情報について

避難情報は地域の状況を考慮したうえで各市町村の自治体による判断で出されるものであり、現在は避難準備・高齢者等避難開始、避難勧告、避難指示（緊急）の 3 段階に分けられてい

る [3]。以下でそれぞれの定義について述べる。

避難準備・高齢者等避難開始は、避難勧告、または避難指示（緊急）を発令することが予想される場合に発令される。要支援者とその支援者に対して避難開始を促し、それ以外に避難の準備を整えるよう促すものである。

避難勧告は災害による被害が予想され、人的被害が発生する可能性が高まった際に発令される。速やかに避難所への避難するよう促す、または避難所へ避難しようとする中で危険が及ぶような場合に、近くの安全な場所や、自宅内のより安全な場所への避難を促すものである。

避難指示（緊急）は災害が発生するなどして状況がさらに悪化し、人的被害の危険性がさらに高まった際に発令される。まだ避難行動を取っていない人へ緊急に避難することを促す、または避難所へ避難しようとする中で危険が及ぶような場合に、近くの安全な場所や、自宅内のより安全な場所への避難を促すものである。

2.2 避難情報の伝達手段とその問題点

内閣府では、避難情報を確実に伝達すべく、可能な限り多様な手段を組み合わせることを基本としている。以下に主な手段とその説明をいくつか示す [3]。

- **TV 放送**：避難勧告等の速報性の高い情報が繰り返し発信される。しかし、既に被害が生じている地域の情報が放送される場合が多いので、避難が必要な地域に対して必要性が適切に伝わらないことがある。特定の市町村や地域を対象とした詳細な情報伝達の繰り返しが多い場合も多い。
- **ラジオ放送**：携帯性に優れ、電池があれば停電時においても受信可能である。しかし、テレビに比べラジオの聴取率は低いことからラジオだけで地域全体の情報伝達を行うことは難しい。コミュニティ FM の場合、市町村単位の詳細な防災情報の伝達が可能である。
- **市町村防災行政無線**：自営網であることから耐災害性が高く、市町村が地域に直接情報を伝達できる。しかし、屋外拡声器を使用する場合は気象条件、設置場所、建物構造等によって音声がかき消されることも考えられる。また、都市部では人口が多いことから全世帯への戸別受信機の配備が難しい状況である。
- **緊急速報メール**：市町村が携帯電話事業者と契約することで避難情報を特定エリア内へ一斉配信できる。なお、配信エリア内の居住者以外も当該エリアに居合わせれば受け取ることが可能である。配信可能項目や文字数制限は契約している携帯電話事業者との利用規約によって異なる。
- **Twitter 等の SNS (Social Networking Service)**：Twitter 等の SNS では登録された利用者同士でリアルタイムな情報交換が可能である。しかし、利用者の思い込みや誤った情報が伝播、拡散される可能性がある。

2.3 避難意識の欠如

本節では災害時において避難意識の欠如から適切な避難行動を取らない主な理由について述べる。

まず、平成 22 年 6 月 11 日～7 月 19 日の間に大雨による水害で被災した 5 地域に対して、内閣府が行った避難勧告・避難指示に関するアンケート調査 [4] では、避難勧告・避難指示を受けたうえで自宅にとどまったと答えた人は回答者 1567 人に対し、384 人であった。自宅にとどまったと答えた 384 人のうち 186 人は市域全体で避難勧告が発令されていた岐阜県可児市の住民である。可児市からの回答者数は 370 人であることから可児市の住民は 50.27% の割合で避難行動を取っていないことがわかる。また、前述の 384 人の自宅にとどまった理由において、144 人が「自分に被害が及ぶとは思っていなかった」と答えている。

次に県立広島大学大学院経営管理研究科が行った平成 30 年 7 月豪雨の避難意識と行動に関するアンケート調査 [5] では広島市内の成人男女 1,000 人を対象としており、うち有効回答数は 871 である。アンケートでは過去の避難勧告、避難指示の発令で避難した人の割合はわずか 4.3% となっており、平成 30 年の 7 月豪雨の際に特別警報が発令されたうえで何も準備をしなかったと答えた人は 328 人 (37.7%) に上った。またこの特別警報を受けたうえで 623 人 (71.5%) の人が避難する必要はないと考え、避難行動をとらなかった。前述の避難行動をとらなかった 623 人において、避難しなかった理由「自分の家は大丈夫だと思った」に対し、318 人 (51.0%) があてはまると答えている。以上のことから避難意識の欠如がデータにも表れていることがわかる。

2.4 関連研究

本研究だけでなく、防災に関する研究・開発はこれまでも数多く行われている。神戸市の危機管理室においても NPO 法人コミュニティリンクや LINE 株式会社と協力し、LINE のチャットボットを活用することで発災直後の情報をユーザから集約するシステムの開発にあたっている [6]。このシステムでは集約した情報を地図上に可視化することで自治体、住民ともに災害状況を把握できるツールとなっている。

防災アプリ「ハザードチェッカー」は、ユーザの現在地に応じた自然災害の被害想定を確認でき、災害ごとに異なる媒体から情報を収集する手間を省くことができる [7]。しかし、使用データが静的なものであることからリアルタイムな状況の変化を知ることはできない。

札幌市では防災アプリ「そなえ」を開発している [8]。避難情報、防災気象情報、避難場所等を表示でき、災害用伝言版や安否情報を検索できる。また、連携済みのユーザへ自身の状況と位置情報を発信可能であり、AR を使った危険度体験をすることもできる。しかし、発生した被害情報を視覚的に確認することができないため避難時に周囲の状況を把握することが難しい。

3. 提案手法

3.1 機能要件

群衆からのデータとサービスからのデータを収集し、利用することで、災害時における周辺状況を一元的に把握させ、避難意識を高めさせるためのシステムを提案する。1 章における課題 P1～P4 を踏まえ、CANDLE において以下の F1～F4 の機能を実現する。

- **F1** : 災害状況の撮影と投稿
- **F2** : 災害情報の取得と可視化
- **F3** : 避難行動の提案
- **F4** : 避難経路の誘導

3.2 全体アーキテクチャ

図 1 に提案する Web アプリケーション CANDLE の全体アーキテクチャを示す。CANDLE は、自治体からの避難情報と気象庁からの防災気象情報を取得する情報クローラ、情報クローラによって大域的災害情報を格納するマクロ DB、地理情報システムから避難所や災害発生予想区域を取得するインポータ、インポータによって避難時に必要な情報を格納する避難 DB、群衆が投稿する災害情報を格納するミクロ DB、災害情報の投稿を実現する機能 F1、災害情報の可視化を実現する機能 F2、避難行動の提案を実現する機能 F3、避難経路の誘導を実現する機能 F4 の 9 つの要素で構成される。まず、図左上の自治体から避難情報を、その下の気象庁から防災気象情報を情報クローラを用いて定期的に取得し、図中央のマクロ DB に格納する。また、ユーザからの災害情報を機能 F1 を用いて図中央上のミクロ DB に格納し、図左下の地理情報システムから避難所や災害発生予想区域をインポータを用いて図中央下の避難 DB に格納する。機能 F2 では、図左中央の Map サービスの API から地図を取得し、ミクロ DB とマクロ DB の災害情報を可視化する。機能 F3 では、ミクロ DB とマクロ DB の情報を用いて避難行動の提案を行い、機能 F4 では、3 つすべての DB からの情報と Map サービスからの地図を用いて避難経路を生成する。

以降では CANDLE における各機能の詳細について述べる。

3.3 F1 : 災害状況の撮影と投稿

局所的な災害を表すミクロな災害情報を投稿する機能である。撮影はアプリケーションから携帯端末へアクセスすることで実現する。次に、投稿するデータ項目にどのような情報を含ませるべきかについて考える。

内容の修正、削除を可能とするためのユーザ ID、情報がいつのものか把握するための投稿時刻が必要である。また、地図上に表示するための位置情報、被害の具体性を表す深刻度と状況写真、また、住所、投稿者のコメントも重要な要素となる。ここにおける被害の深刻度は「1 : これ以上被害がでることはなさそう」、「2 : 今後さらに被害が生じる可能性がある」、「3 : 近づくのは大変危険である」の 3 段階として規定する。

以上のことから、CANDLE では災害状況の投稿について以下のデータ項目を規定する。

- **uid** : 投稿者のユーザ ID
- **datetime** : 災害情報を投稿した際の時刻
- **location** : 災害情報を投稿した地点の緯度経度
- **level** : ユーザが選択する被害状況の深刻度
- **imagepath** : ユーザが撮影した被害状況の写真
- **address** : 災害情報を投稿した地点の住所
- **comment** : 被害状況に対するユーザのコメント

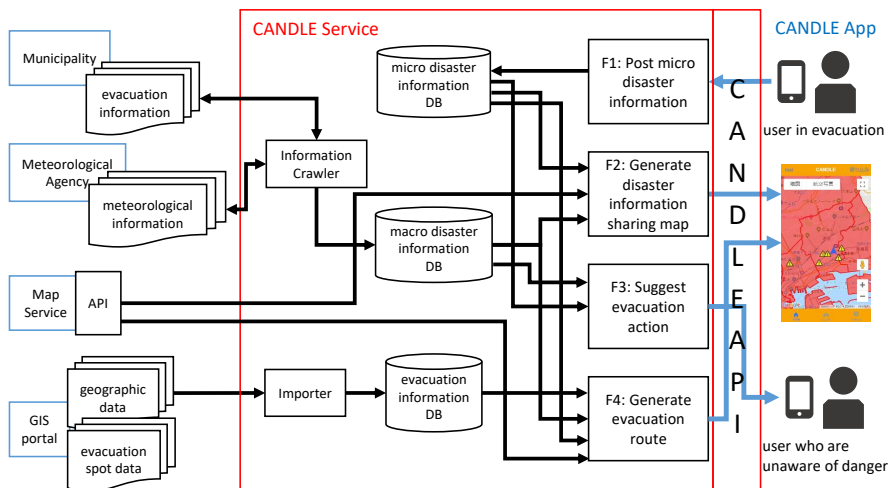


図 1 Architecture of CANDLE



図 2 Visualization example in CANDLE

このデータ項目で表されるデータを CANDLE で使用するミクロな災害情報とし、データベースへと挿入することで災害情報の投稿を実現する。

表 1 に神戸市内で水没、陥没等の被害が生じた際の投稿データの例を示す。この例は神戸市灘区を中心として 2019 年 2 月 12 日 15 時頃の 6 件の災害情報投稿を表している。データから、3 番目の道路陥没は深刻度のレベルが 3 であり、すぐに避難すべき状態であることを示している。1, 5, 6 件目のデータでは道路に今後さらなる被害が生じる可能性があることを示している。以降の機能説明においても同様のデータ例を用いる。

3.4 F2：災害情報の取得と可視化

災害情報を目に見える形で表示することでリアルタイムに周辺状況を確認させる機能である。図 1 における Map サービスからの地図、ミクロ DB からのミクロな災害情報、マクロ DB からの防災気象情報を取得し、取得したデータごとの位置情報に応じて地図上に配置する。図 2 に表 1 のデータを用いた表示例を示す。画面上に青い矢印で表示されているのがユーザを表しており、6 つ表示されている感嘆符を用いた黄色いアイコンが投稿されたミクロな災害情報を表す。ミクロな災害情報のアイコンをタップすることで投稿時刻、被害状況写真、住所、投稿者のコメントが表示される。また、赤色で色付けされた部分がマクロな災害情報を表しており、同一の市町村エリアに複数の防災気象情報が発令されている場合は、可視化するマクロな災害情報を災害の種類で切り替える。

3.5 F3：避難行動の提案

マクロおよびミクロな災害情報に基づいて今、そのユーザがとるべき避難行動を提案する機能である。CANDLE で採用する基本的なポリシーは以下のとおりである。

- 避難情報が公開されている場合：内容に応じた避難行動を指示する。
- 避難情報が公開されていない場合：ミクロな災害情報に基づいた危険度を可視化し、防災気象情報の有無を確認する。
- 防災気象情報が発表されている場合：内容に応じた避難行動を提案し、ミクロな災害情報による危険度を表示する。

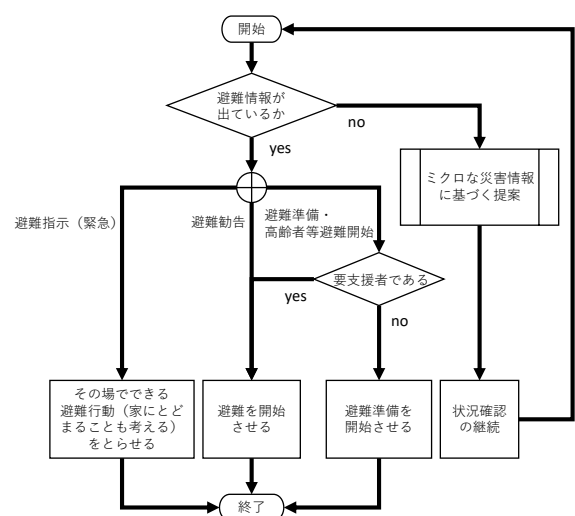


図 3 Evacuation action suggestion flowchart1

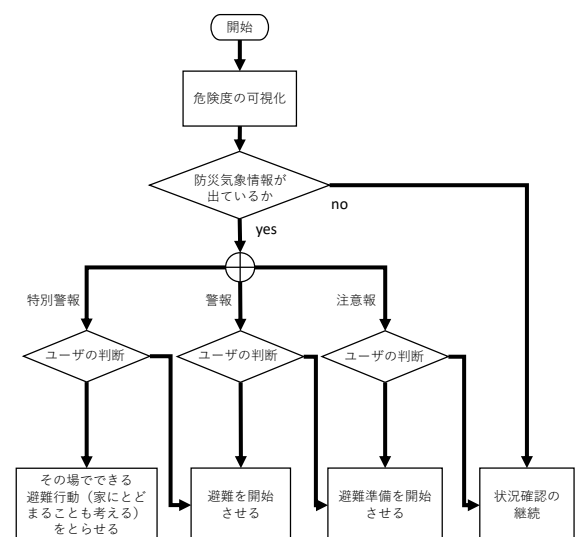


図 4 Evacuation action suggestion flowchart2

- 防災気象情報が発表されていない場合：ミクロな災害情報による危険度を表示し、状況確認の継続を勧める。

表 1 CANDLE のデータ例

uid	datetime	location	level	imagepath	address	comment
candleuser1	2019/02/12/15:05:13	(34.7188580432, 135.2234089817)	2	https://server/candle/img/ds9h2w3.jpg	兵庫県神戸市灘区	道路に亀裂あり
candleuser2	2019/02/12/15:05:59	(34.7186463956, 135.2290738071)	1	https://server/candle/img/hdl8z764.jpg	兵庫県神戸市灘区	電柱が倒れている
candleuser3	2019/02/12/15:06:30	(34.714766094, 135.2422917331)	3	https://server/candle/img/bi24ye6f.jpg	兵庫県神戸市灘区	道路陥没
candleuser4	2019/02/12/15:07:02	(34.7244312345, 135.2463257755)	1	https://server/candle/img/bi24ye6f.jpg	兵庫県神戸市東灘区	家屋倒壊
candleuser5	2019/02/12/15:08:24	(34.7098272649, 135.2187741245)	2	https://server/candle/img/bi24ye6f.jpg	兵庫県神戸市灘区	道路が水没している
candleuser6	2019/02/12/15:11:01	(34.7091216938, 135.1831543887)	2	https://server/candle/img/bi24ye6f.jpg	兵庫県神戸市中央区	道路に亀裂あり

以上のポリシーに基づき、CANDLE の避難行動の提案ロジックをフローチャートとして図 3 と図 4 に示す。これにより避難情報が発令されている場合は公的な行動提案ができ、発令されていない場合はミクロな災害情報を活用した互助的な行動提案を行うことが可能になる。

なお、危険度の可視化は、ミクロな災害情報の投稿からの経過時間、ユーザとの距離、被害の深刻度の 3 つで重みをかけて算出し、時間経過による推移でグラフに表す。以下では危険度の具体的な算出方法について述べる。

$$danger = \sum_r danger(r)$$

ここにおける $danger(r)$ はミクロな災害情報 r 一件あたりにおける危険度であり、ユーザの現在地における危険度はこの $danger(r)$ の総和によって算出される。 $danger(r)$ については様々な実現方法が考えられるが、CANDLE では以下で示す方法を使用する。

$$danger(r, l, t) = r.level * C(l) * C(d)$$

ここで、 $C(l)$ と $C(d)$ はそれぞれ 0 から 1 で表される関数である。 $r.level$ はミクロな災害情報 r 一件が持つ災害の深刻度 (1, 2, 3) であり、 l はミクロな災害情報 r の投稿時間 $r.time$ から現在時刻 t までの経過時間を算出したものである。また、 d はミクロな災害情報 r の投稿位置 $r.location$ からユーザの現在地 p までの距離を算出したものである。CANDLE における $C(l), C(d)$ の実現方法は下記に示す関数を用いる。

$$C(l) = \begin{cases} 1.0 & (0 \leq l < 0.5Th_t) \\ 2(Th_t - l)/Th_t & (0.5Th_t \leq l < Th_t) \\ 0.0 & (Th_t \leq l) \end{cases}$$

$$C(d) = \begin{cases} 1.0 & (0 \leq d < 0.5Th_d) \\ 2(Th_d - d)/Th_d & (0.5Th_d \leq d < Th_d) \\ 0.0 & (Th_d \leq d) \end{cases}$$

上記の関数では、経過時間 l 、または距離 d がそれぞれの閾値 Th_t, Th_d の半分未満の値であれば 1.0 を返し、閾値の半分以上の値、または閾値未満の値であれば 1.0 から 0.0 に向けて値を線形に減少させる。閾値を超える場合はどちらも 0.0 を返す。現状、CANDLE においては Th_t を $24 * r.level$ 、 Th_d を

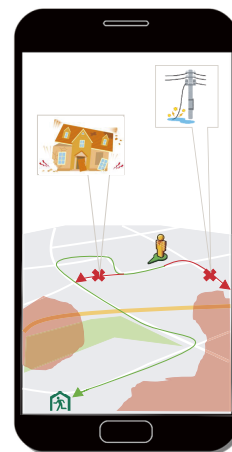


図 5 避難経路生成

$1 * r.level$ としている。なお、 l の値は 1 時間単位で表し、投稿されてからの経過時間が 1 時間未満の災害情報の場合は $l = 0$ となる。また、 d の値は 1km 単位で算出し、ミクロな災害情報 r からユーザまでの距離が 1km 未満の場合は $d = 0$ となる。

3.6 F4：避難経路の誘導

無事に避難所まで避難できるよう、ユーザにとって危険な箇所を避けた安全な経路を生成する機能である。図 5 に避難所までの避難経路の一例を示す。ユーザの現在地に応じた避難所と災害発生予想区域を避難 DB から取得し、ミクロな災害情報等の危険な地点を含まないような避難所までの経路を生成する。図中の黄色い人型アイコンがユーザを表しており、赤色の矢印がミクロな災害により通行非推奨である通路を示している。また、赤色で色付けされた範囲が災害発生予想区域である。緑色の矢印はこれらの障害を避けたうえで図中左下に表示されている避難所への経路を示したものである。

4. 実装

4.1 CANDLE プロトタイプの実装

今回は以下に沿って CANDLE 全体のうち「F1：災害状況の撮影と投稿」、「F2：災害情報の取得と可視化」の機能に範囲を絞り、開発を行った。

- ・ サーバー開発言語: PHP7.
- ・ クライアント開発言語: HTML5, CSS3, JavaScript



図 6 Posted items of CANDLE



図 7 Detail of micro disaster information

- CSS ライブラリ: OnsenUI
- JavaScript ライブラリ: JQuery 2.1.4
- Web サーバー: Apache Tomcat 7.0.69
- データベース: MySQL 5.7.18
- API: Maps JavaScript API, Geocoding API

以下では実装した機能の詳細について述べていく。

4.2 災害状況の撮影と投稿

CANDLE のページにアクセス後、画面下部の Upload ボタンを押すことで投稿フォームが表示される。表示されたフォーム内で「ファイルを選択する」をタップすると HTML5 の file タグ機能により携帯端末のカメラ機能が立ち上がり、撮影が可能となる。その後、撮影した写真を JavaScript で取得し、拡張子を特定する。それに加え、被害の深刻度を選択し、コメントを記入した状態の画面を図 6 に示す。投稿ボタンタップ後は Geolocation API を利用し、HTTPS 接続を介することでユーザの位置情報を取得し、Geocoding API によって位置情報を住所に変換したものも取得する。そのほかに、日時を取得し、上記で取得した撮影画像、拡張子、投稿前に入力済みの災害状況の深刻度、コメントとともに FormData として一つの形式にまとめ、そのまとめ上げたデータを ajax 通信を用いることで insertDisasters API に対して POST する。insertDisasters API は今回使用するデータベースの disasters テーブルにアクセスし、POST されたデータを挿入していくものである。なお、

データ挿入前に画像データのみハッシュにかけることで画像固有の名前を新たに付ける。リネームされた画像は CANDLE の別ディレクトリに保存し、この際のリネームされた画像のパスをデータベースに登録する。

4.3 災害情報の取得と可視化

ミクロな災害情報は getDisasters API を用い、取得する。JavaScript の ajax 通信で getDisasters API に対して GET を行い、getDisasters API は disasters テーブルからミクロな災害情報を取得し、登録した ID 順にすべて返す。取得したミクロな災害情報を Maps JavaScript API を用いることでマーカーにセットし、Google Map 上に配置する。配置されたミクロな災害情報のマーカーをタップすることで取得した災害情報の詳細を表示する（図 7）。

5. おわりに

本稿では、避難意識を向上させ、適切な避難行動を促すための Web アプリケーション CANDLE を提案した。CANDLE は災害情報の撮影・投稿、災害情報の取得・可視化、避難行動の提案、避難経路の誘導の 4 つの機能からなっており、これにより住民個々人に周囲の災害状況を把握させ、適切な避難行動をとらせることが期待できる。また、提案手法に基づいて CANDLE の災害情報の撮影・投稿、災害情報の取得・可視化の機能の試作を行い、適切に災害状況を把握できる見通しを得た。

今後の課題として、残りの機能の実装を完成させ、評価実験を行う予定である。また、想定される課題として、ユーザから投稿される災害情報の信憑性の担保や避難者に積極的に災害情報の投稿を行ってもらうためのモチベーション維持の方法を考えている。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究 B 16H02908, 18H03242, 18H03342, 基盤研究 A 17H00731）、および、立石科学技術振興財団の研究助成を受けて行われている。

文 献

- [1] 国土交通省, “02_hisaijirei_kouzui.pdf,” http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/hinan_guidebook/pdf/02_hisaijirei_kouzui.pdf.
- [2] 川見文紀, 林春男, 立木茂雄, “リスク回避に影響を及ぼす防災リテラシーとハザードリスク及び人的・物的被害認知とのノンリニアな交互作用に関する研究,” 地域安全学会論文集, vol.29, pp.135-142, 2016.
- [3] 内閣府, “避難勧告等に関するガイドライン1（避難行動・情報伝達編）,” http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinankankoku/h28_hinankankoku_guideline/pdf/hinankankokugaidorain_01.pdf.
- [4] 内閣府, “Microsoft word - 20110307_ [参考資料 7] W e b 調査 (hp) .doc,” http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/saigaijihinan/5/pdf/sankoushiryoku_7.pdf.
- [5] “平成 30 年 7 月豪雨の避難意識と行動に関する調査,” https://mba.pu-hiroshima.ac.jp/pdf/h30/180801a_bousaipress.pdf?r=180801.
- [6] “神戸市:「災害情報収集実証実験」をしてみます,” <http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2018/12/20181217020001.html>.
- [7] “hazardcheckerappeal.pdf,” <https://www.ai.u-hyogo.ac.jp/~arima/bosai/hazardcheckerappeal.pdf>.
- [8] “札幌市防災アプリ/札幌市,” <http://www.city.sapporo.jp/kikikanri/apri.html>.