

4Y-2

# 音響通信を用いた安否確認システムに関する考察

A safety confirmation system using acoustic communication

細谷良夫† 太田正哉‡ 本車田匡隆‡ 山下勝己‡

Yoshio Hosotani Masaya Ohta Masataka Motokurumada Katsumi Yamashita

†大阪府立大学 工学部

School of Engineering, Osaka Prefecture University

‡大阪府立大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

## 1 はじめに

広く普及した携帯電話やスマートフォンは災害時の安否確認手段として有効である。携帯電話の基地局が正常に動作していれば、災害用伝言ダイヤル [1] や Web 上の安否確認システム [2] 等多くの手段があり、安否を遠隔地に伝達することが可能である。

しかし文献 [3] によると先の東日本大震災の際、電源を失ったり被災した基地局の数は地震直後に約 7,500 局にのぼり、地震から 2 日後には最大約 15,000 局が機能不全となった。この影響によりこれらの基地局周辺の利用者は携帯電話やスマートフォンによる遠隔地との連絡手段が断たれ、迅速な安否情報の送信が困難になったことが推察される。

そこで本研究では通信回線が不通となった際の安否情報の送信手段として、安否情報を被災者同士がスマートフォンにより互いに交換・蓄積し、これを繰り返すことで拡散させ、通信可能エリアに移動した被災者によりサーバにアップロードするシステムについて検討する。ここで情報の交換には音響通信技術を用いる。本技術はスピーカとマイク以外の特殊なデバイスが不要で、スマートフォンだけでなくパソコンや固定電話、防災用トランシーバ、アマチュア無線、コミュニティラジオ局等を利用して通信を行うことができる。本研究では提案法の有効性について基礎的な検討を行う。

## 2 不通エリアにおける安否確認の問題点

本研究では、被災者自らが遠隔地にいる人に安否を伝えるために行う安否確認と、企業や大学等の組織が社員や学生等の所属員の安否を確認するために行う安否確認について検討する。いずれの場合についても被災者のいるエリアの通信回線が正常であれば、伝言ダイヤルや Web 上の安否確認システム、メール、SNS などさまざまな手段がある。

一方、通信回線が不通となったエリアに被災者がいる場合、安否確認は極めて難しい。避難所に避難した被災者の場合その場で被災者名簿を作成し、これを回線が正常な通信可能エリアに持ち出すことで、遠隔地に対して安否情報を送出できるが、サーバ等を経由して遠隔地へ情報を送信するには、安否情報の電子化が必要である。

学域		学年	
<input type="radio"/> 強	<input type="radio"/> 工	<input type="radio"/> 一	<input type="radio"/> 二
安否確認カード (学生用)			
本カードは、学域での避難時に課後 50 分へ (学内の避難場所) に設置			
ふりがな			
氏名			
学籍番号			
学域・学類/学部・学科/ 研究科・専攻/高専コース			
学年			
血液型	A・B・O・AB		
電話番号(緊急用)			
負傷の有無	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 軽傷 <input type="checkbox"/> 重傷 その他( )		
今後の行き先			
連絡事項等記入欄			
<small>※あらかじめ氏名等を入力しておいてください                      ※読みやすいように横書きで記入し、図表等に塗ってはいけません                      ※返却時に切り取り、原簿の部分を取りついでください</small>			

図1 安否確認用の用紙

災害発生時に現地で安否情報を電子化することは人手や設備の問題から容易なことではない。

また、企業や大学の所属員の安否を担当者が確認する場合、各部署や研究室単位で安否確認を行い、これを集約することで安否確認が達成できる。ただし大学において研究室に属さない学部生が、授業中や実験・実習中に被災した場合、迅速な安否確認は難しい。筆者らの所属大学等では全学的な避難訓練を実施するが、その際、キャンパス内の避難場所で担当者が図1に示すような用紙を学生に配布し、氏名、所属、連絡先、負傷の程度などを記入させ回収する。この方法は紙と筆記用具だけで容易に実施可能である一方、回収後にこれを集計し、学生名簿とのつき合わせ作業が必要となり、情報が電子化されていないため膨大な時間と手間を要すると考えられる。

## 3 提案システム

不通エリアでは救助要請や安全確保のために、通信可能エリアに移動を試みる人がいる。提案システムは不通エリア内の避難所に集まった避難者が安否情報を相互に託し、通信可能エリアに到達した人から順次サーバにアップロードし、遠隔地に通知することを目的としている。

提案するスマートフォン用安否確認アプリについて図2を用いて説明する。アプリ利用者は自らの安否情報をスマートフォンに入力し、これを互いに交換・蓄積する。利用者はこれを繰り返すことで情報を拡散させ、多数の利用者が安否情報を共有する。本アプリは通信可能エリアであることを検知すると、自動的に共有した安否情報をサーバにアップロードする。したがって、利用者の中で最も早く通信可能エリアに到達した人が、サーバに安

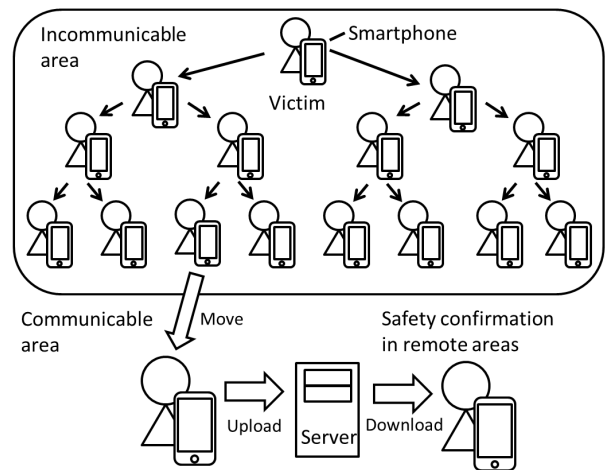


図2 アプリの概要

否情報を第一報としてアップロードすることになる。安否情報を広く拡散することができれば、通信可能エリアに向かう多くの人に安否情報を託すことができ、通信可能エリアに安否情報が短時間に到達する可能性が高くなる。

情報交換には音響通信技術 [4, 5] を利用する。本技術はスピーカとマイク以外の特殊なデバイスが不要で、スマートフォンだけでなくパソコンや固定電話、防災用トランシーバ、アマチュア無線、コミュニティラジオ局等を利用して通信を行うことができる。さらに1対多通信が可能で、情報の拡散に効果的である。ただし雑音の影響が大きいので、スマートフォン間での情報交換には、可視光通信や2次元バーコードとカメラを用いたデータ送信法も有効である。

本アプリは安否情報を拡散するだけでなく、特定の端末に情報を集約するためにも利用できる。避難所を代表して通信可能エリアに向かう救援要請者や、被災を免れた通信可能なスマートフォンを持つ利用者、被災を免れた有線回線とつながる固定電話やパソコン、通信可能エリアに電波が届く防災用トランシーバやアマチュア無線機等に安否情報を集約することができる。本アプリは、前章で述べた大学における学生の安否確認にも利用できる。避難場所に集合した学生同士で安否情報を交換・集約させ、それを安否確認担当者の端末に送信（再生）することで、集計や電子化の手間が大幅に削減される。さらに、コミュニティラジオを使うことで不通エリア内にデータを伝送することも可能である。

## 4 安否情報の拡散・集約に関する考察

提案法による安否情報の拡散や集約について考察する。

### 4.1 安否情報の拡散

被災者が一カ所に集合しており、その内不特定の複数名が独立・非同期に通信可能エリアへ向かう場合について考える。この場合被災者は、自らの安否情報を広く拡散させることが重要である。

1回の情報交換で  $c$  人が相互に安否情報を交換するとすると、 $K$  回目の交換後に一人の利用者が共有する安否情報の件数は  $c^K$  件である。対象とする被災者が100人程度のとき全員に安否情報が拡散するには、 $c = 2$  で7回以上、 $c = 4$  で4回以上の情報交換が必要である。ただしこれには重複が含まれるため、全員に安否情報を拡散させるにはさらなる交換が必要となる。

今、利用者数を  $N$  人とし、1回の情報交換毎に  $r\%$  が通信可能エリアに向かい、かつ到達できるとすると、 $K$  回目の交換後までにサーバにアップロードされる安否情報の総件数は、 $\sum_{k=1}^K Nrc^k$  である。これを  $N$  で正規化した値を安否情報のアップロード率  $u$  と定義する。

$$u = r \sum_{k=1}^K c^k = rc \frac{1 - c^K}{1 - c} \quad (1)$$

$c = 2, 3, 4$  においてアップロード率が1となる  $r$  と  $K$  の関係を図3に示す。1% ( $r = 0.01$ ) が通信可能エリア

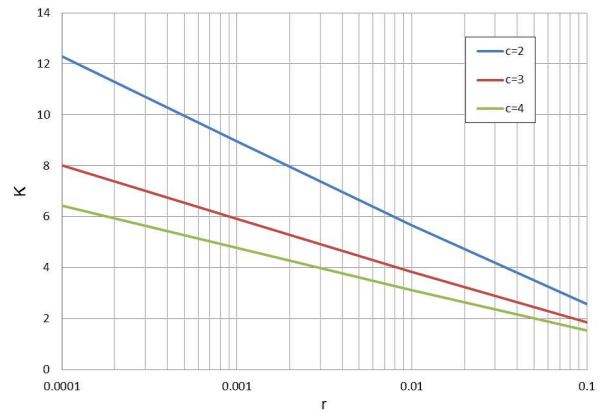


図3  $r$  と  $K$  の関係

に向かう場合、 $c = 2$  で6回以上、 $c = 4$  で4回以上の情報交換が必要であることがわかる。これにも重複が含まれている点に注意が必要である。

### 4.2 安否情報の集約

被災者が一カ所に集合しており、全員の安否情報を一カ所に集約する場合について考える。これは避難所に集合した被災者の安否情報を集める場合や、大学などで学生の安否情報を担当者の元を集める場合に相当する。集約先が確定している場合は、情報を相互に交換せず一方方向のみ伝達することで、効率的な集約が行える。

仮に  $N$  人が一列に並んでバケツリレー式に中央の一人に安否情報を集約する場合 (1次元モデル)、全員の情報を集約するには  $N/2 - 1$  回の情報伝達が必要となる。また仮に  $N$  人が  $\sqrt{N} \times \sqrt{N}$  の行列状に並んで、中心の一人に安否情報を集約する場合 (2次元モデル)、中心向きに情報伝達するとすることで、 $\sqrt{N}/2 - 1$  回の伝達後に全員の情報が集約できる。

## 5 まとめ

本研究では音響通信を用いた不通エリア内での安否確認システムについて基礎的な検討を行った。提案システムは避難者が相互に音響通信を用いて安否情報を交換し、通信可能エリアでサーバにアップロードするものである。検討の結果、情報を拡散させる場合は  $N = 100$  で7回以上、情報を集約する場合 (2次元モデル) は4回以上の情報交換が必要であることがわかった。

## 参考文献

- [1] 災害用伝言ダイヤル, <http://www.ntt-west.co.jp/dengon/>.
- [2] 湯瀬, 泉, 柴田, 福本, “東日本大震災を踏まえた大学の安否情報システムについての検討,” 日本災害情報学会第15回学会大会論文集, pp.4-12, 2013.
- [3] 総務省総合通信基盤局, 東日本大震災における通信の被災状況, 復旧等における取組状況, <http://www.bousai.go.jp/oukyu/higashinihon/4/pdf/soumu.pdf>, 9月, 2011.
- [4] 太田, 山下, “携帯電話の着信メロディによる認証システムに関する検討,” 信学技報 MBE, vol.103, pp.19-22, 2003.
- [5] 松岡, 中島, 吉村, “可聴帯域における音波情報伝送技術: 音響 OFDM,” 信学技報 EA, vol.105, pp.25-29, 2006.