

位置情報付き携帯電話を利用した 建設現場向け災害情報システムの開発と実証実験

Developments and demonstration experiments of the disaster information system at the construction site using information of location

○大洞裕貴子* 西村雄一郎** 小池則満*** 田頭庄三**** 内藤克己**** 正木和明*****

Yukiko Ohbora, Yuichiro Nishimura, Norimitsu Koike, Shozo Tagashira, Katsumi Naito, Kazuaki Masaki

*愛知工業大学大学院 工学研究科 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

**博士(地理学) 愛知工業大学客員准教授 地域防災研究センター(〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

***博士(工学) 愛知工業大学准教授 工学部 都市環境学科(〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

****清水建設株式会社 名古屋支店 (〒460-8580 愛知県名古屋市中区錦 1-3-7)

*****工博 愛知工業大学教授 工学部 都市環境学科 (〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

For developing business continuity plan of a construction company, what is particularly important is the communication between the construction sites and the area manager. We try to develop the emergency communication system including earthquake early warning and information system and information collect system by using mobile phones. As the result of a field test at three separated construction sites and their area manager, we could send the earthquake warning and collect the information of those sites smoothly. Because it was occurred some troubles about location function, it is necessary to improve a simple and reliable system.

Key Words: the emergency communication system, mobile phones, information system

キーワード: 緊急地震速報, GPS 機能付携帯電話, 災害情報システム

1. はじめに

近年, 事業継続計画(BCP)の重要性が高まっており, それに取り組む企業が増えている。内閣府でも企業評価・業務継続計画ワーキンググループにおいてガイドラインを作成している。そういった取り組みの中で要点とされているのは, 発災時に組織内での情報の流れを明確化し, いかに情報を利用・共有できる態勢をとるかという点である。

一方で, 建設途中の現場は不安定な足場や重機の使用などにより, 特に地震などの災害時には被害発生が予想される。また, 一箇所の営業所が幾つもの建設現場を管轄しており, それらの建設現場が散在している

ため, 情報共有とその利用が困難な環境と言える。こういった状況下では, 日々現場に出入りする業者が変わるなかで業者を横断するような情報共有の仕組みが必要である。建設現場の現状を把握したうえで, 円滑で確実な情報共有の仕組みを構築していくことが課題となる。

2. 研究目的

これまで, 建設現場への緊急地震速報導入のためのアンケート調査等が行われてきたが, 広い建設現場で従業員全員にどのように情報を伝達するかなどの問題点が指摘されてきた¹⁾。情報入手手段としては無線・テ

レビ・ラジオといったツールを利用する方法もあり、一定の効果を発揮すると考えられるが、騒音・振動のある建設現場においては情報が確実に伝達出来ないなどの障害が起きた場合に対応できないという課題がある。また、高山らは建設現場における緊急地震速報についてその活用イメージや導入効果について論じている²⁾。ここでは、重機の停止といったある程度の安全対策をとることが可能であること、身構えることだけでも効果は大きいという意見が述べられている。

一方で、携帯電話のメール機能等を用いた取り組みは様々な視点から行われている。たとえば、高橋らは携帯電話を利用した災害弱者向け避難支援情報システムを開発している³⁾。教育分野においても本間が自然科学分野を中心とした教育分野での携帯電話活用について論じている⁴⁾。

社団法人電気通信事業者協会 事業者別契約数（平成20年8月末）携帯IP接続サービス⁵⁾及び、インターネット白書2008⁶⁾によれば、2008年7月現在でPCからのIP接続7830万5000人、携帯電話からのIP接続8942万6400人と重複はあるが、携帯電話によるインターネット接続人口はPCからのインターネット接続人口を超えている。

以上の通り、携帯電話という端末は我々にとって情報取得・コミュニケーション手段として必要不可欠な存在となっており、建設現場での災害時における情報共有ツールとしての利活用について論じることは意義があると言える。

本研究では、一度に多くの人と情報を共有できる携

帯電話(GPS機能付)を用いて地震の主要震動到達前に地震が来ることを伝え、さらに従業員の円滑な安否確認や場所によって異なる被災情報の共有、避難・救援を可能とする災害情報システムを開発する。さらに建設現場で働く従業員に対して実証実験を行い、アンケート調査からその有効性の検証と問題点について論じる。

3. 実験方法

3.1 システムの概要

システムの基本ソフトウェアは、(株)ファルコンが開発中のC-Castメールシステムを利用した。

C-Castメールシステムは(株)ファルコンが、携帯電話に対するメールの配信・応答集計を行うことが可能な、汎用的メールシステムとして構築したものである。特にGPS携帯電話の位置情報を利用して、情報の受信者の位置に合わせて動的に災害に関する情報を受信するとともに、その後の事業復旧に関わる応援要請や、受信者側の対応状況について返送可能な仕組みになっている。また配信内容などのカスタマイズ性も非常に高く、操作も簡略化されている。

C-Castメールシステムの主要な機能としては、外部からの情報を取り込んだ形態でのメールによる情報の配信を行うことができ、また配信先・内容の事前登録、手動送信・自動送信の選択や配信日時の予約といった配信内容のプランニングが可能などところにある。伝達されたメールに対してウェブやメールを通じた応答の

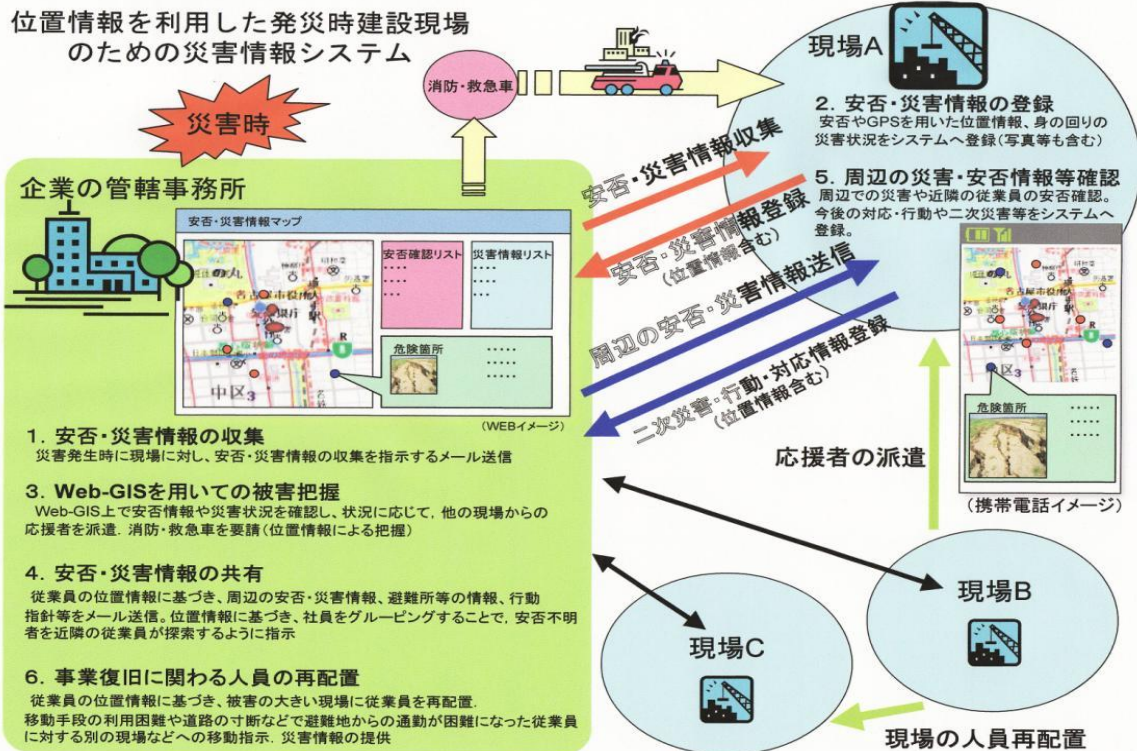


図-1 災害情報システムの概要

受付を行うことができ、かつ管理者側で応答内容をグラフ化、リアルタイム集計を行うことができる。

また、C-Cast メールシステムはインターネット携帯電話向けサイトに接続可能な携帯機種のごほとんどに対応可能である。携帯会社や機種を限定せず、一般的に利用されている仕組みを用いることで、広い範囲の対象者に対して情報の送信や共有を可能とする。

以上の C-cast システム上に、今回の開発・実験で必要となる機能を対象となる建設現場向けの発災時初期に必要な情報伝達が行えるようにカスタマイズしたものが今回開発したシステムとなる。

今回の実験では昼間の部にて「緊急地震速報→安否・被害確認→応援要請」、夜間の部にて「緊急地震速報→安否確認→近隣の安否不明者確認要請→応援要請」といった内容の災害情報を携帯電話に送信されるメールによって共有する。これによって現在使用者が置かれている状況をいち早く、複数の情報を一度に把握することが可能である。

3.2 実証実験の概要

3箇所の建設現場にGPS機能付携帯電話を各3台ずつ、およびそれらを管轄する営業所に携帯電話1台とサーバを設置し、営業所長・現場監督・工事長・工事主任・職長のいずれかの役職にある方々に合計10台のGPS機能付携帯電話(うち1台はGPS機能未搭載)を配布し、昼間は「緊急地震速報→安否・被害確認→応援要請」、夜間は「緊急地震速報→安否確認→近隣の安否不明者確認要請→応援要請」という一連の流れでサーバを設置した営業所のメールに従って操作してもらった。携帯電話は、各キャリア・機種との相性や使い心地を比較する目的で docomo5台、au3台、softbank2台の異なったタイプのもの10台を使用した。

まず緊急地震速報を携帯電話に送信して注意を促し、地震発生後に携帯電話を持つ本人やその周辺の位置情報を含む安否・災害情報を収集し状況を確認した後に他現場や消防・救急に応援要請をするといったシナリオのもとで行った。(図-1, 表-1 参照)

また位置情報の伝達状況を確認するために昼間と夜間との2回実験を行い、対象者10名に災害情報システムの使い心地や有効性についてのアンケート調査を行った。なお、実際の緊急地震速報は(財)気象業務支援センターから契約者のサーバに送られ、ここから各端末に配信される。直接個人の携帯端末に配信されることはなく、本研究での想定もそれを踏まえたものとなっている。

4. 実験およびアンケート調査結果

4.1 当日の現場の様子

当日は主に現場の事務所内で携帯電話の操作をした

現場が多かった。3現場のうち1現場は避難訓練形式で従業員に退避指示を出すなど積極的に行動した。対象者は操作方法について混乱する様子もなく、操作指導のために現場に配置された学生も待機している状態であった。

表-1 実証実験のシナリオ

昼の部	時間	
	11:00頃	・アンケート用紙配布 ・通常業務続行
	11:30頃	・サーバ側から携帯電話に緊急地震速報を通知 [数秒から数十秒後にS波到達] ・携帯電話使用者は地震から身を守る行動をとり 近辺の作業員に呼びかけを行う ・安全な場所・姿勢で退避
	11:32頃	・安否確認・位置情報を問い合わせるメール送信 サーバ側から ・現場被害を問い合わせるメール送信 ・被害現場への応援要請メール送信 ・被害現場への移動地図情報メール送信
	11:45頃	実験終了メール送信
	サーバ側から	
夜の部	時間	
	19:50頃	実験用携帯電話を携帯し、普段通りの生活続行
	20:00頃	・サーバ側から携帯電話に緊急地震速報を通知 [数秒から数十秒後にS波到達] ・安全な場所・姿勢で退避 ※車運転中の場合は、この限りではない
	20:02頃	・安否確認・位置情報を問い合わせるメール送信 サーバ側から ・安否情報の共有・安否不明者(仮)の 近隣の者による確認の指示メール送信 ・安否不明者確認地点への移動用地図情報送信
	20:15頃	実験終了メール送信
	サーバ側から	

4.2 対象者の属性

対象者10名の年齢と携帯電話のメール機能使用頻度を表-2に示した。今回の実験の対象者から40代以上に比べて20代30代は相対的に携帯電話メール機能の使用頻度が高いと見られる。

表-2 対象者の属性

対象者年代	携帯電話メール機能使用頻度				計
	毎日使用	時々使用	ほとんど使用しない	全く使用しない	
20	1		1	1	3
30	3				3
40		1	2		3
50		1			1
計	4	2	3	1	10

4.3 受信状況と気付きやすさ

昼間の実験時に、明るく騒音・振動も小さい現場の事務所内で携帯電話を操作した人は全体10名中8名であった。一方残りの2名は事務所に比べ、騒音・振動が強い事務所外の現場で携帯電話の操作を行った。メール1通目の緊急地震速報には10名中9名が気付くことができたが、うち現場で作業に関わっていた1名は

気付くことができなかつた。各携帯電話のメール着信音は最大音量・最大のバイブレーションに設定していたものの、そのとき置かれた状況によって、気づくことが困難となり得ることが予想される。緊急地震速報のように即時性を持った情報を携帯電話で伝達することは、その有効性がそのときの状況によって大きく左右されることに留意する必要がある。

夜間の実験時に事務所で携帯電話を操作した人は事務所で4名、運転中の自動車内が3名、自宅が2名であった(対象者10名うち1名は不明)。運転中であつた2名は、暗く騒音・振動が大きい自動車内でメールを受けた。実験時間帯に入浴していた1名を除いたすべての対象者が、全ての情報配信に気づくことができた。

4.4 返信の確実性

昼間に送信された安否確認・応援要請メールに対する応答の確実性と、普段の携帯電話の使用頻度の関連を表-3に示した。メール応答の確実性評価についての得点は、返信内容を確実に落ちて送信できた場合を(最高点の)5点とし、できなかった場合を(最低点の)1点とする5段階の対象者自身による自己評価である。

表-3より、昼間の実験では普段のメール機能使用頻度が高い対象者で、確実に操作できたと評価する者が多いことが分かる。普段から携帯電話の操作に慣れている者ほど、返信もスムーズにそして確実に行うことができていることから、普段の携帯電話でのメール操作の経験の有無が、本実験のメールシステムの利用に深く関わることがわかつた。評価が高くない者の意見の中には、「普段使っている携帯電話と違う貸与された携帯電話であつたため操作が分かりづらかつた」という意見があつた。一方、「リンクボタンによって応答ページに移るといった操作は簡略化されており、普段と異なる機種であっても使いやすい」という意見もあつた。

また、応答ページについて「本当に送信ができているかどうか分かりづらい」という意見もあつた。実際にも確認画面の段階で送信を行わず終了してしまつた事例があり、受信者側が送信したと見なしていても、

実際には送信が完了していない場合があることがわかつた。

表-3の平均点をみると、夜間は昼間に比べて得点が低くなる傾向にあることが分かる。これは、特に夜間の実験時に、被害現場への応援要請や夜間安否不明者確認要請メールの応答で応援や安否不明者の確認行動が可能とした者に対して、現在地から目的地までの地図情報を送信し、ルート検索の操作を促す、といった一連の操作が必要であり、昼間の実験時に必要な操作に比べて難易度が高くなつたことが影響を与えていると考えられる。

操作が比較的単純である昼間と比較すると、夜間の操作は複雑である。また夜間の実験においては携帯電話のメール機能を普段からよく利用する対象者でも、地図や位置情報を取得する操作は普段ほとんどないと考えられるため、操作が難しく感じられることがシステム評価を低くした原因のひとつであると考えられる。

その他、今回使用したシステムの地図取得やその操作体系自体がまだ完成形ではないこと、また機種によって受信スピードに差があつたこと、携帯電話の小さな画面で細かなボタンを用いて操作すること自体が面倒であることもシステム評価を低くした原因であると考えられる。なお、一部の携帯電話でシステム上のトラブルによって、地図画面が表示されない場合があつた。

4.5 システムに対する評価・有効性

メール内容別の評価では、安否確認メールについては、最高点の5が5名で最も多かつた。特に安否確認を携帯電話で行うことについては、特に有効であると評価されている。一方、地図伝達については、安否確認メールと比較すると相対的に評価が低い。現場内であれば確認できる範囲内だからわざわざ携帯電話を用いなくてもいいという意見や、地図情報の必要性は小さいとの意見も挙げられた。(図-2参照)

4.6 必要とされる情報

システム上で伝達すべき災害情報として、どのような情報があればよいかという問いに対しての回答結果より最も必要とされている情報は、地域の災害情報で

表-3 使用頻度と確実性

携帯電話メール機能使用頻度	昼間				夜間			
	被害状況確認	安否確認	応援要請	平均	安否確認	安否不明者確認要請	応援要請	平均
毎日使用する	5	5	5	5	5	5	5	5
毎日使用する	5	5	5	5	3	2	1	2
毎日使用する	5	5	5	5	1	1	1	1
毎日使用する	3	3	3	3	3	3	3	3
時々使用する	5	5	5	5	5	4	4	4
時々使用する	5	5	5	5	5	5	5	5
ほとんど使用しない	3	3	3	3	回答なし			
ほとんど使用しない	3	3	3	3	3	3	3	3
ほとんど使用しない	3	2	3	3	2	2	2	2
全く使用しない	5	5	3	4	4	4	4	4
平均	4	4	4	4	3	3	3	3

あった。また、地震情報についても必要という意見が多く、自由意見の中には「緊急地震速報をメール配信できれば、状況が即座にわかり有効である」という意見も数多くみられた。他現場の被災情報に対する必要性は、地域の災害情報・地震情報と比較すると低かった。

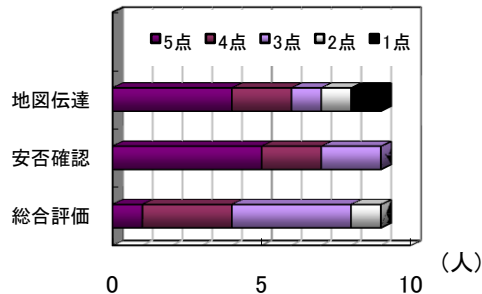


図-2 システムに関する評価・有効性

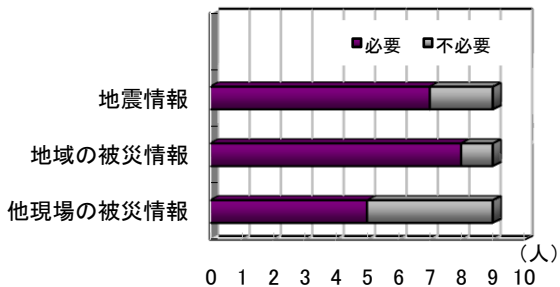


図-3 必要とされる情報

4.7 システムの利用・共有範囲

このシステムを建設現場のどの範囲で利用・共有したらよいかという質問に対しては建設現場に出入りする他業者とで意見が分かれた。元請け会社の組織内でのみ情報伝達・共有を行うべきとの意見が最も多く対象者10名中5名を占めた。それに対して元請け会社と協力会社にまたがって情報を共有するべきとの意見は2名、協力会社内のみで情報共有した方がよいとする意見が2名となった。

協力会社との情報共有範囲については、現場全体を管理する立場、つまり高い役職を中心に必要との意見が多くあった。また、緊急地震速報のような即時性を持ち、現場での活用が被害減少に繋がるような情報については個々の作業員に伝達し、応援要請などは協力会社の職長を通じて連絡をとる形がよいと考えられる。誰がどの情報をどのくらい必要としているかを考慮し、メールの内容ごとに異なる範囲に配信した方がよいとする意見もあった。

また、こうしたシステムを利用する上で、携帯電話は会社から貸与されるのがよいとする意見がほとんどであったが、建設現場においては全職長・作業員まで携帯電話を貸与することは難しいため、PHSや簡易型

ポケベルなど現場で安価に利用可能な情報伝達手段に転送できるシステムが必要との意見もあった。

4.8 自由記述意見からの改善点

質問項目への回答以外の対象者ニーズを把握する為、アンケート中に自由記述欄を設けた。その中から主な意見を表-4に示した。B-10, 11は携帯電話の機種の違いによって発生する問題である。高齢者や子供を対象にした携帯電話は文字が大き過ぎる、あるいは画面が小さ過ぎることによって画面に表示できる情報量が減り、操作の妨げになり得るため、使い心地の均衡が保てるよう機種を選定する必要がある。また、メール操作途中でも新たなメール受信時に「お知らせ機能」を有する機種を指定することによってさらに本研究で用いた災害情報システムの有効性を高めることが出来る。

実験全体の評価でこのシステムが地震防災力向上にどのくらい有効かという質問には5段階評価(数字が大きいほど高評価)のうち4以上と答えた人が8名中、半数の4名しかいなかった。その原因は、前述した機種による問題に加えてB-1, 2の意見にあるように、送返信のペースや説明文の表現・長さにあると考えられる。

C-1については、メール受信から初期微動到達時間までの時間が20秒程度の場合、メール確認から数秒から数十秒で揺れに襲われることになる。このわずかな時間に、とっさに何を行うべきかを検討する必要がある。

表-4 自由記述意見

A-1	メールによる安否確認は有効
A-2	緊急地震速報は特にクレーン・重機操縦者に知らせたい
A-3	地震発生のお知らせはほしい
A-4	情報伝達ツールとしては有効である
A-5	返信アドレスの設定など、簡略化されていて良かった
A-6	常に携帯電話を携帯しているため、状況が即時にわかり有効
B-1	メールが次々と届き、混乱した
B-2	メールとメールとの時間にもう少し余裕がほしい
B-3	地図の精度が大まかで分かりにくい
B-4	操作終了と送信完了がわからなかった
B-5	選択肢が多く何度も見直さなければならなかった
B-6	言葉の意味がわかりにくい
B-7	送信エラーが出た
B-8	応援要請は個人ではなく、所属会社や職長に指示したほうが混乱しない
B-9	建設現場で全員に携帯電話を貸与するのは難しい
B-10	文字が大きくて(小さくて)見にくい
B-11	配信されてきたメールの操作をしていると次のメールの着信に気付かない
B-12	災害時に携帯電話を見ながら移動するとは考えられない
B-13	災害発生時に他人の心配をする余裕があるのか
C-1	数秒前～同時に受信したところで対処の仕方がわからない
C-2	緊急地震速報のみマナーモードなどに関係なく強制的に音・音声で知らせてほしい
C-3	実際の地震時に携帯電話に手を伸ばす訓練が必要

5. 考察

5.1 受信状況と気付きやすさ

受信したメールに応じている途中で新たなメールを受信すると、着信音・バイブレーションが鳴動せず、配信に気付くのが遅れる場合もあった。今回は、緊急地震速報の送信後、数十秒で安否確認を促すメールが送信された。このように事前にシナリオを想定して、メールを送る場合にはメールの読み出しが終了したことを確認するか、十分な時間置いた後に次の情報を配信するなどの工夫が必要である。

また、自動車運転中の携帯電話操作については安全面に影響を与える可能性が高く法令にも関わるため、着信音を音声にするなどシステム以外の設定上で再検討する必要があると考えられる。携帯電話の機種によっては、画面やボタンの位置や大きさなどが必ずしも使いやすいとはいえない機種もあったが、どの携帯電話になっても共通した操作が行える仕組みがあれば、操作上の問題が少なくなると考えられる。一部の携帯電話でシステム上のトラブルによって地図画面が表示されない場合があったことについても、その信頼性の向上や対応機種明確化に努める必要がある。

5.2 返信の確実性

昼間と夜間の実験に対するアンケート調査結果によって、操作の確実性には普段の携帯電話の利用状況との関連性が強く、災害時に用いるシステムの操作を普段から行わせることが重要であること、またこのような携帯電話を利用したシステムでの一定の操作体系の標準化を図ることで、確実性が高まると考えられる。

5.3 必要とされる情報

他現場の被災情報に対する必要性は、地域の災害情報・地震情報と比較すると低かったことから、営業所レベルで情報を管理・利用するほうが効率的だと考えられている可能性がある。また職場で用いるシステムとして考えるならば、昼間の現場にいる時間帯は地図提供の必要性はさほど高くはないと考えられるが、現場にいない夜間・休日などにおいて大規模な災害が発生したときに地域の災害情報と一緒に地図情報が利用できるのであれば、位置情報の有効性は高まると考えられる。

地域の災害情報が必要とされている要因として、職場や建設途中の建設現場、顧客先の建物や公共施設の被害、また個人の自宅や目的地までの移動経路上の通行止め等の情報をいち早く必要としていることが考えられる。Web-GIS を通じて、災害による被害地域や通行止め情報などの情報を統合し、携帯電話にすばやく情報提供を行うことが可能なシステムとして、改善することが必要であると考えられる。

6. まとめ及び今後の課題

本研究で、実証実験・アンケート調査を行った結果、GPS 機能付携帯電話を利用した災害情報システムには一定の有効性があることがわかった。今後、建設業界で広く導入を促すような枠組み作りが必要であると考えられる。

メール内容・操作が低評価であった原因として、システム側の問題の他に年代や普段の使用頻度によって生じる携帯電話操作困難がその一つと考えられ、システム側だけの改善に止まらず使用者側の順応によって、その有効性は高まると考えられる。また本災害情報システムを導入するにあたって企業に求められることは、緊急地震速報についての基本的知識の理解と併せて、発災時に携帯電話を手にとって見るなどの能動的行為を根付かせ、防災訓練・防災教育に努めることであると言える。

携帯電話の性質上、災害発生時には輻輳状態になる問題点を抱えている。こうした災害直後のメール送受信の信頼性についても、考慮すべき課題である。

謝辞 本研究は日本建設情報総合センターの研究助成事業を受けた。また、実験実施にあたり、清水建設株式会社三河営業所の各位には多忙のところ、ご協力いただいた。システム開発にあたっては株式会社ファルコンの皆様にご尽力いただいた。記して御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 小池則満, 田代直人, 内藤克己, 高橋郁夫, 正木和明: リアルタイム地震情報による建設現場の地震災害リスク低減可能性に関する研究, 建設マネジメント研究論文集 vol.13, PP.135-144, 2006.
- 2) 高山丈司, 小路泰広, 日下部毅明: 建設現場における緊急地震速報の活用 土木技術資料, Vol. 49, No. 11, pp. 64-69, 2007
- 3) 高橋啓生, 宮川清一, 後藤順久, 葛谷潔昭: 災害弱者向け避難支援情報システムの研究開発, ソフトピアジャパン共同研究報告書 Vol.9 2005
- 4) 本間善夫: 教育分野における携帯電話活用の現状と実践, 情報科学技術協会「情報の科学と技術」52巻12号(2002年12月1日発行)
- 5) 社団法人電気通信事業者協会 携帯 IP 接続サービス (平成 20 年 8 月末)
<http://www.tca.or.jp/japan/database/daisu/yymm/0807matu.html>
- 6) インターネット白書 2008
<http://internet.watch.impress.co.jp/cda/special/2008/07/01/20105.html>

(2009年8月7日受付)

