

# 室内危険度診断システム Web 版の公開と効果

## Publication and Effectiveness of a Diagnostics System for Indoor Earthquake Safety

地震発生時の家具転倒や落下物による室内被害は、依然として地震発生時の負傷原因の多くを占めている。そこで、個人の生活様式にあわせた地震発生時の室内危険度を誰でも簡単に診断できるソフトウェアが名古屋工業大学により開発された。今回、これまでに開発された室内危険度診断ソフトウェアの更なる普及促進を図るため、Web 公開版を開発し、インターネット上に公開した。Web 版の開発では、年齢性別に関係なく誰でもが直感的に解る簡易なユーザーインタフェースに配慮した部品などを備えることによって、利用者の利便性を高めることができた。本稿では、Web 公開版開発にあたり実施したユーザーインタフェース変更の内容と、その効果について報告する。

高梨 勝敏	Takanashi Katsutoshi
阿部 郁男	Abe Ikuo
佐藤 俊也	Satou Shunya
小野 さおり	Ono Saori
村上 仁	Murakami Hitoshi

### 1. はじめに

多発する地震や政府地震調査研究推進本部による長期評価などの公表<sup>1)</sup>を受け、地震発生時の安全対策へ大きな関心が寄せられている。特に、30年以内の発生確率が99%とされる宮城県沖地震が迫っている東北地方に活動の拠点を置く(株)日立東日本ソリューションズ(以下、日立TOと記す)にとっても、地震防災への取り組みを通して安心・安全な地域社会づくりに貢献することは重要なテーマである。そのような背景から、日立TOでは、東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センターなど防災研究機関との共同研究、関係の強化を進めており、その中の一つが名古屋工業大学の岡田成幸教授とともに研究および開発に取り組んだ室内危険度診断システムである。室内安全対策は社会的関心が高い防災対策の一つであり、実際に東京消防庁や仙台市消防局などの防災機関では、室内安全対策の促進を主要な推進施策に掲げて様々な啓発活動、補助事業を推進しているところである。しかし、地震発生後には家具転倒防止金具の売れ行きが伸びるが、継続的な活動にはなっておらず、室内被害は後を絶たない状況である。

地震発生時の室内被害を減らすために、様々な啓発活動が都道府県を中心に現場で行われている。主なものは地震対策促進のパンフレットや、起震車による仮想体験である。さらに啓発を進めるためには、住人が自分の住家での地震危険度を知り、対策することが有効といえる。

そこで、地震発生時の室内危険度を誰でも簡単に診断できるソフトウェア技術の開発が進められてきた<sup>2) 3) 4)</sup>。しかし、このシステム(以下PC版)を使うには、

- 1) ユーザのPC毎にプログラムをインストールする必要がある。
- 2) 設定パラメタが数多くあり、初心者には利用の敷居が高い。

といった課題があり、室内危険度診断技術の普及・啓蒙には、違った観点からの工夫が要求されていた。そこで、室内危険度診断の技術の普及と、室内安全対策の更なる促進を目的とし、室内危険度診断技術をインターネット上で簡単に使えるシステムを開発した。本稿では、システムの概要、システムの評価およびインターネット公開の効果述べる。

### 2. システムの概要

室内危険度診断システムは、住宅の平面図、家具および住人の情報を入力することにより、家具の転倒・散乱範囲、部屋の各場所の危険度および避難経路をシミュレーションするシステムである<sup>5)</sup>。以下に、シミュレーションの概要を説明する。

#### 2.1 転倒・散乱範囲の表示

家具の転倒・散乱範囲を求めるため、まず、それぞれの有無を各家具について求める。

- ・ 転倒の有無
- ・ 家具上にある置物の落下の有無
- ・ 内容物の散乱の有無

次に、それぞれの場合の転倒・散乱範囲を求め、画面に表示する。転倒・散乱範囲は、図 1 のように転倒、落下および散乱の種類によって異なる。それぞれの場合の転倒・散乱範囲は以下の式によって求める<sup>5)</sup>。

(1) 家具の転倒

$$a = W \cdot H \quad \dots(1)$$

家具の横幅  $W$  と高さ  $H$  の範囲に転倒する。

(2) 置物落下

$$a = \pi r^2, r = \sqrt{(W/2)^2 + (H/2)^2} \quad \dots(2)$$

$$H = (H_1 + H_2)/2 \quad \dots(3)$$

$a$  は、置物が落下する範囲の面積である。

$H$  は、家具の高さ  $H_1$  と置物の高さ  $H_2$  から求める。

(3) 内容物散乱

$$a = (W + 2r) \cdot H / 4 + \pi r^2 / 2 \quad \dots(4)$$

内容物が散乱する面積  $a$  は、倒れる矩形範囲と散乱する円形範囲の和である。

(4) 家具転倒および内容物散乱

$$a = \left[ \pi(H^2 + W^2) + 6H(W + \sqrt{2(H^2 + W^2)}) \right] / 8 \quad \dots(5)$$

$$H = H_1 / 2 \quad \dots(6)$$

$a$  は、家具が転倒する範囲と、転倒する家具からの内容物の散乱範囲の和である。

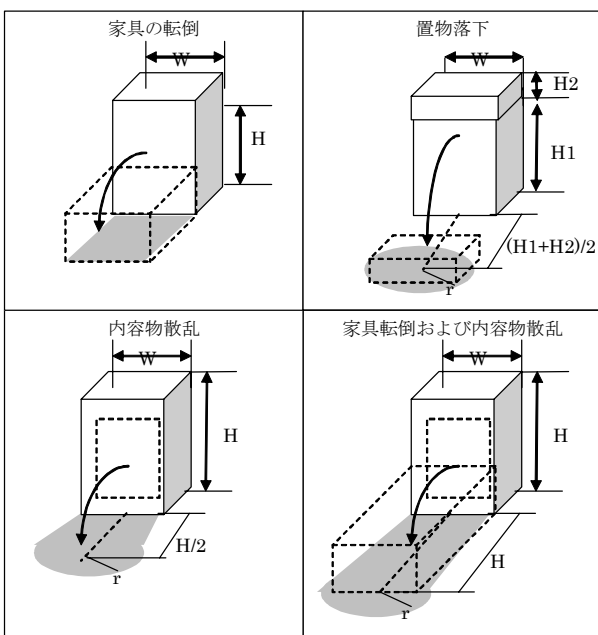


図 1 転倒・散乱範囲

2.2 避難経路の表示

部屋を正方形のメッシュで区切り、各メッシュ  $x_i$  の危険度  $Pot[x_i]$  を以下の式で求める。

$$Pot[x_i] = \sum_j V_j(I) S_j(x_i) \quad \dots(7)$$

$$V_j(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^1 \exp\left[-(I' - I_0)^2 / (2\sigma^2)\right] dI' \quad \dots(8)$$

ここで、 $V_j$  は家具  $j$  の被害関数であり、 $I_0$  は家具  $j$  が転倒する平均震度、 $\sigma$  はその標準偏差である。 $S_j$  は家具  $j$  の転倒・散乱状態であり、2.1 の各式を用いる。なお、PC 版では住人の居室可能性と災害回避行動能力を式(7)の関数のパラメタに加えている。Web 版では住人の位置をユーザが決める仕様としているため、このパラメタは使用していない。

各部屋の開口部を通る避難経路に対し、各経路が通るメッシュの危険度を加算する。これを各経路の避難危険度として画面に表示する。表示の例を図 2 に示す。

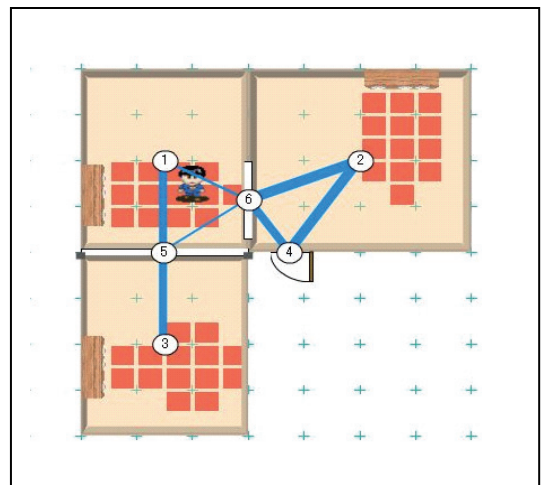


図 2 避難経路と危険度の表示

3. Web 版の開発

3.1 開発環境

PC 版は、Microsoft 社の Visual Basic6.0 を利用して開発された。開発当時、操作性に優れたユーザインタフェースを持つソフトウェアを短時間で開発するための開発環境の一つが Visual Basic であった。しかし、Visual

Basic で開発されたソフトウェアをインターネット上で利用してもらうためには、プログラムのダウンロードとインストールという作業が必要であった。

室内危険度診断システムは、新たに開発される部材や家具など技術革新に併せてバージョンアップする必要がある。このような特徴を持つシステムは、ユーザに常に最新の環境で利用してもらう必要があり、プログラムのダウンロード形式による提供は好ましくない。

そこで、今回、室内危険度診断システムをインターネット上に公開するにあたり、開発環境の比較を実施した。比較結果を表に示す。運用利便性と通信負荷の両面で優れている Flash を採用した。

表 1 開発環境の比較

	運用利便性	通信負荷
Flash	○Flash ランタイムの自動インストール	◎プログラムサイズ、通信データの低減
Java	△JRE インストール要	○通信データの低減
Visual Basic	×プログラムインストール要	(通信なし)

### 3.2 システム構成

Web 版のシステム構成を図に示す。開発で利用した Flash アプリケーション技術は、通信回線に与える負荷が大変小さいのが特徴である。この特徴を活かすために、間取りや家具配置の作成をクライアント PC 上でのみ動作させ、家具の転倒範囲や危険度および避難路の計算をする場合にのみ、本社に設置したサーバ側にデータを送信し診断結果を返送して表示する方式とした。このシステム構成により、システムの利用者は、あたかも通常の Web サイト閲覧操作の感覚での利用が可能となる。

また、サーバ側のシミュレーションプログラムは、PC 版の Visual Basic から VB.Net へリコーディングし、Flash アプリケーションと通信するよう仕様を変更した。これにより、PC 版のシミュレーションアルゴリズムを Web 版でも利用することができ、またバージョンア

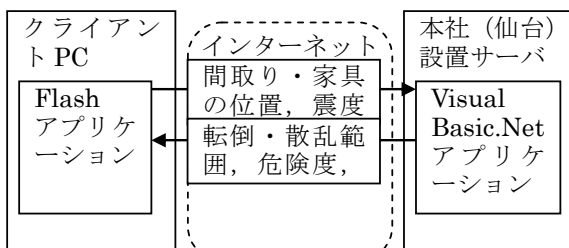


図 3 システム構成

ップ時の移行性を確保している。

通信データの書式を図 4 に示す。データは XML 形式となっており、Flash や VB.Net のフレームワークに依存しないオープンな仕様としている。このため、ユーザインタフェースを Flash 以外のプログラムで実装するなど、フレームワークの変更や他システムとの連携が容易になっている。

```

<eqml>

<rooms>
  <room height="950" depth="2870" width="3820"
    x="950" y="950" />
  <room height="950" depth="3820" width="3820"
    x="950" y="3800" />
  ...
</rooms>

<openings>
  <opening height="950" depth="760" width="760"
    x="1660" y="4750" />
  <opening height="950" depth="2850" width="140"
    x="3800" y="2850" />
  ...
</openings>

<furnitures>
  <furniture funcDI="func1"
    rotation="90"
    typeFixed="0" typeScatter="16"
    wscattered="0" wfall="0" woverturn="256" wmove="0"
    fntype="4" aclass="和ダンス"
    height="1680" depth="420" width="1110" y="3080" x="1370" />
  <furniture funcDI="func2"
    rotation="180"
    typeFixed="0" typeScatter="8"
    wscattered="4" wfall="0" woverturn="0" wmove="0"
    fntype="16" aclass="机"
    height="1180" depth="900" width="1140" y="1850" x="6430" />
  ...
</furnitures>
    
```

図 4 通信データの書式

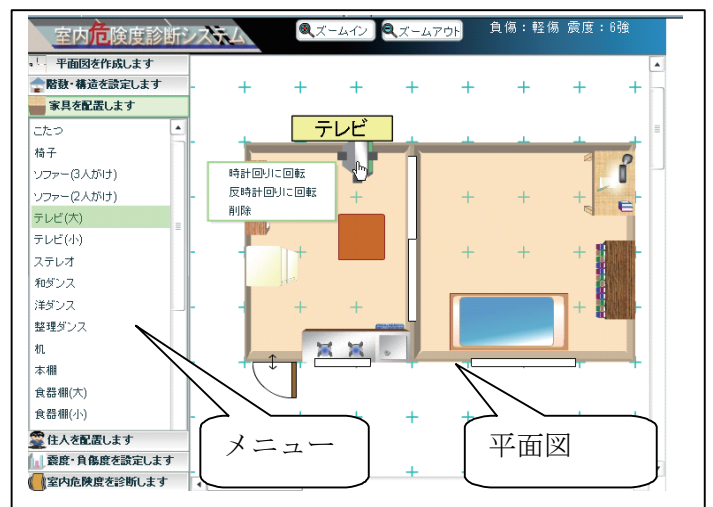


図 5 画面の概要

### 3.3 一般ユーザへの対応

今回のシステム開発およびインターネット上での公開にあたり、防災の専門家でない一般の利用者が直感的に解り、簡単に操作可能なユーザインタフェースを開発した。画面の概要を図 5 に示す。各機能を画面左のメニューで選択するように操作を統一した。機能の変更項目を下表に挙げる。PC 版では平面図、家具および住人の属性を詳細に設定することができるのに対し、Web 版では用意された部品をマウスで選択・配置することにより、属性の設定を簡易化した。また、PC 版は複数階のデータを入力可能であるが、Web 版はクライアントにデータを保存しないため、一回の利用で入力するデータ項目が多すぎないように、ひとつの階を入力する仕様としている。

表 2 PC 版と Web 版の機能比較

#	機能項目	PC 版	Web 版
1	平面図の作成	部屋のサイズは任意	数種類のサイズから選択(配置後サイズ変更可能)
2	家具の配置	配置後、家具の向きを手動で設定	家具の向きを自動設定(配置後向き変更可能)
3	住人の設定	任意の年齢・性別を設定、居室を自動設定	数種類の年齢から選択、居室を手動で配置
4	建物の設定	複数階に対応	ひとつの階に対応
5	データの保存	保存・読み込みに対応	保存・読み込みに非対応

以下に、各機能での仕様変更内容を説明する。

#### (1)部屋の部品化

既システムでは一つのボタンをクリックした後、マウス操作によりサイズ変更して部屋を作成した。今回のシステム開発にあたり、部屋のサイズに応じたボタンを用意し、サイズ決定の負荷を低減した(図 6)。

#### (2)家具の画像化

既システムでは、家具を表す矩形に家具の名称(タンスなど)が表示されていた。今回のシステムでは、家具が直感的に解る画像を家具ごとに用意し、実際のレイアウトをイメージできるようにした。家具の散乱範囲計算では家具の向きが重要である。部屋に対する家具の位置によって自動的に家具の向きを変更することにより、配置の手間を低減した(図 7)。

#### (3)居住者情報登録の簡略化

PC 版では、居住者情報の登録として性別、年齢、居室時間を登録できるようになっていた。しかし、今回のインターネット上への一般公開にあたり複雑な条件設定を極力抑えた形として、乳幼児、幼児、成人、高齢者の 4 通りに限定した。

部屋や家具と同様に、マウスで配置するだけで登録できるようにした(図 8)。

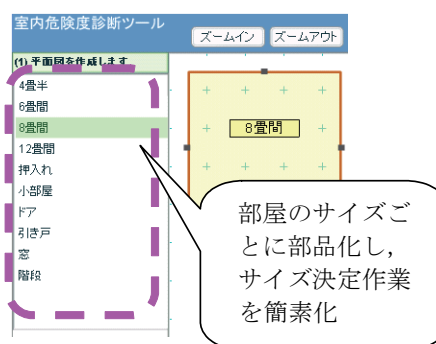


図 6 平面図の作成

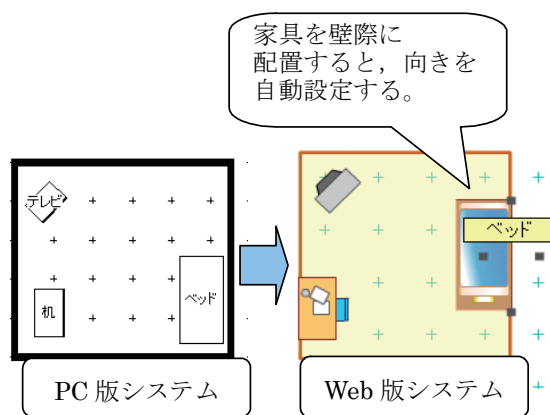


図 7 家具の配置

## 4. システムの評価

Web 版に対し、性能と操作性について評価をおこなった。評価結果を以下に説明する。

### 4.1 性能評価

シミュレーション実行時の処理時間は、PC 版ではシミュレーションの計算時間と画面への表示時間の合計であり、約 1 秒以内で完了する。Web 版では、これにサー

バとの通信時間が加えられる。通信データ量と通信時間を下表に示す。通信データ量では、プログラムのファイルサイズが 100KB を超えている。このため、最初の起動時に比較的時間を要する。しかし、ダウンロードしたプログラムはクライアントに保存される。次回起動時はサーバとの通信でバージョンチェックのみおこない、クライアントのプログラムが起動するため、通信時間が短くなっている。なお、下表の通信時間は通信速度が 64Kbps の場合を想定しており、ブロードバンド接続の場合はいずれの通信時間も利用に問題のない長さになる。

表 4 通信時間

#	操作項目	通信時間	備考
1	プログラムの起動	最初の起動時：18 秒 2 回目以降：約 5 秒	部屋数 5, 開口部 5, 家具数 10 の場合 インターネット 接続の通信速度が 64Kbps の場合の理論値
2	散乱範囲の表示	2 秒	
3	避難経路の表示	7 秒	

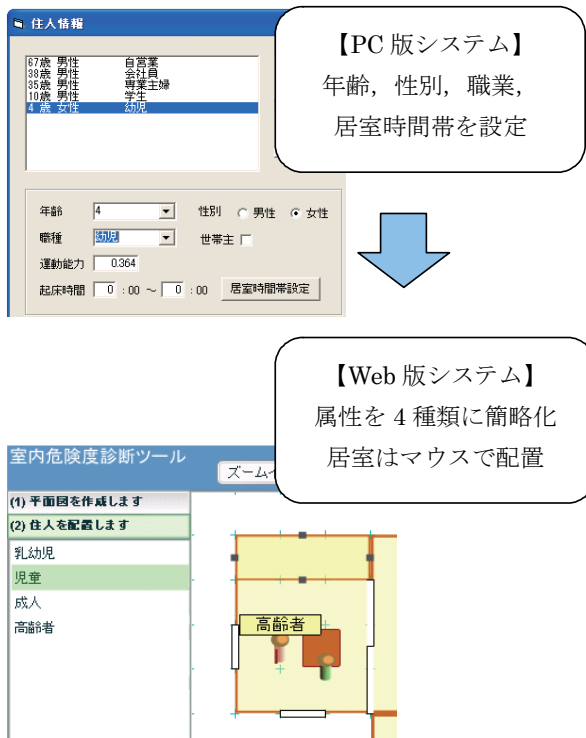


図 8 住人の配置

表 3 通信データ量

#	ファイル項目	ファイルサイズ	備考
1	プログラム	149KB	Flash プログラム
2	リクエスト	6KB	部屋数 5, 開口部 5, 家具数 10 の場合
3	レスポンス (散乱範囲)	9KB	
4	レスポンス (避難経路)	48KB	

#### 4.2 操作性の評価

操作性を定量的に評価するための指標として、操作数を用いた。メニューの選択や表示項目の操作のために、マウスのボタンをクリックする回数を求めた。VB 版と Web 版の比較結果を表 1 に示す。家具の配置と住人の追加で、Web 版の操作数が少なくなっている。これは、3.3 一般ユーザへの対応で説明したとおり、家具の向きを設定を自動化したことと、住人の設定を簡略化したためである。以上の操作数削減により、入力操作からシミュレーション結果取得までに要する時間は、Web 版のほうが短くなる。

表 1 操作数の評価

#	操作項目	操作数(回)	
		VB 版	Web 版
1	部屋 1 個の作成	2	2
2	開口部 1 個の作成	2	2
3	家具 1 個の配置	6	2
4	住人 1 人の追加	4	2
5	転倒・散乱範囲の表示	1	1
6	避難経路の表示	1	1

#### 5. インターネット公開の効果

このシステムは 2005 年 9 月 1 日から(株)日立東日本ソリューションズのホームページ上で公開した。社会的関心の高さを受け、全国一般紙 3 紙、地方一般紙 2 紙に掲載され、4 社の TV 放送、2 社のラジオ放送による紹介が行われた。その結果、一日当たりのサーバへのアクセスが、本システム公開前と公開後では 120 倍の差となるなど、社会的関心が高いシステムの公開である



ことを裏付ける結果となった。

(本システムが掲載されているホームページへの、公開月のアクセス累計は約 700 万件)

## 6. 機能の向上

インターネット上への書き込みを定期的に採取し、本ソフトウェアに対する評価および要望を整理した。これら整理結果および前システムの機能への対応を目的とし、現在改良を進めている機能のポイントを表に示す。

これらポイントの中で、居住者の負傷のシミュレーションおよび地域毎の震度の自動設定の画面例を、それぞれ図、図に示す。

表 6 機能向上内容

#	項目	内容
1	操作性の改善	①マウス操作における家具選択・移動アルゴリズムの改善により、容易な家具配置の位置合わせを実現
2	最新のシミュレーション方法への対応	①構造、階数、建築年による震度の補正 ②転倒・散乱する家具の種類に応じた、居住者の負傷のシミュレーション
3	機能の追加	①階数に合わせた脱出不可能窓の設定 ②確率地震動データの取り込みによる地域ごとの震度自動設定 ③プライバシーを除いたシミュレーション結果の収集、分析



図 9 負傷の表示例

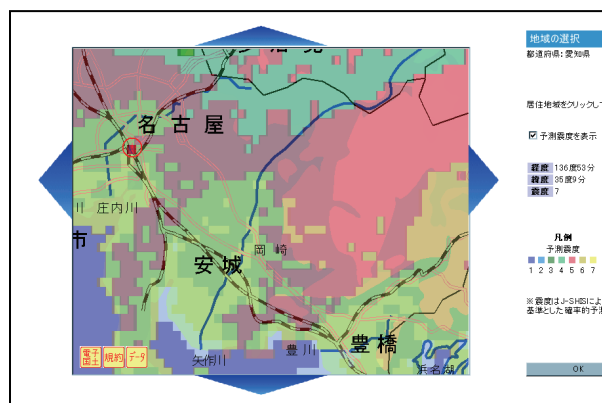


図 10 地域の震度分布の表示例

## 7. 今後の課題

今後は、現在研究中のシミュレーションアルゴリズムを定期的に反映できる仕掛けづくり、多言語対応版の開発などにも対応する必要がある。同時に、危険度診断ソフトウェアの利用を通じた防災意識の啓蒙を継続的に行うことも必要であろう。例えば、小学生・中学生などの時期から本システムを利用することにより、防災意識の向上が期待される等である。

本システムの利用の拡大および防災意識の継続的な醸成を目的として、2006年9月1日より、防災ポータル<sup>6)</sup>の運営を開始している。研究者からのコラムの定期的な投稿、研究成果の情報公開をはじめとして、継続的に利用できるポータルを目指している。

## 8. 謝辞

本研究の一部は、文部科学省の大都市大震災軽減化特別プロジェクトの一環として実施された。地域の震度分布表示では、表示機能に国土交通省国土地理院の「電子国土プラグイン」を使用している。予測震度のデータは、(独)防災科学技術研究所の「地震ハザードステーション J-SHIS」による公開データを使用している。関係各位には、ここに記して感謝の意を表する。

## 9. おわりに

危険度診断ソフトウェアをインターネット上に公開するために利用した技術、及び公開後の利用者・メディアの反応について紹介した。筆者らは、産学連携による研究を共同で進めており、大学の優れた研究と企業の有用な技術を融合した災害に強い社会の実現を目指している。

地震の被害が報道される昨今、今後も防災・減災に関する情報の整備・提供を推進し、安心・安全で暮らしやすい社会の実現に寄与したいと考えている。

### 参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部：海溝型地震長期評価の概要，<http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/kaikou.htm>, 2006/08/02
- 2) 目黒一郎，伊東大輔：地震時の家具転倒に関する安全性評価手法の開発，第 3 回日本地震工学研究発表討論会，2005
- 3) 黒田誠宏，岡田成幸：地震時室内危険度総合診断ツールの開発，日本建築学会大会梗概集，B-2，pp. 99-100，2001
- 4) 岡田成幸，黒田誠宏，菅正史：室内ゾーニング法と避難路ネットワーク法による地震時居住空間危険度診断システムの開発，日本建築学会技術報告集，19，pp. 55-60，2004
- 5) 岡田成幸：往診型居室内地震危険度ゾーニング評価システムの開発，平成 6～8 年度科学研究費補助金基盤研究(B)(2)研究成果報告書，pp. 1-95，1997
- 6) 防災お役立ちネット，  
<http://www.hitachi-to.co.jp/bousai/index.html>
- 7) 電子国土ポータル，  
<http://cyberjapan.jp/>
- 8) 地震ハザードステーション J-SHIS，  
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>



高梨 勝敏 1995 年入社  
ナレッジソリューショングループ  
ナレッジマネジメントシステムの  
研究・開発  
takana@hitachi-to.co.jp



阿部 郁男 1990 年入社  
事業企画部  
津波シミュレーションシステムの  
研究  
i-abe@hitachi-to.co.jp



佐藤 俊也 1993 年入社  
ナレッジソリューショングループ  
CoreExplorer，テキストマイニング  
ツールの拡販，コンサルティング  
shu\_sato@hitachi-to.co.jp



小野 さおり 2000 年入社  
企画グループ  
新事業企画  
onosaori@hitachi-to.co.jp



村上 仁 1985 年入社  
事業企画部  
新事業企画  
murakami@hitachi-to.co.jp