

# ITの地震災害調査への活用と課題

久田嘉章<sup>1)</sup>, 柴山明寛<sup>2)</sup>

1) 工学院大学建築学科, 助教授, 工学博士 (新宿区西新宿 1-24-2, hisada@cc.kogakuin.ac.jp)

2) 工学院大学建築学科, 博士課程, 修士 (新宿区西新宿 1-24-2, dd02002@ccs.kogakuin.ac.jp)

**要約** 日本建築学会・災害委員会では震災時における速やかな情報収集と連絡網を確立するためにインターネットWGを設立している。また著者らは2001年インド西部地震における経験から被害調査におけるITの有効性を確認し、また現場における調整の手間隙を省くためにオーサライズされた調査シートを準備しておく必要性を痛感した。このためITを活用して災害調査をシステム化する試みを行っている。開発した被害情報収集ソフトはWebページからダウンロードして、被災地での土地勘の無い場合でも、いつでも・どこでも・誰でも使用できることを目指している。当システムは首都圏地震被害調査連絡会での初動調査や、"次の"大震災時での活用を予定している。

## 1. はじめに

地震災害の発生後、速やかに被害情報を収集し、公表することは、地震工学・耐震工学の発展に貢献するばかりでなく、2次的災害の軽減や復旧・復興に至るまでの効率的なプロセスに重要な役割を果たす。このため近年、国・自治体・学会などではインフォメーションテクノロジー(IT)の活用し、情報の処理と流通と速やかに行うための様々な試みが行われてきている。例えば日本建築学会・災害委員会では、災害調査マニュアルの整備や、ITを活用した災害調査活動を円滑に行うためのWGを立ち上げている<sup>1),2)</sup>。また日本建築学会・関東支部では首都圏に大規模な地震災害が発生した場合に速やかな初動体制を整えるため、首都圏地震被害調査連絡会を設立し、そこではITの活用を試みようとしている<sup>2)</sup>。

著者は日本建築学会・災害委員会のインターネットWGの起動時から関わり、また近年の大規模な地震災害にて地震災害調査を行った経験から、ITを活用した災害調査のためのシステム開発を試みている<sup>1),3)</sup>。ここではインターネットWGの活動の紹介と、ITを用いた地震災害調査での経験と教訓、及び現在開発中の災害調査のためのソフトウェアの報告を行う。参加者からの忌憚ないご意見を伺い、今後の活動への参考にさせて頂ければ幸いである。

## 2. 日本建築学会災害委員会とインターネットWG

1998年に災害委員会(当時、柴田明徳委員長)のもとに、インターネットWGを設立した。主査は塩原等(東京大)、メンバーは中島正愛(京都大)、源栄正人(東北大)、飛田潤(名古屋大)、久田嘉章(工学院大)である。主な業務は、災害委員会ホームページの立ち上げと運営、学会への災害情報の提供、委員・支部のメーリングリストの整備などである。さらに2001年から小谷俊介委員長のもとに第二期WGを立ち上げ、主査は久田嘉章(工学院大)、メンバーは地方各支部より高井伸雄(北海道大)、

佐藤健氏(東北大)、山村一繁(東京都立大)、川口淳氏(三重大)、石川浩一郎(福井大)、吹田啓一郎(京大)、中田慎介氏(高知工科大) 椛山健二(広島大)、高山峯夫(福岡大)であり、平常時から支部間での連絡体制の確立や、大規模災害時における情報の収集と発信、協力体制の拡充を図っている。災害委員会のホームページは参考資料<sup>1)</sup>からアクセスできる。WGとしてはまだ試行錯誤を続けている状態であり、HPの内容やWGの活動等に関して学会員からの忌憚ないご意見を頂きたい。

## 3. 2001年インド西部地震における経験と教訓

著者は1999年台湾集集地震と2001年インド西部地震の災害調査に参加する機会を得て、災害調査におけるITの活用に関する貴重な経験をした<sup>4),5)</sup>。台湾集集地震ではノートパソコンとデジカメ、GPSを持ち込んだが、GPSとパソコンは連結しておらず、あまり有効には活用できなかった。特に地表断層の近くで建物の全数調査を行ったが<sup>4)</sup>、帰国後、持ち帰った現地の地図の精度が悪いたが、断層や建物の位置関係を記録した調査シートだけでは正確に知ることが出来なくなってしまった。

そこで2001年インド西部地震(図1(a))では、GPSをノートPCに接続し、調査期間中の約20秒ごとの全行動をトラッキングし保存した。また得られる現地の地図は全てスキャナーで取り込み、調査中にトラッキングデータを表示させ、カーナビ/マンナビとしても使用した(図1(b)及び(c))。用いたソフトは、フリーソフトであるカシミール3D(<http://www.kashmir3d.com/>)である。

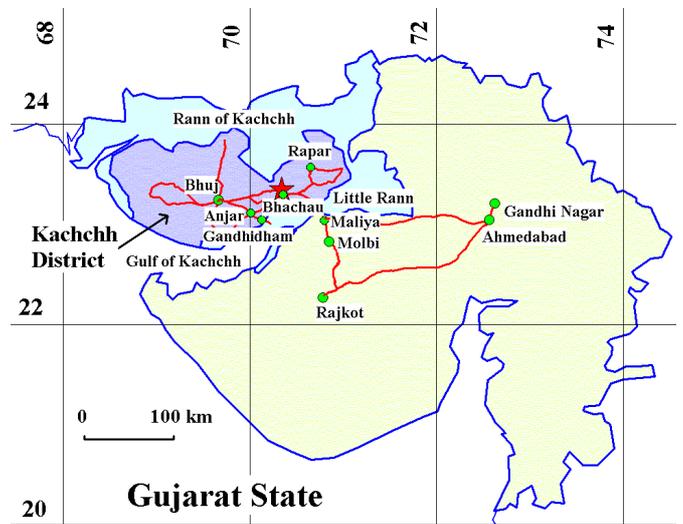
図1(b)及び(c)は、調査したグジャラート州とカッチ地方でトラッキングした調査ルートである。軍事的な緊張地域であるグジャラート州は台湾以上に地図の精度が悪かった。しかし図1(c)と同じ画面のカーナビを使用したため道に迷うことなく、効率的な災害調査を行う上で非常に役に立った(実際、現地で雇った運転手に道を教えることもしばしばあった!)。また図1(d)は、Bhuj市で

のトラッキングデータである。Bhuj 市では市販の地図は観光地図しか存在しないため、図 1 (d)では市の持っている市街地地図の青焼きコピー（地震防災フロンティア研究センター・新井 洋氏提供）をベースに使っている。Bhuj 市の旧市街地は迷路のように入り組んでおり、トラッキングデータ無しに、どこで調査したのかを確認することは不可能であった。トラッキングする際の問題点としては、ノート PC 用の電源の確保（補助バッテリーを3本持参した）、炎天下での PC 画面の見難さ（直射日光の下で画面操作やマンナビは不可能であった）であった。インド西部地震で得たもう一つの教訓は、学会等でお

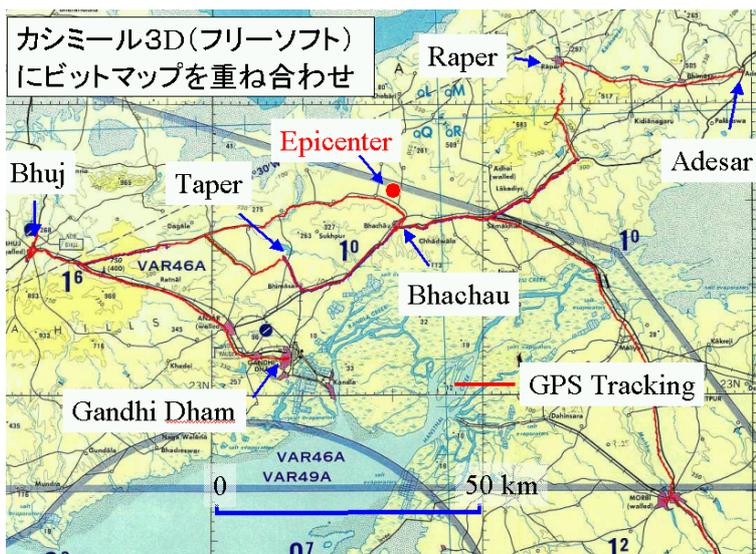
ーサイズされた調査シートの重要性である。被災地では各自の持ち寄った様々な調査シートを、限られた時間で調整している余裕はなかった。今回、強震記録のない広範囲な被災地における地震動分布を調べるため、著者らはMSK 震度に準拠したEMS98 (European Macroseismic Scale 1998) <sup>6)</sup>を用いて各種建物の被害データを収集し、各地での震度を推定した<sup>5)</sup>。EMS98 では、図2に示されるように建物被害の調査シートが図を用いて分かりやすく示されており、多くの調査チームの参加者による協力で広範囲なデータ収集が可能となった。建物は弱い建物 (Class A : 自然石と粘土モルタルによる組石造など) か



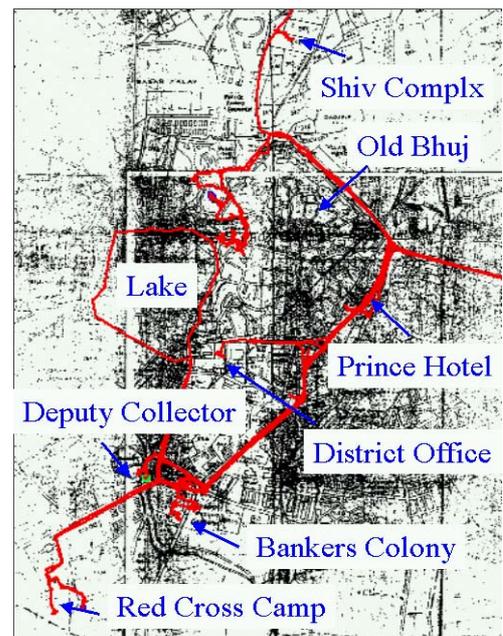
(a) 2001 年インド西部地震とグジャラート州



(b) グジャラート州とトラッキングルート



(c) グジャラート州カッチ地方とトラッキングルート



(d) Bhuj 市とトラッキングルート

図 1 : 2001 年インド西部地震における GPS とノート PC によりトラッキングした調査ルート

から比較的丈夫な建物 (Class C : RC 屋根やセメントモルタルによる組石造や非耐震 EC 造など) まで3種類に分類し、訪問した市や村での種類別建物の平均的被災度を求めた。弱い建物は比較的低い震度で作用する弱震計、強い建物は強い震度で作用する強震計として、各地での

建物被災度から震度を判定する<sup>6)</sup>。図3は調査結果から求めた MSK/EMS 震度の推定分布であるが<sup>5)</sup>、短い期間 (3日間) ながら、オーサライズされた調査シートのお陰で広範囲な地域から混乱無く、効率的なデータ収集が行えた。

Classification of damage to masonry buildings	
	<b>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage)</b> Hair-line cracks in very few walls. Fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.
	<b>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage)</b> Cracks in many walls. Fall of fairly large pieces of plaster. Partial collapse of chimneys.
	<b>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage)</b> Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).
	<b>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage)</b> Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.
	<b>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage)</b> Total or near total collapse.

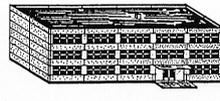
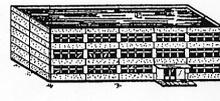
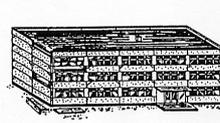
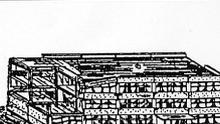
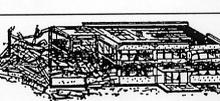
Classification of damage to buildings of reinforced concrete	
	<b>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage)</b> Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base. Fine cracks in partitions and infills.
	<b>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage)</b> Cracks in columns and beams of frames and in structural walls. Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.
	<b>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage)</b> Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods. Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.
	<b>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage)</b> Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns. Collapse of a few columns or of a single upper floor.
	<b>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage)</b> Collapse of ground floor or parts (e. g. wings) of buildings.

図2 : European Macroseismic Scale 1998 による組石造 (左) と RC 造 (右) による被災度表

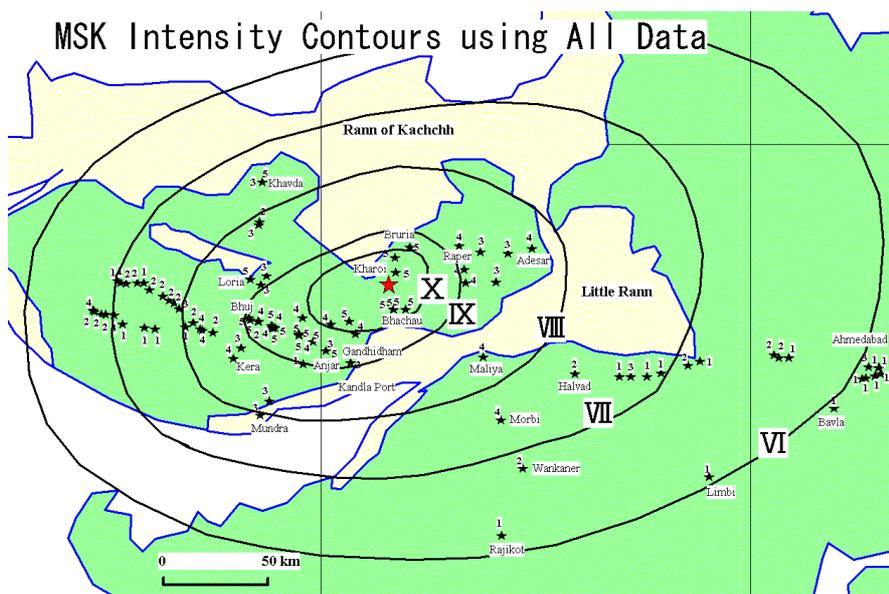


図3 : 各種建物被災度から推定した 2001 年インド西部地震の MSK/EMS 震度分布

#### 4. IT を活用した地震災害調査システム

著者らは上で述べた災害調査の経験から、IT を活用した地震災害調査のシステム化を試みている(図4)。本システムでは地震が発生すると、まず被害情報統合センターが設立され、ROSE (Real-Time Operation System for Earthquake) <sup>7)</sup> から提供される推定地震動情報に建物情報を組み合わせ、建物の推定被害分布を計算する。推定被害情報は Web で公開され、一般市民からの情報も募り、従来のメディアによる情報なども加味し、これらは補助的データとして用いられる (Pub-Info システム)。次に推定情報をもとにして、専門家やボランティアが被災地に入り、実際の被害データを現地から収集する (Pro-Info システム)。集められたデータは被害情報統合センターに送られ、各種の被災度マップを速やかに作成する。

現在、各種モバイルツールを活用した被害情報収集システムである Pro-Info システムがほぼ完成している。図5はノート PC、デジタルカメラ、GPS、携帯電話の組み合わせであるが、ノート PC さえあれば組み合わせは自由である。従来の被害収集システムと比べ、本システムの大きな特徴は、いつでも・どこでも・誰でも使えることである。すなわち開発したソフト (Windows 対応) は、Visual-Basic とフリーソフトを用いている。調査研究目的である限りライセンスフリーで、いつでも・誰でも・どこからでも Web ページからダウンロードして使用できる。またベースとなる地図は、各種数値地図 (数値地図 2500 など) に対応し、紙地図をスキャンしたでもデータでも使用できる。

図5は PC 画面の一例であるが、地図と被災情報のメイン画面と、被害調査により入力したデータ (場所・時間・被災度などの属性) とのサブ画面で構成される。図6に示すように被害情報の入力法は、キーボードからポインタを操作し、地図の建物データをクリックする方法、

国土地理院の3次メッシュコードを基本とした任意のメッシュサイズで入力する方法、画面の任意の場所にドットデータとして入力する方法、の3種類を用意している。初めの方法は建物データが認識できる場合に有効であり、メッシュは大きな領域で一様な被災度の場合 (広範囲な被害、または何も起きていない場合など)、最後の方法は用意した地図と実際の建物が対応しない場合、にそれぞれ有効である。

被災度の属性としては、木造・非木造 (RC・S 造など) や階数などを、調査項目には初動調査用 (小破・中破・大破など)、学術調査用 (各異調査チャート) に加え、応急危険度判定用や被災度判定用などの各種メニューも用意している。また項目を自分で定義できるカスタムメニューも用意しているため、普段は防災基礎マップ作り等にも活用できる。作成されたデータは CSV 形式で保存され、携帯電話から添付ファイルとして、または FD による保存データとして被害情報統合センターに送られる。

図7は、新宿区の住宅地にて Pro-Info システムによる路上調査を2回行った時の結果を示している。実験直前にソフトの使用法の説明を受けた学生によって行われ、入力項目は建物の構造 (木造・RC 造・S 造) と階数とした。一回目で105軒・二回目で130軒のデータを40分程度で収集した。紙地図に書き込む従来の調査方法も平行して行ったが、Pro-Info システムとデータ収集時間はほぼ同じであった。紙データから新たにデジタル情報を作成する手間隙を考えると Pro-Info システムの方が効率的であった。

現在、日本建築学会・関東支部では首都圏に大規模な地震災害が発生した場合に速やかな初動調査を行うため、首都圏地震被害調査連絡会を設立している<sup>2)</sup>。連絡会による初動調査とデータの統合化には Pro-Info システムの活用を考えている。

#### システム全体の概要

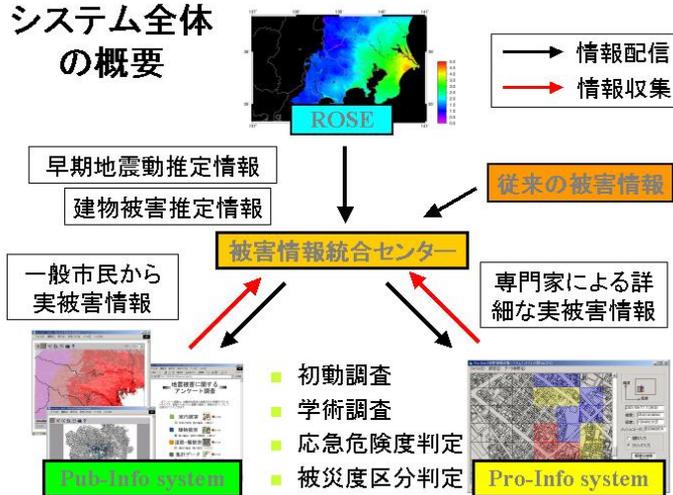


図4: IT を活用した被害情報収集システムの概要 (左)、各種モバイルツールを用いた被害情報収集システム (Pub-Info システム)

## 5. おわりに

日本建築学会・災害委員会では、震災時における速やかな情報収集と連絡網を確立するためにインターネットWGを設立した。また著者は2001年インド西部地震における災害調査の経験からITの有用性を確認し、ITを活用した被害情報収集システムを構築している。以下のWebからソフトウェアがダウンロードできる。

<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/>

本システムは"次の"地震災害で早速実験を行う予定であり、協力者を募集している。興味ある方はぜひ著者らまで連絡して頂きたい。

## 参考文献・資料

- 1) 日本建築学会・災害委員会、<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/Saigai/>
- 2) 塩原 等、震災調査に備えた関東支部の取り組みと課題、本資料集、2002
- 3) 柴山明寛、久田嘉章、早期被害情報把握システムの開発、第11回日本地震工学シンポジウム、2002
- 4) 1999年台湾・集集地震、第1編 災害調査報告書、第1章 地震及び地震動(分担)、日本建築学会、2000
- 5) Macro seismic Intensity deduced from Building Damage、(6.1節)、文部科学省インド西部グジャラート地震被害調査報告、2001
- 6) European Macro seismic Scale、(Ed. G Grunthal)、1998
- 7) 石田瑞徳・大井昌弘、地震情報伝達システム ROSE の開発、本資料集、2002

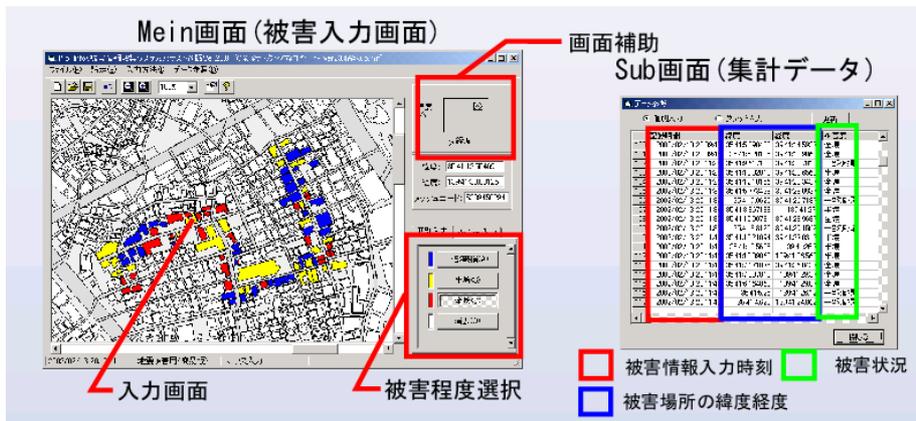


図5：Pro-InfoシステムによるPC上のメイン画面（データ入力画面）とサブ画面（集計データ画面）



図 キーボードによる被害項目の入力



図6：Pro-Infoシステムによるデータ入力方法。建物データへの直接入力（左下）、メッシュ入力（中下）、ドット入力（右下）の3種類ある。

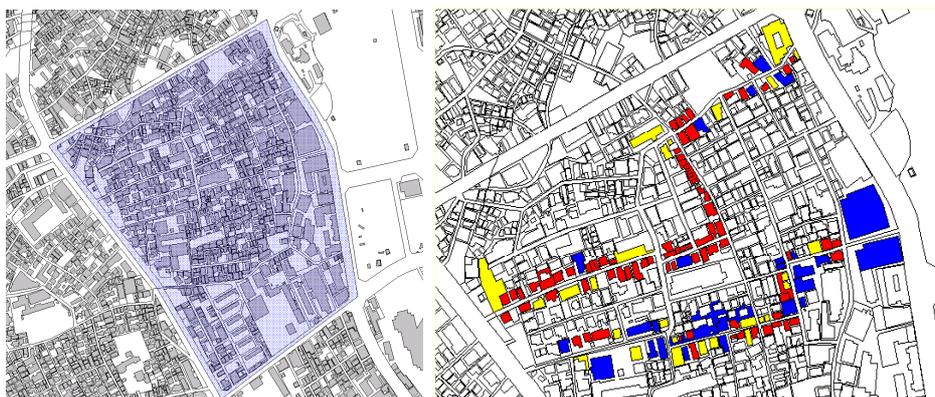


図7：Pro-Infoシステムによる路上試験（新宿区）。対象地域（左）と実験結果（1回目の実験）。105軒の建物データ（構造と階数）を34分で収集。