

航空レーザスキャナデータを使用した建物被害地域把握技術の開発 Development of Methodology to Identify the Areas of Building Collapse by Earthquake Using Airborne Laser Scanning Technology

地理調査部 田口益雄
Geographic Department Masuo TAGUCHI

要 旨

近年、東海地震等の切迫性が懸念されており、防災・減災対策を推進することにより、安全、安心な社会を構築することが求められている。このような対策の一環として、災害時において情報を迅速、正確に収集、共有、提供することは、被害の軽減や拡大防止を図るうえで必要であり、これが、阪神・淡路大震災以後、災害情報システムの整備が急速に進んだゆえんである。しかし、これらの災害情報システムは個別に開発されたために操作の習得、コスト、相互運用性等に課題が見られる。その一方で、新たな技術を災害に適用し、より迅速かつ的確に災害状況を把握したいという強い要望の高まりがある。

このような状況から、宇宙技術、情報処理技術、通信技術などを活用して、リアルタイムに災害情報を収集、解析、共有、提供できる体制を構築するための研究開発を平成15年度より3ヶ年にわたり、総合技術開発プロジェクト「リアルタイム災害情報システムの開発」として取り組んだ。地震災害のうち、航空レーザスキャナデータを使用した一般住宅被害地域抽出手法について報告する。

1. はじめに

本研究は、地震による大規模災害が予想される東海地域の静岡市を対象に、発災時の災害状況を広域的かつ迅速に、航空レーザスキャナにより取得し、その高さ情報から被災の位置、範囲、程度等を24時間内に地図化をすることを目標とするリアルタイム解析手法の開発である。これらの情報を迅速に対策本部に提供することにより、人命救助、二次災害の防止等に資することを目的とする。研究の流れに沿ってデータの取得、転送、処理、解析及び解析結果の地図化について順に述べる。

2. 研究内容

2.1 航空レーザスキャナデータ取得仕様の開発

災害時におけるレーザ計測について、成果作成時間の短縮及び精度、解像度の観点から計測仕様（飛行コース、飛行高度等）を検討した。レーザデータの解析に要する時間は、点数の多さに正比例することが知られている。そこで、レーザデータの精度を変更した場合でも、解析精度を保ったまま被害抽出が可能か、レーザデータを使用して解析精度の検証を行った。

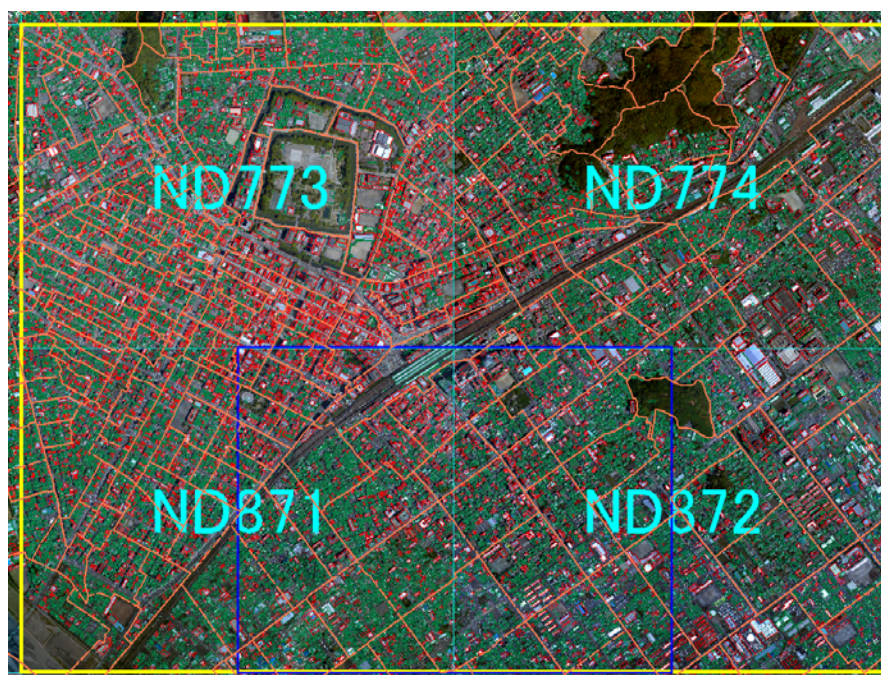


図-1 解析検証範囲

- ・ 1点/1㎡のランダム点群データ（1m精度）
- ・ 1点/1㎡のランダム点群データを4レコード飛ばしに抽出したデータ（2m精度に相当）

検証範囲は静岡駅周辺の国土基本図の範囲（図-1）について、後述する一般住宅被害抽出（ランダム点群による被害抽出）の手法に沿って解析を行った。

- ・ 1m精度：国土基本図郭 ND871 の右半分、及び ND872 の左半分（計 3km²）【青枠内】
- ・ 2m精度：国土基本図郭 ND773, ND774, ND871, ND872（計 12km²）【黄枠内】

1m精度、2m精度とも扱う点数はほぼ同じであるが、2m精度は面積が4倍となる。

1m精度相当の解析結果を図-2 a) に、2m精度相当の解析結果を図-2 b) に示す。この結果、一般住宅の平均高さは、1m精度、2m精度相当ともほぼ同じ値を示しており、2m精度のレーザーデータを使用して解析を行った場合でも、ほぼ同じ精度での解析結果が得られることが分かった。

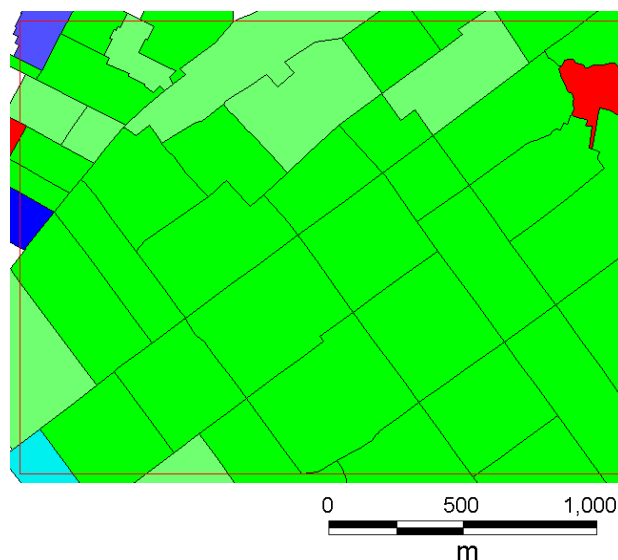
後に4. に記述する被害抽出手法に基づき解析時間を計測した。計測結果を表-1 に示す。その結果、データ入手後約2時間20分で被害が抽出できた。

2m精度では解析面積が拡大したことにより、GISデータの整備時間が大幅に増加しているが、このデータはレーザーデータ取得中に整備可能である。面積が4倍になったにもかかわらず、精度が保たれ、大幅な時間増加はなかったことから建物被害抽出は2m精度のデータを使用した解析が望ましい。

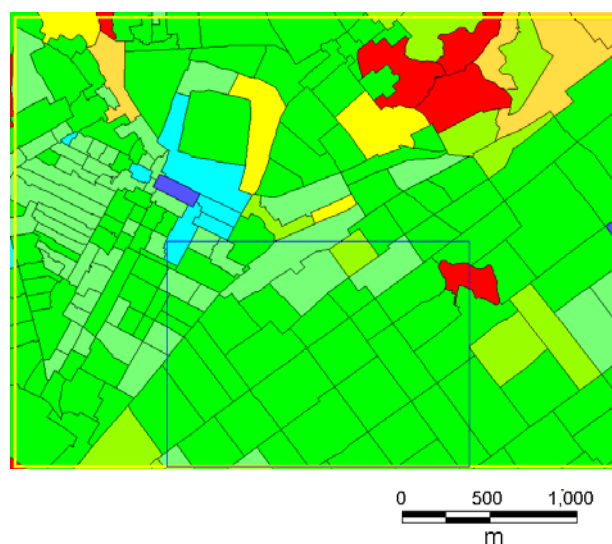
災害状況把握のために時間短縮を最優先にする仕様で、被害抽出アルゴリズムを用いて抽出する場合の計測仕様は概ね次のようになった。

- ・ 計測密度：4㎡(2m×2m)当たり1点
- ・ 対地高度：1,000m～2,000m
- ・ スキャン角度：建物の密集状況により判断・決定
- ・ PDOP：PDOPによらず必要な時間帯に計測
- ・ 使用パルス：全パルス取得
- ・ 計測面積：1回当たり30km²を標準

現状の計測は、災害時でもPDOP、計測密度など通常の計測仕様に準じて実施されている。これは、緊急時の災害状況把握を想定していないことによる。

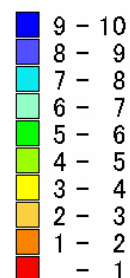


a) 1m精度の解析結果



b) 2m精度相当の解析結果

一般住宅平均高さ (m)



c) 凡例

図-2 検証結果

表-1 手順ごとの解析時間
カッコ内は1m精度との時間差

内容	データ種別	工程時間	累積時間
計測時間中に整備可能なデータ（既存に整備されている GIS データ）			
町丁目データ 【ポリゴン】	町丁目データ	8分 (±0分)	—
家形データ（一般住宅・高層構造物・その他建物）【ポリゴン】	家形データ	123分 (+87分)	—
第一段階：計2時間11分			
ランダム点群データの投影法定義(2mデータへ変換のためのファイル編集時間を含む)	ファーストパルス	49分 (+19分)	49分
	ラストパルス	23分 (+9分)	1時間12分
ファーストパルスのクリッピング処理	・ファーストパルス ・一般家屋家形データ	53分 (-2分)	2時間05分
ラストパルスのクリッピング処理	・ラストパルス ・すべての家形データ	11分 (+6分)	2時間16分
クリッピングしたデータの平均値算出(町丁目単位)	・ファーストパルス ・町丁目データ	2分 (±0分)	2時間18分
	・ラストパルス ・町丁目データ	2分 (±0分)	2時間20分
各平均値を差分し、被害閾値を下回る町丁目を被害地域として抽出	・3の結果	1分 (±0分)	2時間21分 (+32分)

2. 1. 1 災害時計測の問題点・課題

1) 協力要請時の問題

- ・空港の離発着時間の調整：離発着時間の制限解除（現状では、空港ごとに運用時間の制限がある）。
- ・官と民間との連絡方法：通常の電子メール、FAX、電話は災害時断裂する可能性が高く専用回線や衛星回線の構築が必要。
- ・実運用での調整：航空レーザスキャナは国内に10セット程度しかなく即座の対応が難しい場合がある。

2) フライト時の問題

- ・電子基準点データの早期提供：被災地近傍の電子

基準点の異常の有無の確認。

- ・航空局への調整：災害時には多数の航空機が同じ空域に進入するため、優先的な進入許可を受けられること。また、夜間も離発着が可能なこと。
- ・天候の問題：雲や雨天の場合、制約を受ける急なフライト変更は難しいので、臨時着陸も想定する。
- ・民間の常駐飛行場が大規模地震エリア内にあり、危機管理の検討が必要。

3) 社内事例調査における実施上の障害要因

- ・要員の確保、機材の手配、燃料の手配。
 - ・被災状況がよく分からない。⇒計測範囲の決定に時間を要した。
 - ・休日のため、関係者への連絡に時間が掛かった。
 - ・安全対策⇒見張り要員、見張り機の準備。
 - ・夜間飛行に関する運航マニュアル等の整備がない。
- また、災害時に効率的な運用を行うための主な課題として、計測機材の手配の問題、重複した範囲の計測が挙げられた。災害が広い範囲にわたった場合、レーザ計測装置を持つ各社が協調して飛ぶ必要がある。そこで、災害発生時の機体配置による計測可能性と、重複計測を避けるための効率的な災害時の運用手法を検討した。

地震発生場所を中部地方とした場合、機体移動までを3時間と想定したが、計測域の調整が可能であれば、重複計測を避けるだけでなく機体移動までの時間を短くすることも可能である。広範囲の航空レーザ計測の効率的な運用を行うためには、調整・連絡体制として被災地域の把握をどうするのか、計測エリアの分割をどうするのか、が課題として抽出された。現状の被災地域の把握は、各地の震度を把握したうえで報道等の情報を参考に速やかに決定する方法にならざるを得ない。計測エリア分割は、航空レーザスキャナデータ取得時に撮影基地でデータ形式の変換及び図郭単位での切り出しを行うことにより、データが標準化され複数の航空測量会社で同時に、かつ、平行して解析が可能となる。また、5千分1図郭単位の切り出し処理は、

- ・航空測量会社の担当地域の明確化となる。
- ・解析・公開のための重複地域の除去作業が不要となる。
- ・時間のロスが少ない順次処理・転送が可能となる。等の利点がある。しかし、現状では、図郭単位での切り出しは、各社で処理方法が違うため時間に差が生じている。このためツール開発が必要である。

災害は夜間でも発生する可能性があり、災害時においては、その緊急性から夜間計測も視野に入れた運用を図っておくことが重要となる。現状では、飛行場の使用時間外使用については、障害が多く、時間外の使用を求める場合において最低でも1週間前の事前申請が必要となり、緊急な災害対応には十分

とはいえない環境であり、関係法等の整備が求められる。また、夜間飛行・計測を実現するためには、航空法に沿った小型機による夜間運航を視野に入れた機体の整備及びパイロット訓練や運航指針、運航規程、運航マニュアル、運航手順書などの整備を含めた対策が必要となってくる。

2. 2 転送手法の開発

2. 2. 1 データ記録方式、インターフェースに関する仕様の検討

航空レーザスキャナの開発メーカー3社について、生データの開示及びスキャンしたデータの分割格納の課題について調査を行い、リアルタイムでデータ転送できる実現可能性とそのシステム仕様を検討した。

航空レーザスキャナのデータ記録方式では、航空レーザスキャナのデータ転送は、フォーマットの公開とデータを取り出せる仕組みの存在が重要な鍵である。LeicaGeosystem社は、スキャンファイルのバイナリファイル形式で出力が可能であり、また、リアルタイムで格納するファイルを分割できる点で、

リアルタイムでデータ転送できる実現性は大きい。

Optech社は、出力できる端子、コネクタはなく、記録方式も最新の型(3100タイプ)でもリムーバブル型HDに書き込む方式が採られており、1プロジェクトもしくは1飛行が終わらないと取り出せない状況である。ただし、Optech社では無人飛行機(UAV: Unmanned Autonomous Vehicles)のリアルタイム処理・解析が開発中であり、Shoales(Optech社が製造している測深レーザ: 日本では海上保安庁が導入済)のDGPSによる準リアルタイムをベースに研究が行われている。このように、今後、リアルタイムなデータ転送の実現可能性が出てきている。NEC社は、フォーマットの公開の可能性はなく、また、データを取り出せる仕組みもない。よって、現在、国内で活用されている航空レーザスキャナのメーカーのLeicaGeosystem社とOptech社の2社が、リアルタイム転送を実現できる可能性がある。

航空レーザスキャナから得られたレーザデータをデータ伝送装置に送るため実現可能なシステム仕様は、次に示す3つの装置で構成される(図-3)。

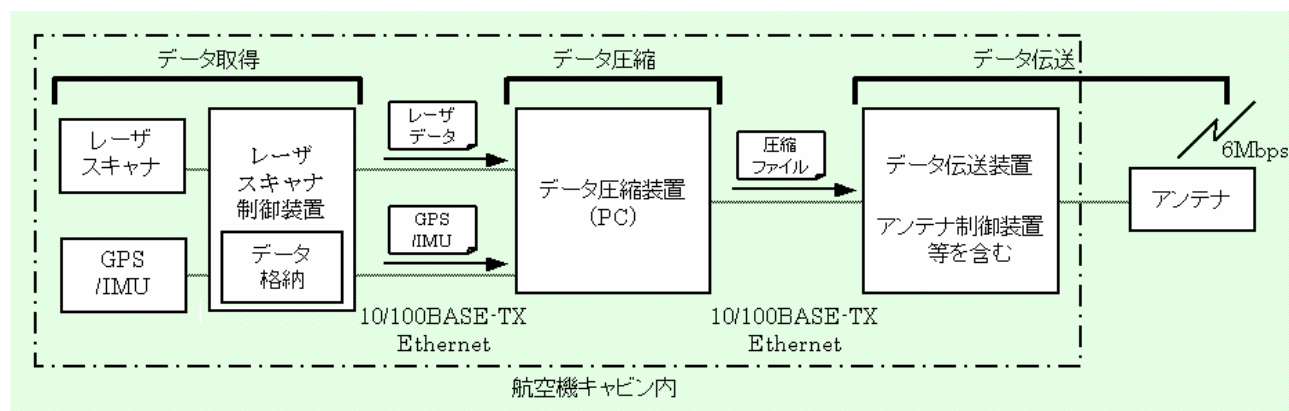


図-3 レーザデータをデータ電送装置に送るシステム

- 1) データ取得: 航空レーザスキャナで取得したレーザデータとGPS/IMUデータは、一定時間ごとに分割し、格納する。
- 2) データ圧縮: 総務省が開発した内容を使用し、その圧縮アルゴリズムにより、データ量を1/10に圧縮する。
- 3) データ伝送: 圧縮したデータは、6Mbpsの通信速度で伝送する。

データ取得、データ圧縮及びデータ転送間の伝送は、RS232C、USB、IEEE1394、LAN等が考えられる。転送速度が6Mbps程度であるため、RS232Cでは速度不足である。また、USBやIEEE1394による通信インターフェースは、一般的ではないことから、LANによるインターフェースとし、インターフェース仕様案は物理インターフェースとして10/100BASE-TX、

データリンク層はEthernetとすることが望ましい。また、各装置間のデータ転送のソフトウェア開発も必要となる。

2. 2. 2 大容量情報転送技術の調査、検討

航空機からのデータ転送について、平成15年に情報通信研究機構(NICT)が実施した評価実験に関し、技術の転用の可否について検討した。その結果、データ転送方法の実現可能性及び利用頻度の高いデータ転送方法として、以下の3つの方法が挙げられた(図-4)。

- 1) 航空機から通信衛星を経由したデータ伝送【A方式】
- 2) ヘリコプターから通信衛星を経由したデータ伝送【B方式】

3) ヘリテレのアナログ伝送方式を用いた転送方式【C方式】

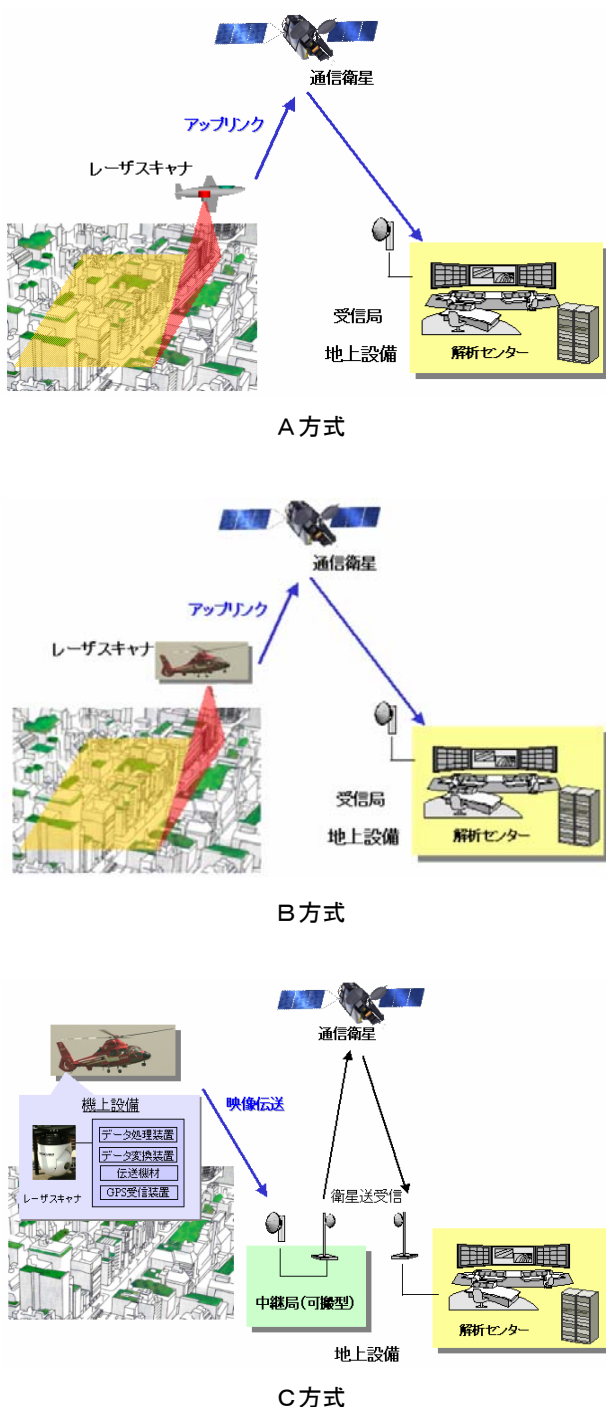


図-4 機上から地上への転送方式

A方式とB方式は、プラットフォームから、直接データを通信用衛星にアップリンクする方法である。C方式は、既存のヘリテレのアナログ伝送方式を活用する方法であり、機上で、レーザデータを画像化したデータを、データ分割しながらアナログ変換し、そのデータを送信する方法である。また、画像化の

処理はデータの量子化であり、例えば、標高値を 256 レベルに圧縮する手法である。送信したデータは中継所または通信用衛星を経由して、解析センター（仮称：民間解析機関が1ヶ所に集まったものを想定）へ転送される。画像化したデータを元に戻すために、アナログ/デジタル変換を行い、航空レーザスキャナのデータ処理を行う。

2. 2. 3 データ伝送方法の実現可能性

データ伝送方法について現状及び手法を整理し、実現可能性の検討、実現するための課題を挙げた。

1) 衛星受信設備 (A方式及びB方式)

①航空機とヘリコプターの地上送受信設備

NICT の評価実験例では、航空機及びヘリコプターの場合で異なる周波数帯に対応した地上設備であった。システム実用化を考慮した場合、周波数帯は別途策定されるべき技術基準によるものとし、地上設備の地球局規模は、その基準等に基づいた回線構成の検討結果等から決定されることになるが、周波数帯はKu帯、地球局規模のアンテナ口径は、各省庁及び各都道府県等で最も多用されている5mφ級が利用できるよう、今後検討を行う必要がある。

2) ヘリテレ受信設備 (C方式)

現在、国、県等が所有するヘリコプターで使用されており、その技術を転用する。

3) 機上でのデータ伝送装置の設置条件と現在の機体条件

データ伝送装置の設置条件については NICT の評価実験機材を参考にすると、現在の機体条件では重量オーバーや電力不足により伝送機器をそのまま搭載することは困難である。なお、機器の小型化については開発に時間及び経費が掛かると判断される。今後は、低消費電力化や、航空機の更新の際に航空機の大型化についても検討していく必要がある。

各方式によるデータ転送の実用化のための事項をまとめると、次のような開発・検討項目が挙げられる。

A方式では、

- ・Ku帯設備でのシステム検討

B方式では、

- ・伝送速度の高速化 (384kbps→1.5Mbps)

A方式、B方式とも

- ・データ伝送用端局装置の検討
- ・機上設備の小型化、低消費電力化
- ・地上送受信設備の設計
- ・衛星回線の契約、運用に関する検討
- ・対象機体の選定

C方式では、

- ・方式詳細検討
- ・画像変換装置、画像復元装置の開発

- ・実証実験による検証
- ・機上設備（画像変換装置）の小型化、低消費電力化

4) 飛行場でのデータ伝送方法

航空機やヘリコプターから、直接、通信衛星を経由して、データが転送できるならば問題はないが、何らかの障害により転送できない場合は、飛行場でのデータ転送は重要である。現在、航空レーザ計測後、ハードディスク（以下、「HDD」という。）を取り出し、飛行場から人が持って解析場所へ移送している。この場合、陸上輸送、HDD セットアップを含め数時間掛かる。そこで、飛行場からのデータ転送の高速化を検討した。データの転送時間を短縮するためには、飛行場において航空レーザスキャナデータを、高速ネットワークを用いて時間当たり処理の総計を短くすることが考えられる。飛行場上空での無線 LAN データリンクシステムを考えた場合、上空通過時にリンクを確立する技術が不十分であることから駐機場での無線・有線 LAN データリンクシステムを選定する。飛行場での伝送方法では、中継無しに送受信可能な場合は「無線 LAN データリンクシステム」で十分だが、何らかの原因により電波が遮断されるなどの障害が発生する可能性を考慮し、「アドホック無線 LAN データリンクシステム」の可能性が大である。おおよその構成としては、エプロンに中継機（サーバ等）を設置し、中継機からデータの解析センターまで汎用の通信設備を利用する形式になる。ただし、以下の2点を前提とする。

- ①現状はモジュラー端子止めとのことだが、航空機内マシンはボードの差し替え等により無線 LAN 用に適用できること。
- ②航空機内等の障害物が多い環境で無線 LAN が機外まで適用できること。

結果として、現状のデータ転送速度（最大 2Mbps 程度（実行速度；約 1.5Mbps 程度））で、例えば 2.5 時間の計測の場合、データ容量はデータ圧縮により 807MB となり、データ転送が約 5 分で完了する。

5) 今後期待できる通信技術

利用可能性の高い通信衛星として WINDS（超高速インターネット衛星）がある。昨今、H2 等ロケット（衛星）の打ち上げが成功している中、高速通信というミッションをもつ WINDS の打ち上げが現実的になったこと、かつ、従来の広域ビームの衛星に比べて非常に特徴的な機能を有していることなどから、地上回線の補助手段として有効であると考えられる。WINDS の打ち上げは、平成 19 年度に予定され打ち上げに際して、WINDS 利用の実証実験テーマの募集（現在中断中）が行われる予定である。また、期待できる通信技術としてアドホックネットワーク技術がある。これらはリアルタイムに地上へ転送する技術で

はないが、地上回線のサポートあるいはバックアップ回線として災害時に活用できる可能性がある。

3. データの処理（取得データ転送負荷の低減化技術の検討）

現実のデータ転送は、撮影基地から集約サーバに転送（アップロード）する。転送方法は、撮影基地の既設のネットワークを用い、FTP の通信方式とする。また、集約サーバに転送されたデータは、解析を担当する民間会社が、自社のサーバに転送（ダウンロード）する。転送したデータは、データの解凍を行った後、解析を開始する。

より現実的な、かつ、即対応が可能なデータ転送方法について、データ取得からデータ解析及び情報公開までの工程から、当面利用頻度が高い転送手段を再整理し、活用の仕方やその時の効果等を明確にした。

撮影基地である空港の事務所で POS（位置と姿勢方位計測装置）処理等を行うことを一次処理と呼び、データ処理の効率化においては、この処理により、GPS/IMU のデータの転送がいらなくなり、必要最小限のデータ量に削減できる可能性があり、その効果は大である。そのデータを平常時に利用している圧縮方法で転送する方法である。次に、この方法を実現する場合の可能性について調査した。調査項目は、以下のとおりである。

1) 撮影基地からのデータ転送

撮影基地での POS 処理は、次のような課題があるが、平常時に準備をしておくことにより、緊急時に対応が可能である。

- ・場所の確保：作業及び機材を設置するスペースが必要である。
- ・連絡体制の確保及び人員体制：POS 処理を行う技術者が常駐してはいないので、撮影を行っている間に人員の確保と移動が必要である。
- ・機材の確保：POS 処理のために、ソフトを入れた PC を持ち込む必要がある。また、PC は、データを処理するためのある程度の容量をもった格納媒体 HDD が必要である。
- ・電子基準点データの入手：POS 処理のために、計測終了後すぐにデータを入手することが必要である。
- ・メール環境の整備：データ転送のほかに、メール環境の整備が必要である。

2) POS 処理後のデータの標準形式

LeicaGeosystem 社のレーザスキャナのデータ処理では、標準がバイナリファイル形式であり、テキスト形式の場合は変換が必要である。また、Optech 社のレーザスキャナのデータ処理は、出力がテキスト形式なので、データの標準化や交換が容易である。

ただし、バイナリファイル形式に比べて、データ量が多くなる。

3) POS 処理後のデータ量

被害判読のための画像解析の精度に依存するが、データ量を削減するため、今後検討する価値が高いものである。

- ・コース間のラップ：POS 処理の段階では、コース単位のデータとなるために、データ量を減らすことを考えると、コース間のラップをなくした状態で、図郭ごとの X, Y, Z のカンマ区切りにする。
- ・データ形式：レーザスキャナのランダムデータを、2 m メッシュにすることで、ランダム点の削減が図れ、また、Z 座標のみ転送が可能となる。
- ・ファーストパルスのみを使用：航空レーザスキャナシステムは、1 回の発射パルスにつき 3～4 回リターンを取得できる。このうち、「建物」のレーザデータはファーストリターンが多いため、ファーストリターンだけ転送するとデータ容量が減る。
- ・高さの桁数：フォーマットを決めて、小数点以下の不要な桁を減らし、固定小数点とすることにより、テキスト形式の場合は削減が可能となる。
- ・エリア単位で座標値：エリア内の中心座標等を差し引く処理を行い、ヘッダー情報（1 行目）にエリア、中心座標等、座標系を格納していれば、削減ができる。また、図郭を定義しておいて、図郭内のみの座標値を使うことで、公共の X, Y 座標よりも桁を減らす効果がでる。

4) データ転送のための圧縮手法

レーザスキャナのデータ圧縮では、LZH や ZIP が日常的に利用されていることが分かった。よって、ZIP, LHA, LZH など一般的に利用されている方法であれば適用可能である。実験の結果からは、処理速度が速い ZIP 形式を用いて転送するのが望ましい。

4. 効率的な解析手法の開発

被害を抽出する方法には平常時データと災害時データとの 2 時期データの差分をとる方法が考えられるが、必ずしも平常時のデータがあるとは限らない。そこで、災害時の航空レーザスキャナデータ（ランダム点群データ）のみを使用し、整備されている数値地図等の既存 GIS データとの重ね合わせによる一般住宅被害地域抽出手法の開発を行った。なおその際デジタル画像データが同時に取得されていれば併用する。解析範囲は町丁目単位とした（図-5）。

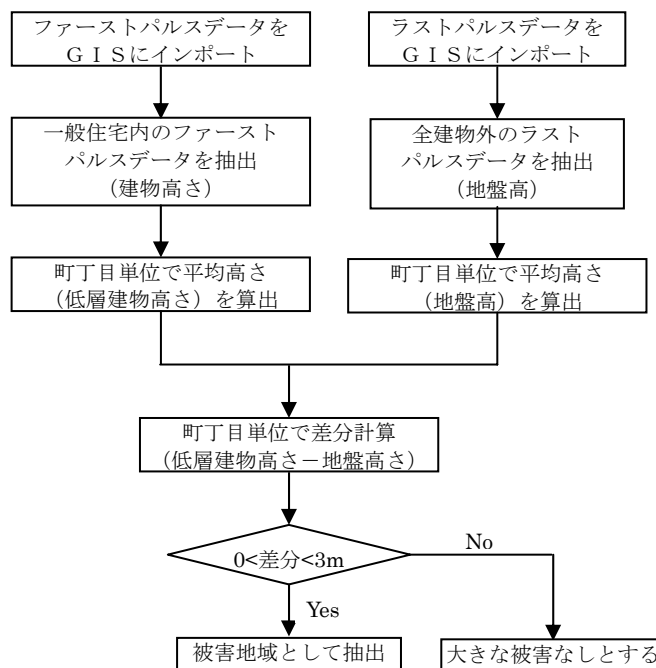


図-5 一般住宅被害抽出フロー

1) 一般住宅家形データ内のファーストパルスデータを抽出する。

一般住宅の家形データ内のファーストパルスは、建物の屋根部分に当たって戻ってきたパルスであり、一般住宅の高さを示していると考えられる。ランダム点群データのファーストパルスデータを GIS 上に読み込み、一般住宅の家形データを使用してクリッピング処理を行う。

2) すべての家形データ外のラストパルスデータを抽出する。

ラストパルスは最後に当たって戻ってきたレーザパルスであり、木漏れ日が漏れる程度の間ならば透過して地表まで到達することが知られている。ラストパルスから地面高さを求めるには、地物除去などの処理を行うのが一般的であるが、専用ツールを用い、最後は専門的な技術を要する。災害時には迅速な情報提供が望まれることから、建物以外の部分のラストパルスはすべて地表部と考え、すべての建物の家形データを使用してクリッピング処理を行い、家形データ外のラストパルスを抽出する。なお、専用ツールを使用し地物を除去されたラストパルスデータが提供される場合、それを使用する。

3) 町丁目を単位として 1) 及び 2) それぞれの平均値を算出する。

ランダム点群データは任意地点での高さを示すことから、単純に差分を取ることは難しいため、ある程度の範囲で平均化する。範囲は解析時間、情報提供側・受け取り側の処理のし易さ等を勘案し町丁目単位とする。

4) 3) の各平均値を差分計算する（町丁目単位）。

ファーストパルス平均値は一般住宅内で建物の高さを含む平均高さであり、ラストパルス平均値は建物を含まない地面の平均高さである。ファーストパルスの平均値からラストパルスの平均値を差分することにより、一般住宅の建物平均高さを算出することができる。今回使用した航空レーザデータ（静岡市駿府城北部の22町）は平常時に計測したものであることから、平常時の建物平均高さがどの程度で

あるか算出する。

町丁目単位での一般住宅の平均高さは、最低4.55m、最高5.84mと1.3m程度の差はあるものの、全体の平均値である5.35mから±30cm以内に63%の町丁目（14/22町丁目）が集まっている。データに大きなばらつきがないことから、一般住宅の平均高さは5.3m程度と設定しても妥当であるといえる（表-2）。

表-2 解析対象範囲各町丁目の一般住宅の諸元情報

町丁目名	一般住宅 平均高さ(m)	ファーストパルス 平均高さ(m)	ラストパルス 平均高さ(m)	町丁目 面積(m ²)	一般住宅 面積(m ²)	一般住宅 面積比(%)
安東一丁目	5.44	24.56	19.12	143,857	44,696	31.1
安東三丁目	4.86	19.86	15.01	223,366	53,959	24.2
安東二丁目	5.15	22.21	17.06	194,018	60,240	31.0
横内町	5.30	22.14	16.84	39,408	8,508	21.6
上足洗	4.55	18.69	14.13	3,161	1,040	32.9
上足洗一丁目	5.14	18.47	13.32	145,140	38,528	26.5
上足洗三丁目	5.45	16.32	10.87	146,043	37,168	25.4
上足洗四丁目	5.35	17.20	11.85	105,741	23,532	22.3
上足洗二丁目	5.50	17.82	12.32	158,242	35,185	22.2
城東町	5.24	22.00	16.77	165,211	43,721	26.5
水落町	5.41	23.67	18.26	91,156	19,622	21.5
西千代田町	4.90	19.75	14.86	159,427	49,797	31.2
千代田	4.94	18.70	13.77	5,620	2,054	36.5
千代田一丁目	5.22	18.06	12.84	84,143	18,540	22.0
銭座町	5.31	19.81	14.50	64,455	20,506	31.8
太田町	5.84	21.67	15.83	26,210	5,760	22.0
東草深町	5.68	26.10	20.41	70,522	16,155	22.9
巴町	5.26	20.55	15.30	27,595	6,044	21.9
北安東一丁目	5.10	17.58	12.48	163,286	46,671	28.6
北安東五丁目	5.21	15.65	10.44	224,562	65,434	29.1
北安東二丁目	4.89	17.58	12.69	209,108	47,957	22.9
緑町	4.57	19.42	14.85	113,437	32,198	28.4
全域	5.35	19.57	14.22	2,563,709	677,316	26.4

5) あらかじめ定めた閾値よりも差分値が小さい場合を被害地域とする。

家屋被害の定義はさまざまあるが、一般的には全壊、半壊、一部損壊、被害なしで分類される。ただし、「全壊」と判断された建物であっても、形状をとどめたものから形状をとどめない崩壊（層破壊）までその被害形態は多様である。

災害発生時、人命に係わる被害となるのは倒壊となる場合と考えられ、層破壊が発生した場合、住宅の4～5割程度の高さは消失すると考えられる。4)より、一般住宅の平均高さが5.3m程度であることから、被害地域の差分閾値を「3m」と設定し、それより差分値が小さい場合を甚大被害地域として抽出する。

また一般住宅被害が発生した場合でも、町丁目内すべてでなく、一部の住宅のみが層破壊による被害を受ける場合も想定される。この場合、解析した一般住宅の平均高さの差分は、被害閾値「3m」を超える高さになる場合も考えられる。一般住宅の平均

高さは5.35mであり、かつ約70%は±30cm以内に集中していること、最低高さは4.55mであることから、平常時に一般住宅平均高さ4mを下回る町丁目がある可能性は低いと考えられる。これにより、平均高さ3～4mの町丁目についても、「被害が発生した可能性がある町丁目」として抽出しておくことが望ましい。

以下に、一般住宅の被害抽出に当たっての課題を示す。

- ・全体として、DMデータの情報新鮮度が被害の推定精度を大きく左右すると予想される。
- ・山地を多く含む地区では、裾部にのみ住宅があることが多いことから、一般住宅の平均高さよりも地面高さの平均値の方が高くなるがあると予想され、被害抽出できない可能性がある。
- ・同一町丁目中に数軒しか一般住宅がない場合でも被害大と判定されることが懸念されるが、町丁目中の一般住宅数、一般住宅の面積比を算出しているので、それを確認して判断する必要がある。

5. 効率的な GIS 化（解析結果の地図化）手法の開発

解析によって抽出された建物被害状況を適切に視覚的に表現し、提供するための GIS 化技術について検討し、基本的な情報の提供・共有手段としては電子国土を用いることとした。また、印刷図での表現方法や今後の技術的進歩も考慮し、3次元による被災状況の表現方法についても検討した。

5. 1 2次元による地図表現方法

基本的な地図表現方法は、2次元での表現で情報提供する方法とした。これは2万5千分1精度を保有した基図を背景図としており、付加する情報（ここでは被災状況等となる）を提供することで、国や県の災害対策本部等、情報の必要な組織や担当者に

ネットワークを介して提供を可能とする効率的な仕組みである。

一般住宅及び中高層建物の被災情報を使った2次元表示例を示す。なお、これは解析結果のイメージ表示例として作成したものである（図-6）。

電子国土上では、必要に応じてポップアップ形式で付加情報の属性表示が可能である。さらに対象とする各種被災状況やランドマークごとに表示形状と色を変えることにより、視認性・一覧性の向上を図ることも可能である。

また、現状では各組織ごとに保有している独自の基図をそれぞれが用いている状況である。電子国土という基図を被災自治体と支援組織等との間で共有できることの効果は、大きいものと期待される。



図-6 2次元の表示例

5. 2 3次元による地図表現方法

昨夏よりサービスが開始された Google Earth は、従来と全く違う配信方法で高速に広域の情報提供ができる革新性と、誰でも簡単に三次元地形モデルを閲覧できる簡便性、既存 GIS システムとの容易な融合が図れることからクライアントソフトウェア利用者が急激に増加している。また、KML という XML ベースのマークアップ記述言語にて、容易に情報の追加・修正あるいは経時的表現が可能で、三次元地形

モデル上に重畳表示して活用する。一般住宅及び中高層建物の被災情報を使った3次元の表示例を示す（図-7）。



図ー7 地物付三次元の表示例

6. 得られた成果：目的は達成できたか

被災位置、範囲等を24時間以内に災害対策本部等に提供するためのシミュレーション実験の結果、所要時間は次のとおりであった。

- ・取得（計画・準備・空輸・計測）：100 k m²を3社で計測⇒480分
- ・処理（1次処理）：100 k m²を3社で処理（1社1システム）⇒330分
- ・転送（データ圧縮＋サーバへ転送）：100 k m²を3社で転送⇒21分
- ・解析（一般住宅、中高層住宅）：100 k m²を5社で解析（1社2システム）⇒377分

で、合計時間は1,208分＝20時間08分であった。災害時の効率的なデータ取得、データ転送（圧縮も含め）、解析を検討した結果、概ね目的とする時間内に提供できる見通しとなった。

取得では、1点／4 m²でも災害現況把握が可能であることが分かり、これにより飛行コースの削減が見込まれた。実行的な処理として大容量のレーザデータを空港施設内で処理することにより、転送データを減少させその後の解析の迅速化が図られる見通しとなり、さらにデータをサーバに格納し、各社の分散処理を行うことにより効率化を図った。また、

理想的な処理としては災害時早期の災害情報提供のためには不可避である航空機からのデータ転送について検討した。今後、衛星の利用を考慮した航空機から直接解析センターに転送する方法に期待したい。

解析では、平常時のデータと発災後のデータの差分による解析が考えられるが、必ずしも平常時のデータが整備されているとは限らない。そこで、発災後のデータと既存のGISデータの重ね合わせによる被害抽出方法を開発した。

地図化では、電子国土を利用した2次元表示や3次元表示も併せて検討した。ここでは災害対策担当者が情報を共有できるようにランドマークや地名、地物の適切な表示、シンプルな表現となるよう工夫した。

その結果、航空レーザスキャナデータを使用して取得から解析までを効率的に行い、広域的災害情報を短時間で把握する手法を取りまとめた「リアルタイム災害情報システムの利用ガイドライン」を作成した。

7. まとめ

広域的に大規模な災害が発生した場合、民間企業が連携して情報を収集しないと早期の提供は困難である。本研究では、災害時のレーザデータ取得から解析までを標準化したことにより、民間企業が連携して効率的な情報収集作業を行うことを可能とした。これにより、発災直後の緊急的な活動や支援機関等への適切な指示等が可能となったと考えられる。しかしながら、今回開発した「リアルタイム災害情報システム」では、全体システムが構築されることは理想であるが、現時点では、先ず開発成果を運用可能なシステムとすることが求められている。今後は、そのためのハード、ソフト面の整備を図るとともに、取得、転送、解析の各技術単位での活用も有効であり、日頃からシステムを試行し習熟するとともに工夫を加えることにより更なる時間短縮が期待される。

参考文献

- 国土地理院，（財）日本建設情報総合センター（2006）：平成17年度リアルタイム災害情報システムに関する研究作業報告書，330。
- 国土地理院，（財）日本建設情報総合センター（2006）：リアルタイム災害情報システムガイドライン，155。