

精密3D電子基盤情報の整備と活用

キーワード：航空レーザ測量
標高データ
精密3D電子基盤情報
「数値地図5mメッシュ（標高）」
「1:25,000 デジタル標高地形図」

社会地理課長補佐

門 脇 利 広

精密3D電子基盤情報の整備と活用

1. はじめに

航空レーザ測量は、等高線作成や三次元地図作成及び各種シミュレーションの基礎情報となる高精度・高密度な標高データを取得できることから河川分野や砂防分野及び都市景観分野などで活用が期待される技術である。そのため、国土地理院では、平成13年度から本格的な航空レーザ測量を実施し、平成15年度には、航空レーザ測量による高精度・高密度な標高データとして「数値地図5mメッシュ(標高)」の刊行を開始している。

平成19年度からは、航空レーザ測量による高精度・高密度な標高データの整備を「精密3D電子基盤情報の整備」として政令指定都市等の主要な都市域を対象に事業を展開する。

ここでは、航空レーザ測量による高精度・高密度な標高データの整備と活用についてこれまでの状況と今後の精密3D電子基盤情報としての整備と活用について紹介する。

2. 航空レーザ測量

航空レーザ測量とは、図-1に示すように航空機(固定翼機や回転翼機)に搭載したレーザスキャナから地上にレーザパルスを照射し、地上から反射するレーザとの時間差より得られる地上までの距離とGPS測量機や慣性計測装置(Inertial Measurement Unit : IMU)から得られる航空機の位置を合成した三次元計測により、高精度・高密度な標高データや地形及び地物の形状を求める測量技術である(Osamu AKUTSU 2005)。

航空レーザ測量は、対地高度2,000mからの計測で垂直誤差±15cm、水平誤差±50cm程度の位置精度を確保することができる。

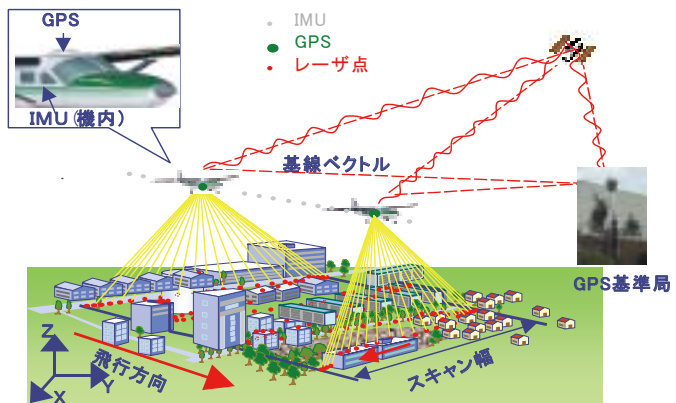


図-1 航空レーザ測量の概念図

2.1 測量成果の特徴 (DSM と DEM)

航空レーザ測量で得られる測量成果としては、計測で取得できる地上の表層面の高さデータから作成する数値表層データ(Digital Surface Model : DSM)と、計測データから樹木や建物などを削除(フィルタリング処理)し、地上の地表面(地盤)の標高データを作成する数値標高データ(Digital Elevation Model : DEM)がある(図-2)。

DEMは、地上をある間隔毎に区切りその地点の地盤の標高データを整理したグリッドデータである。

図-3は、JR大阪駅周辺の航空レーザ測量成果であるDSMとDEMを並べたものである。標高データを青色から赤色に連続的に割り当てて表現している。

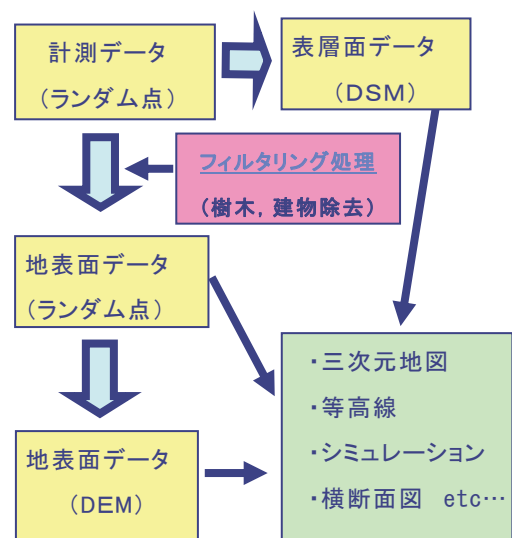


図-2 航空レーザ測量作業の流れ

DSM の中心にある青色から急に赤色になる地区は、JR 大阪駅周辺の高層建物群を表現しているが、DEM には、赤色はなく青色が段階的に水色になる淀川河口の低地が表現されている。また、DEM では、上町台地の東側にある低地や淀川の両岸にある河川堤防も明瞭に表現されている。すなわち、DSM が都市における「人間圏」のカタチを表現しており（石川 2006）、DEM は地形そのものを表現していることがわかる（大塚 2007）。

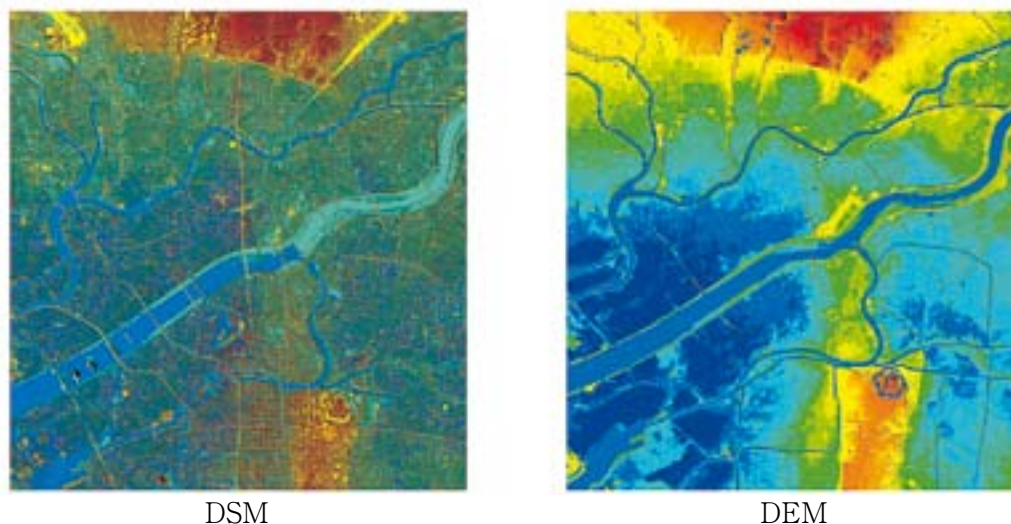


図-3 大阪駅周辺の DSM と DEM の比較

2.2 作業規程

航空レーザ測量を実施するための規程は、基本測量のための「航空レーザ測量による「数値地図 5 m メッシュ（標高）」作成作業規程」（平成 16 年 3 月国土交通省国土地理院）と公共測量として実施する場合の「航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成マニュアル（案）」（平成 18 年 4 月国土交通省国土地理院）が整備されている。

なお、「航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成マニュアル（案）」は、国土地理院の公共測量関連のホームページ（<http://psgs.v.gsi.go.jp/koukyou/download/re-za/index.htm>）から入手でき、DEM のメッシュ間隔と計測点密度の設計式や精度管理手法などの基本的な内容から、従来の紙地図への活用のために航空レーザ測量による DEM から等高線を作成するための条件についても整理している（表-1）。

表-1 等高線作成の条件

（「航空レーザ測量による数値標高モデル（DEM）作成マニュアル（案）」の一例）

	主曲線	計曲線	グラウンドデータ，メッシュデータ間隔		
			約 1 m	約 2 m	約 5 m
1/1,000	1 m	5 m	○	—	—
1/2,500	2 m	10 m	○	○	—
1/5,000	5 m	25 m	○	○	○

ただし、上記の条件を満たさないときには、別途計画機関と協議する。

3. データ整備

3.1 「数値地図5mメッシュ（標高）」

国土地理院では、航空レーザ測量による高精度・高密度な標高データを「数値地図5mメッシュ（標高）」として刊行し、一般に提供している。「数値地図5mメッシュ（標高）」とは、地上5m間隔に10cm単位で格納された標高データである。これまで国土地理院が提供する平野部の標高データは、地上50m間隔に1m単位で表示した「数値地図50mメッシュ（標高）」が最も解像度の高いデータであった。「数値地図5mメッシュ（標高）」を整備・提供したことにより、地盤の詳細な起伏を知ることができるため、都市域の水害対策や地形を知る基礎情報として活用が期待されている。

平成17年度までに「埼玉東南部」、「東京都区部」、「名古屋」、「京都及大阪」及び「福岡」の5枚のCD-ROMで6地区の標高データを提供した。CD-ROMには、簡易に標高データを表示する簡易表示ソフトウェアも添付している。

図-4は、「数値地図5mメッシュ（標高）」のパッケージとその中に格納している簡易表示ソフトウェアの表示例を示したものである。標高値で色を区分して表現した段彩図の作成や任意の区間の距離や面積及び断面図を作成する機能を使えば、自由な色や区間で段彩図や断面図を作成することができる。

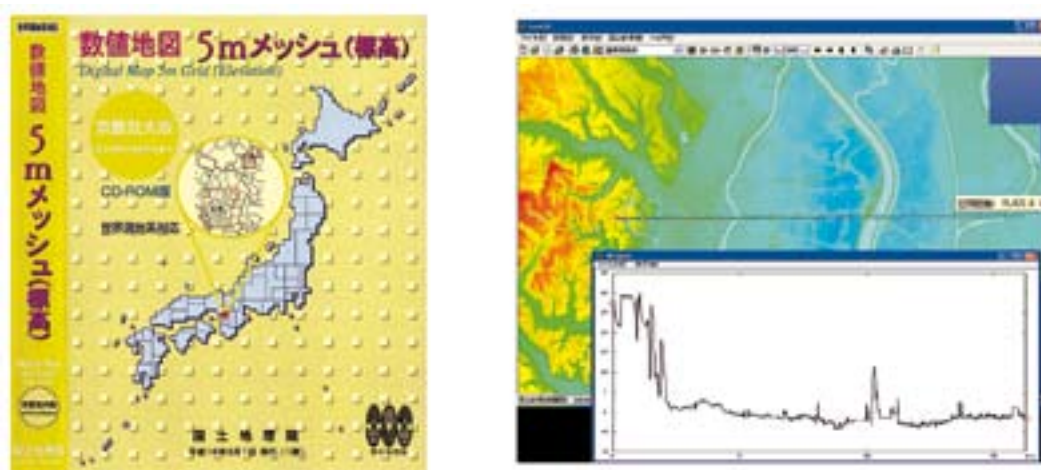


図-4 「数値地図5mメッシュ（標高）」パッケージと簡易表示ソフトウェア表示例

また、平成18年3月から刊行している「京都及大阪」、「福岡」、「東京都区部」（3刷）及び「埼玉東南部」（3刷）には、計測時に取得した空中写真を用いて作成した簡易正射変換画像を添付し、標高データの概略の位置を知ることができるようにしている。

3.2 「海岸における3D電子地図」の整備

「海岸における3D電子地図」とは、津波・高潮ハザードマップの整備の促進等を図るため、東海・東南海・南海地震等が想定される太平洋岸の海岸保全区域において汀線より内側1kmまでを2mメッシュ間隔で整備した標高データである。この事業は、本省河川局海岸室からの移し替え予算により、平成16年度から平成19年度までの4ヶ年間で約3,000km²について整備するものである（図-5）。平成18年度までに、北海道から四国までの地域について整備を行った。

整備済みのデータは、本省河川局海岸室の意向により、順次、地方自治体や大学等の研究機関に提供しており、津波ハザードマップや津波浸水想定シミュレーションの基礎情報として既に活用している地方自治体もある。



図-5 「海岸における3D電子地図」の整備地区

3.3 災害対応としてのデータ整備（「2mメッシュ標高データ（中越）」）

国土地理院では、災害時の状況把握や災害復興の基礎資料として航空レーザ測量による標高データの整備を行っている。平成16年7月新潟・福島豪雨災害や平成16年10月新潟県中越地震災害に際しては、被害状況の把握や災害復興のために作成した「平成16年長岡・三条地域を襲った豪雨災害信濃川下流災害情報図」や「平成16年新潟県中越地震1:25,000災害状況図」の基図となる地形情報を取得する目的で航空レーザ測量を実施した。

この災害対応で整備した高精度・高密度な標高データは、「2mメッシュ標高データ（中越）」（図-6）としてまとめている。この標高データは、三条市、長岡市や十日町市等を含む新潟県中越地方の約1,200km²について整備した2mメッシュ間隔のものである。

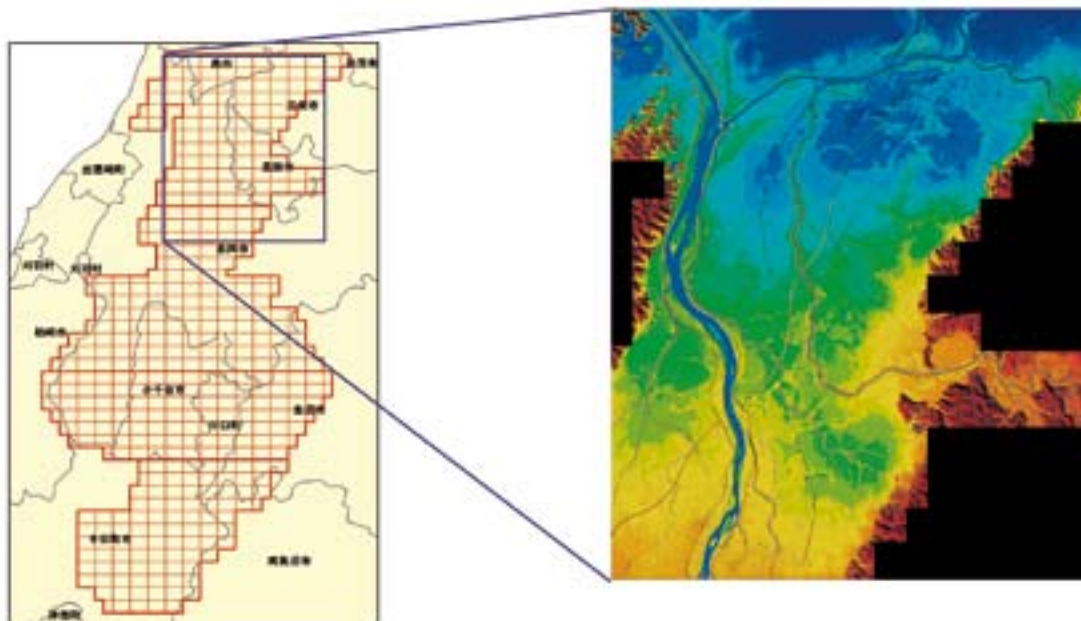


図-6 「2mメッシュ標高データ（中越）」の範囲と表現例

3.4 精密3D電子基盤情報の整備

精密3D電子基盤情報とは、航空レーザ測量による高精度・高密度な標高データであり、平成19年度から、政令指定都市等の主な都市域について5mメッシュの標高データを整備する事業として国土地理院が実施するものである。したがって、これまでの航空レーザ測量を実施して取得した高精度・高密度な標高データも含め精密3D電子基盤情報としてまとめ、「数値地図5mメッシュ（標高）」として提供と活用を図るものである。

都市域の防災・減災対策等に必要不可欠な精密3D電子地理情報を迅速に整備するためには、国土地理院が主体的に整備を行うものと公共測量成果を活用して整備を行うものに整理して推進して行く。

特に、公共測量で実施した航空レーザ測量成果については、測量の重複を避けかつ国土地理院が整備する精密3D電子地理情報としての品質を確保した編集作業を実施し標高データを整備・提供する。

今後の5ヵ年で政令指定都市を含む都市計画区域の市街化区域等について精密3D電子基盤情報を整備したいと考えている。

3.5 平成19年度の整備

平成19年度には、新たな「数値地図5mメッシュ（標高）」として高知市周辺の約120km²について刊行を予定している。

航空レーザ測量の実施による整備としては、国土地理院が実施主体として横浜市周辺の約350km²について、精密3D電子基盤情報を整備する。2mメッシュ標高である「海岸における3D電子地図」の整備作業としては、最終年度として、九州地区の約300km²について実施する。

また、公共測量成果の活用による整備としては、各地方整備局と協力して、平成17年度と平成18年度に各地方整備局が実施した航空レーザ測量成果のオリジナルデータから精密3D電子基盤情報と同様のグリッド形式の標高データを作成する事業を実施する。平成19年度には、中川・綾瀬川周辺の江戸川流域と濃尾平野西部地域及び宮崎市周辺の3地区で約1,800km²について実施する（表-2）。

表-2 平成19年度の整備予定

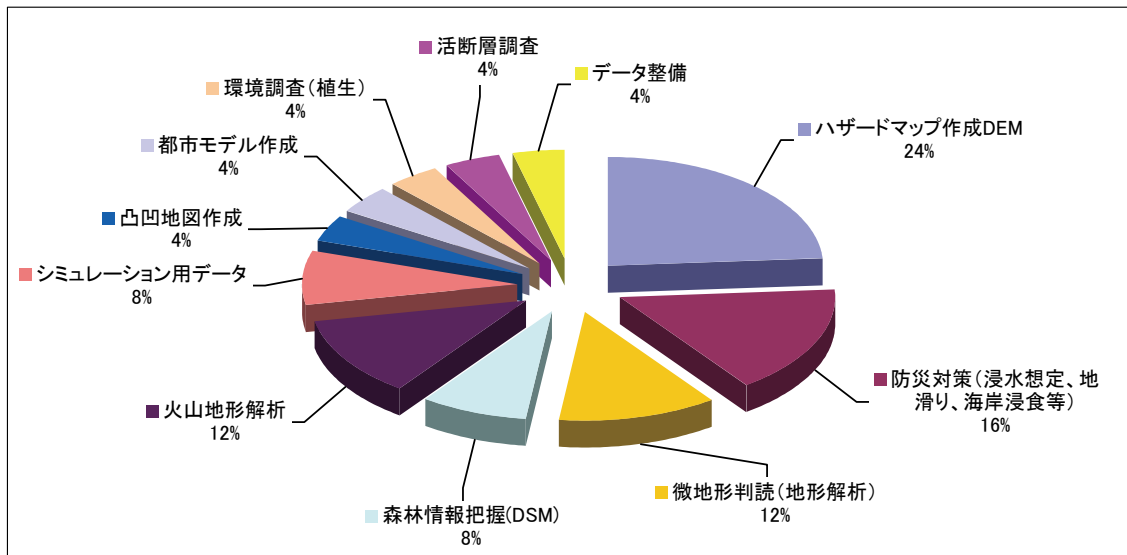
	整備地区	整備範囲 (km ²)
航空レーザ測量の実施による整備	横浜地区	約 350
	九州地区（海岸における3D電子地図）	約 300
公共測量成果の活用による整備	江戸川流域、濃尾平野西部地域及び宮崎市周辺	約 1,800

4. 活用

4.1 活用が期待される分野

平成18年度に航空レーザ測量による高精度・高密度な標高データの活用状況について、自治体、防災、河川、都市計画及び教育等の各分野の専門家24名にヒアリング調査を行った。

図-7は、調査結果の一部で標高データの利用可能性（重複回答）をまとめたものである。ハザードマップ作成や防災対策及び地形判読などに活用できる有用なデータであると多くの方々から回答を頂き、多分野での活用が期待されるデータであることが示された。



図－7 ヒアリング調査結果（高精度・高密度な標高データの利用可能性）

4.2 「1:25,000 デジタル標高地形図」の作成

平成18年度に「数値地図5mメッシュ（標高）」を活用して地域の地形状況を分かりやすく表現した新たな地図として「1:25,000 デジタル標高地形図」を作成した。これまでに、「東京都区部」（図－8）、「名古屋」、「大阪」及び「福岡」の4地区を作成し、技術資料として提供している。



図－8 「1：25,000 デジタル標高地形図」（東京都区部）（縮小）

この地図は、「数値地図5 mメッシュ（標高）」の標高データを活用して地形情報を色で表現した陰影段彩図に、2万5千分の1地形図の地図情報を重ね合わせたものである。地形の表現は、東京湾平均海面を0 mとして、標高4 m未満までの低地部分と、標高4 m以上の台地部分について別々の表現方法を使用した。低地部分は、その地域の標高値が明確に分かるように標高-1 m以下や標高-1 m以上0 m未満などの標高値を、青色から緑色まで5つの色で区分して表現している。標高値の区分は、国土交通省河川局のホームページで公開している「ゼロメートル地帯の高潮対策検討会」資料（<http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai/takashio/051214/s2.pdf>）にある高潮対策に必要な標高値を用いた。例えば、東京湾の朔望平均干潮位（標高-1 m）や朔望平均満潮位（標高1 m）及び伊勢湾台風級の高潮を想定した計画高潮位（標高4 m）などである。また、台地部分は、標高4 m以上から地図の範囲の最大の標高値までを緑色から赤色に連続的に変化し、かつ黄色の部分で標高30 mと赤色の始まりの部分で標高50 mとした陰影段彩図を作成して表現した（門脇 2007）。

この表現手法を用いたことにより、1枚の地図で低地部分はおおよその標高値を知ることができ、台地部分は谷や高台の地形状況を視覚的に知ることができるようになった。「東京都区部」の地図では、西側に武蔵野台地が広がり、東側には荒川下流域の低地が広がっていることが良く分かる（図-8）。

また、城など歴史的建造物や名跡が、どのような地形に位置しているかなど社会地理的なことも知ることができる。例えば、図-9のように「1:25,000 デジタル標高地形図」（大阪）の大坂城周辺を見ると、大坂城は、台地の端にあり、城の主要な構造物である曲輪（くるわ）・堀・石垣などについても地形（台地）を利用して配置していることが分かる。

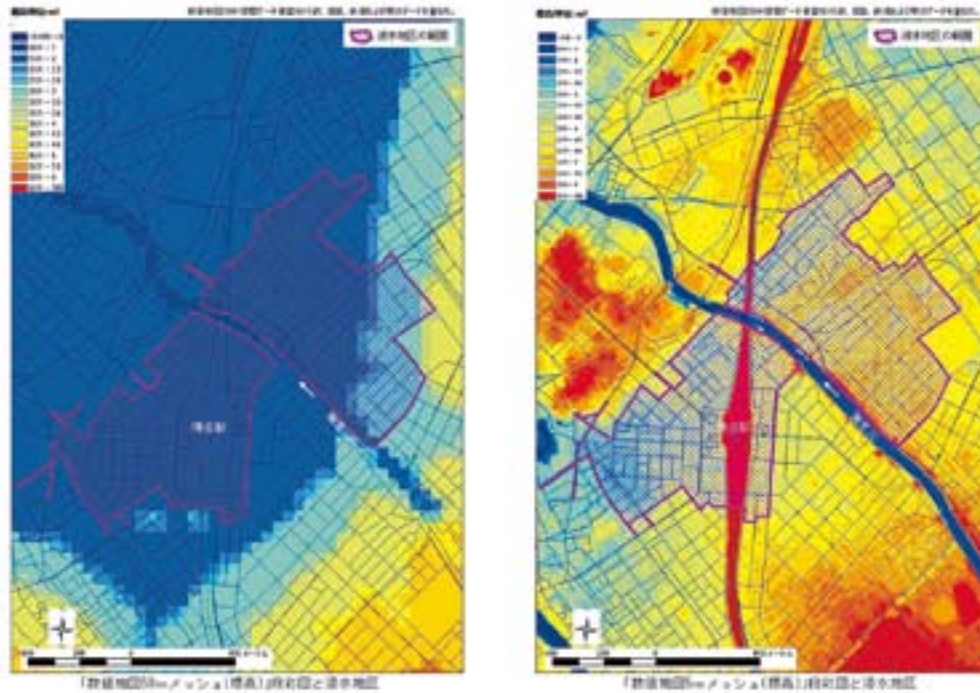


図-9 「1:25,000 デジタル標高地形図」（大阪）の大坂城周辺

4.3 基盤情報（数値データ）としての活用

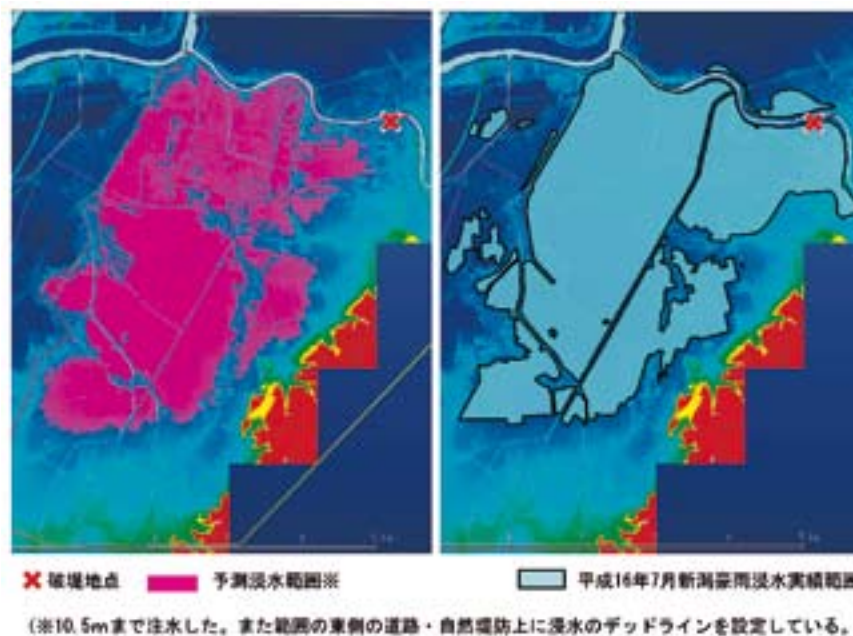
精密3D電子基盤情報（数値データ）は、浸水被害の把握や分析のための基礎情報として活用することができる。

図-10は、平成15年7月に発生した福岡豪雨による浸水被害把握について「数値地図50 mメッシュ（標高）」（左図）と「数値地図5 mメッシュ（標高）」（右図）の比較をして有用性を確かめたものである。精密3D電子基盤情報である「数値地図5 mメッシュ（標高）」では博多駅の北東部にある微高地（周辺より標高値がやや高い地域）を確認することができ、その地域で浸水被害が止まっていることが分かる（門脇 2005）。



図－10 「数値地図50 mメッシュ（標高）」と「数値地図5mメッシュ（標高）」の比較

また、高潮や津波浸水想定シミュレーションなどの基礎データとしても活用できる。図－11は、「2 mメッシュ標高データ（中越）」の三条市周辺の標高データを用いて簡易的な手法により求めた予測浸水範囲（左図）と平成16年7月新潟・福島豪雨の浸水実績範囲（右図）を比較したものである（安藤 2006）。標高データのみを使用した簡単なシミュレーションで求めた予測浸水範囲が実際の浸水実績範囲と良く合っていることが分かる。



図－11 簡易的な手法による予測浸水範囲と実際の浸水被害範囲の比較

図-12は、「1:25,000 デジタル標高地形図」(名古屋) (左図) と中部地方を襲った戦後最大の水害である伊勢湾台風の被害調査である「1959年伊勢湾台風による高潮・洪水調査」(旧建設省地理調査所の調査：<http://www1.gsi.go.jp/geowww/themap/disa/index.html>) (右図) の庄内川河口周辺について比較したものである。右図で16日から30日の湛水期間(緑色の範囲)が、左図の標高1m未満であることが分かり、湛水の状況が、地形によく合っていることが示されており、ハザードマップの基礎情報として活用できることが分かる。

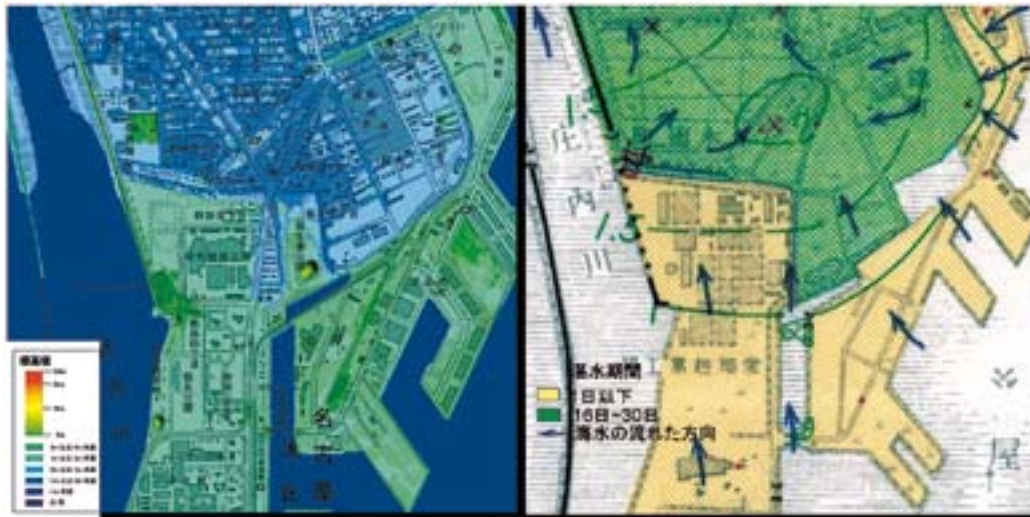


図-12 「1:25,000 デジタル標高地形図」と1959年伊勢湾台風の高潮・洪水被害調査の比較

千葉県や茨城県などの地方自治体においては、津波浸水想定シミュレーションの基礎データとして「海岸における3D電子地図」や精密3D電子基盤情報の活用を開始している。

4.4 3次元地図としての活用

精密3D電子基盤情報を用いて主題地図を作成することにより、目的に沿った分かりやすい地図を作成することもできる。「1:25,000 デジタル標高地形図」がその一例である。また、高潮や津波対策のためのハザードマップとしては、低地を詳細に表現した3次元地図を作成して配布すれば、住民には分かりやすい地図が作成できるのではないだろうか。また、子供たちの地理教育や地域を知る社会科教育においては、関東地方などの広範囲の地形情報の学習には「数値地図50mメッシュ(標高)」を用いて、自分の居住する地域の詳細な坂や谷を調べる資料としては、精密3D電子基盤情報の「数値地図5mメッシュ(標高)」を用いた3次元地図を使用できる。

また、「地べたで発見!『東京』の凸凹地図」(東京地図研究社2006)という本が発売されているように「数値地図5mメッシュ(標高)」の標高データを活用して、自分なりの3次元地図を作成してその地域の地理や地形を解説するための資料として活用することもできる。

5. 普及・啓発

国土地理院では、基本測量として自ら航空レーザ測量を実施しているとともに航空レーザ測量技術の普及・啓発事業も実施している。

平成17年度と平成18年度には、航空レーザ測量技術の説明と高精度・高密度な標高データの活用事例を簡単に紹介したパンフレットを2種類(図-13)作成し配布した。また、平成18年5月には航空レーザ測量に関するホームページ(http://www1.gsi.go.jp/geowww/Laser_HP/index.html)を

開設し、情報発信と質問等への対応を実施している。平成18年10月には、三次元地図を防災・教育・住民サービスに生かす航空レーザ測量の利活用セミナーとして「防災行政分野における航空レーザ測量データ活用セミナー」を東京都内で開催し、多くの方々が参加して積極的な意見交換が行われた。平成19年度にも、他地域で同様の利活用セミナーを開催することを検討している。



測量技術の紹介



活用事例の紹介

図-13 航空レーザ測量のパンフレット

6. 終わりに

近年多発する台風や集中豪雨及び地震などの自然災害に対する国民の生命の安全、資産の確保等のため、基盤地理情報は必要不可欠なものである。特に、大規模な自然災害が危惧される都市域においては、防災・減災対策の基盤情報として高精度・高密度な標高データである精密3D電子基盤情報の整備・提供は、急務と考えられる。

国土地理院は、今後も精密3D電子基盤情報の整備とその成果である「数値地図5mメッシュ（標高）」の提供を推進する。また、「1:25,000 デジタル標高地形図」の作成など「数値地図5mメッシュ（標高）」の活用と普及・啓発活動も引き続き実施して行きたい。

参考文献

- Osamu AKUTSU, Masataka OHTA, Tamio ISOBE, Hisamitsu ANDO, Takahiro NOGUCHI and Masayuki SHIMIZU (2005) : Development and Utilization of High Precision Digital Elevation Data taken by Airborne Laser Scanner, Bulletin of the Geographical Survey Institute, Vol.52 March, 2005, 13-21.
- 門脇利広, 磯部民夫, 太田正孝 (2005) : 「数値地図5mメッシュ（標高）」の活用例, 日本国際地図学会平成17年度定期大会発表論文・資料集, 94
- 石川剛 (2006) : 高さデータが浮かび上がらせるもう1つの地球の素顔, GIS NEXT, 第17号, 68-69.
- 安藤久満, 阿久津修 (2006) : 航空レーザ測量の標高データを利用した三条～長岡地区の「平成16年7月新潟・福島豪雨, 信濃川下流災害情報図」の作成, 国土地理院時報2006, 第110集, 55-63.
- 東京地図研究社 (2006) : 地べたで再発見! 「東京」の凸凹地図
- 門脇利広 (2007) : 数値地図5mメッシュ（標高）を活用した地形表現事例, 日本国際地図学会機関紙「地図」, 45巻1号
- 大塚孝泰, 門脇利広 (2007) : 航空レーザ測量データを活用した空間表現事例, 日本地球惑星科学連合2007年大会, J171 地図・空間表現, J171-P002