

## 都市再生のための精密三次元空間データ利用技術の開発

## Development of the Technology to use Precise three-dimensional Spatial Data for Urban Renaissance

地理地殻活動研究センター 神谷 泉・小白井亮一<sup>1</sup>

Geography and Crustal Dynamics Research Center Izumi KAMIYA and Ryoichi KOJIROI

地理調査部 太田正孝・磯部民夫<sup>2</sup>・阿久津 修・門脇利広

Geographic Department

Masataka OHTA, Tamio ISOBE, Osamu AKUTSU and Toshihiro KADOWAKI

## 要 旨

都市において行政及び社会活動のベースとなる次世代の GIS として、詳細な三次元地理情報と、どこでも測位できる環境に基づく都市型 GIS を想定し、その構成要素のうち、基盤的な地理情報の一つであり研究基盤としても重要な地盤高データの作成と、都市域の測位技術に関する調査・研究を行った。

地盤高データの作成では、作業規程を作成し、主要都市の地盤高データを作成した。都市域の測位技術に関する調査・研究では、測位技術全般について調査し、Wide Area / Global DGPS の性能を確認する実験を行うとともに、無線 LAN 測位技術を検証し、無線 LAN 測位と GPS 等を組み合わせた屋内外のシームレス測位の技術を開発した。また、このような測位環境を含む都市型 GIS の利用分野に関する調査を行った。

## 1. はじめに

地理地殻活動研究センター地理情報解析研究室と、地理調査部社会地理課は、平成 14 年度から 16 年度にかけて特別研究「都市再生のための精密三次元空間データ利用技術の開発」を実施した。その成果は、随時報告したが（阿久津・福島，2003；Akutsu et al., 2005；福島・磯部，2004；門脇ほか，2005；神谷，2005；神谷・小白井，2004；神谷ほか，2003a，2003b，2004a，2004b，2004c，2004d，2005a，2005b，2005c，2005 d；佐藤，2004），本稿では、本研究の概要を紹介するとともに、これまで報告されていなかった成果を報告する。

研究の企画時において、都市における行政及び社会活動のベースとなる次世代の GIS として、詳細な三次元地理情報に基づき、モバイル環境で活用することができる都市型 GIS を想定した（図-1）。都市型 GIS においては、三次元地理情報の世界の構築とともに、モバイル環境において自己の位置をこの世界の中で見出すための高精度の測位環境の実現が重要である。

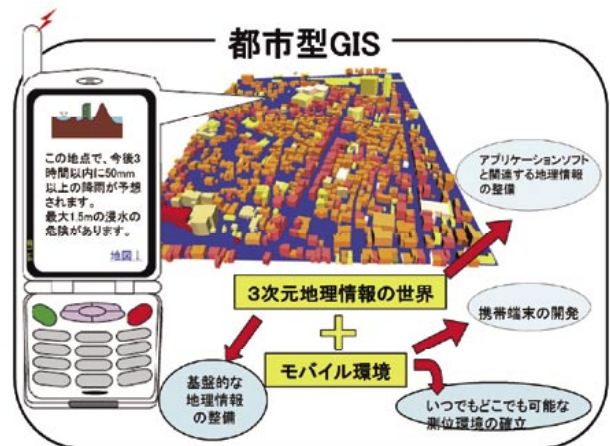


図-1 都市型 GIS の概念と構成要素

都市型 GIS の実現には、基盤的な地理情報の整備、アプリケーションソフト及び関連する地理情報の整備、携帯型端末の開発、シームレスな測位方法の確立が必要である。本研究では、このうち、基盤的な地理情報の整備のうちの地盤高データの整備と、都市域における測位について、とりあげた。また、都市型 GIS と測位環境の整備が実現した状況下における社会等の姿を把握するため、測位の利用分野に関する調査を行った。

## 2. 地盤高データの整備

## 2.1 概要

地理情報システムの基盤データであり、水防の基礎資料、あるいは各種の研究基盤としても重要な詳細な地盤高データの整備を行った。

この整備には、航空レーザ測量を利用したが、着手時点では、作業方法が確立していなかった。そこで、初年度である平成 14 年度は、首都圏等のデータ整備を行いながら作業方法を確立した。これをうけ、平成 15 年度は、作業方法を『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』（以下、本作業規程とよぶ）にまとめるとともに、中部圏等のデータ整備を行った。平成 16 年度は、この作業規程に従い、近畿圏の整備を実施した。

本研究で整備された地盤高データは、数値地図 5 m

メッシュ（標高）として刊行され、地理情報システムの基盤データとして広く一般に活用されつつある。

## 2.2 作業規程

本作業規程は、航空レーザ測量により、地盤高データである「数値地図 5 mメッシュ（標高）」を作成する作業の方法を規定している。本作業規程は、河川局による航空レーザ測量の作成指針である「河川分野における航空レーザ測量による三次元電子地図作成指針」（国土交通省河川局，2004）、「公共測量における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）」（国土地理院，2005）の基となり、各種の航空レーザ測量に活用されている。

ここでは、本作業規程とほぼ同じ内容であり、より広く用いられている「公共測量における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）」（以下、「マニュアル案」とよぶ）について説明する。

マニュアル案が定める作業工程は、以下のとおりである。なお、本作業規程はグリッドデータである「数値地図 5 mメッシュ（標高）」を作成することが目的であるため、等高線データの作成について規定していないが、一般的な公共測量を想定しているマニュアル案は、「等高線データ作成」の工程が追加されている。また、マニュアル案の「オルソフォト画像」、「メッシュデータ作成」は、本作業規程では「簡易正射変換画像」、「標高データ作成」と表記されている。

### 2.2.1 計測計画

作業着手前に作業地域、作業量、完成時期等を考慮し、作業方法や使用する機械、日程等を立案する。

マニュアル案では、計測範囲、データ取得間隔、コース間の重複率等が規定されている。

### 2.2.2 GPS 基準局の設置

航空レーザ測量において、レーザスキャナの位置を連続キネマティック GPS 測量で求めるため、地上に GPS 基準局を設置する。GPS 基準局として、電子基準点を使用することもできる。

マニュアル案では、基線長、GPS 基準局の位置の測量方法等が規定されている。

### 2.2.3 航空レーザ計測

計測計画に基づき、航空レーザ測量システムと GPS 基準局を用いて、航空レーザ測量の原データである計測データを取得する。計測データには、GPS 基準局の GPS 観測データ、航空機上の GPS 観測データ、IMU データ及びレーザのレンジデータが含まれる。また、地物の除去等の参考データとなる画像データを取得する。

マニュアル案では、PDOP の制限値、点検手法等が規定されている。

### 2.2.4 三次元計測データ作成

計測データを基に、連続キネマティック GPS 測量により GPS アンテナの位置を求め、これと IMU データを組み合わせでセンサーの位置と姿勢を求め、さらに、レンジデータと組み合わせ、反射点の測地座標からなる三次元計測データを作成する。このとき、空気中の塵等に起因するノイズも除去する。また、画像データと三次元計測データから、オルソフォト画像を作成する。さらに、オルソフォト画像を用いて、水部ポリゴンデータを作成する。

マニュアル案では、欠測率の算定方法、点検手法等が規定されている。

### 2.2.5 精度検証

水準測量により調整用基準点を設置し、調整用基準点と三次元計測データの座標値との標高誤差の点検を行う。また、三次元計測データのコース間の重複する標高値の相互較差の点検を行う。

マニュアル案では、調整用基準点の配点方法、計測方法、誤差・較差の制限値等が規定されている。

### 2.2.6 オリジナルデータ作成

調整用基準点を用いて、三次元計測データの標高値を調整し、調整済の反射点の測地座標からなるオリジナルデータを作成する。

マニュアル案では、調整方法、調整残差の制限値等が規定されている。

### 2.2.7 グラウンドデータ作成

オリジナルデータをフィルタリングして、建物や樹木等を除去し、地表面の反射点の測地座標からなるグラウンドデータを作成する。

マニュアル案では、フィルタリングで除去する地物（表-1）、点検方法等が規定されている。

表－１ フィルタリングで除去する地物

|      |           |                                                                        |
|------|-----------|------------------------------------------------------------------------|
| 交通施設 | 道路施設等     | 道路橋(長さ5m 以上), 高架橋, 横断歩道橋, 道路情報板等, 照明灯, 信号灯                             |
|      | 鉄道施設      | 鉄道橋(長さ5m 以上), 高架橋(モノレールの高架橋含む), 跨線橋, プラットフォーム, プラットフォーム上屋, 架線支柱, 信号灯支柱 |
|      | 移動体       | 駐車車両, 鉄道車両, 船舶                                                         |
| 建物等  | 建物及び付属施設等 | 一般住宅, 工場, 倉庫, 公共施設, 駅舎, 無壁舎(温室, ビニールハウス), 競技場のスタンド, 門, プール(土台部分含む), へい |
| 小物体  |           | 記念碑, 鳥居, 貯水槽, 肥料槽, 給水塔, 起重機, 煙突, 高塔, 電波塔, 灯台, 灯標, 輸送管(地上, 空間), 送電線     |
| 水部等  | 水部に関する構造物 | 浮き桟橋, 捨石, 堰, 水門, 透過水制                                                  |
| 植生   |           | 樹木*1, 竹林*1, 生垣*1                                                       |
| その他  | その他       | 大規模な改変工事中の地域*2, 地下鉄工事等の開削部, 資材置場等の材料・資材                                |

\*1 地表面と判断できる部分は、地形を正しく表現するため可能な限り採用する。

\*2 地表面として、ほぼ恒久的であると判断できるものは採用する。

### 2.2.8 メッシュデータ作成

グラウンドデータを内挿補間し、グリッド形式の地盤高データであるメッシュデータを作成する。

マニュアル案では、内挿方法、点検方法等が規定されている。

### 2.2.9 等高線データ作成

グラウンドデータまたはメッシュデータから、等高線データを作成する。

マニュアル案では、等高線間隔、点検手法等が規定されている。

### 2.2.10 数値データファイル作成

それまでの工程で作成されたデータを、所定の形式に変換し、記録媒体に格納する。

マニュアル案では、格納するデータの種類、形式、点検方法が規定されている。

### 2.3 標高データの精度

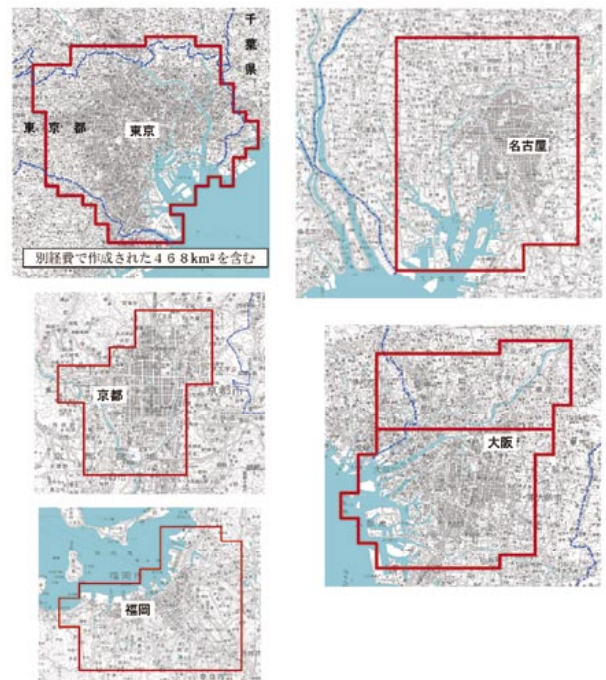
標高データの精度は、本作業規程では、当該格子点を含むセル内にグラウンドデータがある場合は標準偏差 30cm 以内、セル内にグラウンドデータがない場合は標準偏差 2m としている。

埼玉東南部地域におけるデータにおいては、水準測量の結果を真値として、レーザ計測点の誤差は、

平均 3cm, 最大 +42cm, 最小 -32cm, 標準偏差 16cm であった。なお、航空レーザ測量用の機器のカタログ精度は、± 15cm である（典型的な事例）。

### 2.4 地盤高データの整備

本研究において、首都圏、中部圏、近畿圏、京都、福岡地区の約 1,650 km<sup>2</sup> のデータを整備した（図－2、表－2）。これらのデータは、地理情報システムの基盤データとして、「数値地図 5m メッシュ（標高）」として刊行している（平成 17 年度中の刊行予定を含む）。



図－2 地盤高データの整備範囲

表－2 地盤高データの年度別整備状況

| 作業年度   | 地域    | 面積                 | 刊行      |
|--------|-------|--------------------|---------|
| 平成14年度 | 東京西部  | 199km <sup>2</sup> | 平成 15 年 |
|        | 東京南部  | 177km <sup>2</sup> | 平成 15 年 |
|        | 京都    | 111km <sup>2</sup> | *1      |
|        | 名古屋   | 163km <sup>2</sup> | 平成 17 年 |
| 平成15年度 | 大阪    | 284km <sup>2</sup> | *1      |
|        | 名古屋周辺 | 329km <sup>2</sup> | 平成 17 年 |
| 平成16年度 | 福岡    | 177km <sup>2</sup> | *1      |
|        | 大阪北部  | 204km <sup>2</sup> | *1      |

\*1 平成 17 年度中に刊行予定。

### 3. 都市域における測位

#### 3.1 測位技術の調査

都市域において利用可能な測位技術について調査した結果、以下のことがわかった（神谷・小白井，2004；神谷，2005）。

屋外においては DGPS 技術の発展，測位衛星（GLONASS, Galileo, 準天頂衛星）の追加等で，精度，測位可能性が見込まれる。また，携帯電話の基地局との間の擬似距離と GPS の擬似距離を併用した測位サービスが，一般消費者レベルで実現している。

これに対して，屋内においては，各種の技術が提案されているが，屋外における GPS のような支配的な技術が存在せず，また，一般向けのサービスも開始されていない。この中で，以下の技術が注目される。超音波測位は，現状でもサブメートルレベルの精度の測位が実現している。無線 LAN 測位は，現状でも 3 m 程度の精度の測位が実現する製品があり，公衆用等の無線 LAN 設備の整備時に測位用の設備が整備できるという利点がある。ブルートゥースあるいは UWB（ウルトラワイドバンド）を利用した測位は，技術開発の途上にあるが，これらの技術がパソコン等に普及すれば，これらの技術を用いた測位が普及する可能性がある。また，携帯電話に GPS の搭載が事実上義務化されることを考慮すると，擬似 GPS（シェードライト）が有望であり，搬送波測位を使用すれば，10cm レベルの精度も期待できる。

#### 3.2 測位に関するニーズの調査

都市域での高精度測位の利用分野について調査した結果，以下のことがわかった（神谷・小白井，2004）。広範なニーズを把握したが（表-3），ロボットの運行管理，視覚障害者の誘導，土木・建設工事等では，特に高精度の測位が必要であった。また，緊急活動の支援においては，ネットワーク等のインフラが動作しない状態下でのロバストな測位が必要である。

表-3 都市域での高精度測位の利用分野

|         |                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 防災・緊急活動 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・携帯電話からの緊急通話の発信位置の把握（E911）</li> <li>・位置付き災害情報（特に画像）の送信</li> <li>・現在位置を考慮した避難誘導</li> <li>・施設の収容容量等を考慮した避難誘導</li> <li>・人命検索（緊急時の同意無しの個人位置の特定）</li> <li>・消防士等の活動支援位置の変化による構造物被害の推定</li> </ul> |
| 産業      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・配送車両，荷物の管理，運行の最適化</li> <li>・タクシー，出前等のサービスの配送先の自動的な把握</li> <li>・外勤中の営業員等の把握と管理</li> <li>・工場内等での高価な機器・物品の場所の把握</li> <li>・杭打測量の代替，建造物設置の位置決め</li> <li>・土木作業用車両の自動運行</li> </ul>               |
| 交通      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・カーナビ（付加サービスに重点が移る）</li> <li>・運転補助，事故回避，自動運転</li> <li>・バス，鉄道の運行管理，運行状況の公開</li> <li>・歩行者ナビゲーション，移動支援，歩行者向けの店舗情報等の提供</li> <li>・除雪車の誘導</li> <li>・船舶の接岸支援</li> </ul>                           |
| 日常生活    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・子供，老人等の把握</li> <li>・盗難車両の把握</li> <li>・待ち合わせへの利用</li> <li>・位置に依存する不特定多数参加型のゲーム</li> <li>・ユビキタス環境における家電製品等に対する指示において，機器を IP や名前ではなく，場所特定する</li> </ul>                                       |

#### 3.3 Global DGP / Wide Area DGPS の検証実験

Global DGPS 技術である StarFire, Wide Area DGPS 技術である OmniSTAR VBS の精度等を検証する実験を行った（神谷ほか，2003b, 2004b）。StarFire は，米国等における固定点での連続観測では，6 ～ 8 cm の精度（平面位置，1  $\sigma$ ；以下同様）と報告されているが，10 m 以上のオフセットが生ずる場合があり，10 分程度の観測ではオフセットが解消しないことがわかった。また，アンテナを車載し，移動中の測位結果を調査したところ，StarFire の測位結果が，他の GPS 受信機の測位結果と乖離している場合が散見され，車で移動した場合の StarFire の測位結果に疑問が残った。OmniSTAR VBS の精度は，典型的には 1 m 程度であった。

StarFire の測位率（測位ができた割合）は，アンテナを車載した場合を除き，常に OmniSTAR VBS 及び海上保安庁の中波ビーコンを使用した DGPS より高かった。OmniSTAR VBS の測位率は，場所により低下したが，これは，つくば山山頂の mcAccess 無線局の影響を受けたと考えられる。

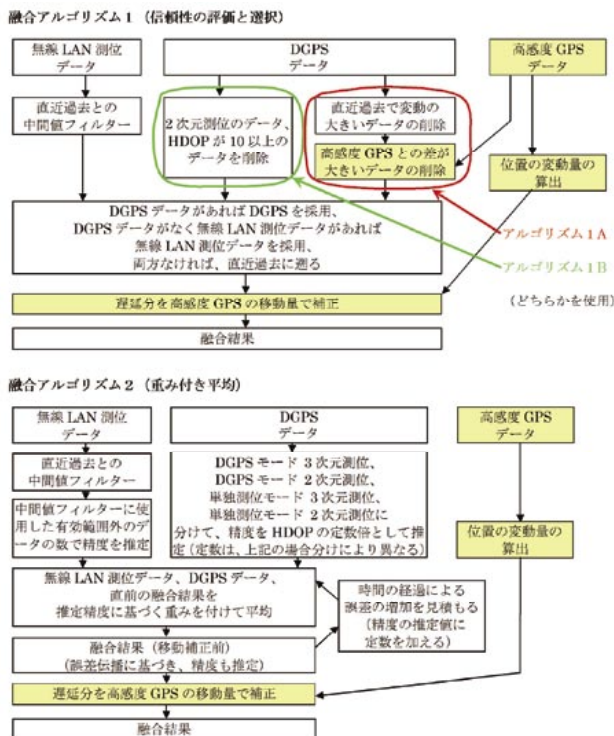
#### 3.4 無線 LAN 測位に関する研究

電波の到達時間を計測する方式の無線 LAN 測位に

ついて、GPS との併用による屋内外のシームレス測位を中心とした研究を行った。

まず、使用した無線 LAN 測位の性質を明らかにするため、以下の基礎実験を行った（神谷ほか，2004c，2005a）．アンテナ間を同軸ケーブルで結んだ状態での測位精度は 30cm 程度，電波環境のよいグラウンドでの測位精度は 1 m 程度，オフィス環境での測位精度は典型的には 3 m 程度である．実験条件は限られているが，今回の実験では，無線 LAN 測位に使用している 2.4GHz 帯の代表的な雑音源である電子レンジは，無線 LAN 測位に悪影響を与えなかった．無線 LAN 測位の精度は，マルチパスと，アクセスポイントの幾何学的配置に依存する．測位対象が歩いて移動しても，精度は低下しない．

無線 LAN 測位では，測位対象が無線 LAN 測位の有効な範囲を大きく外れても，測位結果を返し，適切な精度指標がないことが問題である．無線 LAN 測位と GPS を組み合わせた屋内外のシームレス測位の実験を行い（神谷ほか，2004d），このような条件下でも適切に動作するアルゴリズムを開発し，特許を申請した（特願 2005-295925）．アルゴリズムは，2 種類あり，その概要は，図－3 のとおりである．使用した GPS 受信機は，海上保安庁の補正データを使用した DGPS である．室内においてもある程度測位できる高感度 GPS 受信機のデータも同時に取得し，一部のアルゴリズムでは，これを併用した．融合結果の精度を表－4 に示す．



図－3 無線 LAN 測位と GPS を組み合わせた屋内外のシームレス測位のアルゴリズム

表－4 無線 LAN 測位と GPS を組み合わせた屋内外のシームレス測位の精度

| 方法        | 高感度 GPS の使用 | 平面位置の誤差    |       |
|-----------|-------------|------------|-------|
|           |             | 1 $\sigma$ | 最大    |
| 無線 LAN 測位 |             | 6.4m       | 23.8m |
| DGPS      |             | 11.5m      | 40.8m |
| 高感度 GPS   |             | 30.5m      | 40.7m |
| アルゴリズム1A  | 使用しない       | 5.3m       | 15.0m |
|           | 使用する        | 4.1m       | 11.8m |
| アルゴリズム1B  | 使用しない       | 3.8m       | 10.6m |
|           | 使用する        | 3.7m       | 9.4m  |
| アルゴリズム2   | 使用しない       | 3.6m       | 9.2m  |
|           | 使用する        | 3.6m       | 8.6m  |

また，無線 LAN 測位と GPS に，IC タグを組み合わせ，無線 LAN 測位と GPS の切り替え，無線 LAN 測位のエリアの切り替え，無線 LAN 測位と GPS でともに測位しにくい場所でのスポット的な測位に利用することにより，精度が向上することを確認した（神谷ほか，2005c）．

#### 4. 都市型 GIS の現状

以上，本研究の直接の成果について簡単に説明したが，ここでは，本研究が目指した都市型 GIS を構成する技術要素の状況を概観する．都市型 GIS の構成要素は，基盤的な地理情報，アプリケーションソフト及び関連する地理情報，携帯型端末，シームレスな測位である．アプリケーションソフト及び関連する地理情報は，多岐に渡るため，ここでは，基盤的な地理情報，携帯型端末，シームレスな測位について述べる．

##### 4.1 基礎的な地理情報

基礎的な地理情報のうち，地盤高データについては，本研究等で3大都市圏等のデータが整備された．街区レベル位置参照情報（街区の代表点の座標）は，都市計画区域の整備が終了していた．建物，道路については，主要都市で住宅地図レベルの詳細なデータが販売されている．以上，都市圏においては，建物を識別するレベルの地理情報が整備されている．一方，地下街や公共施設内といった建物内部を識別するための地理情報は，個々の案内図は作成されているが，系統的な整備はなされていない．

##### 4.2 携帯型端末

現在，携帯電話にはテレビの視聴から決済まで，多岐にわたる機能が実装されており，個人用総合携帯型端末としての性格を有している．国内での個人普及率 70% である（総務省統計局，2005；電気通信事業者協会，2005）．2007 年 4 月以降に新たに発売される第 3 世代携帯電話に緊急通話のための発信者

位置検出機能が必要となり（総務省，2004），携帯電話へのGPS受信機の搭載が事実上義務化される。また，屋内測位に利用可能な無線LAN，あるいはBluetoothのインターフェースを搭載した携帯電話も発売されている。従って，携帯電話は，都市型GISの携帯端末としては，まず，携帯電話で実現される可能性が高い。

一時期普及したPDA（通話機能を有しない個人用の携帯情報端末）は，現在，携帯電話とパソコンの間に挟まれて低迷しており，メーカーの撤退が相次いでいる。2004年の全世界の出荷台数は，ピークの2001年と比較して63%に減少している（IDC，2005）。汎用的なPDAが都市型GISの携帯端末として利用可能性は低いと考えられる。一方，PDAは携帯電話より設計の自由度が高いため，特定用途向けの都市型GISの携帯端末として利用される可能性は残っている。

#### 4.3 シームレスな測位

屋内での測位技術，GPSと屋内測位技術を組み合わせたシームレスな測位技術は開発されており，自律移動支援プロジェクトで，位置情報サービスと併せて実証実験が行われているが，公衆用の屋内測位

サービス，屋内外のシームレスな測位サービスは，提供されていない。

#### 5. まとめ

航空レーザ測量による地盤高データの作成方法をまとめ，作業規程を作成するとともに，3大都市圏等のデータを整備した。都市域における測位ニーズと測位技術の現状を把握した。無線LAN測位とGPS等を併用した屋内外のシームレス測位のアルゴリズムを開発した。以上は，都市型GISの構成要素となる技術等である。

#### 謝 辞

本研究を実施するに当たり，海津前地理地殻活動研究センター長，松村国土交通大学校測量部長からは，研究の方向性等に関するアドバイスをいただいた。日立産機システムの藤井健二郎位置情報システム部長からは，実験の企画段階で貴重なアドバイスをいただいた。広報公聴室には，実験場所として地図と測量の科学館を提供していただいた。宇宙測地研究室の宗包研究官には，GPS等について教えていただいた。その他，多くの国土地理院職員から協力と意見をいただいた。ここに記して謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- 阿久津修，福島康博（2003）：数値地図5mメッシュ（標高）データの刊行について，平成15年日本国際地図学会定期大会研究発表予稿集，24-25。
- Akutsu Osamu, Ohota Masataka, Isobe Tamio, Ando Hisamitsu, Noguchi Takahiro, and Shimizu Masayuki (2005): Development of High Precision Digital Elevation Data taken by Airborne Laser Scanner and their Utilization, Bulletin of the Geographical Survey Institute, 52.
- 電気通信事業者協会（2005）：契約数，平成17年10月末現在，<http://www.tca.or.jp/japan/database/daisu/yymm/0510matu.html> (accessed 6 Dec. 2005)。
- 福島康博，磯部民夫（2004）：航空レーザ測量による三次元精密標高データの整備について，地図研ニュース，9，21-29。
- IDC(2005)：Worldwide Handheld Market Experiences Third Straight Year of Decline, According to IDC, [http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=pr2005\\_01\\_28\\_185111](http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=pr2005_01_28_185111) (accessed 6 Dec. 2005)。
- 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，発表論文集・資料集，94。
- 神谷泉（2005）：測位技術の調査とICタグ，UWBの測位への応用，国土地理院時報，106，31-36。
- 神谷泉，小白井亮一（2004）：高精度測位技術の現状とその利用分野に関する調査，国土地理院時報，103，73-88。
- 神谷泉，小白井亮一，福島康博，山後公二（2003a）：都市再生のための精密三次元空間データ利用技術に関する研究（第1年次），平成14年度調査研究年報，183-184。
- 神谷泉，小白井亮一，神崎政之，柿本英司（2003b）：都市部の測位技術に関する調査，日本写真測量学会平成15年度秋季学術講演会発表論文集，9-12。
- 神谷泉，小白井亮一，福島康博，磯部民夫，佐藤敏郎（2004a）：都市再生のための精密三次元空間データ利用技術に関する研究（第2年次），平成15年度調査研究年報，173-176。
- 神谷泉，小白井亮一，神崎政之，柿本英司（2004b）：Wide Area/Global DGPSの測位率と精度に関する検証実験，写真測量とリモートセンシング，43(5)，49-61。
- 神谷泉，小白井亮一，増田亮太，清野憲二，神田秀彦，羽場純（2004c）：無線LANを使用した室内測位，日

本写真測量学会平成 16 年度年次学術講演会発表論文集, 27-28.

神谷泉, 小白井亮一, 増田亮太, 清野憲二, 神田秀彦, 羽場純 (2004d): 無線 LAN と GPS による室内外のシームレス測位, 日本写真測量学会平成 16 年度年次学術講演会発表論文集, 25-26.

神谷泉, 小白井亮一, 増田亮太, 清野憲二, 神田秀彦, 羽場純 (2005a): 無線 LAN 測位に関する基礎実験とその評価 — いつでもどこでも可能な測位環境の確立に向けて —, 写真測量とリモートセンシング, 44(4), 4-15.

神谷泉, 小白井亮一, 増田亮太, 神田秀彦, 羽場純 (2005b): GPS, 無線 LAN, IC タグを併用した測位, 日本写真測量学会平成 17 年度年次学術講演会発表論文集, 247-279.

神谷泉, 小白井亮一, 増田亮太, 神田秀彦, 羽場純 (2005c): 無線 LAN 測位, GPS との融合, IC タグとの併用 — 屋内外のシームレス測位 —, CSIS DAYS 2005 全国共同利用研究発表会研究アブストラクト集, 39.

神谷泉, 小白井亮一, 太田正孝, 磯部民夫, 阿久津修 (2005d): 都市再生のための精密三次元空間データ利用技術の開発 (第 3 年次), 平成 16 年度調査研究年報, 219-222.

国土地理院 (2005): 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), 国土地理院技術資料 A・1 - No. 310, <http://psgs.v.gsi.go.jp/koukyou/re-za/kouku.pdf> (accessed 13 Jan. 2006).

国土交通省河川局 (2004): 河川分野における航空レーザ測量による三次元電子地図作成指針.

佐藤敏朗 (2004): 航空レーザ測量による数値地図 5 m メッシュ (標高) データ作成作業について, 地理調査部技術ノート, 22, 87-95.

総務省 (2004): 携帯電話からの緊急通報における発信者位置情報通知機能に係る技術的条件の策定, 情報通信審議会からの一部答申, [http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040630\\_10.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040630_10.html) (accessed 20 Oct. 2005).

総務省統計局 (2005): 人口推計月報, 平成 17 年 11 月概算値, <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2.htm> (accessed 6 Dec. 2005).

#### 特 許 出 願

神谷泉, 2005 年 2 月 16 日出願, 特願 2005-38979, IC タグの取り付け機構.

神谷泉, 2005 年 10 月 11 日出願, 特願 2005-295925, 無線 LAN 測位と GPS 測位とを併用した移動体の連続的測位方法及び装置, 並びに移動体の連続的測位プログラム.