

電子基準点網等の海外展開のための検討

実施期間	平成 28 年度
企画部	今給黎 哲郎
企画部国際課	藤村 英範 阿久津 修 浅野 妙子 野口 正子 安藤 由枝 雨貝 知美 塩谷 俊治

1. はじめに

国土地理院では、従前から途上国に対しての技術協力を行っているが、政府の「インフラシステム輸出戦略」、国土交通省の「インフラ海外展開についての行動計画」、内閣府が設置した「宇宙システム海外展開タスクフォース」及び内閣官房の地理空間情報活用推進会議での議論を踏まえ、高精度測位社会の海外展開に向けた活動を近年精力的に実施している。具体的には、ASEAN 地域、特に、タイ・ミャンマーでの協力案件の形成のため検討及び実施を行っているが、新たな活動との相乗効果により、従前から実施していた国際協力機構（JICA）研修員の受入れ、相手国政府関係者の来訪対応、専門家等の派遣も前年に比べ活発となっており、これら業務を効率的かつ効果的に実施するため検討を行っている。

2. 技術協力の形成

タイに対しては、相手国での地理空間情報に関するイベントや日・タイの政府間対話の機会に適切なレベルの国土地理院職員を派遣し、電子基準点関係機関との間で個別の調査・協議を行ったほか、セッションの座長を務めたりタイ政府高官への働きかけに貢献したりするなど、案件形成のための活動を行った。

また、ミャンマーに対しては、ミャンマー政府高官の来日機会を活用し、国土地理院職員からレクを行う等、案件形成のための活動を進めてきた。その結果、2017年3月にはネピドーで電子基準点・衛星利用に関する閣僚級セミナーが日本の主催により実施され、国土地理院職員が講演を行うとともに、ミャンマー政府及び地域政府高官との協議を行うに至っている。

国土地理院職員の渡航に際しては、円滑・安全な移動や宿泊をサポートするとともに、協議相手に対して組織的に働きかけを行うため、出張の留意点や先方との協議事項をまとめた「ロジサブブック」を国際課で整備し、出張者への支援を行った。

3. 海外展開に必要な環境の整備

平成 27 年 3 月に締結された日本・ベトナム間の測量分野の技術協力の覚書を踏まえ、ベトナム測量・地図作成局とのウェブ会議の実施を追求している。また、国連地球規模の地理空間情報管理に関する専門家委員会や国際標準化機構において、ウェブ会議が多数活用される状況となっている。これらの状況を踏まえ、今後海外展開を含む国際業務を円滑に進めるためのツールとして、ウェブ会議環境を構築した。国際業務のためのウェブ会議システムは、当該分野で国際的に通用しているウェブ会議システムとの互換を図る見地と、専門家間の技術的に詳細な対話を支援する見地から、災害対応用のウェブ会議システムとは別に、平成 28 年度の発注で新たに構築した。この中で、外国との通信は院

内業務用の通信と切り離すよう、院内 LAN とは別途のインターネット接続サービスに接続された Wi-Fi 常時接続環境を構築することとした。これにより、院内の業務用ネットワークの帯域を圧迫せず、情報セキュリティを確保しつつ、研修員を含む海外からの来訪者に通信の便を提供することが可能となった。

4. JICA 課題別研修の実施

JICA 課題別研修「国家基準点管理の効率化と利活用コース」及び「国家測量事業計画管理コース」を実施した。研修では、研修員とのテーマの検討、レポートのディスカッション、技術的なアドバイスをを行っているが、これらに加え、今年度は新たな試みとして、研修員とカリキュラム案について話し合う場を設けた。ここで得られた意見は今後の研修に活用する。さらに、研修室の改善を行った。具体的には混在していた備品を整理し、調整の上で不要備品の廃棄を行った。また、3.で整備した Wi-Fi 常時接続環境を活用し、研修中の研修員出身機関との連携を高めるとともに、院内 LAN と切り離されたネットワークで研修内のファイル共有を行うことで、セキュリティを確保しつつ、より高度なコンテンツの共有が図れるようになった。

5. 広報・情報発信

5.1 「国土地理院概要」英語版の整備

例年どおり「国土地理院概要」の英語版を作成した。「国土地理院概要」英語版は、「国土地理院概要」日本語版の逐語訳により作成してきたが、日本語版のターゲットが若い世代の国民にフォーカスされてきた現状を踏まえ、英語版のターゲットである地理空間情報分野の専門家にとって伝わりやすい資料となるよう、必要に応じて英訳箇所を絞り、ポイントが明確となるように工夫した。

5.2 SNS 及び国土地理院ウェブサイト英語版

国土地理院企画部国際課が運営し、英語で発信する SNS アカウントを Twitter, Facebook, LinkedIn, Speakerdeck 及び GitHub に作成した。発信のターゲットである他国の地理空間情報専門家にリーチするために、幅広いサービスを選択した結果である。これら複数のアカウントに同時発信できるよう、Buffer と称するサービスを活用している。

国土地理院ウェブサイトの更新は、これら SNS にも発信されるように工夫した。Speakerdeck 及び GitHub については、地球地図プロジェクトに関する活動において活用を行った。

5.3 南極地理空間情報サイト

南極の地理空間情報のウェブサイトについて定期的な更新を行った。また、セキュリティを強化する見地から、サーバを国土地理院ウェブサイト本体の CMS と統一できるよう、準備を進めている。

5.4 来客記念品の更新

海外来客用記念品として、従前は日本文化を紹介する観点の既製品を購入していたが、これに加え、富士山付近の標高タイルを利用した「3D クリスタル」を新たに制作した。国土地理院のロゴ及びデータが明示的に使用された希少性のある記念品となっており、従前の既製品と比較してコストを抑えることもできている。

6. まとめ

国土地理院で国際業務に割けるリソースは限られている。そのリソースを十分に活用し、個別の活動を相互に連携させ、関係部署と連携し、本邦の優れた地理空間情報技術を海外に展開していきたい。

平成 28 年度地理情報標準に関する調査検討業務

実施期間	平成 28 年度
企画部技術管理課	北浦 一輝 高野 和友 稗田 かや

1. はじめに

地理空間情報の利活用を推進するためには、異なるシステム間でのデータの互換性や品質の確保のための標準化が不可欠である。国際的な取組として、国際標準化機構（以下「ISO」という。）の地理情報に関する専門委員会（以下「ISO/TC 211」という。）においてデータの定義、構造、品質及び記録方法を定めた国際規格が策定されている。

国土地理院では、その国際規格及びそれに準拠した日本工業規格（以下「JIS」という。）の中から必要な部分を取り出して体系化した「地理情報標準プロファイル」（以下「JPGIS」という。）を、平成 11 年度に官民共同研究により作成し、その後、国際規格及び国内規格との整合を保つため調査・検討を行いながら随時更新している。

平成 28 年度は、ISO/TC 211 に関する動向調査、JIS に関する動向調査及び新技術に対応した製品仕様書等 JPGIS 準拠のための資料作成等を行い、その結果を報告書に取りまとめた。

2. 調査検討内容

2.1 ISO/TC 211 に関する調査

年 2 回のペースで開催されている総会における決議、ISO/TC 211 内で扱われている N 文書（規格原案等）及び ISO/TC 211 の Web サイト等より ISO/TC 211 の活動状況に関する情報を収集するとともに、制定後 5 年以内ごとに改正や廃止の必要性について定期的に見直しを行うとされている ISO/TC 211 の既存の国際規格の検討状況や新規作業項目の動向等について調査した。併せて、ISO/TC 211 の関連委員会や関係団体の動向について調査した。

2.2 地理情報の JIS に関する調査

平成 24 年度に設置された 3 つの JIS 原案作成分科会について活動状況を調査した。また、JIS は制定後 5 年以内ごとに改正や廃止の必要性について定期的に見直しを行うとされているため、平成 28 年度の定期見直しの検討状況について調査した。

2.3 新技術に対応した製品仕様書等 JPGIS 準拠のための資料作成

平成 28 年 3 月 31 日改正の作業規程の準則（以下「準則」という。）に追加された車載写真レーザ測量、UAV を用いた公共測量マニュアル（案）（以下「UAV マニュアル」という。）に対応した製品仕様書や品質評価表等を JPGIS に準拠させるために必要な各種資料のサンプルを作成した。

3. 調査検討結果

3.1 ISO/TC 211 に関する調査

平成 28 年度の ISO/TC 211 においては、6 つの国際規格（IS）又は技術仕様書（TS）が新規に発行又は改正され、28 項目の規格について新規制定もしくは改正に向けた作業が行われた。

改正が行われた規格のうち、「ISO 19110 (地物カタログ法)」は JIS 化され JPJIS で引用されている。現時点では、日本において地物カタログはあまり使用されていないため、JIS X 7110 の存続の必要性も含めて改正について検討する必要がある。また、JMP2.0 の改正の際に、引用することが検討されている「ISO/TS 19115-3 (メタデータ-第 3 部：メタデータ基本の XML スキーマ実装)」について技術仕様書が発行された。

作業が行われた規格の中には、JIS 化され JPJIS で引用されている「ISO 19107 (空間スキーマ)」、「ISO 19111-1 (座標による空間参照)」、「ISO 19112 (地理識別子による空間参照)」、「ISO 19123-1 (被覆の幾何及び関数のためのスキーマ)」、「ISO 19131 (データ製品仕様)」や「日本版メタデータプロファイル」(以下「JMP2.0」という。)の改正の際に取り込むことが検討されている「ISO 19115-2 (メタデータ-第 2 部：取得と処理のための拡張)」も含まれているため、今後の動向に注視していく必要がある。

平成 28 年度の ISO/TC 211 総会は第 42 回がトロムセ (ノルウェー)、第 43 回がレッドランズ (米国) で開催された。各総会の詳細は、下記のとおりである。

3.1.1 ISO/TC 211 第 42 回総会及び関連会議

平成 28 年 6 月 13 日～17 日の 5 日間、トロムセ (ノルウェー) において開催され、日本からは、藤村英範団長 (国土地理院)、プルス・リース氏 (JIPDEC:一般財団法人日本情報経済社会推進協会) 及び郡司哲也氏 (同左) の計 3 名が参加した。主な決議内容は以下のとおりであった。

- ① 新規作業項目 (NP) として次の項目が承認された。
 - 19166 BIM から GIS への概念的マッピング
 - 19161-1 測地参照
 - 19157 Amd.1 データ品質 (追補 1)
 - 19111-1 座標による空間参照 - 第 1 部
 - 19116 測位サービス
 - 19123-2 被覆の幾何及び関数のためのスキーマ - 第 2 部：被覆の実装スキーマ
 - 19160-2 アドレッシング - 第 2 部：住所付定の好例
 - 19131 データ製品仕様
 - 19142 ウェブ地物サービス
 - 19143 フィルター符号化
- ② 次の項目の定期見直し (SR) で「改正」が承認された。
 - 19146 領域間共通語彙
- ③ ISO/TC 211 から第 6 回地球規模の地理空間情報管理に関する専門家委員会 (UN-GGIM6) への代表に 3 名指名。
- ④ ISO/TC 211 の新幹事国へは中国、スウェーデン、トルコが立候補していたが、TMB 決議 66/2016 に基づいてスウェーデン標準化機構 (Swedish Standards Institute) が選出された。

3.1.2 ISO/TC 211 第 43 回総会及び関連会議

平成 28 年 11 月 28 日～12 月 2 日の 5 日間、レッドランズ (米国) において開催され、日本からは、藤村英範団長、プルス・リース氏、郡司哲也氏、太田有紀氏 (公益財団法人日本測量調査技術協会) 及び北浦一輝 (国土地理院) の計 5 名が参加した。主な決議内容は以下のとおりであった。

- ① 新規作業項目 (NP) として次の項目が承認された。

- 19160-3 アドレッシング - 第3部：住所データの品質
 - 19150-4 オントロジ - 第4部：サービスオントロジ
 - 19115-1：2014 メタデータ - 第1部：基本（追補）
- ② 次の項目の定期見直し（SR）で「改正」が承認された。
- ISO 19105：2000 適合性と試験
- ③ 次の団体と内部リエゾンを結んだ。
- TC 20/SC 14（宇宙システム及び運用）
→ cm 級測位に関する日本提案規格 ISO 18197（Space systems–Spacebased services requirements for centimetre class positioning）を所管
- ④ BIM との連携に関し、ノルウェー・英国共同で TC 59/SC 13 との共同作業部会での検討プロジェクトの提案をする準備をしていることを発表。次回総会（スウェーデン）にてワークショップを開催する予定。
- ⑤ ITS との連携に関し、ISO/TC 204（高度道路交通システム）との新たな共同タスクフォース設置を迫及する。
- ⑥ 次期総会は、2017年5月29日～6月3日にストックホルム（スウェーデン）で開催する。

3.2 地理情報の JIS に関する調査

平成 28 年度は、原案作成中の 3 規格（表-1）について、JIS 原案作成委員会は開催されなかった。なお、事務局によれば来年度は速やかに JIS 化プロセスを再開するとしている。

表-1 平成 28 年度の JIS 原案作成状況一覧

	規格番号	規格名称	状況
1	JIS X 7115-1	メタデータ-第1部： 基本（改正）	分科会にて原案策定中
2	JIS X 7118	符号化	分科会にて原案策定中
3	JIS X 7157	データ品質	分科会にて原案策定中

また、平成 28 年度は 1 つの規格（表-2）において見直し調査を行った。JIS X 7123 は比較的近年に発行されており、原規格である ISO 19123-1 も改正作業が始まったばかりであり、改正内容も未定であるため、現時点では暫定的確認となっている。

表-2 平成 28 年度に日本規格協会の見直し調査があった JIS 規格

	規格番号	規格名称	制定日	状況	原規格
1	JIS X 7123:2001	被覆の幾何及び関数のためのスキーマ	2012-5-25	暫定的確認	ISO19123:2000

3.3 新技術に対応した製品仕様書等 JPGIS 準拠のための資料作成

近年の測量技術の進歩により新たな測量手法が開発され、多様な測量結果が得られるようになった。例として、車載写真レーザ測量は平成 28 年 3 月 31 日改正の準則に追加され、また、UAV 測量に関しても平成 28 年 3 月 30 日に UAV マニュアルが制定されたところである。

これら新技術のさらなる普及のためには、測量成果のデータ構造を記述した製品仕様書のサンプルを作成することが求められている。そのため、平成 28 年度は、公共測量における車載写真レーザ測量と UAV 測量によって得られるそれぞれの測量成果に対し、JPGIS に準拠した製品仕様書及びそれに定められた品質を評価するための品質評価表の内容に関する検討を行い、それらのサンプルを作成した。

4. 結論

ISO 及び JIS に関しての調査では、ISO/TC 211 の幹事国の交代に伴い、ISO/TC 211 内で各規格の技術的な部分に関する議論があまり進まなかったこともあり、特に目立った動きは見られなかった。しかしながら、幹事国の交代が欧州内部で問題なく行われた結果、ISO/TC 211 における欧州の影響力が強まる可能性があるため、今後もそれぞれの規格が日本に不利なものとならないよう注視していく必要がある。

JPGIS の関連としては、JMP2.0 で引用されている ISO 19115 シリーズの規格の発行が予定されており、その内容にあわせた JMP2.0 の改正も検討する必要がある。

また、新技術に対応した製品仕様書等の資料作成に関しては、JPGIS に関する知識のない利用者においても作業が円滑に行えるように製品仕様書等のサンプルを作成しその普及に努めているところであるが、その本質を広く理解させるためには、JPGIS そのものの普及をこれまで以上に進める必要がある。特に UAV 測量に関しては、その性能や可能性については検討段階であり、現時点では UAV を用いた公共測量の実績も少ない。今後、測量における UAV の利用が進み、マニュアルが大幅に改正されることも予定されており、その際は製品仕様書及び品質評価表について再検討する必要がある。

平成 28 年度公共測量に関する課題の調査検討業務

実施期間	平成 28 年度
企画部技術管理課	橋本 栄治
企画部	倉田 一郎
企画部測量指導課	水越 博子 大中 泰彦

1. はじめに

これまで、公共測量に関する課題の調査検討業務では、公共測量作業規程の準則（平成 20 年国土交通省告示第 413 号、以下「準則」という。）で規定されている標準的な作業方法などについて、最新の測量技術の動向を踏まえ作業方法や観測精度の見直しなどの調査検討を行ってきた。平成 28 年度は、i-Construction で推奨されている ICT 土工や建造物の維持管理などで三次元点群データのニーズが高まってきていることから、地上レーザスキャナ（以下「TLS : Terrestrial Laser Scanner」という。）を用いた標準的な作業方法などを規定したマニュアルの作成を行うとともに、準則に基づく各種測量で整備される三次元点群データに関する精度の定義や確認方法等について整理を行った。

なお、本業務で作成されたマニュアルは、準則第 17 条第 3 項を適用して公共測量に用いることが出来るマニュアルである。

2. 調査検討の概要

本業務においては、以下の業務を行った。

- (1) 準則に関する課題の調査検討
- (2) 調査検討委員会の設置及び運営
- (3) 調査検討業務報告書の作成

(1) 準則に関する課題の調査検討

①準則第 17 条第 2 項を適用して実施された地上レーザ測量のマニュアルや民間事業者が独自に整備した地上レーザ測量の作業マニュアル等を幅広く情報収集し、これらを踏まえて公共測量（工事測量を含む）で利用できる標準的な地上レーザ測量マニュアルの整備を行った。

なお、情報収集は、本業務の結果が UAV 搭載によるレーザ測量のマニュアル整備の際にも応用されることを想定して行った。

②準則に規定されている測量種別ごとの精度の考え方を整理するとともに、準則第 149 条第二号で規定されている車載写真レーザ測量における「三次元点群データ」及び準則第 345 条第 2 項第一号で規定されている航空レーザ測量における「オリジナルデータ」について、点群データの精度の定義、精度確認方法等の下記のとおり整理した。なお、②における整理の結果は、①で整備する地上レーザ測量マニュアルにおける精度の定義、精度管理方法等にも反映させた。

・三次元点群データ

三次元点群データの精度を考えるにあたっては、車載写真レーザ測量で得られる点群データにおける精度管理の考え方を整理した。具体的にはレーザ計測によって得られる数値図化用データ（これは車載写真レーザ測量システムの機構上、各点群の座標が得られる）と、現地に設置した調整点（移動取得とは独立に座標を求めておく）の差を比較することで、三次元点群データの精度を求めることが

できる。必要な精度を満たしていない区間のデータについては、再移動取得又は調整点による調整処理を行って精度を確保する。

- ・オリジナルデータ

オリジナルデータの精度を考えるにあたっては、航空レーザ測量で得られる三次元計測データにおける精度管理の考え方を整理した。具体的には、航空機からのレーザ計測で得られた三次元計測データ（所定の格子間隔と同一半径の円又は2倍辺長の正方形内の計測データを平均したもの）と、現地に設置された調整用基準点（航空レーザ計測とは独立に座標を求めておく）の差を比較することで、オリジナルデータの精度を求めることができる。必要な精度を満たしていないデータの場合は、再測又は再計算を行って精度を確保する。

上記2つの例から、点群データの精度は、調整点や調整用基準点として現地に設置する独自の座標を持った基準点の精度に依存するものと考えられる。

(2) 調査検討委員会の設置及び運営

調査検討委員会を平成28年12月15日、平成29年1月27日及び2月14日の3回開催した。

(3) 調査検討業務報告書の作成

調査検討された事項及び検討委員会における地上レーザ測量マニュアル案に反映された検討事項について簡潔にまとめた。代表的な検討事項としては、下記のとおりである。

- ・観測条件について

TLSの観測条件として、当初は地図情報レベルとレーザ光が地上に当たったときの大きさ（スポット径）の大きさを規定していたが、スポット径よりも放射方向の観測点間隔及び入射角で規定することとした。

- ・座標変換について

TLSで観測した三次元観測データを測地座標系に変換することでオリジナルデータを作成する。その座標変換の手法について、①相似変換による方法、②後方交会による方法、③器械点と後視点による方法、④多角測量と類似の方法の4つの方法を提示したが、④についてソフトウェアで対応できないことから①から③までの方法を規定した。

- ・三次元点群データの標高較差の許容範囲と観測条件について

三次元点群データを作成する際の観測条件として、器械高を1.5mと仮定し、50m先（入射角1.7度）が数mmで観測できることを基準として、標高較差の精度と放射方向の観測点間隔と入射角を規定した。

3. 結論

本業務での調査検討により、「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」を作成した。これにより、公共測量で地上レーザスキャナが活用されるようになるとともに、建設現場の生産性向上を目指すi-Constructionの推進に資すると期待される。また、精度の考え方の整理を行ったことで、次回の準則改定の基礎資料として活用できる。

今後は、「GNSS測量による標高の測量マニュアル」や「マルチGNSS測量マニュアル（案）」等について準則に取り込むことを検討したい。

地上レーザ測量マニュアル（案）の実証実験

実施期間	平成 28 年度～平成 29 年度
企画部技術管理課	橋本 栄治 島田 信也
	吉川 忠男
企画部	倉田 一郎

1. はじめに

レーザ光を用いた測量システムとしては、トータルステーション、航空レーザ測量システム及び車載写真レーザ測量システムによる測量の標準的な手順が、既に現行の作業規程の準則に規定されている。

これに加えて公共測量において地上レーザ測量を実施できるようにすること及び i-Construction 推進の一環として三次元点群データの活用により建設現場の生産性向上を目指すことを目的として、平成 28 年度公共測量に関する課題の調査検討業務において、作業規程の準則第 17 条第 3 項に適用できる「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）」（以下「本マニュアル」という。）を作成した。

本マニュアルをより実態に即した規定内容にするため、企画部技術管理課は金沢工業大学が実施している K.I.T.空間情報プロジェクトの内、地上型レーザ計測イノベーション勉強会のマニュアル WG と共同研究協定を締結して地上レーザ測量マニュアル（案）の課題の抽出と、抽出した課題に関する実証実験を行い、今後の改定に向けた検討を行うものである。

2. レーザ測量システムの特徴

レーザ光は、干渉性（2つの光が干渉縞を作ることができることをいい、「コヒーレンス」とも呼ばれる）に優れ、狭帯域かつ、光を特定の方向に集中できる指向性や光を一点に集中する収束性が極めて良い波動である。また、変調したレーザ光やパルスを物体に照射し、反射光の位相を観測したり往復時間を観測したりすることにより、正確に距離を観測できる。

この距離が正確に観測できるという特性は測量にも有効で、トータルステーションや航空レーザ測量システム、車載写真レーザ測量システム、地上レーザスキャナ等の測量機器にも利用されている。トータルステーションでは、観測対象に指向性の高い収束光を照射して、収束光の照射方向角と観測対象までの距離を同時に観測することで、測距と測角を一度に行っている。一方、航空レーザ測量システムや車載写真レーザ測量システムに搭載されている機器は、航空機や車の進行方向に直交する方向の横断測量を行うようにレーザ光を照射すると同時に、航空機や車を移動させることによって下方や周囲に存在する地形・地物までの方向と距離を観測し、三次元の点群として表現を取得している。また、地上レーザスキャナ（以下「TLS : Terrestrial Laser Scanner」という。）は、トータルステーションが観測対象を視準して 1 方向ずつ観測するのに対し、レーザ光を照射しながら、レーザ光源からの光を前方に反射させるプリズムや機械本体をそれぞれ鉛直方向や水平方向に回転させることで、短時間に大量回数の観測を半自動的に行う。これにより、対象地域の三次元的形状を得ている。

3. 研究内容

本共同研究では、本マニュアルの規定内容に関して、以下の課題を抽出した。

平成 28 年度公共測量における新技術の現況調査

実施期間 平成 28 年度
企画部測量指導課 水越 博子

1. はじめに

平成 28 年 3 月に「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」（以下「本マニュアル」という。）を制定したが、本マニュアルは UAV による空中写真を用いた測量を対象としており、レーザスキャナを用いた測量の方法は規定していない。UAV にレーザスキャナを搭載して公共測量を実施する場合には、作業規程の準則（平成 20 年国土交通省告示第 413 号）第 17 条に則り、使用する機器を用いた測量方法での精度を検証し、その結果報告と専用の作業マニュアルを作成する必要がある。

平成 28 年度には、レーザスキャナを搭載した UAV による公共測量が 1 件実施された。また、実施には至らないものの、レーザスキャナを搭載した UAV による公共測量を実施するためには何をすればよいのか、という問合せも複数寄せられている。

今後、レーザスキャナを搭載した UAV を用いた公共測量のマニュアル整備の要望も考えられるが、マニュアル整備のためには、市場に流通している機器の精度や計測の限界、活用事例を把握する必要がある。そこで、これらの情報を把握するために、平成 28 年度公共測量における新技術の現況調査（以下「本業務」という。）を実施した。本業務では、公共測量に活用が可能な新技術の内、レーザスキャナを搭載した UAV を用いた公共測量のマニュアル作成に必要な資料の調査を行った。

2. 現況調査の内容

本業務では、レーザスキャナを搭載した UAV を用いた公共測量に活用し得る機器や事例の資料を収集し、現況調査を行った。

まずは、市場で流通している機器等についての調査であり、UAV 搭載型のレーザスキャナ、IMU（慣性計測装置）、レーザスキャナ及び IMU を搭載できる UAV について、資料を収集した。その際、国内外、固定翼・回転翼を問わず、主に実用段階のものを対象とした。

次に、レーザスキャナ及び IMU を搭載した UAV による測量の活用事例等についての調査であり、国内の学術雑誌、業界誌、報道記事、取扱い各社の報告等から、活用事例や UAV を用いた写真測量等との精度の比較に関する資料を収集した。

2.1 市場で流通している機器等の現況調査

本業務では、レーザスキャナを搭載した UAV を用いた公共測量に使用することを前提として、レーザスキャナ、GNSS/IMU、UAV の調査を行った。

UAV に搭載可能なレーザスキャナについては、メーカー、国内取扱店、レーザーシステムの名称、大きさ、重量、レーザ発射レート、スキャンレート、計測距離、精度等を調査した。

UAV に搭載可能な GNSS/IMU については、メーカー、国内取扱店、システム構成、大きさ、重量、消費電力、測位精度、速度精度、姿勢精度等を調査した。

レーザスキャナ及び GNSS/IMU を搭載できる UAV については、メーカー、国内取扱店、大きさ、重量、飛行時間、スピード等を調査した。

表-1 は、UAV に搭載可能なレーザスキャナの資料の一部をもとにした表である。

表-1 UAVに搭載可能なレーザスキャナの一例

メーカー	RIEGL		Velodyne LiDAR		
名称	RIEGL VUX-1 UAV	RIEGL miniVUX-1 UAV	Puck LITE™ VLP-16	Puck™ VLP-16	HDL-32E
測距精度	10 mm	15 mm	±3 cm	±3 cm	±2 cm
最長測定距離	920 m (自然物ターゲット反射率 60%) 550 m (自然物ターゲット反射率 20%)	250 m (自然物ターゲット反射率 60%) 150 m (自然物ターゲット反射率 20%)	100 m	100 m	100 m

2.2 レーザスキャナを搭載した UAV による測定の活用事例等の現況調査

本業務では、国土地理院において、レーザスキャナを搭載した UAV による公共測定のためのマニュアル（案）を整備するために有用な事例を探すために、資料収集を行った。国内のプレスリリース、学会誌、業界誌に掲載された論文や報告から、レーザスキャナを搭載した UAV の活用事例を調査した。15 件程度の事例が見つかったが、詳細を論文や報告としてまとめた上で一般に公開している事例は少なかった。詳しく精度検証を行っている事例のほとんどは産業用無人ヘリコプターを使用する例であるため、価格の面から公共測量へ導入できる会社は限られる。

3. まとめ

レーザスキャナを搭載した UAV の導入は始まったばかりで、精度管理まで行っている測定の事例は極めて少ない。国土地理院において、レーザスキャナを搭載した UAV による公共測定のためのマニュアル（案）を早期に整備するためには、事例収集だけでなく、独自の検証実験が不可欠になると考えられる。

UAV を用いた公共測量マニュアル（案）における作業の効率化に関する検討

実施期間 平成 28 年度
企画部測量指導課 水越 博子 久松 文男
大中 泰彦 安藤 暁史

1. はじめに

UAV を用いた公共測量マニュアル（案）（平成 28 年 3 月）（以下「本マニュアル」という。）の制定後、多くの質問が寄せられている。また、質問だけでなく測量の条件の緩和についての要望も寄せられている。本マニュアルに沿った実証実験を、これまで国土地理院では実施していなかった。そのため、本マニュアルどおりに測量した場合や、様々な条件を変えて測量した場合についての実証実験を行い、UAV を用いた公共測量マニュアル（案）における作業の効率化に関する検討（以下「本業務」という。）を行った。

2. 作業の内容

2.1 作業の概要

本業務の内容は、準備作業（使用する機器やソフト、撮影場所の選定）、撮影作業（標定点及び検証点の設置及び観測、複数パターンの OL（オーバラップ）率及び SL（サイドラップ）率での撮影）、検討作業（カメラキャリブレーション、OL 率及び SL 率の組み合わせ、標定点配置の検討）に大別される。

なお、本業務は、UAV による空中写真を用いた三次元点群測量の検討作業であり、UAV による空中写真を用いた地形測量及び写真測量は対象外とした。

2.2 準備作業について

使用するデジタルカメラは、カメラ本体は CANON 製 EOS 5DS、単焦点レンズは EF 24mm F2.8 IS USM とし、使用する UAV は DJI 社製 S1000+とした。さらに、使用する三次元形状復元ソフトとしては、PhotoScan, Pix4Dmapper, Image Master, ContextCapture, Kuraves, TREND-POINT, Smart3Dcapture のうち、国内での利用シェアの高い PhotoScan, Pix4DMapper, ContextCapture の三つを選定した。

本業務の計測範囲は、「ほぼ平坦な裸地」、「三次元データ取得範囲の面積 0.02km² 以上」、「一部に 10m 程度の起伏がある」という条件を満たす場として、宮城県東松島市野蒜洲崎地内の一部を選定した。

2.3 撮影作業について

現地において、三次元点群データの取得範囲に、20m 程度の格子間隔で標定点及び検証点（対空標識）を 96 点設置した。その後、TS（トータルステーション）による放射法によって、設置した全ての標定点及び検証点の観測を行った。

次に、高度 58m で、計画 OL 率 90%/計画 SL 率 40%、計画 OL 率 90%/計画 SL 率 50%、計画 OL 率 90%/計画 SL 率 60%の 3 通りの撮影を行った後、実際の OL 率（50%、60%、70%、80%、90%）×実際の SL 率（40%、50%、60%）の 15 通りの写真グループを作成した。なお、高度は、本マニュアル第 59 条解説の式「(撮影高度) = (地上画素寸法) ÷ (使用するデジタルカメラの 1 画素のサイズ) × (焦

点距離)」により決定した（本作業では、地上画素寸法 1cm, 1画素サイズ 4.1 μ m, 焦点距離 24mm）.

また、標定点及び検証点に設置した対空標識 96 枚を、14 枚（外部標定点 8 点, 内部標定点 1 点, 外部検証点 4 点, 内部検証点 1 点）まで減らした後、高度 58m, 計画 OL 率 90%/計画 SL 率 60%での撮影も行った.

2.4 検討作業について

本マニュアルで標準とされている条件（独立したカメラキャリブレーション, 計画 OL 率 90%/計画 SL 率 60%）を緩和できるか、標定点の配置が精度にどの程度影響するかについて探るため、以下の検討作業を行った。なお、作成する三次元点群の平面位置及び高さの要求精度は、検証点での較差が最大でも 0.05m を超えないものとした。

2.4.1 カメラキャリブレーションの検討

独立したカメラキャリブレーションの実施が検証点の精度（観測値とソフトによる計算値との較差。以下「精度」という。）の向上や計算時間の短縮などに影響するのかを検討した。「OL 率 90%/SL 率 60%」, 「本マニュアルで定めたとおりの標定点の配置」という条件の下で、3 種の三次元形状復元ソフトを用いて、「独立したキャリブレーションのみ」, 「セルフキャリブレーションのみ」, 「独立したキャリブレーション及びセルフキャリブレーション」の 3 通りのキャリブレーションについて、解析を行った。

「独立したキャリブレーションのみ」の場合、PhotoScan と ContextCapture では検証点における格差の最大値が 0.05m を超過した。「セルフキャリブレーションのみ」の場合、いずれのソフトでも検証点における格差は 0.05m 以内となった。「独立したキャリブレーション及びセルフキャリブレーション」の設定が可能なのは PhotoScan のみであり、検証点における格差は 0.05m 以内であるものの、「セルフキャリブレーションのみ」の方が良い結果となった。そのため、本業務では、「セルフキャリブレーションのみ」を標準とすることが適切であると判断した。ただし、この結果はこれまでに測量用カメラで得られた知見と整合しないものであることから、今後もデータの蓄積と検討の深化が必要となる。

2.4.2 OL 率と SL 率の検討

本マニュアルでは空中写真の重複度を計画 OL 率 90%/計画 SL 率 60%としているが、重複度の下限を探るため、実際の OL 率（50%, 60%, 70%, 80%, 90%） \times 実際の SL 率（40%, 50%, 60%）の 15 通りの組み合わせで、三つの三次元形状復元ソフトを用いて、解析を行い比較した。なお、解析は、「セルフキャリブレーションのみ」, 「本マニュアルで定めたとおりの標定点の配置（外部標定点 8 点, 内部標定点 1 点）」という条件の下で行った。結果、実際の OL 率について今回の実験では、50%まで下げても精度が低下しないという結果が得られた。ただし、使用した三次元形状復元ソフトによっても違いが見られること、また、ラップ率の変化で精度の連続的な低下が見られないこと（ラップ率を下げても精度が上昇する場合もあること）から、「本業務の成果のみで条件を大きく緩和することは危険である」と考えられる。

一方で、標定点及び検証点に設置した対空標識 96 枚を、14 枚（外部標定点 8 点, 内部標定点 1 点, 外部検証点 4 点, 内部検証点 1 点）まで減らした状態で撮影した空中写真を用いて検討したところ、検証点の精度が下がることが確認された。このことから、精度を確保するためには、自動マッチングできる地点（特徴点）を増やすことが重要であることが改めて確認できた。

2.4.3 標定点配置の検討

標定点の配置が精度の向上にどのように影響を与えるか検討を行った。「実際の OL 率 80%/実際の SL 率 60%」、「セルフキャリブレーションのみ」という条件の下で、標定点の配置を変えながら、つまり、外部標定点間の辺長や内部標定点の数を変えながら、解析を行い比較した。明確な傾向は得られなかったものの、標定点を多めに設置しておけば、検証点の精度が悪い場合に標定点の配置を変更することにより、検証点の精度が上がる例が確認された。また、外周に配置する標定点の外側は精度が低下することから、標定点は可能な限り計測対象範囲の外に配置することが望ましいことが確認された。

2.5 まとめ

得られた成果は、本マニュアル改正のための根拠資料として使用され、改正マニュアルは平成 29 年 3 月 31 日に一般に公開された。なお、UAV を用いた測量の精度は、計測範囲の撮影時の状況（地形、植生、天候、影など）により大きく変化する。マニュアルの改正に当たっては、国土技術政策総合研究所が実施した 5 ヶ所での実証実験における結果も踏まえ、例えば OL 率については、国土技術政策総合研究所等の意見も踏まえ、実際の OL 率 80%とすることで変更を行った。

ところで、UAV による空中写真を用いた測量については、検討を進めるべき課題が多く残っている。例えば、「独立したカメラキャリブレーションにおいて計測する数値と三次元形状復元ソフトでのセルフキャリブレーションで求める数値との関係」、「民生用カメラを用いて独立したキャリブレーションを行った場合の数値の傾向」、「標定点の配置による三次元点群データへの影響」については明確ではない。そのため、今後も UAV による空中写真を用いた公共測量の事例、関連する機器やソフト等の情報を収集するとともに、産学と協力しながら必要に応じて速やかにマニュアルが改正できるよう知見を積み重ねていく必要がある。

第 23 回 ISCGM 会合の運営及び UN-GGIM-AP 総会主催のための検討

実施期間	平成 28 年度
企画部国際課	藤村 英範 野尻 琢也 川崎 成人
応用地理部企画課	永山 透
応用地理部環境地理課	安喰 靖 笹川 啓 植田 摩耶 宗包 晃子

1. はじめに

本稿では、世界各国・地域の地理空間情報当局（NGIA : National Geospatial Information Authority）が参加している 2 つの組織の運営の検討について報告する。

具体的には、地球地図プロジェクトを実施する地球地図国際運営委員会（ISCGM : International Steering Committee for Global Mapping）の事務局として、第 23 回 ISCGM 会合の開催を含む事務局業務実施及びドメイン保持について検討を行った。また、国連地球規模の地理空間情報管理に関するアジア太平洋地域委員会（UN-GGIM-AP : Regional Committee of the United Nations Global Geospatial Information Management for Asia and the Pacific）の総会を平成 29 年度に熊本市で実施するために検討を行った。

2. ISCGM 事務局業務

2.1 スケジュール

ISCGM 会合については、第 19 回会合から地球規模の地理空間情報管理に関する国連専門家委員会（UN-GGIM : United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management）会合の日程とあわせて開催している。UN-GGIM 会合が 8 月 3 日～5 日にニューヨークの国連本部で開催されることから、その前日の 8 月 2 日に第 23 回会合を開催することを事務局として決定した。各国 NGIA に次のスケジュールで各種案内通知を行った。

- ・ 6 月 1 日 → Invitation Letter の送付（開催日の 2 月前までに通知と ISCGM 規約に定め有り）
- ・ 7 月 26 日 → Program の送付及び第 23 回 ISCGM 会合ホームページの開設案内

2.2 プログラム

地球地図プロジェクト終了に伴う最終会合となるため、20 年の活動を総括する内容とした。

① 事務局長からの地球地図プロジェクト 20 年の報告

② 国連地理空間情報課（UNGIS）とチュン委員長との地球地図データ移管手続き

③ 各国・機関からの地球地図プロジェクトの成果報告とし以下の担当者から発表を行った。

- ・ Department of Survey and Mapping（ベトナム測量地図・作成局）：Mr. Ngoc Lam Hoang
Good Practice on Capacity Building through Training Courses and Data Developing Tools for Global Map
- ・ Agence nationale de l'Aménagement du Territoire（セネガル国家地域開発公社）：Mr. Mamadou DJIGO
A look back at the Global Mapping Seminars held in Senegal for West Africa
- ・ PAIGH（汎米地理歴史研究所）：Mr. Rodrigo Barriga Vargas
From Global Map to a future Integrated Map of the Americas

・ EuroGeographics (欧州地図協会) : Mr. Mick Cory

Open Geospatial Information and its Contribution

2.3 地球地図ニューズレター特別号の発行

地球地図ニューズレター特別号を作成し、会合での配布及びホームページへの掲載を行った。内容は地球地図プロジェクトの歩みとし、年表を含めて紹介する内容とした。

2.4 iscgm.org ドメインの保持

地球地図国際運営委員会では、地球地図データ、ニューズレターの公開や会合情報を周知するため、<http://www.iscgm.org> を運営していた。地球地図プロジェクト終了に伴い当該サイトの運用を終了することとしたが、iscgm.org ドメインについては、第三者によるこれまでの目的とは合致しないような利用を通じて関係者の混乱を回避するため、内閣官房情報通信技術 (IT) 総合戦略室策定のドメイン管理ガイド (2.0 版) を踏まえ、無期限に保有を継続することとした。

3. UN-GGIM-AP 総会主催に関する検討

3.1 開催場所

第 1 回総会が 2012 年にタイで開催されて以降、イラン、インドネシア、韓国、マレーシアの順番で開催され、第 6 回が日本で開催されることになった。開催場所の選定にあたり UN-GGIM-AP の規約 5 条には「災害管理を含む地域及びグローバルな課題に対応するため、地理空間情報のタイムリーな活用及び共有を加盟国間において促進させる」と定められていることを踏まえ、「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震」の被災地である熊本市で平成 29 年 10 月に開催することとした。

3.2 開催内容

開催国である日本での災害の実例、特に開催地で発生した「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震」での国土地理院の災害対応の共有を通じて、NGIA における災害への取組を促すため、スペシャルセッションを開催する。単なる事例報告で終わるのではなく参加型とし、各国の事例を参加者全員で議論することを目的とする。進行については、国土地理院の災害対応を事例に、災害発生前～復旧の 5 段階にわけてケースストーリーを作成し議論を行う。議論の内容については、UN-GGIM-AP に設置されている災害リスク管理作業部会 (WG2) で策定中の「災害リスク軽減のための NGIA 活動のガイドライン」へ反映することも検討している。

3.3 開催準備

10 月開催に向けて、次のスケジュールで準備を行う。

4 月 4 日	オーストラリアで開催した UN-GGIM-AP 理事会での総会概要紹介
7 月上旬	熊本総会専用ホームページの開設
7 月中旬	加盟国への総会アジェンダの送付
9 月上旬	スペシャルセッション・ケースストーリーの加盟国への送付
10 月 17 日～19 日	熊本総会

4. まとめ

国際組織の運営を通じて、今後も各国 NGIA 間との国際協力を推進していきたい。