# G空間情報技術者へのメッセージ

~第四次産業革命時代に於ける私達の使命と G空間情報産業の更なる飛躍に向けて~



<sup>令和 2 年 4 月</sup> NPO 法人 全国 G 空間情報技術研究会

# NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会 理事長 碓井照子

今回で、冊子の発行は3度目になります。最初は、月刊「測量」に連載したGIS産業論の総集編で、2冊目はNPO法人全国 G 空間情報技術研究会15周年の記念号です。

NPO 全国 G 空間情報技術研究会会員の多くは地方の測量・設計業に携わっておられますが、これら多くの会員が抱いておられる測量・設計業に関する漠然とした将来への不安に、少しでも応えられるようにと今回の冊子発行を企画いたしました。

また、私の拙稿のタイトルは、「NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会は、今、何をすべきか」という少し、センセーショナルな内容です。 それは、今だからこそ、この時期を逃さずに、一丸となって弾丸のように実施する NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会の活動について詳述しています。 それは、i-Construction 政策が中盤にさしかかった今だからこそできる取り組みです。 是非、一読してください。

更に、今回は、元国土地理院長で現在は、青山学院大学教授として GIS 等の教鞭をとられている村上広史氏に 玉稿をお願いいたしました。そのタイトルは、「測量技術者の役割再考」です。測量という本来の意味は何か。測量

技術者にとってその本質にかかわるこの「問い」ですが、この問いに関する 答えとこれからの測量技術者の在り方について論理的に詳述されています。こ の論文で、将来に光明を見いだす測量技術者の方も多いと思います。

村上氏は、「地理空間情報活用推進基本法」制定の折に、国土地理院で中心的な役割を担った方で、地理空間情報社会における測量の役割について最も深く理解され、その礎を築かれた方です。また、現在のNPO法人G空間情報技術研究会専務理事の宮島四郎氏を私に紹介された方でもあり、このNPO法人設立の原点の礎におられる方でもあります。

第4次産業革命の中、技術革新が激動の今日、この冊子の発行が皆様の 将来の活動に、エネルギーを与える一助になることを願っております。



## 第4次産業革命の中、NPO法人全国G空間情報 技術研究会は、今、何をすべきか

NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会

理事長 碓井照子

#### はじめに

私たちの NPO の原点は、地方で GIS の高いスキルを有する元請企業を育成することにあります。東北 G 空間情報技術研究会のメンバーが東日本大震災後に如何に活躍されたかは、何度も講演でお話をし、震災後の復旧において地元業者がいかに重要であるかは、皆様もよくご存知のことだと思います。特に、GIS 上級技術者がいる企業は、地域の GIS に関する高度スキルのある地元元請企業というステイタスを確立しています。しかし、まだ多くの会員企業には、GIS 上級技術者がおりません。そのような意味でも今、GIS 上級技術者を増やす努力が必要といえます。また、NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会は、ドローン産業が急速に発展する中、地域元請企業として成長するため、ドローンやレーザスキャナなどによる 3 次元計測関連技術を高度なレベルで技術研鑽していきます。

それでは、第4次産業革命の時代、高精度測位サービス、i-Constructionが進む中、NPO法人全国G空間情報技術研究会の会員企業が成長するためには、どうしたらよいのでしょうか。今回のテーマは、この現代的課題を紐解くことです。また、この活動を私たちのNPO会員だけでなく多くの測量技術者に浸透させていくことも必要です。

#### 1. 第4次産業革命と地理空間情報技術

現在は、IoT、AI、ロボット、自動走行などによる超スマート社会が形成される第 4 次産業革命の時代と言われています。しかし、その基盤的技術の萌芽は 20 世紀後半の第 3 次産業革命(情報革命)の中にあり。1946 年ペンシルベニア大学で真空管を使用したデジタル計算機(ENIAC)が最初のコンピュータで、コンピュータが商用化されたのが 1950 年代です。1956 年にはプログラム言語、FORTRAN が登場し、多様なアプリケーションの開発が始まりますが、GISもその一つで、電子地図を活用した空間分析システムが、行政の業務効率化に寄与します。GIS は、1950 年代中期の米国ワシントン大学の計量地理学者にその源流がありますが、1963 年カナダの

森林管理システムに初めて GIS という名称を使用したのが、英国人技術者トムリンソンといわれています。 GPS の開発も 1970 年代後半からで、インターネットの原型は、1960 年代のパケット通信の研究にあるといわれています。

また、人工知能 (AI)

研究の萌芽期も1950年代です。IoTも日本の電機機器メーカーとともに日本のマイコン開発を推進した坂村健のトロンプロジェクト(1984)に源があり、その後、総務省は、2004年、日本独自の新しい概念であるユビキタスネットワーク社会を「いつでも、どこでも、何でも、誰でもがネットワークにつながることにより、様々なサービスが提供され、人々の生活をより豊かにする社会である」と定義し、日本ではユビキタス社会といわれました。坂村氏が開発したUコードは、測量分野では、インテリジェント基準点や場所情報コードとして実用化されました。私も坂村氏が委員長を務められた日本学術会議情報学委員会ユビキタス状況認識社会基盤分科会に参加し、2014年提言「ユビキタス情報認識社会の構築と時空間データ基盤の整備について」「を作成しました。(図 1)



平成26年(2014年)9月19日 日本学新会議 情報学委員会 ユビキタス状況認識社会基盤分科会 提言の内容 (I) イノベーションに伴う社会変革に十何に対応できる法体系・社会体制の整備 (2) マウリアの地辺初端を可能にオファビオクス様和インフェの整件

(2) 実空間での状況認識を可能にするユビキタス情報インフラの整備 政府は、状況認識技術やビックデータ解析技術、オープンデータなどの新しい情報通信技術の研究開発を継続させ、それらを社会や生活に導入し現実問題の解決に資する情報インフラを整備すべきである。また、ユビキタスコンピューティングの実空間へに展開のため、地理空間情報活用推進基本計画(2007 年閣議決定)などと連携し、時空間データ基盤の整備も進めるべきである。具体的には、以下の I ~5 mの実施を提言する。

日1、国土地理院等を主体に「国家標準識別子」をポイントにした基準マップの作成 2. 国土地理院により、「国家標準識別子」を軸に場所概念通訳可能な情報基盤の構築 3. 上記基準マップ・場所通訳情報基盤への公共施設や国管理の建造物の登録義務づけ 4. 都市・山村基本調査での「国家標準識別子」による境界杭インテリジェント化推進 5. 「国家標準識別子」を利用した場所情報コード利活用の推進

(3) ユビキタス状況認識社会構築に求められる人材育成と多分野の協調体制の確立 政府は、ユビキタスコンピューティングの発展と実空間への応用を推進するため、情 報学を核として、周辺諸分野との協調体制を確立すべきである。併せて、政府は研究 開発事業等を通じて産業界の水平的連携を促進し、情報・空間リテラシーを有する人 材のみならず、プログラミング能力を持つ研究開発者の人材育成に積極的に投資すべ きである。これらを念頭に、政府は大学・大学院、教職課程、初等中等境域での情報学 地理学の境域を重視することを提言する。

図 | 日本学術会議の提言(2014年9月)

国家基盤を形成する施設設備や、場所、モノの識別を 目的とし、自立分散型の運用管理が可能な「国家標準 識別子」の技術規格および利活用制度の整備を提言し ています。

私は、この 2014 年の提言を今一度、皆様に読んでいただきたいと思います。それは、図 1 に示した提言 2 の (1) と (2) の国土地理院を主体に「国家標準識別子」をポイントした基準マップの作成と場所概念通訳可能な情報基盤の構築、つまり、国家基盤(基盤地図情報など)と多様な情報との紐付け技術と呼ばれる技術の一つです。(3)上記基準マップ・場所通訳情報基盤への公共施設や国管理の建物の登録義務付け、地籍調査を含む(4)都市・山村基本調査での「国家標準識別子による境界杭インテリジェント化推進」を強調したいからです。また、(5)場所情報コードの利活用など、現在のスマートシティ、i-Constructionにおけるデータ駆動型社会の位置情報基盤について提言しているからです。

例えば、i-Construction が進捗する中、これらの3次元データをより広範囲に活用するには、UAV3次元測量で使用された測量の基準になった地点の位置情報を示した基準マップが必要です。この作業は、測量技術者にしかできない作業です。これらを地理院地図上で保管し、活用すべきです。これらの課題へのヒントをこれから説明します。

#### 2.i-Construction と測量設計業

#### 2.1 i-ConstructionとGIS技術

2015 年 11 月、国土交通省が、i-Constructionの概要を発表し情報化施工が始まり、2017 年 1 月に産学官の会員からなる「i-Construction 推進コンソーシアム」が設立されました。i-Construction とは、CIM(Construction Information Modeling)/BIM(Building Information Modeling)による3次元データベースをもとに調査・測量、設計、施工、検査、維持管理・更新までの建設生産プロセスを改革し、2025年までに建設現場の生産性を20%向上させようというものです。今年は、2020年ですからi-Construction政策期間の丁度半ばにあり、導入期から展開期に入ったといえます。

i-Construction は測量・設計コンサルタント業にとって重要な政策ですが、点群データと3次元計測・表現の技術は、GISの基礎的技術であるTIN (Triangulated

Irregular Network 不規則三角形網モデル)によるも のでサーフェスモデルとよばれ、地理空間情報技術です。 最新の「平成31年度土木工事数量算出方法(案))2 によると「地表面や地層面をモデル化した『3次元地盤 モデル』と、『掘削』における施工基面又は法面や『盛 土』における路床面又は法面等をモデル化した『土工 モデル』がありますが、これらのモデルを重ね合わせて、 各面の標高差分を用いる点高法等により、土構造物の 数量を算出する」3とあります。点群データからの土量計 算方式は、(1) 点高法 (メッシュ法), (2) TIN 分割 法、(3) プリズモイダル法の3種類がありますが、これ らは全て GIS の体積計算法で、プリズモイダル法にして もTIN分割され2種類の3角形網を投影し、その重ね 合わせからより小さな3角形に分割して3角形面積を計 算し、標高や盛り土の高さ、切土の深さから土量計算し ているだけです。また、UAVで計測された点群から計 測範囲の外周線は、ソフトで自動的に作成される場合が 多いのですが、これも UAV 計測時の計測外周をポリゴ ン化し、CLIP という切り抜き面を制約条件として TIN 生 成のアルゴリズムに入れるだけです。GISで島の地形モ デルを作成するときに、島の外周ポリゴンを TIN 作成時 に制約条件として入れるのと同じ技法といえます。このこ とからもわかるように i-Construction において道路、河 川、盛り土の土工は、すべてサーフェスモデルで3次元 化され実施されているのです。3次元点群データ処理は、 GIS スキルを有した NPO 法人全国 G 空間情報技術研 究会の測量技術者にとっては、最も得意とする技術分野 といえます。

i・Construction の技術は GISと深い関係にあり、15年以上にわたり GIS スキルを向上させてきた NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会の会員企業は、i・Construction の技術的変革期においても土木建設業に比べ、技術的に優位であることを認識すべきです。もっと、GIS のソフトである PC-MAPPING を使いこなさないといけません。 UAV の飛行計画を PC-MAPPING の標準機能である「UAV 撮影コース設計 (カメラ撮影)(レーザー撮影)」を活用すると、[設定]・[現在の表示領域の地理院ベクトルタイルデータを取得]→[編集]・[TINと標高メッシュ]・[地理院地図標高タイルデータの取り込み]機能で簡単にでき、その後の管理が国家座標系でできるため、地震等で地盤が動いたとしても位置計算ができます。道路沿いの建物点群データと地理院地図と

を重ねて 2D/3D オーバーレイ表示することも可能です。 重要な事は、測量 GIS では、位置に関する座標系が重 視され、座標系間の変換が容易で、常に国家座標系に 基づいているということです。高精度衛星測位時代に入 ると測量と測位の関係、言い換えれば、元期と今期のず れを融合させることが最も重要であります。それが、国家 座標系で管理されるゆえに、測量技術者の技術と経験 が今後、増大しているのです。この点については、この 冊子の村上広史氏の「測量技術者の役割再考」で詳述 されています。

#### 2.2 測量 GIS と GIS 上級技術者

日本では、CADとGISの融合は、1995年阪神淡路 大震災後の GIS 政策が重視され始めた 2000 年代初頭 ですでに起こっています。(株) ウチダデータを設立した 宮島四郎氏(現在は NPO 法人全国 G 空間情報技術研 究会 専務理事)が、(株)マプコンの日本製 GIS であ る PC-MAPPING の GIS 技術を測量 CAD に融合させ た業績は大きいといえます。その後、ウチダデータで開 発され、現在は福井コンピュータ(株)で販売されている Mercury-Evolute は、日本で最初の GIS と土木 CAD を融合させた測量 GIS のソフトで、測量成果の GIS とし ての管理や運用を可能にするだけでなく、地理院地図の 活用や点群データの処理や 3D 化も可能です。地籍調 査は、GISで維持管理されますから地籍調査の測量成 果作成、電子納品には、不可欠のソフトです。国土地理 院タイルの活用をはじめ測量成果の「維持・管理・活用」 に向けた測量 GIS と施工管理 CAD との連携技術が充実 しています。

Mercury シリーズは、測量 GIS ですから、これらのソフトで業務をすれば、その業務内容と時間数を書面に残し、上司の承認を得るような労務管理をすべきです。これらの測量 GIS を活用した実務時間数は、GIS 上級技術者の技術資格のポイント数になります。全国 6 支部のNPO 法人全国 G 空間情報技術研究会は、GIS 学会の賛助団体です。NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会は、GIS 上級技術者の教育や社会貢献ポイントを取得可能にする GIS 教育認定の団体として G 空間スキルアップセミナーを毎年、実施しています 4。Mercury シリーズは、測量 GIS であるという認識をもち、GIS 上級技術者を企業内で増加させるべきです。

また、福井コンピュータの点群データから 3Dトレース「TREND-POINT (トレンドポイント)」もこれも GIS

の3次元サーフェスモデルに特化した GIS の一種です。 2015 年には、コマツが、福井コンピュータの技術を採用し、 3D 点群処理システム TREND-POINT の技術を活用し、 WEB 上で点群および 3D データを表示・操作するビューアおよび点群処理エンジンを 2015 年 1 月 20 日に発表しました 5。建設現場 ICT ソリューション「スマートコンストラクションのクラウド型プラットフォーム KomConnect」です。コマツは、UAV による 3 次元測量、点群データによる 3D モデル作成、自動建設機による無人化土工などi-Constructionをリードする建設機械メーカーとして 5G時代のビジネスモデルの先陣をきっている企業ですが、その始まりは、土工分野に GIS のサーフェスモデルの導入にあることを認識すべきです。つまり、i-Construction政策の中で、CIM/BIM/GIS の融合が加速化しているのです。

何度も強調しますが、PC-MAPPING や Mercury-Evolute、TREND-POINT、あるいは他社の GIS ソフト 等を活用してサーフェスモデルを作成し、3D 化作業自 体が、GIS 上級技術者数に必要な業務で GIS を活用す る時間数を得ることになります。 GIS 上級技術者資格は、 講習会参加や試験により得られる資格ではなく、日常的 な業務でどれだけ GIS を使いこなす技術力があるかを時 間数(経験ポイント、60p以上)でカウントし、実務経験 以外に日進月歩の早い新しい GIS 技術を学ぶための教 育に費やした時間数(教育ポイント、30p以上)、GIS を活用した社会貢献に関する事案数(社会貢献ポイント、 8p以上)の合計として、5年間で150ポイント以上を有 すると GIS 上級技術者という称号が取得できる資格です。 つまり、試験合格を重視する国家資格ではなく、日常業 務で、GISを使いこなせるという真の技術力を評価する 技術力認証資格、英語では Certification と言います。 国家資格は、license という免許資格です。国際的な技 術資格になるためには、Certification である必要があり ます。GIS 上級技術者資格は、一般社団法人地理情報 システム学会(GIS学会)を中心に設立された GIS資 格認定協会 6 が認証している GIS に関する認証資格で す。これは、米国の GIS Professional に準拠しており、 5年毎の継続教育が義務付けられています。私が、GIS 学会会長の時に、米国へ出張しGIS Professional 発足 時の URISA (The Urban and Regional Information Systems Association) の学術大会に出席してその資格 の重要性を認識し、その後、その資格要件を日本に合わ

せるため、2002 年 GIS 学会内に GIS 資格検討準備委 員会を設置した経緯があります 7。

#### 2.3 NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会 関東 中部支部 (関東中部 G 空間情報技術研究会) による UAV 資格授与講習と 3 次元計測

UAV 操作と3次元計測・点群モデル(サーフェスモ デル) 作成技術に関しては、会員企業の全ての測量技 術者が、この資格を取得する必要があります。すでに 2018年、長野県で関東中部 G 空間情報技術研究会に よるドローンを使用した実践講習(訓練)をしております。 (図2) 2017 年 4 月に導入された無人航空機 (UAV) の講習団体認定制度により、関東中部G空間情報技術 研究会では、国土交通省航空局運行安全課に UAV の 民間講習団体としての届け出をしております。受理され ますと UAV に関する講習会を開催し、資格認定制度を 今年度中に発足させます。ベテランから若い測量技術者 まで、全てこの資格を取得するようにしてください。測量 技術者に対する講習ですから2017年3月に改正された 「UAVによる公共測量マニュアル」8に準拠した技術力 の育成ということになります。これは、企業の為だけでな く、測量技術者個人の為でもあります。災害時にも瞬時 に UAV により災害現場の撮影も可能です。

UAV3 次元測量は、今後、工事測量、構造物点検だ けでなく、農業、林業、山林地籍、水中測量、遺跡、環境、 観光、防災、教育、輸送等あらゆる分野での増加が期 待されます。UAV 測量をする時には、PC-Mapping の UAV 撮影コース設計(カメラ撮影)(レーザー撮影)」を 使用し、標高を加味したコース設計、地理院地図を使用し、 GIS を操作します。これを機会に PC-Mapping を習得 することも必要です%。このことにより、飛行コースを地理 院地図上で表示させ、コースを決めることによって UAV3 次元計測された点群データを地域のデータベースとして 残すことが可能になり UAV3 次元測量をする毎に UAV3 次元測量実施(コースと実施年が時系列で作成)地図 が自動で作成・蓄積されます。

地理院地図上で UAV コースが蓄積されると将来、地 滑りや地震災害などで地形が変化した時や経年変化を差 分解析できるなど、その土石量や変位量を GIS 上で解 析できるからです。勿論、リアルな3次元鳥瞰図も作成 可能です。GISを使用して鳥のように3次元サーフェス の上を飛行することも可能なのです。GISの魅力は、4 次元情報(位置情報と時間)で様々なデータベースを重 ねたり合わせた空間分析できることです。

これからの測量技術者には、GIS技術力が不可欠です。 i-Construction で UAV 三次元測量 → 点群データの処 理(設計・施工・管理)が、主流になることにより、測 量技術者が自ずとGIS 技術者になれる環境が整ってきた といえます。測量技術者が減少するのではなく、次世代 測量技術者(測量技術力+GIS技術力=新空間情報 技術者) としての技術力の育成が、今全ての測量技術 者に必要なのです。それにより、測量・設計業のビジネ スチャンスが、増加するといえます。それを達成することが、 NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会の設立当初から のミッションです。

# 增澤会長

髝

演ではドローンの空撮にお 企画部防災推進室のE 二室長も参加した。

を開催した。 ミナー2018:

商社会の実現に向け 福島県など全国から技術者 地方をはじめ、 や会社代表者47人が参集。 に取り組んでいる。 事業領域拡大などに積極的 成や測量業界の異分野への 和歌山県

今日のセミナーで知識を深 研修になることを期待し 術革新が進んでいる。ぜひ 測量設計業界は急速は 増澤会長はあいさつで には国土地理院

## 新 (野県でスキルアップセミ F 口 使 実 訓

1

関

東中

·部G空

蕳

情報技術

研究会

空撮時の技術について「何 よりも正確かつ安全に飛行 などと解説。 また、

することが基本。

高度な操

るなど熱心に学んでいた。 T施工システムなどの開発 参加者は積極的に質問さ



最新のドローンを使った操作訓練

図2関東中部 G 空間情報技術研究会によるドローンの実践講座(2018年)

NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会の会員の中 には、GIS を単なる2次元地図のマッピングソフトと考 える企業がまだまだ多くみうけられますが、GISは、位 置情報のデータベースであり、空間解析システムで すからデータ駆動型社会においてはすべてのプラッ トフォームとなる非常に重要な技術なのです。GISと i-Construction をバラバラに考えるのではなく、日本で も CIM/BIM/GIS は技術的に融合しつつあることに注目 すべきです。

#### 2.4 i-Construction とチャレンジいばらき(茨木県) の発注方式1型・11型

日刊建設工業新聞(2020年2月6日1面)の記事が、

NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会事務局から電送 されてきましたが、それによると国土交通省は2025年度 にすべての直轄事業で BIM/CIM の原則適用を目指す ということです。運用拡大に向けたロードマップ(案)で は、①規格等の標準化、②普及・促進③高度利活用の 推進の三つの目的を掲げ、それぞれの項目で主に2025 年度までに BIM/CIM 活用のさらなる拡大を図り、2025 年度には全事業で BIM/CIM を原則適用するとしていま す。重要な事は、BIM/CIM 技術者を活用したデータ管 理による高度化を図るという点です。現在は、調査・測量、 設計、施工、検査、維持管理・更新のうち、調査・測 量、設計、施工段階で主に進捗している BIM/CIM を 検査、維持管理・更新に重点がシフトしていくということ です。測量・設計業が、検査・維持管理・更新にどれ だけ、貢献できるかが、i-Construction における測量・ 設計業の将来を決めると考えられます。

国土交通省は、国や地方公共団体が、発注した工事・業務での元請企業や地方自治体の発注取り組みの優良事業を表彰する事業として2017年度からi-Construction大賞をi-Construction実施における優秀な企業・地方自治体に授与しています。2019年度の受賞者として、工事・業務部門でクモノスコーポレーション株式会社(近畿北陸 G 空間情報技術研究会)、i-Construction推進コンソーシアム会員の取組部門の国土交通大臣賞に株式会社昭和土木設計(東北 G 空間情報技術研究会)がおられます。NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会会員が受賞されたことは、i-Constructionにおいても先駆的な取り組みがなされていること

また、この 2019 年度 i-Construction の自治体部門で前述した UAV3 次元測量に関係する茨城県の i-Construction 発注に関する県独自の発注形式が、受賞しています。i-Construction大賞 2019 を受賞した「チャレンジいばらき」では、地元の中小建設業者への ICT 施工を定着化させるために、従来の発注者指定型、受注者希望型に加え、チャレンジいばらき I 型、チャレンジいばらき II 型という茨城県独

を示しています。

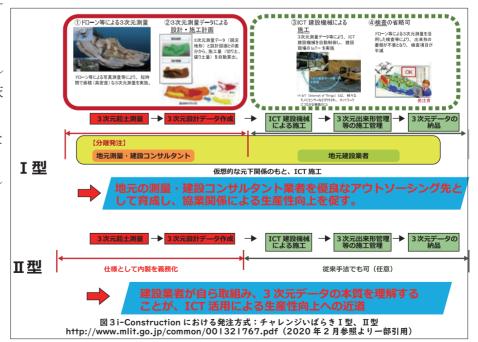
自の発注方式を導入し、地元の測量・建設コンサルタントと建設土木業の協業や、建設土木業者による3次元測量の内製化を図るというものです。(図3)チャレンジいばらきI型は、測量・設計業との対等なコラボ型ですが、チャレンジいばらきII型は、測量・設計業が、建設土木業者の下請けになることを予想させます。

今、関東中部 G 空間情報技術研究会の UAV 資格を 測量技術者全員に取得させ、3 次元計測、3D 化技術 力を企業内技術力としてスピードアップで向上させることで す。 UAV による 3 次元測量を測量・設計業企業が「チャレンジいばらき I 型」で元請けとして受注し、存在感を示 す必要があります。さらにまた、チャレンジいばらき 1 型で、 検査・維持管理・更新までも発注できる体制をつくるた めには、地元の測量設計業企業が、協働体制をとること も必要になると考えられます。 つまり、i-Construction に おいて測量・設計だけでなく、検査・維持管理・更新 に関して先駆的な業務を元請けとしてどれだけ受注できる かが、今後、重要であると思います。

そこで、重要なのは、GISを活用したアセットマネージメントです。単なる維持管理ではなく、アセットマネージメントが可能な維持管理です。これについては、東北G空間情報技術研究会の佐野コンサルタンツ株式会社が、仙台市の下水道 GIS でアセットマネージメントをされていますから、その経験をNPOの企業は、共有化する必要があります。

#### 2.5 BIM/CIM/GIS とスマートシティ・コミュニティ

国土交通省は2025年をめどに3Dデータ標準



「IFC5」(属性情報などの標準化も含む)更に時間軸を加えた「4D」、コスト軸を加えた「5D」の標準化もするようです。ソフトウエアに関しては、国内規格化(JIS 化)を検討するとしていますから、BIM/CIM で世界をリードしているオートデスク社などの海外のソフトの日本市場独占ということはおこらないでしよう。国土交通省は、日本のCADメーカーを育成してきたという歴史を有しています。日本のCADメーカーからBIM/CIMメーカーへと脱皮しつつある国産ソフトウエア企業を育成・保護するのだと思います。福井コンピュータアーキテクト株式会社の「GLOOBE」もその一つです。さらに、重要な事は、25年度までにBIM/CIMを主とする契約の標準化も図るということです。ここに、地域の地場企業がどれだけ元請けになれるかということが重要になってきます。

そこでキーになるのが、日刊建設工業新聞によると「発 注者自らBIM/CIM を活用していく観点から、新たに 『BIM/CIM を活用した監督・検査の効率化』を加え計 9項目にした。複数項目を選択するが、試行であること を配慮し実施可能な範囲にとどめる。」という記事内容 です。つまり、発注者である国・地方自治体が、BIM/ CIM を活用していくということは、将来、3D データベー スが確立されてくると調査・測量の実地業務(UAV 測 量も含む)は減少し、3D サイバー空間上(スマートシティ・ コミュニティなど)で可能な限り発注者もクラウドコンピュー タ上で AI も活用して設計し、概算も行い、難しい高度 な設計、施工、維持管理・更新のみを外部に発注する 形式をとるのかもしれません。スマートシティはいわゆる サイバー都市ですが、農村も含むときには、より小規模 な集落レベルのサイバーコミュニティと称することもありま す。このような時代に備えておく必要があります。

また、一般家屋の建設でもBIMが活用されますから 工事完成図面から建物形状の更新は簡単に基盤地図 情報の更新に使用することも可能です。いわゆるスマートシティ・コミュニティが、現実のものになってきたという ことです。勿論、近い将来、スマートシティを構成する 建物、道路、橋梁、堤防などすべて新しく建設されるも のは、BIMに準拠していますからスマートシティは、日々 更新可能だということになります。そのプラットフォーム は、地図をベースにした GISであることに注目すべきで す。また、CIM/BIM/GISの連携、つまり設計段階で、 地図と GIS を活用して地盤や傾斜、活断層の存在、送 電線の位置、都市計画の用途地域からの容積率の自動 計算、日照状況、道路の交通事情、騒音情報を活用し、より安心安全な法定基準に準拠した建設が可能になります。完成後には、BIMによるアセットマネージメントの視点を入れた維持管理も可能です。地元の測量・設計業者が CIM/BIM/GIS のスキルを向上させておけば BIM/CIM の検査・維持管理でも受注が可能になるということです。維持管理は、GIS の得意分野です。

#### 3. スマートシティ・コミュニティの視覚化・ 管理・分析エンジンとしてのGIS

i・Construction が進む中で、工事竣工時の電子化された道路工事完成図面の納品を徹底し、事業遂行の効率化に寄与するとあり、この事業では道路整備費の中で2021年度までに成果物を電子データで納品する電子納品を徹底し、道路工事完成図面の電子納品の割合を引き続き100%を徹底するとしています10。これらはすべて、地理空間情報活用推進会議による「2019年度地理空間情報の活用推進に関する行動計画(G空間行動プラン)」に記載されています。つまり、基盤地図情報の更新は、道路工事完成図面から自動的に行うことが可能になるということです。

大阪府の「GIS 大縮尺空間データ官民共有化推進協議会(GIS 官民協議会)」<sup>11</sup> が、2002 年から言い続けてきた位置参照点の重要性 <sup>12</sup>、道路管理業務の効率化から基盤地図情報を更新するという活動を「GIS 大縮尺空間データ官民共有化推進協議会支援グループ <sup>13</sup> が 18年にわたり継続してきました。私は、この GIS 官民協議会の特別顧問 <sup>14</sup> として、またこの支援グループのメンバーとして毎月開かれる GIS 研究会に参加しています。この支援グループの活動として、道路工事調整会議システム・埋設物調査システム・災害情報共有システム等の基盤地図情報をベースにした運用実績があり、基盤地図情報の道路データに関しては、スパイラルアップが可能です。

同様に、基盤地図情報の建物データに関しては、NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会の活動があります。神奈川県寒川町都市計画課の「eーマップさむかわ」は、2014年から稼働した基盤地図情報をベースにしたWebGISですが、国土地理院と連携して開発を支援し、防災情報、都市計画情報、観光情報、施設情報の4分野について運用し、住民サービスの向上に寄与しています15。更に、2014年からは、寒川町の固定資産税 GISと都市計画 GIS の家屋データの統合から基盤地図情報

の建物データのスパイラルアップも実現しています16。

国土地理院では、「相対的な位置精度が高い地理空 間情報を絶対的な位置精度の高い地理空間情報へのひ も付け」17の研究も国土地理院企画部地理空間情報企 画室で2017年度から始まっており、これも2021年には、 実現化させるとしています。これらのことからわかるように、 基盤地図情報を基盤とする電子国土基本図およびそれら から作製される地理院タイルが、日本のプラットフォーム になるということです。地理院地図を活用した国民生活に 密着したサービスをビジネスとするためにも測量・設計業 では、GIS 技術力の向上が重要です。

スマートシティ・コミュニティで表現されるスマート社会 では、電子地図/GISが世界のプラットフォームになること は、確実です。米国では、エネルギー省が「Grid2030」 (2003) という 2000 年から 30 年後の送配電網の近代化 に関するレポート18を発表し、2007年頃から電力の流れ を供給・需要の両側から制御し、最適化できる送電網で あるスマートグリッド政策が本格的に始まりました。その後、 スマートコミュニティ、スマートシティとして発展し、今日に 至っています。 GIS の世界的な企業である ESRI 社の論 文 <sup>19</sup> によると 2007 年に GIS を活用したスマートグリッドの 視覚化による管理を推奨しています。 元々、GIS は、電 気、ガス、水道などの公益企業で発展してきたという経緯 もあり、スマートグリッドの管理はGISでという考え方がベー スにあったからですが、このころよりスマートグリッド、スマー トスマートコミュニティ、スマートシティの管理・分析用シス テムとしての GIS 技術開発が進み、スマートシティのエン ジンとして「CityEngine」が ESRI 社から 2010 年リリー スされたのです。

2017年、CADの世界的企業であるオートデスク社は、 次世代のインフラ計画と設計にむけて米国の GIS 大手企 業 ESRI 社と業務提携をしました。両社は、建築・建設 物、自然環境、人、そしてこれらすべてで構成されるネッ トワークに関するデータを可視化して、都市計画、イン フラ管理、物流など多様な業界で有効活用可能なように BIM/GIS の連携をソフトウエアで実現するとしています。 すでに「InfraWorks」として「リアルワールドでのインフ ラプロジェクト計画と設計」として売り出されているのです。 このような GIS でサイバー空間を管理運用するという世界 的な技術動向を見据えることは重要です。

2019年11月12日にリリースされた福井コンピュータ アーキテクト株式会社の「Gloobe 2020」(図 4) は、日



図 4「Gloobe2020」(福井コンピュータ―)

本の設計手法や建築基準法に対応した日本発の BIM 建築設計システムです。私は、この名称には、「o」が一 つ多いですが、Globe(地球)に由来するのかと思いま した。地球とは、地球上の位置情報データベースという 意味で地理空間情報分野ではよく使用される言葉です。 「Gloobe2020」は、BIM モデリングソフトであり、その発 想には、位置情報を有するシステムつまり GIS の考え方 が、融合されています。完成された建物のBIMは、国 家座標系の電子地図上に家屋のデータベース保存が可 能です。将来的には、基盤地図情報の建物のスパイラス アップ自動更新も可能なのです。

Facebook や Twitter の電子地図サービスで有名な米 国の Mapbox は、2010 年に設立されたベンチャー企業 ですが Mapbox ジャパンが 2018 年に設立され、日本で 地図サービスを開始しました。ソフトバンクは、Mapbox にも投資しています。このように世界的な電子地図企業が、 近年、日本法人を設立しています。

準天頂衛星による高精度測位時代には、測位と測量/ 電子地図/GISの連携が不可欠になります。2007年に 制定された地理空間情報活用推進基本法は、位置の基 準である基盤地図情報の特性、国、地方自治体、民間 が連携する整備の在り方の基本を規定したものですが、 Society5.0 におけるデータ駆動型社会では、基盤地図 情報をベースにした電子国土の基盤に3次元の電子地 図が形成され、i-Construction 政策の中で、CIM/BIM/ GIS の融合により、サイバー空間とリアル空間が連携した Society 5.0 が実現化されていくのです。

### 4. 地方創成や地域防災に貢献できる 測量・設計業を目指して

第4次産業革命の中で、地域内経済循環型の地域 企業の育成は、地方自治体にとって最も重要です。地 元企業が、地域の雇用、産業、防災、教育に貢献す る地域内経済循環型企業を核にして、域外経済圏を拡 大する必要があります。従来、地方経済にとって、建 設関連企業は、地域における道路工事や耕地整備な どの土木・建設だけでなく災害時には、復興の陣頭に 立って瓦礫を撤去し復興工事を実施してきました。先日、 NHKで東日本大震災証言の記録・証言記録「災害ゴ ミを"復旧の糧に"一宮城県東松島市一」が放映されま した。2011年、3000万トンの震災瓦礫を地元の建設 業者が市と事前に結んだ災害協定により、瓦礫費用を 10分の1に減額しただけでなく、リサイクル率が97% に達したという内容です。更に瓦礫の選別作業に延べ 1000人以上の地元被災民の方々が東松島市の復興 のために連帯した地元建設業者に雇用されたというので す。月平均20万円以上の給与支給と集団作業による 談話等により、狭い仮設住宅に居住せざるを得なかった 人々の経済的支援と精神的ケアに役立ったという話でし た。この瓦礫撤去方式を「東松島方式」というようです。 この番組で感じた成功の秘訣は、瓦礫撤去業務の発 注における地元建設業者への元請け形式にあると思い ました。阪神淡路大震災では、全国の大手ゼネコンが 元請けになり、中堅建設業者が2次受け、地元業者 が3次受けになり、瓦礫撤去が終了した後、多くの中 小の地元建設業者は、倒産したという事実を踏まえ、市 長が、最初から地元建設業者に一括して発注したのだ そうです。地域の資金を地域で回すというこの域内経済 の流れが、地域を疲弊させることなく、復興事業を成功 させたといえます。東松島市は、震災以前から市内で、 Mapinfo による GIS が全庁型で稼働している東北地方 では、数少ない自治体の一つでした。 東北 G 空間情報 技術研究会のメンバーが、震災直後に復興支援をでき たのも震災前に地方自治体の GIS に関して下水道 GIS (佐野コンサルタンツ(株))や東松島市のデータ編集(日 野測量設計(株))の何らかの発注業務を元請けとして 受注していたことが分かります。如何に、日常的に GIS 業務に元請けとしてビジネスをしているかがキーポイント なのです。また、地方自治体の発注側の意識も重要で す。地元発注により如何にスキルのある企業を育成して おくかが、カギになります。冒頭に述べた東日本大震災 後の瓦礫撤去の東松島方式は、その一つの事例です が、地方自治体には、産業振興、雇用、防災、人材 育成において、i-Construction の発注においても、地 場企業がスキルアップできるように地域内企業を育成す るというスタンスが必要です。

高齢化の進む日本において、建設関連業従事者は 激減すると思われます。しかし、Society5.0 に示された データ駆動型社会になってもそれを活用し、ビジネス化 できる人材を地域内で育成しておく必要があります。IT を活用してデータ駆動型社会で、生産・サービス活動 ができる技術力のある人材と企業です。その一つが、地 理空間情報を扱える人材や地元企業です。測量・設計 業にとっては、最も身近な電子地図/GIS産業です。地 方自治体の業務は、GISで管理され、住民のサービス 向上のために自治体 GIS が、推進されてきました。し かし、地方の中小自治体では、GIS は稼働せず未だに 非効率的な行政業務と行政サービスを実施している地方 自治体も多いのも事実です。しかし、第4次産業革命 が進み、スマートシティやスマート農業、スマート林業、 i-Construction が推進されると2次元であれ3次元に かかわらず電子地図/GISがないと福祉、医療、教育 等の住民サービスをすることさえも難しくなります。地方 自治体は、地理空間情報を活用できる企業を地元に育 成をしなければなりません。地域の測量・設計業に、チャ レンジいばらき方式 I 型などを活用し、UAV による 3次 元測量と地域の3次元化などを建設業者との協働形式 で発注し地元企業を育成することにより、地元の企業が、 域内経済の循環を形成します。

文部科学省は、2022 年度から高校の地理歴史科の 地理を必履修科目とし、電子地図や GIS を活用して、 地球的課題から身近な地域の課題までを分析し、地域 づくりや地域防災に貢献できる高校生を育成することに なりました。2020 年度からは、小学校から英語教育と プログラミング教育も義務化します。測量・設計企業が、 GIS 技術力をつけておけば、高校生の地元就業先にも なるのです。

国土地理院と地方自治体が進める災害教訓の伝承に関する地図・測量分野からの貢献として、自然災害伝承碑の活動もNPO法人全国G空間情報技術研究会は支援しています。これらの成果を地理院地図に表示させ、学校教育で利活用可能なWebGISを構築し、また、その技術力を向上させる必要があります。測量技術者が、ボランティアでこの活動を支援すれば、GIS上級技術者の社会貢献活動としてポイントを増加させることができます。

防災に関しては、災害時に地元に測量設計業、建築 業者がいないと広域災害では、復旧はできません。地 方自治体には、地域経済を支えるスマートシティの3次元地図基盤企業としての測量・設計業の重要性を理解してもらう活動も必要になります。

#### 5. おわりに

2003年、NPO 法人全国 GIS 技術研究会 (2017年 に NPO 法人全国 G 空間情報技術研究会に改称) とし て発足した当初から活動の原点は、東京一極集中化で 地方経済が疲弊する中、地域情報産業としての GIS 産 業(地理空間情報産業と同義)を地方に発展させ、そ の担い手層として測量技術者に GIS 技術力を育成する ことでした。なぜなら GIS 産業という情報産業は、サイ バー空間である電子国土がベースですから農林水産業 の情報化にも活用され、都市型でなくとも地域(地方) 版の情報産業としての特色を有していたからです。GIS が出現するまでは、情報産業というものは、都市型で数 社の情報大企業が独占的市場を形成し、多くの中小零 細な情報企業は、顧客の多い都市型立地でないと生業 が成り立たないといわれていました。しかし、第4次産 業革命の中、i-Construction 政策を含む地理空間情 報活用推進基本計画実施の中で、GIS産業が、地方 再生の原動力になってきました。

この 17 年間、GIS 研究者としての

私は、測量技術者が、GIS 技術力を

つけることにより地域は活性化すると言い続けてきました。 現在、村上広史氏が指摘されるように、測量と測位が融合し、国家座標系で管理運用されるようになるとすべて の測量技術者は、地理空間情報技術を身につけなくて はなりません。今、なすべきことは、新しい体制のもとに 全国の測量技術者育成の活動へと飛躍的に拡大させ、 前に進むことが必要です。今、その時が来ていると思い ます。 参考文献・資料・ホームページサイト(全て2020年2月~3月閲覧)

- 「日本学術会議(2014)「提言 ユビキタス状況認識社会の構築と時空間データ基盤の 整備について」http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t201-4.pdf
- <sup>2</sup>国土交通省「平成31年度(4月版)土木工事数量算出要領(案)」
- http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/yoryo3104/s-3104-1-01.pdf
- 3前掲2)「1.10 3次元モデルの基本的な表現方法」より引用.
- <sup>4</sup> GIS 資格認定協会「GIS 教育認定を受けた認定プログラムのご紹介」, gisa-japan. org/gisca/contents/link.html#edulink
- $^5\,https:\!//hd.fukuicompu.co.jp/ir/documents/20151028.pdf$
- GIS 資格認定協会.
- 7碓井照子(2009)「地理空間情報の教育と資格」
- http://curricula.csis.u-tokyo.ac.jp/report/data/A5.pdf
- $^{8}$ 国土地理院「UAV による公共測量マニュアル」 2017 年 3 月改正版
- https://www.gsi.go.jp/common/000186712.pdf
- <sup>9</sup> PC-Mapping : 「ドローンと PC-Mapping」
- https://www.mapcom.tokvo/mapcomworldtopics/topics4/
- 地理空間情報活用推進会議 (2019) 地理空間情報の活用推進に関する行動計画 (G空間行動プラン) 2019 (案)「道路工事完成図面の電子化」 p.102.
  http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/sokuitiri/20190613/siryou3.pdf
- 11大阪府大縮尺空間データ官民推進協議会
- http://www.pref.osaka.lg.jp/jigyokanri/cals/cals\_g.html
- 12位置参照点システム
- http://www.pref.osaka.lg.jp/jigyokanri/cals/sansyouten.html
- <sup>13</sup> GIS 大縮尺空間データ官民共有化推進協議会支援グループ https://www.gisnet.jp/portal/
- i 碓井照子 (2015)「地理空間情報とこれからの自治体 GIS の課題」 http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/3853/00191141/01%20kouen1.pdf
- 15 米山紀一「e・マップさむかわ」本格運用開始寒川町における地理空間情報公開の 取り組みについて」GIS NEXT 50 号 P.84.
- https://www.npo-zgis.or.jp/result/150212/427
- <sup>16</sup> 米山紀一 ()「神奈川県高座郡寒川町実例スパイラルアップ更新開始」GIS NEXT 69 号, PP.54·55. https://www.npo-zgis.or.jp/result/191101/497
- □ 地理空間情報活用推進会議 (2019) 地理空間情報の活用推進に関する行動計画 (G 空間行動プラン) 2019 (案)「相対的な位置精度が高い地理空間情報を絶対的な 位置精度の高い地理空間情報へのひも付け」p.100.
  - http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/sokuitiri/20190613/siryou3.pdf
- <sup>18</sup> U.S.Department of Energy and the Office of Electric Transmission and Distribution (2003) "Grid 2030" — A National Vision for Electricity's Second 100 Years"
- https://ferc.gov/eventcalendar/Files/20050608125055-grid-2030.pdf
- 19 https://www.esri.com/library/brochures/pdfs/gis-for-smart-grid.pdf

## 「測量技術者の役割再考」

青山学院大学 地球社会共生学部 教授 村上広史

#### はじめに

我が国は、少子高齢化による総人口及び生産年齢人口の減少とともに、戦後の高度経済成長期を中心に建設された様々なインフラの老朽化という難題に直面している。特に、地方においてこの傾向が顕著になっており(厚生労働省,2018;国土交通省,2014)、コミュニティの持続可能性に対する漠然とした不安が地方を中心に拡大しているように思われる。他方、ICT や AI などによる技術革新が、Society 5,0 の実現をもたらして、このような不安を払拭し、経済発展と社会問題解決の両立を実現してくれるのではないかと期待されている(内閣府,2016)。しかし、このような技術革新は、従来の企業活動や労働者の働き方を著しく変化させ、これまでの技術者が培ってきた技術や経験を役に立たないものにしてしまう可能性も大きく、技術革新による社会へのインパクトが大きければ大きいほど、光と影のコントラストも大きくなると考えられる。実際、野村総合研究所(2015)は、10~20年後に日本の労働人口の約半分が人工知能やロボットなどに代替されるという試算を行っている。もちろん、この試算は様々な仮定の下で行われており、その妥当性については異論(たとえば、日経新聞,2017)もあって、職業そのものが完全に自動化されるのは5%以下と考えられているため、試算の内容に一喜一憂するのは妥当ではないものの、様々な分野で省力化や自動化の取組が加速しており、その影響が無視できなくなる業種も表面化していくと考えられる。

このような状況で、戦後復興や高度経済成長を支え続けてきた測量のビジネスモデルは持続可能なのだろうか。また、 測量技術者の役割は、今後変化していくのであろうか。変化していくとすれば、測量技術者にどのようなインパクトがどれ だけあるのであろうか。本稿では、測量技術者を取り巻く最近の社会情勢の変化を踏まえ、今後測量技術者が我が国に おいてどのような役割を果たしていくべきかについて、筆者の私見を中心に論じる。

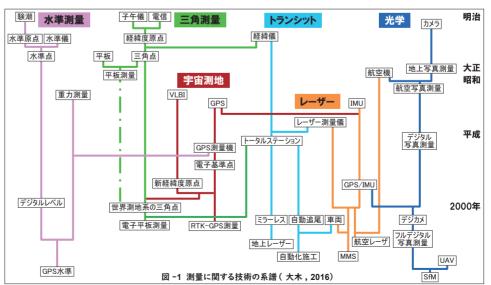
#### 1. 測量と近年の技術革新

測量の歴史は、技術革新の連続であったと言っても過言ではない。位置を測ったり地図を描いたりという測量そのものが生み出すものに大きな変化はないものの、その手法や使用する機材は大きく変化してきた。

#### i. 近代測量における技術革新

国土地理院(2019a)によると、我が国の近代測量の始まりは、明治2年(1869年)に明治政府に民部官庶務司戸籍地図掛が設置された時とされているが、図ー1(大木,2016)にあるように、それ以降の測量技術の変遷を見ても、数多くの新技術が生み出され、そのたびごとに測量技術者は新技術を積極的に活用し、測量の高精度化や効率化

に取り組んできた。例えば、基準点測量は、三角測量だったものが、レーザー測距技術等の登場により三辺測量や多角測量に移行した。また、衛星測位の登場により、測点間の視通が不要になるなど、高精度化はもちろん、計測や計算処理の効率化が大きく向上した。地図作成においても、平板測量から写真測量に移行し、衛星測位技術や Structure from Motion (SfM) をはじめとし



たデジタル技術の導入により、高精度化と効率化が加速 している。

特に、1980年代以降に登場したものの多くは、新技 術の中でもそれまで測量技術者が直接行っていた計測 を高度に自動化させたという点で、測量における計測の 位置づけに大きな変革をもたらしている。従前の技術で は計測や計測結果の処理に要する時間やコストが大き かったため、計測回数をできるだけ少なくすることを前提 に、専門家しか行えないような高精度の計測手法による 測量の工程が組み立てられていた。しかし、衛星測位 をはじめ、レーザー計測やデジタル処理技術などの登 場により、計測の回数を増やしても、手間やコストが大 きく増大しなくなったため、リアルタイムに行う計測でなけ れば、手間やコストを気にせずに、必要に応じて計測回 数を増やして測量の精度を確保することも可能になって いるのである。しかも、測量機器の設置や使い方さえ間 違えなければ、計測自体には特別な技術を必要としなく なりつつある。

#### ii. データ共有の加速

計測の自動化の進展に加えて、データ共有が加速したのもデジタル技術が普及した 1980 年代以降であろう。アナログ時代には、様々な業務ごとに測量が行われ、地図が作成されてきた。特に、様々な施設管理等のための台帳附図の作成においては、対象となる施設によって地図の縮尺が異なっていることもあり、同一地域の地図であっても、対象施設が異なれば、個別に地図が作成されていた。やむを得ないこととはいえ、同一地域の地図がいわば重複して作成され、異なる部署間で地図や施設の情報を共有することも容易ではなかった。

しかし、デジタルデータの作成や活用が進展するなかで、アナログデータでは現実的ではなかった異なる組織や異業種間でのデータ共有が容易となるとともに、インターネットや GIS をはじめとした処理・解析ソフトウェアの普及により、実質的にリアルタイムでグローバルにデータを共有できるようになってきている。このようなデジタルデータと GIS 等の普及、並びに衛星測位技術の発展を踏まえて、2007年には地理空間情報活用推進基本法(内閣官房,2007)が施行され、基盤地図情報に基づく地理空間情報の統合と共有が国や地方公共団体の努力義務となった(図ー2)。加えて、電子行政オープンデータ実務者会議(2013)による「二次利用の促進のための府省のデータ公開に関する基本的考え方(ガイ

#### 地理情報システム(GIS)

Geographic Information System

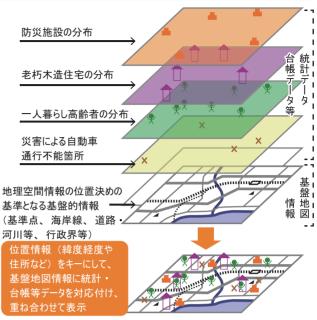
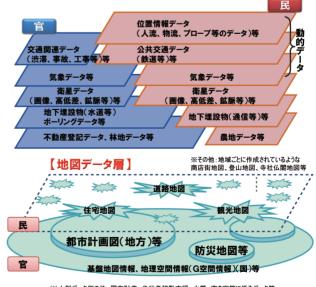


図 -2 基盤地図情報による地理空間情報の統合(国土地理院,2007)

ドライン)」の策定をきっかけに、公的機関では行政情報をオープンデータとして公開する動きが加速しており、行政機関が整備する地理空間情報は、縦割り行政のもとで重複して整備される時代から、住民も含めて共有し、多目的に活用していく時代に移行しつつある。2017年に官民データ活用推進基本法に基づいて閣議決定された「世界最先端IT国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」(高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部,2017)においては、利活用ニーズが高い官民のデータとして基盤地図情報を含む地図データが位置づけられており(図ー3)、この傾向は今後加速していくも

#### 【アプリケーション層(地図データ層に載せるデータの例)(\*)】



(\*)上記データ例の他、国有財産、歩行者移動支援、水質、空き家等に係るデータ等 図 -3 図に関する官民データ(高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部,2017)

のと考えられる。結果として、従来の施設管理等を主と した行政における重複的な地図作成の需要は長期的に は減少していくであろう。一方、行政における地図のデ ジタル化や GIS の導入、並びにデータの共有化は、い まだ過渡期の段階を脱しておらず、総務省(2016)に よれば、地方公共団体における統合型 GIS の導入は 2015年時点でまだ半分程度の都道府県、市町村に留 まっているため、デジタルデータの整備に対する潜在的 需要はまだ大きいと考えられる。地方公共団体の財政事 情を踏まえれば、この需要が近未来に充足される可能 性は大きくはないが、行政全体の ICT 化が加速してい く中で、整備も進んでいくと期待できるであろう。

#### iii.3 次元・リアルタイムデータへの需要の高まり

技術革新の動きは、当然のことながら測量分野以外の ところでも加速しており、少子高齢化を克服するための 生産性や安全性の向上という観点から、スマート農業(農 林水産省, 2020) や i-Construction (i-Construction 委員会, 2016) などが国家の重要施策として「世界最 先端IT国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画」 (高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部, 2019) に明記されている。これらの取組は、少子高齢化の進 展によって顕在化している労働力不足を打開するため に、機械化や自動化によって、これまで人間が行ってい た作業の省力化や効率化を図ることを目指している(図  $-4)_{0}$ 

特筆すべきは、これらの機械化や自動化に伴って、こ れまで人間が活用していた地図をはじめとした測量成果 の主たる利用者が、コンピュータを「頭脳」に持った農 業機械や建設機械などに移行していくということである。 測量成果に基づいて機械が作業をすることになるため、 必然的に測量されたデータの品質が機械化や自動化、 並びに最終プロダクトの成否を左右することになり、期待 される作業精度に対応した品質の測量成果が必要となる とともに、人間を代替する作業を行うため、3次元のデー タが必要になる。また、作業の進展に合わせて測量成 果を随時更新しながら機械を動かしていく必要があるた め、様々な計測を機械がリアルタイムで自動的に行って いくことも必要になる。

しかし、従来の測量は、地図を中心として測量の最終 成果を2次元の情報として整理することが長く続けられ てきたことから、3次元でしかもリアルタイムに近い測量 を行うのは、測量技術者にとっても従来身に着けてきた

- ○衛星やドローン、食味・収量コンバインを活用し、生育状況や収量 からほ場の施肥状況を「見える化」。
- ○得られたデータを活用し、トラクターや田植機、無人ヘリで適切な 施肥を実施。これにより、ほ場ごとの収量のバラつきを平準化。

#### センシング等を活用したほ場データの収集

- ○ドローンや衛星を活用したセンシングでは、葉色や近赤外線画像(タ ンパク含量)等のデータにより生育を診断
- ○食味・収集コンバインでは、収穫物のタンパク含量や収集からほ場 の施肥状況を診断







ドローンや衛星を活用したほ場センシング

ほ場のセンシングデータ







食味・収量コンバイン

収穫物の食味・収量データ

#### データを活用した可変施肥

○センシング等により得られたデータを田植機やトラクター、無人ヘリ に読み込ませ、適切な肥料を散布







田植機やトラクター、無人ヘリを活用した可変施肥

○またリアルタイムの 土壌センシングによ り、地力に応じた可変 施肥が可能な「土壌セ ンサ搭載型可変施肥田 植機」も実用化

> 出典: 共関農機 (株)

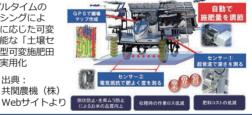


図-4 施肥の適正化技術(農林水産省,2020)

技術からの大きな乖離となる。また、使用する測量機器 も高度化していくことから、新たな投資も必要となるため、 これらの新たな測量ニーズにどのように対応していくか は、測量業を営む立場では高度な経営判断を求められ ることになる。測量技術者にとっても、経営者にとっても、 前世紀までの技術革新への対応とは次元の異なる対応 が必要になって来ているように思われる。

#### 2. 計測と測量

このような技術革新は、測量の世界でもいわゆるディス ラプション (Disruption;「創造的破壊」) を起こして行 くことになるのだろうか。あるいは既に起きているのであ ろうか。その場合、測量業の経営者や測量技術者はど のように対応していくべきなのであろうか。

前述のように、測量分野における技術革新は、多くの 計測やデータ処理の自動化を可能にしており、測量技 術者が行うことは、自らが直接計測するのではなく、単に計測を行う測量機器を起動させて必要なメニューを選んで実行するだけになりつつあると言っても過言ではないであろう。そうであれば、それは特別な技術や経験を必要とする仕事とは考えにくい。その場合、計測やデータ処理の自動化により、測量技術者の存在意義は失われていくのであろうか。

このような懸念の背後にあるのは、自動化が進展する 前に測量という仕事に費やされていた時間やエネルギー の多くが、正確に計測することに向けられていたからで あろう。従前の技術では、計測を行うための機材の利用 にも専門知識や実務経験が必要であったことから、測量 の専門家としての技術者が計測そのものに携わることが 不可欠であった。しかも、衛星測位やレーザー測距技 術が普及する以前の測量は、人間が実際に目標物を観 測しながら行う計測が中心であった。現在でも水準測量 や写真測量における図化は、人間が直接観測して行わ れており、その過程で測量者が費やす時間や手間が測 量全体の中に占める割合は大きく、結果的に計測が測 量に占める割合も大きくなっていたと言えるであろう。も ちろん、経験豊かな測量技術者の多くは、計測やデー タ処理が測量に占める割合が大きくても、測量は計測や データ処理だけでなく、計測前の計画立案やデータ処 理後の精度管理が大事だと答えるであろう。

しかし、それ以外に、計測と測量の違いはないのであろうか。そして、この違いを考える前に、そもそも測量とは何かについて、私たちは明確な理解を共有しているのであろうか。測量を含めて社会全体が大きな変革期を迎えている今、測量とは何かについて問い直す良い機会が与えられているのではないであろうか。そこで、計測と測量の違いを考察するにあたり、まず測量が既存の文献等でどのように定義されているかを確認することから始めてみたい。

#### i. 測量の定義

我が国の測量法は、第三条で「この法律において『測量』とは、土地の測量をいい、地図の調製及び測量用写真の撮影を含むものとする。」(e-Gov, 2019)と規定しており、測量が行われる対象を「土地」と限定するとともに、地図の調製と測量用写真の撮影を測量の一部として定義しているが、測量そのものが何を意味するかは明確に規定していない。また、計測や測定という言葉も特に定義されずに法律で用いられているが、いくつか例

外はあるものの、特定の位置や場所とは直接依存しない 形で行われる騒音、振動や化学物質の濃度などの物理 量に対する行為として使われることが多い。誤解を恐れ ずに単純化すれば、土地に結びついた地理空間情報を 測るのが測量であり、特定の土地(場所)と関係しない 物理量を測るのが計測や測定という考え方で用語の使い 方が整理されていると考えられる。

それでは、測量や計測・測定という言葉そのものはど のように定義されているのだろうか。一般的な辞書であ る大辞林 (第三版) では、測量を「機器を用いて地表 上の各点相互の距離・角度・高低差を測定し、形状や 面積などを求め、これを数値や図面で表す技術。」、ま たデジタル大辞泉では、「器具を用いて地表上の各点 相互の位置関係や形状・面積などを測定し、図示する こと。また、その理論および技術。」と定義している。い ずれの辞書も測量を地表上に存在する点の位置関係や 形状を測定し、数値や図面に表す技術と位置づけてい る。一方、大辞林(第三版)は、計測を「器械を使っ て、ものの量や値をはかること。」と測定を「長さ・重さ・ 速さなど種々の量を器具や装置を用いてはかること。」と どちらも同じような表現で定義しており、特定の場所とは 独立した形で測る行為そのものに重点が置かれ、数値 や図面に表すことは含まれていない。

次に、測量の教科書が測量をどのように定義している か調べてみる。たとえば、丸安(1976)は、「測量とは、 地球上の諸点相互の関係位置を定める技術」、福本他 (2003) は、「測量とは、地表・地中・水中・空中など 人間の活動領域における諸点の位置関係の情報を、所 定の方法と精度に従って取得し、処理し、数値や図で 表現すること」、堤他(2005)は、「測量とは、地球の 表面またはその付近の諸点の位置を測定し、その結果 から距離、角、方向、高さ、面積あるいは体積を計算 し、地形図や図面を作成する作業」と定義している。著 者により、位置を定めるだけを測量と定義している場合 と、測定・計算結果を数値や図面として表現することま でを含む場合とに分かれるが、概ね一般的な辞書の定 義と整合している。また、海外の古典的な文献を調べて も同様な定義をしている(例えば、Johnson, 1895及 び Kahmenand and Faig, 1988)。

このように、言葉の定義上ではあるが、測量が計測や 測定と違うのは、特定の土地(場所)の計測の結果を 数値や図面に表現することであり、それにより、計測の

結果が記録され、第三者にも共有できるようになるという ことであろう。この違いは、測量とは何かを考えるうえで、 極めて意義深いことと思われる。現代人にとって、測量 が成果の記録と第三者への共有を可能にしていること は、特筆すべきこととは考えにくいかもしれない。しかし、 このような結果を記録し、第三者と共有するという活動は、 動物はもちろん、北極圏の先住民であるイヌイットやオー ストラリアの先住民であるアボリジニの人たちの間では西 洋文明の影響を受けるまで行われてこなかった活動であ る(Barrie, 2019及びO'Connor, 2019)。Barrie (2019) や O'Connor (2019) によれば、動物は、昆虫も含め て通常の現代人を遥かに凌ぐ空間認知能力を有してお り、太陽や星の位置で方角を活用して帰巣したり、仲間 に餌場の位置を伝達したりできるのである。イヌイットや アボリジニの人たちも、西洋文明の影響を受ける遥か前 から、目立った目標物がほとんど存在しないような雪原 や砂漠の上を太陽や星はもちろん、地上の小さな目印 などを使いながら数千km に渡って移動できていたので ある。しかも、そのような移動のノウハウを地図などを使 わずに世代を超えて伝承してきている。同様な空間認 知能力を有し、しかもそのノウハウを次世代に伝承でき る現代人が存在するか否かは不明であるが、一般の現 代人が地図などの情報や GPS をはじめとした機器を使 わずに、数千kmに及ぶ空間を移動することは困難である ことは容易に想像できる。つまり、測量が、単に位置の 情報などが計測されるだけでなく、その結果が記録され、 第三者にも使えるように広く共有できるようになっていると いうことは、地球という広大な空間を容易に移動できるよ うにするということを考えるだけでも、現代人にとって極め て重要なことなのである。このように、測量は、単なる計 測とは異なり、計測の結果を第三者が使えるように記録 しておくことに意味があるのであり、計測の自動化が進 展しても、その結果を第三者に容易に使えるようにする ための取組は、今後とも測量技術者に課せられた重要 な使命であると考えられる。

#### ii. 測量はなぜ必要か

測量技術者には、計測結果を記録し、第三者と共有できるようにするという重要な役割があるわけだが、そもそも我々はなぜ測量するのであろうか。どんな必要があって測量するのであろうか。つまり、測量はなぜ必要なのであろうか。そして、その必要性は、時代とともに、あるいは技術革新によって変化するのであろうか。残念なが

ら、前述の測量学の教科書には、測量がなぜ必要かに 関する説明は明示されていない。測量の教科書の説明 は、測量の定義や歴史から始まる場合が多い(例えば、 福本他,2003)ことから、測量の必要性については先 験的に明らかで自明なことと考えているのかもしれない。 しかし、測量の必要性やその普遍性について考察する ことは、社会の変化が一層激しくなっていく中で、今後 の測量業や測量技術者の役割を考える際には、十分意 味のあることであろう。

とは言え、測量はなぜ必要かと問われても、必要性を 疑わずに測量に携わってきた筆者をはじめ、測量関係 者には唐突過ぎて即答は難しいかもしれない。そこで、 「測量が不要な世界はあるか」という問いから考えてみて はどうだろうか。ある測量会社で測量技術者の方々に同 じ質問をした際には、測量が不要な世界として、「砂漠」 や「バーチャルな世界」や「ブラックホールの中心」な どユニークな回答が出された。これらの回答は、時空間 の均質性が高まれば、測量することの意味は小さくなる し、そもそも人間としての活動が想定できないところは測 量の意味がないということを示唆しているのであろう。そ して、前者の均質性が高まると測量の意義が小さくなる という点は、測量の必要性を考える上で有用な示唆を与 えてくれるのである。つまり、逆に時空間が不均質なとこ ろや非線形なところ、あるいは単純な数理モデルで表現 できないところは測量の意義が大きくなると言えるのであ ろう。

では、なぜそのような時空間的に不均質・非線形のところを測る必要があるのであろうか。それは、時空間的に不均質性や非線形性の大きな場所が、人間の多くの活動にとって不便で非効率だからではないだろうか。例えば、道路や鉄道は平らでまっすぐなほうが整備にも利用にも効率的であるし、住宅や農地は凸凹したところには作りにくく、都市化しにくい。そして、人間が文明を築いている地球は、人間が生活を営む時空間スケールでは、極めて不均質で非線形であり、そのままでは使いにくい存在である。つまり、地球上にできるだけ均質で線形な環境を整備して文明を築き、守り、発展させるためには、不均質性や非線形性の程度を知る必要があり、それは結局、いつ、どこに、何があるかということを調べ(計測し)、記録し、関係者で共有する、すなわち測量することが必要であるということになるのではないだろうか。

突然「文明」という言葉を使用しているが、大辞林(第

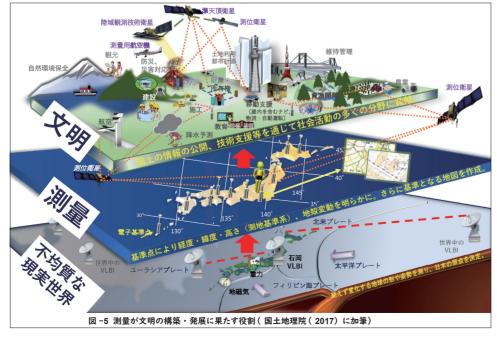
三版)によれば、文明とは「文字をもち、交通網が発 達し、都市化がすすみ、国家的政治体制のもとで経済 状態・技術水準などが高度化した文化をさす。」と定義 されている。つまり、文明の構築や発展には、交通網 や都市の整備が重要なのである。そして、不均質で非 線形な地球上に効率性を求める交通網や都市を整備す るためには、測量によってその不均質性や非線形性を 定量的に把握することが必要になる。大きな災害が発生 して、人工構造物をはじめとした文明の一部が破壊され た際に、その復旧に最初に必要になるのが測量である のはそのためであり、文明と測量の密接な関係を想起さ せてくれるのである。したがって、文明を築き、守り、発 展させようとするところでは、測量が重要な役割を演ずる ことになるのであり、測量とは「文明の構築や発展に必 要な営みの一つ」と定義されるべきではないであろうか。 そして、大辞林(第三版)の文明の定義は「文字をも ち... となっているが、このような測量の重要性を考え れば、文明の定義は「地図と文字をもち...」とすべきで はないだろうか。文明の象徴の一つとも言える「図書館」 という言葉が、地図(図面)と書物をその名に冠してい るのはあながち偶然ではないのかもしれない。

#### iii. 測量が対象とすべき分野

第二次世界大戦後、戦前の参謀本部陸地測量部は、 内務省地理調査所に組織が変わり、その後建設省にお いて国土地理院に名称変更し、国土交通省の特別の機 関として現在に至っている。そのためか、我が国におい ては、国土交通省が所掌する公共事業をはじめとしたイ ンフラ整備が測量の主要な応用分野との理解が浸透して いるように思われる。しかし、国土地理院(2017)が自 らの業務を分かりやすく説明するために作成した図に加 筆した図-5を眺めると、不均質な現実世界の上に人 類が文明を築くために測量が果たしている広範な役割が 明らかである。不均質な現実世界で効率を求める文明 を築こうとすれば、その不均質さを十分把握しておかな ければならないからである。つまり、測量が対象とすべ き分野は、文明の構築にかかわる人間の諸活動全般に わたるのであり、十木、建設などのインフラ整備はもちろ ん、農業、林業、漁業、環境、資源、通信など多様な 分野で測量が必要なのである。

実際、諸外国政府に設置されている測量・地図作成 機関の上位機関を主な国について取りまとめた結果は表 - 1 のようになっており (国土地理院, 2015)、測量・ 地図作成機関が、国によって異なる分野を所掌する省 庁に所属していることが明らかである。測量・地図作成 機関が、それぞれの国において、測量や地図が重要な 役割を果たす分野を所掌する省庁の下に置かれている と解釈するのが妥当であろう。もちろん、国によって自 然環境や歴史的・社会的背景が異なるので、現在でも 測量・地図作成機関が所属する省庁の所掌分野にお いて測量や地図が最も重要な役割を果たすとは限らな いが、この表は測量が多様な分野の組織で必要とされ、 役立っていることを示しているのである。

もちろん、これら多様な分野でも既に必要に応じた測 量が行われており、そこで活躍する測量会社や測量技



国名	上位機関
アイスランド共和国	環境・天然資源省
アイルランド	通信・エネルギー・天然資源省
アメリカ合衆国	内務省
アルゼンチン共和国	国防省
インド	科学技術省
インドネシア共和国	大統領直轄
オーストラリア連邦	産業・科学省
オーストリア共和国	科学・研究・経済連邦省
オランダ王国	国土・環境省
シンガポール共和国	法務省
スイス連邦	国防・市民防衛・スポーツ省
スウェーデン王国	社会省
スロベニア共和国	環境・空間計画省
タイ王国	防衛省
デンマーク王国	環境省
ドイツ連邦共和国	連邦内務省
トルコ共和国	国防省
バングラデシュ人民共和国	国防省
フィリピン共和国	環境・天然資源省
フィンランド共和国	農林省
ベトナム社会主義共和国	天然資源・環境省
ベルギー王国	国防省
ポーランド共和国	行政・デジタル化省
ポルトガル共和国	環境・空間計画・エネルギー省
マレーシア	天然資源・環境省
ミャンマー連邦共和国	環境保全・林業省
モルディブ共和国	財務省
ロシア連邦	ロシア連邦経済開発省
中華人民共和国	自然資源部 *
東ティモール民主共和国	法務省

1. 主な諸外国における測量・地図作 成機関の上位機関(国土地理院,2015)

術者も存在している。しかし、個別分野の測量は、その 分野に特化することで効率化を求めるために、部分最 適を志向する傾向が強く、例えば局地座標が使われた り、独自のデータ仕様で内部利用が前提であったりする ため、他分野とのデータ共有が困難である場合が多い。 前述のように、デジタル技術が普及する以前は、技術 的な問題から異なる組織や異業種間のデータ共有は現 実的ではなかったが、デジタルデータによる測量成果 が標準となった現代において、様々な分野における測 量成果をはじめとした地理空間情報活用の促進のため には、データ共有の重要性を訴え、文明全体の効率的 発展のために全体最適に取り組んでいくことは、今後の 測量技術者の重要な役割になっていくのではないだろう か。そして、測位分野における近年の技術革新が、測 量技術者の役割をさらに重要なものとしていくであろう。 その理由を次に考察したい。

#### 3. 測位と測量

最近の衛星測位技術の向上や測位インフラの整備に伴う高精度測位の普及を踏まえると、測量の役割を考える上で、測位と測量の関係を整理しておくことは、不可避である。

#### i. 測位と測量の違い

米国の GPS をはじめとした衛星測位技術が実用化さ れる前の測位は、位置を測るという点で、技術的に測量 と関係する部分も多いが、その目的や方法、そして時空 間精度において、測量とは異なる次元で利用されてい た技術であったと言ってよいであろう。多くの場合、測位 は船舶や航空機の地球上の位置を知るための技術とし て活用され、天体や電波を用いて行われてきた。空間 精度は、目的とする場所との関係が肉眼で確認できれ ば十分であったため、100~1000m 程度の精度でも十 分実用性が高かった。しかし、デジタル大辞泉が、測位 を「現在位置を測定すること。」と定義しているように、「現 在」の位置を測定することが重要であり、時間精度につ いてはリアルタイムに近い精度がなければ、実用性は低 くなる。他方、測量は、どこに、何があるかを高い空間 精度で記録し共有することが重要であり、最終結果を得 るのに数日以上かかったとしても、不都合はなかった。

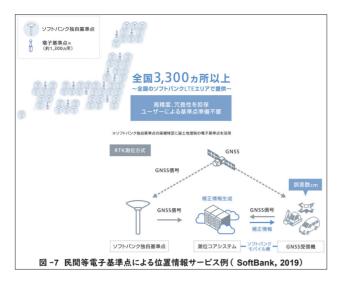
#### ii. 測位と測量の融合

しかし、衛星測位技術の発達と、電子基準点を中心

とした地上インフラの整備が進み、時間精度及び空間精度の両方について高精度で測位ができるようになると、測位と測量は、位置を計測するという点では実質的に同じことを行うことになる。このため、国土地理院は、電子基準点の観測データをリアルタイムに提供して、測量はもちろん、リアルタイムの高精度測位への応用を支援してきた。ただし、国土地理院の電子基準点は全国に約1,300点設置されているが、地域によって設置密度に濃淡があるため、設置密度が小さい地域では、例えばスマート農業で想定されている農機の自動運転に必要な位置精度3cm(国土地理院,2019b)を実現することが難しくなる。



このようなリアルタイム高精度測位に必要な高密度の 電子基準点のニーズに対応するために、国土地理院 (2019c) は民間等が独自に設置する電子基準点の活 用を促進し、国土地理院の電子基準点密度が小さな地 域においてもリアルタイム高精度測位が実現できるように 新たに民間等の電子基準点の性能基準を定め、その 用途に応じた適正な活用を促進している(図-6)。実 際、大手携帯電話通信事業者である NTT ドコモとソフ トバンクは、それぞれ独自の GNSS 連続観測局を全国 に設置し、高精度測位サービスを2019年からそれぞれ 開始している。 ソフトバンクの独自 GNSS 連続観測局数 は、図-7に示すように3.300点を超えて高密度になっ ており、高精度のリアルタイム測位が期待できるのである (SoftBank, 2019)。ここで重要なことは、これらの民間 等電子基準点を用いた高精度測位サービスにより提供さ れる位置情報が、測量法第十一条に規定されている測 量の基準である国家座標に準拠した緯度、経度、標高



になっていることである。このような連携により、我が国のリアルタイム高精度測位と測量が、民間ベースの独自サービスも含めて同一の国家座標に基づいて行われることになる。地震が多発し、地殻変動が大きく複雑な我が国においては、衛星測位による今期ベースの高精度測位は、元期ベースで作成される地図との乖離を短期間で顕在化させる(図-8)ため、このように位置の基準を統一しておくことは極めて重要である(国土地理院,2019d)。

また、国土地理院は、標高についても衛星測位を用いて直接測量できるように、航空重力測量を開始し、精密重力ジオイドの整備を進めている(図ー 9)。これまでも重力ジオイドのデータは整備されていたが、地上重力測量の観測密度が十分ではなく、水準測量と同等の精度を達成するまでには至っていなかった(松尾,2017)。しかし、均一かつ高密度の航空重力測量を行うことにより、3 cm程度の精度の精密重力ジオイドの構築が見込ま

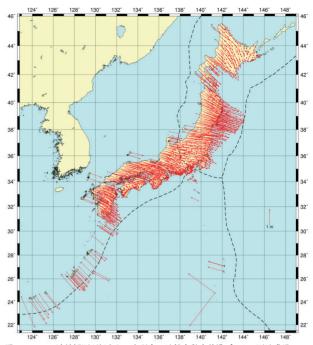
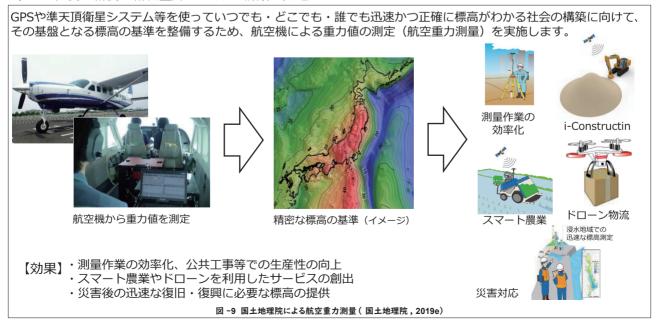


図 -8 GNSS 連続観測が捉えた日本列島の地殻変動(基準データ: 測地成果 2011 比較データ: 2019 年 1 月 1 日)(国土地理院, 2019d)

れている(国土地理院,2018)。標高の測量精度を向上させるためには、重力ジオイドの精度向上に加えて、衛星測位による楕円体高の計測精度の向上も必要になるため、電子基準点の楕円体高の精度向上等の課題も残されている。しかし、水準点からの距離にかかわらず、衛星測位だけで全国どこでも同様な標高精度がリアルタイムに得られる利点は大きい。ただし、短距離間での正確な比高の測量には水準測量のほうが遥に優れているため、水準測量の技術維持は引き続き必要である。

#### iii. 測位と測量の融合の意義

ところで、このように測位においても測量においても同じ国家座標で同様な位置精度の位置情報が、しかもリア



ルタイムで容易に得られるとしたら、測量技術者の存在 意義が低下してしまうのではないだろうか。もしそうだとし たら、なぜ国土地理院は、わざわざそれを加速させるよ うな取組を行うのであろうか。一般社団法人全国測量設 計業協会連合会(2011)によれば、2009年度の当該 連合会会員の測量に関する売上高は約2500億円であ る。これに対し、総務省(2013)は、2012年度時点 で19.8 兆円であった地理空間情報関連の市場規模が、 2020 年度には 32.3 兆円に拡大すると試算している。こ の試算で想定している地理空間情報関連サービスの多 くが高精度測位を前提としていることから、測位が国家 座標に基づいて行われることにより、測量の市場を遥か に凌ぐ市場が国家座標を通して測量とつながっていくと 考えられる。つまり、測位と測量の融合により、測量技 術者のノウハウを活かすことができる市場が大きく拡大す ることになるのである。測量技術者は、地理空間情報関 連の個別サービスについて詳しいノウハウを有していな いかもしれないが、今後衛星測位の活用により国家座標 の利用が必要となる分野が拡大していく中で、測量技術 者の技術と経験が不可欠となっていくであろう。したがっ て、一般社団法人全国測量設計業協会連合会(2011) が提言しているように、測量業の経営者は、建設関連 業への取組を充実させるとともに、これからさらに拡大す

る地理空間情報関連ビジネスにも積極的に取り組んでい くことが今後の成長につながるのではないだろうか。

#### 4. 地域の測量業の役割

最初に述べたように、我が国は少子高齢化による生産 年齢人口減少やインフラ老朽化が、今後特に地方において加速していくと想定されている。すべての街並みやインフラが維持されるわけではないかもしれないが、コンパクト化や施設の更新という文明の新陳代謝を不均質な地球上で行う中で、測量のニーズが無くなることはないであろう。むしろ、生産年齢人口が減少する中で、農業をはじめとした一次産業などの生産性向上を図る観点から、高精度測位や地理空間情報の活用は加速すると考えられ、測量技術者が果たすべき役割は従前の建設関連分野はもちろん、そこからさらに拡大していくことができるはずである。しかも、地方におけるこのような活動は大規模プロジェクトとして行われるというよりは、五月雨式に発生すると考えられるため、地元企業の果たす役割が大きくなるであろう。

また、地球温暖化が進展し、気候変動による自然災害の激甚化が懸念されており、従前の想定を超える規模の自然現象が発生した場合には、文明の基盤となる

## Sound preparedness can reduce the disaster risk for highly exposed countries but cannot eliminate it completely.

Countries with low or very low vulnerability are well protected against extreme natural events. The driving factors behind this are, among others, robust infrastructure (WorldRiskReport 2016), a steady nutritional basis (WorldRiskReport 2015) and functioning health system (WorldRiskReport 2013). However, if a country is as heavily exposed to extreme natural hazards as say Japan, then even very best preventative measures can never completely avert

disaster. This was made clear as recently as 2011 when the earthquake that shock the country caused the Fukushima nuclear disaster, along with a host of other devastating effects. The WorldRiskIndex assigns exposure a sufficiently large role by giving it the same weighting as vulnerability in the calculation of disaster risk.

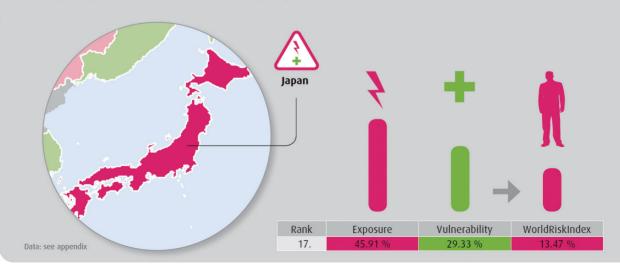


図 -10 日本の災害リスク(Lotte et al. 2017)

構造物などの大規模な破壊や災害頻度の増大が避けら れない。特に我が国は、地球上でも自然災害が起きや すい場所に位置しており、地震、台風、火山等による 災害のリスクが他国よりも高い(一般財団法人国土技術 研究センター, 2015)。Lotte, et al. (2017) によれば、 地震、ハリケーン (熱帯低気圧)、洪水、干ばつ、海 面上昇の5つの自然災害への国民の曝されやすさにつ いて世界 171 か国を対象に行った調査では、日本は第 4位であり、他の先進諸国よりも突出して自然災害リス クが高い国であることがわかる。もちろん、日本は長年 のインフラ整備等により、国土の強靭化は進められてお り、脆弱性の低さという指標では、世界 171 か国中第 14位と、自然災害リスクの高い他の国々に比べて脆弱 性は低く抑えられている。しかし、Lotte, et al. (2017) がその調査報告書 (図-10) で "if a country is as heavily exposed to extreme natural hazards as say Japan, then even the very best preventative measures can never completely avert disaster." (筆 者仮訳:日本のように自然の脅威が極めて大きな国の 場合、最善の防災施策をもってしても、災害を完全に回 避することはできない。)と述べているように、日本は人 間の努力で災害を回避できる国ではない。したがって、 インフラの老朽化や気候変動が深刻となると考えられて いる今後は、さらに災害が多発化・激甚化することを想 定しておく必要がある。そして、一旦災害が発生した直 後には、何がどこで起きたかなどの被害状況を迅速に 把握する、すなわち測量することにより、人命救助はも ちろん、文明の基盤となる構造物の復旧を図ることが重 要になる。そのような迅速な測量を可能にするのは、被 災地の近隣にある測量会社であり、平時から地域の地 方公共団体等と連携することで、緊急時に測量して共有 した成果を災害対応に有効に活用してもらえるようにして おくことが、地域の測量会社の重要な役割になっていく のではないだろうか。

#### 5. 今後の測量技術者に期待される役割

社会的にも技術面でも変化の激しい時代にあって、 10年後、20年後を見通すことは容易ではない。しかし、 これまで述べてきたように、地球が存在し、その中で人 類が文明を構築し、守り、発展しようとする限り、測量の 必要性がなくなることはない。むしろ、高精度測位の活 用が普及する中で、様々な分野で地理空間情報の活用が拡大すると考えられることから、測量技術者が果たすべき役割が大きくなり、その活躍の場が拡大していくはずである。また、歴史的にも測量が文明のフロンティアで重要な役割を果たしてきたことを考えれば、途上国における開発プロジェクトに貢献することに加え、人類が月や火星に進出し、文明を築いていくことが構想される中で、宇宙においても測量技術者が活躍することは絵空事ではないはずである。

もちろん、計測の自動化をはじめとした新技術が次々と登場し、これまで培ってきた技術がすぐに陳腐化することも想定されるため、過去の技術や経験に固執することなく、また個々の新技術に惑わされてその本質や意義を見失うことなく、高い洞察力をもって次に身に着けるべき新技術を見定め、積極的に導入していくことは測量技術者の基本である。その上で、これまでの活動分野だけではなく、文明のフロンティアを求めて異分野のビジネスに積極的に進出していくべきである。計測の自動化が加速し、測量の知識や経験がなくても測量ができるという誤解が広まりかねない中で、部分最適ではなく全体最適の観点から測量を行っていくことができる測量技術者が、我が国をはじめ世界の文明の発展に果たすべき役割は大きい。

これらの役割の重要性に関する指摘は、特に目新し いことではなく、一般社団法人全国測量設計業協会連 合会(2011)でも既に提言されており、異分野はもちろん、 海外にも積極的に進出している企業は存在する。しかし、 これからますます拡大する地理空間情報関連市場を考 えれば、測量技術者がこれまで以上に新たな分野に挑 戦していくことが期待される。測量士の本来業務は、基 本測量や公共測量を行うこと、と考えている測量技術者 や測量業を営む経営者もいるようであるが、測量法第十 条の二に規定されているように、測量業とは、「基本測量、 公共測量又は基本測量及び公共測量以外の測量を請 け負う営業をいう」のであって、「基本測量及び公共測 量以外の測量」も、測量業の本来業務なのである。今 後地理空間情報関連市場の発展とともに、「基本測量及 び公共測量以外の測量」も拡大が期待できるはずであ る。これからの経営者や測量技術者には、これらの異分 野に果敢に挑戦していく勇気を持って、一歩前に踏み 出す決断をすることを期待したい。

- 参考文献
- 大木章一(2016)「測量に関する技術の系譜」, 私信.
- 厚生労働省 (2018)「平成 30 年我が国の人口動態-平成 28 年までの動向-」,厚 生労働省政策統括官(統計・情報政策担当),60p.
- 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(2017)「世界最先端IT国家創造宣言・ 官民データ活用推進基本計画」, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/ kettei/pdf/20170530/siryou1.pdf.
- 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(2019)「世界最先端IT国家創造宣言・ 官民データ活用推進基本計画」, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/ kettei/pdf/20190614/siryou1.pdf.
- 国土交通省 (2014)「平成 25 年度国土交通白書」, http://www.mlit.go.jp/ hakusyo/mlit/h25/hakusho/h26/index.html.
- 国土地理院 (2007)「地理空間情報活用推進基本法・基本計画とは」, https://www.gsi.go.jp/chirikukan/about\_kihonhou.html.
- 国土地理院(2015)「各国・地域の地理空間情報当局の日本語名称」, 私信.
- 国土地理院(2017)「国土を測り、未来を描く~ 測量・地図の『力』と『可能性』伝 える~」,「国土を測る」 意義と役割を考える懇話会報告書,https://www.gsi.go.jp/common/000187079.pdf.
- 国土地理院 (2018)「位置の基準 (測地基準座標系) のあり方について」, 測量行政 懇談 会報告書 (平成 30 年 3 月), https://www.gsi.go.jp/common/000198958.pdf.
- 国土地理院 (2019a)「近代測量150年」, https://www.gsi.go.jp/MUSEUM/p09\_00001.html.
- 国土地理院 (2019c) 「民間等電子基準点の性能基準及び登録要領」,国地達第 14 号,https://www.gsi.go.jp/common/000219093.pdf.
- 国土地理院 (2019d)「GNSS 連続観測が捉えた日本列島の地殻変動」, https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/sokuchikijun40046.html.
- 国土地理院(2019e)「国民の安全・安心の確保、生産性・成長力の引き上げの加速に向けて一『国土を測る、描く、守る、伝える』令和2年度国土地理院関係当初予算ー」, https://www.gsi.go.jp/common/000220790.pdf.
- 一般財団法人国土技術研究センター (2015)「自然災害の多い国 日本」, http://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary09.
- 一般社団法人全国測量設計業協会連合会 (2011)「測量設計業の課題と展望〜地理 空間情報産業への脱皮と地域創生企業の飛躍を目指して〜」,29p.
- 総務省 (2013)「空間情報と通信技術を融合させ、暮らしに新たな革新をもたらす」, G 空間 ×ICT 推進会議報告書(平成 25 年 6 月), 92p.
- 堤隆, 山田貴浩, 岡林巧(2005)『測量学 I 』, 環境・都市システム系教科書シリーズ/ 環境・ 都市システム系教科書シリーズ編集委員会 編 11, コロナ社, 200p.
- 電子行政オープンデータ実務者会議 (2013)「二次利用の促進のための府省のデータ 公開に関する基本的考え方(ガイドライン)」, http://www.kantei.go.jp/jp/ singi/it2/densi/kettei/data/gl27\_honbun.pdf.
- 内閣官房(2007)「地理空間情報活用推進基本法」, https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/sokuitiri/tirikuukan/pdf/houritu.pdf.
- 内閣府(2016)「科学技術基本計画」, https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf.
- 日経新聞(2017)「わたしの仕事、ロボットに奪われますか?」, https://vdata. nikkei.com/newsgraphics/ft·ai-job/.
- 農林水産省(2020)「スマート農業の展開について」, https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-77.pdf. https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-73.pdf.
- 野村総合研究所(2015)「日本の労働人口の 49%が人工知能やロボット等で代替 可能に」, https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/news/ newsrelease/cc/2015/151202\_1.pdf.
- 福本武明, 佐野正典, 和田安彦, 嵯峨晃, 早川清, 荻野正嗣, 鹿田正昭, 古河幸雄 (2003)『エース測量学』, エース土木工学シリーズ, 朝倉書店, 199p.
- 松尾功二 (2017)「新しい標高体系の構築に向けた精密重力ジオイドの開発」, 平成 29 年度国土交通省国土技術研究会論文集, 277-282.
- 丸安隆和 (1976) 『測量 (1): 大学課程』, オーム社, 248p.
- Barrie, D. (2019) "Incredible Journeys: Exploring the Wonders of Animal Navigation", Hodder & Stoughton, London, UK. 336 p.
- e-Gov (2019)「測量法」, https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\_search/lsg0500/detail?lawId=324AC000000188.
- i-Construction 委員会 (2016) 「i-Construction- 建設現場の生産性革命 -」, http:// www.mlit.go.jp/common/001127288.pdf.
- Johnson, J. B. (1895) "The Theory and Practice of Surveying", J. Wiley & sons, 754
- Kahmen, H. and Faig, W. (1988) "Surveying", Walter de Gruyter & Co., Berlin, 581.
- Lotte K., L., Luther, S., Mucke, P., Prütz, R., Radtke, K., and Schrader, C. (2017) "WorldRiskReport Analysis and prospects 2017", Bündnis Entwicklung Hilft, 56p.
- O'Connor, M. R. (2019) "Wayfinding", St. Martin's Publishing Group, New York, N.Y., 354p.
- SoftBank~(2019)~"ichimill"~~,~https://www.softbank.jp/biz/iot/service/ichimill/.

#### NPO 法人 全国 G 空間情報技術研究会

事務局: 〒104-0045 東京都中央区築地5丁目6番4号

浜離宮三井ビルディング 6F (福井コンピュータ㈱内)

TEL: 03-5763-5261 / FAX: 03-5763-5262

メール: info@npo-zgis.or.jp

URL : http://www.npo-zgis.or.jp