

近代測量の理論と実践

岩下 圭之
杉村 俊郎
青山 定敬
野中 崇志
朝香 智仁
内田 裕貴

共著

コロナ社

まえがき

近年、急速に多様化、複雑化する現代社会において、普段何気なく利用している鉄道・道路・空港施設・港湾施設などの交通移動・運搬手段、人間生活に欠かせない電気・ガス・上下水道などのライフラインなど、われわれの日常生活は、基盤インフラの上に成り立っています。先人の言葉にもあるように、単に生活環境の物理的な向上を目指すだけではなく、これらインフラ構築・維持のための計画・計測・施工などの技術者を目指す個々が、環境を強く意識することが求められております。

近年の建設測地技術の進歩はめざましく、測量分野もデジタル化され瞬時に角度・距離・方向を把握することができ、さらには人工衛星データを利用しさらに正確な情報を得られるようになりました。

本書は、大学ではじめて土木工学や建設・環境工学系等の分野を学ぶ学生に向けて、これらの分野における「測量」を学問体系として学び、またそれを実践的な最新測地技術に展開していくプロセスを「理解しやすく」解説してあります。すなわち、測量学の基本から応用までの理論を「測量士補」の国家試験に準じた内容として学び、そこで得られた知識を、最新機器を利用した測量実習を通じて実践的に理解できるように配慮して刊行するものです。

最後に、本書の刊行にあたり日本大学名誉教授 工藤勝輝先生、コロナ社のご担当者様には多大なご協力を賜りました。ここに記して、謝意を表します。

2018年6月

岩下 圭之

執筆分担

| | |
|------------|-----------------------------|
| いわした 岩下 | けいし 圭之：まえがき、総括 |
| すぎむら 杉村 | としろう 俊郎：3章、7章、11章 |
| あおやま 青山 | さだよし 定敬：1章、2章、10章、11章、付録 |
| のなか 野中 | たかし 崇志：3章、6章、7章 |
| あさか 朝香 | ともひと 智仁：4章、5章、8章、9章、11章 |
| うちだ 内田 | ゆうき 裕貴：図表 |

目 次

1 測量の基礎知識

| | |
|-------------------|----|
| 1.1 測量概論 | 1 |
| 1.1.1 測量の定義 | 1 |
| 1.1.2 測量の分類 | 1 |
| 1.2 測量法 | 2 |
| 1.2.1 測量法概説 | 2 |
| 1.2.2 公共測量 | 2 |
| 1.2.3 測量士および測量士補 | 3 |
| 1.3 地理空間情報活用推進基本法 | 3 |
| 1.4 測量の基準 | 5 |
| 1.4.1 測地系 | 5 |
| 1.4.2 日本の測地系の歴史 | 6 |
| 1.4.3 平面直角座標系 | 7 |
| 1.4.4 標高 | 9 |
| 1.4.5 水準原点と水準点 | 10 |
| 1.5 誤差論 | 11 |
| 1.5.1 観測と誤差 | 11 |
| 1.5.2 未知量が一つの観測 | 13 |
| 1.5.3 未知数が複数の観測 | 17 |
| 演習問題 | 18 |

2 多角測量

| | |
|---------------------|----|
| 2.1 基準点測量 | 20 |
| 2.2 測距・測角 | 23 |
| 2.2.1 測距・測角とは | 23 |
| 2.2.2 巻尺による測距 | 24 |
| 2.2.3 TSによる測距・測角 | 25 |
| 2.3 多角測量 | 26 |
| 2.3.1 概説 | 26 |
| 2.3.2 基準点測量の原理 | 26 |
| 2.3.3 トラバース測量に関する計算 | 27 |
| 2.4 GNSS 測量 | 31 |

| | |
|-------------------------|----|
| 2.4.1 GNSS 測量の概要 | 31 |
| 2.4.2 スタティック法 | 32 |
| 2.4.3 短縮スタティック法 | 33 |
| 2.4.4 キネマティック法 | 33 |
| 2.4.5 RTK-GPS 法 | 34 |
| 2.4.6 ネットワーク型 RTK-GPS 法 | 34 |
| 演習問題 | 39 |

3 水準測量

| | |
|-------------------------|----|
| 3.1 水準測量とは | 40 |
| 3.1.1 水準測量の方法 | 40 |
| 3.1.2 水準測量の等級 | 41 |
| 3.2 水準測量の機器 | 41 |
| 3.2.1 気泡管レベル (チルチングレベル) | 41 |
| 3.2.2 自動レベル (オートレベル) | 43 |
| 3.2.3 電子レベル (デジタルレベル) | 43 |
| 3.2.4 標尺 (スタッフ) | 43 |
| 3.3 水準測量の観測方法 | 43 |
| 3.3.1 観測のための基本用語 | 43 |
| 3.3.2 レベルを用いた観測と計算法 | 44 |
| 3.4 水準測量の野帳 | 45 |
| 3.4.1 器高式 | 45 |
| 3.4.2 昇降式 | 46 |
| 3.5 誤差調整 | 48 |
| 3.5.1 誤差の調整方法 | 48 |
| 3.5.2 最確値 | 52 |
| 演習問題 | 53 |

4 地形測量

| | |
|-----------------------|----|
| 4.1 地形測量とは | 55 |
| 4.2 現地測量 | 55 |
| 4.2.1 作業計画 | 56 |
| 4.2.2 基準点の設置 | 56 |
| 4.2.3 細部測量 | 57 |
| 4.2.4 数値編集 | 60 |
| 4.2.5 補備測量 | 60 |
| 4.2.6 数値地形図データファイルの作成 | 60 |
| 4.2.7 品質評価 | 60 |
| 4.2.8 成果等の整理 | 60 |

| | |
|---------------------------|----|
| 4.3 車載写真レーザー測量 | 61 |
| 4.3.1 調整点の設置 | 62 |
| 4.3.2 移動取得およびデータ処理 | 62 |
| 4.3.3 数 値 図 化 | 63 |
| 4.3.4 現 地 補 測 | 63 |
| 4.3.5 数 値 編 集 | 65 |
| 4.3.6 数値地形図データファイルの作成数値編集 | 65 |
| 4.3.7 品 質 評 価 | 65 |
| 4.3.8 成果等の整理 | 65 |
| 演 習 問 題 | 66 |

5 写 真 測 量

| | |
|------------------------|----|
| 5.1 写真測量とは | 67 |
| 5.2 空中写真測量 | 69 |
| 5.2.1 作 業 計 画 | 70 |
| 5.2.2 標定点の設置 | 70 |
| 5.2.3 対空標識の設置 | 70 |
| 5.2.4 撮 影 | 71 |
| 5.2.5 同 時 調 整 | 75 |
| 5.2.6 現 地 調 査 | 78 |
| 5.2.7 数 値 図 化 | 79 |
| 5.2.8 数 値 編 集 | 79 |
| 5.2.9 補 測 編 集 | 79 |
| 5.2.10 数値地形図データファイルの作成 | 80 |
| 5.2.11 品 質 評 価 | 80 |
| 5.2.12 成果等の整理 | 80 |
| 5.2.13 写真地図作成 | 80 |
| 5.3 航空レーザー測量 | 84 |
| 5.3.1 作 業 計 画 | 85 |
| 5.3.2 固定局の設置 | 85 |
| 5.3.3 航空レーザー計測 | 85 |
| 5.3.4 調整用基準点の設置 | 87 |
| 5.3.5 三次元計測データの作成 | 88 |
| 5.3.6 オリジナルデータの作成 | 88 |
| 5.3.7 グラウンドデータの作成 | 88 |
| 5.3.8 グリッドデータの作成 | 88 |
| 5.3.9 等高線データの作成 | 89 |
| 5.3.10 数値地形図データファイル作成 | 90 |
| 5.3.11 品 質 評 価 | 90 |
| 5.3.12 成果等の整理 | 90 |

| | |
|------|----|
| 演習問題 | 91 |
|------|----|

6 リモートセンシング

| | |
|--------------------------------|-----|
| 6.1 リモートセンシングとは | 92 |
| 6.1.1 リモートセンシングの特徴 | 92 |
| 6.1.2 リモートセンシングの構成要素 | 93 |
| 6.1.3 リモートセンシングの分類 | 94 |
| 6.1.4 発展過程 | 95 |
| 6.2 可視波長帯から赤外波長帯を利用したリモートセンシング | 97 |
| 6.2.1 分光特性 | 97 |
| 6.2.2 大気の影響 | 99 |
| 6.2.3 利用事例 | 100 |
| 6.3 マイクロ波を利用したリモートセンシング | 101 |
| 6.3.1 合成開口レーダーの概要 | 102 |
| 6.3.2 画像の特徴 | 103 |
| 6.3.3 利用事例 | 105 |
| 演習問題 | 106 |

7 地図編集

| | |
|--------------------|-----|
| 7.1 地図編集とは | 107 |
| 7.1.1 地図の定義 | 107 |
| 7.1.2 地図製作に必要な技術 | 108 |
| 7.2 地図投影法 | 108 |
| 7.2.1 方位図法 | 108 |
| 7.2.2 円錐図法 | 109 |
| 7.2.3 円筒図法 | 109 |
| 7.3 縮尺と図式 | 110 |
| 7.3.1 地図の縮尺 | 110 |
| 7.3.2 図式 | 110 |
| 7.4 地理情報システム (GIS) | 112 |
| 7.4.1 GISの構成要素 | 113 |
| 7.4.2 GISの利用分野 | 114 |
| 7.4.3 GISの発展過程 | 115 |
| 演習問題 | 115 |

8 応用測量

| | |
|------------|-----|
| 8.1 応用測量とは | 116 |
| 8.2 路線測量 | 117 |

| | | |
|-------|--------------------|-----|
| 8.2.1 | 作業計画 | 118 |
| 8.2.2 | 線形決定 | 118 |
| 8.2.3 | 中心線測量 | 122 |
| 8.2.4 | 仮BM設置測量 | 128 |
| 8.2.5 | 縦断測量 | 128 |
| 8.2.6 | 横断測量 | 128 |
| 8.2.7 | 詳細測量 | 129 |
| 8.2.8 | 用地幅杭設置測量 | 129 |
| 8.3 | 河川測量 | 130 |
| 8.3.1 | 距離標設置測量 | 130 |
| 8.3.2 | 水準基標測量 | 131 |
| 8.3.3 | 定期縦断測量 | 132 |
| 8.3.4 | 定期横断測量 | 133 |
| 8.3.5 | 深浅測量 | 133 |
| 8.3.6 | 法線測量 | 133 |
| 8.3.7 | 海浜測量および汀線測量 | 133 |
| 8.4 | 用地測量 | 134 |
| 8.4.1 | 資料調査 | 135 |
| 8.4.2 | 復元測量 | 135 |
| 8.4.3 | 境界確認 | 135 |
| 8.4.4 | 境界測量 | 136 |
| 8.4.5 | 境界点間測量 | 136 |
| 8.4.6 | 面積計算 | 136 |
| 8.4.7 | 用地実測図データファイルの作成積計算 | 137 |
| 8.4.8 | 用地平面図データファイルの作成積計算 | 138 |
| 8.5 | その他の応用測量 | 141 |
| | 演習問題 | 142 |

9 工事測量

| | | |
|-------|-------------------|-----|
| 9.1 | 建設工事測量 | 143 |
| 9.1.1 | 引照点の設置 | 144 |
| 9.1.2 | 丁張（やり形）の設置 | 144 |
| 9.1.3 | 型枠の設置 | 145 |
| 9.2 | ICT施工技術に活用される測量技術 | 146 |
| | 演習問題 | 147 |

10 測量業務の積算

| | | |
|--------|----------|-----|
| 10.1 | 測量業務費の構成 | 148 |
| 10.1.1 | 直接測量費 | 148 |

| | |
|----------------------|-----|
| 10.1.2 諸 経 費 | 149 |
| 10.1.3 測 量 調 査 費 | 149 |
| 10.1.4 消 費 税 相 当 額 | 149 |
| 10.2 測 量 業 務 費 の 積 算 | 149 |
| 10.3 変 化 率 の 積 算 | 150 |
| 10.3.1 地 物 に よ る 分 類 | 150 |
| 10.3.2 地 形 に よ る 分 類 | 150 |
| 10.4 直 接 測 量 費 の 積 算 | 150 |
| 10.4.1 人 件 費 等 | 150 |
| 10.4.2 材 料 費 | 151 |
| 10.4.3 機 械 経 費 | 151 |
| 10.4.4 旅 費 交 通 費 | 151 |
| 10.4.5 安 全 費 | 151 |
| 10.4.6 そ の 他 | 151 |
| 10.4.7 精 度 管 理 費 | 152 |
| 10.4.8 成 果 検 定 費 | 152 |
| 演 習 問 題 | 152 |

11 基本的な測量機器の取扱い

| | |
|------------------------|-----|
| 11.1 TS の操作方法 | 153 |
| 11.1.1 据 付 け | 153 |
| 11.1.2 測 距 | 157 |
| 11.1.3 測 角 | 158 |
| 11.2 レベルの操作方法 | 158 |
| 11.2.1 据 付 け | 158 |
| 11.2.2 測 定 | 158 |
| 11.3 測量機器の取扱い方, 野帳の書き方 | 159 |
| 11.3.1 測量機器の取扱い方 | 159 |
| 11.3.2 野帳の書き方 | 160 |
| 演 習 問 題 | 160 |

| | |
|-----------------|-----|
| 付録 A : 測量に関する数学 | 161 |
|-----------------|-----|

| | |
|--------------------|-----|
| 付録 B : 測量機器級別性能分類表 | 165 |
|--------------------|-----|

| | |
|---------|-----|
| 引用・参考文献 | 168 |
|---------|-----|

| | |
|--------|-----|
| 演習問題解答 | 170 |
|--------|-----|

1

測量の基礎知識

測量を学ぶための基礎知識として、「測量とは何か」ということを記した定義、測量法および測量手法による測量の種類、測量に関する関係法令、測量の基準、そして対象物を測るといふ行為につきものの誤差論について概説する。

1.1 測量概論

1.1.1 測量の定義

測量 (survey) とは、一般的に地物の位置や形状を求めたり、定めたりする作業およびその技術のことをいう。

また、土木分野における測量は、構造物を計画・設計するために必要な現状の地形および構造物の形状や位置関係を定めるために必要な基準点を設ける作業、基準点に基づき地形および構造物の形状や位置を求めて図化する作業、そして設計図等に記された構造物の位置と形状に基づき、現地において構造物の位置と形状を決定する作業をいう。

測量法第3条では、『この法律において「測量」とは、土地の測量をいい、地図の調整および測量用写真の撮影を含むものとする。』と定義されている^{1)†}。

1.1.2 測量の分類¹⁾

測量は、測量法による分類、手法によって分類される。

測量法では、測量法第4条「基本測量」、第5条「公共測量」、第6条「基本測量及び公共測量以外の測量」の三つに分類している。

【測量法による分類】

- ・基本測量
- ・公共測量
- ・基本測量及び公共測量以外の測量

測量法では、**基本測量** (basic survey) は、すべての測量の基礎となる測量で、国土地理院が行う測量をいう。**公共測量** (public survey) は、基本測量以外の測量のうち、国または

† 肩付き数字は巻末の引用・参考文献を表す。

5

写真測量

本章では、公共測量作業規程の準則における**写真測量** (photogrammetry) について、公共測量作業規程の準則の原文¹⁾を引用しながらその要点を解説する。また、理解を深めるため、過去に測量士補国家試験に出題された問題を例題として利用している。

5.1 写真測量とは

公共測量作業規程の準則において、写真測量とは数値地形図データ等を作成および修正する作業と定義され、地形測量と同様に地図編集を含むものとされている。写真測量は、対象物を撮影してその写真から対象物の幾何学および質的な情報を得る技術である²⁾。幾何学情報とは対象物の形状に関するものであり、質的な情報とは撮影した写真に含まれる土地利用、地形ならびに地質に関するものである。写真には、撮影位置によって空中写真と地上写真に大別できる。空中写真は航空機等をプラットフォームとして撮影したものであり、地上写真は地上で撮影する、いわゆる近接写真である。

写真は、レンズを通してフィルム等に写される画像である。図 5.1 に示すとおり、地点 A、地点 B、および地点 C における地表面からの光はレンズの中心を通過してフィルム面の点 a、点 b、および点 c に結像する²⁾。このように 1 点を通して被写体を写すことを中心投影という。これに対して、中心投影の写真等を高さ方向のデータを使って歪みを除去し、フィルム面の点 a、点 b、および点 c の位置を地表面の鉛直点下に変換することを正射投影という。

写真は、三次元である世界を二次元の中に記録するため、1 枚の写真からは被写体の立体像を求めることはできない。写真測量においては、被写体を異なる 2 地点から撮影し、2 枚の写真に写った同一対象物の画像を測定して立体像を求めることができる原理により成立しており、このような見方を**実体視**と呼ぶ。これは、ちょうどわれわれの両眼によって奥行きを感じることに同じである。

図 5.2 は、2 枚の空中写真を両眼 (O_1 および O_2) で見ることで、左写真にある a' b' 間に写り込んだ物体 (例えば、ビル等) と右写真にある a''-b'' 間に写り込んだ左写真にある a' b' と同じ物体が、AB に示す細長い地物として立体的に見える実体視の概念である²⁾。実体視は訓練によって肉眼でもできるようにするが、図 5.3 に示す簡易実体鏡や反射式実体鏡を

6 リモートセンシング

写真測量の分野では、人工衛星や航空機より取得した画像を使用して解析を行う。人工衛星や航空機より計測する技術のリモートセンシングといい、上記のように測量とリモートセンシングは密接な関係がある。本章では、リモートセンシングについて、概要とその利用事例を中心に説明する。はじめにリモートセンシングの分類、発展過程を述べる。つぎに、利用事例について、使用する電磁波の「波長」に着眼して、波長の違いと得られる情報の違いについて、具体的に概説する。

6.1 リモートセンシングとは

リモートセンシング (remote sensing) は、広義の意味では「遠隔操作」であり、非接触の計測全般を意味する。しかし一般的には、人工衛星や航空機等に搭載されたセンサーより地表面を計測する技術を指すことが多く、本書でもその意味で使用する。もともとは軍事的な技術として欧米を中心に開発が進んできたが、近年ではその技術が測量、気象、農業、地図、減災等幅広い分野に及んでいる。自然災害が多いわが国では、近年では特に減災分野で利用することを目的として衛星を打ち上げている。

6.1.1 リモートセンシングの特徴

リモートセンシングは、一度に広域を観測できる、(衛星の場合) 周期的に同一場所を観測できる、現地に行かなくてもデータを取得できるという現地観測にない長所を持つ。

画像で観測できる地物の大きさを**空間分解能** (spatial resolution) といい、センサー (6.1.2 項 [2]) により異なる。一般に、空間分解能と一度に観測できる範囲は比例するため、その目的に応じたセンサーを選択する (図 6.1)。例えば、気象分野では、空間分解能は多少低くても広域の画像を取得することが多いのに対し、地図の分野では、すでに高精度な地図が整備されているわが国の場合、分解能が高い画像が必要であることが多い。

また、同じ場所を観測する頻度も重要である。例えば、ひまわりは静止衛星であり、同一地点を 2.5 分ごと (8 号の場合) に観測する。また現在、測位の目的で打ち上げられた準天頂衛星は日本国内を高頻度に観測することを念頭に 8 の字型の軌道が組まれており、合計 3 機で常時日本を観測できるようになる。カーナビゲーション等に利活用される予定である。

9

工事測量

本章では、建設工事に付随する**工事測量**（engineering survey）に関する基礎知識として必要な測設について解説するとともに、ICT施工技術に活用される測量技術について紹介する。また、理解を深めるための計算を例題として利用している。

9.1 建設工事測量

工事測量は、公共測量とは異なり建設工事に付随して所定の場所に設計図どおりの構造物を建設する際に必要な測量であり、例えば工事の進捗状況に応じてその仕上がり位置の形状や長さ等を観測する出来形測量がある¹⁾。また、工事測量では諸点の位置を設計どおりに現地に定めることを、**測設**というが、測設には

- ① **引照点の設置** 建設工事の用地内に測設されている役杭や中心杭等の主要点は、工事の際、一時的に撤去される場合があるため、主要点の周辺に**引照点**（reference point）を複数設置し、引照点から主要点までの距離や角度を測定しておくことで、主要点を復元することができる。
- ② **丁張（やり形）の設置** 現況地形に対して盛土や切土を行う場合に、仕上げ面の形状を定めるため、現場に木杭と板材を用いて、**やり形**（slope stake）を設置する。
- ③ **型枠の設置** コンクリート型枠の位置を定めるための測量で、設計寸法から割り出して構造物上にその位置を定める。

等がある¹⁾。

また、工事測量はその工種（トンネル工事、橋梁工事、海洋工事、河川工事、ダム工事等）によってもさまざまな測量方法が存在するが、決して難しい技術ではない。しかしながら、習熟していなければ施工管理において不安材料となるばかりか、工事測量のミスや出戻りは工期や現場の収益に与える影響は甚大となる。したがって、正確な測量を実施するためには、測量機器の整備は怠らない、計算ミスや勘違いを防止するための二重チェックを欠かさない、基準点や仮BMを定期的に確認する等の努力が必要となる²⁾。

次項では、一般的な測設および、近年発展している**ICT**（information and communication technology）施工技術にかかわる測量について記述する。

10

測量業務の積算

測量業務の積算とは、測量業務に掛かる費用を算出することで、人・材料・使用器材等を拾い出し、これに単価を掛けて個々の金額を算出し、これを積み上げることで測量作業全体の費用を計算することをいう。積算は、測量業務の種類、場所、規模等によって費用が異なる。本章では、測量業務の積算方法について概説する¹⁾。

10.1 測量業務費の構成

測量業務費は、図 10.1 に示す構成からなっており、各項目の費用を積み上げて算出する。各項目は、10.1.1 項～10.1.4 項のとおりである。

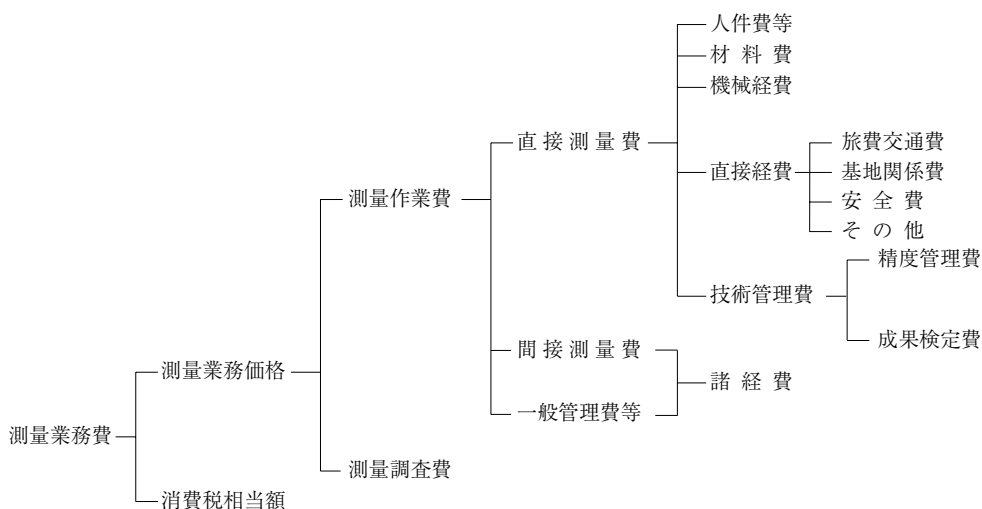


図 10.1 測量業務費の構成

10.1.1 直接測量費

直接測量費は、実際の測量作業にかかる費用であり、人件費等、材料費、機械経費、直接経費、技術管理費等からなっている。

11

基本的な 測量機器の取扱い

本章では、測量実習時に必要な TS およびレベルの基本的な操作方法（据付けから観測まで）について解説する。また、測量機器の取扱い方や野帳の書き方やその心構えについても紹介する。

11.1 TS の操作方法

TS の基本的な操作方法として、次項では**据付け**、**測距**および**測角**の具体的な方法を記述する。

11.1.1 据 付 け

TS の据付けとは、TS 本体を測点上に水平に設置することをいう。

据付け作業は、以下の手順からなる。

〔1〕 準 備 作 業

〔2〕 求 心 作 業

- ・ 三脚の移動による求心
- ・ 整準ねじによる求心

〔3〕 整 準 作 業

- ・ 三脚の2本の脚の伸縮による整準
- ・ 整準ねじによる整準

〔4〕 求 心 作 業

- ・ センタリング固定ねじによる求心

具体の据付け作業手順を以下に示す。

〔1〕 準 備 作 業

- ① 三脚の脚頭の高さを、作業しやすい高さになるように三脚の脚を伸縮して調整する。
- ② TS をケースから取り出し、三脚に取り付ける。このとき、片方の手で TS を持ち、もう片方の手で定心桿のねじを締めつける。
- ③ 三つの整準ねじ、センタリング固定ねじ、定心桿を原位置にする。

索引

| | | | | | |
|------------|-----|-------------|----------|----------------|--------|
| 【あ】 | | 基準点 | 20 | 公共測量 | 1, 2 |
| アジマス方向 | 102 | 基準点測量 | 20 | 航空レーザー計測 | 85 |
| 【い】 | | 基準点の設置 | 56 | 航空レーザー測量 | 84 |
| 一般図 | 107 | 基 図 | 107 | 後 視 | 43 |
| 一 筆 | 135 | 起 点 | 118 | 工事測量 | 143 |
| 緯 度 | 5 | キネマティック法 | 33 | 合成開口レーダー | 102 |
| 移動取得 | 62 | 基本測量 | 1 | 交 点 | 118 |
| 移動量 | 121 | 求 心 | 154 | 後方散乱 | 102 |
| 引照点 | 143 | 境界確認 | 135 | 誤差 | 12 |
| 【う】 | | 境界測量 | 136 | 誤差伝搬の法則 | 13 |
| 宇宙航空研究開発機構 | 96 | 境界点間測量 | 136 | 誤差の三原則（三公理） | 12 |
| 【え】 | | 行 列 | 163 | 固定局の設置 | 85 |
| 円曲線始点 | 118 | 行列式 | 164 | 弧度法 | 163 |
| 円曲線終点 | 118 | 曲線中点 | 118 | コンパス法則 | 29 |
| 円弧の始点 | 124 | 曲線長 | 118, 120 | 【さ】 | |
| 円弧の終点 | 124 | 曲 率 | 124 | 最確値 | 12, 14 |
| 円錐図法 | 109 | 極 角 | 121 | 細部測量 | 57 |
| 円筒図法 | 109 | 距離標 | 130 | 作業規則の準則 | 2 |
| 【お】 | | 距離標設置測量 | 130 | 作業計画 | 56 |
| 横断測量 | 128 | 【く】 | | 撮 影 | 71 |
| 往復水準測量 | 48 | 空間情報 | 113 | 三角関数 | 162 |
| 応用測量 | 116 | 空間分解能 | 92 | 三 脚 | 154 |
| オフナディア角 | 102 | 偶然誤差 | 12 | 三次元計測データ | 88 |
| オリジナルデータ | 88 | 空中写真測量 | 69 | 三次放物線 | 120 |
| 【か】 | | クラウド型 GIS | 115 | 散乱特性 | 103 |
| 外線長 | 118 | グラウンドデータ | 88 | 【し】 | |
| 海浜測量 | 133 | グリッドデータ | 88 | ジオイド | 9 |
| 確率誤差 | 15 | グリッドデータ | 88 | ジオイド高 | 9 |
| 過失誤差 | 12 | クロソイド曲線 | 120 | 視 差 | 68 |
| 河川測量 | 130 | クロソイド曲線始点 | 120 | 視差測定桿 | 68 |
| 型 枠 | 143 | クロソイド曲線終点 | 120 | 視準線 | 44 |
| 仮 BM 設置測量 | 128 | クロソイドパラメータ | 120 | 実測図 | 107 |
| 環状水準測量 | 49 | 【け】 | | 実体視 | 67 |
| 間接水準測量 | 40 | 経 度 | 5 | 自動標高抽出技術 | 81 |
| 緩和曲線始点 | 120 | 系統的誤差 | 12 | 地盤高 | 44 |
| 緩和曲線終点 | 120 | 結合水準測量 | 50 | 車載写真レーザー測量 | 61 |
| 【き】 | | 結合多角方式 | 21 | 車載写真レーザー測量システム | |
| 機械高 | 44 | 結合トラバース | 22 | | 61 |
| | | 現地測量 | 55 | 写真測量 | 67 |
| | | 現地調査 | 78 | 写真地図作成 | 80 |
| | | 現地補測 | 63 | 縦断測量 | 128 |
| | | 【こ】 | | 終 点 | 118 |
| | | 光学リモートセンシング | 97 | 縮 尺 | 108 |

- | | | | | | |
|--------------|----------------|---------------|--------------|-------------------|-----|
| 取捨選択 | 111 | 測 量 | 1 | 転 移 | 112 |
| 主題図 | 107 | 測量士 | 3 | | |
| 準拠楕円体 | 6 | 測量士補 | 3 | 【と】 | |
| 詳細測量 | 129 | 測量法 | 2 | 東京湾平均海面 (T.P.) | 131 |
| 情報化施工推進会議 | 146 | 測量法施行規則 | 2 | 動 径 | 121 |
| 情報化施工推進戦略 | 146 | 測量法施行令 | 2 | 統合型 GIS | 115 |
| 資料調査 | 135 | 測 角 | 23, 153, 158 | 等高線データ | 89 |
| 深淺測量 | 133 | 測 距 | 23, 153, 157 | 等高線法 | 81 |
| 森林・非森林分類図 | 106 | その他の応用測量 | 141 | 同時調整 | 75 |
| | | | | トータルステーション | 23 |
| 【す】 | | 【た】 | | 土地利用土地被覆図 | 100 |
| 水準基標測量 | 131 | 大 気 | 94 | トラバース測量 | 26 |
| 水準測量 | 40 | 大気補正 | 99 | トランシット法則 | 29 |
| 水準点 | 10, 20, 40, 44 | 対空標識 | 70 | ドローン | 94 |
| 水準面 | 9 | 対空標識の設置 | 70 | | |
| 数値図化 | 63, 79 | 対象物 | 94 | 【に】 | |
| 数値地形図データファイル | 90 | だいち | 96 | 日本水準原点 | 11 |
| ——の作成 | 60, 65, 80 | 楕円体高 | 9 | | |
| 数値地形モデル | 81 | 多角測量 | 26 | 【ね】 | |
| 数値の丸め方 | 161 | 短縮スタティック法 | 33 | ネットワーク型 RTK-GPS 法 | 34 |
| 数値標高モデル | 82 | 短接線長 | 121 | | |
| 数値表層モデル | 81 | 単路線方式 | 21 | 【の】 | |
| 数値編集 | 60, 65, 79 | | | 濃度急変点での集成 | 84 |
| 据付け | 153 | 【ち】 | | 濃度差最小点での集成 | 83 |
| 図 式 | 110 | 地球環境変動観測ミッション | 97 | | |
| スタジア線 | 23 | 地球楕円体 | 6 | 【は】 | |
| スタティック法 | 32 | 地形測量 | 55 | 波 長 | 95 |
| ステレオモデルの構築 | 79 | 地 図 | 107 | | |
| 墨出し | 145 | 地図編集 | 107 | 【ひ】 | |
| | | 地表面変位量 | 105 | 筆 界 | 135 |
| 【せ】 | | 中央縦距 | 118 | 微 分 | 164 |
| 成果等の整理 | 60, 65 | 中間点 | 44 | 標 高 | 9 |
| 正弦定理 | 162 | 中心線測量 | 122 | 標高点計測法 | 81 |
| 整 準 | 155 | 長 弦 | 118 | 標準偏差 | 15 |
| 整準ねじ | 154 | 調整点の設置 | 62 | 標定点 | 70 |
| 精 度 | 16 | 調整用基準点の設置 | 87 | ——の設置 | 70 |
| 積 算 | 148 | 長接線長 | 121 | 品質評価 | 60 |
| 設計業務等積算基準 | 149 | 丁 張 | 143 | | |
| 接線角 | 121 | 直接水準測量 | 40 | 【ふ】 | |
| 接線交角 | 118 | 地理空間情報 | 3 | フォアショートニング | 104 |
| 接線長 | 118 | 地理情報システム | 112 | 復元測量 | 135 |
| 線形決定 | 118 | 地理情報標準 | 60 | 不定誤差 | 12 |
| センサー | 94 | 地理情報標準プロファイル | 115 | プラットフォーム | 94 |
| 前 視 | 43 | | | ブレイクライン法 | 81 |
| | | 【て】 | | 分 散 | 15 |
| 【そ】 | | 定期横断測量 | 133 | | |
| 総合指示 | 111 | 定期縦断測量 | 132 | 【へ】 | |
| 総 描 | 111 | 定誤差 | 12 | 閉合水準測量 | 49 |
| 属性情報 | 113 | デジタル 3D 地図 | 100 | 閉合トラバース | 22 |
| 測 設 | 143 | 汀線測量 | 133 | 平面直角座標系 | 110 |
| 測地系 | 5 | データ処理 | 62 | 編集図 | 107 |

| | | | | | |
|----------------|---------|------------|--------------|--------------|-----|
| 偏波 | 103 | | | 用地測量 | 134 |
| 偏波面 | 103 | | | 用地幅杭設置測量 | 129 |
| | | 【ほ】 | | 用地平面図データファイル | 138 |
| | | | メタデータ | 60 | |
| 方位図法 | 108 | | メタデータエディタ | 61 | |
| 放射源 | 93 | | 面積計算 | 136 | |
| 法線測量 | 133 | | | 【も】 | |
| 補測編集 | 79 | | モザイク | 83 | |
| 補備測量 | 60 | | もりかえ点 | 43 | |
| | | 【ま】 | | 【り】 | |
| マイクロ波リモートセンシング | | | 野帳 | 45 | |
| | 101 | | やり形 | 143 | |
| 巻尺 | 24 | | | 【れ】 | |
| | | 【む】 | | レイオーバー | 104 |
| | | | 有効数字 | 161 | |
| 無人航空機 | 94, 146 | | ユニバーサル横メルカトル | | |
| 無人航空機搭載型レーザー | | | 図法 | 7 | |
| スキャナー | 146 | | | 【ろ】 | |
| | | 【よ】 | | 路線測量 | 117 |
| | | | 用地実測図データファイル | 137 | |

| | | | | | | |
|----------------|-----|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | | 【A】 | ICT | 143 | UAV レーザー | 146 |
| ALOS | 96 | | ICT 土工 | 146 | UTM 図法 | 7, 110 |
| | | 【D】 | | 【J】 | | 【v】 |
| DEM | 82 | | JAXA | 96 | VRS 方式 | 35 |
| DSM | 81 | | | 【M】 | | 【w】 |
| DTM | 81 | | MMS | 61 | WorldView | 97 |
| | | 【F】 | | 【R】 | | 【x】 |
| FKP 方式 | 35 | | RTK-GPS 法 | 34 | X 座標 | 121 |
| | | 【G】 | | 【S】 | | 【Y】 |
| GCOM | 97 | | SAR | 102 | Y 座標 | 121 |
| GCOM-C | 97 | | | 【T】 | | |
| GIS | 112 | | TS | 23 | | |
| GNSS 測量 | 31 | | | 【U】 | | |
| | | 【I】 | | | | |
| i-Construction | 146 | | UAV | 94 | | |

— 著者略歴 —

岩下 圭之 (いわした けいし)
1980年 日本大学大学院生産工学研究科博士前期課程
修了 (土木工学専攻)
Ph.D. 博士 (工学)
現在, 日本大学生産工学部環境安全工学科教授

青山 定敬 (あおやま さだよし)
1992年 日本大学大学院生産工学研究科博士後期課程
修了 (土木工学専攻), 博士 (工学)
株式会社建設技術研究所を経て
現在, 日本大学生産工学部土木工学科准教授

朝香 智仁 (あさか ともひと)
2007年 日本大学大学院生産工学研究科博士後期課程
修了 (土木工学専攻), 博士 (工学)
現在, 日本大学生産工学部土木工学科専任講師

杉村 俊郎 (すぎむら としろう)
1977年 武蔵工業大学工学部土木工学科卒業
博士 (工学)
八洲測量株式会社, 財団法人リモート・センシング技術
センターを経て
現在, 日本大学生産工学部土木工学科教授

野中 崇志 (のなか たかし)
2004年 東京工業大学大学院総合理工学研究科博士後期
課程修了 (環境理工学創造専攻), 博士 (工学)
株式会社パスコを経て
現在, 日本大学生産工学部環境安全工学科准教授

内田 裕貴 (うちだ ゆうき)
2013年 日本大学大学院生産工学研究科博士前期課程
修了 (土木工学専攻), 修士 (工学)
現在, 日本大学生産工学部土木工学科助手

近代測量の理論と実践

Geoinformatics — Knowledge for Surveying, Mapping, Remote Sensing & GIS —

© Iwashita, Sugimura, Aoyama, Nonaka, Asaka, Uchida 2018

2018年10月5日 初版第1刷発行

★

検印省略

著者 岩下圭之
杉村俊郎
青山定敬
野中崇志
朝香智仁
内田裕貴
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 壮光舎印刷株式会社
製本所 株式会社 グリーン

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行者 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-05259-6 C3051 Printed in Japan

(中原)



＜出版者著作権管理機構 委託出版物＞

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。