



宮崎大学学術情報リポジトリ

University of Miyazaki Academic Repository

DEVELOPMENT OF NEWEST TEACHING
MATERIALS FOR SURVEY EDUCATION BASED
ON PRESENT SURVEY EDUCATION AND
SURVEYOR LICENSE SYSTEM

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 久保寺, 貴彦, 細川, 吉晴, 岡澤, 宏, 笹田, 勝寛, 松尾, 栄治, 多炭, 雅博, 三原, 真智人, Kubodera, Takahiko, Okazawa, Hiromu, Sasada, Katsuhiko, Matsuo, Eiji, Tasumi, Masahiro, Mihara, Machito メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/5294

測定の資格制度と教育実態を踏まえた あたらしい測量学教材の開発

久保寺 貴彦¹・細川 吉晴²・岡澤 宏³・
笹田 勝寛⁴・松尾 栄治⁵・多炭 雅博⁶・三原 真智人⁷

¹正会員 中央工学校教員 土木測量系 (〒114-8543 東京都北区王子本町一丁目-26-17)
E-mail: kubodera_t@chuoko.ac.jp

²正会員 宮崎大学教授 農学部森林緑地環境科学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西一丁目1番地)
E-mail: hoso@cc.miyazaki-u.ac.jp

³正会員 東京農業大学准教授 地域環境科学部生産環境工学科 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1)
E-mail: h1okazaw@nodai.ac.jp

⁴正会員 日本大学准教授 生物資源科学部生物環境工学科 (〒252-0880 神奈川県藤沢市亀井野1866)
E-mail: sasada.katsuhiko@nihon-u.ac.jp

⁵正会員 九州産業大学准教授 工学部都市基盤デザイン工学科 (〒813-8503 福岡市東区松香台2-3-1)
E-mail: ematsuo@ip.kyusan-u.ac.jp

⁶非会員 宮崎大学教授 農学部森林緑地環境科学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西一丁目1番地)
E-mail: tasumi@cc.miyazaki-u.ac.jp

⁷非会員 東京農業大学教授 地域環境科学部生産環境工学科 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1)
E-mail: m-mihara@nodai.ac.jp

当該学校で測量学に関する科目を修めて卒業した者は、申請により国土地理院から無試験で測量士補を取得でき、さらに実務経験を積めば無試験で測量士を取得できるようになっている。学校での測量学は、本来ならその資格に見合う内容を教育する必要があると思われる。そこで、測定の資格制度と教育実態の現状から見て学校教育で補うべき課題を調査・検討したところ、測量士(補)試験項目と同様の指導内容や難易度、公共測量作業規程に準拠した内容、あたらしい技術、数学教育などを抽出した。これらの課題に対し、一般に広く発行される教材を通して解決を試みた。本論では、測定の資格制度と教育実態を踏まえたあたらしい測量学教材の開発について述べる。

Key Words : *surveyor license system, survey education, new surveying technology, teaching materials*

1. はじめに

まず、大学における測量学の専門科目の指導の現状について述べてみたい。大学教員が担当科目の履修生数減少に思案する一方、測量学を履修する学生数は比較的多い。これは、大学であって文部科学大臣の認定を受けたものにおいて、測量に関する科目を修め、当該大学を卒業した者は、測量士補の資格を無試験で取得¹⁾できる利得の科目であるためと考えられる。さらに、測量に関し1年以上の実務の経験を積めば、測量士の資格を無試験で取得できる。

他方、測量士補試験で測量士補の資格を得るには、合格率20%台の試験を受験して合格しなければならない。

この試験での合格者は、実務経験を積んでも測量士の資格を無試験で得られないため、測量士の資格を得るには、さらに難関の合格率10%前後の測量士試験を受験して合格しなければならない。

単純に合格率からみても、測量士(補)の資格を得るには、当該大学で測量学に関する科目を修めて卒業することがいかに有利であるかがわかる。しかし、この場合、幅広い分野が出題される測量士(補)試験の合格者と同程度の知識が備わっているとは言い難い。小清水ら²⁾によると、ドイツ、フランス、カナダ、アメリカ、オーストラリアの海外5ヶ国の測量士資格制度を調査した結果、調査対象国が質・量とも日本よりかなり充実しているという。測量行政懇談会³⁾は、現行制度の課題をまとめ、今後の資格制度そのものの在り方を示しているが、著者

らは、次に述べるような学校における測量教育にも問題があると考えた。

大学に、測量学を専門とする専任教員がいる場合は問題ないが、全国的に希少であるため、実際は専門外の専任教員が測量学を担当することが多い。通常の科目で専門外であれば非常勤講師に依頼すればよいが、測量学は測量実習と一体であり、講義と実技によって一層の理解が得られる専門科目である。測量実習は器材の管理や安全面などから必然的に専任教員が担当するため、同時に測量学も担当することがある。専門外の教員は、益々高機能化する器材の操作方法とその指導に苦勞する。実際には淘汰されて今では使用されていないが、教員が学生時代に教わった当時の器材を変えずに用いている場合も少なくない。また、実習の指導にあたり、測量する地域の地形、地物の特徴および指導方法から、大学独自で教材を作成している場合が多い。こうした取り組みは、独自の測地環境に即した教材であり、大学の伝統といえるもので良いことである。ただ、独自のあまり公共測量作業規程を逸脱した内容であったり、伝統のあまり十数年も変えていない場合も少なくない。ところが、実際の公共測量作業規程は時代に合わせて改訂され続けているので、若い技術者育成のために測量学および実習もあたらしい時代に即応して、改善することが望ましいのである。

一方で近年の学生は、数学の微分、積分、行列、三角関数、幾何学および統計学を未習または不得意のまま入学する層が常に存在する。学生の一部には、工業系高校、農業工学系高校などで測量学を習ってきた者もいる。彼らは総じて、測量への興味関心や技能は高いが、数学を苦手としていて数Ⅲと数Cは未習である。昨今の技術系大学の中には高校で習得すべき数学の補習を講じているのが実態である。測量学は、特に三角関数、幾何学、統計学の知識を必要とするので、測量学の講義の中で基礎数学をフォローする必要がある。

こうした問題点の数々は、個々の大学の事情によるものもあって、残念ながら全てを解決できない。また、測量学は、水理学・土質力学・構造力学などと同様に、土木系と農業工学系の学科に共通するコア科目⁴⁾であり、個別に取り組むと分化する恐れもある。筆者らは、測量学を担当している土木系と農業工学系の教員が集結し、測量教育の共通する問題点を摘出し、一般に広く発行される教材を通して解決を試みた。本論文ではその研究について述べる。

2. 測量に関する資格取得の現状

測量に関する資格には、測量士と測量士補がある。測量法 第50条⁵⁾によると、次の各号のいずれかに該当する

者は、測量士となる資格を有する、とある。

- ・第1号：大学であつて文部科学大臣の認定を受けたものにおいて、測量に関する科目を修め、当該大学を卒業した者で、測量に関し一年以上の実務の経験を有するもの
- ・第2号：短期大学又は高等専門学校であつて文部科学大臣の認定を受けたものにおいて、測量に関する科目を修め、当該短期大学等を卒業した者で、測量に関し三年以上の実務の経験を有するもの
- ・第3号：測量に関する専門の養成施設であつて第51条の2から第51条の4までの規定により国土交通大臣の登録を受けたものにおいて一年以上測量士補となるために必要な専門の知識及び技能を修得した者で、測量に関し二年以上の実務の経験を有するもの
- ・第4号：測量士補で、測量に関する専門の養成施設であつて第51条の2から第51条の4までの規定により国土交通大臣の登録を受けたものにおいて高度の専門の知識及び技能を修得した者
- ・第5号：国土地理院の長が行う測量士試験に合格した者

また、測量法 第51条⁶⁾によると、次の各号のいずれかに該当する者は、測量士補となる資格を有する、とある。

- ・第1号：大学であつて文部科学大臣の認定を受けたものにおいて、測量に関する科目を修め、当該大学を卒業した者
- ・第2号：短期大学又は高等専門学校であつて文部科学大臣の認定を受けたものにおいて、測量に関する科目を修め、当該短期大学等を卒業した者
- ・第3号：測量法第50条第3号の登録を受けた測量に関する専門の養成施設において一年以上測量士補となるのに必要な専門の知識及び技能を修得した者
- ・第4号：国土地理院の長が行う測量士補試験に合格した者

ここで、測量に関する専門の養成施設⁷⁾とは、国土交通大学校と全国に9つある専門学校のことである。この10校は測量士補養成施設であるが、この内2校は測量士養成施設も併設している。

測量士(補)の資格取得には、要件のいずれかを満足すれば良いのだが、状況に応じて複数かつ複雑な経路が存在する。それは測量士(補)を取得するには、大きく分けて国家試験または当該学校という決定的に異なる2コースがあつて、一部に交差するケースがあるためである。ここでは測量士(補)の資格取得の現状を試験と学校に分けて整理して明らかにした。

(1) 測量士補試験および測量士試験について

測量士(補)試験の出題分野は、法規及び国際条約、多角測量、GNSS測量、水準測量、地形測量、写真測量、

地図編集, 応用測量, GISと幅広い. 平板測量は平成20年まで出題されていたが, 公共測量作業規程の準則からこれが削除されたために, 代わりにトータルステーション(以下, TS)による地形測量が出題されることになった. また, GPS測量は, 平成23年の公共測量作業規程の準則の改正に伴い, GNSS測量に名称が変更された. 近年では, ネットワーク型RTK法, 航空レーザ測量なども出題されている. このように試験では, 時代に即した幅広い内容が出題されている. このことは, 2級土木施工管理技術検定試験⁶⁾のように内容が例年安定している試験とは異なる. 測量士(補)試験問題は新しい技術を反映させる点が大きな特徴である. このため, 時代に即した新しい技術の学習が必要となる.

過去8年分の測量士補試験および測量士試験の結果⁷⁾を表-1に示す. 受験者数は時代に左右されず安定していることがわかる. 測量士補の合格率は20%台で, 測量士の合格率は10%前後であるので, 一般的に難易度の高い試験であることがわかる.

図-1に, 試験に合格して測量士(補)を取得するコースを示す. 受験資格に学歴は不問であり, 高校生でも受験が可能で, 工業系高校や農業工学系高校では資格取得対策が全国的に指導されており多数の合格者を輩出している⁸⁾⁻¹⁰⁾. 測量士補試験を経ずに測量士試験を直接受験して合格することも可能である. 当該学校を経ない場合, 実務経験が豊富であっても, この難関の測量士試験を突

破しなければならない. しかし, 測量士補を取得して測量士養成施設⁹⁾の専門学校を経れば, 試験なしで測量士を取得できる. この専門学校は, 全国に中央工学校地理空間情報科と東海工業専門学校金山校測量研究科の2校である. 特に中央工学校地理空間情報科の卒業率は例年大体90%以上なので, 試験で測量士補を取得した社会人や高校生にもより確実な近道は存在する.

(2) 当該する学校で測量に関する科目を修めて卒業

当該する学校(大学, 短期大学, 高等専門学校, 専門学校)において, 測量に関する科目を修め, 卒業すると無試験で測量士補の登録申請が可能である.

図-2に, 学校を卒業して測量士(補)を取得するコースを示す. 測量に関する実務の経験が要件年数以上あると測量士の登録申請が無試験で可能である. 測量に関する実務の内容は, 測量士試験で出題されるような幅広い分野を網羅する必要はないので, 主に従事した測量作業となる. ここで, 測量に関する実務の経験年数は, 実際に測量作業に従事した日数を数えていき225日で1年と数える. 現実には, 測量会社やコンサルタント会社にでも就職しない限りは, 毎日測量作業に従事することはないので, 要件以上に経験年数が必然となる.

測量に関する実務の経験年数は, 測量士補取得後と規定されていないので, この経験年数があれば, 測量士補を経なくても測量士の登録申請が可能である. また, この経験年数は, 卒業後と規定されていないので, 入学前に要件年数を経験していれば, 卒業と同時に測量士を登録申請が可能である. このため, 当該学校以外の学歴であって測量に関する実務経験者の社会人は, 修業年数の少ない専門学校を経て測量士の資格を取得する道がある.

また, 測量士補を取得して測量士養成施設⁹⁾の専門学校を経れば, 実務なしで測量士を取得できる. この専門学校は, 先の中央工学校地理空間情報科と東海工業専門学校金山校測量研究科の2校であり, 両校とも1年制であるため, 新卒で測量士を早期に取得して就職活動する学生も集う.

表-1 測量士補試験および測量士試験の結果

年度	測量士補			測量士		
	受験者数(名)	合格者数(名)	合格率(%)	受験者数(名)	合格者数(名)	合格率(%)
H19	11,052	2,654	24.0	2,398	274	11.4
H20	10,858	2,435	22.4	2,203	219	9.9
H21	10,520	2,704	25.7	2,170	181	8.3
H22	10,387	2,757	26.5	2,256	144	6.4
H23	10,233	2,192	21.4	2,162	258	11.9
H24	10,551	4,289	40.7	2,281	279	12.2
H25	10,596	2,248	21.2	2,457	127	5.2
H26	11,118	4,417	39.7	2,394	290	12.1

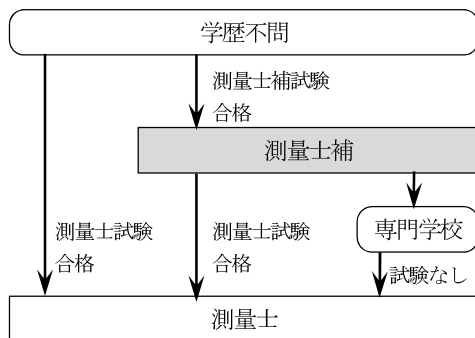


図-1 試験に合格して測量士(補)を取得するコース

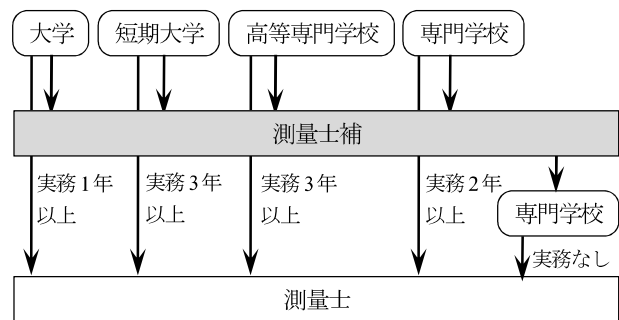


図-2 学校を卒業して測量士(補)を取得するコース

3. 大学における測量学の現状

現在の多様な大学における測量学の教育実態を把握するため、各大学のWebに公開されているシラバスや情報を元に、科目名、教員数、教科書・教材についてまとめた(表-2)。なお、土木系や農業工学系以外にも考古学系や地理学系の当該学科においても測量士補の登録申請が可能であるが、紙面の都合上、対象を東京都に拠点を置いて、土木系学科を設置している大学とした。堀ら¹⁷⁾は、工学部工学科・専攻で行われた教育改革を調査するため、H.P.等による調査を行った。その結果、各大学には独自の教育方針があるため、その良し悪しを述べることはできないとした上で、共通点が導き出されている。本研究においても、各大学間の測量教育の共通点に着目し、その特性を明らかにした。表-2から分析した測量教育の実態を次に示す。

(1) 測量学の科目名

時代の流れ、大学間の競争、改組、カリキュラム見直しなどにより、学科名称が土木から社会、都市や環境などに変化した中、測量学の科目名は依然としていることがわかる。これは、測量学という用語が、基準点測量、地形測量、写真測量などの各分野を文字通り総括した意味を持っているためと考えられる。この用語は、初めて学ぶ学生もイメージしやすい。ただ、近年では、各測量成果はその利用の促進を図ってJPGIS形式に準拠され、地理情報システム(以下、GIS)やリモートセンシング(以下、RS)などの新しい分野は必ずしも測量学の範疇に収まらず、GISやRSなどにより地球環境の解析への発展を含めた広義の空間情報学が誕生してきたものである。中には、カリキュラムで、測量学の後に空間情報学を配置することもある。空間情報学において測量学を含めたり、またその逆もあり、密接な関係である。

(2) 測量学の指導教員数

測量実習は、専任教員が複数名で担当する場合が多いことがわかる。これは、測量実習は器材の管理や安全面などから専任教員が担当に適して、器材の貸し出し台数上、班編成での実習であることから複数の指導体制が必須となるためと考えられる。シラバスには記載されていないが、教授、准教授や非常勤講師の他に助教、助手やTAが加わる。大ざっぱに学生20名前後に対してスタッフ1名の割合といえる。測量学と実習が同じ教員が担当することが多い。これは、講義と実習、一貫した教育が行えるためと考えられる。非常勤講師として、大手測量会社の技術者や大手建設会社の技術者が参画することがある。

(3) 測量学の教科書

教科書には、中村・清水¹⁸⁾「測量学」(初版2000年)と長谷川ら¹⁹⁾「基礎測量学」(初版2004年)がよく採用されていることがわかる。前者は、理論式が丁寧に展開され、詳細な記述が豊富であり、後者は、図解、数式と記述が豊富でバランスよく配置され、新しい内容であることから広く採用されていると考えられる。また、土木学会測量実習指導書編集小委員会²⁰⁾「測量実習指導書」(初版1984年)がよく採用されていることがわかる。実習用教科書として先駆けであり、概要が押さえられている。

実習は、測量する地域の地形や地物の特徴上、大学独自で配布資料を作成しているが、独自のあまり公共測量作業規程に逸脱していることがある。実習用教科書である細川ら²¹⁾「よくわかる測量実習」(初版1998年)であっても、GPS測量の単独測位、平均図および観測図なしなど公共測量作業規程から大きな逸脱が見られる。実習は当然、公共測量に該当していないので、準拠する必要がないと言えればそれまでだが、公共測量作業規程は、測量作業機関が模範とし全国的に通用する方式であり、現場の状況に応じて方式を取捨選択できる余地があるので、教育上準拠すべきと考える。多くの測量学の教科書は、発行時の公共測量作業規程を参考にしているため、解説書としての側面も併せ持つ。

著者らは、市販されている測量学の教科書を先の4冊を含め計12冊について、内容構成、難易度、発行年、初学者へのわかりやすさ等を調査した。用語のふりがな、図解などわかりやすさの観点でいえば、浅野ら²²⁾「最新測量入門」(初版2004年)と前述の「基礎測量学」¹⁹⁾が挙げられる。前者は工業高等学校用教科書にカバー替えした入門書であり、後者は大学向けでやや専門的である。用語にふりがながあって、この中間に位置する教科書は、まだ確認されていない。なお、調査した教科書うち、約3割が高校向けで約7割が大学向けであった。また、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震によって地殻変動が生じたために多くの基準点が移動したことは、内山²³⁾「測量」(初版2012年)に述べられている。震災後数年経過したが、日本の測地系は東北地方周辺に ITRF 2008 座標系を適用した日本測地系2011に変わって、今後の測量成果は測地成果 2011 となったことや、日本経緯度原点および水準原点の改定値が記された教科書はまだ確認されていない。

(4) 合宿形式の測量実習

合宿形式の実習が多いことも、測量実習の特徴である。多角測量、水準測量や細部測量などについて、昼間は観測を行い、夜間は計算する内容で、最終的に数値や図面といった成果を提出することになる。だから、再測や計算を繰り返し、早朝から深夜に及ぶことがある。教員は

科目指導の他に生活指導および安全指導にも及ぶ。3割ほどの学校で実施されている。このように合宿を通じ大きな成果が上げられるだけでなく、学年の絆、大学の伝

統にも効果がある。なお、高等学校^{24)・29)}においても合宿形式の測量実習がある。

表-2 東京都に拠点を置いて、土木系学科を設置している大学の測量学 (2014年6月現在)

大学 学部 学科名	定員 (名)	科目名	測量指導教員数	教科書など	合宿実習など
東京大学 工学部 社会基盤学科	80	空間情報学I 空間情報学実習 空間情報学II	教授1名, 准教授1名, 計2名 准教授1名 教授1名, 准教授2名, 計3名		合宿形式の 測量実習あり
東京工業大学 工学部 土木・ 環境工学科	34	測量学	准教授1名, 非常勤講師1名, 計2名	中村英夫・清水英 範「測量学」技報 堂出版	合宿形式の 測量実習あり
首都大学東京 都市環境学部 都市基盤環境コ ース	50	測量学 測量学実習	教授1名, 非常勤講師1名, 計2名 教授1名, 助教2名, 非常勤講師1名, 計4名	長谷川昌弘ら「基礎 測量学」電気書院 自作教科書	測量学実習 は3泊4日 学外実習
国土舘大学 理 工学部 理工学 科(まちづくり学 系) <small>(まち づくり 学系は 不明)</small>	320	測量学 測量実習A 測量実習B	非常勤講師1名 非常勤講師1名 教授1名	長谷川昌弘ら「基礎 測量学」電気書院 土木学会編「測量実 習指導書」	測量実習B は夏期休暇 中の3日間 集中授業
芝浦工業大学 工学部 土木工 学科	90	測量学 測量学実習1 測量学実習2	准教授1名 准教授1名, 他 准教授1名, 他	土木学会編「測量実 習指導書」, 日本測量協会「空間 情報工学概論」	
中央大学 理工 学部 都市環境 学科	80	測量学 測量学実習	教授1名 教授2名, 他	石井一郎ら「最新測 量学」森北出版	夏季休業期 間中に4泊 5日
東京都市大学 工学部 都市工 学科	85	測量学 測量学実習 測量学及び実習(1) 測量学及び実習(2)	非常勤講師1名 非常勤講師1名 非常勤講師1名 非常勤講師1名	大木正喜「測量 学」森北出版 浅野繁喜ら「最新測 量入門」実教出版	
東京理科大学 理工学部 土木 工学科	100	測量学 測量学実習1 測量学実習2	教授1名, 准教授1名, 助教1名, 計3名 准教授1名, 助教1名, 計2名 准教授1名, 助教1名, 計2名	内山久雄「測量」オ ーム社	測量学実習 2は, 夏期 休暇中に合 宿形式
日本大学 理工 学部 土木工学 科	220	測量学I 測量学II 測量実習I 測量実習II	准教授1名 准教授1名 准教授1名, 非常勤講師2名, 計3名 准教授1名, 非常勤講師2名, 計3名	指定教科書 プリントを配布	
日本大学 理工 学部 交通シス テム工学科	120	測量学 測量実習	教授1名, 非常勤講師1名, 計2名 教授1名, 非常勤講師1名, 助教5名, 計7名	中村英夫・清水英 範「測量学」技報 堂出版	以前, 測量 合宿あり ¹⁶⁾
日本大学 理工 学部 まちづく り工学科	100	測量学 測量実習	准教授2名 准教授2名, 非常勤講師1名, 計3名	プリントを配布	
法政大学 デザ イン工学部 都 市環境デザイン 工学科	80	測量学 測量実習X 測量実習Y 測量学演習X 測量学演習Y	教授1名 教授1名 非常勤講師1名 教授1名 非常勤講師1名	小田部和司「測量 学」技報堂出版 教材をweb配信	
早稲田大学 創 造理工学部 社 会環境工学科	90	測量 測量実習	非常勤講師1名 非常勤講師1名	中村英夫・清水英 範「測量学」技報 堂出版	

4. あたらしい測量学教材の開発

測量の資格制度を踏まえ、学校での測量教育が測量士(補)試験との同程度の内容に対応できるよう教材の構成を検討した。この場合、初学者が測量学を学び始めて、最終的に資格取得に見合った実力をつけられるレベルを目指す必要がある。測量業界は土木の他業界に比べ技術進歩が早いので、学校での測量教育が、実社会に結びつくよう、最新の公共測量作業規程に準拠した教材を作成することも重要である。測量士(補)試験や公共測量作業規程以外にも、最新の器材や技術についての解説も必要である。また、調査した測量教育の実態から、教科書の難易度や最新用語の空白部分が見つかり、これらを埋め合わせることも大切であると考えられた。

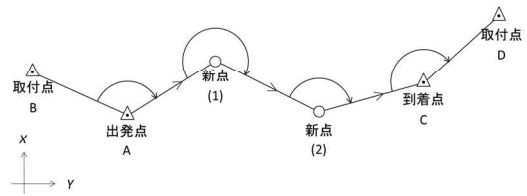


図-3 単路線方式

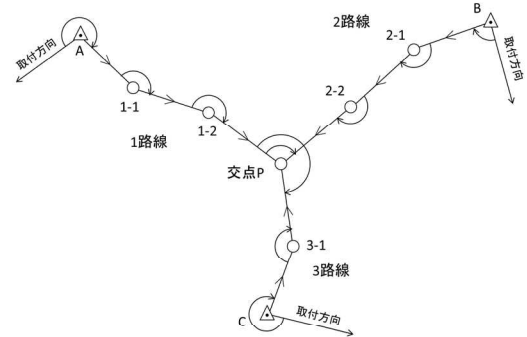


図-4 結合多角方式

(1) 実際の基準点測量に用いられる多角測量

測量学の限られた授業数の中では、内容を取捨選択する必要はあるが、どの学校でもこれは外せないという重要な分野は、多角測量、水準測量と細部測量による地形図作成であろう。これらは測量実習でも数値や図面とした明確な成果が出てくるためでもある。この多角測量については、既往の教科書を調査すると、既知点1点の閉合トラバースがよく見られる。容易に観測と計算できる利点はあるが、成果がその1点の既知点の精度の良否に大きく左右され、他の既知点との整合性がない。その方式は、現在の公共測量作業規程外のものである。

公共測量作業規程の準則 第84条²⁷⁾では、現地測量は4級基準点、簡易水準点又はこれと同等以上の精度を有する基準点に基づいて実施するもの、とあり、まず基準点測量を実施しなければならない。著者らは、実際の方式に合わせ、既知点3点以上の単路線方式(図-3)と結合多角方式(図-4)の教材を作成した。単路線方式は、既知点間を1路線で結ぶ方式であり、3~4級基準点測量で用いる。結合多角方式は、3点以上の既知点それぞれを出発して交点で結んだ多角網のことであり、1~4級基準点測量で用いる。ここで、単路線方式の場合は既知点から他の既知点まで、結合多角方式の場合は既知点から交点まで、交点から他の交点までを1路線と数える。

新点の座標と標高の最確値は、厳密網平均計算²⁸⁾²⁹⁾により求める。厳密網平均計算は、未知数である新点の座標と標高を関数とする観測方程式を立て、次に最小二乗法により正規方程式を立て、これを解く計算である。ただ、偏微分や行列を駆使するため、コンピュータを用いることが一般である。このため、あたらしい教材では、学校での実習を想定して、手順に分けて、簡素化した計算によって最確値を求める簡易網平均計算について解説した。

既往の教科書では、距離の扱いに触れずに座標計算し

ている場合も少なくない。基準点の座標、地形図、GISの数値地形図データなどの多くの測量成果は、平面直角座標系であるので、基準点測量で水平距離を観測して平面距離とすると誤りである。正しくは斜距離を観測して、計算により平面距離を算出することになる。基準点測量は、測地学と密接に関係していることから、あたらしい教材では、学生が読んで理解できるように詳説した。

また、既往の教科書の多角測量では、XとYの水平位置に終始している教科書もある。しかし、実際の基準点は、TSまたはGNSS測量機により観測されて3次元座標の成果が得られている。新点の基準点の標高を得るため、あたらしい教材では、多角測量においてTSによる三角水準測量についても解説した。

同様に、水準測量においても、既往の教科書では既知点1点の環閉合がよく見られるので、他の既知点との整合を図る必要から、複数の水準点を与点とした網平均計算について解説した。

(2) 測量学から空間情報学への接続

測量士(補)試験の大きな特徴として、新しい技術が出題されていることから、教材においてもRSやGISといった空間情報学の内容は不可欠であり、現在ほとんどの測量学の教科書で取り入れられている。著者らは、教育実態を調査した中で、測量学と空間情報学とは密接な関係であることがわかり、測量学から空間情報学へのスムーズな接続が必要と考えた。すなわち、実習で用いられるようUTM座標系とRS、基準点測量とGIS、細部測量とGISなどについて図による実例を挙げて解説した。

地球観測衛星の代表格であるアメリカのLandsat衛星は1970年代前半に1号機が打ち上げられて以降、継続的に地球観測を続けており、2013年には8号機である

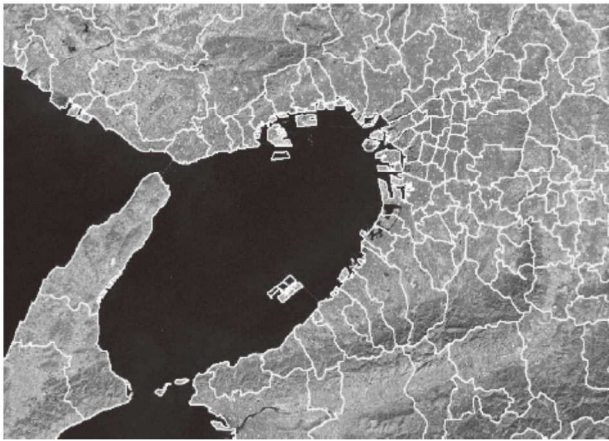


図-5 Landsat 衛星画像と行政区画(国土数値情報)との重ね合せ

Landsat 8 衛星の運用が開始されている。Landsat衛星画像を、ほかの画像または地理空間情報とともに利用するため、幾何補正を行い、衛星画像と行政区画情報の重ね合せ画像を図-5に示す。この図のように画像の幾何補正が正確になされていると、画像の海岸線と行政区画情報との間に大きなずれが生じない。なお、衛星画像は広域であるため、UTM座標系が使われることが多い。

平板測量による地形図作成は、実際には平板とアリダードがほとんど使用されていないことなどから平成20年度の公共測量作業規程から削除された。しかし、各大学のWebに公開されているシラバスの講義計画によると、過半数の大学が平板測量を未だに実施している。この状況は測量教育の遅れを示唆していて実際の測量技術との乖離の例として挙げられる。この改善策のひとつに、TS、ミニプリズムと方眼用紙が最低限あれば、TSによる細部測量に切り替えられるのである。

あたらしい教材では、TSやGNSS測量機を用いた細部測量および観測したデータを元にGISで数値地形図データを作成した例を載せた。前述のように細部測量を行う前に基準点測量を先に実施して、その基準点を中心に細部測量を進めていかなければならない²⁷⁾。

図-6に基準点測量の観測図をGISにより作図したものを示す。従来、観測図は白紙の上に展開することが多かったが、GISで作成することにより、背景地図に重ねて対象地域の位置関係がわかりやすくなった。細部測量は、設置した基準点にTSと後視点を据えて、放射法により地物の座標を観測した。細部測量で地物の座標を観測し、観測点をGIS上でプロットした図を図-7に示す。従来、観測データをCADに展開して作図されているが、CADを介さず直接GISで展開して作図することで、スムーズな接続を行った。図-8に細部測量による数値地形図データをGISにより作図したものを示す。GISの図形描画機能は、多機能化が進んだおかげで、スナップ、直角化、垂線、バッファ、トポロジ、等高線作成など数値地形図データを作成するに十分な機能を有している。

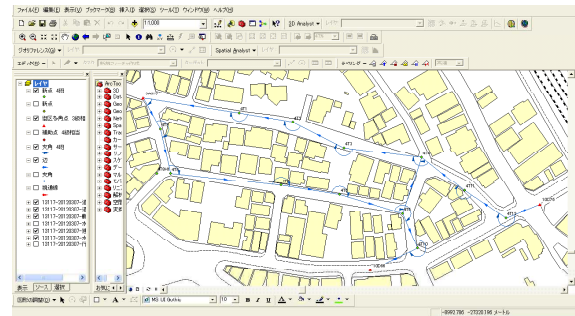


図-6 基準点測量の観測図をGISにより作図

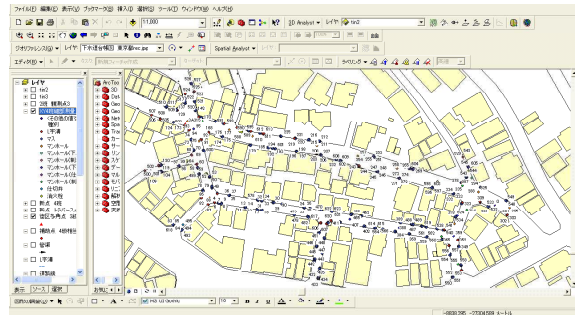


図-7 細部測量で観測した地物の座標をGIS上にプロット

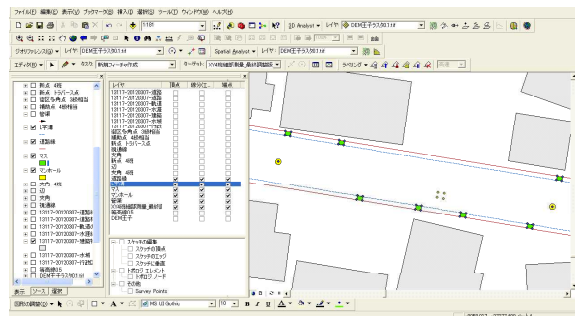


図-8 細部測量による数値地形図データをGISにより作図

(3) 実際のあたらしい内容の取り込み

あたらしい教材に、測量士(補)試験にも出題される重要と思われる次に述べるあたらしい内容を取り込んだ。すなわち、日本測地系2011、セミ・ダイナミック補正、GNSS測量、ネットワーク型RTK法、GNSS測量機を用いた細部測量、デジタルステレオ図化機、航空レーザ測量などである。

平成25年からの公共測量作業規程の写真測量では、ほとんどの作業機関で解析図化機および座標読取装置付アナログ図化機は使用されていないことから、デジタルステレオ図化機の使用に切り替わった。デジタルステレオ図化機は、デジタル空中写真を用いて内部標定、相互標定、対地標定、空中三角測量などの計算を行って、偏光メガネを介した立体視により地物の3次元座標を計測し、数値地形図データを作成するシステムである。写真-1にデジタルステレオ図化機を示す。空中三角測量を終え、右のモニターで立体視して3次元座標を計測すると、左のモニターに数値地形図データを作成できる。地物のステレ

オマッチング(左右の鉛直写真画像から立体画像上の対応点の探索を自動的に行う)により多数の標高を自動的に取得できる。DSM(数値表層モデル)やTIN(不規則三角形網)の作成が可能で、これらをもとにした写真地図の作成も可能である。

また、測量士(補)試験には出題されていないが、技術的に重要で次のあたらしい内容を教材に取り込んだ。すなわち、MMS(モバイル・マッピング・システム)、あたらしいTS、RSによる主題図作成、衛星画像を用いた写真測量、3Dレーザスキャナ、3Dモデルなどである。

MMSは、写真-2に示すような車両に取り付けたレーザスキャナによって、300-500 mの領域に存在する地物や地形の点群データ(1秒間に5万点程度)の位置を測定できる。点群データから地図情報レベル500の精度で数値地形図データを作成できる。また、点群データ各点にはデジタルカメラから色データを付与することで地物を区別することができ、図-9のような高解像度の現地データを専用のアプリケーションで表示し、GISへ展開できる。

写真-3に示すようなあたらしいTSは、0.5"単位で測角が可能で観測データをTSに保存でき、カラー化されたタッチパネルモニタ、テンキーを装備している。観測データをBluetoothにより無線でPCや携帯電話に転送可能である。PCの測量ソフトウェアで観測データを計算して図化して成果を得る。一方、TSの機能を利用すれば、TS内部で計算処理を行い、瞬時に解が得られ、点の位置関係を地図化でき、観測の良否を現地で判断できる。基準点測量における対回観測は、モータにより自動的に観測できる。細部測量における地物の座標観測は、既知点の座標値データをTSに入力して観測すれば、地物の座標値を直接得られる。自動追尾機能は、目標を自動で視準し追尾する。操作パネルを取り外し無線通信により目標側でTSの視準状況をリアルタイムに映し出してTSを操作し、1人で測量できるようになった。

昨今の測量は、手書きによる記録と関数電卓を用いた手計算からコンピュータ処理に置き換わり、膨大な労力を省いて正確で短時間に解が得られるようになるなど飛躍的に進歩してきた。学校で手書きによって原理原則を教えることはもちろん必要ではあるが、先端技術を研究する大学において、次世代を担う20歳前後の若い学生にはコンピュータや最新の器材を用いた測量を教えることは、大きな意義がある。

(4) 測量士(補)試験の過去問題

学校教育で、測量士(補)試験合格者と同程度の知識まで教育する必要がある。そのため、学校で測量教育を受けた学生が、測量士補や測量士として相応しい内容と知識に到達できるよう、そして到達度が図れるよう測量士

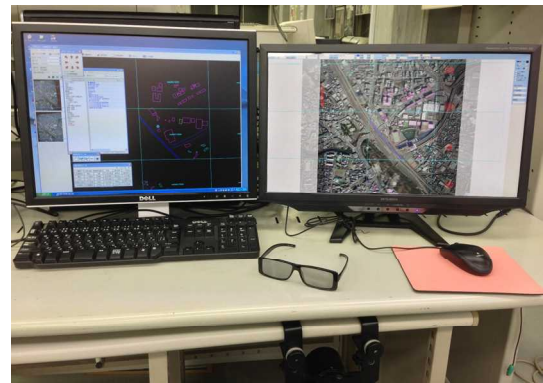


写真-1 デジタルステレオ図化機



写真-2 移動計測車両



図-9 MMSによる点群データ



写真-3 あたらしいTS

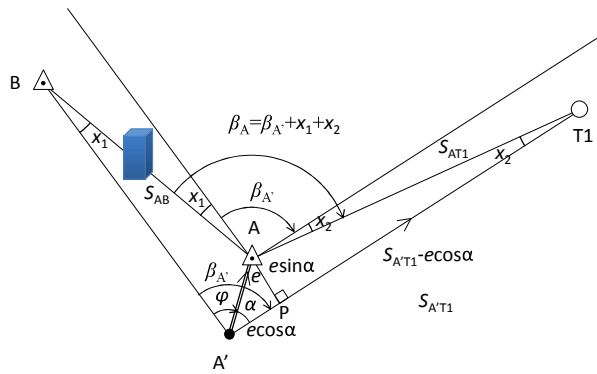


図-10 偏心補正計算

補試験と測量士試験の過去問題を、あたらしい教材の各分野に配置した。また、その解答も利便性から同じページ内か直後に付けている。解き方のヒントは、本章にある。本章は市販されている対策本と異なり写真を載せて、読者が専門用語をイメージできるようにした。

(5) 測量学における数学教育

数学を苦手としている学生にも配慮して、測量学の講義の中で測量で用いる数学をフォローする必要がある。このため、あたらしい教材では、高等学校での三角関数、幾何学や統計学などを測量用の例題を交えて解説した。例えば、偏心補正計算に用いられる正弦定理と余弦定理(図-10)、座標計算に用いる三角関数、弧度法の $p''=206265''$ 、複数の路線から得た観測値をもとにした最確値と標準偏差などについて丁寧に解説した。

(6) 編集と発刊

著者らは、本研究の取り組みを実践すべく、教材部分を学生向けに取り纏めた。この取り纏めた教材は、253ページに及び、出版社の編集者らの評価を得て、1冊の教材として発刊に至った³⁰⁾。広く発行される教材を通じて、測量教育の役に立てられれば幸いである。

5. おわりに

現在の測量の複雑な資格制度と多様な測量教育の実態を明らかにした。その中で、測量教育が資格に見合う内容であるためには補うべきあたらしい内容が必要であることがわかった。また、資格以外であっても測量技術は急速な発展を遂げるため、その特性に応じた教育も必要であることがわかった。一方で、昨今の学生、特に数学を苦手としている学生にも配慮する必要がある。これらは、全国的にも共通している問題であって、一般に広く発行される教材を通じて解決を図った。次のことがらを

重点に教材の開発を行った。

- 1) 複数の既知点を与点とした単路線方式、結合多角方式など公共測量作業規程に準拠した内容とした。
- 2) UTM座標系とRS、基準点測量とGIS、細部測量とGISなどについて図による実例を挙げて、測量学から空間情報学へスムーズな接続を図った。
- 3) 測量士(補)試験には出題されていないが、MMSやあたらしいTSなど、技術的に重要で最新の測量器材を用いる内容を取り入れた。
- 4) 測量士補や測量士として相応しい内容と知識に到達できるように、測量士補試験と測量士試験の過去問題を教材の各分野に配置した。
- 5) 測量学の講義の中で測量で用いる数学をフォローする必要があるため、高等学校での三角関数、幾何学や統計学などを測量用の例題を交えて解説した。

本教材もまた、数年の歳月を経ると急速な進化を遂げる測量技術を前に通用しなくなることは自明である。現に、教材を発刊した直後にあたる2014年4月からGNSS水準測量³¹⁾と電子基準点のみを既知点とした2級基準点測量³²⁾が実用化された。これらの方式は、近傍に既知点がない地域での活躍が期待される。また、2014年5月には日本の地球観測衛星ALOS-2が打ち上げられた。これは、地上分解能が3mまでに向上した。日本の測量教育が遅れないよう、今後も測量教育を研究し続ける必要がある。

参考文献

- 1) 日本測量協会：測量関係法令集 平成 26 年版, p.20, 2014.5.
- 2) 小清水寛, 藤村英範, 坂部真一：諸外国と我が国の測量士資格制度について, 国土地理院時報, No.116, pp.45-59, 2008.12.
- 3) 測量行政懇談会：測量新時代に対応した測量行政のあるべき姿について—平成 21 年度報告書—～測量士・測量士補資格制度の今後の在り方について～, 22p., 2010.3.
- 4) 細川吉晴, 竹下伸一, 長坂貞郎, 岡澤宏, 小島信彦, 嶋栄吉：農学系学生のための専門科目「水理学」の教育指導に関する研究, 宮崎大学農学部研究報告, 第 57 巻, pp.23-37, 2011.2.
- 5) 国土地理院 H.P. 国土交通大臣の登録を受けた測量に関する専門の養成施設一覧：http://www.gsi.go.jp/PCOMMENT/SurveyAct030618_shiteiichiran.htm, (入手 2014.5.24).
- 6) 榊山清人：土木系学生における 2 級土木施工管理技術検定学科試験受験の有効活用及び今後の課題, 土木学会論文集 H(教育), Vol. 1, pp.105-110, 2009.3.
- 7) 国土地理院 H.P. 測量士・測量士補試験(受験)に関する案内：<http://www.gsi.go.jp/LAW/SHIKEN-sihosiken.html>, (入手 2014.5.24).
- 8) 北海道帯広農業高等学校 農業土木工学科：<http://www.obino.hokkaidoc.ed.jp/gakkouannai/2006CD/webdata/Diagrams/doboku/subject/index.html>, (入手 2014. 5.24).

- 9) 千葉県立安房拓心高等学校総合学科 : <http://www.boso.net/takusin/index.php?filename=sikaku>, (入手 2014.5.24).
- 10) 東京都立田無工業高等学校都市工学科 : <http://www.tanashikougyo-h.metro.tokyo.jp/cms/html/entry/37/5.html>, (入手 2014.5.24).
- 11) 富山県立桜井高等学校 土木科 湯口 淳 : 目指せ!!資格取得日本一!! -土木科平成の改革-, <http://www.jikkyo.co.jp/contents/download/2414553597>, (入手 2014.5.24).
- 12) 大阪市立都島工業高等学校都市工学科 : <http://www.ocec.ne.jp/hs/miyakojima/c/index.html>, (入手 2014.5.24).
- 13) 福岡県立三池工業高等学校 土木科 : http://miiketech.fku.ed.jp/intro/pub/list.aspx?c_id=66&redi=ON, (入手 2014.5.24).
- 14) 宮崎県立都城工業高等学校 建設システム科 : <http://www.miyazaki-c.ed.jp/miyakonojo-th/shikaku.html>, (入手 2014.5.24).
- 15) 宮崎県立都城農業高等学校 農業土木科 : <http://www.miyazaki-c.ed.jp/miyakonojo-ah/pg454.html>, (入手 2014.5.24).
- 16) 日本大学理工学部社会交通工学科教室 : 交通 Bulletin, 2008 年秋季号, No.18, p.3, 2008.10.
- 17) 堀宗朗, 木村定雄, 飯塚敦, 大塚悟, 熊谷健一, 齋藤利晃, 田村武, 橋本親典, 平出純一, 山口栄輝 : さまざまな工学部学科・専攻で行われた教育改革の実例, 土木学会論文集 H(教育), Vol. 1, pp.135-143, 2009.3.
- 18) 中村英夫, 清水英範 : 測量学, 技報堂出版, 554p., 2000.2.
- 19) 長谷川昌弘, 川端良和, 大塚久雄, 住田英二, 藤本吟蔵, 道広一利, 武藤慎一, 吉岡尚也 : 基礎測量学改訂新版, 電気書院, 313p., 2010.4.
- 20) 土木学会 測量実習指導書編集小委員会 : 測量実習指導書 2007 年版, 116p., 2007.3.
- 21) 細川吉晴, 西田修三, 今野惠喜, 藤原広和, 諸泉利嗣, 守田秀則 : よくわかる測量実習 (増補), コロナ社, 179p., 2008.4.
- 22) 浅野繁喜, 伊庭仁嗣, 大西和由, 川西一樹, 下田勝弘, 仁科基, 福島博行 : 基礎シリーズ 最新測量入門新訂版, 実教出版, 264p., 2008.11.
- 23) 内山久雄 : ゼロから学ぶ土木の基本 測量, p.110, オーム社, 2012.11.
- 24) 東京都立総合工科高等学校 建築・都市工学科 2013 年度 測量合宿 : <http://www.sougou-koukah.metro.tokyo.jp/event/event25/sokuryouzi25/soku131031.html>, (入手 2014.5.24).
- 25) 京都市立伏見工業高等学校 システム工学科都市情報システムコース・シビルクラブ : http://cms.edu.city.kyoto.jp/weblog/index.php?id=300209&type=1&column_id=441542&category_id=969, (入手 2014.5.24).
- 26) 香川県立石田高等学校 農業土木科 : <http://www.kagawa-edu.jp/isidah01/gyouji.html>, (入手 2014.5.24).
- 27) 日本測量協会 : 一公共測量一作業規程の準則 平成 25 年 3 月 29 日改正, p.37, 2013.5.
- 28) 田島稔, 小牧和雄 : 最小二乗法と測量網平均の基礎, 東洋書店, 270p., 2001.3.
- 29) 原田健久 : 測量計算法 行列最小二乗法から網平均まで, 鹿島出版会, 214p., 2001.6.
- 30) 岡澤宏, 久保寺貴彦, 笹田勝寛, 多炭雅博, 細川吉晴, 松尾栄治, 三原真智人 : あたらしい測量学一基礎から最新技術まで一, コロナ社, 253p., 2014.4.
- 31) 国土地理院 : GNSS 測量による標高の測量マニュアル解説, 23p., 2014.4.
- 32) 国土地理院 : 電子基準点のみを既知点とした基準点測量マニュアル解説, 16p., 2014.4.

(2014. 6. 25 受付)

DEVELOPMENT OF NEWEST TEACHING MATERIALS FOR SURVEY EDUCATION BASED ON PRESENT SURVEY EDUCATION AND SURVEYOR LICENSE SYSTEM

Takahiko KUBODERA, Yoshiharu HOSOKAWA, Hiromu OKAZAWA,
Katsuhiko SASADA, Eiji MATSUO, Masahiro TASUMI and Machito MIHARA

The assistant surveyor license could be given to graduate students of designated higher education with fulfill the credit requirements for survey-related coursework, without any specific examination. Furthermore, the surveyor license as the upper grade is given without examination when fulfill the requirement based on their survey experiences. The license should be generally provided for the contents of survey education. Evaluating the content and quality of survey education, some problems were identified from the viewpoints of effective education. The problems includes disciplines and standard, the contents that referenced operation specifications for public surveys, the new surveying technology, the education of mathematics, and so on. The new teaching materials were studied and developed to overcome these problems, and then the material was newly published as a 253-page textbook in 2014. This paper describes the development of the newest survey teaching materials, through present circumstance of survey education and surveyor license system.