

① 午後 平成 31 年測量士試験問題集

必須 [No. 1]

問A. 次の文は、測量法（昭和 24 年法律第 188 号）の条文の一部である。

（ア）～（オ）に入る語句を解答欄に記せ。

第三条 この法律において「測量」とは、土地の測量をいい、（ア＝**地図の調製**）及び測量用写真の撮影を含むものとする。

第十条の二 この法律において「測量業」とは、基本測量、公共測量又は（イ＝**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。

第二十四条 基本測量の（ウ＝**永久標識**）又は（エ＝**一時標識**）の汚損その他その効用を害するおそれがある行為を当該（ウ＝**永久標識**）若しくは（エ＝**一時標識**）の敷地又はその付近でしようとする者は、理由を記載した書面をもって、国土地理院の長に当該（ウ＝**永久標識**）又は（エ＝**一時標識**）の移転を請求することができる。

（第2項～第4項 省略）

第五十五条の十三 測量業者は、その営業所ごとに（オ＝**測量士**）を一人以上置かなければならない。

（第2項 省略）

問B. 公共測量における測量作業機関に関する事項について、次の各問に答えよ。

問B-1. 次の文は、測量作業機関について述べたものである。（ア）～（キ）に入る最も適切な語句はどれか。語群から選び解答欄に記せ。

「測量作業機関」とは、（ア＝**測量計画機関**）の（イ＝**指示**）又は（ウ＝**委託**）を受けて測量作業を（エ＝**実施**）する者をいう。（法8条）

測量作業機関は、（オ＝**測量作業着手**）前に、測量作業の方法、使用する主要な機器、（カ＝**要員**）、（キ＝**日程**）などについて適切な作業計画を立案し、これを（ア＝**測量計画機関**）に提出して、その承認を得なければならない。（準則11条）

語群

委託 関係都道府県知事 構造 国土地理院の長 作業規程 指示 市町村長 実施
受託 守秘義務 遵守 使用 使用機器の検定 書面 審査 正確 積算
測量計画機関 測量作業受注 測量作業着手 調整 日程 要員

問B-2. 測量作業機関は、測量の正確さを確保するため、適切な精度管理を行わなければならない。測量作業機関が行う精度管理について次の（ア）、（イ）の各問に答えよ。

ア. 測量作業機関が各工程別作業の終了時に行わなければならない精度管理の具体的な内容について、50字以内で解答欄に記せ。

（解答）

観測値の点検、点検計算

イ. 測量作業機関が作業終了後速やかに行わなければならない精度管理の具体的な内容について、70 字以内で解答欄に記せ。

ただし、各工程別作業の終了時に行う精度管理及び品質評価は除く。

(解答)

点検測量、精度管理表

問B-3. 測量作業機関は、測量計画機関が定める作業規程や製品仕様書などに基づき、成果等を作成しなければならない。測量計画機関が定める製品仕様書に記載される項目を二つ、例に倣ってそれぞれ解答欄に記せ。ただし、例として示す項目は除く。

(例) データ品質

(解答) 準則 5 条、20 条、386 条

測量成果の概要、データの内容及び構造

問B-4. 測量作業機関は、現地での測量における作業者の安全確保について、適切な措置を講じなければならない。

地震による津波浸水が想定されている地域において、水準測量を受注し、現地での測量を行うこととなった。現地での測量の安全確保のため、この作業地域へ向かう前に社内で事前に行うべき地震に備えた対策について二つ、解答欄に記せ。

(解答)

1. 地震情報の即時取得
2. 避難経路の確認
3. 連絡網の確認

問C. 図 1-1 は、測量計画機関が公共測量を実施する場合の諸手続の流れを示したものである。 次の各問に答えよ。

(手続の時期)

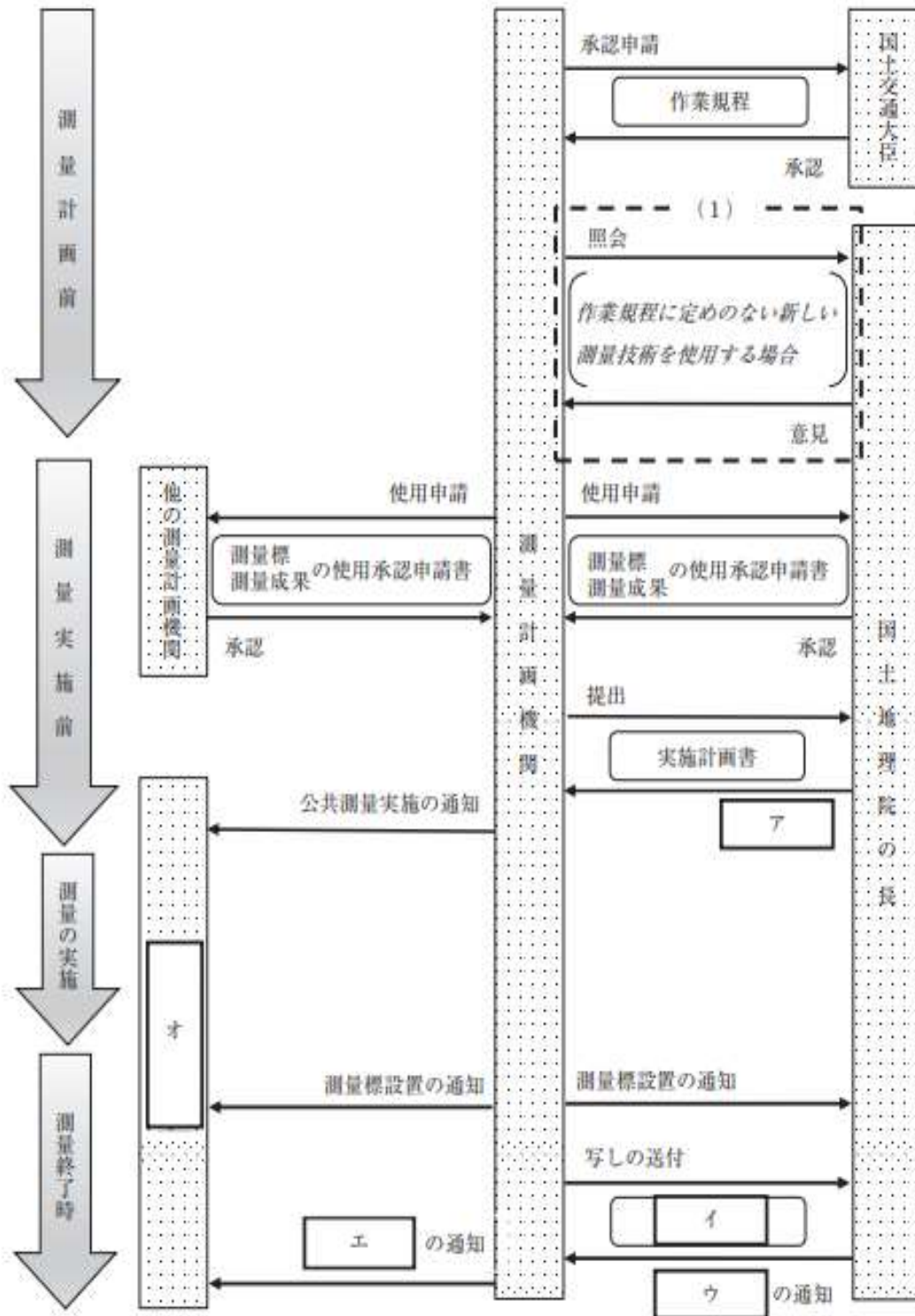


図1-1
(次のページに続く)

問C-1. 図 1-1 の (ア) ~ (オ) に入る最も適当な語句を解答欄に記せ。

(解答)

ア=技術的助言(法36条)、イ=測量成果(法40条)、ウ=審査の結果の通知(法41条)
エ=公共測量の終了、オ=関係都道府県知事

問C-2. 測量計画機関は、公共測量を実施しようとするときは、当該公共測量に関して作業規程を定め、あらかじめ、国土交通大臣の承認を得なければならない。測量計画機関が作業規程を定める主な目的を60字以内で解答欄に記せ。

(解答)

1. 必要な精度を確保(法33条)

問C-3. 測量計画機関から測量成果及び測量標の使用申請があった場合において、国土地理院の長若しくは当該測量成果を有する測量計画機関が、確認しなくてはならないことは何か。主なものを、例に倣って解答欄に記せ。ただし、例として示す内容は除く。

(例) 申請手続きの記載内容が法令に違反していないか。

(解答)

1. 当該測量成果を使用することが当該測量の正確さを確保するうえで適切であること。
(法30条)

問C-4. 次の文は、図 1-1 に破線の囲みで示した(1)作業規程に定めのない新しい測量技術を使用する場合に行う手続きを具体的に述べたものである。(a)~(d)に入る最も適当な語句はどれか。語群から選び解答欄に記せ。(準則17条)

測量計画機関は、必要な(a=精度)の確保及び(b=作業能率の維持)に支障がないと認められる場合には、作業規程に定めのない新しい測量技術を用いることができる。

その場合、使用する資料、機器、測量方法などにより(a=精度)が確保できることを測量作業機関からの(c=検証)結果などに基づいて確認するとともに、確認に当たっては、あらかじめ国土地理院の長の意見を求めなければならない。

国土地理院が新しい測量技術による測量方法に関する(d=マニュアル)を定めた場合は、当該(d=マニュアル)を確認のための資料として使用することができる。

語群

勧告 経営の状態 検証 検定証明 告示 作業能率の維持 集計 承認
所有者の承諾 助言 精度 測量成果 法令 マニュアル 要員

問C-5. 次の1～5に示す測量を作業規程の準則で規定されている測量及び規定されていない新しい測量技術による測量に分類し、その番号をそれぞれ解答欄に記せ。

1. 地上レーザスキャナを用いた地図情報レベル 500 の数値地形図データ作成

(解説) 地上レーザスキャナマニュアルでは250、500の規定があるが、準則なし。

2. 電子基準点のみを既知点とする2級基準点測量

(解説) 電子基準点のみのマニュアルはある。準則22条。

3. GNSS 測量機を用いた3級水準測量

(解説) マニュアルあり、準則なし。

4. 車載写真レーザ測量による地図情報レベル 500 の数値地形図データ作成

(解説) マニュアルあり、準則106条。

5. 航空レーザ測量による地図情報レベル 500 の数値標高モデル作成

(解説) マニュアルあり、準則312条。

問D. 次の各問に答えよ。

問D-1. 次のa～dの文は、公共測量における測量作業機関の対応について述べたものである。正しいものには○を、間違っているものには×及び正しい対応を80字以内で、それぞれ解答欄に記せ。

a. 基準点測量を円滑かつ確実に実行するために、作業計画は測量士が立案し、精度管理には十分な実務経験を有する測量士補を総括する者として配置した。また、観測者には、測量士補の資格を持たないがトータルステーションの操作に詳しい者を配置した。×

(解説) 精度管理＝測量士(準則9条)、観測は有資格者でないといけない(法48)。

b. 基準点測量において、GNSS 観測をすることになった。必要な精度を確保するため、作業員がその場で判断して基準点上空及び周辺の樹木を伐採し、速やかに測量計画機関に報告した。×

(解説) 樹木の伐採はあらかじめ土地所有者に連絡し了解を得る必要がある。(法16条)

c. 測量作業を実施中、計画に対して作業全体に大幅な遅延が生じたが、測量計画機関への月ごとの進捗状況の報告では、作業計画書提出時の予定で進んでいることを報告し、そのままの体制で作業を進めた。×

(解説) 測量計画機関へ大幅な遅延を報告し、その対策を講じることを速やかに連絡する。

(準則11,12条)

d. 測量作業が順調に進み計画より早く終了した。納品期日前であったが、得られた測量成果などを、あらかじめ測量計画機関が定めた様式に従って電磁的記録媒体に格納し、ウィルスチェックを行った上で、測量計画機関に提出した。○

問D-2. 次の a～f の文で述べている測量について、測量法（昭和 24 年法律第 188 号）第 5 条に規定する公共測量に該当するものには○を、公共測量に該当しないものには×及び該当しない具体的な理由を例に倣って解答欄に記せ。ただし、例として示す内容は除く。

（例）百万分の一未満の小縮尺図の調製で、高度の精度を必要としないため。

a. A 町は、道路管理のため、町内の改修した町道について、地図情報レベル 500 の道路台帳附図の修正を車載写真レーザ測量により行った。○

（解説）準則 107 条

b. B 市は、地震に伴う大規模な地殻変動によって、現状と合わなくなった B 市で管理する基準点の測量成果について、国土地理院が地殻変動後の測量結果を基に作成、公開した補正パラメータを使用して改算を行い、現地で測量することなく測量成果を改定した。○

（解説）公共測量

c. C 市は、庁舎管理のため、地図情報レベル 250 の庁舎平面図を作成した。×

（解説）建物の測量は公共測量ではない。

d. D 町に設置されている二等三角点が河川工事の範囲にあるため、作業を受注した E 測量会社が移転を行った。×

（解説）二等三角点の設置者管理者は国土地理院であり、基本測量であり、勝手に移転してはならない。

e. F 県は、地盤沈下監視のため、一等水準点と G 市で設置した 1 級水準点を使用して、1 級水準測量を行った。○

（解説）地盤沈下水準測量は公共測量である。

f. H 電力株式会社は自社が保有する施設管理のため、地図情報レベル 2500 の基盤地図情報を使用して、地図情報レベル 10000 の数値地形図データを修正した。×

（解説）基本測量及び公共測量以外の測量である。

士 午後 平成 31 年測量士試験問題集

選択〔No. 2〕

問A. 公共測量における基準点測量をトータルステーションを用いて実施することになった。次の各問に 答えよ。

問A-1. 表 2-1 は、工程別作業区分、各工程で作成する資料及びその概要を示したものである。

(ア) ～ (コ) に入る適当な語句を解答欄に記せ。

表2-1

| 工程別作業区分 | 作成する資料 | 資料の概要 |
|-------------|------------|---|
| 作 業 計 画 | 作業計画書 | 測量作業の方法、使用する主な機器、作業期間などを踏まえて、作業工程を記載したもの。 |
| | ア | 選点の基図とするために、地形図上で新点の概略位置と、使用する イ を決定し、理想的な路線による網を記載したもの。 |
| 選 点 | 基準点現況調査報告書 | イ の現況を調査し、異常の有無などを報告するために作成するもの。 |
| | ウ | 新点の位置を選定した際、その位置、視通線などを地形図に記載したもの。 |
| | 平均図 | ウ に基づき、作業規程に規定された条件や必要な精度を満たす路線の網であるかを確認するためのもので、エ の承認を得る必要がある。 |
| | 建標承諾書 | 永久標識を設置する際、エ が土地の所有者又は管理者から承諾を得たことを示したもの。 |
| 測 量 標 の 設 置 | オ | 設置した永久標識について、今後の測量で利用できるように、所在地、所有者、自動車到達地点、周囲の状況や要因などを記載したもの。 |
| | 測量標設置位置通知書 | 永久標識を設置した際、所在地、地目、測量標の種類及び設置年月日を通知するもの。 |
| 観 測 | 観測図 | 承認された平均図に基づき、測角・測距の方向など、平均計算を行うために必要な観測値の取得法を図示したもの。 |
| | カ、観測記簿 | 観測の際に測定値を記入するもの及び測定値をもとに計算作業に必要な数値をまとめたもの。 |

(解答)

ア＝平均計画図 イ＝使用する既知点

ウ＝選点図、エ＝測量計画機関、オ＝点の記、カ＝観測手簿

| | | |
|--------|--|--|
| 計 算 | <input type="text" value="キ"/> | 新点の水平位置及び標高を求めるための計算過程を示したものの。 |
| | 成果表 | 新点の水平位置、標高、ジオイド高など計算の最終結果をまとめたもの。 |
| | <input type="text" value="ク"/> | 点検計算や平均計算の結果をまとめたもの。 |
| 品質評価 | <input type="text" value="ケ"/> | 製品仕様書において規定する品質を満たしているかを評価し、その評価結果をまとめたもの。 |
| 成果等の整理 | 基準点成果の <input type="text" value="コ"/> | 製品仕様書に従い、測量成果の管理及び利用に必要な概要データをまとめたもの。 |

(解答)

キ＝計算簿、ク＝点検計算簿（精度管理表）、ケ＝品質評価表、コ＝成果簿（メタデータ）

問A-2. 4級基準点測量において、電子基準点のみを既知点として設置した2級基準点を既知点とし、かつ、2級トータルステーションを用いて実施する場合に、緩和される作業方法の条件の一つ、例に倣って解答欄に記せ。

ただし、例として示す内容は除く。

(例) 結合多角方式で路線の辺数を15辺以下とすることができる。

(解答) 結合多角方式の路線長を700m以下とすることができる。

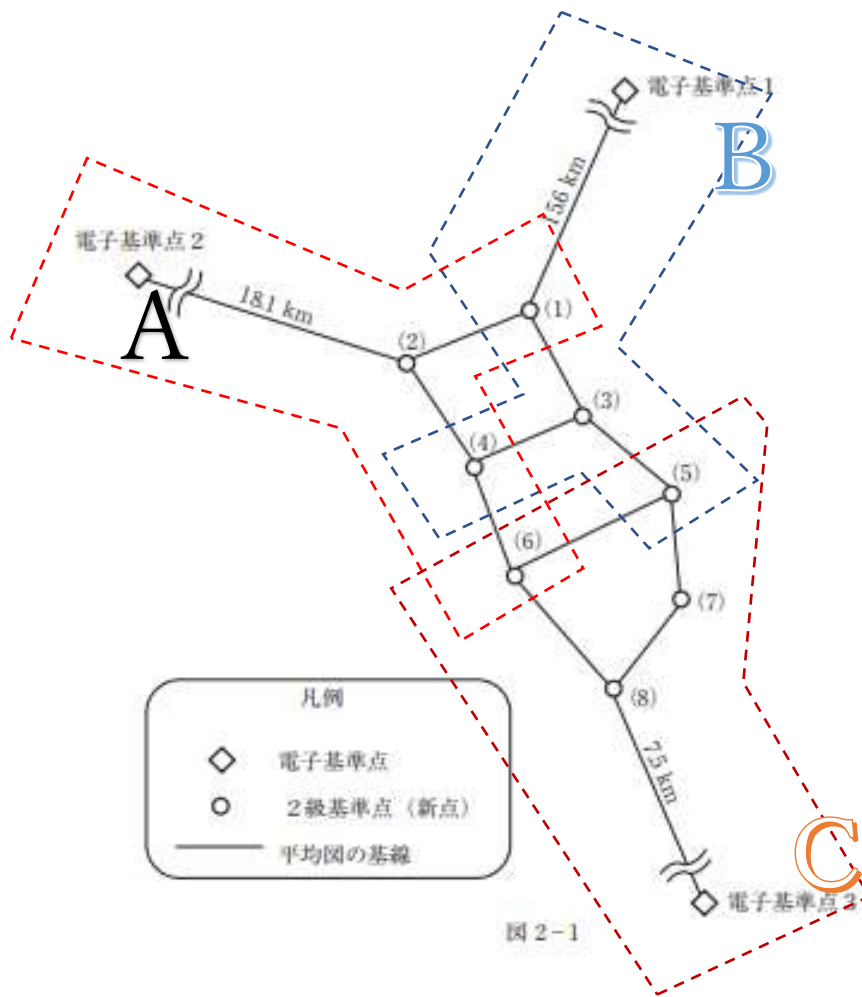
問B. 公共測量における2級基準点測量を、GNSS測量機を用いた測量により実施することになった。次の各問に答えよ。

問B-1. 図2-1は、既知点に電子基準点のみを用いて実施する際の、平均図を模式的に表したものである。以下の条件を考慮して観測計画を立案し、解答欄に観測図を作図せよ。

- ・1級GNSS測量機を1台、2級GNSS測量機を3台使用できる。
- ・観測セッションは最少となるよう計画する。
- ・偏心点は無く、節点は設けない。
- ・各測点間の移動時間や機器設置の難易度の差は考慮しなくてよい。
- ・観測セッションは破線で囲い、観測順にアルファベットでAから順に表記する。(セッションA, セッションB, セッションC....)

ただし、セッションの破線は、セッション毎の観測点をはっきり識別できるよう、線の引き方等に留意すること。

(解答)



問 B-2. 観測値の点検方法を二つ解答欄に記せ。

(解答)

(基準点測量作業規程) 平成 30 年 4 月

20 条

(4) 観測値の点検計算は次のとおり行う。

1) 電子基準点等のみを既知点としない場合

① 全てのセッションについて、次のいずれかの方法で行う。

イ) 異なるセッションの組合せによる最少辺数の多角形を選定し、基線ベクトルの環閉合差を点検する。

ロ) 異なるセッションで重複する基線ベクトルの較差を点検する。

(準則 42 条)

ロ 電子基準点のみを既知点とする場合の観測

(1) 点検計算に使用する既知点の経度と緯度及び楕円体高は、今期座標とする。

(2) 観測値の点検は、次の方法により行うものとする。

(i) 電子基準点間の結合の計算は、最少辺数の路線について行う。ただし、辺数が同じ

場合は路線長が最短のものについて行う。

(ii) 全ての電子基準点は、1つ以上の点検路線で結合させるものとする。

(iii) 結合の計算に含まれないセッションについては、イ(1)の(i)又は(ii)によるものとする。

問C. 公共測量におけるセミ・ダイナミック補正について、次の各問に答えよ。

問C-1. 次の文は、1級及び2級基準点測量において電子基準点のみを既知点とする場合、セミ・ダイナミック補正を行うことが必要である理由について述べたものである。

(ア)～(オ)に入る適当な語句を解答欄に記せ。

我が国は複数の(ア=プレート)境界に位置し、それぞれが異なる方向へ動くことから、複雑な地殻変動が起こっている。測量に利用される基準点もこの地殻変動の影響により、実際の地球上の位置と(イ=基準点)の示す座標値が時間とともにずれていき、時間が経つにつれて測量の結果に大きな誤差をもたらすこととなる。

(ウ=測量地域近傍の三角点)を既知点とする測量を行う場合であれば、既知点間の距離が短く相対的な変動量も小さいため、地殻変動によるひずみの影響はそれほど問題にならなかったが、電子基準点のみを既知点として測量を行う場合は、既知点間の距離が長い場合、地殻変動によるひずみの影響を考慮しないと、近傍の基準点との間に不整合が生じる。

セミ・ダイナミック補正では、「測地成果 2011」の基準日を(エ=元期)、新たな測量を行った時点を(オ=今期)と定義し、(エ=元期)から(オ=今期)の間の地殻変動によるひずみの影響を補正する。

問C-2. 公共測量において、電子基準点のみを既知点とする1級基準点測量を行い、新点(1)、(2)を設置した。表2-2は、既知点A、Bの測量成果を地心直交座標系に変換した座標値である。表2-3は、既知点A、Bのセミ・ダイナミック補正の補正量である。式2-1は、閉合差(DX, DY, DZ)から閉合差(DN, DE, DU)に変換する式である。基線解析によって、基線ベクトル成分を得て、表2-4にあるようにセミ・ダイナミック補正を適用し点検計算を実施した。

表2-4の(カ)～(ソ)に入る適当な数値を、(カ)～(ス)についてはm単位で小数第3位まで求め、(セ)、(ソ)についてはm単位で小数第4位を四捨五入し、小数第3位まで求め、解答欄に記せ。

なお、関数の値が必要な場合は、巻末の関数表を使用すること。

表2-2

| | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|---|----------------|---------------|---------------|
| A | -3,957,235.060 | 3,310,368.350 | 3,737,529.800 |
| B | -3,967,566.270 | 3,305,363.990 | 3,731,046.081 |

表2-3

| セミ・ダイナミック補正量 | | | |
|--------------|---------|---------|---------|
| | X成分 (m) | Y成分 (m) | Z成分 (m) |
| A | -0.280 | -0.140 | -0.080 |
| B | -0.290 | -0.130 | -0.100 |

表2-4

| | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Aの座標値 | <input type="text" value="カ"/> | 3,310,368.210 | <input type="text" value="キ"/> |
| A→(1) | -3,522.271 | -1,988.794 | -1,982.310 |
| (1)→(2) | -2,305.149 | -716.340 | -1,778.259 |
| (2)→B | -4,503.810 | -2,299.206 | -2,723.150 |
| Bの観測値 | -3,967,566.570 | <input type="text" value="ケ"/> | 3,731,046.001 |
| Bの座標値 | <input type="text" value="ケ"/> | <input type="text" value="コ"/> | <input type="text" value="サ"/> |
| 閉合差 (ΔX, ΔY, ΔZ) | ΔX = -0.010 | ΔY = <input type="text" value="シ"/> | ΔZ = <input type="text" value="ス"/> |
| 閉合差 (ΔN, ΔE, ΔU) | ΔN = <input type="text" value="セ"/> | ΔE = <input type="text" value="ソ"/> | ΔU = 0.023 |
| 許容範囲 | 0.94 | 0.94 | 0.201 |

$$\begin{pmatrix} \Delta N \\ \Delta E \\ \Delta U \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.452 & -0.377 & 0.808 \\ -0.641 & -0.768 & 0.000 \\ -0.621 & 0.518 & 0.589 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} \dots\dots\dots \text{式 2-1}$$

(解答)

| | X(m) | Y(m) | Z(m) |
|---------|-------------|------------|------------|
| Aの座標値 | -3957235.34 | 3310368.21 | 3737529.72 |
| A→(1) | -3522.271 | -1988.794 | -1982.31 |
| (1)→(2) | -2305.149 | -716.34 | -1778.259 |
| (2)→B | -4503.81 | -2299.206 | -2723.15 |

| | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|
| B の観測値 | -3967566.57 | 3305363.87 | 3731046.001 |
| B の座標値 | -3967566.56 | 3305363.86 | 3731045.981 |
| 閉合差 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ | -0.01 | 0.01 | 0.02 |
| 閉合差 $\Delta N, \Delta E, \Delta U$ | 0.008 | -0.001 | 0.023 |
| 許容範囲 | 0.94 | 0.94 | 0.201 |

A の座標値

$$X = \text{カ} - 3957235.060 - 0.280 = -3957235.340$$

$$Z = \text{キ} 3737529.800 - 0.080 = 3737529.720$$

B の観測値

$$Y_B = 3310368.210 - 1988.794 - 716.34 - 2299.206 = \text{ク} 3305363.87$$

B の座標値

$$X = \text{ケ} - 3957,235.060 - 0.29 = -3967566.560$$

$$Y = \text{コ} 3305363.990 - 0.130 = 3305363.860$$

$$Z = \text{サ} 3731046.081 - 0.100 = 3731045.981$$

閉合差

$$\Delta X = -0.01, \Delta Y = \text{シ} 0.01, \Delta Z = \text{ス} 0.02$$

$$\Delta N = \text{セ} 0.008, \Delta E = \text{ソ} -0.001, \Delta U = 0.023$$

問D. 図 2-2 は、既知点 A, B と新点 S, T からなる水準路線において実施した、公共測量における 1 級水準測量を模式的に表したものである。表 2-5 はその観測結果である。表 2-6 は既知点間の 検測結果と前回の観測高低差である。次の各問に答えよ。なお、関数の値が必要な場合は、巻末の関数表を使用すること。

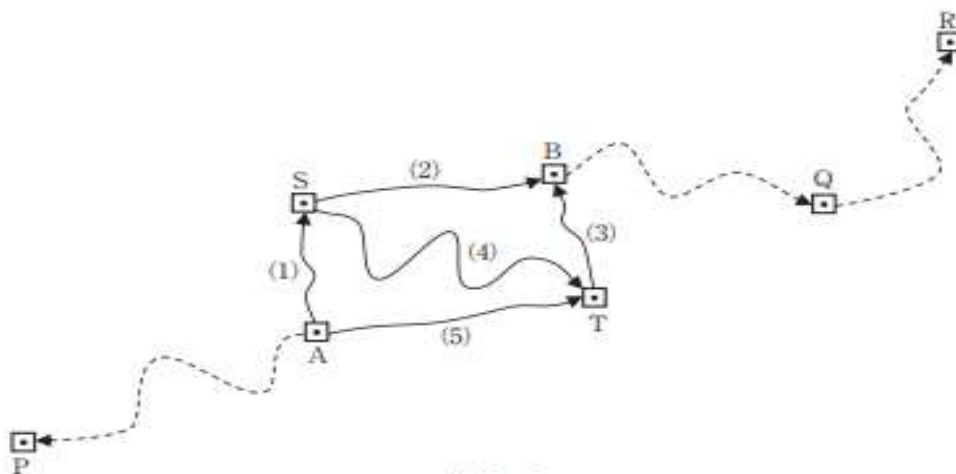


図 2-2

表2-5

| 路線番号 | 路線方向 | 観測高低差 (m) | 観測距離 (km) |
|------|------|-----------|-----------|
| (1) | A→S | + 5.4029 | 1.00 |
| (2) | S→B | + 2.6027 | 2.00 |
| (3) | T→B | + 5.4012 | 1.00 |
| (4) | S→T | - 2.8022 | 4.00 |
| (5) | A→T | + 2.5983 | 2.00 |

表2-6

| 路線方向 | 検測結果 (m) | 前回の観測高低差 (m) | 観測距離 (km) |
|------|-----------|--------------|-----------|
| A→P | + 12.2472 | + 12.2466 | 4.00 |
| B→Q | + 4.2127 | + 4.2081 | 3.24 |
| B→R | + 9.0133 | + 9.0181 | 5.76 |

問D-1. 既知点A, Bについて, それぞれ隣接既知点P, Qとの間での検測を行った。その結果, A→P間では許容範囲内であったものの, B→Q間では許容範囲を超過した。そのため, 更にBから既知点Rで検測を行ったところ, 許容範囲内であった。A→P間, B→R間で許容範囲内であること及びB→Q間で許容範囲を超過していることを確かめるための計算過程を解答欄に記せ。

ただし, 検測における結果と前回の観測高低差との較差の許容範囲は $2.5 \text{ mm}\sqrt{S}$ とし, Sは観測距離(片道, km単位)とする。

(解答)

| | 検測-前回 (閉合差) | 距離 (Skm) | 許容値 | 合否 |
|-----|-------------|----------|-----|----|
| A→P | 0.6mm | 4 | 5mm | 合 |
| B→Q | 4.6 | 3.24 | 4.5 | 否 |
| B→R | -4.8 | 5.76 | 6mm | 合 |

∴B→Qの観測は不合格

問D-2. 路線 A→S→T→A と路線 B→S→T→B について環閉合差を計算したところ, いずれも許容範囲内であった。

2つの路線の環閉合差がともに許容範囲内であることを確かめるための計算過程を解答欄に記せ。

ただし、環閉合差の許容範囲は $2\text{mm}\sqrt{S}$ とし、 S は観測距離（片道、km 単位）とする。

（解答）

路線 $A \rightarrow S \rightarrow T \rightarrow A$

$$(1) + (4) - (5) = 2.4\text{mm} \leq \text{許容値 } 5.2\text{mm} \quad (\text{合})$$

路線 $B \rightarrow S \rightarrow T \rightarrow B$

$$-(2)+(4)+(3) = -3.7\text{mm} \leq \text{許容値 } 5.2\text{mm} \quad (\text{合})$$

問D-3. 次の文は、新点 S 、 T の標高を決定するための計算過程を示したものである。
 (ア) ~ (コ) に入る適当な数値を、(ウ) ~ (オ) 及び(キ)、(ク) については小数第2位まで求め、(ア)、(イ)、(カ)、(コ) については小数第4位まで求め、(ケ) については小数第5位を四捨五入し、小数第4位まで求め、解答欄に記せ。

路線 (i) ($i=1,2,\dots,5$) における観測高低差の残差を V_i 、点 S 、 T の仮定標高の補正量をそれぞれ X_S 、 X_T とする。また、点 A 、 B 、 S 、 T の仮定標高をそれぞれ 10.0000m 、 18.0000m 、 15.4000m 、 12.6000m とする。このとき、観測方程式は以下のようになる。

$$H_A + (1) = H_S$$

$$H_A + (1)' + v_1 = H_S' + X_S$$

$$v_1 = X_S - 0.0029$$

$$H_S + (2) = H_B$$

$$H_S' + X_S + (2)' + v_2 = H_B$$

$$v_2 = -X_S - 0.0027$$

$$H_T + (3) = H_B$$

$$H_T' + X_T + (3)' + v_3 = H_B$$

$$v_3 = -X_T - 0.0012$$

$$H_S + (4) = H_T$$

$$H_S' + X_S + (4)' + v_4 = H_T' + X_T$$

$$v_4 = -X_S + X_T + 0.0022$$

$$H_A + (5) = H_T$$

$$H_A + (5)' + v_5 = H_T' + X_T$$

$$v_5 = X_T - H_A - (5)' + H_T'$$

$$= X_T + 0.0017$$

$$V_1 = X_S - (\text{ア} = 0.0029)$$

$$V_2 = -X_S - (0.0027)$$

$$V_3 = -X_T - (\text{イ} = 0.0012)$$

$$V_4 = -X_S + X_T - (-0.0022)$$

$$V_5 = X_T - (-0.0017)$$

これらの式を行列で表記すると、

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ -1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_S \\ X_T \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \text{ア} \\ 0.0027 \\ \text{イ} \\ -0.0022 \\ -0.0017 \end{pmatrix}$$

(解答)

$$\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ -1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_S \\ X_T \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.0029 \\ 0.0027 \\ 0.0012 \\ -0.0022 \\ -0.0017 \end{pmatrix}$$

となる。ここで、

$$V = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ -1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} X_S \\ X_T \end{pmatrix}, \quad L = \begin{pmatrix} \text{ア} \\ 0.0027 \\ \text{イ} \\ -0.0022 \\ -0.0017 \end{pmatrix}$$

と置くと、 $V = AX - L$ と書ける。また、重量の行列を P とすると、

$$P = \begin{pmatrix} 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \text{ウ} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{エ} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{オ} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.50 \end{pmatrix}$$

$$1/1 = 1, \quad \text{ウ} = 1/2 = 0.5, \quad \text{エ} = 1/1 = 1, \quad \text{オ} = 1/4 = 0.25, \quad 1/2 = 0.5$$

となる。行列 A の転置行列を A^T と表すと、

$$A^T P = \begin{bmatrix} 1.00 & -0.50 & 0.00 & -0.25 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & -1.00 & 0.25 & 0.50 \end{bmatrix}$$

となるので

$$A^T P L = \begin{bmatrix} 0.0021 \\ -0.0026 \end{bmatrix}$$

$$A^T P A = \begin{bmatrix} 1.75 & -0.25 \\ -0.25 & 1.75 \end{bmatrix}$$

キ = 1.75 = ク、

$$(A^T P A)^{-1} = \frac{1}{12} \begin{bmatrix} 7 & 1 \\ 1 & 7 \end{bmatrix}$$

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L = \frac{1}{12} \begin{bmatrix} 7 & 1 \\ 1 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.0021 \\ -0.0026 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0010 \\ -0.0013 \end{bmatrix}$$

ケ = 0.0010

が得られる。以上より、新点 S、T の標高はそれぞれ、

$$HS = 15.4\text{m} + X_S = 15.4 + 0.0010 = 15.4010\text{m}$$

$$HT = 12.6 + X_T = 12.6 - 0.0013 = 12.5987\text{m}$$