

# 「測量近代化研究会」 第5回

2022.4.18 13:30～15:30

日本測量協会・web 会議

## 1. 開会

**事務局** まだ接続いただけていない委員の方がいらっしゃると思いますが、時間がまいりましたので、第5回測量近代化研究会を開催いたします。委員におかれましては、年度始めのご多忙の中ご参加いただきまして、ありがとうございます。また本研究会の委員委嘱の手続きを4月に行いましたが、ご協力をいただき、ありがとうございます。この場を借りまして、お礼を申し上げます。

この第5回は対面開催する方向で調整してまいりましたが、新型コロナウイルス感染の状況などを踏まえまして、今回もweb開催となりました。次回は対面だと願っているところでございます。本日の研究会には、予定していただいていた方、まだすべて入っていただけていませんが、だいたい18名のうち16名の参加です。資料につきましては、議事次第のほか資料1から資料6の9ファイルを送付しております。本日の議事につきましては、議事次第に書いてございますが、「令和4年度スケジュール及び検討事項(案)」のほか、6議題を予定しております。この議事には第4回に予定しておりました、〇〇委員のご報告も行っていただく予定でございます。〇〇委員、どうぞよろしくお願いたします。

それでは、これより委員長に議事の進行をお願いしたいと思います。どうぞよろしくお願いたします。

## 2. 議事

**委員長** はい、承知いたしました。皆さん、〇〇でございます。本年度もよろしくお願いたします。それでは議事に入りたいと思います。本日の議題は事務局から説明がございました通り、六つの議題を予定しております。タイトな議事進行となりますので、皆様のご協力をよろしくお願いたします。

では一つ目の議事、「令和4年度スケジュール及び検討事項」の説明を事務局からお願いたします。

### 1) 令和4年度スケジュール及び検討事項(案)

**事務局** では事務局より説明を申し上げます。測量近代化研究会の本年度のスケジュール案です。左の欄に2022年度、基準点測量から書いてございますが、本年度は基準点測量——今日は第5回でございますが——開催しまして、第6回は応用測量を予定しています。8月以降につきましては、地形測量及び写真測量を開催することで、年度内に6回を予定しております。

それと昨年度と違うのが、後でも説明申し上げますが、測量基準点ワーキングを新たに設けます。予定では5月から11月の間に4回開催することになっています。

各回の検討事項ですが、第6回の検討事項につきましては、応用測量(路線測量・用地測量)

の見直しの検討を予定しております。応用測量の使用機器の検討、路線測量及び用地測量の精度管理等を、議論いただこうかと考えております。加えまして、地形測量及び写真測量の検討事項に関する議論も行い、第7回以降の検討事項につきましては、第6回の議論を踏まえまして、各回に何をするかを決めていきたいと考えています。

先ほど申し上げました、基準点ワーキングの設置です。基準点測量は昨年度、検討いただいてきておりましたけれど、各条文の逐次審議につきましてはいったん終了し、まだ課題は残っておりますので、課題について提案や議論を行う場として、基準点ワーキングを設置したいと考えております。このワーキングの構成ですが、測量近代化研究会委員の中から参加を希望される方、数名で構成したいと考えております。基本的には対面開催を考えておりますので、場所としましては測量協会（小石川）会議室でと考えております。議題1)につきましては、以上でございます。

\*

**委員長** はい。ありがとうございます。ただ今のご説明について、質問や意見がございましたら、ご発言ください。いかがでしょうか。

#### ●第6回だけで応用測量の議論を終了する予定か

**委員** お世話になります。〇〇です。よろしいでしょうか。

**委員長** はい、どうぞ。

**委員** 1点、質問させてください。第6回の検討事項は応用測量と写真測量、二つ入っていますが、応用測量の路線測量、用地測量というのは、かなり少ない時間だと思うのですが、内容的にはどの程度予定されているのか、ということ。もう一つ、これで完結という予定でいらっしゃるのか、第2回以降があるのでしょうか。そのへんのところを確認させてください。お願いいたします。

**委員長** はい、ありがとうございます。事務局、いかがでしょうか。

**事務局** 応用測量につきましては、次の回で一応議論いただいて、予定では終了したいと考えております。基本的にはそう大きな変更はないのではないかと考えておりますが、第6回でいろいろ議論する中で、必要ということであれば、どこかで考えなければいけないかな、とは思っていますが、今のところは第6回で終わらせたいということです。

**委員長** 〇〇委員さん、よろしいでしょうか。

**委員** 精度的なものということで、応用測量の基準点関係が関係するということで、その他はあまり議論にならないのかな、と今感じたのですが、いかがでしょうか。

**事務局** その通りです。詳細については私が把握していない部分がございますが、基準が示されているもので変更必要だとは受け取っておりません。先ほど申し上げましたように、精度管理のところを中心にと考えておまして、そこで何か出ればまた考えなければいけないのかな、とは考えておりますが、大きな変更はないのではないかと想定しています。

**委員長** よろしいでしょうか。

**委員** 承知しました。ありがとうございます。

\*

**委員長** はい、ありがとうございました。他にいかがでしょうか。では、ないようですので、次の議題に移りたいと思います。次は議題 2) 「マニュアル作成に向けた検討」、事務局からお願いいたします。

## 2) マニュアル作成（基準点測量）に向けた検討

**事務局** 資料 2「マニュアル作成に向けた検討」です。これにつきましては、前回いろいろご意見をいただき、修正したところと、まだ修正できていないところがあります。先ほど申し上げました通り、今回で一旦終了させます。これから、「ワーキングでどういう議論しようとしているか」を中心に説明いたします。お示ししているのは、左が「準則の構成」、右は「研究会での現時点での基準点の構成」です。この研究会は「スリム化する」というのが前提ですので、左と比べていただければわかるかと思いますが、かなりすっきりしてきたと考えております。ただ右の赤字は、今後の検討課題ということで、これからふれますが、RTK を含みますが NT 型 RTK にまだ課題があると考えており、その点を中心にワーキングの中でも議論していきたいと考えています。

「第 1 節 要旨」ですが、名称のところですね。まだ仮称という形で示しています。前回いくつかお話がございましたけれど、今後も引き続き名称については提案をいただき、それを踏まえて名称を決めていこうかと考えております。

第 22 条第 2 項です。ここについては、既設の基準点も精度管理のできているものについては利用できるように、と書いていますが、後でふれますが、まだ少し議論が必要かと考えています。続きまして、基準点測量の方式では特段前回と変えているものはありません。

続いて「観測」です。前回、GPS 測量についてはスタティック法その他、RTK とネットワーク型 RTK、これを盛り込みますと、説明しました。ただ懸案事項があり、斜距離の残差については、現状、準則には規定されていませんが、これを規定したいということです。TS を使う場合も、GNSS 測量の場合も、同じような基準で設定するのですが、TS を基準に考えますと、GNSS 測量では満たさないような状況もありますので、この点もワーキングの中で議論したいと考えております。

それで、斜距離の残差については、本年度の検定した RTK 法の間接法ですが、各地区でまとめましたが、残差はどのくらいかお分かりいただけるかと思いますが。制限を 15 mm ぐらいに設定すれば、ほとんど満たしますが、では、TS を考えた場合に 15 mm という制限はどうか、ということがあり、制限は 10 mm ぐらいに設定したい。そうしますと、A 地区と B 地区を見ていただければわかるかと思いますが、それを満足するような結果が得られていない。特に B 地区ですが、大きいところが 35 mm あります。この B 地区については、既設の基準点を使う場合の精度管理と関連しますが、この B 地区は電子基準点を利用した 2 級と既設点をつなぐ路線が形成されています。この 35 mm は、その路線で出ている、ということです。精度管理では、ここをよく考えなければいけないかな、と感じている。

それと、A 地区ですが、これは 10 mm を少し超えているところがありますが、固定局は、路線内に設置し観測を実施しています。既知点は全て電子基準点を利用して設置した 2 級基準点で実施されています。観測値の点検を、一部ですが確認しましたが、いい結果が出ています。

残差はこういう状況が生じているということで、この原因がわからないので、先ほど RTK とネットワークについては、何か条件を設定しないと、満足する結果が得られない可能性がある、ということで、その議論をしていきたいということです。

35条です。ここにつきましては、機器の「性能基準を満たすもの」という文言を入れようとしていますが、この議論をということです。事務局として案があるかということ、見当たらないので、皆様のご意見をいただきたいと考えております。「観測実施」の変更はありません。

GNSS 観測の方法です。スタティック法は、今回は観測時間「120分」としたが、ここについてはいったん棚上げにしまして議論をと考えています。「60分」について、2年ぐらい前に試験的に行った結果をここにお示しています。9時から17時の間のデータを、2時間と1時間で解析したものを、NEとUと分けプロットした図です。当協会事務所の屋上と周辺の電子基準点を使って解析したのですが、NEは、2時間は5mmぐらいの範囲にあります。1時間は、10mmぐらいの範囲にあります。Uは、そう大きな違いありません。2時間と1時間の解析では若干広がりには違いはありますが、60分も視野にいれつつ、これは解析結果だけですので、今後いろいろなデータを利用しつつ、60分で精度を満たすのか検証し、判断していきたいと考えています。

「TSの観測」です。前回いろいろご議論いただいたところですが、この後、資料で説明がありますけれど、正反観測の較差で評価するという事は止めまして、従前の対回観測による評価ということです。対回は、2対回、水平目盛位置は0度、90度ということで考えているということです。倍角差、観測差についても設定しますが、試験観測から得られました15秒と15秒を許容範囲として設定していきたいと考えています。それと距離のセットの較差は、前は5mmでしたが、その後精査しまして2mmにしたいと考えています。

「第6節」の変更はありません。

「点検計算及び再測」です。ここにつきましては電子基準点を使用した基準点測量の結合の評価ですが、水平、高さを示していますが、前回これは「〇〇」だったかと思います。現在の準則の制限は、水平は $60\text{ mm} + 20\sqrt{N}$ 、高さは $150\text{ mm} + 30\sqrt{N}$ となっていますが、新たにこの数値でということです。

許容範囲は、電子基準点の位置精度+観測精度で設定していますので、電子基準点の位置精度は、国土院から提供いただきました電子基準点の観測値の標準偏差をベースに設定しています。電子基準点の位置の標準偏差は、水平は4mmと小さいので考慮することはないかな、ということ、高さは10mmです。これを2σ、20mmとしています。観測の精度ですが、従前の数値で設定をと思っています。水平の20mmは、検定データからは17mmか18mmでしたので、現状のままですと考えています。高さは30mmですが、これは厳しいかなとは思っておりますが、それで具体的に後でお示ししたいと思います。

基線ベクトルの環閉合と重複する基線ベクトルの較差です。これについてはデータがございませんので、従来の準則の規定のままです。基準点ワーキングで議論したいと考えております。

それで先ほど示しました電子基準点の結合の許容範囲については、協会の検定の残っている1級基準点の資料をまとめてみたもので評価しました。左から2辺、真ん中が3辺、右が4辺で整理しています。この辺数の上に制限値を28mmと示しています。グラフの赤いポツですが、

これは制限を満たしていないということです。真ん中も同様です。4 辺については、全て許容範囲に入っているということです。全体のデータのバラツキを見ますと、2 辺では 20 mm の範囲内にありますし、3 辺では、30 mm ぐらいの範囲にありますので、水平の許容範囲の制限値の評価としては良いのではということです。

続いて高さ U です。赤いポツが制限超過を示しています。これは全て 2 時間の観測データをまとめていますので、60 分観測ではどうなるかが気になるところで、やはり 60 分は厳しい場合が出てくるかなとは思っています。

続きまして、TS です。TS も前は「〇〇」でした。許容範囲は、基準点の位置精度+観測精度の構成となります。20 mm、30 mm は、何を設定するかということも議論の対象になろうかと思いますが、電子基準点を使いまして基準点を設置して、それを使って次の工程で路線を形成して……ということになるわけですが、その設置した基準点の位置精度がいくつかということ、よくよく考えなければいけないということがございます。それと 40 mm、120 mm ですが、資料を調べている中で、現行の準則に示されている数値ですが、距離の精度と角の精度と、測点数と路線長、を使って測定誤差が導かれているようです。その数値を 2.5 倍しているとのことでした。それを 2 倍に設定して 40 mm としています。もとの値は 3 級の測定誤差から算出しています。なぜ 3 級かということ、恐らく 2 級経緯儀の測定誤差が算出されているのではないかと、という仮定の下に計算してみたということです。ここも、もう少し議論が必要かとは考えており、議論のスタートとしてここを示しているというものです。

この値を使いまして、既存の単路線と単位多角形のデータで確認したのが、この図です。閉合差と許容範囲と水平、標高と示しています。この表に示しているデータは、4 級基準点の結果が比較的大きい路線を抽出しています。現在の許容範囲は満たしていますが、数値を見ていただいて、新たな許容範囲としては少し大きいかないということです。基準点の位置精度として、水平 20 mm と高さ 30 mm をプラスしていますので、この数値が大きいのではと考えています。ここをどう設定するかが非常に重要になってくるかと思っています。

単位多角形です。許容範囲の制限は 3 級を使用して算出していますので、制限の数値としてはいいところにきているのではないかと、一番下の路線長 327m ですが、辺数は 13 辺で観測されており、閉合は 2.1 cm ですが、当然辺数が多くなると測定誤差が大きくなりますので、制限が今より厳しくなりますと、超過してしまうことになる、ということです。

「平均計算」です。この基線ベクトルの各成分の較差……、その前に重量ですね。ここについては分散共分散を、前回提案したかと思いますが、これについてはいろいろなご意見をいただきましたので、一度白紙の状態にしまして、ワーキングで議論したいということです。基線ベクトルの各成分の較差ですが、現在は 20 mm ですが、10 mm ということです。水平位置の閉合差と、標高の閉合差は「〇〇」にしていますが、ここは、いわゆる整合を評価するところですが、この工程でこの評価をした場合、かなり手戻りが発生するのではないかと考えています。それと、電子基準点を使用して基準点を設置した場合を考えると、当然ながら精度や整合性も担保できており、この評価を行う必要があるのかと疑問にも思いますし、整合を評価するであれば平均計算の工程ではなく、その前の工程で行わなければならないのではないかと、ということもありますので、そこも議論をと考えております。

各成分の残差の 10 mm は、先ほど説明した、RTK のデータから各成分の標準偏差を算出し、それを  $2\sigma$  と  $3\sigma$  として、各成分を評価した結果から 10 mm が適当ではないかと考えた、ということです。それと最後の斜距離の残差と新点位置の標準偏差です。斜距離の残差は、地域基準点は 20 mm、区域基準点測定の 10 mm は TS と同じに設定した、ということです。標準偏差の水平 20 mm、高さ 30 mm は、1 級基準点と 2 級基準点の標準偏差を調べたところ、1 級は水平が最大 25 mm、これは 1 地区だけです。高さについても 1 点が 30 mm を超過した点があります。この超過した 1 級の基準点ですが、先ほど示しました新たな許容範囲で評価してみますと、制限を超過するような地区でしたので、再測すればこの標準偏差は小さくなるのではと想定しています。2 級基準点は 13 地区の標準偏差を見ましたが、標準偏差が大きいのは 1 地区の 5 点と、高さは 1 地区の 2 点で、これは同じ地区です。観測値からは良い結果とは言えず、観測がもう少しよければ標準偏差も小さくなるのではないかと評価しましたが、標準偏差の許容範囲は水平 20 mm、高さ 30 mm についてもご議論いただければと考えているということです。

それと、TS の重量です。これも GNSS と同じで、まだ詰め切れていないので、お示しできていません。距離の残差については、先ほどの GNSS と同じように 10 mm ということです。新点の標準偏差と標高の標準偏差については、GNSS と同じで水平 20 mm、高さ 30 mm で設定していきたいということです。繰り返して恐縮ですが、基準点ワーキングのほうで議論していきたいと考えています。説明は以上です。

\*

**委員長** どうもありがとうございました。ただ今の説明の中でもたびたび出てきましたが、この基準点測定の議事につきましては、この回をもっていったん終了とさせていただきます。残る課題は今年度設けます基準点ワーキングでご議論を継続するとのことです。このワーキングで議論する課題が資料に示されて、ご説明いただきましたが、ご意見などございましたら、ご発言いただきたいと思います。いかがでしょうか。

### ●TS の観測—水平目盛位置を変える意味があるか

**委員** ○○ですが、よろしいですか。

**委員長** はい。ご発言ください。

**委員** はい。1 点だけですが、6 頁の上のほう、トータルステーションの水平目盛位置を 0 度、90 度としたのは従前と同じなのですが、私は 0 度を 2 回やってもいいのではないかと考えているのです。これについて、なぜ 90 度をまた復活させたのか知りたくて、質問したいと思います。以上です。

**委員長** ありがとうございます。事務局、いかがでしょうか。

**事務局** まあ、目盛を変えたほうがいだろうという単純な考えでこうしてございます。

**委員長** はい。これまでの方法を踏襲する、ということですかね。

**事務局** はい。その通りでございます。

**委員長** これまでの方法を踏襲したということですが、よろしいですか。

**委員** はい。それで結構でございます。今後はトータルステーションがどんどんよくなってきて、目盛のどこを使おうとあまり意味がなくなってきた場合には——2 回やるということは、

私は賛成しているので——そのところをまた考えていただければ、ありがたいと思います。

**委員長** はい。わかりました。ありがとうございます。確かに「角度を変えることに意味があるのか」というところは、ちょっと機械メーカーさんに聞いてみたいような話なのですが、どなたかご意見はございませんか。……。では、特にないようなので、ここまでにしたいと思います。

\*

**委員** すみません。〇〇ですが、よろしいでしょうか。

**委員長** はい、どうぞ。

**委員** 今までトータルステーションの倍角差と観測差をいろいろ分析してみたのです。従来言われていたのは、倍角差のほうが大きくなるよ、これは目盛誤差があるからだ、ということだったのですが、調べた範囲ではほとんど差がなかったのです。そうしますと、今、目盛の誤差というのはほとんどないのかな、というのが分析していたときの感触で、〇〇委員がおっしゃるように、目盛位置を変える意味はもうないのかもしれないかもしれません。ただ、もう少し調べてみないとわかりませんし、できればメーカーさんのご意見を伺いたいと思います。以上です。

**委員長** はい、ありがとうございます。委員の方で今の点について、何かご回答をいただける方はいらっしゃいますか。……。はい、ではこの件はまたワーキングの中でも引き続きヒアリングをするなどして、ご議論いただければと思います。ありがとうございました。

**事務局** ありがとうございます。今のご意見につきまして「目盛を変える意味があるか」ということを踏まえて議論を行っていきたいと思います。ありがとうございました。

\*

**委員長** はい。では他にご意見がある方はいらっしゃいますか。よろしいでしょうか。昨年 1 年間、基準点測量についていろいろご議論いただいて、課題となる点はかなり抽出できてきたと思いますので、今後、基準点ワーキングで活発にご議論いただければと思います。ありがとうございました。

では続きまして、議題 3) 「マニュアルに関する意見」について、〇〇委員からご説明をお願いいたします。

### 3) マニュアルに関する意見

**委員** 前回、前々回のあたり、1、2、3 については、もうご意見を申し上げましたので、ここは飛ばして、4 について入りたいと思います。ただ 1、2、3 の中で、文章として「である」と「ます」をごっちゃにしてあるので、ちょっとみともない点があるのですが、お礼を言うところなどは「ありがたい」ということで、口語調の文章の成り行きで、「ます」と「である」をごっちゃにしています。ちょっとみともない点もありますが、4 から入ります。

現在、高等学校の指導要領では——昭和 26 年にできたのですが——数学の標準偏差というのは、式 (1) に示すように残差の平方の総和を個数で割った平均、その平方根を標準偏差と定義しているわけです。一方、測量法第 51 条に定める、国土地理院が行う調査士の国家試験の受験テキスト。これは測量法 51 条に基づいたもので、法律的な根拠のあることで、測量協会が発行している標準偏差なのです。これは式 (2) にあるように、誤差の平方の平均値の平

方根なのです。これが違っています。その下の式 (2) は高校で使う標準偏差と異なるようになっています。これは変えたほうがいいのではないかと思うのですが、その理由は云々と書いてあります。

云々と書いてあって、それで平均値に近づくという前提で成り立っている——次の行ですが——実際のデータは大きいとは限らないので、小標本でも扱える記述統計学を導入しなければならない。これは推測統計学というのですが、ここまでは、この文章を削除してほしいのです。文献に再度当たった結果、必ずしもこういうことが、確実にこういうことが言えないと思いますので、この部分の文章は削除していただきたいと思います。で、下にある文章「式 (2) は高校教育で使う標準偏差と異なる」というところから、最後の「文部科学省とは異なるような式の導入は、直ちに改正すべきであろう」ということを言いたいと思います。

なぜこの「標準偏差」という言葉が使われたかということ、日本は明治時代にドイツから技術を移植してきたのですが、そのときは「中等誤差」ということを使ったのです。だからこの式は、中等誤差の式なのです。中等誤差は——私はドイツ語はまったくわかりませんが——ミッテラフェーラとか言って、M がつくのです。ですから記号としてもずっと「 $\Sigma$ 」ではなくて、「M」という言葉を使って、M、中等誤差という言葉を使ってきたのですが、戦後になってアメリカの測地学の教科書『ホスマー』というのがあるのですが、それが平均二乗誤差ということで、この式が使われているのです。戦前アメリカの……私が生まれた頃は米英鬼畜と言って、イギリスとかアメリカは鬼畜生だったのですが、だから『ホスマー』なんていう文献は使えなかったのですが、戦後になって解禁されて、『ホスマー』という測地学の文献が使えるようになって、そこではこれを平均二乗誤差と言ってきている。ですからしばらくの間、この式は平均二乗誤差または中等誤差の式として、ずっと使われてきているのです。

公的な文献としては公共測量の作業規程ですね。これは昭和 47 年まではそういう格好で、中等誤差、平均二乗誤差、そういう名称の定義としてこれが使われている。だからそれが問題なのです。ところが昭和 52 年の改正の作業規程では、これを「標準偏差」と名称変更したのです。標準偏差ではないものを、中等誤差とか平均二乗誤差というものを、名前だけ標準偏差にしてしまった。そのままずっときているから、こういう問題が生じてきているのではないかと、ということでございます。従いまして、もしこの式をどうしても使いたかったら、中等誤差とか平均二乗誤差の名前に変更しなければいけない。ただそれにはいろいろ問題があるのですが、もし国土地理院がどうしてもこれを使い通すという決意なら、名前を元のように直さないとおかしいのではないかと。平均二乗誤差ではないのですね。

もうちょっと言いますと、『ボンフォード』という測地学の教科書が世界でよく使われている。それは 50 年、60 年、70 年、80 年で、ほぼ 10 年おきに標準偏差という……そこでは式 (2) を標準偏差と言っているのですが、第 1 版と 2 版ですね、50 年と 60 年までは式 (2) を標準偏差と言っているのです。ただしその時には、この N が非常に大きいという条件がついているのです。『ボンフォード』の第 3 版、4 版、70 年と 80 年の版では、式 (1) が標準偏差として使われているのです。ですから比較的新しい国際的な教科書では、やはり式 (1) が標準偏差として使われているということです。以上が標準偏差についての日本の中での使い方……測量業界の使い方が、定義が違うということ。これを強調して、国土地理院にはぜひということ

は、文部科学省と違うようなものは修正すべきではないか。これは何回も私はいろいろなところで言っているんです。なかなか直っていないのです。

次にいっていただけますでしょうか。「4.2 座標観測の導入」ということですね。これは座標というのは観測値だから、観測値として使うのは当然だと思うのです。例えば最近 CLAS などという観測、精密単独測位では、もう途中のいっさいの処理を基線解析図化、三次元ベクトル網平均等の一切をシステムの中で処理して、私たちユーザーには観測値である座標値だけをくれるわけです。ですからこれを観測値として扱うのは当然であって、それを現在の作業規程では観測値として扱っていないのですね。確率論的な変数として……じゃなくて、確定論的な変数として扱っている。重量無限大の固定値として扱っている。これをぜひ観測値として、今後新しく使う必要があるのではないか。

国土地理院でも測地系の人をこれを固定値として扱っているのですが、写真測量の系統の人は座標を観測値として扱うという、そういうふうに言っているのですね。例えばちょっと見づらいかもしれませんが、これは『解析写真測量』という本です。写真測量学会から出ているのですが、ここでは「座標を観測値として扱う」というふうに書いてありますので、国土地理院でもそれは4階の測地系等は別として、他では写真測量系等では、それは承認しているわけですから、測地関係の人がそれを写真測量と同じようにやってもいいのではないか。承認してもいいのではないか、というのがこの意見です。

それから「4.3  $\chi^2$ 検定」というもの。これは第3回のときに私は申し上げたので、ここではそれを導入したらどうか、ということだけを申し上げておきます。

次に「4.4 多角網」ですね。これは結論的に言うと——最後の図を出していただけますか。これです——現在の単路線の多角網というのは、4級の場合は点数が15点ぐらいある。こうなると非常に真ん中付近の誤差が大きくなるのです。ですからせいぜい10点ぐらいにしたほうがよろしいのではないか。これはDOPの計算でできる。多角網というのは単路線に限らず全部……測地網全体がDOPの計算ができるわけで、いわゆるGNSSではDOPは1点で計算していますが、網の既知点全体のDOPを計算できるわけです。そのDOPに標準偏差をかけたものが座標の誤差になるわけで、そんなことからDOPの計算を多角網に限らずやって、最適な網を作る必要があるのではないかと。で、多角網については15点というのはあまりにも多すぎると。せいぜい10点ぐらいではないかということで、急いで私の話を終わらせていただきたいと思います。どうもありがとうございました。

\*

**委員長** どうもありがとうございます。ただ今ご説明いただきました内容について、皆さんからご意見、あるいはご質問がございましたらご発言ください。いかがでしょうか。

#### ●標準偏差、座標観測、 $\chi^2$ 検定、多角網の標準偏差

**委員** では、〇〇からよろしいでしょうか。

**委員長** では、〇〇委員どうぞ。

**委員** 順番に一言ずつコメントさせていただきます。まず「4. 標準偏差」のところですが、これはここに示された式以外にも、標準偏差という言葉の使い方いろいろ混乱があって、標

本自体を母集団と考えて標準偏差を出しているのか——この式 (1)、式 (2) はそうなのですが——無限回測ったときの母集団を標本から推定するのかによって、この式の形が変わってきますし、あとで私から別の議題で説明しますが、標準偏差としているこの式の (2) は RMSE と言ったほうがいいのかと思うのですが、そういった使い分けをしていかなければいけない、というふうに考えております。「用語が混乱している」という点で〇〇委員の意見に賛同いたしますけれど、もうちょっと細かく分類すべきものかと思えます。

それから「4.2」と「4.3」、「座標観測の導入」で、座標を観測値として扱うというのは、確かにそういう考え方もあると思うのですが、今、基準点測量の場合は上位の基準点を固定値としてその中で新点の計算をする、という形が標準となっていて、それは隣接する地区との整合性を考えるとそういう形になっているのだらうと思います。これは与点も誤差を持っているという前提でやることもできるのかもしれませんが、まだそこまでいけるほど体系が整っていないのかな、という気がします。で、「4.3」はそれとリンクすると思うのですが、座標観測で既知点を固定してしまうと、どうしても観測値のほうに無理なしわ寄せがいくので、 $\chi^2$  検定をやるとたいがい外れてしまう。棄却されると思うのです。ですからこの  $\chi^2$  検定を今の既知点固定のなかで導入するというのはなかなか難しいかな、というのが私の感触です。

最後の多角網の標準偏差のところですが、これは今日の最後のほうにちょっとまたお話ししたいと思いますが、確かに路線長が長いと真ん中のほうで標準偏差が大きくなってしまいます。ただ現実の問題として今、結構長い路線を測っている公共測量もあるので、ではどのくらいまでなら許容されるのか、というのを調べていく必要があるのかな、と考えております。今日、結果だけ発表しますが、基準点ワーキングの中で、また議論させていただきたいと思えます。〇〇からは以上です。

**委員長** はい。ありがとうございます。ただ今、〇〇委員からご意見をいただきました。〇〇委員、何かコメントがございますか。

**委員** はい。標準偏差のところをちょっと。公式にはですね、〇〇委員からご指摘があったように、これは実は **root-mean-square** 誤差なのですよね……に相当する式なのです。そうですね。それから日本測量協会の受験テキストに、これを標準偏差として、ここの式にある「 $\tau$ 」というのを真値として使うわけですが、真値は求まらないと書いてあるのですよね。それは嘘なのですよ。真値というのは求まるのですよね。例えば水準測量で往復観測をすると誤差が……**ほぼ誤差**が出るわけですが、その真値というのは「0」なのです。先ほどの事務局の説明でもありましたように、基線ベクトルをずーっとぐるっと回して閉合差を求めると、そこで閉合差が出るわけですが、閉合差の真値というのは「0」なのです。だから真値というのは平面三角形の内角の和というのは真値が 180 度なのです。だから「真値がわからない」ということが受験テキストには書いてあるけれど、真値はわかる場合もあるのですよね。そのへんのところも、どうも標準偏差についての正確な理解が……試験問題として明確な理解の下に記述されていないのではないか、というのがあってですね。これをやはり、文部科学省が言うような例に基づいて正確に今後、教育として、あるいは試験問題として正確に出していく必要があるのではないかと思うのです。測量協会だけの独自の標準偏差を使うなんてことはあり得ないですよ。以上です。

\*

**委員長** はい。ありがとうございます。では、他の委員の方からご意見、コメント等ございませんでしょうか。よろしいでしょうか。それでは議題 3) はここまでといたします。〇〇委員、どうもありがとうございました。では続きまして、議題 4) 「精度管理」の方法について、〇〇委員からご説明をお願いいたします。

#### 4) 「精度管理」の方法

**委員** はい。では、説明いたします。資料を共有します。「『精度管理』のための許容範囲の定め方」ということで、これは提案でございます。第 2 回か第 3 回ぐらいの研究会で、〇〇委員からもご説明がありましたけれど、これは提案ということでお話しさせていただきます。測定の不確かさを表現する数値というのが「精度」と書いてあったり、「標準偏差」あるいは「上(下) 限值」で示されているような場合もあるのですが、なかなか整理がうまくいっていない、ということを感じております。これまで「精度」と表してきましたけれど、今、計測の世界では「不確かさ」という用語を用いています。そんなに根本的な違いがあるわけではないのですが、正規分布でないようなものも含めて、「不確かさ」という概念でうまく括っていきましょうという考えです。

で、許容される不確かさの大きさというのは、実験観測あるいは理論から求めていこう、という考えでございますけれど、観測値または計算値の良否の判定にあたって、どういう基準を設けるかがはっきりしていない。先ほど事務局から  $2.5\sigma$  みたいな話もありましたけれど、 $2\sigma$  で決めているのか、 $3\sigma$  で決めているのか、それすらもよくわからない基準、許容範囲というのが今、準則の中には書いてあります。この観測値または計算値の良否の判定にあたって、現場でやり直しが容易なものと、作業がほぼ最終段階に入っているようなもので、危険率というのを変えて検定を行うべきではないか、というのがご提案です。再測等が容易なものは有意水準を 5%、つまり「5% ぐらいやり直しが出る」というようなレベル。これは正規分布であれば  $2\sigma$  レベルですが、このぐらいに設定をする。作業が終了した後は本当に悪いものを排除するというので、 $3\sigma$  レベル、0.3% ぐらいが弾かれるような、そんな設定をしたらいかがでしょうか、という提案でございます。

制限値としてはこのような定め方をすると、では「最終成果の不確かさの表示をどうするか」というところで、いろいろな選択肢があると思います。一つは標準偏差、それから基準値からのバイアスと標準偏差で表すという方法——分けて書くというもの——もあろうかと思えます。あと RMSE。これはバイアスも含めて真値、あるいは真値とみなされるものからの差というもので表すと。

で、この標準偏差で測定値を表した場合に、これは「どのぐらいの実現の確率かを明示する必要がある」というのを以前から感じておまして、特に平面での標準偏差というものに、まだ誤解があるように感じています。位置の標準偏差というのが、基準点測量ですとか測量の世界には出てきますけれど、この位置の標準偏差の円内に測定座標が落ちる確率というのは 63%。これは皆様にお配りした資料には「62%」と書いてありますけれど、誤りです。〇〇委員から事前にご指摘いただきました。63%に過ぎないと。にもかかわらず、測位、CLAS などの

研究でしばしば 95%確率円というのが示されますが、この「95%確率円の半径」と「位置の標準偏差」というのを、不注意にも比較してしまう危険があるかと感じております。

では、そういった不注意な比較を防ぐためにはどうしたらよいかということで、アメリカの写真測量学会 ASPRS の位置正確度標準では、従来の基準との比較表というのを提示しております。これはご存じの方も多いと思いますが、2014年の位置正確度標準ですが、この表の中で——ちょっと画面が小さいと見づらいかもかもしれませんが——左側の端に「水平正確度」というのが書いてあります。これは X 成分あるいは Y 成分ということで、こう見てまいりますと、例えば上のほうでは 0.63 cm というのが書いてあります。これが平面の位置精度にすると 0.9 cm、これが 95%の確率であると 1.5 cm。このような比較がしてあるわけです。地形図の縮尺に換算すると、これが 25 分の 1 ということでですから、2500 分の 1 に換算すると 100 倍ぐらいすればいいのかもしれませんが、こういった形で誤解のないような対応表というのを示しています。こういったものを参考資料として付けた上で、RMSE……ここでは RMSE ですが、 $1\sigma$  で表示するという形にしたほうがいいのではないかと、というのがご提案でございます。

それから「観測の良否を判定する基準の作り方」ですが、平均値というのは単純に t 検定でやれるわけですが、標準偏差——今回の準則を引き合いに出すと、逐条審議の中にも標準偏差で基準値を示しているものがありますが——の基準値との比較による  $\chi^2$  乗検定というのが基準になるのだらうと思います。ただこれを現場で、そのつど  $\chi^2$  乗検定をするのではなくて、 $\chi^2$  乗検定を踏まえた数値というのをあらかじめ計算して示す、というのがいいのではないかと考えております。それから基準点測量ではちょくちょく出てきますが、最大値と最小値の較差というのを使うことがあります。これはシューハート管理図係数——今までにも何度かご紹介しましたが、こういったもの——を用いて範囲を決める。という形で基準の作り方を整理していったらどうか、と考えております。基準をどう作って精度管理をしていくか、ということのご提案でございます。以上でございます。

\*

**委員長** どうもありがとうございました。ただ今のご説明について、ご質問あるいはご意見ございましたら、ご発言ください。いかがでしょうか。では〇〇委員、お願いいたします。

### ●標準偏差(または RMSE)と測定値の実現の確率について

**委員** RMSE の話のところ、画面を出していただけますか。ここで確率という話なのですが、私どもはこの下から 5 行目のところ、標準偏差  $dX^2$ 。これは CLAS の精度基準というのは、仕様書では出ています。これが 3.4 何 cm ですか、CLAS ではですね、3.2 いくつで出ているのですが、それが 63% ということで。普通われわれは 1 次元の……CLAS の場合もですね、標高について 1 次元なので、95% は  $2\sigma$  で扱っているのですね、1 次元の場合は。それで水平の標準偏差の場合には 95% に、 $1.73\sigma$  で扱っているのですね。1.73 倍なんです。ですから 63 を 1.73 倍するとどうなるのでしょうか。95……そういう計算でいいのかな、要するに 1.73 倍した場合が 95%。1 次元の場合は 1.96……だいたい  $2\sigma$ 、95%。これが CLAS の仕様書として基準になっています。そういう関係があるということを、一言コメントしたいと思います。以上でございます。

**委員長** はい。どうもありがとうございます。〇〇委員、いかがですか。

**委員** 今、ご指摘にあったようなことが、例えば対応表のような形で参考資料としてきちんと作っておく必要があるだろうな。このアメリカ写真測量学会の精度基準の表というのは、それに対応したようなものが書かれています。これはマニュアルの本体に書く話ではないのですが、この研究会では解説書というものを最終的にまとめていこうと考えていますので、そういった対応関係というものを載せていきたいなと考えております。〇〇委員のコメントに関しては以上です。

\*

**委員長** どうもありがとうございます。では、他の委員の方でコメント、ご質問のある方はいらっしゃいますか。

### ●共通概念の周知の重要性

**委員** 〇〇ですけれど、よろしいでしょうか。

**委員長** はい。では〇〇委員、ご発言ください。

**委員** 先ほど〇〇委員から提示されたような表を、私も作ったことがあるのですが、やはりなかなか、みんなで共通の概念として周知徹底されていない部分がありますので、この研究会を機に、その表みたいなものをもうちょっと周知して、共通の概念として徹底していけるようにできればいいのではないかと思います。すみません、偉そうなことを申し上げました。

**委員長** どうもありがとうございます。大変大事なご指摘だと思います。〇〇委員、いかがでしょうか。

**委員** 〇〇委員がおっしゃる通りで、非常に大事なことですけれど、なかなか周知されていないと思っています。これを機会に周知していきたいと思っています。

\*

**委員長** ありがとうございます。他の方でいかがでしょう。よろしいでしょうか。では、議題4)「精度管理の方法」としては以上とさせていただきます。引き続いて、〇〇委員から議題5)「トータルステーションの観測精度等について」、ご説明をお願いいたします。

## 5) トータルステーションの観測精度等について

### 5-1 正反較差は観測の良否の判定に使えない

**委員** では、続けて説明いたします。これは前回の報告の修正と、〇〇委員からのご指摘を受けて改めて見直したときに、やはり「正反観測の較差では精度管理ができない」という結果が出ましたので、そのご報告です。

ここから先は結論だけを述べさせていただきます。これが第4回で示した資料の訂正版でございます。データを再度改めて点検したところ、データには誤りはなかったのですが、データを入れていたフォーマットのほうに誤っておりまして、集計した結果が違っておりました。きちんと正しい値で計算すると、この「TS1」以外全部変わってしまいまして、結論のほうも「10秒という正反較差の許容範囲は適当」という結論を撤回しまして、「観測値の点検には使えない」という結論でございます。内容はざっと見ていただければわかりますけれど、正反較差の

分布として、器械固有の誤差が含まれておりまして、これは〇〇委員から 10 秒ぐらい差が出ることもあるよ、というご指摘もあったのですが、使用する器械によって正反較差がずいぶん違うということで、前回資料の訂正とともに、次のスライドで「使えない」という根拠をもう少し詳しくお示ししたいと思います。

こちらはもうタイトルに結論を書いておりますけれど、「正反較差は観測の良否の判定に使えない」ということで、これも結論だけをお示ししますが、改めて実験データを分析した結果、正反観測の各平均値が器械あるいは方向……方向というのは結局距離によって変わるということがわかりました。最後の行ですが、目標までの距離によって正反較差が異なるというのは、検定で合焦による視準線の偏位検定というのを行っておりまして、これからも明らかである。つまり器械が違えば差が出ますし、同じ器械であっても目標までの距離によって視準線というのが動いてしまいますので、正反較差が異なってくる。図解するとこんな形になります。この絵の中で下の図ですけれど、上限値を定めようとしても、ここに器械によって変わる、あるいは距離によって変わる項というのが出てきますので、結論でございますが、正反較差の上限値のうち、前半部分というのが器械固有の誤差になっておりまして、これは場合によっては観測の良否を示す $\sigma$ よりも大きくなる場合も可能性としてある。ということで、正反較差では観測の良否は判定できないということがわかりました。

ということで、1 対回でやるという考えも撤回しまして、2 対回。観測差、倍角差で精度管理を行う。倍角差について、これが適正に使えるというのは、第 1 回か第 2 回でお示しましたので、その数字を、今日の事務局の発表では使っております。ここまでで、正反較差が使えないという説明を終わります。いったんここで切ります。

\*

**委員長** ありがとうございます。正反較差が使えないというご説明だったのですが、ご質問ご意見がございましたら、お願いいたします。いかがでしょうか。

### ●器械固有の誤差／2 対回

**委員長** これは器械固有の誤差が必ずあって、その値がいわゆる観測誤差よりも上回る可能性がある、ということから「使えない」という、そういうことですね。

**委員** はい、そういうことです。この器械固有の誤差というのは、実は結論の最初の段落に書いてありますが、規定されていないもので、つまり正反観測の平均をとれば消えてしまうという誤差ですので、大きさはどのくらいにしろ、という規定がないものです。そうしますと、検定の際には $\Delta m$ の最大値と最小値の差が 10 秒というくらいしか決められていないのですが、 $\Delta m$ 自体がもっと大きくなる可能性もあって、そうすると器械の誤差のほうが上回る場合もある。だから観測の良否はこれではわからない、ということです。

**委員長** はい。そういうことで、1 対回ではわからないので、2 対回取りなさいということですね。

**委員** はい。

**委員長** 2 対回をやるという意味はどういうことになるのでしょうか。

**委員** 2 対回で、例えば倍角差というものを取った場合、倍角差の場合はこの正反の器械固有

の誤差が打ち消されますので、倍角の差に。

**委員長** はい。

**委員** そうすると、その最大最小というのは、観測のばらつきによって決まる値になってきます。そうしますと倍角差であれば、観測の良否を判断することができる、という理屈です。

**委員長** はい、わかりました。要は、2回測って二つセットを作って、その差を取れば、器械固有の誤差が消えると。

**委員** はい、そういうことです。

**委員長** で、観測に起因する誤差だけ残りますよ。それで観測の良し悪しを判断していこうと。そういう理屈になるのですね。

**委員** はい、そういうことです。厳密に言うと目盛の誤差とか、そういったものは入りますけれど、先ほどの議論の中で申し上げましたように、今はないのではないかと、という感触があります。

**委員長** はい。目盛の誤差も入る可能性があるけれど、基本的には2対回で差をとれば消える、ということですね。

**委員** はい。

\*

**委員長** わかりました。ありがとうございます。皆様から何かご質問、ご意見、ありますでしょうか。

#### ●器械の自己補正機能を考慮した場合

**委員** すみません、〇〇ですけれど、よろしいですか。

**委員長** はい。では、〇〇委員どうぞ。

**委員** このお話自体は、一般論としては理解できるのですが、私はこの研究会の中で、器械に自己補正の機能がある場合、という話を何回か差し上げていると思います。もともと器械の誤差が大きい小さい、固有の誤差があるという話はそうなのですが、それを自己補正することによって、軽減している器械が最近が多いというのがありますので、その機能を入れた場合はどうなのかというのを、この間ずっと主張してきたところがあります。先ほど基準点のほうはワーキンググループ化されるということで、器械の性能基準の話がそちらに出てくるということがありましたので、そちらのほうでもう一度、この話は蒸し返させていただきます。従来、軸を補正しない単体精度のことであれば、おっしゃる通りですね、合焦による視準線の偏位検定だけで、定義されていないから、というのは理解できるのですが、最近の最新のトータルステーションであれば、軸の補正機能が入っていますので……というのが、今回の議論の私のスタート点ですので、もう一度その話をさせていただこうと思います。以上です。

**委員長** はい。ありがとうございます。〇〇委員、よろしいでしょうか。

**委員** ぜひお願いいたします。蒸し返していただいて、議論をしたいと思います。

\*

**委員長** はい。ありがとうございます。他にいかがでしょうか。よろしいですかね。それでは引き続きご説明がありますので、〇〇委員、お願いいたします。

## 5-2 測距の点検のための許容範囲

**委員** では続けてまいります。次は測距の点検のための許容範囲についてです。先ほど事務局から、測距の許容範囲について5 mmから2 mmにした、というお話をいたしました。その根拠をお示しします。これも野外基線場における測定実験のデータを使って出したというものです。細かく分析します。器械ごと、それから方向ごと——あるいは距離ごとと言ってもいいのですが——について調べると、同じ器械で同じ方向を測った場合に、この図にあるようにほとんど同じ値が出ている。ただ器械が違っていると違う値が出る、という形で今まで異なる器械を全部まとめて統計的に処理していたのですが、1台1台見ると、ほとんど観測値が変わることがないという結果です。

野外で測距を行う場合には同じ器械を使って、同じ目標を繰り返し測定しますので、その場合にはもっと小さな許容差を設けて、本当に悪い値を弾くようにしなければいけない。そうすると測距の標準偏差0.5 mm以下でしたので、ここから出てくる結果としては、上下の差ですね、最大値最小値の差というのは2 mmが適切というふうに判断できます。ちょっと途中の経過を省きますが、こういうことです。

この測距の繰り返し性と機器検定における較差の標準偏差というのがずいぶん違うわけですが、これが器械による器差であろうという推定をして、いろいろな仮定を置くのですが、最終的には、この下のほうにあります距離分を除去して——これは2 ppmという誤差を仮定して除いて——検定と野外での実験の結果から推定すると、検定されたTSの器差の標準偏差というのは約1 mm。つまりこれは器械定数が±1 mmぐらいの誤差を持っていると考えると、メーカーさんの公称精度の数値ともよく整合すると。ですから同じ器械で繰り返し測る場合には、0.5 mmの標準偏差、そこから出てくる許容値としては2 mmぐらい。あとは器械による誤差というのが1σレベルで1 mm、これを3σと考えれば±3 mmの中にほとんどの器械が収まっている。これが合わさって5 mmぐらいの誤差になっているという結果です。

この2 mmというものの妥当性を測距の標準偏差から、このシューハート管理図係数というのを使っていろいろなケースを想定して求めてみると、やはり2 mmぐらいにきます。測距の最小目盛値が1 mmという単位になっていますので、2 mmという設定でだいたい大丈夫ではないかという、これは実験だけでなく、別の理論的な面からの推定も2 mmという結果を得ましたので、今回2 mmと制限値を出しました。以上です。

\*

**委員長** はい、ありがとうございます。では、ただ今のご説明について、ご質問ご意見がございましたら、お願いいたします。いかがでしょう。

### ●観測条件／プリズム／正置

**委員長** では、私からよろしいでしょうか。今、スライドに出ていますけれど、2019年度における2級TS検定が1000台ほどあって、その基準値との較差、標準偏差が1.3 mmということであるのですが、例えばこういう……。これは検定なので、非常に理想的な条件というか、そういう条件でやられていると思います。例えば気圧補正とか、温度補正というのも当然っか

りやられていると思うのですが、それ以外だとどのくらいになるのでしょうか、普通に測ってしまおうと。

**委員** 連続して測った場合は、先ほど野外基線場でのデータをお示ししましたが、ほとんど同じ値が出てきます。あと陽炎が立つような状況とか、そういった場合は恐らくもうちょっと乱れるのだろうなと思いますけれど、実験データもありませんので、わかりません。実験を行ったのが2月でしたので、陽炎が立つような状況ではなかったもので、陽炎が立っているともう少し乱れるかなと予想はします。やってみないといけないとは思っています。

**委員長** はい。それと、プリズムが違おうと影響が出てくるとか、そういう話はないのでしょうか。

**委員** これは出ると思います。プリズムの定数のほうにも誤差があるでしょうし、プリズム定数が1mm単位で入っていますので、どうしても±1mmぐらいのところはわからない。わからないというのは、0.何mmかズレていても見えない部分がありますので、そういったものも影響すると思います。

**委員長** はい。例えばメーカーさんが違うものをプリズムで使ってしまった時とかは、影響があるのでしょうか。

**委員** 違うプリズムを使って比較をすれば、当然影響は出ると思います。ただここで見ているのは、野外において同じ目標物を繰り返し測った場合の標準偏差ですので、これは影響しない。で、プリズムを替えれば当然変わってくると思います。

**委員長** わかりました。ありがとうございます。

**委員** あと大きなものとしては整置ですね。きちんと器械とプリズムが基準点の上に立っているかどうか。これも1回目か2回目でお示ししましたが、場合によっては1mmぐらいズレることもある。だいたい0.5mmぐらいに収まっていたけれど。そういったものも影響します。

\*

**委員長** はい、わかりました。ありがとうございました。では、委員の皆様からご質問等ございますでしょうか。では〇〇委員、お願いいたします。

### ●作業規程の器械定数は修正が必要

**委員** 今のところで、一番下から3行目に「器械定数が±3mm」となっています。一方、作業規程のほうでは、器械定数が10mmで扱っていますよね。ですから私はいつも計算して、あの10mmというのは非常に大きすぎて、あれは昔のいわゆる光波測距儀時代のまま、そのままきているのではないかと思う。やはり3mmぐらいにしないと、角度と……方向との整合性がとれないのではないかと思うのです。ですからこの3mmというのは妥当であって、今の作業規程にある10mmというのは、修正しなければいけないのではないかと思うのですが、いかがでしょうか。

**委員長** はい、なるほど。

**委員** おっしゃる通りで、メーカーさんが出している2級TSの公称精度というものもだいたい2mm。定数部分が2mm、あと距離に比例する部分が2ppmという器械が多いですので、（規

程の数値が)今の器械に合ったものになっていません。ですから、現在の器械の実力を発揮できていない、というのが今の準則だと思います。

**委員** はい。ありがとうございます。

**委員長** どうもありがとうございます。それでは他にいかがでしょうか。では、〇〇委員、どうぞ。

### ●種々の誤差要因の加味

**委員** すみません。先ほどの意見にも出たのですが、陽炎とか温度とか気象補正とか、あとは設置の状態によってもというところ。あとは実際に三脚に立てて現場で使われる際に、検定台で検定に使われているような安定した状態で使ったときの値をそのまま持ってくる。 $+ \alpha$ の誤差要素を加味して比較値を設定されたほうがよろしいかな、というふうに思います。どうでしょうか。

**委員長** はい。いかがでしょう、〇〇委員。

**委員** ありがとうございます。どこまで加味していくかというのが難しいので、また細かいところをご議論させていただきたいと思うのですが、あまり加味しすぎると悪い観測値を弾くという機能が落ちてしまいますので、どこまでやるのかな。例えばきちんと調整ができていない、あるいは観測中に器械なりミラーが動いてしまうのを弾くためには、2 mmぐらいで切ったほうがいいのか、という気もいたします。あるいは陽炎のときにどうなるかというのは、ちょっと実験データがないので、どのくらい出るかというのはわからない部分もあります。そのへんのところをもう少し詰めていく必要があると思います。

**委員** はい。ありがとうございます。

**委員** 例えばワーキングでそういった実験結果もすべきでは、と思うのですが、ちょっと夏まではなかなか実験が難しいかなと思っています。

**委員** はい。承知しました。

**委員長** どうもありがとうございます。今のご意見は、実際に TS を使っている方はかなり関心のあるところだと思います。私も実習とかで使っていて、「どのくらいいいのか」ということも常に考えますし、ぜひワーキングで実験等も含めてご議論いただければいいかな、と思います。それでは他に、いかがでしょう。よろしいでしょうか。では、最後ですね。「単路線網平均計算の再検討」につきまして、ご説明をお願いいたします。

### 6) 単路線網平均計算の再検討

**委員** はい。では引き続き、説明をいたします。これはまだ結論もちゃんと出ていないものですが、網平均計算、使い方によってはダメだよ、という課題が見つかりましたので、それを報告するというものでございます。「では、どうするのだ」については、あるいは「これが本当にそういう推定が正しいのか」についてはワーキングで引き続きご議論させていただこうかと考えています。

第3回研究会で4級基準点単路線の実例、こういったものをお見せしました。平均計算をすると残差が真ん中のほうで、特に角度に関係するような方向ですね。これはY方向ですから、

南北に走る路線の東西方向、横方向の誤差というのが真ん中で増える。これは〇〇委員が先ほどお示しされたグラフとも、だいたい似たような傾向になっているわけですが、どうもこの山型のカーブは人為的な感じがして、いろいろ計算の前提を変えて平均計算をやり直してみました。ケース 2 とかケース 9 と飛んでいます、他にもいろいろな試算をしたのですが、ここでは評定誤差の推定をしたかしないかによって、こんなに結果が変わるというものをお見せしたいと思います。

この左側のグラフ、ケース 2 というのは評定誤差を推定する通常の網平均を行ったものです。これは前提として、両端で座標を固定しておいて、方向観測、方向の取付はしていないという場合です。両端で方向の取付はせずに、両端の座標値だけを固定している、そういったケースですが、これは実データを使って計算をした場合に、このような形になる。そうしますと、これは 42 点を使っていて非常に長い路線なのですが、真ん中の 20 点目あたりで 50 mm を超える非常に大きな残差が生じています。右側は評定誤差を推定しない計算、始点終点のところの評定誤差の推定をしないという計算を行ったところ、単位重量あたりの標準偏差というのは悪く、大きくなっているのですが、実際のグラフ……残差を見ますと、南北方向つまり距離を測った方向の残差というのは先ほどと変わらないのですが、**右のグラフ**といっしょなのですが、横方向の残差がほとんどゼロに近い数字になった、という結果を得ました。

で、標準偏差。先ほどのは残差ですが、標準偏差も計算しました。標準偏差についても、評定誤差を推定する計算ですと、真ん中あたりで非常に大きな標準偏差を示しますけれど、評定誤差を推定しない場合には小さい。30 mm ぐらいに収まっている、という結果が得られております。

これは何が違うのだろうといろいろ考えたのですが、単路線で方向角の取付がない場合に評定誤差を推定してはいけないのだろう、というのがほぼ結論でございます。で、評定誤差を推定した場合に最初に、平均計算ですから何らかの値が出てくるわけですが、有限の **Za** という値を推定したために、その後ずっと残差が増えていって、でも最後は残差をゼロに戻さないと辻褃が合わないので、こういう山型になっている、という推定をしたわけです。詳しい数式も含めた証明というのは、またワーキングのときにご議論したいと思うのですが、なかなかトリッキーで **web** 会議ではうまく説明できるかどうかかわからないので、できれば対面でご紹介したいと考えています。本日はこういった課題があるのではないかと、ということでご紹介をいたしました。以上です。

\*

**委員長** どうもありがとうございます。単路線の平均計算ということですが、ご質問ご意見のある方、お願いいたします。

### ●単路線で方向角の取付がない場合が増えているのか

**委員長** では、ちょっと私から。今、スライドが出ていますけれど、単路線で方向角の取付がない場合というのは、最近増えていると考えてよろしいですか。

**委員** 増えているかどうかはちょっと、事務局から説明したほうが良いと思うのですが、実際にそういったものが検定に上がってきています。作業規程の準則でもそれを認めるというよう

な形になっております。

**委員長** なるほど、はい。

**事務局** では、事務局から今のご質問についてお答えいたします。従来衛星を使った基準点測量は増えてきております。横方向の視通を考えずに基準点を設置されるケースが結構多いので、結果として方向角を取り付けられない基準点が増えて、方向角を取り付けずに路線が形成されるケースは増えてきております。昨年度から3級基準点も電子基準点を利用することができまので、その傾向が顕著になったかな、と感じています。都市部ですと、方向角を取り付けられない所もあり方向角の取付けがおこなわれない路線が多いと思われま。以上です。

**委員長** はい、わかりました。ありがとうございます。ということは、始点と終点が与えられればその中ですべて処理しようと、そういう業務が増えているということですね。

**事務局** その通りでございます。

\*

**委員長** はい、わかりました。ありがとうございます。では、他にいかがでしょうか。よろしいでしょうか。……。では、他にないようでしたら、ただ今のご説明、議題6)については終了させていただきます。〇〇委員、どうもありがとうございました。

**委員** ありがとうございます。

**委員長** では、以上で今日予定していた議題はすべて終わったかと思いまので、全体を通してご意見がございますか。どの議題でも構いません。よろしいでしょうか。はい。ないようであれば、これで本日の議事を終了いたします。ご協力いただきまして、ありがとうございます。では、議事進行を事務局にお返しいたします。ありがとうございました。

### **3. その他・閉会**

**事務局** はい。委員長、議事進行をありがとうございました。予定しておりました時間より、若干短くなってきておりましたけれど、事務局から三つ連絡させていただきます。一つは冒頭申し上げました基準点ワーキング参加についてです。これにつきましては、事務局から案内させていただきます。基本的には、委員の中で参加をしたいという方を対象にと考えていま。それと、第1回は5月に予定していまますが、本部会議室の広い会場が確保できないということもあり、少人数で開催をと思っているところ。事務局から案内申し上げますので、参加を希望される方は連絡をいただければと思いま。

2点目です、測量CPD学習プログラムの登録手続きは終えていまので、活動実施証明書が必要な委員におかれましては、事務局までご連絡ください。

それと最後です。本日は第5回研究会終了後には、ブレイクアウトセッションを設けるとご案内申し上げました。本日は、株式会社快適空間FC〇〇代表取締役様から「技術進歩に伴う長距離RTKの可能性について」のご紹介いただくことになっていま。お時間のある方はご参加をいただければと思いま。この後、引き続き行いま。ただ今の連絡事項でご質問のある方はございまるか。

## ●基準点ワーキングについて

**委員** ○○でございますが、よろしいでしょうか。

**事務局** はい、どうぞ。

**委員** 基準点ワーキンググループ、そうすると5月中ではなくて、次回開催日は6月になる可能性があるということでしょうか。

**事務局** 日程が合わなければ、6月になってしまうかなど。具体的に申し上げますと、19日と30日、ここしか今、本部の会議室が借りられる状況にございません。一応、私どもが仮押さえはしていますが、委員の構成がどうなるかはわかりません、場合によってはつくば事務所の会議室も想定はしております。できるだけ5月に開催したいと考えています。

**委員** ありがとうございます。それでは日程照会がありましたら、参加希望とさせていただきますと思います。ありがとうございます。

**事務局** ありがとうございます。よろしくお願いいたします。

\*

**委員** すみません、○○です。もう1点、質問をよろしいでしょうか。

**事務局** はい、どうぞ、○○委員。

**委員** はい。先ほどの表によりますと、このワーキングはだいたい年内ぐらいまで予定がついていたようですが、今のところ目途として、いつ頃までに検討を行うというお考えでしょうか。

**事務局** ワーキングでございますよね。

**委員** はい。

**事務局** 都合4回で終わらせたいなと思っているのですが、ただ先ほどお示ししました通り、課題は結構あるなど。GNSS+TSもございますので。ワーキングはTS、GNSSいっしょに議論していきたいと考えております。なかなかハードルが高いものがありますので、4回で終わるかどうかは不安には思っています。もう少し回数が増える可能性は否定できないというところでございます。

**委員** ありがとうございます。そうしますと、確かに私もこれだけのものを、例えば2時間×4回だと、ちょっと無理ではないかという気がしているのです。ではそれは、例えば3時間、4時間にするのか、あるいは5回、6回にするのか、ということで対応……。この年度内ぐらいまでには何とかしたいというお考えでよろしいですかね。

**事務局** 事務局としましては、ワーキングを増やしますと毎月開催となりますので、なかなか辛いということもあり、ただ1回、最低2時間はと考えております。ものによってもう少しかかるかもしれませんが、どういった段取りで進めるかは、また事務局内で議論した上でお知らせしようかと思っております。回数についてはプラスαがあるとご理解ください。

**委員** はい。回数とかは承知しました。いずれにせよ、年度内に一度結論をまとめる方向でということですかね。それとも場合によっては年度を越えてしまうこともあり得るとお考えなのか。そこだけちょっと、教えていただければ。

**事務局** 今のところ、わかりません。希望としては年度内にとっております。

**委員** はい。了解しました。ありがとうございました。

\*

**事務局** 他にございますか。では、ないようでしたら、これで第5回の研究会を閉会としたいと思います。委員の皆様、オブザーバーの皆様お忙しい中、ご参加いただきまして、ありがとうございます。引き続きご協力をよろしくお願いいたします。ブレイクアウトセッションは、このまま進めますので、よろしくお願いいたします。