

「高い精度の測量に関する研究会(仮称)」

第 1 回

日 時 令和3年8月2日(月) 15:00~17:10

場 所 日本測量協会第一研修室及び各 web 会場

1. 開会

事務局 委員の方が1名、まだお見えになっていませんけれど、時間となりましたので、「高い精度の測量に関する研究会」—仮称でございますが—の第1回を始めたいと思います。私は事務局を担当しております、測量協会の〇〇と申します。どうぞよろしくお願いいたします。今日はお暑い中、またお忙しい中、第1回の研究会にご参加いただきまして、ありがとうございます。初めに主催者を代表いたしまして、副会長からご挨拶申し上げます。どうぞよろしくお願いいたします。

2. 主催者挨拶

皆さん、こんにちは。ご多忙の中、委員をお引き受けくださり、あるいはオブザーバとしてご参加いただきまして、ありがとうございます。初回の会合ですので、できれば対面会議でと考えていたのですが、こういったコロナ禍、感染もずいぶん拡大してきたということで、今回はハイブリッド形式という形で開催いたします。お暑い中、お集まりいただきまして、ありがとうございます。もしwebのほうで、私の声が聞き取りにくい方がいらっしゃいましたら、チャットでも何でも、お知らせいただきたいと思います。座ってご挨拶いたします。

この研究会の趣旨について、後で事務局から詳しくご説明いたしますけれど、ポイントを申し上げたいと思います。これは今までのマニュアルを作る、あるいは準則を改正するための委員会とはまた、性格の違うものでございます。今回こういった研究会を組織しているいろいろ研究しようと思ったポイントは二つございます。一つは準則というものがいろいろな新技術を取り入れて、だんだん立派なものになってきました。問題は、非常に複雑になってきて、一読しただけではなかなかわかりにくい。これは恐らく30年、40年前から準則を見られている方には難しくないものなのだろうと思います。トータルステーションが入ってくる前から準則を見ているよと。当時は建設省公共測量作業規程だったわけですが、そこにトータルステーションが入り、GNSSが入り、あるいは空中写真測量の場合だとデジタルが入り……という形でどんどん進化をしてきたわけです。その進化の過程を見てきた人にとっては、そんなに複雑ではないのかもしれませんが、初めての人が見ると、非常に複雑なものになってきております。ここで一度見直してシンプルなものにしてみよう、複雑になったものをシンプルにしよう、というのが一点目でございます。

二点目ですが、今の準則は建設省公共測量作業規程にルーツをもつわけですが、精度管理の方法が40年ぐらい変わっておりません。問題が起きていないので、それはそれで構わないのですが、精度管理の方法あるいは数値というものが、どうしてこう決まっているのかが、

よくわからなくなっているところがございます。このブラックボックス化した品質管理の基準というものをもう一度解き明かして、それが今の測量機械、測量技術に見合ったものなのかどうか、現在の測量技術の観点から見直してみようと。この二点が、こういった研究会をやろうと考えたポイントでございます。

シンプルにして精度管理の方法を見直すと、結果として高い精度の測量ができるだろう、という見通しをもっております。で、この研究会の名前が「高い精度の測量に関する研究会（仮称）」となっているのですが、多分この名称だと誤解を生むことがあろうかと思えます。「高い精度を目指して何か新技術を導入しよう」ということではなくて、「今の測量技術を正當に評価して、やり方をもっとシンプルに整理すると高い精度になるだろう」という趣旨でございます。これからそういった事例も紹介しまして、2回目以降、できれば委員の皆様方からも発表していただきまして、だんだんとそういった「今の観点で準則を見直すとどうなるか」という研究として進めていきたい、という考えでございます。

この研究の成果をまとめて、最終的にはマニュアル化を考えておりますけれど、では「マニュアル化して市場ニーズがあるか」というのが次の課題でございます。今申し上げましたように、今の技術を再評価して組み立て直そう、ということですから、シーズ優先の研究になります。今行政ニーズとして、例えばセンチメートル級の測量が必要だというニーズが顕在化しているわけではありません。潜在的にはニーズがあるとは思いますが、顕在化したニーズはない。そういう「ニーズのないところで、これからニーズをつくっていかねばいけない」という課題があります。

準則そのものを見直そうということではなくて、これは国土地理院様—今日、オブザーバに入らせていただいておりますけれど—がやる仕事だということにして……。では、ニーズのないところで研究をやるのが急ぎの仕事かということ、そうではないので、測量協会が自主事業としてやるのが適当だろう。ということで、測量協会の自主事業という形で、皆さんにお声をおかけいたしました。仮に消費者ニーズがあるものでしたら、それぞれの会社で仕事を開拓していただければいいと思うのですが、今のところ儲けの種になるような話でもない。そういう性格のものでありますので、将来を見据えて今の時点でどういう見直しができるかを研究していこう、というものです。そのうえで、将来的には新しい技術をその上に組み立てていって、違う仕事ができると。そんな考えでおります。

去年から少しずつ準備を進めたのですが、やってみると精度管理の見直しというのは意外に手間がかかって、1年やそこらではちょっとまとまりそうもない。ということで、これも後でご説明申し上げますけれど、4年ぐらいの期間を見込んでそれぞれの分野を抑えていこう、と考えています。その間には委員の入れ替えもあるかと思っています。これは測量協会の自主事業ですので、3月末までに結論を出さなければいけないという納期もございませんので時間を気にせずに、ただダラダラとやるわけにはいかないので、スケジュールはお示し申し上げますけれど、皆々様といろいろと意見交換なり、研究結果の交換、情報共有といったものを行いながら進めていきたいと考えております。どうぞよろしくお願いたします。

3. 委員紹介

事務局から委員及びオブザーバを紹介

事務局 続きまして、議事に入りたいと思います。本日は議題としまして三つほど用意してございます。それに関連しまして資料を配布してございます。議事次第録の下のほうに配布資料をまとめてございますが、資料1から資料9までをセットになっていると思いますが、確認していただいて、抜けがあれば事務局のほうに教えていただければと思います。よろしいでしょうか。それから参考資料としまして、1、2、3ということで、下のほうにまとめております。

議事の進行につきましては、先ほどご紹介いたしました委員長をお願いしてございます。webでの議事進行ということで、大変かと思いますが、委員長、よろしくお願いいたします。

4. 議題

委員長 はい、承知いたしました。委員長を仰せつかりました。どうぞよろしくお願いいたします。この研究会は、先ほど主催者からお話がありましたように、現在の測量技術の実力をゼロベースで見直して、改めて品質管理の基準や作業方法を検討する会である、と認識しております。測量に関係する方々が、これまで疑問に思ってきたことを議論する場である、と言えるかと思います。私自身、このような機会を設けていただいたことに非常に感謝しております。皆様から忌憚のないご意見をいただき、議論を進めていきたいと思っておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

それでは議題に入りたいと思います。本日の議題は、議事次第にございますように「研究会の概要説明」「研究会のスケジュール案」「使用機器の分析」の3件でございます。まず事務局から「研究会の概要説明」と「スケジュール案」についての説明を、お願いいたします。

1) 「高い精度の測量に関する研究会（仮称）」について

事務局 それでは事務局から、議事次第にあります「1) 高い精度の測量に関する研究会について」と「2) スケジュール案」について、資料2と資料3を使いまして、ご説明いたします。

資料2の「1) 高い精度の測量に関する研究会について」から説明いたします。「1. 作業規定の準則の現状と課題」と書いていますが、準則はご存じのように、公共測量作業規程の規範として活用されることで、測量技術に対応した公共測量を実施することが可能になっています。課題ということで二つ書いていますが、冒頭、副会長から話があったところです。一つは、新技術には対応しているのですが、従前の作業方法に新たな技術が加えられて、規定が複雑になっていてわかりづらい、という課題があります。品質管理につきましては、昭

和 52 年改正後改訂されていない状況が続いてきている、ということです。

「2. 作業機関等から準則に対する意見等」をまとめてございます。1) ですが、ご存じの通り電子基準点の利用拡大が図られており、高品質の位置情報を得ることが可能になっている。一方で各種の許容範囲が実態と乖離していると言われている。

続いて 2) ですが、海外の測量を利用する許容誤差と比べて、準則の数値は大き過ぎるのではないかと、という意見がある。最後に 3) です。位置正確度については標準偏差を指標とする許容範囲が制定されているのですが、標準偏差の従う確率分布が明示されておらず、明確な指標とはなっていないのではないかと、という意見があるということです。

「3. 研究会の目指すところ」をまとめたものです。大学、企業、測量関連団体あるいは国土地理院の技術者と連携を図って、知見を得ながらまとめていきたいと考えています。方向性としましては二つ考えています。1) は複雑さを排して、シンプルでスリムでわかりやすいものにしていきたい。もう一つは、通信キャリアによる位置情報サービスで、一般の人でも精度が数cmの可能という時代が到来しつつある。i-Construction や IT 農業で必要とされる位置精度が数cmの時代を迎えてきている。2023 年には準天頂衛星が 7 機態勢となりますし、日本の衛星だけで測位が可能となる。こういう時代に対応できる測量のマニュアルを整備したい、ということです。

「4. 想定するマニュアルの利用方法」、ここはなかなか難しいところですが、二つございます。一つが計画機関から準則に基づく第 17 条第 1 項を適用した発注です。続いて発注後ですが、作業機関側から計画機関へマニュアルの提案を図れないか、ということです。二つほど掲げていますが、これについても各委員から利用に向けたご意見を賜りたいと考えています。

続いて「研究会における検討の前提」です。三つまとめています。「1. 新技術の導入を前提としない」ということで、現在の測量技術の実力を正確に評価し、品質管理基準や作業方法を改める。測量機器や観測方法を絞り込むとか、いろいろな技術がございますが、使わないものは使わない。そういう中で精度管理へ不確かさの導入を図っていきたい、ということです。二つ目ですが、新技術の導入については基本的には考えていませんが、どうしても必要な場合、あるいは普及した技術があっても新しい観測方法を導入する場合には実地検証を行います。最後ですが、先ほどふれましたけれど、準則第 17 条第 1 項の「準則に定めのない機器及び作業方法を用いることができる」を適用することを前提として、マニュアルを整備していきたいということです。当然国土地理院との協調を想定しています。

「2. すべての測量を電子基準点の測量成果に準拠」ですが、1) ですが、三角点は測量の基準としての用途廃止ということ。基準点体系分科会報告が平成 26 年に出ています。三角点及び三角点に準拠した公共基準点の座標値を用いないことを考えたい。標高につきましては、精密重力ジオイド・モデルの構築が進められていますので、流れ的には基準点の中で検討したほうがいいのですが、こういう事情がありますので、標高については先送りするということです。

「3. 想定する成果及びその取扱い」ですが、1) のところです。準則に定める測量機器及び観測方法の精度に応じた精度管理の解説書を成果としてまとめます。こういう委員会ですと、マニュアルを皆様にお諮りしつつ、ご意見をいただきながらまとめていくというのが通常ですが、研究会ではマニュアルの逐条的な審議は行わずに、理論、方法の範囲で進めるということです。マニュアル化は事務局で行います。最後の3) ですが、研究会の検討資料の取扱いのところですか。これにつきましては、日本測量協会のホームページにおいて公開したいということです。事務局が作成した資料や各委員に作成していただくかもしれない資料につきましても公表の対象にしたい、ということです。「研究会について」の説明は以上です。

2) 「高い精度の測量に関する研究会（仮称）」スケジュール案

事務局 続きまして、どのようなスケジュールで進めるか、という説明をしていきたいと思えます。資料3です。ここには2021年から24年を簡単にまとめていますが、左のところに検討事項の欄に各年度の検討事項を書いています。2021年につきましては基準点測量。水準測量は、先送りしますので、水準測量は除きます。応用測量は本年度検討するということです。本年度は3月までに、今日を入れまして5回開催をしたいと考えております。こちらは事務局が想定するものですので、概略のスケジュールをお示ししないと、皆さんのスケジュールがなかなか立てづらいらしいということで想定していますが、調整する中で前後する可能性がございますので固定ではない、ということだけご承知いただければと思います。最後の3月の第5回ですが、年度末にかかりますので、3月に開けるかどうか、微妙なところです。一応年度毎にまとめましたのですが、場合によっては2022年度に入る可能性があることをご承知いただければと思います。

2022年度につきましては、「測量機器性能基準」と「地形測量及び写真測量」の検討をしたいということです。このスケジュールにつきましては、第4回において提案したいと考えています。2023年度につきましては「水準測量」で、これには応用測量の河川測量も含まれます。それと「三次元点群測量」です。これまでの検討でさらに検討が必要な事項があるかどうか、課題の抽出を図り、2024年度にその検討を行うということを考えています。この2022年から23、24年については、具体的なスケジュールはまだ示せていない状況でございます。まずは2021年度は、こういうスケジュールで考えていることをご承知いただければと思います。

続きまして、「会議の進め方」ということで二つ書いてあります。本日は第1回ということでお集まりいただきましたが、今後はwebを中心に開催を図っていきたくと考えております。だいたい1時間程度開催しまして、その後、個別討議ができるように、ブレイクアウトセッションを設定して議論の場を設けていきたくと考えております。

「研究会における議題について」ですが、通常こういう委員会ですと、事務局が資料を提案して、それについてご議論をいただくというやり方ですが、皆さんからの知見を得てそれ

を議論しつつ、諮っていきたいと思っておりますので、委員やオブザーバからの報告等もウエルカムと考えています。その資料も公表の対象になります。

最後に「第2回以降の検討事項」ということで、簡単にまとめています。第2回から第5回までです。第2回は、本日説明する内容のご意見をいただくことを考えております。その他、「基準点の階層構造と基準点網の構成」「基準点における誤差の伝搬」を説明する予定です。これと前後するかもしれませんが、実証実験も予定しており、時期は、8月～9月頃を予定しています。内容はネットワーク型 RTK 法による単点観測法の座標の地域差の実証実験をしたいと考えています。ご都合のつく方はご参加いただければと考えています。第3回は実証実験の報告とその評価、第4回の検討事項は、応用測量的見直し事項の検討、使用機器の特定、精度管理。第5回は、用地測量の精度管理、河川測量の検討事項。河川測量はほぼ水準測量がメインテーマになりますので、ここでは検討事項の議論を行うということです。具体的な検討は水準測量でと考えています。それから、次年度の検討事項に関する議論ですが、次の計画を立てる上でご意見をいただくということです。計画についての説明は以上です。

*

委員長 どうもありがとうございました。それではここまでご説明いただきました「研究会の概要」「スケジュール案」について、ご質問あるいはご意見がございましたら、お願いいたします。

●委員の追加

委員 よろしいでしょうか。

委員長 どうぞ。

委員 委員の交代がと言っていたのですが、それぞれの項目の中で、委員の追加というのはダメでしょうか。

委員長 事務局、いかがでしょうか。

事務局 予算的などところがありますので、即答はしかねます。入っていただくことについては支障がないとは思っておりますが、予算の関係がありますので、確認した上で、後で回答ということでいかがでしょうか。

委員長 よろしいでしょうか。ありがとうございます。他にいかがでしょうか。

●検討内容の公表

委員 このスケジュール、あと検討内容について、測量協会のホームページで公開されるということですが、測量のコミュニティにとってはこのような検討をしているのは、非常に重要な情報だと思います。もちろん web サイトに載せることも重要なのですが、レポートと言いますか、報告書と言いますか、そういう形のもの……。例えば地理院の事業であれば、納品物として報告書が出てくると思うのですが、そういうものではなく自主的な検討会で

あるとは言いながら、何か結果のパブリッシュについて、公開されて広く皆さんに読んでもらうことについて、ホームページ以外に何かお考えがありますか。例えば測量協会の雑誌に載せるとか、出版物を作るとか、そういうお考えがあればお聞きしたいと思います。以上です¹。

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 今回の検討につきましては、解説書としてまとめる、ということ为先ほど申し上げたかと思います。それがホームページに載るということになります。その他に、雑誌に掲載してはどうか、というご提案も含めまして、今後検討していきたいと思います。

委員 ありがとうございます。

委員長 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。

●来年度の委員

委員 先ほど委員の話がございましたので、あらかじめ申し上げたいのですが、今回測技協からは今年度、位置情報応用計測部会から複数の人員が参加しております。来年度、空中計測マッピング部会が深く関わる地形測量および写真測量という形になりますので、来年度に関しましては、空中計測マッピング部会からも複数名の専門技術者を参加させたいと考えております。あらかじめ申し上げておきます。どうぞよろしくお願いいたします。

事務局 来年度の委員ということのようですが、それはまた調整させていただき進めたいと思いますので、その際にはご協力をよろしくお願いいたします。

委員 どうぞよろしくお願いいたします。

委員長 ありがとうございます。よろしいでしょうか。

●測量に関する議論の場として貴重

委員 今回このような研究会を開いていただきまして、測量協会の非常によい企画だと思います。こういう議論をする場がないのです。例えば私は、ここに出ているような機器のことについて、測地学会に問題提起したら、「学問ではないからダメだ」と蹴られたのです。で、写真測量学会に提出してそこで取り上げられたのですが、日本の測地学会ではなかなか測量のことは「理論ではない」ということで片付けられて、議論できないのです。ただ写真測量学会で、いろいろと議論する場があります。それから衛星測位については、航法学会でいろいろあるのですが、そういう意味で、今回のこの企画は非常に適宜なよい企画だと思います。

¹ この発言と事務局の回答は「検討結果」の報告について、マニュアルや解説書の形での取りまとめをし、webでの公開を行い、雑誌への掲載は検討するというやりとりになっていて、それは重要なことである。

ただ、発言の前半にあるように「検討をしていること」自体も重要で、「結果」だけでなく「検討内容」すなわち、何について検討したか、結論が出て結果として取りまとめられたことだけでなく、議論をしたが結論が出なかったこと、検討したが採用されなかったことなども記録として残すべきと考える。

ます。議論できる場ですね。どうもありがとうございます。

委員長 ありがとうございます。私も同感でございます。他にいかがでしょうか。よろしいでしょうか。委員の追加についてかなりご希望がありますので、ご検討いただければと思います。ありがとうございました。他になければ、次の議題に移りたいと思います。「使用機器の分析について」のご説明をお願いいたします。

3) 使用機器の現状分析

委員 それでは資料の準備をいたします。本日用意した資料は大変分厚くなっております。これは一つ一つ細かくご説明すると言うよりは、今の測量の技術を評価して、準則に反映させようというのはどういう趣旨のものか、具体的に見ていただくのがよいだろうと思ひまして、トータルステーション、GNSS について、測量協会の持っているデータで分析するとこういう結果になりました。これを準則に掲載されている数字と比べると、このようになっている。そういうところを、まず見ていただきたいということで、たくさん用意してございます。ですから、一つ一つについて統計、検定の結果こうなりました、というご報告はいたしません、それは次回のレビューのときに、いろいろご議論いただければと思います。

3) -1 機器検定に基づく分析：トータルステーション

それでは使用機器の現状分析で、まず「機器検定に基づく分析、トータルステーション編」をご説明いたします。日本測量協会で測量機器の検定を行っておりますけれど、まずトータルステーションにつきまして、2019 年度の機器検定データを分析いたしました。その分析からわかることですが、2 級トータルステーションがほとんどの割合を占めている。それから 2 級トータルステーションの最小目盛値は、準則では 10 秒以下と定められておりますが、現実には 5 秒あるいは 1 秒というものが大部分だということ。それから水平角の検定データによる測角の制限値というのが、これもデータを分析すると結構数値としては小さくなっている。測距についても非常に精度の高い値が得られたということで、これらについてご報告を申し上げます。

次のページ、「使用機器の仕様の現状」でございます。概要は、まずトータルステーションの性能基準等については、冒頭申し上げましたように、ほとんどこの 40 年くらい変わっておりません。機器検定を実施したところ、トータルステーションの 91% は 2 級であったと。それから測距精度で見ますと、メーカーの公称値では $1\sim 2\text{ mm} + 2\text{ ppm}$ というのが大半であって、性能基準よりもはるかによいものが掲載されていることがわかります。次のページ、これが 2019 年度の検定データの結果で、トータルステーションの他にセオドライトや測距儀もありますが、91% は 2 級トータルステーションであるということで、今後検討するときにはいろいろ機器を取り混ぜるのではなくて、2 級トータルステーションに絞って検討すればいいのではないかと、ということがここから見えてきます。

その次のページ、検定した 2 級トータルステーションは、測量業者さんが設定されている

目盛値で検定をしております。10秒読み、5秒読み、1秒読みと、メーカーさんのほうで切り替えができるようにされているのですが、ほとんどが5秒読み、次に1秒読みで設定をされていらっしゃる。それから「作業規程の準則における性能基準」ですが、最小目盛は先ほど申し上げましたように水平10秒以下。これは赤字で書いておりますのが、昭和52年の建設省の作業規程のもので、変わっていない。それから測距の部分に関して、数値上若干よくなっているように見えるのですが、中距離ぐらいで見るとほとんど変わっていない。定数部分と距離比例部分の数字が変わっているのですが、本質的にはそんなに変わっておりません。その次のページ、市販されているもののうち、検定において台数の多いものを並べてみました。中身について一つ一つご説明しませんが、カタログから拾いましたので、「この数字どうかな」というのもそのまま載せております。黄色で示しておりますが、ミスプリントで分が秒になったのかなとか、いろいろな数字が混ざっておりますけれど、概ねこういった数字で、各メーカーさんにそれほど大きな違いはございません。

その次のページは、今申し上げましたことのまとめです。測角部について、10秒以下ではないということです。それから望遠鏡の分解能は、先ほどのページを見ますとだいたい3秒ぐらいになっておりますが、この望遠鏡の分解能3秒というものが、最小目盛10秒では生きないだろう、ということがわかるわけでございます。

次のページ、ここから検定データの分析に入ります。検定基準というものがあまして、先ほどのものは機器の仕様に関する基準でございますが、検定をするときの基準というのがまた別途ございます。ここで「観測差」とか「倍角差」というのは、実際に作業をされていない方にはちょっと馴染みのないものだと思いますが、こういう数値を測ることがあるということだけ覚えていただいて、詳しい中身については説明を省略いたします。こういった基準の数値が定められております。次のページ。この観測差や倍角差とは何か、というのをポンチ絵的に描いているのですが、測量の測り方、角度の測り方として、まず $i=1$ と書いてありますが、1番目の方向に望遠鏡を向けて目盛を合わせると、だいたいゼロのあたりに合わせるわけです。 $i=2$ という、2番目の方向に次に望遠鏡を向けて、1番目と2番目の間の挟角(間の角)を測ります。さらに3番目の方向に向けて、1番目と3番目の挟角を測る。その後、望遠鏡を反転しまして、ここに「望遠鏡正(右)」「望遠鏡反(左)」と書いてありますが、望遠鏡を180度回転させて、また3の方向を見る、次に2の方向を見る、で、1の方向へ返るといった形で挟角を測る。こんなやり方を通常行っております。検定のときにもそういう測り方をするということで、コリメータと呼ばれる望遠鏡ですが、それを目標にして、トータルステーションを1の方向、2の方向、3の方向と順々に向けて、それを何回か繰り返す。そうするとコリメータ1と2の間の角度、それからコリメータ1と3の間の角度がいくつか求められるわけでございます。

このような検定を行って、次のページにありますような、ここでは「観測差」というものですが、観測差と呼ばれるものを計算することができます。ここでは目盛の種類によって、数値がどう変わるか。10秒読み、5秒読み、1秒読み、それから1級トータルステーション

ョンも1秒読み以下なのですが、それぞれについて観測差の平均値、標準偏差あるいは最大値を示しております。これは何を示しているかと言いますと、最小目盛値によってそれぞれの値が違います。これは統計的にも違うという結果になっております。目盛の大きさによって、得られる結果が変わってくる。目盛の読み以外は全部同じ機械²でございます。同じ機械であっても目盛を10秒読みにするか5秒読みにするかで結果が変わってくる、ということがわかります。次のページはグラフですので、飛ばします。次のページ。「倍角差」と呼ばれるものについても同じことを行います。平均値がいっしょになっているところもありますが、標準偏差についてはそれぞれの目盛の間隔によって違う結果が得られております。次のページもグラフですので、これも飛ばします。

「セット間較差」というものもございます。これは同じ観測を2回行って、2回の結果を比較すると。同じものを測って2回比較するということから、その差が誤差を示していることとなります。これについてもそれぞれの読みによって変わってくる、という結果が出ております。次のページはこれをグラフで表したものでございます。それから次のページに「合焦較差」というものがあって、これは焦点距離と言いますか、目標の距離によって望遠鏡の焦点の位置が変わるのですが、この焦点の位置が変わると、見える方向が変わるという性格がございます。これによって、距離によっては方向が違って見えるということがございます。これは望遠鏡を正反、先ほど申し上げました180度反転させて見ることで、逆³の数字が出て参ります。ということは、今、測量では習慣的に正の方向、反の方向両方測って平均を取るということをやっていますが、平均を取ることで消える誤差ではある、ということでございます。次はグラフですので、これも飛ばします。「鉛直角」です。高さについては今回は議論しないつもりなのですが、鉛直角についても同じ分析ができます。これも最小目盛値によって現れ方が変わって参ります。ほとんどの場合は15秒以内に収まっている。ほとんどと言いますか、100%15秒位内に収まっている、という結果が出ております。以上が角度の検定から出てきた数字でございます。

「測距性能の検討」というのがございまして、トータルステーションの距離の機能を検定する、ということも行っております。測量協会で行っておりますやり方では、屋内にトータルステーションを置きまして、屋外400m先の目標を測るということを行っております。この400mの長さというのは標準機を使いまして、検定の前後、測って確認をするという方法をとっております。以前は決まった距離を基準値としておりましたが、日によって変動があることもわかってきましたので、標準機を定めまして、その標準機で基準の値を決める方法をとっております。それともう一つは2mという短基線において距離の測定を行う。これはピラーを2台用意しまして、2台の距離は固定長になりますが、この基準値との比較を行っております。それぞれの設定回数はこちらに書いてある通りでございます。こういった距離の測定の検定というのを、次のページ、トータルステーションで、角度のときとちょっと台数

² 「同じ機械」は「同じ性能（2級TS）に分類された機械」という趣旨で述べた。

³ 正負の符号が逆という意味で述べた。

が違うのですが、距離の検定を行うものと角度の検定を行うもの、若干違っているものもございませう。結論としては91%が2級トータルステーションということで表してございませう。

で、検定の結果が次のグラフになりますが、基準値との較差、平均値で見ますと1mm以下である。ですから、ゼロとほとんど変わらないということだ。標準偏差についても大きいところで1.3mmということで、非常によくそろっております。その次のページで、どのような分布になるかということで、先ほどのグラフでほぼ正規分布になっていますけれど、だいたい±4mmの間に99%以上のデータが収まっております。これは機差も含めたもの。それぞれの機械ごとに系統的な誤差はあると思うのですが、それらを全部含めてこのぐらいの値に収まっております。ということで、測距の結果は非常に精度の高いものになっております。

それから「測距データの年度間比較から明かになった問題点」というのが一つございませう。これは基準値が誤差を持っているという話でございませう、下の段—上のほうは400m基線で両方ともほぼゼロの平均値になっていますが一でご覧いただきますと、2mの基線を測ったときに2018年度のデータが1.7mm、あるいは1級トータルステーションでも1.4mm平均値がズレている。これは基準値のほうがズレているのだろう、という結果でございませう。検定の基準の許容範囲が非常に広いので、基準値のズレによって検定結果がダメとなったものはないのですが、こういった基準値のズレがあるということで、現在、基準値を変更して、左側のグラフにあるようなものになっております。

こういった検定の結果から見ますと、2級トータルステーションの測距の実力としては、いずれの級、いずれの距離においても平均値で見れば1mm未満、標準偏差も2mm未満。そうすると性能基準としては、ここにあるような2mmから数mmあるいは5mmの許容範囲で十分な実力を発揮していると。検定基準で15mmという許容範囲を認めていますが一、これはちょっと大きすぎるのだろう、ということだ。それから基準値にも誤差が含まれることがありますので、「不確かさ」の見積もり—今日、最後のほうでご紹介しようと思ひますが—を行うときには、基準値の誤差も考慮しなければいけない、ということがここではわかると思ひます。

以上がトータルステーションの検定結果からわかる結論でございませう。ここでいったん切って、ご質問等があればお受けしたいと思ひます。

*

委員長 どうもありがとうございます。それではご質問、ご意見がございましたら、お願いいたします。

●基準点測量の要求精度を上げる方向・既存の基準点

委員 発言よろしいでしょうか。

委員長 どうぞ。お願いいたします。

委員 機器メーカーとしては、ちゃんと機械が作られていますよ、という結果を出していただいたと思ひます。ありがとうございます。まあ、当たり前のことなのですが、今このデー

タが出てきたということ、全体の流れから確認させていただきたいのですが、要するに、今の許容範囲よりもよい精度で機械ができていますよ、ということになったとして、ではこの先どうなるのか。基準点測量はもっと簡易的にできるのではないかと、というふうに行くのか。

そもそもこれは当たり前の話でして、もともとの基準点測量の要求精度から許容範囲が出てきていますので、今の許容範囲があって、それを達成しているのは当たり前の話。それに測量業者さんの腕ですね。これでいかに誤差を減らす、誤差の積算を減らしながら今の基準点の要求精度を満たしていくのか、というのが今までの積み重ねです。今は測距、測角も全部デジタル表示になりましたけれど、角度に関しては目盛りを読んでいた、というときから、そういう形で今基準点測量というのができあがっている。そう考えると、基準点測量の要求精度をもっと上げることができるのではないかと、という議論もあるかと思えます。これは今後どちらの方向に進んでいくのか、というのを確認したいのですが。

委員長 いかがでしょうか。

委員 今私が考えているのは「基準点の要求精度のほうを上げる」という方向です。つまり今の測量機器の実力に見合った精度を目標精度にしていこう。そうすると現在の基準点測量というのは、 $10\text{ cm} + \alpha$ というのが基準なのですが、これを数cmぐらい、2、3 cmとか、そのぐらいのレベルに設定できるのではないかと。同じ手間をかけて、今10 cmのものが2、3 cmになるのであれば、同じコストでより高いサービスができるのではないかと。そのような考えをもっております。

委員長 ありがとうございます。よろしいでしょうか。

委員 非常にわかりやすいですが、若干危惧するところがございまして。先ほどの基準点体系分科会の地理院さんの報告もあるのですが、結局はその前に使っている与点よりも高い精度は出ないですね、どんなにがんばっても。今は基準点体系として、基本測量三角点の精度からスタートしていると。これそのものをいじる……と言いますか、何か考えた基準を……。例えば「電子基準点はもっと精度が出ているのですよ」というところから議論をスタートしなければいけないと思うのですが、そちらのほうの議論もありき、ということで考えていてよろしいでしょうか。

委員長 どうでしょうか。

委員 そのように考えております。

委員 非常に方向性としてはわかりやすくなりましたし、今、こちらから〇〇さんが領いているのが見えます。ご了解いただいているのだなど。ご了解と言うか、そういうことが必要だということは、理解いただいているのだなど。これはかなり大きなテーマですね。非常に大きな仕事になると思いますので、今、改めてやり甲斐というか、価値というか、そういうところを考えているところです。ありがとうございます。

委員長 ありがとうございます。他にいかがでしょうか。

委員 補足のコメントですが、委員もおっしゃるように、非常に大きな仕事になると思

ます。これは今後、国土地理院さんともよく相談しなければならないのですが、今まで設置した基準点は使わない、ということになります。では、「今まで設置した基準点と、これからやろうとする基準点で、どう折り合いをつけていくか」、あるいは「発注者様にどう理解してもらって仕事を出してもらうか」というのも、この研究会の課題と考えています。

委員長 追加のコメントをありがとうございます。

●気温測定と誤差、多角測量の規定

委員 先ほどもちょっと申し上げたのですが、私は写真測量学会に出したのです。このトータルステーションの誤差の見積もりについて、実験室ではなくて実際の測量したデータから求めたのですが、距離に関するところがここでは2ppmになっていますね。ところが実際のデータからアレすると15とか、非常に距離に関する誤差が大きいのです。これは工業機器会などではどう考えているかわからないのですが、私がどうしてそういう結果が出るかという、野外で気温の測定が適切でないために距離の誤差が非常に大きくなるのではないか。そういうことが実際にはあるのではないか。それが一つです。

それからもう一つ。過去の問題ともなるのですが、現在の多角測量の規定に基づくと、測距儀の器械高と、それから測角の器械高が違うのです。昔は測距儀というのは経緯儀が別々にやっていたから、目標高と器械高が別々なのです。それが今も残っているのです。それが極めて複雑なのですが、今はトータルステーションですから、測距と測角の器械高、目標高は一致するはずなのです。そういうことが一つあります。

それから、ちょっと細かい点になりますが、多角測量をやるときに、ここからこっちへ行くときは距離を測って、高低角も測るのです。が、こっちから逆のときは、距離は測らないですよね。高低角は測るのです。わざわざ距離のほうを測らないようにセットしてやるのです。そういう複雑な規定が今、できてきているのです。もっと単純にしたほうがよろしいのではないか、という気がします。見ていて、極めて複雑です。以上です。

委員長 ありがとうございます。いくつかご指摘いただきましたが、いかがでしょうか。

委員 委員のご指摘はごもっともだと思いますし、極めて複雑になっておりますので、そういったところをすっきりさせたいと考えています。できましたら先ほどおっしゃった、野外で距離の測定の誤差が大きくなるというところ、次回の研究会で結構ですので、ぜひそういった事例をご紹介いただければと思います。そういった情報を共有しながら、みんなで「では、どうすればいいか」というのを検討していければと思います。それから野外についての測定は、この後ちょっとプレゼンをいたしますので、それもまたご参考にしてください。以上です。

委員長 ありがとうございます。はい、どうぞ。

●不動産登記法への反映

委員 もう一点と言いますか、私は今、地籍調査というところを事業を行う部署にいるわけ

ですが、ちょっと気になっているのは、今ここで研究会の成果として出されたもの、報告として出されたものの行き先の一つとして、そこが変わりますと、地籍調査の世界も大きく変わるというのは当然の話なのです。一方で今、不動産登記法上の関係がありまして、国土調査法で地籍がいくらがんばってやっても、登記所への送り込み成果の基準が、別表第4という表なのですが、較差の表というところで、どんなによい測量、いい精度のものでやっても、その較差の範囲内にあればいいという考え方というのが……。いわゆる平板測量時代の表がそのままずっと使われてきている。ここでやった成果をそっちの方面に反映するというか、影響を及ぼす普及の……。広報の仕方の問題もあるのでしょうけれど、そこも含めて先々のことを考えていただかないと、困るなあというところがございます。

委員長 ありがとうございます。いかがですか。

委員 ぜひお知恵を拝借したいと思います。来年、再来年、すぐにそういった調整が必要というわけではないと思いますが、こういった研究成果を出していけば必ず問われる話ですので、ぜひいっしょに考えていきたいと思います。

委員長 ありがとうございます。どうぞ。

●人為的な誤差、既設点、重みとの関係

委員 野外の話はこの後出るということですが、測量を行う立場から考えると、やはり致心誤差とか、人間の行う誤差というのもきちっと議論していただいて、物事を考えていただければと思います。

それと、既設点を使わずに……既設点と言うか、従来のやつは使わずに電子基準点のみという形でやっていこうということですが、現在、公共測量で検定に出してきている部分では、やはり既設点というのも、従来のやり方で行われてきた点も既知点として使うものも結構ありますので、そのへんのところも急に変わられると厳しいと思うので、考えていただきたい。

あと、〇〇さんがお話ししていました、両端点からの距離を測るというのは、私も測れるのは使ったほうがいいのではないかと思うのですが、網平均計算をするときに一私は詳しくはないですが一重みとの関係が従来どうやって取られているかによって、距離ばかりあまり多くても重みの釣り合いが取れませんので、そのへんのところもちょっと議論していただければと思います。以上です。

委員長 ありがとうございます。何かコメントがございますでしょうか。

委員 誤解しないでいただきたいのは、今の準則を否定している研究会ではなくて、既設点を使って測量をする方は、準則通りにやっていただければ何の問題もないので、そこは配慮すると言うよりは、準則の世界で今後も継続できると思います。ここで議論したいのは、今の準則では将来立ち行かなくなるだろう……と私は思っているのですが、cm級の測量というののできないので、それができるような別のやり方を提案していこうと。準則は準則で、ちゃんと国土地理院さんが維持されていますし、公共機関はそういったものに準じてやっ

ていくと。でもそれをずっと続けていても先がないと言いますか、将来の発展がないので、ここではまったく別の観点からやっていこう。そういう意味では電子基準点だけを与点として、新しくまた作っていく。ですから名称も1級、2級基準点とか、そういう名称ではなくて、新しいもので—これは次回以降お示ししたいと思いますが—名前を決めたいと思いますし、機器の性能基準についても、先ほどちょっと例を示しましたように1級、2級、3級トータルステーションとか、そういう示し方ではなくて、もう2級トータルステーションのみで、しかも10秒以下の最小目盛位置ではなくて、5秒以下とか、そういった新しい基準を作ってやっていきたい。でもそれは準則を否定するものではなくて、新しい世界を作ろうと、こういうものなので、従来の考え方を引きずらずに、別の世界を作ろうと考えていた方がいいと思います。

委員長 ありがとうございます。

委員 ありがとうございます。

委員長 よろしいでしょうか。

委員 はい。

委員長 どうもありがとうございます。他に、どうぞ。

●準則とのつながり

委員 今のお話の中で、準則は準則で、それとは別に電子基準点を基にした高い精度の……というお話であったと思いますが、今年度、応用測量であったりですね。応用測量の特に路線測量であったり、用地測量であったり。そこはまた、むしろ繋がっていくところだと思います。そこがまた元の話に戻ってしまって大変恐縮なのですが、自治体の都市基準点があり、各用地ポイント、もしくは地籍と関係してくると思うのです。それと、電子基準点から高い精度の基準点を設けていくのと、どこかで繋がって来ざるを得ないと思うのですが、今後応用測量の部分を含めて、そのへんはどういった方向性になるのかなと思ひまして。

委員長 はい。いかがでしょうか。

委員 正直に申し上げまして、今、答えをもっているわけではございません。どう折り合いをつけていくかを、この中で検討しながら……。例えて言えば座標変換のようなやり方。世界測地系に変えたときのような、古い座標を新しい座標に整合させる変換式というようなものもあるでしょうし、あるいはもうこれは較差の範囲内で合っているのだ、ということで割り切ってしまう方法もあるかもしれません。悪い精度を持ち込むわけではなくて、よい精度を持ち込むわけですから、今の較差の範囲内には必ず入るわけで、数値自体がズレていても、それはそれでいいではないか、という割り切りもあるのではないかと思います。そこは今後、検討を進めていく中で、皆さんのお知恵を拝借したいと思っています。

委員長 よろしいでしょうか。

委員 ありがとうございます。

委員長 ありがとうございます。他はいかがですか。よろしいですか。それでは続けて

ご説明をお願いいたします。

3) -2 野外測量実験に基づく分析：トータルステーション

委員 はい。では説明を続けます。資料5です。トータルステーションで野外測定実験というのを、測量協会で行いました。それで見えてきた2級トータルステーションの性能。これは2級に絞っております。これをご紹介します。野外基線場における測定実験の概要ですが、これも3方向定めまして、1方向から2方向を見て、その後3方向を見て、間の挟角を測る。これを3セット繰り返す、ということをやっています。次のページに写真がございますが、国土地理院の基線場をお借りしまして……。国土地理院の基線場、こういう所です。菱形基線場と言っていますが、菱形になっています。ですから一辺が200m。これは中心から四隅へ向かって測るのですが、一辺が200mのものと、150mの辺がございます。ここで角度と距離について測定実験を行いました。

次のページ、倍角差と呼ばれるものですが、機器検定というのは非常に理想的な条件の下で行っておりますし、角度を測るときに非常に慎重に目盛を合わせております。そういったものと、通常の測量ではやはり合わせ方が違いますので、違いが出るだろうという前提で測ったものです。想像通り、平均値、標準偏差とも野外で測ったほうが大きいわけですが、最大値は小さくなっております。この実験を行う際に、測定者には「がんばって合わせようと思うな」という指示をしております。つまり通常の測量と同じように、パッパッと合わせるという形でやってもらっています。次のページは観測差ということで、これも同じような結果が出ております。その次のページですが、セット間較差というものがありまして、2回あるいは3回測って……。これは2セットかな、2セット測ったときの差がどうか、という統計値で、これも野外のほうが大きくなっている。これは推量ですが、野外においてまず目標物が違うことから合わせるのが少し難しい。視準する際の誤差が影響していると考えています。

次のページにその結論ですが、セット間較差、倍角差、観測差のすべてについて、野外のほうが大きな値が出ている、ということです。それから最大値については野外のほうが小さかったりするのですが、これは数が少ないので、最大値の出現頻度が少ないという、そういった数の差が出ているのかな、と考えています。最後に書いてありますように、野外において測角精度が劣化するのには、目標の視準の難易度が影響しているのだろう、と考えております。検定のときにはコリメータの細かい目盛の線を合わせるのですが、野外実験の際にはミラーを目標として、測角をしていますので合わせにくい、その分の誤差が出ているのかな、と思います。これは今日の最後の話題で紹介するつもりで、資料は用意しているのですが、恐らくこの時間配分から考えると、今日のご紹介できないので、後で資料をご覧いただいて、次回、また詳しく説明をしたいと思っております。目標を合わせる際の精度の違いというのは、目標物の形状の違いが結構大きいのかなと思っています。

次のページからは、今度は測距についての結果が出ております。測距のほうは、実は野外

で測った結果のほうが小さな標準偏差を得られております。この理由は単純で、機器検定の場合には機差も含めてこういった標準偏差というものが出ておりますが、基線場で野外で行った実験は機械 3 台でやっておりますので、そういった機差の影響が少ないということがあると考えています。その次ページに、今申し上げたようなことが書いてございます。結論としてはほとんど 1 mm 程度の誤差しかない。これは経験的にご存じの方もいらっしゃると思うのですが、同じ所で何回測ってもほとんど差がない結果が出てくると。差が出たとしても±1 mm ズレるぐらいで、何回測ろうがほとんど同じ数字が出てくる。今の測距の精度……精度と言いますか、これはリピータビリティだと思うのですが、リピータビリティでいくと、ほとんど違う値が出ないぐらいまできている。あとは気象条件ですとか、機械ごとの系統差というものが少しある、ということかなと思っております。以上がトータルステーションに関する野外測定実験の結果でございます。ここでいったん切らせていただきます。

*

委員長 ありがとうございます。それでは野外実測データに基づく分析につきまして、ご質問ご意見がございましたら、お願いいたします。はい、どうぞ。

●測角で距離に関係した誤差

委員 あまりでしゃばって申し訳ないのですが、測距の場合は、誤差が距離に比例する部分があるのですよね。測角はその部分がないのです。実際に調べてみると、測角の誤差も距離に関係する部分があるのです。確かアメリカのマニュアルでは、測角も距離に関係した誤差があるように記憶しているのですが、そういうことも検討してみたいかな、と思います。

委員長 ありがとうございます。いかがでしょうか。

委員 測角で距離に比例する⁴というのは、ちょっと私は存じ上げなかったもので、また後でそういった資料、データを教えていただければと思います。

委員長 それでは、そのようにお願いいたします。他にいかがでしょうか。よろしいでしょうか。ありますか、お願いいたします。

●季節による測角、測距精度の変動は？

委員 すみません、素人の質問になってしまうかもしれませんが……………。

委員長 どうでしょうか。

委員 すみません。会場のほうで音声途切れ途切れになりまして、お話の内容が聞き取れなかったもので、もう一度お願いいたします。

委員 すみません。スマートフォンでやっているもので、申し訳ありません。夏の今のように暑い時と、冬の寒い時で、トータルステーションの測角、測距精度が変動する可能性という

⁴ 委員の発言は「比例する」ではなく「関係する」であるが、間違っって回答している。

のは、あると考えたほうがよろしいでしょうか。

委員 ありがとうございます。測角については、ちょっと私は話を聞いたことがないのですが、測距のほうは気温によって変わりますし、夏冬によって温度相の違いというのが出てくると、それもまた誤差に影響いたします。そういった環境要因については、また別途、次回以降ご報告をしたいと思えます。

委員 わかりました。ありがとうございます。すみません。

委員長 どうもありがとうございました。それでは、他にはいかがでしょうか。よろしいでしょうか。では続けてご説明をお願いいたします。

3) -3 機械検定に基づく分析：GNSS 測量機

委員 GNSS 測量機に関する現状分析です。GNSS の検定データからわかることについて、まずご紹介いたします。GNSS につきましては、2018、2019、2020 年度 9 月までのデータをまとめて分析しております。検定の方法があまり変わっていなかったということで、まとめて分析をしたわけでございます。ここでも 1 級、2 級の検定の割合、結論としては 1 級 GNSS 測量機がほとんどだったわけですが、その 1 級の中でもいろいろな測り方があります。その中でスタティックの測量、それからネットワーク型 RTK—ここでは省略して NetRTK と書いています—の測定基線の精度をご紹介したいと思います。次のページで台数を示しておりますが、96%が 1 級 GNSS 測量機ということで、今、2 級 GNSS 測量機というのはもう希少種になっております。現状がこうですから、今後、検討するに際しては 1 級 GNSS のみを考えればいいのか、と思えます。

次の分析の概要ですが、この 1 級 GNSS 測量機のうち、2 周波スタティックとネットワーク型 RTK のデータだけを分析いたしました、短縮スタティックとか、いろいろあるのですが。次のページ、これが準則における性能基準の分類ですが、いろいろな測定の観測方法が書いてありますが、検定に出されているものの大部分が 1 級 GNSS 測量機で 2 周波スタティックとネットワーク型 RTK の検定でございます。他のものは数が少ないので、この二つに絞ってシンプルにいきいたいと考えております。次のページは製品の仕様。これもここに載せておりますので、後でご覧ください。この製品仕様と性能基準を比べますと、数字の問題と言うよりは、むしろ公称精度の書き方に違いがありまして、性能基準のほうは 1 成分のみ。これは恐らく射距離と言いますか、距離の精度で書いてあるのですが、製品仕様のほうは水平成分と高さ成分というふうに、分かれて書いてあります。こういった違いがございます。仕様書に書かれた数値そのものは、市販製品の仕様の値が性能基準よりも優っている、という結論でございます。

検定データの分析が、次のページから始まります。検定データは全部で 4000 台余りのデータを分析したもので、ちょっとわかりにくいグラフになっておりますが、左側がどこの基点—電子基準点を使うことが多いのですが—どこの場所で測ったかというのを円グラフで示しております。ほとんどがつくばにあります阿見の電子基準点あるいは石下の電子基準

点を使って、つくばの検定場所で測ったものです。右側のグラフは左から南北方向、東西方向、上下方向のそれぞれの成分について、平均値と標準偏差を示したものです。ざっと見たところ、そんなに大きな違いはない。ただ数の少ないところで若干標準偏差が大きくなったり、一番右側は福岡なのですが、数が少ないということもありますが、少し高さ方向のズレが大きくなっている、という傾向はございます。これを多少精度の悪いもの、数が少ないので全部まとめて示したのが次のスライドです。全部まとめますと、ちょっと精度の低かったものも消えてしましまして、それぞれ基線ベクトルで見た場合、1 mm以下で基準値と合っている。これは平均値で見た場合です。標準偏差で見ると、水平が6 mmぐらい、高さのほうで23 mmという結果が出ています。ちょっと高さが想像していたより大きいな、というのがありますが、このような結果が出ております。

それからネットワーク型 RTK で基線ベクトル較差を比較したのですが、これはほとんど同じ基線場を使っております。猿壁基線場というのは、国土地理院の近くにありまして、これは測量協会のほうで管理しているものですが、それと国土地理院構内の基線場を使っているものがあります。両方とも基線長 180m とほぼ同じものがございます。福岡の基線場というのは、距離が大きく違いますので、今回は分析から外しております。分析の結果がその下、次のスライドです。これも南北方向、東西方向、上下方向で、それぞれの平均値、標準偏差を得たものがございます。地理院の基線場で測ったときに、少し平均値のズレの大きいものがあります。特に基線場の中で、上下方向の平均値が4 mm ぐらい違っているところが特徴的かなと思います。国土地理院の基線場も合わせまして、全体の統計を取ったのが次のスライドでして、基線ベクトルで見ると、平均値はほぼゼロと。つまり基準値と検定で測ったデータがほぼ一致している。標準偏差で見ると水平それぞれ5 mm、高さのほうで10 mm ちょっとという結果が出ています。これは200m という近距離ということもあると思いますが、非常によい一致をみております。

次のスライドですが、機器検定基準がこのようになっておりまして、水平成分で15 mm、高さで50 mm というのが基準値でございます。これはスタティックであるか、あるいはネットワーク型 RTK であるかによらず、こういう基準になっています。次に考察ということで書いていますが、スタティックでは水平約6 mm、高さ23 mm、ネットワーク型 RTK で水平5 mm、高さ11 mm ぐらいというのが検定データから出てきた結果でございます。この検定基準との比較なのですが、検定基準をどう捉えるかで、これが大きいか小さいかは微妙なのですが、 3σ まで許容されると考えると、検定の基準はちょっと厳しいかな。つまり検定の基準、水平15 mm ですが、実質データでは標準偏差6 mm ですので、 3σ で見ると18 mm ぐらいズレることもあり得る。でも 2σ で判定するのであれば12 mm ですから、これは基準値の中に収まる。ですから、この基準値を標準偏差で示しているの、さらに言えば、この場合は基準値だからカイ2乗検定でなるのかな、スチューデントの検定か t 検定か⁵、どっちか忘れまし

⁵ 実験から得た分散を許容範囲の基準（を分散に換算した値）と比較する場合はカイ2乗検定であるが、基準の定め方（棄却率をどうとるかなど）は別途議論する必要がある。

たけれど、統計的検定でもう少し数字を厳密に考えると、違う数字になるのかもしれませんが。大雑把な見立てとしては、今の検定基準というのは、水平で 2.5σ ぐらい、高さで 2.2σ という、ちょっと微妙な値に設定されています。それから準則の中にある検定基準ではなく、野外で測った結果に対する許容範囲というのがあります。こちらのほうは水平 20 mm、高さ 30 mmということですが、これは重複する基線ベクトルの較差を取るということですから、二つの基線ベクトルの差で見ると。つまり基線ベクトルの σ に対してこの差であれば、 $\sqrt{2}\sigma$ というのが基準になりますが、ここに書きましたように、 3σ レベルで見ると、 $3 \times (\sqrt{2}\sigma) \approx 25 \text{ mm}$ 、 2σ で言うと 17 mm という。これもまた微妙な設定になっていると思います。

これは許容範囲というのを、どのくらいのレベルで設定するかによって決まってくる。一つ言えることはトータルステーションの場合は、準則の基準に対して非常に小さな値が得られましたけれど、GNSS に関してはほぼ同じような値と言いますか、基準を見直さなければいけないというほどの違いはない。基準値をどう取るかという考え方によって、厳しいか緩いかというのが変わってきますが、まあ、ほぼいいところにきているかな、と思います。参考までにグラフを次に二つ付けておきますが、2周波スタティックの座標較差で、ちょっと端っこが切れたような形になっております。これは実は、検定基準の水平の場合 15 mm で切れている。なぜかと言うと、検定で値が外れた場合には再測します。これまで協会の検定では、外れたデータというのを保存しておりませんので、ここに出てきていない。実は 15 mm を超えるデータはあるのですが、記録としては残っていないために、両端が少し切れたような分布になっております。その次のネットワーク型 RTK ですが、これは制限の中にきれいに収まっていますので、端っこのほうまで正規分布に近い形が見て取れます。このような検定のデータにも、実はちょっと課題があつて、外れたデータを捨ててしまつて、残っていない。不良なデータもやはり残しておかないと、きちんと分析するときには支障になるな、というのが課題でございます。以上で資料 6 の説明は終わりです。

*

委員長 どうもありがとうございました。GNSS 測定の検定データに基づく分析をご説明いただきましたが、ご質問ご意見がございましたら、お願いいたします。はい、お願いいたします。

●基線長の距離、高低差

委員 GNSS の検定の基線場は平らだと思いますが、かなり GNSS は高低差が激しいところでやったり、基線長が長い場合、今の水平 20 で高さ 30 で入れるのはすごく難しいです。特に 1 級基準点の 1 km とかの基線長ならまだいいのですが、航空レーザとか、航空写真測量とかで、標定点測量とか、調整用基準点測量をやるときには、もう 10 何 km という単位ぐらいで測ることがあります。そのときに高低差が多い場合、やはり対流圏遅延の問題でかなり誤差が入ってくるので、そのへんも含めて議論したほうがいいかなと。確かに平らな所で距離が近い場合は数 mm 出るといふのは、我々も重々承知しております。ただ実際の作業をやるのは、

非常に過酷な所でやっています。もっと山の谷間とか、そういうところでも測っていきますので、そういった面も考慮しながら、ここの数値に関しては見てほしいかなと、今の結果から思いました。

委員長 どうもありがとうございます。いかがでしょうか。

委員 ご指摘、ありがとうございます。高低差のあるデータというのを、測量協会でも今、持っておりませんので、そういった事例を教えてください……。これは対流圏遅延の補正を改良することで、何とかなるものなのか。あるいは高低差が大きいときは別の制限値を設けるべきなのか。そのへんはいろいろとお知恵を拝借して、あるいはもし事例を見せていただけるのであれば、そういった事例を見て、これから考えていきたいと思います。

委員長 ありがとうございます。よろしいですか。どうぞ。

*

委員 今のGNSSの基線ベクトルの距離だけでなく、高低差の影響があるというのは、もうかなり前ですけど、国際航業の方が国土地理院で部外研究員として解析した例があります。それによると明らかに高低差の影響は出ているのです。それは地理院を探せば、その部外研究の研究報告があると思います。以上です。

委員長 情報提供を、ありがとうございます。いかがでしょうか。では、どうぞ。

●重量の検討

委員 メーカーとしては非常に辛い数字ではあるのですが、逆に言うと使い方によっては、今、〇〇さんがおっしゃったように、こういうこともあるでしょう。あとは昔の機械と今の機械は解析ソフト等を含めて、補正関係を強化しているところもありますので、最新の情報を取り込んでいかなければいけないと思います。

一つ危惧されることがありまして、今、実際に準則のほうで、この後GNSS測量で観測して網平均をかけます。そのときの重量の話がありまして、今、重量は水平方向4mmの標準偏差で考えていますので、4mmの二乗と、高さ方向7mmの二乗という、重量が出てくるのですが、それと明らかに違う、かけ離れているということが、ここでわかるかと思います。この部分を改善していかないと、網平均、結果は出てきますが、日本の網平均は検定をしていませんので、重量が合っているかどうか、甘く見ていないか、辛く見ていないかという検討はされなくて計算が進んでいくと。これは最悪の場合ですね注意喚起をしているのですが、今ある網平均の計算の結果のところには点がないかもしれない。そういう危険性を若干はらんでいるということもありますので、こちらの研究会のほうで議論をしていただければと思います。以上です。

委員長 どうもありがとうございます。いかがでしょうか。

委員 ご指摘、ありがとうございます。ぜひそういったデータを、次回あるいは次々回の研究会でご発表いただけると、ありがたいと思います。

委員長 そのあたりはいかがでしょう。

委員 　　というか、もうここに出ていますので。まあ、実験を重ねるということは大事なことです。この今の検定のデータを見ても、4 mm、4 mm、7 mmという標準偏差を重量に使うのはどうかな、というのが出てきていると思います。

委員長 　ありがとうございます。そのあたり、この研究会の一つのテーマになるかと思えます。他にいかがでしょうか。よろしいですか。では続けて、ご説明をお願いいたします。

3) -4 野外測定実験に基づく分析：GNSS 測量機を用いたネットワーク型 RTK

委員 　資料7をご説明いたします。これは野外測定実験の結果でございますが、ここではネットワーク型 RTK で座標値がどのくらいの精度、正しさで出るか、というのを試してみました。ここまでご紹介したのは基線ベクトルということで、2点間の差を見たわけですが、ネットワーク型 RTK ですと、単点観測法と我々は言っていますが、単点で座標値そのものが出てくると。では、この出てきた座標値というのはどこまで確からしいのか、を確認するための実験を行いました。結論から言いますと、どうもよくわからないというところなのですが……。

　　まず、ここに書いてあるスタティックの検定で基線ベクトルの正しさというのを見ていくわけですが一確からしさと言ったほうがいいでしょうか一電子基準点を基点として、その基線ベクトルを出せば、その場所での座標値が出てきますので、スタティックの場合は基線ベクトルの正しさと座標の正しさは同一視していいだろう、と考えております。ただネットワーク型 RTK の場合には、単点観測法で2点間の同様の誤差は消去されますので、基線ベクトルの誤差がそのまま座標の正しさには繋がらない、確認ができない、ということがございます。

　　実験を行ったのは今年の1月でございます。つくばにございます当協会の測量技術センターの屋上で行いました。次のページに実験を書いております。まず測定点について、スタティックで電子基準点3点から基準となる座標値を決めました。これは2時間を1セッションとして3セッション、朝、夕、深夜の平均値を取る、という方法を取りました。結果としては、これがあまり上手くなかったようで、基準値の値そのものに結構大きな標準偏差、不確かさが入ってきております。同じ場所で同じピラーを使って、続けて単点観測法による座標値の取得を行いました。これは24時間のデータを取っております。FIX率がほぼ99.9%以上ということで、FIXしないデータのほうが少ないという状況で、受信状況はよかったと思います。位置情報サービス事業者はジェノバさんのデータを使わせていただきました。

　　結果は、その次のスライドです。基準値の標準偏差というのは、三つ測ったセッションの平均値に対する標準偏差ということですが、南北方向で4 mmの標準偏差、東西方向で1 mm、上下方向で7 mmという結果です。基準値に対して、単点観測の結果というのは、平均値でこの表にあるような水平1 mm、-3 mm、上下で-7 mmという差があるのですが、標準偏差で見ると、こちらも4 mm、3 mm、6 mmということで、この数値だけで見ると一下にグラフがあります。赤い文字があつて、矢印を引いたところがスタティックで決めた基準値ですが一基準

値からはズレているのですが、これで差があったという結論を出せるのかな、というちょっと微妙な数字に出ております。ただ測定の結果そのものは非常に精度よく出ておりまして、半径1cmの円内にほとんどのデータが収まっていると。時系列で見ても、多少変動はありますが、だいたい上下で1cmぐらいの中に収まっている。精度的には非常によいものが得られました。当初目的とした「どのぐらい座標値が確からしいのか」は、何とも言えないと。合っているとも言えるし、多少ズレているとも言えるというような、そんな結果になっています。

最後のところは考察です。実験データでは σ で見た場合に、4mm、3mm、6mmという形で、これは単点の観測の座標値の結果です。これが2点間で、それぞれ2点で同じ標準偏差とすると、 $\sqrt{2}$ 倍をして、ここにあります同じ検定データの水平5mm、上下11mmと比べると、ほぼ同じぐらいの結果で、矛盾はしていないということです。問題は基準値と測定座標値の差について、有意な差があるとは言いがたい状況で、これはもう少し調べる必要があるかな、と思っています。ただばらつきと基準値との差から、1エポックでの測定の座標位置は水平15mmぐらいの中には収まっている。これは非常に大雑把なもので、正確な言い方ではないですが、だいたい15mmの中には収まっている。高さ30mm程度は達成できそうですが、もう少しデータを集める必要があるかな、と思っております。

課題としては、データが不足していることがございますし、地域差ですとか、位置情報サービス事業者間の差異が確認できていない。季節変動、時間変動というものもあると思います。これはネット上で報告書を見つけて参考にさせていただいたのですが、アイサンテクノロジーの今日、お見えになっている〇〇さんがまとめられたものですが、ネットワーク型RTK座標観測値の絶対正確度について実験報告書を書かれていらっしゃいます。これを見ると、座標値の偏差と標準偏差には位置情報サービス事業者間の差があることに加えて、同一事業者であっても地域によって差がありそうだ、ということが見て取れます。測量協会各支部でも検定を行っておりますので、その検定のデータで地域差があるかどうかを見てみました。これは座標値ではなくて、2点間の基線ベクトルでございます。標準偏差で見るとスライドにありますように、地域差があるようにも見える、というぐらいですが、必ずしも全国一律ではなかろう。これは地域の差なのか、あるいは測定環境の差なのか。いろいろな見方があると思いますので、こういったデータをもっと少し集めないと、ネットワーク型RTKでどのぐらいの座標値の確かさが得られるのか、というのはまだ結論が出せない、というのが本日のご報告でございます。以上です。

*

委員長 どうもありがとうございました。それでは皆様から、ご質問ご意見がありましたら、お願いいたします。どうぞ。お願いいたします。

●基準値の決め方、業者間・地域間の差

委員 いくつか確認したいこともあるので発言します。まず基準値の決定において、2時間

を1セッションとして3セッション。これは要するに1級基準点測量相当で基準値を決められたということなのですが、こういうような検討をされるのであれば、それこそF3とかF5のレベルの、本当に真値に近い値を基準値として取るというやり方もあったのではないかと思います。このときのデータは残っていて、そのような解析のし直しはできるのでしょうか。

委員長 いかがでしょうか。

委員 データは残っております。解析の方法については、ちょっと私、不慣れでできるのかどうかはわからないのですが、〇〇さんわかりますか？

事務局 よくわからない。多分できるのではないかと思いますのですが、確認しないとわかりません。

委員 考察の中で「基準値にも問題があるかもしれない」と書いてあったので、そこを指摘いたしました。それから弊社のデータを、ネットワーク型RTKを使っていただいて比較していただいたのですが、この基準値を決めた日付と、ネットワーク型RTKを行った日付との日付の差はどの程度だったのでしょうか。

委員長 いかがでしょうか。

委員 差は1日です。基準値を決めて、アンテナはそのままの状態、その次の日にネットワーク型RTKの測定を行っています。

委員 わかりました。すると地殻変動の影響はないということで了解いたしました。あとは考察等のところでいくつか、課題とかで指摘されていることで、業者間の差および地域の差ということについては、正直あっても不思議ではないと理解します。なぜかと言うと、ネットワーク型RTKを行うにあたって当然基準局を周辺の点をいくつか使って仮想基準点を作ったりしますので、その基準局の周辺の状況、密度。それからどのような受信機、ジオネットの点であっても受信機の機種が違ったり、アンテナが違ったりします。そういうものの違いがありますので、業者間、地域間で多少の差があるということは、あり得ると思います。ただしそのことによって、いわゆる位置の精度が本来要求されている精度の中に入らないようなことがないように、各業者とも使っているネットワーク型RTK用のインフラ側のシステム、いわゆる提供情報を作成するシステムを持っています。そういう意味では、差はあったとしてもある許容範囲内に入っているという、そういうことを今回の検討の結果、確認していただいて、だから「この精度の中で使えるんだよ」というふうに確認していただくのが、この研究会の結論として出るべきではないかと思います。一応このレポートを読んで感じたところを申し上げました。以上です。

委員長 ありがとうございます。コメントがございましたでしょうか。

委員 ご指摘、ありがとうございます。測量協会において8月から9月の間、次の第2回の研究会の前までに、ネットワーク型RTKの実験観測を行いたいと考えております。全支部ではちょっとできませんので、主だったところでやって、地域による差を見たいと思います。事業者を変えたらどうなるか、というのは契約をしなければいけないので、ちょっとこの場

ではやるともやらないとも申し上げられませんが、できるだけそういったものもやりたいと考えております。以上です。

委員長 ありがとうございます。他にいかがでしょうか。では、どうぞ。

●座標値の扱い、配信事業者による差

委員 2点。座標観測の品質をどう評価するか、ということなのですが、これは今のマニュアルとかでは全部、座標は固定値として扱うのですね。この座標を観測値として、確率変数として扱うことによって座標の品質がわかります。これが1点の提案です。

それから弊社の実験結果が引用されていますが、3 配信事業者があつて、それぞれの結果、ネットワーク型 RTK で得られる座標が一致するかどうか、というのは重大な関心事なので、その実験をやったのです。その実験の結果、確率的な統計検定をやると、一致するということは否定されるのですね。だけど、その平均値の差がめちゃくちゃ大きくてびっくりするかと言うと、だいたい準則などで決められた規定内に入っているんで、びっくりすることはないだろうと。ただ統計的な検定をやると、一致しないという結果が出るという話なのです。以上です。

委員長 ありがとうございます。何かございますでしょうか。

委員 実験を行いますのでその結果と、アイサンテクノロジーの報告書というのは、かなり参考になりますので、実験を行うに当たって、実験計画をちゃんと……計画のほうもちゃんと作らないといけないな、と思っております。また勉強したうえで、結果をご報告したいと思います。

委員長 ありがとうございます。他にはいかがでしょうか。では、どうぞ。

●観測実験について

委員 単純な質問になるかもしれず恐縮ですが、この実証実験のお話、やり方等が詳しくわからないので教えてほしいのです。例えば地域による差だけでなく、季節変動とか時間変動もあるようなことが予想されているようですが、8 月から 9 月ということで各地でやって、このへんのことも配慮しながら実験を行うという認識でよろしいですか。というのも、地域差を測ったつもりが、実は違うものを測っていたという可能性もあるという気がしますが、そのへんはいかがでしょう。

委員長 いかがでしょうか。

委員 8 月から 9 月にかけての実験は、今回のような 24 時間観測というのは難しく、つくばの場合は屋上点を使っていますので、機械を 24 時間放置できるのですが、その他の場所ですと昼間測っても撤収しなければいけない。それから非常に暑い時期ですので、あまり長時間作業員を外において置けないという状況もありますので、今回は時間変化までは追えない。地域による差を見るのが主体になります。

委員長 よろしいでしょうか。

委員 そうしますと、特に8月の測定というのは危惧するところもありますが、他の季節でも同様に、例えば同じ時間帯に同じ場所でやってみる、ということも考えていらっしゃるのでしょうか。

委員 考えてはいるのですが、人的な余裕ですとか、そういうものもあって、ちょっとできるかどうかわかりません。繁忙期になると、とても人手が足りないということになってしまいますので、8月、9月は比較的に入手があるかなということで、今、その時期の実験を考えています。

委員長 ということですが、よろしいでしょうか。

委員長 どうぞ、関連して。

委員 我々なども内部的に評価するときに、ジオネットの点を見なしローバーとして評価したりすることもあるのですが、それだとさすがにジオネットの点を見なしローバーとすると、今度はいわゆる普通の測量用の機械を使ったのよりは良過ぎるので、それは評価の対象としては不適切と、そういうお考えですか。

委員長 いかがでしょうか。

委員 不適切かどうかというのは、よくご存じかと思うので教えてください。

委員 不適切かどうかというと、私は不適切ではないと思うので。要するにこのネットワーク型 RTK という手法の評価をするのであれば、いわゆるローバー側の受信機は測量機器登録された機種であって、観測しているものならば使えるのではないかということです。周りの点から見て、ネットワーク型 RTK の生成したデータと見なしローバーの連続観測データこれはジオネットで取ったやつで評価するというやり方もあり得るのではないかと、思いました。

あとこれは適切かどうかまだわかりませんが、キャリアの配信が始まっていて、ネットワーク型 RTK の基準局に対して、キャリアの A 級民間電子基準点の連続データか何かを買ってきてやって評価するという手もあるかもしれません。今、A 級登録された点はそんなにたくさんないのですが、実際協会さんの点が今回の検証では生かされたわけですが、そこは別として他の所……北海道に1点と近畿に1点ですか、ドコモとソフトバンクの点がありますので、そんなのを使うのも一つの考え方かもしれません。アイデアですけど、サジェスションとして。

*

委員長 ありがとうございます。すみません、もう時間がきてしまいましたので、残念ですが、この後の議題につきましては次回に回したいと思いますが、よろしいですか。

委員 はい。ありがとうございます。そのようにお願いいたします。ちょっと用意した時間が足りなかったようで、次回も1時間なので心配ではあるのですが。

冒頭、事務局から申し上げましたように、ブレイクアウトセッションというのを用意しております。これは何かと申しますと、1時間の本会議を行って、まだ議論が足りないぞと思う方は、引き続きブレイクアウトセッションに移っていただいて議論をします。もう十分話

したからいい、という方はそこで抜けていただいて結構というようなものです。ブレイクアウトセッションですから、議事録は多分残さない形で一本会議は本日も議事録を残しますが、一より自由な討論という形で考えております。ネットですからたくさんの参加者がどうやって発言するか、ということもあると思うのですが、慣れの問題になると思いますので、そういった形で細かな議論も引き続きさせていただきつつ、本会議のほうは1時間で、できるだけ手際よく説明をしていきたいと考えております。よろしくお願いたします。

委員長 ありがとうございます。非常に残念ですが、時間がきておりますので、議事はこのあたりまでにしたいと思います。本日第1回の研究会ということで、非常にたくさんのご質問、ご意見をいただきまして、どうもありがとうございました。お陰様でこの研究会のコンセプトの理解が深まったのではないかと思います。今後、こういった形で情報を共有して、ある程度共通の認識をもったうえで、いろいろな研究をしていただければと考えます。本日の議事につきましては整理していただいて、いろいろな事例紹介、ご提案をいただいておりますので、そういうものも逐次取り入れて、ご発表に繋げていただければいいかな、と思っております。すみません、ちょっと時間をオーバーして大変恐縮ですが、議事は終了ということで、事務局にお返しいたします。ご協力ありがとうございました。

5. 報告・閉会

事務局 はい。委員長、ありがとうございました。事務局から3点、報告しまして、今日の第1回を終わりたいと思います。1点目は、CPDのポイントです。測量CPD学習プログラムに認定されていますので、必要な方は事務局にお知らせください。活動実施証明書を発行いたします。もう1点が研究会の名称です。仮称ということにしておりますことは先ほど申し上げましたが、次回開催の調整する際に名称についても併せて「こういう名称はどうだろう」というご提案を積極的によりしくお願いたします。次回の開催日程は、メールで調整しますので、ご協力の方よろしくお願いたします。

時間を過ぎてしまいましたけれど、これにて第1回を終了したいと思います。どうもありがとうございました。