

## 第7回「測量近代化研究会」

2023.1.30 13:00～15:00

日本測量協会（小石川）・web 会議

### 1. 開会

**事務局** 今回は前回と同様に対面と web で開催しておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。開催にあたりまして、第7回研究会から新たに4名の委員をお迎えしておりますので、皆様にご紹介したいと思います。まず今日は web での参加ということでございますが、〇〇大学の〇〇先生です。どうぞよろしくお願いいたします。続きまして、日本測量調査技術協会から3名の委員を推薦していただいております。まず〇〇委員でございます。

**委員** 〇〇です。よろしくお願いいたします。

**事務局** 続きまして〇〇委員でございます。

**委員** 〇〇です。よろしくお願いいたします。

**事務局** 最後でございますが、〇〇委員でございます。

**委員** 〇〇です。よろしくお願いいたします。

**事務局** 新たに4名の委員をお迎えしましたので、本研究会は20名の委員で構成することになりました。本日は、〇〇委員のご都合が悪く欠席です。また、〇〇委員、〇〇委員におかれましては web での参加となっています。どうぞよろしくお願いいたします。

次に事務局ですが、新たに1名追加しましたので紹介いたします。測量技術センターの〇〇です。

**事務局** 〇〇でございます、事務局として参加させていただくことになりましたので、よろしくお願いいたします。

**事務局** では、本日の資料の確認をいたします。本日の資料は、先週、各委員の皆様にご送付いたしました。資料の差し替えがあります。お手許の資料3は、差し替えの資料です。

本日の議事は、議事次第の1)～5)を予定しております。それと直接議事の中ではご紹介いたしません。参考資料としまして、名簿と他に2種類配布しております。それから1点だけ、お願い事項がございます。議事録の作成の都合上、ご発言の前にはお名前を名乗っていただいて、ご意見をいただければと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

では、これより議事につきましては、委員長に進行をお願いしたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

### 2. 議事

**委員長** はい、〇〇でございます。よろしくお願いいたします。それではさっそく議事に入りたいと思います。本日の議題は、事務局からご説明がございましたように、五つございます。本日、ご覧のようにたくさんの方に対面で参加していただきましたので、できる限りご意見を伺いたいと思います。ですので、説明の方は、なるべくコンパクトにご説明いただいて、意見交換の時間をなるべく取るようにしたいと思いますので、ご協力のほどよろしくお願いいたします。

では、一つ目の議事、「1) 基準点 WG の検討概要」の説明を、事務局からお願いいたします。

## 1) 基準点WGの検討概要

**事務局** では、事務局から「基準点WGの検討概要」についてご説明いたします。資料1です。画面に表示しておりますが、第1回と第2回WGを開催しましたので、その概要を説明いたします。

第1回は、ここに示しました通り、四つの議事を行いました。1)と2)につきましては、研究会で説明しました資料を、再度説明しています。3)と4)ですが、3)につきましては、「基準点測量(TS)の精度管理」ということで、「TS測角補正機能の利用について」の提案をいただきました。4)は「試験観測のテーマ」を提案しています。今日は3)と4)の説明をいたします。

ここに示しております「TS測角補正機能の利用について」ということですが、これはWGの資料を抜粋してございますので、かいつまんでご説明いたします。ここに示しました通り、「測角補正機能をONにした場合」ということですが、この提案は、研究会では“TSの観測対回については、1回あるいは2回”と提案しておりますが、観測は「1回でよいのではないか」ということです。ここに示した表ですが、観測誤差に関して、従来機器と補正機能搭載機器についてどう取り扱われているかを整理してあります。一番下の「水平目盛の誤差」については、「従来機器も補正機能搭載機器についても、1対回では消えませんか」ということです。

では「2対回にすると」ということで、従来機器につきましては、皆様ご存じの通り、「目盛盤をまんべんなく使うと誤算について軽減できる」ということです。が、補正機能搭載機につきましては、「目盛盤が動きませんので、2対回でも同じ所を読むことになるので、目盛盤の誤差は小さくなりませんか」という説明でした。

それで「提案」ということで三つほどいただいています。一つ目ですが、今、「トータルステーションの測角精度を正しく評価した上で、測量の誤差を加味して、許容範囲を設定すれば、1対回でもよいのではないか」という提案です。その「正しく評価する」というところについては、例えば、「アブソリュート方式ロータリエンコーダに対応する測角精度の試験方法」というのがあるようで、これを用いて、最後のところですが、「検定で測角精度を担保すれば1対回でよいのではないか」というご提案でした。

赤字で示していますのは、事務局で追加した事項です。そうは言っても機器は、経験のある者からベテランまで使われるので、使うのは人間なので、「ヒューマンエラーが考えられるので、その防止の視点は必要ではないか」ということで、追加しています。ここでは1対回、2対回という点について、皆様のご意見をいただければと、考えています。

つぎに、これは事務局で提案したものです。三次元網平均には重量を用いて計算するという流れになりますが、その重量については、現在の準則では「分散・共分散または固定重量」を用いて計算することになっています。その“固定重量については距離を考慮する必要はないか”ということとして、この研究会でも“長距離については「6,6,7」、短距離については「2,2,4」”を提案しています。“長距離と短距離をいっしょに解くと考えると、やはりそこは考える必要がないか”ということとして、“確認するための観測を行います”という提案です。

それに併せてですが、“日本では固定重量を使う場合に1組の値で、1回の計算処理”ですが、“諸外国ではどういう処理をしているのだろうか”という疑問に対しまして、こういう資料があ

りますよ、というご提示をいただきました。どういう資料かと言うと、計算処理を1回で終わらせないということで、“1回計算処理をし、次に重量を変えてまた処理をすることを繰り返す”そうです。そういう情報をいただきましたので、“では、それもやってみようか”ということで、二つの観点で確認を行うということを行いました。これは第2回で説明しておりますので、後で紹介したいと思います。

ここに示しましたのは試験観測の場所です。国土地理院で管理されている基線場がございますので、そこでデータを取得したということです。点間の基線長について、最長が1km、中間に点がありますので500m。また、500mの区間にも点があり、だいたい200mピッチです。新点間距離の設定として、だいたい1級、2級、3級ぐらいのデータが取得できるので、先ほど説明した処理を実際に行ったということです。

それと、「応用測量の精度管理」ということで、“ピンポールの反射鏡定数の誤差ですとか、致心誤差についても確認が必要ではないか”ということをご提案しておりますが、まだここは実施しておりません。

「第2回基準点WG」です。先ほど申し上げました、「1) 距離の依存性」ということと、二つ目は「2) 品質管理」ということ。後者は提案でございました。また、「3) 単路線網の平均計算についての再考」と、「4) 地形測量および写真測量—現地測量について」ということで実施しております。3) については状況の説明と、「基準点WGの中でこの現地測量について取り扱うようにしたい」との説明を行いました。

まず「三次元網平均計算の重量の距離依存性」について説明いたします。左が「2級相当」、右が「3級相当」で、この様な網で平均計算を実施しました。これは「3級相当」の表ですが、①、②、③と示していますが、10km以上と10km未満について、2周波と1周波、それぞれ観測時間も変えて計算処理をしています。ただ解析結果があまり変わらないので、②の「10km以上は2周波で2時間、10km未満は2周波で1時間」で処理をした結果を表にまとめています。

一番左に「重量」を示していますが、「基線解析結果」というのは、(基線解析により求められた)分散・共分散の値を適用した場合です。その下に三つの「固定重量」を示しています。一つ目「4, 4, 7」は準則で使っているもの。下は研究会で提案している固定重量「6, 6, 23」、固定重量「12, 12, 46」というのは、先ほど試験的にいきますと説明しました、重量を変えて処理した結果です。重量はスカラー倍するようなので、「6, 6, 23」を2倍して計算しています。その下の二つ。上は長い距離と短い距離に、それぞれに研究会で提案している重量を用いて網平均を行った結果です。下は長い距離の重量をスカラー倍したものです。

No.1 から No.8 まで、それぞれの平面直角座標を算出し、分散・共分散、長距離と短距離で異なる設定、固定重量のそれぞれの解の分布図に表しています。右下 (No.8) ですが、固定重量の解は他の重量とは離れています。その他の解すべては近接しています。分散・共分散と、長い所と短い所で異なる設定の解で、かたまりができていくということです。それと No.1 (左上図) です。ここも、No.8 の場合ほど明確に分かれてはいませんが、似た傾向になっています。この点につきましても、観測網のとおり2点の電子基準点からの交点になっている点です。この影響も受けているかなと思っております。まだ結論は出しておりませんが、“短い距離、長い距離、それぞれの重量を設定して、計算するのがよいのではないかと感じています。

「高低差」についても整理しています。高さ成分のほうが解の差がより明確に出てきています。「基線解析結果」と、長基線と短基線で異なる場合の下二つですが、これらにおいて同じような高低差が出てきています。「実測高低差」と示していますが、これはトータルステーションで実測した比高の結果になります。それとの比較を「差」の欄に示していますが、大きいところだと、最も右の欄にある「No.1-NO.10の基線」ですが、点間距離1kmぐらいありますが、だいたい3cmぐらい差が出ているという状況なので、高さの方がより、重量の影響が出ていると感じています。つぎに「3級相当」で整理していますが、状況については同じようになっています。重量についての説明は以上です。

最後です。これは〇〇委員からのご提案ですが、「測量成果の品質管理」について、ということとございました。これも抜粋していますが、「品質管理については平均値と分散（標準偏差）、これを用いて評価するほうが、品質管理という点ではよいのではないか」というご提案でした。

先ほど、ご議論いただきたい点ということで、“対回数”の話をしましたが、もう一つの点が“三次元網平均における重量の取り扱い”です。この点についても、事務局としましては結論を出しておりませんが、やはり“距離に応じた重量を設定して計算するほうがよいのではないか”と考えていますが、皆さんのご意見を賜りたいということです。説明は以上です。

\*

**委員長** はい。どうもありがとうございました。ここの議事では2点の質疑を行いたいと考えています。まず、第1回WGにおいて、トータルステーションの観測、対回数のご提案がございました。事務局からはヒューマンエラー防止の必要性についてふれられています。まずこのヒューマンエラーの防止ということで、対回数についてご意見を伺いたいと思います。ご意見のある方、ご発言いただきたいと思います。いかがでしょうか。

### ●補正機能搭載機のシェアは？

**委員長** ないようであれば、私からちょっとお聞きしたいのですが、この「1対回でいいよ」というのが、補正機能搭載機ということで提案されているのですが、この補正機能搭載機というのは、現在、どのくらいのシェアを持っているのか、どれぐらい使われているのか、どなたかご存じでしょうか。

**事務局** まずは事務局から。私ども測量協会では機器の検定をやらせていただいておりますが、トータルステーションは2級がかなり多いということですので、最近の機器については恐らく補正機能がついているのではないかと考えております。ただ、今のご質問のような視点で、どのくらいの割合が私どもの検定に上がってきているかという整理はしていませんので、実態はよくわからない、というのが今のご質問へのご回答になろうかと思えます。もし工業会のほうで何か情報があれば、ご提供いただければと思います。

\*

**委員長** ありがとうございます。どなたか、ご回答をいただけますか。では、〇〇委員、お願いいたします。

**委員** 工業会から代表して来ております、〇〇です。工業会の会員各社、いろいろなトータルステーションを作っております、測量用から土木用の機械、小さいもの、大きいものと、いろいろ

るな種類を作っております。だいたい補正機能が入っているものは割と大型になってしまう、ということもあるのですが、逆に今回課題となっている、測量に使われる2級トータルステーション相当ということであれば、現在販売している機械であれば、ほとんど補正機能が入っております。過去に遡ってというのが難しいということと、トータルステーションにはいろいろな種類がありますよ。こういうことがありますので、「補正機能が付いているもの」という形でご提案しております。詳しくは各社のホームページに工業会規格、JSIMA規格ですね、こちらに則ったトータルステーションの一覧が表示されるようになっておりまして、その中に補正機能が搭載されているかどうか、個別のトータルステーションに関して、表が提供されておりますので、そちらのほうも参照いただければよろしいかと思います。

\*

**委員長** はい。ありがとうございます。よくわかりました。それでは今のご発言を踏まえて、“補正機能付きであれば1対回でいいよ”ということなのですが、ヒューマンエラーという観点から、どうだろうという意見もあるだろうと思って、意見をいただく場ということで、お聞きしたいと思うのですが、どなたか、ご意見を。では、〇〇委員、お願いいたします。

#### ●視準誤りと視準誤差

**委員** 測技協位置情報・応用計測部会の〇〇です。よろしくお願いいたします。この部分はちょっと前に議論があったかなと思いますが、そのとき出ていたのは、ちょっと記憶が違うとアレなのですが、まず、視準誤りというか、例えば路線的な網であった場合、視準そのものを誤る可能性があるということと、あと、通常に考えても視準誤差というか、視準そのものの誤差ですかね。ヒューマンエラーとして直接影響するのは、そのあたりかなと思うのですが、それが今現在2対回が1対回になることによって、どれだけ影響するかということもあるのですが、例えば視準誤りが1対回になることによって多くなるかと言ったら、ちょっとそこも疑問があるのですが、今、ここに挙がっているヒューマンエラーという意味では、今お話ししたようなことがあるのかなと思います。もう少しヒューマンエラーでお気づきの点があったら、ちょっと教えていただきたいと思うのですが。今、答えはないのですが、そんなコメントをさせていただきます。

**委員長** どうもありがとうございます。他にご意見がある方はいらっしゃいますか。

**事務局** ヒューマンエラーについて事務局で付け加えておりますので、その点についてこちらがイメージしているものを今回お話ししておきたいと思います。先ほどの資料にも「補正機能オン」と書いてあります。要は、補正機能をオンにしないと機器が作動しないということなので、そうしますと、私どもも測量成果検定をしていますが、現状では、機能をオンにしているかどうかは、確認のしようがないのですね。翻って、私が以前機器を使ったときに何かミスをしたことがないかという、胸を張って犯したことはありません、とは言えないので、人間ですのでやはりどこかでミスは犯すのではないかと考えております。そういう意味でヒューマンエラーということ資料に追記させていただいたということです。その中に当然、〇〇委員からのご指摘の通り、視準ですね。経験のある者、ない者、さまざまな方がお使いですので、その点も含んでいるということです。

**委員長** ありがとうございます。他にご意見がある方はいらっしゃいますか。では、どうぞ。

## ●使う側の安心

**委員** 全測連の〇〇です。使う側の立場として申しますと、1 対回になったからと言って、誤差が、ヒューマンエラーが増えるかどうか、というのは私もわかりません。ただ4級とか、低いものになると、視準場所がいっぱいあって、なかなかきちんと把握できない場合もあるのではないかと、それを防ぐのに、もちろん2 対回であっても防げない時もありますが、防げる可能性もある。あと、先ほど言っていました、ボタンを押すかどうか、わかりませんが、そういう機能の操作は最初の観測時だけしか行わないのが現状で、そのあとの観測は設定を変えずにそのまま1 日中測ってしまいますので、もし機能をオンにやってもわからないという、そういう恐さというのは付きまとうのではないかと。できればそういう人間のエラーを逆に観測で補えるような形になっていけばいいかな、というのがあります。以上です。

\*

**委員長** ありがとうございます。非常に貴重なご意見をいただいたと思います。他にいかがでしょうか。よろしいですかね。やっぱり、使っている人が安心できるというか、1 対回でいいと言われて、でも本当に大丈夫かなと思う。私もいろいろな経験があるのですが、例えばトンネルの工事とかだと、2 対回ではなくて、3 対回、4 対回やって、やっと安心するというか。使っている人が本当に安心できるという観点も必要ではないかと、と個人的には思っております。

それでは次に、三次元網平均に用います重量の課題についてご説明いただきましたが、この重量の課題についてご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。“短い距離と長い距離で変えていく”というようなご提案ですが、ないでしょうか。それではwebでご参加の方で、ご意見のある方はいらっしゃいますか。よろしいでしょうか。特に重量についてはご意見がないのですが、はい。では最後にもし時間がありましたら、またご意見をお伺いしたいと思います。

それでは続いて、二つ目の議題に移ります。〇〇委員から「2) 日本の測地測量の歴史」と題して資料の提出をいただきましたので、〇〇委員からご説明いただいた後、質疑を行いたいと思います。それでは〇〇委員、よろしくお願いいたします。

## 2) 日本の測地測量の歴史

**委員** 最初からちょっと、まだ心の準備ができていないのですが、では、お話しします。まず1 ページに、これは国土地理院の測量法に基づく測量士の試験問題でございます。今世紀に、21 世紀にわたって、3 回にわたって繰り返して出された内容でございます。これを見ると、「標準偏差以下となる確率が68%」なんて言い方をしたり、それから「最確値」という、今は使われていないような言葉が使われたりしています。これは19 世紀の非常に「測定回数が十分に大きいという正規分布が仮定された条件の下で成り立つ話」が、21 世紀の現在にわたっても、国土地理院の国家試験として採用されているところに問題があるということです。

具体的に、次、お願いします、これは系統誤差のことを先ほど書いてありましたが、「系統誤差はその原因が分かれば、測定作業を注意することによって補正を施すことができ、除去できる場合が多い」としています。20 世紀に入った統計学では、誤差の原因があっても「RMS 誤差」

という計算から、系統誤差を統計的に推定することが可能なのです。だから 19 世紀の統計学と、現在の統計学というのは、系統誤差に対する見方が違うのです。その計算例として、一等水準測量の系統誤差を、東北地方の 226 km にわたって計算したのですが、「RMS 誤差」というのが、これは国土地理院が言っている標準偏差というものなのですが、0.39 mm です。で、実際の標準偏差というのは、現在の統計学の教科書に出ている「標準偏差」というのは 0.36 です。で、「バイアス（系統誤差）」が 0.15 になるのです。このようにして系統誤差というものが、統計的に出てくるわけです。

このようにして、原因がわからなくても系統誤差というものが推定できる。その出た系統誤差が、なぜ系統誤差が生じたかということは、いろいろ推定があるのですが、一つは水準測量中の「標尺台の沈下」ということで推定できるわけです。これは国際的なボンフォードという測地学の教科書などを見ると、「これを除くには、標尺台を設置して、20 秒間観測を待ちましょう。で、沈下が止まった時点で観測しましょう」という対処方法が出ているわけですから、そういう対処方法をとれば、こういう問題は対処できるのではないかと。そんなことですが、ただこの RMS 誤差というものが、2008 年の 57 年ぶりに改正された、いわゆる準則の中で出てきた、取り扱われた統計量であって、あまり世の中には知られていないので、私がいろいろな人から質問を受けて、写真測量学会にテクニカルレポートとして書きました。ただ、まだ十分に理解されていないようで、例えば昨年秋の航法学会のある大学の研究発表の中で、標準偏差について bias removed RMSE と表示してあるのです。こういう表現はないのです。RMS 誤差と言えいいだけのことを、まだ大学を含めて、国土地理院のいろいろなところも含めて、この RMS 誤差というものが十分認識されていないということが、一つの問題であると思います。

では、なぜ写真測量学会に私が投稿したかと言うと、後でも申しますが、測地学会に馴染まないのですね、こういうのはね。意外と関心があるのです。写真測量学会は毎月、アクセスランキングというのがあるのですが、12 月のアクセスランキングで 5 位にランクされていました。高いときは 3 位ぐらいにランクされていることもあります。もちろん、ランクされないこともあるのですが。このように RMS 誤差というのは、そういう新しい統計量を使って、いろいろなことが可能になるということを申し上げたいと思いますが、国土地理院はそういうことは、あまり考えていないということ。次お願いします。

「偶然誤差」について、先ほどの試験問題に書いてありますが、「68%」というような言い方をしています。多角測量では、往復の距離観測は 2 回観測する場合があります。そのときの自由度というのは 1 なのです。自由度 1 の場合は、t 分布に属するわけで、68%ではなくて、平均値が標準偏差内に落ちる確率というのは、ここに書いてあるように 50%なのです。ですから、私たちが測量をやるのは、正規分布というよりは、むしろ t 分布が圧倒的に多いわけですが、観測値が少ない場合が圧倒的に多いわけですが、現在の準則というのは t 分布については一切導入されていない。19 世紀の非常に観測値が多いという正規分布を前提にして、いろいろなことが…。従って、最初に言いましたように、21 世紀の今日になっても、まだ 19 世紀の理論で対抗しているという……。第 1 回目のとき私は言いましたが、流通で言えば、馬車で物事を運んでいるような、そういう状況が測量業界の実態だということを、第 1 回の際に申し上げましたが、そのことを申し上げたい。次、お願いします。

それからこれは「平面の誤差」なのですが、私たちは昔は三角測量とか、そういう相対測位の場合、「誤差楕円」ということで、誤差の方向などを考えなければいけない。左の場合ですね。ところが現在の準則はそうではなくて、右（DRMS）に相当する統計量で評価している。CLAS などでは DRMS で評価しています。これは縦軸と横軸の相関関係がない、独立の場合でございます。CLAS の場合は、水平が 1.73。CLAS の場合は DRMS が 3.47 cm なのですが、準則の場合は 10 cm なのです。3 倍ぐらい。3 倍ということは精度で言うと 1 桁大きい、現在の準則は。そういうことが放置されているというのは、非常に問題だと思うのですが、別の言い方をすれば現在の CLAS を使った座標値で、十分に公共測量の位置を決定できるということを、逆に言えば言えると思うのです。次お願いします。

これは今日の一つの大きなテーマなんです、なぜそういう問題が起きてきたかということを経史的に見てみたいと思うのですが、読んでみますと、「測地事業がほとんど独力で軍事機関の手で遂行され、大学などの研究機関とはまったく切り離されて、もっぱら実用本位に技術が導入されたことは、他の自然科学の分野に認められない測地学の場合の特色であって、今日も、その功罪を含めて、日本の測地学を特徴づけている」（日本測地学会、測地学の概観、1974 年）。これが日本測地学会の、日本の測量に対する見方の公式見解であります。従って、第 1 回から言っているように、測地学会は測量というものをあまり学問として認めていない。そういう傾向がここでもって、公式見解として示されているというように、私は思います。

実際に測地学会が 1953 年に創立され、ホームページを見ると、ずっと学会誌の論文が出ています。1600 編ほどありますが、それを全部調べて見て、その題名から測量誤差と推定できる論文というのは 4% 弱、3.7%、60 編ぐらいなのです。この事実からも、測量とかについて、測地学会はあまり学問として認めていないことが、実績としてもあると思う。

それがどうしてかと言うと、最初に述べましたように、私の個人的なことを申し上げますと、昭和 30 年にこの業界に入ったのです、1955 年です。ここにいらっしゃる皆さんは、誰一人としてまだ生まれていない時期です。どういう経過で入ったかと申しますと、私の小中高の同級生の父親が満洲帰りの陸地測量部の兵隊さんだったのです。その方が地理調査所において、その関係で私は地理調査所に入ったわけですが、その養成機関に入って、そこの主任教官というのがインドネシア帰りの軍人さんだったのです。ですから、当時の測量の中枢というのは軍人さん、インドネシアだとか満洲帰りの軍人さんが中心になってやっていたわけです。このイラストにあるように、軍人さんでゲートルを巻いて作業をしたのです。ですからその人たちは「ゲートル組」と自称していたのです。

一方、戦後、東大の天文学とか地球物理学などを出た方が、この測地測量の中枢を担うようになったのですが、そういう人達は「学者組」と言われているわけです。長々となってしまいますが、ゲートル組という人達は、最初に測地学会が示すように、学問として測量を見るという、そういう立場に、そういう文化がないのです。ですから私なども思い出しますが、ちょっと学問的をやったとき、先輩から「お前、いつ学者になったんだ」などと嫌みを言われた。そのように自分で物事を考えたりすると、抑え付けられてしまうのです。ですから測量というものを、学問として考えて進めるといって、そういう文化がずっとないのです。特に準則というのは、そういうゲートル組と、その流れを汲む人達によって作られているわけです。



ですから、自分で物を考えるということではないから、どうするかと言うと、前例踏襲ということでやるわけです。前に言った通り、そのままずっと引き継いでやる。その典型例は 2002 年に新しい測量法が施行されたのですが、これは従来のジオイド位置から楕円体面の位置へ変わったわけです。ですから当然、GPS 観測方程式は従来のジオイドからの高さではなくて、楕円体高を計算式に入れなければいけなかったのですが、前例踏襲ですから、前にやってきたジオイドからの高さの計算式をそのまま引き継いできたのです。そのことが問題ではないか、ということを書いたら、2004 年頃ようやく国土地理院は「直します」ということを言ったのですが、地籍調査の場合は何回言ってもダメなんですね。ようやく 2014 年、施行されて 12 年後に改正されました。

こんなふうにして、測量というものは学問とは別の世界で来て、測地学会というのとは別な流れの中で来たのです。特に 1962 年地震予知研究計画というブループリントができたのです。そのときから、そのときを契機にして、測地学会の流れというのが地殻変動のほうに非常に多くの研究分野が移って行った。ですから現在の講演などを見ても、かなりの部分が地殻変動になっている。あまり測量ということが学問になっていない。それが言えます。次お願いします。

これは日本の測地学の実態なのですが、大学教育では、大学に測地学の講座というのはないのです。そのために先ほど言った、学者組という方々が欧米へ留学して、そういう知識に基づいて日本の測地学が……。ちょっと個人的なことを言うと、〇〇さんもアメリカに留学して、そういう知識が日本の測地学の基礎になっているわけですが、その程度なのです。私立大学では測地学の教科はございません。測量は〇〇先生のところとかですね。それから金沢大学だとか、いろいろな私立大学で測量の講座はあるのですが、測地学としてはない。建設大学校も大きな測量の機関ですが、これは明治 21 年にいわゆるゲートル組と言われる人たちの教育機関としてあって、現在もそれは続いております。その研修計画のカリキュラムを見ると、測地学という項目はないのです。

それからもう一つ、測量専門学校というの、測量法に定める測量の専門機関ですが、これは測地学という教育は行われていない。どちらかと言うと測量技能者教育ということですが、ここに図が出ていますが、多いときは 5000 人近くいたのですが、ある時期ガクッと生徒が減るわけです。なぜ減ったかと言うと、「3K=汚い・危険・きつい」というので生徒が減ったのですが、その後建設業が盛り返して増えたのですが、バブルの崩壊でずっと減って、現在は 500 人程度、一頃の 10 分の 1 程度に減ってしまっている。東京にも 3 校の専門学校があったのですが、今は 1 校しかないですね。中央工学校。その中央工学校も測量専門学校と並行して、動物のトリミングだとか、そういう学校を作っています。

もう一つの機関というの、日本測量協会というのがあるのですが、この月刊『測量』の新年号の清水先生の挨拶の中に、「当協会が日本学術会議から協力学術研究団体に指定された学会ともいえる」と書いてありまして、当研究会の活動を、清水先生は非常に高く評価しております。ですからこの研究会というの、そういう意味では非常に重要な役割を果たしているのではないかと、というのが私の見解でございます。

それから測量教育については、それぞれの学者先生方が個人として努力されてきております。それは文献としてここにありますが、日本測地学会も非常に精力的に三つの文献を出しておりま

す。その他にもいろいろ文献を出しているのですが、これは独習指定文献であって、組織として「これを勉強しろ」とするものではないわけですが、しかしこのようなそれぞれの研究者の努力によって教科書が出ているということは、一つの救いではないかと思います。日本の歴史についてちょっとかいつまんでお話しいたしました。どうも失礼いたしました。

\*

**委員長** はい。どうもありがとうございました。それではただ今のご説明に対して質問、ご意見がございましたら、お願いいたします。

### ●授業や学会などで伝えていきたい

**委員** ○○大学の○○ですが、よろしいですか。

**委員長** はい。どうぞ。

**委員** ご指摘、ありがとうございます。RMSのところはですね、ちょっと……。まず、私はGNSSのほうの教員をやっておるのですが、明らかに測地学とか、要は国土地理院様が普段扱っておられる内容を教えないと、GNSSの話が全然通じなくなるので、ここはすごく重要なのです。私もwebサイトとかいろいろなもので、測地学とかそういうところを見ておるのですが、RMSに関しては私も、今おっしゃった通りの理解をしていたので、恐らく問題ないと自分自身は思っておるのですが、この内容を授業や、その他学会等でも話をする機会があれば、継続してやっていきたいと思っています。質問というよりはコメントになりますが、以上です。

**委員長** どうもありがとうございます。○○さん、お話しになりますか？

### ●「偶然誤差の見直し」について

**委員** 測量協会の○○です。今の後半のお話がちょっと強烈だったのですが、研究会に関係するところとして、スライドの3番目の「偶然誤差の見直し」についてコメントをいたします。事前に資料をいただいていたので、参考資料1というものを、今日用意いたしました。これは今回初めてお見せするものではなくて、第5回の研究会で一度お示ししたものです。測距値の値の良否を判定するために、2回測ったり、4回測ったりして、その最大値、最小値の差を見るという方法を、許容範囲という形でとっております。が、その根拠になるものが準則には書いていなくて、一体何を根拠にしたらいいかというので、まず実験でどのくらいの範囲に入るかということをやってみました。これはこのスライドには載っていませんが、第5回研究会で示しております。

その理論的な根拠がないかということで、いろいろ探したところ、「シューハートの管理図係数」というものを見つけまして、これは工場などの工程管理で使われているもので、安定的に品質が維持されているか、というような観点で使われるものですが、これを援用しますと、実験的に求めた許容範囲というのが、このシューハートの管理図係数を使うと、比較的うまく当てはまると言うか、裏付けができたということで紹介しております。これはもともと測定値というのが無限にあったとして、その中からサンプルを2個、3個、4個、引っぱって来たときに、その最大最小差がどうなるかというのを理論的に計算したものなので、t分布とは違うのですが、少数の標本を取ったときに、どういう値が得られるかというのを使っております。

ということで、この研究会では正規分布の標準偏差だけを使うのではなくて、これも正規分布が基にはなっておりますが、そこから小標本を引っぱったときにどうなるか、というようなことを研究しております。まだこれで許容範囲を決めたというわけではないのですが、こういう考え方が適用できるだろうことで、過去にご提案しておりますので、そのリマインドと言いますか、ご紹介をさせていただきます。以上です。

＊

**委員長** ありがとうございます。他にもコメントのある方がいらっしゃると思うのですが、ちょっと時間の関係で次に進みます。議題「3) 空中写真測量の課題の抽出」について、〇〇委員からご説明をお願いいたします。

### 3) 空中写真測量の課題の抽出

**委員** 測技協空中計測マッピング部会の〇〇でございます。資料3で差し替えまして、恐縮でございます。こちらは「第3編 地形測量及び写真測量」の中で、測技協の空中計測マッピング部会および位置情報計測部会とともに、課題抽出をしております。測技協として合計82点ほど課題抽出をしているのですが、その後、研究会事務局とお話をいたしまして、研究会の今年度の注力するところは空中写真測量だろうということで、今日の参考資料3と呼ばれるものは、空中写真測量の中で33点の課題を抽出してございますので、それを一覧として表示しています。

この後、少しずつかいつまんでご説明しますが、一つ説明しておきますと、図の左上のほうに黄色の星マークが付いているものがあります。これは測技協の部会の中で、抽出された課題に対してそれぞれの委員が実際にその運用側面に対して意見があるという場合に、委員からさまざまな意見が出たというのに対して、★マークをつけております。ですので、理論的なところもそうですが、実際の運用時に、先ほどの2対回、1対回の話と同じで、非常に煩雑なのではないか、わかりにくいのではないかと、ということも踏まえております。そのようなところは研究会事務局の所見としては、現状と必要性を確認という形でコメントをいただいているものです。右側に△と○が書いてありますが、こちらは測技協サイドから提出した課題に対して、研究会の事務局としては恐らく優先順位付けということで、○が恐らく最も重要、△はそれに次いで重要という感じでチェックを入れていただいている、というところがございます。これ以外に令和4年度の公共測量に関する課題の調査検討委員会で審議されまして、今、パブリックコメント募集中なのですが、3月31日の準則改定という中に組み込まれている課題もございますので、そちらは研究会事務局の所見と呼ばれるところ、これは黄色で塗ってございますが、緑色系で塗って、それは研究会の審議からは外していくという感じで進めたいと思います。

まず1ページです。1番と2番、右のほうに「#101」「#102」と書かれているものに関しては、それぞれ作業のやり方が定まっていなくて、恐らく従事する測量技術者によってやり方が異なってくるだろうとか、ないしは理解が違っているのではないかと考えているところです。なので、こういうものに関してもシンプル化する、明瞭にするという意味では、“恐らく議論が必要だろう”という形で課題抽出をしております。

右上のプロサーチでいきますと、103番と104番も先ほどの2点と同じで、“明確な定義がない。明確な作業手法が記載されていない”という形で委員から意見があったものになっています。

研究会の事務局も「現状の必要性を確認」ということで同じような見解に立っていただいている、ということですが。

次は 105 番、106 番になります。こちらと同じように整理がされていない、手法が明確になっていないという印象で課題抽出しています。105 番に関しては、空中計測マッピング部会の委員から意見があったもので、106 番に関しては特段意見はなかったのですが、情報として第 256 条二というところで同じですので、恐らく同じ捉えでよろしいかと思えます。研究会事務局も同じように“整理したほうがよいか”ということで、「現状の確認をする」というコメントをいただいています。このような形で順次 33 番まで、30 分以内ぐらいでお話しいたします。少し長くなります。

次、107 番、108 番でございます。こちらでも検討事項、「現状と課題」と呼ばれるところが、一番シンプルに書いてございますが、「対空標識設置の必要性」、下側は「対空標識の偏心の方法」ということで、やはり明確に述べられていないところですか、最近では対空標識というものを設置する頻度と呼ばれるものが減ってきているというところもございまして、「どこまでこの準則の中に書かれているやり方で作業を行わなければいけないか」ということの指摘があったという形になるかと思えます。部会の個々の委員の発言の場では発言はなかったのですが、研究会事務局からは同じように作業手法の取り方、手順等ということで、「現状と必要性を確認」というコメントをいただいています。

その次、109 番、110 番あたりから少し研究会事務局のコメントが変わってくる場合がございます。109 番は研究会事務局からは「現状と必要性を確認」と書かれてございます。ですが、こちら測量作業機関といたしましては、GNSS/IMU と呼ばれるものの性能に関して、個々の機械、GNSS の機械精度と、IMU の機械精度はメーカーからスペックシートのような形で提供はされておりますが、あくまで“写真測量で利用するときには、GNSS/IMU とセットになったものとして、性能を見なければいけないのではないかと”ということになっていまして、こちらでも作業規定の準則よりは、解説そのものの中に対象とする IMU というものは書かれていて、その精度は書いてあるのですが、IMU の精度が非常によくても、衛星測位がよくなければ、よくない結果が出てくると思われるので、“このあたりも議論が必要なのではないかと”ということで、論点として「IMU 単体の性能ではないのだろう」という意見が出ています。

その下の 110 番、このあたりから少し議論しなければいけないような図に入ってくるかと思えます。撮影縮尺ですね。撮影縮尺という書き方をしていますが、デジタル空中写真ですと対応する地上画素寸法、地上解像度〇cm 的のところになります。こちらは地図情報レベル 500、1000、2500、5000 という中で、対応する地上画素寸法が決まっているところまではいいのですが、特定の条件を満たしたときに、撮影縮尺ないし地上画素寸法と呼ばれるものが緩和されてくるというような、測量作業機関を救うような規定になってはいるのですが、許容される理由の説明がどこにも書かれていないということです。例えば“なんで 80%まで縮尺は小さくなっていいのだろう”ですとか、地上画素寸法ですと“160%までなぜ認められるのだろう”というのがわからない、という状況になっています。デジタル空中写真測量は平成 20 年の準則全部改正の際に作業規定の準則に入ってきたところなので、その当時の技術の方々のご存じだったかもしれませんが、現行の現役の測量技術者の中では、ほとんど状況がわからないということになっています。

111 番、112 番。この中で初めて研究会事務局の所見として「○」と、「重要なのではないか」という項目が出てきます。デジタル航空カメラで撮影するときの地図情報レベルと地上解像度と呼ばれるものは、地上画素寸法とカメラの立体観測をしたときの基線長比を基に算出することにはなっているのですが、“非常に煩雑な数式で計算することになっていまして、これが非常にわかりにくいということが”委員から述べられています。事務局の所見でも「デジタルカメラの現状と地図情報レベルごとの地上画素寸法の整理」ということで、この後、事務局から資料4の中で、地上画素寸法というところに着目すれば、ひょっとすると突破口が見られるかも……という議論を進めていただくのだと思いますが、それが出てきたときは、理論としては  $B/H$  比、基線長比と呼ばれるものが重要になってくると思いますので、空中計測マッピング部会から、ちょっと課題提起的なことをする予定にさせていただきます。

112 番。こちらは「目的に応じた空中写真撮影手法の設定」ということで、準則の中では標準的に進行方向が 60%のエンドラップというか、準則の中ではオーバーラップですね。で、サイドラップが 30%ということになっておりますが、昨今さまざまな写真測量の成果の利用のされ方がございます。“一般的な地形図作成ですとか、簡易オルソを作るというものを超えた、厳密オルソ、トゥルーオルソと呼ばれるようなものですとか、3次元都市モデルを作成するというようになってきますと、オーバーラップとサイドラップは 30%、60%を非常に大きく超えて、かなり多くの写真で取り込まなければ、なかなかよいものできないということが、作業機関の中では言われ始めている”ということがございました。“このあたりもひょっとすると見直したほうがいいのではないか”という意見でございます。研究会の事務局としては「現状と必要性を確認」を書いていただいておりますが、例えば国土地理院においても、公共測量の実施状況の検索サイトの中で、2022年度から、三次元都市モデルと呼ばれる測量種別が選定されていますので、現状は既存の地形図を三次元に起こすという想定をされているかもしれませんが、“純然たる空中写真から三次元都市モデルを作るようなときですと、恐らく既存の準則とはまったく違う状況で作業しなければいけないであろう”ということがございますので、このへんは今後の技術の進展を踏まえますと、“議論になってくるのではないか”と考えております。

113 番、114 番。こちらは「空中写真の標定点測量の手法の明記」というところで、こちらもしっかりと明記されていないので、“恐らく作業機関ごとに取り組みが違うのではないか”ということをご指摘してございます。下が「撮影基準面標高の定義を変更すべきではないか」ということで、現状の撮影基準面は、例えば区域内の平均であったり、最低標高であったりという形で定義されております。こちらは作業機関としては従前のフィルム航空カメラで GNSS がまだ存在しなかった頃に、撮影縮尺というものの逸脱を防ぐために、より安全側に撮影基準面を設定していたと思いますが、今はその GNSS ですとか、撮影計画をするソフトも既存の地形の DEM データを利用して、非常に厳密に写真1枚ごとの解像度ですとかを、事前にシミュレーションすることもできてきている状況ですので、“こちらでも技術の進展に合わせた変更が必要なのではないか”ということをご指摘として提起してございまして、研究会の事務局からは「確かに当該地域の平均標高ですとか、その実運用状況というものは、確認したほうがよからう」というコメントをいただいております。

115 番、116 番。こちらは研究会事務局の所見ということでは、115 番に関しましては、3月

に改訂される予定の準則の中でフィルム航空カメラによる撮影というものは、除外される方向になりますので、課題抽出の時点では提出していますが、“恐らく研究会の中では議論する必要はなかろう”と。同じく 116 番に関しましても、最適軌跡解析に対して適用するアルゴリズムですね。従前は一定のアルゴリズムしか認められていなかった、というところですが、こちらも年度末に改正される予定の準則の中では解決されているところがございますので、こちらも“研究会の議論からは外してよかろう”と考えています。

117 番、118 番。解析手法というところで、116 番とほぼ同じようなことを述べていまして、こちら準則が許容する方向で動いていますので、“議論からは外せそう”です。その次、118 番も改正される準則からは、フィルムカメラによる撮影がなくなっているのですが、既存のフィルム資産を利用した公共測量は実施される可能性があるということで、準則としては残ると理解していますが。現在意見募集中の準則改定案でなくなっていますので、こちらはどのような形で整理していく、というところ。恐らく今の時点では、撮影のところはブツツとなくなっていて、後続のところだけが残っているという状況で、“現在の測量技術者であれば理解はできるのですが、将来的にわからなくなっていくのではないかと、という懸念がある”という指摘がございます。

119 番、120 番。119 番は、数値写真を統合した後に、現状、非圧縮、圧縮しない原画像データと呼ばれるものをお納めすることになっていまして、一方、デジタル航空カメラも非常に 1 枚の写真の画素数が大きくなっている。今、国内で最も運用されているカメラの中で画素数が大きいのは、4 億 5000 万画素ぐらいという状況です。デジタル航空カメラが国内にデビューしたときには 2 機種が存在していて、それぞれ 8500 万画素と、1 億 600 万画素という状況でしたが、4 倍以上になっているという状況で、例えば DVD にデータを保存しても、DVD 1 枚あたり写真 3 枚ないし 4 枚という状況で、デジタル資産を維持管理していく側面で、非常に障害を来しているところだということで、何とか“可逆圧縮方式で小さくできないか”と。可逆圧縮とは元の状態に戻せるというところがございます。この先、“非可逆圧縮でも例えば JPEG 画像のような形の、非可逆にしても写真測量の精度を落とさないようなものであれば、もっと画像は小さくなるのではないかと”という指摘もあります。このあたり今後は、“ファイルサイズの縮小の必要性が議論に乗っていいのではないかと”と考えています。こちらは現在、空中写真でございますが、三次元点群測量でも同じようにデータが爆発しているところがあって、データをいかに小さくするかが議論になりそうだ、ということと恐らく同じという理解です。

120 番。こちら緑色で書いていますが、コース別精度管理表の作り方ですね。例えばデジタル写真を撮影した瞬間のカメラの傾き角、3 軸傾き角を記載する項目があるのですが、それに関して何も言及されていないということで、少し指摘がございましたが、改正案の準則でこのあたり、基本測量同等になくなってきそうだということで、“こちらは議論から外してよろしいのではないかと”と考えています。すみません、15 分経ちました。もう少しですので、お付き合いください。

121 番、122 番。特に 121 番は、写真測量の非常に専門的な理論の話をしていただく……理解されているような方々が、それぞれの作業機関の中で不在であるということも踏まえてなのですが、同時調整と空中三角測量とは、現状ではほぼ同じ作業工程を指しているのではないかと。

うことで、“厳密に定義をするのか、ないしはどちらか、何らかの形で統一していくほうがよいのではないか”という指摘がありました。こちらも研究会事務局として「用語は整理をしたほうがよいだろう」というご判断だと思いますが、確認すべしという形の所見をいただいております。

122 番。こちらは「各撮影日のコース内の標定点設置」。一つの面的撮影を行ったときに、面に対しては面の四隅と中心点の 5 点の標定点の設置でよろしいとなっていますが、仮にその面的測量が 2 日間に分かれて行われたときは、1 日目と 2 日目の間に、かならず両方の写真が写っている標定点を設置せよ、ということが述べられています。GNSS の状況がまだ安定していなかった過去においては、これは GNSS 測位の結果の確認ということもあって有用だった可能性はあるのですが、現状、非常によくなってきているということ。もう一つは山間地を対象としたような撮影のときには、日をまたがった撮影の範囲同士でつなぎの場所を作ろうとしても、人が立ち入れない場所も出てきている、ということもございますので、そのような場合は事務局として「現状と必要性を確認」というコメントをいただいております。今では林野庁の国有林撮影、航空写真ではもはや行っていませんが、空中写真で実施していたときには、この課題はその現地の標定点班には非常に大きいのしかかっておりました。

123 番、124 番。こちらは「同時調整計算における写真座標の測定」で、「論点」のところで、これ「現状」ではないですね。従前ですと、パスポイント、タイポイントを手動でモデル間を移動しながら、測量技術者が配点していましたが、現行のソフトウェアでは、数百点、数千点以上のパスポイント、タイポイントを自動で配置することが可能な状態になっています。なので、もはや目視で行えるような状態にもなっていないと。こちらは「技術の進歩に合わせるような形で、精度管理の手法や確認の手法を変更する必要があるのではないか」ということが作業機関から述べられていまして、事務局からは「現状確認が重要ですね」というコメントが寄せられています。

124 番に関しましては、こちらで緑色でございます。改訂される準則の中で、フィルムカメラはもはや利用しないということで、“議論から外してよかろう”ということになります。

125 番、126 番。こちらは「調整計算の制限値について」ということで、標定点の残差基準が非常にわかりにくいところがございます。事務局からの所見も「水平位置及び標高の最大値が標準の地上画素寸法を基線高度比で割った数値を超えないとする根拠」と書いていただいておりますが、“理論的な点で押さえていって、緩和できる場所があるのかどうか”ということを議論すべきではないかと考えます。こちらで、調整計算も自動でかなり多数の写真に対して実施しているということで、このあたりも人間がかつては手作業で確認していたところの限界を超えつつある、ということもございます。

126 番もいっしょです。ちょっと見ているところが違うのですが、“基準がわからない”ということと、“制限値が緩和できるかできないか”ということで、同じような所見をいただいているかと思えます。こちらは“カメラと地図情報レベルの組み合わせにより、制限値の設定に矛盾が生じる可能性がある”ということでコメントをいただいております。

127 番、128 番でございます。左側に委員からコメントがあったということがありますが、「パスポイント、タイポイントの交会残差の妥当性」ということで、非常に画素が高精細になってきて、ドローン写真のように 1 cm、2 cm というわけではないのですが、割とそれに近づいてきている状況もございます。そのあたりで、現状の制限がどこまで使えるのかということ、やはり“

非常に細かく写っていくと、交会残差の制限値というのは厳しくなるのではないか”という意見が出ています。

128 番は、用語の使用に関しての質問でございます。同じ用語が違う条文で使われているので、「確認したい」という意見でございます。

129 番、130 番。こちらも実際の現地作業を行った人たちからのリクエストということで、研究会の事務局からは「現状と必要性を確認」という形で書かれています。「現地調査の内容をどこまで行うのか」ということ。もう一つは空中写真を使って整理するような所に関しても、例えば今は空中写真 1 枚 1 枚静止画でございますが、今後はドローン撮影などをするような意味合いで動画、ビデオ画像からオルソを作るようなこともできつつございますので、現地調査の整理方法として、どのような形で行っていけばいいのか、ということで「アップデートし得るのではないか」という意見が出ております。

最後のページです。131 番、132 番。こちらも「現地調査の生産性向上」、これは現地調査を二重に書いています、ごめんなさい、と「地形補備測定の種類について」ということです。こちらも従前の現地調査に対して、131 番のほうで書いてありますが、新技術ですね、“LidarSLAM ですとか、位置情報を付けられるような映像、つまり SfM 的なものを使って現地調査を効率化できるのではないか”という指摘が出ています。現状、作業規程の準則に定められる手法で行うということになっておりますので、“そこをどのような形かで近代化、現状に合わせていくことが可能なのではないか”と述べています。

132 番も同じです。「現状と課題」というところの赤文字で書かれているところ、“第 322 条で定められた手法しか用いることができない”ということで「新手法を採用できるようにしてほしい」ということでございます。

133 番。また漢字を間違っております。「出力図の必要性について」ということで、一つの業務あたりの範囲が非常に拡大していたり、同じ範囲であっても解像度、地上画素寸法が非常に細かくなっているということで、図面出力をするときの枚数が非常に多くなっている、ということがございますので、こちらは資源の有効活用の点からの話でもあると思いますが、“紙による出力図は必要なのか”ということが部会の委員から、作業機関から出ているということです。一応 33 点の課題抽出をいたしました。まずは測技協からの説明は以上でございます。

＊

**委員長** 大変ていねいなご説明を、ありがとうございました。それでは何か質問、コメントがありましたら、お願いいたします。それでは〇〇委員、お願いいたします。

### ●空中写真測定の基準点／縮尺／標定点の精度

**委員** 測量法の根本なのですが、平成元年 10 月に国土地理院の指導課長が交代になったときに測技協に来て、意見交換会というのがあったのです。これは〇〇さんも覚えているかと思います。そのときに私は申し上げたのですが、測量法の第 1 条の目的というのは、効率的に仕事をするために重複を避けるというのです。この準則は、基準点測定の高さの精度というのは 20 cm なのです。ところが空中写真は精度が 10 cm なのです。ですから、せっかく公共測量で基準点測定の配置しても、もう一度空中写真を撮るときは、高さの測定のやらなければいけない。これは測量法



の精神の第1条の目的に反するのではないかと。ということで、指導課長に申し上げたのですが、付き添いで来た補佐の方が「検討してみる」ということだけで、それからもう4、5年経ちますが、全然そういう話はありません。そのときに測技協の空中写真測量関係者の方にも聞いたのですが、ほとんど私が言っていることなんか相手にされなくて、何の回答もありませんでした。

では、どうしたら解決したらいいか、というのは今日の話なのですが、2002年度に測量法が改正されたときに、ジェノバさんはネットワーク型RTKを配信しているんですね。この実用化にあたって、2004年に印旛沼で大々的な実験が行われたのですが、それは応用測量にどう適用するかということであって、写真測量の基準点にどう適用するかという、そういう実験はなかったのです。その実験成果を見ると、十分に写真測量の基準点として使える。つまり高さの精度は10cm以内だし、水平の精度もかなりいいわけですから、十分使えるわけですから、今からでも遅くないので、そういう実証実験をやって、空中写真測量の基準点として、ネットワーク型RTKでもよいのではないかと、ということをやってもよろしいのではないかと思います。それが第1点です。

**委員長** ちょっと時間もあるので、コンパクトにお願いいたします。

**委員** それからもう一つは、縮尺そのものは平板測量時代のものなので、そういう概念というのは必要ないのではないかと、ということが第2点です。

最後に標定点の精度はどうするか、という問題ですが、これは測地学のほうでは残差の検定という手法を取るのですが、写真測量のほうで聞いてみたのですが、残差の統計的検定というのはやっていないのですが、そういうことを検討されたらいいかかと思えます。以上です。

\*

**委員長** ありがとうございます。他にコメントがある方はいらっしゃいますか。あるいは質問。webのほうはいかがでしょう。

### ●111番、125番の計算式

**委員** よろしいでしょうか。

**委員長** ○○先生、お願いいたします。

**委員** どうもご説明ありがとうございました。私からは、算出方法が難しい、煩雑とかわかりにくい、という表現のところは2箇所あったのですが、まず111番のところは。地上画素寸法の算出が煩雑ということなんですが、実際に式を見ると、すごく難しいというわけではなくて、図というか、イメージがあれば、簡単に算出できるのではないかな、と思えるような式だなと感じているのです。

あともう一つは125番ですね。標定点の残差基準で、標定点の残差の算出がわかりにくいというところ。これもそこまで難しくはないのではないかと、思いましたので、そういうところは表現だけのような気がしましたので、ちょっと工夫が必要かなと感じました。私からは以上です。

\*

**委員長** どうもありがとうございます。他にはいかがでしょう。33項目、いっぺんにご説明いただいたので、私も頭の中が混乱しているのですが、また時間をかけてゆっくりご検討いただければいいかな、と思えます。

それでは続けて「4) 空中写真測量の課題の検討の進め方」について、〇〇委員からご説明をお願いいたします。

#### 4) 空中写真測量の課題の検討の進め方

**委員** はい、〇〇です。では、ご説明いたします。今、〇〇委員からいろいろご説明がありました。こういった課題、どこを取っかかりにしようかということで、今回大きく2点を課題として提案いたします。他の課題は、多分この課題を解決しないと、基準が定まらないのではないかと。そういう考えで選んでおります。

スライドの3です。まず一つ目の課題として、これは〇〇委員の資料にもあったのですが、フィルム写真というのが、今回改正予定の準則で除外された。これはいいのですが、品質の基準については今の準則から変わっていない。この品質の基準というのが、地図情報レベルと地上画素寸法の対比になっているのです。式としてそんなに難しいわけではないのですが、根拠がよくわからない式になっている、ということと、幅があり過ぎて基準としてはいかなものか、と考えたわけです。

スライドの4です。デジタル航空カメラというのは、今、B/H比を基に地上画素寸法を計算するという基準になっていますが、このデジタル航空カメラのB/H比というのは機種によってずいぶん変わります。しかもこれはBの部分、つまりオーバーラップ部分を60%に固定した場合のBですので、オーバーラップを増やすともっと小さくなっていくということです。DMCⅢのB/H比は、オーバーラップ60%というのが前提ですが、0.25。大きいところではUCFpのB/H比が0.39。この大きいものと、小さいものを準則の表にある——これもまた幅のあるものですが——大きいところと、小さいところを入れますと、最大最小で倍ぐらい違ってくる。例えば「2500」で見ますと、地上画素寸法——GSDとここでは省略していますが——GSDが「15 cm～29.3 cm」、2倍の違いがある。これだと何のための基準がよくわからない。これは発注者様のところへ行くと、2500の地図情報レベルですよと言っても、15 cmであったり30 cmであったり、まったく品質が違うものが同一のものとして提供されることになる。

ですから、この幅が広すぎる。なおかつカメラによっても違う。オーバーラップ率を変えらるともっと変わってくる。こういった曖昧な規定を、品質の基準というものを、まずしっかり定めないと、その後の標定点の精度をどうするかとか、そういったところにつながってこないのではないかと。ということで、一つ目の課題として提起いたします。

二つ目の課題なのですが、「地図情報レベルと地図の位置座標精度の対応」が非常にオールドファッションと言いますか、古いのではないかと、という提案です。スライド6をご覧ください。これが現在の準則の規定になっております。例えば「地図情報レベル2500」を見ますと、「水平位置の標準偏差が1.75m以内」となっております。これは次のページにアメリカの基準を載せましたが、ASPRSというのは、アメリカの写真測量学会ですが、そこで2014年に出した標準の中から、表の一部を切り取ってまいりました。この表の右下に「1:2,535」という縮尺がございます。約2500分の1ですが、この基準というのが、上のほうにありますように、「Equivalent to map scale in NMAP」とあります。このNMAPというのは、表の下に書きましたけれど、1947年のアメリカの精度基準でございます。2500の一番下の行をたどっていき

ますと、「ASPRS の 2014 年の基準」では「RMSE で 141 cm」。ですから日本の 1.75m にほぼ相当する。つまり、現在の準則の品質規定というのは、1947 年のアメリカのものほとんど変わっていない、ということがわかります。もう少し新しいところはどうか、と言いますと、この表の下から 3 行目にあります、「ASPRS 1990 Class 1」というところを見ますと、「1 : 2400」というのがございます。これを左にたどっていきますと、「RMSE で 84.9 cm」。ですから今、アメリカの基準では縮尺 2500 分の 1 と言えば、水平位置精度は 85 cm という認識になっています。次のスライドをお願いします。

準則に示された 2500 の水平位置精度 1.75m というのは、国内ではあまり問題になっていませんが、ODA で被援助国へ行きますと、「2500 で 1.75m」と言うと、精度が悪いと言われる。これは経験された測量会社の方、技術者も多いと思うのですが、私もじかにそういった話を聞きました。では実際に地図情報レベル 2500 の地図というのが、そんなに精度が悪いと途上国から言われるようなものなのか、というのを調べたことがありました。

ちょっと古いのですが、これは私が国土地理院に在籍していた 2014 年に発表したものです。基盤地図情報に用いられた地図情報レベル 2500 の都市計画基図を検証しました。これは地図上の座標と現地の座標を比較して、RMSE を調べたものです。結果だけ申し上げますと、0.8m より小さいという結果が出ております。これは ASPRS 標準で 0.85m と言っているものと、ほぼ同等であって、技術的にはもうすでに日本で達成できている。ところが規定のほうは 1.75m で、それに基づいた精度管理になっているために、公称精度としては 1.75m と言わざるを得ない。これを解消していかなければいけないだろう。まとめますと、地図情報レベルと位置座標精度の対応関係を、今の技術に見合ったものに変え、それに見合った品質管理をしていかなければいけない、ということでございます。

最後のスライドですが、「デジタル空中写真に適した曖昧さを排した品質基準」をつくること。それから「現在の技術レベルに見合う、地図情報レベルと位置座標精度の対応関係」をきちんと付けること。「これを行うための品質管理の方法」をきちんと定める。その上で、「測技協から提案のあった、規定について、細かなところまで含めて、規定の改正」を検討していく必要があるだろう、と思っています。そうしますと、課題の数が非常に多いということもありますので、この委員会の席で何度も議論しにくいと思います。「ワーキングを設置」して、そこで細かなところまで含めて議論をして進めていきたいと考えております。なお、「地形測量のうち現地測量の範囲は、技術的な類似性から基準点 WG で検討」したほうがいいのではないかと考えておりました。基準点 WG も引き続き継続して、これも検討の範囲に入れてやっていきたいと考えております。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した。空中写真測量の課題を検討するに当たって、その方向性ということで、非常に重要な点をご説明いただいたかと思えます。皆様から質問やコメントがございましたら、ぜひお願いいたします。

### ●尺度を統一すべき

**委員** ちょっと質問なのですが。

**委員長** はい。では〇〇委員、どうぞ。

**委員** お示しいただいた 7 頁と 8 頁なのですが、7 頁では尺度として RMSE というのが使われているのですよね、ここではね。アメリカの文献などを見ると、だいたい尺度として RMSE というのが使われているのですが、次の頁、日本の場合ですね。水平位置の標準偏差を使っているのです。RMS を使っているので、1.75 というふうに使っている。で、日本でも文献によっては標準偏差ではなくて、正確度 RMSE を使っている。2 通りを使っているのです、日本の場合。ごっちゃにしているのです。ですから、このへんのところは、アメリカのように統一するか、日本の場合でもどちらかに統一するようなことを考えたほうがいいのではないか、と思うのです。以上です。

**委員** ご指摘、ありがとうございます。用語としての混乱と、実際に計算するときのもの、それから用語の定義にも関わってくるのですが、ここで言う RMSE というのは地上で実測した、より真値に近いと考えられるものと地図上の座標という、そういう定義です。そういった、定義と実際の観測をどう結び付けるか、そのへんを曖昧にせずしっかり進めていきたいと思っています。ちなみに、ここにあるグラフはネットワーク型 RTK 単点観測によって得られた座標値と地図上の座標のズレという意味で、RMSE の概念に近いものですが、これを発表したときは CSE という形で示しております。なお確率で言うと、 $1\sigma$  ですから 39% であり、68% ではございません。アメリカの RMSE のほうも同じ尺度で示してあります。以上です。

**委員長** どうもありがとうございます。よろしいですか。

**委員** もうちょっと言いますとですね、私、国土地理院にも言ったのですが、標準偏差と RMSE の式をごっちゃにして使って、誤って使っているのです。国土地理院に申し上げて「それは直したほうがいいのではないかと」言ったら「直します」と言っているのですが、最近見て、直していないのですよ。だから地理院の人達は本気で考えているのかどうか、ということ、今日ここに国土地理院の人が参加しているのだったら、それをもうちょっと真剣にね、国家機関として国民の税金で食っているのですからね、もっとちゃんと考えてほしいと思います。非常に怒りを覚えますね、そういう点。何回言っても直さない。どうかしている。

\*

**委員長** それでは他にいかがでしょうか。web の方、いかがですか。では、ないようですので、次の議題に—最後の議題ですね—いきたいと思えます。「5) 令和 5 年度の体制及び研究会開催予定」について、事務局から説明をお願いいたします。

## 5) 令和 5 年度の体制及び研究会開催予定

**事務局** では事務局から、研究会の体制について説明いたします。検討体制でございますが、参考資料 1 に添付しております。来年度もこの体制で実施させていただこうと思っております。ただ今、〇〇委員から説明がございました通り、写真測量 WG、これは仮称でございますが、を設置しまして、詳細な議論につきましては、そちらで議論していきたいと考えております。あと、基準点 WG の検討事項としましては、先ほど説明がございましたが、現地測量を取り扱う、ということ。

最後のところでございますが、研究会の資料につきましては、基本的に議事録を含めて公開と

ということで、WGにつきましては、活発な議論をしていただくということもあって、資料、議事録については公開しないとしてきました。実は外部から研究会の資料をご覧いただいているようでして、その意見の中に「WGの資料も公開していただけないか」といただいております。WG資料の公開については、作成者の了解が得られた資料のみを公開させていただこうと考えております。了解が得られなければ公開はしないと考えております。ただ議事録は公開いたしません。資料のみということでございます。

開催の計画です。23年度は基準点WG、写真測量WG、仮称でございますが、を開催し、研究会を開催していく、という流れを考えています。研究会は3回、各WG3回開催するというところで、実施していきたいと考えております。写真測量WGのところ、第2回WGと書いていますが、できれば今年度中に写真測量WGは1回開催しようと思っておりますので、来年度は第2回からとなっている、ということです。以上でございます。

**委員長** ありがとうございます。それではただ今のご説明に対して、ご質問あるいはご意見がありますでしょうか。よろしいでしょうか。はい、どうぞ。

**事務局** 事務局から1点だけ。写真測量WGへの参加でございますが、基本的にここの委員の皆様から、希望される方にご参加をいただくことを考えております。それを想定して、測技協には委員を選出していただき、今回新たに参加いただいておりますので、皆さんにはご参加いただけるものと、期待をしています。その他の委員の方で参加したいということであれば、ご参加ください。

\*

**委員長** はい。追加のご説明をいただきました。それでは他になれば、全体を通してご意見はございませんでしょうか。では〇〇委員、お願いいたします。

## ●議題2) へのコメント

**〇〇委員** ちょっと時間があるようですので、遑って〇〇委員のご発表について、一言コメントしたいと思います。国土地理院の測地学の研究だとか、あるいは測地学会の内容が地殻変動に偏重しているというのは、私もずっとそういう感触を持っておりまして、実際統計的にもその通り、論文の統計数を見てもその通りなのだろうと思うのです。が、地理院の中にも宇宙測地研究室というのもあって、新たに事務局に入っていた〇〇さんはそこでジオイドの研究などもされてきました。あと最近ではGGOSというGlobal Geodetic Observing Systemという国際的な組織があって、そのGGOS Japanという組織が測地学会の中に設けられています。その中で、個人名を出しますけれど、国土地理院の〇〇さんがGGOS国際会議のほうの議長もされているということで、地殻変動ではない測地学の中心と言いますか、その部分でもがんばっている方がいらっしゃると思いますので、ちょっと皆様にご紹介したかったので、コメントさせていただきます。以上です。

\*

**委員長** ありがとうございます。

**委員** 〇〇さん、何かありますか、補足で。

**委員長** ぜひお願いいたします。

**事務局** 地殻変動というのは、災害に関連するというので、指定行政機関（災害対策基本法）となった国土地理院のほうで、そちらも重要な課題として研究発表等をされていることは事実であって、実際そういう対応になっていると思います。一方、国土地理院は現在、国家座標といった概念で座標管理にも積極的に取り組んでいると思うのです。そうした中で世界測地系を導入する、それを維持する、それに関する研究発表等もされています。また、その中には、高さについては物理的に定めるという標高基準系みたいなものがあるわけですので、それにつきまして、ジオイドであるとか、水準による標高につきましても基準となる考え方を、物理モデルではない近似の正規重力モデルを使った、従来用いてきた体系から、実際の重力場を反映したような標高の決定にするという基準座標系を導入したり、その研究発表をしたりということも含まれています。それから、今でも GEONET の連続観測を用いまして、その基準座標の時間的推移について研究発表等も報告されていたりしています。このように、座標、位置基準系の観点の研究というのは、従来から積極的にされている、ということもあります。その過程で、それぞれの活動については測地学会のほうでも重要な課題として発表され、坪井賞（学会賞団体賞）の対象にもなったりしているということがございますので、そういう部分も取り組んでいる要素があるということだけは、誤解のないように伝えておければと思います。以上でございます。

**委員長** ありがとうございます。

**委員** 一言だけ。今、〇〇さんがおっしゃった重力場で新しい水準測量とは別に、GNSS で高さを求めるという、これからの世界の測地学の重要な課題として、私どもも重要だと思っています。で、非常に重要だと思って、私と〇〇で当社のホームページにその重要性を訴えております。

それから地殻変動については、測量法の主な目的というのは地殻変動ではないのですよね。公共測量の章が全体の 8 分の 1 ぐらいを占めているのです。ですから測量法に基づく、測量法を所管する国土地理院としてはですね、もちろん地殻変動というのは国民の生命に関する重要な問題ですけれど、測量法というものを同時に重要視することを考えていただきたい。というのが私のかねてからの意見でございます。以上です。

\*

**委員長** はい。どうもありがとうございました。web の方、何かご意見がございますか。はい。

### ●来年度のスケジュールについて

**委員** すみません。今のお話と特に関連していませんが、スケジュールの件で一つだけ申し訳ないです。当初スケジュールと大きく、当初というのは去年ですかね、スケジュールが大きく変わっているかと思うのですが、それだけ内容が濃い状況だとは理解しているのですが、そんな中で大変恐縮なのですが、次年度また 3 月まで第 10 回研究会とか記載されていますが、ある程度大きな目標と言いますか、どうなのでしょう。次年度でどのあたりまで、とかですね。そういった、このあたりまでにここ、というような目標があればお聞かせ願いたいのですが、お願いいたします。

**事務局** はい。来年度、どこを目標にするか、というご質問かと思います。ご承知の通り、基準点測量について、仮に来年度 WG を開くと通算 3 年行うこととなります。次に水準測量も控えております。あと基準点のところ、細かい大事なところなのですが、重量のところをどうするか、

ということがなかなか見出せないという状況にございますが、来年度ここを一定の目処を付けて、基準点、いわゆる基準点ですね、のところは、可能であれば終わりにしたいと思っておりますが、なかなか思うように進まないということがございますので、ここはWGの中でどれだけ議論していくか、ということがポイントとは思っております。

写真測量につきましても、これからということなのでちょっと1年では難しいと思っております。どういうふうに議論していくか、ということから始まりますので、来年度どこまで進むかはまだ見えない、という状況でございます。それを受けて次にどのようにやっていくかが見えてくるかなと思っておりますが、今のご質問の点でいきますと、そこについては今のところまだ、明確なところが見えていない、という状況でございます。

**委員** はい、ありがとうございます。

\*

**委員長** よろしいでしょうか。それでは時間が来ましたので、ここまでにしたいと思っております。今日、特に写真測量の進め方について、基本的な方針をご議論いただきました。それに基づいて進めていただければいいかなと思っております。今日は、活発なご議論をいただきまして、ありがとうございました。それでは議事進行を事務局にお返しします。

### 3. その他・閉会

**事務局** はい。委員長、長時間の議事進行をありがとうございます。予定通り終わりそうでございます。それで事務局から何点か、ご説明させていただきます。1点目は「その他」のところでございます。お手許に参考資料3ということで、配布させていただいておりますが、FIG Working Week 会合における発表ということですが、これについて当協会の〇〇が、題名は「公共測量作業規程準則の近代化に関する研究」、ここでの議論でございますが、こう題しましてFIGに申請をしています。受理されるかどうかは、まだわかりませんが、こういう動きをしていることをご承知いただければと思います。

それと事務的な連絡2点でございます。一つが先ほど申し上げました、WGを設置いたします。写真測量WGのほうでございますが、参加を希望される委員の方がいらっしゃいましたら、事務局まで連絡をいただければと思います。先ほど申し上げましたように、年度内に1回開催をしたいと考えておりますので、できるだけ早くご連絡いただければと思います。

それともう1点でございますが、研究会はこの第7回をもって、本年度は終了ということでございます。次の年度につきまして、3月頃から委員委嘱の手続きを行うこととしておりますので、各団体にまた連絡をさせていただきます。その点のご協力をお願いしたいと考えております。今の点で何かご質問があれば、お受けしたいと思っておりますが、いかがでございましょうか。

#### ●FIG Working Week の資料

**委員** このFIGのWorking Weekで、この資料は非常に、今ここで議論している、まさに日本の測量のコミュニティがどういう問題意識をもって、今議論しているかということの世界の場で発表されるということで、非常にこれは意義があると思います。これは、〇〇、この予稿案の原

文は英語で書かれた？

**委員** はい。〇〇です。原文は英語です。

**委員** もしよろしければ、原語のバージョンも拝見したいなど。関心がございますので、ぜひよろしくお願いいたします。実際これは、将来的に日本の測量のコミュニティの世界に対するアピールという意味でも、例えば海外で協力したりするときも、「日本ではこういう問題意識をもって議論した結果、こういうものができたんだ」と説明するときに、非常にいいドキュメントになると思います。こういうものは形式的なものというわけではなくて、実績になると思うので、非常に大切だと思う、ということの一つコメントしたいと思って、あえて発言いたしました。ありがとうございます。

**〇〇委員** ありがとうございます。では、この研究会のメンバーには原文を、後ほどメールで送付いたします。FIGをご存じない方もいらっしゃるかもしれないので、簡単にご紹介いたします。FIGというのは、アカデミックな学会というよりは、測量の実務者——もちろん大学の研究者も入っているのですが——が多く発表される場で、測量の実務の場でのいろいろな問題が扱われます。ここで言う測量というのは、実は日本で言う測量よりも幅が広くて、土地家屋調査士さんのような方もいらっしゃる、不動産鑑定のような方もいらっしゃる、都市計画の方も入っていらっしゃるし、いろいろ経済的な問題を議論される方もいる、さらには測量実務者の倫理問題だとか、そういったところまでいろいろ議論される、非常に幅の広い会合でございます。そこで、現時点では発表ができるかどうかはわからないのですが、発表することによって、よその国がこういう問題をどう扱っているかという情報を集められればいいな、というのがここに投稿した一つの目的でございます。以上です。

(＊原語版(英語版)については、委員に提供済み)

**事務局** 他にご質問、ございますか。時間が過ぎているようでございますので、もしご質問等があれば、また事務局にお問い合わせいただければと思います。

これで第7回研究会を閉会させていただきます。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した。引き続きご協力をお願いします。本日はありがとうございました。