

19世紀の記述統計学から0世紀の推測統計学 への移行のために

2023年1月30日：測技協 位置情報応用計測部会 中根

測量士試験問題に見る19世紀の統計学教育

2002（平成14）年、測量士午前No.2問B：（ ）に挿入する問題。
同種の出題は、2006（平成18）年測量士午前NO.2問A及び2007
（平成19）年測量士午前NO.2問Aと今世紀3回繰り返されている。

一般に測量値は測るたびに異なる。これは測定の誤差に起因するものである。誤差には、測量機器が正しく機能していない場合や測定者に固有の癖がある場合に一定の傾向で生じる（系統誤差）と、測定者が注意しても避けることができず、補正することができない（偶然誤差）がある。こうした誤差の影響を取り除き、最も信頼できる値として（最確値）を求めるための手法を取り扱うのが誤差論である。（系統誤差）は、その原因が分かれば、測定作業を注意深く行い適切な補正を施すことで除去できる場合が多い。（偶然誤差）は、通常、平均値が0の（正規分布）に従うものとして取り扱われる。このとき、（偶然誤差）の絶対値が標準偏差以下となる確率は（約68%）である。

この内容は、“測定回数が十分に多い”という正規分布が仮定された条件の基で成り立つ19世紀の誤差論であって、21世紀の今日には全くふさわしくない内容である。以下、具体的に考察する。

1

系統誤差の見直し

「系統誤差は、その原因が分かれば、測定作業を注意深く行い適切な補正を施すことで除去できる場合が多い。」としている。20世紀の統計学では、誤差原因が不明であっても「RMS誤差」の計算から、系統誤差を統計的に推定することが可能である。

$$\text{RMS誤差} = \sqrt{\sigma^2 + \beta^2} \quad \sigma : \text{標準偏差、} \beta : \text{系統誤差} \quad (\text{Mikhail, 1973})$$

計算例：一等水準測量の系統誤差の推定

国土地理院が、2016年度に実施した東北地方の一等水準測量における宮城県から青森県までの226km（146鎖部）の一等水準測量結果から、
 $\text{RMSE}(\text{RMS誤差}) = 0.39 \text{ mm/km}$ 準則：標準偏差と表示
 $\text{RMS}(\text{標準偏差}\sigma) = 0.36 \text{ mm/km}$ 航法学会：bias removed RMSEと表示
 $\text{Bias}(\text{系統誤差}\epsilon) = +0.15 \text{ mm/km}$ 標尺台の沈下も推定できる。

◆正確度：2008年準則改正時導入尺度⇒正確度と精度の考察（中根，2011）
 関心が高い課題である！があまり正確に理解されていない！特に測地測量関係
 ◆写真測量とリモートセンシング：12月間アクセスランキング5位、関心高い

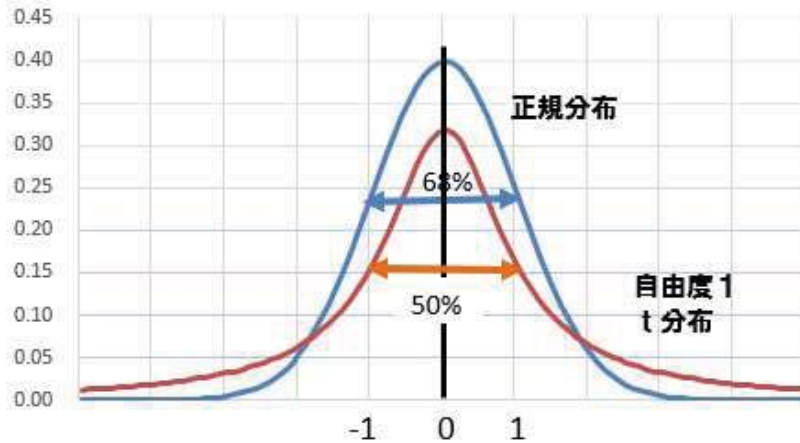
2

偶然誤差の見直し

19世紀の大標本正規分布から20世紀の小標本 t 分布へ

測量士試験問題は、観測値が多い正規分布を前提にしている。公共測量の作業規程準則第37条距離測定は、正反2回の測定を行う場合がある。この場合、**自由度=1のt分布に従うことになり**、距離測定の平均値が標準偏差内に落ちる確率は**50%**である。現実の測量成果は、小標本であるから、**t分布による評価を行う必要があるが、**、準則はt分布を考えない。常に大標本の正規分布である。

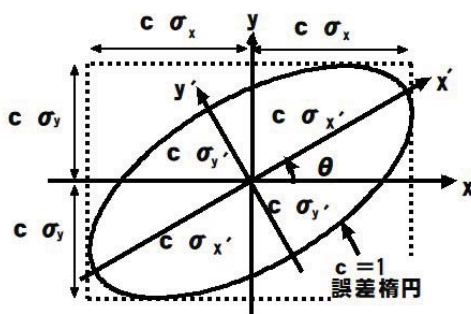
正規分布と自由度1のt分布



Excelによる計算

2次元（平面）の誤差評価 相対測位（誤差楕円）と単独測位（DRMS）

東西・南北の誤差の相間(σ_{xy})ある

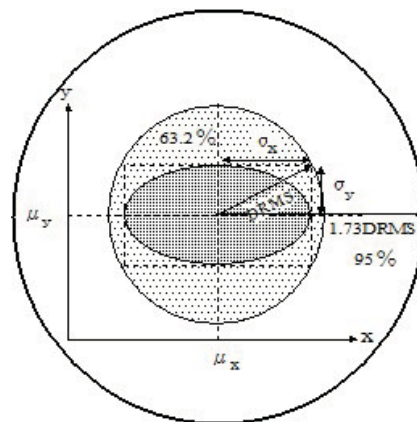


$$\text{分散 } \Sigma_{xy} = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{bmatrix}$$

誤差楕円

1 $\sigma \Rightarrow 39.3\%$ 2.447 $\sigma \Rightarrow 95\%$

東西・南北の誤差は独立($\sigma_{xy}=0$)
DRMS: Distance Root Mean Square



DRMS内に落ちる確率は、**63.2%**。
95%値は、1.73 DRMSである。

位置のDRMSによる評価

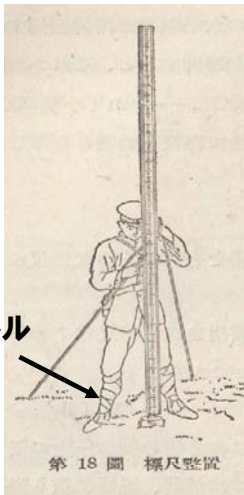
CLAS: 3.47cm、6.0cm(95%)
準則 : 10.00cm、17.3cm(95%)

↑
相対測位は、誤差楕円評価が筋。

測地測量の歴史的背景の考察

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)
日本測地学会が、「測量」を学問として認知しない傾向にあるその原点と言える。

日本測地学会は、1953年に創立され、現在まで約1600編の論文等が学会誌に掲載されてきている。その題名から、測量誤差論と推測できる論文は、4%弱である。



ゲートル

陸地測量学より

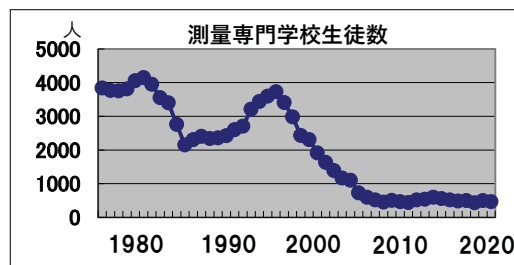
軍隊による測地測量は、両足にゲートルを巻いた服装で作業が進められた(左図参照)。こうしたことから、陸地測量部の流れを汲む測量技術者は“ゲートル組”と呼ばれていた。

準則は、ゲートル組の仕事とされ、明治以来150年の学問的考察が希薄の因習下で、前例踏襲の積み重ねでつくられてきた(典型:地籍調査、2002年測量法改正のGPS観測方程式は2014年度に改正)。

一方、戦後は、主として天文学・地球物理学の国立大学出身者による“学者組”の学閥支配が強化された。身分差別発言をした測地部長へのゲートル組の反乱(1960年春)が起こり、その部長は引責辞職した(地理労組、20年の道)。1962年地震予知研究計画(ブループリント)がつくられて以降、地殻変動が国土地理院の測地学の中心課題となって、現在に至っている。

日本の測地学教育の実態

1. 大学教育：欧米諸国と異なり、日本では、大学に測地学講座がない。その基礎は、欧米への留学又は研究者の独学に基づいている。私大測量教育の役割。
2. 建設大学校教育（明治21年度からの継続）：現行普通科（351日間）に「地球物理学」はあるが、「測地学」はない（令和4年度研修計画）。
3. 測量専門学校：測量法第50条に定める「測量に関する専門の養成施設」、測量技能者教育、高度な測地学教育は行われていない。



(一財)日本測量専門教育センター 資料

4. 日本測量協会：月刊測量清水会長の新年の挨拶に「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。」とあり、ここをよりどころに当研究会による測地測量の学問的視点からの近代化が進められることを期待できる。

和文による代表的独習文献

- ・大前憲三郎，熱海景良，鈴木猶吉，園部節（昭和7年）：陸地測量学，岩波書店，811頁
- ・坪川・大森又吉（昭和44年）：測地学序説，441頁
- ・日本測地学会（1974）：測地学の概観，山海堂，511頁
- ・日本測地学会（1994）：現代測地学，文献社，611頁
- ・日本測地学会：Webtext，測地学テキスト，
- ・小牧和雄（平成26年）：測量のための幾何学と位置決定の方法，東洋書店，516頁
- ・藤井陽一郎訳、建設大学校測量部（昭和47年）Heiskanen and Moritz (1966):Physical Geodesy, 350頁 6