初心者用不確かさセミナーテキスト第3版解説

産業技術総合研究所 計量標準総合センター

田中秀幸

日本電器計器検定所

概要

　今回配布する初心者用不確かさセミナーテキストは，計量標準等トレーサビリティ導入に関する調査研究WG2委員会と，計測標準フォーラム人材育成WGが共同で開発したものです。今まで日本で不確かさのセミナーは行われてきましたが，内容が難しいとの声をよく耳にしました。このセミナーではまず，その不確かさとは難しい，という先入観を無くすということを目標にしました。このセミナーの対象は，測定の仕事には関わっているが，不確かさは全く知らない，という人たちです。まずこの人達に不確かさを知ってもらい，更に簡単な例であれば自分で不確かさを計算できる，というところまでを目標にしています。是非このテキストを有効に利用してください。

第3版作成にあたって

　これまで多数の方にダウンロードしていただき利用されております当セミナーテキストですが，2019年のJIS Z8103の改正でVIM第3版の用語が大幅に取り入れられ，収録されている用語が見直されたため，内容が現状に対応しないものがでてきました。また、キログラムなど４つのSI基本単位の定義の改定もありました。

　そこで，初心者用不確かさセミナーテキストの初版，第2版の作成を主導した当センターと日本電器計器検定所が共同でテキストの見直しを行いました。

使用方法

　不確かさセミナーテキストは，ZIPで圧縮されています。ダウンロードしたら解凍してください。解凍すると，01：イントロダクション，02：演習-温度の測定，03：不確かさとは何か？，04：用語について-1，05：不確かさ評価の概要，06：タイプAの不確かさ評価，07：演習-タイプAの不確かさ，08：確率分布について-1，09：タイプBの不確かさ評価，10：演習-タイプBの不確かさ，11：確率分布について-2，12：用語について-2，13：不確かさの合成と拡張，14：演習-不確かさの合成，15：演習-間違い探し，16：総合演習-1，16：総合演習-2，17：適合性表明，というフォルダが表れます。セミナーを行うときは，この番号順に講義を進めてください。

　フォルダの中にはその単元で用いるファイルが入っています。簡単に説明します。

・01：イントロダクション

PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。内容は不確かさ研修プログラムの開発の経緯，研修スタイルの話，研修プログラムの目的です。

・02：演習-温度の測定

　PowerPointファイルとWordファイルおよびExcelファイルが入っています。Wordファイルは演習ノート，PowerPointファイルは正しい温度を導き出す解説，Excelファイルはガラス温度計の校正証明書のサンプルです。演習では，ガラス温度計と氷水及びガラス基準温度計を使用します。本セミナーで使用するガラス温度計については，実際の温度目盛とは異なった指示をする温度計（例23℃の指示値を指した時の実際の温度は24.2℃である。）を使用しています。Wordファイルは印刷して受講者に配布してください。

ここでは，不確かさを評価する以前に，正しい測定結果を導くことが大事だという事を意識させることが重要となります。受講者にガラス温度計を配布し室温の測定を行ってもらいます。室温を測定した結果を受講者に発表してもらいます。ここで，講師はガラス基準温度計を使用し部屋の何ヵ所かで測定を行い，受講者に発表していただいた結果は正しい温度ではない事を伝えます。では，正しい温度を導くには何が必要なのか問いかけます。希望する答えは，校正証明書と氷水。氷水の回答がでれば，準備しておいた氷水を配布しガラス温度計で氷水の温度（ゼロ℃）を測定してもらいます。これらの情報より正しい測定結果を求め発表していただきます。PowerPointファイルは温度を導き出す解説となります。

測定した室温に補正を加えた結果は，正しい測定結果となり発表していただいた結果はほぼ同じ温度になっている。ただし，値はばらついていることを受講者に説明しここから不確かさへとつながります。

・03：不確かさとは何か？

　PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。内容は不確かさの成立の経緯，不確かさ周辺の話です。

・04：用語について-1

PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。内容は，JIS Z8103　計測用語の抜粋で，計測に関わる用語についての解説です。

・05：不確かさ評価の概要

　PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。内容は，不確かさを算出するときの流れを解説したものです。

・06：タイプAの不確かさ評価

　PowerPointファイルとWordファイルで，Excelでの統計処理の方法，3社の関数電卓の統計機能の使い方を解説したもの，最後に「サイコロ」という名前のExcelファイルが入っています。PowerPointファイルとWordファイルは印刷して受講者に配布してください。

　この講習は関数電卓，もしくは表計算ソフトが入ったコンピュータの持参が必須です。関数電卓の使い方が分からない受講者の方が必ずいますので，このWordファイルを参考にして使い方を説明してあげてください。また，関数電卓3社のものとExcelの使用法を配っていますが，当方がそれらの使用を推奨しているわけではありません。

　Excelファイルは，講習中のデモで用います。まずPowerPointファイルの9ページ目に「（123456789.1-123456789）を計算してみると？」というものがあります。そこで，右側にある「計算」と書かれたところをクリックするとこのExcelファイルが自動的に立ち上がります。そこで，「桁落ち」シートを選択すると，A1に123456789.1，B1に123456789と表示されていると思います。そこでC1に「=A1-B1」と入力してください。0.1という答えが得られません。更に「積み残し」シートを選択すると，A2，A5に10000000という数字，B2には0.0000001，B5には0.00000001という数字が記入してあります。そこで，「有効数字15桁」と書いてある下のセルに，「=A2+B2」と入力して下さい。その結果，「1000000.0000001」という結果が現れます。もし現れないなら，表示桁数を増やして下さい。次に「有効数字16桁」と書いてあるセルの下にも同様に，「=A5+B5」と入力して下さい。その結果，「10000000」という結果が現れます。こちらは表示桁数をいくら増やしても「10000000」のままになります。つまり，Excelでは有効数字16桁目は使用できません。

　次にPowerPointファイルの12ページ目ですが，ここでは平均値の実験標準偏差がデータ数が多くなるほど小さくなること，また，データの実験標準偏差が平均値の実験標準偏差より大きくなることをサイコロを用いて受講者に実感してもらいます。サイコロを10個ほど用意してください。それを適当に受講者に配ってください。最初にサイコロを3回振ってもらい，その出た目を「1回目」「2回目」「3回目」の欄に書き込んでもらってください。そして，その3つの平均値を下の「平均」の欄に書き入れてもらってください。次に右の10個の欄も同じようにサイコロを振ってその出た目を書き入れ，一番下に平均値を書き入れてもらってください。サイコロを振った受講者がすべて作業が終われば，PowerPointファイル12ページ左下の「計算」をクリックしてください。またExcelが立ち上がると思います。今度は，「サイコロ」シートを選択してください。そこで，まず「1回」と書かれた欄に講師が適当にサイコロを振って，その出た目をそのまま入力していってください。書き入れる数は，配ったサイコロの数と合わせてください。次に，サイコロを配った人に3回の平均値と10回の平均値を発表してもらってください。そしてその値をシートに書き入れていってください。シートに書き入れたら，それぞれの実験標準偏差を「実験標準偏差」欄で計算してください。「1回」より「3回の平均値」またそれより「10回の平均値」の実験標準偏差のほうが小さくなるはずです。これによって，平均値の実験標準偏差の概念を覚えてもらい，データの実験標準偏差と平均値の実験標準偏差とが違うものであるということも覚えてもらってください。このExcelファイルは生徒に配る必要はありません。

・07：演習-タイプAの不確かさ

　このフォルダの中には，更にフォルダが2つ入っています。一つ目は07-1：温度測定のばらつき，もう1つは07-2：金属棒，です。07-1，07-2の順番で演習を行ってください。07-1は「02：演習-温度の測定」の結果をそのままとっておき，その結果の平均値，実験標準偏差，平均値の実験標準偏差を求めてもらう演習です。07-1はPowerPointファイルを印刷して配る必要はないでしょう。07-2は講習中用いている例であるビールジョッキの体積測定と完全に対応した演習で，PowerPointファイルとExcelファイルが入っています。Excelファイルは印刷して受講者に配布してください。PowerPointファイルの4ページ目からは解答になっていますので，演習を行うときには前3ページのみ配ってください。

・08：確率分布について-1

　PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。内容はタイプB評価のとき用いられる確率分布についてです。

・09：タイプBの不確かさ評価

　PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。内容は，タイプBで評価する不確かさ要因の選定と確率分布の仮定についてです。

・10：演習-タイプBの不確かさ

　金属棒の演習の続きです。4ページ目が答えになっておりますので，演習を行う際は前3ページのみ配ってください。金属棒の演習が終わったあとにPowerPointファイルはありませんが，不確かさの要因を挙げるグループ演習を行っています。例えば「サッカーのフリーキックの際，審判が歩測して9.15m離れた位置にディフェンスの壁を立たせますが，この9.15mの測定の不確かさの要因を考えてください。」という内容のグループ演習です。6人1班くらいで30分ほど話し合っていただいて，答えを発表してもらっています。

・11：確率分布について-2

　PowerPointファイルとExcelファイルがフォルダの中に入っています。内容はタイプBの不確かさ評価を行うときの除数についてです。PowerPointファイルのみ印刷して配布用資料として使ってください。

　Excelファイルの使い方は，2ページ目，3ページ目に「解説」とあります。それをクリックするとExcelが立ち上がります。

　「矩形分布」シートは一番左の欄に10000点の乱数で作った矩形分布しているデータがあります。「標準偏差」セルに「=stdev(A2:A10001)」と入力してください。もしくは，「=stdev(」と入力し，そのあと一番上の行の更に上の列を表す「A」をクリックして下さい。そうすると，「=stdev(A:A」と入力されます。そして「ENTER」キーを押せば矩形分布の標準偏差が算出されます。その後，その下の「標準偏差の逆数」セルに「=1/E15」と入力してください。これで，標準偏差の逆数が計算できます。その結果は，「1.732」となります。よって，矩形分布のときには分布の半幅を√3で割れば標準偏差が算出できるのだ，と教えてください。「三角分布」シートも使い方は同じです。標準偏差欄に入力するのは，「=stdev(C2:C10001)」または，矩形分布のときと同様，「=stdev(」の後，「C」をクリックして入力しても問題ありません。そして，標準偏差の逆数に入力するのは，「=1/F15」です。また，PowerPointファイルからリンクは張っていませんが，U字分布のものも作ってあります。これも使い方は一緒ですが，データ数が，前二つとは違い10000個ではなく1000個です。このシートは時間があれば用いる，という程度でよいでしょう。

・12：用語について-2

　PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。標準不確かさ，合成標準不確かさ，拡張不確かさの解説です。

・13：不確かさの合成と拡張

　PowerPointファイルとExcelファイルがフォルダの中に入っています。内容は合成標準不確かさ，拡張不確かさの求め方です。PowerPointファイルのみ印刷して配布用資料として使ってください。Excelファイルは中心極限定理の説明で用います。10ページ目の「実際に見てみよう」をクリックするとExcelが立ち上がります。「中心極限定理」シートがデータです。左から，矩形分布1，矩形分布2，三角分布1，三角分布2です。つまり4つの分布を足し算したときの分布がどのようになるかを見てみよう，というものです。それぞれの分布のヒストグラムは，「中心極限定理ヒストグラム」シートにあります。「中心極限定理」シートの全和のヒストグラムを表示します。まず「中心極限定理ヒストグラム」シートを表示し，「データ」の「分析ツール」の「ヒストグラム」を選択してください。そして以下の図のように入力してください。

「入力範囲」の中には，



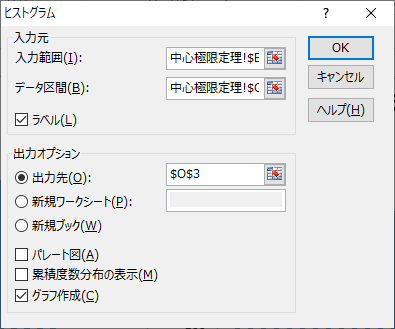
と入力します。入力は，「中心極限定理」シートの一番上の行の更に上の「E」をクリックするのが簡単です。

「データ区間」の中には



と入力します。これは，マウスで該当部分を選択するのが簡単です。

ヒストグラムのメインシートには



と，「ラベル」と「グラフ作成」にチェックを付けて下さい。「出力先」は，「中心極限定理ヒストグラム」シート内であれば，どこでもかまいません。

これで，ヒストグラムが表示されます。この形が矩形分布や三角分布でなく，正規分布の形に近づいているので，中心極限定理は成り立つということを教えてください。

14：演習-不確かさの合成

　このフォルダの中には，更にフォルダが2つ入っています。一つ目は「金属棒」，もう1つは「豆電球」です。「金属棒」，「豆電球」の順番で演習を行ってください。「金属棒」はこれまでの演習の続きです。PowerPointファイルがありますので問題を配布してください。この演習で金属棒のバジェットシートが完成します。バジェットシートの下に記載されている測定結果の報告が重要である事を伝えてください。また，この演習ではバジェットシートの合成標準不確かさ*u*cの横の(　)が空欄のままですが，ここには必要に応じて量記号を記入することを伝えてください。演習が終わったあとに，最終解答を配布してください。

「豆電球」は空欄を埋めていき，バジェットシートを完成させる演習問題です。Wordファイルがありますので問題とバジェットシートを配布してください。この問題では，校正証明書に記載されている表示値と校正値が1.500 Vなので補正をする必要はありません。よって，平均値が測定の結果となります。演習が終わったあとに，解答を配布してください。

15：演習-間違い探し

　この演習問題は，内部監査を実施した場合や外部の審査を実施する場合など，他の人から不確かさ評価の確認を頼まれたことを想定した問題です。Wordファイルがありますので問題を配布してください。「ステーキ肉の重さの計量手順書」により不確かさ評価を行っています。この不確かさ評価で不適切な箇所を探すというグループ演習を行っています。6人1班くらいで30分ほど話し合っていただいて，答えを発表してもらっています。演習が終わったあとに，解答を配布してください。

16：総合演習-1

　WordファイルとExcelファイルがありますので問題とバジェットシートを配布してください。スピードガンを用いてピッチングマシンから発射したボールの球速を測定したときの，実際の球速を求めバジェットシートを完成させる問題です。ここでは，計測器の補正と結果の報告が抜けている場合がありますので注意してください。演習が終わったあとに，解答を配布してください。

16：総合演習-2

　WordファイルとExcelファイルがありますので問題とバジェットシートを配布してください。熱電対とディジタル電圧計を使用しオーブンの内部温度を測定したときの，実際の温度を求めバジェットシートを完成させる問題です。ここでは，感度係数を考慮する必要があります。演習が終わったあとに，解答を配布してください。

17：適合性表明

　PowerPointファイルのみ入っています。このファイルを印刷して配布用資料としても使ってください。許容差と不確かさの違い，不確かさを考慮した合否判定の解説です。

最後に

　この講習は不確かさの初心者向けに，不確かさの基本的な部分は難しいものではなく，どんな人にもすぐに理解できます，ということを伝えたくて作ったものです。皆さんがこのファイルを用いて，不確かさを教えるときには，是非，不確かさの基本的な部分は難しくないのだ，ということを受講者に分かってもらえるように講義を行ってください。

更新履歴

Ver.1からVer.1.1での変更点

・所々にあった，エディトリアルなミスを修正。

・単位の表記法を正しいものに修正。

・タイプAの評価法で，桁落ちに関する記述があったが，積み残しに関する記述も入れ，より厳密にした。

Ver.1.1からVer.2.0での変更点

・所々にあった，エディトリアルなミスを修正。

・日本電器計器検定所担当分についての記述を追加した。

・用語をTS Z0032，TS Z0033のものと適合させた。

・意味が取りにくい点，用語で厳密な使用法がされていなかった部分を若干変更した。

・タイプAの評価法で用いるExcelシートに積み残しの解説を追加。

・中心極限定理で用いるExcelシート内のデータ数を増やし，更にわかりやすく変更。

・2015年4月1日の産業技術総合研究所組織再編に伴い，クレジットタイトルを変更した。

Ver.2.0からVer.3.0での変更点

・所々にあった，エディトリアルなミスを全体的に修正した。

・一部クレジットタイトルを変更した。

・用語をJIS Z8103のものと適合させた。