# 2016 年度 森林統計学 第 13 回課題 ［課題 5］ 平均値の差の検定

**目的**:二つの標本から、それらの母集団の平均値に差があるか否かを、統計的検定の方法により判断する（”第 8 章 仮説の検定”の復習）。

※ 検定に際して想定する帰無仮説は $H_0$: $\mu_1 = \mu_2$、対立仮説は $H_1$: $\mu_1 \neq \mu_2$ （両側検定）である。

**課題 5-1**（6 点+[②-2’] 1 点）:

① 比較対象可能な（「2 つの平均値の差の検定」の適用が適切な）2 組の標本データを用意する。

- データは連番も付けて表にする。どのようなデータか、また比較の目的（検定により何がわかるか；想定する帰無仮説・対立仮説は何か）が他者に分かるよう説明する。

注）各自比較してみたいデータを用いることを薦める。データ数（$n$）に特に基準や制限は設けないが、1 組あたり数個程度以上あれば検定手法に慣れるという目的には足りる。また、2 組のデータ数が同じである必要はない。ただし、統計学の理論によると、それぞれの標本の $n$ はできるだけ等しくした方が検出力は高くなる（検定結果の信頼性が高い）ことがわかっている。

② 検定に先立ち、2 つの標本集団の分布状況を比較して考察する（[課題 1], [課題 2], [課題 4], および“第 7 章 推定”の復習; 第 7 章までの知識を用いて「2 つの平均値の差」についてできるだけの考察を行なうことが目的）。

②-1. 基礎情報として、データ数（$n_1, n_2$）、平均値（$\bar{x}_1, \bar{x}_2$）、標準偏差（$s_1, s_2$）を算出する。標準誤差（$s_{\bar{x}.1}, s_{\bar{x}.2}$）ともあわせて一覧表にしておくとよい。

②-2.「平均値±標準誤差」の図による比較を行なう（必須; 裏面の例を参照）。

[②-2’. それぞれのグループの母平均（$\mu_1$, $\mu_2$）の 95%信頼区間を推定する（**1 点**）。

注）推定方法の選択は「推定」の回の Web 資料を参照。③-1 のように選択の経緯を説明すること。]

②-3. 以上の結果を用いて考察（2 つの標本集団の母集団の平均値に有意差があると考えられるかどうか）を行なう。（後で③で行なう検定結果と合っていなくてもよい）

③ 帰無仮説を $H_0$ : $\mu_1 = \mu_2$ （$\mu_1 - \mu_2 = 0$）、対立仮説を $H_1$ : $\mu_1 \neq \mu_2$ （$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$）、$\alpha$ （危険率・第 1 種の過誤の確率）は 0.05 として「2 つの平均値の差の検定」を行なう。

③-1. 適切な検定方法（[1] 正規分布に基づく検定・[2] $t$ 検定・[3] Welch の $t$ 検定）を選択する（選択の経緯を文章で説明すること）。検定方法の選択の仕方は配布資料を参照。

③-2. 選んだ検定方法により「2 つの平均値の差の検定」を行なう。

③-3. 検定結果について考察を加える（検定の結果から何が言えるか）。

④ 選択しなかった他の 2 つの方法で検定を行ない、③の結果と比較・考察する。

注）④での検定は、適切な検定手法ではないため、正しい結果ではない。実際の検定では、得られたデータに対して②-1～2, ②-4, ③-1～3 を行なうことで必要十分である。課題では、検定方法に慣れるため、および 2 種類の過誤に対する理解を深めるために、あえて適切でない検定方法を使って④を行なうということに注意（検定方法による検出力［1-$\beta$ : $\beta$ は第 2 種の過誤の確率］を比較することになる）。

注 1）データ数は、ひとつめの 2 組のデータのデータ数（$n_1, n_2$）が 25 程度以上（正規検定が適用される場合）ならばふたつめの 2 組のデータでは 25 程度未満（$t$ 検定が適用される）とする。逆にひとつめの 2 組のデータが多ければふたつめの 2 組では少なくする（なるべく異なる種類の検定方法を経験するため）。なお、②-3.のヒストグラムによる比較はデータ数が 25 程度未満の時には行なわなくてよい。

**課題 5-2**（3 点）: 別の 2 組のデータを用意し①～④を行なう（反復練習のため）。（注: 課題 5-1 のデータが数が少ない場合はこちらを数が多いデータに、逆の場合は反対にこちらを数が少ないデータにする。）②-2 では以下の項目も追加して考察する（**+1 点**）。

②-2”. [課題 5-2 の 2]ヒストグラムによる比較を行なう（裏面の例を参照）。

### ヒストグラムと「平均±標準誤差」の図の例:

#### (1) 教科書 p.183, 例 6 のデータを使った例

ヒストグラムからは 2 つの標本集団の分布の相違がみてとれる。「平均値±標準誤差」の図からは、95% 信頼区間が「平均値±標準誤差×1.96」（正規分布の場合）であることから、誤差棒に重なりがあるかどうかでおよその有意性が判断できる。なお、ヒストグラムによる比較は $n$ がある程度大きい時に有効である。

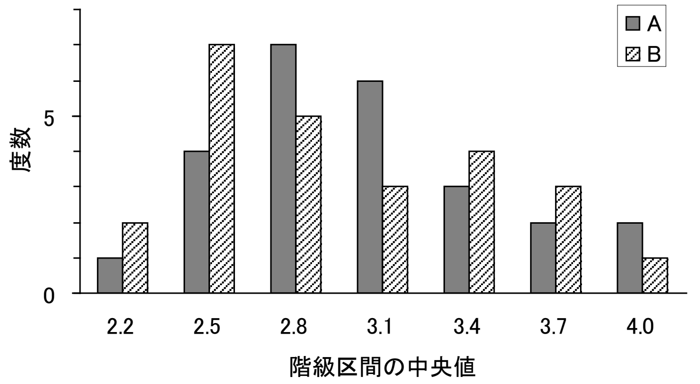


図-1. 教科書 p.183, 例 6 のデータのヒストグラム

※横軸の見出しには階級区間の中央値を示した（「階級区間」として"2.05～2.35"等のようにしてもよい)。また、この例題には単位は示されていないが、通常は階級区間の数値とともに単位（cm, kg, など）を明記する。

注）$n$ が小さい時には階級数が少なすぎて有効なヒストグラムが作れない。

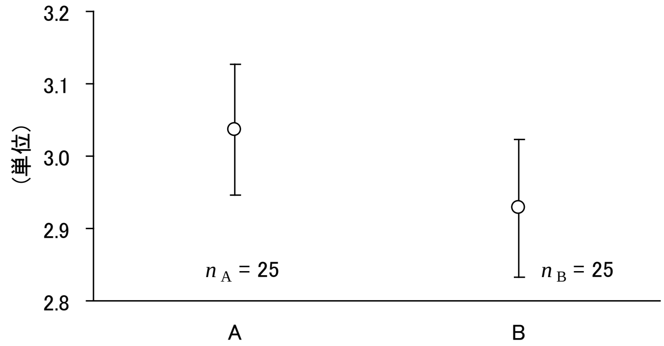


図-2. 教科書 p.183, 例 6 のデータの平均値と標準誤差

注）縦棒は平均値±標準誤差。$n_A = n_B = 25$。

※$n$ が共通の場合、注に記してあれば図中の書込みは省略してもよい。

注）平均値±標準誤差の図は、$n$ が小さくても常に有効。検定する前にデータの様子や有意差の有無を簡単に概観できる。

#### (2) 教科書 p.179, 例 2 のデータを使った例

左が正しい例、右は誤って「平均値±標準偏差」としてしまった場合。標準偏差からは有意差を見極めることができない。ただし $n$ が明記されていれば標準誤差を概算できるので、$n$ を示しておくことは重要。

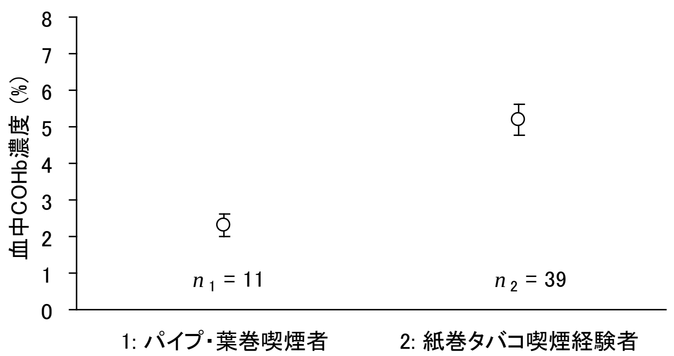


図-3a. 教科書 p.179, 例 2 のデータの平均値と標準誤差

注）縦棒は平均値±標準誤差。$n_1 = 11$, $n_2 = 39$。

※$n$ が異なる場合は図中に書き込む方がよい。その場合、注での $n$ の明記は省略できる。

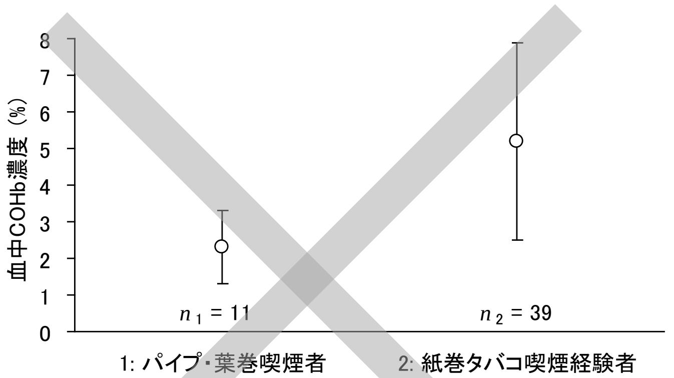


図-3b. 教科書 p.179, 例 2 のデータの平均値と標準偏差

注）縦棒は平均値±標準偏差。$n_1 = 11$, $n_2 = 39$。

※間違った例。誤差棒を標準誤差でなく標準偏差であらわしてしまうと、有意差の判定に補助的に役立てるという目的には適さない。

注）この例では元データが示されていないため、ヒストグラムは作成できない。