

対応ある Brunner-Munzel 検定: Wilcoxon 符号順位検定の対称性条件の回避

井口豊*

*生物科学研究所, 長野県岡谷市

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14945777>

1. はじめに

Brunner-Munzel 検定と言えば, 一般的には, 独立 2 群の検定, いわゆる, 対応無いデータに対する検定として知られるが, 対応有りの場合の検定もある。

対応有りのノンパラメトリック検定としては, Wilcoxon 符号順位検定が有名だが, これを中央値検定として利用するには, 差データの分布対称という厄介な条件が付いてくる。実際, 統計ソフト R の `wilcox.test` 関数のヘルプには以下のような説明がある (注 1, 注釈は末尾に一括)。

If only x is given, or if both x and y are given and `paired` is TRUE, a Wilcoxon signed rank test of the null that the distribution of x (in the one sample case) or of $x - y$ (in the paired two sample case) is symmetric about μ is performed.

この対称性条件を回避するために, 対応ある Brunner-Munzel 検定が有用である。

2. R パッケージ TOSTER の対応ある Brunner-Munzel 検定

ここでは, R のパッケージ TOSTER (Lakens, 2017) の `brunner_munzel` 関数を利用した例を紹介する。

この関数の引数 `paired` を TRUE とするか, FALSE とするかで, 対応ありなしを使い分ける。ヘルプの中で, 重要だと思われる解説を抜き出しておく (注 2)。

This tests the hypothesis that the relative effect, discussed below, is equal to the null value (default is $\mu = 0.5$).

The estimate of the relative effect, which can be considered as value similar to the probability of superiority, refers to the following:

$$\hat{p} = P(X < Y) + \frac{1}{2}P(X = Y)$$

Note, for paired samples, this does not refer to the probability of an increase/decrease in paired sample but rather the probability that a randomly sampled value of X .

この検定は、一般的に言われている、中央値の検定、というよりも、相対効果 (relative effect) の検定、と言うべきだろう。

3. 非対称な差データに対応ある Brunner-Munzel 検定

ここでは、対数正規乱数データを使い、中央値 5 は同じで、分散が異なる対数正規母集団からの対応あるデータを取り出して、Wilcoxon 符号順位検定と対応ある Brunner-Munzel 検定のシミュレーションをおこなう。

```
#####  
  
library(TOSTER)  
  
n<- 100  
set.seed(10)  
  
k<- 1e+4  
  
p<- replicate(k, {  
  
  x1 <- rlnorm(  
    n, meanlog = log(5), sdlog = 0.2  
  )  
  
  x2 <- rlnorm(  
    n, meanlog = log(5), sdlog = 0.8  
  )  
  
  c(  
    wilcox.test(x1, x2,  
      correct = F, paired = TRUE  
    )$p.value,  
  
    brunner_munzel(x1, x2,  
      paired = TRUE  
    )$p.value  
  )  
})  
  
library(Hmisc)
```

```

par(mfrow = c(2, 2))

# Wilcoxon p 値出現頻度ヒストグラム
hist(
  p[1, ],
  xlab = "p value",
  freq = F,
  main = "Wilcoxon signed-rank test"
)

# 対応ある Brunner-Munzel p 値出現頻度ヒストグラム
hist(
  p[2, ],
  xlab = "p value",
  freq = F,
  main = "Paired Brunner-Munzel test"
)

# 経験累積分布関数 (ECDF)
ck<- 1:k/k
d.1<- c(ck, p[1, ])
d.2<- c(ck, p[2, ])

test.1<- relevel(
  factor(
    rep(c("Theoretical", "Wilcoxon signed-rank test"),
      each = k)
  ),
  ref = "Theoretical")

test.2<- relevel(
  factor(
    rep(c("Theoretical", "Paired Brunner-Munzel test"),
      each = k)
  ),
  ref = "Theoretical")

# Wilcoxon 符号順位和
Ecdf(
  d.1,
  xlab="p value",
  label.curves=list(keys= 1:2),
  lty = 1:2,
  group = test.1,
  main = "ECDF",

```

```

subtitles = FALSE
)

# 対応ある Brunner-Munzel
Ecdf(
  d.2,
  xlab="p value",
  label.curves=list(keys= 1:2),
  lty = 1:2,
  group = test.2,
  main = "ECDF",
  subtitles = FALSE
)

#####

```

結果は、次の図1のとおりである。

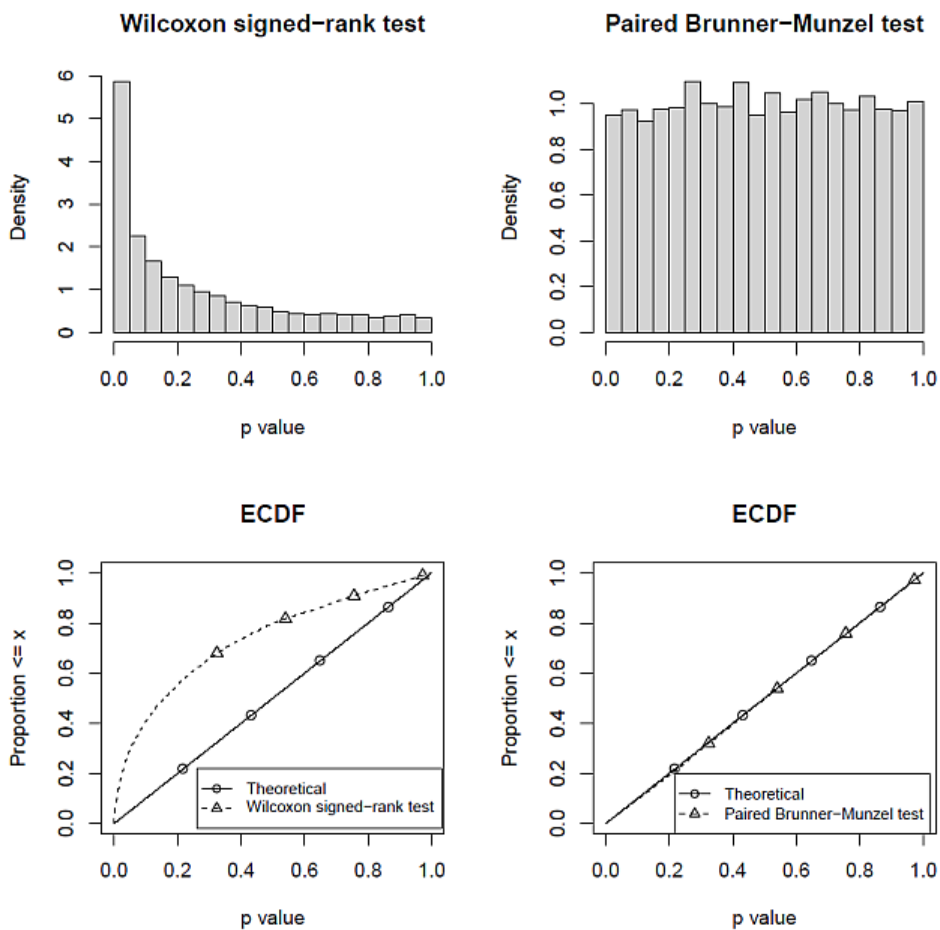


図1. Wilcoxon 符号順位検定と対応ある Brunner-Munzel 検定 p 値の比較

Wilcoxon 符号順位検定では、 p 値の出現頻度が一様ではないことが分かる。このデータを見る限りだが、やはり、対応ある Brunner-Munzel 検定のほうが適切に検定できそうだ。

なお、この問題に関しては、X (旧 Twitter) の黒木 (2024) の解説も役立つ。

注

1. Wilcoxon Rank Sum and Signed Rank Tests. `wilcox.test`.
<https://rdrr.io/r/stats/wilcox.test.html> 2025 年 2 月 28 日確認.
2. Brunner-Munzel Test. `brunner_munzel` {TOSTER}
https://search.r-project.org/CRAN/refmans/TOSTER/html/brunner_munzel.html
2025 年 2 月 28 日確認.

参考文献

黒木玄 (2024) X ポスト. 2024-01-27 14:01.

<https://x.com/genkuroki/status/1751108153465541086>

Lakens, D. (2017) Equivalence tests: A practical primer for t tests, correlations, and meta-analyses. *Social psychological and personality science* 8(4): 355–362.

<https://doi.org/10.1177/1948550617697177>