

Twin Studies on Smoking

coop711

2025-10-08

흡연과 건강의 논쟁 가운데 관찰로 수행된 연구 결과가 인과 관계를 이끌어내기 어렵다는 피셔 선생님과 버어크슨 선생님의 반론에서 흡연과 건강의 양쪽에 영향을 미치는 요인으로 유전이 거론되었다. 그에 따라 여러 가지의 쌍둥이 연구가 수행되었는데 그 중 1958년 Nature 지에 실린 자료들을 소개한다.

Nature 1958 version 1

```
include_graphics("../pics/Nature_1958v1.png")
```

1958년 Nature 지 108쪽(흡연습관)

	닮음	약간닮음	닮지않음
일란성	33	6	12
이란성	11	6	16

첫번째 자료는 R.A. Fisher 선생님이 Nature 지에 기고한 논문에 인용된 것으로 일란성쌍둥이 51쌍과 이란성쌍둥이 33쌍에게 흡연습관을 묻고 얼마나 닮았는지를 집계하였다. 일란성 쌍둥이 51쌍 중에 39쌍의 흡연습관이 닮거나 약간 닮았던 데 비하여 이란성 쌍둥이 33쌍 중에는 17쌍의 흡연습관이 많이 닮거나 약간 닮은 것으로 조사되었다. 이로부터 유전적 요인을 흡연과 폐암 연구에서 중요한 요소로 간주해야 한다고 결론을 내리고 있다.

막대그래프

막대그래프로 표현하는 데 있어서 현재의 테이블 구조가 어떻게 나오는지 `barplot()` 의 도움말을 반드시 읽어볼 필요가 있다. 매트릭스를 막대그래프로 그릴 때 매트릭스 모양 그대로 표현하려 함에 유의하여야 한다. 즉, 각 열을 각 막대에 대응시키면서 행으로 주어지는 각각의 값을 각 막대에 나누어 배분하는 디폴트로 한다(`beside = FALSE`). 따라서 흡연 습관에 대한 쌍둥이 연구의 집계 표를 우리가 원하는 막대 그래프로 표현하려면, 즉 쌍둥이의 유형에 따라 닮은 정도를 표현하려면, 현재 나와 있는 표 구조를 전치(`transpose`)시켜야 한다.

```
library(magrittr)
library(tidyverse)
# par(mfrow = c(1, 2))
#>
Nature1 <- matrix(c(33, 11, 6, 6, 12, 16),
                    nrow = 2)
rownames(Nature1) <- c("Identical", "Fraternal")
colnames(Nature1) <- c("Alike", "Little_Alike", "Not_Alike")
Nature1
```

```

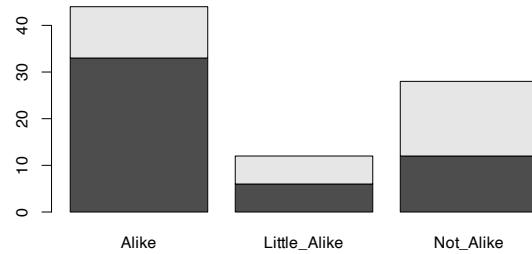
##          Alike Little_Alike Not_Alike
## Identical     33           6          12
## Fraternal    11           6          16

```

```

Nature1 %>%
  barplot

```

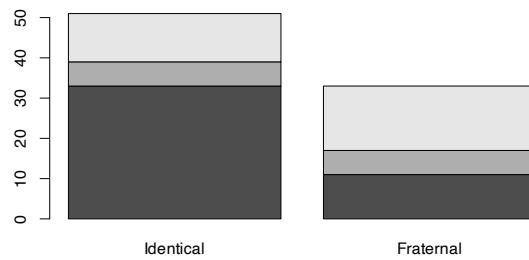


행렬 구조와 barplot

```

Nature1 %>%
  t %>%
  barplot

```



```
# par(mfrow = c(1, 1))
```

Nature1의 구조를 전치(transpose)해 주어야 원하는 모양의 막대그래프가 나올 것임을 알 수 있다. 나머지 이러한 점을 염두에 두고 작성한다.

Stack

```

options(digits = 3)
#> RColorBrewer
library(RColorBrewer)

```

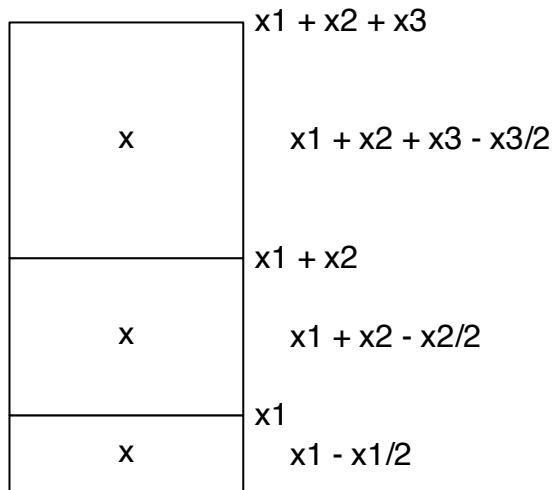
```

#> "Accent" palette
cols <- brewer.pal(8, "Accent")
#>
# pos <- function(x){
#   cumsum(x) - x / 2
# }
pos <- . %>% {`-`(. / 2)}
# pos <- . %>% {cumsum(.) - . / 2}
#>
# pos <- . %>% cumsum(.) - . / 2
#>
y1_text <- apply(Nature1,
                 MARGIN = 1,
                 FUN = pos)

```

#pos() 의 이해

벡터 $\vec{x} = (x_1, x_2, x_3)$ 에 대하여 $pos(\vec{x}) = cumsum(\vec{x}) - \vec{x}/2$. pos 함수는 다음 각 막대 중점(x로 표시)의 y 좌표를 찾아주는 역할을 한다는 것을 쉽게 파악할 수 있다.



```

b1 <- Nature1 %>%
  t %>%
  barplot(width = 1,
          xlim = c(0, 4),

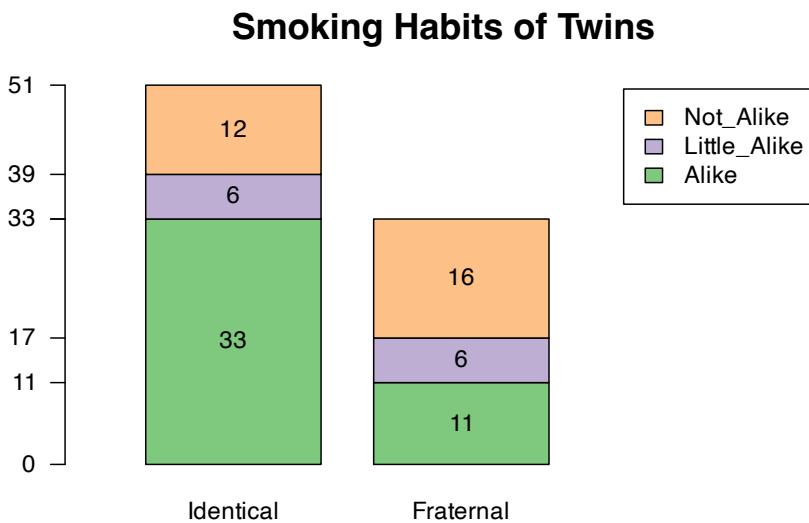
```

```

    space = 0.3,
    col = cols[1:3],
    yaxt = "n")
#> `cumsum` .
#> `format` , `las = 2` .
axis(side = 2,
      at = c(0, apply(t(Nature1),
                      MARGIN = 2,
                      FUN = cumsum)),
      labels = format(c(0, apply(t(Nature1),
                      MARGIN = 2,
                      FUN = cumsum)),
                      digits = 3,
                      nsmall = 0),
      las = 2)

#> `pos`     y           . `y_text`     `rep()` `each = 3` . `bty = `` ``
text(x = rep(b1, each = 3),
      y = y1_text,
      labels = t(Nature1))
#>
legend("topright",
       inset = 0.01,
       fill = cols[3:1],
       legend = rev(colnames(Nature1)),
       bty = "o")
#>
title(main = "Smoking Habits of Twins",
       cex.main = 1.5)

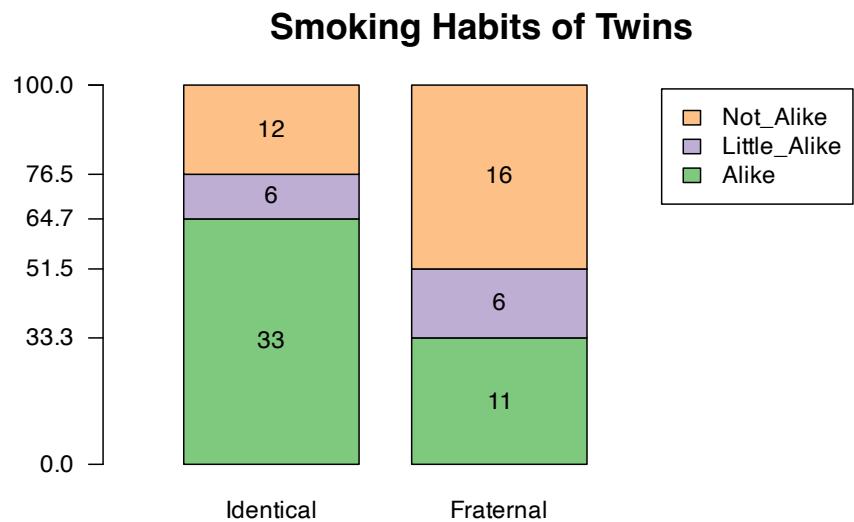
```



Fill

```
#>   ( / )
Nature1_p <- Nature1 %>%
  prop.table(margin = 1) %>%
  `*`(100)
# Nature1_p <- prop.table(Natruel, margin = 1) * 100
#>           (`beside = FALSE`    )
#> `width`      `xlim`          .
#>          0 4              1.5,
#>          3.5 .(b1      )  (width) 1,
#>          (space) 1  width, xlim, space
#>
#> `yaxt` = "n" `     y
#>
y1_text_p <- Nature1_p %>%
  apply(MARGIN = 1,
        FUN = pos)
```

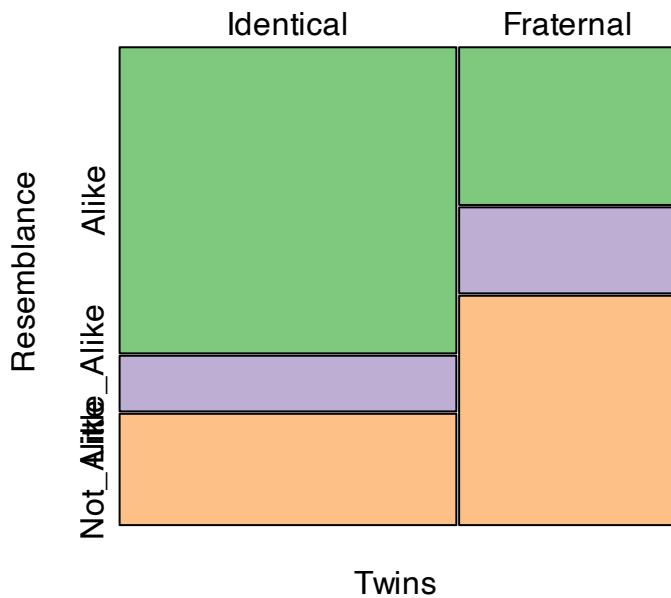
```
b1_p <- Nature1_p %>%
  t %>%
  barplot(width = 1,
          xlim = c(0, 4),
          space = 0.3,
          col = cols[1:3],
          yaxt = "n")
#>           `cumsum`          100%
#> `format`      , `las = 2` .
axis(side = 2,
     at = c(0, apply(t(Nature1_p),
                     MARGIN = 2,
                     FUN = cumsum)),
     labels = format(c(0, apply(t(Nature1_p),
                               MARGIN = 2,
                               FUN = cumsum)),
                     digits = 3,
                     nsmall = 1),
     las = 2)
#>           `pos`      y           `y1_text_p`           `rep()` `each = 3` . `bty = `
text(x = rep(b1_p, each = 3),
      y = y1_text_p,
      labels = t(Nature1))
#>
legend("topright",
       inset = 0.01,
       fill = cols[3:1],
       legend = rev(colnames(Nature1)),
       bty = "o")
#>
title(main = "Smoking Habits of Twins",
      cex.main = 1.5)
```



Mosaic Plot

```
mosaicplot(Nature1,
           main = "Smoking Habits of Twins",
           xlab = "Twins",
           ylab = "Resemblance",
           off = c(0.5, 1),
           color = cols[1:3],
           cex.axis = 1,
           las = 0)
```

Smoking Habits of Twins



Nature 1958 version 2

피셔의 논문이 실려 있는 Nature 지의 596쪽에서는 그와 비슷한 연구 결과가 실려 있었다. 피셔가 인용한 보고서가 흡연습관을 세 단계로 구분한 것과는 달리 닮았거나 그렇지 않거나의 이분법으로 나누었다. 이 보고서가 흥미로운 것은 단순히 일란성 쌍둥이와 이란성 쌍둥이의 흡연습관을 비교한 것이 아니라 일란성 쌍둥이들을 다시 어려서 해어진 경우와 함께 산 경우로 나눠 본 것이다. 일란성 쌍둥이들은 함께 살았든, 헤어져 살았든 흡연습관에 있어서도 놀라울 정도로 닮은 점을 보여 준다.

```
include_graphics("../pics/Nature_1958v2.png")
```

1958년 Nature 지 596쪽(흡연습관)

	닮음	닮지않음
일란성	44	9
이란성	9	9

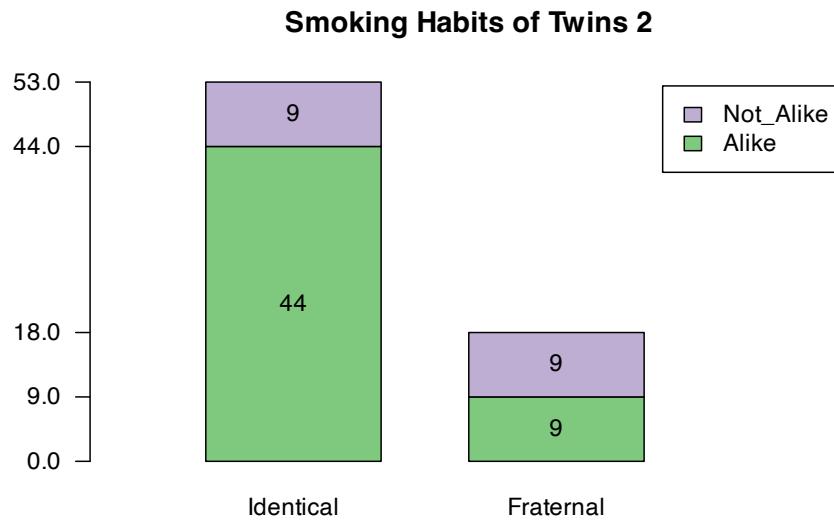
	닮음	닮지않음
같이 삶	23	4
헤어짐	21	5

막대그래프 : Stack

```
Nature2 <- matrix(c(44, 9, 9, 9),
                  nrow = 2)
rownames(Nature2) <- c("Identical", "Fraternal")
colnames(Nature2) <- c("Alike", "Not_Alike")
Nature2

##           Alike Not_Alike
## Identical     44         9
## Fraternal      9         9

y2_text <- apply(t(Nature2),
                 MARGIN = 1,
                 FUN = pos)
b2 <- barplot(t(Nature2),
               width = 1,
               xlim = c(0, 4),
               space = 0.5,
               col = cols[1:2],
               yaxt = "n")
axis(side = 2,
     at = c(0, apply(t(Nature2),
                     MARGIN = 2,
                     FUN = cumsum)),
     labels = format(c(0, apply(t(Nature2),
                               MARGIN = 2,
                               FUN = cumsum)),
                     digits = 3,
                     nsmall = 1),
     las = 2)
text(x = rep(b2, each = 2),
      y = y2_text,
      labels = t(Nature2))
legend("topright",
       inset = 0.01,
       fill = cols[2:1],
       legend = rev(colnames(Nature2)))
title(main = "Smoking Habits of Twins 2")
```

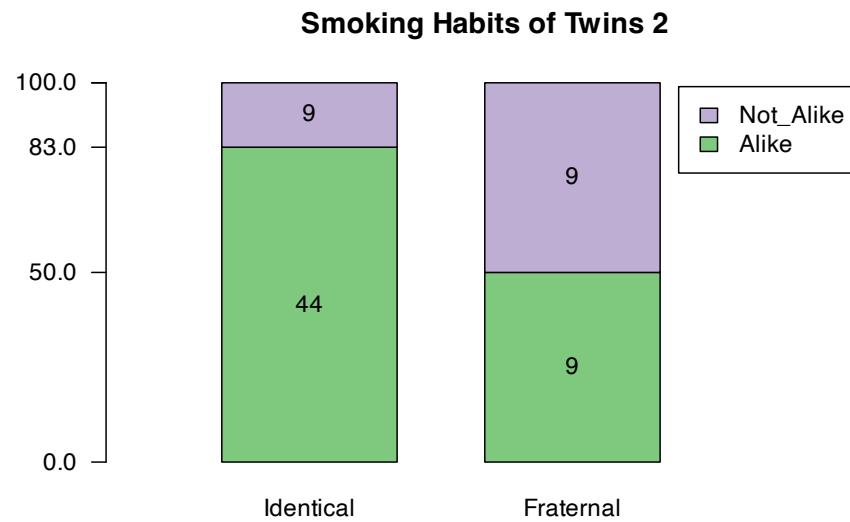


막대그래프 : Fill

```

Nature2_p <- prop.table(Nature2,
                         margin = 1) * 100
y2_text_p <- apply(Nature2_p,
                     MARGIN = 1,
                     FUN = pos)
b2_p <- barplot(t(Nature2_p),
                  width = 1,
                  xlim = c(0, 4),
                  space = 0.5,
                  col = cols[1:2],
                  yaxt = "n")
axis(side = 2,
     at = c(0, apply(t(Nature2_p),
                     MARGIN = 2,
                     FUN = cumsum)),
     labels = format(c(0, apply(t(Nature2_p),
                               MARGIN = 2,
                               FUN = cumsum)),
                    digits = 3,
                    nsmall = 1),
     las = 2)
text(x = rep(b2_p, each = 2),
      y = y2_text_p,
      labels = t(Nature2))
legend("topright",
       inset = 0.01,
       fill = cols[2:1],
       legend = rev(colnames(Nature2)))
title(main = "Smoking Habits of Twins 2")

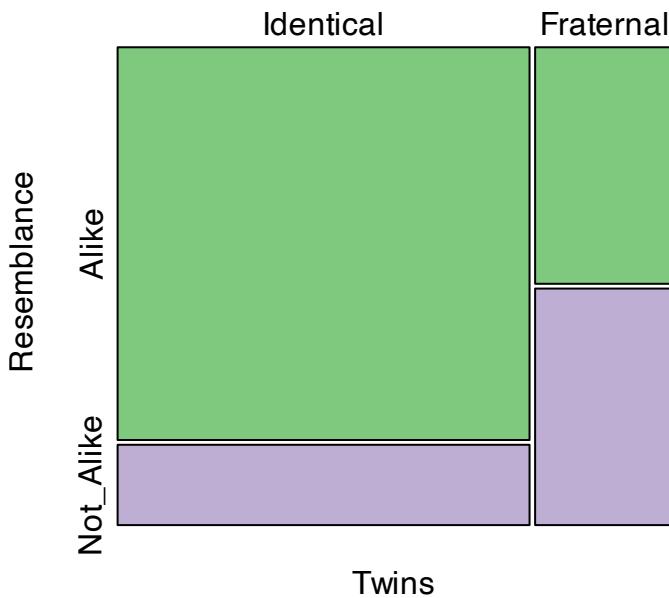
```



Mosaic Plot

```
mosaicplot(Nature2,
            main = "Smoking Habits of Twins 2",
            xlab = "Twins",
            ylab = "Resemblance",
            off = 1,
            color = cols[1:2],
            cex.axis = 1)
```

Smoking Habits of Twins 2



Nature 1958 version 2 : Identical Twins

일란성 쌍둥이들만을 대상으로 어렸을 때 헤어졌는지, 함께 살았는지 여부와 흡연습관을 비교한 결과는 놀라울 정도 닮았다는 것을 보여준다.

막대그래프 : stack

```
Nature3 <- matrix(c(23, 21, 4, 5),
                     nrow = 2)
rownames(Nature3) <- c("Lived Together", "Separated")
colnames(Nature3) <- c("Alike", "Not_Alike")
Nature3
```

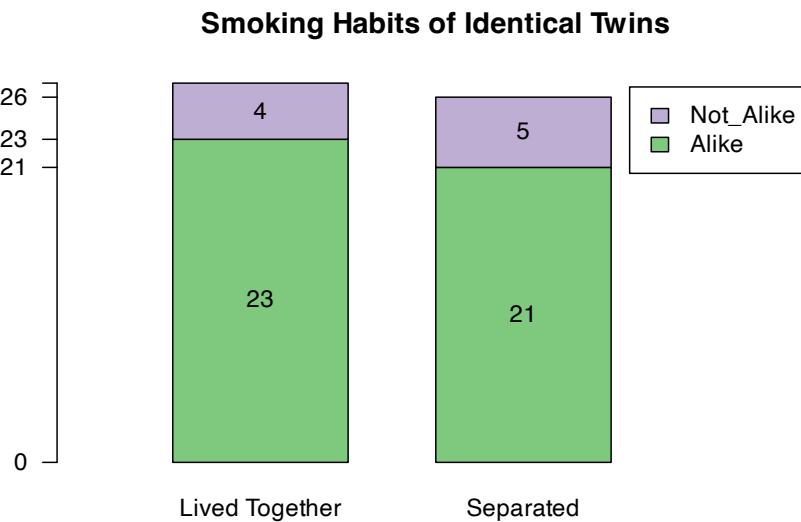
```
##           Alike Not_Alike
## Lived Together    23      4
## Separated         21      5
```

```
c3 <- ncol(Nature3)
b3 <- barplot(t(Nature3),
               width = 1,
               xlim = c(0, 4),
               space = 0.5,
```

```

        col = cols[1:2],
        yaxt = "n")
axis(side = 2,
      at = c(0, apply(t(Nature3),
                      MARGIN = 2,
                      FUN = cumsum)),
      labels = format(c(0, apply(t(Nature3),
                      MARGIN = 2,
                      FUN = cumsum)),
                      digits = 3,
                      nsmall = 0),
      las = 2)
y3_text <- apply(Nature3,
                  MARGIN = 1,
                  FUN = pos)
text(x = rep(b3, each = 2),
      y = y3_text,
      labels = t(Nature3))
legend("topright",
      inset = 0.01,
      fill = cols[2:1],
      legend = rev(colnames(Nature2)))
title(main = "Smoking Habits of Identical Twins")

```



막대그래프 : Fill

```

Nature3_p <- prop.table(Nature3,
                         margin = 1) * 100
b3_p <- barplot(t(Nature3_p),
                 width = 1,

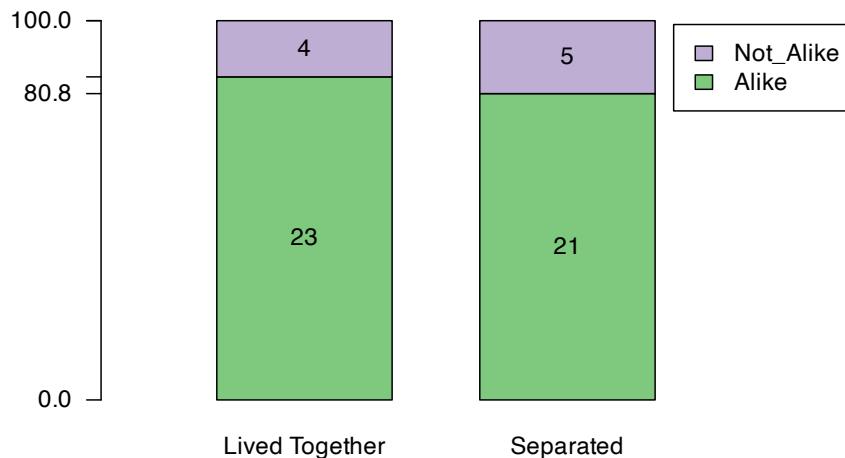
```

```

        xlim = c(0, 4),
        space = 0.5,
        col = cols[1:2],
        yaxt = "n")
axis(side = 2,
      at = c(0, apply(t(Nature3_p),
                      MARGIN = 2,
                      FUN = cumsum)),
      labels = format(c(0, apply(t(Nature3_p),
                                  MARGIN = 2,
                                  FUN = cumsum)),
                      digits = 3,
                      nsmall = 1),
      las = 2)
y3_text_p <- apply(Nature3_p,
                     MARGIN = 1,
                     FUN = pos)
text(x = rep(b3, each = 2),
      y = y3_text_p,
      labels = t(Nature3))
legend("topright",
       inset = 0.01,
       fill = cols[2:1],
       legend = rev(colnames(Nature2)))
title(main = "Smoking Habits of Identical Twins")

```

Smoking Habits of Identical Twins



Mosaic Plot

```

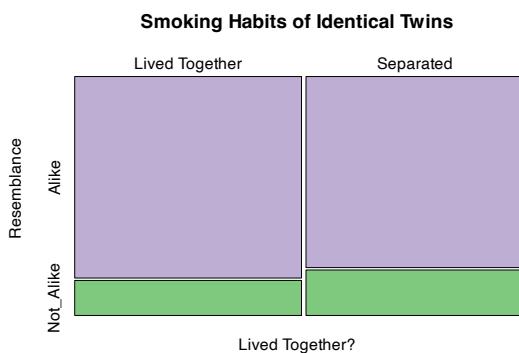
mosaicplot(Nature3,
           main = "Smoking Habits of Identical Twins",

```

```

xlab = "Lived Together?",
ylab = "Resemblance",
off = 1,
color = cols[2:1],
cex.axis = 1)

```



ggplot

tidyverse

깔끔한 데이터 바꾸는 과정에서 유의할 점은 ggplot으로 그릴 때 어떤 변수가 x, y, fill 역할을 할 것인지를 명확히 하여야한다. 어떤 변수를 맨 앞에 위치시키고, 어떤 변수를 그 다음 자리에 위치시키고, 그 다음에 Counts를 위치시킨다. 즉, fill에 해당하는 변수를 맨 앞에, 그리고 x에 해당하는 변수를 그 다음에, 마지막으로 세번째 변수로 Freq 또는 Counts가 위치하도록 tidy를 적용하면 ggplot으로 그릴 때 상당히 체계적인 접근이 가능해진다. 특히, 막대들의 중간에 추가적인 정보를 삽입하기 위하여 좌표를 계산할 필요가 있을 때 크게 도움이 된다.

```

Nature1_tbl <- Nature1 %>%
  t %>%
  as_tibble %>%
  mutate(Resemblance = row.names(t(Nature1))) %>%
  pivot_longer(
    cols = -Resemblance,
    names_to = "Twins",
    values_to = "Counts"
  ) %>%
#  gather(key = "Twins",
#        value = "Counts", -Resemblance) %>%
  mutate(Resemblance = factor(Resemblance,
                             levels = c("Alike",
                                       "Little_Alike",
                                       "Not_Alike")),
  Twins = factor(Twins,
                 levels = c("Identical", "Fraternal")))
Nature1_tbl

```

```

## # A tibble: 6 x 3
##   Resemblance Twins     Counts

```

```

##   <fct>     <fct>     <dbl>
## 1 Alike      Identical    33
## 2 Alike      Fraternal   11
## 3 Little_Alike Identical    6
## 4 Little_Alike Fraternal   6
## 5 Not_Alike   Identical   12
## 6 Not_Alike   Fraternal  16

Nature2_tbl <- Nature2 %>%
  t %>%
  as_tibble %>%
  mutate(Resemblance = row.names(t(Nature2))) %>%
  pivot_longer(
    cols = -Resemblance,
    names_to = "Twins",
    values_to = "Counts"
  ) %>%
#  gather(key = "Twins",
#         value = "Counts", -Resemblance) %>%
  mutate(Twins = factor(Twins,
                        levels = c("Identical", "Fraternal")),
         Resemblance = factor(Resemblance)) %>%
print

```

```

## # A tibble: 4 x 3
##   Resemblance Twins     Counts
##   <fct>        <fct>      <dbl>
## 1 Alike         Identical  44
## 2 Alike         Fraternal  9
## 3 Not_Alike    Identical  9
## 4 Not_Alike    Fraternal  9

```

```
Nature3_tbl <- Nature3 %>%
  t %>%
  as_tibble %>%
  mutate(Resemblance = row.names(t(Nature3))) %>%
  pivot_longer(
    cols = -Resemblance,
    names_to = "Separation",
    values_to = "Counts"
  ) %>%
#   gather(key = "Separation",
#          value = "Counts", -Resemblance) %>%
  mutate(Separation = factor(Separation),
         Resemblance = factor(Resemblance)) %>%
print
```

```
## # A tibble: 4 x 3
##   Resemblance Separation     Counts
##   <fct>        <fct>          <dbl>
## 1 Alike         Lived Together    23
## 2 Alike         Separated        21
## 3 Not_Alike    Lived Together    4
## 4 Not_Alike    Separated        5
```

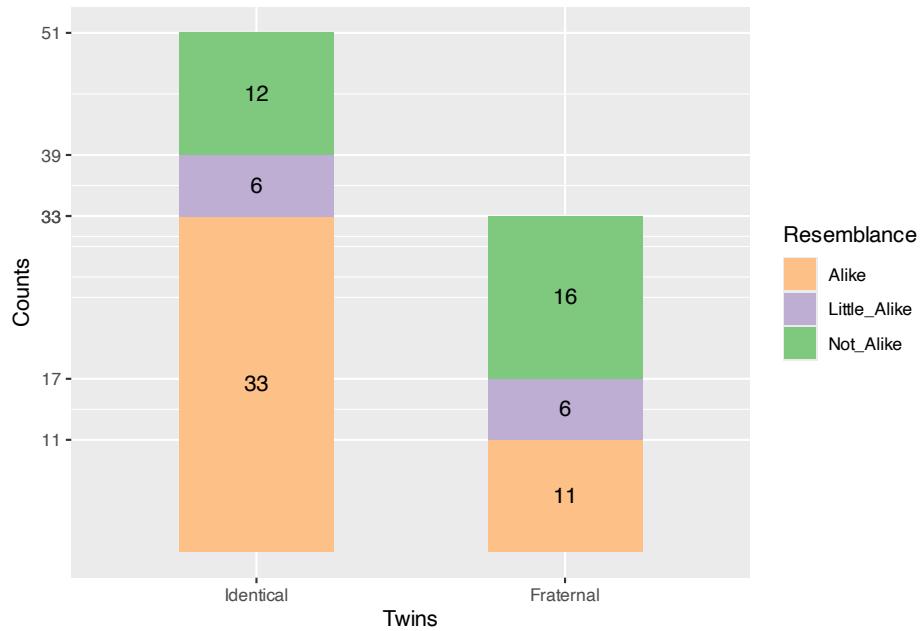
Good old `as.data.frame`

```
Nature1_tbl <- Nature1 %>%
  t %>%
  as.data.frame.table %>%
  `colnames<-`(`c("Resemblance", "Twins", "Counts")))
Nature2_tbl <- Nature2 %>%
  t %>%
  as.data.frame.table %>%
  `colnames<-`(`c("Resemblance", "Twins", "Counts"))
Nature3_tbl <- Nature3 %>%
  t %>%
  as.data.frame.table %>%
  `colnames<-`(`c("Resemblance", "Separation", "Counts")))
```

Nature 1958 Version 1

stack

```
y1_breaks <- Nature1_tbl %$%
  tapply(Counts,
    INDEX = Twins,
    FUN = cumsum) %>%
  unlist
y1_text <- Nature1_tbl %$%
  tapply(Counts,
    INDEX = Twins,
    FUN = pos) %>%
  unlist
Nature1_tbl %>%
  ggplot(data = .,
    mapping = aes(x = Twins,
      y = Counts,
      fill = Resemblance)) +
  geom_bar(stat = "identity",
    width = 0.5,
    position = position_stack(reverse = TRUE)) +
  geom_text(aes(y = y1_text),
    label = Nature1_tbl$Counts,
    position = "identity") +
  scale_fill_brewer(type = "qual",
    palette = "Accent",
    direction = -1) +
  scale_y_continuous(breaks = y1_breaks,
    labels = y1_breaks)
```



fill

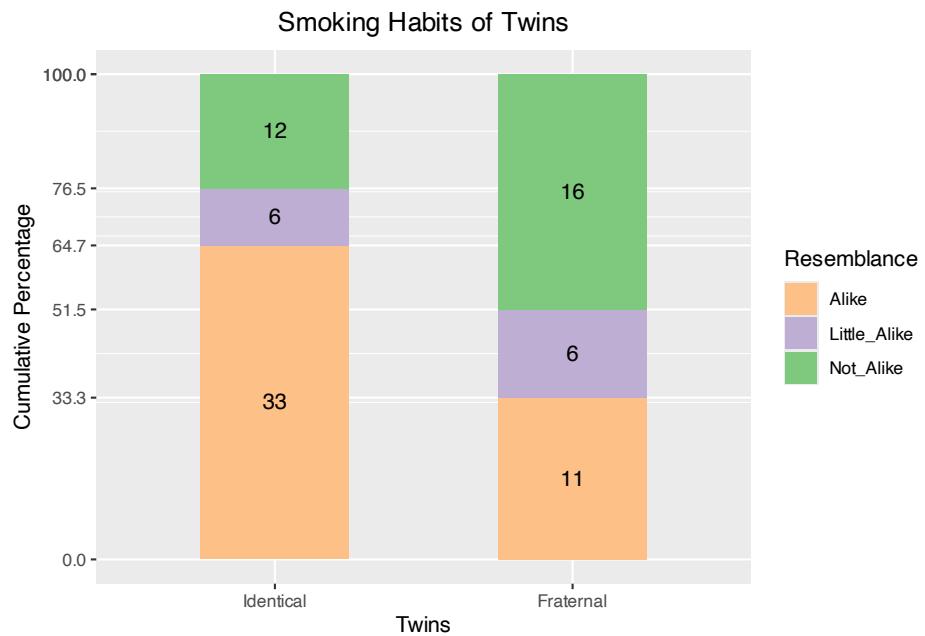
```
y1_fill <- y1_text / (Nature1 %>%
  apply(MARGIN = 1,
        FUN = sum) %>%
  rep(each = 3))

Nature1_tbl %>%
  ggplot(data = .,
         mapping = aes(x = Twins,
                        y = Counts,
                        fill = Resemblance)) +
  geom_bar(stat = "identity",
            width = 0.5,
            position = position_fill(reverse = TRUE)) +
  geom_text(aes(y = y1_fill),
            label = Nature1_tbl$Counts,
            position = "identity") +
  scale_fill_brewer(type = "qual",
                    palette = "Accent",
                    direction = -1) +
  scale_y_continuous(name = "Cumulative Percentage",
                     breaks = c(0,
                               apply(t(Nature1_p),
                                     MARGIN = 2,
                                     FUN = cumsum) / 100),
                     labels = format(c(0,
                                      apply(t(Nature1_p),
                                            MARGIN = 2,
                                            FUN = cumsum)),
                                    digits = 3,
```

```

nsmall = 1)) +
labs(title = "Smoking Habits of Twins") +
theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))

```



Nature 1958 version 2 : Twin Study

stack

```

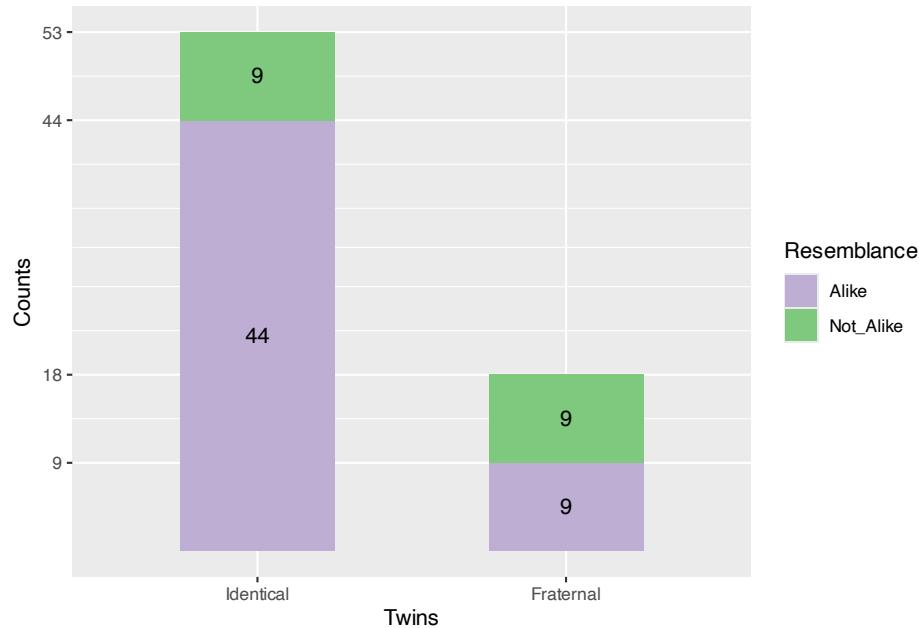
y2_breaks <- Nature2_tbl %$%
  tapply(Counts,
    INDEX = Twins,
    FUN = cumsum) %>%
  unlist
y2_text <- Nature2_tbl %$%
  tapply(Counts,
    INDEX = Twins,
    FUN = pos) %>%
  unlist
Nature2_tbl %>%
  ggplot(data = .,
    mapping = aes(x = Twins,
      y = Counts,
      fill = Resemblance)) +
  geom_bar(stat = "identity",
    width = 0.5,
    position = position_stack(reverse = TRUE)) +
  geom_text(aes(y = y2_text),
    label = Nature2_tbl$Counts,
    position = "identity")

```

```

scale_fill_brewer(type = "qual",
                  palette = "Accent",
                  direction = -1) +
scale_y_continuous(breaks = y2_breaks,
                   labels = y2_breaks)

```



fill

```

y2_fill <- y2_text / (Nature2 %>%
                        apply(MARGIN = 1,
                              FUN = sum) %>%
                        rep(each = 2))

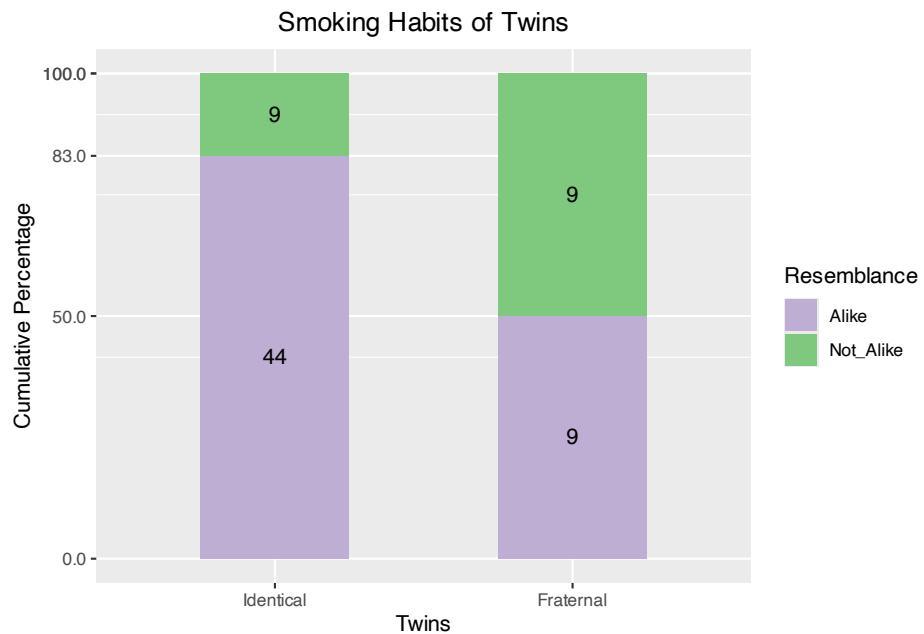
Nature2_tbl %>%
  ggplot(data = .,
         mapping = aes(x = Twins,
                       y = Counts,
                       fill = Resemblance)) +
  geom_bar(stat = "identity",
            width = 0.5,
            position = position_fill(reverse = TRUE)) +
  geom_text(aes(y = y2_fill),
            label = Nature2_tbl$Counts,
            position = "identity") +
  scale_fill_brewer(type = "qual",
                    palette = "Accent",
                    direction = -1) +
  scale_y_continuous(name = "Cumulative Percentage",
                     breaks = c(0,
                               apply(t(Nature2_p),
                                     MARGIN = 2,

```

```

        FUN = cumsum) / 100),
  labels = format(c(0,
                  apply(t(Nature2_p),
                        MARGIN = 2,
                        FUN = cumsum)),
                  digits = 3,
                  nsmall = 1)) +
  labs(title = "Smoking Habits of Twins") +
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))

```



Nature 1958 version 2 : Identical Twins

stack

```

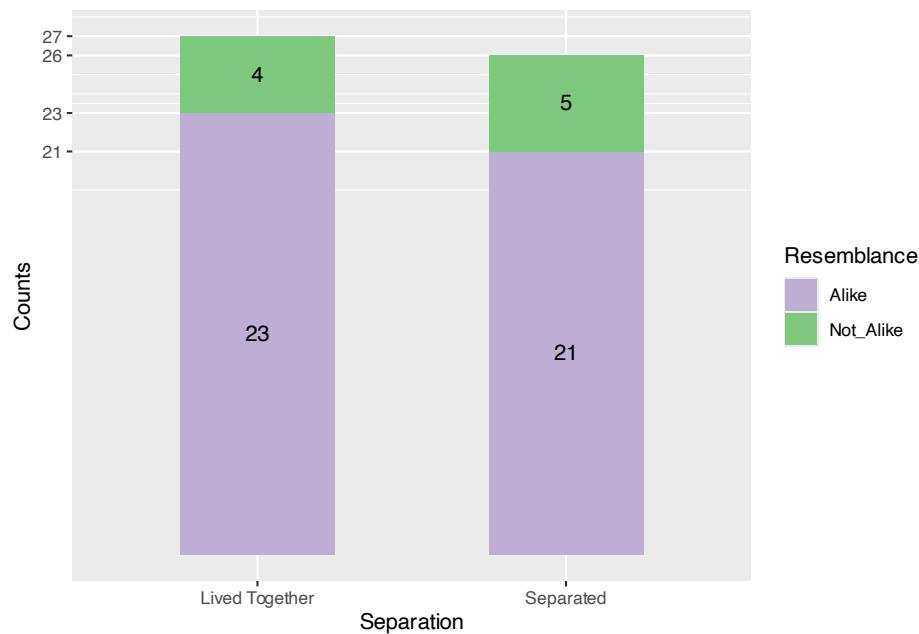
y3_breaks <- Nature3_tbl %$%
  tapply(Counts,
    INDEX = Separation,
    FUN = cumsum) %>%
  unlist
y3_text <- Nature3_tbl %$%
  tapply(Counts,
    INDEX = Separation,
    FUN = pos) %>%
  unlist
Nature3_tbl %>%
  ggplot(data = .,
    mapping = aes(x = Separation,
      y = Counts,
      fill = Resemblance)) +

```

```

geom_bar(stat = "identity",
         width = 0.5,
         position = position_stack(reverse = TRUE)) +
geom_text(aes(y = y3_text),
          label = Nature3_tbl$Counts,
          position = "identity") +
scale_fill_brewer(type = "qual",
                  palette = "Accent",
                  direction = -1) +
scale_y_continuous(breaks = y3_breaks,
                   labels = y3_breaks)

```



fill

```

y3_fill <- y3_text / (Nature3 %>%
                         apply(MARGIN = 1,
                               FUN = sum) %>%
                         rep(each = 2))

Nature3_tbl %>%
  ggplot(data = .,
         mapping = aes(x = Separation,
                       y = Counts,
                       fill = Resemblance)) +
  geom_bar(stat = "identity",
           width = 0.5,
           position = position_fill(reverse = TRUE)) +
  geom_text(aes(y = y3_fill),
            label = Nature3_tbl$Counts,
            position = "identity") +
  scale_fill_brewer(type = "qual",

```

```

    palette = "Accent",
    direction = -1) +
scale_y_continuous(name = "Cumulative Percentage",
  breaks = c(0,
            apply(t(Nature3_p),
                  MARGIN = 2,
                  FUN = cumsum) / 100),
  labels = format(c(0,
                  apply(t(Nature3_p),
                        MARGIN = 2,
                        FUN = cumsum)),
                  digits = 3,
                  nsmall = 1)) +
  labs(title = "Smoking Habits of Identical Twins") +
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))

```

