

## 실험계획법 4장

김준식

**예제 4.1** 3가지 세제에 대해 박테리아의 성장을 지연시키는 효과를 비교하고자 한다. 실험실에서 하루에 3번의 실험이 가능하므로 실험일을 블록으로 하여 확률화 완전블록설계를 하여 다음의 데이터를 얻었다. 통계적 분석을 이용하여 유의수준 0.05에서 세제 효과 여부에 대해 알아보하고자 한다.

표 4.4 세제 데이터

처리(세제) \ 블록(실험일)	1	2	3	4
1	20	22	18	25
2	16	18	17	19
3	30	34	29	27

```
trt = as.factor(rep(1:3, each=4))
block = as.factor(rep(1:4, 3))
y = c(20, 22, 18, 25,
      16, 18, 17, 19,
      30, 34, 29, 27)
data.frame(trt, block, y)
```

```
##   trt block  y
## 1    1     1 20
## 2    1     2 22
## 3    1     3 18
## 4    1     4 25
## 5    2     1 16
## 6    2     2 18
## 7    2     3 17
## 8    2     4 19
## 9    3     1 30
## 10   3     2 34
## 11   3     3 29
## 12   3     4 27
```

$$\begin{aligned}\hat{\mu} &= \bar{Y}_{..} \\ \hat{\tau}_i &= \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..} \\ \hat{\beta}_j &= \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}\end{aligned}$$

```
mean(y)

## [1] 22.91667

tapply(y, trt, mean); tapply(y, trt, var);

##      1      2      3
## 21.25 17.50 30.00

##      1      2      3
## 8.916667 1.666667 8.666667

tapply(y, block, mean); tapply(y, block, var);

##      1      2      3      4
## 22.00000 24.66667 21.33333 23.66667

##      1      2      3      4
## 52.00000 69.33333 44.33333 17.33333

tapply(y, trt, mean) - mean(y)

##      1      2      3
## -1.666667 -5.416667  7.083333

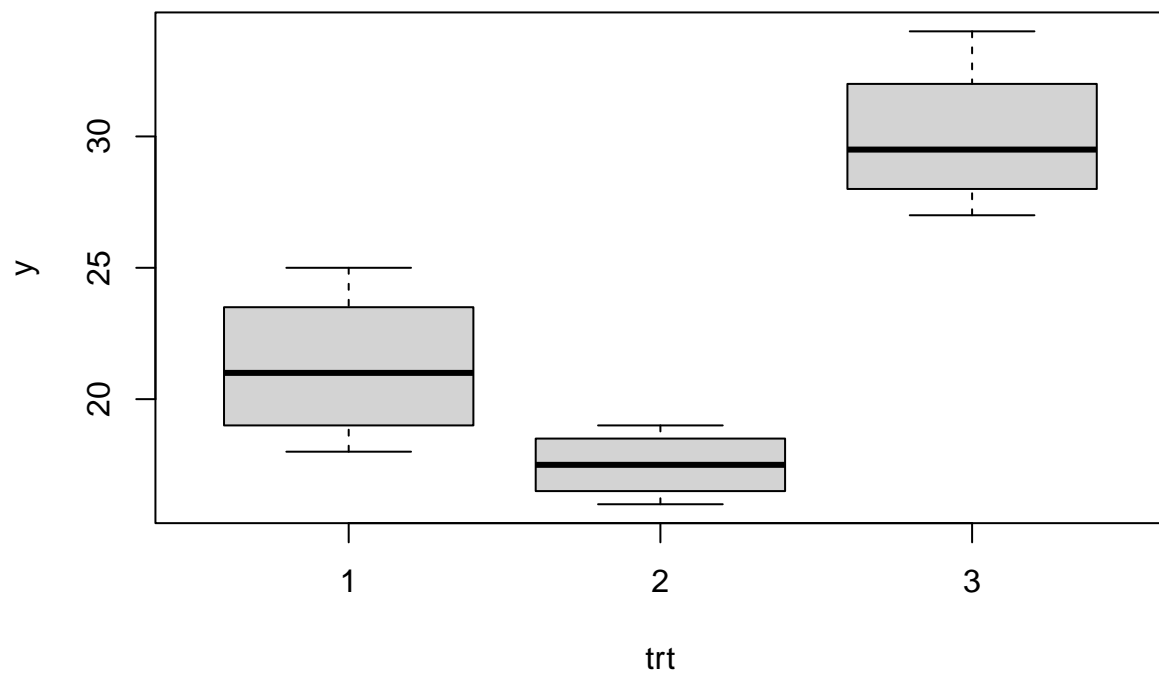
tapply(y, block, mean) - mean(y)

##      1      2      3      4
## -0.9166667  1.7500000 -1.5833333  0.7500000

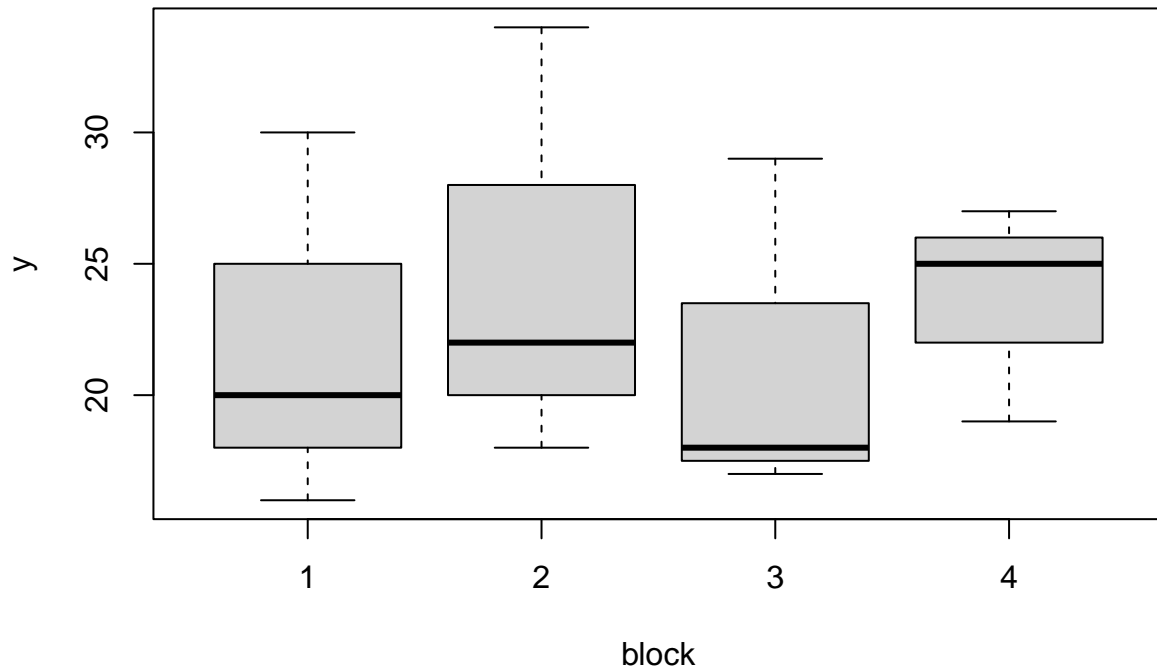
aov.out = aov(y~trt+block)
summary(aov.out)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## trt           2  329.2   164.58   26.810 0.00102 **
## block         3   20.9     6.97    1.136 0.40722
## Residuals     6   36.8     6.14
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

plot(y~trt)
```



```
plot(y~block)
```



```
pairwise.t.test(y, trt, p.adjust="none")
```

```
##
## Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
##
## data: y and trt
##
## 1      2
## 2 0.06580 -
## 3 0.00087 6.5e-05
##
## P value adjustment method: none
```

(1, 2) vs (3)의 두 그룹으로 나누어짐.

```
aov.out$fitted
```

```
##      1      2      3      4      5      6      7      8
## 20.33333 23.00000 19.66667 22.00000 16.58333 19.25000 15.91667 18.25000
##      9     10     11     12
## 29.08333 31.75000 28.41667 30.75000
```

```
aov.out$residuals
```

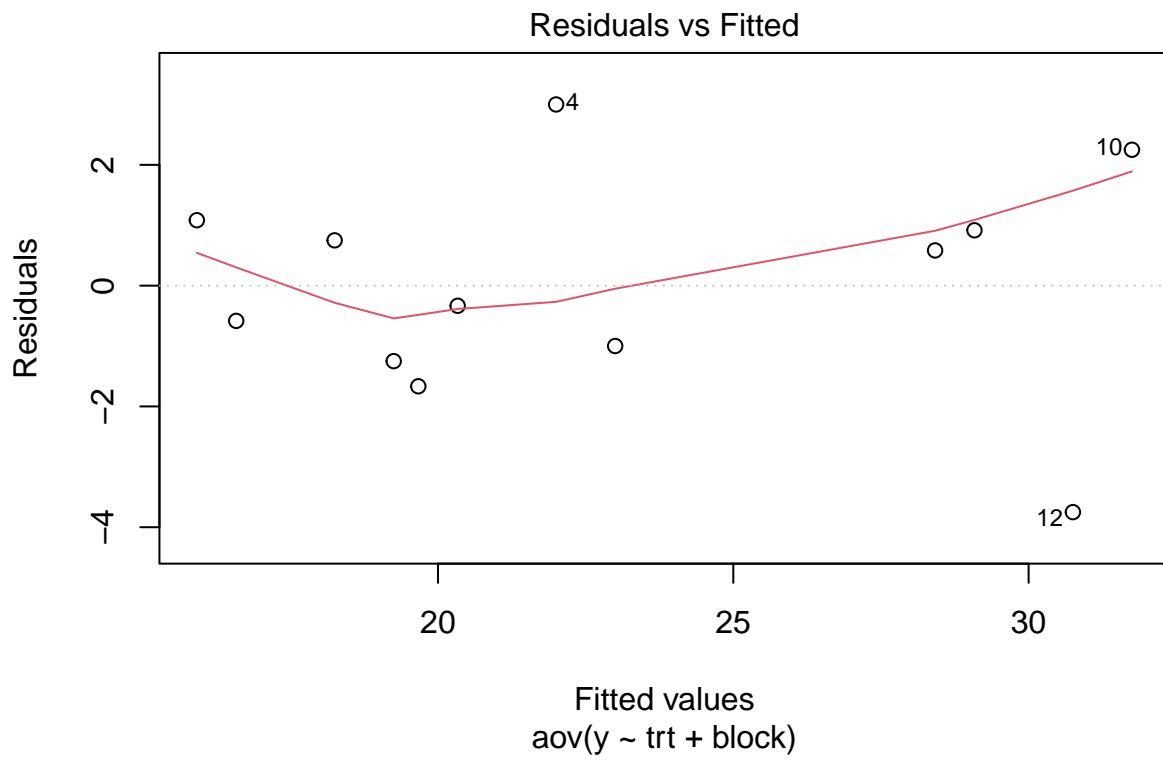
```
##      1      2      3      4      5      6      7
## -0.3333333 -1.0000000 -1.6666667  3.0000000 -0.5833333 -1.2500000  1.0833333
##      8      9     10     11     12
##  0.7500000  0.9166667  2.2500000  0.5833333 -3.7500000
```

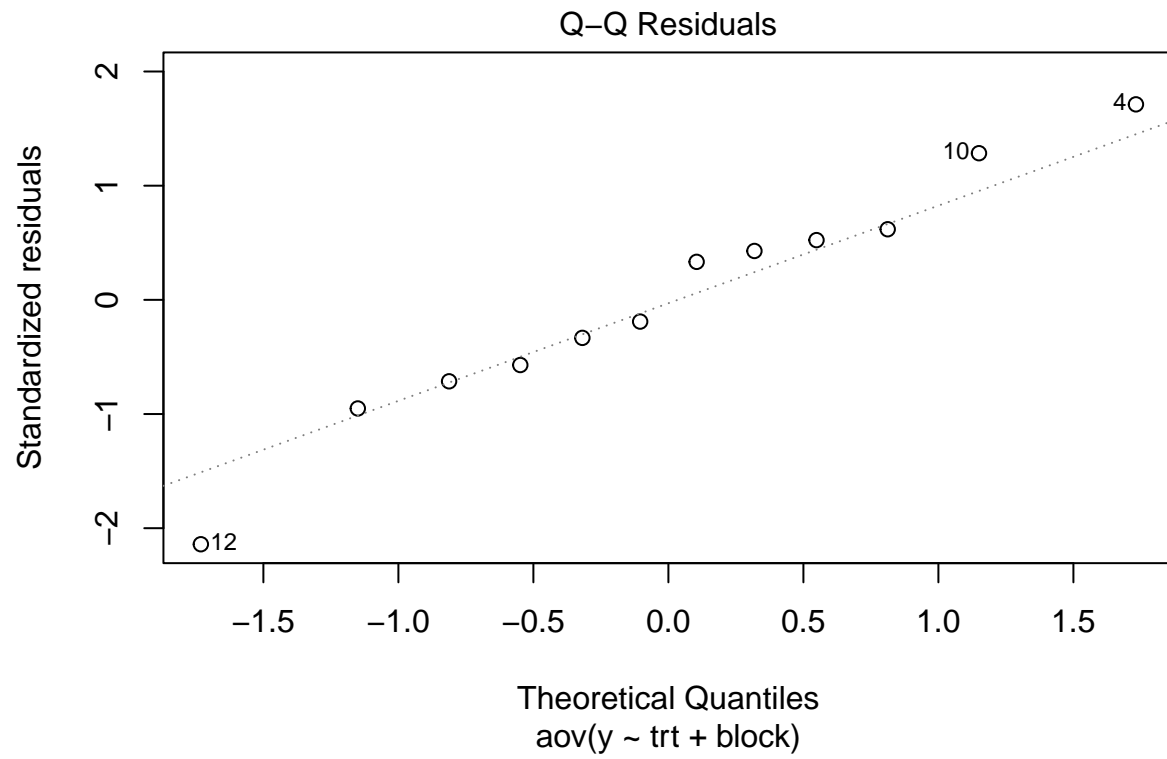
$H_0$  : 정규분포를 따른다.,  $H_1$  : 정규분포를 따르지 않는다.

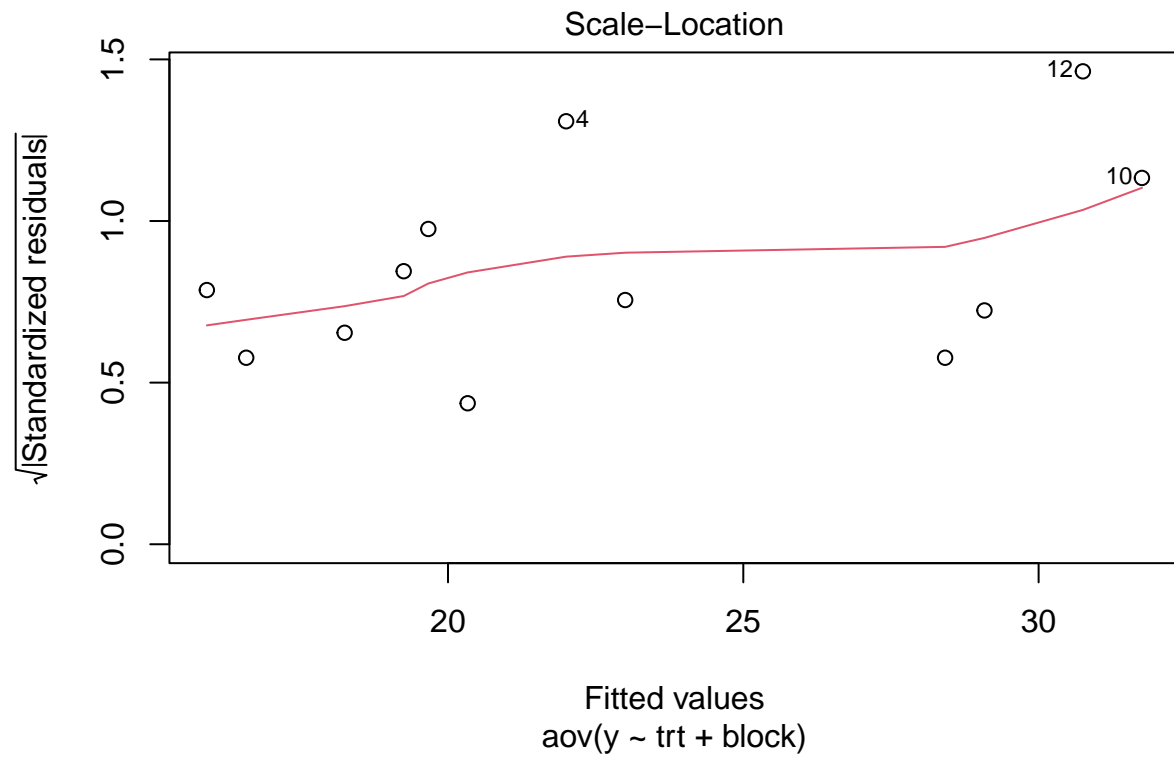
```
shapiro.test(aov.out$residuals)
```

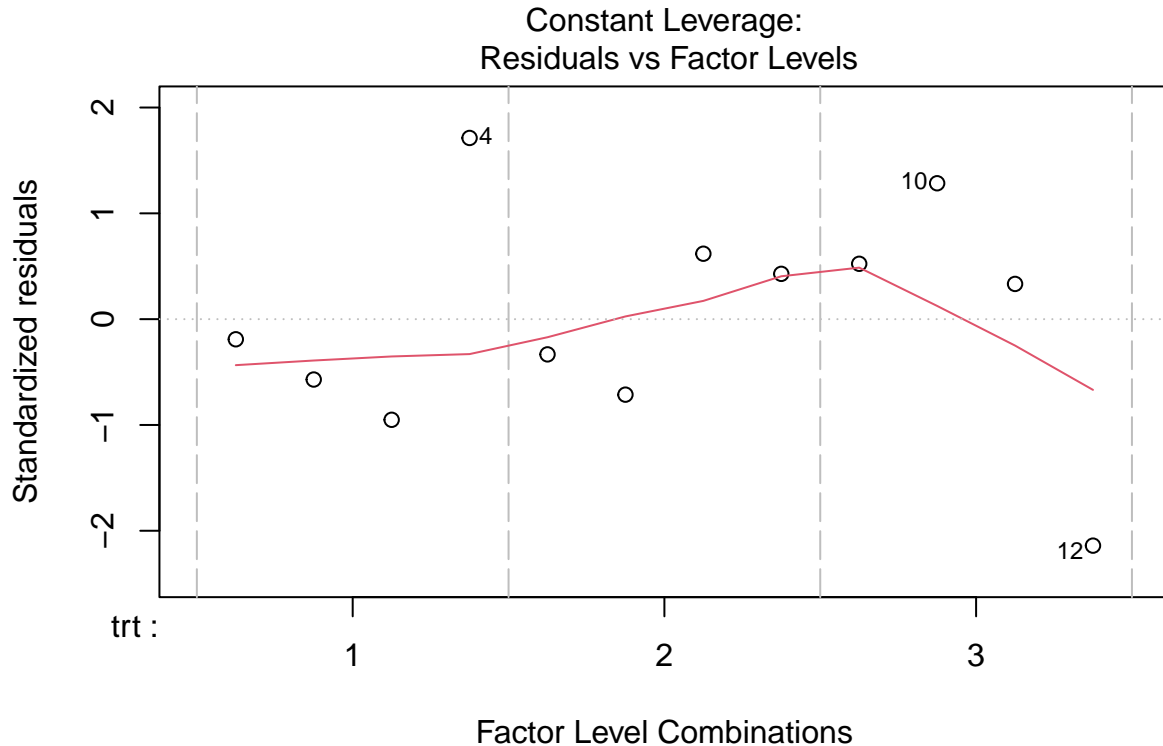
```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: aov.out$residuals  
## W = 0.97756, p-value = 0.972
```

```
plot(aov.out)
```









**예제 4.2** 3가지 첨가제가 자동차의 연비 향상에 미치는 영향을 조사하고자 한다. 주행실험에서 5종류의 자동차를 각각 블록으로 하고 확률화완전블록설계를 하여 다음의 데이터를 얻었다. 유의수준 0.05에서 통계적 분석을 이용하여 결론을 얻고자 한다.

표 4.6 자동차 첨가제 데이터

첨가제 \ 자동차종류	1	2	3	4	5	처리합
1	13	17	13	14	16	
2	11	12	11	12	14	
3	17	19	18	20	20	
블록합						

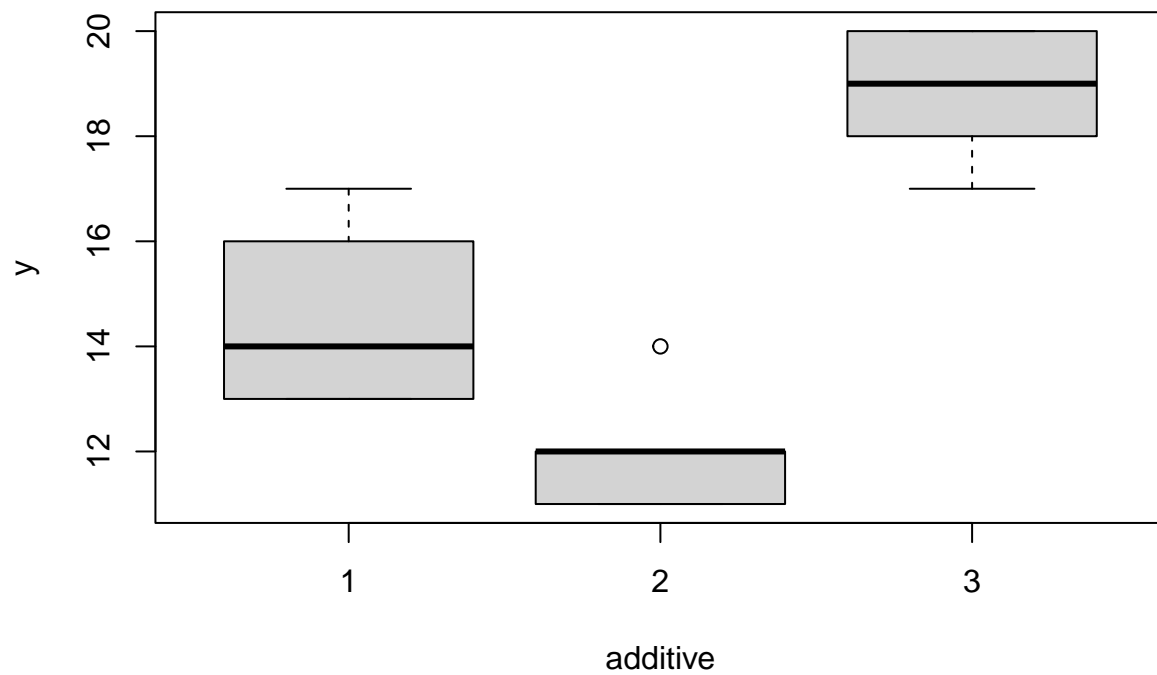
```
additive = as.factor( rep(1:3, each=5) )
car = as.factor( rep(1:5, 3) )
y = c(13, 17, 13, 14, 16, 11, 12, 11, 12, 14, 17, 19, 18, 20, 20)
```



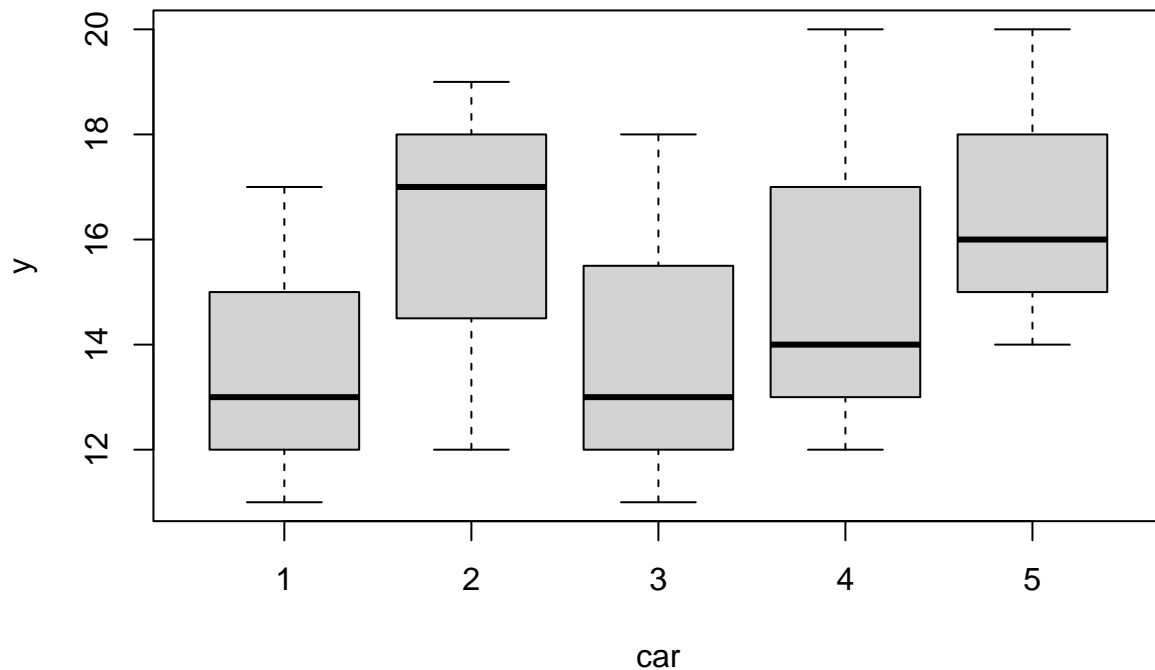
```
data.frame(additive, car, y)
```

```
##   additive car  y
## 1         1  1 13
## 2         1  2 17
## 3         1  3 13
## 4         1  4 14
## 5         1  5 16
## 6         2  1 11
## 7         2  2 12
## 8         2  3 11
## 9         2  4 12
##10         2  5 14
##11         3  1 17
##12         3  2 19
##13         3  3 18
##14         3  4 20
##15         3  5 20
```

```
plot(y~additive)
```



```
plot(y~car)
```



```
tapply(y, additive, mean)
```

```
##      1      2      3
## 14.6 12.0 18.8
```

```
tapply(y, car, mean)
```

```
##           1           2           3           4           5
## 13.66667 16.00000 14.00000 15.33333 16.66667
```

```
aov = aov(y~additive+car)
summary(aov)
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## additive    2  117.73   58.87  75.149 6.52e-06 ***
## car         4   19.73    4.93   6.298  0.0136 *
## Residuals   8    6.27    0.78
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
pairwise.t.test(y, additive, p.adjust="none")
```

```
##
## Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
##
## data:  y and additive
##
##      1      2
## 2 0.01626 -
```

```
## 3 0.00071 9.4e-06
##
## P value adjustment method: none
```

**예제 4.6** 4가지 첨가제가 자동차의 연비 향상에 미치는 영향을 조사하고자 한다. 주행실험에서 4종류의 자동차를 각각 블록으로 하여 실험하고자 한다. 그러나 시간 제약 때문에 다음과 같은 형태의 균형불완비블록설계를 하여 다음의 데이터를 얻었다. 유의수준 0.05에서 통계적 분석을 이용하여 결론을 얻고자 한다.

**표 4.16** 자동차 첨가제에 대한 균형불완비블록설계

첨가제(처리) \ 자동차종류(블록)	1	2	3	4	처리 합
1	□	17	13	16	
2	11	□	11	12	
3	10	11	□	12	
4	12	14	13	□	
블록 합					

■

```
y = c(17, 13, 16,
      11, 11, 12,
      10, 11, 12,
      12, 14, 13)
additive = as.factor(rep(1:4,each=3))
car = as.factor( c(2,3,4, 1, 3, 4, 1, 2, 4, 1, 2, 3) )

fit = lm(y~car+additive)
anova(fit)
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: y
##          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## car         3 15.3333   5.1111   6.5248 0.035157 *
## additive    3 29.4167   9.8056  12.5177 0.009227 **
## Residuals   5  3.9167   0.7833
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```