

## 9.5 双因素方差分析

在双因素方差分析中，受试者被分配到两因子的交叉类别组中。以基础安装中的ToothGrowth数据集为例，随机分配60只豚鼠，分别采用两种喂食方法（橙汁或维生素C），各喂食方法中抗坏血酸含量有三种水平（0.5 mg、1 mg或2 mg），每种处理方式组合都被分配10只豚鼠。牙齿长度为因变量，分析的代码见代码清单9-6。

代码清单9-6 双因素ANOVA

```
> attach(ToothGrowth)
> table(supp, dose)
      dose
supp 0.5  1  2
OJ   10 10 10
VC   10 10 10

> aggregate(len, by=list(supp, dose), FUN=mean)
  Group.1 Group.2      x
1      OJ      0.5 13.23
2      VC      0.5  7.98
3      OJ      1.0 22.70
4      VC      1.0 16.77
5      OJ      2.0 26.06
6      VC      2.0 26.14

> aggregate(len, by=list(supp, dose), FUN=sd)
  Group.1 Group.2      x
1      OJ      0.5  4.46
2      VC      0.5  2.75
3      OJ      1.0  3.91
4      VC      1.0  2.52
5      OJ      2.0  2.66
6      VC      2.0  4.80

> fit <- aov(len ~ supp*dose)
> summary(fit)

              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
supp             1    205      205   12.32 0.0009 ***
dose             1   2224     2224  133.42 <2e-16 ***
supp:dose        1     89       89    5.33 0.0246 *
Residuals       56    934       17
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

table语句的预处理表明该设计是均衡设计（各设计单元中样本大小都相同），aggregate语句处理可获得各单元的均值和标准差。用summary()函数得到方差分析表，可以看到主效应（supp和dose）和交互效应都非常显著。

有多种方式对结果进行可视化处理。此处可用interaction.plot()函数来展示双因素方差分析的交互效应。代码为：

```
interaction.plot(dose, supp, len, type="b",
                 col=c("red", "blue"), pch=c(16, 18),
                 main = "Interaction between Dose and Supplement Type")
```

结果如图9-6所示。图形展示了各种剂量喂食下豚鼠牙齿长度的均值。

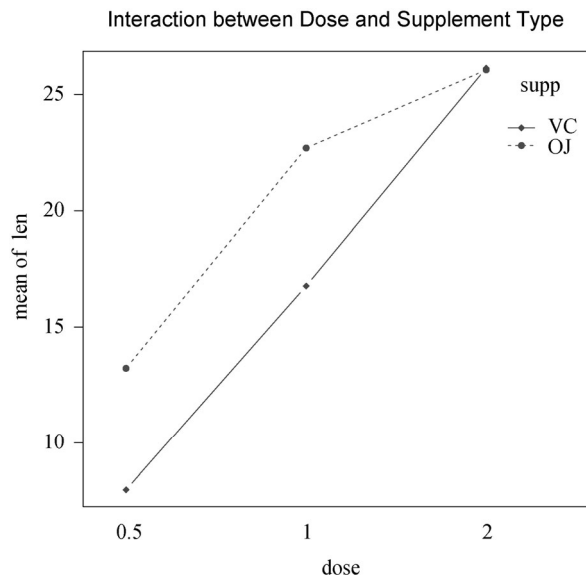


图9-6 喂食方法和剂量对牙齿生长的交互作用。用`interaction.plot()`函数绘制了牙齿长度的均值

还可以用`gplots`包中的`plotmeans()`函数来展示交互效应。生成图形如图9-7所示,代码如下:

```
library(gplots)
plotmeans(len ~ interaction(supp, dose, sep=" "),
           connect=list(c(1,3,5),c(2,4,6)),
           col=c("red", "darkgreen"),
           main = "Interaction Plot with 95% CIs",
           xlab="Treatment and Dose Combination")
```

图形展示了均值、误差棒(95%的置信区间)和样本大小。

最后,你还能用`HH`包中的`interaction2wt()`函数来可视化结果,图形对任意顺序的因子设计的主效应和交互效应都会进行展示(图9-8):

```
library(HH)
interaction2wt(len~supp*dose)
```

同样的,图9-8为适合黑白印刷做了修改,若你运行上面的代码,生成的图形会略有不同。

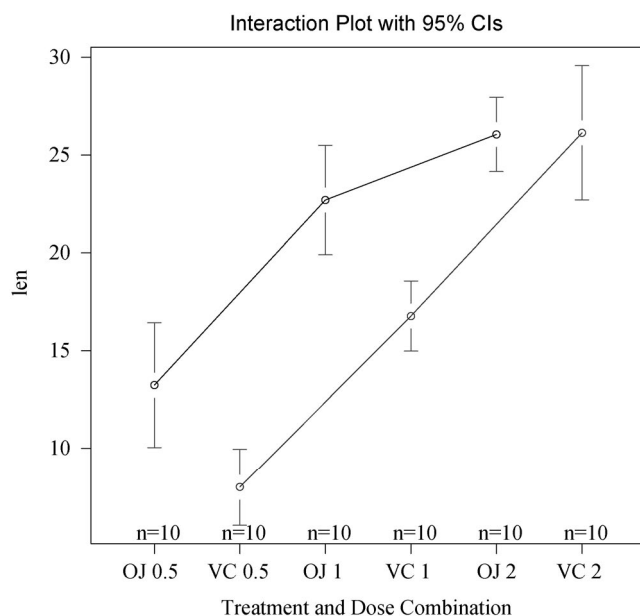


图9-7 喂食方法和剂量对牙齿生长的交互作用。用`plotmeans()`函数绘制的95%的置信区间的牙齿长度均值

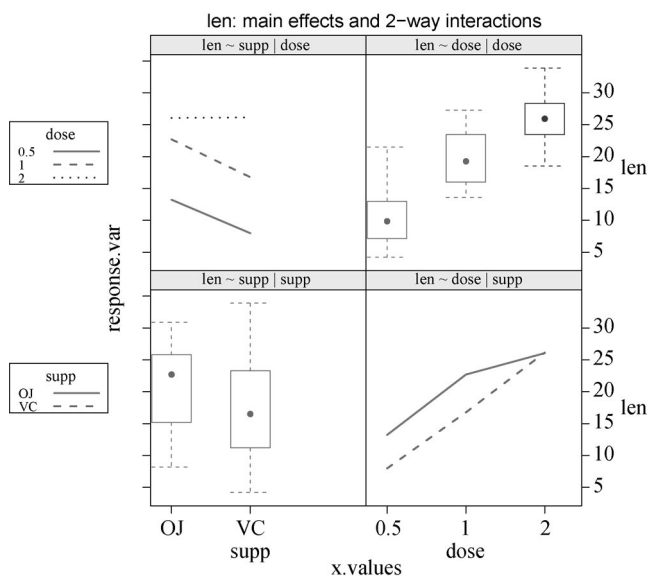


图9-8 ToothGrowth数据集的主效应和交互效应。图形由`interaction2wt()`函数创建

以上三幅图形都表明随着橙汁和维生素C中的抗坏血酸剂量的增加,牙齿长度变长。对于0.5 mg和1 mg剂量,橙汁比维生素C更能促进牙齿生长;对于2 mg剂量的抗坏血酸,两种喂食方法下牙