

# Fitts' Law实验作业

2015. 11. 4

# 课堂内容

- Fitts' Law 实验介绍
- 数据分析方法

# 实验报告要求

1. 论述实验设计的合理性
2. 提供实验细节，令实验结果可重现
3. 科学的数据分析

# 人机交互实验报告内容

- 实验目的
- 参与者情况
- 实验设备和平台
- 实验设计
- 实验流程
- 实验结果
- 结论

# 实验目的

- 验证Fitts' Law的合理性（回归分析）
- 测量Fitts' Law系数 (a和b)，并比较两个典型指点设备的点击速度（方差分析，ANOVA）

$$MT = a + b \times \log\left(\frac{A}{W} + 1\right)$$

# 参与者情况

- 选择标准
- 参与者人数
- 性别比例
- 年龄范围
- 对工具和任务的熟练程度
- 其他情况

# 实验平台



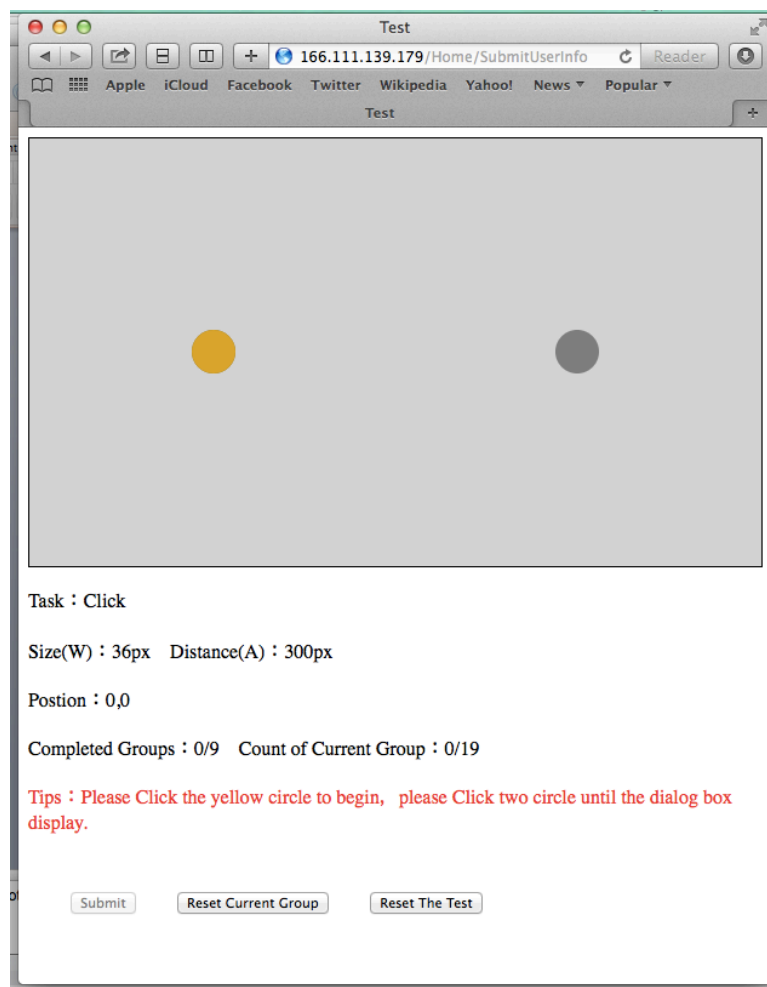
The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying "166.111.139.179". The page title is "Information". The browser's bookmark bar includes links to Apple, iCloud, Facebook, Twitter, Wikipedia, Yahoo!, News, and Popular. The main content area displays the title "Fitts' Law实验 (Developed by PCG)". Below the title is a form with the following fields and values:

- Name : Yu Chun
- Email : yc2pcg@gmail.com
- Platform : PC
- Device : Mouse
- Task : Click
- Size : 12 24 36
- Distance : 100 200 300
- Count Of A Group : 19

A "Start" button is located at the bottom of the form.

<http://166.111.139.179>

# 实验平台



<http://166.111.139.179>



# 实验设计

- Within-Subject Design (not Between-Subject)
  - 至少10名参与者 Participants

# 实验设计

- 独立变量 (Independent Variables)
  - 设备 Device (Mouse and Finger)
  - 移动距离 Movement Distance (D: at least three levels)
  - 目标尺寸 Target Size (S: at least 3 levels)
- 依赖变量 (Dependent Variables)
  - 移动时间 Movement Time (MT)
- 每个D-S条件下，做多少次点击 (>19)

# 实验流程

- 平衡策略 Counterbalance
  - 半数参与者先使用鼠标后使用手指；另外半数参与者先使用手指后使用鼠标
  - 随机生成（距离 $\times$ 尺寸）的条件
- 如何指示参与者：“又快又准”
- 所有的参与者需要在相同的设备上完成实验（比如：同一电脑&鼠标，或者同一手机）

# 实验流程说明（报告中）

- 详细步骤（steps）
- 实验命令（Instruction）
- 演示（Demonstration）
- 熟悉实验任务（familiar with tasks）
- 问卷（可选）
- 疲劳和休息

# 实验结果

- 验证A、W和设备对于MT的影响（方差分析）
- 考察预测模型的预测能力（回归分析）

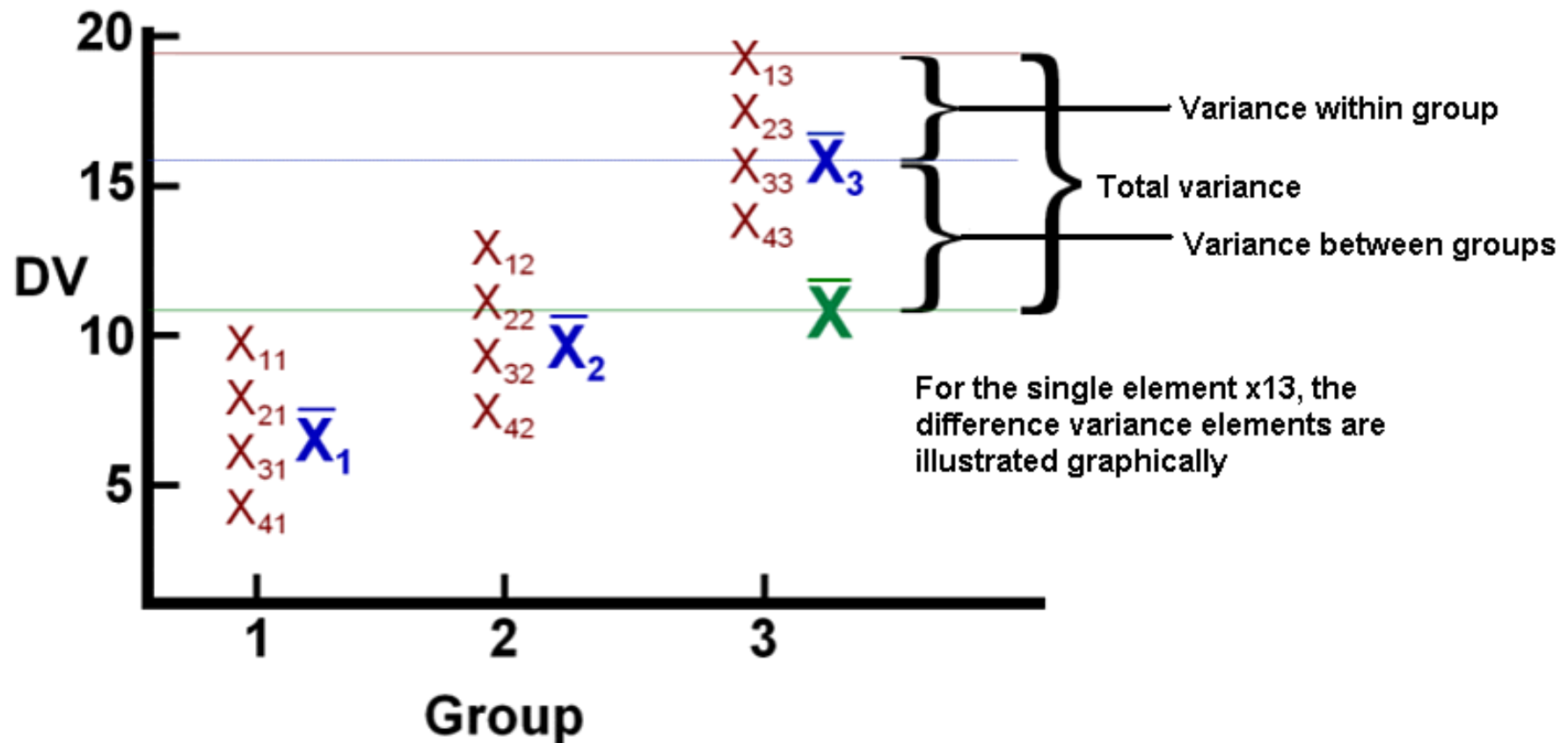
# 数据分析

- 数据处理
  - 去除每组开始的2个数据点（视为用户练习）
  - 平均时间（针对每个D-S条件，平均所有用户所有点击的移动时间）
  - 计算标准差
- 工具：Matlab, JMP, SPSS, Excel
- 方差分析（ANOVA）
  - 设备内：分析D和S对MT的影响
  - 分析设备Device的影响（针对各D-S条件）
- 回归分析
  - 拟合a和b，针对不同设备（平均用户数据）
- 用图、表“说话”

# 统计假设分析

- 基本原理：基于数据来做统计推理
- 假设
  - $H_0$ : null hypothesis (数据A和B来自于同一分布)
  - $H_1$ : alternative hypothesis (数据A和B来自于不同分布)
- 统计分析
  - 计算特征值 $t$  (比如: t-test, ANOVA)
  - 根据 $t$ 和样本的自由度, 查表求得p-value
  - 如何 $p\text{-value} < 0.05$  (有时取0.01), 那么拒绝 $H_0$ , 接受 $H_1$ 。

# 一个例子：方差分析



$$F_{(K-1, N-K)} = \frac{\text{平均组间方差}}{\text{平均组内方差}}$$



# F-Value和p-value (显著性)

**Null hypothesis ( $H_0$ ):** the sample means arising from different factors are equal

**Alternative hypothesis ( $H_a$ ):** the sample means are not all equal

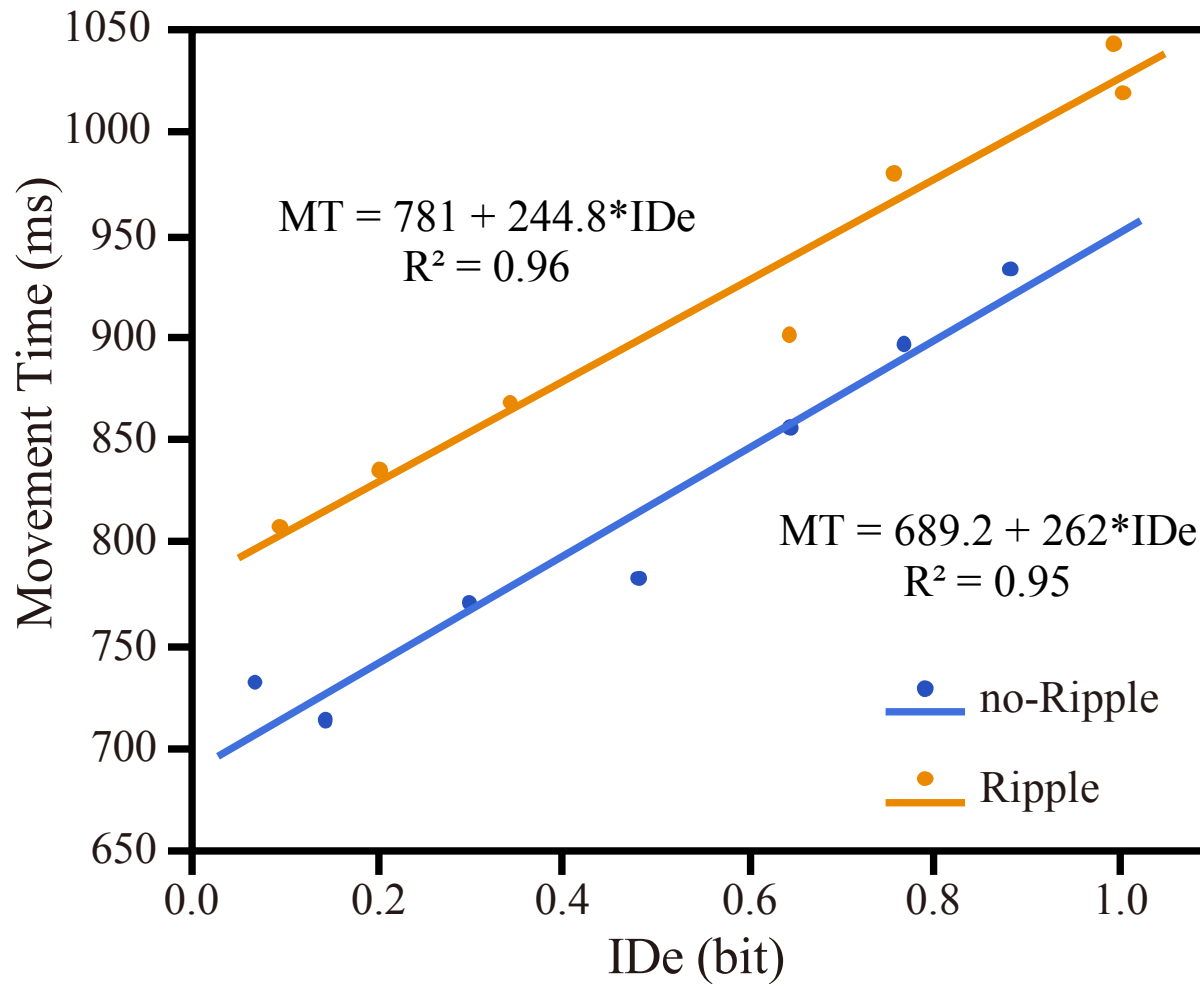
$F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$        $F_{\alpha, (n_1-1), (n_2-1)}$

Critical Values for F Distributions

$v_2$	$\alpha$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
1	0.1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86	60.19	61.22	61.74
1	0.05	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	245.95	248.02
1	0.01	4052.2	4999.3	5403.5	5624.3	5764.0	5859.0	5928.3	5981.0	6022.4	6055.9	6157.0	6208.7
1	0.001	405311.6	499725.3	540256.5	562667.8	576496.1	586032.9	593185.4	597953.8	602245.3	605583.2	616073.6	620842.0
2	0.1	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.42	9.44
2	0.05	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.43	19.45
2	0.01	98.50	99.00	99.16	99.25	99.30	99.33	99.36	99.38	99.39	99.40	99.43	99.45
2	0.001	998.38	998.84	999.31	999.31	999.31	999.31	999.31	999.31	999.31	999.31	999.31	999.31
3	0.1	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.20	5.18
3	0.05	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.70	8.66
3	0.01	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.34	27.23	26.87	26.69
3	0.001	167.06	148.49	141.10	137.08	134.58	132.83	131.61	130.62	129.86	129.22	127.36	126.43
4	0.1	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.87	3.84
4	0.05	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.86	5.80
4	0.01	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.20	14.02
4	0.001	74.13	61.25	56.17	53.43	51.72	50.52	49.65	49.00	48.47	48.05	46.76	46.10

Excel; Matlab; JMP...

# 回归分析(例子)



最小均方误差估计, 求得a, b和 $R^2$

# 结论

- 基于 $R^2$ 值判断数据以多大的程度满足Fitts' Law, 一般需要 $R^2$ 大于0.9。
- 回答移动距离D和目标尺寸S是否对移动时间MT有统计意义上的显著影响, 通过判断p-value是否小于0.05 (statistically significant)
- 回答指点设备是否对移动时间MT有统计意义上的显著影响, 通过判断p-value是否小于0.05

# 关于实验平台

(<http://166.111.139.119>)

注意：请先收集少量数据验证数据的正确性，  
然后再进行多人测试。

实验平台使用问题，请联系助教

# 人机交互实验报告内容

- 实验目的
- 参与者情况
- 实验设备和平台
- 实验设计
- 实验流程
- 实验结果
- 结论