

Design of Experiment

實驗設計專題報告

題目：探討便利貼的黏度及其相對應
適合之黏貼表面材質

第二組

H24041375 黃可橙(組長)

H24041113 陳姿均

H24041147 廖怡華

H24041228 廖佳馨

H24041202 何欣育

H24041383 沈欣恩

目錄

壹、前言	3
貳、實驗目的與動機	3
參、初步實驗規劃	3
一、實驗因子.....	3
二、初步的實驗模型.....	4
三、實驗規劃.....	5
四、實驗步驟.....	6
肆、實驗前測與修正.....	7
一、實驗前測.....	7
二、前測分析	10
三、實驗檢討與改進	11
四、模型修正	12

壹、前言

市面上有各種品牌的便利貼，而光是品牌大廠 3M 就有分別有許多品項，而市面的品牌級品項百百種，究竟哪種品牌的便利貼能夠黏貼的最牢固並且可以重複黏貼多次，而我們更想知道我們所欲黏貼的介面是否會有相對應適合黏貼的品牌品項。

貳、實驗目的與動機

學生用便利貼抄筆記，上班族將一張張便利貼貼在電腦螢幕上提醒自己工作事項，媽媽在餐桌上貼上便利貼提醒我們冰箱裡有飯菜記得熱來吃，便利貼在生活中無所不在，小小一張卻有許多功能，成為了生活不可或缺的必需品。便利貼的種類多元，有各種尺寸、各種顏色，不同品牌黏性也有差異，像是活動附贈的便利貼，可能剛貼下，邊邊角角就開始翹起無法使用，市面上也有標榜「狠黏」的便利貼，據說什麼都可以黏得住。

所以我們想要藉由實驗討論，不同品牌、或是同品牌不同系列的便利貼各自在不同介面哪個可以重複黏貼最多遍，例如 post-it 便利貼可能在玻璃上可以重覆黏貼最多次。之後，我們可以利用實驗的結果，在選購便利貼時依照個人情況挑選適合的便利貼！

參、初步實驗規劃

一、實驗因子

1. 品牌:

挑選市面上的便利貼做為實驗對象，以網路市調排名做為選擇依據，決定取前三名進行實驗，分別為： a. 3M 狠黏 b. N 次貼 c. 3M 可再貼。



(由左到右分別為 N 次貼、3M 狠黏、3M 可再貼)

2. 黏著界面材質：a.影印紙 b.白板 c.牆壁 d.玻璃
3. 實驗單位：75mm*75mm 大小的便利貼
4. response：探討不同的黏著界面所對應適合的便利貼品牌各為何(探討不同品牌的便利貼在不同材質的表面上最多可以黏貼幾次，而不再具有黏貼的功能。)
5. 反應變數：黏住（不掉下來）的次數
6. 處理：執行每個處理都是隨機。我們會使用 R 去執行，使得每個實驗數據的順序都是隨機(會在實驗規劃中呈現)，而且每次都使用新的便利貼。
7. 變數限制：
 - a. 電風扇：每次都用同一台電風扇（桌上型小電風扇），皆使用風速 1 段，且角度固定
 - b. 便利貼大小：皆為 75mm*75mm
 - c. 操作人員：負責開關電風扇、按壓便利貼（用尺按壓）
 - d. 計時器：手機內建碼表（同一支手機）
 - e. 界面材質：執行每個處理都會先以酒精擦拭界面材質並等 30 秒（影印紙每次都使用新的一張）

二、初步的實驗模型

《模型一》

對消費者來說關注重點是黏性的強度以及重覆黏貼後的持久度，因此我們在同樣的電風扇風吹角度下，試驗重覆黏貼便利貼可維持幾次為時 5 秒的風吹，若某組試驗在第一次試驗中黏著力維持不達 5 秒，則表記為 0，並依次紀錄至無法黏貼為止。

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$i=1,2,3$ (便利貼品牌) , $j=1,2,3,4$ (黏著介面材質)

$k=1,2$ (實驗單位重複次數), $l=1,2$ (整個實驗的重複次數)

τ_i ：第 i 種品牌的影響 $i=1,2,3$

β_j ：第 j 種黏著介面材質的影響 $j=1,2,3,4$

γ_k ：實驗重複次數 $k=1,2$

$(\tau\beta)_{ij}$ ：品牌和黏著介面材質的交互作用

$(\tau\gamma)_{ik}$ ：品牌和重複的交互作用

$(\beta\gamma)_{jk}$ ：黏著介面材質和重複的交互作用

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ ：2 因子和重複的交互作用

ε_{ijkl} ：誤差項

response :黏著力數值化數值（可繼續黏貼次數）

$$\sum_{i=1}^3 \tau_i = 0, \sum_{j=1}^4 \beta_j = 0,$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 (\tau\beta)_{ij} = 0 \quad , \quad \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^2 (\tau\gamma)_{ik} = 0 \quad , \quad \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 (\beta\gamma)_{jk} = 0 \quad , \\ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 (\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0 \quad , \quad \gamma_k \sim NID(0, \sigma_k^2) \quad , \quad \varepsilon_{ijkl} \sim NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

《模型二》

考量人員所產生的變異，加入 Operator 做集區(block)。

$$Y_{ijklm} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + O_m + \varepsilon_{ijklm}$$

i=1,2,3(便利貼品牌) , j=1,2,3,4(黏著介面材質)

k=1,2(實驗單位重複次數), l=1,2(整個實驗的重複次數)

τ_i : 第 i 種品牌的影響 i= 1,2,3

β_j : 第 j 種黏著介面材質的影響 j=1,2,3,4

γ_k : 實驗重複次數 k=1,2

O_m : 第幾個操作人員 m=1,2

$(\tau\beta)_{ij}$: 品牌和黏著介面材質的交互作用

$(\tau\gamma)_{ik}$: 品牌和重複的交互作用

$(\beta\gamma)_{jk}$: 黏著介面材質和重複的交互作用

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: 2 因子和重複的交互作用

ε_{ijklm} : 誤差項

response : 黏著力數值化數值 (可繼續黏貼次數)

$$\sum_{i=1}^3 \tau_i = 0 \quad , \quad \sum_{j=1}^4 \beta_j = 0 \quad ,$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 (\tau\beta)_{ij} = 0 \quad , \quad \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^2 (\tau\gamma)_{ik} = 0 \quad , \quad \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 (\beta\gamma)_{jk} = 0 \quad ,$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 (\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0 \quad , \quad \gamma_k \sim NID(0, \sigma_k^2) \quad , \quad \varepsilon_{ijkl} \sim NID(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad ,$$

$$O_m \sim NID(0, \sigma_O^2)$$

三、實驗規劃

1. 所需實驗器材：

- (1) 3M 狠黏、N 次貼、3M 可再貼便利貼未開封各一包 (一包內即有 100 張)
- (2) 量尺
- (3) 電風扇
- (4) 酒精
- (5) 影印紙
- (6) 手機 (內建碼表)

2. 隨機化：

總共 48 個實驗單位(3 個品牌 × 4 個黏著介面 × 每個處理 2 個實驗單位 × 2 個整體實驗重複)。

根據以下 R CODE 結果決定實驗順序：

```
> matrix(sample(1:24), nrow=4)
```

第一次：

		品牌					
		3M 狠黏		N 次貼		3M 可再貼	
介面材質	白板	16	4	8	2	6	24
	牆壁	11	12	22	3	7	18
	玻璃	21	10	1	23	5	9
	影印紙	20	17	19	15	13	14

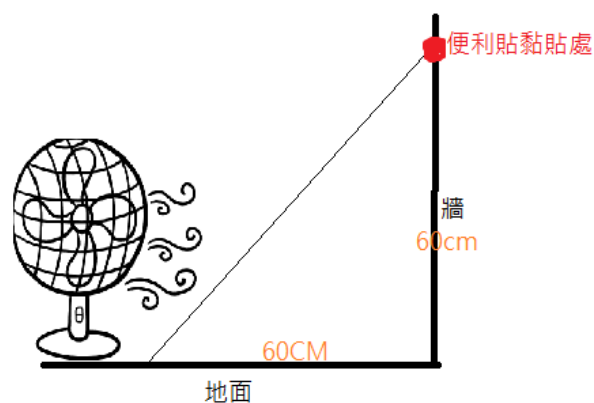
第二次：

		品牌					
		3M 狠黏		N 次貼		3M 可再貼	
介面材質	白板	1	11	19	17	5	13
	牆壁	9	8	23	14	7	12
	玻璃	20	24	15	21	18	2
	影印紙	22	4	10	6	3	16

四、實驗步驟

1.實驗器材布置

- (1) 在將便利貼黏貼在我們要實驗的介面(白板、牆壁、玻璃)之前，先用酒精進行清潔消毒，計時 30 秒等待揮發，如果實驗介面是影印紙，則每次都更換新的影印紙。
- (2) 將風扇架設在距離便利貼水平距離 60 公分，45 度下並固定(如下圖)。



- (3) 實驗介面材質是白板和玻璃時，因白板、玻璃門(窗)有一定高度，則用桌

子將電風扇架高到距離便利貼同樣是水平距離 60 公分 45 度下。實驗介面材質是影印紙時，則會將影印紙完整黏貼在牆上才貼上便利貼進行實驗。

(4) 將周遭窗戶關閉，以防外在因素(突來強風)影響實驗。

2.第一次實驗

- (1) 在介面上噴灑酒精清潔消毒，同學 A 計時 30 秒等待揮發。
- (2) 同學 B 負責將便利貼黏貼在介面上，為求施力平均，黏貼便利貼的工作都由同學 B 負責，且都用尺壓在上方施力，每次壓 5 秒。
- (3) 同學 A 計時 5 秒，計時開始時，同學 C 按下電風扇風速一段按鍵，如果 5 秒內，便利貼掉落，同學 D 則紀錄 0，停止此次實驗。如果沒有掉落，則在 5 秒結束後，撕下該便利貼紀錄成功次數 1 並進行第二次實驗。

3.第二次實驗(重複)

- (1) 在介面上噴灑酒精清潔消毒，同學 A 計時 30 秒等待揮發。
- (2) 同學 B 負責將便利貼黏貼在介面上，為求施力平均，黏貼便利貼的工作都由同學 B 負責，且都用尺壓在上方施力，每次壓 5 秒。
- (3) 同學 A 計時 5 秒，計時開始時，同學 C 按下電風扇風速一段按鍵，如果 5 秒內，便利貼掉落，同學 D 則紀錄失敗停止。如果沒有掉落，則在 5 秒結束後，撕下該便利貼紀錄成功次數+1 並進行第三次實驗。

4.持續重複實驗，直到失敗為止(便利貼在 5 秒內掉落)。

5.進行分析資料。

肆、實驗前測與修正

一、 實驗前測

1.test 1

時間：2017/12/13（日）晚上 8:00~9:30

地點：統計系系學會辦

人員：黃可橙、陳姿均、廖怡華、廖佳馨、何欣育、沈欣恩

目的：確認實驗可行性與實驗步驟改善

過程：

事先透過 R 的結果訂定實驗順序與操作、量測人員（貼便利貼、計時＋開電風扇），按照原本預定的實驗步驟：先用酒精擦拭黏著介面（除了影印紙），並且等待 30 秒，再開始實驗，且每次貼便利貼的時候用膠帶滾筒來回滾 3 次。

```
> matrix(sample(1:24), nrow=4)
```

```
> operator <- c("橙","華","馨","均","育","恩")
```

```
> sample(operator, 2)
```

第一次：

		品牌					
		3M 狠黏		N 次貼		3M 可再貼	
介面材質	白板	7	14	18	21	24	22
	牆壁	5	4	8	19	20	12
	玻璃	6	2	3	9	10	1
	影印紙	23	17	11	13	15	16

操作、量測人員：廖佳馨、陳姿均

第二次：

		品牌					
		3M 狠黏		N 次貼		3M 可再貼	
介面材質	白板	14	2	19	9	5	7
	牆壁	23	17	21	16	24	3
	玻璃	11	20	10	22	1	12
	影印紙	6	4	13	8	18	15

操作、量測人員：沈欣恩、廖怡華

結果：

- (1) 等酒精發揮 30 秒，30 秒後酒精沒乾，貼便利貼上去會立刻掉下來，於 test 2 中改善：等酒精完全乾。
- (2) 第一張便利貼撕起的角度可能會影響便利貼的角度，於 test 2 中改善：從側邊輕輕撕起來。
- (3) 用膠帶來回滾難施力，於 test 2 中改善：用尺在便利貼上向上刮一下。
- (4) 電風扇基底與介面的垂直距離 60 公分和便利貼高度 60 公分，發現距離太遠、風太弱，於 test 2 中改善：電風扇基底與介面的垂直距離 30 公分和便利貼高度 40 公分。
- (5) 電風扇該朝著便利貼哪個方向吹，經測試不同角度之後，發現從便利貼側邊吹，並不會有風力的分力，將便利貼壓於黏著介面，影響實驗精確性。
- (6) 一張便利貼要掉落的時間比想像中的久，基於前測時間不夠，因此決定測試每一種處理一次。
- (7) 第一台電風扇的頭無法調到我們想要的角度，於 test 2 中換另一台。



(姿均用酒精擦拭玻璃)

2.test 2

時間：2017/12/13（日）晚上 9:30~11:30、2017/12/14（一）8:00~14:00

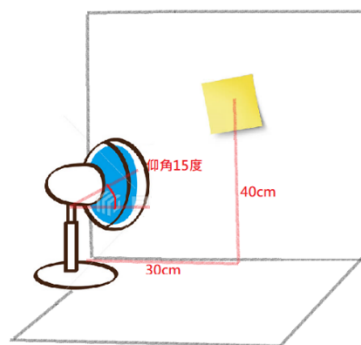
地點：統計系系學會辦

人員：黃可橙、陳姿均、廖怡華、廖佳馨、何欣育、沈欣恩

目的：根據 test1 做的改善，再度確認實驗可行性

過程：

根據新的 R 之結果訂定實驗順序與操作、量測人員（貼便利貼、計時＋開電風扇），按照 test1 中改變的實驗步驟：用酒精擦拭黏著介面（除了影印紙），待酒精完全發揮之後，再開始實驗，操作人員需把便利貼從側邊輕輕撕起來，且每次要將便利貼貼上時，用尺在便利貼上緣向上刮一下。



```
> a <- matrix(sample(1:12), nrow=4)
> row.names(a) <- c("白板", "牆壁", "玻璃", "影印紙")
> colnames(a) <- c("狠黏", "N 次貼", "可再貼")
> operator <- c("橙", "華", "馨", "均", "育", "恩")
> sample(operator, 2)
```

		品牌		
		3M 狠黏	N 次貼	3M 可再貼
黏著介面	白板	4	6	8
	牆壁	3	2	7
	玻璃	11	1	12
	影印紙	10	5	9

操作、量測人員：廖怡華、陳姿均

結果：

- (1) 因為介面使用酒精擦拭，使得便利貼比想像中的黏著性強且耗時長，若每次計時 5 秒，會對操作人員造成負擔、容易感到疲累。因此，我們決定將時隔長改成每次計時 15 秒。
- (2) 因為要使用不同介面，因此我們使用褐色膠帶標記位置（下圖），確保便利貼與電風扇之間的距離是正確的。



（姿均負責貼便利貼、怡華負責計時與開關電風扇）

二、前測數據（test 2）

以下為各種處理的觀察結果

		品牌		
		3M 狠黏	N 次貼	3M 可再貼
黏著介面	白板	571	239	57
	牆壁	13	29	6
	玻璃	191	43	30
	影印紙	152	54	144

因為此數據分成兩天來取得，所以我們不打算對此數據進行分析，但由此結果我們可以看出不同品牌的便利貼在不同黏著介面有不同的效果，像是 3M 狠黏

在白板黏著力很好，但是在牆壁卻很差。並且由結果而言，每個黏著介面下，不同品牌似乎有明顯不同的效果，因此這樣的實驗應該是可行，但是結論要等完整實驗後（樣本數增加）才能確定。

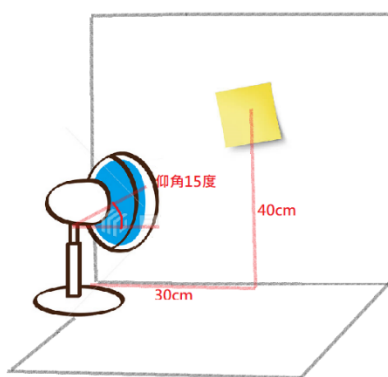
三、實驗檢討與改進

1.檢討

- (1) 因為前測所花費的測量時間過長，比我們原本預計的多出很多，導致沒辦法一次做完一組中的每個處理，所以實際實驗時會保留足夠的時間來確保可以一次做完一組中的每個處理。
- (2) 一開始操作人員不太熟練，所以貼便利貼的位置有點位移，所以每次貼上便利貼時，都需非常注意便利貼的高度位置是否落在我們的標定點（褐色記號）。

2.改正後的實驗器材布置

- (1) 在將便利貼黏貼在我們要實驗的介面(白板、牆壁、玻璃)之前，先用酒精進行清潔消毒，等待酒精完全揮發，如果實驗介面是影印紙，則每次都更換新的影印紙。
- (2) 將電風扇架設在電風扇基底與介面的垂直距離 30 公分和便利貼高度 40 公分的地方，而風扇頭呈向上 15 度並固定(如下圖)。



- (3) 實驗介面材質是白板和玻璃時，因白板、玻璃門(窗)有一定高度，則用桌子將電風扇架高到距離便利貼同樣是電風扇基底與介面的垂直距離 30 公分和便利貼高度 40 公分的地方，而風扇頭呈向上 15 度並固定。實驗介面材質是影印紙時，則會將影印紙完整黏貼在牆上才貼上便利貼進行實驗。
- (4) 將周遭窗戶關閉，以防外在因素(突來強風)影響實驗。

3.改正後的實驗流程：

- (1) 在介面上噴灑酒精清潔消毒，等待酒精完全揮發。
- (2) 同學 B 負責將便利貼黏貼在介面上，為求施力平均，黏貼便利貼的工作都由同學 B 負責，且都用尺在便利貼上往上方刮一下。
- (3) 同學 A 計時 15 秒，計時開始的同時，同學 A 按下電風扇風速一段按鍵，

如果 15 秒內，便利貼掉落，同學 C 則紀錄 0，停止此次實驗。如果沒有掉落，則在 15 秒結束後，撕下該便利貼紀錄成功次數 1 並進行第二次實驗。

四、模型修正

我們仔細測量便利貼後面的黏膠寬度，N 次貼的寬度為 1.7 釐米，3M 可再貼的寬度為 1.6 釐米，而 3M 狠黏的寬度則為 1.9 釐米，因此決定加入一個寬度的因素，而此因素因品牌不同，所以寬度是以品牌為巢。

因為考慮實驗的耗時程度，我們打算分成兩天來做，因此把整個實驗的重複次數當作 block，也將操作人員當作 block。

$$Y_{ijklmn} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + \delta_{n(i)} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + (\beta\delta)_{jn(i)} + (\gamma\delta)_{kn(i)} + (\beta\gamma\delta)_{jkn(i)} + O_m + \varepsilon_{ijklmn}$$

$i=1,2,3$ (便利貼品牌)， $j=1,2,3,4$ (黏著介面材質)

$k=1,2$ (實驗單位重複次數(隨機))， $l=1,2$ (整個實驗的重複次數)

$m=1,2$ (操作人員)， $n=1$ (黏膠寬度)

τ_i ：第 i 種品牌的影響 $i=1,2,3$

β_j ：第 j 種黏著介面材質的影響 $j=1,2,3,4$

γ_k ：實驗重複次數 $k=1,2$

O_m ：第幾個操作人員 $m=1,2$

$\delta_{n(i)}$ ：第幾個黏膠寬度 $n=1,2,3$

$(\tau\beta)_{ij}$ ：品牌和黏著介面材質的交互作用

$(\tau\gamma)_{ik}$ ：品牌和重複的交互作用

$(\beta\gamma)_{jk}$ ：黏著介面材質和重複的交互作用

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ ：2 因子和重複的交互作用

$(\beta\delta)_{jn(i)}$ ：黏著介面材質和黏著寬度的交互作用

$(\gamma\delta)_{kn(i)}$ ：黏著寬度和重複的交互作用

$\varepsilon_{(ijklmn)l}$ ：誤差項

response：黏著力數值化數值（可繼續黏貼次數）

$$\sum_{i=1}^3 \tau_i = 0, \sum_{j=1}^4 \beta_j = 0,$$

$$\sum_{i=1}^3 (\tau\beta)_{ij} = 0, \sum_{j=1}^4 (\tau\beta)_{ij} = 0, \sum_{i=1}^3 (\tau\gamma)_{ik} = 0,$$

$$\sum_{j=1}^4 (\beta\gamma)_{jk} = 0, \sum_{n=1}^1 (\gamma\delta)_{kn(i)} = 0, \sum_{i=1}^3 (\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0, \sum_{j=1}^4 (\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0,$$

$$\gamma_k \sim NID(0, \sigma_\gamma^2), O_m \sim NID(0, \sigma_O^2), (\tau\beta\gamma)_{ijk} \sim NID(0, \sigma_{\tau\beta\gamma}^2),$$

$$(\beta\gamma)_{jk} \sim NID(0, \sigma_{\beta\gamma}^2), (\gamma\delta)_{kn(i)} \sim NID(0, \sigma_{\gamma\delta}^2), \varepsilon_{ijklmnl} \sim NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$$