

一、研究背景

汽機車為國人日常所需的交通工具，每當新聞報導明天凌晨零時起油價上漲，汽機車使用者大都趕在上漲前爭相前往加油，尤其油價每公升突破 30 元大關時，更是加重國人生活開銷負擔。

面對全球能源消耗，國際能源價格變動影響我國經濟發展及民生消費甚鉅。我國經濟部能源局於民國 77 年起對指定之車輛進行耗能管制，對於不符合容許耗用能源標準的車輛，禁止生產與進口銷售，已促使廠商生產或進口較省油的車輛，逐步達到能源節約管制之目的。在這高油價時代下，車商廣告及型錄中的油耗數據，已為消費者購車習慣逐漸加入買車重要參考指標之一。

二、研究目的

承接研究背景動機，本分析以 105 年 4 月經濟部能源局所編制「車輛油耗指南-104 年測試合格銷售車型」範圍為主，並結合參考各車型性能規格(排氣量、車重、車寬、車長、車高、馬力、扭力、軸距、輪胎尺寸、燃料、廠牌及購車金額)，分析各車輛油耗測試值與該車型各性能規格之關係性，以建立消費者新購車時及未來汽車保養之衡量參考。

三、變數介紹

(一) 應變數(Y)：油耗測試值(單位 km/L)

(二) 自變數(X)：

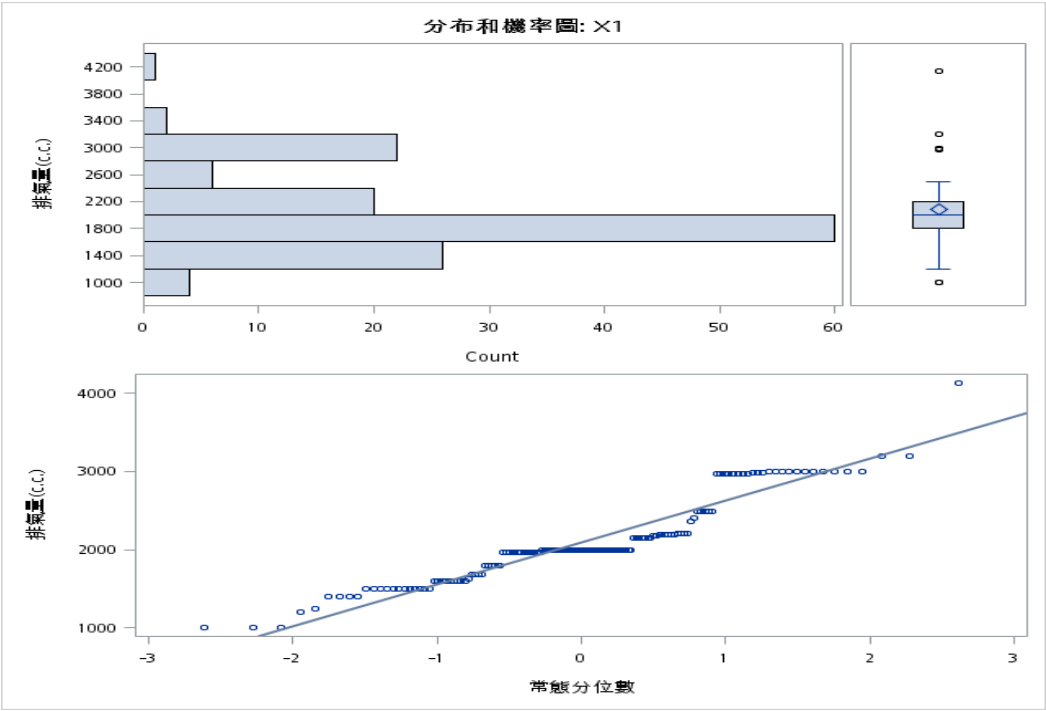
項次	指標	影響因素參考說明
X1	排氣量(cc.)	依本指南油耗測試資料分析，排氣量較小的車型燃油效率高於排氣量較大之車型。
X2	車重(kg)	負載影響。在本指南內文說明，研究報告顯示汽油小客車每增加100 kg負載，約降低其燃油效率1~5%，相當於每年多花費383~1,995 元油費。
X3	車寬(mm)	風阻影響。風阻是車輛行駛時來自空氣的阻力，氣流撞擊

X4	車長(mm)	車輛正面產生阻力，而車子外型後端真空區，真空區越大風阻越大，故車外型影響風阻。風阻越低的車，高速行駛越省油。
X5	車高(mm)	
X6	馬力(kw)	汽車引擎功率
X7	扭力(kgm)	扭力為引擎在運轉時所輸出的扭矩，與車輛加速性有關。
X8	軸距(mm)	前輪中心點到後輪中心點之間的距離。較長的軸距可使汽車獲得較好直線行駛穩定性，而短軸距則提供較佳的靈活性。
X9	輪胎寬度(mm)	輪胎截面寬度的數值，即所謂胎寬。通常是以 10mm 為進位。胎寬增加，輪胎與地面摩擦所產生的滾動阻力，產生油耗。
X10	輪胎扁平比(%)	輪胎截面高度除以輪胎截面寬度，當扁平比愈小，與地面接觸面積較多，摩擦阻力加大、油耗加大。
X11	輪圈直徑(吋)	輪圈直徑的數值，每次進位都以一吋為單位
X12	燃料	區分汽油與柴油兩種。
X13	廠牌	---
X14	購車金額	---

四、自變數說明

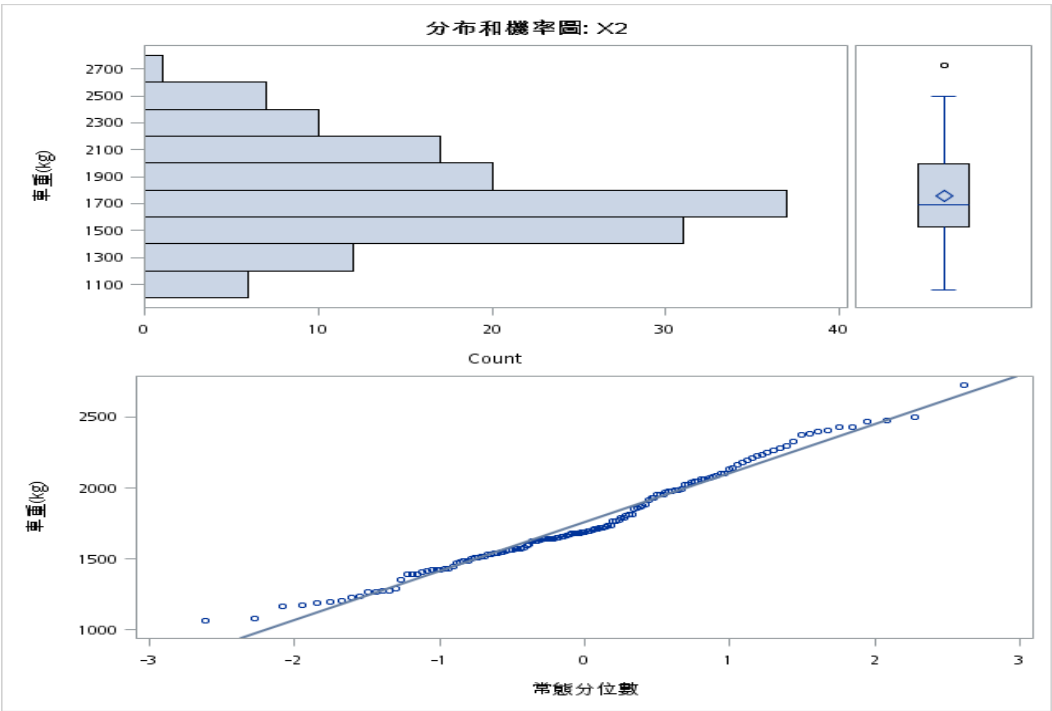
(一)排氣量

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X1	排氣量(c.c.)	141	2089.7	538.61334	998	4134



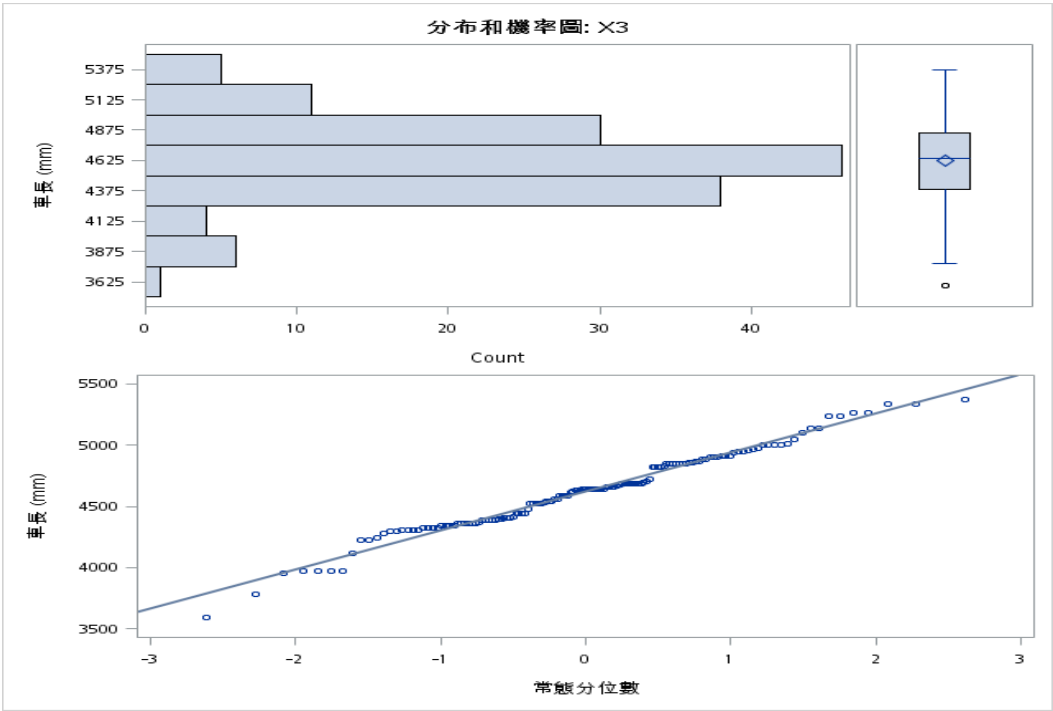
(二)車重

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X2	車重(kg)	141	1759	346.23625	1063	2726



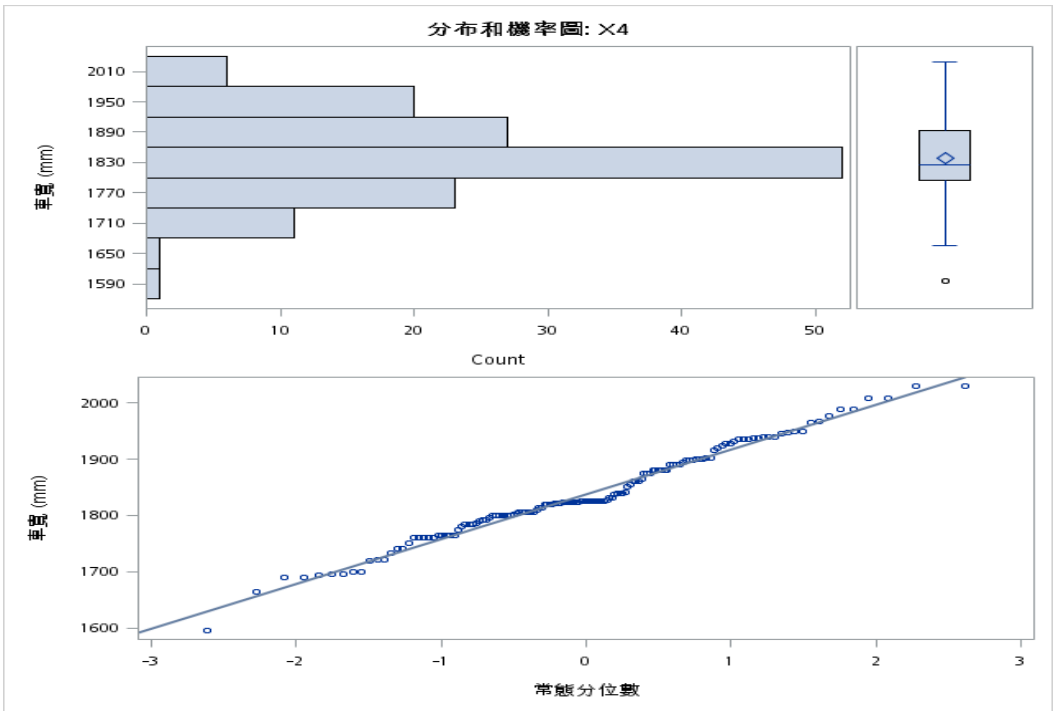
(三)車長

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X3	車長 (mm)	141	4621.7	319.59315	3595	5370



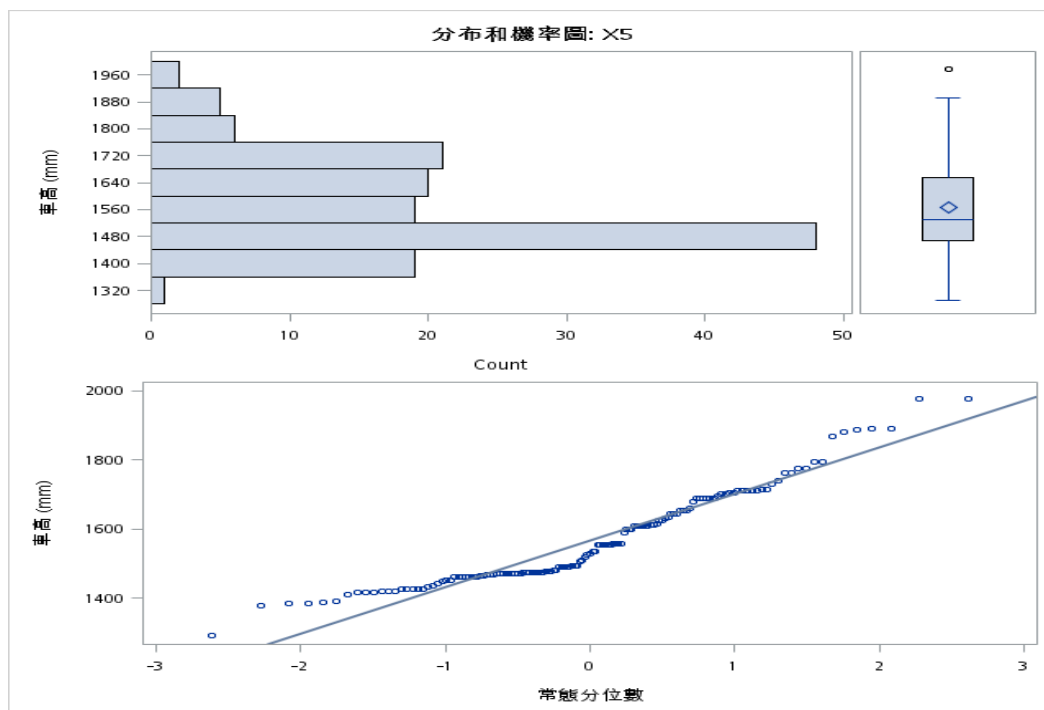
(四)車寬(mm)

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X4	車寬 (mm)	141	1838.1	79.521568	1595	2030



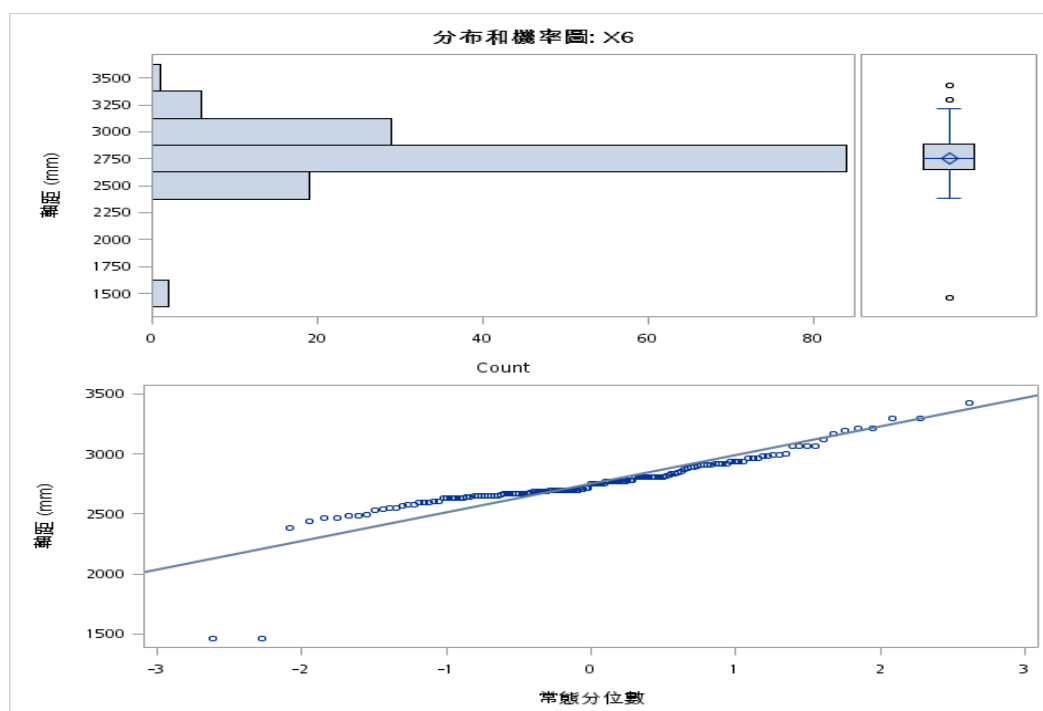
(五)車高(mm)

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X5	車高 (mm)	141	1566.4	135.17654	1291	1976



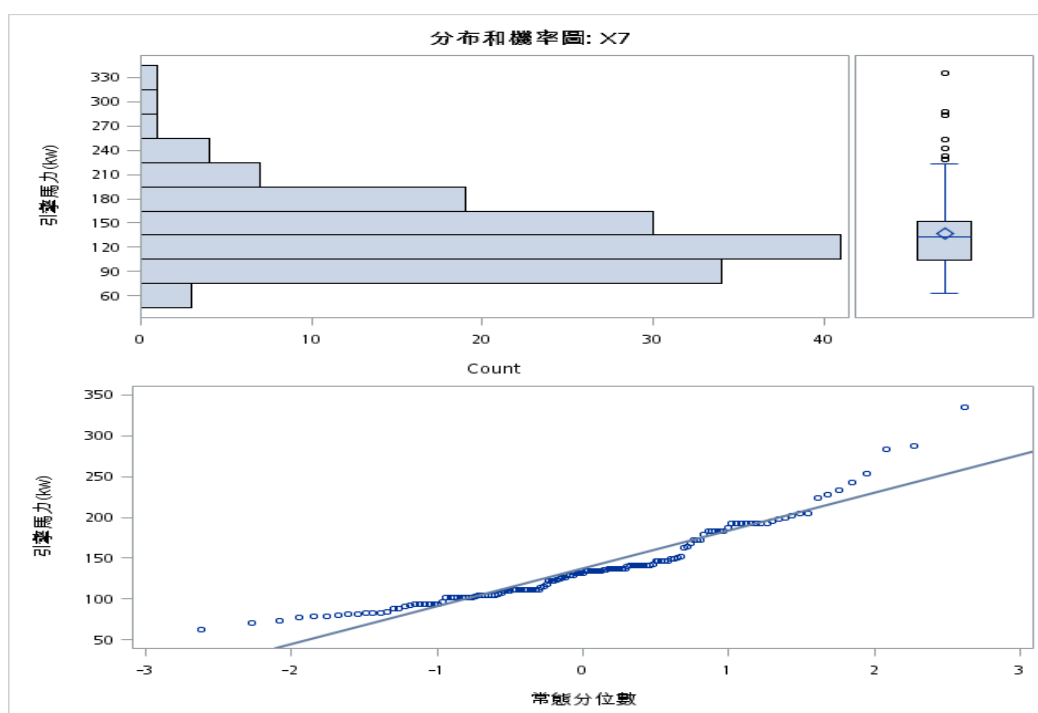
(六)軸距(mm)

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X6	軸距 (mm)	141	2756.2	238.8532	1460	3430



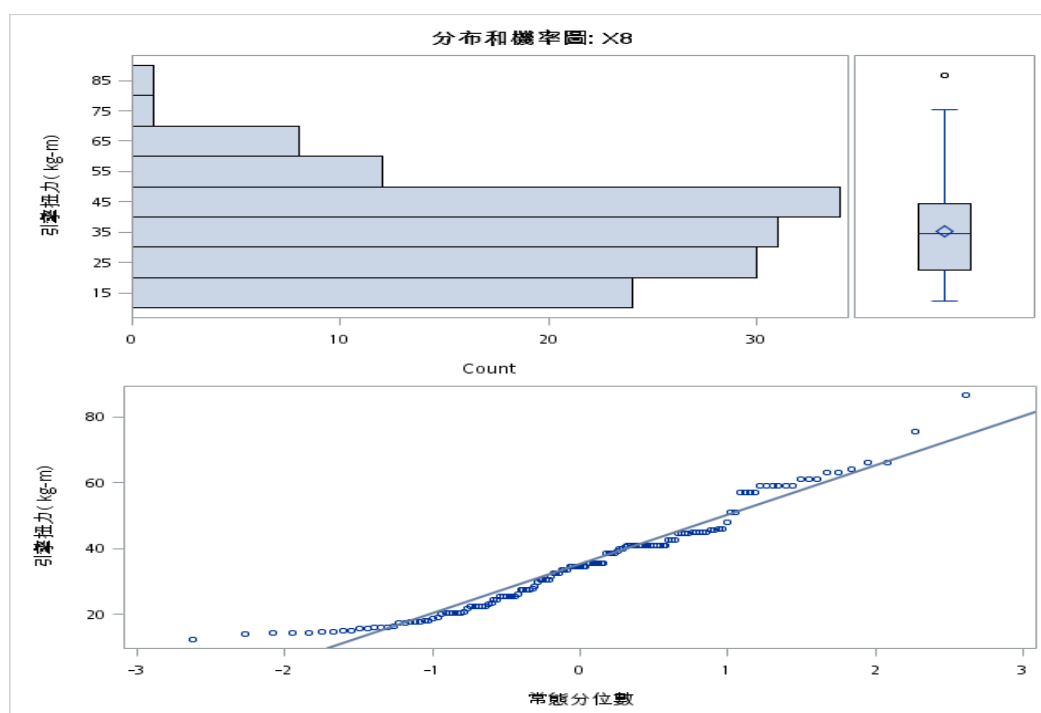
(七)引擎馬力(kw)

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X7	引擎馬力(kw)	141	137.66	46.512449	62.475	335.43



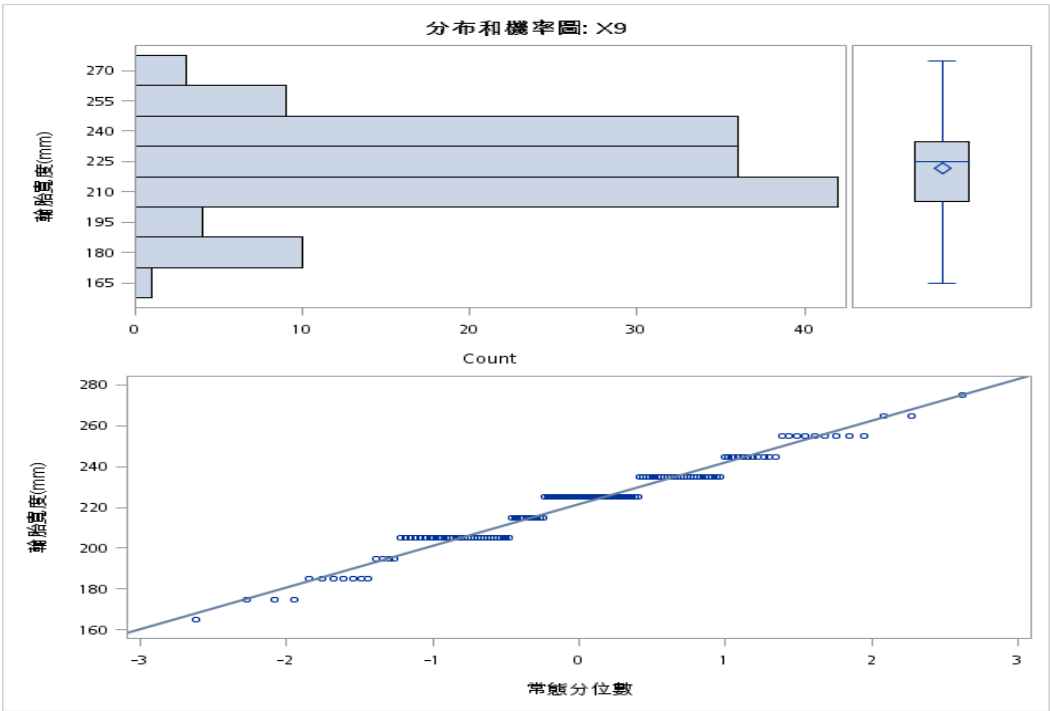
(八)引擎扭力(kg-m)

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X8	引擎扭力(kg-m)	141	35.343	15.038149	12.3	86.7



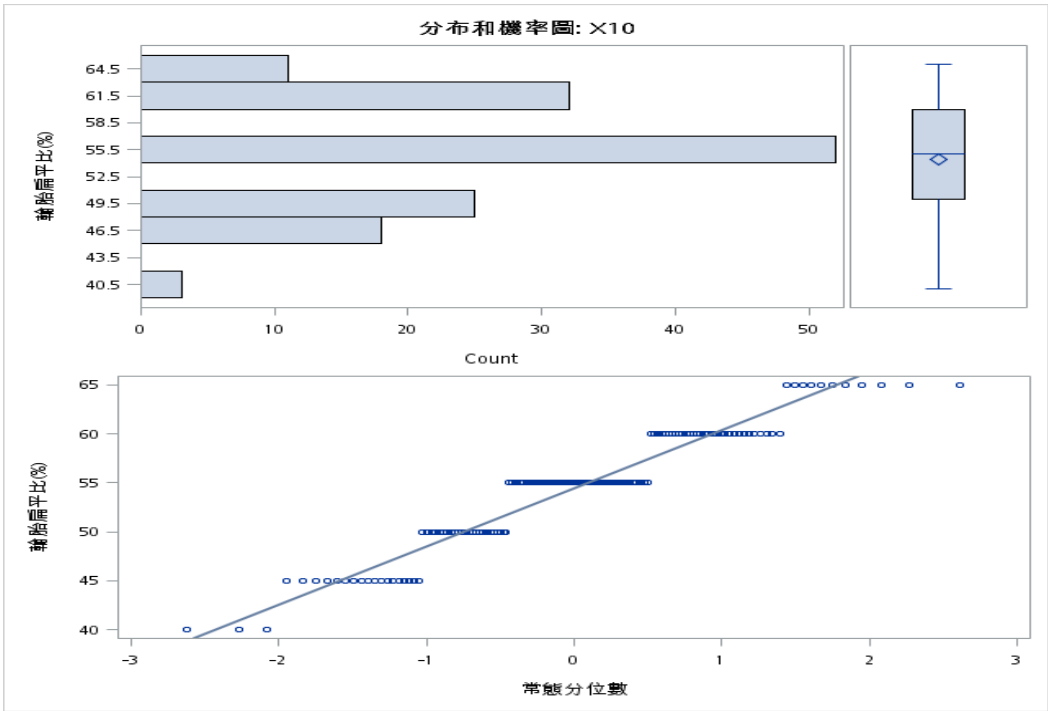
(九)輪胎寬度(mm)

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X9	輪胎寬度(mm)	141	221.74	20.406457	165	275

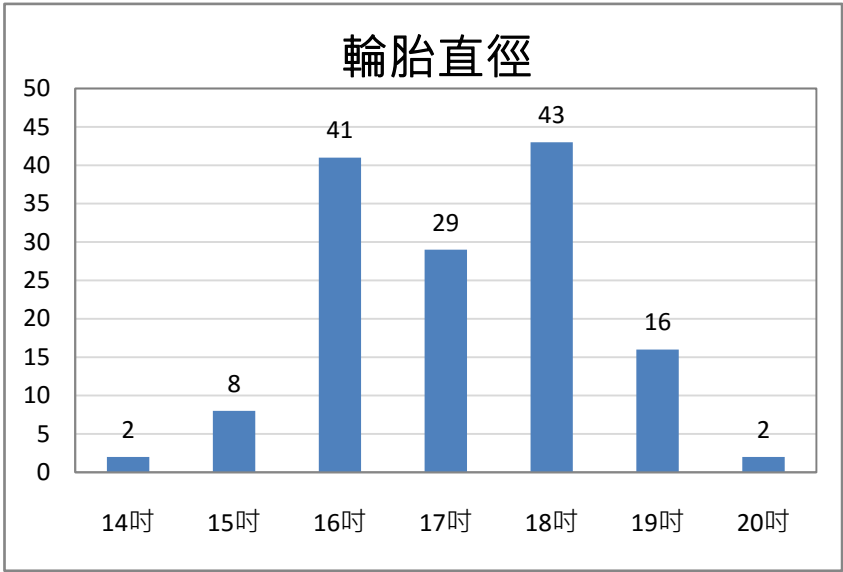


(十)輪胎扁平比(%)

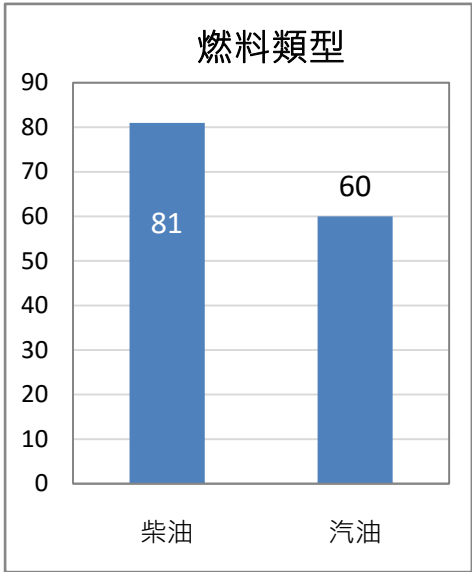
變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
X10	輪胎扁平比(%)	141	54.433	5.9489554	40	65



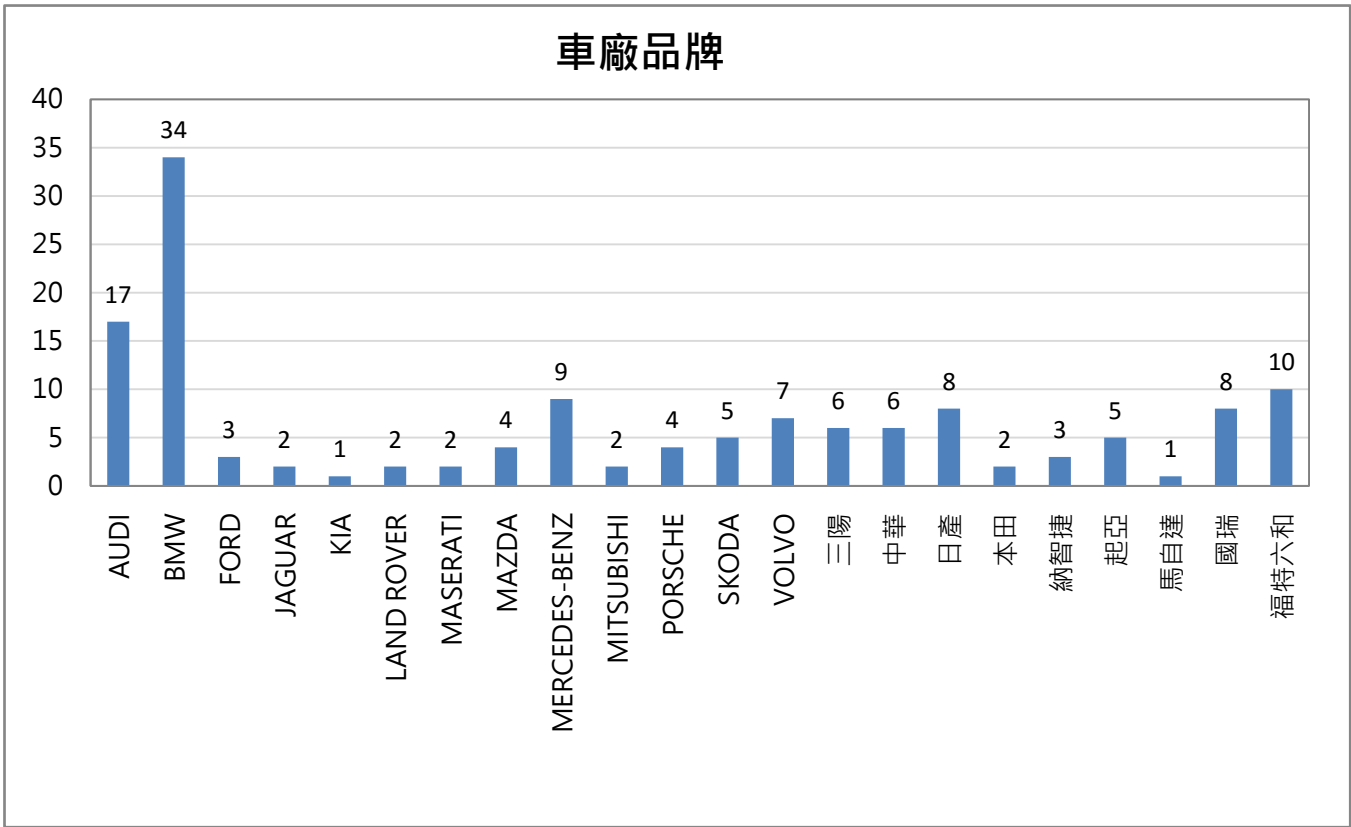
(十一)輪圈直徑(吋)



(十二)燃料種類



(十三)車廠品牌

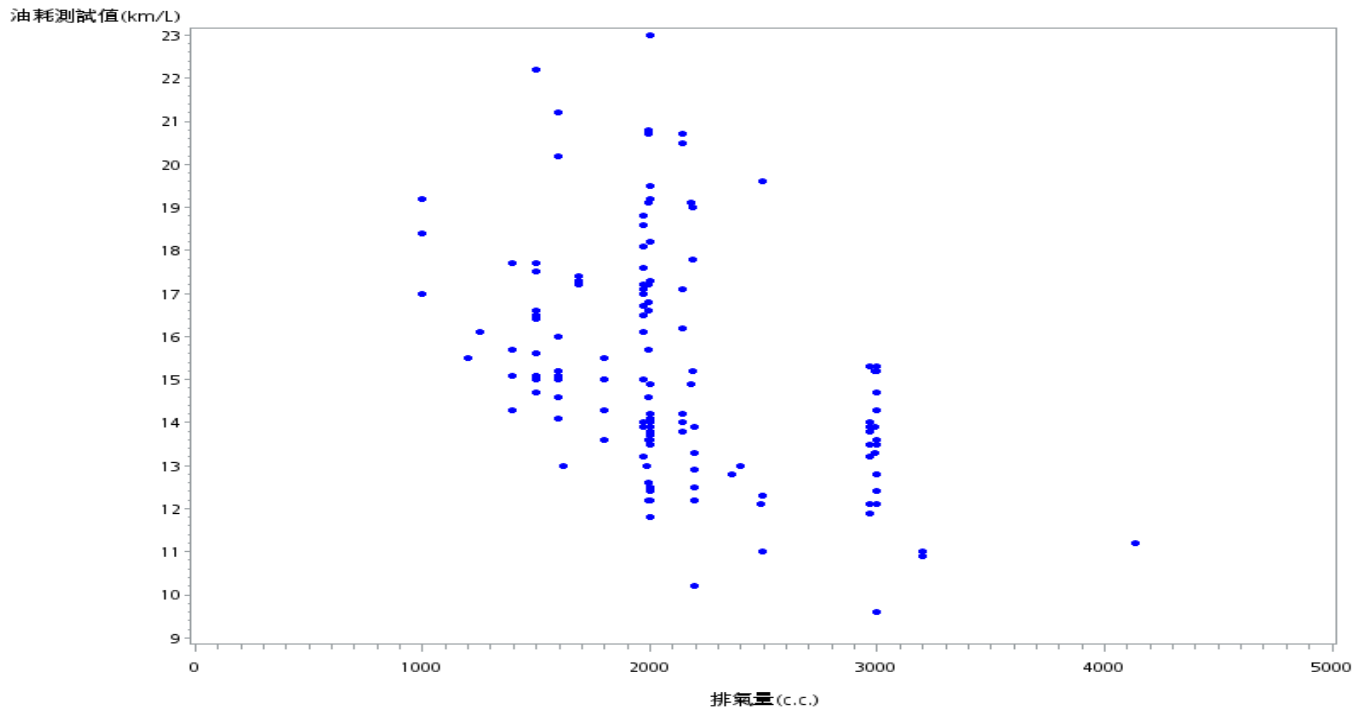


五、簡單線性迴歸

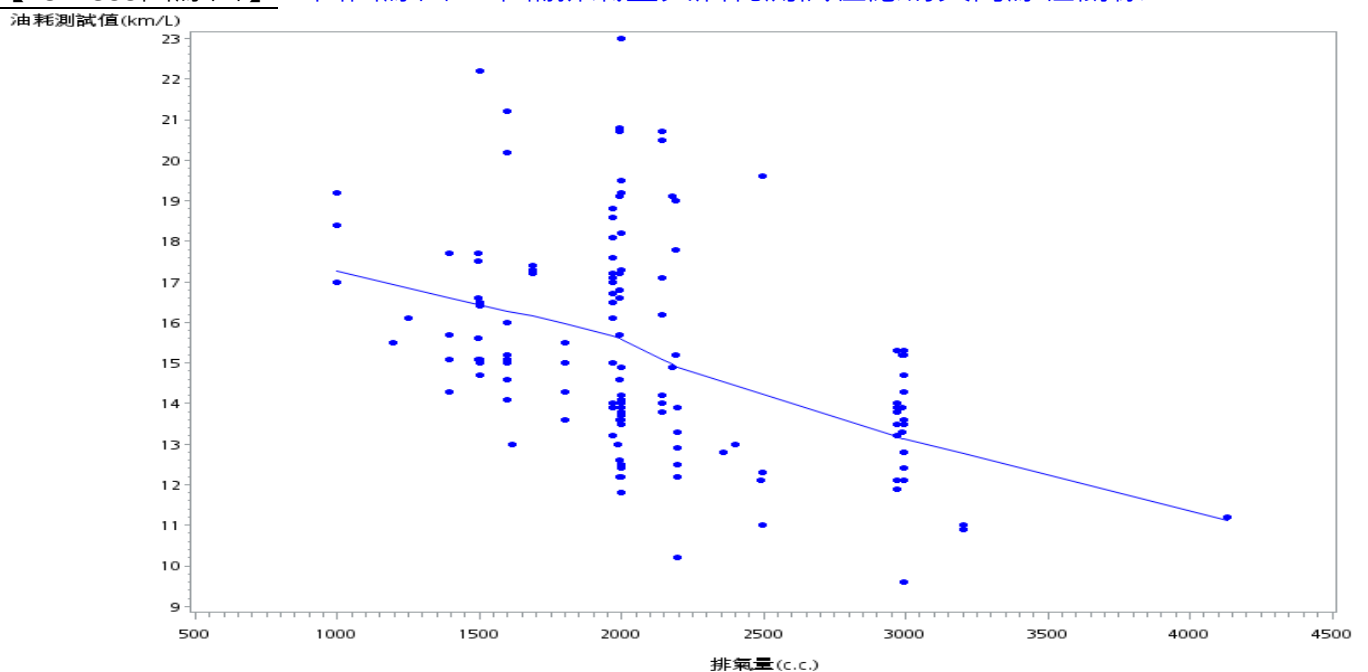
在車輛油耗指南內文指出，排氣量較小的車型，燃油效率高於排氣量較大之車型，故本次研究主題即是藉由迴歸模型探討排氣量大小(自變數 x_1)與油耗測試值(應變數 Y)之間是否具有線性關聯。

(一)排氣量與油耗測試值之散佈圖與 lowess 曲線圖

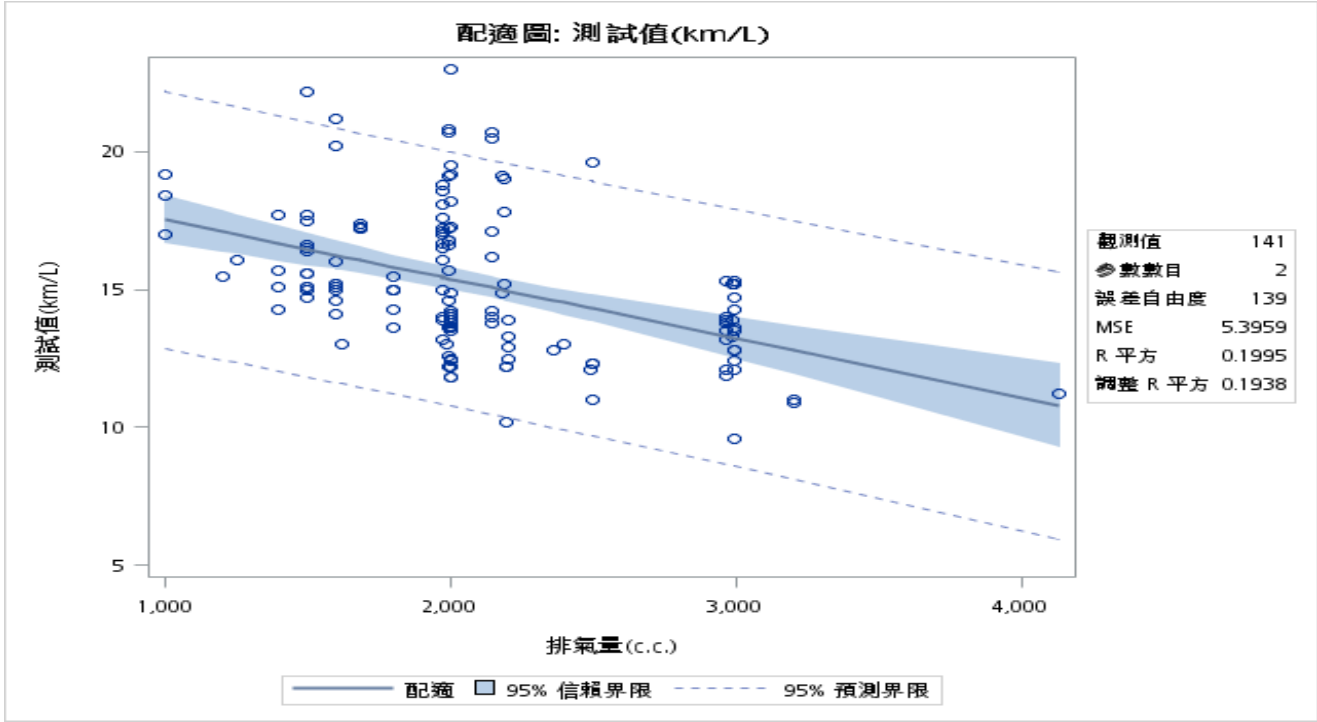
【散佈圖】 → 如同車輛油耗內文說明，車輛排氣量大小與油耗測試值為負向關係。



【lowess曲線圖】 → 由曲線圖，車輛排氣量與油耗測試值應為負向線性關係。



(二)排氣量與油耗測試值之線性迴歸配適



變異數分析					
來源	自由度	平方和	平均值平方	F 值	Pr > F
模型	1	186.95742	186.95742	34.65	<.0001
誤差	139	750.03208	5.39591		
配適不足	33	212.96607	6.45352	1.27	0.1783
純誤差	106	537.06601	5.06666		
已校正的總計	140	936.98950			

根 MSE	2.32291	R 平方	0.1995
應變平均值	15.18794	調整 R 平方	0.1938
變異係數	15.29444		

參數估計值							
變數	標籤	自由度	參數估計值	標準誤差	t 值	Pr > t	95% 信賴界限
Intercept	Intercept	1	18.67145	0.78641	25.01	<.0001	18.11657 21.22632
X1	排氣量(c.c.)	1	-0.00215	0.00036449	-5.89	<.0001	-0.00287 -0.00142

1、迴歸模型參數說明：

由參數估計值表得知， $b_0=19.67145$ ， $b_1=-0.00215$ ，

排氣量(x)對油耗測試值(y)的迴歸式為 $\hat{Y} = 19.67145 - 0.00215X$

即排氣量與油耗測試值之間有負向的關係存在，車子排氣量每增加 1000CC，油耗測試值將會減少 2.15(km/L)。

2、 β_1 檢定：

給定 α 為 0.05，檢定排氣量對油耗測試值是否有負的影響：

假設檢定： $H_0: \beta_1 = 0$ vs $H_1: \beta_1 < 0$

(1)由參數估計值表中， $b_1=-0.00215$ ， $S(b_1)=0.00036449$ ，

t 值= $-0.00215/0.00036449=-5.89$ ，

在 $\alpha=0.05$ 的顯著水準之下，檢定統計量 $t=-5.89$ 小於 $t(0.025,139)=-1.98$ ，

故 Reject H_0 ，即排氣量對油耗測試值是有負的影響。

(2)p-value： $p\text{-value} < 0.0001$ 小於 0.025，Reject H_0 。

(3)信賴區間：在 95%信心水準下， β_1 將落在 $-0.00287 < \beta_1 < -0.00142$ 間，該區間不包含 0，故 Reject H_0 。

3、 β_0 檢定：

(1)因本模型範圍並未涵蓋排氣量(X_1)=0 的情況，故不做 β_0 檢定。

(2)由參數估計值表得知， $\beta_0=19.67145$ ，且在 95%信心水準下， β_0 將落在 $18.12 < \beta_0 < 21.23$ 間。

4、F 檢定：

透過 F 檢定來檢定 β_1 是否 = 0，由變異數分析表得 F 值= $MSR/MSE=34.65$ ， $p\text{-value} < 0.0001$ ，故 Reject H_0 ， $\beta_1 \neq 0$ ，排氣量對油耗測試值是有的影響的。

5、判定係數：

由資料顯示判定係數 R 平方= 0.1995 ，即排氣量迴歸模型預測解釋變異佔總變異比例 0.1995。

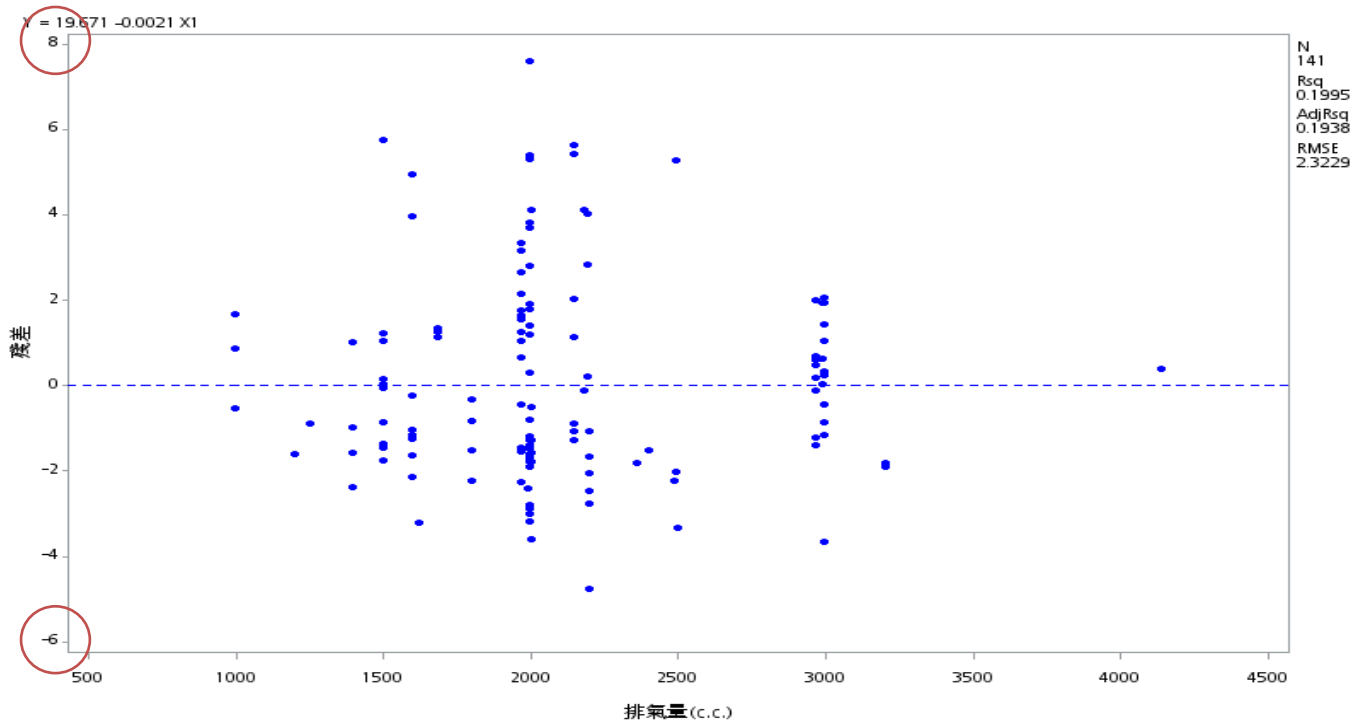
6、lack of fit test：

假設檢定： $H_0: \hat{Y}=19.67145 - 0.00215X$ vs $H_1: \hat{Y} \neq 19.67145 - 0.00215X$

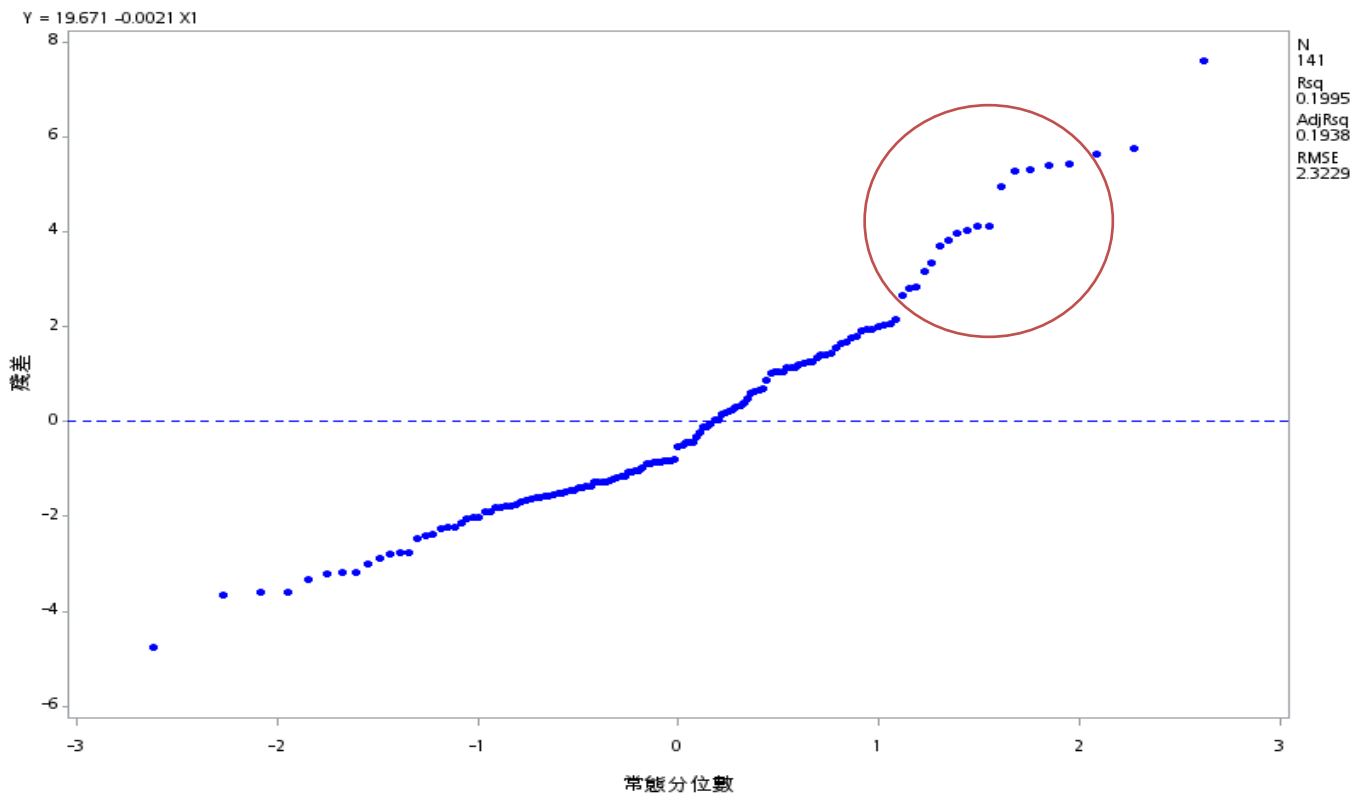
由變異數分析表得知，配適不足之 F 值為 1.27， $p\text{-value} = 0.1783 > 0.05$ ，故 not Reject H_0 ，故排氣量與油耗測試值具有線性迴歸關係。

(三)殘差分析圖

【排氣量(x)之殘差圖】→非對稱分布在以為 0 為中心線區塊內→可能不滿足常數變異數。



【殘差常態機率圖】→後尾有厚尾情況→可能不滿足常態。



(四)殘差分析-常數檢定(Brown-Forsythe test)

group	方法	平均值	95% CL 平均值		標準差	95% CL 標準差	
1		1.6953	1.3700	2.0207	1.3442	1.1501	1.6177
2		1.8796	1.4546	2.3046	1.8216	1.5665	2.1766
Diff (1-2)	集區	-0.1843	-0.7205	0.3520	1.6093	1.4403	1.8235
Diff (1-2)	Satterthwaite	-0.1843	-0.7152	0.3466			

方法	變異數	自由度	t 值	Pr > t
集區	均等	139	-0.68	0.4980
Satterthwaite	不均等	132.23	-0.69	0.4935

變異數相等性				
方法	分子自由度	分母自由度	F 值	Pr > F
Folded F	72	67	1.84	0.0127

對殘差作 Brown-Forsythe 檢定，檢定值 $t = -0.68$ ，且 $P\text{-value} = 0.498 > 0.05$ ，故殘差有變異數齊一性。

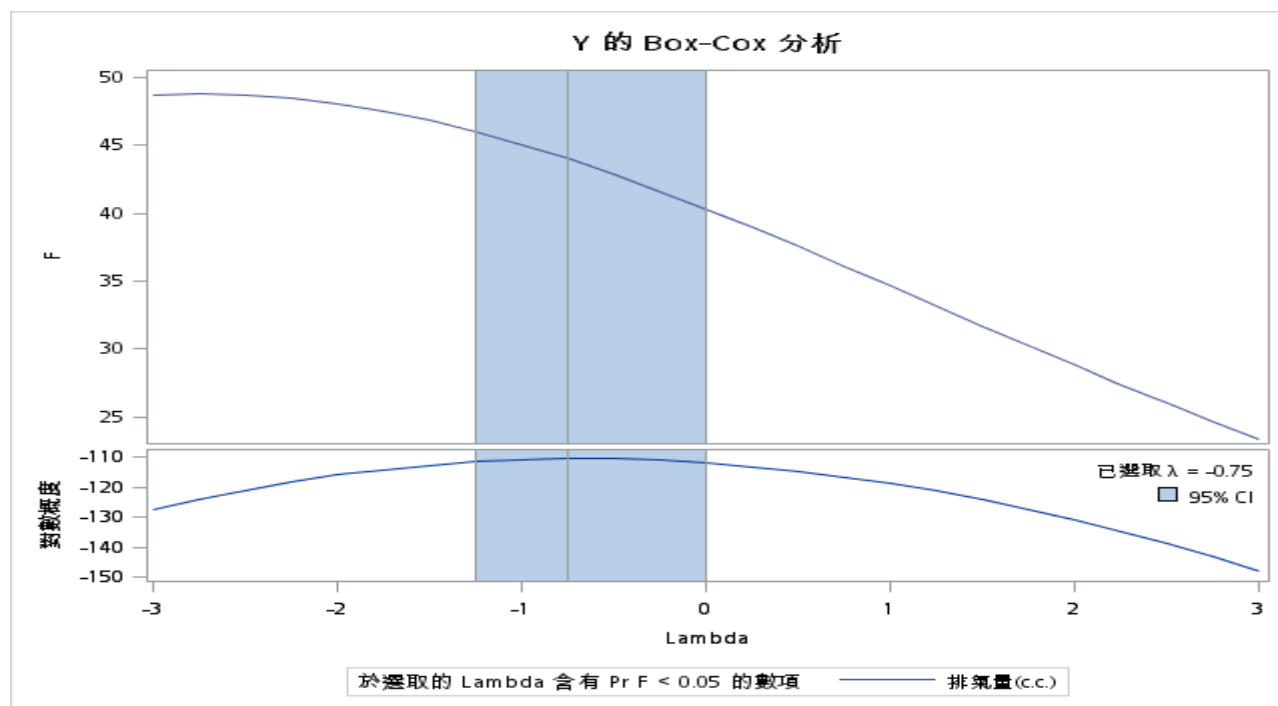
(五)殘差分析-常態檢定

常態性檢定				
檢定	統計值		p 值	
Shapiro-Wilk	W	0.947673	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.130208	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	0.400248	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	2.404032	Pr > A-Sq	<0.0050

對殘差作 Shapiro-Wilk 常態性檢定，檢定值為 0.947673，且 $P\text{-value} < 0.0001$ ，故殘差非呈現常態分佈，故需要對 y 轉換。

六、轉換後之簡單線性迴歸

(一) Box-Cox 轉換

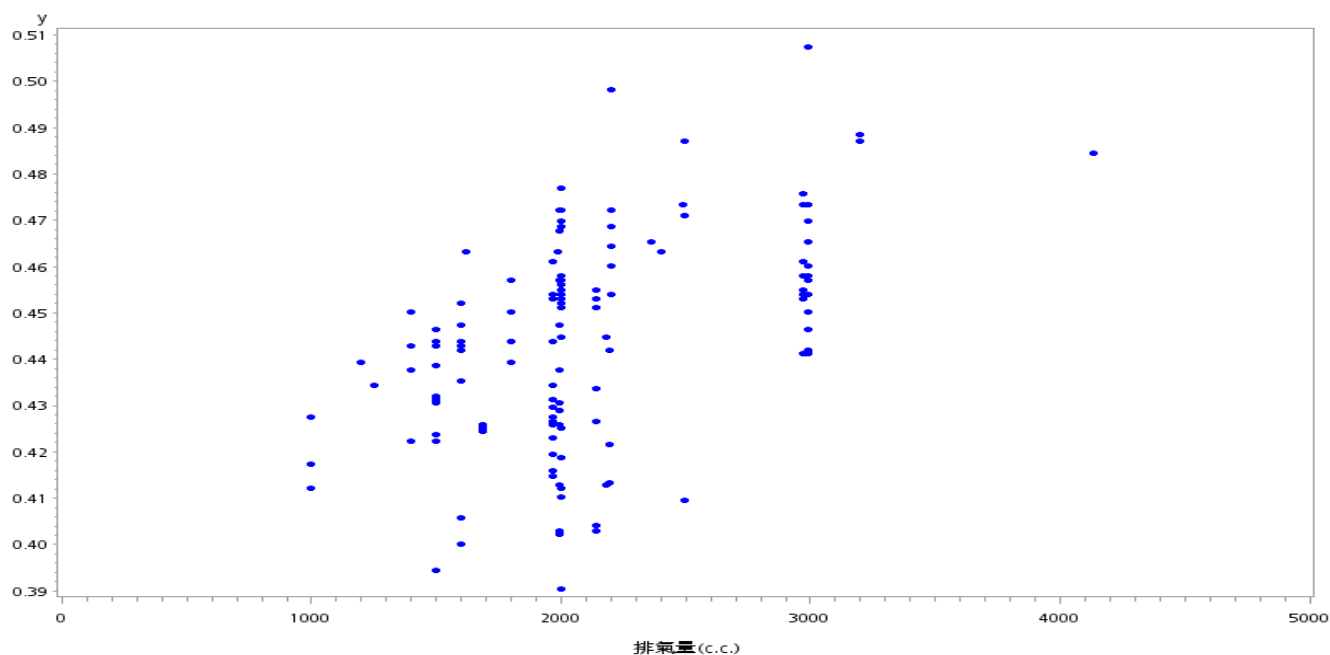


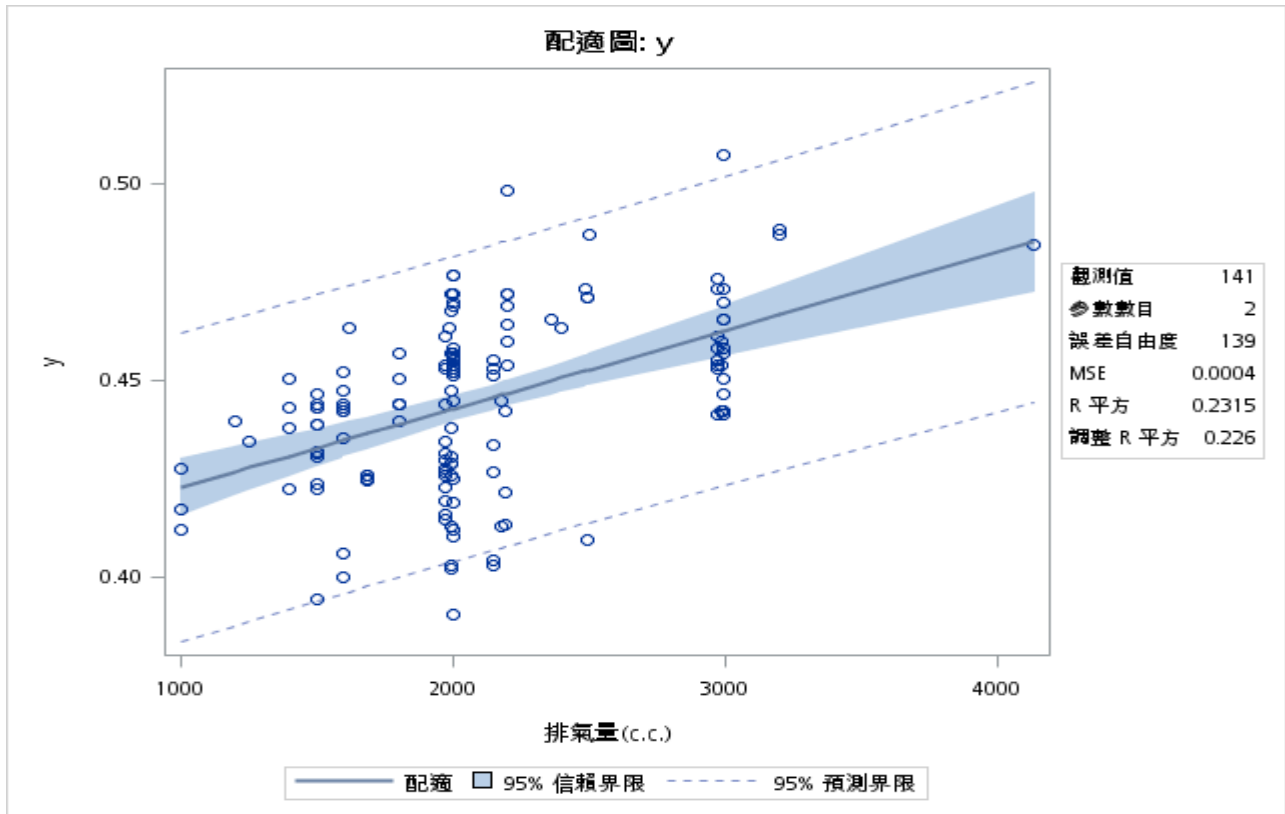
1、由 Box-Cox 轉換可得 λ 在範圍 $0 \sim -1.2$ 之間時，SSE 最小(最佳 λ 為 -0.75)。

2、本次轉換將採 $\lambda = -0.3$ 進行轉換， $y' = y^{-0.3} = 1/y^{0.3}$ ，故原 y 與 x 之負向關係，經轉換後， y' 與 x 將為正向關係。

(二)轉換後之散佈圖與線性迴歸配適

【散佈圖(轉)】 $\rightarrow y' = 1/y^{0.3}$ ，故 y' 與 y 為負向關係，又原 xy 間為負向關係，故 y' 與 x 將為正向趨勢。





變異數分析					
來源	自由度	平方和	平均值平方	F 值	Pr > F
模型	1	0.01601	0.01601	41.88	<.0001
誤差	139	0.05314	0.00038228		
配適不足	33	0.01717	0.00052028	1.53	0.0534
純誤差	106	0.03597	0.00033932		
已校正的總計	140	0.06915			

根 MSE	0.01955	R 平方	0.2315
應變平均值	0.44455	調整 R 平方	0.2260
變異係數	4.39820		

參數估計值								
變數	標籤	自由度	參數估計值	標準誤差	t 值	Pr > t	95% 信賴界限	
Intercept	Intercept	1	0.40305	0.00662	60.89	<.0001	0.38997	0.41614
X1	排氣量(c.c.)	1	0.00001985	0.00000307	6.47	<.0001	0.00001379	0.00002592

1、迴歸模型參數說明：

由參數估計值表得知， $b_0=0.40305$ ， $b_1=0.000001985$ ，

排氣量(x)對轉換後之油耗測試值(y')的迴歸式為 $\hat{Y}' = 0.40305 + 0.000001985X$

兩者間有正向的關係存在，車子排氣量每增加 1000CC， $1/\text{油耗測試值}^{0.3}$ 將會增加 0.001985(km/L)。

2、 β_1 檢定：

給定 α 為 0.05，假設檢定： $H_0: \beta_1 = 0$ vs $H_1: \beta_1 > 0$

(1)由參數估計值表中， $b_1=0.000001985$ ， $S(b_1)=0.00000307$ ，

t 值= $-0.00001985/0.00000307=6.47$ ，

在 $\alpha=0.05$ 的顯著水準之下，檢定統計量 $t=6.4728$ 大於 $t(0.975,139)=1.98$ ，

故 Reject H_0 ， $\beta_1 \neq 0$ 。

(2)p-value： $p\text{-value} < 0.0001$ 小於 0.025，Reject H_0 。

(3)信賴區間：在 95%信心水準下， β_1 將落在 $0.00001379 < \beta_1 < 0.00001592$ 間，該區間不包含 0，故 Reject H_0 。

3、 β_0 檢定：

(1)因本模型範圍並未涵蓋排氣量(X_1)=0 的情況，故不做 β_0 檢定。

(2)由參數估計值表得知， $\beta_0=0.40305$ ，且在 95%信心水準下， β_0 將落在 $0.38997 < \beta_0 < 0.41614$ 間。

4、F 檢定：

透過 F 檢定來檢定 β_1 是否 = 0，由變異數分析表得 F 值= $MSR/MSE=41.88$ ， $p\text{-value} < 0.0001$ ，故 Reject H_0 ， $\beta_1 \neq 0$ ，排氣量(x)對轉換後油耗測試值(y')是有影響的。

5、判定係數：

由資料顯示判定係數 R 平方= 0.2315 ，即轉換後之迴歸模型預測解釋變異佔總變異比例 0.2315。

6、lack of fit test：

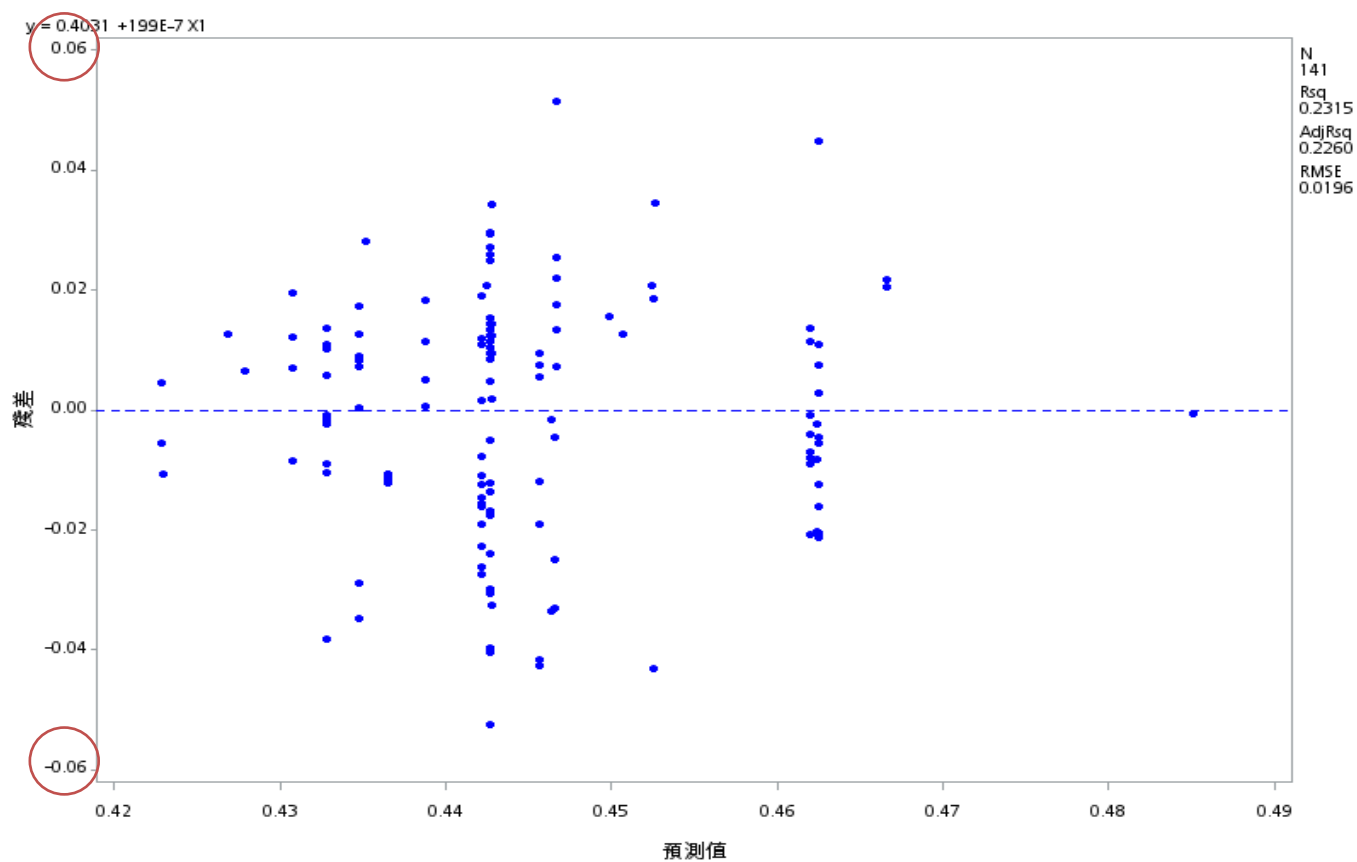
假設檢定：

$H_0: \hat{Y}' = 0.40305 + 0.000001985X$ vs $H_1: \hat{Y}' \neq 0.40305 + 0.000001985X$

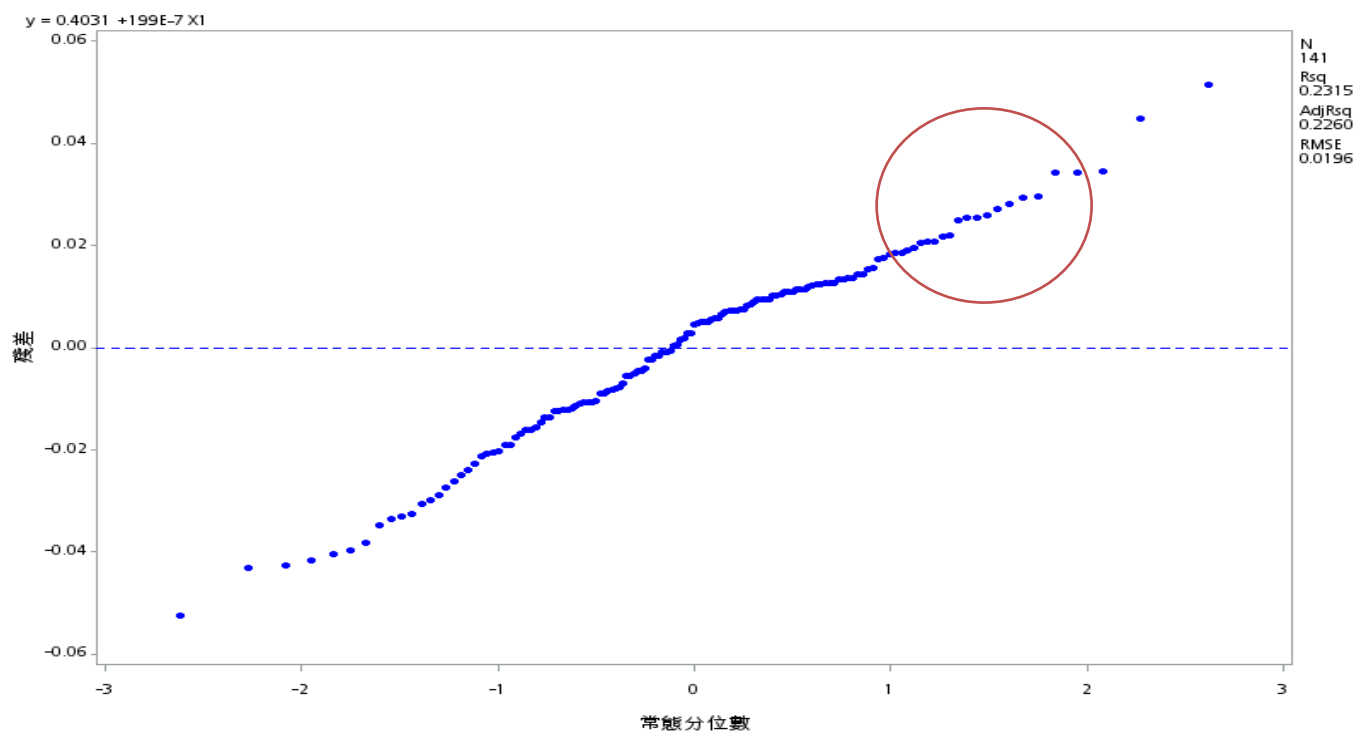
由變異數分析表得知，配適不足之 F 值為 1.53， $p\text{-value} = 0.0534 > 0.05$ ，故 not Reject H_0 ，故排氣量(x)與轉換後油耗測試值(y')具有線性迴歸關係。

(三)殘差分析圖

【排氣量(x)之殘差圖(轉)】→對稱分布在以為 0 為中心線區塊內。



【殘差常態機率圖】→後尾之厚尾情形降低



(四)殘差分析-常數檢定(Brown-Forsythe test)

group	方法	平均值	95% CL 平均值		標準差	95% CL 標準差	
1		0.0137	0.0113	0.0160	0.00975	0.00835	0.0117
2		0.0171	0.0137	0.0204	0.0143	0.0123	0.0171
Diff (1-2)	集區	-0.00338	-0.00749	0.000731	0.0123	0.0110	0.0140
Diff (1-2)	Satterthwaite	-0.00338	-0.00744	0.000681			

方法	變異數	自由度	t 值	Pr > t
集區	均等	139	-1.63	0.1063
Satterthwaite	不均等	127.54	-1.65	0.1021

變異數相等性				
方法	分子自由度	分母自由度	F 值	Pr > F
Folded F	72	67	2.16	0.0017

對殘差作 Brown-Forsythe 檢定，檢定值 $t=-1.63$ ，且 $P\text{-value}=0.1063>0.05$ ，故殘差有變異數齊一性。

(五)殘差分析-常態檢定

常態性檢定				
檢定	統計值		p 值	
Shapiro-Wilk	W	0.984226	Pr < W	0.1052
Kolmogorov-Smirnov	D	0.096089	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	0.174321	Pr > W-Sq	0.0115
Anderson-Darling	A-Sq	0.937678	Pr > A-Sq	0.0185

對殘差作 Shapiro-Wilk 常態性檢定，檢定值為 0.984226，且 $P\text{-value}=0.1052>0.05$ ，故殘差呈現常態分佈。

(六)_【lowess曲線圖】→lowess曲線圖落在新配適迴歸模型之信賴區間帶中。

