

第四章 實證研究

第一節 資料來源及說明

本論文的資料來源是採用 DATASTREAM INTERNATIONAL [Financial and Statistical Service at Princeton University] 資料庫系統。

訓練資料 [Training Data, 樣本內] :

美元兌台幣匯率：1992 年 1 月 20 日到 1999 年 4 月 30 日，共 1900 筆資料。

日圓兌台幣匯率：1992 年 1 月 20 日到 1999 年 4 月 30 日，共 1900 筆資料。

英鎊兌台幣匯率：1992 年 1 月 20 日到 1999 年 4 月 30 日，共 1900 筆資料。

港幣兌台幣匯率：1992 年 1 月 20 日到 1999 年 4 月 30 日，共 1900 筆資料。

測試資料 [Test Data, 樣本外] :

美元兌台幣匯率：1999 年 5 月 3 日到 2003 年 2 月 28 日，共 1000 筆資料。

日圓兌台幣匯率：1999 年 5 月 3 日到 2003 年 2 月 28 日，共 1000 筆資料。

英鎊兌台幣匯率：1999 年 5 月 3 日到 2003 年 2 月 28 日，共 1000 筆資料。

港幣兌台幣匯率：1999 年 5 月 3 日到 2003 年 2 月 28 日，共 1000 筆資料。

先將訓練資料〔Training Data〕注入 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型中〔朱修明，2001〕，由規則庫裡產生數條規則後，用測試資料〔Test Data〕來測驗這些規則的績效。本論文所做的實證研究分成兩個部分：

第一部份、討論變數多寡對預測結果的影響：

以美元兌台幣的匯率資料來模擬並預測匯率，變數分為兩個、三個、五個、十個，研究這四類情況預測匯率的有效性孰優孰劣

第二部分、討論不同國家的匯率對預測結果的影響：

研究美元兌台幣、日圓兌台幣、英鎊兌台幣、港幣兌台幣匯率預測的有效性，每一種匯率的預測又分成兩個變數、三個變數來探討。

再來將訓練資料注入 Cubist 決策樹模型，產生出數條規則，並計算測試資料的預測值，同樣也討論兩個部分：第一部份、討論變數多寡對預測結果的影響；第二部分、討論不同國家的匯率對預測結果的影響。

第二節 使用 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型研究不同變數的匯率 預測

以美元兌台幣的匯率資料來預測匯率，分成兩個、三個、五個、十個變數來討論，研究這四類情況預測匯率的有效性的差異。兩個變數時，令應變數〔Y〕為 n ，則其第一個變數〔X1〕為 $n-1$ ，第二個變數〔X2〕為 $n-2$ 。而後三個變數、五個變數、十個變數情況以此類推。

〔一〕 參數設定

運用 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型〔朱修明，2001〕來預測匯率需做參數的設定，參數值係由經驗取得，參考〔表一〕

表 1：不同變數之參數表〔Fuzzy〕

參數設定	解釋
minMSE=0.2	以 MSE 為終止條件時，MSE 最初放入模型的值。
runNumber=1000	最多執行的次數
MSE<0.1	終止條件

〔二〕 實驗結果

〔1〕 歸屬度函數與規則

本研究拿美金兌台幣的資料做匯率的預測，在模擬後，會產生歸屬度函數的最佳化參數，包括了歸屬度函數的中心值和偏差值，也會產生分類的規則，這四種情況都產生三條規則，表列如下。之後再分別介紹各種情況的歸屬度函數與詳細的規則方程式。

表 2：不同變數產生的規則數〔美元兌台幣；Fuzzy〕

變數個數	規則數目〔條〕
2	3
3	3
5	3
10	3

由以下的實驗結果，可知三條規則之歸屬度函數的中心值都十分接近，加上誤差的影響，使得歸屬度函數涵蓋的範圍有大部分重疊，因此一個新的變數進來，可能使用其中一條規則來預測匯率，也可能使用其中兩條、甚至三條來預測匯率，而規則間則有權重的關係。

A. 美元兌台幣兩個變數的情況

表 3：美元兌台幣兩個變時之數歸屬度函數〔Fuzzy〕

		X1	X2
Rule 1	中心值	27.64	27.64
	偏差值	3.77	3.78
Rule2	中心值	28.56	28.55
	偏差值	4.49	4.48
Rule 3	中心值	27.76	27.76
	偏差值	3.50	3.50

規則：

$$\text{Rule1 } Y = 0.502 X1 + 0.492 X2 + 0.171$$

$$\text{Rule2 } Y = 0.832 X1 + 0.165 X2 + 0.104$$

$$\text{Rule3 } Y = 1.513 X1 - 0.504 X2 - 0.247$$

觀察係數，可以發現：Rule 1 所預測的匯率 Y 約為變數 X1、X2 的平均；Rule 2 則以 X1 的權重較大；Rule 3 裡 X1 的權數高達 1.5 倍，再減去 0.5 倍的 X2。簡單整理，Rule 1、2、3 裡 X1 所佔的比重是依序遞增的，各約為 0.5、0.83、1.5。

B. 美元兌台幣三個變數的情況

表 4：美元兌台幣三個變時之數歸屬度函數〔Fuzzy〕

		X1	X2	X3
Rule 1	中心值	28.30	28.30	28.30
	偏差值	4.21	4.22	4.22
Rule2	中心值	27.77	27.77	27.76
	偏差值	3.88	3.87	3.86
Rule 3	中心值	27.82	27.82	27.81
	偏差值	3.72	3.72	3.72

規則：

$$\text{Rule1 } Y = 0.558 X1 + 0.276 X2 + 0.163 X3 + 0.12$$

$$\text{Rule2 } Y = 1.037 X1 + 0.369 X2 - 0.41 X3 + 0.126$$

$$\text{Rule3 } Y = 1.491 X1 - 0.483 X2 + 0.001 X3 - 0.219$$

三個變數所產生的規則，也能夠發現 X1 所佔的比重依序遞增的現象，各約為 0.55、1、1.5。

C. 美元兌台幣五個變數的情況

表 5：美元兌台幣五個變時之數歸屬度函數〔Fuzzy〕

		X1	X2	X3	X4	X5
Rule 1	中心值	27.84	27.84	27.84	27.83	27.83
	偏差值	3.90	3.90	3.89	3.88	3.89
Rule2	中心值	28.05	28.05	28.05	28.04	28.04
	偏差值	3.97	3.97	3.97	3.96	3.95
Rule 3	中心值	28.06	28.06	28.05	28.05	28.05
	偏差值	4.04	4.04	4.04	4.05	4.04

規則：

$$\text{Rule1 } Y = 0.602 X_1 + 0.239 X_2 + 0.208 X_3 - 0.1 X_4 + 0.051 X_5 - 0.02$$

$$\text{Rule2 } Y = 0.896 X_1 + 0.205 X_2 + 0.008 X_3 + 0.378 X_4 - 0.496 X_5 + 0.271$$

$$\text{Rule3 } Y = 1.46 X_1 - 0.148 X_2 - 0.471 X_3 - 0.002 X_4 + 0.165 X_5 - 0.159$$

五個變數所產生的三條規則裡，X1 所佔的比重依序遞增，但對於其他變數〔X2、X3、…等〕則不容易看出其中的關係。

D. 美元兌台幣十個變數的情況

表 6：美元兌台幣十個變時之數歸屬度函數〔Fuzzy〕

		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Rule 1	中心值	28.01	28.01	28.00	27.99	27.99	27.99	27.98	27.98	27.97	27.97
	偏差值	3.99	3.99	3.98	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.96
Rule2	中心值	28.02	28.01	28.01	28.01	28.01	28.00	27.99	28.00	27.99	27.99
	偏差值	3.97	3.95	3.96	3.97	3.96	3.95	3.94	3.95	3.95	3.95
Rule 3	中心值	27.90	27.90	27.89	27.89	27.89	27.89	27.88	27.88	27.87	27.87
	偏差值	3.93	3.94	3.93	3.94	3.94	3.94	3.94	3.93	3.92	3.93

規則：

$$\text{Rule1 } Y = 0.569 X_1 + 0.257 X_2 + 0.253 X_3 - 0.093 X_4 - 0.16 X_5 + 0.212 X_6 - 0.186 X_7 + 0.259 X_8 - 0.064 X_9 - 0.051 X_{10} + 0.101$$

$$\text{Rule2 } Y = 1.015 X_1 + 0.587 X_2 - 0.183 X_3 + 0.374 X_4 - 1.203 X_5 + 0.352 X_6 + 0.621 X_7 - 0.697 X_8 + 0.345 X_9 - 0.212 X_{10} - 0.037$$

$$\text{Rule3 } Y = 1.376 X_1 - 0.237 X_2 - 0.266 X_3 - 0.052 X_4 + 0.212 X_5 - 0.033 X_6 + 0.08 X_7 - 0.161 X_8 + 0.132 X_9 - 0.048 X_{10} - 0.058$$

十個變數所產生的三條規則裡，X1 所佔的比重也是依序遞增，但對於其他變數〔X2、X3、…等〕則不容易看出其中的關係。

由於 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型的一大特色是：由非線性的 Fuzzy 模型產生線性的規則，所以在變數少的時候，各個變數間的線性關係，可讓人容易直觀的理解，但當變數增加時，產生的規則雖仍是線性，但已經不容易讓人用簡單的話語、思考來解讀，失去了 Fuzzy 模型簡潔明瞭的優點，所以在下一節的研究裡，我們保留 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型的規則簡單易懂得特質，用較少的變數〔兩個變數、三個變數〕來預測匯率。

〔2〕預測值與原始值的圖形

本研究樣本外的資料有 1000 筆，我們將樣本外的預測值〔虛線〕和原始值〔實線〕的走勢繪製成下圖〔圖 7~圖 10〕，由於樣本資料高達 1000 筆，為了方便閱讀，我將 1000 筆資料切割成四個部分，分別是 1~250，251~500，501~750，751~1000 筆。由這四張圖可以看出，預測值和原始值的走勢是十分貼近、相互交疊的，預測的成果不錯。下一小段我們會針對誤差的部分做更仔細的分析。

另外，由於篇幅的關係，三個變數、五個變數、十個變數的“預測值

和原始值的圖形”列於〔附錄一〕。

圖 7：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 1~250 筆；Fuzzy〕

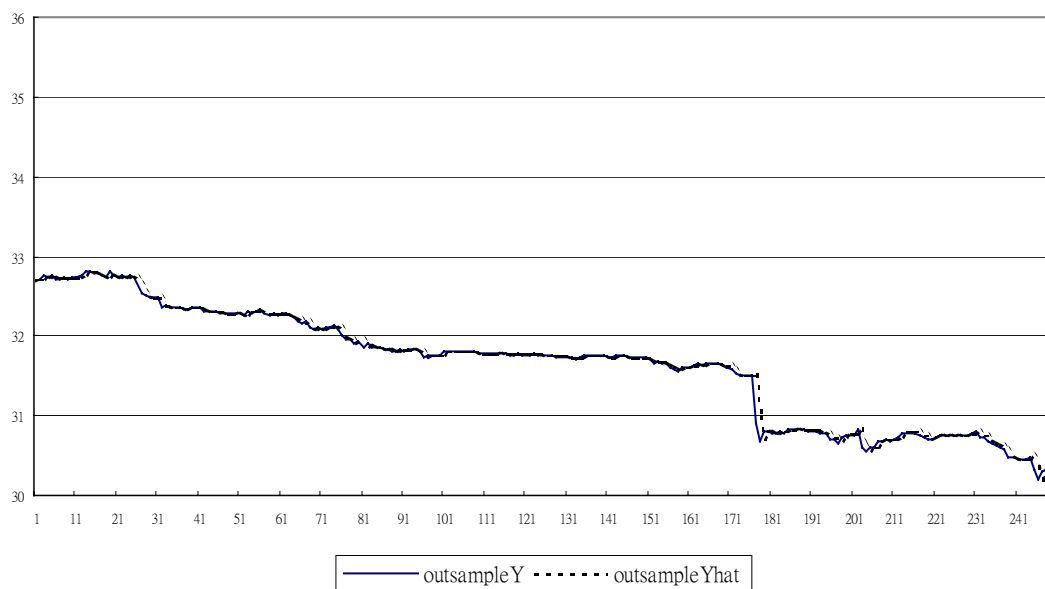


圖 8：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 251~500 筆；Fuzzy〕

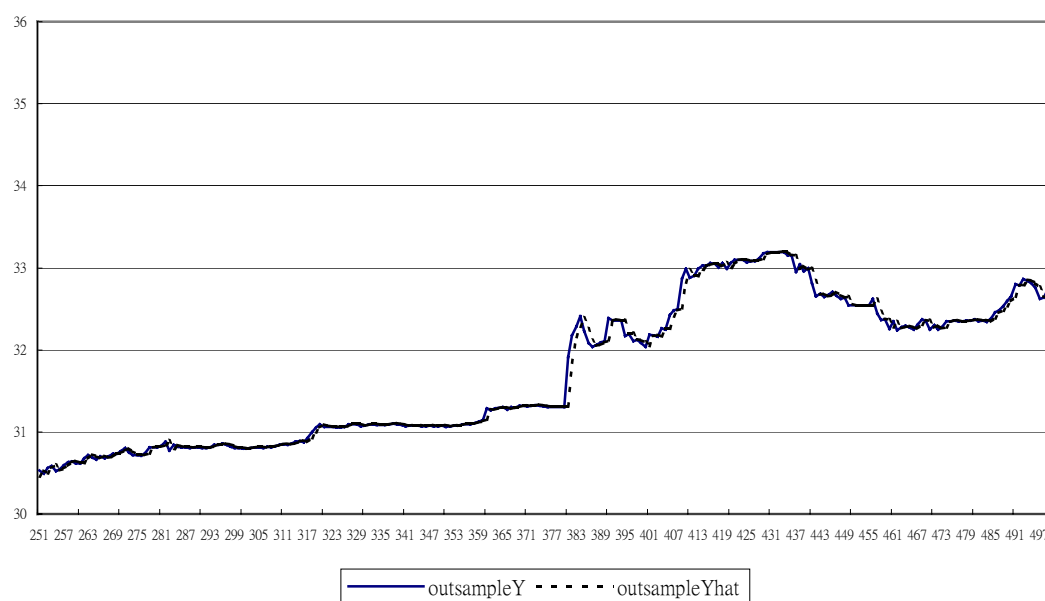


圖 9：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 501~750 筆；Fuzzy〕

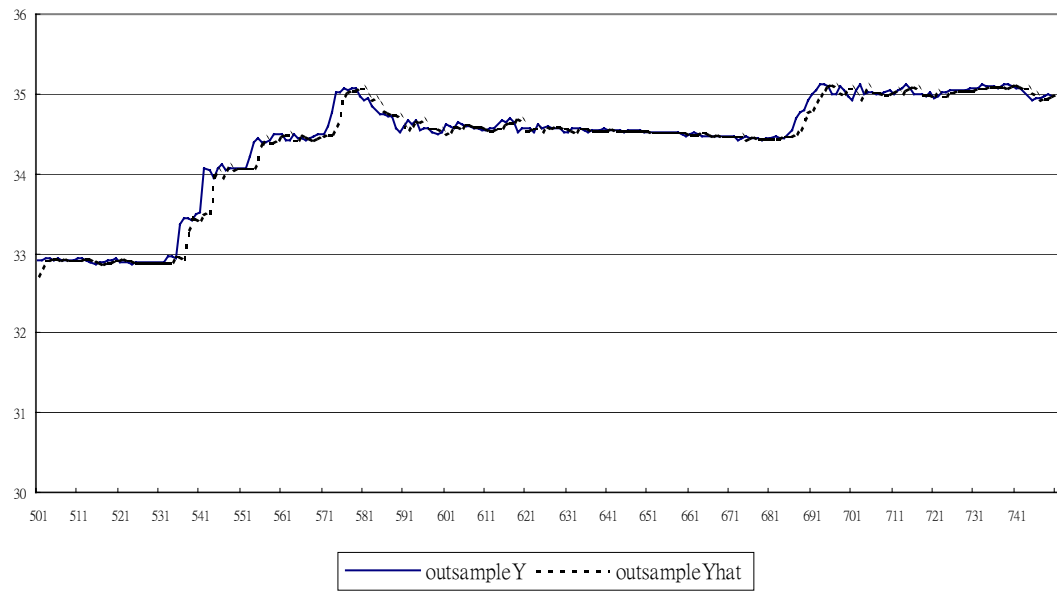
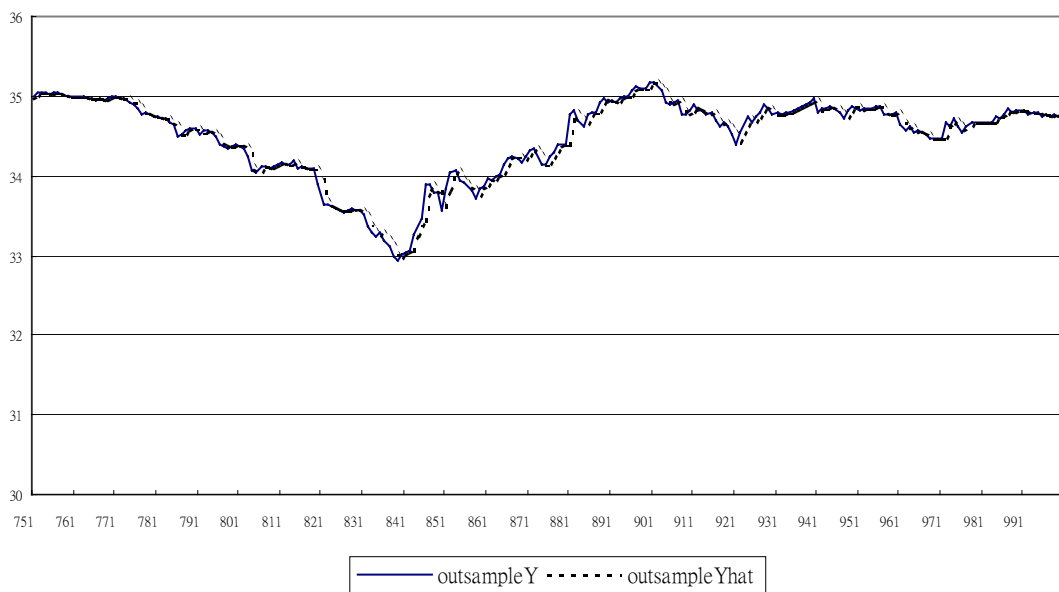


圖 10：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 751~1000 筆；Fuzzy〕



〔3〕與隨機漫步比較

接著比較在不同變數個數下，Takagi-Sugeno Fuzzy 模型來預測匯率的誤差值〔樣本內、樣本外〕和隨機漫步誤差值的差異。表列如下〔表 7〕：

表 7：不同變數之誤差比較〔美元兌台幣；Fuzzy〕

	樣本內	樣本外
兩個變數	0.0097	0.0050
三個變數	0.0102	0.0058
五個變數	0.0098	0.0049
十個變數	0.0119	0.0077
隨機漫步	0.0096	0.0047

由〔表 7〕可以清楚看到，在 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型下，樣本內以兩個變數〔0.0097〕的預測能力最好，樣本外則是五個變數預測能力較佳〔0.0049〕，但與兩個變數〔0.0050〕也只有些微的差距，而十個變數則是預測效果最差的。

在與隨機漫步模型相比，各個變數的預測結果均比隨機漫步模型差，但是差距並不大。尤其在兩個變數與隨機漫步相比，樣本內只差了 0.0001，樣本外也只差了 0.0003。之後會用 Diebold-Mariano 檢定法，檢定 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型的預測準確度是否真的一致、或

是不同，即兩者是否有顯著的差異。

在這個小段，我們比較各個變數間的誤差，發現以兩個變數的預測效果較好，可以支持我們使用 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型時，用較少的變數來做預測。

〔4〕過度配適問題

過度配適的情形是，樣本內的誤差值很小，樣本外的誤差值很大。在本節的研究中，並不存在這種情形，甚至由於原始資料分布的特性，使得樣本外的預測誤差幾乎為樣本內預測的一半，而 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型，都有這樣的現象出現。

〔5〕Diebold-Mariano 檢定

由先前介紹的 Diebold-Mariano 檢定方法，可以算出檢定統計量 S_1 ，本論文採用 97.5% 的信心水準，在雙尾檢定下，若 $S_1 > Z_{\alpha/2} = 2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_1 ，表示隨機漫步模型的預測準確度比 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型好；若 $S_1 < Z_{\alpha/2} = -2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_2 ，表示 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型的預測效果較好；若 S_1 落入信賴區間中，則表示 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型兩者的預測效果沒有差別。將算出來的 S_1 製表如下：

表 8：不同變數之檢定表〔美元兌台幣；Fuzzy〕

	S1	檢定結果
兩個變數	1.323	接受 H_0
三個變數	2.239	接受 H_0
五個變數	0.59	接受 H_0
十個變數	3.518	拒絕 H_0

由〔表 8〕我們可以發現，兩個變數、三個變數、五個變數時，都接受 H_0 ，也就是表示 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型兩者預測的準確度沒有差別。但在十個變數時，則拒絕 H_0 ，表示隨機漫步模型優於 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型的預測效果，也可以說當變數個數增加時，反而會降低預測的準確度，所以此部份可以支持本論文在下一節〔比較各國匯率〕採取較少變數來預測匯率，即用較少的變數即可以達到預測效果。

第三節 使用 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型研究不同國家的匯率 預測

這個部分也是使用 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型，來比較美元兌台幣、日圓兌台幣、英鎊兌台幣、港幣兌台幣的預測結果。由於上一節的結論，認為用較少變數即能達到不錯的預測效果，而且還能兼顧 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型線性規則的簡潔明瞭，以及歸屬度函數容易區分理解的特質。本部分在做匯率比較時，各個國家階只做兩個變數及三個變數的情況。

〔一〕 參數設定

這部分和上一節一樣，運用 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型〔朱修明，2001〕來預測匯率需做參數的設定，參數值係由經驗取得，數值也與上一節相同。

表 9：不同國家匯率之參數表〔Fuzzy〕

參數設定	解釋
minMSE=0.2	以 MSE 為終止條件時，MSE 最初放入模型的值。
runNumber=1000	最多執行的次數
MSE<0.1	終止條件

〔二〕實驗結果

〔1〕歸屬度函數與規則

本研究比較四個國家匯率預測的準確度，每國匯率分析又分為兩個變數和三個變數。由〔表 10〕可知，除了日圓對台幣匯率產生七條規則外，其餘都是產生三條規則。

表 10：不同國家匯率產生的規則數〔Fuzzy〕

		變數個數	
		兩個	三個
規則數目〔條〕	美元兌台幣	3	3
	日圓兌台幣	7	7
	英鎊兌台幣	3	3
	港幣兌台幣	3	3

由接下來的實驗結果，可知三條規則之歸屬度函數的中心值都十分接近，加上誤差的影響，使得歸屬度函數涵蓋的範圍大部分重疊，因此一個新的變數進來，可能使用其中一條規則來預測匯率，也可能使用其中兩條、甚至三條來預測匯率，而規則間有權重的關係。

A. 美元兌台幣

表 11：美元兌台幣之歸屬度函數〔Fuzzy〕

		兩個變數		三個變數		
		X1	X2	X1	X2	X3
Rule 1	中心值	27.64	27.64	28.30	28.30	28.30
	偏差值	3.77	3.78	4.21	4.22	4.22
Rule2	中心值	28.56	28.55	27.77	27.77	27.76
	偏差值	4.49	4.48	3.88	3.87	3.86
Rule 3	中心值	27.76	27.76	27.82	27.82	27.81
	偏差值	3.5	3.5	3.72	3.72	3.72

規則〔兩個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 0.502 X1 + 0.492 X2 + 0.171$$

$$\text{Rule 2 } Y = 0.832 X1 + 0.165 X2 + 0.104$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.513 X1 - 0.504 X2 - 0.247$$

規則〔三個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 0.558 X1 + 0.276 X2 + 0.163 X3 + 0.12$$

$$\text{Rule 2 } Y = 1.037 X1 + 0.369 X2 - 0.41 X3 + 0.126$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.491 X1 - 0.483 X2 + 0.001 X3 - 0.219$$

美元對台幣的規則，上一節已經提到，在 Rule 1、Rule 2、Rule 3 中，變數 X1 在各規則裡所佔的權重依序提高，分別是 0.5、0.8、1.5。

B. 日圓兌台幣

表 12：日圓兌台幣之歸屬度函數〔Fuzzy〕

		兩個變數		三個變數		
		X 1	X 2	X 1	X 2	X3
Rule 1	中心值	0.260	0.260	0.260	0.261	0.260
	偏差值	0.040	0.040	0.035	0.036	0.036
Rule2	中心值	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260
	偏差值	0.040	0.030	0.035	0.035	0.035
Rule 3	中心值	0.260	0.260	0.256	0.256	0.256
	偏差值	0.030	0.030	0.031	0.031	0.031
Rule 4	中心值	0.250	0.250	0.255	0.254	0.254
	偏差值	0.030	0.030	0.034	0.034	0.034
Rule 5	中心值	0.250	0.250	0.255	0.255	0.255
	偏差值	0.040	0.040	0.035	0.035	0.035
Rule 6	中心值	0.250	0.250	0.254	0.254	0.254
	偏差值	0.030	0.030	0.036	0.036	0.036

Rule 7	中心值	0.240	0.240	0.244	0.244	0.244
	偏差值	0.040	0.040	0.041	0.041	0.041

規則〔兩個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 1.375 X_1 - 0.376 X_2 + 0.005$$

$$\text{Rule 2 } Y = 1.1667 X_1 - 0.174 X_2 + 0.004$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.081 X_1 - 0.082 X_2 + 0.001$$

$$\text{Rule 4 } Y = 1.037 X_1 - 0.054 X_2 + 0.004$$

$$\text{Rule 5 } Y = 0.996 X_1 - 0.024 X_2 + 0.004$$

$$\text{Rule 6 } Y = 1.037 X_1 - 0.054 X_2 + 0.003$$

$$\text{Rule 7 } Y = 1.004 X_1 - 0.004 X_2 + 0.00004$$

規則〔三個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 1.35 X_1 - 0.219 X_2 - 0.135 X_3 + 0.005$$

$$\text{Rule 2 } Y = 1.154 X_1 - 0.151 X_2 - 0.01 X_3 + 0.004$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.059 X_1 - 0.023 X_2 - 0.035 X_3 + 0.001$$

$$\text{Rule 4 } Y = 1.04 X_1 - 0.127 X_2 + 0.07 X_3 + 0.004$$

$$\text{Rule 5 } Y = 1.045 X_1 - 0.201 X_2 + 0.137 X_3 + 0.003$$

$$\text{Rule 6 } Y = 0.99 X_1 - 0.169 X_2 + 0.154 X_3 + 0.004$$

$$\text{Rule 7 } Y = 1.004 X_1 - 0.003 X_2 - 0.001 X_3 + 0.00003$$

在日圓兌台幣的規則裡，較看不出權重改變的明顯趨勢，在七個規則中，除了 Rule1 以外，變數 X1 的權種都在 1 左右，而 X2 的權數都很小。

C. 英鎊兌台幣

表 13：英鎊兌台幣之歸屬度函數〔Fuzzy〕

		兩個變數		三個變數		
		X1	X2	X1	X2	X3
Rule 1	中心值	46.73	46.71	46.77	46.75	46.74
	偏差值	8.55	8.56	8.56	8.57	8.56
Rule2	中心值	46.57	46.61	46.59	46.62	46.60
	偏差值	8.45	8.44	8.45	8.43	8.42
Rule 3	中心值	44.35	44.34	44.33	44.32	44.33
	偏差值	7.18	7.17	7.17	7.17	7.17

規則〔兩個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 1.025 X1 - 0.028 X2 - 0.004$$

$$\text{Rule 2 } Y = 1.327 X1 - 0.329 X2 + 0.207$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.017 X1 - 0.017 X2 + 0.018$$

規則〔三個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 1.024 X_1 - 0.072 X_2 + 0.041 X_3 - 0.021$$

$$\text{Rule 2 } Y = 1.324 X_1 - 0.250 X_2 - 0.072 X_3 + 0.22$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.016 X_1 - 0.014 X_2 - 0.003 X_3 + 0.013$$

在英鎊兌台幣的規則裡，除了 Rule2 的變數 X1 權重稍微高一點外，另外兩個規則中 X1 的權數都接近 1。

D. 港幣兌台幣

表 14：港幣兌台幣之歸屬度函數〔Fuzzy〕

		兩個變數		三個變數		
		X1	X2	X1	X2	X3
Rule 1	中心值	3.78	3.78	3.79	3.79	3.79
	偏差值	0.57	0.57	0.58	0.58	0.58
Rule2	中心值	3.77	3.78	3.77	3.77	3.77
	偏差值	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Rule 3	中心值	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59
	偏差值	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45

規則〔兩個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 0.679 X_1 + 0.318 X_2 + 0.003$$

$$\text{Rule 2 } Y = 1.491 X_1 - 0.49 X_2 + 0.009$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.043 X_1 - 0.043 X_2 + 0.0003$$

規則〔三個變數〕：

$$\text{Rule 1 } Y = 0.887 X_1 - 0.219 X_2 + 0.331 X_3 - 0.002$$

$$\text{Rule 2 } Y = 1.318 X_1 + 0.184 X_2 - 0.502 X_3 + 0.008$$

$$\text{Rule 3 } Y = 1.024 X_1 - 0.005 X_2 - 0.019 X_3 - 0.001$$

在港幣兌台幣兩個變數的規則裡，可以看到較為明顯的差異，Rule 1、Rule 2、Rule 3 裡，變數 X_1 的權重呈現小、大、中的情形，分別約是 0.67、1.5、1。觀察這些規則方程式，我們可以知道 X_1 在每個規則裡佔有最重要的角色，但其重要性的權重不盡相同。

〔2〕預測值與原始值的圖形

本節列出八種情形〔包括：美元兌台幣兩個變數、美元兌台幣三個變數、日圓兌台幣兩個變數、日圓兌台幣三個變數、英鎊兌台幣兩個變數、英鎊兌台幣三個變數、港幣兌台幣兩個變數、港幣兌台幣三個變數〕，預

測值和原始值都很接近，由於篇幅的關係，將圖形置於〔附錄二〕。

〔3〕與隨機漫步比較

接著比較不同國家匯率下，Takagi-Sugeno Fuzzy 模型來預測匯率的誤差值〔樣本內、樣本外〕和隨機漫步的誤差值做比較。表列如下：

表 15：不同國家匯率資料之誤差比較〔Fuzzy〕

	美元兌台幣		日圓兌台幣		英鎊兌台幣		港幣兌台幣	
	樣本內	樣本外	樣本內	樣本外	樣本內	樣本外	樣本內	樣本外
兩個變數	0.0097	0.0050	0.0000036	0.0000035	0.0899	0.0642	0.000146	0.000087
三個變數	0.0102	0.0058	0.0000037	0.000004	0.0870	0.0602	0.000145	0.000087
隨機漫步	0.0096	0.0047	0.0000034	0.0000029	0.0853	0.0567	0.000146	0.000087

討論美元兌台幣、日圓兌台幣時，兩個變數的預測結果較好。在英鎊兌台幣、港幣兌台幣時，三個變數的預測效果較好，但差距都再小數點三位和六位以下，所以可以說差距是十分小的。再跟隨機漫步比較，除了“港幣兌台幣三個變數之樣本內”預測以外，隨機漫步與 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型預測產生出來的誤差相比，大部分是較小的，也就是隨機漫步的預測效果較好，但由於誤差差距很小，甚至相同，所以用 Takagi-Sugeno Fuzzy

模型預測的結果是不錯的。之後會用 Diebold-Mariano 檢定法，來檢定 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型是否真的有差距。

〔5〕過度配適檢定

在本節的研究中，並不存在“樣本內誤差很小、樣本外誤差很大”的情形，甚至由於原始資料分布的特性，使得樣本外的預測誤差幾乎為樣本內預測的一半，而 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型，都有這樣的現象出現，所以過度配適的情況不存在。

〔6〕Diebold-Mariano 檢定

由〔表 15〕我們可以知道，各種匯率情形的誤差和隨機漫步的誤差相比，差距很小，現在用 Diebold-Mariano 檢定方法，可以檢定出這樣微小的差距下，是否真的有差別。

先算出檢定統計量 S_1 ，本研究採用 97.5% 的信心水準，在雙尾檢定下，若 $S_1 > Z_{\alpha/2} = 2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_1 ，表示隨機漫步模型的預測準確度比 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型好；若 $S_1 < Z_{\alpha/2} = -2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_2 ，表示 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型的預測效果較好；若 S_1 落入信賴區間中，則表示 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型兩者的預測效果沒有差別。

將檢定統計量製表如下〔表 16〕：

表 16：不同國家匯率之檢定表〔Fuzzy〕

		S1	檢定結果
兩個變數	美元兌台幣	1.323	接受 H_0
	日圓兌台幣	-1.083	接受 H_0
	英鎊兌台幣	0.77	接受 H_0
	港幣兌台幣	0.042	接受 H_0
三個變數	美元兌台幣	2.239	接受 H_0
	日圓兌台幣	-1.46	接受 H_0
	英鎊兌台幣	0.597	接受 H_0
	港幣兌台幣	-0.154	接受 H_0

由〔表 16〕可以看出來，所有的情況下，檢定都能接受 H_0 ，也就是 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型和隨機漫步模型兩者的預測準確度是沒有差別的，支持“在變數少的時候，即可以達到所要求之準確度”的想法。雖然在之前〔表 15〕顯示 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型的誤差比隨機漫步模型的誤差大一點，檢定過後可知，這個誤差是在可以接受的範圍內，兩者其實是沒有差別的。

第四節 使用 Cubist 決策樹模型研究不同變數的匯率預測

前兩節我們用 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型來做預測，本節則以 Cubist 決策樹模型來預測匯率。本實驗使用美元兌台幣的匯率資料，分成兩個、三個、五個、十個變數來討論，研究這四類情況預測匯率的有效性的差異。

〔一〕參數設定

在使用 Cubist 決策樹模型時，需設定一些使用的參數，本實驗採用 Rules alone 的模型型態，除了下列參數外，其餘的參數皆不設定，如〔表 17〕。

表 17：不同變數預測匯率之參數表〔Cubist〕

參數	
Minimum rule cover	1%cases
Extrapolatipon allowed	10%

〔二〕實驗結果

〔1〕產生的規則

本研究拿美元兌台幣的資料做匯率的預測，分別以兩個變數、三個變數、五個變數、十個變數的情形來分析。這四種情況都各產生三條規則，

但其中三、五、十個變數情況產生的規則是一樣的，參考〔表18〕，詳細

規則條列如下：

表 18：不同變數產生的規則數〔Cubist〕

變數個數	規則數目〔條〕
2	3
3*	3
5*	3
10*	3

*號部分規則相同

兩個變數：

Rule 1: If $X_1 \leq 28.76$

Then $Y = 0.00278 + 1 X_1$

Rule 2: If $X_1 > 28.76, X_2 \leq 31.9$

Then $Y = 3.5452 + 0.89 X_1$

Rule 3: If $X_2 > 31.9$

Then $Y = 0.33061 + 0.99 X_1$

三個變數、五個變數、十個變數：

Rule 1: If $X1 \leq 28.76$

Then $Y = 0.00278 + 1 X1$

Rule 2: If $X1 > 28.76, X3 \leq 31.8$

Then $Y = 3.23961 + 0.9 X1$

Rule 3: If $X3 > 31.8$

Then $Y = 0.33056 + 0.99 X1$

由以上規則我們可以看出來，當變數個數大於三個以上，Cubist 決策樹模型只挑 $X1$ 、 $X3$ 來做匯率的預測，而其他的變數則不予考慮。而預測值〔 Y 〕都是由前期〔 $X1$ 〕乘以一係數再加上一常數產生，也可以說是都由前期來預測當期，與 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型產生的規則有很大的不同。

〔2〕預測值與原始值的圖形

本研究樣本外的資料有 1000 筆，我們將樣本外的預測值〔虛線〕和原始值〔實線〕的走勢繪成下圖〔圖 9~圖 12〕，由於樣本資料高達 1000 筆，於是和前兩節一樣，把 1000 筆資料切割成四份，分別為 1~250、251~500、501~750、751~1000 筆，可以幫助我們閱讀。由這四張圖看來預測值和原始值的走勢很皆近，但之後會對誤差的部分做更詳細的分析。此外三、五、

十個變數產生的規則相同，所繪製的「預測值和原始值的圖形」也相同，由於篇幅的關係，把三、五、十個變數圖置於〔附錄三〕。

圖 9：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 1~250 筆；Cubist〕

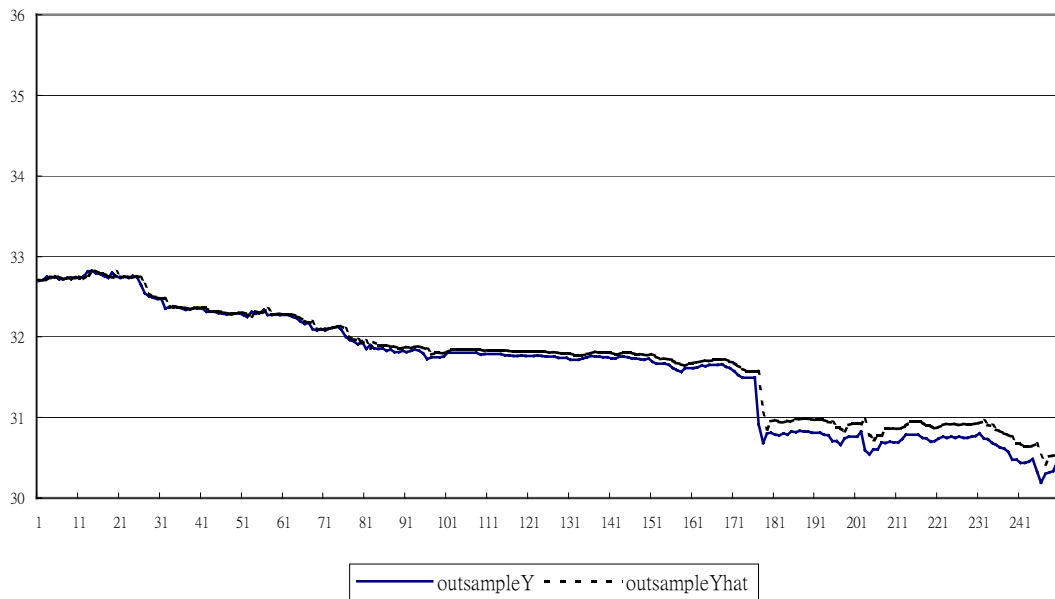


圖 10：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 251~500 筆；Cubist〕

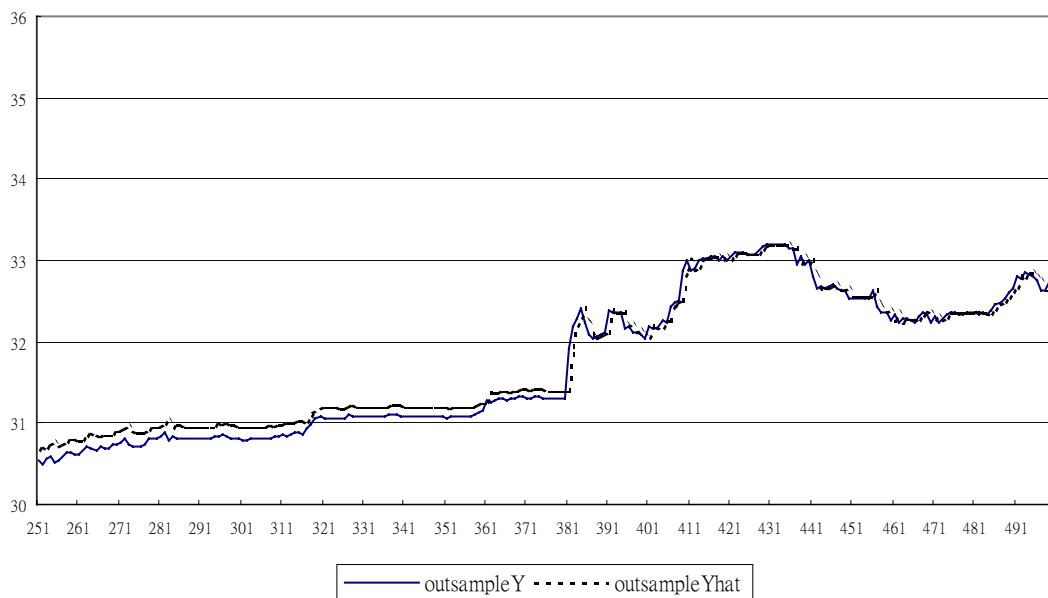


圖 11：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 501~750 筆；Cubist〕

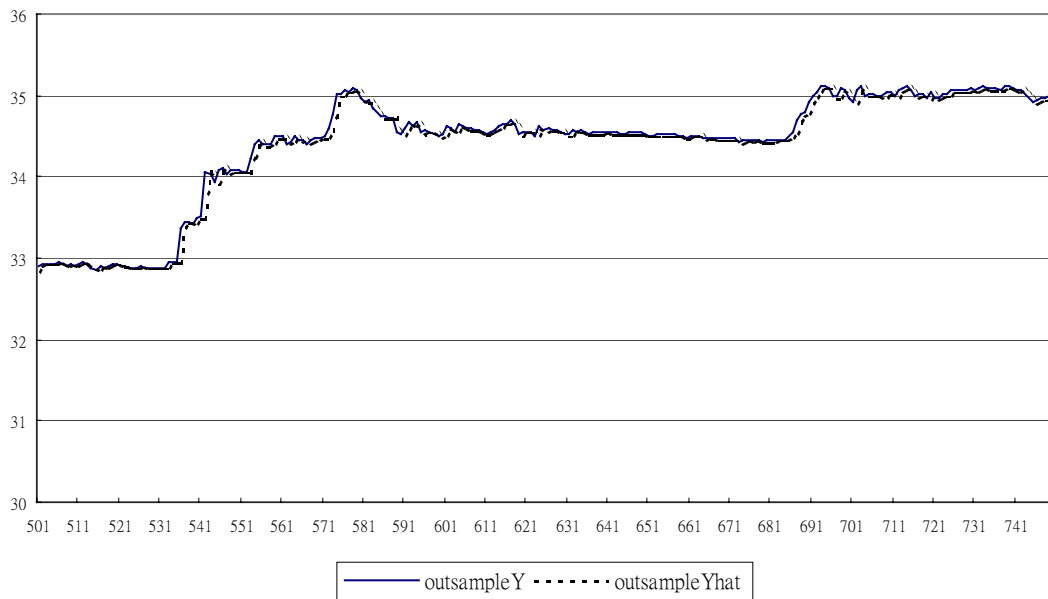
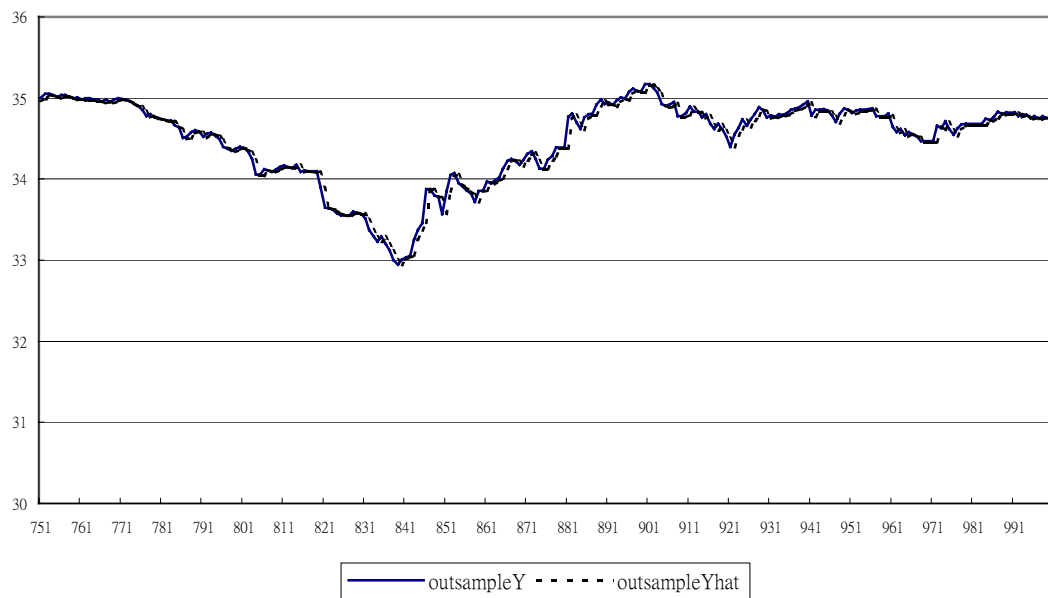


圖 12：美元對台幣〔兩個變數〕預測值和原始值的圖形〔資料 751~1000 筆；Cubist〕



〔3〕與隨機漫步比較

接著比較不同變數個數下，Cubist 決策樹模型所預測匯率的誤差值〔樣本外〕和隨機漫步模型誤差值的差異，如〔表 19〕。

表 19：美元兌台幣不同變數之誤差比較〔Cubist〕

	樣本外
兩個變數	0.009793
三個變數	0.010031
五個變數	0.010031
十個變數	0.010031
隨機漫步	0.004709

由〔表 19〕，我們可以看到 Cubist 決策樹模型所產生的誤差值比隨機漫步模型的誤差值高出近一倍，而三、五、十個變數由於產生的規則一樣，誤差值也相同，之後會用 Diebold-Mariano 檢定法，檢定 Cubist 決策樹模型和隨機漫步模型的預測準確度是否有顯著的差異。

〔4〕過度配適檢查

使用 Cubist 決策樹模型，本實驗所產生的規則都不會太複雜，甚至有些變數還沒有使用到，所以直觀來看，並沒有過度配適的問題。

〔5〕Diebold-Mariano 檢定

先計算出檢定統計量 S_1 ，本研究採用 97.5% 的信心水準，在雙尾檢定下，若 $S_1 > Z_{\alpha/2} = 2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_1 ，表示隨機漫步模型的預測準確度比 Cubist 決策樹模型好；若 $S_1 < Z_{\alpha/2} = -2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_2 ，表示 Cubist 決策樹模型的預測效果較好；若 S_1 落入信賴區間中，則表示 Cubist 決策樹模型和隨機漫步模型兩者的預測效果沒有差別。將檢定統計量製表如下〔表 20〕：

表 20：不同變數之檢定表〔美元兌台幣；Cubist〕

	S1	檢定結果
兩個變數	4.188	拒絕 H_0
三個變數	4.244	拒絕 H_0
五個變數	4.244	拒絕 H_0
十個變數	4.244	拒絕 H_0

由〔表 19〕，我們知道在美元兌台幣不同變數的實驗裡，Cubist 決策樹模型產的的誤差比隨機漫步模型高出近一倍，由 Diebold-Mariano 檢定，我們得到所有情況都是拒絕 H_0 ，接受 H_1 ，表示隨機漫步模型的預測準確度明顯的比 Cubist 決策樹模型來得高。

在第二節介紹的 Takagi-Sugeno Fuzzy 模型，其預測準確度和隨機漫步模型沒有差別，所以在美元兌台幣不同變數下，Takagi-Sugeno Fuzzy 模型的預測能力明顯比 Cubist 決策樹模型優良。

第五節 使用 Cubist 決策樹模型研究不同國家的匯率預測

這個部分也是使用 Cubist 決策樹模型，來比較美元兌台幣、日圓兌台幣、英鎊兌台幣、港幣兌台幣的預測結果。

〔一〕參數設定

這裡參數的設定和上一節相同，不再贅述。

表 21：不同國家匯率預測匯率之參數表〔Cubist〕

參數	
Minimum rule cover	1%cases
Extrapolatipon allowed	10%

〔二〕實驗結果

〔1〕產生的規則

本研究比較四個國家匯率預測的準確度，每一個國家匯率的分析又可分為兩個變數和三個變數。預測日圓和英鎊時，兩個變數和三個變數都產生同樣的規則，而且規則只有一條。但預測美元和港幣時，兩個變數和三個變數產生的規則並不相同，如〔表 22〕。

表 22：不同國家匯率產生的規則數〔 Cubist 〕

		變數個數	
		兩個	三個
規則數目〔條〕	美元兌台幣	3	3
	日圓兌台幣*	1	1
	英鎊兌台幣*	1	1
	港幣兌台幣	4	4

*表示，此預測國家匯率時，兩個變數和三個變數的預測結果、產生的規則一樣。

規則條列如下：

美元兌台幣

兩變數

Rule 1: If $X_1 \leq 28.76$

Then $Y = 0.00278 + 1 X_1$

Rule 2: If $X_1 > 28.76, X_2 \leq 31.9$

Then $Y = 3.5452 + 0.89 X_1$

Rule 3: If $X_2 > 31.9$

Then $Y = 0.33061 + 0.99 X_1$

三變數

Rule 1: If $X1 \leq 28.76$

Then $Y = 0.00278 + 1 X1$

Rule 2: If $X1 > 28.76$, $X3 \leq 31.8$

Then $Y = 3.23961 + 0.9 X1$

Rule 3: If $X3 > 31.8$

Then $Y = 0.33056 + 0.99 X1$

日圓兌台幣

兩變數和三變數產生的規則一樣，皆為：

Rule 1: $Y = 0.00004 + 1 X1$

英鎊兌台幣

兩變數和三變數產生的規則一樣，皆為：

Rule 1: $Y = 0.004 + 1 X1$

港幣兌台幣

兩變數

Rule 1: If $X1 \leq 3.744$

Then $Y = 0.0002 + 1 X_1$

Rule 2: If $X_1 > 3.641$, $X_1 \leq 3.744$

Then $Y = 0.7851 + 1.04 X_1 - 0.25 X_2$

Rule 3: If $X_1 > 3.744$, $X_2 \leq 4.152$

Then $Y = 0.0995 + 0.98 X_1$

Rule 4: If $X_2 > 4.152$

Then $Y = 0.0428 + 0.99 X_1$

三變數

Rule 1: If $X_1 \leq 3.744$

Then $Y = 0.0002 + 1 X_1$

Rule 2: If $X_1 > 3.641$, $X_1 \leq 3.744$

Then $Y = 0.7851 + 1.04 X_1 - 0.25 X_2$

Rule 3: If $X_1 > 3.744$, $X_3 \leq 4.139$

Then $Y = 0.3393 + 0.92 X_1$

Rule 4: If $X_3 > 4.139$

Then $Y = 0.0431 + 0.99 X_1$

由以上規則我們可以看出日圓和英鎊的規則和隨機漫步幾乎一樣，就是用前一期來預測當期，只不過它們又加上了一個非常微小的常數。而在

港幣的第二條規則裡，則出現用 X2 這項變數來預測匯率。

〔2〕預測值與原始值的圖形

因為篇幅的關係，將此部份的圖形置於〔附錄四〕。預測日圓和英鎊時，兩個變數和三個變數得到的結果一樣，所以只放一組圖來代表。

〔3〕與隨機漫步比較

表 23：不同國家匯率之誤差比較〔Cubist〕

	美元對台幣	日圓兌台幣	英鎊兌台幣	港幣兌台幣
	樣本外	樣本外	樣本外	樣本外
兩個變數	0.009793	0.0000029331	0.056725	0.000198
三個變數	0.010031	0.0000029331	0.056725	0.000179
隨機漫步	0.004709	0.0000029333	0.056729	0.000087096

由〔表 23〕我們可以看出來，美元的情況，用 Cubist 決策樹模型產生的誤差值明顯比隨機漫步高出許多〔在第四節有檢定過〕，但日圓與英鎊的情況，則 Cubist 決策樹模型產生的誤差和隨機漫步幾乎相同，這點我們可由上一段落日圓與英鎊的規則看出端倪，因為其產生出來的規則和隨機漫步模型十分類似。再來港幣的部分，預測結果比隨機漫步差，之後會用

Diebold-Mariano 檢定方法，來檢驗 Cubist 決策樹模型和隨機漫步模型的預測準確度是否有顯著的差異。

〔4〕過度配適檢查

和上一節的情形一樣，本實驗在使用 Cubist 決策樹模型時，所產生的規則都不會太複雜，甚至有些變數還沒有使用到，所以直觀來看，並沒有過度配適的問題。

〔5〕Diebold-Mariano 檢定

和上一節相同，先計算出檢定統計量 S_1 ，本研究採用 97.5% 的信心水準，在雙尾檢定下，若 $S_1 > Z_{\alpha/2} = 2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_1 ，表示隨機漫步模型的預測準確度比 Cubist 決策樹模型好；若 $S_1 < Z_{\alpha/2} = -2.24$ ，則拒絕 H_0 ，接受 H_2 ，表示 Cubist 決策樹模型的預測效果較好；若 S_1 落入信賴區間中，則表示 Cubist 決策樹模型和隨機漫步模型兩者的預測效果沒有差別。將檢定統計量製表如下〔表 24〕：

表 24：不同國家匯率之檢定表〔Cubist〕

		S1	檢定結果
兩個變數	美元兌台幣	4.188	拒絕 Ho
	日圓兌台幣	-0.009	接受 Ho
	英鎊兌台幣	-0.009	接受 Ho
	港幣兌台幣	6.338	拒絕 Ho
三個變數	美元兌台幣	4.244	拒絕 Ho
	日圓兌台幣	-0.009	接受 Ho
	英鎊兌台幣	-0.009	接受 Ho
	港幣兌台幣	5.871	拒絕 Ho

在美元兌台幣及港幣兌台幣的情況下，不論兩個變數或是三個變數，隨機漫步的預測結果都顯著的優於 Cubist 決策樹模型。而在日圓兌台幣及英鎊兌台幣的情況下，則是隨機漫步模型和 Cubist 決策樹模型沒有顯著的差異，但我們需注意到，日圓和英鎊產生的規則都只有一條，且十分接近隨機漫步的概念，所以它們產生出來的預測值和隨機漫步十分近似，也不令人意外。