

行政院金融監督管理委員會九十七年度委託研究計畫

「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」

委託單位：行政院金融監督管理委員會保險局

研究單位：財團法人保險事業發展中心

共同主持人：梁正德、謝明華

協同主持人：郭維裕、蔡政憲

研究員：李紹燁、黃芳文、陳振桐

研究助理：許立興

中華民國九十八年四月十四日

- ★ 本研究報告僅代表研究單位觀點，不代表行政院金融監督管理委員會意見。
- ★ 本研究報告之轉載、引用，請加註資料來源、作者，以保持資料之正確性。

行政院金融監督管理委員會九十七年度委託研究計畫

「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」

委託單位：行政院金融監督管理委員會保險局

研究單位：財團法人保險事業發展中心

共同主持人：梁正德、謝明華

協同主持人：郭維裕、蔡政憲

研究員：李紹嬋、黃芳文、陳振桐

研究助理：許立興

中華民國九十八年四月十四日

GRB 計畫編號：PG9704-0251

摘要

有鑑於國外投資上限已由 35% 進一步開放至 45%，建構國外投資的風險評估模型，以協助監理機關更明確地判斷保險業從事國外投資所承擔的風險，及其對保險業的負債適足性、清償能力等各層面所產生的影響，更顯得急迫而重要。

為了使本研究所建構之模型能更有效地捕捉我國保險業國外投資的主要風險，本研究首先分析我國大型壽險業者國外投資的主要資產項目。本研究發現我國大型壽險業者國外投資約有八成~九成配置於固定收益類資產中。顯見我國大型壽險業者從事國外投資時，所承擔的主要風險為固定收益類資產所衍生之風險，包括信用風險、利率風險以及國外投資所必然產生的匯率風險。本研究進一步針對我國壽險業者國外投資的主要區域進行分析，發現我國壽險業者主要投資於美國、歐洲、澳洲、英國、日本、新加坡以及韓國等七個國家。其中，壽險業持有韓國的資產主要來自於一籃子避險所持有之貨幣資產，而非股、債等其他金融資產。因此，本研究首先確認了我國保險業國外投資所承擔的主要風險，為此七個國家的匯率風險，以及除了韓國以外的六個國家之利率風險及信用風險。

匯率風險與利率風險同為市場風險的一種。市場風險與信用風險的風險因子的特性極不相同。因此，國際金融監理標準像是新巴塞爾協定與瑞士清償能力測試都是分別衡量市場風險與信用風險的大小。瑞士清償能力測試採用與新巴塞爾協定相同的方法來衡量信用風險的大小，而新巴塞爾協定的信用風險標準法為“規則法”。亦即信用風險大小只與評等有關，故不需模型。因此，在考量市場風險與信用風險的風險因子特性的不同與國際金融監理的標準，我們決定不包含信用風險的風險因子在模型中。

我們選定 70 個風險因子來建構衡量匯率風險與利率風險的模型。我們假設這些風險因子在每個月都服從聯合常態分配。以 RiskMetrics 與瑞士清償能力測試 (SST) 的標準實務作法為依據，最初的模型假設風險因子的平均值皆為零。然而，考量本研究需建構能夠捕捉長期利率行為的模型，但 RiskMetrics 與 SST 則以評估短期（一年內或一年後）風險為主，因此，我們有略為修改上述平均值為零的假設。我們預估大約需要 2500 個參數來完整描述 70 個風險因子的相關性。要估計這麼多參數自然是個大問題。我們試著利用因子分析的技術來建構了數個模型。最後，

我們選定三種模型。除了用了因子分析的技術，選定的 3 個模型也以經濟意涵來配合選取共同因子。明確的說，模型 1 的個別共同因子會影響所有 (70 個) 的風險因子；模型 2 的個別共同因子只會影響匯率或利率的風險因子；而模型 3 的個別共同因子只會影響匯率、西方幣別的利率或東方幣別的利率的風險因子。

最終的模型都能產生合理的情境。所產生 2000 組情境的統計特性與歷史資料的統計特性極為相近。此外，模擬的情境也能完整的顯現目前低利率的現況。還有，模擬的情境亦具有逐步回歸至均數的特性。因為 3 個模型皆能產生合理的情境。在考量未來模型的擴充性及應用的彈性後，我們最終決定採用模型 2。

在預期效益上，我們預期本研究所建構之模型，以及所產生的兩千組情境，未來經過公司試算後所挑選出的兩百組情境，將可應用在我國簽證精算師進行負債適足性的測試，以及 RBC 制度 C3 風險的計算等兩方面，協助監理機關更有效地評估保險業從事國外投資之風險對其經營上的影響。

最後，本研究針對監理機關評估保險業國外投資風險，提出了三項具體建議：

- 一、建議可在其他資產模型，包括不動產、股票等模型全數建立完成後，再請公司一併進行試算，並根據試算結果挑選具有代表性的兩百組情境；
- 二、建議可在其他資產模型皆建立之後，再行制定「保險業使用內部模型必須通過之測試標準」。主要是因為我們認為測試標準之制定應該不能只有考慮國外投資的利率風險，而是要考慮所有的主要風險，包含股票、不動產等其他資產的風險。並且，我們也會建議未來在制定保險業使用內部模型必須通過之測試標準時，能夠參酌歐盟國家的實際作法後，再行研擬，俾與國際接軌。
- 三、建議監理機關可另案建構固定收益類資產信用風險之評估模型。考量本次金融風暴的肇因係美國次貸違約所造成之信用危機，信用風險實為保險業從事固定收益類資產相當重要的風險之一。本研究建議主管機關可另案建構信用風險的評估模型或評估方法，使監理機關能夠更完整地評估保險業從事國外投資，特別是固定收益類資產之風險。

關鍵詞：國外投資、風險評估模型、情境模擬、保險業監理

Abstract

For the insurance companies in Taiwan, the percentage limit of asset invested in foreign countries has increased from 35% to 45%. The regulator in Taiwan is then in a urging need of having clear risk measures in these assets for effective supervising and monitoring insurers' asset adequacy and solvency ability. Models for quantifying these risks are therefore required.

To build effective risk models, we first analyze the major asset classes of foreign investment of large life insurance companies in Taiwan. It turns out that 80 to 90 percent of their foreign investments are fallen into the fixed-income asset class. Therefore, the major risks in foreign investment include interest rate risk, currency risk and credit risk. We also investigate the dominated currencies of the foreign investment. The major currencies include US dollar, British pound, Euro dollar, Australian dollar, Japanese yen, Singapore dollar and Korean won. The assets dominated in Korean won are actually only the currency itself. The insurers hold Korean won position in their currency baskets for hedging purpose. After these analyses, we conclude that the major risks borne by insurers' foreign investments are the currency risks of the seven currencies above and interest rate risks and credit risks of the other six currencies except Korean won.

Currency risk and interest rate risk are classified into a broader class of risk called market risk. The risk factor properties of market risk and credit risk are quite different. Therefore, international regulation standards such as "The New Basel Accord (Basel II)" and "Swiss Solvency Test (SST)" all measure market risk and credit risk separately. In particular, SST adopts the same methodology of Basel II for measuring credit risk of insurance companies. The standard approach of measuring credit risk in Basel II is rule-based. The risk measure only depends on ratings and requires no models. Therefore, by considering the difference in the risk factor properties of market risk and credit risk and the international regulation standards, we do not include risk factors of credit risk in our models.

To model the currency risk and interest rate risk, we select 70 risk factors. We assume these risk factors are jointly normally distributed for each month. Follow the standard practices of RiskMetrics and SST, the first model assume the mean vector of these risk factors is zero vector. However, both RiskMetrics and SST are designed for short term scenarios (less than or equal to 1 year), and our goal is to produce long-term scenarios. Therefore, we have slightly modified the standard assumption about the mean vector. It requires about 2500 parameters to fully specify the correlation structure of 70 risk factors. It is certainly a big problem to estimate these parameters. To solve this problem, we have tried several models based on the technique of Factor Analysis (FA). In the end, we selected three models. In addition to incorporate the technique of FA, these three models also built the common factors with economic sense. In particular, common factors

of model 1 affect all 70 risk factors; common factors of model 2 affect only risk factors of currencies or interest rates only; and common factors of model 3 affect only risk factors of currencies, interest rates of western currencies, or interest rates of eastern currencies only.

The final models turn out producing very plausible scenarios. The statistical properties of the 2000 simulated scenarios are very similar to that of historical data. Moreover, the current situation of low interest rates is fully captured in the simulated scenarios. The simulated interest rate scenarios also exhibit mean reverting characteristic. All three models produce plausible scenarios, but Model 2 has the advantage of extensibility. We therefore select Model 2.

The potential applications of our model and the generated scenarios (2000 scenarios at the start, 200 scenarios after field test) are asset adequacy test signed by pointed actuary, RBC report and C3 risk quantification. The regulator can have more effective tool in monitoring and supervising insurance companies' risk in their foreign investment.

Finally, we made the following three suggestions:

1. A field test should be conducted after the remaining risk models for other asset classes, including real estates and equities, have been built. Based on the field test, we can then select 200 representative scenarios.
2. "The minimal standards of internal models" can be defined after the remaining standard models for other asset classes have been built. We think "the standards" should not only depend on models of a few asset classes. Moreover, it would be better if we set the standards based on international standards such as Solvency II. As we all know, Solvency II will be the regulation standard for the insurance companies in EU in the near future.
3. Regulator may want to have another project for accessing the credit risk embedded in fixed-income assets of the insurance companies. Since the ongoing financial storm was triggered by the subprime mortgage crisis, credit risk is really an important risk faced by the insurance companies. We suggest regulator to start a project in building models or methodology in measuring credit risk, so that regulator can have a more complete assessment of total risk in fixed-income assets of insurance companies.

Key words : foreign investments 、 risk evaluation model 、 scenarios 、 supervision of insurance industry

目 錄

壹、緒論	1
一、研究計畫背景與目的	1
二、研究計畫內容	4
三、研究方法及進行步驟	6
四、預定研究進度	7
貳、我國保險業國外投資之主要風險種類	8
一、我國保險業國外投資之主要資產項目及風險分析	8
二、我國保險業投資國外固定收益證券主要類別分析	11
參、歐美主要國家之保險產業投資固定收益型證券之概況... 16	
一、美國保險業投資固定收益型證券之概況	16
二、歐洲保險業投資固定收益型證券之概況	18
肆、歐美主要國家風險評估模型之發展現況	20
一、美國固定收益型證券風險評估模型之發展現況	20
二、瑞士固定收益型證券風險評估模型之發展現況	23
伍、我國保險業投資國外固定收益證券風險評估模型之建構32	
一、資料說明與分析	33
二、研究方法	37
三、模型設定與估計結果	42
四、模擬情境	59
陸、預期效益	112
柒、結論與建議	116
一、 結論	116

二、	建議.....	118
附錄一	期中報告審查會議紀錄.....	121
附錄二	「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」期中報告 審查意見之意見回覆暨修正說明對照表	122
附錄三	調整後模型及其模擬情境厚尾問題之檢視.....	125
附錄四	期末報告審查會議紀錄.....	130
附錄五	「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」期末報告 審查意見之意見回覆暨修正說明對照表	132

壹、緒論

一、研究計畫背景與目的

(一)研究計畫背景

我國簽證精算師制度自 2003 年起實施，簽證精算師每年須就保險費率之釐定、責任準備金之核算、保單紅利分配、投資決策評估、清償能力評估及其他經主管機關指定辦理之事項向主管機關提出簽證報告。精算師必須假設不同的經濟狀況情境，執行準備金適足性之測試。

自 2006 年起，精算師須執行現金流量測試來檢測負債適足性，其中利率假設得採用非隨機的方式。初年度起始點之新錢利率假設係參照當時市場之無風險資產殖利率，而利率的變動至少應包含下列 7+1+1 組假設：

- 1.利率維持固定不變 (Level)。
- 2.利率逐步上升至一定範圍後維持不變 (Rising)：
前 10 年每年增加 0.5%，然後維持不變。
- 3.利率逐步下降至一定範圍後維持不變 (Falling)：
前 10 年每年減少 0.5%，然後維持不變。
- 4.利率逐步上升，然後逐步下降 (Up-Down)：
前 5 年每年增加 1%，6 至 10 年每年減少 1%，然後維持不變。
- 5.利率逐步下降，然後逐步上升 (Down-Up)：
前 5 年每年減少 1%，6 至 10 年每年增加 1%，然後維持不變。
- 6.利率突然上升，然後維持不變 (Pop-Up)：
第 1 年突然增加 3%，然後維持不變。
- 7.利率突然下降，然後維持不變 (Pop-Down)：
第 1 年突然減少 3%，然後維持不變。
- 8.主管機關指定利率情境 (Scenario)：

主關機關於「95 年度人身保險業精算簽證作業補充說明」中公佈指定利率情境如下表。

表一：95 年度人身保險業精算簽證作業之利率情境表

年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021+
New money rate (%)	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50

9. 公司最佳估計利率情境：

簽證精算人員應說明所採公司最佳估計利率情境的假設依據及其合理性，並對公司最佳估計利率情境與前述主管機關指定利率情境的差異提供意見。關於公司最佳估計利率情境假設，簽證精算人員應對於各類資產未來報酬率、資產配置、再投資策略等資料來源、以及如何推估出公司最佳估計利率情境之方法提供說明。

然而，簽證精算人員採用上述 7+1+1 組的主觀利率假設來評估負債適足性時，很難明確說明其判斷適足性所採用之標準，並適當表達精算意見。此外，對於主管機關而言，亦無法有一確切的標準來判定負債之適足性。保險事業發展中心因而執行了一個計畫-產生壽險業負債適足性測試之利率情境（以下簡稱利率情境計畫），產生 200 組有機率意涵的無風險利率情境，以幫助精算師與主管機關客觀地判斷壽險公司負債適足性。該利率情境計畫還另外對資產類別及風險溢酬定下初步的規範建議。

- ▶ 資產類別：各公司自行區分，但分類方式建議訂定最低限度要求（minimum requirements）。

各公司資產至少區分為以下五類，若該五大分類中之比重大於 5% 者不得與其他分類合併，其中固定收益型證券的收益率必須是本計畫所產生之 200 組無風險利率加上該資產類別之風險溢酬：

- (1) 固定收益證券（例如：公債，公司債，金融資產受益證券等）
- (2) 股票
- (3) 不動產
- (4) 國外投資
- (5) 其他

- ▶ 投資績效：考慮個別公司投資績效。
- ▶ 風險溢酬：由簽證精算人員自行假設，可參考公司過去一段期間各資產類別投

資報酬率與無風險利率之差額平均來計算。

▶ 公式：

$$Asset\ return(t) = \sum_j \{w(t)_j * [r_j(t) + Spread_j] \}$$

$$Spread_j = Average_t [r_j(t) - r_f(t)]$$

where $w_j(t)$ = 時間點t時公司第j類資產的比重
 $r_j(t)$ = 時間點t時第j類資產投資的報酬率
 $r_f(t)$ = 時間點t時的無風險利率

根據利率情境計畫的建議，以壽險業資金運用表的各類資產分布情形（如下表：壽險業資金運用表—各類資產佔率）來看，國內固定收益類相關資產（包括銀行存款、公債及庫券、公司債等）和該計畫所產生之無風險利率有關者佔 30% 強，其他分類之資產類別（如股票、不動產、國外投資等）得與該計畫所產生之 200 組無風險利率情境不相關。

表二：2002-2006 年我國壽險業資產配置概況表

項目\年度	2006	2005	2004	2003	2002	2002-2006
1-銀行存款	4.5%	3.3%	4.0%	4.3%	8.2%	4.5%
2-有價證券及企業投資	45.8%	45.3%	45.2%	41.0%	39.2%	43.9%
2-1-公債及庫券	24.3%	25.1%	27.0%	24.4%	23.5%	24.9%
2-2-股票	7.0%	6.4%	6.3%	6.4%	6.0%	6.5%
2-3-公司債	3.3%	2.7%	2.4%	1.9%	2.9%	2.7%
2-4-受益憑證	1.0%	1.2%	1.6%	3.0%	3.7%	1.9%
2-5-其他	10.2%	10.0%	7.9%	5.2%	3.2%	7.9%
3-不動產投資(不包括自用)	3.8%	4.1%	4.6%	5.3%	6.7%	4.7%
4-壽險貸款	7.1%	7.6%	8.6%	10.1%	12.1%	8.7%
5-擔保放款	7.7%	7.9%	8.8%	10.6%	14.7%	9.4%
6-國外投資	30.3%	30.6%	27.2%	26.5%	16.4%	27.3%
7-專案運用及公共投資	0.8%	1.3%	1.6%	2.1%	2.8%	1.6%
總計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

由於監理機關到目前為止只對國內無風險利率的情境有明確的要求，對國內其他非固定收益證券類及國外投資的資產報酬率還沒有訂出相關規範。因此，各

公司所做的現金流量測試，有可能因為在這些資產報酬率的假設上有很大的差異，而使測試的結果沒能幫助監理機關準確地判別公司真正的負債適足性。

而這些資產可能佔壽險公司資產的70%。特別是國外固定收益資產的部分，由於國外投資上限已由35%進一步開放至45%，預期我國保險業者對於國外固定收益型資產的投資比重亦可能隨之增加，使得建構國外固定收益型資產的報酬率模型更顯得急迫而重要。

(二)研究目的

依據以上所述背景，本研究將以建立國外固定收益證券市場的主要市場風險因子模型（即無風險利率期間結構的模型），產生利率的情境，協助主管機關更有效地評估保險業投資國外固定收益型證券之風險為主要目的。

二、研究計畫內容

本計畫案之內容依研究計劃書之規劃，包含以下四大部分：

(一)簡要分析我國保險業國外投資之主要風險種類(第貳章)

依現行國外投資管理辦法第三條，我國保險業辦理國外投資之項目包括：

- 1.外匯存款。
- 2.國外有價證券。
- 3.經中央銀行許可辦理以各該保險業所簽發外幣收付之人身保險單為質借擔保之外幣放款。
- 4.衍生性金融商品。
- 5.國外不動產。
- 6.設立或投資國外保險公司、保險代理人公司、保險經紀人公司或其他經主管機關核准之保險相關事業。
- 7.經行政院核定為配合政府經濟發展政策之經建計畫重大投資案。
- 8.其他經主管機關核准之資金運用項目。

本計畫將於研究報告中第貳章簡要說明我國保險業從事以上各項國外投資所承擔之主要風險類別，以供主管機關作為監理之參考。

(二)簡介歐美主要國家之保險產業投資固定收益型證券之種類及風險評估模型之發展現況(第參章及第肆章)

本研究將盡力蒐集美國以及歐洲主要國家之保險業，並於第參章中簡要說明歐美保險業從事固定收益型證券投資之主要種類；於第肆章中簡介歐美風險評估模型之發展現況。

(三)說明本研究如何建構我國保險業投資國外固定收益證券之風險評估模型(第伍章)

本計畫案以此項為重點在第伍章中進行深入之研究並建構模型。在模型的建構上，由於本計畫案與本研究團隊成員同一時間進行的另一研究案「產生壽險業負債適足性測試之外匯情境」等兩案之成果皆將應用於我國壽險業負債適足性的測試上，基於經濟層面、技術層面以及應用層面的整體性考量，兩研究案之模型係一起開發。

此外，為了使各公司所做的現金流量測試是在更全面、一致的精算假設上所執行的，本計畫案將參考 RBC 國外投資的分類，針對全球區、歐洲區、北美區、新興、及亞太區的固定收益證券市場的實際市場資料進行整理與分析後，分別建立選定幣別或區域所對應的無風險利率期間結構的模型，最後產生兩千組的情境，幫助監理機關更有效地評估保險業投資國外固定收益型證券之風險。

此外，本計畫所產生兩千組的情境，由於本計畫時間有限，且未來一年將再有不動產模型與股票模型之專案，為減少公司試算所需的人力與物力，因此將於明年 2009 年併案(外匯模型、國外固定收益模型、不動產模型及股票模型)，請 AA 委員會的公司試算後，再根據基因演算法，挑選出兩百組有代表性的情境。之後再請所有的公司進行試算。這樣的試算過程一方面先讓公司熟悉並預備使用新加入的情境，二方面可以讓監理機關對各公司的負債適足性狀況有最新與更進一步的瞭解。

(四)結論、建議以及預期效益(第陸章及第柒章)

本計畫規劃於第陸章及第柒章中闡述整體研究之結論、研究結果之預期效益以及未來研究之建議。

在研究結果之預期效益方面，我們將建議把這個計畫的研究結果，應用到負

債適足性測試以及 RBC 中的 C3。因為根據本計畫之團隊所參與的另一個專案(台灣壽險業利率風險之資本要求)，將會建議未來的 C3，同時考慮存續期間以及現金流量測試，而本計畫的結果，就可以請精算師根據現金流量測試模型，搭配國外利率模型的情境，估計業主權益的利率敏感度，進而算出應提列的資本額。

在未來研究之建議方面，本計畫預計將建議在股票、不動產、外匯等其他模型皆建立之後，再行制定「保險業使用內部模型必須通過之測試標準」。主要是因為我們認為測試標準之制定應該不能只有考慮國外投資的利率風險，而是要考慮所有的主要風險，包含股票、不動產等其他資產的風險。並且，我們也會建議未來在制定保險業使用內部模型必須通過之測試標準時，能夠參酌歐盟國家的實際作法後，再行研擬，俾與國際接軌。

三、研究方法及進行步驟

(一)研究方法

1.資料蒐集與分析

本計畫之資料蒐集主要包括文獻資料以及國外固定收益證券資產之市場資料(如公債市場中的零息債殖利率)等兩大類。本計畫將藉由分析相關學術文獻、歐美主要國家制度等資料，了解國外於建構固定收益證券風險評估模型之作法或發展趨勢，以作為本研究建構模型之參考依據；並且將以國外固定收益證券資產之市場資料作為建構利率模型之基礎。

2.情境模擬與分析

本計畫將整理並分析國外固定收益證券之市場資料，建構適當之利率模型，並運用該利率模型產生兩千組情境。

(二)研究步驟

本計畫的具體研究步驟及時程如下。

步驟 1：蒐集相關資料並進行適切之分析，包括文獻資料以及國外固定收益證券資產之市場資料。

步驟 2：建構我國保險業國外投資主要國家幣別的無風險利率期間結構模型。

步驟 3：以調校後的模型隨機產生 2,000 組情境。

步驟 4：撰寫結案報告。

四、預定研究進度

整個計畫期間自 97 年 4 月 15 日至 98 年 4 月 14 日，預計為 12 個月。預計之時程甘特圖如下：

研究步驟	97/4	97/5	97/6	97/7	97/8	97/9	97/10	97/11	97/12	98/1	98/2	98/3
1.資料蒐集與分析												
2.建構國外固定收益證券模型												
期中報告												
3.產生 2,000 組利率情境												
4.撰寫結案報告												
期末報告												

貳、我國保險業國外投資之主要風險種類

一、我國保險業國外投資之主要資產項目及風險分析

(一)國外投資主要資產項目

1.我國保險業從事國外投資之法源依據

(1)保險法第一百四十六條

根據我國保險法第一百四十六條第一項第五款，保險業可將資金運用於國外投資。此外，第一百四十六條之四進一步規定保險業資金辦理國外投資，以下列項目為限：

- ①外匯存款
- ②國外有價證券
- ③設立或投資國外保險公司、保險代理人公司、保險經紀人公司或其他經主管機關核准之保險相關事業。
- ④其他經主管機關核准之國外投資

(2)保險業辦理國外投資管理辦法：

依據保險法第一百四十六條之四第三項，保險局制定了「保險業辦理國外投資管理辦法」。該辦法針對保險法第一百四十六條之四所核准保險業從事之八項國外投資項目，所能投資之工具或證券種類，進行更明確之定義。根據該辦法，我國保險業辦理國外投資，以下列項目為限：

- ①外匯存款
- ②國外有價證券
- ③經中央銀行許可辦理以各該保險業所簽發外幣收付之人身保險單為質之外幣放款

- ④ 衍生性金融商品
- ⑤ 國外不動產
- ⑥ 設立或投資國外保險公司、保險代理人公司、保險經紀人公司或其他經主管機關核准之保險相關事業
- ⑦ 經行政院核定為配合政府經濟發展政策之經建計畫重大投資案
- ⑧ 其他經主管機關核准之投資運用項目

(3) 主管機關發佈之其他與國外投資相關之函令：

除了以上兩則法規，根據保險法第一百四十六條之四，主管機關亦可另行核准開放其他國外投資項目，因此有部份國外投資之項目係以函令之方式開放保險業進行投資。

2. 我國保險業國外投資主要資產項目

由於各類報表中，僅 RBC 報表對於保險業從事國外投資之資產項目有較明細之分類。因此本研究對於我國保險業國外投資主要資產項目之分析，將以 RBC 報表為資料來源，並依據 RBC 報表對國外資產之分類進行相關分析。此外，考量我國保險業以壽險業對國外投資之需求較大，且其中又以大型壽險公司國外投資比重較高。因此，本研究將挑選三家資產規模較大之壽險公司進行其各項國外資產項目配置比例之比較，彙整如下表：

表三：我國大型壽險公司 2007 年底國外資產配置比重表

國外資產項目/公司代號	S	C	N
1 固定收益類資產	87.78%	88.30%	96.52%
1.1 有評等之固定收益類資產	87.78%	88.21%	96.52%
1.2 無評等之固定收益資產	0.00%	0.09%	0.00%
2. 股票(不含固定收益特別股)	3.83%	2.86%	1.03%
3. 基金類資產	4.56%	8.12%	2.45%
3.1 股票型基金	1.25%	2.50%	0.96%
3.2 平衡型基金	0.56%	0.51%	0.00%

3.3 私募基金	0.00%	0.09%	1.49%
3.4 債券型基金	0.10%	4.95%	0.00%
3.5 貨幣型基金	2.65%	0.07%	0.00%
4.ETF(含股票及債券)	3.13%	0.00%	0.00%
5. 避險基金	0.69%	0.71%	0.00%
6. 不動產	0.00%	0.00%	0.00%
總計	100.00%	100.00%	100.00%

資料來源：各公司 RBC 報表、本研究自行整理；資料期間：2007 年 12 月 31 日

根據上表，我國大型壽險公司進行國外投資，主要以固定收益類資產為主，其中又以「有評等」之固定收益類資產為重，約佔我國大型壽險公司可運用資金的九成左右。

(二)我國保險業國外投資所面臨之主要風險

我國保險業從事國外投資所面臨之風險至少包括匯率風險、價格風險、利率風險、信用風險以及流動性風險等五大類。但是根據本研究分析，發現我國大型壽險業從事國外資產係以固定收益類資產為主，因此，我國保險業國外投資面臨之**主要**風險為與固定收益資產較為相關之風險，包括利率風險以及信用風險。各風險之簡要定義及說明如下：

1. 匯率風險：

匯率風險係保險業從事所有國外投資項目皆面臨之風險，此風險係指保險業因匯率的變動，致使保險業所持有之國外資產遭受損失的風險。

2. 價格風險

一般而言價格風險係指非固定收益類資產，例如普通股、基金、不動產等資產，由於總體或個體因素造成其價格之波動，導致保險業發生損失。

從投資組合的角度來看，投資於股票、受益憑證與 ETF 等股票類資產的價格風險因子包括系統性風險因子(Systematic Risk)與非系統性風險因子(Unsystematic

Risk)，所謂系統風險因子，係指由整體政治、經濟、社會等環境因素造成的風險，無法藉由分散投資來消除；所謂非系統風險，一般是指個別產業或公司所單獨面臨的風險，而其他公司或產業較不會受此因素影響。非系統風險可利用分散投資方式加以規避。

3.利率風險

利率風險係指對於保險業所持有的固定收益類資產而言，當利率上升時，保險業所持有之債券類資產價格下跌，因而導致保險業發生損失之風險。

4.信用風險

指保險業所持有債券或固定收益證券資產之發行人或債務保證人逾期償還本金或利息，致使保險公司發生損失之風險。

5.流動性風險

流動性係指保險業在不損失持有資產之原有價值下，將持有資產轉換成現金之速度，速度愈快，表示流動性越高，流動性風險越低；反之，速度愈慢，表示流動性低，流動性風險也越高。

二、我國保險業投資國外固定收益證券主要類別分析

(一)我國保險業依法可投資之國外固定收益證券種類

我國保險業依法可投資之國外固定收益證券種類相當多元，主要規範在「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條中，簡要整理並說明如下：

1.外國政府發行之公債、國庫券

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第一款規定，保險業得投資外國政府發行之公債、國庫券，屬於保險業可投資的國外固定收益證券之一種。

2.外國銀行發行或保證之金融債券、可轉讓定期存單、浮動利率中期債券

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第二款規定，保險業得投資外國銀行發行或保證之金融債券、可轉讓定期存單、浮動利率中期債券。其中外國銀行保證之金融債券、可轉讓定期存單、浮動利率中期債券，係於97年3月所公告實施之新辦法中，新增核准之投資標的。

3.本國企業或銀行發行以外幣計價之公司債、金融債券

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第三款規定，保險業得投資本國企業或銀行發行以外幣計價之公司債、金融債券。主管機關認為此類商品發行人為本國企業及金融機構，其債信及公司狀況皆較易掌握，應能有效降低投資風險並增加投資收益，因此於97年3月公告實施之辦法中，新增為保險業可投資的國外固定收益證券之一種。

4.以外幣計價之商業本票

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第四款規定，保險業得投資以外幣計價之商業本票，但不包含證券化之 ABCP 商品。商業本票與公司債同為公司融資之工具，且存續期間較短，亦屬於保險業可投資的國外固定收益證券之一種。

5.外國證券集中交易市場或店頭市場交易之債權憑證

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第五款規定，保險業得投資外國證券集中交易市場或店頭市場交易之債權憑證（包含公司債），亦屬於保險業可投資的國外固定收益證券之一種。

6.資產證券化商品

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第七款規定，保險業得投資於信用評等機構評定為 A-級或相當等級以上之資產證券化商品，包括資產基

礎債券 (Asset-Backed Securities)、住宅不動產抵押債券 (RMBS)、商業不動產抵押債券 (CMBS) 以及抵押債務債券(CDO)等。其中 CDO 包含以債券為資產持主體之 CBO 以及以放款債權為資產池主體之 CLO。以上資產證券化商品皆屬於保險業可投資的國外固定收益證券之種類之一。

7. 國外政府機構發行之債券

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第八款規定，保險業得投資於國外政府機構發行之債券，屬於保險業可投資的國外固定收益證券之種類。

8. 國際性組織所發行之債券

根據「保險業辦理國外投資管理辦法」第五條第一項第九款規定，保險業得投資於國際性組織 (supranationals) 所發行之債券，亦屬於保險業可投資的國外固定收益證券之種類。

(二)我國保險業投資國外固定收益證券現況分析

根據本研究對於「保險業辦理國外投資管理辦法」與國外固定收益證券相關規範之整理，可看出保險業可投資之國外固定收益證券種類確實相當廣泛且多元。但是讓我們更好奇的是，保險公司在這些固定收益證券商品中，主要投資的種類為何？

本研究在進行此項分析時，受限於一般財務報表對於保險業投資國外固定收益證券的分類不夠精細，因此仍將以 RBC 報表為主要的資訊來源，並且以國外投資需求較大的 S、C、以及 N 等三家大型壽險公司舉例進行分析。不過，即使是 RBC 報表，其對於國外固定收益資產之分類，亦未能完全符合國外投資管理辦法之項目分類。本研究亦僅能暫依 RBC 之分類，進行我國大型壽險公司投資國外固定收益證券之類別比重分析如下：

表四：我國大型壽險公司 2007 年底「國外固定收益證券」投資類別比重表

國外資產項目/公司代號	S	C	N
1 公債及國庫券	7.76%	3.34%	17.26%
2.公司債	0.00%	14.03%	53.49%
2.1 有評等公司債	0.00%	14.03%	53.49%
2.2 可轉換公司債及附認股權公司債	0.00%	0.00%	0.00%
3.金融債券	31.64%	25.12%	28.01%
4.不動產及金融資產受益證券	60.60%	36.02%	1.23%
4.1 有評等不動產(REAT)及金融資產受益證券	60.60%	36.02%	1.23%
4.2 無評等不動產(REAT)及金融資產受益證券	0.00%	0.00%	0.00%
4.2 不動產投資信託受益證券(REIT)	0.00%	0.00%	0.00%
5.可轉讓定期存單	0.00%	0.00%	0.00%
6.其他固定收益投資	0.00%	21.49%	0.00%
5.1 有信用評等者	0.00%	21.39%	0.00%
5.2 無信用評等者	0.00%	0.11%	0.00%
總計	100.00%	100.00%	100.00%

資料來源：各公司 RBC 報表、本研究自行整理；資料期間：2007 年 12 月 31 日

由上表，我國大型壽險公司投資國外固定收益證券的類別比重差異甚大。以本研究所舉例分析的三家壽險業者來看，僅金融債券之比重皆達整體國外固定收益證券的 25% 以上，可說是壽險業共同的重要國外固定收益證券投資類別；其餘類別之比重分配則各公司相去甚遠。

以 S 公司來看，其投資國外固定收益證券之類別，集中於「不動產及金融資產受益證券」，佔整體國外固定收益證券投資總額的六成以上，此類別包含 MBS、以及 CDO 等固定收益類證券。至於金融債券則佔 31.64%、餘皆為公債，佔 7.76%。

以 C 公司來看，其投資國外固定收益證券之類別則較為分散，依配置比重由高而低依序為「不動產及金融資產受益證券」36.02%、金融債券 25.12%、其他固定收益投資 21.39%、公司債 14.03% 以及公債 3.34%。

以 N 公司來看，其投資國外固定收益證券之類別則以公司債為主，其次為金融債券 28.01%、公債 17.26%，餘皆為不動產及金融資產受益證券僅 1.23%。

由以上分析可見，我國大型壽險公司國外投資雖皆以固定收益類證券為主，多佔八成以上，但各公司所投資的國外固定收益證券其類別卻存在極大之差異。

參、歐美主要國家之保險產業投資固定收益型證券之概況

一、美國保險業投資固定收益型證券之概況

根據 American Council of Life Insurers 的分析，美國壽險業一直以來都是債券的主要機構投資者之一，特別在公司債市場上，美國壽險業更是自 1930 年以來最大的機構投資人。因此，本研究對於美國保險業投資固定收益型證券之概況分析，亦將針對債券投資需求較大之美國壽險業者為主。

(一)美國壽險業 2007 年底資產配置概況分析

American Council of Life Insurers 於 2008 年 10 月 31 日公佈的 2008 年美國壽險業 Fact book 第二個部份中，針對美國壽險業者一般帳戶資產以及分離帳戶資產 2007 年 12 月 31 日的資產配置狀況進行完整分析，經本研究整理如下：

表五：美國壽險業 2007 年底資產配置類別及比重表

資產類別/帳戶類別	一般帳戶資產配置比重	分離帳戶資產配置比重
1.債券	71.5%	12.8%
2.股票	4.7%	79.6%
3.抵押放款	10.2%	0.6%
4.不動產	0.6%	0.8%
5.保單放款	3.6%	0.0%
6.現金	1.1%	1.2%
7.其它投資	8.1%	5.0%
總計	100.0%	100.0%

資料來源：American Council of Life Insurers - Fact book 2008、本研究整理

由上表，美國壽險業者之一般帳戶資產 2007 年底的資產配置以債券為主，佔 71.5%；分離帳戶資產則以股票為主，佔 79.6%。一般帳戶係美國壽險業者所擁有資產，其資產配置係由壽險公司自行決定；分離帳戶則屬於保戶之資產，其配置比例多由保戶透過投資型保單連結資產之選擇自行決定。因此，一般帳戶之資產配置

比例，較能表達壽險公司真正的資產配置策略。基於此理由，本研究以下之分析將以美國壽險業者其一般帳戶之資產為主。

(二)美國壽險業 2007 年底投資固定收益證券之狀況

除了整體資產配置的分析，鑑於債券類資產為美國壽險業一般帳戶資產最主要的投資類別，American Council of Life Insurers 在 2008 年美國壽險業 Fact book 中，便針對美國壽險業者所投資的債券類資產進行更進一步的分析，經本研究整理如下：

表六：美國壽險公司債券投資之類別及配置比例

債券類別	配置比例
1.公債	20.3%
1.1 短期	0.11%
1.2 長期	20.19%
1.2.1 美國	18.13%
1.2.2 國外	2.06%
2.公司債	79.7%
2.1 短期	1.93%
2.2 長期	77.75%
2.2.1 美國	64.41%
2.2.2 國外	13.34%
總計	100.0%

資料來源：American Council of Life Insurers - Fact book 2008、本研究整理

根據上表可知，美國壽險業投資債券，若以債券發行人為區分標準，則美國壽險業投資債券係以公司債為主，佔 79.7%；若以發行期限來看，則美國壽險業投資債券係以長期債券為主，比重高達 97.94%；若以國內外為區分標準，則美國壽險業投資債券係以國內債券為主。其中國內公債佔 18.13%，國內公司債佔 64.41%，總計國內債券佔 82.54%。這點與我國壽險業之債券投資有很大的差別。我國壽險業相當依賴國外債券之投資，但美國壽險業對國外固定收益證券之需求及比重皆不

如我國壽險業來得大。

此外，American Council of Life Insurers 針對美國壽險業債券投資中，佔率高達 97.94%之長期債券進行更細部之分析，經本研究整理如下表：

表七：美國壽險公司長期債券之配置概況表

長期債券類別	配置比例
1.國庫	2.8%
2.公債	5.5%
2.1 美國政府	3.6%
2.2 外國政府	1.9%
3.美國市政府或州政府債	0.4%
4.U.S. political subdivisions	0.3%
5.收益評估債(Revenue and assessment)	1.0%
6.產業發展債券(Industrial development)	0.2%
7.不動產抵押債券(MBS)	23.3%
8.公司債	66.4%
總計	100.0%

資料來源：American Council of Life Insurers - Fact book 2008、本研究整理

由上表，美國壽險業所投資之長期債券，係以公司債為主，佔 66.4%；其次則 MBS，佔 23.3%。

二、歐洲保險業投資固定收益型證券之概況

由於本研究在後續歐洲固定收益證券的風險評估模型之介紹上，係以瑞士 SST 制度為主，因此此部份有關歐洲保險業投資固定收益型證券之概況，亦將以瑞士為主。

根據本研究整理自 Swiss Assurance Association 所發佈的瑞士保險公司 Annual report 2007/08 以及 Facts and Figures 2008-The Private insurance industry 之內容，瑞士保險業 2006 年底資產配置概況如下：

表八：瑞士保險業 2006 年底資產配置概況表

資產項目/業別	壽險	產險	再保險
1.固定收益證券	49.63%	36.39%	27.81%
2.股票	4.84%	28.45%	20.99%
3.不動產及放款	17.13%	7.29%	1.95%
4.基金	9.52%	7.15%	10.64%
5.Deposits with ceding companies	0.13%	3.97%	24.06%
6.定存及其他	3.44%	2.17%	3.67%
7.保單放款	1.67%	3.75%	8.10%
8.Borrower' s note loans	6.12%	7.29%	0.00%
9.其他	7.45%	3.54%	2.85%
總計	100%	100%	100%

資料來源：Swiss Assurance Association、本研究整理

由上表，瑞士壽險業之資產配置係以固定收益證券為主，比重為 49.63%，將近五成；瑞士產險業資產配置亦以固定收益證券為主，但其配置比重較壽險業稍低，為 36.39%；瑞士再保險產業之資產配置與壽險業以及產險業相同，亦以固定收益證券類資產之配置比率最高，佔 27.81%，但遠低於壽險業在固定收益證券之配置比例。

由上表可見，不論是在我國、美國、抑或是在歐洲，在壽險業、產險業、以及再保業所組成的保險產業中，壽險業者仍是固定收益證券最主要的需求者及投資人。

肆、歐美主要國家風險評估模型之發展現況

一、美國固定收益型證券風險評估模型之發展現況

(一)利率模型

美國在計算 C-3 風險時所採用的 200 條的利率情境是由利率產生器所產生的，利率產生器是依據理論基礎所建立的利率模型透過模擬的程序所產生的各種情境。因此，如何建立合適的利率模型將會是整個工作的關鍵。

美國是根據過去 45 年（1951 年 1 月到 1995 年 12 月）的月資料，建立了一個與歷史資料接近的利率模型，即下述有均數迴歸的隨機模型 (Stochastic Variance Model with Mean Reversion)，而這個利率模型將可模擬 C-3 風險評估所需要產生 200 組的利率情境。

這利率模型包含 3 個隨著時間改變的變數與 1 個常數，並利用長期利率與長短期利率差等變數來模擬出殖利率曲線上其他年期的利率。

1、變數的定義如下：

ϕ_t ：在時間 t 長期利率的自然對數

φ_t ：在時間 t 的短期利率超過長期利率的值(長短期利率差)

θ_t ：長期利率月變異數的自然對數

\mathcal{G}_t ：長短期月利率差之變異數的自然對數（常數）

除了 \mathcal{G}_t 之外，上述變數都假設服從均數迴歸隨機過程， ϕ_t 與 φ_t 的模擬以月為時間間距， θ_t 則以年為時間間距， \mathcal{G}_t 假設為常數。

下列算式是 θ_t 與 \mathcal{G}_t 的演算：

$\theta_{t+1} = \theta_t - 2.40 - 0.347\theta_t + 0.59\varpi_t^\theta$ ，其中 ϖ_t^θ 是服從標準常態分配的獨立隨機變數

$\mathcal{G}_t = \ln(0.0038091)^2$ ，其中 0.0038091 是 1951 年至 1995 年的平均月變動量

16% = 假設長期利率的自然對數與長短期利率差之間的相關性

以下是 ϕ_t 與 φ_t 的公式，假設在時間 t，t 介於 n 和 n+1 之間， θ_t 與 \mathcal{G}_t 會等於當 t 在 n 的值：

$$\phi_{t+\frac{1}{12}} = \phi_t - 0.0048(\phi_t - \ln(0.0655)) + 0.210(\varphi_t + 0.0105) + e^{\frac{\theta_t}{2}} \varpi_t^\phi$$
，其中 ϖ_t^ϕ 是服

從標準常態分配的獨立隨機變數。

$$\varphi_{t+\frac{1}{12}} = \varphi_t - 0.042(\varphi_t + 0.0105) - 0.00024(\phi_t - \ln(0.0655)) + e^{\frac{\mathcal{G}_t}{2}} (0.16\varpi_t^\varphi + \sqrt{1-0.16^2} \varpi_t^\varphi)$$

其中 ϖ_t^φ 是服從標準常態分配的獨立隨機變數。

2、殖利率曲線的建構：

當一年期殖利率與二十年期殖利率由前述的模型產生之後，三個月期的殖利率由一年期的殖利率與二十年期的殖利率的線性迴歸函數所產生，並假設三個月期的殖利率=三個月期的遠期利率。等式如下：

$$\text{三個月期殖利率} = 1.1785 \times (\text{一年期的殖利率}) - 0.2616 \times (\text{二十年期的殖利率}) + 0.0045$$

接著，其他年期（如六個月、一年、二年、三年、五年、七年、十年和三十年）的殖利率可由三個月期和二十年期的殖利率用插補法求得。但為免結果失真，先將 10 個點殖利率曲線轉換為遠期利率，以三個月期和二十年的期遠期利率用插補法計算其他年期的遠期利率。

各年期遠期利率之迴歸函數係數如下：

各期之遠期利率	3 個月期遠期利率	20 年期遠期利率	常數項
6 個月	0.99276	0.11358	-0.00436
1 年期	0.86814	0.19985	-0.00316
2 年期	0.62614	0.48208	-0.00649
3 年期	0.55221	0.51409	-0.00415
5 年期	0.40933	0.62311	-0.00003
7 年期	0.32122	0.68682	0.00320
10 年期	0.30691	0.60731	0.01102

另外，假設 21 年期至 29 年期遠期利率等於 20 年期的遠期利率，而 30 年在
使用插補法的結果也不理想，因此假設 30 年期亦同 20 年期遠期利率。

(二)利率模型之監理應用

美國自 2000 年實施 C-3 風險計算所採用的利率情境即是前述利率模型的應用，利率模型亦可應用於簽證精算師所做的準備金適足性報告，但是在美國目前對精算師的準備金適足性報告，保險主管機關並未要求必須採用此利率模型做測試，端視美國各州監理規範而定，大部分的適足性報告所採用利率模型或方法都可由精算人員依據專業來採用，但紐約州的主管機關對於精算師的準備金適足性報告最低的要求是需做 7 組的監理利率情境的要求。

我國自 2006 年監理要求簽證精算師採用 7+1+1 組利率情境做準備金適足性報告，這利率情境係根據美國紐約州監理機關所要求 7 組利率情境¹的設計加上一組公司本身最佳估計情境(best estimate)以及一組我國監理機關根據當時市場環境所設定的情境。至 2007 年，監理要求簽證精算師的準備金適足性報告必須採用 200+7+1+1 組利率情境，除了原有的 7+1+1 組的利率情境外，必須再做 200 組利

¹ 乃 7 組主觀的利率假設，情境 1 為利率維持固定不變。情境 2 為前 10 年每年增加 0.5%，然後維持不變。情境 3 為前 10 年每年減少 0.5%，然後維持不變。情境 4 為前 5 年每年增加 1%，6 至 10 年每年減少 1%，然後維持不變。情境 5 為前 5 年每年減少 1%，6 至 10 年每年增加 1%，然後維持不變。情境 6 為第 1 年突然增加 3%，然後維持不變。情境 7 為第 1 年突然減少 3%，然後維持不變。

率情境，這 200 組利率情境係由監理機關依據國內利率客觀資料所研發之利率模型所模擬產生的。

利率模型在保險監理的應用愈來愈廣泛，我國目前是應用於簽證精算師準備金適足性報告，而美國應用於 RBC 制度下 C-3 利率風險的計算，我國監理在未來亦不排除逐步採用利率模型應用於 C-3 利率風險的計算。

二、瑞士固定收益型證券風險評估模型之發展現況

歐洲保險業風險評估模型的發展，應可以近年來歐盟正在積極規劃的 Solvency II 為代表。目前 Solvency II 仍在草案討論的階段，但瑞士已於 2008 年全面實施 Swiss Solvency Test(簡稱 SST)，其概念與歐盟於 2007 年 7 月所發佈的 Solvency II 架構草案相當接近。因此，本研究將以瑞士 SST 制度作為歐洲保險業風險評估模型之代表。

(一)瑞士 SST 發展沿革

1、瑞士 SST 發展背景及時程

瑞士在 SST 實施之前，係採用 Solvency I 作為保險業的清償能力監理制度。一直到 2001 年~2003 年之間，金融市場受到 911 事件的影響而暴跌，讓瑞士保險監理機關 FOPI(Federal Office of Private Insurance)正視到保險產業在股票風險上的暴險程度相當大，但是 Solvency I 卻未能捕捉到這方面的風險，因此 FOPI 在 2003~2005 年之間開始著手規劃新的保險業清償能力監理制度，也就是 SST。

經過 2004~2005 的試算，瑞士在 2006 年正式實施 SST，但是此一階段僅有大型壽險以及產險公司必需進行 SST 的計算，直到 2008 年，瑞士才針對整個保險產業，包括一般保險公司、再保公司、以及保險集團，全面實施 SST。

2、瑞士 SST 的發展過程

SST 制度的規劃，係先由 FOPI 設定監理目的，再由瑞士保險協會(Swiss

Insurance Association)、保險公司、再保公司以及顧問公司在 FOPI 所設定的目的之下，共同合作進行制度的設計。

FOPI 對於 SST 制度所設定的監理目的，也就是希望透過 SST 的實施能夠達到的目的，包括以下三點：第一，希望該制度可以提高保險業者風險管理的動機；第二，希望該制度可以使保險業實際經濟狀況更加透明；第三，希望該制度可以提供保險業一個公平競爭的平台（Level playing field）。

雖然保險業者對於 FOPI 所設定的監理目的多能理解，但是在 SST 的發展過程中，仍有許多不同的意見，但在經歷多次的公開討論後，最終都能獲致解決。

(二)瑞士 SST 與 Solvency I、Solvency II 之比較及其特色

1. 瑞士 SST vs. Solvency I

與 Solvency I 相較，SST 有幾個特色：第一，SST 為 Principle-based，這是為了達到 FOPI 所設定的第一個目標。FOPI 認為，若要提高保險業者風險管理的動機，並且讓企業高階主管及董事會承擔風險控管之責任，將監理制度改採 Principle-based 是非常重要的環；Solvency I 則屬於 Rule-based 的監理架構。

第二，SST 係以風險為基礎(Risk-based)的清償能力制度，且其考量的風險類別，包含精算風險、市場風險以及信用風險。Solvency I 則僅考量精算風險，且要求保險公司應提存的資本，主要係以業務量為基礎，而非以風險為計算基礎。

第三，SST 希望儘可能地採用保險業者所發展的內部模型進行風險的評估，Solvency I 則採標準公式的計算，完全沒有內部模型的概念。SST 雖然也提供標準模型，但 SST 希望保險業者皆能自行發展風險管理系統以及風險評估的內部模型，並且將風控系統與內部模型進行整合。SST 希望保險公司所發展的內部模型，能夠部份或完全取代 SST 所制定的標準模型。但是，監理機關必須有能力判斷保險公司所建構的內部模型是否能夠有效且落實運作。

2. 瑞士 SST vs.Solvency II

FOPI 在 2007 年產業年報中提及，瑞士 SST 與 Solvency II 在概念上十分相近，主要的差別其實是在於兩制度的執行面可能有所差異，但是兩者所共通，且最重要的三大基本準則如下：第一，兩套制度皆相採用「總資產負債表」的方法（Total balance sheet approach），也就是從整個資產負債表的角度，評估保險業的清償能力風險。這代表資產負債表所有的項目，應採用一致的評價方式；第二，以上所謂一致性的評價的方法，係指市場一致評價法（Market-consistent valuation）。也就是兩制度要求具有市價的金融工具應以市價進行評價（Marking-to-market），無市價的金融工具則應以合理的財務模型決定其價值（Marking-to-model）。第三，兩制度皆是以風險為基礎的監理工具。意即一家保險公司所需資本的多寡，係根據該保險公司承受的風險計算而得。不過，在風險的計算上，SST 考量精算風險、市場風險以及信用風險等三大風險，Solvency II 則又額外考量作業風險。

此外，FOPI 認為 SST 與 Solvency II 這兩套制要求所有金融工具應有一致的評價方式，就這點來看，明顯優於 Basel II 的作法。

(三)瑞士 SST 在風險評估上的基本架構

SST 制度在定位上屬於保險業清償能力的監理制度，因此，其風險的評估仍以保險業是否失卻清償能力為目的。以下簡單介紹 SST 評估保險業清償能力風險的基本架構：

1、計算保險公司能用以承擔風險的財務能量：Risk-bearing capital

SST 認為當一個保險公司的資產價值高於負債價值時，表示一家保險公司在支應既有負債之外，尚有額外的能量承擔或支應未來可能發生的風險。

因此，SST 將保險公司能用以承擔風險的財務能量命名為 Risk-bearing capital，其定義為資產的 market-consistent value 大於負債最佳估計價值

(discounted best estimate of the liabilities，即對負債的未來現金流量折現而得的負債最佳估計價值)的部份。意即 Risk-bearing capital = (Market-consistent value of assets – Discounted best estimate of the liabilities)。

但是，當一家保險公司有正的 Risk-bearing capital，僅僅代表該保險公司有能量，但不代表必然有足夠的能量，支應未來一年的風險所造成的損失。保險公司的 Risk-bearing capital 是否足夠，則需進一步計算保險公司未來所承擔之可能風險——也就是接下來要談的 Target capital。

2、計算保險公司承擔的風險：Target capital

為了瞭解保險公司的 Risk-bearing capital 是否足以支應保險公司所承擔的風險，SST 必需對保險公司承擔的風險進行估算。SST 將保險公司承擔的風險命名為 Target capital，這是因為 SST 認為保險公司的資本應該至少能夠支應其所承擔的風險，因此相對而言保險公司承單的風險就是 SST 要求保險公司應儲備的 Target capital。

SST 所定義的 Target capital 包含兩個部份：第一個部份是保險公司承擔未來一年的可能風險所需的資本 (required capital of the one-year risk)。這個部份是指保險公司未來一年受到保險風險 (technical risks)、市場風險 (market risks)、信用風險 (credit risks) 等三大類²風險因子的衝擊，造成其 Risk-bearing capital 下降之風險。SST 制度在這個部份的計算上，即使是在標準模型中，已顯得相當複雜。在標準模型中，光是一個市場風險就有利率風險、外匯風險、不動產風險……等 81 個風險因子，配合一個 81×81 的相關係數矩陣，以便綜合估算所有風險因子對 Risk-bearing capital 造成的影響。此外，在衡量 Risk-bearing capital 下跌幅度的方式上，SST 制度捨棄了傳統的 VaR 值，改採預期損失 (Expected shortfall) 的概念，希望可以更完整地捕捉到尾端的風險。

² SST 目前尚未將作業風險 (operational risks) 納入考量

Target capital 的第二個部份為最低資本額 (Mimimum capital)。所謂最低資本額係指一家保險公司僅就現有的資產、負債持續經營 (也就是沒有新增的業務, 也不投資新的資產), 直至所有的資產負債項目結清, 其所需儲備的最低資本。這個部份 SST 係以 Market value margin 進行估算, 也就是一家保險公司負債的 market-consistent value, 與負債採最佳估計法所計算之價值其差額。

由以上, Target capital = Required capital of the one-year risk + Mimimum capital = Expected shortfall of Risk-bearing capital + Market value margin。

3、藉由比較 Target capital 及 Risk-bearing capital 兩數值, 評估一家保險公司的財務狀況

對監理機關來說, 一家公司的 Risk-bearing capital 至少要等於或大於 Target capital 才算穩健。如此之外, Risk-bearing capital 與 Target capital 之間的關係, 也有助於監理機關對該公司財務狀況進行評估, 舉例如下:

- ▶ 與當一家公司的 Risk-bearing capital 小於零: 代表該公司的資產已不足以支應現有的負債, 更遑論承擔未來的風險;
- ▶ 當一家公司的 Risk-bearing capital 大於零, 但小於 Market value margin: 代表該公司的資產雖足以支應負債, 但其資本卻無法支應其繼續經營所需的最低成本。
- ▶ 當一家公司的 Risk-bearing capital 大於 Market value margin, 但小於 Target capital: 代表該公司的資產有能力支應負債, 且在未來不用承擔額外風險之下, 其資本足以支持其繼續經營至所有資產以及負債結清; 但其完全無力承擔未來一年所發生的任何風險。
- ▶ 當一家公司的 Risk-bearing capital 大於 Target capital: 代表該公司的資產足以支應負債, 且其資本足以支持其繼續經營至所有資產以及負債結清, 並承擔在一定的機率之下未來一年可能發生的風險。

(四)瑞士 SST 對固定收益證券風險評估的方法：以市場風險評估的標準模型為例

瞭解了 SST 風險評估的基本架構後，接下來本研究將針對 SST 制度在標準模型中何評估固定收益證券風險的模型及方法，進行簡要說明。由於 SST 制度對固定收益證券風險的評估並非獨立之模型，而是包含在其對於市場風險以及信用風險的評估中；再者，本研究之範圍係以建構利率風險模型為主，屬 SST 市場風險評估的一環，因此，本研究於本段中將著重於 SST 制度的標準模型法，其對於市場風險評估方式的介紹。

1、SST 對市場風險的定義

SST 所謂的市場風險係指保險公司受到外在經濟因素的影響，造成其 Risk-bearing capital 產生變動的風險。SST 將這些外在經濟的可能因素統稱為「風險因子 (risk factors)」，其涵蓋的範圍包含利率、股票、不動產、以及避險基金等另類投資的價格波動。在 SST 的標準模型中，市場風險因子的數目從 2006 年的 74 個，到 2008 年已擴增到 81 個。

其中，屬於利率風險的風險因子即佔 61 個、屬於股票風險的風險因子有 8 個、屬於外匯風險的風險因子有 4 個、屬於不動產的風險因子有 5 個、其餘 3 個則為避險基金、私募基金等另類投資工具之風險因子，簡單列表如下：

表九：瑞士 SST 制度市場風險因子彙總表

風險類別	編號	風險因子	年期/評等/指數名稱
利率風險	RF1	CHF Zeros	1 年期
	RF2		2 年期
	RF3		3 年期
	RF4		4 年期
	RF5		5 年期
	RF6		6 年期
	RF7		7 年期
	RF8		8 年期

	RF9		9 年期
	RF10		10 年期
	RF11		15 年期
	RF12		20 年期
	RF13		30 年期
	RF14	EUR Zeros	1 年期
	RF15		2 年期
	RF16		3 年期
	RF17		4 年期
	RF18		5 年期
	RF19		6 年期
	RF20		7 年期
	RF21		8 年期
	RF22		9 年期
	RF23		10 年期
	RF24		15 年期
	RF25		20 年期
	RF26		30 年期
	RF27	USD Zeros	1 年期
	RF28		2 年期
	RF29		3 年期
	RF30		4 年期
	RF31		5 年期
	RF32		6 年期
	RF33		7 年期
	RF34		8 年期
	RF35		9 年期
	RF36		10 年期
	RF37		15 年期
	RF38		20 年期
	RF39		30 年期
	RF40	GBP Zeros	1 年期
	RF41		2 年期
	RF42		3 年期
	RF43		4 年期
	RF44		5 年期
	RF45		6 年期

	RF46		7 年期
	RF47		8 年期
	RF48		9 年期
	RF49		10 年期
	RF50		15 年期
	RF51		20 年期
	RF52		30 年期
	RF53	implied Volatility	Yield
	RF54	MSCI Euro Credit Corporate Spreads	AAA
	RF55		AA
	RF56		A
	RF57		BBB
	RF58	Moody's USD Credit Spreads	AAA
	RF59		AA
	RF60		A
	RF61		BBB
外匯風險	RF62	Currency	EUR
	RF63		USD
	RF64		GBP
	RF65		JPY
	RF66	implied Volatility	USD/CHF 3M
股票風險	RF67	Aktien	MSCI CHF
	RF68		MSCI EMU
	RF69		MSCI US
	RF70		MSCI UK
	RF71		MSCI JP
	RF72		Pacific ex Japan
	RF73		Small cap EMU
	RF74	implied Volatility	Aktien: VIX
不動產風險	RF75	Real Estate	SWX IAZI Performance
	RF76		Commercial direct
	RF77		Rüd Blass
	RF78		WUPIX A
另類資產風險	RF79	Hedge Funds	
	RF80	Private Equity	
	RF81	Beteiligungen	

2、SST 市場風險評估模型的重要假設

SST 在標準模型法中，對於市場風險評估模型的建立有兩個基本假設：第一，假設一家保險公司的 Risk-bearing capital 由市場風險而導致的變動，可用以上 81 個風險因子加以解釋；第二，假設所有的市場風險因子皆為多變量常態分配。在這兩大假設之下，SST 對於市場風險評估的數學方法才得以成立。

3、SST 的市場風險評估模型

植基於以上所說明的市場風險之定義、市場風險因子、以及 SST 的基本假設，SST 評估市場風險的標準模型法才得成立。儘管稱為標準模型，SST 在整個市場風險評估的計算過程，仍相當重視保險公司需有能力依其自身資產面以及負債面的各別狀況，提供各公司對各風險因子的敏感度等相關資訊，才能得出最後的計算結果。因此，SST 的標準模型在某種程度上，可說是具有內部模型的精神，其計算過程亦相當複雜。茲將 SST 對於市場風險的評估之流程簡述如下：

(1) 求算保險公司 Risk-bearing capital 由於市場風險所產生的變異數 (Var)

依 SST 對於市場風險因子的基本假設，可得到 Var 的計算公式如下：

$$\text{Var} = (s_1 \sigma_1 \cdots s_{81} \sigma_{81}) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \rho_{1,2} & \cdots & \cdots & \rho_{1,81} \\ \rho_{2,1} & 1 & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & 1 & \rho_{80,81} \\ \rho_{81,1} & \cdots & \cdots & \rho_{81,80} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} s_1 \sigma_1 \\ s_2 \sigma_2 \\ \vdots \\ s_{80} \sigma_{80} \\ s_{81} \sigma_{81} \end{bmatrix}$$

其中， S_i 係指保險公司的 Risk-bearing capital 對 i 市場風險因子波動的敏感性。例如 i 為瑞士 10 年期零息債之利率風險因子 r_{10} ，若 r_{10} 上升 100bps，會使 A 保險公司的資產價值下跌 1,000,000 瑞士法郎，且使該保險公司的負債價值下跌 1,200,000 瑞士法郎，則 A 保險公司的 Risk-bearing capital 對於 r_{10} 的敏感度 $S_{r_{10}} = \frac{\partial RBC}{\partial r_{10}} \approx \frac{-1,000,000 - (-1,200,000)}{100} \frac{CHF}{bp} = 200,000 \text{ CHF} / bp$

σ_i 則為第 i 個市場風險因子的標準差； ρ_{ij} 則為第 i 個市場風險因子於第 j 個市場風險因子的相關係數。市場風險因子的 σ_i 以及各風險因子彼此的相關係數，絕大多數在 SST 標準模型的填報報表中就會提供，惟避險基金以及私募股權基金等兩另類投資的風險因子除外。因為 SST 認為每一個避險基金以及私募股權基金，其特性存在極大之差異，因此並不適合設定一個固定的數值作為風險指標。這兩個風險因子的標準差以及其與其他風險因子的相關係數，SST 認為應由各保險公司依其所持有之資產內容自行計算後再行填列。

(2) 運用所求得之變異數推估 Risk-bearing capital 的 Expected Shortfall

求得 Risk-bearing capital 的變異數後，即能求算出 SST 所規定的 1% 信心水準之 Risk-bearing capital 的 VaR 值，並依 Expected Shortfall 的定義

$ES_{\alpha=0.01}(RBC) = E[RBC | RBC \leq VaR_{0.01}(RBC)]$ ，計算求出 Risk-bearing capital 的 Expected Shortfall。

(3) 將市場風險所造成的 Expected Shortfall 納入 Target capital 的計算，求算出保險公司的 Target capital 後，並將其與目前 Risk-bearing capital 的水位進行比較，即可綜合評估保險公司的清償能力風險。

伍、我國保險業投資國外固定收益證券風險評估模型之建構

本章的重點為風險評估模型的建構與模擬結果的呈現。在模型的建構上，由於本計畫案與本研究團隊成員同時進行的另一研究案「產生壽險業負債適足性測試之外匯情境」等兩案之成果皆將應用於我國壽險業負債適足性的測試上，基於經濟層面、技術層面以及應用層面的整體性考量，兩研究案之模型係一起開發。本章首先就建立模型所需的資料數據—利率與匯率，做一簡要的說明及統計分析。其次，闡明主成份分析與因素分析等研究方法的概念。第三節為模型的設定與估計結果。本研究之模擬過程與結果將呈現於第四節中。

一、資料說明與分析

本研究擬建構美元(USD)、歐元(EUR)、澳幣(AUD)、日圓(JPY)、英磅(GBP)新加坡幣(SGD)與韓圀(KRW)等七大幣別的風險因子評估模型，因此針對此七種幣別收集相關的利率與匯率資料。其中，為建構共變異矩陣，要求所有風險因子的資料期間須一致，因此在資料取得的限制下，我們設定研究期間涵蓋 1999 年 1 月至 2008 年 12 月止，並以月資料分析為主，故共計有 120 個觀察點。以下將分別說明利率與匯率的資料特性。

(一)利率

利率部份所使用的月頻率資料，以每月最後一天之結算日作為月頻率資料。

收集的利率資料包含美元(USD)、歐元(EUR)、澳幣(AUD)、英磅(GBP)、日圓(JPY)與新加坡幣(SGD)等六種不同貨幣的公債零息殖利率(Zero-Coupon Yield)歷史資料與美元 LIBOR 零息利率曲線 (Zero Curve)的歷史資料。除美元 LIBOR 外，各國公債零息殖利率皆以 Bloomberg 資料庫提供的內差法取得；美元 LIBOR 的零息利率曲線原始資料來自於名為 ICAP 的同業經紀商(Inter-dealer broker)，並自 Datastream 資料庫取得。

由於原始資料的涵蓋期間並不一致，為求資料期間的一致性，資料期間無法滿足自 1999 年 1 月起至 2008 年 12 月止的資料，不被本研究作為利率變數使用。

滿足上述條件的利率變數如表 1 所示，共有六國、七種不同的利率資料，合計 63 個利率的時間序列資料。

表十：利率到期日說明

美元	包含三個月期、六個月期、一年期、兩年期、五年期、十年期及三十年；
美元 LIBOR	即期利率、三個月期、六個月期、一年期、兩年期、三年期、五年期、七年期、十年期；
歐元	包含三個月期、六個月期、一年期、兩年期、三年期、五年期、七年期、十年期、十五年期、二十年期及三十年期；
澳幣	包含一年期、兩年期、三年期、五年期、十年期、十五年期；
日幣	包含三個月期、六個月期、一年期、兩年期、三年期、五年期、

	七年期、十年期、十五年期、二十年期及三十年期；
英磅	包含三個月期、六個月期、一年期、兩年期、三年期、五年期、七年期、十年期、十五年期、二十年期及三十年期；
新加坡幣	包含三個月期、一年期、兩年期、五年期、七年期、十年期、十五年期及二十年期；

表十一與表十二為利率原始資料與利率變動的敘述統計分析，包括平均值、標準差、極大值、極小值等統計量。其中，利率變動定義為 $\Delta IR_t = IR_t - IR_{t-1}$ 。

表十一 利率原始資料之敘述統計

單位：%

Panel A. USD												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	3.205	3.348	3.462	3.734	—	4.287	—	4.800	—	—	5.410
標準差	—	1.791	1.786	1.677	1.582	—	1.129	—	0.772	—	—	0.611
極大值	—	6.394	6.403	6.298	6.806	—	6.811	—	6.777	—	—	6.623
極小值	—	0.056	0.268	0.367	0.776	—	1.577	—	2.291	—	—	2.834
Panel B. USD LIBOR												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	3.714	3.827	3.863	3.986	4.283	4.556	4.926	5.195	5.469	—	—	—
標準差	1.977	1.932	1.920	1.870	1.665	1.490	1.226	1.095	0.992	—	—	—
極大值	7.141	7.140	7.441	7.652	7.733	7.766	7.742	7.766	7.791	—	—	—
極小值	0.135	1.079	1.098	1.176	1.453	1.746	2.134	2.356	2.557	—	—	—
Panel C. EUR												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	3.165	3.190	3.291	3.428	3.599	3.885	4.137	4.360	4.698	4.887	4.952
標準差	—	0.871	0.911	0.927	0.852	0.796	0.711	0.663	0.609	0.588	0.666	0.699
極大值	—	4.950	5.125	5.217	5.220	5.251	5.290	5.540	5.616	5.747	6.240	6.305
極小值	—	1.735	1.783	1.738	1.761	1.937	2.381	2.796	3.005	3.456	3.575	3.559
Panel D. AUD												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	—	—	5.436	5.531	5.611	5.719	—	5.876	5.928	—	—
標準差	—	—	—	0.796	0.744	0.688	0.594	—	0.500	0.492	—	—
極大值	—	—	—	7.069	7.004	6.985	7.182	—	7.374	7.387	—	—

極小值	—	—	—	2.854	2.931	3.267	3.581	—	4.100	4.139	—	—
Panel E. JPY												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	0.181	0.193	0.235	0.357	0.495	0.820	1.124	1.534	1.813	2.185	2.482
標準差	—	0.228	0.236	0.254	0.294	0.311	0.339	0.344	0.300	0.341	0.359	0.379
極大值	—	0.668	0.723	0.809	1.019	1.177	1.497	1.802	2.120	2.523	3.385	3.405
極小值	—	0.002	0.003	0.009	0.029	0.075	0.174	0.266	0.552	0.675	0.939	1.047
Panel F. GBP												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	4.653	4.707	4.716	4.794	4.856	4.867	4.877	4.789	4.748	4.639	4.391
標準差	—	0.889	0.916	0.911	0.829	0.748	0.623	0.538	0.377	0.277	0.258	0.266
極大值	—	6.011	6.366	6.521	6.648	6.619	6.415	6.284	5.653	5.347	5.260	4.996
極小值	—	0.539	0.539	0.607	1.652	2.252	2.659	3.014	3.213	3.987	3.968	3.750
Panel G. SGD												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	1.615	—	1.777	2.013	—	2.870	3.230	3.545	3.793	3.805	—
標準差	—	0.788	—	0.763	0.720	—	0.718	0.731	0.710	0.624	0.594	—
極大值	—	3.361	—	3.267	3.258	—	4.348	4.841	5.014	4.970	4.949	—
極小值	—	0.438	—	0.624	0.758	—	1.361	1.706	2.021	2.354	2.337	—

表十二 利率變動之敘述統計

單位：%

Panel A. USD												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.037	-0.035	-0.035	-0.032	—	-0.025	—	-0.020	—	—	-0.022
標準差	—	0.279	0.270	0.263	0.310	—	0.324	—	0.298	—	—	0.256
極大值	—	0.510	0.379	0.380	0.758	—	0.876	—	0.983	—	—	0.949
極小值	—	-1.302	-1.333	-1.202	-0.945	—	-0.959	—	-1.138	—	—	-0.927
Panel B. USD LIBOR												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	-0.042	-0.031	-0.032	-0.033	-0.032	-0.030	-0.027	-0.026	-0.025	—	—	—
標準差	0.590	0.396	0.331	0.289	0.323	0.336	0.336	0.326	0.316	—	—	—
極大值	2.698	2.224	1.303	0.692	0.774	0.898	1.146	1.224	1.260	—	—	—
極小值	-4.626	-1.804	-1.615	-1.361	-0.980	-0.831	-1.014	-1.170	-1.328	—	—	—
Panel C. EUR												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y

平均值	—	-0.010	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.007	-0.005	-0.006	-0.002	-0.005	-0.012
標準差	—	0.208	0.202	0.222	0.250	0.246	0.263	0.212	0.194	0.180	0.179	0.175
極大值	—	0.638	0.638	0.453	0.550	0.505	1.299	0.466	0.461	0.365	0.363	0.410
極小值	—	-1.241	-1.093	-1.025	-0.895	-0.711	-0.573	-0.639	-0.719	-0.797	-0.748	-0.737
Panel D. AUD												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	—	—	-0.016	-0.015	-0.013	-0.011	—	-0.009	-0.008	—	—
標準差	—	—	—	0.273	0.292	0.296	0.276	—	0.261	0.264	—	—
極大值	—	—	—	0.630	0.600	0.533	0.531	—	0.583	0.650	—	—
極小值	—	—	—	-1.256	-1.031	-0.881	-0.776	—	-0.648	-0.746	—	—
Panel E. JPY												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.001	-0.001	0.000	-0.002	-0.004	-0.006	-0.008	-0.008	-0.007	-0.014	-0.013
標準差	—	0.060	0.053	0.063	0.087	0.108	0.128	0.150	0.141	0.155	0.160	0.204
極大值	—	0.248	0.199	0.215	0.349	0.484	0.526	0.510	0.541	0.482	0.615	0.589
極小值	—	-0.295	-0.242	-0.205	-0.298	-0.330	-0.319	-0.333	-0.333	-0.459	-0.497	-0.710
Panel F. GBP												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.042	-0.040	-0.038	-0.027	-0.019	-0.013	-0.011	-0.008	-0.003	-0.001	-0.003
標準差	—	0.297	0.287	0.274	0.275	0.257	0.241	0.232	0.216	0.184	0.168	0.161
極大值	—	0.536	0.540	0.546	0.686	0.622	0.628	0.568	0.469	0.379	0.340	0.371
極小值	—	-1.836	-1.601	-1.105	-0.921	-0.750	-0.677	-0.715	-0.762	-0.598	-0.533	-0.541
Panel G. SGD												
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.009	—	-0.009	-0.014	—	-0.020	-0.021	-0.020	-0.017	-0.015	—
標準差	—	0.302	—	0.259	0.208	—	0.253	0.248	0.251	0.267	0.261	—
極大值	—	0.908	—	0.770	0.627	—	0.846	0.858	0.888	0.854	0.834	—
極小值	—	-1.201	—	-0.942	-0.703	—	-0.742	-0.648	-0.721	-1.037	-0.924	—

(二)匯率

本研究之匯率變數包括美元(TWD/USD)、歐元(USD/EUR)、澳幣(USD/AUD)、英鎊(USD/GBP)、日圓(JPY/USD)、新加坡幣(SGD/USD)以及韓圜(KRW/USD)等。所有資料皆自 CMPN Composite(NY)收集而得。在所獲得的匯率資料中有買價、賣價、中間價、開盤價、最高價、最低價與收盤價。我們選擇以中間價進行研

究分析。另外，在分析之前，為求各國匯率兌換單位的一致性，我們先對歐元(USD/EUR)、澳幣(USD/AUD)與英鎊(USD/GBP)等匯率求其倒數，使得各國匯率皆轉換為兌美元的報價型態。本研究利用下列公式求得匯率報酬率：

$$R_{FX,t} = \left(\frac{FX_t - FX_{t-1}}{FX_{t-1}} \right) \times 100.$$

表十三為匯率及其報酬率的敘述統計分析，包括平均值、標準差、極大值、極小值等統計量。

表十三 匯率資料與報酬率的敘述統計

幣別 統計量	TWD /USD	EUR /USD	AUD /USD	JPY /USD	GBP /USD	SGD /USD	KRW /USD
原始資料：							
平均值	32.873	0.890	1.498	113.898	0.593	1.659	1120.475
標準差	1.289	0.153	0.271	7.951	0.068	0.124	129.076
極大值	35.111	1.183	2.060	134.68	0.709	1.846	1469
極小值	30.33	0.633	1.043	90.68	0.481	1.356	902.1
報酬率(%)：							
平均值	0.022	-0.132	-0.027	-0.171	0.129	-0.130	0.107
標準差	1.276	2.903	3.714	2.754	2.491	1.408	3.124
極大值	3.291	10.750	18.655	7.634	10.761	3.510	13.485
極小值	-3.822	-9.182	-7.884	-7.209	-5.099	-5.320	-14.258

接下來，我們針對利率、利率變動、匯率以及匯率報酬率進行 ADF 單根檢定，以瞭解數列本身是否符合時間序列分析所必需的定態特性。在虛無假設為具有單根的檢定模型之下，我們的結果顯示出，利率與匯率原始資料數列多數並未拒絕虛無假設，故為非定態數列。然而，利率變動與匯率報酬率卻多數已不具有單根，因此本研究後續分析以利率變動與匯率報酬率為主。

二、研究方法

由前面的資料說明與分析可知，本研究所採用的風險因子共計 70 個，包括 7

個匯率變數以及 63 個的利率變數。雖然將所有變數皆納入模型的建構，必能充分考量到所有情境，但是在參數估計上卻可能面臨因模型維度(dimension)過高而導致估計不易的問題。例如，指數加權移動平均(exponentially weighted moving average，EWMA)估計方法就面臨這樣的問題。因此，本研究決定採用主成份分析與因素分析法，較有利於模型維度的降低。

(一)主成份分析(principal component analysis，PCA)

主成份分析是希望透過少數變數(即主成份)來解釋資料變數的大部分變異。

假設有 p 個資料變數 X_1, X_2, \dots, X_p ，其線性組合有 p 組， Y_1, Y_2, \dots, Y_p ：

$$\begin{aligned} Y_1 &= \mathbf{a}'_1 \mathbf{X} = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= \mathbf{a}'_2 \mathbf{X} = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= \mathbf{a}'_p \mathbf{X} = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \end{aligned}$$

其中， a_{ik} 為主成份 Y_i 對個別變數 X_k 的權重。因此線性組合 Y_1, Y_2, \dots, Y_p 的變異與共變異為：

$$Var(Y_i) = \mathbf{a}'_i \Sigma \mathbf{a}_i, i = 1, 2, \dots, p.$$

$$Cov(Y_i, Y_k) = \mathbf{a}'_i \Sigma \mathbf{a}_k, i, k = 1, 2, \dots, p.$$

所謂的主成份即為 Y_1, Y_2, \dots, Y_p 中變異數極大化者，而且各主成份間須相互獨立：

$$\text{Max}_{\mathbf{a}_i} Var(\mathbf{a}'_i \mathbf{X})$$

$$\text{s.t. } \mathbf{a}'_i \mathbf{a}_i = 1 \quad \text{and} \quad Cov(\mathbf{a}'_i \mathbf{X}, \mathbf{a}'_k \mathbf{X}) = 0 \quad \text{for } k < i.$$

為求得最適解 \mathbf{a}_i ，假設 X_1, X_2, \dots, X_p 之共變異矩陣 Σ 具有 p 組特徵值與特徵向量 $(\lambda_1, \mathbf{e}_1), (\lambda_2, \mathbf{e}_2), \dots, (\lambda_p, \mathbf{e}_p)$ ，其中 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ 。因此， \mathbf{a}_i 實際上即為 Σ 之特徵向量解 \mathbf{e}_i ，而主成份之變異數 $Var(Y_i)$ 則為 Σ 的特徵值 λ_i 。故由上述說明我們可推知：

$$1. \quad Y_i = \mathbf{e}'_i \mathbf{X} = e_{i1} X_1 + e_{i2} X_2 + \dots + e_{ip} X_p, i = 1, 2, \dots, p.$$

$$2. \quad \text{Var}(Y_i) = \mathbf{e}'_i \Sigma \mathbf{e}_i = \lambda_i, i = 1, 2, \dots, p.$$

$$\text{Cov}(Y_i, Y_k) = \mathbf{e}'_i \Sigma \mathbf{e}_k = 0, i \neq k.$$

3. 資料變數 X_1, X_2, \dots, X_p 的總變異數為：

$$\sigma_{11} + \sigma_{22} + \dots + \sigma_{pp} = \sum_{i=1}^p \text{Var}(X_i) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = \sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i).$$

而個別主成份對總變異數的解釋比例則為：

$$\frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}, k = 1, 2, \dots, p.$$

當利用主成份分析法所找出的少數前幾個主成份，能夠解釋資料變數約 80% 或 90% 以上的總變異數時，將可以這些變數代替原始的資料變數。故將可在不減少太多資訊下進行資料縮減，達到降低模型維度的目的，此即為主成份分析的優點之一。此外，由於主成份是由資料變數間線性組合而成，可說是整體性指標，因此常可被賦予其他的經濟意涵。例如，若某一主成份是由所有個股報酬以相同的權重線性組合而成，那麼此一主成份則代表著整體股票市場的情況，亦即為市場因子。

(二) 因素分析(factor analysis, FA)

因素分析提供另一種角度去思考資料變數與因素(或主成份)間的關係，認為資料變數中應該存在著無法觀察得到的潛在因素(latent factor)，而這些因素正是導致某些資料變數間存在高度相關的原因。因此，觀察資料變數的相關程度，將可找出其潛在因素，亦即共同因素。因此，因素分析也是希望能夠透過數學分析以少數變數來替代多變量結構。

1. 模型設定：

假設資料變數 X_1, X_2, \dots, X_p 與少數無法觀察得到的共同因素(common

factors) F_1, F_2, \dots, F_m 以及自身所擁有的獨特因素(unique factors) $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ 存在一線性關係：

$$\begin{aligned} X_1 - \mu_1 &= \ell_{11}F_1 + \ell_{12}F_2 + \dots + \ell_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ X_2 - \mu_2 &= \ell_{21}F_1 + \ell_{22}F_2 + \dots + \ell_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ &\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ X_p - \mu_p &= \ell_{p1}F_1 + \ell_{p2}F_2 + \dots + \ell_{pm}F_m + \varepsilon_p \end{aligned}$$

或以矩陣表示為

$$\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu} = \mathbf{L} \mathbf{F} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

$(p \times 1) \quad (p \times m)(m \times 1) \quad (p \times 1)$

其中， $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_p)'$ 為可觀察得到的資料變數； $\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p)'$ 為資料變數的期望值； $\mathbf{F} = (F_1, F_2, \dots, F_m)'$ 包括 m 個無法觀察得到的共同因素； \mathbf{L} 為 $\{\ell_{ij}\}$ 矩陣，代表因素負荷量(factor loadings)，表示潛在共同因素對資料變數的影響程度，相當於迴歸係數； $\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)'$ 為誤差項，代表個別資料變數的獨特因素。另外，因素分析模型還需要加入下列假設：

- (1) 共同因素之期望值為 0，共變異矩陣為一單位矩陣，即因素間彼此獨立：

$$E(\mathbf{F}) = \mathbf{0}_{(m \times 1)}, \quad Cov(\mathbf{F}) = E[\mathbf{F}\mathbf{F}'] = \mathbf{I}_{(m \times m)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}.$$

- (2) 誤差項之期望值為 0，共變異為一對角矩陣，表示誤差項間彼此獨立：

$$E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{0}_{(p \times 1)}, \quad Cov(\boldsymbol{\varepsilon}) = E[\boldsymbol{\varepsilon}\boldsymbol{\varepsilon}'] = \boldsymbol{\Psi}_{(p \times p)} = \begin{bmatrix} \psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \psi_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \psi_p \end{bmatrix}.$$

- (3) 共同因素與誤差項間彼此獨立：

$$Cov(\boldsymbol{\varepsilon}, \mathbf{F}) = E(\boldsymbol{\varepsilon}\mathbf{F}') = \mathbf{0}_{(p \times m)}.$$

因此，基於上述模型設定，我們可推知：

(1) 資料變數 \mathbf{X} 的共變異矩陣可被分解為

$$\text{Cov}(\mathbf{X}) = \mathbf{L}\Sigma_{\mathbf{F}}\mathbf{L}' + \Psi = \mathbf{L}\mathbf{L}' + \Psi$$

$$\begin{aligned} \text{或 } \text{Var}(X_i) &= \ell_{i1}^2 + \ell_{i2}^2 + \dots + \ell_{im}^2 + \psi_i \\ \text{Cov}(X_i, X_k) &= \ell_{i1}\ell_{k1} + \dots + \ell_{im}\ell_{km} \end{aligned}$$

其中， $\ell_{i1}^2 + \ell_{i2}^2 + \dots + \ell_{im}^2$ 代表 $\text{Var}(X_i)$ 可被 m 個共同因素所解釋的部分，亦即為共同性 (communality)。 ψ_i 則代表 $\text{Var}(X_i)$ 被獨特因素解釋的部分，即為獨特性 (uniqueness)。

(2) 變數 X_i 與共同因素 F_j 之共變異即為因素負荷量 ℓ_{ij} ：

$$\text{Cov}(\mathbf{X}, \mathbf{F}) = \mathbf{L}$$

$$\text{或 } \text{Cov}(X_i, F_j) = \ell_{ij}$$

2. 估計方法：

主成份分析是最常用來萃取因素的方法。由前節我們已知，主成份分析法主要是從資料變數 \mathbf{X} 的共變異矩陣中找尋特徵值 λ_i ，使得 λ_i 能夠解釋 \mathbf{X} 的總變異。因此，利用主成份分析進行估計後， \mathbf{X} 的共變異矩陣可分解為：

$$\begin{aligned} \Sigma_{(p \times p)} &= \lambda_1 \mathbf{e}_1 \mathbf{e}_1' + \lambda_2 \mathbf{e}_2 \mathbf{e}_2' + \dots + \lambda_p \mathbf{e}_p \mathbf{e}_p' \\ &= \left[\begin{array}{c} \sqrt{\lambda_1} \mathbf{e}_1 \mid \sqrt{\lambda_2} \mathbf{e}_2 \mid \dots \mid \sqrt{\lambda_p} \mathbf{e}_p \end{array} \right] \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} \mathbf{e}_1' \\ \sqrt{\lambda_2} \mathbf{e}_2' \\ \vdots \\ \sqrt{\lambda_p} \mathbf{e}_p' \end{bmatrix} = \mathbf{L}_{(p \times p)} \mathbf{L}'_{(p \times p)}. \end{aligned}$$

若少數前幾個因素就能夠解釋 \mathbf{X} 大部分的總變異時，我們將可以這些變數代替原始的資料變數。假設共同因素數少於變數維度 ($m < p$)，由於所剩下的 $\lambda_{m+1} \mathbf{e}_{m+1} \mathbf{e}_{m+1}' + \dots + \lambda_p \mathbf{e}_p \mathbf{e}_p'$ 是對 Σ 貢獻度較少的部分，故可選擇忽略。因此 Σ 可由因素負荷量的平方項與誤差項的變異數來近似解釋：

$$\begin{aligned} \Sigma &\cong \mathbf{L} \mathbf{L}' + \Psi \\ &\underset{(p \times p)}{\cong} \underset{(p \times m)}{\mathbf{L}} \underset{(m \times p)}{\mathbf{L}'} + \underset{(p \times p)}{\Psi} \\ &= \left[\sqrt{\lambda_1} \mathbf{e}_1 \mid \sqrt{\lambda_2} \mathbf{e}_2 \mid \dots \mid \sqrt{\lambda_m} \mathbf{e}_m \right] \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} \mathbf{e}'_1 \\ \sqrt{\lambda_2} \mathbf{e}'_2 \\ \vdots \\ \sqrt{\lambda_m} \mathbf{e}'_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \psi_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \psi_p \end{bmatrix} \end{aligned}$$

因此，估計的因素負荷量為

$$\hat{\mathbf{L}} = \left[\sqrt{\hat{\lambda}_1} \hat{\mathbf{e}}_1 \mid \sqrt{\hat{\lambda}_2} \hat{\mathbf{e}}_2 \mid \dots \mid \sqrt{\hat{\lambda}_m} \hat{\mathbf{e}}_m \right].$$

而估計的誤差項變異為

$$\hat{\Psi} = \begin{bmatrix} \hat{\psi}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \hat{\psi}_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \hat{\psi}_p \end{bmatrix}, \text{ 其中, } \hat{\psi}_i = s_{ii} - \sum_{j=1}^m \hat{\ell}_{ij}^2, \text{ } s_{ii} \text{ 為樣本變異數。}$$

在估計出因素負荷量後，為了能夠更加明瞭資料變數與潛在共同因素間的關係，通常會經過因素轉軸(factor rotation)的步驟，在不改變共同性之下，將負荷量調整成接近 1 或 0 的數值，使得資料變數與共同因素間的關係更加明顯，以便於因素命名，賦予因素更有意義的意涵。另外，我們也可以透過因素負荷量估計值，將資料變數觀察值線性轉換成因素分數(factor scores)，亦即潛在共同因素的估計值。如此一來，即可以因素分數的共變異矩陣替代原始資料變數的共變異矩陣，達到降低模型維度的目的。然而，因素分析的缺點之一往往在於潛在因素命名或解釋意義常是依據研究者的主觀認定。

三、模型設定與估計結果

本研究的主要目的在建構美元(USD)、歐元(EUR)、澳幣(AUD)、英鎊(GBP)、日圓(JPY)、新加坡幣(SGD)與韓圓(KRW)等七大幣別風險因子的共變異矩陣模型。其中，我們以 RiskMetrics 與瑞士清償能力測試的標準實務作法為依據，假設

風險因子的平均值皆為零。然而，由於我們建構資料期間長達 30 年的長期模型，平均值為零的假設並未考慮可能出現均值回歸的現象，因此我們略為修改上述平均值為零的假設，另外針對風險因子的長期平均行為建構長期平均值模型。

(一)風險因子之模型設定

由前節可知，在因素分析的過程中我們必須對資料變數的共變異矩陣進行分解。然而值得注意的是，若使用共變異矩陣，實證中常發生某些變異數較大的變數會主導著因素(或主成份)形成的現象。因為在分析過程中常會因為變數的變異數較大而賦予較大的權重。如此一來，將較無法呈現出真實的因素結構。此現象也常發生在變數單位不一致的時候。例如，本研究的研究變數中，利率變動為變動量，而匯率報酬率為變動率，兩者的單位並不相同。因此，實證上為避免此問題的發生，常會使用資料變數的相關係數矩陣進行分析。故本研究在進行因素分析前，會先對資料變數進行標準化的步驟。再者，由於利率變動與匯率報酬率之平均值的檢定結果(見表十四與表十五)皆未顯著異於零，因此本研究於因素分析模型中選擇忽略截距項(μ)。

表十四 匯率報酬率平均值之檢定結果

	TWD /USD	EUR /USD	AUD /USD	JPY /USD	GBP /USD	SGD /USD	KRW /USD
平均值	0.022	-0.132	-0.027	-0.171	0.129	-0.130	0.107
t 統計量	0.184	-0.496	-0.081	-0.679	0.564	-1.006	0.372

表十五 利率變動平均值的檢定結果

USD	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.037	-0.035	-0.035	-0.032	—	-0.025	—	-0.020	—	—	-0.022
t 統計量	—	-1.436	-1.420	-1.444	-1.138	—	-0.858	—	-0.750	—	—	-0.924
USD LIBOR	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	-0.042	-0.031	-0.032	-0.033	-0.032	-0.030	-0.027	-0.026	-0.025	—	—	—
t 統計量	-0.777	-0.857	-1.069	-1.232	-1.065	-0.963	-0.873	-0.867	-0.873	—	—	—

EUR	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.010	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.007	-0.005	-0.006	-0.002	-0.005	-0.012
t 統計量	—	-0.536	-0.497	-0.452	-0.402	-0.390	-0.296	-0.282	-0.322	-0.096	-0.281	-0.770
AUD	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	—	—	-0.016	-0.015	-0.013	-0.011	—	-0.009	-0.008	—	—
t 統計量	—	—	—	-0.628	-0.570	-0.467	-0.430	—	-0.365	-0.348	—	—
JPY	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.001	-0.001	0.000	-0.002	-0.004	-0.006	-0.008	-0.008	-0.007	-0.014	-0.013
t 統計量	—	-0.135	-0.114	-0.060	-0.291	-0.378	-0.500	-0.608	-0.597	-0.511	-0.922	-0.677
GBP	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.042	-0.040	-0.038	-0.027	-0.019	-0.013	-0.011	-0.008	-0.003	-0.001	-0.003
t 統計量	—	-1.546	-1.538	-1.526	-1.055	-0.816	-0.607	-0.495	-0.404	-0.199	-0.091	-0.218
SGD	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
平均值	—	-0.009	—	-0.009	-0.014	—	-0.020	-0.021	-0.020	-0.017	-0.015	—
t 統計量	—	-0.328	—	-0.383	-0.712	—	-0.850	-0.907	-0.877	-0.682	-0.624	—

綜合上述，本研究的因素分析模型調整為標準化後的資料變數 \mathbf{Z} 與潛在共同

因素 \mathbf{F} 以及獨特因素 $\boldsymbol{\varepsilon}$ 存在一線性關係：

$$\mathbf{Z} = \mathbf{LF} + \boldsymbol{\varepsilon}.$$

$$\text{其中， } \mathbf{Z} = \mathbf{V}^{-1/2} \mathbf{X}, \text{ 而 } \mathbf{V}^{1/2} = \begin{bmatrix} \sqrt{\sigma_{11}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{\sigma_{22}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sqrt{\sigma_{pp}} \end{bmatrix}.$$

在共同因素與誤差項等相關假設仍維持不變之下，以主成份分析法估計後，

此時的相關係數矩陣 $\boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{Z}}$ 可分解近似為：

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{Z}} &\cong \underbrace{\hat{\mathbf{L}}}_{(p \times m)} \underbrace{\hat{\mathbf{L}}'}_{(m \times p)} + \underbrace{\hat{\boldsymbol{\Psi}}}_{(p \times p)} \\ &= \left[\sqrt{\hat{\lambda}_1} \hat{\mathbf{e}}_1 \mid \sqrt{\hat{\lambda}_2} \hat{\mathbf{e}}_2 \mid \cdots \mid \sqrt{\hat{\lambda}_m} \hat{\mathbf{e}}_m \right] \begin{bmatrix} \sqrt{\hat{\lambda}_1} \hat{\mathbf{e}}_1' \\ \sqrt{\hat{\lambda}_2} \hat{\mathbf{e}}_2' \\ \vdots \\ \sqrt{\hat{\lambda}_m} \hat{\mathbf{e}}_m' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{\psi}_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \hat{\psi}_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \hat{\psi}_p \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

其中， $\hat{\psi}_i = 1 - \sum_{j=1}^m \hat{\ell}_{ij}^2$ 。由於本研究於模型中忽略截距項($\boldsymbol{\mu}$)，因此此時的樣本

相關係數 Σ_Z 為一未調整期望值的相關係數矩陣(correlation matrix not corrected for

the mean)。而 σ_{ii} 的樣本估計值則為 $s_{ii} = \frac{\sum_{k=1}^t x_{ki}^2}{t}$ ， $i = 1, 2, \dots, p$ 。

本研究依據調整後的因素分析模型，建立三種估計模型。首先，我們在模型 1 中將所有資料變數(包括匯率報酬與利率變動共 70 組變數)全部一起估計，從中萃取出匯率與利率的共同因素。然而模型 1 所萃取之因素可能是匯率或利率某一組變數的共同因素。其原因可能是因為匯率與利率常常存在相關性，因而導致其中一組變數的因素支配了另一組變數的因素。因此，我們在模型 2 中進一步考慮匯率與利率分開估計的情形，以萃取各自組內的共同因素。另外，為瞭解不同地區國家的利率特性，我們在模型 3 中又依據地區別的不同，將利率變數區分為西方國家與亞洲國家等二種利率組進行分析。其中，西方國家利率包括美元、美元公債、歐元、英磅等利率，而澳幣、日圓與新加坡幣利率則歸納在亞洲國家利率中。

模型 1：將 R_{FX} 與 ΔIR 一起估計

假設標準化後的資料變數(包括 R_{FX} 與 ΔIR)與潛在共同因素 \mathbf{F} 以及獨特因素 $\boldsymbol{\varepsilon}$ 存在一線性關係：

$$\underset{(70 \times 1)}{\mathbf{Z}} = \underset{(70 \times m)}{\mathbf{L}} \underset{(m \times 1)}{\mathbf{F}} + \underset{(70 \times 1)}{\boldsymbol{\varepsilon}}$$

其中， $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_{70})'$ 為標準化後的匯率報酬率與利率變動等 70 組變數

；

$\mathbf{F} = (F_1, F_2, \dots, F_m)'$ 包括 m 個潛在共同因素；

\mathbf{L} 為 $(70 \times m)$ 的共同因素負荷量矩陣；

$\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{70})'$ 為誤差項，代表資料變數的的個別獨特因素。

模型假設：

$$(1) \quad \mathbf{F} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{I} \end{pmatrix} \begin{matrix} (m \times 1) \\ (m \times m) \end{matrix}。$$

$$(2) \quad \boldsymbol{\varepsilon} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\Psi} \end{pmatrix} \begin{matrix} (70 \times 1) \\ (70 \times 70) \end{matrix}。其中，\boldsymbol{\Psi} 為一對角矩陣。$$

$$(3) \quad Cov(\boldsymbol{\varepsilon}, \mathbf{F}) = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{pmatrix} \begin{matrix} (70 \times m) \\ (70 \times m) \end{matrix}。$$

因此，樣本相關係數矩陣 $\boldsymbol{\Sigma}_Z$ 可分解近似為 $\boldsymbol{\Sigma}_Z \cong \hat{\mathbf{L}} \hat{\mathbf{L}}' + \hat{\boldsymbol{\Psi}}$ ，其中

$\hat{\psi}_i = 1 - \sum_{j=1}^m \hat{\ell}_{ij}^2$ 。另外，亦可估算出因素分數 $\hat{\mathbf{f}}_k$ ， $k = 1, 2, \dots, t$ ，並以其共變異矩陣

$$\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathbf{F}} = \hat{\mathbf{f}}' \hat{\mathbf{f}} \begin{matrix} (m \times m) \\ (m \times t) \\ (t \times m) \end{matrix} \text{ 替代資料變數的相關係數矩陣 } \boldsymbol{\Sigma}_Z。$$

模型 2：將 R_{FX} 與 ΔIR 分開估計

假設標準化後的 R_{FX} 、 ΔIR 分別地與其潛在共同因素 (\mathbf{F}_{FX} 、 \mathbf{F}_{IR}) 以及獨特因素

($\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}$ 、 $\boldsymbol{\varepsilon}_{IR}$) 存在一線性關係：

$$\mathbf{Z}_{FX} = \mathbf{L}_{FX} \mathbf{F}_{FX} + \boldsymbol{\varepsilon}_{FX} \begin{matrix} (7 \times 1) \\ (7 \times m1) \\ (m1 \times 1) \\ (7 \times 1) \end{matrix}，$$

$$\mathbf{Z}_{IR} = \mathbf{L}_{IR} \mathbf{F}_{IR} + \boldsymbol{\varepsilon}_{IR} \begin{matrix} (63 \times 1) \\ (63 \times m2) \\ (m2 \times 1) \\ (63 \times 1) \end{matrix}。$$

其中， \mathbf{Z}_{FX} 與 \mathbf{Z}_{IR} 分別為標準化後的 7 組匯率報酬率與 63 組利率變動變數；

\mathbf{F}_{FX} 與 \mathbf{F}_{IR} 分別為 \mathbf{Z}_{FX} 與 \mathbf{Z}_{IR} 的 $m1$ 與 $m2$ 個潛在共同因素；

\mathbf{L}_{FX} 與 \mathbf{L}_{IR} 分別為 \mathbf{Z}_{FX} 與 \mathbf{Z}_{IR} 的因素負荷量矩陣；

$\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}$ 與 $\boldsymbol{\varepsilon}_{IR}$ 分別為 \mathbf{Z}_{FX} 與 \mathbf{Z}_{IR} 個別模型下的獨特因素。

模型假設：

$$(1) \quad \mathbf{F}_{FX} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{I} \end{pmatrix} \begin{matrix} (m1 \times 1) \\ (m1 \times m1) \end{matrix} \text{ 與 } \mathbf{F}_{IR} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{I} \end{pmatrix} \begin{matrix} (m2 \times 1) \\ (m2 \times m2) \end{matrix}。$$

$$(2) \quad \boldsymbol{\varepsilon}_{FX} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\Psi}_{FX} \end{pmatrix} \begin{matrix} (7 \times 1) \\ (7 \times 7) \end{matrix} \text{ 與 } \boldsymbol{\varepsilon}_{IR} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\Psi}_{IR} \end{pmatrix} \begin{matrix} (63 \times 1) \\ (63 \times 63) \end{matrix}。其中，\boldsymbol{\Psi}_{FX} 與 \boldsymbol{\Psi}_{IR} 皆為對角矩陣。$$

$$(3) \text{Cov}(\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}, \mathbf{F}_{FX}) = \mathbf{0}_{(7 \times m1)} \quad , \quad \text{Cov}(\boldsymbol{\varepsilon}_{IR}, \mathbf{F}_{IR}) = \mathbf{0}_{(63 \times m2)} \quad \text{且} \quad \text{Cov}(\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}, \boldsymbol{\varepsilon}_{IR}) = \mathbf{0} \quad .$$

因此， \mathbf{Z}_{FX} 與 \mathbf{Z}_{IR} 的樣本相關係數矩陣， $\boldsymbol{\Sigma}_{FX}$ 與 $\boldsymbol{\Sigma}_{IR}$ ，可分別近似為

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\Sigma}_{FX} &= \hat{\mathbf{L}}_{FX} \hat{\mathbf{L}}'_{FX} + \hat{\boldsymbol{\Psi}}_{FX} \quad , \\ & \quad (7 \times 7) \quad (7 \times m1)(m1 \times 7) \quad (7 \times 7) \\ \boldsymbol{\Sigma}_{IR} &= \hat{\mathbf{L}}_{IR} \hat{\mathbf{L}}'_{IR} + \hat{\boldsymbol{\Psi}}_{IR} \quad . \\ & \quad (63 \times 63) \quad (63 \times m2)(m2 \times 63) \quad (63 \times 63) \end{aligned}$$

另外，我們可利用匯率報酬率與利率變動個別模型下的因素分數， $\hat{\mathbf{f}}_{FX,j}$ 與 $\hat{\mathbf{f}}_{IR,j}$

，求算其共變異矩陣來替代 $\boldsymbol{\Sigma}_Z$ ：

$$\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{FX}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{FX}, \hat{\mathbf{f}}_{IR}} \\ \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{IR}, \hat{\mathbf{f}}_{FX}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{IR}} \end{bmatrix} \quad .$$

$(m1+m2) \times (m1+m2)$

模型 3：將 R_{FX} 、西方國家利率 (ΔIR_{WST}) 與亞洲國家利率 (ΔIR_{AS}) 分開估計

假設標準化後的 R_{FX} 、 ΔIR_{WST} 、 ΔIR_{AS} 分別與其潛在共同因素 (\mathbf{F}_{FX} 、 \mathbf{F}_{WST} 、 \mathbf{F}_{AS})

以及獨特因素 ($\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}$ 、 $\boldsymbol{\varepsilon}_{WST}$ 、 $\boldsymbol{\varepsilon}_{AS}$) 存在一線性關係：

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}_{FX} &= \mathbf{L}_{FX} \mathbf{F}_{FX} + \boldsymbol{\varepsilon}_{FX} \quad , \\ & \quad (7 \times 1) \quad (7 \times m1)(m1 \times 1) \quad (7 \times 1) \\ \mathbf{Z}_{WST} &= \mathbf{L}_{WST} \mathbf{F}_{WST} + \boldsymbol{\varepsilon}_{WST} \quad , \\ & \quad (38 \times 1) \quad (38 \times m2)(m2 \times 1) \quad (38 \times 1) \\ \mathbf{Z}_{AS} &= \mathbf{L}_{AS} \mathbf{F}_{AS} + \boldsymbol{\varepsilon}_{AS} \quad . \\ & \quad (25 \times 1) \quad (25 \times m3)(m3 \times 1) \quad (25 \times 1) \end{aligned}$$

其中， \mathbf{Z}_{FX} 、 \mathbf{Z}_{WST} 與 \mathbf{Z}_{AS} 分別為標準化後的 7 組 R_{FX} 、38 組 ΔIR_{WST} 與 25 組 ΔIR_{AS} ；

\mathbf{F}_{FX} 、 \mathbf{F}_{WST} 與 \mathbf{F}_{AS} 分別為 \mathbf{Z}_{FX} 、 \mathbf{Z}_{WST} 與 \mathbf{Z}_{AS} 的 $m1$ 、 $m2$ 與 $m3$ 個共同因素；

\mathbf{L}_{FX} 、 \mathbf{L}_{WST} 與 \mathbf{L}_{AS} 分別為 \mathbf{Z}_{FX} 、 \mathbf{Z}_{WST} 與 \mathbf{Z}_{AS} 的因素負荷量矩陣；

$\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}$ 與 $\boldsymbol{\varepsilon}_{IR}$ 分別為 \mathbf{Z}_{FX} 、 \mathbf{Z}_{WST} 與 \mathbf{Z}_{AS} 個別模型下的獨特因素。

模型假設：

$$(1) \mathbf{F}_{FX} \sim \left(\mathbf{0}_{(m1 \times 1)}, \mathbf{I}_{(m1 \times m1)} \right) \quad , \quad \mathbf{F}_{WST} \sim \left(\mathbf{0}_{(m2 \times 1)}, \mathbf{I}_{(m2 \times m2)} \right) \quad \text{與} \quad \mathbf{F}_{AS} \sim \left(\mathbf{0}_{(m3 \times 1)}, \mathbf{I}_{(m3 \times m3)} \right) \quad .$$

$$(2) \quad \boldsymbol{\varepsilon}_{FX} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ (7 \times 1) \end{pmatrix}, \boldsymbol{\Psi}_{FX} \begin{pmatrix} \\ (7 \times 7) \end{pmatrix}, \boldsymbol{\varepsilon}_{WST} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ (38 \times 1) \end{pmatrix}, \boldsymbol{\Psi}_{WST} \begin{pmatrix} \\ (38 \times 38) \end{pmatrix} \text{ 與 } \boldsymbol{\varepsilon}_{AS} \sim \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ (38 \times 1) \end{pmatrix}, \boldsymbol{\Psi}_{AS} \begin{pmatrix} \\ (38 \times 38) \end{pmatrix}。 \text{ 其中， } \boldsymbol{\Psi}_{FX}、\boldsymbol{\Psi}_{WST} \text{ 與 } \boldsymbol{\Psi}_{AS} \text{ 皆為對角矩陣。}$$

$$(3) \quad Cov(\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}, \mathbf{F}_{FX}) = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ (7 \times m1) \end{pmatrix}, Cov(\boldsymbol{\varepsilon}_{WST}, \mathbf{F}_{WST}) = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ (38 \times m2) \end{pmatrix}, Cov(\boldsymbol{\varepsilon}_{AS}, \mathbf{F}_{AS}) = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ (25 \times m3) \end{pmatrix} \text{ 且}$$

$$Cov(\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}, \boldsymbol{\varepsilon}_{WST}) = \mathbf{0}, Cov(\boldsymbol{\varepsilon}_{FX}, \boldsymbol{\varepsilon}_{AS}) = \mathbf{0}, Cov(\boldsymbol{\varepsilon}_{WST}, \boldsymbol{\varepsilon}_{AS}) = \mathbf{0}。$$

因此， \mathbf{Z}_{FX} 、 \mathbf{Z}_{WST} 與 \mathbf{Z}_{AS} 的樣本相關係數矩陣 ($\boldsymbol{\Sigma}_{FX}$ 、 $\boldsymbol{\Sigma}_{IR}$ 與 $\boldsymbol{\Sigma}_{AS}$) 分別近似為：

$$\boldsymbol{\Sigma}_{FX} = \hat{\mathbf{L}}_{FX} \hat{\mathbf{L}}'_{FX} + \hat{\boldsymbol{\Psi}}_{FX},$$

$$\begin{pmatrix} (7 \times 7) & & \\ & (7 \times m1) & (m1 \times 7) & \\ & & & (7 \times 7) \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{\Sigma}_{WST} = \hat{\mathbf{L}}_{WST} \hat{\mathbf{L}}'_{WST} + \hat{\boldsymbol{\Psi}}_{WST},$$

$$\begin{pmatrix} (p2 \times p2) & & \\ & (p2 \times m2) & (m2 \times p2) & \\ & & & (p2 \times p2) \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{\Sigma}_{AS} = \hat{\mathbf{L}}_{AS} \hat{\mathbf{L}}'_{AS} + \hat{\boldsymbol{\Psi}}_{AS}.$$

$$\begin{pmatrix} (25 \times 25) & & \\ & (25 \times m3) & (m3 \times 25) & \\ & & & (25 \times 25) \end{pmatrix}$$

另外，我們可利用個別模型下的因素分數，包括 $\hat{\mathbf{f}}_{FX,j}$ 、 $\hat{\mathbf{f}}_{WST,j}$ 與 $\hat{\mathbf{f}}_{AS,j}$ ，求算

其共變異矩陣來替代 $\boldsymbol{\Sigma}_Z$ ：

$$\hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\mathbf{F}} \begin{matrix} \\ (m1+m2+m3) \times (m1+m2+m3) \end{matrix} = \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{FX}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{FX}, \hat{\mathbf{f}}_{WST}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{FX}, \hat{\mathbf{f}}_{AS}} \\ \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{WST}, \hat{\mathbf{f}}_{FX}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{WST}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{WST}, \hat{\mathbf{f}}_{AS}} \\ \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{AS}, \hat{\mathbf{f}}_{FX}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{AS}, \hat{\mathbf{f}}_{WST}} & \hat{\boldsymbol{\Sigma}}_{\hat{\mathbf{f}}_{AS}} \end{bmatrix}.$$

(二) 估計結果

此節將呈現三種模型之潛在共同因素的估計數目以及對資料總變異的解釋程度。在估計過程中，本研究採取特徵值大於 1 的一般準則來萃取共同因素的數目，並以變異極大法 (Varimax) 進行因素轉軸。

模型 1：

將匯率報酬率與利率變動一起進行因素分析後，根據特徵值大於 1 的準則，我們所找出的共同潛在因素共 13 個。表 8 為此 13 共同因素對資料變數總變異的解釋程度。由表中可知，此前 13 個共同因素解釋了總變異約 90%。

表十六 模型 1 之因素分析結果

模型 1	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	28.834	20.800	0.412	0.412
2	8.034	2.474	0.115	0.527
3	5.561	0.891	0.079	0.606
4	4.669	1.754	0.067	0.673
5	2.915	0.210	0.042	0.715
6	2.705	0.440	0.039	0.753
7	2.265	0.535	0.032	0.786
8	1.730	0.270	0.025	0.810
9	1.461	0.084	0.021	0.831
10	1.376	0.131	0.020	0.851
11	1.246	0.193	0.018	0.869
12	1.053	0.009	0.015	0.884
13	1.044	0.156	0.015	0.899
14	0.888	0.073	0.013	0.911
15	0.815	0.129	0.012	0.923

模型 2：

將匯率報酬率與利率變動分別進行估計後，可發現到 7 組匯率報酬率變數中找到了 2 個共同因素，共解釋了匯率變數總變異約 68%；另外，63 組利率變動變數中則找到了 11 個共同因素，約解釋了 91% 的利率總變異。

表十七 模型 2 之因素分析結果

模型 2_匯率	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	3.724	2.693	0.532	0.532
2	1.031	0.216	0.147	0.679
3	0.814	0.283	0.116	0.796
4	0.532	0.173	0.076	0.872
5	0.359	0.051	0.051	0.923

6	0.308	0.076	0.044	0.967
7	0.232		0.033	1.000
模型 2_利率	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	28.633	20.767	0.455	0.455
2	7.866	2.626	0.125	0.579
3	5.240	1.692	0.083	0.663
4	3.548	0.771	0.056	0.719
5	2.778	0.447	0.044	0.763
6	2.331	0.658	0.037	0.800
7	1.672	0.183	0.027	0.827
8	1.490	0.178	0.024	0.850
9	1.312	0.109	0.021	0.871
10	1.203	0.107	0.019	0.890
11	1.097	0.115	0.017	0.908
12	0.982	0.216	0.016	0.923
13	0.766	0.129	0.012	0.935
14	0.636	0.209	0.010	0.945
15	0.428	0.018	0.007	0.952

模型 3：

當我們將利率變動變數區分為西方國家與亞洲國家利率個別估計後發到，38 組西方國家利率變動找到 6 個共同因素，而 25 組亞洲國家利率變動中則找到了 5 個共同因素，並分別解釋了約 90%與 89%的總變異。

表十八 模型 3 之因素分析結果

模型 3_西方國家利率	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	21.293	15.494	0.560	0.560
2	5.798	3.123	0.153	0.713
3	2.675	0.816	0.070	0.783
4	1.858	0.315	0.049	0.832
5	1.543	0.485	0.041	0.873
6	1.058	0.123	0.028	0.901
7	0.934	0.233	0.025	0.925
8	0.701	0.226	0.019	0.944

9	0.475	0.130	0.013	0.956
10	0.345	0.114	0.009	0.965
模型 3_ 亞洲國家利率	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	10.483	5.354	0.419	0.419
2	5.129	2.326	0.205	0.625
3	2.803	0.622	0.112	0.737
4	2.181	0.660	0.087	0.824
5	1.522	0.619	0.061	0.885
6	0.903	0.378	0.036	0.921
7	0.525	0.173	0.021	0.942
8	0.352	0.090	0.014	0.956
9	0.262	0.063	0.011	0.966
10	0.199	0.059	0.008	0.974

(三)因素分數之結構性變化檢定

為瞭解估計結果是否存在結構性變化，本研究針對模型 1 至模型 3 中每一個因素分數進行 CUSUM 檢定。假設檢定模型的自變數僅為一截距項 a ，將個別因素分數 f_t 對此截距項作迴歸後，即可對此迴歸模型進結構性變化的檢定：

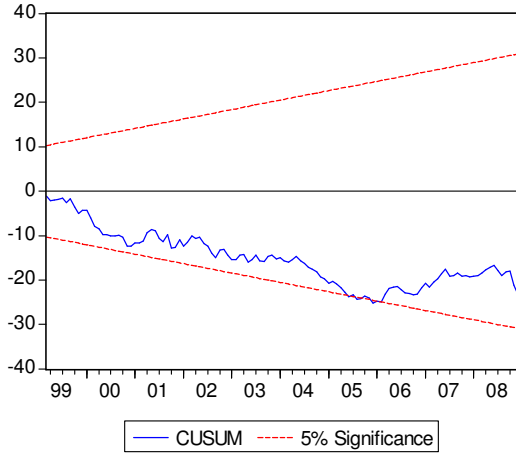
$$f_t = a + \varepsilon_t.$$

其中，估計值 \hat{a} 即代表此因素分數的估計期望值。以下為個別因素分數之 CUSUM 檢定結果圖示。由圖中可知，多數的因素分數並沒有結構性變化的發生。

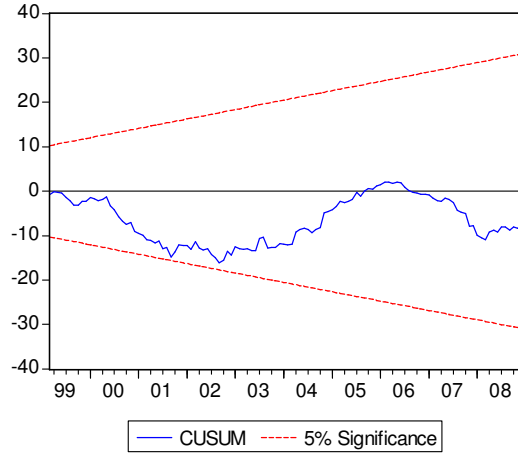
。

圖 1 CUSUM 檢定結果之圖形

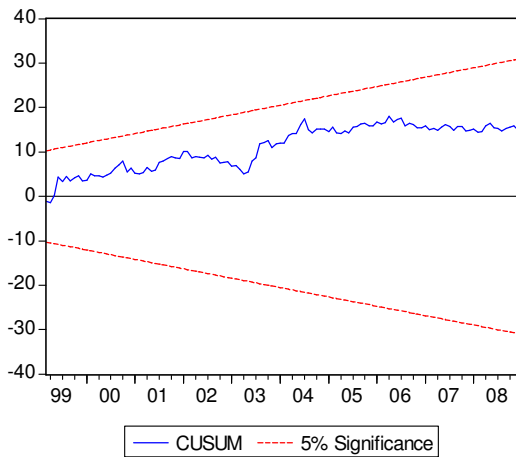
模型 1_因素分數 1



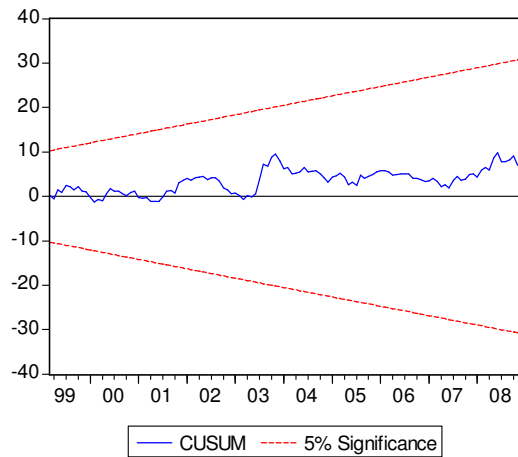
模型 1_因素分數 2



模型 1_因素分數 3

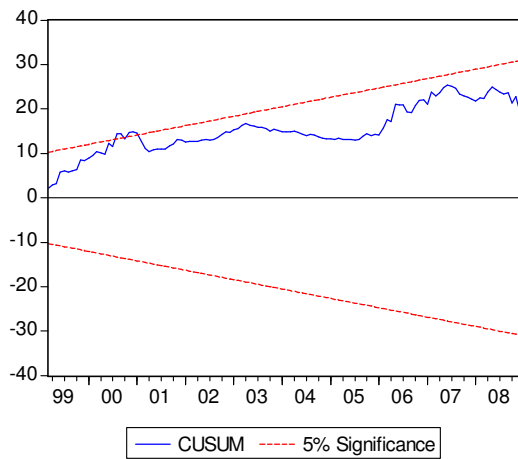


模型 1_因素分數 4

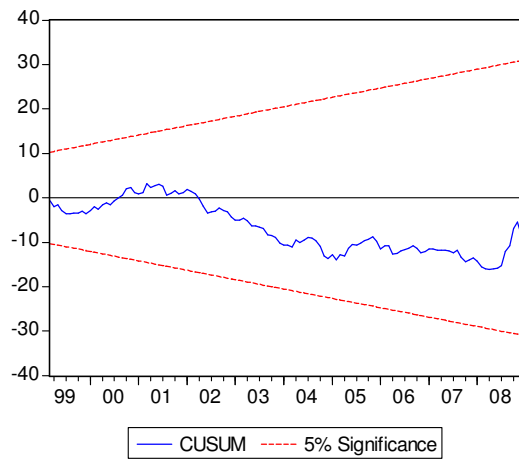


模型 1_因素分數 5

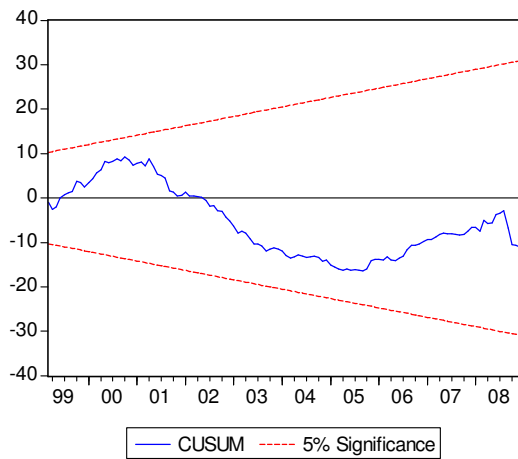
模型 1_因素分數 6



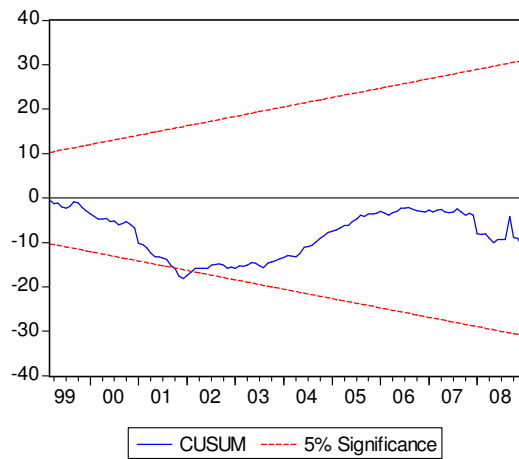
模型 1_因素分數 7



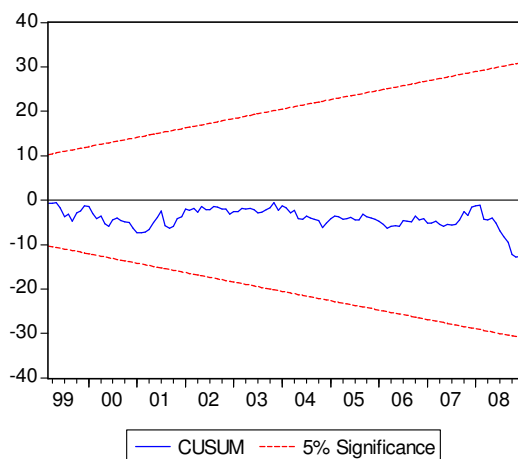
模型 1_因素分數 8



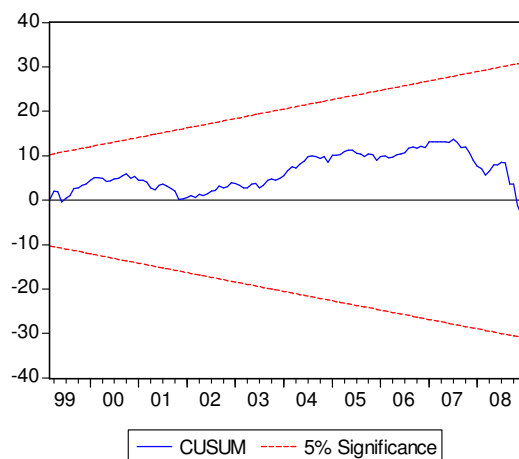
模型 1_因素分數 9



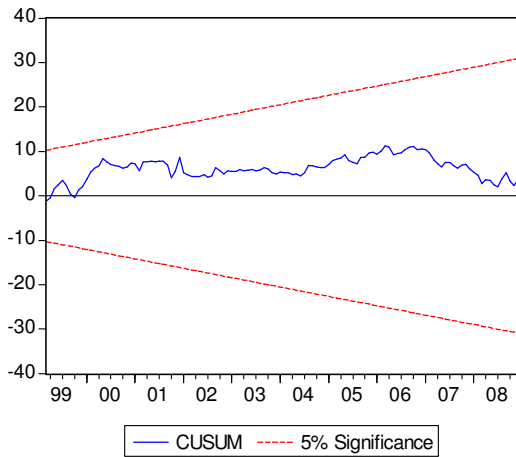
模型 1_因素分數 10



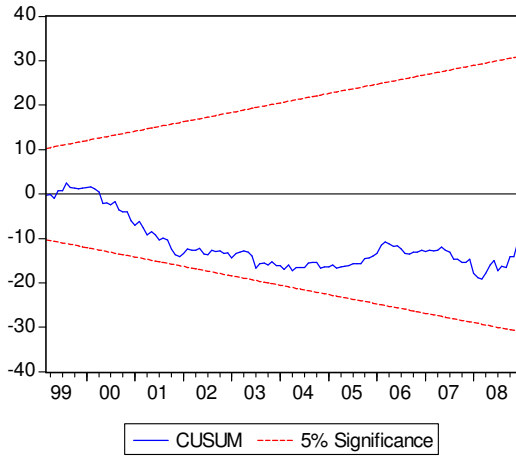
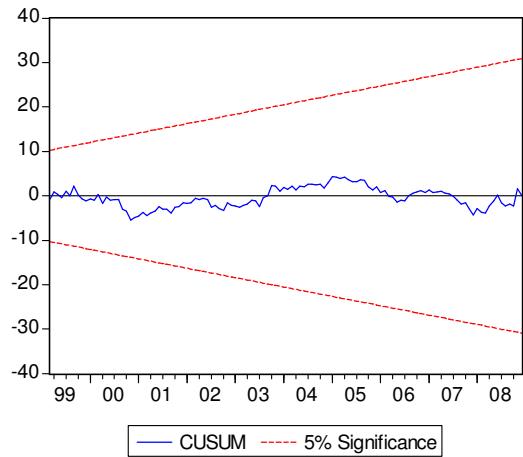
模型 1_因素分數 11



模型 1_因素分數 12

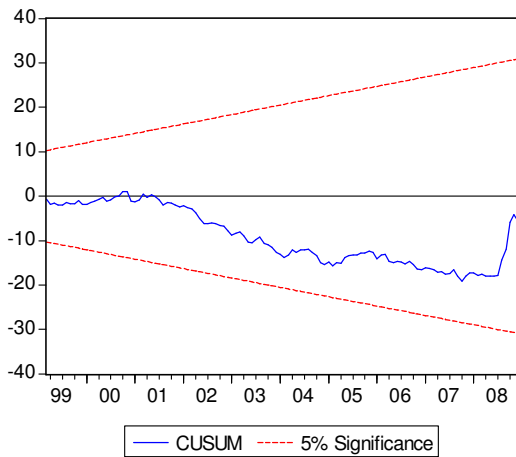


模型 1_因素分數 13

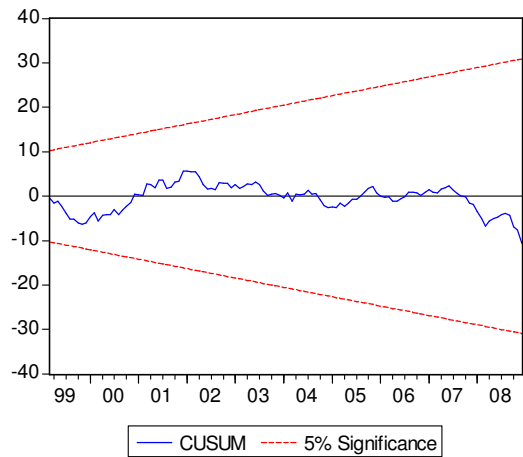


模型 2_匯率_因素分數 1

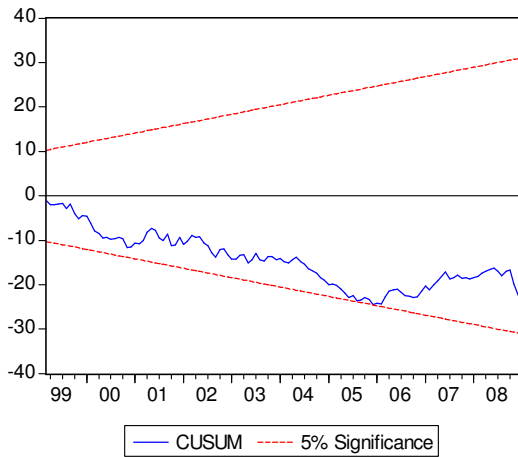
模型 2_匯率_因素分數 1



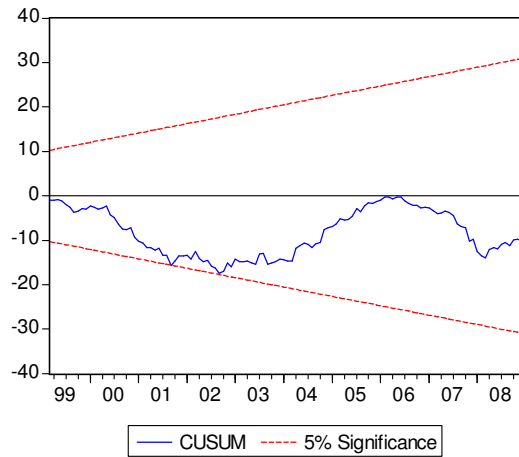
模型 2_利率_因素分數 1



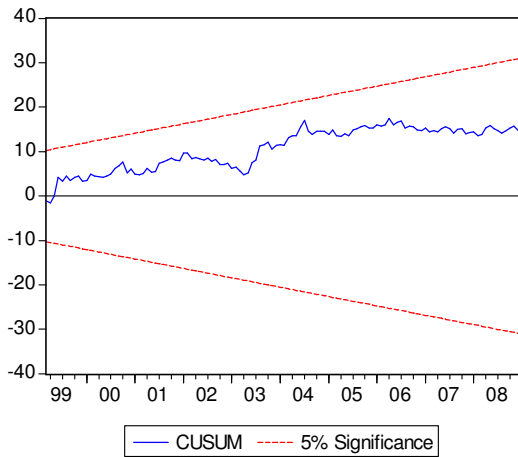
模型 2_利率_因素分數 2



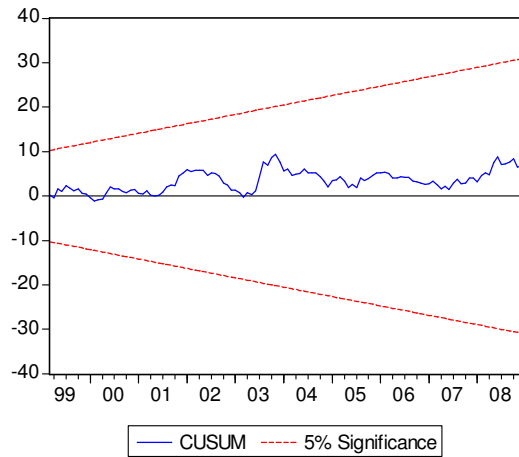
模型 2_利率_因素分數 3



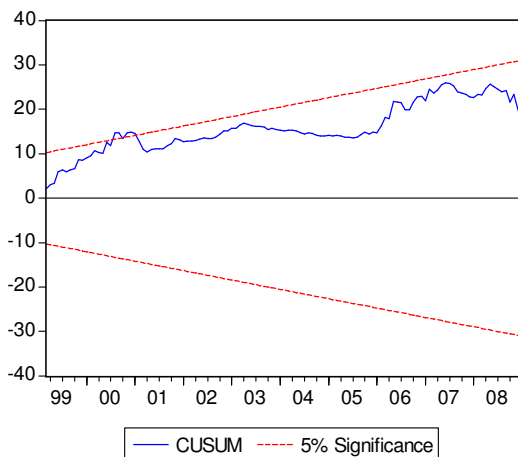
模型 2_利率_因素分數 4



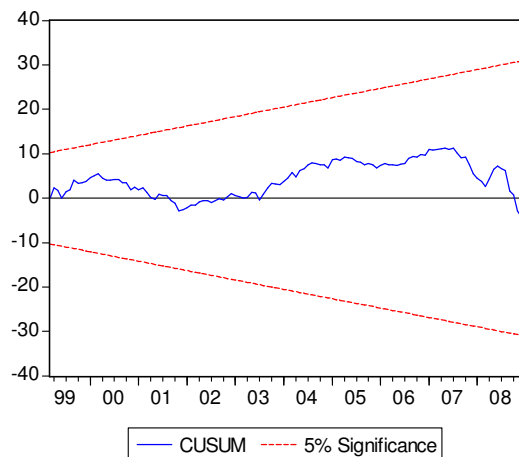
模型 2_利率_因素分數 5



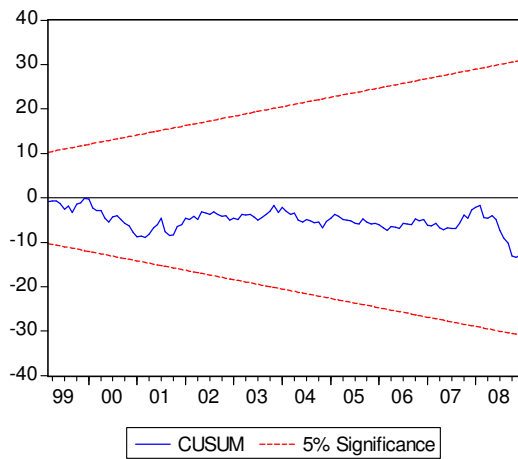
模型 2_利率_因素分數 6



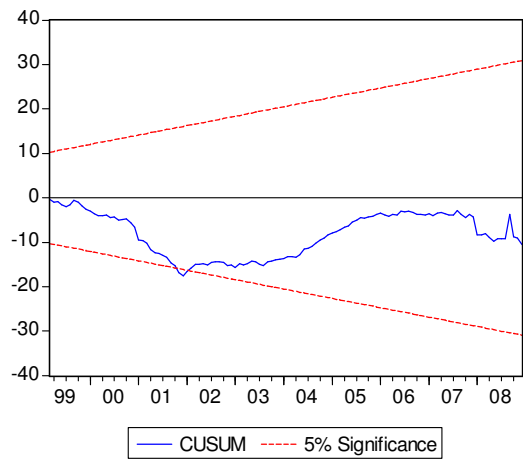
模型 2_利率_因素分數 7



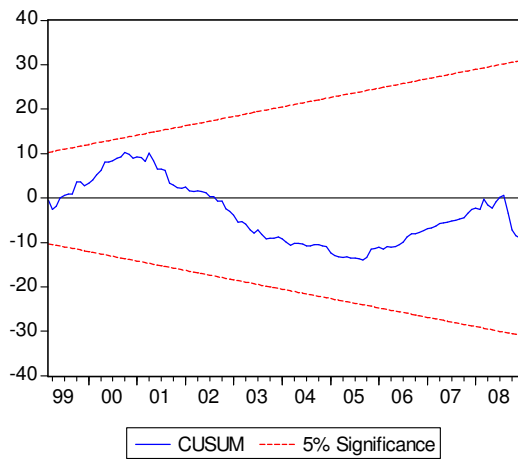
模型 2_利率_因素分數 8



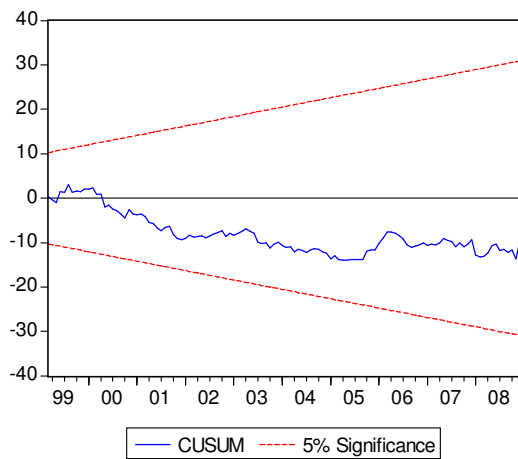
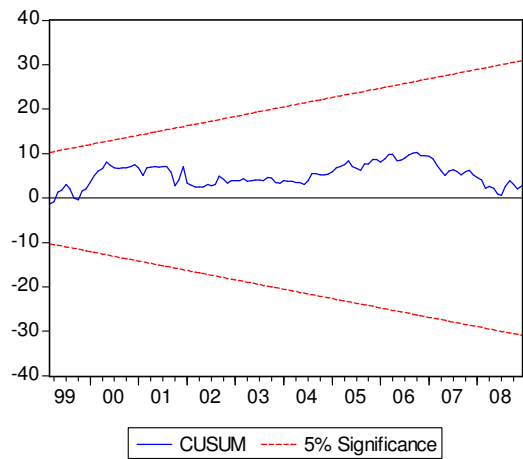
模型 2_利率_因素分數 9



模型 2_利率_因素分數 10

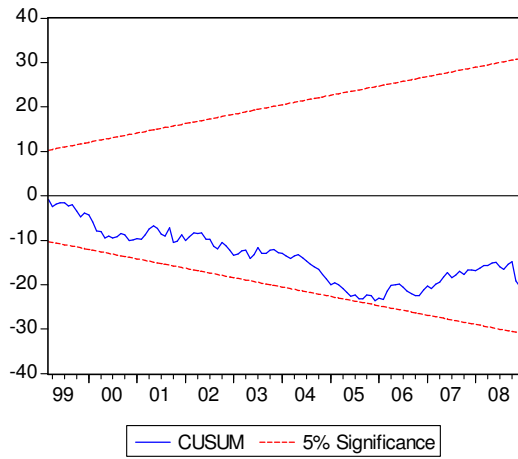


模型 2_利率_因素分數 11

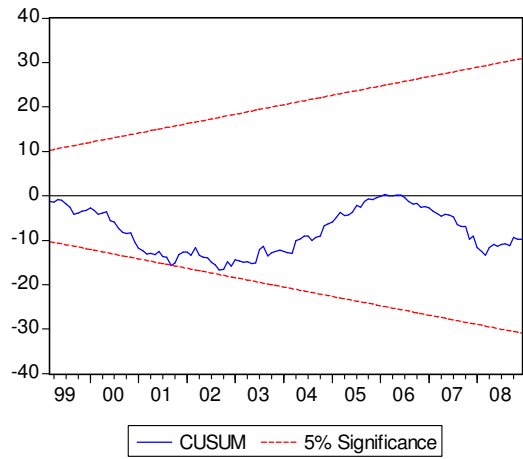


模型 3_西方國家_因素分數 1

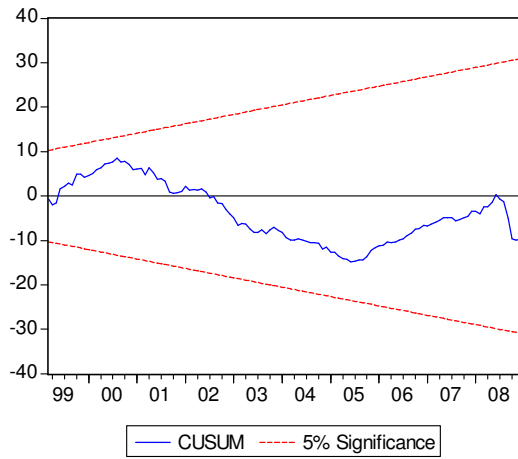
模型 3_西方國家_因素分數 2



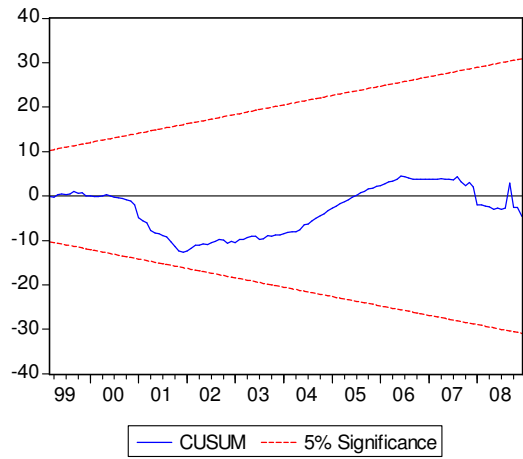
模型 3_西方國家_因素分數 3



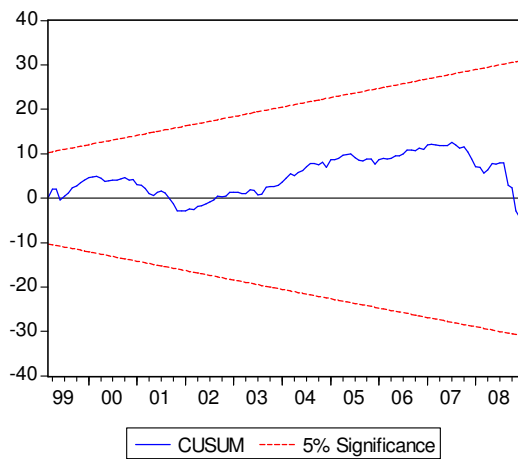
模型 3_西方國家_因素分數 4



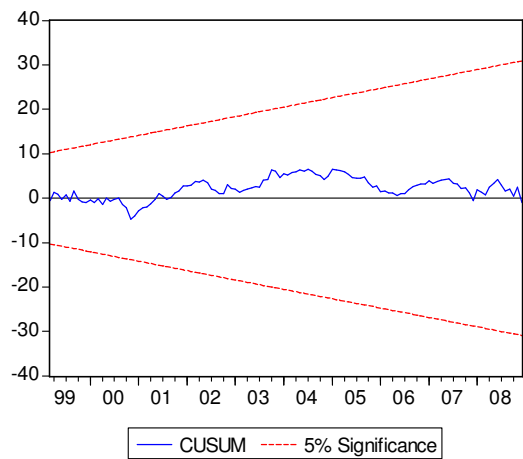
模型 3_西方國家_因素分數 5



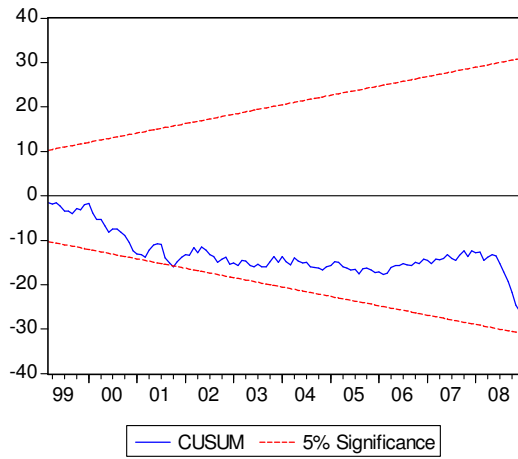
模型 3_西方國家_因素分數 6



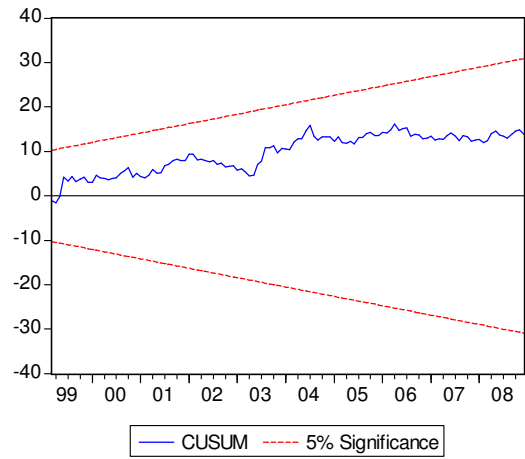
模型 3_亞洲國家_因素分數 1



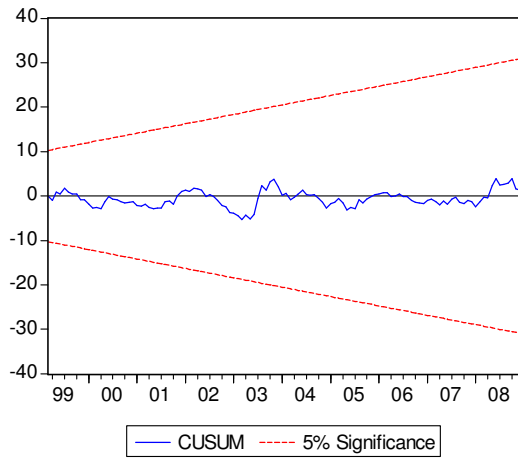
模型 3_亞洲國家_因素分數 2



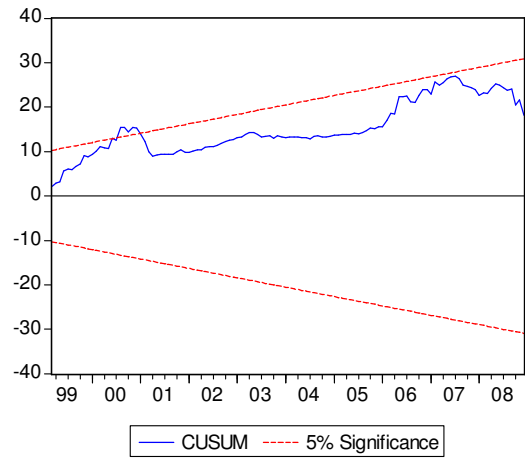
模型 3_亞洲國家 _因素分數 3



模型 3_亞洲國家 _因素分數 4



模型 3_亞洲國家 _因素分數 5



(四)長期平均值的模型設定

本研究以 AR(1)建立長期平均值模型以捕捉利率變數的長期行為。假設模型設定如下：

$$r_t - r_{t-1} = \gamma(r_{t-1} - \bar{r}) + \varepsilon_t$$

其中， r_{t-1} 、 r_t 分別為 $t-1$ 、 t 期的原始利率變數； \bar{r} 為利率的長期平均值； γ 為估計參數，代表著當前一期的利率觀察值對長期平均值的期望值發生偏離時，對當期利率變動的影響程度。

在資料的使用上，由於 1999 年 1 月至 2008 年 12 月的 10 年資料期間稍嫌不足，因此我們拉長各國利率的觀察期間，分別以美元三個月期(1989/3 至 2008/12)、美元 LIBOR 三個月期(1997/4 至 2008/12)、歐元三個月期(1994/12 至 2008/12)、澳幣一年期(1994/12 至 2008/12)、日圓三個月期(1989/4 至 2008/12)、英磅三個月期(1994/12 至 2008/12)以及新加坡幣三個月期(1994/12 至 2008/12)等利率數列建立七大幣別之利率 AR(1)模型。由於資料取得的限制，故各國的利率資料期間較不一致。表 11 為 \bar{r} 與 γ 的估計結果，我們可發現到除了英磅三個月期之外，各國利率 AR(1)模型之 $\hat{\gamma}$ 皆為負值，顯示當前期利率偏離平均值時，下期將會出現拉回的力道。

表十九 利率長期平均 AR(1)模型之參數估計結果

利率變數	\bar{r}	$\hat{\gamma}$
美元三個月期	4.2611	-0.0125
美元 LIBOR 三個月期	4.1310	-0.0151
歐元三個月期	3.5871	-0.0272
澳幣一年期	5.7391	-0.0514
日圓三個月期	1.5979	-0.0067
英磅三個月期	5.1950	0.0175
新加坡幣三個月期	1.6296	-0.1446

四、模擬情境

(一)原始隨機情境模擬模型

隨機情境模擬模型主要是用來產生共 2,000 組匯率與利率的 30 年模擬情境。

所選定的風險因子 $R^{(t)}$ 包含 $R_{FX}^{(t)}$ 與 $\Delta IR^{(t)}$ ，它們與實際匯率與利率的值的關係為：

假設時間 0，匯率的值為 $FX^{(0)}$ 、利率的值為 $IR^{(0)}$

$$R_{FX}^{(t)} = \left(\frac{FX^{(t)} - FX^{(t-1)}}{FX^{(t-1)}} \right)$$

$$\Delta IR^{(t)} = IR^{(t)} - IR^{(t-1)}$$

風險因子 $R^{(t)}$ 模型假設為：

$$R^{(t)} = \begin{pmatrix} R_{FX}^{(t)} \\ \Delta IR^{(t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_{FX}^{(t)} \\ \mu_{IR}^{(t)} \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} \sqrt{S_{11}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sqrt{S_{7070}} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X_{FX}^{(t)} \\ X_{IR}^{(t)} \end{pmatrix}$$

其中， $\begin{pmatrix} \mu_{FX}^{(t)} \\ \mu_{IR}^{(t)} \end{pmatrix}$ 為漂移項(drift)，且 $\mu_{FX}^{(t)} = 0$ ， $\mu_{IR}^{(t)} = \gamma(\bar{r} - IR^{(t-1)})$ 。 γ 為迴轉

係數，各曲線之迴轉係數如表二十所示； \bar{r} 為歷史長期平均值，由短天期利率長期平均與短天期利率初始值 $IR^{(0)}$ 之差距，對 $IR^{(0)}$ 平移後取得，如表二十一所示。利率之漂移項 $\mu_{IR}^{(t)}$ 會使利率具有均數回歸的特性，使利率情境在長期下，會緩慢的向歷史平均 \bar{r} 移動，移動的速度由 γ 決定。

$\sqrt{S_{ii}}$ 為標準差，將原本已標準化參數的結果還原回真實的比例，見表二十二。

$\begin{pmatrix} X_{FX}^{(t)} \\ X_{IR}^{(t)} \end{pmatrix}$ 為隨機項，為使模擬更有效率，並使模擬的結果更接近真實的情

況，本研究針對隨機項以下述三種不同的模型進行模擬，分述如下：

模型一：

$$\begin{pmatrix} X_{FX}^{(t)} \\ X_{IR}^{(t)} \end{pmatrix} = X = \underset{(70 \times 1)}{L} \underset{(70 \times m)}{F} + \underset{(70 \times 1)}{\varepsilon}$$

其中

$$1. \quad F \sim N(0, I_m)$$

$$2. \quad \varepsilon \sim N(0, \Psi), \text{ where } \Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Psi_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \Psi_{70} \end{bmatrix}$$

$$3. \quad COV(\varepsilon, F) = COV(\varepsilon F') = \mathbf{0}_{(70 \times m)}$$

4. L 與 Ψ 之實際值如表二十三

5. m 為 F 之總數目

$$X \text{ 之共變異數 } \Sigma_x \cong \underset{(70 \times 70)}{L} \underset{(70 \times m)}{L'} + \underset{(70 \times 70)}{\Psi}$$

以隨機的方式抽取 F 與 ε 360 次之後，即可得 $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots, X^{(360)}$ ，此處 $X^{(t)}$ 即代表模擬第 t 期時所使用的隨機項。

模型二：

此模型假設如下：

$$\begin{pmatrix} X_{FX}^{(t)} \\ X_{IR}^{(t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{FX} & 0 \\ 0 & L_{IR} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{FX} \\ F_{IR} \end{pmatrix} + \varepsilon_{(70 \times 1)}$$

其中

$$1. \quad F_{FX} \sim N(0, I_{m1}), \quad F_{IR} \sim N(0, I_{m2})$$

$$2. \quad \varepsilon \sim N(0, \Psi), \text{ where } \Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Psi_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \Psi_{70} \end{bmatrix}$$

$$3. \quad COV(\varepsilon_{FX}, F_{FX}) = COV(\varepsilon_{IR}, F_{IR}) = 0$$

4. L_{FX} 、 L_{IR} 、 Ψ_{FX} 、 Ψ_{IR} 見表二十四、二十五。

$$5. \quad \Sigma_F = \begin{bmatrix} I_{m1} & \Sigma_{F_{FX}, F_{IR}} \\ \Sigma_{F_{IR}, F_{FX}} & I_{m2} \end{bmatrix}$$

6. $COV(F_{FX}, F_{IR}) = \Sigma_F$ ，見表二十六。

$$X_{FX} \text{ 之共變異數 } \Sigma_{FX} \cong \underset{(7 \times 7)}{L_{FX}} \underset{(7 \times m1)}{L_{FX}'} + \underset{(7 \times 7)}{\Psi_{FX}}$$

$$X_{IR} \text{ 之共變異數 } \Sigma_{IR} \cong \underset{(63 \times 63)}{L_{IR}} \underset{(63 \times m2)}{L_{IR}'} + \underset{(63 \times 63)}{\Psi_{IR}}$$

由上述模型抽取 F_{FX} 、 F_{IR} 、 ε_{FX} 與 ε_{IR} 360 次即可得 $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots, X^{(360)}$ ，此處 $X^{(t)}$ 即

代表模擬第 t 期時所使用的隨機項。

模型三：

此模型假設 $X_{IR} = \begin{pmatrix} X_{WST} \\ X_{ASIAN} \end{pmatrix}$ 則：

$$\begin{pmatrix} X_{FX} \\ X_{WST} \\ X_{ASIAN} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{FX} & 0 & 0 \\ 0 & L_{WST} & 0 \\ 0 & 0 & L_{ASIAN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{FX} \\ F_{WST} \\ F_{ASIAN} \end{pmatrix} + \varepsilon$$

其中

$$1. \quad F_{FX} \sim N(0, I_{m1}), \quad F_{WST} \sim N(0, I_{m2}), \quad F_{ASIAN} \sim N(0, I_{m3})$$

$$2. \quad \varepsilon \sim N(0, \Psi), \text{ where } \Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Psi_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \Psi_{70} \end{bmatrix}$$

$$3. \quad COV(\varepsilon_{FX}, F_{FX}) = COV(\varepsilon_{WST}, F_{WST}) = COV(\varepsilon_{ASIAN}, F_{ASIAN}) = 0$$

$$4. \quad L_{FX}, L_{WST}, L_{ASIAN}, \Psi_{FX}, \Psi_{WST}, \Psi_{ASIAN}, \text{ 見表二十四、二十七、二十八。}$$

$$5. \quad \Sigma_F = \begin{bmatrix} I_7 & \Sigma_{F_{FX}, F_{WST}} & \Sigma_{F_{FX}, F_{ASIAN}} \\ \Sigma_{F_{WST}, F_{FX}} & I_{38} & \Sigma_{F_{WST}, F_{ASIAN}} \\ \Sigma_{F_{ASIAN}, F_{FX}} & \Sigma_{F_{ASIAN}, F_{WST}} & I_{25} \end{bmatrix}$$

$$6. \quad COV(F_{FX}, F_{WST}) = \Sigma_{F_{FX}, F_{WST}}, \text{ 見表二十九}$$

$$7. \quad COV(F_{FX}, F_{ASIAN}) = \Sigma_{F_{FX}, F_{ASIAN}}, \text{ 見表三十。}$$

$$8. \quad COV(F_{WST}, F_{ASIAN}) = \Sigma_{F_{WST}, F_{ASIAN}}, \text{ 見表三十一。}$$

$$X_{FX} \text{ 之共變異數 } \Sigma_{FX} \cong L_{FX} L_{FX}' + \Psi_{FX}$$

$$X_{WST} \text{ 之共變異數 } \Sigma_{WST} \cong L_{WST} L_{WST}' + \Psi_{WST}$$

$$X_{ASIAN} \text{ 之共變異數 } \Sigma_{ASIAN} \cong L_{ASIAN} L_{ASIAN}' + \Psi_{ASIAN}$$

由上述模型抽取 $F_{FX}, F_{WST}, F_{ASIAN}, \varepsilon_{FX}, \varepsilon_{WST}, \varepsilon_{ASIAN}$ 360 次即可得 $X_{FX}^{(1)}, X_{FX}^{(2)}, \dots, X_{FX}^{(360)}$ 、

$X_{WST}^{(1)}, X_{WST}^{(2)}, \dots, X_{WST}^{(360)}$ 、 $X_{ASIAN}^{(1)}, X_{ASIAN}^{(2)}, \dots, X_{ASIAN}^{(360)}$ ，此處 $X_{FX}^{(t)}, X_{WST}^{(t)}, X_{ASIAN}^{(t)}$ 即代表模擬第

t 期時所使用的隨機項，此處 $\mathbf{X}^{(t)}$ 即代表模擬第 t 期時所使用的隨機項。

表二十 迴轉系數 γ

IR	USD	JPY	EUR	AUD	GBP	SGD	USD-LIB
γ	0.01	0.01	0.03	0.05	0	0.14	0.02

表二十一 歷史長期平均 \bar{r}

	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
USD LIBOR	4.13	5.43	5.25	5.25	5.45	5.74	6.13	6.35	6.55	-	-	-
USD	-	4.26	4.45	4.55	4.96	-	5.76	-	6.47	-	-	7.01
EUR	-	3.59	3.64	3.59	3.61	3.79	4.23	4.65	4.86	5.75	5.78	5.41
AUD	-	-	-	5.74	5.82	6.15	6.47	-	6.99	7.02	-	-
JPY	-	1.60	1.63	1.73	1.77	1.86	2.08	2.19	2.59	2.99	3.16	3.19
GBP	-	5.19	5.19	5.26	6.31	6.91	7.31	7.67	7.87	8.64	8.83	8.41
SGD	-	1.63	-	1.83	1.98	-	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75	-

表二十二 標準差

FX	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW					
	1.271	2.893	3.698	2.748	2.483	1.408	3.113					
IR	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
USD LIBOR	0.589	0.396	0.331	0.29	0.324	0.336	0.335	0.326	0.316	-	-	-
USD	-	0.281	0.272	0.264	0.311	-	0.323	-	0.297	-	-	0.256
EUR	-	0.207	0.202	0.221	0.25	0.245	0.262	0.211	0.193	0.179	0.179	0.175
AUD	-	-	-	0.272	0.291	0.295	0.275	-	0.26	0.263	-	-
JPY	-	0.06	0.053	0.062	0.087	0.108	0.128	0.15	0.141	0.154	0.16	0.204
GBP	-	0.299	0.289	0.275	0.275	0.257	0.241	0.231	0.215	0.183	0.167	0.161
SGD	-	0.301	-	0.258	0.208	-	0.253	0.248	0.251	0.267	0.26	-

表二十三 模型一之L與 Ψ

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	Ψ
TWD	-0.04	-0.10	-0.07	0.08	-0.04	0.73	-0.07	0.11	0.07	-0.02	0.09	-0.03	0.01	0.422
EUR	0.12	0.21	0.12	0.00	-0.03	0.81	-0.07	-0.06	0.13	0.04	-0.02	0.00	0.12	0.223
AUD	0.03	-0.02	0.05	0.08	-0.13	0.78	-0.04	-0.04	-0.30	-0.06	0.06	-0.18	0.05	0.23
JPY	0.15	0.26	0.03	-0.11	0.01	0.41	0.12	0.05	0.28	0.18	0.24	-0.12	-0.21	0.484
GBP	-0.17	0.22	0.04	0.05	-0.13	0.63	0.04	-0.25	0.00	-0.36	0.01	-0.06	0.31	0.216

SGD	0.10	0.10	-0.01	0.00	0.02	0.84	-0.05	0.02	-0.05	0.00	0.04	0.09	-0.20	0.219
KRW	0.13	-0.15	-0.07	0.14	0.06	0.72	-0.10	0.02	-0.23	-0.20	-0.04	0.17	-0.09	0.278
USD.LIB.SPT	-0.12	0.03	0.00	-0.01	0.32	-0.08	0.16	0.80	0.07	-0.13	0.21	0.05	-0.12	0.126
USD.LIB.3M	0.07	0.14	0.03	0.10	0.21	0.01	0.02	0.89	-0.02	0.05	0.19	-0.05	0.00	0.091
USD.LIB.6M	0.07	0.33	0.06	0.09	0.20	0.05	0.09	0.85	0.03	0.13	0.20	0.01	0.04	0.036
USD.LIB.1Y	0.22	0.54	0.11	0.09	0.14	0.10	0.11	0.63	0.07	0.22	0.12	0.07	0.12	0.11
USD.LIB.2Y	0.39	0.74	0.09	0.18	0.09	0.06	0.17	0.33	0.15	0.12	0.17	0.14	0.03	0.039
USD.LIB.3Y	0.46	0.76	0.09	0.21	0.05	0.07	0.16	0.22	0.14	0.09	0.15	0.10	-0.03	0.028
USD.LIB.5Y	0.52	0.76	0.08	0.23	0.03	0.10	0.15	0.10	0.12	0.08	0.10	0.01	-0.09	0.021
USD.LIB.7Y	0.57	0.72	0.08	0.22	0.00	0.11	0.13	0.05	0.11	0.08	0.08	-0.05	-0.12	0.03
USD.LIB.10Y	0.61	0.67	0.07	0.20	-0.04	0.08	0.12	0.02	0.10	0.07	0.07	-0.12	-0.15	0.055
USD.3M	-0.13	0.43	0.13	0.07	0.08	-0.13	0.18	0.33	0.22	0.45	0.11	-0.05	0.38	0.204
USD.6M	-0.02	0.53	0.13	0.10	0.07	-0.09	0.23	0.46	0.22	0.35	0.13	-0.01	0.35	0.111
USD.1Y	0.14	0.66	0.12	0.12	0.11	0.00	0.21	0.39	0.22	0.33	0.08	0.07	0.26	0.076
USD.2Y	0.32	0.79	0.09	0.15	0.02	0.01	0.19	0.17	0.23	0.17	0.08	0.10	0.16	0.064
USD.5Y	0.51	0.77	0.10	0.19	-0.04	0.04	0.13	0.05	0.19	0.08	0.03	0.01	0.01	0.043
USD.10Y	0.66	0.64	0.10	0.19	-0.04	0.08	0.06	-0.01	0.15	0.05	0.00	-0.13	-0.13	0.048
USD.30Y	0.73	0.31	0.09	0.14	0.05	0.01	0.02	-0.05	0.07	0.08	0.00	-0.29	-0.30	0.158
EUR.3M	-0.05	0.12	0.06	0.04	0.15	-0.10	0.76	-0.06	0.08	0.43	0.03	0.02	-0.09	0.169
EUR.6M	0.05	0.18	0.05	0.13	0.16	-0.11	0.78	0.25	0.20	0.29	0.07	-0.05	-0.05	0.106
EUR.1Y	0.26	0.33	0.10	0.17	0.11	-0.15	0.75	0.21	0.21	0.21	0.06	0.05	0.09	0.045
EUR.2Y	0.43	0.42	0.15	0.21	0.13	-0.07	0.62	0.14	0.25	0.07	0.02	0.13	0.13	0.044
EUR.3Y	0.53	0.42	0.14	0.25	0.09	-0.07	0.56	0.11	0.23	0.05	0.02	0.08	0.16	0.041
EUR.5Y	0.59	0.36	0.26	0.17	0.12	-0.04	0.44	0.08	0.22	-0.08	0.05	-0.01	0.17	0.122
EUR.7Y	0.75	0.36	0.12	0.23	0.05	-0.02	0.35	0.06	0.16	0.01	0.05	-0.02	0.19	0.044
EUR.10Y	0.85	0.27	0.10	0.21	0.02	0.00	0.22	0.03	0.12	0.06	0.05	-0.09	0.17	0.04
EUR.15Y	0.90	0.14	0.07	0.21	-0.04	-0.01	0.12	0.03	0.05	0.02	0.06	-0.20	0.15	0.032
EUR.20Y	0.90	0.03	0.06	0.14	-0.05	0.01	0.02	0.05	0.06	0.02	0.05	-0.26	0.16	0.067
EUR.30Y	0.88	0.03	0.06	0.11	0.00	-0.08	0.04	0.11	0.06	0.03	0.07	-0.29	0.07	0.09
AUD.1Y	0.31	0.22	0.04	0.19	0.08	-0.26	0.24	0.08	0.68	0.32	0.07	0.02	0.06	0.116
AUD.2Y	0.39	0.28	0.12	0.21	0.06	-0.11	0.24	0.09	0.74	0.21	0.03	0.06	0.04	0.037
AUD.3Y	0.44	0.31	0.14	0.21	0.03	-0.05	0.21	0.05	0.74	0.14	0.04	0.05	0.05	0.026
AUD.5Y	0.55	0.33	0.16	0.19	0.01	-0.02	0.20	0.03	0.68	0.08	0.01	0.02	0.01	0.021
AUD.10Y	0.70	0.32	0.15	0.14	0.00	0.02	0.14	0.00	0.52	-0.01	-0.03	0.01	-0.08	0.069
AUD.15Y	0.72	0.32	0.16	0.14	-0.01	0.06	0.12	-0.01	0.48	0.00	-0.05	-0.01	-0.10	0.081
JPY.3M	-0.08	-0.07	0.10	-0.02	0.83	0.07	0.16	0.21	0.05	0.11	-0.07	0.03	-0.15	0.175
JPY.6M	-0.01	-0.03	0.14	0.04	0.89	-0.05	0.10	0.21	0.03	0.14	-0.04	0.00	-0.14	0.095

JPY.1Y	0.03	0.04	0.25	0.05	0.90	-0.09	0.05	0.18	0.01	0.02	0.02	0.01	0.06	0.072
JPY.2Y	-0.01	0.10	0.42	0.05	0.84	-0.08	0.06	0.07	-0.01	0.00	0.09	-0.01	0.16	0.069
JPY.3Y	0.00	0.13	0.57	0.02	0.73	-0.07	0.04	0.07	0.02	-0.06	0.13	0.03	0.16	0.071
JPY.5Y	0.04	0.16	0.75	0.10	0.51	-0.08	0.03	0.00	0.06	-0.03	0.12	0.02	0.24	0.059
JPY.7Y	0.08	0.13	0.81	0.16	0.35	-0.10	0.00	0.02	0.10	-0.03	0.11	-0.02	0.24	0.081
JPY.10Y	0.15	0.12	0.89	0.18	0.22	0.01	0.02	-0.03	0.08	0.01	0.07	-0.04	0.14	0.063
JPY.15Y	0.17	0.11	0.91	0.13	0.19	0.07	0.01	0.04	0.09	0.01	0.01	0.03	-0.01	0.069
JPY.20Y	0.15	0.01	0.90	0.12	0.14	0.04	0.10	0.05	0.04	-0.01	0.02	-0.04	-0.16	0.083
JPY.30Y	0.14	-0.01	0.85	0.08	0.00	0.06	0.15	0.10	0.01	0.07	-0.05	0.10	-0.27	0.124
GBP.3M	0.19	0.14	-0.04	0.12	0.05	-0.10	0.23	0.05	0.08	0.86	0.08	-0.05	0.02	0.112
GBP.6M	0.27	0.22	-0.04	0.11	0.06	-0.11	0.26	0.04	0.16	0.82	0.10	0.07	-0.01	0.068
GBP.1Y	0.40	0.26	0.04	0.09	0.16	-0.12	0.31	0.10	0.25	0.61	0.06	0.30	-0.07	0.084
GBP.2Y	0.55	0.34	0.10	0.14	0.16	-0.11	0.24	0.08	0.25	0.34	0.07	0.44	-0.01	0.085
GBP.3Y	0.63	0.35	0.13	0.18	0.11	-0.08	0.21	0.05	0.24	0.27	0.07	0.42	0.03	0.061
GBP.5Y	0.75	0.31	0.14	0.18	0.06	-0.04	0.14	0.05	0.19	0.23	0.04	0.37	0.03	0.039
GBP.7Y	0.82	0.27	0.13	0.17	0.02	0.01	0.06	0.01	0.15	0.22	0.04	0.31	0.03	0.037
GBP.10Y	0.88	0.20	0.11	0.15	0.00	0.06	0.01	0.00	0.10	0.19	0.02	0.24	-0.04	0.046
GBP.15Y	0.89	0.15	0.08	0.13	-0.02	0.13	-0.02	-0.02	0.04	0.11	0.02	0.24	-0.08	0.066
GBP.20Y	0.88	0.08	0.02	0.09	-0.03	0.16	-0.08	-0.03	0.00	0.06	0.01	0.19	-0.12	0.121
GBP.30Y	0.83	0.01	-0.04	0.00	-0.06	0.09	-0.12	0.03	0.05	0.02	0.07	0.12	-0.16	0.237
SGD.3M	0.06	0.03	0.03	0.12	0.03	0.03	-0.04	0.24	-0.01	0.06	0.88	0.06	-0.04	0.132
SGD.1Y	0.06	0.11	0.07	0.16	0.01	0.09	0.07	0.20	0.00	0.07	0.89	-0.01	0.01	0.1
SGD.2Y	0.12	0.27	0.12	0.37	0.03	0.12	0.11	0.15	0.09	0.09	0.74	-0.04	0.11	0.13
SGD.5Y	0.25	0.27	0.16	0.74	0.07	0.07	0.15	0.14	0.15	0.04	0.33	0.01	0.08	0.112
SGD.7Y	0.30	0.28	0.21	0.77	0.07	0.09	0.13	0.12	0.14	0.08	0.23	0.04	0.02	0.074
SGD.10Y	0.32	0.22	0.20	0.82	0.07	0.05	0.09	0.08	0.14	0.11	0.18	0.02	-0.02	0.049
SGD.15Y	0.35	0.14	0.15	0.86	0.00	0.07	0.08	0.02	0.09	0.08	0.06	0.01	0.00	0.072
SGD.20Y	0.34	0.13	0.15	0.87	0.02	0.08	0.08	-0.01	0.08	0.07	0.05	0.02	-0.01	0.06

表 二十四 FX 之 L 與 Ψ

	F1	F2	Ψ
TWD	0.55	0.50	0.454
EUR	0.80	0.25	0.303
AUD	0.86	0.09	0.252
JPY	0.00	0.92	0.155
GBP	0.80	-0.07	0.364

SGD	0.68	0.54	0.253
KRW	0.67	0.29	0.464

表 二十五 IR 之 L 與 Ψ

	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	Ψ
USD.LIB.SPT	-0.12	0.02	0.00	-0.01	0.33	-0.08	0.08	0.82	0.15	0.18	-0.07	0.13
USD.LIB.3M	0.07	0.15	0.03	0.10	0.20	0.05	-0.02	0.90	0.03	0.19	0.02	0.081
USD.LIB.6M	0.06	0.35	0.06	0.09	0.19	0.14	0.03	0.85	0.07	0.20	0.03	0.032
USD.LIB.1Y	0.20	0.58	0.12	0.10	0.13	0.25	0.07	0.62	0.04	0.12	0.05	0.117
USD.LIB.2Y	0.37	0.75	0.10	0.19	0.09	0.19	0.17	0.31	0.11	0.16	-0.03	0.043
USD.LIB.3Y	0.45	0.77	0.09	0.22	0.06	0.15	0.16	0.20	0.11	0.15	-0.05	0.031
USD.LIB.5Y	0.52	0.76	0.07	0.24	0.03	0.09	0.13	0.08	0.13	0.11	-0.08	0.026
USD.LIB.7Y	0.57	0.72	0.07	0.23	0.00	0.06	0.11	0.03	0.13	0.10	-0.08	0.046
USD.LIB.10Y	0.61	0.66	0.06	0.21	-0.04	0.03	0.10	0.00	0.15	0.09	-0.06	0.087
USD.3M	-0.19	0.46	0.13	0.04	0.08	0.46	0.22	0.29	0.16	0.13	0.30	0.243
USD.6M	-0.07	0.57	0.14	0.08	0.07	0.39	0.23	0.43	0.19	0.15	0.27	0.131
USD.1Y	0.10	0.70	0.12	0.10	0.10	0.38	0.24	0.35	0.15	0.10	0.15	0.083
USD.2Y	0.29	0.80	0.10	0.15	0.02	0.25	0.26	0.15	0.12	0.07	0.09	0.065
USD.5Y	0.50	0.77	0.10	0.20	-0.04	0.11	0.20	0.03	0.11	0.03	0.01	0.048
USD.10Y	0.66	0.64	0.08	0.19	-0.04	0.01	0.16	-0.03	0.09	0.03	-0.04	0.084
USD.30Y	0.74	0.28	0.06	0.13	0.04	-0.04	0.07	-0.08	0.14	0.04	-0.09	0.304
EUR.3M	-0.06	0.14	0.06	0.02	0.16	0.44	0.11	-0.08	0.77	0.05	-0.11	0.14
EUR.6M	0.03	0.19	0.04	0.12	0.17	0.31	0.23	0.25	0.77	0.07	0.00	0.104
EUR.1Y	0.23	0.34	0.10	0.17	0.12	0.32	0.27	0.22	0.69	0.03	0.10	0.064
EUR.2Y	0.40	0.44	0.16	0.22	0.13	0.21	0.31	0.15	0.53	-0.02	0.11	0.097
EUR.3Y	0.50	0.44	0.15	0.26	0.09	0.18	0.29	0.12	0.47	-0.02	0.17	0.078
EUR.5Y	0.57	0.38	0.27	0.20	0.12	0.02	0.27	0.09	0.38	0.01	0.22	0.141
EUR.7Y	0.72	0.38	0.13	0.24	0.05	0.10	0.21	0.06	0.29	0.03	0.24	0.054
EUR.10Y	0.82	0.29	0.11	0.22	0.01	0.10	0.17	0.02	0.19	0.04	0.25	0.039
EUR.15Y	0.88	0.16	0.07	0.21	-0.05	0.02	0.09	0.02	0.13	0.06	0.28	0.04
EUR.20Y	0.88	0.04	0.06	0.15	-0.07	0.00	0.08	0.05	0.06	0.05	0.32	0.084
EUR.30Y	0.87	0.03	0.05	0.11	-0.01	-0.01	0.08	0.10	0.10	0.08	0.26	0.131
AUD.1Y	0.26	0.19	0.03	0.17	0.08	0.38	0.71	0.08	0.23	0.06	0.08	0.14
AUD.2Y	0.35	0.27	0.11	0.19	0.06	0.26	0.78	0.08	0.20	0.03	0.02	0.033
AUD.3Y	0.40	0.32	0.14	0.20	0.03	0.18	0.77	0.04	0.17	0.05	0.02	0.023
AUD.5Y	0.51	0.34	0.16	0.18	0.01	0.11	0.71	0.02	0.17	0.02	0.01	0.02

AUD.10Y	0.68	0.34	0.15	0.13	0.00	0.00	0.55	-0.02	0.12	-0.01	-0.05	0.067
AUD.15Y	0.70	0.33	0.15	0.13	-0.01	-0.01	0.51	-0.03	0.11	-0.02	-0.07	0.081
JPY.3M	-0.07	-0.04	0.10	-0.02	0.83	0.07	0.03	0.19	0.17	-0.04	-0.18	0.19
JPY.6M	-0.01	-0.02	0.14	0.03	0.89	0.11	0.03	0.19	0.13	0.00	-0.13	0.103
JPY.1Y	0.02	0.05	0.26	0.04	0.90	0.05	0.03	0.18	0.04	0.02	0.07	0.075
JPY.2Y	-0.02	0.09	0.42	0.06	0.83	0.05	0.01	0.09	0.03	0.06	0.19	0.07
JPY.3Y	-0.01	0.12	0.58	0.03	0.72	0.01	0.03	0.09	-0.01	0.08	0.19	0.077
JPY.5Y	0.02	0.15	0.76	0.11	0.50	0.05	0.09	0.02	-0.02	0.07	0.25	0.058
JPY.7Y	0.06	0.12	0.82	0.17	0.34	0.03	0.13	0.04	-0.04	0.07	0.27	0.076
JPY.10Y	0.13	0.13	0.89	0.18	0.21	0.03	0.09	-0.03	0.00	0.07	0.14	0.062
JPY.15Y	0.17	0.13	0.91	0.13	0.18	0.01	0.10	0.03	0.00	0.02	-0.04	0.071
JPY.20Y	0.16	0.01	0.89	0.12	0.14	-0.05	0.03	0.04	0.14	0.05	-0.16	0.089
JPY.30Y	0.15	0.00	0.85	0.08	0.01	0.05	0.00	0.09	0.17	-0.02	-0.33	0.11
GBP.3M	0.16	0.12	-0.05	0.13	0.03	0.82	0.05	0.05	0.24	0.07	0.07	0.191
GBP.6M	0.24	0.20	-0.05	0.11	0.05	0.83	0.15	0.03	0.25	0.10	0.01	0.109
GBP.1Y	0.38	0.24	0.04	0.08	0.17	0.71	0.29	0.10	0.25	0.04	-0.14	0.084
GBP.2Y	0.52	0.33	0.11	0.14	0.17	0.52	0.32	0.08	0.13	0.04	-0.14	0.144
GBP.3Y	0.60	0.35	0.14	0.17	0.13	0.45	0.32	0.05	0.10	0.03	-0.10	0.127
GBP.5Y	0.72	0.31	0.15	0.18	0.07	0.39	0.26	0.05	0.04	0.01	-0.08	0.093
GBP.7Y	0.79	0.28	0.14	0.18	0.02	0.35	0.21	0.01	-0.03	0.02	-0.08	0.067
GBP.10Y	0.87	0.21	0.12	0.16	0.00	0.27	0.14	0.00	-0.05	0.02	-0.11	0.057
GBP.15Y	0.89	0.16	0.09	0.14	-0.02	0.18	0.07	-0.02	-0.08	0.02	-0.18	0.075
GBP.20Y	0.89	0.09	0.03	0.11	-0.03	0.11	0.02	-0.02	-0.11	0.01	-0.20	0.12
GBP.30Y	0.85	-0.01	-0.04	0.03	-0.05	0.05	0.04	0.06	-0.13	0.05	-0.19	0.211
SGD.3M	0.07	0.03	0.04	0.10	0.04	0.08	0.00	0.23	-0.03	0.90	-0.05	0.116
SGD.1Y	0.06	0.13	0.07	0.16	0.01	0.07	0.01	0.19	0.07	0.91	0.02	0.082
SGD.2Y	0.11	0.29	0.12	0.38	0.03	0.09	0.09	0.14	0.08	0.75	0.10	0.13
SGD.5Y	0.22	0.28	0.16	0.74	0.07	0.08	0.18	0.14	0.10	0.32	0.09	0.112
SGD.7Y	0.28	0.28	0.21	0.79	0.06	0.12	0.15	0.13	0.09	0.22	0.01	0.068
SGD.10Y	0.31	0.22	0.19	0.84	0.06	0.13	0.15	0.09	0.07	0.17	0.00	0.042
SGD.15Y	0.34	0.15	0.15	0.86	-0.01	0.09	0.10	0.02	0.07	0.06	0.00	0.071
SGD.20Y	0.33	0.13	0.15	0.87	0.02	0.08	0.10	-0.02	0.07	0.06	-0.02	0.063

表二十六

	F1	F2
F3	0.014	0.208

F4	0.118	0.181
F5	0.041	-0.025
F6	0.154	0.011
F7	-0.12	0.029
F8	-0.313	0.108
F9	-0.253	0.078
F10	-0.095	0.134
F11	-0.168	0.028
F12	0.051	0.163
F13	-0.126	-0.194

表二十七 西方國家之L與 Ψ

	F3	F4	F5	F6	F7	F8	Ψ
USD.LIB.SPT	-0.14	-0.03	0.20	0.90	-0.09	0.06	0.127
USD.LIB.3M	0.09	0.13	0.04	0.95	0.08	-0.01	0.075
USD.LIB.6M	0.05	0.33	0.10	0.90	0.16	0.03	0.03
USD.LIB.1Y	0.15	0.57	0.13	0.66	0.24	0.11	0.127
USD.LIB.2Y	0.28	0.79	0.23	0.36	0.15	0.23	0.043
USD.LIB.3Y	0.37	0.81	0.21	0.25	0.12	0.23	0.039
USD.LIB.5Y	0.45	0.81	0.19	0.12	0.09	0.19	0.049
USD.LIB.7Y	0.51	0.78	0.16	0.06	0.09	0.15	0.069
USD.LIB.10Y	0.57	0.73	0.15	0.02	0.09	0.10	0.106
USD.3M	-0.15	0.48	0.28	0.32	0.53	-0.18	0.256
USD.6M	-0.06	0.58	0.32	0.46	0.43	-0.12	0.152
USD.1Y	0.06	0.72	0.29	0.39	0.39	0.04	0.092
USD.2Y	0.21	0.84	0.27	0.18	0.22	0.16	0.076
USD.5Y	0.43	0.82	0.21	0.04	0.11	0.17	0.055
USD.10Y	0.62	0.71	0.11	-0.02	0.07	0.12	0.089
USD.30Y	0.75	0.35	0.06	-0.06	0.10	0.03	0.301
EUR.3M	-0.11	0.08	0.72	-0.05	0.46	0.06	0.253
EUR.6M	0.02	0.15	0.79	0.27	0.34	0.02	0.164
EUR.1Y	0.19	0.33	0.81	0.23	0.28	0.10	0.059
EUR.2Y	0.33	0.47	0.73	0.16	0.12	0.21	0.048
EUR.3Y	0.45	0.49	0.68	0.13	0.10	0.18	0.047
EUR.5Y	0.54	0.44	0.59	0.12	-0.05	0.11	0.143
EUR.7Y	0.70	0.45	0.47	0.08	0.05	0.14	0.059

EUR.10Y	0.82	0.38	0.32	0.03	0.10	0.09	0.053
EUR.15Y	0.92	0.25	0.20	0.02	0.06	0.01	0.045
EUR.20Y	0.94	0.13	0.11	0.04	0.06	-0.05	0.079
EUR.30Y	0.92	0.12	0.12	0.11	0.08	-0.05	0.097
GBP.3M	0.17	0.11	0.21	0.07	0.88	0.10	0.119
GBP.6M	0.20	0.20	0.28	0.05	0.85	0.23	0.072
GBP.1Y	0.26	0.25	0.39	0.13	0.62	0.49	0.082
GBP.2Y	0.36	0.37	0.38	0.12	0.34	0.61	0.086
GBP.3Y	0.46	0.41	0.35	0.08	0.27	0.59	0.072
GBP.5Y	0.59	0.39	0.27	0.07	0.22	0.56	0.059
GBP.7Y	0.68	0.37	0.16	0.01	0.21	0.52	0.06
GBP.10Y	0.77	0.30	0.08	0.00	0.16	0.48	0.057
GBP.15Y	0.78	0.25	0.00	-0.03	0.08	0.49	0.078
GBP.20Y	0.79	0.17	-0.09	-0.04	0.03	0.45	0.131
GBP.30Y	0.77	0.06	-0.13	0.03	0.00	0.40	0.227

表二十八 其他之L與Ψ

	F9	F10	F11	F12	F13	Ψ
AUD.1Y	0.84	0.00	0.17	0.16	0.12	0.226
AUD.2Y	0.93	0.10	0.21	0.11	0.09	0.062
AUD.3Y	0.94	0.14	0.23	0.06	0.09	0.032
AUD.5Y	0.95	0.17	0.24	0.01	0.06	0.016
AUD.10Y	0.88	0.19	0.24	-0.05	-0.01	0.129
AUD.15Y	0.86	0.20	0.25	-0.07	-0.03	0.158
JPY.3M	0.02	0.08	-0.02	0.87	-0.03	0.234
JPY.6M	0.06	0.12	0.04	0.93	0.00	0.123
JPY.1Y	0.05	0.26	0.05	0.92	0.05	0.073
JPY.2Y	0.02	0.44	0.07	0.83	0.09	0.101
JPY.3Y	0.03	0.60	0.03	0.72	0.12	0.11
JPY.5Y	0.10	0.78	0.11	0.49	0.12	0.111
JPY.7Y	0.13	0.84	0.16	0.34	0.11	0.131
JPY.10Y	0.16	0.91	0.20	0.20	0.08	0.072
JPY.15Y	0.19	0.91	0.16	0.18	0.03	0.078
JPY.20Y	0.12	0.89	0.15	0.14	0.03	0.158
JPY.30Y	0.12	0.82	0.11	0.03	-0.03	0.306
SGD.3M	0.01	0.03	0.11	0.05	0.91	0.15

SGD.1Y	0.06	0.06	0.17	0.02	0.93	0.091
SGD.2Y	0.19	0.12	0.41	0.05	0.80	0.139
SGD.5Y	0.30	0.16	0.78	0.09	0.39	0.122
SGD.7Y	0.32	0.21	0.84	0.08	0.28	0.073
SGD.10Y	0.31	0.20	0.88	0.07	0.20	0.041
SGD.15Y	0.27	0.16	0.91	-0.01	0.07	0.074
SGD.20Y	0.25	0.15	0.92	0.00	0.06	0.067

表二十九

	F1	F2
F3	0.025	0.159
F4	0.139	0.191
F5	-0.254	-0.009
F6	-0.099	0.159
F7	-0.304	0.14
F8	-0.047	0.168

表三十

	F1	F2
F9	-0.237	0.249
F10	0.07	-0.016
F11	0.17	0.061
F12	-0.186	0.031
F13	0.014	0.191

表三十一

	F3	F4	F5	F6	F7	F8
F9	0.426	0.385	0.363	-0.008	0.211	0.23
F10	0.101	0.133	0.124	-0.007	-0.153	0.034
F11	0.29	0.242	0.122	0.023	0.013	0.055
F12	-0.141	-0.071	0.251	0.383	0.099	0.077
F13	-0.012	0.159	-0.017	0.384	0.128	-0.045

(二)原始隨機情境之產生及其特性

本計畫使用 2008/12/31 日的資料作為模擬的起始值，見下表三十二

表 三十二 起始值

FX	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW					
	32.82	0.72	1.42	90.68	0.68	1.43	1259.55					
IR	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
USD LIBOR	0.14	1.43	1.26	1.26	1.45	1.75	2.13	2.36	2.56	-	-	-
USD	-	0.08	0.27	0.37	0.78	-	1.58	-	2.29	-	-	2.83
EUR	-	1.74	1.78	1.74	1.76	1.94	2.38	2.80	3.01	3.90	3.92	3.56
AUD	-	-	-	2.85	2.93	3.27	3.58	-	4.10	4.14	-	-
JPY	-	0.21	0.24	0.34	0.38	0.47	0.70	0.81	1.20	1.61	1.77	1.80
GBP	-	0.54	0.54	0.61	1.65	2.25	2.66	3.01	3.21	3.99	4.18	3.75
SGD	-	0.57	-	0.77	0.92	-	1.48	1.74	2.12	2.49	2.69	-

透過蒙地卡羅，我們模擬了 2,000 組未來 30 年的各國利率與匯率的情境。我們檢視模擬出來的匯率成長率 $R_{FX}^{(t)}$ 與利率變動量 $\Delta IR^{(t)}$ 的平均值是否為 0，與比較其標準差來驗證模擬出來的結果與歷史資料的特性、形狀是否相似；我們亦比較模擬至 30 年的利率平均值與 \bar{r} ，藉以說明均數迴歸的特性。以下為模擬結果與歷史資料的比較：

1、歷史資料 vs. 原始模擬結果敘述統計量之比較

表三十三為模型一模擬 2,000 組情境後，第 1、5、10、20、30 年時的平均值(1Y、5Y、10Y、20Y、30Y)、風險因子 $R^{(t)}$ 之平均值(R_MEAN)與標準差(R_SD)與歷史資料(歷史 R_SD)、 \bar{r} (r_bar)之比較

表三十三 模型一之各項比較

Model1	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
初始值	32.82	0.72	1.42	90.68	0.68	1.43	1259.55
1Y	32.77	0.71	1.42	90.36	0.68	1.43	1259.12
5Y	32.68	0.71	1.41	90.01	0.68	1.43	1247.50
10Y	32.67	0.71	1.43	90.02	0.69	1.43	1259.10

20Y	32.58	0.71	1.41	88.92	0.69	1.42	1250.74
30Y	32.62	0.71	1.42	88.53	0.69	1.42	1253.20
30Y_SD	7.93	0.42	1.09	49.72	0.34	0.38	797.15
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.02
R_SD	1.27	2.90	3.70	2.74	2.49	1.41	3.12
歷史 R_SD	1.28	2.90	3.71	2.75	2.49	1.41	3.12

Model1	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
初始值	0.14	1.43	1.26	1.26	1.45	1.75	2.13	2.36	2.56
1Y	0.78	2.09	1.90	1.90	2.09	2.38	2.78	2.99	3.19
5Y	2.57	3.85	3.65	3.65	3.82	4.09	4.47	4.71	4.90
10Y	3.48	4.76	4.59	4.57	4.75	5.05	5.45	5.68	5.88
20Y	3.99	5.26	5.09	5.09	5.27	5.57	5.96	6.19	6.36
30Y	4.10	5.45	5.27	5.28	5.41	5.69	6.09	6.31	6.50
r_bar	4.13	5.43	5.25	5.25	5.45	5.74	6.13	6.35	6.55
30Y_SD	3.41	2.33	1.96	1.71	1.90	1.98	1.97	1.93	1.88
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.33	0.34	0.34	0.33	0.32
歷史 R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.32	0.34	0.34	0.33	0.32

Model1	USD						
	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
初始值	0.08	0.27	0.37	0.78	1.58	2.29	2.83
1Y	0.66	0.84	0.93	1.34	2.14	2.85	3.39
5Y	2.32	2.49	2.55	2.97	3.78	4.48	4.99
10Y	3.30	3.50	3.60	3.99	4.81	5.52	6.04
20Y	4.04	4.23	4.34	4.71	5.48	6.19	6.74
30Y	4.25	4.42	4.55	4.92	5.68	6.37	6.95
r_bar	4.26	4.45	4.55	4.96	5.76	6.47	7.01
30Y_SD	1.82	1.77	1.69	2.00	2.10	1.92	1.64
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26
歷史 R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26

Model1	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y

初始值	1.74	1.78	1.74	1.76	1.94	2.38	2.80	3.01	3.90	3.92	3.56
1Y	2.24	2.29	2.25	2.26	2.44	2.90	3.30	3.52	4.41	4.44	4.07
5Y	3.22	3.27	3.23	3.25	3.42	3.88	4.28	4.49	5.38	5.41	5.04
10Y	3.53	3.58	3.53	3.54	3.71	4.17	4.56	4.78	5.67	5.69	5.32
20Y	3.60	3.62	3.59	3.60	3.77	4.20	4.62	4.83	5.72	5.75	5.37
30Y	3.60	3.63	3.58	3.59	3.76	4.21	4.64	4.85	5.74	5.77	5.40
r_bar	3.59	3.64	3.59	3.61	3.79	4.23	4.65	4.86	5.75	5.78	5.41
30Y_SD	0.89	0.88	0.97	1.09	1.08	1.15	0.94	0.85	0.78	0.77	0.76
R_MEAN	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18
歷史 R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17

Model1	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
初始值	2.85	2.93	3.27	3.58	4.10	4.14
1Y	4.18	4.24	4.58	4.90	5.42	5.47
5Y	5.57	5.66	6.00	6.31	6.83	6.86
10Y	5.72	5.79	6.13	6.44	6.97	7.01
20Y	5.75	5.82	6.15	6.47	6.97	7.02
30Y	5.72	5.78	6.12	6.43	6.96	7.00
r_bar	5.74	5.82	6.15	6.47	6.99	7.02
30Y_SD	0.86	0.93	0.94	0.89	0.84	0.85
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.26	0.27
歷史 R_SD	0.27	0.29	0.30	0.28	0.26	0.26

Model1	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.21	0.24	0.34	0.38	0.47	0.70	0.81	1.20	1.61	1.77	1.80
1Y	0.32	0.35	0.45	0.49	0.58	0.81	0.92	1.31	1.72	1.89	1.91
5Y	0.66	0.69	0.80	0.84	0.94	1.16	1.29	1.68	2.09	2.27	2.31
10Y	0.98	1.01	1.12	1.16	1.25	1.47	1.60	1.99	2.40	2.57	2.60
20Y	1.33	1.36	1.47	1.51	1.60	1.82	1.92	2.31	2.73	2.88	2.90
30Y	1.47	1.50	1.61	1.66	1.76	2.00	2.10	2.51	2.93	3.06	3.12
r_bar	1.60	1.63	1.73	1.77	1.86	2.08	2.19	2.59	2.99	3.16	3.19
30Y_SD	0.51	0.46	0.53	0.74	0.93	1.10	1.30	1.22	1.32	1.37	1.74
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
歷史 R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20

Model1	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.54	0.54	0.61	1.65	2.25	2.66	3.01	3.21	3.99	4.18	3.75
1Y	0.51	0.52	0.58	1.63	2.23	2.64	3.00	3.20	3.98	4.17	3.74
5Y	0.50	0.51	0.56	1.60	2.23	2.62	2.99	3.17	3.95	4.15	3.71
10Y	0.45	0.48	0.52	1.55	2.18	2.57	2.94	3.13	3.92	4.11	3.69
20Y	0.35	0.44	0.53	1.50	2.16	2.54	2.88	3.04	3.86	4.05	3.65
30Y	0.38	0.45	0.56	1.54	2.16	2.56	2.92	3.06	3.87	4.03	3.67
r_bar	5.19	5.19	5.26	6.31	6.91	7.31	7.67	7.87	8.64	8.83	8.41
30Y_SD	5.79	5.57	5.14	5.25	4.93	4.65	4.43	4.15	3.53	3.20	3.05
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16
歷史 R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16

Model1	SGD							
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
初始值	0.57	0.77	0.92	1.48	1.74	2.12	2.49	2.69
1Y	1.45	1.64	1.80	2.36	2.61	3.00	3.37	3.57
5Y	1.62	1.81	1.97	2.54	2.78	3.17	3.54	3.74
10Y	1.61	1.82	1.98	2.53	2.80	3.18	3.56	3.75
20Y	1.64	1.83	1.98	2.53	2.79	3.17	3.55	3.74
30Y	1.61	1.81	1.97	2.52	2.78	3.17	3.54	3.73
r_bar	1.63	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75
30Y_SD	0.57	0.49	0.40	0.49	0.48	0.50	0.52	0.51
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.31	0.27	0.22	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27
歷史 R_SD	0.30	0.26	0.21	0.25	0.25	0.25	0.27	0.26

表三十四為模型二模擬 2,000 組情境後，第 1、5、10、20、30 年時的平均值(1Y、5Y、10Y、20Y、30Y)、風險因子 $R^{(t)}$ 之平均值(R_MEAN)與標準差(R_SD)與歷史資料(歷史 R_SD)、 \bar{r} (r_bar)之比較

表 三十四 模型二之各項比較

Model2	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
初始值	32.82	0.72	1.42	90.68	0.68	1.43	1259.55
1Y	32.78	0.71	1.41	90.61	0.68	1.43	1257.84
5Y	32.72	0.71	1.41	90.53	0.68	1.43	1247.56
10Y	32.62	0.71	1.40	90.67	0.68	1.43	1241.96
20Y	32.54	0.70	1.38	90.48	0.68	1.42	1233.33
30Y	32.58	0.71	1.40	89.64	0.68	1.42	1233.82
30Y_SD	7.91	0.44	1.12	48.40	0.35	0.38	787.91
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07
R_SD	1.27	2.90	3.70	2.75	2.49	1.41	3.12
歷史 R_SD	1.28	2.90	3.71	2.75	2.49	1.41	3.12

Model2	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
初始值	0.14	1.43	1.26	1.26	1.45	1.75	2.13	2.36	2.56
1Y	0.77	2.10	1.90	1.90	2.10	2.39	2.79	3.00	3.21
5Y	2.45	3.79	3.61	3.64	3.84	4.12	4.51	4.75	4.95
10Y	3.45	4.78	4.61	4.62	4.83	5.13	5.53	5.75	5.96
20Y	4.10	5.36	5.17	5.14	5.32	5.62	6.00	6.23	6.41
30Y	4.18	5.52	5.31	5.30	5.45	5.73	6.13	6.35	6.55
r_bar	4.13	5.43	5.25	5.25	5.45	5.74	6.13	6.35	6.55
30Y_SD	3.43	2.30	1.92	1.67	1.87	1.95	1.94	1.87	1.84
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.33	0.34	0.34	0.33	0.32
歷史 R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.32	0.34	0.34	0.33	0.32

Model2	USD						
	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
初始值	0.08	0.27	0.37	0.78	1.58	2.29	2.83
1Y	0.65	0.83	0.93	1.34	2.15	2.87	3.41
5Y	2.30	2.46	2.55	2.99	3.82	4.53	5.04
10Y	3.33	3.53	3.65	4.07	4.89	5.61	6.08
20Y	4.07	4.27	4.37	4.75	5.53	6.25	6.79
30Y	4.21	4.41	4.55	4.94	5.71	6.42	7.00

r_bar	4.26	4.45	4.55	4.96	5.76	6.47	7.01
30Y_SD	1.77	1.72	1.68	1.99	2.07	1.89	1.62
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.27	0.27	0.31	0.32	0.30	0.26
歷史 R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26

Model2	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	1.74	1.78	1.74	1.76	1.94	2.38	2.80	3.01	3.90	3.92	3.56
1Y	2.23	2.28	2.24	2.25	2.43	2.90	3.31	3.53	4.42	4.46	4.09
5Y	3.23	3.27	3.23	3.26	3.42	3.89	4.30	4.52	5.41	5.44	5.07
10Y	3.51	3.57	3.54	3.56	3.73	4.20	4.60	4.81	5.70	5.72	5.35
20Y	3.58	3.62	3.59	3.60	3.77	4.21	4.63	4.84	5.73	5.76	5.39
30Y	3.57	3.62	3.57	3.60	3.78	4.23	4.66	4.87	5.77	5.80	5.43
r_bar	3.59	3.64	3.59	3.61	3.79	4.23	4.65	4.86	5.75	5.78	5.41
30Y_SD	0.89	0.87	0.95	1.07	1.06	1.14	0.92	0.83	0.77	0.77	0.74
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18
歷史 R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17

Model2	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
初始值	2.85	2.93	3.27	3.58	4.10	4.14
1Y	4.18	4.24	4.58	4.90	5.43	5.48
5Y	5.59	5.68	6.01	6.33	6.85	6.89
10Y	5.74	5.82	6.16	6.47	7.00	7.04
20Y	5.75	5.82	6.15	6.46	6.97	7.01
30Y	5.73	5.79	6.13	6.45	6.97	7.02
r_bar	5.74	5.82	6.15	6.47	6.99	7.02
30Y_SD	0.85	0.91	0.93	0.87	0.82	0.83
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.26	0.27
歷史 R_SD	0.27	0.29	0.30	0.28	0.26	0.26

Model2	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.21	0.24	0.34	0.38	0.47	0.70	0.81	1.20	1.61	1.77	1.80

1Y	0.32	0.35	0.45	0.49	0.58	0.80	0.91	1.31	1.71	1.88	1.90
5Y	0.66	0.70	0.81	0.84	0.93	1.13	1.24	1.63	2.04	2.21	2.23
10Y	0.98	1.01	1.13	1.17	1.25	1.48	1.59	1.99	2.40	2.55	2.58
20Y	1.33	1.36	1.47	1.51	1.62	1.84	1.95	2.34	2.77	2.91	2.92
30Y	1.46	1.50	1.61	1.65	1.74	1.97	2.07	2.47	2.88	3.01	3.04
r_bar	1.60	1.63	1.73	1.77	1.86	2.08	2.19	2.59	2.99	3.16	3.19
30Y_SD	0.52	0.47	0.54	0.76	0.94	1.11	1.31	1.23	1.33	1.39	1.74
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
歷史 R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20

Model2	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.54	0.54	0.61	1.65	2.25	2.66	3.01	3.21	3.99	4.18	3.75
1Y	0.52	0.53	0.59	1.64	2.23	2.65	3.01	3.22	4.00	4.19	3.76
5Y	0.58	0.60	0.64	1.67	2.30	2.69	3.07	3.25	4.03	4.22	3.79
10Y	0.54	0.60	0.64	1.67	2.30	2.69	3.08	3.26	4.03	4.21	3.78
20Y	0.39	0.53	0.61	1.60	2.28	2.68	3.06	3.22	4.02	4.19	3.80
30Y	0.43	0.56	0.64	1.64	2.29	2.73	3.13	3.28	4.07	4.23	3.88
r_bar	5.19	5.19	5.26	6.31	6.91	7.31	7.67	7.87	8.64	8.83	8.41
30Y_SD	5.65	5.44	5.19	5.15	4.83	4.55	4.43	4.11	3.47	3.23	3.12
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16
歷史 R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16

Model2	SGD							
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
初始值	0.57	0.77	0.92	1.48	1.74	2.12	2.49	2.69
1Y	1.48	1.67	1.81	2.35	2.61	2.99	3.36	3.56
5Y	1.63	1.82	1.98	2.53	2.78	3.17	3.54	3.74
10Y	1.65	1.85	2.00	2.55	2.81	3.20	3.57	3.76
20Y	1.64	1.83	1.98	2.54	2.79	3.18	3.55	3.74
30Y	1.63	1.83	1.98	2.54	2.80	3.19	3.56	3.75
r_bar	1.63	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75
30Y_SD	0.58	0.50	0.41	0.49	0.48	0.49	0.51	0.50
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.31	0.27	0.22	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27

歷史 R_SD	0.30	0.26	0.21	0.25	0.25	0.25	0.27	0.26
---------	------	------	------	------	------	------	------	------

表三十五為模型三模擬 2,000 組情境後，第 1、5、10、20、30 年時的平均值(1Y、5Y、10Y、20Y、30Y)、風險因子 $R^{(t)}$ 之平均值(R_MEAN)與標準差(R_SD)與歷史資料(歷史 R_SD)、 \bar{r} 之比較

表三十五模型三之各項比較

Model3	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
初始值	32.82	0.72	1.42	90.68	0.68	1.43	1259.55
1Y	32.78	0.71	1.41	90.61	0.68	1.43	1257.84
5Y	32.72	0.71	1.41	90.53	0.68	1.43	1247.56
10Y	32.62	0.71	1.40	90.67	0.68	1.43	1241.96
20Y	32.54	0.70	1.38	90.48	0.68	1.42	1233.33
30Y	32.58	0.71	1.40	89.64	0.68	1.42	1233.82
30Y_SD	7.91	0.44	1.12	48.40	0.35	0.38	787.91
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07
R_SD	1.27	2.90	3.70	2.75	2.49	1.41	3.12
歷史 R_SD	1.28	2.90	3.71	2.75	2.49	1.41	3.12

Model3	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
初始值	0.14	1.43	1.26	1.26	1.45	1.75	2.13	2.36	2.56
1Y	0.75	2.08	1.89	1.90	2.10	2.40	2.80	3.01	3.22
5Y	2.39	3.76	3.59	3.63	3.85	4.14	4.53	4.78	4.98
10Y	3.51	4.83	4.66	4.66	4.85	5.15	5.55	5.77	5.97
20Y	4.04	5.32	5.15	5.13	5.32	5.61	6.01	6.24	6.41
30Y	4.13	5.44	5.25	5.26	5.44	5.73	6.14	6.36	6.56
r_bar	4.13	5.43	5.25	5.25	5.45	5.74	6.13	6.35	6.55
30Y_SD	3.42	2.31	1.91	1.68	1.87	1.97	1.96	1.89	1.85
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.33	0.34	0.34	0.33	0.32
歷史 R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.32	0.34	0.34	0.33	0.32

Model3	USD					
	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y

初始值	0.08	0.27	0.37	0.78	1.58	2.29	2.83
1Y	0.67	0.84	0.94	1.35	2.16	2.88	3.42
5Y	2.29	2.45	2.55	3.00	3.84	4.56	5.06
10Y	3.39	3.60	3.70	4.11	4.91	5.62	6.08
20Y	4.09	4.28	4.39	4.77	5.54	6.26	6.80
30Y	4.17	4.37	4.52	4.93	5.72	6.43	7.03
r_bar	4.26	4.45	4.55	4.96	5.76	6.47	7.01
30Y_SD	1.80	1.73	1.67	1.98	2.08	1.90	1.62
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26
歷史 R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26

Model3	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	1.74	1.78	1.74	1.76	1.94	2.38	2.80	3.01	3.90	3.92	3.56
1Y	2.24	2.29	2.26	2.27	2.45	2.91	3.32	3.54	4.43	4.46	4.09
5Y	3.22	3.26	3.22	3.26	3.43	3.90	4.31	4.53	5.42	5.45	5.08
10Y	3.54	3.62	3.58	3.59	3.76	4.22	4.61	4.82	5.71	5.73	5.36
20Y	3.60	3.63	3.60	3.60	3.77	4.21	4.62	4.84	5.73	5.76	5.38
30Y	3.59	3.63	3.58	3.61	3.79	4.24	4.66	4.87	5.77	5.79	5.43
r_bar	3.59	3.64	3.59	3.61	3.79	4.23	4.65	4.86	5.75	5.78	5.41
30Y_SD	0.87	0.87	0.94	1.06	1.04	1.12	0.91	0.82	0.76	0.77	0.74
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18
歷史 R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17

Model3	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
初始值	2.85	2.93	3.27	3.58	4.10	4.14
1Y	4.19	4.26	4.59	4.91	5.43	5.46
5Y	5.60	5.69	6.02	6.33	6.86	6.90
10Y	5.75	5.83	6.16	6.48	6.99	7.02
20Y	5.74	5.81	6.14	6.47	6.98	7.02
30Y	5.72	5.80	6.14	6.46	6.98	7.02
r_bar	5.74	5.82	6.15	6.47	6.99	7.02
30Y_SD	0.85	0.91	0.93	0.86	0.83	0.83
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

R_SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.26	0.27
歷史 R_SD	0.27	0.29	0.30	0.28	0.26	0.26

Model3	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.21	0.24	0.34	0.38	0.47	0.70	0.81	1.20	1.61	1.77	1.80
1Y	0.32	0.35	0.45	0.49	0.58	0.80	0.91	1.31	1.71	1.88	1.90
5Y	0.67	0.70	0.80	0.83	0.93	1.14	1.27	1.64	2.05	2.22	2.24
10Y	0.98	1.02	1.11	1.15	1.24	1.45	1.57	1.96	2.36	2.52	2.55
20Y	1.32	1.36	1.47	1.50	1.60	1.82	1.92	2.29	2.71	2.87	2.93
30Y	1.48	1.51	1.63	1.67	1.77	2.00	2.12	2.49	2.90	3.05	3.13
r_bar	1.60	1.63	1.73	1.77	1.86	2.08	2.19	2.59	2.99	3.16	3.19
30Y_SD	0.51	0.45	0.53	0.74	0.92	1.10	1.29	1.22	1.35	1.37	1.78
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
歷史 R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20

Model3	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.54	0.54	0.61	1.65	2.25	2.66	3.01	3.21	3.99	4.18	3.75
1Y	0.55	0.54	0.61	1.66	2.25	2.67	3.02	3.22	3.99	4.19	3.75
5Y	0.58	0.59	0.66	1.68	2.30	2.71	3.06	3.27	4.06	4.23	3.80
10Y	0.66	0.65	0.71	1.71	2.33	2.73	3.06	3.26	4.06	4.23	3.77
20Y	0.71	0.73	0.73	1.69	2.33	2.73	3.07	3.25	4.03	4.18	3.74
30Y	0.69	0.69	0.71	1.73	2.38	2.80	3.12	3.33	4.12	4.28	3.82
r_bar	5.19	5.19	5.26	6.31	6.91	7.31	7.67	7.87	8.64	8.83	8.41
30Y_SD	5.73	5.50	5.24	5.20	4.89	4.53	4.33	4.10	3.46	3.20	3.11
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.18	0.17	0.16
歷史 R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16

Model3	SGD								
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	
初始值	0.57	0.77	0.92	1.48	1.74	2.12	2.49	2.69	
1Y	1.46	1.66	1.81	2.37	2.62	3.01	3.38	3.57	
5Y	1.63	1.82	1.98	2.54	2.79	3.17	3.55	3.74	
10Y	1.62	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75	

20Y	1.63	1.82	1.97	2.53	2.79	3.17	3.55	3.74
30Y	1.65	1.84	1.99	2.53	2.79	3.17	3.54	3.73
r_bar	1.63	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75
30Y_SD	0.57	0.49	0.41	0.49	0.48	0.50	0.52	0.51
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.31	0.27	0.22	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27
歷史 R_SD	0.30	0.26	0.21	0.25	0.25	0.25	0.27	0.26

表三十六為模型一與歷史資料之風險因子 Correlation 之比較

表三十六模型一之 Correlation 比較

模擬值

USD-LIB	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.81	1.00							
6M	0.78	0.91	1.00						
1Y	0.54	0.73	0.85	1.00					
2Y	0.32	0.49	0.66	0.82	1.00				
3Y	0.21	0.39	0.56	0.75	0.95	1.00			
5Y	0.09	0.29	0.45	0.67	0.91	0.96	1.00		
7Y	0.03	0.24	0.39	0.62	0.87	0.93	0.97	1.00	
10Y	-0.02	0.19	0.33	0.55	0.81	0.89	0.94	0.95	1.00

實際值

USD-LIB	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.81	1.00							
6M	0.77	0.95	1.00						
1Y	0.50	0.70	0.86	1.00					
2Y	0.30	0.48	0.66	0.84	1.00				
3Y	0.20	0.38	0.56	0.76	0.98	1.00			
5Y	0.08	0.29	0.45	0.66	0.91	0.97	1.00		
7Y	0.01	0.25	0.39	0.61	0.86	0.93	0.99	1.00	
10Y	-0.03	0.21	0.34	0.54	0.80	0.88	0.96	0.99	1.00

模擬值

USD	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.81	1.00					
1Y	0.76	0.87	1.00				
2Y	0.60	0.73	0.86	1.00			

5Y	0.40	0.55	0.73	0.89	1.00		
10Y	0.22	0.37	0.56	0.77	0.91	1.00	
30Y	0.00	0.10	0.27	0.45	0.66	0.80	1.00

實際值

USD	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.91	1.00					
1Y	0.83	0.94	1.00				
2Y	0.58	0.72	0.88	1.00			
5Y	0.37	0.53	0.72	0.92	1.00		
10Y	0.21	0.36	0.56	0.76	0.93	1.00	
30Y	0.02	0.11	0.29	0.45	0.64	0.82	1.00

模擬值

EUR	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.78	1.00									
1Y	0.73	0.87	1.00								
2Y	0.58	0.74	0.91	1.00							
3Y	0.51	0.67	0.87	0.95	1.00						
5Y	0.36	0.53	0.74	0.85	0.88	1.00					
7Y	0.30	0.47	0.70	0.84	0.90	0.88	1.00				
10Y	0.19	0.35	0.58	0.73	0.81	0.82	0.93	1.00			
15Y	0.07	0.22	0.44	0.59	0.69	0.73	0.87	0.94	1.00		
20Y	-0.02	0.13	0.32	0.46	0.57	0.64	0.78	0.88	0.93	1.00	
30Y	0.01	0.17	0.35	0.46	0.57	0.63	0.76	0.85	0.91	0.91	1.00

實際值

EUR	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.81	1.00									
1Y	0.72	0.87	1.00								
2Y	0.54	0.71	0.92	1.00							
3Y	0.45	0.64	0.87	0.98	1.00						
5Y	0.32	0.49	0.71	0.86	0.90	1.00					
7Y	0.25	0.44	0.70	0.85	0.92	0.90	1.00				
10Y	0.17	0.33	0.57	0.73	0.82	0.83	0.96	1.00			
15Y	0.06	0.21	0.43	0.58	0.69	0.72	0.88	0.96	1.00		
20Y	-0.04	0.13	0.31	0.45	0.56	0.63	0.77	0.87	0.94	1.00	
30Y	0.01	0.15	0.34	0.45	0.55	0.62	0.75	0.85	0.92	0.93	1.00

模擬值

AUD	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.90	1.00				
3Y	0.87	0.96	1.00			
5Y	0.83	0.94	0.97	1.00		
10Y	0.69	0.82	0.87	0.92	1.00	
15Y	0.65	0.79	0.84	0.90	0.92	1.00

實際值

AUD	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.93	1.00				
3Y	0.87	0.98	1.00			
5Y	0.81	0.94	0.98	1.00		
10Y	0.64	0.80	0.86	0.93	1.00	
15Y	0.60	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

模擬值

JPY	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.85	1.00									
1Y	0.79	0.87	1.00								
2Y	0.71	0.80	0.90	1.00							
3Y	0.63	0.71	0.84	0.91	1.00						
5Y	0.43	0.52	0.68	0.81	0.88	1.00					
7Y	0.30	0.39	0.56	0.70	0.80	0.91	1.00				
10Y	0.22	0.29	0.44	0.60	0.71	0.86	0.90	1.00			
15Y	0.25	0.31	0.42	0.55	0.67	0.81	0.85	0.91	1.00		
20Y	0.24	0.29	0.36	0.48	0.60	0.73	0.78	0.86	0.90	1.00	
30Y	0.18	0.20	0.23	0.32	0.44	0.58	0.64	0.75	0.82	0.86	1.00

實際值

JPY	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.89	1.00									
1Y	0.78	0.89	1.00								
2Y	0.65	0.75	0.90	1.00							
3Y	0.56	0.65	0.82	0.96	1.00						
5Y	0.38	0.48	0.66	0.83	0.92	1.00					
7Y	0.26	0.36	0.54	0.70	0.82	0.96	1.00				

10Y	0.24	0.30	0.43	0.56	0.69	0.88	0.93	1.00			
15Y	0.26	0.31	0.43	0.52	0.65	0.81	0.84	0.94	1.00		
20Y	0.30	0.33	0.38	0.47	0.57	0.69	0.72	0.83	0.88	1.00	
30Y	0.22	0.25	0.26	0.32	0.42	0.53	0.58	0.69	0.78	0.90	1.00

模擬值

GBP	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.89	1.00									
1Y	0.75	0.85	1.00								
2Y	0.53	0.67	0.85	1.00							
3Y	0.48	0.62	0.81	0.92	1.00						
5Y	0.44	0.57	0.76	0.89	0.94	1.00					
7Y	0.41	0.54	0.71	0.84	0.90	0.95	1.00				
10Y	0.36	0.48	0.64	0.77	0.84	0.91	0.95	1.00			
15Y	0.27	0.38	0.54	0.70	0.77	0.85	0.90	0.93	1.00		
20Y	0.19	0.29	0.44	0.59	0.66	0.76	0.83	0.88	0.90	1.00	
30Y	0.14	0.22	0.36	0.49	0.55	0.65	0.71	0.77	0.80	0.80	1.00

實際值

GBP	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.94	1.00									
1Y	0.74	0.86	1.00								
2Y	0.52	0.68	0.91	1.00							
3Y	0.46	0.62	0.85	0.98	1.00						
5Y	0.42	0.57	0.77	0.92	0.97	1.00					
7Y	0.40	0.52	0.69	0.83	0.91	0.98	1.00				
10Y	0.36	0.46	0.60	0.74	0.82	0.91	0.97	1.00			
15Y	0.26	0.36	0.50	0.64	0.72	0.83	0.90	0.96	1.00		
20Y	0.18	0.27	0.39	0.53	0.61	0.72	0.80	0.89	0.97	1.00	
30Y	0.14	0.20	0.32	0.42	0.49	0.59	0.68	0.77	0.87	0.94	1.00

模擬值

SGD	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.87	1.00						
2Y	0.75	0.83	1.00					
5Y	0.44	0.52	0.71	1.00				
7Y	0.36	0.44	0.66	0.90	1.00			
10Y	0.31	0.39	0.61	0.89	0.93	1.00		

15Y	0.19	0.26	0.50	0.83	0.89	0.92	1.00	
20Y	0.18	0.25	0.49	0.83	0.89	0.92	0.93	1.00

實際值

SGD	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.84	1.00						
2Y	0.69	0.81	1.00					
5Y	0.40	0.50	0.73	1.00				
7Y	0.34	0.41	0.65	0.96	1.00			
10Y	0.30	0.36	0.59	0.89	0.96	1.00		
15Y	0.20	0.27	0.48	0.76	0.83	0.91	1.00	
20Y	0.19	0.26	0.47	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

表三十七為模型二與歷史資料之風險因子 Correlation 之比較

表三十七 模型二與歷史資料之風險因子 Correlation 之比較

模擬值

USD-LIB	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.83	1.00							
6M	0.80	0.92	1.00						
1Y	0.55	0.73	0.85	1.00					
2Y	0.30	0.50	0.66	0.82	1.00				
3Y	0.19	0.39	0.56	0.76	0.95	1.00			
5Y	0.08	0.28	0.44	0.67	0.92	0.96	1.00		
7Y	0.02	0.22	0.38	0.61	0.88	0.93	0.96	1.00	
10Y	-0.02	0.18	0.32	0.55	0.82	0.89	0.93	0.93	1.00

實際值

USD-LIB	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.81	1.00							
6M	0.77	0.95	1.00						
1Y	0.50	0.70	0.86	1.00					
2Y	0.30	0.48	0.66	0.84	1.00				
3Y	0.20	0.38	0.56	0.76	0.98	1.00			
5Y	0.08	0.29	0.45	0.66	0.91	0.97	1.00		
7Y	0.01	0.25	0.39	0.61	0.86	0.93	0.99	1.00	
10Y	-0.03	0.21	0.34	0.54	0.80	0.88	0.96	0.99	1.00

模擬值

USD	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.79	1.00					
1Y	0.75	0.86	1.00				
2Y	0.61	0.74	0.87	1.00			
5Y	0.41	0.56	0.74	0.90	1.00		
10Y	0.22	0.37	0.57	0.78	0.90	1.00	
30Y	-0.02	0.10	0.28	0.47	0.64	0.73	1.00

實際值

USD	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.91	1.00					
1Y	0.83	0.94	1.00				
2Y	0.58	0.72	0.88	1.00			
5Y	0.37	0.53	0.72	0.92	1.00		
10Y	0.21	0.36	0.56	0.76	0.93	1.00	
30Y	0.02	0.11	0.29	0.45	0.64	0.82	1.00

模擬值

EUR	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.79	1.00									
1Y	0.73	0.87	1.00								
2Y	0.58	0.74	0.87	1.00							
3Y	0.50	0.67	0.84	0.90	1.00						
5Y	0.35	0.53	0.71	0.82	0.86	1.00					
7Y	0.29	0.46	0.69	0.81	0.88	0.87	1.00				
10Y	0.19	0.35	0.58	0.73	0.81	0.83	0.94	1.00			
15Y	0.06	0.22	0.45	0.61	0.71	0.75	0.88	0.94	1.00		
20Y	-0.03	0.13	0.34	0.49	0.60	0.67	0.80	0.88	0.92	1.00	
30Y	0.01	0.18	0.37	0.51	0.61	0.66	0.79	0.86	0.90	0.89	1.00

實際值

EUR	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.81	1.00									
1Y	0.72	0.87	1.00								
2Y	0.54	0.71	0.92	1.00							
3Y	0.45	0.64	0.87	0.98	1.00						
5Y	0.32	0.49	0.71	0.86	0.90	1.00					

7Y	0.25	0.44	0.70	0.85	0.92	0.90	1.00					
10Y	0.17	0.33	0.57	0.73	0.82	0.83	0.96	1.00				
15Y	0.06	0.21	0.43	0.58	0.69	0.72	0.88	0.96	1.00			
20Y	-0.04	0.13	0.31	0.45	0.56	0.63	0.77	0.87	0.94	1.00		
30Y	0.01	0.15	0.34	0.45	0.55	0.62	0.75	0.85	0.92	0.93	1.00	

模擬值

AUD	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00	0.89	0.87	0.83	0.69	0.65
2Y	0.89	1.00	0.96	0.94	0.82	0.79
3Y	0.87	0.96	1.00	0.97	0.87	0.84
5Y	0.83	0.94	0.97	1.00	0.92	0.90
10Y	0.69	0.82	0.87	0.92	1.00	0.92
15Y	0.65	0.79	0.84	0.90	0.92	1.00

實際值

AUD	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.93	1.00				
3Y	0.87	0.98	1.00			
5Y	0.81	0.94	0.98	1.00		
10Y	0.64	0.80	0.86	0.93	1.00	
15Y	0.60	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

模擬值

JPY	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.84	1.00									
1Y	0.80	0.87	1.00								
2Y	0.72	0.80	0.90	1.00							
3Y	0.63	0.71	0.84	0.91	1.00						
5Y	0.44	0.52	0.68	0.81	0.88	1.00					
7Y	0.31	0.39	0.56	0.71	0.80	0.91	1.00				
10Y	0.21	0.28	0.44	0.60	0.71	0.87	0.90	1.00			
15Y	0.24	0.30	0.42	0.55	0.67	0.82	0.85	0.91	1.00		
20Y	0.25	0.29	0.37	0.48	0.60	0.73	0.77	0.85	0.89	1.00	
30Y	0.19	0.21	0.24	0.32	0.44	0.57	0.63	0.74	0.82	0.86	1.00

實際值

JPY	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.89	1.00									

1Y	0.78	0.89	1.00									
2Y	0.65	0.75	0.90	1.00								
3Y	0.56	0.65	0.82	0.96	1.00							
5Y	0.38	0.48	0.66	0.83	0.92	1.00						
7Y	0.26	0.36	0.54	0.70	0.82	0.96	1.00					
10Y	0.24	0.30	0.43	0.56	0.69	0.88	0.93	1.00				
15Y	0.26	0.31	0.43	0.52	0.65	0.81	0.84	0.94	1.00			
20Y	0.30	0.33	0.38	0.47	0.57	0.69	0.72	0.83	0.88	1.00		
30Y	0.22	0.25	0.26	0.32	0.42	0.53	0.58	0.69	0.78	0.90	1.00	

模擬值

GBP	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.84	1.00									
1Y	0.76	0.85	1.00								
2Y	0.61	0.73	0.84	1.00							
3Y	0.56	0.68	0.81	0.86	1.00						
5Y	0.51	0.62	0.76	0.84	0.88	1.00					
7Y	0.46	0.58	0.70	0.81	0.86	0.91	1.00				
10Y	0.39	0.50	0.63	0.75	0.81	0.89	0.93	1.00			
15Y	0.30	0.40	0.54	0.67	0.74	0.83	0.88	0.92	1.00		
20Y	0.21	0.31	0.44	0.58	0.65	0.75	0.81	0.87	0.89	1.00	
30Y	0.14	0.22	0.36	0.48	0.55	0.65	0.72	0.78	0.81	0.82	1.00

實際值

GBP	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.94	1.00									
1Y	0.74	0.86	1.00								
2Y	0.52	0.68	0.91	1.00							
3Y	0.46	0.62	0.85	0.98	1.00						
5Y	0.42	0.57	0.77	0.92	0.97	1.00					
7Y	0.40	0.52	0.69	0.83	0.91	0.98	1.00				
10Y	0.36	0.46	0.60	0.74	0.82	0.91	0.97	1.00			
15Y	0.26	0.36	0.50	0.64	0.72	0.83	0.90	0.96	1.00		
20Y	0.18	0.27	0.39	0.53	0.61	0.72	0.80	0.89	0.97	1.00	
30Y	0.14	0.20	0.32	0.42	0.49	0.59	0.68	0.77	0.87	0.94	1.00

模擬值

SGD	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							

1Y	0.89	1.00							
2Y	0.76	0.83	1.00						
5Y	0.42	0.51	0.71	1.00					
7Y	0.35	0.43	0.65	0.90	1.00				
10Y	0.30	0.37	0.60	0.89	0.94	1.00			
15Y	0.19	0.26	0.50	0.83	0.89	0.93	1.00		
20Y	0.18	0.25	0.49	0.83	0.89	0.93	0.93	1.00	

實際值

SGD	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.84	1.00						
2Y	0.69	0.81	1.00					
5Y	0.40	0.50	0.73	1.00				
7Y	0.34	0.41	0.65	0.96	1.00			
10Y	0.30	0.36	0.59	0.89	0.96	1.00		
15Y	0.20	0.27	0.48	0.76	0.83	0.91	1.00	
20Y	0.19	0.26	0.47	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

表三十八為模型三與歷史資料之風險因子 Correlation 之比較

表三十八 模型三與歷史資料之風險因子 Correlation 之比較

模擬值

USD-LIB	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.83	1.00							
6M	0.80	0.92	1.00						
1Y	0.56	0.74	0.85	1.00					
2Y	0.31	0.49	0.66	0.82	1.00				
3Y	0.19	0.39	0.56	0.76	0.95	1.00			
5Y	0.06	0.27	0.44	0.68	0.91	0.94	1.00		
7Y	-0.01	0.22	0.38	0.62	0.86	0.91	0.94	1.00	
10Y	-0.06	0.18	0.32	0.56	0.81	0.87	0.90	0.91	1.00

實際值

USD-LIB	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.81	1.00							
6M	0.77	0.95	1.00						
1Y	0.50	0.70	0.86	1.00					
2Y	0.30	0.48	0.66	0.84	1.00				

3Y	0.20	0.38	0.56	0.76	0.98	1.00			
5Y	0.08	0.29	0.45	0.66	0.91	0.97	1.00		
7Y	0.01	0.25	0.39	0.61	0.86	0.93	0.99	1.00	
10Y	-0.03	0.21	0.34	0.54	0.80	0.88	0.96	0.99	1.00

模擬值

USD	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.77	1.00					
1Y	0.74	0.85	1.00				
2Y	0.59	0.72	0.85	1.00			
5Y	0.43	0.56	0.74	0.89	1.00		
10Y	0.28	0.41	0.60	0.78	0.89	1.00	
30Y	0.10	0.19	0.33	0.48	0.63	0.73	1.00

實際值

USD	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.91	1.00					
1Y	0.83	0.94	1.00				
2Y	0.58	0.72	0.88	1.00			
5Y	0.37	0.53	0.72	0.92	1.00		
10Y	0.21	0.36	0.56	0.76	0.93	1.00	
30Y	0.02	0.11	0.29	0.45	0.64	0.82	1.00

模擬值

EUR	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.72	1.00									
1Y	0.70	0.85	1.00								
2Y	0.58	0.75	0.90	1.00							
3Y	0.52	0.69	0.87	0.94	1.00						
5Y	0.37	0.56	0.75	0.85	0.88	1.00					
7Y	0.32	0.49	0.71	0.83	0.89	0.87	1.00				
10Y	0.22	0.37	0.59	0.72	0.81	0.81	0.92	1.00			
15Y	0.09	0.24	0.44	0.58	0.68	0.73	0.86	0.93	1.00		
20Y	0.01	0.15	0.33	0.46	0.56	0.63	0.77	0.86	0.92	1.00	
30Y	0.03	0.19	0.35	0.46	0.57	0.62	0.76	0.85	0.91	0.91	1.00

實際值

EUR	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										

6M	0.81	1.00											
1Y	0.72	0.87	1.00										
2Y	0.54	0.71	0.92	1.00									
3Y	0.45	0.64	0.87	0.98	1.00								
5Y	0.32	0.49	0.71	0.86	0.90	1.00							
7Y	0.25	0.44	0.70	0.85	0.92	0.90	1.00						
10Y	0.17	0.33	0.57	0.73	0.82	0.83	0.96	1.00					
15Y	0.06	0.21	0.43	0.58	0.69	0.72	0.88	0.96	1.00				
20Y	-0.04	0.13	0.31	0.45	0.56	0.63	0.77	0.87	0.94	1.00			
30Y	0.01	0.15	0.34	0.45	0.55	0.62	0.75	0.85	0.92	0.93	1.00		

模擬值

AUD	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.85	1.00				
3Y	0.85	0.95	1.00			
5Y	0.85	0.95	0.97	1.00		
10Y	0.77	0.88	0.91	0.92	1.00	
15Y	0.75	0.86	0.89	0.90	0.86	1.00

實際值

AUD	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.93	1.00				
3Y	0.87	0.98	1.00			
5Y	0.81	0.94	0.98	1.00		
10Y	0.64	0.80	0.86	0.93	1.00	
15Y	0.60	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

模擬值

JPY	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.82	1.00									
1Y	0.82	0.89	1.00								
2Y	0.76	0.83	0.89	1.00							
3Y	0.67	0.74	0.83	0.87	1.00						
5Y	0.48	0.56	0.67	0.77	0.84	1.00					
7Y	0.35	0.43	0.55	0.67	0.77	0.86	1.00				
10Y	0.23	0.30	0.44	0.58	0.70	0.85	0.88	1.00			
15Y	0.22	0.28	0.41	0.56	0.69	0.84	0.87	0.92	1.00		
20Y	0.19	0.25	0.38	0.52	0.65	0.79	0.83	0.88	0.88	1.00	

30Y	0.09	0.14	0.25	0.39	0.52	0.68	0.72	0.78	0.79	0.76	1.00
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

實際值

JPY	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.89	1.00									
1Y	0.78	0.89	1.00								
2Y	0.65	0.75	0.90	1.00							
3Y	0.56	0.65	0.82	0.96	1.00						
5Y	0.38	0.48	0.66	0.83	0.92	1.00					
7Y	0.26	0.36	0.54	0.70	0.82	0.96	1.00				
10Y	0.24	0.30	0.43	0.56	0.69	0.88	0.93	1.00			
15Y	0.26	0.31	0.43	0.52	0.65	0.81	0.84	0.94	1.00		
20Y	0.30	0.33	0.38	0.47	0.57	0.69	0.72	0.83	0.88	1.00	
30Y	0.22	0.25	0.26	0.32	0.42	0.53	0.58	0.69	0.78	0.90	1.00

模擬值

GBP	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.89	1.00									
1Y	0.76	0.85	1.00								
2Y	0.55	0.68	0.86	1.00							
3Y	0.50	0.63	0.82	0.91	1.00						
5Y	0.45	0.59	0.77	0.89	0.92	1.00					
7Y	0.42	0.55	0.71	0.83	0.88	0.93	1.00				
10Y	0.37	0.48	0.64	0.77	0.83	0.90	0.93	1.00			
15Y	0.27	0.38	0.55	0.70	0.77	0.85	0.90	0.92	1.00		
20Y	0.20	0.29	0.44	0.60	0.67	0.77	0.83	0.87	0.89	1.00	
30Y	0.15	0.22	0.36	0.50	0.57	0.66	0.73	0.79	0.81	0.81	1.00

實際值

GBP	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.94	1.00									
1Y	0.74	0.86	1.00								
2Y	0.52	0.68	0.91	1.00							
3Y	0.46	0.62	0.85	0.98	1.00						
5Y	0.42	0.57	0.77	0.92	0.97	1.00					
7Y	0.40	0.52	0.69	0.83	0.91	0.98	1.00				
10Y	0.36	0.46	0.60	0.74	0.82	0.91	0.97	1.00			
15Y	0.26	0.36	0.50	0.64	0.72	0.83	0.90	0.96	1.00		

20Y	0.18	0.27	0.39	0.53	0.61	0.72	0.80	0.89	0.97	1.00	
30Y	0.14	0.20	0.32	0.42	0.49	0.59	0.68	0.77	0.87	0.94	1.00

模擬值

SGD	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.88	1.00						
2Y	0.78	0.84	1.00					
5Y	0.45	0.53	0.71	1.00				
7Y	0.36	0.44	0.65	0.89	1.00			
10Y	0.30	0.38	0.61	0.90	0.94	1.00		
15Y	0.17	0.25	0.50	0.84	0.90	0.93	1.00	
20Y	0.16	0.24	0.49	0.84	0.90	0.93	0.93	1.00

實際值

SGD	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.84	1.00						
2Y	0.69	0.81	1.00					
5Y	0.40	0.50	0.73	1.00				
7Y	0.34	0.41	0.65	0.96	1.00			
10Y	0.30	0.36	0.59	0.89	0.96	1.00		
15Y	0.20	0.27	0.48	0.76	0.83	0.91	1.00	
20Y	0.19	0.26	0.47	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

2、原始模擬情境之特性

由表三十三~表三十八與模擬結果可看出，原始模擬情境具有下述特性：

- (1) 模型一、模型二、模型三皆與歷史資料的特性、形狀相似；用來模擬的風險因子 R 的平均值與標準差皆與歷史資料極為接近。
- (2) 平均值隨著時間自初始值向 \bar{r} 移動，各利率曲線移動至 50% 與 90% 的所需時間列於表三十九，可以看出需回到平均水平所要花的時間大致上均需七年以上的時間，隱含對短期利率情境悲觀，利率情境需花較長的時間才能回到平均水準。
- (3) 利率情境可能為負值，占全部約 5%

表三十九迴轉所需時間

單位：年	USD-LIB	USD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD
Model1							
迴轉 50%	3.75	4.58	2.08	1.17	8.67	N/A	0.42
迴轉 90%	12.83	15.67	7.00	3.75	28.92	N/A	1.25
Model2							
迴轉 50%	3.83	4.67	2.08	1.17	8.67	N/A	0.42
迴轉 90%	12.42	15.67	6.92	3.67	28.75	N/A	1.25
Model3							
迴轉 50%	3.92	4.67	2.08	1.08	8.58	N/A	0.42
迴轉 90%	12.42	15.08	7.00	3.67	28.00	N/A	1.25

(三)調整後之隨機模型及情境

1、調整原因及調整方法

利率模型是以月資料為單位，模擬未來 30 年的利率情境，等於要模擬 360 期的情境，難免會模擬出奇特的利率情境。除此之外，由上述模擬結果可以知道，利率情境可能會產生負值的不合理的情況。因此，我們在模型中加入了一些限制式，確保模擬出來的利率情境不至於偏離正常的形狀太多。我們針對各國的利率曲線來訂定下列限制：

(1)利率下界為 0.1%

(2)利率上界為 25%

(3)對任一利率曲線 $IR(IR_1, IR_2, \dots, IR_k)$ ，任取其中兩點 IR_i, IR_j ，都必須滿足下列限制式：

$$|IR_i - IR_j| \leq \text{歷史資料} \text{MAX}(IR_i - IR_j) \times 1.2$$

因此對利率曲線 IR 而言，共有 $\frac{k \times (k+1)}{2}$ 條限制式

2、歷史資料 vs.調整後模擬結果敘述統計量之比較

經上述調整後，模型一模擬 2,000 組與歷史資料的各項比較如下表四十所示

:

表四十 調整後的模型一的各项比較

Model1	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
初始值	32.82	0.72	1.42	90.68	0.68	1.43	1259.55
1Y	32.77	0.71	1.42	90.36	0.68	1.43	1259.12
5Y	32.68	0.71	1.41	90.01	0.68	1.43	1247.50
10Y	32.67	0.71	1.43	90.02	0.69	1.43	1259.10
20Y	32.58	0.71	1.41	88.92	0.69	1.42	1250.74
30Y	32.62	0.71	1.42	88.53	0.69	1.42	1253.20
30Y_SD	7.93	0.42	1.09	49.72	0.34	0.38	797.15
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.02
R_SD	1.27	2.90	3.70	2.74	2.49	1.41	3.12
歷史 R_SD	1.28	2.90	3.71	2.75	2.49	1.41	3.12

Model1	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
初始值	0.14	1.43	1.26	1.26	1.45	1.75	2.13	2.36	2.56
1Y	1.68	2.15	1.96	1.90	2.07	2.36	2.76	2.98	3.18
5Y	3.76	3.99	3.87	3.81	3.86	3.99	4.30	4.50	4.67
10Y	4.46	4.81	4.70	4.59	4.63	4.78	5.06	5.25	5.41
20Y	4.74	5.20	5.07	4.92	4.96	5.12	5.40	5.57	5.72
30Y	4.78	5.32	5.18	5.04	5.06	5.21	5.48	5.66	5.82
r_bar	4.13	5.43	5.25	5.25	5.45	5.74	6.13	6.35	6.55
30Y_SD	2.88	2.30	2.21	2.23	2.20	2.06	1.89	1.81	1.73
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.58	0.40	0.35	0.32	0.34	0.35	0.34	0.33	0.32
歷史 R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.32	0.34	0.34	0.33	0.32

Model1	USD						
	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
初始值	0.08	0.27	0.37	0.78	1.58	2.29	2.83
1Y	1.02	1.07	1.10	1.44	2.15	2.84	3.39
5Y	2.69	2.72	2.71	2.98	3.64	4.25	4.85
10Y	3.54	3.59	3.61	3.82	4.47	5.06	5.71
20Y	4.13	4.18	4.21	4.40	5.00	5.58	6.24

30Y	4.30	4.33	4.36	4.57	5.16	5.72	6.40
r_bar	4.26	4.45	4.55	4.96	5.76	6.47	7.01
30Y_SD	1.76	1.71	1.68	1.78	1.87	1.77	1.55
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26
歷史 R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26

Model1	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	1.74	1.78	1.74	1.76	1.94	2.38	2.80	3.01	3.90	3.92	3.56
1Y	2.24	2.29	2.25	2.26	2.42	2.89	3.25	3.49	4.28	4.37	4.07
5Y	3.22	3.25	3.23	3.25	3.34	3.78	4.03	4.26	4.95	5.10	4.98
10Y	3.53	3.55	3.53	3.54	3.62	4.04	4.29	4.51	5.20	5.33	5.22
20Y	3.60	3.61	3.59	3.60	3.68	4.08	4.34	4.57	5.25	5.40	5.28
30Y	3.60	3.61	3.58	3.59	3.67	4.08	4.34	4.58	5.27	5.41	5.30
r_bar	3.59	3.64	3.59	3.61	3.79	4.23	4.65	4.86	5.75	5.78	5.41
30Y_SD	0.89	0.86	0.91	1.00	1.02	1.08	0.96	0.87	0.83	0.79	0.75
R_MEAN	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.22	0.20	0.19	0.18	0.18
歷史 R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17

Model1	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
初始值	2.85	2.93	3.27	3.58	4.10	4.14
1Y	4.18	4.24	4.53	4.85	5.37	5.41
5Y	5.57	5.66	5.90	6.19	6.69	6.72
10Y	5.72	5.79	6.03	6.32	6.83	6.86
20Y	5.75	5.82	6.06	6.35	6.83	6.87
30Y	5.72	5.78	6.03	6.32	6.82	6.85
r_bar	5.74	5.82	6.15	6.47	6.99	7.02
30Y_SD	0.86	0.92	0.92	0.89	0.85	0.83
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.27	0.27
歷史 R_SD	0.27	0.29	0.30	0.28	0.26	0.26

Model1	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y

初始值	0.21	0.24	0.34	0.38	0.47	0.70	0.81	1.20	1.61	1.77	1.80
1Y	0.35	0.36	0.44	0.51	0.60	0.82	0.94	1.31	1.71	1.89	1.91
5Y	0.72	0.72	0.76	0.88	0.96	1.18	1.33	1.59	1.94	2.22	2.26
10Y	1.03	1.03	1.05	1.16	1.22	1.42	1.57	1.81	2.13	2.44	2.47
20Y	1.36	1.36	1.38	1.45	1.49	1.66	1.78	2.01	2.32	2.63	2.66
30Y	1.49	1.49	1.51	1.58	1.61	1.78	1.90	2.15	2.45	2.76	2.79
r_bar	1.60	1.63	1.73	1.77	1.86	2.08	2.19	2.59	2.99	3.16	3.19
30Y_SD	0.50	0.49	0.49	0.60	0.67	0.79	0.89	0.93	1.00	1.11	1.20
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.10	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
歷史 R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20

Model1	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.54	0.54	0.61	1.65	2.25	2.66	3.01	3.21	3.99	4.18	3.75
1Y	0.89	0.86	0.86	1.44	1.90	2.25	2.64	2.89	3.61	3.80	3.52
5Y	1.80	1.76	1.74	1.78	1.85	1.92	2.07	2.29	2.75	2.88	2.91
10Y	2.56	2.54	2.53	2.49	2.44	2.40	2.38	2.42	2.55	2.59	2.65
20Y	3.59	3.57	3.55	3.53	3.49	3.47	3.43	3.35	3.25	3.21	3.23
30Y	4.49	4.45	4.43	4.39	4.35	4.32	4.29	4.23	4.11	4.06	4.07
r_bar	5.19	5.19	5.26	6.31	6.91	7.31	7.67	7.87	8.64	8.83	8.41
30Y_SD	3.48	3.46	3.44	3.37	3.32	3.28	3.23	3.15	3.03	2.98	2.92
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.29	0.28	0.27	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.19	0.17	0.17
歷史 R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16

Model1	SGD							
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
初始值	0.57	0.77	0.92	1.48	1.74	2.12	2.49	2.69
1Y	1.46	1.64	1.80	2.36	2.61	3.00	3.37	3.54
5Y	1.62	1.81	1.97	2.54	2.78	3.17	3.54	3.70
10Y	1.62	1.82	1.98	2.53	2.79	3.18	3.56	3.72
20Y	1.64	1.83	1.98	2.53	2.79	3.17	3.55	3.70
30Y	1.61	1.81	1.97	2.52	2.78	3.16	3.54	3.70
r_bar	1.63	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75
30Y_SD	0.57	0.49	0.40	0.49	0.48	0.50	0.52	0.51
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

R_SD	0.31	0.27	0.22	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27
歷史 R_SD	0.30	0.26	0.21	0.25	0.25	0.25	0.27	0.26

表四十一為模型二於調整後的各項比較

表四十一 模型二調整後的各項比較

Model2	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
初始值	32.82	0.72	1.42	90.68	0.68	1.43	1259.55
1Y	32.78	0.71	1.41	90.61	0.68	1.43	1257.84
5Y	32.72	0.71	1.41	90.53	0.68	1.43	1247.56
10Y	32.62	0.71	1.40	90.67	0.68	1.43	1241.96
20Y	32.54	0.70	1.38	90.48	0.68	1.42	1233.33
30Y	32.58	0.71	1.40	89.64	0.68	1.42	1233.82
30Y_SD	7.91	0.44	1.12	48.40	0.35	0.38	787.91
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07
R_SD	1.27	2.90	3.70	2.75	2.49	1.41	3.12
歷史 R_SD	1.28	2.90	3.71	2.75	2.49	1.41	3.12

Model2	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
初始值	0.14	1.43	1.26	1.26	1.45	1.75	2.13	2.36	2.56
1Y	1.67	2.16	1.96	1.90	2.06	2.37	2.77	2.99	3.19
5Y	3.65	3.93	3.80	3.76	3.82	3.97	4.29	4.49	4.66
10Y	4.47	4.85	4.73	4.62	4.67	4.81	5.11	5.28	5.44
20Y	4.85	5.29	5.16	5.01	5.04	5.17	5.42	5.59	5.71
30Y	4.85	5.40	5.21	5.06	5.06	5.17	5.46	5.63	5.78
r_bar	4.13	5.43	5.25	5.25	5.45	5.74	6.13	6.35	6.55
30Y_SD	2.89	2.29	2.21	2.23	2.20	2.04	1.86	1.76	1.67
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.58	0.40	0.35	0.32	0.34	0.35	0.34	0.33	0.32
歷史 R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.32	0.34	0.34	0.33	0.32

Model2	USD						
	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
初始值	0.08	0.27	0.37	0.78	1.58	2.29	2.83
1Y	1.01	1.05	1.09	1.44	2.16	2.86	3.41

5Y	2.67	2.69	2.69	2.99	3.67	4.29	4.86
10Y	3.56	3.61	3.64	3.89	4.53	5.12	5.69
20Y	4.16	4.21	4.23	4.44	5.03	5.60	6.20
30Y	4.27	4.30	4.33	4.57	5.19	5.75	6.38
r_bar	4.26	4.45	4.55	4.96	5.76	6.47	7.01
30Y_SD	1.71	1.66	1.62	1.72	1.81	1.71	1.53
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26
歷史 R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26

Model2	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	1.74	1.78	1.74	1.76	1.94	2.38	2.80	3.01	3.90	3.92	3.56
1Y	2.23	2.27	2.24	2.25	2.39	2.89	3.23	3.49	4.28	4.39	4.10
5Y	3.23	3.25	3.23	3.24	3.32	3.76	4.01	4.27	4.96	5.12	5.02
10Y	3.51	3.55	3.54	3.55	3.62	4.04	4.28	4.53	5.22	5.36	5.27
20Y	3.58	3.60	3.59	3.58	3.64	4.05	4.30	4.55	5.24	5.39	5.29
30Y	3.57	3.60	3.58	3.59	3.65	4.08	4.32	4.58	5.27	5.42	5.34
r_bar	3.59	3.64	3.59	3.61	3.79	4.23	4.65	4.86	5.75	5.78	5.41
30Y_SD	0.89	0.85	0.90	0.98	0.99	1.06	0.92	0.84	0.80	0.77	0.72
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.22	0.20	0.19	0.18	0.18
歷史 R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17

Model2	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
初始值	2.85	2.93	3.27	3.58	4.10	4.14
1Y	4.18	4.24	4.54	4.86	5.38	5.42
5Y	5.59	5.67	5.92	6.21	6.72	6.75
10Y	5.74	5.81	6.07	6.35	6.86	6.89
20Y	5.75	5.82	6.06	6.35	6.84	6.87
30Y	5.73	5.79	6.04	6.33	6.83	6.86
r_bar	5.74	5.82	6.15	6.47	6.99	7.02
30Y_SD	0.85	0.90	0.91	0.87	0.82	0.81
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.27	0.27
歷史 R_SD	0.27	0.29	0.30	0.28	0.26	0.26

Model2	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.21	0.24	0.34	0.38	0.47	0.70	0.81	1.20	1.61	1.77	1.80
1Y	0.35	0.36	0.44	0.51	0.60	0.81	0.93	1.30	1.70	1.88	1.90
5Y	0.72	0.72	0.76	0.89	0.96	1.16	1.30	1.56	1.90	2.18	2.21
10Y	1.03	1.03	1.06	1.17	1.23	1.43	1.58	1.82	2.14	2.44	2.47
20Y	1.36	1.36	1.38	1.46	1.50	1.68	1.81	2.05	2.36	2.65	2.68
30Y	1.48	1.48	1.50	1.57	1.60	1.76	1.88	2.12	2.42	2.72	2.75
r_bar	1.60	1.63	1.73	1.77	1.86	2.08	2.19	2.59	2.99	3.16	3.19
30Y_SD	0.51	0.50	0.50	0.61	0.68	0.79	0.89	0.93	1.01	1.11	1.21
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.10	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
歷史 R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20

Model2	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.54	0.54	0.61	1.65	2.25	2.66	3.01	3.21	3.99	4.18	3.75
1Y	0.89	0.88	0.87	1.45	1.87	2.19	2.58	2.89	3.59	3.81	3.54
5Y	1.89	1.85	1.82	1.86	1.90	1.93	2.03	2.30	2.71	2.86	2.93
10Y	2.57	2.56	2.56	2.52	2.48	2.45	2.41	2.44	2.55	2.59	2.66
20Y	3.54	3.53	3.52	3.47	3.44	3.41	3.37	3.30	3.20	3.16	3.18
30Y	4.44	4.42	4.40	4.36	4.33	4.30	4.27	4.20	4.09	4.05	4.05
r_bar	5.19	5.19	5.26	6.31	6.91	7.31	7.67	7.87	8.64	8.83	8.41
30Y_SD	3.37	3.35	3.32	3.26	3.22	3.20	3.16	3.09	2.98	2.94	2.89
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.29	0.28	0.27	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.19	0.17	0.17
歷史 R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16

Model2	SGD								
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.57	0.77	0.92	1.48	1.74	2.12	2.49	2.69	
1Y	1.48	1.67	1.81	2.35	2.61	2.99	3.36	3.53	
5Y	1.63	1.82	1.98	2.53	2.78	3.16	3.54	3.70	
10Y	1.65	1.85	2.00	2.55	2.81	3.20	3.57	3.73	
20Y	1.64	1.83	1.98	2.54	2.79	3.18	3.55	3.71	
30Y	1.64	1.83	1.98	2.54	2.80	3.19	3.56	3.71	

r_bar	1.63	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75
30Y_SD	0.58	0.50	0.41	0.49	0.48	0.49	0.51	0.50
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.31	0.27	0.22	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27
歷史 R_SD	0.30	0.26	0.21	0.25	0.25	0.25	0.27	0.26

表四十二為模型三於調整後的各項比較

表四十二 模型三於調整後的各項比較

Model3	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
初始值	32.82	0.72	1.42	90.68	0.68	1.43	1259.55
1Y	32.78	0.71	1.41	90.61	0.68	1.43	1257.84
5Y	32.72	0.71	1.41	90.53	0.68	1.43	1247.56
10Y	32.62	0.71	1.40	90.67	0.68	1.43	1241.96
20Y	32.54	0.70	1.38	90.48	0.68	1.42	1233.33
30Y	32.58	0.71	1.40	89.64	0.68	1.42	1233.82
30Y_SD	7.91	0.44	1.12	48.40	0.35	0.38	787.91
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07
R_SD	1.27	2.90	3.70	2.75	2.49	1.41	3.12
歷史 R_SD	1.28	2.90	3.71	2.75	2.49	1.41	3.12

Model3	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
初始值	0.14	1.43	1.26	1.26	1.45	1.75	2.13	2.36	2.56
1Y	1.66	2.14	1.93	1.92	2.12	2.41	2.80	3.02	3.22
5Y	3.62	3.92	3.68	3.68	3.90	4.18	4.55	4.79	4.98
10Y	4.52	4.96	4.73	4.69	4.89	5.18	5.56	5.78	5.98
20Y	4.77	5.39	5.17	5.14	5.33	5.63	6.02	6.25	6.42
30Y	4.80	5.49	5.26	5.26	5.44	5.74	6.15	6.36	6.56
r_bar	4.13	5.43	5.25	5.25	5.45	5.74	6.13	6.35	6.55
30Y_SD	2.91	2.27	1.90	1.68	1.86	1.96	1.95	1.88	1.85
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.58	0.40	0.33	0.29	0.32	0.34	0.34	0.33	0.32
歷史 R_SD	0.59	0.40	0.33	0.29	0.32	0.34	0.34	0.33	0.32

Model3	USD
--------	-----

	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
初始值	0.08	0.27	0.37	0.78	1.58	2.29	2.83
1Y	1.01	1.06	1.10	1.46	2.18	2.88	3.42
5Y	2.66	2.72	2.76	3.18	3.91	4.57	5.06
10Y	3.63	3.77	3.83	4.24	4.97	5.63	6.09
20Y	4.19	4.35	4.44	4.83	5.57	6.26	6.80
30Y	4.23	4.40	4.54	4.97	5.74	6.43	7.03
r_bar	4.26	4.45	4.55	4.96	5.76	6.47	7.01
30Y_SD	1.75	1.69	1.65	1.94	2.05	1.90	1.62
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26
歷史 R_SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26

Model3	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	1.74	1.78	1.74	1.76	1.94	2.38	2.80	3.01	3.90	3.92	3.56
1Y	2.24	2.29	2.26	2.27	2.45	2.91	3.32	3.54	4.43	4.46	4.09
5Y	3.23	3.26	3.23	3.26	3.43	3.90	4.31	4.53	5.42	5.45	5.08
10Y	3.54	3.62	3.58	3.60	3.77	4.22	4.61	4.82	5.71	5.73	5.36
20Y	3.60	3.63	3.60	3.60	3.77	4.21	4.62	4.84	5.73	5.76	5.38
30Y	3.59	3.63	3.58	3.62	3.79	4.24	4.66	4.87	5.77	5.79	5.43
r_bar	3.59	3.64	3.59	3.61	3.79	4.23	4.65	4.86	5.75	5.78	5.41
30Y_SD	0.87	0.87	0.94	1.05	1.04	1.12	0.91	0.82	0.76	0.77	0.74
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18
歷史 R_SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17

Model3	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
初始值	2.85	2.93	3.27	3.58	4.10	4.14
1Y	4.21	4.28	4.62	4.93	5.45	5.49
5Y	5.62	5.72	6.05	6.35	6.88	6.91
10Y	5.77	5.84	6.17	6.47	7.00	7.03
20Y	5.73	5.81	6.13	6.45	6.96	7.00
30Y	5.74	5.81	6.16	6.48	6.99	7.04
r_bar	5.74	5.82	6.15	6.47	6.99	7.02
30Y_SD	0.85	0.92	0.93	0.87	0.82	0.83

R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
R_SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.26	0.27
歷史 R_SD	0.27	0.29	0.30	0.28	0.26	0.26

Model3	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.21	0.24	0.34	0.38	0.47	0.70	0.81	1.20	1.61	1.77	1.80
1Y	0.35	0.37	0.46	0.52	0.61	0.81	0.92	1.30	1.70	1.87	1.89
5Y	0.74	0.74	0.85	0.94	1.07	1.26	1.41	1.70	2.09	2.26	2.34
10Y	1.04	1.04	1.15	1.25	1.38	1.60	1.78	2.05	2.43	2.59	2.70
20Y	1.35	1.36	1.46	1.55	1.69	1.94	2.11	2.39	2.78	2.93	3.06
30Y	1.50	1.53	1.64	1.73	1.86	2.09	2.23	2.54	2.93	3.06	3.22
r_bar	1.60	1.63	1.73	1.77	1.86	2.08	2.19	2.59	2.99	3.16	3.19
30Y_SD	0.51	0.46	0.54	0.73	0.89	1.02	1.16	1.17	1.29	1.33	1.64
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
歷史 R_SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20

Model3	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
初始值	0.54	0.54	0.61	1.65	2.25	2.66	3.01	3.21	3.99	4.18	3.75
1Y	0.88	0.88	0.88	1.68	2.25	2.65	3.01	3.21	3.98	4.18	3.74
5Y	1.84	1.78	1.72	2.13	2.49	2.76	3.09	3.23	3.98	4.17	3.74
10Y	2.61	2.57	2.45	2.76	2.94	3.09	3.32	3.39	4.02	4.17	3.76
20Y	3.68	3.62	3.48	3.64	3.71	3.72	3.82	3.78	4.20	4.28	3.91
30Y	4.50	4.40	4.27	4.40	4.36	4.31	4.38	4.25	4.48	4.47	4.14
r_bar	5.19	5.19	5.26	6.31	6.91	7.31	7.67	7.87	8.64	8.83	8.41
30Y_SD	3.47	3.34	3.24	3.38	3.30	3.22	3.16	3.09	2.95	2.76	2.67
R_MEAN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.29	0.28	0.27	0.27	0.25	0.24	0.23	0.21	0.18	0.17	0.16
歷史 R_SD	0.30	0.29	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.18	0.17	0.16

Model3	SGD								
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	
初始值	0.57	0.77	0.92	1.48	1.74	2.12	2.49	2.69	
1Y	1.47	1.66	1.81	2.37	2.62	3.01	3.38	3.57	
5Y	1.63	1.82	1.98	2.54	2.79	3.17	3.55	3.74	

10Y	1.62	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75
20Y	1.63	1.82	1.97	2.53	2.79	3.17	3.55	3.74
30Y	1.66	1.84	1.99	2.53	2.79	3.17	3.54	3.73
r_bar	1.63	1.83	1.98	2.54	2.80	3.18	3.55	3.75
30Y_SD	0.56	0.49	0.41	0.49	0.48	0.50	0.52	0.51
R_MEAN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R_SD	0.31	0.27	0.22	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27
歷史 R_SD	0.30	0.26	0.21	0.25	0.25	0.25	0.27	0.26

各模型調整後 Correlation 之比較如下表四十三所示：

表四十三 模型三於調整後的各項比較

USD-LIB 模擬值

Model1	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.80	1.00							
6M	0.78	0.91	1.00						
1Y	0.60	0.75	0.86	1.00					
2Y	0.41	0.56	0.70	0.83	1.00				
3Y	0.28	0.45	0.60	0.75	0.94	1.00			
5Y	0.15	0.33	0.48	0.65	0.87	0.94	1.00		
7Y	0.08	0.28	0.42	0.59	0.82	0.91	0.96	1.00	
10Y	0.03	0.23	0.36	0.52	0.76	0.86	0.93	0.95	1.00
Model2	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.82	1.00							
6M	0.80	0.92	1.00						
1Y	0.61	0.76	0.86	1.00					
2Y	0.40	0.56	0.71	0.84	1.00				
3Y	0.27	0.45	0.60	0.76	0.93	1.00			
5Y	0.14	0.33	0.48	0.65	0.87	0.94	1.00		
7Y	0.08	0.27	0.41	0.59	0.83	0.91	0.96	1.00	
10Y	0.03	0.22	0.35	0.53	0.77	0.86	0.92	0.93	1.00
Model3	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.82	1.00							
6M	0.80	0.92	1.00						
1Y	0.62	0.76	0.86	1.00					

2Y	0.40	0.55	0.70	0.83	1.00				
3Y	0.27	0.44	0.60	0.76	0.93	1.00			
5Y	0.12	0.32	0.47	0.65	0.86	0.93	1.00		
7Y	0.05	0.26	0.40	0.59	0.81	0.89	0.93	1.00	
10Y	-0.01	0.21	0.34	0.53	0.75	0.84	0.89	0.91	1.00

實際值

USD-LIB	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
SPT	1.00								
3M	0.81	1.00							
6M	0.77	0.95	1.00						
1Y	0.50	0.70	0.86	1.00					
2Y	0.30	0.48	0.66	0.84	1.00				
3Y	0.20	0.38	0.56	0.76	0.98	1.00			
5Y	0.08	0.29	0.45	0.66	0.91	0.97	1.00		
7Y	0.01	0.25	0.39	0.61	0.86	0.93	0.99	1.00	
10Y	-0.03	0.21	0.34	0.54	0.80	0.88	0.96	0.99	1.00

USD 模擬值

Model1	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.83	1.00					
1Y	0.78	0.88	1.00				
2Y	0.61	0.73	0.85	1.00			
5Y	0.41	0.55	0.71	0.89	1.00		
10Y	0.24	0.37	0.55	0.76	0.91	1.00	
30Y	0.02	0.11	0.26	0.46	0.66	0.80	1.00
Model2	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.81	1.00					
1Y	0.77	0.87	1.00				
2Y	0.62	0.74	0.86	1.00			
5Y	0.42	0.56	0.72	0.89	1.00		
10Y	0.24	0.38	0.56	0.77	0.90	1.00	
30Y	0.00	0.11	0.27	0.48	0.64	0.73	1.00
Model3	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.80	1.00					
1Y	0.76	0.86	1.00				
2Y	0.60	0.72	0.85	1.00			

5Y	0.44	0.56	0.73	0.89	1.00		
10Y	0.30	0.42	0.58	0.78	0.89	1.00	
30Y	0.11	0.20	0.32	0.49	0.64	0.73	1.00

實際值

USD	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
3M	1.00						
6M	0.91	1.00					
1Y	0.83	0.94	1.00				
2Y	0.58	0.72	0.88	1.00			
5Y	0.37	0.53	0.72	0.92	1.00		
10Y	0.21	0.36	0.56	0.76	0.93	1.00	
30Y	0.02	0.11	0.29	0.45	0.64	0.82	1.00

EUR 模擬值

Model1	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.80	1.00									
1Y	0.74	0.87	1.00								
2Y	0.59	0.74	0.91	1.00							
3Y	0.52	0.67	0.87	0.95	1.00						
5Y	0.37	0.53	0.73	0.85	0.88	1.00					
7Y	0.32	0.48	0.71	0.84	0.90	0.89	1.00				
10Y	0.22	0.36	0.59	0.73	0.82	0.83	0.94	1.00			
15Y	0.13	0.27	0.48	0.62	0.72	0.76	0.88	0.94	1.00		
20Y	0.02	0.16	0.36	0.49	0.60	0.66	0.80	0.88	0.92	1.00	
30Y	0.03	0.18	0.36	0.47	0.57	0.63	0.76	0.85	0.89	0.90	1.00
Model2	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.81	1.00									
1Y	0.74	0.87	1.00								
2Y	0.59	0.74	0.88	1.00							
3Y	0.51	0.68	0.84	0.91	1.00						
5Y	0.36	0.53	0.71	0.82	0.86	1.00					
7Y	0.31	0.48	0.69	0.81	0.88	0.88	1.00				
10Y	0.21	0.36	0.59	0.73	0.82	0.84	0.94	1.00			
15Y	0.12	0.27	0.49	0.63	0.73	0.77	0.89	0.94	1.00		
20Y	0.01	0.17	0.38	0.52	0.63	0.69	0.81	0.89	0.92	1.00	
30Y	0.02	0.18	0.38	0.51	0.61	0.67	0.78	0.85	0.87	0.88	1.00
Model3	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y

3M	1.00											
6M	0.75	1.00										
1Y	0.72	0.85	1.00									
2Y	0.60	0.75	0.90	1.00								
3Y	0.53	0.69	0.87	0.94	1.00							
5Y	0.38	0.55	0.74	0.85	0.88	1.00						
7Y	0.34	0.50	0.71	0.83	0.89	0.88	1.00					
10Y	0.24	0.38	0.60	0.73	0.81	0.82	0.92	1.00				
15Y	0.14	0.28	0.48	0.61	0.71	0.75	0.87	0.93	1.00			
20Y	0.05	0.18	0.36	0.49	0.59	0.65	0.78	0.87	0.92	1.00		
30Y	0.04	0.19	0.36	0.47	0.57	0.63	0.75	0.84	0.89	0.90	1.00	

實際值

EUR	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.81	1.00									
1Y	0.72	0.87	1.00								
2Y	0.54	0.71	0.92	1.00							
3Y	0.45	0.64	0.87	0.98	1.00						
5Y	0.32	0.49	0.71	0.86	0.90	1.00					
7Y	0.25	0.44	0.70	0.85	0.92	0.90	1.00				
10Y	0.17	0.33	0.57	0.73	0.82	0.83	0.96	1.00			
15Y	0.06	0.21	0.43	0.58	0.69	0.72	0.88	0.96	1.00		
20Y	-0.04	0.13	0.31	0.45	0.56	0.63	0.77	0.87	0.94	1.00	
30Y	0.01	0.15	0.34	0.45	0.55	0.62	0.75	0.85	0.92	0.93	1.00

AUD 模擬值

Model1	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.90	1.00				
3Y	0.87	0.96	1.00			
5Y	0.83	0.94	0.97	1.00		
10Y	0.71	0.83	0.87	0.92	1.00	
15Y	0.67	0.80	0.85	0.90	0.94	1.00
Model2	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.89	1.00				
3Y	0.87	0.97	1.00			
5Y	0.83	0.94	0.97	1.00		
10Y	0.70	0.83	0.88	0.92	1.00	

15Y	0.67	0.81	0.85	0.90	0.94	1.00
Model3	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.85	1.00				
3Y	0.85	0.96	1.00			
5Y	0.85	0.95	0.98	1.00		
10Y	0.78	0.89	0.91	0.93	1.00	
15Y	0.77	0.88	0.90	0.92	0.90	1.00

實際值

AUD	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
1Y	1.00					
2Y	0.93	1.00				
3Y	0.87	0.98	1.00			
5Y	0.81	0.94	0.98	1.00		
10Y	0.64	0.80	0.86	0.93	1.00	
15Y	0.60	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

JPY 模擬值

Model1	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.87	1.00									
1Y	0.81	0.88	1.00								
2Y	0.71	0.79	0.89	1.00							
3Y	0.63	0.70	0.83	0.91	1.00						
5Y	0.44	0.52	0.67	0.81	0.88	1.00					
7Y	0.31	0.39	0.55	0.70	0.79	0.91	1.00				
10Y	0.23	0.29	0.44	0.59	0.70	0.86	0.90	1.00			
15Y	0.25	0.30	0.41	0.54	0.66	0.81	0.85	0.91	1.00		
20Y	0.25	0.29	0.36	0.48	0.59	0.73	0.78	0.86	0.89	1.00	
30Y	0.19	0.21	0.24	0.33	0.44	0.58	0.64	0.75	0.82	0.86	1.00
Model2	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.87	1.00									
1Y	0.81	0.88	1.00								
2Y	0.72	0.79	0.89	1.00							
3Y	0.64	0.71	0.83	0.91	1.00						
5Y	0.44	0.52	0.67	0.81	0.87	1.00					
7Y	0.31	0.38	0.55	0.70	0.79	0.91	1.00				
10Y	0.22	0.28	0.43	0.59	0.71	0.86	0.90	1.00			

15Y	0.24	0.29	0.41	0.55	0.66	0.81	0.85	0.91	1.00			
20Y	0.25	0.29	0.36	0.48	0.59	0.72	0.77	0.85	0.89	1.00		
30Y	0.19	0.21	0.24	0.32	0.44	0.57	0.63	0.74	0.81	0.86	1.00	
Model3	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y	
	3M	1.00										
	6M	0.85	1.00									
	1Y	0.83	0.90	1.00								
	2Y	0.75	0.82	0.89	1.00							
	3Y	0.67	0.73	0.82	0.88	1.00						
	5Y	0.49	0.55	0.67	0.77	0.84	1.00					
	7Y	0.36	0.42	0.54	0.67	0.76	0.86	1.00				
	10Y	0.24	0.30	0.43	0.58	0.70	0.84	0.88	1.00			
	15Y	0.22	0.28	0.41	0.56	0.68	0.83	0.87	0.92	1.00		
	20Y	0.19	0.24	0.37	0.52	0.63	0.79	0.83	0.88	0.88	1.00	
	30Y	0.10	0.14	0.25	0.39	0.51	0.67	0.72	0.79	0.79	0.77	1.00

實際值

JPY	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y	
	3M	1.00										
	6M	0.89	1.00									
	1Y	0.78	0.89	1.00								
	2Y	0.65	0.75	0.90	1.00							
	3Y	0.56	0.65	0.82	0.96	1.00						
	5Y	0.38	0.48	0.66	0.83	0.92	1.00					
	7Y	0.26	0.36	0.54	0.70	0.82	0.96	1.00				
	10Y	0.24	0.30	0.43	0.56	0.69	0.88	0.93	1.00			
	15Y	0.26	0.31	0.43	0.52	0.65	0.81	0.84	0.94	1.00		
	20Y	0.30	0.33	0.38	0.47	0.57	0.69	0.72	0.83	0.88	1.00	
	30Y	0.22	0.25	0.26	0.32	0.42	0.53	0.58	0.69	0.78	0.90	1.00

GBP 模擬值

Model1	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y	
	3M	1.00										
	6M	0.90	1.00									
	1Y	0.77	0.87	1.00								
	2Y	0.57	0.69	0.83	1.00							
	3Y	0.50	0.63	0.79	0.91	1.00						
	5Y	0.45	0.58	0.74	0.88	0.94	1.00					
	7Y	0.42	0.54	0.69	0.83	0.90	0.95	1.00				
	10Y	0.38	0.48	0.62	0.77	0.83	0.90	0.94	1.00			

15Y	0.29	0.39	0.53	0.68	0.76	0.84	0.89	0.92	1.00		
20Y	0.22	0.31	0.44	0.59	0.67	0.76	0.82	0.87	0.91	1.00	
30Y	0.19	0.26	0.38	0.50	0.57	0.65	0.72	0.78	0.81	0.81	1.00
Model2	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.85	1.00									
1Y	0.77	0.87	1.00								
2Y	0.63	0.73	0.83	1.00							
3Y	0.58	0.68	0.79	0.87	1.00						
5Y	0.52	0.62	0.74	0.83	0.89	1.00					
7Y	0.47	0.57	0.69	0.80	0.86	0.92	1.00				
10Y	0.41	0.50	0.62	0.75	0.81	0.88	0.92	1.00			
15Y	0.32	0.41	0.53	0.66	0.74	0.82	0.88	0.91	1.00		
20Y	0.24	0.33	0.44	0.58	0.66	0.75	0.81	0.87	0.91	1.00	
30Y	0.19	0.26	0.37	0.50	0.56	0.65	0.72	0.78	0.82	0.83	1.00
Model3	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.89	1.00									
1Y	0.78	0.87	1.00								
2Y	0.59	0.70	0.84	1.00							
3Y	0.52	0.64	0.80	0.91	1.00						
5Y	0.47	0.59	0.75	0.87	0.93	1.00					
7Y	0.44	0.55	0.69	0.82	0.88	0.93	1.00				
10Y	0.39	0.49	0.63	0.76	0.83	0.89	0.92	1.00			
15Y	0.30	0.40	0.53	0.68	0.76	0.84	0.89	0.92	1.00		
20Y	0.23	0.32	0.44	0.60	0.68	0.76	0.82	0.87	0.90	1.00	
30Y	0.20	0.26	0.38	0.51	0.58	0.67	0.73	0.79	0.82	0.82	1.00
實際值											
GBP	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
3M	1.00										
6M	0.94	1.00									
1Y	0.74	0.86	1.00								
2Y	0.52	0.68	0.91	1.00							
3Y	0.46	0.62	0.85	0.98	1.00						
5Y	0.42	0.57	0.77	0.92	0.97	1.00					
7Y	0.40	0.52	0.69	0.83	0.91	0.98	1.00				
10Y	0.36	0.46	0.60	0.74	0.82	0.91	0.97	1.00			
15Y	0.26	0.36	0.50	0.64	0.72	0.83	0.90	0.96	1.00		

20Y	0.18	0.27	0.39	0.53	0.61	0.72	0.80	0.89	0.97	1.00	
30Y	0.14	0.20	0.32	0.42	0.49	0.59	0.68	0.77	0.87	0.94	1.00

SGD 模擬值

Model1	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.87	1.00						
2Y	0.75	0.83	1.00					
5Y	0.44	0.52	0.71	1.00				
7Y	0.36	0.44	0.66	0.90	1.00			
10Y	0.31	0.39	0.61	0.89	0.93	1.00		
15Y	0.19	0.26	0.50	0.83	0.89	0.92	1.00	
20Y	0.18	0.25	0.49	0.83	0.89	0.93	0.94	1.00

Model2	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.89	1.00						
2Y	0.76	0.83	1.00					
5Y	0.42	0.51	0.71	1.00				
7Y	0.35	0.43	0.65	0.90	1.00			
10Y	0.30	0.37	0.60	0.89	0.94	1.00		
15Y	0.19	0.26	0.50	0.83	0.89	0.93	1.00	
20Y	0.18	0.25	0.49	0.83	0.89	0.93	0.94	1.00

Model3	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.87	1.00						
2Y	0.78	0.84	1.00					
5Y	0.45	0.53	0.71	1.00				
7Y	0.36	0.44	0.65	0.89	1.00			
10Y	0.30	0.38	0.61	0.90	0.94	1.00		
15Y	0.17	0.25	0.50	0.84	0.90	0.93	1.00	
20Y	0.17	0.24	0.50	0.84	0.90	0.93	0.94	1.00

實際值

SGD	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
3M	1.00							
1Y	0.84	1.00						
2Y	0.69	0.81	1.00					
5Y	0.40	0.50	0.73	1.00				
7Y	0.34	0.41	0.65	0.96	1.00			
10Y	0.30	0.36	0.59	0.89	0.96	1.00		

15Y	0.20	0.27	0.48	0.76	0.83	0.91	1.00	
20Y	0.19	0.26	0.47	0.77	0.84	0.91	0.99	1.00

3、調整後模擬情境之特性及最終模型之選擇

由表四十~表四十三與模擬結果之比較，可以發現調整後的模型具有下述特性：

- (1)與歷史資料的特性與形狀依然相似，並不會因為調整造成太大的改變；風險因子 R 的各項特性依舊極為接近歷史資料的風險因子。
- (2)利率情境在此調整之後已全為正值，並排除形狀奇特的利率曲線。
- (3)短期來看，可反映目前低利率環境的現況：

本研究所提供之情境，反映了目前甚至未來幾年，主要國家利率水準仍可能處於低利率的狀況。因此，從監理層面來看，當監理機關運用本研究所提供之情境評估我國保險業從事國外投資之風險，應能夠符合保守監理的原則，不致衍生低估風險的問題。

- (4)長期來看，具有逐步回歸長期平均利率水準的特性：

長期而言，本研究所提供之情境具有(平均)逐步回歸長期平均利率水準的特性。因此，亦不致過度高估我國保險業長期負債所承擔的風險。

經過初步模擬結果之比對，三個模型在估計的效率上並沒有太大的差異，因此主要考量未來模型的擴充性以及應用的彈性後，我們決定採用 Model 2，也就是利率與匯率分開估計的模型及其產生兩千組情境。

陸、預期效益

本研究所建構之模型，預期至少可應用在以下兩方面：

一、負債適足性測試

我國簽證精算師制度自 2003 年起實施，簽證精算師每年須就保險費率之釐定

、責任準備金之核算、保單紅利分配、投資決策評估、清償能力評估及其他經主管機關指定辦理之事項向主管機關提出簽證報告。精算師必須假設不同的經濟狀況情境，執行負債適足性之測試。

自 2006 年起，精算師須執行現金流量測試來檢測負債適足性，其中利率假設得採用非隨機的方式。但是監理機關到目前為止只對國內無風險利率的情境有明確的要求，對國內其他非固定收益證券類及國外投資的資產報酬率還沒有訂出相關規範。因此，各公司所做的現金流量測試，有可能因為在這些資產報酬率的假設上有很大的差異，而使測試的結果沒能幫助監理機關準確地判別公司真正的負債適足性。

以國外投資來說，目前部份壽險公司國外投資比重高達 40%，且國外投資中投資於固定收益類資產的比重亦多在八成至九成以上，使得建構國外固定收益型資產的報酬率模型協助監理機關評估保險業國外投資的風險，更顯得急迫而重要。

本研究所提供之模型以及所產生之情境，在未來經過 AA 委員會的公司挑選出兩百組情境，並經全體保險業試算後，預期可納入作為簽證精算師執行現金流量測試以檢測負債適足性之情境中，協助監理機關更了解國外投資風險對保險公司負債適足性的影響。

二、RBC 制度 C3 風險的計算

本研究專案利率模型產生的隨機情境可用來計算合理的年度利率變動量 Δr 。而合理的年度利率變動量 Δr 可應用於 97 年保險局委託研究計畫「保險業清償能力評估或檢測機制改進之研究計畫：台灣壽險業利率風險之資本要求」所提及兩個衡量 C3 利率風險的方法。

1、年度利率變動量 Δr 的計算方式：

合理的年度利率變動量 Δr 的計算方式可區分為兩種方式：各國利率曲線各自獨立計算該國固定收益合理的年度利率變動量，以及將所有各國利率曲線同時考量一次計算合理的年度利率變動量 Δr 。以下各自針對兩種不同的方法進行說明：

(1)各國利率曲線獨立計算

假設隨機情境 $IR^{(1)}$ 、 $IR^{(2)}$ 、 \dots 、 $IR^{(360)}$ 隱含的利率變動量 $\Delta IR(\Delta r_1, \dots, \Delta r_k)$ 的樣本共變異矩陣為 Σ 。利用主成份分析 ΔIR 可表示為

$$\Delta IR = \underset{(k \times 1)}{Q} \underset{(k \times k)}{W} \underset{(k \times 1)}{W}$$

其中， $W = (W_1, W_2, \dots, W_m)'$ 為其主成份，由變異數大小排列；

$Q(k \times k)$ 為其線性組合的比例；

$$W \sim N(\underset{(k \times 1)}{0}, \underset{(k \times k)}{\Lambda}), \text{ 其中 } \Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$$

由於在文獻上，第一主成份 (PC1) 代表利率曲線平移 (level) 的大小，故此處以 W_1 來計算合理的年度利率變動量 Δr ：

$$\Delta IR = \underset{(k \times 1)}{Q} \underset{(k \times k)}{W} \underset{(k \times 1)}{W} \approx \underset{(k \times 1)}{q_1} W_1$$

並為求簡化，此處以平均的方式求取合理的年度利率變動量 Δr ，故對上式而言，在 95% 的水準下， $\Delta r = 1.645 \times \sqrt{\lambda_1} \times \frac{\sum q_{i,1}}{k} \times \sqrt{12}$ 。其結果如下表所示：

k	USD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD
Δr_k	1.32	1.00	1.51	0.54	1.12	1.23

(2)多國利率曲線合併計算

由上面的各國利率曲線計算方法擴充，將多國利率合併一同估計其合理的年度利率變動量 Δr 。若多國利率曲線共有 n 個風險因子，則

$$\Delta IR = \underset{(n \times 1)}{Q} \underset{(n \times n)}{W} \underset{(n \times 1)}{W}$$

其中， $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)'$ 為其主成份，由變異數大小排列；

$Q(n \times n)$ 為其線性組合的比例；

$$W \sim N(\underset{(n \times 1)}{0}, \underset{(n \times n)}{\Lambda}), \text{ 其中 } \Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$$

就如同各國分開計算的方法，以 W_1 代表其整體變異，並以平均的方式計算 $\Delta r = 1.645 \times \sqrt{\lambda_1} \times \frac{\sum q_{i,1}}{n} \times \sqrt{12}$ 。但由於此處將不同國利率曲線一起合併計算，可能會使原本使用的 W_1 不足以有足夠的解釋能力解釋多國利率曲線

的利率變動量。因此，若整體的解釋力低於 80%時，建議額外再加入 W_2 、甚至是 W_3 ，以增加對整體的解釋度。

2、利用 Δr 計算 C3 風險方法：

(1) 存續期間計算方法

此方法衡量資產與負債存續期間不一致的情況下對利率敏感度的風險，依據前述(1)各國利率曲線獨立計算得出之利率變動量，依以下公式計算利率風險資本額：

$$\text{Max} \left\{ \left| \sum_i (D^{Ai} \times A_i - D^{Li} \times L_i) \times \Delta r_i \right|, \left| \sum_i (D^{Ai} \times A_i - D^{Li} \times L_i) \times (-\Delta r_i) \right| \right\}$$

Δr_i ：我國及主要國家在 95% 信心水準下之利率變動量

A_i ：按我國及主要國家幣別之資產價值

L_i ：我國及主要國家之外幣保險商品之負債公平價值

D^{Ai} ：按我國及主要國家幣別資產價值之存續期間

D^{Li} ：我國及主要國家之外幣保險商品負債公平價值之存續期間

並假設所持有之相同國家資產與採用其幣別之外幣保單受到相同利率波動的影響，例如：美國資產與美金計價之外幣保險商品都是受到美國利率波動之影響。

本研究專案可掌握主要國家的利率變動量，即可應用於計算利率風險資本額。

(2) 現金流量法

透過現金流量法計算風險資本額的概念，是在每一個利率情境中，先找出利率大幅變動後導致業主權益下降最多的那一年，把這個值取絕對值後按照該情境的利率期間結構折現回來，最後再取所有情境中的最大值。公式如下：

$$\text{Max}_i \left\{ \left| \text{Min}_j \text{PV}_j \left[\text{Min}(\tilde{V}_{i,j} - V_{i,j}, 0) \right] \right| \right\}$$

其中， $V_{i,j}$ 第 i 種情境下第 j 年的公司淨值， $\tilde{V}_{i,j}$ 為殖利率曲線往上升或

下降 Δr 後第*i*種情境下第*j*年的公司淨值。

Δr 係採用前述(2)多國利率曲線合併計算所得出之利率變動量，將 Δr 帶入計算所有資產、負債現金流量的現值，依據現金流量法之公式可算出最大淨值現值的變化量，即為利率風險資本額。

柒、結論與建議

為了使本研究所建構之國外投資風險評估模型，能夠更切合我國保險業國外投資的實際狀況、更有效地捕捉我國保險業國外投資所承擔的主要風險，以協助監理機關更明確地評估我國保險業國外投資之風險，本研究蒐集並分析我國保險業國外投資之主要項目及及主要承擔之風險類別，同時參考美國 RBC 制度中的 C3 模型、瑞士 SST 市場風險模型，以及相當國內外有關建構利率、匯率模型之文獻，審慎挑選本研究所建構的國外投資風險評估模型應採用的風險因子及模型建構方法。

最後，本研究採取決定採用因素分析以及主成份估計法，並且考量利率具有均數回歸特性，建構國外投資風險評估模型。本研究應用該模型產生了兩千組情境，預期未來可應用於負債適足性測試以及 RBC 制度中 C3 風險的計算等兩方面。以下簡要說明本研究之結論及建議：

一、結論

(一)本研究所建構之國外投資風險評估模型主要考量利率風險及匯率風險

本研究所建構之國外投資風險評估模型主要考量利率風險及匯率風險，其理由如下：

1、我國大型壽險業國外投資以固定收益類資產為主

根據本研究分析了三家我國大型壽險業者之國外資產狀況，其國外資產配置在固定收益類資產，皆在 85% 以上，其中一家更高達 96%。若再進一步分析這三家業者所投資的國外固定收益類資產的類別，則以不動產及金融資

產受益證券、公司債為主。國外公債則都不是這三家業者最主要的投資標的。

2、我國大型壽險業者國外投資主要風險為利率風險、信用風險以及匯率風險

根據第(一)點可知，我國大型壽險業者從事國外投資時，所承受的主要風險為固定收益類資產所衍生之風險類別，包括利率風險、信用風險等兩項；以及國外投資所必然承受的匯率風險。

3、考量市場風險與信用風險的風險因子特性的不同與國際金融監理的標準，本研究建構之模型以利率及匯率風險因子為主

雖然我國大型壽險業者國外投資承受之主要風險為利率、匯率、信用等風險。但是考量匯率風險與利率風險同為市場風險的一種。市場風險與信用風險的風險因子的特性極不相同。因此，國際金融監理標準像是新巴塞爾協定與瑞士清償能力測試都是分別衡量市場風險與信用風險的大小。瑞士清償能力測試採用與新巴塞爾協定相同的方法來衡量信用風險的大小，而新巴塞爾協定的信用風險標準法為“規則法”。亦即信用風險大小只與評等有關，故不需模型。因此，在考量市場風險與信用風險的風險因子特性的不同與國際金融監理的標準，我們決定不包含信用風險的風險因子在模型中。

(二)本研究採因素分析及主成份估計法建構利率及匯率風險因子評估模型，並考量利率長期均數回歸之特性

1、由於本計畫案與本研究團隊成員同時進行的另一研究案「產生壽險業負債適足性測試之外匯情境」等兩案之成果皆將應用於我國壽險業負債適足性的測試上，基於經濟層面、技術層面以及應用層面的整體性考量，本研究與「產生壽險業負債適足性測試之外匯情境」兩研究案之模型係一起開發。

2、本研究選定 70 個風險因子建構衡量匯率風險及利率風險的模型。我們假設這些風險因子在每個月都服從聯合常態分配。

3、以 RiskMetrics 與瑞士清償能力測試(SST)的標準實務作法為依據，最初的模型假設風險因子的平均值皆為零。然而，考量本研究需建構能夠捕捉長期利

率行為的模型，因此，我們有略為修改上述平均值為零的假設。

- 4、為了降低模型之維度，我們試著利用因子分析的技術來建構了數個模型。最後，我們選定三種模型。除了用了因子分析的技術，選定的3個模型也以經濟意涵來配合選取共同因子。明確的說，模型1的個別共同因子會影響所有（70個）的風險因子；模型2的個別共同因子只會影響匯率或利率的風險因子；而模型3的個別共同因子只會影響匯率、西方幣別的利率或東方幣別的利率的風險因子。

(三)本研究所提供的兩千組情境既符合歷史資料之統計特性，同時亦能反映當前低利率之狀況，並且長期逐步回歸均數

- 1、本研究所提供之兩千組模擬情境，其在平均數、標準差、相關係數等主要統計量上，皆與歷史資料之特性相當接近。
- 2、短期來看，本研究所提供之情境，反映了目前甚至未來幾年，主要國家利率水準仍可能處於低利率的狀況。因此，從監理層面來看，當監理機關運用本研究所提供之情境評估我國保險業從事國外投資之風險，應能夠符合保守監理的原則，不致衍生低估風險的問題。
- 3、長期而言，本研究所提供之情境具有（平均）逐步回歸長期平均利率水準的特性。因此，亦不致過度高估我國保險業長期負債所承擔的風險。

(四)本研究所建構之模型以及提供之情境，預期可應用於我國簽證精算師執行現金流量測試來檢測負債適足性，以及RBC制度中計算C3風險等兩方面。

二、建議

(一)建議待其他資產模型建立後，再一併請公司進行試算

本計畫所產生兩千組的情境，由於本計畫時間有限，且未來一年將再有不動產模型與股票模型之專案，為減少公司試算所需的人力與物力，因此建議於今年併案(外匯模型、國外固定收益模型、不動產模型及股票模型)，請AA委員會的公司試算後，再根據基因演算法，挑選出兩百組有代表性的情境。之後再請所有的公司進行試算。這樣的試算過程一方面先讓公司熟悉並預備使用新加入的情境，

二方面可以讓監理機關對各公司的負債適足性狀況有最新與更進一步的瞭解。

(二)建議未來再行制定「保險業使用內部模型必須通過之測試標準」

本計畫建議在股票、不動產、外匯等其他模型皆建立之後，再行制定「保險業使用內部模型必須通過之測試標準」。主要是因為我們認為測試標準之制定應該不能只有考慮國外投資的利率風險，而是要考慮所有的主要風險，包含股票、不動產等其他資產的風險。並且，我們也會建議未來在制定保險業使用內部模型必須通過之測試標準時，能夠參酌歐盟國家的實際作法後，再行研擬，俾與國際接軌。

(三)建議未來再另案建立固定收益類資產信用風險之評估模型

本次金融風暴的肇因係美國次貸違約所造成之信用危機，我國保險公司在此波金融風暴中，或多或少都受到了所持有的固定收益類資產信用評等降級的影響，認列了一定金額的資產減損。可見信用風險亦為保險業從事固定收益類資產相當重要的風險之一。然而，本研究在考量市場風險與信用風險的風險因子特性的不同與國際金融監理的標準後，決定不包含信用風險的風險因子在模型中本模型中。

因此，本研究建議未來監理機關可針對固定收益類資產之信用風險，另案建構信用風險評估模型，以便更明確地評估信用風險對保險公司之負債適足性、清償能力等各層面之影響。

參考書目

1. Federal Office of Private Insurance FOPI, Technical document on the Swiss Solvency Test, Version of 2 October 2006
2. Federal Office of Private Insurance FOPI, Market Overview 2007, June 2008
3. SIA Swiss Insurance Association, Annual Report 2007 | 08
4. SIA Swiss Insurance Association, Facts and Figures 2008 The private insurance industry
5. AMERICAN COUNCIL OF LIFE INSURERS, ACLI Life Insurers Fact Book 2008
6. Bennett W. Golub and Leo M. Tilman, Risk Management
7. John C. Hull, Option, Futures and Other Derivatives
8. Paul Glasserman, Monte Carlo Methods in Financial Engineering
9. Christophe Perignon, Daniel R. Smith, and Christophe Villa, Why common factors in int. bond returns are not so common, *Journal of International Money and Finance*, 2007(26), P.284-P.304.
10. Gloria M. Soto, Using principal component analysis to explain term structure movements: performance and stability, 2004, working paper.
11. Joost Driessen, Bertrand Melenberg, and Theo Nijman, Common factors in int. bond returns, *Journal of International Money and Finance*, 2003(22), P.629-P.656.
12. RiskMetrics Group, RiskMetrics 2006 Methodology, <http://www.riskmetrics.com/>

附錄一 期中報告審查會議紀錄

「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」委託研究計畫 畫期中報告審查會議紀錄

一、時間：97年12月4日（星期四）下午2時30分至4時30分

二、地點：本會1724會議室

三、出席人員：張教授元晨、呂教授瑞秋、精算學會、壽險公會、保發中心、本局一組相關人員

四、主席：曾副局長玉瓊

五、記錄：蔡孟惠

六、會議結論：

（一）本案審查通過，後續則請研究團隊就下列與會人員意見進行修正或說明，補強於本委託案之期末報告：

1. 國內樣本保險公司投資之主要固定收益證券如金融債券與不動產及金融資產證券化商品具有信用風險，可以考慮納入不同信用評等的信用風險利差（credit spread）的變數。
2. 外幣匯率或利率可考慮主要投資貨幣即可，可以減少變數的數目。
3. 請補充主成分分析及因素分析應用在本計畫的優缺點。
4. 請考慮在模型中加入近期國外匯率及利率同漲同跌的現象。
5. 請測試主成分及因素是否有結構性變化之情形。
6. 請考慮匯率及利率分配不符合常態分配對投資風險評估的影響。

（二）關於壽險公會及精算學會所提意見表示，因業者系統規模有限及考量模型運作時效因素，建議模型中所採用之貨幣種類及利率天期種類能酌減乙節，請研究團隊對此項建議進行評估，並針對模型變數減少前後，模型整體之完整性、合適性及穩定性之變化及影響進行分析和提供意見或建議。

附錄二 「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」期中報告審查意見之

意見回覆暨修正說明對照表

審查意見	修正說明
<p>(一)本案審查通過，後續則請研究團隊就下列與會人員意見進行修正或說明，補強於本委託案之期末報告：</p>	
<p>1.國內樣本保險公司投資之主要固定收益證券如金融債券與不動產及金融資產證券化商品具有信用風險，可以考慮納入不同信用評等的信用風險利差(credit spread)的變數。</p>	<p>1.本計劃所建構之模型主要考量七個國家的匯率，以及除了韓國之外六個國家十一個期間的零息公債利率；至於信用風險利差在模型中則假設其固定不變。</p> <p>2.由於目前模型的變數已多，使得整個模型建構過程中面臨最大的考驗，即在於如何透過 PCA Model 等方式將整個模型的 dimension 降低。因此，本計畫應不會考慮再增加 credit spread 等變數。</p> <p>3.至於信用利差的變化對保險業所造成的風險，建議可於精算師進行現金流量測試時，依各公司固定收益類資產的投資組合，額外加上 risk premium 衡量之。</p>
<p>2.外幣匯率或利率可考慮主要投資貨幣即可，可以減少變數的數目。</p>	<p>1.本計畫在決定所考慮之七個國家的匯率以及利率之前，已先行蒐集並分析我國保險業者國外投資之主要幣別。根據本計畫收集的資料顯示，該七個國家的外幣資產約佔我國保險業者國外投資資產總額的九成。</p> <p>2.為使本計畫之模型能夠評估我國保險業者九成以上國外資產之風險，本計畫認為並不適合減少貨幣或利率天期種類等變數之數目。但為了便於國外投資相對單純的保</p>

	<p>險業者進行現金流量測試，本計畫可在既有模型的架構下，另行模擬一套貨幣以及利率天期種類較為簡單的情境，供這些業者使用。</p>
<p>3. 請補充主成分分析及因素分析應用在本計畫的優缺點。</p>	<p>已補充於期末報告第 38 頁以及第 41 頁中。</p>
<p>4. 請考慮在模型中加入近期國外匯率及利率同漲同跌的現象。</p>	<p>1. 本計畫原始資料期間為 1999 年 1 月 1 日至 2008 年 12 月 31 日，已涵蓋了近期國外匯率以及利率同漲同跌的期間。由於本計畫之模型係根據該期間歷史資料為基礎，建構而得。因此，該期間內若匯率及利率同漲同跌之情形夠顯著，將會透過歷史資料反映在匯率及利率的相關性中，進而反映在模型上；倘若該期間內，匯率及利率同漲同跌之情形不夠顯著，則模型也就不會 Model 到這個情形。</p> <p>2. 當匯率及利率同漲同跌之情形不夠顯著，以至於無法在模型予以呈現時，可透過 stress-testing 等方式評估匯率及利率同漲同跌對保險業可能造成的影響。</p>
<p>5. 請測試主成分及因素是否有結構性變化之情形。</p>	<p>已補充於期末報告第 50 頁~57 頁中。</p>
<p>6. 請考慮匯率及利率分配不符合常態分配對投資風險評估的影響。</p>	<p>已補充於期末報告附錄二中。</p>
<p>(二)關於壽險公會及精算學會所提意見表示，因業者系統規模有限及考量模型運作時效因素，建議模型中所採用之貨幣種類及利率天期種類能酌減乙節，請研究團隊對此項建議進行評估，並針對模型變數減少前後，模型整體之完整性、合適性及穩定性之變化及影響進行分析和提供意見或建議。</p>	<p>1. 由於部分壽險公司國外資產幣別較為複雜，若在建構模型之初，即減少貨幣或利率天期種類，屆時完成的模型恐怕無法有效評估保險業國外投資之風險。因此，本研究團隊並不建議減少貨幣或利率天期等變數之種類。</p> <p>2. 但考量業者實務應用的效率性，針對國外投資較為單純之保險公司，本計畫可在既有模型的架構下，</p>

	另行模擬一套貨幣以及利率天期種類較為簡單的情境，供這些業者使用。
--	----------------------------------

附錄三 調整後模型及其模擬情境厚尾問題之檢視

本部份針對期中報告時評審委員所指教之厚尾問題進行分析。此處以 Model 2 模擬 2,000 組情境針對不同厚尾情況進行比較，分別將原本的殘差項 ε 的標準常態分配，修正為自由度為 10、峰態為 4 與自由度為 7、峰態為 5 的 t 分配進行測試與比較。

修正後的隨機項為

$$\begin{pmatrix} X_{FX}^{(t)} \\ X_{IR}^{(t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{FX} & 0 \\ 0 & L_{IR} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_{FX} \\ F_{IR} \end{pmatrix} + \varepsilon$$

$\begin{matrix} 7 \times m1 & & (m1 \times 1) \\ & 63 \times m2 & (m2 \times 1) \end{matrix}$

其中

1. $F_{FX} \sim N(0, I_7), F_{IR} \sim N(0, I_{63})$
2. $\varepsilon \sim T_v, V = 4, 10$
3. $COV(\varepsilon_{FX}, F_{FX}) = COV(\varepsilon_{IR}, F_{IR}) = 0$
4. L_{FX} 、 L_{IR} 不變
5. $\Sigma_F = \begin{bmatrix} I_7 & \Sigma_{F_{FX}, F_{IR}} \\ \Sigma_{F_{IR}, F_{FX}} & I_{63} \end{bmatrix}$
6. $COV(F_{FX}, F_{IR}) = \Sigma_F$

此處亦對利率情境進行下列調整：

- (1) 利率下界為 0.1%
- (2) 利率上界為 25%
- (3) 對任一利率曲線 $IR(IR_1, IR_2, \dots, IR_k)$ ，任取其中兩點 IR_i, IR_j ，都必須滿足下列限制式：

$$|IR_i - IR_j| \leq \text{歷史資料} \text{MAX}(IR_i - IR_j) \times 1.2$$

因此對利率曲線 IR 而言，共有 $\frac{k \times (k+1)}{2}$ 條限制式

模擬後第 30 年之平均值與標準差與原 Model 2 比較如下表所示：

表 A1 Model 2 與 t 分配比較表

	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
Model2	32.58	0.71	1.40	89.64	0.68	1.42	1233.82

SD	7.91	0.44	1.12	48.40	0.35	0.38	787.91
自由度 10	32.90	0.72	1.43	89.75	0.69	1.43	1271.65
SD	8.37	0.44	1.16	52.81	0.37	0.40	867.47
自由度 7	32.97	0.73	1.46	91.29	0.69	1.44	1281.59
SD	8.87	0.49	1.28	53.04	0.38	0.42	943.46

	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
Model2	4.85	5.40	5.21	5.06	5.06	5.17	5.46	5.63	5.78
SD	2.89	2.29	2.21	2.23	2.20	2.04	1.86	1.76	1.67
自由度 10	4.81	5.25	5.13	5.00	5.04	5.18	5.45	5.63	5.75
SD	2.91	2.31	2.22	2.26	2.22	2.07	1.89	1.79	1.72
自由度 7	4.78	5.22	5.09	4.97	5.02	5.17	5.46	5.62	5.76
SD	2.88	2.31	2.24	2.27	2.22	2.07	1.89	1.81	1.75

	USD						
	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
Model2	4.27	4.30	4.33	4.57	5.19	5.75	6.38
SD	1.71	1.66	1.62	1.72	1.81	1.71	1.53
自由度 10	4.23	4.26	4.29	4.52	5.12	5.67	6.28
SD	1.77	1.69	1.68	1.74	1.80	1.70	1.56
自由度 7	4.32	4.35	4.37	4.58	5.16	5.69	6.23
SD	1.83	1.76	1.71	1.73	1.83	1.73	1.58

	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
Model2	3.57	3.60	3.58	3.59	3.65	4.08	4.32	4.58	5.27	5.42	5.34
SD	0.89	0.85	0.90	0.98	0.99	1.06	0.92	0.84	0.80	0.77	0.72
自由度 10	3.59	3.63	3.61	3.63	3.68	4.07	4.29	4.53	5.23	5.37	5.31
SD	0.90	0.87	0.91	0.97	0.97	1.05	0.92	0.85	0.81	0.78	0.75
自由度 7	3.57	3.59	3.59	3.61	3.67	4.03	4.27	4.53	5.22	5.37	5.33
SD	0.92	0.86	0.91	0.97	0.98	1.06	0.94	0.88	0.83	0.81	0.77

	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
Model2	5.73	5.79	6.04	6.33	6.83	6.86
SD	0.85	0.90	0.91	0.87	0.82	0.81

自由度 10	5.76	5.83	6.08	6.35	6.84	6.87
SD	0.88	0.92	0.92	0.87	0.82	0.82
自由度 7	5.75	5.82	6.06	6.34	6.83	6.86
SD	0.84	0.87	0.87	0.84	0.81	0.80

	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
Model2	1.48	1.48	1.50	1.57	1.60	1.76	1.88	2.12	2.42	2.72	2.75
SD	0.51	0.50	0.50	0.61	0.68	0.79	0.89	0.93	1.01	1.11	1.21
自由度 10	1.48	1.48	1.50	1.56	1.58	1.73	1.84	2.07	2.35	2.66	2.69
SD	0.52	0.50	0.50	0.61	0.67	0.80	0.89	0.94	1.01	1.12	1.20
自由度 7	1.47	1.47	1.49	1.55	1.59	1.74	1.86	2.08	2.36	2.67	2.71
SD	0.52	0.51	0.50	0.61	0.68	0.81	0.91	0.95	1.03	1.12	1.22

	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
Model2	4.44	4.42	4.40	4.36	4.33	4.30	4.27	4.20	4.09	4.05	4.05
SD	3.37	3.35	3.32	3.26	3.22	3.20	3.16	3.09	2.98	2.94	2.89
自由度 10	4.56	4.55	4.55	4.53	4.50	4.46	4.42	4.37	4.26	4.23	4.22
SD	3.53	3.51	3.49	3.40	3.35	3.32	3.27	3.18	3.07	3.01	2.97
自由度 7	4.59	4.57	4.55	4.54	4.49	4.47	4.44	4.38	4.26	4.22	4.21
SD	3.46	3.42	3.39	3.34	3.28	3.25	3.22	3.14	3.02	2.98	2.95

	SGD							
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y
Model2	1.64	1.83	1.98	2.54	2.80	3.19	3.56	3.71
SD	0.58	0.50	0.41	0.49	0.48	0.49	0.51	0.50
自由度 10	1.63	1.82	1.98	2.55	2.80	3.19	3.56	3.71
SD	0.59	0.51	0.41	0.50	0.48	0.49	0.52	0.51
自由度 7	1.65	1.84	1.99	2.56	2.80	3.18	3.56	3.70
SD	0.59	0.51	0.40	0.49	0.48	0.49	0.52	0.51

產生情境之 R_{FX} , ΔIR 敘述統計量比較如下所示：

表 A2 Model 2 與 t 分配 R_{FX} , ΔIR 敘述統計量比較表

	Foreign Exchange Rate						
	TWD	EUR	AUD	JPY	GBP	SGD	KRW
Model2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07

SD	1.27	2.90	3.70	2.75	2.49	1.41	3.12
自由度 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
SD	1.34	3.00	3.81	2.80	2.59	1.45	3.29
自由度 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
SD	1.38	3.06	3.88	2.83	2.66	1.48	3.39

	USD LIBOR								
	SPT	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
Model2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.58	0.40	0.35	0.32	0.34	0.35	0.34	0.33	0.32
自由度 10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.59	0.40	0.35	0.32	0.35	0.35	0.35	0.34	0.33
自由度 7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.59	0.41	0.35	0.33	0.35	0.35	0.35	0.34	0.33

	USD						
	3M	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	30Y
Model2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.28	0.27	0.26	0.31	0.32	0.30	0.26
自由度 10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.29	0.28	0.27	0.31	0.32	0.30	0.27
自由度 7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.29	0.28	0.27	0.31	0.32	0.30	0.27

	EUR										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
Model2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.21	0.20	0.22	0.25	0.25	0.26	0.22	0.20	0.19	0.18	0.18
自由度 10	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.21	0.21	0.22	0.25	0.25	0.27	0.22	0.20	0.19	0.19	0.18
自由度 7	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.21	0.21	0.22	0.25	0.25	0.27	0.22	0.20	0.19	0.19	0.18

	AUD					
	1Y	2Y	3Y	5Y	10Y	15Y
Model2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.27	0.27

自由度 10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.27	0.27
自由度 7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SD	0.28	0.30	0.30	0.28	0.27	0.27

	JPY										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
Model2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.10	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
自由度 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20
自由度 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.20

	GBP										
	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	30Y
Model2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.29	0.28	0.27	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.19	0.17	0.17
自由度 10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.30	0.28	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.19	0.18	0.17
自由度 7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	0.30	0.29	0.27	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.19	0.18	0.17

	SGD								
	3M	1Y	2Y	5Y	7Y	10Y	15Y	20Y	
Model2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SD	0.31	0.27	0.22	0.26	0.26	0.26	0.28	0.27	
自由度 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SD	0.32	0.27	0.22	0.27	0.26	0.26	0.28	0.27	
自由度 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SD	0.32	0.27	0.22	0.27	0.26	0.26	0.28	0.27	

由上述的兩表之比較，可以看出厚尾的 t 分配對於情境本身的各項特性並沒有明顯的影響。風險因子 R 與模擬情境的期望值並不會因此受到影響，標準差則微幅度上升。其中，峰度 5、自由度為 7 的 t 分配上升幅度較峰度 4、自由度為 10 的 t 分配高。

附錄四 期末報告審查會議紀錄

「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」委託研究案期末報告審查會議紀錄

一、時間：98年3月24日（星期二）上午10時至12時

二、地點：本會1724室

三、出席人員：

專家學者：張教授元晨、呂教授瑞秋、楊教授曉文

精算學會：黃正銳、龍吟、楊郁芬、徐元良

壽險公會：林炯堃、郭瀟嫻、王葆真、呂學侃、陳怡妏、許丕榮、高瑞澤

保發中心：蔡教授政憲、謝教授明華、郭教授維裕、黃芳文、陳振桐、李紹嬋

保險局：張組長玉輝、施科長麗婕、郭副研究員榮堅

四、主席：曾副局長玉瓊 記錄：蔡孟惠

五、決議：

（一）本案經綜合與會人員意見，建議修正或補充說明事項如下：

1. 若利率水準有逐步回歸長期平均水準的特性，則其時間系列應屬定態數列。
2. 以較多的三個月期的利率資料所建立的利率漂移項模型是否適用在其他期限結構？英鎊利率資料實證結果與其他不同，漂移項模型應否特殊考慮？
3. 匯率報酬率的漂移項是否也考慮同利率變數有自有相關現象？
4. 請研究團隊檢視三十六頁的表十三中的匯率資料是否為台幣兌外幣的資料，因為其平均數看起來比較不像美元對兌外幣的資料。
5. 模擬分析中的資產報酬率間的相關係數是否需要考慮隨時間改變而有改變的可能性，尤其是模型二中的匯率資產間和利率資產間的相關係數可能會有時變的可能性。簡單的處理方式是以移動窗口的方式求算不同的相關係數，測試其對模擬結果的影響。
6. 研究團隊所提供之利率模型是否能滿足利率之特性如(1)不為負；(2)mean reverting；(3)長短期利

率之 spread.

7.研究團隊是參考瑞士 SST 之模型架構來建構利率情境，由於 SST 是以短期變化為考量如一年後利率之影響來計算資本，因此，模型中之參數假設為固定（如 σ ），參數變化與否對短年期的影響不大，然而美國之準備金適足性分析是考慮長年期的變化對準備金的影響，在長年期之模型建構下通常會考慮參數隨時間的變動（如 σt ），因此，研究團隊所提供的模型參數皆為固定，是否和現行準備金適足性分析所考量的不同？

8.信用風險的考量需儘速委由其他研究案處理。

（二）本次期末報告審核，原則通過，請研究團隊就期中報告審查會議紀錄及本次期末報告審查會議紀錄與會人員意見第 1 至 7 項審酌修正報告或說明辦理情形，並逐項列示說明辦理情形於本委託案之期末報告。

附錄五 「監理機關評估保險業國外投資風險之模型」期末報告審查意見之

意見回覆暨修正說明對照表

審查意見	修正說明
(一)本案經綜合與會人員意見，建議修正或補充說明事項如下：	
1.若利率水準有逐步回歸長期平均水準的特性，則其時間系列應屬定態數列。	本研究採用的利率的模型具長期回歸均數的特性，故長期下為定態隨機過程。但若考慮有限樣本期間，亦可能出現不拒絕單根檢定的現象。
2.以較多的三個月期的利率資料所建立的利率漂移項模型是否適用在其他期限結構？英鎊利率資料實證結果與其他不同，漂移項模型應否特殊考慮？	(a)不同天期指標利率(key rates)具有同時移動的特性。同時移動的特性已在利率模型中共變異數矩陣中反應。因此利用3個月期的指標利率所建置的漂移項模型應用於其它天期的指標利率對模型應用於其它天期的指標利率對模型的合理性影響很小(可由報告中情境與歷史資料的比較看出)。若未來，其它天期的資料亦完整，可考慮對個別估算回歸均數係數 r 。 (b)本研究英鎊利率模型的漂移項與其它幣別利率模型的漂移項有不同的假設(見報告第五十八頁)
3.匯率報酬率的漂移項是否也考慮同利率變數有自有相關現象？	漂移項為確定項(deterministic term)，由模型參數 r 與利率水準決定，故無相關性的考量。註：利率相關的特性，已在模型的隨機項中考量。
4.請研究團隊檢視三十六頁的表十三中的匯率資料是否為台幣兌外幣的資料，因為其平均數看起來比較不像美元對兌外幣的資料。	已修正，請參見報告第三十六頁。
5.模擬分析中的資產報酬率間的相關係數是否需要考慮隨時間改變而有改變	有關資產間相關性會隨著時間改變的特性，建議由定期的參數更新來反

<p>的可能，尤其是模型二中的匯率資產間和利率資產間的相關係數可能會有時變的可能性。簡單的處理方式是以移動窗口的方式求算不同的相關係數，測試其對模擬結果的影響。</p>	<p>應。若以移動窗口的方式進行情境模擬，模型參數需動態估計。基於資料的有限與計算時間的考量，故建議維持原模型作法。另外，本研究對模型的檢驗以產出情境的合理性(plausibility)為檢查標準。移動窗口的作法對情境的合理性的改進有限。故以不增加模型複雜度的考量下，建議維持原模型作法。</p>
<p>6.研究團隊所提供之利率模型是否能滿足利率之特性如(1)不為負；(2)mean reverting；(3)長短期利率之 spread.</p>	<p>(1)不為負，在情境校正步驟確認。 (2)mean reverting 為本研究模型的本質。 (3)長短期利率之 spread 已在模型共變異矩陣中反應。另外，在情境校正步驟中亦考量此問題。</p>
<p>7.研究團隊是參考瑞士 SST 之模型架構來建構利率情境，由於 SST 是以短期變化為考量如一年後利率之影響來計算資本，因此，模型中之參數假設為固定（如 σ），參數變化與否對短年期的影響不大，然而美國之準備金適足性分析是考慮長年期的變化對準備金的影響，在長年期之模型建構下通常會考慮參數隨時間的變動（如 σt），因此，研究團隊所提供的模型參數皆為固定，是否和現行準備金適足性分析所考量的不同？</p>	<p>SST 的模型架構係採用 Risk Metrics 的作法，故為衡量較短期市場風險的作法。對較長期的情境的產生確有不完美的缺憾。美國準備金適足性分析對長期情境的要求主要是情境的合理性，而本研究對情境的驗證重點亦為情境的合理性(plausibility)，故為相同的考量。參數隨時間改變，雖可增加模型的彈性，但對情境的合理性的改進有限。故以不增加模型複雜度的考量下，建議維持原模型作法。</p>
<p>8.信用風險的考量需儘速委由其他研究案處理。</p>	<p>同本研究案之建議事項(請參見報告第一百一十八頁)，故無修正意見。</p>
<p>(二) 本次期末報告審核，原則通過，請研究團隊就期中報告審查會議紀錄及本次期末報告審查會議紀錄與會人員意見第 1 至 7 項審酌修正報告或說明辦理情形，並逐項列示說明辦理情形於本委託案之期末報告。</p>	<p>無修正意見。</p>

