

# 金融機構風險管理壓力測試的實務與監理

中 央 銀 行  
方 慧 娟  
95 年 1 月

## 目錄

壹、摘要及前言 .....	1
貳、壓力測試基本概念 .....	3
一、何謂壓力測試.....	4
二、壓力測試與風險值模型 .....	5
三、壓力測試一般性觀點.....	6
四、執行好的壓力測試之條件與步驟 .....	8
參、壓力測試風險類別 .....	13
一、利率風險模型.....	13
二、匯率風險.....	17
三、流動性危機.....	19
四、信用風險.....	20
肆、主要國家監理機關或中央銀行的壓力測試規範 .....	23
一、巴塞爾銀行監理委員會 .....	23
二、美國 .....	25
三、英國 .....	26
四、奧地利.....	27
五、新加坡.....	28
六、香港.....	29
七、DPG標準壓力測試.....	30
伍、壓力測試模型 .....	32
一、歷史情境建構壓力測試 .....	32
二、最糟情境壓力測試.....	34
三、極值理論（EVT）風險管理.....	39
陸、RISKMETRICS建立壓力情境的方法 .....	45
一、自然方法（極端歷史情境） .....	45
二、市場因子或相關性壓力情境 .....	47
三、預期情境（anticipatory scenarios） .....	49
四、特定投資組合壓力測試 .....	51
五、RiskMetrics壓力測試報告.....	51
柒、花旗集團（citigroup）市場風險壓力測試 .....	53
一、壓力測試目標與期間.....	53
二、標準壓力情境.....	53
三、特殊壓力情境（Ad-hoc Stress Scenarios） .....	55
捌、結論與建議.....	58
參考文獻 .....	63

# 金融機構風險管理壓力測試的實務與監理

## 壹、摘要及前言

### 一、摘要

為了計算上的便利，VaR 通常假設市場上各風險因子的變化呈現常態分配，但這些假設並不完全符合市場真實狀況，當市場出現危機事件時，市場價格大幅下降、殖利率迅速上升，風險因子的相關性也因此改變，這種種變化，目前尚無法建立出一個風險值模型來整合，壓力測試則是此過渡期間的輔助工具。對金融機構而言，壓力測試是辨識及評估金融機構發生極端事件或最糟情境下可能損失來源的風險管理方法。國際清算銀行全球金融體系委員會（BIS Committee on the Global Financial System）則將壓力測試定義為「金融機構衡量潛在但可能（plausible）發生異常（exceptional）損失的模型」。

實務上並沒有兩個完全相同的壓力測試，壓力測試沒有標準模型與共同的範例可依循，主要分為四種方法包括：（1）敏感性測試（sensitivity test），指特定風險因子遭受一或多項衝擊造成投資組合價值之損失；（2）情境測試（scenario test），情境測試又區分為歷史情境分析或假設情境分析（historical or hypothetical scenario），歷史情境是模擬市場過去所發生的重大歷史事件（例如 1997 年亞洲金融危機、1987 年股市崩盤、1998 年 LTCM 倒閉危機及俄羅斯違約事件等），假設情境則模擬尚未發生的市場重大事件造成投資組合的可能損失；（3）最大損失法（maximum loss），評估個別交易組合在最糟情境（worst-case scenarios）下的損失加總；（4）極值理論（extreme value theory, EVT），研究機率分配「尾端」（tails）風險的統計方法，更能夠掌握金融環境可能發生的極端損失風險。

壓力測試適用於投資組合的資產與負債面，可以評估市場風險（利率、匯率、股價、信用差距等價格變動的可能損失）、信用風險（貸款人倒帳或契約不履行導致的潛在損失）、其他包括流動性風險（資產因為無法兌現造成的擠兌或損失）及作業風險（內部作業、人員、系統之不當或失誤，或因外部事件造成損失）等。金融機構應該定期（依機構性質每月或每日）執行壓力測試並討論其結果，提供高階主管理解市場在壓力下可能的損失範圍，並達成監理當局的規範。壓力測試的結果亦應建置於金融機構的經濟資本配置中。

## 二、前言

在全球化、解除資本管制、財務槓桿累積效應、以及金融整合的趨勢下，已將金融世界的風險暴露推向傳統風險值（Value at Risk, VaR）方法與其他風險模型之外，此外，金融市場波動度提高以及間歇性地流動性中斷也迫使金融機構尋求比過去更為靈活的風險評估，進而改善其風險管理方法。壓力測試（stress testing）即是此一環境變遷下孕育的重要風險管理模式，受到包括分析師、交易員、貸放部門、風控執行長、信用機構部門、以及監理當局的極大重視。

近年來，金融機構及國際金融監理組織都十分重視投資組合的風險管理應執行壓力測試。巴塞爾銀行監理委員會（Basel Committee on Banking Supervision, BCBS），認為主管機關若准許受轄機構採用內部風險模型（Internal model）作為計算風險資本準備基礎，必須要求執行壓力測試；2004年修正的新巴塞爾資本協議（Basel II）更進一步強調執行壓力測試的必要性，認為採行內部評等法銀行必須有健全的壓力測試，供資本適足性之評估。監理方面，監理機關應檢查壓力測試的執行情況，直接利用壓力測試的結果，判斷銀行是否符合最低法定資本適足率水準，並針對銀行資本不足的程度，做出適當反應。

本文首先提出壓力測試基本概念，釐清壓力測試與風險值的差異，並提出好的壓力測試所具備的條件與步驟。第二、分別根據利率風險、匯率風險、流動性風險、信用風險等類別探討壓力情境，並列舉標準壓力測試；第三、介紹包括巴塞爾資本協定、美國、英國、奧地利、新加坡、及香港等地監理當局有關壓力測試的指南或規範；第四、探討包括歷史情境、最糟情境、極值理論等壓力測試模型；第五及六為國際金融機構壓力測試個案，根據 RISKMETRICS 及 Citigroup 的壓力測試模型作實例研討；最後則對金融機構的風險管理提出的結論與建議。

希望藉由本篇文章從壓力測試理論分析、實務探討，及主要國家的壓力測試規範等方面的介紹，提供我國金融機構或主管機關在未來導入 Basel II 風控模式，甚至進一步公布壓力測試指南之參考，以期能建立審慎的監管制度，促進金融體系穩定及有效運作，同時提高我國金融業的國際競爭力。

## 貳、壓力測試基本概念

財務（finance）上將風險定義為投資組合報酬的不確定性，不確定性是以投資組合報酬的波動幅度來估計，當波動幅度愈高表示風險愈高。而波動幅度直接或間接受變數的影響，稱為風險因子。風險管理者的主要任務是估計每個風險因子對投資組合報酬的波動影響，並管理使波動幅度降低，風險管理者也應估計風險因子間的關係（相關性）並將其量化。

正常情況下與壓力情況下（如金融危機）風險因子的變化反應截然不同，正常情況風險因子較易預測短至中期的變化，未來行為也可從過去的表現預測；然而，壓力期間由於投資組合相關性瓦解、市

場缺乏流動性、避險工具失效、衝擊快速傳染至所有市場，使得風險因子變化不易預測，無法以過去走勢預測未來的變化。因此，風險管理者應針對不同的市場情況採行不同的管理模式。

### 一、何謂壓力測試

壓力測試是一般性的名詞，在實務運用上不同執行者或不同的公司而言並沒有固定的模式。大體上，**壓力測試是描述各種技術與條件下面對總體經濟環境重大變動或在異常 (exceptional)、極端 (extreme)、意料外 (unexpected) 事件，評估投資組合或交易可能 (plausible) 發生的潛在損失。**所謂異常事件指事件一旦發生將導致嚴重後果，例如 2001 年阿根廷倒閉觸發的信用風險。極端事件指偏離常態事件趨勢的離群值 (outlier)，例如 1987 年 10 月股市崩盤，當時的股價波動偏離了常態分配期望值 14 個標準差是著名的市場風險極端事件案例。2001 年恩隆倒閉案 (Enron) 是另一個極端事件，出乎市場人士意料，創下美國有史以來最大破產記錄，恩隆案也觸發外界對上市公司風險管理的重視。由於機構過度暴險類似恩隆倒閉案將很容易再度發生，這是高階主管積極尋求每日甚或日中暴險訊息的主因。

1990 年初期由 JP Morgan 發展的風險值 (Value at Risk, VAR) 模型，使每日的風險概況得以陳報給 JP Morgan 高階主管。然而與壓力測試相較，VAR 是「快速而不確實的方法」，VaR 只觸及市場常態下暴險的表層 (normal market)。壓力測試則深入風險根源，精確評估暴險假設或風險因子特質，壓力測試的目的是讓投資組合在異常市場 (abnormal market) 下使評估潛在損失的風險評估更為透明化，金融機構經常使用壓力測試來輔助其內部風險模型，且用於資本配置之決策管理制度。

## 二、壓力測試與風險值模型

VaR 模型雖然經證明為相當有效的風險管理工具，惟近來數起金融崩潰案例已經凸顯其模型的限制，特別因其極端依賴歷史資料或不切實際的統計假設，這些本質上的限制使得金融機構求助於壓力測試來輔助 VaR 分析。壓力測試執行意料外但可能發生異常環境下的潛在損失，自從亞洲金融危機與 LTCM 事件發生後，其重要性已經急劇地提高。實際上，目前許多機構與監理機關評估機構暴險認為壓力測試的重要性不亞於 VaR 模型。壓力測試議題的出現通常與 VaR 模型有關。壓力測試的執行是基於金融機構對使用 VaR 模型計算應計資本之規定，基本上，壓力測試為內部模型的輔助工具。

VaR 為何需要其他輔助工具，壓力測試的適當性為何？

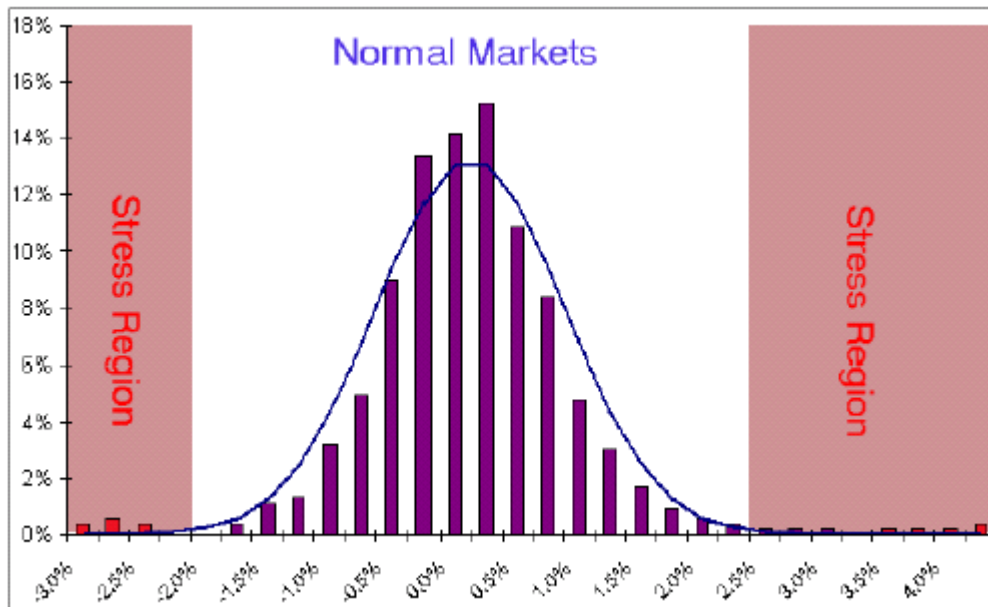
(一) VaR 模型無法解釋「重大」損失的估測。眾所皆知，VaR 指既定的持有期間  $t$  日與信心水準  $p\%$ ，估測投資組合損失（貨幣單位）的統計方法，意指投資組合在既定持有期間內損失不超過 VaR 的機率  $P\%$ ，損失超過 VaR 機率僅低的  $[(1-p)\%]$ 。VaR 模型無法解釋「重大」損失的估測，這是需以壓力測試為輔助工具的第一項理由：壓力測試估計潛在的極端損失。

(二) 何以 VaR 計算應與壓力測試結合

1. 由於 VaR 假設一段固定期間。僅當事件未來的市場移動完全反映於過去模型產出市場崩盤結果，且市場移動總造成崩盤此假設方合理。具有危機徵兆例如戰爭或大災難、央行的利率目標或匯率政策變動、貨幣遭受投機攻擊等事件。壓力測試目的即在評估這些市場崩盤的潛在損失。

2. VaR 模型假設風險因子變動為常態分配。但事實上，金融時間數列變動並非常態分配，甚至具胖尾（fat tails）的特徵，風險因子的極端變動多依循此特徵而非常態分配假設。以 1987 年股市崩盤為例，市場偏離正常值 10 至 20 個標準差，價格大幅滑落已非常態假設。壓力測試未設定風險因子統計分配，這是壓力測試結果不會扭曲胖尾特徵的原因。

圖一 壓力測試估測報酬分配的尾端（inspect the tails）



### 三、壓力測試一般性觀點

#### （一）壓力測試的數學模式

壓力測試建立在投資組合價值依據的風險因子觀念上。若衝擊投資組合風險因子為  $r_1, r_2, \dots, r_n$  而投資組合價值為  $P$ ，將風險因子結合成一向量  $\mathbf{r} := (r_1, r_2, \dots, r_n)$ 。在市場情勢  $\mathbf{r}$ ，投資組合價值為  $P(\mathbf{r})$ ； $\mathbf{r}_{MM}$  表示目前的風險因子向量，MM 表示目前



的市場情勢， $P(r_{MM})$  則為目前投資組合價值。風險因子的選擇取決於投資組合，並非所有的投資組合皆受相同的風險因子影響，風險因子數量必須包括所有可能衝擊投資組合價值的參數。

壓力測試回答「當市場情勢 $r$ 突然發生時，可能產生後果為何？」壓力情境並非過程而是結果，變動指金融市場失序的模擬，失序則是市場參與者突然與市場變動情勢對抗，例如，由於波動性急遽升高，當價格快速移動，市場參與者無法在反應時間內調整投資組合，需以變動的市場情勢再估價。此效果與流動性危機時相同。壓力測試而言，依據特定標準與計算選定情境 $r_1, r_2, \dots, r_k$ ，以決定目前投資組合在這些情境下的價值。此投資組合價值以 $P(r_1) \dots P(r_k)$ 表示，與投資組合 $P(r_{mm})$ 目前價值相比較，可評估一旦市場突然從 $r_{mm}$ 轉變至 $r_1, \dots, r_k$ ，投資組合沒機會重新調整時的可能損失。

## (二) 壓力測試解答兩個重要的問題

- 1、當壓力情境發生將損失多少，例如一旦美國股市崩盤？
- 2、哪些事件將導致損失超過預定的損失門檻，例如一億美元？

第一項問題是由上而下 (top-down) 的壓力測試方法，由高階主管提出例如「一旦主要股市崩盤，機構的可能損失」之問題。

第二項問題是由下而上 (bottom-up) 的壓力情境由業務部門或交易部門提出，依據情境收集所承擔的風險因子，判斷壓力事件為可分散或惡化之風險，例如，日圓兌美元貶值壓力情

境，可能因敏感度抵銷而變的不重要，然而信用價差加大情境則視為攸關的，因為許多暴險單位都涉及相關風險。

### (三) 如何使用壓力測試

壓力測試主要議題在如何建立並使用，更具意義的壓力測試應回歸決策過程，高階主管、風控人員、及暴險單位應定期正式討論整體的壓力測試結果。如同 VaR 限額之設定，機構應以風險類別與暴險單位設定一套壓力損失限額。壓力測試應以各種類型如個體、總體、及策略風險執行，並以各式頻率進行。對高階主管而言，壓力測試應作為機構總合風險承受準則，並做為內部資本配置的決策過程。對交易單位而言，壓力測試則討論如何形成最佳沖銷或避險部位工具。

## 四、執行好的壓力測試之條件與步驟<sup>1</sup>

### (一) 壓力測試應具備的條件

壓力測試的目標是揭露潛在的極端損失並使風險更具透明度。好的壓力測試應該具備以下條件：(1)與當前部位相關，(2)考慮所有相關的市場風險因子，(3)檢查可能的結構變動，(4)壓力測試應激發討論，(5)壓力測試應考慮市場缺乏流動性，(6)壓力測試應考慮市場風險與信用風險的交互作用。茲分述如下：

#### 1. 壓力測試應與目前部位相關

好的壓力測試應設計目前部位的壓力情境，並調查投資組合特有的弱點，聚集的投資組合可能由於某些市場利率小幅變

---

<sup>1</sup> 參考Oriskmetrics(1999)、Gallati(2003)。

動發生損失，因此，僅以一般市場利率大幅移動測試投資組合可能無法揭露相關風險。以真實事件為例，LTCM (Long Term Capital Management) 曾於 1998 年 8 月利用債券信用價差 (Bond Credit Spread) 槓桿操作大量放空部位 (買入公司債並放空國庫券)，此投資組合假設「市場中立性」(即股市與債市無關)，若僅以擴大價差 (投資人風險態度轉趨保守) 為壓力測試將無法揭露潛在極端損失。

## 2. 壓力測試應考慮所有相關的市場價格變動

壓力情境應考慮整體市場價格的潛在變動，一個隔離的壓力情境無法反映真實世界，因為市場價格不會隔離變動 (特指極端異動)。例如，當調高 5 年期歐元換匯匯率 100 個基本點時，必須預先考慮歐元殖利率的可能變動，以及其他國際上殖利率、股價市場、及匯率變動。好的壓力測試代表全面性的情境。

## 3. 檢查可能的結構變動

壓力情境發展的關鍵是在壓力情境下，目前的風險參數是否適用或無效，應觀察風險因子的相關性是否維持、增加或產生結構性改變，當股市發生重大衝擊時，投資人將資金撤離流出 (flight to safety) 結果使股市與政府公債的相關性產生逆轉。例如，股市震盪下滑時，資金移轉至更具安全性與流動性資產，使得債券需求反而增加 (正常情況股市與債市的相關性為高度正相關)。

## 4. 壓力測試應激發討論、提供預警

壓力測試應包括不利情境發生的合理推測，並激發對潛在

風險深入研究討論。一個好的壓力測試無法防止事件發生，但可預備承擔可能的風險並且事先估測風險以提供預警。

#### 5. 壓力測試應考慮市場缺乏流動性

通常市場壓力的特徵是明顯喪失流動性，流動性可從兩個觀點來檢視，分別是交易的能力與籌資的能力。新興市場的流動性衝擊曾經極度嚴重，此時市場價格不存在，部位無法以市價成交。

#### 6. 壓力測試應考慮市場與信用風險的交互作用

當市場壓力時通常會增加交易對手的信用風險，使得市場衝擊更加劇烈。當市場小幅變動時，市場利率可能與債信無關，然市場大幅變動時，將重創信用事件。

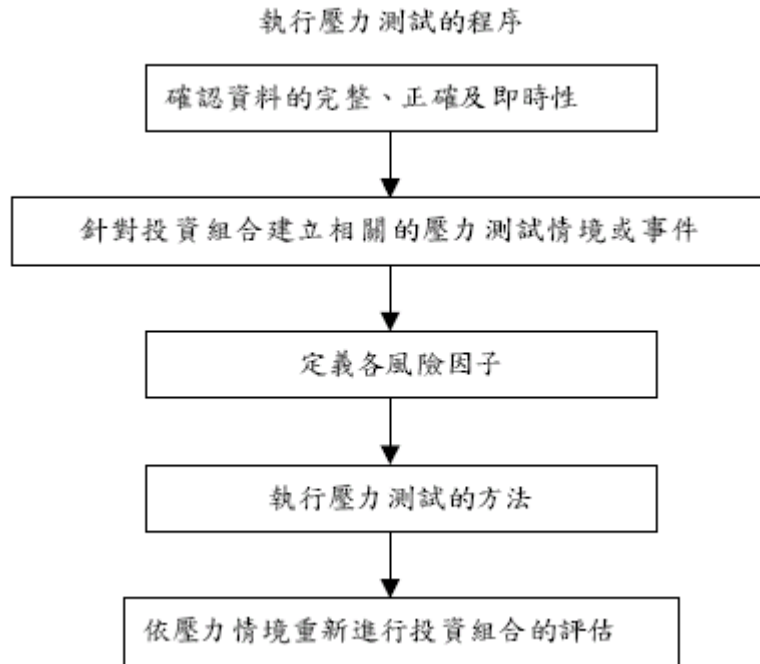
#### 7. 預測時間結構 (time frame)

預測壓力情境期間應反映機構持有投資組合的期間，銀行員、經紀人、與基金避險者通常檢查 1 天至 1 週的最糟情境，至於共同基金和退休基金之長期投資者，則考慮 1 個月至 3 個月期間範圍。企業可能使用 1 年期間的情境策略來分析。

### (二) 執行壓力測試程序與基本步驟

執行壓力測試的程序，首先應在執行壓力測試前確認資料的正確、完整與即時性；再針對投資組合建立相關情境、歷史或假設事件；接著定義風險因子並確定壓力測試方法，最後依據情境評估投資組合的損益（詳圖二），茲以巴西公司為例，分別說明壓力測試三項基本步驟。

圖二 執行壓力測試程序



### 1. 建立情境分析

壓力測試最大的挑戰是產生與投資組合部位具相關性、可信賴的最糟情境，情境應描述個別市場變數的變動幅度以及變數間的關係（例如相關性或因果）。

步驟一、以巴西公司為避險持有的美元負債為例，我們關心巴西幣貶值對其美元負債之影響。關心兩項議題，(1) 由於國內幣值、利率、與股市惡化使貿易赤字顯著擴大，(2) 由於當地市場正常情境，使貿易赤字縮小。估計上項事件一天之情境如下：

壓力情境	貿易赤字擴大	貿易赤字縮小
巴西幣/美元匯率	貶值 20% 以上	不變
巴西殖利率曲線	利率上漲 50%	利率下跌 25%

巴西股價指數	下跌 15%	上揚 10%
--------	--------	--------

## 2. 重估投資組合或部位的價值

重估價值包括所有金融工具面對新的最糟市場變數（利率等）下，投資組合的市場價值，壓力測試之結果應改變現值而非風險值。

步驟二、重估新市場變數下公司投資部位價值。暴險部位包括所有美元、巴西幣資產與負債、及股市投資。

損益（百萬巴西幣）	貿易赤字擴大	貿易赤字縮小
巴西幣/美元匯率	-20	0
巴西殖利率曲線	+5	-2
巴西股價指數	-9	+6
總計	<b>-24</b>	<b>+4</b>

## 3. 彙總結果

彙總的結果應顯示個別情境市值損失（或利得），並將業務別的損失彙總。

步驟三、貶值情境導致巴西公司 1 天直接損失 2 千 4 百萬巴西幣，然貿易赤字縮小情境則有利得 4 百萬巴西幣。管理者討論是否應採取措施降低風險，例如，透過遠期外匯避險或購買巴西幣對美元的賣權。

## 參、壓力測試風險類別

### 一、利率風險模型<sup>2</sup>

利率變動影響金融機構的利息收入、利息費用，及資產負債表的其他利率敏感性組合，由於利率變動影響未來現金流量，進而改變資產與負債市價，一旦金融機構資產與負債的利率敏感性配置失調（mismatched）將發生利率風險。利率風險來源有重定價風險、殖利率風險、基差風險、選擇權風險等。重定價風險（repricing risk）指資產與負債到期期間或重定價時間不協調所致；殖利率曲線風險（yield curve risk）指殖利率曲線因斜率或型態變動所致；基差風險（basis risk）指資產的利息收入與支付調整具不完全相關，亦即機構的放款重定價（以 1 年國庫券為基礎）與存款重定價（1 年 LIBOR 為基礎）指數變動產生價差（spread）暴露風險；選擇權風險（options risk）則指金融機構投資組合帶有選擇權條款，因利率變動被執行之風險。最常用來分析利率風險模型為缺口模型（gap model）及存續期間模型（duration model），茲分別敘述如下文。

#### （一）重定價缺口模型(repricing gap model)

利率風險重定價模型以重定價缺口觀點為基礎，由於金融機構資產的利息收入流量與負債支出流量之差異造成重定價缺口。已知利率變動為 $\Delta R$ ，則每段時間帶（i）的淨利息收入變動與總投資組合淨利息收入變動為：

$$\Delta \text{淨利息收入}_i = \text{Gap}_i \times \Delta R_i$$

$$\Delta \text{淨利息收入} = \text{累積Gap} \times \Delta R$$

---

<sup>2</sup> 參考Blaschke（2001）。

重定價模型提供有關投資組合到期時間不協調的有用資訊，惟，此模型缺點在於重定價模型以帳面價值計算資產價值、忽略資本利得、未考慮到期日內重定價加總等問題。

## (二) 到期期限缺口模型 (maturity-gap model)

到期期限缺口模型以資產負債到期日 (至次個重訂價期限) 加權平均基礎，評估金融機構的利率風險，其定義為：

$$\text{資產加權平均期限 } (M^A) = \sum_{i=1}^N w_i^A M_i^A$$

$$\text{負債加權平均期限 } (M^L) = \sum_{i=1}^N w_i^L M_i^L$$

$$\text{到期期限缺口 GAP} = M^A - M^L$$

當利率上揚且到期期限為正缺口 ( $M^A > M^L$ ) 時，金融機構資產下跌價值大於負債下跌價值，進而降低該機構淨值，加權平均到期期限提供利率變動產生暴險的有用資訊。惟，期限缺口缺點因資產與負債現金流量的時點不同，無法完全地估測利率風險。

## (三) 存續期間模型 (duration model)

存續期間是衡量資產的利率敏感性並考慮資產到期期限及現金流量的時機。存續時間利用現金流量現值為權數計算加權平均到期期限。存續期限 (D) 定義指資產價格 (P) 相對利率 (R) 之彈性 (敏感性)，存續期限以殖利率波動度相對價格波動度所展現的方程式為：

$$\frac{dP}{P} = -D^* dR \quad [ D^* = D/(1+R) \text{ 為修正後存續期間} ]$$



為更精確估計利率變動對證券價格變動之影響，納入第二階凸性（convexity）項目「泰勒展開式」為：

$$\frac{dP}{P} = -D^* dR + \frac{1}{2} \text{Convexity} (dR)^2$$

利用存續期間缺口（duration gap）計算金融機構投資組合或證券的利率暴險是計算機構資產與負債存續期間之差：

$$\text{GAP}^{\text{Duration}} = D^A - D^L$$

經理人可利用存續期間缺口使資產組合達到免疫（immunize）或預防利率變動。惟，期限結構缺點（1）若使用單一的折現因子估計存續期間，隱含利率變動僅造成殖利率曲線平行（parallel）移動，將忽略殖利率曲線斜率（shape）變動對存續期間之影響，因此應針對不同期限結構（term structure）考慮不同利率因子之影響效果；缺點（2）僅考慮殖利率的小幅變動，通常壓力測試涉及利率的大幅變動，是故應納入殖利率變動的第三階凸性相對資產價格的敏感性。

#### （四）利率風險的壓力測試

以利率風險為例，一旦完成投資組合利率暴險估計，接著進行壓力測試衝擊，殖利率曲線平行移動衝擊、殖利率曲線斜率改變、同期間不同利率價差變動、此外，標的資產波動性與相關性也可能受衝擊影響。至於衝擊程度則以歷史經驗（historical）或以假設模擬（hypothetical scenario）為基礎。

#### （五）衝擊程度

依據 1995 年衍生性商品政策委員會建議，利用包括殖利

率曲線平移（上與下）100 個基本點、殖利率曲線陡峭（steepening）與平坦（flattening）25 個基本點、三個月殖利率波動度較當前提高與降低 20% 等基本利率風險衡量壓力衝擊。美國聯邦準備商業銀行檢查規範則以 1974-1994 年的歷史經驗為基礎，模擬殖利率曲線平行移動 200 個基本點作為壓力測試模擬。至於總體經濟環境與展望壓力測試則以假設情境（hypothetical scenario）為基礎。

#### （六）時間範圍（time horizon）

利率衝擊區間視分析本質而定，較長期間允許大幅度變動衝擊，若機構認為其資產負債表異動頻繁，則以 1 年時間測試之相關性將較低，大多壓力測試以 10 天或 1 個月短期間來進行，若機構為具風險性的大額投資組合交易，則應以每日的基礎進行壓力測試。長期間的壓力測試能提供金融體系結構性部位分析，適合具穩定資產負債表的機構，而短期間的壓力測試則適用於較積極的市場參與者。

#### （七）FSAPs 的利率風險壓力測試

「金融部門評估計畫」（FSAP, the Financial Sector Assessment Program）是由國際貨幣基金（IMF）與世界銀行（World Bank）聯合創設，目的在加強各國的金融體系體質，方法則透過強化金融部門的深度、風險、及脆弱性評估。近期 FSAP 完成 12 個利率風險壓力測試，大多以到期期限缺口為基礎，少數則以存續期間分析；利率風險情境測試很重要的限制是絕大部分為特殊情境（ad hoc），僅有兩項調查是依據既定期間利率大幅增加的過去衝擊經驗測試（詳表一）。

表一 FSAPs 利率風險壓力測試內容

資料	模型	情境
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 個案例利用個別銀行的 50% 銀行存款、資產或放款資料。</li> <li>- 兩個案例利用整體金融體制資訊分析。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 個國家使用存續期間分析。</li> <li>- 6 個案例以到期期限缺口分析。</li> <li>- 1 個案例以 VaR 情境模型。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 有 8 個案例為假設性利率上揚，利率變動屬非常態性 (ad hoc)。</li> <li>- 兩個案例為過去利率大幅增加的衝擊測試。</li> </ul>

資料來源：Blaschke (2001)。

## 二、匯率風險

匯率風險指匯率變動影響機構資產負債表的價值，同時也影響表外項目。匯率風險直接影響金融機構持有的外匯部位，或者間接影響金融機構借貸外匯或債信，甚至外匯風險來自外匯部位以及與外匯匯率指數連結的本國幣部位。淨外匯部位最常被金融機構用來衡量外匯暴險，此部位應依據如 BCBS 的國際認定方法計算。一般而言，資產負債表內與及表外外匯部位皆應納入壓力測試，依據 Basel 方法首先必須計算銀行各項貨幣的淨外匯部位，茲將項目詳列如下：

1. 淨現匯部位(包括應計利息之所有資產項目減去所有的負債項目，以特定通貨計價)；
2. 淨遠匯部位(所有應收遠期外匯交易量減去應付遠期外匯交易量，包括未計入現匯部位的外匯期貨與換匯交易本金)；
3. 保證(與類似工具)確實將被履行且可能無法回收；
4. 尚未累計但已經完全避險的淨期貨收益或費用；
5. 其他外幣屬獲利或損失項，取決於不同國家的特殊會計慣例；

## 6. 匯率變動對總和外幣選擇權價值之淨變動 (delta)。

壓力測試根據每項通貨淨部位結果相對特定匯率進行的敏感性分析，當金融機構持有大量外匯選擇權賣空部位，更應進行匯率大幅變動壓力測試，除了匯率敏感性線性估計 (delta)，更應估計二階變動 (gamma) 影響。金融機構若採內部模型估測風險，應進行個別外匯壓力測試、提供壓力測試之結果，並測試外匯匯率之間波動的相關性 (correlations)、以及金融危機案例模擬 (即使危機時期外匯相關性可能變成無關甚或負相關)。外匯暴險通常變動快速且頻繁，因此壓力測試的結果可能很快過時，特別在金融機構提供監理報告或公布年報時，提供即時的、最新的外匯風險資訊是必要的，可補充歷史資料不足。此外，面對間接外匯風險的外匯借貸時，應加入信用風險壓力測試。

外匯風險情境分析可依據近期匯率歷史趨勢，若該國匯率曾經鉅幅貶值，則可使用歷史情境評估相似市場變動對當前金融機構投資組合的衝擊；若該國未曾發生通貨危機，則應以可比較經濟體的歷史性通貨危機為情境。惟，隨著金融體系快速地發展，未來的通貨危機將與過去的歷史相當不同，特別是匯率機制的轉換、資本帳自由化、增加衍生性商品使用、金融監理與法規的改變、外國銀行進入本國法規等變化都可能是金融體系發生通貨危機的因素。因此，結合歷史 (historical) 模擬與各種假設 (hypothetical) 模擬是相當必要的，壓力測試不僅考慮最可能情境，尚應包括最壞情境，例如當該國採固定匯率制，壓力測試應評估匯率增值的可能影響，且定期進行測試。此外，蒙地卡羅模擬 (Monte Carlo simulation) 壓力測試，可結合各種變數衝擊，並納入投資組合之非線性特徵，此法計算精密需要高深的風險管理技術，僅使用於最熟練的金融機構，惟，金融監理機關也需

具足充分的專業，才能正確地判讀其模擬結果。

測試匯率衝擊幅度、波動性及相關性將取決於金融機構的經濟環境。一般而言，歷史性測試可以取得過去的匯率衝擊幅度指標，但仍須進行假設性壓力測試。一般認為新興市場受到匯率衝擊的機會明顯超過已開發國家，但工業國家也曾發生大幅的匯率調整，例如 1992 年的歐洲匯率機制（ERM）危機。壓力測試雖沒有最適的匯率衝擊規模，但監理機關仍有最低標準可循，例如，巴塞爾委員會考慮匯率升值與貶值的匯率風險資本計提，應以匯率變動 $\pm 8\%$ 為基準，意旨壓力測試波動幅度應顯著大於此一基準；衍生性政策組織（Derivatives Policy Group，1995）曾建議主要國家貨幣測試匯率波幅至少 6%，其他貨幣則為 20%；2000 年歐洲共同體委員會的金融工具揭露建議至少逆向變動 10% 以上。另外，匯率波動幅度（volatility）方面，巴塞爾會員會建議選擇權的資本準備至少應涵蓋波動幅度之 25% 以上來決定，因此匯率波幅壓力測試應明顯大於 25%。

### 三、流動性危機

Basel 銀行監理委員會（1996）認為應將流動性危機納入考慮：「壓力測試應（...）併入市場風險及市場失序時的流動性情形。」

基本上，流動性風險可區分為兩種形式：第一，銀行因持有某部位可能突然缺乏金融流動性，由於市場情勢改變，突然需要支付保證金或額外提供安全性存款。為避免此種流動性危機應由資產/負債管理負責，且並非此處的討論範圍；第二、市場突然發生流動性短缺，阻礙銀行結清某種部位。發生這種情形時，不能找到願意以市場報價承受的交易對手。因此，部位根本無法結清或者僅能以極高的買-賣價差進行。僅討論此類流動性風險，稱為市場缺乏流動性。

市場缺乏流動性有幾種原因：有些市場本身不具流動性，流動性正常的市場則因意外的經濟或政治新聞所致引起偶發的流動性衝擊，市場參與者因特定市場暴險，打算結清市場流動性扭曲的部位。不管成因為何，市場缺乏流動性不允許任何交易以市場報價結清，任何投資組合調整將以極戲劇化的差價成交。甚至市場價格持續移動，在流動性危機時投資組合價格戲劇性改變。市場危機時，投資組合經理將面對價格變動快速、波動性急遽上升，反應速度受限，部位再平衡時僅能以急遽差價成交的問題。壓力情境下，不論流動性風險與市場風險都有同樣負面結果，換句話說市場的戲劇性改變使得投資組合持續調整變成不可能。市場一夜間突然改變市場的流動性不足時，經理者無法做任何改變，只有在次日或更晚的時間才能重新調整部位。

以 LTCM 為例，將近 9 成的波動性投入債信價差鉅幅槓桿操作，缺乏分散化的風險，當債券價差擴大遭到鉅額損失時，高度槓桿下使有限資本無法吸收衝擊，低估了籌措新資本的困難，全然暴露出流動性風險及市場風險問題，最終導致流動性危機。

流動性危機與市場風險危機這兩種情況，是壓力測試模擬市場情勢快速變動情境下對投資組合的再評價。流動性壓力測試並不需要特殊的方法。然而，流動性危機情境模擬與市場風險危機不同。例如，市場危機模擬，使用歷史資料評估單一風險因子變動程度，可能以每日最大改變、或者以銀行的回應時間最大變動來衡量；**模擬流動性危機則選擇流動性危機存續期間同時期最大改變之情境**，以  $n$  天表示最大化風險因子流動性危機時存續期間變動的上限。

#### 四、信用風險

根據近期的歷史經驗顯示，新興市場較已開發市場發生壓力事件

的頻率更大，因為新興市場不止容易受風險因子影響，也同時受總體經濟、社會、及政治因素衝擊，亞洲金融危機就是著名個案。CGFS (2005) 調查報告指出新興市場缺乏流動性，且資料品質較差無法計算適當的違約機率 (PDs)，因此對新興市場地區的投資，需執行各種壓力測試。另外KSW (2002)、MSA (2002) 研究報告指出，金融業的最大風險來源屬信用風險，約佔總風險或經濟資本的 50%~60%，這也是需針對信用風險執行壓力測試的主因。<sup>3</sup>

(一) 新加坡金融管理局 (MSA) 「信用壓力測試諮詢報告」 (Consultative Paper on Credit Stress-Testing) 所定義的信用風險因子包括：

1. 交易對手風險：違約機率 (probability default, PD)、違約損失率 (loss given default, LGD) 及違約暴險金額 (exposure at default, EAD) 是交易對手風險三個主要風險因子；信用等級下降、還款能力降低也會對資產組合產生影響。借款人提前還款導致再投資風險，因此到期期間 (maturity) 也可納入風險因子。
2. 總體經濟因素：包括匯率、利率、經濟成長率、失業率或通貨膨脹率等對信用投資組合有影響的總體變數 (macroeconomic factor) 皆可視為風險因子。其他與產業 (industry factor) 及市場地區 (geopolitical factor) 有關的各項政治或經濟因素也可視為風險因子。
3. 市場風險因子：金融機構持有債券或證券等金融商品同時暴露了市場風險及信用風險，一個壓力事件對此類商品產

---

<sup>3</sup> 金融機構信用風險佔總風險比例參考KSW (2002) 及MSA (2002)。

生的影響屬市場風險或信用風險很難加以區分，因此進行壓力測試時，會同時估測此兩類風險因子。

4. 其他風險因子：一般的風險模型中，經常有許多假設條件，如流動性風險等，進行壓力測試時，這類的假設條件應予放寬。此外，風險模型中經常會使用到與資產組合相關的風險性資料作為中介資料，如轉換矩陣(transition matrix)，進行壓力測試時，可將此視為風險因子進行試算。各種資產的相關性對風險值大小產生很大的影響，例如高品質的債券(政府公債)和低品質的債券(垃圾債券)在正常市場情況，同時受到利率影響而產生波動，因此其間的相關性很高；但當市場出現危機時，市場資金會流向高品質的商品，於是兩者間反而會產生趨近負 1 的相關係數。此類出現結構性變化、影響資產組合的變數，皆須納入考量。

(二) 香港金融管理局 (HKMA)「壓力測試指南」列舉的信用風險壓力情境風險因子如下：

1. 國內經濟衰退 (例如 GDP 成長率、失業率等) 將影響金融機構的資產品質、利潤、及資本適足；
2. 影響香港主要經濟體的經濟衰退 (例如美國、中國、及日本)，其交易對手違約風險將衝擊香港企業信用，模擬情境應擴展至該國的股市危機；
3. 不動產市場價格下跌，財產價格下跌影響抵押品質，使違約風險提高；
4. 貸款種類與額度增加；
5. 主要交易對手破產；
6. 消費者貸款品質惡化。



## 肆、主要國家監理機關或中央銀行的壓力測試規範

近年來不論是金融機構或國際性的金融監理組織都已十分重視投資組合風險管理應執行壓力測試，BCBS 即認為「主管機關若允許受協機構採內部風險模型為基礎計算風險性資本準備時，必須要求其執行壓力測試」，BCBS 會員國已正式採行此監管架構，並將定期性壓力測試列為重要規範。主要國家風險管理模式大多依循此一監管架構，更甚者有愈來愈多的國家訂定壓力測試規範或指南，茲將主要國家的壓力測試規範敘述如下。

### 一、巴塞爾銀行監理委員會

巴塞爾銀行監理委員會提出巴塞爾資本協定（Basel Capital Accord），此協定早已成為國際銀行資本管理的主要參考標準，BCBS 發佈的國際性資本估測與資本規範（1996，1998）中對壓力測試的必要性敘述如下：<sup>4</sup>

1. 銀行使用內部模型計算市場風險資本需求，應具備靈活且精密的壓力測試。壓力測試是辨認對銀行可能的重大衝擊事件或影響因素，是銀行評量其資本部位的關鍵因素。
2. 銀行的壓力情境需涵蓋範圍，包括造成交易組合產生極大損失或獲利的情況，或是風險控制非常困難的投資組合。這些因素包括市場風險、信用風險及作業風險等發生機會低的事件。模擬壓力情況需解釋事件對部位的衝擊效果，並顯示事

---

<sup>4</sup> 請參見Basel Committee on Banking Supervision, Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks (January 1996, updated to April 1998) B.5。

件對線性與非線性（例如選擇權及類似選擇權工具）部位價格特性的衝擊。

3. 銀行的壓力測試應同時對市場風險及流動性風險的市場干擾進行量的與質的測試。量的方面，壓力情境應辨識銀行可能暴險；質的方面，則強調兩項主要目標，一為評量銀行資本吸收潛在大額損失的能力，二為確認銀行可採取步驟降低風險與保衛資本免於損失。壓力測試估測銀行管理策略整體風險制訂與評價策略，壓力測試結果應與高階主管例行溝通，並定期向銀行董事會陳報。
4. 銀行應結合監理機關的壓力情境納入自行發展的壓力測試以反應個別風險特性，監理機關可要求銀行提供三方面資訊：

(1) 無須作模擬測試者

銀行應報告期間內曾發生的最大損失供監理機關檢查，做為銀行內部風險衡量與計算資本之比較，例如有多少大額損失已經涵蓋於設算的風險值內。

(2) 銀行應作情境模擬者

銀行投資組合應進行一系列壓力情境模擬，提供監理機關測試的結果。第一種模擬方式，應包括以目前的投資組合模擬過去期間的重大事件，例如 1987 年股市崩盤，1992 年與 1993 年匯率機制 (ERM) 危機，或 1994 年第一季債市重挫等事件，與這些事件相關的大幅價格移動與流動性急遽降低皆應納入測試。第二種模擬方式是假設波動幅度及相關係數變動對銀行市場風險暴露的敏感性。此一方法應以銀行目

前部位對歷史性極端值變動評估。

(3) 銀行發展本身的情境以掌握其投資部位的個別特質。」

至於壓力測試結果，除非銀行準備好回應測試之結果，否則壓力測試的價值有限，Basel 委員會表示如下述：

「高階主管應定期再檢查壓力測試的結果，並反映在政策上，且管理者與董事會應依據結果設定限額。此外，一旦測試顯示在既定環境下將遭遇特別的脆弱性，監理當局應請銀行採取立即措施適當地管理風險（例如避險處理或降低風險暴露規模）。」

## 二、美國

美國採雙元資本管理系統，主要核心金融機構（10 家）及部分金融機構（15 家）資本管理選擇遵循 Basel II，其他 8、9 千家金融機構則遵循 Basel I 規定。美國的監理機關並未針對壓力測試作規範，惟，美國聯邦準備當局（Fed）主席葛林斯班（Alan Greenspan）表示，應將壓力測試納入正式的風險管理模型。

2000 年 5 月芝加哥聯邦準備銀行舉辦第 36 屆「銀行結構與競爭」年會，Alan Greenspan 發表演說表示：「市場參與者盡可能發展一個合適的風險管理技巧，以使其避免遭受市場風暴干擾，然此合適的風管技巧並未經過驗證。估測結果必須有相當的風險資本準備，主要考量在確保偶發混亂發生導致機構破產壓力時得以償付-此即是損失分配的負向尾端，這已成為現代風險管理的中心。因此，將壓力情境納入正式的風險模型將被視為第一要務。然而，在銀行與證券商之間尚未發現正式且一致的壓力測試管理藝術。目前，大多數銀行選擇以部分的非常態性（ad hoc）情境作為壓力測試，儘管壓力測試的結果已

獲管理，以我的理解，並未納入正式的風險模型過程中。」

### 三、英國

英國金融管理局 (Financial Services Authority, FSA) 在 2005 年 5 月正式發佈的「壓力測試」討論報告 (Stress Testing FSA Discussion Paper 15/2)，宣導好的壓力測試實例，並以幫助金融機構發展與增進本身的壓力測試模型為意旨。FSA 機構暨法人市場 (Wholesale & Institution Markets) 部長 Hector Santsz 在 FSA 新聞稿表示：「壓力測試是執行好的風險管理的關鍵要素，...鼓勵金融機構強化本身的壓力測試，將其併入機構的風險管理體系中，特別希冀金融機構除市場風險外，也納入非市場風險例如聲譽風險 (reputational risk)、作業風險 (operational risk) 壓力測試構成整體的風險模型。」

FSA 壓力測試討論報告中調查英國金融機構執行壓力測試的風險類別如圖三，其中市場風險及流動性風險壓力測試屬經常性，信用風險則極少進行壓力測試。

圖三 英國金融機構壓力測試實例與假設型態

Stress Test	Type of Risk					Correlation	
	Market	Liquidity	Credit	Operational (Basel definition)	Other	Market/Credit	Other
Single Variable ↓						Rarely	Never
Multi Variable ↓							
Complete scenarios							
Aggregated across the firm	Often	Often	Rarely				

Chart 1: Firms' stress testing: practice and assumptions

#### 四、奧地利

奧地利國家銀行 1999 年 9 月發佈市場風險指導原則，除了作為金融部門風險管理工具之依據，也以增加風險管理之透明化並提高稽核程序為目標，內容包括稽核的標準程序、風險值模型之估測、及壓力測試等。

奧地利國家銀行公布壓力測試指導原則，依據其歷史資料分析個別風險因子的最大變動，風險因子包括篩選的股價指數、外幣相對奧幣、及利率，時間數列多自 1987 年 1 月 1 日起至 1998 年 12 月 31 日止，觀察的歷史期間長達 12 年，以 1 天與 20 天期為時間單位。茲摘選股價指數風險因子的最大變動表供參考。

表二 主要國家股價指數最大變動幅度

	1997/1/1-1998/12/31			1994/1/1-1998/12/31			1987/1/1-1998/12/31		
	1天變動	20天變動	20天下跌	1天變動	20天變動	20天下跌	1天變動	20天變動	20天下跌
USA ( DJ )	7.2%	15.3%	15.3%	7.2%	15.3%	15.3%	22.6%	31.0%	34.2%
USA ( S & P100 )	7.2%	17.6%	17.6%	7.2%	17.6%	17.6%	21.1%	29.5%	32.8%
Great Britain	4.4%	18.9%	19.7%	4.4%	18.9%	19.7%	12.2%	33.1%	33.4%
Germany	8.0%	23.5%	24.3%	8.0%	23.5%	24.3%	12.8%	37.0%	37.0%
Japan	8.0%	17.3%	17.3%	8.0%	17.5%	17.5%	14.9%	29.1%	32.1%
Canada	6.2%	20.2%	20.2%	6.2%	20.2%	20.2%	11.3%	27.5%	27.6%
Australia	7.2%	16.9%	17.3%	7.2%	16.9%	17.3%	25.0%	47.3%	47.3%
Austria	8.3%	21.6%	21.6%	8.3%	21.6%	21.6%	8.9%	32.0%	32.0%
Netherlands	5.9%	26.2%	28.0%	5.9%	26.2%	28.0%	12.0%	41.1%	41.1%
Italy	12.4%	25.6%	25.6%	15.0%	25.6%	25.6%	15.0%	27.9%	28.4%
Hongkong	18.8%	39.8%	40.1%	18.8%	39.8%	40.1%	33.3%	50.2%	50.2%
Indonesia	14.0%	56.1%	61.6%	14.0%	56.1%	61.6%	119.5%	161.2%	161.2%
Malaysia	23.1%	52.3%	69.4%	23.1%	52.3%	69.4%	23.1%	52.3%	69.4%
Singapore	9.2%	31.9%	31.9%	9.2%	31.9%	31.9%	9.2%	34.5%	34.5%
Switzerland	7.7%	29.6%	29.6%	7.7%	29.6%	29.6%			
France	6.3%	21.5%	24.5%	6.3%	21.5%	24.5%			
Poland	9.8%	31.6%	31.6%	15.9%	57.4%	61.7%			
Hungary	16.5%	54.4%	55.9%	16.5%	78.4%	78.4%			
Slovenia	9.3%	34.8%	40.3%	9.4%	40.2%	41.8%			
Slovakia	10.0%	16.0%	16.0%	31.7%	193.6%	193.6%			
Czech R.	6.8%	24.7%	26.4%						

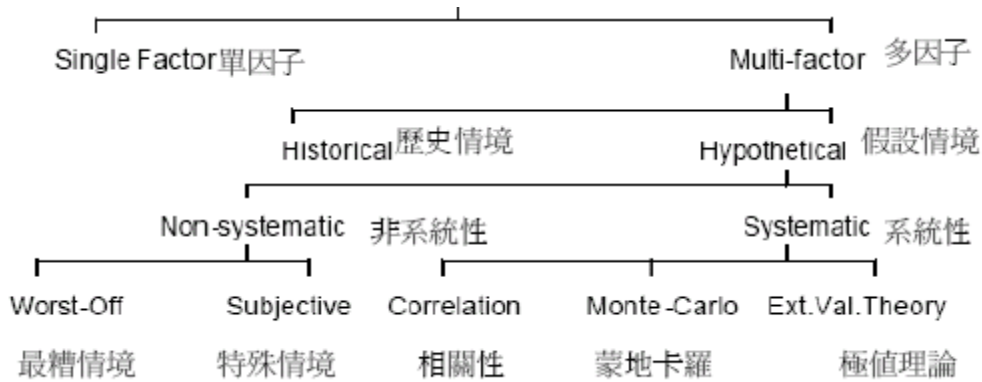
各國股價指數：USA: Dow Jones Industrials; S&P 100, Great Britain: FTSE 100,

Germany: DAX30, Japan: Nikkei 225, Canada: TSE 300, Australia: Australian ALL Ordinaries Index, Austria: ATX, Netherlands: AEX, Italy: MIB, Hongkong: Hang Seng, Indonesia: Jakarta Composite Index, Malaysia: Kuala Lumpur Composite Index, Singapore: SES All Singapore, Switzerland: Swiss Market Index, France: CAC 40, Poland: Warsaw General Index, Hungary: BUX, Slovenia: SBI, Slovakia: SAX, Czech Republic: PX50. 資料來源：Datastream

## 五、新加坡

新加坡金融管理局（Monetary Authority of Singapore, MAS）著眼近十年來金融市場歷經了多次震盪，這些震盪也傳染衝擊其他金融市場，金融機構面對金融危機的壓力將日趨嚴重，而亞洲金融市場的波動性比較已開發市場更為強烈、更容易被傳染。壓力測試提供金融機構一個預防金融危機的系統性方法。鑑於此，MAS 為幫助風險管理者構建與執行信用壓力測試，於 2002 年 1 月公布「信用壓力測試諮詢報告」（Consultative Paper on Credit Stress-Testing）作為金融機構壓力測試的指導原則。MAS 信用壓力測試諮詢報告中列舉的壓力測試類型如圖四。大致將壓力測試類型區分為單因子（Single Factor）及多因子（Multi-factor）測試二類；單因子測試以 DPG 的標準衝擊為例（詳見 30 頁第肆章第七節），多因子測試則區分為歷史情境（Historical）與假設情境（Hypothetical）；假設情境又分為非系統性（Non-systematic）的最糟情境（Worst-off）、特殊情境（Subjective）以及系統性（Systematic）的相關性（Correlation）、蒙地卡羅（Monte-Carlo）、極值理論（Ext.Val.Theory）。這些理論在第五章有較為詳盡的討論。

圖四 壓力測試類型



## 六、香港

香港金融管理局（Hong Kong Monetary Authority, HKMA）致力香港成為完全符合國際標準的銀行監理制度，特別是符合 BCBS 所建議的制度。目標是建立審慎的監管制度，既有助於促進銀行體系整體穩定及有效運作，同時亦提供足夠的靈活性，讓認可機構做出商業決定。2003 年 2 月發行「壓力測試-監理政策指南」做為其認可機構風險管理的指導原則。

「HKMA 壓力測試指南」中以港元利率風險壓力測試為例，模擬改變重要利率風險來源-主要市場利率為情境，分析認可機構的港元基差風險（basis risk），詳見表三。

表三 HKMA 認可機構的港元利率風險壓力測試

壓力情境	未來 6 個月利潤 降低（百萬港元）	未來 12 個月利潤 降低（百萬港元）
情境 1： 基本放款利率降低 200 個基本	-282	-589

<p>點，定期存款、儲蓄利率、及 HIBOR ( Hong Kong Interbank Offered Rate ) 不變。</p> <p>情境 2：</p> <p>基本放款利率不變，但定期存款、儲蓄利率、及 HIBOR 增加 200 個基本點。</p>	-338	-762
--	------	------

## 七、DPG 標準壓力測試

標準情境為「衍生性商品政策組織」( Derivatives Policy Group, DPG ) 所公布的壓力情境。DPG 由美國銀行業及投資公司的主要代表在美國證券管理委員會 ( Securities and Exchange Commission ) 提議下，於 1994 年 8 月創設的非正式組織，以規範衍生性交易法則為宗旨，公布了「自動監理架構」( Framework for Voluntary Oversight )。

許多金融機構採行「標準情境」執行其定期的壓力測並重新評估投資組合價值，通常選擇標準情境既非依據金融機構本身的情況，亦非壓力時機。標準情境壓力測試的優勢在保證具有兩方面之比較性：第一、當多數銀行以相同情境進行估測可比較不同銀行的壓力測試結果，標準情境下允許監理機關評估風險因子風險種類暴險；第二、當銀行一直以相同情境估測，可針對不同時點壓力測試結果進行比較，能夠監控經標準情境時間變化後風險種類的暴險變化。

DPG 建議執行壓力測試估測投資組合暴險的核心風險因子包括：

1. 殖利率曲線平行移動；



2. 殖利率曲線陡峭度（斜率）改變；
3. 殖利率曲線平行移動結合殖利率曲線斜率改變；
4. 殖利率波動度改變；
5. 股價指數變動；
6. 股價指數波動度變動；
7. 主要通貨（相對美元）價值變動；
8. 外匯匯率波動度變動；
9. 至少 7 大工業國家（G-7）加上瑞士等國換匯匯率的變動。

至於核心風險因子的評估，DPG（1995）建議以下標準情境作為壓力測試的規則：

1. 殖利率曲線上下平行移動 100 個基本點；
2. 殖利率曲線陡峭或平坦（到期日 2 至 10 年）25 個基本點；
3. 殖利率曲線平行移動 100 個基本點結合殖利率曲線傾斜（到期日 2 至 10 年）25 個基本點的四種測試；
4. 以目前水準增加與降低所有 3 個月期殖利率波動度 20%；
5. 增加與降低股價指數價值 10%；
6. 以目前價位增加或降低股價指數波動度 20%；
7. 增加或降低外幣匯率（相對美元）價值，主要外幣 6%，其他外幣 20%；
8. 以目前匯率水準增加或降低外匯匯率波動度 20%；

## 9. 增加或降低換匯匯率 20 個基本點。

比較 DPG 標準情境與實際歷史情境的最大變動顯示，有些 DPG 情境遠不及過去的最大變動，因此，DPG 不應被視為歷史危機或最糟情境之重建。此外，Basel 銀行監理委員會或美國監理機關也建議金融機構應發展本身的自我情境持續監測各自主要市場暴險因子。

## 伍、壓力測試模型

### 一、歷史情境建構壓力測試

#### (一) 為何使用歷史情境

##### 1. 監理考慮

Basel 銀行監理委員會 (1996) 要求以歷史危機為基礎建構壓力情境：「銀行應對其投資組合執行一系列壓力情境模擬並提供監理當局測試之結果。這些情境應包括目前投資組合對過去期間重大的失序事件的測試，例如，1987 年股市崩盤、1992 年與 1993 年匯率機制 (ERM) 危機，或 1994 年第一季債市重挫等事件，與這些事件相關的大幅價格移動與流動性急遽降低皆應納入。」

2. 以歷史情境建構壓力測試或 VaR 的差異，或許有人會質疑為何使用歷史性危機來建構？若壓力測試也使用與 VaR 模型相同的資料，是否壓力測試結果的資訊價值與 VaR 模型結果有差異？兩種模型的主要差異為：

(1) VaR 模型資料僅包括較短的前期；然而壓力測試則建

構於異常的市場情勢，時間點發生在過去較遠時。

- (2) VaR 模型使用近期所有的資料，包括市場平靜時期，高峰資料容易被平移掉。相反地壓力測試是將歷史危機模型化，只有急遽市場移動納入考慮，無重大事件的資料則不考慮。結果，模型可充分表達市場移動的高峰資料。
- (3) 歷史情境超越最糟情境的優點是歷史情境乃實際發生，執行壓力測試的結果不會被忽略，最糟情境則可能被質疑是否會發生。利用歷史資料建構壓力情境是建立在未來情勢將與過去危機相似的假設上，亦即未來與過去有相同的性質。

## (二) 使用數個風險因子時間序列建構模擬測試

以最簡單的方法描述數個風險因子壓力事件，考慮壓力測試期間每個風險因子最小價值與最大價值間差異的可能變動，若最小價值發生時間在最大價值之前，變動的符號為正值，反之則為負值。

表四顯示 1987 年股市崩盤時所選取風險因子的最大變動，單一風險因子價值變動取決於壓力期間個別風險因子最小與最大值的差別，觀察期間橫跨 1987 年 10 月初至 11 月底，當年 10 月中，道瓊工業股價指數曾快速下滑，其他股價指數也遭遇強烈震盪，直至 11 月底這些指數才低價回穩。當時的外匯市場與利率市場也有相似大幅震盪的情況，於 11 月底方陸續平息。

表四 1987 年股市危機期間風險因子變動  
(期間：1987 年 10 月 1 日至 11 月 30 日)

股價指數相對變動	道瓊工業	-34%
	澳洲 (ATX)	-26%
	德國 (DAX30)	-39%
	日經 225	-21%
	香港恆生	-50%
	泰國	-39%
匯率相對變動	澳幣/美元	-11%
	瑞士法郎/美元	-13%
	英鎊/美元	-12%
	日幣/美元	-10%
	泰銖/美元	-2%
	港幣/美元	-1%
	黃金/美元	8%
十年期政府公債殖利率 變動，基本點	美國	-152
	德國	-119
	澳洲	-49
	日本	-158
	瑞士	-33
價差擴大，基本點	美國 10 年期：公司債-指標	171
	美國 3 個月：銀行同業-國庫券	177
	德國 10 年期：銀行同業-指標	43
	德國銀行同業：10 年-1 年	61
	英國銀行同業：10 年-1 年	101

資料來源：Datastream

## 二、最糟情境壓力測試

### (一) 監理基礎

Basle 銀行監理委員會 (1996) 要求投資組合應採取選擇

性壓力情境：

「銀行應結合監理的壓力情境以及發展銀行本身的壓力測試來反應其個別的風險特質。」---「除了監理當局要求的情境外---，銀行亦應根據其投資組合特性辨認最不利情境並發展本身的壓力測試（例如，發生在主要區域的問題加上油價急遽移動）。銀行應提供監理當局辨視壓力之方法，並且描述情境測試的結果。」

這些規範清楚地訂立了國際準則，要求銀行應尋找並運用最糟情境測試。

## （二）最糟情境與歷史情境之比較

尋找最糟情境與歷史情境建構的壓力測試有兩項主要差異：

1. 以歷史最大變動為基礎建立的過去危機或情境不必然是最糟情境。最糟情境指尚未發生的潛在市場變動，但其結果將較發生的歷史危機更為惡劣。為辨視最糟情境，此事件不僅發生在過去的時點，且發生在未來可能的所有情境。因此，最糟情境也稱為「前瞻性情境」（forward-looking scenarios）。
2. 利用歷史資料建立的情境甚少注重銀行投資組合的特性，而最糟情境正是以投資組合為風險評估重心。Basel 並未規範辨視最糟情境的方法，僅有兩個基本原則可依循，銀行可依據經驗與經濟幕僚，利用市場、投資組合的瞭解以及銀行的交易與避險策略，嘗試辨視市場情況對銀行導致的異常高額損失，可稱為主觀性最糟情境研究（subjective search for worst-case scenarios）；銀行也可使用電腦系統研

究最糟情境，稱為系統性最遭情境研究（systematic search for worst-case scenarios）。以下分別陳述此兩種最糟情境。

### （三）主觀性最糟情境研究

主觀研究最糟情境通常是假設某些突然襲擊的經濟或政治事件造成銀行特別嚴重的損失。利用經濟與政治專家，試圖決定未來事件可能傳導至風險因子的變動，並假設造成最糟情境。此最糟情境之假設事件例如東京地震、美國總統暗殺、俄羅斯變革、大型銀行倒閉、國家預算嚴重惡化、或在壓力下放棄固定匯率制度等。選定了觸發事件（triggering event），銀行需考慮特殊情況為：假設最糟情境應對銀行投資組合最嚴重暴險的風險因子導致明顯衝擊，因此可合理預期此情境將對銀行造成特別重大損失。

假設性情境的另一種類型是連結銀行的模型並與其投資及避險策略結合。為了測試銀行的脆弱性乃至市場崩盤，假設性情境研究觸發事件導致崩盤的假設本質應與銀行的投資及避險策略相關。明確地陳述這些市場假定是邁向確認與控制銀行市場風險的重要步驟。

### （四）系統性最遭情境研究<sup>5</sup>

由於歷史或主觀性假設決定潛在損失僅考慮情境的少數幾項，使得利用歷史的或主觀性推測最糟情境之壓力測試可能會忽略嚴重的壓力情境。另一個困難處，只要對風險因子可能造成之損失不甚清楚，則預警損失壓力情境無法引導至實際的結果，系統性最糟情境可以解決這些問題，尋找特定

---

<sup>5</sup> 參考Oesterreichische Nationalbank (2001)。

投資組合的最遭情境以及確認風險因子，這也是最遭情境的最重要議題。

1. 如何使系統性特定投資組合最糟情境之結果呈現簡明且容易瞭？

壓力測試報告應只包括最糟情境下的**最重要的**風險因子，若列舉 500 個最糟情境的風險因子可能因過度負擔而無助於報告的接受能力。以下的方式相當有幫助：研究主要風險因子是集中於研究風險因子之子集合，解釋對最糟情境下損失達成的解釋力。例如，解釋力 80%，意旨尋找風險因子的子集合，當面臨最糟情境下，子集合至少可解釋損失達 80% 以上。亦即，當中只有子集合  $W$  個風險因子價值  $r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{iw}$  被列舉，取代當假設完全的最糟情境  $r_{wc} = (r_{wc,1}, \dots, r_{wc,n})$ ，報告情境  $r_{report} := (r_{mm,1}, \dots, r_{wc,i1}, \dots, r_{wc,i2}, \dots, r_{wc,iw}, \dots, r_{mm,n})$ ，其中風險因子  $r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{iw}$ ，有最糟價值  $r_{wc,i1}, \dots, r_{wc,iw}$ ，而其風險因子有其各自價值，則子集合風險因子將解釋最糟情境下損失的 80%。

2. 應如何找出維持特定解釋力（如最糟情境總損失之 80%）的最小可能集合？

(1) 採逐步方式：首先試著找尋單一風險因子具有 80% 的損失解釋力，若能找著，目標即達成。否則，尋找兩項因子對損失的解釋力達 80%。遲早，最糟損失達 80% 解釋力的子集合將會找到。惟一旦風險因子高達 500 項，而其中達 80% 解釋力的風險因子僅 10 項則評估函數將要估計 2.6 的  $10^{35}$  次。

(2) 最小化運算子集合是更有效率的方法，即系統化最糟情境研究。方法包括因子推進法（factor push method）、蒙地卡羅法（Monte Carlo）與準蒙地卡羅法（Quasi-Monte Carlo）。因子推進法是以相對簡單方式估計最糟情境，基本程序是大部分降低投資組合價值（正負風險因子）之方向變動個別的風險因子既定價值（風險因子變動  $k$  個標準差）；蒙地卡羅法與準蒙地卡羅法估計某範圍內的最小評價函數的價值，方法簡單但需要強大的計算能力，因為蒙地卡羅法與準蒙地卡羅法的效率取決於所需的隨機向量多寡。

表五為奧地利央行（Oesterreichische Nationalbank）公布的「市場風險壓力測試指南」，利用系統性最糟情境為例，針對特定投資組合最糟情境模型的壓力測試報告。

表五 系統性最糟情境模型報告

允許值域範圍	可允許範圍之最大損失	最糟情境的主要風險因子	主要風險因子解釋力
個案一（cuboid with edges $3r$ ） <sup>6</sup>	5 億歐元	歐元對美元匯率：0.9 6 個月英鎊 LIBOR：5.3% 10 年期換匯率 CHF：3.27%	65%
個案二（3 times enlarged ellipsoid）	3 億歐元	歐元對美元匯率：0.95 12 個月英鎊 LIBOR：5.42%	61%

<sup>6</sup> Cuboid with edges  $3r$ ：表示所有情境  $r = (r_1, r_2 \dots r_n)$  滿足  $r_{MM,i} e^{-3} \leq r_i \leq e^3$ 。



with covariances $\Sigma)^7$		10 年期換匯率 CHF : 3.27%	
「...」	...億歐元	...	...%

資料來源：Oesterreichische Nationalbank (2001)。

### 三、極值理論 (EVT) 風險管理

極端的隨機過程在統計上指既定期間內由最低觀察值 (the minimum) 至最高觀察值 (the maximum) 的過程。金融市場極端的價格移動相當於正常期間的市場反應，及異常期間股票市場衝擊、債券市場崩盤或外匯市場危機；極端值的計算應包括正常環境之風險值方法乃至金融危機期間的壓力測試方法。以風險管理而言，極值理論是設計與評估極端風險的方法，強調市場風險、信用風險、或作業風險等損失分配的尾端。

EVT可分為傳統的「集區極值」(block maxima) 及現代的「跨越門檻模型」(peaks-over-threshold, POT)。集區極值指一般極值分配 (General Extreme Value, GEV)，將資料分為等量的大集區，解釋集區內變動率超過某一變動率的機率；POT則指估測尾端風險的模型，包括隨機波動模型 (stochastic volatility model)、一般化柏拉圖分配 (Generalized Pareto Distribution, GPD)，可更有效地估計風險值 (VaR) 與條件期望損失 (expected shortfall, ES)。本章擬介紹現代EVT模型，並提出近期發展的多變量EVT模型。<sup>8</sup>

#### (一) 監理基礎

<sup>7</sup>  $K$  times enlarged ellipsoid with covariances  $\Sigma$ : 表示所有情境  $r$  滿足  $(r_{MM}-r)^T \cdot (r_{MM}-r) \leq k^2$ 。

<sup>8</sup> 參考Pearson(2002)。

依據英國金融管理局所發佈的「壓力測試」討論報告(2005)(Stress Testing FSA Discussion Paper 15/2)，明白揭示壓力測試方法包括隨機模型(stochastic models)：「...壓力測試之情境應考慮三類範疇，例如企業營運計畫改變、景氣循環變動、以及攸關的極端事件。情境分析方法包括隨機模型、歷史經驗分析、或歷史事件的複製。情境分析應盡可能朝向精確度及深度發展。」

## (二) 估測極端風險

僅單純地計算報酬的平均數或變異數(波動幅度平方)無法提供極端風險資訊，大多利用VaR與ES方法描述損失分配尾端，EVT很自然發展成為大額損失理論而非小額利潤的理論。如前述，VaR定義在特定百分位數分配(一般為第95或第99百分位數)下，投資組合目標期間與既定信賴水準下可能發生的最大損失。惟，近期研究報告Artzner、Delbaen、Eber and Heath(1997, 1999)提出滿足風險估測的要件「連慣性風險估測」(coherent risk measure)，認為以VaR評估風險有兩點質疑，(1) VaR無法滿足「細部加總性」(sub-additivity)，若投資組合可分割為細部投資組合，則細部投資組合VaR之和小於整個投資組合VaR。若金融機構的風險管理制度以VaR為基礎作為個別帳戶之限額將發生問題；(2) VaR無法告知超出VaR外的潛在損失金額。Artzner等人建議以ES代替VaR，估計超過VaR尾端的平均損失。<sup>9</sup>

ES 定義為： $ES = E[\text{損失} | \text{損失} \geq \text{VaR}]$ ，意指損失超過風險值下的預期損失期望值。

<sup>9</sup> 滿足「連慣性風險估測」的條件請參閱Artzner et al. (1999)，及方慧娟(2005)。

一般理論，令 $X_1, X_2, \dots$ 為未知分配函數 $F(x) = P\{X_i \leq x\}$ 的隨機變數，想要解釋這些隨機變數有關的金融資產或投資組合之每日損失與利潤；高或低頻報酬；作業損失；巨災保險；及信用損失。

定義極端風險損失分配 $F$ ，令 $1 > q > 0.95$ ，表示 VaR 第  $q$  百分位分配 $F$ ，則風險值為：

$$\text{VaR}_q = F^{-1}(q), \quad F^{-1} \text{ 為 } F \text{ 的反函數}$$

條件期望損失指超出風險值預期損失：

$$\text{ES}_q = E[X | X \geq \text{VaR}]$$

### (三) 一般化柏拉圖分配 (GPD) 極值理論<sup>10</sup>

GPD 為兩個參數的分配，其分配函數定義為：

$$G_{\xi\beta}(X) = 1 - (1 + \xi x / \beta)^{-1/\xi} \quad \xi \neq 0$$

$$G_{\xi\beta}(X) = 1 - \exp(-x/\beta) \quad \xi = 0$$

其中 $\beta$ 為大於零的規模參數 (scale parameter)， $\xi$ 是重要的形狀參數 (shape parameter)。當 $\xi = 0$ 時為常態分配，尾端以指數 (exponential) 速度消失，依據風險管理目的最攸關的情況，當 GPD 之 $\xi > 0$ 的厚尾 (heavy-tailed) 分配時，表示尾端消失的速度比常態分配慢。厚尾分配與常態分配不同，未必有一整組完整的動差，當 GPD 之 $\xi = 1/2$ 時，GPD 分配的變異數無限大 (第二階動差)；當 $\xi = 1/4$ 時，分配的第四階動

<sup>10</sup> 參考 Embrechts (2004)。

差無限大。實證顯示，某些保險鉅額求償的資料有無限大的二階動差，某些市場報酬亦顯示其分配有無限大的四階動差，常態分配無法配置此類模型，但 GPD 可以掌握這些行為特質。

實務上，EVT 估計值可以由以下步驟得到：假設選擇  $u$  代表第 95 百分點，EVT 分配提供超過此水準的尾端參數分配，估計尾端的累積分配函數：

$$F(x) = 1 - (N_u / N) \left[ 1 + \xi \frac{(x - u)}{\beta} \right]^{-1/\xi}$$

可由  $F(u) = q$  得出信賴水準  $q$  的 VaR 以及 ES 分別為：

$$\text{VaR}_q = u + \frac{\beta}{\xi} \left[ \frac{N}{N_u} (1 - q)^{-\xi} - 1 \right]$$

$$\text{ES}_q = \frac{\text{VaR}_q}{1 - \xi} + \frac{\beta - \xi u}{1 - \xi}$$

#### (四) 隨機波動性模型極值理論

計算每日 VaR 估計風險時，一般應計算市場工具的波動性，由於高波動度期間的極端值並不比低波動度期間的極端值更極端，研究此類波動性稱為動態 (dynamic) 風險估測，此外大部分金融市場報酬資料存在**波動群聚**現象 (volatility clustering)，即資產價格大(小)幅變動時，伴隨而來較高(低)的波動度特性。研究此現象最盛行的模型是隨機波動模型，表示為：

$$X_t = \mu_t + \sigma_t Z_t$$

其中  $\sigma_t$  為  $t$  天期報酬的波動程度

$\mu_t$  為預期報酬其價值取決於過去的歷史報酬

$Z_t$  為獨立相同未知分配的隨機干擾項(noise variables or innovation)

據此建立 Arch/Garch 「自我回歸條件異質變異數模型」模型，模型常用的殘差項共變異數估計式為：

$$\mu_t = \lambda X_{t-1}$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 (X_{t-1} - \mu_{t-1})^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

令  $\alpha_0, \alpha_1, \beta > 0$ ,  $\beta + \alpha_1 < 1$  且  $|\lambda| < 1$ 。表現報酬率存在著序列相關情況（以台灣的漲跌幅限制為例，今天收盤漲停的股票幾乎可確定明天會持續漲勢，報酬間呈現正向關係），並存在波動群聚現象（股價指數本身波動性會受到前期波動性的影響）。其中以Garch(1,1)殘差項自我回歸隨機分配模型比較符合實際的金融報酬變動情況。

據此動態模型納入計算一日 VaR 與 ES 風險估計式為：

$$\text{VaR}_q^t = \mu_{t+1} + \sigma_{t+1} \text{VaR}(Z)_q$$

$$\text{ES}_q^t = \mu_{t+1} + \sigma_{t+1} \text{ES}(Z)_q$$

其中  $\text{VaR}(Z)_q$  為第  $q$  百分位的隨機干擾項  $Z$ ， $\text{ES}(Z)_q$  則為相對應預期損失。估計動態  $\text{VaR}(Z)_q$  應估計明日的預期報酬  $\mu_{t+1}$  及明日的波動程度  $\sigma_{t+1}$ ，通常使用 Garch 模型或 RiskMetrics 法的指數移動平均法（exponentially weighted moving average model, EWMA）作為預測此平均數與波動程度呈現隨機波動模型。

## (五) 多變數極值理論 (Multivariate Extremes) - Copula<sup>11</sup>

前面討論單變數極值理論，模擬單變數尾端分配。事實上，也有多變數極值理論模擬多變數分配尾端，多變數極值理論是研究有關極端事件的相關性結構 (dependence structure)。

考慮隨機向量  $X = (X_1, \dots, X_d)$  表示同一時點  $d$  個不同類的損失。假設這些損失的聯合分配為  $F(x_1, \dots, x_d) = P\{X_1 \leq x_1, \dots, X_d \leq x_d\}$  且其個別損失連續邊際分配為  $F_i(x) = P\{X_i \leq x\}$ ，由 Sklar (1959) 推論出每一聯合分配為：

$$F(x_1, \dots, x_d) = C(F_1(x_1), \dots, F_d(x_d)),$$

個別函數  $C$  稱為 copula 分配，copula 方法自 1999 年開始應用在財務領域，近來相關的研究廣泛運用在解決財務問題與風險管理上。copula 分配可由兩方面解釋：多維分配聯合機率分配函數；視為標準均勻邊際分配的多變量分配函數，其可分解為單維的邊際函數以及相關性結構兩個部分。copula 最大的好處可將邊際分配與相關性結構分開處理，允許各風險因子具有不同邊際分配，可為常態或  $t$  分配或依據厚尾、偏態、峰態的不同決定邊際分配的特質，由於無須侷限常態分配的假設，因此可依據實際的市場資料估計出更準確的投資組合風險。<sup>12</sup>

當邊際分配為單變數標準常態分配，可稱為 Gaussian

---

<sup>11</sup> 參考 McNeil (1999)。

<sup>12</sup> Copula 名詞源自拉丁語，有連結或結合之意，其英語相近字為 “couple” 或 “copulate”。Copulas 在統計上的概念是推論隨機變數彼此關係的方法。一個 copula 函數是集合了單變數邊際機率函數的多變數機率聯合分配，透過邊際分配描述個別隨機變數本身特質，而 copula 函數告訴我們隨機變數如何「結合」以決定多變數函數。

copula，另外，多變數以 Gumbel copula 表示邊際分配之間（風險因子）的關聯性，估計相關性結構參數  $\beta$ ， $\beta$  介於 0 與 1 之間隨著關聯性增強而遞減，當  $\beta = 0$  實為完全依賴， $\beta < 1$  之 Gumbel copula 顯示尾端的關聯性，表示一起發生極端值的趨勢。

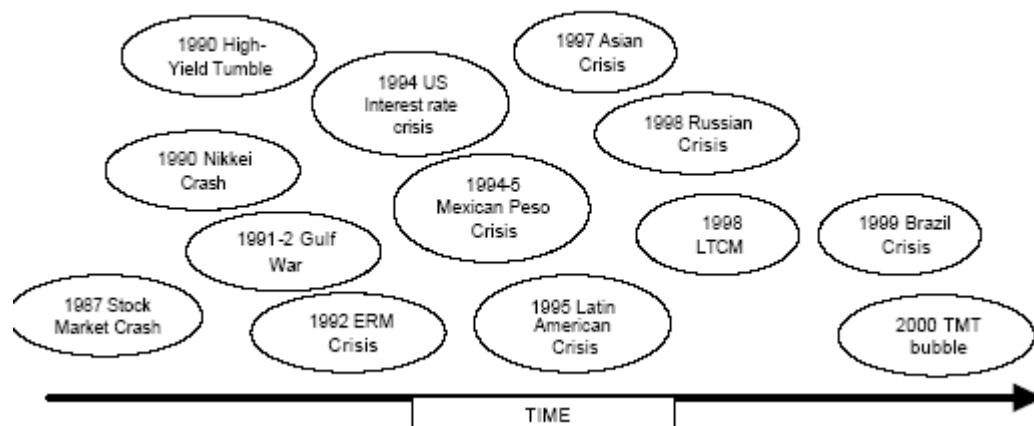
## 陸、RISKMETRICS 建立壓力情境的方法<sup>13</sup>

本章參考 RISKMETRICS 的個案研究，分析壓力測試的實務運用方法。

### 一、自然方法（極端歷史情境）

利用歷史期間實際發生之極端市場事件建立情境。極端事件包括 1987 年美國股市崩盤、匯率機制危機 (Exchange Rate Mechanism, ERM)、1994 年聯邦資金利率飆漲、1995 年 Tequila 危機、1997 年亞洲金融危機、1998 年金融市場震盪、1999 年巴西幣貶值等（近期全球重大的金融危機詳見圖五）。

圖五 近年金融市場重大危機事件



此方法掌握相關歷史壓力期間資料，並以歷史情境模擬投資組合價值估測可能的損失。RiskMetrics 研究集合一個代表全球當代投資組合包括 60% 的股票和 40% 固定收益工具，辨認相關期間的歷史性壓力測試，分別計算確認極端損失 1 天、五天期間的投資組合報酬(詳見表六)。

表六 過去 20 年的重大歷史損失事件

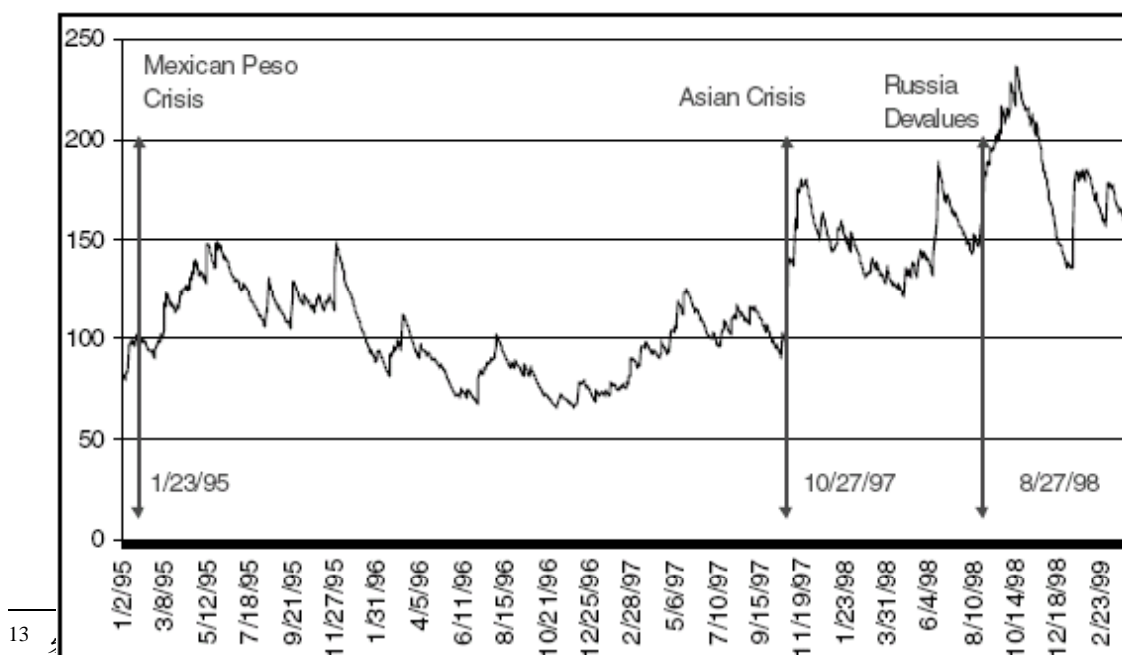
	Date	1-day return, %	Date	5-day return, %
Black Monday	19-Oct-87	-2.20	20-Oct-87	-5.9
Gulf War	3-Aug-90	-0.90	27-Aug-98	-3.8
Mex Peso Fallout*	23-Jan-95	-1.00	23-Jan-95	-2.7
Asian Crisis	27-Oct-97	-1.90	7-Aug-90	-3.6
Russia devalues	27-Aug-98	-3.80	27-Oct-97	-2.6

\* The Mexican peso actually devalued at the end of '94. On 23-Jan-95, the peso lost 6% and several Eastern European markets incurred losses of around 5% to 10%.

Source: A. Ulmer, 1999, unpublished research, RMG

資料來源：RiskMetrics Group。

圖六 Riskmetrics 研究三項歷史危機 RMVI 指數





資料來源：同上。

至於嚴重損失事件如何影響全球波動幅度？RiskMetrics波動指數（RMVI）顯示 1995 年墨西哥披索、1997 年亞洲危機、1998 年俄羅斯幣貶值等三項歷史情境相對之全球波動幅度如圖六。例如，墨西哥披索危機時之平均RMVI約 100，結果 1 天報酬約損失 1%；當亞洲危機與俄羅斯幣貶值之RMVI指數明顯超出 100，結果投資組合損失程度更嚴重分別為 1.9%及 3.8%。其意涵為對所有的市場機制一體試用同樣的壓力測試是行不通的，波動幅度愈大應採行損失程度更大的壓力測試。近來的實證也顯示，當市場波動幅度越高，極端市場的變動愈大。<sup>14</sup>

## 二、市場因子或相關性壓力情境

第二種方法利用相關的市場因子或波動性、相關性之大幅衝擊建立壓力測試，此方法提供風險因子敏感性很好的測試，在辨視投資組合壓力點方面相當有用。以直接改變一個市場利率（例如降低 S & P500 10%），或許多市場利率（例如降低所有美國政府公債殖利率曲線 50 個基本點），一般而言，實質變動以歷史變動、機構、投資組合本身為基礎。茲以全球性銀行其投資組合面對市場衝擊壓力測試為例，顯示市場變數漲跌效果如下。以這些情境為投資組合的壓力測試基礎，得出全球銀行 1 天壓力測試結果（詳表七）。

表七 多因子（利率、股市、匯率）變動幅度壓力情境

地區	利率	股市、%	匯率、%
北美	+80bp/-80bp	+/-8	+/-10

<sup>14</sup> RMVI是衡量全球波動幅度的指標，指標由股票、固定收益、28 國家外匯市場，以及三個主要商品市場組成，觀察此 87 個市場的每日報酬，RiskMetrics將橫跨所有國家及各項資產種類並與歷史平均相比較計算總波動幅度。

歐洲	+100bp/-100bp	+/-10	+/-10
日本	+50bp/-25bp	+/-10	+/-10
亞洲新興	+250bp/-200bp	+/-25	+/-20
俄羅斯與東歐	+400bp/-300bp	+/-30	+/-25
拉丁美洲	+1000bp/-500bp	+/-35	+/-20

表八 全球銀行壓力測試（一天最糟情境市場變動）

Geographic Region		Interest rates		Equities		FX		Net by Region
		Move, bp	P/L (\$mm)	Move, %	P/L (\$mm)	Move, %	P/L (\$mm)	
North America		80	-5.6	-8	-5.8	-10	-1.5	-10.1
		-80	5.0	8	5.2	10	1.3	12.0
Europe		100	-8.7	-10	-4.6	-10	-1.3	-14.0
		-100	7.0	10	3.7	10	1.1	14.6
Japan		50	4.0	-10	3.0	-10	1.4	9.1
		-25	-3.0	10	-2.5	10	-1.6	-3.5
Emerging Asia		250	-2.0	-25	-3.2	-20	-0.1	-5.0
		-200	1.8	25	2.9	20	0.1	4.9
Russia & Eastern Europe		400	5.0	-30	-3.3	-25	3.1	5.3
		-300	-4.0	30	2.3	25	-2.2	-3.7
Latin America		1000	-12.0	-35	-4.0	-20	5.0	-10.7
		-500	8.0	35	6.0	20	-2.0	13.9
<b>Total Portfolio</b>	<b>Up</b>		<b>-19.3</b>	<b>Down</b>	<b>-17.9</b>	<b>Down</b>	<b>6.3</b>	<b>-26.6</b>
	<b>Down</b>		<b>20.8</b>	<b>Up</b>	<b>17.6</b>	<b>Up</b>	<b>-3.2</b>	<b>37.0</b>

壓力測試評論：

1. 整體經濟敏感性壓力情境承受力：估計全球在熊市情境之每日損失為 \$ 26.6 百萬美元，全球牛市情境之利得為 \$ 37 百萬美元。
2. 最大暴險資產類別為利率 (- \$ 19.3/20.8 百萬美元)，其次為股市 (- \$ 17.9/17.6 百萬美元)。
3. 最大暴險地區為歐洲熊市 (- \$ 14 百萬美元)，其次是北美 (- \$

10.1 百萬美元)，主要為紐約與倫敦固定收入之公司債投資者。

4. 日本與俄羅斯為淨放空部位（牛市為損失）。
5. 拉丁美洲透過大量賣權放空外匯部位（\$5 百萬美元），並買入 Brady 債券（-\$12 百萬美元）及新興市場股票（-\$4 百萬美元）。
6. 每列損益之個別總和不必然等於地區之淨損益（即使不考慮非線性部位因素），因為當大幅變動時損失會減輕，利得則會累積。例如，當歐洲股市下滑 10% 且匯價下跌 10% 時，當二個事件一起發生時股票投資組合下跌會小於 20%。

資料來源：RiskMetrics Group

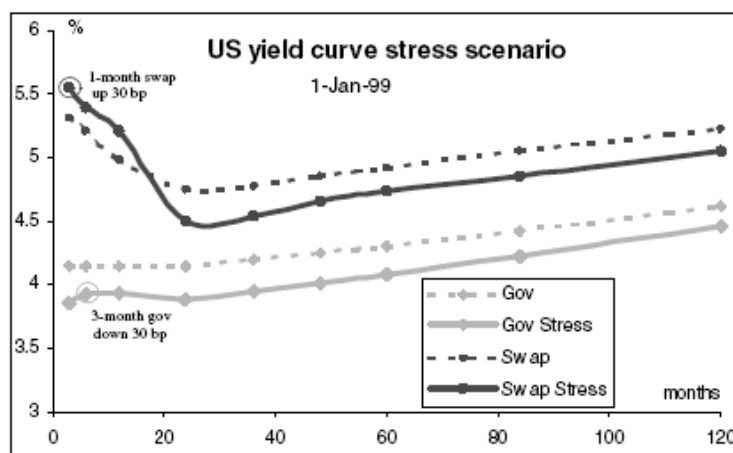
### 三、預期情境（anticipatory scenarios）

以未來可能發生的市場極端事件為預期情境時，風險管理者需決定（1）相關事件（例如在亞洲股市崩盤時資金撤離至安全處）；（2）事件的損失程度（例如從一年一次至十年發生一次）；（3）該事件對全球市場的影響效果。第三項決定，需考慮全球所有市場變數的共同現象，例如當資金逃出至安全地，不只政府公債/公司債利差擴大，且股價將下滑。

圖七 RiskMetrics Group 以擴大短期交換利差（swap spreads）為例建立 1999 年 1 月 1 日的壓力測試，模擬資金逃出現象，預期風險資產需求減少。提高 1 個月期交換利率 30 個基本點，降低 3 個月期政府利率 30 個基本點，且風險管理將影響其他的殖利率曲線，市場利率相關性自 1999 年 1 月 1 日至 1998 年 7 月 1 日。

表九預測其他市場變數 1 天報酬的壓力效果，對股市衝擊為，美國股市 1 天下跌 7.8%，歐洲及拉丁美洲也遭受大額損失。外匯方面，泰珠、日幣、星元兌美元顯著地貶值，英鎊兌美元則貶值 0.95%。

圖七 擴大短期交換利差（1999 年 1 月 1 日）壓力測試



表九 相關市場變數（1 天）壓力測試的報酬影響

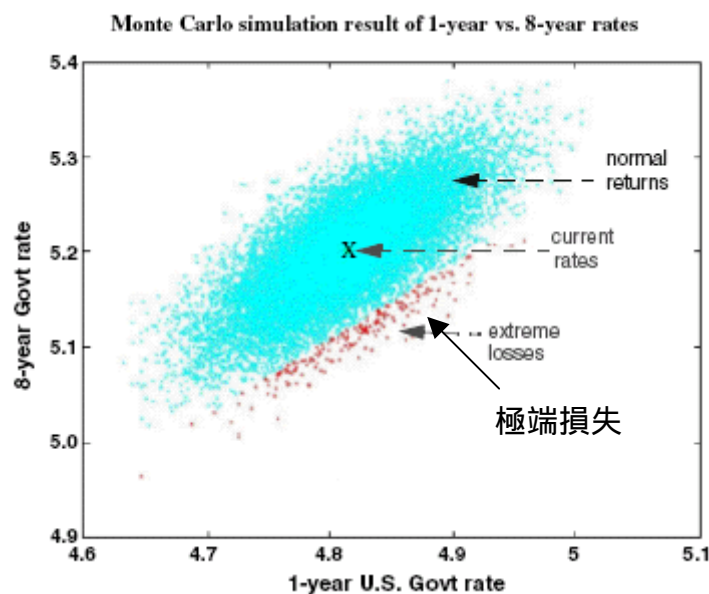
1-day return, %	Asset class
-7.80	U.S. - S&P 500
-8.76	Spain - IBEX 35
-17.59	Argentina - SE Blue Chip
-6.44	THB
-5.44	Sweden - OMX
-5.23	Mexico - IPC
-5.22	Singapore Dollar
-4.23	Germany - DAX
0.42	Japan - Nikkei 225
-5.00	France - CAC 40
-3.79	JPY
-0.95	GBP
0.22	FRF
0.22	DEM

#### 四、特定投資組合壓力測試

另一種壓力測試方法是分析特定投資組合脆弱性的壓力情境，藉由歷史的（historical）或蒙地卡羅（Monte Carlo）模擬辨視投資組合的脆弱性，搜尋所有可能超出特定門檻的損失。

以買入 1 年債券並放空 8 年債券部位為例解釋此方法，執行蒙地卡羅模擬並設定第 5 百分位數之最糟情境損失（詳圖八）。可檢查當長期利率相對短期利率下跌時，即殖利率曲線出現傾斜時所暴露的最糟情境損失。然而更複雜的投資組合，尾端事件可能聚集為一群。

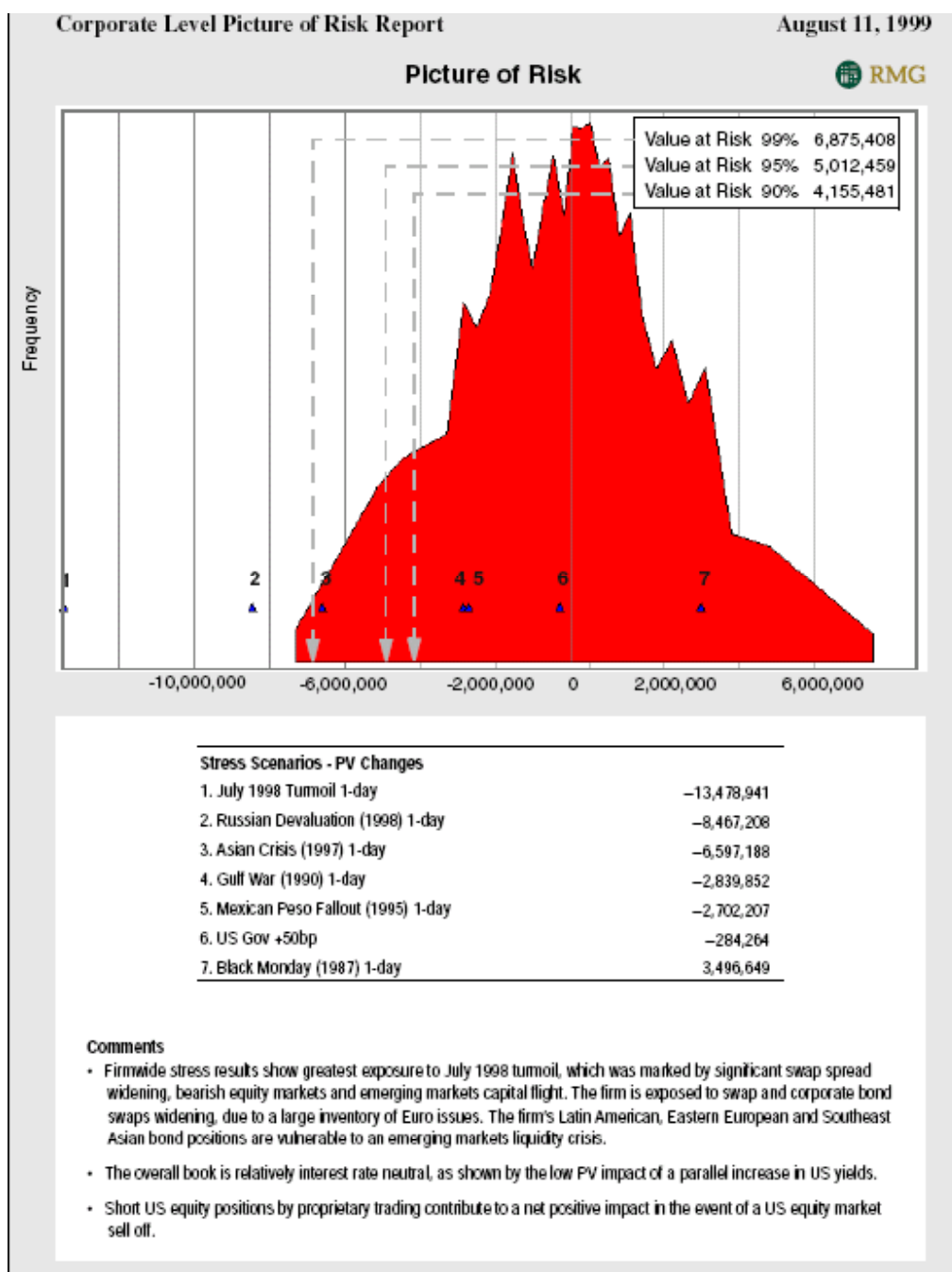
圖八 1 年與 8 年公債利率之蒙地卡羅模擬結果



#### 五、RiskMetrics 壓力測試報告

RiskMetrics 以歷史模擬分析每月 99% 信賴水準下 VaR 損失額的壓力測試，表十所示乃風險報告中壓力測試報告範例。依據 1999 年 8 月 11 日所執行的壓力測試結果顯示，最大暴險為 1998 年 7 月的市場風暴。

表十 壓力測試報告：模擬金融危機事件投資組合的可能損失



## 柒、花旗集團（citigroup）市場風險壓力測試<sup>15</sup>

花旗集團的壓力測試模型分為標準壓力測試（Standard Stress Test）與特殊壓力情境（Ad-hoc Stress Scenarios）兩種，本章以花旗集團個案，分析實務上的運用方法。

### 一、壓力測試目標與期間

花旗集團執行壓力測試的目標，一是提供高階主管市場壓力情況下的可能損失範圍（即不感驚奇）；二是符合監理機關需求，監理機關要確保高階主管瞭解並同意暴險範圍，據以建立壓力測試損失報告。花旗集團市場風險管理以每月基礎執行壓力測試，計算月底的暴險額，壓力測試結果以每季基礎（Bad Quarter）向風控委員會（Risk Committee）提報，風控委員會成員包括花旗集團的執行長（CEO）、財務長（CFO）、高階風控長、交易室的高階經理、風控經理、稽核與法務。花旗集團的第一份壓力測試報告於 1999 年第三季誕生，所有壓力情境分析與市場資料均自 1997 年 1 月起或依據資料的可得性而定。

### 二、標準壓力情境

花旗集團的壓力測試模型分為標準壓力測試與特殊壓力情境兩類，Standard Stress Test 測試的嚴重程度由輕至重區分為歷史性相關（Historical Correlation）、壓力風險值（Stressed VAR）、風控經理估計（Risk Manager Estimates）、不具相關性（No Correlation）四種壓力測試。茲分別舉例如下：

---

<sup>15</sup> 取材自 citigroup annual Report（2004）及參訪紐約花旗集團所提供的內部資訊 citigroup market risk management stress test overview.

### (一) 歷史性相關

歷史相關壓力情境利用歷史資料並計算過去 65 天轉動期間所觀察的市場變數之變動，重估投資組合風險並確認 65 天期的最大損失為 16 百萬美元（表十一）。

表十一 Citigroup 歷史相關壓力測試

市場變數	風險 敏感性	單位	65 天變動			損益衝擊 (\$ MM)		
			0 至-65	-1 至-66	-2 至-67	0 至-65	-1 至-66	-2 至-67
外匯現價	-100	\$ MM	3%	4%	-1%	(3.00)	(4.00)	1.00
外匯 Vega	-25	\$ MM/vol.pt.	5%	-2%	-10%	(1.25)	0.50	2.50
利率	1.25	\$MM/bp	15bps	-10bps	-15bps	18.75	(12.50)	(18.75)
淨損益衝擊						14.50	(16.00)	(15.25)

### (二) 壓力的 VaR

VaR 壓力情境是利用 Monte Carlo 模擬每日的 99.97% 信賴水準下 VaR 損失額，考慮壓力波動性與壓力相關性，並將「厚尾」(fat-tail) 特性，或過去利率異常變動納入壓力測試。根據結果顯示，考慮「厚尾」波動性將比較一般 VaR 波動性為高。危機期間壓力的相關性較強，假設所有的正相關增加達 0.3 (例如由 +0.5 至 +0.8)，且所有負相關也增加達 0.3 (例如由 -0.6 至 -0.9)。

### (三) 風控經理預估

風控經理預估是結合分析、經驗與判斷作為估算基礎，評估個別交易單位的異常季節 (Bad Quarters)，風控經理可以納入對 (1) 市場變動與變數間相關性之判斷；(2) 受制於資料可得性而被統計情境遺失的市場風險變數；(3) 壓力情況下



交易員的行為；(4) 壓力測試以季期間的平均暴險與波動，並非僅於季底的暴險。

#### (四) 不具相關性

不具相關性壓力情境利用歷史資料計算每個市場變數、65 天期的最大市場不利變動。因為每個變數的最大化市場不利變動可能發生在不同的 65 天期，假設所有變動將同時發生，因此此情境考慮相當保守，可視為提供一個損失疆域（如表十二所示，損失 23 百萬美元）。

表十二 Citigroup 不具相關性壓力測試

市場變數	風險 敏感性	單位	最糟的65天變動		損益衝擊 ( \$ MM )
			改變	期間	
外匯現價	-100	\$ MM	3%	-3至-68	(3.00)
外匯Vega	-25	\$ MM/vol.pt.	5%	-40至-105	(1.25)
利率	1.25	\$MM/bp	-15bps	-100至-165	(18.75)
淨損益衝擊					(23.00)

### 三、特殊壓力情境 (Ad-hoc Stress Scenarios)

花旗集團執行 Ad-hoc Stress Scenarios 乃基於管理考量、市場情勢或暴險狀態而定。花旗集團鑑於美國利率變動充滿著不確定性，發展 Ad-hoc stress scenarios 的兩項殖利率壓力情境，分析其與資本市場的影響效果，此研究並非針對潛在大額損失所設定。兩項情境分別為殖利率曲線變陡峭-「通貨膨脹恐慌」(inflation scare)、及殖利率曲線變陡峭-「經濟疲軟」(Soft Patch)，並以表十三列示 2005 年 4 月 8 日花旗集團執行此兩項情境之比較表。

#### (一) 殖利率曲線變陡峭-「通貨膨脹恐慌」

1. 經濟情勢：經濟與通膨資料預期外大幅成長，顯示意料外

經濟強勁成長與物價上漲壓力。市場預期 Fed 將採緊縮性政策，利率全面上揚，長期利率上揚相對短期利率猛烈，殖利率曲線呈現陡峭。

2. 市場反應：通膨恐慌情境對各個市場有明顯衝擊，利率全面上揚，長期利率上揚相對短期利率猛烈。此外，價差擴大、新興市場貨幣貶值以及問題債券價格下跌。

(1) 利率：美國各期別利率全面上揚，長期利率升幅超過短期利率使得殖利率曲線變陡峭。新興市場利率也跟隨著美國市場利率上揚而上揚；

(2) 波動性：由於通膨的不確定性，使得各市場波動性增加；

(3) 商品：經濟成長帶動下油價及能源價格上漲；

(4) 信用市場：信用價差加大，投資者尋求低風險高收益商品，降低公司債需求；

(5) 外匯：新興市場貨幣兌美元貶值，投資者將資金移轉至以美元為基礎之資產；

(6) 股票市場：股市價格下滑，且新興市場效果更明顯；

(7) 新興市場與問題企業債券 (distressed debt)：新興市場價差擴大及問題企業債券價格下跌，使得投資者將更多風險性資產資金轉移至安全性證券。

## (二) 殖利率曲線變陡峭-「經濟疲軟」

1. 經濟情勢：經濟資料突然顯示預期外的衰弱，由於核心消費者物價指數在合理的控制範圍內，市場預期 Fed 將會暫時支撐經濟，投資者認為經濟疲軟將持續一段期間。

2. 市場反應：Fed 將持續支撐以應付經濟疲軟，讓經濟反彈回穩。短期利率下跌幅度較長期為劇烈。隨著消費者信心下滑與經濟成長趨緩價差加大。美元相對所有貨幣貶值。

- (1) 利率：美國殖利率曲線陡峭，短期利率下跌幅度超過中、長期利率，新興市場利率也隨美國利率變動而下跌；
- (2) 波動性：反應經濟下滑的不確定性，外匯市場與股市波動幅度增加；
- (3) 商品：隨著經濟疲軟，油價與能源價格下跌；
- (4) 信用市場：信用市場價差擴大，經濟衰退影響企業活動使利潤降低；
- (5) 外匯：美元相對其他主要貨幣貶值；
- (6) 股市：受經濟趨緩影響股價下跌；
- (7) 新興市場：全球經濟共同疲軟之下，價差變動溫和。

表十三 花旗集團殖利率曲線壓力情境比較表

市場因子	4/8/2005 水準	變動 單位	情境 1 「通膨恐慌」	情境 2 「經濟疲軟」
Int Rate USD-Govt 6m	3.120	bp	50	-50
Int Rate USD-Gove 2y	3.837	bp	100	-60
Int Rate USD-Govt 5y	4.272	bp	110	-40
Int Rate USD-Govt 10y	4.555	bp	125	-10
Int Rate USD-Govt 15y	4.860	bp	125	-10
Int Rate USD-Govt 20y	4.915	bp	125	-10
Int Rate USD-Govt 30y	4.745	bp	125	-10
Int Rate Vol USD 6m	20.0	volpt	8.0	8.0
Int Rate Vol USD 1y	20.0	volpt	8.0	8.0
Int Rate Vol USD 2y	19.4	volpt	4.0	-
Int Rate Vol USD 5y	17.0	volpt	4.0	-
Int Rate Vol USD 10y	12.3	volpt	4.0	-
Int Rate Vol USD 30y	12.3	volpt	4.0	-
Int Rate BRL	19.340	bp	400.0	0.0

Int Rate MXN	10.210	bp	100.0	-10.0
Int Rate KRW	3.500	bp	40.0	-30.0
Int Rate PLN	5.39	bp	50.0	-15.0
I.R. Spread High Grade-Treas USD	1.00	bp	30	30
I.R. Spread High Yield-Treas USD	3.62	bp	160	160
Global Distressed		%	-10.0	-5.0
FX Spot EUR/USD	1.293	%	-	10.0
FX Spot GBP/USD	1.886	%	-	10.0
FX Spot JPY/USD	108.24	%	-	10.0
FX Spot BRL/USD	2.590	%	-10.0	5.0
FX Spot MXN/USD	11.180	%	-5.0	1.5
FX Spot KRW/USD	1012.300	%	-1.0	2.0
FX Spot PLN/USD	3.19	%	-5.0	2.0
Comm Price Oil Wti 3m	55.36	%	-	-20.0
Comm Price Nat Gas 3m	7.47	%	5.0	-5.0
Eq Price USA Non-tech Stocks	1172.4	%	-5.0	-7.5
Eq Vol USA Non-tech Stocks	9.9	volpt	5.0	5.0
Eq Price EUR	3065.6	%	-5.0	-7.5
Eq Vol EUR	9.5	volpt	5.0	5.0
Eq Price JPN	1179.3	%	-5.0	-7.5
Eq Vol JPN	10.3	volpt	4.0	4.0

## 捌、結論與建議

一、1980 年後，許多大型國際銀行相繼出現問題，這些跨國銀行的營運不善不只影響其本國經濟，也衝擊到業務往來相關國家的金融體系與機構運作。為降低各個會員國的金融風險，以求跨國金融的穩定，使國際性銀行在國際金融市場上立足點平等，避免國際性銀行倒閉導致連鎖反應，引發國際金融市場金融秩序危機，BIS 自 1988 年起公布巴賽爾自有資本協定 (Basel) 訂定自有資本比率規定，我國也自 1992 年起開始採行第一次自有資本比率規定。1988 年後風險管理監控金融體系的思考架構，在世界各國持續推廣開來，包括擁有跨國業務的非會員國也都願意採納由

巴塞爾監理委員會所設計的金融監管架構。於是 1999 年 Basel 進一步提出更完整的新資本適足架構即是所謂 Basel II，其針對的對象不僅限於 Basel 成員，還希望全世界各國都採納這項制度，這是 Basel 的進步，因為如此精密的金融監理機制，不可能全然仰賴金融機構的自律，也不可能靠 Basel 的監督。因此 Basel II 的最新設計，是將對各金融機構的風險管理，譬如確保與維持最低資本的要求（第一支柱），實際上等於是分攤給該國政府（第二支柱、監督覆核），以及該國的投資大眾（第三支柱、市場紀律），共同來分攤金融監理與控管的工作。

二、不僅台灣，當今全世界金融體系都應知道，許多跨國業務的金融機構，計畫在 2006 年底前符合新版 Basel II，並在本國政府所訂定的管理細則上，提列最低資本、符合監理規範及準備各種法定報表。面對 BIS 自有資本比率規範的世界潮流，我國自不能置身度外，同時藉由 BIS 自有資本比率嚴格規範金融機構，健全銀行業財務體質，進一步促進金融穩定。今（2005）年 6 月 14 日行政院金融監督管理委員會通過「銀行內部控制及稽核制度實施辦法修正條文」第二章第三節風險管理機制之第十一條明訂「銀行應訂定適當之風險管理政策與程序，建立獨立有效風險管理機制，以評估及監督其風險承擔能力...」、第十二條「銀行應設置獨立之專責風險控管單位，並定期向董（理）事會提出風險控管報告，若發現重大暴險，危及財務或業務狀況或法令遵循者，應立即採取適當措施並向董（理）事會報告。」惟，風險管理估測結果必須有相當的風險資本準備，主要考量在確保偶發混亂發生導致機構破產壓力時得以償付，因此，將壓力情境納入正式的風險模型將被視為第一要務。自從亞洲金融危機與 LTCM 事件發生後，壓力測試的重要性與迫切性已經急劇地提高。實際上，目

前許多金融機構及監理機關估測機構暴險認為壓力測試的重要性不亞於 VaR 模型。

三、全球金融體系委員會（Committee on the Global Financial System, CGFS）2005 年出版「壓力測試：主要金融機構的調查結果」，針對 16 國中央銀行評選出的 64 家金融機構檢視其壓力測試風險管理，主要的報告內容為：

1. 全體調查結果：超過八成以上的壓力測試報告以投資組合交易為基礎，部分機構針對放款業務、籌資流動性、及淨收益作測試。壓力測試的資產型態以利率變動為大宗，信用、股價、及匯率之測試則較少，由於信用市場交易快速發展並逐漸深化，近年來的測試重心已經從過去的股票市場轉為信用市場。區域性分析大部分集中在全球性的敏感性測試，半數以上的壓力測試是橫跨全球市場相關風險因子的歷史性變動。特定地區壓力測試則如美國或新興市場，新興市場相當適合壓力測試，因為若發生金融危機將使得該地區快速變成非流動性市場，其移動方向相當偏離歷史趨勢。
2. 歷史情境分析：主要針對重大的歷史事件測試，例如 1987 年黑色星期一、1994 年債券市場瞬間崩跌、1998 年 LTCM 造成市場崩盤、以該年俄羅斯債務違約，俄羅斯違約事件特別適合利率與信用測試，1997 年亞洲金融危機、以至近期 2001 年美國遭遇恐怖攻擊對金融市場的衝擊則形成歷史情境與假設性情境的基礎。這些情境分析則包括固定收益、股票與信用工具等資產類型。
3. 假設情境分析：此測試絕大部分建立在對經濟成長前景改變

的情境分析。大多數案例為調高利率，預測工業國家的經濟成長將高於預期；新興市場的情境則考慮將發生未預期的經濟成長趨緩，結果使得主權信用價差加深及股市下跌。新興市場情境分析尚包括解除釘住美元匯率制度、新興市場主權違約、及如中國等特定國家的經濟發展。此外，模擬油價提高對總體經濟的衝擊、或者對放款業務的影響。另外，中東地區政經緊張情勢升高或暴動行為也是情境背景。至於房地產價格情境則基於過去房價大幅波動或房價暴漲的經驗。

#### 四、將壓力測試納入正式風險管理系統，需注意下列事項：

1. 壓力測試是執行好的風險管理的關鍵要素，主管機關有義務鼓勵金融機構強化本身的壓力測試，將其併入機構的風險管理系統，作為機構總風險的承受標準，並形成內部資本配置的決策，以構成整體的風險模型。

2. 監理機關宜公布壓力測試規範或指導原則

監理機關宜公布包括壓力測試的風險管理指導原則，除了規定金融機構建立基本風險管理制度以符合監理需求外，也使金融機構有可以依循的規範。

3. 金融機構及早建制內部風險管理制度，建立風險因子資料庫

台灣的金融機構近年來紛紛經由合併成立金融控股公司，業務朝金融工具複雜與多元化發展，並以績效取勝。惟，為避免交易員過度爭取績效，或基於人類貪婪本性，甚至與VaR對賭，導致金融機構過度暴險。制訂適當的風險管理制

度、足夠的經濟資本以防患未然，實屬第一要務。

#### 4. 人才庫的培養與建立

金融機構應培養風險管理人才、引進資訊界人才與軟、硬體設施，俾便觀察國內、外的經濟金融環境變化，瞭解風險來源，應付詭譎多變的金融工具與金融環境。

#### 5. 提高監理人員素質

監理人員查核金融機構的財務資料及風險報告書，為瞭解金融機構風險管理制度，宜盡早提高監理人員本身的金融素養。除了對新金融商品的瞭解外，新的風險管理方法，國際金融監理趨勢也應多方充實，方能判讀風險報告書的內容、模型、數據、模擬結果，並作適當的處理。

#### 6. 定期性金融檢查

定期進行金融機構實地檢查，可以監督與瞭解金融機構內部控制制度是否符合基本的風險程序或只徒具形式，且對查核金融法規制訂是否符合當前金融環境的發展，或有窒礙難行之處有相當的幫助。

7. 金融機構高階主管應定期再檢查壓力測試的結果，並反映在政策上，且管理者與董事會應依據結果設定限額。此外，一旦測試顯示在既定環境下將遭遇特別的脆弱性，金融監理當局應請銀行採取立即措施適當地管理風險（例如避險處理或降低風險暴露規模）。



## 參考文獻

- 方慧娟 (2005), 「金融風險實證案例與整體風險管理」, 中央存款保險資訊季刊, 第 18 卷第 2 期, 6 月。
- 沈大白、賴柏志 (2004), 「壓力測試於信用風險模型之應用」, 財團法人金融聯合徵信中心, 2 月。
- 周大慶等 (2002), 「風險管理的新標竿-風險值理論與應用」, 智勝文化出版, 2 月。
- Aragones, Jose Ramon, Carlos Blanco, and Kevin Dowd (2001), “Incorporating Stress Tests into Market Risk Modeling,” Spring.
- Artzner, Philippe, Freddy Delbaen, Jean-Marc Eber and David Heath (1999), “Coherent Measures of Risk,” *Mathematical Finance* 9, pp.203-228, July.
- Basel Committee on Banking Supervision (1998), “Amendment to the Capital Accord to incorporate Market Risks,” (January 1996, updated to April 1998), Basel, Bank for International Settlements.
- \_\_\_\_\_ (2004), “International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards,” Bank for International Settlements, June.
- Blaschke, Winfrid, Matthew T. Jones, Giovanni Majnoni, and Soledad Martinez Peria (2001), “Stress Testing of Financial Systems: An Overview of Issues, Methodologies, and FSAP Experiences,” *International Monetary Fund Working Paper Wp/01/88*, June.

Chorafas, Dimitris N.( 2002 ), *Stress Testing: Risk Management Strategies for Extreme Events*, Euromoney Institutional Investor.

Citigroup ( 2004 ) , Citigroup Annual Report.

\_\_\_\_\_ ( 2005 ) , Citigroup Market Risk Management Stress Test Overview.

Committee on the Global Financial System ( 2000 ) , “Stress Testing by Large Financial Institutions: Current Practice and Aggregation Issues,” Bank for International Settlements Basel, April.

\_\_\_\_\_ ( 2005 ) , “Stress Testing at Major Financial Institutions: Survey Results and Practice,” Bank for International Settlements, January.

Derivatives Policy Group ( 1995 ) , “ Framework for Voluntary Oversight,” The OTC derivatives Activities of Securities Firm Affiliates to Promote Confidence and Stability in Financial Markets, March.

Dowd, Kevin ( 2004 ) , “An Informal Introduction to Copulas,” Financial Engineering News.

Embrechts, Paul( 2004 ), *Extremes and Integrated Risk Management* ,UBS Warburg, reprint.

Financial Services Authority( 2005 ) , “Stress Testing,” Discussion Paper, May.

Gallati, Reto R. ( 2003 ) , *Risk Management and Capital Adequacy*, Mc

Graw-Hill.

Greenspan, Alan (2000), "Remarks [on Banking evolution], " 36<sup>th</sup> Annual Conference on Bank Structure and Competition of Federal Reserve Bank of Chicago, Federal Reserve Bank of Chicago, Chicago, Illinois, May 4.

Hong Kong Monetary Authority (2003), "Stress-testing," Supervisory Policy Manual.

Jones, Matthew T., Paul Hilbers, and Graham Slack (2004), "Stress Testing Financial Systems: What to Do When the Governor Calls," International Monetary Fund Working Paper WP/04/127, July.

Jorion, Philippe (2001), *Value at Risk: The Benchmark for Managing Financial Risk 2nd Edition*, New York: McGraw-Hill.

Kuritzkes, Andrew, Til Schuermann and Scott M. Weiner (2002), "Risk Measurement, Risk Management and Capital Adequacy in Financial Conglomerates," Brookings-Wharton Papers on Financial Services, November.

Longin, Francois M. (1999), "From Value at Risk to Stress Testing: The Extreme Value Approach," *Journal of Banking & Finance* 24(2000) 1097-1130, February.

McNeil, Alexander J. (1999), "Extreme Value Theory for Risk Managers," May.

Monetary Authority of Singapore (2002), "Consultative Paper on Credit

Stress-testing,” January.

Oesterreichische Nationalbank ( 2001 ) , “Stress Testing : Guidelines on Market Risk,” Volume 5, September.

Pearson, Neil D. (2003), *Risk Budgeting: Portfolio Problem Solving with Value-at-Risk*, New York: Wiley.

Peura, Samu, Esa Jokivulle( 2003 ), “Simulation-based Stress Testing of Banks’ Regulatory Capital Adequacy,” Bank of Finland Discussion Papers, February.

RiskMetrics Group( 1999 ), *Risk Management: a Practical Guide*, August.