

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

計劃編號：NSC 88-2416-H-002-015

計劃名稱：市場風險與銀行資本適足性之研究 (market Risk and Capital Requirements for Banks)

報行期限：87 年 8 月 1 日至 89 年 2 月 28 日

主持人：林筠 執行機構及單位名稱：台灣大學財務金融學系

一. 中文摘要

自 1998 年起 BIS 已准許銀行在主管機關之特定條件與監督下，得採用內部模式計算其市場風險應提資本。因此銀行如何選擇可靠之市場風險模式便成為重要之課題。本研究以準確性、保守性與效率性評估各種 VaR 模式之執行績效。實證結果顯示在 99% 信賴度下，歷史模擬法在準確性與效率上表現最佳，極值法最為保守但模式之穩定性也最差。此外，依現行資本適足規範，各內部模式以 99%-10 日風險值所計算之應提資本皆高於標準法。

關鍵詞：風險值，市場風險，資本適足性

Abstract

Since 1998 the BIS allows banks to use their own models, subject to regulatory audit, to calculate their capital requirements, which provides an incentive for banks to develop reliable models to measure the market risk. This study compares the performance of alternative approaches to implement VaR models in terms of their accuracy, conservatism, and efficiency. The results show that, at the 99 percentile, the historical-simulation model performs relatively well, yielding good accuracy and efficiency results. The extreme-value technique produces the most conservative risk estimate. In addition, the required capital calculated from internal models, using 10days-99th percentile, are significantly higher than that produced from standard framework.

Key words: VaR, Market Risk, Capital Requirements

二. 緣由與目的

1988 年的巴塞爾協定(Basle Accord)中，訂定了風險調整(risk-based)之資本比率規定，首次將風險因素納入資本適足性之考量，要求銀行資本不得低於其風險加權資產總額的 8%。此一規範只著重資產的信用風險，忽略了市場風險對銀行財務健全性之影響，事實上市場風險與信用風險往往相互關聯，只著重借款人之信用風險，輕忽了市場風險，仍然可能產生違約之問題，美國的橘郡事件即為一例。於是巴塞爾委員會於 1993

年4月提出了修正方案，即所謂標準模式(standard model)。先將銀行資產風險分成四類，分別就利率風險，匯率風險，股價風險、與商品價格風險計算其市場風險應計提資本，予以加總後再併入信用風險模式中，據以估算銀行的整體資本適足性。事實上，前述標準模式仍然未考量各類風險間之相關性(correlation across risks)，同時各銀行一般皆已建立相當完備之市場風管理系统，於是巴塞爾委員會於1995年4月，同意銀行可在特定原則下，於1998年1月開始選擇採用內部模式(internal model)作為替代模式計算其部位之風險值。但假若事後檢驗(back testing)中發現銀行之內部模式，無法正確預估風險時，銀行將遭受懲罰措施。

由於銀行一旦向主管機關呈報其選擇之內部模式後，便不得任意更動風險評估模式，同時由於更動模式所費不貲，因銀行在VaR模式的選擇上，自然相當慎重。本文除了以國內金融市場相關資料應用各種VaR模式計算模擬銀行投資組合之市場風險外，並評估各模式在準確性、保守性、與效率性等各項指標下之相對表現，以作為金融機構選擇其內部模式之參考。

三. 研究方法

3.1 VaR 模式

所謂風險值(VaR)，係表示在特定持有期間 Δt 內，資產組合價值之變動 ΔV 小於VaR之機率為 α ，即 $\text{Prob}(\Delta V(\Delta t, \Delta F) < \text{VaR}) = \alpha$ 。

在計算VaR時，本文除考量金融界最常用的三種基本模式—變異數—共變異數分析、歷史資料模擬法與蒙地卡羅模擬法外，並採極值估計法進行比較分析。

I. 變異數—共變異數分析(簡稱CV法)

在變異數—共變異數分析法的參數估計中，由於許多實證結果顯示，投資組合報酬的波動性並非固定，而是隨時間而變化，因此，我們採用Bollerslev(1986)提出的GARCH模式來估計條件變異數。若報酬率分配為GARCH(1, 1)，則

$$y_t = x_t \gamma + \delta_t \dots \dots \dots (1)$$

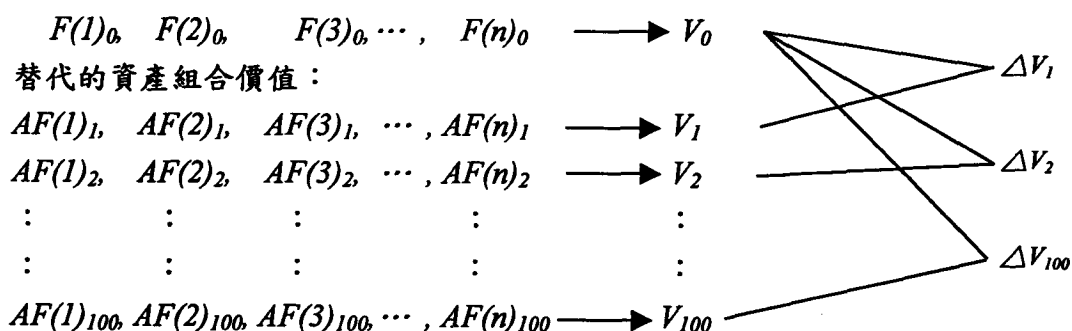
$$\sigma_t^2 = \mu + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \dots \dots \dots (2)$$

式中 σ_t^2 為「條件變異數」，由歷史資料平均數 μ 、前期變異數 σ_{t-1}^2 、與(1)式中算出的前期誤差項平方 ε_{t-1}^2 來表示。利用GARCH方法所計算的VaR風險值公式如下：
 $\text{VaR} = \mu t + \sigma t \times Z\alpha$ ， $Z\alpha$ 為信賴因子。

II. 歷史模擬法(簡稱HS法)

依據目前資產部位各價格決定因子，在過去一段時間之變動 $\Delta F(j)_t$ 加上當期數值，求得各因子之模擬值 $AF(j)$ 後，估算下一期資產組合價值及價格變動量 ΔV 之分配，便可依據要求的信賴水準決定VaR值。

目前的資產組合價值：



III. 蒙地卡羅模擬法(簡稱 MC 法)

以簡單蒙第卡羅模擬法計算資產組合 VaR 時，假設資產組合報酬為常態分配，其計算步驟如下：

- (1) 設定每個市場因子的機率分配。

首先必須假設各市場因子（設為 n 個）變動量在某特定期間下的機率分配。

- (2) 計算每個機率分配的參數估計值。

可由歷史資料估計而得，也可另行設定其參數值。

- (3) 以蒙第卡羅模擬方法隨機抽樣本以模擬市場風險因子的變動。

在取得機率分配的參數值之後，運用 EXCEL 中亂數產生器模擬 n 次可以分別得到 m 個模擬變動量 $S\Delta F(j)_i$ ($i=1, 2, \dots, n$, $j=1, 2, \dots, m$)，對市場因子 j 而言，取得其模擬變動量的向量值：

$$S\Delta F(j)_i = [S\Delta F(j)_1 \quad S\Delta F(j)_2 \quad S\Delta F(j)_3 \quad \dots \quad S\Delta F(j)_m]$$

- (4) 計算 VaR 值。

對於每個市場因子 j ，將模擬變動向量 $S\Delta F(j)$ ，加上該市場因子目前的數值向量 $F(j)_0$ ，就可求算可能值向量 $AF(j)$ ，再據以計算組合價值的變動量，以決定 VaR 值。

IV. 極值法(簡稱 EV 法)

極值估計法的觀念建立在估計位於機率分配函數極端的尾部，以極值技巧估計分配尾部的厚度，以「尾部指數 γ 」(Tail Index)表示。

Mandelbrot(1963)以及 Fama(1965)對許多資產報酬的統計特性研究中發現，在大部分的資產報酬的分配會左偏，也就是會產生許多非經常性的巨額負報酬。在此厚尾分配的假設下，其極端值分配函數為：

$$G(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \exp(-x^\gamma) & x > 0, \gamma > 0 \end{cases}$$

將假設的損益依大小排列，尾部指數的最大概似估計值的計算公式為：

$$\frac{1}{\hat{\gamma}} = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^{M-1} \log X_{(i)} - \log X_{(M)}$$

其中 $X_{(i)}$ 指的是損益依大小排列後由小而大的第 i 個損益值， M 為尾部開始的排序值。透過分配函數之反泰勒展開式可以獲得極端估值：

$$\hat{X}_p = X_{M+1} \left(\frac{M}{Tp} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

T 為觀察值的數目； p 為信賴水準 $(1-\alpha)$ 。此方法困難之處在於如何決定尾部開始的排序值，在此我們假設尾部開始於 10% 之處。此外 M 的選擇將決定在極值估計技術下，觀察值分配的機率密度多寡。而 M 與 γ 的結合將決定分配尾部的曲度 (Curvature)。

3.2 評估準則

I. 準確性

在 BIS 資本適足規範中，乘數 k_t 之高低係取決於銀行內部模式之準確性，依據前 250 個營業日中發生例外之次數分為綠 (例外次數 4 次以下)、黃 (例外次數 5~9 次)、紅 (例外次數 10 次以上) 三區，乘數由綠區的 3 遞增到紅區的 4，由此可見 VaR 模式準確性的重要。

(i) 損失函數檢定法

依據 Lopez (1998) 的損失函數 (loss function)

$$L_{j,t+1} = \begin{cases} f(\varepsilon_{t+1}, \text{VaR}_{j,t}) & \text{若 } \varepsilon_{t+1} < \text{VaR}_{j,t} \\ g(\varepsilon_{t+1}, \text{VaR}_{j,t}) & \text{若 } \varepsilon_{t+1} \geq \text{VaR}_{j,t} \end{cases}$$

式中 ε_{t+1} 為實際損益，而在特定 y 值下， $f(x, y) \geq g(x, y)$ 。因此 L_j 愈小模型準確性愈高。

1. Binary Loss Function (簡稱 BLF)

在只考量發生例外次數時：

$$L_{j,t+1} = \begin{cases} 1 & \text{若 } \varepsilon_{t+1} < \text{VaR}_{j,t} \\ 0 & \text{若 } \varepsilon_{t+1} \geq \text{VaR}_{j,t} \end{cases}$$

2. Quadratic Loss Function (簡稱 QLF)

若考慮實際損失超出風險值之幅度時：

$$L_{j,t+1} = \begin{cases} 1 + (\varepsilon_{t+1} - \text{VaR}_{j,t})^2 & \text{若 } \varepsilon_{t+1} < \text{VaR}_{j,t} \\ 0 & \text{若 } \varepsilon_{t+1} \geq \text{VaR}_{j,t} \end{cases}$$

(ii) Multiple to Obtain Coverage (簡稱 MOC)

若 T_j 為樣本數， α 當 VaR 之信賴水準，令

$$F_j = T_j (1-\alpha) \text{ 而 } F_j = \sum \begin{cases} 1 & \text{若 } \varepsilon_{t+1} < X_j \text{VaR}_{j,t} \\ 0 & \text{若 } \varepsilon_{t+1} \geq X_j \text{VaR}_{j,t} \end{cases}$$

則當乘數 X_i 大於 1 時，表示平均而言，VaR 值低估了風險。

(iii) Average Uncovered Losses to VaR Ratio (簡稱 AM)

$$AM_j = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M X_m \quad \text{當 } \varepsilon_{j,t+1} < VaR_{j,t}$$

$$X_m = \frac{VaR_{j,t}}{\varepsilon_{j,t+1}}$$

M 為損失超出 VaR 值之次數

在常機率分配下，95%信賴區間之 AM 值為 1.25，99%信賴區間之 AM 值為 1.14。

(iv) Maximum Loss to VaR Ratio (簡稱 ML)

$$ML = \max(X_m)$$

考量報酬分配肥尾情況，估算 ML 找出最大誤差比率，當 ML 愈小表示準確度愈高。

II · 保守性

在各種 VaR 模式中相對於其他模式，若產生較高風險估計值時，則低估風的可能性將較低，即為較保守之模式。保守性之衡量依據 Hendrick(1996)，可以下列二種方式評估：

(i) 平均相對偏差(Mean Relative Bias, 簡稱 MRB)

在 T 時期內， N 個 VaR 模式中，第 j 個模式之 MRB 為

$$MRB_j = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{VaR_{j,t} - \overline{VaR}_t}{\overline{VaR}_t}, \quad \overline{VaR}_t = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N VaR_{j,t}$$

MRB_j 愈高時，表示該模式愈保守。

(ii) 均方根相對偏差(Root Mean Squared Relative Bias, 簡稱 RMS)

$$RMS_j = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\frac{VaR_{j,t} - \overline{VaR}_t}{\overline{VaR}_t} \right)^2}, \quad \overline{VaR}_t = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N VaR_{j,t}$$

因此 RMS_j 衡量了第 j 個 VaR 模式之風險值偏離所有模式平均值之幅度，亦可評估 j 模式估計值之穩定度。

III · 效率性

一個良好的風險評估模式除了考量準確性與保守性外，還須考量模式的效性，亦即模式的估計值須與實際風險高度相關。只具保守性而無效率性之模式，將在低風險時期高估了風險，而模式就平均而言具有良好的準確度，也未必表示在各時點模式估計值密切吻合實際值。

本文採用 Engle and Gizycki(1999)所建議之平均相對規模偏差(Mean Relative Scale Bias, 簡稱 MRSB)衡量 VaR 模式以最低平均資本提供適當風險保障之能

力，作為模式效率性之評估指標。首先依準確度評估指標之 MOC 法找出 j 模式在原定信賴區間下之乘數 X_j ，再將各模式 VaR_j 率上 X_j 後代入保守性指標 MRB 中，計算平均相對偏差值稱為 MRSB， $MRSB_j$ 愈小表示效率性愈高。

3.3 風險值與資本適足性

I．標準法

(i) 固定收益證券部位

我國資本適足規範中，有關固定收益證券之市場風計提資本方式與 BIS 規定類似，分為個別風險(specific risk)與一般市場風險(general market risk)計提。所謂個別風險係考量固定收益證券在持有期間內因流動性或債信下降導致價格變動之風險，依證券發行人與到期日之差異適用 0~8% 不等之權數。

所謂一般市場風險，則包括三部份：

(1) 各期限帶(time band)之部位乘上依利率敏感性訂定之權數後，將多空部位互抵後加總。

(2) 垂直非抵銷額(vertical disallowance)以反應同期限帶內多空部位互抵之基差風險，其計是權數為 10%

(3) 水平非抵銷額(horizontal disallowance)以反應不同期限帶互抵之基差風險。

因此固定收益證券市場風險應計提資本為個別風險應計資本與一般市場風險應計資本之總合。

(ii) 權益證券部位

依據 BIS 建議案，權益證券之市場風險應計是資本包括 X 因子與 Y 因子。其中：

(1) x 因子反應個別證券之非系統風險，就各證券之毛部位乘以 4% 之權數。

(2) y 因子反應權益證券部位之系統性風險，同一市場證券之多空部位互抵後之淨額乘上 8% 之權數。

我國資本規範中，在 x 因子部份又依證券掛牌交易之國家(地區)，及投資組合之分散性，分別適用 2%，4% 或 8% 不等之權數。

(iii) 外匯部位

依據 BIS 建議之簡式法(shorthand method)，外匯部位市場風險應計提之資本，係將各幣別淨部位轉成本國貨幣後，

必要資本 = $\max\{|多頭部位|, |空頭部位|\} \times 8\%$

再加上淨黃金部位乘以 8% 之總合。

II．內部模式

BIS 1993 年 4 月所公布的標準法，並未採用正確的方法評估各資產之市場風險，同時未量資流間分散投資(diversification)之效果，對於已有內部風險評估模式之銀行而言，再採用標準法將形成額外負擔，因此 BIS 1995 年 4 月修正案中，已准許銀行可採用其內部模式計算風險，所須計提之資本為：

$$CR_{t+1} = \max \left[VaR_t(10,1), k_t \times \frac{1}{60} \sum_{j=0}^{59} VaR_{t-j}(10,1) \right]$$

式中 CR_{t+1} = 第 $t+1$ 日市場風險應計提資本

$VaR_t(10,1)$ = 在 99%信賴度下，以第 t 日風險值計算之 10 營業日最大損失值(即 $VaR_t \times \sqrt{10}$)

k_t = 主管機關規定之乘數， $k_t \geq 3$

四. 實證研究結果

本文首先應用各 VaR 模式估算模擬銀行在 1998 年交易部位之市場風險值，假設銀行持有台股、美元，及美國 NASDAQ 股票各 100 億元，在 99%與 95%不同信賴水準下之風險值，並進一步評估各模式之相對表現，所需參數值皆以前一年資料估算。

表一結果顯示，以 99%信賴水準下之 VaR 值分析，以 EV 法之 VaR 平均值為最小，其次為 HS 法，最大則為 VC 法。同時 VaR 值之變異數也以 EV 法為最大。但在 95%之信賴水準下，則以 HS 法之 VaR 值最小，EV 法只在第三位。

表一各模式估算之 VaR

	VC		HS		MC		EV	
	99%*	95%	99%	95%	99%	95%	99%	95%
平均值	-4.0022	-2.7903	-5.0899	-3.2286	-4.4264	-3.1112	-5.7675	-3.0430
標準差	0.3619	0.2633	0.5982	0.4029	0.5178	0.3684	0.6511	0.4606
Max	0.0648	0.0648	-3.9854	-2.7520	-3.4084	-2.5735	-4.7868	-2.4406
Min	-4.4710	-3.1316	-6.2637	-3.9257	-5.8123	-3.8989	-6.9449	-3.7454

註：*表信賴度

VC：變異數-共變異數法

HS：歷史模擬法

MC：蒙地卡羅模擬法

EV：極值法

在各模式的準確性方面，由表二結果顯示，在 99%信賴度下，以 BLF、QLF 指標評估，皆以 EV 法為最優，其次為 HS 法，VC 法最差。在 MOC 指標下，HS 法之 MOC 值已趨近於理論值，而 VC 法與 MC 法平均而言其 VaR 值皆低估了風險。在保守性方面由於 EV 法之 MRB 值最高，為最保守之模式然其 RMS 值也最大，顯示模式之穩定也最低。HS 法之保守性僅次於 EV 法，但模式之穩定性則最高。在效率性方面，以 HS 法為最佳，其次為 EV 法，最差則為 VC 法。若以 95%信賴區度之 VaR 值分析，則以 HS 法準確性最高，也最為保守。而 MC 法穩定性最高，在

效率性之表現，最佳為 EV 法，其次為 HS 法。

表二 a 各 VaR 模式評估表現($\alpha=1\%$)

	VC	HS	MC	EV
準確性				
BLF	0.049296	0.010563	0.028169	0.007042
QLF	0.325662	0.134128	0.186548	0.094645
MOC	1.3551	1	1.2802	0.92399
AM	0.804673	0.748394	0.770268	0.727679
ML	0.984363	0.893554	0.898306	0.90083
保守性				
MRB	-0.16733	0.054157	-0.08271	0.195889
RMS	0.178768	0.068061	0.095942	0.203328
效率性				
MRSB	0.011264	-0.05483	0.052719	-0.00915

表二 b 各 VaR 模式評估表現($\alpha=5\%$)

	VC	HS	MC	EV
準確性				
BLF	0.102113	0.066901	0.084507	0.080986
QLF	0.61552	0.413479	0.439041	0.448001
MOC	1.3944	1.1319	1.1787	1.1932
AM	0.724977	0.736736	0.774481	0.741673
ML	0.996843	0.968244	0.999589	0.99823
保守性				
MRB	-0.0787	0.0600	0.0226	-0.0039
RMS	0.1073	0.0664	0.0461	0.0510
效率性				
MRSB	0.053067	-0.01615	-0.01158	-0.02534

表三為依照資本適足規範，應用各種內部模式所計算之市場風險應提資本，與標準法所計算之市場風險應提資本進行比較。若照目前規範，內部模式應提列99%，10日風險資本下，不論應用何種模式，其應提資本皆較標準法為高，而95%，信賴度10日風險應提資本則低於標準法，因而呈現相對不足之現象。

表三風險值與資本適足性

	VC	HS	MC	EV	標準法
應提資本					
99%	-37.7624	-48.2708	-42.0277	-54.7095	-33.1530
95%	-26.3234	-30.4216	-29.5197	-28.8664	

五. 參考資料

1. Alexander, J.M. and R. Frey(1999), "Estimation of Tail-Related Risk Measures for Heteroscedastic Financial Time Series: an Extreme Value Approach," Working Paper, June 19, www.GloriaMundi.org
2. Bender, T.S., Minnich M., Shen H. , and Stanton, J., "Vignettes on VAR," The Journal of Financial Engineering, Volume7, Number3/4, pp.289-309.
3. Bollerslev, T.(1986), "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity," Journal of Econometrics, 31(3), pp. 307-327
4. Cassidy, C. and M. Gizycki(1997), "Measuring Traded Market Risk: Value-at-Risk and Backtesting Techniques," Reserve Bank of Australia Research Discussion Paper, no.9708.
5. Engel, J. and M. Gizycki, (1999) "Conservatism, Accuracy and Efficiency: Comparing Value-at-Risk Models," Working Paper 2, March, 1999, www.GloriaMundi.org
6. Hendricks, D.(1996), "Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data," Federal Reserve Bank of New York, Economic Policy Review, April 1996, pp.36-69.
7. Jorion, P.(1996) "Risk2: Measuring the Risk in Value at Risk," Financial Analysts Journal, Nov/Dec 1996, pp.47-56.
8. JP Morgan and Reuters (1996), "RiskMetric™—Technical Document," Fourth Edition, New York.
9. Kupiec, P. "Techniques for verifying the Accuracy of Risk Measurement Models," Journal of Derivatives, December 1995, pp. 73-84.

10. Lopez, J.(1998), "Methods for Evaluating Value-at-Risk Estimates," Federal Reserve Bank of New York, Research Paper no.9802.
11. Pristker, Matthew(1997), "Evaluating Value at Risk Methodologies: Accuracy versus Computational Time, " Journal of Financial Services Research 12 no. 2/3, October/December.