

涵蓋信用風險、銀行間傳染風險、與流動性風險的台灣金融系統風險量化模型*

鍾經樊**

摘要

在本研究中我們將研擬一套可同時考慮信用風險、銀行間傳染風險、流動性 (資產折價) 風險、乃至於政府存款保證風險的實證模型，並利用模擬的方式導出可涵蓋兩類金融系統風險 -- 順循環風險 (聚集風險) 與金融機構間傳染風險 (網絡風險) -- 的損失分配，進而發展出兩種衡量各銀行對兩類金融系統風險之貢獻的指標，我們因而得以將各銀行之損失對金融系統穩定性的衝擊依其大小加以區隔排序，以作為監理機關監控台灣金融系統風險的根據。

關鍵詞：信用風險、銀行間傳染風險、流動性風險、政府存款保證風險、風險貢獻指標、實證研究

* 本文係摘錄自中央銀行委託研究計畫報告。作者感謝黃朝熙教授、陳業寧教授、央行金檢處對本研究所提供的寶貴意見與指正。文中任何錯誤皆屬作者的責任。本文所有論點皆屬作者個人意見，不代表中央銀行及作者服務單位之立場。

** 作者鍾經樊為國立清華大學教授。

壹、簡介

在本研究中我們將研擬一套可同時考慮信用風險、銀行間傳染風險、流動性(資產折價)風險、乃至於政府存款保證風險的實證模型，並利用模擬的方式導出可涵蓋兩類金融系統風險 -- 順循環風險(聚集風險)與金融機構間傳染風險(網絡風險) -- 的損失分配，進而發展出兩種衡量各銀行對兩類金融系統風險之貢獻(risk contribution)的指標，我們因而得以將各銀行之損失對金融系統穩定性的衝擊依其大小加以區隔排序，以作為監理機關監控台灣金融系統風險的根據，例如監理機關可根據各銀行對兩類金融系統風險之貢獻的大小，評估如何在資本適足率上，要求各銀行計提更多的資本(附加資本 capital surcharge)。

本研究所擬定的金融系統風險模型是由跨銀行信用風險模型所模擬而得之全國信用損失分配出發，納入銀行間傳染風險與流動性風險對此信用損失分配之非隨機但可反復交互作用的可能影響，並考慮政府因實施存款保證必須代償銀行 i 破產後所無法償還的存款部分(銀行外部損失)，^{註1} 最後再根據此信用風險/銀行間傳染風險/流動性風險/銀行外部損失之複合損失分配求導對應的風險值(亦即經濟資本)，並隨之定義各金融機構對此風險值的貢獻為其系統風險指標。對於信用損失分配的設定，我們所採用的是鍾經樊

(2010)所建議的方法，對於銀行間傳染風險與流動性風險的設定則是擴充鍾經樊(2009)壓力測試的建議，至於流動性風險中的折價風險則是參照 Chan-Lau (2009, 2010) 的建議。

接下來我們先就本文的主題背景及其對政策的重要性做一簡單介紹，模型的介紹將在第 2 節提出，資料與實證結果將分別在第 3 與第 4 節說明。

一、金融系統風險

IMF, BIS, FSB (2009) 對金融系統風險的定義是「源自金融系統部分或全體的損失衝擊，但可能對實體經濟造成嚴重負面影響的風險」，金融系統風險可分為兩類：

(一) 順循環風險(聚集風險)：

金融體系隨著實體經濟同步循環，景氣佳時金融機構傾向過度擴張信用，景氣差時金融機構又傾向過度收縮信用，導致景氣循環與金融波動的幅度因交互影響而擴大。

(二) 金融機構間傳染風險(網絡風險)：

金融機構之間或因交互曝險(network interlinkages)，或因同類型曝險(common exposures)，導致個別金融機構的局部損失快速傳導至其他金融機構，因而擴大為金融體系的全面損失，常被戲稱為 TCTF (Too-Connected-to-Fail, 太關聯而不能倒) 風險，

可由如下幾個層面衡量：

- 規模的大小^{註2}
- 交互曝險的程度
- 同類型曝險的大小
- 在特定金融產品市場所占份額
- 在關鍵性金融服務 (例如結算或清算

服務) 所占份額

現行風險管理包括 Basel II 所採用的風險衡量指標大多不具前瞻性，對於順循環風險的形成有推波助瀾的作用，當景氣佳時，實體經濟與金融體系處於低波動、低資產相關狀態，家計部門與金融部門傾向於增持風險性資產，風險衡量指標通常無法及時揭露由此所累積的高風險，反之，當景氣差時，實體經濟與金融體系處於高波動、高資產相關狀態，金融部門傾向於減持風險性資產，風險衡量指標也無法及時反應因此降低的風險。不論是哪種情況，金融失衡均因風險衡量指標的滯後而加劇。

若對 2007 年金融海嘯做更進一步的分析檢討便可知，因金融機構的過度槓桿操作以及信用曝險證券化等風險抵減措施的濫用，造成風險的劇增與擴散，而風險管理技術的發展又落後於金融創新的速度，未能充分辨識並精確衡量各種風險尤其是風險之間的相關性，導致資本與流動性盡皆嚴重不足，金融機構資產負債表內外資產、負債、與資本之間嚴重失衡，再加上國際會計準則 IAS39 的公平價值會計 (甚或是即將施行的

IFRS9 的預期損失原則)以及 Basel II 的信用風險標準法與內部評等法本身就具順循環特質，均擴大了金融系統風險的損害能量。

由於金融系統風險的根源常常就是個別金融機構自利的風險管理措施，所以一般是無法由個別金融機構的角度來衡量這種風險，要評估這種風險就必須對整個金融體系的運作有相當的瞭解。

二、總體審慎監理

金融海嘯的原因不外乎個別金融機構的輕率行為、風險管理的缺失、金融體系的缺乏韌性、市場機制的失靈，乃至於金融監理的缺失與總體經濟政策的短視等政府政策上的錯誤，但其中最重要的關鍵是認知個體審慎監理措施無法阻斷追求短期槓桿操作獲利的誘因，縱使加上市場機制也無法維持金融穩定，因此除了仰賴監理機關對各金融機構的個體審慎監理措施 (Basel II 的第一支柱與第二支柱) 以及市場機制 (Basel II 的第三支柱) 的監督外，在系統風險的衡量與管控上，必須進一步擴大採行「總體審慎監理」措施，以加強金融體系的穩定 (所謂的 Basel III)：

- 針對跨越時間 (時間序列) 之順循環風險的總體審慎監理措施：

1. 逆循環的資本計提
2. 逆循環的留存資本：景氣佳時限制薪酬給付、股利發放、庫藏股

3. 前瞻性的損失準備：依照預期損失而非實際減損

4. 逆循環的風險抵減：景氣佳時限制貸放成數

● 針對跨越金融體系 (橫斷面) 之傳染風險的總體審慎監理措施：

1. 系統風險資本附加計提 (systemic capital surcharges)：

除了提供額外的資本緩衝外，促使金融機構主動降低對系統風險的曝險

2. 流動性附加費 (liquidity surcharges)：

除了提供額外的保險外，促使金融機構主動降低對流動性風險的曝險

3. 借款集中度設限

4. 開展集中交易對手機制 (central counterparty, CCP)，並強化對櫃檯衍生性金融商品交易的監理

5. 切割關鍵性金融服務、自營交易、與一般銀行業務

6. 金融機構國外業務以子公司方式經營
除了這些總體審慎監理措施外，

Hannoun (2010) 還建議我們必須認知溫和景氣循環所導致的經濟成長減慢有其正面功能，無法也不應完全避免，所以不能為刺激成長採用太過寬鬆的總體經濟政策，易形成槓桿導向的經濟成長，造成金融體系嚴重失衡。正因為景氣循環無法避免，必須準備一套與總體審慎監理措施彼此協調的逆循環總體經濟政策，景氣好壞的對策也必須是對稱

的，景氣佳時必須澆注緩衝準備以防景氣差時的耗竭。因此金融穩定架構必須擴大涵蓋總體審慎監理措施、貨幣政策、財政政策、與市場機制，^{註3} 特別是作為總體經濟政策工具的貨幣政策與財政政策除了其原定功能外，也應與總體審慎監理措施加以協調而擔負起穩定金融的部分責任：

● 貨幣政策除了利用利率匯率維持物價穩定外，亦應維持各類金融資產價格的穩定，縱使短期物價穩定與中期金融穩定的目標可能有所衝突，但長期而言物價穩定與金融穩定大多是相輔相成的。

● 財政政策除了從總需求調控經濟景氣外，也應擴大逆循環的財政緩衝以作為穩定金融的工具，特別是在景氣佳時政府赤字必須降低，景氣差時才不會因政府赤字的擴大而攪亂金融市場。

三、系統風險的衡量

根據 Whelan (2009) 與 IMF (2009)，現行文獻中衡量金融系統風險的方法包括早期預警指標、網絡模型、與資產價格間接推估。

(一) 早期預警指標

Alessi and Detken (2009) 倡議建置「早期預警指標」，但如 Whelan (2009) 所述，早期預警系統的績效尚未達可接受的水準，所以還不足以作為政策的主要依據，有待未來進一步的發展。

(二) 網絡模擬模型

所謂的「網絡模擬模型」嘗試複製各金融機構間的實際關聯，基本上是根據各金融機構的資產負債表資料，顯現各金融機構面臨各種外部衝擊所造成的重大損失時所可能採行的各種自保措施(例如劇減槓桿、資產賤賣、銀行融資管道斷絕等)，以及這些自保措施對其他金融機構的影響乃至於所有金融機構的回饋反應機制，網絡模擬模型強調各金融機構的弱點如何經由交互回饋反應機制而損害到全體金融體系的穩定度，文獻中網絡模擬模型的範例包括 Aikman and others (2009) 與 Elsinger, Lehar and Summer (2006)，以及英格蘭銀行所發展的 Risk Assessment Model for Systemic Institutions (RAMSI)。一旦建置符合各金融機構間實際關聯情況的網絡模擬模型後，便可進行經常性的模擬，包括在各種壓力情境下的測試，以評估系統風險的大小。

建置網絡模擬模型最大的問題在於需要

各金融機構資產負債表內外頻率密集的細部資料，而這類資料嚴重不足。為補救這個缺失，各國監理機關必須儘快開始收集相關資料，包括壓力情境下的資料。^{註4}

(三) 由銀行資產市價間接推估

Adrian and Brunnermeier (2009) 建議如下的 CoVaR 指標：給定全體金融機構的股價風險值 VaR 與金融機構 i 的股價風險值 VaR_i ，可定義給定金融機構 i 之股價落到 VaR_i 的水準時，全體金融機構的股價風險值為 $CoVaR_i$ ，則 $CoVaR_i$ 與 VaR 之差便可用來衡量金融機構 i 對系統風險的貢獻。我們將在第2.7小節對 $CoVaR_i$ 做更嚴謹的定義。

IMF (2009) 將 Adrian and Brunnermeier 的方法應用於 CDS (信用違約交換) 的資料，衡量個別金融機構的倒閉對系統風險的貢獻。這類方法雖有所需資料不多，計算相對容易的優點，但缺點是資產市價經常嚴重低估金融危機前的風險，有這類方法所導出之各金融機構的系統風險可能嚴重低估。

貳、模型設定

本計畫的主要目標是針對台灣各銀行建立金融系統風險衡量指標，這個指標的基本概念接近 Adrian and Brunnermeier (2009) 的 CoVaR 指標，但卻非從股價資料所導出的風險值著手，而是由跨銀行信用風險模型所模擬而得之全國信用損失分配出發，納入銀行間傳染風險與流動性風險對此信用損失分

配之非隨機但可反復交互作用的可能影響，並考慮政府因實施存款保證必須代償銀行 i 破產後所無法償還的存款部分 (銀行外部損失)。

如第一節所述，對於信用損失分配的設定，我們所採用的是鍾經樊 (2010) 所建議的方法，對於銀行間傳染風險與流動性風險

的設定則是擴充鍾經樊 (2009) 壓力測試的建議，至於流動性風險中的折價風險則是參照 Chan-Lau (2009, 2010) 的建議。本研究對於折價損失與銀行破產的外部損失的設定與 Chan-Lau (2010) 的設定大致相同，但在信用風險與銀行間傳染風險上的設定則較之有很大的改進，Chan-Lau (2010) 的研究受限於資料的限制，無法考慮根據銀行所有貸款戶貸款違約狀況所建置的信用風險模型，因而也無法模擬整個損失分配，只能就各銀行的資產負債表資料進行跨行的加總，分析個別銀行的破產與中斷對其他銀行的貸放款所造成的直接影響，研究方法接近壓力測試的敏感度分析，並未考慮銀行破產可逐漸擴散產生間接影響的可能，相對的，本研究的分析架構屬於具有內生回饋機制之較完整的情境測試。

一、信用風險損失分配

我們將採用 98 年研究計畫「我國銀行信用損失評估之研究」的建議，將某一特定銀行 i 的信用風險損失定義為

$$L_{\text{credit},it} = \sum_{h=1}^{N_{it}} d_{iht} \cdot \text{LGD}_{iht} \cdot \text{EAD}_{iht}, \quad (1)$$

其中 d_{iht} 代表銀行 i 之貸款戶 h 在第 t 年的違約狀態，而 LGD_{iht} 與 EAD_{iht} 分別是銀行 i 的客戶 h 在第 t 年的違約損失率與違約曝險額，銀行 i 有總共 N_{it} 個來自於企業部門與家庭部門的貸款戶。

信用損失分配是建立在對上述信用風險損失的模擬上，而模擬的過程中我們假設 LGD_{iht} 與 EAD_{iht} 是給定的樣本觀察值，而違約狀態 d_{iht} 則是遵循以各銀行平均違約率的 Logit 轉換為應變量，以總體經濟信用市場變量向量 \mathbf{x}_t 為解釋變量之線性迴歸模型的隨機變量，更具體的說，各銀行平均違約比率的定義是

$$\bar{d}_{it} = \frac{1}{N_{it}} \sum_{h=1}^{N_{it}} d_{iht}, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (2)$$

迴歸模型的應變量則是

$$q_{it} \equiv \ln \frac{\bar{d}_{it}}{1 - \bar{d}_{it}}, \quad (3)$$

若將 M 個銀行違約機率 q_{it} 與 k 個總體經濟信用市場變量 x_{it} 的時間序列資料分別以向量形式表示：

$$\mathbf{q}_t = \begin{bmatrix} q_{1t} \\ q_{2t} \\ \vdots \\ q_{Mt} \end{bmatrix}, \quad \text{與} \quad \mathbf{x}_t = \begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \\ \vdots \\ x_{kt} \end{bmatrix},$$

則信用風險模型是一個以 \mathbf{q}_t 為應變量，以總體經濟信用市場變量 \mathbf{x}_t 及其滯後項為解釋變量的多變量線性迴歸模型，而總體經濟信用市場變量 \mathbf{x}_t 則更進一步被假設為 VAR(J_2) 模型如下：

$$\mathbf{q}_t = \mathbf{B} \mathbf{x}_t + \sum_{j=1}^{J_1} \mathbf{B}_j \mathbf{x}_{t-j} + \mathbf{B}_0 \mathbf{x}_0 + \boldsymbol{\varepsilon}_t, \quad (4)$$

$$\mathbf{x}_t = \sum_{j=1}^{J_2} \mathbf{A}_j \mathbf{x}_{t-j} + \mathbf{A}_0 \mathbf{x}_0 + \boldsymbol{\eta}_t, \quad (5)$$

其中階數 J_1 與 J_2 可以不同， \mathbf{x}_0 是一個包含常數項之不隨時間改變純外生變量的向量，我們要特別強調，所有的係數矩陣 \mathbf{B} 、 \mathbf{B}_j 、 \mathbf{B}_0 、 \mathbf{A}_j 、與 \mathbf{A}_0 均可包含 0 元素，因此 M 個類別違約機率 q_{it} 可以受到完全不同之總體經濟信用市場變量 x_{it} 及其滯後項的影響，而各個系統風險因子 x_{it} 也可受到不同總體經濟信用市場變量之滯後項的影響。違約迴歸模型 (4) 式的詳細設定與估計方法可參見附錄，至於 VAR(J_2) 模型 (5) 的設定與估計則是在將所有 27 個總體經濟信用市場變量分為性質較為類似的四組後，分別採用 VAR(1) 的模型設定。

二、銀行間傳染風險

除了信用風險外，各銀行還面對銀行間傳染風險，也就是說，一家銀行破產後無法償還對其他銀行的負債，導致其他銀行也隨之破產的風險。我們要強調，銀行 i 的破產不見得會導致另一銀行 j 立即破產，很可能是先造成其他銀行 (例如銀行 k 及銀行 ℓ) 的破產，再因銀行 k 及銀行 ℓ 的破產，間接導致銀行 j 破產，換言之，銀行間傳染風險會以逐漸擴散的方式發生。為詳盡的描述這個銀行間傳染風險的擴散過程，我們將採納鍾經燮 (2009) 中衡量銀行間傳染風險的模型，進一步假設每一家銀行每年都會經歷一個傳

染風險的擴散過程，我們假設在這個擴散過程中，每家銀行的損失會因其他銀行的破產而逐回增加，只要銀行遞增的損失超過其資本額時銀行就會破產，並轉而在下一回合中影響其他銀行，這個損失逐回增長過程會一直進行到沒有銀行再破產為止。我們將假設這個擴散過程每年都會進行一次，且在年終前結束。

給定 M 家銀行，則我們可根據前述假設定義銀行 i 在第 n 回的傳染風險損失

$$L_{\text{contagion},it}^{(n)} = \sum_{j \neq i} b_{jt}^{(n)} \cdot \overline{\text{LGD}}_{ijt} \cdot \overline{\text{EAD}}_{ijt}, \quad (6)$$

其中 $b_{jt}^{(n)}$ 則是銀行 j 在傳染風險擴散的過程中第 n 回的破產狀態：

$$b_{jt}^{(n)} = \begin{cases} 1, & \text{若銀行 } j \text{ 在第 } n \text{ 回倒閉} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

而 $\overline{\text{EAD}}_{ijt}$ 則是在第 t 年銀行 j 欠銀行 i 的金額，對應的 $\overline{\text{LGD}}_{ijt}$ 是銀行 j 破產後對銀行 i 的欠款中所無法償還的比率，我們將在第 2.3.5 小節明確的定義銀行 j 在第 n 回破產 $b_{jt}^{(n)} = 1$ 的條件。

銀行間傳染風險損失的定義 (6) 與信用風險損失的定義 (1) 有極為類似的結構，顯示傳染風險本質上也是一種信用風險，乃是各銀行放款給其他銀行後所面對的違約風險，與企業與家庭貸款戶之典型違約風險最大不同之處在於，貸款戶違約狀態變量 d_{iht} 與銀行破產狀態變量 $b_{jt}^{(n)}$ 有很不一樣的定義，前者受總體經濟信用市場的直接影響，

而後者則受銀行資本適足程度與流動性的直接影響，總體經濟信用市場對後者的影響將是間接的，此外，後者還具有前者所無之交互影響、蔓延擴大的特性。

三、流動性風險

流動性風險可分為資金流動性風險 (funding liquidity risk) 與資產 (市場) 流動性風險 (asset liquidity risk, market liquidity risk) 兩類，前者主要是指資金需求超出預期的風險，包括存款戶未預期的提早提領存款與貸款戶未預期的延遲繳款等因期限問題所造成的資金需求 (期限流動性風險 term liquidity risk) 以及銀行借入款承諾的未預期取消與銀行貸出款承諾的未預期超額動用等因承諾異常所造成的資金需求 (買權流動性風險 call liquidity risk)，而後者則是銀行資產因為交易部位過大以致無法按照現行市價進行交易的風險，縱使銀行資產變現能力可應付資金流動性風險，但要在短時間內變現資產，常會因無法按照市價進行交易而遭受所謂的折價損失，換言之，銀行 i 在傳染風險擴散過程的第 n 回中會因資產變現不易而遭到折價損失 $L_{\text{liquidity},it}^{(n)}$ 。

市場流動性風險與資金流動性風險常發生交互遞迴衝擊的「死亡迴旋」，這裡我們將建構一個能捕捉這種可能性的動態模型：我們將以存款戶驟增存款提領的動態模式代表資金流動性風險，再以折價損失的定義代

表市場流動性風險，此外，我們的動態模型架構容許折價損失有加速存款戶提領存款的可能，而存款戶提領存款也可擴大折價損失，兩者因而得以交互作用。

在更進一步定義折價損失 $L_{\text{liquidity},it}^{(n)}$ 之前，我們必須先釐清各銀行之存款戶驟增存款提領的模式，也需深入研究各銀行的資產變現的途徑，我們要指出，各銀行存款戶提領存款的異常驟增量通常肇因於各銀行整體風險程度的上升，這裡我們假設各銀行的整體風險程度完全可以各銀行的資本適足率代表，資本適足率高的銀行風險較低，也較易取得存款戶的信任，通常也較不會發生存款提領異常驟增的現象，而在我們的動態模型設定中各銀行之資本適足率又會因銀行間傳染風險損失與折價損失而改變，所以我們也就必須先分析各銀行在傳染風險擴散過程中各回合的總損失以及對應的資本適足率。

(一) 資本適足率

根據(1)與(6)的設定以及前述有關折價損失的分析可知，銀行 i 在傳染風險擴散過程中第 n 回的總損失是：

$$L_{it}^{(n)} = L_{\text{credit},it} + L_{\text{contagion},it}^{(n)} + L_{\text{liquidity},it}^{(n)}, \quad (8)$$

其中折價損失 $L_{\text{liquidity},it}^{(n)}$ 將留待之後第 2.3.3 小節之 (13) 式再加以定義，在這裡我們只強調，相對於由 (1) 式所導出之信用風險損失 $L_{\text{credit},it}$ 不會在銀行間傳染風險的擴散過程中改變，(6) 式所定義的銀行間傳染風

險損失 $L_{contagion, it}^{(n)}$ 以及之後將定義之折價損失 $L_{liquidity, it}^{(n)}$ 均有「 n 」上標而會隨著銀行間傳染風險的擴散過程而改變。

給定銀行 i 的期初資本額 C_{it} ，在銀行間傳染風險的擴散過程中，資本額會因損失而減損，所以會隨著各回合的總損失 $L_{it}^{(n)}$ 而改變，我們因而可定義銀行 i 在第 n 回的資本額：

$$C_{it}^{(n)} = C_{it} - L_{it}^{(n-1)}, \quad (9)$$

為簡化分析，假設風險調整後資產在銀行間傳染風險的擴散過程中不會改變，我們因而可計算各回合資本遭到減損後的資本適足率：

$$\psi_{it}^{(n)} = \frac{C_{it}^{(n)}}{\text{風險調整後資產}}. \quad (10)$$

(二) 存款戶提領存款的模式

給定各銀行的資本適足率 $\psi_{it}^{(n)}$ 後，便可進一步研擬存款戶決定其存款提領的模式：對於這個模式我們所做的核心假設是各銀行之存款戶提領存款的多少將視各該銀行的資本適足率高低而定，銀行的資本適足率越低，其存款戶提領存款的比率就越高。更明確的說，存款戶在銀行間傳染風險擴散過程中第 n 回提領存款的比率 $\omega_{it}^{(n)}$ 將在一給定的區間 $[\omega_{it}^L, \omega_{it}^H]$ 內隨著資本適足率 $\psi_{it}^{(n)}$ 作反向變動：^{註5}

$$\omega_{it}^{(n)} = \frac{\psi_{it}^H - \psi_{it}^{(n)}}{\psi_{it}^H - \psi_{it}^L} \cdot \omega_{it}^H + \frac{\psi_{it}^{(n)} - \psi_{it}^L}{\psi_{it}^H - \psi_{it}^L} \cdot \omega_{it}^L, \quad (11)$$

其中 ψ_{it}^H 與 ψ_{it}^L 分別是所有銀行前一回合

之資本適足率的最高值與最低值：

$$\psi_{it}^H \equiv \max_i \psi_{it}^{(n-1)}, \quad \psi_{it}^L \equiv \min_i \psi_{it}^{(n-1)},$$

當銀行 i 在第 n 回的資本適足率 $\psi_{it}^{(n)}$ 接近所有銀行之最高資本適足率 ψ_{it}^H 時，則其存款戶的存款提領比率 $\omega_{it}^{(n)}$ 就將接近下限 ω_{it}^L ，反之，當資本適足率 $\psi_{it}^{(n)}$ 接近最低資本適足率 ψ_{it}^L 時，則存款提領比率 $\omega_{it}^{(n)}$ 就將接近上限 ω_{it}^H 。

我們還要指出，在銀行間傳染風險的擴散過程中，資本適足率 $\psi_{it}^{(n)}$ 會逐回遞減，由上式所定義之存款戶提領存款的比率也就會逐回遞增。

(三) 存款提領所造成的折價損失

假設銀行的資產依其流動性的高低可分為現金部位、高流動性資產、以及低流動性資產三類，銀行會先以現金部位滿足存款戶的存款提領，若有不足，則會繼之變現高流動性資產，若仍不足，就變現低流動性資產，我們還將假設非現金資產在限定時間內變現都會遭受一定比率的折價損失，高流動性資產的折價損失比率將假設為 δ_{it}^* ，低流動性資產的折價損失比率則為 δ_{it}^{**} ，顯然的 $\delta_{it}^* \leq \delta_{it}^{**}$ 。

現以 A_{it} 、 A_{it}^* 、與 A_{it}^{**} 分別代表銀行 i 的現金部位、高流動性資產、以及低流動性資產，我們首先要指出，銀行 i 可用來滿足存款戶提領存款的最大現金額度是

$$\bar{A}_{it} \equiv A_{it} + (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^* + (1 - \delta_{it}^{**}) \cdot A_{it}^{**}. \quad (12)$$

給定銀行 i 的存款 K_{it} ，我們便可逐步分析銀行 i 變現資產以滿足存款戶所提領的額度 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it}$ 時所遭受的折價損失：

● 當提領額度 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it}$ 小於現金部位 A_{it} 時，銀行 i 不必變現任何非現金資產就可滿足存款戶的存款提領，所以不會有任何折價損失：

$$L_{\text{liquidity},it}^{(n)} = 0.$$

● 當提領額度 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it}$ 大於現金部位 A_{it} ，但超過的部分 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it}$ 未達高流動性資產的變現值 $(1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^*$ 時，則銀行 i 就需變現部分或全部的高流動性資產，在這裡我們要特別強調，正因變現會有 δ_{it}^* 比率的損失，為滿足 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it}$ 的提領需求，銀行 i 所需變現的高流動性資

$$L_{\text{liquidity},it}^{(n)} = \delta_{it} \cdot A_{it}^* + \frac{\delta_{it}^{**}}{1 - \delta_{it}^{**}} \cdot \left[\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it} - (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^* \right].$$

● 當提領額度 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it}$ 大於銀行變賣所有資產後所能得到最大現金額度 \bar{A}_{it} 時，銀行 i 必須將所有的非現金資產變現，所以折價損失是

產就不止是 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it}$ ，而應等於較高之 $(\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it}) / (1 - \delta_{it}^*)$ ，也因此銀行 i 所遭受的折價損失將是該金額的 δ_{it}^* 比率：

$$L_{\text{liquidity},it}^{(n)} = \frac{\delta_{it}^*}{1 - \delta_{it}^*} \cdot \left(\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it} \right).$$

● 當提領額度 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it}$ 大於現金部位與高流動性資產的變現值之和 $A_{it} + (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^*$ 時，則銀行 i 除了需變現所有高流動性資產 A_{it}^* 並承受折價損失 $\delta_{it} \cdot A_{it}^*$ 外，還需變現部分或全部的低流動性資產以獲得 $\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it} - (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^*$ ，為獲得此金額，銀行 i 所需變現的低流動性資產必須等於 $[\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it} - (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^*] / (1 - \delta_{it}^{**})$ ，也因此銀行 i 所遭受的折價損失將是該金額的 δ_{it}^{**} 比率，所以折價損失總額是：

$$L_{\text{liquidity},it}^{(n)} = \delta_{it}^* \cdot A_{it}^* + \delta_{it}^{**} \cdot A_{it}^{**}.$$

綜上所述，銀行 i 在傳染風險擴散過程的第 n 回中因資產變現所遭到折價損失可計算如下：

$$L_{\text{liquidity},it}^{(n)} = \min \left\{ \max \left[\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it}, 0 \right], (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^* \right\} \cdot \frac{\delta_{it}^*}{1 - \delta_{it}^*} + \min \left\{ \max \left[\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it} - (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^*, 0 \right], (1 - \delta_{it}^{**}) \cdot A_{it}^{**} \right\} \cdot \frac{\delta_{it}^{**}}{1 - \delta_{it}^{**}} \quad (13)$$

$$= \begin{cases} 0, & \text{當 } \omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} \leq A_{it} \text{ 時,} \\ \frac{\delta_{it}^*}{1 - \delta_{it}^*} \cdot (\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it}), & \text{當 } A_{it} < \omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} \leq A_{it} + (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^* \text{ 時,} \\ \delta_{it}^* \cdot A_{it}^* + \frac{\delta_{it}^{**}}{1 - \delta_{it}^{**}} \cdot [\omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} - A_{it} - (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^*], & \text{當 } A_{it} + (1 - \delta_{it}^*) \cdot A_{it}^* < \omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} \leq \bar{A}_{it} \text{ 時,} \\ \delta_{it}^* \cdot A_{it}^* + \delta_{it}^{**} \cdot A_{it}^{**}, & \text{當 } \bar{A}_{it} < \omega_{it}^{(n)} \cdot K_{it} \text{ 時.} \end{cases}$$

(四) 參數設定

第2.3.2節對存款提領的設定 (11) 式代表「資金流動性風險」的設定，其中包含兩個參數：存款提領比率的下限 ω_t^l 與上限 ω_t^h 。第2.3.3節對折價損失的設定 (13) 式代表「市場流動性風險」的設定，也包含兩個參數：高流動性資產的折價損失比率 δ_{it}^* 與低流動性資產的折價損失比率 δ_{it}^{**} 。這裡我們還將進一步假設存款提領比率的上下限會因銀行是否具較大比例的公股而有所不同，一般而言，台灣存款戶（不論是企業還是個人）對公股銀行要比對民營銀行有較大的信心，我們因此將公股銀行的存款提領比率上下限分別主觀設定為10%與0%，將民營銀行（包括外銀）的存款提領比率上下限則分別設為50%與20%。至於折價損失比率 δ_{it}^* 與 δ_{it}^{**} 則對所有銀行設為一樣的10%與30%，在本研究中高流動性資產包括公平價值變動列入損益之金融資產、附賣回票債券投資、備供出售金融資產之淨額、待出售資產之淨額，而低流

動性資產包括持有至到期日金融資產之淨額、採權益法之股權投資之淨額、其他金融資產之淨額。

除了流動性風險設定中的參數外，我們的模型系統中還包括如下主觀設定的參數值：定義銀行破產的資本適足率下限4%，以及信用風險模型中各銀行之各客戶的違約損失率 LGD_{iht} 與銀行間傳染風險設定中各銀行的違約損失率 \overline{LGD}_{ijt} 。對於 LGD_{iht} 參數我們的設定方式是只區隔如表一所示 9 類放款類別，亦即屬於同一類別的放款客戶不論是哪一家銀行都有相同的違約損失率 LGD_{iht} ，對各放款類別所指定的 LGD 值亦列於表一（這些 LGD 以曝險值為權數的加權平均 LGD 是 0.39）。至於各銀行的違約損失率 \overline{LGD}_{ijt} ，在無資料可資佐證的情況下，我們將逕自假設全部為 1，這要較任何其他 LGD 的設定為嚴格，是在總損失計算過程中所採行的保守做法。

表一 放款類別與對應 LGD

放款類別		LGD
1	個人購置不動產放款	0.25
2	信用卡	0.85
3	個人其他有擔放款（扣除購屋貸款）	0.45
4	個人無擔保放款	0.85
5	民營營造業放款	0.45
6	民營電子業放款	0.45
7	其他製造業（扣除民營電子業）	0.45
8	民營批發及零售業	0.45
9	民營服務業（不含金融中介業、保險及證券）	0.45

(五) 銀行破產的定義

給定第2.3.1小節所定義的資本適足率，以及第2.3.2小節與第2.3.3小節所定義的流動性風險，便可定義銀行破產，我們將假設銀行倒閉的原因有二：

1. 流動性不足：存款戶提領存款的額度 $\omega_{jt}^{(n)} \cdot K_{jt}$ 大於銀行變賣所有資產後所能得到最大現金額度 \bar{A}_{jt} ；

2. 資本不足：資本適足率 $\psi_{jt}^{(n)}$ 小於 4%；

因此 (7) 式中的破產狀態變量 $b_{jt}^{(n)}$ 便可定義如下：

$$b_{jt}^{(n)} = \begin{cases} 1, & \text{若 } \psi_{jt}^{(n)} < 4\% \text{ 或 } \omega_{jt}^{(n)} \cdot K_{jt} > \bar{A}_{jt}, \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (14)$$

且 (8) 式之總損失 $L_{it}^{(n)}$ 的起始值是^{註6}

$$L_{it}^{(0)} = L_{\text{credit},it}, \quad (15)$$

因此，

$$C_{it}^{(1)} = C_{it} - L_{\text{credit},it}, \quad (16)$$

由這些設定便得到一個可遞迴執行的迴

圈，隨著遞迴數 n 的增加，(8) 式的總損失 $L_{it}^{(n)}$ 會遞增，資本適足率 $\psi_{jt}^{(n)}$ 就會遞減，因此越來越多的破產指標 $b_{jt}^{(n)}$ 會由 0 轉變為 1，這個迴圈將不斷執行到所有 $b_{jt}^{(n)}$ 都不再改變為止，我們將以 $b_{jt}^{(\infty)}$ 代表這個穩定下來的破產狀態變量，並以 $L_{it}^{(\infty)}$ 代表穩定後的總損失 $L_{it}^{(n)}$ 值。

四、銀行破產的外部損失

除了前述各銀行所承受的風險外，政府因實施存款保證，必須代償銀行 i 破產後所無法償還的存款部分：

$$L_{it}^g \equiv b_{it}^{(\infty)} \cdot \max \{ K_{it}^c - \bar{A}_{it}, 0 \}, \quad (17)$$

Chan-Lau (2009) 指出政府的這個財政支出最終要由納稅人負擔，因而可視為銀行破產的外部損失。

五、系統風險損失

將各銀行本身的損失 $L_{it}^{(\infty)}$ 以及銀行破產後政府的負擔 L_{it}^g 加總，便可得到整個金融

體系 M 個銀行的損失：

$$L_t = \sum_{i=1}^M (L_{it}^g + L_{it}^{(\infty)}) \equiv \sum_{i=1}^M L_{it}, \quad (18)$$

這個系統總損失將是我們建置整個金融體系之損失分配並計算對應風險衡量指標的基礎。

六、各類風險的結構與關聯

總損失 L_t 中的各個組成部分，只有信用損失 $L_{\text{credit},it}$ 是隨機變量，對應的信用風險損失分配是 (5) 式所定義的總體經濟信用市場變量 \mathbf{x}_t 以及 (4) 式所定義的各銀行之企業與家庭貸款戶的違約機率 q_{it} 的統計分配所衍生出來的分配，作為本研究重點之其他類型的風險損失，亦即銀行間傳染風險損失、流動性損失、乃至於外部損失既非總體經濟信用市場變量 \mathbf{x}_t 的函數，亦不包含任何隨機衝擊，所以都不會有各自對應的損失分配，總損失分配因而將是信用風險損失分配的「非隨機修正」。

信用風險損失之所以將違約狀態變量設為隨機變量並因此而有對應的信用風險損失分配，除了因為曝險對象 (消費者與企業) 數目多連帶風險因子來源廣闊無法一一處理，只能以概括性的隨機變量 (以及所謂的特定風險因子) 代表，更重要的原因是系統風險是信用風險損失的重要組成部分，而對金融系統而言系統風險是真正的隨機變量，系統風險所導致之各信用曝險間的統計相關性，

更是只能以統計分配的方式予以處理。相對的，我們所考慮的其他風險類型，不論是銀行間傳染風險損失、流動性損失、還是外部損失，個別曝險之間的「連動性」不見得要以統計相關性來表示 (因而也就不需要設定更多的隨機變量)，本研究的貢獻就在於以一種交互影響的動態回饋過程來定義這種非隨機的連動性。^{註7}

七、個別銀行的風險貢獻

給定在第 t 年之金融體系總損失 L_t 的分配與個別銀行 i 之損失 L_{it} 的分配，分別定義對應之金融體系的風險值 VaR 與個別銀行 i 的風險值 VaR_i ，亦即

$$P(L_t \leq \text{VaR}) = P(L_{it} \leq \text{VaR}_i) = \alpha, \quad (19)$$

這裡的 α 是一給定的信賴水準值。

(一) CoVaR 指標

根據 Adrian and Brunnermeier (2009) 定義 CoVaR 指標的方法，給定個別銀行 i 之損失 L_{it} 落到 VaR_i 的水準時金融體系總損失的條件風險值為 CoVaR_i ，亦即

$$P(L_t \leq \text{CoVaR}_i \mid L_{it} = \text{VaR}_i) = \alpha, \quad (20)$$

這裡的 α 是一給定的信賴水準值，或是給定個別銀行 i 之損失 L_{it} 落到該銀行資本 C_{it} 的水準因而破產時全體銀行複合損失的條件風險值為 CoVaR_i ，亦即

$$P(L_t \leq \text{CoVaR}_i \mid L_{it} = C_{it}) = \alpha, \quad (21)$$

則 CoVaR_i 與 VaR 之間的差額：

$$\text{CoVaR}_i - \text{VaR} \quad (22)$$

便可作為衡量金融機構 i 對系統風險的貢獻。

若將 CoVaR 定義中信賴水準值設為 50%，則風險值便成為中位數：CoVaR 成為 CoMed，若將中位數改為期望值，便可定義如下另一種衡量個別金融機構對系統風險貢獻的公式：

$$E(L_t | L_{it} = \text{VaR}_i) - E(L_t), \quad (23)$$

或是^{註8}

$$E(L_t | L_{it} = C_{it}) - E(L_t). \quad (24)$$

(二) 個別銀行對系統風險的貢獻指標

我們將依照上述 CoVaR 的概念，擬議另一種衡量銀行 i 對系統風險之貢獻的指標：

$$\text{CoES}_i \equiv E(L_t | L_{it} \geq \text{VaR}_i). \quad (25)$$

就像 CoVaR 是由風險值所推導而出之對各銀行系統風險貢獻的衡量指標，CoES 是由「預期短缺」(Expected Shortfall, ES)：

$$\text{ES} \equiv E(L_t | L_t \geq \text{VaR}),$$

所推導而出之對應衡量指標。預期短缺相較於風險值有較易計算的優點，CoES 也較易計算。我們也可進一步仿效 (22) 式求取 CoES 與 ES 之間的差別：

$$\text{CoES}_i - \text{ES}, \quad (26)$$

但由於我們計算風險貢獻的目的是對不同銀行 i 進行比較，而 ES 是一個不隨 i 而變的固定數值，因此我們之後的實證分析就只考慮不減 ES 的 CoES 值。

我們還可根據預期短缺定義另一種銀行 i 的風險貢獻指標：^{註9}

$$\Delta_i \text{ES} \equiv E(L_{it} | L_t \geq \text{VaR}). \quad (27)$$

這個風險貢獻指標具有如下可加性的性質：

$$\text{ES} = \sum_{i=1}^M \Delta_i \text{ES}.$$

本研究將採用 CoES_i 與 $\Delta_i \text{ES}$ 作為衡量各銀行之風險貢獻的指標，這兩個指標的差別在於： CoES_i 著重在個別銀行處在壓力情境時的系統損失，^{註10}而 $\Delta_i \text{ES}$ 則著重在系統處在壓力情境時的個別銀行損失，由於 $\Delta_i \text{ES}$ 加總等於 ES， $\Delta_i \text{ES}$ 可視為個別銀行損失在系統損失中的份額，因而在概念上與 CoES_i 就有相通之處，但我們還是要強調其間差別： CoES_i 可以告訴我們個別銀行之進入壓力情境是否會對系統有很大影響，而 $\Delta_i \text{ES}$ 則告訴我們個別銀行之損失在處在壓力情境下的系統損失中所占的份額。我們還要指出， CoES_i 反應的主要是各銀行在同一時點彼此之間 (橫斷面) 的連動性，而 $\Delta_i \text{ES}$ 反應的主要是各銀行跨循環 (時間序列) 的相關性。

(三) 個別銀行對信用風險的貢獻

由於總損失包括信用風險損失 $L_{\text{credit},it}$ 、銀行間傳染風險損失 $L_{\text{contagion},it}^{(n)}$ 、折價損失 $L_{\text{liquidity},it}^{(n)}$ ，以及外部損失 L_{it}^g ，我們可將其中份額最大的信用風險損失 $L_{\text{credit},it}$ 抽出，定義對應風險貢獻指標：

$$\text{CoES}_i^c \equiv E(L_{\text{credit},t} | L_{it} \geq \text{VaR}_i). \quad (28)$$

其中 $L_{\text{credit},t} = \sum_{i=1}^M L_{\text{credit},it}$ ，以及

$$\Delta_i \text{ES}^c \equiv E(L_{\text{credit},it} | L_t \geq \text{VaR}). \quad (29)$$

經由 CoES_i 與 CoES_i^c 的比對，我們可分析信用風險損失以及非信用風險損失對系統風險的相對重要性。

參、資 料

我們所使用的資料，包括 13 家公股銀行、26 家民營銀行、與 2 家外資銀行對表一所示 9 類放款的放款筆數與違約筆數，但因為要用到以前資產負債表等等的會計科目，只剩下 25 家銀行資料可進行計算。資料期間大致是 1996 年第一季到 2010 年第二季，但各銀行各類放款的期間大都長短不一，此外，我們尚有數十個總體經濟與金融變量的時間序列資料。我們最後整理出較完整的 37 家銀行資料(包括 10 家公股銀行、25 家民營銀行、與 2 家外資銀行)，今年使用資料只有 35 間銀行，10 家公股，24 家民營，1 家外資。我們所用到的資料尚包括各銀行在 2010 年第二季對個人及企業各筆放

款的金額，^{註11}以及各銀行之間的拆放款金額(此乃計算銀行間傳染風險所需的資料)。

表二顯示各種銀行對各類放款截至 2010 年第二季之總放款件數的季平均，表三列舉三種銀行對各種放款類別截至 2010 年第二季的曝險額以及占總曝險(約 10.57 兆)比率，表三最顯眼的結果是不動產曝險額是(尤其是公股銀行)所有放款類別中最大者，其金額與比率均遠高於其他放款類別。企金中則以對製造業的放款為最大，公股銀行仍然占其最大比率。此外，民營銀行的家數雖是公股銀行的 2.5 倍，但各種企金曝險額都遠低於公股銀行，在消金方面(尤其是信用卡)則較顯著。

表二 季平均放款件數(百件)*

	公股	民營	外資	全體
不動產	9740	3733	594	14067
信用卡	17768	63167	3164	84099
個人有擔	2091	2274	120	4484
個人無擔	18993	10119	1154	30267
營造業	262	126	6	386
電子業	142	87	10	239
製造業	1041	396	22	1458
批發零售業	933	514	11	1458
服務業	140	127	5	272

* 僅列出主要放款對象，非全體放款。

表三 2010年第二季曝險額(億元)與比率*

放款類別	公股		民營		外資		總額	
	金額	比率	金額	比率	金額	比率	金額	比率
不動產	28651	27.09%	13170	12.45%	2029	1.92%	43851	41.47%
信用卡	93	0.09%	856	0.81%	45	0.04%	995	0.94%
個人有擔	3815	3.61%	5339	5.05%	150	0.14%	9304	8.80%
個人無擔	2636	2.49%	1395	1.32%	480	0.45%	4511	4.27%
營造業	4742	4.48%	2962	2.80%	83	0.08%	7788	7.36%
電子業	6069	5.74%	3024	2.86%	21	0.02%	9114	8.62%
製造業	11478	10.85%	3441	3.25%	342	0.32%	15261	14.43%
批發零售業	4871	4.61%	1921	1.82%	109	0.10%	6902	6.53%
服務業	5848	5.53%	2126	2.01%	52	0.05%	8026	7.59%
總額	68204	64.49%	34235	32.37%	3312	3.13%	105751	100.00%

* 僅列出主要放款對象，非全體放款。

表四列舉三種銀行對各類放款截至 2010 年第二季之季簡單平均違約率，消金違約率大致是企金違約率 4 到 10 倍，其中消金之個人無擔放款的違約率最高，企金之電子業

的違約率最低。此外，除了不動產、個人無擔、與批發零售業外，民營銀行的類別違約率均遠高於公股銀行。

表四 季平均違約率*

放款類別	公股	民營	外資	全體
不動產	3.00%	2.44%	3.67%	2.85%
信用卡	1.05%	2.41%	1.54%	2.06%
個人有擔	1.33%	1.51%	2.53%	1.38%
個人無擔	3.62%	3.26%	2.83%	3.43%
營造業	0.24%	0.30%	0.95%	0.28%
電子業	0.20%	0.24%	0.45%	0.24%
製造業	0.30%	0.41%	0.53%	0.27%
批發零售業	0.15%	0.32%	0.94%	0.25%
服務業	0.20%	0.30%	0.46%	0.25%

* 僅列出主要放款對象，非全體放款。

肆、估計與模擬結果

表五列舉 25 家銀行的資本適足率以及三種損失 (信用損失 $L_{credit,it}$ 、傳染損失 $L_{contagion,it}^{(\infty)}$ 、與折價損失 $L_{liquidity,it}^{(\infty)}$) 占風險調整資產的百分比，包括 8 家公股銀行 (SB)、16 家民營銀行 (CB)、以及 1 家外商銀行 (FB)。表五第 2 欄所列舉的各銀行資本適足率中絕大部分銀行的資本適足率都遠高於 8%，公股銀行的平均資本適足率稍高於民營銀行。由各銀行的損失估計可知三種損失率之排序間沒有明顯的關係，且信用損失率大多遠高於其他兩種損失率，傳染損失率大都相當小，很少超過 0.4%，折價損失率則有高有低，絕大多數的公股銀行以及半數民營銀行因不需將資產變現而完全沒有折價損失，但卻也有一家公股銀行有相當高的折價損失率。所有銀行中只有資本適足率最低之 CB22 的資本無法完全覆蓋這三種損失 (縱使其資本足以覆蓋信用風險損失)。

表六列舉各家銀行的期初資本額、信用曝險額 (EAD)、 $\Delta_i ES$ 占 EAD 的比例、以及 $\Delta_i ES$ ，表七則列舉 (28) 與 (29) 式所定義之與「信用風險損失」相關的各類統計量。為更清楚的比較各銀行之總損失與信用風險損失對系統風險的影響，我們利用圖 1、2、3、4 呈現表六與表七的主要結果，特別

是表六、表七最後兩欄之 $\Delta_i ES/EAD_i$ 與 $CoES_i$ 的相對排序。

由圖 1 可知， $CoES_i$ 與 $\Delta_i ES/EAD_i$ 之間並無明顯關係，亦即各銀行在同一時點彼此 (橫斷面) 的連動性與各銀行跨循環的 (時間序列) 相關性之間並無太大的關係。例如， $CoES_i$ 最高的銀行 SB09，其 $\Delta_i ES/EAD_i$ 值也相當高，但 $CoES_i$ 最低的銀行 SB11，其 $\Delta_i ES/EAD_i$ 值卻並不低，此外，不論是根據 $CoES_i$ 還是 $\Delta_i ES/EAD_i$ ，我們發現公股銀行對系統風險的影響平均來說要大於民營銀行，但我們也要指出，公股銀行全體對系統風險的貢獻主要是來自於兩家較小的 SB09 與 SB10。圖 2 對信用風險的分析結果相當類似圖 1 對總風險的分析，也就不再複述。

圖 3 顯示各銀行的 $CoES_i$ 與銀行的資本額 (資本額) 有正向的關係：資本額大的銀行 (尤其是公股銀行)，其 $CoES_i$ 就傾向於較大，亦即與其他銀行的連動性就較大，對系統風險的貢獻也就較大。相對的，圖 4 顯示銀行大小與 $\Delta_i ES/EAD_i$ 的關係則不很明顯，且民營銀行的 $\Delta_i ES/EAD_i$ 均傾向於較小。

表五 2010年第二季後一年之資本適足率與三類損失占風險調整資產(百分比)

銀行代號	資本適足率	信用損失率	傳染損失率	折價損失率	差
SB04	11.81	2.47	0.06		9.28
SB05	10.47	7.17	0.07		3.24
SB06	10.76	1.88	0.11		8.77
SB07	10.01	1.93	0.33		7.75
SB08	11.49	1.70	0.46		9.33
SB09	11.23	7.74	0.02		3.47
SB10	32.92	5.84			27.07
SB11	10.04	1.39		1.52	7.13
CB01	12.26	0.92	1.12		10.22
CB02	11.95	2.28	0.26		9.41
CB03	11.20	0.69	0.61		9.90
CB04	29.52	0.72	0.02		28.78
CB05	15.11	2.67	0.03		12.41
CB07	10.26	3.60	0.01		6.66
CB08	12.96	2.19	0.00		10.78
CB11	12.22	1.87	0.31	4.44	5.60
CB12	10.31	2.10	0.33	4.08	3.79
CB13	12.15	1.76	0.26	2.97	7.17
CB14	8.24	2.12	0.06	3.82	2.24
CB15	7.48	4.19	0.00	4.79	-1.51
CB16	11.49	7.63	0.09	5.12	-1.36
CB22	7.18	5.91	0.01	5.29	-4.02
CB24	12.14	2.62	0.44	1.27	7.81
CB25	12.15	2.47	0.02	2.54	7.12
FB02	12.53	1.82	0.66		10.05
公股平均	13.59	3.76	0.13	0.19	9.50
民營平均	12.29	2.73	0.22	2.14	7.19

1. 所有數值均是百分比。

2. 倒數第二與第三欄之無數值者為0。

表六 2010年第二季後一年之風險貢獻、資本額、與信用曝險額(億元)

銀行代號	期初資本額	EAD _i	$\Delta_i ES^c$	$\Delta_i ES^c / EAD_i$ (%)	CoES _i ^c
SB04	1742.2	12164.9	373.5	3.07	3450.1*
SB05	1219.0	13273.1	842.4	6.35	3697.4*
SB06	1543.9	14571.2	285.8	1.96 [†]	3387.7*
SB07	1035.5	9226.5	233.4	2.53	3340.9
SB08	1164.9	9353.8	219.3	2.34 [†]	3359.5
SB09	1042.7	8420.3	720.7	8.56*	3673.4*
SB10	191.2	206.5	34.0	16.44*	2952.3 [†]
SB11	113.1	994.9	32.8	3.29	2912.4 [†]
CB01	524.5	2846.6	87.5	3.08	3587.5*
CB02	977.5	6257.4	207.9	3.32	3159.7
CB03	949.1	7472.8	110.2	1.47 [†]	3374.7
CB04	370.2	602.0	9.3	1.54 [†]	3084.6
CB05	132.9	507.2	23.8	4.68	3065.9
CB07	219.0	2254.6	77.0	3.41	3004.0
CB08	126.4	890.0	21.4	2.40 [†]	2909.7 [†]
CB11	31.7	269.2	17.2	6.38	2936.4 [†]
CB12	80.8	776.2	51.1	6.58	2927.1
CB13	333.8	2788.2	136.9	4.91	3030.4
CB14	124.0	1577.4	90.3	5.73	2975.8
CB15	72.5	1064.1	87.1	8.18*	3001.1
CB16	68.4	726.6	76.5	10.53*	3003.9
CB22	119.5	1793.7	186.5	10.40*	2872.3 [†]
CB24	283.8	2035.0	101.2	4.97	3074.1
CB25	322.6	2373.4	133.5	5.62	3284.5
FB02	497.6	3312.5	98.4	2.97	3105.8
公股平均	1006.5	8526.4	342.7	5.57	3346.7
民營平均	296.0	2139.7	88.6	5.20	3080.7

1. 除了倒數第二欄外，所有數值的單位均是億元。

2. 最後兩欄數值有 * 上標者為該欄數值之前五大，有 [†] 上標者為該欄數值之最小的五名，最後兩欄數值的排名顯然並無規則。

3. EAD 乃違約曝險額。

表七 2010年第二季後一年之信用風險貢獻、資本額、與信用曝險額(億元)

銀行代號	期初資本額	EAD _i	Δ_i ES	Δ_i ES/EAD _i (%)	CoES _i
SB04	1742.2	12164.9	364.4	3.00	2953.2*
SB05	1219.0	13273.1	834.6	6.29*	2998.5*
SB06	1543.9	14571.2	270.1	1.85	2870.9*
SB07	1035.5	9226.5	199.3	2.16	2797.5
SB08	1164.9	9353.8	172.8	1.85	2557.8
SB09	1042.7	8420.3	718.5	8.53*	3095.6*
SB10	191.2	206.5	33.9	16.43*	2459.3 [†]
SB11	113.1	994.9	15.6	1.57	2384.4 [†]
CB01	524.5	2846.6	39.5	1.39 [†]	2882.8*
CB02	977.5	6257.4	186.7	2.98	2653.0
CB03	949.1	7472.8	58.8	0.79 [†]	2821.2
CB04	370.2	602.0	9.0	1.49 [†]	2477.9
CB05	132.9	507.2	23.5	4.63	2542.5
CB07	219.0	2254.6	76.8	3.41	2520.5
CB08	126.4	890.0	21.3	2.40	2430.2 [†]
CB11	31.7	269.2	4.9	1.81 [†]	2429.6 [†]
CB12	80.8	776.2	16.5	2.12	2487.6
CB13	333.8	2788.2	48.2	1.73 [†]	2481.8
CB14	124.0	1577.4	31.9	2.02	2489.6
CB15	72.5	1064.1	40.6	3.82	2596.3
CB16	68.4	726.6	45.5	6.26*	2532.8
CB22	119.5	1793.7	98.4	5.48*	2434.5 [†]
CB24	283.8	2035.0	61.3	3.01	2516.8
CB25	322.6	2373.4	65.6	2.77	2691.2
FB02	497.6	3312.5	72.2	2.18	2596.7
公股平均	1006.5	8526.4	326.1	5.21	2764.4
民營平均	296.0	2139.7	51.8	2.88	2560.4

1. 除了倒數第二欄外，所有數值的單位均是億元。

2. 最後兩欄數值有 * 上標者為該欄數值之前五大，有 [†] 上標者為該欄數值之最小的五名，最後兩欄數值的排名顯然並無規則。

3. EAD 乃違約曝險額。

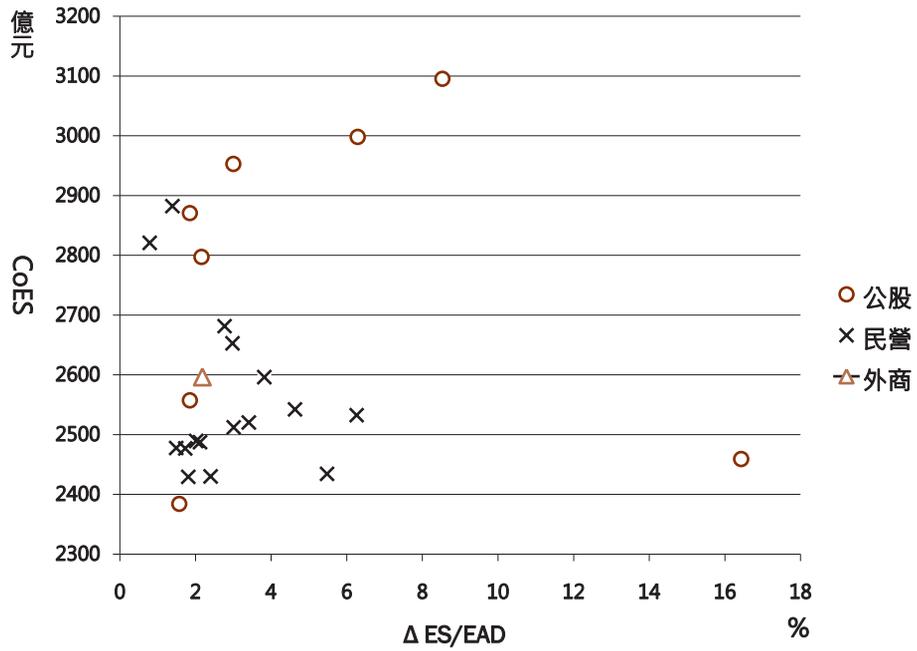


圖1

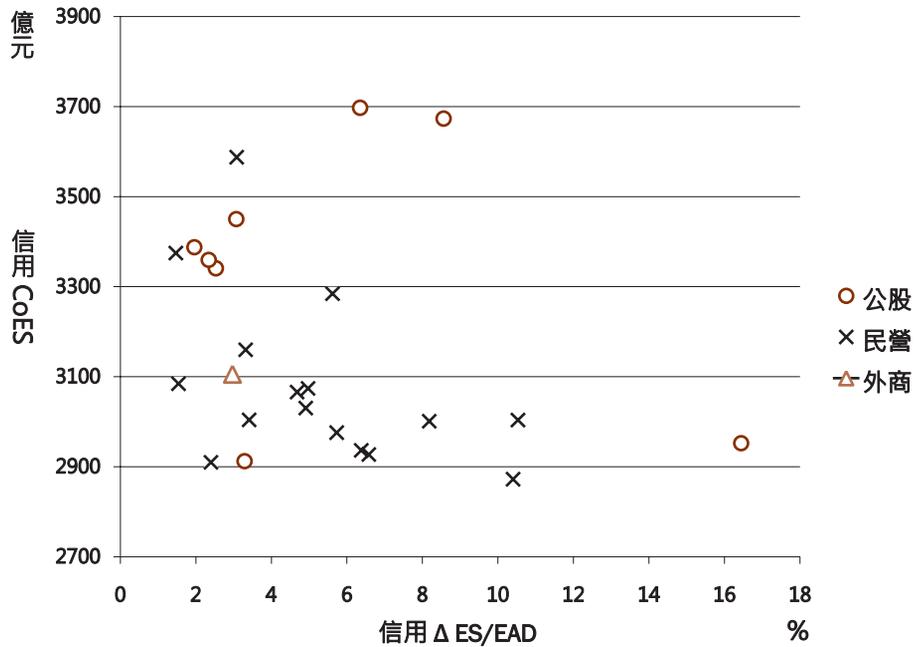


圖2

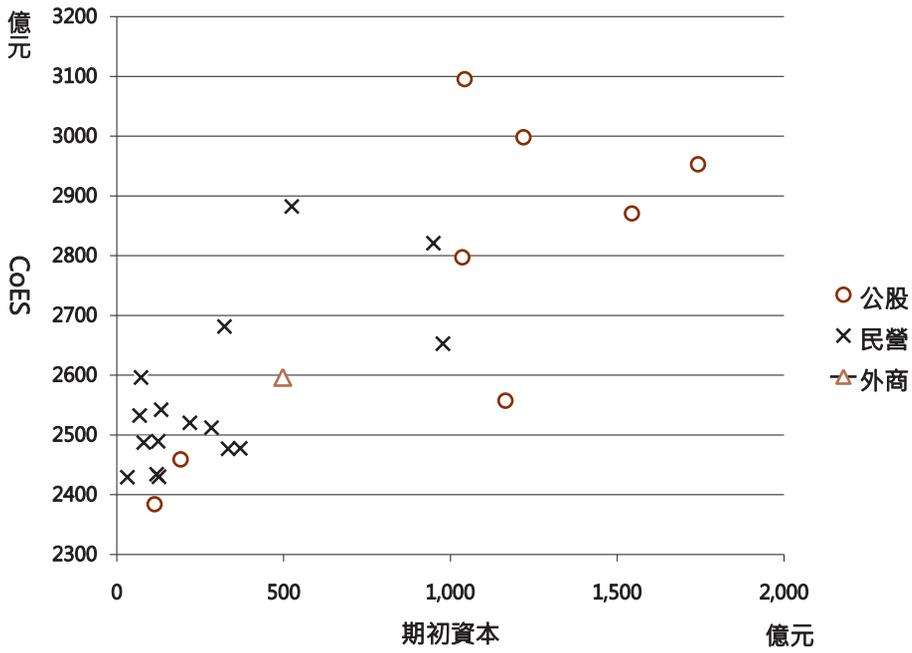


圖1

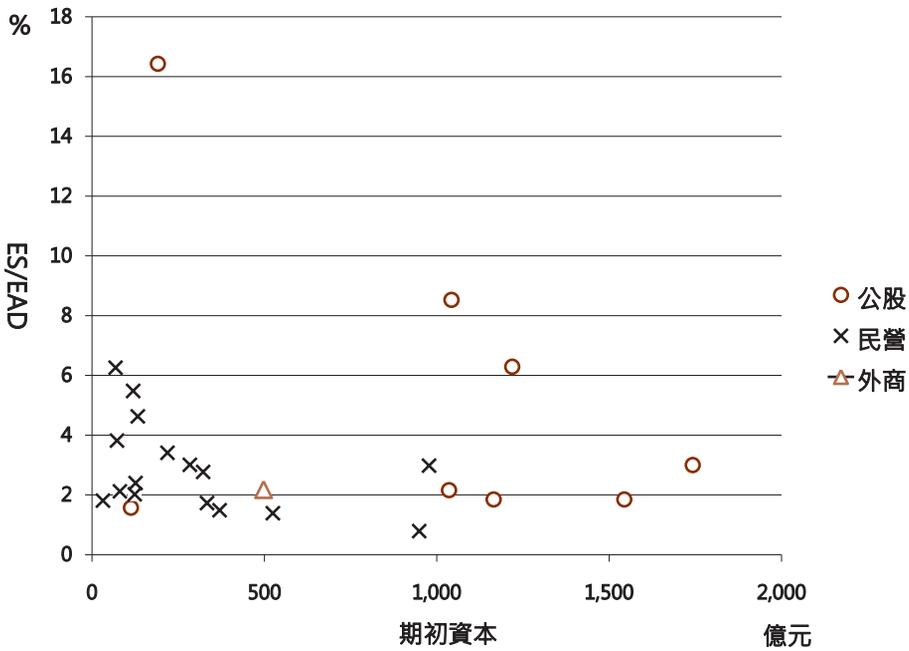


圖2

伍、結 論

以全台灣的信用風險損失分配為基礎，本研究嘗試建構一個將銀行間的傳染風險、全體銀行的流動性風險、乃至於銀行破產所造成的外部損失（政府因存款保證所承擔的損失）盡皆納入的動態風險模型，由於同時考慮了台灣所有銀行的信用風險、銀行間傳染風險、流動性風險、乃至於政府（或納稅人）財政負擔，應用本研究所建議之系統風險衡量指標所得到的估計值，應非常接近真實的金融系統風險，隨之而得之台灣各銀行對金融系統風險貢獻的排序也應有相當政策價值。

本研究的主要貢獻在於認定信用風險損失、銀行間傳染風險損失、流動性損失、亦即外部損失為金融系統風險的關鍵風險因子，並以一種非隨機之交互影響的動態回饋過程定義它們之間的連動性，本研究所設定的動態回饋過程是一個初步的嘗試，未來進一步研究的方向有如下多種可能：

- 對第2.3.4小節所列舉之定義流動性風險（折價損失）的關鍵參數，應進行深入的敏感度分析，研究流動性風險參數的改變對系統風險的影響。

- 流動性風險與信用風險的連動性被認為是系統風險的重要肇因，越來越受到重視，要在本研究的架構下深入分析這種連動性，就有必要改進決定流動性風險損失的動

態機制，包括：

- 存款提領比例的決定過程（11）可再改進，例如可將存款分類並定義不同的存款提領比例，其中以活期存款為代表之長期穩定、對利率、風險、總體經濟狀況均不具敏感度（遲鈍）的「核心存款」（core deposits）應有不同的處理，亦可將本研究對存款的分析擴大到所有銀行的資金來源，並對零售型資金及批發型資金予以不同的處理。此外，還可依政府存款保證的程度將銀行的資金來源加以分類，這將有助於進一步討論流動性損失與外部損失（亦即存保損失）之間的關聯。

- 決定存款提領比例的因素除了資本適足率外，亦可納入逾放比、乃至於獲利能力指標等。

- 對銀行資產依其流動性予以詳盡的分類並收集細分類的資料，實證估計並分析流動性不同之資產的折價比例，也嘗試將變現金額的絕對值大小納入折價比例的決定過程中。

- 本文的主旨在於建立及估計模型，尚未能就估計結果進行驗證以評估各風險量指標的精確度，這是本文的一個重要缺陷。這裡我們要指出，最簡單的模型驗證方法是只取用部分樣本（例如較舊的樣本）進行模型的估計與分析，再針對保留樣本（例如較新

的樣本) 進行樣本外的預測並檢視預測的績效。由於本文僅有各銀行所有放款在 2010 年第二季之單季曝險額資料 (參見附錄說明) , 所以尚無法進行樣本外預測的驗證, 未來只要收集到 2010 年第一季甚或 2009 年各季的曝險額資料便可進行前述回顧型的驗證。

● 台灣各銀行來自於市場風險的可能損失遠不如信用風險, 因而可一定程度上的合理化本文未納入市場風險的做法, 但我們也不能不指出, 金融系統風險的完整模型似乎

不應該忽略絕對市值也已不小的市場風險, 更進一步來說, 2007 年開始之金融海嘯的一個重要原因是衍生性金融商品的大量使用所導致之信用風險與市場風險的交互作用 (經由交易對手信用風險以及資產證券化風險等), 當我國金融市場越來越進步、越來越國際化之際, 市場風險的重要性會藉由與信用風險的關聯而大幅提升, 嘗試將市場風險引入金融系統風險模型也是未來研究不能迴避的重要方向。

附 註

- (註1) Chan-Lau (2009) 稱此類風險損失為社會損失 (Societal loss)。
- (註2) Chan-Lau (2010) 指出，TCTF (Too-Connected-to-Fail, 太關聯而不能倒) 風險與所謂的 TBTF (Too-Big-to-Fail, 太大而不能倒) 風險有所不同：一個擁有大量家庭存款的大規模銀行若破產會造成作為存款保證人的政府很大的損失，因而有 TBTF 風險，但只要這個銀行並未參與太多的銀行間貸放，就沒有 TCTF 風險。相對的，一家規模不很大因而沒有 TBTF 風險的銀行，可能會因在整個金融體系中之支付與結算過程中佔有關鍵地位而有 TCTF 風險，例如 1974 年破產的美國 Herstatt 銀行。
- (註3) 傳統金融穩定架構的功能：一、個別金融機構的監理；二、支付系統、結算系統等金融基礎設施的維護；三、對金融市場運作的監控。
- (註4) 美國麻省理工學院的羅聞權教授 2009 年 10 月在美國眾議院金融委員會聽證會上指出，金融系統風險相關資料的必要性就如同國民所得資料，眾所周知，沒有國民所得資料就無法編制國民所得帳，也就沒有現代總體經濟學的發展可能。
- (註5) 銀行的存款戶可分為四類：企業部門、家庭部門、其他銀行、以及非銀行金融機構，我們因無各銀行存款戶的分類資料，所以只能考慮所有各類存款的總數。
- (註6) 當 $\omega_{jt}^{(n)} \cdot K_{jt} > \bar{A}_{jt}$ 時，銀行 j 會破產，且由 (13) 式得知 $L_{\text{liquidity},jt}^{(n)} = \delta_{jt}^* \cdot A_{jt}^* + \delta_{jt}^{**} \cdot A_{jt}^{**}$ ，但當銀行 j 是因資本適足率 $\psi_{jt}^{(n)}$ 小於 4% 而破產時，其存款戶的提領額 $\omega_{jt}^{(n)} \cdot K_{jt}$ 不見得大於 \bar{A}_{jt} ，所以 $L_{\text{liquidity},jt}^{(n)}$ 可能會小於 $\delta_{jt}^* \cdot A_{jt}^* + \delta_{jt}^{**} \cdot A_{jt}^{**}$ ，為保持一致性起見，我們假設只要銀行 j 破產， $L_{\text{liquidity},jt}^{(n)}$ 就直接設定等於 $\delta_{jt}^* \cdot A_{jt}^* + \delta_{jt}^{**} \cdot A_{jt}^{**}$ 。
- (註7) Basel II 將信用風險歸為第一支柱，統一以對應的損失分配以及伴隨之風險值作為設定資本的根據，但對流動性風險則將之歸為第二支柱，容許個別銀行以監理機關核可之不同的方式加以控管，實務上流動性風險就較少以損失分配的方式衡量，更多的是以諸如 gap analysis 之類的局部模擬分析進行，本文的做法就比較接近這種局部模擬分析。
- (註8) 相對於以

$$E(L_i | L_{it} = C_{it}) = \sum_{j=1}^M E(L_{jt} | L_{it} = C_{it})$$

衡量銀行 i 對系統風險的貢獻，Chan-Lau (2009) 建議採用如下期望值之總和

$$\sum_{j=1}^M E(L_{it} | L_{jt} = C_{jt})$$

作為銀行 i 的「脆弱性」指標，因其所顯示的是所有銀行之困境對銀行 i 的影響總合，而非如前者是銀行 i 之困境對所有銀行的影響總合。值得一提的是，不論是個別銀行對系統風險的邊際貢獻還是個別銀行受系統風險影響的程度，均代表個別銀行在系統風險形成過程中所扮演的角色。

- (註9) 這個指標較接近註 8 中所討論的脆弱性指標，反應的個別銀行受系統風險影響的程度，而非個別銀行對系統風險的邊際貢獻。
- (註 10) 這裡所指的壓力情境並非一般壓力測試之下的壓力情境，這裡的壓力情境是指損失達到 VaR 時的情境，而一般壓力測試之下的壓力情境則是指損失超過甚至是遠超過 VaR 時的情境，換言之，前者要較後者為溫和，因此，本文根據這裡所定義之風險衡量指標所得到結果基本上不能與一般壓力測試的結果進行比較。
- (註 11) 由於資料揭露的限制，將放款金額由小到大排序後進行分組加總，以維持各銀行各類放款的筆數不超過 2000 筆。

參考文獻

- 鍾經樊, 2009, 「壓力測試的架構」, *中央銀行季刊*, 31, 2, 7--34.
- 鍾經樊, 2010, 「我國銀行信用損失評估之研究」, *中央銀行季刊*, 32, 2, 13--46.
- Adrian, T. and M. Brunnermeier, 2009, "CoVar," *Working Paper*, Princeton University.
- Aikman, D., P. Alessandri, B. E., P. Gai, S. Kapadia, E. Martin, N. Mora, G. Sterne, and M. Willison, 2009, "Funding Liquidity Risk in A Quantitative Model of Systemic Stability," *Bank of England, Working Paper No. 372*.
- Alessi, L. and C. Detken, 2009, "Real Time' Early Warning Indicators for Costly Asset Price Boom/Bust Cycles: A Role for Global Liquidity," *ECB Working Paper No. 1039*.
- Bank of England, 2009, "The Role of Macropudential Policy," *A Discussion Paper*.
- Chan-Lau, J. A., 2009, "Regulatory Capital Charges for Too-Connected-to-Fail Institutions: A Practical Proposal," *IMF Working Paper WP/10/98*, International Monetary Fund.
- Chan-Lau, J. A., 2010, "Balance Sheet Network Analysis of Too-Connected-to-Fail Risk in Global and Domestic Banking Systems," *IMF Working Paper WP/10/107*, International Monetary Fund.
- Elsinger, H., A. Lehar and M. Summer, 2006, "Using Market Information for Banking System Risk Assessment," *International Journal of Central Banking*, March.
- Hannoun, H., 2010, "Towards A Global Financial Stability Framework," *the 45th SEACEN Governors' Conference*, Bank for International Settlements.
- International Monetary Fund, 2009, "Responding to the Financial Crisis and Measuring Systemic Risks," *Global Financial Stability Report*, www.imf.org
- International Monetary Fund, 2010, "Meeting New Challenges to Stability and Building a Safer System," *Global Financial Stability Report*, www.imf.org
- International Monetary Fund, Bank for International Settlements, and Financial Stability Board, 2009, "Guidance to Assess the Systemic Importance of Financial Institutions, Markets and Instruments: Initial Considerations," *Report to the G-20 Finance Ministers and Central Bank Governors*.
- Whelan, K., 2009, "Containing Systemic Risk," *Directorate General for Internal Policies*, Policy Department A: Economic and Scientific Policies, European Parliament.

附錄 1 違約迴歸模型的估計過程

在違約迴歸模型 (4) 式的實證設定中，我們視每一家銀行的每一類放款為一同質的信用曝險類別，受到同一組總體經濟系統風險因子的影響，我們因此逐一對每一家銀行的每一類放款搜尋最適的總體經濟系統風險因子 (選取能使 R^2 最大的系統風險因子組合)，然後就所選定的總體經濟系統風險因子採用最小平方估計違約迴歸模型 (4) 式。我們採用如下的階段方式搜尋各迴歸模型中最適總體經濟系統風險因子組合：

● 第一個階段：

我們以所有銀行所有放款在 2010 年第二季之曝險額占總曝險的比例為權數，求導所有銀行所有放款違約率在各時點的加權平均 \bar{p}_t ，再以此加權平均違約率的 logit 轉換為應變數，找出能使調整後之 R^2 為最大的解釋變量組合，我們的候選解釋變量包括上百個總體經濟與信用變量及其落後項，這一階段中最適的總體經濟系統風險因子包括 5 個變量及其落後項：「經濟成長 (落後 4 季)」、「核心 CPI (落後 4 季)」、「失業率 (落後 2 季)」、「台灣發行人加權股價指數 (落後 4 季)」、與「重貼現率 (落後 4 季)」。我們將以 \bar{x}_t 代表這些變量以及對應迴歸係數估計值為權數的加權和，並稱之為「總體指標」。

● 第二個階段：

我們以所有銀行的各類放款在 2010 年第二季之曝險額占總曝險的比例為權數，求導所有銀行的各類放款違約率在各時點的加權平均 \bar{p}_{jt}^* (j 代表不同類別的放款，例如房貸)，再以此加權平均違約率的 logit 轉換為應變數，在納入第一階段所求得之總體指標 \bar{x}_t 為基本解釋變量後，再找出能使調整後之 R^2 為最大之更多的總體經濟解釋變量，這一階段所找到的因子包括 14 個變量及其不同的落後項：「儲蓄淨額對國民所得之比率」、「新台幣實質有效匯率指數」、「核心 CPI」、「工業生產總指數 IPI」、「毛退票金額比率」、「台灣發行人加權股價指數」、「國泰全國可能成交房價指數」、「本國一般銀行消費者貸款餘額年增率」、「台灣全體銀行對民營事業放款餘額年增率」、「信用卡當季簽帳金額年增率」、「批發零售業營業額年增率」、「台灣一般銀行對民眾、一般建築、中小企業放款餘額年增率」、「台灣五大銀行新承做消費性貸款利率」、與「房地產同時指標綜合指數」。對應不同類別的放款是各不相同的因子組合，我們將以 \bar{x}_{jt}^* , $j = 1, 2, \dots, 9$, 代表這些不同因子組合以及對應迴歸係數估計值為權數的加權和，並稱之為「產業指標」。

● 第三個階段：

我們以個別銀行之涵蓋所有類別的放

款在 2010 年第二季之曝險額占總曝險的比例為權數，求導各銀行放款違約率在各時點的加權平均 \bar{p}_{it}^{**} (i 代表不同銀行的放款，例如 SB09)，然後重複第二階段的做法，便可逐一導出所有銀行的「銀行指標」 \bar{x}_{it}^{**} ， $j = 1, 2, \dots, 25$ 。最適的總體經濟系統風險因子除了之前總體指標與產業指標所包括者之外，還有「非農業部門就業人數」、「實質國民消費季年增率」、「實質國民所

得 NI」、「景氣同時指標綜合指數」、「信用卡當季預借現金金額年增率」、「臺閩地區核發建照面積」、與「台灣外銷訂單年增率」等變量及其落後項。

● 最後階段：

我們以各銀行的各類放款之違約率 p_{ijt} 的 logit 轉換為應變數，以總體指標 \bar{x}_t 、產業指標 \bar{x}_{jt}^* 、與銀行指標 \bar{x}_{it}^{**} 為三個解釋變量，分別進行迴歸模型的估計：

$$\ln\left(\frac{p_{ijt}}{1-p_{ijt}}\right) \equiv q_{ijt} = \alpha_{ij} + b_{1ij} \cdot \bar{x}_t + b_{2ij} \cdot \bar{x}_{jt}^* + b_{3ij} \cdot \bar{x}_{it}^{**} + \varepsilon_{ijt}, \quad (30)$$

$j = 1, 2, \dots, 9$ ， $i = 1, 2, \dots, 25$ 。這個 (30) 式就是違約迴歸模型 (4) 式中的個別方程式，亦即這裡的 q_{ijt} 就是 (4) 式之應變向量 \mathbf{q}_t 中的元素，而 \mathbf{q}_t 所包含的元素數目 M 是 $9 \times 25 = 225$ 。

這裡我們要特別指出，本文中 (3) 與 (4) 式的 q_{it} 與這裡的 q_{ijt} 相比少了 j 下標，原因是在本文的說明中我們為簡化分析並強調銀行間的差異 (不論是銀行間傳染風險、流動性風險、還是外部損失，都只有銀行間的差異，而無產品間的差異)，就省略了代表

不同產品的 j 下標，但在實際執行實證分析時，我們是採用這裡所述的分組方式，不僅就銀行分組，還進一步針對每一銀行就其產品再分 9 組，所以 \mathbf{q}_t 所包含的元素數目是銀行數與產品數的乘積 225，而非僅僅是銀行數而已。我們要強調，就算是同一家銀行，其不同產品的違約率顯然有很不一樣的時間序列走勢，也受到不同之總體經濟信用市場變量的影響，對產品進行細分組分別估計不同的違約迴歸模型是十分必要的。