

# 壓力測試的架構\*

鍾經樊\*\*

## 摘要

本文的主旨在於以Cihak所製作之 Stress Tester 2.0 壓力測試軟體為基礎介紹壓力測試的架構，希望有助於建構對金融體系進行利率風險、匯率風險、信用風險、權益市值風險、銀行間傳染風險、乃至於流動性風險的壓力測試。

## 壹、序 言

1990 年代中期以來，由於臺灣銀行家數增加、銀行併購、金控成立、以及直接金融快速成長，金融體系的規模快速擴大，再加上金融自由化、全球化及 1980 年代以來開發中國家多次的金融危機，台灣金融體系越來越暴露於重大衝擊所帶來的風險，金融不穩定的機會大為增加，要如何維持金融穩定自然成為我國中央銀行的一個重要課題，由 OECD 國家為代表之多個國家所發佈的金融

穩定報告可知，為維持金融穩定，各國央行無不極力發展監控及評估金融穩定的方法，而壓力測試便是一個越來越重要的工具。

本文的主旨在於以Cihak所製作之 Stress Tester 2.0 壓力測試軟體為基礎，介紹壓力測試的架構，希望有助於建構對金融體系進行利率風險、匯率風險、信用風險、權益市值風險、銀行間傳染風險、乃至於流動性風險的壓力測試。

\* 本文係摘錄自中央銀行委託研究計畫報告。作者感謝央行金檢處潘雅慧、黃淑君、吳宗錠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。

## 貳、壓力測試概論

壓力測試是一個很重要的風險管理工具，主要是用來檢驗一些極端但有一定可能性之金融衝擊災害 (即所謂的壓力事件) 的影響，也可用來測試金融機構或金融體系的曝險程度及風險承擔能力。壓力測試就像火災演習，火災事件的模擬必須逼真，以盡可能顯現火災發生後所有可能的問題，而如何妥善應對這些問題甚至擬定出應對措施典範更是演習的重點。

具體而言，壓力測試可用來評估承擔重大壓力事件所造成之損失所需要的資本，壓力測試也可用來補充其他的風險管理措施與測度，尤其是在財金環境長期安定之後，銀行易於對風險失去警覺性，壓力測試具有警惕作用。此外，金融不斷的創新，新金融產品因缺乏資料與經驗難以對其風險進行深入的研究，壓力測試事實上成為唯一的風險分析工具。

壓力測試還有如下的具體用途：

- 有助於評估及補救模型風險及歷史資料的限制

由於壓力測試處理的是罕見的極端事件，尤其是那些因缺乏資料 (新金融商品) 或因流動性不佳而無法使用統計指標 (例如風險值) 捕捉的極端風險，所以相關資料永遠是不足夠的。但我們也要指出，壓力測試為彌補資料的不足，

常須做出許多簡化假設，進行壓力測試前，必須明確列舉假設並說明其適用性。

- 有助於辨認與前瞻性的管控未知的風險，更了解金融機整體的風險面貌
- 有助於銀行內部各部門之間協調以及對外界的溝通

壓力測試的測試過程與分析結果直覺易懂，相關人士不論是否具備風險管理的專業知識，皆能了解壓力測試的意義，所以壓力測試是一個非常有效的信息揭露工具，不僅有助於外界了解壓力測試對象的曝險程度及風險承擔能力，也有助於壓力測試對象內部各部門之間的溝通協調。

- 有助於強化對資本與流動性的規劃
- 有助於分析風險集中度的程度與後果，以及風險分散或抵銷的效果
- 有助於設定銀行風險容忍程度或是驗證銀行風險容忍程度的妥適性
- 有助於針對各種不同壓力事件開發出風險抵減與緊急處理機制

雖然壓力測試無法發現銀行風險管理上所有的缺失，但在整個風險管理的過程中，對銀行的治理乃至個別銀行與整體金融系統的穩定，壓力測試扮演極為重要的角色。請見國際清算銀行的文件

BIS (2009) 以了解如何有效的進行壓力測試。

**風險值與壓力測試** 風險值 (VaR) 所呈現的是在某一給定可能性下金融機構或金融體系所能遭遇到之最大負面衝擊，風險值與壓力測試尤其是「損失導向的壓力測試」有如下異同，因此兩者間具緊密的互補作用：

- 風險值著重在正常市場狀況下的損失極限，壓力測試所探討的則是異常事件的衝擊，尤其是衝擊的非線性及非對稱影響。
- 相對於風險值並不探究負面衝擊的肇因，壓力測試的過程則可清楚呈現特定事件與其所造成之後果間的因果關係。
- 由於壓力測試所考慮之特定事件的可能性大小並未扮演重要的角色 (只要求發生特定事件不是完全不可能)，因此統計上的假設也就不是關鍵。相對的，風險值則完全是統計分析的結果，很受資料品質以及統計假設之適用性的影響，若極端損失的案例在過去資料中極為罕見甚或是從未發生，或是損失的分配假設 (例如常態分配假設) 有缺失，或是相關性的假設 (例如相關性固定不變假設) 有缺失，則由此導出的風險值便很有問題，因此便非常需要不受這些問題影響之壓力測試的驗證。換言之，壓力測試可用來評估風險值背後之統計模型的模型風險。<sup>註1</sup>

**新巴賽爾資本協議與壓力測試** 新巴賽爾資本協議的第一支柱 (最低資本要求) 規定，使用「內部模型法」決定市場風險資本計提以及使用基礎或進階「內部評等法」決定信用風險資本計提時，都需利用壓力測試評估其資本的適足程度 (尤其是高過法定資本的部分是否足夠)。對銀行簿的信用風險組合也應進行壓力測試。這裡要特別指出，第一支柱最低資本計提公式有如下可能缺點需要壓力測試的導正：

- 資產相關性很受壓力情境的影響
- 最低資本計提無法處理集中度風險，尤其是潛在的集中度風險 (第二支柱因而明定集中度風險的處理)
- 建立在使用事後資料之複雜數量化統計模型 (諸如風險值或是經濟資本) 所建置之風險管理工具的穩定性與適用性 (模型風險) 有待更多的驗證
- 新巴賽爾資本協議是對資本適足的規範，對流動型風險的規範並不完備因而有待補強

## 一、壓力情境

壓力測試可分為敏感度測試與情境測試兩種基本形式：

1. 敏感度測試是用來檢驗單一風險因子 (例如利率、匯率、或資產價格) 或是一小組彼此高度相關風險因子之劇烈變動的影響
2. 情境測試通常由某種可引發多種風險

的背景環境事件出發，可用來檢驗多個風險因子劇烈變動的影響，情境又可分為歷史情境（過去曾發生過的金融市場巨變）和假設情境（過去未曾發生但卻可能的金融市場巨變）。

市場風險與信用風險常交互作用而彼此影響，市場風險所導致之資產和負債價值的改變可能造成違約損失的改變，而交易對手的違約也可帶動市場風險。正因為這種可能，壓力測試有必要考慮包含多種風險因子的壓力情境。

#### 事件導向、損失導向、與反向的壓力情境

若壓力測試的設計是建立在前面所列舉的「壓力事件」，則便是所謂的「事件導向的壓力測試」(event-driven stress test)。

除了事件導向壓力測試外，還有以部位損失為基礎的「損失導向的壓力測試」(loss-driven stress test)，也就是說，給定特定的部位損失（例如逾放比增加 20% 或是庫存現金被提領 80% 等）後，再設想可能造成這個給定損失的風險因子乃至於相關壓力事件，然後開發出完整的壓力測試。

此外尚有做為損失導向壓力測試特例的「反向壓力測試」(reverse stress test)，亦即給定某種嚴重損失後，設想可能造成這個嚴重損失的壓力事件。反向壓力測試的重點在於評估什麼樣的壓力事件或是壓力事件到底要有多嚴重，才能造成給定的損失水準。

#### (一) 壓力情境的建構

建構合理的壓力情境並不容易，一個常見的做法是人工合成多個風險因子，建構這種壓力情境的過程中，必須針對風險因子如下的相關參數進行設定：

- 風險因子的大小：
  - 歷史最差值 (及其加碼)
  - 歷史平均標準差的倍數 (高於風險值的水準)
  - 百分點變動值的設定
- 風險因子的合成：
  - 組合各風險因子之歷史最差值的合理性評估
  - 風險因子之間相關性的加碼
  - 參考歷史壓力情境中各風險因子的關連
- 測試期間
  - 單位期間的設定 (月、季、還是年)
  - 與景氣循環期間的協調

這些參數的設定必須兼顧保守性與合理性。請參考美國聯準會的文件 FRS (2009) 以了解 2009 年金融海嘯時，美國監理機關如何建構針對 19 家大型金融機構所進行之壓力測試的壓力情境。

## 二、個體壓力測試與總體壓力測試

壓力測試可就其測試範圍分為如下兩類：個體壓力測試與總體壓力測試。

### (一) 個體壓力測試

個別金融機構使用本身的資料執行壓力

測試，各金融機構可根據自身的狀況設計客製化的測試模型並進行深入的分析，可充分發揮風險管理人員的內部知識，但其缺點則是無法確保各金融機構執行可比較的壓力測試，也無法評估銀行間的相關性與傳染風險。

## (二) 總體壓力測試

由獨立機構 (中央銀行、金融監理機關、或國際金融組織) 針對整個金融體系進行壓力測試，亦即對金融體系中所有的或是主要的金融機構執行統一的壓力測試。

**由上而下 (top-down) 與由下而上 (bottom-up)：** 根據所使用的資料類型，總體壓力測試可分為由下而上與由上而下兩類：

### 1. 建立在彙總資料之「由上而下」的壓力測試

優點是對資料的需求較低，且可考量金融機構間的交互作用、集中度、以及傳染風險，缺點則是無法考量個別金融機構的風險。

### 2. 建立在個別金融機構資料之「由下而上」的壓力測試：

金融監理機關建置典型壓力情境，個別金融機構分別根據自己的風險模型評估這些壓力情境的影響，再將測試結果呈報金融監理機關，由金融監理機關加總這些結果後再進行分析。

由下而上壓力測試的缺點是無法考量金融機構間的交互作用、集中度、以及傳染風

險，且金融機構所採用的風險模型可能有很大的差異以致無法直接加總比較。

同時採用個別金融機構資料與彙總資料的壓力測試也相當常見。例如，總體經濟變量對逾期放款的影響可以彙總資料進行推估，逾期放款之變化對個別金融機構的影響則以金融機構資料進行推估。

**金融部門評估計畫(FSAP)：** 在金融自由化及國際化的趨勢下，維持金融體系穩定的困難度大為提高，IMF、世界銀行、以及國際清算銀行等國際金融組織也因而建議，金融主管當局應將壓力測試列為監控金融體系的系統風險 (以銀行間傳染風險為主) 及脆弱性的重要工具。

總體壓力測試可說是肇始於 IMF 與世界銀行所共同推動之「金融部門評估計畫」(Financial Sector Assessment Program, FSAP)，許多國家的總體壓力測試都遵循 FSAP 的架構。尤其值得一提的是，在 FSAP 計畫下所建立的「金融健全指標」(Financial Soundness Indicators, FSI)，以及歐洲中央銀行體系 (The European System Central Banks, ESCB) 針對歐洲經濟的特性及需要所建置的「總體審慎指標」(Macroprudential Indicator, MPI)，做為承平時期的監控機制，可與監控危機狀態的壓力測試形成重要的互補關係。FSAP 更持續整合 FSI 與壓力測試，以擴增 FSI 的用途。請參考 Moretti, et al. (2008)。

### 三、壓力測試的架構

壓力測試的模型架構大致可分為三部分：<sup>註2</sup>

#### (一) 壓力情境或壓力事件的定義

壓力事件大都源自總體經濟，所以需建構總體經濟模型以描述總體經濟變量之間的關係，有了總體經濟模型才能定義條理分明的壓力事件以及隨之形成的壓力情境。

- 總體經濟模型通常包含未知參數，這些參數需要估計，而估計通常是根據總體經濟變量的時間序列資料。
- 更明確的說，給定包含一組交互影響內生總體經濟變量的向量 $\mathbf{x}_t$ 以及包含一組外生變量的向量 $\mathbf{z}_t$ ，總體經濟模型通常可以如下的「VAR 計量模型」或是「誤差修正模正計量模型」表示：

$$\mathbf{x}_{t+1} = g(\mathbf{X}^t, \mathbf{Z}^t | \boldsymbol{\psi}) + \boldsymbol{\varepsilon}_t,$$

這裡的 $\mathbf{X}^t$ 代表在 $t$ 時點之前 $\mathbf{x}$ 的所有觀察值(亦即 $\{\mathbf{x}_t, \mathbf{x}_{t-1}, \mathbf{x}_{t-2}, \dots\}$ )， $\mathbf{Z}^t$ 代表在 $t$ 時點之前 $\mathbf{z}_t$ 的所有觀察值(亦即 $\{\mathbf{z}_t, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{z}_{t-2}, \dots\}$ )，而 $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ 乃一隨機誤差項， $g$ 則是一個以 $\mathbf{X}^t$ 與 $\mathbf{Z}^t$ 為自變量的(線性或是非線性)函數式，其內還包括一個未知而需要估計的參數向量 $\boldsymbol{\psi}$ 。所以進行壓力測試前，通常需收集總體經濟變量的時間序列資料以估計參數向量 $\boldsymbol{\psi}$ 。

#### (二) 鏈接模型

由於總體經濟模型大多未包括金融部門的變量，所以需要一些鏈接模型將總體經濟

變量與金融機構的財務報表相連結，以將受到壓力事件衝擊之總體經濟變量的變動傳遞到金融機構的財務報表。

- 鏈接模型與總體經濟模型一樣，包含需事先估計的未知參數，而這個估計過程除了需要總體經濟變量的時間序列資料外，通常還需要多家金融機構多年的追蹤資料。
- 鏈接模型通常可以如下形式表示：

$$y_{it} = h(\mathbf{X}^t, \mathbf{Z}_i^t | \boldsymbol{\theta}) + u_{it}$$

這裡的 $y_{it}$ 乃第 $i$ 家金融機構之某一財務報表變量在第 $t$ 時點的觀察值， $\mathbf{X}_t$ 代表各家金融機構在 $t$ 時點之前所面對之總體經濟變量 $\mathbf{x}_t$ 的所有觀察值，而 $\mathbf{Z}_i^t$ 代表第 $i$ 家金融機構在 $t$ 時點之前所面對之其他變量 $\mathbf{z}_{it}$ 的所有觀察值。進行壓力測試前，通常需收集各家金融機構的追蹤資料以估計參數向量 $\boldsymbol{\theta}$ 。

- 但在鏈接模型的設定與估計上可能會有如下問題：
  1. 根據非壓力時期資料所估計的線性鏈接模型可能無法描述壓力情境下的非線性、非對稱反應。
  2. 根據Lucas評議，整個經濟體系在壓力情境下極可能會發生結構上的改變，導致鏈接模型的係數估計乃至於模型結構產生改變。

因此有時不能完全訴諸於本國的歷史資料，而必須參考他國的經驗甚至採用相當主

觀的設計。

### (三) 對金融機構之財務報表變量的分析

壓力事件的衝擊最終將反應到金融機構的財務報表上，並以一個或數個能夠代表金融機構健全度 (financial soundness) 的財務報表指標來呈現壓力測試的結果。可能的指標包括：

#### 1. 資本 (capital)：

任何風險因子都影響資本額，因而很易於將資本額與總體經濟相連結。

##### (1) 資本額：

個別金融機構可用資本額的變化來評估壓力事件的潛在損失，直接呈現執行壓力測試者所最關心的結果，但資本額做為絕對值較不易於做跨金融機構的比較。資本可分為監理機關所認可的「法定資本」與金融機構自行計算可用來準備未預期損失的「經濟資本」。

##### (2) 資本適足程度 (capitalization)：

通常以淨值除以資產、或是以資本除以風險加權資產 (即資本適足率) 表示，是可進行跨金融機構比較之最常用的金融健全指標。

#### 2. 利潤 (profit)：

由於金融機構在正常狀況下應可獲得利潤，因此在動用資本額前當然會以利潤做為對抗壓力情境的第一線防衛，一般以為，若忽略利潤而直接以資本額的變動來呈現壓力情境下的損失，可能會太過高估風險因子的

影響。<sup>註3</sup>

要觀察風險因子對利潤的影響，通常可以風險因子對「利潤緩衝量」(profit buffer) 的衝擊來表示，而利潤緩衝量則定義為正常狀況下所可獲得的利潤 (或是更具體的以金融機構過去十年的年平均利潤為其定義)。

##### (1) 獲利能力 (profitability)：

以權益報酬率 (ROE)、資產報酬率 (ROA)、或風險調整後資產報酬率表示，一旦以權益或資產為基準來呈現利潤的大小，便可進行跨金融機構的比較。

除了以會計損益來定義利潤外，亦可考慮經濟利潤 (或經濟損失)。

##### (2) 淨利息收益等利潤細項：

可呈現特定風險因子對金融體系中特定部份的影響，例如，利率的變動可能對利潤中的淨利息收益有直接且較易進行計量分析的影響。

#### 3. Z 評分 (z-scores)：

Z 評分可視為前述資本與利潤的結合：

$$Z = \frac{\text{稅後報酬占資產比例} + \text{權益資本占資產比例}}{\text{稅後報酬占資產比例的標準差}}$$

Z 評分所顯示的是稅後報酬要降低多少個標準差以耗盡權益資本，所以 Z 評分越高，金融機構破產的可能性就越低，其定義相當接近「違約距離」(distance to default) 的概念。

#### 4. 信用風險相關指標：

##### (1) 違約機率或信用評等：

信用評等與違約機率可顯示金融機構的償債能力與流動性，故可做為壓力測試的評估基準，尤其是若有現成的信用評等或違約機率模型，則可直接用來分析風險因子對信用評等或違約機率的影響。

### (2) 備抵呆帳

### (3) 貸放損失 (loan loss) :

貸放損失的計算要遠較資本損失為簡單，但其缺點是未將資本與利潤等的破產緩衝機制納入考量，且當貸放損失只侷限於部份金融機構時，只看貸放損失會低估壓力測

試的整體影響。

### 5. 流動性指標 :

以變現能力或資金缺口為代表。

### 6. 市場價值指標 :

證券價格、違約距離、信用違約交換 (credit default swap, CDS) 溢酬等呈現金融機構之市場價值的指標。市場價值指標雖有資料產生頻率較高的優點，但前提是對應的市場夠深、交易量夠大，具有足夠的市場流動性。

## 參、信用風險與市場風險對資本適足率的影響

本節將介紹信用風險與市場風險 (利率風險、匯率風險、與權益價格風險) 的衝擊，乃至於總合這些風險的壓力情境，如何經由個別銀行之財務報表中相關項目的變動，最終影響到各該銀行的資本適足率。我們將先以數式顯示各種風險因子對資本適足率的影響，這些分析將成為壓力測試的設計根據，除了讓我們得以綜觀壓力測試的衝擊，更重要的是可以明確的列舉壓力測試設定中的各種假設，尤其是那些將某些關鍵變量設定為固定不變參數並賦予特定數值的假設。

這裡我們將先對資本適足率的定義做一個深入的探討。銀行資產的價值會受到各種風險的衝擊而有所折損，若將損失視為一

隨機變數而有對應的損失分配，則在評估銀行資產的真實價值時必須扣除由損失分配所導出之預期損失與非預期損失，我們將稱呼銀行資產之暴險額扣除預期損失後的金額為「風險性資產額」，若進一步再扣除非預期損失後的金額便就是「無風險資產額」：

$$\text{銀行資產的暴險額} = \begin{cases} \text{預期損失 (= 損失備抵)} \\ \text{風險性資產額} = \begin{cases} \text{非預期損失 (= 資本)} \\ \text{無風險資產額} \end{cases} \end{cases}$$

銀行對其資產的預期損失應提列「損失備抵」(loss provisions) 作為準備，對未預期損失部份還要提列「資本」(capital) 作為緩衝。監理機關要求銀行提列的資本稱為「法定資本」(regulatory capital)，而銀行根據自行估計之損失分配所導出的資本一般稱為



「經濟資本」(economic capital)。

針對銀行資產的預期損失與未預期損失，我們可考慮如下兩個比率：

### 1. 預期損失率：

損失備抵佔銀行資產暴險額的比例稱為「預期損失率」：

$$\text{預期損失率} = \frac{\text{損失備抵}}{\text{暴險額}} = \frac{\text{預期損失}}{\text{暴險額}},$$

我們可將風險性資產額改寫成

$$\begin{aligned} \text{風險性資產額} &= \text{暴險額} - \text{預期損失} \\ &= (1 - \text{預期損失率}) \text{暴險額}. \end{aligned}$$

### 2. 資本計提率：

法定資本佔風險性資產額的比例稱為「資本計提率」：

$$\text{資本計提率} = \frac{\text{法定資本}}{\text{風險性資產額}} = \frac{\text{未預期損失}}{\text{暴險額} - \text{預期損失}}$$

資本計提率與風險性資產之風險大小成正比，但一般以為，「標準的風險性資產」之資本計提率應至少 8%，這個標準的資本計提率便是所謂的「資本適足率」，不同的風險性資產有不同程度的風險，對於風險程度異於「標準風險性資產」的風險性資產，

$$\text{資本適足率} = \frac{\text{法定資本}}{\text{風險性資產額}} = \frac{\text{法定資本}}{\text{風險權數} \times \text{風險性資產}}.$$

彙整之前的分析結果我們還可將資本適足率和預期損失與未預期損失間的關係表明

其資本計提率自然異於資本適足率：風險較高之資產的資本計提率將高於資本適足率，風險較低之資產的資本計提率自然就低於資本適足率。

我們可以資本計提率與資本適足率的比例來衡量風險性資產中的風險含量，這個比例將被稱為「風險權數」：

$$\text{風險權數} = \frac{\text{資本計提率}}{\text{資本適足率}}$$

對於 8% 的資本適足率，風險權數便等於

$$\text{風險權數} = \frac{\text{資本計提率}}{8\%} = \text{資本計提率} \times 12.5,$$

風險權數大於 1 的風險性資產將需高於 8% 的資本計提率，風險權數小於 1 的風險性資產就只需一個低於 8% 的資本計提率。

我們可進一步的利用風險權數將風險性資產標準化，得到所謂的「風險加權資產」：

$$\text{風險加權資產} = \text{風險權數} \times \text{風險性資產},$$

風險加權資產的資本計提率將就必須等於資本適足率。同理，資本適足率便會等於法定資本佔風險加權資產的比例：

如下：

$$\text{資本適足率} = \frac{\text{未預期損失}}{\text{風險權數} \times (\text{暴險額} - \text{預期損失})} = \frac{\text{法定資本}}{\text{風險權數} \times (1 - \text{預期損失率}) \times \text{暴險額}}$$

由於風險權數與預期損失率都和風險性資產的風險含量成正比，風險性資產之法定資本的決定便須視其風險權數與預期損失率間相對大小而定。

### 一、資本適足率的變動

給定風險性資產額  $A$  與對應的風險權數  $\eta$ ，風險加權資產  $A^*$  等於  $\eta \cdot A$ ，再給定法定資本  $C$ ，則資本適足率  $\psi$  的定義是

$$\psi = \frac{C}{A^*} = \frac{C}{\eta \cdot A}$$

壓力測試所要評估的不外乎就是壓力事件對銀行資產價值的影響，只要測試的標的是資本適足率，便需對資本適足率做進一步的分析。

我們在這裡要指出，壓力事件對銀行資產價值  $A$  的任何影響，都會直接影響法定資本  $C$  的大小，但對風險加權資產  $A^*$  的影響大小，則須視風險權數  $\eta$  而定。以資本適足率為測試標的之壓力測試所要探討的就是資本適足率的變動：

$$\Delta\psi = \frac{C + \Delta A}{A^* + \eta \cdot \Delta A} - \frac{C}{A^*}, \quad (1)$$

這裡的  $\Delta$  代表對應變量的變動值。風險因子在壓力測試中所被賦予的任何變動都必

須遵循如下的模式來影響資本適足率：一、經由對銀行資產  $A$  的影響對法定資本  $C$  產生影響；二、經由銀行資產  $A$  的變動對風險加權資產  $A^*$  產生影響；三、再加總這兩種影響成為對資本適足率  $\psi = C/A$  的最終影響。壓力測試所做的不外乎就是根據給定風險因子的某些極端變動，逐步計算風險因子對銀行資產  $A$ 、法定資本  $C$ 、與風險加權資產  $A^*$  的影響、最後導出資本適足率可能的變動。

#### (一) 風險因子

我們在壓力測試中可考慮如下信用風險與市場風險對資本適足率的影響：

##### ● 信用風險：

不論是全體授信戶、特定產業部門授信戶、或是前五大授信戶，隨著信用風險因子之變動所導致的信用風險，將影響資產負債表中各類型的信用風險性資產。

##### ● 市場風險：

1. 利率變動所導致的利率風險，將影響資產負債表中的三個項目：

(1) 銀行淨利息收益所帶來的現金

(2) 銀行的債券持有部位

(3) 企業授信戶的淨利息收益及債券持有部位因利率變動而改變，進而影響其償債能

力，再影響資產負債表中的正常放款與逾期放款。

前兩項可說是利率風險對銀行的直接影響，第三項則屬於間接影響。

## 2. 匯率變動所導致的匯率風險，將影響資產負債表中的兩個項目：

(1) 銀行的外幣淨持有部位

(2) 企業授信戶的外幣淨持有部位因匯率變動而改變，進而影響其償債能力，再影響資產負債表中的正常放款與逾期放款。

前者是匯率風險對銀行的直接影響，後者則是間接影響。

## 3. 股價指數變動所導致的權益價格風險，將影響資產負債表中的兩個項目：

(1) 銀行的股票持有部位

(2) 企業授信戶的股票持有部位因股價指數變動而改變，進而影響其償債能力，再影響資產負債表中的正常放款與逾期放款。

前者是權益價格風險對銀行的直接影響，後者則是間接影響。

## 二、信用風險

信用風險性資產額的預期損失等於 PD (違約機率)、LGD (違約損失率)、與 EAD (違約暴險額) 的乘積，只要我們建立了以總體經濟變量為解釋變量、信用風險因子為應變量的迴歸模型 (鏈接模型)，便可以進行總體壓力事件對預期損失的衝擊分析，由之所

導出之任何預期損失 (EL) 變動  $\Delta EL$  都可亦納入(1)式的架構，以分析對資本適足率的影響：

$$\Delta \psi = \frac{C + \Delta EL}{A^* + \eta \cdot \Delta EL} - \frac{C}{A^*}$$

此外，若已建立了經濟資本模型 (例如 KMV、CreditMetrics、CreditPortfolioView、CreditRisk<sup>+</sup> 模型)，還可導出總體壓力事件對經濟資本的影響，任何經濟資本變動也可亦納入(1)式的架構，經由對貸款預期損失率與風險權數的影響，再對資本適足率產生影響，具體分析如下一分節所示。

### (一) 信用風險性資產的風險變動

假設銀行資產負債表內的第  $j$  種信用風險性資產 (例如某類放款) 的暴險額是  $G_j$ ，預期損失率是  $\pi_j$ ，風險權數  $\eta_j$ ，則對應的信用風險性資產額是：

$$A_j = (1 - \pi_j) \cdot G_j$$

信用風險加權資產是：

$$A_j^* = \eta_j \cdot A_j$$

信用風險對資本適足率的影響主要是經由信用風險因子 (包括違約機率、違約損失率、違約曝險額、相關係數、到期期間、企業規模調整數等) 的影響，反應到放款覆蓋率  $\pi_j$  以及風險權數  $\eta_j$ ，最後衝擊到資本適足率的分子法定資本  $C_j$  與分母信用風險加權資產  $A_j^*$ 。

由於反應預期損失的預期損失率  $\pi_j$  與反應未預期損失的風險權數  $\eta_j$  都是信用風險因子 (包括違約機率、違約損失率、違約曝險額，乃至於相關係數、到期期間、企業規模調整數等) 的函數，當違約機率或違約損失率提高時，則預期損失率  $\pi_j$  與風險權數  $\eta_j$  均會增加，若曝險額  $G_j$  維持不變，則信用風險性資產  $A_j = (1 - \pi_j)G_j$  便會減少 (因為備抵呆帳的增加)，導致法定資本  $C_j$  同幅降低，至於信用風險加權資產  $A^*$  會如何改變則需視預期損失率  $\pi_j$  增幅與風險權數  $\eta_j$  增幅的相對大小而定。

為更清楚的解釋信用風險加權資產的增幅如何影響資本適足率，假設曝險額的總

$$\begin{aligned}\Delta A^* &= \Delta A_j^* + \Delta A_k^* \\ &= \eta_j \cdot \Delta^- A_j + \eta_k \cdot \Delta^+ A_k \\ &= \eta_j \cdot (1 - \pi_j) \cdot \Delta^- G_j + \eta_k \cdot (1 - \pi_k) \cdot \Delta^+ G_k \\ &= [\eta_k \cdot (1 - \pi_k) - \eta_j \cdot (1 - \pi_j)] \cdot \Delta^+ G_k \quad (\text{兩類預期損失率與風險權數的差異})\end{aligned}$$

因此  $\Delta A^*$  的正負將視決定預期損失率差異與風險權數差異的相對大小而定。資本適

和不改變的條件下，信用風險性資產由低預期損失率以及低風險權數的項目  $G_j$  (例如正常放款) 轉變為高預期損失率以及高風險權數的項目  $G_k$  (例如逾期放款)，也就是說， $\pi_j < \pi_k$ 、 $\eta_j < \eta_k$ ，且  $-\Delta^- G_j = \Delta^+ G_k$ ，給定這種變動，則可得法定資本  $C$  的降幅

$$\begin{aligned}\Delta C &= \Delta^- C_j + \Delta^+ C_k \quad (\text{兩類法定資本的差異}) \\ &= \Delta^- A_j + \Delta^+ A_k \quad (\text{兩類信用風險性資產項目的差異}) \\ &= (1 - \pi_j) \cdot \Delta^- G_j + (1 - \pi_k) \cdot \Delta^+ G_k \\ &= [(1 - \pi_k) - (1 - \pi_j)] \cdot \Delta^+ G_k \quad (\text{兩類預期損失率的差異}) \\ &< 0\end{aligned}$$

而信用風險加權資產  $A_j^*$  變動的幅度則等於

足率  $\psi$  變動的幅度可表示為

$$\Delta \psi = \frac{C + \Delta C}{A^* + \Delta A^*} - \frac{C}{A^*} = \frac{C + [(1 - \pi_k) - (1 - \pi_j)] \cdot \Delta^+ G_k}{A^* + [\eta_k \cdot (1 - \pi_k) - \eta_j \cdot (1 - \pi_j)] \cdot \Delta^+ G_k} - \frac{C}{A^*}$$

信用風險衝擊對資本適足率的影響主要是顯現在不同信用風險性資產項目的相對大小，縱使總曝險額不變，只要信用風險性資

產由預期損失率與風險權數小的類型移轉到預期損失率與風險權數大的類型，就會造成備抵呆帳 (預期損失) 與風險權數 (未預期損

失) 的增加，因而導致信用風險性資產與法定資本的減少，以及信用風險加權資產的變動，當資本適足率定義的分子與分母都受到衝擊，資本適足率自然就會變動。

資本適足率的分析有助於我們了解銀行對信用風險是否有足夠承擔能力，對資本適足率設定下限的目的自然就是要控制所有各信用風險性資產之未預期損失的總量。換言之，對信用風險進行壓力測試所要檢測的是：在防範各信用風險性資產之預期損失後，銀行是否還有足夠的能力來承擔其未預期損失。

### 三、利率風險

資產價格變動造成損失的風險稱為市場風險，主要是指利率風險、權益價格風險、與匯率風險。

屬於市場風險的利率風險對銀行之資本適足率的直接影響是經由其資產負債表中各種對利率敏感的資產與負債，其中最重要者為存放款與債券，前者所產生的淨利息收益是銀行的主要收入來源，也是銀行最受利率風險影響之處，首先我們將研究存放款所產生之淨利息現金收益對資本適足率的影響。由於利率和債券市價呈反向關係，利率變動自然也會影響銀行所持有的債券資產乃至於銀行所發行的債券負債之價值，之後我們將接著研究利率風險如何經由所謂的存續期間缺口影響資本適足率。這裡要指出，利率

變動對銀行資產負債表的影響中，淨利息收益的變動被歸於現金變動，債券市值的變動在債券未達到期日前被歸於未實現的現金變動，兩者皆視為現金，因此不影響風險加權資產，所以對資本適足率的影響方式也較之前的信用風險為簡單。

利率風險對銀行資產負債表除了前述兩種直接影響外，也會對銀行的授信戶產生影響，再經由授信戶償債能力的變動對銀行資產負債表造成間接的影響。

#### (一) 淨利息現金收益

利率變動所導致的利率風險對銀行資產負債表的最直接而重要的影響是存放款的利息現金收益。假設對利率敏感的資產 (放款) 與負債 (存款) 可依其期限別分為  $p$  類，現分別以  $A_j$  與  $L_j$  代表某一銀行所擁有之第  $j$  期限別資產與第  $j$  期限別負債，再假設對應的利率分別是  $r_j^+$  與  $r_j^-$ ，則可得對應的利息現金收益  $r_j^+ \cdot A_j$  與利息現金支出  $r_j^- \cdot L_j$ 。當利率改變時，則對應的淨利息現金收益也會隨之改變：

$$\Delta r_j^+ \cdot A_j - \Delta r_j^- \cdot L_j$$

根據(1)式，淨利息現金收益的改變對資本適足率的影響可寫成：

$$\Delta \psi = \frac{C + \sum_{j=1}^p (\Delta r_j^+ \cdot A_j - \Delta r_j^- \cdot L_j)}{A^*} - \frac{C}{A^*}$$

由於淨利息現金收益是現金，現金的風

險權數是 0，所以淨利息現金收益的變動不會影響風險加權資產  $A^*$ 。

## (二) 債券持有部位

利率變動所導致的利率風險對銀行資產負債表的另一個直接影響是債券持有部位的市值，假設債券資產與債券負債可依其到期日分為  $p$  類，現分別以  $B_j^+$  與  $B_j^-$  代表某一銀行所擁有之第  $j$  到期日別債券資產與第  $j$  到期日別債券負債，再假設對應的利率分別是  $r_j^+$  與  $r_j^-$ ，則債券市值的利率彈性約略等於其「存續期間」(duration) 之負值：<sup>註4</sup>

$$\frac{\Delta B_j^+ / B_j^+}{\Delta r_j^+ / (1 + r_j^+)} \approx -D_j^+,$$

$$\frac{\Delta B_j^- / B_j^-}{\Delta r_j^- / (1 + r_j^-)} \approx -D_j^-.$$

當利率改變時，則第  $j$  到期日別債券資產市值會隨之改變：

$$\Delta B_j^+ = \frac{B_j^+ \cdot (-D_j^+) \cdot \Delta r_j^+}{1 + r_j^+}$$

第  $j$  到期日別債券負債市值也會改變：

$$\Delta B_j^- = \frac{B_j^- \cdot (-D_j^-) \cdot \Delta r_j^-}{1 + r_j^-}$$

資產的變動等於兩者之差額：

$$\Delta B_j^+ - \Delta B_j^- = \frac{B_j^+ \cdot (-D_j^+) \cdot \Delta r_j^+}{1 + r_j^+} - \frac{B_j^- \cdot (-D_j^-) \cdot \Delta r_j^-}{1 + r_j^-}$$

債券持有部位市值的變動不會影響風險加權資產  $A^*$ ，根據(1)式，債券持有部位市值的改變對資本適足率的影響便可寫成：

$$\Delta \psi = \frac{C + \sum_{j=1}^p (\Delta B_j^+ - \Delta B_j^-)}{A^*} - \frac{C}{A^*} = \frac{C - \sum_{j=1}^p \frac{\Delta r_j^+}{1 + r_j^+} \cdot D_j^* \cdot B_j^+}{A^*} - \frac{C}{A^*}$$

其中  $D_j^*$  是所謂的「存續期間缺口」，其定義是

$$D_j^* \equiv D_j^+ - D_j^- \cdot \frac{1 + r_j^+}{1 + r_j^-} \cdot \frac{\Delta r_j^-}{\Delta r_j^+} \cdot \frac{B_j^-}{B_j^+} = D_j^+ \left( 1 - \frac{\Delta B_j^-}{\Delta B_j^+} \right)$$

此存續期間缺口基於如下理由應為正值：

1. 債券負債與債券資產的利率大都同步變動，因此  $\Delta r_j^- / \Delta r_j^+$  通常是正值。

2. 銀行持有的債券資產  $B_j^+$  通常大於其所持有的債券負債  $B_j^-$ 。

3. 由於銀行大都是以接受短期低利率存款(負債)、提供長期高利率貸款(資產)的

方式經營，因此資產的存續期間  $D_j^+$  通常都是遠大於負債的存續期間  $D_j^-$ ，且長期利率  $r_j^+$  也大於短期利率  $r_j^-$ 。

#### 四、權益價格風險

屬於市場風險的權益價格風險對銀行資產負債表的影響是在股票持有部位。

##### (一) 股票持有部位

假設有  $p$  種不同股票，再假設某一銀行

$$\Delta S_j = \Delta P_j \cdot Q_j = P_j \cdot Q_j \cdot \left( \alpha_j + \beta_j \cdot \frac{\Delta P_o}{P_o} \right) = S_j \cdot \left( \alpha_j + \beta_j \cdot \frac{\Delta P_o}{P_o} \right),$$

由於股票持有部位市值被視為現金，風險權數是 0，所以股票持有部位的變動不會影響風險加權資產  $A^*$ 。因此根據(1)式，股

$$\Delta \psi = \frac{C + \sum_{j=1}^p \Delta S_j}{A^*} - \frac{C}{A^*} = \frac{C + \sum_{j=1}^p S_j \cdot \left( \alpha_j + \beta_j \cdot \frac{\Delta P_o}{P_o} \right)}{A^*} - \frac{C}{A^*}$$

#### 五、匯率風險

屬於市場風險的匯率風險對銀行之資本適足率的影響是經由其資產負債表中外幣淨持有部位項目。

##### (一) 外幣淨持有部位

假設有  $p$  種不同外幣，再假設某一銀行以本國貨幣表示之第  $j$  種外幣的淨持有部位是  $F_j$ ，對應的匯率（每一單位外國貨幣所能兌換的本國貨幣）是  $e_j$ ，則按照匯率的定義可得

$$F_j = e_j \cdot F_j'$$

所擁有之第  $j$  種股票市值是  $S_j = P_j \cdot Q_j$ ，其中  $P_j$  與  $Q_j$  分別是對應股票的價格與該銀行所持有的數量，給定股價指數  $P_o$  後，則由「資本資產定價模型」可得

$$\frac{\Delta P_j}{P_j} = \alpha_j + \beta_j \cdot \frac{\Delta P_o}{P_o}.$$

其中  $\alpha_j$  與  $\beta_j$  分別是第  $j$  種股票的  $\alpha$  值與  $\beta$  值。當股價指數改變時，則股票持有部位的市值也會改變

票持有部位市值的改變對資本適足率的影響可寫成：

這裡的  $F_j'$  是以外國貨幣表示之第  $j$  種外幣的淨持有部位。當匯率改變時，則以本國貨幣表示之外幣淨持有部位也會隨之改變：

$$\Delta F_j = \Delta e_j \cdot F_j' \quad \text{或是} \quad \frac{\Delta F_j}{F_j} = \frac{\Delta e_j}{e_j}$$

亦即外幣淨持有部位變動的百分比應等於匯率變動的百分比。

根據(1)式，外幣淨持有部位的改變對資本適足率的影響可寫成：

$$\Delta\psi = \frac{C + \sum_{j=1}^p \Delta F_j}{A^*} - \frac{C}{A^*} = \frac{C + \sum_{j=1}^p \frac{\Delta e_j}{e_j} \cdot F_j}{A^*} - \frac{C}{A^*}$$

由於外幣淨持有部位是現金，現金的風險權數是 0，所以外幣淨持有部位的變動不會影響風險加權資產A\*。

## 六、市場風險的信用連結

相對於放款所承受的信用風險，銀行資產負債表之其他資產與負債項目所承受的是利率、匯率、與股價指數變動的市場風險，市場風險對銀行之資產負債表乃至於資本適

足率除了有此直接的影響外，更重要的是，還會經由對授信戶償債能力的影響，對銀行之資產負債表乃至於資本適足率產生屬於信用風險的間接影響，市場風險的這些間接影響可稱為企業、家計之實質部門與銀行的「信用連結」。我們也可針對市場風險對資本適足率的的間接影響進行分析，為節省篇幅便不在這裡列舉這些分析結果了。

## 肆、流動性風險

流動性壓力測試所考量的是，當一銀行因發生擠兌而逐日流失大量現金時，若無中央銀行及其他銀行的奧援，該銀行是否有能力在一特定的期間 (通常是 5 日) 內持續保有足夠的現金應付擠兌。相較於以資本適足程度為壓力測試標的之其他風險，流動性壓力測試有二個不同的特質；一是測試標的是現金而非法定資本，二是測試期間長短 (以日為單位) 明確訂定。

流動性壓力測試需要計算各銀行現金流量的日資料，也需考慮中央銀行的對銀行流動性的監控規定。

### 一、擠兌可能性指數與安全度變量

銀行是否會發生擠兌乃至於發生擠兌後流失現金的速度，都與外界對該銀行之「安全度」的認知有密切關係。一般可以如下多種變量中之一做為評估銀行安全與否的根據：

- 總資產
- 加權總資產：公營銀行資產權數加倍
- 信用評等
- 流動資產占總資產 (FSI 核心指標)
- 流動資產占短期負債 (FSI 核心指標)
- 存放比
- 三十天累計缺口占淨值
- 擔保品品質
- 作業風險大小



以總資產或信用評等為例，這些安全度變量的數值越高，銀行的安全度就越高。

## 二、流動性指數與流動性變量

銀行除了可用庫存現金以支應現金流出外，還可將一定比例的流動資產與固定資產轉換成現金，銀行對現金需求的大小除了與銀行資產本身的流動性有高度相關性外，還與下列因素有關：

- 銀行現金需求相對於整體現金流量的大

小(銀行現金需求量大，流動性越低)

- 市場風險(市場風險越大，流動性越低)
- 總體經濟(總體經濟越差，投資人越趨避風險，流動性越低)

## 三、基本模型{基本模型}

給定各銀行的安全度變量值，我們先求得所有銀行之安全度變量值中的最大者與最小者，再定義銀行  $i$  的「擠兌可能性指數」為：

$$\text{擠兌可能性指數}_i = \frac{\text{安全度變量之最大值} - \text{安全度變量}_i}{\text{安全度變量之最大值} - \text{安全度變量之最小值}}$$

這個指數介於 0 和 1 之間，指數值越大，擠兌可能性就越高。

同理，給定各銀行的流動性變量值，我

們先求得所有銀行之流動性變量值中的最大者與最小者，再定義銀行  $i$  的「流動性指數」為：

$$\text{流動性指數}_i = \frac{\text{流動性變量之最大值} - \text{流動性變量}_i}{\text{流動性變量之最大值} - \text{流動性變量之最小值}}$$

這個指數介於 0 和 1 之間，指數值越大，流動性就越高。

## 四、日現金淨流入量與流動性風險

銀行發生擠兌時，不同類型的存款會以不同的提取比例大量流失，這就構成了銀行的日現金流出量。銀行為支應現金流出，除了可用庫存現金外，還可將一定比例的流動資產與固定資產快速轉換成現金，此即銀行的日現金流入量。日現金流入量與日現金流出量之間的差額就是「日現金淨流量」，而

所謂的「日現金存量」則是累積多日之日現金淨流入量的總和。當某日的日現金存量與日現金流入量不足以支付該日的日現金流出量，便是所謂的「流動性風險」，銀行發生擠兌(亦即日現金流出量暴增)問題後，一定要有能力維持至少五日(一週)之內不發生流動性風險，亦即要有能力保持至少五日的日現金存量為正值。一般認為，銀行若能在擠兌問題發生後維持五日不發生流動性風險，通常便能獲得中央銀行或其他銀行的奧援而度過擠兌難關。

● 日現金流出量：

1. 本幣與外幣活期存款、以及本幣與外幣定期存款各有其每日提取比例的上、下限。

2. 各種存款的提取比例也受到銀行之擠兌可能性指數的影響：

提取比例  $i$  = 提取比例下限 + 擠兌可能性

指數  $i \times$  (提取比例上限 - 提取比例下限)

擠兌可能性指數越高，提取比例就越高，過高的提取比例就是所謂的擠兌。

3. 隨著各種存款每日以不同的提取比例轉換成現金，這些存款也會逐日減少。

● 日現金流入量：

1. 各類流動資產與固定資產各有其每日變現比例的上、下限。

2. 各種資產的變現比例受到銀行之流動性指數的影響：

變現比例  $i$  = 變現比例下限 + 流動性指數  $i$   $\times$  (變現比例上限 - 變現比例下限)

流動性指數越高，變現比例就越高。

3. 隨著流動資產與固定資產每日以不同的比例快速轉換成現金，這些資產也會逐日減少。

根據銀行  $i$  在第  $t$  日之存款與資產的存量可分別計算該日之日現金流出量與流入量，再進而計算銀行  $i$  在第  $t$  日的日現金存量：

$$\text{日現金存量}_i^{(t)} = \text{日現金存量}_i^{(t-1)} + \text{日現金流入量}_i^{(t)} - \text{日現金流出量}_i^{(t)} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} &= \text{日現金存量}_i^{(t-1)} \\ &+ \sum_{j=1}^2 \text{資產}_{ij}^{(t)} \times \left[ \text{變現比例下限}_j \right. \\ &\quad \left. + \text{流動性指數}_i \times \left( \text{變現比例上限}_j - \text{變現比例下限}_j \right) \right] \\ &- \sum_{j=1}^4 \text{存款}_{ij}^{(t)} \times \left[ \text{提取比例下限}_j \right. \\ &\quad \left. + \text{擠兌可能性指數}_i \times \left( \text{提取比例上限}_j - \text{提取比例下限}_j \right) \right] \quad (3) \end{aligned}$$

這裡的「資產  $_{ij}^{(t)}$ 」是指銀行  $i$  在第  $t$  日之第  $j$  類資產 (流動資產或固定資產) 的存量，「變現比例上下限  $_j$ 」是對應資產變現比例的上、下限，同理，「存款  $_{ij}^{(t)}$ 」是指銀行  $i$  在第  $t$  日之第  $j$  類存款 (本幣或外幣活期存

款、或本幣或外幣定期存款) 的存量，「提取比例上下限  $_j$ 」是對應存款提取比例的上、下限。

若銀行  $i$  無法在特定的日數 (通常是五日，亦即  $t=1,2,\dots,5$ ) 內持續正的日現金存

量，便發生流動性問題，我們將紀錄發生流動性問題的銀行家數。

現以矩陣向量的符號表示前述的遞迴式。給定  $n$  家銀行，假設  $\mathbf{A}_1^{(t)}$  是包含所有銀行在第  $t$  日之流動資產與固定資產存量的  $n \times 2$  矩陣， $\mathbf{A}_2^{(t)}$  是包含所有銀行在第  $t$  日之 4 類存款（本幣與外幣活期存款、以及本幣與外幣定期存款）存量的  $n \times 4$  矩陣，再假設

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\lambda}^{(t)} &= \boldsymbol{\lambda}^{(t-1)} + [\mathbf{A}_1^{(t-1)} \mathbf{a}_1 + \Delta(\mathbf{s}_1) \mathbf{A}_1^{(t-1)} (\mathbf{b}_1 - \mathbf{a}_1)] - [\mathbf{A}_2^{(t-1)} \mathbf{a}_2 + \Delta(\mathbf{s}_2) \mathbf{A}_2^{(t-1)} (\mathbf{b}_2 - \mathbf{a}_2)], \\ \mathbf{A}_1^{(t)} &= \mathbf{A}_1^{(t-1)} - [\mathbf{A}_1^{(t-1)} \Delta(\mathbf{a}_1) + \Delta(\mathbf{s}_1) \mathbf{A}_1^{(t-1)} \Delta(\mathbf{b}_1 - \mathbf{a}_1)], \\ \mathbf{A}_2^{(t)} &= \mathbf{A}_2^{(t-1)} - [\mathbf{A}_2^{(t-1)} \Delta(\mathbf{a}_2) + \Delta(\mathbf{s}_2) \mathbf{A}_2^{(t-1)} \Delta(\mathbf{b}_2 - \mathbf{a}_2)],\end{aligned}$$

這裡的  $\Delta(\mathbf{s}_1), \Delta(\mathbf{a}_1), \dots$  分別是以  $\mathbf{s}_1, \mathbf{a}_1, \dots$  向量的元素為對角元素的對角矩陣。至於各矩陣、向量的起始值是： $\boldsymbol{\lambda}^{(0)}$ 、 $\mathbf{A}_1^{(0)}$ 、和  $\mathbf{A}_2^{(0)}$  分別包含所有銀行在擠兌開始之日的庫存現金、流動資產與固定資產存量、和 4 類

$\mathbf{a}_1$  與  $\mathbf{b}_2$  分別是包含流動資產與固定資產之日變現比例下限與上限的  $2 \times 1$  向量， $\mathbf{a}_2$  與  $\mathbf{b}_2$  分別是包含 4 類存款存量之日提取比例下限與上限的  $4 \times 1$  向量，最後假設  $\mathbf{s}_1$  與  $\mathbf{s}_2$  分別是包含所有銀行之流動性指數與擠兌可能性指數的  $n \times 1$  向量， $\boldsymbol{\lambda}^{(t)}$  是包含所有銀行在第  $t$  日之日現金存量的  $n \times 1$  向量，則可得如下遞迴式：

存款存量。注意：日變現比例下限與上限  $\mathbf{a}_1$  與  $\mathbf{b}_1$ 、日提取比例下限與上限  $\mathbf{a}_2$  與  $\mathbf{b}_2$ 、以及流動性指數向量  $\mathbf{s}_1$  與擠兌可能性指數向量  $\mathbf{s}_2$  均為不隨時間改變的常數向量。

## 伍、銀行間的傳染風險

銀行間的傳染風險是指某些銀行因破產而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。更具體的說，銀行間的傳染風險是指某一家銀行（銀行  $i$ ）破產因而無法償還對其他銀行的負債，導致另一家銀行（銀行  $j$ ）也破產的風險，銀行  $i$  的破產不見得會導致銀行  $j$  立即破產，很可能是先造成其他銀行—銀行  $k$  及銀行  $\ell$ —的破產，再因銀行  $k$  及銀行  $\ell$  的破產，間接導致銀行

$j$  破產，而這個過程也顯示銀行間的傳染風險會以逐漸擴散的方式遞迴發生。

我們可更具體的說明破產傳染的過程如下：假設  $C_j$  是銀行  $j$  在期初的法定資本， $N_{ij}$  是銀行  $i$  欠銀行  $j$  的債務數額，若銀行  $i$  於期初破產，則在「第一回合」中銀行  $j$  的法定資本將等於  $C_j^{(1)} = C_j - N_{ij}$ ，也就是說，由於銀行  $i$  破產，它對銀行  $j$  的欠債  $N_{ij}$  便將轉為呆帳而須由銀行  $j$  的法定資本中扣

除。<sup>註5</sup>

當銀行  $j$  的期初法定資本無法覆蓋此呆帳損失導致  $C_{ij}^{(1)}$  成為負值時，銀行  $j$  便會破產。反之，則銀行  $j$  將進入「第二回合」。

假設有兩家銀行—銀行  $k$  與銀行  $\ell$ —無法承擔銀行  $i$  期初破產對之所造成的呆帳損失而在第一回合中破產，則銀行  $j$  在第二回合中就将受到銀行  $k$  與銀行  $\ell$  的影響，使得第二回合後銀行  $j$  的法定資本將減少為  $C_{ij}^{(2)} = C_{ij}^{(1)} - N_{kj} - N_{\ell j}$ 。若銀行  $j$  之第一回合後的剩餘法定資本無法覆蓋此呆帳損失而導致  $C_{ij}^{(2)}$  成為負值，則銀行  $j$  便會在第二回合中破產。反之，銀行  $j$  便將進入第三回合，再重複同樣的計算。破產的遞迴傳染將持續進行到沒有正常銀行破產為止。

我們因此得知，銀行在各回合後的剩餘法定資本將隨著回合數的遞增而逐漸由正的

$$C_{ij}^{(m)} = C_{ij}^{(m-1)} - \sum_{k=1}^n d_{ik}^{(m-1)} N_{kj}, \quad m = 1, 2, \dots$$

其中  $d_{ik}^{(m)}$  是銀行  $k$  在第  $m$  回合前尚未破產，但在第  $m$  回合中破產第一次發生的指標，亦即

$$d_{ik}^{(m)} \equiv \begin{cases} 1, & \text{若 } C_{ik}^{(m)} \leq 0 \text{ 且 } \sum_{\ell=0}^{m-1} d_{ik}^{(\ell)} = 0, \\ 0, & \text{其他。} \end{cases}$$

上述「破產首發指標」的定義中  $\sum_{\ell=0}^{m-1} d_{ik}^{(\ell)} = 0$  條件的用意是在確保銀行只能破產一次：若銀行  $k$  在第  $m$  回合破產，則此銀行之前必然沒有破產過。

期初法定資本遞減，若一銀行的剩餘法定資本在某一回合中由正值轉變為負值，則該銀行便會在該回合中破產：

- 任何銀行都只能破產一次，也只有破產發生的回合中會對其他銀行產生影響，在之後的回合中將不會再對其他銀行產生任何影響。
- 銀行在破產之後的回合中其剩餘法定資本仍然還會因其他銀行的破產而繼續遞減，亦即負的剩餘法定資本仍可繼續減少。
- 銀行不破產就不會對其他銀行產生任何影響。

為了更清楚的說明破產遞迴傳染的過程，給定銀行  $i$  於期初破產，我們可定義銀行  $j$  在第  $m$  回合後的剩餘法定資本如下：

- 假設如前所述  $C_j$  是銀行  $j$  在期初的法定資本，則給定銀行  $i$  於期初破產，銀行  $j$  在第 0 回合的剩餘法定資本是  $C_{ij}^{(0)} = C_j$ ，而該回合的破產指標是

$$d_{ik}^{(0)} = \begin{cases} 1, & \text{當 } k = i, \\ 0, & \text{當 } k \neq i. \end{cases}$$

也就是說，銀行  $i$  於第 0 回合 (即期初) 被設定為破產。因此，銀行  $j$  在第 1 回合後的剩餘法定資本是

$$C_{ij}^{(1)} = C_{ij}^{(0)} - N_{ij} = C_j - N_{ij}$$

- 如前所述，「破產首發指標」定義中附加  $\sum_{\ell=0}^{m-1} d_{ik}^{(\ell)} = 0$  條件的用意是在確認銀行  $k$  若在第  $m$  回合破產，這個銀行之前必然沒有破產過。這個條件有如下的意涵：
  - 「破產首發指標」只有在破產首次發生的回合中是 1，在之前與之後的回合中都只能是 0，亦即隨著回合數  $m$  的遞增，「破產首發指標」 $d_{ik}^{(m)}$  最多只有一次是 1 (也可能沒有 1)。
  - 「破產首發指標」 $d_{ik}^{(m)}$  並非「破產指標」，「破產指標」定義是：

$$b_{ik}^{(m)} \equiv \sum_{\ell=0}^m d_{ik}^{(\ell)}$$

這個指標可顯示一家銀行在第  $m$  回合是否處於破產狀態：若  $b_{ik}^{(m)} = 0$ ，則銀行  $k$  在第  $m$  回合未破產，但  $b_{ik}^{(m-1)} = 1$ ，則銀行  $k$  在第  $m$  回合則處於破產狀態。因此，「破產首發指標」

$$d_{ik}^{(m)} = b_{ik}^{(m)} - b_{ik}^{(m-1)}$$

並不能用來顯示一家銀行是否處於破產狀態，亦即隨著回合數  $m$  的遞增，「破產首發指標」 $d_{ik}^{(m)}$  最多只有一次是 1 (也可能沒有 1)，而「破產指標」 $b_{ik}^{(m)}$  則會由 0 轉變為 1，且一旦轉變為 1 後，則在之後的各回合中就維持為 1，不會再轉變回 0 (「破產指標」 $b_{ik}^{(m)}$  也可能永遠為 0)。

- 剩餘法定資本  $C_{ij}^{(m)}$  的遞迴定義中所採用的是「破產首發指標」 $d_{ik}^{(m)}$  而非「破產指標」 $b_{ik}^{(m)}$ ，這是因為銀行只有在破產發生的回合中會對其他銀行產生影響，在之後的回合中將不會再對其他銀行產生任何影響。剩餘法定資本  $C_{ij}^{(m)}$  的遞迴定義可改寫為：

$$\begin{aligned} C_{ij}^{(m)} &= C_{ij}^{(0)} - \sum_{\ell=0}^{m-1} \sum_{k=1}^n d_{ik}^{(\ell)} N_{kj} \\ &= C_{ij}^{(0)} - \sum_{k=1}^n b_{ik}^{(m-1)} N_{kj}. \end{aligned}$$

- 在前述給定銀行  $i$  於期初破產、銀行  $j$  在第  $m$  回合後之剩餘法定資本  $C_{ij}^{(m)}$  的討論中，我們隱含的假設  $i \neq j$ ，我們現在將討論  $i = j$  的情形：我們將假設銀行  $i$  欠自己的債務數額  $N_{ii}$  是 0，由於已假設銀行  $i$  於期初破產，銀行  $i$  在第 0 回合的剩餘法定資本也就假設為 0：0：0：0：0：0，因此，銀行  $i$  在第 1 回合後的剩餘法定資本是

$$C_{ii}^{(1)} = C_{ii}^{(0)} - N_{ii} = 0 - 0 = 0.$$

也就是說，假設給定銀行  $i$  於期初破產，則銀行  $i$  在第 1 回合後的剩餘法定資本便是 0。此外我們還要指出，由於早已假設給定銀行  $i$  於期初破產，銀行  $i$  的「破產首發指標」在第 0 回合的數值是 1，亦即  $d_{ii}^{(0)} = 1$ ，在所有未來回合此「破產首發指標」的數值都只能是 0，亦即  $d_{ii}^{(1)} = d_{ii}^{(2)} = d_{ii}^{(3)} = \dots = 0$ ，因此，在第 0 回合後  $N_{ii} = C_i$  就再也不會影響其它銀行的剩餘法定資本。最後還要指出，給定銀行  $i$  於期初破產，它自己的「破產指標」自然永遠都是 1， $b_{ii}^{(0)} = b_{ii}^{(1)} = b_{ii}^{(2)} = \dots = 1$ 。

綜合前述的分析可知，給定銀行  $i$  於期初破產，銀行  $j$  在各回合後的剩餘法定資本  $C_{ij}^{(m)}$  將隨著  $m$  的遞增而逐漸由正的期初法定資本  $C_j$  遞減，在第 1 回合後此剩餘法定資本將減少  $N_{ij}$ ，而在之後的回合中將視是否還有其他銀行破產來決定剩餘法定資本的遞減程度。若  $C_{ij}^{(m)}$  一直得以保持為正值，則銀行  $j$  就不會破產，對應的「破產首發指標」 $d_{ij}^{(m)}$  以及「破產指標」 $b_{ij}^{(m)}$  就一直保持為 0。但若  $C_{ij}^{(m)}$  在某一回合成為負值，銀行  $j$  就在該回合破產，對應的「破產首發指標」 $d_{ij}^{(m)}$  以及「破產指標」 $b_{ij}^{(m)}$  也將由 0 轉變為 1，而在之後的回合中「破產首發指標」 $d_{ij}^{(m)}$  將變回 0，但「破產指標」 $b_{ij}^{(m)}$  則

將一直維持為 1。

破產的遞迴傳染將持續進行到沒有銀行再首發破產為止，亦即回合數  $m$  將遞增到所有「破產首發指標」都等於 0 為止：

$d_{ij}^{(m)} = 0$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ )，此時所有的剩餘法定資本  $C_{ij}^{(m)}$  (所有  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) 不論正負也都不會再改變，因此之後也就不可能再有銀行首發破產。

### 一、債務矩陣

假設  $N_{ij}^-$  代表銀行  $i$  欠銀行  $j$  的債務數額，並進一步假設  $N_{ii}^-$  等於 0。當  $i \neq j$  時， $N_{ij}^-$  的數值可正可負，且  $N_{ij}^- = -N_{ji}^-$ ，亦即銀行  $i$  欠銀行  $j$  的債務數額與銀行  $j$  欠銀行  $i$  的債務數額有相同的數值，相反的符號。再定義  $N_{ij}$  如下：

$$N_{ij} = \begin{cases} N_{ij}^-, & \text{若 } N_{ij}^- \geq 0, \\ 0, & \text{若 } N_{ij}^- < 0. \end{cases}$$

假設  $\mathbf{N}_{\text{逾期}} = [N_{ij}^-]$  和  $\mathbf{N} = [N_{ij}]$ 。

- 給定銀行家數為  $n$ ， $\mathbf{N}_{\text{逾期}}$  是一個顯示各銀行間交互曝險淨額的  $n \times n$  正方矩陣，矩陣中的每一個元素均是對應橫列銀行欠對應直欄銀行的債務數額。這個正方矩陣必然是一「反對稱」矩陣，亦即對角線上三角區域內的任一元素與對角線下三角區域內的對稱元素有相同的數值，相反的符號。若只保留此「反對稱」矩陣中的正值元素，並將負值元素

全部轉成 0，便得到  $\mathbf{N}$  矩陣。 $\mathbf{N}$  矩陣事實上包含了  $\mathbf{N}$  逾期矩陣的所有信息。

- $\mathbf{N}_{\text{逾期}}$  與  $\mathbf{N}$  的對角線元素均設為 0： $N_{ii}^- = N_{ii} = 0$ ，亦即任何銀行對自己的欠款均為 0。

- 假設  $\mathbf{c} = [C_1 C_2 \cdots C_n]'$  是包含各銀行之期初法定資本的  $n \times 1$  向量，則債務矩陣  $\mathbf{N}$  的矩陣結構可解釋如下：

- $\mathbf{N}$  之第  $i$  橫列顯現的是銀行  $i$  欠各家銀行的債務數額，比較此橫列的各個元素可知銀行  $i$  的最大債主是哪一家銀行、對哪些銀行沒有債務、債務是否分散等等：

1.  $\mathbf{N}$  之第  $i$  橫列元素的加總 (亦即  $\mathbf{N}\mathbf{1}$  之第  $i$  個元素) 是銀行  $i$  欠各家銀行的債務總額。

2.  $\mathbf{N}\mathbf{1}$  的最大元素是債務總額最大的銀行。

- $\mathbf{N}$  之第  $j$  直欄顯現的銀行  $j$  對各家銀行的曝險。比較此直欄的各個元素可知銀行  $j$  的最大債務人是哪一家銀行、對哪些銀行沒有曝險、曝險是否集中等等：

1.  $\mathbf{N}$  之第  $j$  直欄元素的加總 (亦即  $\mathbf{1}'\mathbf{N}$  之第  $j$  個元素) 是銀行  $j$  對各家銀行的曝險總額。

2.  $\mathbf{1}'\mathbf{N}$  的最大元素是曝險總額最大的銀行。

## 二、剩餘法定資本、破產指標、破產首發指標矩陣

假設  $\mathbf{C}^{(m)} = [C_{ij}^{(m)}]$ 、 $\mathbf{B}^{(m)} = [b_{ij}^{(m)}]$ 、與  $\mathbf{D}^{(m)} = [d_{ij}^{(m)}]$  分別是第  $m$  回合的剩餘法定資本、破產指標、破產首發指標矩陣，給定債務矩陣  $\mathbf{N}$ ，則

$$\begin{aligned}\mathbf{C}^{(m)} &= \mathbf{C}^{(m-1)} - \mathbf{D}^{(m-1)}\mathbf{N} \\ &= \mathbf{C}^{(0)} - \mathbf{B}^{(m-1)}\mathbf{N},\end{aligned}$$

$$\mathbf{B}^{(m)} = (\mathbf{C}^{(m)} \leq 0),$$

$$\mathbf{D}^{(m)} = \mathbf{B}^{(m)} - \mathbf{B}^{(m-1)},$$

而各矩陣的期初值是

$$\mathbf{C}^{(0)} = \mathbf{1} \cdot \mathbf{c}' - \Delta(\mathbf{c}), \quad \mathbf{D}^{(0)} = \mathbf{B}^{(0)} = \mathbf{I}.$$

這裡的  $\mathbf{1}$  是所有元素均為 1 的  $n \times 1$  向量， $\Delta\mathbf{c}$  是一個以向量  $\mathbf{c}$  之元素為對角元素的對角矩陣， $\mathbf{I}$  是單位矩陣。剩餘法定資本、破產指標、破產首發指標矩陣的遞迴定義將持續到  $\mathbf{D}^{(m)}$  的所有元素均為 0 為止。

- 剩餘法定資本矩陣  $\mathbf{C}^{(m)}$  的矩陣結構：

- $\mathbf{C}^{(m)}$  之第  $i$  橫列所顯示的是銀行  $i$  之期初破產對各家銀行的影響，此橫列中的各個元素分別代表各家銀行受到銀行  $i$  之期初破產的影響後，在第  $m$  回合後所剩的法定資本。

- $\mathbf{C}^{(m)}$  之第  $j$  直欄所顯示的是各家銀行之期初破產對銀行  $j$  的影響，此直欄中的各個元素分別代表銀行  $j$  受到各家

銀行之期初破產的影響後，在第  $m$  回合後所剩的法定資本。

- 破產指標矩陣  $\mathbf{B}^{(m-1)}$  的矩陣結構：
  - $\mathbf{B}^{(m-1)}$  之第  $i$  橫列所顯示的是銀行  $i$  之期初破產經傳染後，各家銀行破產的狀況。
    1.  $\mathbf{B}^{(m-1)}$  之第  $i$  橫列元素的加總 (亦即  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{1}$  之第  $i$  個元素) 是銀行  $i$  之期初破產經傳染後，銀行破產的總數。
    2.  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{1}$  的最大元素指出哪一家之期初破產能造成最多銀行的破產，亦即破壞力最大的銀行。
    3.  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{1}$  的最小元素指出哪一家之期初破產能造成最少銀行的破產，亦即破壞力最小的銀行。
  - $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{1}$  之第  $j$  直欄所顯示的是哪些銀行之期初破產經傳染後可導致銀行  $j$  的破產。
    1.  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{1}$  之第  $j$  直欄元素的加總 (亦即  $\mathbf{1}' \mathbf{B}^{(m-1)}$  之第  $j$  個元素) 指出有幾家銀行之期初破產經傳染後經傳染後可導致銀行  $j$  的破產。
    2.  $\mathbf{1}' \mathbf{B}^{(m-1)}$  的最大元素指出哪一家銀行受到最多銀行之期初破產的影響而破產，亦即對傳染風險抵抗力最小的銀行。
    3.  $\mathbf{1B}^{(m-1)}$  的最小元素指出哪一家銀行受到最少銀行之期初破產的影響而破產，亦即對傳染風險抵抗力最大的銀

行。

- 法定資本減損矩陣  $\mathbf{C}^{(0)} - \mathbf{C}^{(m)} = \mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N}$  的矩陣結構：
  - $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N}$  之第  $i$  橫列所顯示的是銀行  $i$  之期初破產經傳染後，各家銀行法定資本減損的金額。
    1.  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N}$  之第  $i$  橫列元素的加總 (亦即  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N} \mathbf{1}$  之第  $i$  個元素) 是銀行  $i$  之期初破產經傳染後造成其他銀行法定資本減損的總金額。
    2.  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N} \mathbf{1}$  的最大元素指出哪一家之期初破產能造成最大的法定資本減損，亦即破壞力最大的銀行。<sup>註6</sup>
    3.  $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N} \mathbf{1}$  的最小元素指出哪一家之期初破產能造成最小的法定資本減損，亦即破壞力最小的銀行。
  - $\mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N}$  之第  $j$  直欄所顯示的是各家銀行之期初破產經傳染後所造成之銀行  $j$  的法定資本減損。
- 首發破產指標矩陣  $\mathbf{D}^{(m-1)}$  的功能有二：
  - 決定每一回合各銀行法定資本減損的數額，強調一銀行的破產只在破產首發的回合中減損其他銀行的法定資本。
  - 決定遞迴傳染何時停止。

### 三、破產的定義

前述的分析中是以法定資本減少到負值做為銀行破產(無法償還對其他銀行的負債)



的定義，破產可採用不同的定義，例如我們可根據資本適足率是否達到4%來定義破產。由於資本適足率牽涉到風險加權資產，所以必須先定義各回合的資本適足率。給定跨銀行借貸的風險權數  $\eta$ ，各回合的風險加權資產矩陣隨著法定資本矩陣  $\mathbf{C}^{(m)}$  的遞減以如下方式遞減

$$\begin{aligned}\mathbf{A}^{(m)} &= \mathbf{A}^{(m-1)} - \eta \cdot \mathbf{D}^{(m-1)} \mathbf{N} \\ &= \mathbf{A}^{(0)} - \eta \cdot \mathbf{B}^{(m-1)} \mathbf{N},\end{aligned}$$

這個矩陣的第  $i, j$  個元素  $A_{ij}^{(m)}$  是給定銀行  $i$  之期初破產，銀行  $j$  在第  $m$  回合的風險加權資產。風險加權資產矩陣的期初值是

$$\mathbf{A}^{(0)} = \mathbf{1} \cdot \mathbf{a}' - \Delta(\eta \cdot \mathbf{c}).$$

這裡的  $\mathbf{a} = [A_1 A_2 \cdots A_n]'$  一個是包含各銀行之期初風險加權資產的  $n \times 1$  向量，其中  $A_i$  是銀行  $i$  之期初風險加權資產。

有了各回合的風險加權資產矩陣與法定資本矩陣，便可定義對應回合的資本適足率矩陣：

$$\mathbf{Q}^{(m)} = \mathbf{C}^{(m)} / \mathbf{A}^{(m)},$$

而該回合的破產指標矩陣便可定義為

$$\mathbf{B}^{(m)} = (\mathbf{Q}^{(m)} < 0.4).$$

不論銀行破產如何定義，之前關於債務矩陣  $\mathbf{N}$ 、剩餘法定資本矩陣  $\mathbf{C}^{(m)}$ 、破產指標矩陣  $\mathbf{B}^{(m)}$ 、破產首發指標矩陣  $\mathbf{D}^{(m)}$  以及相關分析均可維持不變。

#### 四、特定壓力情境下的傳染風險

在前述的分析中，每一個矩陣的  $n$  個橫列事實上都代表  $n$  個彼此獨立執行的壓力情境(每一個壓力情境中分別有一家銀行於期初破產)，因此遞迴傳染結束後的法定資本矩陣  $\mathbf{C}^{(m)}$  與資本適足率矩陣  $\mathbf{Q}^{(m)}$  的  $n$  個橫列所呈現的是  $n$  個彼此獨立之壓力情境的遞迴傳染結果。

我們當然也可以分析單一但較為複雜之壓力情境下的傳染風險，壓力情境本身不是重點，我們只需知道壓力情境下各銀行的法定資本以及風險加權資產，再加上債務矩陣便可進行傳染風險的分析。

假設壓力情境下銀行  $i$  的法定資本與風險加權資產分別是  $C_i$  與  $A_i$ ，假設  $\mathbf{c} = [C_1 C_2 \cdots C_n]'$  和  $\mathbf{a} = [A_1 A_2 \cdots A_n]'$  分別是包含各銀行之法定資本與風險加權資產的  $n \times 1$  向量，由於只專注單一壓力情境，各回合的剩餘法定資本、風險加權資產、資本適足率、破產指標、破產首發指標將都可以  $n \times 1$  向量呈現，現以  $\mathbf{c}^{(m)}$ 、 $\mathbf{a}^{(m)}$ 、 $\mathbf{q}^{(m)}$ 、 $\mathbf{d}^{(m)}$ 、 $\mathbf{b}^{(m)}$  分別代表之。給定債務矩陣  $\mathbf{N}$  後，便可根據如下的遞迴式定義這些向量

$$\begin{aligned}\mathbf{c}^{(m)'} &= \mathbf{c}^{(m-1)'} - \mathbf{d}^{(m-1)'} \mathbf{N} \\ &= \mathbf{c}^{(0)'} - \mathbf{b}^{(m-1)'} \mathbf{N},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{a}^{(m)'} &= \mathbf{a}^{(m-1)'} - \eta \cdot \mathbf{d}^{(m-1)'} \mathbf{N} \\ &= \mathbf{a}^{(0)'} - \eta \cdot \mathbf{b}^{(m-1)'} \mathbf{N},\end{aligned}$$

$$\mathbf{q}^{(m)} = \mathbf{c}^{(m)} / \mathbf{a}^{(m)},$$

$$\mathbf{b}^{(m)} = \begin{cases} (\mathbf{c}^{(m)} \leq 0), \\ (\mathbf{q}^{(m)} < 0.4), \end{cases}$$

$$\mathbf{d}^{(m)} = \mathbf{b}^{(m)} - \mathbf{b}^{(m-1)},$$

而各向量的期初值是

$$\mathbf{c}^{(0)} = \mathbf{c}, \quad \mathbf{a}^{(0)} = \mathbf{a}, \quad \mathbf{q}^{(0)} = \mathbf{c}/\mathbf{a}.$$

$$\mathbf{d}^{(0)} = \mathbf{b}^{(0)} = \begin{cases} (\mathbf{c}^{(0)} \leq 0), \\ (\mathbf{q}^{(0)} < 0.4), \end{cases}$$

剩餘法定資本、破產指標、破產首發指標向量的遞迴定義將持續到  $\mathbf{d}^{(m)}$  的所有元素均為 0 為止。

## 陸、結 論

本文所介紹的壓力測試架構應有助於建構信用風險、利率風險、匯率風險、權益市值風險、銀行間傳染風險，乃至於流動性風險的壓力測試。本文亦曾嘗試依照這個架構使用由央行所獲得之台灣38家銀行於2007年年底的財報資料進行了初步的壓力測試，為節省篇幅這些實證結果未能納入本文。我們要強調本文的壓力測試架構尚有許多擴充的空間，事實上本文所述也已較Cihak的壓力測試架構更為深入而廣泛。

在這裏我們要指出，國內許多針對信用風險進行壓力測試的實證研究（國外亦然）都圍繞在總體經濟變量對信用風險因子（例如違約率、違約損失、損失備抵等）之迴歸模型的估計議題上，嚴格說起來，這類研究的主題只能算是本文第貳-三小節所提到的鏈接模型（亦稱為金融預警模型），也就是說，這類研究只做了一半，較為重要之壓力事件如何影響各銀行財務報表的議題反而是被忽

略了，資料不足應該是研究未做全的主因，我們因而認為當下最重要的壓力測試課題是以嚴謹精確的鏈接模型估計結果為基礎，更進一步的依照本文的架構收集銀行財務報表資料，以進行完整的信用風險壓力測試的實證研究。

由本文對市場風險的分析可知，進行市場風險的壓力測試相對簡單，所以過去大多數壓力測試的研究都以市場風險（尤其是利率與匯率）為主，但近年來信用風險壓力測試有後來居上的態勢（BIS, 2005），不論是在方法論上還是實證結果都獲得了許多重要成果，但我們也要指出，流動性風險的壓力測試似乎未受到足夠的重視，流動性風險研究需要不易收集之高頻資料（例如日資料）可能是主因，但近來金融海嘯所揭示信用風險與流動性風險交叉作用後的嚴重衝擊，我們實在不能不對流動性風險壓力測試予以更多的重視。

## 附註

- (註1) 風險值本身就須進行經常性的回顧測試。
- (註2) 典型範例，請參考 Evjen, et.al. (2005)。
- (註3) 也有人持不應考慮利潤之緩衝效果的保守觀點。
- (註4) 個別債券之存續期間的定義是

$$\text{存續期間} = \sum_t t \cdot \frac{\text{債券所產生之第 } t \text{ 期現金流量的折現值}}{\text{債券的市值}}$$

- (註5) 若  $N_{\ell j} = 0$ ，亦即銀行  $\ell$  不欠銀行  $j$ ，則自然也就不會影響銀行  $j$  的法定資本。
- (註6) 破壞力的定義可以根據破產銀行家數的多少，也可以根據法定資本減損金額的大小。

## 主要參考資料

- BIS, (2005) *"Stress Testing at Major Financial Institutions: Survey Results and Practice,"* Committee on the Global Financial System, Bank for International Settlements.
- BIS (2009) *"Principles for Sound Stress Testing Practices and Supervision,"* Consultative Document, Basel Committee on Banking Supervision, Bank for International Settlements.
- Cihák, M. (2007) *"Introduction to Applied Stress Testing,"* IMF Working Paper WP/07/59.
- Evjen, S., A. J. Lund, K. H. Morka, K. B. Nordal, and I. Svendsen (2005) *"Monetary and financial stability in Norway: what can we learn from macroeconomic stress tests?"* BIS Papers No 22.
- FRS (2009) *"The Supervisory Capital Assessment Program: Design and Implementation,"* Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Moretti, M., S. Stolz, and M. Swinburne (2008) *"Stress Testing at the IMF,"* IMF Working Paper WP/08/206, International Monetary Fund.

