

台灣銀行業信用風險壓力測試研究

洪明欽、張揖平 / 東吳大學財務工程與精算數學系教授
尹晟懿、黃珏茹 / 東吳大學財務工程與精算數學系研究生

近數十年來，金融市場在全球化的衝擊下，資金的流通以及金融商品的快速增加，使得全球金融市場更加熱絡，全球經濟彼此緊密相連。由於貿易與資金流通的阻礙相對減少，提升了金融業的效率與流動性。一體兩面的，由於全球金融市場緊緊互相依賴，金融業危機發生頻率有逐漸增加的趨勢，加上Basel II 在各國的陸續施行，如何預期並有效因應未來可能的金融風暴或市場危機已是銀行與監管單位所必須立即面對的一個迫切且重要的課題。針對此一課題，本研究將針對國內銀行的壓力測試模型建構與執程序進行探討，以提供銀行之參考。

The committee on the global financial system (2005) 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。我國財務會計準則公報第三十三號中，亦定義壓力測試為透過情境設定或歷史資訊，根據可能之風險因子變動情形，重新評估金融商品或投資組合之價值，以作為判斷企業蒙受不利影響時，能否承受風險因子變動之參考。Basel Committee on Banking Supervision (2009) 亦指出壓力測試為一個重要的風險管理輔助工具，通常被用以評估銀行在嚴重但可能發生的情境時所面臨的財務部位之可能損失。其所扮演的角色包括：

- (1) 提供前瞻性的風險評估；
- (2) 克服模型與歷史資料的限制；
- (3) 支援內部與外部的溝通；
- (4) 回饋 (feeding) 資本與流動性規劃之程序；
- (5) 作為銀行風險容忍度 (或胃納, tolerance) 設定之參考；
- (6) 在一定範圍之壓

力條件下，提供風險舒緩 (mitigation) 與臨時性計畫 (contingency plan) 之制定。

台灣自採行新版巴塞爾資本協定以來，有關採用標準法 (Standardized approach, STD 法) 與信用風險內建評等法 (Internal Rating-Based approach, IRB法) 之銀行業者應該如何有效執行第二支柱的壓力測試之議題，現有規範仍不夠具體明確，無法有效呈現各銀行在極端潛在事件發生時的真正風險，有待進一步的探討與規範。本文將探討一個可以反應個別銀行資產組合風險差異性之壓力測試模型，亦即，如何建構一個可以有效反應違約風險與經濟、市場變數間關係的總體信用風險模型。主要目的在描述一個可行的壓力測試執程序，以提供銀行在執行各項壓力測試時之參考。

一、研究方法

本文將台灣整體銀行貸款視為一個大型

金融機構的部位進行壓力測試，研究方法以可行性為優先考量，以期建立一個壓力測試的基礎模型，主要過程包括迴歸模型之建立與各種不同壓力情境之測試。模型使用seemingly unrelated regression (SUR) 估計，以過去歷史資料探討違約機率與總體經濟變數的關係，建立一個複迴歸模型以及一套自我迴歸模型，並進而討論三種情境（假設性壓力情境、模擬情境、歷史性壓力情境）的估計執行情序。

本文將估計台灣銀行業在面對各種壓力情境時，企金、營建與消金三大部門類別違約率的預測值。在此必須強調：本研究在資料的基礎上，乃將台灣整體銀行業借貸視為一個超大型金融機構的部位進行壓力測試，因而具有分散化的效果，所估計出的違約機率分配也將相對較為穩定，各銀行應依其實際違約資料進行壓力測試模型之建構，以突顯個別銀行債權品質對於其面對各種不同壓力情境時所需資本需求之差異。

二、研究資料

本研究使用的資料包含聯徵中心1998年第4季至2008年第3季歷史違約率（PD）資料作為因變數（dependent variable）以及Aremos資料庫之各項總體經濟（市場）資料作為自變數（independent variable），建構壓力測試模型。

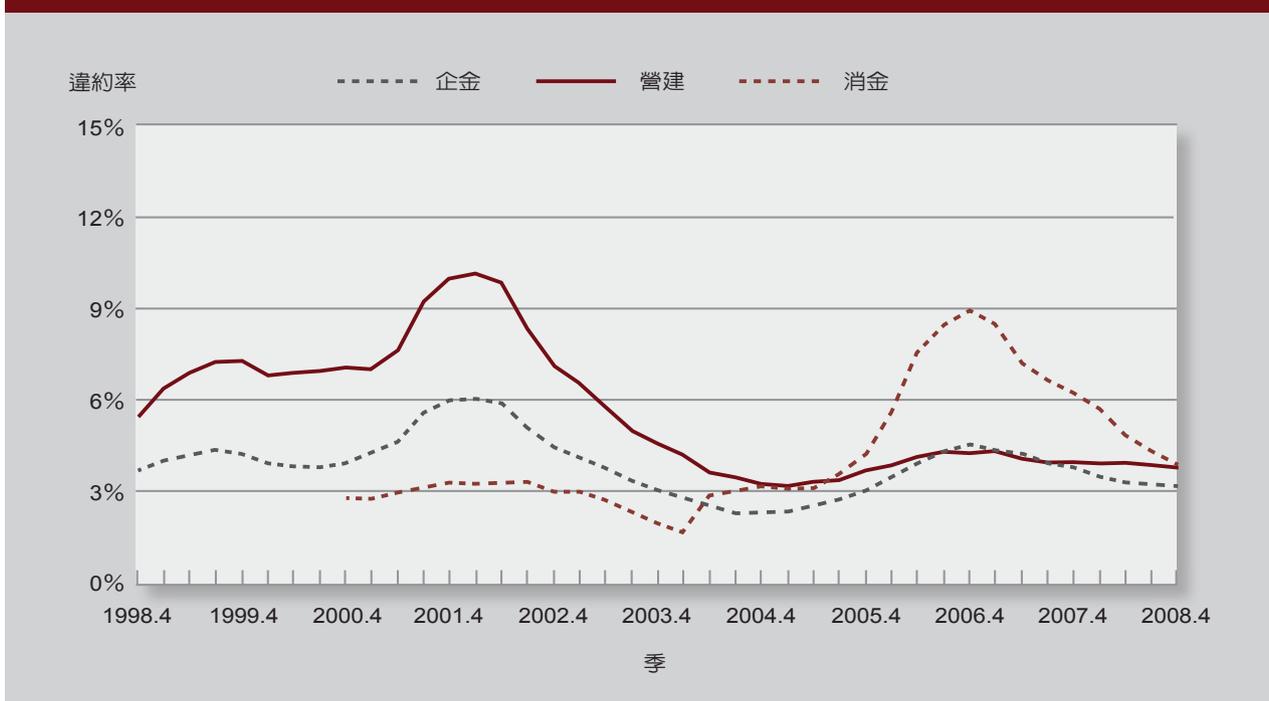
歷史違約率資料的型態為季資料，其定義為過去一年內有無發生逾期／催收／呆帳／票據拒往紀錄之歷史資料。舉例來說，本文所謂的「1998年第四季違約率」其對應時點為

1998年第一季到1998年第四季之歷史違約統計資料。本研究在資料來源方面，以聯徵中心所提供的資料為基礎，先將銀行的貸款客戶初步分為消費金融（消金）與企業金融（企金）兩部份；而在企金分析上，發現除營建業外，各產業的違約機率與總體企金的違約機率，不論資料走勢與違約率大小皆為雷同。而營建業違約率卻都高過於其他產業，若以總體企金概括描述其產業，略顯不當，因此將資料分成企業金融、營建業、與消費金融三大類。企金與營建業分別有40筆違約資料，資料期間為1998年第4季至2008年第3季的違約相關數據；而消金共有32筆資料，資料期間為2000年第4季至2008年第3季的違約相關數據，其走勢圖如圖一所示。

由圖一可知企金與營建的違約率走勢情形大致相同，但營建業違約率又較企金高。相對的，消金的違約率走勢與前述兩者並不相同，企金、營建業在2001年初到年底的違約率都有大幅上升的趨勢，但消金則並無顯著波動。2005年底到2006年底的雙卡風暴消金在2006第四季達最高峰，但企金、營建業相對於消金，波動幅度較小。

為了示範說明銀行壓力測試模型的建構與執行流程，本計畫參考Wong, Choi與Fong（2006, 2008）有關香港之估計研究、沈中華和林昆立（2007）有關台灣的文章以及其他壓力測試相關文獻所使用的總體經濟變數，先篩選出十個與違約率有較大關連的總體經濟變數（見表一），分別為新台幣兌美元匯率、國泰房地產價格指數、主要金融機構放款與投

圖一 企金、消金與營建業歷史違約機率走勢圖



資、出口總值、債券成交總值、股票市場股價指數、消費者物價指數、失業率、10年期中央政府公債次級市場利率、經濟成長率。總體經濟變數資料的取得以AREMOS資料庫為主要來源。其中，新台幣兌美元的匯率、國泰房地產價格指數與經濟成長率為季資料，資料期間為1997年第4季至2008年第3季，分別有44筆資料；其餘7個變數皆為月資料，資料期間為1997年10月至2008年9月，分別有132筆資料。

單純就三個部門的違約率與總體經濟變數的歷史走勢圖（本文略）來看，匯率、經濟成長率、股票市場股價指數以及失業率與企金和營建業的歷史違約機率有相類似正向或（反向）的波動。相反的，消金違約率與各總經變數間的規律性關係則並不明顯。國泰房地產價格指數、主要金融機構放款與投資兩者的走勢

與消金在2006年底大致相同，但與經濟直覺方向相反。然而在2007年初之後，該兩總經變數持續上揚但消金卻走勢向下。

本研究將整體台灣貸款資料分成企金、消金與營建三類，然而個別銀行之違約率在走勢上，可能因主要貸款客戶業別或主力推銷之產品不盡相同，以至於個別銀行應都有其各自之違約率走勢。因此，個別銀行在使用上應先觀看自身違約率走勢以及主要貸款之業別，進而找尋有效的總經變數，以建構合適的模型。

三、研究設計與模型

本研究在架構上以新加坡的MAS（2003）為基礎；模型上主要參考Wong, Choi與Fong（2006）在Hong Kong Monetary Authority Quarterly Bulletin發表的做法，另

外，再參酌沈中華、林昆立（2007）的文章以調適台灣的特殊情境。

（一）總體經濟壓力測試模型

文獻上，Virolainen（2004）與Wong, Choi and Fong（2006, 2008）所用的壓力測試的模型，皆以Wilson（1997a, 1997b）的模型為基礎。原則上，皆為透過總體經濟變數與違約機率間的關係，進行壓力測試。Virolainen（2004）的模型假設違約機率將受總體經濟變數的影響，而總體經濟變數本身為自我迴歸模型，此模型可以反應當違約機率受到總體經濟衝擊時的情況。本研究以Virolainen（2004）與Wong, Choi and Fong（2006, 2008）的模型為基礎，模型的設定與做法如下：

假設 $P_{j,t}$ 定義為第 j 個部門（如：企金、消金、營建業）在 t 時間點其過去一年的違約機率。由於 $P_{j,t}$ 為0到1的數值，我們先將 $P_{j,t}$ 透過Logit函數轉換成 $y_{j,t}$ ，形式如下：

$$y_{j,t} = \ln \left(\frac{P_{j,t}}{1-P_{j,t}} \right)$$

將 $P_{j,t}$ 轉換成 $y_{j,t}$ 後，則 $-\infty < y_{j,t} < \infty$ ，且 $y_{j,t}$ 為 $P_{j,t}$ 的嚴格遞增函數。亦即違約機率 $P_{j,t}$ 越大 $y_{j,t}$ 越大。將各個部門的違約機率透過Logit函數轉換後與觀察到的總體經濟變數相互結合，形式如下：

$$y_{j,t} = \beta_{j,0} + \beta_{j,1} x_{1,t} + \beta_{j,2} x_{2,t} + \dots + \beta_{j,M} x_{M,t} + v_{j,t} \quad (1)$$

其中 $x_{m,t}$ 為在 t 時間點，第 m 個總體經濟變數（如：匯率、利率、股價指數等）。 $\beta_j = (\beta_{j,0}, \beta_{j,1}, \dots, \beta_{j,m})$ 定義為估計出的迴歸係數。 $v_{j,t}$ 為分

配相同且獨立的標準常態分配隨機誤差項。

過去文獻探討總體經濟變數的變化行為，多數假設每個總體經濟變數遵循一個自我迴歸模型（Autoregressive, AR），如Wilson（1997a）、Virolainen（2004, 2008）。本文假設總經變數 x 服從AR（1）：

$$x_{m,t} = k_{m,0} + k_{m,1} x_{m,t-1} + \varepsilon_{m,t} \quad (2)$$

$m = 1, \dots, M$ 。定義 $k_m = (k_{m,0}, k_{m,1})$ 為總經變數之AR（1）參數， $\varepsilon_{m,t}$ 為分配相同且獨立的標準常態分配隨機誤差項。

由方程式（1）、（2）可聯合定義一套系統，以反映經濟變數的表現與各部門的違約關係及誤差項的聯合變化。由於前節研究資料顯示可能影響個別部門（如企金、消金）之總經變數存在顯著差異，因而本文是在單一部門下進行模型配適與風險評量。為簡單起見，以下說明將省略下標 j 。定義 $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t}, \dots, \varepsilon_{M,t})'$ 為 $M \times 1$ 的向量，並假設 v_t 和 ε_t 並無自我相關。另外定義一個各部門的違約機率與總體經濟變數之間有相互關聯的聯合誤差項 e_t 為 $(1+M) \times 1$ 的向量，而變異共變異數矩陣（variance covariance matrix） Σ ，為一個 $(1+M) \times 1(1+M)$ 的矩陣，以上設定可表示為：

$$e_t = \begin{pmatrix} v_t \\ \varepsilon_t \end{pmatrix} \sim N(0, \Sigma), \Sigma = \begin{pmatrix} \sum_v & \sum_{v,\varepsilon} \\ \sum_{v,\varepsilon} & \sum_\varepsilon \end{pmatrix} \quad (3)$$

此變異共變異數矩陣不但可以考慮到總體經濟變數對違約機率的影響，也考量到總體經濟變數間的交互影響。因總體經濟變數之間存在著領先落後的關聯性，彼此間的相互影響是存在的。本文參考Virolainen（2004, 2008）

與Wong, Choi and Fong (2006, 2008) 的 seemingly unrelated regression (SUR) 模型進行參數估計。在資料處理、參數估計、情境模擬與壓力測試的執行工作方面，本文均以SAS軟體之程式語言執行，詳細的SAS程式請參考洪明欽、張揖平、尹晟懿與黃珩茹 (2009) 之聯徵中心研究報告。

然而在模型的建構中，方程式(1)的因變數(response or dependent variable)是否要取差分取決於對壓力測試模型的出發點有不同考量。本研究針對模型內的因變數與自變數取差分的基本思維說明如後：倘若我們認為壓力情境下未來違約機率應該會受到前期違約水準所影響，則應將前期違約水準納入到模型中考量，因而應該對因變數取差分，而所對應的自變數(explanatory or independent variable)亦應一併考慮將轉換後的資料取差分的概念納入模型。為了將違約機率前期水準納入壓力測試模型中考量，定義一階差分 $y_{j,t}^* = y_{j,t} - y_{j,t-1}$ 。由於違約資料為季資料，但其反應的時間點為過去一年，在取差分後，中間有三季的時間是重複的，本文將約略看成在 t 時點對應的季與過去一年相同季的差距，亦即 $y_{j,t}^*$ 將反應第 t 季與第 $(t-4)$ 季違約率的差。

依據上述說明，則相對應的總體經濟變數，也應與違約機率對應相同的時間點進行估計，然而總體經濟變數背後內含的意義與概念皆不相同，所以探討轉換方式時，先區分總經變數為兩種資料類型，再進行轉換：1.當總經變數屬於指數型態(如：股價指數、消費者物價指數等)或總量概念的變數(如：出口總

值、債券成交總值等)時，採用以變動率的概念轉換總經變數，其不但與違約率時間點對應的概念相同，還可消除變數季節性的影響直接呈現總經變數的變化程度，形式如下：

$$x_{m,t} = \frac{Q_{m,t} - Q_{m,t-4}}{Q_{m,t-4}}$$

其中 $Q_{m,t}$ 為第 m 個總體經濟變數在 t 時點的數據。若總經變數為月資料，則先以當季三個月的平均轉換成季資料。2.若總經變數本身就含有變化量的概念(如：失業率、經濟成長率等)，則轉換方式直接與過去同季的差量替代，轉換公式為： $x_{m,t} = Q_{m,t} - Q_{m,t-4}$ 。在把前期因素考慮進模型中時，總經變數透過上述的動作，可使與違約機率的差分所反應的時間點近似。

(二) 壓力測試情境

先依前述模型估計方程式(1)到(3)的 β_j 、 k_m 以及 Σ 參數向量，進而可預估壓力情境下未來的違約機率。一般常見的壓力情境設定，可分成假設性壓力情境(hypothetical scenario)、模擬情境(simulated scenario)、歷史壓力情境(historical scenario)三種方式，三種情境的概念與執行步驟分別介紹如下：

1. 假設性壓力情境(Hypothetical Scenario)

假設情境是設定過去歷史記錄未必發生過的特殊(假設性)總經組合事件，各個總經變數的壓力情境設定，可透過過去歷史資料、主觀認定、專家判斷等方式為之，以進行壓力測試分析，評估當此特殊總經組合事件產生時可能的違約機率(分配)。執行假設情境壓力測

試之步驟說明如下：

步驟一：先由前節的模型計算出方程式 (1) 到

(3) 中 $\hat{\beta}_j$ 、 \hat{k}_m 以及 $\hat{\Sigma}$ 之估計值。

步驟二：假設目前時間點為 (t) ，設定在壓力測試時間點 $(t+i)$ 期各總經變數的壓力情境數據。

步驟三：將步驟一計算出的 $\hat{\beta}_j$ 以及假設的總經數據代入方程式 (1)，計算出中 $\hat{y}_{j,t+i}$ 。

步驟四：將 $\hat{y}_{j,t+i}$ 透過 $\frac{\exp(\hat{y}_{j,t+i})}{1+\exp(\hat{y}_{j,t+i})}$ 轉換，可得到各部門在 $(t+i)$ 期違約的機率。

2. 模擬情境 (Simulated Scenario)

模擬情境是以蒙地卡羅模擬法產生大量的預測違約機率，單純以模擬出的數據，以百分位數的概念計算壓力測試可能損失之預測值。估計的詳細步驟說明如下（實際計算細節請另參閱四 (二) 2企金案例）：

步驟一：先計算出方程式 (1) 到 (3) 中 $\hat{\beta}_j$ 、 \hat{k}_m 以及 $\hat{\Sigma}$ 之估計值。

步驟二：由Cholesky分解方程式 (3) 中的轉換矩陣 $\hat{\Sigma} = \hat{A}\hat{A}'$ 。

步驟三：產生標準常態分配亂數 $(1+m) \times 1$ 的矩陣。與步驟二求出的 \hat{A}' 相乘得到下一期的誤差項。

步驟四：代入 m 個總經變數第 t 期的資料與下一期的誤差項可以計算出 $(t+1)$ 期的 m 個總經變數 $\hat{x}_{1,t+1}, \hat{x}_{2,t+1}, \dots, \hat{x}_{m,t+1}$ 預測值。

步驟五：由步驟二求出的下一期誤差項與步驟三求出的下一期 m 個總經變數 $(t+$

1) 期的預測值可代入方程式 (1) 即可預測出下一期 $\hat{y}_{j,t+1}$ 。

步驟六：將 $\hat{y}_{j,t+1}$ 透過 $\frac{\exp(\hat{y}_{j,t+1})}{1+\exp(\hat{y}_{j,t+1})}$ 轉換，可得到試行一次的各部門下一期違約機率。

步驟七：透過重複試行產生的大量的預測違約機率，找出預設的損失分配 (99%) 分位數即可得出各部門下一期壓力測試違約機率 $\hat{\rho}_{j,t+1}$ 。

將上述步驟重複執行直到壓力情境的時間點，即為未來所關心的時間點下的壓力測試預測違約機率。本文參照聯徵中心委託沈中華教授於2006年完成之「台灣金融機構適足資本之壓力測試」作法，採取重複一萬次試行下找尋第99%損失百分位數，預測未來一年的壓力測試違約機率。

3. 歷史性壓力情境 (Historical Scenario)

壓力情境的設定亦可採用歷史情境為依據，選取過去不論在全球或台灣金融市場上曾發生過的重大事件（如921地震、319槍擊案、亞洲金融風暴、美國911恐怖份子攻擊、美國次級房貸風暴…等）多組歷史情境，進行壓力測試分析，評估若再度發生各類似歷史事件時，受到總體經濟負面衝擊影響下，銀行在過去不同歷史違約資料下可能的預測違約機率。

四、實證分析

在壓力測試執行前，需透過總經變數的選取，以決定各部門之模型所需採用的總經變數，進而估計方程式 (1) 到 (3) 的參數向量 $\hat{\beta}_j$

、 \hat{k}_m 以及 $\hat{\Sigma}$ ，並配合各種假設性壓力情境、模擬情境或歷史性壓力情境，預估出各部門未來某時間點的違約機率。本文所使用的資料期間為1998年第4季至2008年第3季，由於資料期間的關係，我們將以2008年第3季的總體經濟資料作為本研究的基礎總經情境估計未來一年後也就是指時間點為2009年第3季的壓力情境下之違約機率。

(一) 總經變數的選取

在總經變數的選取上，由於違約機率只有40筆季資料，而SUR模型所需估計的參數相對較多，所以本研究採盡量精簡總經變數的個數之基本原則。在總經變數的選取上，過程如下：

1. 先檢視（資料轉換前後的）因變數與各個總經變數的趨勢圖與散佈圖。
2. 進行單變量的SUR模型配置，由於本研究的主要目的為進行銀行業的壓力測試，為了配

合各總經因子在模型內的參數正負號與違約機率的方向性，因此將估計出的單變量SUR總經變數參數估計值，篩選掉參數正負號方向與經濟意涵或直覺不符的變數。

3. 透過模型初步估計結果並與專家群討論，採集思廣益的方式決定模型初始變數的選取。

(二) 壓力測試程序與實證

根據三（一）的模型，因變數為各部門違約率轉換後取差分的情況下，在企金、營建、消金所選取的總經自變數有些許不同。首先從各部門違約率轉換後取差分與10個總經變數分別執行單變量SUR，表一為各部門違約率轉換後與總經變數轉換後的單變量SUR模型估計結果。

由表一可知，大致上企金與營建業對各個總經進行單變量SUR估計幾乎都有類似的迴歸效果，這現象與直覺相符，此乃因兩個部門的違約率走勢大致相同。但消金部門的總經變

表一 各部門違約率轉換後取差分之單變量 SUR 估計結果

總體經濟變數		企金		營建業		消金	
		參數估計	P-value	參數估計	P-value	參數估計	P-value
1	匯價—NTD/\$,美金 (fx)	0.86827	0.0022	0.64993	0.0182	0.68850	0.2870
2	國泰房地產價格指數(house)	0.10024	0.7473	0.26883	0.3652	-0.29699	0.6358
3	主要金融機構放款與投資 (l_i)	1.52142	0.0007	1.21235	0.0050	2.01872	0.0185
4	出口總值 (ex)	-0.44460	0.0016	-0.48975	0.0003	0.22028	0.4823
5	債券成交總值 (bond)	0.07555	0.0242	0.02967	0.3562	0.04276	0.5331
6	股票市場股價指數 (st)	-0.22369	0.0004	-0.17994	0.0031	0.04988	0.7394
7	消費者物價指數 (cpi)	1.08037	0.2765	1.36326	0.1528	0.61934	0.7505
8	失業率 (unemp)	0.03209	0.1205	0.04651	0.0147	-0.02517	0.5624
9	10年期中央政府公債次級市場利率 (rate)	-0.03849	0.0217	-0.02216	0.1727	0.01299	0.7171
10	經濟成長率(gdpgwh)	-0.01108	<.0001	-0.01053	<.0001	0.00617	0.2856

數估計參數正負號大部分都與經濟意涵直覺不合。實證過程將在以下說明。此處我們將以企金模型作較詳細的描述並搭配數據輔助說明，其他部門模型則省略（較細節說明請參考洪明欽等（2009））。

1. 企金模型

企金在模型的參數估計值正負號與直覺相符的變數包括出口總值、股票市場股價指數、失業率以及經濟成長率。其餘變數的正負號方向則存有爭議或不明確，在進一步與多位專家討論後決定將這四個總經變數代入SUR模型進行估計。由於壓力測試的執行需要考慮各總體經濟變數參數估計值的正負號方向在經濟意涵上的一致性，本研究在模型的使用上首先採限制範圍的參數估計，得到的結果如表二所示。

有關失業率對違約機率的影響，經濟直覺上應該為失業率越大應伴隨著違約機率上升。

所以在經濟意涵上，失業率的參數估計值原則上方向應該大於0，但實際估得的參數估計值為負數，因而在限制式的條件下，會使失業率的參數估計值給予接近0的數。因此，在企金模型的估計時，為避免失業率可能會影響到其他的總經變數的估計效果，所以先將失業率變數從模型中移除，再重新進行SUR限制範圍的參數估計，估計結果如表三所示：企金的總經變數選取為出口總值、股票市場股價指數、經濟成長率。在篩選出變數後，即可開始執行壓力測試估計出所關心的時間點企金違約機率。

2. 執行壓力測試

在假設性壓力情境下，首先在壓力測試時會使用到的三個總經變數以2008年第3季各總經數據做為基準點，評估在未來一年後各總經數據的變化。首先設定五個總體經濟變數在未來一年數據之假設性壓力情境：本文假設出口

表二 企金與總經變數 SUR 限制範圍的參數估計值

	參數估計	P-value
截距項	0.0111	0.5929
出口總值 (ex)	-0.15461	0.3922
失業率 (unemp)	1E-8	.
股票市場股價指數 (st)	-0.06582	0.3663
經濟成長率(gdpgwh)	-0.00522	0.1617

表三 企金與總經變數 SUR 限制範圍修正後的參數估計

	參數估計	P-value
截距項	0.007923	0.7052
出口總值 (ex)	-0.12414	0.5018
股票市場股價指數 (st)	-0.05937	0.4345
經濟成長率(gdpgwh)	-0.00746	0.0561

總值、股票市場股價指數在未來一年時，各降低相較於基準點時的40%，另外失業率上升到10%、經濟成長率下調-10%、房價指數跌到SARS發生時的水平。以上假設性壓力情境係指各項總經情境同時發生。

由上述企金在SUR限制範圍下的參數估計結果，執行假設性壓力情境的總經變數轉換成因變數，代入模型，估計企金模型未來一年（意指2009年第三季）在前述假設性壓力情境下的違約機率預測值。違約機率由原來2008年第三季違約率為0.03221上升到0.06039。

有關模擬情境的執行情序，以企金模型為例配合實證數據說明如下：

步驟一：先得到 $\hat{\beta}_j$ 、 \hat{k}_m 以及 $\hat{\Sigma}$ 的參數估計值為：

$$\begin{aligned} & (\hat{\beta}_{1,0}, \hat{\beta}_{1,1}, \hat{\beta}_{1,1}, \hat{\beta}_{1,3}) \\ & = (0.007923, -0.12414, -0.05937, -0.00746) \\ & (\hat{k}_{1,0}, \hat{k}_{1,1}) = (0.01871, 0.79970) \\ & (\hat{k}_{2,0}, \hat{k}_{2,1}) = (-0.1272, 0.64619) \end{aligned}$$

$$\hat{\Sigma} = \begin{bmatrix} 0.00576 & 0.00059 & 0.00083 & 0.05364 \\ 0.00058 & 0.00524 & 0.00325 & 0.20191 \\ 0.00083 & 0.00324 & 0.02649 & 0.35907 \\ 0.05364 & 0.20191 & 0.35907 & 14.71401 \end{bmatrix}$$

步驟二：由Cholesky分解轉換矩陣 $\hat{\Sigma} = \hat{A}\hat{A}'$,

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} 0.07591 & 0.00775 & 0.01092 & 0.70665 \\ 0 & 0.07200 & 0.04396 & 2.72818 \\ 0 & 0 & 0.15633 & 1.48043 \\ 0 & 0 & 0 & 2.14009 \end{bmatrix}$$

之後再重複試行步驟三到步驟七【參照三（二）2.模擬情境】。本文以重複10000次試行（trials）得到違約機率分配，並取第99百分位數當作未來一年模擬情境下的違約機率預測值。模擬估計違約機率由原來2008年第三季的0.03221調整為99%分位數的0.05724。

（三）歷史情境 (Historical scenario) 壓力測試

歷史情境為假設當歷史上重大事件再次發生時，透過其對總體經濟變數所造成的衝擊，去評估若此歷史事件再次發生時的可能違約機率。歷史情境的壓力測試執行情序與假設情境大致相同，主要差別在於假設情境的未來總經變數的數據是經由主觀、專業判斷與假設決定，而歷史情境是利用過去的歷史事件發生時總經的變化程度作基礎，再以此基礎評估未來相同歷史事件所可能造成之違約衝擊。其餘處理程序與假設性壓力情境相同，不再贅述。

（四）壓力測試結果比較

本節將前述三個部門在假設情境、模擬情境所估得未來一年的壓力測試違約機率進行比較。表四為各部門的篩選後總經變數SUR參數估計結果，發現在企金、營建業的總經變數選取最後都包含出口總值。相對於多數國家均以GDP成長率與PD關係較為顯著的現象，此一結果更突顯出口總值對台灣（尤其在企金部門）的重要性，而失業率與經濟成長率也都顯現相對重要。在消金部份，國泰房地產價格指數被選入模型中進行估計。此一現象可能是本研究在一開始所設定的10個總經變數，與消金

較無明顯關聯之故。此一現象亦可由第二節研究資料看出，其可能原因為：台灣在2005年前後的雙卡風暴中消金PD明顯上升，但當時國內各項總經指標數據並不差，以致於無法有效找出消金違約機率與總經變數間與一般經濟直覺一致的（反向）互動關係，故而無法找出兩者間的合理迴歸關係。

表五分別顯示在假設性壓力情境與模擬情境分析之下，三個部門所估計出的一年後（2009Q3）違約機率。在兩種情境預測出的違約機率方面，由表五可得知在企金、營建業的假設性壓力情境估計值皆較模擬情境為大。然而在消金的探討上，由於模型中篩選出的總經變數只有一個，估計結果將較不穩定，因此未來在消金部門有關總經變數的探討，不但需要涉獵更多的總經變數，也可能需要將其他非總經變數納入模型建構之考量。

五、結論

本研究使用聯徵中心所提供的台灣過去歷史違約資料，執行總體經濟壓力測試模型的流程，希望能有助於金融機構瞭解如何檢測或建構違約機率與總體經濟變數間的壓力測試模型。本文以過去歷史資料探討違約機率與總體經濟變數的關係，研究結果顯示在企金與營建業歷史的違約率與出口總值、失業率、經濟成長率三者有明顯關聯。然而在消金部份則需要考量更多可能的影響因素，包括總體經濟以外的變數，例如衡量家庭的負債程度、個別家庭的償債能力，甚至再依所得與地區別區分，這些變數與消金違約率的關連性可能比其他總經變數更為直接。

有關假設性壓力情境與模擬情境的比較方面，在企金與營建業的估計上，假設性壓力情境的估計結果大於模擬情境。本文在壓力測試

表四 各部門與篩選後總經變數 SUR 估計結果

企金			營建			消金		
	參數估計	P-value		參數估計	P-value		參數估計	P-value
截距項	0.007923	0.7052	截距項	-0.00025	0.9918	截距項	0.022233	0.5104
ex	-0.12414	0.5018	ex	-0.17684	0.3984	House	-0.29699	0.6358
st	-0.05937	0.4345	unemp	0.02341	0.3496			
gdpgwh	-0.00746	0.0561	gdpgwh	-0.00493	0.1176			

表五 各部門下之假設情境與模擬情境 2009Q3 壓力測試結果

	2008.Q3 原始pd	假設性壓力情境預測2009.Q3pd	模擬情境預測2009.Q3pd
企金	0.03221	0.06039	0.05724
營建	0.03872	0.08243	0.05896
消金	0.04322	0.05456	0.11212



執行過程中輔以實際參數估計值與結果之逐步（step-by-step）說明，希望能有助於各金融機構更深入了解壓力測試在技術上面的使用。程序說明主要包括總經變數的選取原則、模型採取差分的形式與其對應的自變數之轉換與因變數有相近的時間點之對應，以及執行情境測試的詳細做法。

在研究限制方面，由於使用的歷史資料只有40個季的資料，時間長度不足，模型的有效性必須持續追蹤改善。值得一提的是，本研究在資料的基礎上，乃將台灣整體銀行業借貸視為一個超大型金融機構的部位進行壓力測試，因而具有分散化的效果，所估計出的違約機率也應該相對較為穩定。因此，如果針對個別銀行部位進行估計，所得到的壓力情境違約機率應會有較大的波動。在消金部份也許因並未細分房貸、信用卡及現金卡等，或雙卡風暴時執行債務協商機制，導致違約機率被扭曲，使得與選取的總經變數之間的關係無法有效反應違

約率的走勢。本文總經變數的選取是搭配整體銀行貸款部位而選取，個別銀行在估計時，因貸款客戶主要產業類別、規模或主要貸放商品不盡相同，在模型建構上應先分析各自之主要貸款類別違約率走勢，找尋合適的總經變數，單獨建構模型。此外，本計畫也沒有考慮暴險額與違約損失率所可能造成對損失分配的影響。

有關壓力情境設定，也可嘗試「反向壓力測試」的概念，其意義在於預先設想期待發生的危機規模（例如：違約率提升三倍或十家銀行倒閉等），透過總體經濟模型，估計出發生危機時的總體情境，此法可以避免過去歐美國家壓力情境總是設定不夠嚴重造成無法有效預警金融風暴的情事。

在建議方面，對於採用IRB法的銀行則應該另外使用較複雜的壓力測試模型，例如，包括變數含AR模型與誤差項存在非零對角的共變異矩陣或是由銀行內部模型所建製之壓力測試

模型，或就銀行的信用投資組合區分不同信用評等並使用較複雜的模型進行壓力測試，以求得更具可信度的壓力測試估計值。當然，相對的必須有較高的系統費用與人力資源之支援與投入。為因應新巴塞爾協定的實施，各銀行均應自行發展適合個別銀行本身的信用評分與壓力測試模型。

參考文獻

英文部分：

Basel Committee on the Global Financial System (2005), "Stress-testing at Major Financial Institutions: survey results and practice," Basel, Switzerland.

Basel Committee on Banking Supervision (2009) "Principles for sound stress testing practices and supervision," Bank for International Settlements.

Fong, T. and Wong, C. (2008), "Stress Testing Banks' Credit Risk Using Mixture Vector Autoregressive Model," Hong Kong Monetary Authority Working Paper 2008/13.

Jokivuolle, E., Virolainen, K and Vahamaa, O. (2008). "Macro-model-based stress testing of Basel II capital requirements," Discussion Papers, Bank of Finland Research.

Monetary Authority of Singapore (2003), Technical Paper on Credit Stress-

Testing.

Virolainen, K. (2004), "Macro Stress-Testing with a Macroeconomic Credit Risk Model for Finland," Bank of Finland.

Wilson, T. C. (1997a), "Portfolio Credit Risk (I)," Risk, Vol. 10, issue 9, 111-17.

Wilson, T.C. (1997b), "Portfolio Credit Risk (II)," Risk, Vol. 10, issue 10, 56-61.

Wong, J., Choi K. and T. Fong (2006), "A Framework for Macro Stress-Testing the Credit Risk of Banks in Hong Kong," Hong Kong Monetary Authority Quarterly Bulletin, 25-38.

Wong, J., Choi K. and T. Fong (2008), "A Framework for Macro Stress-Testing the Credit Risk of Banks in Hong Kong," The Journal of Risk Model Validation, 3-23.

中文部分：

沈中華及林昆立，〈臺灣金融機構適足資本之壓力測試〉，《金融風險管理季刊》，民國九十六年，第三卷，第一期，第二十七頁至六十一頁。

香港金融管理局，《監管政策手冊－壓力測試》，民國九十二年。

洪明欽、張揖平、尹晟懿及黃珽茹，〈台灣銀行業信用風險壓力測試研究〉，民國九十八年，金融聯合徵信中心專案研究計畫報告。