

國立交通大學

財務金融研究所

碩士論文

國家違約強度估計與國家信用違約交換之



**Estimation of Sovereign Default Intensities and
Sovereign Credit Default Swaps Valuation**

研究生：陳孟男

指導教授：王克陸 博士

中華民國九十五年六月

國家違約強度估計與國家信用違約交換之評價

Estimation of Sovereign Default Intensities and
Sovereign Credit Default Swaps Valuation

研究生：陳孟男

Student : Meng-Nan Chen

指導教授：王克陸 博士

Dr. Kehluh Wang

國立交通大學

財務金融研究所



Submitted to Graduate Institute of Finance
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
in
Finance

June 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年六月

摘要

本論文之研究目的旨在從國家債券所隱含有關信用風險之資訊，利用模擬概似函數估計法得出國家違約強度過程參數之最大概似估計值；並利用所估計之參數與市場上觀察之國家信用違約交換價格資料，對信用違約交換定價模型進行驗證。我們發現，信用違約交換對於市場比起參考債券本身更具敏感性；並提出在此情形下，當一國面臨可能的金融危機時，信用違約交換所帶給我們的訊息可能比實際上更為悲觀，即信用交換價差可能有過份高估之「信用違約交換泡沫」的情況，並可能產生套利機會。

關鍵字：國家信用違約交換、違約強度、縮減式模型、CIR 模式、最大概似估計、模擬概似函數逼近法



ABSTRACT

In this paper, we estimate default intensities of sovereign entities from sovereign bonds by simulated maximum likelihood estimation (SMLE). We also use the estimation result to price sovereign credit default swaps and evaluate the pricing error with the market data. We find that credit default swaps are more sensitive than reference obligations; as a result, if there are probable financial crises in a country, information in credit default swaps may be more pessimistic than real states. It says, there may be "Credit Default Bubble" and arbitrage opportunities appear with conditions to be determined.

Keywords: Sovereign Credit Default Swap; Default Intensity; Reduced Form Model; CIR Model; Maximum Likelihood Estimation; Simulated Likelihood Approximation.



誌謝

在兩年的研究所生涯裡，讓我體驗了更多以往不曾經歷的經驗，讓我獲益匪淺。本篇文章能順利的完成，必需要感謝很多老師、學長和同學們的幫忙與協助。首先是指導教授王克陸老師，很感謝王老師對我的細心指導，利用論文及計畫等機會指點我寫作的觀念和重要的財務意涵。另外還有財金所的其他師長們，老師們的教導、關心與建議讓我更有信心完成論文的寫作；也要感謝統研所牛維方學長對估計方法的諸多提點。

接下來，感謝一路陪我度過兩年的財金所同學：即使自己的論文也十分忙碌，輝哥仍然不厭其煩的寫上的熱心協助；熱心的波哥一直以來的協助；陪我打球的陽光少年家農跟純真男孩柏鈞；善解人意的陳總跟依依；班長和偉哥在英文及財務與數學方面的教學相長；儀貞、慧好、惠華、瑞娟、戰哥跟韻如，大家互相聊天讓我的生活充滿樂趣。另外還有統研所周勢耀同學，謝謝你讓我在我遇到最大瓶頸時發現出路。

除此之外，還要感謝台大經濟系的各位同學。307、302跟309的伙伴們：塔克、喜姆、帥軒、偉業、毛蟲、勛哥及白毛、還有準會員龜，雖然各有各的前程，但每次聚會時仍然快樂依舊；準律師泰德在我遇到生活法律問題時的諮詢；小高大師與小侍不時的支持與鼓勵；一年來不厭其煩聽我吐苦水的羨書，造成你的困擾真是抱歉；還有永遠在享受生活的芷瑋，總之謝謝大家對我的鼓勵。

還有一年來一起工作，讓我學到許多，受益匪淺的G5工作同仁們，同樣的給我許多實質上的協助，尤其是資料方面；有你們在，我永遠不用擔心會有技術上的問題。

最後，我要感謝我的家人，爸爸、媽媽與姊姊們對我的支持與關心，讓我可

以順利的取得碩士學位，希望以後自己有能力可以讓家裡的生活變的更好。

陳孟男 謹誌於

交通大學財務金融研究所

中華民國九十五年七月十一日



目錄

中文摘要	i
English Abstract	ii
誌謝	iii
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 緒論	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究架構	2
第二章 文獻探討	4
第一節 信用衍生性商品概述	4
第二節 信用違約交換	5
第三節 國家信用違約交換	8
第四節 信用風險模型	9
第五節 相關實證研究	11
第三章 研究方法	13
第一節 債券之評價	13
第二節 信用違約交換之評價	14
第三節 參數估計方式	16
第四節 參數估計與模擬概似函數逼近法	17

第五節 無風險利率與回復率·····	19
第六節 研究資料·····	20
第四章 實證研究結果·····	21
第一節 敘述性統計·····	21
第二節 參數估計結果·····	22
第三節 定價誤差分析·····	23
第五章 結論與建議·····	25
第一節 研究結論·····	25
第二節 後續研究建議·····	25
參考文獻·····	27



表目錄

表 1	信用違約交換及參考債券資訊.....	31
表 2	敘述性統計資料——以地區分類.....	33
表 3	敘述性統計資料——混合.....	35
表 4	模擬概似函數逼近法所得之 λ_t 最大概似估計值.....	36
表 5	以均方根誤差百分比及均方根誤差表示之定價誤差.....	36



圖目錄

圖 1	全球信用衍生性商品流通餘額.....	37
圖 2	信用違約交換契約.....	38
圖 3	信用違約交換對公司資本結構影響示意圖.....	39
圖 4	各年期銀行、公司與國家信用違約交換交易量分佈.....	40
圖 5	模擬概似函數逼近法路徑生成示意圖.....	41
圖 6	國家債券殖利率與其信用交換價差（部分）.....	42
圖 7	信用交換價差估計值與市場觀測值（部分）.....	43
圖 8	巴西及委內瑞拉三年與五年期信用違約交換之模型估計值與市場觀測值.....	44

第一章 緒論

第一節 研究動機

無論是一般投資大眾、公司企業、銀行或其他金融機構，在金融市場上不免都會面對一定程度的風險。這些風險包括市場風險(Market Risk)、信用風險(Credit Risk)以及作業風險(Operational Risk)，而現今金融市場的參與者在面臨利率、匯率等市場風險時，大都可以根據自身需要，在市場上找到適當的方法以避險。唯獨在處理信用風險時，由於金融工具的缺乏或政府政策等原因，仍顯得備受限制。所謂信用風險，包括債務人逾期無法支付本息的違約風險和債務人信用轉趨不良的風險。傳統上，金融機構是以加強徵信、分散授信、限制個別授信額度和聯合貸款等方式做事前控管。或者，當放款債權創始後，銀行仍可以出售或證券化其放款債權，以移轉借款人的信用風險。但受限於市場的流動性，或銀行仍舊希望與貸款客戶維持關係，以致無法或不願出售該放款債權。

九〇年代以後，利用衍生性金融商品移轉借款人的信用風險逐漸風行。見證亞洲金融風暴、俄羅斯政府債信危機、以及阿根廷經濟危機所導致的公債違約，信用衍生性金融商品（Credit Derivatives）提供銀行另一種既可以去除或減輕借款人信用風險，又可繼續持有標的資產的選擇方式。然而，長久以來，信用衍生性商品卻因為最根本的「信用」太過難以捉摸定義，僅能停留在買賣雙方在櫃檯撮合進行交易的局面。

近年來在國外投資銀行界將信用衍生性產品歸納出數種標準產品架構內容後，已經將其市場接受度向上提昇，交易量也以驚人的速度增加。然而對照國外的發展，信用衍生性產品在台灣的金融市場上仍然是個陌生的名詞。在台灣，由於主管機關嚴守維護金融市場秩序、保護投資人的立場，向來是秉持信用風險必須消弭於無形的態度並加以強力干預，因此遑論將信用風險當作是一種商品進行

交易。但是事實上，一方面由於再嚴格的法令也無法百分之百地杜絕信用風險的發生；另一方面，只要是存在現金流量的資產就有可能作為現有信用衍生性商品的參考資產。況且，因應即將實施的新巴塞爾資本協定 (The New Basel Capital Accord)，台灣對於風險管理更應追上國際腳步，因此，台灣終究會有一日跟隨歐美市場，開始交易信用衍生性商品。

信用違約交換 (Credit Default Swap, CDS) 是信用衍生性商品中直接用以處理最原始信用風險的產品，最簡單的用途是提供對債券及貸款的保險，而立基於其上更再進一步發展出其他的信用衍生性商品，所以就本身的功能及應用上都具有相當的重要性。國家信用違約交換 (Sovereign CDS) 則專指保險標的為國家債券之信用違約交換，亦即處理一國政府之信用風險。由俄羅斯及阿根廷等國之公債危機，國家信用違約交換實為一重要研究課題。二十一世紀僅僅經過五年，南美洲地區便已歷經一次大型金融風暴及國家債券違約，其相關課題令人感到興趣。



第二節 研究目的

根據研究動機，本文之研究目的旨在從國家債券所隱含有關信用風險之資訊，對國家違約強度——特別是南美洲國家——作一估計；並對於文獻上所提供之信用違約交換評價方式，對國家信用交換作驗證，觀察其結果並期能在實務上對於國家信用風險之避險策略操作有所貢獻。

第三節 研究架構

本文內容共分為五章。第一章緒論，說明撰寫本文研究之動機、目的以及文章架構；第二章文獻探討，先對信用違約交換契約內容及格式作概略之介紹，接著回顧主要本文所利用之信用風險理論發展之主要文獻，並整理過往學者對於信

用風險所做之各類實證研究；第三章研究方法，說明本文使用的模型立論基礎與推演的計算方式，以及實證研究之程序、參數估計方法與相關理論；第四章實證研究結果，對本文所作之實證結果作解讀分析，並試圖解釋結果的意涵；第五章結論與建議，整理本文所提之結果，作一概括性總結，並建議嗣後研究所能改進及可能的研究方向。



第二章 文獻探討

第一節 信用衍生性商品概述


信用衍生性金融商品市場始自九〇年代初期的紐約，但其後倫敦取得世界市場的領導地位。信用衍生性金融商品市場首先乃做為債權證券化的輔助工具，隨即快速獨立發展，成為公司債及政府公債避險的主要工具。根據英國銀行協會 (British Bankers' Association, BBA) 發行之 Credit Derivatives Report 資料顯示，全世界信用商品市場的成長率，遠遠超出原先的估計，據 2001 年底的統計，全球信用商品市場達到將近 11890 億美元，2002 年底達到 19520 億美元，成長幾乎一倍，遠超出先前 2000 年所預測的 1.5 兆美元；2004 年底時更達到 5 兆美元左右。BBA 預估，這個數字在 2006 年之前，還會再增加到 8 兆美元。我們可以預見信用衍生性商品之地位勢必日漸重要，有些市場投資人相信，信用衍生性商品的市場規模，總有一天會成長到與利率衍生性商品相同的程度，而後者規模目前是前者的 50 倍左右。

1997 年的亞洲金融危機，雖然讓信用衍生性金融商品首次遭受大規模的損失，但相對的，其表現卻遠優於其標的資產的債券市場。在 1997 年 12 月及 1998 年 1 月，信用衍生性商品的投資人自韓國開發銀行 (Korea Development Bank, KDB) 及泰國工業金融公司 (The Industrial Finance Corporation of Thailand, IFCT) 獲償八億美金。但由於缺乏標準的法律文件規範，市場的發展一度趨於遲緩。1998 年俄國的金融市場遭遇空前的惡劣情況，政府公債違約。當時購買信用衍生性金融商品，用以規避盧布貶值及俄國政府違約的投資人雖然有效啟動其契約機制，但也約有百億美金的契約涉及訴訟。國際交換及衍生性商品協會 (International Swap and Derivatives Association, ISDA) 乃於 1999 年 7 月公布信用衍生性金融商品的定義，以減少法律爭議的發生。2003 年 2 月，ISDA 再度公布新的信用衍生

性商品定義 (The 2003 ISDA Credit Derivatives Definitions)，對 1999 年定義作部分的更新。

現今市場上已然成形的信用衍生性商品主要有五種：信用違約交換、總收益交換 (Total Return Swap, 或總報酬率交換, Total Rate-of-return Swap)、信用連結票據 (Credit-Linked Note)、擔保債務憑證 (Collateralized Debt Obligation)、以及信用價差選擇權 (Credit Spread Option)。其中又以信用違約交換及總收益交換為最重要的基本組合元素，並藉由此二種商品繼續發展出其它同類的衍生性商品。圖 1 顯示全球信用衍生性商品市場流通餘額。接下來將對信用違約交換作一專門介紹。

第二節 信用違約交換



信用違約交換可以視為一種保險契約的概念，在契約中，保護買方 (Protection Buyer) 定期支付定額的費用予保護賣方 (Protection Seller)，將某特定之參考信用連結機構 (Reference Entity) 的違約風險移轉給賣方，一旦違約事件發生，買方有權利要求賣方依契約上所訂定，獲取事先議定之參考債務 (Reference Obligation) 在發生違約事件時的賠償。此一商品功能為處理最原始的信用風險，亦即違約風險。根據英國銀行協會的統計，單獨信用違約交換一項，在 2001 年即佔全世界信用衍生性商品市場估計成交量的 45%。

如前所述，信用違約交換的標準化規格是由 ISDA 所規定。最基本的信用違約交換是由保護買方在存續期間內定期支付事先議定的金額給予保護賣方，以取得在事先議定之第三者——即參考信用連結機構——的某項 (或某些) 參考資產發生違約事件時，可以獲得其價值減少部分的補償；而一旦違約事件發生，契約也即告提前中止，即契約結束時間為到期日與違約事件中較早發生者。存續期間保護買方定期給付給保護賣方的金額稱為信用交換價差 (Credit-Default-Swap

Spread) 或信用交換貼水 (Credit-Default-Swap Premium)。

信用違約交換最主要的功用，就是將信用風險與市場風險分離，使信用風險可以透過公開市場的交易來規避，但就契約的買方而言，因為其仍然持有該項資產，所以依舊無法避免市場風險，但是卻可以把信用風險移轉予契約的賣方。圖 2 為一個信用違約交換契約的簡單示意。

信用違約交換的另外一種應用為，在債券的交易具有流動性問題時，基金經理人可以利用信用違約交換代替直接對債券的買賣行為。假設有投資人對某家公司的前景不樂觀，這時的策略之一是賣空該公司的債券。投資者當時並不擁有該公司債券，但若買進保護，實質上是在建立賣空公司債部位的現金流量，因為若該公司違約，投資人可以用極低的市價，在公開市場買進該公司債券，但卻可從信用保護賣方的手中得到等同債券面值的現金，中間的價差造成鉅額的現金流入。



圖 3 說明信用違約交換如何提供經理人或套利者在交易上的更多可能性，並且擴大進行套利的潛力：由於放空信用的能力增加，信用違約交換藉由債券連結了公司的資本結構，對於從事可轉換債券套利 (Convertible Arbitrage) 及資本結構套利 (Capital Structure Arbitrage) 的投資者而言，提供了更有利的環境¹。

為了提升信用違約交換的市場透明度、流動性與接受度，多家證券交易商於 2003 年建立了兩個 CDS 指數：TRAC-X 與 iBoxx。這兩個指數係根據市場上交易的信用違約交換，取大型且權值相等的個檔而建立。不過兩者已於 2004 年合而為一，成為 DJ iTraxx Europe。

¹ 一般來說，股市下跌時，可轉換債券的價格跌落幅度較標的股小，在股市上揚的時候亦會隨之上漲，因此投資者或經理人可藉由買進可轉換債券，同時賣出標的股票賺取其中的利潤，稱為可轉換債券套利；資本結構套利則指對於一家有信用風險疑慮的公司，在總資產不變的情況下，債券價格低估，相對而言股票價格便會高估；投資者可以買進高報酬率的債券，同時賣出股票以賺取利潤。此兩種套利方式常見於避險基金(Hedge Fund)的操作模式。

交易信用違約交換可分成兩種情況考慮：第一種是在契約期間並沒有約定的違約事件發生，結果買方只是單純地定期支付賣方固定的費用，直到契約到期日為止；第二種是在契約進行當中約定的違約事件果真發生，則賣方此時有義務支付買方參考債務票面價值與市場上價格的差額，同時契約也因此提前結束，買方嗣後不必再支付任何的費用。以下介紹信用違約交換在訂定時的一些規定事項。

以 ISDA 2003 年定義為準，買賣雙方進行訂定信用違約交換時所要決定的要素有四：

1. 參考信用連結機構及其參考債務

參考的債務在雙方的協議下幾乎可無所不包，除了最單純的債券、貸款及其組合外，原料的進貨成本或市值、其他開發中國家發行的公債都可以作為契約的標的。另外，對於參考實體而言，參考債務的定義範圍也在這裡作規定。



2. 違約事件內容

違約事件的內容通常涵蓋兩個部分，一方面為參考信用連結機構違約的可能，另一方面則為參考債務本身違約的情況。根據 ISDA 的標準，包括：(1) 公司破產 (Bankruptcy), (2) 費用無法支付 (Failure to Pay), (3) 債務違約 (Obligation Default) 或債務加速 (Obligation Acceleration), (4) 延期或拒絕支付 (Repudiation or Moratorium), 及 (5) 債務重整 (Restructuring)。除了破產之外的其他信用事件和信用連結機構的其他債務狀況也會有所關聯，所以信用事件在其他債務的適用範圍也會有所規定。另外天災人禍、社會的安定與否外在環境的因素也可以包含在契約訂定的內容之中。

3. 決定結算方式

結算方式通常可以分為兩種，第一種是現金交割 (Cash Settlement)，通常依面額與市值的差額支付；第二種則為雙方以參考債務進行實體交割 (Physical Settlement)，契約買方以資產向賣方換取原本之面額。若為實體交割，由於通常不會僅限參考債務本身為可交割，故尚須進一步規定可交割資產 (Deliverable Obligation) 之範圍，以北美洲為例，通常有：必須為非次順位債權、指定幣別、非或有債務、可讓與貸款、可轉讓、記名式、到期日不可超過三十年等。此外，交割過程的規則也在此做規定。

4. 決定契約費用

這裡所說的契約費用即為買方定期支付給賣方的信用交換價差。在契約中稱為固定支付 (Fixed Payment)。另外發生違約事件時買方支付的賠償則稱為浮動支付 (Floating Payment)。

下一節將針對國家信用違約交換作一特別介紹。



第三節 國家信用違約交換

國家信用違約交換，為參考信用連結機構為某一國之政府，而參考債務為其國家公債之信用違約交換。一般對於國家信用違約交換而言，只有在海外市場發行，以「標準貨幣 (Standard Specified Currency)」²之一為面額的債券（即所謂歐洲債券, Eurobond）為可交割；換言之，在當地發行，以當地貨幣為面額，受當地法律規範的債券均不可被交割。至於部分較缺乏足夠歐洲債券發行之國家，貸款也可以納入可交割資產；不過，大多數仍為「僅限債券 (Bonds Only)」。

實體交割是國家信用違約交換的主流結算方式，主因為違約事件發生後之債券通常流動性極低，買賣雙方一般而言均欲避免承銷商決定參考債券價值的投票

²所謂標準貨幣為歐元、美金、日圓、加幣、瑞士法郎與英鎊。

過程。另外，由於國家公債發行者——即國家信用違約交換的參考信用連結實體——本身不適用國際破產法庭之相關規定，所以國家信用違約交換所規定之違約事件內容僅有前節所述的後四項。

在市場交易狀況方面，相對於公司或銀行之信用違約交換以五年期者為大宗，國家信用違約交換一年、三年、五年及十年期者的交易量相對而言分佈較為平均（參見圖 4）。並且由於國家信用交換新契約的數量超過公司之信用交換，我們相信國家信用違約交換市場將蓬勃成長。

第四節 信用風險模型

我們在評價信用衍生性商品時，必須先瞭解違約風險如何衡量，因為信用衍生性商品的訂價模型都是建構在信用風險模型之上，加以延伸而來。文獻中衡量違約風險的方式，主要分成兩種：結構式模型（Structural Model），或稱為公司價值模型（Firm's Value Model）；縮減式模型（Reduced Form Model），也有人稱為違約強度模型（Intensity Model）。

結構式模型最初是由 Black and Scholes (1973) 和 Merton (1974) 提出，乃根據基本會計原則，將公司資產的價值視為公司權益和負債的總和，並假設公司資產服從某些隨機過程，如幾何布朗運動 (Geometric Brownian Motion) 等；若公司資產的價值小於負債代表公司無力償還債務，即公司違約。結構式模型的設定隱含了一個重要假設：由於違約是來自於公司的資產價值和負債的關係，所以我們可以推論違約是可以被預測的；違約是否確實可以預測至今學者仍多有爭論。

以上的結構式模型，最大的優點就是可以直接透過公司資產的價值來衡量有違約風險的公司證券，例如：可轉換公司債、可贖回公司債等等，也適合在分析公司理財等相關問題上；但是，在實務運用時便產生若干缺點。第一，公司資產既不可交易也不容易取得相關資訊以觀察其價值與波動度，所以很難找到一個合

適的隨機過程來捕捉公司價值的走勢及估計參數；其次，公司發行的風險性債券，通常具有不同之求償順位，使評價的困難度增加；最後，利用結構式模型求出之短期信用價差，會隨著距債務到期日愈接近的時候，產生趨近於零的不合理情況。

是故，以下將介紹較晚被提出，但實務應用上不亞於結構式模型的另一種信用風險模型——縮減式模型。

縮減式模型，或稱為違約強度模型，其主要的理論背景是由於違約的發生符合稀少事件或為離散可數的特性，正好滿足卜瓦松過程（Poisson Process）之性質，所以根據此想法發展出後續之研究。此模型發展以 Jarrow and Turnbull(1995) 以及 Jarrow et al. (1997) 為開端，建立違約強度模型之雛形。

如上所述，基本的縮減式模型乃將違約事件的發生視作為一卜瓦松過程，即在某一段時間內，違約事件的發生服從卜瓦松分配 (Poisson Distribution)：該時間區間內，違約事件以平均 λ 次的頻率發生，其中 λ 即為所謂之違約強度，有時也稱為危險率 (Hazard Rate)。我們以出現第一次「事件發生」的時間作為公司發生違約的時間。

Madan and Unal(1998)延續上述之作法，將違約強度假設成隨機；而當違約強度 λ 會隨時間改變時，稱為 Cox 分配，乃普瓦松分配之延伸。Duffie and Singleton (1997)也發展了相似的模型，他們考慮了當違約發生後報酬無法完全回收的現實情形，因而設定違約發生後回收的報酬為違約前有風險債券價值乘以 $(1-q)$ 之比例。Lando (1998)發展出一個建構在 Cox 隨機過程上的方法；Schönbucher (1998)考慮一般化的情況中，多次違約 (Multiple Default) 是可能發生的，它假定違約發生後該公司的資產並不會馬上被清算，而是經過協商重組後仍繼續存活，其價值則為原來價值的某一隨機比例，該比例又稱作回復率 (Recovery Rate)。

對政府機構而言，所謂資產價值比起一般民間企業更難以定義與評估，且一般認知上其違約事件亦難以預測，故本文將採用縮減式模型，以估計違約強度之方式嘗試對國家信用違約交換之定價作一驗證。下一章並將就縮減式模型應用在信用違約交換的定價方式作一探討。

第五節 相關實證研究

本節將介紹文獻上，縮減式模型之相關實證研究。相關文獻的焦點多在於估計以下三種隨機過程之參數：違約強度、信用價差，及有違約風險性之短期利率。Madan and Unal (1998) 以最大概似估計法 (Maximum Likelihood Method, ML) 與一般化動差法 (Generalized Methods of Moments, GMM) 作兩階段估計回復率與違約強度之隨機過程。Duffee (1998)，Keswani (2005) 與 Driessen (2001) 由時間序列資料，應用最大概似估計以求得 Cox-Ingersoll-Ross (CIR) 模型之參數。Bakshi et al. (2001)，Frühwirth and Sögner (2006) 與 Janosi et al. (2002) 則利用橫斷面資料，以非線性最小平方法 (non-linear least squares) 來估計模型之參數。其中 Janosi et al. 所定的違約強度過程受無風險短期利率及股價指數影響；Bakshi et al. 的模型中，利率、違約強度與回復率互有相關性；Frühwirth and Sögner 中違約強度則為固定。

第二類則為 Duffie and Singleton (1999) 所提架構之應用，用以直接估計信用價差隨機過程。Nielsen and Ronn (1998) 設定一對數常態之信用價差模型，並以橫斷面資料，使用非線性最小平方法估計之。Düllmann and Windfuhr (2000) 與 Geyer et al. (2001) 由最大概似估計得到 Vasicek 或 CIR 形式的瞬間價差模型之參數。Duffie et al. (2003) 則利用近似的最大概似法來估計 Vasicek 及 CIR 形式的多因子模型。

第三類則考慮無風險利率與信用價差之和，也就是風險性利率之估計。Duffie

and Singleton (1997) 利用最大概似法估計二因子的 CIR 形式的交換利率 (Swap Rate)。

由於信用衍生性商品使得我們可以將其他風險分離而單獨交易信用風險，那麼將信用風險模型用以評價信用衍生性商品應可得到較佳的表現。Houweling and Vorst (2005) 以橫斷面債券資料，利用非線性最小平方法估計出違約強度函數，並用以評價信用交換價差。至於本文所著重之國家信用違約交換方面，Pan and Singleton (2005) 利用最大概似法估計俄羅斯、土耳其、與墨西哥三國的違約強度，並評價其信用交換價差。本文將延續並綜合上述二文獻之研究方法，試圖從國家債券資料估計各國之違約強度過程，評價國家信用違約交換；並期望能對國家信用違約交換之價格機制能有更深刻之瞭解，以利日後實務上之應用。



第三章 研究方法

本文擬參考 Houweling and Vorst (2005)與 Pan and Singleton (2005)之研究，以各國政府發行之債券估計出一合理之違約強度 λ 之隨機過程，並對相對應之信用違約交換作出評價估計，最後與市場之觀察值做一比較與分析。

第一節 債券之評價

考慮一張本金為 1，在時間 T 到期還本且無違約風險之零息債券，其在時間 t 的價值為

$$p(t, T) = e^{-\int_t^T r_s ds} = e^{-R(t, T)(T-t)}, \quad (1)$$

其中無風險瞬時利率 r_s 隨時間改變，但不為隨機； $R(t, T)$ 則為即期利率 (Spot Rate)，可看作期間內瞬時利率之平均值。

今考慮一具有違約風險，定期給付固定息票（付息日分別為 $\mathbf{t} = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ ）的債券，且違約強度 λ_t 為一 CIR 模式之隨機過程：

$$d\lambda_t = \kappa(\theta - \lambda_t)dt + \sigma\sqrt{\lambda_t}dW_t^3. \quad (2)$$

在此設定下，債券在風險中立測度 (Risk Neutral Probability Measure) 下，從時

³ 為簡化說明，我們將直接設定風險中立測度下 λ_t 之行為。當現實世界的 λ_t 為一 CIR 隨機過程時：

$$d\lambda_t^P = \kappa^P(\theta^P - \lambda_t^P)dt + \sigma\sqrt{\lambda_t^P}dW_t^P,$$

若風險的市場價格 (Market Price of Risk) 為 $\eta_t = \frac{\delta_0}{\sqrt{\lambda_t}} + \delta_1\sqrt{\lambda_t}$ ，則此時風險中立下的違約強度亦為

一 CIR 過程：

$$d\lambda_t^Q = \kappa^Q(\theta^Q - \lambda_t^Q)dt + \sigma\sqrt{\lambda_t^Q}dW_t^Q,$$

其中 $\kappa^Q = \kappa^P + \delta_1\sigma$ ， $\kappa^Q\theta^Q = \kappa^P\theta^P - \delta_0\sigma$ 。見 Pan and Singleton (2005)。

間 t 到時間 T 未發生違約的存活機率 (Survival Probability) 為

$$\tilde{P}(t, T) = \tilde{E}_t \left[\exp \left(- \int_t^T \lambda_s ds \right) \right], \quad (3)$$

其中等號右側為在時間 t 時的條件期望值。由 Houweling and Vorst (2005) 可知，該債券在時間 t 的價格可以表示為未來所有現金流入在考慮違約可能之下的條件期望值：

$$\begin{aligned} v(t, \mathbf{t}, c) &= \sum_{i=1}^n p(t, t_i) \tilde{E}_t \left[c \mathbf{1}_{\{\tau > t_i\}} \right] + p(t, t_n) \tilde{E}_t \left[\mathbf{1}_{\{\tau > t_n\}} \right] + \tilde{E}_t \left[p(t, \tau) \delta \mathbf{1}_{\{\tau \leq t_n\}} \right] \\ &= \sum_{i=1}^n p(t, t_i) c \tilde{P}(t, t_i) + p(t, t_n) \tilde{P}(t, t_n) + \int_t^{t_n} p(t, s) \delta f(s) ds \end{aligned}, \quad (4)$$

其中 c 為息票利率 (Coupon Rate)， δ 為回復率， $f(s)$ 表示對應於違約強度過程的機率密度函數 (Probability Density Function)。至於等號最右邊的積分式可以用下式近似：

$$\int_t^{t_n} p(t, s) \delta f(s) ds \approx \sum_{i=1}^m p(t, s_i) \delta \left(\tilde{P}(t, s_{i-1}) - \tilde{P}(t, s_i) \right). \quad (5)$$

若我們有國家政府公債的價格及利率等其他資料，利用(4)、(5)兩式便可以求得國家違約強度 λ_t 之相關參數⁴。

第二節 信用違約交換之評價

得到違約強度之樣本估計量之後，便能夠對信用違約交換進行定價工作。上一章曾經說明，一個信用違約交換契約可以分成固定支付及浮動支付兩部分。固

⁴ 如前章所述，考慮到政府機構違約之定義較為特殊，違約強度可以視為 $\lambda_t = \lambda_{acc,t} + \lambda_{fail,t} + \lambda_{rest,t} + \lambda_{repud,t}$ ，其中 acc 表示債務加速， $fail$ 為無法支付， $rest$ 為債務重整， $repud$ 則為延期支付。見 Pan and Singleton (2005)。故在此條件下，信用違約交換契約本身的違約事件和參考資產（即國家債券）的違約事件可以看做同等事件。

定支付為保護買方定期支付給賣方之信用違約交換貼水，設其為 P 。若給付時間為 $\mathbf{T}=(T_1, T_2, \dots, T_N)$ ，那麼固定支付部分可視為一個僅有息票之債券：

$$\bar{V}(t, \mathbf{T}, P) = \sum_{i=1}^N p(t, T_i) P \tilde{P}(t, T_i). \quad (6)$$

接下來為浮動支付之部分。此部分為當違約事件在到期前發生時，賣方向買方所賠償的金額，即違約發生所造成的債券價值損失。考慮債券面額為 1 時，該期望價值為

$$\tilde{V}(t) = \tilde{E}_t \left[p(t, \tau) (1 - \delta) \mathbf{1}_{\{\tau \leq T_N\}} \right] = \int_t^{T_n} p(t, s) (1 - \delta) f(s) ds. \quad (7)$$

值得注意的是，(7)式中 $(1 - \delta)$ 表示本金與違約後價值之差，隱含了信用違約交換為現金交割。一般而言，國家信用違約交換多為實物交割；而在可交割資產之規定中，便衍生出保護買方可以在可交割的一群債券中，選擇價值最低的一件來交割之權利，有時稱為交割選擇權 (Cheapest-to-Deliver Option 或 Delivery Option)。然而，通常此「最便宜」的債券只有一個或一小群，買賣雙方都可以充分得到相關資訊，故此交割選擇權並沒有特別加以考慮之需要 (Pan and Singleton, 2005)；加以方便起見，本文將直接考慮現金交割之情形。

最後，在無套利機會下，信用違約交換的固定支付和浮動支付兩部分應該相等：

$$\sum_{i=1}^N p(t, T_i) P \tilde{P}(t, T_i) = \int_t^{T_n} p(t, s) (1 - \delta) f(s) ds, \quad (8)$$

利用前一節所求出之違約強度過程，經由(8)式可以解出信用交換價差 P ：

$$P = \frac{\int_t^{T_n} p(t,s)(1-\delta)f(s)ds}{\sum_{i=1}^N p(t,T_i)\tilde{P}(t,T_i)} \approx \frac{(1-\delta)\sum_{i=1}^m p(t,s_i)(\tilde{P}(t,s_{i-1})-\tilde{P}(t,s_i))}{\sum_{i=1}^N p(t,T_i)\tilde{P}(t,T_i)} . \quad (9)$$

第三節 參數估計方式

本文重要工作之一為對違約強度過程之參數進行估計。在使用(5)式近似下，違約強度僅出現於計算存活機率時；而由 Cox et al. (1985) 可知，(3)式在 CIR 模式之下有封閉解⁵：

$$\tilde{P}(t,T) = \tilde{E}_t \left[\exp \left(- \int_t^T \lambda_s ds \right) \right] = A(t,T) \exp \left(-B(t,T) \lambda_t \right) ,$$

其中

$$A(t,T) = \left[\frac{2\gamma e^{(\kappa+\gamma)(T-t)/2}}{(\gamma+\kappa)(e^{\gamma(T-t)}-1)+2\gamma} \right]^{2\kappa\theta/\sigma^2} ,$$

$$B(t,T) = \frac{2(e^{\gamma(T-t)}-1)}{(\gamma+\kappa)(e^{\gamma(T-t)}-1)+2\gamma} ,$$

$$\gamma = \sqrt{\kappa^2 + 2\sigma^2} . \quad (10)$$

本文擬參考 Pan and Singleton (2005)，以最大概似法估計違約強度之參數。由 Cox et al. (1985)，給定 λ_t ，在未來某一時間 $s > t$ ， λ_s 的條件機率密度函數為一非中央卡方分配 (Noncentral Chi-Squared Distribution)：

$$f(\lambda_s | \lambda_t; \kappa, \theta, \sigma) = c e^{-u-v} \left(\frac{v}{u} \right)^{q/2} I_q \left(2(uv)^{1/2} \right) ,$$

⁵只要 λ_t 為仿射隨機過程 (Affine Process) 形式，在滿足某些數學條件下，該條件期望值都有封閉解；CIR 模式為仿射隨機過程之一特例。見 Duffie and Singleton (2003), Appendix A。

其中

$$c = \frac{2\kappa}{\sigma^2(1 - e^{-\kappa(s-t)})},$$

$$u = c\lambda_t e^{-\kappa(s-t)},$$

$$v = c\lambda_s,$$

$$q = \frac{2\kappa\theta}{\sigma^2} - 1, \quad (11)$$

而 I_q 則為 q 階的第一類修正貝索函數 (Modified Bessel Function of The First Kind of Order q)⁶。由(4)、(5)、及(10)等三式可知， $v(t, t, c)$ 為 λ_t 之一對一函數，本文利用穆勒法 (Muller Method) 得到對應於債券價格之違約強度序列；並進一步由其對數概似函數 (Loglikelihood Function)：

$$L_n(\kappa, \theta, \sigma) = \sum_{i=1}^n \log f(\lambda_i | \lambda_{i-1}; \kappa, \theta, \sigma)^7, \quad (12)$$

令 $\Theta = (\kappa, \theta, \sigma)$ ，則最大概似估計式為

$$\hat{\Theta} = \underset{\Theta}{\text{ArgMax}} \{L_n(\Theta)\}^8. \quad (13)$$

第四節 參數估計與模擬概似函數逼近法

在上節(14)式中，並非對於每一種違約強度模式均可容易地求出最大概似估

⁶ (11)式為 $\chi^2[2c\lambda_s; 2q+2, 2u]$ ，其中 $2q+2$ 為自由度， $2u$ 為非中央參數。

⁷ 注意到，這裡對條件機率分配進行離散化。

⁸ Singleton (2001)提出，對於任何仿射隨機過程形式之違約強度理論上均可以利用最大概似估計法。

計式 $\hat{\Theta}$ 。對 CIR 模式而言，雖然其條件機率密度函數存在（第(11)式），其參數相對而言仍屬較不易估計。為了解決此類難題，Pedersen (1995) 首先提出模擬概似函數逼近法 (Simulated Likelihood Approximation)，而求出之估計式則稱為模擬最大概似估計式 (Simulated Maximum Likelihood Estimator, SMLE)。

模擬概似函數逼近法之概念如下。對於一個擴散隨機過程：

$$dX_t = \mu(X, \Theta)dt + \sigma(X, \Theta)dW_t, \quad (14)$$

若有一筆離散時間的樣本資料，在每一對樣本點之間插入一至數個中間點，以模擬方式得出增廣樣本當作高頻資料，以彌補離散時間樣本在估計上的不足；然後利用高頻資料逼近該連續時間模式——不論其為已知或者未知——之轉移機率密度函數(Transition Density) $f(x_s | x_t, \Theta)$ 。

令兩個實際觀測到之樣本點及其中間點之時間為 $t = \tau_0 < \dots < \tau_M = s$ 。又令

$$f^{(1)}(x_s | x_t, \Theta) = \phi(x_s | x_t + \mu(x_t)(s-t), \sigma^2(x_t)(s-t)), \quad (15)$$

其中 $\phi(x | \mu, \sigma^2)$ 為期望值為 μ 、標準差為 σ 之常態分配機率密度函數。對每組中間點模擬 K 次，中間點值為 $\mathbf{u}_k = (u_1^k, u_2^k, \dots, u_{M-1}^k)$, $k = 1, \dots, K$ ；每次中間點的模擬方式則為（以 Pedersen(1995) 為例）⁹：

$$u_{m-1} = u_m + \mu(u_m, \Theta)\delta + \sigma(u_m, \Theta)\delta^{1/2}W_{m+1}, \quad m = 0, 1, \dots, M-2 \quad (16)$$

其中 $u_0 = x_t$ ， $\delta = (s-t)/M$ ， $W = (W_1, \dots, W_{M-1})$ 為一多變元標準常態隨機變數。圖

⁹ Durham and Gallant (2002) 中，對歷來各學者所提出之模擬方式與 $f^{(1)}$ 作一整理與比較。

5 為模擬概似函數逼近法估計方式之示意圖。若 $q(u_1, \dots, u_{M-1})$ 表示各種不同模擬方式所對應之機率密度函數，Pedersen(1995)證明序列

$$f^{(M,K)}(x_s | x_t, \Theta) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \frac{\prod_{m=1}^M f^{(1)}(u_m^k | u_{m-1}^k, \Theta)}{q(u_1^k, \dots, u_{M-1}^k)} \text{ 將會收斂：}$$

$$\lim_{K \rightarrow \infty, M \rightarrow \infty} f^{(M,K)}(x_s | x_t, \Theta) = f(x_s | x_t, \Theta), \quad (17)$$

且概似函數亦收斂。簡言之，只要中間點及模擬路徑夠多，利用常態方式逼近的條件機率分配便會收斂到原始的機率分配。

模擬概似函數逼近法之一大優點為，不論目標隨機模式之條件機率密度函數是否存在（或是否容易求出），此法都可以應用。本文亦將利用此法解決將實際觀測資料套入非中央卡方分配時可能產生的不易估算之問題。

第五節 無風險利率與回復率

在參數估計的過程中，無風險利率與回復率均為需給定之重要外生變數。Houweling and Vorst (2005) 發現，在公債殖利率、交換利率、與附買回協議利率 (Repo Rate) 之間，以交換利率與附買回協議利率做為無風險利率，對信用違約交換的定價較為準確，且明顯優於政府公債殖利率。所謂附買回協議 (Repurchase Agreement, Repo) 為賣出現貨資產的同時，與交易對方約定於未來某特定時間以某特定價格再買回該資產；對交易對手而言，本質上即為一種短期擔保貸款，通常流行於銀行與銀行之間，期限短僅一天，最長則為一年¹⁰。本文擬將沿用其看法，以短期之附買回協議利率組合成為基準之無風險即期利率結構，求並用以估算無風險零息債券之價格。

¹⁰ 有關附買回協議之詳細研究，可參考 Duffie (1996)。

另外在回復率方面，雖然就直覺上而言，將其視為另一參數並加以估計應為較佳之方式，然而如何利用觀察到之資料估計回復率有其困難性。另外 Pan and Singleton (2005) 分別以視為參數及視為外生變數分別進行信用違約交換之定價，將其視為參數所得之結果並沒有顯著優於後者。Houweling and Vorst (2005) 亦認為信用交換貼水相對於回復率並不具太大敏感性。瑞士信貸第一波士頓銀行 (Credit Suisse First Boston, CSFB) 於 2004 年提出的估計報告，在俄羅斯的違約事件中的回復率為 23.5%，厄瓜多則為 23.4%。另外，在部分信用違約交換中，回復率亦有在契約中明文規定者；本文所研究之信用違約交換之回復率為 25%，Pan and Singleton (2005) 在其研究中亦接受回復率為 25%。

第六節 研究資料

本文所使用之資料來源，如各國政府公債、國家信用違約交換之報價資料及契約規格、以及交換利率資料，均來自於彭博通訊社 (Bloomberg) 之資料庫；附買回協議利率則下載自英國銀行協會網站。其中債券價格及其殖利率，以及利率等資料期間為 2002 年 1 月 1 日至 2006 年 3 月 31 日，共 1109 個交易日；信用違約交換則視個別國家而不同。如前所述，拉丁美洲地區 2001 年以來已經發生過金融危機；本文將以拉丁美洲資料為主，並加上部分其他區域國家進行對照研究。總計共有拉丁美洲 4 國：巴西、哥倫比亞、巴拿馬、委內瑞拉；亞洲地區 1 國：菲律賓；東歐地區 2 國：俄羅斯、土耳其¹¹。其中俄羅斯及土耳其在 Pan and Singleton (2005) 中亦有所研究，但其資料時間較早 (2001 年 3 月 19 日~2004 年 8 月 12 日)。

¹¹ 各國詳細資訊見表 1。

第四章 實證研究結果

第一節 敘述性統計

本節將對參考資產殖利率與信用交換價差之敘述性統計資料作一比較，雖然國家信用違約交換在市場上各年期契約交易狀況的分佈較為平均（見第二章），為避免繁瑣仍以最具代表性的五年期契約為例。

首先考慮以地區分類。表 2 為各地區各國債券殖利率與信用交換價差之敘述性統計資料。圖 5 為各代表性國家之殖利率與信用交換價差分佈圖。大致上而言，南美洲地區的信用交換價差似乎略大於其他地區，波動度似乎亦較大；另外價差的波動初步呈現比殖利率的波動劇烈，即信用違約交換相對於債券較為敏感，此現象尤以巴西最為明顯。

表 3 則將所有國家依信用評等排列，一起考慮之敘述性統計資料。其中唯一信用評等為投資級，比起其他國家較高的俄羅斯，債券殖利率及信用交換價差均較其他大部分國家大，而波動度和大部分其他國家相比亦較小。結果初步合於一般直覺，即信用評等較低者，其違約強度較大；並且由於經濟較不穩定，波動可能也較大。然而本文研究對象之國家債券其信用評等事實上均相去不遠（BBB~BB-），並無特別高於其他者。

特別需要注意的是，巴西在 2002 年後半信用交換價差大幅竄升甚至超越債券殖利率。一般理論上而言，債券殖利率包含無風險報酬及風險貼水；風險貼水部分不僅包含信用風險資訊，亦包含其他風險，跟純粹分離出信用風險的信用違約交換有所不同，故債券殖利率理論上不應小於信用交換貼水。巴西長久以來資金大量依賴外債，在 2002 年引發金融危機，同時適逢總統大選期間，工黨領導人、主張捨棄前政府「新自由經濟政策」的盧拉 (Luiz Inacio Lula da Silva) 可望

勝選，當時市場投資人紛紛擔心盧拉勝選後可能拒絕支付債務¹²。對於債券持有人而言，若他們的解決方式並非出脫持有的債券而轉為買進對應之信用違約交換以保護債券部位（此正為信用違約交換存在的目的），引發信用違約交換的大量需求，可能為造成該現象之主要原因。我們猜測，當時信用交換價差有高估的可能。

另外在線性相關方面，除亞洲的菲律賓相較而言呈現出的相關程度較低以外，拉丁美洲與其他國家初步的相關程度都頗高。一般而言，由於貿易及資金流動容相對容易，人們同意鄰國之間的經濟及金融狀態存在相關性，同時發生經濟危機時，鄰近國家也有受到波及，甚至發生骨牌效應的可能性。

第二節 參數估計結果

表 4 為經由模擬概似函數逼近法所求得之各國家在風險中立下之違約強度過程參數之最大概似估計式。首先和 Pan and Singleton (2005) 有所不同的是，在平均值回歸 (Mean Reversion) 參數 κ 方面，我們發現違約強度仍有平均值回歸現象 ($\kappa > 0$ ，且其程度有大有小)，而非 Pan and Singleton (2005) 發現的發散現象 ($\kappa < 0$)。若將圖 5 之殖利率走勢與所估算出之違約強度合併觀察，從 2002 至 2006 年初全球各國違約強度整體走勢為持續向下，代表各地漸從全球性金融危機緩步復甦，相對而言即為無法觀察到明顯之反轉現象；雖然這有可能肇因於較極端的歷史資料（2001~2003 年的金融危機），但我們就已知資訊，認為國家違約強度之平均回歸調整速度應該不甚快。

在長期平均參數 θ 方面，隨著評等的降低，其值漸漸變大；符合一般預期，若一個國家有較高的信用風險，其違約強度——即在瞬間發生違約事件的瞬間頻率——理應較高。即使部分國家（如委內瑞拉）在本文所使用之歷史資料中所估

¹² 盧拉於 2002 年 10 月 27 日順利當選巴西第 40 任總統，巴西並未如阿根廷一般止付國債。

算出之違約強度趨勢明顯向下且暫時無反轉跡象，但其在 2006 年初時已接近 0，以一般預期，在未來一段時間內對於長期平均之估計應不致有決定性的影響。

至於波動度參數 σ ，我們發現信用評等較差之國家，其波動度明顯較大。當一個國家面臨潛在的金融危機時，資金大量撤出，但也有可能吸引若干投機客；除外也有政治等其他因素的影響而造成不穩定，是以信用評等較低之國家其違約強度之波動度也較大。

第三節 定價誤差分析

為評估模型對信用交換價差的定價效果，考慮到相對於不同的信用評等，國家間的信用交換價差整體水準有所差異，為標準化起見，本文擬在此以均方根誤差百分比(Percent Root Mean Square Error, RMSE%)來衡量其偏誤程度，計算公式為：

$$RMSE\%_i = \sqrt{\frac{1}{T_i} \sum_{t=1}^{T_i} \left[\frac{(\hat{P}_t^i - P_t^i)}{P_t^i} \right]^2}, \quad (18)$$

其中 T_i 為每個國家的樣本數，也就是資料的天數； \hat{P}_t^i 為模型估計價格， P_t^i 為市場價格。但另一方面為避免某些變數因數值較小，致使相對於實際值所得之均方根誤差百分比偏高的情形發生，故而在亦將其均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)列出，以為比較參考：

$$RMSE_i = \sqrt{\frac{1}{T_i} \sum_{t=1}^{T_i} (\hat{P}_t^i - P_t^i)^2}. \quad (19)$$

表 5 為各國分別在 1、3、5、及 10 年期契約中的均方根誤差百分比與平方根誤差，圖 7 則為哥倫比亞與土耳其五年期信用交換價差估計值與市場觀測值。

首先，大部分資料估計值與實際值相比有高估之現象。除此之外，我們也發現兩個奇特的現象：第一，在大部分情況下，到期日較近之契約反而有較大的誤差；第二，幾乎全部資料都有越接近資料尾端（2006年3月31日）誤差越大之現象。綜合以上現象，我們認為可能原因之一為本文用作無風險利率的附買回協議利率在短到期時間時有低估（無風險利率）之現象，且在2005~2006年波動有加劇的趨勢；或者更進一步的說，也許到2005年之後以附買回協議利率替代無風險利率可能變得較為不適當¹³。

然而更令人感興趣的，乃對於巴西與委內瑞拉之估計情形。圖8為兩國之三年與五年期信用違約交換之模型估計值與市場觀測值。在2002~2003年期間，兩國之市場值均大幅超過估計值，最多甚至達到2000個基點之多；然而在2004年之後便恢復一般的誤差水準。前節我們曾猜測，由於市場上的大量需求，南美洲在金融危機期間信用違約交換價格有高估的「信用違約交換泡沫」之可能，引發所謂「信用違約交換泡沫」，在此似乎得到多一層的證據。若信用違約交換泡沫確實存在，對於投資人及基金經理人而言，便可能會有可以穩定獲利的套利機會。但是此種套利機會為有條件的：兩方價差所創造出來的利潤必須足夠彌補期間違約所可能的損失，也就是投資人必須考慮違約機率，故必須更準確的評估違約強度。

另外，也有人認為今天的金融市場，事實上為信用違約交換價格影響債券價格。此說法隱含，以信用違約交換評估的違約強度資訊是比較接近事實的。當然，孰為正確仍尚待我們檢驗。

¹³ Houweling and Vorst (2005)之資料研究期間為1999年5月1日到2001年1月10日。

第五章 結論與建議

第一節 研究結論

本文從海外發行之國家債券出發，由債券價格，利用考慮違約機率下之債券評價模型估計出國家違約強度過程之參數；並利用所估計之參數與市場上觀察之國家信用違約交換價格資料，對信用違約交換定價模型進行驗證。

首先我們發現，信用違約交換對於市場比起參考債券本身更具敏感性；並提出在此情形下，當一國面臨可能的金融危機時，信用違約交換所帶給我們的訊息可能比實際上更為悲觀。

以 CIR 模式經由模擬概似函數逼近法所得之參數估計值，由於南美洲各國尚剛從金融危機中迅速復甦，得到了反轉速度大部分較慢的結果。另外在長期平均及波動度則與一般直覺相同，信用評等較低者違約風險大，違約強度長期平均較高；同時相較於評等高者也不穩定，故波動度也較高。

最後對信用交換價差模型估計值與市場觀測值比較，我們發現巴西與委內瑞拉等在面臨金融危機時信用交換價差似乎有過份高估，類似泡沫的情況，除了可能產生套利機會以外，其造成原因亦值得深究，或以其他方式解決此問題。

第二節 後續研究建議

本文嘗試估計國家違約強度並對信用違約交換加以定價，然而實則仍有許多缺漏與不足之處。首先，以巴西為例，研究資料涵蓋適逢金融危機的 2002~2003 年，及成功復甦快速起飛，號稱「金磚四國」¹⁴的 2005~2006 年兩個階段。若此

¹⁴ 金磚四國 (BRIC) 為四個新興國家之簡稱，分別為：巴西 (Brazil)，俄羅斯 (Russia)，印度 (India)，以及中國 (China)。

兩階段違約強度的長期平均為固定，稍嫌不盡合理。後續研究者可考慮長期平均參數為時間 t 之函數，或是分段估計違約強度過程之參數。

由參數估計結果可以討論的是，本文的模型設定是否能準確描述違約強度行為。違約強度是否像利率一樣，的確具有平均值回歸性質；若有，其回歸形式為何？這些問題都可以加以研究改進。

除了違約強度本身的性質，我們也可以考慮不同國家之間的相關性。雖然本文曾簡單利用相關係數觀察各國之間之相關程度，但仍嫌過於粗糙，且以線性相關來衡量在許多情形之下亦不盡完善。日後研究可以考慮描述隨機變數間非線性相關之估計方法，例如 Copula 函數等，探討各國之間違約強度的相關性，並且進一步估計當一國發生經濟危機時，擴散至鄰國所需之反應時間，以供實務策略上之應用。

其次，由本文模型所估計之信用交換價差誤差之結果，尚未能稱優良。改善方法除前述之改善違約強度過程外，亦可考慮使用其他更具公信力之變數資料來代替無風險利率，甚者對無風險利率進行模型設定，使用二因子模型；或者考慮上次付息時間到違約時間之間的應付利息 (Accrued Payment)；或是使用其他一般化統計模型描述違約強度，譬如 Penalized Least Square 等。

最後，對於信用違約交換具敏感性的現象，也是可供後續討論之課題。信用違約交換是否高估了信用風險？是債券影響信用違約交換還是信用違約交換影響債券？若信用風險的確高估了，對投資人而言是否可能存在套利機會？要如何評估其存在？若的確存在套利機會可以如何進行策略操作？等各式各樣的問題還有待我們探索與發現。

參考文獻

- Ahangarani, P. M. (2005), An Empirical Estimation and Model Selection of the Short-Term Interest Rates, Working Paper, University of Southern California.
- Backshall, T. (2004), Improving Performance with Credit Default Swaps, Barra Credit Series.
- Bakshi, G., D. Madan, and F. Zhang, (2001), Understanding the Role of Recovery in Default Risk Models: Empirical Comparisons and Implied Recovery Rates, Working paper, University of Maryland and Federal Reserve Board.
- Black, F. and M. Scholes (1973), The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy* 81, 637-654.
- Cox, J. C., J. E. Ingersoll, and S. A. Ross (1985), A Theory of the Term Structure of Interest Rates, *Econometrica* 53, 385-407.
- Das, S. (2004), *Swaps/Financial Derivatives: Products, Pricing, Applications and Risk Management*, Wiley.
- Driessen, J. (2001), The Cross-Firm Behaviour of Credit Spread Term Structures, Working Paper, University of Amsterdam.
- Duffee, G. R. (1998), The Relation between Treasury Yields and Corporate Bond Yield Spreads, *Journal of Finance* 53, 2225-2241.
- Duffie, D. (1996), Special Repo Rates, *Journal of Finance* 51, 493-526.
- (2005), Credit Risk Modeling with Affine Processes, *Journal of Banking &*

Finance 29, 2751-2802.

Duffie, D., J. Pan, and K. Singleton (2000), Transform Analysis and Asset Pricing for Affine Jump-Diffusions, *Econometrica* 68, 1343-1376.

Duffie, D., L. H. Pedersen, and K. J. Singleton (2003), Modeling Sovereign Yield Spreads: A Case Study of Russian Debt, *Journal of Finance* 58, 119-160.

Duffie, D. and K. J. Singleton (1997), An Econometric Model of the Term Structure of Interest-Rate Swap Yields, *Journal of Finance* 52, 1287-1321.

——— (1999), Modeling Term Structures of Defaultable Bonds, *Review of Financial Studies* 12, 687-720.

——— (2003), *Credit Risk: Pricing, Measurement, and Management*, Princeton University Press.



Düllmann, K. and M. Windfuhr (2000), Credit Spreads Between German and Italian Sovereign Bonds- Do Affine Models Work? *Canadian Journal of Administrative Sciences* 17.

Durham, G. B. and A. R. Gallant (2002), Numerical Techniques for Maximum Likelihood Estimation of Continuous-Time Diffusion Processes, *Journal of Business & Economic Statistics* 20, 297-338.

Frühwirth, M. and L. Sögner, (2006), The Jarrow/Turnbull Default Risk Model: Evidence from the German Market, *European Journal of Finance* 12, 107–135.

Geyer, A., S. Kossmeier, and S. Pichler (2001), Empirical Analysis of European Government Yield Spreads. Working paper, Vienna University of Economics.

- Houweling, P. and T. Vorst (2005), Pricing Default Swaps: Empirical Evidence, *Journal of International Money and Finance* 24, 1200-1225.
- Jang, J. (2005), Credit Derivatives Pricing Using the Cox Process with Shot Noise Intensity, Working Paper, University of New South Wales.
- Janosi, T., R. Jarrow, and Y. Yildirim (2002), Estimating Expected Losses and Liquidity Discounts Implicit in Debt Prices, *Journal of Risk* 5, 1-38.
- Jarrow, R. A. and S. M. Turnbull (1995), Pricing Derivatives on Financial Securities Subject to Credit Risk, *Journal of Finance* 50, 53-85.
- Jarrow, R. A., D. Lando, and S. M. Turnbull (1997), A Markov Model for the Term Structure of Credit Risk Spreads, *Review of Financial Studies* 10, 481-523.
- JPMorgan (2005), Single Name CDS of ABS: Next Step in the Evolution of the ABS Market, Global Structured Finance Research.
- Keswani, A. (2005), Estimating a Risky Term Structure of Brady Bonds, *Manchester School* 73, 99-127.
- Lando, D. (1998), Cox Processes and Credit-Risky Securities, *Review of Derivatives Research* 2, 99-120.
- (2004), *Credit Risk Modeling: Theory and Applications*, Princeton University Press.
- Lee, J. C. and S. Zhou (2006), Estimation Bias for Mean Reversion with Simulated Likelihood Approximation under Continuous Time Stochastic Process, Working Paper, National Chiao Tung University.

- Madan, D. and H. Unal (1998), Pricing the Risks of Default, *Review of Derivatives Research* 2, 121-160.
- Merton, R. C. (1974), On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates, *Journal of Finance* 2, 449-70.
- Nielsen, S.S. and E. I. Ronn (1998), The Valuation of Default Risk in Corporate Bonds and Interest rate Swaps, Working Paper, University of Copenhagen and University of Texas at Austin.
- Pan, J. and K. J. Singleton (2005), Default and Recovery Implicit in the Term Structure of Sovereign CDS Spreads, Working Paper, Massachusetts Institute of Technology and Stanford University.
- Pearson, N. D. and T. Sun (1994), Exploiting the Conditional Density in Estimating the Term Structure: An Application to the Cox, Ingersoll, and Ross Model, *Journal of Finance* 49, 1279-1304.
- Pedersen, A. R. (1995), A New Approach to Maximum Likelihood Estimation for Stochastic Differential Equations Based on Discrete Observations, *Scandinavian Journal of Statistics* 22, 55–71.
- Schönbucher, P. J. (1998), Term Structure Modelling of Defaultable Bonds, *Reviews of Derivatives Research* 2, 161-192.
- Singleton, K. J. (2001), Estimation of Affine Asset Pricing Models Using the Empirical Characteristic Function, *Journal of Econometrics* 102, 111-141.

表 1 信用違約交換及參考債券資訊

A. 信用違約交換

拉丁美洲地區		
Country	Denominated Currency	Recovery Rate
Brazil	USD	0.25
Columbia	USD	0.25
Panama	USD	0.25
Venezuela	USD	0.25

東歐地區		
Country	Denominated Currency	Recovery Rate
Russia	USD	0.25
Turkey	USD	0.25

亞洲地區		
Country	Denominated Currency	Recovery Rate
Philippines	USD	0.25

B. 參考債券

拉丁美洲地區

Country	Crncy	Cpn Freq	Cpn Type	Issue Dt	First Cpn Dt	Maturity	S&P Rating
Brazil	USD	2	FIXED	2000/3/6	2000/9/6	2030/3/6	BB
Columbia	USD	2	FIXED	2000/2/25	2000/8/25	2020/2/25	BB
Panama	USD	2	FIXED	1997/9/26	1998/3/30	2027/9/30	BB
Venezuela	USD	2	FIXED	1997/9/18	1998/3/15	2027/9/15	BB-

東歐地區

Country	Crncy	Cpn Freq	Cpn Type	Issue Dt	First Cpn Dt	Maturity	S&P Rating
Russia	USD	2	STEP	2000/8/25	2000/9/30	2030/3/31	BBB
Turkey	USD	2	FIXED	2000/1/18	2000/7/15	2030/1/15	BB-

亞洲地區

Country	Crncy	Cpn Freq	Cpn Type	Issue Dt	First Cpn Dt	Maturity	S&P Rating
Philippines	USD	2	FIXED	2000/3/16	2000/9/16	2025/3/16	BB-

表 2 敘述性統計資料——以地區分類

A. 債券殖利率

拉丁美洲地區						
Country	Mean	Std. Dev.	Corr. Matrix			
Brazil	0.128	0.047	1.000	0.910	0.776	0.788
Columbia	0.100	0.019	0.910	1.000	0.915	0.845
Panama	0.085	0.009	0.776	0.915	1.000	0.842
Venezuela	0.116	0.027	0.788	0.845	0.842	1.000

東歐地區						
Country	Mean	Std. Dev.	Corr. Matrix			
Russia	0.078	0.018	1.000			0.858
Turkey	0.100	0.022	0.858			1.000

亞洲地區						
Country	Mean	Std. Dev.				
Philippines	0.098	0.008				

B. 信用交換價差

拉丁美洲地區

Country	Mean	Std. Dev.	Corr. Matrix			
Brazil	0.091	0.084	1.000	0.931	0.888	0.962
Columbia	0.040	0.016	0.931	1.000	0.945	0.897
Panama	0.022	0.006	0.888	0.945	1.000	0.868
Venezuela	0.063	0.047	0.962	0.897	0.868	1.000

東歐地區

Country	Mean	Std. Dev.	Corr. Matrix		
Russia	0.025	0.015	1.000		0.868
Turkey	0.054	0.032	0.868		1.000

亞洲地區

Country	Mean	Std. Dev.
Philippines	0.043	0.009

表 3 敘述性統計資料——混合

A. 債券殖利率

Country	Mean	Std. Dev.	Corr. Matrix						
Russia	0.078	0.018	1.000	0.787	0.922	0.907	0.849	0.858	0.680
Brazil	0.128	0.047	0.787	1.000	0.910	0.776	0.788	0.892	0.601
Columbia	0.100	0.019	0.922	0.910	1.000	0.915	0.845	0.894	0.757
Panama	0.085	0.009	0.907	0.776	0.915	1.000	0.842	0.829	0.786
Venezuela	0.116	0.027	0.849	0.788	0.845	0.842	1.000	0.923	0.698
Turkey	0.100	0.022	0.858	0.892	0.894	0.829	0.923	1.000	0.614
Philippines	0.098	0.008	0.680	0.601	0.757	0.786	0.698	0.614	1.000



B. 信用交換價差

Country	Mean	Std. Dev.	Corr. Matrix						
Russia	0.025	0.015	1.000	0.843	0.954	0.945	0.887	0.868	0.439
Brazil	0.091	0.084	0.843	1.000	0.931	0.888	0.962	0.843	0.400
Columbia	0.040	0.016	0.954	0.931	1.000	0.945	0.897	0.854	0.846
Panama	0.022	0.006	0.945	0.888	0.945	1.000	0.868	0.909	0.859
Venezuela	0.063	0.047	0.887	0.962	0.897	0.868	1.000	0.932	0.680
Turkey	0.054	0.032	0.868	0.843	0.854	0.909	0.932	1.000	0.489
Philippines	0.043	0.009	0.439	0.400	0.846	0.859	0.680	0.489	1.000

表 4 模擬概似函數逼近法所得之 λ 最大概似估計值

Country	Kappa	Theta	Sigma
Russia	0.144	0.034	0.046
Brazil	0.171	0.088	0.071
Columbia	0.445	0.060	0.077
Panama	0.916	0.045	0.081
Venezuela	0.273	0.075	0.072
Turkey	0.440	0.060	0.078
Philippines	0.931	0.058	0.069



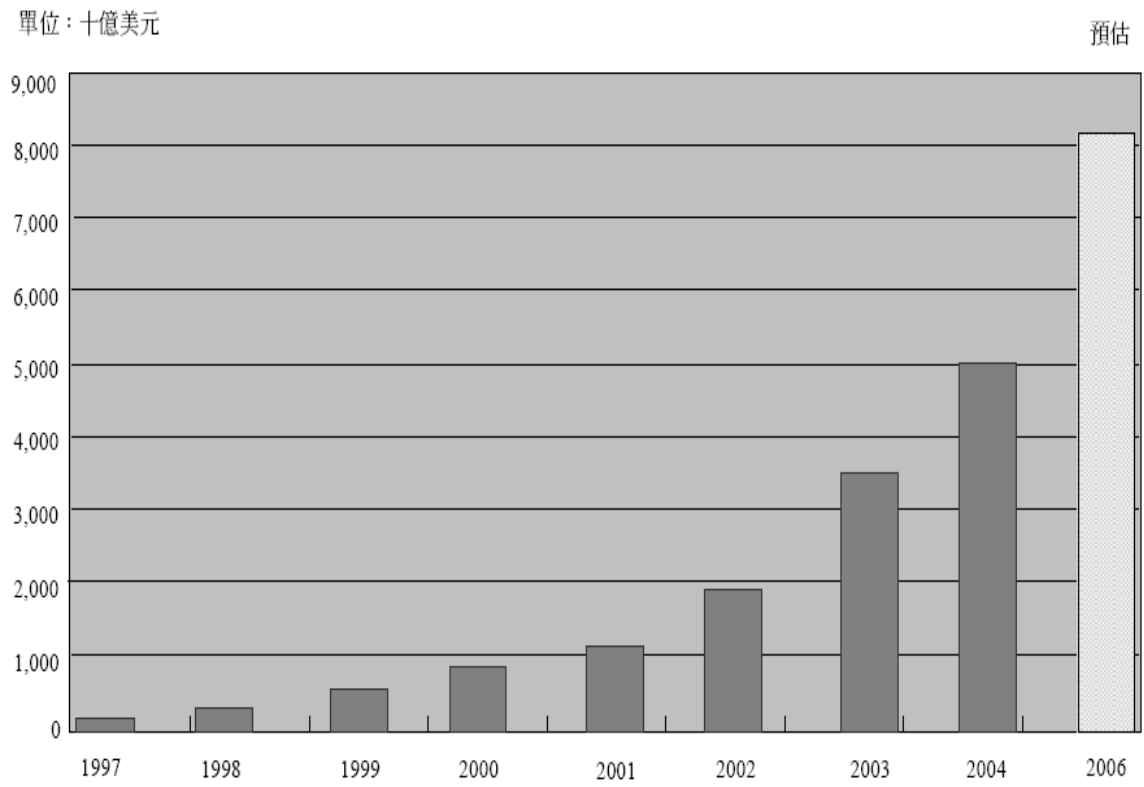
表 5 以均方根誤差百分比及均方根誤差表示之定價誤差

單位：Basis Point

Country	RMSE%				RMSE			
	1-year	3-year	5-year	10-year	1-year	3-year	5-year	10-year
Russia	0.374	0.391	0.302	0.297	46.152	109.08	83.737	61.461
Brazil	0.252	0.205	0.203	0.142	530.14	425.94	300.27	40.963
Columbia	0.228	0.417	0.296	0.110	18.544	84.5	67.971	40.203
Panama	N/A	0.300	0.311	0.213	N/A	32.037	64.529	59.214
Venezuela	0.377	0.328	0.125	0.091	363.61	231.99	189.8	27.574
Turkey	0.340	0.402	0.204	0.158	89.011	93.996	88.71	98.232
Philippines	0.367	0.384	0.184	0.282	50.851	102.36	68.035	80.132

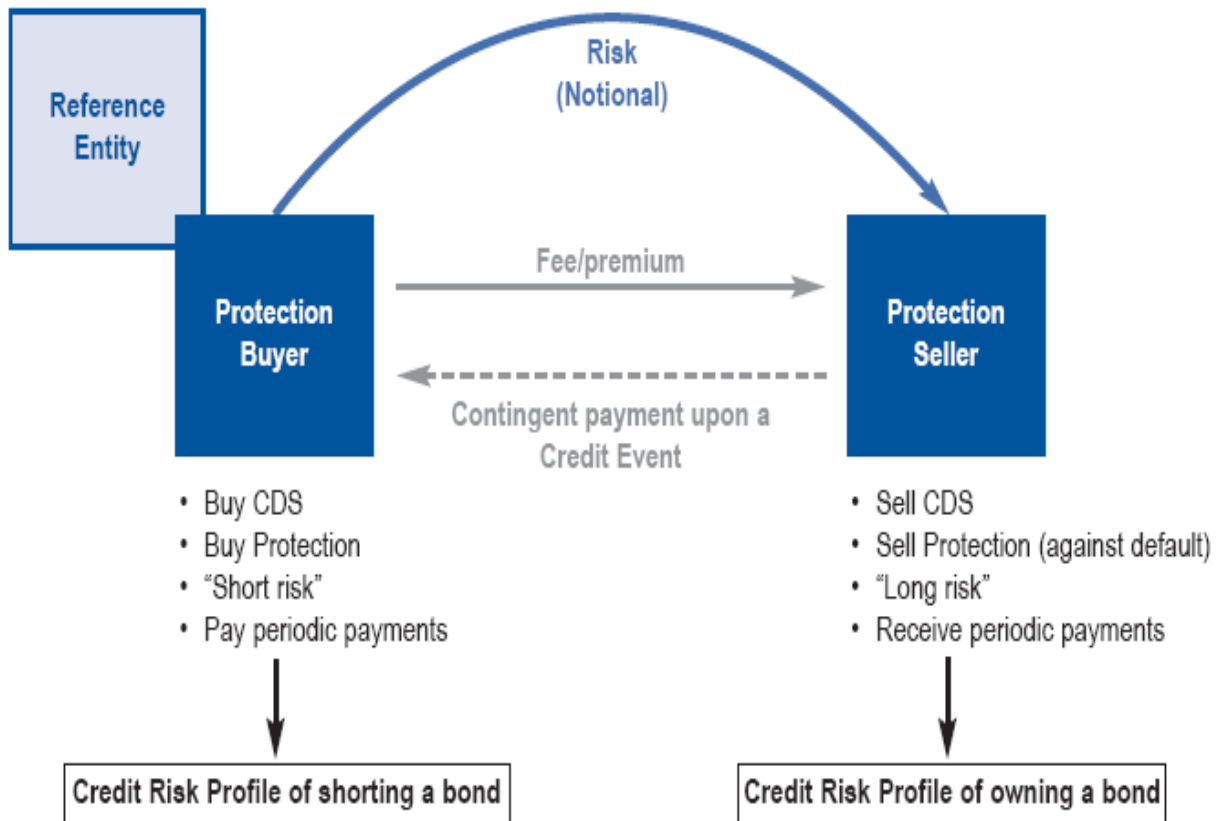
巴拿馬一年期信用違約交換報價資料極少。

圖 1 全球信用衍生性商品流通餘額



資料來源：BBA, Credit Derivatives Report 2003/2004.

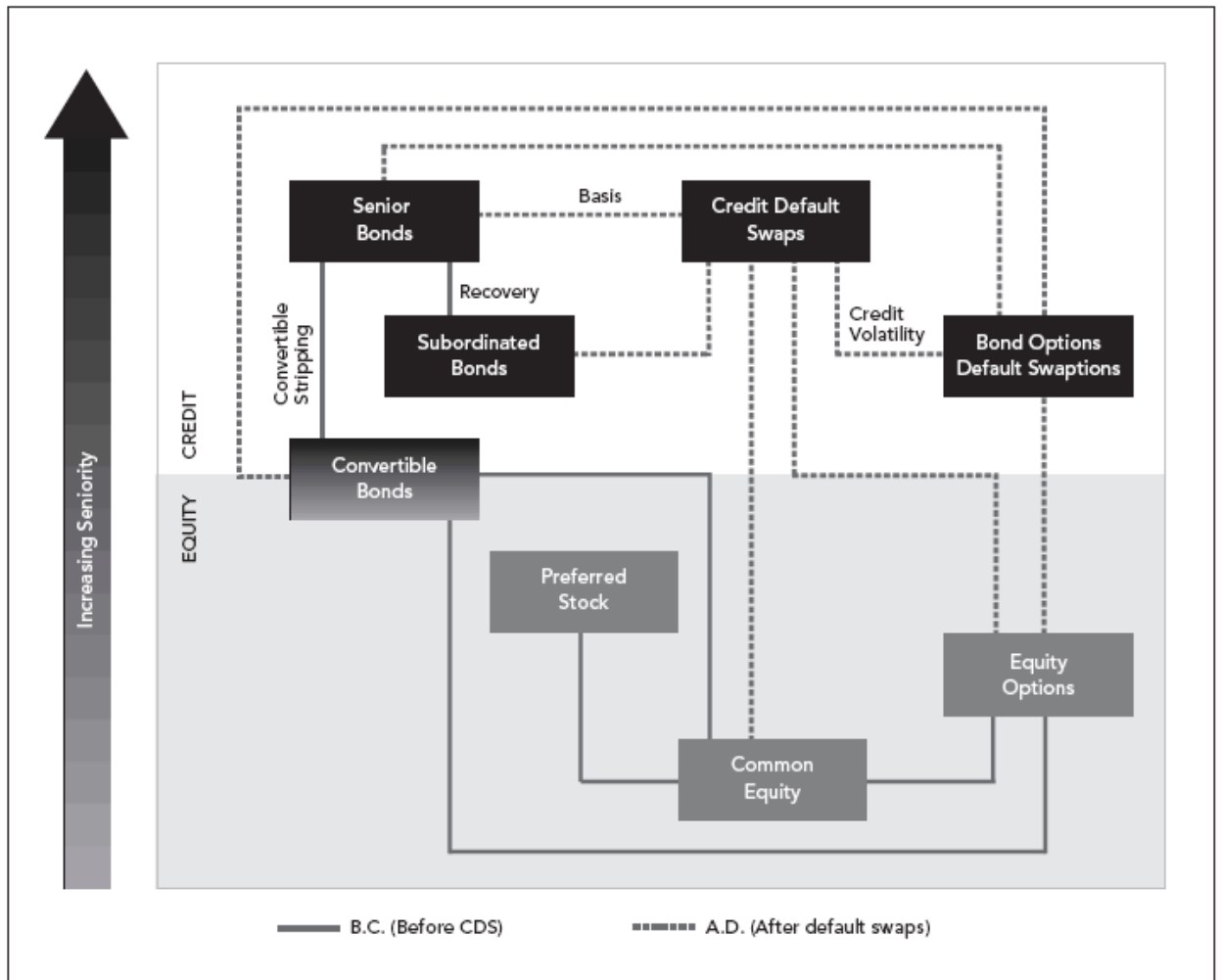
圖 2 信用違約交換契約



資料來源：JPMorgan.

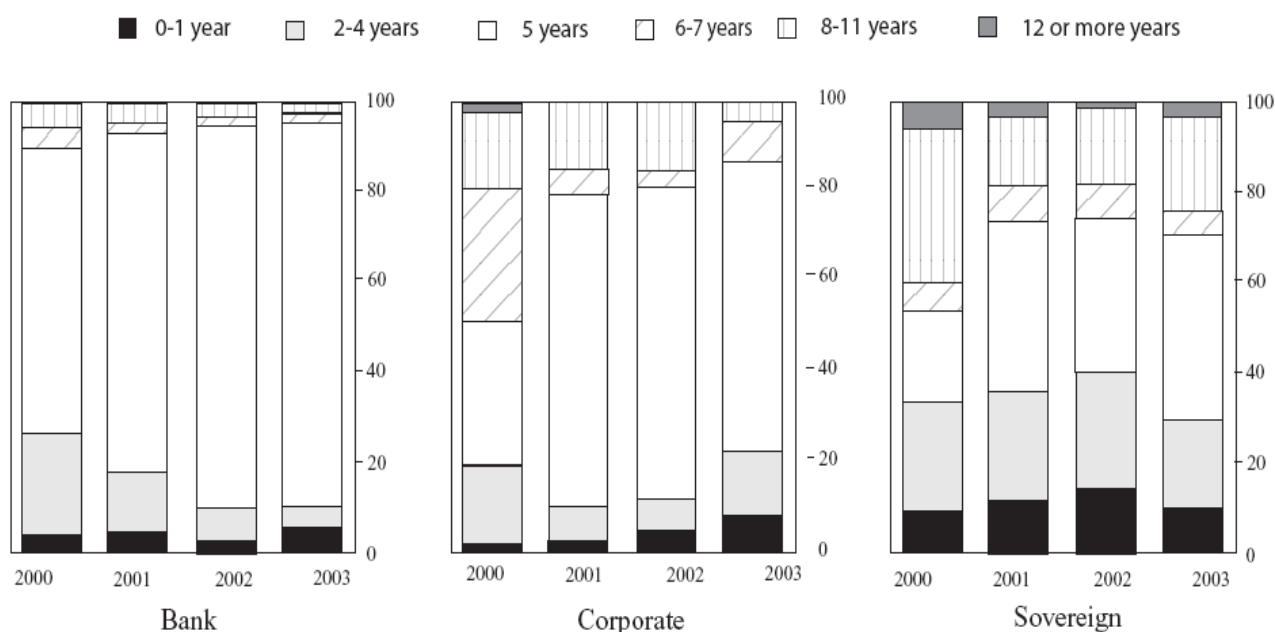
針對參考信用連結機構，保護買方定期支付費用予保護賣方，一旦違約事件發生，賣方便給付賠償。買方將風險「賣給」賣方，同時付出定期給付，猶如賣出債券；反之賣方則「買進」風險，定期收取固定收入，如同擁有債券。

圖 3 信用違約交換對公司資本結構影響示意圖



資料來源：Lehman Brothers

圖 4 各年期銀行、公司與國家信用違約交換交易量分佈

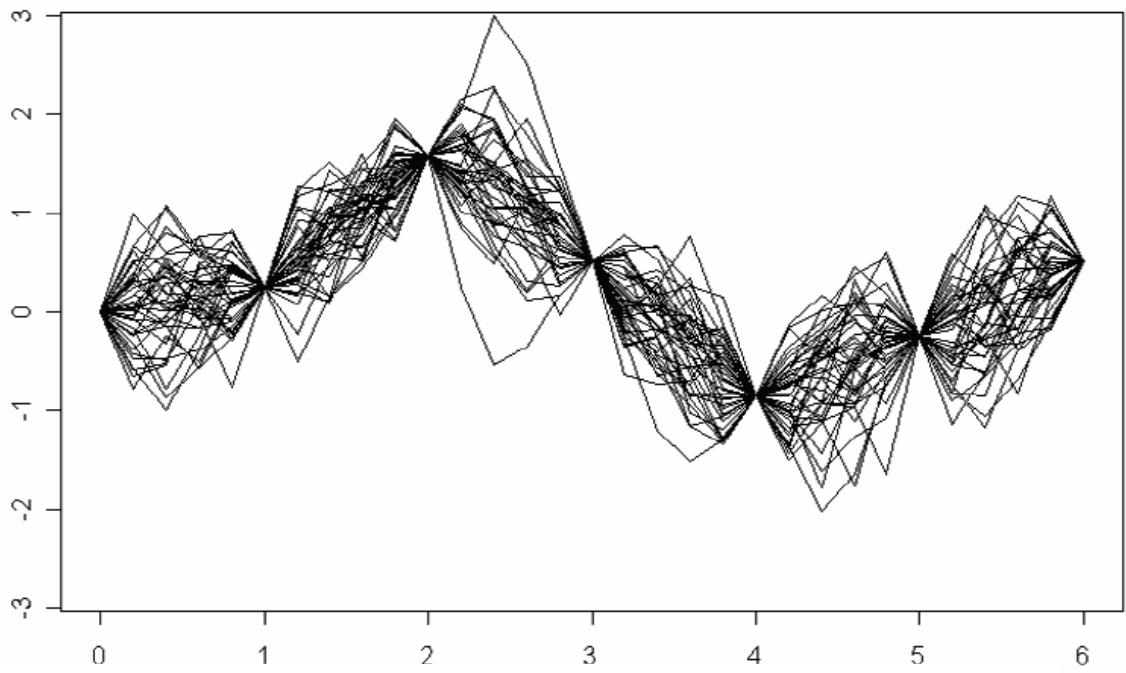


資料來源：Pan and Singleton (2005), page 4.



本圖顯示，在 2003 年時，雖然三類信用違約交換均以五年期所佔比例最高，但其集中程度有明顯差異：銀行類的集中程度最高，一般公司次之，國家信用違約交換最低。

圖 5 模擬概似函數逼近法路徑生成示意圖



資料來源：Lee and Zhou (2006)。

本例為 7 個觀測值，每兩個觀測點之間產生 20 條模擬路徑。



圖 6 國家債券殖利率與其信用交換價差 (部分)

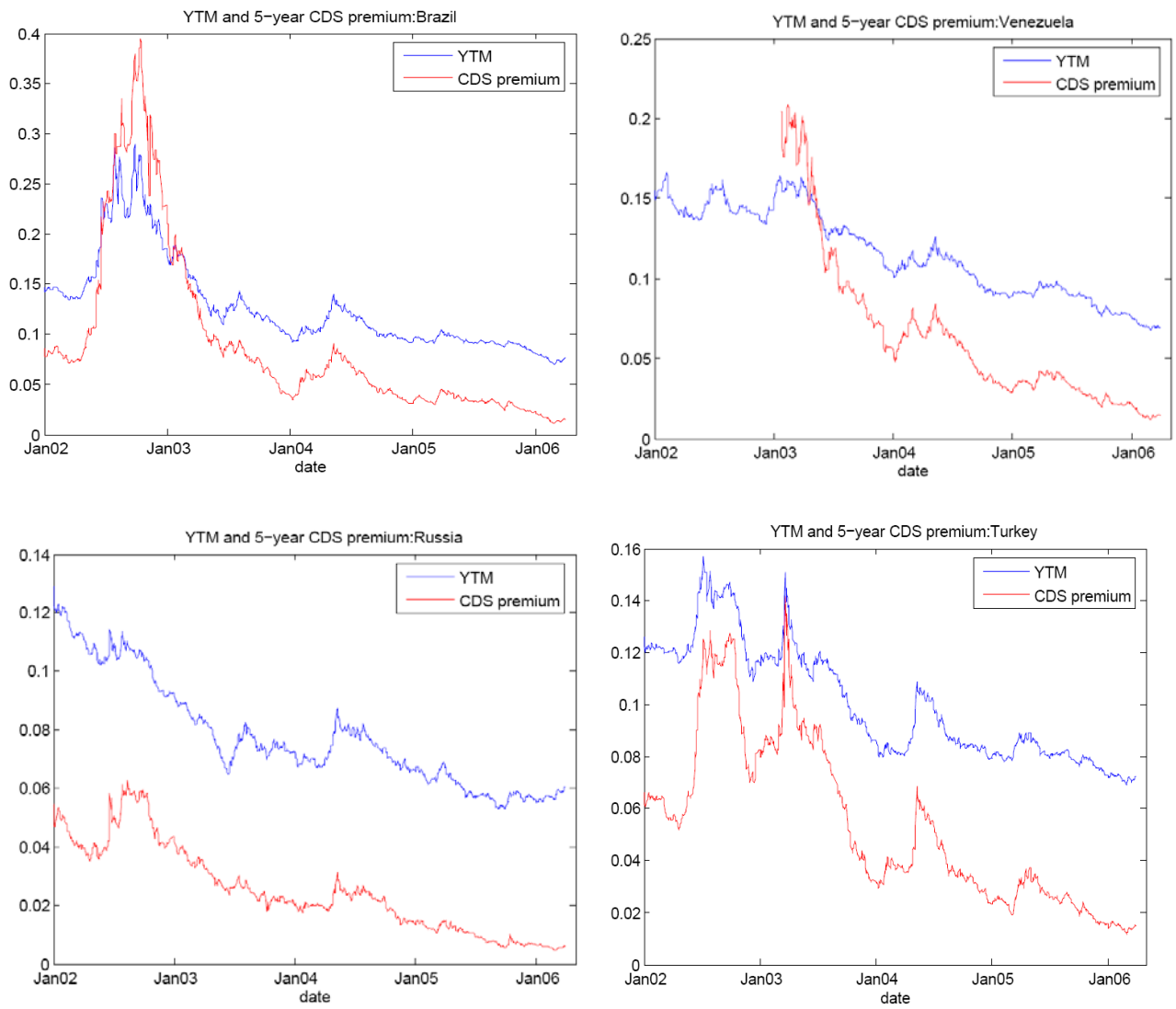
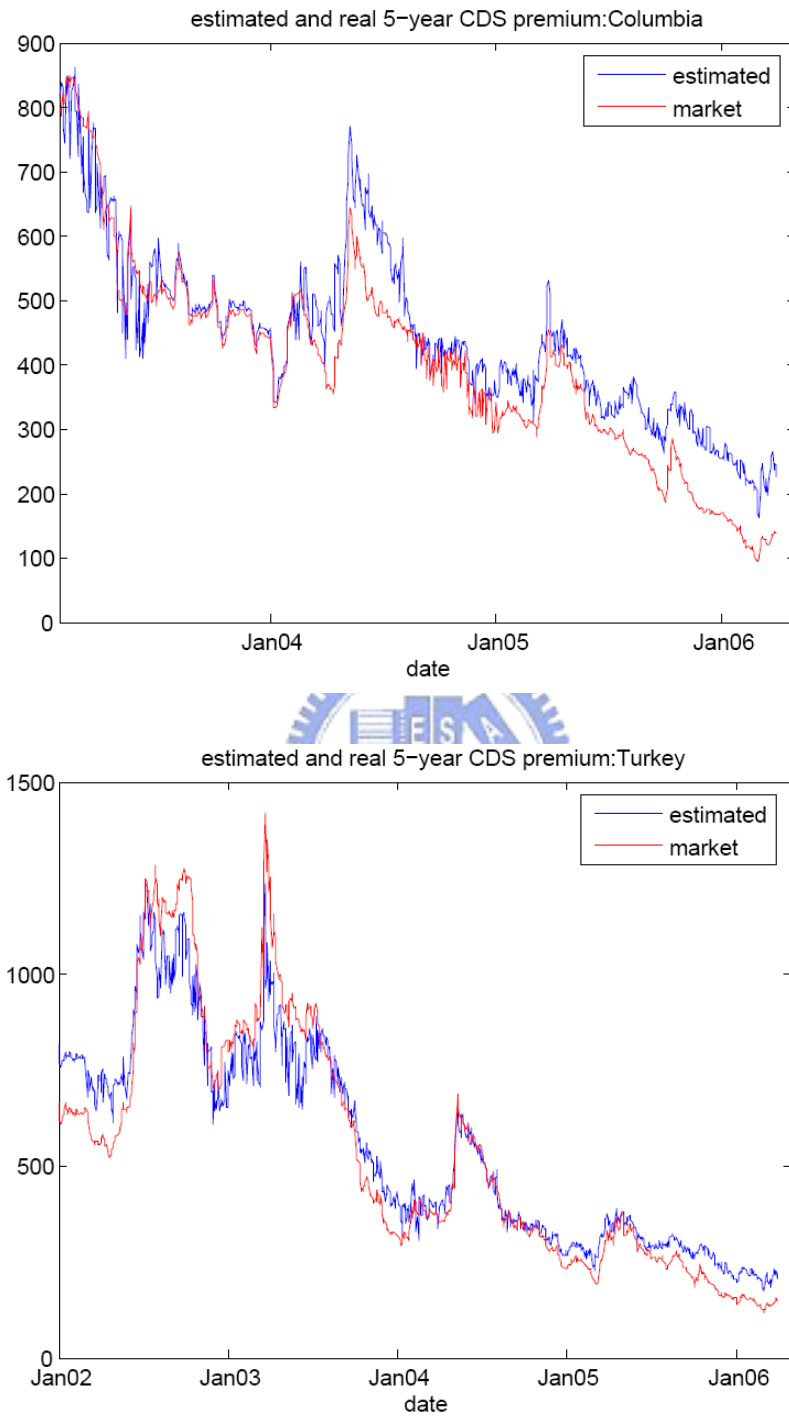


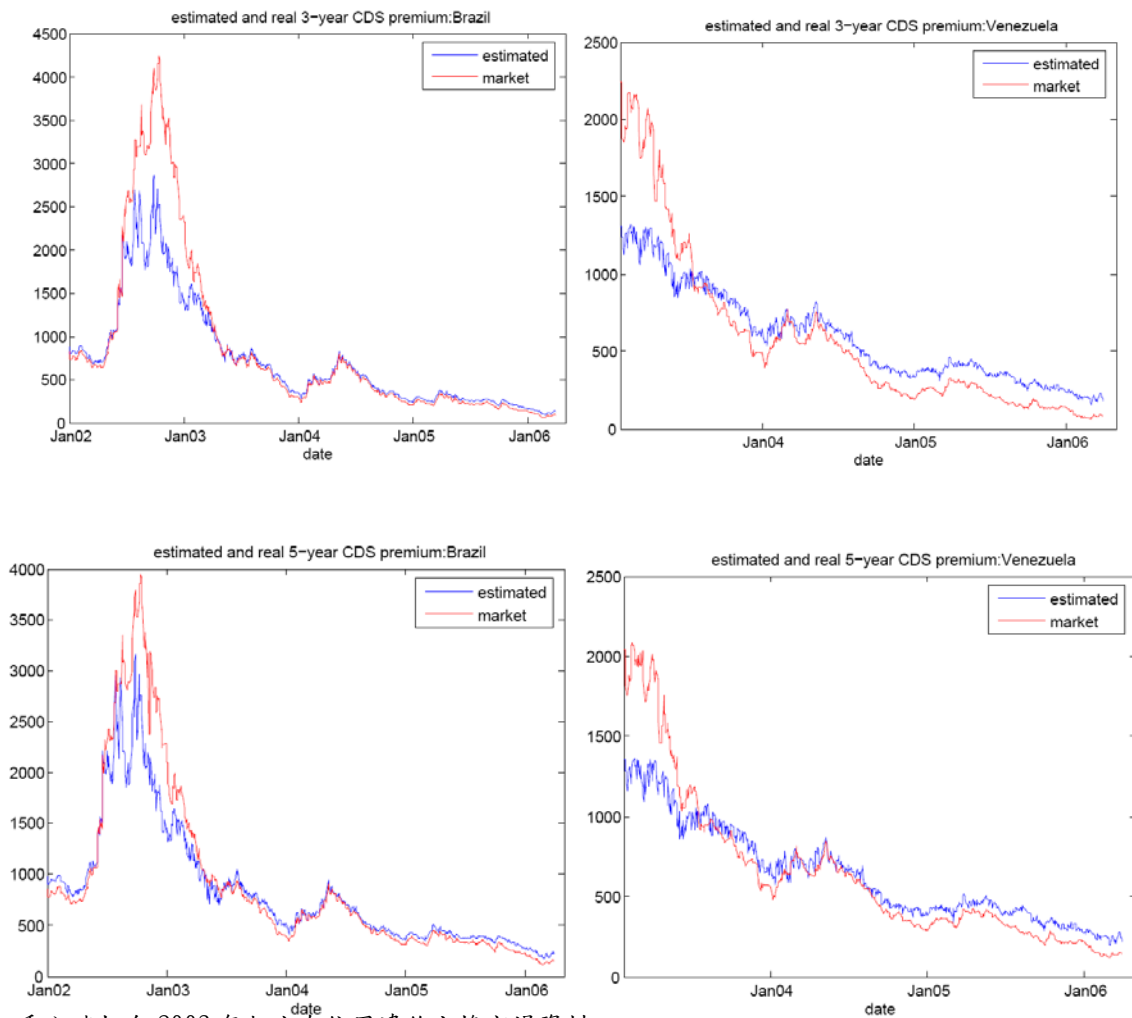
圖 7 信用交換價差估計值與市場觀測值（部分）



本圖以哥倫比亞與土耳其為例，可以發現在靠近 2006 年部分模型有越來越高估的現象。

圖 8 巴西及委內瑞拉三年與五年期信用違約交換之模型估計值與市

場觀測值



委內瑞拉自 2003 年起方有信用違約交換市場資料。