中華民國證券商業同業公會委託專案研究計畫

轉換公司債訂價模式之研究

計畫主持人： 李存修

研究助理： 余冠廷

葉隆賢

鄞博萱

任書沁

民 國 九 十 五 年 十 二 月

目 錄

圖 目 錄

表 目 錄

第一章 序論

自民國79年遠東紡織公司發行第一檔轉換公司債之後，轉換公司債已經成為國內企業融通資金的重要金融工具。根據中華民國櫃檯買賣中心的資料統計，2000年1月至2006年11月8日國內轉換公司債共發行了3224.77億元，海外轉換公司債則發行了8542.36億元，總數達1兆1767.13億元。其中又以2002、2003、2004等三年之發行量最大，分別達2261億、3093.9億與2931.45億元，足見轉換公司債對企業籌資之重要性(詳見表1.1)。

表1-1 國內轉換公司債與海外轉換公司債(ECB)之發行量

單位：新台幣億元

	CB	ECB*	總　額
2000	$ 47.50	$ 46.84	$ 94.34
2001	53.00	77.74	130.74
2002	272.65	1988.36	2261.01
2003	491.61	2602.29	3093.90
2004	1133.56	1797.89	2931.45
2005	611.90	638.21	1250.11
2006(11/8 止)	614.55	1391.04	2005.59
	$ 3,224.77	$ 8,542.36	$ 11,767.13

資料來源： 中華民國證券櫃檯買買中心

* 美金金額乘上當年度平均匯率

在國外，轉換公司債在金融市場上亦是扮演了重要的角色；在2000年和2001年美國新發行可轉債市場規模分別達到600億美元與1050億美元，而2002年春季美國新發行可轉債市場規模達到2700億美元，超過前5年同期發行總和的兩倍；在歐洲市場，可轉債市場規模從1990年的81億美元成長到1995年的140億美元，2004年達到800億美元;2004年底全球可轉債市場規模已超過了5000億美元。

轉換公司債在本質上為含有股權和債權的結構證券，給予投資人在未來轉換為標的股票或是取回本金的選擇權利；當股價上升時，可轉換在性質上比較接近於標的股票之買權，投資人可以執行轉換的權利而享有股價成長的好處；反之當股市不佳時，可轉換在性質上卻變成單純的普通債券，此時投資人將會於到期時取回契約所訂之面額本金而不會選擇轉換為標的股票，相當於是擁有一個投資損失的下方保護。這樣的商品廣泛地受到市場的喜愛，其特殊的性質也使得轉換公司債有別於一般的固定收益商品。

對於公司而言，在經營過程中必須挹注大量的資金作為發展與成長的動力，除了其內部營運的資金外，仍得透過各種管道籌措資金。傳統上台灣資本市場一向是偏重在股票市場，利用發行新股增資是企業普遍取得資金的方式，但卻存在有稀釋經營控制權和犧牲稅盾效果等問題；利用發行公司債於債券市場籌措資金也並非較佳的方式，除了使得公司增加債息壓力和法規限制等問題外，由於公司債次級市場流動性不佳，再者公司與投資人之間的資訊不對等，增加了發行的困難度，價格也往往不能彰顯債權的真實價值。相對於其它融通資金管

道，利用發行轉換公司債取得資金存在著不可替代的優點；由於可轉債投資人不一定會立即行使轉換的權利，可以延緩公司因為增加發行新股而產生的可能問題；若未來投資人將可轉債轉換為股票，通常代表此時股價為較高的價位，公司因為轉換權被行使而損失的部份會與股價上升呈現反向的抵消。另一方面，由於可轉債契約通常會訂定較低的票面利率或是零票面利率，公司不至於背負龐大的債息壓力，其次級市場較佳的流動性也使得商品的承銷較為容易執行。

近年來國內的轉換公司債由單純僅具轉換權形式的契約，慢慢演進為具賣回權、轉換價格重設以及贖回權形式的契約。賣回權給予投資人在未來某特定時點以契約所定的價格賣回給發行公司，形同為投資人提供了一個下方損失的保護條款；轉換價格重設條款通常會規定在重設基準日時，以該日前若干營業日收盤價之算術平均數孰低者作為重設的依據值，若此值小於原先的轉換價格，則會將契約的轉換價格重新訂定為此依據值的水準，並規定最低僅能調整至原先轉換價格之八成；在贖回權方面，國內可轉債契約規定標的股價在連續三十日超過轉換價格之一定成數[1]時，發行公司有權利以契約所訂之贖回價格向投資人買回。在這些附加的權利中，由於賣回權和重設權對於投資人為有利的條款，對於可轉債的價值有正向的影響效果；而贖回權因為限制了投資人的獲利空間，因此存在負向的影響效果。諸項實務條款對於可轉債價值的影響呈現反向的抵消，但因契約內容以及發行時的市場狀況不同，淨效果不一定為零。

[1] 通常爲轉換價格之 150%。

然而公司所訂定的發行價格是否考慮這些條款的價值，卻是令人質疑的。在 2004 年 2 月 2 日時，證期會規定轉換公司債契約所訂定的轉換溢價率必須提高為 101%，而在此時點之前，公司不論發行時當時標的股價是否超過轉換價格、條款是否有利於投資人，皆以面額設為發行價格；在作出轉換溢價率下限的規定後，發行公司所訂定的轉換溢價率亦僅普遍提高幾個百分點而已，因此發行價格低價訂定的市場慣性，可能已成為轉換公司債初級市場的一種普遍現象[2]。當發行公司決策當局以低於合理價格將資產賣予特定關係人的同時，也意味了其他股東的權益受損，在轉換公司債市場規模越來越龐大的趨勢下，長期會降低投資人將資金投入股票市場的意願，因而可能對於資本市場的秩序維持與發展造成嚴重的影響。

為了矯正因為市場缺乏效率性而產生的此低價訂定問題，我們必須建構一個良好的轉換公司債評價模式，其必須要能反映出上述各種附加實務條款的真正價值，並同時考慮市場風險以及因發行公司信用問題所衍生的風險對於契約價值的可能影響，以期能為各發行公司之轉換公司債作合理價格的訂定。

在實務條款方面，處理轉換價格重設以及公司贖回權之價值估計的同時往往會使得評價程序上產生路徑相依的問題，因而也增加了應用金融計算技巧的困難度。在過去的文獻中，對於這個問題通常會將條款簡化為以單一期股價作為重設、贖回權利是否執行的判斷依據，但這樣的作法難免會產生價格評估的偏誤。與葉隆賢(2004)的作法相

[2] 張世東(2003)、葉隆賢(2004)皆有相同的結論。

同，本研究依照Kao and Lyuu(2003)在評價路徑相依選擇權時所提出的紀錄路徑方法，利用三進位的路徑指數轉換，在股價三元樹的每個節點上描述不同路徑以及不同轉換價格下之轉換公司債可能的價值變化，並以後代運算的方式求得考慮路徑相依實務條款可能影響的契約合理價值。

為求模型本身能夠更具合理性，本研究考慮市場利率隨機波動，利用單因子Vasicek利率模型代表利率期間結構的變動可能，以Hull and White(2004a)(2004b)提出的方法建構利率三元樹，並在股價與利率之間存在連動的情況下，與股價組合成為二維度之三元樹模型，以其作為評價轉換公司債的架構。

由於轉換公司債的發行者為存在破產可能的公司企業[3]，信用風險對於契約價值的可能影響是相當重要的因素，粗略可分為以下之兩種類型；第一類是交易對手的信用風險，通常是公司在可轉債還未到期的時間內發生了信用惡化或是破產的事件，使可轉債本身的債權受到侵害。第二類則是權利連結的標的物本身因為信用惡化而降低其價值，通常是公司在可轉債還未到期的時間內發生了信用惡化或是破產的事件，使公司的股價連帶受到影響，因而侵害了可轉債所附有之轉換權利的價值。其實這兩類風險是息息相關的，所以在可轉債的評價上，若是要衡量信用風險所帶來的影響，合理的評價模型必須要同時考慮這兩類風險。

在這方面的處理上，本研究考慮到轉換公司債是由股權和債權混

[3] 實務上而言，營運績效不佳而面臨破產的公司只佔極少數，但以機率的角度來看，任何公司在其經營過程中皆存在了破產的可能。

合而成的組合商品，兩部分各自隱含不同程度的信用風險。對於股權的部分，我們在股價的隨機變動過程中加入了代表破產過程的經濟變數，並將信用風險補償納入股價漂浮項的考慮；當公司營運不佳或是總體經濟發生變化以致其資金調度產生困難而發生破產事件時，因為股東通常代表了公司剩餘價值求償的最後順位，在絕對優先權表彰於債權人時，股東於破產事件的損失幾乎是其所投入的所有資金，我們以股價瞬間下跌為零作為表示，亦即代表了股權在公司相關證券中承受了最大的信用風險。而就債權的部份，本研究在 Duffie and Singleton (1999)所發展之信用簡約模型的架構下，利用預期破產損失率反映不同擔保程度、破產求償順位債權所面臨之信用違約風險，以期能夠真實的評估債權之合理價值。

在本文的最後，對於 2001 年至 2006 年間所發行之轉換公司債取其 149 檔利用本研究模型進行評價實證分析，結果發現所訂定的發行價格平均而言低估了約二十二點四個百分點。這樣的數據顯示，公司決策當局應該以一個較合理的準則訂定轉換公司債的發行價格，以維護其股東權益。

本文共分為七章，第一章為序論說明研究動機以及所建構模型的基本概念。第二章為文獻回顧，簡述過去學者所提出之轉換公司債評價模型的特色以及操作上可能存在的優缺點。於第三章時，我們將詳細敘述建構模型的過程，以及對於實務條款的評價處理。第四章為評價實證分析和結論。第五章解釋了程式的操作方式。第六章則提供一些關於可轉債規範的研議。以及最終章的結論。

第二章 文獻回顧

於 1960 年代起，已有許多學者致力於轉換公司債定價的研究方法，此一階段所提出的方法，其基本的精神大致在於對未來可能的現金流量作折現，所得到的淨現值即為商品的合理價值。然而這樣的方式忽略了美式轉換權以及諸如贖回權等實務條款，對於折現率的決定也並沒有一致的共識。自 Black and Scholes(1974)以及 Merton(1974)提出了著名的選擇權定價理論後，風險中立評價的概念便為廣泛地應用在轉換公司債定價模式的研究中；經由後續學者不斷地推陳出新下，與信用風險模型發展的背景相同，可轉債定價形成了結構法（Structural Approach）和簡化法（Reduced-Form Approach）兩種模型體系。

1.結構法

結構法模型的基本概念是視公司資產為可轉債所賦予的權利標的。於到期時，在有利的情況下，投資人可以選擇的權利價值為公司資產的價值，以其所得到的股票作為權利的表彰；反之投資人可以選擇取回債券的本金。以公司資產價值變動以及破產臨界點作為信用風險量化指標，最早是由 Merton 在 1974 年所提出，後續的學者包括 Ingersoll (1977)、Brennan and Schwartz(1977)(1980)、Nyborg(1996)以及 Liao and Huang(2006)等皆利用這樣的概念發展出可轉債的定價模式。

Ingersoll(1977)利用 Black and Scholes 的選擇權訂價模型提

出考慮贖回條款的評價模型，在利率固定、無股息發放以及公司唯一債權為可轉債的假設下，推導出了附有贖回權以及不附有贖回權之零息轉換公司債評價封閉式，並於其文中討論公司最適贖回策略以及投資人之最適轉換策略。

Brennan and Schwartz(1977)放寬了 Black and Scholes 的假設，允許公司發放離散的股利和債息，也假設投資人擁有將可轉債隨時轉換為標的股票的權利，在其所定義之發行公司以及投資人之最適贖回策略和最適轉換策略下，推導出以公司資產為變數的評價偏微分方程式，並利用有限差分法進行數值求解。在其後續(1980)的文章中，將公司的資本結構放寬至同時包括股票、普通公司債以及轉換公司債，並將具有均數回歸特性之隨機利率模型納入評價的考慮，認為隨機利率與固定利率產生之差異甚小，在實際的模型操作上，可以忽略利率波動的風險。但因為其所考慮的公司資本結構過於簡化，且考慮的可轉債附加權利也不包含重設權及賣回權，若經濟體系屬於利率波動較為劇烈的時期，在公司的營運情況及償債能力與利率有相關聯時，這樣的推論結果似乎並不恰當。

Nyborg(1996)在考慮隨機利率的環境下，推導出評價可贖回及可賣回的轉換公司債偏微分方程式，在邊界條件上定義可轉債贖回及賣回的最適時點，並配合有限差分法求解。在其文中也對於公司發行可轉債的動機有所著墨，對於發行公司而言，認為可轉債同時扮演了遞延發行之股票以及低廉成本之借款兩個角色，因此公司偏好利用此作為融通資金的工具。

Liao and Huang(2006)利用或有權利分析法，討論公司可轉債之最適贖回時點以及破產策略的決定，認為取決於股東極大化股權價值以及債權人極大化債權價值的過程中，在加入破產成本、稅盾效果以及考慮債權結構和規模的公司資本結構等較為實際的狀況下，以評價雙界線選擇權(Double-Barrier Option)的方法求解可轉債之合理價格。

綜合上述，利用公司資產作為影響可轉債價值的最重要因子，是較為合理的模型設定，但因為必須考慮公司的資本結構，太過於簡化的假設難免會使得模型評價的正確性受到質疑；另一方面由於公司資產並不是可以觀察到的經濟變數，若僅是利用會計資料或是以股票價值推估公司資產價值會造成評價上的錯誤，所估計的參數也可能會過於偏離真實的數值；此外，利用結構法在考量重設條款時，需要加入股價變數而增加維度，這也增加了有限差分法的操作上的困難度。

2.簡化法

簡化法模型是以公司的股票價格作為主要模型變數，也就是認為可轉債的價格是受到發行公司股票價格的變動所影響的。相較於結構法模型以公司本身的資產價值作為評價變數，股價可以直接於市場上觀察到，因此簡化法模型要較基於公司價值的結構法模型更加實用。

McConnell and Schwartz 是最早提出簡化法模型的學者，於 1986 年針對 Liquid Yield Option Note(LYON)評價方法之論述文章「LYON taming」。LYON為美林證券(Merrill Lynch)於1985年4月所承銷發行的商品，其特點在於零票息、可轉換為股票、可贖回以及可賣回，所以本質上歸類於一種轉換公司債。作者以股價變數取代傳統偏微分方程式中的公司資產變數，在固定利率的假設下配合有限差分法求解;在信用風險的處理上其認為可將固定利率以加計信用價差的折現率作為取代。

Tsiveriotis and Fernandes(1998)認為當公司對於可轉債的債權無法償付時，此時即定義為發生破產事件，但公司仍可以其所發行之股票作為交付，因此在可轉債之債權和股權兩部份中，只有債權須適用加計信用價差的折現率，股權的部分適用於無風險利率。在這樣的概念下，作者依股權以及債權的異質性，考慮兩條不同折現率之評價偏微分方程式，並利用顯性有限差分法進行同步數值求解。

Davis and Lischka(1999)以Cox 過程模擬公司破產事件，當公司破產時股價會瞬間下跌至零，反映了公司股東在求償的程序中通常為最後順位的事實。其並在股價的隨機過程模型中，將違約風險補償納入股價漂移項的考慮之中，對於信用風險的考慮更為周詳。

Takahashi, Kobayashi and Nakagawa(2001)在Duffie and Singleton(1999)所提出的信用風險模型架構下，假設違約密度為股價的遞減函數，並利用回歸分析求解該函數的相關參數，在可轉債不能提早履約的情形下推導出可轉債的評價封閉式，並利用CRR二元樹評價可以提早履約的可轉債契約。

Hung and Wang(2002)同時考慮隨機股價、利率以及違約密度的變動，利用 Jarrow and Turnbull(1995)之信用簡約模型處理公司違約對於可轉債價值的影響，在假設違約密度與股價、利率獨立下，可以利用市場資料估計出未來公司信用品質的變動。基於可轉債所包含之股權及債權的異質性，利用六元樹模型計算股權及債權的合理價值，兩者之合即為可轉債之模型價值。

張士東(2003)利用最小平方蒙地卡羅模擬法評價具有提前轉換、重設條款、賣回權以及贖回權的海外可轉債契約，並將信用風險的影響納入考慮。在其實証結果發現市場上低估了重設條款所賦予的權利價值，而實際的市價相當接近僅含賣回權的模型價格。

葉隆賢(2004)對一般重設及特別重設兩種條款的權利價值了作詳細的評價分析，在 CRR 二元樹的架構下利用二進位紀錄路徑的方法處理因贖回權、重設條款而產生的路徑相依問題。作者認為實務條款對於可轉債價值的影響是相依的，因此在不同的條款契約下，階段性求出權利價值並不能反映其真實的價值，僅以權利價值加計純債權價值的方式評價可轉債會造成偏誤的結果。在可轉債發行價格的實證分析中，發現公司普遍嚴重低估了重設條款所賦予的權利價值，在加入了特別重設條款平均而言增加了約 5 元，但發行價格卻沒有等幅的提高，這樣的結果也為證期會在 2004 年 2 月 2 日宣佈刪除訂定該條款所做的決定，提供了數字上的佐證。

第三章 轉換公司債評價模式

對於轉換公司債的評價處理上，除了模擬隨機股價的變動過程外，我們仍須將利率以及信用風險納入考量，使得評價模型的設定更符合真實的情況，所得到的數值結果也能夠更合理。以下我們將提出同時考慮此三種因素的評價模型，並以二維結點重合之三元樹進行離散化的數值逼近，進而求得合理的商品價格。

第一節 模型設定

[1] 相關經濟變數與公司破產過程

在可轉債的發行期間為[0,T]下，假設公司破產的時點τ是一個隨機變數 (Stopping Time)，我們即可以 Cox Process $N(t)$ 來代表公司破產的事件。

利用以下數學式表示:

$$N(t)=\begin{cases}1\ , default\ at\ t\ or\ before\ t\\ 0\ , \qquad otherwise\end{cases} = 1_{\{\tau \le t\}}\ ,\ t\in[0,T]$$

在 Cox Process 的設定下，$N(t)$ 的參數 $\lambda(\cdot)$ 是隨機變動的，因此在給定某 $\lambda(\cdot)$ 的變動路徑(Realized Path)下，$N(t)$ 事實上為一非時間同質的波桑過程(Inhomogeneous Poisson Process) 。則假設公司在t時尚未破產，在風險中立機率測度(Risk Neutral Measure)下，利用雙期望值定理(Law of Iterated Conditional Expectation heorem)，我們可知下一個時間點$t+\Delta t$亦未破產的機率為:

$$\begin{aligned}\tilde{E}[1_{\{\tau > t+\Delta t\}} \mid F_t \vee \{N(t)=0\}] &= \tilde{E}_t[\tilde{E}_t[1_{\{\tau > t+\Delta t\}} \mid \lambda_u, t < u \le t+\Delta t, N(t)=0]] \\ &= \tilde{E}_t[\tilde{P}(N(t+\Delta t)-N(t))=0 \mid \lambda_u, t<u\le t+\Delta t), N(t)=0)] \\ &= \tilde{E}_t[\exp(-\int_t^{t+\Delta t}\lambda(u)du)]\cdots(1)\end{aligned}$$

此處$\lambda(\cdot)$稱為風險中立下之公司的違約強度(Q-Default Intensity/Q-Hazard Rate)，其受到總體經濟環境以及公司經營績效等因素的影響，當$\lambda(\cdot)$越大時，隱含公司面臨越大的破產危機。在簡化問題的考慮下，我們可以假設其為一個時間函數，即$\{\lambda(t), t\in[0,T]\}$。則由(1)可知，公司之破產機率為$\exp(-\int_t^{t+\Delta t}\lambda(u)du)\cdots(2)$。

在存在公司破產事件的可能性之下，可以利用下列的隨機微分方程組(SDEs)來表示影響轉換公司債價格因素的變動過程[4]:

$$dS(t)=\{S(t)[r(t)-d]dt+S(t)\sigma_s dW_s(t)\}+\{S(t)\lambda(t)dt-S(t_-)dN(t)\}\cdots(3)$$
$$dr(t)=[\theta-ar(t)]dt+\sigma_r dW_r(t)\cdots(4)$$

其中

$d\left\langle W_S(\cdot),W_r(\cdot)\right\rangle_t=\rho_{Sr}dt$

$S(\cdot)$:代表股價

$r(\cdot)$:代表利率

σ_s :股價報酬率波動度

σ_r :利率波動度

d :連續股利率

ρ_{Sr} :股價報酬率與利率之相關係數

[4] 相關參數的估計詳見附錄一。

對於(3)式而言，我們以一個跳躍擴散過程(Jump-Diffusion Process)來模擬股價的變動，在公司尚未發生破產違約事件時($dN(t)=0$)，標的股價服從一個幾何布朗運動(Geometric Browian Motion)；而當公司發生破產事件($dN(t)=1$)，股價瞬間跳到零。這是因為當公司的總資產小於其所擁有的負債時,即定義為發生破產事件時，法院會將公司剩餘資產依序發還給債權人和股東，當絕對優先權(Absolute Priority)表彰於債權人時，公司股東事實上是不能分配到剩餘資產。也就是說，在我們的模型中，公司股東承受了最大的信用風險。

我們利用單因子 Vasicek Model 來模擬利率期間結構，亦即(4)式，一但利率偏離了長期均衡的利率水準$\frac{\theta}{a}$，會以a的速度向此利率水準作均數回歸。

[2] 理性與資訊對稱假設

本研究假設投資人與可轉債發行公司決策當局皆為理性思考。在不考慮外部性的可能影響下,投資人會站在極大化可轉債價值的角度行使相關的權利，例如轉換權及賣回權等；反之，公司決策當局為極大化股東利益,不會忽略諸如贖回權等的行使時點。此外我們也假設雙方所擁有對於影響可轉債價值的資訊是對等的。

[3] 重設轉換價格行為的假設

在附有轉換價格重設條款的可轉債契約中,雖然有列出該條款的執行條件,但通常發行公司擁有重設與否的最後決定權。為簡化評價程序的複雜度，我們假設當該條款的執行條件滿足時，公司一定會對

轉換價格進行調整，且調整的幅度會達到可容許的最低價位。

第二節 二維三元樹的建構

[1] 隨機股價三元樹的建立

首先我們由(3)式可以發現，若公司在時點 t 以及之前皆未破產，且在下一個時點 t+Δt 也並沒有發生破產事件，則:

$$\Delta \log S(t) \approx [r(t)+\lambda(t)-d-\frac{1}{2}\sigma_s^{\,2}]\Delta t+\sigma_s \Delta W_s(t) \quad ,Not\ default\ at\ (t,t+\Delta t]$$

$$\log S(t+\Delta t)|_{F_t} \sim N(\log S(t)+[r(t)+\lambda(t)-d-\frac{1}{2}\sigma_s^{\,2}]\Delta t\ ,\ \sigma_s^{\,2}\Delta t\ ) \quad ,Not\ default\ at\ (t,t+\Delta t]$$

因此我們可以利用 Kamrad and Ritchken(1991)所提出的三元樹模型來對未破產的隨機股價進行離散化[5]:

$$\begin{cases} S(t+\Delta t)_u = S(t)\exp(\xi\sigma_S\sqrt{\Delta t}) \\ S(t+\Delta t)_m = S(t) \\ S(t+\Delta t)_d = S(t)\exp(-\xi\sigma_S\sqrt{\Delta t}) \end{cases} \quad with \quad \begin{cases} P_u^{\,S} = \dfrac{1}{2\xi^2} + \dfrac{[r(t)+\lambda(t)-d-\frac{1}{2}\sigma_s^{\,2}]\sqrt{\Delta t}}{2\xi\sigma_s} \\ P_m^{\,S} = 1-\dfrac{1}{\xi^2} \\ P_d^{\,S} = \dfrac{1}{2\xi^2} - \dfrac{[r(t)+\lambda(t)-d-\frac{1}{2}\sigma_s^{\,2}]\sqrt{\Delta t}}{2\xi\sigma_s} \end{cases} \quad \cdots(5)$$

其中ξ為一個大於一的自由變數，根據 Lyuu(2002)書中的建議我們可以選取其為$\sqrt{\dfrac{\pi}{2}}$。此外，由(5)我們可以發現，儘管$r(\cdot)$和$\lambda(\cdot)$不

---

[5] 當機率項產生負值時，我們作以下的調整:

$$\begin{cases} P_u = 1-P_m \\ P_d = 0 \end{cases} ,if\ P_d < 0 \quad \& \quad \begin{cases} P_u = 0 \\ P_d = 1-P_m \end{cases} ,if\ P_u < 0$$

為常數，即股價的漂浮項(Drift Term)不為固定，但是所建構出來的三元樹形狀仍然是規則對稱的。

將可轉債的發行期間[0,T]作 n 等份的切割 $\{t_0=0, t_1=\Delta t, \cdots; t_m=t_{m-1}+\Delta t, \cdots; t_n=n\Delta t=T\}$，並在這些時間點模擬股價的走勢。

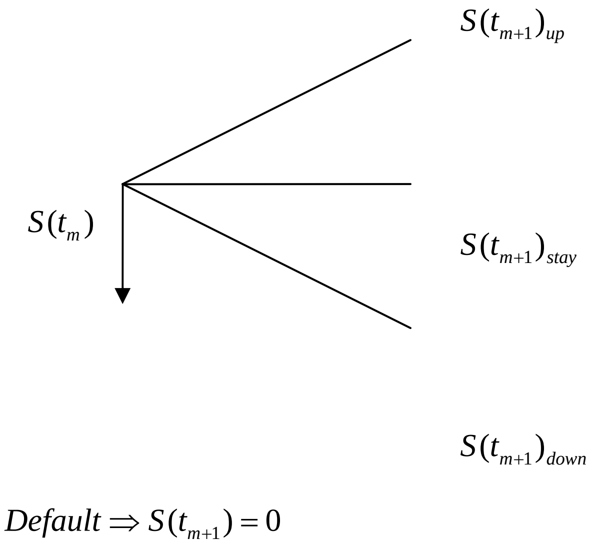


圖 3.1 隨機股價三元樹

圖 3.1 為股價三元樹在$[t_m, t_{m+1}]$時之某個節點的略圖，當公司破產時，股價會瞬間下跌到沒有價值，由(3)式我們可以知道此後股價會一直維持在零，因此不須再去模擬破產後的股價變動。理論上來說，當 n 越來越大而Δt越來越小時，此三元樹會逼近(3)式所代表的股價走勢。

此外在F_t的資訊下，在時間區間$[t_m, t_m+\Delta t)$內，隨機利率$r(\cdot)$與違約強度$\lambda(\cdot)$為已知常數,由(3)式和風險中立評價原則,我們可以看到:

$$
\begin{aligned}
S(t_m) &= e^{-r(t_m)\Delta t}\tilde{E}_{t_m}[S(t_{m+1})] \\
&= e^{-r(t_m)\Delta t}\tilde{E}_{t_m}\{\tilde{E}[S(t_{m+1}) \mid \tau \notin (t_m, t_m+\Delta t_m]]\tilde{P}(\tau \notin (t_m, t_m+\Delta t_m]) + \tilde{E}[S(t_{m+1}) \mid \tau \in (t_m, t_m+\Delta t_m]]\tilde{P}(\tau \in (t_m, t_m+\Delta t_m])\} \\
&= e^{-r(t_m)\Delta t}\tilde{E}_{t_m}\{\tilde{E}[S(t_{m+1}) \mid \tau \notin (t_m, t_m+\Delta t_m]]e^{-\lambda(t_m)\Delta t}\} \\
&= e^{-[r(t_m)+\lambda(t_m)]\Delta t}\{P_u^S S(t_{m+1})_u + P_m^S S(t_{m+1})_m + P_d^S S(t_{m+1})_d\} \cdots (6)
\end{aligned}
$$

所以對任意一個股權連結衍生性商品而言，在一個極短的時間區間$[t_m, t_m+\Delta t_m]$，其所適用的折現率為$e^{-[r(t_m)+\lambda(t_m)]\Delta t}$。這樣的表示有另一個好處，即我們不必再考慮圖 1. 中的破產節點，只需要利用此折現率來處理股權所隱含的信用風險，可以減輕在評價程序上的複雜度。

[2] 隨機利率三元樹的建立

本文採用 Hull and White(1994a)所提出的演算法來建立利率三元樹，以間斷逼近的方式來模擬利率的隨機變動，在考慮利率的變動具有均數回歸的特性下，此三元樹具有利率上限以及下限，使得其所建構出來的樹不至於太茂盛，在程式執行上，可以不必宣告太多的記憶體，相對地亦減少了電腦所負荷的運算量。以下我們將簡單的介紹利用 Hull and White 的方法來建構單因子 Vasicek Model 之利率三元樹。

對(4)式中的參數a先給定任意合理的假設值，同樣地也將[0,T]作 n 等份的切割$\{t_0=0, t_1=\Delta t, \cdots; t_m=t_{m-1}+\Delta t, \cdots; t_n=n\Delta t=T\}$。首先我們考慮利率$r(\cdot)$是由兩個部份所組成，即不含隨機項之$\phi(\cdot)$以及包含隨機項之$X(\cdot)$：

$$
\begin{aligned}
&r(t)=\phi(t)+X(t)\\
&dr(t)=[\theta\text{-}ar(t)]dt+\sigma_r dW_r(t)\\
&\Rightarrow d\phi(t)+dX(t)=\{\theta\text{-}a[\phi(t)+X(t)]\}dt+\sigma_r dW_r(t)\\
&\therefore \begin{cases} d\phi(t)=[\theta\text{-}a\phi(t)]dt \ \ , \ \ \phi(0)=r(0)\Rightarrow \phi(t)=\dfrac{\theta}{a}+[r(0)\text{-}\dfrac{\theta}{a}]e^{\text{-}at}\cdots(7) \\ dX(t)=-aX(t)dt+\sigma_r dW_r(t) \ \ , \ \ X(0)=0\cdots(8) \end{cases}
\end{aligned}
$$

由(8)式可以發現，事實上$X(\cdot)$是一個 Ornstein-Uhlenbeck Process，起始點為零，且以a的速度向零作均數回歸。因為僅有$X(\cdot)$具隨機性，我們建立$X(\cdot)$的三元樹來代表利率之隨機部分的變動。

利用伊藤定理(Itô's Lemma)

$$
\begin{aligned}
&\Rightarrow\ d[e^{at}X(t)]=e^{at}\sigma_r dW_r(t)\\
&\Rightarrow X(t+\Delta t)e^{a(t+\Delta t)}=X(t)e^{at}+\int_t^{t+\Delta t}e^{au}\sigma_r dW_r(u)\\
&\Rightarrow X(t+\Delta t)-X(t)=[e^{-a\Delta t}-1]X(t)+e^{-a(t+\Delta t)}\int_t^{t+\Delta t}e^{au}\sigma_r dW_r(u)\\
&\Rightarrow X(t+\Delta t)-X(t)|_{F_t}\sim N([e^{-a\Delta t}-1]X(t)\ \ ,\ \ \frac{\sigma_r^{\ 2}}{2a}[1-e^{-2a\Delta t}])
\end{aligned}
$$

$$
Define\ \ [e^{-a\Delta t}-1]\equiv M\ ,\ \frac{\sigma_r^{\ 2}}{2a}[1-e^{-2a\Delta t}]\equiv V
$$

考慮$X(m,j)$代表的是三元樹中時間結點 m 且分割結點 j 之 X 值，則以另一種方式表示$X(m,j)=X^j(m\Delta t)=j\Delta X(m)$，其中$\Delta X(i)$代表在時間$m\Delta t$時，相鄰 X 值之變量。 $i.e.\ X^{j+1}(m\Delta t)-X^j(m\Delta t)=\Delta X(m)$

Hull and White 認為選取$\Delta X(m)=\sqrt{3V}$可以極小化樹狀法之離散誤差，又由V的定義，我們可以發現在時間等分切割下，$\Delta X(m)=\Delta X\ \ \forall m=0,\cdots,n\text{-}1$，因此我們可以僅以$\Delta X$來作為代表。

為了使 $X(\cdot)$ 保有均數回歸的特性，Hull and White 認為此三元樹的擴張有三種形式(見表 3.1)，利用 j_{MAX} 和 j_{MIN} 來判斷 $X(m,j)$ 之後的擴張形式

當 $j \ge j_{MAX}$ ，表示 $X(m,j)$ 正向偏離的幅度太大，因此會往下調整，擴張形式由 A 變成 B；而當 $j \le j_{MIN}$ ，表示 $X(m,j)$ 負向偏離的幅度太大，因此會向上調整，擴張形式由 A 變成 C，因此由圖 3.2 可見 $X(\cdot)$ 三元樹形式為對稱且具上下界。此外 j_{MAX} 應為介於 ${-0.184}/{M}$ 和 ${-0.816}/{M}$ 之間的一個正整數 ，而 j_{MIN} 應為介於 ${0.184}/{M}$ 和 ${0.816}/{M}$ 之間的一個負整數，Hull and White 並建議可以選取 $j_{MAX} = \left\lceil {-0.184}/{M} \right\rceil$ 以及 $j_{MIN} = -j_{MAX}$ 。利用這樣的程序我們可以完全建構 $X(\cdot)$ 的三元樹直到時間點 n。

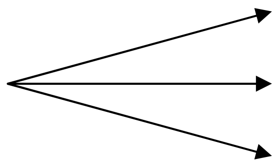
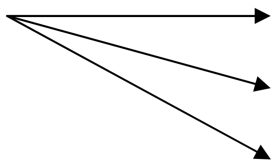
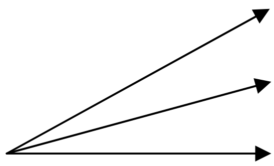
(A) Standard Branching	(B) Down Branching	(C) Up Branching
$j_{MAX} > j > j_{MIN}$	$j \ge j_{MAX}$	$j \le j_{MIN}$
		
$P_u^r = \frac{1}{6} + \frac{j^2M^2 + jM}{2}$ $P_m^r = \frac{2}{3} - j^2M^2$ $P_d^r = \frac{1}{6} + \frac{j^2M^2 - jM}{2}$	$P_u^r = \frac{7}{6} + \frac{j^2M^2 + 3jM}{2}$ $P_m^r = -\frac{1}{3} - j^2M^2 - 2jM$ $P_d^r = \frac{1}{6} + \frac{j^2M^2 + jM}{2}$	$P_u^r = \frac{1}{6} + \frac{j^2M^2 - jM}{2}$ $P_m^r = -\frac{1}{3} - j^2M^2 + 2jM$ $P_d^r = \frac{7}{6} + \frac{j^2M^2 - 3jM}{2}$
$\Delta W_2(t)_u = \sqrt{3V}$ $\Delta W_2(t)_m = 0$ $\Delta W_2(t)_d = -\sqrt{3V}$	$\Delta W_2(t)_u = 0$ $\Delta W_2(t)_m = -\sqrt{3V}$ $\Delta W_2(t)_d = -2\sqrt{3V}$	$\Delta W_2(t)_u = 2\sqrt{3V}$ $\Delta W_2(t)_m = \sqrt{3V}$ $\Delta W_2(t)_d = 0$

表 3.1　$X(\cdot)$ 三元樹擴張形式、機率以及隨機增量幅度

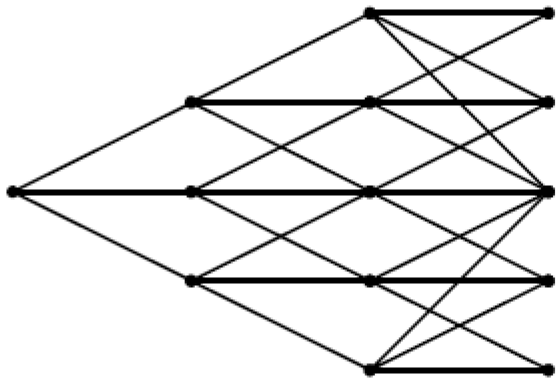


圖 3.2　$X(\cdot)$ 三元樹

完成了 $X(\cdot)$ 三元樹的建構之後，我們僅須加入(7)式之 $\phi(\cdot)$ 即可得到隨機利率三元樹，由 $\phi(\cdot)$ 之定義我們僅須估計 θ 即可。雖然在單因子 Vasicek Model 的架構下，可利用代表無風險債券價格的封閉式以求得 θ，但因為封閉式是在連續時間的基礎下所推導出，利用其估計出的參數來執行樹狀法，直覺上並不合理，因此我們利用所建構的利率三元樹來執行參數 θ 的估計。假設現在市場上流動性最佳的公債價格為 $B(0,\tilde{T})$ ，$\tilde{T}$ 為到期日，我們利用利率三元樹模型求得模型價格 $\hat{B}(0,\tilde{T})=\tilde{E}[\exp\{-\int_0^{\tilde{T}} r(u)du\}\,|\,F_0]=\tilde{E}[\exp\{-\int_0^{\tilde{T}} \phi(u)+X(u)du\}\,|\,F_0]$ ，利用數值迭代方法求解非線性等式 $\hat{B}(0,\tilde{T})=B(0,\tilde{T})$ 即得到 θ 的估計值。

最後我們要對原先假設的參數 a 進行校準，可以市場上流動性良好的利率衍生性商品來完成，假設我們可以觀察到 N 個商品的今日價格 $\{P_i\ i=1,\cdots,N\}$ ，利用此利率三元樹計算可以得到模型價格 $\{M_i\ i=1,\cdots,N\}$ ，所以考慮下列極小化問題

$$\underset{\{a \in \Re\}}{Min} \sum_{i=1}^{N} (P_i - M_i(a))^2 = \sum_{i=1}^{N} (P_i - M_i(\hat{a}))^2$$

在一定的容忍度下，利用數值迭代方法可以得到近似的$\hat{a}$，即可以此作為利率模型的參數[6]。

[3] 二維度結點重合三元樹

利用 Hull and White(1994b)所提出的方法，可以將任意兩個隨機因子離散化的樹狀結構加以結合。

由模型設定我們可知 $d\langle W_s(\cdot), W_r(\cdot)\rangle_t = \rho_{Sr}dt$ 其中ρ_{Sr}又可視為驅動股價、利率波動的隨機因子$W_s(\cdot)$ $W_r(\cdot)$之相關係數。首先我們考慮$\rho_{Sr}=0$的情況，也就是股價與利率波動為獨立的情況，在三元樹的考量下，二維度的隨機波動以及對應的機率分配為:

		$r(t)$			
		Up	*Stay*	*Down*	邊際機率
$\log S(t)$	*Up*	$Pu^S Pu^r$	$Pu^S Pm^r$	$Pu^S Pd^r$	Pu^S
	Stay	$Pm^S Pu^r$	$Pm^S Pm^r$	$Pm^S Pd^r$	Pm^S
	Down	$Pd^S Pu^r$	$Pd^S Pm^r$	$Pd^S Pd^r$	Pd^S
	邊際機率	Pu^r	Pm^r	Pd^r	1

表 3.2　互相獨立下對數股價、利率變動聯合機率分配

定義 $\pi_0 \equiv \begin{pmatrix} Pu^S Pu^r & Pu^S Pm^r & Pu^S Pd^r \\ Pm^S Pu^r & Pm^S Pm^r & Pm^S Pd^r \\ Pd^S Pu^r & Pd^S Pm^r & Pd^S Pd^r \end{pmatrix}$ 為對應的機率矩陣，當$\rho_{Sr} \neq 0$時可以利

[6] 由於台灣市場並不存在流動性良好的利率相關衍生性商品提供模型校準，我們假設$a=0.5$。

用修正機率的方式來反映隨機因子的連動效果，即:

$$if\ \ \rho_{Sr}=\rho^{+}\in(0,1)\ \ \Rightarrow\ \ \pi^{+}=\pi_0+\varepsilon\begin{pmatrix}+5 & -4 & -1\\ -4 & +8 & -4\\ -1 & -4 & +5\end{pmatrix}\ \ ,\ \ \varepsilon=\frac{\rho^{+}}{36}$$

$$if\ \ \rho_{Sr}=\rho^{-}\in(-1,0)\ \ \Rightarrow\ \ \pi^{-}=\pi_0+\varepsilon\begin{pmatrix}-1 & -4 & +5\\ -4 & +8 & -4\\ +5 & -4 & -1\end{pmatrix}\ \ ,\ \ \varepsilon=\frac{-\rho^{-}}{36}$$

此方法看似簡單，卻存在了一個問題，在某些時點，機率可能會出現負值。根據 Hull and White 的建議，若是此情況發生，可以適度的調整ε，使得各個情況的機率皆為正值。利用此方法，我們即可完成二維度結點重合三元樹的建構。

[4] 破產回復(recovery)模型

在真實的世界中，一但公司發生破產事件，對於債權人而言，分配剩餘價值以及求償的程序是非常複雜的，也沒有一定規則可循。因此大部分的信用風險模型會先對破產時的債權價值變動作一個結構性的假設。本研究將採用 Duffie and Singleton(1999)所提出的信用風險減約模型，假定普通公司債在該公司發生破產事件時，其市場價格會下跌為不破產之市場價格的某一比例。這樣的設定可以想像為，一但發生破產事件，債權人即將其所擁有的不良債權以不破產時之合理市場價格的某一比例，轉賣給願意收購的對象，例如資產管理公司等，轉賣的價格在考量求償時所必須付出的額外成本以及無套利

市場的假設下，應該是均衡的公平價值。

令 $\bar{B}(t,T)$ 代表時間 T 到期償還本金一元之普通公司債在時間 t 的市場價格，將這樣的概念以數學式表示：

$$d\bar{B}(t,T) = d\bar{B}(t,T)^C - L(t)\bar{B}(t_-,T)dN(t) \quad , \ L(\cdot) \in [0,1]$$

i.e. $dB(t,T)^C$ *是連續擴散(Continuous Diffusion)的部份.*

其中 $L(\cdot)$ 是市場價格損失比例，為一個時間函數或是隨機變數，當公司破產時（$dN(t)=1$），普通公司債的市場價格會向下跳動至 $(1-L(t))\bar{B}(t,T)$。普通公司債的隨機過程與前述的股價(3)式是一致的，股價的損失比例為一。

在這樣的設定下，Duffie and Singleton 證明了普通公司債的價格為：

$$\bar{B}(t,T) = \tilde{E}\{\exp[-\int_t^T r(u) + L(u)\lambda(u)du]|_{F_t \vee \{N(t)=0\}}\}$$

因此普通公司債與無風險債券的差別僅在於所適用的折現率不同，若是 $L(\cdot)$ 越大，代表因為信用破產事件產生的跌價損失越大，所適用的折現率越大；而 $L(\cdot)$ 越小，代表債權所隱含的信用風險越小，特別地，當 $L(u)=0, u \in [t,T]$ 時，代表在 $[t,T]$ 這一段時間，該債券並不隱含任何信用風險，可視為無風險債券。$L(\cdot)\lambda(\cdot)$ 可解釋為普通公司債之信用價差，簡化 $L(\cdot)$ 為一個固定常數，我們即可以違約強度的變動來代表信用價差變動。

在之前我們提及 L 應該是由一個無套利的市場所決定，L 的大小也與債權在該公司破產時的求償順位有關，因此同一家公司不同債權之損失率 L 並不相同。但事實上我們並無法由普通公司債的市場價格而知道其真實的數值；有趣的是，若是我們觀察到某普通公司債的年化信用價差為 5%，對於該公司而言 $(L,\lambda)=(0.5,0.1)$ 或是 $(L,\lambda)=(0.25,0.2)$ 在此模型之下是沒有差異的；因此若我們對於公司的某一求償順位的債券，可以依據歷史資料估計損失率 L，並以該債券價格的市場資料來校準 $\lambda(\cdot)$ 的模型參數，而後利用模型評價相同求償順位的債券或是不同求償順位但可以估計出損失率 L 的債券，理論上來說，可以得到一致的結果。

我們可以利用上述之信用風險模型來進行 $\lambda(\cdot)$ 的適配。首先假定我們所要評價的轉換公司債對於債權的求償順位於破產事件時，損失比例為 L^*。搜集求償順位適用 L^* 的普通公司債市場價格，蒐集在 $\{t_0=0, t_1=\Delta t, \cdots; t_m=t_{m-1}+\Delta t, \cdots; t_n=n\Delta t=T\}$ 這些時間分割節點到期的普通公司債市場價格資料[7]，即可依照以下的程序來進行適配：

$$\bar{B}(0,t_1)=\exp(-[r(0)+L^*\lambda(0)]\Delta t)$$
$$\Rightarrow \lambda(0)=\frac{1}{L^*}\left\{\frac{1}{\Delta t}\log(1/\bar{B}(0,t_1))-r(0)\right\}$$

利用 $\bar{B}(0,t_m)=\tilde{E}_0[\exp(-\int_0^{t_m} r(u)+L^*\lambda(u)du)]$，$m=2,3,4,\cdots,n$

可依序求得 $\{\lambda(t_m), m=1,2,\cdots,n-1\}$。

---

[7] 由於台灣公司債市場並不發達，各到期日的公司債資料可能不存在，我們可以利用內插信用價差的方式來完成 $\lambda(\cdot)$ 的適配。假設觀察到信用價差 $CS(0,T)$，利用 $\{\log(1+\alpha t)\ ,\ (\alpha,t)\in\Re^+\}$ 進行數值內插，則假定此信用價差之損失率爲 L 下，我們即可利用 $\lambda(\cdot)$ 來解釋各時點之信用價差。

我們也可以利用具違約特性的情況價格(Defaultable State Price)來進行$\lambda(\cdot)$的適配。假設在時間結點 m 上，存在當股價與利率結點(i, j)的情況發生時，標的公司承諾支付一元的證券，在求償順位與前述普通公司債相同的考慮下，定義具違約特性的情況價格$\bar{Q}(m,i,j)$為此證券的今日價格。

$$\Rightarrow \bar{Q}(m,i,j)=\sum_{\delta}\bar{Q}(m\text{-}1,\delta(i,j))P(m\text{-}1,\delta(i,j))\exp(-[r(m\text{-}1,\delta(i,j))+L^{*}\lambda(m\text{-}1)]\Delta t)$$

其中δ的範圍包含了在時間結點 m 時，下一個時間結點 m+1 可以到達股價、利率結點(i, j)之所有的結點，$P(m,\ell(\cdot))$為對應的機率值。

$$\Rightarrow \bar{B}(0,t_{m+1})=\sum_{i}\sum_{j}\bar{Q}(m,i,j)\exp(-[r(m,i,j)+L^{*}\lambda(m)]\Delta t) \quad m=0,1,\cdots,n\text{-}1$$

利用具違約特性的情況價格可以較有效率地將違約強度$\lambda(\cdot)$適配進入我們所建構的二維三元樹。

第三節 轉換公司債理論價格求解

[1] 後代(Backward Induction)求解

在不考慮諸如重設條款或是賣回權等實務條款的情況下，假設我們要評價一張普通轉換公司債，其僅能在到期日時執行轉換權，即歐氏轉換權(European Convertible Option)。由於轉換公司債的性質使得其包含了兩個價值，一個是股權連結的價值，另一個則是純債權的價值，在信用風險的考量下，我們知道其所適用的折現率是不同的；股權的部份是適用$e^{-[r(\cdot)+\lambda(\cdot)]\Delta t}$，而債權的部份則適用$e^{-[r(\cdot)+L\lambda(\cdot)]\Delta t}$。因此在整個評價過程上我們是參照 Hung and Wang(2002)的做法，將轉

換公司債的價值拆解成股權和債權兩個部份來作評價，在最後一期時若是投資人執行了轉換權，則股權的價值為整個轉換價值，而債權的部份則為零；反之若是投資人並無誘因執行轉換權，則債權的價值即為可轉換所表彰的面額，而股權的部份則為零。最後一期的價值決定之後我們即可將這兩個部份做後代處理，進而推算出今日的股權和債權的價值，兩者的總和即代表是轉換公司債的今日價值。與 Hung＆Wang 的處理相比，因為所選定的信用風險的模型不同，我們並不考慮破產節點，而僅是用折現率的修正來反映信用風險對商品價值的影響。由圖 3.3 我們可以看到在時間 t 時且某一空間節點下，該點的股權價值以及債權價值是由下一期所能到達的九個狀態點的股權價值以及債權價值所決定的，即:

$$Equity(t) = \exp(-[r(t) + \lambda(t)]\Delta t)\sum_k P(k)Equity(t+1)_k$$
$$Debt(t) = \exp(-[r(t) + L\lambda(t)]\Delta t)\sum_k P(k)Debt(t+1)_k$$

其中 k 的範圍是下一期所能到達的所有節點，$P(\cdot)$是對應的機率值

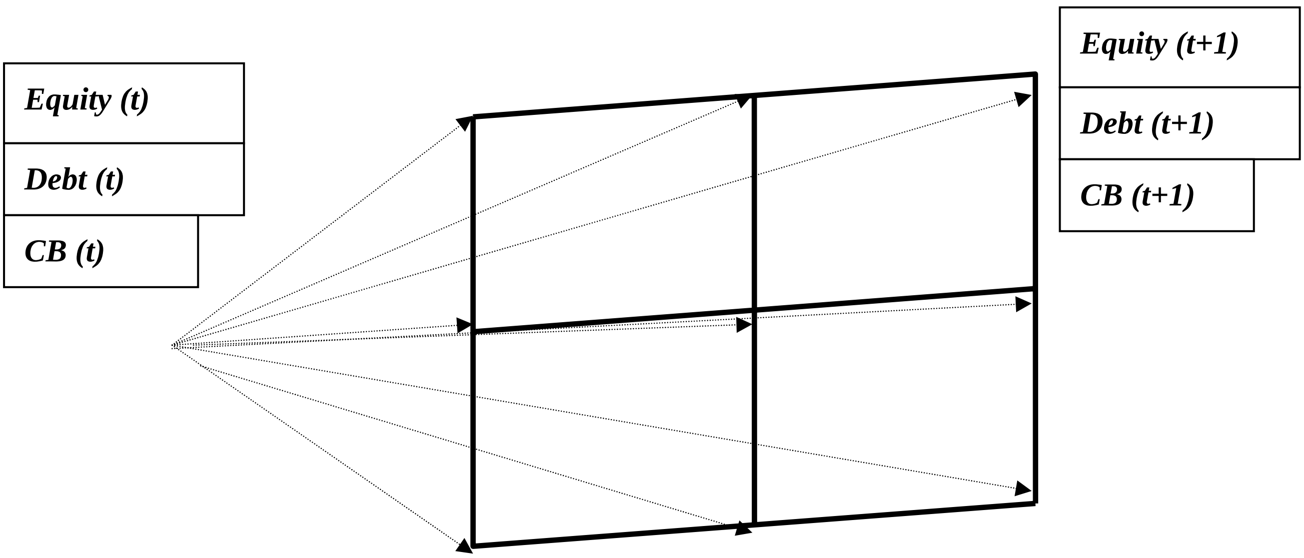


圖 3.3　二維三元樹 CB 評價之略圖　$Equity(t) + Debt(t) = CB(t)$

[2] 非路徑相依實務條款的考慮

1.美式轉換權(American Convertible Option)

除了在轉換閉鎖期以外的時間點之外，美式轉換權給予了投資人可以提早執行轉換權的權利。因此若是在某一時刻，投資人發現立即轉換是對其有較有利的，在理性判斷下，每個投資人都應該會提早執行轉換權，將轉換公司債轉換成該公司的股票。在評價的處理上，若是在某一節點執行轉換的價值大於此時的轉換公司債價值時，我們即將 Equity 的價值以轉換價值作取代，而將 Debt 的部份歸零。定義 $CV(t)$ 為時間 t 時的立即轉換價值，則:

$$
\begin{aligned}
&if\ \ CV(t) > CB(t) \\
&\Rightarrow Equity(t) \equiv CV(t) \\
&\quad Debt(t) \equiv 0 \\
&\quad CB(t) = Equity(t) + Debt(t) \equiv CV(t)
\end{aligned}
$$

2.特定時間點之賣回權

賣回權給予了轉換公司債投資人在特定時間點可以契約上所載的特定價格賣回給公司的一個權利，相當於是為投資人提供了一個下方的保護。在可以執行賣回權的時點上，若投資人發覺可轉債的價值以及轉換價值皆小於賣回價格，在理性判斷下，每個投資人都應該會執行其所擁有的賣回權，對於該投資人而言，所得到的賣回價格性質上是屬於債權的提早實現，因為一但執行了賣回權，投資人將失去了轉換成股票的權利。因此在評價的處理上，若是在某一節點投資人執行其賣回權，我們即將 Equity 的價值歸零，而將 Debt 的部份以賣回價格作取代。定義 $PV(t)$ 為特定時間 t 時的賣回價格，則:

$$
\begin{aligned}
&if \quad PV(t) > Max\{CB(t), CV(t)\} \\
&\Rightarrow Equity(t) \equiv 0 \\
&\quad Debt(t) \equiv PV(t) \\
&\quad CB(t) = Equity(t) + Debt(t) \equiv PV(t)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&if \quad CV(t) > Max\{CB(t), PV(t)\} \\
&\Rightarrow \text{執行轉換權,如同上述(1)的處理}
\end{aligned}
$$

[3] 路徑相依實務條款的考慮

在處理路徑相依的條款時,通常我們必須額外考慮一些變數例如股價移動平均值或是最小值等，這些變數在性質上是屬於非馬可夫(Non-Markovian)的隨機過程，其路徑相依的特性使得一般的樹狀法難以執行而必須做一些特別的結構處理。

本研究採用 Kao and Lyuu(2003)以及葉隆賢(2004)所使用的方法來處理這些路徑相依的複雜條款,並做一些適度的修正以增加執行運算的效率。首先介紹 Kao and Lyuu 所提出的紀錄路徑方法並應用到我們所設定的模型中。在二維三元樹的架構下，雖然在下一期時會有九種狀態，但是對於股價而言只有三種變化的情形，即上升、持平和下跌，因此我們只需討論股價路徑的三種變化即可。我們以紀錄過去三期的股價路徑移動來作為說明。

首先將股價的上升(u)紀錄為 2、持平(m)紀錄為 1 而下跌(d)紀錄為 0。若我們看到某過去三期的路徑為$\overline{021}$，代表股價變動過程以

先下跌，後上升、再持平的方式(dum)到達今日的股價水準。利用三進位的數字轉換，可將該路徑記為$0\times3^2+2\times3^1+1\times3^0=7$，稱為路徑指數(Path Index)，在紀錄過去三期路徑的考量下，我們可知最大的路徑指數為 26($2\times3^2+2\times3^1+2\times3^0$)而最小的路徑指數為
0($0\times3^2+0\times3^1+0\times3^0$)，共有 27($3^3$)種路徑方式。

在今日的路徑為$\overline{021}$的情況下，在下一期時我們可能面對的股價變動為上升、持平或下跌，路徑以及路徑指數的改變為:

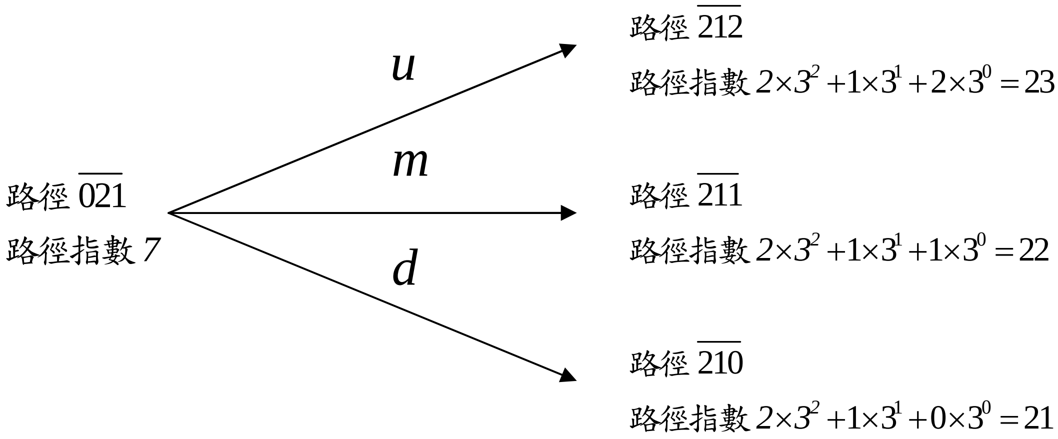


圖 3.4　路徑及路徑指數改變情形

由圖 3.4 我們可以發現，三期路徑以及路徑指數的改變即是將最遠(最前面)的股價變化去除，而將後面兩期的股價變化往前挪一位，最後再加上下一期的股價變化，我們可以下列的方式進行路徑以及路徑指數轉換:

Step 1. 將目前的路徑指數乘以 *3*

$\Rightarrow$ 路徑指數 $7\times3=21$

路徑由 $\overline{021}$ 變成 $\overline{0210}$

Step 2. 將路徑指數取除以3^3之後的餘數$(\bmod\ 3^3)$

$\Rightarrow$ 路徑指數 $21\ \%\ 3^3=21$

路徑由 $\overline{0210}$ 變成 $\overline{210}$

Step 3. 加入下一期的股價變化(2,1,0)

上升(u) $\Rightarrow$ 路徑指數 $21+2=23$,路徑由 $\overline{210}$ 變成 $\overline{212}$

持平(m) $\Rightarrow$ 路徑指數 $21+1=22$,路徑由 $\overline{210}$ 變成 $\overline{211}$

下跌(d) $\Rightarrow$ 路徑指數 $21+0=21$,路徑由 $\overline{210}$ 變成 $\overline{210}$

利用這樣的方法可以記錄下各種可能的路徑,也可以知道下一期路徑變化的對應位置,進而利用樹狀法處理任何路徑相依的問題。

在處理影響轉換公司債價格之路徑相依實務條款時,假設我們需要考慮 p 期的過去路徑,在某個節點上其過去的可能路徑方式有3^p種,最大的路徑指數為$2\times\sum_{i=1}^{p}3^{i-1}$,而最小的路徑指數為 0,每一條路徑下,所蘊含的價格皆不同,而考慮重設條款時,每一條路徑下未來可能的轉換價格也不同;因此不同於評價普通轉換公司債時我們只需考慮$Equity(t_m,i,j)=Equity(m,i,j)$以及$Debt(t_m,i,j)=Debt(m,i,j)$,i 為股價結點而 j 為利率結點,現在我們需要對每一條路徑可能會出現的轉換價格作一分割,即考慮$Equity(m,i,j,b,k)$以及$Debt(m,i,j,b,k)$,b 代表(m,i,j)結點上的某一路徑指數,k 為路徑指數 b 下之某一可能的轉換價格,在一般重設條款的考慮下轉換價格最大的可能值為原來的轉換價格 X 而最小值為 0.8X,考慮對轉換價格作 N 段分割,則在(m,i,j)結點的情形為:

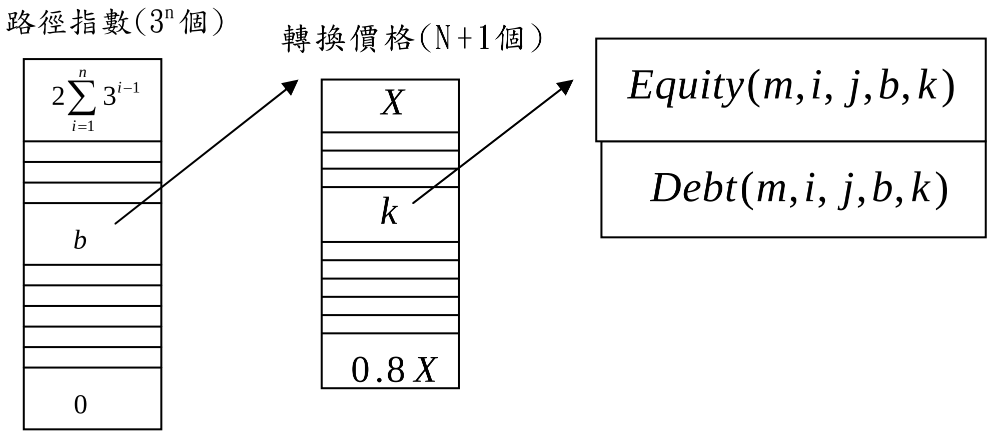


圖 3.5　處理路徑相依問題下，(m,i,j) 結點之路徑、轉換價格可能情形

因為轉換公司債最長的存續期間為五年，在一年有 250 個交易日的假設下，為避免過於龐大的計算量，本研究將與葉隆賢(2004)的設定相同，取五天作為一期，則一年有 50 期。

1.贖回條款的處理

在過去 30 天若是股價連續高於目前轉換價格的某一比例(通常為 150%)，公司有權執行其贖回權，強制以契約上所載明之贖回價向投資人買回流通於市面上的轉換公司債。在美式轉換權的考慮下，此時投資人仍保有轉換權，以下我們將簡單證明在此贖回條款所載之成立要件下，雖然贖回權對於可轉債的價值有負向的效果，但是當贖回價格訂為 150 元以下時，贖回價格的高低將不影響可轉債的價值；

$\Pr oof$：

令贖回條款所規定的比例為150%，可轉債面額為100，K為當時的轉換價格

且$CP(t)$為t時之贖回價格

假設過去30日的股價連續高於 150%K

若$CP(t) < 150$

$\because CB(t) \ge CV(t)$ (投資人至少擁有轉換價值)

$$S(t) > 1.5K \Rightarrow CV(t) = S(t)(\frac{100}{K}) > 1.5K(\frac{100}{K}) = 150 > CP(t)$$

$\therefore CB(t) \ge CV(t) > CP(t)$

另一方面當贖回價格訂為 150 元以上時，需視轉換價格以及贖回價格之相對幅度而決定此一贖回價格是否影響可轉債價值。然而就實務上而言，極少有贖回價格訂為 150 元以上之可轉債契約，在簡化評價問題的考量下，我們假設所有贖回價格的訂定皆不高於 150 元，因此當可贖回條款要件達成時，公司在極大化股東權益的思考下，會行使贖回權，而投資人在理性的思考下會立即轉換，公司事實上並未有機會以贖回價格贖回，而僅是在作強制轉換的動作。

在評價程序的處理上，因為我們選定五日為一期，即我們需要知道包含本期以及過去五期的股價是否達到行使贖回權的要件，因此我們需要知道過去 5 期的股價變化路徑，因此在每個結點(m,i,j)上，可能出現的路徑有 243(3^5)種。假設在(m,i,j)結點上之股價為S，若路徑指數為$159 = 1\times3^4 + 2\times3^3 + 2\times3^2 + 2\times3^1 + 0\times3^0$，即股價走勢為$\{m,u,u,u,d\}$，我們可以知道包含本期之過去六期股價依時間升冪為$\{Sd^2, Sd^2, Sd, S, Su, S\}$，考慮可能的轉換價格為$k$時，此時我們只要判斷

最低的股價 Sd^2 是否大於 $1.5k$ ，即可知道是否達成贖回權成立的要件。尋找最低股價的方法如下:

Step 1. 給定路徑指數b下

$\Rightarrow$ 將其還原為路徑 $\overline{\mathrm{b}} = \overline{b_{-5}b_{-4}b_{-3}b_{-2}b_{-1}}$, $b_{-i}=\{0,1,2\}$,$i=1,\cdots,5$

可知包含本期之過去六期股價依時間升冪為 $\{Sd^{(\sum_{i=1}^{5}b_{-i}-5)},Sd^{(\sum_{i=1}^{4}b_{-i}-4)},Sd^{(\sum_{i=1}^{3}b_{-i}-3)},Sd^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)},Sd^{(b_{-1}-1)},S\}$

Step 2. 取 $n^*=Max\{\{\sum_{i=1}^{n}b_{-i}-n,\ n=1,\cdots,5\}\ ,\ 0\}$

$\Rightarrow$ 可知過去六期最低股價為 S^{n^*}

我們以路徑指數為 159 的情形來作為例子:

Step 1. 給定路徑指數159下

$\Rightarrow$ 將其還原為路徑 $\overline{12220}$

可知包含本期之過去六期股價依時間升冪為 $\{Sd^2,Sd^2,Sd^1,Sd^0,Sd^{-1},S\}$

Step 2. 取 $n^*=Max\{\{2,2,1,0,-1\}\ ,\ 0\}$

$\Rightarrow$ 可知過去六期最低股價為 Sd^2

若是包含本期之過去六期的最低股價 Sd^{n^*} 大於 $1.5k$ ，則公司會行使贖回權

此時:

$$Equity(m,i,j,b,k) \equiv CV(m,i,j,b,k) = S \times (\frac{100}{k})$$

$$Debt(m,i,j,b,k) \equiv 0$$

$$CB(m,i,j,b,k) = Equity(m,i,j,b,k) + Debt(m,i,j,b,k) \equiv CV(m,i,j,b,k) = S \times (\frac{100}{k})$$

2. 重設條款的處理

由於證期會已於民國 93 年 2 月 2 日宣布廢除特別重設條款的訂定，我們在訂價的程序上僅須考慮「一般重設條款」；在實務上所設計的重設辦法大致上可分為三種，本研究將分別稱之為甲式、乙式和丙式。甲式重設與丙式重設相當類似，皆是在特定重設基準日時，取過去一段時間的股價收盤價格作為重設的參考值，向下調整訂定為新的轉換價格；甲式重設辦法取該基準日之前一日、三日或是五日股價的收盤價之簡單算術平均數孰低者乘以轉換溢價率作為重設參考價，而丙式重設辦法則是以取過去前十日、十五日或是二十日標的股價的收盤價之簡單算術平均數孰低者乘以轉換溢價率作為重設參考價。相反的乙式重設辦法並沒有明確的訂定重設基準日，如遇普通股於集中交易市場之連續二十個營業日收盤價之簡單算術平均數低於或等於當時轉換價格之 90%時，應即以該連續二十個營業日期間最末一日之次一日為基準日，以基準日前一、三、五個營業日之本公司普通股收盤價之簡單算術平均數孰低者乘以轉換溢價率向下調整轉換價格，甲、乙、丙式重設辦法皆規定重設後的轉換價格不得低於發行時轉換價格的八成。以下將分別介紹三種轉換價格重設之評價處理方法。

甲式重設辦法與丙式重設辦法

由於方法相當類似，我們謹以丙式重設辦法為例作說明。在評價的過程中，於重設基準日時，我們需要知道過去二十日之股價，在取五日為一期的基準下，我們至少要知道過去三期的路徑而擷取股價資訊。

(a)重設基準日之前一日

假設我們在重設時點$t_{reset}=t_{m+1}$之前一期的某一個結點(m,i,j)上，目前股價、利率以及違約強度分別為$(S_{ij}{}^{m}, r_{i,j}{}^{m}, \lambda_{i,j}{}^{m})$，三期的路徑一共有 27 種可能情形，因此需要分別討論在每條路徑下之每種轉換價格的重設可能情形。

由前所紀錄之過去五期路徑指數b，我們知道在下一期重設日時，路徑指數變成$3b+b_\ell$，$b_\ell=\{0,1,2\}$，利用 ($3b+b_\ell$) $mod\ 3^3$ 即可擷取在重設日之過去三期的路徑指數，將其還原為路徑$\overline{b_{-3}b_{-2}b_{-1}}$，在$b_\ell$所對應的股價為$S$下，過去股價依時間升冪分別為$\{Sd^{(\sum_{i=1}^{3}b_{-i}-3)}, Sd^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)}, Sd^{(b_{-1}-1)}, S\}$，則:

十日算術平均: $\frac{1}{2}\{S+Sd^{(b_{-1}-1)}\}=S\{\frac{1+d^{(b_{-1}-1)}}{2}\}$

十五日算術平均: $\frac{1}{3}\{S+Sd^{(b_{-1}-1)}+Sd^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)}\}=S\{\frac{1+d^{(b_{-1}-1)}+d^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)}}{3}\}$

二十日算術平均: $\frac{1}{4}\{S+Sd^{(b_{-1}-1)}+Sd^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)}+Sd^{(\sum_{i=1}^{3}b_{-i}-3)}\}=S\{\frac{1+d^{(b_{-1}-1)}+d^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)}+d^{(\sum_{i=1}^{3}b_{-i}-3)}}{4}\}$

$$Define\ A_{\min}(b)\ \equiv\ Min\{[\frac{1+d^{(b_{-1}-1)}}{2}],[\frac{1+d^{(b_{-1}-1)}+d^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)}}{3}],[\frac{1+d^{(b_{-1}-1)}+d^{(\sum_{i=1}^{2}b_{-i}-2)}+d^{(\sum_{i=1}^{3}b_{-i}-3)}}{4}]\}$$

$$\Rightarrow K[(\ 3b+b_\ell\ )\ \mathrm{mod}\ 3^3]=\begin{cases}K & K<S\times A_{\min}(b)\\ S\times A_{\min}(b) \quad if & K>S\times A_{\min}(b)>0.8X\\ 0.8X & S\times A_{\min}(b)<0.8X\end{cases}$$

因此後代的程序為:

$$Equity(m,i,j,b,k)=\exp(-[r_{i,j}{}^{m}+\lambda^{m}]\Delta t)\sum_{\ell}P(\ell)Equity(m+1,\ell(i,j),(3b+b_{\ell})\bmod 3^{5},K[(3b+b_{\ell})\bmod 3^{3}])$$

$$Debt(m,i,j,b,k)=\exp(-[r_{i,j}{}^{m}+L\lambda^{m}]\Delta t)\sum_{\ell}P(\ell)Debt(m+1,\ell(i,j),(3b+b_{\ell})\bmod 3^{5},K[(3b+b_{\ell})\bmod 3^{3}])$$

$\ell(i,j)$的範圍為(i,j)在下一期時所能到達之所有結點，$P(\ell)$為對應的機率值。

(b)非重設基準日之前一日

若下一期不為重設基準日，轉換價格並不會改變，我們重複一般的作法即可。

$$Equity(m,i,j,b,k)=\exp(-[r_{i,j}{}^{m}+\lambda^{m}]\Delta t)\sum_{\ell}P(\ell)Equity(m+1,\ell(i,j),(3b+b_{\ell})\bmod 3^{5},K)$$

$$Debt(m,i,j,b,k)=\exp(-[r_{i,j}{}^{m}+L\lambda^{m}]\Delta t)\sum_{\ell}P(\ell)Debt(m+1,\ell(i,j),(3b+b_{\ell})\bmod 3^{5},K)$$

乙式重設辦法

與前者不同的地方是此重設辦法並未明確訂定重設基準日，因此在後代計算的過程中，必須在三元樹上的每個節點判斷是否達到轉換價格重設要件，與前述方法類似我們知道前 20 日之股價簡單算術平均數為

$$\frac{1}{4}\{S+Sd^{(b_{1}-1)}+Sd^{(\sum_{i=1}^{2}b_{i}-2)}+Sd^{(\sum_{i=1}^{3}b_{i}-3)}\}=S\{\frac{1+d^{(b_{1}-1)}+d^{(\sum_{i=1}^{2}b_{i}-2)}+d^{(\sum_{i=1}^{3}b_{i}-3)}}{4}\}$$

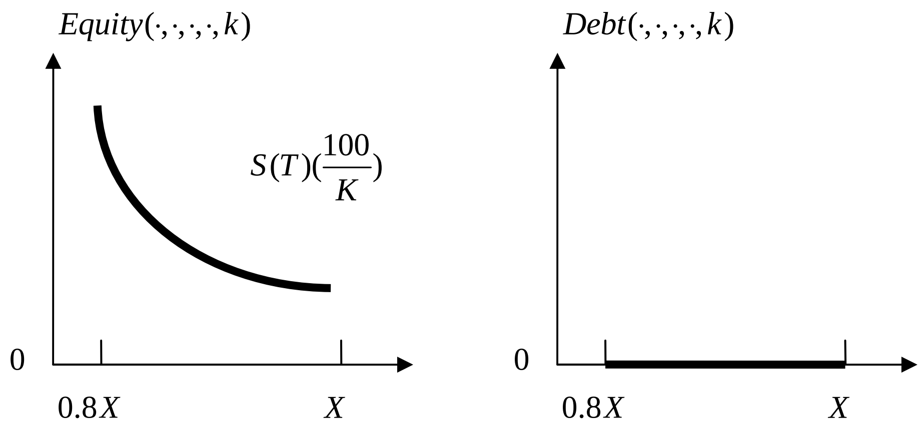
若此值小於轉換價格 K 之 90%時，則進行轉換價格的重設，依照前述之運算方法處理之。

[4] 計算步驟的縮減

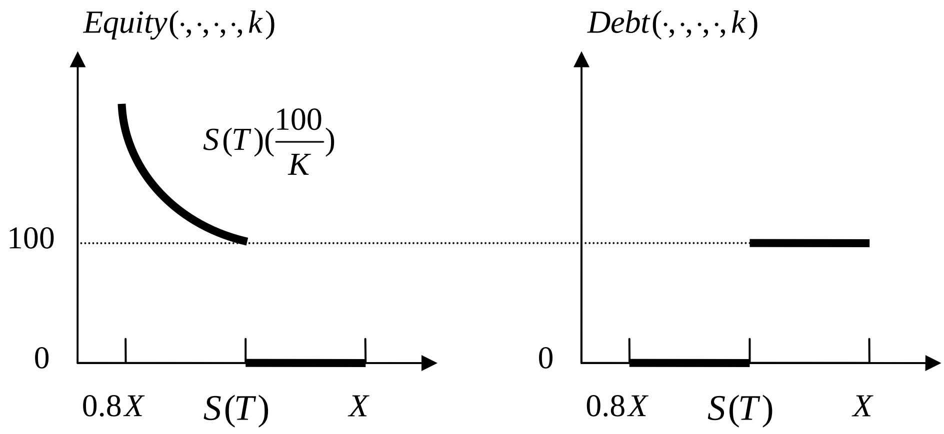
若考慮路徑相依實務條款時，評價的程序會變得較為複雜，計算量也會過於龐大，以一般的電腦設備來說，需要非常久的時間才能得到最後的結果，甚至於無法計算。因此在本節中將要介紹一些縮減計算步驟的方法。

為了解決路徑相依的影響，我們利用上述的方法來記錄路徑，進而求算出每個路徑在各種可能的轉換價格下產生的股權和債權價值，事實上我們是要把每條路徑中的 $Equity(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,k)$ 以及 $Debt(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,k)$ 利用後代的方式傳遞到第一期，而能得到今日轉換公司債的合理價格。首先我們考慮最後一期的各種可能的股價分佈，不外乎是 $S(T)>X$ 、$X>S(T)>0.8X$ 和 $S(T)<0.8X$ 三種可能的情況，此時的股權和債權價值分別為:

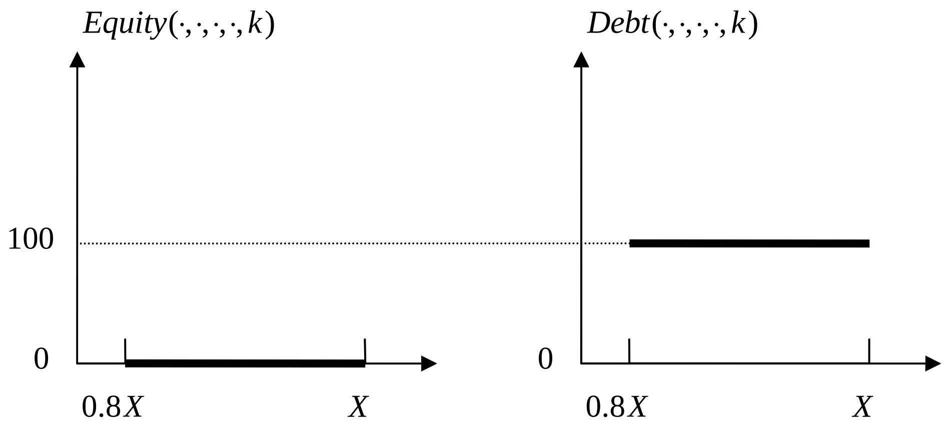
$(A)\ S(T)>X$



$(B)X>S(T)>0.8X$



$(C) S(T) < 0.8X$



由(A)和(C)的情況我們可以看到 $Equity(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,k)$ 和 $Debt(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,k)$ 是呈現非常單調的行為，在轉換價格區間分隔為 m 等分時，因為 $if\ K{=}aX \Rightarrow S(T)(\frac{100}{K}) = \frac{1}{a} S(T)(\frac{100}{X})$ ，所以在(A)中我們只須計算 $k = X$ 的情況即可，此時 $Equity(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,X) = S(T)(\frac{100}{X})$ 而 $Debt(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,X) = 0$ ；另一方面在(C)中，此時 $Equity(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,X) = 0$ 而 $Debt(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,X) = 100$ 。這樣可以適度減少在最後一期時的計算量，但是對於程式計算效率的增進幫助並不大，因此我們還需要找尋其他的途徑。以下將介紹如何利用複雜條款來幫助我們縮減計算量:

1. 利用美式轉換權

考慮在非執行賣回權的時點 t_m，在結點 (m,i,j) 我們需要考慮各種可能的路徑和各種可能的轉換價格所蘊含的股權價值和債權價值，由(A)、(B)和(C)中我們可以發現，對於某個路徑而言，轉換公司債的價值是隨著轉換價格 k 遞增而遞減，而在後代的過程中其實只是不斷地將 $Equity(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,k)$ 和 $Debt(\cdot,\cdot,\cdot,\cdot,k)$ 作線性組合，因此轉換公司債價值隨著 k 遞增而遞減的特性都會一直保有，因此在結點 (m,i,j) 的每條路徑 $\bar{b}$ 下，我們可以先計算 $Equity(m,i,j,b,0.8X)$ 和 $Debt(m,i,j,b,0.8X)$ 的價值，再判斷是否 $CB(m,i,j,b,0.8X) < CV(m,i,j,b,X) = S_{ij}{}^{m}(\frac{100}{X})$ 成立，若成立則我們可以知道此路徑 $\bar{b}$ 下最大的持有價值小於最小的轉換價值，因此對每個轉換價格而言都應該是會執行美式轉換權的，同樣利用

$if\ \ K{=}aX \Rightarrow S_{ij}{}^{m}(\frac{100}{K}) = \frac{1}{a}S_{ij}{}^{m}(\frac{100}{X})$ 的特性，我們只須紀錄

$Equity(m,i,j,b,X) = S_{ij}{}^{m}(\frac{100}{X})$ 和 $Debt(m,i,j,b,X) = 0$ ，而其他的轉換價格，

$Equity(m,i,j,b,k) = \frac{X}{k}Equity(m,i,j,b,X)$ 和 $Debt(m,i,j,b,k) = 0$, $k \in [0.8X, X)$

若不成立，則執行一般的判斷程序，比較每個轉換價格下的轉換公司債持有價格和轉換價格。

2. 利用贖回權

同樣考慮在非執行賣回權的時點 t_m ，在結點 (m,i,j) 上存在著很多路徑需要判斷是否達到贖回權執行要件。我們考慮最極端的兩條過去五期路徑 $\overline{00000}$ 和 $\overline{22222}$ ，以路徑指數 0 和 242 做為其路徑的代表，以時間升冪排序的股價分別是 $\{S_{ij}{}^{m}u^5, S_{ij}{}^{m}u^4, S_{ij}{}^{m}u^3, S_{ij}{}^{m}u^2, S_{ij}{}^{m}u, S_{ij}{}^{m}\}$ 以及 $\{S_{ij}{}^{m}d^5, S_{ij}{}^{m}d^4, S_{ij}{}^{m}d^3, S_{ij}{}^{m}d^2, S_{ij}{}^{m}d, S_{ij}{}^{m}\}$ 。

(a)在時間指數為在路徑指數為 0 的情況下，判斷是否 $S_{ij}{}^{m} < 1.5(0.8X)$ 成立，若成立則我們可知在此結點下不需要每條路徑都判斷是否需要做贖回權的處理，因為在所有的路徑下都無法達成贖回權成立的要件，此時只需執行一般的後代程序即可。

(b)在時間指數為在路徑指數為 242 的情況下，判斷是否 $S_{ij}{}^{m}d^{5} > 1.5X$ 成立，若成立則我們可知在此結點不需要每條路徑都判斷是否需要做贖回權的處理，因為在所有的路徑下都會達成贖回權成立的要件。由前述贖回權條款的分析，我們可以知道當公司執行其贖回權時，投資人一定會以執行轉換權作為回應，由轉換權縮減計算量的敘述，我們在每條路徑下只需紀錄 $Equity(m,i,j,b,X) = S_{ij}{}^{m}(\frac{100}{X})$ 和 $Debt(m,i,j,b,X) = 0$，而其他的轉換價格則為:

$$Equity(m,i,j,b,k) = \frac{X}{k}Equity(m,i,j,b,X)\text{和}Debt(m,i,j,b,k) = 0\ ,\ k \in [0.8X, X)$$
。

若前面兩條極端路徑的判斷皆不成立，可知某些路徑會執行贖回權，而某些路徑不會執行贖回權，在執行贖回權的路徑下，我們可以用處理轉換權紀錄的方式縮減計算步驟；而在不執行贖回權的路徑下，只需執行一般的後代程序即可。

3. 重設轉換價格的效率判斷

以丙式重設辦法為例，考慮在重設基準日時點 t_m ，在結點 (m,i,j) 上我們考慮最極端的過去三期路徑 $\overline{222}$，以路徑指數 26 做為其路徑的代表，以時間升冪排序的股價則為 $\{S_{ij}{}^{m}d^{3}, S_{ij}{}^{m}d^{2}, S_{ij}{}^{m}d, S_{ij}{}^{m}\}$ 。因此

我們可知前十日、十五日以及二十日股價算術平均數孰低者為前二十日之股價算術平均數 $S_{ij}^{m}\{\frac{1+d+d^{2}+d^{3}}{4}\}$，判斷是否 $S_{ij}^{m}\{\frac{1+d+d^{2}+d^{3}}{4}\}>X$ 成立，若成立則我們可知在此結點的每條路徑皆不須重設轉換價格。

善加利用上述的技巧可以適度的減輕程式所負荷的運算量，也能使得我們的評價模式得以利用一般的電腦設備實際執行運算。

第四章　評價實證分析

第一節 模型比對

[1] 與葉隆賢(2004)之比較

在本節中，考慮以下假設條款之轉換公司債，葉隆賢在其論文中已有列出評價結果，因此我們可以與之作交叉比對[8]。

◎假設條款之轉換公司債

存續期間：	5 年
還本方式：	到期面額還本
票面利率：	0%
轉換價：	50
發行日股價：	50
股價報酬波動度：	40%
無風險利率：	1%
五年期信用價差：	2%
現金股利率：	0%
贖回權:	有
滿兩年賣回價：	103.53
滿三年賣回價：	106.12
最接近的重設日：	半年後，丙式重設，轉換溢價率 100%

由下列表 4.1 我們可以發現計算結果有不一致的情況，葉隆賢所

[8] 爲達比較目的，我們假設利率均數回歸速度爲 a =0.5、利率波動度 σ_2 =0.05，對數股價及利率之相關係數 ρ_{Sr} =0、債權預期損失率 L =1.0、違約密度參數 α =0、 β =0 以及 $\varphi(t)$ =0.02 $\forall t \in [0,5]$。

列的結果明顯地低於本研究之模型價格，推究可能的原因在於信用風險的處理。

葉隆賢依據 McConnell and Schwartz(1986)的設定，以固定的無風險利率加計信用價差作為折現率，不考慮股權及債權的異質性，利用 CRR 模型在後代求解的過程中每期對於可轉債的價值直接進行折現。以本研究之模型來解釋，即是假設可轉債所表彰的債權其破產事件預期損失率為 100%，因而可轉債價值所包含的股權和債權可以適用相同的折現率。但若代表股價隨機走勢的 SDE 中，沒有在漂浮項內考慮對信用風險的補償，卻直接利用考慮違約的折現率進行折現，會高估信用風險的價差產生評價上的錯誤，因而低估了可轉債的理論價值。然而 McConnell and Schwartz 的設定並不會產生這樣的問題，因為他們的作法是求解評價偏微分方程式，其中的無風險利率以考慮違約的折現率所取代，如此已經考慮了對於信用風險的補償。我們試著將股價 SDE 中對於信用風險的補償去除，發現所得到的價格相當接近葉隆賢所列之結果。

表 4.1 與葉隆賢(2004)之比較

	葉隆賢	條款價值	本研究模型	條款價值	本研究模型_未考慮信用風險補償
無條款之可轉債	120.550		125.976		120.990
賣回權	124.436	3.8860	129.544	3.5680	125.125
贖回權	119.493	-1.0575	122.085	-3.8910	119.366
賣回、贖回權	123.232	2.6815	125.482	-0.4940	123.287
重設權	128.010	7.4596	134.015	8.0390	128.455
完整契約	128.763	8.2129	131.040	5.0640	128.653

另一方面，雖然我們試算去除信用風險的補償之價格，仍然可以發現與葉隆賢之結果有微幅的不一致情形，這個現象可以由隨機利率的設定來解釋。

本研究之模型設定考慮了利率的隨機波動，與僅考慮固定利率的模型相比，經濟體系增加了額外的風險；而在股價的 SDE 中，其漂浮項亦包含了利率，若股價與利率為非負相關時，利率的波動也會間接增加股價的波動，相對地也增加了風險。對於可轉債所包含的美式轉換權以及賣回權而言，形同是發行公司賣給投資人對於價格波動保障的一個權利，當影響可轉債價值相關的因子波動越大時，隱含了越大的價格風險，使的這份權利所發揮的保障價值越大；反之，贖回權對於發行公司而言亦屬於對於價格波動保障的一個權利，同樣隨著風險的增加而有越大的保障價值。兩者相抵的淨效果會隨著參數、價內或價外發行以及條款的規定而有所不同。

我們利用調整利率均數回歸速度 a 來驗證以上的推論；固定利率波動度 σ_2 下，當 a 越大時，代表利率回復到長期均衡水準的速度越快，利率的波動性較小；反之當 a 越小時，利率會以較為大幅的波動而趨向長期均衡水準。由表 4.2 我們可以看到當 a 由 1 遞減到 0.125 時，不論可轉債所包含之條款為何，理論價格均呈現單調遞增的現象，亦即在此假設條款下，平價發行之可轉債所包含的美式轉換權以及賣回權，其因為利率波動所產生的價值增幅大於贖回權因利率波動所產生的負效果；比較不含任何條款的可轉債以及包含贖回權條款之

理論價格也可以發現，前者的增幅明顯地高於後者。因此隨機利率的考慮對於實務條款的評價處理是有其必要性的。

表 4.2 均數回歸速度不同下之價格比較

利率均數回歸速度	無條款之可轉債	賣回權	贖回權	賣回、贖回權	重設權	完整契約
1.000	125.717	129.188	121.869	125.168	133.759	130.774
0.875	125.754	129.238	121.900	125.214	133.795	130.811
0.750	125.807	129.306	121.941	125.274	133.845	130.862
0.500	125.976	129.544	122.085	125.482	134.015	131.040
0.250	126.364	130.149	122.404	126.006	134.401	131.487
0.125	126.744	130.778	122.711	126.547	134.781	131.946

回顧表 4.1，最後我們比較條款價值，首先可以發現葉隆賢低估了贖回權的條款價值，特別是在比較僅包含重設權和包含賣回、贖回以及重設權之完整契約理論價格下，葉隆賢所得到的結果是後者價格大於前者約 0.75 元，而本研究與其有相反的結果，且前者與後者存在約 3 元的差距幅度。以價平或是價內發行的可轉債而言，在風險中立測度下，標的股價要超過履約價的機率是大於一半的，若是贖回權與重設權同時存在，雖然要達到贖回權執行要件的門檻較高，但是重設後會降低此一門檻，發行公司執行贖回權的機率會更大，因此在賣回權條款影響不大下，完整契約的價格理應比僅包含重設權的契約價格小。此外本研究與葉隆賢的結論一致，認為實務條款包括轉換權、賣回權、贖回權以及重設權的價值並不是線性獨立的，彼此間存在著一定的相依程度。在評價處理上，若只是將無條款之可轉債價值加上各個權利的價值，所得到的價格並不是正確的理論值。

在正確作法的前提下，葉隆賢對於信用風險的處理可視為本研究模型的一個特例。可利用破產事件預期損失率L，以反映可轉債所表彰之債權的求償順位，對於信用風險的量化有較大的彈性，也能得到較為合理的評價結果。

[2] 與張士東(2003)之比較

張士東考慮在股價、利率以及匯率為隨機變動因子的情況下，假設股價和利率為幾何布朗運動、利率走勢為 Extended Vasicek Model，利用最小平方法蒙地卡羅模擬進行評價程序，並且同時考慮賣回權、贖回權以及重設條款。在信用風險的處理上，利用 Jarrow ＆Yu (2001)所推導的信用價差公式，假設違約密度與利率存在一個線性模式關係，即 $\lambda(t)=\kappa_0+\kappa_1 r(t)$，如此推導出信用價差 $CS(t,T)$ 之封閉式，如下[9]:

$$CS(t,T)=-\frac{1}{T-t}\log\left(\delta+\exp\{-\kappa_0(T-t)-\kappa_1\mu_{(t,T)}+\kappa_1(1+\frac{1}{2}\kappa_1)\sigma^2_{(t,T)}\}\right)$$

$$\mu_{(t,T)}=\frac{1-\exp[-a(T-t)]}{a}r(t)+\int_t^T\int_t^u e^{a(s-u)}\theta(s)dsdu$$

$$\sigma^2_{(t,T)}=\int_t^T[\frac{\sigma_r}{a}(1-e^{-a(T-u)})]^2du \quad , \quad \delta: \text{破產時之債權本金回收率}$$

配合最小平方法蒙地卡羅模擬，每條模擬路徑可以決定最適的轉換時

[9] 參數意義與本研究模型相同者，即以前述之符號表示。唯一不同處在於 Extended Vasicek Model 中設定 $\theta(t)$ 爲一個確定性的時間函數，而本研究之模型設定 $\theta(t)=\theta$ 爲一固定常數。

點，即可利用期初的利率決定適合的信用價差並對可轉債的價值進行折現。在其文中以 2002 年所發行之建華金海外轉換公司債為例，並列出其評價結果，發行條款如下:

◎建華金海外轉換公司債發行條款

發行日期：	2002 年 7 月 12 日
存續期間：	5 年
計價幣別：	美元
還本方式：	到期面額加計 4.45% 還本
票面利率：	0%
標的股票：	2890 建華金
轉換價：	17.666
發行日股價：	14.45
五年期信用價差：	3.42%
贖回權:	有
滿三年賣回價：	114.115
最接近的重設日：	2005 年 07 月 13 日

丙式重設，轉換溢價率 100%

在假設於此檔海外可轉債發行期間內台幣兌美元的匯率並未發生大幅波動下，我們可以利用本研究之模型評價以進行結果的比對。擷取 2002 年 5 月 9 日至 2002 年 7 月 11 日之 45 個樣本資料以及利用附錄一所推導的最大概似估計式進行股價與利率模型的參數估計；對於利率三元樹的適配，則是以 2002 年 7 月 12 日當天債券市場成交量最大的「90 央債甲一」作為適配的參考指標，資料來源皆為「台灣經濟新報資料庫」。估計之參數如下:

股價、利率模型參數

$\sigma_s = 0.3564$
$\sigma_r = 0.0096$
$d = 0.0475$
$\rho_{Sr} = \text{-}0.0174$
$r(0) = 0.01921$

表 4.3 與張士東(2003)之比較

	張士東	條款價值	本研究模型	條款價值
無條款之可轉債	94.370		94.174	
賣回權	100.220	5.850	105.334	11.160
贖回權	93.470	-0.900	94.174	0.000
重設權	118.380	24.010	96.608	2.434
完整契約	118.350	23.980	105.473	11.299
重設、贖回權	NA		96.561	2.387
重設、賣回權	NA		105.496	11.322
贖回、賣回權	NA		105.334	11.160

計算結果可見表 4.3，比較本研究模型與張士東的結果，可以發現無條款之可轉債和贖回權的差異並不大，因為此檔海外可轉債發行時之價格與轉換價格比大約為 0.8，接近於深度價外的情況，再者我們所估計的股價報酬波動度亦不甚大，使得轉換權的權利價值並不大，相對地贖回權對於價格的影響也不大，甚至趨近於零[10]。因此在

[10] 爲了驗證此檔可轉債之贖回權是否無價值影響，我們增加重設加贖回權、重設加賣回權以及贖回加賣回權以作爲對照，結果發現贖回權除了在與重設權同時併入契約時，因爲重設後降低贖

該條款下，此檔海外可轉債本質上較像是純債券，因此兩者差異不大。但是在考慮賣回權或是條款重疊時即會發生較大的錯誤，由表4.3亦可以發現其設算的賣回權條款可轉債低於本研究模型之設算價格。

重設權的評價錯誤來源在於張士東對於重設權的處理，利用每期的轉換價值配合最小平方法來推估該路徑下的繼續持有價值，葉隆賢(2004)對此認為其並未考慮到轉換價重設後的影響，因此會造成重設權條款價值評估的錯誤。比較本研究模型與其所計算出之包含重設權以及完整契約的價值可以發現差距非常大，其所得之完整契約的條款價值是本研究模型的兩倍。

此外張士東並未考慮在股價SDE中對於信用風險的補償以及股利率的影響，兩者為互相抵銷的影響，但是淨效果並不一定為零，此影響在經過實務條款非線性的運算後，也會產生價值的誤差。另外的評價不一致原因則可能在於參數估計以及缺乏匯率波動風險的考慮。

比較本研究模型所得到之完整契約價值105.473元，相對於張士東的結果更接近此檔海外可轉債發行價約101元。本文模型所設算的價格高於發行價格約4個百分點，此一市價低估現象普遍存在於可轉債發行市場中，我們將在下一節作更多的評價實証分析討論。

回條款成立要件的門檻而會有微幅的影響之外，其餘的影響皆不大。另一方面，此契約所載之賣回權幾乎支配了其餘的權利價值。

第二節 發行價格實証分析

一、實證結果

在本節中本研究將對 2001~2006 年所發行的可轉債發行價格[11]之合理性進行評估實證，因為在 2003 年以前大多的可轉債契約是包含「特別重設條款」，在排除此條款以及無法取得公開發行說明書的契約之考慮下，以下將挑選出 149 檔作為評價實証的代表，發行期間皆為五年。參數估計所需的資料則取自「台灣經濟新報資料庫」。

由表 4.5 首先我們看到博達一等 7 檔可轉債的試算結果[12]，模型理論價格反映出發行公司普遍低估了契約價值，表現於折價比率(dev)[13]皆為大於零的事實上，在考慮實務條款以及契約本身所賦予的轉換權，可轉債本質上已經異於一般的普通公司債，條款以及權利的真實價值並沒有被合理的反映在所訂定的發行價格中。另外本研究也列出了利用固定利率假設下所試算的可轉債模型理論價格，價格的差異與利用隨機利率所試算出的數值最大差異約在 2 個百分點之內。當可轉債以價內發行且價內比率高時，兩者差異的比率幾乎接近於零，及利率敏感度接近於零；反之若發行時的股價接近轉換價格或是以價外發行時，在估計之股價報酬率波動度不大的前提下，可轉債未來可以轉換為標的股票的機會也較小，契約的本質比較接近於普通債券，利率波動造成未來本金回收的不確定性增加，因此所得到的價格會比

[11] 幾乎所有的契約都以面額作爲發行價格。

[12] 本研究假設當可轉債爲有擔保時，破產損失率爲 $L=0$；而爲無擔保時，損失率爲 $L=0.8$。

[13] 折價比率 $\text{dev} = -\dfrac{\text{發行價格} - \text{模型理論價格}}{\text{模型理論價格}}$。

固定利率計算下的價格來的小。雖然考慮隨機利率的評價模型是較周詳的思考，但是因為增加了利率的維度使得計算量的負荷較為龐大，以此 7 檔試算的例子可以發現考慮隨機利率所需要計算時間大約為固定利率下所需計算時間之 50 倍，因此在利率是否隨機波動對於模型理論價格影響不大的前提下，對於講求時間效率的金融市場而言，固定利率的評價模型是較為適當的選擇。本研究將以僅考慮固定利率的可轉債訂價模型對其餘的 32 檔可轉債進行評價實証分析。

我們將結果列於附錄二，很明顯的發行價格皆呈現低估的現象，以每檔可轉債所計算之模型價格與發行價格相比，依照上述所定義之折價比率，將相關的統計量列於下表 4.4。平均數約為 20 個百分點，代表平均而言發行價格的低估了約百分之二十的契約真實價值；此外由 T 檢定統計量以及樣本統計值所得之 P-Value，在顯著水準分別為 0.05、0.025 或 0.01 時，我們皆可以輕易的拒絕以下之假設檢定:

$H_{Null}\ :\ \mu_{dev} = 0$

$H_{Alter.}:\ \mu_{dev} \neq 0$

因此在此樣本下，反應了發行公司有以偏低價格發行轉換債之跡象，可轉債所賦予投資人的權利價值並沒有充分地納入發行價格訂定的考慮。

表 4.4 折價比率(dev)之相關統計量

平均數	標準差	偏態係數	峰態係數	T 檢定統計量	P-Value
0.224	0.067	-0.0001	3.315	40.641	0.000
Max	75%百分位數	中位數	25%百分位數	Min	
0.443	0.265	0.232	0.184	0.072	

二、參數估計

以上時正所採用之參數包括歷史波動率、違約損失率、信用利差等，若這些參數之估計有所不同，所得結果亦有可能不同。例如波動性(volatility)之估計方法甚多，除了常用的歷史波動性(historical volatility)之外，從 Engle(1982)衍生出來的 GARCH 模型(Taylor,1986 與 Bollersleo,1986)，反映不對稱性的短期記憶模型，如 Nelson(1991)的 EGARCH 和 Glosten et al.(1993)的 GJR-GARCH，長期記憶模型如 Bollersleo and Mikkelsen(1996)的 FIGARCH 及 FIEGARCH，以及納入跳躍過程的 GARCH-Jump 模型(Maheu and McCurdy,2004 和 Duan et al. 2005 a,b)。

Poon and Granger(2003)雖比較了各種估計方法的計算效率與準確性，卻仍無法得到明確的結論，Wang and Hsu(2006)整合了短期記憶、長期記憶及跳躍過程，發展出一般化 EGARCH 模型，用來比較上述各種模型之優劣，發現 EGARCH-Jump 除了在短期波動性估計上稍差之外，其他的表現均最好，但計算上則較繁複，FIEGARCH 雖有少許的誤差，但計算效率較高。

第三節 交易價格之實證分析

利用前述 149 件轉換公司債之發行後第二十個交易日的市場價格與該時點下所計算出的模型價格進行交叉比對，在 149 件，有 38 件缺乏次級市場交易資料，因此比較有資料之 111 件，計算結果詳見附錄三。結果顯示在 111 件中只有 15 件折價比率是大於原先所計算的發行價格折價比率，其餘的 96 件之折價比率皆較小，由下列折價比率之敘述統計量可以看出，分散程度與發行價格所計算的差異並不大，但是平均折價比率明顯地降低至約 15% 左右。

另外，2001-2004 年之平均折價率為 18.5%，2005-2006 則僅 12.49%，有下降的趨勢，且折價率超過 20%僅有 6 檔(佔 9.84%)，超過 25%者僅有 3 檔(4.92%)。

表 4.5 發行後第二十交易日之折價比率敘述統計量

平均數	標準差	偏態係數	峰態係數	T 檢定統計量	P-Value
0.152	0.069	0.223	5.210	23.104	0.000

我們利用 T 統計檢定來驗證折價比率確實是降低了，假設檢定如下:

$$\begin{cases} H_{Null} : \mu_{Dev(0)} \le \mu_{Dev(20)} \\ H_{Alter.} : \mu_{Dev(0)} > \mu_{Dev(20)} \end{cases}$$

表 4.6　T 統計檢定結果

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="5">統計量列表</td><td rowspan="3">t 統計量</td><td rowspan="3">自由度</td><td rowspan="3">p-value</td></tr>
<tr><td rowspan="2">平均數</td><td rowspan="2">標準差</td><td rowspan="2">平均數的標準誤</td><td colspan="2">差異的 95%信賴區間</td></tr>
<tr><td>下界</td><td>上界</td></tr>
<tr><td>Dev(0) - Dev(20)</td><td>0.0605</td><td>0.06114</td><td>0.005803</td><td>0.04904</td><td>0.07204</td><td>10.433</td><td>110</td><td>0</td></tr>
</table>

由上表所計算出之 P-value 可以發現在顯著水準分別為 0.05、0.01 或 0.001 皆可以輕易地拒絕虛無假設 HNull，亦即檢定的結果較支持以交易日價格為基礎計算之折價比率小於發行價格折價比率。

表 4.7 折價比率(dev)之敘述統計量

年度	2001		2002		2003		2004		2005		2006		Total	
總件數	20		18		1		37		30		43		149	
折價比率\發行金額(百萬)	$18,040		$21,700		$800		$51,190		$49,660		$58,940		$200,330	
區間	件數	百分比	件數	百分比	件數	百分比	件數	百分比	件數	百分比	件數	百分比	件數	百分比
0%-10%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	5.4%	3	10.0%	3	7.0%	8	5.4%
10%-20%	2	10.0%	2	11.1%	1	100.0%	6	16.2%	15	50.0%	14	32.6%	40	26.8%
20%-30%	11	55.0%	12	66.7%	0	0.0%	25	67.6%	12	40.0%	24	55.8%	84	56.4%
30%-40%	6	30.0%	4	22.2%	0	0.0%	4	10.8%	0	0.0%	2	4.7%	16	10.7%
40%-50%	1	5.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.7%
50%-	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
中位數	0.279		0.255		0.163		0.233		0.183		0.219		0.232	
平均數	0.277		0.261		0.163		0.228		0.185		0.208		0.224	
最大值	0.443		0.390		0.163		0.319		0.283		0.365		0.433	
最小值	0.172		0.160		0.163		0.087		0.086		0.072		0.072	

表 4.8　博達一等轉換公司債試算價格結果

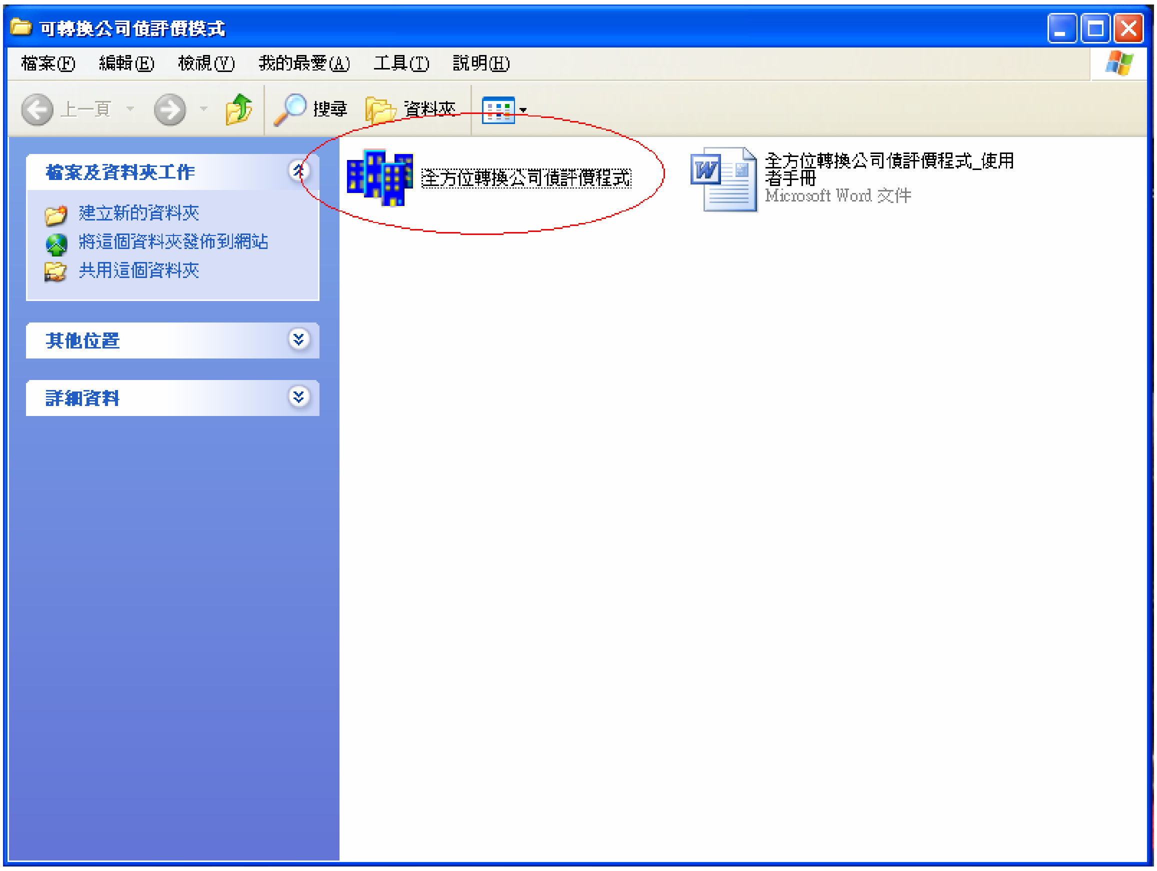
可轉換公司債	發行日	發行量(萬元)	發行日股價	股價報酬率波動度	轉換價格	重設日	發行價格	模型價格_隨機利率	計算時間(分)	模型價格_固定利率	計算時間(分)	折價比率
23981 博達一	2001/6/14	$350,000	75	0.6319	69.35	6/29	101	**145.986**	27.12	**148.153**	0.49	-0.325
24071 陞技一	2001/6/28	$100,000	34.1	0.4878	28.1	7/22	101	**149.112**	27.01	**149.453**	0.49	-0.331
30451 台灣一	2001/8/25	$1,000,000	38.6	0.2897	39	6/28	103	**137.560**	40.36	**138.434**	0.84	-0.278
53711 中光一	2001/12/20	$140,000	61	0.4658	31	6/28	101.69	**178.981**	25.11	**179.412**	0.46	-0.443
24162 驊新二	2002/1/9	$80,000	47.4	0.4227	33.3	3/1	101	**164.001**	26.94	**164.065**	0.50	-0.390
24441 友旺一	2002/7/30	$120,000	42.1	0.3303	48.5	6/30	105	**123.194**	36.87	**125.155**	0.66	-0.201
17202 生達一	2003/12/17	$40,000	18.6	0.2449	18.4	6/28	101	**117.896**	45.08	**119.439**	0.78	-0.163

第五章 全方位轉換公司債評價模型之程式設計與使用說明

第三章之轉換公司債評價模型利用 Borland C++ Builder 6 程式編譯軟體設計成一套 Uesers friendly 的使用者介面，使用者可以很輕易地進入程式畫面，並按照步驟來求得轉換公司債之價格，說明如下：

步驟一

首先將下列「全方位轉換公司債評價程式」拖曳至螢幕主畫面。



步驟二

點選開啟「全方位轉換公司債評價程式」後，將出現以下介面，請先輸入包括評價時點、契約到期日、轉換價格等轉換公司債基本資料。

步驟三

選擇轉換債契約是否包含賣回條款、重設條款以及贖回條款，並輸入相關的條款資料。賣回條款最多可以輸入三個賣回時點資料，若契約本身賣回的時點資料個數不到三個，請留下空白處不輸入；重設條款請選擇甲、乙、丙式重設辦法，選取後即會出現重設辦法的詳細規定。若無相關條款，請取消其勾選。

步驟四

輸入模型參數資料，五年期信用價差可由發行公司的公司債市場資料推估或由商業銀行對其承作貸款所收取之價差，並輸入該發行公司信用事件發生時之預期債券價值損失率。

◎ 股價報酬率波動度 $\hat{\sigma}_s$ 估計參考式如下：

$$\hat{\sigma}_S = \sqrt{\frac{1}{0.004}\{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[\ln(\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})})]^2 - [\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\ln(\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})})]^2\}}$$

$S(t_i)$：時點 t_i 之標的個股收盤價

亦可勾選「隨機利率」項目，將出現額外的參數要求項目。(建議記憶體至少需 1.00GB 以上)

模型校準參考公債的部份，請輸入目前市場上交易量最大的公債資料。

◎利率波動度$\hat{\sigma}_r$估計參考式如下:

$$\hat{\theta}^P=\frac{1}{n\sum_{i=1}^{n}[r(t_{i-1})]^2-[\sum_{i=1}^{n}r(t_{i-1})]^2}\{\frac{1}{0.004}\sum_{i=1}^{n}[r(t_{i-1})]^2\sum_{i=1}^{n}[r(t_i)-r(t_{i-1})]_i-\frac{1}{0.004}\sum_{i=1}^{n}r(t_{i-1})\sum_{i=1}^{n}[r(t_i)-r(t_{i-1})]_i r(t_{i-1})\}$$

$$\hat{a}^P=\frac{1}{n\sum_{i=1}^{n}[r(t_{i-1})]^2-[\sum_{i=1}^{n}r(t_{i-1})]^2}\{\frac{1}{0.004}\sum_{i=1}^{n}r(t_{i-1})\sum_{i=1}^{n}[r(t_i)-r(t_{i-1})]-\frac{n}{0.004}\sum_{i=1}^{n}[r(t_i)-r(t_{i-1})]r(t_{i-1})\}$$

$$\hat{\sigma}_r=\sqrt{\frac{1}{0.004n}\sum_{i=1}^{n}\{[r(t_i)-r(t_{i-1})]-[\hat{\theta}^P-\hat{a}^P r(t_{i-1})]0.004\}^2}$$

$r(t_i)$：時點 t_i 之隔夜拆款利率

◎股價報酬利率波動度相關係數$\hat{\rho}_{Sr}$之參考估計方法如下:

利用 Excel 之內建「目標搜尋」功能，以代表$\hat{\rho}_{Sr}$之儲存格作為變數儲存格求解下列非線性等式。

$$2n\hat{\rho}_{Sr}(1-\hat{\rho}_{Sr}{}^2)+\sum_{i=1}^{n}\{2\hat{\rho}_{Sr}\alpha_i(\hat{\rho}_{Sr})-(1-\hat{\rho}_{Sr}{}^2)\beta_i(\hat{\rho}_{Sr})\}=0$$

其中

$$\begin{cases}\hat{\mu}_S=\frac{1}{0.004n}\sum_{i=1}^{n}[\ln(\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})})]+\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s{}^2\\ \alpha_i(\hat{\rho}_{Sr})=\{\frac{[\ln(\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})})-(\hat{\mu}_S-\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s{}^2)0.004]^2}{0.004\hat{\sigma}_s{}^2}-\frac{2\hat{\rho}_{Sr}[\ln(\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})})-(\hat{\mu}_S-\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s{}^2)0.004][r(t_i)-r(t_{i-1})-(\hat{\theta}^P-\hat{a}^P r(t))0.004]}{0.004\sqrt{\hat{\sigma}_s{}^2\hat{\sigma}_r{}^2}}\\ \qquad+\frac{[r(t_i)-r(t_{i-1})-(\hat{\theta}^P-\hat{a}^P r(t))0.004]^2}{0.004\hat{\sigma}_r{}^2}\}\\ \beta_i(\hat{\rho}_{Sr})=-\frac{2[\ln(\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})})-(\hat{\mu}_S-\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s{}^2)\Delta t][r(t_i)-r(t_{i-1})-(\hat{\theta}^P-\hat{a}^P r(t_{i-1}))\Delta t]}{0.004\sqrt{\hat{\sigma}_s{}^2\hat{\sigma}_r{}^2}}\end{cases}$$

在深度價內時考慮隨機利率效果影響不大，其餘情況價格則約為固定利率之 0.9845 倍。

步驟五

若不考慮隨機利率，會出現以下之敏感度分析部份。請勾選有興趣的項目，將分別計算股價、股價報酬率波動度和隔夜拆款利率增加 10%以及減少 10%時對轉換公司債理論模型價格影響的幅度。

步驟六

按下「開始計算」靜候將會得到轉換公司債之理論價格[14]。若有勾選敏感度分析部份，也會出現勾選部分的相關數值結果[15]。

---

[14] 若考慮轉換價格重設或是贖回條款，需較長的計算時間，視電腦設備的差異而需不同的時間。以 Pentium(R) D 2.66GHz CPU 、1.00GB RAM 的電腦配備而言，約需一分鐘至兩分鐘左右。此外，考慮乙式重設辦法時需要的時間約爲甲、丙式重設辦法之三至五倍。

[15] 每勾選一個項目，則將多出計算可轉債契約理論價格所需之兩倍時間。

步驟七

按下「清除計算結果」繼續該契約之其它計算或是「結束」離開本程式。

第六章　我國對轉換公司債訂價規範之研議

第一節　國內現行對轉換公司債訂價之相關規範

我國法律對公司發行轉換公司債之價格訂定，主要反映在法律規範面（包含行政規則）以及不具有法效性的自律規則，以下分別就這兩者討論：

［1］法律面

1. 規範內容

主要法源為「發行人募集與發行有價證券處理準則」（下稱發募準則），雖非由立法機關制訂通過，但本準則為主管機關依照證券交易法第二十二條第四項授權訂定的行政規則，以下關於轉換公司債的價格規範多來自本準則，或為具體化、細緻化本準則而制訂的其他自律規則。

依發募準則，主管機關(即金管會）審核有價證券之募集與發行採申報生效制，申報生效指發行人依規定檢齊相關書件向金管會提出申報，除因申報書件應行記載事項不充分、為保護公益有必要補正說明或經金管會退回者外，其案件自金管會及其指定機構收到申報書件日起屆滿一定營業日即可生效[16]。

由申報生效制之運作方式可知，轉換公司債的發行除了違反未記載應行記載事項而需補正或遭退件外，原則上採形式審查。因此，於檢具發行轉換公司債申報書，載明應記載事項，連同應檢附書件，向

[16]發行人募集與發行有價證券處理準則第三條。

金管會申報生效後，即可為轉換公司債之發行[17]。

首先，關於轉換公司債價格之規範，法律規定公司於發行轉換公司債時，應訂明「發行及轉換辦法」，並在該辦法中訂定有關每張金額及發行總額、轉換條件之決定方式（轉換條件包含轉換價格，且該轉換價格應於轉換公司債銷售前公告、轉換期間及轉換股份之種類等），以及轉換價格之調整等事項。至於轉換公司債面額，限採新臺幣十萬元或為新臺幣十萬元之倍數[18]。

發行人申報募集與發行有價證券，應檢具公開說明書；發行公司債有委託證券承銷商對外公開承銷者。應委請主辦證券承銷商評估並提出評估報告[19]。至於評估報告之內容為何，發募準則只論及應提出評估報告之主體，對於內容並未深入規範。在民國九十年四月三日以前，乃由主管機關依照發募準則訂定「發行人募集與發行有價證券承銷商評估報告應行記載事項要點」，該要點嗣後廢止，相關事項由同年三月公布之「中華民國證券商業同業公會發行人募集與發行有價證券承銷商評估報告應行記載事項要點」加以規範。

依該要點第三條第一款、第八款及第十二款，發行轉換公司債時，承銷商評估報告除說明發行人該次申報募集有價證券之種類、程序、承銷商所採用之輔導及評估程序、法令依據，以及承銷商對於本次發行是否符合法規、計畫之可行性與必要性、資金運用計畫、預計進度及預計效益是否具有合理性所表示之意見，以及產業概況、發行人之競爭地位及營運風險，最近三年度募集與發行有價證券籌資效益等一般事項外，針對轉換公司債之發行，另應載明或評估下列事項：

[17]發行人募集與發行有價證券處理準則第二十七條第一項。
[18]發行人募集與發行有價證券處理準則第二十九條、第三十條、第三十七條。
[19]發行人募集與發行有價證券處理準則第六條第一項、第二項第五款。

關於該次公司債發行及轉換辦法，就發行價格及轉換價格之訂定方式、轉換價格之調整等事項之合理性，以及對原股東及轉換公司債持有者權益之影響，承銷商應蒐集資料並說明查核程序及所獲致之結論。另外，承銷商並應就本次轉換公司債設算理論價值之轉換價格、轉換價格重設及其他決定發行價格之因素蒐集資料，說明其查核程序及所獲致之結論。

就海外轉換公司債之發行，依據「發行人募集與發行海外有價證券處理準則」以及「中華民國證券商業同業公會發行人募集與發行海外有價證券承銷商評估報告應行記載事項要點」第五條，規範內容與前述發行國內轉換公司債相同，都要求承銷商就轉換價格及其計算方式等事項應加以說明、載明及評估，茲不贅述。

由以上規範方式可知，法令雖要求發行人及承銷商應「訂定、載明或評估」轉換公司債之發行價格與訂定方式，但規範重心在要求發行人於發行及轉換辦法、承銷商於評估報告中適度揭露其訂價方式，而並未實際限制或規範價格應如何訂定，目的僅在使市場投資人知悉公司財務資訊及決策方式，在資訊透明情況下進而評價是否與該公司進行交易或投資。

2. 違反效果

如前所述，轉換公司債之募集與發行採申報生效制，原則上主管機關收到申報書件後一定營業日即可生效，除非申報書件應行記載事項不充分、為保護公益之必要使申請人補正說明，或是直接經金管會退回。

詳細內容例如，發行人申報募集與發行有價證券，證券承銷商出具之評估報告，未明確表示本次募集與發行有價證券計畫之可行性、必要性及合理性者，金管會得退回其案件。又發行人辦理發行公司債有委託證券承銷商對外公開承銷者，經發現該次募集與發行有價證券計畫不具可行性、必要性及合理性者，金管會得退回其案件[20]。然而，關於「合理性」之認定，是否包括轉換價格之合理性？雖然在證券承銷商評估報告僅需「明確表示」即可，但是在發行人之發行計畫卻似乎不僅僅以「揭露」即可合乎法律要求，主管機關似乎可實質判斷包含轉換價格在內之發行計畫的，就是否「合理」加以裁量，並以之為退件與否之依據。若是如此，則就發募準則及前述要點之前後文互相比較，主管機關仍有實質審查轉換公司價格之可能。

因此，對於違反前述規定者之法律效果，主管機關會以要求補正或直接退回之方式使其無法順利募資。

[2] 自律面

1. 規範內容

除有法規效力的前述發募準則外，中華民國證券商業同業公會（下稱證券公會）為督促會員自律，共謀業務上之改進，乃釐訂及編纂同業間共同性業務規章。在轉換公司債部分，民國九十年一月一日前是以「中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行轉換公司債自律規則」為準，之後則將相關事項歸入「中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行有價證券自律規則」（下稱自律規則）併同處理。

[20] 發行人募集與發行有價證券處理準則第七條、第八條。

(1）整體面（針對具股權轉換性質之有價證券）

根據該自律規則第四之五條，承銷商輔導發行公司申報發行轉換公司債時，應就發行價格、轉換溢價率等因素綜合評估其發行條件訂定之合理性。若該發行條件顯不相當者，承銷商並負有輔導發行公司重新合理訂定發行條件後之責任。同規則第四之八條，承銷商輔導發行公司申報發行轉換公司債，公開說明書中應充分揭露發行條件及該發行條件對股權稀釋、股東權益之影響。

(2）特定部分（針對國內轉換公司債）

自律規則就轉換公司債的發行價格、轉換價格及其調整、承銷方式作了相當細密的規範。

(a）轉換價格

計算暫定轉換價格之基準價格，應以向金管會申報日前一、三、五個營業日擇一計算之普通股收盤價之簡單算術平均數為準，且暫定轉換價格之訂定應高於基準價格；實際發行時，用以計算轉換價格之基準價格，應以向證券公會申報承銷契約日前一、三、五個營業日擇一計算之普通股收盤價之簡單算術平均數為準；且轉換價格之訂定應高於基準價格。

另外，興櫃股票公司除發行時已為上市櫃公司者，其轉換價格應高於發行日最近期經會計師查核簽證或核閱之財務報告每股淨值[21]。

(b）轉換價格之調整（發行後）

[21]中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行有價證券自律規則第十七條第二項、第三項。

承銷商輔導發行公司發行國內轉換公司債後，遇有下述情形應調整轉換價格：(a)除發行公司所發行具有普通股轉換權或認股權之各種有價證券換發普通股股份者外，遇有已發行普通股股份增加時，或(b)遇有以低於每股時價之轉換或認股價格再發行具有普通股轉換權或認股權之各種有價證券，或(c)遇非因庫藏股註銷之減資致普通股股份減少，發行公司應依自律規則所提供之計算公式，計算其調整後轉換價格並函請證交所或櫃檯中心公告，於(a)新股發行除權基準日或(b)前述有價證券或認股權發行日或(c)於減資基準日調整之[22]。

而轉換價格再調整之下限以發行時轉換價格（可因公司普通股股份總額發生變動而調整）之八成為限，且於發行後六個月內，不得調整。承銷商並應輔導發行公司於發行及轉換辦法中訂明其重設時所適用之轉換溢價率，再調整後之轉換價格並應高於辦理重設時採樣之基準價格[23]。

（c）發行價格

承銷商首先應選定適當計價模型，該模型需能整體涵蓋並同時考量發行條件中所包含之各項權利；所選用之模型如未能同時考量者，應就其未能涵蓋部分具體說明其對投資人及股東權益之影響。

承銷商評估報告中應逐項分析所選用模式之各項參數及其他決定發行價格之因素，並應提出具體估算資料及合理性評估，無風險利率應以發行期限相當之中央公債發行利率作為參考。

[22]中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行有價證券自律規則第十八條。

[23]中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行有價證券自律規則第二十條第一項第三款。

向金管會申報案件時之暫訂發行價格及實際發行價格應達理論價格扣除流動性貼水之九成，其中流動性貼水以一年期定存利率為依據。

就前述事項辦理評估時，承銷商內部應建立一套國內轉換公司債之合理計價模型，且需確實依內部計價模型進行評估後，始得向金管會送件。並視市場情況隨時調整之，以達最佳模型狀態[24]。

（d）承銷方式

承銷商如採詢價圈購方式辦理轉換公司債之承銷，應以每張債券價格、票面利率、轉換溢價率、或賣回收益率等可明確決定債券價格者擇一為圈購之項目，且同次發行之轉換公司債其圈購項目應歸一律，並於詢價公告中訂明。

然而承銷案件若是採競價拍賣方式辦理承銷，則僅限以每張債券價格作為競價之項目[25]。

（3）特定部分（針對海外轉換公司債）

承銷商輔導發行公司申報發行海外轉換公司債，就價格部分之規範內容與國內轉換公司債相去不遠，故以下僅述及相異部分：

（a）轉換價格之選定

民國九十年一月一日前適用的「中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行轉換公司債自律規則」就國外轉換公

[24]中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行有價證券自律規則第二十條。
[25]中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行有價證券自律規則第二十一條。

司債並未就基準價格有所規範[26]。但修正後的自律規則第二十六條第一項第四款則規定，實際發行時，用以計算轉換價格之基準價格，應以訂價當日（而非向證券公會申報承銷契約日前）及其前一、三、五個營業日擇一計算之普通股收盤價之簡單算術平均數為準。

（b）計價模型之選定

計算海外轉換公司債理論價格所選定之模型，宜整體涵蓋並同時考量發行條件中所包含之各項權利，所選用模型如未能同時考量者，應說明選用該模型之原因及與其他模型理論價格之可能差異。如有未能納入模型中考量之權利，該未考量之權利應自發行條件中剔除。相較於國內轉換公司債之發行，所選用之計價模型若未能同時考量各發行條件，承銷商僅需說明該部分對投資人及股東權益之影響，不需說明選用模型之原因及與其他模型之差異，且無須剔除該未考量之權利。

（c）流動性貼水之算法

向金管會申報案件時，暫訂發行價格及實際發行價格皆不得低於理論價格扣除流動性貼水之九成。唯流動性貼水並未如國內轉換公司債之發行限定以一年期定存利率為依據[27]。

由以上規範方式我們可以知道，雖然發募準則等法規並未明確訂定關於轉換價格或發行價格之規範，僅要求發行人和承銷商應盡力揭

[26]中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行轉換公司債自律規則第四條：發行公司申請發行國外轉換公司債，其相關發行條件、發行及轉換辦法約定事項，應遵循國外市場慣例及當地國之相關法令規定。
[27]中華民國證券商業同業公會承銷商會員輔導發行公司募集與發行有價證券自律規則第二十六條。

露、說明、或評估相關事項，但證券公會對承銷商所制訂之自律規則，卻針對基準價格之選定、轉換價格之調整、發行價格之下限以及承銷方式等事項做了密度相當高的規範。

2. 違反效果

自律規則並非法律，故無法律上拘束力，但券商公會既已訂定自律規則，自當有內部約束力，且仍可能發生金管會將自律規則作為判斷基準，進而以發行人募集與發行有價證券處理準則第七條、第八條關於「合理性」之抽象認定標準，對違反前述訂價方式之承銷商或發行人予以退件處分之可能。

第二節　香港、新加坡對轉換公司債訂價之相關規範

[1] 香港

香港對於轉換公司債的價格訂定並未多做規範，只要求發行人應適度揭露關於轉換公司債的發行條件，使股東及投資人能有充分資訊進行判斷。轉換公司債在香港稱為「可轉換債務證券」，故以下採之。

關於可轉換債務證券發行之規定，主要依據香港聯合交易所有限公司主板及創業板「證券上市規則」第一冊債務證券章的規範[28]。詳細規範內容分別為：

1. Listing Rules (GEM)

[28]Listing Rules, 28.01: All convertible debt securities must, prior to the issue thereof, be approved by the Exchange and the Exchange should be consulted at the earliest opportunity as to the requirements which will apply.

34.03

Convertible debt securities which are convertible into equity securities may be listed only if such equity securities are (or will become at the same time) a class of equity securities listed on GEM.

However, the Exchange may list convertible debt securities in other circumstances if it is satisfied that holders have the necessary information available to form an opinion concerning the value of the underlying equity securities to which such convertible debt securities relate.

2. Listing Rules (Main Board)

28.03

Convertible debt securities which are convertible into equity securities may be listed only if such equity securities are (or will become at the same time):—

(1) a class of listed equity securities; or

(2) a class of equity securities listed or dealt in on another regulated, regularly operating, open stock market recognized by the Exchange.

However, the Exchange may list convertible debt securities in other circumstances if it is satisfied that holders have the necessary information available to form an opinion concerning the value of the underlying equity securities to which such convertible debt securities relate. This rule does not apply to an issue of convertible debt securities by a State or a Supranational.

在香港聯合交易所主板及創業板的上市規則規範下，可知：申請可轉換股本證券的可轉換債務證券上市，而該等股本證券為（或同時將會成為）(1) 某種上市股本證券或 (2) 在經交易所承認的其他公開證券市場上市或買賣的某種股本證券，且該市場正常運作並受適當管制，則交易所基本上會批准該可轉換債務證券的上市。至於在其他情形，只要交易所確信持有人就發行人所提供的資料，可藉以評估與該等可轉換債務證券有關的指定股本證券的價值，交易所也會批准可轉換債務證券的發行。

至於該上市規則第二冊附錄一的C部分，規範關於可轉換債務證券上市文件的內容及附加資料，包括該次發行的面額、性質、數量及面值，以各種方式發售的股本證券或其他資產性質所附有的權利、涉及資產的詳盡資料和轉換的條款及條件，但以上種種，也僅限於發行人應就相關事項加以披露而已。

由此可知，香港交易所對於轉換公司債的價格訂定方式並無規範，只要求發行公司應完善揭露資訊，所提供的資訊只要足以讓交易相對人可藉此評估交易標的的價值即可，而不需按照特定方式計算發行價格或轉換價格。

[2] 新加坡

新加坡對於轉換公司債的法令規範集中在 SGX Securities Trading Listing Manual, Chapter 8，從條文內容可明顯看出規範重心在公司股東權益之保障，方式包含：要求公司需經一定程序才可發行、發行人應充分揭露資訊、原則上發行對象不得為關係人、價格訂定之下限及其例外。

依據 SGX Securities Trading Listing Manual, Chapter 8，轉換公司債的發行，原則上需經股東會特別決議（specific shareholder approval），但若股東會事先經由 general mandate 授權公司發行轉換公司債，並限制將來發行轉換公司債的總數，那麼不需經由股東會的事前同意即可發行[29]。但轉換證券轉換後的股份總數不得超過已發行股份總數的百分之五十，意在避免原股東權益被稀釋。

關於資訊公開的部分作了比較多的規範，例如發行人計畫發行轉換證券時應儘速公告，並揭示發行條件及資金運用目的等事項。發行時，則需揭露價格及發行條件、發行目的、資金運用方式，轉換公司債的條件則另外應包含轉換價格的調整、發行數量、轉換期限或其他重要事項的變更方式。

再者，新加坡法律分就發行人應提供給股東以及應提供給交易相對人的資訊作細部規範：

1. 應提供給股東的資訊包含：將來轉換股份的最大數額、轉換期間、持有人權利、發行價格等，足以使股東會能作成是否發行轉換公司債

[29] 826：Every issue of company warrants or other convertible securities not covered under a general mandate must be specifically approved by shareholders in general meeting.

之決議的相關事項。

2. 應提供給轉換公司債買方的資訊則包含：轉換價格、計算價格的公式，且該公式本身不能包含任何有裁量性質的決定因素或不特定的折、溢價數額。

除此之外，為了保護公司股東之權益，Listing Manual第812條另外規定，轉換公司債的發行對象原則上不得為特定關係人。但是，若經股東會特別決議通過，交易所可例外允許發行轉換證券給董事和有重要性持股的股東（substantial shareholder），除此之外，若能確保前述董事和有重要性持股股東的家人、與發行人有交易關係之公司、子公司、或董事及重要性股東持股達百分之十以上的公司等人[30]的獨立性，那麼交易所也會允許發行轉換公司債給以上關係人。

新加坡對於轉換公司債相關最直接且唯一的價格規範在Listing Manual 的 811（2）條設有價格下限：

(2) An issue of company warrants or other convertible securities is subject to the following requirements:- (a) if the conversion price is fixed, the price must not be more than 10% discount to the prevailing market price of the underlying shares prior to the signing of the placement or subscription agreement. (b) if the conversion price is based on a formula,

[30] Immediate family members of the directors and substantial shareholders. Substantial shareholders, related companies (as defined in Section 6 of the Companies Act), associated companies and sister companies of the issuer's substantial shareholders. Corporations in whose shares the issuer's directors and substantial shareholders have an aggregate interest of at least 10%. Or any person who, in the opinion of the Exchange, falls within category above.

any discount in the price-fixing formula must not be more than 10% of the prevailing market price of the underlying shares before conversion.

(3) Rule 811(1) and (2) is not applicable if specific shareholder approval is obtained for the issue of shares, company warrants or other convertible securities.

因此，若發行時已有固定的轉換價格，則轉換價格折價的部分，不能高於所轉換標的股份當時市價的百分之十；若轉換價格是依據特定公式計算，在轉換前，依公式計算的折價不能超過當時市價的百分之十。然而若經過股東會特別決議，那麼前述關於價格訂定的最低限制則不予適用。

由此可知，關於轉換公司債的價格訂定，基於保護公司股東的立場，新加坡法令乃依據不同的訂價方式設有價格下限之規範，但是股東得以股東會特別決議的方式決定不適用價格下限之規範。

第三節　股東權益與市場機制之權衡

從以上說明可知，我國對於轉換公司債的訂價方式是以行政命令和券商公會自律規則的形式做規範，其規範密度明顯較香港、新加坡為高。不僅要求承銷商與發行人應充分揭露資訊，也要求計算轉換價格的基準價格應以過去特定營業日收盤價格的簡單算數平均數為準；對於轉換價格的調整則要求依照券商公會所提供的一定公式計算；至於發行價格則設有下限，應依要求在選定最適模型計算出理論

價格後，達理論價格扣除以一年期定存利率計算的流動性貼水後的九成。凡此種種，觸及承銷商依照客觀數據資料，為個別發行人訂定轉換公司債價格的專業性判斷。

然而為何香港及新加坡無相關的硬性規範，不僅可經由股東會決議的方式，不適用轉換價格的下限規範，甚至僅僅要求承銷商及發行人對原股東、轉換公司債的應募人開誠布公地揭露並說明資訊？這幾種不同立法模式之間自有其考量的重點：

轉換公司債是公司債加上一個選擇權，因此兼具二者的性質。一般來講，公司若經營績效良好、財務健全，在有一定信用可供擔保的情形下，有長期資金需求時，會偏好以發行債券的方式取得資金，因為公司對債權人僅負有清償本息之義務，對股東權益較無影響。然而當公司債附加一個選擇權，以「標的契約之要約」作為選擇權契約之標的[31]，則持有人得於一定期間內，在符合約定條件之前提下，向公司要求行使轉換權，成為公司股東，同時喪失公司債權人之地位，此即為轉換公司債。

轉換公司債由於具有將來得轉換為股份之可能性，具有「債權股份化」之趨勢，在股權稀釋後，對於原有股東盈餘分派及對公司經營之權利影響頗大[32]。更有甚者，轉換公司債之買方若為發行公司或承銷商之關係人[33]，且轉換公司債的發行在價格訂定或契約條款部分有優厚買方的情形，則股東權益將可能受損，特定對象則有不當利益，此時便有加強自律之必要。

若對於價格訂定方式完全不加規範，會造成一些嚴重的後果：

---

[31] 謝哲勝，論選擇權，法學叢刊第 44 卷第 2 期，88 年 4 月，頁 128-136。
[32] 王文宇，公司法論，2003 年 10 月版，頁 427。
[33] 證券交易法第四十三條之六。

就轉換價格的訂定而言，發行人或承銷商可能透過壓低換溢價率或是降低基準價格的方式－例如前面提到的，用以計算轉換的基準價格其計算方式受到券商公會自律規則的限制，雖然是以之前營業日的收盤價均數為準，但收盤價也可能藉由人為操作而改變。當轉換價格被低估時，之前取得轉換公司債的特定對象，將來就可以較低的價格取得公司股份，在股權稀釋的情況下損及一般股東的權益。此時雖然形式上合法，但實質上卻等於是經由公司經營者之手，低價出售公司財產予利害關係人或自己。

就發行價格的訂定而言，一般來講，由於市場考量發行公司的信用風險和流動性較低，因此發行價格會低於理論價格（即依照最適財務模型計算出來的價格）。但除此之外，承銷商也有動機壓低承銷價格，例如來自於發行人明示或暗示的壓力，為的是使包括大股東與經營階層在內的公司內部人士得以低價購買轉換公司債，透過該筆交易及日後的轉換權行使來獲取利益；或者是，當購買對象為公司的外部人士，便宜的發行價格對這些投資人而言當然較具有吸引力，承銷商可順利完成工作並賺取佣金，公司也容易獲得所需資金。

然而就其他方面而言，轉換公司債因為債權股份化的特色，可減低債權人與股東間的資訊不對稱與代理成本，買方購買的意願本來就較強。當承銷商有彈性空間可自由決定價格訂定方式而不受法令限制，且本於承銷商獨立專業判斷不受發行人或任何利害關係人影響時，在市場健全的運作下，自然可訂出最合理又有效率的價格，既有

利公司資金之籌募，又不損及股東權益。若透過法令（或自律規則）限制訂價區間或下限，一來永遠不可能比市場有效率，二來在瞬息萬變的經濟社會裡，法令或規則的修訂可能緩不濟急。

究竟應否為了保障股東權益而對轉換公司債的價格做規範，應妥善權衡利弊得失方能決定。事實上，對於轉換公司債的募集，除了直接針對價格外，我國現行法仍有其他保障股東權益之方法，著重在募集發行的公司內部決定程序上：與一般公司債之募集相同，轉換公司債之募集經董事會之特別決議可為之[34]，但公開發行公司進行轉換公司債之私募時，則另需經公開發行公司便宜決議[35]始可。

另外，就公開發行公司而言，我國證券交易法於民國九十四年十二月二十日修正，依據該法第十四條之三，已選任獨立董事之公司，除經主管機關核准者外，募集、發行或私募具有股權性質之有價證券應提董事會決議通過；獨立董事如有反對意見或保留意見，應於董事會議事錄載明。又依同法十四條之五，公開發行公司設置審計委員會者，募集、發行或私募具有股權性質之有價證券應經審計委員會全體成員二分之一以上同意，並提董事會決議，前述條文自明年一月一日起施行。由此可知，公開發行公司募集、發行、或私募轉換公司債時，除了可以前述主管機關、券商公會自律團體、以及市場機制等各種方式進行外部監督外，另可經由公司治理模式之運作，亦即獨立董事或審計委員會實施內部監察，盡可能以各種不同方式保障股東權益，並兼顧市場運作。

---

34 公司法二百四十六條。
35 同前註 33。

第四節　小結

綜合以上之討論選擇設定價格規範的立法方式，其目的在於避免股東權益遭到公司的不當侵害，於是直接由法令或自律規則限制發行人或承銷商的訂價區間；選擇對價格完全不設限的立法模式，其立意則在把價格訂定的主導權交還給發行人與承銷商，再提供市場充分資訊以判斷價格合理與否，以供需法則做為監督機制。若把股東權益與市場機制看作光譜的兩端，那麼香港與我國對於價格規範的方式分別在光譜的左邊和右邊，有價格下限但得彈性適用的新加坡則處於二者之間。

除了以法令與自律規則硬性規範轉換公司債的價格訂定方式與下限，並把股東權益的維護寄託於獨立董事與審計委員會等良善公司治理模式外，為了在保護股東權益的同時，能尊重市場自由形成價格的機制，我們認為，主管機關(或自律機關)對於價格的訂定可以介入，但介入的手段必然必須限縮，且應有一定的彈性。

比較適宜的方法是，主管機關(或自律機關)依情形選定最適評估模型形成一合適價格，但這個價格只是用來判斷承銷商價格訂定合理性的判準；也就是說，並不會要求承銷商應以該選定的價格作為最終價格，因為若是如此，將無法發揮承銷商的專業判斷能力，市場也只能被動地決定是否接受該價格，而失去調整或改變該價格之功能。例如就發行價格之訂定而言，發行人依規定檢齊相關書件向金管會提出申報前，承銷商須於評估報告中載明發行價格及其計算方法，並由自律機關檢視其發行價格之合理性。

從第四節之實證結果可知，發行後第二十個交易日之平均折價率為 15.2%，似乎市場認為 15.2%是個合理的折價率，其原因可能是(1)

流動性不佳，(2)波動性及信用利差之估計不同。因此本文建議若發行價格相對於模型價格有 15%以內之折價率，應是可接受的價格，如再容許 10%之彈性空間(類似現金增資案件常以低於市價 10%左右之價格發行新股)，則發行時折價率超過 25%者，可能影響到股東權益，應予以退件。折價率介於 15%與 25%者，可請發行公司及承銷商補充說明價格的合理性再行定奪。依此建議，2005 年至 2006 年 11 月 10 日之 73 件 CB 發行案件中，將有 17 件(佔 23.29%)會被退件，有 42 件(佔 57.53%)補充說明，僅有 14 件(佔 19.18%)可以無條件過關。

此一建議方案一方面可適度尊重市場機制，另方面也可兼顧股東權益之保障。

香港與新加坡之法制較傾向於重視市場機制，值得我國學習，然香港與新加坡之公司治理較佳，市場上之機構投資人亦很多，定價不易有太大的偏差。日後若我國公司治理品質改善，相關法規也可朝尊重市場機制之方向來調整。以上之定價規範，宜視為公司治理改善前之過渡性手段。

第七章　結論與建議

本文的主要目的在於提出一個同時考慮合理評估實務條款價值、市場風險以及信用風險之轉換公司債評價模式，期以此模式所得到的契約合理價格能夠校正可轉債發行價格訂價之不效率性。

在本研究的評價實證分析中，取 2001 年至 2006 年間所發行的 149 檔轉換公司債進行發行價格的評估發現，幾乎所有的發行公司都低估了契約的真正價值，低估的幅度平均約在二十四點五個百分點。會訂定如此低價的原因有很多，可能在於投資人與發行公司雙方資訊不對等的基礎下，投資人並不了解發行公司的信用品質，再者由於在重設基準日時，公司仍然擁有是否重新調整轉換價格的最後決定權，投資人並不會因為於契約中增加了此項條款而願意多付出額外的成本購買，在公司當局為了順利籌資的考量下，通常會訂定較低的發行價格以吸引資金的流入。但在本文第四章第一節與葉隆賢(2004)模型比對所計算的例子中可以發現，事實上重設條款的價值僅佔了整個契約價值的百分之十以內，將完整契約的重設條款權利價值扣除後，我們仍然可以發現，契約的價值是超過面額的百分之二十以上。另一方面，我們於評價時假設公司在贖回權的成立要件達成時，會馬上執行贖回可轉債，但是就實務上而言，通常公司因為外部性的影響下，並不會在此時點作出贖回的動作，而會在股價上漲達到贖回權成立門檻之後又再上漲一段時間，此時公司才會要求以約定價格贖回，所以贖回權對於轉換公司債價值的真實負向效果，比本研究模型所評估的幅度來得小。

本研究模型所需要輸入的參數，皆可利用交易市場公開資訊來估計，非常適合運用於實務的操作上。在良好的參數估計方法配合下，本研究模型能夠有效的評估轉換公司債的契約價值，為發行價格的訂定以及金融交易的操作上提供了一個合理的參考指標。然此本研究模型存在了一個缺點，由於實務條款的處理需要較為複雜的計算流程，在隨機利率的考量下更增加了計算量，需要較多的時間才能得到最後的結果，因此建議以價內發行的契約可以直接在固定利率的假設下進行價格計算，而其餘的契約若在固定利率的假設下計算則必須再做誤差項的修正處理[36]。對於增加隨機利率之計算時間問題，相信未來會隨著電腦技術的進步而獲得改善。

在法規方面，由於轉換公司債之訂價不易，尤以內含多樣化選擇權條款時為然，若所訂價格偏低，易使股東權益受損。發行公司之大股東、董監事若為發行時之承銷對象，更可能形成大股東剝削小股東之現象。因此本文建議一方面允許承銷商有專業評價能力之發揮空間，以尊重市場機制，另方面也希望透過自律之功能，自我檢驗價格之合理性。根據本研究第四張之實證結果，自律機構建立一套評價模型，若承銷商訂價與模型價格誤差 15%以下，視為合理範圍；誤差 15%~25%時須補充說明；誤差 25%則不推薦發行。最後，我們也可考慮仿新加坡之規定，除非經股東會特別決議通過，否則轉換公司債之發行對象不得為特定關係人，以防止特定關係人以低價取得轉換公司債，並透過套利操作方式鎖定利潤，造成股東權益受損。

由於各項參數之估計有多種不同的估計方法，未來評價模型之使用者應自行估計所須參數，並於評價報告中詳加說明其合理性，且同

[36] 本研究估計修正比率約為 0.9845。

一使用者之參數估計方法應具一致性。

近期轉換價的發行除了本文模型所涵蓋之轉換條款，賣回條款、贖回條款與重設條款外，尚有 knock-out put，upward reset，forward reset…等創新與變化，本文模型無法處理這些條款，承銷商應自行說明針對這些條款之定價方式與合理性。

香港與新加坡之法制較傾向於重視市場機制，值得我國學習，然香港與新加坡之公司治理較佳，市場上之機構投資人亦很多，定價不易有太大的偏差。日後若我國公司治理品質改善，相關法規也可朝尊重市場機制之方向來調整。以上之定價規範，宜視為公司治理改善前之過渡性手段。

參考文獻

1. Ayache, E., P.A. Forsyth, and K.R. Vetzal. (2003) “Valuation of convertible bonds with credit risk.” Journal of Derivatives. New York: Fall 2003. Vol.11, Iss.1, p9
2. Black, F. and M. Scholes (1973) ”The Pricing of Options and Corporate Liabilities ”,Journal of Political Economy, 81, 637-654.
3. Bollerslev, T. (1986), ‘Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity’, Journal of Econometrics, 31: 307-27.
4. Bollerslev, T. and H. Mikkelsen (1996), ‘Modeling and Pricing Long Memory in Stock Market Volatility’, Journal of Econometrics, 73: 151-84.
5. Brennan, M.J., and E.S. Schwartz (1977) "Convertible Bonds：Valuation and Optimal Strategies for Call and Conversion," The Journal of Finance, 32, 5, 1699-1715.
6. Brennan, M.J. and E.S. Schwartz (1980) "Analyzing Convertible Securities," Journal of Financial and Quantitative Analysis, XV, 4, 907-929.
7. Davis, M. and F. R. Lischka. (1999) “Convertible bonds with market risk and credit risk.” Working paper, Tokyo-Mitsubishi International.
8. Duan, J.C., P. Ritchken and Z. Sun (2005a), “Jump Starting GARCH: Pricing and Hedging Options with Jumps in Returns and Volatilities”, Working paper, Toronto University.
9. Duan, J.C., P. Ritchken and Z. Sun (2005b), “Approximating GARCH-jump Models,Jump-diffusion Processes and Option Pricing.”

Mathematical Finance, Forthcoming.

10. Duffie, D. and K.Singleton (1999) “Modelling Term Structures of Defaultable Bonds”, The review of financial studies , 12, No. 4, pp. 687-720.
11. Engle, R.F. (1982), ‘Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation’, Econometrica, 50: 987-1007.
12. Glosten, R.T., R. Jagannathan and D. Runkle (1993), ‘On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks’, Journal of Finance, 48: 1779-801.
13. Hung, M.W. and J.Y. Wang. (2002)“Pricing Convertible Bond Subject to Default Risk.” Journal of derivative, pp. 75-87.
14. Hull, J. and White, A. (1994a) “Numerical procedures for implementing term structure models Ⅰ: single factor models .” Journal of Derivatives 2(1),7-16
15. Hull, J. and White, A. (1994b) “Numerical procedures for implementing term structure models Ⅱ: two factor models .” Journal of Derivatives 2(2),37-48.
16. Ingersoll, J. (1977) “An Examination of Corporate Call Policies on Convertible Securities,” Journal of Finance, v. 32, pp. 463- 478.
17. Jarrow, R. A. and S. M. Turnbull (1995) “Pricing derivatives on financial securities subject to credit risk.” Journal of Finance 3,93-115.
18. Jarrow, R. A. and Fun Yu (2001) ”Counterparty Risk and Pricing of Defaultable Securities” Journal of Finance 5,1765-1799.
19. Kamrad, B. and P. Ritchken (1991) “Multinomial approximating models

for options with k state variables." Management Science, Vol.37, No.12,1640-1652.

20. Kao, Chih-Hao and Yuh-Dauh Lyuu (2003) "Pricing of Moving Average Trigger Type Options with Applications."The Journal of Futures Markets, 23, No. 5, 415--440.
21. Lando, D.(1998) "On Cox processes and Credit risky bonds." Review of Derivatives Research 2, 99-120.
22. Liao, Szu-Liang and Hsing-Hua Hunag (2006) "Valuation and Optimal Strategies of Convertible Bonds" The Journal of Futures Markets, Vol.26, N0.9, 895-922
23. Lyuu, Yuh-Dauh (2002). Financial Engineering and Computation: Principles, Mathematics, and Algorithms. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
24. Maheu, J.M. and T.H. McCurdy (2004), 'News Arrival, Jump Dynamics and Volatility Components for Individual Stock Returns', Journal of Finance, 59: 755-93.
25. McConnell J. J. and E. S. Schwartz (1986). "LYON taming." Journal of Finance 41, 561–576.
26. Merton, R.C.(1974) "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of interest."Journal of Finance, 449-470.
27. Nelson, D.B. (1991), ' Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach', Econometrica, 59: 347-70.
28. Nyborg, K. G. (1996). "The use and pricing of convertible bonds." Applied Mathematical Finance 3, 167–190.

29. Poon, S. and C.W.J. Granger (2003), ‘Forecasting Financial Market Volatility: A Review’, Journal of Economic Literature, 41: 478-539
30. Schonbucher, P. J. (2002) “A tree implementation of a credit spread model for credit derivatives.” Journal of Computational Finance , vol. 6, No. 2, 1-38
31. Schonbucher, P. J. (2003) “Credit Derivatives Pricing Models”, Wiley.
32. Takahashi, A., T. Kobayashi, and N. Nakagawa (2001)“Pricing convertible bonds with default risk.” Journal of Fixed Income 11, 20–29
33. Taylor, S.J. (1986), Modelling Financial Time Series, Chichester: Wiley and Sons.
34. Taylor, S.J. (2005), Asset Price Dynamics, Volatility and Prediction, Princeton and Oxford: Princeton University Press.
35. Tsiveriotis, K., and C. Fernandes, (1998)“Valuing convertible bonds with credit risk.” Journal of Fixed Income 8(3), 95-102.
36. Wang, Y.H and C.C. Hsu（2006）, “Short memory, Long-memory and Jump Dynamics in Global Financial Markets”, Presented at the Annual Conference of Taiwan Finance Association, May.
37. 張士東（2003），” 海外轉換公司債的評價-考慮平均重設條款、信用風險及利率期間結構”，政治大學金融研究所碩士論文。
38. 葉隆賢(2004)，”轉換債重設條款之評價”，台灣大學財務金融研究所碩士碩士論文。

附錄一 利用最大概似法(Maximum Likelihood Method)估計參數

由 Girsanov 定理我們知道，在測度轉換下(3)和(4)中的參數 σ_s 、 ρ_{Sr} 以及 σ_r 是不變的，所以我們可以在自然機率測度(Natural Probability Measure) P 下作參數的數值估計，亦即利用歷史資料並配合最大概似法來執行。

首先考慮在時點 t 標的公司尚未破產($N(t)=0$)，假設此時所擁有的資訊 F_t 告訴我們到下一個時點 $t+\Delta t$ 公司亦不會破產($\Delta N(t)=0$)，亦即將破產可能項由股價模型中移除，由(3)和(4)式，可知在測度 P 下之對數股價與利率的隨機變動為:

$$d\log S(t)=\{[\mu_S-\frac{1}{2}\sigma_1^{\,2}]dt+\sigma_s dW_s^{\,P}(t)$$

$$dr(t)=[\theta^P-a^P r(t)]dt+\sigma_r dW_r^{\,P}(t)$$

在微小的時間下作離散化 $\Rightarrow$

$$\Delta\log S(t)=\{[\mu_S-\frac{1}{2}\sigma_1^{\,2}]\Delta t+\sigma_s\Delta W_s^{\,P}(t)\,|_{F_t}\sim N([\mu_S-\frac{1}{2}\sigma_1^{\,2}]\Delta t,\sigma_s^{\,2}\Delta t)$$

$$\Delta r(t)=[\theta^P-a^P r(t)]\Delta t+\sigma_r\Delta W_r^{\,P}(t)\,|_{F_t}\sim N([\theta^P-a^P r(t)]\Delta t,\sigma_r^{\,2}\Delta t)$$

$$\Rightarrow\begin{cases} f_{\Delta\log S(t)}(X\,|\,F_t)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_s^{\,2}\Delta t}}\exp\{-\dfrac{[X-[\mu_S+\lambda(t)-\frac{1}{2}\sigma_s^{\,2}]\Delta t]^2}{2\sigma_s^{\,2}\Delta t}\} \quad , \quad X\in\Re \\ f_{\Delta r(t)}(Y\,|\,F_t)=\dfrac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_r^{\,2}\Delta t}}\exp\{-\dfrac{[Y-[\theta^P-a^P r(t)]\Delta t]^2}{2\sigma_r^{\,2}\Delta t}\} \quad , \quad Y\in\Re \\ where \quad X\equiv\Delta\log S(t)\ ,\ Y\equiv\Delta r(t) \end{cases}$$

由市場可搜集到時間數列資料 $\left\{\begin{pmatrix}S(t_0)\\ r(t_0)\end{pmatrix},\cdots,\begin{pmatrix}S(t_i)\\ r(t_i)\end{pmatrix},\cdots,\begin{pmatrix}S(t_n)\\ r(t_n)\end{pmatrix}\right\}$

則股價過程概似函數:

$$\ell_S(\mu_S,\sigma_s{}^2)=f_{\Delta\log S}(X_1\mid F_0)\cdots f_{\Delta\log S}(X_i\mid F_{t_{i-1}})\cdots f_{\Delta\log S}(X_n\mid F_{t_{n-1}})$$

$$\Rightarrow \log\ell_S=\log f_{\Delta\log S}(X_1\mid F_0)\cdots\log f_{\Delta\log S}(X_i\mid F_{t_{i-1}})\cdots\log f_{\Delta\log S}(X_n\mid F_{t_{n-1}})$$

$$=n\log\frac{1}{\sqrt{2\pi\Delta t}}-\frac{n}{2}\log\sigma_s{}^2-\sum_{i=1}^{n}\frac{[X_i-[\mu_S-\frac{1}{2}\sigma_s{}^2]\Delta t]^2}{2\sigma_s{}^2\Delta t}$$

$$let\ \nabla\log\ell_S(\mu_S,\sigma_s{}^2)=\tilde{0}_{2\times1}$$

$$\Rightarrow\begin{cases}\dfrac{\partial\log\ell_S}{\partial\mu_S}=\displaystyle\sum_{i=1}^{n}\frac{X_i-[\mu_S-\frac{1}{2}\sigma_s{}^2]\Delta t}{\sigma_s{}^2}=0\\[2ex]\dfrac{\partial\log\ell_S}{\partial\sigma_s{}^2}=-\dfrac{n}{2}\dfrac{1}{\sigma_s{}^2}-\displaystyle\sum_{i=1}^{n}\frac{\sigma_s{}^2[X_i-[\mu_S-\frac{1}{2}\sigma_s{}^2]\Delta t]\Delta t-[X_i-[\mu_S-\frac{1}{2}\sigma_s{}^2]\Delta t]^2}{2(\sigma_s{}^2)^2\Delta t}=0\end{cases}$$

$$\Rightarrow\begin{cases}\hat{\mu}_S=\dfrac{1}{n\Delta t}\displaystyle\sum_{i=1}^{n}X_i+\frac{1}{2}\sigma_s{}^2\\[2ex]-n\sigma_1{}^2\Delta t+\displaystyle\sum_{i=1}^{n}[X_i-[\hat{\mu}_S-\frac{1}{2}\sigma_s{}^2]\Delta t]^2=0\end{cases}$$

$$\Rightarrow\begin{cases}\hat{\mu}_S=\dfrac{1}{n\Delta t}\displaystyle\sum_{i=1}^{n}X_i+\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s{}^2\\[2ex]\hat{\sigma}_s{}^2=\dfrac{1}{\Delta t}\{\dfrac{1}{n}\displaystyle\sum_{i=1}^{n}X_i{}^2-[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}X_i]^2\}\end{cases}\cdots(A.1)$$

利率過程概似函數:

$$\ell_r(\theta^P,a^P,\sigma_r{}^2)=f_{\Delta r}(Y_1\mid F_0)\cdots f_{\Delta r}(Y_i\mid F_{t_{i-1}})\cdots f_{\Delta r}(Y_n\mid F_{t_{n-1}})$$

$$\Rightarrow\log\ell_r=\log f_{\Delta r}(Y_1\mid F_0)\cdots f_{\Delta r}(Y_i\mid F_{t_{i-1}})\cdots f_{\Delta r}(Y_n\mid F_{t_{n-1}})$$

$$=n\log\frac{1}{\sqrt{2\pi\Delta t}}-\frac{n}{2}\log\sigma_r{}^2-\sum_{i=1}^{n}\frac{[Y_i-[\theta^P-a^P r(t_{i-1})]\Delta t]^2}{2\sigma_r{}^2\Delta t}$$

$$let\ \nabla \log \ell_r(\theta^P, a^P, \sigma_r{}^2) = \tilde{0}_{3\times 1}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dfrac{\partial \log \ell_r}{\partial \theta^P} = \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{Y_i - [\theta^P - a^P r(t_{i-1})]\Delta t}{\sigma_r{}^2} = 0 \\ \dfrac{\partial \log \ell_r}{\partial a^P} = -\displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{[Y_i - [\theta^P - a^P r(t_{i-1})]\Delta t] r(t_{i-1})}{\sigma_r{}^2} = 0 \\ \dfrac{\partial \log \ell_S}{\partial \sigma_2{}^2} = -\dfrac{n}{2}\dfrac{1}{\sigma_r{}^2} + \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{[Y_i - [\theta^P - a^P r(t_{i-1})]\Delta t]^2}{2(\sigma_r{}^2)^2 \Delta t} = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} n\theta^P - \displaystyle\sum_{i=1}^{n} r(t_{i-1}) a^P = \frac{1}{\Delta t}\sum_{i=1}^{n} Y_i \\ \displaystyle\sum_{i=1}^{n} r(t_{i-1})\theta^P - \sum_{i=1}^{n} [r(t_{i-1})]^2 a^P = \frac{1}{\Delta t}\sum_{i=1}^{n} Y_i r(t_{i-1}) \\ -\dfrac{n}{2}\dfrac{1}{\sigma_r{}^2} + \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{[Y_i - [\theta^P - a^P r(t_{i-1})]\Delta t]^2}{2(\sigma_r{}^2)^2 \Delta t} = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \hat{\theta}^P = \dfrac{1}{n\displaystyle\sum_{i=1}^{n}[r(t_{i-1})]^2 - [\sum_{i=1}^{n} r(t_{i-1})]^2} \{\dfrac{1}{\Delta t}\displaystyle\sum_{i=1}^{n}[r(t_{i-1})]^2 \sum_{i=1}^{n} Y_i - \frac{1}{\Delta t}\sum_{i=1}^{n} r(t_{i-1}) \sum_{i=1}^{n} Y_i r(t_{i-1})\} \\ \hat{a}^P = \dfrac{1}{n\displaystyle\sum_{i=1}^{n}[r(t_{i-1})]^2 - [\sum_{i=1}^{n} r(t_{i-1})]^2} \{\dfrac{1}{\Delta t}\displaystyle\sum_{i=1}^{n} r(t_{i-1}) \sum_{i=1}^{n} Y_i - \frac{n}{\Delta t}\sum_{i=1}^{n} Y_i r(t_{i-1})\} \cdots (A.2) \\ -\dfrac{n}{2}\dfrac{1}{\sigma_r{}^2} + \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{\{Y_i - [\hat{\theta}^P - \hat{a}^P r(t_{i-1})]\Delta t\}^2}{2(\sigma_r{}^2)^2 \Delta t} = 0 \Rightarrow \hat{\sigma}_r{}^2 = \frac{1}{n\Delta t}\sum_{i=1}^{n}\{Y_i - [\hat{\theta}^P - \hat{a}^P r(t_{i-1})]\Delta t\}^2 \end{cases}$$

由(A.1)以及(A.2)可以得到參數估計值$(\hat{\mu}_S, \hat{\sigma}_s{}^2, \hat{\theta}^P, \hat{a}^P, \hat{\sigma}_r{}^2)$，其中$\hat{\sigma}_s{}^2$以及$\hat{\sigma}_r{}^2$即可代入(3)式以及(4)式作為風險中立下之模型參數。最後我們利用前述所得到之估計式求取ρ_{Sr}之最大概似估計值。

$$\Rightarrow E^P[\exp\{\psi_1 \Delta \log S + \psi_2 \Delta r\} \mid F_t]$$

$$= \exp\{\ \tilde{\psi} \begin{pmatrix} \mu_1 \Delta t \\ \mu_2 \Delta t \end{pmatrix} + \frac{1}{2} \tilde{\psi} \begin{pmatrix} \sigma_s{}^2 & \rho_{Sr}\sigma_s\sigma_r \\ \rho_{Sr}\sigma_s\sigma_r & \sigma_s{}^2 \end{pmatrix} \tilde{\psi}^T \Delta t\ \}$$

$$\tilde{\psi} = (\psi_1\ \psi_2) \in \Re^2\ \ ,\ \mu_1 = \mu_S - \frac{1}{2}\sigma_s{}^2,\ \ \mu_2 = \theta^P - a^P r(t)$$

由動差母函數(Moment Generating Function)之唯一性我們可知:

$$\begin{pmatrix} \Delta \log S(t) \\ \Delta r(t) \end{pmatrix} \Big|_{F_t} \sim N\left(\begin{bmatrix} \mu_S - \frac{1}{2}\sigma_s{}^2 \\ \theta^P - a^P r(t) \end{bmatrix} \Delta t\ ,\ \begin{bmatrix} \sigma_s{}^2 & \rho_{Sr}\sigma_s\sigma_r \\ \rho_{Sr}\sigma_s\sigma_r & \sigma_s{}^2 \end{bmatrix} \Delta t \right)$$

將$(\hat{\mu}_S, \hat{\sigma}_s{}^2, \hat{\theta}^P, \hat{a}^P, \hat{\sigma}_r{}^2)$代入，則機率密度函數:

$$f_{\Delta \log S(t), \Delta r(t)}(X, Y \mid F_t) = \frac{1}{2\pi\sqrt{\hat{\sigma}_s{}^2 \hat{\sigma}_r{}^2 (1 - \rho_{Sr}{}^2)\Delta t}} \exp\{-\frac{1}{2(1-\rho_{Sr}{}^2)} Q(X, Y, F_t)\}$$

$$Q(X, Y, F_t) = \{\frac{[X - (\hat{\mu}_S - \frac{1}{2}\hat{\sigma}_s{}^2)\Delta t]^2}{\hat{\sigma}_s{}^2 \Delta t} - \frac{2\rho_{Sr}[X - (\hat{\mu}_S - \frac{1}{2}\hat{\sigma}_s{}^2)\Delta t][Y - (\hat{\theta}^P - \hat{a}^P r(t))\Delta t]}{\sqrt{\hat{\sigma}_s{}^2 \hat{\sigma}_r{}^2}\Delta t}$$

$$+ \frac{[Y - (\hat{\theta}^P - \hat{a}^P r(t))\Delta t]^2}{\hat{\sigma}_r{}^2 \Delta t}\} \quad , \quad (X, Y) \in \Re^2$$

因此概似函數:

$$\ell(\rho_{Sr}) = f_{\Delta\log S,\Delta r}(X_1,Y_1 \mid F_0)\cdots f_{\Delta\log S,\Delta r}(X_i,Y_i \mid F_{t_{i-1}})\cdots f_{\Delta\log S,\Delta r}(X_n,Y_n \mid F_{t_{n-1}})$$

$$\Rightarrow \log\ell(\rho_{Sr}) = \log f_{\Delta\log S,\Delta r}(X_1,Y_1 \mid F_0)\cdots f_{\Delta\log S,\Delta r}(X_n,Y_n \mid F_{t_{n-1}})$$

$$= \log(\frac{1}{2\pi\sqrt{\Delta t}})^n - \frac{n}{2}\log\hat{\sigma}_s^{\,2}\hat{\sigma}_r^{\,2}(1-\rho_{Sr}^{\,2}) - \sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2(1-\rho_{Sr}^{\,2})}Q(X_i,Y_i,F_{t_{i-1}})$$

$$Q(X_i,Y_i,F_{t_{i-1}}) = \{\frac{[X_i-(\hat{\mu}_S-\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s^{\,2})\Delta t]^2}{\hat{\sigma}_s^{\,2}\Delta t} - \frac{2\rho_{Sr}[X_i-(\hat{\mu}_S-\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s^{\,2})\Delta t][Y_i-(\hat{\theta}^P-\hat{a}^P r(t_{i-1}))\Delta t]}{\sqrt{\hat{\sigma}_s^{\,2}\hat{\sigma}_r^{\,2}}\Delta t} + \frac{[Y_i-(\hat{\theta}^P-\hat{a}^P r(t_{i-1}))\Delta t]^2}{\hat{\sigma}_r^{\,2}\Delta t}\}$$

$$where\ X_i = \Delta\log S(t_{i-1}) = \log\frac{S(t_i)}{S(t_{i-1})} \quad and \quad Y_i = \Delta r(t_{i-1}) = r(t_i) - r(t_{i-1})$$

$$let\ \nabla\log\ell(\rho_{Sr}) = \tilde{0}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dfrac{\partial\log\ell}{\partial\rho_{Sr}} = \dfrac{n\rho_{Sr}}{(1-\rho_{Sr}^{\,2})} - \displaystyle\sum_{i=1}^{n}\{\frac{-\rho_{Sr}}{(1-\rho_{Sr}^{\,2})^2}Q(X_i,Y_i,F_{t_{i-1}}) + \frac{1}{2(1-\rho_{Sr}^{\,2})}\frac{\partial Q(X_i,Y_i,F_{t_{i-1}})}{\partial\rho_{Sr}}\} = 0 \\ \dfrac{\partial Q(X_i,Y_i,F_{t_{i-1}})}{\partial\rho_{Sr}} = -\dfrac{2[X_i-(\hat{\mu}_S-\frac{1}{2}\hat{\sigma}_s^{\,2})\Delta t][Y_i-(\hat{\theta}^P-\hat{a}^P r(t_{i-1}))\Delta t]}{\sqrt{\hat{\sigma}_s^{\,2}\hat{\sigma}_r^{\,2}}\Delta t} \end{cases} \cdots(A.3)$$

整理(A.3)配合(A.1)、(A.2)的參數式$(\hat{\mu}_S,\hat{\sigma}_s^{\,2},\hat{\theta}^P,\hat{a}^P,\hat{\sigma}_r^{\,2})$則:

$$2n\rho_{Sr}(1-\rho_{Sr}^{\,2}) + \sum_{i=1}^{n}\{2\rho_{Sr}Q(X_i,Y_i,F_{t_{i-1}},\hat{\mu}_S,\hat{\theta}^P,\hat{a}^P,\hat{\sigma}_1^2,\hat{\sigma}_2^2) - (1-\rho_{Sr}^{\,2})\frac{\partial Q(X_i,Y_i,F_{t_{i-1}},\hat{\mu}_S,\hat{\theta}^P,\hat{a}^P,\hat{\sigma}_1^2,\hat{\sigma}_2^2)}{\partial\rho_{Sr}}\} = 0 \cdots(A4)$$

定義(A.4)式左端為函數$\psi(\rho_{Sr})$，$\rho_{Sr}\in\Re$，因為$\psi(\rho_{Sr}=1)\psi(\rho_{Sr}=-1)\le 0$，由連續函數的特性我們可知在$[-1,1]$區間必定會存在一個$\hat{\rho}_{Sr}$使得(A.4)式的等式關係成立，所以可利用 Bisection Method 在$[-1,1]$區間作數值迭代求解;這樣階段性估計參數的方式會比直接由二元分配下之求取最大概似估計式，而後進行非線性聯立方程組求解更具數值穩定性

且能得到合理範圍的數值結果。

如此我們求得$(\sigma_1{}^2,\sigma_2{}^2,\rho_{Sr})$之最大概似估計值$(\hat{\sigma}_1{}^2,\hat{\sigma}_2{}^2,\hat{\rho}_{Sr})$。

附錄二 轉換公司債發行價格實證結果

轉債公司債	發行總額	發行日	發行轉換溢價	重設轉換溢價	重設型態	發行價格	模型價格	折價比率
	百萬元							
23171　鴻海一	18,000	2006/11/10	145.74	×	×	100	107.721	0.072
30422　晶技二	800	2006/11/8	107	101	甲式重設	100	131.516	0.240
23571　華碩一	12,000	2006/11/7	130.5	130.5	甲式重設	100	111.400	0.102
24812　強茂二	300	2006/11/7	103	103	乙式重設	100	135.113	0.260
61823　合晶三	300	2006/11/1	107.2	107.2	甲式重設	102	128.001	0.203
20342　允強二	300	2006/10/27	109.47	109.47	甲式重設	100	126.446	0.209
89411　關中一	180	2006/10/26	110	110	甲式重設	100	128.043	0.219
24212　建準二	400	2006/10/25	110	110	甲式重設	100	120.249	0.168
20313　新光三	600	2006/10/20	107	107	甲式重設	100	134.837	0.258
31621　精確一	50	2006/10/19	101	101	甲式重設	100	124.739	0.198
54253　台半三	500	2006/10/18	101	101	乙式重設	100	135.990	0.265
23932　億光二	1,500	2006/10/16	107.22	101	甲式重設	100	121.429	0.176
23921　正崴一	5,000	2006/10/9	130	110	甲式重設	100	115.615	0.135
24481　晶電一	2,000	2006/10/4	107.11	102	乙式重設	100	135.882	0.264
31442　新揚二	300	2006/10/4	107	107	甲式重設	100	125.389	0.202
32241　三顧一	120	2006/10/2	101	101	甲式重設	100	135.678	0.263
23832　台光二	400	2006/9/25	101	101	甲式重設	100	134.524	0.257
15691　濱川一	300	2006/9/18	112	112	乙式重設	100	109.096	0.083
20063　東鋼三	3,000	2006/9/13	109.82	101	甲式重設	100	112.757	0.113
62134　聯茂四	100	2006/9/6	101	101	甲式重設	100	133.839	0.253
80762　伍豐二	400	2006/9/1	101	101	甲式重設	100	121.510	0.177
17851　光洋一	500	2006/8/29	112	101	甲式重設	100	122.794	0.186
80961　擎亞一	500	2006/8/29	101	101	甲式重設	100	130.678	0.235
62432　迅杰二	210	2006/8/16	105	101	乙式重設	100	157.372	0.365
30992　頂倫二	400	2006/8/2	103.52	103.52	甲式重設	100	136.064	0.265
43062　炎洲二	100	2006/7/28	105	105	甲式重設	100	116.413	0.141
30332　威健二	700	2006/7/25	101	101	甲式重設	100	111.381	0.102
15362　和大二	1,380	2006/7/18	101	101	甲式重設	100	118.053	0.153
81032　瀚荃二	250	2006/7/18	105	105	甲式重設	100	125.641	0.204
30283　增你三	500	2006/6/20	101.48	101.48	甲式重設	100	116.288	0.140
32712　其樂二	300	2006/6/8	109.98	109.98	甲式重設	102.5	116.726	0.122
62082　日揚二	130	2006/4/28	101	101	甲式重設	100	136.533	0.268

30612	璨圓二	500	2006/3/29	101	101	甲式重設	100	155.906	0.359
81011	華冠一	700	2006/3/27	101	101	乙式重設	100	138.216	0.276
30661	李洲一	400	2006/3/1	101	101	乙式重設	100	129.415	0.227
80211	尖點一	400	2006/2/17	101	101	甲式重設	100	132.965	0.248
32891	宜特一	300	2006/2/13	101.71	101.71	甲式重設	100	131.651	0.240
15301	亞崴一	270	2006/1/25	100	102.88	甲式重設	100	109.679	0.088
30591	華晶一	1,500	2006/1/17	104.17	104.17	甲式重設	100	132.417	0.245
32141	元砷一	1,000	2006/1/17	101.7	101.7	甲式重設	100	137.381	0.272
32601	威剛一	1,000	2006/1/16	101	101	乙式重設	100	137.718	0.274
33801	明泰一	1,200	2006/1/5	105.87	105.87	甲式重設	100	122.742	0.185
62841	佳邦一	150	2006/1/3	102	102	甲式重設	100	132.060	0.243
61822	合晶二	300	2005/12/26	101	101	甲式重設	100	136.429	0.267
82491	菱光一	200	2005/12/23	101.6	101.6	甲式重設	100	139.503	0.283
62901	良維一	240	2005/11/23	101	101	甲式重設	100	130.535	0.234
62902	良維二	160	2005/11/23	101	101	甲式重設	100	126.698	0.211
32111	順達一	400	2005/11/11	102	102	乙式重設	100	124.499	0.197
81122	至上二	600	2005/11/7	100	101	甲式重設	100	109.366	0.086
80341	榮群一	200	2005/10/31	110	110	甲式重設	100	126.815	0.211
32641	欣銓一	800	2005/10/21	106.81	106.81	甲式重設	100	121.493	0.177
89252	偉盟二	600	2005/10/18	100	101	甲式重設	100	126.296	0.208
17871	福盈一	150	2005/10/17	101	101	乙式重設	100	126.227	0.208
55342	長虹二	400	2005/9/23	101	101	乙式重設	100	118.362	0.155
55341	長虹一	200	2005/9/23	101	101	乙式重設	103.5	121.471	0.148
24562	奇力二	400	2005/9/19	101	101	乙式重設	100	120.520	0.170
23153	神達三	3,000	2005/8/12	112	112	甲式重設	100	124.966	0.200
30052	神基二	1,000	2005/8/12	110	110	甲式重設	100	117.513	0.149
26104	華航三	10,000	2005/8/8	107	107	甲式重設	100	110.933	0.099
30383	全台三	1,000	2005/8/3	102	102	甲式重設	100	132.681	0.246
30122	廣輝二	6,000	2005/7/18	105	105	乙式重設	100	119.073	0.160
53462	力晶二	6,000	2005/6/28	110.07	110.07	乙式重設	100	122.257	0.182
53461	力晶一	4,000	2005/6/28	112.5	112.5	乙式重設	100	120.919	0.173
32711	其樂一	150	2005/6/23	100	100	甲式重設	100	136.077	0.265
15323	勤美三	600	2005/6/13	101	101	甲式重設	100	131.363	0.239
61221	擎邦一	100	2005/6/7	101	101	甲式重設	100	130.225	0.232
82771	商丞一	200	2005/5/31	100	101	甲式重設	100	130.221	0.232
62701	倍微一	200	2005/5/26	100	103	甲式重設	100	113.807	0.121
58201	日盛一	6,000	2005/3/28	100	108	甲式重設	100	112.157	0.108
62342	高僑二	400	2005/3/28	100	105	甲式重設	100	122.617	0.184

16093	大亞1C	460	2005/2/14	101	101	乙式重設	100	118.892	0.159
15242	耿鼎二	400	2005/2/2	115.8	115.8	甲式重設	100	109.766	0.089
22012	裕隆二	5,500	2005/1/4	105	105	甲式重設	103	122.126	0.157
21071	厚生一	2,200	2004/12/24	101	101	乙式重設	100	141.252	0.292
62661	泰詠一	150	2004/12/15	101	101	甲式重設	100	123.844	0.193
26144	遠森四	1,500	2004/12/9	101	101	甲式重設	100	133.729	0.252
23831	台光一	300	2004/11/25	105	102.63	甲式重設	100	131.546	0.240
80671	志旭一	150	2004/11/3	101	101	甲式重設	100	135.979	0.265
20062	東鋼二	2,000	2004/10/22	101	101	甲式重設	100	129.146	0.226
80691	元太一	2,000	2004/10/20	110	110	乙式重設	100	125.430	0.203
50091	榮剛一	1,000	2004/10/20	101	101	甲式重設	100	135.107	0.260
80851	福華一	300	2004/10/8	110	110	甲式重設	100	124.136	0.194
50141	建錩一	500	2004/10/7	101	101	甲式重設	100	136.148	0.266
28381	聯邦一	3,000	2004/9/13	105	105	乙式重設	100	131.219	0.238
26032	長榮二	4,500	2004/9/6	103	103	乙式重設	100	142.982	0.301
53152	光聯二	800	2004/8/31	101	101	甲式重設	100	144.018	0.306
80421	金電一	250	2004/8/18	101	101	甲式重設	100	125.507	0.203
26182	長航二	4,500	2004/8/9	101	111	甲式重設	101	123.771	0.184
23133	華通三	1,500	2004/7/30	101	101	甲式重設	100	139.408	0.283
22043	中華三	4,000	2004/7/14	120	120	甲式重設	101.5	111.151	0.087
66051	帝寶一	1,030	2004/7/2	101	101	甲式重設	100	126.098	0.207
61202	輔祥二	500	2004/7/1	101	101	甲式重設	100	126.385	0.209
99421	茂順一	300	2004/6/24	101	101	甲式重設	100	112.498	0.111
52041	得捷一	220	2004/6/23	101	101	甲式重設	100	124.699	0.198
24992	東貝二	800	2004/6/9	101	101	甲式重設	100	125.294	0.202
41052	東洋二	600	2004/6/7	115	115	甲式重設	100	109.496	0.087
89422	森鉅二	330	2004/6/2	101	101	甲式重設	100	132.102	0.243
80391	台虹一	500	2004/5/31	101	101	甲式重設	100	138.366	0.277
80491	晶采一	360	2004/5/24	100	101	甲式重設	100	146.926	0.319
55221	遠雄一	1,000	2004/5/7	101	101	甲式重設	100	132.955	0.248
55222	遠雄二	1,000	2004/5/7	101	101	甲式重設	100	130.586	0.234
60161	康和一	1,000	2004/5/6	101	101	甲式重設	100	130.075	0.231
24842	希華二	400	2004/4/29	101	101	甲式重設	100	125.738	0.205
62741	台燿一	500	2004/4/29	101	101	甲式重設	100	136.084	0.265
61451	勁永一	400	2004/4/27	101	101	甲式重設	100	124.828	0.199
20312	新光二	1,000	2004/4/26	108	108	甲式重設	100	125.432	0.203
30121	廣輝一	10,500	2004/4/22	110	110	乙式重設	102.5	134.050	0.235
30262	禾伸二	1,000	2004/4/14	100	101	甲式重設	100	146.151	0.316

20341	允強一	300	2004/4/12	101	101	甲式重設	100	128.396	0.221
81121	至上一	800	2004/3/23	101	101	甲式重設	100	130.446	0.233
17202	生達二	1,000	2003/12/17	101	101	丙式重設	100	119.439	0.163
24861	一詮一	800	2002/11/27	101	101	丙式重設	100	139.317	0.282
61621	鴻源一	600	2002/11/12	100	100	丙式重設	100	135.608	0.263
53861	青雲一	400	2002/9/16	101	101	丙式重設	100	148.855	0.328
61201	輔祥一	750	2002/8/20	101	101	丙式重設	100	134.973	0.259
2416GD	世平W1	10,000	2002/8/9	110	110	丙式重設	100	120.608	0.171
41111	濟生一	800	2002/8/8	101	101	丙式重設	100	132.981	0.248
24441	友旺一	600	2002/7/30	105	105	丙式重設	100	125.155	0.201
30261	禾伸一	1000	2002/7/1	101	101	丙式重設	100	119.019	0.160
61051	瑞傳一	1400	2002/6/18	102	102	丙式重設	100	126.506	0.210
30362	文曄二	800	2002/6/11	101	101	丙式重設	100	134.920	0.259
24591	敦吉一	500	2002/6/3	100	100	丙式重設	100	132.185	0.243
24421	美齊一	300	2002/5/21	101	101	丙式重設	100	139.845	0.285
24881	漢平一	500	2002/5/15	100	100	丙式重設	100	126.785	0.211
30281	增你一	400	2002/5/6	101	101	丙式重設	100	132.513	0.245
24792	和立二	300	2002/4/26	110	110	丙式重設	100	133.411	0.250
41041	東貿一	750	2002/1/28	101	101	丙式重設	100	145.999	0.315
15331	車王一	800	2002/1/16	101	101	丙式重設	100	158.605	0.370
24182	雅新二	800	2002/1/9	101	101	丙式重設	100	164.065	0.390
53711	中光一	300	2001/12/20	101.89	101.89	丙式重設	100	179.412	0.443
23901	云辰一	1,000	2001/11/14	101	101	丙式重設	100	144.076	0.306
24691	力信一	1,200	2001/9/13	101	101	丙式重設	100	139.281	0.282
24191	仲琦一	100	2001/8/29	100	100	丙式重設	100	144.855	0.310
30451	台灣一	400	2001/8/25	103	103	丙式重設	100	138.434	0.278
24131	環科一	400	2001/8/16	101	101	丙式重設	100	127.842	0.218
54251	台半一	200	2001/7/31	101	101	丙式重設	100	120.768	0.172
30211	衛道一	250	2001/7/25	101	101	丙式重設	100	143.532	0.303
54661	泰林一	300	2001/7/5	101	101	丙式重設	100	122.425	0.183
24071	陞技一	400	2001/6/28	101	101	丙式重設	100	149.453	0.331
53811	合正一	1000	2001/6/20	101	101	丙式重設	100	139.005	0.281
24791	和立一	300	2001/6/20	100	100	丙式重設	100	141.083	0.291
23981	博達一	1,200	2001/6/14	101	101	丙式重設	100	148.153	0.325
24681	華經一	100	2001/6/6	103	103	丙式重設	100	131.859	0.242
24151	錩新一	400	2001/5/31	101	101	丙式重設	100	133.348	0.250
24651	麗臺一	200	2001/5/18	100	100	丙式重設	100	137.503	0.273
24261	鼎元一	400	2001/5/18	100	100	丙式重設	100	134.333	0.256

24761 鉅祥一	250	2001/5/17	101	101	丙式重設	100	128.842	0.224
24811 強茂一	300	2001/5/15	100	100	丙式重設	100	131.024	0.237
53263 漢磊三	400	2001/4/25	101	101	丙式重設	100	150.076	0.334

附錄三 轉換公司債發行後第二十個交易日價格實證結果

轉債公司債	發行總額	評價日	發行轉換溢價	重設轉換溢價	重設型態	市場價格	模型價格	折價比率
	百萬元							
23171 鴻海一	18,000	2006/12/8	145.74	×	×	100.35	107.462	0.066
30422 晶技二	800	2006/12/6	107	101	甲式重設	113.45	132.414	0.143
23571 華碩一	12,000	2006/12/5	130.5	130.5	甲式重設	101.8	112.674	0.097
24812 強茂二	300	2006/12/5	103	103	乙式重設	115	132.675	0.133
61823 合晶三	300	2006/12/1	107.2	107.2	甲式重設	121	139.363	0.132
20342 允強二	300	2006/11/24	109.47	109.47	甲式重設	112	132.144	0.152
89411 關中一	180	2006/11/23	110	110	甲式重設	118	127.012	0.071
24212 建準二	400	2006/11/22	110	110	甲式重設	114.1	123.043	0.073
20313 新光三	600	2006/11/17	107	107	甲式重設	113.65	131.126	0.133
31621 精確一	50	2006/11/17	101	101	甲式重設	98.95	120.234	0.177
54253 台半三	500	2006/11/15	101	101	乙式重設	128.8	145.602	0.115
23932 億光二	1,500	2006/11/14	107.22	101	甲式重設	112	119.103	0.060
23921 正崴一	5,000	2006/11/6	130	110	甲式重設	101.3	115.878	0.126
24481 晶電一	2,000	2006/11/3	107.11	102	乙式重設	112.5	129.760	0.133
31442 新揚二	300	2006/11/3	107	107	甲式重設	117.5	126.271	0.069
32241 三顧一	120	2006/11/1	101	101	甲式重設	115	136.464	0.157
23832 台光二	400	2006/10/25	101	101	甲式重設	122.8	137.216	0.105
15691 濱川一	300	2006/10/20	112	112	乙式重設	102.3	107.201	0.046
20063 東鋼三	3,000	2006/10/14	109.82	101	甲式重設	111.85	121.787	0.082
62134 聯茂四	100	2006/10/4	101	101	甲式重設	118	134.298	0.121
80762 伍豐二	400	2006/9/29	101	101	甲式重設	125	127.751	0.022
17851 光洋一	500	2006/9/26	112	101	甲式重設	106.5	127.160	0.162
15362 和大二	1,380	2006/8/15	101	101	甲式重設	121.3	119.438	-0.016
30283 增你三	500	2006/7/18	101.48	101.48	甲式重設	102.1	116.721	0.125
32712 其樂二	300	2006/7/6	109.98	109.98	甲式重設	102.5	111.058	0.077
62082 日揚二	130	2006/5/29	101	101	甲式重設	108	137.681	0.216
30612 璨圓二	500	2006/4/27	101	101	甲式重設	116.5	156.330	0.255
15301 亞崴一	270	2006/3/3	100	102.88	甲式重設	105.15	113.314	0.072
61822 合晶二	300	2006/1/23	101	101	甲式重設	117.8	138.219	0.148
82491 菱光一	200	2006/1/20	101.6	101.6	甲式重設	120.2	136.263	0.118
62901 良維一	240	2005/12/21	101	101	甲式重設	147.5	157.210	0.062
62902 良維二	160	2005/12/21	101	101	甲式重設	146.95	155.723	0.056
32111 順達一	400	2005/12/9	102	102	乙式重設	111	127.611	0.130

81122	至上二	600	2005/12/5	100	101	甲式重設	108	118.932	0.092
80341	榮群一	200	2005/11/28	110	110	甲式重設	93.5	128.515	0.272
32641	欣銓一	800	2005/11/18	106.81	106.81	甲式重設	99.6	121.361	0.179
89252	偉盟二	600	2005/11/15	100	101	甲式重設	99.4	126.513	0.214
17871	福盈一	150	2005/11/14	101	101	乙式重設	114	118.155	0.035
55342	長虹二	400	2005/10/24	101	101	乙式重設	110	123.570	0.110
55341	長虹一	200	2005/10/24	101	101	乙式重設	113	126.116	0.104
24562	奇力二	400	2005/10/18	101	101	乙式重設	105	121.059	0.133
23153	神達三	3,000	2005/9/12	112	112	甲式重設	102.45	125.546	0.184
30052	神基二	1,000	2005/9/12	110	110	甲式重設	102.25	119.583	0.145
26104	華航三	10,000	2005/9/6	107	107	甲式重設	100.2	104.433	0.041
30383	全台三	1,000	2005/9/2	102	102	甲式重設	109.9	125.964	0.128
30122	廣輝二	6,000	2005/8/17	105	105	乙式重設	98.25	115.692	0.151
53462	力晶二	6,000	2005/7/27	110.07	110.07	乙式重設	105.5	123.947	0.149
53461	力晶一	4,000	2005/7/27	112.5	112.5	乙式重設	104	122.130	0.148
32711	其樂一	150	2005/7/22	100	100	甲式重設	128.8	140.082	0.081
15323	勤美三	600	2005/7/11	101	101	甲式重設	104.15	130.522	0.202
61221	擎邦一	100	2005/7/5	101	101	甲式重設	104.85	131.137	0.200
82771	商丞一	200	2005/6/28	100	101	甲式重設	113	133.201	0.152
62701	倍微一	200	2005/6/23	100	103	甲式重設	107.8	115.712	0.068
58201	日盛一	6,000	2005/4/26	100	108	甲式重設	99.3	110.977	0.105
62342	高僑二	400	2005/4/26	100	105	甲式重設	105.05	117.395	0.105
16093	大亞 1C	460	2005/3/15	101	101	乙式重設	101	118.002	0.144
15242	耿鼎二	400	2005/3/11	115.8	115.8	甲式重設	100.5	110.847	0.093
22012	裕隆二	5,500	2005/2/1	105	105	甲式重設	106.7	122.708	0.130
21071	厚生一	2,200	2005/1/21	101	101	乙式重設	114.5	141.983	0.194
62661	泰詠一	150	2005/1/12	101	101	甲式重設	100	123.174	0.188
26144	遠森四	1,500	2005/1/6	101	101	甲式重設	100.1	134.445	0.255
23831	台光一	300	2004/12/23	105	102.63	甲式重設	93	131.112	0.291
80671	志旭一	150	2004/12/1	101	101	甲式重設	100	136.399	0.267
20062	東鋼二	2,000	2004/11/22	101	101	甲式重設	99.85	125.078	0.202
80691	元太一	2,000	2004/11/18	110	110	乙式重設	96.2	126.538	0.240
50091	榮剛一	1,000	2004/11/18	101	101	甲式重設	101.5	134.511	0.245
80851	福華一	300	2004/11/8	110	110	甲式重設	99	115.273	0.141
50141	建錩一	500	2004/11/5	101	101	甲式重設	86	131.047	0.344
28381	聯邦一	3,000	2004/10/12	105	105	乙式重設	108.05	132.039	0.182
26032	長榮二	4,500	2004/10/5	103	103	乙式重設	129.5	150.135	0.137
53152	光聯二	800	2004/9/29	101	101	甲式重設	106.45	135.695	0.216

80421	金電一	250	2004/9/17	101	101	甲式重設	106	124.988	0.152
26182	長航二	4,500	2004/9/8	101	111	甲式重設	105.7	131.519	0.196
23133	華通三	1,500	2004/8/31	101	101	甲式重設	107.5	140.218	0.233
22043	中華三	4,000	2004/8/11	120	120	甲式重設	98	104.280	0.060
66051	帝寶一	1,030	2004/7/30	101	101	甲式重設	105	120.130	0.126
61202	輔祥二	500	2004/7/29	101	101	甲式重設	94	127.715	0.264
99421	茂順一	300	2004/7/22	101	101	甲式重設	109.5	108.997	-0.005
52041	得捷一	220	2004/7/21	101	101	甲式重設	98.3	107.586	0.086
24992	東貝二	800	2004/7/8	101	101	甲式重設	104	123.424	0.157
41052	東洋二	600	2004/7/6	115	115	甲式重設	101.3	107.259	0.056
89422	森鉅二	330	2004/7/1	101	101	甲式重設	100	127.097	0.213
80391	台虹一	500	2004/6/29	101	101	甲式重設	122.4	133.974	0.086
80491	晶采一	360	2004/6/21	100	101	甲式重設	102	132.776	0.232
55221	遠雄一	1,000	2004/6/4	101	101	甲式重設	100.05	131.217	0.238
55222	遠雄二	1,000	2004/6/4	101	101	甲式重設	90.5	128.738	0.297
60161	康和一	1,000	2004/6/3	101	101	甲式重設	103	129.505	0.205
24842	希華二	400	2004/5/27	101	101	甲式重設	93	111.676	0.167
62741	台燿一	500	2004/5/27	101	101	甲式重設	108.05	135.274	0.201
61451	勁永一	400	2004/5/25	101	101	甲式重設	101.1	117.861	0.142
20312	新光二	1,000	2004/5/24	108	108	甲式重設	105.35	122.289	0.139
30121	廣輝一	10,500	2004/5/20	110	110	乙式重設	105	128.072	0.180
30262	禾伸二	1,000	2004/5/12	100	101	甲式重設	119	131.614	0.096
81121	至上一	800	2004/4/20	101	101	甲式重設	124	147.620	0.160
24861	一詮一	800	2002/12/25	101	101	丙式重設	96.2	135.161	0.288
53861	青雲一	400	2002/10/15	101	101	丙式重設	100	133.645	0.252
61201	輔祥一	750	2002/9/18	101	101	丙式重設	100.1	121.426	0.176
41111	濟生一	800	2002/9/5	101	101	丙式重設	100	131.495	0.240
24441	友旺一	600	2002/8/27	105	105	丙式重設	102.9	129.325	0.204
30261	禾伸一	1000	2002/7/29	101	101	丙式重設	100	118.248	0.154
61051	瑞傳一	1400	2002/7/16	102	102	丙式重設	109.2	123.729	0.117
30362	文曄二	800	2002/7/9	101	101	丙式重設	105	128.273	0.181
24591	敦吉一	500	2002/7/1	100	100	丙式重設	106.1	129.412	0.180
24421	美齊一	300	2002/6/18	101	101	丙式重設	97.8	132.441	0.262
24881	漢平一	500	2002/6/12	100	100	丙式重設	107	121.412	0.119
30281	增你一	400	2002/6/3	101	101	丙式重設	106.8	133.839	0.202
24792	和立二	300	2002/5/27	110	110	丙式重設	99.5	119.937	0.170
41041	東貿一	750	2002/3/7	101	101	丙式重設	112.5	138.758	0.189
15331	車王一	800	2002/2/22	101	101	丙式重設	120	148.658	0.193

30211	衛道一	250	2001/8/23	101	101	丙式重設	103.55	134.082	0.228
24761	鉅祥一	250	2001/6/14	101	101	丙式重設	101.4	119.298	0.150