

結構型債券實例說明與市場風險值估計

林朝陽

一、前言

在這微利時代，存款已不能再像從前可獲得無風險高收益，銀行也不願意接受大額存款，投資人則紛紛尋找其他有利的投資工具，所以市場上一直連續有保本型海外共同基金、外幣股價連動定期存單、外幣計價之股價連動式債券、投資型保單等出現。直到民國九十二年，店頭市場開放證券商推出以新台幣計價的連動式債券，此種含有衍生性金融商品的債券通稱為結構型債券，近年來吸引了不少投資人參與投資。

結構型債券條款不斷推陳出新，標榜著保本及高收益口號，但國內市場上對於此結構型債券的評價，與風險值分析等相關資訊則相對較少，投資者若對其不甚了解，容易陷入迷思而血本無歸。本文則嘗試以實例個案說明，用風險值計算方法中最為大眾廣知的變異數共變異數法，來估計結構型債券的風險值。

二、結構型債券簡介

目前市場上連結股票的結構型債券主要形式分為兩類：高收益型債券(High Yield Note)及保本型債券(Principal Guaranteed Note)。分別說明如下：

1. 高收益債券(High Yield Note)：

高收益債券亦稱為股權連結債券(Equity Linked Note)，其結合形式為零息債券與賣出選擇權。投資人經由賣出選擇權的權利金收入，來增加此種結構債的收益，且透過不同樣式的選擇權組合，可以配合不同投資人的交易策略，或對市場的多空看法。假如投資人對於市場的看法為空頭市場，則可以投資「看空型高收益債券」¹，若市場走勢與當初預期的相同，則投資人所賣出的選擇權將無履約價值，因此可以賺取權利金，獲得比一般債券更高收益。其他還有「看多型高收益債券」²及「區間型高收益債券」³。

¹「看空型高收益債券」為零息債+賣出買權。

²「看多型高收益債券」為零息債+賣出賣權。

³「區間型高收益債券」為零息債+賣出一組買權或賣權。

$$\text{高收益債券} = \text{零息債券} + \text{賣出標的選擇權}$$

以台積電看多型高收益債券為例，並依股價結算時的變化區分為下述三種情況來計算報酬：

表一、台積電高收益型債券契約內容

交易條款	連結標的:台積電	契約本金:10,000,000 元	交易價格:97.00%
	交易價金:9,700,000 元	成交日台積電價格:45 元	履約價格:40 元
	契約交易日:2003/2/19	契約到期日:2003/4/23	契約期間:63 天
	履約股數:250,000	交割方式:現金結算	

資料來源：大華證券

情況一：當結算當日股價下跌為36元，則選擇權買方將會履約，損失 $-(40-36) \times 250,000 = -1,000,000$ 元，現金結算金額為 $10,000,000 - 1,000,000 = 9,000,000$ 元，在此情況下投資人會有本金損失 $9,700,000 - 9,000,000 = 700,000$ 元，所以高收益債券會有本金減損的風險。

情況二：當結算當日股價持平為45元，則選擇權買方不會履約，現金結算可獲得契約本金共10,000,000元，由於交易時投資人僅投入契約本金的97%，所賺取的報酬率約3% $(3\% / 97\% = 3.09\%)$ ，比直接投資股票還好。

情況三：當結算當日股價上漲為46元，則選擇權買方亦不會履約，現金結算可獲得契約本金共10,000,000元，由於交易時投資人僅投入契約本金的97%，所賺取的報酬率約3%，比直接投資股票報酬率約2%高。

2. 保本型債券(Principal Guaranteed Note)：

一般來說保本型債券與高收益債券的組合結構類似，差別在於保本型債券相當於一般債券與買入選擇權的結合，而高收益債券則為一般債券與賣出選擇權的結合。所以保本型債券具有一定比例的保本，和參與標的資產價格漲幅的特性。此種債券亦可分為「看空型保本債券」⁴、「看多型保本債券」⁵及「價差型保本債券」⁶，可以配合不同投資人的交易策略，或對市場的多空看法作組合。

$$\text{保本型債券} = \text{零息債券} + \text{買進標的選擇權}$$

⁴「看空型保本債券」為零息債 + 買進賣權。

⁵「看多型保本債券」為零息債 + 買進買權。

⁶「價差型保本債券」為零息債 + 賣出一買權和買進一買權。

目前保本型商品多以平價方式發行，保本率與參與率分別為投資本金的保證程度，和參與分配選擇權利益的比例，但一般來說，保本率越高則參與率越低，參與率越高則保本率越低。表示若投資人想要從選擇權中獲得較高的報酬，就必須承受風險，犧牲本金的保證程度。在此以聯電保本型債券為例，計算標的股價在各種情況下所能獲得的報酬：

表二、聯電保本型債券契約內容

交易條款	契約交易日:2003/2/19	保本率:95%
	契約到期日:2004/2/18	參與率:90%
	連結標的資產:聯電	成交日聯電價格:21 元
	契約本金:10,000,000 元	履約價格:21 元
	到期金額:契約本金×(保本率+參與率×Max[(結算價格-履約價格)/履約價格,0])	

資料來源：大華證券

情況一：當結算當日股價下跌為18.9元，則選擇權處於價外無履約價值，僅剩95%保本金額，現金結算為 $10,000,000 \times 95\% = 9,500,000$ 元，在此情況下投資人仍可控制最大損失為5%。

情況二：當結算當日股價持平為21元，則選擇權處於價平亦無履約價值，僅剩95%保本金額，現金結算為9,500,000元，比直接投資一般債券或股票還低，這是因為欲獲取選擇權中較高的報酬，就必須承受風險而犧牲本金。

情況三：當結算當日股價上漲為31.5元，則選擇權處於價內將會履約，現金結算除了可獲得契約本金95%外，亦可獲得選擇權報酬 $90\% \times 50\% = 45\%$ ，合計報酬為 $95\% + 45\% - 100\% = 40\%$ ，雖比直接投資聯電股票報酬率低，但比投資一般債券報酬率高。

三、結構型債券評價

結構型債券評價依組成可劃分為固定收益債券評價與標的選擇權評價。高收益型結構債由一個零息債券，與一個或許多個標的資產的選擇權“賣方”所組成；保本型結構債則由一個零息債券，與一個或許多個標的資產的選擇權“買方”所組成。所以應分別計算相同期間的零息債券和標的資產選擇權，再予以相加個別的评价，此即為結構債的公平價值。簡單公式為：

$$V = B + (A \times O)$$

其中

V ：結構債現值；

B ：零息債現值；

A ：參與率；

O ：標的選擇權價值。

零息債的價值為 $B = \frac{F}{(1+r)^t}$ ， F 為面額； r 為殖利率； t 為剩餘期間

標的選擇權價值為 $c = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)$ ； $p = Ke^{-rt}N(-d_2) - SN(-d_1)$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} ; d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

其中 C 為買權； P 為賣權； S 為標的股價； K 為選擇權的履約價格； σ 為標的股價歷史報酬率標準差； r 為殖利率； t 為剩餘期間； $N(\bullet)$ 為累計標準常態分配。

所以市場上二大類結構式債券中，在高收益債券的看空型高收益債券評價為 $B + A \times (-c)$ ，看多型高收益債券評價為 $B + A \times (-p)$ ，區間型高收益債券評價為 $B + A \times (-c - p)$ ；而保本型債券中，看多型保本債券評價為 $B + A \times (+c)$ ，看空型保本債券評價為 $B + A \times (+p)$ ，價差型保本債券評價為 $B + A \times (-c_1 - c_2)$ 。另外須注意的是，保本債券的零息債部份要多考慮保本率。

四、結構型債券風險

結構債所面臨的風險有市場風險、信用風險、利率風險、流動性風險。市場風險即結構型債券存續期間中，標的價格變動造成投資報酬率變動的風險；信用風險即投資人需面對發行機構無法如期付款的違約風險，或發行機構的信用評等被降等風險；利率風險即利率變動造成債券價格變動的風險，尤其當發行機構有提前贖回的權利時，利率若明顯下跌，則發行機構可能會提前到期，投資人就又多了再投資的風險；流動性風險即因結構債通常不在公開市場上交易，當市場流通性較差時，投資人若想提前贖回往往必須以較低的市價賣出的風險（即使有利得，但以低於合理市價賣出，仍屬流動性風險）。

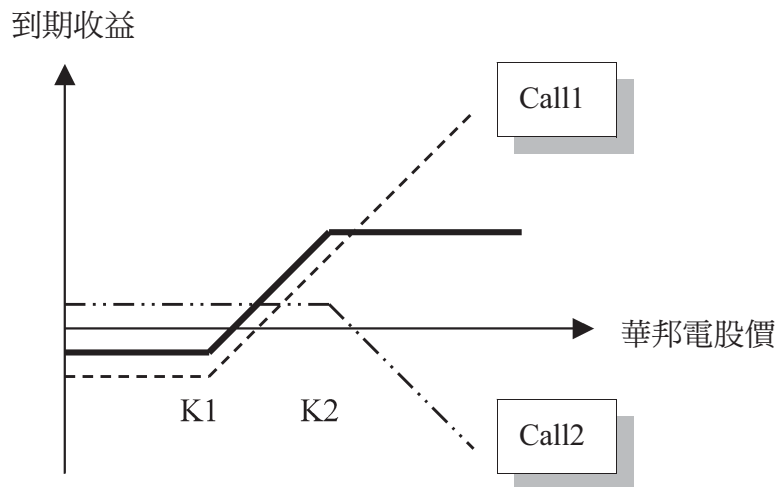
在此，本文以變異數共變異數法計算結構型債券的市場風險值，並以價差型保本債券為例，將其拆解成債券保本部份及價差選擇權收益部分，然後再合併成結構債來說明風險值的結果。下表即為華邦電價差型保本債券契約內容說明：

表三、華邦電價差型保本債券契約內容

發行日	2003/1/23
契約期間	2003/1/23-2006/12/31
票面金額(FV)	50,000 元
發行價格	100%
標的股	華邦電(2344)
現貨參考價(S1)	2003/1/23 華邦電收盤價
結算參考價(S2)	2006/12/31 華邦電收盤價
下限執行價(K1)	$100\% \times S1$
上限執行價(K2)	$125\% \times S1$
保本率(c)	93%
參與率(A)	95%
到期收益	1. 結算價低於下限執行價($S2 < K1$) 收益率=93% 2. 結算價介於下限執行價與上限執行價之間($K1 < S < K2$) 收益率= $93\% + 95\% \times (S2 - K1) / S1$ 3. 結算價高於上限執行價($S2 > K2$) 收益率= $93\% + 95\% \times (125\% - 100\%) / 100\% = 116.75\%$

資料來源：陳松男，結構型金融商品之設計及創新
 (為配合最近期資料，契約迄日改為 2006/12/31)

圖一、價差型保本結構債到期收益圖



由圖一可知價差型保本結構債為零息債券，加上賣出一口履約價較高的買權(Call2)，和買進一口履約價較低的買權(Call1)。依評價公式作全微分：

$$B_t = FV \times \left\{ ce^{-rt} + \frac{A}{K1} [call_1 - call_2] \right\}$$

$$= FV \times \left\{ ce^{-rt} + \frac{A}{K1} [SN(d_1) - K1e^{-rt} N(d_2) - SN(d_3) + K2e^{-rt} N(d_4)] \right\}$$

$$dB_t = FV \times \left\{ -cTe^{-rt} dr + \frac{A}{K1} [(\theta_1 - \theta_2)dt + S(\Delta_1 - \Delta_2) \frac{dS}{S} + \frac{1}{2} S^2 (\Gamma_1 - \Gamma_2) \left(\frac{dS}{S}\right)^2 + (\rho_1 - \rho_2)dr + (v_1 - v_2)d\sigma] \right\}$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{K1} + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} ; d_2 = \frac{\ln \frac{S}{K1} + (r - \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_3 = \frac{\ln \frac{S}{K2} + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} ; d_4 = \frac{\ln \frac{S}{K2} + (r - \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$$

B_t : 為結構債折現值 ;

$\Delta; \Gamma; \theta; \rho; v$: 即分別代表選擇權價格敏感度 (Greeks)

1. 零息債券、選擇權及敏感度分析現金流量拆解 :

債券和選擇權利率因子，則按照存續期間拆解現金流量後，配適到各天期殖利率；而其中亦包含華邦電權益因子和選擇權敏感度分析計算，茲分別說明如下：

零息債券拆解現金流量

計算日	契約迄日	Term	Weight	Rate	P.std	PV
2006/1/4	2006/12/31	0.9890	0.9783	0.01356	0.0002	45880.4385

a	b	c	α	α''	180 天期利率	1 年期利率
0.93054×10^{-8}	-0.41479×10^{-7}	0.8895×10^{-9}	0.0215	0.9785	988.6332	44891.8054

選擇權利率因子拆解現金流量

計算日	契約迄日	Term	Weight	Rate	P.std	PV
2006/1/4	2006/12/31	0.9890	0.9783	0.0136	0.0002	-6710.9216

a	b	c	α	α''	180 天期利率	1 年期利率
0.93054×10^{-8}	-0.41479×10^{-7}	0.8895×10^{-9}	0.0215	0.9785	-144.6072	-6566.3145

- (1) 第一欄為設定的計算日。
- (2) 第二欄為契約迄日。
- (3) Term：為計算日期（2006/1/4）至契約迄日的期間（以年為單位），其算法為：

$$\frac{2006/12/31 - 2006/01/04}{365} = 0.9890 \text{ (年)}。$$
- (4) Weight：計算日到契約迄日的殖利率需以「差補方式」計算，故需先求出權重，其計算方式為：
 2006/01/04距契約迄日（2006/12/31）為0.9890年，大於180天（0.4932年），小於365天（1年），故權重為：

$$\frac{0.9890 - 0.4932}{1 - 0.4932} = 0.9783$$
- (5) Rate：求出權重後，便可計算各付息日的殖利率：

$$Y_t = (1 - Weight)Y_{t-1} + WeightY_{t+1}$$
- (6) P.std：投資組合的標準差，觀念與第（5）同，其公式為：

$$\sigma_t = (1 - Weight)\sigma_{t-1} + Weight\sigma_{t+1}$$
- (7) PV：各資產的利率因子現金流量，其依債券和選擇權劃分，公式分別為：

$$FV \times ce^{-rt}$$

$$FV \times \frac{A}{K1} \times [K1e^{-rt} N(d_2) - K2e^{-rt} N(d_4)]$$
- (8) 有了上述資料後，即可求出拆解比率：

$$a \times \alpha^2 + b \times \alpha + c = 0, \text{ 其中}$$

$$a = \sigma_{t-1}^2 + \sigma_{t+1}^2 - 2 \times \sigma_{t-1,t+1}$$

$$b = 2 \times \sigma_{t-1,t+1} - 2 \times \sigma_{t+1}^2$$

$$c = \sigma_{t+1}^2 - \sigma_t^2, \sigma_{t-1,t+1} \text{ 為 } t-1 \text{ 期與 } t+1 \text{ 期的共變異數。}$$
 此時，即可求出 α 值，即
$$\alpha = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \times a \times c}}{2a}, \text{ s.t. } 0 \leq \alpha \leq 1$$
 另一比率為 $\alpha'' = 1 - \alpha$
- (9) 計算暴險於不同殖利率期別之現金流量，上述計算日2006/1/4，因其期間長度(Term)為0.9890，故債券和選擇權利率因子，按拆解比例分別暴險於180天期利率與1年期利率。
- (10) 再計算華邦電權益因子現金流量

$$FV \times \frac{A}{K1} \times [SN(d_1) - SN(d_3)] = 10532.7476$$

(11) 將華邦電權益因子和各天期殖利率因子加總後，可得現金流量如下表：

表四、各因子現金流量表 單位：元

華邦電權益	180 天期利率	1 年期利率
10532.7476	844.0260	38325.4909

(12) 華邦電選擇權敏感度分析計算結果如下表（以下各敏感度皆已包含 $FV \times \frac{A}{K1}$ ）：

表五、選擇權敏感度分析表 單位：元

	Call1	Call2
*Delta(Δ)	6.0644	3.7915
Rho(ρ)	-4.3982	-2.9501
**Gamma(Γ)	46617.3094	-45317.1830
Theta(θ)	-15.7417	14.9721

因本例價差型結構債同時買進與賣出相同華邦電標的買權，Vega會互相抵消而受其影響較小，故在此暫不考慮。

2. 變異數共變異數矩陣：

變異數-共變異數矩陣，則依華邦電歷史樣本期間2005/6/1至2006/1/4之報酬率及各天期之殖利率報酬率，以簡單移動平均法估計波動，矩陣整理如下：

表六、變異數共變異數矩陣列表 單位：%

	華邦電權益	180 天期利率	1 年期利率
華邦電權益	0.062830	-0.000028	-0.000054
180 天期利率	-0.000028	0.000001	0.000003
1 年期利率	-0.000054	0.000003	0.000005

3. 風險值計算：

由以上現金流量與變異數共變異數矩陣相乘開根號後，再乘上 Z_α 和天數(\sqrt{t})即為變異數共

* 此 Delta 已乘上計算日當天的華邦電收盤價(S)。

** 此 Gamma 已乘上計算日當天的華邦電收盤價(S)平方。

變異數-Delta-normal法所計算出的市場風險，但因選擇權為非線性商品，所以尚需考慮Gamma和其他敏感度分析。我們使用變異數共變異數-Delta-Gamma-Delta法計算風險值，即

$$VaR = \sqrt{(\Delta \times S \times \sigma(\frac{dS}{S}))^2 + \frac{1}{2} \times (\Gamma \times S^2 \times \sigma^2(\frac{dS}{S}))^2} \times Z_\alpha \times \sqrt{t} \text{，再減除期望值}$$

$E(dB) = \frac{1}{2} \times S^2 \times (\Gamma_1 - \Gamma_2) \times \sigma^2(\frac{dS}{S}) + (\theta_1 - \theta_2)$ ，在本例假設信賴水準99%，目標期間長度一日下，最後計算出此華邦電價差型保本債券的絕對市場風險值為612.9186元，單位化絕對市場風險值為1.2258%⁷。

五、結論

近年來由於存款利率走低，投資人為獲得更高收益尋找更多元的投資管道，而此時結構型債券經由多家銀行和券商不斷地高喊「高收益」及「保本」的推銷下，使得結構債近來大賣。但有利必有弊，此種債券相較於一般債券必須更留意各種風險，除價格變動的市場風險外，尚有發行機構的信用風險、市場上的流動性風險、利率風險等，投資人需視其風險偏好程度及需求，來投資此類型商品。本文則以風險值變異數共變異數法，計算出華邦電價差型保本債券單位化市場風險值為1.2258%，相較於同樣存續期間的一般零息債券單位風險值0.046%⁸高出許多，此高出部分即為搭配衍生性金融商品所增加的風險。

可知若想在結構債獲得更高的報酬，相對就有可能在本金上承受更多損失風險，所以投資者應該清楚了解金融商品風險所在和結構設計的差異，才能夠選擇最好的投資標的，以獲取高於存款利率的報酬。

參考文獻

1. Hull, J. C., 2003, "Options, Futures and Other Derivatives", Prentice-Hall, 5th Edition
2. Jorion, P., 2001, "Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk," The McGraw-Hill Companies, 2nd Edition
3. 邱倩莉、胡秀玉，「結構型商品」，台大經研所碩士在職專班投資學期末報告，民國95年1月。
4. 陳松男，「結構型金融商品之設計及創造」，新陸書局，民國93年1月初版。
5. 陳芊如，「股價連動式債券之評價與投資風險分析」，中原大學企業管理學系碩士學位論文，民國93年6月。
6. 熊肇穆，「結構型商品簡介」，證券暨期貨月刊，第二十一卷第十一期，民國92年11月。
7. 廖四郎、唐榮寶、張嘉倩，「保本型票券之訂價及避險策略」，證券暨期貨管理，第二十一卷第七期。

⁷ 單位化絕對市場風險值 = 絕對市場風險值 / 投資現值，此例投資現值為 50,000 元。

⁸ 以「TEJ 市場風險值評估系統 2.0」計算相同 2003/1/23-2006/12/31 期間的零息債券單位風險值。