

國立政治大學風險管理與保險學系研究所
碩士學位論文

人壽保險公司之違約風險評估：
檢視利率變動型人壽保險

Default Risk Assessment of Life Insurance Company：
An Examination of the Interest-Sensitive life Policies

指導教授：張士傑 博士

研究生：鄭有輝 撰

中華民國 106 年 6 月

摘要

保險公司所持有之利率變動型商品的資產價值，在資本市場之系統性風險急劇增加時，將會產生大幅的波動，降低保險公司之獲利表現，並使保險公司之清償能力受到影響。近年來，壽險公司主要遭受利率與匯率兩資本市場之系統性風險影響，長期的低利率環境令保險公司獲利表現不佳，迫使保險公司投資具有更高回報的外幣資產，這使匯率風險之影響增加。因此本研究將透過建立資產負債之隨機模型，檢視匯率風險下人壽保險業違約風險之變化。

本研究資產面引用Cox et al. (1985) 模型模擬利率的動態，進而推導出含有匯率波動的債券價格，並透過Heston (1993) 模型描述標的股票的隨機波動過程，並以相關係數矩陣整合各資產組合的資產配置。負債面則是以利率變動型壽險為例，藉由資產與負債的變化衡量保險公司違約風險。研究指出：

1. 壽險公司之信評等級為 Ba1 並與同評級的全球公司累積違約機率相比，壽險公司之違約機率上升幅度明顯較低，壽險公司之違約機率對時間因數並不敏感。
2. 宣告利率對壽險公司違約風險之影響顯著，違約風險的增長與宣告利率的變動呈現指數成長的趨勢。
3. 壽險公司違約風險對匯率因數最為敏感，匯率波動提高時，違約機率亦大幅提高。
4. 利率變動型壽險因最低保證報酬率，其違約風險高於傳統型壽險。

關鍵字：資產負債模型、信用評等、匯率風險、資產配置

目錄

第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與目的.....	1
第二節 研究架構.....	5
第二章 文獻回顧.....	7
第三章 模型建立.....	10
第一節 資產模型.....	11
一、 利率模型.....	12
二、 國內債券基金組合.....	13
三、 匯率模型.....	14
四、 國外債券基金組合.....	14
五、 股票基金組合.....	15
六、 約當現金.....	16
七、 不動產.....	16
八、 資產相關性.....	16
九、 投資策略.....	17
第二節 負債模型.....	17
一、 宣告利率.....	18

二、	解約率模型.....	19
三、	負債.....	19
第三節	資產負債模型.....	20
第四節	清償能力分析.....	21
一、	違約機率.....	21
二、	風險值.....	21
三、	條件尾端期望值.....	22
第四章	數值分析.....	23
第一節	參數估計.....	23
一、	短期利率.....	23
二、	匯率.....	23
三、	股票基金組合.....	24
四、	相關係數矩陣.....	25
第二節	參數設定.....	25
一、	資產配置.....	25
二、	年齡分佈.....	26
三、	解約模型.....	26
四、	保單假設.....	27

第三節	模擬方法.....	28
一、	資產模擬.....	28
二、	負債模擬.....	30
三、	經濟資產負債模擬.....	30
第四節	數值結果.....	31
第五節	敏感度分析.....	33
一、	宣告利率.....	33
二、	匯率.....	34
三、	與傳統壽險商品之比較.....	36
第五章	結論.....	38
參考文獻	40



表目錄

表 4-1、國內利率與國外利率 CIR 模型參數估計結果.....	24
表 4-2、匯率模型參數估計結果.....	24
表 4-3、Heston 參數估計結果.....	25
表 4-4、資金運用權重.....	26
表 4-5、利變壽險解約模型假設.....	27
表 4-6、利變型商品保單假設.....	27
表 4-7、1983-2010 年間全球加權平均累積違約機率表.....	31
表 4-8、利變型壽險之違約風險.....	32
表 4-9、宣告利率敏感度分析.....	34
表 4-10、匯率波動度敏感度分析.....	35
表 4-11、與傳統壽險商品之比較.....	36

圖目錄

圖 1-1 台灣壽險業國外投資金額.....	2
圖 1-2 台灣市場壽險公司新契約保費 (FYP) 收入分析.....	3
圖 3-1 模型架構圖.....	11
圖 3-2 台灣主要壽險公司外幣部位.....	12



第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

一直以來，金融業是國家經濟發展中不可或缺的部份，而保險機構是金融業中負責分散風險與損失分攤的重要角色，通過對大數法則的應用，採取集合社會大眾之力量對未來可能發生之損失進行準備，使未來不確定性之風險化為現在確定之保障，具有穩定國家經濟之功能。而據統計，2016 年底台灣金融機構總資產為新台幣 71.10 兆元，其中壽險業總資產約為 22.25 兆元，占比 31.29%；產險業總資產約為 0.37 兆元，占比 0.49%¹，充分體現了保險業在金融市場之重要性。但據金管會統計，2017 年第一季新台幣驟升約 6.8%，使壽險業淨匯兌損失 658 億元，嚴重影響保險業之穩定性。為何壽險業受匯率之影響如此嚴重？這與當前臺灣壽險業之投資現狀有關。自 2000 年至今台灣一直處於低利率環境，2016 年利率水準更是維持在 1%至 1.5%之間²。台灣本土的低利率環境令保險公司難以獲得足夠的投資報酬率，迫使保險公司投資具有更高回報率的外幣資產。根據圖 1-1 可見，壽險業於國外投資金額逐年上升，4 年內投資金額增長超越 1 倍，依據財團法人保險事業中心統計，2016 年底壽險業投資國外資產已達 12.59 兆元，占壽險業總體可運用資金 62.71%。如此高的外幣投資比例使壽險公司曝露在外匯風險之下，因此保險機構在匯率風險下之穩定性實乃重要議題。

¹ 資料來源：財團法人保險事業中心

² 資料來源：台灣經濟新報資料庫

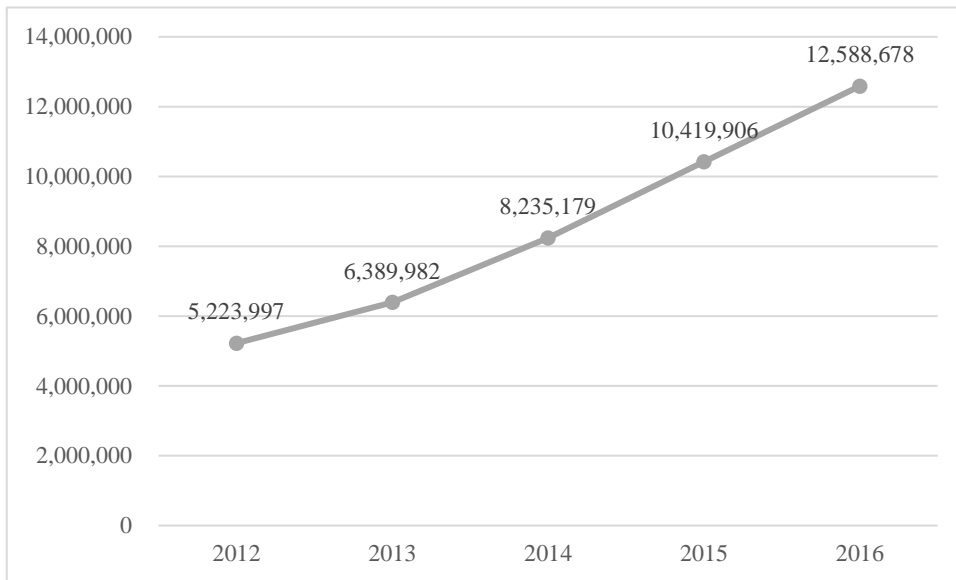


圖 1-1 台灣壽險業國外投資金額(單位：新台幣百萬元)

資料來源：財團法人保險事業發展中心

同時 2008 年全球金融風暴後，為刺激經濟增長，各國採取貨幣寬鬆政策，市場利率因此持續處於低檔環境，保險公司亦向下調整保單預定利率。而係以預先設定之死亡率、預定利率以及費用率等假設計算保費的傳統型商品因低預定利率假設，使得保費較為昂貴，無法滿足消費者之理財需求。保險公司因此推出了利率變動型保險商品，分成壽險與年金兩類。商品設計時仍需事先訂定保單預定利率，其後保單價值會隨著公司之宣告利率進行調整³。而保險公司之宣告利率依據區隔資產的投資收益進行計算，這意味著宣告利率與預定利率之差為每年保險人因投資獲利而回饋保單持有人的比例。圖 1-2 列出 2012-2016 年台灣市場傳統型保險、投資型保險、利變型壽險、利變型年金與其他保險保費收入之比較。由

³ 利變型商品之利率調整值係以宣告利率與保單預定利率差額計算，此差額回饋部分一般壽險公司提供保單持有人以購買增額繳清保險方式來增加保單價值，此外，亦有抵繳保險費、儲蓄生息、現金給付等其他回饋方式。

圖 1 可以發現在台灣利率市場處於低檔環境下，此類可以規避利率風險的商品近年來顯著地受到消費者青睞。

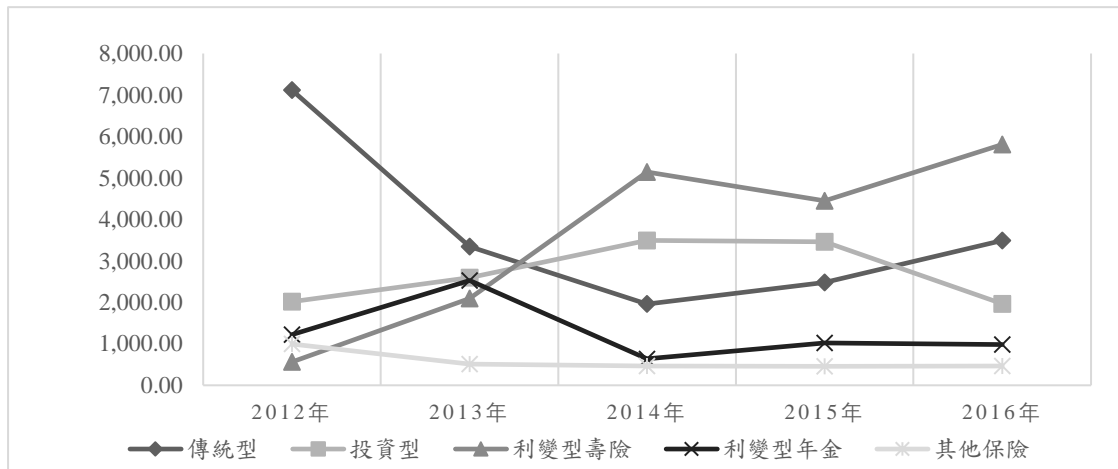


圖 1-2 台灣市場壽險公司新契約保費 (FYP) 收入分析(單位：新台幣億元)

資料來源：作者根據壽險公會資料自行整理

進一步來看，表圖 1-2 顯示 2016 年壽險新契約保費來源中，利變型壽險已佔整體保費收入之 45.70%，約為 5,805 億元保費收入。由此可見，利率變動型人壽保險已成為人壽保險公司主要保費來源。而在利率變動型商品保費收入逐年顯著上升並且成為人壽保險公司主要保費來源的環境下，金管會十分重視壽險公司利率變動型商品之風險規劃與管理。以宣告利率為例，為確保壽險公司之獲利能力，金管會於 2005 年要求該類商品宣告利率定宣告利率不得超過各該利率宣告前中央銀行公佈之最近一月之十年期中央政府公債次級市場殖利率。其後因十年期中央政府公債次級市場不活絡，殖利率處於低潮期，金管會於 2006 年規範人身保險業辦理利率變動型及萬能保險業務，依「利率變動型年金保險精算實務處理準則」關於資產區隔、投資準則及現金流量測試等風險控管機制辦理，可依區隔資產實際報酬率作為宣告利率之決定依據，不受十年期中央政府公債次級市場殖利率上限之限制。宣告利率之選擇確實可降低公司間的低價競爭，但宣告利

率是否確切影響公司之穩定性並未討論，本研究將在後文探討。

而為避免解約造成壽險公司出現流動性問題，金管會於 2014 年規定利變型壽險商品於前十保單年度不得提供現金增值回饋金、亦不得配息儲存帳上生息，且至少得收取六年之解約費用(各年之解約費用率至少百分之一)。上述諸多限制可見主管機關對利率變動型商品之重視，但利率變動型商品是否為優秀的商品值得探討。固然利率變動型壽險已成為人壽保險公司主要保費來源，可與傳統型壽險相比，是否能為公司帶來利潤使公司更具穩定性，本研究將在後文探討。

根據財團法人保險事業發展中心之統計資料顯示，2016 年底國內壽險業資產總額約為 22.25 兆元，壽險業整體業主權益為 1.11 兆元，佔整體資產總額 5%，各項準備金達 19 兆元，佔負債 21.14 兆元之 89.9%。顯示保單持有人所累積之新契約與續期保費構成壽險公司資產主要來源，故其資金運用結果將顯著影響保險公司之當期損益與清償能力。為因應履行未來負債現金流量支出，必須擬定策略性投資的資產負債管理。換言之，人壽保險公司須視其負債組成來決定穩健適當之資產配置策略，避免因為資產市價之巨幅波動而損及壽險公司的資產負債表與流動性，進而影響保單持有人權益。為此，金管會發布的「人身保險業務應注意事項」⁴規定保險公司送審利變型保險商品時，需檢附採現金流量測試法之利潤測試文件。而現金流量測試法是指，保險公司針對商品之資產與負債進行相關假設，就主管機關規定之一千組情境進行測試，且提供第三十保單年度底及保險期間屆滿較早屆至時點之測試結果，並以條件尾端期望值 65% (Conditional Tail Exception，以下簡稱 CTE65) 為商品利潤測試判斷標準。然而，公司在進行資產

⁴金管保財字第 09802512072 號函，發布日期：民國 98 年 12 月 31 日

與負債面假設時未考慮動態模型以及近年來愈發重要的匯率風險因素。壽險公司為追求更高的投資報酬率，會以長期處於低利環境的台幣作為利差交易的融資貨幣，把更多的資金投資於較高利率之國際債券。因此，壽險業的國外投資部位逐步上升。然而，利差交易獲利的同時，亦意味著保險公司曝露在匯率風險之下。當保險公司並未進行外匯避險時，匯率大幅波動造成的匯差損失可能會侵蝕利的差收益。2017 年前四個月新台幣驟升約 6.8%，導致壽險業外匯準備金儲量急速下滑，整體儲量至 4 月底時已不足 170 億新台幣，保險公司面臨極大的匯損壓力，愈發突顯了匯率風險的重要性，在進行資產假設時必須把匯率因素納入考量。

有鑑於利率變動型人壽保險商品之高市佔率以及壽險業財務穩健對整體金融市場之影響，因此，本研究將建立匯率風險下的利率變動型人壽保險商品之動態資產負債模型，並以此預估壽險公司之違約風險。

第二節 研究架構

本研究對資產與負債組合之動態模型進行分析，探討具有預定利率保障與提供每一年期宣告利率的利變型壽險保險契約的違約風險。在考量匯率風險下以現行壽險公司之資產投資組合建構資產動態模型，並建構同時考量死亡與解約因數的負債動態模型。採用實際保險市場經驗資料模擬壽險公司現金流量，並以違約機率、風險值與尾端條件期望值預估壽險公司之清償能力。

同時，本文之重要參數皆以某壽險公司實際經營資料進行假設，預期本文數值分析結果貼近實務情形，可提供人壽保險公司檢視利變型壽險契約之資產負債管理與風險評估。依據現行保險法 148 條之 3，保險業應建立其內部控制及稽核

制度，落實保險業風險管理實務守則，以確保公司之資本適足與清償能力，並健全保險業務之經營。自 2012 年起內部控制及稽核制度已納入「保險業內部控制及稽核制度實施辦法」⁵，列為主管機關依法實地查核項目，本研究可以提供壽險公司建立適當內部風險模型之參考。

本文架構如下：第一節為緒論，陳述台灣保險之市場發展現況以及本文研究動機與目的，第二節對相關研究之論文回顧，第三節建立模型架構，第四節呈現數值分析結果，進行敏感度分析，最後一節為結論。



⁵金管保財字第 09802512072 號函，發布日期：民國 98 年 12 月 31 日

第二章 文獻回顧

本文目的在於研究以利率變動型保險契約為主要商品的壽險公司違約風險，並引入匯率因數進行探討。利率變動型壽險商品的特點在於負債之累積與區隔資產之變動一致，但若所持有之區隔資產的市值產生大幅波動，使資產和負債價值變動不一致，保險公司會產生巨幅虧損，導致公司違約風險增加。

壽險公司之資產大部分來源於負債，因此多數學術文獻著重於衡量負債之公允價值，而根據利率變動型壽險商品之特性，本研究以資產負債管理整體角度探討壽險公司之違約風險，根據 Gerstner et al. (2008) 之文獻整理，Bacinello (2001, 2003), Briys and Varenne (1997), Goecke (2003), Grosen and Jorgensen (2000, 2002), Kling et al. (2007), Miltersen and Persson (2003), Tanskanen and Lukkarinen (2003) 等皆對資產負債管理進行探討，並對保險公司建立隨機的資產負債模型(ALM)。以 Gerstner et al. (2008) 為例，文中建立一離散資產負債模型，並考慮壽險產品的主要特徵，比如脫退率，同時以動態的過程描述資本市場。同時為實現簡單、高效的模擬，文中的模型皆以遞回式的形式表達。Gerstner et al. (2008) 為保險公司建立了完整的資產負債模型，但資產面的下股票模型採用較簡單的 Black and Scholes (1973) 模型，同時並未考量匯率之因素。

本研究為進一步完善模型，採用 Heston (1993) 之隨機波動度模型，Black and Scholes (1973) 模型雖然可以用於描述資產的隨機波動過程，並在選擇權定價中被廣泛的應用，但其對波動度為常數的假設並不符合實際。Heston (1993) 模型在此基礎上進行改進，假設波動度為一與利率相關的隨機過程，以此反映價格的波動與市場的相關性。Yakovenko (2003) 以 Heston 模型的解析式得到的長期報酬的

機率密度分佈與美國股票市場的三個主要指數進行比較，顯示長期報酬的機率密度分佈符合實證結果。同時本文參考 Moodley (2005) 之方法，使用非線性最小平方方法估計 Heston 模型的最佳參數，並用萊文貝格—馬誇特方法 (Levenberg-Marquardt algorithm) 求得非線性最小平方方法的數值解。

而資產面下債券價格模型則是參考 Cox、Ingersoll and Ross (1985)，建立 Cox-Ingersoll-Ross 利率模型(以下簡稱 CIR 模型)，並以其封閉解模擬債券價格，其中 CIR 模型之參數估計參考 Kladiwko (2007) 之 CIR 模型參數估計，以用最小平方方法 (Ordinary Least Squares) 求得模型之初始值後，再使用最大概似法 (Maximum likelihood Estimation) 求得最佳參數。

2016 年底壽險業的國外投資占總資產的 62.71%，匯率已是一個不可忽視的因素。主要的匯率模型有 Cassel (1922) 的購買力評價理論 (Purchasing Power Parity, 簡稱 PPP)、利率評價理論(Uncovered interest parity, 簡稱 UIP)、Messe and Rogoff (1983) 的貨幣學派模型 (Monetary Fundamental Model, 簡稱 MF) 及遠期外匯溢酬模型 (Forward Premium Model, 簡稱 FP) 等，但上述模型皆以回歸的方式加以估計，並非隨機過程。本研究參考中立測度下的隨機利率平價理論模型，假設匯率過程為布朗運動。

作為類定存商品，從市場的反應來看，利率變動型壽險的解約率高於傳統型商高。因此本研究負債面在考慮死亡率的同時也把解約率納入考量。在解約率模型部分，Kim (2005) 總結五個現行保險公司使用之解約率模型假設，如反正切模型 (Arctangent Model)、拋物線模型 (Parabolic Model)、指數模型 (Exponential Model) 等。同時 Kim 使用 Logit 與 Log-Log 模型，並加入利差、保單年度以及失業率等

解釋變數。而本研究之利率變動型壽險存在儲蓄性質，Asay et al.(1993)認為該類型的商品解約率採用反正切模型(Arctangent Model)較為適合，因此在解約率模型部分採用反正切模型。

綜合上述觀點，本文採用模擬現金流量的方式，在考量匯率因數的情況下，衡量利變型壽險契約區隔帳戶下之資產模型與保險公司之負債模型，並加入解約及死亡因數，數值模擬保險公司之違約風險，並對重要因數進行敏感度分析。



第三章 模型建立

為探討各項風險因數對壽險公司穩健經營之影響並簡化模型之建設，本章重點研究利變型壽險的資產負債管理。本研究採用 Gerstner et al.(2008)完善的資產負債模型(Economic Balance Sheet)，使用市場資料模擬壽險公司資產與負債之價值。參考現行壽險公司主要之資產配置，假設壽險公司僅投資於國內債券基金組合、國外債券基金組合、股票基金組合、約當現金以及不動產。而其各項資產之投資比重，則參照財團法人保險事業發展中心公佈的人身保險業資金運用表。進一步模擬各項投資標的之未來價格變動，並以其市場價格來預測各個時間點的公司資產價值。同時以利變型壽險之實際經驗資料構建負債模型，考量利率、死亡率、解約率、投保者性別比例與年齡分佈等因數後，模擬負債之動態過程，並預測未來各個時間點公司負債價值。最後，依據動態過程所模擬之壽險公司於各個時點之資產與負債價值，預估保險公司未來之權益價值，並以此評估壽險公司之清償能力，為保險公司進行風險管理與決策提供協助。其中，本研究以違約機率(Default Probability，以下簡稱 DP)、風險值(Value at Risk，以下簡稱 VaR)與條件尾端期望值衡量壽險公司之清償能力。

因本研究以經濟資產負債模型所呈現之資產負債進行風險評估，即是以市場價值來衡量人壽保險公司之資產及負債組合，故所得之數值分析結果較能反映公司真實之風險。整體模型架構如下圖 3-1，接下來將針對各模型進行說明。

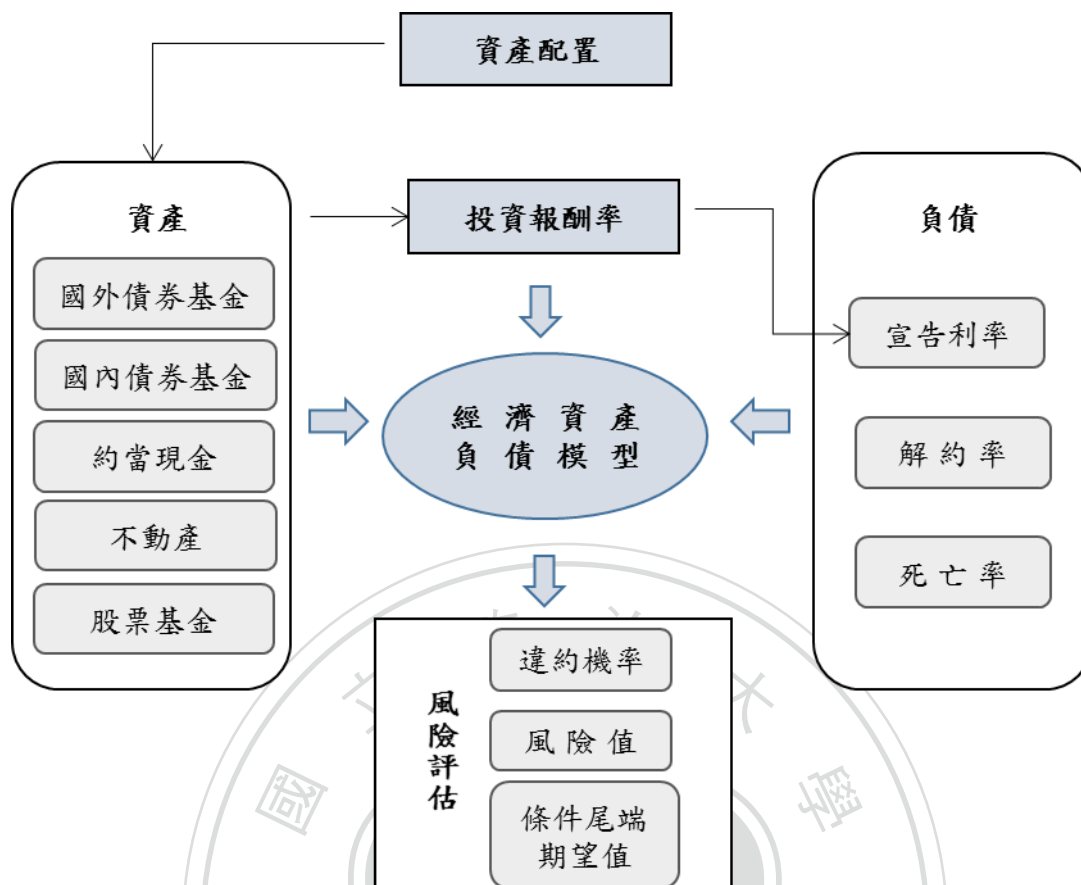


圖 3-1 模型架構圖

第一節 資產模型

本研究假設以壽險公司於期初所收之躉繳保費並除以初始之槓桿比例 π （資產負債率， $\pi \in [0,1]$ ）為期初資產，並投資於國內債券基金組合、國外債券基金組合、股票基金組合、約當現金與不動產五種投資標的，以此建構資產組合模型。其中如圖 3-2 所示，目前壽險公司所持有之國外投資以美元為主，故本研究之國外債券基金組合皆投資於美元債券，再以台幣評價其資產組合價值。建構資產組合模型後，以蒙地卡羅法模擬資產之現金流，並以此計算投資報酬率，詳細過程在後文數值分析論述，

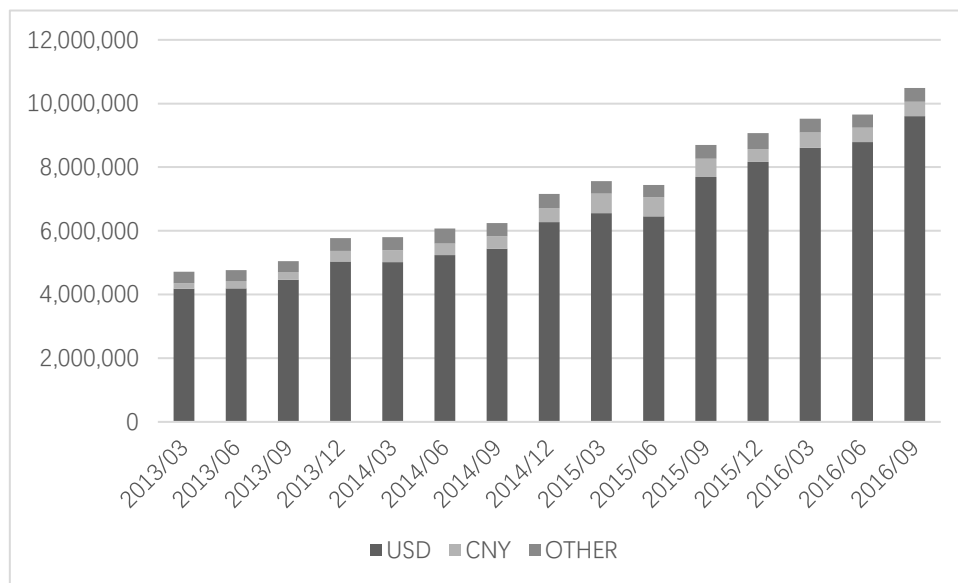


圖 3-2 台灣主要壽險公司外幣部位⁶（單位：新台幣千元）

資料來源：台灣經濟新報資料庫

一、 利率模型

Cox、Ingersoll and Ross (1985) (以下簡稱 CIR 模型)模型具有均值回歸(Mean Reversion)特性，同時其利率波動與利率的平方根呈正相關，其中模型假設利率不為負，符合實際市場短期無風險即期利率無負利率之情況。而且因其具有的均值回歸特性，當利率偏離均衡利率時，漂移項增加，利率加速均衡利率值靠攏，而其波動程度則會隨著利率的平方根變動，當利率下降時波動亦會下降，符合市

⁶ 共有 18 家公司，分別為三商人壽、中國人壽、臺銀人壽、台灣人壽、宏泰人壽、幸福人壽、保誠人壽、南山人壽、國寶人壽、朝陽人壽、新光人壽、國泰人壽、遠雄人壽、富邦人壽、全球人壽、中信人壽、第一金人壽與合作金庫人壽。

場之狀況。因此本研究採用 CIR 模型描述國內外即期利率長短期變化。模型如下：

$$dr_t^d = \kappa_r^d(\theta_r^d - r_t^d)dt + \sigma_r^d \sqrt{r_t^d} dW_t^d \quad (1)$$

$$dr_t^f = \kappa_r^f(\theta_r^f - r_t^f)dt + \sigma_r^f \sqrt{r_t^f} dW_t^f \quad (2)$$

其中， κ_r^d 、 $\kappa_r^f > 0$ 為國內、外利率均值回歸速度

θ_r^d 、 $\theta_r^f > 0$ 為國內、外長期均衡利率

σ_r^d 、 $\sigma_r^f > 0$ 為國內、外利率的變動度

W_t^d 、 W_t^f 為標準 Wiener 過程 (Standard Wiener process)

二、 國內債券基金組合

根據 CIR 模型，到期日為 T 的國內債券於時間點 t 時之價格封閉解如下：

$$B_{t,T}^d = b_1^d(t, T) \cdot e^{-b_2^d(t, T) \cdot r_t^d} \quad (3)$$

其中，

$$b_1^d(t, T) = \left[\frac{2\gamma e^{(\kappa_r^d - \bar{\phi} + \gamma)(T-t)/2}}{(\kappa_r^d - \bar{\phi} + \gamma)(e^{\gamma(T-t)} - 1) + 2\gamma} \right]^{2\kappa_r^d \theta_r^d / \sigma_r^{d2}}$$

$$b_2^d(t, T) = \frac{2(e^{\gamma(T-t)} - 1)}{(\kappa_r^d - \bar{\phi} + \gamma)(e^{\gamma(T-t)} - 1) + 2\gamma}$$

$$\gamma = \sqrt{\kappa_r^{d2} + 2\sigma_r^{d2}}$$

為簡化模型本研究假設期初銷售利變型壽險契約後不再有新契約進入，再以此所收取之躉繳保費部分投資債券基金組合，故時間點 $t=0$ 後不再買入債券基金組合，因此存續期間 τ 非為定值，持有債券到固定之到期日 T 為止，即 $\tau = T - t$ 。

三、 匯率模型

為研究匯率波動對國外債券價格造成的影響，本研究加入匯率之動態模型。參考林銘寬（2006）之模型假設，根據中立測度下的隨機利率平價理論模型，兩國匯率之變動為幾何布朗運動(Geometric Brownian Motion)，並服從利率平價理論之假設。但在本研究旨在探討未來保險公司之違約風險，所有模型皆建立在真實測度下，故匯率之平均成長率與波動度皆以歷史資料進行估計，其模型如下：

$$\frac{de_t}{e_t} = \xi_e dt + \sigma_e dW_t^e \quad (4)$$

$$\text{其中，} \xi_e = \mu_e + \frac{\sigma_e^2}{2} \quad (5)$$

ξ_e 為匯率瞬時成長率

μ_e 為匯率平均成長率

σ_e 為匯率歷史波動度

W_t^e 為標準 Wiener 過程

四、 國外債券基金組合

同國內債券基金組合，國外債券基金組合根據 CIR 模型，以美元計價到期日為 T 的國外債券於時間點 t 時之價格封閉解如下：

$$B_{t,T}^f = b_1^f(t, T) \cdot e^{-b_2^f(t, T) \cdot r_t^f} \quad (6)$$

其中，

$$b_1^f(t, T) = \left[\frac{2\gamma e^{\frac{(\kappa_r^f - \bar{\phi} + \gamma)(T-t)}{2}}}{(\kappa_r^f - \bar{\phi} + \gamma)(e^{\gamma(T-t)} - 1) + 2\gamma} \right]^{2\kappa_r^f \theta_r^f / \sigma_r^{f^2}}$$

$$b_2^f(t, T) = \frac{2(e^{\gamma(T-t)} - 1)}{(\kappa_r^f - \bar{\phi} + \gamma)(e^{\gamma(T-t)} - 1) + 2\gamma}$$

$$\gamma = \sqrt{\kappa_r^{f^2} + 2\sigma_r^{f^2}}$$

在得到美元計價之國外債券價格($B_{t,T}^f$)後，為使各資產組合間計價基礎一致，應把美元計價之國外債券價格單位轉換為台幣計價之單位，因此把美元計價之國外債券價格乘以當期模擬之匯率(e_t)，可得時間點 t 時之以台幣計價之國外債券價值 ($\hat{B}_{t,T}^f$)如下：

$$\hat{B}_{t,T}^f = B_{t,T}^f \cdot e_t \quad (7)$$

五、 股票基金組合

由於過去用於衡量股票組合的 Black and Scholes (1973)模型過於簡化，難以捕捉市場之波動，為能更適當的反映資產價格，本研究使用波動具有隨機項的 Heston (1993)隨機過程來描述股票基金組合之價格變動。該模型的特特在於隨機項亦為隨機過程，其變異數服從 CIR 模型，意即為該模型下的股票價格之波動會時間改變，但從長期看，因變異數具有均值回歸的特性，股票價格之波動會維持在一個均值回歸水準上，符合真實市場之現況，模型如下：

$$\frac{ds_t}{s_t} = \xi_s dt + \sqrt{v_t} dW_t^S \quad (8)$$

$$dv_t = \kappa_v(\theta_v - v_t) + \sigma_v \sqrt{v_t} dW_t^v \quad (9)$$

$$E^P(dW_t^S, W_t^v) = \rho dt$$

$$\text{其中，} \xi_s = \mu_s + \frac{\sigma_s^2}{2} \quad (10)$$

ξ_s 為股票瞬時報酬率

μ_s 為股票平均報酬率

v_t 為股票價值變異數

κ_v 為股票價值變異數之均值回歸速度

σ_v 為股票價值變異數之波動度

θ_v 為股票價值變異數之均值回歸水準

W_t^S 、 W_t^v 為標準 Wiener 過程且其相關係數為 ρ 。

六、 約當現金

約當現金為具高流動性之短期投資，其交易成本低且具有流動性，可視為現金，故可忽略流動性、到期日及利息變動對其價值的影響，故假設其價值變動僅僅受到利率之影響，其中利率為國內利率，服從 CIR 過程，其動態過程描述如下：

$$dM_t = r_t^d M_t dt \quad (11)$$

七、 不動產

跟據金管會之相關規定，不動產出租率達百分之六十且年化收益率不低於中華郵政股份有限公司牌告二年期郵政定期儲金小額存款機動利率加五碼為有合理之投資報酬率，符合保險法第一百六十四條之二第一項之規定，該項不動產為即時利用並有收益。故本研究假設不動產投資具有且只有租金收益，該收益為一高於中華郵政股份有限公司牌告二年期郵政定期儲金小額存款機動利率加五碼之定值，其動態過程描述如下：

$$dR_t = \mu_R R_t dt \quad (12)$$

其中， μ_R 為不動產租金收益。

八、 資產相關性

為使研究更貼近實際市場，本研究考量資產間之相關性，並探討相關性對於資產組合之影響。當兩資產間存在負的相關性時，存在自然避險的可能，為此資產間相關性有考量的必要，本研究假設壽險公司所投資之各項資產間具有相關性，

給定各項資產之標準 Wiener 過程分佈如下：

$$W \sim N(0, \Sigma) \quad , \quad \Sigma = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{rf}r^d & \rho_{er}d & \rho_{Sr}d & \rho_{vr}d \\ & 1 & \rho_{er}f & \rho_{Sr}f & \rho_{vr}f \\ & & 1 & \rho_{Se} & \rho_{ve} \\ & * & & 1 & \rho_{vS} \\ & & & & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{其中，} W = [W_t^d \quad W_t^f \quad W_t^e \quad W_t^S \quad W_t^v]$$

九、 投資策略

假設保險公司將資產配置於國內債券基金組合、國外債券基金組合、股票基金組合、約當現金與不動產五種投資標的之比例為 ω_{B^d} 、 $\omega_{\hat{B}^f}$ 、 ω_S 、 ω_M 及 ω_R ，此比例皆為常數且 $\sum_{i \in I} \omega_i = 1$ ， $\omega_i \geq 0$ ， $I \in \{B^d, \hat{B}^f, S, M, R\}$ 。故保險公司持有 $\phi_{B^d} = \frac{\omega_{B^d} A_t}{B_{t,T}^d}$ 單位的國內債券， $\phi_{\hat{B}^f} = \frac{\omega_{\hat{B}^f} A_t}{B_{t,T}^f}$ 單位的國外債券， $\phi_S = \frac{\omega_S A_t}{S_t}$ 單位的股票， $\phi_M = \frac{\omega_M A_t}{M_t}$ 單位的約當現金， $\phi_R = \frac{\omega_R A_t}{R_t}$ 單位的不動產部位，則 $A_t = \phi_{B^d} \cdot B_{t,T}^d + \phi_{\hat{B}^f} \cdot B_{t,T}^f + \phi_S \cdot S_t + \phi_M \cdot M_t + \phi_R \cdot R_t$ 。同時，資產在以總投資回報率累積外，還須扣除當期給付(B_t)與加上負債干擾項，其係數為 σ_B ，得到保險公司之資產模型如下式：

$$dA_t = (r_{A,t} A_t - B_t) dt + B_t \sigma_B dW_B dt \quad (13)$$

其中，

$$r_{A,t} = \omega_{B^d} \frac{dB_{t,T}^d}{B_{t,T}^d} + \omega_{\hat{B}^f} \frac{dB_{t,T}^f}{B_{t,T}^f} + \omega_S \frac{dS_t}{S_t} + \omega_R \frac{dR_t}{R_t} + \omega_M \frac{dM_t}{M_t} \quad (14)$$

第二節 負債模型

壽險公司負債主要來自於與保單持有人所簽定之保險契約，為簡化模型的同時使研究更貼近實際，本研究假設保險公司僅銷售保費占比最大的利率變動型壽

險契約，以此商品構成壽險公司之負債面。利率變動型壽險會以保險公司每月公佈之「宣告利率」為依據計算保單價值，非以固定之預定利率進行累積。宣告利率為保險公司依據保單的區隔資產實際投資報酬之收益扣除相關費用後，參考當期市場利率水準訂定。為使利變型壽險具有競爭力，並減少商品解約之現象，在保單設計時會附有最低利率之保證。

本研究參考主要人壽保險公司之利變型壽險的契約內容，宣告利率會根據保險公司運用區隔資產組合之實際績效，並參考市場利率訂定。然而監理機關為避免保險公司為大量銷售保單藉而盲目提高宣告利率，影響公司財務穩健，因此規範利變型壽險保單宣告利率之上限，使保單利率能夠反映投資績效，維持人壽保險公司財務穩健。故規定利變型壽險保單每月之宣告利率，不得高於前 12 個月移動平均投資報酬率加計 2 碼。

一、 宣告利率

在利變型壽險中，保單價值準備金是以預定利率進行累積，再將宣告利率高於最低保證利率(預定利率)的部分收益作為增值回饋金給回饋保戶，保戶可選擇增額繳清、現金給付、儲存生息方式領取，因法規限制利率變動型人壽保險商品保單年度屆滿六年者，其依利率變動調整值計算而得之金額才可以選擇採現金給付或儲存生息方式辦理。⁷因此本研究假設保戶皆選擇增額繳清方式，將增值回饋金加入保單價值準備金進行累積，並具有最低保證利率。故本本研究之宣告利率模型如下：

⁷金管保壽字第 10402542301 號令，發表日期：民國 104.3.17

$$r_p = \max(r_g, \min(I - S + E, F_t)) \quad (15)$$

其中，

r_g 為預定利率即為最低保證利率

I 為區隔資產實際投資報酬率

S 為公司相關費用及公司之合理利潤，應介於 0%與 3%之間

E 為短期調整項，介於正負百分之一內

F_t 為當期前 12 個月(不含宣告當月)移動平均投資報酬率加計二碼

二、 解約率模型

利變型壽險之解約模型使用反正切利差解約模型(Arctangent Surrender Rate Model)，且解約率不得超過上限(u_w)，亦不得低於下限(l_w)，其模型如下：

$$q_{x+t}^{(w)} = \max\{l_w, \min\{u_w, \beta_1 + \beta_2 * \tan^{-1}[\beta_3 * (r_{m,t} - r_p) - \beta_4]\}\} \quad (16)$$

其中， $q_{x+t}^{(w)}$ 為調整後解約率

$r_{m,t}$ 為市場參考利率，假設為台灣十年公債殖利率

三、 負債

本研究為方便在後續敏感度分析部分研究費用與合理利潤對壽險公司違約風險之影響，假設投保人皆繳交純保費，而壽險公司之相關費用及合理利潤則由宣告利率模型中的 S 項反映。同時將以群體(Cohort)概念計算負債面之價值，假設投保性別與投保年齡分佈為常態分配，並以此整合個體之死亡給付、解約金給付與躉繳純保費，以群體之躉繳純保費為期初負債。其結果如下：

$$L_0 = \sum_x NP_x \quad (17)$$

$$DB_t = \sum_x d_{x+t}^{(d)} \cdot \max \{ NP_x \cdot (1 + r_{p,t})^t, G \cdot NP_x \} \quad (18)$$

$$SB_t = \sum_x q_{x+t}^{(w)} \cdot NP_x \cdot (1 + r_{p,t})^t \cdot (1 - SC_t) \quad (19)$$

其中， NP_x 為 x 歲的被保險人之躉繳純保費

L_0 為期初總負債

DB_t 為第 t 年之總死亡給付

G 為保險契約所設定之給付之倍數。

SB_t 為第 t 年底總解約金給付

SC_t 為第 t 年底之解約費用率

在得到期初負債、總死亡給付與總解約金給付後，第 t 期的負債可以使用一遞回關係式表示，即當期累積負債為前一期累積負債扣除當期總給付 (B_t)。其中，當期總給付分為總死亡給付 (DB_t) 以及總解約金給付 (SV_t) 兩項。故負債之遞回式如下：

$$L_t = L_{t-1}(1 + r_{p,t}) - B_t \quad (20)$$

$$B_t = DB_t + SV_t \quad (21)$$

根據上述負債之遞回關係式，可得到負債模型如下：

$$dL_t = (L_{t+1} - L_t)dt = [L_t(1 + r_{p,t}) - B_t - L_t]dt = (L_t r_{p,t} - B_t)dt \quad (22)$$

第三節 資產負債模型

在以群體之躉繳純保費確定期初負債 L_0 後，以假設之資產負債率 π ($\pi \in [0,1]$) 得保險公司初始資產 $A_0 = \frac{L_0}{\pi}$ ，則期初股東權益為 $Q_0 = (1 - \pi)A_0$ 。此外本研究假設 t 與 $t+1$ 之時間跨度為一年，最後，透過資產與負債每期之變化，可以預測每期股東權益之情況。經濟資產負債模型表示如下：

$$\begin{aligned}
dQ_t &= dA_t - dL_t \\
&= (r_{A,t}A_t + B_t\sigma_B dW_B - L_t r_{p,t})dt
\end{aligned}
\tag{23}$$

第四節 清償能力分析

在模擬經濟資產負債模型後，公司即可根據每期模擬結果進行清償能力分析。本研究將運用三種常見的風險衡量指標——違約機率、風險值、條件尾端期望值來評估保險公司之違約風險。

一、 違約機率

現行信用評等之違約機率估計多採用內部違約經驗、對照外部資料與使用 Probit 模型、Logit 模型的統計違約模型等方法。而與現行估計每一信評等級之違約機率方法不同，本研究採用蒙地卡羅法模擬未來之現金流，以更直觀的方法計算違約機率，當預測之負債價值大於資產價值時即為違約，同時亦會與 Moody' s 統計的 1983-2010 年間全球加權平均累積違約機率進行比較，觀察壽險公司之信用評級。定義違約機率為在評估時點內，預測之負債價值大於資產價值，股東權益小於零保險公司發生違約（或稱為破產）之機率為違約機率，違約機率如下：

$$DP_t = \frac{t \text{ 時點違約數}}{t \text{ 時點模擬數}}
\tag{24}$$

二、 風險值

在預測損失之頻率後，應預估損失之幅度，為估計破產之幅度，本研究使用

1993 年 G30 集團發表的《衍生產品的實踐和規則》報告中提出的風險值來衡量破產情形。VaR 具有量化風險與跨資產比較的優點，並被廣泛運用於資本適足率計算與企業內部風險控管等。VaR 之概念為在一定的水準下，未來特定時間下之最大可能損失，本研究採用 99.5%信賴水準下之 VaR，其定義如下：

$$\text{VaR}_\alpha(Q_t) = \inf\{l | P(-Q_t > l) < 1 - \alpha\} \quad (25)$$

其中， α 為信心水準， $\alpha \in (0, 1)$

三、 條件尾端期望值

相較於 VaR，CTE 是建立在 VaR 上的尾端期望值，更能表現極端風險發生之可能性與幅度，是更為保守之風險衡量工具，CTE 之概念為在信賴水準設定下所計算之尾端損失的期望值。根據「人身保險業務應注意事項」規定，保單之利潤測試需通過 CTE65 之檢定，為此本研究為迎合法規並檢視極端情況下之風險，將檢視 65%信賴水準下與 99.5%信賴水準下之尾端損失的期望值公式如下：

$$\text{CTE}_\alpha(Q_t) = E[-Q_t | -Q_t > \text{VaR}_\alpha(Q_t)] \quad (26)$$

第四章 數值分析

第一節 參數估計

一、 短期利率

本研究之國內、外之短期利率模型參數估計皆參考 Kladiivko (2007)中估計 CIR 模型參數之方法。採用 2003 年至 2016 年之台灣十年期公債、二十年期公債殖利率之日資料與 2003 年至 2016 年之美國十年期公債、二十年期公債殖利率之日資料⁸，以用最小平方法 (Ordinary Least Squares) 求得模型之初始值後，再使用最大概似法(Maximum likelihood Estimation)分別求得國內、外之短期利率模型之均值回歸速度(κ_r)、長期均衡利率(θ_r)與波動度(σ_r)。由於三十年期公債市場並不活絡，本研究不採用三十年期公債之資料進行參數估計，估計結果如表 4-1。

二、 匯率

本研究以 2003 年至 2016 年台幣與美元匯率共 3,571 筆歷日資料⁹求得匯率過程之平均成長率(μ_e)與波動度(σ_e)，並以 (5) 式求得匯率瞬時成長率(ξ_e)，估計結果如表 4-2。

⁸資料來源：台灣經濟新報資料庫

⁹資料來源：美國彭博資訊公司 (Bloomberg)

三、 股票基金組合

本研究參考 Moodley (2005) 中估計 Heston 模型參數之方法，在給定參數之起始值(x_0)、上界(u_s)及下界(l_s)下，以非線性最小平方法(Non-Linear Least Square Method)估計最小化市場價格與以封閉解得之模型價格之差時的股票價值變異數(v_t)、股票價值變異數之均值回歸速度(κ_v)、股票價值變異數之波動度(σ_v)、股票價值變異數之均值回歸水準(θ_v)與 W_t^S 、 W_t^v 的相關係數(ρ)。並採用台股指數上下市之買權 2016 年 3 月 1 日至 2017 年 2 月 24 日共 34,256 筆之日資料¹⁰進行參數估計，結果如表表 4-3。

表 4-1、國內利率與國外利率 CIR 模型參數估計結果

年期	κ_r^d	θ_r^d	σ_r^d	κ_r^f	θ_r^f	σ_r^f
十年期	0.3242	0.0154	0.0328	0.4196	0.0298	0.0540
二十年期	0.6329	0.0200	0.0329	0.3880	0.0345	0.0473

表 4-2、匯率模型參數估計結果

匯率參數	μ_e	ξ_e	σ_e
估計值	$-2.0879 \cdot 10^{-5}$	$-1.7423 \cdot 10^{-5}$	0.0026

¹⁰ 資料來源：台灣經濟新報資料庫

表 4-3、Heston 參數估計結果

參數	ν_t	κ_ν	θ_ν	σ_ν	ρ
起始值	0.5	0.5	0.5	0.05	0.5
上界	1	100	1	0.5	0.9
下界	0	0	0	0	-0.9
估計值	0.0597	99.9981	0.0084	0.2987	0.0475

四、 相關係數矩陣

本研究以台灣十年期公債殖利率、美國十年期公債殖利率、台幣與美元匯率與台股指數之 2003 年至 2016 年歷史資料計算相互間相關係數，並以此生成正定的相關係數矩陣，採用 Cholesky 分解法獲得具有相關性的標準 Wiener 過程，其數值如下：

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 1 & 0.7558 & 0.4871 & -0.4466 & 0 \\ & 1 & 0.5207 & -0.5120 & 0 \\ & & 1 & -0.5953 & 0 \\ & * & & 1 & 0.0475 \\ & & & & 1 \end{bmatrix}$$

其中， $W = [W_t^d \ W_t^f \ W_t^e \ W_t^s \ W_t^v]$ ， $W \sim N(0, \Sigma)$

第二節 參數設定

一、 資產配置

本研究為簡化模型，假設壽險公司僅投資於資金運用占比較大的資產組合中，所有資產將被分別投資於國內債券基金組合、國外債券基金組合、國內股票基金

組合、約當現金及不動產五種資產組合。投資比例則參考金管會保險局公佈的 2016 年保險市場重要指標中的人身保險業資金運用表數據，並根據其中之趨勢，預期國外債券之比例上升，國內債券比例下降，假設其權重如表表 4-4 所示。

表 4-4、資金運用權重

資產組合	國內債券 (ω_{Ba})	國外債券 (ω_{Bf})	國內股票 (ω_S)	約當現金 (ω_M)	不動產 (ω_R)
權重	18%	68%	4.5%	4.5%	5%

二、 年齡分佈

本研究假設利變型壽險商品之男、女投保年齡服從常態分配，並參考現行壽險公司利變型壽險商品現況建立年齡分佈。其中，男性占總投保人數的 33.74%，投保年齡期望值為 45.10、標準差為 17.57；女性占總投保人數的 66.26%，投保年齡期望值為 49.26、標準差為 15.11。依照上述數據構建年齡分佈並扣除落於投保年齡外之樣本後，總投保人數(n)為 9,777 人。

三、 解約模型

依據現行監理法規規定，利變型保單至少收取 6 年解約費用，且須大於 1%。同時利變壽險之反正切利差解約模型之參數設定則參考 Cox(1993)之假設，並假設解約率不得超過上限(u_w) 30%，亦不得低於下限(l_w)0%，其假設如表 4-5：

表 4-5、利變壽險解約模型假設

市場參考利率($r_{m,t}$)		台灣十年期公債殖利率						
解約參數(β)		β_1	β_2	β_3	β_4	u_w	l_w	
		0.07	0.05	50	1	30%	0%	
解約費用 率(SC_t)	年度(t)	1	2	3	4	5	6	≥ 7
	費率(%)	4	3	2	1	1	1	0

四、保單假設

本研究所檢定之利率變動型人壽商品依據現行市場銷售之商品進行設定。假設共有 9,777 人投保，投保者年齡分佈服從前文之設定，年齡介於 0 歲至 80 歲之間，以躉繳之方式繳交保額 100 萬之純保費，並以預定利率($r_{m,t}$)累積保戶之保單價值準備金，同時宣告利率($r_{p,t}$)高於預定利率($r_{m,t}$)部分以增額繳清之方式回饋保戶，最後採用第五回經驗生命表估計保戶之死亡率，以保價金或所繳保費之 1.03 倍中大者給付死亡給付，假設如表 4-6：

表 4-6、利變型商品保單假設

商品	利率變動型人壽保險
投保人數(n)	9,777 人
投保年齡	0 歲至 80 歲
繳費方式	躉繳 (保額 100 萬之純保費)
預定利率($r_{m,t}$)	1.5%

合理利潤與費用(S)	2.5%
為短期調整項(E)	1.0%
死亡給付(DB_t)	保價金或所繳保費之 1.03 倍 (取其大者)
死亡率($q_{x+t}^{(d)}$)	第五回經驗生命表(2011 TSO)

第三節 模擬方法

假設 $t = 0$ 作為評價起始日，時點 t 與 $t + 1$ 之間跨度為一年，並以 $\Delta t = 1/252$ 模擬日利率、日資產與年負債價值 10000 次。其中資產部份包含國內債券基金組合、國外債券基金組合、國內股票基金組合、約當現金及不動產。

一、資產模擬

根據短期利率模型，依據參數估計之結果，國內短期利率(r_t^d)與國外短期利率(r_t^f)，模擬如下：

$$r_{t+\Delta t}^d = \left| r_t^d + \kappa_r^d (\theta_r^d - r_t^d) \Delta t + \sigma_r^d \sqrt{r_t^d \Delta t} Z_d \right| \quad (27)$$

$$r_{t+\Delta t}^f = \left| r_t^f + \kappa_r^f (\theta_r^f - r_t^f) \Delta t + \sigma_r^f \sqrt{r_t^f \Delta t} Z_f \right| \quad (28)$$

並以歷史資料模擬未來之匯率(e_t)：

$$e_{t+\Delta t} = e_t + e_t [\xi_e \Delta t + \sigma_e \sqrt{\Delta t} Z_e] \quad (29)$$

然後以 CIR 模型之封閉解，求得 20 年期之國內債券基金組合($B_{t,T}^d$)與以外幣計價之國外債券基金組合($B_{t,T}^f$)之價格。並將各時點以外幣計價之國外債券基金

組合價格與該時點之匯率(e_t)相乘，換算為以台幣計價之國外債券基金組合($\hat{B}_{t,T}^f$)之價格，國內、國外債券基金組合價格評價公式如下。

$$B_{t,T}^d = b_1^d(t, T) \cdot e^{-b_2^d(t, T) \cdot r_t^d} \quad (3)$$

$$B_{t,T}^f = b_1^f(t, T) \cdot e^{-b_2^f(t, T) \cdot r_t^f} \quad (6)$$

$$\hat{B}_{t,T}^f = B_{t,T}^f \cdot e_t \quad (7)$$

股票基金組合(S_t)與股票價值變異數(v_t)依參數估計值進行模擬：

$$S_{t+\Delta t} = S_t + S_t [\xi_s \Delta t + \sqrt{v_t \Delta t} Z_s] \quad (30)$$

$$v_{t+\Delta t} = |v_t + \kappa_v (\theta_v - v_t) \Delta t + \sigma_v \sqrt{v_t \Delta t} Z_v| \quad (31)$$

約當現金以國內短期利率進行成長：

$$M_{t+\Delta t} = M_t + r_t^d M_t \Delta t \quad (32)$$

不動產則依據保險業辦理不動產投資有關即時利用並有收益之認定標準及處理原則¹¹第二大點第二項規定“前款所稱合理之投資報酬率以不動產出租率達百分之六十（出租面積/持有面積）且年化收益率（年化收益/帳面價值）不低於中華郵政股份有限公司牌告二年期郵政定期儲金小額存款機動利率加百分之一點五為準。”同時參考目前現行壽險公司不動產投資收益率，不動產之年報酬率為固定 3%，其模擬公式如下。

$$R_{t+\Delta t} = R_t + 0.03 R_t \Delta t \quad (33)$$

¹¹ 金管保財字第 10402502361 號 發布日期：民國 104 年 3 月 6 日

二、 負債模擬

負債面之模擬與總死亡給付(DB_t)和總解約金給付(SV_t)兩項有關，上述兩項皆採用年變化之死亡率與解約率進行模擬，故此以年為單位模擬負債之價值，其模擬如下：

$$L_{t+1} = L_t(1 + r_{p,t+1}) - B_{t+1} \quad (34)$$

$$B_{t+1} = DB_{t+1} + SV_{t+1} \quad (35)$$

三、 經濟資產負債模擬

因負債皆以年變動作為模擬基準，為使時點一致，在模擬各項資產日資料後，將取各年度末日資料，按資金運用權重計算年投資報酬率($r_{A,t}$)，並以此計算資產之成長與負債面之宣告利率($r_{p,t}$)。

本研究以投保時躉繳之純保費做為初期負債(L_0)，初期資產(A_0)則為初期負債除以資產負債比($\pi = \frac{L_0}{A_0}$)，其比值參考壽險公司 2016 年底之平均資產負債比約為 0.95，故假設保險公司之期初資產負債比為 0.95，同時保險給付干擾項之變動參數(σ_B)假設為 0.01。其模擬如下：

$$A_{t+1} = A_t(1 + r_{A,t}) - B_t + B_t\sigma_B Z_B \quad (36)$$

$$L_{t+1} = L_t(1 + r_{p,t}) - B_t \quad (37)$$

$$Q_t = A_t - L_t \quad (38)$$

第四節 數值結果

根據上述之參數估計與設定值，分別模擬壽險公司在時間點十年、十五年與二十年之資產負債狀況並以此評估壽險公司之違約風險。同時，為使所呈現結果具有可比性與更直觀，本研究之 VAR 與 CTE 值之單位為每單位保費，即每單位保費下的最大可能損失，結果如表 4-8：

表 4-7、1983-2010 年間全球加權平均累積違約機率表

Rating	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aaa	0	0.016	0.016	0.048	0.086	0.132	0.182	0.186	0.186	0.186
Aa1	0	0	0	0.094	0.141	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158
Aa2	0	0.014	0.088	0.192	0.334	0.431	0.495	0.561	0.635	0.718
Aa3	0.048	0.127	0.182	0.254	0.327	0.38	0.415	0.435	0.444	0.502
A1	0.061	0.217	0.461	0.672	0.855	0.992	1.089	1.18	1.297	1.468
A2	0.065	0.174	0.351	0.578	0.788	1.073	1.463	1.918	2.324	2.642
A3	0.058	0.214	0.439	0.627	0.923	1.235	1.55	1.907	2.255	2.5
Baa1	0.146	0.38	0.643	0.897	1.204	1.501	1.801	2.016	2.207	2.473
Baa2	0.176	0.486	0.897	1.519	2.078	2.686	3.226	3.723	4.337	5.098
Baa3	0.302	0.876	1.558	2.219	3.099	3.993	4.84	5.847	6.79	7.735
Ba1	0.709	1.986	3.721	5.546	7.226	9.012	10.455	11.506	12.537	13.694
Ba2	0.8	2.286	4.198	6.249	8.077	9.538	10.953	12.522	13.97	15.243
Ba3	1.826	5.291	9.371	13.66	17.163	20.379	23.342	26.385	29.384	32.311
B1	2.512	6.969	11.678	15.866	20.159	24.509	29.191	33.167	36.694	39.935
B2	3.986	9.863	15.713	21.076	25.701	29.903	33.774	37.281	40.724	43.516
B3	7.584	16.097	24.299	31.262	37.199	42.764	47.117	51.039	53.727	56.154
Caa1	9.94	21.715	32.211	40.782	48.782	54.343	57.144	60.441	65.864	70.904
Caa2	19.045	30.446	39.104	46.371	51.475	55.336	58.498	61.973	65.153	70.38
Caa3	29.542	45.41	54.642	61.612	67.565	69.136	71.854	75.593	80.516	92.822
Ca-C	38.739	50.58	59.678	66.353	71.652	73.385	75.92	78.884	78.884	78.884
Inv	0.095	0.274	0.508	0.769	1.054	1.343	1.622	1.907	2.185	2.467
Spec	4.944	10.195	15.233	19.671	23.477	26.82	29.79	32.433	34.804	36.967
All	1.819	3.717	5.485	6.988	8.241	9.303	10.212	11.006	11.706	12.344

Rating	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Aaa	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186
Aa1	0.158	0.158	0.312	0.504	0.723	0.806	0.806	0.806	0.806	0.806
Aa2	0.812	0.919	0.985	1.012	1.044	1.179	1.392	1.638	2.039	2.328
Aa3	0.614	0.822	1.021	1.184	1.35	1.51	1.744	2.239	3.022	3.849
A1	1.661	1.857	2.096	2.396	2.689	3.101	3.525	4.002	4.193	4.382

A2	2.877	3.044	3.22	3.455	3.768	4.214	5.067	5.938	6.694	7.343
A3	2.777	3.113	3.516	3.928	4.553	5.21	5.808	6.74	7.548	8.332
Baa1	2.842	3.417	4.085	4.886	5.938	7.199	7.987	8.325	8.325	8.325
Baa2	5.99	6.873	7.657	8.468	9.303	10.052	10.893	11.752	12.571	12.977
Baa3	8.442	9.007	10.189	11.405	12.118	12.971	14.049	15.158	16.402	17.702
Ba1	14.804	16.262	17.257	18.085	19.505	20.585	21.774	23.288	25.714	27.53
Ba2	16.997	18.987	21.154	23.141	25.735	27.848	29.7	30.375	30.667	30.667
Ba3	34.619	36.725	39.272	42.941	45.543	48.002	49.971	51.734	53.574	55.247
B1	42.811	45.991	49.303	52.636	54.412	55.884	58.32	60.551	63.076	65.886
B2	45.95	47.937	50.187	52.736	56.664	59.499	60.985	64.384	64.895	64.895
B3	58.428	60.844	62.107	63.086	63.702	63.702	64.049	64.713	64.713	64.713
Caa1	75.409	76.229	76.229							
Caa2	74.745	74.745	74.745	74.745	77.166	81.516	82.671	82.671	82.671	82.671
Caa3										
Ca-C	78.884	78.884	78.884	78.884	78.884					
Inv	2.75	3.045	3.394	3.768	4.167	4.627	5.14	5.703	6.222	6.688
Spec	38.877	40.781	42.631	44.574	46.411	47.908	49.294	50.636	52.066	53.292
All	12.918	13.48	14.056	14.653	15.245	15.829	16.435	17.074	17.688	18.235

表 4-8、利變型壽險之違約風險

評價時點	DP	VaR(65)	VaR(99.5)	CTE(65)	CTE(99.5)
第十年底	7.93%	-0.2192	0.0971	-0.1271	0.1483
第十五年底	8.56%	-0.3096	0.1313	-0.1780	0.2038
第二十年底	8.81%	-0.4062	0.1565	-0.2325	0.2494

由上表可見壽險公司的違約機率在 8% 左右，根據 Moody's 統計的 1983-2010 年間全球加權平均累積違約機率表（見表 4-7），在第十年底時該違約機率落在信用評級 Baa3 與 Ba1 間，而在二十年底時該違約機率落在信用評等 Baa1 與 Baa2 間。可見以違約機率為基準台灣壽險業總體信用評等落在 Baa 區間，同時可以看到雖然壽險公司之破違約機率隨著評價時點的延長違約機率上升，與第十年底相比第二十年底時違約機率上升了約 10%，但與同期的全球公司加權平均累

積違約機率相比，其上升幅度明顯較低，使其之信用評等上升至 Baa1, 可見相對而言台灣壽險公司之違約機率對時間因數並不敏感。而 99.5%信心水準下的風險值在 0.1 附近，即壽險公司每收取 1 元保費，最大可能損失 0.1 元。而在 65%信心水準下的風險值則是隨著時間下降，與 99.5%信心水準下的風險值趨勢相反，這意味著在寬鬆的評估標準下，隨著時間的上升壽險公司的最大可能損失幅度下降，但在嚴厲的評估標準下，因有考量極端情況的發生，壽險公司的最大可能損失幅度會隨著時間上升。

第五節 敏感度分析

為研究各項因數對壽險公司違約風險之影響，以第十年底評價的數值結果作為基礎情景進行敏感度分析，探討宣告利率與匯率的影響，並把利率變動型壽險與傳統的壽險商品作比較。

一、 宣告利率

利率變動型商品最大特點在於其隨時間變動的宣告利率，因此該項因數之影響必須加以考慮。同時主管機關為限制各公司間低價競爭，亦對宣告利率加以限制，不得高於當期前 12 個月(不含宣告當月)移動平均投資報酬率加計二碼。在此限制條件下，宣告利率之變動與公司之資報酬率一致，公司之違約風險取決於公司選擇留存多少投資報酬作為合理利潤，即公司之合理利潤及相關費用(S)(介於 0%與 3%之間)。

從表 4-9 可以觀察出當 S 降低時，保險公司之違約機率與風險值顯著上升，

這意味著公司為吸引客戶減少自身利潤，提高宣告利率時，其違約風險、VaR 與 CTE 上升。以基礎情景為例，當公司減少 10%合理利潤時違約機率上升了 1%左右，減少 20%時則上升約 2.31%，違約機率呈現非線性的指數上升趨勢，公司減少合理利潤越多，違約機率上升速度越快，Moody' s 信用評級亦下降了一個等級，從 Baa3 落至 Ba1。同時違約之幅度亦上升，以 VaR(99.5)值為例，當公司減少 20%合理利潤時，即宣告利率提高 0.5%時，VaR(99.5)亦同比例的上升了 20%達到 0.1166，這意味著壽險公司每有 1 元保費，最大可能損失約為 0.12，最大可能損失率高達 12%。在存在法規限制之宣告利率上限之情況下，宣告利率對公司違約風險之影響依然十分顯著，主管機關對宣告利率之限制實屬必要。

表 4-9、宣告利率敏感度分析

S	DP	VaR(65)	VaR(99.5)	CTE(65)	CTE(99.5)
2%	10.24%	-0.1961	0.1166	-0.1077	0.1676
2.25%	8.87%	-0.2086	0.1059	-0.1183	0.1575
2.5%	7.93%	-0.2192	0.0971	-0.1271	0.1483
2.75%	7.31%	-0.2285	0.0876	-0.1343	0.1412
3%	6.88%	-0.2362	0.0829	-0.1402	0.1357

二、 匯率

自 2000 年來台灣處於利率的環境，壽險公司以較低利率的台幣投資高利率的外幣債券進行利差交易，2016 年時外幣部位以達到 62.71%。但穩定的兩國匯率是利差交易獲利的前提，在如此高的外幣曝險部位下，匯率的波動將嚴重影響

壽險公司的獲利能力，帶來違約的風險。

從表 4-10 可以發現，隨著匯率波動度的增加違約機率與風險值顯著增加，當匯率波動度增加 5%時，違約機率提升 2%~3%，與宣告利率相比匯率明顯更具有影響力，風險值亦明顯上升，當匯率波動是基礎情景假設的 1.1 倍時 CTE(99.5) 達 0.2144，即每收入 1 元保費的最大可能損失的 0.2144 元，最大可能損失率高達 21%，是基礎情景的 1.5 倍左右。同時可以發現當匯率波動較低時，違約機率亦明顯下降，當匯率波動是基礎情景假設的 0.9 倍時，其違約機率與 Moody's 信用評等 Baa2 相當，與 1.1 倍時相差兩個評級。壽險公司應正視匯率風險之影響，當發現匯率劇烈波動時，在投資決策時應進行匯率避險的工作或減少外幣之部位，避免因匯差損造成投資的損失；而當匯率平穩時，可以適當增加外幣資產的持有或是減少避險部位，採用利差交易策略(Carry trade)提高投資報酬率，使公司經營更為穩健。

表 4-10、匯率波動度敏感度分析

匯率波動度	DP	VaR(65)	VaR(99.5)	CTE(65)	CTE(99.5)
$1.10\sigma_e$	13.04%	-0.2034	0.1566	-0.1012	0.2144
$1.05\sigma_e$	10.41%	-0.2113	0.1253	-0.1144	0.1810
σ_e	7.93%	-0.2192	0.0971	-0.1271	0.1483
$0.95\sigma_e$	5.90%	-0.2266	0.0672	-0.1392	0.1159
$0.9\sigma_e$	4.18%	-0.2338	0.0404	-0.1506	0.0848

三、 與傳統壽險商品之比較

與傳統型的壽險商品相比，利率變動型壽險之最大特徵在於保單價值準備金以隨著投資報酬率變動的宣告利率進行累積，而傳統型的壽險商品則以固定之預定利率進行累積。利率變動型商品優點在於宣告利率會隨投資報酬率變動，在投資報酬高時，提高宣告利率把部分獲利回饋保戶，用以吸引客戶；資報酬低時，降低宣告利率減少損失，同時部分保戶選擇解約。按照上述的觀點，率變動型壽險相對於固定預定利率的傳統型壽險更為靈活，其違約風險應低於傳統型壽險。

從表 4-11 可以發現在各項參數皆一致的情況下，隨著預定利率的上升傳統型與利變型壽險的違約風險上升，但是利率變動型壽險的違約機率與風險值明顯高於傳統型壽險。這是因為利率變動型壽險的保單價值準備金之累積具有最低下限之保證即最低保障報酬率，其下限為預定利率。這意味著利率變動型壽險與傳統型壽險相比，當投資報酬率高於預定利率時，並不能獲得所有的收益，需要把部分收益回饋保戶；而當投資環境不景氣時，利率變動型壽險與傳統型壽一樣需要付出至少為預定利率的保價金累積，並沒有資報酬低時降低宣告利率減少損失之功能，在這情況下利率變動型壽險其資產的累積皆低於或等於傳統型壽險，其違約風險高於傳統壽險。故利率變動型壽險附有最低保證報酬率的情況下雖然更能吸引客戶，但其獲利能力與違約風險並不優於傳統型壽險。

表 4-11、與傳統壽險商品之比較

預定利率	DP	Var99.5	CTE99.5
傳統型壽險			
1.5%	4.35%	0.0459	0.0997

1.75%	7.19%	0.0941	0.1515
2%	11.34%	0.1512	0.2112

利率變動型壽險

1.5%	7.93%	0.0971	0.1483
------	-------	--------	--------



第五章 結論

本研究以資產負債模型為架構，在資產面加入了匯率因數並考慮各資產間的相關係數，在負債面則是模擬考量解約率與最低保證報酬率利率變動型壽險商品，在真實測度下採用蒙地卡羅法以實際市場資料模擬壽險公司之現金流，進而預測壽險公司之違約風險，以違約機率、VAR 值與 CTE 值進行評估，得出以下結果：

- 一、壽險公司之違約風險隨著時間上升，隨著評價時點延長違約機率上升。但根據 Moody's 統計的 1983-2010 年間全球加權平均累積違約機率表，可以發現壽險公司違約機率所對應之評級為 Ba1 級並會隨時間而上升，十年間從 Ba1 升至 Baa1，與同評級的全球公司加權平均累積違約機率相比，壽險公司之違約機率上升幅度明顯較低，因此相對而言壽險公司之違約機率對時間因數並不敏感。
- 二、宣告利率對壽險公司違約風險之影響十分顯著，當公司收取較低合理利潤時，即宣告利率處於高位時，壽險公司之違約機率上升，VaR 與 CTE 略有提高。以基礎情景為例，合理利潤降低 10% 時，即宣告利率上升 0.5% 時，違約機率上升約 2.31%，CTE 增加了 6.41%。同時違約風險的增長與宣告利率的變動呈現指數成長的趨勢，因此主管機關對宣告利率之上限加以限制實屬必要。
- 三、匯率因數是影響壽險公司違約風險的重要因素，其中匯率的波動度對壽險公司違約風險影響尤為顯著，當匯率波動提高時，違約機率亦大幅提高，每提高 5% 波動度違約機率上升 2%~3%，CTE 提高約 25%，同時當匯率

波動較低時，違約機率亦明顯下降，當匯率波動是基礎情景假設的 0.9 倍時，其違約機率與 Moody's 信用評等 Baa2 相當，與 1.1 倍時相差兩個評級，是影響壽險公司違約風險的主要因素。因此壽險公司採用利差交易策略提高投資報酬率的同時，須要謹慎的進行匯率避險的操作。

四、與傳統的壽險相比較，利率變動型壽險並沒如預想般優於傳統型壽險。

因利率變動型壽險附有最低保證報酬率，其違約機率、VaR 與 CTE 皆高於傳統型壽險。在具有最低保證報酬率的情況下，利率變動型壽險失去了靈活的特點，在投資報酬率不佳時無法降低宣告利率降低損失。這意味著隨著利率變動型商品的保費收入比重一直增加，壽險公司的穩定性在下降。



參考文獻

- A.Christian Silva, Victor M. Yakovenko, 2003, “Comparison between the probability distribution of returns in the Heston model and empirical data for stock indexes.” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 324, Pages 303-310
- Bacinello, A.R., 2001, “Fair pricing of life insurance participating contracts with a minimum interest rate guaranteed,” *ASTIN Bulletin* 31, 257-297.
- Bacinello, A.R., 2003, “Pricing guaranteed life insurance participating policies with annual premiums and surrender option,” *North American Actuarial Journal* 7, 1-17.
- Bacinello, A.R., 2003, “Fair valuation of a guaranteed life insurance participating contract embedding a surrender option,” *Journal of Risk and Insurance* 70, 461-487.
- Ballotta, L., Haberman, S., and Wang, N., “2006, Guarantees in with-profit and unitized with-profit life insurance contracts: Fair valuation problem in presence of the default option,” *Journal of Risk and Insurance* 73, 97-121.
- Briys, E., de Varenne, F., 1997, “On the risk of insurance liabilities: debunking some common pitfalls,” *Journal of Risk and Insurance* 64, 673-694.
- Cox, J., Ingersoll, J. and Ross, A., 1985, “A theory of the term structure of interest rates.” *Econometrica* 53, 385-407.
- Cassel, Gustav, 1918, “Abnormal Deviations in International Exchanges.” *The Economic Journal* 28, No. 112, 413-415.
- Gerstner, T., Griebel, M., Holtz, M., Goschnick, R., and Haep, M., 2008, “A general asset-liability management model for the efficient simulation of portfolios of life

insurance policies,” *Insurance: Mathematics and Economics* 42, 704-716.

Grosen, A. and Jorgensen, P.L., 2000, “Fair valuation of life insurance liabilities: the impact of interest rate guarantees, surrender options, and bonus policies.” *Insurance: Mathematics and Economics* 26, 37-57.

Grosen, A. and Jorgensen, P.L., 2002, “Life insurance liabilities at market value: an analysis of insolvency risk, bonus policy, and regulatory intervention rules in a barrier option framework.” *Journal of Risk and Insurance* 69, 63-91.

Heston, S., 1993, “A closed-form solution for options with stochastic volatility with applications to bond and currency options,” *Review of Financial Studies* 6, 327-343.

Kim, C., 2005, “Modeling surrender and lapse rates with economic variables,” *North American Actuarial Journal* 9, 56-70.

Kladivko, K. 2007. “Maximum likelihood estimation of the Cox-Ingersoll-Ross process: the Matlab implementation.” *Technical Computing Prague*.

Kling, A., Richter, A., and Ruß, J., 2007, “The interaction of guarantees, surplus distribution, and asset allocation in with-profit life insurance policies.” *Insurance: Mathematics and Economics* 40, 164-178.

Miltersen, K.R., Svein-arne Persson, 2003, “Guaranteed Investment Contracts: Distributed and Undistributed Excess Return.” *Scandinavian Actuarial Journal* 4, 257-279

Moodley, N. 2005. “The Heston Model : A Practical Approach with Matlab Code.” In *Technical Computing Prague*. Working paper.

Richard A. Meese, Kenneth Rogoff, 1983, “Empirical exchange rate models of the seventies: Do they fit out of sample?” *Journal of International Economics* 14, 3-24

MR Asay, PJ Bouyoucos, AM Marciano. 1993. “An Economic Approach to Valuation of Single Premium Deferred Annuities.” *Financial Optimization*, 101–35.

SH Cox, PD Laporte, SR Linney, L Lombardi 1993 “Single-premium deferred annuity persistency study.” *Transactions of Society of Actuaries*

Tanskanen, A.J., and Lukkarinen, J., 2003, “Fair valuation of path-dependent participating life insurance contracts.” *Insurance: Mathematics and Economics* 33, 595-609.

