臺大管理論叢 2015/6
第 25 卷 第 2 期 83-118
DOI: 10.6226/NTUMR.2015.MAY.R.10069

洪水保險風險衡量與動態財務模擬分析：以基隆河流域住宅洪災為例

A Simulation Study of Risk Measure and Dynamic Financial Analysis for Flood Insurance: An Example of Taiwan Keelung River District

楊曉文 / 國立中央大學財務金融學系教授
Sharon S. Yang, Professor, Department of Finance, National Central University

黃雅文 / 逢甲大學風險管理與保險學系副教授
Ya-Wen Hwang, Associate Professor, Department of Risk Management and Insurance, Feng Chia University

Received 2010/12, Final revision received 2014/5

摘 要

台灣近年廣受洪災損失威脅，本研究探討洪水保險保費擬定對保險公司經營洪水保險之影響。因洪災損失具巨災特性，本文目的在於考量尾端風險衡量指標做為洪水保險保費評估之依據，並以動態財務分析模擬比較尾端風險衡量指標和傳統期望值定價方法對公司財務的影響以及分析商品設計採自負額或再保險之影響。由於洪災損失具有地域性，本文以糠瑞林 (2005) 所發展之台灣洪災損失模型進行基隆河流域住宅洪災損失之模擬分析；動態財務分析之資產模型是依據台灣產險公司資產分佈來假設資產配置及資產動態過程。研究結果發現因洪災損失具厚尾分配性質，以期望值 (Expectation) 做為保費標準易使保險公司產生清償問題，以尾端風險衡量指標（如 CTE、TSD）衡量保費較能降低經營風險，且再保險機制可以顯著降低保險公司發行洪水保險之風險。本研究提供洪水保險保費評估之動態財務分析架構及盈餘評估結果，研究之架構及結果可提供政府與保險公司發行洪水保險之參考。

【關鍵字】洪水保險、風險衡量、動態財務分析

Abstract

In recent years, Taiwan has been threatened by flood risk. This study attempts to evaluate the flood insurance premium in Taiwan. Particularly, we focus on the catastrophic feature of flood losses and apply three tail risk measures to evaluate the premium. Dynamic financial analysis is carried out to examine the effect of risk measure on the financial soundness of the insurer. The effects of the deductible and reinsurance are also investigated. We employ the domestic flood model proposed by Kang (2005) to simulate flood loss using the Keelung River District as an example. The asset model for dynamic financial analysis is built based on the asset allocation of a domestic property liability insurance company. We find that the probability of insolvency of insurers is high when they apply the expected value to price flood insurance. In order to reduce the risk, insurers have to apply CTE or TSD to measure the premium for flood insurance. Moreover, we find that the reinsurance mechanism could significantly reduce the insolvency risk. The evaluation framework and the simulated results in this paper can benefit the government or insurance companies who deal with flood insurance.

【Keywords】flood insurance, risk measure, dynamic financial analysis

臺灣大學學術期刊論文授權

壹、前言

在全球暖化下，人們首當面對氣候變遷所造成之天然災害，根據瑞士再保險研究報告 (Swiss Re, 2014)，1999 至 2012 年全球災害損失逐年增加（見圖 1），2012 年全球共發生 168 件天然災害，造成 710 億美元保險損失 (Insured Losses)。值得注意的是從 2010 年開始自然災害次數高於人為災害次數，顯見全球受到氣候異常以及大自然威脅與日遽增，如何因應氣候異常現象所帶來的損失，已成為各國之防災重要課題。根據內政部 (2014) 統計[1]，我國在 1999 至 2012 年間包括颱風、水災、地震、龍捲風等天然災害共 136 次，平均每年發生 9.7 次，其中淹水災害年平均達 8.4 次之多[2]。因此，如何因應颱洪水災所造成之損失以及做好洪災風險管理，對我國政府與社會大眾而言，是亟需解決之課題。

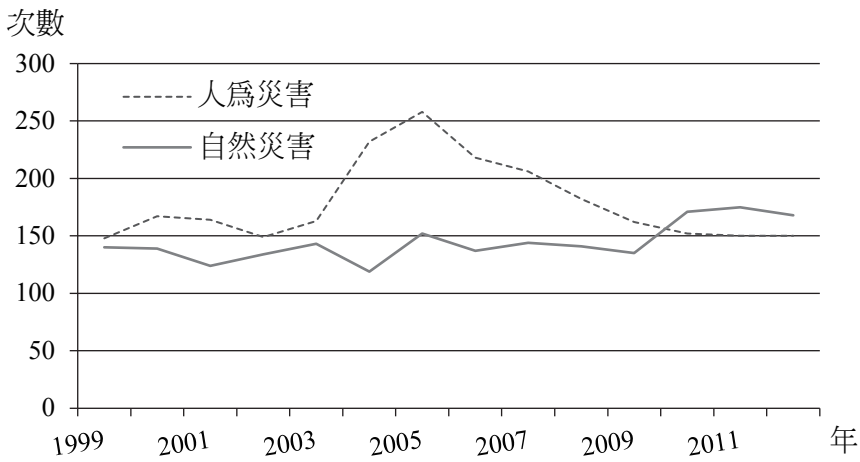


圖 1 1999~2012 年災害次數統計圖 (Swiss Re, 2014)

由於颱風與水災所造成的影響很廣，且嚴重程度很大，Ker and Coble (1998)、Wu and Kuo (1999)、Lin and Jeng (2000)、Cheng, Huang, Wu, Yeh, and Chang (2005)、Lai (2010)、Hsu, Huang, Chang, Chen, Hung, and Chiang (2011) 針對農林漁牧業產物等產業面對颱洪災害之風險值進行估算。Lai and Wu (2008, 2010) 提出洪災損失分配具長尾損失性質，張靜貞、蘇明道、糠瑞林、許文科、鄧慰先與周磊 (2007) 也提出洪災風險具巨災風險 (Catastrophic Risk) 特性[3]。以保險做為洪災風險管理工具為目前許多國家因

1 該統計資料自 1961 年開始，但自 1999 年開始區分災害類別（颱風、洪水、地震以及其他）。因此本研究統計與整理 1999 年後之資料。

2 本研究探討之洪水保險包含颱風與洪水所造成之損失，故統計颱風與水災所造成的淹水災害。

3 各國對巨災有其定義 (Skipper, 1998)，依美國財產理賠服務公司 (Property Claim Service) 之定義，巨災係指財產損失超過 50 億美金的天然災害。在國內未有清楚規範巨災金額。

臺灣人壽學術期刊資料庫

應洪災風險之方法，美國國會於 1968 年建立美國全國洪水保險計畫 (National Flood Insurance Program; NFIP) 並通過美國洪水保險法，透過美國聯邦急難管理局提供洪水保險，使居住於易患洪水地區居民獲得保險救助，英國自 1960 年已有商業洪水保險制度。Crichton (2002) 探討以保險做為降低洪災風險之重要性，並以英國和法國經驗來說明；Freeman and Kunreuther (2002) 提出以保險轉移天然災害風險的優點為災戶可以透過保險獲得損失補償，保險公司亦可透過保單之設計誘使保戶進行損失預防以降低風險，張瓊婷 (2007) 提倡以洪災風險交易制度作為一個符合成本有效性分析和分權式管理之工具。

目前台灣並無政策性之洪水保險，商業洪水保險主要附加於商業火災保險，亦有附加於其他產險商品中，如店鋪綜合保險，然而其投保率並不高。張靜貞、羅紀瓊與林振輝 (2003) 首先提出台灣洪水保險之可行性分析，以水患嚴重的基隆河汐止、五堵地區居民實地進行問卷訪查，分析此地區居民參加洪水保險之意願、願付保費之因素；賴麗華與謝秀宜 (2007) 探討台灣地區對於颱風洪水保險之需求，以 1999 至 2005 年資料進行實證分析[4]，發現政府天然災害補助金額會對洪水保險購買需求造成負向影響，而所得則是正向影響。洪鴻智與洪嘉宜 (2007) 以問卷調查方式探討產險業者對於洪水保險之承保意願、特性，並分析影響保費決策的重要因素。有鑑於全球氣候變遷，洪災所產生之損失日益嚴重，以商業洪水保險來轉移居民面臨洪水巨災風險為相關單位應探討之方向，因此本文將探討洪水保險費率擬定與保險公司經營洪水保險之財務健全性。

洪水保險費率擬定是推動洪水保險最重要的課題，而衡量洪災風險有賴於洪水損失模型，但洪災損失具地域性，故各國研究皆以地域性提出洪水損失模型 (Scawthorn, 1999; Crichton, 1999; Wurbs, Toneatti, and Sherwin, 2001; Ermolieva, Fisher, and Obersteiner, 2003; Gissing and Blong, 2004)。在國內洪災損失模型研究上，也是針對不同地區建立洪災損失模型，王如意與蘇明道 (2001) 以台北盆地及鹽水溪流域評估水災所造成之損失及危害度，其發現洪災損失呈現對數常態分配 (Lognormal Distribution)。糠瑞林 (2005) 亦支持淹水災害損失資料呈現對數常態分配之趨勢。其中糠瑞林 (2005) 針對基隆河流域之台北縣汐止市與基隆市七堵區進行研究，分析各重現期淹水損失機率密度函數表，並假設淹水次數服從卜松分配 (Poisson Distribution)。除此之外，張靜貞等 (2007)、蕭代基、黃星翔、洪銘堅、盧孟明與羅以倫 (2007)、Hsu et al. (2011) 皆使用卜松分配來模擬洪災損失發生機率。

本文以探討國內保險公司經營洪水保險之費率計算與財務健全性為研究課題。由

4 台灣目前尚無單獨洪水保險，該研究是以縣市為基礎之火災保險附加颱風洪水保險資料進行分析。

臺灣大學學術期刊資料庫

於各區域洪災損失模型皆不相同，本研究特以糠瑞林 (2005) 所探討之基隆河流域台北縣汐止市與基隆市七堵區為研究區域，以其在納莉颱風事件的受災問卷調查資料所建立之一般家戶家具、內裝與清潔之洪災直接經濟損失模型進行探討[5]。由於洪災損失有巨災風險特性，傳統保費原理是採用期望值做為風險衡量指標，無法反映巨災特質，若採用期望值做為計算保費之依據，易造成洪水保險發行者無力承擔洪災發生之損失。在因應具有巨災特質的保險評估上，許多學者提出尾端風險衡量指標 (Tail Risk Measure) 的適當性，如 Wang (1996, 2000)、Artzner, Delbaen, Eber, and Heath (1999)、Furman and Landsman (2005, 2006a, 2006b) 和 Dowd and Blake (2006)。因此本文探討巨災風險特性下洪水保險保費釐訂，並以尾端風險衡量指標來計算保費，過去洪災相關文獻中並無探討尾端風險衡量與洪水保險保費之計算，本研究將尾端風險衡量方法運用在洪災之保費衡量上。

然而，若反映巨災特性將造成保費較高，不同風險衡量指標對於保費的決定也不同，故本文進一步以動態財務分析 (Dynamic Financial Analysis; DFA) 來評估不同保費收取標準對產險公司經營洪水保險的影響。動態財務分析是財產保險公司常用來評估財務狀況的隨機模擬 (Stochastic Simulation) 方法，為分析保險公司資產負債管理的有效工具，並藉由建立資產及負債模型，可以幫助經營者與管理者瞭解與檢視保險公司目前及未來的財務狀況以及清償能力，如 Gorvett (1998)、許文彥與羅依雯 (2003)、D'Arcy and Gorvett (2004)、陳雅雯 (2004)。

為簡化模型，假設保險公司只經營洪水保險業務，並不考慮通貨膨脹、稅率等因素，但考量實務應用，將風險管理上所採用的保單自負額設計以及再保險安排納入，考量其對經營洪水保險的影響，本研究所提出的洪水保險動態財務分析架構及研究結果可供政府以及國內保險公司開發洪水保險之參考。

本研究章節安排如下：第貳節回顧各國與我國洪水損失模型之建立及保費衡量之風險衡量指標。第參節設立台灣洪災損失模型與洪水保險費評估模型，以及建構保險公司經營洪水保險之動態財務分析模型，並於第肆節進行實證分析與討論，並於第伍節提出本研究之結論。

5 糠瑞林 (2005) 所建立之各重現期淹水損失機率模型為基隆河流域一般家戶因颱風或洪水（豪暴雨）所致之洪災損失，或因氾濫所致損失，不包含基礎建設損害。洪災事件不僅會造成一般家戶家具、內裝與清潔之洪災直接經濟損失，亦會對工商業區域造成嚴重營業與經濟損失。受限於先驗研究之限制，本文僅考慮洪災事件對一般家戶家具、內裝與清潔所造成之直接經濟損失。

臺灣期刊資料庫

貳、文獻回顧

一、洪災損失模型之建立

洪災損失主要透過建立全機率洪水風險評估模型來分析，由於洪水損失具有地域性，各國研究皆針對地域性提出洪水損失模型，例如 Scawthorn (1999) 針對美國防洪保險計畫，利用水面高度與地形測量映射等資料來測量洪流風險，並發展出洪水保險費率地圖；Crichton (1999) 提出風險三角架構來評估洪災風險[6]，Kok, Vrijling, and Vogelsang (2002) 探討荷蘭洪水保險實務及洪災風險之潛在損失，並提出在最適防洪圍蘿設置下洪水保險保費之計算。Ermolieva et al. (2003) 則考量巨災風險之空間、時間以及決策因素三者之變異性，發展出最適模型計算洪水保險最適保費。Gissing and Blong (2004) 以澳洲新南威爾斯省坎普西區域為例，探討洪災所造成之商業損失，並提出洪災損失呈現對數常態分配之趨勢。

在國內洪災損失模型研究上主要是水利工程學界[7]，研究方向為針對不同地區建立洪災損失模型。方舟顧問有限公司 (1997) 最早以台灣潭底洋地區資料推估建立區域淹水深度－損失曲線，發現相同淹水深度下，淹水災害損失資料變異性很大。王如意與蘇明道 (2001) 以汐止地區過去洪災災損調查資料為基礎，對台北盆地與鹽水溪示範區的颱洪災害危險度進行完整之評估，發現洪災損失呈現對數常態分配。張齡方與蘇明道 (2001) 就住宅區之區域淹水損失推估提出結合地理資訊系統與社會經濟資料庫之整合方式，推估以家庭為單位之淹水深度－災害損失。

糠瑞林、蘇明道、張齡方與林美君 (2005) 以台北市納莉颱風中遭受淹水損失之工商業災損申報資料進行工商業災損與淹水深度關係之分析。而糠瑞林 (2005) 以基隆河流域之台北縣汐止市與基隆市七堵區在納莉颱風事件之一般家戶受災問卷調查資料進行研究，分析各重現期淹水損失機率密度函數表，並假設淹水次數服從卜松分配以及洪災損失呈現對數常態分配。張靜貞等 (2007) 以基隆河流域整治計畫為例，探討防洪工程之成本效益與風險評估，所採用的損失模型是依據國科會防災計畫辦公室所提供之淹水潛勢分析模組，再運用淹水潛勢模組與損害分析模組模擬得到基隆河流域之工商業與住宅區之洪災事件損失關係表來評估。

二、風險衡量指標

本研究的主要課題著重於洪災損失之巨災風險特性，考量尾端風險衡量指標來計算保費，許多學者也提出以尾端風險衡量指標來評估保費的適當性，如 Wang (1996,

6 包括 Exposure、Hazard 與 Vulnerability。

7 主要推動與資助單位包括國科會防災國家型科技計畫與經濟部水資源局。

臺灣博碩學術期刊資料庫

2000)、Artzner (1999)、Artzner et al. (1999)、Furman and Landsman (2005, 2006a, 2006b, 2010) 和 Dowd and Blake (2006)。風險值 (Value at Risk; VaR) 為最常見的尾端風險衡量指標，其最早由 Leavens (1945) 提出用來衡量投資組合風險，之後廣為使用，Holton (2002) 完整介紹 VaR 指標的財務上應用的歷史發展。然而，相關研究提出使用 VaR 做為風險衡量指標可能產生之問題，如 Wirch (1999) 及 Giorgio (2002) 認為 VaR 因不符合可加性原則，不適合用來衡量保險風險。Dowd and Blake (2006) 亦認為 VaR 為不適宜之風險指標，其建議採用同調性風險衡量指標 (Coherent Risk Measure)，其可以滿足風險衡量的五個重要公理[8]，並提出條件期望值 (Conditional Tail Expectation; CTE) 為簡單易懂之同調性風險衡量指標，適合用來衡量保險風險以及做為資本分配。Wang, Young, and Panjer (1997) 提出保費原則四個公理，Wang (2002) 首先提出以 CTE 做為資本分配之依據，Dhaene, Henrard, Landsman, and Vandendorpe (2008) 亦依據 CTE 做為資本分配原則並推導封閉解。

在 CTE 之後的研究，Furman and Landsman (2006a) 提出尾端風險標準差 (Tail Standard Deviation; TSD) 衡量指標，其計算原則以尾端風險值為基礎，並考量尾端之變異程度。並進一步比較損失符合不同分配包括常態、加瑪、柏拉圖等分配下，提出 TSD 較 CTE 可反映尾端風險。Furman and Landsman (2010) 進一步探討在多變量的 Tweedie 家族分配下，尾端風險指標在財務風險管理上的應用，因此風險衡量指標的探討無論在保險風險或財務風險皆受到重視。

參、台灣洪水保險保費與損失評估模型

有鑑於洪災損失具有地域性，本研究在建構洪水保險費率評估模型採用國內學者糠瑞林 (2005) 針對台灣基隆河流域所建立之模型，在保費衡量指標上，考量尾端風險衡量指標 (CTE 以及 TSD) 來決定。另外，本文亦納入保險公司經營洪水保險在商品設計上之風險管理策略，包括自負額及再保險的設計，以下說明損失模型與用以計算保費之風險衡量指標，並介紹動態財務分析模型。

8 Artzner (1999) and Artzner et al. (1999) 提出在保險風險衡量中同調性風險衡量指標之五個公理，所定義之風險同調性為：假設 X 和 Y 為兩任意之隨機變數，ρ 代表風險衡量方法，其可將 X 和 Y 轉換成非負之實數，即 $\rho: X,Y \rightarrow [0, \infty)$，若 ρ 為一同調風險衡量值，ρ 必須具備下列五個公理：
A1. *Monotonicit*: $X \leq Y$, $\rho(X) \leq \rho(Y)$.
A2. *Positive homogeneity: for all a,* $\rho(aX) = a\rho(X)$.
A3. *Translation invariance: all real numbers a,* $\rho(X+\rho r) \leq \rho(X) - a$.
A4. *Subadditivity: for all X and Y,* $\rho(X+Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$.
A5. *Conservatism:* $\rho(X) \leq \rho(X^-)$.

臺灣大學學術期刊資料庫

一、台灣洪災損失模型及保費衡量

由於洪災損失具地域性，本研究採用糠瑞林 (2005) 針對台灣基隆河流域所建立之洪災損失模型來評估洪災所造成之損失。其模型以台北縣汐止市與基隆市七堵區，在納莉颱風事件之一般家戶受災問卷調查資料進行研究，其損失為洪災所造成家具、內裝與清潔之直接經濟損失[9]。根據洪災損失模型之文獻研究發現，淹水災害損失資料呈現對數常態分配之趨勢，如王如意與蘇明道 (2001) 及 Gissing and Blong (2004)，並假設不同重現期[10]之淹水發生頻率服從卜松分配[11]。由於糠瑞林 (2005) 為目前我國洪災損失研究中對於模型假設及參數有較清楚呈現，本文延伸其模型來模擬各年度之洪災總損失 (L)，其計算如下：

$$L = \sum_{j=1}^{W}\left(\sum_{k=1}^{N_j} L_k^j\right), \tag{1}$$

其中，W 為不同之重現期情境，N_j 代表第 j 種重現期在一年內之發生次數，而 L_k^j 代表第 j 種重現期洪災發生第 k 次所致之洪災損失金額。

本研究以 MATLAB 軟體進行蒙地卡羅法來模擬未來每年度洪災損失之分配，模擬步驟如下：

步驟 1：取出一 Poisson (λ_j) 值，計算第 j 種重現期之發生次數 N_j。

步驟 2：取出 N_j 個 Lognormal (μ_j , σ_j) 值 $L_1^j, L_2^j, ..., L_{N_j}^j$ ，作為 N_j 次洪災之損失金額。

步驟 3：計算第 j 種重現期之損失 $\sum_{k=1}^{N_j} L_k^j = L_1^j + .. + L_{N_j}^j$ 。

依重現期次數重覆計算步驟 1 至 3，計算每種重現期之總損失分配 ($L = \sum_{j=1}^{W}\left(\sum_{k=1}^{N_j} L_k^j\right)$)。

洪水保險屬於財產保險，多以一年為保險期間，L 代表洪災年總損失隨機變數，而 L' 表示保險公司洪水保險所賠付之金額，若以 $\rho[]$ 代表風險衡量指標，則保費 (P) 的衡量可以表示為[12]：

$$P = \rho[L'] \tag{2}$$

9 受限於先驗洪災直接經濟損失模型建構之限制，本文僅考慮洪災事件對一般家戶家具、內裝與清潔所造成之直接經濟損失。

10 水文學上將水文量大於或等於某一特定值之發生時距稱為重現期距；而此重現期距之平均值（期望值）稱為重現期。某特定水文量所相對應之重現期，即表示發生大於或等於此水文量所需之平均年數 T。

11 參考張靜貞等 (2007)、蕭代基等 (2007)、Hsu et al. (2011) 皆使用卜松分配來模擬洪災損失發生機率。

12 公式 (2)、(3)、(7)、(16) 依據 Bowers, Gerber, Hickman, Jones, and Nesbitt (1997) 之精算原理及方法。

臺灣大學博碩士論文資料庫

在精算公平原則下，傳統保費原理是以期望值計算，公式 (2) 可表示為：

$$P = E[L'] \tag{3}$$

其中 $E[\ ]$ 代表期望值。本研究參考 Wang (1996, 2000)、Artzner et al. (1999)、Furman and Landsman (2005, 2006a, 2006b, 2010) 和 Dowd and Blake (2006)，分析不同尾端風險衡量指標下之保費及其對保險公司經營洪水保險的影響。相關保費衡量指標計算方式如下：

（一）風險值 ($VaR(\alpha)$) 衡量指標

風險值係指在既定 α% 信賴水準下，損失超過 $VaR(\alpha)$ 之機率為 1–α%，計算如下 (Furman and Landsman, 2006b)：

$$P = VaR(\alpha) = \inf\{l | F_{L'}(l) \geq \alpha\} \tag{4}$$

其中，$F_{L'}$ 為隨機變數 L' 之累積分佈函數。

(二) 條件期望值 ($CTE(\alpha)$) 衡量指標

在既定 α% 信賴水準下，計算尾端損失之期望值，即為條件期望值，定義如下 (Furman and Landsman, 2006b)：

$$P = CTE(\alpha) = E[L' \,|\, L' > VaR(\alpha)] = \frac{1}{\overline{F_{L'}}(VaR(\alpha))} \int_{VaR(\alpha)}^{\infty} l dF_{L'}(l) \tag{5}$$

其中，$E[|]$ 為條件期望值，$\overline{F_{L'}} = 1 - F_{L'}$，$CTE(\alpha)$ 為洪水保險賠付金額超過 $VaR(\alpha)$ 之期望值 [13]。

(三) 尾端風險標準差 ($TSD(\alpha)$) 衡量指標

Furman and Landsman (2006b) 提出尾端風險標準差衡量指標，計算原則為以尾端風險值為基礎，再加上尾端風險變異程度之修正項，TSD 計算方式如下：

$$P = TSD(\alpha) = CTE(\alpha) + \lambda\sqrt{TV(\alpha)} \tag{6}$$

其中，$TV(\alpha) = Var(L' | L' > TaR(\alpha))$，代表洪災損失超過 $VaR(\alpha)$ 之變異數，λ 為一非負常數，用來調整對 $TV(\alpha)$ 的衡量比重。因此，$TSD(\alpha)$ 除了計算尾端洪災損之期望值，也考量尾端風險變異程度。

由於洪災為巨災損失，保險公司經營此類保單可以設計被保險人之洪災損失超過自負額後才開始理賠，另保險公司也可尋求國際再保險市場之協助來轉移過於巨大之

13 CTE 也是期望值的概念，但其為尾端期望值，即考慮損失在某一信賴水準 (α) 以上的區間來計算，而傳統期望值是考慮損失的全段計算。若將計算 CTE 之 α 取 0%，則相當於是傳統期望值之概念。本研究以蒙地卡羅法模擬保費，參考糠瑞林 (2005) 之洪災損失模型 (表 1) 模擬洪災年總損失，重複十萬次後，可計算模擬損失之平均數。以 VaR(55) 為例，乃將模擬資料由小到大排序後，取出第 55,000 筆損失資料。CTE(55) 則是將後 45,000 組損失資料計算其平均值。TSD(55) 則為排序後之後 45,000 組損失資料之平均值再加上標準差之調整項。

臺灣人壽保險資料庫

洪災損失。在考慮自負額 C_1 與再保險機制 C_2 下[14]，保險公司洪水保險在損失發生時償付之金額 L' 可表示為[15]：

$$L' = \begin{cases} 0 & L \le C_1 \\ L - C_1 & C_1 < L \le C_2 \\ C_2 - C_1 & C_2 < L \end{cases} \tag{7}$$

由上式可知，在考量自負額下，保險公司在洪災損失低於 C_1 時不會理賠。而當該次洪災總損失超過 C_2，則將超過 C_2 的部份轉給再保險公司承擔。若保險公司不考慮自負額與再保險機制，則 $L' = L$，而保費可依公式 (3) 至 (6) 進行計算。

二、洪水保險動態財務模型

若以尾端風險衡量值來反映巨災特性將造成保費較高，不同風險衡量指標對於保費的決定也不同，為比較以尾端風險衡量指標所決定保費對保險公司之影響，本研究進一步以動態財務分析來模擬不同衡量指標下之財務狀況，並分析在自負額與再保機制下之影響。本研究建構洪水保險之動態財務分析模型，說明如下。

（一）資產動態假設

本文以國內保險公司常見的投資標的建立資產模型，包括存款、股票、本國債券、國外投資以及不動產，其動態隨機過程如下：

1. 存款

存款以無風險利率成長，假設利率 ($r(t)$) 之動態過程服從 CIR 模型 (Cox, Ingersoll, and Ross, 1985)：

$$dr(t) = a(b - r(t))dt + \sigma_r \sqrt{r(t)} dW^r(t) \tag{8}$$

其中，a 為利率反轉速度，b 代表利率之平均長期水準，σ_r 為利率變動之瞬間波動度，dW^r 代表隨機誤差項。存款 ($M(t)$) 之動態過程可以表示為：

$$\frac{\Delta M(t)}{M(t)} = r(t)\Delta t \tag{9}$$

14 自負額指被保險人發生意外事故時，被保險人所必須自行負擔的金額，本研究採扣減式自負額，亦即保險公司在付出理賠金額前，要保人或被保險人需先自行分擔部分損失 (C_1)。再保險為保險公司將承受風險的一部份分出給其他（再）保險公司，本研究採非比例再保險之累積超額賠款再保險型式，當年度洪災累積總損失（賠款）超過 C_2 時，由再保險人對超過的部分負責。

15 不考慮再保險佣金與再保險理賠攤回款項。

臺灣期刊資料庫

2. 債券

我國壽險公司持有債券以政府公債為主，以 $B_{TB}^{K}(t,r)$ 代表到期日為 K 年之政府公債在 t 時點下之價值，依據 CIR 模型，其價格計算可以表示為[16]：

$$B_{TB}^{K}(t,r)=\frac{1}{(1+R(r(t),t,K))^{K}} \tag{10}$$

其中，$R(r(t),t,K)=\dfrac{-\ln A(t,K)+B(t,K)r(t)}{K}$，$\gamma=\sqrt{a^2+2\sigma_r^2}$，

$A(t,K)=\left[\dfrac{2\gamma e^{(a+\gamma)K/2}}{(\gamma+a)(e^{(a+\gamma)K}-1)+2\gamma}\right]^{\frac{2ab}{\sigma_r^2}}$，$B(t,K)=\left[\dfrac{2(e^{(a+\gamma)K}-1)}{(\gamma+a)(e^{(a+\gamma)K}-1)+2\gamma}\right]$。

3. 股票

以 $S_i(t)$ 代表第 i 類股票在 t 時點之股票價格，以資本資產定價模型 (Capital Asset Pricing Model; CAPM) 來描述股價報酬之變動：

$$\frac{\Delta S_i(t)}{S_i(t)}=(1-\beta_i)\cdot r(t)+\beta_i\cdot E(r_m)\cdot\Delta t+\sigma_i\Delta W^m(t) \tag{11}$$

其中，β_i 為第 i 類股票貝它 (Beta) 係數，$E(r_m)$ 為股票市場平均報酬率，$\Delta W^m(t)\sim N(0,\Delta t)$。而股利收益金額為：

$$D_i(t)=S_i(t)\times\max(0,\mu_{D,i}\cdot\Delta t+\sigma_{D,i}\cdot\Delta W^m(t)) \tag{12}$$

4. 不動產

以 $RE(t)$ 代表在 t 時點之不動產價值，Rent(t) 為 t 時點下不動產租金收益，其動態過程分別為：

$$\frac{\Delta RE(t)}{RE(t)}=\mu_{RE}\Delta t+\sigma_{RE}\cdot\Delta W^m(t) \tag{13}$$

$$\text{Rent}(t)=(\mu_{\text{Rent}}\Delta t+\sigma_{\text{Rent}}\cdot\Delta W^m(t))\times RE(t) \tag{14}$$

5. 國外投資

國外投資部分主要探討美元對新台幣匯率之波動，因此以 $FE(t)$ 代表國外投資在時點之價值，其動態過程為：

16 為簡化模型本研究僅選擇一種到期日之債券，並持有至到期日後再重新購買相同到期日之債券。

臺灣大學學術期刊資料庫

$$\frac{\Delta FE(t)}{FE(t)} = \mu_{FE}\Delta t + \sigma_{FE} \cdot \Delta W^{m}(t) \tag{15}$$

（二）動態財務分析模型

動態財務分析下，保險公司收入面為洪水保險保費收入及投資收益，支出項為洪水保險損失之賠付金額。假設第 t 年初收取保費 $P(t)$，其保費釐定方式可根據 3.1 節公式 (3) 至 (6) 計算，並支付再保費用 $P_R(t)$ 給再保險公司，收入之金額投資在存款、債券、股票、不動產、以及國外投資中。以 $E(t)$ 代表保險公司在 t 期的盈餘[17]，可表示為：

$$\begin{cases} A(t) = \left[A(t-1) - L'(t-1) + P(t) - P_R(t)\right](1 + R(t)) \\ 1 + R(t) = \left(\sum_{i=1}^{M} w_i \times (1 + \delta_{i,t})\right) \\ E(t) = A(t) - L'(t) \end{cases} \qquad t \geq 1 \tag{16}$$

$A(t)$ 為第 t 年度保險公司資產價值，$A(0)$ 為期初資產價值。$L'(t)$ 為第 t 年保險公司洪災損失之理賠金額，依公式 (7) 計算 $L'(0) = 0$。考量自負額及再保險安排，以 4.1 節之洪災損失模型進行模擬。為簡化模型，本研究不考慮通貨膨脹、稅率等因素，$P(t)$ 和 $P_R(t)$ 分別為保費收入與再保險費支出（皆在期初發生），$P(t)$ 依據不同保費衡量方法（公式 (3) 至 (6)）所決定。$R(t)$ 為第 t 年總投資報酬率，假設共有 M 項投資標的，W_i 為第 i 項資產之投資比重，$\delta_{i,t}$ 為 $(t–1,t)$ 年間第 i 項資產之投資報酬率，並依據資產動態假設來計算。若 $E(t) < 0$，代表該年度保險公司資產小於負債，易形成產險公司因承保該險種而陷入失卻清償能力 (Insolvency) 或造成財務問題。

肆、實證結果與分析

一、台灣洪災損失模型以及保費衡量

假設洪災損失模型服從糠瑞林 (2005) 之模型，淹水損失發生頻率卜松分配 (λ_j) 及洪災損失之對數常態分配 (μ_j, σ_j) 服從表 1 參數表。重現期 (W) 有七種情形，分別為 2、5、10、25、50、100 與 200 年，以重現期 2 為例，其損失對數常態分配參數 (μ_j, σ_j) = (824431692,19456777)。

17 公式 (16) 乃參考 Huffman (1978) 之資產額份與基金累積價值計算公式，加以調整與修正反應本研究洪水保險的架構。

臺灣人學學術期刊資料庫

表 1 各重現期淹水損失機率密度函數

情境	重現期 ($1/\lambda_j$)	Lognormal (μ_j, σ_j)	
		μ_j	σ_j
1	2	824,431,692	19,456,777
2	5	191,200,000	24,213,726
3	10	120,400,000	24,408,390
4	25	1,840,200,000	28,542,911
5	50	2,276,300,000	29,284,437
6	100	2,554,200,000	32,029,106
7	200	3,184,700,000	33,337,879

圖 2 為模擬十萬次之未來一年可能洪災年總損失直方圖[18]，搭配圖 3 之常態性檢定 QQ 圖 (Quantile-Quantile Plot)，我們發現洪災損失非常態分佈，模擬損失之平均值為 19.37 億元，變異數為 0.0562，而偏態與峰態係數分別為 1.3269 與 4.7766，模擬之最大損失高達 185.61 億元，洪災年總損失圖形呈現右偏的高峽峰圖形，具厚尾分配性質。

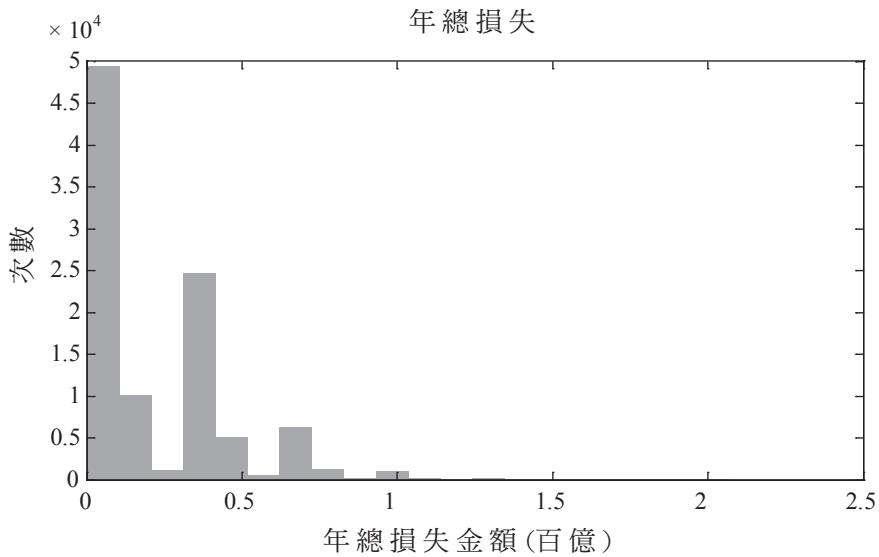


圖 2 洪災年總損失直方圖

臺灣大學學術期刊資料庫

18 10 萬次模擬中，有 41,774 次模擬之年總損失為 0。

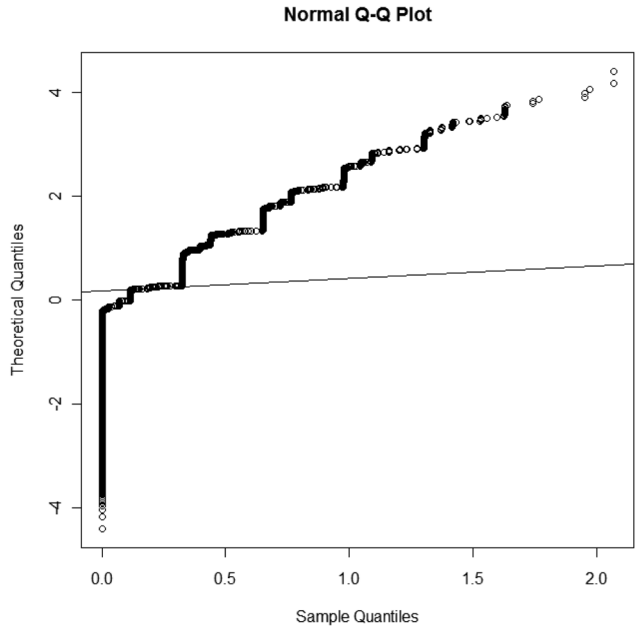


圖 3 洪災年總損失之常態性檢定 QQ 圖

保險公司可依據洪災年總損失分佈決定洪水保險之保費[19]，不同風險衡量指標所決定之保費高低不同，為比較分析，本文除計算不同分位數之 CTE 與 TSD 兩個指標外，也計算期望值和風險值。以個別產險公司經營單一洪水保險為例，表 2 顯示在不考慮自負額及再保情況下之保費，其中以期望值計算之保費收入為 19.37 億元，而 VaR(55) 與 VaR(60) 分別為 11.34 億元和 22.75 億元，其中 VaR(55) 仍較期望值低，顯示了 VaR 在費率計算上的問題。另外，以 CTE 和 TSD 所衡量出之保費遠超過 VaR 和期望值指標，在同樣 55% 信賴度下，CTE(55) 和 TSD(55) 分別為 40.81 億元和 46.78 億元，代表基隆河流域洪災損失具顯著之厚尾現象，採用期望值及風險值指標來計算保費，將嚴重低估風險[20]。

19 本研究在保費計算上是評估依據該地區洪災總損失下，在不同衡量標準下所應有的相對應保費收入，未來保險公司可因應市場佔有率的情況及不同保額的標準，進而計算個別保單的保費。

20 信賴水準 (α) 的選定沒有一定，其精神為 α 愈大則愈強調損失分佈的尾端，即愈重視較嚴重的損失。在風險管理上通常是選取較保守的 α，常見的是 95% 或 99%。本文探討不同風險衡量指標在定價上的問題，在數值的部份呈現不同 α 的情況，由於怕數值太冗長，僅選取較接近期望值之 α = 55% 及 60% 兩組來呈現，在此並沒有建議公司應該要用 55% 或 60%，另外，若選定較高的 α 如 90%，則會有過度反映風險的情況，並不適合在定價上的比較。至於最適 α 值的選取，則可以依據保險公司利潤測試來決定。

臺灣大學管理論叢

保險公司考量自負額及再保險後[21]，不同風險衡量指標下的保費如表 3 所示，注意，本研究假設原保險與再保險公司皆使用相同洪災損失模型（表 1），因此每年度收取原保費與再保費皆相同。在考量自負額下，保險公司之保費收入會下降，這是因為相對承擔之損失較低。另外，本研究以累積超額賠款再保險進行分析，假設再保險公司與原保險公司使用相同保費衡量公式，以期望值為例，在自負額 1 億、20 億以上損失轉再保險情境下，保險公司自留保費收入為 9.12 億元，9.67 億元為再保險費用。值得注意的是，若再保險公司以 VaR 計算再保險費率可能會出現再保費為 0 之情形，再次說明在此厚尾洪災損失模型下，風險值可能為不適當之風險衡量指標。但以 CTE 和 TSD 為保費衡量指標下的結果仍然較期望值高。由表 2 和表 3 的比較可以清楚發現轉再保險損失金額訂得越低，代表保險公司越將主要的風險轉移給再保險公司，保險公司的保費收入就會減少。

表 2 不同風險衡量指標下洪水保險保費收入（億元）[22]：不考慮自負額及再保險

保費衡量指標	保費收入
Mean	19.37
VaR(55)	11.34
VaR(60)	22.75
CTE(55)	40.81
CTE(60)	44.15
TSD(55)	46.78
TSD(60)	49.70

表 3 不同風險衡量指標下洪水保險保費收入（億元）：考慮自負額與再保險

保費衡量指標	保費收入		
	自負額 1 億	自負額 1 億	
		超過 20 億損失轉再保	超過 30 億損失轉再保
Mean	18.79	9.12 (9.67)	13.10 (5.69)
VaR(55)	10.34	10.34 (0)	10.34 (0)
VaR(60)	21.75	19.00 (2.75)	21.75 (0)
CTE(55)	39.81	18.32 (21.49)	27.17 (12.64)
CTE(60)	43.15	19.00 (24.15)	28.93 (14.22)
TSD(55)	45.78	18.58 (27.20)	27.75 (18.03)
TSD(60)	48.70	19.00 (29.70)	28.94 (19.76)

21 為簡化模擬起見，本研究假設未來 25 年洪災損失模型皆以表 1 進行估算，因此公式 (16) 中之保費皆為固定值。且再保費用也依相同洪災損失模型估算，且每年度皆為累積超額賠款再保險型式。

22 Furman and Landsman (2006a) 推導在 Pareto 下信賴度與 l 的關係，信賴度越低時，l 要取越低，但如何選擇 l 需要再深入研究，因此本研究參考 Furman and Landsman (2006a)，將 TSD 公式之 l 取 0.2。

臺灣博碩士論文期刊資料庫

二、洪水保險動態財務分析

在資產模型依據上，由於產險公司資產配置內容多元，包含存款、股票、債券、國外投資、不動產等項目，而國內外尚未有同時估計所有資產模型參數文獻，若不同資產引用不同文獻數據可能會失去其真實性，本研究就現行文獻資料中僅發現闕志勳、林義堅、黃怡盈、江珮甄、陳建廷與沈建名 (2002) 較為完整估計所有資產模型之參數，故以闕志勳等 (2002) 進行參數假設（表 4）。

表 4 參數設定表

利率		股票		
α	0.15		電子工業股	金融保險股
b	0.03	β_i	1.118564	0.95207
σ_r	0.05	σ_i	0.077298	0.5929
r_0	0.04	$\mu_{D,i}$	0.03	0.03
不動產		$\sigma_{D,i}$	0.01	0.01
μ_{RE}	0.05	$E(r_m)$	0.0253	
σ_{RE}	0.01	國外投資		
μ_{Rent}	0.03	μ_{FE}	0.02	
σ_{Rent}	0.01	σ_{FE}	0.0159	
債券				
K		10		

根據前一節所計算出之不同衡量指標下之保費收入，本研究依據洪災損失模型以及資產模型模擬未來 25 年保險公司經營洪水保險之盈餘概況，模擬次數為一萬次。國內保險法規定期初資本額 20 億[23]，故 $A(0)$ = 20 億。在投資策略部分，依據台灣產險業 2005 年至 2009 年資金運用統計表決定投資標的種類及比重，由表 5 可發現前三大投資比重主要為存款、股票、以及債券，而投資用不動產部分其比重部分歷年來皆低於 10%，且有逐年下降趨勢，國外投資比重約在 15% 左右。因此本文考量產險業之投資標的有存款、股票、債券、國外投資、不動產投資五類，在投資比重部分，2005 至 2009 年存款、股票[24]、債券、國外投資、不動產投資比例之平均分別為 19.58%、15.19%、17.34%、14.69%、7.67%，本研究假設存款、股票、債券、國外投資、不動產投資比例分別為 26%、20%、23%、20%、以及 10%。

23 依據保險業設立許可及管理辦法第二條之規定。

24 闕志勳等 (2002) 共考慮 20 種股票，但為簡化模擬，參考其投資比重之假設，選擇比重最高的電子工業股與金融保險股，投資比例各為一半。故本研究考慮五類共六項投資標的。

臺灣期刊學術期刊資料庫

表 5 產險業 2005-2009 資金運用比例表 (%)

項目／年	2005	2006	2007	2008	2009
存款	18.14	18.48	20.05	20.31	20.76
股票	16.39	15.63	16.23	11.22	16.34
債券	15.51	16.55	16.60	20.06	17.92
國外投資	13.42	14.92	16.20	15.08	13.83
不動產	9.01	7.94	7.12	7.65	6.74
其它	27.52	26.48	23.80	25.69	24.41

資料來源：保險事業發展中心 (2011)

以下分別說明考量不同風險衡量指標及自負額和再保險安排下，所模擬出之各年度盈餘分配[25]。

（一）風險衡量指標對經營洪水保險盈餘之影響

為比較期望值、風險值以及 CTE 及 TSD 四種風險衡量指標對於保險公司經營洪水保險盈餘之影響，表 6 列出年度累積盈餘為負之機率表。不考慮自負額與再保險機制下，在以期望值為保費情況下，累積盈餘為負的機率隨時間累積明顯增加，即洪災給付大於保費收入與投資累積的情況愈來愈明顯，5 年後保險公司累積盈餘為負機率有 29.24%，到 25 年末時，保險公司累積盈餘為負的機率超過 50%，原因在於洪災損失具厚尾分配性質，以期望值做為保費計收標準，在初期極易因偶發巨大損失，產生嚴重理賠而使保險公司產生清償問題，突顯了以期望值做為保費收入對保險公司經營洪水保險之風險。

以 VaR 計算保費下，累積盈餘為負的機率雖較以期望值計算的情況低，但其機率隨時間累積仍明顯的增加。以 CTE 及 TSD 為計費標準時，各年度累積盈餘為負的機率變化不大，且都維持在 2% 以下。依據前節保費數值，由於 TSD(55) 比 CTE(55) 保守，而 CTE(55) 又比 VaR(60) 保守，以愈保守的風險衡量值收取保費明顯降低累積盈餘為負的機率，TSD 為最保守的風險衡量指標，因此，改以 TSD 收取保費會使累積盈餘為負的機率顯著下降，若保險公司經營目標為未來 25 年內皆不會破產，則依表 6 結果，至少要以 TSD(55) 作為保費收取標準。

25 以下分析未考量通貨膨脹的因素。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 6 不同保費衡量指標下累積盈餘為負的機率

保費衡量指標	年度				
	t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25
Mean	29.24%	41.48%	47.76%	51.12%	53.25%
VaR(60)	20.40%	28.05%	31.52%	33.00%	33.89%
CTE(55)	1.56%	1.74%	1.74%	1.75%	1.75%
TSD(55)	0.69%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%

（二）風險衡量指標對盈餘之影響：考慮再保

本研究進一步探討再保險對累積盈餘的影響，由表 3 我們發現若以 VaR 為再保險費率衡量基礎，則再保險費率多為 0，顯示 VaR 為不適當之再保險費率衡量方法，因此表 7 不考慮 VaR。由表 7 我們發現，當保險公司將尾端風險轉移給再保險公司，則可顯著降低保險公司經營洪水保險之風險，保險公司發生累積盈餘為負的機率皆降低。但在再保險機制下，若仍用期望值來計算保費，則保險公司發生累積盈餘為負的機率仍偏高，以洪災損失 20 億以上轉由再保險公司承擔為例，25 年內累積盈餘為負的機率仍高達 33.36%，但在 CTE(55) 與 TSD(55) 下的累積盈餘為負的情況則不會發生，因此無論有無再保險機制，保費衡量指標對累積盈餘有顯著之影響。

表 7 不同保費衡量指標下累積盈餘為負的機率：考慮再保險

保費衡量指標		年度				
		t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25
損失 20 億以上再保	Mean	8.96%	19.89%	26.81%	30.58%	33.36%
	CTE(55)	0%	0%	0%	0%	0%
	TSD(55)	0%	0%	0%	0%	0%
損失 30 億以上再保	Mean	16.78%	31.09%	38.01%	41.93%	44.48%
	CTE(55)	0%	0%	0%	0%	0%
	TSD(55)	0%	0%	0%	0%	0%

（三）風險衡量指標對盈餘之影響：考慮自負額

表 8 為考慮自負額機制之分析結果，假設自負額為 1 億元，則保險公司累積盈餘為負的機率增加（較表 6 略高），這是因為在自負額機制下，保險公司所收取的保費會降低，所收保費變少，但保險公司仍承受極端洪災損失之風險，保險公司更易產生清償能力問題，但影響程度仍以期望值和風險值兩個指標較大，CTE 及 TSD 兩個尾端風險衡量指標之影響較低。

臺灣大學學術期刊資料庫

為進一步了解資產報酬對動態財務分析結果之影響，本研究針對資產之動態過程參數進行敏感度分析，除原始參數假設（表 4）外，並考慮其他四種情境（表 9），情境二將所有報酬率參數增加了原本的 50%，例如參數 b 為 0.45，情境三將所有報酬率參數降低了原本的 50%，情境四將所有波動度參數增加了原本的 50%，例如參數 σ_r 為 0.075，情境五將所有波動度參數降低了原本的 50%。

表 8 不同保費衡量指標下累積盈餘為負的機率：考慮自負額

保費衡量指標	年度				
	t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25
Mean	29.04%	41.25%	47.51%	50.82%	53.03%
VaR(60)	22.33%	30.32%	33.78%	35.48%	36.50%
CTE(55)	1.62%	1.81%	1.81%	1.82%	1.82%
TSD(55)	0.71%	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%

表 9 情境設定

情境	參數設定
一	參照原設定（表 4）
二	報酬率參數增加了原本的 50%
三	報酬率參數降低了原本的 50%
四	波動度參數增加了原本的 50%
五	波動度參數降低了原本的 50%

不同資產報酬率假設對累積盈餘為負機率之敏感度分析結果如表 10 到表 13。首先分析以期望值為收取保費基礎，在不考慮自負額與再保險機制下，保險公司在前 5 年累積盈餘為負之機率在情境一到情境五分別為 29.24%、28.45%、30.32%、28.83%、29.83%，情境二之機率稍微下降，這是因為情境二資產報酬率假設較高，而情境三之機率較情境一高是因為資產報酬率下降。由表 10 到表 13，我們可以發現相同保費衡量指標下，不同資產情境之累積盈餘為負之機率數值相似，影響保險公司是否能穩健經營洪水保險，最大影響因素仍為保費衡量方式。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 10 累積盈餘為負之機率 (%)- 無自負額無再保險

保費衡量指標	資產情境	年度				
		t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25
Mean	一	29.24	41.48	47.76	51.12	53.25
	二	28.45	39.84	45.04	47.87	49.40
	三	30.32	43.54	50.55	54.69	57.77
	四	28.83	40.71	46.61	49.75	51.64
	五	29.83	42.46	49.02	52.56	55.14
VaR(60)	一	20.40	28.05	31.52	33.00	33.89
	二	19.46	26.21	29.06	30.16	30.85
	三	21.53	30.00	33.94	36.15	37.73
	四	20.01	27.27	30.44	31.77	32.58
	五	20.62	28.66	32.34	34.10	35.23
CTE(55)	一	1.56	1.74	1.74	1.75	1.75
	二	1.42	1.59	1.59	1.60	1.60
	三	1.64	1.85	1.87	1.87	1.87
	四	1.45	1.63	1.63	1.64	1.64
	五	1.59	1.79	1.79	1.80	1.80
TSD(55)	一	0.69	0.73	0.73	0.73	0.73
	二	0.66	0.68	0.68	0.68	0.68
	三	0.72	0.77	0.77	0.77	0.77
	四	0.68	0.71	0.71	0.71	0.71
	五	0.72	0.76	0.76	0.76	0.76

表 11 累積盈餘為負之機率 (%)-20 億轉再保險

保費衡量指標	資產情境	年度				
		t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25
Mean	一	8.96	19.89	26.81	30.58	33.36
	二	6.51	16.61	22.44	25.38	27.61
	三	11.98	23.48	31.49	36.29	39.86
	四	7.66	18.11	24.56	28.18	30.63
	五	10.72	21.77	28.96	33.19	36.09
CTE(55) TSD(55)	累積盈餘為負機率在不同情境下皆為零					

臺灣大學學術期刊資料庫

表 12 累積盈餘為負之機率 (%)-30 億轉再保險

保費衡量指標	資產情境	年度				
		t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25
Mean	一	16.78	31.09	38.01	41.93	44.48
	二	15.70	28.40	34.59	37.34	39.28
	三	18.82	34.20	41.55	46.70	50.20
	四	16.20	29.85	36.43	39.85	42.07
	五	17.99	32.61	39.59	43.96	46.67
CTE(55)	累積盈餘為負機率在不同情境下皆為零					
TSD(55)						

表 13 累積盈餘為負之機率 (%)- 自負額 1 億

保費衡量指標	資產情境	年度				
		t = 5	t = 10	t = 15	t = 20	t = 25
Mean	一	29.04	41.25	47.51	50.82	53.03
	二	28.28	39.72	44.89	47.73	49.28
	三	30.04	43.27	50.35	54.46	57.52
	四	28.70	40.51	46.33	49.51	51.39
	五	29.48	42.08	48.67	52.24	54.80
VaR(60)	一	22.33	30.32	33.78	35.48	36.50
	二	21.29	28.35	31.32	32.56	33.25
	三	23.24	32.13	36.25	38.83	40.46
	四	21.73	29.31	32.67	34.09	34.95
	五	22.90	31.27	34.98	36.92	38.17
CTE(55)	一	1.62	1.81	1.81	1.82	1.82
	二	1.50	1.68	1.68	1.69	1.69
	三	1.72	1.93	1.95	1.95	1.95
	四	1.58	1.75	1.75	1.76	1.76
	五	1.69	1.89	1.89	1.90	1.90
TSD(55)	一	0.71	0.75	0.75	0.75	0.75
	二	0.68	0.70	0.70	0.70	0.70
	三	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80
	四	0.68	0.72	0.72	0.72	0.72
	五	0.73	0.78	0.78	0.78	0.78

臺灣大學學術期刊資料庫

伍、結論

近年來台灣飽受洪災損失風險之威脅，為落實以洪水保險管理洪災風險之可行性，保費擬定以及確保公司經營洪水保險之財務健全性是首要考量的，故本文主要探討洪水保險費率的決定。由於洪災損失具巨災性質，傳統以期望值衡量費率易造成保險公司無法因應巨災特性之洪水損失，進而造成清償能力問題，因此本研究提出以尾端風險衡量指標來決定保險費率的概念，並以動態財務分析方法比較三種不同洪水保險保費擬定之尾端風險衡量法 (VaR、CTE 及 TSD) 和保險公司之經營風險。在動態財務分析的模型建構上，由於洪災損失具有地域性，本研究採用糠瑞林 (2005) 所發展之台灣基隆河流域洪災損失模型來評估損失的金額，資產模型則是依據台灣產險公司的資產分佈來假設資產配置及資產動態過程，並進一步分析自負額和再保險的設計對保險公司經營洪水保險的影響。

假設不考慮通貨膨脹與稅賦下，模擬結果分析發現在傳統以期望值為保費的情況下，不論是否考慮再保險與自負額機制，累積盈餘為負的機率隨時間累積明顯的增加，以 VaR 計算保費的情況，累積盈餘為負的機率雖較以期望值計算的情況低，但累積盈餘為負的機率隨時間累積仍明顯的增加。以尾端風險衡量指標 CTE 及 TSD 為計費標準時，各年度累積盈餘為負的機率變化不大，在沒再保險的情況都維持在 2% 以下，而在有再保險的情況可使累積盈餘為負的機率在未來 25 年內皆不會發生。由於洪災損失具厚尾分配性質，以期望值做為保費計收標準，在初期極易因偶發巨大損失，產生嚴重理賠而使保險公司產生清償問題，突顯了以期望值做為保費收入對保險公司經營洪水保險之問題，因此保險公司若要將經營風險降低，則需考慮以尾端風險衡量指標做為保險費率擬定之基礎。然而，當保險費率越高，則保險需求將會下降，因此最適費率與需求間之影響為後續延伸探討之重點。

另外，考量自負額與再保險機制下，尤以再保險機制可以顯著降低保險公司發行洪水保險之風險，這是因為將極端事件轉移再保險公司承擔。但值得注意的是，在考量自負額與再保險機制下，若保險公司仍以期望值計算保費，則無法顯著降低原保險公司之風險，因為在自負額與再保險機制下，都會使保險公司自留保費降低，因此，更無法抵抗偶發之極端洪災損失。

本研究提供保險公司經營洪水保險之動態財務分析模型，並呈現風險衡量指標對公司經營洪水保險之影響，以及分析再保險機制與自負額的效果，在後續研究上，未來可以延伸考量最適自負額或最適再保險額度的評估，以及最適之風險衡量指標之參數選取。此外，本研究是以保險公司經營洪水保險之角度進行動態財務分析，並以個別產險公司經營單一洪水保險商品而所獲得結論，未來研究可朝向由政府部門推動與進行洪水保險之安排，其保費規劃與財務穩定計畫皆會有所差異。在洪水損失模型的部份，受限於先驗洪災直接經濟損失模型建構之限制，本文僅考慮洪災事件對一般家

臺灣大學圖書館期刊線上版

戶家具、內裝與清潔所造成之直接經濟損失。且洪災損失有其地域性，本研究所採用之模型是以基隆河流域之新北市汐止區與基隆市七堵區的住宅洪災為例，未能涵蓋所有台灣不同地區實際情況。近年來國內工程單位積極研發洪水損失模型，未來若有更具代表性的模型提出時，後續研究則可延伸採用不同的洪水損失模型來評估，可讓未來國內在洪災風險管理上能有更多的突破。另外，在資產模型的部份，由於國內保險業資產配置涵蓋之投資標的較多，建構保險業多資產模型可供精算實務上使用亦為後續研究之重點。

臺灣大學學術期刊資料庫

A Simulation Study of Risk Measure and Dynamic Financial Analysis for Flood Insurance: An Example of Taiwan Keelung River District

Sharon S. Yang, Professor, Department of Finance, National Central University

Ya-Wen Hwang, Associate Professor, Department of Risk Management and Insurance, Feng Chia University

Summary

Flood insurance is one of the tools to manage flood risk in many countries such as the United States and the United Kingdom. The existing literatures regarding flood risk focus on constructing regional flood loss assessment approaches, such as Scawthorn (1999), Crichton (1999), Wang and Su (2001), Chang and Su (2001), Kok et al. (2002), Ermolieva et al. (2003), Gissing and Blong (2004), Kang (2005), Chang et al. (2007), Shaw et al. (2007), and Hsu et al. (2011). For example, Crichton (1999) applied the risk triangle method to evaluate flood loss. Wang and Su (2001) and Gissing and Blong (2004) find that the loss severity of flood loss follows a lognormal distribution. Chang et al. (2007), Shaw et al. (2007), and Hsu et al. (2011) find that the frequency of flood loss incidence follows a Poisson distribution. On the other hand, some papers discuss the feasibility of issuing flood insurance, such as Lai (2010), Chang et al. (2003), Lai and Hsieh (2007) and Hung and Hung (2007). These papers find that the premium is the main factor when people consider buying a flood insurance policy.

In Taiwan, there is no commercial flood insurance, but some insurers issue commercial fire insurance with coverage for flood risk. In view of the increasing number of serious flood loss events in Taiwan in recent years, there is a strong driving force to understand the use of flood insurance to manage flood risk, and determining the proper premium to ensure financial soundness when issuing flood insurance is critical for insurers. Therefore, this study attempts to study the premium for flood insurance executed in Taiwan. In particular, we focus on the risk measure for calculating the premium and its impacts on the financial strength of the insurance company. To achieve this goal, we perform Dynamic Financial Analysis (DFA) to investigate the surplus distribution for issuing flood insurance.

The traditional pricing method relies on the mean of loss distribution under the given hazard. Because flood loss has the characteristic of catastrophic risk, using the traditional pricing method might underestimate the flood risk and could cause a solvency problem to the insurance company. Therefore, this study proposes the use of tail risk measures, including

臺灣人壽學術期刊資料庫

Value at Risk (VaR), Conditional Tail Expectation (CTE) and Tail Standard Deviation (TSD), to determine the premium for flood risk. Due to flood loss being associated with geographical features, this study employs the domestic flood model proposed by Kang (2005) to simulate flood loss using Taiwan Keelung River District as an example. The key dynamics underlying the flood loss model are frequency and severity. Kang (2005) assumes that the frequency of flood loss incidence follows a Poisson distribution and the loss severity follows a lognormal distribution. In addition, to conduct DFA, we consider the realistic asset allocation strategy based on the property-liability insurance industry in Taiwan, with asset classes that cover deposits, domestic stocks, domestic bonds, real estate, and foreign investment. We then employ the stochastic asset models to simulate the investment return for the insurer.

By numerical analysis, we study the influences of risk measures on the pricing of flood insurance by simulating the surplus distribution and calculating the probability of the accumulated surplus turning negative over time. The designs of reinsurance and the deductible for flood insurance are also taken into account. We ignore inflation and tax in calculating the surplus. By using the traditional pricing method (i.e., the mean of loss distribution), the simulation result demonstrates that no matter whether reinsurance and the deductible are considered or not, the probability of the accumulated surplus turning negative increases overtime. When VaR is used to calculate the premium, although the probability of the accumulated surplus turning negative is lower than the traditional pricing method, it is still significantly increasing, and the accumulated surplus will still turn negative overtime. In contrast, when CTE and TSD are used to determine the premiums, the probability of the accumulated surplus turning negative is not affected by time, and is maintained under 2% without reinsurance, and the probability of the accumulated surplus turning negative will not occur in the next 25 years with the reinsurance mechanism. Therefore, the use of the tail risk measures of CTE and TSD in calculating the premium for flood insurance can reflect the catastrophic feature of flood loss and protect the insurer against the solvency problem.

In addition, in consideration of the mechanisms of the deductible and reinsurance, the reinsurance mechanism can significantly reduce the risk of the original company issuing flood insurance, as the extra cost due to extreme events can be transferred to the reinsurance company. However, of particular importance is that even under consideration of the deductible and reinsurance mechanisms, if the insurance company still calculates their premium based on the traditional pricing method, the original insurance company will not reduce their risk, which is due to the retained premium being reduced under the mechanisms

臺灣大學學術期刊資料庫

and being unable to cope with occasional extreme flood loss. According to dynamic financial analysis, the numerical result indicates the problem of the traditional pricing method in terms of dealing with the catastrophic feature of flood losses and addresses the importance of tail risk measures in the pricing of flood insurance. To the best of our knowledge, the existing literature does not discuss the application of tail risk measures in the pricing of flood insurance. The framework of dynamic financial analysis and the findings can form a useful reference for government authorities and insurance companies to implement flood insurance in the future.

In this paper, we incorporate the flood loss model proposed by Kang (2005). This model is built on Taiwan Keelung River District and only covers the loss for residential buildings and furniture. In practice, the insurer may design flood insurance with a different coverage and different geographical locations. Therefore, a proper flood loss model is important for pricing flood insurance and deserves further study. In addition, the optimal deductible and reinsurance are also of great concern for the insurer operating flood insurance, and we recommend that these two subjects would be evaluated in the near future.

臺灣大學學術期刊資料庫

參考文獻

內政部，2014，***內政統計年報：消防－災害損失***，http://www.moi.gov.tw/stat/index.asp，搜尋日期：2014 年 2 月 5 日。(Ministry of the Interior. 2014. ***Statistical yearbook of interior***. http://www.moi.gov.tw/stat/index.asp. Accessed Feb. 5, 2014.)

方舟顧問有限公司，1997，***洪災保險制度（潭底洋地區）案例調查分析***，台北，台灣：經濟部水資源局。(Fangchou Consultant Company. 1997. ***National flood insurance program pilot study: A case study for Tang-Dee-Yang area, Taiwan***. Taipei, Taiwan: Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs.)

王如意與蘇明道，2001，***台北盆地及鹽水溪流域示範區颱洪災害危險度分析***（三），台北，台灣：經濟部水資源局。(Wang, Ru-Yih, and Su, Ming-Daw. 2001. ***Analysis and evaluation of flooding damage losses in Taipei basin and Yanshuei river basin***. Taipei, Taiwan: Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs.)

保險事業發展中心，2011，***保險資料庫***，http://www.tii.org.tw/fcontent/database/sta_test/database04.asp，搜尋日期：2011 年 3 月 10 日。(Taiwan Insurance Institute. 2011. ***Insurance statistics database***. http://www.tii.org.tw/fcontent/database/sta_test/database04.asp. Accessed Mar. 10, 2011.)

洪鴻智與洪嘉宜，2007，不確定環境下的洪災保險供給決策，***臺灣經濟預測與政策***，37 卷 2 期：75-110。(Hung, Hung-Chih, and Hung, Jia-Yi. 2007. The decision process of flood insurance supply under uncertainty. ***Taiwan Economic Forecast and Policy***, 37 (2): 75-110.)

張靜貞、羅紀琼與林振輝，2003，基隆河汐止、五堵地區居民參與洪災保險意願之研究，***臺灣經濟預測與政策***，34 卷 1 期：39-61。(Chang, Ching-Cheng, Lo, Joan C., and Lin, Zin-Fei. 2003. The willingness to participate in flood insurance of the residents in the Shijr and Wu-doo area of Keelung River. ***Taiwan Economic Forecast and Policy***, 34 (1): 39-61.)

張靜貞、蘇明道、糠瑞林、許文科、鄧慰先與周磊，2007，防洪工程之成本效益與風險評估－以基隆河流域整治計畫為例，***臺灣經濟預測與政策***，37 卷 2 期：111-137。(Chang, Ching-Cheng, Su, Ming-Daw, Kan, Jui-Lin, Hsu, Wen-Ko, Teng, Wei-Hsien, and Chou, Lei. 2007. The cost-benefit analysis and risk assessment of public projects: A case study of the Keelung River basin integrated flood control plan. ***Taiwan Economic Forecast and Policy***, 37 (2): 111-137.)

張瓊婷，2007，洪水風險交易制度之建構與分析，***臺灣經濟預測與政策***，37 卷 3 期：

臺灣博碩士論文知識加值系統

83-105。(Chang, Chiung-Ting. 2007. Risk trading in flood management. ***Taiwan Economic Forecast and Policy***, 37 (3): 83-105.)

張齡方與蘇明道，2001，空間資料於洪災損失推估之應用，***農業工程學報***，47 卷 1 期：20-28。(Chang, Ling-Fang, and Su, Ming-Daw. 2001. Application of spatial data to damage estimations in flood. ***Journal of Taiwan Agricultural Engineering***, 47 (1): 20-28.)

許文彥與羅依雯，2003，以動態財務分析作為產險業的早期預警系統，***風險管理學報***，5 卷 2 期：215-231。(Shiu, Wen-Yan, and Lo, Yi-Wen. 2003. Using DFA as early warning system for property-liability insurance industry. ***Journal of Risk Management***, 5 (2): 215-231.)

陳雅雯，2004，***壽險公司現金流量模型之建構***，國立政治大學風險管理與保險學研究所未出版之碩士論文，台北，台灣。(Chen, Ya-Wen. 2004. ***The construction for a cash flow model of a life insurance company***. Unpublished master's thesis of Department of Risk Management and Insurance, National Chengchi University, Taipei, Taiwan.)

蕭代基、黃星翔、洪銘堅、盧孟明與羅以倫，2007，淡水河流域洪災損失機率風險分析，***臺灣經濟預測與政策***，37 卷 3 期：31-53。(Shaw, Dai-Gee, Huang, Hsing-Hsiang, Horng, Ming-Jame, Lu, Mong-Ming, and Lo, Yi-Lun. 2007. ***Taiwan Economic Forecast and Policy***, 37 (3): 31-53.)

賴麗華與謝秀宜，2007，台灣地區颱風洪水保險需求之研究，***保險專刊***，23 卷 1 期：73-90。(Lai, Li-Hua, and Hsieh, Hsiu-Yi. 2007. The demand for typhoon and flood insurance in Taiwan. ***Taiwan Insurance Review***, 23 (1): 73-90.)

糠瑞林，2005，***區域淹水災害風險評估及其未確定性分析***，國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所未出版之博士論文，台北，台灣。(Kang, Jui-Lin. 2005. ***Regional flood risk assessment and uncertainty analysis***. Unpublished doctoral dissertation of Department of Bioenvironmental Systems Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

糠瑞林、蘇明道、張齡方與林美君，2005，工商業淹水災害損失曲線，***臺灣水利季刊***，53 卷 2 期：21-30。(Kang, Jui-Lin, Su, Ming-Daw, Chang, Ling-Fang, and Lin, Mei-Chun. 2005. Depth-damage curves for flood loss assessments in industrial and commercial sectors. ***Journal of Taiwan Water Conservancy***, 53 (2): 21-30.)

闕志勳、林義堅、黃怡盈、江珮甄、陳建廷與沈建名，2002，***財產保險業動態清償能力模擬系統－使用手冊***，國立政治大學資訊管理學系專案報告，台北，台灣。(Chueh, Chih-Hsun, Lin, Yi-Jian, Huang, Yi-Ying, Jiang, Pey-Jen, Chen, Chien-

臺灣大學圖書館期刊資料庫

Ting, and Shen, Jian-Ming. 2002. ***The dynamic solvency prediction system in property-liability insurance***. Project report of Department of Management Information Systems, National Chengchi University, Taipei, Taiwan.)

Artzner, P. 1999. Application of coherent risk measures to capital requirements in insurance. ***North American Actuarial Journal***, 3 (2): 11-25.

Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M., and Heath, D. 1999. Coherent measures of risk. ***Mathematical Finance***, 9 (3): 203-228.

Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., and Nesbitt, C. J. 1997. ***Actuarial Mathematics***. Schaumbur, IL: The Society of Actuaries.

Cheng, J. D., Huang, Y. C., Wu, H. L., Yeh, J. L., and Chang, C. H. 2005. Hydrometeorological and landuse attributes of debris flows and debris floods during typhoon Toraji, July 29-30, 2001 in central Taiwan. ***Journal of Hydrology***, 306 (1-4): 161-173.

Cox, J. C., Ingersoll, J. E., and Ross, S. A. 1985. A theory of the term structure of interest rates. ***Econometrica***, 53: 385-408.

Crichton, D. 1999. The risk triangle. In Ingleton, J. (Ed.), ***Natural Disaster Management***: 102-103. London, UK: Tudor Rose.

_____. 2002. UK and global insurance responses to flood hazard. ***Water International***, 27 (1): 119-131.

D'Arcy, S. P., and Gorvett, R. W. 2004. The use of dynamic financial analysis to determine whether an optimal growth rate exists for a property-liability insurer. ***Journal of Risk and Insurance***, 71 (4): 583-615.

Dhaene, J., Henrard, L., Landsman, Z., Vandendorpe, A., and Vanduffel, S. 2008. Some results on the CTE-based capital allocation rule. ***Insurance: Mathematics and Economics***, 42 (2): 855-863.

Dowd, K., and Blake, D. 2006. After VaR: The theory, estimation, and insurance applications of quantile-based risk measures. ***Journal of Risk and Insurance***, 73 (2): 193-229.

Ermolieva, T. Y., Fisher, G., and Obersteiner, M. 2003. ***Integrated modeling of spatial and temporal heterogeneities and decisions induced by catastrophic events***. International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report No. IR-03-023.

Freeman, P. K., and Kunreuther, H. 2002. Environmental risk management for developing countries. ***Geneva Papers on Risk and Insurance***, 27 (2): 196-241.

Furman, E., and Landsman, Z. 2005. Risk capital decomposition for a multivariate

臺灣大學學術期刊資料庫

dependent gamma portfolio. ***Insurance: Mathematics and Economics***, 37 (3): 635-649.

_____. 2006a. On some risk-adjusted tail-based premium calculation principles. ***Journal of Actuarial Practice***, 13 (1): 175-190.

_____. 2006b. Tail variance premium with applications for elliptical portfolio of risks. ***ASTIN Bulletin***, 36 (2): 433-462.

_____. 2010. Multivariate tweedie distributions and some related capital-at-risk analyses. ***Insurance: Mathematics and Economics***, 46 (2): 351-361.

Giorgio, S. 2002. Measures of risk. ***Journal of Banking and Finance***, 26 (7): 1253-1272.

Gissing, A., and Blong, R. 2004. Accounting for variability in commercial flood damage estimation. ***Australian Geographer***, 35 (2): 209-222.

Gorvett, R. W. 1998. ***Dynamic financial analysis of property-liability insurance companies***. Unpublished doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign, IL.

Holton, G. A. 2002. ***History of value-at-risk: 1922-1998***. Working paper, Contingency Analysis, Boston, MA.

Hsu, W. K., Huang, P. C., Chang, C. C., Chen, C. W., Hung, D. M., and Chiang, W. L. 2011. An integrated flood risk assessment model for property insurance industry in Taiwan. ***Natural Hazards***, 58 (3): 1295-1309.

Huffman, P. J. 1978. Asset share mathematics. ***Transactions of Society of Actuaries***, 30: 277-286.

Ker, A. P., and Coble, K. H. 1998. On choosing a base coverage level for multiple peril crop insurance contracts. ***Journal of Agricultural and Resource Economics***, 23 (2): 427-444.

Kok, M., Vrijling, J. K., and Vogelsang, M. P. 2002. Risk of flooding and insurance in the Netherlands. In Baosheng, W., Zhao-Yin, W., Guangquan W., Gordon G. H. H., Honwei, F., and Jinchi, H. (Eds.), ***Flood Defence***: 149-154. New York, NY: Science Press.

Lai, L. H. 2010. Risk estimate of rice damaged due to flood. ***Nonlinear Analysis: Real World Applications***, 11 (3): 1243-1248.

Lai, L. H., and Wu, P. H. 2008. Estimating the threshold value and loss distribution: Rice damaged by typhoons in Taiwan. ***African Journal of Agricultural Research***, 3 (12): 818-824.

_____. 2010. Risk analysis of rice losses caused by typhoon for Taiwan. ***Contemporary***

臺灣大學學術期刊資料庫

Management Research, 6 (2): 141-157.

Leavens, D. H. 1945. Diversification of planning. ***Trusts and Estates***, 80: 469-473.

Lin, M. L., and Jeng, F. S. 2000. Characteristics of hazards induced by extremely heavy rainfall in central Taiwan-Typhoon Herb. ***Engineering Geology***, 58 (2): 191-207.

Scawthorn, C. 1999. ***Modeling flood events in the US***. Paper presented at the Euro conference on global change and catastrophe risk management, Luxemburg, Luxembrurg.

Skipper, H. D. 1998. ***International Risk and Insurance: An Environmental-Managerial Approach***. New York, NY: McGraw-Hill.

Swiss Re. 2014. ***Sigma world insurance database***. http://www.sigma-explorer.com/. Accessed Feb. 5, 2014.

Wang, S. S. 1996. Premium calculation by transforming the layer premium density. ***ASTIN Bulletin***, 26 (1): 71-92.

_____. 2000. A class of distortion operators for pricing financial and insurance Risks. ***Journal of Risk and Insurance***, 67 (1): 15-36.

_____. 2002. ***A set of new methods and tools for enterprise risk, capital management and portfolio optimization***. CAS Risk Capital Management Call Paper Program, CPP-26, SCOR Reinsurance Company.

Wang, S. S., Young, V. R., and Panjer, H. H. 1997. Axiomatic characterization of insurance prices. ***Insurance: Mathematics and Economics***, 21 (2): 173-183.

Wirch, J. L. 1999. Raising value at risk. ***North American Actuarial Journal***, 3 (2): 106-115.

Wu, C. C., and Kuo, Y. H. 1999. Typhoons affecting Taiwan: Current understanding and future challenges. ***Bulletin of the American Meteorological Society***, 80 (1): 67-80.

Wurbs, R., Toneatti, S., and Sherwin, J. 2001. Modelling uncertainty in flood studies. ***Water Resources Development***, 17 (3): 353-363.

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄

附錄比較保費衡量指標期望值、風險值、CTE 及 TSD 對於保險公司經營洪水保險盈餘之影響。圖 4 列出各風險衡量指標在不同年度的盈餘分佈情形，不同保費衡量指標下之累積盈餘分佈變化隨著時間的累積愈來愈明顯，例如在第 25 年時，以 TSD(55) 及 CTE(55) 為保費基礎下之盈餘往右移的程度較顯著，代表公司盈餘增加，累積盈餘為負的機率則降低。

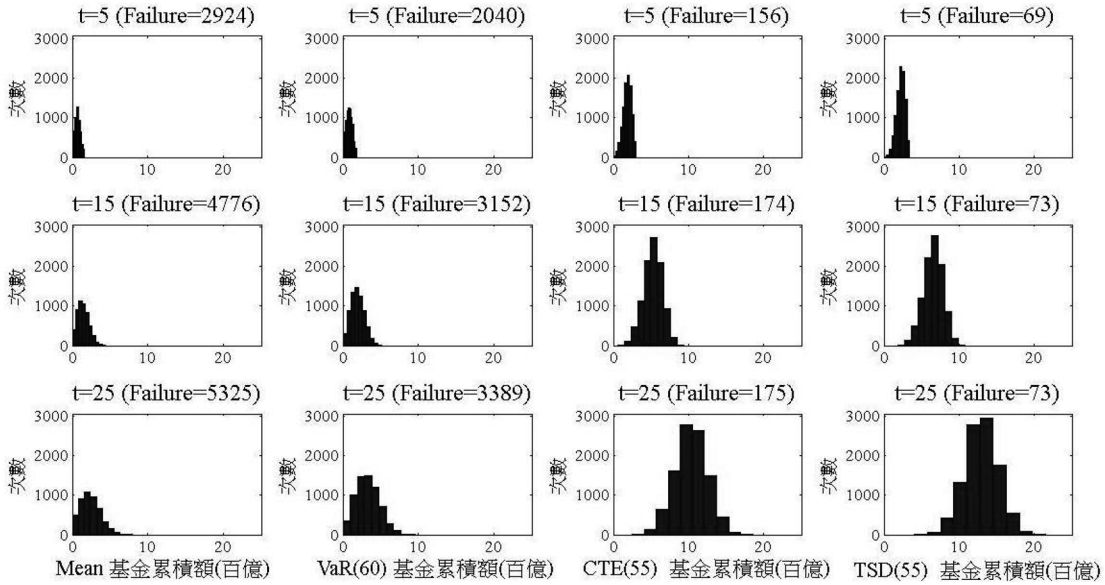


圖 4 不同保費衡量指標下之盈餘分佈比較

圖 5 至圖 8 整理在不同資產報酬率情境下，經營洪水保險之盈餘趨勢圖，同時也考慮自負額與再保險機制。由於保費因風險衡量保守程度不同，分別為 TSD(55)、CTE(55)、VaR(60) 及 Mean，因此，圖 5 顯示在 TSD(55) 所累積之平均盈餘最高，而以 Mean 收取保費的方式所累積之平均盈餘最低。圖 6 與圖 7 分別整理自負額為 20 億與 30 億之盈餘趨勢圖，由於以 VaR 衡量再保險費率可能出現 0 之現象，因此圖 6 與圖 7 不考慮 VaR 風險衡量指標，我們發現當原保險公司將大部分尾端風險轉移給再保險公司，且再保險公司以相同的風險衡量法 CTE(55) 或 TSD(55) 衡量保費，則原保險公司經營洪水保險之盈餘模擬之趨勢十分相近。

臺灣大學學術期刊資料庫

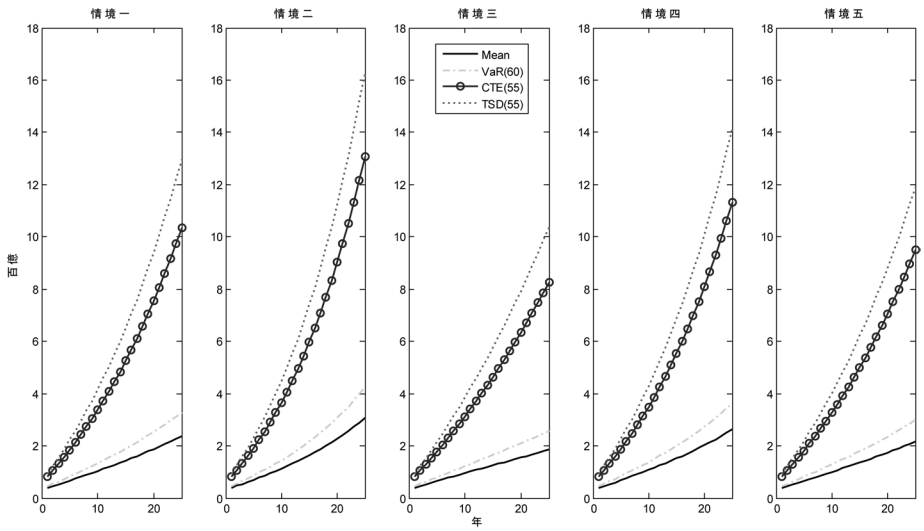


圖 5 未考慮自負額與再保險之平均盈餘圖

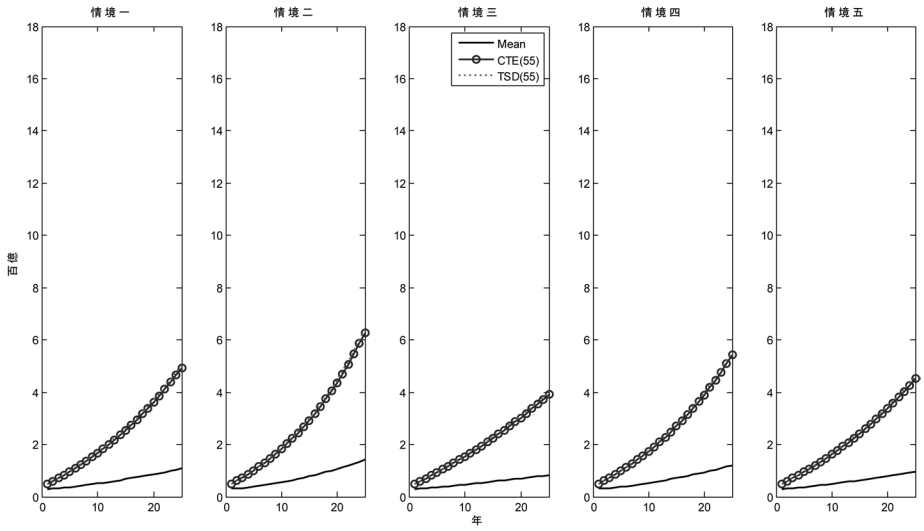


圖 6 20 億以上轉再保險之平均盈餘圖

臺灣大學學術期刊資料庫

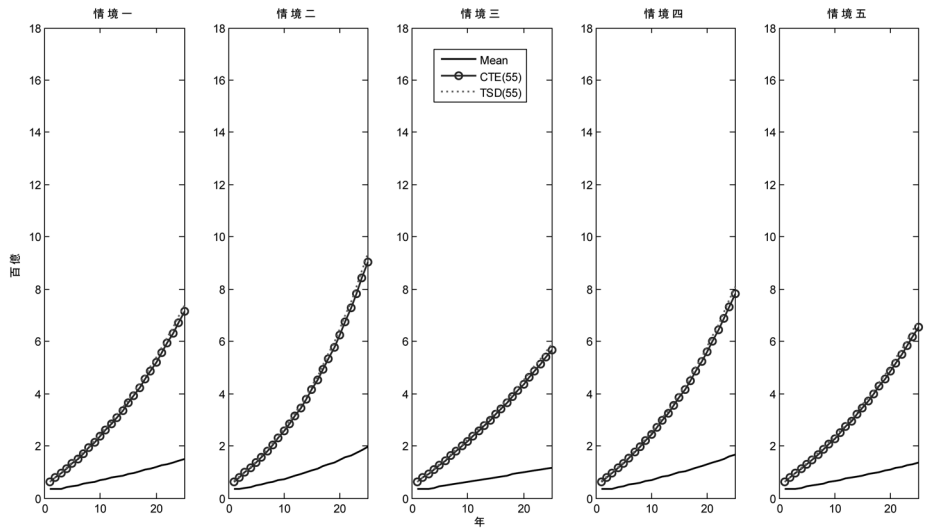


圖 7 30 億以上轉再保險之平均盈餘圖

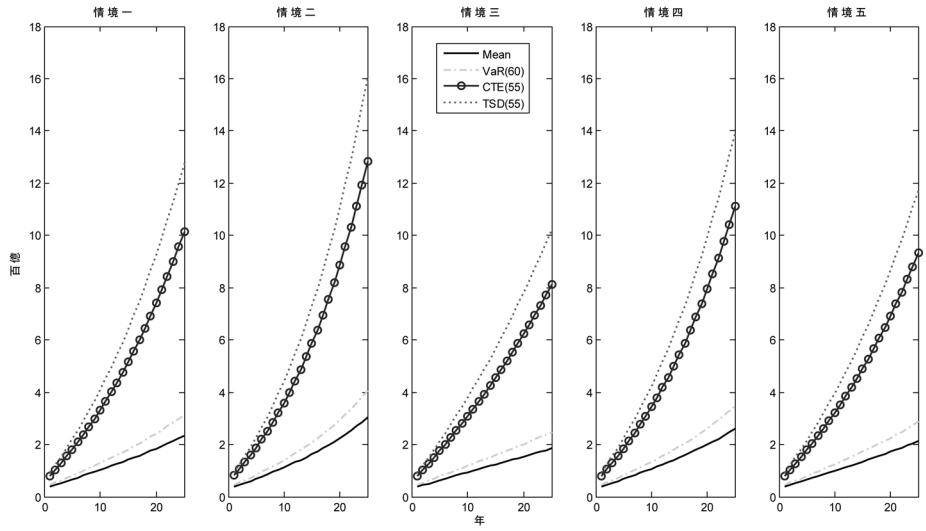


圖 8 自負額 1 億之平均盈餘圖

圖 9 到圖 12 為不同資產報酬情境下對第 25 年累積盈餘之影響，分別考慮無自負額無再保險機制、20 億轉再保險、30 億轉再保險、以及自負額 1 億四種保險機制以及以 Mean、VaR(60)、CTE(55) 與 TSD(55) 收取保費之情形。我們可以發現，以越保守方式收取保費 (CTE(55) 或 TSD(55))，則累積盈餘分佈圖會往右移，這是因為收取的保費較多。情境二之分佈圖較情境一右移是因為情境二之資產報酬率參數較高。同

臺灣大學圖書館期刊資料庫

樣的，情境三之分佈圖較情境一左移是因為在情境三下各資產報酬率參數下降了50%。而情境四將資產波動度提高，故累積盈餘分佈會較情境一寬闊。而情境五之分佈圖較情境一集中，因為波動度下降了。

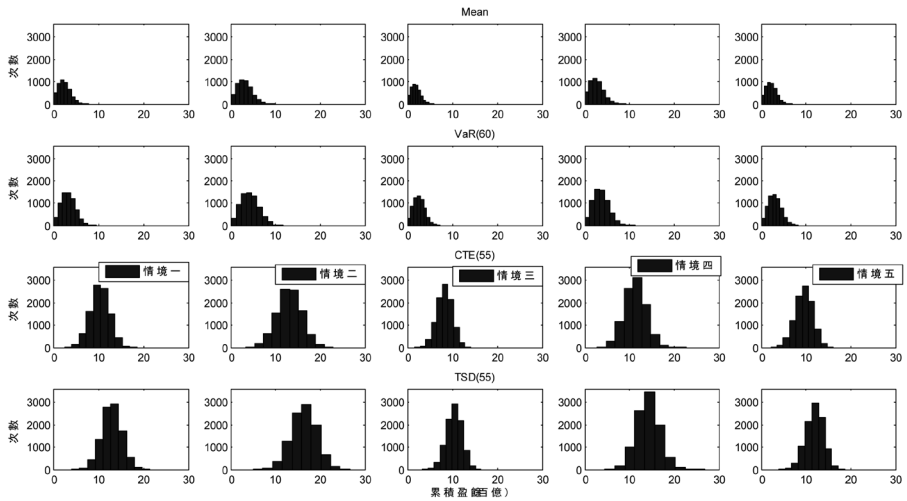


圖 9 無自負額無再保險機制下累積盈餘分佈之敏感度分析

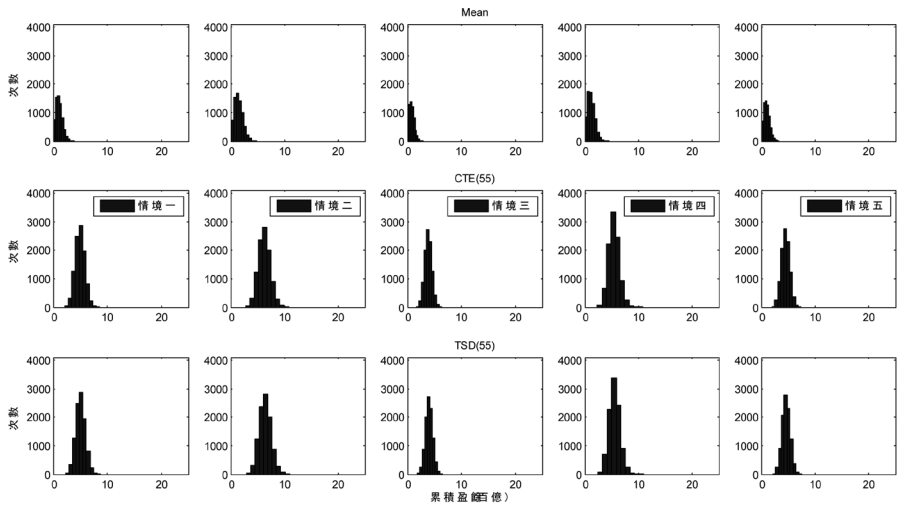


圖 10 20 億轉再保險下累積盈餘分佈之敏感度分析

臺灣大學

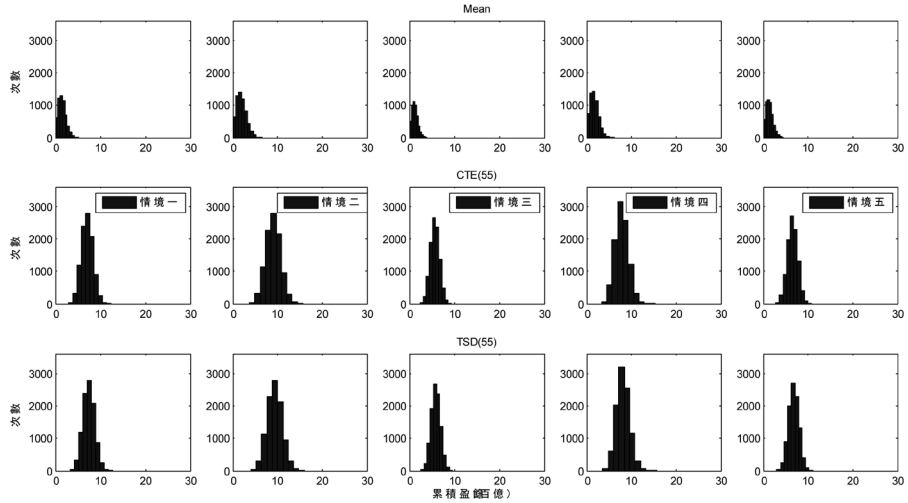


圖 11 30 億轉再保險下累積盈餘分佈之敏感度分析

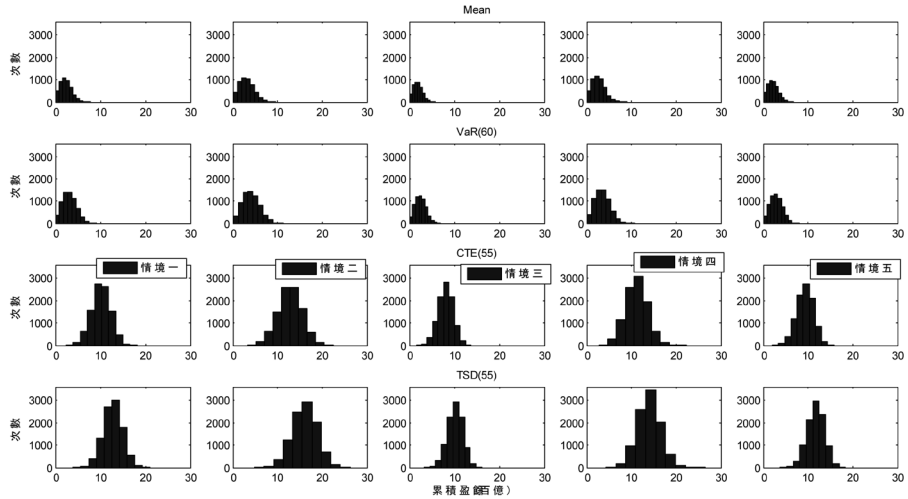


圖 12 自負額 1 億下累積盈餘分佈之敏感度分析

臺灣大學學術期刊資料庫

作者簡介

楊曉文

英國 Heriot-Watt University 精算數學博士，現任國立中央大學財務金融學系教授。主要研究領域為保險精算、金融商品創新、風險管理、退休金精算與財務、長壽風險證券化。

*** 黃雅文**

政治大學風險管理與保險學系博士，現任逢甲大學風險管理與保險學系副教授。主要研究領域為保險精算、退休金資產配置。

本文承科技部計畫補助 (NSC 96-2625-Z-031-001)，僅誌謝忱。

* E-mail: ywhwang@fcu.edu.tw

臺灣大學學術期刊資料庫