建築與規劃學報 (民國 104 年)
第十六卷　第二/三期　第 99-110 頁
Journal of architecture and planning (2015)
VOL.16 NO.2/3，pp. 99-110

冪次定律的普遍性與恒常性－以台灣之天然災害規模為例

賴世剛[1]、呂正中[2]、王昱智[3]

摘要

本文主要探討台灣天然災害的規模是否符合冪次定律(Power law)，並試圖解釋何以天然災害的規模會呈現此現象。所謂冪次定律就是個體的規模和其名次之間存在著冪次方的反比關係，R(x)=ax-b。其中，x為規模(在本文中規模定為傷亡人數)，R(x)為其名次(第一名的規模最大)，a為係數，b為冪次。實證結果發現以傷亡人數作為不同種類天然災害規模的計算，台灣過去一百年的災害規模確實呈現冪次法則的規律。在天然災害規模符合冪次定律的基礎下，再深入探討其背後所代表的意義，以及討論是否可能利用政策的手段去改變其曲線的位置或是形狀，亦即是否可以減少大規模災害的傷亡人數的差距。本文認為僅僅針對特定災害種類增加防災成本並維持總成本不變，並不能減少災害的損失。政府應該針對所有類型的災害提高其防災成本。本研究主要目的為印證冪次定律的普遍性與恆常性，在天然災害的規模中也可以獲得支持，其結果亦可以做為防災政策的參考。

關鍵字：冪次定律、災害規模

[1] 國立台北大學不動產與城鄉環境學系特聘教授
[2] 國立成功大學都市計劃學系碩士
[3] 國立成功大學都市計劃學系碩士
投稿日期：2015 年 05 月 13 日；第一次修正：2015 年 07 月 22 日；第二次修正：2015 年 08 月 11 日；接受日期：2015 年 08 月 25 日。

The Universality and Invariability of Power Law: A Case of Scales of Natural Disasters in Taiwan

Shih-Kung Lai

Distinguished Professor, Department of Real Estate & Built Enviromnent, NTPU.

Cheng-Chung Lu

Master Student, Department of Urban Planning, NCKU.

Yu-Chih Wang

Master Student, Department of Urban Planning, NCKU.

Abstract

The research explores whether the scales of natural disasters in Taiwan are distributed in terms of a power law, and if they are, explains why. A power law is defined as an inverse relationship between ranks and scales of objects under consideration. Mathematically, this relationship can be depicted as R(x)=ax-b, where x denotes scales in terms of people killed and wounded resulting from disasters; R(x) denotes ranks with one as the largest scale; a symbolizes a constant; and b is an exponential component. Empirical findings showed that the scales of the natural disasters in Taiwan over the past 100 years indeed follow a power law distribution. Under the observation that the distribution of scales of natural disasters fits a power law, we investigate further its implications and explore possible policies that could change the slope and position of the power law, in order to mitigate disastrous damages. We further suggest that increasing disaster mitigation costs for a certain type of disasters while maintaining the total cost of disaster mitigation will not reduce the disastrous loss and that the government should increase disaster mitigation costs for all types of disasters. The research verifies the universality and invariability of power law in the case of scales of natural disasters. The results could provide insights into disaster mitigation policies.

Keywords：Power law, Scales of natural disasters

一、前言

台灣位處環太平洋地震帶，地震發生的次數頻繁，並且常有強烈的地震發生。依據中央氣象局過去九十年的觀測資料顯示，台灣地區平均每年約發生二千二百次地震。又颱風侵襲台灣頻仍，加上近年來山坡地過度開發，每有豪大雨，山區便會引發土石流，造成嚴重的人員傷亡。總和來看，台灣自然災害種類眾多且頻繁(風災、水災、地震、土石流等)，因此防災也成為台灣政策的重要一環，但即使做好防災措施，當災害發生時，仍不可避免的會有人員傷亡。因此本文嘗試以二手資料蒐集的方式，去檢視台灣天然災害所造成的人員傷亡規模，企圖發現其規則，以期對防災政策有所貢獻。

二、冪次率的普遍性與恆常性

冪次定律的現象最著名的便是Zipf's law。1932年George Zipf提出一個經驗法則，就是在自然語言裡, 一個單詞出現的頻率與它在頻率表裡的排名成反比。所以，頻率最高的單詞出現的頻率大約是出現頻率第二位的單詞的2倍，而出現頻率第二位的單詞則是出現頻率第四位的單詞的2倍。例如，在Brown語庫中，"the" 是最常見的單詞，它在這個語庫中出現了大約7%(10萬單詞中出現69,971次)。正如Zipf's law中所描述的一樣，出現次數為第二位的單詞"of" 占了整個語庫中的3.5% (36,411次)，之後的是"and" (28,852次)。僅僅135個字彙就佔了Brown語庫的一半。而在1949年Zipf更提出等級大小法則(Rank-Size rule)以說明都市規模與其等級的相關性。P(r)表示第r級都市之人口數，q表示為常數，以數學式表現則為：$P(r) = K * r^{-q}$ (1)

其公式符號定義為：K為最大都市人口數，P(r)表第r級冪次定律序列之人口，q為稱為Zipf force (通常均假設等於1)。依據該規則若將都市排序及都市規模均以對數化(logarithm)處理，則可產生線性關係(于如陵、賴世剛，2003)。冪次定律所運用的公式與Zipf's law雷同。此規律普遍存在我們身邊。列舉如下：

(一)網站的連結人數

在中國工程院院士李幼平所發表一篇文章(無尺度現象引發的思考)中提到各網站的連結人數是呈現冪次律的分布，文中說明Barabasi等人設計了一種軟體，可以從一個節點跳到另一節點，收集並記錄網上的所有連接，意即以各網站連結點擊次數作為樣本數來進行統計，而在對幾十萬個節點進行統計之後，發現了令人驚異的結果：當絕大多數網站的連接數很少的情況下，卻有極少數網站擁有高於普通網站百倍、千倍甚至萬倍的連接數。此實測結果即證明冪次律。

網路使用者對網站的遊覽，可以說是獨立、自由的，完全取決於網路使用者本人的主觀意願。在做大量統計實驗之前，科學家預測連接數k應當是服從波松分布或正態分布，即每個網站的被訪問量差異不會太大，就像人類身高差異不會太大那樣。然而實測結果推翻了這個預測。

(二)財富分布

有錢人賺錢比窮人容易的多，主力大戶炒股也比散戶更容易獲勝，即使所有人天賦能力都相同，一開始的財富也相同，但若因為機率的關係，其中有些人的財富有微小的增加，則這些人賺更多錢的機率就比其他人高了一些，於是就會越來越有錢，這就是冪次法則。對於成為億萬富翁的人，人們總會回過頭來追索他成功的原因，當然會出現各種各樣的說法，比如說：此人特別聰明、有毅力不怕辛苦、眼光獨到或知人善任等等，但其實一切不過是在最初的時候因為機率使之連續幾次偏離到有利成長的一方罷了。如果同樣這些人重頭開始，最後仍然會有一批人變為贏家超級大富翁，可是可能會是完全不同的一批人。世界財富的分布在經過一段時間的發展後，大致上皆會符合冪次定律。

(三)城市人口數

一九七七年幾位學者研究美國兩千四百個最大城市的資料，以城市人口數為樣本數來進行分析。人口最多的是紐約市(九百多萬)。人口只有它的一半的城市，則有四個，辛辛那提就是其一(人口四百多萬)。而人口為辛辛那提這種等級的一半的城市，數目又增為四倍，依此類推，一直到人口只有一萬左右的城市，這個完美的模式仍然適用。研究全球一千七百個最大的城市以及瑞士一千三百個社區的人口，發現這個冪次定律仍然適用。這個冪次定律最大的意義是：美國或任何地方的城市，都沒有「典型」的大小，而且極大的城市之所以會興起，背後也沒有什麼特殊的歷史地理條件。冪次定律顯示，我們無法在一個城鎮開始之初，即預測他最後會發展成多大的城市。紐約、墨西哥市或東京在萌芽時期，沒有任何讓它們注定成為大城市的因素或特別之處。如果歷史可以倒轉，重新來過，世上無疑仍會有大城市，但可能是在不同的地點，也有不同的名稱。但是即便如此，城市的冪次定律模式仍會相同。

(四)股價波動

一九九八年波士頓大學的史坦利研究標準普爾五百指數在一九八四到一九九六年之間每一分鐘的時距內的漲跌幅度，以標準普爾五百指數的漲跌幅度為樣本數進行分析，發現漲跌幅度倍增時，發生此種幅度的漲跌的機率就變為十六分之一。從很小到很大的漲跌幅之間，這個比例一直維持大致不變，也就是符合冪次定律的形式。”若某一事物符合冪次定律，則就該事物而言，發生極端事件的可能性不會很低。事實上用極端一詞來指稱它們，甚至是不恰當的。”換句話說，股市的漲跌幅度沒有典型的大小，也不該有所謂的超級大崩盤這種觀念，更不必為這些所謂的大崩盤去找尋什麼理由。事實上，把上述研究的時距改為每小時或每天來研究其漲跌幅，或改為研究一千種個股的漲跌幅，都同樣得到冪次定律的特性。

每一天股市價格都在波動。但是每當股市漲越多的時候，就越容易吸引更多人轉為樂觀而看多、而買進，而使漲勢更強。跌的時候也一樣。也就是股市漲跌的幅度，符合上面所說的，幅度越大越容易變更大的特性。所以只要時間夠久，不需要任何理由，自然就會發生超大的漲幅或跌幅。所以股市漲跌幅的分布符合冪次定律，也並不令人意外。

(五)地震發生次數

地殼隨時都在發生各種規模的摩擦。摩擦越大累積的能量越多，也越容易引發更大的摩擦，所以時間夠久就會發生超級大地震。把一大段時間中地震的規模作一個統計，也會發現其分布確實遵循冪次定律。

古騰堡和芮氏將世界各地多地震的細節串聯起來，他們記下每個地震的規模，計算多少地震的規模介於二和二點五之間，再以相同的方式得到一組數據，可以顯示不同規模的地震的相對頻率，意即先將各地震的規模做統計，並依級距將之分類，以級距為單位，各級距所產生的地震次數為樣本進行分析。將圖形整理出來後發現是呈現冪次圖形，其圖形之意涵是如果A型地震釋放的能量是B型地震的兩倍，則A型的地震發生頻率是B型地震的四分之一。換句話說，地震的能量增為兩倍，發生頻率就減為四分之一，這個簡單圖形是適用於多種能量規模的地震的。

(六)戰爭規模(以死亡人數估計)

人類社會隨時在發生各種衝突。從死亡一兩人的個人爭執，死亡數人的幫派械鬥，死亡數十人的村莊火併，到死亡數百人的族群鬥爭。但是衝突的規模越大，爭端近一步擴大的機會也就越大。所以只要時間夠久，次數夠多，只憑機率，不必任何其他的理由，就可以發生超大規模的戰爭。把過去數百年來所發生的戰爭，把死亡人數當作其規模大小的指標排序，以死亡人數做為樣本數來進行分析，結果發現其分布也是符合冪次定律的。

(七)生物滅絕(以每單位時間滅絕的物種數目作為其規模的指標)

數十億年來，一直有生物隨機的在滅絕。當同時滅絕的生物種類越多的時候，對生態的影響就越大，也就越容易造成更多物種滅絕。根據化石紀錄，把過去發生的滅絕，以每單位時間滅絕的物種數目作為其規模的指標排序，以滅絕物種數目做為樣本數來進行分析，結果發現其分布果然也是符合冪次定律。

(八)台灣立委選舉

賴世剛針對台灣2008台北市地區立委選舉之結果進行資料統計分析(賴世剛，2010)，以各政黨的得票數為樣本數進行分析，發現其結果亦與冪次律相符，根據賴教授所發表的時論，在選舉之前他便預估選舉結果將會是一黨獨大的局面，以單一選區來看，當有兩大黨而無他黨競爭時，它們可能平均瓜分選票市場，形成勢均力敵的情況。此兩大黨在各選區互有勝負，因此所獲得的席次應趨近平盤。但是如果此時有許多小黨候選人參選，候選人得票數的分配，必定形成冪次法則的曲線，即僅有唯一的大黨獲得過半的選票，其餘他黨，則瓜分剩餘的選票，且之間差距不大。因此，可以預期到的，小黨候選人越多的選區，大黨獨大的情形會越嚴重。至於說大黨的區域立委總席次佔多少，則取決於小黨在各選區的參與情況。若小黨參與越普遍，將有助於大黨獨大的趨勢。同理，我們可以預期，在不分區立委的部分，由於所有小黨皆參選，將會有一大黨取得絕大多數的席次。

以台北市此次立委選舉政黨選票開出來的結果為例，十個政黨的得票數分別為627,591(國民黨)、411,574(民主進步黨)、116,635(新黨)、38,741(台灣團結聯盟)、12,554(綠黨)、11,412(紅黨)、7,225(無黨團結聯盟)、3,082(台灣農民黨)、2,796(客家黨)、以及1,722(制憲聯盟)(資料取自聯合報)。如果我們將各政黨得票數以及排名取對數後，分別作為橫軸以及縱軸，可以發現它們呈現線性的

分布。簡單的迴歸統計發現，其線性關係的判定係數為0.95，極其接近1的完美線性關係。顯然，各政黨的得票數呈現冪次法則。令人驚訝的是，排名第一的國民黨得票比率正好是百分之五十，與其他各黨的得票總和相當。我們可以想像，如果沒有小黨的參與，國民黨與民進黨的得票率，有可能不分上下。至於在冪次法則這隻看不見的手之約制下，哪一大黨會勝出，則取決於許多小事件的累積，難以事先預料。

至今尚無人能完美解釋此現象的原因，近期則因複雜科學的興起，而對此現象有不同的觀點。複雜科學強調的是總體是由個體所構成的，個體又受到總體的約制，而整體系統之所以複雜難測，是因為個體間的互動所致。而在個體間的互動中又會產生突現(emerge)的行為，而會在混亂(chaos)的情形中產生某種秩序(order)的現象。自我組織(self-organization)便是特質之一，而秩序的起源並非源於某些物理學或經濟學的定理原則，而是由系統中組成分子互動所產生的。而所謂冪次定律就是系統呈現自我組織的證據之一，冪次現象是指事物出現的規模與頻率間的關係：物體的規模x和其出現之次數b，呈x^{-b}的比例關係，亦即規模大的事物出現的頻率低，而規模小的事物出現的頻率高，而形成一個自成組織的體系。本文所探討冪次定律，以數學式來表示為：$R(x)=ax^{-b}$。其中，x為規模(在本文中規模定為傷亡人數)，R(x)為其名次(第1名的規模最大)，a為係數，b為冪次。

三、實證分析

目前有關災害定義的相關文獻很多，大致可以分為自然和人為災害。而構成災害條件成立的優先因素就是造成損失。Mileti(1999)指出災害的具體指稱，其構成要件至少有二項：危害發生和造成人命、財產或資源的損失，兩者缺一不可。Smith(2013)與Godschalk等(1999)則以最簡單的字面意義來定義災害，「災害係指人類生命財產或環境資源因危害發生而導致大量損失之事件。災害是自古存於人類社會的問題。由於工業化社會變遷的迅速，以及全球媒體活動與資訊交流頻繁的影響，災害之定義亦隨之時常變動，內容亦日益複雜。」若從災難管理理論上而言，S. Fritz(轉引自李瑞玉，2001：65)曾把災難(disaster)定義為：「災難是發生於特定時空的社會事件，對社會或該社會的某一自足(self-sufficient)區域造成嚴重損壞，招致人員及物質損失，以致社會結構瓦解，無法完成重要功能或工作」。但實際上國際學術界對於災害目前並沒有一個共通的定義，某個「事件」會被視為災害，往往只是因為官方宣布它是災害。

由前述可知，目前對於災害之定義多有不同，但仍可從中發現共同特點：災害會造成人員的死傷，且人命也是最為寶貴的，本文將以死傷人數為基準排序，死傷人數最多的為1、其次為2，依此排序下來，將其排序順序做為Y，死傷人數做為X，進行冪次律的實證分析。而為計算方便，本文將依循冪次律之傳統驗證模式，將X與Y皆取log之後進行回歸分析，利用所跑出之回歸方程式以及判定係數(R)來進行解釋與判定。

而在樣本選取方面，礙於人力及時間的限制，本文主要是以行政院災害防救委員會委託內政部消防署辦理的『災害規模分級及應變措施之探討案』內所舉之災害為主(鄧慰先等，2005)，網路及相關文獻的二手資料為輔，共整理出了六十七筆資料(詳見附錄)，但其中有三十四筆資料並

無死傷人數，因此本文僅利用剩餘的三十三筆資料進行分析驗證。樣本災害的類型則包了地震、山崩、落石、颱風與土石流等，並不僅僅是侷限於地震而已。

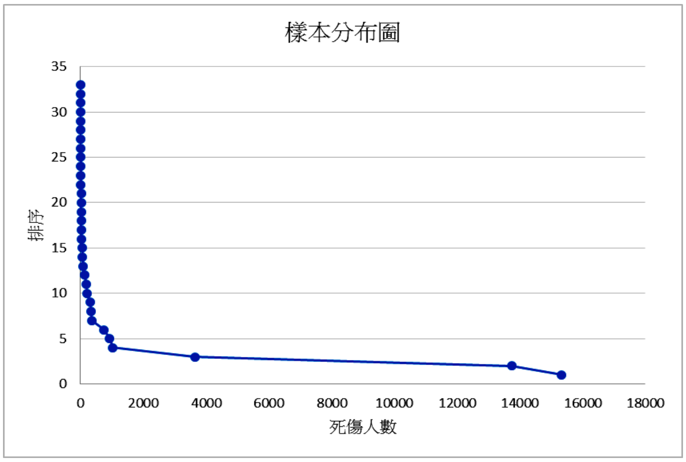

圖 1 未取 log 前之樣本回歸分析圖

圖1是採用三十三筆樣本資料所跑出之樣本回歸線圖，可明顯看出是呈現一曲線形狀，與冪次定律之圖形相符合，接下來本文為計算方便，將所有樣本資料皆取log，再進行一次回歸分析，所得出之圖形與相關係數如圖2：

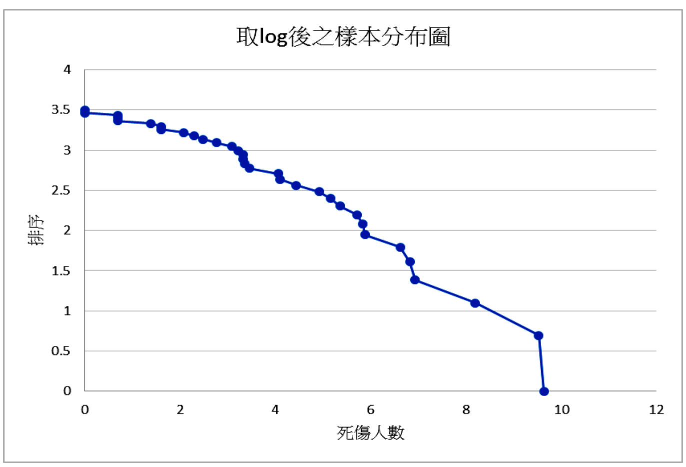

圖 2 取 log 後之樣本分布圖

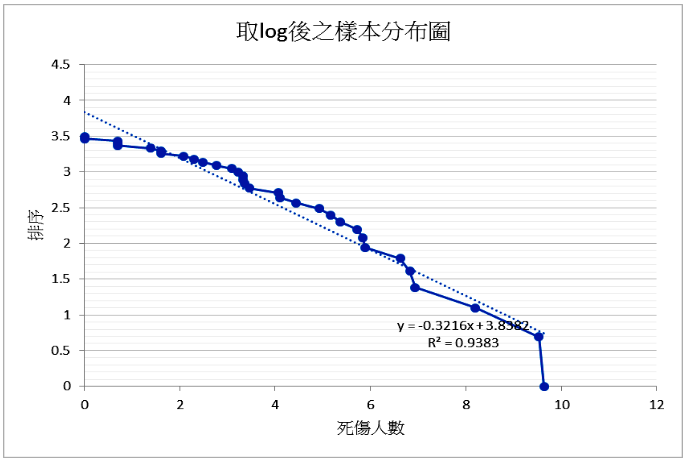

圖 3 取 log 與加上趨勢線後之樣本回歸分析圖

由圖2可看出，樣本數取log後是符合冪次定律的曲線分布型態的，而由圖3可更加清楚的知道災害死傷人數幾乎是為一回歸直線，而判定係數(Ｒ)為0.9383極其接近完美１的線性關係，顯然災害死傷人數亦符合冪次定律的分布。

冪次定律之公式為$R(x)=ax^{-b}$，將之取log後公式變為log R(x)＝log a- b logx，對照本文所跑出之回歸公式y = 3.8382+ -0.3216x，可知log a＝3.8382；- b logx＝- 0.3216x，但回歸式中log a＝3.8382是為截距，對於本文冪次律之災害判定並無意義；係數b的絕對值大小則是代表順序排名變動的量，若絕對值越大，則第一名與第二名之間的差距就越大，反之則越小；而斜率是為負數，在回歸圖形上則是呈現負相關的走向。

四、討論

本文主要探討天然災害的規模(即災害所造成的死傷人數)是否符合冪次律(power law)，過去曾有學者將地震的規模排序作統計，發現其符合冪次律。而本研究與過去類似的研究不同之處在於是將各種不同的天然災害(如水災、風災、地震等)視為相同屬性的樣本來做統計，去探究其規模與排序的關係。經由上一節的實證分析我們發現也是符合冪次律，代表即使是防災已分門別類，各種不同類型天然災害所造成的傷亡人數人是有一定的規則，因此，我們從整體來考量天然災害的防災政策是否是較為合理的？以下將由圖形來探討防災政策所代表的意義。

(一)在總防災成本不變的前提下，針對單一或特殊幾種災害投入較高的防災成本

若針對單一或數種會造成較大傷亡的災害投入較高的防災成本，但總防災成本不變，如圖4，區線上兩點代表的是兩筆資料，若針對規模較大的災害投入較高的防災成本，則原本位於B點的資料會往A點的方向移動(因規模下降，故排序也往後移)，但因總防災成本不變，因此會有某些防災成本被減少，導致該災害規模會上升，而可能原本在A點的方向往B點移動，此現象稱為「輪轉」。

圖5是將數據都取log的示意圖，實線面積代表的是減少的傷亡人數；虛線面積代表的是增加的傷亡人數。直線A是原始資料，直線B是改變防災成本投入比例的結果，使得直線的斜率改變，但因總防災成本不變，因此兩直線相交點兩側的面積必相同，亦即總傷亡人數不變，以此來看這樣的改變是沒有意義的。

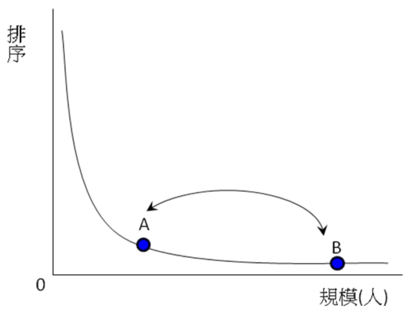

圖 4 改變防災成本比例後資料分佈

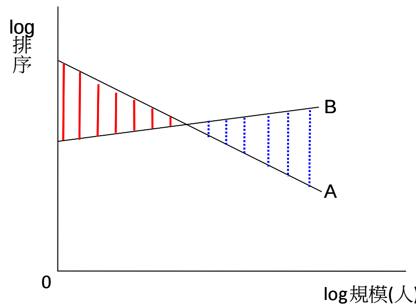

圖5 改變防災成本比例後資料分佈(資料取對數)

(二)對所有類型災害提高其防災成本

亦即提高總防災成本，那麼，就會如圖6所示，各項資料的排序不變，但各種類型災害所造成死傷人數皆會降低，因此曲線會從實線向左平移至虛線的位置，也就是各項災害的排序不變，但其規模皆降低；以取對數後圖來看，如圖7，提高總防災成本的結果會使本來的直線A向下平移至直線B，斜率不變。而直線面積就是降低的傷亡人數。因此比單提高特定種類的防災成本還來的有意義，而不是因為某幾種災害會造成重大傷亡而都將重心擺在其中，而忽略了雖然傷亡人數低，但次數卻較頻繁的災害，這樣以結果來說是沒有實質意義的。

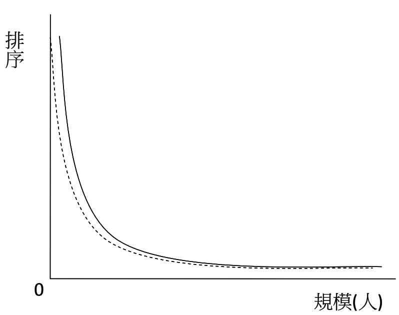

圖 6 提高總防災成本資料分佈

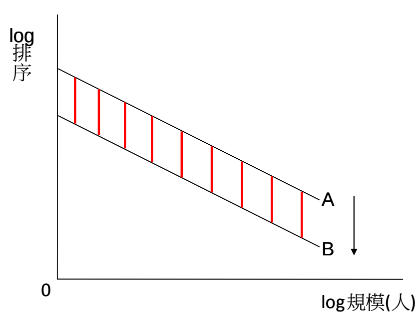

圖 7 提高總防災成本資料分佈(資料取對數)

然而，當災害發生時，事後的重建固然重要，但是在重建的同時更應著重在事先的防災措施上，如果只是單純的做實質上的修復，雖然短時間內就可恢復居住的環境恢復其該有的機能，但若是下次再遭逢災害，還是會造成相同的傷亡。由本文研究發現，若不增加總防災成本，而只是針對某幾種災害提高其防災成本，雖然可能遭受相同的災害會減少傷亡，但當遭逢別種災害時，傷亡會更嚴重，這樣對於防災來說是沒有效率的，應該提高總防災成本，對所有種類的天然災害作防範，才比較有意義。

五、結論

本研究搜集二手災害的傷亡人數資料，來檢視其傷亡人數是否有其規則存在。與先前研究最大的不同之處在於樣本的選取，以往所做的災害統計皆是以特定類型災害為主(如地震等)。本研究則是視所有類型的天然災害為相同的事件，結果經統計發現其排序與傷亡人數亦呈現冪次律的關係，雖因時間限制無法將所有類型的災害作相同的統計，但從先前學者所作的地震的統計，根據冪次定律的自我相似性，我們可以推估若將個別災害作統計依然會有相似的結果。因此針對防災，我們必須去考量的是整體性的規劃，如同上面所討論，若不對整體作考量，僅僅對特定災害作防災，仍無法改變原有資料分佈的趨勢，而只是改變特定資料的排序而已，如此，總傷亡人數還是不變，以防災來說，最大的意義就是在於減少人員傷亡。因此以此來看，必須考量所有類型的天然災害才是防災政策的優先考量。

參考文獻

于如陵、賴世剛，2003，報酬遞增理論對聚落體系影響之電腦模擬實驗，「建築與規劃學報」，4(2)：160-177。

李瑞玉，2001，重大災難事件中央政府危機溝通策略之研究─以九二一大地震的新聞報導為例，國立臺灣師範大學碩士論文。

鄧慰先、吳中興、郭柏吟、吳鴻森，2005，「災害規模分級及應變措施之探討案」，台北：行政院災害防治委員會。

賴世剛，2010，「透視複雜：台灣都市社會事件簿」，台北：詹氏書局。

Godschalk, D., Timothy, B., Berke, P., Brower, D.J., and Kaiser, E.J., 1999, "*Natural Hazard Mitigation: Recasting Disaster Policy and Planning*", Washington, D.C.: Island Press.

Mileti, D.S., 1999, "*Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*", Washington, D.C.: The National Academies Press.

Smith, K., 2013, "*Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*", New York: Routledge.

附錄

時間	地點	死傷人數(X)	排序(y)	log(X)	log(Y)
1935/4/21	新竹台中	15329	1	9.6375	0.0000
1999/9/21	南投集集	13749	2	9.5287	0.6931
1906/3/17	梅山	3643	3	8.2006	1.0986
1848/12/3	彰化鹿港	1030	4	6.9373	1.3863
1951/10/22	花東縱谷	924	5	6.8287	1.6094
1964/1/18	白河	756	6	6.6280	1.7918
2001/9/24	利奇馬	359	7	5.8833	1.9459
1951/11/12	花東縱谷	343	8	5.8377	2.0794
1904/11/6	斗六	303	9	5.7137	2.1972
1917/1//5	南投	213	10	5.3613	2.3026
1916/8/28	南投	175	11	5.1648	2.3979
1951/5/2	草嶺	137	12	4.9200	2.4849
1959/8/15	恆春	85	13	4.4427	2.5649
1909/4/15	台北	60	14	4.0943	2.6391
1986/11/15	花蓮	58	15	4.0604	2.7081
1998/7/17	瑞里	32	16	3.4657	2.7726
1930/12/8	台南	29	17	3.3673	2.8332
1986/5/25	太極峽谷	28	18	3.3322	2.8904
1993/5/30	內雙溪聖人瀑布	28	19	3.3322	2.9444
1920/6/5	花蓮	25	20	3.2189	2.9957
1972/4/24	花蓮瑞穗	22	21	3.0910	3.0445
1982/8/9	西仕	16	22	2.7726	3.0910
2001/9/18	納莉	12	23	2.4849	3.1355
2004/6/30	敏督利	10	24	2.3026	3.1781
2004/9/12	海馬	8	25	2.0794	3.2189
2003/9/1	杜鵑	5	26	1.6094	3.2581
1998/10/6	台北市內湖路	5	27	1.6094	3.2958
1986/9/2	萬壽山三五六高地	4	28	1.3863	3.3322
2002/9/5	辛樂克	2	29	0.6931	3.3673
1998/9/4	基隆中山二路	2	30	0.6931	3.4012
1908/1/11	花蓮	2	31	0.6931	3.4340
2003/11/2	米勒	1	32	0.0000	3.4657
2002/9/22	八斗子	1	33	0.0000	3.4965
1996/7/31	賀伯	0	34	無解	3.5264
2001/7/11	潭美	0	35	無解	3.5553
2001/7/30	桃芝	0	36	無解	3.5835
2004/8/11	蘭寧	0	37	無解	3.6109
2004/8/23	艾利	0	38	無解	3.6376
2004/10/25	納坦	0	39	無解	3.6636
2004/12/4	南瑪都	0	40	無解	3.6889
1992/9/9	觀音山凌雲禪寺	0	41	無解	3.7136
1999/7/29	左鎮326電塔	0	42	無解	3.7377

附錄(續)

時間	地點	死傷人數(X)	排序(y)	log(X)	log(Y)
1990/4/23	新竹湖口台地	0	43	無解	3.7612
1997/7/1	中寮雙坑	0	44	無解	3.7842
1999/8/8	龍崎兵仔舍	0	45	無解	3.8067
1997/8/17	林肯大郡	0	46	無解	3.8286
1947/12/17	草嶺	0	47	無解	3.8501
1946/12/15	台南	0	48	無解	3.8712
1990/12/13	花蓮	0	49	無解	3.8918
1991/3/12	台南	0	50	無解	3.9120
1992/5/29	成功	0	51	無解	3.9318
1994/5/24	花蓮	0	52	無解	3.9512
1994/6/5	南澳	0	53	無解	3.9703
1999/9/21	集集	0	54	無解	3.9890
1998/6/10	南投國姓鄉長豐村	0	55	無解	4.0073
1990/4/15	梨山	0	56	無解	4.0254
2000/11/3	台東池上鄉山棕寮	0	57	無解	4.0431
2004/7/5	花蓮	0	58	無解	4.0604
2004/9/11	台北	0	59	無解	4.0775
1862/6/6	草嶺山崩	0	60	無解	4.0943
1979/8/15	草嶺	0	61	無解	4.1109
1981/2/21	台北汐止鎮八嗹港	0	62	無解	4.1271
1995/6/25	三峽白雞清境社區	0	63	無解	4.1431
2000/11/17	瑞芳九份	0	64	無解	4.1589
1999/8/9	梅山太平村	0	65	無解	4.1744
1998/5/9	神木村	0	66	無解	4.1897
1998/10/26	新店北宜路	0	67	無解	4.2047