

# 臺灣原住民族死亡率暨生命表編撰研究

## A Study of Taiwan Indigenous Peoples Mortality and Life Table Construction

王信忠<sup>1</sup> 余清祥<sup>2</sup> 王子瑜<sup>3</sup>

### 摘要

原住民族在許多國家均屬於弱勢族群，除了社經地位偏低，在教育、福利與醫療等資源分配也普遍存在對其不公平的現象，我國政府一直致力於消匿弱勢團體的劣勢，其中提升族群平等、尊重各民族多元文化等政策頗多進展，在國際間具有較為正面的形象。近年來因為全球化衝擊我國產業轉型，使得經濟成長遲緩、國民薪資倒退，再加上生育率下降、壽命延長，使得高齡化相關問題陸續顯現，影響原住民族的資源分配。由於公共資源日益拮据，若能擁有更為翔實的原住民族的人口資訊，當可為政府政策規劃及資源分配提供建言，有鑑於此，本研究以編算原住民族的生命表為目標，以死亡率、平均餘命等生命函數作為衡量原住民族的需求，以及政府政策績效的客觀指標。

本文採用臺灣原住民基礎開放研究資料庫（Taiwan Indigenous Peoples Open Research Data；TIPD），依據民國 102 年 3 月至民國 105 年 4 月合計三年的全體原住民及人口較多的阿美族、泰雅族、排灣族三族之婚姻、居住區域、教育別等死亡率資料，並依此編算生命表，提供各界政策規劃的參考。由於原住民族人口不多，若目標集中於各族時，因其人數更少，需考量小區域估計方法（王信忠等人，2012）。研究發現，本文結合過去歷史資訊視為參考大母體的方法，搭配 Whittaker 比值、Partial SMR 等修勻方法，可以取得較穩定的統計數值。另外，根據 TIPD 得出的原住民零歲平均餘命，仍明顯低於內政部公布的結果，可能因為資料使用時間、編算方法不同，未來仍需持續追蹤、查核及檢討，確定原住民族資料品質及生命表編算結果的可靠度。

關鍵詞：生命表、原住民族、小區域估計、臺灣原住民基礎開放研究資料庫、平均餘命

---

<sup>1</sup>真理大學財務與精算系副教授，email: au4369@mail.au.edu.tw

<sup>2</sup>政治大學統計系教授，email: csyue@nccu.edu.tw

<sup>3</sup>政治大學應用數學系學生，email:102701023@nccu.edu.tw

# A Mortality Study of Taiwan Indigenous Peoples

Hsin-Chung Wang<sup>4</sup>    Jack C. Yue<sup>5</sup>    Tzu-Yu Wang<sup>6</sup>

## Abstract

Indigenous peoples are underprivileged groups in many countries, and usually have low socioeconomic status as well. Unfortunately, often there are not sufficient resources for education, welfare, and medical care to lead them to a higher socioeconomic class. Taiwan's government has been dedicated to improving the living environment and life quality of Taiwan's aborigines, with more public resources being allocated to the indigenous peoples. However, slow economic growth and rapid population aging further restrict the allocation of public resources. For example, Taiwan's government has issued (or is planning) a lot of elderly-related social policies, including the New Labor Pension Act, National Pension System, and Long-term Care Insurance. We need to construct suitable measures, in addition to demographic statistics, to efficiently design public policies for the indigenous peoples.

The mortality rates (and life expectancy) are good indicators for measuring life quality, and we will explore the mortality rates of Taiwanese aborigines in this study. We use data from the Taiwan Indigenous Peoples open research Data (TIPD) database maintained by the Council of Indigenous People, and focus on tribes with larger population sizes: Amis, Atayal, and Paiwan. Since the population size of Taiwanese aborigines is small, we consider graduation methods to smooth the age-specific mortality rates, including the Whittaker Ratio method, Partial SMR, and stochastic models. We expect that the results of this study can serve as a reference for policy making for Taiwanese aborigines.

Keywords: Aboriginal Life Table, Small Area Estimation, Mortality Models, Taiwan Indigenous Peoples Open Research Data, Life Expectancy

---

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Finance and Actuarial Science, Aletheia University, New Taipei City, Taiwan, R.O.C.

<sup>5</sup> Professor, Department of Statistics, National Chengchi University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

<sup>6</sup> Student, Department of Mathematical Sciences, National Chengchi University, Taipei, Taiwan, R.O.C

## 壹、前言

近年全球化及國際經濟不振，限縮了政府稅收及可用社會資源，而所得及貧富差距持續擴大，以及生育率下降、壽命延長雙重因素，加劇人口老化及高齡人口需求，使得社會各界所需資源更加殷切。因為所需者眾，在僧多粥少的窘境下，勢必壓縮少數及弱勢團體的資源分配，使得這些團體的情況更加拮据。壽命延長、人口老化等相關議題受到社會各界注意，高齡人口的政策及資源分配自然也是焦點之一，像是全民健康保險中的重大傷病患者（發生率隨年齡上升），民國 106 年 2 月重大傷病人數約為 90 萬人（人口比例 4%），但其健保醫療支出卻佔 27%（大約 1600 億元），反觀原住民等弱勢團體卻沒有受到同等待遇。由於公共資源日益拮据，若能擁有更為詳實的原住民族或是其他弱勢團體的人口資訊，當可為政府政策規劃及資源分配提供建言。

本文以臺灣原住民為研究對象，除了探究近年的人口特性及其變化，也希望發掘原住民族的資源需求，為政府的政策規劃提供建言。民國 90 年至民國 105 年（西元 2001~2016 年）期間，我國人口數以年成長率 0.4% 緩慢穩定的增加；而原住民族自民國 90 年 40 萬餘人（佔全國人口約 2%），至民國 105 年成長至 55 萬餘人，年成長率 2% 為同時期全國 5 倍。圖 1 顯示原住民族歷年人口數，除了幾個年度有些微震盪，原住民族人數逐年增加但幅度減少。原住民族的生育率與全國變化趨勢較為一致，民國 99 年至民國 104 年原住民族比全國略高，總生育率約 1.4（圖 2）。原住民的死亡率則較高，根據民國 104 年內政部原住民及全國簡易生命表的死亡率（圖 3），原住民男、女性死亡率均比全國高，中高齡原住民女性死亡率與全國男性死亡率相當，但 18 歲以下年輕族群的死亡率偏高仍有待改善。另外，由民國 90 年至民國 103 年零歲的平均餘命比較，原住民男性 14 年平均值較全國少 10.3 歲，女性少 7.54 歲（如圖 4），這呼應了原住民死亡率偏高、健康有待改善的問題。

臺灣原住民族人數的各族差異頗大。根據民國 104 年底的內政部統計，阿

美族共 20 萬 3,377 人占 37.2%最多，排灣族 9 萬 7,649 人占 17.9%次之，泰雅族 8 萬 7,041 人占 15.9%居第三，三族合計占原住民總人數達 7 成 1。各族人口可能因工作、就學或婚姻關係遷移分佈於各縣市，受生活環境等條件影響，各族別人口死亡率是否也呈現不一的情況，值得我們深入探討，期能使政府政策規劃及老人需求等資源，有效的分配至各原住民族，照顧資源較為匱乏的弱勢團體。

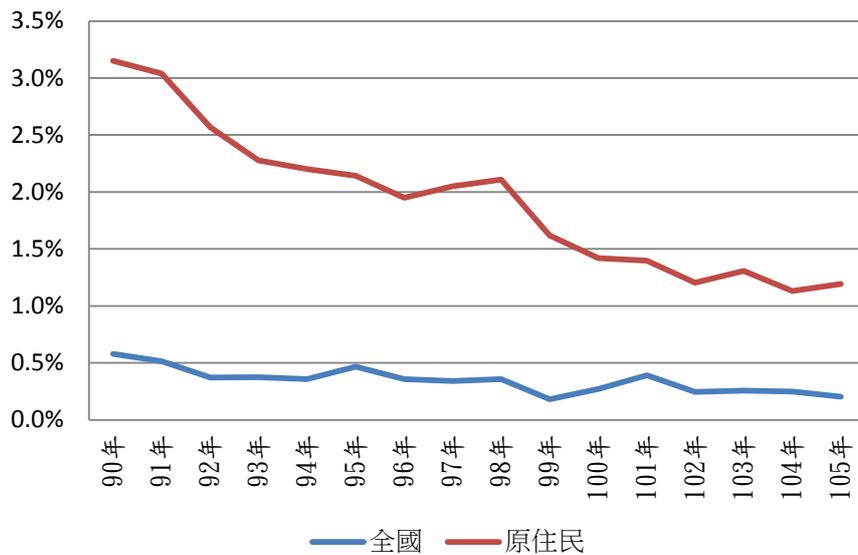


圖 1、民國 90 年至 105 年人口成長率  
(來源：內政部)

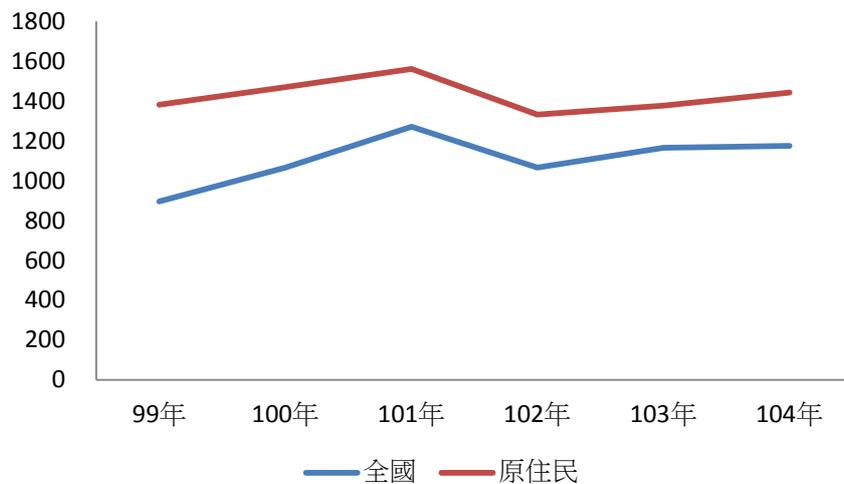


圖 2、民國 99 年至 104 年總生育率 (單位：人、千分率)  
(來源：內政部)

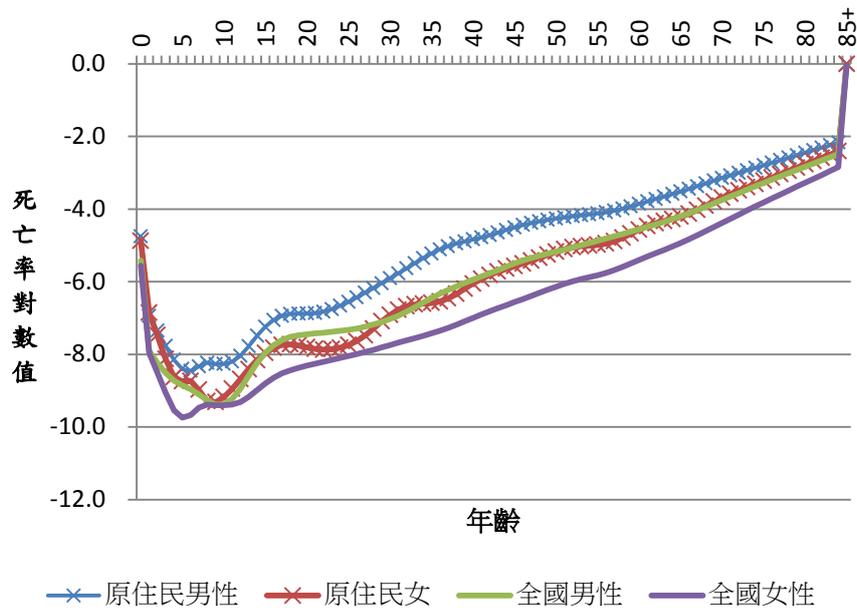


圖 3、民國 104 年全國及原住民死亡率比較  
(來源：內政部簡易生命表)

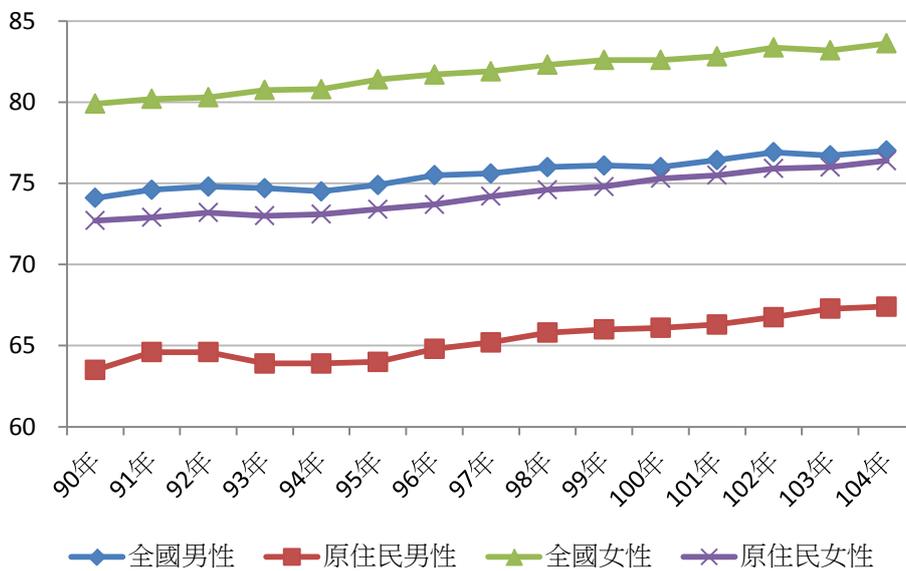


圖 4、民國 90 年至 104 年全國及原住民零歲平均餘命比較  
(來源：內政部簡易生命表)

由於族別與歷年年齡別死亡數等資訊取得困難，甚至全民健保料庫的使用需要耗費相當金額，有關原住民族死亡率的歷年研究文獻相對較少。例如謝淑芬

(1994) 利用臺灣地區死亡資料電腦檔案，比較山地鄉意外災害死亡率及各族別意外災害的死因型態，發現意外災害總死因以泰雅、布農族最高，此二族的自殺及非藥物意外中毒的標準化死亡比又較其他氏族為嚴重。劉俊麟等人(2002) 研究為何原住民肺癌死亡率以及發生率比全國居民低。邱煜智(2005) 依都市化程度探討原住民健康狀況差異，其發現原住民的健康狀況普遍皆要比臺灣地區還來得差，且隨著都市化程度的不同，其健康狀況的情形也會有所不同。蔡淑芬與張慈桂(2008) 由 1986~2005 年資料研究發現花蓮縣山地鄉及非山地鄉的死亡率均呈現下降趨勢，但其死亡率差距卻拉開。張朝琴(2008) 社經地位與原住民族健康問題探析認為少數民族普遍受到社會歧視，其社經地位偏低，是社會上的弱勢人口群，同時其健康問題也明顯地展現於死亡率之比較。陳啟文(2012) 探討原住民地區死亡水準發現低社經地位鄉鎮市區死亡風險較高社經地位鄉鎮市區為高，且平均餘命的差異來源主要來自於工作年齡人口的貢獻。綜合過去研究顯示，原住民族較少的平均餘命、較高的死亡率及山地鄉死亡率遠高於平地鄉，以及肝臟疾病、事故傷害遠高於一般國民等均顯現出原住民族健康不均等。本文透過臺灣原住民基礎開放研究資料庫<sup>7</sup> (Taiwan Indigenous Peoples open research Data ; TIPD) 綜合分析原住民族人口結構、死亡狀態、死亡分布等人口特徵，並編製生命表，期盼有助於瞭解原住民族人口動態變化，讓原住民政策及資源有效推動與分配。

近年來，許多地方政府也使用生命表的數值，作為政策評估的參考，因此內政部也公佈縣市層級的小區域生命表，本文以編算原住民族別生命表為目標，比較原住民與全臺灣國民，以及原住民各族間的死亡率及平均壽命(或是零歲平均餘命)的差異，作為檢視原住民政策的參考。然而，因為樣本數與變異數成反比，人口數較少地區的死亡率震盪較大，如果僅套用傳統的修勻(Graduation)方法，未必能達到預定的效果。目前內政部對人口數較少族群的處理方式是以合併三年資料為原則，近年也使用人數較多母體的修勻方法，像是王信忠等人(2012)

---

<sup>7</sup> <http://tipd.sinica.edu.tw/>

提出以全臺灣人口為參考對象，調整縣市層級的年齡別死亡率。本文將使用近年發展的修勻方法（Wang et al., 2017），以較大母體的死亡率為參考對象，藉由累積同一區域（族群）的資料，降低樣本數不足產生的震盪，編算全體原住民及人口數較多原住民各族的生命表。其中，原住民各族因為人口少，若依據單年死亡紀錄編算生命表，年齡別死亡率未必是年齡的平滑函數，相鄰年齡間會有不小的震盪，使用大樣本（例如全臺灣）的修勻方法不見得管用；且因 30 歲前死亡率較低，高齡人口數較少，某些年齡層的人口數及死亡人數很可能為零，增加生命表編算的難度。另外，各族的人口結構不盡相同，適合全體原住民或是人口較多的編算方法，未必可直接套用至各族，需要根據小區域人口特性量身訂製適當的方法。

本文編排如下：第二節介紹本文使用的資料及常用的修勻方法，說明本文採用的生命表編算想法；第三節呈現婚姻、教育及居住區域對原住民死亡率的影響；第四節先以模擬方法決定修勻函數的使用，接著探討生命表的編算結果，比較全體、各族原住民間的差異；第五節則說明及討論研究心得，包括現有方法的限制、對於資料蒐集與政府施政的建議。

## 貳、資料與研究方法

有關原住民相關人口統計資料，自從全國戶役政資訊系統自民國 89 年起新增個人資料之原住民身分註記欄位後，內政部自 90 年起定期編算原住民簡易生命表及年齡別人口數與家戶數等供各界使用。原住民族委員會也有相關人口統計資料，及民國 95 年至 102 年原住民族人口與健康統計年報委託研究報告，然而相關人口結構依族別、年齡別人口數及死亡數資料尚無完整資訊，因此本文藉由原住民族委員會委託四年計畫建置之原住民基礎開放研究資料庫（TIPD）資料包含性別、婚姻、教育程度、居住區域、存活狀態與年齡別進行研究。由於人口動態遷移變動影響，本文取得民國 102 年 3 月至民國 105 年 4 月共三年年齡別人

口數與死亡數資料時間有跨越年度(民國 102 年 3 月至民國 103 年 4 月為第一年一度，依此類推)，與內政部統計完整年度(全年 1 月至 12 月)略有差異(參考表 1)。內政部人口數為每年年底資料與本次分析資料統計時間不同，可以預期人口數與死亡數會因統計時間而有不同，因此與內政部公布的生命表數值不會完全相同。

表 1、全體原住民人口數統計比較表 單位: 人

|                                 |          |          |          |
|---------------------------------|----------|----------|----------|
| 原住民基礎開放研究資料庫(TIPD) <sup>8</sup> | 第一年度     | 第二年度     | 第三年度     |
|                                 | 522,346  | 530,398  | 536,645  |
| 內政部                             | 民國 102 年 | 民國 103 年 | 民國 104 年 |
|                                 | 533,601  | 540,023  | 546,698  |

因為原住民人口數較少，各年齡層間的死亡率經常出現不連續，或是上下震盪的現象，此時會調整觀察到的死亡率，使得各年齡間的死亡率變化較為平穩。在調整推估結果時，一般考慮適度性(Fit)及平滑性(Smoothness)，有良好適度性可以保存資料原有的特性、良好的平滑性可以減少震盪，然而這兩者本身卻互相衝突，尤其當樣本數較少時，提高適度性通常會犧牲平滑性；反之，愈平滑也會加大修勻值和原始值的距離，因此如何在這兩者間取得最佳的平衡往往是修勻最重要的考量。本文修勻主要採用 Whittaker、Partial SMR 與核(Kernel)修勻法及死亡率模型，以下依序介紹這幾種方法。

Whittaker 修勻法(Whittaker, 1923)同時考慮適度性與平滑性，或是

$$M = F + hS = \sum_{x=1}^n w_x (v_x - u_x)^2 + h \sum_{x=1}^{n-z} (\Delta^z v_x)^2 \quad (1)$$

<sup>8</sup> TIPD三年度資料取得日期分別為民國103年5月、104年10月、105年7月。由於我國戶籍資料為覆蓋性資料，在不同時間點統計會有不一樣的人口數(包含有關族群認同及遷入遷出等戶籍變動結果)。

其中  $F$  即為適度性， $S$  為平滑性， $u_x$  為  $x$  歲的死亡率， $v_x$  為調整後  $x$  歲的死亡率， $w_x$  為  $x$  歲的權數（一般定為  $x$  歲的人口數）， $h$  及  $Z$  為選定的參數， $\Delta^Z$  為第  $Z$  次的差分（Difference），選擇讓（1）式最小化的  $v_x$  即為 Whittaker 修勻值。

然而小區域資料訊息較少，較適合加入其他母體訊息修正觀察資料，以下介紹兩種修勻方法，皆使用到標準死亡比（Standard Mortality Ratio, SMR），SMR 是流行病學中常使用的比較標準，其定義為：

$$SMR = \frac{\sum_x d_x}{\sum_x e_x} \quad (2)$$

其中  $d_x$  為  $x$  歲觀察死亡數， $e_x$  為  $x$  歲期望死亡數。SMR 就是觀察死亡總數與期望死亡總數的比值，SMR 等於 1 表示兩者相同，SMR 大於（小於）1 表示觀察死亡總數較期望死亡總數多（少）。令小區域  $x$  歲死亡人數為  $d_x$ ，當預期小區域死亡率可以參考大區域死亡率時，可將（2）式改寫為：

$$SMR = \frac{\sum_x d_x}{\sum_x n_x \cdot u_x^*} \quad (3)$$

其中  $n_x$  為小區域  $x$  歲人口數， $u_x^*$  為大區域  $x$  歲死亡率。當小區域死亡率在年齡間的變動與大區域相近時，SMR 會是一個可靠的參考數值。

Lee (2003) 考慮小區域與大區域間的死亡率比值，再加上 SMR，提出 Partial SMR 的方法修勻小區域死亡率，令調整過的死亡率為

$$v_x = u_x^* \times \exp\left(\frac{d_x \times \hat{h}^2 \times \log(d_x / e_x) + (1 - d_x / \sum d_x) \times \log(SMR)}{d_x \times \hat{h}^2 + (1 - d_x / \sum d_x)}\right) \quad (4)$$

在修勻小區域死亡率之前，先選擇一個死亡率與小區域有相似性質的大區域，而

$x$  歲死亡率修勻值  $v_x$  是在  $x$  歲死亡率比值與 **SMR** 間的加權幾何平均值，式中的  $\hat{h}^2$  是異質性參數  $h^2$  的估計值，目的在使於獲得誤差最小的估計值，詳細推導過程可參考 Lee (2003)：

$$\hat{h}^2 = \max\left(\frac{\sum((d_x - e_x \times SMR)^2 - \sum d_x)}{SMR^2 \times \sum e_x^2}, 0\right) \quad (5)$$

$\hat{h}^2$  越大表示小區域與大區域死亡率存在越大的異質性 (Heterogeneity)。當死亡數越少時修勻值參考大區域死亡率的比例越高，死亡數為 0 的時候修勻值會完全參考大區域，也就是  $SMR \times u_x^*$ ，可視為大區域死亡率的平移。

**Partial SMR** 修勻以 **SMR** 為基礎，當小母體與參考母體的死亡特性接近(如：等比例)，參考 **SMR** 會得出不錯的修勻結果；但當各年齡死亡率的比值不是等比例，不宜完全參考 **SMR**，需調整大母體的參考比例。此外，本文嘗試對死亡率比值作 **Whittaker** 修勻，並且在修勻前將死亡率比值異常的點以 **SMR** 取代，令  $x$  歲死亡率比值  $r_x = u_x / u_x^*$ ，異常點的取代採取以下標準：若「 $r_x = 0$  或  $r_x > 2 \times SMR$ 」則該年齡的死亡率比值以 **SMR** 取代，這麼做不只參考了 **SMR** 的訊息，因為加入 **Whittaker** 修勻，更考慮了死亡率在年齡間的變化，因為此法主要修勻死亡率比值，因此稱為 **Whittaker Ratio** 法。

核(Kernel)修勻在統計的應用多與估計密度函數有關，主要是以各年齡為中心，根據選定的環寬與核函數，與鄰近年齡的死亡率做加權平均。若  $x$  歲死亡數觀察值為  $d_x$ 、暴露數觀察值為  $n_x$ 、 $h$  為選定的環寬(Bandwidth)、 $K$  為選定的核函數(Kernel of the estimator)，則修勻值為

$$v_x = \left[ \sum_{i=1}^n d_i K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \right] / \left[ \sum_{i=1}^n n_i K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \right] , \quad (6)$$

常見的核函數可選擇常態(Normal)。由於加入了暴露數的考量，**Kernel** 修勻如同

Whittaker 考慮了各年齡間死亡率的變化，並依照暴露數調整參考的權重。

透過死亡率模型也能夠改善估計的誤差，本文將使用常見的 Lee-Carter 死亡模型(Lee and Carter, 1992)及 Gompertz 模型 (Gompertz, 1825)。一般在人口數夠多下，Lee and Carter 隨機模型能得到不錯的估計結果，假設  $m_{xt}$  表示  $x$  年齡組人口在  $t$  年時的死亡率：

$$\ln(m_{xt}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{xt} , \quad (7)$$

需滿足  $\sum_{t=t_1}^{t_n} k_t = 0$  與  $\sum_{allx} b_x = 1$  兩個限制條件以求得唯一解； $a_x$ 、 $b_x$  及  $k_t$  為欲估計之

參數， $x = x_1, x_2, \dots, x_d$ ，下標  $d$  表示將年齡分為  $d$  類； $t = t_1, t_2, \dots, t_n$ 。其中

$a_x$ ：為各年齡組每人年死亡率對數值對時間的平均值。

$b_x$ ：表示每人年死亡率變化速率。

$k_t$ ：為描述  $t$  時間每人年死亡率水平變化。

$\varepsilon_{xt}$ ：為  $x$  年齡在時間  $t$  時的隨機誤差項，平均數為 0，變異數為  $\sigma_\varepsilon^2$ 。

另外，因為高齡人數隨年齡上升而急遽下降，各國大多採用死亡率模型，本文使用 Gompertz 模型（王信忠等人，2016）進行高齡死亡率的外推。以  $\mu_x$  代表  $x$  歲居民的瞬間死亡率（又稱死力，Force of Mortality）， $\mu_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_r \{ \text{年齡 } t \text{ 之個體死於 } (t, t + \Delta t) \}}{\Delta t}$ ，Gompertz 模型假設瞬間死亡率隨著年齡呈現指數(Exponential)速度上升，或是  $\mu_x = BC^x$ ，其中  $B > 0, C > 1$  為 Gompertz 模型的重要參數。因為存活機率  $p_x$  滿足

$$p_x = e^{-\int_x^{x+1} \mu_t dt} = e^{-\int_x^{x+1} BC^t dt} = e^{-BC^x(C-1)/\log C} . \quad (8)$$

本文 Gompertz 模型參數估計使用加權最小平方法(Weighted Least Squares, WLS)，最大概似估計法(Maximal Likelihood Estimation)之類的方法也可使用，但參數估計值可能產生震盪或不收斂的現象 (Yue, 2002)。

### 參、原住民人口結構與死亡率分析

人口老化是未來必須面對的挑戰，政府近年的幾個重大政策，像是勞工保險年金化、國民年金制度、長期照護保險等，大多與因應高齡化社會有關，照顧國民退休後生活需求。然而人口老化衍生的問題，基於資源有限及分享的考量，無論醫療、照護、生活規劃等都需全盤考量，以滿足人口高齡化衍生的需求。我們首先根據人口特性整理原住民族資料，根據人口結構、年齡別死亡率等資訊，探討原住民的現況及潛在需求。

表 3、三階段年齡人口結構比較

|         |    | 0-14 歲 | 15-64 歲 | 65+歲  |
|---------|----|--------|---------|-------|
| 全國居民    | 男性 | 14.6%  | 74.2%   | 11.2% |
|         | 女性 | 13.3%  | 73.8%   | 12.8% |
|         | 合計 | 14.0%  | 74.0%   | 12.0% |
| 原住民全體居民 | 男性 | 23.3%  | 72.1%   | 4.6%  |
|         | 女性 | 20.8%  | 72.3%   | 6.9%  |
|         | 合計 | 22.1%  | 72.2%   | 5.7%  |

在此先進行敘述性統計探索性分析，依據性別、婚姻、族別、設籍區域等分別計算年齡別死亡率，檢視不同人口特性對死亡率的影響。我們比較全國居民與原住民全體居民三年平均人口結構，可以發現原住民族各年齡層人口結構與全國人民差異不小，結合表 3 三階段人口比例可以發現，0-14 歲原住民人口比例是全國居民的 1.58 倍，然而 15-64 歲工作人口比例卻與全國相當，65 歲以上人口比例也只有全國的 0.48，這顯示出原住民年輕人口及工作人口可能的高死亡率趨勢<sup>9</sup>。我們接著比較原住民、東部居民（內政部第十次國民生命表東部區域包含花蓮縣及臺東縣）和臺灣全體居民民國 104 年的死亡率差異，如下圖 5，明顯原

<sup>9</sup>TIPD 死亡人數係透過兩時點間“減少人口”推估，詳見 <https://osf.io/e4rvz/>人口動態資料說明。

住民死亡率較高；若區分居住區域，則可以發現 25 歲以後山地男性死亡率最高，非山地女性最低剛好相反（圖 6）；再以婚姻關係考量差異，有偶男性較單身男性死亡率低，女性則較不明顯（圖 7），這與全國現象一致，有偶者男性明顯比單身者有較低死亡率（Wang and Yue，2015）；若依教育程度區分則以大專以上死亡率最低（圖 8）。

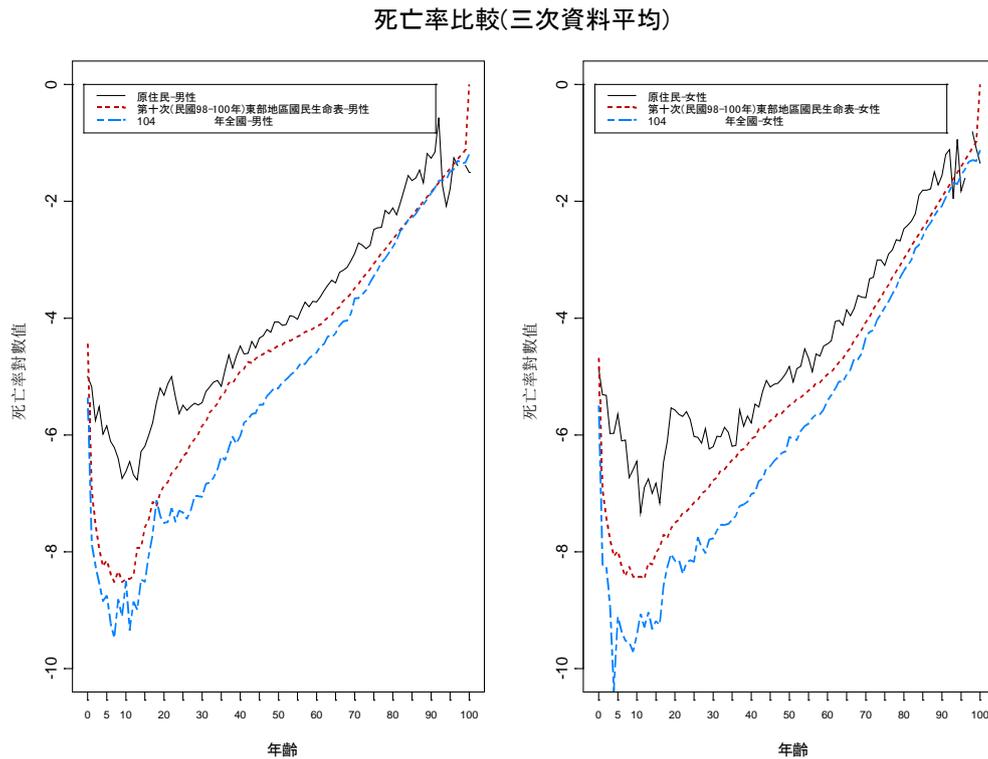


圖 5、原住民、東部居民與臺灣全體居民死亡率比較

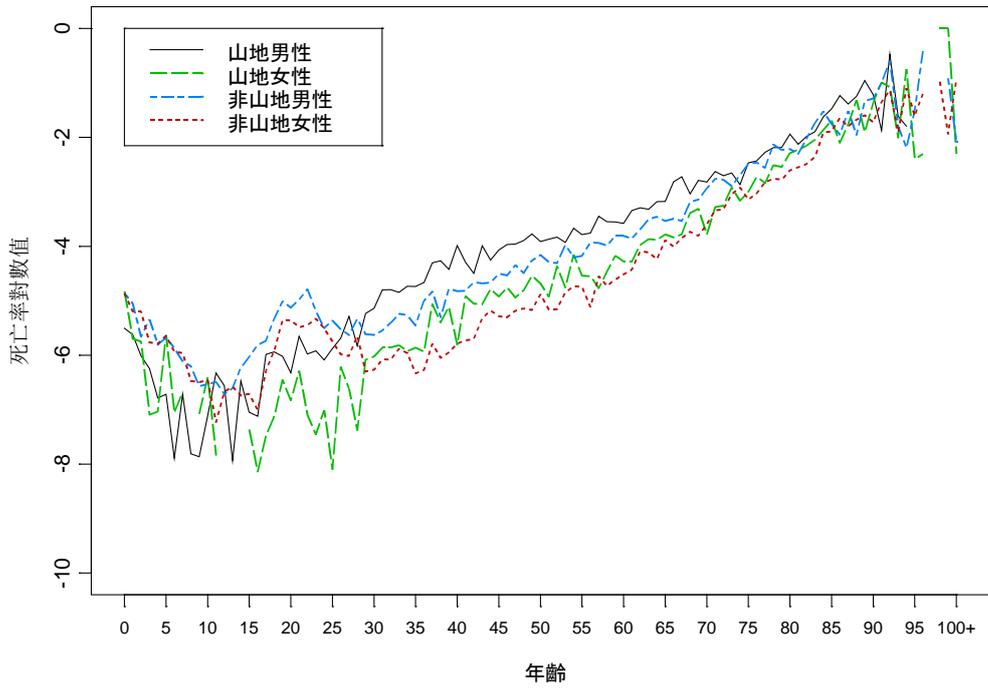


圖 6、原住民死亡率分析（以居住區域區分）

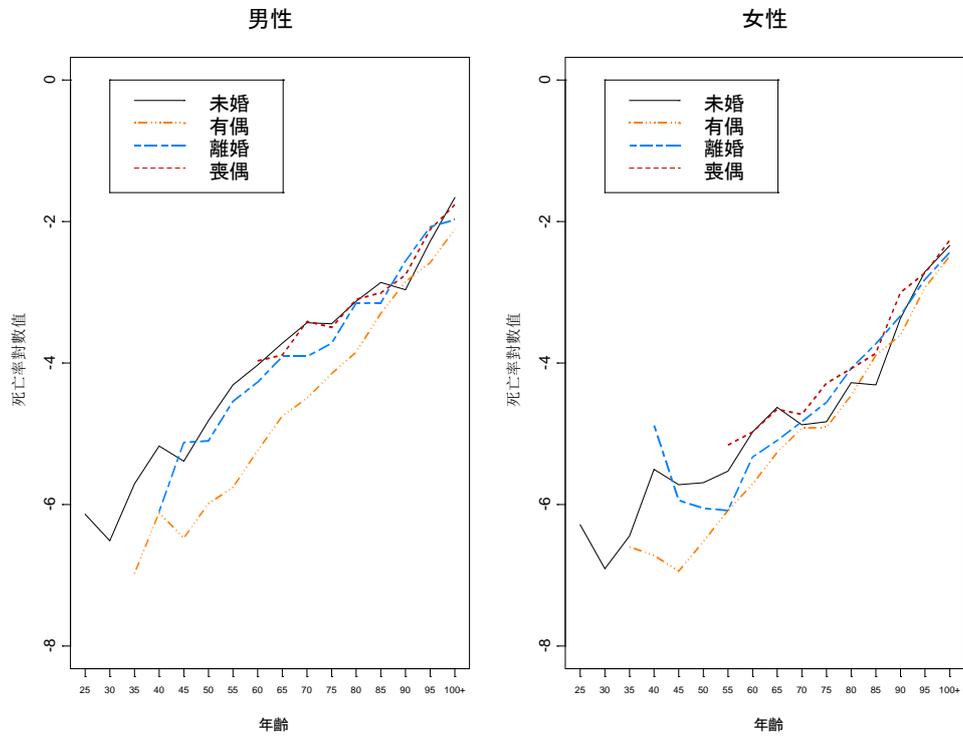


圖 7、原住民死亡率分析（以婚姻關係區分）

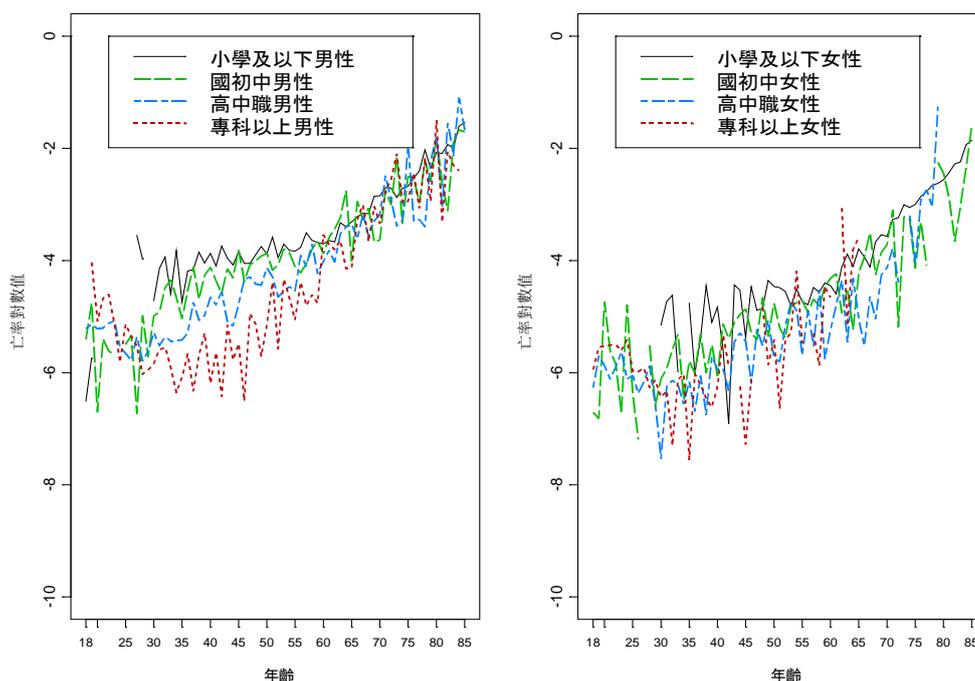


圖 8、原住民死亡率分析（以教育程度區分）

綜合以上觀察，大約可知原住民死亡率高於全國平均，其中年輕族群差異較大，而且山地原住民死亡率普遍高於平地原住民，教育程度低者的死亡率也有較高的趨勢，有偶者的死亡率最低。未來若能蒐集更多個人及環境變數，當可更清楚了解為何原住民的高死亡率現象，提供更適宜的教育、工作、山地醫療及照護環境，更有效率分配公共資源。另一個有趣的現象是關於婚姻別死亡率，雖然原住民的死亡率普遍高於全國，但有偶者的死亡率最低、其他三者差異不大，這與全國結果類似，如果原住民與非原住民結婚，這會對原住民的死亡率產生什麼影響，預期這在遷移及跨種族通婚頻繁的今日會愈來愈受到大眾的注意。

表 4、全國及原住民的粗死亡率（三年平均）

|    | 全國    | 原住民   | 阿美族   | 泰雅族   | 排灣族   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 男性 | 0.83% | 1.11% | 1.04% | 1.18% | 1.09% |
| 女性 | 0.54% | 0.79% | 0.71% | 0.87% | 0.81% |

接著從表 4 整體粗死亡率(Crude Mortality Rate)比較，一如預期，男性的粗死亡率較高，但全體原住民（或前三大族）的粗死亡率遠高於全體臺灣居民，高出接近 50%。另外，前三大族的粗死亡率也有不小的差異，排灣族大致與全體原住民相當，阿美族最低、泰雅族最高，預期零歲平均餘命的結果也類似，阿美族最高、泰雅族最低、排灣族居中，但都低於全臺灣的平均。我們將在下一節呈現原住民及三大族生命表的編算方法，並比較結果差異、討論背後代表的意涵，以作為政策規劃的參考。

#### 肆、原住民生命表編算

由於原住民人口數少，在推估死亡率前需先進行適當的修勻，降低年齡層間的波動。本文考量的 Partial SMR 等修勻方法，透過 SMR 的標準化程序去除人口結構的影響，因此本文著眼於大小母體的死亡率特性是否相似，不考量大小母體的人口結構。本文先探討大小母體死亡率未必相似時（七種死亡率情境），以電腦模擬評估使用本文提出的修勻方法，接著再以台灣原住民的實際資料，驗證修勻方法是否仍有助於編算原住民生命表，降低人數不足引起的死亡率震盪。

我們套用台灣民國 85 至民國 104 年男性 0 歲至 99 歲的五齡組 (0-4 歲、5-9 歲、...、95-99 歲) 死亡率，假設死亡率服從 Lee-Carter 模型，並考慮小母體同年齡層男性死亡率為大母體死亡率的  $s_x$  倍，其中我們假設  $s_x$  有 7 種可能情境，如圖 9（王信忠等人，2012）： $s_x = 0.8$ 、 $s_x = 1.0$ 、 $s_x = 1.2$ 、 $s_x$  隨年齡直線遞增 (0.5 至 1.5)、 $s_x$  隨年齡直線遞減 (1.5 至 0.5)、 $s_x$  先下降再上升 (V 型 1.5 至 0.5 再至 1.5) 及  $s_x$  先上升再下降 (倒 V 型 0.5 至 1.5 再至 0.5)。這些死亡率情境代表小母體及大母體的相似性，前三種是兩者較為類似，後四者則差異較大。

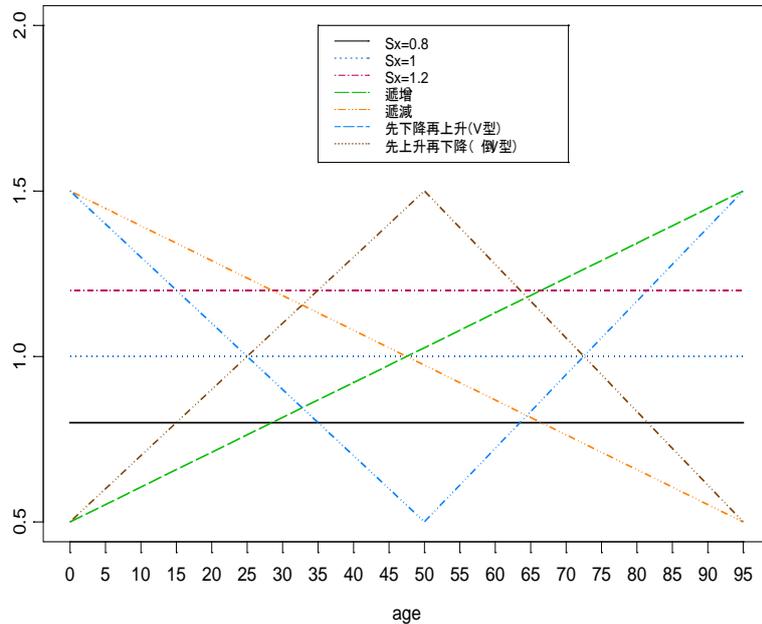


圖 9、七種死亡率情境

大母體和小母體的人口結構都與台灣男性人口結構一致，假設小母體人數為 10 萬人，大母體人數為 200 萬人，各年齡層死亡人數都服從 Poisson 分配，重複電腦模擬 1000 次，比較不同修勻方法及模型估計出來的死亡率和理論死亡率的差距。誤差的衡量方法採用 MAPE (Mean Absolute Percentage Error)：

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\% \quad , \quad (10)$$

其中  $Y$  為實際值、 $\hat{Y}$  為推估值。

人口數的增加可以降低小區域估計的波動性，表 5 結果顯示，小母體七種情境改變下，無論是修勻方法或死亡率模型均能改善死亡率估計。值得注意的是大母體與小母體死亡特性較為一致時，PSMR 方法估計誤差僅有其他方法的 1/3（前三種死亡率情境），但當大母體與小母體人口的死亡特性非常不同（後四種死亡率情境），套用 Whittaker Ratio 法則較 PSMR 佳，換言之，Whittaker Ratio 法比較穩健(Robust)。另外，Wang et al. (2017)建議以累積過去歷年資料當大母體，

我們發現 PSMR 方法在七種情境下均能得到穩健的估計結果，改善了大、小母體人口結構差異大時使用 PSMR 方法的缺點，相關結論有待後續深入探討。另外，我們也嘗試過不同年齡結構，像是套用不同年度、不同性別的人口結構，結果與表 5 略有不同，但大致趨勢維持不變。

表 5、小母體死亡率為大母體死亡率的  $s_x$  倍之估計誤差

單位：MAPE(%)

|                    | 大母體           | $S_x=0.8$ | $S_x=1$ | $S_x=1.2$ | 直線<br>漸增 | 直線<br>漸減 | V 型   | 反 V 型 |
|--------------------|---------------|-----------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|
| 原始值                | 200<br>萬      | 23.58     | 21.58   | 20.03     | 22.80    | 21.73    | 21.34 | 22.96 |
| Lee-Carter         |               | 13.47     | 12.15   | 11.31     | 13.46    | 13.85    | 11.46 | 14.85 |
| Whittaker<br>Ratio |               | 11.72     | 11.36   | 11.16     | 12.07    | 11.33    | 11.59 | 11.47 |
| PSMR               |               | 6.65      | 6.37    | 6.18      | 35.18    | 21.95    | 16.82 | 26.62 |
| PSMR               | 歷年小母體<br>人數總和 | 10.09     | 9.43    | 9.02      | 9.99     | 9.41     | 9.40  | 9.87  |
| Whittaker<br>Ratio |               | 12.08     | 11.36   | 10.71     | 11.14    | 11.61    | 11.71 | 11.20 |

註：數字加網底者為該情境下誤差最小。

本文比照內政部簡易生命表做法，先以五齡組(0 歲、1-4 歲、5-9 歲、...、95-99 歲、100+歲)合併三年資料平均，降低資料較少的問題，接著使用不同的大母體進行修勻，為求修勻結果能與內政部公佈之生命表一致，本文考量的修勻方法的參考母體分成五大類進行分析比較：累積民國 87 年至民國 104 年之「花蓮縣及台東縣」、「台東縣」、「花蓮縣」、「全臺灣地區」及「民國 89-101 年原住民」累積人口數及死亡數，修勻後進行單齡內插及外推工作。

由於原住民族各年齡層人口結構與全國人民差異不小，我們先比較資料庫觀察值與五大類參考母體粗死亡率<sup>10</sup>，如圖 10 資料庫觀察值死亡率在 35 歲以前明顯較花東地區等居民偏高許多，在 35 歲以後資料庫觀察值則與原住民歷史死

<sup>10</sup> 「台東縣」、「花蓮縣」因為與「花蓮縣及台東縣」的結果差異不大，在此未列入。

亡率較為接近。另外，我們更進一步比較Whittaker比值修勻法與PSMR修勻法結果如圖 11，PSMR修勻結果介於資料庫觀察值與原住民歷史值中間，Whittaker 比值法則較為靠近原住民歷史值；另外，Lee（2003）PSMR方法中 $\hat{h}^2$ 越大表示目標地區與參考母體死亡率存在越大的異質性（Heterogeneity），大致上以排灣族的 $\hat{h}^2$ 值最小、泰雅族最大（表 6）。TIPD的年輕族群死亡率與幾個參考母體有明顯差異，中高齡層死亡率則較為接近（圖 10），因無較長年期觀察資料可搭配死亡率模型使用，因此後續結果使用之參考母體將以原住民歷史值為主，估計誤差則以單純的修勻方法的修正。

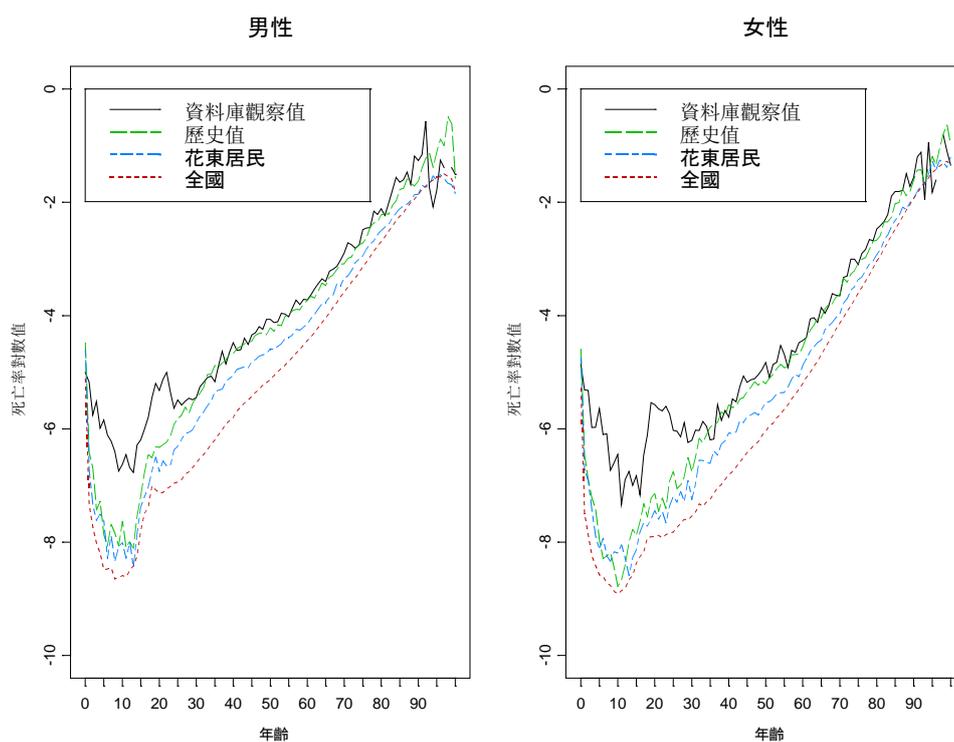


圖 10、資料庫觀察值與參考母體死亡率比較

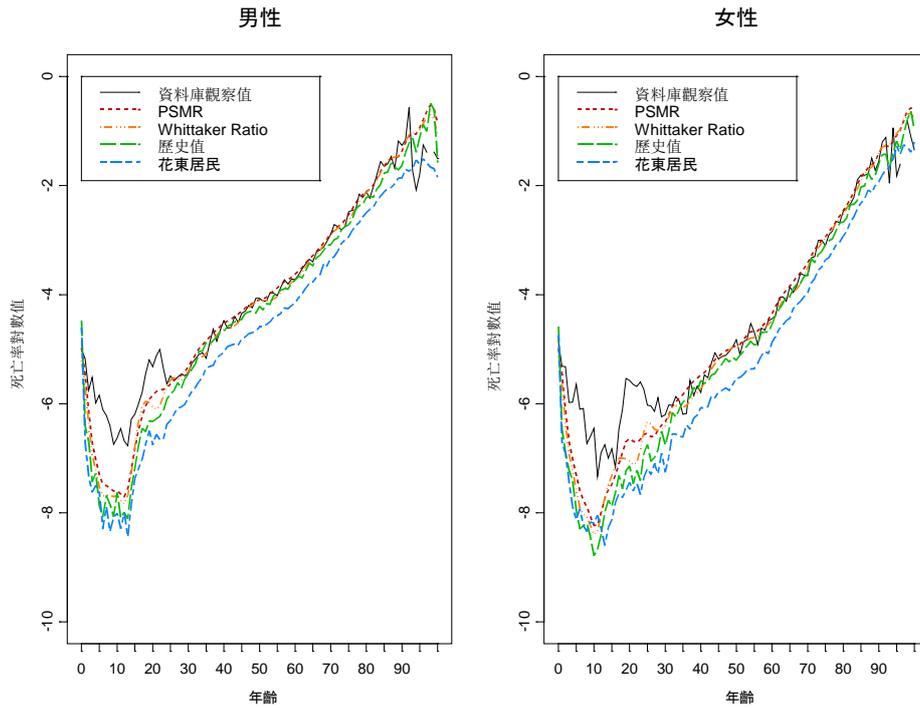


圖 11、Whittaker 比值與 PSMR 修勻法結果比較

表 6、原住民族在不同參考母體的 PSMR 之  $\hat{h}^2$  值

|     | 花東居民<br>(東部) |       | 台東縣   |       | 花蓮縣   |       | 台灣全體  |       | 原住民族<br>歷年和 |       |
|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|
|     | 男性           | 女性    | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性          | 女性    |
| 全體  | 0.020        | 0.030 | 0.017 | 0.029 | 0.024 | 0.031 | 0.056 | 0.068 | 0.018       | 0.026 |
| 阿美族 | 0.018        | 0.021 | 0.018 | 0.022 | 0.019 | 0.021 | 0.035 | 0.039 | 0.027       | 0.030 |
| 泰雅族 | 0.036        | 0.041 | 0.030 | 0.038 | 0.042 | 0.043 | 0.077 | 0.094 | 0.028       | 0.027 |
| 排灣族 | 0.008        | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.012 | 0.000 | 0.039 | 0.029 | 0.003       | 0.000 |

首先以各年齡的死亡率比值說明修勻後三大族死亡率的差異，因為國民生命表的年齡別死亡率較為平滑，我們以民國 98-100 年第十回國民生命表的東部（花蓮及台東）死亡率及過去原住民死亡率為分母，本文 Whittaker 比值及 PSMR 修勻結果之原住民死亡率為分子。為了方便比較，死亡率比值以對數值表示，若對數數值等於零，則代表原住民死亡率與東部居民死亡率(或過去原住民死亡率)

相同，大於零則是原住民死亡率較高（參考圖 12~15）。圖形均呈現相同趨勢，除了幼齡及高齡（90 歲以上）外，各年齡的死亡率比值大致分成三個區塊，不因年齡、性別有所不同，值得注意的是阿美族 20 歲至 70 歲死亡率低於過去整體原住民死亡率。死亡率比值以阿美族最低、泰雅族最高、排灣族居中，和表 4 的粗死亡率結果類似，可知若換算成零歲平均餘命，壽命應該以阿美族最高、泰雅族最低、排灣族居中。另外，比較以民國 98-100 年第十回國民生命表的東部（花蓮及台東）死亡率當分母之圖 12~13，及以過去原住民死亡率為分母之圖 14~15，可以發現參考母體以原住民歷史值為主，死亡率比值範圍較小，較能反映死亡率整體趨勢，這也呼應了表 5 模擬的結果。

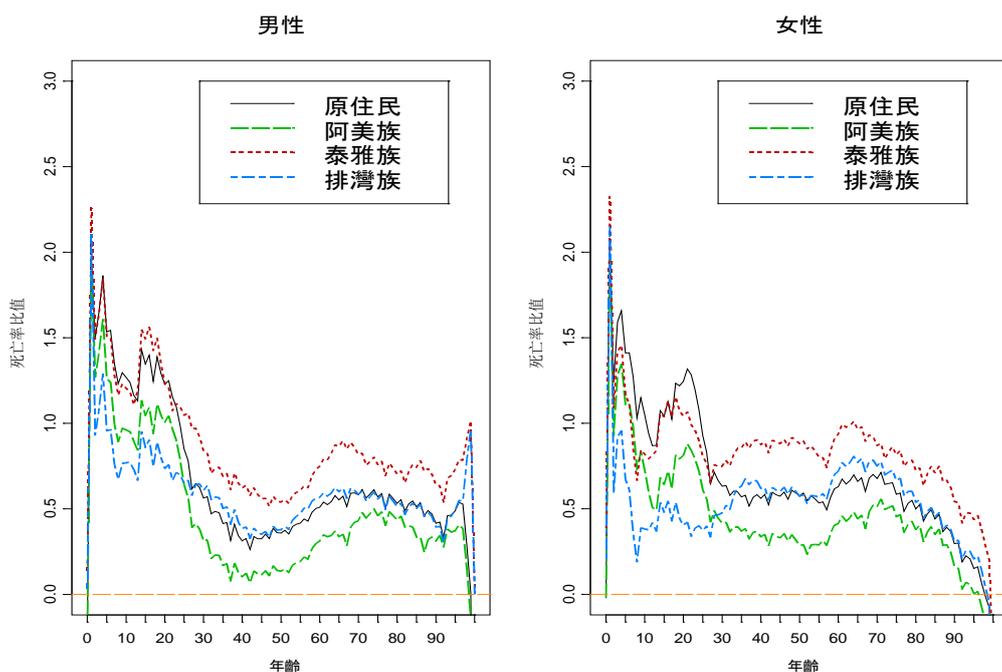


圖 12、PSMR 修勻結果與第十回國民生命表東部居民

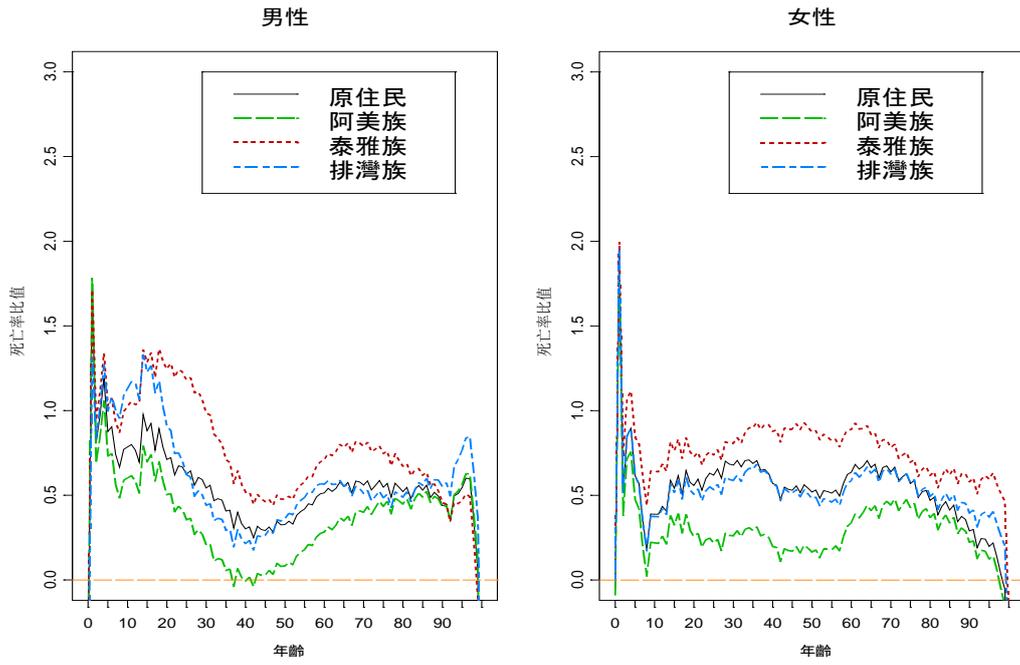


圖 13、Whittaker 修勻結果與第十回國民生命表東部居民

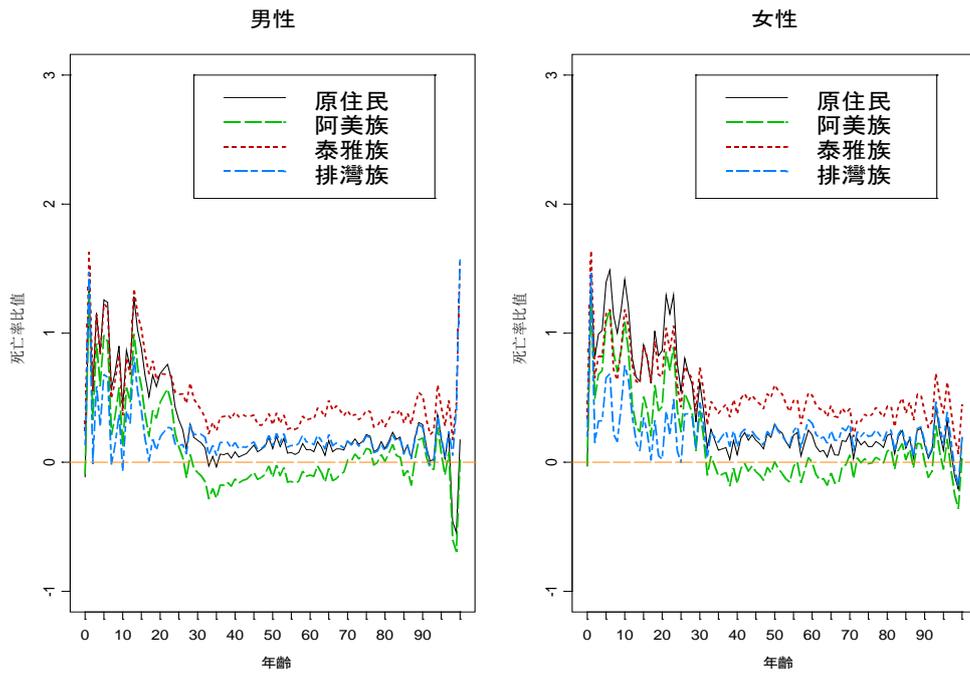


圖 14、PSMR 修勻結果與原住民歷史死亡率

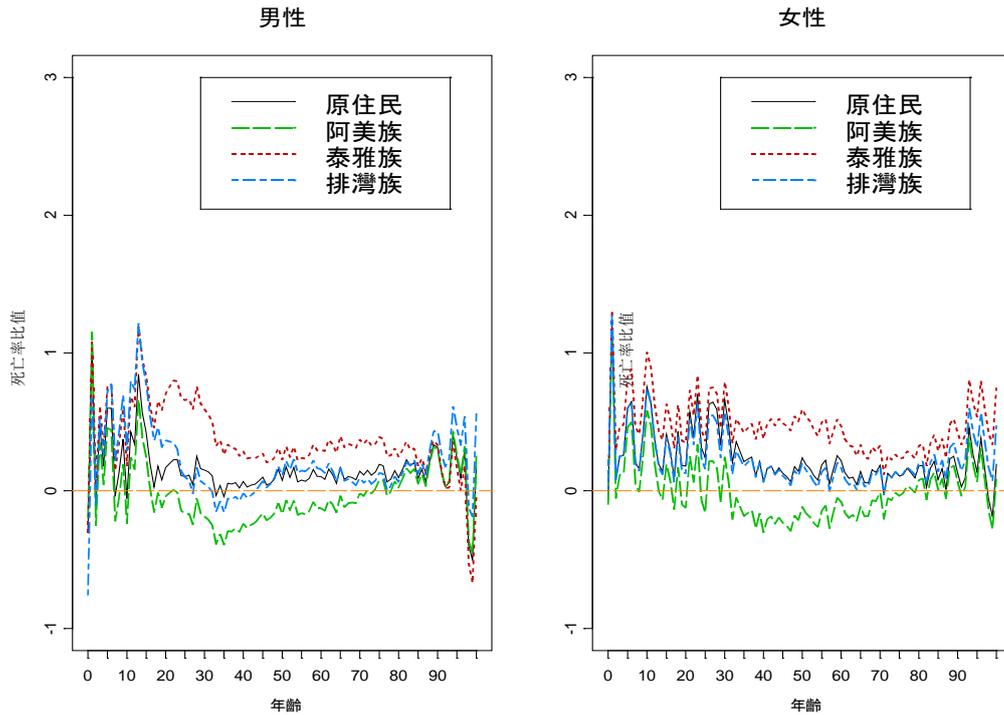


圖 15、Whittaker 修勻結果（原住民歷史死亡率）

本文的原住民生命表編算，原則上先以原住民歷史資料計算 SMR，接著套用 Partial SMR，或再使用 Whittaker 比值法。表 7 列出本文的 SMR 編算結果，同時與第十回國民生命表的東部居民比較。SMR 的結果和上述粗死亡率、死亡率比值相同，阿美族的死亡率最低，泰雅族最高。表 8、表 9 分別為編算出生命表中，零歲、65 歲、75 歲及 85 歲平均餘命，同時與第十回國民生命表的東部居民及內政部民國 103 年原住民生命表比較。以男性零歲平均餘命為例，民國 103 年全臺灣簡易生命表的壽命高出東部居民將近七歲，東部居民又比內政部編算之原住民生命表高出 3 歲，相對本次資料庫原住民高出 6-8 歲，換言之，臺灣面積並不大，但男性平均壽命的差異竟然接近 10-15 歲；若與臺北市男性比較（平均壽命約 80 歲），高出泰雅族男性幾近 20 歲；女性的結果也類似，但差距稍微小一些，臺北市女性（平均壽命約 85 歲）高出泰雅族女性大約 15 歲。基於本文使用之資料庫資料品質、來源、取得時間點都與內政部不同，相互比較有待後續研究。若只考慮本文編算結果，原住民的三大族間也有不小的差距，阿美族的平均

壽命約高出泰雅族約七歲，男女兩性的結果大致相當。

表 7、第十回東部國民生命表及原住民的 SMR 比較

|    |     | 原始粗死亡率 | 花東居民<br>當大母體 | 歷年原住民加總為大母體 |           |
|----|-----|--------|--------------|-------------|-----------|
|    |     |        | PSMR         | PSMR        | Whittaker |
| 男性 | 原住民 | 1.659  | 1.682        | 1.674       | 1.624     |
|    | 阿美族 | 1.393  | 1.421        | 1.415       | 1.393     |
|    | 泰雅族 | 2.067  | 2.117        | 2.093       | 1.981     |
|    | 排灣族 | 1.626  | 1.706        | 1.680       | 1.611     |
| 女性 | 原住民 | 3.022  | 2.685        | 2.662       | 2.573     |
|    | 阿美族 | 2.490  | 2.273        | 2.223       | 2.161     |
|    | 泰雅族 | 3.919  | 3.535        | 3.535       | 3.249     |
|    | 排灣族 | 2.951  | 2.856        | 2.767       | 2.633     |

由於 Whittaker 比值修勻法平均餘命與內政部結果差異較小，因此我們採用 Whittaker 比值修勻法。然而考量原住民族高齡人口數過少的問題，根據內政部原住民國 103 年簡易生命表女性零歲平均餘命為 76 歲，因此 76 歲以上採用 Gompertz 外推值，並以 kernel 平滑化，計算出來平均餘命結果如表 10，結果與表 9 差異不大。最後本文呈現全體原住民年齡別死亡率（對數值）與第十回國民生命表東部居民比較(圖 16)，大約在 25 歲至 60 歲之間東部居民男性死亡率高於原住民女性外，大致上原住民死亡率仍高於東部居民。另外考慮原住民三大族群死亡率比較，如圖 17，發現 20 歲以下排灣族男性死亡率偏高及 20 歲左右的隆起（原因多為意外死亡），東部居民卻沒有這個現象（與全國結果相同）；泰雅族男性整體死亡率仍較其他族群高。女性的兩者差異在年輕族群較大，高齡族群的差異漸漸縮小。以上這些差異顯示若以東部居民作為探討原住民死亡率的基礎，可能會有偏頗的疑慮，建議內政部未來編算原住民生命表時，可考慮同時公布原住民族年齡別人口數及死亡數，且 TIPD 資料庫若能串檔死因檔，則更能提供較適宜的資料進行研究。

表 8、零歲、65 歲、75 歲及 85 歲平均餘命比較(PSMR 修勻)

|                      | 零歲    |       | 65 歲  |       | 75 歲  |       | 85 歲 |      |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|                      | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性   | 女性   |
| 第十回東部國<br>民生命表       | 70.09 | 78.68 | 16.39 | 19.43 | 10.34 | 11.98 | 5.88 | 6.35 |
| 原住民(內政<br>部民國 103 年) | 67.28 | 76.00 | 14.14 | 17.39 | 8.89  | 10.69 | 4.64 | 5.50 |
| 原住民                  | 62.40 | 71.22 | 12.69 | 15.76 | 7.75  | 9.53  | 4.37 | 4.98 |
| 阿美族                  | 65.40 | 73.84 | 13.74 | 16.81 | 8.38  | 10.19 | 4.93 | 5.41 |
| 泰雅族                  | 58.85 | 68.22 | 11.07 | 14.10 | 6.80  | 8.26  | 3.61 | 4.06 |
| 排灣族                  | 62.61 | 71.46 | 12.67 | 15.31 | 7.82  | 9.30  | 4.41 | 4.93 |

表 9、零歲、65 歲、75 歲及 85 歲平均餘命比較(Whittaker 修勻)

|                  | 零歲    |       | 65 歲  |       | 75 歲  |       | 85 歲 |      |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|                  | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性   | 女性   |
| 第十回東部國民生命表       | 70.09 | 78.68 | 16.39 | 19.43 | 10.34 | 11.98 | 5.88 | 6.35 |
| 原住民(內政部民國 103 年) | 67.28 | 76.00 | 14.14 | 17.39 | 8.89  | 10.69 | 4.64 | 5.50 |
| 原住民              | 63.70 | 72.30 | 12.77 | 15.92 | 7.77  | 9.64  | 4.29 | 5.03 |
| 阿美族              | 66.72 | 75.14 | 13.66 | 16.96 | 8.15  | 10.18 | 4.37 | 5.29 |
| 泰雅族              | 60.01 | 69.45 | 11.41 | 14.77 | 7.04  | 8.74  | 4.11 | 4.19 |
| 排灣族              | 63.95 | 72.43 | 12.98 | 15.82 | 7.88  | 9.43  | 4.06 | 4.73 |

表 10、零歲、65 歲、75 歲及 85 歲平均餘命比較(Whittaker 兩次修勻)

|                  | 零歲    |       | 65 歲  |       | 75 歲  |       | 85 歲 |      |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|                  | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性    | 女性    | 男性   | 女性   |
| 第十回東部國民生命表       | 70.09 | 78.68 | 16.39 | 19.43 | 10.34 | 11.98 | 5.88 | 6.35 |
| 原住民(內政部民國 103 年) | 67.28 | 76.00 | 14.14 | 17.39 | 8.89  | 10.69 | 4.64 | 5.50 |
| 原住民              | 63.82 | 72.49 | 12.94 | 16.12 | 8.09  | 9.94  | 5.06 | 5.81 |
| 阿美族              | 66.90 | 75.30 | 13.90 | 17.12 | 8.56  | 10.41 | 5.23 | 5.90 |
| 泰雅族              | 60.01 | 69.86 | 11.36 | 15.32 | 6.97  | 9.56  | 4.25 | 5.81 |
| 排灣族              | 64.18 | 72.67 | 13.40 | 16.09 | 8.61  | 9.82  | 5.54 | 5.68 |

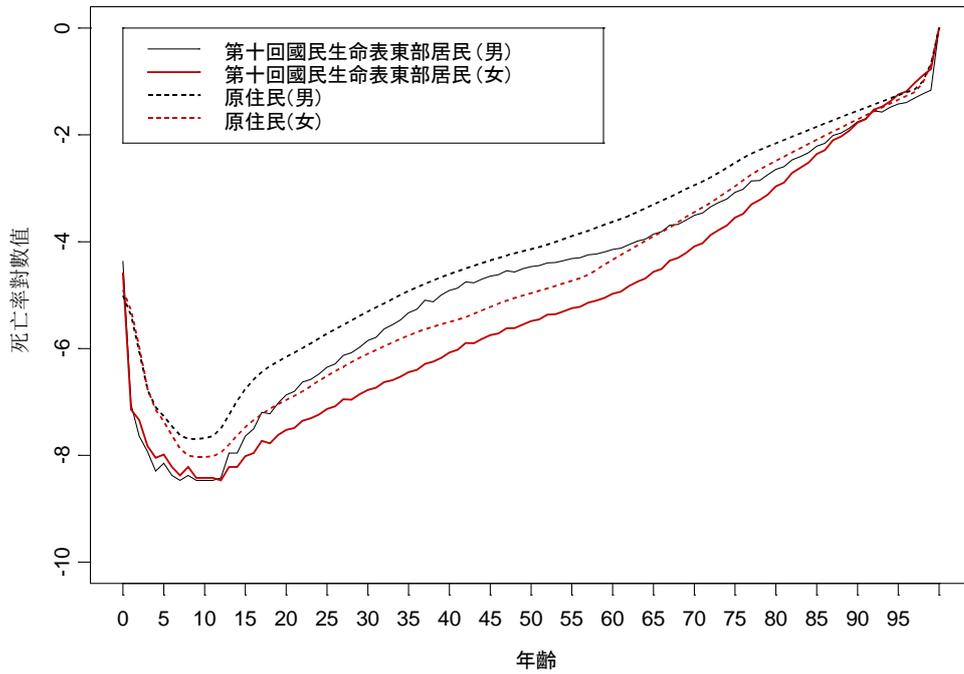


圖 16、原住民與第十回國民生命表東部居民的死亡率比較

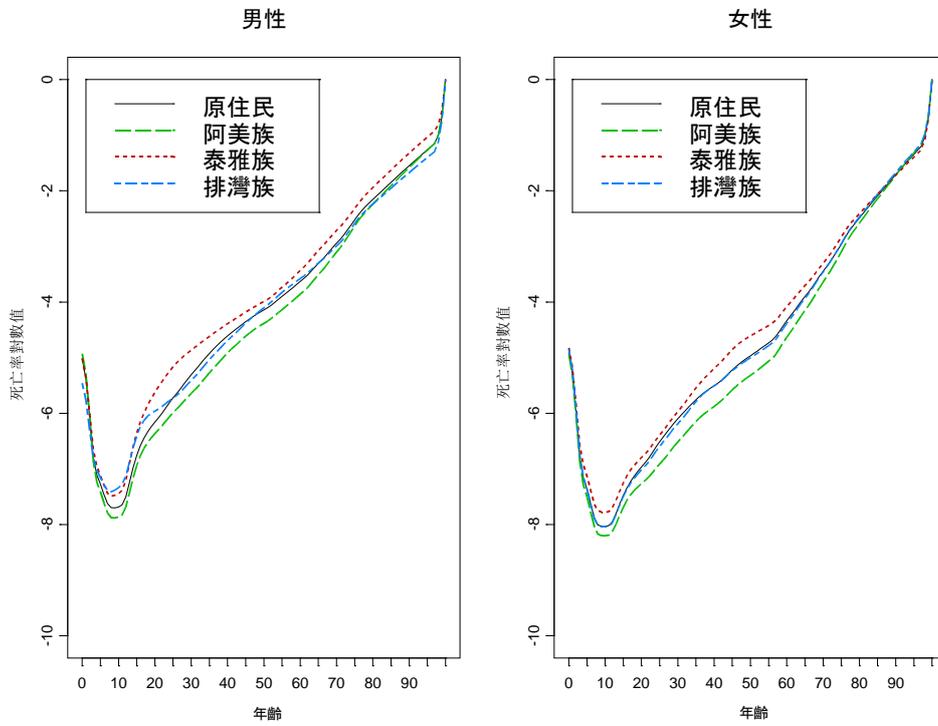


圖 17、原住民族死亡率修勻結果

關於本文原住民族的生命表編算，由於原住民的人數較少、且死亡人數為零時，以現行的 Partial SMR 或 Whittaker 比值法編算死亡率時，可能會產生不平滑及震盪。因此本文提出新的修勻方法，以過去原住民資訊的資料加總做為參考母體，以此降低變異並避免死亡率產生異常現象（如：死亡人數觀察值為 0），降低人數不足造成的震盪。此外，本文也使用內政部編算簡易生命表的作法，以累積三年死亡人數降低死亡率的震盪。

本文採用增加樣本數的修勻方法確實可以降低推估誤差，對於如果參考的大母體與小母體相似性愈高，死亡率較不會因人口結構差異而影響，因此在參考母體的選擇上，我們使用五種參考母體進行比較。無論阿美族、泰雅族、或排灣族，以過去各原住民族的各年齡人口數、死亡數之加總為參考母體，都可獲得較佳結果，呼應了 Wang et al. (2017)以小母體過去歷史資料較佳的研究結果。或許原住民族的居住範圍不會侷限在某幾個縣市，以行政區域作為參考母體未必合適，與其以人工判斷哪些大母體可作為小母體的編算參考，更可行的方法是加強基礎資料的蒐集與紀錄，累積足夠歷史資料作為參考大母體。

## 伍、討論與建議

我國在民國 84 年通過原住民族基本法後，在民國 88 年成立原住民委員會，原住民族自治法（草案）也於民國 89 年在立法院通過，原住民族健康、福利與醫療照護的不均等現象愈來愈受到各界注意。然而，或許由於資源有限、或是分配的優先順序並未根據實際需求，導致沒有發揮應有的成效，這可由民國 103 年全國居民與原住民平均餘命差異看出端倪。原住民委員會於民國 101 年與中研院合作建立臺灣原住民族開放學術研究資料庫（Taiwan Indigenous Peoples Open Research Data: TIPD）供各界使用，希望透過此資料庫可以來洞悉原住民的需求，掌握環境衛生及生活發展的重要資訊，做為原住民族人口、生活、居住、教育、工作、所得、及醫療等決策之依據，同時作為提升原住民族教育、傳承原住民族

語言與文化、強化基本生活安全、執行就業促進、協助居住安定等政策制定之基礎。

本文根據臺灣原住民族開放學術研究資料庫，藉由分析死亡率探究原住民族的健康與壽命。結果顯示原住民死亡率偏高，零歲平均餘命（俗稱平均壽命）明顯低於臺灣平均值，甚至比臺北市居民少了約 12 歲的平均壽命，顯示原住民族的資源及環境等確有改善空間。僅就醫療資源的分配而言，除了花蓮縣有一所醫學中心外，其他醫學中心及教學醫院都位於院轄市（六都），偏鄉居民及原住民族在重大疾病就醫相對不方便，往往需要花費半天、甚至一天以上交通旅行的就醫時間。另外，即便總人口僅有五十多萬人，各原住民族間的差異不小，零歲平均餘命的差距超過六歲，而且死亡率與居住區域有高度關聯，透過年齡層分析也看出工作人口及年輕人口高死亡率現象，這些現象都有待跨領域、更深入探討研究。

本文研究原住民族生命表的編算，發現為當小母體人口數少時，除了傳統合併 3-5 年或改以 5 齡組方式外，可採用增加樣本數的方法修勻減少偏差，然而考慮大小母體相似性避免人口結構差異影響死亡率，建議可以累積歷年資料和當作參考母體，並且根據本文以 TIPD 資料庫實證結果，**Partial SMR** 及 **Whittaker Ratio** 法均可參考使用。另外，有別於內政部每年依據戶籍記錄及死亡通報等資料，合併三年資料而編成的原住民簡易生命表，本次資料統計時間不同，人口資料每天依遷入、遷出、出生登記、死亡登記等動態改變，可以預期人口數與死亡數會因統計時間而有不同，因此生命表建置一定有所差異。比較可惜的是本次研究仍有些限制與困難尚待克服，臺灣原住民族開放學術研究資料庫因無死因檔串聯，導致死亡率推估結果仍與內政部生命表有所差異，特別是年輕人口，更可能導致低估平均餘命的結果；另外，取得資料期間無法與內政部一致，也對研究結果驗證產生困難，因此無論是資料蒐集、編算方法都有改進空間。

臺灣近來高齡化趨勢愈發明顯，長照制度推動及年金改革正如火如荼地展開，然而原住民各族居住分散於全臺灣各縣市，對於老化需求必然不同，如何將

有限的資源分配於原住民各族，是一項非常困難的挑戰。本文透過臺灣原住民族開放學術研究資料庫嘗試建立各族生命表，然而礙於資料有限，未來仍需繼續進行死亡率推估方法研究，更期待政府能開放相關族別年齡層死亡數及生育率等資訊，將能更進一步推估未來原住民人口數，藉以提供政府資源分配及原住民政策擬訂之參考。

## 謝誌

本文作者感謝臺灣原住民基礎開放研究資料庫（TIPD）計畫主持人提供協助，及兩位匿名評審的寶貴建議，更感謝科技部對本文在研究進行與撰寫時的補助（補助計畫編號：MOST 104-2410-H-004 -023 -MY2 及 MOST 106-2420-H-156 -001 -MY2）。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王信忠、金碩、余清祥(2012)小區域死亡率推估之研究。人口學刊, 45: 121-154。  
Hsin-Chung Wang, Shuoh Jin, and Jack C. Yue. 2012. “xiao qu yu si wang lu tui gu zhi yan jiu .” [A Simulation Study of Small Area Mortality Projection]. *Ren kou xue kan [Journal of Population Studies]* 45 : 121-154.
- 王信忠、余清祥、陳怡萱(2016)高齡死亡率模型的探討。人口學刊, 52: 1-42。  
Hsin-Chung Wang, Jack C. Yue, and Yi Xuan Chen. 2016. “gao ling si wang lu mo xing de tan tao .” [A Study of Elderly Mortality Models]. *Ren kou xue kan [Journal of Population Studies]* 52 : 1-42.
- 余清祥(1997)修勻：統計在保險的應用。臺北市：雙葉書廊。Jack C. Yue. 1997.  
Xiu yun: tong ji zai bao xian de ying yong [Graduation: Statistical Applications in Insurance]. Taipei: shuang ye shu lang.
- 邱煜智(2005)原住民健康狀況差異之研究-依都市化程度探討。臺北醫學大學公共衛生學研究所碩士論文。Yu-Zhi Qiu. 2005. “Yuan zhu min jian kang zhuang kuang cha yi zhi yan jiu- yi dou shi hua cheng du tan tao” [Investigation on the differences of health in indigenous peoples:by urbanization]. *Tai bei yi xue da xue gong gong wei sheng xue yan jiu suo shuo shi lun wen [Master thesis of School of Public Health, Taipei Medical University.]*
- 郭孟坤、余清祥(2008)電腦模擬、隨機方法與人口推估的實證研究。人口學刊, 36: 67-98。Meng-Kung Kuo and Jack C. Yue. 2008. “Dian nao mo ni 、sui ji fang fa yu ren kou tui gu de shi zheng yan jiu.” [An Empirical Study of Simulation and Stochastic Methods on Population Projections] *Ren kou xue kan [Journal of Population Studies]* 36 : 67-98.
- 陳啟文(2012)原住民地區死亡水準之探討。國立政治大學社會學研究所碩士論文。Qi-Wen Chen. 2012. “Yuan zhu min di qu si wang shui zhun zhi tan tao.” [Exploring Low Mortality Level for the Area of Indigenous People] *Guo li zheng zhi da xue she hui xue yan jiu suo shuo shi lun wen [Master thesis of Department of Sociology, National Chengchi University]*

- 陳政勳、余清祥（2010）小區域人口推估研究：臺北市、雲嘉兩縣、澎湖縣的實證分析。人口學刊，41：153-183。 Cheng-Hsun Chen and Jack C. Yue. 2010. “Xiao qu yu ren kou tui gu yan jiu : tai bei shi 、yun jia liang xian 、peng hu xian de shi zheng fen xi.” [A Study of Small Area Population Projection in Taiwan] *Ren kou xue kan [Journal of Population Studies]* 41：153-183.
- 張朝琴（2008）貧窮與健康－社經地位與原住民族健康問題探析。嘉義大學通識學報，6：461-486。Chao-Chin Chang. 2008. “Pin qiong yu jian kang－she jing di wei yu yuan zhu min zu jian kang wen ti tan xi.” [Poverty and Health: A Study of Socioeconomic Status and Aboriginal Health Problem] *Jia Yi Da Xue Tong Shi Xue Bao* 6：461-486.
- 劉俊麟、章順仁、葛應欽（2002）臺灣原住民低肺癌死亡率及低發生率。中華職業醫學雜誌，9(3)：205-212。LiuJun-Lin Liu, Shun-Ren Zhang, and Ying-Qin Ge. 2002. “Tai wan yuan zhu min di fei ai si wang lu ji di fa sheng lu.” [Low Mortality and Incidence Rates of Lung Cancer for Taiwan Indigenous Peoples] *Zhong hua zhi ye yi xue za zhi [Chinese Journal of Occupational Medicine]* 9(3)：205-212.
- 蔡淑芬、張慈桂（2008）花蓮縣山地鄉與非山地鄉死亡率趨勢之探討。1986-2005年。臺灣公共衛生雜誌，27(5)：365-372。Sue-Fen Tsai and Tzu-Kuei Chang. 2008. “Hua lian xian shan di xiang yu fei shan di xiang si wang lu qu shi zhi tan tao, 1986-2005.” [Mortality Trends between Aboriginal and non-aboriginal Areas in Hualien, 1986-2005] *Tai wan gong gong wei sheng za zhi [Taiwan Journal of Public Health]* 27(5)：365-372.
- 謝淑芬、劉碧華、潘碧珍、章順仁、葛應欽（1994）原住民非故意性及故意性意外災害之死亡型態分析。高雄醫誌，10(7)：367-378。Shu-Feng Hsih, Bih-Hwa Liu, Bi-Jen Pan, Shan-Jen Chang, and Ying-Chin Ko. 1994. “Yuan zhu min fei gu yi xing ji gu yi xing yi wai zai hai zhi si wang xing tai fen xi .” [Mortality Patterns of Taiwan Aborigines due to Accidents] *Gao xiong yi zhi [The Kaohsiung Journal of Medical Sciences]* 10(7)：367-378.

## 二、英文部分

- Gompertz, B. (1825) On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality and on a New Mode of Determining Life Contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115: 513-585.
- Lee, R.D., and Carter, L.R. (1992) Modeling and Forecasting US Mortality, *Journal of the American Statistical Association*, 87(419): 659-671.
- Lee, W. C. (2003) A Partial SMR Approach to Smoothing Age-specific Rates, *Annals of Epidemiology*, 13(2): 89-99.
- Wang, H. C. and Yue, C. J. (2015) Mortality, Health and Marriage: A Study Based on Taiwan's Population Data. *North American Actuarial Journal*, 19(3): 187-199.
- Wang, H. C., Yue, C. J. and Chong, C.T.(2017). Mortality Models and Longevity Risk for Small Populations, *Insurance Mathematics and Economics*.  
<https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2017.09.020>.
- Whittaker, E. T. (1923) On a New Method of Graduation. *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society*, 41: 63-75.
- Yue, C. J. (2002). Oldest-old Mortality Rates and the Gompertz Law: a Theoretical and Empirical Study based on Four Countries, *Journal of Population Studies*, 24: 33-57.