

# 台灣大腸癌死亡率之空間分析

李宗儒<sup>1</sup> 陳昭榮<sup>2,3</sup> 李妙純<sup>2,3,\*</sup>

**目標：**本研究旨在探究台灣大腸癌死亡率之空間分佈，檢驗空間鄰近效應及社會、醫療資源因子之相關性。**方法：**使用2015年衛生福利部死因統計檔，對台灣349個鄉鎮市區（離島除外）大腸癌死亡率進行空間分析。以空間延遲模型探究大腸癌死亡率之空間鄰近效應。以地理加權迴歸分析鄉鎮市區大腸癌死亡率相關因子的異質性。**結果：**大腸癌死亡率有空間聚集（Global Moran's  $I = .2182$ ），熱區集中新北市、苗栗、嘉義縣及屏東。空間延遲模型不但呈現大腸癌死亡率之正向空間鄰近效應（迴歸係數 = .16）；亦具較佳的模型配適度（判定係數 = .3217）。空間延遲模型證實整體上，低教育程度比例、老年人口比例、大腸癌發生率愈高及家庭醫師人口比愈低則大腸癌死亡率亦愈高；但，地理加權迴歸估計顯示這些相關之鄉鎮市區估計具異質性，12.9%至79.1%鄉鎮顯著異於平均值。**結論：**地理資訊系統逐漸普及，未來地區資源分配，應考慮空間相關，評估在地風險及其異質性，以提升資源運用有效性及縮減地區健康不平等。（台灣衛誌 2021；40(2)：225-240）

**關鍵詞：**大腸癌死亡率、空間分析、鄰近效應、地理加權迴歸

## 前 言

大腸癌不僅是世界各國公共衛生的重要議題[1]，自1982年起，癌症即成為台灣十大死因之首，其中大腸癌是2006至2016年癌症發生率排名第一，死亡率則常居第三名[2]。大腸癌並無單一的致癌因素，先天性遺傳基因因素占百分之二十，後天性健康行為（例如飲食和運動習慣、蔬果攝取不足、不健康飲食、缺乏運動等）影響則占百分之八十[3,4]。然而，近年來貧富差距和社經階級影響罹患癌症的差異受到許多的關注，特

別是地區之社會不平等之相關的危險因子，已成為癌症防治的另一重要課題[1,5-10]。我國結腸、直腸癌發生率及死亡率集中在西南部[11-13]。台灣各鄉鎮之歷史、地理差異，其發展步調不一，產業結構、社會經濟條件不同，致使居民獲得的資源亦不同，健康結果也因此迥異[14]。為提升全體國民健康及減少健康不平等，針對地區特定因子分析，擬訂在地化衛生福利政策，有助於促進區域發展平衡。據此，本文應用空間計量探究大腸癌死亡率的空間圖像及相關地區風險因子之關係。

在健康社會成因架構中，健康差異的影響因子為多層次，由個人、家庭、社區、社會結構及國家總體條件等[15]，在相同層次及不同層次上獨立、連鎖、聚集或加乘影響個體的健康[16]。Whitehead進一步將潛在原因歸納為七大類，包括，(1)個人先天性及生物特徵：例如女性罹患女性生殖系統相關疾患；70歲時的預期餘命比20歲時的少；(2)自己選擇危害健康的行為：例如喜好某

<sup>1</sup> 雲林縣政府社會處

<sup>2</sup> 國立中正大學社會福利學系

<sup>3</sup> 國立中正大學高齡跨域創新研究中心

\* 通訊作者：李妙純

地址：嘉義縣民雄鄉大學路一段168號

E-mail: mclee137@ccu.edu.tw

投稿日期：2020年8月6日

接受日期：2021年3月16日

DOI:10.6288/TJPH.202104\_40(2).109105



些高危險性的運動而造成傷害或死亡；(3)瞬間的時間落差：例如某群先打了流感疫苗，另一群人亦可以相當快打流感疫苗。此時間落差為很短時間的，沒有任何社會因子將造成此時間落差，因此，群體不會因為此時間之落差增加罹病的機會或健康的危害；(4)選擇健康生活型態的條件受到限制：例如當地蔬果、牛奶價格昂貴，使得居民無法攝取足夠的營養素，造成健康的問題；(5)暴露在危害健康的工作或生活環境：例如高溫、噪音、汙染、壓力的環境、治安敗壞的居住地等；(6)無法獲得基本的健康和公共資源，例如：缺乏醫療院所、乾淨的水源、公共衛生條件差等；(7)由於健康所造成的向下社會流動：例如由於生病，無法上學或工作表現不佳，後來造成職業階級較低、收入也較低。其中第(4)~(6)原因與個體所處的地區環境條件相關性較大，非人們可直接控制的，因此Whitehead認為其所造成的健康差異可思考為「可避免」的健康差異，也因此被視為健康不公平（health inequity）的起源[17]。雖然「可避免的因素」之詮釋因社會脈絡而異，但多數的學者一致認為，地區資源限制與疾病聚集的根源關係巨大[18-22]。據此，探究健康差異之地區成因，有利於資源均衡分配、消弭健康不平等、提升全體國民健康，發展在地化的衛生福利政策之參考。

「地區」意指一個特定的位置，具有特殊的意義，例如特定的自然屬性、社會價值與文化特性等。地區與健康的關係，大致可以從地區之組成（compositional）及脈絡（contextual）效果加以解釋[22]。組成效果為一個地區的總體或平均健康狀況是當地居民的人口社會特質的總體表現。因為相似特質的人們會有相似的行為，其健康狀況也相似，選擇相似的居住地區，他們的健康情況就形成該地區的健康水準；無論他們居住在哪裡，那裡的健康水準就是這群人總體的狀況。因此地區之健康差異起因於這類機制時，稱為選擇效果（selection effect）。選擇的結果使得相鄰地區有相似的表現，這種地區間的連結在空間變異上稱為鄰近效果

（neighborhood effect）。相對的，脈絡效果以因果的角度認為，個人的健康結果及健康行為受到所居住地區及環境的條件或是政府投注之資源、設施所影響。文獻指出，組成因子包括個人之人口社會特質，例如年齡、性別、教育程度、職業、婚姻、族群等；脈絡因子則包括地區的基礎建設、產業型態、文化特色、服務的可近性、資源的多寡等[23]。

近年來經濟成長，不只城鄉經濟發展差距擴大，城鄉之健康差距亦加劇，這些差距證明與地區化醫療和社會資源因素有關[24-26]。國內在區域健康不平等已有許多寶貴的實證研究。例如，地區之教育年數、所得、醫療資源、基礎建設的不平等與嬰幼兒高死亡率相關[27]；鄉鎮之收入、原住民比例、及社會問題等社經弱勢指標愈嚴重，肥胖機率愈高[28,29]；與北台灣相比，南台灣居民的十大死因死亡率較高、平均餘命較短，而且有些疾病死亡率差距越來越大。這些差距可部分歸因於南台灣地區的社會經濟及醫療資源較北台灣弱勢[30]。相似的，美國報告顯示，美國西岸地區之大腸癌發生率及死亡率是最低的，南方及中西部是最高的地區。這地理區上的差異歸因於高發生率及高死亡率的南方及中西部居民之貧窮、黑人的百分比較高、沒有健康保險、抽菸行為、肥胖、較差的醫療服務及篩檢率也較低[31,32]。澳洲的研究亦指出，某地區的人口特質及醫療資源的適足性造成大腸癌死亡率的差異[33]。

1979年Glick開始以空間自相關的工​​具探討美國癌症死亡率的空間結構[34]，國內也有癌症的空間分析研究[35-37]。疾病地圖除了理解傳染性的擴散及非傳染性疾病地理區差異外，亦可結合地理因素分析，發掘解釋疾病聚集的成因[38]。綜觀台灣有關大腸癌的研究，雖然已累積多年的研究成果，並發掘重要的個人及地理區域因子的影響；但，較少關注空間相依的影響。因此，本研究使用空間計量模型，分析大腸癌死亡率的空間關係以及其關鍵的地區社經因素及醫療資源效果，以利提出相對應的政策意涵。

## 材料與方法

### 一、資料來源

本研究為次級資料分析，各變項資料來自於公開使用的統計及調查資料，詳表一。大腸癌死亡率資料來自於衛生福利部死因統計資料以及大腸癌發生率資料來自於國民健康署癌症登記系統，分析單位為皆為戶籍地之「鄉鎮市區」層級的行政單位，剔除離島地區，最後分析資料共349個鄉鎮市區。

### 二、研究變項

本研究依變項為2015年每十萬人口大腸癌死亡率。參考前述文獻及資料之可取得

性，本研究之鄉鎮市區自變項包括人口組成、社經剝奪、醫療資源可用性及2014年大腸發生率。人口組成變項考慮老年人口比例、男性比例及原住民比例；社經剝奪變項考慮15歲以上初級行業人口比例、低教育程度比例、低收入戶比例。醫療資源可用性考慮每千人口醫療院所病床數、每萬人口醫師數、每萬人口家庭醫師數及每萬人口外科醫師數。由於自變項有高度共線性，經複迴歸分析後，移除未達統計顯著性的自變項，最後納入迴歸模型的自變項包括：老年人口比例、低教育程度比例、家庭醫師人口比以及2014年大腸發生率。研究變項定義詳表一，其餘變項定義、資料來源及相關分析詳附件 <https://bit.ly/3apAdfA>。

表一 研究變項操作型定義與資料來源

變項名稱	操作型定義	資料年份與來源
<b>依變項</b>		
每十萬人口大腸癌死亡率	$=(\text{大腸癌死亡數} \div \text{年中人口數}) \times 100,000$	2015年死因統計，2021/1/21取自 <a href="https://www.mohw.gov.tw/dl-16192-9ce1b40c-5433-4d81-9d7c-12243511c445.html">https://www.mohw.gov.tw/dl-16192-9ce1b40c-5433-4d81-9d7c-12243511c445.html</a>
<b>自變項</b>		
老年人口比例	$=(65\text{歲以上人口數} \div \text{年底人口數}) \times 100\%$	2015年內政部國土資訊系統，2021/1/21取自 <a href="https://segis.moi.gov.tw/STAT/Web/Platform/QueryInterface/STAT_QueryProductView.aspx?pid=8AAB831F005F0F9380938EE2671C4453&amp;spid=7ED8D58E129BC680">https://segis.moi.gov.tw/STAT/Web/Platform/QueryInterface/STAT_QueryProductView.aspx?pid=8AAB831F005F0F9380938EE2671C4453&amp;spid=7ED8D58E129BC680</a>
低教育程度比例	$=(\text{國中及以下教育程度人口數} \div (\text{15歲以上民間常住人口數})) \times 100\%$	2010年普查，2021/1/21取自 <a href="https://segis.moi.gov.tw/STAT/Web/Platform/QueryInterface/STAT_QueryProductView.aspx?pid=1D804BF5D4ABE72456E94ED8BA9E9546&amp;spid=7ED8D58E129BC680">https://segis.moi.gov.tw/STAT/Web/Platform/QueryInterface/STAT_QueryProductView.aspx?pid=1D804BF5D4ABE72456E94ED8BA9E9546&amp;spid=7ED8D58E129BC680</a>
每萬人口家醫師	$=(\text{家庭醫師數} \div \text{人口數}) \times 10,000$	2015年衛生署統計處，2021/1/21取自 <a href="http://www.tma.tw/stats/files/2015_stats.pdf">http://www.tma.tw/stats/files/2015_stats.pdf</a>
每十萬人口大腸癌發生率	$=(\text{大腸癌發生數} \div \text{年底人口數}) \times 100,000$	2014年國民健康署癌症登記系統，2021/1/21取自 <a href="https://cris.hpa.gov.tw/pagepub/Home.aspx">https://cris.hpa.gov.tw/pagepub/Home.aspx</a>

統計單位為：鄉鎮市區。

### 三、資料分析方法

本研究使用地理資訊系統及相關軟體探討2015年大腸癌死亡率的空間樣態及相關因子。首先以Geoda1.8.6軟體，繪製面量圖，視覺化台灣大腸癌死亡率鄉鎮分布，並分析全域及區域型空間自相關指標，以觀察大腸癌死亡率的空間聚集程度。面量圖之分組採用自然分級法（natural breaks），為級別內差異小、級別間差異大的分組方式，可以清楚呈現數值的空間分布，以呈現較合理的空間視覺[39]。其次，以空間經濟計量模型分析大腸癌成因及其空間差異性。

#### (一) 空間自相關

空間自相關為某地區之某一表現與鄰近地區該表現的相關性[40]。亦即，有兩種空間自相關現象：一是，正自相關：與鄰近地區相似、與非鄰近地區不相似；另一是，負相關：與鄰近地區不相似、但與非鄰近地區相似。當鄰近地區有顯著相似的表現，表示有空間聚集的現象。Anselin對於計算空間聚集分析提出全域及區域型兩種聚集的計量方法[41]。

Global Moran's I是計算全域空間自相關最常用的指標，是指每地區大腸癌死亡率與其鄰近地區大腸癌死亡率平均數的相關性。其公式如方程式(1)。

$$Global\ Moran's\ I = \frac{n}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \times \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i \sum_j W_{ij}} \quad (1)$$

其中， $n$ 為地區數； $x_i$ 和 $x_j$ 為某地區 $i$ 和有鄰近關係地區 $j$ 的大腸癌死亡率； $W_{ij}$ 為地區 $i$ 和地區 $j$ 的鄰近權重，本研究將兩地區有一個點相鄰者視為鄰近關係，當 $W_{ij}=1$ ，表示地區 $i$ 和地區 $j$ 為鄰近關係，當 $W_{ij}=0$ ，表示地區 $i$ 和地區 $j$ 為不具鄰近關係，而自己與自己設為0，鄰近權重值為經列標準化轉換而得； $\bar{x}$ 為總樣本大腸癌死亡率平均值。Moran's I值介於-1到+1間，值越靠近+1代表有空間群聚的現象；越靠近-1表示空間型態為分散；數值接近0，即未有空間相關[38]。

其次，為得知空間內部各區域之間的差異就必須使用Local Indicators of Spatial

Association (LISA) 來做局部分析[41,42]，如式(2)。

$$LISA_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \times \sum_j W_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

若標的地區和其鄰近地區屬性值都高於平均值（High-High）則為熱區，表示該地區死亡率高，鄰近地區亦高，其LISA值為正；若標的地區和鄰近地區都低（Low-Low）則為冷區，表示該地區死亡率低，鄰近地區亦低，其LISA值亦為正。若「標的地區死亡率高，鄰近地區死亡率低」（High-Low）或「標的地區死亡率低，但鄰近地區死亡率高」（Low-High）則為空間例外，其LISA值為負。

#### (二) 空間迴歸分析

空間迴歸是將空間鄰近效應納入傳統計量模型，藉以探討大腸癌死亡率的空間意涵。首先以最小平方方法（ordinary least squares, OLS）估計一組自變項與大腸癌死亡率之關係，迴歸模型如方程式(3)：

$$OLS: Y_i = X\beta + \varepsilon_i \quad (3)$$

其中， $Y$ 為大腸癌死亡率， $X$ 為自變項矩陣， $\beta$ 為自變項之迴歸係數， $\varepsilon$ 為獨立且常態隨機分配的誤差項， $i$ 為某一鄉鎮市區。OLS的估計結果之不偏性應符合兩個前設：一是誤差項是隨機且在觀察值間互為獨立；二是迴歸係數是常數，在不同鄉鎮市區是一致的。但就空間資料而言，誤差項的期望值往往不能遵守獨立且常態隨機分配的特性。當誤差項有空間自相關將會造成無效率的參數估計；但若忽略鄰近效應，也會因為遺漏重要的變項而造成參數估計的偏誤。因此發展兩種空間迴歸模型修正OLS估計的可能偏誤，一為考量依變項的空間鄰近效果之「空間延遲模型」（Spatial Lag Model, SLM）；二為納入誤差項鄰近效果之「空間誤差模型」（Spatial Error Model, SEM）。

「空間延遲模型」（SLM）為在OLS迴歸模型中，增加「空間延遲變項」（ $W_{ij}Y_j$ ）為解釋變項，如方程式(4)



$$\text{SLM: } Y_i = \rho W_{ij} Y_j + X\beta + \varepsilon_i \quad (4)$$

Y、X、 $\beta$ 、 $\varepsilon$ 說明如上。 $W_{ij}$ 為空間加權矩陣， $W_{ij}Y_j$ 為鄰近地區j之大腸癌死亡率的加權平均，為空間延遲變項， $\rho$ 為空間延遲係數。當模型加入空間延遲變項，使得彼此之誤差項（ $\varepsilon$ ）不再有空間相關。若 $\rho$ 達統計顯著性，表示在控制其他自變項後，鄰近地區的表現具有影響力，故可得證明「鄰近效應的存在」。若 $\rho$ 介於-1至+1之間，當 $\rho$ 大於0，表示有空間正相關效果，表示鄰近地區的死亡率趨向一致，亦即死亡率有空間聚集的現象；而當 $\rho$ 小於0，表示有空間負相關效果，鄰近地區的死亡率會趨向不一致。

空間誤差模型（SEM）的鄰近效應出現在誤差項，如方程式(5)：

$$\text{SEM: } Y_i = X\beta + \varepsilon_i \text{ and } \varepsilon_i = \lambda W_e + v_i \quad (5)$$

其中 $\lambda$ 為空間自相關迴歸係數， $W_e$ 為空間變項，定義為鄰近地區誤差項的加權平均， $v$ 為獨立且常態隨機分布的誤差項。如果空間係數 $\lambda$ 不為零，表示空間誤差模型中確實有干擾因子，造成空間相關。SEM進行誤差空間校正，改善模型的配適度，因此可獲得較正確的迴歸係數（ $\beta$ ）估計。

上述之SLM及SEM皆使用最大概似法估計，以確保估計結果之有效性及不偏性，因此以概似比檢驗（Likelihood Ratio Test）檢定模型之顯著性[43]。本研究使用GeoDa 1.8.6軟體進行最大概似法估計。在模型配適度的比較上，OLS以調整後判定係數（Adjusted R-squared）為依據，數值愈大表示配適度愈佳；但最大概似估計法一般以修正的Akaike info criterion（corrected AIC, AICc）及Schwarz criterion（SC）作為模型比較的依據，其值愈小，配適度愈佳。

此外，對於空間相依之診斷，本研究參考Anselin[43]對於空間迴歸模型決策的準則，判定採用何種空間迴歸模型。若誤差項Moran's I值（Moran's I, error）達統計顯著性表示有空間相依，應進一步分析空間迴歸。以Lagrange Multiplier（lag）及Robust LM（lag）檢定OLS模型是否遺漏空間延遲

變項，若達統計顯著性，建議使用SLM。以Lagrange Multiplier（error）及Robust LM（error）檢定是否誤差項有空間自相關，若達統計顯著性，建議使用SEM。Lagrange Multiplier（SARMA）對OLS模型之遺漏空間延遲變項及誤差項之空間自相關進行聯合顯著性檢定。

前述之OLS、SLM及SEM是全區域模型，亦即自變項與依變項關係之迴歸係數估計為定值，然而，對空間資料，應進一步探究自變項與依變項的關係是否會隨著空間位置而改變，亦即迴歸係數之空間異質性[44]。本研究以Breusch-Pagan test判定之，若達統計顯著性，表示迴歸係數估計在不同的鄉鎮有不同的表現，因此，應進一步使用局部模型之地理加權迴歸（Geographically Weighted Regression, GWR）分析自變項與大腸癌死亡率關係之空間異質性。GWR模型如方程式(6)

$$\text{GWR: } Y_i = \alpha(u_i, v_i) + \beta(u_i, v_i)X + \varepsilon_i \quad (6)$$

其中，Y為大腸癌死亡率，X為自變項矩陣， $(u_i, v_i)$ 是第i個樣本點的空間座標， $\varepsilon_i$ 為點 $(u_i, v_i)$ 的誤差項。相較於OLS，在GWR中， $\alpha$ 是常數項， $\beta$ 是自變項對大腸癌死亡率的影響，兩者皆為非定值，而是隨著空間位置變化的。由於GWR之 $\beta$ 非定值，因此以面量圖呈現不同鄉鎮市區之估計值（ $\hat{\beta}$ ），並且計算每鄉鎮市區估計值之t統計量，t統計量為 $\hat{\beta}$ 除以 $\hat{\beta}$ 的標準誤（ $t = \hat{\beta}/SE(\hat{\beta})$ ），以 $\pm 1.96$ 為t統計量的臨界水準值，以瞭解 $\hat{\beta}$ 之鄉鎮市區差異。本研究之GWR是用ArcGIS的Geographically Weighted Regression模組9.4版本分析。以調整後判定係數及AICc進行GWR與其他模型的配適度比較。

## 結 果

### 一、大腸癌死亡率、發生率及地區變項的空間樣態

圖一呈現各研究變項的面量圖，表二

呈現其描述性統計。首先是大腸癌死亡率，地圖顏色愈深表示死亡率愈高。大腸癌死亡率最高的前五個鄉鎮依序為屏東縣獅子鄉（104.04）、新北市平溪區（102.59）、台南市左鎮區（98.6）、台南市大內區（89.52）、苗栗縣獅潭鄉（86.84）。圖中也顯示較深色的區塊聚集在屏東縣較南端的鄉鎮、台南山區、嘉義縣海邊（義竹、鹿草、東石）、苗栗縣、新北市北海岸（雙溪、平溪、瑞芳）。其空間自相關的Global Moran's I值為0.2182，且經過Z檢定，達到顯著水準，可見有空間聚集的現象。

就2014年大腸癌發生率面量圖而言，發生率較高（深色區塊）的鄉鎮在台南大內（204.92）、其次為台南左鎮（173.71）、第三為高雄市彌陀（166.21）。此外，深色區塊多分布在南投、嘉義縣及台南市，特別是阿里山山脈的鄉鎮（中寮、水里、阿里山鄉、南化、左鎮）及屏東南端。空間自相關的Global Moran's I值為0.2097，且經過Z檢定達到統計顯著水準。就老年人口比例來看，老年人口比例較高（深色區塊）的五個鄉鎮依序為新北平溪區（27.27%）、高雄市田寮區（26.18%）、台南市左鎮區（25.27%）、苗栗縣獅潭鄉（25.08%），及新竹縣峨眉鄉（24.94%）。全台有23個鄉鎮65歲以上老年人口比例在21.41%以上，大多集中在偏鄉鄉鎮，例如新北平溪、雙溪及坪林區、雲林元長、水林及其相鄰的嘉義溪口、六腳、鹿草、義竹及其相鄰的台南東山、白河及後壁，還有接近山區之台南左鎮、龍崎、高雄田寮、美濃等相鄰之地區。花東也有較高齡區為台東長濱、花蓮鳳林等。

在低教育人口比例的分布圖上發現，山區及台東及彰化、雲林、嘉義、台南的沿海及屏東南端有較高的低教育程度人口比例（深色區塊，60%以上）。就每萬人口家庭醫師數而言，顏色愈淺表示家醫數愈少，除了南投外，從北到南各山脈之鄉鎮每萬人口家醫數都小於0.5；有51個鄉鎮無家庭醫師，在嘉義、台南沿海、屏東南端、花蓮萬榮及富里也都幾乎沒有家庭醫師。

圖二是觀察大腸癌死亡率之鄉鎮市區間的聚集樣態之全域性Global Moran's I散布圖（左）及地域性空間自相關的LISA指標冷熱圖（右）。在Moran's I散布圖部分，我們可以將之切割為4個象限，第一、三象限代表「穩定區」，第一象限是目標鄉鎮值高於平均值，其鄰近地區值也高；第三象限則是目標鄉鎮值低，其鄰近地區也低；第二、四象限則是代表「不穩定區」，第二象限為目標鄉鎮值低，其鄰近則高；第四象限則反之。從散布圖來看，在第一及第三象限的鄉鎮較多，可見鄰近空間有正相關的情形。

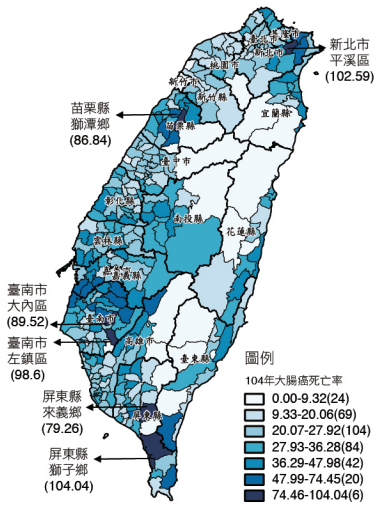
上述Global Moran's I是整體的空間趨勢，若欲了解各鄉鎮市區間的聚集樣態，則必須使用地域性空間自相關的LISA指標。圖二的右方圖顯示深色區塊（紅或藍）代表目標區域與鄰近區域值有顯著的相近樣態。紅色為熱區、藍色為冷區，兩類地鄉鎮之LISA值呈現正的區域空間自相關，熱（冷）區表示該地區死亡率高（低），鄰近地區亦高（低）。淡藍色及淡紅色為空間例外，其LISA值皆呈現負的區域空間自相關，淡藍（紅）色表示該地區死亡率低（高），但鄰近地區高（低）。白色表示LISA值統計不顯著。由圖可知，大腸癌死亡率的熱區共有23個鄉鎮，大多集中新北市瑞芳、雙溪、坪林；苗栗市及苗栗縣公館、嘉義縣大多數鄉鎮、台南山邊的鄉鎮、屏東車城及枋山鄉。而冷區共有34個鄉鎮，集中在北部、中部及東部山區，包括桃園、台中（太平）、宜蘭、花蓮（秀林、萬榮）、台東（海端、延平、鹿野）、高雄茂林及屏東（霧台、山地門）。由以上的空間圖像，我們可知大腸癌死亡率存在空間相關，不是隨機分布的。因此，應進一步以空間迴歸加來分析。

## 二、大腸癌死亡率空間迴歸分析

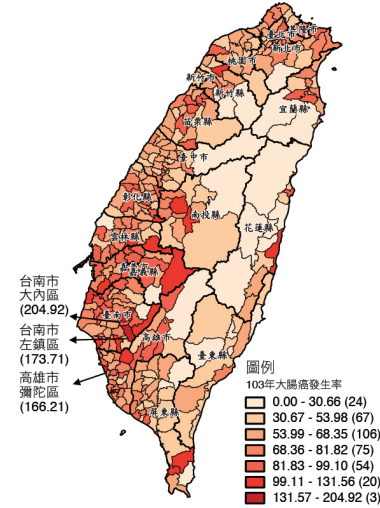
### 1. 全域型的空間迴歸模型

為瞭解大腸癌死亡率空間聚集的成因，以及相鄰鄉鎮間存在空間異質或鄰近效應，進一步以空間迴歸計量模型分析。

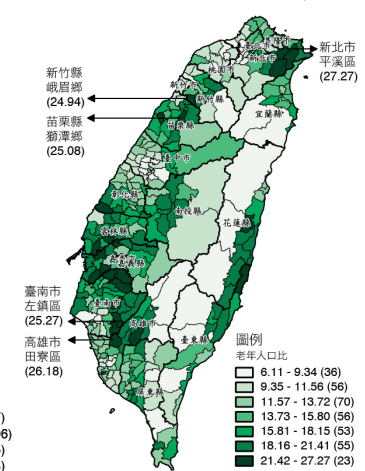
(1)大腸癌死亡率



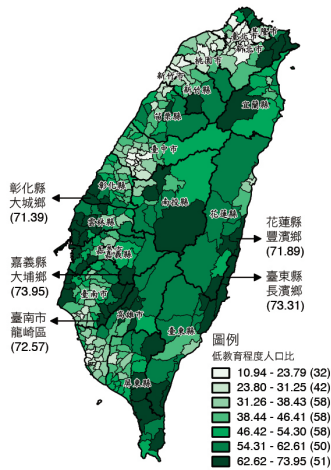
(2) 大腸癌發生率



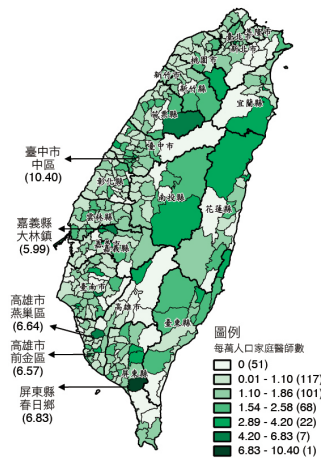
(3)老年人口比例



(4)低教育程度比例



(5)家庭醫師人口比

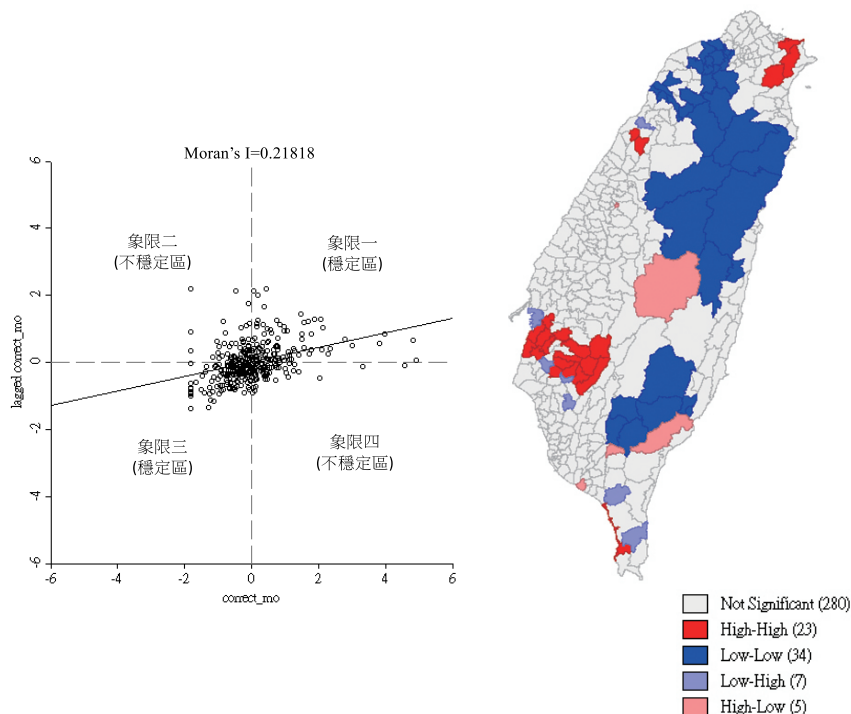


圖一 研究變項面量圖

表二 研究變項之描述性統計 (樣本數=349)

研究變項	單位	平均數	標準差	最小值	最大值	中位數	偏度
2015大腸癌死亡率	每十萬人	28.17	15.38	0.00	104.04	26.49	1.52
低教育程度比例	%	44.68	14.81	10.94	73.95	44.34	.01
老年人口比例	%	14.67	4.24	6.11	27.27	14.21	.36
家庭醫師人口比	每萬人	1.36	1.26	0.00	10.40	1.14	2.35
2014大腸癌發生率	每十萬人	66.96	24.77	0.00	204.92	66.11	.66

$$\text{偏度計算公式：偏度} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{\frac{3}{2}}}$$



灰白色表示LISA值統計不顯著。

紅色為熱區，其LISA值呈現正的區域空間自相關，表示該地區死亡率高，鄰近地區亦高。

藍色為冷區，其LISA值呈現正的區域空間自相關，表示該地區死亡率低，鄰近地區亦低。

淡藍色為空間例外，其LISA值呈現負的區域空間自相關，表示該地區死亡率低，但鄰近地區高。

淡紅色為空間例外，其LISA值呈現負的區域空間自相關，表示該地區死亡率高，但鄰近地區低。

圖二 大腸癌死亡率Moran's I散布圖及LISA冷熱圖

表三呈現2015年大腸癌死亡率迴歸模型結果，有四個模型。第一個模型（OLS1）是單一自變項分別對大腸癌死亡率進行簡單線性迴歸後的迴歸係數估計結果，第二個模型（OLS2）是將低教育程度比例、老年人口比例、家庭醫師人口比、大腸癌發生率同時放入模型中，對大腸癌死亡率進行複迴歸所得之校正之迴歸係數估計；第三個模型是模型二（OLS2）中加入空間鄰近效應的空間延遲模型（SLM）；第四個模型是地理加權迴歸（GWR）。結果分別說明如下。

OLS1及OLS2的估計結果一致的呈現鄉鎮的低教育程度比例愈高、老年人口比例愈高、家庭醫師人口比愈低、大腸癌發生率愈高，則大腸癌死亡率亦愈高。調整後R-squared值為30.01%。以複迴歸（OLS2）

為基礎，我們用兩種方法來判斷自變項的共線性問題，一是共線性檢診斷12.66，未超過標準值30；另一是平均變異數膨脹因子（Variance Inflation Factor, VIF）為1.42，未超過10，因此判定OLS2的共線性問題不大。

接著我們必須判定空間效果是鄰近效果或是誤差項之自相關。表三亦呈現分析OLS2模型後的決策準則檢驗結果。雖然Moran's I (error) 為1.8，未達統計顯著性，但以LM (lag) 及Robust LM (lag) 為診斷鄰近效應，檢驗值分別為5.78及4.76且達統計顯著性，意指，在控制其他自變項後，鄰近鄉鎮的大腸癌死亡率會影響標的鄉鎮的死亡率，表示有空間擴散的證據。此外，LM (error) 及Robust LM (error) 檢驗值分別



表三 2015年大腸癌死亡率迴歸模型結果

自變項	最小平方法		空間延遲模型	地理加權迴歸
	OLS1	OLS2	(SLM)	(GWR)
	未校正迴歸係數	校正迴歸係數	校正迴歸係數	
常數項	—	-4.45 (3.28)	-5.75 (3.31)	迴歸係數估計詳圖三
低教育程度比例	.31*** (.05)	.15** (.06)	.13* (.06)	
老年人口比例	1.77*** (.17)	1.11*** (.22)	1.01*** (.22)	
家庭醫師人口比	-1.94*** (.65)	-1.19* (.56)	-1.29* (.55)	
大腸癌發生率	.23*** (.03)	.17*** (.03)	.15*** (.03)	
空間鄰近效應	—	—	.16* (.07)	
判定係數 (R-squared)		.3083	.3217	.4996
調整後 (Adj) R-squared		.3001	—	.4297
修正的AIC (AICc)		2,778.4	2,775.23	2,788.1
Schwarz criterion (SC)		2,797.63	2,798.36	—
Log-likelihood		-1,384.18	-1,381.61	—
共線性診斷		12.66		
Mean VIF		1.42		
空間相依診斷				
Moran's I (error)		1.80		
LM (lag)		5.78*		
Robust LM (lag)		4.76*		
LM (error)		2.46		
Robust LM (error)		1.43		
LM (SARMA)		7.21*		
Likelihood Ratio Test			5.13*	
空間異質性檢驗				
Breusch-Pagan test		144.3***	151.1***	

\*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$

括弧為迴歸係數之標準誤。修正的AIC (AICc) 為corrected Akaike info criterion, LM為Lagrange Multiplier, VIF為變異數膨脹因子 (Variance Inflation Factor)

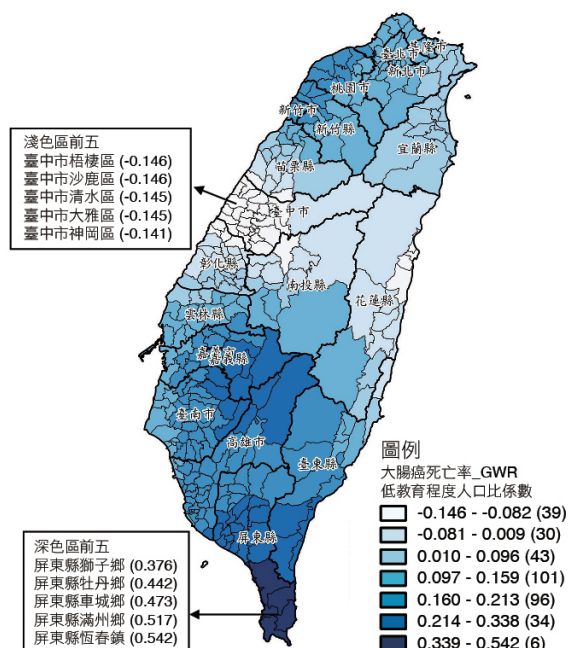
為2.46及1.43，但未達顯著水準，表示OLS2迴歸的誤差項未具自相關。上述檢驗結果表示本研究之自變項與大腸癌死亡率之關係適合使用納入鄰近效果模型之SLM。表三SLM模型所估計之空間鄰近效應估計值為0.16，且達統計顯著性；SLM的調整後判定係數0.3217比OLS2之0.3083多0.0134。此外，我們以AICc及SC比較OLS2及SLM的配適度，

發現SLM的AICc比OLS2的小，且兩模型的SC接近。因此考慮鄰近鄉鎮效果之SLM比一般傳統迴歸 (OLS2) 獲得較佳的估計。

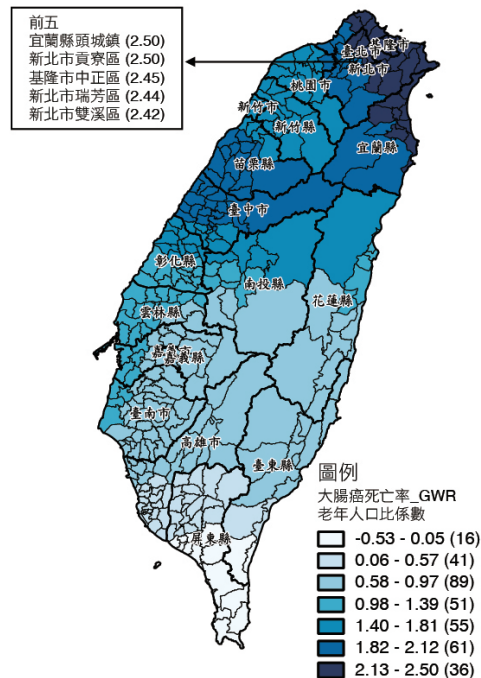
## 2. 地區型的空間迴歸模型

不管是OLS2或SLM都假設每一鄉鎮的低教育程度比例、老年人口比例、家庭醫師人口比、大腸癌發生率為均質的影響大腸癌死亡率。在空間資料中，應進一步探究影

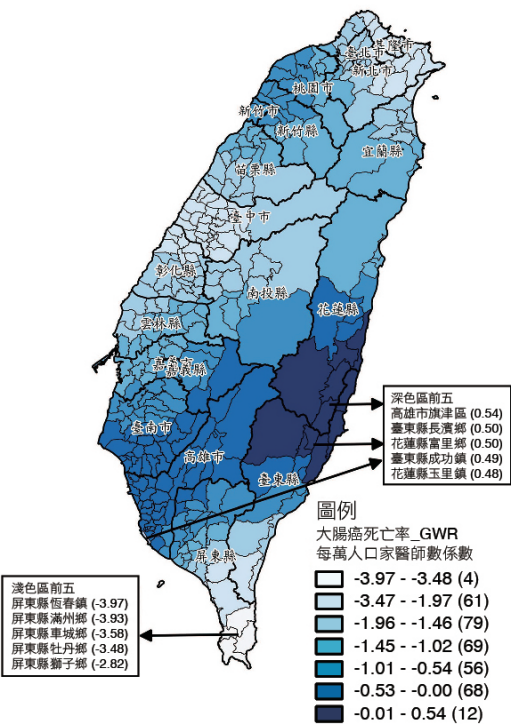
(1)低教育程度比例



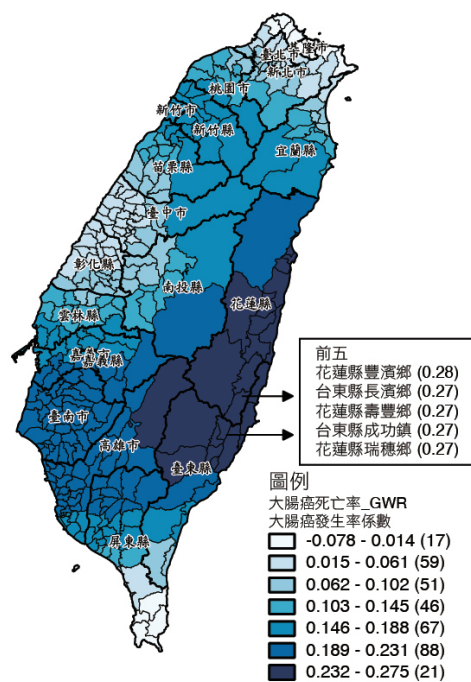
(2)老年人口比例



(3)家庭醫師人口比例



(4)大腸癌發生率



圖三 影響大腸癌死亡率空間因素之地理加權迴歸係數估計面量圖

響大腸癌死亡率的空間因素是否會隨著鄉鎮不同而改變，也就是地區型的空間迴歸模型。因此以Breusch-Pagan test判定，不管是OLS2或SLM其檢定皆達統計顯著性，表示每個鄉鎮的大腸癌死亡率受到不同自變項的影響程度有異。因此，利用地理加權迴歸（GWR）模型估計各鄉鎮自變項對大腸癌死亡率影響。而且GWR解釋42.97%之大腸癌死亡率（調整後判定係數為0.4297），相較於OLS2之30.01%高，顯示GWR配適度較OLS2佳。圖三呈現GWR各自變項之迴歸係數估計之面量圖。

表四是以統計量t值計算各鄉鎮迴歸係數在95%信賴區間之分佈情形。結果顯示GWR估計之低教育程度比例與大腸癌死亡率之正相關在349個鄉鎮中，有17.48%的鄉鎮顯著大於其平均值（.1）；亦即，該鄉鎮之低教育程度比例愈高，其大腸癌死亡率愈高，但某些鄉鎮效果特別大。這些鄉鎮集中在屏東南端（ $\hat{\beta}=0.25\sim0.54$ ）及嘉義縣、台南市、高雄市、台東交界的山區鄉鎮（例如台東太麻里、金峰、高雄那瑪夏、甲仙、嘉義阿里山、番路、中埔及台南楠西、白河、東山， $\hat{\beta}=0.16\sim0.24$ ）。GWR老年人口比例迴歸係數估計有79.08%的鄉鎮顯著高於其平均值（1.25），正相關最高的鄉鎮集中在台灣東北角；最高前五鄉鎮分別為宜蘭頭城、基隆、新北貢寮、瑞芳及雙溪。家庭醫師人口比之GWR迴歸係數估計，有12.9%與大腸癌死亡率之負相關顯著小於其平均值（-1.23），例如台灣最南端的鄉鎮（ $\hat{\beta}=-2.82\sim-3.97$ ）、北海岸（ $\hat{\beta}=-2.28\sim-2.77$ ）及台中市沿海地區（ $\hat{\beta}=-2.26\sim-2.17$ ）。大腸癌發生率之GWR迴

歸係數估計有51.58%的鄉鎮顯著大於其平均值（.14），其中花東地區最高（ $\hat{\beta}=.24\sim.28$ ），其次為台南、高雄及嘉義鄉鎮（ $\hat{\beta}=.20\sim.23$ ）。這些結果證實每一鄉鎮市區之特質與大腸癌死亡率的關係並非一致的，可見以空間分析瞭解大腸癌死亡率成因之鄉鎮市區特色因子是規劃地區發展方向及資源分配之基本策略。

## 討 論

本研究以空間探索式分析證明大腸癌死亡率不但有空間聚集的現象，而且，鄰近鄉鎮的大腸癌死亡率會影響目標鄉鎮的死亡率，因此相較於傳統迴歸模型，空間延遲模型應能夠獲得大腸癌死亡率的地區影響因子較佳的估計。此外，空間因子在不同地區對於大腸癌死亡率的影響亦不同。相較於過去的研究，本研究提供瞭解大腸癌死亡率更詳細的空間資訊，以作為相關資源分配之參考。

從全域型的空間延遲模型（SLM）估計結果來看，低教育程度比例愈高，該地區之大腸癌死亡率則愈高（ $\hat{\beta}=.13$ ），這估計與GWR估計之迴歸係數之平均數（.10）及中位數（.14）一致，但顯著的低估在61個（17.48%）鄉鎮的效果。就效果最高的五個鄉鎮（屏東最南端為：獅子、牡丹、車城、滿州、恆春， $\hat{\beta}=.376\sim.542$ ）而言，低教育程度比例對大腸癌死亡率的影響是平均數的3倍以上。這個現象與家庭醫師人口比例對大腸癌死亡率的影響是相似的。家庭醫師人口比例之SLM迴歸係數估計值為-1.29，在GWR的估計之平均數及中位數分別為-1.23及-1.24，但有45個（12.89%）的鄉鎮的係數顯著小於平均數。上述屏東最南端的

表四 大腸癌死亡率地理加權迴歸係數估計

自變項	地理加權迴歸係數估計值					鄉鎮數t統計值		
	最小值	中位數	最大值	平均值	標準差	在95%信賴區間之占率（%）		
						t<-1.96	-1.96≤t≤1.96	t>1.96
低教育程度比例	-0.15	0.14	0.54	0.10	0.12	0.00	82.52	17.48
老年人口比例	-0.53	1.13	2.50	1.25	0.69	0.00	20.92	79.08
家庭醫師人口比	-3.97	-1.24	0.54	-1.23	0.78	12.89	87.11	0.00
大腸癌發生率	-0.08	0.15	0.28	0.14	0.08	0.00	48.42	51.58



鄉鎮也是負相關最大的 ( $\beta = -2.82 \sim -3.97$ )。過去台灣癌症之空間分析中，常以高或低教育程度比例及家庭醫師人口比例評估地區的社經及醫療資源剝奪程度，而且發現較高的地區社經及醫療資源剝奪有較高的癌症死亡率[27,35,45]。然而在這些社經及醫療資源指標中，教育程度及家庭醫師人口數與大腸癌死亡率之關係相對重要。教育程度不僅是取得後天社經地位的關鍵因素，還可以影響健康資訊的獲取及健康行為，因此在低教育人口比例較高的鄉鎮，不僅著重於提升當地的經濟發展，更不能忽略健康知識的傳播及健康行為的改善，特別是與大腸癌相關的飲食文化等，例如由學生帶回相關的健康資訊或行為影響家人、或利用地方電台廣播宣導，應是政府資源或政策的推動重點。而且由於教育程度的地理分布有相鄰效應，亦即透過口耳相傳或相互學習，政策或介入方案可能發揮減少癌症死亡率的擴散效果，應不容忽視。

與國外研究結果一致[8]本研究亦發現大腸癌死亡率與發生率比 (mortality-to-incidence ratio, MIR) 有地區差異。就SLM的分析而言，在控制其他自變項後，大腸癌發生率迴歸係數估計是.15，與GWR係數估計之平均數 (.14) 及中位數 (.15) 接近，但有半數以上的鄉鎮的估計顯著高於平均數，最多的鄉鎮集中於花東 (.28)，其次是南部鄉鎮 (.20~.23)。SLM呈現的是調整其他變項後，當每萬人增加1人的大腸癌發生時，則每十萬人大腸癌死亡人數會增加1.5人。就未調整估計值而言，各鄉鎮實際數值之MIR平均為.45，最大值及最小值 (排除0) 分別為3.03及.06，相較於OECD國家 (介於.2~.6) [46]，有93個鄉鎮大於.6，這些集中於全臺山區及雲嘉沿海 (例如麥寮、布袋) 鄉鎮。MIR不只與五年存活率相關[47]，也是衛生體系及醫療品質的重要指標[46]。由於大腸癌預後較差，但可以透過篩檢[48]及大腸鏡提早檢查及處置[49]以預防癌症的發生。因此，本研究建議，在大腸癌發生率迴歸係數較高的地區 (花東、台南及高雄) 應特別著重於與大腸癌預防等

基礎衛生資源的投入。例如增加該地區篩檢所需的資源，包括衛生所、公衛護士人力、健康促進人員、社區篩檢車等。此外，透過特定的健保給付方案或健康促進方案，例如透過中央健保局之家庭醫師整合照護計畫，由家庭醫師帶領，提升這些地區的篩檢率、健康促進行為、健康知識等，應可克服山地及偏遠地區衛生醫療資源可近性不足對大腸癌死亡率的威脅。

隨著空間應用軟體快速發展以及資料庫的建構，空間分析在公共衛生學上的議題探討愈來愈廣泛，脫離探討個體的致病因素，加入空間的角度以了解環境帶來的健康風險因子[50]。從空間分析的結果來看，沒有一套全部適用於每一個鄉鎮的衛生福利政策，在大腸癌死亡率的模型，影響地區死亡風險的因子並不相同，應針對不同地區的空間特性「對症下藥」。例如在低教育程度比例及家庭醫師人口比效果較大的地區，透過資源重分配，提供適當的預防保健資源，以提高預防保健的知識及能力等，得以化被動為主動，提升疾病預防的效果。

研究限制如下。一，我國鄉鎮市區層級資料缺乏，致使研究變項受限。二，缺少地區層級之大腸癌相關風險因子例如生活型態 (酗酒、吸菸率、嚼食檳榔率、飲食習慣等) 及運動習慣等。三，由於缺少整合型空間資料庫，本研究資料來自不同的資料庫或是調查報告，其更新時程不同，導致資料年份有異。四，本研究採用的戶籍地之死亡登記，但個人工作及生活之地區可能與戶籍地不同，因此估計結果可能有誤差。五，未來建議在資料足夠的條件下，可進行長期趨勢的空間分析。

## 致 謝

本研究感謝衛生福利部國民健康署經費補助 (計畫編號：MOHW105-HPA-M-114-112801) 以及科技部補助出版經費 (計畫編號：MOST108-2410-H-194-084-MY2)，僅致謝忱。惟文中內容不代表衛生福利部國民健康署意見。本文部分資料



取材於李宗儒先生碩士論文，並感謝林育秀老師論文口試的精闢建議，使本研究更趨周詳，謹此致謝。

### 參考文獻

1. Favoriti P, Carbone G, Greco M, Pirozzi F, Pirozzi REM, Corcione F. Worldwide burden of colorectal cancer: a review. *Updates Surg* 2016;**68**:7-11. doi:10.1007/s13304-016-0359-y.
2. 衛生福利部國民健康署：大腸癌防治概況。 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=615&pid=1126>。引用 2021/01/21。Health Promotion Administration, Ministry of Health and Welfare, R.O.C. (Taiwan). Overview of colorectal cancer prevention. Available at: <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=615&pid=1126>. Accessed January 21, 2021. [In Chinese]
3. 廖建彰、王心怡、林端雄、謝長堯、宋鴻樟：台灣地區男性大腸癌與攝護腺癌篩檢狀況。台灣衛誌 2005；**24**：209-16。doi:10.6288/tjph2005-24-03-05。  
Liao CC, Wang HY, Lin RS, Hsieh CY, Sung FC. Colorectal and prostate cancer screening practices among men in Taiwan. *Taiwan J Public Health* 2005;**24**:209-16. doi:10.6288/tjph2005-24-03-05. [In Chinese: English abstract]
4. 劉易承、宋鴻樟、謝玲玲、唐瑞平、葉志清：大腸直腸癌之風險預測模式與風險指標。台灣衛誌 2008；**27**：1-12。doi:10.6288/tjph2008-27-01-01。  
Liu YC, Sung FC, Hsieh LL, Tang RP, Yeh CC. The risk prediction model and risk index for colorectal cancer. *Taiwan J Public Health* 2008;**27**:1-12. doi:10.6288/tjph2008-27-01-01. [In Chinese: English abstract]
5. Goodwin BC, March S, Ireland MJ, et al. Geographic disparities in previously diagnosed health conditions in colorectal cancer patients are largely explained by age and area level disadvantage. *Front Oncol* 2018;**8**:372. doi:10.3389/fonc.2018.00372.
6. Henry KA, Niu X, Boscoe FP. Geographic disparities in colorectal cancer survival. *Int J Health Geogr* 2009;**8**:48. doi:10.1186/1476-072X-8-48.
7. Davis MM, Renfro S, Pham R, et al. Geographic and population-level disparities in colorectal cancer testing: a multilevel analysis of Medicaid and commercial claims data. *Prev Med* 2017;**101**:44-52. doi:10.1016/j.ypmed.2017.05.001.
8. Perdue DG, Haverkamp D, Perkins C, Daley CM, Provost E. Geographic variation in colorectal cancer incidence and mortality, age of onset, and stage at diagnosis among American Indian and Alaska native people, 1990–2009. *Am J Public Health* 2014;**104**(Suppl 3):S404-14. doi:10.2105/ajph.2013.301654.
9. Bryere J, Dejardin O, Bouvier V, et al. Socioeconomic environment and cancer incidence: a French population-based study in Normandy. *BMC Cancer* 2014;**14**:87. doi:10.1186/1471-2407-14-87.
10. Bryere J, Tron L, Menvielle G, Launoy G; FRANCIM. The respective parts of incidence and lethality in socioeconomic differences in cancer mortality. An analysis of the French network Cancer registries (FRANCIM) data. *Int J Equity Health* 2019;**18**:189. doi:10.1186/s12939-019-1087-y.
11. 中央研究院地理資訊科學研究專題中心：台灣癌症發生率地圖。 <http://cancer.geohealth.tw/>。引用 2021/01/21。  
Center for GIS, RCHSS, Academia Sinica. Taiwan cancer incidence map. Available at: <http://cancer.geohealth.tw/>. Accessed January 21, 2021.
12. 中央研究院地理資訊科學研究專題中心：台灣標準化死亡率地圖。 <http://mortality.geohealth.tw/>。引用 2021/01/21。  
Center for GIS, RCHSS, Academia Sinica. Taiwan standardized mortality map. Available at: <http://mortality.geohealth.tw/>. Accessed January 21, 2021.
13. 衛生福利部：民國103年台灣結腸、直腸癌死亡率分布圖。 <https://dep.mohw.gov.tw/DOS/lp-1783-113.html>。引用 2021/01/21。  
Ministry of Health and Welfare, R.O.C. (Taiwan). Distribution of mortality rate from colon and rectal cancers in Taiwan in 2014. Available at: <https://dep.mohw.gov.tw/DOS/lp-1783-113.html>. Accessed January 21, 2021. [In Chinese]
14. 廖勇柏：台灣癌症地圖（1972-2011）。 <http://taiwancancermmap.csmu-liawyp.tw/>。引用 2021/01/21。  
Liaw YP. Taiwan cancer map(1972-2011). Available at: <http://taiwancancermmap.csmu-liawyp.tw/>. Accessed January 21, 2021.
15. Whitehead M. The concepts and principles of equity and health. *Health Promot Int* 1991;**6**:217-28. doi:10.1093/heapro/6.3.217.
16. 李妙純、江心怡、徐惠蘋、賴紅汝編譯：健康不均理論、概念與方法。台北：五南圖書，2009。  
Lee MC, Chiang HY, Hsu HP, Lai HJ Compiled. *Health Inequality: An Introduction to Concepts, Theories and Methods*. Taipei: Wu-Nan Book Inc.,

2009. [In Chinese]
17. 呂宗學、陳端容、江東亮：釐清健康不平等相關名詞。台灣衛誌 2015；**34**：115-8。doi:10.6288/tjph201534104013。
- Lu TH, Chen DR, Chiang TL. Clarifying health inequality-related terms. *Taiwan J Public Health* 2015;**34**:115-8. doi:10.6288/tjph201534104013. [In Chinese]
18. Macintyre S, Ellaway A. Ecological approaches: rediscovering the role of the physical and social environment. In: Berkman LF, Kawachi I eds. *Social Epidemiology*. Oxford: Oxford University Press, 2000; 332-48.
19. Lynch JW, Smith GD, Kaplan GA, House JS. Income inequality and mortality: importance to health of individual income, psychosocial environment, or material conditions. *BMJ* 2000;**320**:1200-4. doi:10.1136/bmj.320.7243.1200.
20. Meijer M, Mette Keijs A, Stock C, Bloomfield K, Ejstrud B, Schlattmann P. Population density, socioeconomic environment and all-cause mortality: a multilevel survival analysis of 2.7 million individuals in Denmark. *Health Place* 2012;**18**:391-9. doi:10.1016/j.healthplace.2011.12.001.
21. Brown T, McLafferty S, Moon G. *A Companion to Health and Medical Geography*. Oxford: John Wiley & Sons, 2010.
22. Curtis S, Jones IR. Is there a place for geography in the analysis of health inequality? *Sociol Health Illn* 1998;**20**:645-72.
23. Macintyre S, Ellaway A, Cummins S. Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? *Soc Sci Med* 2002;**55**:125-39. doi:10.1016/s0277-9536(01)00214-3.
24. Wilkinson RG. *Unhealthy Societies: From Inequality to Well-Being*. England, UK: Routledge, 1996.
25. 林宜平、呂宗學：談社經因素在流行病學研究之角色。台灣衛誌 2004；**23**：335-7。doi:10.6288/tjph2004-23-05-01。
- Lin YP, Lu TH. Discussion on the role of socioeconomic factors in epidemiological studies. *Taiwan J Public Health* 2004;**23**:335-7. doi:10.6288/tjph2004-23-05-01. [In Chinese]
26. Marmot M. Social determinants of health inequalities. *Lancet* 2005;**365**:1099-104. doi:10.1016/S0140-6736(05)71146-6.
27. 孫樹根、劉俊賢：從台灣城鄉嬰幼兒死亡率差異探討社會不公平問題。農業推廣學報 2006；(21)：33-58。doi:10.29788/raes.200607.0002。
- Sun SG, Liu JS. The probe into social injustice through rural-urban difference in infant and child mortality in Taiwan. *Rev Agr Ext Sci* 2006;**(21)**:33-58. doi:10.29788/raes.200607.0002. [In Chinese: English abstract]
28. Chen DR, Truong K. Using multilevel modeling and geographically weighted regression to identify spatial variations in the relationship between place-level disadvantages and obesity in Taiwan. *Appl Geogr* 2012;**32**:737-45. doi:10.1016/j.apgeog.2011.07.018.
29. Chen DR, Wen TH. Elucidating the changing socio-spatial dynamics of neighborhood effects on adult obesity risk in Taiwan from 2001 to 2005. *Health Place* 2010;**16**:1248-58. doi:10.1016/j.healthplace.2010.08.013.
30. 陳美霞：南台灣的公共衛生問題：與北台灣的比較分析。台灣衛誌 2005；**24**：504-18。doi:10.6288/tjph2005-24-06-05。
- Chen MS. Public health problems in southern Taiwan: compared with northern Taiwan. *Taiwan J Public Health* 2005;**24**:504-18. doi:10.6288/tjph2005-24-06-05. [In Chinese: English abstract]
31. Siegel RL, Miller KD, Sauer AG, et al. Colorectal cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin* 2020;**70**:145-64. doi:10.3322/caac.21601.
32. Naishadham D, Lansdorp-Vogelaar I, Siegel R, Cokkinides V, Jemal A. State disparities in colorectal cancer mortality patterns in the United States. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2011;**20**:1296-302. doi:10.1158/1055-9965.epi-11-0250.
33. Ireland MJ, March S, Crawford-Williams F, et al. A systematic review of geographical differences in management and outcomes for colorectal cancer in Australia. *BMC Cancer* 2017;**17**:95. doi:10.1186/s12885-017-3067-1.
34. Glick B. The spatial autocorrelation of cancer mortality. *Soc Sci Med Med Geogr* 1979;**13**:123-30. doi:10.1016/0160-8002(79)90058-3.
35. 胡立諄、賴進貴：台灣女性癌症的空間分析。台灣地理資訊學刊 2006；(4)：39-55。doi:10.29790/jtgis.200604.0004。
- Hu LC, Lay JG. Spatial analysis of female cancers in Taiwan. *J Taiwan Geogr Info Sci* 2006;**(4)**:39-55. doi:10.29790/jtgis.200604.0004. [In Chinese: English abstract]
36. 廖勇柏、李文宗、陳建仁：趨勢面分析法在癌症地圖繪製上的應用：以台灣的乳癌死亡率為例。台灣衛誌 1998；**17**：474-84。doi:10.6288/cjph1998-17-06-05。
- Liaw TP, Lee WC, Chen CJ. Trend surface analysis for cancer mapping: application to breast cancer mortality

- in Taiwan. *Taiwan J Public Health* 1998;**17**:474-84. doi:10.6288/cjph1998-17-06-05. [In Chinese: English abstract]
37. 廖勇柏、陳建仁、李文宗、徐書儀：台灣地區癌症死亡率與發生率電子地圖的建構及使用。台灣衛誌 2003；**22**：227-36。doi:10.6288/tjph2003-22-03-08。  
Liaw YP, Chen CJ, Lee WC, Hsu SY. The construction and use of the electric atlas of cancer mortality and incidence in Taiwan. *Taiwan J Public Health* 2003;**22**:227-36. doi:10.6288/tjph2003-22-03-08. [In Chinese: English abstract]
  38. 張春蘭：台灣疾病地圖繪製之研究與發展。地圖：中華民國地圖學會學刊會刊 2006；**(16)**：95-108。doi:10.30006/jc.200606.0007。  
Chang CL. The research and development of disease mapping in Taiwan. *J Cartography* 2006;**(16)**:95-108. doi:10.30006/jc.200606.0007. [In Chinese: English abstract]
  39. 溫在弘：空間分析：方法與應用。台北：雙葉書廊，2015。  
Wen TH. *Spatial Analysis: Methods and Applications*. Taipei: Yeh Yeh Book Gallery, 2015. [In Chinese]
  40. Cliff AD, Ord JK. *Spatial Autocorrelation*. London: Pion, 1973.
  41. Anselin L. Local indicators of spatial association -- LISA. *Geogr Anal* 1995;**27**:93-115. doi:10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
  42. Getis A, Ord JK. The analysis of spatial association by use of distance statistics. In: Anselin L, Rey SJ eds. *Perspectives on Spatial Data Analysis*. Heidelberg: Springer, 2010; 127-45.
  43. Anselin L. *Exploring Spatial Data with GeoDaTM : A Workbook*. California: Center for Spatially Integrated Social Science, 2005.
  44. Brunsdon C, Fotheringham AS, Charlton ME. Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity. *Geogr Anal* 1996;**28**:281-98. doi:10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x.
  45. 李宜家、林慧淳、江東亮：地區剝奪程度、個人社經地位與台灣男性成人的吸菸行為。台灣衛誌 2003；**22**：10-6。doi:10.6288/tjph2003-22-01-02。  
Lee IC, Lin HC, Chiang TL. Area deprivation, socioeconomic status, and smoking behavior among male adults in Taiwan. *Taiwan J Public Health* 2003;**22**:10-6. doi:10.6288/tjph2003-22-01-02. [In Chinese: English abstract]
  46. Sunkara V, Hébert JR. The colorectal cancer mortality-to-incidence ratio as an indicator of global cancer screening and care. *Cancer* 2015;**121**:1563-9. doi:10.1002/cncr.29228.
  47. Vostakolaei FA, Karim-Kos HE, Janssen-Heijnen ML, Visser O, Verbeek AL, Kiemeny LA. The validity of the mortality to incidence ratio as a proxy for site-specific cancer survival. *Eur J Public Health* 2011;**21**:573-7. doi:10.1093/eurpub/ckq120.
  48. Faivre J, Dancourt V, Lejeune C, et al. Reduction in colorectal cancer mortality by fecal occult blood screening in a French controlled study. *Gastroenterology* 2004;**126**:1674-80. doi:10.1053/j.gastro.2004.02.018.
  49. Zauber AG, Winawer SJ, O'Brien MJ, et al. Colonoscopic polypectomy and long-term prevention of colorectal-cancer deaths. *N Engl J Med* 2012;**366**:687-96. doi:10.1056/NEJMoa1100370.
  50. Dummer TJB. Health geography: supporting public health policy and planning. *CMAJ* 2008;**178**:1177-80. doi:10.1503/cmaj.071783.

## Spatial analysis of colorectal cancer mortality in Taiwan

TSUNG-JU LI<sup>1</sup>, JUN-RONG CHEN<sup>2,3</sup>, MIAW-CHWEN LEE<sup>2,3,\*</sup>

**Objectives:** To explore the spatial patterns of colorectal cancer mortality in Taiwan, examine its neighborhood effect, and identify potentially associated factors. **Methods:** This study used spatial econometrics to analyze the geographical distribution of colorectal cancer mortality in Taiwan across 349 townships based on the 2015 cause of death statistics from Ministry of Health and Welfare. A spatial lag model was used to examine the neighborhood effects, and geographically weighted regression was applied to investigate the spatial heterogeneity in the relationship of social and medical resources with colorectal cancer mortality. **Results:** Colorectal cancer mortality exhibited significant spatial clusters (Global Moran's  $I = 0.2182$ ), with hotspots in New Taipei city, Miaoli, Chiayi, and Pingtung. The spatial lag model yielded evidence of positive neighborhood effects ( $\hat{\beta} = .16$ ) with acceptable goodness of fit (coefficient of determination = .3217). Moreover, its results indicated that colorectal cancer mortality is associated with areas with higher proportion of limited education, higher proportion of older adults, higher incidence of colorectal cancer, and lower ratio of family physicians to the population. However, the geographically weighted regression revealed a heterogeneous association of these factors with mortality across 349 townships, with 12.9% to 79.1% of towns differing significantly from the mean estimates. **Conclusions:** With the increasing popularity of the geographical information system, policy makers focused on resource allocation should consider spatial correlation when identifying local risk factors and their heterogeneous effects on health or diseases. Doing so would improve resource effectiveness and reduce regional health inequalities. (*Taiwan J Public Health*. 2021;**40**(2):225-240)

**Key Words:** colorectal cancer mortality, spatial analysis, neighborhood effects, geographically weighted regression

---

<sup>1</sup> Social Affairs Department, Yunlin County Government, Yunlin, Taiwan, R.O.C.

<sup>2</sup> Department of Social Welfare, National Chung Cheng University, No. 168, Sec. 1, University Rd., Minhsiung, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

<sup>3</sup> Center for Innovative Research on Aging Society, National Chung Cheng University, Chiayi, Taiwan, R.O.C.

\* Correspondence author E-mail: mclee137@ccu.edu.tw

Received: Aug 6, 2020 Accepted: Mar 16, 2021

DOI: 10.6288/TJPH.202104\_40(2).109105