

科技部補助

大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* *****
* 計 畫
* : 探討外籍族群對於感染肺結核動態傳輸之影響
* 名 稱
* *****

執行計畫學生： 楊雅婷
學生計畫編號： NSC 102-2815-C-040-052-B
研究期間： 102年07月01日至103年02月28日止，計8個月
指導教授： 陳詩潔

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學公共衛生學系（所）

中華民國 103年03月07日

中山醫學大學公共衛生學系

專題研究

Department of Public Health, College of Health Care and
Management, Chung Shan Medical University

外籍勞工對於台灣肺結核傳輸動態之影響

The Impact of TB Transmission Dynamic Models from
Foreign Workers

楊雅婷

Yang, Ya-Ting

指導教授：陳詩潔 博士

Advisor: Chen, Szu-Chieh, Ph.D.

中華民國一零三年五月

May, 2014

摘要

台灣疾病管制署 2013 年資料顯示，非本國籍的肺結核確定病例數達到 743 例，相較於過去 4 年有明顯的上升趨勢，且臺灣近年來外籍人士遷移來臺數量逐年增多，可能有潛藏性的肺結核病例沒有被檢測出來而逐漸演進開放性肺結核造成國人健康危險的風險。故探討外籍勞工對國內肺結核傳染的傳輸動態影響是有必要性的。因此，本研究以易感 - 暴露 - 感染 - 復原 (SEIR, Susceptible-Exposed-Infection-Recover) 模式探討外籍族群對於感染肺結核動態傳輸的影響，並探討新增外籍勞工人數多寡對於台灣族群肺結核易感者、暴露者、感染者、復原者的改變情形。本研究以外籍勞工新增移入人數 19,919 人(2013 年)為基準點，模擬新增移入人數為 0、24,919、29,919、34,919、39,919、44,919、49,919 人。研究結果顯示，當外籍勞工每年新增移入人數為 0 時， S_L 人數降低， E_L 、 I_L 、 R_L 人數增加。當外籍勞工每年新增移入人數為 49,919 時，結果趨勢相同，由此可見外籍勞工人數的增加對 I_L 不會造成影響。當外籍勞工每年新增移入人數為 0 時， S_M 人數降低， I_M 、 R_M 人數增加。當外籍勞工每年新增移入人數為 49,919 時， S_M 、 I_M 、 R_M 人數皆有明顯上升的趨勢，預測 2021 年時 I_M 人數增加為 4.2 倍，顯示外籍勞工新增人數對 I_M 人數有明顯的影響。未來建議衛生行政單位可增強 X 光健檢、檢測不合格的後續追蹤及關心外籍勞工在台可能發生的群聚感染事件，在衛生政策面加強外籍勞工族群對於傳染性疾病的衛生教育。

目錄

摘要	1
目錄	2
第一章、前言	3
1.1 研究動機	3
1.2 研究目的	3
第二章、文獻回顧	4
2.1 肺結核	4
2.2 本國籍肺結核現況	5
2.3 在臺外籍勞工肺結核現況	6
2.4 傳輸動態模式	9
第三章、材料與方法	11
3.1 易感-暴露-感染-復原 模式	11
3.2 易感-暴露-感染-復原 模式假設	13
3.3 模式參數推求	14
3.4 靈敏度分析及模式驗證	14
第四章、結果與討論	15
4.1 模式驗證	15
4.2 外籍勞工來臺對肺結核之影響	16
第五章、結論與建議	19
5.1 結論	19
5.2 建議	19
參考文獻	20

第一章、前言

1.1 研究動機

肺結核是目前普遍存在於全世界的慢性傳染性疾病，尤其是在未開發國家或是開發中的國家，肺結核的發生率及盛行率都是不容小覷的。臺灣因為經濟因素或是社會福祉，國內外籍人士遷移來臺的數目有上升趨勢，在 2012 年時我國外籍人士的入境人數達到 6,608,882 人，主要是外籍人士來臺工作或是與國人結婚而定居(移民署，2012)。

根據台灣疾病管制署在2013年的資料顯示，非本國籍的肺結核確定病例數達到743例，相較於過去4年有明顯的上升趨勢。全球35%的結核病人集中在東南亞，30%在非洲，20%在西太平洋區，而台灣在2013年外籍勞工的入境人口達到489,134人，其中外籍勞工來自的國家主要為菲律賓、越南、印尼、泰國與馬來西亞，這些國家在2011年結核病的每十萬人發生率分別為270、199、187、124及81人(The world bank，2014)為皆大於台灣結核病的發生率54.5人。

肺結核是經由吸入已感染者中有結核桿菌的呼出氣體(包含咳嗽、說話、噴嚏)的途徑傳播疾病。肺結核又可以分為開放性肺結核(Activity Tuberculosis)、非開放性肺結核(Inactivity Tuberculosis)及潛藏性肺結核(Latent Tuberculosis)，其中開放性肺結核和潛藏性肺結核對於疾病的傳播有高度的影響力。臺灣近年來外籍人士遷移來臺數量逐年增多，可能有潛藏性的肺結核病例沒有被檢測出來而逐漸演進開放性肺結核造成國人健康危險的風險。因此遷移也可能會影響疾病散播的可能性。故探討外籍勞工對國內肺結核傳染的傳輸動態影響是有必要性的。

1.2 研究目的

故本篇研究目的如下:

- (1)以數學模型探討外籍族群對於感染肺結核動態傳輸的影響。
- (2)探討新增外籍勞工人數多寡對於台灣族群肺結核易感者、暴露者、感染者、復原者的改變情形。

第二章、文獻回顧

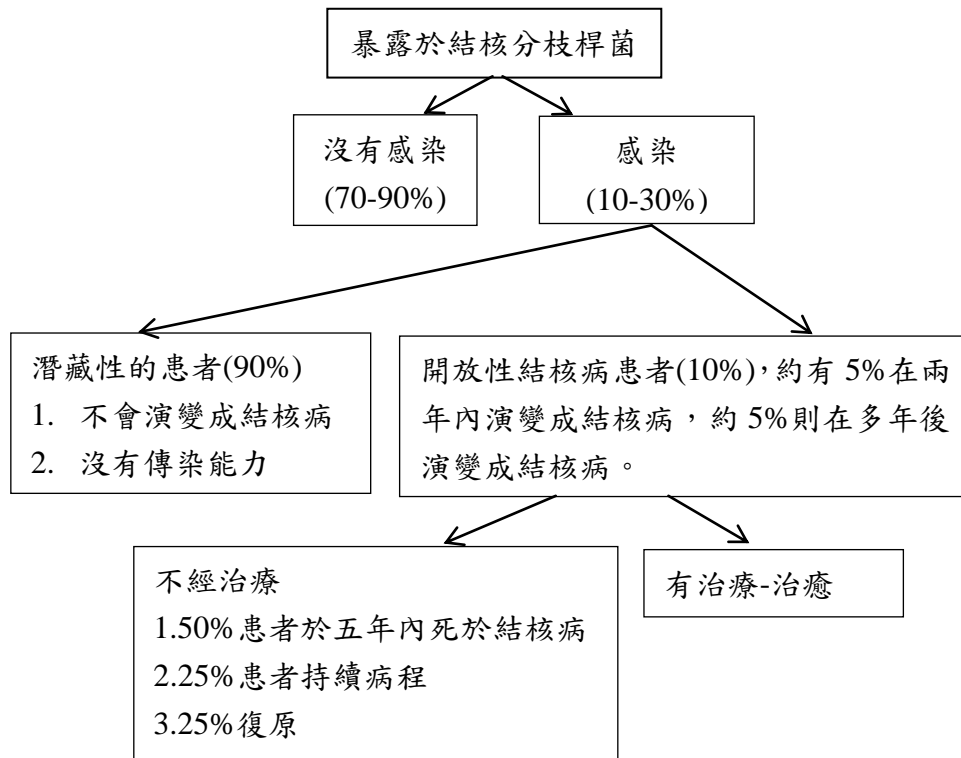
2.1 肺結核

結核病為主要的全球性關注的健康問題。肺結核導致每年數萬人的健康危害，也是每年全球傳染性疾病繼人類免疫缺乏病毒(HIV)的第二大死因，在 2011 年估計全球有新增 8,700,000 TB 個案，其中有 1,400,000 的人死於肺結核(Global Tuberculosis Report, 2012)。肺結核(Pulmonary Tuberculosis)是結核病中最重要，因為它可造成的病例數多且最具傳染性。病患的症狀如咳嗽、發燒、體重減輕，症狀大多持續至少三個禮拜(Barker, 2012)。

人的結核病通常是由結核分枝桿菌(*Mycobacterium Tuberculosis*)所引起。結核菌是長 1-10 μm 、寬 0.2-0.7 μm 的細長桿菌，無鞭毛、無莢膜、無芽胞，屬於偏性耗氧菌(strict aerobes) (陸坤泰, 2008)。結核菌的分裂速度緩慢，世代時間約 20 至 30 小時，目前無臨床研究指出結核菌分枝桿菌會製造內毒素或外毒素，故人受到結核分枝桿菌感染後不會產生立即的反應 (衛生福利部疾病管制署, 2014)。

帶菌的結核病患者於公共場所吐痰、講話、咳嗽等，產生的飛沫會排出結核菌，而這些結核菌結核在飛沫上於塵埃中，乾燥後飛沫殘核飛揚飄浮在空中，直徑小於 5 μm 的飛沫殘核便可經由呼吸道到達正常的肺泡，造成感染(衛生福利部疾病管制署, 2014)。肺結核主要的感染是經由吸入空氣中的結核菌飛沫到氣道肺泡末梢，可能形成開放性肺結核與非開放性肺結核，再經由治療後到復原階段(陸坤泰, 2008)。

人們暴露於結核分枝桿菌會有不同的結果，其中有 70-90% 的人們暴露於結核菌下不會有感染，但 10-30% 的人在暴露後會變成感染者，其中有 90% 的感染者身體的免疫系統會殺死病菌而成為潛藏性的結核病患者(latent tuberculosis infection)。健康的人感染後其中有 10% 的人會演進成開放性的結核病患者。結核病患者若缺乏醫療上的治療則其中有 50% 的病患會在五年內致死；25% 的人則演變成慢性傳染性的患者；其餘 25% 的人有較強的免疫能力則會自然的治癒，但若其結核菌為潛藏狀態時可能隨時又會發病。其自然史如圖一(Communicable Diseases HEAT Module, 2014)。



圖一、結核病自然疾病史

2.2 本國籍肺結核現況

台灣從 2005 年到 2009 年肺結核的發生率分別為每十萬人口 72.5、67.4、63.2、62、57.8 及致死率分別為每十萬人口 4.3、3.6、3.4、3.3、3.2(臺灣疾病管制局年報，2007-2011); Lo 等(2011)提出雖然在臺灣的結核病發病率和死亡率在過去的 50 年持續下降，但肺結核仍然是國家重大傳染病和死亡原因。2005 年到 2007 年，台灣肺結核發生情形之流行病學調查顯示每年男性的肺結核發生率大約是女性的兩倍，肺結核疾病患者大於 50% 是老年人，其發生情形並無特別集中季節之趨勢，以每十萬人口確定病例之發生率分析顯示台灣肺結核發生率東部較西部高，南部較北部高(衛生福利部疾病管制署，2014)。

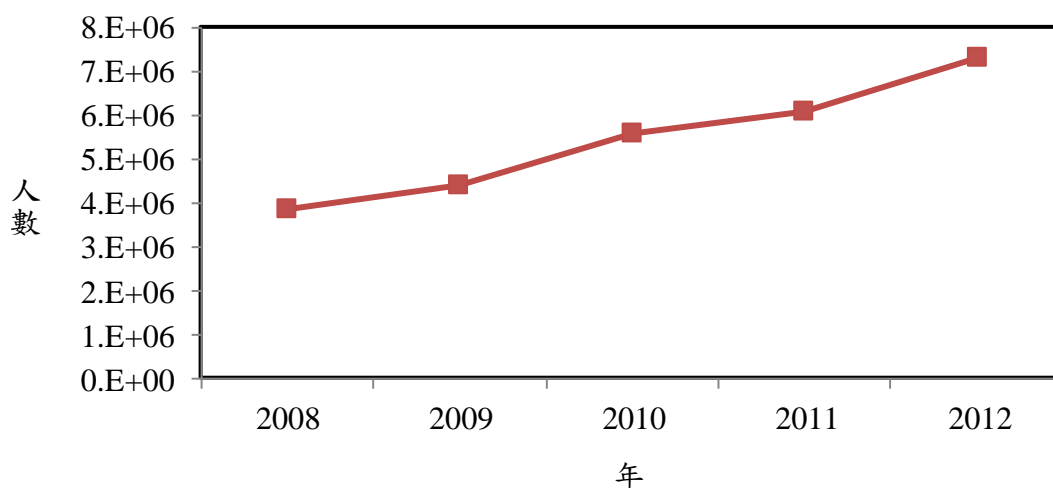
政府針對結核病實施台灣結核病十年減半計畫的都治計畫(Directly Observed Treatment Short-Course, DOTs)，所執行送藥到手、服藥到口、吞下再走，關懷結核病個案規則服藥，有效降低個案追蹤的消失，提高疾病防治績效，減少抗藥性結核病人的產生。於 2011 年，台灣結核病新案數 12,634 人(每十萬人口 54.5 人)，死亡數 638 人(每十萬人口 2.8 人)，發生率較 2010 年下降了 1.7%。以肺結核十年減半計畫實施前一年(2005 年)當基準比較，發生率之降幅為

24.8%，整體而言，雖呈持續下降之趨勢，然而下降幅度趨緩。

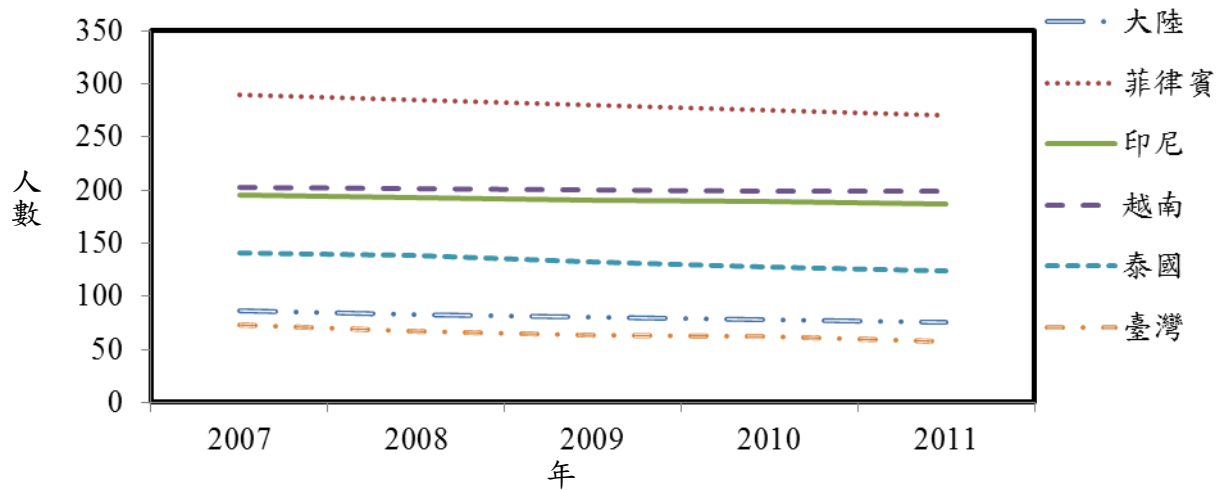
2.3 在臺外籍勞工肺結核現況

外籍人士入境來臺的人口自2008年到2012年有明顯增加的趨勢，在2012年更是高達7,311,470人(圖二); Bai等人(2008)指出近年來非本國籍的人移入人口增加，較高比例的移入國家是來自中國大陸及南亞，這些國家被WHO紀錄有較高的肺結核盛行率(圖三)。在2007年到2012年外籍配偶分別也占了本國籍結婚對數百分比18.29%、14.03%、18.71%、15.49%、13.01%、14.37%(圖四)。

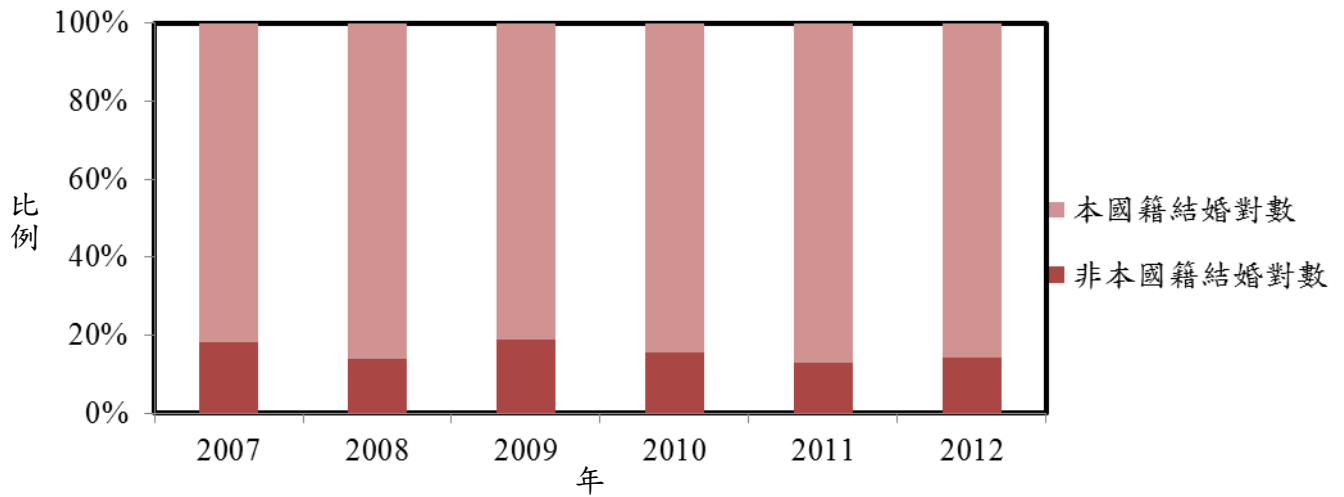
2008年到2012年的外籍人士在臺灣被檢測出有確定肺結核病例的人數也逐年增加，在2012年時肺結核病例數更達683例(圖五)。隨著近年來外籍勞工遷移來台的人數增加，增加台灣勞動產業進步與社會福祉卻有可能讓接觸者有感染結核菌的風險。為避免境外移入傳染性疾病及合法引進外籍勞工須有健康檢查合格證明，始得申請入國簽證；健檢時程：入國前健檢、入國後3日內健檢及入國工作滿6、18及30個月之日前後30日內之定期健檢(吳麗珠等，2014)。自1999年至2012年外籍勞工在臺X光健檢情形如圖六，顯示外籍勞工入境後X光健檢不及格人數有上升趨勢。



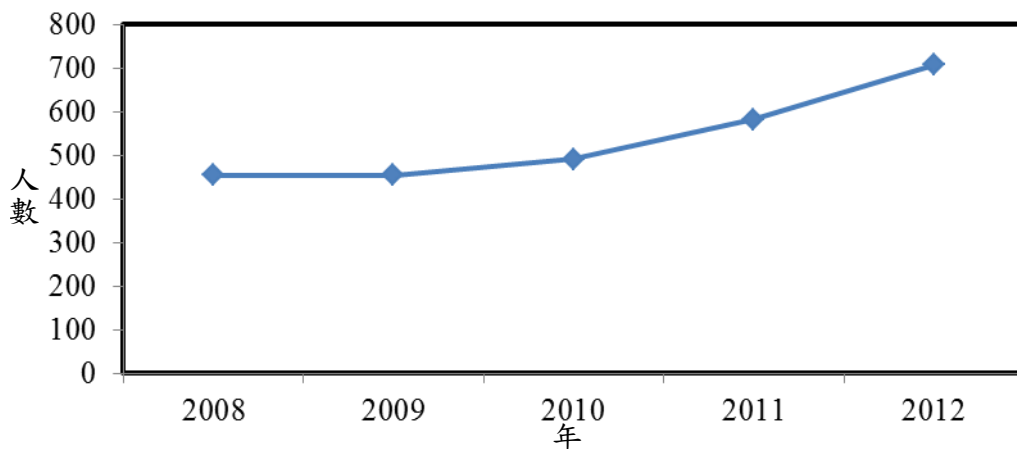
圖二、外籍人士入境統計圖(移民署，2012)



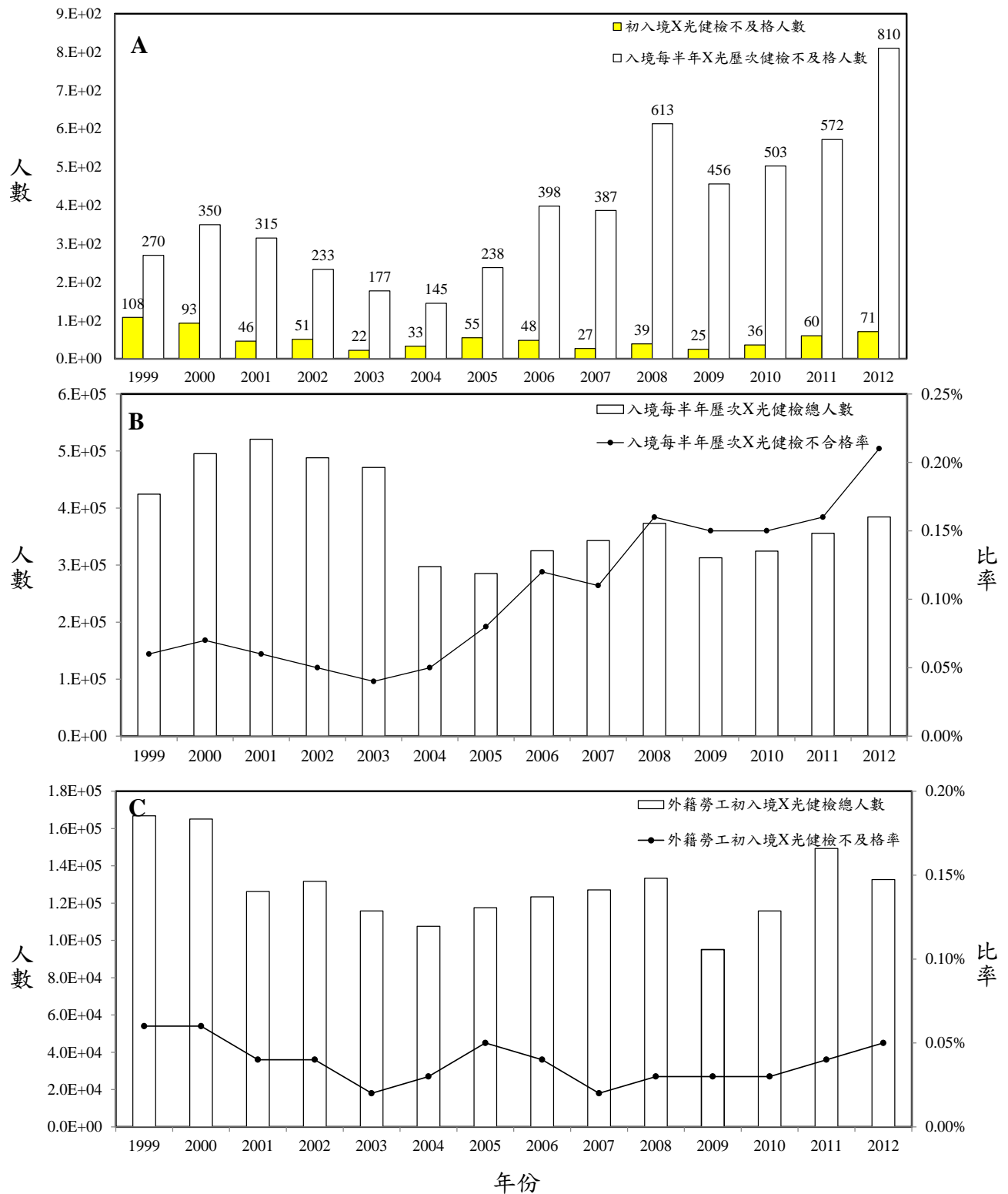
圖三、每十萬人年各國肺結核發生率比較
(WHO、疾病管制局年報)



圖四、2007 年到 2012 本國籍與非本國籍結婚對數百分比
(移民署，2012)



圖五、2008 年到 2012 年非本國籍確定肺結核病例數
(疾病管制局，2012)



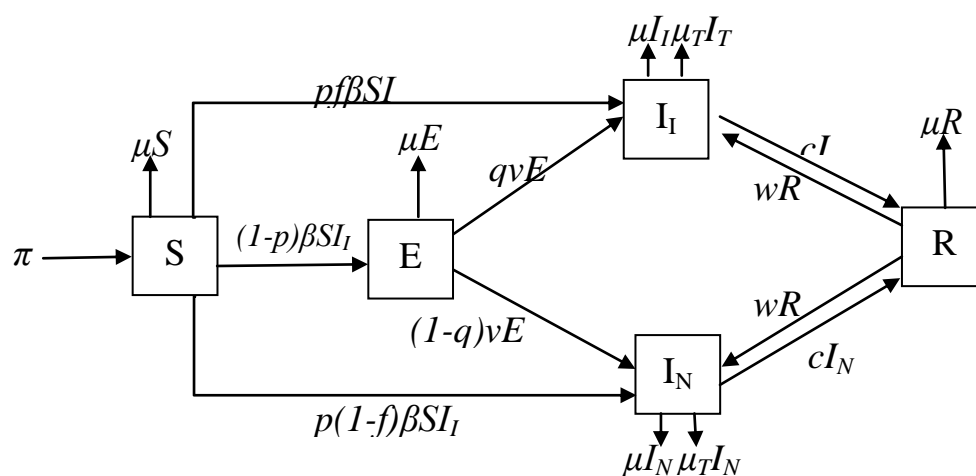
圖六、外籍勞工在臺 X 光健檢情形 (A)外籍勞工初入境與入境半年歷次 X 光健檢人數、(B)外籍勞工入境半年歷次 X 光檢查人數及入境半年歷次 X 光檢查不及格率、(C)外籍勞工初入境 X 光健檢總人數及初入境 X 光健檢不合格率。

2.4 傳輸動態模式

易感-暴露-感染-復原(Susceptible-Exposed-Infection-Recover)模式簡稱 SEIR 模式，因其疾病的自然發生史將人類族群分為四個階段，主要是藉由一階微分方程式探討傳染病對於人類族群傳輸動態情形。本研究回顧兩篇使用 SEIR 模式探討肺結核的研究，分述如下。Ozcaglar 等(2012)利用肺結核的流行病學模式去探討複合感染，並利用數值模擬出肺結核的流行病學(表一、圖七)，其中 I_I 與 I_N 分別代表具有傳染能力的族群與無傳染能力的族群。

表一、傳輸動態模式參數表(Ozcaglar et al., 2012)。

參數	定義
S	易感者
E	暴露者
I_I	具傳播能力的感染者
I_N	不具傳播能力的感染者
R	復原者
β	傳播率
π	補充率
c	自然治癒率
v	從潛藏期發展成開放性肺結核的速率
r_1	潛藏期肺結核治療率
r_2	開放性肺結核治療率
μ	自然死亡率
μ_T	因為肺結核所造成的死亡率
f and q	發展成可感染的肺結核的機率
w	復發率

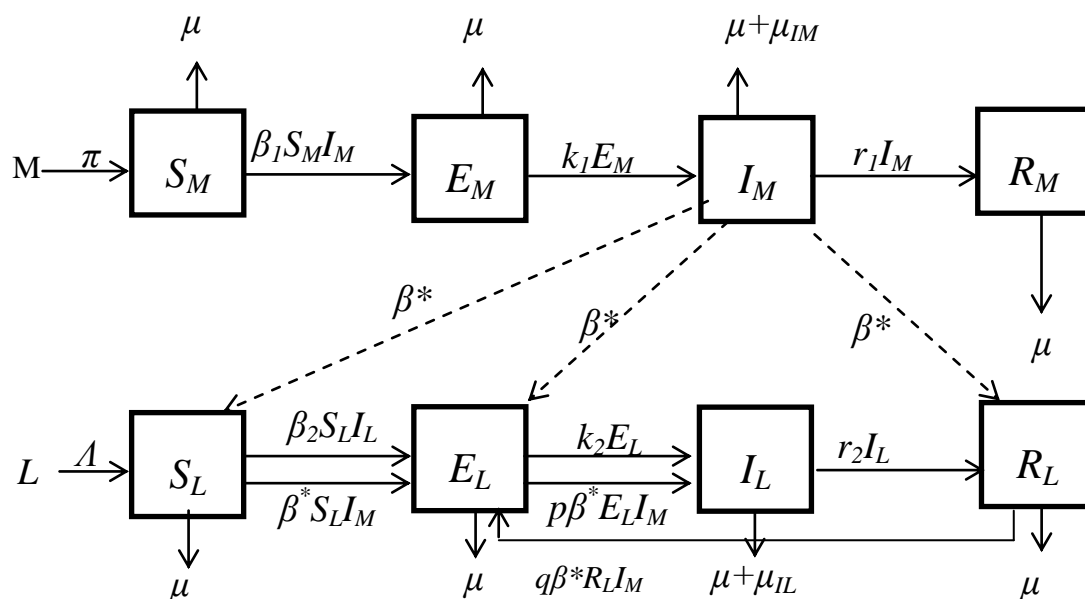


圖七、肺結核傳輸模式架構圖(Ozcaglar et al., 2012)

Jia 等(2008)探討外移族群對於肺結核的影響，將族群分為外移族群及當地族群，使用 SEIR 模式模擬外移族群肺結核感染者對當地族群的影響，並指出外移族群會感染當地族群的易感、暴露、復原區塊的人(經由 β^* 路線)而影響易感者、暴露者後續感染以及復原者情形(表二，圖八)。

表二、傳輸動態模式參數表(Jia et al., 2008)。

參數	定義
S_M	外移族群易感者
S_L	當地族群易感者
E_M	外移族群暴露者
E_L	當地族群暴露者
I_M	外移族群感染者
I_L	當地族群感染者
R_M	外移族群復原者
R_L	當地族群復原者
β_1	外移族群傳播率
β_2	當地族群傳播率
β^*	外移族群對當地族群傳播率(分別為 β^* , $p\beta^*$, $q\beta^*$)
π	外移族群補充率
Λ	當地族群補充率
k_i	由暴露到感染的速率($i=1, 2$)
r_i	自然自癒率($i=1, 2$)
μ	自然死亡率
μ_i	因肺結核所造成的死亡率($i=I_M, I_L$)



圖八、肺結核傳輸模式架構圖(Jia et al., 2008)

第三章、材料與方法

3.1 易感-暴露-感染-復原 模式

本研究所採用的模式架構如圖九，主要分為兩大族群，分別為外籍勞工族群以及當地台灣族群。其中外籍勞工族群又細分 3 個族群區塊：易感者(S_M)、感染者(I_M)、及復原者(R_M)組成；當地台灣族群細分為 4 個區塊：易感者(S_L)、暴露者(E_L)、感染者(I_L)及復原者(R_L)。其中易感者與感染者接觸後成為暴露者，而外籍勞工族群中的感染者(I_M)能夠進而影響當地台灣族群的易感者(S_L)、暴露者(E_L)與復原者(R_L)。感染者會經由自然自癒或是經由治療後成為復原者。此模式考慮當地臺灣族群的粗出生率(π)、粗死亡率(μ)與肺結核死亡率(μ_T)，如表三。

以下列方程式(1)~(4)表示臺灣族群的易感、暴露、感染、復原狀態在單位時間內的變化情形，方程式(5)表示所有台灣族群人數為四個狀態人數加總。方程式(6)~(8)為外籍勞工族群易感、暴露、感染、復原人口在單位時間之內變化情形，方程式(10)表示所有外籍勞工族群人數以及台灣族群人數加總。為得知研究模式預測之台灣族群各區塊人數隨時間變化是否合理，本研究以過去人口學資料(如：總人口數、出生率、死亡率等)帶入模式模擬，比較模擬結果是否和現況有所異同，並以 Excel 做線性相關分析得到 R^2 值。

$$\frac{dS_L}{dt} = N_L\pi - \beta_{ML}I_M S_L - \beta_{LL}I_L S_L - \mu S_L \quad (1)$$

$$\frac{dE_L}{dt} = \beta_{ML}S_L I_M + \beta_{LL}I_L S_L + \beta_{ML}I_M R_L - (q + \mu)E_L - \beta_{ML}I_M E_L \quad (2)$$

$$\frac{dI_L}{dt} = qE_L + \beta_{ML}I_M E_L - (\mu + \mu_T + c)I_L \quad (3)$$

$$\frac{dR_L}{dt} = cI_L - \beta_{ML}I_M R_L - \mu R_L \quad (4)$$

$$N_L = S_L + E_L + I_L + R_L \quad (5)$$

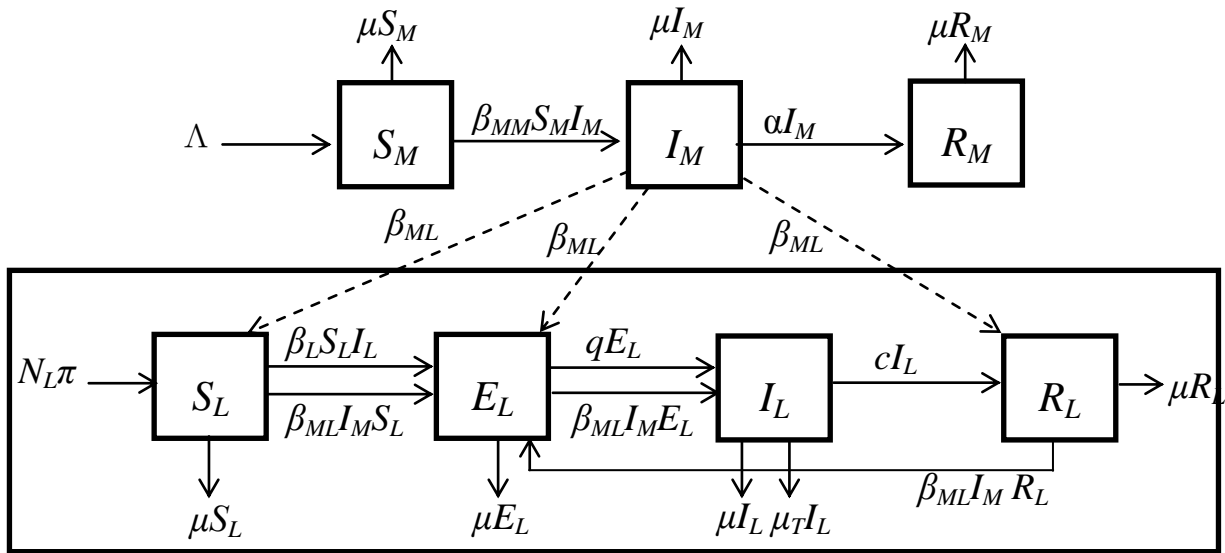
$$\frac{dS_M}{dt} = \Lambda - \beta_{MM}S_M I_M - \mu S_M \quad (6)$$

$$\frac{dI_M}{dt} = \beta_{MM}S_M I_M - \alpha I_M - \mu I_M \quad (7)$$

$$\frac{dR_M}{dt} = \alpha I_M - \mu R_M \quad (8)$$

$$N_M = E_M + I_M + R_M \quad (9)$$

$$N = N_L + N_M \quad (10)$$



圖九、本研究模式架構圖。

表三、模式參數表

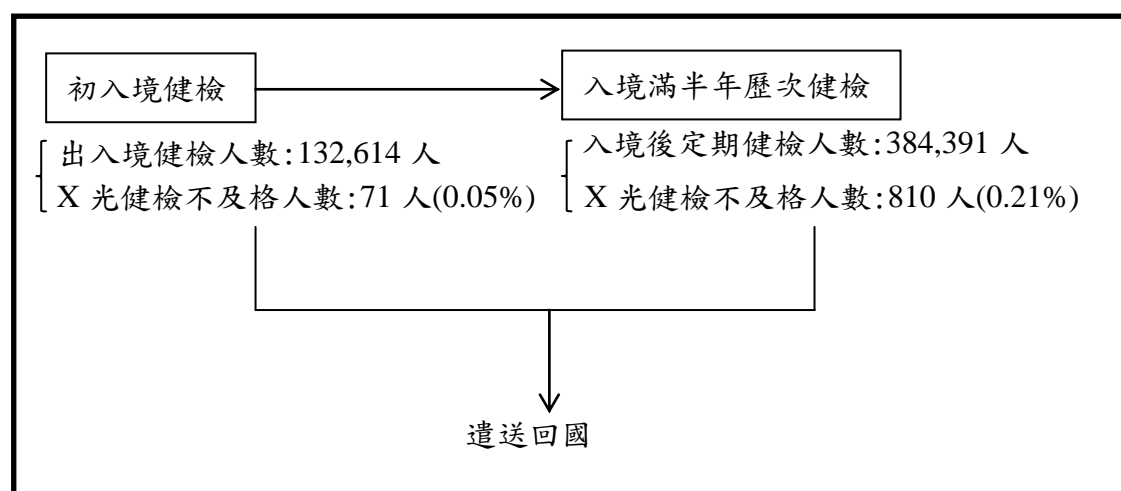
符號	定義	輸入參數	單位	引用年分
$N_L(0)$	台灣總人口數	23,273,935 ^a	人數	2012
$N_M(0)$	在台外籍勞工總人口數	445,579 ^b	人數	2012
$S_L(0)$	台灣易感族群	23,237,632	人數	-
$S_M(0)$	外籍勞工易感族群	444,769 ^b	人數	-
$E_L(0)$	台灣暴露族群	24,204	人數	-
$I_L(0)$	台灣感染族群	12,102 ^c	人數	2012
$I_M(0)$	外籍勞工感染族群	810 ^c	人數	2012
$R_L(0)$	經由治療或自然治癒的台灣族群	0	人數	-
$R_M(0)$	經由治療或自然治癒的外籍勞工族群	0	人數	-
π	台灣粗出生率	0.00986 ^a	1/年	2012
Λ	外籍勞工新增人口	19,919 ^a	人數	2012
μ	台灣粗死亡率	0.00663 ^a	1/年	2012
μ_T	台灣因肺結核而造成的死亡率	0.0028 ^c	1/年	2011
β_L	台灣當地肺結核傳播率	5×10^{-7d}	1/年	2012
β_{ML}	外籍勞工族群對台灣當地的肺結核傳播率	5×10^{-9d}	1/年	2012
β_{MM}	外籍勞工族群對外籍勞工的肺結核傳播率	5.9172×10^{-7d}	1/年	2012
q	發展成具有傳染能力的肺結核機率	0.0024 ^d	1/年	2012
c	台灣族群治癒率	0.71 ^e	1/年	2010
α	外籍勞工族群治癒率	0.2	1/年	-

^a內政部戶政司; ^b行政院勞工委員會; ^c衛生福利部疾病管制署; ^dLiu et al. (2012);

^e臺灣肺結核防治年報

3.2 易感-暴露-感染-復原 模式假設

本研究模式的台灣當地族群之暴露者(E_L)以假設肺結核之基本再生數(R_0)為 2 進行估計台灣當地族群之感染者(I_L)與暴露者(E_L)之間的關係，並求得假設值 E_L 為 24204 人。基本再生數指感染疾病者能將疾病傳播的平均個案數。而外籍勞工族群與當地台灣族群的復原者(分別為 R_M 與 R_L)的初始值假設為 0。由於本研究無法得知外籍勞工族群真正感染肺結核之人數，因此以外籍勞工入境時所需的健康檢查作為本研究是否為感染者(I_M)之判斷。外籍勞工入境時需要以健康檢查作為是否攜帶法定傳染疾病，當檢驗結果呈現不及格時，外籍勞工則須遣送回該國家。本研究之外籍勞工族群的感染者(I_M)設定值採用於 2012 年外籍勞工經由每半年 X 光健康檢查之不及格的人數，因出入境 X 光健康檢查不及格之外籍勞工會遣送回該國，因此本研究假設為經由來臺半年後的健康檢查後呈現不及格的外籍勞工設為該族群之感染者(I_M)，並且具有能夠感染當地臺灣族群罹患疾病的風險(圖十)。外籍勞工族群的感染者(I_M)能夠感染台灣當地族群的易感者(S_L)、暴露者(E_M)、復原者(R_M)，本研究模式中以 $\beta_{ML}I_M S_L$ 、 $\beta_{ML}I_M E_L$ 、 $\beta_{ML}I_M R_L$ 三條路徑指出其對台灣當地族群的影響。



圖十、2012 年外籍勞工健康檢查。

3.3 模式參數推求

本研究參數設定直接引用於最新的資料，自 2010 年到 2012 年不等。針對台灣族群的亞族群之感染人數引用自衛生福利部疾病管制署 2012 年公布的肺結核本國籍確定病例數 12,102 人設定為參數值。在研究模式中的台灣族群之復原者

初始值設定為 0，並以台灣 2011 年總人口數扣除暴露者及感染者推求為台灣族群的易感者。台灣族群之肺結核治癒率則引用肺結核 2010 年年報設定為模式數值。

因外籍勞工族群之感染者不易推求了解，則假設為外籍勞工於 2012 年剛入境每半年之健康檢查 X 光不及格的人數 810 人為本研究模式之初始設定值，且入境台灣之外籍勞工大多來自肺結核發生率大於台灣的國家，因此模式假設來台之外籍勞工為外籍勞工族群之易感族群，並以復原者之參數設定值為 0。針對外籍勞工補充人數，本研究引用行政院勞工委員會提供之產業及社福外籍勞工每年來台總計，並以 2012 年來台人數扣除 2011 年來臺人去以推求外籍勞工 2012 年來台之補充人數。

研究之肺結核傳輸係數引用自 Liu 等人在 2012 年的研究，分別帶入模式之台灣族群之肺結核傳輸係數、外籍勞工族群之傳輸係數與外籍勞工族群影響台灣族群之傳出係數為 5×10^{-7} 、 5×10^{-9} 及 5.9172×10^{-7} 。

3.4 靈敏度分析與模式驗證

本研究結合 Ozcaglar 等(2012)與 Jia 等(2008)肺結核動態模式，為瞭解本研究新的模式架構中參數對於模式模擬結果的改變造成的影響，研究針對模式中外籍勞工族群之傳輸係數及外籍勞工補充人口改變大小，並帶入模式中模擬，看預期結果對於台灣族群之易感者、暴露者、感染者的改變情形。為得知研究模式預測之台灣族群各區塊人數隨時間變化是否合理，本研究以 2003 年為基準年的人口學資料(如總人口數、出生率、死亡率等)帶入模式模擬，比較模擬結果是否和現況有所異同，並以 Excel 做線性相關分析得到 R^2 值。

第四章、結果與討論

4.1 模式驗證

本研究利用 2003-2012 年全台灣人口數變化情形是否相符實際資料用以驗證。其中台灣因肺結核而造成的死亡率(μ_T)及台灣族群肺結核治癒率(c)資料無 2003 年，分別採用 2005 年及 2004 年的資料 (如表四)。研究利用 2003 年資料模擬至 2012 年的十筆模擬出的數據，包含台灣總人口數(N_L)和實際人口數進行相關性分析(如圖九)，其結果 R^2 達 0.9897，屬高度相關。可得知由此模式的參數假設應為合理可接受，故研究利用此模式參數表以模擬未來十年外移人口數不同情形之台灣族群與外籍勞工族群於單位時間下各區塊發生人數的變化。

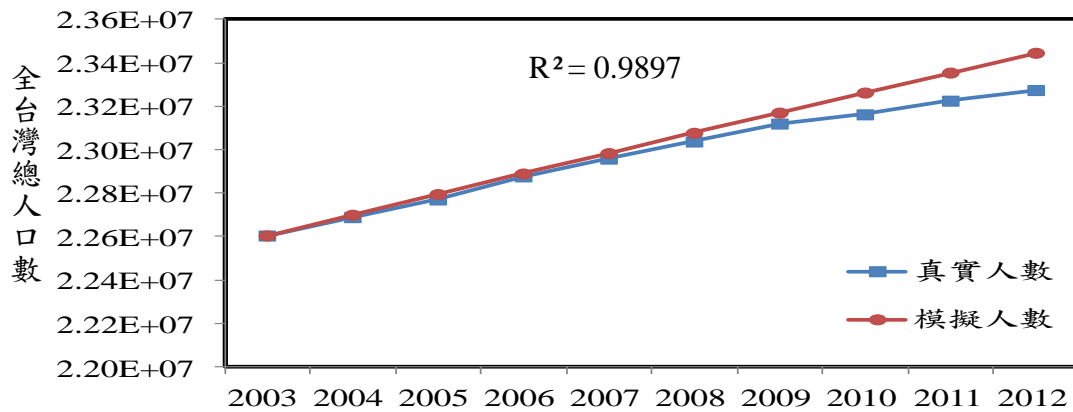
由於衛生福利部疾病管制局所提供的感染個案無法確認為新增個案或累計個案，可能有重複通報的情況(復原後又再感染)，因此模式驗證並未納入考量。

表四、模式參數表

符號	定義	輸入參數	單位	引用年分
$N_L(0)$	台灣總人口數	22,604,550 ^a	人數	2003
$N_M(0)$	在台外籍勞工總人口數	300,150 ^b	人數	2003
$S_L(0)$	台灣易感族群	22,561,293	人數	-
$S_M(0)$	外籍勞工易感族群	299,973 ^b	人數	-
$E_L(0)$	台灣暴露族群	28,838	人數	-
$I_L(0)$	台灣感染族群	14,419 ^c	人數	2003
$I_M(0)$	外籍勞工感染族群	177 ^c	人數	2003
$R_L(0)$	經由治療或自然治癒的台灣族群	0	人數	-
$R_M(0)$	經由治療或自然治癒的外籍勞工族群	0	人數	-
π	台灣粗出生率	0.001006 ^a	1/年	2003
Λ	外籍勞工新增人口	-3,534 ^a	人數	2003
μ	台灣粗死亡率	0.0058 ^a	1/年	2003
μ_T	台灣因肺結核而造成的死亡率	0.0043 ^c	1/年	2005
β_L	台灣當地肺結核傳播率	5×10^{-7d}	1/年	2012
β_{ML}	外籍勞工族群對台灣當地的肺結核傳播率	5×10^{-9d}	1/年	2012
β_{MM}	外籍勞工族群對外籍勞工的肺結核傳播率	5.9172×10^{-7d}	1/年	2012
q	發展成具有傳染能力的肺結核機率	0.0024 ^d	1/年	2012
c	台灣族群肺結核治癒率	0.61 ^e	1/年	2004
α	外籍勞工族群肺結核治癒率	0.2	1/年	-

^a內政部戶政司; ^b行政院勞工委員會; ^c衛生福利部疾病管制署; ^dLiu et al. (2012);

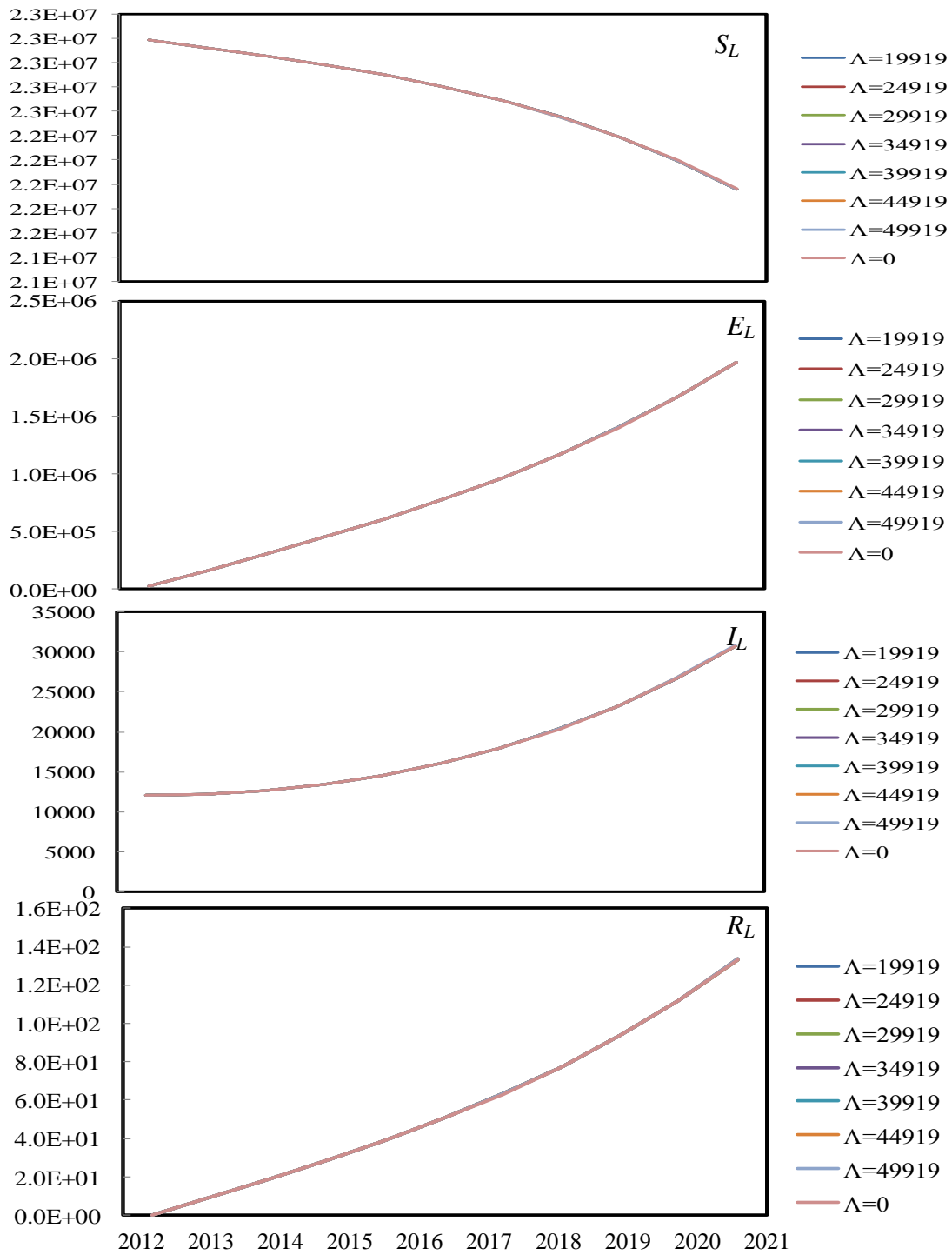
^e臺灣肺結核防治年報



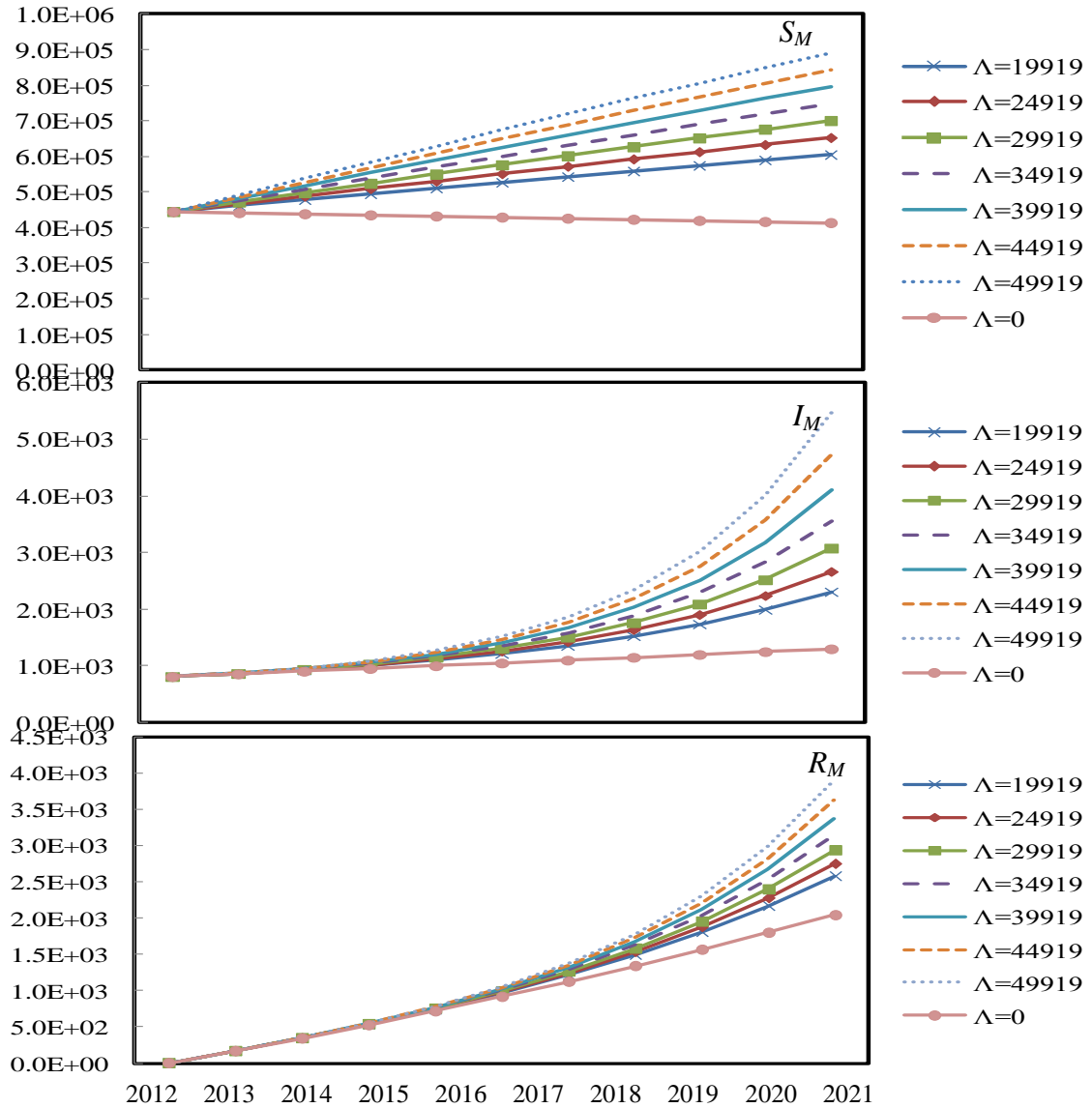
圖九、模式參數驗證。

4.2 外籍勞工來臺對肺結核之影響

本研究以外籍勞工新增移入人數 19,919 人(2013 年)為基準點，模擬新增移入人數為 0、24,919、29,919、34,919、39,919、44,919、49,919 人(以新增 5,000 人為一單位)。圖十結果顯示，當外籍勞工每年新增移入人數為 0 時， S_L 人數降低， E_L 、 I_L 、 R_L 人數增加。當外籍勞工每年新增移入人數為 49,919 時，結果趨勢相同，由此可見外籍勞工人數的增加對 I_L 不會造成影響。圖十一結果顯示，當外籍勞工每年新增移入人數為 0 時， S_M 人數降低， I_M 、 R_M 人數增加。當外籍勞工每年新增移入人數為 49,919 時， S_M 、 I_M 、 R_M 人數皆有明顯上升的趨勢，預測 2021 年時 I_M 人數增加為 4.2 倍，顯示外籍勞工新增人數對 I_M 人數有明顯的影響。



圖十、A、B、C、D 分別表示在外移人數(Λ)不同的情境下本國籍易感者(S_L)、暴露者(E_L)、感染者(I_L)、復原者(R_L)隨時間人數變化圖。



圖十一、A、B、C 分別表示在外移人數(Λ)不同的情境下外籍勞工族群易感者 (S_M)、感染者(I_M)、復原者(R_M)隨時間人數變化圖。

第五章、結論與建議

5.1 結論

模式驗證中，台灣總人口數(N_L)和實際人口數進行相關性分析屬高度相關($R^2=0.9897$)。靈敏度分析結果顯示外籍勞工人數的增加對 I_L 不會造成影響，但對 I_M 人數有明顯的影響，亦即入境台灣的外籍勞工人數的多寡對台灣肺結核感染人數沒有很明顯的衝擊，但預測肺結核感染的外籍勞工人數增加，衛生行政單位可增強 X 光健檢、檢測不合格的後續追蹤及關心外籍勞工在台可能發生的群聚感染事件，在衛生政策面加強外籍勞工族群對於傳染性疾病的衛生教育。

5.2 建議

由於在台灣族群以及外籍勞工族群的易感、暴露以及復原的人口皆為研究推求，並不能得知群體中的真實情況，期望之後的研究者能夠有確切的數據加以引用模擬。

參考文獻

1. Bai K.J., Chiang C.Y., Lee C.N., Chang J.H., Wu L.C., Yu M.C. 2008. Tuberculosis among foreign-born persons in Taiwan, 2002–2005. *Journal of the Formosan Medical Association*. 107. 389-395.
2. Barker R.D. 2012. Clinical tuberculosis. *Infection*. 40. 340-345.
3. Centers for Disease Control, Department of Health, ROC. Taiwan tuberculosis incidence and mortality rate, 2002-2008. Available from: <http://www2.cdc.gov.tw/public/Data/9123117163971.pdf>.
4. Global Tuberculosis Report. 2012. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75938/1/9789241564502_eng.pdf.
5. Jia Z.W., Tang G.Y., Jin Z., Dye C., Vlas S.J., Li X.W., Feng D., Fang L.Q., Zhao W.J., Cao W.C. 2008. Modeling the impact of immigration on the epidemiology of tuberculosis. *Theoretical Population Biology*. 73. 437-448.
6. LabSpace. Communicable Diseases HEAT Module. 2014. <http://labspace.open.ac.uk/mod/oucontent/view.php?id=452596§ion=1.5.2>
7. Liu L.J., Wu J.H., Zhao X.Q. 2012. The impact of migrant workers on the tuberculosis transmission: general models and a case study for China. *Mathematical Biosciences and Engineering*. 9. 785-807.
8. Lo H.Y., Chou P., Yang S.L., Lee C.Y., Kuo H.S. 2011. Trends in tuberculosis in Taiwan, 2002-2008. *Journal of the Formosan Medical Association*. 110. 501-510.
9. Ozcaglar C., Shabbeer A., Vandenberg S.L., Yener B., Bennett K.P. 2012. Epidemiological models of *Mycobacterium tuberculosis* complex infections. *Mathematical Biosciences*. 235. 77-96.
10. The world bank. 2014. http://data.worldbank.org/indicator/SH.TBS.INCD?order=wbapi_data_value_2012+wbapi_data_value+wbapi_data_value-last&sort=asc
11. 內政部入出國及移民署. 2014. <http://www.immigration.gov.tw/ct.asp?xItem=1110765&ctNode=32822&mp=1>
12. 行政院勞工委員會. 2014. http://www.evta.gov.tw/content/list.asp?mfunc_id=14&func_id=57
13. 吳麗珠、冷偉緒、顏哲傑，疫情報導。2008年至2012年外籍勞工健康檢查概況。2014年第30卷第2期。
14. 陸坤泰、江振源、李仁智、李秉穎、林錫勳、姜義新、洪健清、索任、黃瑞明、詹珮君、劉永慶、蘇維鈞，2008結核病診治指引。防疫學苑系列 009。
15. 衛生福利部疾病管制署. 2014. http://nidss.cdc.gov.tw/NIDSS_Report.aspx?dt=3&dc=1&disease=010&d=1&i=0&s=determined_cnt&RK=W
16. 臺灣疾病管制局年報，2007-2011. <http://dengue.nat.gov.tw/lp.asp?CtNode=1752&CtUnit=941&BaseDSD=31&mp=1>.