

計畫編號：DOH102-DC-1104

衛生福利部疾病管制署 102 年委託科技研究計畫

計畫名稱：流感模擬系統之進階研究

年度/全程研究報告

執行機構：中央研究院

計畫主持人：王大為

協同主持人：徐讚昇、廖純中

研究人員：陳柏年、蔡數真、張紘睿

執行期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日

*本研究報告僅供參考，不代表本署意見，如對媒體發布研究成果應
事先徵求本署同意*

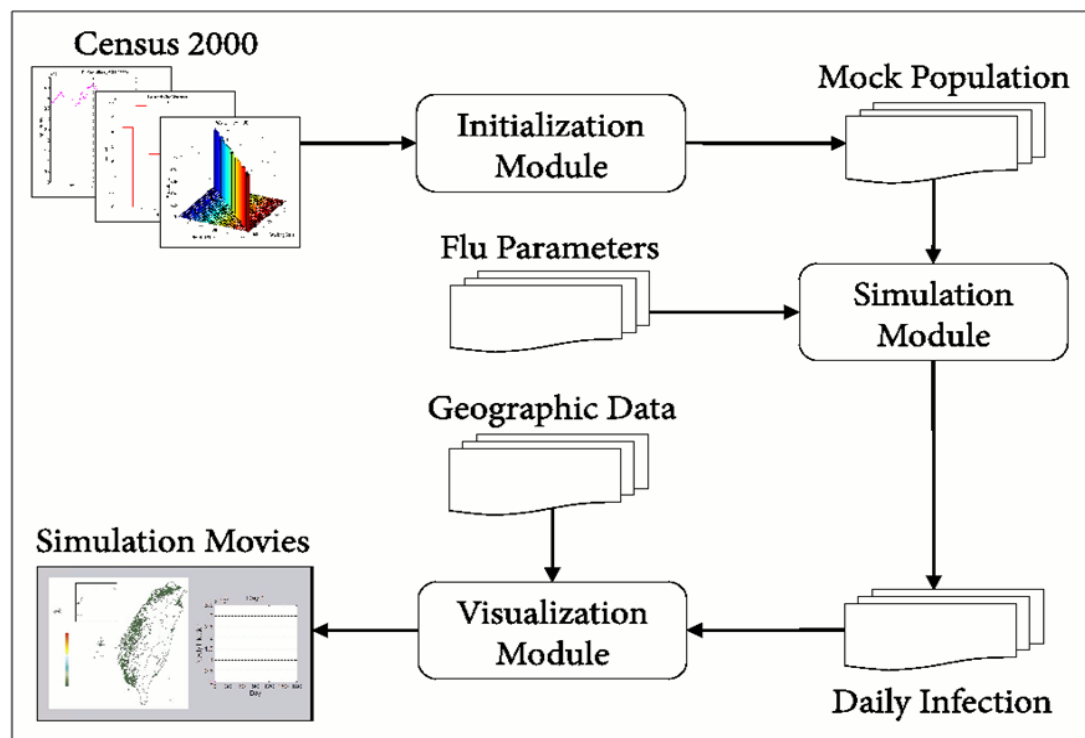
目 錄

	頁 碼
封 面	
目 錄	
一、摘要	(1)
二、計畫緣由與原訂年度目標	(3)
三、結果與討論	(19)
四、計畫成果自評	(31)
五、參考文獻	(33)
六、附錄	(37)
七、工作表	(52)
	共(54)頁

一、摘要

流感的發生無可避免，但可以利用過往抗流感的經驗來對疫情作預測，進而掌控疫情擴散的狀況，降低流感造成的傷害。本研究透過中研院資訊所所研發的流感模擬系統，進行疫情發展與防治策略的模擬，並將模擬結果與疫情資訊作分析，以其結果作為模擬參數設定上的修正，加強流感模擬系統的穩定性及準確性，提升模擬系統整體的功效。

流感模擬系統主要建構在個體的社會接觸群集 (Social Contact Group) 網絡上，模擬出代表台灣地區 2300 萬民眾的人口 (即模擬人口 Mock Population)。模擬人口的特徵是依據 2000 年台灣區人口普查資料，資料至今已逾 10 年，係因人口變遷及社會結構的改變，本團隊將對此部分進行資料更新之工作，遂利用 2010 年人口普查之結果，進行系統改良及模擬系統之研究。



流感模擬系統架構圖

基於流感模擬系統功能發展穩定，為增加模擬系統的多樣性，故研擬將流感模擬系統實作於其他傳染病為目標，針對模擬時間做時間精化模組，將原本的 12 小時（半天）模擬時間，精化成小於 12 小時。加入了時間精化模組後，模擬次數增加，模擬總時間也隨之上升，為維持模擬系統速度上的優勢，將實作於模擬系統的演算法做改良，以維持模擬結果的品質。

本計畫團隊與 Asia Flu Cap 團隊合作，將本系統與 Asia Flu Cap 所研製的系統做比較，實驗結果陸續在今年(2013 年)結束，已著手整理研究內容，進行發表的工作。

二、計畫緣由與原訂年度目標

流感爆發期間在最短時間內制定出有效的防疫策略，使防疫工作發揮防疫之最大功效是個重要的課題。流行病學上常見之模型為數理模型(Mathematical Model)和計算機模型(Computational Model)，並且在流感爆發後用來檢驗防疫策略(Intervention Strategy)的效果，但其準確性及適用性因為地區、文化……等的差異有著相當的限制。

本計畫所用的流感模擬系統是建構在一個真實事件上，使用的事件是由台灣疾管署公佈 2009 年台灣流行之 H1N1 新型流感的日程和干預策略，如表 1。台灣疾管署人員由台灣健康保險局提供之流感患者資料整理出每週新增之臨床確診病例數，在防疫方案與臨床資料作分析以修正模擬模型和流感的屬性。

基本參數定義方面：

一、基本再生數 (Reproduction Number, R_0):

世界衛生組織明訂基本再生數範圍為 1.2 至 1.7，本計畫採用的基本再生數為 1.6。

二、流行性病毒自然史 (Nature History):

H1N1 為新型流感對於病毒的潛伏期 (Latent Period)、繁殖期 (Incubation Period) 和感染期 (Infectious Period) 尚未有實際的統計資料輔助定義病毒週期之時間長短，因此我們參考 1957 年和 1968 年流行性病毒自然史：潛伏期為 1 至 3 天，取其中間值為 1.9 天；感染期從發病第一天開始可持續 3 到 6 天，取中間值為 4.1 天。

三、被感染者且具傳染力下，有無症狀的比例：

感染者有三分之二的機率會發展成有症狀且具感染力之病例，其餘沒症狀的病例有一半者仍具有傳染的能力。

日期	事件
April 28, 2009	WHO 將 H1N1pdm 警戒為第四級，台灣政府也因應成立中央疫情指揮中心。
April 29, 2009	針對由疫區起飛的班次作機場的發燒檢疫(成功率為 70%)，並且鼓勵國際旅客有類流感者主動提出。預估可將入境檢疫成功率提升至 90%。
May 19, 2009	在機場進行定量檢疫措施，並提出所有可疑病例，可將成功率降為 80%。
May 20, 2009	輸入的 H1N1 確診病例，病患須被隔離且配合用抗流感藥物直到完全康復。
May 24, 2009	出現第一個本土病例，由於加強接觸關係的追蹤和預防性投藥，遏止境內病毒的傳播，並且在接下來數周沒有出現新的病例。
June 19, 2009	台灣疾管署預估本土的流感爆發已經開始。
August 1, 2009	國家級抗病毒藥物開始配置行動，估計讓 60% 的流感患者使用，並對其中 30% 的 H1N1pdm 確診病例投抗病毒藥物 oseltamivir。
August 17, 2009	加強國家級抗病毒藥物之配置。辨識 H1N1pdm 的能力升為 60%。
August 18, 2009	學校停課政策開始。非藥物治療介入 (NPI) 策略不斷升級。
November 1, 2009	國家疫苗配置開始。1,500 萬劑可供使用，以學齡兒童為第一優先。

表 1: H1N1pdm 介入措施之時間表。

資料配置檔方面：

模擬系統使用之流感模擬系統的參數來來自於數個配置檔案，配置檔案是由行政院主計處、中央健保局、教育部及各鄉鎮區公所提供之統計數據處理而得。在此僅列舉今年度計畫所更新的配置檔：

一、人口結構配置檔案（附件一）

二、年齡配置檔(附件二)

流感模擬系統在建構之初考量往後參數增修及強化功能性，故進行敏感度分析的模式設計，目的在於評估該項參數對流感模擬結果的影響度。操作方式為設定相關之參數（如：接觸參數、傳染率參數、病毒週期參數…等），使模型的參數在合理的特定範圍內變動，觀察其影響變化情形，即靈活地設定一個參數的設定值，在其他參數維持不變的情況下，檢視其參數對於模擬結果的影響程度。本系統於實作模型至今已完成機場出入境檢疫、抗病毒藥物使用、疫苗施打等防疫策略的資訊蒐集及實作，並建構其防疫策略之模式和進行相關策略之敏感度分析。

由 2009 年 H1N1 新型流感的數據顯示，過去的研究往往高估了流感病毒在國際間與國內空間傳播的可能性。H1N1 新型流感病毒在全球蔓延的情況更顯出我們對於流行性傳染病在不同空間的差距。即使在經緯度相當的地區，人口結構與生活習慣類似，但傳播機率和感染情況亦可能不同。如何以具體模式表述流感在空間上的傳播方向和速度，是近年流行病學上研究的焦點之一。透過與社會學研究所之計畫「類流感散佈的相關社會混合型態」合作的機會，對具有全國代表性的個案生活狀況及接觸日誌做研究與探討，研究一般台灣民眾在日常生活中的社會互動型態，進而探索能適切反映台灣社會文化實況之人口混合型態和流行性病傳染擴散機制的各項參數；研究結果有助於建立符合台灣社會實況之參數化人際接觸可能性分佈型態，強化模擬系統之準確性及穩定性，進而輔助可靠防疫政策的制定，有效管制各類流感的擴散。

本流感模擬系統可對流行性疾病的特徵作預估，這些預估的常見項目為爆發日（outbreak day）、最高峰日（peak day）和罹患率（prevalence）等，這

些模擬結果將有助於政府相關單位訂定適當的防疫策略來減緩疫情的擴散，更可就此推估流感大流行期間的資源運用狀況。流感的流行是不可避免的，故尋求有效的防疫方法就成為重要的課題，故各國紛紛投入流感模擬系統建構，利用模擬系統的模擬結果作為佐證，來制訂適合的防疫策略。流感模擬系統常見的模型如下：

1. 同質模型和異質模型

同質和異質模型最主要的區別在於潛在的社會結構 (Underlying Social Structure)，基本上可視同質模型為一種特殊的異質模型。同質模型的作法是將每個個體視為同樣一種類型，即為個體間沒有特徵上的差異；異質模型的作法是將每個個體都標籤上性別、年紀、每日的接觸狀況和這些特徵將會在模擬過程中造成的影響。

2. 明確模型和隨機模型

傳染型態影響被感染的人數及仍處於感染的時間，傳染型態可以是明確或是隨機的型態。明確模型為給定義感染人數；隨機模型裡，感染者人數往往是與事件不相關且以隨機分配作基礎。在明確模型中傳染病的持續時間為常數時間，而隨機模型為離散時間，且每個處於隨機模型內的已感染個體有可能會有不同的傳染病持續時間。

3. 數值模型和代理人模型

數值模型是一種數學模型，利用數值方法對於每個時間間隔進行的迭代模擬。數值模型著重在分析結果是由一組微分方程所組成。代理人模型著重在每個代理人的行為及其之間的互動。

2009 年 H1N1 於墨西哥肆虐嚴重，造成約一萬八千人死亡，並且禍延全球。AsiaFluCap 團隊 (AFC) 藉此機會以醫療資源為研究目標開始進行模擬系統的建構。AFC 團隊的模擬系統 (AFC model) 屬於同質的數值模型系統，依照 SEIR 模型建構；同時，台灣疾管署與中央研究院資訊所亦合作建構一個模擬系統 (TW model)，此模擬系統屬於異質的隨機代理人模擬系統，對流感傳播的行為做研究，並設計防疫策略的模式，對防疫策略效果做評估。AFC model 和 TW model 同為模擬 H1N1 流感而產生，卻使用不同的模擬方式，對此本團隊從兩個流感模擬系統進行模型比較，並進行相關實驗。模擬模型比較的工作依序為模擬模型的運作方式了解、使用參數整理、參數在不同型態下的轉換、進行實驗及結果分析。

TW 模擬系統是採用隨機代理人模型，並遵照 SIR 模型之特色所建構，詳細架構如圖 1。隨機代理人的參數特徵（年齡、性別、所處的住家區域、日/夜間活動接觸機率）是由人口普查資料做統計整理後，按結果之比例產生代理人之參數特徵。在模擬工作進行前產生足以表示台灣地區人數的隨機代理人並在其中預設 index cases，後利用隨機代理人之日/夜間活動、住家所處的區域及隨機代理人間接觸的機率等，計算每個代理人受感染而進入潛伏期的機率。

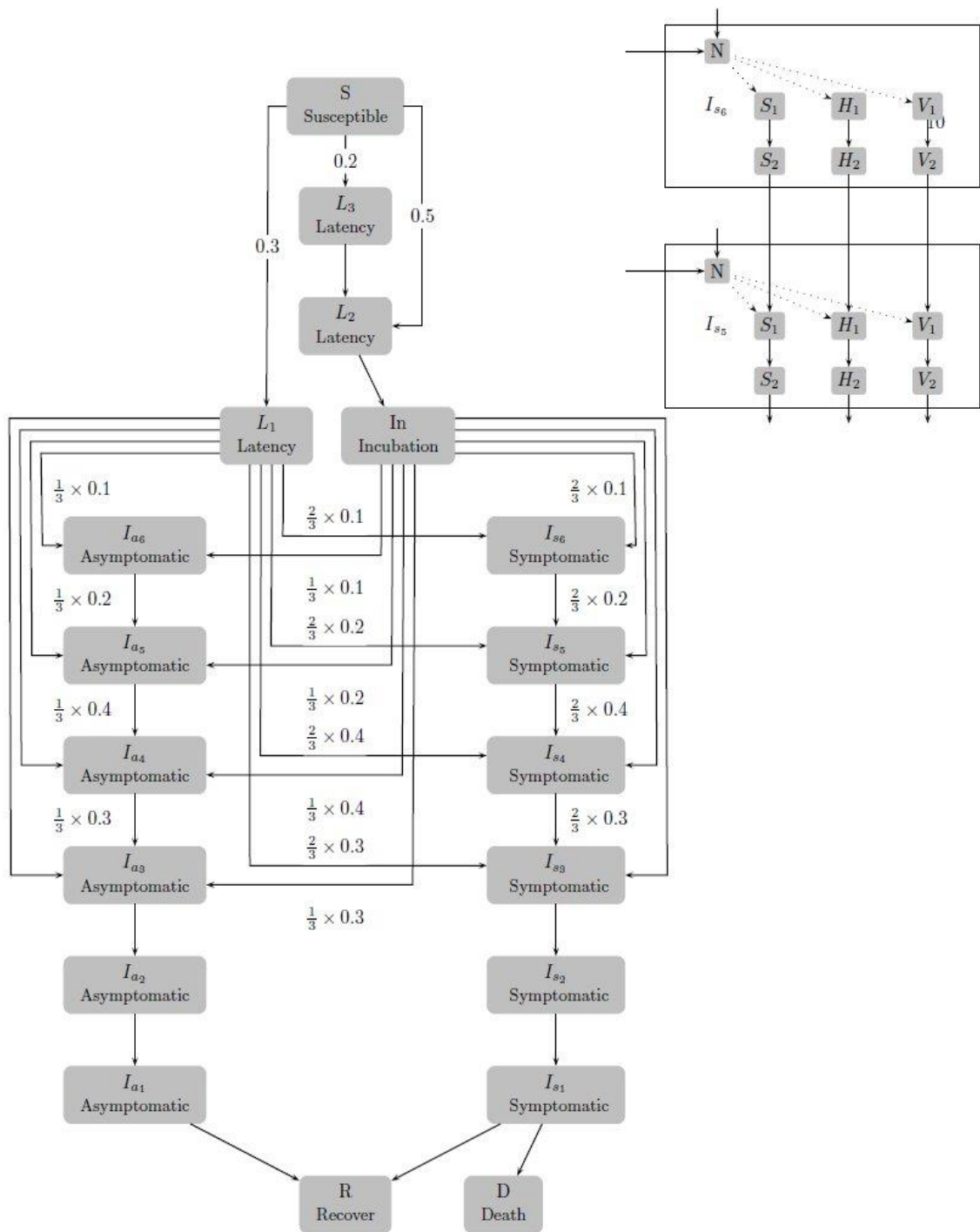


圖 1：本流感模擬系統模型圖

AFC 模擬系統為同質（個體之特徵參數相同）的 SIR 模型，除了保有原本 SIR 模型的特色外，另外加入三種個體狀態 prophylaxis(P)、exposed(E)及 asymptomatic(A)更明確地將個體所處的階段做分類，使模擬系統能對藥物的使用有更確實的模擬。Asia Flu Cap 流程圖如圖 2（圖 2 之相關參數見附錄三）。

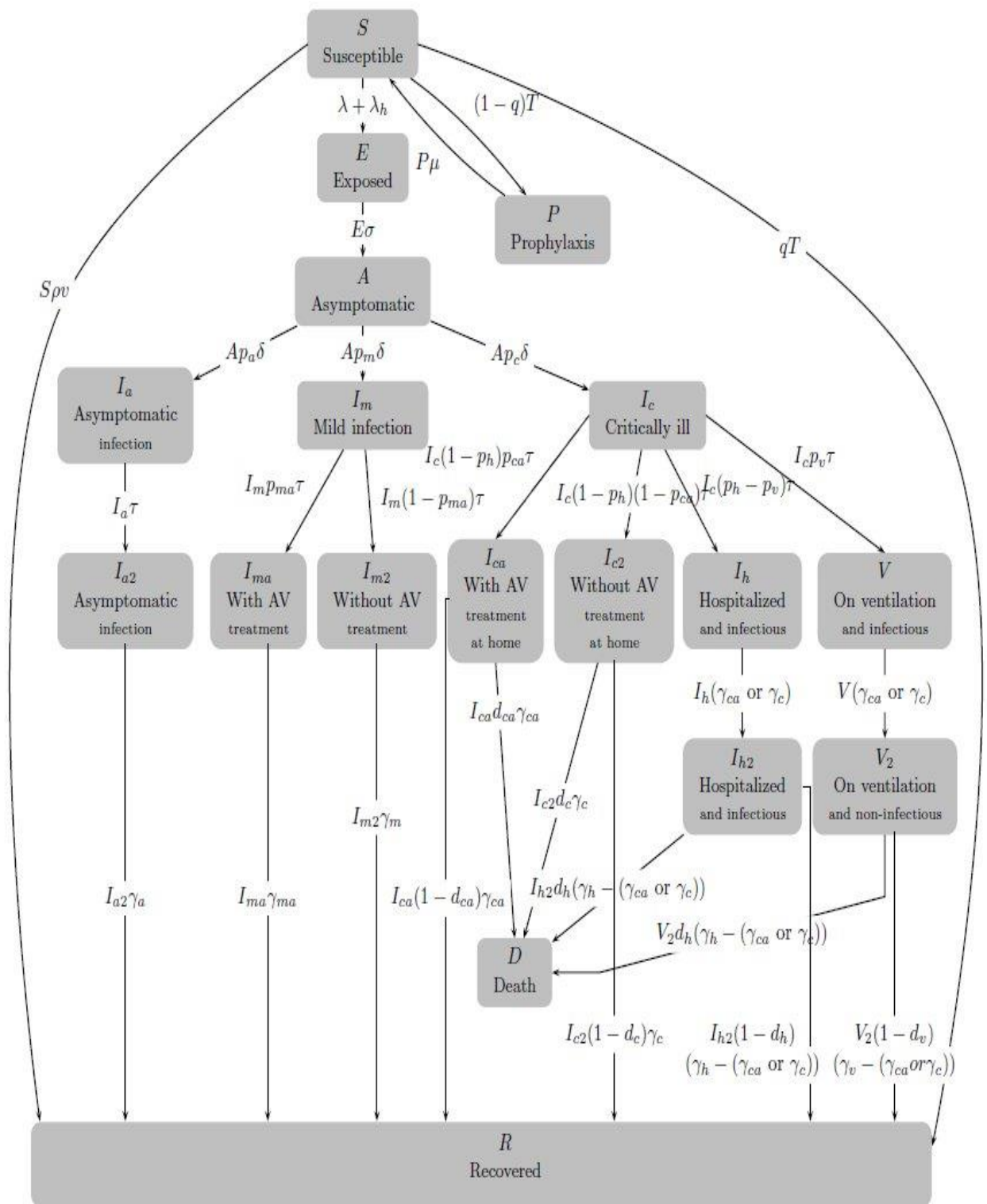


圖 2：Asia Flu Cap 流感模擬系統模型圖

同時存在於兩個系統的參數細分成三種：

1. 以固定數值表示的參數

如模擬時間、藥物總量、抗病毒藥物有效日、疫苗使用日程、可活用之醫療資源數等。

2. 以固定機率表示的參數

如個體間傳染的機率、受感染個體有症狀的機率、受感染個體無症狀的機率等。

3. 以機率分佈表示的參數

如 onset 天數（表 1 為 TW model 的 onset case 機率分佈）、潛伏期和孵化期的天數（表 2 為 TW model 的潛伏期和孵化期的機率分佈）。

主要需要進行參數校準的情況為「以機率分佈表示的參數轉換為以期望值表示的參數」和「以期望值表示的參數轉換為以機率分佈表示的參數」。

工作者流向 (worker flow) 只有在 TW 模型裡面討論，AFC 模型並沒有對此做討論及建構。工作者的流動在 TW 模型裡面是唯一一種讓疾病從小區域擴散到其他區域的方式。關於工作者流向的參數與 peak day 相關，若工作者流向相關參數設定越小，則可將 peak day 越向後延遲。增加區域的大小亦可讓 AFC 模型的 peak day 向後延，在其他設定都不變的情況下，易感染者數皆增加，需要更多的時間才能達到相同比例의 感染人數。

流感模擬系統對於流感傳播趨勢及總受感染人數均能提供合理的預測，然而許多流感之相關參數直接套用國外文獻的經驗資料，或是不適用於台灣地區的人際互動模式的設計，會導至模擬系統的模擬品質降低。藉此，本團隊已陸

續規劃進行人口特徵、學校內部結構、學生流向等課題進行研究。

模擬系統進行實驗前須產生一定數量的模擬人口 (Mock Population)，此模擬人口使用的基本資料為台灣區 2000 年的人口普查資料來設計，普查結果逾十年，且根據 2011 年底主計處針對 2010 年之人口普查的初步報告證實，社會結構已與 2000 年之結構有顯著的差異；本計畫已在今年 (2013 年) 取得人口普查資料，並以進行分析。

本計畫整理 2011 年至今人口普查資料所顯示的社會現象，如下：

一、2000 年至 2010 年間人口成長趨緩，平均年成長率為 0.4%。

普查期間台灣區常住人口為 2312 萬 4 千人 (外國籍人口 56 萬 2 千人)，平均成長率降為 0.4%，人口總數趨緩，如圖 3。

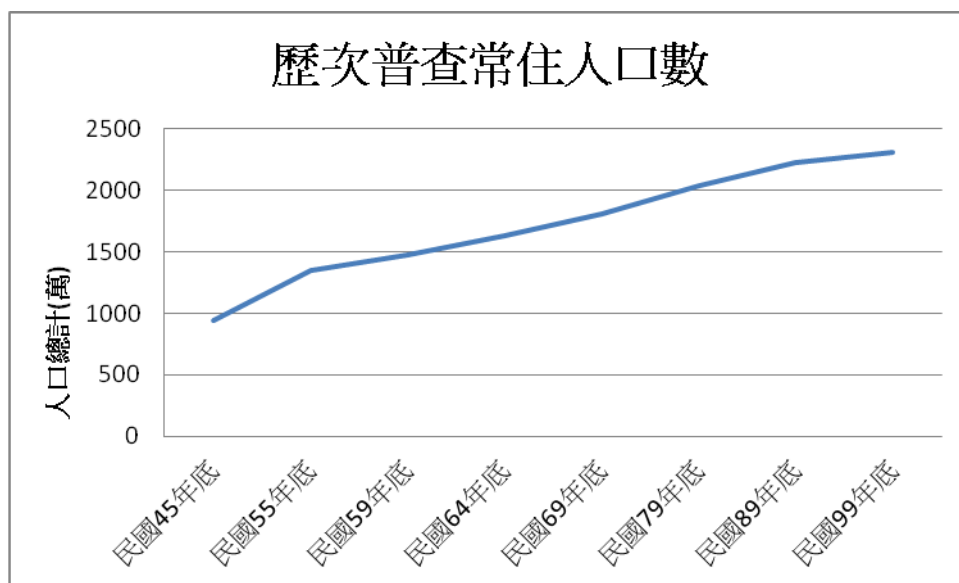


圖 3：歷次普查結果人數圖表。

二、性比例首低於 100。

性比例係指每一百個女性相對的男性人口，若此數值與一百相距愈遠，表示男女比例愈懸殊。普查期間常住人口（不含外籍產業勞工、幫傭和看護）性比例為 99.6。性比例以 5-9 歲人口最高（109.6），其次為未滿 5 歲（109.5），後以 65 歲以上之性比例最低 90.9；30-34 歲（97.2）出現男性人數較女生少的狀況。25-59 歲間性比例差距較其他年齡層明顯，探討後推測發生原因為外籍女性常住人口增加及常住國外之本國籍男性較女性多導致。如圖 4-5。

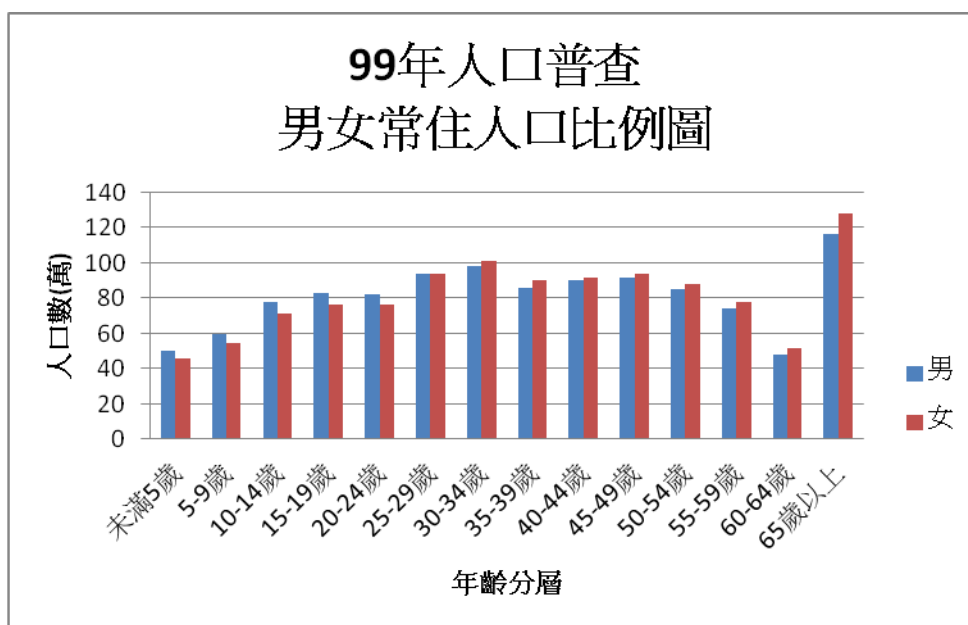


圖 4：99 年人口普查之常住男女人口比例。

三、幼年人口減少 108 萬 2 千人，老年人口增加 55 萬 8 千人。

將 2000 年與 2010 年人口普查統計結果作比較，在此十年內幼年人口(0-14 歲)減少 108 萬 2 千人，青年人口(15-24 歲)減少 67 萬 8 千人，壯年人口(45-64 歲)增加 183 萬 9 千人，老年人口增加 55 萬 8 千人。由圖 6 顯示十年間未滿 25 歲人口有減少的趨勢，而 45 歲以上人口有增加的現象，顯示台灣地區少子化及高齡化現象愈趨明顯。

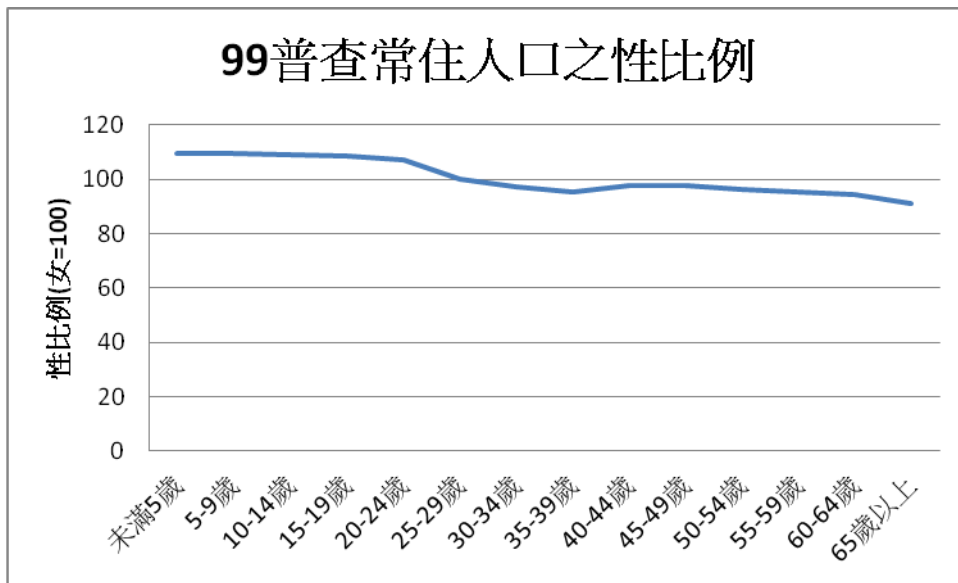


圖 5：99 年人口普查之性比例。

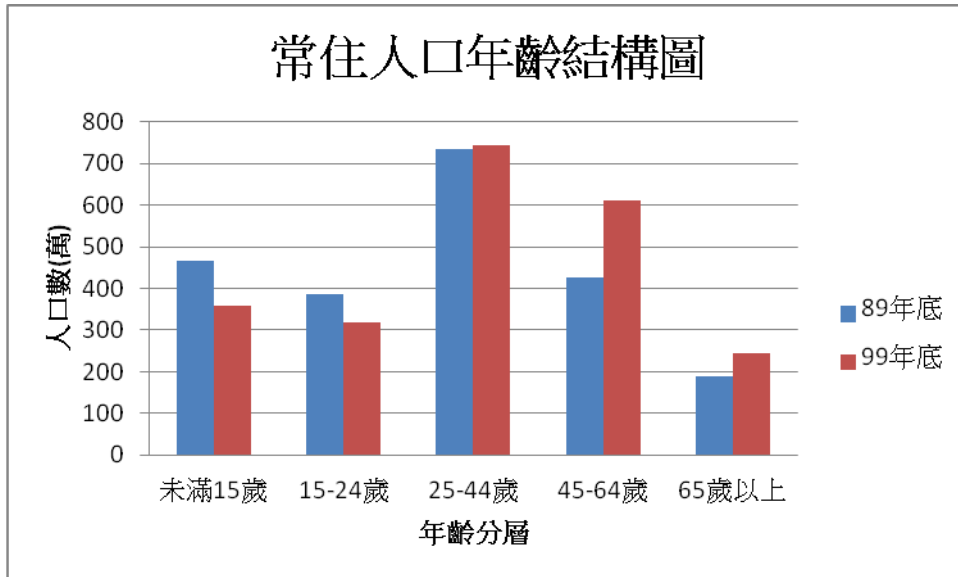


圖 6：99 年人口普查之常住人口年齡結構圖。

四、外籍常住人口十年間增加 16 萬 2 人，其中女性增幅為 7 成 8。

外籍常住人口數為 56 萬 2 千人，以來自東南亞國家 43 萬 4 千人最多（占整體外籍人口數的 77.1%），其次為大陸港澳 8 萬 9 千人（占 15.7%），日本以 1 萬 2 千人居第三位（占 2.2%），如圖 7-8。依性別統計常住台灣之外籍人口，女性 37 萬 1 千人，男性 19 萬 1 千人，十年間女性增加 16 萬 2 千人增幅達 77.9%；依齡分析 25-44 歲外籍人口最多，共計 41 萬 9 千人，十年間增加 12 萬 8 千人，其次為 15-24 歲之 9 萬 1 千人。

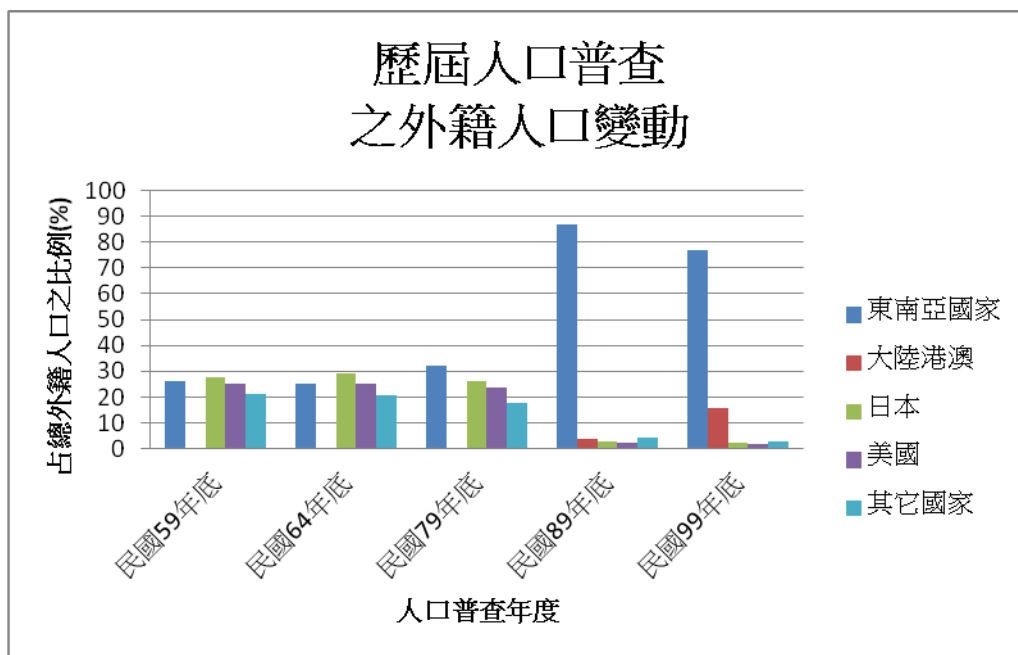


圖 7：歷屆人口普查之外籍人口變動。

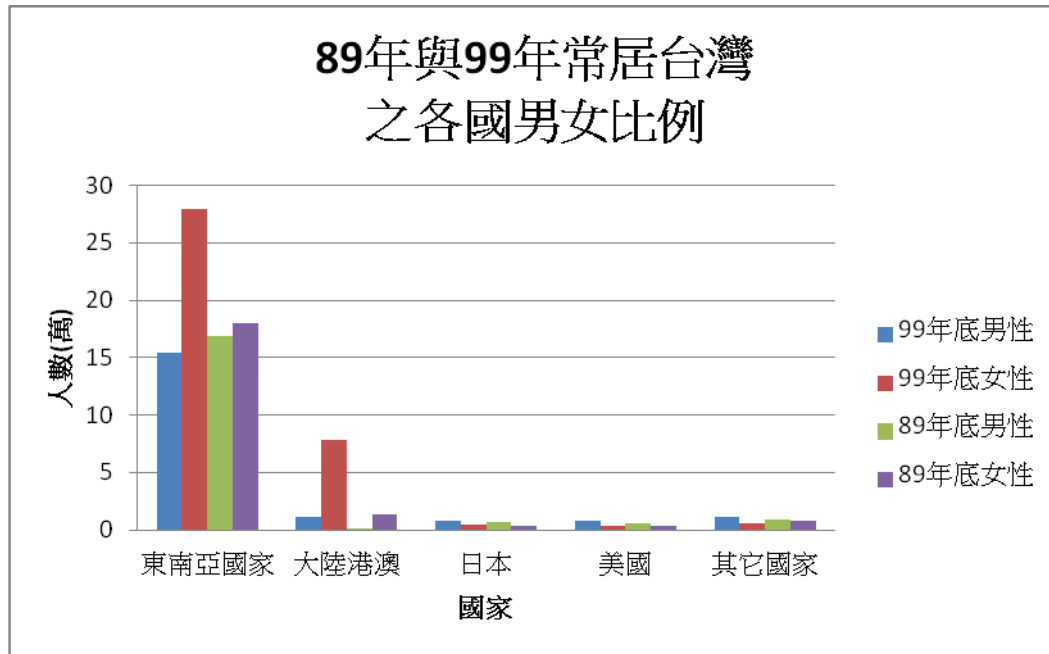


圖 8：89 年與 99 年常居台灣之各國男女比例。

由以上人口普查初步資料整理得知，自 2000 年後十年台灣地區人口成長率趨於平緩，需微調模型中人口的成長參數；男女比例和人口數在每個年齡層有不同的發展，兒童人口數的銳減和男性比率較高，30-34 歲年齡之女性人數較男性多，並在此後女性人數都較男性多，且老年人口有增加的趨向，這部份需按照各齡層的改變作男女比例和數目的調整。在流感模擬系統中，每個年齡層配合上性別，因接觸環境、傳染力和活動型態的不同，在面對流感時有不同的抵抗力，此部分需配合人口普查之資料協同調整模擬人口的更新，方能對模擬人口中接觸的情況做評估。

本團隊委託疾管屬代為取得 2010 年人口普查之資料，並已在 2013 上半年度取得，已進行資料的分析處理、相關資料統計、資料格式轉換等工作。2010 年普查進行方式為抽查，抽查作業以台閩各鄉鎮市區為副母體，採「分層集體抽樣法」，普查區為集體抽樣單元。按戶籍人口數決定個父母體層數（如表 2），依紐曼配置法分配各層樣本數。各層分別以系統抽樣方式抽選普查區，樣本普查區內人口及住宅逐一訪查，總抽出率為 16%。

戶籍人口數	配置層數 (層)
少於 5000 人	1
5000 人 ~ 9999 人	2
10000 人 ~ 24999 人	3
25000 人 ~ 49999 人	4
50000 人 ~ 99999 人	5
100000 人 ~ 199999 人	6
大於 200000 人	7

表 2

2000 年與 2010 年普查資料項目在資料提供有些差異，如個體的真實年齡、就學或就業地區等，此些項目仍要靠其他輔助資料處理才能生成系統所用的配置檔。在今年（2013 年）取得資料後，本團隊隨即投入研究，目前已利用 2010 年普查資料生成年齡配置檔和家庭結構配置檔。年齡配置檔在模擬人口時佔重要的工作，此配置檔決定個體的實際年齡，學齡個體有了實際的年齡才能決定就讀學校（國小、國中、高中\職），在防疫策略上若個體為成年人且年齡大於 65 歲，即可能因為優先施行疫苗等，使得傳染力或被傳染力下降，年齡配置檔對模擬人口的年齡結構做分配讓模擬人口貼近真實的情況。因十年的變遷，家庭結構也出現不同的呈現，最明顯的是十年前的每戶人口有 3.3 人現今以降成 3.0 人，家庭結構配置檔統計受抽查的家戶結構（配合個家庭的擴大數），以各型態家戶結構的統計而成的家戶結構配置檔分配模擬人口的家戶結構，讓模擬人口內的家戶結構與現今社會盡可能的相似。

模擬系統建構之初，是使用美國地區學生就學的模式，然而台灣地區學生與美國地區學生的生活模式大不相同，若使用美國學生的生活模式，則可能無法貼切的描述台灣區學生日常生活的相處狀況，就此造成個體間接觸模式的落差，模擬系統將無法正確地估算流感大流行的方向及影響程度。

台灣區學生的日間大多在校園活動，接觸的同儕來自學校周圍之地區，與同儕長時間相處可能增加流感在區域的流動，為提升本流感模擬系統之效果，加入學校模型以利流感防疫政策在學童在上的評估。利用學校地址判定該校所處的行政區域後，再將相關區域之學生分配至學校，將學生依班級人數之規定平均分至所屬年級的班級，如此建構之學校模型即可探討學生是否由家庭或社區挾帶流感進入校園，造成流感於校園散播的可能性，有利於流感大流行時對於學童相關政策的制定。

流感大流行時受感染者藉由個體間的接觸將病毒傳給其他個體，關鍵在於個體間的接觸及病毒本身的生存能力。以病毒的活性為主題的研究在近年有許多相關的學科積極投入研究；病毒的活性與氣候之關連性高，在外國之研究指出病毒於濕冷的天氣活性較溫暖乾燥時強，故此投入氣候模型的建構工作。氣候模型的工作分為四個部分：絕對濕度、相對濕度、溫度和氣壓，已完成天氣模型的建構，並持續依照實驗結果作分析，調整參數之設定，以維持系統效能。

流感模擬系統每 12 小時模擬一次，一天共模擬兩次（白天與夜晚），白天是屬於接觸活動較為頻繁，接觸對象也較廣的時段；夜晚的接觸活動僅限於自家的鄉鎮市區、鄰里、家庭等，且接觸活動也沒有白天頻繁。在病毒階段(潛伏期、孵化期、傳染期等)小於 12 小時的情況，被傳染的個體很可能在短短的 12 小時內從被感染到具備傳染他人的能力，如此模擬系統的功能就稍嫌不足。本計畫在今年度針對此問題進行改進，建構時間精化模組，可將每次所模擬的時間降成小於 12 小時，如此一來即可對更多疾病作出更好的模擬狀況。

系統所使用的接觸機率是以 12 小時內的接觸為基準來使用的，而此接觸機率顯然不適用於時間精化模組下小於 12 小時的狀況，故需進行接觸機率的運算，使運算後的接觸機率能為時間精化的模組所用。隨著模擬的次數上升，模

擬的總時間也相對升高，造成模擬時間上的負擔，也失去模擬系統速度上的優勢。故此，本研究團隊特別修改模擬系統所用的演算法來提升模擬速度。

三、結果與討論

本計畫所用之模擬系統是以隨機離散型代理人模型之概念所建構，這種建構方式在傳染病模擬系統相當常見。在全球傳染並模擬系統的建構與發展中，仍有許多課題有待解決如模擬的單位時間精化，有鑑於此，本計畫於今年度將針對此課題進行研究。

本系統進行模擬的時間單位為半天（即為 12 小時），若有患者於半天內被傳染到且具有傳染他人的能力，則本流感模擬系統對於模擬病患在被傳染的該半天病毒散播模式能力稍嫌不足。本模擬系統對模擬速度進行深入研究，進而建構出一個高效演算法有效縮短模擬所耗費的時間，故在保留模擬系統速度的優勢上，如何建構時間精化模組即為重點課題。時間精化模組建構工作分三大部分：處理個體間的接觸機率、有效處理被傳染者的病毒散佈、建構模擬模型之演算法。

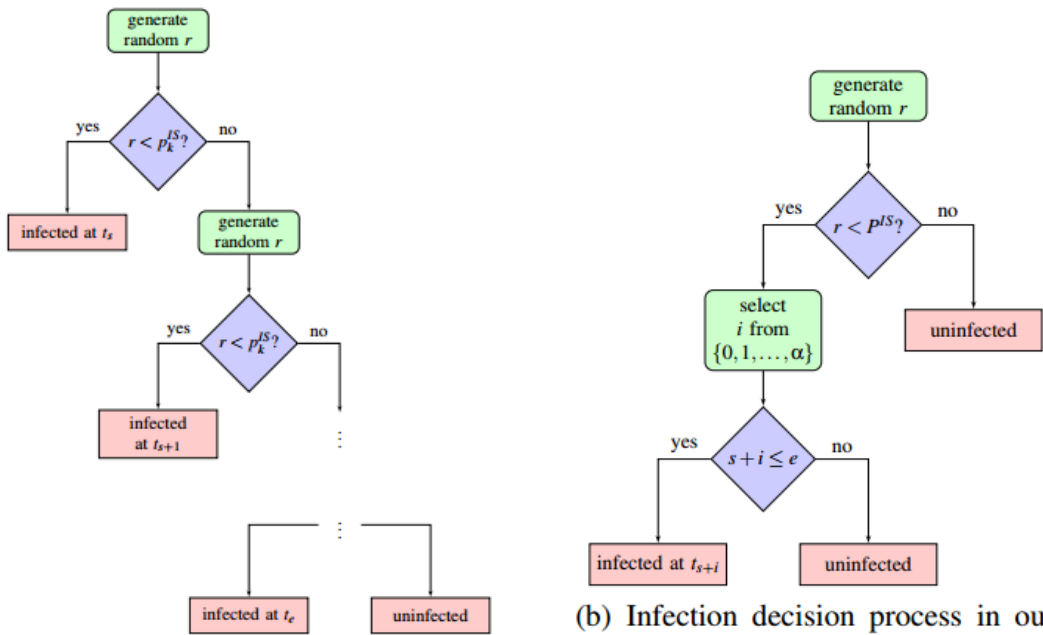
個體間的接觸得考量個體的身分（個體為被傳染個體或未被傳染個體、個體的年齡、個體的性別等），假定兩個個體接觸，其一為已被傳染的個體 I，另一為 S，在原系統使用 P^{IS} 參數表示兩個個體在半天內的傳染機率，將此半天的傳染機率分配到精化的 k 小時（k 小於 12），以 p_k^{IS} 表示，且 p_k^{IS} 會滿足公式(1)

$$(1 - p_k^{IS})^{\frac{12}{k}} = 1 - p^{IS} \quad (1)$$

接下來處理未被傳染個體在精化的單位時間內被傳染的機率，假設有 n 個被傳染者（ I_1 、 I_2 、 \dots 、 I_n ）與未被傳染者（S）接觸， S_t 為 S 個體將會在 t 時間被

傳染， S^t 為 S 個體在 t 時間內被感染， \neg 為否定的邏輯符號。要計算 S 個體被傳染的機率，則為計算（ $1 - S$ 個體未被感染的機率），推算的方式如下：

$$\begin{aligned}
 \Pr\{S \text{ 被傳染的機率}\} &= 1 - \Pr\{S \text{ 為被傳染的機率}\} \\
 &= 1 - \prod_{t_j=j, j \in \mathbb{N}}^{12} \Pr\{\neg S_{t_j} | \neg S^{t_j-1}\} \quad (2) \\
 &= 1 - \prod_{t_j=j, j \in \mathbb{N}}^{12} \prod_{i=1}^n \Pr\{\neg S_{t_j} \text{ by } I_i | \neg S^{t_j-1}\} \\
 &= 1 - \prod_{i=1}^n \prod_{t_j=j, j \in \mathbb{N}}^{12} (1 - p_k^{I_i S}) \\
 &= 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P^{I_i S})
 \end{aligned}$$



(a) Infection decision process sub-step by sub-step

(b) Infection decision process in our refined implementation

圖 9：時間精化概念流程圖

誠如以上推論，假定個體 S 在 t 時間內皆未被受感染，則個體 S 未被受感染的機率為在時間 $(t-1)$ 時未被感染的前提下，在時間 t 時亦未被感染的機率，如(2)式所示。原系統在處理被傳染個體 I 經過接觸，是否成功傳染其他未受感染之個體 S ，其運作流程如圖 9 (a)，循序漸進的計算每個精化時間是否被傳染。決定 S 在時間 t_s 是否受到感染需進行一次接觸測試， S 在 $t_s, t_{s+1}, t_{s+2} \dots$ 等時間點的被傳染機率依序為 $\frac{p_k^{IS}}{p^{IS}}, \frac{p_k^{IS}(1-p_k^{IS})}{p^{IS}}, \frac{p_k^{IS}(1-p_k^{IS})^2}{p^{IS}} \dots$ ，因圖 9 (a) 需做決策的次數至多有 k 個，可能耗費過多的時間在決策上，故研擬了新的模擬流程，流程圖如圖 9 (b)，此特色利用 S 可被傳染的時間、 I 具有傳染力的時間和 I 康復時間做關係決策，決定 S 是否被傳染。如圖 9 所示， T 為所有時間的集合， T 集合內元素為 $t_0, t_1, t_2, \dots, t_\alpha$ ， t_s 為 I 個體可開始進行病毒散佈的時間， t_e 為 I 個體康復的時間 (t_e 定比 t_s 晚發生)， r 為一個落在 0 和 1 之間均勻的隨機變數。圖 9 (a) 是在每個精化時間開始時決定一個隨機變數，由此隨機變數決定是否被感染；是在每半天開始時決定一個隨機變數，由此隨機變數決定是否被感染，若個體會被感染，則在可被傳染的時間 i ($0, 1, 2, \dots, \alpha$) 內決定在哪個精化時間被傳染的，在 $s+i$ 小於等於 e 時才確定被感染。

Algorithm 1 Stochastic Agent-based Simulation Model

```

1: for each time step  $T$  from beginning to end_of_simulation do
2:   for each infectious agent  $I$  do
3:     for each susceptible agent  $S$  in contact with  $I$  during  $T$  do
4:       if  $I$  infects  $S$  successfully then
5:         update status of  $S$ 
6:       end if
7:     end for
8:   end for
9: end for

```

Algorithm 2 Refined Stochastic Agent-based Simulation

Model

```
1: for each time step  $T$  from beginning to end_of_simulation do
2:   initialize an empty sorted list  $L = \Phi$ 
3:   for each infectious agent  $I$  do
4:     TryToInfect ( $I, T, L$ )
5:   end for
6:   while  $L$  is not empty do
7:      $I_{new} \leftarrow$  remove the head of  $L$ 
8:     TryToInfect( $I_{new}, T, L$ )
9:   end while
10: end for
11: procedure TryToInfect( $I, T, L$ )
12:   for each susceptible agent  $S$  in contact with  $I$  during  $T$  do
13:     if  $I$  is still infectious and infects  $S$  successfully in
        sub-step  $t$ , and  $S$  has not been infected before  $t$  then
14:       update status of  $S$ 
15:       if  $S$  turns infectious within the current step  $T$  then
16:         Add  $S$  to  $L$ 
17:       end if
18:     end if
19:   end for
20: end procedure
```


進行時間精化模組的設計及實作後，進行效能性的測試。將每半天(12 小時)精化成每 1 小時(共 12 個時間單位)、每 6 小時(共 2 個時間單位)、每 12 小時(共 1 個時間單位，原系統的設定)分別使用 ALG1 和 ALG2 兩種演算法來進行實驗(ALG1 為原本系統所用的演算法，ALG2 為解決時間精化模組所帶來的時間負擔的改良演算法)。

實驗所用的硬體設備為 8 Intel Xeon X5365 之處理器、32GB 的 RAM。每日新增病例(Daily new cases)對應模擬時間(Day)的曲線圖如圖 10，由圖 10 所示同一類設定在不同演算法上模擬出的每日新增病例數相近，這部分是 ALG2 改良 ALG1 期望達成的效果之一；另外 ALG2 的曲線較 ALG1 左移，原因是在精化的時間區間內可被感染者已可在更早的時間被感染。圖 11 是將病毒的潛伏期(Latent Period)在不會影響傳染的狀況下作調整，在潛伏期較短的狀況也使每日新增病例數的曲線往左移。表 3 是在不同的精化時間下，儘量控制 attack rate 在 0.312 或 0.311，使用 ALG1 和 ALG2 演算法執行所化的時間整理表，演算法在還沒進行改良時，隨著時間精化程度越高，所花費的時間也越高，進行改良後的 ALG2 演算法，大致可將模擬時間維持在 133 秒左右。

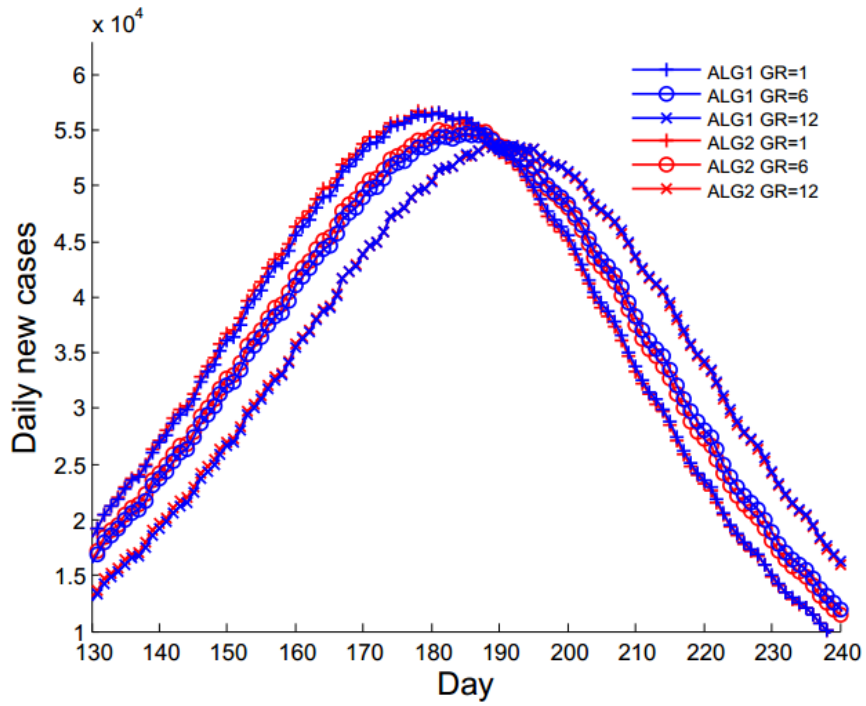


圖 10. 不同時間精度下，每日的新增病例曲線圖

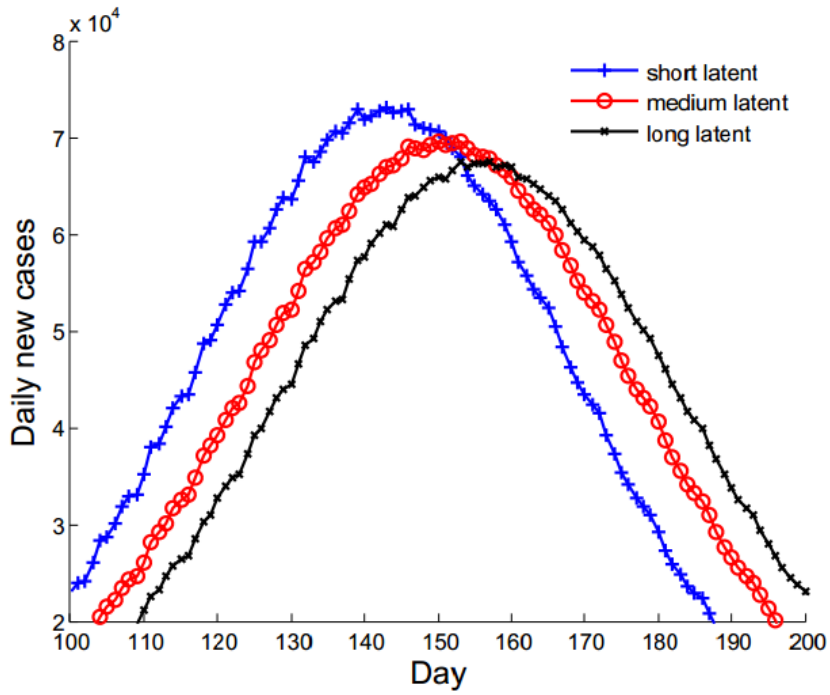


圖 11. 在不同的潛伏期長度下，每日的新增病例曲線圖

GR(hr)	AR	SimTime(ALG1)	SimTime(ALG2)
1	0.312	971	134
2	0.312	504	133
3	0.312	351	133
4	0.312	276	133
6	0.312	203	133
12	0.311	127	130

表 3：不同時間精度下，使用不同演算法所耗費的時間

本計畫所使用的模擬系統為隨機代理人模擬系統，利用人口普查等資料生成數種個體特徵的配置檔，隨機分配個體的特徵，本計畫期間將 2000 年與 2010 年人口普查資料所生成的模擬人口，進行各年齡的分佈比較如圖 12 和圖 13。

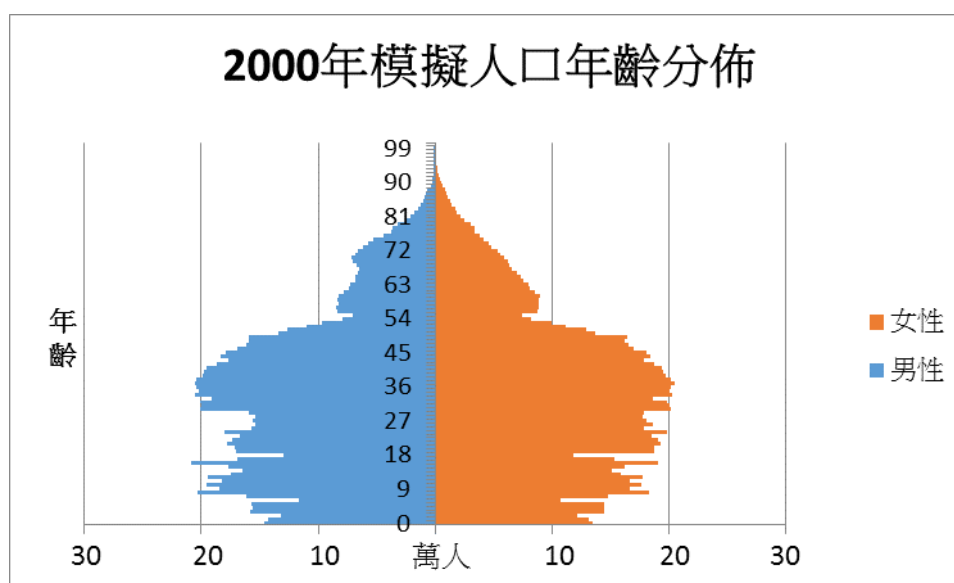


圖 12：2000 年普查資料所生成的模擬人口年齡分佈

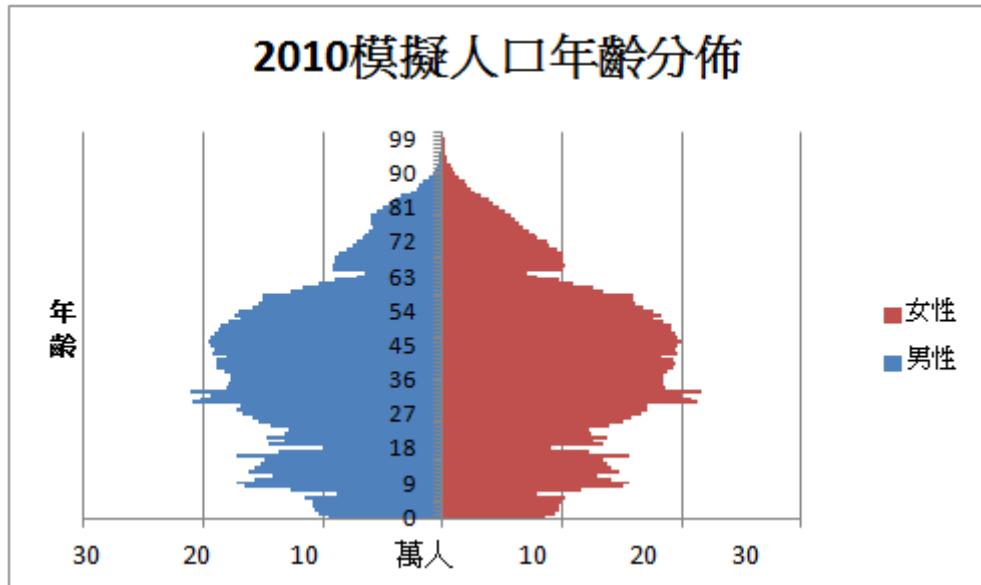


圖 13：2010 年普查資料所生成的模擬人口年齡分佈

此部分實驗主要是針對各年齡層的人口分佈與真實狀況進行比對，針對相關參數進行調整，本年度下半年度調整後模擬人口分布如表 4。將初步建置的模擬人口匯入系統內進行模擬，病毒效力設定約在 R_0 為 1.07、1.17、1.26、1.33、1.39，index case 為第一天 3 例，進行 30 次的模擬後平均實驗結果如圖 14，Infected Cases 整理於表 5。

	模擬人口數(人)	佔總人口比例
0-5 歲	1,216,212	5.27%
6-18 歲	3,586,258	15.54%
19-29 歲	3,255,170	14.10%
30-64 歲	11,947,706	51.76%
65 歲以上	3,076,979	13.33%
總數	23,082,325	100.00%

表 4：2010 模擬人口數與所占比例

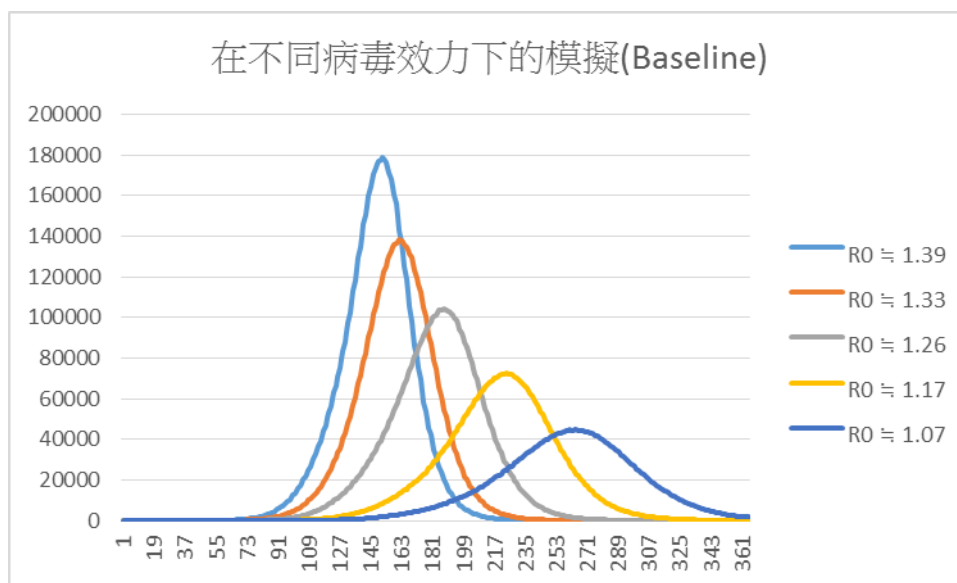
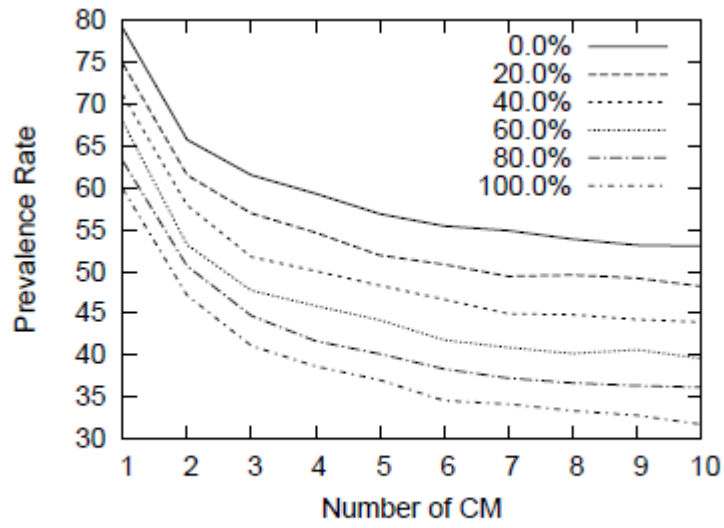


圖 14：在不同病毒效力下的模擬結果

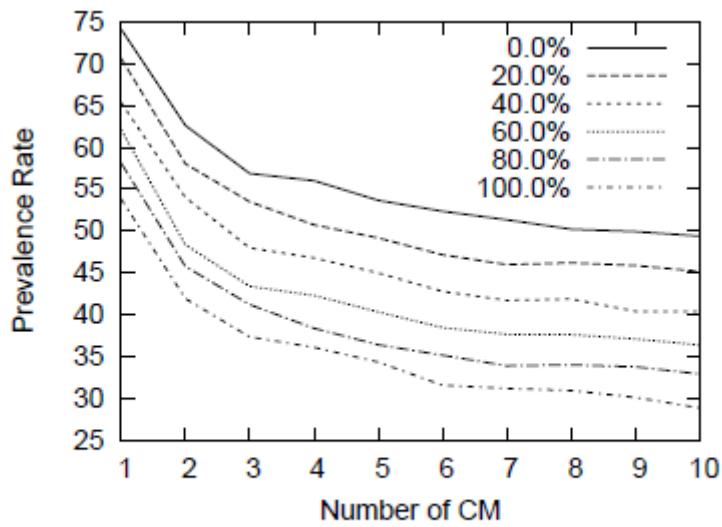
	$R_0 \cong 1.07$	$R_0 \cong 1.17$	$R_0 \cong 1.26$	$R_0 \cong 1.33$	$R_0 \cong 1.39$
0-5	147,792.7	194,786.3	259,374.0	326,521.5	397,111.2
歲	3.53%	3.60%	3.65%	3.70%	3.74%
6-18	1,048,612.0	1,301,045.0	1,649,466.0	1,990,868.0	2,334,079.0
歲	25.06%	24.02%	23.20%	22.52%	21.99%
19-29	522,306.5	683,864.4	905,178.4	1,132,254.0	1,367,376.0
歲	12.48%	12.62%	12.73%	12.82%	12.88%
30-64	1,985,585.0	2,605,716.0	3,454,880.0	4,328,151.0	5,237,390.0
歲	47.46%	48.10%	48.60%	49.00%	49.33%
65 歲	479,453.8	631,802.7	839,783.6	1,055,130.0	1,280,486.0
以上	11.46%	11.66%	11.81%	11.95%	12.06%
Total	4,183,747	5,417,213	7,108,680	8,832,923	10,616,442

表 5：在不同病毒效力下各年齡層的 Infected Cases 數量及比例

AFC 模擬系統與 TW 模擬系統(本計畫所用的模擬系統)，兩模擬系統的比較模式工作在 2012 年建構完成，接續新增實驗並針對實驗結果進行分析，本年度計畫下半年度進行兩系統之工作流比例不同的比較。實驗圖表如圖 15，數據整理於表 6-7。表 6 為使用 AFC 模擬系統的參數，表 7 為使用 TW 模擬系統的參數，實驗所用的模型皆為 TW 模型(AFC 模擬系統沒有工作流的概念)，表格的第一欄為各區域會到外地工作的比例，0%表示所有人都在居住地工作，100%表示所有人皆去外地工作，表格第一列為區域的個數(在此為 community 的個數，一個 community 約有 2000 人)。實驗進行方式是調整外出到非居家區域上班者的比例和總區域個數下 prevalence rate 的差異。



(a) Workflow experiment in the TW model with the TW parameter setting.



(b) Workflow experiment in the TW model with the AFC parameter setting.

圖 15 : 在 AFC 和 TW 參數設定下調整到外地工作的比例實驗

AFC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.00%	74.09	62.61	56.87	56.01	53.65	52.34	51.34	50.22	49.94	49.38
10.00%	72.46	60.47	54.77	52.57	51.11	49.1	48.89	47.33	47.74	47.34
20.00%	70.61	58.02	53.48	50.73	49.16	47.14	45.98	46.19	45.86	45.19
30.00%	68.65	56.39	50.83	48.56	46.23	44.81	43.96	43.99	43.71	42.91
40.00%	65.34	54.01	47.99	46.79	44.98	42.78	41.72	41.89	40.42	40.35
50.00%	64.15	50.09	45.34	43.83	42.61	41.44	39.42	38.72	38.87	37.38
60.00%	62.1	48.35	43.39	42.31	40.33	38.47	37.65	37.64	37.11	36.37
70.00%	60.27	46.67	40.93	39.93	38.26	36.81	35.29	35.73	34.91	34.29
80.00%	58.11	45.78	41.21	38.4	36.42	35.16	33.9	34.03	33.79	32.93
90.00%	55.18	44.07	40.04	36.9	34.37	33.93	32.11	32.08	31.06	31.04
100.00%	53.82	41.93	37.36	36.12	34.35	31.57	31.19	30.96	30.13	28.86

表 6：使用 AFC 參數下調整到外地工作比例和區域數量下 prevalence rate 的實驗

TW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.00%	79.03	65.73	61.5	59.3	56.88	55.43	54.89	53.86	53.14	53.02
10.00%	76.6	65.73	58.31	56.65	54.58	52.98	52.28	51.19	50.87	50.36
20.00%	74.8	61.5	56.95	54.65	51.93	50.85	49.42	49.58	49.2	48.23
30.00%	73.88	60.22	54.58	52.2	49.28	48.78	48.01	46.85	46.02	46.05
40.00%	71.06	57.93	51.74	50.06	48.33	46.67	44.95	44.84	44.26	43.96
50.00%	69.76	54.89	50.14	47.81	45.36	44.5	43.13	42.47	41.59	41.03
60.00%	67.85	53.2	47.73	45.91	44.2	41.82	40.93	40.21	40.65	39.61
70.00%	65.41	50.73	45.63	43.4	41.82	40.17	39.21	39.12	38.03	37.31
80.00%	63.16	50.66	44.73	41.71	40.15	38.36	37.26	36.7	36.36	36.18
90.00%	61.8	48.08	43.06	40.58	37.97	37.36	35.53	35.32	33.75	33.79
100.00%	59.84	47.17	41.13	38.7	37.04	34.59	34.19	33.37	32.82	31.76

表 7：使用 TW 參數下調整到外地工作比例和區域數量下 prevalence rate 的實驗

四、計畫成果自評

本計畫為連續型計畫之第一年，執行目標大致有四：

一、 建構時間精化模組

為因應新型流感的產生，建立時間精化模組。在病毒階段(潛伏期、孵化期等)時間過短時，仍可以迅速且確實的進行模擬。原系統每日分成兩個時間區間，每個區間各 12 小時(白天與夜晚)，建構了時間精化模組後，將每 12 小時區分成 k 個更小的時間區間，原本每日只需模擬兩次的狀況，演變成模擬 $(12/k)$ 次，總模擬時間定會上升，進而影響模擬速度。

計畫期間改良了模擬系統所用的演算法，使因為時間精化所增加的總時間得以下降，並進行數種實驗確定加入時間精化模組後的系統能維持原系統速度上的優勢及模擬結果的品質。

將此模組匯入系統後，將能夠真實模擬病毒在每個較小的時間區間內傳染的動向及時間，可對疫情做更清楚的計算及評估，提供可靠的數據供相關單位對於策略的設計並施行的參考。

二、 系統所用之參數及配置檔更新

流感模擬系統中模擬人口所用的參數大多來自於 2000 年人口普查的資料，若所取用的普查資料無法妥切顯現出台灣社會現實的結構與狀態，則模擬系統所產生的模擬結果將無法充分代表台灣的模擬狀況。

2010 年人口普查改以抽查方式進行，並在 2013 年取得 2010 年普查結果，隨後針對流感模擬系統所用的參數及配置檔進行資料的了解，並針對數種與以往所取得之資料型態不同項目進行資料轉化。今年度將家戶結構配置檔處理完成，年齡配置檔因普查項目未提供各年齡之資料，故以內政部戶政司之資料處理而成。

三、 AFC 模型與 TW 模型比較工作

比較工作已於 2012 年完成，後不斷進行模擬實驗，並對結果進行分析。現今已整理模型比較工作之概念及實驗數據，並著手研討發表此項研究的工作。

四、 全力協助疾管署同仁於流感大流行期間做政策評估的系統模擬服務，讓相關單位在大流行期間能夠透過模擬系統之模擬結果，作施政及訂定防疫策略的參考。

五、參考文獻

1. Anderson RM, May RM. (1991). *Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control*. New York: Oxford University Press.
2. Hethcote HW (2000). The mathematics of infectious diseases. *SIAM Rev* 42: 599-653.
3. Germann TC, Kadau K, Longini IM, Macken CA (2006). Mitigation strategies for pandemic influenza in the United States. *PNAS* 103: 5935-5940.
4. Viboud C, Bjørnstad ON, Smith DL, Simonsen L, Miller MA, *et al.* (2006) .Synchrony, waves, and spatial hierarchies in the spread of influenza. *Science* 312: 447-451.
5. Ferguson NM, Cummings DA, Fraser C, Cajka JC, Cooley PC, *et al.* (2006) .Strategies for mitigating an influenza pandemic. *Nature* 442: 448-452.
6. Riley S (2007). Large-scale spatial-transmission models of infectious disease. *Science* 316: 1298-1301.
7. Flahault A, Letrait S, Blin P, Hazout S, M'énar'és J, *et al.* (1988). Modelling the 1985 influenza epidemic in France. *Statistics in Medicine* 7: 1147-1155.
8. Tsai MT, Chern TC, Chuang JH, Hsueh CW, Kuo HS, *et al.* (2010). Efficient simulation of the spatial transmission dynamics of influenza. *PLoS ONE* 5: e13292. Available(accessed2010):<http://dx.doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0013292>.
9. Fraser C, Donnelly CA, Cauchemez S, Hanage WP, Van Kerkhove MD, *et al.* (2009). Pandemic potential of a strain of influenza A (H1N1): early findings. *Science* 324: 1557-1561.
10. Coker R. (2007). UK preparedness for pandemic influenza. *BMJ* 334: 965-966.
11. Coker R, Mounier-Jack S. (2006). Pandemic influenza preparedness in the Asia-Pacific region. *Lancet* 368: 886-889.
12. Mounier-Jack S, Coker RJ. (2006). How prepared is Europe for pandemic influenza? Analysis of national plans. *Lancet* 367: 1405-1411.
13. Mounier-Jack S, Jas R, Coker R. (2007). Progress and shortcomings in European national strategic plans for pandemic influenza. *Bulletin of the World Health Organization* 85(12): 923-929.
14. 疾病管制局 (2007) 因應流感大流行作戰計畫. 行政院衛生署疾病管制局. Available(accessed2010):<http://flu.cdc.gov.tw/ct.asp?xItem=3482&ctNode=834&mp=150>.
15. 疾病管制局 (2008) 因應流感大流行執行策略計畫，第二版. 行政院衛生

- 署疾病管制局.Available(accessed2010):
<http://flu.cdc.gov.tw/ct.asp?xItem=3481&ctNode=834&mp=150>.
16. 疾病管制局 (2010) 我國因應流感大流行準備第二期計畫. 行政院衛生署疾病管制局.Available(accessed2010):
<http://flu.cdc.gov.tw/ct.asp?xItem=3480&ctNode=834&mp=150>.
 17. 疾病管制局 (2009) 台灣 H1N1 新型流感之因應暨最初 61 例確定病例之分析. 《疫情報導》 25(8): 501-509. Available (accessed 2010):
<http://teb.cdc.gov.tw/ct.asp?xItem=12864&ctNode=1589&mp=180>.
 18. 行政院主計處 (2002) 89 年普查統計結果表. 行政院主計處. Available (accessed 2010): <http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=1185&ctNode=3273>.
 19. Mossong J, Hens N, *et al.* (2008). Social contacts and mixing patterns relevant to the spread of infectious diseases. *PLoS Medicine* 5(3): e74.
 20. Hens N, Goeyvaerts N, *et al.* (2009). Mining social mixing patterns for infectious disease models based on a two-day population survey in Belgium. *BMC Infectious Diseases* 9:5.
 21. 謝明君等：台灣 H1N1 新型流感之因應暨最初 61 例確定病例之分析。疫情報導，2009；25（8）：501-509。
 22. 張秋文、莊人祥、巫坤彬：流感季臺灣流感疫情流行病學分析。疫情報導，2008，2006/2007；24（12）：895-907。
 23. H1N1 新型流感中央流行疫情指揮中心：台灣流感速訊 2009 年第 36 週。衛生署疾病管制局，2009。
 24. Hens, N., N. Goeyvaerts, *et al.*(2009). Mining social mixing patterns for infectious disease models based on a two-day population survey in Belgium. *BMC Infectious Diseases* 2009;9(1):5.
 25. Zagheni, E., F. Billari, *et al.*(2008). Using Time-Use Data to Parameterize Models for the Spread of Close-Contact Infectious Diseases. *American Journal of Epidemiology* 2008;168(9):1082.
 26. Larson, R.(2007). Simple models of influenza progression within a heterogeneous population. *Operations research* 2007;55(3):399.
 27. Wallinga, J., Teunis P., Kretzschmar M(2006). Using data on social contacts to estimate age-specific transmission parameters for respiratory-spread infectious agents. *American Journal of Epidemiology* 2006;164:936–944.
 28. N.T.J. Bailey(1975). *The mathematical theory of infectious diseases and its applications*. 2nd edition, vol 413. Griffin.
 29. O. Diekmann and J.A.P. Heesterbeek(2000). *Mathematical epidemiology of infectious diseases:model building , analysis, and interpretation*. Wiley series in mathematical and computational biology. In John Wiley.
 30. M. Stein, J. Rudge, R. Coker, C. Weijden, R. Krumkamp, P. Hanvoravongchai, I.

- Chavez, W. Putthasri, B. Phommasack, W. Adisasmito, S. Touch, L. Sat, Y.-C Hsu, M. Kretzschmar, and A. Timen. Development of a resource modeling tool to support decision makers in pandemic influenza preparedness: The AsiaFluCap simulator. *BMC Public Health*, 12(1):870.
31. G.V., D.M. Goedecke, F. Yu, J.M. Epstein(2007). A hybrid epidemic model: combining the advantages of agent-based and equation-based approaches. in *WSC's07: Proceedings of the 39th conference on Winter simulation*, pages 1532-1537, Piscataway, NJ, USA. IEEE Press.
 32. R. Connell, P. Dawson, A. Skvortsov(2009). Comparison of an agent-based model of disease propagation with the generalized SIR epidemic model. *Science And Technology*, 5(3):1-22.
 33. The AsiaFluCap Project. <http://www.asiaflucap.org/>
 34. R. Krumkamp, M. Kretzschmar, J.W. Rudge, A. Ahmad, P. Hanvoravongchai, J. Westenhoefer, M. STEIN, W. Putthasri, R. Coker(2011) Health service resource needs for pandemic influenza in developing countries: a linked transmission dynamics, interventions and resource demand model. *Epidemiology and Infection*, 139:59-67.
 35. Shaman J, Kohn MA (2009) Absolute humidity modulates influenza survival, transmission and seasonality. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106: 3243–3248.
 36. Shaman J, Pitzer VE, Viboud C, Grenfell BT, Lipsitch M (2010) Absolute humidity and the seasonal onset of influenza in the continental United States. *PLoS Biol* 8: e1000316. doi:[10.1371/journal.pbio.1000316](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000316).
 37. Brankston G, Gitterman L, Hirji Z, Lemieux C, Gardam M(2007) Transmission of influenza A in human beings. *Lancet Infect Dis* 7:257-265.
 38. Tellier R(2006) Review of aerosol transmission of influenza A virus. *Emerg Infect Dis* 12:1657-1662.
 39. Lemieux C, Brankston G, Gitterman L, Hirji Z, Gardam M(2007) Questioning aerosol transmission of influenza. *Emerg Infect Dis* 13:173-174.
 40. Tellier R(2007) Questioning aerosol transmission of influenza: Response. *Emerg Infect Dis* 13:174-175.
 41. Tellier R(2007) Transmission of influenza A in human beings. *Lancet Infect Dis* 7:759-760.
 42. Tang JW, Li YG(2007) Transmission of influenza A in human beings. *Lancet Infect Dis* 7:758-758.
 43. Lee RV(2007) Transmission of influenza A in human beings. *Lancet Infect Dis* 7:760-761.
 44. Lowen AC, Mubareka S, Stell J, Palese P(2007) Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog* 3:1470-1476.
 45. M. Ajelli, B. Goncalves, D. Balcan, V. Colizza, H. Hu, S. Merler, J. J Ramasco, and A. Vespignani(2010). Comparing large-scale computational approaches to

epidemic modeling:Agent-based versus structure metapopulation models. BMC Infectious Diseases 10, 190.

46. H. Rahmandad and J. Sterman(2008). Heterogeneity and network structure in the dynamics of diffusion:Comparing agent-based and differential equation models. Management Science, 54:998-1014, May,2008.
47. C. Liao, S. Riley, B. Shen, D. Wang, C. Shen, M.Tsai, T. Chern, J. Chuang, C. Hsueh, H. Kuo, T. Hsu(2010) Efficient simulation of the spatial transmission dynamics of influenza. PloS ONE, 5(11):1-8.
48. G.V. Bobashev, D.M. Goedecke, F. Yu, J.M. Epstein(2007) A hybrid epidemic model: combining the advantages of agent-base and equation-based approaches. In WSC'07:Proceedings of the 39th conference on Winter simulation, pages 1532-1537, Piscataway, NJ, USA. IEEE Press.
49. R. Connell, P. Dawson, A. Skvortsov(2009) Comparison of an agent-based model of disease propagation with the generalized SIR epidemic model. Science And Technology, 5(3):1-22.
50. 99 年人口及住宅普查總報告
<http://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=31969&ctNode=3272&mp=1>

六、附錄

附件一、人口結構配置檔

1. 以 2000 年人口普查為基礎

```
# Description:
#
#   Household structure type configuration file
#
#   Given a (structureX, probability-densityX) = (2012012012, 268)
#       the data represents a household structure containing
#       2 female seniors, 0 female adult, 1 female young-adult,
#       2 female children, 0 female pre-schoolers, 1 male seniors,
#       2 male adult, 0 male young-adult, 1 male children,
#       and 2 male pre-schoolers.
#
#   In Taiwan, there are 268 such household.
#
#   In hst.config, 5-yr children are belong to "children" class.
#   In hst-new.config, 5-yr children are belong to "pre-schoolers"
#       class.
#
#   hst.mf.config is basically indential to hst-new.config with
#       male and female decoupled.
#
# File Format:
#
#   N
#   structure1 probability-density1
#   structure2 probability-density2
#   ....
#   structureN probability-densityN
#
11283
1000000000 176916
2000000000 1419
3000000000 25
4000000000 14
5000000000 2
```

0100000000 489099
1100000000 37094
2100000000 281
3100000000 4
4100000000 2
6100000000 1
0200000000 37692
1200000000 3781
2200000000 64
3200000000 4
4200000000 2
5200000000 1
0300000000 3630
1300000000 483
2300000000 21
3300000000 13
4300000000 2
0400000000 466
1400000000 66
2400000000 3
3400000000 13
0500000000 99
1500000000 13
2500000000 3
0600000000 25
1600000000 2
0700000000 13
0010000000 95722
1010000000 5952
2010000000 89
3010000000 2
0110000000 55397
1110000000 2952
2110000000 36
0210000000 5140
1210000000 380
2210000000 1
3210000000 2

0310000000 696
1310000000 47
2310000000 2
0410000000 90
1410000000 4
2410000000 1
0510000000 28
0610000000 3
0020000000 6475
1020000000 275
2020000000 4
0120000000 12651
1120000000 522
2120000000 1
0220000000 1152
1220000000 43
0320000000 135
1320000000 14
0420000000 36
0520000000 14
0030000000 1454
1030000000 54
2030000000 1
0130000000 1692
1130000000 98
2130000000 1
0230000000 227
1230000000 3
0330000000 47
1330000000 1
0430000000 21
0040000000 509
1040000000 11
2040000000 1
0140000000 218
1140000000 9
... ..

2. 以 2010 年人口普查為基礎

```
# Description:
#
#   Household structure type configuration file
#
#   Given a (structureX, probability-densityX) = (2012012012, 268)
#       the data represents a household structure containing
#       2 female seniors, 0 female adult, 1 female young-adult,
#       2 female children, 0 female pre-schoolers, 1 male seniors,
#       2 male adult, 0 male young-adult, 1 male children,
#       and 2 male pre-schoolers.
#
#   In Taiwan, there are 268 such household.
#
#   In hst.config, 5-yr children are belong to "children" class.
#   In hst-new.config, 5-yr children are belong to "pre-schoolers"
#       class.
#
#   hst.mf.config is basically indential to hst-new.config with
#       male and female decoupled.
#
# File Format:
#
#   N
#   structure1 probability-density1
#   structure2 probability-density2
#   ....
#   structureN probability-densityN
#
6972
0000000001 109
0000000002 12
0000000010 1689
0000000011 46
0000000012 4
0000000020 337
0000000021 4
0000000030 43
0000000040 7
```

000000050 2
000000100 9534
000000101 107
000000102 8
000000110 1367
000000111 38
000000112 1
000000120 182
000000121 5
000000122 1
000000130 51
000000140 6
000000150 2
000000160 1
000000200 1267
000000201 3
000000210 257
000000211 1
000000220 92
000000230 36
000000240 10
000000250 4
000000300 218
000000310 153
000000320 49
000000330 32
000000340 14
000000400 68
000000410 55
000000420 40
000000430 19
000000500 23
000000510 26
000000520 13
000000600 11
000000610 19
000000700 3
000001001 1114

0000001002 144
0000001003 1
0000001010 3752
0000001011 505
0000001012 27
0000001013 1
0000001020 786
0000001021 55
0000001022 3
0000001030 67
0000001031 3
0000001040 1
0000001041 1
0000001100 4905
0000001101 125
0000001102 4
0000001110 842
0000001111 42
0000001112 3
0000001120 112
0000001121 2
0000001130 19
0000001131 2
0000001140 6
0000001141 1
0000001150 1
0000001200 835
0000001201 14
0000001202 1
0000001210 191
0000001211 4
0000001220 38
0000001230 17
0000001240 3
0000001300 143
0000001310 86
0000001320 32
0000001330 10

0000001400 56
0000001410 43
0000001420 25
0000001500 37
0000001510 26
0000001600 9
0000002000 5093
0000002001 60
0000002002 1
0000002010 325
0000002011 25
0000002012 3
0000002020 46
0000002021 2
0000002030 2
0000002031 1
0000002040 1
0000002100 930
0000002101 7
0000002110 109
0000002111 3
0000002112 1
0000002120 32
0000002130 7
0000002140 1
0000002200 250
0000002210 98
0000002211 1
0000002220 43
0000002230 11
0000002300 105
0000002310 67
0000002320 21
0000002400 63
0000002410 31
0000002500 32
0000003000 644
0000003001 3

0000003010 62
0000003011 1
0000003020 11
0000003030 3
0000003100 267
0000003101 2
0000003110 69
0000003111 2
0000003120 14
0000003130 4
0000003200 146
0000003210 72
0000003220 21
0000003300 89
0000003310 47
0000003400 81
0000004000 177
0000004010 31
0000004020 7
0000004030 1
0000004100 146
0000004110 47
0000004120 14
0000004200 133
0000004210 42
0000004300 88
0000005000 77
0000005010 13
0000005020 2
0000005100 93
0000005110 29
0000005200 90
0000006000 45
0000006010 8
0000006100 55
0000007000 33

... ..

附件二、年齡配置檔

1. 以 2000 年普查資料為基礎

```
# File Format:
#      N
#      age_1 male_1 female_1
#      age_2 male_2 female_2
#      ...
#      age_N male_N female_N
101
0      94987   87612
1      103901  94891
2      107606  98222
3      108014  98666
4      108505  99756
5      114760  103975
6      119284  108446
7      128792  117553
8      133742  123287
9      159755  146333
10     147699  135118
11     139156  128268
12     168384  154927
13     167728  154600
14     167989  156062
15     167511  154478
16     168971  156869
17     166775  152537
18     166133  151419
19     174262  159372
20     160012  148728
21     175407  163519
22     158700  148231
23     153372  145428
24     171772  164757
```

25	185261	178048
26	190418	185295
27	200579	196905
28	206145	203068
29	202711	202411
30	208094	206593
31	202284	201311
32	191696	192963
33	208989	208889
34	179559	181716
35	176831	178787
36	177049	177869
37	175889	178707
38	182044	182976
39	187394	187448
40	188150	187747
41	188330	186648
42	179728	177215
43	191828	190813
44	189249	188407
45	192802	191033
46	194686	194438
47	191733	191041
48	188724	188122
49	186704	186192
50	183879	185384
51	177568	179442
52	167930	170927
53	173347	176242
54	169309	171702
55	159064	163309
56	152696	157043
57	149199	153360
58	150144	155713
59	126495	130819
60	116615	121521
61	102367	106671
62	89179	93852

63	71914	76233
64	63810	68600
65	74367	79780
66	75058	80970
67	72394	79635
68	72340	79791
69	70304	79436
70	65457	75611
71	60167	69809
72	57965	68196
73	53620	63040
74	52069	61584
75	49727	57687
76	47622	53074
77	47857	50107
78	48758	48119
79	48591	44488
80	44503	40641
81	41025	36973
82	36497	33002
83	32608	30239
84	28099	25821
85	21790	21780
86	17687	18568
87	15430	16681
88	12815	14371
89	9224	10685
90	7006	8263
91	5293	6671
92	4050	5412
93	2878	3727
94	2121	2943
95	1660	2267
96	1185	1678
97	1118	1207
98	504	753
99	358	491
100	977	1024

2.以 2010 年戶政司資料為基礎

```
# File Format:  
#      N  
#      age_1 male_1 female_1  
#      age_2 male_2 female_2  
#      ...  
#      age_N male_N female_N
```

101

0	82126	75156
1	101439	93439
2	104093	95081
3	107613	98264
4	108129	98753
5	108672	99887
6	114809	103993
7	119218	108369
8	128772	117531
9	133762	123291
10	159794	146378
11	147738	135175
12	139158	128288
13	168323	154878
14	167653	154529
15	167938	156066
16	167400	154446
17	168798	156808
18	166668	152602
19	165930	151498
20	173868	159358
21	159917	148663
22	175370	163461
23	158636	148284
24	153276	145904
25	171601	165565
26	185146	178941
27	190275	186364

28	200383	198241
29	205899	204284
30	202469	203582
31	207778	207620
32	201934	202326
33	191355	193832
34	208577	209637
35	179239	182392
36	176458	179355
37	176739	178273
38	175455	179041
39	181577	183175
40	186856	187662
41	187542	187877
42	187631	186747
43	179098	177235
44	191013	190784
45	188454	188348
46	191808	190900
47	193752	194368
48	190798	190900
49	187654	187886
50	185584	185981
51	182741	185084
52	176380	179136
53	166808	170631
54	172196	175851
55	168095	171332
56	157787	162920
57	151382	156563
58	147801	152858
59	148609	155182
60	125211	130264
61	115261	120973
62	101141	106103
63	88151	93377
64	70976	75824
65	62897	68236

66	73166	79161
67	73703	80247
68	71039	78830
69	70748	78823
70	68609	78303
71	63804	74490
72	58478	68740
73	56073	66869
74	51806	61714
75	50094	60120
76	47637	56185
77	45433	51427
78	45488	48446
79	45962	46417
80	45597	42588
81	41586	38793
82	37983	35052
83	33571	30988
84	29772	28175
85	25423	23867
86	19407	19946
87	15633	16831
88	13459	14930
89	11084	12690
90	7922	9315
91	5870	7080
92	4374	5650
93	3330	4487
94	2326	3042
95	1676	2358
96	1327	1772
97	926	1281
98	896	916
99	376	538
100	1036	1075

附件三、AFC 模型所用參數

S	Susceptible
P	Prophylactic
E	Exposed
A	Asymptomatic
I_a	Asymptomatic infection
I_{a2}	Asymptomatic infection second compartment
I_m	Mild infection undetected
I_{m2}	Mild infection detected without AV treatment
I_{ma}	Mild infection under AV treatment
I_c	Critically ill undetected
I_{c2}	Critically ill detected without AV treatment
I_{ca}	Critically ill under AV treatment
I_h	Critically ill hospitalized
V	Critically ill with ventilation
D	Death
R	Recovered
N	$S + P + E + A + I_a + I_{a2} + I_m + I_{m2} + I_{ma} + I_c + I_{c2} + I_{ca} + I_h + V + D + R$
κ	rate of daily contacts possibly resulting in transmission
κ_h	rate of daily hospital contacts possibly resulting in transmission
q	proportion of contacts resulting in transmission
σ	Rate individuals leave exposed group
λ	Population transmission rate (newly generated cases within the population)
λ_h	Hospital transmission rate (newly generated cases within the hospital)
δ	Rate individuals leave asymptomatic group
τ	Rate individuals remain undetected
γ_c	Rate critical cases leave infected group
γ_{ca}	Rate critical cases under AV treatment leave infectious period
γ_m	Rate mild cases leave infectious period
γ_{ma}	Rate mild cases under AV treatment leave infectious period
γ_a	Rate asymptomatic cases leave infectious period
γ_v	Rate critically ill leave ventilation group
μ	Rate individuals leave prophylaxis group
p_h	Proportion of cases hospitalized
p_c	Proportion of critical cases
p_{ca}	Proportion of critical cases treated with antivirals
p_m	Proportion of mild cases
p_{ma}	Proportion of mild cases treated with antivirals
p_a	Proportion of asymptomatic cases
p_q	Proportion of transmission prevented within the population
p_{qh}	Proportion of hospital transmission prevented
p_κ	Overall proportion of population contacts reduced
d_c	proportion of critically ill treated at home who die
d_{ca}	proportion of critically ill treated at home (with AV) who die
d_h	proportion of critically ill treated in hospital who die
d_v	proportion of critically ill under ventilation who die
c	Proportion of contacts receiving AV prophylaxis
e	Proportion of infective reduced due to AV prophylaxis
T	Number of individuals which can be vaccinated per day
ρ	Rate individuals get vaccinated
v	Proportion of vaccinated individuals immune to infection

七、102 年度科技研究計畫執行工作表

102 年	預定執行事項	實際執行進度
一月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 閱讀相關於時間精化和流感模擬系統實作其他傳染病的研究文章。 2. 設計流感模擬系統與 AFC 模擬系統之模型比較實驗。 3. 針對學校模型作細部修改，並研討將新的學校資料匯入之工作項目。 4. 執行疾管署交付之任務。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 閱讀相關於時間精化概念之研究，以利今年度製作模型精化的計畫執行。 2. 承接去年度之模型比較實驗，並著手整理相關研究 3. 研討學校模型修改的方向，並針研擬取得較新的學校資料
二月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 閱讀相關於時間精化和流感模擬系統實作其他傳染病的研究文章。 2. 進行流感模擬系統與 AFC 模擬系統之模型比較實驗。 3. 討論建構時間精化模組時會發生的問題。 4. 針對學校模組可施行的防疫策略作瞭解。 5. 執行疾管署交付之任務。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 閱讀相關時間精化模型之研究。 2. 進行較模型比較實驗的設計及結果預估。 3. 討論時間精化模型可能發生的問題，並針對問題尋求可行的解法 4. 了解學校模組可進行的防疫策略。
三月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 閱讀相關於時間精化和流感模擬系統實作其他傳染病的研究文章。 2. 進行流感模擬系統與 AFC 模擬系統之模型比較實驗。 3. 研擬建構時間精化模組產生之問題的處理方式。 4. 執行疾管署交付之任務。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對時間精化模型的概念，進行任務執行的日程設定。 2. 討論時間精化模型實作時需要克服的問題，及實作上的考量 3. 進行模型比較實驗及結果的判讀。初步撰寫模型比較的研究成果。
四月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將流感模擬系統與 AFC 模擬系統之模型比較實驗之結果做研究討論。 2. 規劃時間精化模組之工 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整理模型比較的實驗及結果，並且修改初步撰寫之研究成果。 2. 訂定時間精化模組工作項目

	<p>作。</p> <p>3. 執行疾管署交付之任務。</p>	
五月	<p>1. 瞭解並閱讀 2010 年人口普查之資料。</p> <p>2. 針對時間精化內各族群與各區域之接觸機率作細部討論。</p> <p>3. 撰寫期中報告。</p> <p>4. 執行疾管署交付之任務。</p>	<p>1. 針對已取得的人口普查資料，對每個項目進行了解。</p> <p>2. 精化時間模組部分，針對各精化時間內各族群在各場合的接觸機率進行理論性的討論</p> <p>3. 撰寫期中報告</p>
六月	<p>1. 針對 2010 年人口普查資料作分析，並討論匯入工作之細節。</p> <p>2. 設計並建構時間精化模組。</p> <p>3. 針對時間精化之各種接觸機率作運算處理。</p> <p>4. 撰寫期中報告。</p> <p>5. 執行疾管署交付之任務。</p>	<p>1. 針對已取得的人口普查資料，對模擬系統需用的項目進行統計處理，並做資料更新後的結果評估。</p> <p>2. 進行精化時間模型各類接觸機率運算處理。</p> <p>3. 撰寫期中報告。</p>
七月	<p>1. 擬定 2010 年人口普查工作之細項，並對往後 10 年的匯入工作做評估。</p> <p>2. 設計並建構時間精化模組。</p> <p>3. 處理各種接觸機率並匯入時間精化模組內。</p> <p>4. 執行疾管署交付之任務。</p>	<p>1. 訂定人口普查更新的細項工作，並對往後十年的結果做評估。</p> <p>2. 設計時間精化模組之演算法，並針對演算法做評估。</p> <p>3. 進行精化時間模組各類接觸機率之驗證，及數理概念之整理。</p>
八月	<p>1. 將人口普查結果處理後匯入流感模擬系統之資料庫。</p> <p>2. 設計時間精化模組的相關實驗。</p> <p>3. 執行疾管署交付之任務。</p>	<p>1. 進行人口普查資料匯入之資料轉換。</p> <p>2. 進行時間精化模組的實驗設計。</p>
九月	<p>1. 針對各區域人口普查抽查比例作瞭解。</p> <p>2. 進行時間精化之模擬實驗，並針對實驗結果作參數調整與問題討論。</p> <p>3. 執行疾管署交付之任務。</p>	<p>1. 了解各區域人口普查資料統計結果之落差。</p> <p>2. 進行時間精化模型之初步實驗，並針對實驗結果作參數調整與問題討論。</p>

十月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行時間精化之模擬實驗，並針對實驗結果作參數調整與問題討論。 2. 建構處理人口普查結果之模組，以利生成流感模擬系統之模擬人口，並進行相關效果評估。 3. 執行疾管署交付之任務。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對時間精化模型初步實驗的參數調整，並針對發生現象進行討論。 2. 建構人口普查統計結果之系統輸入，並進行往後更新之彈性。
十一月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行時間精化之模擬實驗，並針對實驗結果作參數調整與問題討論。 2. 整理模型比較之所有實驗，並對此部分文章之撰寫做規劃。 3. 進行人口模擬匯入系統後之效果評估。 4. 撰寫期末報告。 5. 執行疾管署交付之任務。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整理時間精化模型的實驗，並針對實驗結果作參數調整與問題討論。 2. 整理比較模型的研究，並針對撰寫文章進行修改。 3. 評估人口普查匯入對模擬人口的影響。 4. 撰寫期末報告。
十二月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 做整體系統之效能評估。 2. 針對明年度之工作做規劃。 3. 撰寫期末報告。 4. 執行疾管署交付之任務。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對整體系統之效能做評估。 2. 針對明年度工作做規劃。 3. 撰寫期末報告。