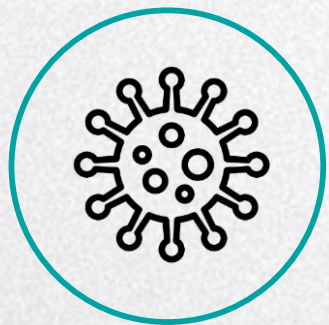




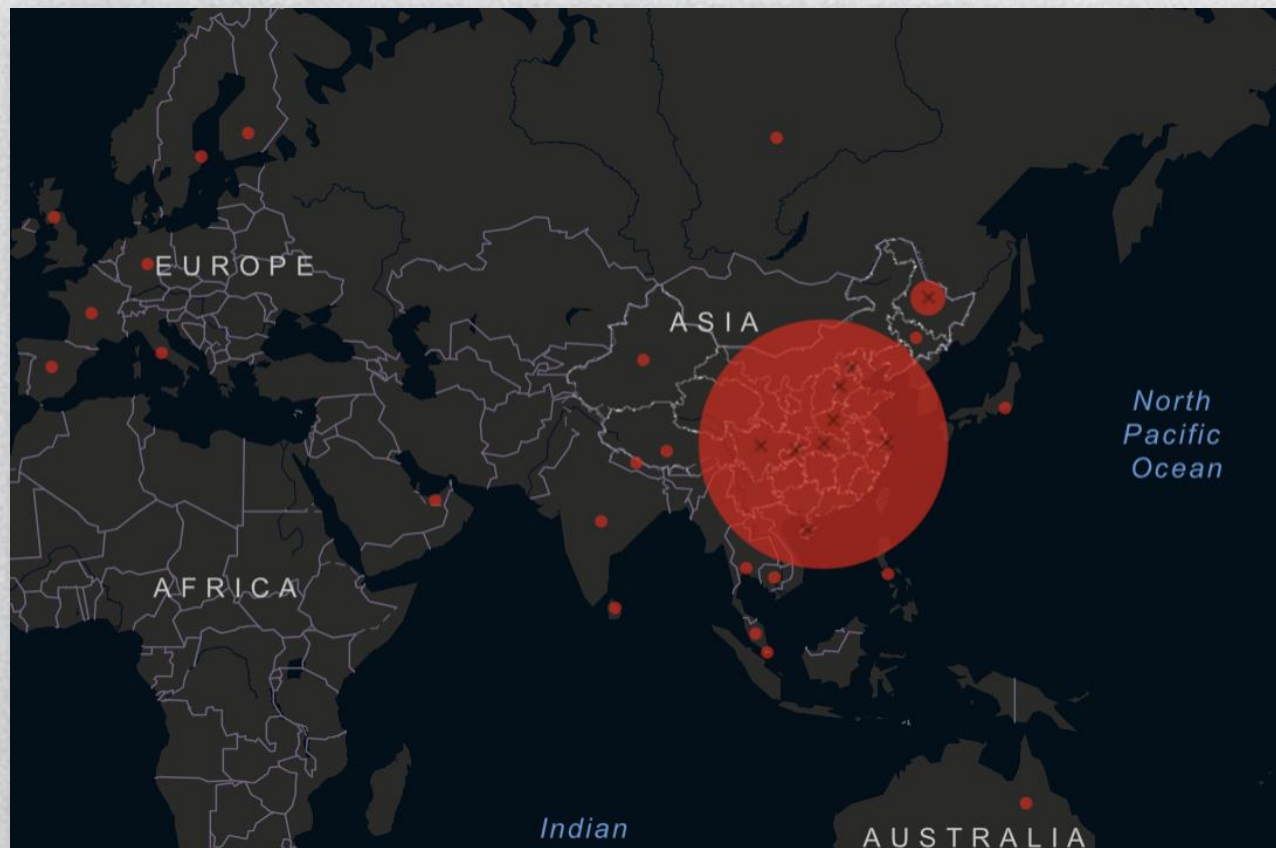
透過 SIR 模型與人口流量參數 探討縣市間疫情傳染之關係

高中地理奧林匹亞競賽

2020.09.27



新冠病毒 SARS-CoV-2



澎湖縣政府 守護大家健康

關鍵14天

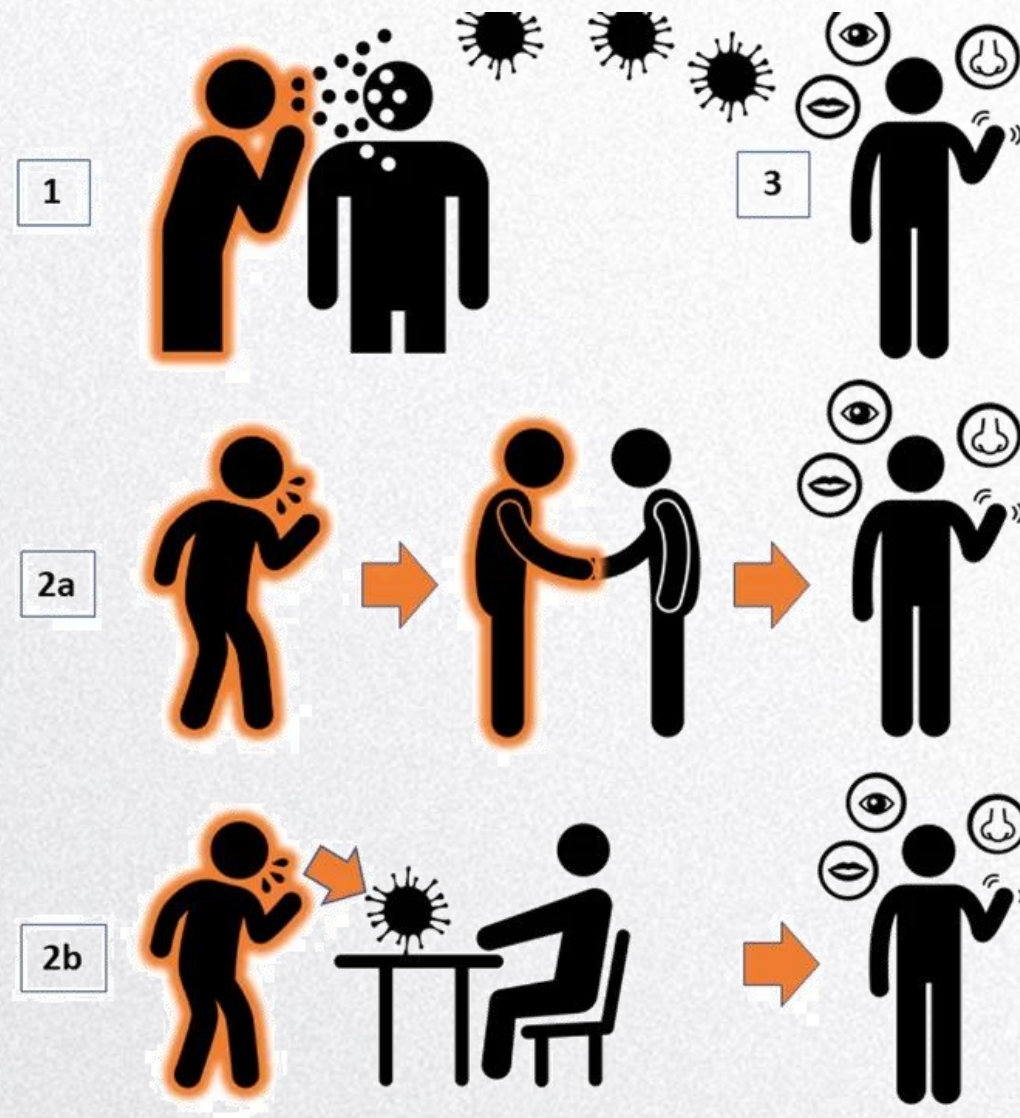
5種對象, 健康管理, 一次到位

全面防堵武漢肺炎!

1	2	3	4	5
居家隔離	居家檢疫	自主健康管理	健康追蹤	自主健康觀察
確定病例之接觸者	無症狀且有湖北省、廣東省及溫州市之旅遊史或透過小三通入境旅客	通報個案但已檢驗陰性且符合解除隔離條件者	中港澳入境有發燒或呼吸道症狀旅客	中港澳入境無症狀旅客
衛生主管機關每日追蹤2次	里長或里幹事進行健康關懷14天, 每日撥打電話詢問健康狀況, 並記錄「健康關懷紀錄表」	落實呼吸道衛生及咳嗽禮節; 每日早/晚各量體溫一次	衛生主管機關進行健康追蹤14天	航空公司提供「防範新型冠狀病毒肺炎旅客入境健康聲明卡」主動申報, 簽名具結
居家隔離14天 主動監測1天2次	居家檢疫14天 主動監測1天1次	被動監測14天	主動監測14天 1天1次	自我觀察14天

? 何謂優良的防疫政策？

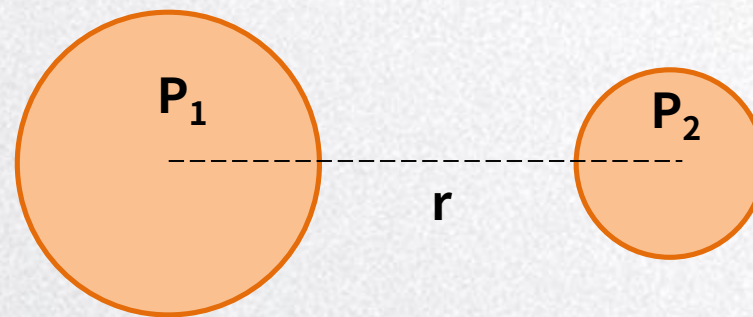
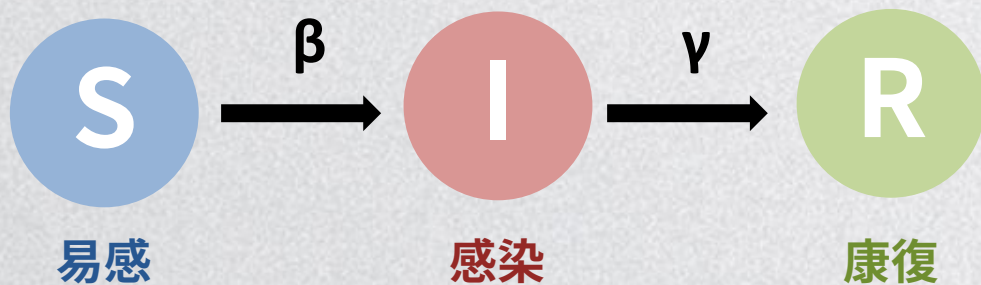
? 如何降低民眾感染率？



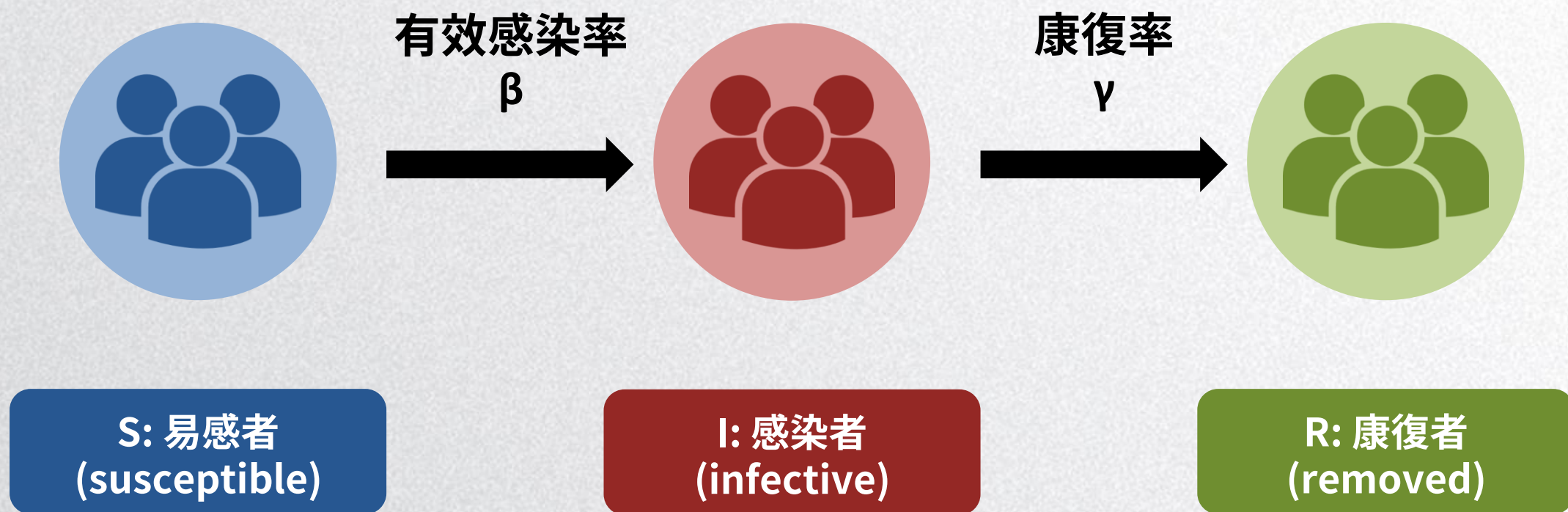
疫情在
縣市間的傳染

SIR傳染病模型

城市引力模型



SIR傳染病模型



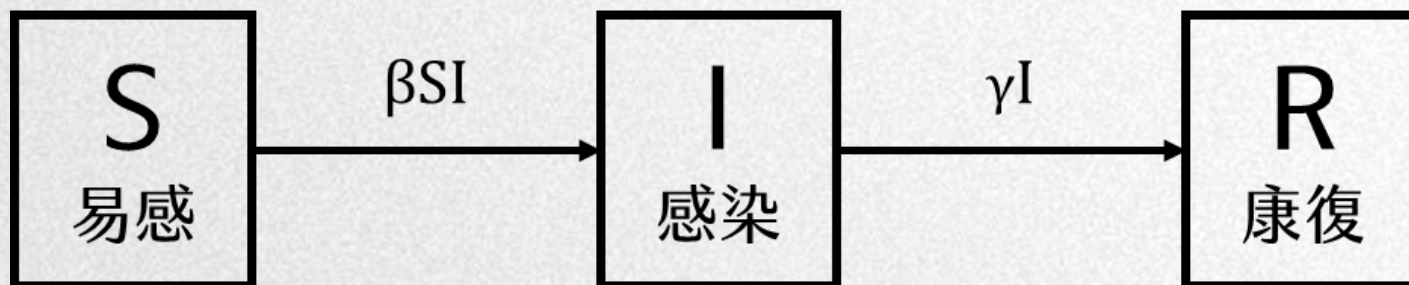
SIR傳染病模型

—— 單一研究區的SIR模型

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

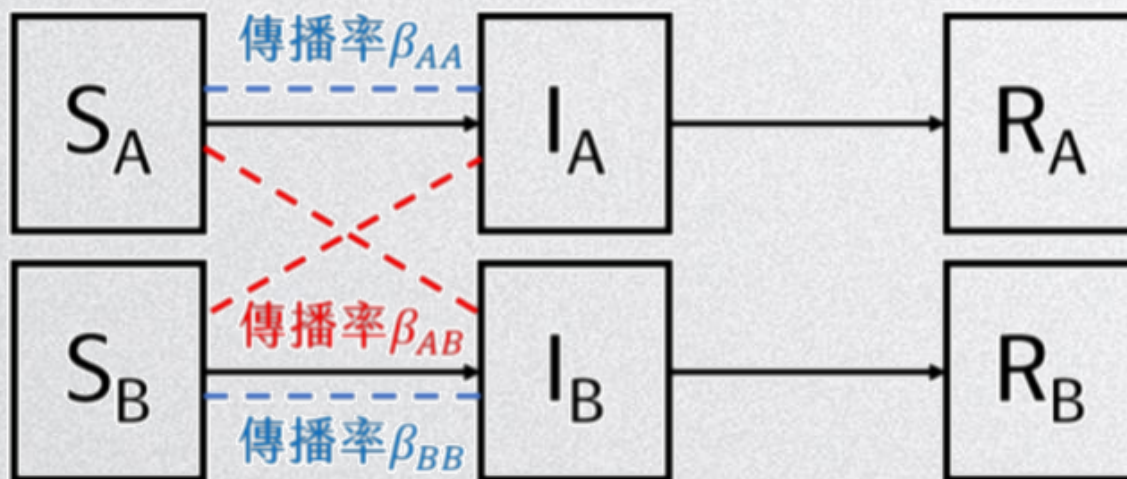
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$



$\frac{dS}{dt}$ 、 $\frac{dI}{dt}$ 、 $\frac{dR}{dt}$ 分別為易感者(S)、感染者(I)、康復者(R)之比例隨時間的變化量

SIR傳染病模型

——考慮多區域交互作用的SIR模型



β_{ij} 則跟兩個縣市人口的互動程度有關

將劃分的研究區數目提升至 n 個
第 i 區感染人數隨時間的變化

$$\frac{dS_i}{dt} = - \sum_{k=1}^n \beta_{ik} S_i I_k$$

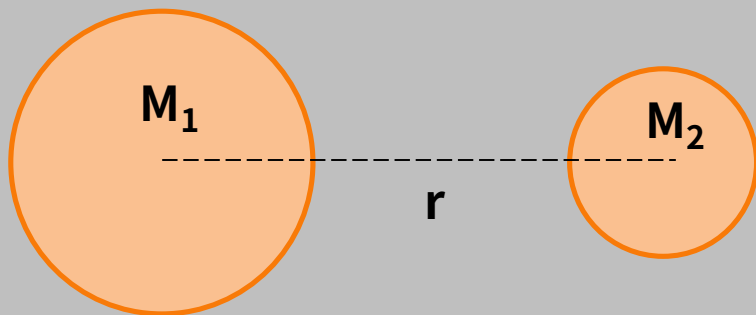
$$\frac{dI_i}{dt} = \sum_{k=1}^n \beta_{ik} S_i I_k - \gamma I_i$$

$$\frac{dR_i}{dt} = \gamma I_i$$

城市引力模型

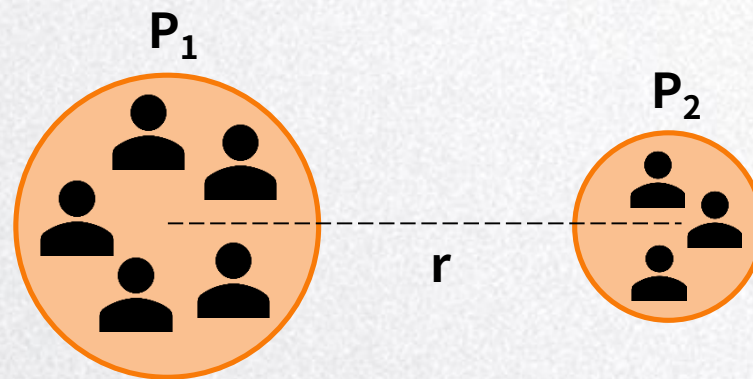
用於人口流量參數的計算

牛頓萬有引力定律



$$F = \frac{GM_1M_2}{r^2}$$

G : 萬有引力常數
M₁、M₂ : 物體質量
r : 兩物體之間距離



$$C = \frac{\theta KP_1P_2}{r^2}$$

θ、K : 人口流量參數
P₁、P₂ : 城市人口數
r : 兩城市之間距離

城市引力模型

K 值

- 台北市與新北市人口流量過高
- 將台北市和新北市當作基準
- K =台北市與新北市原始人口流量的倒數

	臺北市	新北市	桃園市	臺中市	臺南市	高雄市
臺北市	-	81056.9	4618.069	561.123	80.659	116.806
新北市	81056.9	-	7265.275	948.745	130.226	190.380
桃園市	4618.069	7265.275	-	934.688	90.747	127.767
臺中市	561.123	948.745	934.688	-	296.347	395.367
臺南市	80.659	130.226	90.747	296.347	-	4411.037
高雄市	116.806	190.380	127.767	395.367	4411.037	-

$\times K$

	臺北市	新北市	桃園市	臺中市	臺南市	高雄市
臺北市	-	1	0.057	0.007	0.001	0.001
新北市	1	-	0.090	0.012	0.002	0.002
桃園市	0.057	0.090	-	0.012	0.001	0.002
臺中市	0.007	0.012	0.012	-	0.004	0.005
臺南市	0.001	0.002	0.001	0.004	-	0.054
高雄市	0.001	0.002	0.002	0.005	0.054	-

城市引力模型

θ 值

- 以倍率的方式提升或降低人口流量值
- 超過1的人口流量值在輸入模擬器前都會被還原到1
- 經過調整 θ 值來模擬不同的人口移動情形
- 觀察人口流量變化對病毒傳播的影響

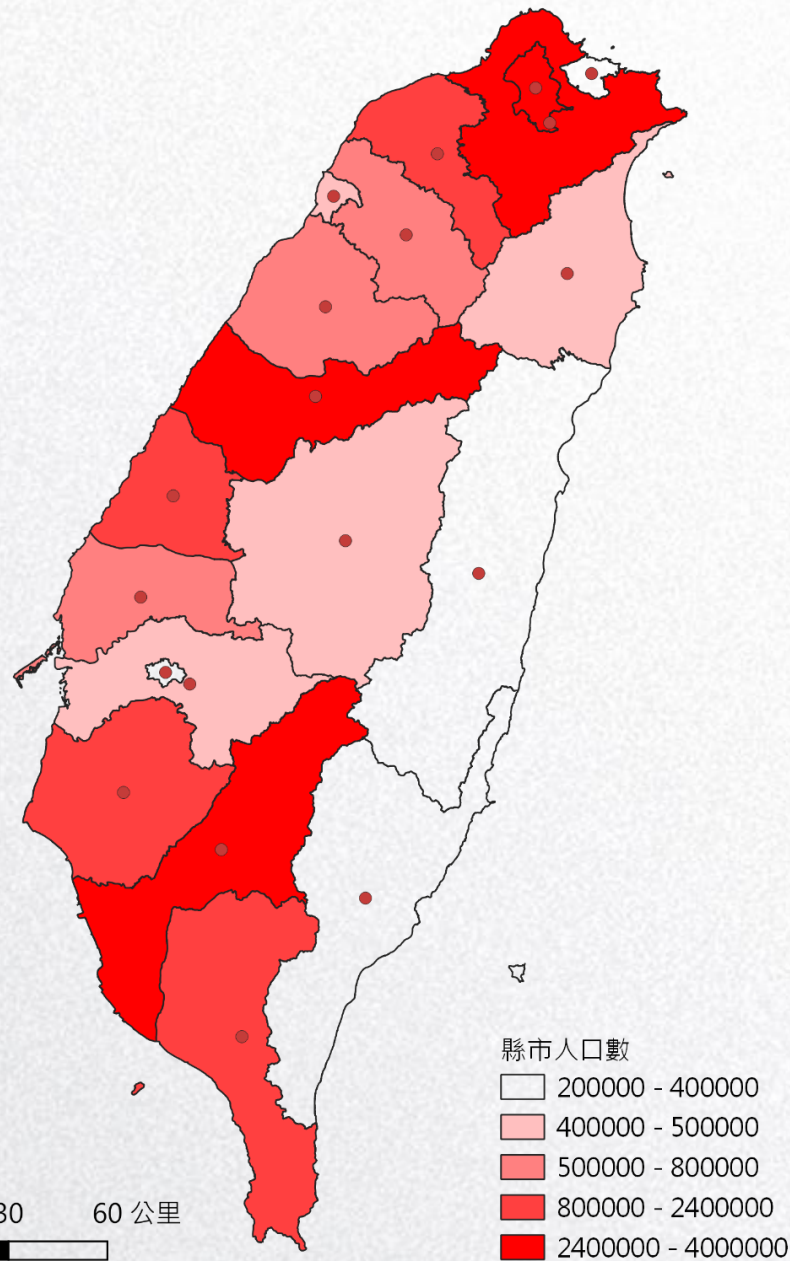
	臺北市	新北市	桃園市	臺中市	臺南市	高雄市
臺北市	-	1	0.057	0.007	0.001	0.001
新北市	1	-	0.090	0.012	0.002	0.002
桃園市	0.057	0.090	-	0.012	0.001	0.002
臺中市	0.007	0.012	0.012	-	0.004	0.005
臺南市	0.001	0.002	0.001	0.004	-	0.054
高雄市	0.001	0.002	0.002	0.005	0.054	-

$\times \theta$
 $(\theta=100)$

	臺北市	新北市	桃園市	臺中市	臺南市	高雄市
臺北市	1	1	1	0.6923	0.0995	0.1441
新北市	1	1	1	1	0.1607	0.2349
桃園市	1	1	1	1	0.112	0.1576
臺中市	0.6923	1	1	1	0.3656	0.4878
臺南市	0.0995	0.1607	0.112	0.3656	1	1
高雄市	0.1441	0.2349	0.1576	0.4878	1	1

	南投縣	雲林縣	嘉義縣	嘉義市
南投縣	1	0.0998	0.0741	0.0356
雲林縣	0.0998	1	0.4589	0.3878
嘉義縣	0.0741	0.4589	1	1
嘉義市	0.0356	0.3878	1	1

人口統計資料



SEGIS 社會經濟資料服務平台

關於SEGIS 推動成果 資料與服務 統計地圖

現在位置：首頁 > 資料與服務 > 產品與服務查詢

開放資料 一般查詢 空間性別統計 載入上次查詢結果

縣市搜尋：全國(22縣) 請選擇類別：人口 不限小類 3月 產品名稱 產品欄位名稱 查詢

縮小搜尋範圍

資料時間：不限 今年 近三年 確定

空間統計單元：不限 縣市別 鄉鎮市區別 村里別

資料搜尋條件：全國(22縣市) × 人口 ×

產品與服務名稱	空間範圍	空間統計單元
109年3月行政區人口統計_縣市	全國	縣市
109年3月行政區人口指標_縣市	全國	縣市
109年3月行政區五歲年齡組性別人口統計_縣市	全國	縣市
109年3月行政區十歲年齡組性別人口統計_縣市	全國	縣市
109年3月行政區三段年齡組性別人口統計_縣市	全國	縣市
109年3月行政區分齡兒童及少年性別人口統計_縣市	全國	縣市

共572筆

*本次模擬情境當中以台北市為範例

1

初始病例所在縣市

2

初始病例數

3

人口流動參數: θ 值

4

感染天數



各情境下調整初始案例數以及病毒傳播時間

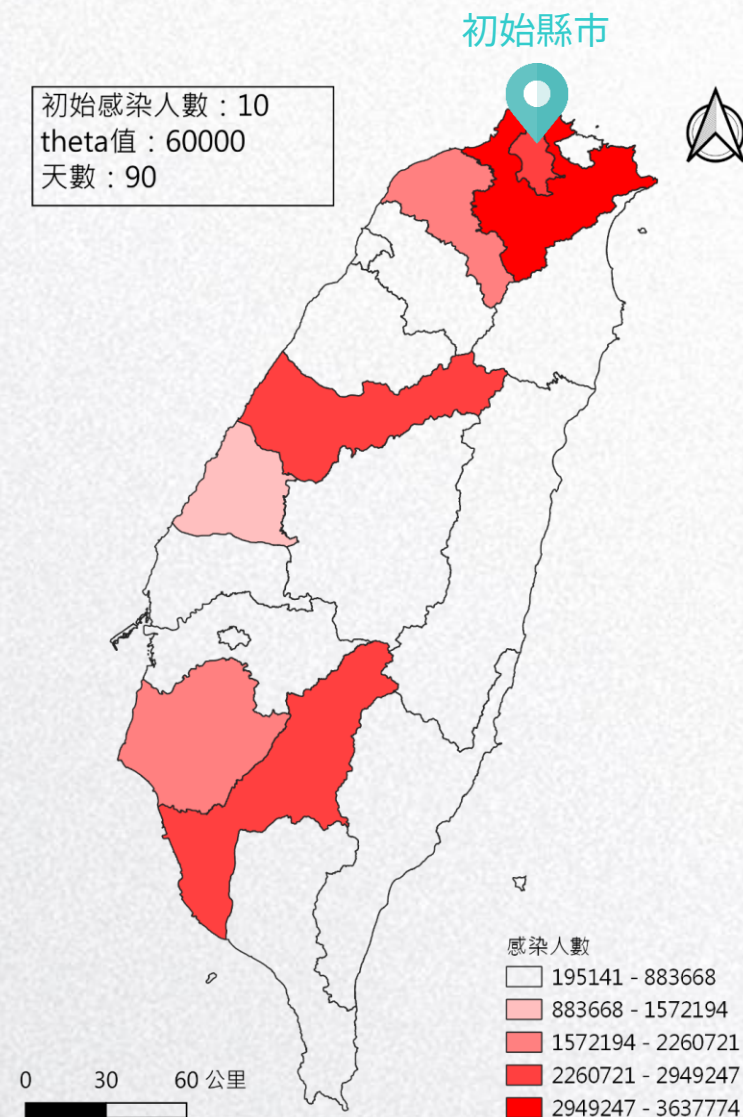
情境一

台灣視為單一研究區的概念

- $\theta = 60000$
- 讓縣市間人口流量還原到 1
- 任何一個縣市的初始病例就等同於整個台灣本島的初始病例

感染期間內總感染人數

初始值	30天	60天	90天
10	18820	10200503	21096223
100	186493	18080738	21277574
1000	1708510	20435194	21339078



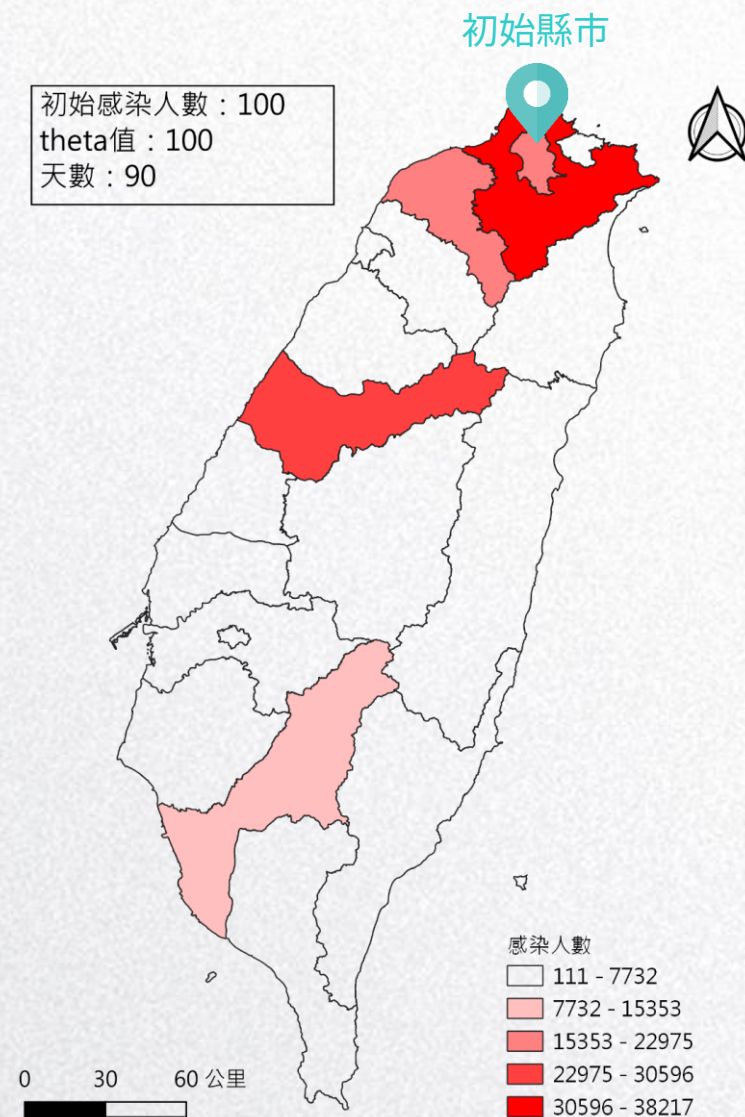
情境二

維持正常縣市人口移動

- $\theta = 100$
- 盡可能地貼近真實縣市人口的移動量

感染期間內總感染人數

初始值	30天	60天	90天
10	228	1942	15215
100	2286	19398	149384
1000	22826	190502	1305685



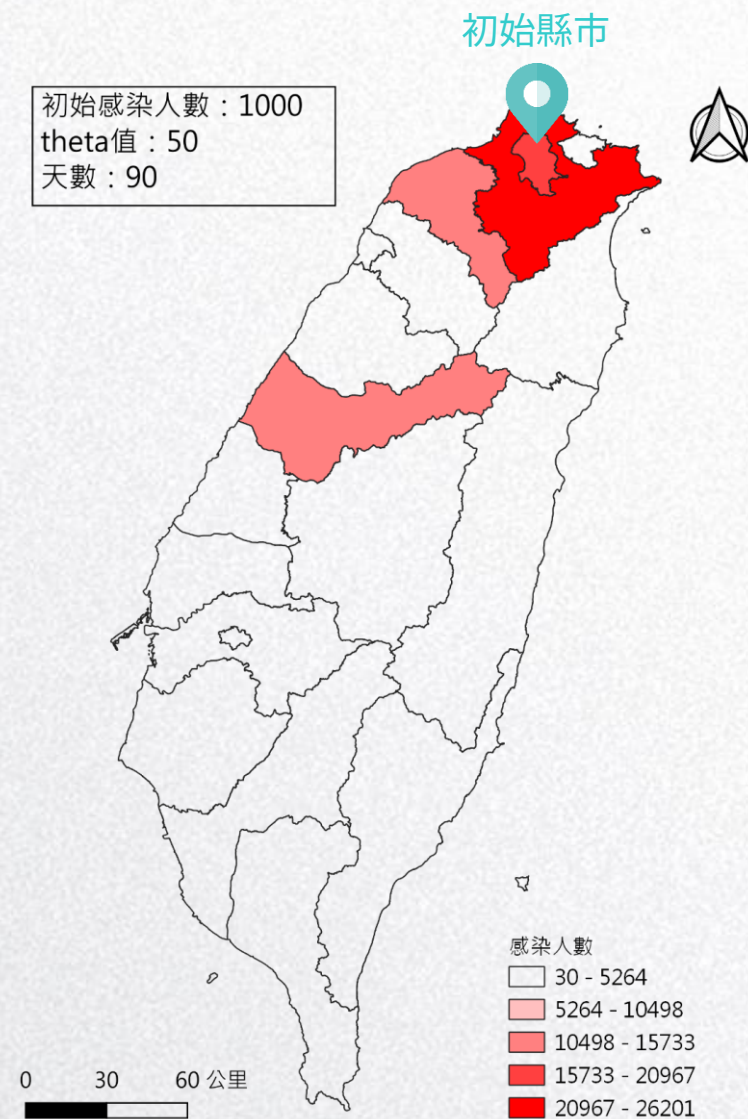
情境三

—— 減少 50% 的人口流動量

- $\theta = 50$
- 情境二的狀況下，再減少 50% 的人口流動量
- 縣市之間人口移動限制政策的效率

感染期間內總感染人數

初始值	30天	60天	90天
10	101	332	893
100	1025	3324	8901
1000	10240	33116	87810



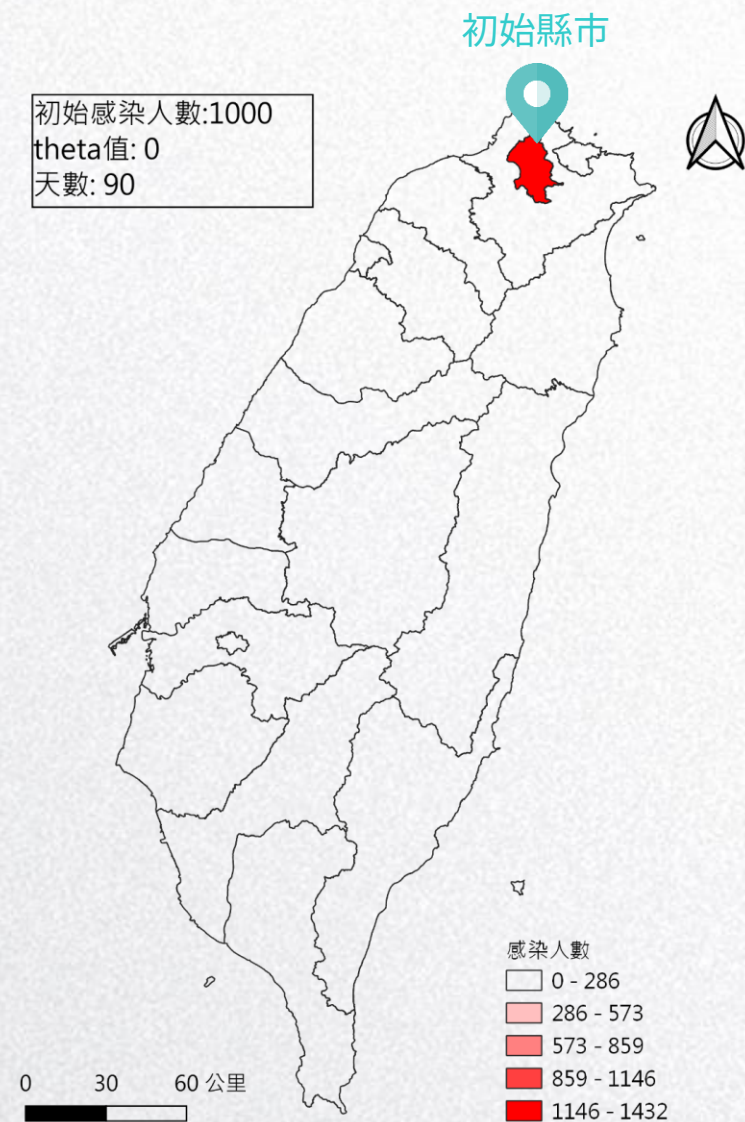
情境四

各縣市之間的封城

- $\theta = 0$
- 各縣市之間的封城
- 不會有任何的互動和人口的流動

感染期間內總感染人數

初始值	30天	60天	90天
10	14	14	14
100	141	143	143
1000	1409	1430	1432

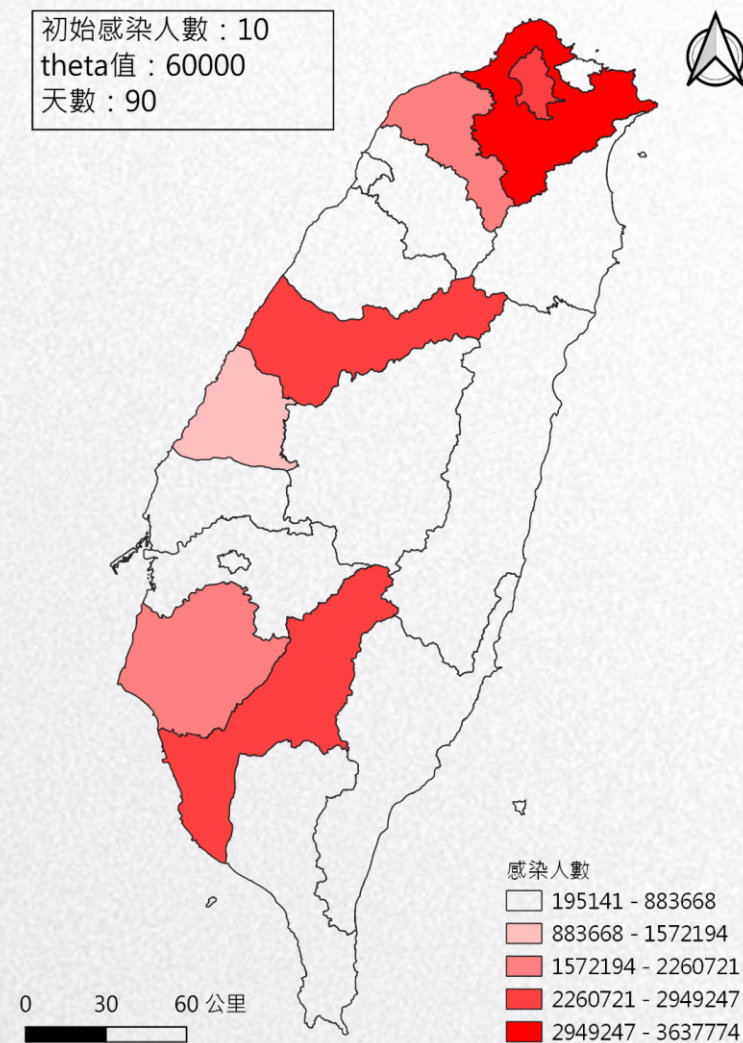


將台灣視為單一研究區

—— 如情境一 ——

- 頻繁的人口流動
- 毫無預防措施
- 不到三個月就能感染幾乎全台人口
- 過去文獻多將國家視為單一研究區

初始值	30天	60天	90天
10	18820	10200503	21096223



較符合縣市人口移動真實狀況

—— 如情境二～四

相同情境下

—— 不同初始感染人數、感染時間的參數，造成的感染人數差異

$\theta = 100$

初始值	30天	60天	90天
10	228	1942	15215
100	2286	19398	149384
1000	22826	190502	1305685

線性成長

傾向指數成長

感染時間	初始感染人數	感染人數成長
相同	不同	呈正比、 線性成長
不同	相同	更快速、 傾向指數成長

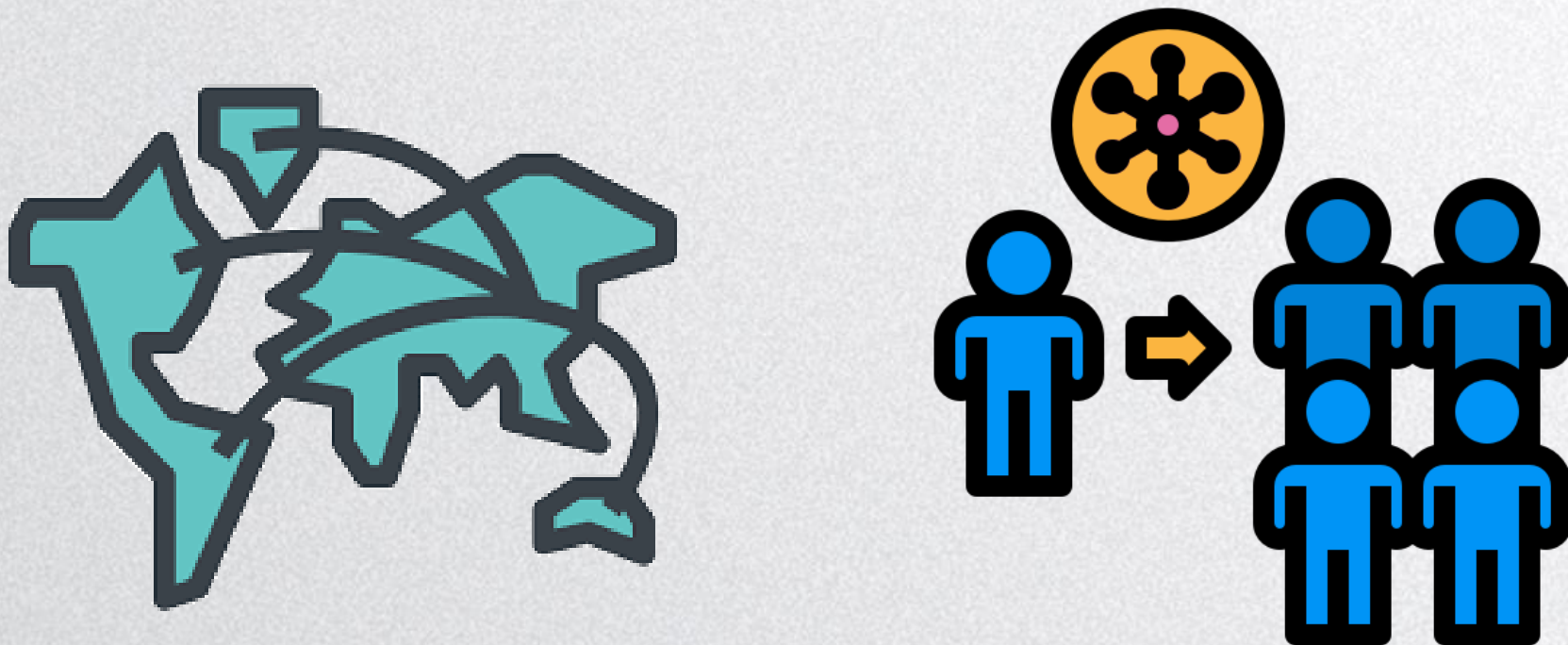
較符合縣市人口移動真實狀況

不同情境下

—— 相同初始感染人數、感染時間的參數，造成的感染人數差異

初始 感染人數	感染天數	$\theta = 100$	$\theta = 50$	$\theta = 0$
10	30	228	101	14
100	60	19398	3324	143
1000	90	1305685	87810	1432

- 短時間內的果斷的防疫政策抉擇是相當重要的
- 最重要的參數是**縣市間人口流量數值的高低**
- **控制縣市之間的人口移動能有效減緩疫情的成長**



結論

- 人口流動與接觸率越高，病毒傳播的範圍將更廣
- 流動率越低，就更能夠控制疫情的傳播
- 一個好的防疫政策是盡可能地**降低縣市間的人口流量**
- 達到控制疫情的效果



謝謝各位評審的聆聽



STOP
COVID-19