



Science

RESEARCH ARTICLES

Cite as: M. Chinazzi *et al.*, *Science*
10.1126/science.aba9757 (2020).

The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak

臺北市立聯合醫院教研部
顏如娟教學主治醫師
教學主治醫師群
邱婷芳主任
璩大成副總院長

Matteo Chinazzi¹, Jessica T. Davis¹, Marco Ajelli², Corrado Gioannini², Maria Litvinova³, Stefano Merler², Ana Pastore y Piontti¹, Kumpeng Mu¹, Luca Rossi², Kaiyuan Sun⁴, Cécile Viboud⁴, Xinyue Xiong¹, Hongjie Yu⁵, M. Elizabeth Halloran^{6,7}, Ira M. Longini Jr.^{8*}, Alessandro Vespignani^{1,3*}

¹Laboratory for the Modeling of Biological and Socio-technical Systems, Northeastern University, Boston, MA, USA. ²Bruno Kessler Foundation, Trento, Italy. ³ISI Foundation, Turin, Italy. ⁴Fogarty International Center, NIH, USA. ⁵School of Public Health, Fudan University, Key Laboratory of Public Health Safety, Ministry of Education, Shanghai, China. ⁶Fred Hutchinson Cancer Research Center, Seattle, WA, USA. ⁷Department of Biostatistics, University of Washington, Seattle, WA, USA. ⁸Department of

Science

10.1126/science.aba9757 (2020)

The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak **Science**

摘要

- 本文研究動機起因於中國大陸新冠肺炎COVID-19的快速傳播，作者使用**全球集合種群疾病傳播模式 (global metapopulation disease transmission model)**來預測限制武漢地區旅遊限制或人口移動，對中國國內與國際COVID-19疫情流行的影響。該模式使用國際報告之案例來做計算，結果顯示：從2020年1月23日武漢封城以來，對於**中國**來說，由於中國其他城市早已有來自武漢地區的遊客，這個舉措只**延緩3-5天的流行性傳播**；對**世界其他地區**，到2月中之前大大降低了約**80%的世界傳播**。該模式顯示僅**限制中國大陸90%的旅遊**只能有限度地改變疫情軌跡，除非能**同時減少50%或以上的社區傳播**才能有效控制疫情。

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).

背景資料 1

- 自2019年底開始中國官方衛生機構就密切監控在湖北武漢一新興非典肺炎COVID-19群聚現象。該病毒命名為SARS-CoV-2,截至2020年3月3日全球有中國80151案例，其他72國家 10,566 案例。
- 本研究主要在以數學隨機模式探討20200123武漢封城，限制武漢人的國內外旅遊禁令對於控制COVID-19疫情的影響。評估的outcomes主要是對中國國內疫情傳播的影響與從2020年1月23日到2月初，對國際疫情傳播的影響。

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).

背景資料 2

- 作者使用一種電腦隨機演算工具 GLEaMviz tool [Global Epidemic and Mobility Model (GLEAM), an individual-based, stochastic, and spatial epidemic model]。該工具用來運算於人傳人流行病學調查，有客戶運用端client application，proxy虛擬端，與模擬引擎端。可以套入腔室compartment數據(在這裡指的是不同地方的人種與疾病參數)，針對地理位置如機場，跟時間等等其他參數一同放入電腦演算而得到地理位置與時間演變的疫情調查結果，其結果以美麗的data visualization數據視覺化的呈現(如後面結果所示)。
- 衍申閱讀:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3048541/>

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).



背景資料 3

- GLEAM包括了200個不同國家或領域的3,200 次族群，使用集合種群網絡metapopulation network 方式切入，並以機場作為次族群的中心點。
- 國際部分空中採官方飛行指引|Official Aviation Guide (OAG) 與 IATA 數據，而地面移動採5主大洲30國家官方統計資料。
- 中方部分採用百度地方服務訊息 Baidu Location-Based Services (LBS).

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).

Compartmental representation 1 of the disease :SLIR (疾病的腔室變項)

- 在疾病部分有幾個變項:包括
- **Susceptible stage** :易感染時期
- **Latent stage**: 潛伏期
- **Infectious stage**: 感染期
- **Removed stage**: 被移除期
- 一個人在易感染時期可以由感染期的病人接觸而感染，進入潛伏期，這時間就是incubation period，這時間無法傳染給別人。再來進入發病進入感染期，可以感染別人。潛伏期加上感染期就是世代倍增時間**generation time**，而如果該名患者治癒，住院，死亡或是被隔離就是被移除期，無法感染他人。

參數設定(演算模式) 2

- 疫情開始於**11/15/2019** 與 **12/1/2019**之間，起始有 **40** 案例，為人畜共患疾病**zoonotic disease**。
- 假設國際偵測到境外移入案例的比率為**40%**
- **$R_0 = 2.57$**
- 預設**Tg(generation time)=7.5天(世代倍增時間)**
Doubling time為**4.2天**
- 以上根據**COVID-19**資料而設

結果 1 武漢封城之中國的影響

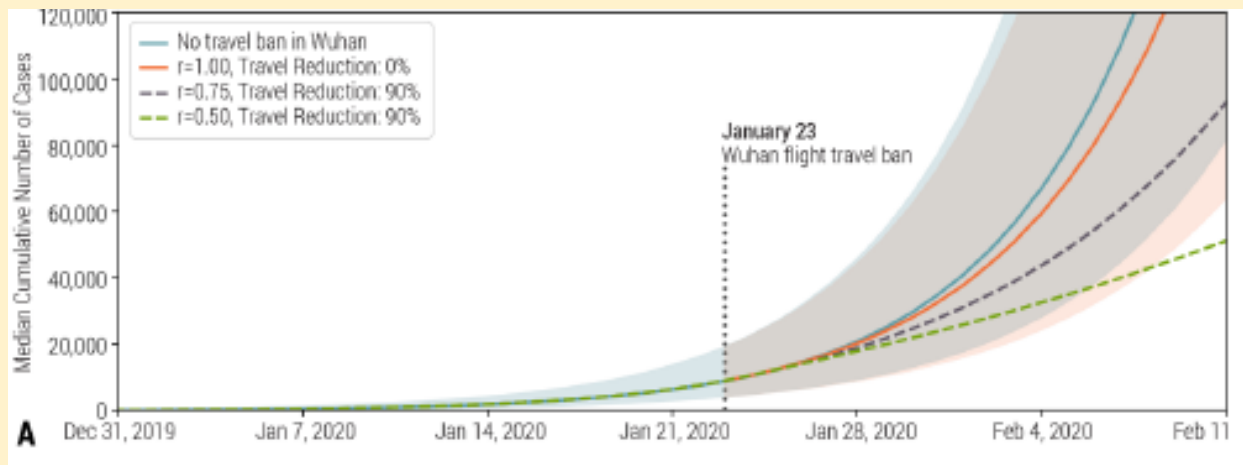


Fig. 1. Effect of the Wuhan travel ban on the COVID-19 epidemic. (A) Trajectory of the 2019-nCoV epidemic in Chinese locations (excluding Wuhan) under the travel ban to and from Wuhan in effect as of 23 January 2020. The lines represent the median cumulative number of cases while the shaded areas represent the 90% reference range. The figure includes also the scenarios with relative transmissibility reduction r , and international travel restrictions. (B) Correlation plot between the number of cases reported in each province by the WHO situation

以此模式推估:在2020年1月22日，如果不封城，在武漢地區COVID-19案例數中位數為117,中國非武漢地區案例數中位數為7,474。

如圖1A所示:武漢封城後對中國國內COVID-19疫情傳播影響只有延遲了3天的傳播。並依不同情境如封城與不同R0演算出不同結果，以不同顏色表現。

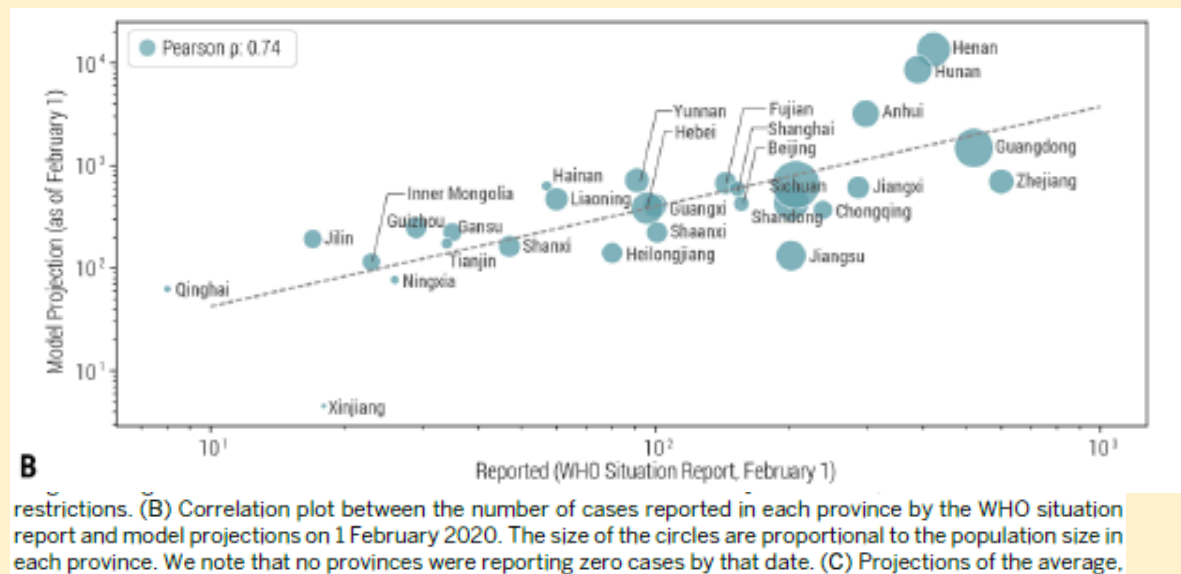
Science

10.1126/science.aba9757 (2020).



臺北市立聯合醫院教學研究部

結果 武漢封城之中國的影響



1. 這個模式顯示，預測值與武漢封城對中國其他城市的影響的觀察值一致度相當高， $\text{Pearson's } r=0.74, p<0.00001$ ，雖然如作者所預期的案例數遠低於該模式的推估值，在2月1日時中國無一省分倖免於COVID-19。
2. 如果以隨機演算模式的簡單二項式分布來看，中國的感染案例偵測確診率約為24.4%，也就是4個感染COVID-19案例只有偵測到與確診1個。

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).



臺北市立聯合醫院教學研究部

結果 武漢封城對國際的影響

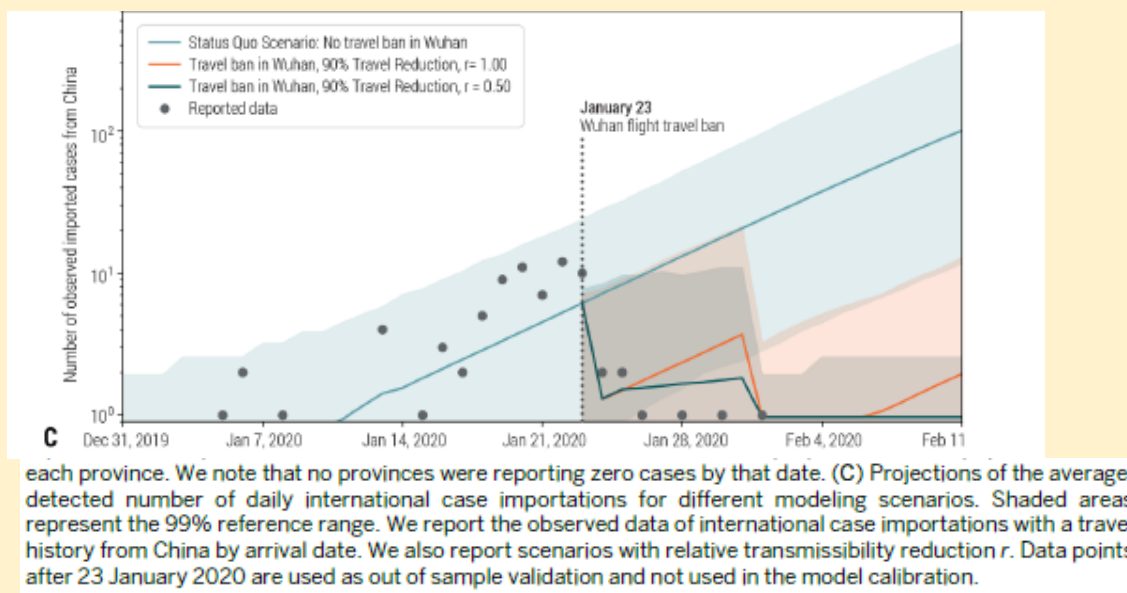


圖1. C顯示3種不同模式，陰影下方為國際案例的預測值，淺藍為武漢不封城情境，橘色為武漢封城90%而 R_0 為1.0下方深藍為武漢封城90%而 R_0 為0.5。據此武漢封城從1/23到2月初降低COVID-19國際傳播有77%之多
過了這個時間，由於中國仍然有其他城市飛往國際主要城市的班機在飛，COVID-19對國際輸出的案例隨後又迎頭趕上。

結果 武漢封城之中國的影響

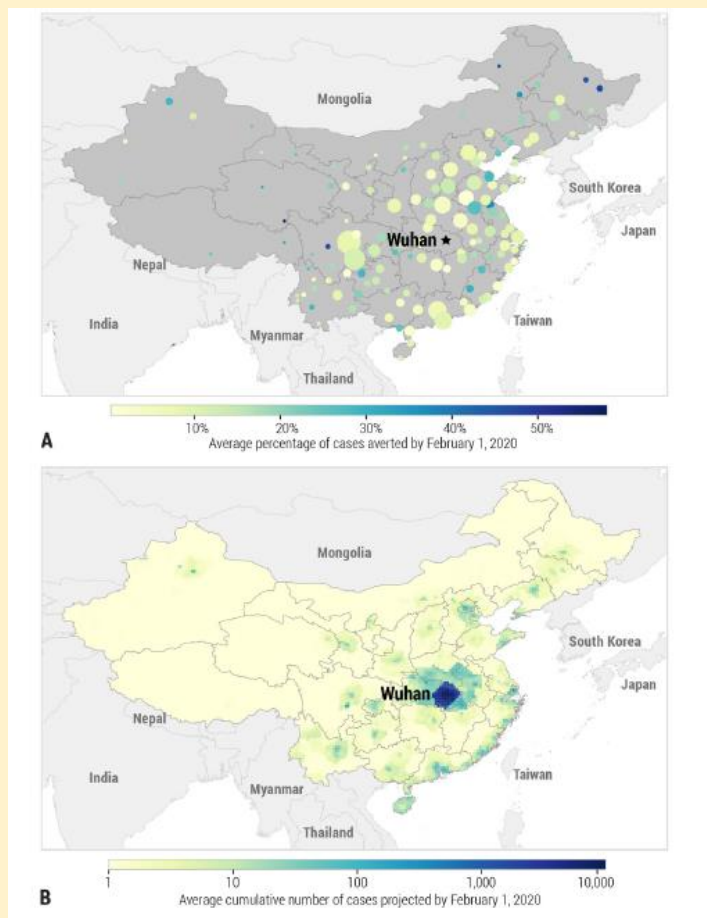


Fig. 2. Effects of Wuhan travel ban on COVID-19 incidence across Mainland China. (A) Relative incidence reduction as of 1 February 2020. The color of circles represents the relative reduction in the number of cases, while the size represents the population in the region. (B) Projected cumulative number of cases at the resolution of $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ cells by the same date, after implementing travel restrictions in Wuhan.

武漢封城對中國除武漢以外地區，截至2020年1月31日為止，總共減少10%案例數。A圖為武漢封城後該城市降低的案例數不同顏色呈現，而大小代表的是人口數目。B圖呈現的是累積案例數，以顏色呈現。

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).

結果 武漢封城對國際的影響

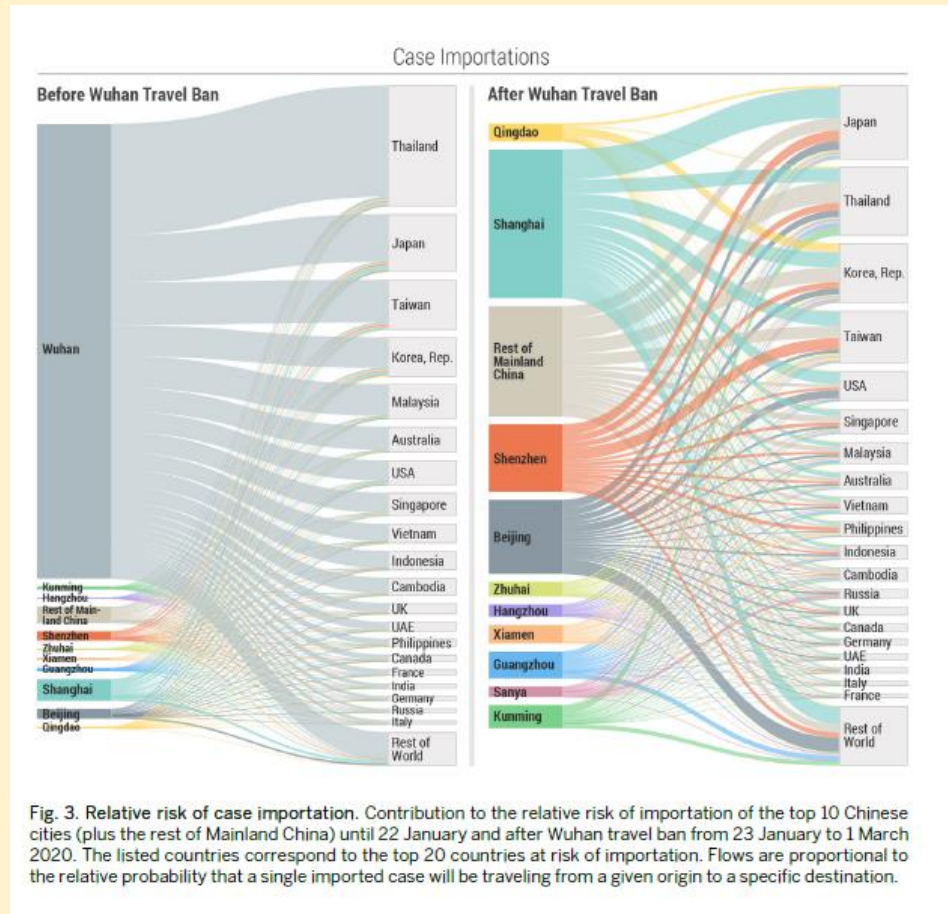
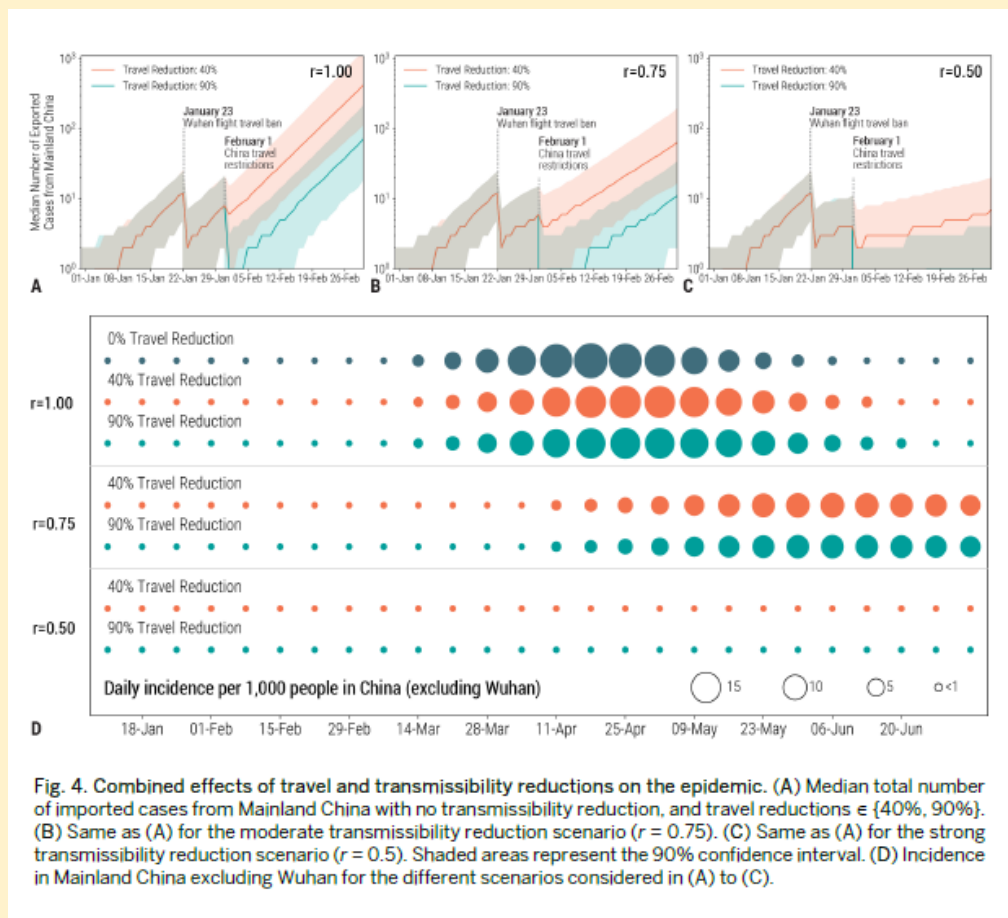


圖 3 是一種 data visualization Alluvia。呈現出COVID-19案例輸出國際不同國家的相對風險與前10名城市在武漢封城前後的流向圖。左圖為封城前輸出COVID-19主要是灰色的武漢 $>2/3$ ，而封城後就變成是有航班的上海，深圳，北京，廣州等其他城市輸出為主。被輸入的國家也從封城前的泰國日本台灣等等變成日本，泰國，南韓美國等國家。武漢封城後中國仍有上海，北京，深圳，廣州，與昆明五大機場與國際交流。

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).

結果 武漢封城對國際的影響



結合旅遊禁令與傳染力控制對疫情的影響。圖4顯示不同情境下中國COVID-19對國際輸出案例數多寡情況。(A) 顯示對感染力不下降下旅遊禁令執行率40%與90%的總案例數中位數 (B) 與A相同情境、但是R0減為 0.75(C) 與A相同情境、但是R0減為 0.5。

討論與結論

- 關於COVID-19的這個數據模式，可以當作用來評估限制旅遊或是人口移動對中國國內與對國際疫情爆發控制的效用的工具，據以做為計畫公共衛生事件的反應。
- 本模式結果顯示武漢封城在一開始對降低國際新生COVID-19案例很有效。可惜的是在2-3周後，中國以外的國際COVID-19輸出案例又重新增加與成長。
- 除此之外，該模式顯示僅限制中國大陸90%的旅遊只能有限度地改變疫情軌跡。要達到疫情控制必須加上其他公共衛生介入措施，如行為改變才能有效降低疾病傳染力。

Science

10.1126/science.aba9757 (2020).



臺北市立聯合醫院教學研究部

討論與結論:研究限制

- 一些參數設定包括潛伏期，世代倍增時間 **generation time** 是根據 COVID-19 這次爆發與 SARS，MERS 的數據預先設定。
- 而且移動模式是假設每個人移動速率都一樣，不曾考慮性別與年紀異樣性，這些都可能影響演算結果。
- 而感染力未曾考慮個別差異與年齡因素，還有不同接觸模式，以上都可能影響演算結果。
- 其他的如旅遊是否為個人或是家族旅遊的不同。以及不同地域交通方式不同，這些無法放入此數學隨機演算模式中，據此以上也皆為研究限制。

結論

- 如前所述，依此模式，中國偵測確診COVID-19率僅約為**24.4%**，故很大部分的人在暴露SARS-CoV-2後，未被偵測到而在國際自由旅行。這是武漢封城對國際只能降低輸出傳染力**2至3**周時間。對中國境內只有延遲**3**天爆發時間。
- 作者預期限限制旅遊對COVID-19影響部分將只有中等**modest**效果。必須加上降低傳染力的公衛介入措施，才能為減少與控制中國境內與中國以外的國際COVID-19疫情爆發提供最佳效益。