

## 报告 2：估计中国武汉市新型冠状病毒病例的潜在总数

Natsuko Imai, Ilaria Dorigatti, Anne Cori, Christl Donnelly, Steven Riley, Neil M. Ferguson  
WHO Collaborating Centre for Infectious Disease Modelling  
MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis, J-IDEA, Imperial College London, UK

*Correspondence:* [neil.ferguson@imperial.ac.uk](mailto:neil.ferguson@imperial.ac.uk)

### 1. 背景介绍

2019年12月31日，世界卫生组织驻华代表处获悉了中国湖北省武汉市病因不明的肺炎病例[1]。病例被认为与相似于中东呼吸综合征病毒（MERS-CoV）和重症急性呼吸综合征病毒（SARS-CoV）的新型冠状病毒（2019-nCoV）相关[2]。

截至2020年1月21日（北京时间）凌晨4点，中国有13个省份已确诊440例病例（包括9例死亡），其他多个省份也出现了疑似病例[3]。截至1月22日早九点（格林威治时间），中国大陆以外的国家和地区也出现了7例确诊病例，皆为武汉旅客，他们都在1月18日甚至更早之前就出现了相应症状，其中泰国3例，日本1例，韩国1例，台湾1例和美国1例[4-10]。中国有关机构已经证实了该新型病毒能在人与人之间传播，医护人员中也确诊了15例被感染的病例[11,12]。在国际案例中，四名旅客于1月15日武汉国际机场实行出境检查之前离境的，其余三名旅客（分别赴韩国，台湾，美国）则在此之后离境[13]。

根据截至1月18日在中国大陆以外发现的疾病发病病例数，我们有可能（见报告1[14]）推断武汉市内迄今为止可能发生的临床病例中具有可比性的数字。我们在此更新了估算值，以覆盖国际上的7个案例。

#### SUGGESTED CITATION

Natsuko Imai, Ilaria Dorigatti, Anne Cori, Christl Donnelly, Steven Riley, Neil M. Ferguson. Estimating the potential total number of novel Coronavirus cases in Wuhan City, China – Mandarin Translation. Imperial College London (22-01-2020), doi: <https://doi.org/10.25561/77150>

## 摘要

截止至2020年1月18日（任一病例的末次报告发作的日期），我们估计武汉市共有4,000例2019-nCoV病例（不确定性范围：1,000 – 9,700）[15]。

我们的估计值不应被理解为疾病爆发在1月12日至1月18日期间扩大了一倍 -- 确认和收到境外病例报告的延时，症状发作日期的信息不完整以及境外病例数目仍然很少等种种因素，意味着我们目前无法估算疫情的增长率。

该估计值基于以下假设：

- 武汉国际机场的服务范围人口为1900万[1]。
- 从感染到确诊之间平均有10天的延迟，包括5-6天的潜伏期[16,17]，以及从症状发作至确诊/住院之间的4-5天的延迟（在泰国和日本被发现的病患入院治疗时间分别在自症状出现后3天和7天住院[4,18]）。
- 在过去的两个月中，从武汉出发的国际旅客总量为每天3,301人次。这一估计是基于2018年IATA数据[19]中排名前20的国家/地区目的地旅行量为每日3,418名外国旅客，并使用伦敦帝国理工学院持有的2016年IATA数据来修正中国春节期间的旅行激增数据（今年尚未发生）以及前往前20名旅行目的地名单以外的国家/地区的旅行数量对这一数据的影响。
- 出境检查（据报道于1月15日生效[13]）对截至1月16日报告的境外病例数没有影响。最近几日的出境检验可能减少了出境人数，在此情况下，我们的基准预测可能会低于武汉市的实际病例数。
- 我们假设飞往中国大陆以外目的地的所有病例都已在这些目的地确诊，但实际情况可能并非如此。如果在其他国家/地区遗漏了病例，我们的基准预测将低于武汉的真实病例数。

目前我们报告的不确定性为涵盖了表1中前三种情况的95%置信区间的范围。因此，我们的不确定性范围代表了关键假设和统计假设中的不确定性。

## 2. 其他注意事项

1. 我们假定出境旅行的持续时间足够长，使得一名被感染的武汉出国旅行的居民会出现症状并在海外被发现，而不是返回武汉后被发现。我们也未将以下这种情况纳入考虑，即抵达武汉的国际旅客（例如在日本发现的病例）的预期暴露时间更短，从而感染风险低于本地居民。正确解释以上所提到的两个因素需要更多的额外数据，但都会增加对病例总数的估计。
2. 我们估计的对象为潜在的疾病症状严重程度为需要住院的病例（在泰国和日本发现的病例均为中度严重），不包括轻度或无症状的病例。
3. 未知的2019-nCoV潜伏期可根据MERS-CoV和SARS的潜伏期估计得出[16,17]。
4. 我们假设2019nCoV的暴露风险及感染风险与国际旅行相互独立，即无关。如果人畜共患病暴露偏向于更富裕人群，则旅行频率可能与暴露风险相关。并且，有些旅行活动可能与感染状况（如：寻求海外医疗保健）或武汉接触者的感染状况（这可能适用于在日本发现的案件）[18]存在因果关系。考虑到这两种关联都会增加病患旅行的可能性，因而降低我们对病例总数的估计。

### 3. 敏感性分析

我们探索了总病例估计值对以下假设的敏感性：i) 武汉国际机场服务人口规模（假设将武汉市人口数量限制在 1100 万人[20]，而非整个大都市的人口 [1]），ii) 检测窗口的持续时间（探索 8 天的较低值代表了检测窗口中的不确定性或出境检验的潜在影响），iii) 国际报告上的输出数量（8 例）。表 1 总结了基线假设和探索的其他情况。

表 1 基于基线假设和探索的其他情况的估计病例数量

	基线 <sup>1</sup>	较少服务人口 <sup>1</sup>	较短检测窗口 <sup>1</sup>	六例输出病例	八例输出病例
输出确诊病例数 <sup>2</sup>	7	7	7	6	8
每日从武汉国际机场出发的国际旅客数量 <sup>3</sup>	3,301	3,301	3,301	3,301	3,301
武汉国际机场有效服务人口数量	19 万	11 万	19 万	19 万	19 万
检测窗口 (天)	10 天	10 天	8 天	10 天	10 天
估计病例总数 (95%置信区间)	4,000 (1,700 – 7,800)	2,300 (1,000 – 4,500)	5,000 (2,200 – 9,700)	3,400 (1,400 – 7,000)	4,600 (2,100 – 8,600)

<sup>1</sup>目前我们报告的是围绕中心估计的不确定性，范围涵盖了这三种情况的95%置信区间。

<sup>2</sup>报告的国际确诊病例的数量。

<sup>3</sup>根据[19]报告的3个月总数并矫正了中国春节期间的旅行高峰计算得出（见总结）。

### 4. 结论

自我们的第一份报告以来，我们对武汉市暴发规模的估计已增加了一倍以上。这是由于在中国大陆以外发现的病例数已从3增至7。但是我们的分析无法确定流行增长率。我们的估计值不应被理解为疾病爆发在1月12日至1月18日期间扩大了一倍 -- 确认和收到境外病例报告的延时，症状发作日期的信息不完整以及境外病例数目仍然很少等因素，意味着我们目前无法估算疫情的增长率。

武汉市新型冠状病毒的爆发导致中度或重度呼吸道疾病的病例可能多于目前已发现和报道的病例。但是，最近的中国官方报告的确诊病例数迅速增加表明，在最近几日中，对病例的确诊和报告已大量增多。通过对病例定义和检测的进一步完善以及对监视的进一步扩展（例如，扩展到初级医疗提供者），我们的估计值与官方病例数之间的差异有望进一步减小。

该分析并没有直接涉及传播途径，但是近日的报道[11,21,22]和以往类似规模的 SARS 和 MERS-CoV 爆发的经验表明，目前不应该排除人与人之间自我维持的传播。鉴于存在人与人之间传播的证据，如果要控制疫情暴发，需要加强迅速检测病例的能力。

## Mandarin translation

The English to Mandarin translation of this document was a joint effort carried out voluntarily by Han Fu, Haowei Wang and Xiaoyue Xi at Imperial College London. We thank the team for this effort.

## 5. 参考文献

1. World Health Organization. WHO | Pneumonia of unknown cause – China. WHO. 2020.
2. World Health Organization. WHO | Novel Coronavirus – China. WHO. 2020.
3. Sina China News. 440 new cases of coronavirus pneumonia confirmed in China as of 21st. [cited 22 Jan 2020]. Available: <https://news.sina.cn/2020-01-22/detail-iihnzhha4145411.d.html>
4. World Health Organization. WHO | Novel Coronavirus – Thailand (ex-China). WHO. 2020.
5. NHK WORLD-JAPAN. Japan confirms 1st case of new coronavirus | NHK WORLD-JAPAN News. [cited 16 Jan 2020]. Available: [https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/news/20200116\\_23/](https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/news/20200116_23/)
6. New York Times. Japan and Thailand Confirm New Cases of Chinese Coronavirus - The New York Times. [cited 17 Jan 2020]. Available: <https://www.nytimes.com/2020/01/15/world/asia/coronavirus-japan-china.html>
7. Today Online. Thailand finds second case of new Chinese virus, says no outbreak - TODAYonline. [cited 17 Jan 2020]. Available: <https://www.todayonline.com/world/thailand-finds-second-case-new-chinese-virus-says-no-outbreak-1>
8. Taiwan Centers for Disease Control. 我國藉由登機檢疫即時發現首例中國大陸武漢移入之嚴重特殊傳染性肺炎個案，指揮中心提升中國大陸武漢之旅遊疫情建議至第三級警告-衛生福利部疾病管制署。 [cited 21 Jan 2020]. Available: [https://www.cdc.gov.tw/Bulletin/Detail/6oHuoqzW9e\\_onW0AaMEemg?typeid=9](https://www.cdc.gov.tw/Bulletin/Detail/6oHuoqzW9e_onW0AaMEemg?typeid=9)
9. US Centers for Disease Control and Prevention. First Travel-related Case of 2019 Novel Coronavirus Detected in United States | CDC Online Newsroom | CDC. [cited 21 Jan 2020]. Available: <https://www.cdc.gov/media/releases/2020/p0121-novel-coronavirus-travel-case.html>
10. Ministry of Public Health of Thailand. Department of Disease Control reveals Chinese tourists infected with the second new strain of coronary pneumonia 2019 in Thailand Got well and returned to the country. [cited 22 Jan 2020]. Available: <https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/02/137474>
11. Xinhua News. China confirms human-to-human transmission of 2019-nCoV, infection of medical staff - Xinhua | English.news.cn. [cited 21 Jan 2020]. Available: [http://www.xinhuanet.com/english/2020-01/20/c\\_138721762.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2020-01/20/c_138721762.htm)
12. NHK News. 新型ウイルス肺炎 中国 死者6人に 患者は291人 拡大防止を強化 | NHKニュース。 [cited 21 Jan 2020]. Available: <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20200121/k10012253721000.html>
13. Leung K, Wu JT, Leung GM. Nowcasting and forecasting the Wuhan 2019-nCoV outbreak. Available: <http://www.nhc.gov.cn/>.

14. Imai N, Dorigatti I, Cori A, Riley S, Ferguson NM. News / Wuhan Coronavirus | Faculty of Medicine | Imperial College London. [cited 20 Jan 2020]. Available: <https://www.imperial.ac.uk/mrc-global-infectious-disease-analysis/news--wuhan-coronavirus/>
15. Korea Centers for Disease Control. The first imported case of the novel coronavirus (2019-nCoV) in Korea | Press Release | News Room : KCDC. [cited 21 Jan 2020]. Available: [https://www.cdc.go.kr/board/board.es?mid=a30402000000&bid=0030&act=view&list\\_no=365797&tag=&nPage=1](https://www.cdc.go.kr/board/board.es?mid=a30402000000&bid=0030&act=view&list_no=365797&tag=&nPage=1)
16. Cauchemez S, Fraser C, Van Kerkhove MD, Donnelly CA, Riley S, Rambaut A, et al. Middle East respiratory syndrome coronavirus: quantification of the extent of the epidemic, surveillance biases, and transmissibility. *LANCET Infect Dis.* 2014;14: 50–56. doi:10.1016/S1473-3099(13)70304-9
17. Donnelly CA, Ghani AC, Leung GM, Hedley AJ, Fraser C, Riley S, et al. Epidemiological determinants of spread of causal agent of severe acute respiratory syndrome in Hong Kong. *Lancet.* 2003;361: 1761–1766. doi:10.1016/S0140-6736(03)13410-1
18. Ministry of Health Japan. 新型コロナウイルスに関連した肺炎の患者の発生について. [cited 16 Jan 2020]. Available: [https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_08906.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_08906.html)
19. Bogoch II, Watts A, Thomas-Bachli A, Huber C, Kraemer MUG, Khan K. Pneumonia of Unknown Etiology in Wuhan, China: Potential for International Spread Via Commercial Air Travel. *J Travel Med.* 2020 [cited 16 Jan 2020]. doi:10.1093/jtm/taaa008
20. Xinhua News. 武汉常住人口突破1100万 城市吸引力稳步提升\_新华网. [cited 16 Jan 2020]. Available: [http://www.hb.xinhuanet.com/2019-03/26/c\\_1124281764.htm](http://www.hb.xinhuanet.com/2019-03/26/c_1124281764.htm)
21. The Guardian. China confirms human-to-human transmission of coronavirus | World news | The Guardian. [cited 21 Jan 2020]. Available: <https://www.theguardian.com/world/2020/jan/20/coronavirus-spreads-to-beijing-as-china-confirms-new-cases>
22. Coronavirus battle at full-scale - Global Times. [cited 21 Jan 2020]. Available: <https://www.globaltimes.cn/content/1177666.shtml>

## 6. 备注：计算方法

利用国际报告的病例，可以推断出武汉市内可能出现的相当病例的规模。需要就医的病例总数可由下式计算得出：

$$\text{总病例数} = \frac{\text{海外检测病例数量}}{\text{任一病例在海外被检测出的概率}}$$

其中任一病例在海外被检测出的概率( $p$ )可由下式计算得出：

$$p = \text{每日国际旅行的概率} \times \text{平均检测出一例病例的概率}$$

每日旅行概率由下式计算得出：

$$\text{每日国际旅行概率} = \frac{\text{武汉每日出境的国际旅客数量}}{\text{武汉机场服务人口数}}$$

最后，每例病例被检测出的平均时间可由下式得到近似值：

$$\text{平均检出时间} = \text{潜伏期} + \text{从症状发作至检测的平均时间}$$

根据海外检测出的病例数  $X$  服从二项分布  $\text{Bin}(p, N)$  的观察结果可计算出置信区间，其中  $p$  = 海外检测出任一病例的概率， $N$  为总病例数。因此  $N$  为  $X$  的服从负二项分布的函数。表 1 的结果是从该负二项分布似然函数中得到的最大似然估计 (MLE)。目前我们报告的整体不确定性为涵盖了表 1 中前三种情况的 95% 置信区间的范围。