

# 芦山4·20地震的一段学校疏散录像

——初步分析及其对应急避险的统计

物理模型的意义

马腾飞<sup>†</sup> 吴忠良 杨小林

(中国地震局地球物理研究所 北京 100081)

## Video recording of classroom evacuation during the April 20, 2013, Lushan, Sichuan, China, earthquake: preliminary analysis and implication for the statistical physical models of escape panic

MA Teng-Fei<sup>†</sup> WU Zhong-Liang YANG Xiao-Lin

(Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

2013-04-28收到

<sup>†</sup> Email:tengfeima.vip@gmail.com

DOI:10.7693/wl20130505

**摘要** 真实灾害情境下的人群撤离录像对约束应急避险的统计物理模型具有不可取代的意义。文章分析了中央电视台《新闻联播》播出的2013年4月20日芦山地震时一段教室疏散的视频,讨论了其对应急避险模型的意义。与2008年汶川地震的情况比较,似可看出受过应急训练的人群与未受过训练的人群在撤离时有不同的表现。

**关键词** 应急避险, 芦山地震, 汶川地震, 自组织

**Abstract** In constraining the statistical physical models of escape panic, video recording of real-life emergency evacuation plays a unique role due to its rareness and real-life feature. We analyzed the video recording of classroom evacuation during the April 20, 2013, Lushan, Sichuan, China,  $M_s7.0$  earthquake broadcasted by CCTV News, and discussed the implication for constraining the statistical physical models of crowd evacuation. Comparing to the records of the May 12, 2008, Wenchuan,  $M_s8.0$  earthquake, we argue that trained and untrained crowd may have different behavior during the panic evacuation, which has to be taken into account in the modeling.

**Keywords** emergency evacuation, the Lushan earthquake, the Wenchuan earthquake, self-organization

北京时间2013年4月20日,四川省雅安市芦山县(30.3°N, 103.0°E)发生7.0级地震。截至4月24日14时30分,地震共造成196人罹难,21人失踪,11470人受伤。地震造成的直接经济损失估计约人民币上百亿元<sup>1)</sup>。

4月23日晚,中央电视台《新闻联播》播出了地震发生时雅安市名山中学一个教室在教师组织下学生进行疏散的一段录像<sup>2)</sup>。这种真实地震灾害情况下的疏散视频记录,是应急避险的统计物理模型的一类不可多得、并且几乎难于重复的宝贵记录,值得认真收集和深入分析。

## 1 应急避险的统计物理模型

近年来的研究表明,人类社会的一些集体行为,也可以借鉴物理(特别是统计物理)的方法和工具来进行分析<sup>[1]</sup>。在统计物理中人们熟悉的一些模型,例如分子动力学模型<sup>[2, 3]</sup>、格子气模型<sup>[4, 5]</sup>、元胞自动机模型<sup>[6, 7]</sup>,都可用来模拟人群的避险行为。这些模型的模拟结果,对诸如体育场

馆、影剧院、展览馆、火车站、卖场等公共建筑的规划设计具有重要的实际意义。地震、海啸、火灾等自然或人为灾害发生时的人员紧急疏散问题也与此直接相关。

应急避险的统计物理模型与安全息息相关。模型不当,有时甚至会引起灾难性的后果<sup>[8, 9]</sup>。

任何模型的模拟结果都需要实验或观测的验证,应急避险的物理模型也不例外。在人群疏散的实验和观测中,采集人流的“宏观”和“微观”运动参数是一个关键问题。目前在提取疏散过程中行人运动参数的工作中,越来越多地使用了基于录像的数字图像处理方法。在一定意义上可以说,这是现代物理、现代技术、现代社会问题的一个不期而遇的结合。

## 2 真实灾害场景记录的独特价值

约束应急避险的统计物理模型需要实验和观测,但这是“说起来容易做起来难”的事情。由于灾害的突发性和灾害经历的潜在伤害性,人群疏散实验很难针对

1) <http://baike.baidu.com/view/10481163.htm>

2) <http://news.cntv.cn/2013/04/23/VIDE1366716241778591.shtml>

真实灾害场景来进行,因为对人员或动物进行近于真实灾害条件下的逃生实验,可能会涉及许多伦理问题甚至法律问题。因此,迄今仅有少数恐慌人群的疏散实例。但这些不可多得真实灾害场景记录却提供了重要的信息。例如,麦加朝圣时人群的跌倒和踩踏事件的录像视频,揭示了“湍流”等行人动力学现象<sup>[10]</sup>。

由于真实灾害场景非常罕见,加之其难于被有准备地记录到,所以迄今绝大多数“实验”和“观测”研究,主要是在模拟的灾害(或恐慌)条件下通过动物实验或人员疏散演练进行的。但实验条件下的人的行为与真实条件下的人的行为可能十分不同。例如,在一些有准备的模拟演练中,可以清楚地看到个别参加者在撤离时甚至出现了比较放松地相互交谈的情况<sup>[11]</sup>,而这在真实地震中几乎是不可能出现的。

### 3 芦山地震的学校疏散录像及其初步分析

芦山地震后,有关电视台和互联网公布了一些地震时的人员疏散场景,为研究人群疏散问题提供了稀缺的宝贵数据。从科学数据分析的角度说,这些监控录像资料的缺点显而易见:分辨率、镜头畸变和拍摄位置等因素导致拍摄场景不全和录像画面模糊;监控录像的时间标定也有问题。这些问题的出现其实可以理解,因为当初布设这些监控录像的目的,只是用于安全防范或违章驾驶拍摄。尽管如此,从这些不够理想的材料中,仍可得到很多有用的信息。而其中的一些信息可能是模拟实验所无法提供的。

图1是中央电视台播出的地震时教室中学生撤离的场景。中央电视台新闻只播出了片段,完整的视频可参见[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XNTQ2MDQzNDQ0.html](http://v.youku.com/v_show/id_XNTQ2MDQzNDQ0.html)。由于

监控录像视域范围有限,所以无法看到教室的全貌。我们首先用图像处理软件 Total Video Converter 对视频进行解帧,以测得每个学生的疏散时间。图1(a)是震前教室里的座位情况。图1(b)给出了教室中的部分学生通过出口所用的总时间和一些学生的撤离方向。由于视频资料本身的限制,不是所有学生的撤离时间都能准确地分辨出来。在教室里的学生着统一校服的情况下,这个困难更大一些。事实上,撤离的过程包括两个层次:一个是从教室门口撤至室外,这是很多模型所模拟的。另一个是从成排的座位中撤到座位间的通道。图中用箭头表示其起始处上方座位上的学生所选择的撤离方向,此座位右边的学生是选择相反方向撤离的。在这个过程中,前面的学生对后面学生的选择可能有一定影响。图1(c)画出了出口处疏散时间和疏散人数之间的关系曲线。这是应急避险模型的一个重要约束。可以看出,此曲线分成两段,均呈线性。第二段似乎显示了拥挤现象,但仍是线性的。在整个撤离的过程中,教师一直在发挥组织者的作用,这是这一视频记录的一个突出特点。

### 4 与汶川地震的比较

汶川地震后,我们曾收集和分析了震区及其附近的一些记录地震场景的录像<sup>[12]</sup>。其中一个重要特征是,出口处疏散时间和疏散人数之间的关系呈现比较复杂的情况。对比假想地震情况下的教室疏散演练<sup>[5]</sup>的结果,以及用元胞自动机等模型<sup>[6, 7]</sup>所模拟的撤离过程——这些研究中的疏散时间和疏散人数之间的关系呈现很好的线性——我们认为人群在真实灾害情况下的行为与在演练中的行为可能有很大差别。我们分析的例子<sup>[12]</sup>与模拟演练<sup>[13]</sup>和模拟计算<sup>[6, 7]</sup>在人数、空间(教室)大小等方面

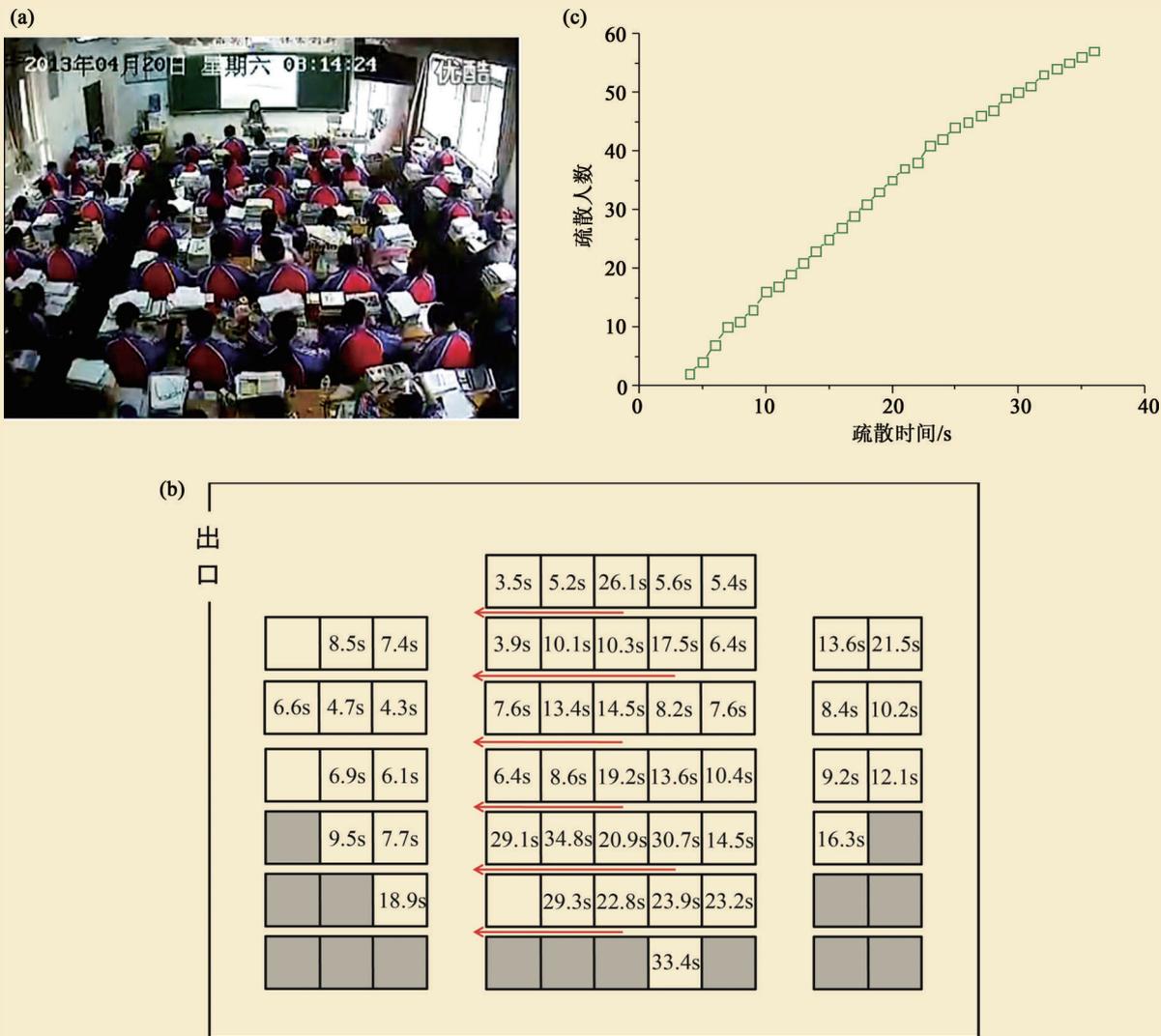


图1 (a) 雅安市名山中学的一个教室在地震发生前的座位情况; (b) 部分学生的疏散时间分布。阴影方块表示监控录像盲区, 没有数据的部分表示监控记录难于辨认。其中箭头表示其起始处上方座位上的学生(以及其左边的学生)所选择的撤离方向, 此座位右边的学生是向相反方向撤离座位的; (c) 出口处的疏散人数(或者到达出口处的学生的序号)和疏散时间的关系(教室中共57人)

均颇接近。本文所给出的例子, 与上述研究也有较为接近的人数和空间, 却显示出分段线性的疏散时间—疏散人数关系。从录像中后来课桌上书本普遍震落的情况看, 这里的场景所显示的地震烈度与我们分析过的场景<sup>[12]</sup>是接近的, 甚至更高(因为前面的工作所收集的, 大部分是成都等地的学校的资料)。因此一个可能的差别就是汶川地震五年后, 当地学校进行了比

较好的应急演练。经过训练的有准备的教师在撤离中发挥了组织者的作用, 经过训练的有准备的学生表现出更有秩序的撤离行为。一个值得注意的细节是, 刚刚感受到地震强地面运动的时候, 一些学生的第一反应是躲在桌下, 教师指导他们进行了撤离。不过, 比较一下真实灾害情境下的撤离效率和演练情境下的撤离效率, 即疏散时间—疏散人数关系曲线的斜率, 可以

发现此次地震的真实情况下的撤离效率与演练情况<sup>[11]</sup>基本相当,但速度略慢。

## 5 初步结论和讨论

芦山地震的应急、科学考察、研究还正在进行之中。这里试图关注的,是与这次地震相关的一个也许还不为人知的角落。本文的重点,更多的不是针对中央电视台这一段录像的分析,而是提醒注意这类视频记录对物理研究的意义。

即使从定性的意义上说,对这类记录的认真分析对于防震减灾的实际工作也是有帮助的。比如,从视频中可以看到,这个教室的座位排列情况为左三人,中五人,右二人一排。这种座位排列方式,在地震发生时,学生疏散起来会比较耽误时间。人民网网友也建议在地震多发地区,

平时就应该注意这样的问题<sup>3)</sup>。

近年来,越来越多的用于安全防范等用途的监控录像,记录了强震等灾害时的破坏和人群疏散情境。日本等国家也一直有通过电视等公共媒体播放这些监控录像资料的做法。通过对这些监控录像资料的分析,可以提取烈度和强地面运动参数<sup>[14, 15]</sup>;对大众而言,这些录像资料也可以视为“电子版疏散手册”;而对于物理学家,这些录像则是不可多得的科学研究的宝贵资料。

每一次灾害性地震都能使人们学到很多新东西。这些新东西对于深化对自然界和人类社会的认识都是有幫助的。人类进步的历史,正是不断地从这些灾难中学习和反思,从而逐步提高抗御自然灾害、保证永续发展能力的历史。所以用进步去补偿灾难的损失,取决于我们的学习能力。

### 参考文献

- [1] 程洁, 张建玮, 狄增如. 物理, 2010, 39: 101
- [2] Helbing D, Molnár P. *Physical Review E*, 1995, 51: 4282
- [3] Helbing D, Farkas I, Vicsek T. *Nature*, 2000, 407: 487
- [4] Muramatsu M, Nagatani T. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2000, 275: 281
- [5] Tajima Y, Takimoto K, Nagatani T. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2001, 294: 257
- [6] Burstedde C, Klauck K, Schadschneider A *et al.* *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2001, 295: 507
- [7] Kirchner A, Schadschneider A. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2002, 312: 260
- [8] Helbing D, Mukerji P. *EPJ Data Science*, 2012, 1: 1
- [9] Soomaroo L, Murray V. *PLoS Currents*, 2012, 4: RRN1301
- [10] Helbing D, Johansson A, Al-Abideen H Z. *Physical Review E*, 2007, 75: 046109
- [11] Zhang J, Song W, Xu X. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2008, 387: 5901
- [12] Yang X, Wu Z, Li Y. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2011, 390: 2375
- [13] Nagai R, Fukamachi M, Nagatani T. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2006, 367: 449
- [14] Yang X, Wu Z, Jiang C *et al.* *Pure and Applied Geophysics*, 2011, 168: 753
- [15] Yokota A, Hamamoto T, Koga H *et al.* Estimation of earthquake ground motion by image analysis of sliding objects taken with a fixed camera. In: 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR). Tsukuba Science City, Japan, 2012. 784

3) 参见: <http://bbs1.people.com.cn/post/2/0/1/129172434.html>