中国科学: 地球科学 2017 年 第 47 卷 第 12 期: 1406 ~ 1413
SCIENTIA SINICA Terrae earthcn.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS
论 文 气候环境变化与文明演化专题

自然灾害与移民: 一个中国历史上农民的被动选择

裴卿*

香港教育大学社会科学系, 香港

* E-mail: qingpei@eduhk.hk; peiqing618@gmail.com

收稿日期: 2017-01-12; 接受日期: 2017-06-29; 网络版发表日期: 2017-08-28
香港特区政府研究项目(编号: ECS28300717)、香港教育大学校内研究项目(编号: RG68/2016-2017)、香港教育大学研究启动项目(编号: R3744)、香港教育大学研究成果院长奖励项目(编号: 04233-SSC ROP-3)和德国慕尼黑大学瑞秋·卡森奖2017~2018项目资助

摘要 本文定量地研究了中国历史上自然灾害和农民迁徙之间的长期动态关系, 在研究自然灾害的影响同时, 因为农民迁移也是应对人口压力一种现象, 所以也将人口压力纳入对农民迁徙的分析之中. 本文基于历史大数据, 采用了相关分析、多元线性和多元泊松回归分析, 以及格兰杰因果分析去验证中国历史上自然灾害和农民迁徙之间的关系, 揭示了自然灾害导致农民迁徙的影响是短期的, 虽然农耕社会的缓冲能力比较低, 但是在较短时期内, 它有一定能力减轻自然灾害的影响, 并且从统计结果上也能够反映农民对移民的被动和不情愿. 而与之相反, 尽管人口压力在短期内的影响有限, 但是在长期尺度上通过影响土地承载力进而能够最终导致农民迁徙.

关键词 自然灾害, 农民迁移, 人口压力, 实证分析, 中国历史

1 引言

在过去几十年里, 快速的全球气候变化使得极端天气和自然灾害频繁发生. 2015年, 自然灾害导致了23000人死亡以及900亿美元的经济损失(German-reinsurer-Munich-RE, 2015). 迁移是人类众多应对自然灾害的方法中最有效的一种(Drabo和Mbaye, 2015; 方修琦等, 2006). 直接由生态环境变化推动的人口迁徙往往被称为"原始迁移" (Petersen, 1975; Piguet, 2013). 在全球变暖的背景下, 因极端气候事件而被迫迁徙的人被称为气候难民(Reeves和Jouzel, 2010). 而在中国历史事件中为逃避环境变化风险的移民, 也被称之为"生存型移民"(葛剑雄等, 1997). 当社会力量无法适应或者缓和自然灾害的冲击时候, 人类在很多地区除了从灾难区迁移之外也许没有其他的选择(IPCC, 2014).

虽然这种生态变化导致的农业人口迁徙在中国已经持续了几千年(Shinjilt, 2010), 而且由自然灾害导致农民迁移的例子在中国历史上也频繁出现, 但是, 现代学者普遍认为中国农民仍然是一般不轻易离开他们的祖籍地(Lee, 1978), 这种对祖籍地的依赖的文化习惯与世界上其他农业民族一样(Lattimore, 1988). 也许正因为对迁徙的排斥, 导致了中国南北方人民的长期隔绝, 最终可能造成了中国南方人和北方人在基因遗传上存在着不同差异(Diamond, 1998). 由于考虑到

中文引用格式: 裴卿. 2017. 自然灾害与移民: 一个中国历史上农民的被动选择. 中国科学: 地球科学, 47: 1406–1413, doi: 10.1360/N072017-00020
英文引用格式: Pei Q. 2017. Migration for survival under natural disasters: A reluctant and passive choice for agriculturalists in historical China. Science China Earth Sciences, 60: 2089–2096, doi: 10.1007/s11430-017-9080-6

© 2017 《中国科学》杂志社

中国农民对留在祖籍地强烈的偏好, 因此对中国历史上农民迁移原因的研究受到了广泛的关注, 如无特别说明, 本文中的人口迁徙都是指代农民迁徙, 并且农民在本文中主要是指从事农业的人口而非游牧人口.

农耕社会是对气候变化最敏感的社会形态之一(Schmidhuber和Tubiello, 2007), 特别是在科技水平低下的前工业时代(Galloway, 1986). 因此, 对于古代中国的农民迁移原因的解释, 最近很多研究中开始将气候变化作为一个根本原因来进行探讨, 例如Fan(2015)、Pei等(2016a)等.

尽管气候变化作为移民的原因而受到重视, 但是对于自然灾害如何导致移民的研究尚有不足. 第一, 自然灾害作为短期极端气候事件, 因为其持续时间较短, 自然灾害作为极端气候事件应被认为是气候波动(Pei等, 2013), 而从长期观测下的自然灾害反映出来的规律和变化是属于气候变化的一部分. 但是, 在以前的对气候变化社会经济影响的研究中, 往往关注气温或降水的变化(蒋庆丰等, 2013; 苏筠等, 2014; 方修琦等, 2015). 然而, 作为持续时间较短的气候波动, 自然灾害未被系统地纳入到现有研究 "气候-人类社会" 关系的课题中.

以往的历史气候变化研究主要针对气候变冷或者干旱, 这些气候变化现象虽然对于历史社会有着更加灾难性的影响(Parker, 2013; 葛全胜等, 2012), 但是这与当前的气候变化即全球暖化的概念有着显著的不同. 然而, 对于自然灾害而言, 过去和现在的概念是几乎一致的. 因此, 对过去自然灾害影响的研究能对在全球变暖威胁下的当今社会提供更直接的启示.

第二, 目前对自然灾害和农民迁移之间的长期相互作用机制的研究中, 定量分析仍然不足. 通过整理史料上对自然灾害和农民迁移的记录, 是能够实现重建两个时间序列数据, 使其能进行定量统计分析. "大数据"和定量调查不应被宏观尺度的历史研究排除在外(Graham等, 2016).

目前的研究方法已经显著有别于既往的研究, 对于通过考察几个考古发现的短期案例来解释气候变化下人类部落的变迁(Fang和Shi, 1990; Long等, 2014; McLeman和Smit, 2006; Mortreux和Barnett, 2009)的研究视角已经不再能满足现在研究对于方法学的要求. 理论的发展需要思想和方法的共同创新(Rosenberg, 2008), 只有通过定量研究, 才能更加精确地描述中国历史上自然灾害和农民迁移之间的长期互动机制.

第三, 尽管现有研究认为自然灾害是气候波动的短期震荡, 但是其对农民迁移的持续效果仍未有明确的研究和解释. 不管自然灾害和农民迁移之间的关联机制是持久还是短暂, 需要统计分析去进一步验证. 虽然自然灾害是一种气候现象, 但是其持续时间很难持久(Lutgens和Tarbuck, 2013). 如果自然灾害对农民迁移的持续效果能被评估, 该评估结果也能对当今社会应对未来不确定的气候变化提供些许参考.

当然, 移民被认为是与人口密度紧密相关的现象, 特别是在历史时期(Lindly等, 1990). 人口压力是除了自然因素和社会因素外导致移民的重要因素, 需要特别的研究关注, 在过去1000年中, 移民也被视为应对人口压力的社会适应手段(Staubwasser等, 2003). 人口压力不应在研究自然灾难导致的农民迁移时被忽视, 特别是人口压力的增长将会消耗社会发展的潜力, 间接地提高了社会脆弱性(Barro, 1997). 所以本论文也纳入了人口压力, 以系统地研究中国历史上自然灾害和农民迁徙的关系.

2 研究方法和数据来源

当前的研究借鉴了环境人文学(Environmental Humanities)的范式, 在结合历史自然环境变化背景之下, 重新对人类社会历史发展进行解释(Hall, 2010). 为了进一步分析自然和社会之间相互作用的紧密联系, 一个大的研究尺度是有助于该领域研究的开展(Butlin, 1993; Macdonald, 1998), 因此, 整个中国被选为研究地区. 研究时间为210BC~1910AD, 该研究时间几乎涵盖了整个中国的帝制时段(Keay, 2008). 需要强调的是, 在不同的尺度上, 研究气候变化和社会经济之间互动往往会有不同的发现和认识(Gibson等, 2000; Lee等, 2017; Stenseth和Mysterud, 2005), 本论文发现主要是基于定量的数据结果以及长时间(2000年时间跨度) 和大空间尺度(全国范围), 那些暂时性导致农业系统瘫痪的个体事件和特殊案例则非重点的研究对象. 尽管上述研究手段在某些方面存在局限性, 但符合本文的研究特点, 并能够实现在长时间和大空间尺度范围内, 定量地分析中国历史上的自然灾害、人口压力和农民迁移之间的关系.

本论文选择了相关分析、多元线性回归分析、多

元泊松回归分析和格兰杰因果分析(Granger Causality Analysis) 作为本论文的统计分析方法. 由于历史材料中关于农民迁移的记录为时间序列, 而该序列中的数据是以次数形式存在, 因此, 泊松回归作为处理和分析次数形式数据最合适的方法(Cameron和Trivedi, 1998)而被本文采用. 泊松回归是对数型回归分析(Brouhns等, 2002), 这种非线性方法加上其他线性分析方法(相关和多元线性回归分析) 作为统计学支持, 用来定量审视整个中国历史上的自然灾害、人口压力和农民迁移之间的关系.

格兰杰因果分析是一个建立因果联系的有效方法(Russo, 2009), 并且能定量验证变量间的紧密关系. 格兰杰因果分析本身不会创造因果关系, 但是却可以根据统计结果来从定量上支持拟讨论的因果机制(Zhang等, 2011). 而这种通过统计结果证明和支持的因果关系被称为统计因果关系(Pei等, 2014), 尽管统计因果关系反映的一般趋势可能不适用于每一个案例(Bunge, 2009). 此外, 格兰杰因果分析是采用了时间滞后的自回归统计方法, 因此可以根据格兰杰因果分析中不同时间滞后指标的选择, 进行自然灾害对农民迁徙的持续影响的统计学分析和比较. 再次强调, 本文中提到的因果关系都是基于统计学的结果和分析而来.

2.1 自然灾害数据

自然灾难的类型有多种, 但是本文选择了洪涝、干旱和严寒这三个与农业生产的相关度最高的灾难类型, 研究中的自然灾害数据序列如图1a所示. 洪涝和干旱被认为是对中国的农耕社会影响最大(Lee和Zhang, 2010). 严寒代表了不同寻常的气温骤减. 自然灾害数据序列来自高文学编辑的《中国自然灾害史》(1997)一书, 数据序列包括了自210BC~1909AD的1747次自然灾害, 其中包括了823场洪涝, 604场干旱和320场严寒. 本书中的数据已经在对气候变化和中国人口压力的定量研究中有所应用(Lee和Zhang, 2010, 2013).

2.2 移民数据

中国历史上的移民研究, 往往将以生存和发展为目的而离开故土的人口迁徙作为一个广义上的移民进行定义 (Wang, 2006), 本论文则遵循该定义, 而且本文仅研究农民迁徙情况并将其量化. 移民数据序列如图1b所示. 农民移民数据来自《中国移民史》, 该书

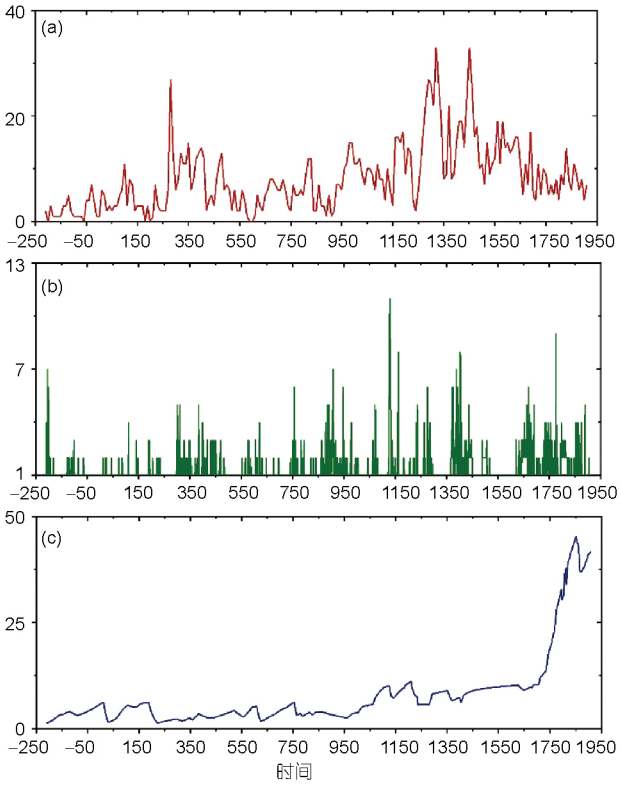

图 1　中国历史自然灾害、人口密度和农业人口迁徙
(a) 中国历史自然灾害序列(次数), 210BC~1910AD; (b) 中国历史农民移民序列(次数), 公元前210年至公元1910年; (c) 中国历史人口密度(人/平方千米)序列, 公元前210年至公元1910年

收集了自公元前2100年至公元1950年间的中国各种农民迁移记录(葛剑雄等, 1997), 该书的研究在世界范围内受到了认可(Campbell等, 2002). 本论文中移民数据序列共有1671条记录, 对于缺失值采用中位数插值法进行数据填补(Chilosi等, 2013).

2.3 人口密度数据

人口密度被认为是体现人口压力最恰当的指标(Tir和Diehl, 1998), 因此本文中将人口密度作为指代古代中国的人口压力的指标. 本文的人口数据来自于赵文林和谢淑君编写的《中国人口史》(1988). 该书中的数据有更高的精度, 也被国际同行评价为最值得信任的人口数据序列(Turchin, 2006), 并在研究中国人口压力的研究中有着很多的引用(Pei等, 2016a, 2016b; Zhang等, 2015).

书中的人口记录中存在大量的缺失数据. 因此, 本文在填补数据序列缺失数值时, 先将已有的数据点

对数化, 再进行线性插值, 最后再指数化还原数据为以年作为精度的时间序列. 因为人口增长遵照指数变化, 所以该缺失值还原方法可以减少插值过程中的人口数据失真程度, 稳定数据点之间的差异 (Durbin等, 2002), 并已应用于其他处理人口数据缺失的研究中 (Galloway, 1986; Zhang等, 2011). 人口密度数据如图1c所示. 需要注意的是, 本文按照目前通行的做法采用现有中国版图(Fan, 2015)作为研究区域, 虽然在本文的研究时段中, 中国疆域发生了多次变化, 但是现有的版图能够覆盖主要的中国历史时期(Zhang等, 2015). 因此在获得了人口数据后, 将其根据现有版图面积转化成人口密度数据.

3 数据分析和结果

相关分析的结果, 体现了自然灾害和农民迁徙(0.058, P<0.01)以及人口压力和农民迁徙(0.081, P<0.01)的关系. 根据一个宽松的统计学的判断标准, 本文统计分析结果的显著水平选取为0.1(90%)(Sanders和Smidt, 2000).

3.1 相关和回归分析

相关分析的结果, 体现了自然灾害(0.058, P<0.01)和农民迁徙(0.081, P<0.01)以及人口压力和农民迁徙的关系. 基于结果, 这三者存在着显著的正向的相关关系, 这意味着当自然灾害增多或者人口压力增大, 都会导致更多的农民迁移, 因此相关分析结果与现有文献研究一致.

正向的相关关系可以证明人口压力的增加会导致更多的农民迁移, 但是反向解释则不成立. 在中国历史上, 农民迁移是一个痛苦的过程(Lee, 1978), 虽然现代社会中, 人口的迁移可以实现人力资源的合理分配, 然而在中国历史上并非如此. 农民迁移意味着失去土地, 而土地是农民基本的生存资源(Chao, 1986), 失去了土地, 则农民将失去生活的希望.

相关分析仅仅能够初步反映双变量之间的线性关系, 因此多元线性回归和多元泊松回归则可以显示多变量之间的线性和非线性关系, 文中采用这两种方法有助于进一步体现出自然灾害和人口压力下, 农民迁徙的情况. 表1中列出了多元线性回归和多元泊松回归的结果, 可以发现和相关分析结果一致, 这进一步证明了当自然灾害增多或者人口压力增大时, 都会导致更多的农民迁移.

表 1 多元回归结果[a)]

	线性回归	泊松回归
常数	1.214***	0.199***
自然灾害	0.007**	0.005*
人口压力	0.008***	0.005***

a) ***显著水平为0.01(双尾检验). **显著水平为0.05(双尾检验). *显著水平为0.1(双尾检验)

3.2 因果关系验证

在格兰杰因果分析之前, 往往要采用Augmented Dickey-Fuller(ADF)来检验时间序列数据的平稳性情况. 如果数据存在单位根等非平稳情况, 则用差分来将时间序列数据平稳化(Thornton, 2001). 此外, 格兰杰因果分析中的滞后指标设置可以采用两种办法. 第一种方法是基于变量之间关系的理论或者实践认识, 例如两个变量之间是即时关系; 第二种方法是因为存在持续关系而采用统计标准(Granger, 1988; Saunders, 1988). 根据滞后指标的选择是基于理论情况还是统计标准, 格兰杰因果分析检验的零假设可以分为两组. 第一组是反映了两个变量之间存在即时关系, 这时格兰杰因果分析检验中的时间滞后指标为1(Zhang等, 2011). 第二组反映了两个变量之间有明显的持续关系, 采用统计标准确定滞后指标, 本论文选择应用最广并被普遍接受的Schwarz's information criteria(SIC)作为时间滞后指标的统计标准(Neath和Cavanaugh, 2012).

现有文献的研究中, 很少有研究能定量地分析自然灾害对于农民迁徙的影响是即时还是持久的, 因此, 自然灾害和农民迁徙的关系则采用两组滞后指标去考察以填补现有的研究空白. 而人口压力对社会经济的影响只有在长期尺度中才能明确地表现出来(Pei等, 2016b). 因此, 人口压力和农民迁徙之间的格兰杰因果关系只采用统计标准, 即SIC标准. 表2和3列出了ADF检验的结果. 表4则是自然灾害和农民迁徙以及人口压力和农民迁徙的格兰杰因果分析结果.

在表4中, 自然灾害和农民迁徙之间的关系经过了即时和SIC标准的格兰杰因果分析检验, 而人口压力和农民迁徙只是采用SIC标准的格兰杰因果分析检验. 而结果显示在0.1的显著水平下, 自然灾害和农民迁徙之间的关系能够通过采用了即时标准的格兰杰

表 2　ADF检验: 自然灾害和移民[a)]

	Probability	
	SIC滞后指标	即时关系
	无差分	无差分
自然灾害	0.000***	0.000***
移民	0.000***	0.000***

a) *** 显著水平为0.01 (双尾检验)

表 3　ADF检验: 人口压力和移民[a)]

	Probability	
	SIC滞后指标	SIC滞后指标
	无差分	一阶差分
人口压力	0.998	0.000***
移民	0.000***	0.000***

a) *** 显著水平为0.01 (双尾检验)

因果分析检验, 而人口压力和农民迁徙能够通过采用SIC标准的格兰杰因果分析检验, 但是自然灾害和农民迁徙之间的关系不能通过采用SIC标准的格兰杰因果分析检验. 如果可以通过格兰杰因果分析检验, 说明变量之间存在着统计学上的紧密关系.

4　讨论

相关分析、多元线性和泊松回归分析、以及格兰杰因果分析共同审视了自然灾害和人口压力下农民迁徙的情况. 根据统计结果, 将从两方面讨论三者之间的关系: (1) 自然灾害对农民迁移的即时影响; (2) 比较自然灾害和人口压力在导致农民迁徙中的影响.

4.1　自然灾害影响的持续情况和农民迁徙的被动之举

表4中, 自然灾害和农民迁徙之间的关系只能在即时标准的情况下通过格兰杰因果分析检验, 这从统计学的角度反映了自然灾害对农民迁移的效果仅持续一段很短的时间, 甚至只是一个瞬间和即时的影响. 现有的研究未曾清晰回答, 特别是以定量的方式证明自然灾害影响的持续时间. 而若采用本论文中的自回归统计学方法, 自然灾害的持续效果能够被精确的反映和验证.

此外, 该统计结果一方面反映了古代中国农耕社会的较低的自然变化适应能力. 统计结果表明, 自然灾害能立即导致农民迁移, 这说明社会很难能够消除自然灾害带来的生存压力. 虽然相较于游牧部落, 农业社会有更高的适应能力(Pei等, 2016a), 但是应对过去的自然灾害能力水平依然很弱. 当自然灾害发生的时候, 人们为了生存不得不迁移到其他地方以躲避灾难.

不过统计结果另一方面也反映出自然灾害的影响持续时间有限, 仅仅是很短期的影响. 尽管社会自然灾害应对机制和能力会在长期气候变化中最终被耗尽而无法缓解气候变化影响(Orlove, 2005), 但是, 从总体上来说, 历史上的中国农耕社会在面对短期自然灾害时候, 还是能够迅速恢复, 减少农民进一步的流离失所, 但是对于一些少数极端气候或气象事件中, 中国农耕社会仍然无法做出有效的适应, 如1670年/1671年的极端天气(张德二和梁有叶, 2017)以及光绪三年北方大旱(满志敏, 2000). 因此, 基于气候波动和迁移的关系, 统计结果反映了中国农耕社会在应对短期自然灾害时虽然水平有限, 但还是有一定的能力, 当灾害发生后农民为了躲避灾害而迁移, 而当灾害及造成的影响在社会适应和缓冲机制作用之下消失后, 农民停止了迁移.

通过统计结果, 农民对于移民的被动之举也能从中有所反映, 特别是基于即时关系和SIC滞后指标的格兰杰因果关系分析中能够有所反映. 首先, 自然灾害的影响只能持续非常短的时间, 其次, 格兰杰因果

表 4　格兰杰因果分析[a)]

原假设	F值	P值	滞后因子
自然灾害不是移民的Granger原因	2.841	0.092*	即时关系
自然灾害不是移民的Granger原因	1.437	0.230	SIC滞后指标=3
人口压力不是移民的Granger原因#	1.564	0.088*	SIC滞后指标=13

a) *显著水平为0.1(双尾检验). #代表一阶差分

关系分析的低显著水平也意味着自然灾害和农民迁徙之间相对松弛的关联. 若采用严格的显著标准, 例如显著水平为0.05, 自然灾害和农民迁徙之间的关系将在格兰杰因果关系分析中不显著.

在自然灾害发生之后, 农民可能不得不迁移去一个新的安全的地方居住. 但是经过几年之后, 人们则更偏重于留在故地. 在格兰杰因果关系分析中, 即使采用SIC标准, 滞后指标只为3, 这意味着在自然灾害发生三年后, 从统计学的角度, 自然灾害的影响减轻而不再导致农民迁徙.

4.2 自然灾害和人口压力导致农民迁徙的比较分析

表1和4从统计学上证明了自然灾害和农民迁徙、人口压力和农民迁徙之间的关系. 然而, 如表1所示, 根据参数的显著水平, 人口压力对农民迁徙的影响比自然灾害更重要. 在多元线性回归中, 人口压力的显著水平为P=0.01, 而自然灾害的显著水平为P=0.05. 在多元泊松回归中, 人口压力的显著水平为P=0.01, 而自然灾害的显著水平仅为P=0.1. 在格兰杰因果分析中, 自然灾害和人口压力的显著水平同为0.1.

人口压力和自然条件共同决定了土地承载力(Cohen, 1995). 在气候系统中, 自然灾害只是一个短期的现象. 从本论文中可以看出, 土地承载力特别是人口压力是紧密地影响农民迁徙的主要因素, 而在长期尺度下该关系将更为明显. 但是在短期尺度下, 农民迁徙是为了逃避自然灾害而选择的生存手段, 不过在长期尺度下, 自然灾害将对农民迁徙的影响有限. 根据上述统计结果, 在长期尺度下, 逐渐增长的人口压力会改变土地承载力, 从而推动了农民迁徙. 因此, 在长期的时间尺度上, 对导致中国历史上的农民迁移的影响中, 人口压力比自然灾害更重要. 在历史上, 人口压力被认为导致了一系列的社会危机, 诸如战争、饥荒和瘟疫(Fei和Liu, 1982; Leong, 1997). 所以, 以后的农民迁移研究中, 社会因素例如人口压力等因素应当重点并且定量地关注.

5 结论

本论文第一次定量地揭示出自然灾害对农民迁移的影响的持续时间是短期的并且几乎是即时的. 然而, 人口压力在长时间尺度上能进一步导致农民迁移. 基于统计结果, 本论文的定量分析也反映了历史上中国农民在面对自然灾害时的被动迁徙. 但是, 土地承载力的改变将最终对农民迁移有着根本的影响. 虽然本论文采用了自然灾害和人口压力, 在一定程度上能够表现了土地承载力. 但是未来研究中, 应当包含更多社会因素和自然因素去探究中国历史上的农民迁移的原因和机制. 而且, 本论文是建立在定量的长时间和大空间尺度上, 与现有其他尺度上的研究和分析得出的发现可能会有所不同. 但是本论文并不否定这些既有的研究, 因为本论文是在另一个尺度上定量分析, 以对现有的自然灾害和农民迁徙的发现进行补充, 特别是在今后的研究中, 应当分时段或者分区域研究农民迁徙和自然灾害、人口压力之间的关系.

现代社会正经历着几千年来未曾有的气候变化情况, 因此对于历史实证的研究则有着很强的借鉴意义, 能够提供必要的历史经验(Lemos和Rood, 2010). 通常在可持续发展的政策制定中, 我们人类社会已经发生的历史往往被忽视, 政策研究不应仅仅关注先进的建模技术或情景分析(Gobster和Hull, 2000). 根据本文研究发现, 自然灾害只能在短时间内能够推动农民迁移, 所以若发生自然灾害, 社会需在短时间内处理激增的人口迁移. 因此, 为应对这些潜在极端事件的威胁, 社会应当加强缓冲能力. 当今许多地区或者国家的发展水平仍相似于历史上中国社会的较有限的气候适应机制和能力, 因此, 本论文发现对世界上这些地区和国家也可能有些许启示.

参考文献

方修琦, 苏筠, 尹君, 滕静超. 2015. 冷暖-丰歉-饥荒-农民起义: 基于粮食安全的历史气候变化影响在中国社会系统中的传递. 中国科学: 地球科学, 45: 831–842

方修琦, 叶瑜, 曾早早. 2006. 极端气候事件-移民开垦-政策管理的互动——1661~1680年东北移民开垦对华北水旱灾的异地响应. 中国科学: 地球科学, 36: 680–688

高文学. 1997. 中国自然灾害史. 北京: 地震出版社

葛剑雄, 吴松弟, 曹树基. 1997. 中国移民史. 福州: 福建人民出版社

葛全胜, 郑景云, 郝志新, 刘浩龙. 2012. 过去2000年中国气候变化的若干重要特征. 中国科学: 地球科学, 42: 934–942

蒋庆丰, 季峻峰, 沈吉, Matsumoto RYO, 童国榜, 钱鹏, 任雪梅, 闫德智. 2013. 赛里木湖孢粉记录的亚洲内陆西风区全新世植被与气候变化. 中国科学:地球科学, 43: 243–255

满志敏. 2000. 光绪三年北方大旱的气候背景. 复旦学报, (6): 28–35
苏筠, 方修琦, 尹君. 2014. 气候变化对中国西汉至五代(206BC~960AD)粮食丰歉的影响. 中国科学: 地球科学, 44: 146–155
张德二, 梁有叶. 2017. 历史寒冬极端气候事件的复原研究——1670/1671年冬季严寒事件. 气候变化研究进展, 13: 25–30
赵文林, 谢淑君. 1988. 中国人口史. 北京: 人民出版社
Barro R J. 1997. Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study. Cambridge: MIT Press
Brouhns N, Denuit M, Vermunt J K. 2002. A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetables. Insur Math Econ, 31: 373–393
Bunge M. 2009. Causality and Modern Science. 4th ed. New Brunswick: Transaction Publishers
Butlin R A. 1993. Historical Geography: Through the Gates of Space and Time. London: Edward Arnold
Cameron A C, Trivedi P K. 1998. Regression Analysis of Count Data. Cambridge: Cambridge University Press
Campbell C, Lee J Z, Elliott M. 2002. Identity construction and reconstruction: Naming and Manchu Ethnicity in Northeast China, 1749–1909. Hist Method-A J Quant Interdiscipl Hist, 35: 101–115
Chao K. 1986. Man and Land in Chinese History: An Economic Analysis. Stanford: Stanford University Press
Chilosi D, Murphy T E, Studer R, Tunçer A C. 2013. Europe's many integrations: Geography and grain markets, 1620–1913. Explor Econ Hist, 50: 46–68
Cohen J E. 1995. Population growth and earth's human carrying capacity. Science, 269: 341–346
Diamond J. 1998. Guns, Germs, and Steel: A Short History of Everybody for the Last 13000 Years. London: Vintage
Drabo A, Mbaye L M. 2015. Natural disasters, migration and education: An empirical analysis in developing countries. Envir Dev Econ, 20: 767–796
Durbin B P, Hardin J S, Hawkins D M, Rocke D M. 2002. A variance-stabilizing transformation for gene-expression microarray data. Bioinformatics, 18: S105–S110
Fan K W. 2015. Climate change and Chinese history: A review of trends, topics, and methods. WIREs Clim Change, 6: 225–238
Fang J, Shi S. 1990. The impact of climatic change on the abandonment of some historical agro-cities in arid northwestern China. J Nanjing Univ-Geography, 11: 67–75
Fei J C H, Liu T J. 1982. The growth and decline of Chinese family clans. J Interdiscipl Hist, 12: 375–408
Galloway P R. 1986. Long-term fluctuations in climate and population in the preindustrial era. Popul Dev Rev, 12: 1–24
German-reinsurer-Munich-RE. 2015. Natural Loss Events Worldwide, https://www.munichre.com/site/corporate/get/params_E-1254966961_Dattachment/1130647/Munich-Re-Overview-Natural-catastrophes-2015.pdf
Gibson C C, Ostrom E, Ahn T K. 2000. The concept of scale and the human dimensions of global change: A survey. Ecol Econ, 32: 217–239
Gobster P H, Hull R B. 2000. Restoring Nature: Perspectives from the Social Sciences and Humanities. Washington: Island Press
Graham S, Milligan I, Weingart S. 2016. Exploring Big Historical Data: The Historian's Macroscope. London: Imperial College Press
Granger C W J. 1988. Some recent development in a concept of causality. J Econom, 39: 199–211
Hall M. 2010. Restoration and History: The Search for a Usable Environmental Past. Studies in Modern History. New York: Routledge
IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. In: Field C, Barros V, Mach K, Mastrandrea M, eds. IPCC Working Group II Contribution to AR5, Stanford
Keay J. 2008. China: A History. London: Harper Press
Lattimore O. 1988. Inner Asian Frontiers of China. Hong Kong: Oxford University Press
Lee H F, Fei J, Chan C Y S, Pei Q, Jia X, Yue R P H. 2017. Climate change and epidemics in Chinese history: A multi-scalar analysis. Social Sci Med, 174: 53–63
Lee H, Zhang D. 2010. Changes in climate and secular population cycles in China, 1000 CE to 1911. Clim Res, 42: 235–246
Lee H F, Zhang D D. 2013. A tale of two population crises in recent Chinese history. Clim Change, 116: 285–308
Lee J. 1978. Migration and expansion in Chinese history. In: McNeill W H, Adams R S, eds. Human Migration: Patterns and Policies. Bloomington: Indiana University Press. 20–47
Lemos M C, Rood R B. 2010. Climate projections and their impact on policy and practice. WIREs Clim Chg, 1: 670–682
Leong S T. 1997. Migration and Ethnicity in Chinese History: Hakkas, Pengmin, and their Neighbors. Stanford: Stanford University Press
Lindly J M, Clark G A, Bar-Yosef O, Lieberman D, Shea J, Dibble H L, Chase P G, Gamble C, Gargett R H, Jacobs K, Mellars P, Pike-Tay A, Smirnov Y, Straus L G, Stringer C B, Trinkaus E, White R. 1990. Symbolism and modern human origins (and comments and reply). Curr Anthropol, 31: 233–261
Long C, Min Y J, Zhao X X, Yany C L, Sun H, Lü H Y, Tang L Y, Zhou Z Z. 2014. Origin area and migration route: Chloroplast DNA diversity in the arctic-alpine plant Koenigia islandica. Sci China Earth Sci, 57: 1760–1770
Lutgens F K, Tarbuck E J. 2013. The Atmosphere: An Introduction to Meteorology. 12th ed. Boston: Pearson
Macdonald K I. 1998. Push and shove: Spatial history and the construction of a portering economy in northern Pakistan. Comp Stud Soc

Hist, 40: 287–317
McLeman R, Smit B. 2006. Migration as an adaptation to climate change. Clim Change, 76: 31–53
Mortreux C, Barnett J. 2009. Climate change, migration and adaptation in Funafuti, Tuvalu. Glob Environ Change, 19: 105–112
Neath A A, Cavanaugh J E. 2012. The Bayesian information criterion: Background, derivation, and applications. WIREs Comp Stat, 4: 199–203
Orlove B. 2005. Human adaptation to climate change: A review of three historical cases and some general perspectives. Environ Sci Policy, 8: 589–600
Parker G. 2013. Global Crisis: War, Climate Change and Catastrophe in the Seventeenth Century. New Haven: Yale University Press
Pei Q, Zhang D D, Lee H F. 2016a. Contextualizing human migration in different agro-ecological zones in ancient China. Quat Int, 426: 65–74
Pei Q, Zhang D D, Lee H F, Li G. 2014. Climate change and macro-economic cycles in pre-industrial Europe. Plos One, 9: e88155
Pei Q, Zhang D D, Li G, Forêt P, Lee H F. 2016b. Temperature and precipitation effects on agrarian economy in late imperial China. Environ Res Lett, 11: 064008–64016
Pei Q, Zhang D, Li G, Lee H. 2013. Short- and long-term impacts of climate variations on the agrarian economy in pre-industrial Europe. Clim Res, 56: 169–180
Petersen W. 1975. Population. 3rd ed. New York: Macmillan
Piguet E. 2013. From “primitive migration” to “climate refugees”: The curious fate of the natural environment in migration studies. Ann Association Am Geographers, 103: 148–162
Reeves H, Jouzel J. 2010. Climate Refugees. Cambridge: MIT Press
Rosenberg A. 2008. Philosophy of Social Science. 3rd ed. Boulder: Westview Press
Russo F. 2009. Causality and Causal Modelling in the Social Sciences: Measuring Variations. Dordrecht: Springer
Sanders D H, Smidt R K. 2000. Statistics: A First Course. 6th ed. Boston: McGraw-Hill
Saunders P J. 1988. Causality of U.S. agricultural prices and the money supply: Further empirical evidence. Am J Agric Econ, 70: 588–596
Schmidhuber J, Tubiello F N. 2007. Global food security under climate change. Proc Natl Acad Sci USA, 104: 19703–19708
Shinjilt. 2010. Introdcution. In: Nakawo M, Konagaya Y, Shinjilt, eds. Ecological Migration: Environmental Policy in China. Bern: Peter Lang. 11–39
Staubwasser M, Sirocko F, Grootes P M, Segl M. 2003. Climate change at the 4.2 ka BP termination of the Indus valley civilization and Holocene south Asian monsoon variability. Geophys Res Lett, 30: 1425
Stenseth N C, Mysterud A. 2005. Weather packages: Finding the right scale and composition of climate in ecology. J Anim Ecol, 74: 1195–1198
Thornton J. 2001. Population growth and economic growth: Long-run evidence from Latin America. Southern Econ J, 68: 464–468
Tir J, Diehl P F. 1998. Demographic pressure and interstate conflict: Linking population growth and density to militarized disputes and wars, 1930–89. J Peace Res, 35: 319–339
Turchin P. 2006. War and Peace and War: The Life Cycles of Imperial Nations. Pi Press
Wang G. 2006. Patterns of Chinese migration in historical perspective. In: Liu H, ed. The Chinese Overseas. London, New York: Routledge. 33–49
Zhang D D, Lee H F, Wang C, Li B, Pei Q, Zhang J, An Y. 2011. The causality analysis of climate change and large-scale human crisis. Proc Natl Acad Sci USA, 108: 17296–17301
Zhang D D, Pei Q, Lee H F, Zhang J, Chang C Q, Li B, Li J, Zhang X. 2015. The pulse of imperial China: A quantitative analysis of long-term geopolitical and climatic cycles. Glob Ecol Biogeogr, 24: 87–96