

京都大学	博士 (総合学術)	氏名	李 文龍 (Li, Wenlong)
論文題目	Transportation Accessibility of Ancient China and its Socioeconomic Impact (古代中国の交通アクセシビリティとその社会経済的影響)		
(論文内容の要旨)			
<p>The impact of transportation system development on the human society is widely recognized. Yet the limitation of qualitative assessments highlights the critical need for a quantitative approach for deeper understanding on the history and for the prediction on future changes. However, the challenge for such a quantitative approach is often exacerbated by the notable shortage of data and appropriate methodology. This is particular challenging for a long-term historical study. To address this issue, this study aims to refine the data availability and methodologies employed in the analysis for long-term historical transportation system and its social impacts, with a particular focus on ancient China.</p> <p>The thesis has three main contributions: a comprehensive and open-access database combining massive historical transportation and social data of ancient China from Han Dynasty to Ming Dynasty, robust mathematical models and methods for analyzing the transportation accessibility and other social indicators with the aforementioned database, and a comprehensive quantitative analysis on the impact of transportation systems on the society including population dynamics, imperial examination, exile destination, and more.</p> <p>First, data processing serves as the foundational stage of the study, aimed at compiling and analyzing historical transportation records to map the evolution of diverse transport networks consisting of roads, rivers, and canals, throughout successive Chinese dynasties. By digitizing the data with a Geographic Information System (GIS), it is possible to calculate the transportation accessibility in the ancient age. Moreover, this study also includes a broad spectrum of historical data to study the socioeconomic repercussions of transportation infrastructure, including demographic data, social links, wars, imperial examination, exile destination of government officials, pandemic, and more. This comprehensive and open-access database shall serve as a critical and standard resource for future historical inquiries. Chapter 7 describes the database and demonstrates how to use it to analyze social activities.</p> <p>Transportation accessibility modeling forms the cornerstone of the research. Based on the extensive historical demographic data and travel time metrics estimated with a standard mathematical model, this study yields a nuanced understanding on transportation accessibility across different historical periods. It sheds light on the transition of economic centers from north to south in ancient China and positions transportation as a catalyst for economic redistribution and development. Transportation accessibility is also utilized for the evaluation of the most important transportation infrastructure in ancient China, i.e., the Grand Canal. The methodology developed by this analysis may offer a valuable framework for evaluating the impact of other historical infrastructures. Chapters 3 and 5 thus contribute to the calculation of transportation accessibility in different periods of time.</p> <p>A notable finding of this study is on how transportation-induced demographic shifts are indicative of a society's developmental trajectory, particularly in response to wars and natural disasters that have been primary drivers of immigration in history. Chapter 4 illustrates that the role of transportation accessibility as a catalyst may be not just a facilitator but also an accelerator for immigration.</p> <p>Chapter 6 explores the impact of transportation on the formation of social links, by developing a Modified Gravity Model (MGM) to explain the phenomenon. Notably, it was discovered that the parameter indicating travel time deterrence in the MGM varied minimally across various dynasties in ancient times, essentially remaining close to a constant value. This finding aligns with a previous study on ancient Switzerland, suggesting that the travel time deterrence parameter may be consistent for most ancient ages. The stability of this parameter not only validates the accessibility model applied but also lays a methodological</p>			

groundwork for determining the transportation deterrence parameter using data on historically recorded social networks. To address the limitations of the MGM, machine learning techniques are applied, which may uncover overlooked mechanisms of social link formation, such as the self-reinforcement effect. This approach offers a more nuanced understanding of the forces that shape social networks. Additionally, an alternative accessibility-based model has been developed to shed light on the impact of non-transportation factors on long-distance travel behaviors. The model introduces a generalized social deterrence parameter, providing a novel perspective for historical analysis and highlighting the significant influence of factors beyond travel time on social dynamics.

Transitioning from a historical analysis to the context of contemporary China, Chapter 8 explores the trajectory of urban development throughout Chinese history, with a particular focus on the transformative impact of transportation advancements. This includes the construction of the Grand Canal and the introduction of the railway system. The subsequent analysis highlights the significant role of transportation and connectivity in shaping the spatial governance of modern China. The contemporary relevance of this study was showcased through discussions with international experts and government officials at a knowledge-sharing forum organized by UN-Habitat.

Chapter 9 concludes the thesis. And the appendix includes technical description of some models used by this study, programs developed, and a report on the overseas internship at UNESCO and the Project Based Research (PBR), which underscores potential future applications of this study for modern society and beyond.

In summary, this thesis studied transportation accessibility and presents a thorough investigation on the impact between transportation networks and social dynamics in ancient China. Utilizing an interdisciplinary methodology that integrates transportation engineering, historical analysis, network science, and machine learning, it unraveled the enduring historical socioeconomic effects of transportation infrastructure and provides discussions on future studies.

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、古代（漢、隋唐、宋、明）中国の交通アクセシビリティを定量的に評価し、それを用いて交通システムの変遷が当時の社会に与えた影響を様々な面から定量的に研究しているものである。さらに、武者修行やPBR（Project-Based Research）などの実践活動を通して、交通システムが現代と未来社会への影響や示唆を考察している。

交通システムが人類社会に大きな影響を与えていることは容易に理解できる。ダイヤモンドは、この13,000年の間に、交通インフラが人類社会の変化において決定的な役割を果たした要因の一つと力説している（「銃・病原菌・鉄」、1997年英文原著）。しかし定性的な分析や学説だけでは、影響や役割を定量的に評価できず、説得力が弱いとされる。もちろん、新しい交通システムを導入した場合の社会効果の推定などにも使えない。そのため、高い精度で定量的に交通システムの利便性とその社会効果を分析できる方法論の開発が望まれる。

そのような方法論の開発にあたっては、(1) データの収集、(2) 数理モデルと解析手法の開発、(3) 歴史、政策、経済、社会状況などへの理解と分析といった分野横断的なアプローチが必要となる。これは、特に古代においては極めて困難なことである。残されている史料が少ないからである。実際、信憑性の高い資料の収集と整理だけで一生かかった研究者も少なくない。さらに、入手できる史料でも、手書きや活字の書籍といったアナログ的な資料に収録されていることが多く、そのまま数理的に分析できないという大きな壁がある。

このような背景で、膨大な権威あるアナログ史料を集めてデジタル化し、複数の既存デジタルデータと統合させ、標準的なツール（ArcGIS等）で容易に扱える大規模なデジタルデータセットを構築して無料でインターネットに公開したことは、本論文の一番大きい学術的貢献と考えられる。これより、広範囲で詳細に当時のことを定量的に研究できるようになる。

また、数理モデルと解析手法の開発に関しては、本論文は、交通アクセシビリティの計算こそ確立された先行研究を踏襲しているが、交通システムの変遷が社会に与える影響を調べるために様々独自のモデルと手法を開発しており、妥当な結果を得ている。これは、本論文の二つ目の学術的貢献と考えられる。特に、交通システムが社会的ネットワーク関係の形成に与えた影響を調べた研究では、交通の時間コストの重要度（べき乗数）に関して古代イスを対象に行われた先行研究（Führer, 2019）で得られた結果に一致した考察が興味深い。

さらに、上記の工学的なアプローチにとどまらず、様々な面から交通システムが社会に与える影響を幅広く考察したことが本論文の特色とも言えよう。その考察は、平時の人口変化から戦時の人口変化、社会的ネットワーク関係、官僚の選考、追放、文学作品、感染症まで多岐にわたっており、貪欲に交通アクセシビリティで歴史を説明しようとした。これらの（定量的）考察より交通システムが人類社会に大きな影響を与えたことが一層明確にされた。これらの考察は、本論文三つ目の学術的貢献と考えられる。

付録に収録されたプログラム・計算結果や武者修行・PBRなどの活動報告も価値あるものと考えられる。前者は、多岐にわたっている研究成果の再現に重要で、今後の研究の参考にもなる。後者は、UNESCOやUN-habitatなどの国際機関での活動を通して交通システムが人類社会に与える影響を定性的に把握し都市計画などへの考察につながったことを報告した重要な記録である。

他方、本論文の問題点は、解析の手法や社会側面の広さを意識しすぎて、必ずしも分かりやすいとは言えないところもあれば、研究結果に対する考察も不十分になっていることがある。例えば、上で述べた先行研究 Führer 2019 と一致した結果は、偶然なのか必然なのか、考察がなされていない。しかし、これらは本論文の価値をいささかも損なうものではなく、

さらなる研究発展のための課題とされるべきである。

よって、本論文は博士（総合学術）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和6年1月4日、論文内容とそれに関連した事項について試問した結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： _____ 年 _____ 月 _____ 日以降