

	ながた しょうへい
氏 名	永田 彰平
授 与 学 位	博士 (環境科学)
学 位 記 番 号	環博第 163 号
学 位 授 与 年 月 日	令和 4 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学位規則第 4 条第 1 項
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院環境科学研究科 (博士課程) 先端環境創成学専攻
学 位 論 文 題 目	Leveraging urban informatics on human mobility for enhancing geographies of health (健康地理学研究の発展のための人のモビリティに関する都市情報学の応用)
指 導 教 員	東北大学教授 中谷 友樹
論 文 審 査 委 員	主査 東北大学教授 中谷 友樹、東北大学准教授 埴淵 知哉 東北大学准教授 磯田 弦、東北大学教授 佐野 大輔 (理学研究科)

論 文 内 容 要 旨

Human mobility is an important theme while planning public health measures. In the case of infectious disease control, the scale of the outbreak can be mitigated by appropriately reducing the movement of people, while in chronic disease prevention, increased active mobilities of daily life such as walking and cycling can be effective in preventing obesity and non-communicable diseases. Therefore, suitable human mobility to prevent diseases, and promote people's health and well-being, should be considered an important area of public health.

Studies regarding the geographies of health, which analyze the causality between disease and geographical factors, have provided a wealth of research on the relationship among health, human mobility, and environmental factors. It has been pointed out by deductive mathematical modeling studies that local travel in daily life plays an important role in the spread of infectious diseases leading to epidemics. In addition, audit survey studies have found that perceptual environmental factors of pedestrians are related to the amount of walking. However, there have been spatial and temporal limitations, due to the maintenance area and update frequency of data used in previous studies, such as static GIS data, statistical survey-based data, and questionnaire survey-based data. Therefore, it has been difficult to observe local

human mobility and micro-scale environmental elements that impact health based on actual data. In addition, most quantitative studies in this field have been limited to macro and static perspectives. The development of “urban informatics,” which is a novel interdisciplinary field that attempts to undertake a quantitative analysis of complex urban phenomena by using scientific tools such as big data, machine learning, and statistical methods, can be expected to promote the accurate observation of such local mobility and micro-environmental factors. However, technical challenges have prevented the widespread use of big data in geographies of health. The present thesis aimed to contribute to the development of geographies of health by providing the methods that enable the dynamic micro-observation of human mobility and its related contexts using urban informatics approaches.

First, to implement the quantitative observation of micro-scale environment factors related to human mobility, this thesis took a novel approach toward automatic neighborhood assessment by using the streetscape imagery platform. Although the pedestrian-friendly qualities of streetscapes promote walking, it is difficult to quantitatively evaluate them in a wide area, owing to the limitations of conventional field investigation and questionnaire surveys. This study attempted to build a statistical model for streetscape walkability (SW) evaluation based on quantified streetscape elements, by using Google Street View imagery with a semantic segmentation method. It was found that the predicted SW was related to active leisure walking by older females. This approach will contribute toward implementing a unified evaluation of the leisure-walking-friendly streetscape in a wide area.

Second, as a practice of a dynamic mobility observation, this thesis analyzed the changes in mobility during the COVID-19 pandemic in Japan. The effect of human mobility on the mitigation of the infection has been well documented; however, few studies have investigated the “place” where the relationship can be remarkably confirmed. By using mobile phone network data, this study examined the relationship between the changes in mobility in

working, nightlife, and residential places and the number of infected people in the metropolitan areas of Japan (Tokyo, Osaka, and Nagoya). The results indicated that the mobility in nightlife places was especially related to the COVID-19 outbreak. The present approach will help observe the mobility associated with a high risk of infection and implement infection control at appropriate places in the future.

Third, this thesis attempted to examine the geographic and social contexts of the changes in mobility by combining mobile device-based data with social surveys. It has been pointed out in several studies that the amount of physical activity has declined throughout the world owing to the COVID-19 pandemic; however, the individual background of decreased physical inactivity during the pandemic in Japan has not been clearly understood. Based on online surveys and healthcare app data installed on smartphones, this study explored the relationships among physical inactivity—specifically decreased walking and increased sedentary behaviors—during the pandemic, individual geographic and socioeconomic background, changes in work situation, and the perception of anxiety related to infection. The results indicated decreased walking behavior in younger individuals and those living in high-density neighborhoods. In addition, increased sedentary behavior was recorded in the female population. Furthermore, while individuals with higher socioeconomic status (SES) were more likely to become inactive owing to work-from-home/standby-at-home protocols, individuals with lower SES tended to become inactive owing to the decreased amount of work. Decreased walking behavior and increased sedentary behavior were associated with a perception of high levels of anxiety related to the pandemic. The present approach can support the understanding of individual and geographical contexts behind changes in human mobility during emergencies and the implementation of optimal public health measures.

Although further research is needed to achieve more detailed mobility and environmental observations, the approaches proposed by the present thesis by applying urban

informatics can enable the dynamical analysis of the relationship among health, human mobility, and environment and social contexts with multiple spatio-temporal scales. Furthermore, the approaches have the potential to contribute to the development of smart public health systems in the future by incorporated into a systematic health impact assessment. However, there are technical, data-related, and ethical challenges that need further discussion. To develop urban informatics approaches in the area of geographies of health, it would be necessary to establish an interdisciplinary research system and to validate big data using existing public statistical data or survey data. In addition, it is pertinent to further explore the social and geographical contexts behind the phenomenon for avoiding overgeneralization or over-abstraction of space. Lastly, an appropriate balance needs to be achieved between privacy protection versus the wider availability of data.

論文審査結果の要旨及びその担当者

論文提出者氏名	永田 彰平
論文題目	Leveraging urban informatics on human mobility for enhancing geographies of health (健康地理学研究の発展のための人のモビリティに関する都市情報学の応用)
論文審査担当者	主査 教授 <u>中谷 友樹</u> 准教授 <u>埴淵 知哉</u> 准教授 <u>磯田 弦</u> 教授 <u>佐野 大輔</u> (理学研究科)
論文審査結果の要旨	
<p>人々の移動は、感染症流行の要因となる一方で、歩行など日常生活でのアクティブな移動が慢性疾患の予防に寄与するなど、人の健康に深く関与している。そのため健康地理学の分野では、健康とモビリティの実態およびモビリティに関連する環境について継続的な研究がなされてきた。この人のモビリティに関しては、人流データと称される地理的なビッグデータやこれを分析する機械学習の技術を活用して、都市の諸現象をこれまでにない精緻さで理解しようとする都市情報学 (Urban informatics) と呼ばれる分野が登場した。本論文は、この都市情報学的アプローチが人のモビリティに関心を払う健康地理学の諸テーマにおいて、どのような新しい知見をもたらしうるのかを、3つの具体的な研究事例を通して明らかにした研究であり、以下の5章からなる。</p> <p>第1章は序論であり、先行する研究とその背景とともに、本研究の目的を示した。地理学史および健康地理学の系譜をたどると、人の移動と健康の相互作用に関する知見が豊富に蓄積されてきたものの、人の知覚と関連する微細な環境やモビリティの広範囲かつ動的な観察には様々な技術的課題が残されていること、一方の都市情報学では、モビリティが主要なテーマの一つであるものの、健康と環境・社会的文脈との関係を明らかにする研究が不足している現状を指摘し、それらの融合をはかる研究の意義を提示した。</p> <p>第2章では、人のモビリティに関連する微細な空間スケールの環境に関する、大規模な定量的理解を試みた研究事例を示した。この研究では、景観画像 (Google Street View) と機械学習を利用したウォークブルな景観評価の自動化を達成し、それによって評価された近隣の歩行に関係した魅力度が高いほど、高齢女性の余暇歩行が増加する有意な関連を報告している。</p> <p>第3章では、詳細な人流データと COVID-19 の感染拡大の関連性を問う研究事例を示した。これまでも多くの研究によって、モビリティと COVID-19 流行の関連が議論されてきたが、どういった“場所”でのモビリティ変化が感染推移と特に関連するのかについての議論が乏しかった。この研究では時間帯別の人流パターンから、職場、夜の街、居住地といった地区の区分を行った上で、各地区のモビリティ変化に着目し、夜の街の滞留人口の変化が、大都市圏全体の感染拡大の変化と最も明確に連動していることを明らかにした。</p> <p>第4章は COVID-19 流行下でのモビリティ変化の地理的・社会的背景を、社会調査と組み合わせで検討したものである。感染対策としてのモビリティ削減は感染拡大の抑制に効果がある一方で、身体活動の低下を引き起こす。また、それに伴うメンタルヘルスの悪化や慢性疾患リスクの増加も懸念されている。ここではスマートフォンアプリケーションとインターネット調査を組み合わせることで、日本における COVID-19 流行の第一波下の歩行の減少や座位行動の増加が、個人の属性、仕事の変化、不安感の認識とどのように関係していたかを統計的に解析した。その結果、高い社会経済的地位の者では予防的行動 (在宅ワークなど) で、低い社会経済的地位の者では経済的悪化・仕事の減少によって身体活動の低下を経験したことなど、個人属性によって身体活動低下の背景が異なることを示した。</p> <p>第5章は全体的な考察と結論である。3つの事例で示したように、近年になって利用可能となった人のモビリティに関連する微細で大規模なデータによるモビリティの観察を実現したことで、データに依存する時空間的な分析の制約を大きく軽減させること、またそのさらなる発展の可能性を論じた。同時に、技術的・方法的・倫理的な課題を整理し、地理的ビッグデータの解析とともに、社会調査や質的な研究と連携する研究が、引き続き重要であることを論じた。</p> <p>以上の通り、本論文は都市情報学的アプローチを採用することで、人の健康と関連した人のモビリティあるいはそれを促す環境を分析する新しい可能性を提示した研究であり、環境と健康の関連性に関する有用な知見を示している。よって、本論文は博士 (環境科学) の学位論文として合格と認める。</p>	