

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 4月 5日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23760490

研究課題名（和文） 複雑ネットワークモデルを用いた世界都市圏別人口の長期推計手法に関する研究

研究課題名（英文） Study on long term estimation of population in metropolises using complex network model

研究代表者

紀伊 雅敦 (KII MASANOBU)

香川大学 工学部・准教授

研究者番号：20426266

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、長期的都市戦略の検討において最も基本的な情報である世界の各都市圏の人口推計方法を構築することが目標である。既往研究では、その理論的、経験的妥当性が十分検証されていないが、本研究は **Random Growth Network** モデルを活用し、都市規模の経験分布を保証する理論モデルを開発し、それを用いた将来人口推計を行う点に特徴がある。この目的を達成するため、1) 都市人口データ、地理情報データの更新、整備、2) 都市圏の空間的成長機構の解明・モデル化、3) 地理情報データに基づく適合性指標の構築、4) 世界都市圏別人口推計モデルの再現性の検証、5) **SRES** シナリオに基づく **2100** 年までの都市圏別人口の推計を行った。その結果、都市規模分布の経験則を満たす都市圏人口が推計された。想定した **SRES** シナリオの下では、今後、途上国を中心に人口巨大都市が数多く出現することが見込まれるが、それはシナリオによって大きく異なることが示された。人口1千万人以上のメガシティの数は、総人口が120億人を超える **A2** シナリオでは今世紀末には134都市となるのに対して、今世紀半ばに人口がピークアウトする **B1** シナリオでは、メガシティの数は **A2** シナリオの半分程度にとどまる。ただし、いずれのシナリオにおいても、南アジアやアフリカといった途上国で巨大都市が数多く出現するとの結果を得ており、今後、こうした地域での都市整備の重要性が高まることが示唆された。

## 研究成果の概要（英文）：

This study aims to establish a method to estimate population of each city, which is the most basic data for strategic urban and transport planning. Past studies are not enough verified with regard to empirical adequacy of estimated city size distributions. This study provides a new method to estimate the city population based on random growth network theory, whose estimates satisfies the empirical distribution of city size theoretically. Based on the proposed method, future populations of each major city over the world are estimated towards the end of 21<sup>st</sup> century. To achieve this study target, we have 1) updated global data of urban population and geographic information, 2) modeled the mechanism of spatial growth of urban system, 3) developed a new fitness index for city existence, 4) verified the accuracy of population estimation of each city, and 5) estimated the population of each metropolis by 2100 based on **SRES** scenario. As a result, we found that all the estimates satisfy the empirical distribution of city size, but the future trajectories are different by the scenarios. Under **A2** scenario, in which the world population in 2100 exceeds 12 billion, the number of megacities which have more than 10 million people is estimated to be 134 in the end of this century. On the other hand, **B1** scenario, in which the population is set to peak out around the mid of this century, is estimated to have only half of megacities under the **A2** scenario. However, every scenario estimates that many megacities will appear in developing countries, especially in south Asia and Africa in this century. This result implies that huge investment on urban infrastructure will be needed in these regions.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：①国土計画、②都市人口、③Zipf則、④複雑ネットワーク

### 1. 研究開始当初の背景

都市のコンパクト化や公共交通指向型開発など、根本的な低炭素都市の構築方策が効果を発現するには長いリードタイムを要するため、将来の社会構造変化を見据えた戦略的な取り組みが必要である。特に、発展途上国では都市人口が増大を続ける一方、低炭素都市を支えるための交通インフラや都市管理制度が不十分であり、これら施設・制度を想定される都市化の進展に先んじて戦略的に整備することが求められている。

### 2. 研究の目的

このような長期的都市戦略研究の中で、本研究では最も基本的な情報である世界の各都市圏の人口推計方法を構築することが目標である。ただし、これまでの世界の全都市を対象とした人口推計方法では、理論的、経験的妥当性が十分検証されていない。本研究は世界都市圏別人口の長期推計手法の理論的、経験的な妥当性を向上することが目的である。

### 3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するため1) 都市人口データ、地理情報データの更新、整備、2) 都市圏の空間的成長機構の解明・モデル化、3) 地理情報データに基づく適合性指標の構築、4) 世界都市圏別人口推計モデルの再現性の検証、5) SRES シナリオに基づく2100年までの都市圏別人口の推計、を行った。

### 4. 研究成果

まず、都市人口の経験分布であるパレート分布を導く理論モデルを開発した。特に、従来の都市圏の空間的成長機構モデルでは、では十分に説明できなかった、パレート係数が1を下回る都市規模分布の生成メカニズムをモデル化し、仮想的なデータを用いたシミュレーション分析を行った。具体的には、従来モデルでは都市が発生する場合、確定的にその都市が成長することを仮定していたが、新たなモデルでは、その都市が成長するかどうかは確率的に定まるものとし、その成長確率が低い場合、パレート係数が1を下回り、一極集中型の都市規模分布が得られることを理論的に説明した。こうしたマクロな関係

を導くシンプルなマイクロモデルは既往研究には見られず、都市地理学における新たな知見である。その成果はPhysica Aに掲載された。

また、都市圏空間の拡大モデルを構築し、人口増加に伴い都市圏の地理範囲が拡大する状況を再現した。

基礎データの更新では、GIS上に整備された交通基盤地図である、OpenStreetMapのデータを新たに取得・整備している。これにより、全世界の全ての主要都市における道路、鉄道等の整備状況を把握することが可能となり、前述の都市圏空間の拡大モデルの説明力が高まった。論理的には、都市の拡大と交通基盤の整備は互いに影響するものと考えられるが、交通基盤の整備状況は政策的な意志によって都市圏ごとに異なる。したがって、本研究ではまず交通基盤を与件としたうえで、都市拡大に与える影響をモデル化した。

また、地理情報データに基づく都市の適合性指標を作成した(図1)。この指標は各都市の座標における自然地理条件および交通条件が都市に適している度合いを示すものであり、国ごとの平均値が各国の都市規模分布の形状パラメータと一致すると理論的には解釈される。本研究では、前述のOpenStreetMapのデータを用い、交通基盤が都市の適合性に与える影響を国土レベルで把握した。

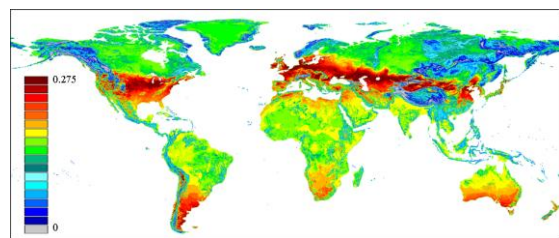


図1 全陸域の都市の適合性

これにより都市人口推計に必要なとされるパラメータを設定し、世界都市圏別人口の再現性を評価した。国連人口データベースでは世界約650都市圏について1950年以降の都市圏人口を提供している。このデータと本モデルの遡及推計人口を比較しモデルの再現性を評価した。その結果、途上国を含む多く

の国で高い再現性が得られた(図2)。一方、米国の都市については十分な再現性が得られなかったが、これは本研究で扱ったベース都市がカウンティを基準としており、都市圏を捉えるには空間単位が大きすぎたことに起因する。現在、米国のセンサスに基づくデータを収集しており、引き続き分析を続けることを予定している。

以上のモデルを用い、IIASA-GGI シナリオに基づく2100年までの都市圏別人口を推計し、将来生じうる巨大都市の動向を考察した。

なお、このシナリオはIPCC-SRESシナリオを国別にブレークダウンしたものである。こ

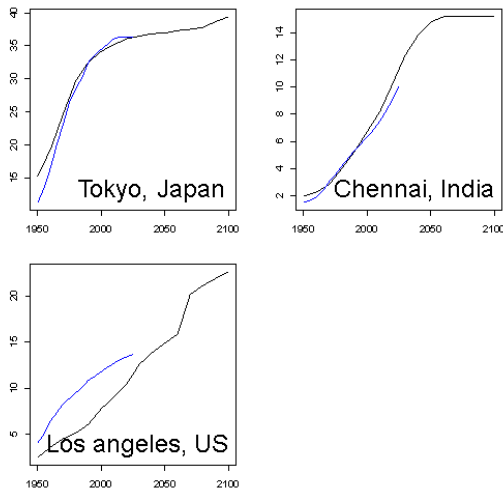


図2 都市人口の推計値と統計値

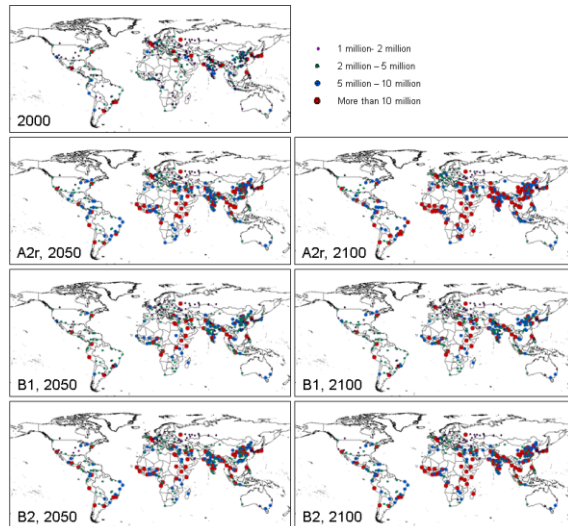


図3 世界都市人口の推計結果

表1 シナリオ別1千万人以上の都市数

	2000年	2050年	2100年
A2	16	84	134
B1		57	61
B2		73	99

こでは、抽出された54,438都市について1950年から2100年までの人口を10年間隔で推計した(図3)。その結果、SRESシナリオの下では、今後、途上国を中心に人口巨大都市が数多く出現することが見込まれるが、それは想定するシナリオによって大きく異なることが示された。表1は人口1千万人以上のメガシティの数の推計結果を示しているが、総人口が120億人を超えるA2シナリオではメガシティは今世紀末には134都市となるのに対して、今世紀半ばに人口がピークアウトするB1シナリオでは、メガシティの数はA2シナリオの半分程度にとどまる。ただし、いずれのシナリオにおいても、南アジアやアフリカといった途上国で巨大都市が数多く出現するとの結果を得ており、今後、こうした地域での都市整備の重要性が高まることが示唆される。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Masanobu Kii, Keigo Akimoto, Kenji Doi, Random-growth urban model with geographical fitness, *Physica A*, 391, pp. 5960-5970, 2012.
2. 紀伊雅敦, 土井健司: 四国圏を対象とした都市・交通戦略のクロスアセスメント手法の研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol. 68, No. 5 (土木計画学研究・論文集第29巻), I\_75-I\_85, 2012.
3. Masanobu Kii, Keigo Akimoto, Ayami Hayashi, Risk of hunger under climate change, social disparity, and agroproductivity scenarios, *Environmental Modeling and Assessment*, 2012.

[学会発表] (計3件)

1. 紀伊雅敦, 秋元圭吾: 世界都市の空間分布構造と将来予測手法の研究, 土木計画学研究・講演集, vol. 44, 2011.
2. 紀伊雅敦, 曾根慎太郎, 小野仁意, 半谷陽一, 土井健司: ピーク電力価格の外出行動への影響に関する基礎分析, 土木計画学研究・講演集, vol. 46, 2012.
3. 曾根慎太郎, 紀伊雅敦, 土井健司: 香川を起点とする四国高速鉄道導入の社会経済効果分析, 土木計画学研究・講演集, vol. 46, 2012.

[図書] (計1件)

1. Masanobu Kii and Kenji Doi, *Projecting global urbanization and growth of megacities based on*

population scenarios and urban location suitability, In Roger Mackett, Anthony D May, Masanobu Kii and Pan Haixiao (eds.), Sustainable transport for Chinese cities, Emerald Group Publishing, 2013.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

紀伊 雅敦 (KII MASANOBU)

香川大学 工学部・准教授

研究者番号：20426266