

電話帳データを活用した都市のスケーリング指数の観測

Urban Scaling Observed in Japanese Telephone directory Data

大西 立顕^{1,2*} 水野貴之^{3,2} 清水千弘^{2,4} 渡辺努^{5,2}
Takaaki Ohnishi^{1,2} Takayuki Mizuno^{3,2} Chihiro Shimizu^{4,2} Tsutomu Watanabe^{5,2}

¹ 東京大学大学院情報理工学系研究科

¹ Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

² 一般財団法人キヤノングローバル戦略研究所

² The Canon Institute for Global Studies

³ 国立情報学研究所

³ National Institute of Informatics

⁴ シンガポール国立大学不動産研究センター

⁴ Institute of Real Estate Studies, National University of Singapore

⁵ 東京大学大学院経済学研究科

⁵ Graduate School of Economics, The University of Tokyo

Abstract: How different urban properties (such as number of hospitals, shops, patents, and crimes) depend on city size? It has been demonstrated that most urban properties Y follow the allometric scaling law $Y \propto N^\beta$, where N and β are population size of a city and the scaling exponent. Urban infrastructure has been shown to scale sub-linearly ($\beta < 1$) reflecting large cities don't need large infrastructure, whereas output and income have been shown to scale super-linearly ($\beta > 1$) reflecting high per capita in large cities. We empirically analyze urban scaling observed in Japanese telephone directory data. This data are renewed every 4 months, offering comprehensive latest address info on nearly all shops, firms, hospitals, schools, parks, etc on a nationwide scale. These urban properties are divided into 332 categories depending on the urban role. This allows us to study and discuss systematically the scaling exponent that are associated with various aspects of urban properties. We show that obtained scaling exponents help to characterize urban properties.

1 都市のスケーリング

都道府県単位のマクロナ空間スケールでみると都市の様々な統計量（病院の数など） Y は、

$$Y \propto N^\beta \quad (1)$$

のように人口 N のべき乗に比例し、人口が 2 倍になるとアウトカム（富、特許、犯罪など）は約 2.2 倍（スケーリング指数： $\beta > 1$ ）に増えるが、公共インフラ（病院、道路など）は約 1.8 倍（ $\beta < 1$ ）しか増えないという都市のスケーリング則が観測されている [1, 2, 3]。この非線形性は人々や産業の創発的な集積効果により生じている。人口や産業の集積は、富の増加や効率性向上といった正のフィードバック効果と犯罪増加、地

価上昇、渋滞悪化といった負のフィードバック効果をもたらしている。

本研究では、電話帳データを活用して市区町村単位でスケーリング指数 β を詳細に観測することにより、業種による集積の効果の特徴づけを行う。なお、市区町村別の人口データとして、総務省統計局の e-Stat（イースタット）のデータ（統計でみる市区町村のすがた 2015 記載の 2010 年の人口）を分析に用いた。

2 電話帳データ

2011 年 11 月、2012 年 6 月、2012 年 11 月、2013 年 6 月、2013 年 8 月、2013 年 11 月、2014 年 1 月、2014 年 5 月、2014 年 8 月、2014 年 11 月、2015 年 2 月、2015 年 5 月、2015 年 8 月の 13 時点の全国版・業種情報付き電話帳データを用いて分析を行った。電話帳データ

*連絡先：東京大学大学院情報理工学系研究科
〒 113-8656 東京都文京区本郷 7 - 3 - 1
E-mail: ohnishi.takaaki@i.u-tokyo.ac.jp

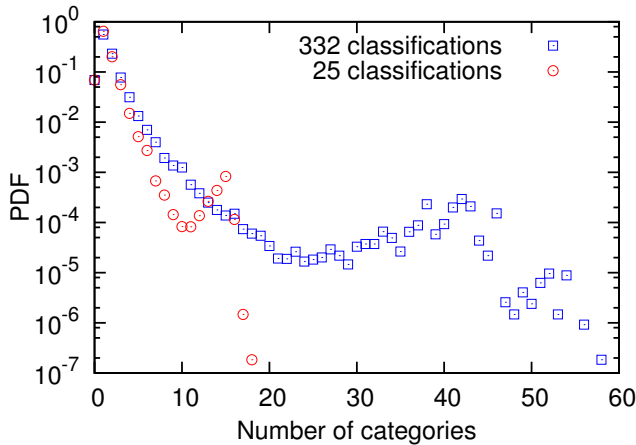


図 1: 2015 年 8 月時点の電話帳データについて、1 つの店舗・施設が属する業種の数の分布

にはあらゆる店舗・施設(事業所, 病院, 学校, 公園など)の地理空間情報(住所や業種)が収録されているため, 全国規模で店舗・施設の詳細な時系列的变化を分析することが可能になる。また, 電話帳データは 4 ヶ月毎に更新されるだけでなく, 店舗・施設 1 件 1 件についての情報が観測できるため, 時間的高頻度かつ空間的高精度な時空間ビッグデータになる。さらに, 電話帳には大企業から法人各を持たない個人事業主まで幅広く収録されているため, 圧倒的に網羅性の高いデータになる。

各店舗・施設は, 業種に応じて 25 の大分類(表 1), 332 の小分類に分類されている。1 つの店舗・施設のほとんどは 1 つの業種に属しているが, 一部の店舗・施設(大分類で 28%, 小分類で 37% の店舗・施設)は複数の業種に属している(図 1)。属する業種の数の平均は大分類で 1.36, 小分類で 1.66 である。医療関係施設の空間分布は図 2 のようになり, 人口の多い大都市ほど施設数が増える傾向が確認できる。

以下では, 市区町村の単位¹で分析を行う。一般に, 都市の人口はベキ分布に従うこと(ジップの法則)が知られている[4]。本研究で扱う人口データもベキに近い分布に従っているが, 明確ではない(図 3)。また, 店舗・施設数もベキに近い分布に従っている(図 4)。

¹区が存在する市は市単位ではなく区単位で分析を行うが, 人口データと合わせるために熊本市については市単位で分析を行う。

表 1: 2015 年 8 月時点の電話帳データ(全収録件数は 5424047 件)について, 各業種の収録件数(複数の業種に属するものは重複してカウントした)

業種コード	業種名	個数
1	医療	657150
2	飲食店	870687
3	製造業	559940
4	自動車・バイク	411034
5	トランスポーターション	167127
6	建設業	641574
7	士業・各種診断・コンサル	138550
8	不動産業	283874
9	卸し販売	251819
10	小売(食品・食材)	228577
11	小売(生活・グッズ)	431956
12	小売(美容・ファッション)	313986
13	住まい(機器・空調)	287579
14	住まい(エクステリア)	455916
15	住まい(インテリア)	235305
16	サービス(美容・ファッション)	340863
17	サービス(暮らし)	201214
18	サービス(その他)	398983
19	スポーツ・レジャー	162299
20	トラベル	145852
21	教育・カルチャー	219911
22	冠婚葬祭・イベント	219911
23	公共機関	281117
24	金融・出版・インフラ	292968
25	一次産業	50842
-	業種の記載なし	373117

3 都市のスケーリング指数の観測

市区町村の単位で, 人口と店舗・施設数の関係からスケーリング指数を観測する。大分類で分類した 1 医療, 8 不動産業, 23 公共機関について, 人口と店舗・施設数の散布図は図 5 のようになる。医療関連の施設は $\beta \sim 1$ となり, 人口が増加すると人口に比例して施設数も線形に増加しているように見える。一方, 不動産業関連の施設は $\beta > 1$ となり人口の増分以上に施設数が増加し, 集積が進むことが分かる。また, 公共機関関連の施設は $\beta < 1$ となり人口増加の割合より増分は少なく, 効率化が進むことが想定される。

大分類で分類した 25 業種について, 線形回帰によりスケーリング指数 β を算出した結果を図 6 に示す。調べた期間内では, スケーリング指数の時期(時点)による違いは少ないことが分かる。7 士業・各種診断・コンサル, 8 不動産業, 15 住まい(インテリア), 17 サービス(暮らし), 18 サービス(その他)は $\beta > 1$ の業種,



図 2: 医療関係施設の空間分布

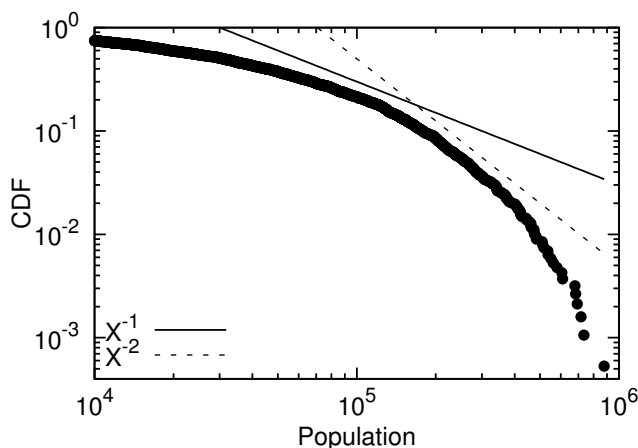


図 3: 人口の累積分布

1 医療, 2 飲食店, 3 製造業, 11 小売 (生活・グッズ), 16 サービス (美容・ファッション), 24 金融・出版・インフラは $\beta \sim 1$ の業種, 10 小売 (食品・食材), 19 スポーツ・レジャー, 20 トラベル, 23 公共機関, 25 一次産業は $\beta < 1$ の業種に対応していることが分かった。

同様に, 小分類で分類した 332 業種についても分析した。大分類で同じ業種に分類されていても, 小分類で業種が異なればスケーリング指数も異なる場合がある。270 塾・予備校・家庭教師と 277 中学校はどちらも大分類では教育・カルチャーに属するが, 図 7 の散布図の通り塾・予備校・家庭教師関連の施設数は人口に比例して増加するが, 公共性の高い中学校は $\beta < 1$ となり, 集積により効率化される。

332 業種のそれぞれについてスケーリング指数 β を算出した結果を図 8 に示す。 β の値が大きい業種は 192 金庫・鍵, 94 不動産売買業 (その他), 114 中古品売

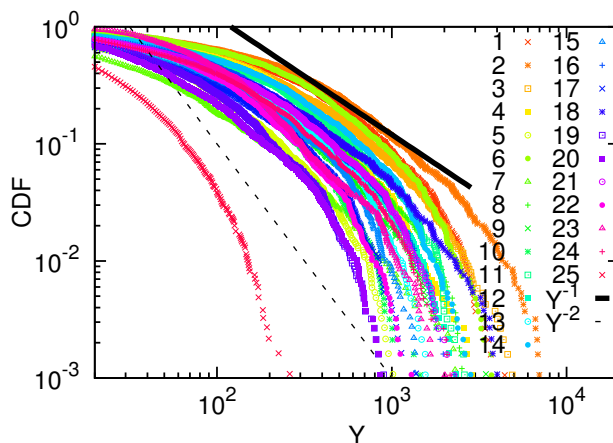


図 4: 2015 年 8 月時点の電話帳データについて, 店舗・施設数の累積分布。色の違いは業種の違いを表わし, 数字は表 1 の業種コードに対応する。

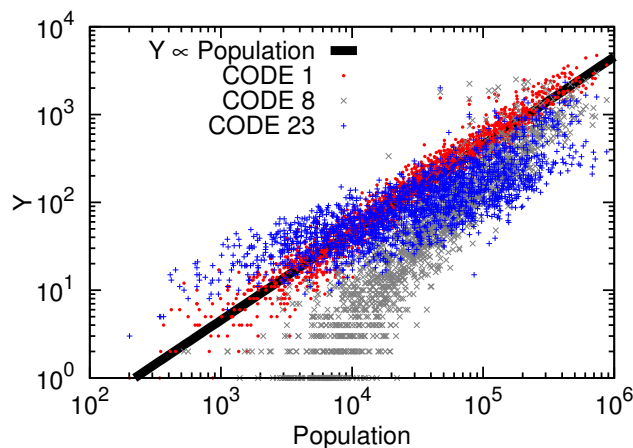


図 5: 2015 年 8 月時点の電話帳データについて, 1 医療, 8 不動産業, 23 公共機関に関する人口と店舗・施設数の散布図

買, 174 家庭用水まわり機器, 86 税理士・会計士, 223 電話・通信, 238 ビルメンテナンス, 270 塾・予備校・家庭教師であり, これらの業種の関連施設・店舗は人口が多くなるほど集積が進む。 β の値が小さい業種は 256 旅館・民宿・ペンション, 331 漁業・水産業, 266 道の駅, 261 果樹園・観光農園・観光牧場, 255 公園・自然公園等, 260 観光案内・物産センター, 52 酒類・飲料製造, 316 図書館であり, これらの業種の関連施設・店舗の数は人口にあまり依存しない。これらのスケーリング指数は, 各業種の集積効果の特徴づけている。

謝辞

本研究の一部は, JSPS 課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業 (実社会対応プログラム) の助成および学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠

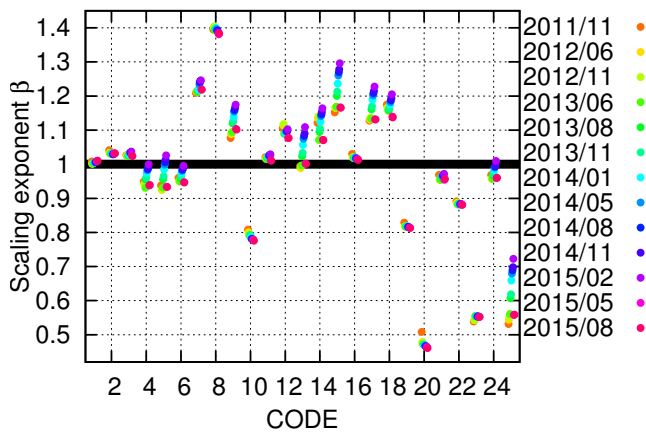


図 6: 大分類で分類した 25 業種についてのスケーリング指数 β . 色の違いは時点の違いを表わす .

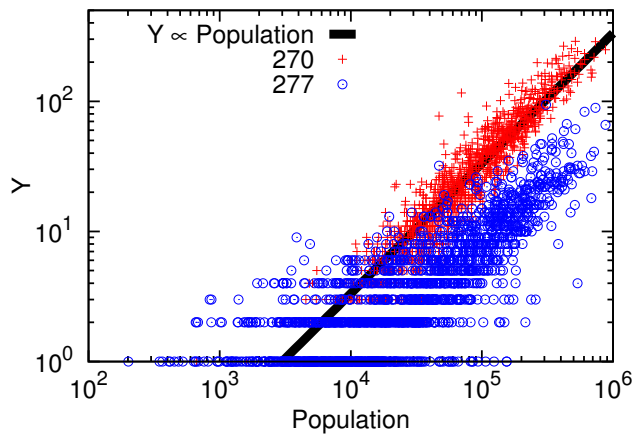


図 7: 2015 年 8 月時点の電話帳データについて , 270 塾・予備校・家庭教師と 277 中学校 (どちらも大分類では同じ教育・カルチャーに属する) に関する人口と店舗・施設数の散布図

点の支援による .

参考文献

- [1] Bettencourt, L. M., Lobo, J., Helbing, D., Khnerert, C., West, G. B.: Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities, *Proceedings of the national academy of sciences*, Vol. 104, No. 17, 7301–7306 (2007).
- [2] Bettencourt, L. M., Lobo, J., Strumsky, D., West, G. B.: Urban scaling and its deviations: Revealing the structure of wealth, innovation and crime across cities, *PloS one*, Vol. 5, No. 11, e13541 (2010).

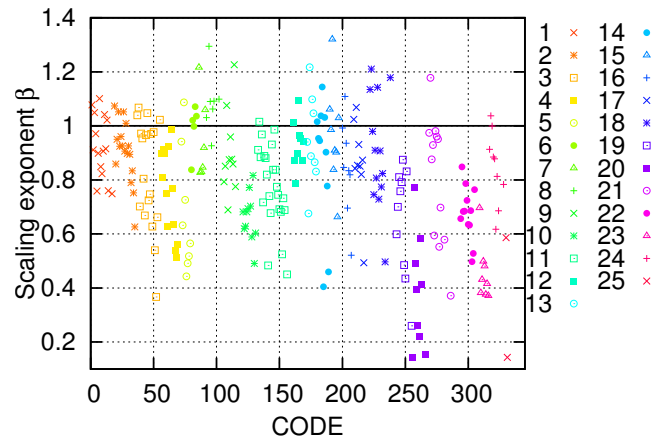


図 8: 2015 年 8 月時点の電話帳データについて , 小分類で分類した 332 業種についてのスケーリング指数 β . 色の違いは大分類での業種の違いを表わし , 数字は表 1 のコードに対応する .

- [3] Bettencourt, L., West, G. B.: A unified theory of urban living, *Nature*, Vol. 467, 912–913 (2010).
- [4] Zipf, G. K.: Human behavior and the principle of least effort (1949).