

背景と目的
手法
おわりに

統計的因果探索による公共施設立地の 実態とまちの賑わいの因果分析

薄雪晴, 寺部慎太郎, 柳沼秀樹, 海野遙香, 鈴木雄

蒲田 涼馬 (Ryoma Gamada)
u455007@st.pu-toyama.ac.jp

富山県立大学 電子・情報工学専攻 情報基盤工学部門

July 26, 2024

背景と目的

2/16

背景

近年、モータリゼーションの進展や事項減少・高齢化を背景に多くの都市で空洞化が進んでおり、各都市は少子高齢化に対応し快適な生活空間の実現に努めている。

日本国では少子化を緩和するために「異次元の少子化対策」が発表されており「経済支援」「保育支援」「働き方改革」の対策を掲げている。

目的

まちの賑わいを創出するために、多極ネットワーク型コンパクトティの観点から書く拠点の周辺における公共施設の立地状況を分析し、賑わいに影響を与える公共施設という因果関係を明らかにする。

背景と目的

手法

おわりに

まちの賑わいに関する既存研究

人工衛星によって撮影されたデータ。

朴らは各道路の歩行者数を賑わいの指標として歩行空間の状況に関する要素や駐車駐輪場の存在に関する要素が各都心商業地区の賑わいに与える影響を定量化した。



図 1: 衛星画像の一例

背景と目的

手法

おわりに

データの概要

4/16

使用データ

表1 データの概要

| | データ | 出典 | 年度 |
|------|----------|-----------------|------|
| 公共施設 | 医療機関 | 国土数値情報 | 2014 |
| | 郵便局 | 国土数値情報 | 2013 |
| | 図書館 | 国土数値情報 | 2013 |
| | 福祉施設 | 国土数値情報 | 2011 |
| | 都市公園 | 国土数値情報 | 2011 |
| | 学校 | 国土数値情報 | 2013 |
| | 役場 | 国土数値情報 | 2014 |
| 他 | 駅 | 国土数値情報 | 2014 |
| | バス停 | 国土数値情報 | 2010 |
| | 小売業事業所 | 商業統計 | 2014 |
| | 小売業年間販売額 | 商業統計(500m メッシュ) | 2014 |
| | 人口 | 国勢調査(500m メッシュ) | 2015 |

小売業年間販売額について、本研究では各市内の拠点のデータを収集するために 500m メッシュの商業統計を用いた。

背景と目的

手法

おわりに

各市での公共施設の空間分布パターン

5/16

空間分布パターン

本研究では、首都圏の 117 市を研究対象として最近距離法を用いて各公共施設の空間分布パターンを明らかにした。

$$D_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}, D_E = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \quad (1)$$

$D_O < D_E$ の場合、クラスター分布とみなされその逆の場合は分散分布であるとみなされる。

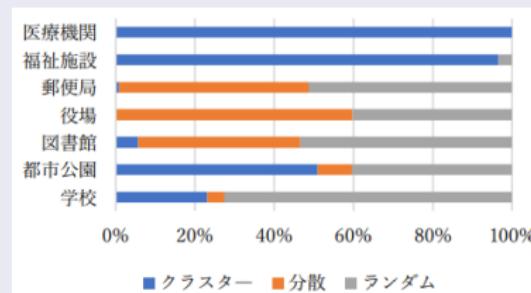


図 2: 公共施設の空間分布パターン

GIS のカーネル密度解析

カーネル密度を計算する場合は、カーネル関数とバンド幅を定義することが必要である。

$$f_h(y) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{y - x_i}{h}\right) \quad (2)$$

なお、 h ：バンド幅、 K ：カーネル関数、 $y - x_i$ ：推定するところから標本点ポイント i までの距離である。カーネル関数には Quartic カーネル関数を用いた。

$$K(u) = \frac{15}{16}(1 - u^2)^2 \quad (3)$$

分析の概要

本研究では最終的にまちの賑わいを創出する際に公共施設がどのように位置しているのかという因果関係を求める。その前に重回帰分析を用いて各拠点の周辺における小売業年間販売額、子供の数に関係のある施設を明らかにした。目的変数は上の二つで説明変数として最寄り駅までの直線距離、最寄り駅の乗降客数、最寄りバス停までの直線距離、各拠点の 800m 徒歩圏内のバス停密度である。

背景と目的

手法

おわりに

分析の結果

背景と目的

手法

おわりに

表-3 小売業年間販売額に対する重回帰分析の結果

| 目的変数： 小売業年間販売額 | 人口最多点 | | 市役所本庁舎 | | 乗降客数最多駅 | | 小売業年間販売額最多点 | |
|-------------------|-------|------|--------|------|---------|------|-------------|------|
| | 標準化係数 | 有意確率 | 標準化係数 | 有意確率 | 標準化係数 | 有意確率 | 標準化係数 | 有意確率 |
| 病院の数 | | | 0.16 | *** | 0.13 | *** | | |
| 診療所の数 | | | 0.18 | ** | 0.48 | *** | | |
| 高齢者福祉施設の数 | | | | | -0.08 | ** | | |
| 保育施設の数 | | | | | -0.16 | *** | | |
| 広場公園の数 | | | 0.08 | ** | 0.11 | *** | | |
| 運動公園の数 | 0.18 | *** | | | | | | |
| 緑道の数 | | | | | | | 0.08 | *** |
| 図書館の数 | | | | | 0.10 | *** | | |
| 各種店舗小売業事業所の数 | 0.27 | *** | 0.36 | *** | 0.36 | *** | 0.25 | *** |
| 衣服等小売業事業所の数 | 0.46 | *** | 0.24 | *** | 0.33 | *** | 0.44 | *** |
| 無店舗小売業事業所の数 | 0.27 | *** | 0.27 | *** | | | 0.15 | *** |
| 機械器具小売業事業所の数 | | | | | | | | |
| その他の小売業事業所の数 | | | | | -0.25 | *** | | |
| 最寄り駅の乗降客数 | | | | | 0.15 | *** | 0.25 | *** |
| 決定係数 | 0.85 | | 0.88 | | 0.90 | | 0.90 | |

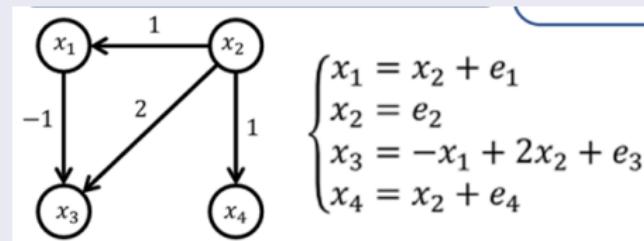
| 目的変数：子供の数 | 人口最多点 | | 市役所本庁舎 | | 乗降客数最多駅 | | 小売業年間販売額最多点 | |
|-------------|-------|------|--------|------|---------|------|-------------|------|
| | 標準化係数 | 有意確率 | 標準化係数 | 有意確率 | 標準化係数 | 有意確率 | 標準化係数 | 有意確率 |
| 歯科の数 | 0.63 | *** | | | 0.54 | *** | | |
| 診療所の数 | -0.27 | ** | | | | | | |
| 高齢者福祉施設の数 | | | | | -0.20 | *** | | |
| 子育て福祉施設の数 | 0.42 | *** | 0.34 | *** | 0.24 | *** | 0.45 | *** |
| 都市公園の数 | | | 0.17 | ** | 0.23 | *** | | |
| (街区公園の数) | 0.24 | *** | | | | | 0.18 | *** |
| (地区公園の数) | 0.14 | *** | | | | | 0.15 | *** |
| (運動公園の数) | | | | | | | | |
| (特殊公園の数) | -0.10 | ** | | | | | | |
| 小学校の数 | | | 0.18 | *** | | | 0.28 | *** |
| 大学の数 | | | | | | | -0.12 | ** |
| 図書館の数 | | | | | 0.11 | ** | | |
| 施設多様度 | | | 0.19 | *** | 0.23 | *** | | |
| 衣服等小売業事業所の数 | | | | | -0.28 | *** | | |
| 無店舗小売業事業所の数 | 0.16 | *** | -0.58 | *** | | | | |
| バス停密度 | | | 0.16 | *** | 0.17 | *** | 0.21 | *** |
| 決定係数 | 0.81 | | 0.72 | | 0.76 | | 0.70 | |

因果探索手法について

LiNGAM モデルについて

本研究では RCD という手法を用いて因果探索を行うが、その前段階の LiNGAM について説明する。LiNGAM(Linear non-Gaussian acyclic model) モデルでは変数間の因果関係を求めることができる。LiNGAM における仮定として因果関係を線形モデルで表現する、変数が非ガウス制を持つ、グラフ構造は非循環である、変数が完全に観測されているものであるというものがある。

$$\sum_{i \neq j} b_{ij} x_j + e_i \quad (i = 1, \dots, p) \quad (4)$$



RCDについて

RCD(Repetitive causal discovery) は LiNGAM と同じく因果探索の手法の 1 つであるが, LiNGAM とは異なり変数がすべて観測されているという仮定がなくなる.

これによって RCD では交絡因子の影響を受けた因果関係と直接的ない因果関係を区別することが可能になる. RCD モデルは以下のよなデータ生成過程を仮定している.

$$x_i = \sum_j b_{ij} x_j + \sum_k \lambda_{ik} f_k + e_i \quad (5)$$

ここで x_i は観測された変数, b_{ij} は x_j から x_i への因果強度, f_k は隠れた交絡因子, λ_{ik} は f_k から x_i への影響の強度, e_i は観測されていない外部の影響であり, 独立で非ガウス的である.

実験の結果

11/16

因果グラフとそこからわかったこと

下図の因果グラフより、人口最多点の周辺における「運動公園の数」がその周辺の小売業年間販売額に製の影響を与えるということがわかる。

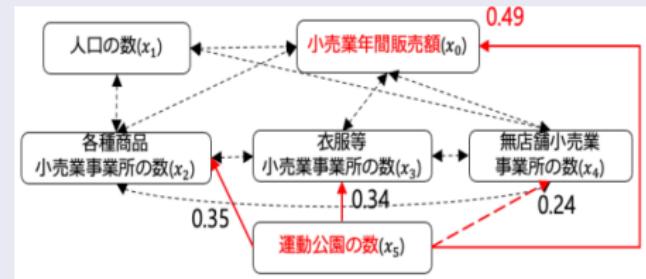


図 3: 小売業年間販売額に関する人口最多点の因果グラフ

背景と目的

手法

おわりに

実験の結果

12/16

因果グラフとそこからわかったこと

人口最多点の周辺における「街区公園の数」がその周辺の子供の数に正の影響を与えるということがわかった。他の変数と子供の数が双方向点線であった。これは施設立地と子供の数に影響を与える未観測変数があることが理由として考えられる。

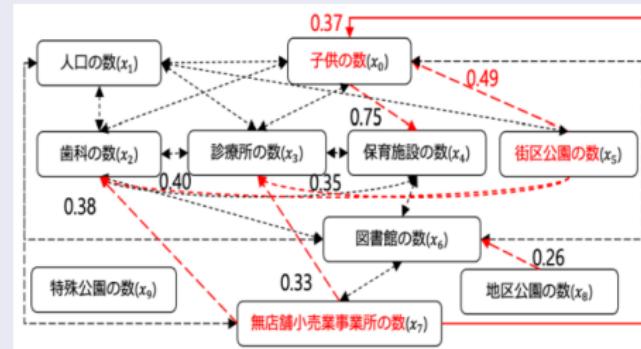


図 4: 子供の数に関する人口最多数の因果グラフ

背景と目的

手法

おわりに

実験の結果

因果グラフとそこからわかったこと

下図の因果グラフより、人口最多点の周辺における「運動公園の数」がその周辺の小売業年間販売額に製の影響を与えることがわかる。

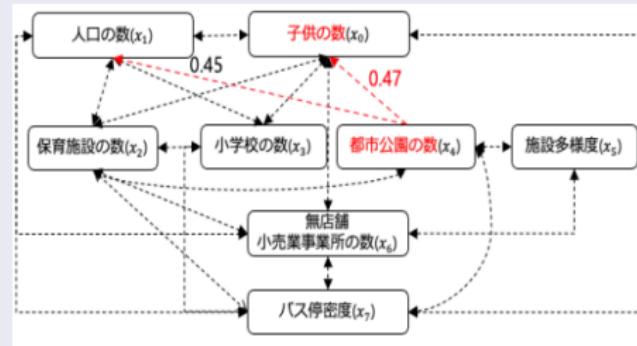


図-6 市役所本庁舎の因果グラフ

図 5: 市役所本庁舎の因果グラフ

実験の結果

因果グラフとそこからわかったこと

下図の因果グラフより、人口最多点の周辺における「運動公園の数」がその周辺の小売業年間販売額に製の影響を与えるということがわかる。

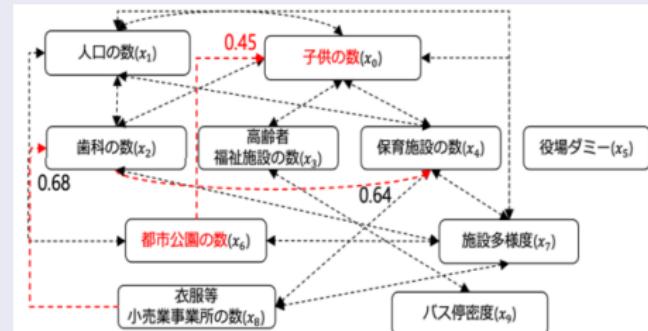


図 6: 乗降客数最多駅の因果グラフ

実験の結果

因果グラフとそこからわかったこと

下図の因果グラフより、人口最多点の周辺における「運動公園の数」がその周辺の小売業年間販売額に製の影響を与えることがわかる。

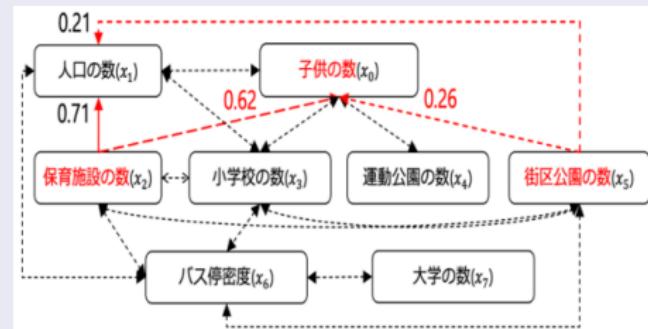


図 7: 小売業年間販売額最多点の因果グラフ

まとめ

16/16

まとめ

本研究では LiNGAM モデルの拡張型 RCD モデルを用いて、公共施設とまちの賑わいの因果関係を分析した。その結果として未観測共通要因の影響を受ける変数ペアがあった。今後の課題として、未観測共通原因の影響を緩和するために土地利用など新たなデータを考慮してより厳密な因果グラフを推測することが挙げられる。

背景と目的

手法

おわりに