

愛知県における市町村別ごみ排出量の推移と空間相関

2020SS075 竹内利奈
指導教員 塩濱敬之

1 はじめに

日本では、1人1日当たりのごみ排出量は減少傾向ではあるものの、最終処分場の残余容量は減少しており、またリサイクル率は他の先進国に比べると低い水準となっている。このように、ごみの排出量が大幅に減少しない、またリサイクル率が上がらないという状況が続くと、埋立地が不足し適切のごみ処理が行えなくなる問題や地球環境の悪化等のごみ問題を引き起こす可能性が高い。

そこで、愛知県におけるごみ排出量やリサイクル率に着目し、それぞれの増減に関係する要因について調べるために、ごみ排出量やリサイクル率はどのように推移してきたのか、また、空間的自己相関の有無から近隣地域との関係性について可視化することによって確かめる。そして、その結果に基づいて分かる問題点について考える。

2 使用するデータ

「環境省廃棄物処理技術情報」のウェブサイト [1] の「一般廃棄物処理実態調査結果」の中の「統計表一覧」から平成15年から令和3年のデータのうち、全ての年において「ごみ処理概要」のシートから「地方公共団体コード」、「市区町村名」、「総人口」、「ごみ総排出量の合計」、「1人1日当たりのごみ総排出量」、「1人1日当たりの生活系ごみの排出量」、「1人1日当たりの事業系ごみの排出量」、「資源化量内訳」のシートから「資源化量の合計」を抽出して一つのExcelファイルにまとめ、さらに「リサイクル率(=資源化量の合計/ごみ総排出量の合計)」を計算して同じファイルにまとめたものを年ごとに用意する。ここでは、合併や編入前の市町村が存在していた場合、最新の市町村と一致するように計算した。

入手したデータは、2003年から2021年まで順番に各市町村ごとにまとめたものを一つのExcelファイルにまとめた。また、増減率データを用いて空間的自己相関の分析を行うため、増減率を「(令和2年のデータ-令和1年のデータ)/令和1年のデータ」と定義し、令和2年と令和3年も同様に全項目に対して計算したデータをExcelファイルにそれぞれまとめた。

3 ごみ排出量とリサイクルの推移と考察

図1は、平成15年(2003年)から令和3年(2021年)までのごみの排出量、リサイクル率の推移をまとめた時系列プロットである。

1人1日当たりのごみ総排出量と1人1日当たりの生活系ごみ排出量は、飛島村や南知多町は量が多いことが目立つが、その他の市町村では緩やかに減少していることが分かる。また、どちらのグラフも2020年に量が増えている地域が多く見られるが、これはコロナ禍での自粛期間の影響で、外出の機会が減少したことが原因であると考えられる。1人1日当たりの事業系ごみ排出量は飛島村など

増加している地域がいくつか見られるが、緩やかに減少している地域が多く見られる。この3つの項目において特徴的であった飛島村について、生活系、事業系を含む1人1日当たりのごみの排出量が多い理由には、昼夜間人口比が282.5([2]令和2年 国勢調査より)と愛知県内で最も高く、出勤等で流入する人口が流出する人口より圧倒的に多いため、昼間の活動時間の中で発生したごみが多いことが挙げられる。リサイクル率は大きく変動している地域が多く、かなり地域差があることが分かる。

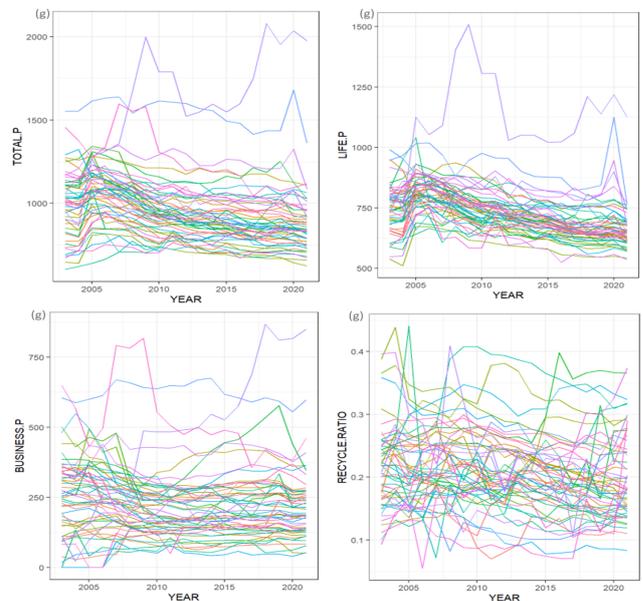


図1 左上は1人1日当たりのごみ総排出量、右上は1人1日当たりの生活系ごみ排出量、左下は1人1日当たりの事業系ごみ排出量、右下はリサイクル率の推移。

4 空間的自己相関

空間的自己相関の有無は、ある地域における事象と他の周辺地域における事象が互いに影響を及ぼしあうかどうかで決定する。空間的自己相関の指標には分析対象地域全体において当てはまる性質を探求するために用いられるグローバルな指標と、分析対象地域における局所的なクラスターの抽出等に用いるローカルな指標の2つがある。

5 モラン I 統計量とローカルモラン統計量

グローバルな指標であるモラン I 統計量は、

$$I = \frac{n}{\sum_{i,j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \bar{y} (y_i - \bar{y})^2}$$

として定義され、 n を小区域数、 y_i, y_j は区域*i, j*の属性値、 \bar{y} は平均値、 w_{ij} は重み係数を表している。これはピアソンの相関係数を空間に拡張した統計量である。

ローカルモラン I 統計量は、局所的なクラスターを検出するものであり、

$$I_i = \frac{y_i - \bar{y}}{\sum_{k=1}^n \frac{(y_k - \bar{y})^2}{n-1}} \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y})$$

として定義される。

また、ここで用いる検定統計量は Z スコアであり、これは $Z_i = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}}$ という式で定義され、期待値は $E[I] = -\frac{1}{n-1}$ 、分散は $V[I] = E[I^2] - E[I]^2$ と計算される。 Z スコアは帰無仮説が棄却されるかつ空間分布が完全空間ランダム性である場合、 Z スコアが正の値を示すと正の相関を表し、空間的にクラスターリングしていることが、 Z スコアが負の値を示すと負の相関を表し、空間的に分散することが分かる。

6 空間相関の分析結果

空間的自己相関分析の結果は表 1、表 2 のようになった。

表 1、表 2 より、令和 2 年と令和 3 年の増減率からは 1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量、1 人 1 日当たりの事業系ごみ排出量、令和 1 年と令和 2 年の増減率からはごみ総排出量、1 人 1 日当たりのごみ総排出量、1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量に正の空間相関があることが分かった。

以下の項目について、ごみの排出量と関係の深い項目について調べるために、空間回帰分析を行う。

表 1 令和 2 年と令和 3 年（コロナ禍）の増減率より空間相関が見られた項目。

項目	モラン I 統計量	p 値
1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量	0.1637	0.01275
1 人 1 日当たりの事業系ごみ排出量	0.1268	0.04645

表 2 令和 1 年と令和 2 年（コロナ前）の増減率より空間相関が見られた項目。

項目	モラン I 統計量	p 値
ごみ総排出量	0.1295	0.04903
1 人 1 日当たりのごみ総排出量	0.1977	0.006438
1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量	0.1394	0.01655

7 空間回帰分析

空間計量経済学で広く用いられる SAR モデルとは、区域間の空間相関関係を同時にモデル化するもので、最も基礎的な SAR モデルは、

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^N w_{i,j} y_j + \beta_0 + v_i \quad v_i \sim N(0, \sigma^2)$$

として定義され、 β_0 は定数項、 $w_{i,j}$ は区域 i と j の近さを表す重み係数（空間重み）、 ρ は空間相関の強さを表すパラメータである。

表 3 は、SAR モデルが拡張されてきた具体的なモデルとそれぞれの変数における空間相関の有無をまとめたものである。各モデルは、被説明変数、説明変数、誤差項のどれに空間相関を仮定するかが異なる。

表 3 各モデルの空間相関の有無

モデルの主な名称	被説明変数	説明変数	誤差項
空間ラグモデル (SLM)	○		
SLX モデル		○	
空間エラーモデル (SEM)			○
空間ダービンモデル (SDM)	○	○	
空間ダービンエラーモデル (SDEM)		○	○
SARAR モデル	○		○

8 空間回帰分析の結果

ごみ総排出量、1 人 1 日当たりのごみ総排出量、1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量、1 人 1 日当たりの事業系ごみ排出量において空間回帰分析の結果、関係が見られた令和 2 年と令和 3 年の増減率より 1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量とリサイクル率について分析を行った結果を、表 4 にまとめた。

表 4 1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量とリサイクル率における空間回帰分析の結果。

	lm	slm	sem
定数項	-0.0391	-0.0327	-0.0406
p 値	1.94e-05	0.0048	1.393e-05
リサイクル率	-0.0698	-0.0661	-0.0632
p 値	0.0396	0.0386	0.0460
AIC	-146.33	-145.67	-145.33
	sdm	sdem	SARAR
	-0.0302	-0.0360	-0.0052
	0.0098	0.0010	0.3007
	-0.0675	-0.0684	-0.0390
	0.0347	0.0335	0.0473
	-144	-143.98	-150.76

表 4 より、AIC の値から最も精度の高いモデルは SARAR モデルであるので、SARAR モデルの結果を見ると、リサイクル率が上がると 1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量が減少することが分かった。

9 おわりに

グラフから、ごみの排出量の推移を可視化することができ、空間的自己相関の分析によってごみの排出量の地域性の有無、空間回帰分析によってリサイクル率との関係性を見ることができた。

また、空間回帰分析によってコロナ禍におけるリサイクル率は 1 人 1 日当たりの生活系ごみ排出量に関係することが分かった。

参考文献

- [1] 環境省 『廃棄物処理技術情報』 https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/stats.html (2023 年 6 月閲覧)
- [2] e-Stat 『令和 2 年国勢調査 愛知県』 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search> (2023 年 6 月閲覧)
- [3] 村上大輔 『R ではじめる地理空間データの統計解析入門』 講談社 2022