

# 地理的加重回帰法 (GWR) を用いた食料品アクセシビリティの推定～東京都を例に

崔 唯爛・鈴木 勉

## Measuring Accessibility to Groceries Using Geographically Weighted Regression:

## The Case of Tokyo

Yuran CHOI and Tsutomu SUZUKI

**Abstract:** 本研究は、社会排除の見地から、需要と比較して供給が不足しているいわゆる「フードデザート」エリアを識別するために、食料雑貨店へのアクセシビリティを計測することを目的とする。東京都の GIS データベースを構築し、人口や高齢者の分布と変化率、収入、自動車保有率、最近隣店舗までの距離等の空間情報から、PT 調査の購買目的・手段別トリップとの関係性を分析する。そして、地理的加重回帰法 (GWR) を用いて、空間的相関関係を含めた分析を行い、食料雑貨品について需給間アンバランスおよびアクセシビリティとの関係を計測し、高齢者の分布が高く、アクセシビリティが低いエリアを特定する。

**Keywords:** アクセシビリティ (accessibility), 地理的加重回帰法 (GWR), フードデザート (food desert), 交通弱者 (transportation poor)

### 1. はじめに

本研究は、人口減少・都市縮小時代において、特に商業施設の立地問題として注目されているフードデザート (food desert) 問題に着目し、東京を例に、大都市圏で見られる食料品における需要・供給の不均衡地域を明らかにすることを目的とする。

フードデザート地域とは、高齢者や障害者、あるいは自動車非保有世帯など、特に移動が不自由な交通弱者にとって、新鮮な食料品の購買におけるアクセシビリティが相対的に低い地域であり、食生活の限界から糖尿病や肥満などの疾病につながる場合もあると言われている (Wrigley, 2002)。こうした問

題は、高齢化が急激に進んでいる現在、とりわけ重要な課題であり、公共施設としての役割も考慮した商業施設計画の必要性が示唆される。

一方、GIS を活用したアクセシビリティの計算に関する研究はさまざまな形で行われている (Church and Marston, 2003; Ball et al., 2009)。本稿では、東京都の範囲を対象として、高齢者の食料品購買施設に対するアクセシビリティを説明する変数を地理的加重回帰法 (GWR: Geographically Weighted Regression) を用いて明らかにする。また、相対的アクセシビリティを分析するために、バランス指数 (BI: Balance Index) の概念を用いることにする。

### 2. 手法およびデータ

#### 2.1 アクセシビリティの定義

アクセシビリティは、式(1)のように、簡単な重

---

崔 唯爛: 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1

筑波大学大学院システム情報工学研究科

Phone: 029-853-5600 (内 8203)

E-mail: r1030173@risk.tsukuba.ac.jp

力モデルによる定義を用いる。  $S_j$  は地点  $j$  で得られる購買機会の量または質、  $d_{ij}$  は  $ij$  間の直線距離、  $K(\cdot)$  は距離抵抗関数、  $\beta$  は距離抵抗係数、  $C$  は到達可能限界距離である。ここでは、購買機会  $S_j$  を表すデータとして、食料品小売業従業者数を使用する。

$$ACC_i = \sum_{j \neq i} K\left(\frac{S_j}{d_{ij}^\beta}\right) \quad (1)$$

ただし、  $K = \begin{cases} 1 & \text{if } d_{ij} \leq C, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$  である。

## 2.2 バランス指数 (BI)

アクセシビリティは、その地域における商業施設または購買機会の供給を表す量と考えることができるが、同時に、人口（消費者）数などの需要を表す量を考える必要がある。ここでは、需要当たりのアクセシビリティをバランス指数 (BI) と称し、フードデザート問題を抱える地域の抽出に用いる。

## 2.3 地理的加重回帰法 (GWR)

既存の回帰分析は空間的に静的 (spatially stable) であることを仮定し、空間情報が近接する地域から影響を受ける傾向があることを考慮していない。これに対して、GWR はその影響を最小化するために誤差項の共分散をモデルに組み込む手法であり (Fotheringham *et al.*, 2002)、ここではこれを用いる。

## 2.4 データの形式統一

東京都のそれぞれのデータはその集計単位が異なるため、500m メッシュにデータを統合することにより、同一形式で再構成することとする。各データの概要および出典は表 1 の通りである。

## 3. モデル構築および評価

ここでは、最も説明力のある変数の組合せを見つけるために、各変数の単変数 GWR を行ったときの AIC (Akaike Information Criterion) を用いる (Fotheringham *et al.* (2002), 4 章, 9 章)。

モデル構築の際、いくつかの加工した変数を追加

する。 *CNGELDER* および *CNGPOP* はそれぞれ 5 年間の *ELDER* および *REF* の変化率であり、 *MinDIST* は消費者  $i$  の最寄りのスーパーまでの距離である。 *OCarR* および *OWalkR* はそれぞれ *BOCarR* と *SOCarR* の和、 *BOWalk* と *SOWalkR* の和である。アクセシビリティの計算は、自動車利用範囲として 5km 以内のアクセシビリティ (*ACC5km*) ・ 1km 以内のアクセシビリティ (*ACC1km*) の両者を計算した。本稿では当てはまりの良い *ACC5km* (図 1) の結果のみを記す。表 2 に変数の選定方法を示した。各変数名についている括弧内の番号は、変数相互の Pearson 相関係数が 0.7 以上のグループであり、1 グループから 1 つの変数のみを選択した。グレーで示した変数は選択された変数を示す。その結果、モデルは式 (2) のように構築された。一般回帰モデル (GLM) と GWR モデルの評価結果を表 3 に示す。モデルの説明力は GWR の方が極めて高いことが分かる。

$$\ln OCarR(i) = \beta_0(i) + \beta_1(i)POPDAY_i + \beta_2(i)SINGLE_i + \beta_3(i)CNGELDER_i + \beta_4(i)RATEELDER_i + \beta_5(i)ACC5km_i \quad (2)$$

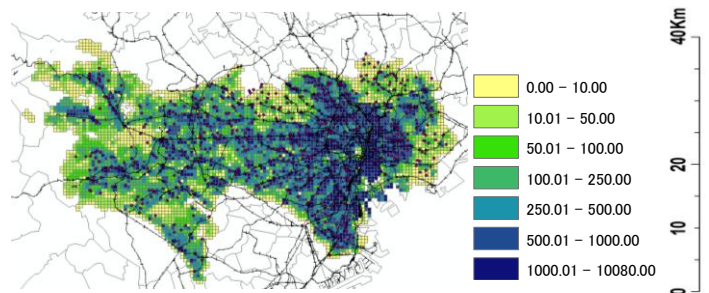


図-1 アクセシビリティの地理的分布 (*ACC5km*)

## 4. 分析結果

### 4.1 ローカルパラメータ

それぞれの GWR のローカルパラメータの地理的分布を図 2 に示した。パターンは大きく 2 つの地域 (23 区・23 区外の地域) に区分できる。

### 4.2 高齢者の BI

ここでは、特に高齢者を考慮した BI を式(3)により算出し、各地域の BI を高・並・低の3つのレベルに分類する。

$$BI5km_{ELDER} = (ACC5km)/(ELDER) \quad (3)$$

低 BI 地域は、標準偏差 0.5 以下の地域とし、フードデザートの可能性の高い地域と定義する。

各レベルの空間的パターンおよび低 BI 地域での各パラメータの分布（赤：プラス値、青：マイナス値）を図3に表す。低 BI 地域は主に23区の外部に、鉄道から離れている地域に線形に分布していることが分かる。特に、*POPDAY* 変数の場合、対象地域の西側・中心部分・東側にプラス値で集中し、商業施設が昼間人口に便利なところに集中しており、居住者は車の利用率が高くなることが読み取れる。*ACC5km* の値がプラスの地域は、食料品までの自動車利用が少なくなっており、フードデザートになる可能性が高いといえる。

## 5. おわりに

本稿では、東京を例に食料品アクセシビリティを計算し、GWR を利用してフードデザート候補地域を抽出し、その要因の地域的分布や形態を明らかにした。しかし、その地域が本当にフードデザート地域であるかについては、高齢者の購買行動の実態把握を行った上で、食料品の入手困難性の評価を行う必要がある。この点は今後の課題としたい。

なお、本研究は、ユニバーサル財団研究助成および日本学術振興会科学研究費補助金による研究成果の一部である。ここに謝意を表します。

## 参考文献

Ball, K., Timperio, A. and Crawford, D., 2009. Timperio and D. Crawford, Neighborhood socioeconomic inequalities in food access and affordability, *Health and Place*, **15**, 578–585.

Church, R.L. and Marston, J.R., 2003. Measuring accessibility for people with a disability, *Geographical Analysis*, **35**, 85-96.

Fotheringham, A.S., Brunsdon, C. and Charlton, M.E., 2002. *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*, Wiley.

表-1 変数名及びデータの説明

変数名	説 明	集計単位	出典
FOODEMP	食料品小売店の従業員数(H19)	町丁目	商業統計*
ELDER	高齢者人口(65歳以上,H17)	町丁目	国勢調査(H12, H17)**
REF	生産活動人口(15-65歳,H17)		
SINGLE	一人世帯の数(H17)		
POPDAY	昼間人口(H17)		
RATEELDER	高齢者の割合		
CAR	自動車登録台数(H17)	市区町村	自動車検査登録情報協会
INCOME	平均所得(H17)	市区町村	総務省
NEWRESI	新築住宅の数(H17)	市区町村	東京都統計年鑑***
BOCarR	大型店舗までの自動車利用率(H21)	計画基本ゾーン	パーソントリップ調査****
BOWalkR	大型店舗までの徒歩利用率(H21)		
SOCaR	中小規模小売店までの自動車利用率(H21)		
SOWalkR	中小規模小売店までの徒歩利用率(H21)		

\* 経済産業省

\*\* 総務省統計局

\*\*\* 東京都総務局統計部

\*\*\*\* 国土交通省

表-2 単変数 GWR の結果

Variable	Single variable GWR		R2-Adj
	AICc	Bandwidth	
POP_DAY (1)	-6965.5	665.50	0.9789
FOODEMP (1)	-6691.1	637.65	0.9786
SINGLE (2)	-6889.6	623.47	0.9795
REF (2)	-6488.5	732.05	0.9757
ELDER (2)	-6002.1	885.78	0.9714
ACC5km (3)	-6661.8	636.95	0.9785
ACC1km (3)	-6656.2	637.66	0.9784
CNGELDER	-6818.4	627.35	0.9797
RATEELDER	-5663.1	974.36	0.9687
MinDIST	-2086.9	1898.75	0.9341
POP_R	-2080.3	1898.75	0.9338
NEWBLDG (4)	648.5	3700.12	0.8881
INCOME (4)	787.3	4070.14	0.8851
CAR (4)	1768.1	4924.87	0.8619

表-3 モデル評価結果

GLM	変数	係数	t 値	p 値	R2-Adj
	(constant)	-.982	-79.26	.000	0.542
	POPDAY	-3.09E-05	-16.345	.000	
	SINGLE	-.001	-48.73	.000	
	CNGELDER	-2.86E-04	-3.15	.002	
	RATEELDER	-.503	-8.67	.000	
	ACC5km	-1.78E-04	-14.00	.000	
GWR	バンド幅	二乗和剰余	AICc	R2	R2-Adj
	5959.09	346.95	717.93	0.890	0.887

Wrigley, N., 2002. Food deserts in British cities: Policy context and research priorities, *Urban Studies*, **39**, 2029-2040.

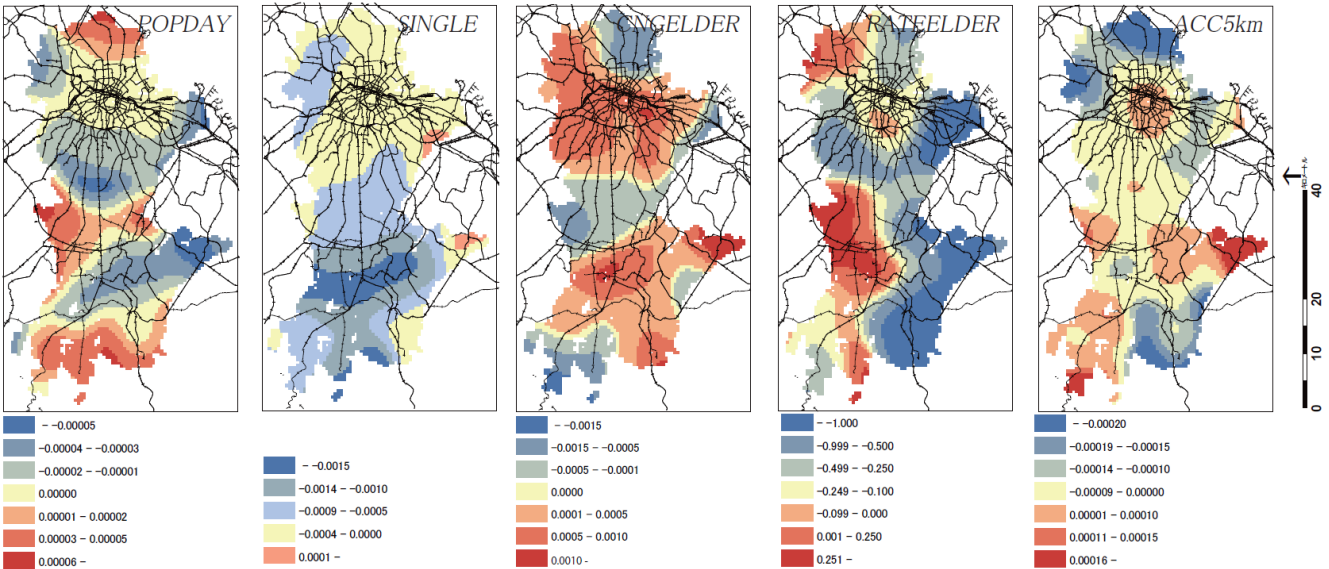


図-2 各ローカルパラメータの地理的分布

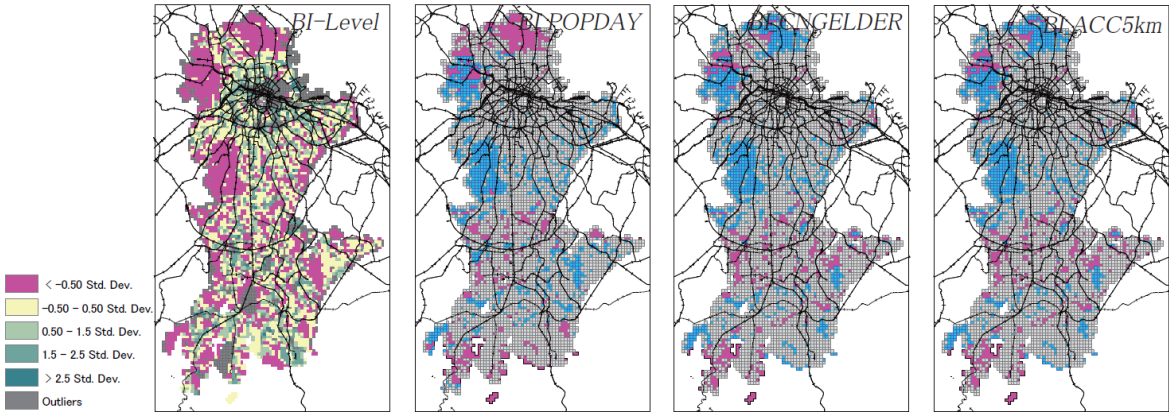


図-3 BI レベルの地理的分布（左）および低 BI 地域での各パラメータの地理的分布

表-4 低 BI 地域とその以外の地域における各変数の平均

		ACC5km	InOcarR	MinDist	CNGELDER	INCOME	CAR	POPDAY	SINGLE	RATEELDER	ELDER
BI from Medium to High (N= 3871)	Average	505.1	-1.68	945	75.29	9399	1460	3513	506	0.18	428.1
	Stderror	616.4	0.80	849	83.31	6380	592	4792	521	0.17	354.5
BI_Low (N= 1472)	Average	54.3	-1.56	1025	93.20	8514	1617	1747	325	0.17	457.6
	Stderror	63.8	0.66	1054	85.37	4806	647	1239	298	0.11	289.9