

# 超高齢社会における都市構造変化： 社会的相互作用を考慮した立地モデルによる分析

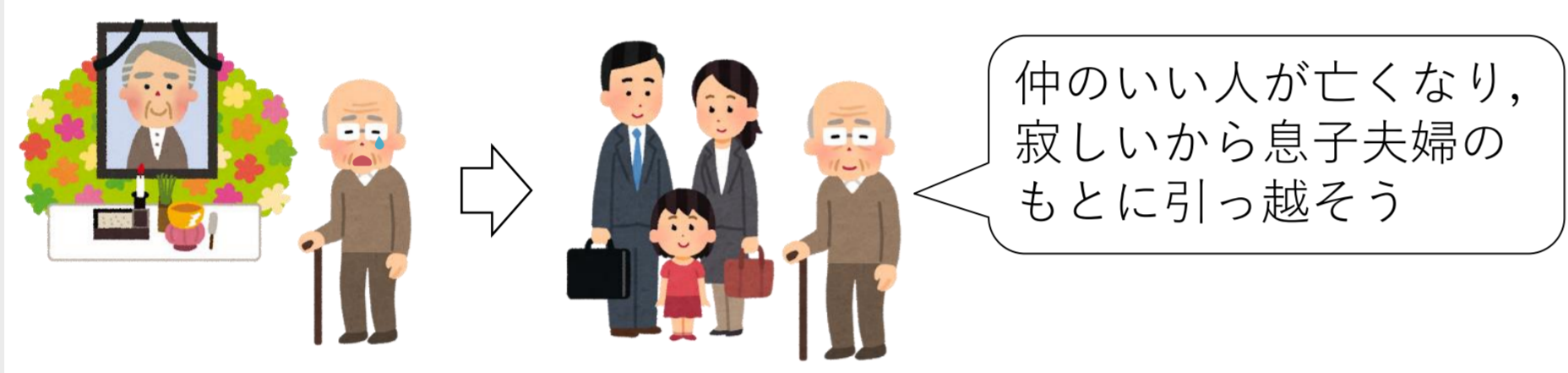
堀越 光

TAKAYAMA Lab.  
金沢大学 理工学域 地球社会基盤学類

## 1. 研究背景と目的

医療技術の発達による長寿命化と他世代より人口が多い団塊世代の高齢化によって、日本は超高齢多死社会に向かっています。このことにより、地域コミュニティ崩壊の危険性が高まり、人々の立地分布が大きく変化することが予想されます。しかし、既往研究でみられる立地選択モデルでは、超高齢多死社会による地域コミュニティ崩壊の影響を表現できません。その要因として、コミュニティ形成・崩壊現象を表現するのに必須となる社会的相互作用を考慮していないことが挙げられます。これは、社会的相互作用を考慮したモデルのパラメータ設定手法や、大規模な数値解析手法が確立していないためです。

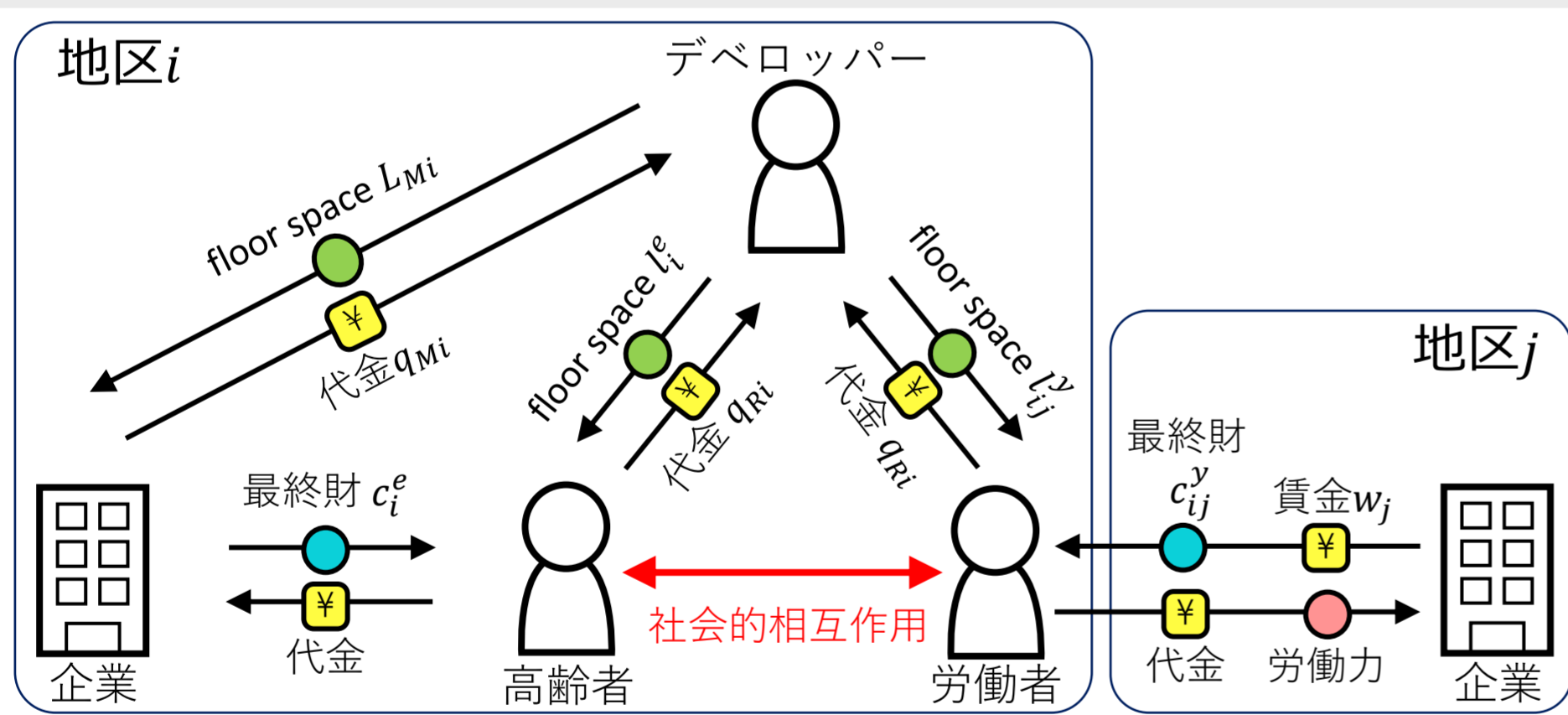
そこで本研究では、社会的相互作用が超高齢多死社会において都市構造に及ぼす影響を明らかにすることを目的とします。そのために、社会的相互作用を考慮しているAhlfeldt et al.(2015)モデルを拡張し、高齢者と若年者の行動をモデル化します。そして、そのモデルに適用可能なパラメータ設定手法・ポテンシャル関数を用いた安定性解析手法を提案します。そのうえで、石川県小松市周辺を対象としてモデルを適用させ、反実仮想実験を行います。



超高齢社会における社会的相互作用のイメージ

## 2. モデルの概要

本研究では、Ahlfeldt et al.(2015)を基にしたモデルを構築します。具体的には、1つの都市内にS個の地区がある都市を考えます。この都市には、立地主体である家計（労働者と高齢者）と企業、floor spaceを供給するデベロッパーが存在します。なお、上付き添え字yは労働者、eは高齢者を意味します。ここでは、本研究で重要となる家計の行動について詳しく説明をします。



### 家計

$$\text{労働者} \quad \max_{c_{ij}^y, l_{ij}^y} U_{ij}^y = c_{ij}^y + \beta_i \ln l_{ij}^y + B_i^y \quad \text{s.t. } w_j^y = c_{ij}^y + q_{Ri} l_{ij}^y + \tau_{ij}$$

$$\text{高齢者} \quad \max_{c_i^e, l_i^e} U_i^e = c_i^e + \beta_i \ln l_i^e + B_i^e \quad \text{s.t. } w^e = c_i^e + q_{Ri} l_i^e$$

$B_i^y$ : 地区iの居住地のアメニティ  
 $t$ : 通勤費用パラメータ  $\tau_{ij}$ : 地区i, j間の移動時間

### 家計の居住地のアメニティ

$$\text{労働者} \quad B_i^y = b_i^y + \eta^y SI^y + \eta^{ye} SI^e$$

$$\text{高齢者} \quad B_i^e = b_i^e + \eta^e SI^e + \eta^{ye} SI^y$$

$b_i^y$ : 地区iに固有の効果  
 $\eta$ : 社会的相互作用のパラメータ  $SI_i$ : 地区iの社会的相互作用項

次に、家計の居住地のアメニティ $B_i$ の構造を示します。アメニティは土地固有の効果と社会的相互作用から構成されます。本研究では、社会的相互作用を家計がどれだけ密集して近くに居住しているかで表します。また、超高齢多死社会の影響を考慮するために、労働者に由来する社会的相互作用と高齢者に由来する社会的相互作用に分けて表します。

## 3. 立地均衡条件と安定性解析

家計、企業、デベロッパーの最大化問題を解くことによって家計の間接効用関数が得られます。この間接効用関数を用いると、立地均衡条件は次のように表せます。また、均衡状態は複数存在します。そのため、どの均衡状態が実際に起こりうる均衡状態か、すなわち、どの均衡状態が安定均衡状態であるかを解析する必要があります。

### 立地均衡条件

$$h_{ij}^y = \frac{\exp[\theta^y u_{ij}^y]}{\sum_{r \in S} \sum_{k \in S} \exp[\theta^y u_{rk}^y]} H^y \quad h_i^e = \frac{\exp[\theta^e u_i^e]}{\sum_{r \in S} \exp[\theta^e u_r^e]} H^e$$

$u_{ij}$ : 間接効用関数  
 $H^y$ : 総労働者数

$\theta$ : スケールパラメータ  
 $H^e$ : 総高齢者数

安定均衡状態の解析は、一般的に困難とされています。それを容易にする方法として、ポテンシャル関数を用いた解析方法があります。このポテンシャル関数 $P(h)$ が存在する場合、 $P(h)$ を局所的に最大化する $h$ が安定になることが知られています。本研究で構築したモデルにはポテンシャル関数が存在するため、この方法を用いて安定性解析を行います。

## 4. 反実仮想実験

Ahlfeldt et al.(2015)のパラメータ設定方法を参考にし、設定したパラメータ結果を以下の表に示します。ここで、地区に固有の効果 $b_i^y, b_i^e$ はステップワイズ法を用いて変数選択をします。なお、添え字yは労働者の地区固有の効果、eは高齢者の地区固有の効果を表します。

### パラメータ設定の結果

名称	通勤費用	市街化調整面積_y	社会的相互作用_e
値	-6.651E-04	-1.066	8.498E-05

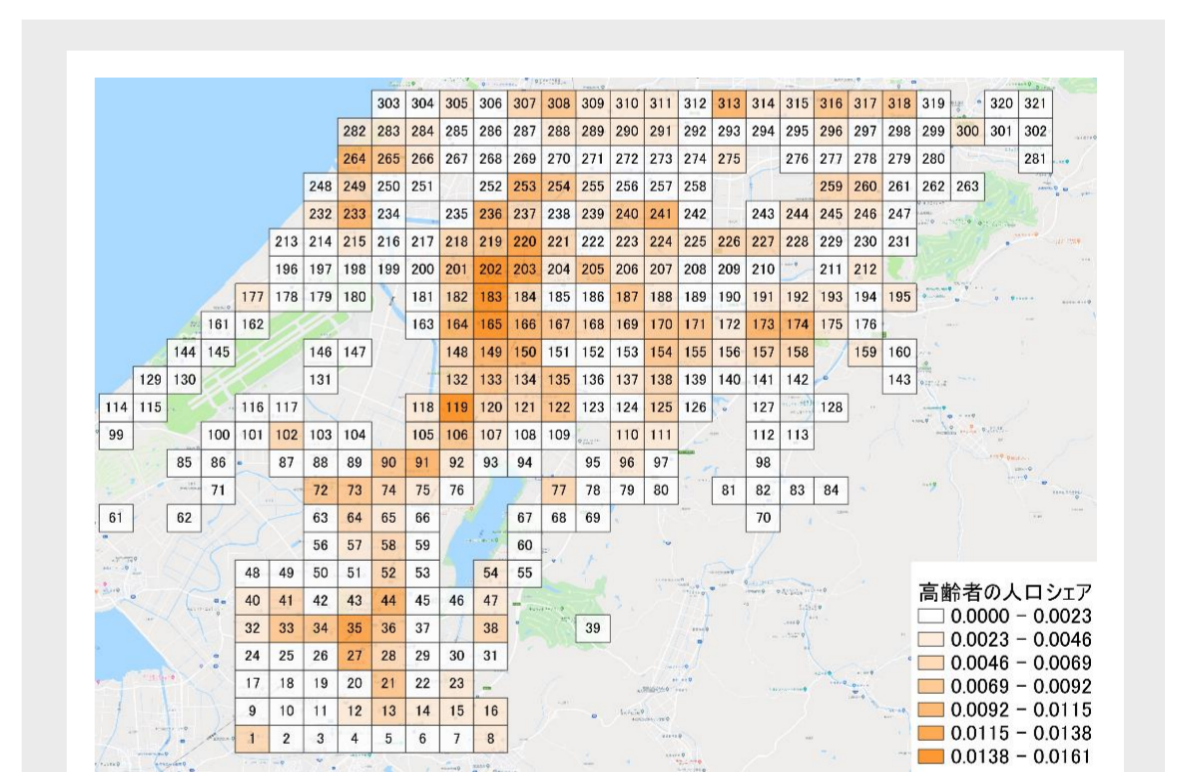
  

道路延長_e	バス停数_e	市街化面積_e	市街化調整面積_e	福祉施設数_e
1.256E-04	2.643E-01	6.306	2.528	1.906E-01

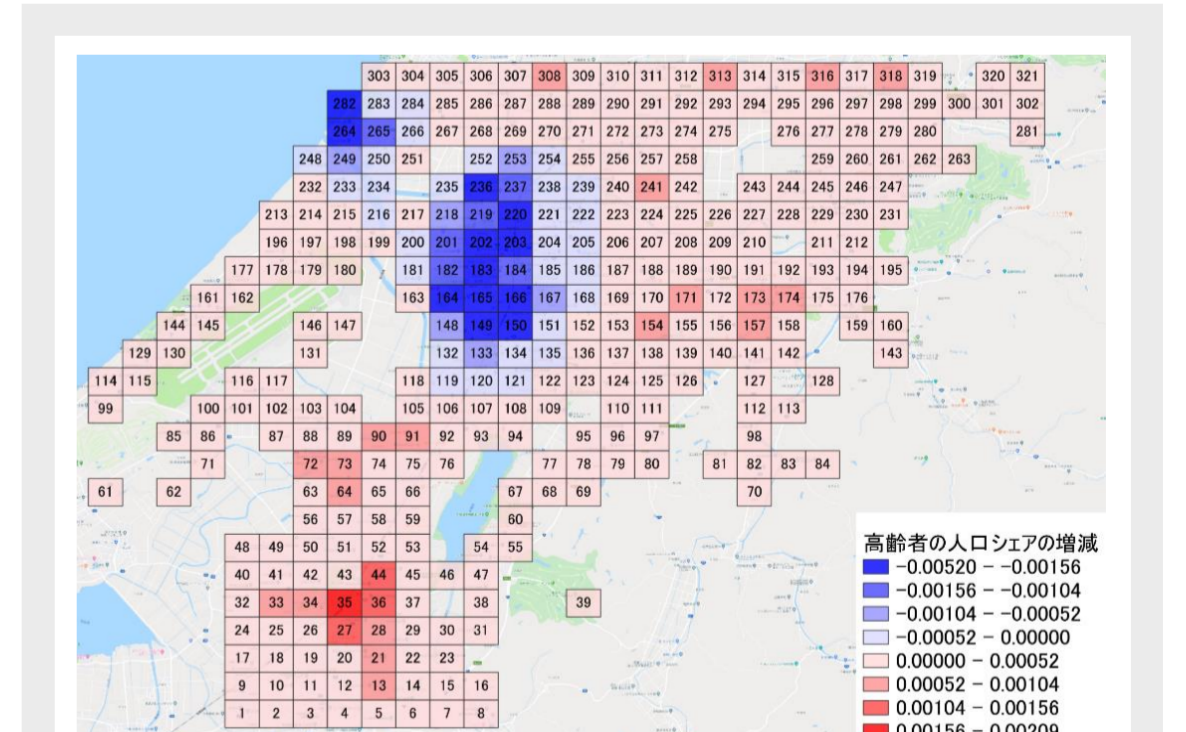
上記の表からもわかるように、高齢者間の社会的相互作用のみが有意に推定され、労働者間の社会的相互作用と労働者と高齢者間の社会的相互作用は有意に推定されませんでした。

設定したパラメータを用いて、石川県小松市周辺を対象とした反実仮想実験の結果を示します。ここでは、超高齢多死社会を想定した簡易的な実験、すなわち、都市内の全ての年齢階級の人口を5%ずつ減少させるという実験を行いました。

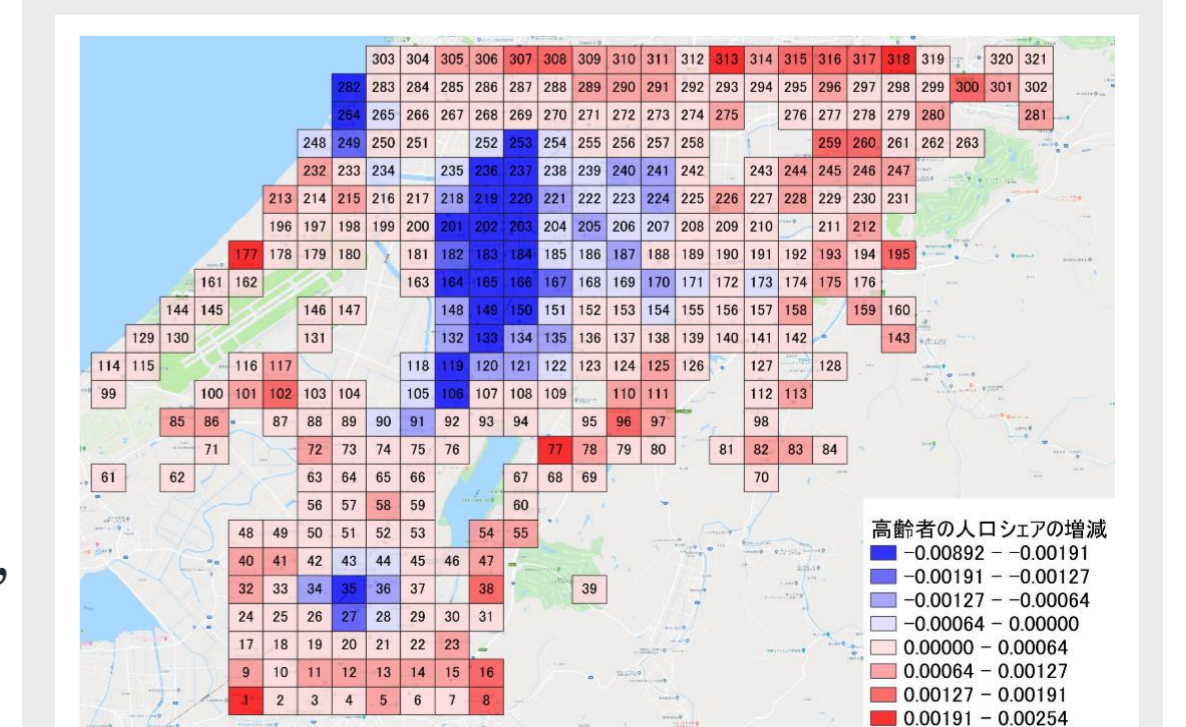
粟津駅がある地区36周辺に着目すると、人口が5%減少した場合には、高齢者の人口シェアが初期状態から増加しています。人口が30%減少した場合には、高齢者の人口シェアが減少していることが分かります。つまり、高齢者の地域コミュニティの形成・崩壊現象を確認することができたとと言えます。



初期状態の高齢者の人口シェア



人口5%が減少した場合



人口が30%減少した場合

高齢者の人口シェアの増減