

# 震災後の市区町村単位での人口移動特性

元井 初音<sup>1</sup>・奥村 誠<sup>2</sup>・水谷 大二郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 東北大学 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6)  
E-mail: hatsune.motoi.t7@dc.tohoku.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1)  
E-mail: makoto.okumura.b6@tohoku.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東北大学助教 災害科学国際研究所 (〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1)  
E-mail: mizutani@irides.tohoku.ac.jp

地域間の人口移動は、進学、就職、転勤などが必要となる年齢構成に応じて発生し、移動、残留の要因は、複数の地域社会間で共通していると考えられる。一方で災害などの理由により、地域社会ごとの移動、残留者数は経時的に変化する。地域社会ごとに移動、残留者数を把握し、都市施設の整備、統合、公的な制度支援といった適切な対応を行うためには、個々の地域社会で共通の地域間の移動の要因を特定するとともに、個々の地域社会の固有性も同時に考慮する必要がある。本研究では、年齢構成ごとの転出者数を、他期間や他市区町村、また転入、残留者数と比較して質的な特性を明らかにするための非負値行列因子分解手法に着目し、東日本大震災前後の国勢調査による福島県・宮城県の市区町村のデータに適用して、クラスター分析を行いながら考察する。

**Key Words** : *demography, regional community, non-negative matrix factorization, The population Census*

## 1. はじめに

災害の影響により地域の社会状況、経済状況が変化した場合、公共サービスや施設への新しいニーズが発生するほか、摩擦的に起こる問題の影響を和らげる政策等が必要となる。その際、各地域に生じつつある変化を的確に把握することがのぞまれるが、特に未経験の変化を把握し理解することは難しい。そこで地域での変化について、他地域や過去に観測された変化との類似性や共通性を部分的に把握できれば、今後の推移傾向や発生しうる社会的な問題とその対応策、今後重要となる公共サービスのニーズを考える際に有用となりうる。

地域の変化は居住者の転居に影響を与えることが多く、変化の原因によって異なる年齢階層に影響する。また、年齢階層ごとに人々の公共サービスに対するニーズも異なる。したがって、年齢構成比を通して地域社会の特徴を観察し、他地域や過去の年齢構成と比較の上で把握することでその地域で起こっている変動の原因を推測するとともに、今後発生する公共サービスのニーズを把握できる可能性がある。特に、転出と転入を差し引きした純転入ではなく、転出、転入のそれぞれを別に分析することでその地域内の人口の年齢構成比の入れ替わりを議論することができる。更に残留者数にも考慮しながら分析

を行うことで、各地域の人口規模の差による結果のずれを最小限に抑えることができる。

多くの観測データの中に共通するパターンを、少数の要因の加算として把握するパターン認識の中でも、要因が非負の要素を持ち、その加算の程度も非負の数値として把握する分析手法として、非負値行列因子分解 (Non-negative Matrix Factorization; NMF) がある。地域の転出、転入、残留者数は、測定誤差や記録時の誤差が含まれない限りは非負の値を取ることから、筆者らは NMF に基づいた人口移動特性の把握のための方法論を提案した<sup>1)</sup>。さらに、東日本大震災後の都道府県間移動を NMF によって分析することで、東日本大震災後の福島県からの転出や福島県への転入で起こった特殊な移動パターンを通常時のパターンの加算により表現できることを示した<sup>1)</sup>。

本研究では東日本大震災後の県内の原発避難に着目し、福島県と宮城県の市区町村単位で原発避難にあたる転出が通常時のパターンでどのように表現できるのかを理解するために NMF により分析を行う。さらに、NMF において算出された因子得点に対してクラスター分析を行うことにより、移動パターンの市区町村間の類似性についても考察を加える。

表-1 分析データの形式

[人]	5~10 歳 男性	...	80~85 歳 女性	85 歳以上 女性
2010-2015 年 青葉区転出		...		
:	:		:	:
2010-2015 年 飯館村転出		...		
2010-2015 年 青葉区転入		...		
:	:		:	:
2010-2015 年 飯館村転入		...		
2010-2015 年 青葉区残留		...		
:	:		:	:
2010-2015 年 飯館村残留		...		
2000-2005 年 青葉区転出		...		
:	:		:	:
2000-2005 年 飯館村残留		...		
1995-2000 年 青葉区転出		...		
:	:		:	:
1995-2000 年 飯館村残留		...		

## 2. 年齢構成データの非負値行列因子分解

NMFについては数多くの既往研究や成書が存在し<sup>2)</sup>、近年土木計画学における利用事例が増加してきている。以下、読者の弁を考え、先行論文との重複を恐れずに、NMFの概要について説明するとともに、年齢構成データに適用する際の注意点を述べる。

### (1) 非負値行列因子分解の概要

主成分分析や独立成分分析といった、所与のデータを複数の成分に分解する手法の中でも、NMFは特に非負値のデータを対象とした多変量解析手法である<sup>2)</sup>。現実世界に存在するデータの多くは非負値で表されるため、NMFによって楽曲や顔画像、文書内の単語の出現回数といった非負値のデータの構成成分を抽出し、音源分離や顔認証、文書の自動分類をする研究が進められている。

ここで、分析したいデータをサイズ  $K \times N$  の観測行列  $X$  とする。観測行列  $X$  を

$$V \cdot W \simeq X \quad (1)$$

を満たすようなサイズ  $K \times M$  の因子得点の行列  $V$  とサイズ  $M \times N$  の因子負荷量の行列  $W$  に分解する。なお、分解後の因子数  $M$  は解析する者が事前に決めておき<sup>3)</sup>、

$$M \leq \min(K, N) \quad (2)$$

を満たす必要がある。一般的に、 $M$  の数が多ければ多いほど内積  $V \cdot W$  は観測行列  $X$  に近づいていく。

### (2) 分析対象データ

本研究において分析対象データは表-1のように、各年齢階層（年齢5歳階級）の各性別の人口移動数を、各期間の各市区町村の転出、転入、残留ごとに並べた形式を採用する。ここで「転出」は5年前に当該市区町村に居住していた者のうち調査時点で当該市区町村外に居住地を移した人数である。また「転入」は調査時点で当該市区町村に居住する者のうち5年前に当該市区町村外に居住していた人数である。更に「残留」は調査時点と5年前で同一の市区町村に居住する者であり、住所を変えなかった者と当該市区町村内で転居した者の両方が含まれる。なおこれらの定義により、調査時点で満5歳に達していない者や当該5年間の間に死亡した者は含まれない。

### (3) 本研究におけるNMF分析結果の意味づけ

市区町村外へ転居するかどうかの選択は、基本的に就職、進学、職場の変化、結婚・離婚や住み替えと言った重大なイベントごとに起こる<sup>4)</sup>。この人生の節目を「ライフイベント」とする。本研究は、移動人口と残留人口をライフイベントの加算として把握することを目的とするため、NMFによって得られた因子をライフイベントとして解釈することができるかどうかを確認しながら  $M$  の値を決定した。実際には因子数を変えながら分析結果を確認し、最も妥当な解釈が可能であった  $M=7$  とした場合の結果を採用した。

以下、本研究での因子得点行列  $V$  および因子負荷量行列  $W$  の意味づけについて説明する。因子負荷量行列  $W$  の各行は、 $M$  個ある因子それぞれの年齢階層の発生度合を表す。また因子得点行列  $V$  の各行は観測行列  $X$  の各市区町村の転出、転入、残留を表現する因子の加算の度合いを表している。因子負荷量行列  $W$  は、NMFの条件の一つである非負制約により疎になる傾向があるため、因子は互いに独立になるように求まる傾向にある<sup>2)</sup>。したがって、各ライフイベントがそれぞれ異なる年齢階層をカバーする傾向にあるため、分析結果の解釈はより容易になる。

結果を標準化するために因子負荷量行列  $W$  と因子得点行列  $V$  の要素について以下の操作を行い、標準化因子負荷量行列  $W'$ 、標準化因子得点行列  $V'$  とする。

$$N_m = \sum_n W_{m,n} \quad (3)$$

$$W'_{m,n} = W_{m,n} / N_m \quad (4)$$

$$V'_{k,m} = N_m \cdot V_{k,m} \quad (5)$$

標準化因子負荷量行列 $W'$ は、行ごとの和が1になっており、それぞれ因子が含んでいる年齢階層の比率を表している。また、標準化因子得点行列 $V'$ は、因子ごとの実際の人数と同じオーダーの要素を持っている。これらの内積は、式(6)のように元の行列同士の内積と等しく、

標準化因子負荷量行列 $W'$ と標準化因子得点行列 $V'$ は観測行列 $X$ を分解した一つの形である。

$$\sum_m V_{k,m} W_{m,n} = \sum_m V'_{k,m} W'_{m,n} \quad (6)$$

### 3. 分析結果と考察

#### (1) 分析対象データの概要

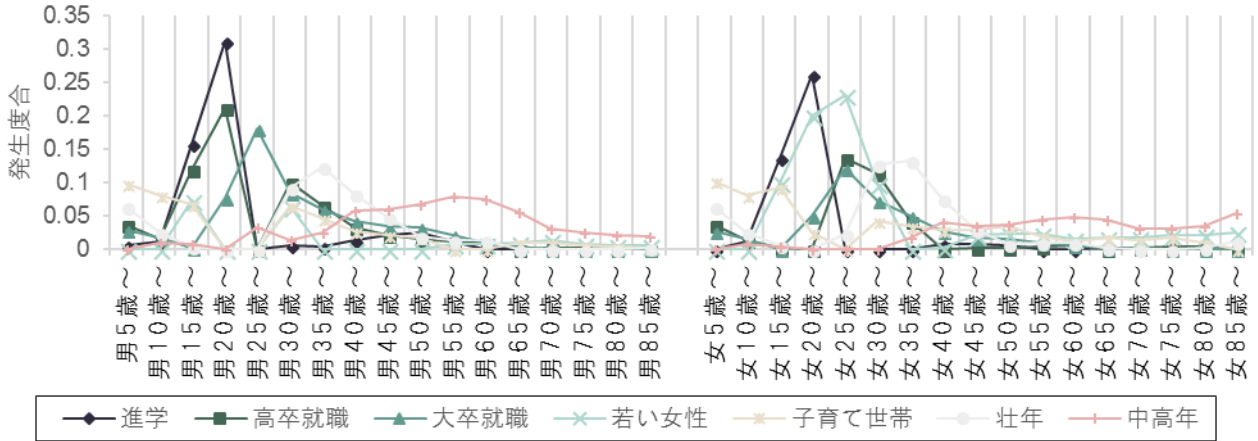


図-1 因子負荷量

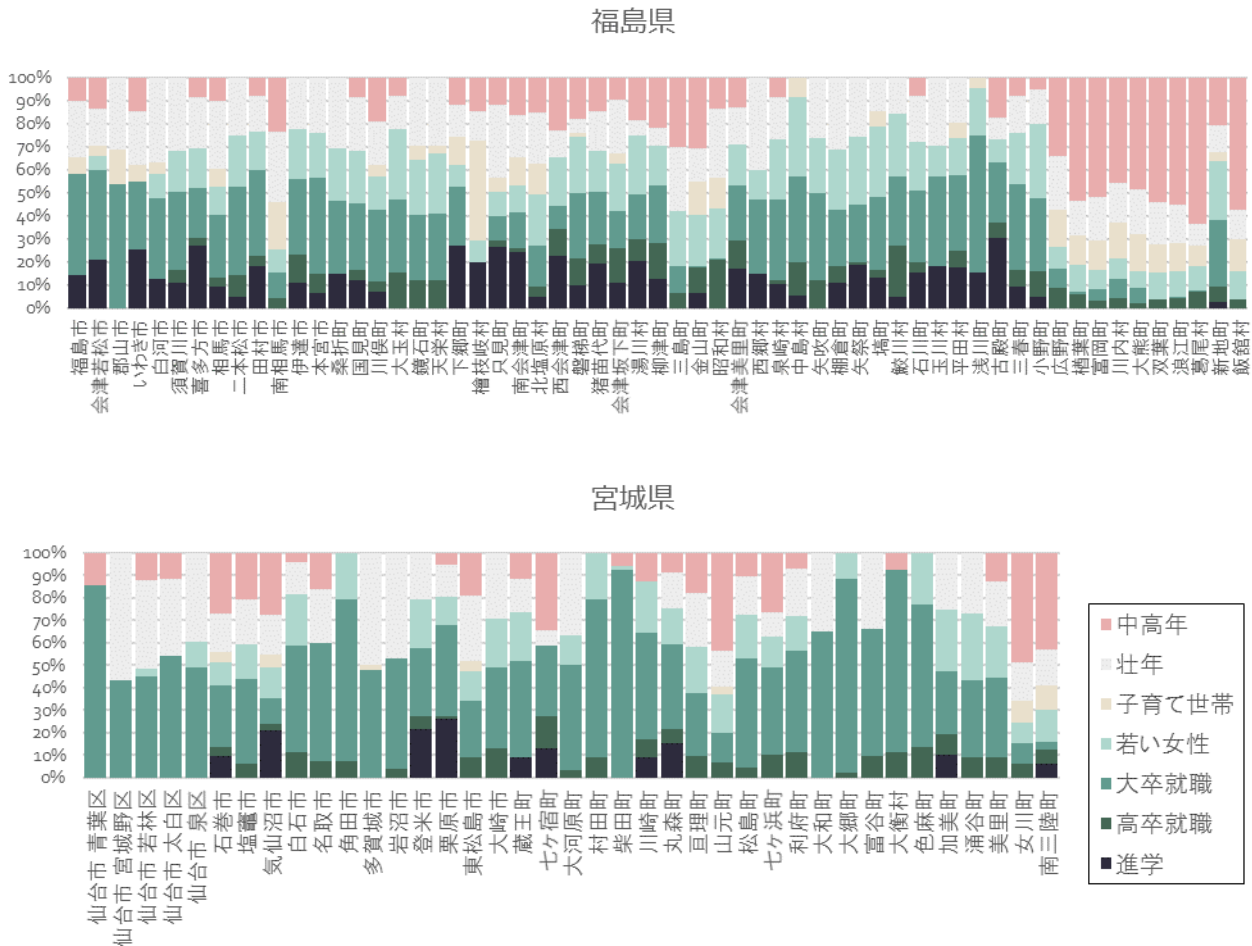


図-2 転出因子得点 (100%積上げ)

日本において公的に調査され公開されている転出，転入，残留のデータとして毎年の住民基本台帳人口調査データと国勢調査のデータが挙げられる．しかし，住民基本台帳は住民票の場所を記録したものであり住民が転居しても住民票を移さない場合も多いため，より転出，転入，残留の実態を表している国勢調査を採用した．

国勢調査では西暦の末尾が 0 の年に大規模調査，末尾が 5 の年に簡易調査を行うが，2015 年度調査では東日本大震災の影響を把握するため従来大規模調査で調査されていた「5 年前の住居の所在地」項目が加わっている<sup>5)</sup>．

分析対象期間は，15 年であればライフイベントが起こる年齢が時代によって変化する影響が大きくないと考え，1995 年から震災前後年までの期間である 1995-2000 年，2005-2010 年，2010-2015 年の 3 期間とした．

(2) 分析結果

以下，標準化後の因子および行列について考察していく．

表-2 各因子の解釈

因子名	ライフイベントとしての解釈
進学	高校卒業後の進学.
高卒就職	高校，専門学校等からの卒業後の就職.
大卒就職	大学，短大，大学院等からの卒業後の就職
若い女性	結婚などを迎えた主に 20 代の女性
子育て世帯	未成年の子供とその両親
壮年	働き盛りの 30~40 代の男女
中高年	40~50 代以上の男女

各因子の因子負荷量は図-1のように得られた．各因子は表-2のようなライフイベントとして解釈し，それに基づいて各期間の各市区町村の転出，転入，残留の因子得点について考察できる．

(3) 考察

本研究では，震災前後の転出を，他期間の，また転入，残留の，また他市区町村の中に見られるパターンの加算として表現することを目的としているため，震災前後年の転出に着目して考察する．

$$K_m = \sum_m V_{k,m} \quad (7)$$

各市区町村の因子得点を行ごと足し合わせた式(7)を満たす $K_m$ により，因子得点行列 $V$ の要素をそれぞれ割ると，各市区町村の転出のライフイベント比率が得られる．それらをクラスター分析し，図-3のような結果を得た．

a) 大学所在地

図より仙台市青葉区，柴田町といった市区町村において「就職」する転出が多いことがわかった．仙台市青葉

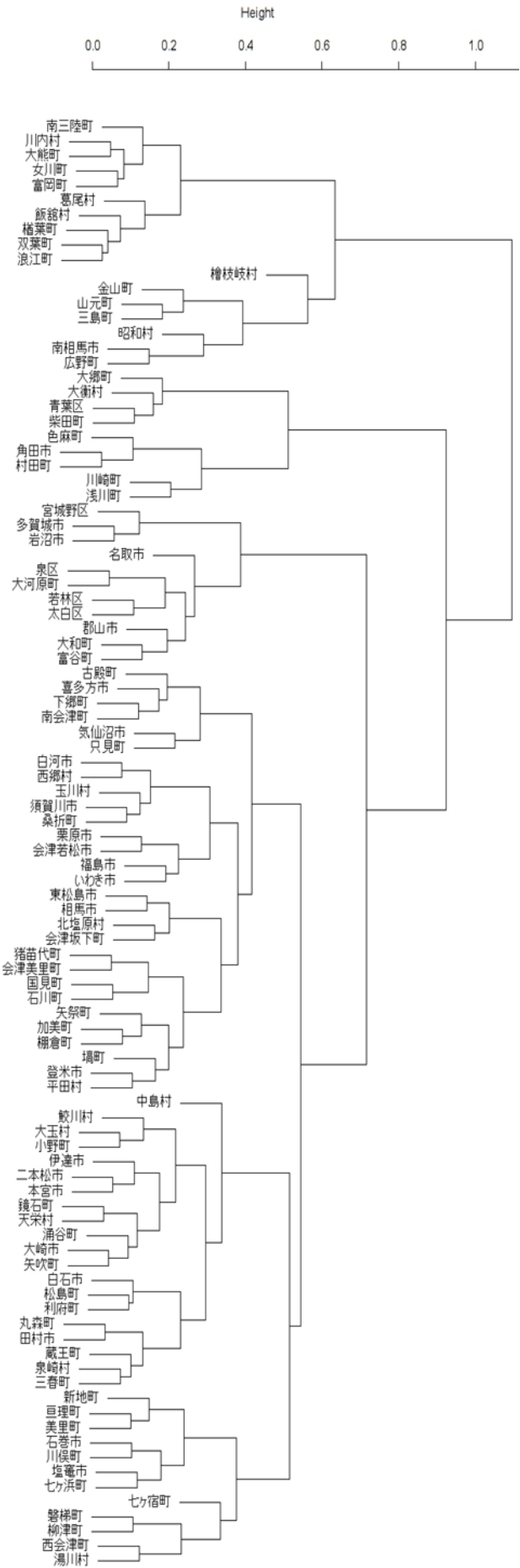


図-3 クラスター分析によるデンドログラム

区は学都として有名な仙台市の中でも有数の大学所在地であり、県内各地をはじめ、東北地方の各県や地方外からも学生を集めている。地方部では進学目的で転居した学生は卒業と共に他地域へ就職することが多く<sup>1)</sup>、大学・短大が多い市区町村や、転居を伴う進学者の多い大学・短大を持つ市区町村はこのクラスターに含まれていると考えられる。

#### b) 震災後の被災市町村

2011年に発生した東日本大震災の原発事故により、原子炉の損傷や放射性物質の放出・拡散による住民の生命・身体の危険を回避するために、避難指示が発出された。年間積算線量を基準として避難指示区域が現在もお指定されている<sup>2)</sup>。それ以外にも震災直後に避難指示が長期間出されたのち解除された地域もあり、原発避難による転出の範囲を見るには現在指定されている区域外の市区町村についても注意するべきである。

図を見ると、避難指示区域およびその隣接市区町村である地域が同じクラスターに含まれている。また、宮城県の南三陸町、女川町も同じクラスターに含まれている。これらは震災による対人口死亡率が高く<sup>3)</sup>、地域の基本的な生活環境は破壊されたために転出を余儀なくされた人々を多く含むという点で原発周辺の地域と類似している。ライフイベント比率の共通性に注目すると、「中高齢」や「壮年」の転出が大きいという特徴がある。一般的に中高年は移動しにくい年齢階層であり<sup>4)</sup>、原発避難や住居の損失などによりやむを得ず転出に至っているのだと考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、非負値行列因子分解により、年齢構成ご

との転出者数を他期間や他市区町村と比較し人口移動の質的特質を明らかにする手法を、震災前後年の国勢調査市区町村データに適用し、考察した。その結果、原発避難と同様の年齢層における移動が宮城県の被災地でも起こっていることがわかった。

今後は、適切な尤度関数の設定や、居住地以外の年齢階層データ、他地域の人口構成データへの適用などを通して、分析手法を洗練させていくことができると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 元井初音・奥村誠・水谷大二郎：年齢構成の共通性に着目した地域社会の比較分析法，土木計画学研究・講演集，Vol.57，No.17-09，2018.
- 2) 亀岡弘和：非負値行列因子分解，計測と制御，第 51 巻第 9 号，pp.835-844，2012.
- 3) 澤田宏：非負値行列因子分解 NMF の基礎とデータ／信号解析への応用，電気情報通信学会誌，Vol.95，No.9，pp.829-833，2012.
- 4) 清水昌人：近年の人口移動理由，人口問題研究，57-1，pp.8-24，2001.
- 5) 総務省統計局：統計局ホームページ/国勢調査の基本に関する Q&A，2018/07/31 参照  
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/qa-6.htm#f1>
- 6) 福島県庁：避難指示区域の状況 - ふくしま復興ステーション - 福島県ホームページ，2018/07/31 参照  
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/list271-840.html>
- 7) 宮城県：東日本大震災における被害等状況，2018/07/31 参照  
<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/347652.pdf>
- 8) 井上孝：日本国内における年齢別人口移動率の地域的差異，筑波大学人文地理学，Vol.15，no.1，pp.223-250，1991.

(2018.7.31 受付)