

非負値行列因子分解による産業クラスター検出の試み

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 水産大学校
	公開日: 2024-10-11
	キーワード (Ja):
	キーワード (En): Industry; Tables; Analysis
	作成者: 楢取, 和明
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2012076

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



非負値行列因子分解による産業クラスター検出の試み

梶取和明^{*†}

An Attempt to Detect Industry Clusters by Using Non-negative Matrix Factorizations

Kazuaki Kajitori^{*}

Abstract : We apply the Non-negative Matrix Factorization (NMF) method to the problem of detecting industry clusters of a region. We follow the methods using Factor Analysis (FA) proposed by Bergman and others. We use the three Input-output tables of the two prefectures Yamaguchi-ken and Tottori-ken and the Chugoku area in Japan and prepare the production coefficient matrix and the linkage matrix from each of the IO tables. We apply NMF and FA to those two kinds of matrices to get clusters of the area and compare the results. We found that for the linkage matrices, NMF and FA produce very similar results and that for production coefficient matrices, they produce different results. We investigate the reasons for these similarities and differences and conclude that NMF and FA (and other methods) can complement each other and NMF can take advantage of its features if it is applied to raw data or simple coefficient matrices of IO tables.

ASFA Key words : Industry, Tables, Analysis

はじめに

産業クラスターとはポーター¹⁾によれば、特定分野において相互結合的な地理的に近接した企業、調達先、関連組織の集合体である。ある地域の産業クラスターは地域企業の競争力に重要な影響を及ぼし、したがって地域の産業政策にとっても重要な意味を持つことが認識されるようになってきた。

産業クラスター（以下単にクラスターとも）を特定する実証的方法としては、実証データとして産業連関表を用い、クラスターの検出方法として因子分析を用いる方法がある^{2,3,4)}。この方法は、産業部門間に共通する数少ない主要因子を見出し、それら各因子に関わりの深い産業部門を一つのクラスターとするものである。

われわれが扱うデータは非負値であることが多い。産業連関表で部門間の関連性を表す中間投入表も基本的には非

負データである（ストーン方式などによる負値を別にすれば）。このような非負値データに対して、因子分析などのように少ない次元でデータを要約する手法として非負値行列因子分解（Non-negative Matrix Factorization, 以下 NMF と略す）がある。この方法は、非負値データ行列を 2 つの非負値行列の積に分解するもので、顔画像データから鼻・口・目などのパーツ成分を析出する⁵⁾など、各種非負値データの分析に有効に用いられている。以下に示すように、NMF を用いて因子分析による産業クラスターの特定法をシミュレートすることができる。本小論では、筆者が研究の対象としたい山口県を中心とした地域のデータを題材に、NMF を用いた産業クラスターの特定法を因子分析による方法と比較し、その特徴を探る。

^{*}水産大学校水産流通経営学科 (Department of Fisheries Distribution and Management)

[†]別刷り請求先 (corresponding author) : kajitori@fish-u.ac.jp

方 法

NMF による行列分解の方法

まず本論で使う NMF の定義を述べる。 X を $n \times p$ の非負値行列とする (すなわち X の各成分 x_{ij} は非負)。 $r > 0$ を整数として、NMF は

$$X \approx WH$$

なる $n \times r$ 非負値行列 W 、 $r \times p$ 非負値行列 H を求める。 r はランクと呼ばれ $r < \min(n, p)$ となるように予め選ばれる。NMF の目的は X に含まれる情報を r 個の因子 (factor) に分割して近似することである。NMF の方法の特徴は X, W, H の非負性であり、 W, H は以下に示す代表的なアルゴリズム^{6,7)}で求めることができる。

W, H は以下の local minimum を求める形で決定する：

$$\min[D(X, WH) + R(W, H)] \quad (1)$$

ここで、 D は損失関数で近似の程度を測る。 D としてよく使われる (この小論でも使う) のは Kullback-Leibler divergence で、行列 $A = (a_{ij})$ 、 $B = (b_{ij})$ に対して、

$$D: A, B \mapsto KL(A||B) = \sum_{i,j} a_{ij} \log \frac{a_{ij}}{b_{ij}} - a_{ij} + b_{ij} \quad (2)$$

と定義される。 R は正則化関数で W, H の smoothness や sparsity など望ましい性質を得るのに使われるオプショナルな項である。(1) の local minimum を求めるには、 W, H の初期値としての W, H を決め、この W, H を逐次更新していく方法をとる。(2) に対応した (1) の local minimum 化に使われる更新式は以下のとおりである：

$$w_{ik} \leftarrow w_{ik} \frac{\sum_j h_{kj} x_{ij} / (WH)_{ij}}{\sum_j h_{kj}} \\ h_{kj} \leftarrow h_{kj} \frac{\sum_i w_{ik} x_{ij} / (WH)_{ij}}{\sum_i w_{ik}}$$

ここでは W, H の初期値はランダムに決めることとする。初期値が決まれば上の更新プロセスを収束したと判定されるまで続ける。初期値により結果 (分解) は変わるので、多数のランダムな初期値による結果の中で best fit (誤差最小) なものを採用することとする。

上のデータ行列 X を $1 \times p$ 確率変数ベクトル $\mathbf{X}$ の n 個のレコードと見ると、因子分析モデルは、

$$\mathbf{X} - \mu = \mathbf{F}\mathbf{L} + \varepsilon$$

と与えられる⁹⁾。ここに μ は $\mathbf{X}$ の平均ベクトル、 $\mathbf{F}$ は共通因子ベクトル、 $\mathbf{L}$ は因子量負荷行列、 ε は独自因子である。これをデータ行列レベルで見れば、NMF のような行列分解と見ることもできる。さらに因子分析モデルの直交性から、

$$\text{Cov}(\mathbf{X}) = \mathbf{L}\mathbf{L}' + \text{Cov}(\varepsilon)$$

となり ($\text{Cov}(\varepsilon)$ は対角行列)、データの共分散行列の分解

と見ることもできる。

クラスター特定の方法

産業連関表を使った因子分析によるクラスター特定の方法では、因子分析にかけられる行列として、投入係数行列と産出係数行列を用いた例⁴⁾と、連携行列を用いた例^{2,3)}がある。本論でも NMF を適用する行列としてこれらの行列を使うので以下これらの定義を述べる。

Z を中間投入行列とする。 z_{ij} を i 部門から j 部門への投入額とし、 y_j を j 部門の生産額とする。投入係数 t_{ij} と産出係数 s_{ij} は以下のように定義される³⁾：

$$t_{ij} = \frac{z_{ij}}{y_j}, \quad s_{ij} = \frac{z_{ij}}{y_i}$$

$z_j = \sum_i z_{ij}$ を j 部門の中間財の総購入額とし、 $z_i = \sum_j z_{ij}$ を i 部門の中間財の総販売額とすると、購入係数 k_{ij} と販売係数 h_{ij} は以下のように定義される：

$$k_{ij} = \frac{z_{ij}}{z_j}, \quad h_{ij} = \frac{z_{ij}}{z_i}$$

$c(\cdot, \cdot)$ を相関係数を求める関数として、購入係数行列の行と列 ki, kj と販売係数行列の行と列 hi, hj に対し、

$$r_{ij} = \max[c(ki, kj), c(hi, hj), c(ki, hj), c(hi, kj)]$$

を (i, j) 成分とする行列を連携行列とする。

因子分析によるクラスターの特定方法^{2), 3), 4)}では、行列 $(s_{ij}), (t_{ij}), (r_{ij})$ に因子分析を適用し、varimax 回転した因子負荷行列の各因子に一つのクラスターを対応させた上で各因子の因子負荷量の多い産業をクラスターを構成する産業群とし、それらの産業群によりクラスターの解釈をする。

非負値行列因子分解の対象としての X を $(s_{ij}), (t_{ij}), (r_{ij})$ のいずれかとする。ただし (r_{ij}) 行列の成分は相関係数であるから一般に非負値ではないので r_{ij} の最小値が負値であればそれを各成分から引いて各成分が非負値となるようにする。その非負値行列因子分解を

$$X = WH$$

とする。本論では回転した因子負荷行列の代わりに H を用いてクラスターの特定を行う。 H の代わりに W を用いることも可能であるが、 H に基くクラスタリングは列部門のクラスタリングであるのに対し、 W に基くそれは行部門のクラスタリングである。本論では因子分析を列部門からクラスターを特定するのに使い、因子分析の結果との比較のために NMF による方法では H を使う。

産業連関データとしては「山口県平成 17 年 108 部門表」を用いる。また比較として同じ中国地方で同様の 108 部門表として公表されている「鳥取県平成 17 年 108 部門表」

を用いる。108 部門表は中分類でやや粗い分類なので製造業に限らず全産業を対象とする。また、小分類表として「中国地方平成 17 年公表用基本分類表」(行 404 × 列 350 部門)を用いる。こちらも比較のため全産業を対象とする。

渡邊の方法⁴⁾は $(s_{ij}), (t_{ij})$ に対し同様であることから、ここでは $(s_{ij}), (r_{ij})$ をクラスター特定の対象とする。

中間投入行列においてすべて投入が 0 の行と列は除いた。また (s_{ij}) に NMF を適用するときはストーン方式による負の計上はすべて 0 とした。

結 果

この節に示す以下の結果では、NMF の結果は統計アプリケーション R の NMF パッケージの `nmf` 関数を、因子分析の結果は R の `psych` パッケージの `fa` 関数を `rotation = varimax, fm = minres` オプション (minres は最小 2 乗法) で用いている。

因子分析との比較のため因子分析の用語に合わせて、NMF の結果において H の行に対応するクラスをここでは因子と呼び、 H の要素を因子負荷量と呼ぶことにする。以下の結果表において因子 (クラスター) はその因子負荷量の 2 乗の和 (Sum of Square of Loadings, SSL と略記) が大きい順に並べられている。表中因子名の下に記したものが SSL である。

NMF でも因子分析でも前もってクラスター数 (因子数) を決める必要がある。クラスター数は NMF では cophenetic coefficient⁷⁾ という係数が最大になるクラスター数として決める方法がある。この係数は、NMF を分類に用いる時その分類の安定度 (いろいろな W, H の初期値に対しての結果の安定性) を示す指標 (値が大きいほど安定性が高い) の一つである。クラスターの特定は、各産業部門を唯一のクラスに分類するという意味での分類では必ずしもない。実際本論で行う因子分析の方法に従った方法は産業の重層的な関係を許しておりこの意味での分類にはなっていない。しかしこの意味での分類の安定性はクラスター特定の安定性に通ずると見ればこれを指標とできる。因子分析では因子数を決める簡単な方法として、固有値が 1 以上の因子を採る方法があるが、それでは多すぎる時は固有値が大きく下がるのが止まったところまで (それ以降は少しずつしか下らない) を採ることも考えられる。

本論では結局 cophenetic coefficient の基準を基本として、クラスター数が大きすぎる時は、固有値が大きく下がるのが止まったところまでを基準とする。比較のため NMF

と因子分析でクラスター数を揃えている。

連携行列によるクラスター特定の結果

山口県の連携行列からクラスターを特定した結果として、本論の NMF を使った結果と因子分析 (Factor Analysis, FA と略記) を使った結果を Table 1 に示す。

Table 1 の二つの結果を比べると、NMF による結果と FA による結果はかなり似通っている。最上位 2 つのクラスターは内容的にほぼ一致している。他のクラスターについても順位こそ少し違えどほぼ内容の一致したクラスターが他方にある。対応するクラスターがないのは NMF 下位 (因子 11) の「個人サービス」と FA 下位 (因子 13) の「漁船漁業」のみである。

つぎに鳥取県の連携行列に対し、同様に NMF による結果と FA による結果を Table 2 に示す。クラスター数は cophenetic coefficient によれば 12 となるが、山口県の結果との比較をするために 13 とした。山口県の場合と同様に NMF による結果と FA の結果がほぼ同様である。

山口県との産業クラスターの比較では、最上位のクラスターが同内容のサービス産業群であること、第 2 位のクラスターが山口県では「精密機器」鳥取県では「化学製品」となっていることであるが、全体としてクラスター構成は似ている。

つぎに中国地方の連携行列に対し、同様に NMF による結果と FA による結果を Table 3 に示す。クラスター数は固有値が大きく下がるのが止まったところまでとし、14 とした。NMF と FA の比較では上と同様に、NMF の因子 12 「輸送」と FA の因子 14 「革製品」以外のクラスターはよく対応している。「農業」「畜産」「水産」などの第一次産業とその関連産業が分かれ析出されているのは中分類の県表についての結果との違いである。小分類のため第一次産業関連が細分化されているためであろう。県表に関しては第一因子を単に「サービス」と解釈したが、ここでの因子 1 は「通信サービス」と解釈できる。これも細分類が効いているものと思われる。

Table 1 連携行列による山口県の産業クラスター

NMF			FA		
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量 累積寄与率
因子 1 0.393 サービス	その他の対事業所サービス	0.201	因子 1 7.484 サービス	その他の対事業所サービス	0.745
	情報サービス	0.171		教育	0.737
	教育	0.171		通信	0.730
	金融・保険	0.168		情報サービス	0.713
	不動産仲介及び賃貸	0.167		商業	0.675
	商業	0.153		金融・保険	0.645
	運輸付帯サービス	0.153		不動産仲介及び賃貸	0.584
	貨物利用運送	0.140		研究	0.576
	研究	0.140		廃棄物処理	0.553
	倉庫	0.139		運輸付帯サービス	0.520
	通信	0.132		インターネット附随サービス	0.501
	廃棄物処理	0.112		倉庫	0.461
	インターネット附随サービス	0.095		医薬品	0.452
因子 2 0.339 精密機器	半導体素子・集積回路	0.229	因子 2 6.114 精密機器	半導体素子・集積回路	0.976
	その他の電子部品	0.211		その他の電子部品	0.912
	精密機械	0.198		精密機械	0.903
	通信機械・同関連機器	0.181		通信機械・同関連機器	0.827
	電子応用装置・電気計測器	0.168		電子応用装置・電気計測器	0.692
	その他の電気機器	0.162		その他の電気機器	0.681
	産業用電気機器	0.155		陶磁器	0.619
	研究	0.146		産業用電気機器	0.601
	陶磁器	0.128		研究	0.580
	電子計算機・同付属装置	0.095			
因子 3 0.296 娯楽・放送・出版	娯楽サービス	0.236	因子 3 5.139 金属製品	鋳鍛造品	0.854
	放送	0.213		鋼材	0.768
	映像・文字情報制作	0.211		その他の金属製品	0.709
	広告	0.181		その他の一般機械器具及び部品	0.661
	その他の公共サービス	0.159		その他の鉄鋼製品	0.592
	印刷・製版・製本	0.120		非鉄金属加工製品	0.583
	その他の対個人サービス	0.105		鉄鉄・粗鋼	0.537
	情報サービス	0.102		自動車部品・同付属品	0.521
	航空輸送	0.097		建設・建築用金属製品	0.518
因子 4 0.275 食料	食料品	0.219	因子 4 4.53 繊維製品	たばこ	0.928
	飼料・有機質肥料（除別掲）	0.199		繊維工業製品	0.879
	農業サービス	0.190		その他の製造工業製品	0.776
	畜産	0.187		衣服・その他の繊維既製品	0.729
	耕種農業	0.177		その他の窯業・土石製品	0.613
	漁業	0.156		公務	0.498
	船舶・同修理	0.097		有機化学工業製品	0.431
	飲料	0.094			
因子 5 0.269 金属製品	その他の金属製品	0.185	因子 5 4.457 食料	飼料・有機質肥料（除別掲）	0.872
	鋳鍛造品	0.180		食料品	0.839
	鋼材	0.176		畜産	0.838
	その他の鉄鋼製品	0.156		農業サービス	0.822
	その他の一般機械器具及び部品	0.151		耕種農業	0.765
	建設・建築用金属製品	0.148		ゴム製品	0.417
	非鉄金属加工製品	0.132		漁業	0.409
	自動車部品・同付属品	0.114			
	一般産業機械	0.112			
	鉄鉄・粗鋼	0.096			
因子 6 0.258 繊維製品	繊維工業製品	0.240	因子 6 4.439 化学製品	有機化学工業製品	0.841
	たばこ	0.210		合成樹脂	0.826
	その他の製造工業製品	0.203		化学繊維	0.777
	衣服・その他の繊維既製品	0.195		石油化学基礎製品	0.775
	その他の窯業・土石製品	0.131		プラスチック製品	0.761
	有機化学工業製品	0.120		化学最終製品（除医薬品）	0.495
	化学繊維	0.087			
因子 7 0.223 木材加工	パルプ・紙・板紙・加工紙	0.220	因子 7 4.331 非金属製品	セメント・セメント製品	0.835
	製材・木製品	0.211		石炭製品	0.760
	紙加工品	0.175		自家輸送	0.687
	家具・装備品	0.146		ガラス・ガラス製品	0.669
	印刷・製版・製本	0.131		その他の窯業・土石製品	0.666
	林業	0.128		陶磁器	0.548
	運輸付帯サービス	0.092		非金属鉱物	0.533
				ガス・熱供給	0.451
因子 8 0.205 化学製品	有機化学工業製品	0.196	因子 8 4.23 娯楽・放送・出版	無機化学工業製品	0.401
	合成樹脂	0.182		娯楽サービス	0.953
	石油化学基礎製品	0.175		放送	0.838
	プラスチック製品	0.155		映像・文字情報制作	0.824
	化学繊維	0.151		その他の公共サービス	0.647
	化学最終製品（除医薬品）	0.117		広告	0.616
	無機化学工業製品	0.115		印刷・製版・製本	0.467

NMF			FA			
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量	累積寄与率
因子 9 0.202 産業用輸送	非鉄金属製錬・精製	0.187	因子 9 4.169 産業用輸送	道路輸送（除自家輸送）	0.802	0.47
	再生資源回収・加工処理	0.170		非鉄金属製錬・精製	0.789	
	道路輸送（除自家輸送）	0.148		倉庫	0.769	
	鉄鉄・粗鋼	0.141		水運	0.683	
	水運	0.140		鉄鉄・粗鋼	0.483	
	倉庫	0.138		再生資源回収・加工処理	0.478	
	電力	0.124		電力	0.406	
因子 10 0.202 非金属製品	セメント・セメント製品	0.205	因子 10 3.976 木材加工	製材・木製品	0.867	0.51
	石炭製品	0.165		パルプ・紙・板紙・加工紙	0.849	
	ガラス・ガラス製品	0.157		家具・装備品	0.674	
	その他の窯業・土石製品	0.156		紙加工品	0.656	
	自家輸送	0.145		印刷・製版・製本	0.549	
	陶磁器	0.125		林業	0.546	
	非金属鉱物	0.114		運輸付帯サービス	0.446	
因子 11 0.194 個人サービス	ガス・熱供給	0.183	因子 11 3.443 事業所サービス	自動車・機械修理	0.787	0.55
	なめし革・毛皮・同製品	0.168		物品賃貸サービス	0.770	
	医療・保健	0.140		事務用・サービス用機器	0.679	
	洗濯・理容・美容・浴場業	0.140		事務用品	0.471	
	医薬品	0.117				
	その他の対個人サービス	0.102				
因子 12 0.174 事業所サービス	自動車・機械修理	0.202	因子 12 3.408 輸送	鉄道輸送	0.866	0.59
	物品賃貸サービス	0.172		その他の輸送機械・同修理	0.762	
	事務用・サービス用機器	0.158		航空輸送	0.748	
	ゴム製品	0.119		公務	0.485	
	特殊産業機械	0.092				
	事務用品	0.090				
因子 13 0.167 輸送	鉄道輸送	0.207	因子 13 2.881 漁船漁業	漁業	0.543	0.62
	航空輸送	0.173		ガス・熱供給	0.512	
	その他の輸送機械・同修理	0.156		船舶・同修理	0.510	
	公務	0.108		なめし革・毛皮・同製品	0.494	

Table 2 連携行列による鳥取県の産業クラスター

NMF			FA			
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量	累積寄与率
因子 1 0.328 サービス	運輸付帯サービス	0.194	因子 1 6.916 サービス	商業	0.800	0.08
	商業	0.193		運輸付帯サービス	0.756	
	金融・保険	0.181		金融・保険	0.748	
	教育	0.169		教育	0.710	
	研究	0.151		対事業所サービス	0.681	
	不動産仲介及び賃貸	0.140		情報サービス	0.677	
	通信	0.137		研究	0.639	
	対事業所サービス	0.135		通信	0.623	
	情報サービス	0.130		不動産仲介及び賃貸	0.610	
	インターネット付随サービス	0.120		その他の公共サービス	0.489	
	倉庫	0.102		インターネット付随サービス	0.478	
因子 2 0.307 化学製品	有機化学工業製品	0.218	因子 2 5.638 化学製品	有機化学工業製品	0.940	0.14
	化学最終製品（除医薬品）	0.215		ゴム製品	0.910	
	繊維工業製品	0.210		化学最終製品（除医薬品）	0.910	
	医薬品	0.192		医薬品	0.896	
	ゴム製品	0.177		繊維工業製品	0.887	
	無機化学工業製品	0.160		無機化学工業製品	0.566	
	プラスチック製品	0.120		プラスチック製品	0.537	
因子 3 0.276 食料	食料品	0.220	因子 3 4.772 非金属製品	その他の窯業・土石製品	0.975	0.19
	畜産	0.191		セメント・セメント製品	0.928	
	飼料・有機質肥料（除別掲）	0.189		石炭製品	0.854	
	漁業	0.180		自家輸送	0.767	
	耕種農業	0.157		陶磁器	0.674	
	船舶・同修理	0.145		ガラス・ガラス製品	0.636	
	農業サービス	0.139		非金属鉱物	0.470	
	飲料	0.125				
因子 4 0.272 サービス 2	事務用品	0.173	因子 4 4.696 産業用輸送	道路輸送	0.912	0.24
	対事業所サービス	0.149		非鉄金属製錬・精製	0.857	
	情報サービス	0.128		倉庫	0.759	
	水道	0.128		水運	0.744	
	その他の対個人サービス	0.126		電力	0.705	
	ガス・熱供給	0.114		再生資源回収・加工処理	0.486	
	航空輸送	0.107		ガス・熱供給	0.465	
	衣服・その他の繊維既製品	0.106		プラスチック製品	0.423	
	不動産仲介及び賃貸	0.103		パルプ・紙・板紙・加工紙	0.412	

NMF			FA			
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量	累積寄与率
因子 5 0.262 金属製品	鋳鍛造品	0.173	因子 5 4.296 精密機器	その他の電子部品	0.899	0.29
	その他の鉄鋼製品	0.169		半導体素子・集積回路	0.846	
	その他の金属製品	0.167		研究	0.673	
	鋼材	0.163		その他の電気機器	0.637	
	建設・建築用金属製品	0.156		通信機器・同関連機器	0.567	
	非鉄金属加工製品	0.135		非鉄金属加工製品	0.491	
	その他の一般機器及び部品	0.128		電子応用装置・電気計測器	0.433	
因子 6 0.251 映像・出版・娯楽	鉄鉄・粗鋼	0.117	因子 6 4.244 食料	精密機械	0.431	0.34
	映像・文字情報制作	0.222		食料品	0.872	
	印刷・製版・製本	0.196		畜産	0.797	
	紙加工品	0.149		飼料・有機質肥料（除別掲）	0.778	
	放送	0.142		漁業	0.653	
	広告	0.136		耕種農業	0.628	
	娯楽サービス	0.130		農業サービス	0.617	
因子 7 0.215 産業用輸送	パルプ・紙・板紙・加工紙	0.115	因子 7：4.130 4.13 映像・出版・娯楽	たばこ	0.463	0.38
	道路輸送	0.195		映像・文字情報制作	0.848	
	水運	0.185		印刷・製版・製本	0.759	
	非鉄金属製錬・精製	0.182		娯楽サービス	0.661	
	倉庫	0.160		広告	0.599	
	電力	0.154		紙加工品	0.509	
	再生資源回収・加工処理	0.117		放送	0.495	
因子 8 0.213 非金属製品	その他の窯業・土石製品	0.215	因子 8 4.067 金属製品	鋼材	0.858	0.43
	セメント・セメント製品	0.203		その他の金属製品	0.858	
	石炭製品	0.179		建設・建築用金属製品	0.796	
	自家輸送	0.156		その他の鉄鋼製品	0.659	
	陶磁器	0.148		非鉄金属加工製品	0.485	
	ガラス・ガラス製品	0.128				
	非金属鉱物	0.113				
因子 9 0.212 精密機器	その他の電子部品	0.205	因子 9：3.925 3.925 製造業 1	鋳鍛造品	1.006	0.47
	半導体素子・集積回路	0.182		鉄鉄・粗鋼	0.724	
	その他の電気機器	0.165		その他の一般機器及び部品	0.649	
	研究	0.137		再生資源回収・加工処理	0.610	
	通信機器・同関連機器	0.129		非鉄金属加工製品	0.455	
	非鉄金属加工製品	0.120		自動車・機械修理	0.434	
因子 10 0.206 輸送	公務	0.185	因子 10 3.8 サービス 2	洗濯・理容・美容・浴場業	0.629	0.51
	その他の輸送機械・同修理	0.167		水道	0.608	
	鉄道輸送	0.163		ガス・熱供給	0.584	
	その他の自動車	0.140		事務用品	0.561	
	航空輸送	0.136		医療・保健	0.528	
	通信機器・同関連機器	0.132		その他の対個人サービス	0.436	
	自動車部品・同付属品	0.123		廃棄物処理	0.412	
因子 11 0.155 事業所サービス	自動車・機械修理	0.197	因子 11 3.618 輸送	鉄道輸送	0.767	0.55
	物品賃貸サービス	0.135		航空輸送	0.706	
	事務用・サービス用機器	0.123		その他の輸送機械・同修理	0.705	
	特殊産業機械	0.112		公務	0.683	
				通信機器・同関連機器	0.462	
因子 12 0.154 木材加工	製材・木製品	0.224	因子 12 3.538 事業所サービス	物品賃貸サービス	0.758	0.59
	林業	0.206		自動車・機械修理	0.704	
	家具・装飾品	0.161		事務用・サービス用機器	0.589	
	パルプ・紙・板紙・加工紙	0.090		娯楽サービス	0.439	
因子 13 0.135 医療	医療・保健	0.160	因子 13 0.1153.236 木材加工	製材・木製品	0.918	0.63
	なめし革・毛皮・同製品	0.159		林業	0.872	
	精密機械	0.154		家具・装飾品	0.678	
	ガス・熱供給			分類不明	0.529	
	洗濯・理容・美容・浴場業	0.107		パルプ・紙・板紙・加工紙	0.469	

Table 3 連携行列による中国地方の産業クラスター

NMF			FA			
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量	累積寄与率
因子 1 0.345 通信サービス	郵便・信書便	0.122	因子 1 12.23 通信サービス	情報サービス	0.674	0.040
	情報サービス	0.121		郵便・信書便	0.667	
	その他の対事業所サービス	0.109		その他の対事業所サービス	0.630	
	その他の電気通信	0.106		移動電気通信	0.629	
	移動電気通信	0.106		金融	0.625	
	金融	0.105		損害保険	0.603	
	固定電気通信	0.100		その他の電気通信	0.600	

NMF			FA			
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量	累積寄与率
因子 2 0.248 農業	果実	0.141	因子 2 8.84 金属製品	鉄製品及び鍛工品（鉄）	0.719	0.070
	その他の非食用耕種作物	0.131		ボルト・ナット・リベット及びスプリング	0.689	
	米	0.128		鉄鍛鋼・鉄鉄管※	0.665	
	農業サービス（除獣医業）	0.128		非鉄金属素形材	0.661	
	飲料用作物	0.127		その他の一般機械器具及び部品	0.624	
	豆類	0.120		配管工事付属品	0.619	
因子 3 0.242 食品	清涼飲料	0.131	因子 3 8.72 農業	果実	0.907	0.100
	レトルト食品	0.131		その他の非食用耕種作物	0.856	
	そう菜・すし・弁当	0.127		飲料用作物	0.851	
	パン類	0.127		米	0.784	
	めん類	0.126		飼料作物	0.725	
	ビール	0.115		豆類	0.702	
因子 4 0.241 娯楽	有線放送	0.135	因子 4 7.88 食品	清涼飲料	0.825	0.130
	その他の娯楽	0.131		レトルト食品	0.785	
	その他の洗濯・理容・美容・浴	0.128		パン類	0.780	
	娯楽	0.125		そう菜・すし・弁当	0.774	
	美容業	0.123		畜産びん・かん詰	0.766	
	映像情報制作・配給業	0.119		めん類	0.733	
	写真業	0.118		ビール	0.715	
	興行場（除別掲）・興行団	0.105				
因子 5 0.238 繊維	その他の衣服・身の回り品	0.135	因子 5 7.71 娯楽	有線放送	0.791	0.150
	じゅうたん・床敷物	0.132		その他の娯楽	0.769	
	その他の繊維工業製品	0.131		映像情報制作・配給業	0.731	
	紡績糸	0.130		興行場（除別掲）・興行団	0.730	
	その他の繊維既製品	0.124		美容業	0.710	
	ニット生地	0.118		その他の洗濯・理容・美容・浴	0.694	
	織物※	0.118		娯楽	0.632	
因子 6 0.237 金属製品	鉄鍛鋼・鉄鉄管※	0.129	因子 6 7.16 化学製品	化粧品・歯磨	0.630	0.180
	鉄製品及び鍛工品（鉄）	0.121		民間放送		
	非鉄金属素形材	0.116		有機化学工業製品	0.688	
	その他の一般機械器具及び部品	0.116		その他の無機化学工業製品	0.576	
因子 7 0.218 精密機器	通信機械※	0.122	因子 7 7.11 繊維	自家発電	0.556	0.200
	その他の電子部品	0.120		高性能樹脂	0.551	
	半導体素子・集積回路※	0.117		ニット生地	0.776	
				織物※	0.769	
因子 8 0.204 化学製品	有機化学工業製品	0.147	因子 8 7.01 精密機器	じゅうたん・床敷物	0.767	0.220
	その他の無機化学工業製品	0.120		その他の繊維既製品	0.762	
	ソーダ工業製品※	0.111		通信機械※	0.723	0.250
				半導体素子・集積回路※	0.681	
因子 9 0.188 紙	塗工紙・建設用加工紙	0.124	因子 9 6.72 紙	その他の電子部品	0.659	
	パルプ・洋紙・和紙※	0.123		塗工紙・建設用加工紙	0.845	0.270
	その他のパルプ・紙・紙加工品	0.116		その他のパルプ・紙・紙加工品	0.805	
	木材チップ	0.114		印刷・製版・製本	0.789	
因子 10 0.184 鉱業・窯業	その他の窯業・土石製品	0.133	因子 10 6.70 鉱業・窯業	パルプ・洋紙・和紙※	0.756	0.290
	その他の金属鉱物（含窯業原料鉱物）	0.130		セメント・生コンクリート※	0.811	
	鉱物	0.124		その他の窯業・土石製品	0.804	
	セメント・生コンクリート※	0.109		その他の金属鉱物（含窯業原料鉱物）	0.730	
	貸自動車業	0.102		貸自動車業	0.703	
因子 11 0.172 建築用製品	砕石	0.102	因子 11 6.47 水産	その他のガラス製品	0.644	0.310
	ガス・石油機器及び暖房機器	0.150		その他の水産食品	0.747	
	建築用金属製品	0.134		塩・干・くん製品	0.736	
	建設用金属製品	0.127		船舶修理	0.686	
	木製建具	0.107		海面養殖業	0.677	
因子 12 0.172 輸送	金属製家具・装備品	0.104	因子 12 6.21 建築用製品	水産びん・かん詰	0.676	0.330
				海面漁業	0.660	
	沿海・内水面輸送	0.120		木製建具	0.946	0.350
	港湾運送	0.118		ガス・石油機器及び暖房機器	0.695	
因子 13 0.156 畜産	再生資源回収・加工処理	0.107	因子 13 6.20 畜産	木製家具・装備品	0.676	
				建設用金属製品	0.663	
	豚	0.134		建築用金属製品	0.654	
	獣医業	0.125				
因子 14 0.154 水産	肉用牛	0.122	因子 14 5.68 革製品	豚	0.871	0.350
	肉鶏	0.118		肉鶏	0.776	
				肉用牛	0.762	
				肉加工品	0.672	
				獣医業	0.661	
	その他の水産食品	0.129		製革・毛皮	0.835	
	海面漁業	0.123		革製履物	0.784	
因子 14 0.154 水産	海面養殖業	0.121	因子 14 5.68 革製品	かばん・袋物・その他の革製品	0.718	0.350
	冷凍魚介類	0.118				
	塩・干・くん製品	0.117				
	水産びん・かん詰	0.111				

産出係数行列によるクラスター特定の結果

山口県の産出係数行列からクラスターを特定した結果として、NMF を使った結果と FA を使った結果を Table 4 に示す。

まず連携行列の場合に比べ、同じ県の結果でも NMF と FA では結果に差が目立つ。上位 2 因子は NMF では自動車関連、FA ではサービス関連である。連携行列の場合はほとんどのクラスターが NMF と FA とで対応していたが、ここではいくつか似通ったクラスターがあるにとどまっている（「電力・公共事業」「食料」「産業機械」「輸送」）。

鳥取県の産出係数行列からクラスターを特定した結果として、NMF を使った結果と FA を使った結果を Table 5 に示す。

連携行列の場合に比べ、NMF と FA では結果に差が目

立つのは山口県の場合と同様である。「公共事業」が NMF の因子 1 と FA の因子 2 に入っているのが目につく。

また、中国地方の産出係数行列からクラスターを特定した結果として、NMF を使った結果と FA を使った結果を Table 6 に示す。

NMF と FA で結果が違っているのは県の場合と同様であるが、NMF の因子 4 と FA の因子 1 のようにクラスターとしての内容の解釈が難しいものがある（あえて空欄にしてある）。県レベルと比べ（中国）地方レベルでは産業の多様性が高いことも一因であろうか。

産出行列を使ったクラスターの特定では連携行列の場合と違い、NMF による結果では同じクラスターの中で産業部門の因子負荷量に差がある。

Table 4 産出行列による山口県の産業クラスター

NMF			FA		
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量 累積寄与率
因子 1 0.0003 自動車・機械修理	自動車・機械修理	0.0169	因子 1 10.955 サービス 2	なめし革・毛皮・同製品	0.978
	事務用品	0.0046		ガス・熱供給	0.975
	娯楽サービス	0.0014		その他の対個人サービス	0.963
	物品賃貸サービス	0.0013		非金属鉱物	0.953
				その他の製造工業製品	0.951
因子 2 0.0003 自動車	乗用車	0.0172		分類不明	0.857
	自動車部品・同付属品	0.0009		石炭製品	0.847
	自動車・機械修理	0.0008		洗濯・理容・美容・浴場業	0.832
				精密機械	0.818
				通信	0.810
因子 3 0.00007 電力 公共事業	電力	0.0071		その他の公共サービス	0.730
	公共事業	0.0036	因子 2 6.888 サービス 3	情報サービス	0.833
	有機化学工業製品	0.0021		映像・文字情報制作	0.761
	鋼材	0.0015		金融・保険	0.735
	セメント・セメント製品	0.0014		その他の対事業所サービス	0.700
因子 4 0.00006 金属	その他の土木建設	0.0011		商業	0.684
	住宅賃貸料（帰属家賃）	0.0006		教育	0.681
	鋼材	0.0050		研究	0.628
	非鉄金属加工製品	0.0047		放送	0.600
	銑鉄・粗鋼	0.0030	因子 3 5.149 介護・保障	建築	0.828
因子 5 0.00004 サービス 1	無機化学工業製品	0.0007		介護	0.810
	商業	0.0040		その他の電子部品	0.793
	通信	0.0024		社会保障	0.749
	公務	0.0022		陶磁器	0.745
	医療・保健	0.0022		半導体素子・集積回路	0.644
因子 5 0.00004 サービス 1	金融・保険	0.0021	因子 4 5.144 線維	衣服・その他の繊維既製品	0.950
	研究	0.0013		繊維工業製品	0.919
	広告	0.0011		ゴム製品	0.860
	その他の対事業所サービス	0.0011		化学繊維	0.848
	医薬品	0.0011		紙加工品	0.827
因子 5 0.00004 サービス 1	その他の公共サービス	0.0009		漁業	0.755
			因子 5 5.003 サービス 4	娯楽サービス	0.995
				事務用・サービス用機器	0.994
				事務用品	0.993
				物品賃貸サービス	0.992
				自動車・機械修理	0.992

NMF			FA		
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量 累積寄与率
因子 6 0.00004 建築	建築	0.0055	因子 6 4.706 輸送	貨物利用運送	0.745
	その他の電子部品	0.0023		道路輸送（除自家輸送）	0.663
	製材・木製品	0.0015		不動産仲介及び賃貸	0.643
	建設補修	0.0010		倉庫	0.609
	パルプ・紙・板紙・加工紙	0.0010		住宅賃貸料	0.587
	半導体素子・集積回路	0.0009		航空輸送	0.580
因子 7 0.00004 食料	食料品	0.0051	因子 7 4.696 産業機械	特殊産業機械	0.899
	飲食店	0.0024		一般産業機械	0.873
	耕種農業	0.0019		その他の一般機械器具及び部品	0.810
	畜産	0.0017		自動車部品・同付属品	0.797
因子 8 0.00003 化学製品	有機化学工業製品	0.0048	因子 8 4.318 公共事業 電力	建設・建築用金属製品	0.644
	石油製品	0.0024		公共事業	0.896
	合成樹脂	0.0014		電力	0.856
	医薬品	0.0014		その他の土木建設	0.726
	無機化学工業製品	0.0009		鋼材	0.694
	プラスチック製品	0.0008		鋳鍛造品	0.686
	石油化学基礎製品	0.0007		その他の窯業・土石製品	0.639
	化学最終製品（除医薬品）	0.0006			
因子 9 0.00003 産業機械	自動車部品・同付属品	0.0028	因子 9 3.392 非鉄など	非鉄金属加工製品	0.819
	特殊産業機械	0.0026		その他の電気機器	0.799
	一般産業機械	0.0023		非鉄金属製錬・精製	0.766
	建設・建築用金属製品	0.0019		無機化学工業製品	0.746
	その他の金属製品	0.0014			
	産業用電気機器	0.0007			
	その他の土木建設	0.0007			
	その他の輸送機械・同修理	0.0005			
因子 10 0.00002 輸送	衣服・その他の繊維既製品	0.0022	因子 10 3.189 食料	飼料・有機質肥料（除別掲）	0.707
	水運	0.0022		たばこ	0.642
	自家輸送	0.0020		食料品	0.566
	ゴム製品	0.0009			
	道路輸送（除自家輸送）	0.0007			
	その他の輸送機械・同修理	0.0006			

Table 5 産出行列による鳥取県の産業クラスター

NMF			FA		
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量 累積寄与率
因子 1 0.00040 公共事業	公共事業	0.0163	因子 1 38.499 サービス	洗濯・理容・美容・浴場業	0.996
	建築	0.0111		紙加工品	0.996
	建設補修	0.0028		印刷・製版・製本	0.996
	その他の土木建設	0.0027		石炭製品	0.996
	セメント・セメント製品	0.0010		耕種農業	0.996
	一般産業機械	0.0005		その他の対個人サービス	0.996
				製材・木製品	0.995
因子 2 0.00019 建設用製品	その他の金属製品	0.0089		たばこ	0.995
	建設・建築用金属製品	0.0048		対事業所サービス	0.995
	その他の鉄鋼製品	0.0047		化学最終製品（除医薬品）	0.995
	民生用電気機器	0.0040		物品賃貸サービス	0.994
	建築	0.0035		繊維工業製品	0.994
	産業用電気機器	0.0035		娯楽サービス	0.994
				建築	0.999
				その他の土木建設	0.999
因子 3 0.00019 産業用製品			因子 2 26.532 建築 公共事業	民生用電気機器	0.999
				特殊産業機械	0.999
				一般産業機械	0.999
				建設・建築用金属製品	0.999
				その他の一般機器及び部品	0.999
				公共事業	0.998
				その他の鉄鋼製品	0.998
				船舶・同修理	0.997
				セメント・セメント製品	0.996
因子 3 0.00019 産業用製品	その他の電子部品	0.0113	因子 3 8.913 金属・化学	非鉄金属加工製品	0.997
	その他の電気機器	0.0059		非鉄金属製錬・精製	0.997
	非鉄金属加工製品	0.0041		陶磁器	0.997
	その他の金属製品	0.0020		無機化学工業製品	0.996
	半導体素子・集積回路	0.0010		その他の電気機器	0.989
	産業用電気機器	0.0010		半導体素子・集積回路	0.967
	自動車部品・同付属品	0.0006		その他の電子部品	0.931
				精密機械	0.925

NMF			FA		
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量 累積寄与率
因子 4 0.00018 医療	医療・保健	0.0136	因子 4 3.359 通信	通信	0.917
	社会保障	0.0003		金融・保険	0.819
因子 5 0.00009 その他の電子部品				商業	0.790
				不動産仲介及び賃貸	0.672
				インターネット付随サービス	0.665
因子 5 0.00009 その他の電子部品	その他の電子部品	0.0094	因子 5 2.834 輸送	鉄道輸送	0.990
	建築	0.0008		航空輸送	0.985
	自動車・機械修理	0.0003		公務	0.895
因子 6 0.00004 公務 (水産振興)	公務	0.0056	因子 6 2.308 ガラス	ガラス・ガラス製品	0.949
	漁業	0.0023		教育	0.828
	鉄道輸送	0.0006		飲料	0.684
	航空輸送	0.0004			
因子 7 0.00002 農業・木材	耕種農業	0.0033	因子 7 2.205 不動産	住宅賃貸料	0.899
	製材・木製品	0.0020		住宅賃貸料（帰属家賃）	0.875
	パルプ・紙・板紙・加工紙	0.0012		不動産仲介及び賃貸	0.531
	洗濯・理容・美容・浴場業	0.0009			
	建築	0.0009			
	印刷・製版・製本	0.0007			
	その他の対個人サービス	0.0005			
	たばこ	0.0005			
	紙加工品	0.0005			
	繊維工業製品	0.0004			
因子 8 0.00002 通信	通信機器・同関連機器	0.0016	因子 8 2.064 水運	水運	0.975
	自動車・機械修理	0.0014		漁業	0.898
	産業用電気機器	0.0013			
	民生用電気機器	0.0008			
	自動車部品・同付属品	0.0004			
	特殊産業機械				
因子 9 0.00001 生活用品	パルプ・紙・板紙・加工紙	0.0020	因子 9 1.974 輸送 2	自家輸送	0.870
	食料品	0.0016		貨物利用運送	0.730
	鑄鍛造品	0.0013		道路輸送	0.570
	衣服・その他の繊維既製品	0.0010			
	電力	0.0007			
	プラスチック製品	0.0004			
因子 10 0.000003 商業	商業	0.0011	因子 10 1.771 飼肥料	飼料・有機質肥料（除別掲）	0.855
	飲食店	0.0007		医療・保健	0.580
	金融・保険	0.0006		再生資源回収・加工処理	0.483
	自家輸送	0.0004		農業サービス	0.443
	宿泊業	0.0003			

Table 6 産出行列による中国地方の産業クラスター

NMF			FA		
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量 累積寄与率
因子 1 0.0000082 飲食	一般飲食店（除喫茶店）	0.002437	因子 1 20.362	熱供給業	0.972
	遊興飲食店	0.000993		高機能性樹脂	0.970
	宿泊業	0.000991		その他の合成樹脂	0.969
				人文科学研究機関（国公立）	0.969
因子 2 0.0000025 医療福祉				製氷	0.966
	医療（医療法人等）	0.001337		その他の通信サービス	0.951
	医療（国公立）	0.000629		不動産賃貸業	0.930
	医療（公益法人等）	0.000523	因子 2 17.446 化学薬品		
	社会福祉（非営利）	0.000097		染色整理	0.978
	介護（施設）	0.000091		洗濯業	0.975
因子 3 0.0000008 飼料・油脂	介護（居宅）	0.000084		理容業	0.975
				舗装材料	0.967
	飼料	0.000835		石けん・合成洗剤・界面活性剤	0.960
	植物油脂	0.000315	因子 3 15.531 医療福祉	医療（国公立）	0.998
	製粉	0.000141		介護（居宅）	0.998
	でん粉・ぶどう糖・水あめ・異性化糖	0.000104		社会福祉（産業）	0.998
				社会福祉（国公立）	0.998
				医療（公益法人等）	0.998

NMF			FA			
クラスター	産業部門	因子負荷量	クラスター	産業部門	因子負荷量	累積寄与率
因子 4 0.0000002	非鉄金属素形材	0.000250	因子 4 11.928 教育	学校教育（国公立）	0.990	0.190
	茶・コーヒー	0.000247		学校教育（私立）	0.990	
	航空輸送	0.000175		楽器・情報記録物	0.984	
	公務（中央）	0.000165		その他の教育訓練機関（産業）	0.981	
因子 5 0.0000002 自動車	機械修理	0.000219	因子 5 11.810 電気施設	電力施設建設	0.859	0.230
	乗用車	0.000203		電気通信施設建設	0.840	
	その他の特殊産業用機械	0.000199		鉄道軌道建設	0.834	
	自動車部品	0.000095		通信機械※	0.822	
	自動車車体・自動車用内燃機関・同部分品	0.000069		回転電気機械※	0.819	
因子 6 0.0000001 繊維	ニット製衣服	0.000179	因子 6 9.497 その他工業製品	その他の製造工業製品	0.900	0.260
	革製履物	0.000174		身辺細貨品	0.873	
	織物製衣服	0.000174		機械工具	0.871	
	外洋輸送	0.000132		炭素・黒鉛製品・研磨材	0.849	
因子 7 0.0000001 建築	その他の電子部品	0.000188	因子 7 8.414 電気通信	固定電気通信	0.875	0.280
	ゴム製品※	0.000128		移動電気通信	0.815	
	住宅建築（木造）	0.000114		その他の電気通信	0.750	
	非住宅建築（非木造）	0.000104				
	住宅建築（非木造）	0.000093				
	建設補修	0.000092				
因子 8 0.0000001 商業	小売	0.000168	因子 8 7.293 木・革製品	木製家具・装備品	0.942	0.300
	卸売	0.000162		かばん・袋物・その他の革製品	0.938	
	企業内研究開発	0.000097		革製履物	0.937	
				運動用品	0.936	
因子 9 0.0000001 パルプ・製材	パルプ・洋紙・和紙	0.000169	因子 9 7.021 畜産	製革・毛皮	0.957	0.320
	製材	0.000145		自然科学研究機関（産業）	0.947	
	事務用品	0.000071		その他の畜産	0.930	
	合板	0.000060		自然科学研究機関（非営利）	0.929	
因子 10 0.0000005 食品	そう菜・すし・弁当	0.000094	因子 10 7.016 廃棄物処理	廃棄物処理（産業）	0.448	0.340
	と畜（含肉鶏処理）	0.000088		社会保険事業（国公立）	0.422	
	その他の食料品・たばこ	0.000084		廃棄物処理（公営）	0.420	
	酪農	0.000082				
	肉用牛	0.000056				
	パン類	0.000050				
因子 11 0.0000005 化学工業	有機化学工業製品	0.000105	因子 11 6.748 油脂・飼料	調味料	0.887	0.360
	プラスチック製品	0.000104		植物油脂※	0.874	
	銑鉄・粗鋼	0.000074		飼料	0.868	
	熱間圧延鋼材	0.000061		その他の食用耕種作物	0.865	
	ソーダ工業製品	0.000055		でん粉・ぶどう糖・水あめ・異性化糖	0.865	

考 察

連携行列でのクラスター特定について

NMF による連携行列からのクラスター特定の結果は（連携行列の強引な非負値化をしているにもかかわらず）FA による結果とよく似ている。連携行列によるクラスター特定では NMF と FA の結果の違いは、SSL の大きさによる因子の順番の違いといってよいほど各因子どうしは似ている。NMF でも FA でも SSL の違いは上位因子と下位因子で比較的小さいので順番の違いは大きな違いとは言えない。因子分析は変量間の共分散構造を少ない因子で記述する分析手法であり、共分散行列を近似しようとするものと見ることができる⁹⁾。よって相関係数からなる連携行列（を非負値化したもの）に NMF の方法を適用すると因子分析に結果が似てくるのは不思議ではないともいえる。

産出行列でのクラスター特定について

産出行列に NMF を適用するときは共分散行列や相関行

列を経ずに直接産出行列を分解する。そのためか連携行列の場合に比べ同じ県でも NMF と FA では結果の差が目立った。

産出行列でのクラスター特定について比べると、NMF では FA に比べ同一因子内での因子負荷量に差がある。よって因子負荷量の高い 1～3 個の産業を主に因子（クラスター）の解釈をすればよいので解釈がしやすい面がある。FA による結果では、たとえば山口県の産出行列によるクラスターで因子 1 は「サービス 1」としてはいるが、「革」、「ガス・熱」、「対個人サービス」、「非金属鉱物」、「製造工業製品」が 0.95 以上の因子負荷量となっており、さらに 0.8 以上で「分類不明」その他が続くので、クラスターとしての解釈は難しい。なんらかのクラスターとしてのまとまりを表すのかもしれないが。

NMF でも FA でも山口県と鳥取県の結果では連携行列の場合に比べ、産出行列では違いが明確に出た。しかしその県ごとの違いに NMF と FA では共通性と差異がある。前節で述べたとおり NMF でも FA でも鳥取県では公共事

業関連が上位に出てきている。ちなみに各県の H17 年連関表で県生産高に占める公共事業生産高の割合は、鳥取県は 3.77%、山口県は 1.98% と倍程の開きがある。しかし鳥取県における公共事業のクラスターとしての現われ方は、NMF の因子 1、2、3 と FA の因子 2 を比べると NMF の方がクラスターの性格がより明確なクラスターに分離しているのに対し、FA の方がクラスターとしての公共事業関連産業のまとまりを示しているとも見られる。

クラスター数について

因子分析と違い NMF では、全体の分散への寄与率という概念はない。よって寄与率でクラスター数（因子数）の妥当性を判断することはできない。NMF ではクラスター数の妥当性は初期値に対する安定性から判断するが、同じクラスター数での因子分析や主成分分析の累積寄与率を参考にすることは考えられる。

因子分析における因子数決定にしても絶対的な基準はないので場合によっては NMF の cophenetic coefficient などの基準が参考になることもあるだろう。

方法の可用性について

NMF は非負行列に対する手法であるので、負値データは 0 と置き換えるなどする必要がある。また初期値に依存するため本論のようにランダムな初期値を使う場合は多くの計算を繰り返して最適な結果を探る必要がある。本論では 1 回あたり 200 通りの初期値で結果を出しているが他のケースでは 100 ～ 200 通りという報告もある⁷⁾。本論の NMF の計算には多少の時間がかかった（1 回の nmf 関数によるクラスターの計算に数秒から数十秒）。FA の計算では fa 関数によるクラスターの計算結果はすぐに出た。また結果として本論では best fit を採用しているが平均値を使う方法もある。

一方、連関表データ行列は 0 または 0 に近い値が多いため数値計算上特異になることが多いが、FA ではそのためにエラーになったりデータ補正が成されたなどの警告が出ることがある。本論で扱ったデータでは R の fa 関数で、最尤法 (ml) はエラーで実行できず、主成分法 (pa) は多くの場合実行可能だが常に警告が出て、最小 2 乗法 (minres) はすべての場合に実行可能であったが常に警告が出た。NMF の計算では nmf 関数の実行でエラーや警告は出なかった。

まとめに代えて

本論では NMF による産業クラスターの特定制として 6 例を実行したにとどまってはいるが、おおよそ次のような傾向が見て取れた。

まず相関係数を経る連携行列によるクラスターの特定制では NMF による結果は FA による結果によく似ている。

産出行列によるクラスターの特定制では、NMF による結果はクラスターの明確化・分離の傾向があるのに対して、FA による結果はクラスターとしての統合を強調する傾向がある。

こうした傾向は以後さらに実行結果を増やすなどして検証していく必要がある。

産業クラスターの特定制における NMF の意義としては、FA その他の方法との相補的な使い方が考えられる。NMF も FA もその他の方法もそれぞれに制約があり、因子数の決め方、結果の解釈などで他の方法を試してみることが望ましい場合が考えられる。とくに連関表を使った NMF と FA による方法は、同じデータを使えるし、R などの関数が用意されているので、互いに他を使うことが比較的簡単にできる。

連携行列の方法では、NMF は FA による結果と大きく違う結果を与えない。連携行列の方法は行部門と列部門が一致している必要がある点で、行部門数・列部門数が違う小分類基本表をそのまま使うことができない。本質的に非負値の生データである基本表あるいはそれを単に係数化した産出係数行列に直接適用した方が NMF の特色を出せることも考えられる。

NMF の実行方法として本論では、 W, H の初期値の取り方としてランダムに取る方法を選んだが、他の方法もある⁸⁾。また結果の W, H としては best fit のものを選んだが、平均値をとるなど他の方法がある⁹⁾。また H の代わりに W を使うことも考えられる。これらの方法も試してみる価値はある。

いずれにしても NMF による産業クラスター特定を行っていく価値があると考えられる。

参考文献

- 1) Porter, M.E., The Competitive advantage of nations, The free press, 1-857 (1990)
- 2) Bergman, E.M, Feser, E.J., Industrial and regional clusters: Concepts and comparative applications, <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Bergman-Feser/contents.htm>

- 3) 李 鎮勉, 鄭 俊豪, 韓国での I-O リンケージを考慮した産業クラスター特定分析, 産業連関 **14**(2), 63-76 (2006)
- 4) 渡邊隆俊, 地域経済の産業連関分析, 第 1 章, 成文堂 (2010)
- 5) Lee, D.D., Seung, H.S., learning the parts of objects by non-negative matrix factorization, Nature, **401**, 788-791 (1999)
- 6) 亀岡弘和, 非負値行列因子分解, 計測と制御, **51**(9), 835-844 (2012)
- 7) Brunet, J., Pablo, T., et.al., Metagenes and molecular pattern adicoverly using matrix factorization, Proc. National Academy of Sciences, **101**(12) 4164-4169 (2004)
- 8) Renaud G. (2015). Algorithms and framework for nonnegative matrix factorization (NMF) CRAN. R package version 0.20.6 (2015)
- 9) Johnson, R.A., Wichern, D.W., Applied multivariate statistical analysis sixth edition, Pearson Education (2007)