

# 工場立地と多様性に関する研究

タイ進出工場を事例として

長崎大学経済学部准教授

宇都宮 譲



## 目 次

はじめに .....	v
第1章 緒 言 .....	1
1.1 目 的 .....	1
1.2 対 象 .....	6
1.3 方 法 .....	11
第2章 結 果 .....	16
2.1 工場勢力推移と工場立地 .....	16
2.2 多様性年次推移 .....	26
第3章 ま と め .....	34
3.1 ま と め と 含 意 .....	34
3.2 本研究の限界と今後の課題 .....	36
補遺 A 県別工場数、従業員数および資本金額年次推移 .....	39
補遺 B ロジスティック成長式 .....	51

## 表 目 次

2.1	県別所属クラスタおよび工場数記述統計量（1960-2012年）	18
2.2	県別所属クラスタおよび従業員数記述統計量（1960-2012年）	21
2.3	県別所属クラスタおよび資本金額記述統計量（1960-2012年）	23
2.4	県別工場数，従業員数および資本金額記述統計量	31
2.5	クラスタ2における県別多様性推定結果	32
2.6	クラスタ10における県別多様性推移推定結果	33

## 目 次

1.1 BOIによるゾーン区分 (“ <i>A business guide to Thailand 2014</i> ”より宇都宮抜粋) .....	3
1.2 人的資源管理論における経営環境および諸領域間関係 (Hendry (1990) より筆者作成) .....	5
2.1 工場数, 従業員数, および資本金額に基づくクラスタリング結果 およびクラスタ2・10 (図右側拡大図内淡色がクラスタ2で濃色が クラスタ10) .....	16
2.2 各クラスタ中心 .....	17
2.3 クラスタ2における県別多様性年次推移 .....	29
2.4 クラスタ10における県別多様性年次推移 .....	30
1 ランプーン県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960- 2012年) .....	39
2 ロブリー県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960- 2012年) .....	40
3 サムットサコン県における工場数, 従業員数, および資本金額年 次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960- 2012年) .....	41
4 サラブリ県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960- 2012年) .....	42
5 バンコク都における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960- 2012年) .....	43
6 チャチュンサオ県における工場数, 従業員数, および資本金額年 次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960-	

	2012年) .....	44
7	チョンブリ県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960-2012年) .....	45
8	パトゥムタニ県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960-2012年) .....	46
9	アユタヤ県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960-2012年) .....	47
10	プラチンブリ県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960-2012年) .....	48
11	ラヨン県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960-2012年) .....	49
12	サムットプラカン県における工場数, 従業員数, および資本金額年次推移 (上段: 工場数; 中段: 従業員数; 下段: 資本金額, 1960-2012年) .....	50

## はじめに

人事労務管理に関する研究においては、「多様な社会」「多様な○○○」という言葉説がしばしば提示される。たとえば、職場における多様性といえば、さまざまな性別・人種・その他出自を有する労働者が一同に会して職務に従事することを指す。あるいは、さような職場を構築することをどう促すかを意味するだろう。とはいえ、多様性にまつわる議論は、職場における多様性をどう表現しなをどう促すかについて議論することなく、定性的かつ思弁的な議論か、法令による強制力を要求することに終始する言説が多かったように感じられる。タイなど東南アジアにおける産業構成についても、同様な傾向があるように考えられる。

筆者は、人事労務管理に関する研究の一環として、経営環境に実存する多様性について関心をいだいて調査を重ねてきた。もともとは教育訓練や定着について関心を有してタイにおける研究に着手した。いまでもさような研究をしたいとは考えている。しかしながら、現在は第一に多様性や企業勢力に関する研究を進めたいと考えている。人事労務管理のみならず、広くタイ社会に関する研究にも貢献するであろうと考えられるからである。

タイと日本を往来することを重ねるうち、知己も増えたし知っていることも増えた。航空会社や空港、宿泊施設などあちこちにおいて顔を覚えられて、挨拶をかわされるようになったことには驚いた。タイにおいてわるいことはできないと、自律する昨今である。無論、まだ知らないことが多い。

本研究は、さまざまな方々によるご支援にて支えられる。とくに、チェンマイ大学経営学部および経済学部各位には、記して謝意を表します。また、調査研究資金を提供いただいた瓊林会、長崎大学に対して御礼申し上げます。

2017年 1月19日

宇都宮 讓





# 第1章 緒 言

## 1.1 目 的

### 1.1.1 目 的

本研究は、立地および多様性という観点から、タイ王国（以下、「タイ」）へ進出した企業数勢力推移を表現・検討することを目的とする。

固有な魅力ゆえ、タイには外国企業が数多く進出しているとされる。たとえば、わが国製造業にとって、投資先として魅力的であることが語られる。国際協力銀行（JBIC）が毎年実施する「わが国製造業企業の海外事業展開に関する調査報告」によれば、調査開始年たる1988年から一貫して、タイは投資先として有望であるとされてきた。2016年12月に公表された最新報告（第28回調査、[https://www.jbic.go.jp/wp-content/uploads/press\\_ja/2016/12/52056/press\\_ja\\_20161212\\_00.pdf](https://www.jbic.go.jp/wp-content/uploads/press_ja/2016/12/52056/press_ja_20161212_00.pdf)）においても、回答された39カ国中インド、中国、インドネシア、ベトナムタイに続いて5番目に有望な国であるとされる。有望である理由（複数回答）として、「現地マーケットの今後の成長性」「現地マーケットの現状規模」「第三国輸出拠点として」「安価な労働力」「組み立てメーカーへの供給拠点として」「産業集積がある」などがあげられる。特に、成長性については一貫してタイへ進出する理由として首位に上げられてきた。わが国製造業企業にとって、タイは長らく有望な進出先であり続けたのであろう。

進出企業がタイに設立する企業形態や活動内容は、さまざまである。生産拠点として工場を構えることもあれば、市場開拓に支店として事務所を構えることもあるだろう。

国際協力銀行による『タイの投資環境』（2012年、<https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/inv-thailand> 201210）第8章によれば、外国企業がタイに進出する場合、「既存企業への資本参加」「現地法人の設立」「支店の設置」「駐在員事務所の設置」が採択し得る企業形態として考慮されるとされる。また、投資奨励法にもとづき投資委員会（Board of Investment;

BOI。海外直接投資と投資企業に対する恩典を一手に取り扱うタイ政府機関)が奨励認可すれば、BOIよりさまざまな恩典を受けながら、外国人ないし外国資本による資本参加(いわゆる外資)比率が100%であっても企業設立可能であるとされる。奨励認可されない業種については、外資が50%未満(タイ資本が50%以上)の合弁企業ないし外国人事業法に基づく外資50%以上の企業を設立することになる。外国人事業法にもとづく企業については、恩典は与えられない。同認可は、事業毎になされる。企業単位ではない。したがって、すでに進出した企業が新たに製品を生産するなど認可を受けた事業ではない事業を開始する場合、別途奨励認可申請する必要がある。

同法による奨励認可が依拠する恩典制度は、ゾーン制と付帯する様々な規則が構成してきた。ゾーン制をおおまかに表現するならば、ゾーンと呼ばれる地域別に異なる恩典を付与する制度である。1987年に改正・施行されてきた投資奨励法によれば、ゾーン制とは、タイを県毎に3つ(ゾーン1、ゾーン2、ゾーン3)に分割、それぞれに対して異なる恩典を与える制度である。比較的経済発展が遅れている地域(ゾーン3)に立地して事業を営もうとする企業に対して手厚い恩典を与える一方、経済発展が進んでいるとおぼしき地域(ゾーン1)についてはそれほど手厚い恩典を与えない。法人所得税(わが国における法人税に相当する国税)を例に、ゾーン別恩典差異を示す。ゾーン1でかつ工業団地に立地する場合、法人所得税は3年間減免される。おなじ条件にてゾーン2に立地すると5年間、ゾーン3に立地すると8年間、各々法人所得税が減免される。地域間格差を是正しようという意図を有することは明らかであろう。図1.1は、BOIによる“*A business guide to Thailand 2014*”によるゾーン地図である。首都バンコク都と周辺県がゾーン1、ゾーン1周辺をゾーン2、その他がゾーン3と区分されることがわかる。言い換えれば、バンコク都とその他地域との地域間格差を是正しようとする政策が、ゾーン制なのである。

とはいえ、企業が必ずしもタイ政府による見込み通りに立地するとは限らない。特定産業を振興しようと制定されてきた産業毎に存在する付加的な恩典制度は、しばしばゾーン制が有する趣旨を骨抜きにしていると考えられ



る。たとえば、「特別重要業種」「特別重要かつ国益をもたらす業種」と呼ばれる業種に該当する場合、ゾーンによらずゾーン3における法人所得税減免とおなじ恩典を受けることができる。

なお、同法は抜本的に改正されており、2015年1月申請分からは従来とは異なる奨励認可制度が運用される。同年同月までに奨励認可された事業については、従来の法令に基づく恩典が付与される。

当然に、こうした進出企業勢力に関する調査研究も存在する。たとえば、盤谷日本人商工会議所（タイに進出した日本企業と資本関係がある企業などが会員になることができる団体）による「タイ国経済概況（2014/2015年版）」には、タイ商務省事業開発局（DBD）が提供するデータベースと追跡調査を用いた結果が記載されている。2008年辞典で日系企業は3,884社がタイに立地、うち1,998社がバンコク都に立地するという。

たしかに、駐在事務所や支店、工場を一括して計上すると、さような結論に至ると考えられる。しかしながら、企業一般がバンコク都に集中することは、一見明白にありえないことである。バンコク都が有する面積は限られており、バンコク都および周辺に居住する労働力は限られている。限られた面積に巨大な工場を建設することは物理的に不可能であろうし、これにとまって要求される莫大な労働力と住居を考えると、上記推定値は過大であると考えられる。むしろ、周辺や他地域に工場が立地することが、むしろ自然であると考えられる。同書186ページにも、

但し、バンコク都の比率が半数を超えているものの、本社機能はバンコク都内にあり、生産拠点は近隣の県に所在している例も多いことから、バンコク都の実質的な比率がこれより下がることは、タイでの実感であろう。

という一文が記される。

タイに進出した企業を対象とする研究は、企業勢力推移に関する研究以外にも数多い。工場における人的資源管理[65][40][31][11]、産業クラスタ形成[70][64][61][49][35][32]、工場間分業関係から進出企業経営史[50][48][77][75]など、さまざまな研究が蓄積されてきた。

ふしぎなことに、いずれの研究も対象たる進出企業について、勢力や概要について言及しない。企業について検討するにおいて、勢力や推移は、基礎指標と考えられる。しかしながら、企業数は明らかではない。まして、工場数はまったく明らかではないしどう推移してきたかも明らかではない。タイ進出企業に関するさまざまな研究が蓄積されたことは事実である。数多知見が蓄積されてきたことも事実である。とはいえ、研究対象それ自体について検討することは、等閑視されてきたように考えられる。

研究における中心的命題以外について捨象することは、さほど珍しいことではない。しかし、対象に関する理解が浅いことは、理論的貢献を希薄にさせるかもしれない可能性は、たやすく想起される。人的資源管理に関する理論枠組について検討しつつ、懸念される結果を検討しよう。図1.2は、Guestが整理したHRM研究枠組である[22]。同枠組によれば、人的資源管理が直接になう活動（HRM policy choices）やその成果（HR outcomes）および長期的影響（Long-term consequence）を規定する。そして、HRM policy choicesは当事者が示す利害（Stakeholder interests）および環境要因（Situational factors）が規定するとされる。HRMによる諸活動について合理性や発生事由を検討する際、環境要因を検討することは不可欠であることが示唆される。とくにHRM policy choicesは直接にSituational factorsによる影響を受ける。諸活動のみ検討しても、貴重ではあるがいかなる理論的貢献がなされるか不明な事実が発見される程度であろう。

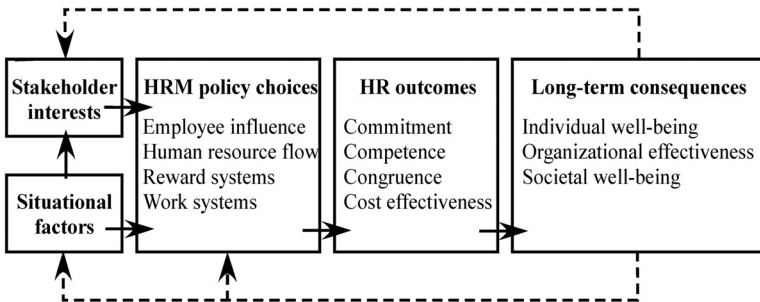


図1.2 人的資源管理論における経営環境および諸領域間関係(Hendry(1990)より筆者作成)

ともあれ、タイに進出した企業が構える工場について、われわれはどこにいくつあるか、明らかにすることから始める必要があるであろう。

## 1.2 対象

### 1.2.1 対象

本研究は、タイに進出した外国企業による工場を、検討対象とする。工場を対象として限定する理由は、工場がタイ社会にもたらす効果が大いだと予想されるからである。たいていの工場は、最低でも数十名、多い場合は数千名を労働者として雇用する。雇用創出という点において、営業所や駐在事務所とは比べ物にならないほど大きな効果をもたらす。のみならず、工場労働者が獲得した賃金は、地域社会に還元されて経済成長に対して貢献する。間接的には、工場労働者として雇用される間に獲得した経験が村落に移転されることを通じて、工場が存在しない村落における社会生活変革に対しても貢献する。あるいは、過剰な生産年齢人口を有効活用することで、消費市場と労働市場とを同時に拡大させ、経済成長を遂げる（いわゆる人口ボーナス）ことに対しても貢献するであろう。

本研究は、公開資料およびインターネットにて開示される情報を複数組み合わせることによって、タイ進出工場数を推定するために用いるデータセットを作成する。組み合わせることで、誤りが混在する確率を極小化できるであろう。具体には、以下に示す手順によってデータベースを構築する。

1. “*BOI Promoted Companies Directory*” を用いて対象企業を特定する：同資料は、BOI が定期的な作成・頒布する資料である。タイに進出した企業中、BOI による恩典に浴した企業名、代表住所、電話番号、Web アドレス、メールアドレス等が産業別に記載される。適用する産業分類は、国際標準産業分類(International Standard Industrial Classification of All Economic Activities; ISIC。詳細は <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isic-4.asp> を参照) における大分類である。タイに進

出する企業はほぼ BOI 与える恩典に浴することを旨とすることから、同資料がほぼすべての進出企業を内包すると想定する。合併企業はあるにせよ、タイ国内企業が混入することは考えられないため、進出企業のみを抽出することができる。しかし、工場住所は抽出できない。また、しばしばタイ語による標記が混在することや地名が不統一であることなど、入力における信頼性に欠けるきらいがある。そこで表記を統一しつつ、工場住所を取得するために、次のデータベースを参照する。

2. “*Factory Directory of Thailand*” を用いて工場住所を特定する：同データベースは、タイに拠点を構える出版社である Comm Bangkok 社が作成する。隔年で発行され、もっとも古い資料は1992年発行である。同資料には、上記資料所載事項のみならず、工場住所や代表者名、国別資本比率も記載されている。ただし、すべての企業について情報が完備するとは限らない。半分程度の企業において、いずれかの項目が空欄である。また、創業年数が極端に古い（17世紀）である事例や古い資料から代表者名が同じであるなど、誤りが混在する可能性は否定できない。伝統あるタイ同族企業との合併企業であるなど理由も考えられるが、確認不能である。17世紀に創業された企業があるかもしれないが、おそらく BOI による恩典を受けてはいないだろう。BOI は第二次世界大戦後に創設された機関であり、恩典を与えようがない。そこでデータが精確であることを補償するために、さらに次のデータを参照する。
3. 各社 Website および Google Maps を用いて真偽を確定する：各社が企業情報や製品などを公開する、いわゆるホームページである。前項までに得られたデータが正しいか、全社について確認する。特に、工場住所と創業年については、本項が役に立つ。とはいえ、示された住所にほんとうに該当企業が立地されるかはわからない。そこで、Google 社が提供する Google Street View を用いて、住所から工場が立地するか確認した。Google Maps が提供する衛星写真でも確認できないこともないが、すでに廃止された工場であるかを判別するには、Street View がよい。確認できなかった企業、確認した結果誤りが混入するとおぼしき

企業については、除外する。

### 1.2.2 多様性

タイに立地する工場数を表現するには、指標を工夫する必要がある。工場数は立地や人口、都市からの距離など様々な異なる条件に直面すると考えられるからである。産業構成が異なることも捨象できないであろう。ある地区においてはA産業および関連産業が支配的であるかもしれないが、別地区においてはB産業が突出して多いかもしれない。単に工場数のみならず産業別構成についても同時に考慮・表現する必要があるのである。

では、どうすれば産業構成を反映できるであろうか。産業構成と工場数とを同時に検討するには、多様性という概念が便利である。多様性は、単に分析枠組として便利であるのみならず、地域経済や企業経営（したがって立地選択）にとっても重要である。Jacobsは、“*Cities and the wealth of nations*”において、都市発展にとって多様性が重要であること、輸入交代 Import replacement する過程において、多様性を獲得すること、多様性を獲得できなかった都市はいずれ衰退することを述べている。Porterが主張する産業クラスタがもたらす利益はJacobsが主張する多様性の重要性を意味すると考えられる[57]。

多様性とは、ある時間・空間における個体数の多さ（richness）と種数の多さ（evenness）を同時に表現する指標である。生態学において精力的に開発・運用されてきた。多様性を表現する方法は様々であるが、社会科学にとっても親和性が高くかつ主要な指標として、Simpsonの入が挙げられる（式1.1）。

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^k \left( \frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (1.1)$$

式1.1右辺第二項における  $N$  は、ある時間・空間内に分布する個体数合計を示す。ある年にある県に立地する工場数とみなすと、わかりやすいであろう。 $n_i$  はある生物種（ $i$  は1から  $k$  までの自然数） $i$  の分布数  $n$  を示す。こ



の右辺第二項は、あきらかに0から1の範囲をとる。もともと、Simpsonの $\lambda$ 指数は、この右辺第二項だけであった。しかし多様性が増す（種数や個体数が多くなる）につれて $\lambda$ が減少することは直感的にわかりにくいことから、式1.1による表現になったという。 $\lambda$ は、ある時間・地理的空間において、ある種 $i$ に巡り合う確率とも解される。ある年にある県において、ある産業に属する工場に遭遇する確率と考えるとわかりやすい。

同指標は、社会科学領域において集中度指標として用いられる[14]ハーフィンダール・ハーシュマン指数（HHI）と比較すると、類似性は明らかである。公正取引委員会(<http://www.jftc.go.jp/soshiki/kyotsukoukai/ruiseki/yougo.html>, 2017年1月1日閲覧)によれば、HHIは、式1.2として表現される。 $C$ はある時間・空間に存在する特定産業を構成する事業者数であり、 $c_i$ は $i$ 番目の事業者による市場占有率である。 $\lambda$ とHHIが、ほぼおなじ意味を有することが理解される。社会科学領域においても、 $\lambda$ がもつ意味内容を誤解なく理解することができよう。

$$HHI = \sum_{i=1}^k \left( \frac{c_i}{C} \right)^2 \quad (1.2)$$

さて、かように生態学から概念や理論を移入することは、是認されるであろうか。

経営学において、生態学理論を移入する試みは、これまでもなされてきた。著名な取組として、いわゆる個体群生態学アプローチと呼ばれる、経営組織論における取組が挙げられる[27][29][26][25][28][5][6][7]。同取組は、1980年代から個体群（単一種がつくる集団）が示す繁殖や摂餌、移動などさまざまな行動について検討する個体群生態学に端を発する個体群行動に関する理論を、人口学を經由して、多く知見を移入しようと試みてきた。同アプローチには、今日でも一定の有効性があるとは考えられるが、環境決定的であるという批判は強い。おそらくは、各理論を移入するときに、理論が有する制約条件を考慮せず安易に移入したことが、かような批判を招いた原因であろうと考えられる。たとえば、移入されたロトカ＝ヴォルテラモデルは、

異種個体群空間や食糧など同じ資源を巡ってが競争するときに個体群サイズがどう変化するかを説明するモデルである。モデルはいずれか片方の種による個体群が絶滅に追い込まれることを预言する（競争排除則）。生物種については、うまく初期条件が整えば野外でも実験においても競争排除則が成立することが知られる。個体群生態学アプローチは、同モデルを組織間競争を表現するモデルとして導入した。しかしながら、人類社会における現実に照らし合わせて、競争関係にある2組織のいずれか片方が絶滅に追い込まれる事態は、なかなか観測されない。たいていは規模を縮小するなどして、生残を図る。また、本家たる個体群生態学は1970年代以降も劇的に発展しているが、同発展から個体群生態学アプローチは、完全に取り残されているようにみえる。ロトカ=ヴォルテラ式にせよロジスティック成長にせよ、1990年代には長足の進歩を遂げている。経営組織論が想定する個体群生態学とは、まったくかけ離れたものになっている。以上からわれわれは、安易に生態学概念を移入することについて、躊躇せざるを得ない。

しかしながら近年、社会科学への生態学概念移入について、ふたたび新たな動きがみられる。Industrial Ecologyである。Industrial Ecologyとは、生態学における諸概念を用いて人類社会において発生する様々な現象を解釈しようとする領域である[34][38][46][56][60][72]バイオミクリー（Biomimicry。生物が有する機能から発想を得て、人類に役立つ技術を開発しようとする）の一種であるとされる。バイオミクリーさながらに人類社会を解釈しようとするのを遡るならば、ベルタランフィによる一般システム理論にまで遡ることができる[69]。ベルタランフィは広範な領域に名を残す碩学であり、水産学において重要な成長曲線として知られるベルタランフィ型成長曲線もあみだしている。彼の広範な領域にわたる考察は、制御工学や生態学など様々でありかつまったく異なる領域において観測される現象が、しばしば類似した挙動を示すことから生まれたとされる。

## 1.3 方 法

### 1.3.1 成長曲線

工場勢力推移を表現するにあたって、多様性という概念を用いることは許容されるであろう。次に、多様性が経時的に示す挙動は、どう表現すればよいであろうか。

多様性が経時的に示す挙動を表現するには、大きく分けて理論モデルと統計モデルが採用候補となり得るであろう。理論モデルとはデータが有する特性に依存しないモデル、統計モデルとはデータが有する特性に左右されるモデルをいう。とはいえ、前者を実証するには、統計モデルと同じデータを用いることから、結果がある程度データが有する特性に左右されることは言うまでもない。とはいえ、進出企業数推移や多様性推移に関する理論モデルは確立されたとは言い難い。進出企業が進出を決定する動機について説明する理論モデルとして、Vernon によるプロダクトサイクル仮説および Eclectic paradigm を挙げる。

プロダクトサイクル仮説とは、生産費用が本国において生産するよりも安くつく場合に、企業は生産拠点を海外に移転するとする[68]。企業による海外進出行動に関する研究における古典的研究とされ、引用する文献も相当数にのぼる（たとえば[1][12][21][47]）。市場が成熟することに伴い、企業が生産費用を縮減する必要に迫られるとした与件が、経済学的観点からは評価されると考えられる。経営学においてはむしろ、Dunning による折衷パラダイムが採用されることが多いように考えられる。内容はプロダクトサイクル仮説を拡張したものであり、OLI アプローチとも呼ばれる。すなわち、所有特殊優位（進出先現地企業よりも優位に立てると判断し得る資産を進出企業が有すること）、立地特殊優位（資源や立地など進出先に固有な優位性）、および内部化優位（進出子会社と取引するほうが現地企業と取引するよりも高い優位性を得られること）という3つの条件を満たした場合、企業は海外に生産拠点を構えるという。理論自体は現在も改良が続けられている。また、地理的条件に言及することから、国際経営論のみならず産業クラスタに関する

る研究においてよく参照される傾向がみられる[4, 10, 13, 15, 16, 37, 47, 54, 59, 63]。

いずれの理論も、ある時点における海外進出にまつわる動機は、よく説明する。しかしながら、進出企業数が経時的にどう変動するかについてなんらかの示唆を提供しない。経時的に変化する事象については、普及現象に関する研究が、参考になると考えられる。普及とは、ある概念や技術が、採用と呼ばれる活動を経て、次第にある社会においてより広く利用されるようになる現象である。企業進出は進出先におけるさまざまな資源を利用しながら進出企業が生産活動を展開する技術が普及する過程と考えるならば、普及現象に関する知見はなんらかの示唆を与えるであろう。

普及あるいは伝播については、社会学や経営学において、多くの研究が蓄積されている[8][18][23][41][53][55][67]。提案されたモデルも多数存在するが、Rogersによるモデルが支配的であろうと考えられる[58]。

[78]は、普及過程を表現するために、種々の先行研究を検討しつつ、シグモイド曲線を描くモデル（プロビットモデル）を採用している。普及現象が採用 = 不採用という2値データをとる場合、これは正鵠を得ているように考えられる。しかしながら、2値データをとらない場合、別途のモデルについて検討する必要があるであろう。

本研究は、モデルとしてロジスティック成長モデルを採用、多様性がどう推移するかを検討する。ロジスティック成長モデルは、やはり生態学において開発されたモデルである。一定量の資源がある空間に存在することを与件としつつ、ある空間に分布する個体数が、個体群（個体があつまった集合体）における個体数（密度）に応じて変化するかメカニズム（個体群動態）を説明する。言い換えれば、ある空間内において個体群が利用可能な資源量を、個体数というパラメータを用いて説明しようとするモデルであるともいえる。同モデルは今日、水産資源学など生態学を応用する自然科学領域のみならず、人口学など社会科学においても広く応用される。2値データではない連続量に対しても適用可能である。多様性という生態学的概念を取り扱う本研究にとって、おなじ出自を有するモデルは親和性が高いと考えられる。

普及過程に関する理論と個体群動態に関する理論とは、コインの表裏を表現するように考えられる。すなわち、普及過程に関する理論は、資源を利用する技術に着目しつつ資源が消費される過程を表現する。個体群動態に関する理論は、個体群が成長する過程に着目しつつ、資源を消費する主体の勢力を明らかにする。いずれも、ある空間における資源と資源が消費される過程を表現していることは共通する。くしくも両理論が着目する普及現象や個体群動態は、シグモイド曲線に沿って現象が推移すると説く。かつてベルタランフィも着目したかような同一性は、資源という背後にあるおなじ現象に着目することに起因するかもしれない。

なお、ロジスティック成長モデルの詳細については、補遺を参照されたい。

### 1.3.2 手 順

本研究は、以下に示す手順にしたがって、分析を加えた。

はじめに、K平均法を用いて、タイ76都県（2015年時点では77都県になったが、2012年時点では76県である）を分類・層別した。まったく工場がない県や異なる特性を有する県とを比較検討しても、実りがあるとは考えにくいから、分類による層別は必要である。K平均法は、非階層的クラスタリング手法のひとつである。kつの中心ベクトルをかりに定めて、比較的類似した標本を、中心ベクトルとのユークリッド距離が類似する度合いに応じて分類する。階層的クラスタ分析とは異なり、階層は構築されない。すべての標本間のユークリッド距離を求めているわけではないからである。kが具体的に取る値は、分析者が先見的に明らかな知見にもとづいて決定する。近年は、xmeans法と呼ばれる最適なkを決定するアルゴリズムが開発されており[79]、本研究も同アルゴリズムを利用してクラスタ数を決定した。K平均法を用いるにあたって、本研究は各県における年別工場数、従業員数、およびタイ会社法が定める登録資本金額を用いた。クラスタリング後、工場立地が多いクラスタを抽出、多様性推移について検討する。

ロジスティック曲線にしたがうとおぼしき多様性推移を検討するにあたって、本研究はベイズ統計学による枠組みに基づく推定をこころみる。推定す

る変数は、 $K$ （環境収容力）、 $C$ （切片を決定する定数）、および  $r$ （内的自然増加率）である。推定自体は、最小二乗法を用いた回帰分析や一般化線形モデル（GLM）など、古来繰り返されてきた手法である。手法は精緻化しかんどころもあきらかになっている。あえてベイズ統計学の枠組みを用いる利点はあるであろうか。

ベイズ統計学の枠組みを用いる利点は、パラメータ毎に異なる分布を誤差として設定可能になるなど、柔軟なモデリングが可能となることに集約される[20][74]。柔軟であるとは、データが有する制約や考えられるモデルを意図したとおりに表現できることを意味する。誤差分布設定以外にも、欠損値が含まれるデータや入り組んだネスト（入れ子）構造を有するデータ、同時分布を誤差にとるなど、従来用いられてきたモデリング手法を用いるにはやっかいなデータであっても、分析することが可能となる。こうしたデータは、従来使われてきた頻度主義的枠組を用いても十分に分析可能ではある。しかしながら、往々にして多重積分問題に起因して計算が事実上不可能になる。ベイズ統計学による枠組みを用いることで、解析的に同時分布を示す分布関数を解くかわりに、ある事前分布を仮定しつつ MCMC（マルコフ連鎖モンテカルロ法）を用いて発生させた値を用いて、事後分布を推定できるようになる。さまざまな長所や特徴があるが、一般に計算時間が長くなりがちであることが難点であろう。頻度主義的分析とベイズ主義的分析との差異や詳細な計算過程については、成書[39][44][42]を参照されたい。

われわれは、多様性  $D$  が式1.3.2として表現されるロジスティック成長式にしたがって伸長すると仮定する。ただし、 $K$ は環境収容力、 $C$ は初期状態における多様性、 $R$ は内的自然増加率を示す。また、われわれはタイにおける多様性についてまったく事前情報を有しない。ただし、長い交流と進出の歴史を誇るバンコク都は、突出して高い多様性を有するとは考えられるが、他県については個別事情もあろうと推測される。このことから、完全に無情報な事後分布（たとえば一様分布 Uniform (0,100000) など）を与えると、事後分布が想定し得ないほどに裾を引く可能性がある。ゆえにわれわれは無情報事前分布のかわりに、弱情報事前分布を事前分布として採用する。すな

わち、 $D$ の事前分布は、自由度3、平均0、標準偏差5である  $t$  分布にしたがうとする。 $t$  分はもともと裾が広い分布であり、外れ値を含むことが想定される場合も事前分布として利用可能である。式1.1に示した  $\lambda$  の定義より、 $D$ は最大でも1を超えることはない。したがって、5という標準偏差は十分に裾が広い事後分布になろうと想定される。自由度は通例にならない設定した。式1.3は、以上を表現する。

$$D = \frac{K}{(1+C \exp(-Rt))} \quad (1.3)$$

$$D \sim t(3, 0, 5)$$

$K$ や $C$ 、 $R$ は、県毎に異なることが想定される。あらかじめ県をクラスタリングして層別していることから、比較的同質な県が考察対象となるはずである。しかしながら、同じクラスタに属するからといって、各県が完全に同質であるとは考えにくい。むしろ、いくばくかの差異を有すると考えることが自然であろう。したがって、われわれは環境収容力や初期状態、および内的自然増加率が県毎に異なであろうと推測、各パラメータを予測することにした(式1.4, 1.5, 1.6)。 $k$ 、 $c$ 、 $r$ はそれぞれ各クラスタに含まれる各県に共通する変動、 $k_p$ 、 $c_p$ 、 $r_p$ は各クラスタを構成する各県  $p$  に固有の変動を示す。 $k$ 、 $c$ 、 $r$ はガンマ分布にしたがうとした。

$$K = k + k_p \quad (1.4)$$

$$K \sim \text{Gamma}(2, 1)$$

$$C = c + c_p \quad (1.5)$$

$$C \sim \text{Gamma}(3, 1)$$

$$R = r + r_p \quad (1.6)$$

$$r \sim \text{Gamma}(2, 1)$$

計算には、統計解析環境 R(Ver. 3.3.0) を用いた。イテレーション回数は8,000回であり、うち最初の4,000回は除却した。これを4回繰り返した。計算にはおよそ12時間を費やした。

## 第2章 結 果

### 2.1 工場勢力推移と工場立地

はじめに、K平均法を用いたクラスタリング結果について述べよう。工場数、従業員数、および資本金額を用いて県をクラスタリングしたところ、われわれは10つクラスタを発見した。図2.1は、クラスタリング結果を示すコロプレス図である。

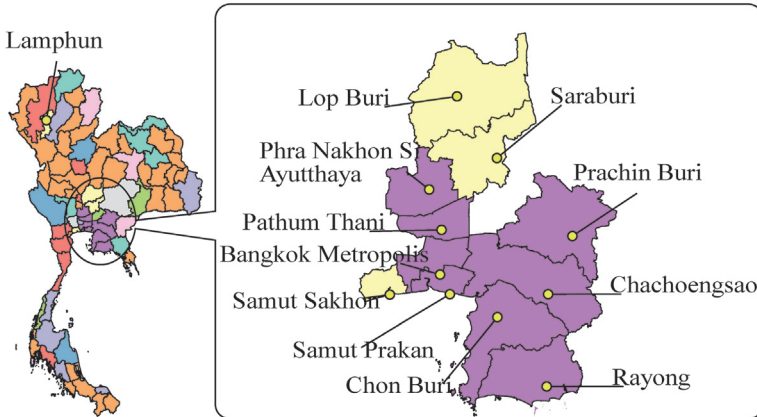


図2.1 工場数、従業員数、および資本金額に基づくクラスタリング結果およびクラスタ2・10（図右側拡大図内淡色がクラスタ2で濃色がクラスタ10）

76都県は、10つあるクラスタのうちいずれかに属することが明らかになった。BOIによるゾーンが3つであることを考えれば、予想外に多くのクラスタが抽出されたといえる。おもしろいことに、近傍にあるからといって、必ずしも同じクラスタに属するわけではないことがわかる。たとえば、ノンナヨク県はバンコク都に直線距離ではごく近傍、パトゥムタニ県とチャチュンサオ県のみを間にはさんだ場所にあるが、同じクラスタには所属しない。アユタヤ県やチョンブリ県と同様にゾーン2に属し、アユタヤ県やチョンブリ県よりもバンコク都に近いが、同じクラスタには所属しない。バンコ



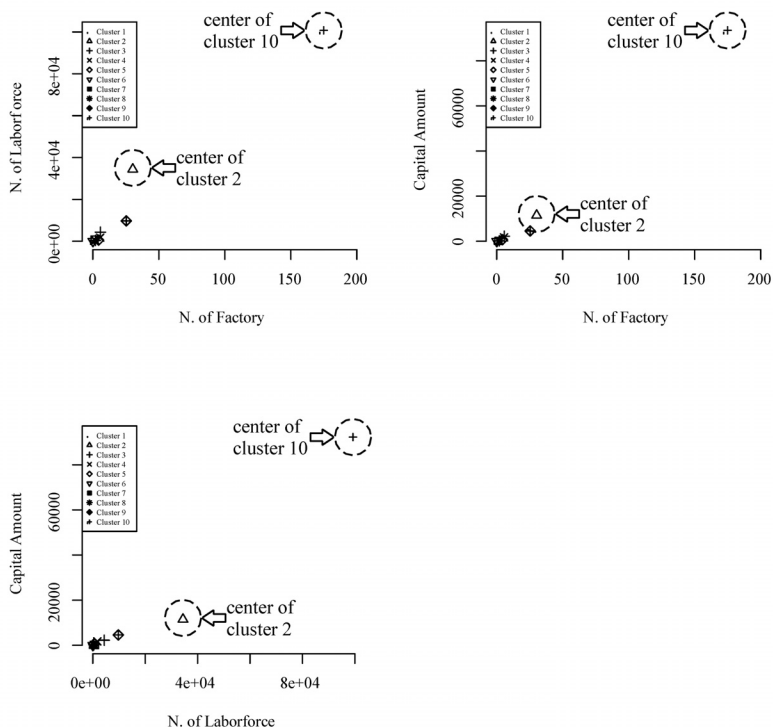


図2.2 各クラスタ中心

ク都に近ければそれだけ工場がたくさんあるというわけではないのである。

10クラスタ中、クラスタ2とクラスタ10は、他クラスタとは一線を画する。クラスタ2には121つ（総数に対して7.1%に相当）の工場が、クラスタ10には1,520つ（81.9%に相当）の工場が、各々立地している。工場が多く立地する県は、同クラスタに含まれると考えられる。両クラスタをあわせて89%の工場が立地することから、ほぼすべてと言ってもよい工場は、両クラスタに含まれる都県に立地すると考えても差し支えないであろう。図2.2による各クラスタ中心位置も、こうした見解を支持するであろう。クラスタ10は他クラスタよりもクラスタ中心群から孤立しており明らかに特異なクラスタである。クラスタ2もクラスタ10ほどではないものの、他クラスタとは異なる位置にあるといっても差し支えないだろう。とくに従業員数という観点から

は、クラスタ2はクラスタ10を除く他クラスタに比べて特異である。以上から本研究は、多様性について検討するにおいて、クラスタ2およびクラスタ10に着目することとする。表2.1, 2.2, および2.3は、各県における工場数、従業員数、および資本金額の記述統計量である。

クラスタ2には、ランブーン、ロップリー、サムットサコン、およびサラブリー各県が含まれる。クラスタ10には、バンコク、チャチュンサオ、チョンブリー、パトゥムタニ、アユタヤ（プラナコンシーアユタヤが正しいが、長くまたアユタヤという通称が周知であるから、アユタヤと標記）、プラチンブリー、ラヨー、およびサムットプラカーン各都県が含まれる。図2.1や表2.1, 2.2, 2.3を参照しつつ検討すると、クラスタ10は首都自身と首都周辺ある県をほぼすべて含むことがわかる。つまり、クラスタ10は首都と首都周辺という地域を意味するクラスタであることがわかる。また、クラスタ2はクラスタ10が示す地域周辺にあることがわかる。すなわち、サムットサコン県はバンコク都およびサムットプラカーン県側であり、ロップリー県およびサラブリー県は、クラスタ10に属するアユタヤ県に接する。おおむね、「周辺の周辺」ともいうべき位置にあるといっても差し支えないであろう。例外はランブーン県である。同県はクラスタ10から600 km 以上離れており、クラスタ10とは不思議に縁がない。また、クラスタ2に属する県がクラスタ10周辺にあるとはいっても、クラスタ10周辺にある県がクラスタ2に属するとは限らない。たとえば、ナコンナヨク県やノンタブリー県、スパンブリー県は、クラスタ10に属する県に接している。しかしながら、これら各県はクラスタ2には属さない。

表2.1: 県別所属クラスタおよび工場数記述統計量（1960-2012年）

Province	Cluster	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Amnat Charoen	6	0	0	0	0	0	0
Ang Thong	6	0	0	0	0	0	0
Bangkok Metropolis	10	97	3	15	13.86	22	6.04
Buri Ram	7	1	0	0	0.14	1	0.38

(Next Page)

*(Continued)*

Province	Cluster	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Chachoengsao	10	98	2	8	14	44	14.96
Chai Nat	6	0	0	0	0	0	0
Chaiyaphum	6	0	0	0	0	0	0
Chanthaburi	1	1	0	0	0.14	1	0.38
Chiang Mai	4	7	0	1	1	2	0.82
Chiang Rai	1	2	0	0	0.29	2	0.76
Chon Buri	10	341	20	29	48.71	156	48.96
Chumphon	3	4	0	0	0.57	4	1.51
Kalasin	1	1	0	0	0.14	1	0.38
Kamphaeng Phet	6	0	0	0	0	0	0
Kanchanaburi	5	3	0	0	0.43	1	0.53
Khon Kaen	8	3	0	0	0.43	2	0.79
Krabi	4	5	0	0	0.71	4	1.50
Lampang	3	3	0	0	0.43	3	1.13
Lamphun	2	39	1	3	5.57	12	4.65
Loei	6	0	0	0	0	0	0.00
Lop Buri	2	6	0	0	0.86	4	1.46
Mae Hong Son	6	0	0	0	0	0	0
Maha Sarakham	6	0	0	0	0	0	0
Mukdahan	6	0	0	0	0	0	0
Nakhon Nayok	7	2	0	0	0.29	2	0.76
Nakhon Pathom	9	18	0	1	2.57	7	2.57
Nakhon Phanom	6	0	0	0	0	0	0
Nakhon Ratchasima	9	36	0	5	5.14	14	4.38
Nakhon Sawan	6	0	0	0	0	0	0
Nakhon Si Thammarat	5	5	0	0	0.71	4	1.50
Nan	8	1	0	0	0.14	1	0.38
Narathiwat	6	0	0	0	0	0	0
Nong Bua Lam Phu	6	0	0	0	0	0	0
Nong Khai	1	1	0	0	0.14	1	0.38
Nonthaburi	3	4	0	0	0.57	2	0.79
Pathum Thani	10	119	4	16	17	35	13.30

*(Next Page)*

*(Continued)*

Province	Cluster	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Pattani	3	4	0	0	0.57	4	1.51
Phangnga	6	0	0	0	0	0	0
Phatthalung	6	0	0	0	0	0	0
Phayao	6	0	0	0	0	0	0
Phetchabun	6	0	0	0	0	0	0
Phetchaburi	4	5	0	0	0.71	3	1.11
Phichi	4	4	0	0	0.57	2	0.79
Phitsanulok	5	5	0	0	0.71	3	1.11
Phra Nakhon Si Ayutthaya	10	215	4	14	30.71	96	32.35
Phrae	6	0	0	0	0	0	0
Phuket	8	3	0	0	0.43	2	0.79
Prachin Buri	10	67	1	9	9.57	21	6.75
Prachuap Khiri Khan	4	3	0	0	0.43	1	0.53
Ranong	7	1	0	0	0.14	1	0.38
Ratchaburi	4	7	0	1	1.00	3	1.15
Rayong	10	238	10	16	34	98	34.45
Roi Et	6	0	0	0	0	0	0
Sa Kaeo	8	1	0	0	0.14	1	0.38
Sakon Nakhon	6	0	0	0	0	0	0
Samut Prakan	10	224	9	28	32	69	19.65
Samut Sakhon	2	44	1	3	6.29	27	9.25
Samut Songkhram	6	0	0	0	0	0	0
Saraburi	2	32	1	3	4.57	13	4.43
Satun	6	0	0	0	0	0	0
Si Sa Ket	6	0	0	0	0	0	0
Sing Buri	4	8	0	1	1.14	3	1.07
Songkhla	9	22	0	1	3.14	15	5.34
Sukhothai	6	0	0	0	0	0	0
Suphan Buri	1	1	0	0	0.14	1	0.38
Surat Thani	3	11	0	0	1.57	10	3.74
Surin	6	1	0	0	0.14	1	0.38
Tak	6	0	0	0	0	0	0
Trang	3	10	0	0	1.43	9	3.36

*(Next Page)*

(Continued)

Province	Cluster	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Trat	6	0	0	0	0	0	0
Ubon Ratchathani	3	4	0	0	0.57	3	1.13
Udon Thani	1	1	0	0	0.14	1	0.38
Uthai Thani	6	1	0	0	0.14	1	0.38
Uttaradit	6	0	0	0	0	0	0
Yala	6	0	0	0	0	0	0
Yasothon	6	0	0	0	0	0	0

(End)

表2.2: 県別所属クラスおよび従業員数記述統計量 (1960-2012年)

Province	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Amnat Charoen	0	0	0	0	0	0
Ang Thong	0	0	0	0	0	0
Bangkok Metropolis	57,816	1,065	8,473	8,259	13,000	4,031.23
Buri Ram	800	0	0	114.30	800	302.37
Chachoengsao	87,040	405	1,420	12,430	53,670	19,736.67
Chai Nat	0	0	0	0	0	0
Chaiyaphum	0	0	0	0	0	0
Chanthaburi	220	0	0	31.43	220	83.15
Chiang Mai	2,435	0	100	347.9	1,086	486.82
Chiang Rai	182	0	0	26	182	68.79
Chon Buri	134,010	5,046	10,730	19,140.0	56,280	18,631.62
Chumphon	4,136	0	0	590.9	4,136	1,563.26
Kalasin	300	0	0	42.86	300	113.39
Kamphaeng Phet	0	0	0	0	0	0
Kanchanaburi	404	0	0	57.71	200	79.06
Khon Kaen	374	0	0	53.43	300	112.17
Krabi	2,670	0	0	381.4	2,570	965.79
Lampang	1,092	0	0	156	1,092	412.74
Lamphun	19,672	159	682	2,810	11,280	4,008.69
Loei	0	0	0	0	0	0.00
Lop Buri	29,210	0	0	4,173	27,460	10,285.76

(Next Page)

*(Continued)*

Province	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Mae Hong Son	0	0	0	0	0	0
Maha Sarakham	0	0	0	0	0	0
Mukdahan	0	0	0	0	0	0
Nakhon Nayok	900	0	0	128.6	900	340.17
Nakhon Pathom	7,495	0	760	1,071	2,965	1,126.47
Nakhon Phanom	0	0	0	0	0	0
Nakhon Ratchasima	9,706	0	946	1,387	3,262	1,314.24
Nakhon Sawan	0	0	0	0	0	0
Nakhon Si Thammarat	805	0	0	115	727	271.43
Nan	400	0	0	57.14	400	151.19
Narathiwat	0	0	0	0	0	0
Nong Bua Lam Phu	0	0	0	0	0	0
Nong Khai	102	0	0	14.57	102	38.55
Nonthaburi	4,139	0	0	591.3	3,269	1,202.22
Pathum Thani	92,387	1,050	3,855	13,200	50,650	17,654.16
Pattani	4,900	0	0	700	4,900	1,852.03
Phangnga	0	0	0	0	0	0
Phatthalung	0	0	0	0	0	0
Phayao	0	0	0	0	0	0
Phetchabun	0	0	0	0	0	0
Phetchaburi	1,578	0	0	225.4	1,314	484.55
Phichit	774	0	0	110.6	432	174.78
Phitsanulok	390	0	0	55.71	350	130.24
Phra Nakhon Si Ayutthaya	208,049	804	5,871	29,720	121,400	45,724.30
Phrae	0	0	0	0	0	0
Phuket	466	0	0	66.57	461	173.94
Prachin Buri	22,988	41	3,095	3,284	6,961	2,606.87
Prachuap Khiri Khan	533	0	0	76.14	270	125.82
Ranong	707	0	0	101	707	267.22
Ratchaburi	2,692	0	300	384.6	1,293	472.37
Rayong	76,071	3,100	6,536	10870.0	36,950	11,943.06
Roi Et	0	0	0	0	0	0

*(Next Page)*

(Continued)

Province	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Sa Kaeo	350	0	0	50	350	132.29
Sakon Nakhon	0	0	0	0	0	0
Samut Prakan	127,654	2,091	17,610	18,240	45,710	15,363.85
Samut Sakhon	46,594	240	3,175	6,656	29,720	10,419.11
Samut Songkhram	0	0	0	0	0	0
Saraburi	42,128	150	878	6,018	30,160	11,044.66
Satun	0	0	0	0	0	0
Si Sa Ket	0	0	0	0	0	0
Sing Buri	1,263	0	60	180.4	516	217.40
Songkhla	11,988	0	300	1,713	10,200	3,754.69
Sukhothai	0	0	0	0	0	0
Suphan Buri	70	0	0	10	70	26.46
Surat Thani	4,846	0	0	692.3	4,446	1,661.93
Surin	90	0	0	12.86	90	34.02
Tak	0	0	0	0	0	0
Trang	6,323	0	0	903.3	5,953	2,230.98
Trat	0	0	0	0	0	0
Ubon Ratchathani	4,995	0	0	713.6	4,500	1,679.82
Udon Thani	102	0	0	14.57	102	38.55
Uthai Thani	40	0	0	5.71	40	15.12
Uttaradit	0	0	0	0	0	0
Yala	0	0	0	0	0	0
Yasothon	0	0	0	0	0	0

(End)

表2.3: 県別所属クラスおよび資本金額記述統計量 (1960-2012年)

Province	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Amnat Charoen	0	0	0	0	0	0
Ang Thong	0	0	0	0	0	0
Bangkok Metropolis	70,733	577	2,917	10,100	51,510	18,380.36
Buri Ram	170	0	0	24.29	170	64.25
Chachoengsao	42,213	356	1,362	6,030	30,540	10,982.73

(Next Page)

*(Continued)*

Province	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Chai Nat	0	0	0	0	0	0
Chaiyaphum	0	0	0	0	0	0
Chanthaburi	150	0	0	21.43	150	56.69
Chiang Mai	607	0	12	86.71	365	138.19
Chiang Rai	140	0	0	20	140	52.92
Chon Buri	93,115	3,420	6,278	13,300	51,620	17,210.44
Chumphon	940	0	0	134.3	940	355.29
Kalasin	28	0	0	4.00	28	10.58
Kamphaeng Phet	0	0	0	0	0	0
Kanchanaburi	589	0	0	84.08	400	152.06
Khon Kaen	172	0	0	24.57	132	49.66
Krabi	1,213	0	0	173.30	1,013	377.71
Lampang	7,190	0	0	1,027	7,190	2,717.56
Lamphun	5,136	60	395	733.7	2,342	810.51
Loei	0	0	0	0.00	0	0.00
Lop Buri	16,882	0	0	2,412	15,300	5,712.79
Mae Hong Son	0	0	0	0	0	0
Maha Sarakham	0	0	0	0	0	0
Mukdahan	0	0	0	0	0	0
Nakhon Nayok	35	0	0	5.03	35	13.30
Nakhon Pathom	6,524	0	100	932	3,365	1,378.73
Nakhon Phanom	0	0	0	0	0	0
Nakhon Ratchasima	2,929	0	325	418.4	1,147	400.96
Nakhon Sawan	0	0	0	0	0	0
Nakhon Si Thammarat	786	0	0	112.3	653	243.59
Nan	12	0	0	1.74	12	4.60
Narathiwat	0	0	0	0	0	0
Nong Bua Lam Phu	0	0	0	0	0	0
Nong Khai	165	0	0	23.57	165	62.36
Nonthaburi	3,536	0	0	505.2	3,296	1,232.59
Pathum Thani	54,657	593	3,520	7,808	33,250	11,539.51
Pattani	355	0	0	50.71	355	134.18

*(Next Page)*



*(Continued)*

Province	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Phangnga	0	0	0	0	0	0
Phatthalung	0	0	0	0	0	0
Phayao	0	0	0	0	0	0
Phetchabun	0	0	0	0	0	0
Phetchaburi	732	0	0	104.6	628	232.11
Phichit	1,505	0	0	214.9	1,216	448.22
Phitsanulok	763	0	0	108.9	529	196.36
Phra Nakhon Si Ayutthaya	104,527	930	4,072	14,930	56,570	21,365.42
Phrae	0	0	0	0	0	0
Phuket	392	0	0	56	260	102.53
Prachin Buri	140,866	55	3,018	20,120	127,500	47,386.35
Prachuap Khiri Khan	3,520	0	0	502.9	3,400	1,277.95
Ranong	135	0	0	19.29	135	51.03
Ratchaburi	865	0	38	123.5	500	187.92
Rayong	170,889	4,600	12,120	24,410	76,130	25,872.00
Roi Et	0	0	0	0	0	0
Sa Kaeo	150	0	0	21.5	151	56.88
Sakon Nakhon	0	0	0	0	0	0
Samut Prakan	70,762	3,637	7,282	10,110	24,600	7,640.57
Samut Sakhon	9,253	100	884	1,322	4,881	1,606.70
Samut Songkhram	0	0	0	0	0	0
Saraburi	14,665	48	1,515	2,095	6,014	2,146.79
Satun	0	0	0	0	0	0
Si Sa Ket	0	0	0	0	0	0
Sing Buri	3,593	0	110	513.3	2,437	873.21
Songkhla	4,245	0	140	606.4	2,807	1,021.60
Sukhothai	0	0	0	0	0	0
Suphan Buri	371	0	0	53	371	140.22
Surat Thani	2,045	0	0	292.1	1,944	729.60
Surin	34	0	0	4.86	34	12.85
Tak	0	0	0	0	0	0
Trang	1,015	0	0	145	915	341.58

*(Next Page)*

(Continued)

Province	N	Min.	Mdn.	Mean	Max	SD
Trat	0	0	0	0	0	0
Ubon Ratchathani	595	0	0	85	525	195.77
Udon Thani	165	0	0	23.57	165	62.36
Uthai Thani	50	0	0	7.14	50	18.90
Uttaradit	0	0	0	0	0	0
Yala	0	0	0	0	0	0
Yasothon	0	0	0	0	0	0

(End)

## 2.2 多様性年次推移

次に、多様性経時的にどう推移するか検討しよう。

図2.3および表2.5は、クラスタ2における多様性年次推移推定結果を示す。図2.4および表2.6は、クラスタ10における多様性年次推移推定結果を示す。表における  $R_{hat}$  はいずれも1であり、MCMCが収束し分析が一応は成功したことを示唆している。とはいえ、推定値がすべて妥当であるかは議論の余地がある。図において、しばしば曲線が凸凹することは、推定結果がしばしば安定しないことを意味する。モデルを改良する余地があるかもしれない。

上記結果によれば、クラスタ10における  $K$ 、すなわち多様性が安定的に到達し得る上限値として推定される値は、およそ0.8程度である。たとえば、バンコク都は0.77である。95%信用区間は0.76から0.78であり、かなり狭い。もっとも多様であると考えられるプラチンプリ県における  $K$  は0.82と推定され、信用区間は0.79から0.85である。

クラスタ10を構成する8県は、 $K$ の推定値が0.1未満でしか変化がない。つまり、クラスタ10に属する各県における多様性上限は、県毎にさほど差がないことを意味する。クラスタ10における各県は、0.8程度と推定される多様性上限を共有するといえよう。Simpsonの多様性指数定義により  $K$  は1.0を上限とすることから、クラスタ10における各県は、かなり多様な県である

ことが示唆される。しかし一方、完全に多様にはならないこともわかる。中心的な産業が他産業を圧倒することが、完全に多様にはなりきれない理由であろうと推測される。たとえば、サムットプラカン県においては食品産業が優勢であり、パトゥムタニ県においては電子産業が優勢であることから、結果として他産業は相対的に企業数が少なく、完全に多様な状態にはなりえないのである。

各クラスタにおいて各県は、達した年代は異なるものの、15年以上前に多様性が上限に達したことが推測される。クラスタ10において、バンコク都は、考察対象期間がはじまる1960年から、すでに多様性は0.7を超えており、2012年に至っている。当初より多様な進出工場が存在したことが示唆される。ついでアユタヤは1965年代中葉に多様性がほぼ上限に達している。さらにサムットプラカン、パトゥムタニ、チョンブリ各県において、1970年代中葉には多様性が上限を迎えている。サムットプラカンおよびパトゥムタニ各県はバンコク都に至近であって、バンコク都において多様化した工場集積地が、多様性を増しながら次第に近傍へと拡大したことが示唆される。1985年代中葉には、バンコク東部に位置するラヨーンおよびプラチンブリ各県において、多様性が上限を迎えている。これは明らかに、タイ政府による東部開発計画による影響であろう。1990年代中葉には、チャチュンサオ県において多様性が上限に達した。2012年に至るまで、各県は段階的に多様性を上限に至らしめつつ、高い多様性を堅持しているといえよう。

クラスタ2は、クラスタ10とは様相を異にする。クラスタ2に属する各県における多様性上限は、県毎に異なる。ランプーン県においては0.67、サムットサコン県においては0.71と、おのおの類似した多様性上限を有している。地理的にはかなり離れているが、多様性という観点からはよく似ているといえよう。しかし、他2県は異なる。ロップリー県においては0.83とクラスタ10に近いし、サラブリー県は0.97とクラスタ10よりも多様でありかつほぼ完全に多様である。クラスタ10とは異なり、多様性という観点からは各県が異なる上限を有することがわかる。

クラスタ2に属する各県が到達すると推定される多様性上限に至る過程も

異なる。サムットサコン県は1980年代には上限に達したと考えられるし、1990年代中葉にはランブーン県も上限に達したと考えられる。こうした傾向は、むしろクラスタ10に属する県に近いとさえ言える。しかし、ロップブリーおよびサラブリー各県においては、2012年時点において上限に達したとは考えにくい。同時点において多様性はさほど高くはない。クラスタ10とは異なり、同じクラスタに属しながら、各県は異なる挙動を示すようである。

こうした多様性の上限や多様な県に至る過程が異なる現象を解明するには、初期状態を表現する定数 ( $c$ ) や内的自然増加率 ( $r$ ) についても検討する必要があるだろう。 $C$ については、クラスタ内でもかなり異なる。クラスタ10において、県毎にかなり差がある。表2.6によれば、 $C$ は県毎にかなり異なる。バンコクにおける $c$ は0.03と低く、初期からかなり多様であったことが推測される。一方、アユタヤ県においては12.94と高く、初期にはさほど多様ではなかったことが推測される。チョンブリー県とサムットプラカン県、チャチュンサオ・パトゥムタニ・ラヨン各県はそれぞれ類似した $C$ を有しており、類似した初期状態であったことが推測される。かくのごとく、クラスタ10においては、初期における多様性は県毎にかなり異なることが推測される。クラスタ2においても、おなじ現象が確認される。ランブーン県における初期状態は0.65と低いが、他県は概して $C$ が高く、初期にはさほど多様ではなかったことが想定される。特に、サラブリー県は14.96とアユタヤ県なみに高い。

表2.5や表2.6をみるに、値が小さいせいか、内的自然増加率 $r$ はさほどかわらぬように見える。クラスタ2において、もっとも大きな $r$ をもつサムットサコン県 ( $r=0.23$ ) ともっとも小さな $r$ をもつランブーン県 ( $r=0.05$ ) との $r$ の差異は、0.18 ( $0.23-0.05=0.18$ ) でしかない。 $r$ が極端に高い(1.68)ラヨン県を除けば、クラスタ10においても同様、 $r$ に大きな県別差があるとは考えられない。実際、ラヨン県を除いた場合、差は0.14でしかない。しかし、かような小さくみえる差異も、図2.3や2.4をみると、大きな違いであることがわかる。

クラスタ2において、サムットサコン県は $r$ が高く、比較的早期に多様な

環境を達成したことがうかがえる。これに対して、ロップリー県やサラブリー県は、時間をかけて多様性を構築したことがうかがえる。クラスタ10においては、ラヨン県におけるとびぬけて高い  $r$  (1.68) が目をひく。初期状態も比較的高位（クラスタ10内で2番目に高い）であるが、高い  $r$  に支えられてバンコク都について早く上限に達している。また、他県は概して、 $c$  が低い県において  $r$  が高いように見受けられる。すなわち、初期状態でさほど多様でなかった県において、多様になろうとする速度はより高くなるのである。言い換えれば、初期状態において多様である県においては、多様になろうとする速度はさほど高くない。

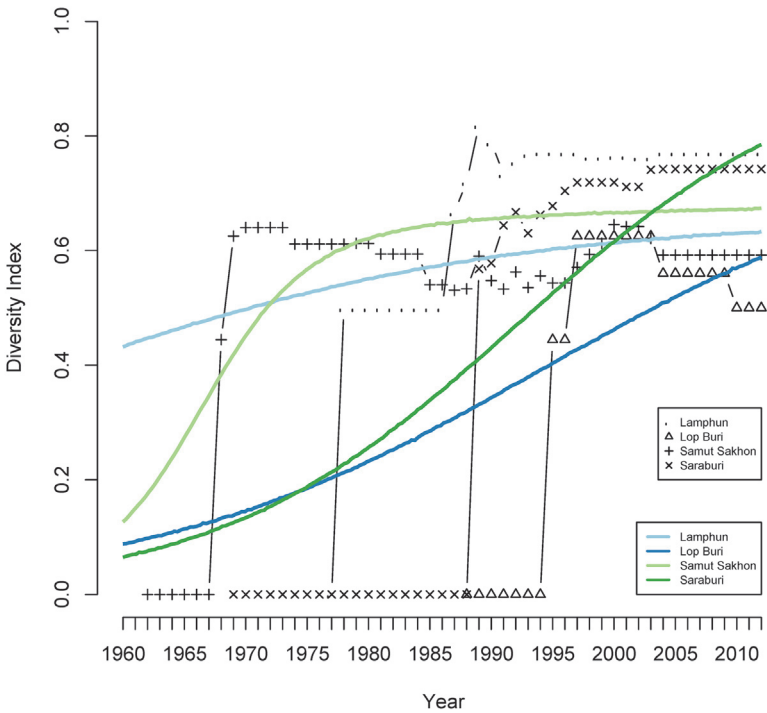


図2.3 クラスタ2における県別多様性年次推移

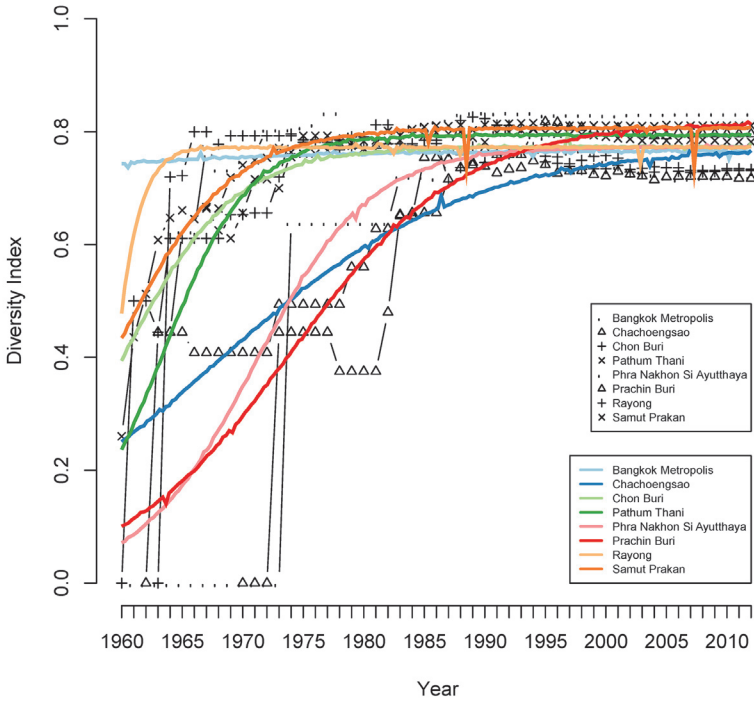


図2.4 クラスタ10における県別多様性年次推移

表2.4: 産業別工場数、従業員数および資本金額記述統計量

Industry	N. of Factory				Mean	Max	SD
	N	Min.	Mdn.	Max			
Agriculture and Agricultural Products	255	0	1	43	3.27	7.07	
Mining, Ceramics, and Basis Metals	116	0	0	29	1.49	4.62	
Light Industry	163	0	0	27	2.09	5.40	
Metal Products, Machinery and Transport Equipment	579	0	0	156	7.42	24.93	
Electric Industry and Electrical Appliance	220	0	0	44	2.82	8.10	
Chemicals, Papers and Plastics	282	0	0	67	3.62	11.51	
Service and Public Utilities	94	0	0	23	1.21	3.67	
	N. of Laborforce						
Industry	N	Min.	Mdn.	Max	Mean	SD	
Agriculture and Agricultural Products	193,382	0	55	31,990	2,479	6,800.85	
Mining, Ceramics, and Basis Metals	44,635	0	0	12,830	572	1,965.40	
Light Industry	90,440	0	0	17,610	1,159	3,245.74	
Metal Products, Machinery and Transport Equipment	296,210	0	0	61,800	3,798	12,786.22	
Electric Industry and Electrical Appliance	296,686	0	0	121,400	3,804	15,431.28	
Chemicals, Papers and Plastics	63,486	0	0	12,090	814	2,370.39	
Service and Public Utilities	37,047	0	0	8,690	475	1,572.71	
	Capital Amount						
Industry	N	Min.	Mdn.	Max	Mean	SD	
Agriculture and Agricultural Products	109,676	0	31	51,510	1,406	6,148.53	
Mining, Ceramics, and Basis Metals	76,522	0	0	25,970	981.1	3,594.33	
Light Industry	162,206	0	0	127,500	2,080	14,450.75	
Metal Products, Machinery and Transport Equipment	194,884	0	0	51,620	2,499	9,033.93	
Electric Industry and Electrical Appliance	146,867	0	0	56,570	1,883	7,635.72	
Chemicals, Papers and Plastics	108,554	0	0	76,130	1,392	8,651.17	
Service and Public Utilities	40,704	0	0	12,120	521.8	1,797.2	

表2.5: クラスタ2における県別多様性推定結果

Samples	4					
Each with iter	40,000					
Warmup	20,000					
Thin	1					
Total Post-warmup Samples	80,000					
Population-Level Effects:						
	Estimate	Est.Error	1-95% CI	u-95% CI	Eff.Sample	Rhat
K						
Intercept	0.67	0.09	0.6	0.95	2,559	1
LopBuri	0.16	0.14	0.02	0.53	21,016	1
SamutSakhon	0.04	0.1	0	0.22	3,650	1
Saraburi	0.3	0.13	0.09	0.6	34,088	1
C						
Intercept	0.65	0.45	0.09	1.79	22,328	1
LopBuri	9.08	2.86	4.36	15.47	52,659	1
SamutSakhon	5.89	2.56	1.6	11.59	11,600	1
Saraburi	14.96	3.37	9.16	22.27	55,749	1
R						
Intercept	0.05	0.01	0.02	0.08	7,516	1
LopBuri	0.01	0.01	0	0.03	36,314	1
SamutSakhon	0.18	0.07	0.01	0.3	4,695	1
Saraburi	0.03	0.01	0.01	0.06	18,034	1
Family Specific Parameters:						
	Estimate	Est.Error	1-95% CI	u-95% CI	Eff.Sample	Rhat
Sigma (nu)	0.17	0.01	0.14	0.19	35,771	1
nu	25.55	14.43	6.78	61.64	61,929	1



表2.6: クラスタ10における県別多様性推移推定結果

Samples	4					
Each with iter	40,000					
Warmup	20,000					
Thin	1					
Total Post-warmup Samples	80,000					
Population-Level Effects:						
	Estimate	Est.Error	l-95% CI	u-95% CI	Eff.Sample	Rhat
K						
Intercept	0.77	0.01	0.76	0.78	36,658	1
Chachoengsao	0.01	0.01	0	0.02	80,000	1
ChonBuri	0.01	0	0	0.02	80,000	1
PathumThani	0.03	0.01	0.01	0.04	42,088	1
PhraNakhonSiAyutthaya	0.01	0	0	0.02	80,000	1
PrachinBuri	0.05	0.01	0.03	0.07	58,276	1
Rayong	0.01	0	0	0.02	80,000	1
SamutPrakan	0.04	0.01	0.03	0.05	42,522	1
C						
Intercept	0.03	0.02	0.01	0.1	43,617	1
Chachoengsao	2.32	0.4	1.69	3.24	59,141	1
ChonBuri	1.2	0.37	0.76	2.15	46,676	1
PathumThani	3.48	1.5	1.32	7.08	68,714	1
PhraNakhonSiAyutthaya	12.94	3.79	6.49	21.26	80,000	1
PrachinBuri	8.5	1.97	5.34	12.96	80,000	1
Rayong	3.11	1.77	0.66	7.38	80,000	1
SamutPrakan	1.06	0.24	0.63	1.56	63,127	1
R						
Intercept	0.07	0.02	0.03	0.1	22,136	1
Chachoengsao	0.03	0.02	0	0.06	25,276	1
ChonBuri	0.14	0.04	0.08	0.23	39,382	1
PathumThani	0.21	0.04	0.12	0.29	44,172	1
PhraNakhonSiAyutthaya	0.14	0.02	0.1	0.19	28,512	1
PrachinBuri	0.07	0.02	0.03	0.11	24,945	1
Rayong	1.68	1.29	0.52	5.17	38,866	1
SamutPrakan	0.14	0.04	0.07	0.22	41,320	1
Family Specific Parameters:						
	Estimate	Est.Error	l-95% CI	u-95% CI	Eff.Sample	Rhat
Sigma (nu)	0.03	0	0.03	0.04	65,587	1
nu	1.68	0.2	1.33	2.12	66,805	1

## 第3章 まとめ

### 3.1 まとめと含意

本研究は、タイにおける工場数と立地、および多様性という観点から工場勢力推移を検討することを目的とする。検討にあたって、ベイズ統計学による分析手法を援用しつつ、ロジスティック成長モデルを利用して多様性がどう推移するかを検討した。

われわれは、2つの事実を発見した。第一、各県は工場数、就業者数、および資本金額という観点からは10つのクラスタに分類される。約89%の工場は、10つクラスタのうち2つに集中的に分布する。とくにクラスタ10（バンコク都とバンコク都に隣接する県7県が含まれるクラスタ）には、82%弱の工場が立地する。バンコク周辺に工場が集中して数多く立地するという既知の知見は、支持されるように考えられる。おそらくは、工場が進出しはじめた頃はバンコク都に立地していた工場が、次第にバンコク都外縁部に進出したということであろう。

ただし、バンコク都に隣接すれば工場が多いというわけではないし、バンコク都から遠くなればなるほど工場数が多いというわけでもない。ナコンナヨク県のようにごく近接した県がバンコク都とおなじクラスタに分類されるすなわち工場数がさほど多くないことや、ランプーン県のようにバンコク都から600 kmも離れた県にも数多く工場が立地することは、こうした見解を支持すると考えられる。

第二、多様性は県毎に異なる初期状態と成長率を示しながら、シグモイド曲線にしたがってかなり高い水準まで上昇する。多様性が有する性質は、県毎に異なる。クラスタ10においては、県によらずほぼおなじ多様性（0.8前後）が上限であると推定される。初期の多様性や内的自然増加率は県毎にかなり異なるにもかかわらず、環境収容力はほぼ同一であることは、まことに注目すべき現象であろう。クラスタ2においては、クラスタ10とは異なる現象が生じている。すなわち、県毎に多様性上限や初期の多様性、内的自然

増加率はかなり異なる。

上記によれば、タイにおいては、ランブーン県という例外を除けば、およそバンコク都周辺に多数かつ多様な産業に属する工場が集中して立地することが明らかになった。ただし、われわれは工場数も多様性も現状が限界であるという結論を得る。多様性については、クラスタ2におけるロップリーおよびサラブリー各県において、今後上昇する可能性が高い。しかしながら、集中して立地する他都県において、工場勢力や多様性が今後とも増加するとは考えにくい。工場勢力や多様性がほぼ限界といえるまで増加し、各県という空間における環境収容力も限界を迎えたと考えられる。要するに、もはや利用可能な資源が枯渇しかかっていると考えられるのである。多様性がもたらす利益を追求しようとさらに恩典を与えても（あるいは別の施策を講じても）、現状以上に多様性が向上することはない。現状で享受し得る多様性に由来する利益が、タイあるいはタイに進出した産業が享受し得る最大利益であるといえよう。

現在の多様性は、上記結果によれば、少なくとも直近15年以上は継続してきたと考えられる。現代企業にとって、15年とはいかにも長い期間である。長い期間、現在ある多様性がもたらす利益を享受し続けてきたのである。もはやタイにおける多様性は、進出企業にとって、与件としてみなされているであろうことが想定される。第1章において照会したJBICによる調査結果も、これを裏付けている。とはいえ、大規模な企業撤退や特定産業における企業撤退など、やなんらかの理由によって多様性が失われるような事態が発生することは、十分に想定し得る事態である。かような事態に遭遇した時、タイ社会も進出企業も、多様性がもたらしてきた利益を喪失することが考えられる。利益を失わないように、だれが多様性を維持すればよいだろうか。さしあたっては、受益者たる企業が、多様性を保全する責任を負うと考えられる。

## 3.2 本研究の限界と今後の課題

本研究には、いくつかの限界が内包されている。第一、本研究が用意したデータを構築するには、大変な手間と時間がかかる。*BOI Directory* を入手できたことは大変僥倖であった。しかし、これを補正しつつ正確なデータセットを構築することはなかなか手間がかかる。ほかに何らかのデータを用いて立地や工場勢力を検討できるならば、さようなデータセットを検討してもよいであろう。

利用可能な情報源として、われわれは景観を検討したい。景観データは、データ入手法と誤差修正法がある程度確立されている点においても、すぐれている。とかく誤差を含みがちである景観データを取り扱うため、誤差取扱法について一日の長があるようである。

景観を記録する一手法として、写真が挙げられる。写真には、いろいろな情報が含まれている。本研究に敷衍するならば、撮影領域における工場数や工場面積、さまざまな施設の地理的分布、道路、距離などが容易に想定されるだろう。色彩なども、有益な情報となりえるかもしれない。これら情報を活用することで、われわれは、より正確にかつこれまでとは異なるデータを用いて、進出工場勢力を検討できるであろう。

第二、本研究はデータが有する自己相関を検討しない。本研究が取り扱う工場数や従業員数、資本金額は、経時的に変化すると考えられる。空間的自己相関も存在するであろう。空間的自己相関とは、ある観測値が地理的に近傍（あるいは）にある観測値に影響されることをいう[43, 2]。時系列データにおいて、観測値が時間的に近い時点に得られた観測値に影響を受けることに似ている。要言すると、近くにあるデータはお互いに影響しあう結果、各観測値は独立とはいえなくなるのである。結果、われわれが慣れ親しむ伝統的な統計学的分析手法を用いることが困難となる。近年、空間的自己相関を取り扱う手法は著しく発達しており、われわれはこうした困難を乗り切ることができる。今後、本研究も空間的自己相関やさまざまな空間性を考慮しながら、多様性が推移するメカニズムを検討する必要があると考えられ

る。各工場が相互に有する取引関係や運搬の便を考慮して立地することは、タイのみならず広く一般的現象としてはやくから検討されてきた[71]。言い換えれば、工場は周囲にある市場や取引企業がどこにあるかを考慮しながら、立地されると考えられるのである（それゆえ、密度効果を考慮するロジスティック成長モデルが採用される）。本研究は、こうした空間的自己相関について検討するかわりに、工場数や従業員数、資本金額をもとに県を分類・層別、各クラス毎に多様性を論じた。時間的・空間的自己相関を考慮することはできなかったが、一定の成果を挙げることができたと考えられる。かりに空間的自己相関を考慮した場合、ランブーン県に関する観測値はかなり特殊なものとなり、捨象された可能性が高い。

第三、データにひそむさまざまな誤差を考慮していない。われわれがなしたように、企業と工場とを弁別することや単一資料に依拠しないことは、従来よりも信頼性が高いデータセットを構築することに貢献していると考えられる。しかしながら、しかしながら、同図が表現するデータ構造は、実は精確ではない。誤差や欠損を考慮しないからである。

あらゆるデータやデータセットには、誤差や欠損が混入すると考えられる。本研究が構築したデータセットにも、誤差が混入していると考えることが、自然である。では、いかなる誤差が混入するだろうか。“BOI Directory”, “Factory Directory”, および “Web” にせよ、ある確率にて誤差や欠損が混入する。われわれが用いたデータ中にも、誤差がある確率にて混入している可能性も否定できない。たとえば、回答者が誤った値を申告したかもしれない。データ収集や入力といった局面において、実際には存在するにもかかわらず欠損してしまった企業や工場が存在するかもしれない。運良く入力されたデータも、誤った値であるかもしれない。

こうした想定は、杞憂であるかもしれない。あるいは、もともとなったデータを集めた人々や機関に、礼を失するといわれるかもしれない。しかしながら、杞憂ではないかもしれないし、事実であるかどうかを検討するにおいて、誤差を検討することは必須である。実際、前述したように、明らかに古いデータも混入している。なんらかの誤差が混入しており、運悪く除去しきれなかつ

たデータがわれわれのデータセットにもある確率にて混入したと想定したほうが、無難である。われわれはこうした誤差を、モデルにおける誤差構造として処理した。しかし、誤差が混入する過程が明らかであるならば、混入過程を考慮したモデルを組み立てるほうが、建設的であろう。

こうした誤差を考慮する手法は、すでに開発されている[36]から、今後開発された手法を採用することも検討されるべきであろう。状態空間モデルとして、誤差が混入する過程を明示的にモデルに組み込むことも検討したほうがよいかもしれない。

## 補遺A 県別工場数、従業員数および資本金額年次推移

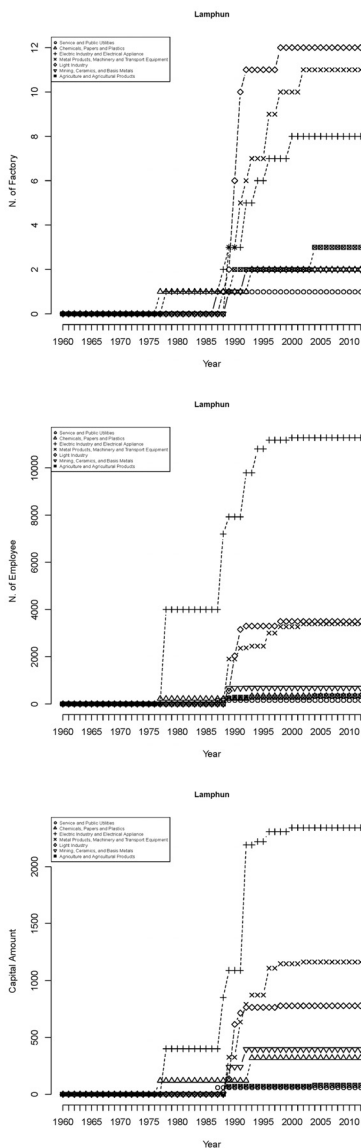


図1 ランブーン県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

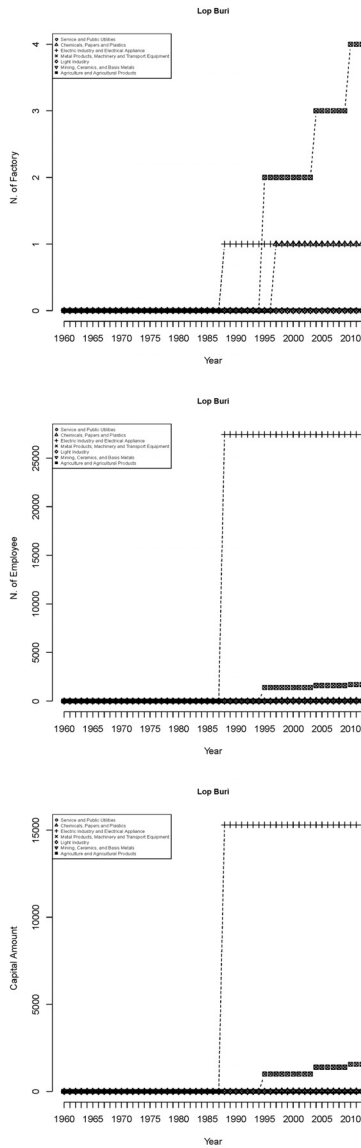


図2 ロブリー県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額，1960-2012年）



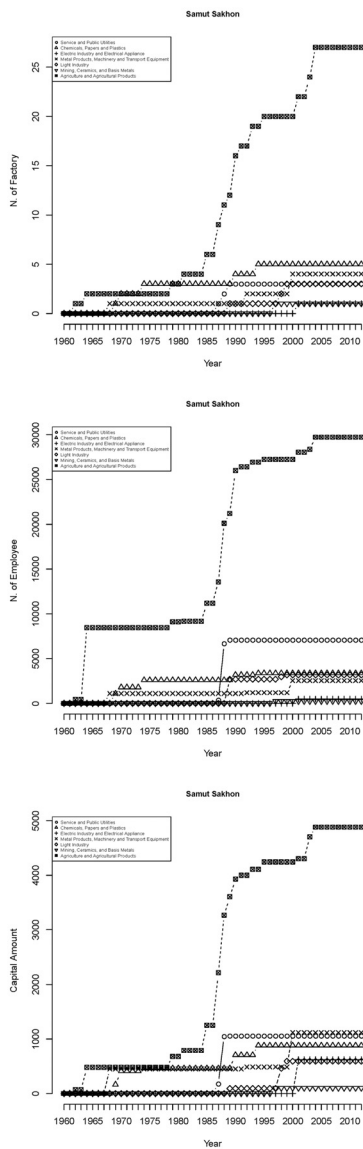


図3 サムットサコン県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

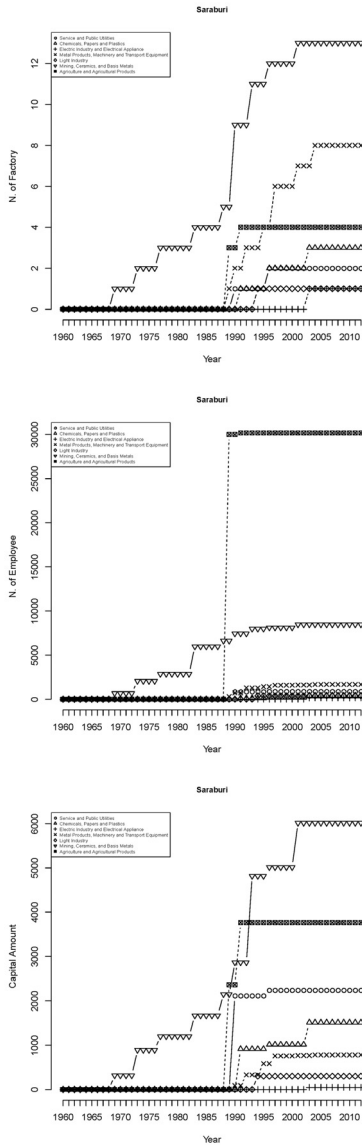


図4 サラブリ県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

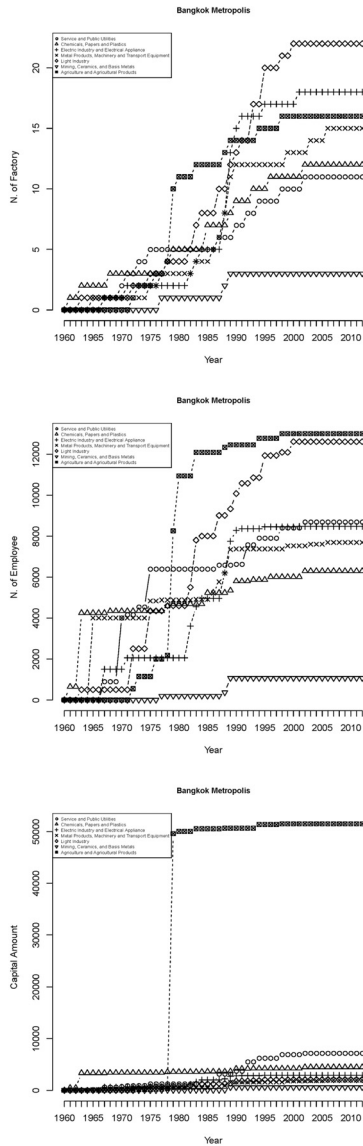


図5 バンコク都における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

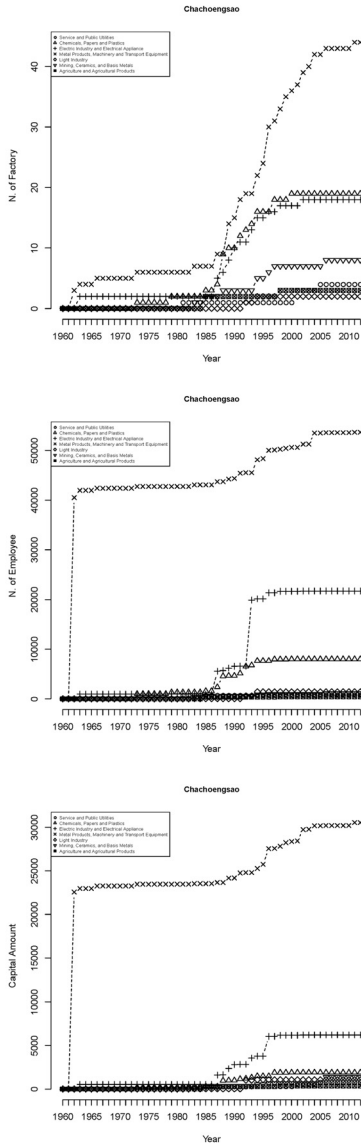


図6 チャチュンサオ県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額，1960-2012年）

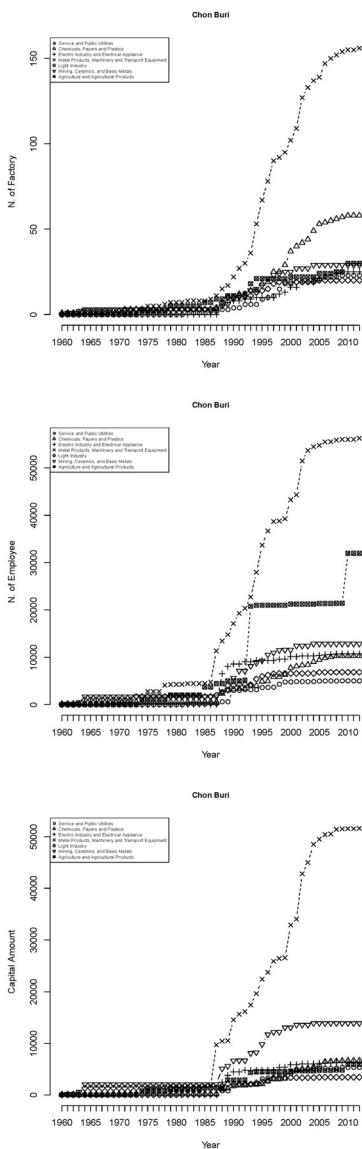


図7 チョンブリ県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

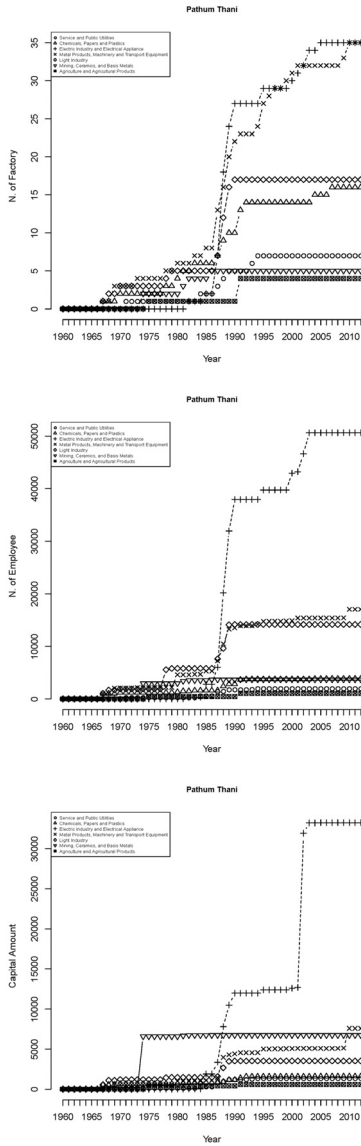


図8 パトゥムタニ県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移(上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額，1960-2012年)

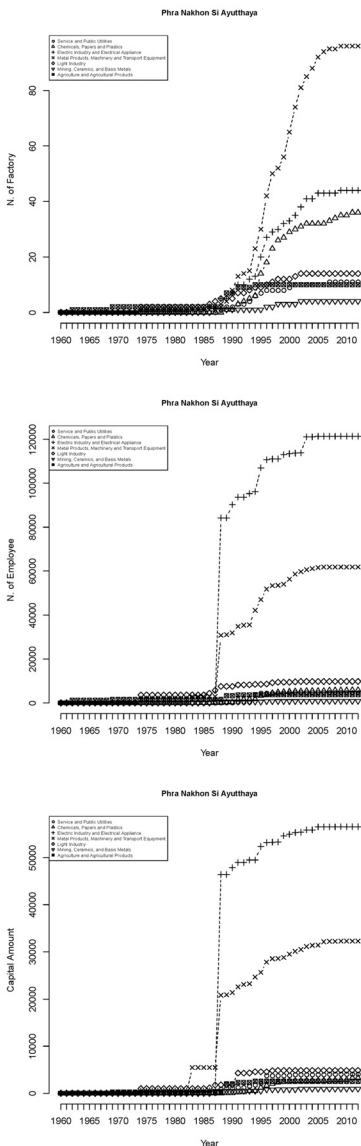


図9 アユタヤ県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

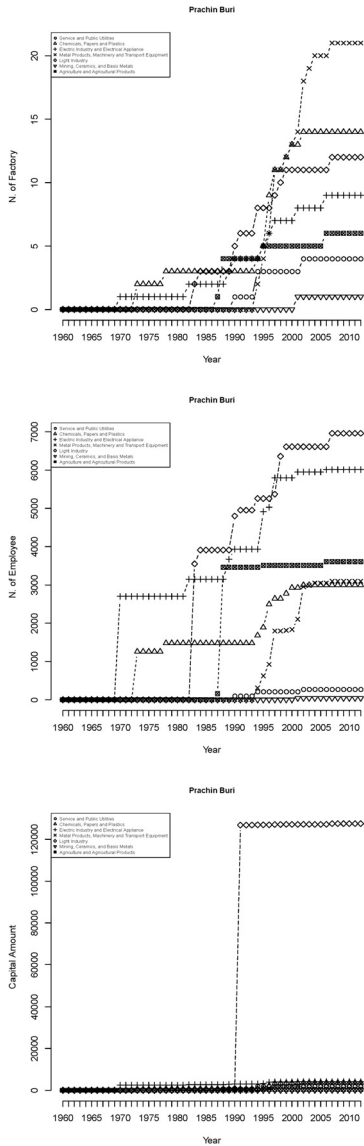


図10 プラチンブリ県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移(上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額，1960-2012年)



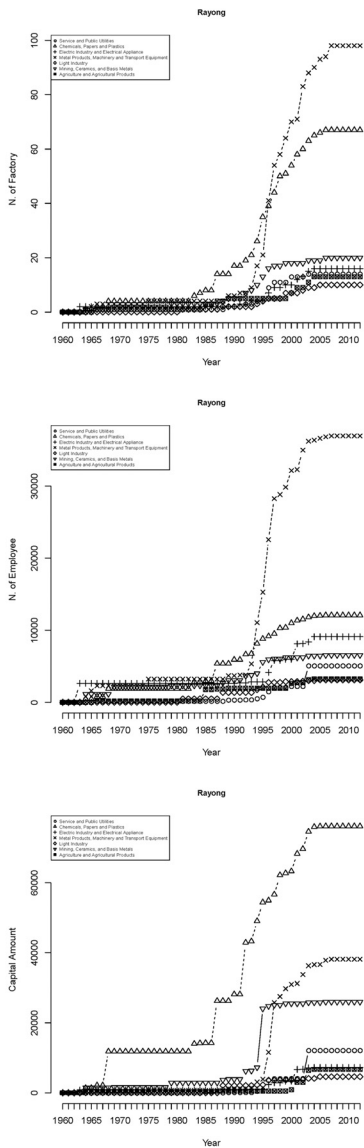


図11 ラヨン県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

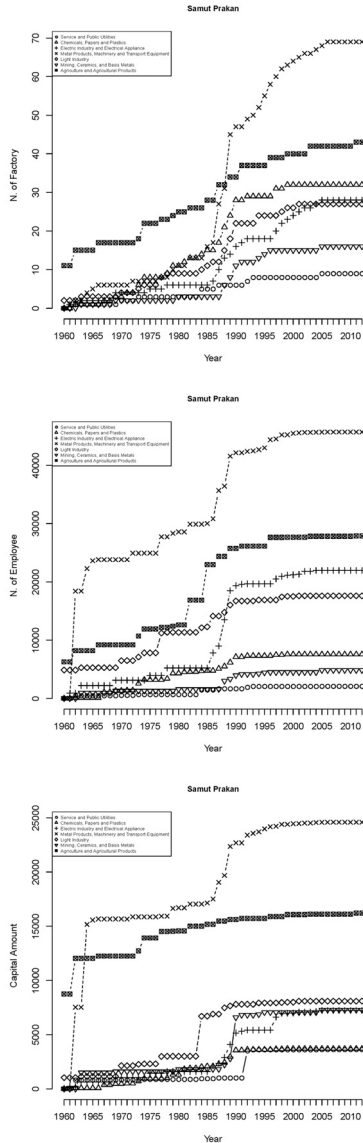


図12 サムットプラカン県における工場数、従業員数、および資本金額年次推移（上段：工場数；中段：従業員数；下段：資本金額、1960-2012年）

## 補遺B ロジスティック成長式

ある地理的空間内に何人がいられるか、単一種に属する魚が何匹住めるか、あるいはおなじ属性を有する企業が何社存在し得るかをどう表現するかという命題は、長年多くの研究者が興味を寄せてきた。この命題は一見、とてもシンプルに表現できるようにみえる。すなわち、個体数（人数や匹数、企業数の総称）を  $N$ 、時間を  $t$ 、新規にあらわれる個体数を  $B$ 、消え去る個体数を  $D$ 、他の地理的空間から移入する個体数を  $I$  とすれば、

$$\frac{dN}{dt} = B - D + I \quad (1)$$

と表現できる（保存式）。議論を単純化するために、移入  $I$  が無いものとしたとき、 $B$  や  $D$  が  $N$  に比例すると考える。つまり、ある閉鎖された地理的空間内においてあらわれる個体と消え去る個体のみにて、正味の個体数が決まると考える。このとき、 $B$  の比例定数を  $b$ 、 $D$  の比例定数を  $d$  とすると、式1は式2のように表現できるであろう。式2は、 $N$  の増減率である。

$$\frac{dN}{dt} = bN - dN = (b - d)N \quad (2)$$

$N$  の初期状態（初期個体数）を  $N_0$  として、 $N$  について式2を積分すると

$$N(t) = N_0 e^{(b-d)t} \quad (3)$$

と表現できる。つまり、 $b$  が  $d$  よりも大きければ個体数は時間が経過するにつれて指数関数的に増加するし、 $b$  が  $d$  よりも小さければ個体数は0に近づき個体群は絶滅する。言い換えれば、 $N$  について、増加率が減少率よりも大きければ個体群は指数関数的に大きくなるし、逆ならば絶滅するのである。ながらく関心をひいてきたのは、前者のように個体群が指数関数的に大きくなる場合である。著名なモデルとして、マルサスによる人口モデルが挙げられる。マルサスによるモデルは、短期的には現象をよく説明するように

みえる。短期間に人口が急激に増大することや魚が急激に増えること、企業数が急激に増加することは、しばしば自然界や人類社会において観測される現象である。しかし、長期的に個体数が拡大するかどうかについては、議論する余地がある。人口や水産資源をやしなう食糧供給量には制約があるだろうし、企業が立地する土地面積にもやはり制約が存在する。いつまでも個体数が増大しないと考えるほうが、理にかなっているだろう。なんらかの抑制過程を仮定してモデルを改良することが、より現実的であろうと考えられる。

上記抑制過程を仮定する場合、式2において  $b-d$  として表現される増加率 ( $N$ が増減する割合) をより現実的にすることが妥当と考えられる。マルサスによるモデルでは、個体数  $N$  に増加率はまったく影響されない。しかし、利用可能な食糧供給量や土地面積は、個体数  $N$  に応じて増減するように考えられる。多くの人口が集まれば一人あたりの食糧供給量は減るであろうし、多くの企業が立地すれば利用可能な土地面積もまた減るだろう。こうした  $N$  が増大するに応じて利用可能な資源が減少する現象は、密度効果と呼ばれる。また、利用可能な資源量上限は、環境収容力  $K$  と呼ばれる。

こうした想定を踏まえつつ、増加率  $b-d$  を  $r$  としたとき、式2は、式4のように変形し得る。

$$\frac{dN}{dt} = rN \Leftrightarrow \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = r \quad (4)$$

なお、増加率  $r$  は自然状態で十分に資源が存在する場合における増加率を示すことから、内的自然増加率  $r$  と呼ばれる。 $r$  は、密度効果の強さを示す定数でもある。

個体数  $N$  に応じた増加率  $r$  が示す変動が、もっとも単純に直線的に変化すると考えた場合 (もちろん直線的に変動しないことも考えるが、議論を単純化するために直線的に変動することにしよう)、 $r$  は個体数  $N$  が0であるとき、すなわちある空間内になにも (だれも) いないときに最大になると考えられる。やがて個体が増えるにつれて、 $r$  が小さくなるを考えるのであ

る。そして  $r$  は個体数が環境収容力に達した時、 $r$  は 0 となる。 $r$  が 0 より小さくなる場合（個体群が絶滅する場合）は、ここでは考えない。まとめると、 $r$  は切片が  $r$  で傾きが  $-\frac{r}{K}$  となる直線にしたがって変動すると考える。

以上を踏まえると、式 4 は式 5 のように変形されるから、

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = r - \frac{r}{K} N \quad (5)$$

となる。さらに、式 5 変形すると

$$\frac{dN}{dt} = r \left( \frac{K-N}{K} \right) N \quad (6)$$

を得る。式 6 を積分すると、

$$N = \frac{K}{(1 + C \exp(-rt))} \quad (7)$$

を得る。ただし積分定数  $C$  は、環境収容力  $K$  と個体数の初期値  $N_0$  とがなす比  $\frac{K}{N_0 - 1}$  である。環境収容力  $K$  が一定である場合、初期状態にて個体数が大きい場合、 $C$  は小さくなる。

式 7 は、ロジスティック式と呼ばれ、同式を活用したモデルをロジスティック成長モデルと呼ぶ。本補遺が想定するように  $r$  が 0 よりも大きい場合、個体数  $N$  は S 字型（シグモイドとも呼ばれる）を描いて推移することが知られる。ただし、S 字曲線を描くには、 $N_0 < \frac{K}{2}$  をみたす必要がある。ちなみに、 $\frac{K}{2} < N_0 < K$  である場合は S 字ではなく 1 よりも大きな底をもつ対数関数のような形状を有しつつ次第に  $K$  に接近する曲線を、 $N_0 > K$  である場合は  $K$  に漸近するような曲線を描く。

その他、ロジスティック式はさまざまな興味深い性質を有している。ほぼ無限に存在するであろう曲線を描く関数[66]中、ロジスティック式が採用されるのは、こうした利点と関心があつてこそである。それゆえ、長らく研究対象とされ多くの性質が明らかにされてきた[30][33][45][51][62]。

ロジスティック成長モデルを利用して、多くのモデルが構築されてきた。ロトカ=ヴォルテラモデル（種数が2であるときの個体数増減モデル。種数が3以上にも拡大可能）やゴンペルツ成長モデル（中点がない）は、よく知られたモデルであり、社会科学においても応用されている[3][9][17][19][24][73]。今日、本モデルには限界があることも種々指摘はされている。とはいえ、ロジスティック成長モデルは、時間を経るにつれて個体数がどう変動するかについて考察するにおいて、基本となる役割を果たしてきた。数理生物学に関するすぐれた教科書にも、まっさきに記載される（たとえば[76][52]）ことは、同モデルが行動について考えるにおいて重要な役割を果たしてきた証左であろう。

## 参 考 文 献

- [1] T. Arita and P. McCann. "The spatial and hierarchical organization of Japanese and US multinational semiconductor firms". In: *Journal of International Management* 8.1 (2002), pp. 121–139.
- [2] R.S. Bivand, E. Pebesma, and V. Gómez-Rubio. *Applied Spatial Data Analysis with R*. Use R! Springer New York, June 21, 2013. 405 pp.
- [3] P. Braunerhjelm and M. P. Feldman. *Cluster Genesis: Technology-Based Industrial Development*. The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden Rotman School of Management, University of Toronto, Canada, 2007, pp. 1–352.
- [4] J. N. H. Britton. "High technology localization and extra-regional networks". In: *Entrepreneurship and Regional Development* 16.5 (2004), pp. 369–390.
- [5] G. R. Carroll and W. P. Barnett. "Organizational ecology: An introduction". In: *Industrial and Corporate Change* 13.1 (2004), p. 1.
- [6] G. R. Carroll and M. T. Hannan. "Why corporate demography matters: Policy implications of organizational diversity". In: *California Management Review* 3 (2000). pp. 148–163.
- [7] Glenn R Carroll and Michael T Hannan. *The demography of corporations and industries*. Princeton University Press, 2000.
- [8] B. Y. Chang, X. Li, and Y. B. Kim. "Performance comparison of two diffusion models in a saturated mobile phone market". In: *Technological Forecasting and Social Change* 86 (2014), pp. 41–48.
- [9] S. Y. Chiang. "An application of Lotka-Volterra model to Taiwan's transition from 200 mm to 300 mm silicon wafers". In: *Technological Forecasting and Social Change* 79.2 (2012), pp. 383–392.
- [10] P. Clancy et al. "Industry clusters in Ireland: An application of Porter's model of national competitive advantage to three sectors". In: *European Planning Studies* 9.1 (2001), pp. 7–28.
- [11] B. Clegg and S. J. Gray. "Australian expatriates in Thailand: Some insights for ex-patriate management policies". In: *International Journal of Human Resource Management* 13.4 (2002), pp. 598–623.
- [12] S. C. S. Cruz and A. A. C. Teixeira. "The evolution of the cluster literature: Shedding light on the regional studies-regional science debate". In: *Regional Studies*

- 44.9 (2010), pp. 1263–1288.
- [13] R. DeMartino, D. McHardy Reid, and S. C. Zyglidopoulos. “Balancing localization and globalization: Exploring the impact of .rm internationalization on a regional cluster”. In: *Entrepreneurship and Regional Development* 18.1 (2006), pp. 1–24.
- [14] Michael P Devereux, Rachel Gri.th, and Helen Simpson. “The geographic distribution of production activity in the UK”. In: *Regional Science and Urban Economics* 34.5 (2004), pp. 533–564.
- [15] D. Edgington and R. Hayter. “The In Situ Upgrading of Japanese Electronics Firms in Malaysian Industrial Clusters”. In: *Economic Geography* 89.3 (2013), pp. 227–259.
- [16] G. B. Felker. “Southeast Asian industrialisation and the changing global production system”. In: *Third World Quarterly* 24.2 (2003), pp. 255–282.
- [17] M. Fortis and M. A. Maggioni. *Competitive and synergetic behaviours in the development of industrial clusters: Ecological modelling and empirical evidence*. Dept. of Economic Studies of Edison, Faculty of Political Sciences, Universita Cattolica (Milano), Milano, Italy Department of Economics, Faculty of Political Sciences, Uni-versita Cattolica (Milano), Milano, Italy, 2002.
- [18] Lauri Dieter Frank. “An analysis of the e.ect of the economic situation on modeling and forecasting the di.usion of wireless communications in Finland”. In: *Technological forecasting and social change* 71.4 (2004), pp. 391–403. issn: 0040-1625.
- [19] H. Gao and Y. Li. “Delay Lotka-Volterra competition system with random perturbation”. In: vol. 1. 2013, pp. 5–8.
- [20] Andrew Gelman et al. *Bayesian data analysis*. Vol. 2. Taylor & Francis, 2014.
- [21] I. R. Gordon and P. McCann. “Industrial clusters: Complexes, agglomeration and/or social networks?” In: *Urban Studies* 37.3 (2000), pp. 513–532.
- [22] David E. Guest. “Human resource management and industrial relations [1]”. In: *Journal of management Studies* 24.5 (1987), pp. 503–521. issn: 1467-6486.
- [23] Mariangela Guidolin and Cinzia Mortarino. “Cross-country di.usion of photovoltaic systems: modelling choices and forecasts for national adoption patterns”. In: *Tech-nological Forecasting and Social Change* 77.2 (2010), pp. 279–296. issn: 0040-1625.



- [24] P. Guo et al. "Research on project portfolio selection and decision-making process based on Lotka-Volterra model". In: 2009, pp. 593–597.
- [25] M. T. Hannan. "Ecologies of organizations: Diversity and identity". In: *Journal of Economic Perspectives* 19.1 (2005), pp. 51–70.
- [26] M. T. Hannan. "Inertia, density and the structure of organizational populations: Entries in European automobile industries, 1886-1981". In: *Organization Studies* 18.2 (1997), pp. 193–228.
- [27] M. T. Hannan. "Organizational population dynamics and social change". In: *European Sociological Review* 4.2 (1988), pp. 95–109.
- [28] M. T. Hannan, L. Polos, and G. R. Carroll. *Logics of organization theory: Audiences, codes, and ecologies*. 2012.
- [29] Michael T Hannan and John Freeman. *Organizational ecology*. Harvard University Press, 1993.
- [30] Jonathan M. Harris and Scott Kennedy. "Carrying capacity in agriculture: global and regional issues". In: *Ecological Economics* 29.3 (1999), pp. 443–461. issn: 0921-8009.
- [31] K. Hewison and C. Chiu. "Hong Kong-Invested companies in Thailand: Labour relations and practices". In: *Journal of Contemporary Asia* 39.1 (2009), pp. 1–22.
- [32] D. L. Hu, J. Hu, and Y. H. Deng. "Upgrading "chain-type risk" of local industrial cluster in developing countries". In: Business Administration College, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, China, 2009.
- [33] Cang Hui. "Carrying capacity, population equilibrium, and environment's maximal load". In: *Ecological Modelling* 192.1-2 (2006), pp. 317–320. issn: 0304-3800.
- [34] Ralf Isenmann. "Further Efforts to Clarify Industrial Ecology's Hidden Philosophy of Nature". In: *Journal of Industrial Ecology* 6.3-4 (2002), pp. 27–48. issn: 1530-9290.
- [35] S. Kaenmanee and J. Kharmkhan. "Economic structure and the linkages between production sector of cluster provincial of Northeastern in Thailand". In: *International Business Management* 10.4 (2016), pp. 572–574.
- [36] Marc Kéry and Michael Schaub. *Bayesian population analysis using WinBUGS: a hierarchical perspective*. Academic Press, 2012.
- [37] C. S. Kline et al. "Gaps and barriers along the North Carolina agri-food value

- chain". In: *British Food Journal* 118.2 (2016), pp. 301–317.
- [38] J. Korhonen. "Theory of industrial ecology: the case of the concept of diversity". In: *Progress in Industrial Ecology* 2.1 (2005), pp. 35–72.
- [39] John Kruschke. *Doing Bayesian data analysis: A tutorial with R, JAGS, and Stan*. Academic Press, 2014.
- [40] J. J. Lawler and V. Atmiyanandana. "HRM in Thailand: A post-1997 update". In: 2004, pp. 155–173.
- [41] Per Lekvall and Clas Wahlbin. "A study of some assumptions underlying innovation diffusion functions". In: *The Swedish journal of economics* (1973), pp. 362–377. issn: 0039-7318.
- [42] Emmanuel Lesaffre and Andrew B Lawson. *Bayesian biostatistics*. John Wiley & Sons, 2012.
- [43] J. LeSage and R.K. Pace. *Introduction to Spatial Econometrics*. Statistics: A Series of Textbooks and Monographs. CRC Press, 2009. isbn: 9781420064254.
- [44] William A Link and Richard J Barker. *Bayesian inference: with ecological applications*. Academic Press, 2009.
- [45] C. Marchetti and N. Nakicenovic. "The dynamics of energy systems and the logistic substitution model". In: *The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model* (1979).
- [46] T. Mattila et al. "Methodological Aspects of Applying Life Cycle Assessment to Industrial Symbioses". In: *Journal of Industrial Ecology* 16.1 (2012), pp. 51–60.
- [47] P. McCann, T. Arita, and I. R. Gordon. "Industrial clusters, transactions costs and the institutional determinants of MNE location behaviour". In: *International Business Review* 11.6 (2002), pp. 647–663.
- [48] D. McGarry. "Thailand's textile and garment industry: After the Asian crisis". In: *Textile Outlook International* 85 (2000), pp. 97–127.
- [49] M. Mejza, T. Laosirihongthong, and D. I. Prajogo. "An analysis of Japanese versus American automakers' supplier relationships in Thailand". In: *Transportation Journal* 52.2 (2013), pp. 209–233.
- [50] K. E. Meyer and O. Thaijongrak. "The dynamics of emerging economy MNEs: How the internationalization process model can guide future research". In: *Asia Pacific Journal of Management* 30.4 (2013), pp. 1125–1153.

- [51] Luiz C. M. Miranda and Carlos A. S. Lima. "A new methodology for the logistic analysis of evolutionary S-shaped processes: Application to historical time series and forecasting". In: *Technological Forecasting and Social Change* 77.2 (2010), pp. 175–192.
- [52] James D Murray. *Mathematical biology I: an introduction, Vol. 17 of interdisciplinary applied mathematics*. Springer, New York, NY, USA, 2002.
- [53] J. A. Norton and F. M. Bass. "A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products". In: *Management Science* 33.9 (1987), pp. 1069–1086.
- [54] T. Padmore and H. Gibson. "Modelling systems of innovation: II. A framework for industrial cluster analysis in regions". In: *Research Policy* 26.6 (1998), pp. 625–641.
- [55] P. C. Padoan. "Trade, knowledge accumulation and diffusion: A sectoral perspective". In: *Structural Change and Economic Dynamics* 9.3 (1998), pp. 349–372.
- [56] R. L. Paquin, S. G. Tilleman, and J. Howard-Grenville. "Is there cash in that trash?: Factors influencing industrial symbiosis exchange initiation and completion". In: *Journal of Industrial Ecology* 18.2 (2014), pp. 268–279.
- [57] Michael Porter. *The competitive advantage of nations*. New York: Free press, 1990.
- [58] Everett M Rogers. *Diffusion of innovations*. The Free Press, 1962.
- [59] A. M. Rugman and Q. T. K. Nguyen. "Modern international business theory and emerging market multinational companies". In: School of International Business and Strategy, Henley Business School, University of Reading, United Kingdom, 2013, pp. 54–80.
- [60] E. G. Ryen et al. "Community ecology perspectives on the structural and functional evolution of consumer electronics". In: *Journal of Industrial Ecology* 18.5 (2014), pp. 708–721.
- [61] S. Santipolvut and K. Mali. "Industrial cluster development in Thailand: There is still a long road ahead". In: *Journal of Applied Economic Sciences* 10.8 (2015).
- [62] Irmi Seidl and Clem A. Tisdell. "Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity". In: *Ecological Economics* 31.3 (1999), pp. 395–408.
- [63] B. L. Shieh and T. C. Wu. "Equity-based entry modes of the Greater Chinese Eco-

- conomic Area's foreign direct investments in Vietnam". In: *International Business Review* 21.3 (2012), pp. 508–517.
- [64] Y. Shou and P. Intarakumnerd. "The roles of intermediaries in sectoral innovation systems and clusters in China and Thailand: An overview". In: *Asian Journal of Technology Innovation* 21.SUPPL 2 (2013), pp. 1–6.
- [65] S. Siengthai. "Human resource management in Thailand". In: 2013, pp. 150–165.
- [66] Judith D Singer and John B Willett. *Applied longitudinal data analysis: Modeling change and event occurrence*. Oxford university press, 2003.
- [67] Paul R. Steens. "A model of multiple-unit ownership as a diffusion process". In: *Technological Forecasting and Social Change* 70.9 (2003), pp. 901–917.
- [68] Raymond Vernon. "International investment and international trade in the product cycle". In: *The quarterly journal of economics* (1966), pp. 190–207.
- [69] Ludwig Von Bertalanffy. "General systems theory". In: *New York* 41973 (1968), p. 40.
- [70] B. Wattanadumrong, A. Collins, and M. Snell. "Still big in bangkok? an empirical analysis of the regional distribution of foreign direct investment in Thailand". In: *International Journal of the Economics of Business* 17.3 (2010), pp. 329–348.
- [71] Alfred Weber. *Theory of the Location of Industries*. Chicago, 1929.
- [72] R. A. Wright et al. "Diversity and connectance in an industrial context: The case of burnside industrial park". In: *Journal of Industrial Ecology* 13.4 (2009), pp. 551–564.
- [73] W. Zhang and J. S. L. Lam. "Maritime cluster evolution based on symbiosis theory and Lotka-Volterra model". In: *Maritime Policy and Management* 40.2 (2013), pp. 161–176.
- [74] 久保拓弥 (2012) 『データ解析のための統計モデリング入門』岩波書店。
- [75] 山本博史 (1998) 『タイ糖業史』御茶ノ水書房。
- [76] 巖佐庸 (1998) 『数理生物学入門』共立出版。
- [77] 川邊信雄 (2011) 『タイトヨタの経営史』有斐閣。
- [78] 清川雪彦 (1995) 『日本の経済発展と技術普及』東洋経済新報社。
- [79] 石岡恒憲 (2006) 「x-means 法改良の一提案 : k-means 法の逐次繰り返しとクラスターの再併合」『計算機統計学』18(1), pp. 3–13。