

空間相互作用モデルの応用に関する研究

--- 観光目的の宿泊者を対象にして ---

加 藤 好 雄
楊 賛 賛
神 頭 広 好

1. はじめに

わが国の観光を対象にした分析は、「各都道府県の観光入込客統計は、各都道府県独自の手法により調査・集計されており、集計結果についても、年度集計と暦年集計の違いや、実人数と延べ人数の違いがあるなど、各都道府県の発表するデータ間での比較が困難であること」が問題¹⁾とされていた。しかし、平成 22 年 4 月 - 6 月期調査から「観光入込客統計に関する共通基準」の導入²⁾により、今後は都道府県間の比較や相互作用の研究が一段と進むことが予想される。このような状況のもと本研究では、現時点で入手可能な観光の統計データを用いて、空間相互作用モデル (spatial interaction model) の応用を試みる。

空間相互作用モデルの展開³⁾は、初期には地域間の人口移動⁴⁾や商圈⁵⁾の

1) 国土交通省観光庁「共通基準による観光入込客統計」の概要説明より引用。

<http://www.mlit.go.jp/kankocho/siryou/toukei/irikomi.html>

2) 39 都道府県が導入。以後、現在 (平成 24 年 9 月) までに計 45 都道府県で導入されている (大阪府、福岡県の 2 府県が未導入)。

3) 空間相互作用モデルの展開については、石川 [1988]、杉浦 [2003, 3 章] に

分析を中心に行われた。その後、地理学、経済学、社会学、統計学等の多くの分野で研究が蓄積され、それらの分野を包括した地域科学の中で Isard [1956] によりまとめられている。そして、空間相互作用モデルの進展の契機となったのは Wilson [1967] のエントロピー最大化モデル (entropy maximizing model) によってである。エントロピー最大化モデルは、総流動制約型、発生制約型、吸収制約型、発生・吸収制約型の4つのモデルに分類される。エントロピー最大化モデルの1つである発生制約型モデルは、調査等により特定されている発生量がどの着地に吸収されるのかをモデル化したものである。発生制約モデルは、発地からの総発生量を制約した場合に、

$$T_{ij} = A_i O_i W_j^{\beta} d_{ij}^{-\alpha} \quad (1)$$

で表せられる。ただし、 T_{ij} は発地 i から着地 j への相互作用量、 A_i は $\sum_j T_{ij} = O_i$ を保障する均衡因子、 O_i は発地 i からの総発生量、 W_j は j の吸引力、 d_{ij} は $i - j$ 間の距離 (抵抗)、 α は j の吸引力のパラメーター、 β は距離減衰パラメーターである。

この発生制約型モデルは、居住地からの放出性 (Push) と目的地の吸収性 (Pull)、そして地域間距離の抵抗によってどのように配分されるのかを分析するのに有効であるため、主に買物行動を対象にモデルの応用が試みられている。

本研究の目的は、居住者がある地域へ観光を目的とした宿泊旅行を行う場合の宿泊旅行行動としてエントロピー最大化モデルの1つである発生制約型モデルの応用を試み、その有効性についての考察を行うこととする。

本研究は、2節では発生制約型モデルの応用を試み、3節では宿泊施設

によってまとめられている。

4) 都市人口に関する研究には、Zipf [1946], Stewart [1947] がある。

5) 商圏に関する研究には、Reilly [1931] がある。

の特性と地域特性から分析結果の考察をする。そして4節で結論と今後の課題について述べる。

2. 実証分析

2.1 使用データ

都道府県別延べ宿泊者数は、平成22年『宿泊旅行統計調査⁶⁾』（国土交通省観光庁）を利用している。また地域間距離は、国土交通省国土地理院が公表している都道府県庁間の距離⁷⁾を利用した。本研究では、宿泊者の宿泊目的が「観光・レクリエーション」である者の割合が50%以上の宿泊施設の延べ宿泊者数を「観光目的の宿泊者数」として分析を行っている⁸⁾。また、県外宿泊旅行を対象とし、県内宿泊旅行は除外している。

2.2 分析地域

分析の対象地域は、地域の特徴を比較するために以下のように4つのケースに分類している。

ケース1：全国

ケース2：北海道と沖縄県を除く都道府県

ケース3：関東運輸局，北陸信越運輸局，中部運輸局，近畿運輸局が
管轄する都道府県

ケース4：都道府県別

6) 居住者別延べ宿泊者数の年間値は、四半期データより集計した。

7) 距離計算は、回転楕円体 (GRS80) における測地線長で算出されている。

<http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/kenchokan.html>

8) 『宿泊旅行統計調査』の調査方法に従っている。

2.3 モデルの適用

本研究で用いる発生制約モデルは、

$$T_{ij} = A_i O_i W_j^r d_{ij}^{-\beta} = \frac{O_i W_j^r d_{ij}^{-\beta}}{\sum_{j=1}^n W_j^r d_{ij}^{-\beta}} \quad (2)$$

で表される。ただし、 T_{ij} は発地 i から着地 j への宿泊者数、 O_i は発地 i からの流出総宿泊数、 A_i は $\sum_j T_{ij} = O_i$ を保証する均衡因子、 W_j は着地 j の流入総宿泊数、 d_{ij} は発地から着地 j との地域間距離、 r, β はそれぞれの変数のパラメーターである。また、 O_i の中で特定の着地 j の選択確率を P_{ij} とすると、

$$P_{ij} = \frac{T_{ij}}{O_i} = \frac{W_j d_{ij}^{-\beta}}{\sum_{j=1}^n W_j d_{ij}^{-\beta}} \quad (3)$$

となる。次に、 r, β はそれぞれの変数のパラメーターを推計するためには、(3) 式を線型構造への変換をし、対数中央化変換⁹⁾ (log centering transformation) を行う必要がある。そのため (3) 式を対数変換すると、

$$\log P_{ij} = \log W_j d_{ij}^{-\beta} - \log \sum_{j=1}^n W_j d_{ij}^{-\beta} \quad (4)$$

で表される。さらに、(4) 式の対数平均は以下のように示される。

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \log P_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \log W_j d_{ij}^{-\beta} - \log \sum_{j=1}^n W_j d_{ij}^{-\beta} \quad (5)$$

(4) 式から (5) 式の差を求めて整理すると

$$\log \left(\frac{P_{ij}}{\bar{P}_i} \right) = \log \left(\frac{W_j}{\bar{W}} \right) - \log \left(\frac{d_{ij}}{\bar{d}_i} \right) \quad (6)$$

となる。したがって、(6) 式に最小二乗法を応用することによって、 r, β を推計することができる。ここで $\bar{P}_i, \bar{W}, \bar{d}_i$ は、それぞれの発地にお

9) モデルの線型構造への変換と対数中央化変換は、中西 (1983, pp. 63-165), 神頭 (2009, pp. 63-64) による方法を参考にしている。

ける P_{ij} , W_j , d_{ij} の (j に関する) 幾何平均値である。

$$\log \bar{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \log P_{ij}$$

$$\log \bar{W} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \log W_j$$

$$\log \bar{d}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \log d_{ij}$$

2.4 分析結果

(6) 式にもとづいてケース (1), ケース (2), ケース (3) を対象にした分析結果は表 1 にまとめている。また, 都道府県別の比較が行えるように各都道府県を発地としたケース (4) の分析結果を表 2 にまとめた。

表 1 の推計結果から, ケース (1), ケース (2), ケース (3) の吸引性, 地域間距離の 2 つの変数のパラメーターの有意確率は 1% 以下である。このためケース (1), ケース (2), ケース (3) の各変数は有意であるといえる。またケース別で比較すると, 決定係数が最も高いのはケース (1) であり地域範囲の狭いケース (3) よりもモデルの適合度は高かった。次に各変数のパラメーターを比較すると距離の抵抗の大きさを表しているが高いのはケース (2) であり, 低いのはケース (3) である。このことはケース (3) の地域の居住者の宿泊旅行の距離の抵抗が低いことを示しており, 関東運輸局, 北陸信越運輸局, 中部運輸局, 近畿運輸局の都道府県の交通条件が良い可能性が高い。一方で東北運輸局, 中国運輸局, 四国運輸局, 九州運輸局の交通条件が悪いおそれがある。

表 2 の変数のパラメーター別に全国的に比較すると, よりのパラメータ間の格差が大きく, 地域の特徴を示している。距離の抵抗の大きさを表しているのは, 東京都 (0.126), 神奈川県 (0.204), 愛知県 (0.262), 大阪府 (0.305), と大都市を有する都府県で低い。一方で沖縄県 (0.355) のよう

な県外宿泊旅行の主要交通手段が陸路ではなく空路である県でも比較的低い。

表1 パラメーターの推計結果 (全国)

	ケース (1)		ケース (2)		ケース (3)	
	標準化係数	VIF	標準化係数	VIF	標準化係数	VIF
	.717***	1.005	.563***	1.003	.707***	1.000
	.471***	1.005	.488***	1.003	.365***	1.000
N	2116		2026		1036	
R ²	.686		.587		.639	

注) Nはサンプル数, R²は決定係数。*** : p < .01。

表2 パラメーターの都道府県別推計結果 (発地)

1 北海道	.777***	.011	4 新潟	.734***	.552***	7 鳥取	.659***	.585***
2 青森	.698***	.456***	4 富山	.751***	.507***	7 島根	.721***	.702***
2 岩手	.673***	.615***	4 石川	.871***	.320***	7 岡山	.756***	.560***
2 宮城	.701***	.473***	4 長野	.827***	.390***	7 広島	.791***	.685***
2 秋田	.650***	.549***	5 福井	.783***	.394***	7 山口	.754***	.717***
2 山形	.642***	.582***	5 岐阜	.792***	.457***	8 徳島	.712***	.538***
2 福島	.702***	.492***	5 静岡	.869***	.301***	8 香川	.780***	.544***
3 茨城	.759***	.395***	5 愛知	.833***	.262**	8 愛媛	.822***	.599***
3 栃木	.761***	.445***	5 三重	.741***	.449***	8 高知	.761***	.592***
3 群馬	.782***	.406***	6 滋賀	.706***	.399***	9 福岡	.789***	.652***
3 埼玉	.744***	.352***	6 京都	.709***	.486***	9 佐賀	.714***	.627***
3 千葉	.842***	.319***	6 大阪	.741***	.305**	9 長崎	.711***	.702***
3 東京	.920***	.126**	6 兵庫	.686***	.423***	9 熊本	.729***	.624***
3 神奈川	.879***	.204**	6 奈良	.635***	.486***	9 大分	.730***	.682***
3 山梨	.787***	.407***	6 和歌山	.769***	.501***	9 宮崎	.676***	.607***
						9 鹿児島	.742***	.639***
						10 沖縄	.771***	.355***

注1) 数値は標準化係数。*** : p < .01, ** : p < .05, * : p < .1。

2) 都道府県の前の番号はそれぞれ, 1 = 北海道運輸局, 2 = 東北運輸局, 3 = 関東運輸局, 4 = 北陸信越運輸局, 5 = 中部運輸局, 6 = 近畿運輸局, 7 = 中国運輸局, 8 = 四国運輸局, 9 = 九州運輸局, 10 = 沖縄総合事務局を示している。

3. 宿泊施設の特性と地域特性

3.1 宿泊施設の特性

本研究が対象にしているのは、宿泊者の居住地データがある従業者 100 人以上の宿泊施設である。しかし、宿泊施設の規模によって宿泊者の宿泊旅行の特徴が違うことが予想されるために宿泊規模別の特性を主成分分析によって明らかにする。

説明変数としては、都道府県の基本データとして「人口」、「面積」を使用し、観光カテゴリー¹⁰⁾として「自然」、「歴史・文化」、「温泉・健康」、「スポーツ・レクリエーション」、「都市型観光」、「行祭事・イベント」を使用している。また日帰りか宿泊か、県内か県外かで分類した「県内宿泊」、「県内日帰り」、「県外宿泊」、「県外日帰り」を使用し、さらに宿泊目的が観光の宿泊施設の規模を施設の従業者数で分類した「観光目的 ((0~9 人¹¹⁾)」、「観光目的 (10~29 人)」、「観光目的 (30~99 人)」、「観光目的 (100 人以上)」を使用している。

利用しているデータは、都道府県の「人口」は『平成 22 年国勢調査』(総務省統計局)を使用し、「面積」は『平成 22 年全国都道府県市区町村別面積調』(国土交通省国土地理院)を利用している。また、観光カテゴリー別の「自然」、「歴史・文化」、「温泉・健康」、「スポーツ・レクリエーション」、「都市型観光」、「行祭事・イベント」と「県内宿泊」、「県内日帰り」、「県外宿泊」、「県外日帰り」は「平成 22 年度共通基準による観光入込客統計¹²⁾」(国土交通省観光局)利用し、「観光目的 ((0~9 人)」、「観光

10) 「スポーツ・レクリエーション」にはテーマパーク等が、「都市型観光」には非日常的な商業施設への買物等が含まれている。

11) () 内は宿泊施設の従業者数。

12) 集計されているのは 32 都道府県である。

表3 主成分分析の結果

	都市型	自然型
人口	.890	-.373
面積	.349	.531
自然	.495	.732
歴史・文化	.859	-.415
温泉・健康	.540	.442
スポーツ・レクリエーション	.837	-.275
都市型観光	.685	-.620
行祭事・イベント	.909	-.280
県内宿泊	.780	.342
県内日帰り	.793	-.559
県外宿泊	.766	.314
県外日帰り	.765	-.595
観光目的 (0～9人)	.500	.584
観光目的 (10～29人)	.657	.647
観光目的 (30～99人)	.591	.740
観光目的 (100人以上)	.757	.062
寄与率 (%)	51.3	25.4
累積寄与率 (%)	51.3	76.7

注1) 負荷量の絶対値が0.5以上を太文字としている。

2) また、()内の数字は宿泊施設の従業者数である。

目的 (10～29人)」、観光目的 (30～99人)」、観光目的 (100人以上)」は平成22年『宿泊旅行統計調査¹³⁾』(国土交通省観光庁)を利用している。ただし『宿泊旅行統計調査』では、観光目的の宿泊者が50%以上の宿泊施設(従業者100人以上)の宿泊者をすべて観光目的の宿泊者としている。

主成分分析の分析結果は表1にまとめている。分析によって寄与率の高い主成分が2つ出力された。第1主成分の寄与率が51.3%である。第1

13) 平成22年4月から観光入込客統計に関する共通基準が導入されたために、『宿泊旅行統計調査』と『観光入込客統計』では差異が生じている。

主成分は「人口」、「歴史・文化」、「都市型観光」、「イベント・行祭事」、「県内日帰り」、「県外日帰り」がプラスに作用する『都市型』の成分である。次に寄与率が25.4%の第2主成分は、「自然」や「面積」、「温泉」、「県内宿泊」、「県外宿泊」がマイナスに作用する『自然型』の主成分である。

表3の分析結果から本研究で使用している従業者数100人以上の宿泊施設の特性は、第1主成分『都市型』の負荷量が高く、第2主成分『自然型』の負荷量は非常に低いために『都市型』の観光地を対象にしていることが明らかにされた。このことは従業者数100人未満の各宿泊施設が『都市型』『自然型』の2つの特性のある観光を対象としていることに比較するとその特徴は大きい。

3.2 観光を目的とする発着別宿泊者数

都道府県別の従業者数100人以上の宿泊施設の延べ宿泊者数が最も多い

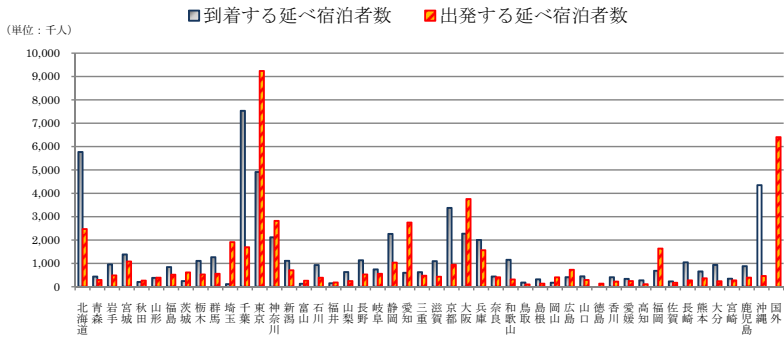


図1 各都道府県の観光を目的とする発着別宿泊者数

資料) 国土交通省観光庁の平成22年『宿泊旅行統計調査』より作成。

注1) 従業者数100人以上の宿泊施設の延べ宿泊者数を対象にしている。

2) 『宿泊旅行統計調査』では、宿泊施設の宿泊目的が観光である宿泊者の割合が50%以上の宿泊施設の宿泊者数を、観光を目的とする宿泊者数として調査されている。

県は、わが国最大のテーマパークである東京ディズニーランドが立地している千葉県である。次に北海道、東京都、沖縄県、京都府である。これらの地域にも魅力的な観光資源が立地し、延べ宿泊者数の多さが各都道府県の観光の魅力を現している。一方で宿泊者の居住地は、東京都が最も多く、次に大阪府、神奈川県、愛知県であり、これらの地域は人口が多い大都市を有する都道府県である。また国外から宿泊旅行者も多いことがみてとれる。

表1の分析結果では、ケース(1)の全国を対象とした決定係数が最も高く、ケース(2)で北海道と沖縄県と除いただけで決定係数が大きく低下した。このことは、わが国の観光分野にとって北海道と沖縄県の影響の大きさを示している。

3.3 交通手段別旅客輸送量

図2、図3は、それぞれ都道府県別のJR(定期外)旅客輸送量と都道府県別の航空旅客輸送量を示している。JR(定期外)旅客輸送量で多い都道府県は新幹線の通過地域、人口の多い主要大都市を有する都道府県や関東の地域である。一方で航空旅客輸送量は、主要大都市を有する都道府県を除けば九州南部、四国、北陸、東北部の地域で多い。このことから関東、中部、近畿の地域ではJRの鉄道網が完備されており宿泊旅行のような長距離への移動でも比較的容易に居住者は移動することができる。しかし比較的遠方に位置する地域では、交通手段として飛行機での移動をする必要が生じる。

表2の分析結果でケース(3)の地域間距離のパラメーターが最も低かったのは交通網が整備されており、長距離への移動手段が比較的容易に利用できる環境にあることが考えられる。そしてケース(2)で地域間距離のパラメーターが高くなったのは、ケース(3)以外の地域である九州、四国、東北地域の交通網の利用度の低さが要因として考えられる。しかしケー

空間相互作用モデルの応用に関する研究

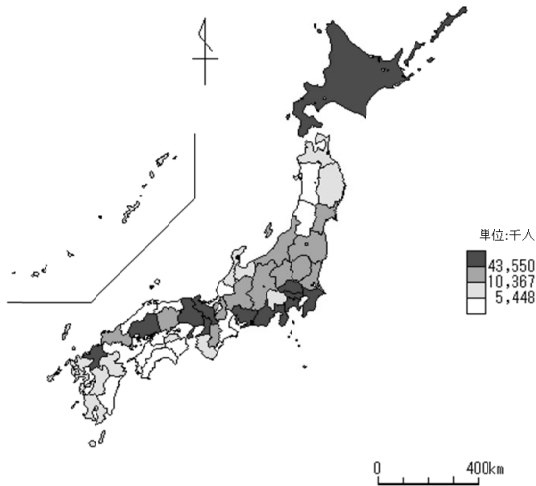


図2 都道府県別のJR(定期外)旅客輸送量
資料) 国土交通省の平成22年度『貨物・旅客地域流動調査』より作成。

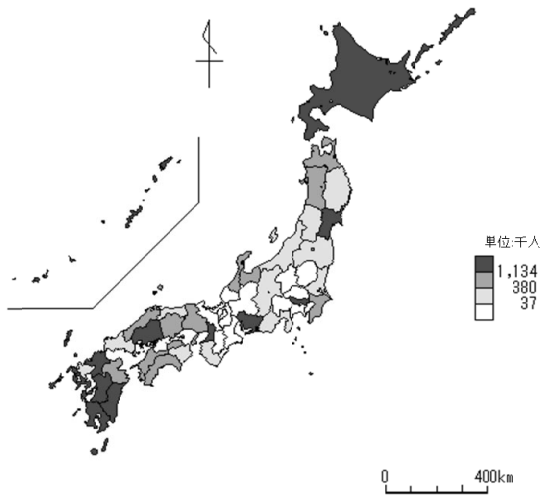


図3 都道府県別の国内航空旅客輸送量
資料) 国土交通省平成22年度『貨物・旅客地域流動調査』より作成。

ス (2) に北海道や沖縄県を含めたケース (1) では、地域間距離のパラメータはケース (2) 比較すると低くなっている。この要因としては、流入宿泊者の飛行機の利用度の高さと飛行機利用してでも行きたいと思わせる観光地としての魅力度の高さによることが考えられる。

4. まとめ

4.1 結論

本研究では、わが国の観光を目的とする宿泊旅行を対象にエントロピー最大化モデルの1つである発生制約型モデルの応用を試みた。そして以下の知見を得ることができた。

本研究で対象とした宿泊施設の規模は従業者 100 人以上の宿泊施設である。この比較的大規模な宿泊施設の宿泊者の多くは都市型の観光を目的にしている。この条件のもとでは、

陸路の交通網が整備された関東、近畿、中部地域の居住者が、九州、東北、四国地域の居住者よりも遠くの地域に宿泊旅行をしている。特のわが国最大の都市である東京都を発地とする宿泊旅行は最も距離の抵抗が低い。

日本の中心部から遠方に位置する北海道と沖縄県では県外移動には飛行機が主に利用されることから、これらの地域を分析対象にするとモデルの適合度の低下が予測されたが、モデルの適合度の上昇がみられた。この要因としては宿泊者数の多さが考えられ、わが国の宿泊旅行の北海道と沖縄県の影響の大きさを示している。

各地域を対象にしたケース (1)、ケース (2)、ケース (3) の推計結果では各変数の有意水準は 1% 未満であり、ケース (4) の各都道府県を発地とした推計結果においても北海道の地域間距離を除けば各変数の有意水準は 5% 未満である。このことから発生制約型モ

デルのわが国の観光目的の宿泊旅行を対象にしたモデルの応用は有効である可能性があることが明らかされた。

4.2 今後の課題

本研究では、空間相互作用モデルをわが国の宿泊旅行行動に応用するために以下の3点を今後の課題としたい。

第1に、観光目的が50%以上の宿泊施設（従業員100人以上）の宿泊者を対象としているが、主成分分析の結果からも都市型の観光を目的とする宿泊旅行の分析であり、自然型の観光をあまり考慮していない点である。今後は、ビジネス客との比較をすることで、より自然型の観光を目的とする宿泊旅行の特性を明らかにすることが求められる。

第2に、交通手段によって距離減衰パラメーターは変化するために交通手段別に分類することで宿泊旅行行動の違いを比較することが求められる。

第3に、観光を目的とする宿泊旅行の宿泊者数は千葉県、北海道、東京都、沖縄県、京都府で多く、また宿泊者の居住地は大都市を有する都道府県で多い。このため宿泊旅行の発地と着地の規模と位置関係が重要となることから今後はこの点についても明らかにすることが求められる。

参考文献

- 石川義孝 [1998] 『空間的相互作用モデル——その系譜と体系——』 地人書房。
神頭広好 [2002] 『観光の空間経済分析』 愛知大学経営総合科学研究所。
神頭広好 [2009] 『都市の空間経済立地論——立地モデルの理論と応用——』 古今書院。
杉浦芳夫編 [2003] 『地理空間分析』 朝倉書店。
中西正雄 [1983] 『小売吸引力の理論と測定』 千倉書房。
野上道男・杉浦芳夫 [1986] 『パソコンによる数理地理学演習』 古今書院。
Anderson, W. P. [2012] *Economic Geography*, Routledge.
David, F. [1981], *Operational Urban Models*, London: Methuen (青山吉隆・戸田常一・安部広史・近藤光男共訳 [1984], 『都市モデル——手法と応用』

丸善.)

- Isard, W. [1956] *Location and Space -Economy*, The M.I.T. Press. (木内信蔵監訳 [1964] 『立地と空間経済』朝倉書店.)
- Isard, W. [1969] *Methods of Regional Analysis : an Introduction to Regional Science*, The M.I.T. Press. (笹田友三郎訳 [1969] 『地域分析の方法——地域科学入門——』朝倉書店.)
- Nakanishi, M. and L. G. Cooper [1974] Parameter estimation for a multiplicative competitive interaction model least squares approach, *Journal of Marketing Research*, 11, pp. 303-311.
- Reilly, W. J. [1931] *The Law of Retail Gravitation*, Knickerbocker Press.
- Roy, J. R. [2004] *Spatial Interaction Modelling : A Regional Science Context*. Springer.
- Sen, A. and T. E. Smith [1995] *Gravity models of Spatial Interaction Behavior: A Regional Science Context*. Springer.
- Sinclair, M. T. and M. Stabler [1997] *The Economics Of Tourism* (監訳 - 小沢健市 [2001] 『観光の経済学』学文社.)
- Stewart, J. Q. [1947] Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population, *Geographical Review*, 37, pp. 461-485.
- Wilson, A. G. [1967] A statistical theory of spatial distribution models, *Transportation Research*, 1, pp. 253-269. (下総薫監訳, 岡部篤行・古川正雄・田淵隆俊 (1987) 『空間分布モデルの統計理論』『都市解析論文選集』古今書院, pp. 170-194.)
- Wilson, A. G. [2000] *Complex Spatial Systems: The Modelling Foundations of Urban and Regional Analysis*, Pearson Education.
- Zipf, G. K. [1946] The P:P₂/D hypothesis: on the intercity movement of persons, *American Sociology Review*, 11, pp. 677-686.