

地理学第三法則「地理的類似性」の内容およびその考察

(社会科教育講座) 張 貴 民

Zhu's The Third Law of Geography "Geographic Similarity"

Guimin ZHANG

(2020年9月1日受理)

キーワード：地理学の理論(Theories of Geography)、地理学第一法則(First Law of Geography)、地理学第二法則(Second Law of Geography)、地理学第三法則(Third Law of Geography)、地理的類似性(Geographic Similarity)

1. はじめに

地理学 geography の歴史は古く、その発生は古代ギリシャにまで遡ることができる。geo は土地、graphia は記述・描写するという意味である。地理学は地表面に関する記述の学問であり、現地観察や実施調査に伴うフィールドサイエンスでもある。他の学問分野と同様に、地理学は人類が築き上げた学問分野の1つである。地理学は地球表面の場所(地域)に関する学問として、地誌(地域誌)に関する膨大な知識を蓄積し、地図という地理学の独自のツールを発展させてきた。単に「土地」の「記述」だけでなく、学問分野としての科学的な体系化の樹立も目指してきた。

例えば、気象学では気温は高度を増すにつれて低下する現象があり、一般に高度 100m 増すごとに低下する気温のことを気温の遞減率という。標高の変化に伴う気温の遞減という法則の発見によ

り、山地における植物・土壌などの自然景観の垂直的な変化と、それに適した人類の土地利用方式をより科学的に説明できた。

人文地理学の分野においては、まず孤立国の理論を挙げなければならない。チューネンが距離に応じた農作物の輸送費をもって孤立国に展開する農業的土地利用の空間的パターンを導き出した。輸送費をもって農業経営の同心円構造を見事に解明した地理学の法則である。このチューネンモデルはその後の工業立地論や商業立地論などの空間立地理論の構築に多大な影響を与えた。

コンピュータの普及と情報技術の進歩は地理学研究方法の幅を広げた。地理学における計量革命を通じて様々な空間分析モデルが考案された。とくに人文地理学の分野では、地理学的な事象を説明する「諸法則」を探求する動きが見られ、論理実証主義と空間分布の学問としての地理科学の概

念が提案された。

こうした立地分析はそのプロセスや地域属性の数量的な測定を伴い、従来の定性的な分析方法よりも、より客観的とされている。数量化の手法である。

また、特に自然地理学の諸分野では、リモートセンシング技術や地理情報システム（GIS）の発達に伴い、空間情報のシミュレーションや地域情報の可視化など、地理学の研究手法は日進月歩で進化している。

膨大な研究成果を蓄積しながら、時には地理学とは何かを振り返って、その本質を再び問い直す必要があるかもしれない。

図1はチューネンの孤立国の理論（農業立地

論）を構築した過程と対照しながら科学的説明の図式を示したものである。パラダイムとは科学者集団によって一般に認められている科学的研究業績で、一定の期間の間、彼らに対して質問や解答の仕方を与える手本である（杉浦、1989）。

地理学のみならず、多くの学問分野は既存の理論ないしパラダイムで解釈できない変則事例については、理論の修正や特殊例として対処することができる。しかし多くの変則事例が頻出すると、既知の理論で十分な説明できなくなる。それに伴い、古いパラダイムが新しいパラダイムに取って代われ、パラダイム転換が起こる。また、理論は決して連続的に変化するのではなく、非連続的に変化するものである（杉浦、1989）。

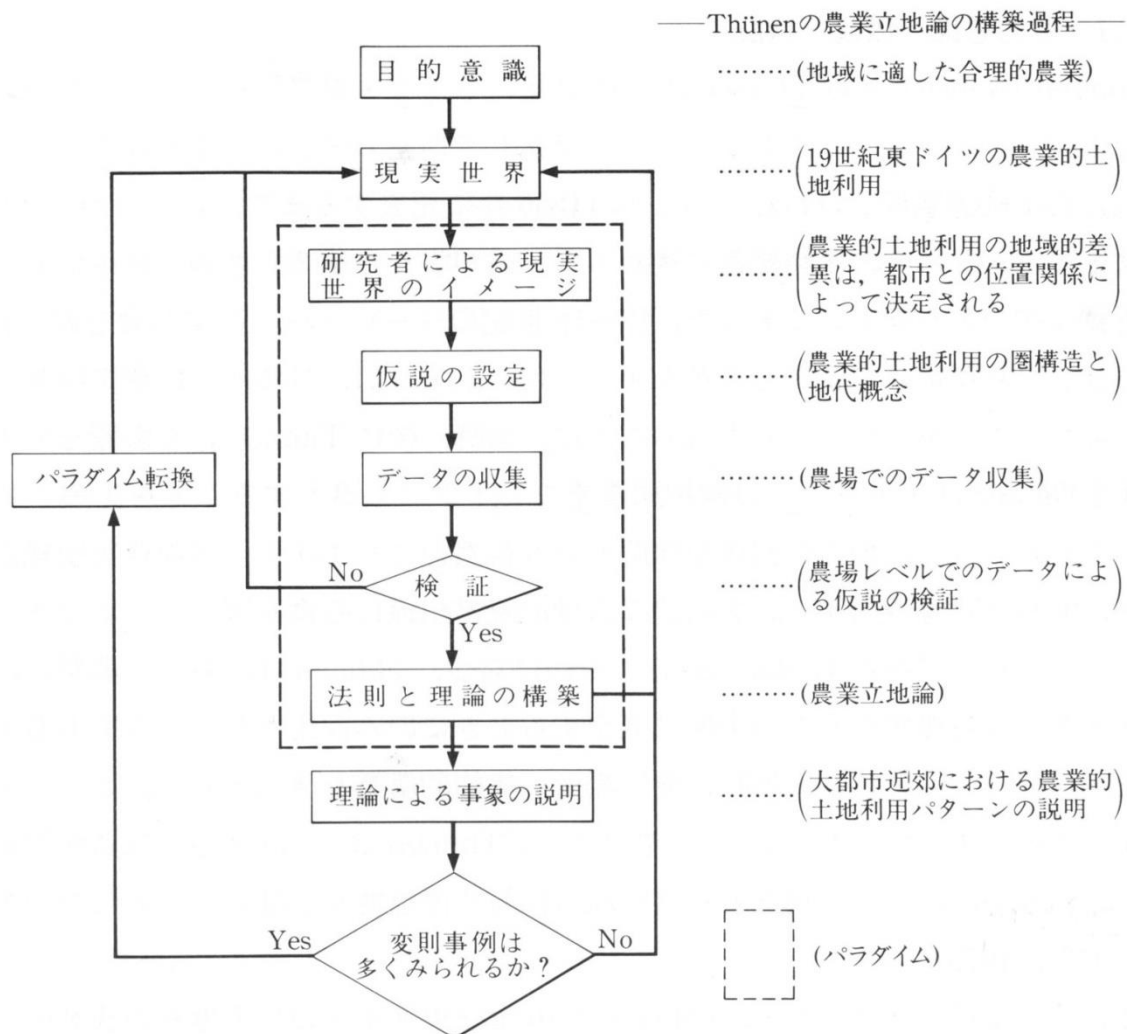


図1 地理事象の科学的説明の図式
(杉浦(1989)により転載)

以上の考察から Zhu et al., (2018)や朱ほか(2020)の研究は地理的事象を科学的に説明しようとした法則と理論の構築の事例で、新しいパラダイムを模索するものと言えよう。地理学第三法則に関する Zhu et al., (2018)および朱ほか(2020)などの発表は地理学界において大きな反響を呼んだ。

ここでは、朱ほか(2020)で論じた「地理的類似性 Geographic Similarity」の中身を述べながら解説する。同時に地理学第三法則「地理的類似性」の意義や人文地理学分野の研究において応用するための課題などについて考える。

朱ほか(2020)の著者たちは自然地理学者であり、主に空間推測、河川流域システムのシミュレーションとシナリオ分析などの自然事象を研究対象としている。朱ほか(2020)研究論文の中身を理解することは容易ではないが、筆者は同じ地理学畑の研究者としてこの論文で提唱された地理学第三法則に強い関心がある。本稿は朱教授の学説の紹介にとどまることを断っておく。この紹介が更なる研究探求のきっかけになればと願っている。

2. 地理学の諸法則

この節では、朱ほか(2020)に基づき、地理学の諸法則を整理しておく。記述内容は特に断らない限り、朱ほか(2020)によるものである。

朱ほか(2020)では law を定律という用語として使っているが、ここでは日本語で一般的に使う法則という用語を用いることにする。法則について朱は次のように解釈した。漢語大辞典によれば、中国語でいう定律とは、「客観的法則についての概括であり、一定の環境条件における事象間の必然的な関係を表している。」また、Merriam-Webster では法則について、“a statement of an order or relation of phenomena that so far as is known is invariable under the given conditions”、更に “a general statement proved or assumed to be hold between mathematical or logical expressions”と解釈している。

つまり、法則には以下の2点が含まれている。

①それは一種の定律であり、必然的關係である。“a general statement”、一定の広範性を有しなければならない、②それは一定の条件下に存在するものであり、与えられた条件“given conditions”に適用でき、しかもその時点で認知された条件、すなわち“so far as is known”に限って成立するものである。

1) 地理学第一法則

朱ほか(2020)では地理学第一法則が Waldo Tobler によって提出されたものと指摘している。Toblerは論文 A computer movie simulating urban growth in the Detroit region (Tobler, 1970)において、I invoke the first law of geography: everything is related to everything else, but near things are more related than distant things と結論づけている。この論文の発表は地理学第一法則の誕生を意味していた。

しかし、その後の約20年間は、地理事象の複雑な特徴もあり、地理学者は主に地理事象の独自性、あるいは具体性に関心を持ち、地理学の法則の探求に対する研究はあまり進展がなかった(朱ほか、2020)。

計量地理革命進展のなか、特に地理情報システム(GIS)の出現によって、Toblerの地理学第一法則が再び注目されるようになった(Goodchild, 2004)。また地理情報システムの教科書でも紹介され、地理情報システムの空間分析に理論的枠組みとして援用されている(Longley, et al., 2001)。

また、Sui(2004)は Methods, Models and GIS Forum: On Tobler's First Law of Geography のフォーラムにおける討論とその後の論文発表は地理学の法則に関する研究を活発化させ、朱ほかによる地理学第三法則に基づく空間予測などの研究を促すきっかけとなった(Zhu, et al., 2018)。

地理学第一法則、つまり“Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things”は、地理的事象の空間的相互関連性を概括したものであり、「空間的自己相関 spatial autocorrelation」である。この

法則は地理的事象における普遍的、必然的な関係であり、広く知られているものである。

地理学第一法則は地理的事象の空間的自己関連性を定性的に記述したもののだが、地理情報の記述・分析および応用の定量的計算に理論的な根拠を提供し、地理情報システムにおける分析計算方法の設計の理論的基礎として役立っている。

朱ほか(2020)では、自然地理学研究の事例として気象データの取得を事例に地理学第一法則の有用性を説明している。それによれば、気象観測所は地域内に稠密に分布されておらず、広い範囲に疎らに配置されている。それでも我々はスマートフォンで居住地の天気予報を取得し、外出する際に傘を持っていくかどうかを判断することができる。それは重要な気象要素の観測値の間には空間的自己関連性があり、研究者はこの法則を用いて、気象観測所のない地域の気象情報をかなり正確に推測することができるからである。地理学の研究では「空間的自己相関 spatial autocorrelation」の原理が広く応用されている。

2) 地理学第二法則

朱ほか(2020)によると、地理学第二法則は geographic variables exhibit uncontrolled variance である。これは Anselin(1989)が提唱した「空間的異質性 Spatial Heterogeneity」に由来する。その後、Goodchild (2004)では地理学第一法則をデスカッションする際に、地理学第二法則として「空間的異質性 Spatial Heterogeneity」が提案された。

地理学第二法則は地理的事象のもう一つの特徴、つまり地理的事象の空間的変化およびその変化の差異性である。言い換えれば、地理的事象の空間変化には制御できないもの(性質)がある。

地理学研究の方法には空間予測がある。空間異質性という認知をも加えたことによって、それまでに空間自己関連性(地理学第一法則)に基づく空間予測モデル(例えばクリキング Kriging モデルや空間エラーモデル spatial error model など)は、地理学第一法則と第二法則の両方を考慮し

た、新しい計算法(例えば、window kriging methods など)に発展し、空間予測の精度を更に向上してきた。

上述した地理学第一法則と第二法則に2つの共通点がある。それは描述性(記述性)と概括性(一般化)である。描述性とは定性的な言葉を用いて言い表すもので、数学数式で表現するものではない。このような描述的な表現方法は、地理学の歴史や習慣に相応しい。地理学は今日においても描述に長けている学問だと言えよう。定性的に描述した地理学の法則性は定量的表現より理解されやすい。

朱ほか(2020)はさらに次のように指摘している。他の研究領域にも定性的描述の表現手法がある。しかし、これらの定性的法則は、多くの場合は具体的な数学表現によって表され、しかも確定的なものである。これに対して、地理学の法則に関しては、その数学的表現は具体的に限定されていない。例えば、地理学第一法則は、セミバリオグラム Semi-variogram で表すこともできるし、距離減衰関数で表現することもできる。空間的自己相関関係やボロノイ図 voronoi diagram で示す方法などもある。これも地理学法則における描述性の重要な特徴であり、地理学事象の複雑性と地理学法則の包容性の表れである。

3. 朱氏の提唱する地理学第三法則の内容

本節では、朱ほか(2020)で提唱している地理学第三法則を述べる。朱ほか論文の原文のタイトルは「地理相似性：地理学的另一个定律？」として、クエスチョンマークを付けており、読者に問いかけている。

つまり地理的類似性 similarity of geographic configuration of locations は地理学のもう一つの法則なのであるか。

実は、朱ほかは 2018 年に空間予測に関する研究の際に、その理論として初めて地理学第三法則を命名している。その研究論文では、地理的な第三法則に基づく空間予測についての新しい考え方を検討している。「場所の地理的構成の類似性」、

つまり、地理学の第三法則のもとで、土壌有機物含有量の空間変動を分析するに用いるサンプルと予測ポイントの間の地理的構成の類似性に基づいて空間予測を行った(Zhu et al.,2018)。

その研究結果によると、地理学第三法則の内容は「2つの場所(エリア)の地理的環境条件が類似しているほど、これらの2つの場所(エリア)での目標変数の値(プロセス)は類似する。」というものである。英語では The more similar geographic configurations of two points (areas), the more similar the values (processes) of the target variable at these two points (areas)と表現している。

言い換えれば、場所(地域)間の地理環境が似通っているほど、それらの地域の地理的特徴は類似する。Zhu et al. (2018)では、この法則を「地理的類似性」と称している。一般的に言えば地理的類似性とは、地理環境(空間と非空間的要素を含む)における2つの場所(エリア)の総合的類似性を指している。

これについて、朱ほか(2020)は更に次のように付け加えている。

- ① この2つの場所(エリア)は、地理空間において必ずしも隣接しない。
- ② 地理的特徴とは研究対象となる目標変数(例えば地滑り、犯罪事件など)の特徴である。
- ③ 場所(エリア)の地域的環境(つまり地理的要素の構成)は、注目する対象(目標地理変数)と関係している。例えば、注目する対象が地滑りであれば、ここでいう地理環境とは地滑りに関わる地理要素によって構成されるものである。また、もし研究対象が地域の犯罪であれば、その地理環境とは犯罪にかかわる諸地理要素によって構成されるものである。

4. 地理学第三法則に関する考察

ここでは、朱ほか(2020)の記述に基づき、地理学第三法則「地理的類似性」について考察する。

朱ほか(2020)では、「地理的類似性」が地理学第三法則として成立するかどうかに関して、次の普遍性、独立性と応用性という3つの側面から考察した。

1) 普遍性について

地理学研究においては、研究者は類似した地理環境において同じ地理事象を見出そうとする傾向がある。例えば、土壌発生分類学では、同一の気候・地形・土壌の母材・生物植物などの地理条件を持つ地域は同じ土壌類型があると考えられる。たとえこれらの地域は空間上において不連続であっても、同様な地理条件あるいは条件の組み合わせを有し、同様な生物地球化学のプロセスが伴い、同様な土壌形成過程があるため、それぞれの土壌の特徴は一致しているか、類似していると推測される。

また、動物の生活環境に関する研究では、研究者はその動物がかつて出現した地域と類似した地域においてその動物を探そうとする。「かつて出現した地域と相似した地域」とは、多くの場合は地理要素の特徴(あるいは地理的条件の組み合わせ)の類似性をもって識別するものである。

さらに、例えば都市犯罪研究では、コミュニティの収入層の分布・教育レベル・社会施設の充実などの地理要素の分析を通じて、どのコミュニティの犯罪率が高いかを推測する。また、これらの地理要素を用いて、同様な類型の犯罪事件が発生しそうな地域を推測する。

上述した研究事例から分かるように、自然界に普遍的に存在する地理的類似性は、その適用性が「空間的自己相関 spatial autocorrelation」や「空間的異質性 spatial heterogeneity」と同様に一般化できると朱ほか(2020)は結論づけている。

2) 独立性について

ここでいう独立性とは地理的類似性が地理学第一法則と地理学第二法則から独立したものかどうかというものである。即ち、地理学第三法則はそ

の他2つの法則から導き出せるものかどうか。

地理学第一法則と地理学第二法則は空間軸のみを重視し、地理事象が空間距離という単変量における関係（類似か異質か）を考慮するもので、地理事象における諸要素間の相互作用関係を無視している。これに対して、地理学第三法則の核心は「地理環境」であり、地理的事象の多要素の組み合わせの特徴に関心を払っている。つまり、1つのポイント（地点）のある地理要素（目標地理変数）とこのポイント（地点）のその他の地理要素との組み合わせの関係に着目している。

従って、物事の本質から見れば、地理学第一法則と地理学第二法則は地理事象の連続性の特色の

みに関心を持つ。これに対して、地理学第三法則は目標地理要素とその他の地理要素の組み合わせがポイント（場所）における相互関係あるいは相互作用に関わっている。

一方、計測の視点から見れば、地理学第一法則と地理学第二法則は、空間における同一地理要素の2点間の距離を測り分析するのに対して、地理学第三法則は、あるポイント（あるいは広がり）が持つ地域要素の組み合わせ（地理環境）と、もう1つのポイント（あるいは広がり）のそれとの類似性に注目し測定するが、2点間の距離を測るものではない。

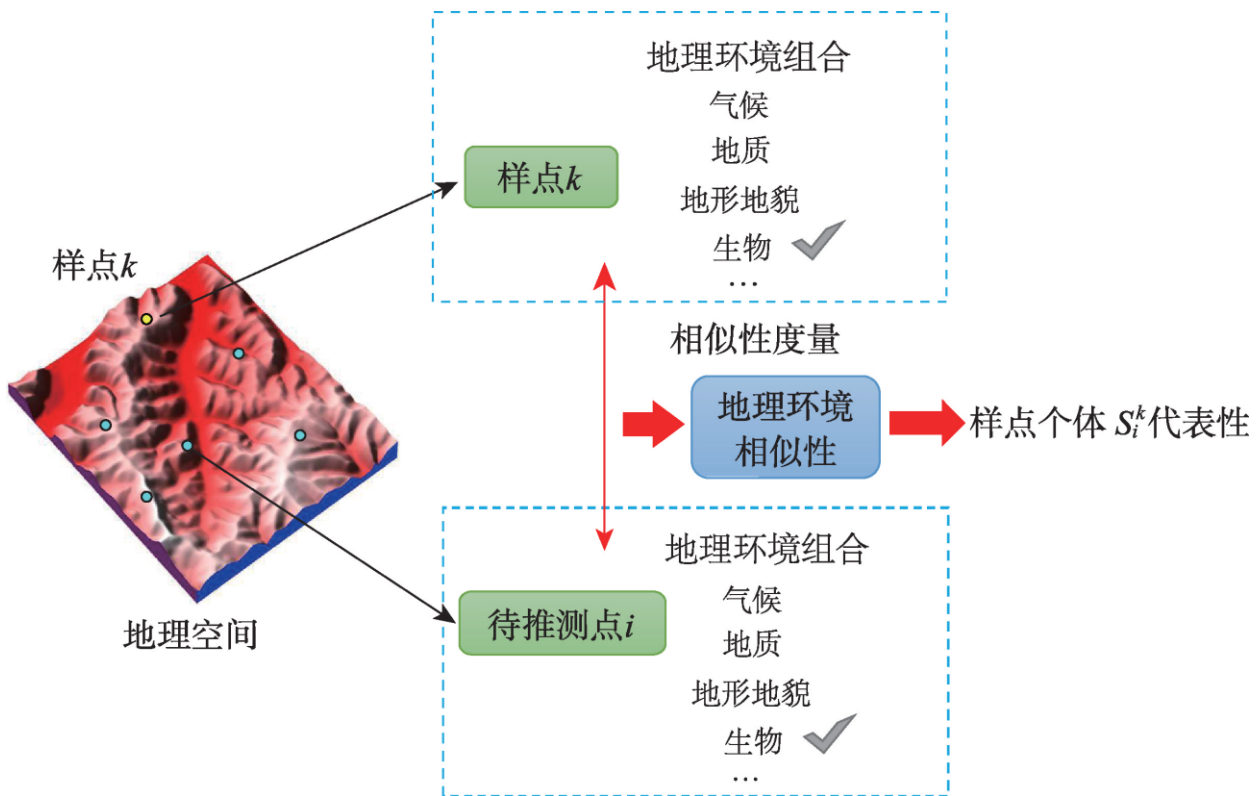


図2 地理学第三法則の定量的実装

注： S_i^k はサンプルポイント k のポイント i に対する代表性であり、既知のポイント(k)と

推測されるポイント(i)の地理環境要素の組み合わせの類似度を表すものである。

(朱ほか(2020)により転載)

3) 応用性について

応用性の問題とは地理学研究および実際問題の解決における地理学第三法則の有効性を意味するものである。

Zhu et al. (2018)は土壌有機物含有量の空間変動に関する推測を例として、地理学第三法則の応用について第一法則と第二法則との違いを系統的に述べている。地理学第三法則では、定量化の核心内容とは研究対象地域に分布する既知のポイント(サンプル)がその他の未知のポイントの代表性を求めることである。即ち、既知のポイントの代表性である。この既知ポイントの代表性(S_i^k)は、推測されるポイント(j)の地域環境要素の組み合わせと既知のポイント(k)のそれとの間の相似性をもって表すことができる(図2)。

その一方、法則の定量的実装(Quantitative implementation)に関しては、地理学第三法則は、今までの地理学第一法則と地理学第二法則との違いは何であろうか。

地理学第一法則と地理学第二法則の定量的実現は、研究対象地域全体に対するサンプルの集合の代表性を求めるのに対して、地理学第三法則の定量的実現は、研究対象地域に位置する未知のあるポイントに対する既知のポイントの個体代表性を求めるものである(朱ほか、2020)。

推測されるポイント(j)の地域環境要素の組み合わせと既知のポイント(k)のそれとの間の相似性をもって表すことができる。

従って、 i ポイントにおける目標地理変数を計算する際に、既知のサンプル k ($k=1, \dots, n$ 。 n はサンプルの数)それぞれが i ポイントの個体代表性とサンプル k ポイントの目標地理変数が分かればよいと結論づけている(朱ほか、2020)。

4) 応用例から見た地理学第三法則の創意

朱ほか(2020)は2つの事例を用いて地理学第三法則の創意性と研究的意義を述べている。ここではその一例を取り上げて紹介する。その内容は地理学第三法則を援用した地理学研究におけるサン

プルの不確定性の評価とサンプルの質の向上に関するものである。

地滑りの危険度評価において、地滑り危険度とその他の地理環境要素との関連を知る必要がある。これらの情報は、多くの場合は現地でのサンプル調査から得られる。従って、係る情報の正確さはサンプルの質と密接に関係している。

サンプルの集合は一般的にプラスサンプルとマイナスサンプルの2種類によって構成される。ここでいうプラスサンプルとはすでに地滑りが発生した場所のサンプルであり、マイナスサンプルとはまだ発生していない場所のサンプルである。

地滑りが発生した場所が確定されやすいので、プラスサンプルの質は比較的に高いと言える。しかし一方、マイナスサンプルの採取作業はより複雑である。ある場所では地滑りが過去に発生していなかった、あるいは今も発生していない。しかし、この場所では地滑りが将来も発生しないとは言えない。この場所に地滑りが起こる潜在的条件が存在しているかもしれない。今まで起こっていないことは、地滑りを引き起こす潜在的条件を満たしていないかもしれない。

もし野外調査で直接サンプルを採取すれば、地滑りが発生する可能性のある場所でマイナスサンプルを採集しないだろうが、野外で直接にサンプルを取ることは相当の時間と人的コストがかかる。その問題を避けるため、地滑りが発生していない地域に対して、室内でランダムの方法でサンプルを選ぶことができるが、この方法では得られたマイナスサンプルの質は保証できないという欠点がある。

そのため、Zhu et al., (2019)は地理学第三法則を用いて、不確定性の概念を導入し、既知の地滑りポイントの個体代表性をマイナスサンプルの不確定性と見なすことを提案し上述の問題を解決している。言い換えれば、あるポイントの地理環境が既知の地滑りの地理環境に似通うほど、そのポイントがマイナスサンプルとして採用される場合は、その不確定性がより高い。

検証の結果、不確定性で選び出したマイナスサ

ンプルを用いて推計した地滑りの危険度マップはその精度が地理学第一法則の方法で得られたサンプルで推測した地滑り危険地図の精度より高いことがわかった（朱ほか、2020）。

5. おわりに

以上のように、朱ほか(2020)をもとに地理学第三法則を説明してきた。簡潔にまとめると、地理学第一法則は「空間的自己相関 spatial autocorrelation」であり、地理学第二法則は「空間的異質性 Spatial Heterogeneity」であり、そして地理学第三法則は「地理的類似性 Geographic Similarity」である。

地理学の3つの法則の関係について、朱ほか(2020)は次のように締めくくっている。地理学第三法則（地理的類似性）は地理学第一法則（空間的自己相関）と地理学第二法則（空間的異質性）と同じように普遍性を有している。ただし、この普遍性は第一法則と第二法則が及んだ規則性とは本質的に異なる。地理学第三法則はより内包的で、包含性も富んでいる。また地理学第三法則は応用においては第一法則と第二法則が直面する難題を解決できる。地理学第三法則は第一法則と第二法則と補完的な関係にあり、三者によってより完全な地理学解釈体系を構成している。

一方、朱ほかの今までの一連の研究は、主に自然地理学分野において行われたものである。地理学の諸法則を検証するための実証研究も自然地理学分野の事例が使われている。

実証研究にあたり、例えば、農業地域、農村地域、工業地帯などのような広がりを持つ人文的事象をどう扱うか。また、分析する際に使われる単位地域のスケール（縮尺）の問題や、自然地域のデータと人文地域のデータの相違はどう検証するか。地域の人文的事象を表す統計データやフィールドワークで得られたデータの加工処理方法などの課題がある。地理学第三法則についての議論およびその実証研究への適用について今後の研究進展を注目したい。

謝辞

本稿の執筆にあたり、朱ほか(2020)論文で使われている中国語のいくつかの専門用語と表現について著者の朱阿興教授に丁寧な説明・教示をいただき、ここに感謝の意を表す。また本稿では朱ほか(2020)論文にて引用された文献の一部のみを説明の必要に応じて文末にリストしておいた。

参考文献

- 朱阿興、閻国年、周成虎、秦承志(2020)：地理相似性：地理学的第三定律？地球信息科学学报、22(4)、673-679。(Zhu A X, Lv G N, Zhou C H and Qin C Z (2020): Geographic similarity: Third Law of Geography? *Journal of Geoinformation Science*, 22(4), 673-679.)
- 杉浦芳夫(1989)：『地理学講座5 立地と空間的行動』古今書院、207p。
- Anselin L. (1989): What is special about spatial data? Alternative perspectives on spatial data analysis, *Technical Report*, 9-4. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Goodchild M F. (2004): The validity and usefulness of Laws in Geographic Information Science and Geography. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(3): 300-303.
- Sui D Z (2004): Forum: Tobler's first law of geography: A big idea for a small world? *Annals of the Association of American Geographers*, 94(2), 269-277.
- Tobler W. (1970): A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46 (Supplement): 234-240.
- Zhu A-Xing, Guonian Lu, Jing Liu, Cheng-Zhi Qin and Chenghu Zhou (2018): Spatial prediction based on Third Law of Geography, *Annals of GIS*, 24(4), 225-240.

Zhu A-X, Miao Y, Liu J Z, et al. (2019): A similarity-based approach to sampling absence data for landslide susceptibility mapping using data-driven methods. *Catena*, 183:104188.

