

GIS の新たな可能性

数理データ分析との融合

The Possibility of GIS: Integration with Mathematical Data Analysis

1. はじめに

台風、水害、地震など、自然災害は人命や財産に対して、大きな被害とさまざまな影響を与える。

こうした自然災害のリスクに対しては、被害を軽減するための予防的対応を実施することが求められる。対応内容の検討にあたっては、あらかじめリスクの程度を把握することが必要になる。

その際に有効となるのが GIS (Geographical Information Science: 地理情報科学)¹の技術である。これを応用することにより、自然災害等の予測モデルや過去の自然災害データを用いた対象地域などの分析によるリスク評価が可能になる。また、災害が発生した場合の迅速な地理情報の収集による災害対応の意思決定の合理化が可能になる。

本稿では、この GIS について概要を説明し、今後の発展と応用の可能性について考察する。

2. GIS の発展

2.1 地理情報と GIS

GIS は、コンピュータ上で地図などの地理情報を表示・編集するツールとして始まった。

地理情報とは、広義にとらえると、日常生活で目にする地図など、空間上の特定の地点や区域をさし示す情報のことであるが、学術的には、「地理空間にある対象事物に関して、その位置や範囲と属性情報



図 1 東京都の行政界の例²

表 1 属性情報の例

名称	行政コード
東京都 江東区	13108
東京都 あきる野市	13228
東京都 羽村市	13227
東京都 福生市	13218
東京都 昭島市	13207
東京都 立川市	13202
東京都 武蔵村山市	13223
東京都 西多摩郡瑞穂町	13303
東京都 小平市	13211
東京都 小金井市	13210
東京都 国分寺市	13214
東京都 国立市	13215
東京都 東大和市	13220
東京都 武蔵野市	13203
東京都 三鷹市	13204

¹ 一般に GIS は地理情報システム (Geographical Information System) と呼ばれることが多いが、本稿ではそれ以降の GIS の発展を踏まえ、地理情報科学 (Geographical Information Science) と表記する。

² 国土地理院「基盤地図情報サイト」
(<http://www.gsi.go.jp/kiban>)

という概念が付加されている。この属性情報とは、たとえば、B地点にAスーパーマーケットがある場合に「Aスーパーマーケット」(店舗名)というように付与される、その地点の内容を示す情報のことである。

ここで、地理情報について、具体的な例を用いて説明しておく。たとえば、国土地理院のウェブサイトからダウンロードできる基盤地図情報を用いて、東京都の行政界(行政区画の境)を確認すると、前ページに示した図1の図形情報が表示される。また、この図形情報には、表1のような行政界に対応した区画の名前(例：東京都 江東区)が紐付けされている。あくまでも区画の名前は一例ではあるが、ごく簡単にいえば、行政界のような位置や範囲を示す図形情報(例：緯度XX度、経度XX度)に紐付けられた関連情報(例：東京都 江東区)が属性情報である。

実際の地理情報データでは画像や属性、縮尺、精度など、さまざまなデータが使われているが、もっとも重要な図形情報には、大きく分けてベクターデータとラスターデータの2種類がある。いずれも図形情報をコンピュータ上で表現するためのデータであるが、各々異なる表現方法をもつ。

ベクターデータは、点・線・面により構成され、一方、ラスターデータは格子状のメッシュにより構成される。簡単に説明すれば、ベクターデータは鉛筆やペンで描いた絵であり、ラスターデータは小さなマス目のひとつひとつに個別に色を塗っていくことで表現した貼り絵のようなものにたとえられる。

先ほどの図1はベクターデータであり、東京都の行政界を面により表示している。他方、図2は多摩川周辺の標高を示すデータ³であるが、これはラスターデータにより構成されている。このデータは微細な格子状のメッシュごとに、その地点の標高値のデータ(例：20m)が属性情報として付与され、色の

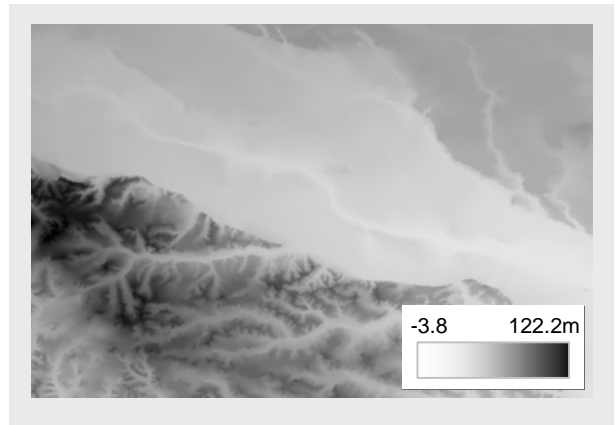


図2 ラスターデータの例
(多摩川周辺の標高(東京都・神奈川県))

濃度の違いで表現されている。

2.2 システムからサイエンスへ

GISが登場したことにより、それまで紙で管理されていた地図情報を、コンピュータ上で管理できるようになり、表示や検索、データの保存に関する利便性が飛躍的に向上した。

また、技術の進展により、複製や更新、また、市区町村界の図とコンビニエンスストアの位置図のように異なる種類のデータを重ね合わせて表示することも可能となった。とりわけ、地形図や土地の利用区分を色分けして示す土地利用図の作成や更新には、膨大な手間がかかってしまうため、こうした作業の効率化にGISが大きく貢献した。

さらに、GISの技術は、ガス、水道、電力などの社会インフラ関連企業でも利用されるようになった。これらの企業においては、道路を掘削してガスや水道、電気などの敷設や管理のため、独自に地図情報を作成・利用している。これらの情報を作成や更新、検索する際に、紙の地図で管理した場合、膨大な手間がかかるため、その効率化のツールとしてGISが用いられるようになった。

初期におけるこうしたGISの利用法は、業務の効率化には貢献したものの、単に地理情報をコンピュータ上で作成や更新、検索するツールにとどまっていたといえる。しかしながら、その後の進展により、

³ 国土地理院作成の基盤地図情報による。

単に作成や更新,検索だけではなく,地図情報の「分析」や「評価」までも実現可能になった。

たとえば,オーバーレイ分析という手法では,市区町村界とコンビニエンスストアの位置といった2種類の地理情報を重ね合わせることで,市区町村ごとのコンビニエンスストアを把握するといったことが可能になった。また,ある地点からある河川までの直線距離を,ある地点の地理情報とある河川の地理情報から計測することにより,面積や距離の計測が可能になった。また,バッファ分析では,ある河川から200m以内に存在する自社の土地・建物を視覚的に把握することが可能になった。さらに,ネットワーク分析という手法を用いることにより,ある地点からある地点までの道路の最短距離を分析することも可能になった。

以上のような技術の発展により,GISは,都市工学,地理学,経済学,情報科学,考古学など,さまざまな学術研究に大きな貢献をもたらした。それとともに,GISはツールとしての地理情報システム(Geographical Information System)にとどまらず,地理情報科学(Geographical Information Science)という学際的な一大研究領域を形成するにいたった。

3. GISの新たな可能性

このように,GISはシステムから学術研究へと発展してきたが,これまでは,オーバーレイ分析,面積・距離計測,バッファ分析といった手法が中心であった。これらは現在では,一般的に広く利用されているGISソフトウェアにあらかじめ機能として組み込まれている手法である。

その一方で,近年におけるGISの技術・手法の進展は,今後のGISの新たな可能性を予感させるものとして注目される。

たとえば,GISの発展の1つの方向性として,GISと数理データの分析手法の融合が挙げられる。近年,コンピュータの処理速度の向上やデータ保存容量の向上により,複雑な数式を用いる分析や,多くのデータ量を必要とする分析も,比較的短時間での処理

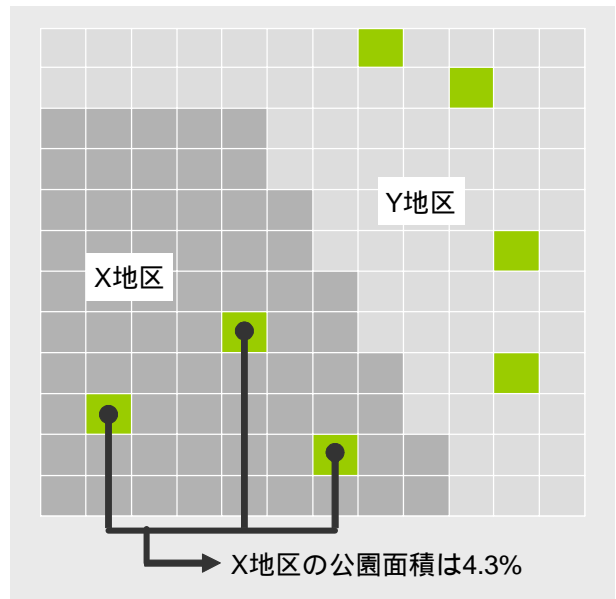


図3 空間分布の評価例

可能になってきている。こうした大容量データの高速処理を活用したGISの技術手法は,今後の新たな可能性として考えられる。

筆者らは,そうした可能性の一案として,アメリカ合衆国の天体物理学者ジョン・ステュアート⁴が提唱した,「ポテンシャル」という考え方を応用した手法を提案している。ここでは,その概要を説明する。

たとえば,現在,「X地区では,公園はどの程度の面積を占めており,どのような分布の形状をしているか」といった空間分布を評価する手法として,ベクターデータを用いて行政区などを単位とした手法が広く用いられている。こうした手法を用いる場合,対象となる地点について,行政単位毎に「4.3%」のような割合などの形で評価される(図3)。

しかし,この評価手法を用いた場合,集計する単位地区のサイズ設定の仕方を変更すると,データの評価結果までもが変わってしまうという問題がある。この問題は,可変単位地区問題(Modifiable Areal Unit Problem: MAUP)と呼ばれる。

ここでは,可変単位地区問題について,次ページの例(図4)を用いて説明する。図に示すような評

⁴ Stewart (1947)。

価地区があり、この地区に占める緑地の量とその分布を評価しようとしていたとする。ここで、ポイント1とポイント2は隣接し、ポイント3がやや離れた場所にある。

ここで、行政区等の集計単位地区が の場合、評価対象が最も多いのがポイント1とポイント2を含むA地区で2点となり、次いで3つのポイントを含むB地区で1点、最も少ないのはC地区で0点となる。これにより、緑地は1と2が隣接したA地区に多いことが評価できる。

しかし、集計単位地区を のように設定したとする。この場合、3つの地区のすべてで緑地は1つとなり、ポイント1とポイント2が隣接しており、緑地が密集していることが判別できない。

また、集計単位地区を細かく設定すると、評価することが難しくなる。たとえば、 のように設定すると、評価対象が最も多いのがポイント1とポイント2を含むA地区で2点となり、次いでポイント3を含むE地区で1点となる。しかし、さらに細かくすると のようになり、ポイント1、ポイント2、ポイント3を含むそれぞれの地域が1点となってしまう。

こうした問題を踏まえ、筆者らの研究では、可変単位地区問題を回避する方法として、ラスターの個々のセルを単位として、ジョン・ステュアートが提唱した「ポテンシャル」という考え方を応用した評価手法を提案した。この手法は、ポイントの数と複数ポイント間の距離から、近さや散らばりの程度を評価するものである。計算手法の詳細は拙稿⁵を参照されたい。

この結果の一例として、ポイント2は以下のように評価される(次ページ図5)。ポイント2とポイント1間の距離が1.41、ポイント2とポイント3との距離が2.24であることから、ポイント2の評価は1.15点($1 \div 1.41 + 1 \div 2.24$)となる。

また、同様にポイント1とポイント3についても

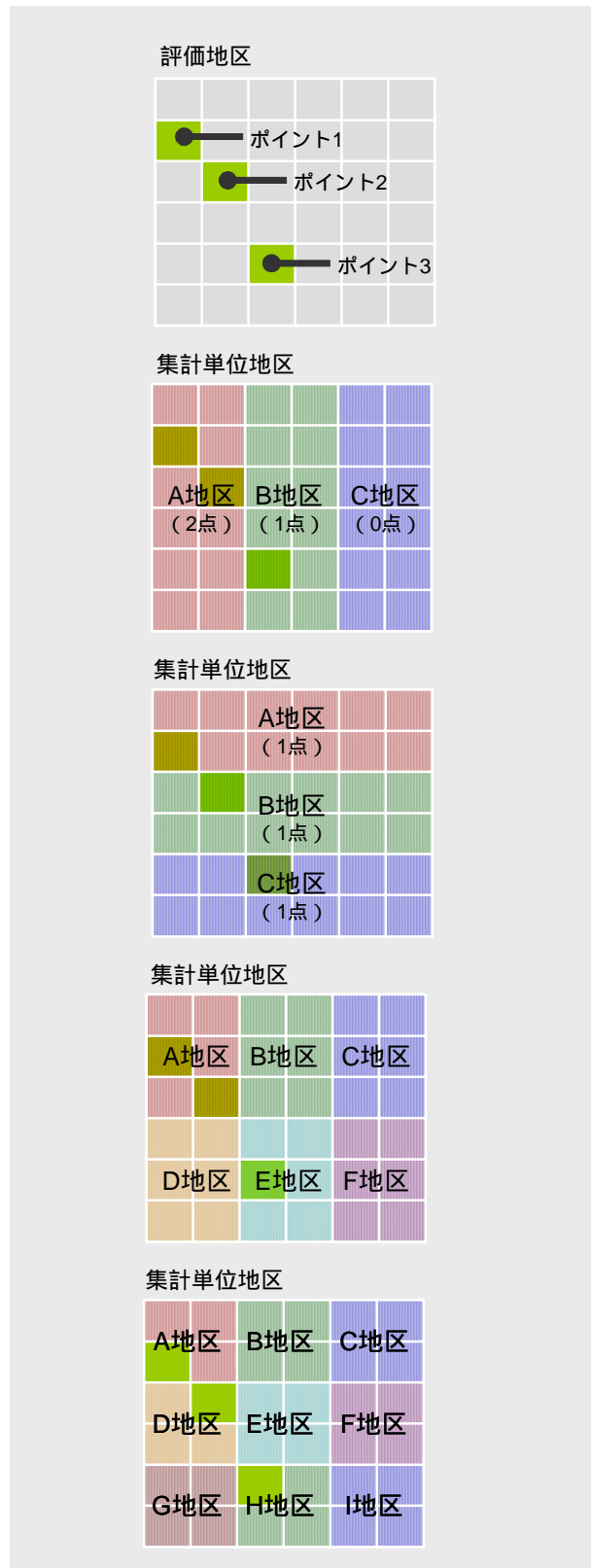


図4 集計単位地区の違いによる評価の変化

評価すると、結果は次ページの図6のようになる。ポイント1に隣接しておりポイント3にも近いポイント2が1.15点となり最も高くなり、次いでポイン

⁵ 小林・安岡(2006)

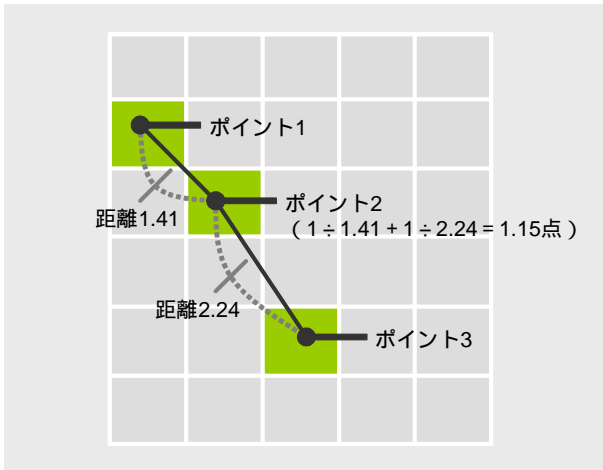


図5 ポテンシャルの考え方を応用した評価例(1)

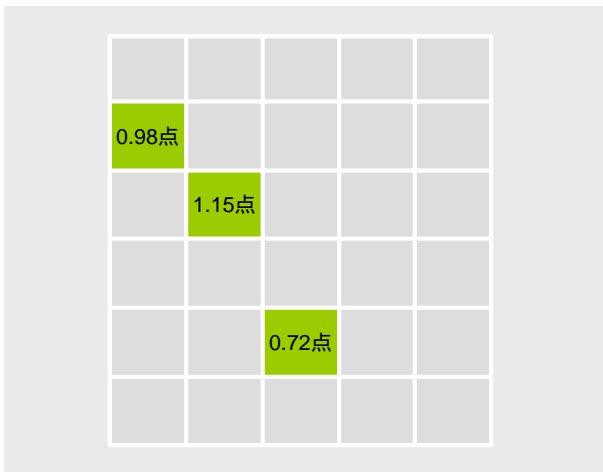


図6 ポテンシャルの考え方を応用した評価例(2)

ト2に隣接しているポイント1が0.98点となった。そして、1と2から離れている3が0.72点と最も低くなった。これにより、緑地間の近さや散らばりの程度を評価することが可能になる。

この手法は、樹林地の規模が地域の経済に及ぼす影響の分析など、外部経済効果の研究等に用いることができる。また、この手法では、人口の集中度合いもポイントごとに評価できるため、火災等の災害リスクの評価にも応用可能と考えられる。

このように、GISの今後の可能性として、距離計測やオーバーレイ、バッファといった分析からさらに発展し、GIS技術が進展してくことにより、分析技術が向上していくことが考えられる。

4. おわりに

本稿では、GISの概要及びこれまでの発展について概説し、筆者が提案してきた手法を含め、今後の可能性について紹介した。

リスクマネジメント分野では主に災害対策を目的としてGISの活用が行われてきた。しかしながら、これまでは地理情報のデータ管理のためのツールとしての側面が大きく、また分析も基本的なものにとどまっていた。

今後、コンピュータ技術の進展を活かした新たな分析手法の発展により、リスクマネジメント分野での活用の拡大が期待される。

参考文献

- 小林優介・安岡善文, 2006, 「樹林地ポテンシャル: 樹林地分布の分析手法」『地理情報システム学会講演論文集』15
- 村山祐司・柴崎亮介編, 2008, 『GISの理論』朝倉書店
- 岡部篤行, 2004, 「地理情報科学」地理情報システム学会編『地理情報科学事典』朝倉書店
- 貞広幸雄, 2003, 「可変単位地区問題」杉浦芳夫編『地理空間分析』朝倉書店
- Stewart, J.Q., 1947, "Empirical Mathematical Rules Concerning the Distribution and Equilibrium of Population," *Geographical Review*, 37.

執筆者紹介

小林 優介 Yusuke Kobayashi
 研究開発部 主任研究員
 専門はGIS, リモートセンシング, 環境評価, リスクマネジメント
 博士(工学)
 地理情報システム学会 正会員, 日本都市計画学会 正会員,
 日本造園学会 正会員