

# 空間統計学を活用した犯罪多発地区の分析

## 空間的自己相関を中心に

島田 貴仁

(科学警察研究所 犯罪予防研究室)

本発表では、科学警察研究所でこれまで行ってきた GIS (地理情報システム) を用いた犯罪の地理的分析の経緯と、最近取り組んでいる空間的自己相関を用いた犯罪多発地区の分析について報告します。空間統計学と銘打ってみたものの、私の立場は方法論者というよりはむしろエンドユーザに近く、興味を持って志向している程度の知識しかありません。その点先にお詫びとお断りをしておきます。

### 1. 背景

#### 1.1. 紙地図から GIS へ

われわれが犯罪・非行問題を論じる際には、ともすれば加害者の性格や生育歴、家庭環境といった要因に目を奪われがちである。しかし、犯罪現象の理解や警察実務においては、犯罪の地理的側面へのアプローチが比較的大きな位置を占めている。例えば、どこで犯罪が起きているか、どの地区の犯罪率が高いか、地区単位で集計した犯罪率に影響する要因は何か、といった問題意識である。

犯罪の地理的分析の歴史は長く、1920年代のアメリカ「シカゴ学派」や19世紀末ヨーロッパの「地図学派」にまで遡ることができる。ところが、その道具立ては紙地図にピンを刺すか、色分け地図を作るといった旧態依然としたもので、1) 扱えるデータ量にも限界がある、2) 再分析・再描画が不可能、3) プロットしたデータの検索、分類、集計が困難といった理由により、実証的な分析に耐えるとは言いがたい時代が長く続いていた。

しかし、GIS (地理情報システム, Fig1 参照) の普及がブレークスルーとなった。1990年代以降、欧米の警察機関では基幹業務システムに GIS を取り入れ、タイムリーかつ実証的に犯罪の地理的分析を行う「クライムマッピング」という動きが急速に普及している。その結果は、警察活動の効率化のため有効活用<sup>1</sup>されるのみならず、住民

<sup>1</sup> ニューヨークではジュリアーニ市長時代に犯罪を劇

による主体的な防犯活動を支援するために公開されている<sup>2</sup>。

また、連続事件の発生地点から犯人の居住地を推定する「地理的プロファイリング」と呼ばれる方法が開発され、犯罪捜査を支援するため用いられている<sup>3</sup>。

#### 1.2. 日本でのクライムマッピング研究

科学警察研究所犯罪予防研究室では、1994年から GIS を用いた犯罪の地理的分析に取り組んでいる。

とはいっても、当初は道具作りから始めなければならなかった。警察に限らず行政機関では、位置を「座標」ではなく「住所」で表現することが多い。この種のデータを GIS で扱うためには、間接的空間参照情報である住所を、直接的空間参照可能な情報 (例えば緯度経度など) に変換することが必要である。この技術は住所照合 (アドレスマッチングまたはアドレスジオコーディング) と呼ばれ、欧米では確立している。ところが、欧米と日本では住所表記のシステムが異なるため

---

的に減少させることに成功しましたが、この裏には COMPSTAT と呼ばれるシステムによる警察力の効率投入があったといわれています。

<sup>2</sup> WEB ベースで対話的に操作できるシステムとしては、Fig.2 に示したシカゴ市の Citizen's ICAM <http://12.17.79.6/> などが有名です。

<sup>3</sup> 詳しくは、Rossmo, D.K. 著、渡辺昭一監訳「地理的プロファイリング 凶悪犯罪者に迫る行動科学」北 大路書房を参照ください。

その仕組みを一から考える必要があった。われわれは、市区町村 - 町丁目 - 街区番号の階層性に注目した階層的住所照合を考案し、国土地理院刊の安価なデジタル地図である「数値地図 2500」に対応したプログラムを実装した(島田・原田,1997;原田・島田,1998;Fig3 参照)<sup>4</sup>。

現在、科警研には数百万件規模の犯罪発生地点に関するデータが蓄積されている。分析の際には用途に応じて ArcView8.2 や SIS5.2 といった複数の GIS ソフトウェア、S-Plus, SAS, SPSS など複数の統計ソフトウェアをそれぞれ使い分けている。またこれらのデータは 4<sup>th</sup> Dimension や PostgreSQL をエンジンとしてデータベース化され、わかりやすいユーザーインターフェイスで検索・抽出できるようになっている。

空間データとしては、数値地図 2500 のほか、ゼンリンや昭文社の大縮尺の電子住宅地図、東京都都市計画 GIS データ、国勢調査町丁目別集計データ、航空写真や衛星写真を整備している。

これまで、繁華街における暴行・傷害の発生地点のマッピング、ひたたくり多発地区の分析、構築環境要因と犯罪発生との関連分析等を行っている。

## 2. 空間統計分析への発展

### 2.1. ホットスポットの検出

GIS の普及により、犯罪発生地点に関するデータに、簡単に位置情報を加えることが可能になった。そこでは、単なるマッピングだけではなく、位置関係を扱う空間統計学に基づく分析が行われるようになった。

犯罪の地理的分析において、犯罪多発地区はホットスポット<sup>5</sup>と呼ばれ、研究、実務双方で特に興味の対象となっている。また、犯罪発生が増加するプロセスで、ホットスポットが出現し、空間

<sup>4</sup> 現在では、東京大学空間情報科学研究センター相良先生により、非常に使い勝手がよく、かつマッチ率も高いアドレスマッチングサービスが提供されています。  
<http://spat.csis.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/geocode.cgi>

<sup>5</sup> 日本で現在「ホットスポット」というと、無線 LAN が使える場所という意味ですが・・・

的な広がりを見せることは「伝播(Diffusion)」と呼ばれる。欧米では、都市の生態学的な視座に基づき、若者による殺人事件や、薬物や銃のマーケットの伝播が検証されている。

### 2.2. 犯罪密度地図

われわれは当初、プロットされた犯罪発生地点(点パターン)からホットスポットを検出するため、カーネル密度推定法<sup>6</sup>という方法を用いた。これは、点パターンに、グリッド(格子)をオーバーレイ(重ね合わせ)し、グリッド毎に犯罪発生密度を算出するもので、最終的には点パターンから犯罪発生密度を示すグリッド・サーフェス(Fig4 参照)が得られる。

この方法は、1)住所照合により生じた位置情報の誤差を吸収できる 2)個別の犯罪発生地点を表現することなく、地域の犯罪発生状況を視覚化できる といったメリットがある。その一方で、1)犯罪の種類や地区間での犯罪の空間パターンの比較や、2)値つきの点データや地域データ(例えば地区別の犯罪発生率など)の分析には向かないように思われた。

### 2.3. グローバルな空間的自己相関

空間パターンのクラスタリングの程度を定量的に評価する指標に、Moran's I や Geary's C といったグローバルな空間的自己相関の測度がある。

I はピアソンの相関係数同様-1.0 から 1.0 の間を取る。1 に近ければ空間パターンにクラスターが存在し(clustered), -1 に近ければちらばっている(dispersed)と判断することができる。

島田・原田・鈴木(2002)では首都圏のある市区の犯罪発生地点について Moran's I を算出し、多くの罪種の空間パターンに正の空間的自己相関を見いだしている。

### 2.4. ローカルな空間的自己相関

Moran's I に対しては、分析対象地域全体の

<sup>6</sup> これまで、ArcView Spatial Analyst や CrimeStat を主に用いてきましたが、S+SpatialStat では「核関数による平滑化」で可能です。

クラスタリングの程度を示すだけで局所的なクラスターは検出できないという批判も見られる (Getis&Ord,1992)。

これに対して Anselin(1995)はローカルな空間的自己相関指標 (Local Indicator of Spatial Autocorrelation, LISA) を提案している。

グローバルな Moran's I は対象地域全体でただ1つ算出されるのに対し、LISA は各観測地点での特異性を示す指標だといえる。

また、Messner& Anselin(1999)ではグローバル・ローカルな空間的自己相関による一連の分析を探索的空間データ解析(Exploratory Spatial Data Analysis)として用いている。この中で、ローカルな空間的自己相関を視覚化するため Moran Scatterplot がある観測地点における値  $x$  を  $x$  軸、空間的重み行列により重み付けした値 (すなわち周辺での値) lagged  $x$  を  $y$  軸においた散布図である。この散布図に各店の位置により、その地点における値と周辺の値との関係を判断する。犯罪の分析の場合には、Fig.5のような解釈がなされている。

### 3. S+ArcView による空間的自己相関分析

空間的自己相関の分析ができるソフトウェアには、筆者が知っている限り、S+Spatialstat, SpaceStat, CrimeStat がある。

SpaceStat は S+SpatialStat と同等の機能を有するが、コマンドベースでのみ動作し、地図の描画は他ソフトウェアに頼らねばならない。

なお、S+Spatialstat, SpaceStat とともに、ArcView3.X シリーズのエクステンションとして組み込むためのソフトウェアが別途提供されている<sup>7</sup>。

CrimeStat はフリーソフトウェアであり、ポイントデータ(犯罪発生地点を想定しているのだろう)の分析に特化している。ポリゴンデータは扱えないが、空間的自己相関、最近隣法やカーネル密度推定法といった基本的な空間分析手法に

加え、Journey to Crime Analysis など犯罪分析に特化した機能が提供されている。詳しくは島田(2002)を参照されたい。

#### 3.1. 起動

S+ArcView のエクステンションとして組み込まれることができる。「ファイル—エクステンション」から登録する (Fig.6)

#### 3.2. 空間重み行列の計算

最初に「Spatial Statistics」-「Spatial Neighbor」から空間重み行列 (Spatial Weight Matrix) を計算する (Fig.7)。

空間的重み行列を算出する方法はいくつかあり、この違いが計算結果に即反映する。S+ArcView では、ポリゴンが隣接しているかどうかを判定する First Order のほか、隣接関係と距離を組み合わせて判定する Adjusted First Order、高次の隣接関係を判定する Higher Order、距離による判定が用意されている。

このあたり、各統計ソフトウェアの個性が現れるところで、SpaceStat では辺の共有をみる Rook や頂点の共有をみる Queen を、CrimeStat では二点間の距離の逆数を用いている。

#### 3.3. 空間的自己相関の計算

空間的重み行列を計算すると、「Spatial Statistics」-「Spatial Autocorrelation」でグローバルな空間的自己相関を計算できる。計算結果はテキストファイルで出力される (Fig.8)。

また、「Spatial Statistics」-「Local Spatial Autocorrelation」で、LMoran を算出することができる。この計算結果は、既存のテーマと結合 (join) することで、即ち GIS 上で視覚化することができる (この設定は「Saved Result」のオプションで行う) (Fig.9)。

## 4. 犯罪研究での適用

### 4.1. 目的・方法

Fig に示すように、警察に認知された東京 23 区内での住宅対象の侵入事件 (強盗, 窃盗, 住居侵入) は 1996 年からの 5 年間で約 1.7 倍増加し, 1000 世帯あたりの発生率も 3.0 から 4.7 に上昇

<sup>7</sup> 現在のところ、ArcView 側の最新バージョンである 8.X には対応していません。ArcView の機能もよくなりつつあるので是非対応をお願いしたいところです。

した。この多くは金属片を鍵穴に挿し込み解錠する「ピッキング」によるものであり、図2に示すように、特に高層集合住宅での被害の増加が目立っている。

そこで、国勢調査データと警察統計データを用いて、町丁目単位で1000世帯あたりの被害率を算出し、空間的自己相関による分析を行った。

空間重み行列Wの算出には「First Order」または「Rookの定義」<sup>8</sup>を用いた。

#### 4.2. グローバルな空間的自己相関

世帯数、犯罪発生数、被害率についてグローバルなMoran's Iを算出したところ、犯罪発生数のみならず、被害率でも有意な正の空間的自己相関が見られた。住宅タイプ別にみると、世帯数・犯罪発生数では低層集合住宅でクラスタリングの程度がより高かった。一方、被害率をみると一戸建て住宅での空間的自己相関が顕著であった。

#### 4.3. 高層集合住宅での侵入事件の伝播

高層集合住宅の侵入被害率からLocal Moranを算出した。判定されたホットスポットは、96年から98年にかけては都心部分にとどまっていたが、99年には北西方向の郊外、00年には南東方向の郊外へと比較的短期間に移動した。これらはいずれも高層集合住宅が多く立地するという特徴を持っている。もちろん「高層集合住宅の侵入被害率」は、「高層集合住宅での侵入事件数」を「高層集合住宅に住む世帯数」で割った値なので、被害対象の数は統制されている。高層集合住宅が多い地区特有の防犯要因や、犯罪者の行動特性が注目される。

### 5. 終わりに

心理学の出身である筆者がGISによる犯罪分析という一種畑違いの分野に取り組むようになって数年がたった。最初は単なる「お絵かき」であったが、空間統計手法に発展するに至って、ようやくデータ分析というフィールドに戻ってき

たような感がある。

欧米では、犯罪学といった社会科学・行動科学の片隅の分野にまで空間統計手法が根付いている。日本でも現在、GISソフトウェアや空間データの價格的・技術的障壁は日々低くなりつつけている。将来、社会学者や行動科学者のような非専門家が、ごくあたりまえに空間統計手法を用いる時代が来る？かもしれない。

その際、S+ArcViewのような、GISソフトウェアと(空間)統計ソフトウェアとの相互運用性が高まることで、特にエンドユーザにとっては空間統計手法の敷居が下がると思われる。

### 参考文献

- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association -LISA., *Geographical Analysis.*, **27(2)**, 93-115.
- Getis, A., Ord, J.K. (1992) The analysis of spatial association by use of distance statistics, *Geographic Analysis*, **24**, 189-206.
- Messner, S.F., Anselin, F. (1999). The Spatial patterning of county homicide rates: an application of exploratory spatial data analysis, *Journal of Quantitative Criminology*, **15 (4)**, 423-450.
- 島田貴仁, 原田豊(1997), 地域安全情報システムのための住所照合ソフトウェアの設計, 科学警察研究所報告(防犯少年編), 38(2), 1-12.
- 島田貴仁, 鈴木護, 原田豊(2001): 犯罪発生地点の集中度の分析, 空間的自己相関を用いて, 日本行動計量学会第29回大会発表論文集
- 島田貴仁, 鈴木護, 原田豊(2002), Moran's I統計量による犯罪分布パターンの分析, GIS-理論と応用, 10(1), 49-57.
- 島田貴仁, 鈴木護, 原田豊(2002), CrimeStat2.0による空間的自己相関の分析, 地理情報システム学会大会論文集
- 島田貴仁, 鈴木護, 原田豊(2002), ローカルな空間的自己相関を用いた犯罪多発地区の分析, 日本行動計量学会第30回大会発表論文集, 2002.
- Shimada, T., Global Moran's I and Small Distance Adjustment: Spatial Pattern of Crime in Tokyo, In Levine, et. al., CrimeStat ver2.0, pp162, U.S. Department of Justice, 2002.

<sup>8</sup> この分野、ソフトウェアや成書の間で用語の相違が大きく混乱しやすいように思われる。筆者が定訳を見つけていないだけかもしれないが。