

# 3D-GIS 環境における時空間カーネル密度推定の視覚化

——京都市における公然わいせつ発生資料を事例に——

中 谷 友 樹

## I. はじめに

本稿では、犯罪発生などイベントの時空間的な集中を特定する時空間3次元密度分布を、汎用のGISソフトウェアであるArcGIS Pro環境において視覚化する手順を提案し、これを用いて京都市で発生した公然わいせつ事件の情報から、その時空間的な発生の特徴を整理する。

一般に犯罪の発生地点は地理的に不均等な分布を呈し、分布図を通して観察すると特定の地区に集中する傾向が認められる。このような犯罪発生の集中する箇所を、犯罪発生のホットスポット（犯罪ホットスポット）と呼び、これが成立する都市空間について、多様な研究がなされてきた<sup>1)</sup>。Shaw and McKay<sup>2)</sup>は、シカゴを対象とした社会地図研究を基礎に、少年非行の集中する地区の存在を、近代化に伴う都市空間の社会的構成と関連づけて議論した古典的研究である。日本でも、田中<sup>3)</sup>によって、大阪市を対象に、犯罪に関する新聞報道からみた社会病理と都市構造の関係が考察されている<sup>3)</sup>。このような犯罪ホットスポットへの着目は、都市空間の理解の上で有用であると同時に、警察資源の効率的な運用を可能とする点で、犯罪対策という実務に有用な分析的視点をもたらす。地理情報システム（GIS）の発展に伴う技術的な革新も経て、犯罪の発生状況のデータ管理とGISを利用したホットスポットの特定を犯罪対策と結びつけ、業務ルーティンとして組織的な運営する仕組みは、1990年代前半に米国ニューヨーク市で導入されたCompStatをその嚆矢とし、日本を含む各国・各地域の法執行機関へと普及してきた<sup>4)</sup>。

GISを利用した犯罪ホットスポットの特定には様々な方法があるが、中でもカーネル密度推定は、GISの普及以後に多用されるようになった空間分析手段の典型である<sup>5)</sup>。カーネル密度推定は、点分布から空間的に滑らかな密度分布面を推定する技法であり、犯罪発生の点分布の重なりがあっても、視覚的に犯罪の分布傾向を容易に把握できる。ただし、犯罪発生の集中は時間的に変化することも多く、時間帯や時期を変えて犯罪発生密度の分布図を作成すると犯罪ホットスポットの位置や広がり、しばしば変化する。これを確認する手段として、多時点の犯罪発生の分布図を比較する作業が行われる<sup>6)</sup>。しかし、分布図は犯罪ホットスポットの位置と広がりという地理的な特性の把握には向いているが、犯罪ホットスポットが特定の地区でどのような期間にわたって持続しているのかは判読し難い。その主たる理由は、分布図では時間軸方向に連続した分布を視覚的に確認できないためである。かかる問題の克服には、時間・空間の両次元をあわせて犯罪ホットスポットの連続的な広がりを確認する視覚化手段が有用である。そこで、時空の2次元に加え縦方向の次元を時間次元とする時空間3次元空間（時空間キューブ）を設定した上で、犯罪発生の時空間カーネル密度分布推定の結果を3次元的に視覚化する方法論が提案されてきた<sup>7)</sup>。

時空間カーネル密度推定の具体的な適用事例として、中谷・矢野<sup>8)</sup>は京都市のひったくり事件を対象にした犯罪ホットスポットの分析結果を示している。そこでは、継続的に犯罪発生の集中が続

く恒常的な犯罪ホットスポットとともに、一時的な期間のみ犯罪発生が集中が続く推移的ホットスポットの存在が識別され、さらに推移的ホットスポット間の関係から、犯罪の転移現象に関する新たな側面が推論されている。また、中谷<sup>9)</sup>は京都市で発生した強姦・強制わいせつ事件を対象とした、性犯罪発生の時空間分布を時空間カーネル密度で明らかにした上で、被害者の年齢・屋内外かの発生状況の違いに応じて当該犯罪の発生傾向と対策が異なることを論じている。本稿では、先行する性犯罪発生傾向の検討では、資料の不足等のために考慮しなかった公然わいせつ事件を対象に、その時空間的な分布傾向を検討する。

以下本稿では、IIにおいて、分析事例としてとりあげる京都市で発生した公然わいせつ事件データを解説し、続くIIIにおいて、時空間カーネル密度の技術的な解説を示す。IVにおいて、時空間カーネル密度を適用しGIS環境でこれを視覚化する手続きと公然わいせつ事件データを利用した結果を示し、Vにおいて本研究の成果を総括した上で、課題を提示する。

## II. 京都府防災・防犯情報メールに基づく公然わいせつ発生情報

公然わいせつとは、路上や公園など人目にふれる公の場所で、裸になる等のわいせつな行為に及んだ場合を対象とした性犯罪の1種である。京都府下での性犯罪の認知件数を2010年以降について観察すると、強姦・強制わいせつ・公然わいせつの合計では年間300件程度で、公然わいせつだけをみれば年間60件程度で推移している。刑法犯の認知件数全体が減少する中、性犯罪の認知件数はほぼ同水準で推移しており、認知件数全体に占める割合は増しつつある<sup>10)</sup>。

公然わいせつは、必ずしも特定の被害者に直接的な身体的被害を及ぼすとは限らないが、不審な行動や声かけ、追従等の行為を伴うこともあり、女性や子供を中心とした生活空間における犯罪不安を惹起する。なお、声かけ・追従を伴う事件には、より深刻な性犯罪の予兆的な事件が含まれると考えられ<sup>11)</sup>、これに関連する公然わいせつ事件については、発生の状況をふまえた予防措置が、より深刻な性犯罪の防止の観点からも求められる。

本研究では、京都府府民生活部防災・原子力安全課が運用している防災・防犯情報メール配信システムの「防犯情報メール」を利用し、2015年11月15日から2016年8月14日までの9ヶ月(40週間)の期間に配信された公然わいせつ事件情報の中から、京都市内で発生した125件を分析資料とした<sup>12)</sup>。防犯情報メールは、防犯上注意すべき事件について、発生場所、事件内容、注意すべき事項などを、携帯電話端末でのメール閲覧を目的として短いテキスト情報で配信する仕組みであり、公然わいせつの事件情報が多数含まれている(第1図)。なお、配信されるメール情報のタイトルに、「公然わいせつ」と明記されていることが多いが、「子供安全情報」など異なるタイトルで配信される事件の中に該当するものが含まれていることもあり、事件内容に基づいて該当する事件か否かを判断した。また、連続発生の場合など、1件のメールに複数の事件の情報が含まれている場合は、それぞれを別の事件として扱った。発生場所の住所情報は町丁字単位であり、これをジオコーディングして発生場所の経緯度を取得した。

この9ヶ月間の防犯情報メールから確認した京都市内での発生事件数は、京都府全域における年間の公然わいせつ認知件数よりも多い。犯罪認知件数に計上されているものは、事件性の明確なものに限定されているためと考えられる。一方、防犯情報メールによって配信されている情報は、通

## 公然わいせつ発生【XX区】

◆日時：XX月XX日午後9時20分頃

◆場所：XX区XXの路上

◆概要：女性が帰宅途中、男が柵に寄りかかって携帯電話を見ながら下半身を露出し触っていたのを目撃した。その後男は、自転車に乗って立ち去った。

◆男の特徴：小柄、短髪、赤色チェックシャツ着用

◎明るく人通りの多い道を通りましょう。

◎防犯ブザー等を携帯し、すぐに使えるように準備しておきましょう。

◎不審者に遭遇したら、すぐに110番通報又は警察署に通報してください。

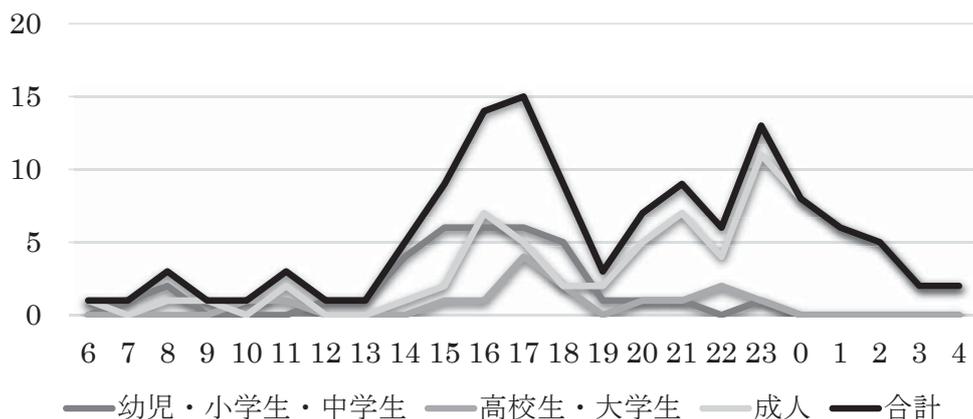
## 第1図 京都府防犯情報メールによる公然わいせつ発生情報の配信例

報された情報の中でも、京都府警察本部が防犯に資すると判断した内容に限定されているため、この点でも公然わいせつとして認知される事件全体とは完全に一致しない。特に、防犯情報メールによって配信された公然わいせつ事件の内容は、女性を対象として男性の単独犯が身体の一部あるいは全体を露出する不審な行動を行う点で、ほぼ一致している。そのため、本研究で扱う公然わいせつ事件は、この「露出行為」という類型に相当する内容に限定したものと理解してよい。この点で、より多様な内容を含み得る公然わいせつ事件の総体よりも、ここで利用する防犯情報メールに基づく情報の方が、より一貫した事件内容に基づく資料になっているものと考えられる。

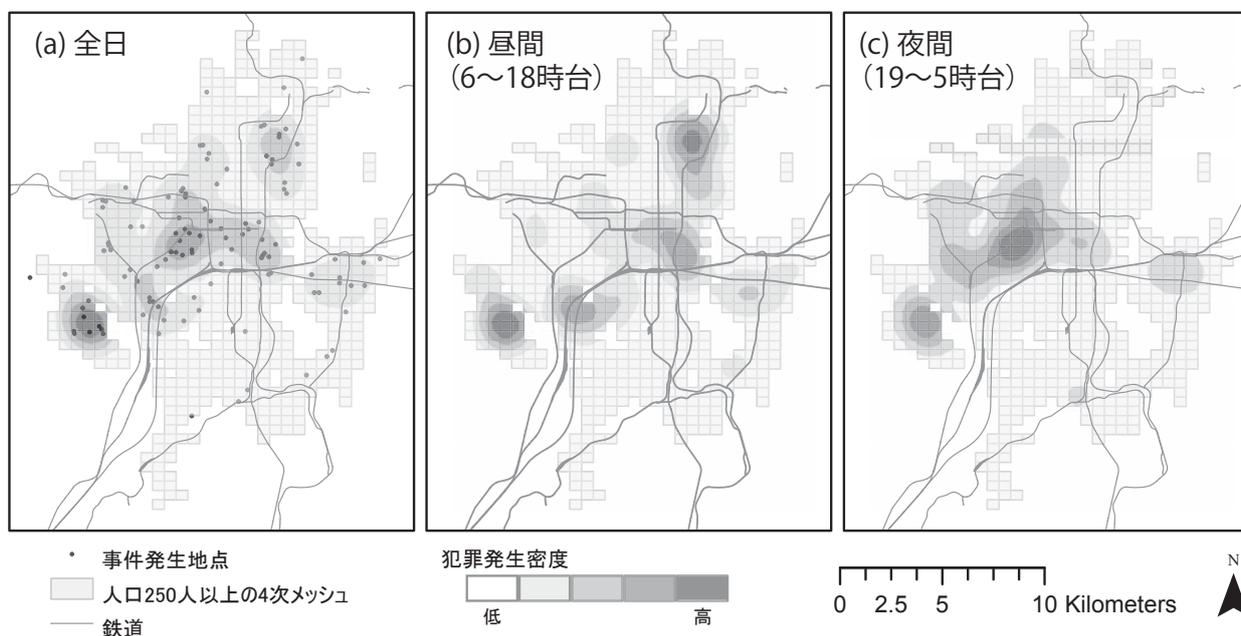
防犯情報メールに基づく発生場所の類型については、路上、歩道、バス停前や店舗・マンション前などの記述をあわせて路上での発生が106件(84.8%)と大半を占め、他に複数件の発生がみられたものに公園(7件:5.6%)、建物共有部分や店舗内、河川敷(それぞれ3件:2.4%)がある。犯罪の定義上、いずれも公的あるいは複数の居住者に共有される空間である。

被害者・目撃者の大半は女性(118件:94.4%)であり、男性による通報は1件のみである(その他6件については記載なし)。年齢層については、幼児・小・中学生が36件(28.8%)、高・大学生が15件(12.0%)、記載なしが74件(59.2%)であった。記載なしを「成人」とみなし、発生時間帯別の発生事件数を第2図に示した。全体としては、夕方の17時に発生のピーク(15件:12.0%)があり、いずれの年齢層でも夕方の時間帯での発生が多い。ただし、19時以降は「成人」が被害者・目撃者となる事件が大半を占め、全体の発生数で23時に第2のピーク(13件:10.4%)がみられる。

第3図は、バンド幅2kmのカーネル密度推定を用いて、研究資料である公然わいせつ事件の密度分布を示したものである。全体として、人通りの多い主要鉄道駅や祇園・四条河原町などの繁華街での発生は少なく、これらから1km程度離れた地区や、京都市街の外縁部にある住宅地での発生が多い。強姦・強制わいせつでも、被害者の年齢層に応じて時間帯別の犯罪発生動向は異なっており、先行する研究では被害者の年齢層別に犯罪ホットスポットを確認した<sup>13)</sup>。しかし、公然わいせつの場合、犯行者が意識する「わいせつ行為を見せる」対象(被害者)が明確に存在しない場合や、配信された発生情報にある目撃者が被害者と一致しない場合もあるため、ここでは発生時間帯を、昼間(6時から18時台)と夜間(19時から5時台)に区別して、犯罪発生密度の分布を示すに止めた。これによれば、対象地域の南西部(洛西ニュータウン周辺の地区)では昼夜間で共通するホットスポットの存在が認められるものの、他の箇所では昼間あるいは夜間に分かれてホットスポットが分布していることが分かる。



第2図 公然わいせつ事件の発生時間帯別に発生数  
京都府防犯情報メール（2015年11月15日～2016年8月14日）による



第3図 公然わいせつ事件の発生密度分布  
京都府防犯情報メール（2015年11月15日～2016年8月14日）による

### III. 時空間カーネル密度推定

2次元の位置座標を持つ点分布データに対するカーネル密度推定は、ArcGIS (ESRI社) など主要なGISソフトウェアに実装されている空間分析機能の1つであり、犯罪ホットスポットの確認を目的とした犯罪地図の作成にも多用されてきた。時空間カーネル密度推定は、これを拡張したものであり、時空間の3次元点データに対する密度面推定を行うものである。

ここで犯罪発生のような時空間上での点データについて、その座標を  $(x_p, y_p, t_i)$  によって定義する。ただし、 $i$  は個別の犯罪を識別する添字であり、 $(x_p, y_p)$  はその発生地理座標を示す2次元の平面座標、 $t_i$  を発生時間である。この時空間点分布を密度分布に変換する時空間カーネル密度の推定値は、以下の式によって定義される<sup>14)</sup>。

$$\hat{f}_p(x, y, t) = \frac{1}{nh_s^2 h_t} \sum_i K_s \left( \frac{x-x_i}{h_s}, \frac{y-y_i}{h_s} \right) K_t \left( \frac{t-t_i}{h_t} \right)$$

ここで  $\hat{f}_p(x, y, t)$  は時空間座標  $(x, y, t)$  の (相対) 密度の推定値である。  $K_s$  および  $K_t$  は地理次元、空間次元に対するカーネル関数、  $h_s$  および  $h_t$  はそれぞれのカーネル関数のバンド幅パラメーター、  $n$  は犯罪発生地点数である。ただし、時空間分析では右辺分母の  $n$  を省略し、単位面積・単位時間あたりの犯罪発生密度  $\hat{f}_{d1}$  を利用することが一般的である。

$$\hat{f}_{d1}(x, y, t) = \frac{1}{h_s^2 h_t} \sum_i K_s \left( \frac{x-x_i}{h_s}, \frac{y-y_i}{h_s} \right) K_t \left( \frac{t-t_i}{h_t} \right)$$

カーネル関数としては多様な関数を利用できるが、ここでは先行研究と同様に、イパネクニコフ関数を利用する<sup>15)</sup>。

$$K_s(u, v) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} (1 - (u^2 + v^2)) & (u^2 + v^2) < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$K_t(w) = \begin{cases} \frac{3}{4} (1 - w^2) & w^2 < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

バンド幅  $h_s$  および  $h_t$  は、密度計算を行う時空間的な近傍の範囲を定義し、値が大きいほど近傍範囲は拡大し、得られる分布密度は滑らかに変化する。

なお、時間軸を1日の時間とみなす場合には、時間座標が24時間周期で同じ位置となる点を考慮したカーネル関数を利用する。ここでは、 $t$  を24時間単位の時間変数として、1日の時間帯別発生に関するカーネル密度  $\hat{f}_{d2}$  を、以下のように定義した。

$$\hat{f}_{d2}(x, y, t) = \frac{1}{h_s^2 h_t} \sum_i K_s \left( \frac{x-x_i}{h_s}, \frac{y-y_i}{h_s} \right) K_t \left( \frac{\|t-t_i\|}{h_t} \right)$$

$$\|t-t_i\| \equiv \min[|t-t_i|, |t+24-t_i|, |t-24-t_i|]$$

バンド幅について、利用可能なデータに基づいて統計学的に最適な数値を定義することも可能だが、犯罪地図の作成では、問題としたい集積の空間スケールを考慮した経験的なバンド幅の決定がなされることが多い。

#### IV. ArcGIS Pro 環境における公然わいせつ時空間カーネル密度の視覚化

現在、もっとも学術分野で普及している GIS ソフトウェアである ESRI 社の ArcGIS 製品群には、GIS データの鳥瞰図的視覚化を可能とする 3D-GIS 環境として、ArcScene、ArcGlobe、ArcPro の3つのアプリケーションが含まれている。これらでは、時間座標を高さ情報に指定することで、3D-GIS 環境の描画領域を時空間の3次元領域(時空間キューブ)とみなすことが可能となる。いずれの環境でも、犯罪発生の時空間座標を基に、犯罪発生の時空間3次元散布図は容易に描画できる。ただし、3次元空間の点分布では視覚的な分布傾向の把握が難しい。

前章で解説した時空間カーネル密度推定は、時空間キューブ内を適当な間隔 ( $\Delta x, \Delta y, \Delta t$ ) で区

切った格子の各点において実施し、その結果を適当な視覚化環境において表示すればよい。本研究では、経度・緯度・時間方向を $f$ 、それぞれ50区間に分割する間隔をもって格子点を作成した。ただし、すべての時空間領域で $f$ の数値が定義されているが、密度が著しく小さい領域は表示する必要がないと考えられるため、事前に密度推定値が著しく低い領域は、密度推定値を記録していない。

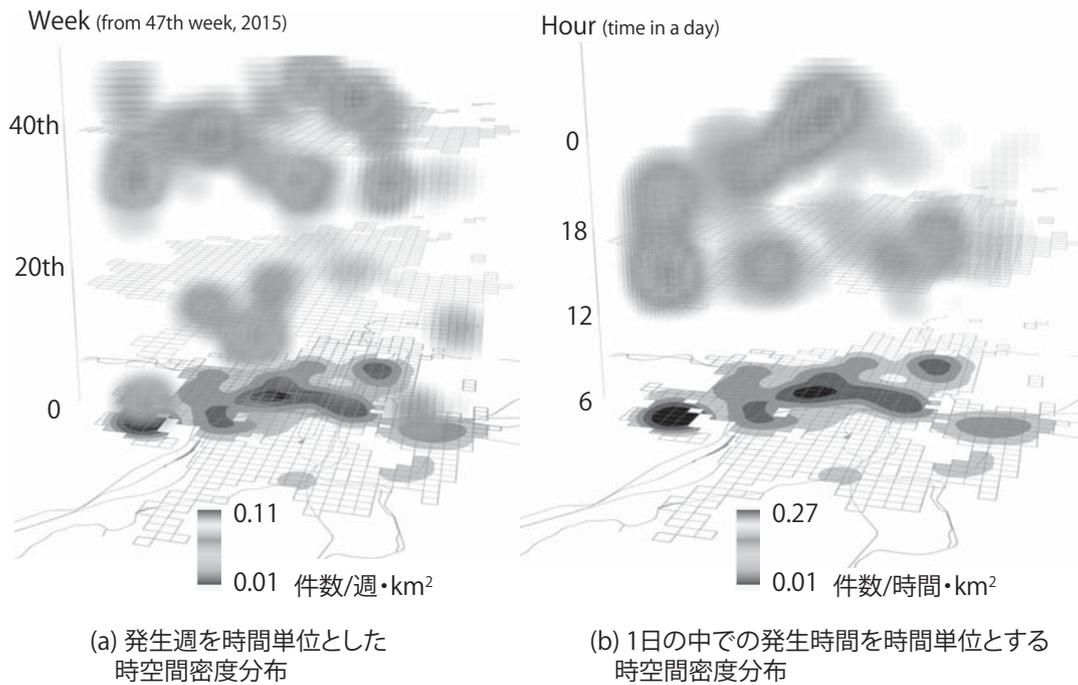
カーネル密度推定の結果は、時空間の位置座標と犯罪発生密度をあわせて4次元の量 $(x, y, t, f)$ である。この結果、通常のコロプレスマップのように $f$ の数値を階級区分して表示する色を指定すると、時空間キューブの各方向からみた外側の領域しか確認できない。そのため、時空間領域内部の密度の高低に関する分布傾向を視覚化するために、先行研究では、人体内部の断層撮影データの視覚化を目的に開発されたボリューム・レンダリング(レイ・トレーシング)技法を適用した。これは、密度値を区分した色とともに、密度の低い領域ほど透過度を高く設定し、かつ仮想的な光源に基づいた陰影・反射値を各ボクセルに付与することで、3次元の密度分布を視覚化する技法である。この技法では、立体感をつけた表現によって、密度の低い領域を通した、密度の高い領域の分布が描かれ、全体的な時空間密度分布パターンの把握に適している。

ここで利用する ArcGIS Pro の 3D-GIS の視覚化環境では、本格的なボリューム・レンダリングのための演算機能をもたないが、表示する地理的フィーチャの属性値に応じて透過度を設定することが可能であり、密度推定値を利用した3次元シンボルの透過処理によって、疑似的にボリューム・レンダリングに類似した効果を達成できる。より具体的には(1)外部プログラムを利用し、犯罪発生座標データから、時空間密度推定を行い、(2)これを ArcGIS Pro 内で、3次元ポイント・フィーチャに変換し、高さ方向の倍率を適当に調整して表示する(ここでは週単位の場合400倍に、時間単位の場合600倍に設定している)。さらに(3)作成した3次元ポイント・フィーチャのシンボル設定について、3次元シンボル(立方体の描画速度が速い)を指定し、「シンボル」設定で、「ストレッチ」設定による色配置と、「属性値を利用した設定」の「透過度」設定で、密度推定値に応じた透過度を指定する。経験的に、低い密度領域(おおよそ平均以下)の透過度を100%(完全な透過)、一定以上の高い密度領域では透過度を70~80%程度に設定(中間の密度領域の透過度は自動的に補間設定される)すると、判読しやすい結果がえられる。

第4図は、時間軸の単位を発生週とした場合と1日の中での発生時間とした場合とで、公然わいせつの時空間密度推定を上記の手順で視覚化した結果である。なお、データ件数の少なさを考慮して、バンド幅はやや大きめの値とし、空間バンド幅を2km( $h_s = 2000$  m)、時間バンド幅を発生週の密度推定では4週間( $h_t = 4$  週)、発生時間の密度推定では3時間( $h_t = 3$  時間)に設定した。また、この図では、発生密度に関して設定されている色情報が、グレーカラースケールに変換されているため、厳密な密度の高低を判断することは困難だが、雲状に示される領域が相対的に高密度の領域であり、その中心的な部分にある最も濃い部分が最高密度の事件発生領域に対応する。

第4図(a)をみると、公然わいせつの発生については、犯罪発生が長期間続く恒常的なホットスポットはみられず、一時的に複数件の事件が集中する推移的なホットスポットが複数観察される。ただし、発生時期が異なる複数回のホットスポットが認められる住宅地もあり、こうした地区では、継続した予防的措置や注意喚起がとくに求められる。

第4図(b)は、昼間と夜間に区分して描いた2次元の密度分布図(第3図)よりも、地区別の時間帯別発生状況の詳細な違いを明らかにする。多くのホットスポットは、夕方の時間帯に発生しているが、洛西ニュータウン地区では夕方から午後10時頃まで発生が続くこと、またより市街の中心



第4図 公然わいせつ事件の時空間密度分布

京都府防犯情報メール（2015年11月15日～2016年8月14日）による

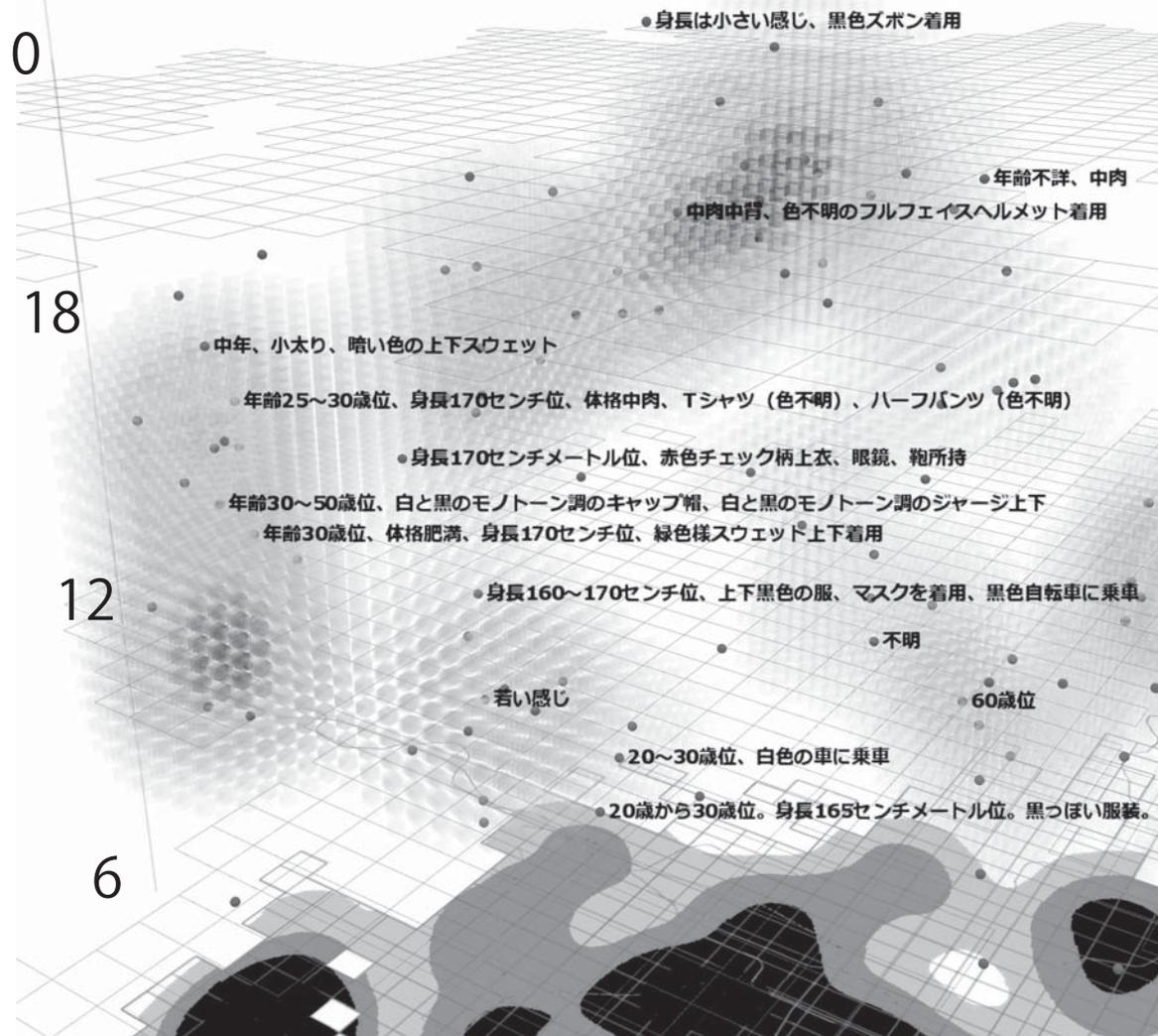
部付近に目を移すと、例外的に深夜にまで及ぶホットスポット（阪急西院駅周辺）の存在を確認できる。

3D-GIS 環境では、この時空間密度分布に加えて、各種の GIS レイヤを重ねて対話的に分析データの内容を確認できる。防犯情報メールには、公然わいせつ犯の特徴も記述されており、第5図は、第4図 (b) の一部領域を拡大して、各事件の発生時空間座標に各事件を起こした人物の特徴に関する記述をテキスト表示したものである。同じ時間帯・地区で認められるホットスポットであっても、記述内容の違いから、偶発的な1人の人物の繰り返し犯行ではなく、複数の犯人によって成立していることが窺える。公然わいせつへの予防的措置については、被疑者への聞き取りからは犯行場所の特徴が捉えにくいいため、犯行に及ぶ人物の内面的な対策の重要性が指摘されてきた<sup>19)</sup>。しかし、複数の犯行者がホットスポットを形成するとすれば、他の性犯罪と同様に、地理的・時間的狀況に応じた犯罪リスクの差違についても検討する必要性が示唆される。

## V. おわりに

近年では、標高に相当する高さ方向の次元をもった3次元の GIS レイヤの管理、視覚化、分析を可能とする 3D GIS が普及しており、時間地理学のダイアグラムを通して知られるような時空間情報の3次元的な視覚化も可能となった<sup>20)</sup>。そこで、本稿では時空間カーネル密度推定の結果を、3D-GIS 環境 (ESRI 社の GIS 製品である ArcGIS Pro 1.2) を利用して視覚化する有効性を検討した。京都市で発生した公然わいせつ事件を提案した手法により検討したところ、以下の諸点が明らかとなった。(1) 公然わいせつの犯罪ホットスポットは住宅地を中心に、すべて短期間持続する推移的

Hour (time in a day)



第5図 公然わいせつ事件の犯人に関する記述の時空間分布  
 京都府防犯情報メール（2015年11月15日～2016年8月14日）による

ホットスポットであること、(2) ホットスポットの地区に応じて、発生時間帯の違いが認められること、(3) 犯人に関する情報からは同一地区のホットスポットでも、複数の犯人による活動が示唆されること。これらから、公然わいせつについても、発生リスクに関する時空間的な状況の違いがあり、今後、その内容を具体的な空間構成や空間利用の状況とあわせて精査する必要性が示された。

この京都市における公然わいせつ事件の検討事例を通して明らかなように、時空間のカーネル密度推定は、現有の3D-GIS環境でも効果的な視覚化が可能であることが明らかになった。これまでは時空間カーネル密度を視覚化するためにVoxler (Golden Software Inc.) などのボリューム・レンダリング専用ソフトウェアを利用したが、そうしたソフトウェアは、GISユーザに普及したツールではない。また、他のGISレイヤとあわせた情報の視覚化や対話的確認、GISデータ処理の適用、統一したデータ管理の点で、GIS環境下で必要な情報の視覚化が可能である状況が望ましい。本研究では、時空間カーネル密度の計算は外部プログラムで実施しているが、今後は、これをGIS環境

内部で呼び出し可能な機能として実装する予定である。

また、近年の GIS 環境ではウェブを介したデータ共有の仕組みが発達しており、時空間 3 次元領域における時空間カーネル密度分布図の共有方法も、検討すべき課題である。3 次元領域の視覚化では、ボリューム・レンダリングによっても死角となる領域の発生は避けられず、1 つの視点からでは全空間領域の状態を俯瞰できない。そのため、視点を変えながら密度分布を把握する対話的な視覚化環境を共有する意義は大きい。さらに、時空間のカーネル密度に、人の時空間移動のパスを重ね合わせて、犯罪ホットスポット領域に重なるパスの抽出や累積的なリスク計算など、GIS 環境での 3D データ処理を拡張すれば、時空間データ解析に関する新たな環境として、その有用性を高められる。そのような 3D-GIS による 3 次元的な時空間データの処理体系は未発達な領域であり、その充実、犯罪データの時空間イベントに限らず、疫学データ解析など様々な研究領域における時空間分析の高度化に寄与するものと期待される。

#### 付記

河角龍典氏とは、地中に埋もれる遺跡の深さと時間との関係や過去の景観復原に関する GIS の利用法など、3D-GIS をはじめとする地理情報科学の新たな可能性について、折にふれ貴重な意見を頂いた。急逝されるまで、長く研究スペースを共有しながら、その豊かな発想力と真摯な研究姿勢から多くの刺激を頂いたことを深く感謝し、心からのご冥福をお祈り申し上げる。本研究の実施にあたっては JSPS 科研費 15H02964 の助成を一部利用した。

#### 注

- 1) 中谷友樹「犯罪予防に GIS を活かす」、地理 61-4、2016、42-49 頁。
- 2) Shaw, C.R. and McKay, H.D.: *Juvenile Delinquency and Urban Areas*, University of Chicago Press, 1942, 451p.
- 3) 田中和子「大阪市の犯罪発生パターン－都市構造と関連づけて－」、人文地理 36-2、1984、97-110 頁。
- 4) 前掲 1)。
- 5) Chainey, S. and Ratcliffe, J.: *GIS and Crime Mapping*. John Wiley & Sons, 2005, 428 p.
- 6) Shimada, T.: Spatial diffusion of residential burglaries in Tokyo: using exploratory spatial data analysis. *Behaviormetrika*, 31-2, 2004, pp. 169-181.
- 7) ① Brunson, C., Corcoran, J. and Higgs, G.: Visualising space and time in crime patterns: A comparison of methods. *Computers, Environment and Urban Systems* 31-1, 2007, pp. 52-75. ② 中谷友樹・矢野桂司「犯罪発生の時空間 3 次元地図－ひたたくり犯罪の時空間集積の可視化－」、地学雑誌 117-2、2008、506-521 頁。③ Nakaya, T. and Yano, K.: Visualising Crime Clusters in a Space-time Cube: An Exploratory Data-analysis Approach Using Space-time Kernel Density Estimation and Scan Statistics. *Transactions in GIS* 14-3, 2010, pp. 223-239.
- 8) 前掲 7) ①, ②。
- 9) 中谷友樹「京都市内で認知された強姦・強制わいせつ事件の時空間的集中と近接反復被害」(京都府警察犯罪抑止対策調査研究会『性犯罪対策研究部会報告書 性犯罪の現状を踏まえて(資料編)』、京都府警察、2015、所収)、34-45 頁。
- 10) 京都府警察犯罪抑止対策調査研究会『性犯罪対策研究部会報告書 性犯罪の現状を踏まえて(本編)』、京都府警察、60 頁。
- 11) 菊池城治・雨宮護・島田貴仁・齊藤知範・原田豊「声かけなどの不審者遭遇情報と性犯罪の時空間的近接性の分析」、犯罪社会学研究 34、2009、150-162 頁。
- 12) 京都府警察「地域の身近な犯罪発生情報を配信している防災・防犯情報メールに登録しませんか！」

[http://www.pref.kyoto.jp/fukei/anzen/seiki\\_t/mail/](http://www.pref.kyoto.jp/fukei/anzen/seiki_t/mail/) (2016年8月28日閲覧)

- 13) 前掲 9)。
- 14) 前掲 7)。
- 15) 前掲 7) ②, ③。
- 16) 前掲 7) ①。
- 17) 前掲 5)。
- 18) 前掲 7) ②, ③。
- 19) 島田貴仁「性犯罪の実態調査と問題解決型犯罪対策」京都府警察犯罪抑止対策調査研究会『性犯罪対策研究部会報告書 性犯罪の現状を踏まえて (資料編)』, 京都府警察, pp. 15-34.
- 20) ① Kwan, M-P. Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: A methodological exploration with a large data set. *Transportation Research C* 8, 2000, pp. 185-203. ② Nakaya, T. (2013): Analytical data transformations in space-time region: three stories of space-time cube, *Annals of the Association of American Geographers* 103-5, 2013, pp. 1100-1106.

(本学文学部教授)