

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22760457

研究課題名（和文）

空間的因子からみた侵入犯罪と街頭犯罪の関連性の分析と数理的設計手法への展開

研究課題名（英文）Analysis on the relationship between invasion crime and street crime, and expansion to algorithmic design of build environments

研究代表者

瀧澤 重志（TAKIZAWA ATSUSHI）

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：40304133

研究成果の概要（和文）：

本研究では、京都市伏見区中心部を対象地域として、侵入犯罪と街頭犯罪の発生場所の空間的特徴の関連性を明らかにし、さらに、防犯環境設計のアルゴリズム・デザイン手法に関する基礎的検討を行った。分析の結果、対象地域でそれぞれの犯罪発生を左右する大きな要因は海拔であり、それが低い場所では空き巣の発生密度が低いことがわかった。また推定歩行者数が少ないと空き巣の発生密度が低いことがわかった。ひったくりを対象として建物用途の割り当ての最適化手法の開発を行った結果、犯罪発生地区で見られた事業所等の非住宅系の建物の場所に個人家屋を中心とする住宅系建物が配置される結果となった。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we examined the relationship of spatial characteristics between invasion crime spots and street crime ones in Fushimi ward of Kyoto City. We also researched the basic algorithmic design method for crime prevention thorough environment design. Main results of this research are as follows. The major factor which influences each criminal occurrence in this area is altitude, i.e. as altitude increases, the invasion crime rate tends to be lower. Moreover, the invasion crime rate tends to be lower if the number of estimated pedestrians there is low. We did the optimization that minimizes the spatial emerging pattern on bag-snatching by replacing building usages. Lots which were previously occupied with commercial buildings change to be occupied with individual residences.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2010 年度 | 2,000,000 | 600,000 | 2,600,000 |
| 2011 年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 2012 年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,200,000 | 960,000 | 4,160,000 |

研究分野：国学

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：街頭犯罪，侵入犯罪，空間情報解析，データマイニング，アルゴリズム・デザイン

1. 研究開始当初の背景

全国の刑法犯罪認知件数は、1998年には約203万件だったのが2002年には285万件を超え、その後は減少しつつも依然として高い水準で推移している。刑法犯罪の中で街頭犯罪に分類される、ひったくり、強盗、自動車盗などの発生件数は刑法犯罪全体の半数程度を占めており、市民生活に大きな影響を与えている。また、建物への侵入犯罪も年間30万件近く起きており、強盗など凶悪化が進んでいる。

このような状況に対し、犯罪発生は犯罪を誘発する環境にも原因があるとする機会論が犯罪抑止の観点から注目され、環境犯罪学やCPTEDとして今日に至っている。またGISの普及とともに犯罪多発地区の統計的推定が1990年代から欧米で始まり、地理学的な見地からの犯罪多発地区の分析や、犯罪危険地域を広く一般に知らしめる活動が行われてきた。CPTEDの主要概念として、対象の強化、監視性、領域性などが提唱されているが、これらの概念は仮説から導き出されたものであるため、定量的な研究の必要性が叫ばれている。特に、監視性や領域性は空間の可視性と密接に関わっており、Space Syntaxと呼ばれる視覚や動線に基づく空間分析手法を用いた検証が行われている。日本では、欧米と比較して犯罪が少なかったことや、犯罪データの情報化や公開が遅れたことなどから、この分野の研究者は限られていた。しかし近年、犯罪情報のデータベース化と犯罪発生マップの公開、凶悪犯罪の発生などから、CPTEDに関心を有する研究者が増加しており、日本建築学会、日本都市計画学会、地理情報システム学会などで研究発表がなされている。

国内の研究を概観すると、得られるデータの限界からか犯罪不安感や街頭犯罪に関する研究が多く、侵入犯罪に関する研究は、顧客の住宅の侵入犯罪の情報が得られる住宅メーカー等に限定されている。また、空間構成を扱った研究では、Space Syntaxの一般的な手法が用いられることが多く、防犯に対して適切な分析方法であるかについては議論の余地がある。まして本研究が目的とする街頭犯罪と侵入犯罪の関係については、殆ど研究蓄積がないのが現状である。

申請者はH17年に京都府警察本部の協力を得て、京都市西京区を対象とした車両系犯罪の空間分析を開始し、中高層住宅地の洛西ニュータウンで監視性を中心とした属性で説明力の高いモデルを作ることができた。次に、京都市伏見区を対象としたひったくりの空間分析を行い、駅からの距離、推定歩行者数、壁面監視量などの属性の組み合わせで、

犯罪発生をよい精度で説明することを示し、第7回日本都市計画学会関西支部研究発表会で奨励賞を受賞した。さらに、防犯パトロール経路の最適化に関する研究も行っている。また、画像解析、データマイニング、空間最適化、都市シミュレーションなど、情報数理技術を建築・都市計画分野に適用する研究を行い、数理的な分析能力を培ってきた。また現在、日本建築学会の複雑系の数理科学とアルゴリズム・デザイン小委員会に所属し、前身の小委員会では、建築・都市空間をコンピュータープログラムにより設計・最適化する、アルゴリズム・デザイン(AD)と呼ばれる、新しい設計方法論に関する専門書を出版した。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの一連の街頭犯罪の空間分析の知見と数理的な解析技術を融合させ、未だ分析が十分ではない侵入犯罪に着目し、それとひったくり等の街頭犯罪の発生場所の空間的特徴の関連性を明らかにし、その分析の知見を生かして、住宅地の計画に関するアルゴリズム・デザイン手法に関する基礎的検討を行う。以下にその概要を示す。

(1) 京都市における最近の侵入犯罪と街頭犯罪の発生傾向の把握
高度な分析を行う前に、最近2年間の犯罪マップの情報を整理し、京都市で侵入犯罪と街頭犯罪がどのような場所で起きているかを確認する。

(2) 研究に必要な侵入犯罪発生場所の推定手法の開発

一般には公開されることがない侵入犯罪の発生場所を、発生点の数が与えられた際に、各点の周囲にできるカーネル密度推定法による犯罪発生密度分布のデータとの誤差を最小化する数理計画問題として定式化して推定する。元データが画像の離散的なデータなので、それをスムージングして連続空間の最適化問題として定式化するか、離散的な問題として整数計画法などで解き、それらの精度を比較する。ただし対象地域内の正確な発生件数を知るのには難しいので、今回は、発生件数の数のある程度の範囲で変化させて、最も精度の良い結果を使用する。

(3) 侵入犯罪と街頭犯罪の発生場所の特徴の関係性の分析

侵入犯罪と街頭犯罪の発生場所の空間的属性として、両者に共通するもの、片方にしか現れないもの、両方に現れないものを、相関ルールの離散的なパターン等として抽出し、パターンの結び付きをグラフ表現により可視化するとともに、調査対象地区内のパターンの分布や判別分析の予測結果をマップ表現す

ることで、対象地区内の空間的特徴を比較分析する。

(4) 宅地計画への数理的なアルゴリズム・デザイン手法の基礎的検討

上記の分析結果を踏まえ、さらに過去に行った室配置問題や街区形状の生成手法の研究を元に、CPTED に配慮した住宅地計画を対象とした AD 手法に関する基礎的な検討を行う。住宅地の計画は街区計画と住宅配置の 2 段階でなされるが、それらを同時に考慮するプリミティブな配置モデルを考え、監視性や領域性に関して(3)で得られた結果をもとに目的関数を設定し、メタ・ヒューリスティクスを用いた近似的な最適化手法を適用した基礎的な配置モデルを開発する。

3. 研究の方法

(1) 犯罪マップ画像の加工と集計

申請者は京都府警察本部ホームページにある京都府内全ての犯罪マップのデータを過去 2 年以上蓄積しており、そのデータを用いて以降の分析に必要な基礎データを構築する。(2)と(3)の分析の為に、地図画像から四半期毎の犯罪マップを用いて、犯罪発生地点と犯罪発生密度のデータだけを、画像処理ソフトや画像解析プログラムにより抽出する。そして、(2)のために、抽出された犯罪発生密度の地図を重ね合わせ、罪種別に過去の犯罪発生密度の総和をもとめて可視化する。

(2) 対象地域の選定

都市構造が大きく異なること、詳細なデータ作成の労力、データ購入の経済的な制約条件、統計的な有意性の確保などいろいろな要因を考慮して、最大 2km 四方程度の範囲内で、街頭犯罪と侵入犯罪が両方起こっている場所、どちらか片方だけ起こっている場所、両者とも起こらない場所の 4 つの異なる傾向が見られる範囲を、(1)で可視化した画像から選定する。

(3) 侵入犯罪発生地点の推定手法の開発

(1)で構築した画像データを用いて、犯罪発生場所が示されている街頭犯罪データからカーネル密度関数のパラメータ推定を行う。さらに、対象地域が含まれる区の過去の月ごとの侵入犯罪発生件数のデータを入手する。推定手法は、月ごとの侵入犯罪の犯罪密度と発生点の数が与えられたときに、データの発生密度と最も良く整合する犯罪発生密度をもたらし、複数の犯罪発生点の位置を求める問題として定式化できる。この問題の解を、文献 12 などで行った非線形計画法や整数計画法等により求め、侵入犯罪の推定発生場所のデータを構築する。

(4) GIS データの整備

空間データ基盤、国勢調査データ、住宅地図、土地利用データ、標高データ、交通セン

サスデータ、商業統計データなどを用いて GIS データを構築する。また従来研究同様、GPS を利用した対象地域の連続的な夜間照度測定を行い、分析用データとする。

(5) 建物ファサード等のデータ整備

市販の建物ファサード画像データベースを購入し、対象地域内の道路に面した建物等について、開口や塀などの遮蔽物の情報を確認し、構築した GIS データの壁面情報等に用いる。

(6) 監視性・領域性モデルの拡張

2 次元平面の空間の可視性を評価するモデルは研究開発が進み、建物壁面単位で開口量などの属性を考慮したモデルにより、任意の地点の開放性と壁面から受ける監視性の度合いを幾何的に厳密に評価する事が可能になった。本研究ではこのモデルを改良し、まだ不十分な空間の領域性が厳密に扱えるように拡張する。ここでは、視点の周囲にある壁面の偏りと壁面の連続性から、視点から見た閉じた領域の大きさを計算することで領域性をモデル化することができると考えている。また、3 次元空間への対応をはかり、高さ方向の変化を考慮した指標に発展させるとともに、侵入犯罪を考慮して、細くて見通しの悪い隙間などを評価できる指標を開発する。

(7) 道路上の歩行者推定アルゴリズムの見直し

従来用いていた歩行者推定アルゴリズムを見直し、近年防災計画分野で開発されている都市内滞留者の時空間推定モデルを参考に、より現実的な歩行者数の推定アルゴリズムを実装し、犯罪発生と密接に関連する道路上の推定歩行者数をデータ化する。また、街路の連結性や階層性等、犯人の逃走に関わる形態的な特徴を、地利値の研究等を参考にし抽出する。

(8) 犯罪種類による空間的特徴の相違点の抽出と可視化

構築したデータに対して、相関分析、CAEP による判別分析、順序ロジスティック回帰分析などを適用し、侵入犯罪と街頭犯罪の多発地域に共通する特徴、片方に見られる特徴、犯罪が起こらない場所の特徴などを明らかにし比較するとともに、空間的特徴の分布や犯罪発生確率を求め、その分布マップを作成する。

(9) CPTED に配慮した住宅地計画へのアルゴリズム・デザイン手法の基礎的検討

以上から得られた知見に基づき、CPTED に配慮した住宅地計画を対象とした AD 手法に関する基礎的な検討を行う。街区計画と住宅配置を同時に考慮した、できるだけ単純な配置モデルを単位空間モデルなどで定義し、監視性や領域性に関する空間属性パターンから連続的な目的関数を設定し、遺伝的アルゴリ

ズムなどの既存のライブラリを用いてソフトウェアを開発し、実験する。

4. 研究成果

初年度は、対象地域の選定、犯罪発生マップの整理、カーネル密度推定画像からのイベント発生点の逆推定手法に関して研究を行った。対象地域の選定のポイントとしては、都市構造が大きく異なることや、統計的な有意性の確保、犯罪発生分布の多様性などいろいろな要因を考慮して、京都市伏見区中心部を対象地域とした。それに併せて対象地域に必要なGISデータの整備と、ひたたくりに関する基礎的な解析を行った。

申請者は京都府警察本部ホームページにある京都府内全ての犯罪マップのデータを過去2年以上蓄積しており、そのデータを用いて以降の分析に必要な基礎データを構築した。地図画像から四半期毎の犯罪マップを用いて、犯罪発生地点と犯罪発生密度のデータだけを、画像処理ソフトや画像解析プログラムにより抽出した。そして、抽出された犯罪発生密度の地図を重ね合わせ、罪種別に過去の犯罪発生密度の総和をもとめて可視化を行った。

整理した画像データを用いて、犯罪発生場所が示されている街頭犯罪データからカーネル密度関数のイベント点とパラメータ推定を行う手法を研究した。推定手法は、侵入犯罪の犯罪密度と発生点の数が与えられたときに、データの発生密度と最も良く整合する犯罪発生密度をもたらす、複数の犯罪発生点の位置を求める問題として定式化できた。この問題を、非線形計画法とメタヒューリスティクスの二つを用いて解き、点数が25点程度までであれば、実際のイベント点の発生位置にかなり近い推定を行うことができることを確認した。

次年度は、当初の研究計画には入れていなかったが、別の関連研究で対象地域の高精度な空間データを入手することができたため、研究を補強するために、それを用いて対象地域内の自然監視性に関して塀や遮蔽物などの存在を暗黙的に考慮したモデルを新たに構築した。このデータは実際の空間の3次元形状を忠実に計測したものであり、3次元の離散空間モデルとして高速に処理することで、細い路地などの空間的特徴などを考慮できる。また、対象地域に特徴的な地形データが犯罪発生に密接に関連していることが判明したため、それをモデル化し、さらに侵入犯罪を考慮して、新たに国勢調査のデータを導入するなど、分析用のデータの拡充を行った。

分析手法の改良として、これまでのひたたくり発生点の周囲を固定的に潜在的犯罪発生点に含める手法を改め、各クラスの判別精

度が高くなるような半教師型の学習手法を提案し、その有効性を確認した。

さらに、ひたたくり点と空き巣の発生分布をクロスさせ、それぞれの犯罪発生に関する6種類の組み合わせのクラスラベルを定義し、構築したデータに関してRepTreeを用いた判別分析を行った。分析の結果、対象地域でそれぞれの犯罪発生を左右する大きな要因は海拔であり、それが低い場所では空き巣の発生密度が低いことがわかった。また推定歩行者数も大きな因子であり、全体的にその値が低いと空き巣の発生密度が低いことがわかった。事業所系の建物が若干存在する付近では、ひたたくりの発生傾向が高いことがわかった。また、空き巣とひたたくりが多いのは海拔が低く長屋建が比較的多く、壁面監視度の合計値が高いところでは、ひたたくりが発生していない、といったことが明らかになった。

最終年度は、ひたたくりを対象として、それが発生する場所に多くみられる空間構成パターンが出来るだけみられないように、建物用途を再配置する方法を開発した。

対象地域はこれまでと同様に、京都市伏見区の北部とし、ひたたくり犯罪の発生場所を考慮して、対象地域内の約60kmの長さの道路上を分析対象とした。空間属性として、視点から半径 $r(=40)$ m以内にある建物の壁面に、可視グラフに基づく正確な可視量の抽出アルゴリズムを適用して壁面からの監視性の度合いを定量化し、建物用途別の監視性の指標とした。さらに、街路上の歩行者を、既往研究と同様に、駅を起点とするランダムウォークにより推定して説明変数とした。

次に、建物用途の割り当ての最適化手法の開発を行った。ここでは、建築面積の違いがある範囲内に収まり、かついずれかの建物用途が異なる建物同士を交換する操作としてそれを実装した。最適化の前にオリジナルデータにおいて、各サンプリング点と犯罪発生点について空間属性の計算を行って学習用データを作成し、そのデータを使ってCAEPの学習を行った。次に最適化を行って建物用途の交換を行い、その交換されたデータで、空間属性を計算し直し、検証用データを作成した。そのデータを先に学習済みのCAEPに入力し、各点について各クラスの集約スコアを計算して分類を行った。各サンプリング点と犯罪発生点でのCAEPの集約スコアの和ができるだけ安全側になるような目的関数を定義し、反復局所探索法を用いて用途配置の最適化を行った。

最適化の結果、犯罪発生地区で見られた事業所等の非住宅系の建物の場所に個人家屋を中心とする住宅系建物が配置され、監視性に関するクラスP側の顕在パターンを低下させるとともに、クラスN側の顕在パターンを上昇

させたことなどが明らかになった。

また、これまで行ってきた研究を纏めて査読論文に投稿・発表することなども行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

A. Takizawa, Emerging Pattern Based Street Crime Analysis - Street Level Spatial Analysis of Crime Location Associated with Built Environment in Fushimi Ward, Kyoto City -, Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ), 査読有, 78(686), 957-967, 2013.

[学会発表] (計7件)

1. 瀧澤重志, 街頭犯罪に関連する空間的顕在パターンを解消する建物配置の最適化, 日本建築学会第35回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 2012.12.13, 建築会館

2. 瀧澤重志, 街頭犯罪に関連する空間的顕在パターンを解消する建物用途割り当ての最適化, Designシンポジウム2012, 2012.10.17, 京都大学百周年時計台記念館

3. A. Takizawa, Classification and Feature Extraction of Criminal Occurrence Points using CAEP with Transductive Clustering, STGIS2011, 2011.9.16, The University of Tokyo

4. A. Takizawa, Inverse Estimation of the Point Position from an Image of Kernel Density Estimation, GeoComputation 11, 2011.7.21, UCL, London, UK

5. 瀧澤重志, カーネル密度画像からの中心点の推定方法に関する研究, 日本建築学会第33回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 2010.12.10, 建築会館

6. 瀧澤重志, 建物壁面等の空間的属性を考慮したひたくり犯罪の分析, 日本地理情報システム学会第19回研究発表大会, 2010.10.25, 立命館大学衣笠キャンパス

7. 瀧澤重志, 建物壁面の属性を考慮したひたくり犯罪の空間分析, 日本都市計画学会関西支部研究発表会講演梗概集, 2010.7.24, 大阪市立大学文化交流センター・ホール

[図書] (計1件)

N. Katoh and A. Takizawa: Chapter 24 Emerging Pattern Based Analysis of Crime Spots and Rental Price, in G. Dong and J.

Bailey eds. Contrast Data Mining: Concepts, Algorithms and Applications, Chapman & Hall/CRC, 337-350, 2012.

[その他]

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/drtakizawa/work>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀧澤 重志 (TAKIZAWA ATSUSHI)

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 40304133