

個人適応防犯情報サービス PRISM を用いた街頭犯罪の可視化と分析

香川 拓大[†] 和田 佳大[†] 佐伯 幸郎[†] 中村 匡秀[†]

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

E-mail: †{kagawa,wada}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††sachio@carp.kobe-u.ac.jp, †††masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 我々は先行研究において、ユーザの生活圏に応じて事件情報の個人適応を行う新しい防犯情報サービス PRISM(Personalized Real-time Information with Security Map) を提案している。PRISM は、配信される事件情報を解析し、ユーザの生活圏からの距離や事件発生からの時間、事件の種類を考慮して事件の深刻度を算出する。次に、深刻度によって重みづけされた事件情報を、地図上にヒートマップとして可視化する。これによって、一人ひとりのユーザに個人適応した防犯情報サービスを提供する。本研究では、PRISM の機能を拡張し、生活圏を考慮した街頭犯罪の分析を行う。拡張した機能は、過去のヒートマップを表示する機能、事件種類による絞り込みを行うフィルタ機能、事件種類ごとの発生件数の統計を表示する機能である。追加した 3 つの機能を利用して、兵庫県の阪神地域において、ある生活圏と地域全体の街頭犯罪の遷移の可視化、イノシシの生態の分析、生活圏の治安比較を行った。

キーワード 防犯情報サービス, スマートシティ, Web サービス, 街頭犯罪

Visualizing and Analyzing Street Crimes Using Personalized Security Information Service PRISM

Takuhiro KAGAWA[†], Yoshihiro WADA[†], Sachio SAIKI[†], and Masahide NAKAMURA[†]

[†] Kobe University, Rokkodai 1-1, Nada, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

E-mail: †{kagawa,wada}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††sachio@carp.kobe-u.ac.jp, †††masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract In our previous research, we have proposed a new security information service, called *PRISM* (*Personalized Real-time Information with Security Map*), which personalizes the incident information based on living area of individual users. For given incident information and user's living area, PRISM first computes severity of the incident, based on distance, time, and type of the incident. It then visualizes the incident with the severity on a heat map. Thus, PRISM provides personalized information adapted to individual situation of users. In this paper, we extend functionality of PRISM, in order to analyze street crimes around living area in more details. More specifically, we add three new features to PRISM: showing a past heat map, showing a heat map focused on specified type of incidents, and showing statistics of incidents for every type. Using these extended features, we visualize transition of street crimes in living area and the whole region, investigate ecology of wild bores, and compare statistics of crimes for different living areas.

Key words security information service, smart city, Web service, street crimes

1. はじめに

近年、防犯情報サービスを提供する自治体が増えている。防犯情報サービスとは、インターネットを通じて犯罪や事件の情報を住民に提供し、防犯に役立ててもらえるサービスである。典型的には、事件の情報や防犯マップを Web サイトで提示したり、電子メールを使って事件情報を希望者に配信したりする [1]。防犯情報サービスの例としては、兵庫県警が提供している「ひょうご防犯ネット」がある [2]。「ひょうご防犯ネット」は、兵庫県

警が認知した事件の情報を Web で配信するものであり、メールアドレスを登録しておけばその情報をメールで受け取ることできる。福岡県警も同様のメール配信サービス「ふっけい安心メール」を配信しており、事件発生場所を地図上に表示した「ふっけい安心マップ」を Web に公開している [3]。

こうした既存の防犯情報サービスでは、あらゆる事件情報がすべてのユーザに向けて等しく配信されている。地域では様々な種類の事件が様々な場所で発生するが、ユーザの生活圏は個人によって異なる。あるユーザにとっては生活に影響する重大

な事件であっても、遠く離れたところに住む別のユーザにはそこまで深刻でないかもしれない。こうした個人毎に異なる事件に対する深刻度は、既存の防犯情報サービスでは考慮されず、すべての事件情報が全ユーザに同じ形で届く。よって、一日に何件もの事件情報が配信された場合、ユーザは自分にとって重要な事件の情報を見過してしまふ可能性がある。

そこで我々は先行研究において、ユーザの生活圏に応じて、事件情報を個人適応する新しい防犯情報サービス **PRISM(Personalized Real-time Information with Security Map)** の提案と実装を行っている [4]。PRISM は、既存の防犯情報サービスが配信する事件情報をリアルタイムに解析し、ユーザが入力した生活圏に応じて、そのユーザにとっての事件の深刻度を算出する。具体的には、生活圏からの距離、事件発生からの時間、事件の種類に基づいて、そのユーザにより近く、より新しい事件ほど深刻とみなす重みづけを行う。次に、深刻度によって重みづけされた事件情報を、地図上にヒートマップとして可視化する。深刻度の重みは、ユーザの生活圏に応じて異なるため、個人に適応したリアルタイムな防犯マップが生成される。

しかしながら、現状の PRISM は、あくまでリアルタイムな事件情報を可視化するツールであり、過去の事件情報を振り返ったり、統計処理を行う機能は備わっていない。そこで本稿では、PRISM に 3 つの機能を追加し、より詳細な街頭犯罪の可視化と分析を行う。1 つ目の機能は、過去のヒートマップを表示する機能である。ユーザは過去の任意の時点のヒートマップを表示することができる。また、この機能を利用することで、生活圏周辺でヒートマップがどのように遷移していったかを見るのが可能である。2 つ目の機能は、事件種類による絞り込みを行う機能である。これにより、ユーザは自分の分析したい種類の事件に絞ってヒートマップを表示できる。3 つ目の機能は、事件種類ごとの発生件数の統計を表示する機能である。ユーザは生活圏の周辺の事件発生件数を統計データとして見るができる。

追加した 3 つの機能を利用して、兵庫県の阪神地域において、ある生活圏と地域全体の街頭犯罪の遷移の可視化、イノシシの生態の分析、生活圏の治安比較を行った。ユーザは PRISM の拡張機能を利用することで、登録した生活圏周辺の事件の特性を知ることができる。

2. 先行研究:防犯情報サービス PRISM

[4] において我々は、個人の生活圏に応じた防犯情報サービス PRISM(Personalized Real-time Information with Security Map) を提案している。

2.1 概要

個人に適応した防犯情報の提供のために、PRISM では、一人ひとりのユーザの生活圏と現在時刻、事件の種類を考慮して、各事件の深刻度を重みづけし、ヒートマップで可視化することをキーアイデアとしている。

PRISM のユーザは、まず自分の生活圏を登録する。ここで生活圏とは、自宅や最寄り駅、通っている会社や学校、商業

施設等、日常生活で頻繁に行く場所を表す。各ユーザは複数の場所を生活圏として自由に登録できる。

PRISM は配信される各事件情報に対して、事件発生地点と生活圏との間の距離を算出する。また、事件発生日時から現在までの経過時刻を計算する。この距離と経過時刻に基づいて、事件の種類ごとに決められたデフォルトの深刻度に重みづけを行い、そのユーザにとっての事件の深刻度を算出する。この算出された深刻度を基にしてヒートマップを作成し、個人適応されたリアルタイムな防犯マップを生成する。

2.2 全体アーキテクチャ

PRISM の全体アーキテクチャを図 1 に示す。図中点線で囲った部分が PRISM である。まず、図の左下に示すクローラが、既存の防犯情報サービスから定期的に事件情報を取得し、解析を行った後、事件 DB にインサートする。図の右上に示すユーザは、PRISM に自分の生活圏データを入力する。その際、自治体が提供する施設オープンデータをインポートした施設 DB を参照して、地域内の様々な施設をランドマークとして利用する。PRISM は事件 DB と生活圏データに基づいて、各事件の深刻度算出を行う。こうして重みづけされた事件情報に基づいて、ヒートマップ生成し、ユーザに提示する。

現状の PRISM では、防犯情報サービスとしては「ひょうご防犯ネット」を、施設オープンデータとしては神戸市が公開している施設オープンデータ [5] を使用している。ユーザは PRISM を利用することで兵庫県内の事件情報をリアルタイムに閲覧できる。

2.3 深刻度

深刻度とは、事件がユーザにとってどれだけ深刻かを表す度合いである。PRISM ではまず、取得した事件情報のタイトルと本文に含まれるキーワードに基づき、事件のデフォルト(既定)の深刻度を次の 4 種類で定義する。

警報 (深刻度 3): 住民の生命を脅かす可能性のある最も深刻な事件。

警告 (深刻度 2): 住民の身体的被害につながる可能性のある事件。

注意 (深刻度 1): 住民の生命や身体の危機に直結するものではないが、注意すべき事件。

お知らせ (深刻度 -1): 警察からの告知情報で、事件発生以外の情報。

上記のデフォルトの深刻度に対して、以下の 2 つの観点から重みづけを行う。

距離 事件発生場所からユーザの生活圏までの距離。この距離が小さいほど、そのユーザにとって深刻な事件と判断し、高い重みづけを行う。一方、距離が大きいほど、深刻度は小さくなる。

時間 事件発生からの経過時間。この時間が短いほど再発に注意すべき深刻な事件と判断し、高い重みづけを行う。一方、時間が長いほど、深刻度は小さくなる。

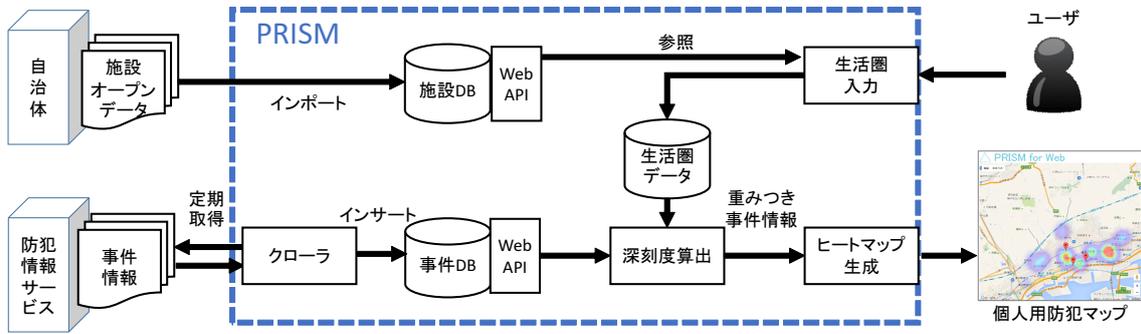


図1 PRISMの全体アーキテクチャ

今、ある事件 x について、ユーザ u の生活圏からの距離が d で x の発生時刻から現在までの経過時間が t の場合、 x の u に関する深刻度 $severity(x, u)$ を以下のように定義する。

$$severity(x, u) = 1/3 * (WD(d) + WT(t) + severity(x) * 1/3)$$

ここで、 $WD(d)$ と $WT(t)$ は距離 d と時間 t による重みづけを行う関数、 $severity(x)$ は事件情報から算出される x のデフォルトの深刻度 (1, 2 または 3) である。 $severity(x)$ は最大値 3 を取るため、先に $1/3$ を掛けて最大値を 1 に正規化している。その後、 $WD(d)$, $WT(t)$, $severity(x)$ の平均値を取るという定義式となっている。また、 $WD(d)$, $WT(t)$, $severity(x)$ のいずれかが 0 以下となる事件は地図上に表示していない。

$WD(d)$ は現状、距離 d が 2km までは重み 1 を維持し、4km まで線形に減衰する関数を用いている。同様に $WT(t)$ は、経過日数 t が 7 日まで重み 1 を維持し、14 日まで線形に減衰する。

2.4 ヒートマップ

個人に適応した深刻度が付与された事件データを地図上にヒートマップとして可視化する。事件 x のユーザ u に関する深刻度 $severity(x, u)$ は、1.0 以下の値を取る。この値が [紫, 藍, 青, 緑, 黄色, 橙, 赤] の 7 色のスケール上にマッピングされるようなヒートマップを作成する。作成したヒートマップ上に、 x の座標 (lat, lng) に $severity(x, u)$ を重みとするデータポイントを登録すれば、個人の生活圏と現在時刻に適応したヒートマップが生成される。

ヒートマップの出力例を図 2 に示す。この例は、神戸市のある時点での事件情報を、二人のユーザ A, B を対象として、PRISM で可視化したものである。マップ内のピンは、ユーザが入力した生活圏の場所情報を示し、ヒートマップの各点は事件発生場所を表している。ユーザ A は生活圏として神戸三宮、阪急六甲を登録しており、ユーザ B は阪急六甲、夙川、阪神深江を登録している。図から分かるように、同時刻の同じ地図であっても、生活圏が異なると全く異なったヒートマップが生成されていることが分かる。

3. 分析のための PRISM の拡張

3.1 拡張する機能

住民自らが日頃から防犯に努めるためには、まず自分の身の回りにおいて、いつどこでどのような事件がよく起こるのかを把握することが重要である。そこで本章では、PRISM を拡張



(a) ユーザ A のヒートマップ



(b) ユーザ B のヒートマップ

図 2 PRISM のヒートマップ出力例

して、自分の生活圏における街頭犯罪を分析する方法について提案する。

これまでにも、防犯情報を利用して、事件の起こりやすい場所を明らかにしようとする研究が行われている [6] [7] [8]。しかしながら、これらの先行研究は、特定の区域全体に着目した分析であり、個人の生活圏に応じたものではない。一方で、2. で提案している PRISM は、あくまでリアルタイムな事件情報を可視化するツールであり、過去の事件情報を振り返ったり、統計処理を行う機能は備わっていない。



図3 拡張したPRISMのスクリーンショット

そこで我々は、個人の生活圏に応じた街頭犯罪の分析のため、PRISMに次の3つの機能を追加実装した。この追加機能によって、ユーザは自分の生活圏周辺の事件の特性を分析することができる。

機能 F1 (過去のヒートマップの表示) : ユーザが指定した日時のヒートマップを表示する機能。この機能によって、ユーザは過去の任意の時点のヒートマップを表示できる。

機能 F2 (事件種類による絞り込み) : ユーザが指定した種類の事件のみをヒートマップに表示する機能。この機能によって、ユーザは自分の分析したい事件に絞ってヒートマップを表示できる。

機能 F3 (発生件数の統計) : 生活圏周辺の事件の統計を積み上げ棒グラフで表示する機能。この機能によって、ユーザは自分の生活圏周辺で、どの種類の事件がどれだけ発生しているのかを分析できる。

以降の節で、各機能の詳細を述べる。

3.2 F1: 過去のヒートマップの表示

2. で提案している PRISM は、現在の事件情報を表示するのみであり、過去の事件情報を振り返ることはできない。そこで本機能では、PRISM を拡張して街頭犯罪を時間軸で分析できるようにする。具体的には、PRISM にユーザが任意の年月日と日時を入力できるようにする。入力された日時を現在日時とみなして、2.4 で述べたヒートマップを再描画することで、過去のヒートマップを表示できる。

図3に機能を拡張したPRISMの画面を示す。地図の下、中央部に年月日と日時を入力するテキストボックスがある。ユーザは、このテキストボックスに、分析したい過去の日時を入力し、Go ボタンを押す。PRISM は、指定された日時のヒートマップを表示する。

また、テキストボックスの左側には、1時間前、および1日

前にさかのぼるボタンがある。同様に右側には1時間後、1日後に時間を進めるボタンがある。これらのインタフェースを利用することで、ユーザは任意の時点の街頭犯罪をヒートマップに表示して分析することができる。

この機能を利用し、1日ごとのヒートマップをつなぎ合わせることで、事件発生地の推移をアニメーション動画として可視化することが可能である。こうすることで、過去にどのあたりでよく事件が起こっていたかを視覚的に分析できる。

3.3 F2: 事件種類による絞り込み

2. で提案した PRISM は、2.4 で述べたように、 $WD(d)$, $WT(t)$, $severity(x)$ がいずれも正の値を取る事件すべてをヒートマップに表示していた。そこで本機能では、PRISM を拡張して街頭犯罪の種類でフィルタリングして、分析できるようにする。具体的には、事件種類のキーワードをユーザが指定すると、PRISM はそのキーワードを含む事件のみを API で検索してヒートマップを作成する。

図3を用いて、機能 F2 を説明する。ユーザが画面の下部「絞り込み」のタブをクリックすると、キーワードを選択するドロップダウンリストが現れる。ユーザはリストから分析したい事件種類を選択し、search ボタンを押す。PRISM は選択された種類の事件のみをヒートマップに可視化する。

3.4 F3: 発生件数の統計

本拡張機能は、PRISM に登録した生活圏の各地点の付近で、どのような事件が何件起っているかを、積み上げ棒グラフで表示するものである。より具体的には、PRISM に登録した生活圏の各地点 p に対して、 p から半径 R km 以内、かつ、最近 D 日以内に発生した事件を検索し、3.3 で述べた事件の種類ごとに件数を数え、積み上げ棒グラフで表示する。デフォルトの設定では、 $R = 2.0$, $D = 365$ となっており、各地点から半径 2 km でこの1年間に発生した事件の統計を取ることができる。

図4に示す画面を用いて、機能 F3 を説明する。ユーザが画面の下部「統計表示」のタブをクリックし、統計表示のボタンを押すと、PRISM に生活圏として登録されている全地点の統計情報が表示される。ユーザは積み上げ棒グラフから、各地点における街頭犯罪の特徴を視覚的に分析できる。

4. PRISM を用いた街頭犯罪の可視化と分析

拡張した PRISM の機能を利用して、街頭犯罪を分析する例を示す。

4.1 生活圏における街頭犯罪の遷移

機能 F1 を利用して、生活圏における街頭犯罪が1年を通してどのように推移していくかを分析する。まず PRISM に登録する生活圏として、ここでは筆者が日常的に利用する阪急今津駅(西宮市・今津曙町)と阪急六甲駅(神戸市灘区宮山町)を採用する。次に、機能 F1 を利用して、2016年1月1日から12月31日まで、1日ずつヒートマップを表示した。各ヒートマップは、画面キャプチャソフトで画像ファイルにし、366枚の画像データをつなぎ合わせて動画ファイルを作成した。

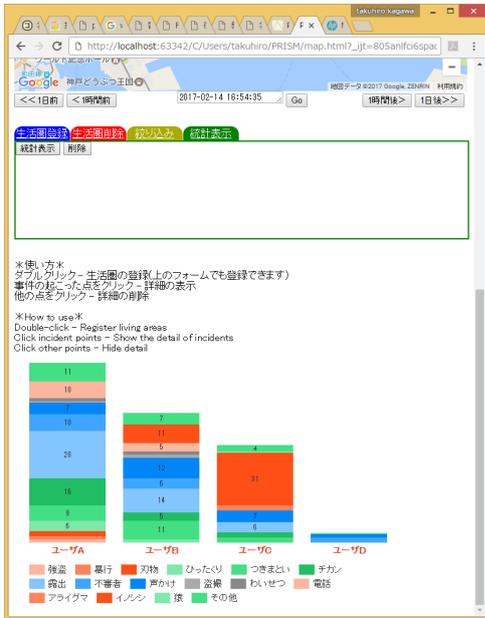


図4 発生件数の統計を表示する機能のスクリーンショット

動画作成に使用したソフトウェアは、窓フォト^(注1) および UWSC^(注2) である。まず窓フォトを使用して画面をキャプチャした後、機能 F1 を利用して翌日のマップを表示する。UWSC を使用すると、特定の動作を自動で指定した回数繰り返すことが可能である。先ほどの画面キャプチャ、翌日のマップ表示を 366 回繰り返すことで 366 枚の画像データを作成した。また、窓フォトには画像データをつなぎ合わせて GIF アニメーションを作成する機能も備わっており、この機能を使用して GIF ファイルを作成し、これを MP4 形式に変換することで動画ファイルを作成した。図5に動画の一場面を示す。動画からは、以下のことが分かった。

- 六甲駅より今津駅付近の方が、多くの事件が起きている
- 街頭犯罪は1年を通して発生している
- 六甲駅、今津駅共に周囲の至る所で事件が発生している

なお、作成した動画ファイルは、<https://youtu.be/y2wbIJSgXk> から閲覧可能である。

4.2 地域全体における街頭犯罪の遷移

前節で述べた方法を応用し、生活圏の地点を地域全体にメッシュ状に配置することで、地域全体の街頭犯罪の遷移を分析できる。ここでは新神戸駅を中心に、神戸市の各区をカバーする9つの地点を生活圏として登録、前節で述べた同様の方法で動画ファイルを作成した。動画を分析して、神戸市のどの辺りで事件が起こるのかを調べることができる。図6に動画の一場面を示す。動画からは、以下のことが分かった。

- 神戸市では海沿いに3つの鉄道が走っているが、これらの沿線沿いで多くの事件が起きている
- 北に行くほど事件が少なくなる

(注1) : <https://www.otsoftware.net/software/madophoto.html>

(注2) : <http://www.uwsc.info/>



図5 今津駅、六甲駅周辺の事件 (2016年2月1日)

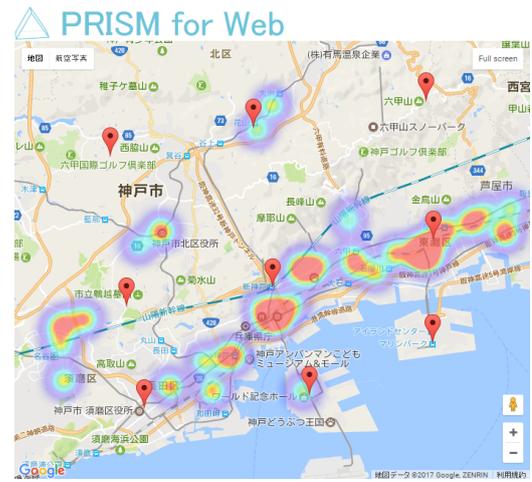


図6 神戸市全体における事件 (2016年6月7日)

- 山の中では事件が観測されていない

なお、作成した動画ファイルは、<https://youtu.be/Ngr3mQ-Hijw> から閲覧可能である。

4.3 イノシシの生態

神戸市には山が多くイノシシが頻繁に出没する。イノシシは人に危害を加えることもあるため、発見された場合には、目撃場所と時刻が警察に報告され、「ひょうご防犯ネット」でも配信される。ここでは、機能 F2 を活用して、神戸市で2016年に出没したイノシシの生態を分析する。

まず、前節と同様、図6と同様に新神戸駅を中心に9つの生活圏を登録する。次に、機能 F2 で絞り込む事件種類のキーワードに「イノシシ」を指定する。これによって「イノシシ」の目撃情報だけに絞り込んだヒートマップが表示されるようになる。後は、機能 F1 で1日ごとに過去のヒートマップを表示し、画像をキャプチャ、それらをつなぎ合わせて動画ファイルを作成する。図7に動画の一場面を示す。動画からは、以下のことが分かった。

- ほとんどのイノシシは、新神戸駅から阪急岡本駅にかけての带状の決まったエリアで観測される



図7 イノシシの目撃情報のみを表示したマップ (2016年6月7日)

- イノシシは6月から9月にかけて頻繁に観測される
- イノシシは冬の間は観測されない

なお、作成した動画ファイルは、<https://youtu.be/YkdfsZZ8hrc> から閲覧可能である。

4.4 生活圏の治安比較

自分の住んでいる場所が他の場所と比べてどれだけ治安が良いのか/悪いのかということは、住民にとっての最大の関心事の1つである。また、こうした治安情報は他地域からの転入者にとって新しい住まいをどこにするかを定める判断材料になる。

ここでは、機能 F3 を活用して、登録した各点の事件の統計を比較し、街頭犯罪の発生件数という観点から治安を比較する。今回の分析例では、4人のユーザ A, B, C, D の自宅周辺の治安を比較する。A, B, C, D の自宅はそれぞれ、西宮市、神戸市灘区の市街地、神戸市灘区の山手、三田市である。4人のユーザの住所を PRISM に登録し、機能 F3 を利用して統計情報を表示した。統計の範囲は、各地点から半径 2km 以内で 2016 年内に発生した事件を対象とした。

図4の画面内のグラフがこのとき PRISM が表示した積み上げ棒グラフである。また、各ユーザについて、事件の種類ごとの発生件数を表1にまとめる。

ユーザ A の自宅周辺ではチカン、露出事件が多く、特に女性の一人歩きには注意が必要であることが分かる。また、少数ではあるが強盗や暴行、刃物といった生命を脅かす事件も発生しており、こちらにも注意が必要である。一方、ユーザ B の自宅周辺では、ユーザ A に比べてチカン、露出の事件は少なく、生命を脅かす可能性のある事件も発生していない。しかし、市街地であるにもかかわらず、イノシシがよく目撃されており、イノシシによる被害に注意が必要である。ユーザ C の自宅周辺ではユーザ A, B に比べ、さらに事件が少ない傾向にある。その一方で、山の手であるためイノシシの目撃情報は非常に多くなっており、ユーザ B 以上にイノシシに注意が必要である。ユーザ D の自宅は郊外にあり、周辺では1年間で事件が6件しか報告されていない。よって、他の3人に比べて比較的安全な地域に住んでいるといえる。

表1 各ユーザの自宅周辺における事件種類ごとの発生件数

	ユーザ A	ユーザ B	ユーザ C	ユーザ D
強盗	2	0	0	0
暴行	2	0	0	0
刃物	3	0	0	0
ひったくり	6	2	0	0
つきまとい	9	11	3	0
チカン	16	5	3	0
露出	28	14	6	0
不審者	10	6	0	3
声かけ	7	12	7	2
盗撮	1	2	0	0
わいせつ	2	2	0	0
電話	10	5	0	0
アライグマ	0	0	3	0
イノシシ	0	11	31	0
猿	0	0	1	0
その他	11	7	4	1
合計	107	77	58	6

5. おわりに

本稿では、個人適応防犯情報サービス PRISM の機能を拡張し、街頭犯罪の可視化と分析を行った。PRISM のユーザは過去のヒートマップや事件種類ごとのヒートマップを参照したり、事件種類ごとの発生件数の統計を参照したりといったことが可能になっている。これにより、ユーザは生活圏周辺の事件の特性を知ることが出来る。

今後の課題としては、2.3 で述べた重みづけ関数と深刻度の値の妥当性検証を考えている。また、今回閲覧できるのは兵庫県内の防犯情報のみであるが、他地域の防犯マップも実装し、事件の特性を分析していきたい。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究 B 16H02908, 15H02701, 26280115, 若手研究 B 26730155, 萌芽研究 15K12020）の研究助成を受けて行われている。

文献

- [1] 政府広報オンライン, “みんなでつくろう安心の街,” <http://www.gov-online.go.jp/useful/article/201410/1.html>
- [2] 兵庫県警察本部, “ひょうご防犯ネット,” <http://hyogo-bouhan.net/>
- [3] 福岡県警察本部, “ふっけい安心マップ,” <http://www.police.pref.fukuoka.jp/seian/seian/an2/point.html>
- [4] 香川拓大, 和田佳大, 佐伯幸郎, 中村匡秀, “オープンデータを活用した個人適応防犯情報サービスの開発”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.116, no.362, IA2016-72, pp.053-058, Dec. 2016.
- [5] 神戸市, “オープンデータ一覧,” <http://www.city.kobe.lg.jp/information/opendata/catalogue.html>
- [6] 石川愛, 鈴木広隆, “道路ネットワークにおける見通し距離とひったくり発生との関係に関する研究-大阪市住宅街系地区を対象として-,” 日本建築学会環境系論文集, Vol. 73, No. 623, pp. 101-106, 2008.
- [7] 森口幸信, 吉川真, 田中一成, “街頭犯罪発生地点の環境分析,” 景観・街頭デザイン研究講演集, No. 2, pp. 113-118, 2006.
- [8] 吾郷太寿, 松永千晶, 角知憲, “通学路上の児童の存在状況と物的空間構成要素が不審者出沒に与える影響に関する研究,” 土木計画学・論文集, Vol. 27, No.2, pp 331-336, 2010.