

挙動不審者を検出するための画像情報抽出の研究開発 ～安全なまちづくりを目指して～

Development of image information extraction for detecting suspicious person
～Aim at secure community～

関口 寛¹、三浦 房紀²、三池 秀敏³
Hiroshi SEKIGUCHI¹, Fusanori MIURA² and Hidetoshi MIIKE³

¹山口大学 大学院 理工学研究科 環境共生系専攻 博士前期課程

Master course Student, Division of Symbiotic Environmental Systems Eng, Graduate School of Sci and Eng, Yamaguchi Univ.

²山口大学 大学院 理工学研究科 環境共生系専攻 教授

Professor, Division of Symbiotic Environmental Systems Eng, Graduate School of Sci and Eng, Yamaguchi Univ.

³山口大学 大学院 理工学研究科 情報・デザイン工学系専攻 教授

Professor, Division of Information and Design Eng, Graduate School of Sci and Eng, Yamaguchi Univ.

In recent years, natural disasters such as earthquakes, floods and typhoons have occurred in many places in Japan and many people were suffered from them. In addition, many crimes have also occurred not only in large cities but also local cities, which mean that resident's lives are in danger. To protect residents, it is necessary to give them suitable safety information before and/or in real time.

From this point of view, we are developing an information system which can obtain and distribute useful safety and security information to residents by setting watching cameras and digital signages managed by the community.

In this study, the author developed a sub-system which can detect the abnormal behavior of people from pictures obtained by cameras which are set in the community.

Keywords : Image processing, Suspicious person and Dousamon.

1. 背景・目的

近年、多発する災害あるいは緊急事態に対して、関連する機関の人員不足や通信網・道路交通事情により、末端まで情報が伝達されない、あるいは手遅れになる場合が多く報告されている。

このような背景から、筆者の所属する研究グループは、災害や犯罪の発生に対して、ICT 活用の苦手・困難な高齢者・児童、障害者等の要援護者でも、必要な情報をすばやく入手し、危険を回避するための適切な行動がとれ、身を守る手段を確保することができる地域情報環境を実現するためのシステム開発を行っている。

筆者らは、その一環として、画像処理を用いて街中に設置してある監視カメラが記録した動画データ解析して、人物の異常（不審）的行動等の地域での異変を見出すターゲット情報抽出動画処理システムに関する基礎的な研究開発を行った。

2. 動画処理システムの概要

2.1 空間フィルタ速度計測法¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

解析には、空間フィルタを基礎とした動画処理による画像内の運動物体の速度情報に注目して、空間フィルタ速度計測法という方法を用いている。格子状スリット列を通して測定対象物体を観測すると、物体の姿が周期的に見え隠れする。そこから得られた総光量の時間変化から速度の検出を試みるのが空間フィルタ速度計測法の基本的な考え方である。この手法は、空間フィルタの波長や移動速度の選択の自由度が大きく、測定対象物体の

運動方向の正負の判別などの利点がある。

2.2 解析の基本原理解

図1(a)に示すような粒子が運動している動画像(M×M(pixel)、N(frame))を考える。このとき、粒子の速度の情報は、以下の手順より求められる。

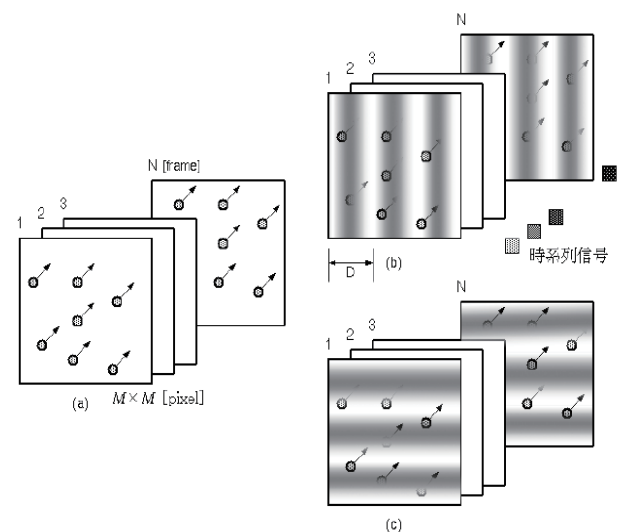


図1 元画像と X, Y 方向への空間フィルタリング

- 1) 動画の各フレームに正弦波状の空間フィルタを通す(図1(b)または(c))。このとき、元の画像輝度信号を $f(x,y,z)$ 、空間フィルタにより変換された画像信号を $g(x,y,z)$ とすると、

$$g(x,y,z) = f(x,y,z) \cdot \sin\{\mathbf{K} \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{V}_s \cdot t)\} \quad (1)$$

ここで、 \mathbf{K} は空間フィルタの波数ベクトルで、その大きさ $|\mathbf{K}|$ は D を空間フィルタの波長とした場合、 $|\mathbf{K}| = 2\pi/D$ で与えられ、その方向は空間フィルタのスリットと直角方向にとる。また \mathbf{r} は原点(0, 0)から測った観測画素(x, y)の位置ベクトルを表し、 \mathbf{V}_s は空間フィルタの並進速度ベクトルである。空間フィルタは基本的に、その波面に垂直な方向に移動するものとする。ここで空間フィルタを移動させる利点としては、画面中の粒子が移動している場合に、粒子の移動方向を知ることが可能となる点と、解析精度の向上が可能となる点などが挙げられる。

- 2) 各フレームにおいて輝度信号の総和を計算し、時系列データ $A(t)$ を得る。すなわち、

$$A(t) = \sum_x \sum_y g(x, y, t) \quad (2)$$

なるデジタル演算により、時系列データ $A(t)$ を求める。

- 3) 2)で求めた時系列データ $A(t)$ のスペクトル解析により各粒子の速度の情報を得る。

上記1)~3)の手順を互いに直行する2つの空間フィルタを用いて実行すれば、速度の2成分、すなわち速度ベクトルの X, Y 成分が解析できることになる。なお、画面内に異なる速度の物体が存在すれば、各々の物体の速度成分が検出できる。しかし、どの物体がどの速度かは特定できない。このための処理はオプティカルフロー解析手法の導入が必要となる。ここで、オプティカルフローとは視覚表現(通常、時間的に連続するデジタル画像)の中で物体の動きをベクトルで表したものである。また、今回のスペクトル解析には、フーリエ変換を用いている。周波数スペクトルデータのパワースペクトル(以下 $P(f)$ とする。)は、 $P(f) = A(f) \times A(f)$ で表わす。ただし、 $A(f)$ は $A(t)$ のスペクトルである。

3. 動画処理システムの開発

前章での原理を利用して不審者検出の第一歩として、人物の異常動作検出のシステムの開発を試みた。そして、空間フィルタ速度計測法の解析結果を用いて異常的動作を視覚的に捉えることができる動作紋の作成・開発に取り組んだ。

3.1 異常的動作検出

人物の動作は、

- ①画面内を普通に歩く
- ②画面内でウロウロするといった異常的行動

の2パターンを示す。

実験場所は、日照条件に左右されにくいことから屋内を選んだ。以下の図2、3に、撮影時の様子、及びそれに X 成分検出フィルタを掛けた画像を示す。

図2の画像では、右上から画面内に入り、真っ直ぐ歩き左下へと横切り画面外に出るという映像を撮影した。

図3の画像では、右上から画面内に入り、二枚目の画像で奥に見えるドアの中を覗き、その後の三枚目の画像では辺りを見回すといった行動の映像を撮影した。

ここで、空間フィルタの波長は、画面内での人物の大きさ、画像サイズ(640×480[pixel])を考慮に入れて $D = 80$ [pixel] に設定した。実験では各画素を 0~255 の階調で白から黒までの明暗で表すことができ、処理が単純であることからモノクロで撮影した。以下に撮影パターン毎に解析結果を示す。



図2 (a) 普通に歩いた時の元画像
(b) X成分検出フィルタ

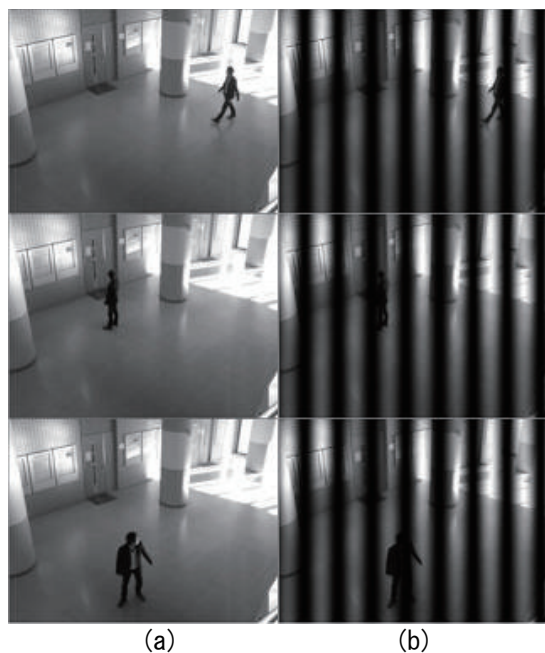


図3 (a) ウロウロした時の元画像
(b) X成分検出フィルタ

(1) 通常の歩行と想定した場合

図4、5に時系列データと周波数データを示す。

図4では、図2より、何か目的をもって歩いているという前提から、画面内をほぼ一定の速度で横切っているため、比較的周期性のある波形となっている。時間がたつにつれて波形の振幅と周期が小さくなっているのは、歩いて来る方向が奥右側から手前左側になっているので、人物象は大きくなる。そのために、フィルタのスリット間を横切る速度が早くなり、振幅と周期が小さい波形になっている。図4の時系列データを解析した図5からわかるように、 $P(f)$ は単峰の形状に近いものとなっている。

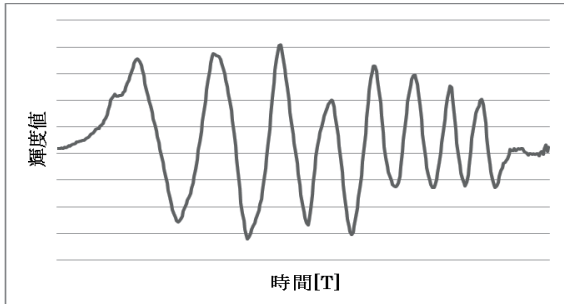


図4 時系列データ (Y軸:A(t), X軸:時間[T])

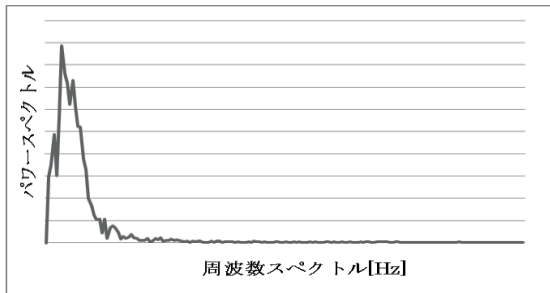


図5 周波数データ (Y軸:P(f), X軸:f[Hz])

(2) 異常な行動を想定して歩いた場合

図6、7に時系列データと周波数データを示す。

図6では、人物は画面内を行ったり来たり、立ち止まったりと不規則な動きをしているので、周期性のわかりにくい波形になっている。振幅が小さくなっているところなどは、方向転換した時だと思われる。図7の周波数データでは、図6の時系列データより、図5と比べて $P(f)$ は多峰の形状を示しており、不規則な波形である時系列データを反映している。

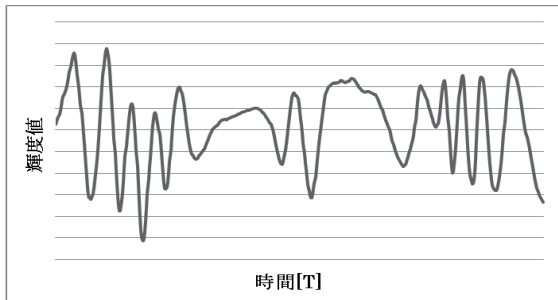


図6 時系列データ (Y軸:A(t), X軸:時間[T])

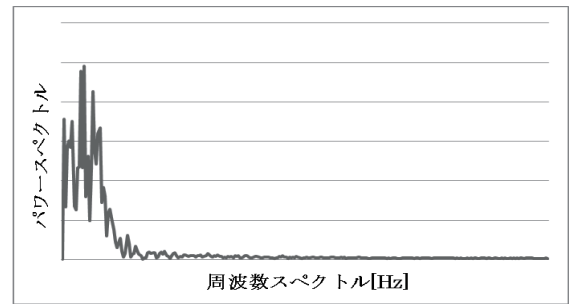


図7 周波数データ (Y軸:P(f), X軸:f[Hz])

3.2 動作紋⁵⁾⁶⁾

ここで、空間フィルタ速度計測法の解析結果を応用した、異常な動作を視覚的に捉えるための可視化手法としての動作紋について説明し、解析結果を示す。

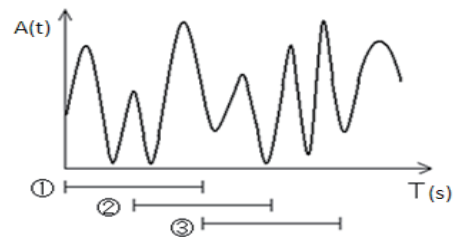


図8 動作紋の作成方法 (1)

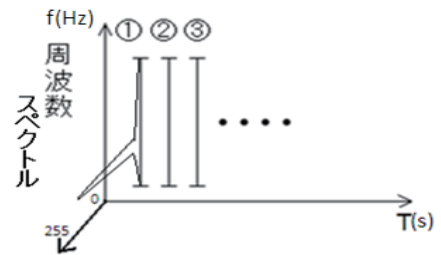


図9 動作紋の作成方法 (2)

図8に示す時系列データに対して一定のフレーム間隔を①、②、③とその位置を少しずつずらしながら、スペクトル解析していく。それを図9のように、X軸:t(s)、Y軸:f[Hz]、Z軸:P(f)としてX方向に順に並べる。P(f)は可視化するために0~255のグレースケールに変換して表す。すなわち、P(f)のピークの位置を白で表し、測定対象物の動きを視覚的に捉えられるようにする。図10、11にこのようにして求めた動作紋を示す。



図10 通常の歩行と想定した時の動作紋 (Y軸:周波数[Hz], X軸:時間[T])

図10の動作紋では、 $P(f)$ のピークを表す白い部分が直線的になっている。このことから、比較的規則正しく歩いていることがわかる。ここで、図10の動作紋はパワースペクトルのピークが右肩上がりになっている。この理由としては、先ほど時系列データでも説明したように、歩いて来る方向が奥右側から手前左側なので、図4の波形のように周期が小さくなる。そして、周期と周波数の関係から周波数がしだいに大きくなったためである。この動作紋から、人物の歩いている方向が予測できる。



図11 異常的な行動を想定した時の動作紋
(Y軸:周波数[Hz], X軸:時間[T])

図11の動作紋では、 $P(f)$ のピークの白い部分が不規則に上下方向に変動を示している。これは、X方向で不規則な動きをしていることを反映している。この動作紋でスペクトルを表す白い部分が薄くなっている時間帯がある。これはスペクトルのパワーがなく、人物が立ち止まっている時だと考えられる。

3.3 実験結果・考察

今回の実験では、

①画面内を普通に歩く

②画面内でウロウロするといった異常的な行動

の2パターンを撮影し、解析した。この結果、動作紋を見比べてみると、歩行パターンの違いは明確に表れていることが確認できた。しかしながら、実験の結果では、実験の際の空間フィルタの波長の適切な長さを決めることが課題にあげられる。これからの実験で、どのような場面でどのように波長の適切な長さを設定したらいいのかということを考えなければならない。さらに始めから波長の異なる3種類のフィルタを準備し、動作紋のカラー化も考慮に入れる必要がある。

4. おわりに

4.1 本研究のまとめ

本研究プロジェクトの目的は、災害発生時、あるいは犯罪の危険がある時に、自治会長が中心になり、自治会住民自らが情報の収集から広報、通報等を行うことのできるシステムを構築することである。その地域情報環境の確立をデジタルサイネージで実現しようと研究プロジェクトを開始し、その中で、カメラからのターゲット情報抽出手法の研究開発を担当した。本年度は、主に防犯に重点を置き、不審者が現れた時にその情報をいち早く伝達する手段として、不審者検出システムの開発を目指した。そして、その第一歩として異常的な行動を検出するためのシステム開発に取り組んだ。

システム開発では、動画処理の一種である空間フィルタ速度計測法を利用し、輝度値の時間変化から測定対象物体の速度情報を測定した。そして、動作紋を作成し、動きの特徴を視覚的に捉えることを試みた。実証実験で

は、動きの特徴の違いを捉えて、ある一定の成果は出せたと言える。しかし、システムの精度はまだ低く改良すべき点も以下のように多くある。

4.2 今後の課題

先ず一つ目は、現段階では映像をリアルタイムでの解析をしていない。そのため、リアルタイムで解析し、異常の判定が出た時に warning を出すシステムを開発する必要がある。二つ目は、測定対象がまだ一人なので、画面内に複数の人物がいる場合、同時に検出できる必要がある。これは上記で書いたオプティカルフロー解析手法を用いることを考えている。三つ目に、測定対象が画面外に出た後に同一対象者が短時間で画面内に入った場合、同一であると認識できるとさらに検出の精度を上げることができる。そのために、データベースを用意し、特徴を記憶させておく必要があり、今後カラー画像で計測できるように改良し、より多くの情報が取得できるようにする必要がある。最後に、不審者と判断する特徴の目安が問題である。普通に歩いている時にこけるといった突発的な動きの場合でも不審者として検出してはいけない。本年度開発したシステムは不審者と判断するには、まだ早く、精度は低い。これと並行して、警察等の機関に不審者の特徴を聞くことが不可欠である。

以上で挙げた課題点に向けて、より良いシステムへと改善し、精度の高いシステムを開発していくことが重要である。

5. 謝辞

本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)、「安心・安全のまちづくりを強化するためのセーフティー・インフォメーション・ネットワーク(略称 SIN)の研究開発」(研究代表:山口大学大学院・三浦房紀)の一環として行ったものであることを記して謝意を表す。また、本研究を進めるにあたって久長穰准教授には研究の指導をしていただき、研究推進委員会、システム運用委員会の諸氏には貴重な助言をいただいたことも併せて記して謝意を表す。

参考文献

- 1)パソコンによる動画処理:三池 秀敏、古賀 和利、森北出版、pp.84-104、(1994)
- 2)デジタル動画処理:三池 秀敏、古賀 和利、長 篤志、百田 正広、山口大学工学部 感性デザイン工学科 視覚工学研究室、pp.21-31、(2006)
- 3)デジタル動画処理による空間フィルタ速度計測法:三池 秀敏、古賀 和利、百田 正弘、山本 英明、信学論(D-II) vol.J75-D-II no.10、pp1682-1690、(1992)
- 4)動画処理による空間フィルタ速度計測法:三池 秀敏、古賀 和利、第19回画像コンファレンス論文集、pp.111-114、(1988)
- 5)空間フィルタ速度計測法による動作の特徴抽出・認識:三浦 一幸、治部 成記、長 篤志、三池 秀敏、電子情報通信学会論文誌 D Vol.J90-D No.9、pp.2573-2582、(2007)
- 6)空間フィルタ速度計測法による動作の特徴の可視化:三池 秀敏、長 篤志、治部 成記、画像の理解・理解シンポジウム(MIRU2005)論文集 I、pp.149-150、(2004)