

高信頼画像センシングによる人体センサ付きカメラ

Human Detection Camera Using High-Reliability Image Sensing

竹ノ内 利春* · 松田 啓史* · 成尾 公彦**
Toshiharu Takenouchi Hiroshi Matsuda Kimihiko Naruo

人体センサ付きカメラにおいて、検知前約3秒間の過去録画機能を利用することで人体検知判定時間を増やし、画像検出した移動体の移動量の時系列的なモニタリングによって検知判定する移動量判定アルゴリズム、さらに画像検出に採用している背景を含まない移動体の輪郭とその特徴量を抽出する独自の「シルエットマッチング処理」との統合処理を利用する面積比判定アルゴリズムの考案により、屋外環境下における植栽などによる誤検出を大幅に低減させた。

また、画像検出に用いる映像信号と親機で表示させるための映像信号を分離することによって、前者の映像信号においては近傍画素を平均化する処理を行い、後者の映像信号においては映像を視認するのに十分な画素数を確保している。これにより、夜間などの暗い環境下においても最小限の赤外線LEDで、信頼性の高い検知性能と人の確認が可能な十分な明るさの表示映像を得ることができる。

In the application of human detection cameras, false detections often caused by outdoor plants etc has been substantially reduced by increasing the detection and judgment time by utilizing the past recording function for approximately 3 sec before detection, and developing a movement quantity evaluation algorithm by monitoring the detected moving object as time-series data, and further devising a proprietary "silhouette matching processing" for extracting the moving object contour and features without the background, along with an area-ratio judgment algorithm based on integrated processing.

In addition, the image signal is separated for object detection and for display on the main unit, and the former signal is processed for averaging neighboring pixels, while a sufficient number of pixels is secured in the latter signal for better recognition. These arrangements enable highly reliable detection performance and a displayed image adequate for human recognition under the minimum quantity of infrared LED lighting even in a dark environment at night.

1. ま え が き

近年、セキュリティーに対する意識の高まりに伴い、侵入者を検知するための人体センサや監視カメラの需要が伸びている。とくに監視カメラなどの映像セキュリティーについては、現場の状況を映像で確認できることや、犯罪が起きたときに記録した映像が犯人特定の資料になることからニーズおよび認知度が高まっている。

一般住宅においては、簡便な映像セキュリティーシステムとして、映像で確認しながら訪問者への応対ができるインタホンシステムが普及してきている。とくに、犯罪未然防止のための敷地内監視用の人体センサ付きカメラは、そ

のシステムに接続でき、人体検知時だけの映像記録が可能であることと、一般的な監視カメラシステムより安価であることから、今後さらに需要が高まっていくと考えられる。

そこで筆者らは、インタホンシステム「カラー玄関番コスモシリーズ」, 「カラー玄関番スリムシリーズ」に接続でき、下記の特徴を有する人体センサ付きカメラを開発した。

(1) 高信頼画像センシング機能

過去録画機能と独自の画像処理「シルエットマッチング処理¹⁾」とを活用する人体検知アルゴリズムなどにより、信頼性を大幅に高めている。

(2) 暗視機能

照度0 lxの暗い環境下においても、赤外線LEDを必

* 情報機器事業本部 情報機器R&Dセンター Research & Development Center, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

** 情報機器事業本部 HA・セキュリティー事業部 Home Amenity & Security System Division, Information Equipment & Wiring Products Manufacturing Business Unit

要な分だけ照射することで画像センシングを可能とし、また検出した人体も画面で視認できる。

(3) 過去録画機能

検知が確定した時点より約3秒前からの映像を録画することから撮り逃しなく侵入者の挙動を把握できる。

(4) 警告・呼掛け機能

人体検知時に警告音を鳴動させたり、親機からモニタリング時にスピーカを通じて呼掛けができる。

図1に開発した人体センサ付きカメラの外観を示す。

本稿では、このカメラの高信頼画像センシング機能および暗視機能を中心に述べる。



図1 人体センサ付きカメラの外観

2. インタホンシステムの映像セキュリティー機能

インタホンシステムの構成例を図2に示す。

このシステムは、リビングルームやキッチンといった室内に設置される親機や副親機と、玄関や門柱に設置されるカメラ付きインタホン子器、ガレージや勝手口などに設置される人体センサ付きカメラやセンサライト付きカメラ等によって構成される。

センサライト付きカメラは、基本機能が人体センサ付きカメラと同等で、かつスポットライトによるフラッシュ点灯などの付加機能を有している²⁾。

本システムは訪問者への対応機能だけでなく、以下のような特徴を有しており、映像セキュリティー機能を高めて

いる。

(1) オールデジタル化

撮像から表示まですべてデジタル化する独自の映像伝送方式により画質の劣化をなくし、さらにデジタル映像処理を行うことで視認性の向上を実現している。

(2) 多彩な映像表示機能

(a) 4画面同時表示

画面を4分割し、4台の人体センサ付きカメラのリアルタイム映像を同時に表示することで、住宅周辺の様子を一度に確認できる(図3(a))。

(b) 2画面同時表示

訪問者への対応中に侵入者を検知した場合、ピクチャインピクチャで2画面同時表示を行うことで、人体センサ付きカメラの映像をリアルタイムに確認できる(図3(b))。

(3) 外出先からの映像確認

「くらし安心ホームシステム」との連携により、携帯電話で外出先から人体センサ付きカメラの録画画像を確認することができる。

このシステムの映像セキュリティー機能を有効に活かすため、人体センサ付きカメラに対して高い信頼性が求められる。



(a) 4画面同時表示

(b) 2画面同時表示

図3 映像表示例

人体センサ付きカメラ

インターネット センタサーバ 携帯電話

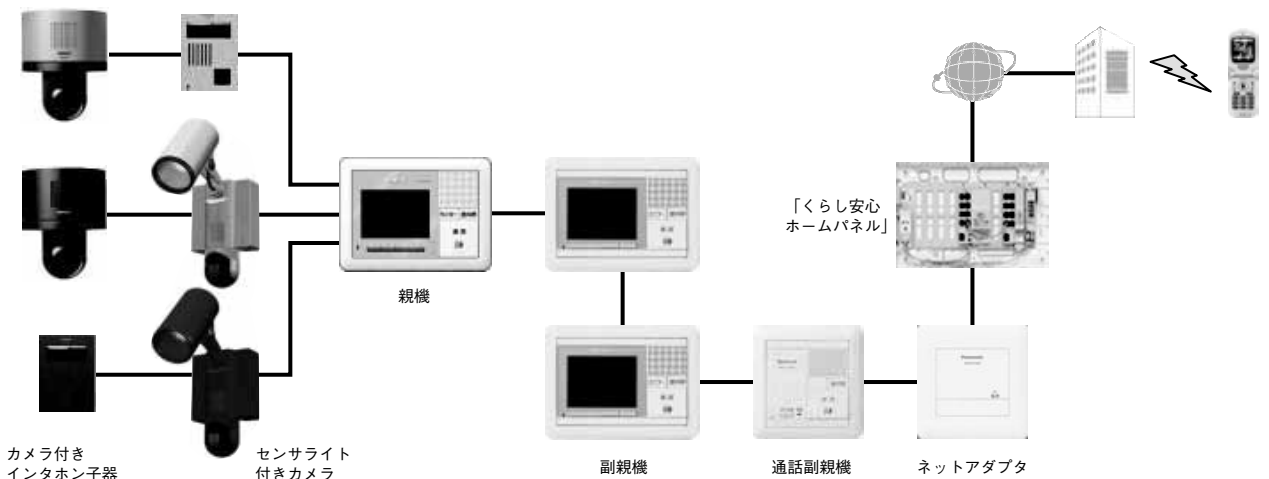


図2 インタホンシステムの構成例

3. 高信頼画像センシング機能

3.1 屋外での画像センシングにおける課題

屋外での人体センサの使用において、誤検出を抑えることはとくに重要な課題である。

誤検出の主な要因である検知範囲外の人体や車などについては画像の非検知範囲設定機能により防げるが(図4)、非検知範囲設定を行っていない植栽やその影などの動きによる誤検出を完全に防ぐのは困難である。

従来から、画像センシングの結果と人体検知用の熱線センサとの複合判断により、画像センシングのみでは誤検出のおそれがある光や影の動きや熱線センサのみでは誤検出のおそれがある熱源などは除去しているが、植栽などは誤検出する危険性がある。

また、住宅用途である人体センサ付きカメラは、一般的な監視カメラと比べて安価であるため、画像センシングなどはなるべく簡単な処理で実現する必要がある。さらに、設定機能も最小限にする配慮も必要となる。

本稿では、とくに植栽に対する誤検出を低減させる高信頼人体検知アルゴリズムについて述べる。



図4 検知範囲設定の例

3.2 過去録画機能と人体検知判定時間

画像センシングの機能ブロック図を図5に示す。

映像処理部では一定時間の映像をつねに更新することで検知確定時点より3秒前からの映像を動画で記録する過去録画などの処理を、画像検出部では「シルエットマッチング処理」による画像検出を、人体検知判定部では人体検知アルゴリズムを用いた最終の検知判定を行っている。

過去録画機能のない場合、録画開始のタイミングは人を検知した後のことから、センサの応答性や録画までのシステムの処理時間を考慮すると、速い動きの侵入者などを確実に録画するためには人体検知判定時間を極力短くする必要があり、信頼性の向上には限界がある。

これに対して、過去録画機能のある場合は、録画開始のタイミングを検知確定時点より前にできるため、人体検知判定時間を増やすことが可能となる。

その判定時間を利用した移動量判定アルゴリズムを次節で説明する。

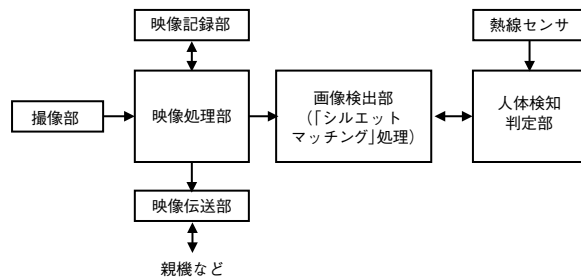


図5 画像センシングの機能ブロック図

3.3 移動量判定アルゴリズム

検知確定までのイメージ図を図6に示す。検知確定は、連続して画像検出した移動体を追跡し、移動量の積分値が閾値を超えるか否かで判定する処理にしている。

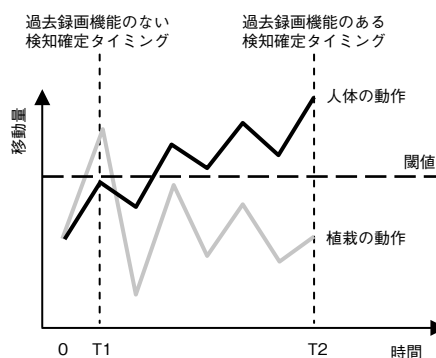


図6 移動量判定の検知確定までのイメージ図

過去録画機能のない場合、前述したように短い時間で判定を行う必要があるため、検知確定はT1のタイミングとなる。このとき、たとえば植栽が突発的に大きい移動量を示すと、閾値を超えて検知確定して誤検出となる。

一方、過去録画機能のある場合は、十分長い検知判定時間を掛けて移動体の移動量をモニタリングし、継続して閾値を超えるT2のタイミングで検知確定とする。この処理を行うことで、時系列的にみた場合に動きが小さい植栽と、動きが大きい人体との判別が可能となる。

3.4 面積比判定アルゴリズム

面積比判定アルゴリズムは、先に開発された当社独自の「シルエットマッチング処理」結果を利用するアルゴリズムである。

画像検出部で行っている「シルエットマッチング処理」は、時間的に連続した5フレームのエッジ画像で論理演算を行うことで、フレーム間差分などの単純な差分処理では抽出してしまう「人が動くことによって現れる、人に隠れていた背景のエッジ」を取り除き、移動体のエッジだけを確実に抽出できる信頼性の高い検出方式である。「シルエットマッチング処理」の結果、図7で示すように、抽出した移動体のエッジを基に外接長方形の大きさと座標が得られる。

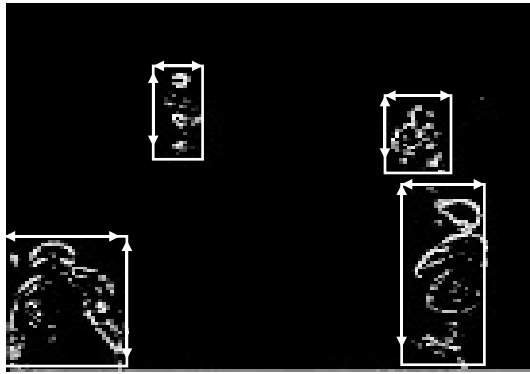


図7 「シルエットマッチング処理」結果

また、多様な環境下で人体の一部に背景との輝度差が少ない場面においては、移動体のエッジが分離して抽出してしまう場合があるため、人体検知判定部で近傍の外接長方形を同じ物体として扱うように統合する処理を行っている。

しかし、この統合処理は人体のエッジが分離して抽出される場合に有効であるが、細かい葉や枝の動きが集まったような植栽についても同様な処理を行うと、結果的に人体と同じような大きさの動きとして誤検出してしまう危険性が生じる。

これに対して、以下のような面積比判定アルゴリズムを適用する。イメージ図を図8に示す。

- (1) 「シルエットマッチング処理」で検出した、統合処理前の近傍の移動体の合計面積を算出する。
- (2) 統合処理後の面積と(1)の面積を比較し、設定した閾値を越えるような移動体のみを有効として扱う。

有効：統合前の合計面積／統合後の面積 \geq 閾値

無効：統合前の合計面積／統合後の面積 $<$ 閾値

この処理を行うことで、細かいエッジが多く検出されるような植栽の動きによる誤検出を防ぐことができる。

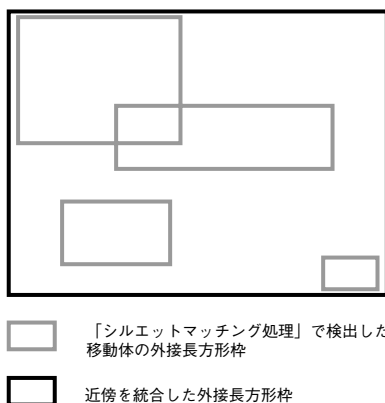


図8 統合処理前後の外接長方形イメージ図

3.5 評価結果

高信頼画像センシングについての評価結果を表1に示す。

結果は植栽を誤検出した回数で表しており、条件の厳しい環境を含めた複数の場所で長時間の実機評価を行ったものである。

従来の人体検知アルゴリズムの誤検出回数を100%とした場合、高信頼人体検知アルゴリズムの誤検出回数は2.2%に改善できている。完全に誤検出を防ぐことは難しいが、大幅な改善効果があることが確認でき、高い検知信頼性を得られることがわかる。

表1 植栽による誤検出回数

	従来 人体検知アルゴリズム	高信頼 人体検知アルゴリズム
検出回数	1386回	31回

4. 暗視機能

4.1 暗視の必要性

映像セキュリティ機能として、夜間などの暗い場合の照明機能は非常に重要となる。

まず、画像センシングを行うにあたり、暗い場合においては人体と背景の輝度差が小さくなり、検出できなくなる危険性が生じる。熱線センサ単独などの他の手段でも人体検知は可能であるが、画像センシングと複合判断するのに比べて信頼性が劣る。

また、照明機能がないと、検知した場合でも画像が暗いために対象物を確認できず、映像セキュリティ機能としての意味をなさない。

人体センサ付きカメラを設置する場所としては、周囲にまったく照明装置がなく夜間はほとんど光がないような暗い環境も考えられるため、最悪条件である0 lxでも確実に人体を捉えることができるように赤外線LEDによる照明機能を搭載している。搭載にあたっては、低コスト化を考え、赤外線LEDの数をできるだけ少なくするための映像信号処理および光学設計を行っている。

4.2 映像信号処理

赤外線LEDの数を少なくする場合、少ない光量で確実に人体を捉えるためにはノイズを小さくする必要がある。

撮像部では入力された光を電気信号に変換し、必要な大きさまで増幅して映像信号を作る。増幅度を上げると少ない光でも人体を検出することが可能になるが、ノイズも同様に増幅され、移動体として画像検出する危険性が生じる。

映像処理部において、ノイズを低減させるために近傍画素の平均化を行うことは可能であるが、セキュリティ機能としての映像を必要以上に劣化させることはできない。

開発品では、画像検出に用いる映像信号と親機で表示させるための映像信号を分離する方法を採用している(図9)。前者の映像信号においては近傍画素を平均化する処理を行い、後者の映像信号においては映像を視認するのに十

分な画素数を確保している。

しかし平均化の処理においても、対象とする近傍画素が多いと空間分解能が低くなり、画像検出に必要な信号まで低減することから、確実に移動体を検出できる以下の2条件を満たす必要がある。

- (1) 画像検出部においてエッジ検出に使用するソーベルフィルタ処理結果が低減されないように、対象人体の撮像素子サイズをフィルタサイズと同等以上とする。
- (2) 画像検出のサンプリング処理間隔を、平均化される画素間を人体が移動する速度より大きくする。

これらの条件を満たすことにより、少ない光量においても信頼性の高い画像センシングを実現している。

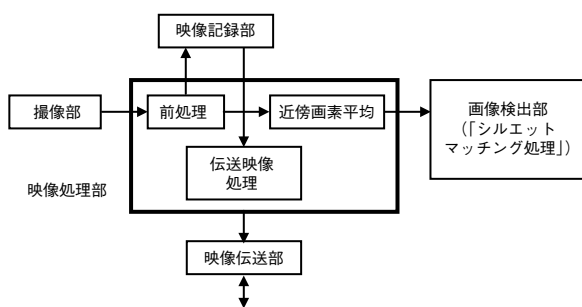


図9 映像処理部の内部構成

4.3 光学設計

撮像素子で光を効率良く電気信号に変えることができれば、より少ない光量で画像検出に必要な信号を得ることができる。

本開発では、効果的な受光を実現するため、赤外線 LED の発光波長と撮像素子の変換効率が高い波長とを一致させるとともに、撮像素子の前面に装着する光学フィルタも可視領域と LED の発光赤外領域の透過特性が優れるものとしている（図 10）。

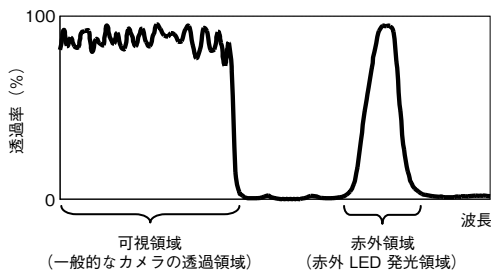


図10 光学フィルタの透過特性

赤外線 LED の配光設計については、最大検知距離における対象人体の輝度値が、検知範囲内での方向を問わず均一になるように、各赤外線 LED の放射方向を設定している。なお、人体センサ付きカメラの設置環境、撮像素子と撮像素子部への入射角による影響、および赤外線 LED

の指向特性など、すべての条件を考慮して設計を行っている。

これらの光学設計法と前述の映像信号処理法により、夜間などの暗い環境下においても最小限の赤外線 LED で、信頼性の高い検知性能と人の確認が可能な十分な明るさの表示映像を得ることができる。

図 11 に 1lx 未満で撮影した画像例を示す。赤外線 LED が無い場合はほとんど見えないものが本開発品では十分確認できることがわかる。

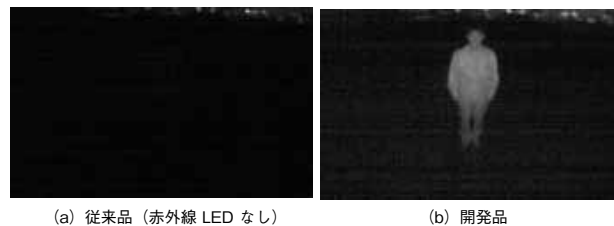


図 11 暗視下撮影画像例

5. あとがき

検知前約 3 秒間の過去録画機能を利用することで人体検知判定時間を増やし、画像検出した移動体の移動量の時系列的なモニタリングによって検知判定する移動量判定アルゴリズム、さらに画像検出に採用している背景を含まない移動体の輪郭とその特徴量を抽出する独自の「シルエットマッチング処理」との統合処理を利用する面積比判定アルゴリズムの考案により、屋外環境下における植栽などによる誤検出を大幅に低減させた。

また、画像検出に用いる映像信号と親機で表示させるための映像信号を分離することによって、前者の映像信号においては近傍画素を平均化する処理を行い、後者の映像信号においては、表示装置の分解能以上の画素数を確保した。これにより、夜間などの暗い環境下においても最小限の赤外線 LED で、信頼性の高い検知性能と人の確認が可能な十分な明るさの表示映像を得ることができた。

開発した人体センサ付きカメラは、一般住宅の映像セキュリティ機器として非常に高い信頼性を有しており、先に発売したセンサライト付きカメラに対して低コスト化も達成していることから普及が期待できる。

一般家庭においても徐々に安全・安心に費用を掛けるという考えが定着してきつつあるなかで、今後も市場のニーズを的確に捉えながら安全・安心な生活を提供できるよう、新たな住宅用カメラシステムを提案し続けていきたいと考えている。

*参考文献

- 1) 松田 啓史, 萩尾 健一, 藤井 裕之, 荒川 忠洋, 中元 栄次: 微分強度画像による高信頼性人体センサ, 松下電工技報, Vol. 52, No. 4, p. 75-80 (2004)
- 2) 松田 啓史, 森 秀夫, 竹ノ内 利春, 荒川 忠洋, 長岡 暁, 成尾 公彦: 画像・熱線複合判断による高信頼人体センサ付きカメラ, 松下電工技報, Vol. 55, No. 1, p. 17-22 (2006)

◆執筆者紹介



竹ノ内 利春
情報機器 R & D センター



松田 啓史
情報機器 R & D センター



成尾 公彦
HA・セキュリティ事業部