

画像処理による作業者の安全監視

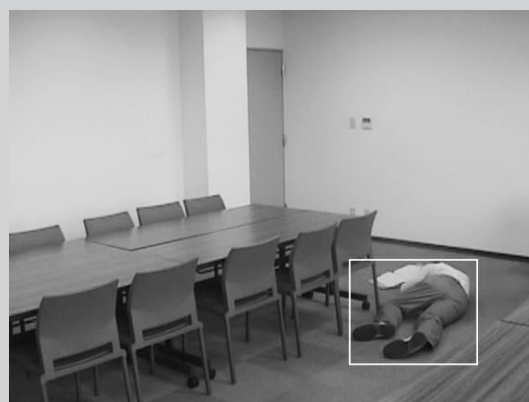
📷 監視カメラ, 単独作業, 安全, 画像処理

* 藤原伸行 Nobuyuki Fujiwara

* 井上信二郎 Shinjiro Inoue

概要

監視カメラの画像を処理して作業者の安全を監視する技術を開発した。この技術の目的は、単独作業を行う作業者が転倒や卒倒などの何らかの理由で動かなくなったことを自動的に検出し、監視員に知らせることである。従来は監視員が監視カメラ画像を視認で連続監視しているため、監視員の負担が大きく、作業者の異常を見逃しがちである。この技術では画像処理により自動的に作業者の異常を検出するため、監視カメラ画像を監視員が常時視認し続ける必要がなく、監視員の負担を大きく軽減できるメリットがある。作業者の安全を確保する観点から、事務所・実験室・工場などへの適用を検討している。



転倒者の検出例

1. ま え が き

工場での加工作業、製品の試験作業、事務所での当直作業などは、安全上複数名の作業員により作業を実施することが基本である。しかしながら、やむを得ず単独作業となってしまう場合がある。特に作業員が夜間などに単独作業を行う場合、作業員の安全を確保する観点から、異常及び事故を早期に発見することが求められている。

人の安全確保を目的とした装置として、浴室内事故を画像処理により自動検出する装置が提案されている⁽¹⁾。また、自動車を運転中の運転手の顔を撮影し、まばたきの検出を行うことで運転手の覚醒度を推定する試みが行われている⁽²⁾。しかしながら、これらは浴室や自動車に特化した装置である。

そこで、当社ではより汎用的に利用可能な装置として、事務所や実験室において単独作業を行っ

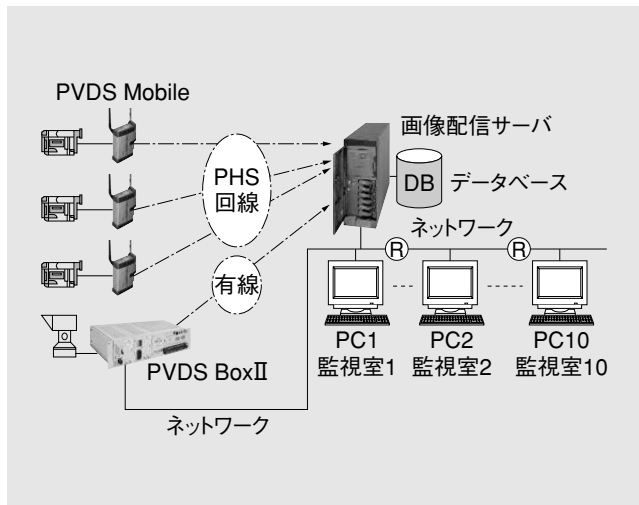
ている作業員が、転倒や卒倒などの何らかの理由で動かなくなった状態を、画像処理により検出する作業員安全監視装置を開発した。本稿では、作業員安全監視装置を用いた監視システムのシステム構成、画像から作業員の異常を検出するアルゴリズム、監視カメラの画像から作業員を検出した事例を紹介する。

2. 当社の画像監視関連装置

当社は、受変電設備の監視を主な対象として監視カメラ画像による画像監視システムを開発してきた⁽³⁾⁽⁴⁾。まず、これらの画像監視技術について紹介する。

画像配信システム リアルフィールド REALFIELDは、ネットワーク経由で監視カメラ画像を配信するシステムである。第1図にREALFIELDの概念図を示す。このシステムは監視カメラの画像をネットワーク経由

*基礎技術開発部



第1図 REALFIELDの概念図

REALFIELDは、ネットワーク経由で画像の伝送と配信を行う画像配信システムである。

で伝送する画像伝送端末（PVDS BoxII, PVDS Mobile）と、画像の管理と配信を行う画像配信サーバで構成する。REALFIELDの画像の配信方法は、従来のアナログ画像をそのまま監視モニターへ出力する方法とは異なる。監視カメラの画像を画像伝送端末でいったん受け、画像伝送端末から通信回線を用いて画像配信サーバへ送り、画像配信サーバから要求に応じてクライアントPCへ画像を配信する。このためネットワークに接続されている場所であれば、監視室だけでなく事務所などの様々な場所から監視カメラの画像を見ることができる。

侵入者検知装置 リアルイージス REALAEGISは、監視カメラの画像を解析して、監視範囲に侵入した人や車両などの侵入物を自動的に検出する装置である。浄水場や受変電設備などの重要設備には多くの監視カメラが設置されている。この装置はこれら監視カメラによる常時監視を監視員の代わりにを行い、多くの監視モニターを見なければならぬ監視員の負担を軽減する。REALAEGISの画像入力方法としては、監視カメラの画像を直接入力する方法とREALFIELDと連携してネットワーク経由で入力する方法がある。またREALAEGISには、検知した侵入物の画像を録画再生する、検知時の画像を携帯電話へ配信するなど、侵入者検知装置としての様々な機能が含まれている。第2図にREALAEGISの処理画面を示す。

今回開発した作業者安全監視装置は、監視カメ



第2図 REALAEGISの処理画面

REALAEGISは監視カメラの画像を解析して、監視範囲に侵入した人や車両などの侵入物を自動的に検出する装置である。

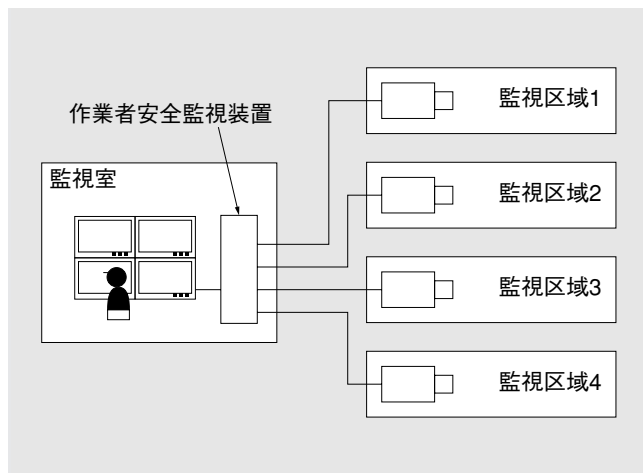
ラの画像を解析して、転倒や卒倒などの理由で倒れて動かなくなった作業者を自動検出する装置である。この装置は、REALAEGISのようにすべての侵入物に反応するのではなく、動かなくなった作業者のみを検出する。また、REALAEGISと同様のGUI上で動作し、侵入者検知装置の様々な機能をそのまま使用できる。

3. 作業者安全監視システムの構成

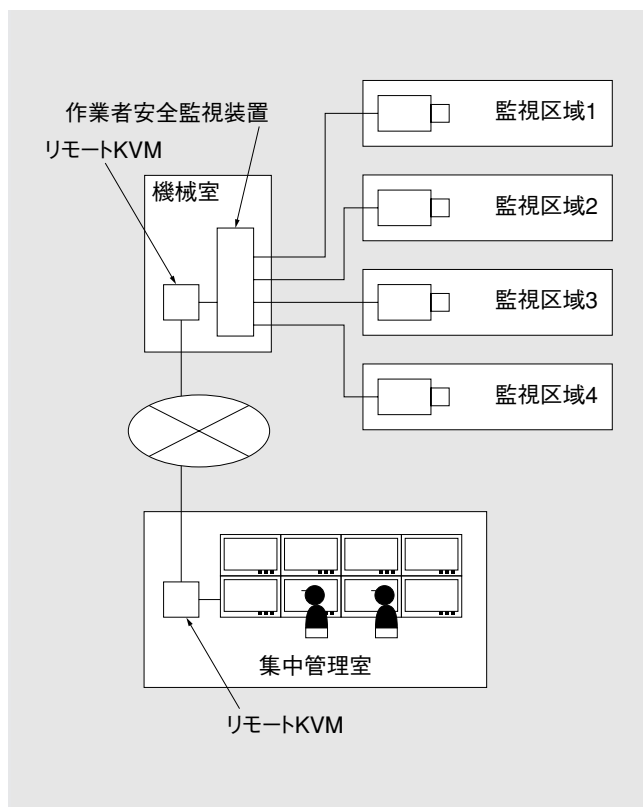
作業者安全監視装置を用いた作業者安全監視システムの構成には、代表的な3つのタイプがある。

(1) 監視室に作業者安全監視装置を設置し、各監視区域に設置した監視カメラの画像を画像信号線により作業者安全監視装置へ直接アナログ入力するタイプ（第3図） これは作業者安全監視システムの最も基本的な構成である。またこのような構成は小規模な作業所の監視に適している。

(2) 機械室に作業者安全監視装置とリモートKVM（パソコンを遠隔操作する装置）を設置し、各監視区域に設置した監視カメラの画像を画像信号線により作業者安全監視装置へ直接アナログ入力するタイプ（第4図） このタイプの作業者安全監視システムでは各作業所へ作業者安全監視装置を設置し、作業者安全監視装置の操作画面をネットワーク経由で集中管理室へ伝送する。また、集中管理室から作業者安全監視装置を遠隔操作することができる。点在する小規模な作業所の監視を集中管理したい場合に適している。

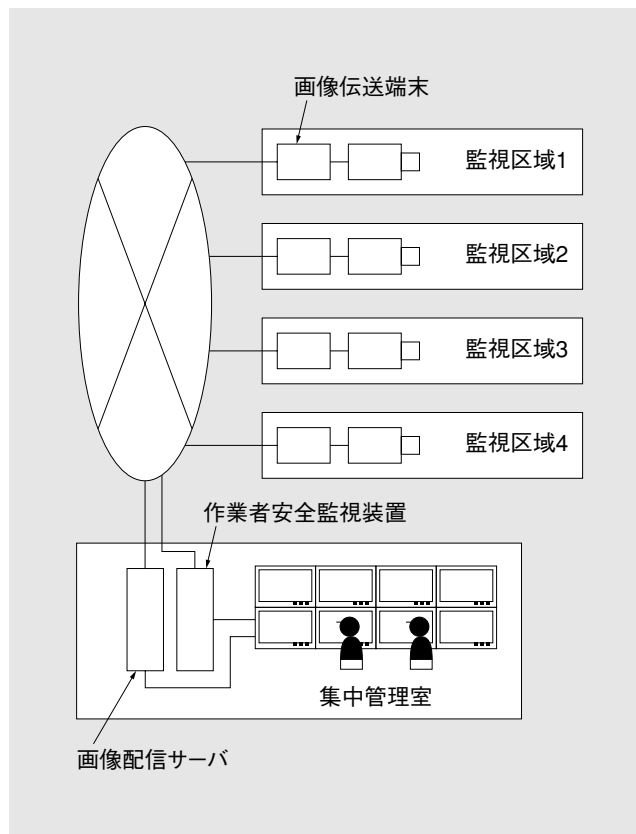


第3図 作業安全監視システムの構成タイプ1
監視カメラの画像を画像信号線により作業安全監視装置へ直接アナログ入力する基本的な構成を示す。

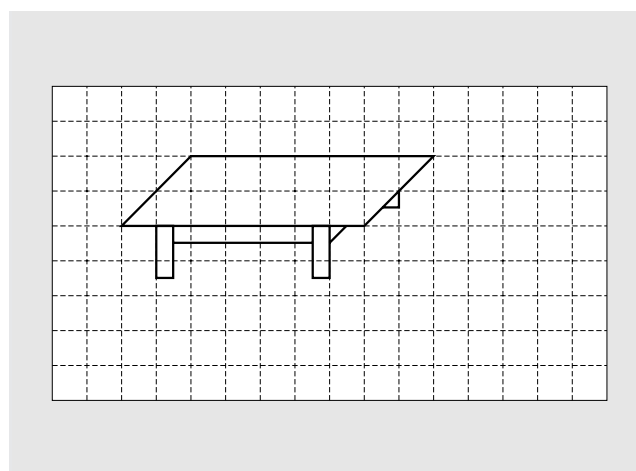


第4図 作業安全監視システムの構成タイプ2
リモートKVMを設置し、作業安全監視装置を遠隔操作する構成を示す。

(3) REALFIELDと連携しネットワーク経由で各監視区域の画像を作業安全監視装置へ入力するタイプ（第5図） 様々な監視場所からネットワーク経由で画像を送信し、集中管理室に設置した処理機器により集中管理を行う。ネットワークを設置してあれば、様々な場所に監視カメラを設置できる。大規模な作業所の各監視区域の監視を1か所で集中管理する用途に適している。



第5図 作業安全監視システムの構成タイプ3
REALFIELDと連携し、ネットワーク経由で各監視区域の画像を作業安全監視装置へ入力する構成を示す。



第6図 変化検出を行う小領域の設定
画像上の変化を検出するために設定した小領域の例を示す。

4. 作業者の異常検出方法

作業者が転倒や卒倒などにより動かなくなったことを、監視カメラの画像から検出する原理を紹介する。まず、第6図に示すように画像を格子状の小領域に区切り、各小領域における画像の変化を調べる。画像上で作業者が動いている位置にある小領域では、その動作に起因する画像上の変化

が発生している。また、画像上で作業者が動かなくなった位置にある小領域では、停止に起因する画像上の変化が発生している。これらの画像上の変化が発生している小領域を動作変化検出小領域と呼ぶ。動作変化検出小領域の内、動作に起因する画像上の変化が発生している小領域を動作変化検出小領域、停止に起因する画像上の変化が発生している小領域を停止変化検出小領域と呼ぶ。

次に、停止変化小領域の数があらかじめ設定しておいた一定数以上発生した場合、それら小領域を枠で囲み停止部分とする。最後に停止部分の状態を確認し次に示す、停止注意・停止警戒・停止警報の3つに分類する。

停止注意とは、停止部分の変化検出小領域に動作変化検出小領域が含まれる状態である。席に着いて何か机で作業している場合、胴体は停止しているが腕や頭が動いている。このような場合は停止注意となる。

停止警戒とは、停止部分の変化検出小領域すべてが停止変化検出小領域となつてからの経過時間が、あらかじめ設定しておいた確認時間よりも短い状態である。作業者が何らかの原因で動かなくなった初期状態を示している。

停止警報とは停止部分の変化検出小領域すべてが停止変化検出小領域となつてからの経過時間が、あらかじめ設定しておいた確認時間以上の状態である。作業者が何らかの原因で動かなくなり、長時間経過した状態を示している。第7図に作業者の異常検出を行う処理のフローチャートを示す。



第7図 作業者安全監視処理のフローチャート
作業者が転倒や卒倒などにより動かなくなったことを、監視カメラの画像を解析することにより検出する処理のフローチャートを示す。

5. 作業者の検出例

第8図から第12図に作業者安全監視装置による作業者の検出例を示す。図中の緑×印は動作変化検出小領域を、図中の赤×印は停止変化検出小領域を示している。また、図中の枠は停止部分を示し、枠の色によってその状態を示している。黄枠は停止注意状態の停止部分であり、停止部分に何らかの動きがある。橙枠は停止警戒状態の停止部分であり、停止部分に検出された作業者が完全に停止した直後であることを示している。赤枠は停止警報状態の停止部分であり、停止部分に検出された作業者が完全に停止して暫く経過したことを示している。

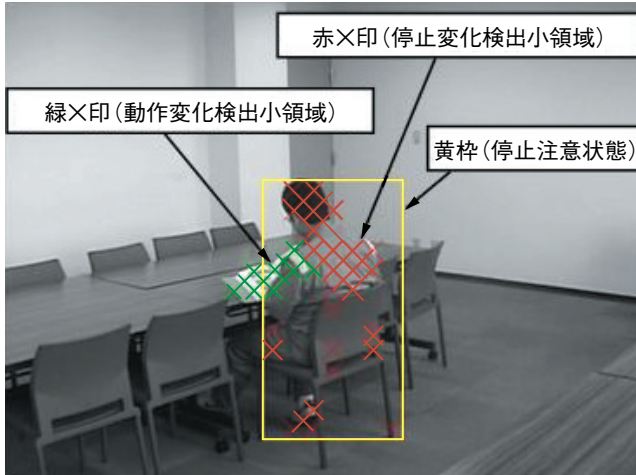
第8図は歩く作業者が存在する室内の画像を処理したものである。画像中の作業者上に緑×印が表示されており、動作に起因する画像上の変化が発生していることが分かる。但し、停止部分を示す枠は表示されない。

第9図は資料を読む作業者を撮影した画像を処理したものである。停止注意状態の停止部分を示す黄枠が表示されている。作業者の動作が少なく注意が必要であるが、まだ危険な状態とは認められない。

第10図から第12図は作業者が転倒し動かなくなった時系列の画像である。作業者が完全に停止すると第11図のように停止警戒を示す橙枠が表示される。更にこの状態がしばらく継続すると第12図

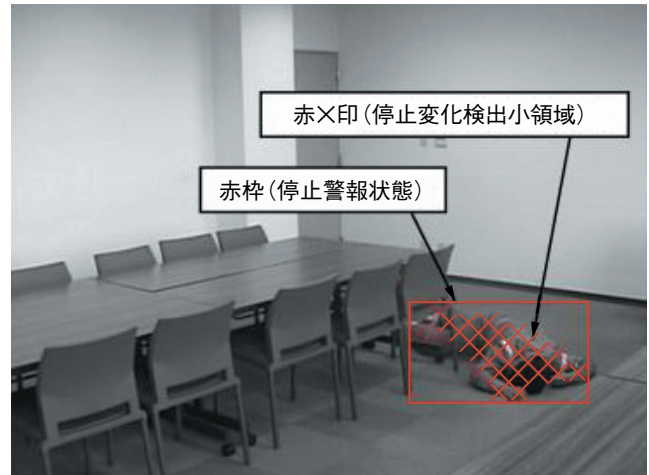


第8図 歩行する作業者
歩く作業者が存在する室内の画像を処理した例を示す。画像中の作業者上に緑×印が表示されており、動作に起因する画像上の変化が発生している。



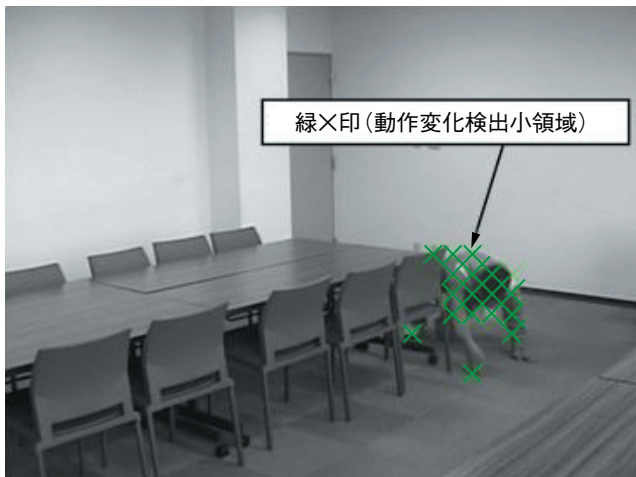
第9図 資料を読む作業者

資料を読む作業者を撮影した画像を処理した例を示す。停止注意状態の停止部分を示す黄枠を表示し、動作中の部分と停止中の部分が混在している状態を検出している。



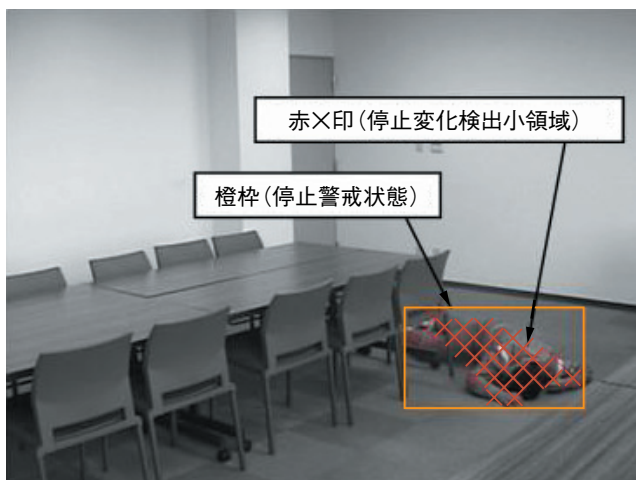
第12図 転倒後しばらく動かない作業者

転倒後しばらく動かない作業者を撮影した画像を処理した例を示す。停止警報状態の停止部分を示す赤枠を表示し、作業者が危険な状態になったと判断している。



第10図 倒れ込む作業者

倒れ込む作業者を撮影した画像を処理した例を示す。



第11図 転倒直後の作業者

転倒直後の作業者を撮影した画像を処理した例を示す。停止警戒状態の停止部分を示す橙枠と作業者上に赤×印を表示し、作業者が完全に停止している。

のように停止警報を示す赤枠を表示する。これは、作業者が完全に停止して長時間が経過したことを示している。

このような状態になった場合は、作業者が何らかの原因により危険な状態に陥った可能性が大きい。そこで監視員は処理画面を確認すると共に作業者に対してすみやかに処置を行うことが可能となる。

6. む す び

監視カメラの画像を処理して作業者の安全を監視する技術を紹介した。この技術は画像処理技術を応用して、単独作業を行う作業者が転倒や卒倒などの何らかの理由で動かなくなったことを自動的に検出し監視員に知らせることができる。

当社ではこの技術を事務所・実験室・工場などの監視へ適用し作業者の安全確保に貢献すると共に、より安全な社会の実現のために技術開発を継続していく所存である。

《参考文献》

- (1) 安藤, 森, 内田: 「動き検知センサ『風呂用心』」, 三洋電機技報, Vol.33, 2001/No.3, pp.31~38
- (2) 中野, 杉山, 水野, 山本: 「居眠り検知のまばたき検出と覚醒度推定」, 信学技報, PRU95-30, 1995, pp.73~80
- (3) 秋元: 「受変電設備に於ける画像中継配信システムの応用 - 現場状況ライブ配信と遠隔指揮 - 」,

平成15年電気学会放電・開閉保護・高圧合同研究会資料, ED-03-202, SP-03-124, HV-03-117, 2003, pp.111~114

(4) 藤原, 秋元:「ネットワーク経由の監視カメラ画像から侵入者を検知する監視システムの開発」, 明電時報310号, 2006/No.5, pp.38~42

《執筆者紹介》



藤原伸行 Nobuyuki Fujiwara
コンピュータビジョンの研究開発に従事



井上信二郎 Shinjiro Inoue
ソフトウェア開発に従事

