

氏 名 中島 慶人

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大甲第 997 号

学位授与の日付 平成 18 年 9 月 29 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 監視システムのための画像処理による移動人物の検出と認識に関する研究

論文審査委員	主 査	教授	上野 晴樹
		教授	佐藤 真一
		助教授	後藤田 洋伸
		助教授	古山 宣洋
		教授	白井 良明（立命館大学）
		特任教授	小野 欽司（国立情報学研究所）

論文内容の要旨

電力設備や石油プラントなどで設備の稼働状態の把握や、保守保全および警備の観点から、画像監視システムが数多く導入されている。さらに近年、ネットワーク技術の進展や監視カメラの低コスト化などが背景となり、監視カメラの設置台数が増える傾向にある。これらの多くの監視カメラ画像を監視員が見続けることが不可能なため自動化が求められるようになり、主に以下のような機能を持つ画像監視システムの開発が望まれている。

- ・ 監視領域に入る特定の移動体を選択的に実時間で検出する機能
- ・ 検出物体の動作に応じて警報を出すための姿勢や向きの認識機能
- ・ 検出物体の個別認識機能

監視領域に入る特定の移動体としては、人物、車両、動物、自転車等があるが、監視対象になる頻度が高くかつまだほとんど着手されていないという理由で人物の画像認識を本論文の対象とした。移動体としての人物の認識は画像が不安定でパラメータ設定が困難であるので、機械学習機能が不可欠である。本研究では、機械学習機能を持つ二分類問題向き認識処理法であるサポートベクターマシン (SVM) を拡張して、移動体としての人物の画像認識システムの実現を目標とした。以下に、手法と成果の要点を述べる。

第1に、SVMを使い監視画像から人物を検出する方式は既に提案されているが、従来のSVMによる人物検出方式は、画像内から人物を選択的に検出できるものの、実時間(30画像/秒)で処理ができないという弱点があった。そこで本論文では、SVMの人物検出方式を使い実時間で人物を検出するための新しい前処理手法を研究し、固定カメラ用にライン型前処理を、旋回カメラ用に側抑制型前処理を考案した。ライン型前処理は、監視領域内に監視ラインを設定し、監視ライン上で動きの速い部分に優先順位をつけ、優先順位の上位を人物検出の探査範囲とする方式である。一方、側抑制型前処理は、移動中の人物が周囲の背景と異なる動きをすることに着目し、周囲と異なる動き部分を人物検出の探査範囲とする方式である。評価実験では、考案した前処理と従来の人物検出方式を使い実時間で人物検出ができることを示した。

第2に、人物は様々な姿勢をするので姿勢の定義が困難であり、これまでSVMを利用した姿勢認識は行われていない。本論文では、代表的な作業姿勢を定義できる発電所運転時の作業員を撮影した監視カメラ画像を用い、SVMによる作業姿勢認識を研究した。作業員の動きと作業姿勢の間には相関があるので、個々の作業姿勢を個別に学習したSVMを、作業員の動きに合わせて動的に切替る動的切替方式を前処理として考案した。評価実験では、監視カメラで撮影した1時間30分の実験画像で95%の姿勢認識率が得られた。なお、本成果により画像内の作業員の立ち位置と作業姿勢が分かるため、誤った運転操作時に警報を出す画像監視システムの作成が可能である。

第3に、監視カメラで撮影した全身画像から人物を特定する認識機能が重要であるが、人物の服装や形状が常に変化するため安定した認識特徴が得られないことから、人物認識に全身画像は利用されていない。そこで、本論文では研究室内に出入する既知人物8人の16日間の全身画像(約1,120画像)を使い、SVMによる人物認識を研究した。8

人を認識する必要からSVMを段階的に切り替える多段戦略と、画像から得られる4種類の画像特徴を用いた認識実験を行った。実験の結果、監視カメラで一度撮影した同一日であれば約88～98%の割合で個人を特定できたことを示した。また、検証に100物体が写る7,200画像による100物体の認識実験を行い、認識率が約95～98%であることを示した。特に考察では、SVMの多段戦略よりも、利用する画像特徴に認識精度が依存することを示した。本実験結果は限定的なものだが、監視カメラで撮影した全身画像から、一度撮影した人物を個別に検出する機能の開発に貢献する成果である。

第4に、本論文で監視カメラに写る人物の全身画像を使い、人物の実時間検出、検出人物の姿勢認識、検出人物の認識を実現する方式を提案した。提案方式はSVMによる機械学習を用いているので、学習画像を変更することで人物以外の移動体にも今後拡張可能な方式である。さらに、実用の観点から特殊な装置を使うことなく市販の計算機と監視カメラで解決できる方式を提案している。本論文の結果は、高機能な監視カメラの実現に寄与する具体的な研究成果であると考えている。

論文の審査結果の要旨

電力設備や石油プラント等の運用管理やセキュリティ管理の目的で、画像監視システムが広く導入されているが、監視カメラの数が急増しかつネットワークで結合されるようになり、監視システムは複雑化・大規模化しつつある。現在は監視員によって目視監視が行われているが連続監視には負担と限界があり、自動化が求められるようになった。本研究は、このような社会的要望に基づいたものであり、画像処理技術による監視システムの自動化の試みである。監視に求められている主な機能は、1) 移動体を選択的に実時間で検出する機能、2) 検出物体の姿勢や向きの認識機能、3) 検出物体の個別認識機能、等である。

本研究では、要望が高くかつまだほとんど着手されていない人物の画像認識が対象とされた。一般に、移動体としての人物の認識は画像が不安定でパラメータ設定が困難であるので、機械学習機能が不可欠である。本研究では、サポートベクターマシン(SVM)を拡張して、人物の実時間画像認識システムのための基礎技術の実現を目標とした。以下、本研究で提案された主な手法と成果は次の3点に要約できる。

第1は、固定カメラと旋回カメラの両方に挑戦し、SVMを使った実時間(30画像/秒)人物検出法を開発した。固定カメラ用にライン型前処理法を、旋回カメラ用に側抑制型前処理法をそれぞれ開発した。ライン型前処理法は、監視領域内に仮想的監視ラインを設定し、監視ライン上で動きの速い部分に優先順位をつけ、優先順位の上位を人物検出の探査範囲とする方式である。これによって無駄な探査が大幅に抑制される。一方、側抑制型前処理法は、移動中の人物が周囲の背景と異なる動きをすることに着目し、周囲と異なる動き部分を人物検出の探査範囲とする方式である。これにより、カメラと人物の双方が移動している状況で人物の検出が可能となる。評価実験により、従来法を大幅に改善した実時間人物検知能力を実証した。

第2は、人物の姿勢や向きの認識法である。一般に人物の姿勢の定義が困難であることなどによりSVMを利用した姿勢認識は行われていなかったが、本論文では、代表的な作業姿勢を定義できる発電所運転時の作業員を撮影した監視カメラ画像を用い、SVMによる作業姿勢認識法を考案した。すなわち、作業員の動きと作業姿勢の間に相関があることに着目し、個々の作業姿勢を個別に学習したSVMを、作業員の動きに合わせて動的に切替る動的切替方式を前処理として考案した。評価実験では、実測の実験画像で95%の姿勢認識率が得られ、提案法の有用性を実証した。

第3は、これまで行われていなかった、監視カメラで撮影した全身画像から人物を特定する認識法の実験指向の研究開発に挑戦した。本研究では研究室内に出入する既知人物8人の16日間にわたる全身画像(約1,120画像)を使って、SVMによる人物認識法を考案した。具体的には、2分類学習法であるSVMを段階的に切り替える多段戦略と、画像から得られる4種類の画像特徴を用いた認識法を試行し、有効な手法を開発した。評価実験の結果、同一日であれば約88~98%の割合で個人を特定できることを示した。本実験結果は限定的なものであるが、監視カメラで撮影した全身画像から、一度撮影した人物を個別に検出する機能の開発に貢献する成果である。

以上、本論文では、監視カメラに写る人物の全身画像を使い、人物の実時間検出、検

出人物の姿勢認識、検出人物の個人認識を実現する方式を提案し、有用性を評価実験で実証した。また、実用の観点から特殊な装置を使うことなく市販のパソコンと監視カメラで解決できる方式を提案していることは高く評価できる。本論文の成果は、次世代の画像監視システムの実現に寄与するものである。

審査委員会は、本研究が社会の要望に即した研究テーマであり、次世代画像監視システムの実用化に貢献するものであり、かつ重要な学術的・技術的提案を与えていると判断し、博士論文として十分な内容であると認めた。