

# ビルの安全・安心，省エネに貢献する 画像認識応用ソリューション

Solution Applying Image Recognition Technology for Safe, Secure, and Energy-Saving Buildings

馬場 賢二      榎原 孝明      長田 和美

■ BABA Kenji      ■ ENOHARA Takaaki      ■ NAGATA Kazumi

近年のオフィスビルでは、高いセキュリティの確保やビル全体で消費するエネルギーの削減が必須の取組みとなっている。その実現に向けてはビル内の現況を知ることが重要になるため、高度な検出技術の確立が不可欠である。

東芝は、画像認識技術を活用し、セキュリティアプリケーションから省エネアプリケーションまで幅広く適用できる画像センサを開発した。この画像センサを活用することで、従来のセンサでは計測が困難であった人間の活動やオフィス環境の状態を統合して計測でき、安全・安心、省エネを実現するビル管理システムの構築に貢献することができる。

In recent years, both high security and the reduction of total energy consumption have become essential for the operation of office buildings. There is consequently an increasing need for advanced sensing technology to get an accurate grasp of the current state of a building.

Toshiba has developed an image composition sensor using our image recognition technologies, which can be applied to a wide range of applications in buildings, from security to saving energy. This image composition sensor makes it possible to measure conditions of both office environments and human activities, which is very difficult for conventional sensors, and contributes to the construction of building management systems offering safe, secure, and energy-saving services.

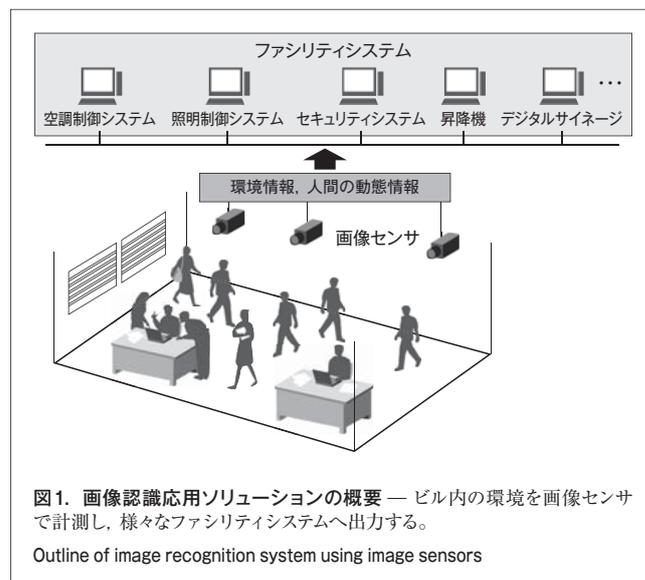
## 1 まえがき

オフィスビルや工場などでは、入退室管理や空調・照明設備などを対象にしたビル管理システムが24時間稼働している。それぞれのシステムには多様なセンサが適用されており、温度や湿度といった物理量の情報は検出できるが、オフィス空間の環境状態や人間の存在、活動、及び挙動といった情報を検出できるセンサは存在しなかった。

東芝は、画像認識技術を応用し、従来計測が困難であった情報を詳細かつ複合的に獲得できる画像センサを開発した。

画像認識技術を応用した画像センサは、ビル内の安全・安心の向上に必須となる物理セキュリティに適用できる。機密情報が保管されている部屋などセキュリティレベルが高いところでは厳密な入退室管理が必要である。そこで、入退室管理システムと画像センサを連携した共連れ侵入監視システムを開発した。更に、管理者の利便性を向上するために、映像上に氏名や組織名などの認証情報を重畳する仕組みを構築した。

また、ビルの省エネには、ビルの消費エネルギーの43%を占める空調設備<sup>(1)</sup>のエネルギー効率の向上が必須である。当社は、空調制御システムにニューロPMV<sub>TM</sub>制御<sup>(2)</sup>を導入し、快適性を確保しつつ省エネを可能とする空調制御を実現している。更に、高度な制御を行うためにオフィス内の環境情報を画像センサから獲得し、窓からの輻射（ふくしゃ）温度や人間の所在と活動量の推定結果をリアルタイムに反映できる省エネ空調制御システムの実現を目指している。



画像センサは、照明制御にも適用できる。従来の赤外線を用いた人感センサは一定時間停滞していると人間を見失うという欠点があったが、画像センサではこの問題を解決できる。更に、人間の状態を画像内で詳細に分析できることから、エリアごとの制御と管理や周辺の照明との連携制御が可能で、オフィス全体での最適な照明や調光の制御を実現している。

ここでは、各ファシリティシステムと画像センサの連携を図り、ビルの安全・安心と省エネに貢献する画像認識応用ソリューションの概要（図1）とその特長について述べる。

## 2 安全・安心を実現するセキュリティ技術

当社は、これまでハンズフリーでストレスなくかつ高精度の個人認証を実現する顔認証技術を開発してきた<sup>(3)</sup>。セキュリティシステムの構築には、個人認証技術による入退室管理システムの強化のほか、不審者を発見しその所在を確認できるシステムの開発が利便性向上の視点で重要になる。

今回、セキュリティレベルが高い制限エリアに入室する人間を確実に検出する画像認識技術を開発し、従来のシステムでは防止できなかった共連れによる未認証者の侵入を防止する“共連れ侵入監視システム”を構築した。

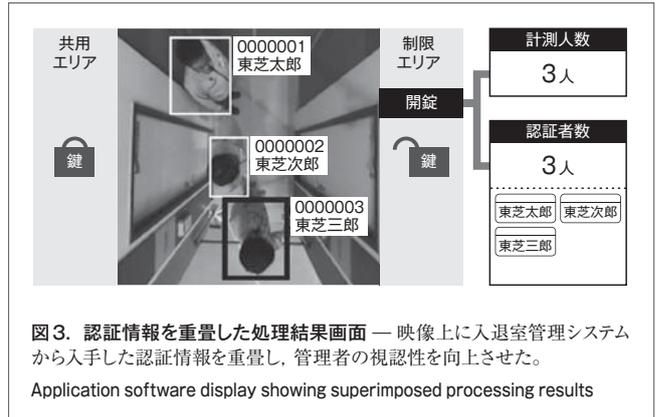
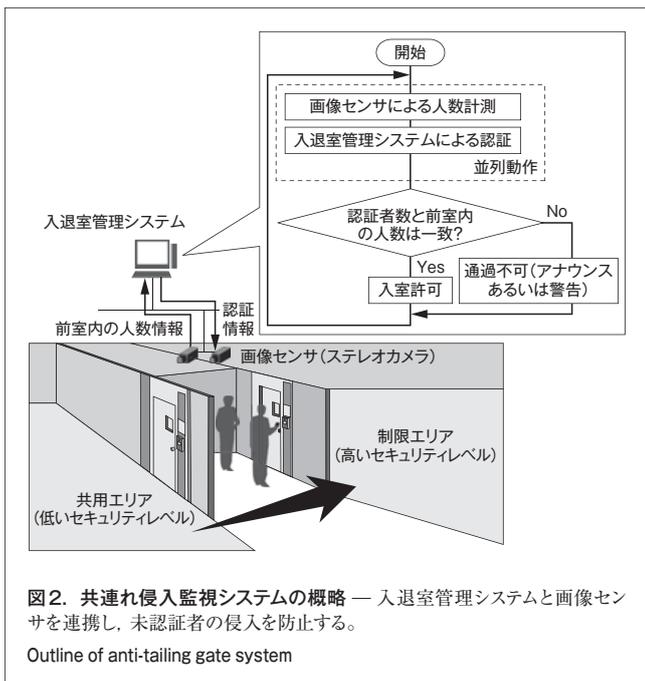
### 2.1 共連れ侵入監視システムの概要

共連れ侵入監視システムは、図2に示すように、共用エリアと制限エリアの間に2枚のドアで区切られた前室を用意し、認証及び電気錠の開閉を行う入退室管理システムと、人数計測を行う画像センサを連携させ、次の二つの仕組みを実行することで共連れ侵入を防止する。

- (1) 共連れ侵入チェック 天井に装着したステレオカメラの映像を用いて前室内の空間の3次元情報を認識し<sup>(4)</sup>、人数を高精度に計測することで、全員を認証するまでセキュリティレベルが高い制限エリアへの通過を許可しない。
- (2) インターロック 2枚のドアのうち一方が開いた場合、そのドアが完全に閉まるまでは他方のドアは開かないように電気錠を制御する。

### 2.2 映像監視の利便性の向上

今回開発したシステムは、画像認識により入退室管理システムにアクセスした行為を識別することで、映像上に氏名や従業員



員番号などの認証情報を重畳して表示できるという特長を持つ（図3）。この認証情報を映像検索のキーワードとして登録することにより、蓄積した映像アーカイブに対して氏名や従業員番号を活用できるようになり、映像検索の効率を向上できる。

### 2.3 性能検証

性能を検証するため、評価環境を構築して評価を行った。この結果、通常の入退室行為に対して確実に共連れ侵入を防止できることを確認した。認証者との共犯により悪意を持って入室しようとした場合、人間形状や大きさの情報から共連れ侵入と判断し、管理者への通報や注意喚起を行うとともに注意事象として管理することができる。

今後は、実フィールドでの様々なシチュエーションにおいて性能検証を実施する一方で、映像監視システムを軸としたセキュリティシステムの構築を行い、セキュリティ管理者の視認性、利便性、及び操作性の向上を図る。

## 3 ビルの省エネ化に向けた環境計測技術

ビルの省エネ化に向けては、むだなエネルギーを消費していないかを見いだすために、空調制御システムや照明制御システムが稼働している環境を具体的に知ることが重要になる。

ここでの環境計測対象は、ビル内のエネルギー変動に大きな影響を及ぼすオフィス内の人間の活動量、窓に装着されるブラインドの状態、及び照度とし、それぞれの計測手法の特長について述べる。

### 3.1 人間の活動量推定

ビルでの快適空調制御に用いられる指標の一つに、ISO 7730（国際標準化機構規格7730）で規定されているPMV（Predicted Mean Vote）がある。PMVでは温度、湿度、気流速度、輻射温度のほか、従来のセンサでは収集が困難とされる人間の活動量及び着衣量がパラメータとして規定されている。ここでは、活動量推定技術の概要について述べる。

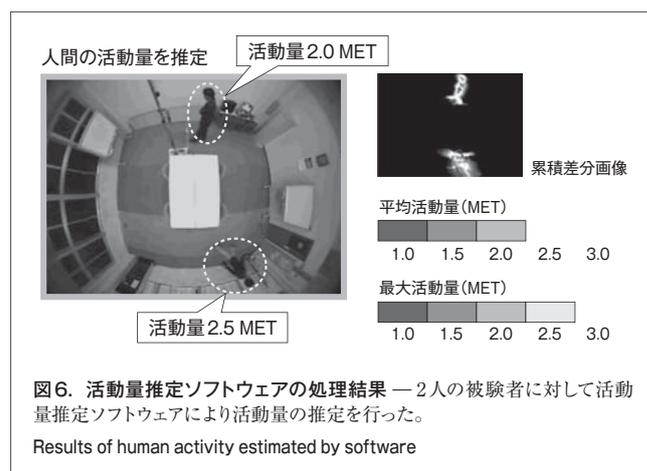
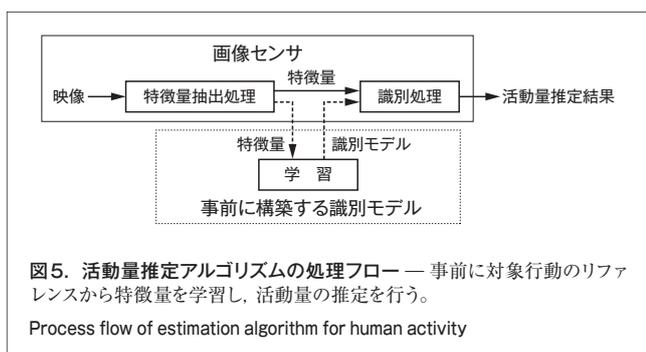
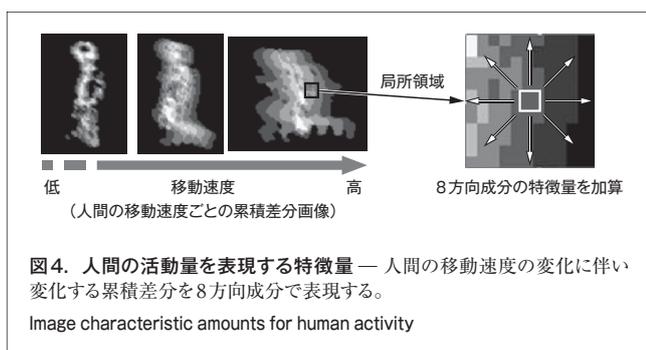
**3.1.1 画像センサの適用** 人間の活動量を推定するために、可視カメラを用いた画像センサを適用した。可視カメ

ラを用いることで、一般的な赤外線を活用した人感センサよりも広範囲な情報を取得でき、更に環境内の詳細な情報を収集できる。具体的には、開発した画像センサは人間の在室と不在や、歩行、立位と座位などオフィスにおける人間の代表的な動きや状態に対する活動量を推定する。パターン認識技術を適用し、人間の行動を識別することで活動量を推定する手法を開発した。

**3.1.2 活動量推定アルゴリズム** 活動量推定アルゴリズムは、人間の動きを表現する多次元の特徴量を抽出する動き特徴量抽出処理と、抽出した特徴量を基に構築した識別モデルを実装した識別処理によって構成される。人間の移動速度の違いをとらえるため、動き特徴量抽出手法として、フレーム間の差分2値画像を時間軸方向に累積した画像を累積差分画像とし、累積差分画像の局所領域の特徴を数値化する手法を開発した。累積差分画像には、人間の周囲に移動速度によって異なる輝度分布が現れる。この累積差分画像に現れる行動の違いを数値化するため画素の周囲8方向の輝度情報を抽出し、人間の活動量を表す特徴量とした(図4)。

活動量推定の処理フローを図5に示す。活動量の推定に向けては、対象とする行動の参照映像を事前に収集し、これを学習シーンとして識別モデルを生成した。識別にはパターン認識の代表的な手法であるSVM (Support Vector Machine)<sup>(5)</sup>を用い、学習シーンから抽出した特徴量の分布に対して非線形の境界面を定義することで高精度な識別を実現した。

**3.1.3 性能検証** オフィスの会議室内で性能検証を実施した。活動量は厚生労働省が示すMET (Metabolic



Equivalent) 値<sup>(6)</sup>として推定している。被験者は、MET値2.0, 2.5, 3.0相当の3パターンの移動を実施し、推定された活動量との突合せによる評価を行った。

2人が被験者として2.0 METと2.5 METの移動を行った際の活動量推定結果を図6に示す。このとき最大活動量は2.5 MET, 会議室内の平均活動量は2.0 METと算出され良好な結果を得られた。今後は、様々な行動パターンに対する活動量推定を実施する。

### 3.2 ブラインド状態の計測

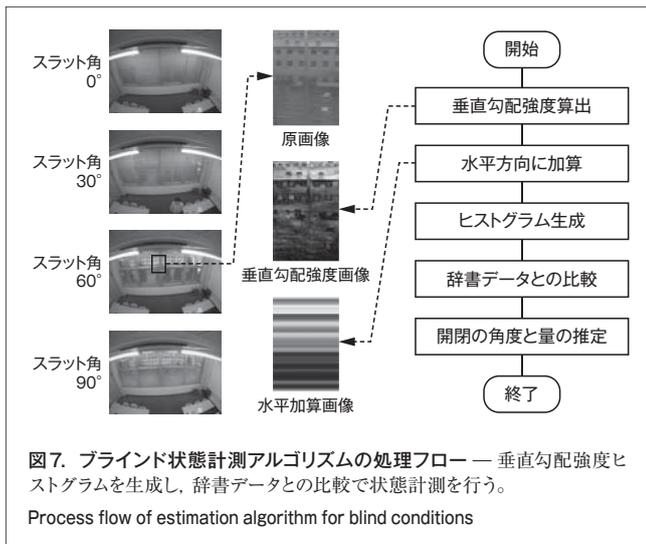
窓に装着されているブラインドは、窓からの輻射熱と外光照射度の調整を行うためのものである。特に夏場の暑い時期に、ブラインド状態で冷房効率が著しく異なるため、オフィス内のブラインド状態を知ることは快適かつ省エネの視点で重要なパラメータである。

**3.2.1 ブラインド状態計測アルゴリズム** ブラインド状態として、スラット(ブラインドの羽)の角度を表す“開閉角度”と、窓面積に対する“開閉量”を計測する。撮影した画像からブラインド状態を推定するために、垂直勾(こう)配強度ヒストグラムを生成し統計処理を行うアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムでは様々なブラインド状態を事前に撮影して統計量の辞書データを作成し、計測時の統計量と辞書データの統計量を比較して、開閉角度及び開閉量の推定計測を行う。アルゴリズムの処理フローを図7に示す。

**3.2.2 性能検証** スラット開閉角度とブラインド開閉量について、実測値と画像認識結果の突合せによる評価を行った。実験環境の昼夜による外光状態の変化を含む映像に対して評価を実施した結果、100%の推定性能でスラット角度推定及びブラインド開閉量を計測できた。今後、様々な環境での評価を実施してロバスト性の確保を行う。

### 3.3 オフィス内の照度推定

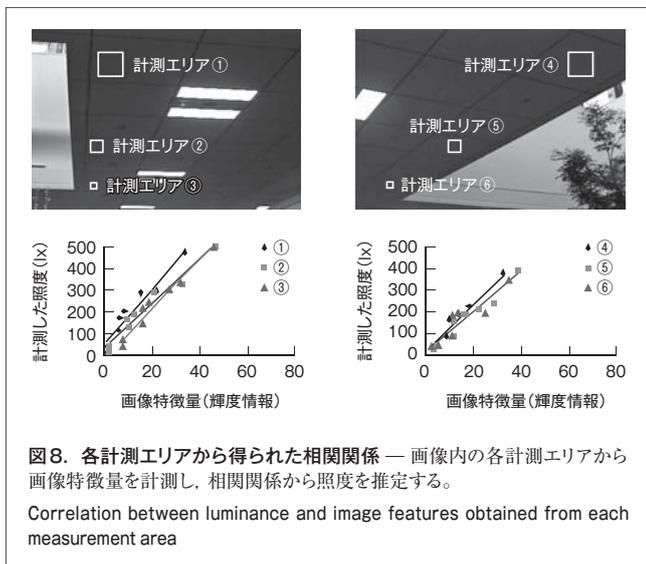
照明制御システムに対する省エネ化では、人間の存在に応じた照明制御に加え、窓からの外光とのバランスを加味した適切な調光制御が重要である。今回開発した画像センサを用



いることで、外光入光があるオフィス空間で指定照度を維持するための調光制御ができるようになる。

**3.3.1 照度推定アルゴリズム** 画像センサは、天井や壁などの輝度情報が安定して獲得できる画像領域から、輝度情報を基本とした画像特徴量を収集することで照度を推定する。画像センサを設置する環境で事前に参照映像及び照度データを収集し、照度と画像特徴量から相関式を導いておく。この相関式に画像特徴量を入力することで照度を推定する。

**3.3.2 性能検証** 外光環境下で天井の輝度情報の変化を昼から日没まで時系列的に収集した結果を図8に示す。照度は、机上の高さに配置した照度計で計測した照度値を真値とした。評価の結果、導出した相関関係から指定照度への調光制御ができることがわかった。1台の画像センサの画角内に複数の計測エリアを設定することで、オフィス内でのきめ細かな調光制御ができる。



## 4 あとがき

画像センサは、昼間はエコ用途のセンサとしてビル内の様々なシステムとの連携を図ることで、省エネに向けた最適制御やローカル制御の実現のために供される。また、休日や夜間は、セキュリティ用途の画像センサとして、映像を利用した入退出履歴管理やひとり作業時の急病人の早期発見などに活用できる。また、省エネ化の取組みにおいて、オフィス内の人間の動態情報や環境情報を把握し“見える化”することは重要である。

今後、画像センサを活用して各オフィスシーンの様々な情報の見える化を促進する。

## 謝辞

人間の所在検出並びに活動量推定技術の評価は、グリーン東大工学部プロジェクトを通じて実施した。また照度推定技術の評価は、コクヨ(株) エコライブオフィス品川で実施した。ご協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。

## 文献

- (1) 省エネルギーセンター (ECCJ). “オフィスビルのエネルギー消費の特徴”. ECCJホームページ. <[http://www.eccj.or.jp/office\\_bldg/01.html](http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html)>, (参照2010-04-20).
- (2) 花田雄一, ほか. 生活者の行動を優先した快適空調制御システム “ニューロPMV™制御”. 東芝レビュー. 62, 6, 2007, p.24-27.
- (3) 土橋浩慶, ほか. 顔照合セキュリティシステム Face Pass™. 東芝レビュー. 57, 8, 2002, p.48-51.
- (4) 馬場賢二, ほか. 画像処理による人流計測システム. 東芝レビュー. 61, 12, 2006, p.35-38.
- (5) Vapnik, V. N. Statistical Learning Theory. New York, John Wiley & Sons, 1998, 736p.
- (6) 運動所要量・運動指針の策定検討会. “健康づくりのための運動指針2006”. 厚生労働省ホームページ. <<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou02/pdf/data.pdf>>, (参照2010-04-20).



馬場 賢二 BABA Kenji

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御システム開発部グループ長。画像認識技術の開発に従事。  
Power and Industrial Systems Research and Development Center



榎原 孝明 ENOHARA Takaaki

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御システム開発部主務。画像認識技術の開発に従事。  
Power and Industrial Systems Research and Development Center



長田 和美 NAGATA Kazumi

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御システム開発部。画像認識技術の開発に従事。  
Power and Industrial Systems Research and Development Center