

# ネットワークカメラを用いた監視システムの拡張

萩原 洋一<sup>†</sup> 古谷 雅理<sup>†</sup> 大島 浩太<sup>††</sup>  
 櫻田 武嗣<sup>†</sup> 瀬川 大勝<sup>†</sup>  
 並木 美太郎<sup>††</sup> 中森 眞理雄<sup>††</sup>

我々は 2002 年から、民生品のネットワークカメラを用いたネットワークカメラシステムの構築・運用を行ってきた。監視効果やコスト面で一定の効果をあげているが、1 つの拠点でのみ安定して利用でき複数拠点への対応が難しい点、携帯端末で監視画像を簡単に検索したいという点で課題があった。本稿では、運用中のシステムにこれらの課題、要望を反映させた拡張型ネットワークカメラシステムの開発・構築を行う。複数拠点への対応は、本部地区と拠点の環境の違いを考慮し、NAS を利用した構成とした。ネットワーク帯域を考慮し、ネットワークの利用者が少ない時間に蓄積画像を一括送信する機能、検索時に検索対象期間を検索条件とし本部地区への転送画像を減らす機能、検索画像を本部地区でキャッシュすることによる帯域節約機能、複数画像を高速で切り替えることによる検索画像の閲覧利便性を実現した。携帯端末での閲覧は、無線 LAN 対応携帯端末での閲覧を考慮し、画像を携帯端末で閲覧できる形式の動画にエンコードする機能、QR コードとの組合せによる URL 入力の省略および閲覧者の認証を実現した。これらの方式を備えた拡張型ネットワークカメラシステムについて評価を行い、遠隔地に設置できるカメラの台数とネットワーク帯域の関係、利便性の主観評価によりシステムの有用性を示した。

## An Enhanced Surveillance System Using Network Cameras

YOICHI HAGIWARA,<sup>†</sup> TADASUKE FURUYA,<sup>†</sup> KOHTA OHSHIMA,<sup>††</sup>  
 TAKESHI SAKURADA,<sup>†</sup> HIROKATSU SEGAWA,<sup>†</sup> MITARO NAMIKI<sup>††</sup>  
 and MARIO NAKAMORI<sup>††</sup>

This paper describes extension of the network camera system which we employed since 2002. The main points of extension are the following: (1) Method which can perform batch management of bases under different network environment; (2) Retrieval and inspection method of stored image with high convenience in personal digital assistant. The extension reflects required function from the difference in the environment of a main area and a remote place. The system uses NAS with low management cost and the bandwidth of transmitting a pictures to a main area was decreased. In order to improve search convenience in personal digital assistant, function of encoding a picture to a movie and method of searching a past picture using QR Code have been developed. In this paper we report the performance evaluation of developed system with the above methods and functions, and show how the system is useful.

### 1. はじめに

近年、監視カメラは多くの場所に設置され、防犯などに利用されている。監視カメラは少人数で広範囲を監視できるという利点があるが、従来は専用機器を必要とする高価なシステムであった。そこで我々は、

ネットワークカメラを利用したシステムの開発・構築・運用を行ってきた<sup>1),2)</sup>。このシステムは民生用ネットワークカメラ (HTTP, FTP 対応の Web カメラ) を利用しており、蓄積画像検索機能や携帯端末への通報機能を有している。このシステムを 2002 年から運用し、監視カメラとして十分な機能を安価に実現した。

しかしながら、現在運用中のシステムにはいくつかの課題がある。1 つは、サーバー極集中型のシステムであり、ネットワーク帯域が細い拠点があった場合に対応することが困難であった。大学には遠隔地に多くのサテライトキャンパスがある。ネットワークカメラシステムを運用した際、サテライトキャンパスでも使用

<sup>†</sup> 東京農工大学総合情報メディアセンター  
 Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>††</sup> 東京農工大学大学院共生科学技術研究院  
 Institute of Symbiotic Science and Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology

したいという需要があった。しかし、画像蓄積用サーバを設置しているキャンパス（以下、本部地区とする）と遠隔監視地であるそれぞれのサテライトキャンパスでは、電源設備やネットワーク帯域、確保できる人員などが異なり、これまでのシステムをそのまま適用することは難しい。そこで、本研究ではネットワークカメラシステムについて、複数拠点を一括管理するための拡張を行う。拡張の概要は、本部地区と遠隔監視地間で生じる問題を解決することにある。問題とは、本部地区の停電や本部地区と遠隔監視地間のネットワークの不通により、遠隔監視地の撮影画像を本部地区に蓄積できない点、遠隔監視地の人員が少なくネットワーク監視カメラシステムの運用が難しい点である。

また、警備員が巡回中に移動端末で蓄積画像に容易にアクセスしたいという需要があった。運用中のシステムでは、巡回中の警備員が携帯端末で確認できるのは他地点の現在の様子であり、特定ネットワークカメラの過去画像の検索・閲覧はできなかった。そこで、巡回中に巡回地点付近を撮影した過去画像を携帯電話から容易に確認する機能を提供する。さらに、QRコード、無線LAN対応携帯電話を組み合わせた監視画像の検索システムについても述べる。

本稿では、これらの課題を解決した、ネットワークカメラシステムの拡張について述べる。

## 2. 既存製品と運用中の既構築システム

### 2.1 これまでの監視カメラ製品

これまで監視カメラシステムとして、業務用有線監視カメラシステム（CCTV: Closed Circuit Television）が多く利用されてきた。しかしながら、CCTVは専用機器を専用のケーブルで接続するため配線工事などの費用がかかり、大規模な導入を行うことは難しかった。また、監視カメラシステムを導入したとしても、異常を見つけ、それをすぐに確認するには、モニタ画面の前に人をつねに配置しておく必要があり、運用費用がかかる。特に学校・大学といった限られた人員の中でこのようなシステムを導入した場合には、監視カメラを注視する人員の確保が問題となる。

一方で、ネットワークカメラを用いて監視カメラシステムを構築する製品が多数発売されている<sup>3)~11)</sup>。これらの製品は、大きく2つに分けられる。単にライブ映像を配信するもの、画像を蓄積し後で再生できるものである。前者を利用するにはつねにモニタの前に人員を配置しなくてはならず、運用コストの削減ができない。事件・事故などが起こった場合に記録に残らないという問題がある。カメラが設置されている

場所は、監視されているという意識が働くため犯罪は発生しにくい、生じた場合は問題である。後者は、過去画像が残っているため、犯罪の記録については対処可能である。しかしながら、これらの製品にも欠点がある。同時に扱えるネットワークカメラの種類や台数および監視できるネットワーク条件に制限がある。多くのシステムでは、同時記録できるカメラの台数が4~10台程度であり、大学のような広く複数のキャンパスを持つ場所を監視するには対応台数が足りない。システムを複数セット購入し、運用するというのも考えられるが、その場合には構築・運用費用が高くなり導入が難しい。対応するカメラは主にそれぞれ自社製のカメラのみであり、今後高性能なネットワークカメラが登場した場合に利用できるとは限らず、相互運用性に欠けたものとなり、将来面で不安が残る。また、PCに比べて機能制限がきつい携帯端末から状況を把握することも困難である。

### 2.2 運用中の拡張ネットワークカメラシステム

我々は、既存監視カメラシステムの問題点を解決するために、新しいネットワーク型監視カメラシステムを構築し、運用を行っている<sup>1),2)</sup>。システムの構成を図1に示す。このシステムは、可視光用ネットワークカメラ42台、赤外光用ネットワークカメラ9台の計51台（2006.5現在）のカメラ、画像サーバ1式、検索端末、携帯電話、ネットワークから構成されている。可視光用ネットワークカメラは、Panasonic社製KX-HCM1、KX-HCM2、AXIS社製AXIS 2420を使用している。

本システムで用いるネットワークカメラは次の3つの機能要件を満たす必要がある。(1) VGAサイズ以上のJPEG画像を1秒間隔で撮影可能、(2) 画像サーバに対してFTPでアップロードする機能、(3) アップロードするファイルの名称を任意の文字列と撮影時

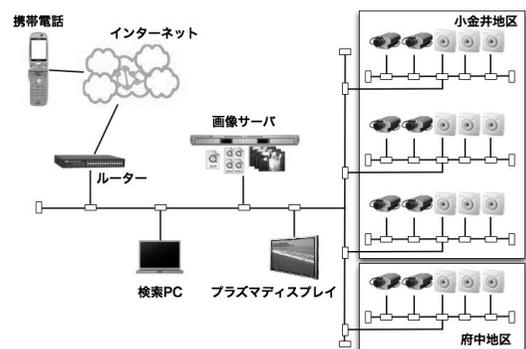


図1 既構築システム

Fig.1 Previous system.

刻(年,月,日,時,分,秒)の組合せにできる機能。要件(1),(2)を満たす機種は一般的である。要件(3)については満たさない機種も存在するが,多くの機種は可能である。また,前述の機種でJPEGフォーマットでVGA画像を撮影した場合,撮影条件による変動はあるが,画像サイズは約40KBであった。

全撮影画像をサムネイルで表示したのでは,必要な画像を得るのは容易ではない。短時間で必要な撮影画像を探すために効率的な画像検索機能を提供する必要がある。詳細な検索を可能とするために,撮影場所,撮影時刻が指定でき,連続表示可能である必要がある。また,特定の端末,特殊なソフトウェアを必要としないことが望ましい。そこで,Webサーバを用いた検索システムを開発し,PCのウェブブラウザが利用できる場所であれば画像の検索ができるようにした。撮影画像の連続表示にはJavaScriptのタイマを利用し,撮影画像を連続して読み込むことによって実現した。また,1秒間隔で撮影された画像を0.25秒間隔(4倍速)で表示することで,閲覧時の時間短縮も行っている。

画像サーバ内の蓄積画像に対して他地区から可能なアクセスは,事前に登録されたIPアドレスのPCからの検索のみとし,パスワードによる保護と組み合わせることでセキュリティを確保した。本部地区では,42型プラズマディスプレイにライブ映像(図2)をつねに表示しており,撮影地点の一括閲覧が可能となっている。ライブ映像の一括表示は,何らかの要因でカメラの撮影方向が変わった場合を検知できる効果もあった。

異常を検知した場合は,最初に異常発生時と前後の画像から動画像を自動生成し,画像サーバに登録する。次に,報告先として登録された運用者の携帯電話へ作成した動画像のURLを記述したメールを送信する。メールを受信した運用者は,URLから画像サーバに接続し,異常時の動画像を確認することができる。異常検知,動画像生成,運用者への報告はすべて自動化しているため,オペレータの介在は必要ない。

### 3. 遠隔監視地への機材分散

#### 3.1 遠隔監視地への対応問題

現在運用中の既構築システムは,1つのキャンパスを監視するために設計し,運用している。サーバ1カ所にネットワークカメラの画像を集約させることで,蓄積画像の検索を容易にし,システムのメンテナンス性を向上させることができた。大学では,サテライトキャンパスなどの遠隔監視対象となる拠点が複数あることが多く,これらの場所でも監視カメラシステムを

導入したいという要望がある。基本的にはネットワークカメラをこれらの場所に増設し,本部地区のサーバに撮影画像を転送するだけでよいが,実運用するうえでサーバ極集中型では問題となる点がある。次にその問題点を示す。

#### 3.1.1 遠隔監視地とのネットワーク

サーバ極集中型では,遠隔監視地と本部地区の間のネットワークが安定し,かつ十分高速である必要がある。専用線を用いれば,安定かつ高速なネットワーク回線が利用可能であるが,サテライトキャンパスが複数あり,かつ地理的に離れている場合は費用的な面で現実的ではない。高速回線サービスが提供されていない地域に拠点が存在する場合もあるが,多くの場合ISDN,ADSLおよびFTTHを利用し,プロバイダ経由で本部地区ネットワークと接続している事例が多い。東京農工大学(以下本学と記す)でもこのような接続形態である。プロバイダ経由にすることで,専用線を敷設するよりも低コストで高速なネットワークを利用可能であるが,帯域の安定性は専用線に劣る。また,プロバイダや回線業者のメンテナンス作業の際に代替経路が用意されないことが安価な接続サービスの欠点である。

#### 3.1.2 停電などの考慮

実運用上一番の問題は停電である。たとえば画像を蓄積している本部地区で停電が起こった場合に,遠隔監視地から撮影画像を転送しようと試みても,本部地区が停電しては撮影画像がうまく転送できない。したがって,停電の間の撮影画像が欠損するという問題がある。本部地区の全機器,遠隔監視地のネットワークカメラ,本部地区と遠隔監視地を結ぶネットワーク機器すべてに無停電電源装置や自家発電装置を接続し電源を供給すれば問題を解決することはできるが,それだけの機材をつねに稼働できる状態で待機させておくことは費用面で現実的ではない。そこで,停電の際には機器の電源が失われることを前提に遠隔地監視システムを設計しなければならない。本部の停電や回線障害でカメラが画像サーバにアクセスできない状況でも,撮影画像が失われないことが必要である。

#### 3.1.3 人員・機材の問題

前述の無停電電源装置や自家発電装置の準備にも関連するが,各遠隔監視地に十分な機材と人員を確保することは,昨今の業務効率化,コスト削減要求からすると難しい。特に,遠隔監視地によっては,通常は無人の施設も存在する。そのため遠隔監視地に多くの機材を配置し,操作を行って各種事態に対処してもらうことは困難である。したがって,遠隔監視地に設置す

る機材は、本部地区からの遠隔管理が可能であり、停電/復電にも無人で対処できる必要がある。

### 3.2 遠隔監視地用システムの設計

前述の問題を解決するため、遠隔監視地に撮影画像を蓄積する仕組みを導入する。ファイル蓄積機構として PC サーバや UNIX サーバを設置するのでは維持管理の手間が増加する。そこで、遠隔監視地内にはネットワークストレージアプライアンス (NAS) を設置する。提案システムでは、遠隔監視地のカメラ画像は常時、本部地区画像サーバではなく NAS に蓄積される。本部に送信するのは、画像検索の結果アクセスされる部分とライブ表示用の画像データのみである。撮影画像は一定期間蓄積し、期間後は自動的に削除する。また、日付ごとにディレクトリを作成し、撮影画像を分類する。これらの処理は、本部地区のサーバが定期的に遠隔監視地の NAS にアクセスして自動的に処理する。システムの全体構成を図 3 に、遠隔地に設置する機材を図 4 に示す。ライブ映像に関しては、本部地区にも送信し、本部地区内の大画面ディスプレイ上で現在の様子を一覧表示する。

遠隔地の監視を現在運用しているシステムのネットワークカメラ増設と考え、つねに本部地区のサーバにネットワークカメラの画像を蓄積し、ネットワークが遮断、転送できなくなった段階で、遠隔監視地内にある NAS に撮影画像を転送、蓄積し、本部地区とのネットワークが復旧した段階で、遠隔監視地内に蓄積していた撮影画像を転送するという方式も考えられる<sup>12)</sup>。しかし、ネットワークの遮断をどのように検出し、かつ遅延なく切り替えるか、またネットワークが復旧した場合にどのように元の構成に戻すかという問題がある。さらに、遠隔監視地と本部地区間のネットワークは監視カメラ専用ではなく、日常業務などで使用する

回線と共用する。したがって、ネットワーク帯域を圧迫することは業務に支障を与えると同時に、撮影画像の転送にも支障を与える恐れがある。

そこで、撮影画像はつねに直接本部地区に転送しない方式を採用した。この方式では、撮影画像の検索時に、検索結果画像の送信のためのトラフィックが生じるが、撮影画像を常時すべて転送する量と比較すると少ないため、ネットワーク帯域を圧迫しないと考えられる。撮影画像をつねに画像サーバに送信した場合はカメラ 1 台につきつねに約 320 kbps の帯域が必要となるが、本方式では指定時間分の画像を画像サーバに送信すればよいので、検索時以外の帯域消費をゼロにすることも可能である。

遠隔監視地に PC を設置すると維持管理を必要とする機器が増える。そこで管理コストを削減するため NAS を利用する。遠隔地の撮影画像検索には従来システム同様ウェブブラウザを用いる。利用者は、本部地区内の検索 PC のウェブブラウザから画像サーバに設置した検索 CGI に接続し、ユーザ ID とパスワードによる認証成功後に検索したい時間帯とカメラを指定する。検索 CGI は指定されたカメラに対応する遠隔地の NAS にアクセスし、指定された時間帯のうち画像サーバに蓄積されていない撮影画像を取得する。このとき、連続表示できる撮影画像の枚数を制限することによりネットワークへの負荷を軽減させるとともに、NAS から画像サーバへ転送された撮影画像は本部地区内のサーバに一定期間キャッシュする仕組みをとり、短時間に同じ画像を再度検索する場合のネットワーク負荷も軽減している。検索対象の期間が 15 秒の場合、遠隔地から取得する必要のある画像の合計サイズは約 600 KB である。プロトコルオーバーヘッドを無視した場合、4.8 Mbps の帯域を節約する効果がある。撮影画像をすべて取得すると、検索 CGI は保存先ディレクトリ、画像連続表示用 JavaScript を含んだ HTML を自動生成する。検索 PC のウェブブラウザに表示された新しい HTML 画面内にある再生ボタンを押下することにより撮影画像を連続表示する。この撮影画像表示機能はすでに構築しているシステムでも利用しており、コマ送り、コマ戻しなどの機能もあり利用者から一定の評価を得ている。新しい HTML 画面が表示されてからは本部地区のシステムで処理が行われるため処理時間はかからない。

### 3.3 遠隔監視システムの構築

遠隔監視地システムは、ネットワークカメラ、ルータ、NAS、小型 UPS から構成されている。ルータ、NAS、重要な場所を撮影する最低限のネットワークカメラは

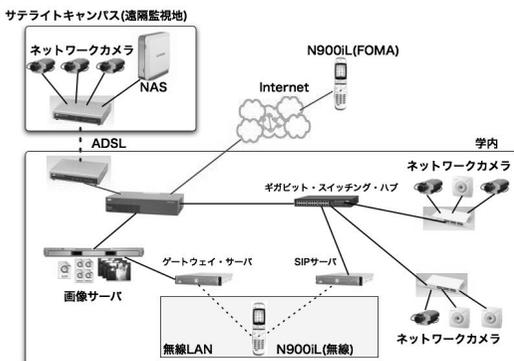


図 3 拡張ネットワークカメラシステムの構成

Fig. 3 System configuration of enhanced network camera system.

UPS に接続する．ネットワークカメラは前述の機能要件を満たすものを利用し，NAS 1 台あたり 3 台のネットワークカメラを接続することを想定している．台数の選定理由は，撮影画角である．1 台で撮影できる範囲には限りがあるため，撮影できない箇所を他のネットワークカメラで撮影するため 3 台とした．しかし，監視の目的は場所や対象により異なるため，今後は台数を変更することを検討している．

NAS は，リモートでストレージ内のディレクトリ操作が可能であり，FTP サーバ機能を有する機種でなければならない．本システムでは，遠隔監視地の撮影画像を 10 日間保存することにしたので，NAS はそれに足る容量のものを選ぶ必要がある．3 台のネットワークカメラで VGA 画像を 1 秒間隔で保存する場合，1 日で消費する容量は約 10 GB なので，一般的に普及している NAS が利用できる．

本実験では実際にシステムを展開することを考慮し，低価格で入手が容易な NAS を用いることとした．NAS にはバッファロー社製 HD-HG120LAN を使用した．この製品は Linux を利用しているため前述の条件を満たしている．1 秒ごとに撮影された静止画像は，ネットワークカメラの FTP 機能を利用し NAS 内に作られたカメラごとの指定ディレクトリに転送される．

本部地区の画像サーバは，NAS に対して NFS クライアントもしくは FTP クライアントとして接続し，管理作業を行う．まず画像サーバは，6 時間ごとに遠隔地の NAS に対して ping による平均応答時間を計測する．6 時と 20 時の平均応答時間が過去 3 日間の平均値の 1.5 倍以下の場合に本部地区の画像サーバはこの時間に NAS にアクセスし，蓄積画像を日ごとに分類し，10 日間を超えた保存撮影画像を削除する．平均応答時間に差がある場合は，改めて 6 時間後に再度計測し，管理作業を行うか否かを判断する．これらはすべて自動処理である．ネットワーク障害などで NAS にアクセスできなかった場合，画像サーバは管理者に作業未完了のメールを送信し，次の指定時間に管理作業を行う．

#### 3.4 遠隔監視システムの運用

遠隔監視システムを，本学のフィールドミュージアム（図 12）の中の 1 つであるフィールドミュージアム津久井（以下 FM 津久井）に設置した．FM 津久井は本部地区と 27.7 km 離れており，FTTH により本部と VPN 接続されている．本部地区サーバから FM 津久井の NAS に NFS および FTP でアクセスし，ディレクトリの操作や撮影画像の取得が可能であることを確認した．また，6 時と 20 時に行う蓄積画像の本部

地区への一括転送中も 3 台のネットワークカメラの撮影画像を NAS に蓄積できており，NAS とネットワークカメラを接続しているスイッチの転送性能や NAS のディスク I/O は開発システムにおいて問題にならないことを確認した．本部地区への蓄積画像の一括転送は，NFS と FTP ともに平均 55 Mbps であった．NFS と FTP は速度に差は見られなかったが，NFS は転送速度が稀に不安定になった．これは，NFS がファイルシステムとして様々な処理を行っていることに起因していると考えられる．FTP の転送速度は安定していたが，ディレクトリの操作などの管理面で，豊富なシェルコマンドを利用できる NFS に比べて劣っていた．1 台の NAS には現在 3 台のネットワークカメラの接続を想定しているが，上記の結果から 10 台程度は十分に接続可能であると考えられる．しかし，実運用の際は本部地区と遠隔地間のネットワーク帯域も考慮する必要がある．1 台のネットワークカメラは約 320 kbps の撮影画像（画像サイズ 40 KB の場合）を NAS に蓄積するので，ネットワーク空き帯域がこれに対して十分確保されなければならない．今回は FTTH 接続の遠隔地での実験であったので問題にならなかったが，ADSL 接続の遠隔地では帯域が不足し，3 台のネットワークカメラの蓄積画像を本部地区に転送できない．

本実験では RAID 機能がない安価な NAS を 1 台利用したが，NAS が故障した場合を考慮したシステムを構築する必要がある．近年，RAID 機能や複数台の NAS のネットワークミラー機能を備えた安価な NAS が提供されはじめているので，遠隔監視地の性質や機器の価格を考慮し，本運用で利用する機器を選定すればよいと考えられる．

#### 4. 撮影画像検索機能の導入

現在システムの画像検索機能の強化についても再考した．当初構築したシステムでは，携帯電話で閲覧可能なのはシステムが異常を検知した前後の動画のみであり，任意のカメラの任意の時刻の画像を検索可能なのは PC のみであった．しかしシステムの利用者から巡回中に，現在いる場所で過去に何か異常が起きたかどうかを判断するために，数時間前の撮影画像を検索したいという要望があった．これに対し PC からだけでなく，PDA からでも検索できるように Web インタフェース（図 5）を構築し，テスト運用を行った<sup>13)</sup>．この際，次のような意見があげられた．

- 巡回中に他の場所の状況を確認できるのは便利．
- 画像確認したい場所・時間を指定するのが容易でない．

- 画像検索のために PDA, 異常感知の自動通報を受け取るために携帯電話を持つのは不便.

巡回中に過去に撮影された画像を見たいという意見の多くは, 現在いる場所の, 少し前の時間(巡回に出ている時間)ということであり, そのために毎回場所, 時刻を指定するのは面倒であるということであった. そこで我々は, 簡単に検索指定が可能であり, 遠隔地でもキャンパス内でも同様の機材が利用できる仕組みの開発・実装を行った.

#### 4.1 無線 LAN 携帯電話の利用

キャンパス内外において同一機器・インタフェースで本システムへの接続をするために, 公衆回線と無線 LAN への接続機能を持った無線 LAN 携帯電話 (NTT DoCoMo N900iL) を利用する (図 6). 無線 LAN が利用できるキャンパス内においては, 無線 LAN 経由でサーバへ接続し, 無線 LAN の範囲外および遠隔地からは公衆回線 (FOMA) を利用し, 携帯電話からサーバへ接続する. 無線 LAN は, FOMA 回線よりも高速であり, サーバへ接続するまでの時間が短い. またパケット料金を気にする必要もないため, 画像のこまめな確認が可能である.

#### 4.2 QR コードの利用

無線 LAN 携帯電話で画像の検索条件を指定する際に問題となるのは, 携帯電話での文字入力の問題である. 使えるネットワークは高速になっても, 実際はタイプミスにより接続に時間がかかることが多い. すでに構築したシステムには 51 台のネットワークカメラが設置されており, 暗い中で携帯電話の小さい文字を見ながらブックマーク内の指定のカメラを選択することは容易ではないとの意見があった. そこで, 2 次元コードを利用し入力を簡略化することを試みることにした. この 2 次元コードには, 携帯電話で読み取りが可能な QR コード<sup>14)</sup> (JIS 規格: JIS X 0510) を利用する.

蓄積画像を表示する流れは次のようになる.

- (1) あらかじめ各所設置ネットワークカメラ付近に QR コードを貼り付けておく.
- (2) 巡回中に無線 LAN 携帯電話で QR コードを読み取る.
- (3) 該当場所の情報を表示できる URL が表示される (図 7).
- (4) 利用できる回線から, サーバへアクセスし, 画像を表示する.

携帯電話から QR コードを読み込み, 表示される URL を選択すると無線 LAN 環境内にあるゲートウェイサーバに接続する. 日本国内において QR コードは

普及しつつあり, 最新型の携帯電話機の多くは, 標準で QR コードを含めたバーコード読み取り機能が内蔵されている. そのため, 携帯電話機を所持している第 3 者が画像サーバの URL を知ることを妨げられない. したがって, URL が知られても巡回担当者以外にはアクセスできないようにする必要がある.

無線 LAN 携帯電話機が画像サーバにアクセスする際の手順を図 8 に示す. 本学の無線 LAN 環境は, プライベートアドレスを用いており, インターネットへのアクセスはゲートウェイサーバでの認証を必要とする. まず, 無線 LAN 携帯電話機で QR コードを読み取り, QR コードと対応したネットワークカメラの画像を検索可能な画像サーバの URL を取得する. 次に, 無線 LAN 携帯電話機で URL に HTTP でアクセスするとゲートウェイサーバに接続される. ゲートウェイサーバにはあらかじめ巡回担当者の持つ無線 LAN 携帯電話機の MAC アドレスを登録しており, 登録された MAC アドレスから画像サーバへの接続要求の場合は画像サーバに接続する. 画像サーバは, HTTP ヘッダのユーザエージェント情報 ("User-Agent:w\_lanN900iL"), 端末においてユニークな端末識別番号 (FOMA) およびアクセス元がゲートウェイサーバであることなどから, あらかじめ画像サーバに登録されているアクセスを許可された端末であるかを判断する. 次に, HTTP の Basic 認証でユーザ ID とパスワード認証を行い, 正規の巡回担当者であるかを判別する. 本システムでは, このように機器の認証と人物の認証を行うことでセキュリティを確保している.

#### 4.3 検索画像の簡易指定

利用者から巡回時に撮影画像を検索する場合は, 少し前のその場所の状態を知りたい, 1 台のカメラで撮影された画像のみを一定時間見たい, 近辺のカメラで撮影された画像も同時に見たいといった要望があった.

各巡回場所で, 検索したい撮影画像を選択するため, 場所を選択した後に再度 QR コードを読み取ることは, 使用する無線 LAN 携帯電話機の仕様上困難である. そこで本システムでは QR コードは場所の選択をする認証時に利用し, 表示された Web ページから検索したいカメラを選択するようにした (図 9 左).

PC では Javascript を利用して静止画像を每秒 4 回更新して動画として見せているが, 携帯電話では Javascript が使えるとは限らない. そこで, サーバ側で動画ファイルを生成したうえで携帯電話のウェブブラウザでアクセスして再生することにした. 本システムでは携帯電話 (FOMA) で再生できる 3gpp 形式の動画ファイルのサイズ制限を超えない範囲で蓄積先



図 2 ライブ映像表示例

Fig. 2 Example images of live streaming.



図 7 QR コードの利用

Fig. 7 Using QR code.



図 4 遠隔地に配置する機材

Fig. 4 Devices for satellite campus.

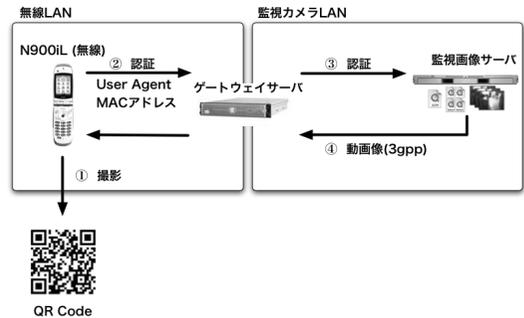


図 8 サーバアクセスの流れ

Fig. 8 The flow of server access.



図 5 PDA による検索

Fig. 5 Retrieval of images using Personal Digital Assistants.



図 9 携帯電話画面

Fig. 9 Images of cellular phone.



図 6 無線 LAN と FOMA の利用

Fig. 6 Using 802.11/cellular dualmode phone.

のディレクトリから検索条件に合う撮影画像（静止画像）を抽出し、動画ファイルを生成する．動画のサイズはQSIF（172×144画素）で、QuickTime<sup>15)</sup>で3gppにエンコードした．撮影場所やカメラと対象物との距離によるが、この解像度でも過去の状況は視認可能である．また、撮影場所によっては人物の特定も可能である．生成した動画の一例を（図9中、右）に示す．

カメラ選択（図9左）では、指定したカメラのみの動画、近辺のカメラの各動画、複数台のカメラで撮影された画像から作成した1本の動画の中から1つを選択する．表示する動画の組合せはあらかじめ決めておき、携帯電話から検索用のWebページへのアクセスがあった場合に3-4本の動画を自動的に生成（図10）する．Webページには作成された動画

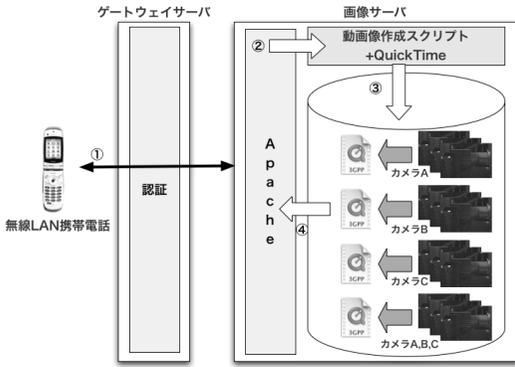


図 10 携帯電話からの画像検索

Fig. 10 Retrieval of generated movie using cellular phone.

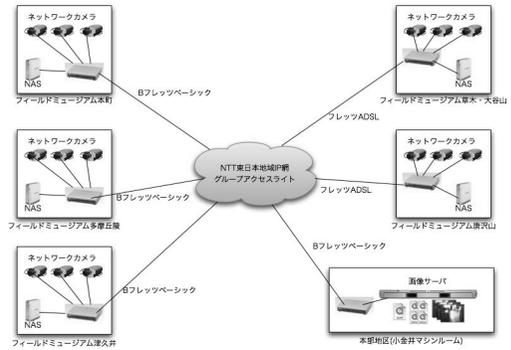


図 12 フィールドミュージアムのネットワーク接続状況

Fig. 12 Network connection of Field Museum.

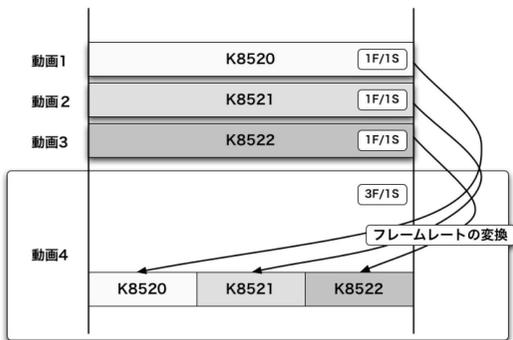


図 11 動画の生成

Fig. 11 Generation of a movie.

へのリンクを埋め込んでいます。

本システムでは、複数台のカメラで撮影された画像から1本の動画を生成している。不正侵入などの異常があった場合、その様子があるカメラに撮影され、続いて近隣の別のカメラに撮影されることが多い。そこでカメラの組合せをあらかじめカメラごとに設定しておき、QRコードを読み込んだときに表示するWebページに動画の組合せを表示する。一例を図11に示す。この例は、

- カメラ (K8520) の 5 秒おきの画像, 合計 30 秒
- カメラ (K8521) の 5 秒おきの画像, 合計 30 秒
- カメラ (K8522) の 5 秒おきの画像, 合計 30 秒
- カメラ (K8520) の 5 秒おきの画像+カメラ (K8521) の 5 秒おきの画像+カメラ (K8522) の 5 秒おきの画像, 合計 30 秒

のときの作成例である。複数カメラによって撮影された画像を組み合わせた動画は、作成する動画のフレームレートを変換し再生時間が30秒になるように作成する。

作成する動画が短い場合動画のエンコードにか

かる時間は1本あたり10秒程度である。複数のカメラからの撮影画像を組み合わせた動画は1度の再生で状況が分かるため利用者に好評であった。

また、5秒おきの画像で30秒分の動画を生成した場合、動画の元となる画像は150枚であり、画像の合計サイズは約6,000KBになる。評価実験ではQSIF動画のサイズが約300KBであった。そのため、帯域節約効果面でも利点のある手法である。

### 5. システムの拡張性と今後の課題

現在、動画の作成、撮影画像の管理、検索の各機能を1台のサーバに実装して運用している。今回遠隔監視地用機器として用いたNASは組み込み用Linuxが動作しているため、こちらに撮影画像の管理、検索を行わせることができればさらにシステムの低コスト化、分散性を高めることができる。今後、これらの処理をNASで行った場合にどれくらいのパフォーマンスを出せるのか検証する必要がある。

また、今後は、低速回線しか利用できないFM草木・大谷山とFM唐沢山(図12)への対応を検討する。両フィールドミュージアムはADSL接続であるが、収容局からの距離が遠いため回線速度は低く、撮影画像の転送は他の通信を妨げる。また、VGAサイズの画像を複数枚送信する場合、送信が完了するまでの時間が長い。そのため、本システムの画像検索手法をそのまま適用した場合、検索時の待ち時間が長くなり検索利便性が低下する。そこで、遠隔地側で撮影時の状況を把握できるような集約画像を生成し、データ量を減らしてから本部側へ転送するシステムの研究を進めている。

### 6. おわりに

本稿では、IPネットワークの整備された学校・大学

などの施設において、大規模監視カメラシステムを従来よりも低コストで構築・運用できるシステムの拡張について述べた。これまで我々が構築・運用してきたネットワークカメラ利用型監視カメラシステムを、離れた拠点に展開する際に、撮影画像を蓄積する機器を分散配置することにより、ネットワーク切断などの障害に耐えるシステムを構築した。あわせてこれまでのシステムの拡張として、QRコードと無線LAN対応携帯電話を組み合わせた監視画像の検索システムについても述べた。これにより巡回時に無線LAN携帯電話を持っていくだけで、異常時の通報を受信するだけでなく、QRコードを読み込んで蓄積画像を簡単に検索することが可能となった。これにより、現場に到着した警備員に状況や不審者の人相および着衣を電話で口頭説明する従来の状況と比べ、利便性が格段に向上した。現在、本学では、遠隔監視地向けネットワークとしてプロバイダを利用した接続へ切替えを行っている段階である。本稿で述べた分散配置型のシステムをこれから遠隔監視地に順次配置し、実運用規模を拡大しながらシステムの評価、チューニングなどを行っていく予定である。無線LAN対応携帯電話機を利用したシステムは現在運用中であり、利用者の意見を取り入れながら日々改良を進め、より使いやすいシステムにすべく開発を行っている。

### 参 考 文 献

- 1) Furuya, T., Hagiwara, Y. and Sakurada, T.: Searching and Streaming Images in Monitoring Camera System using Network, *IMSA2004*, 427-075 (2004).
- 2) 古谷雅理, 櫻田武嗣, 瀬川大勝, 萩原洋一: NCS (ネットワークカメラシステム) による監視システムの構築と運用, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.4, pp.965-973 (2005).
- 3) 松下電器産業: BB-HNP11. <http://panasonic.biz/netsys/networkcam/lineup/hnp11.html>
- 4) 株式会社ビー・ユー・ジー: IP-CAM. <http://www.bug.co.jp/topics/ipcam.html>
- 5) 株式会社ケーティーワークショップ: IP 監視カメラシステム XProtect. [http://www.kt-workshop.co.jp/pro\\_camera\\_milestone.htm](http://www.kt-workshop.co.jp/pro_camera_milestone.htm)
- 6) キヤノン株式会社: VK-64. <http://cweb.canon.jp/webview/lineup/vk64/>
- 7) 日本ビクター株式会社: ビクターディスクレコーダー. <http://www.jvc-victor.co.jp/pro/cctv/products/disk/index.html>
- 8) ソニーマーケティング株式会社: ネットワークカメラ専用レコーダー NSR-100. <http://www.ecat.sony.co.jp/professional/security/index.cfm?B3=2620>
- 9) 三菱電機 インフォメーションテクノロジー: DiaTVS. <http://www.mdit.co.jp/diatvs/>
- 10) 株式会社ネットカムシステムズ: NetCam. <http://www.ncam.net/>
- 11) 株式会社日立国際電気: ネットワークデジタルレコーダ. <http://www.h-kokusai.tv/network/ndr.html>
- 12) 高山晴禎: 災害対策システムの構築技術と要件検討手順, IBM プロフェッショナル論文, PRO-VISION Spring 2005, No.45 (2005).
- 13) 古谷雅理, 櫻田武嗣, 萩原洋一: PDA を利用した監視画像検索システムの構築, 情報処理学会 DSM 技報, 2005-DSM-36, pp.55-59 (2005).
- 14) ISO Standards: Information technology — Automatic identification and data capture techniques — QR Code 2005 bar code symbology specification, ISO/IEC 18004:2006 (2006).
- 15) Apple Computer, Inc.: QuickTime7. <http://www.apple.com/quicktime/mac.html>  
(平成 18 年 7 月 10 日受付)  
(平成 19 年 1 月 9 日採録)



萩原 洋一 (正会員)

1979年東京電機大学卒業, 同年東京農工大学工学部数理工学学科技官, 1989年情報処理センター助手, 1995年総合情報処理センター講師. 現在, 総合情報メディアセンター助教授. 主として情報ネットワーク, 情報システム運用技術, 情報教育の教育と研究に従事.



古谷 雅理 (学生会員)

2002年東京農工大学工学部情報コミュニケーション学科卒業. 2004年同大学大学院博士前期課程修了. 現在, 同大学院博士後期課程在学中. コンピュータグラフィックス, 画像処理の研究に従事.



大島 浩太 (正会員)

2003年東京農工大学大学院工学研究科電子情報工学専攻博士前期課程修了。2006年同大学大学院工学教育部電子情報工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。現在、東京農

工大学工学府特任助手。コンピュータ・ネットワークのアーキテクチャやサービスの研究に従事。電子情報通信学会会員。



櫻田 武嗣 (正会員)

1998年東京農工大学工学部電子情報工学科卒業。2000年同大学大学院博士前期課程修了。同年郵政省通信総合研究所研究員。2003年東京農工大学大学院博士後期課程修了。現在、

総合情報メディアセンター助手。対話型電子白板、広帯域ネットワークを用いた遠隔会議、モーションキャプチャシステム等の研究に従事。工学博士。電子情報通信学会、ヒューマンインタフェース学会各会員。



瀬川 大勝 (学生会員)

1998年東京農工大学工学部電子情報工学科卒業。2000年同大学大学院工学研究科電子情報工学専攻博士前期課程修了。現在、同大学院生物システム応用科学府博士後期課程

在学。画像処理の研究に従事。



並木美太郎 (正会員)

1984年東京農工大学工学部数理情報工学科卒業。1986年同大学大学院工学研究科情報工学専攻修了。同年日立製作所基礎研究所入社、1988年東京農工大学工学部数理情報工学科

助手を経て、1993年より同大学電子情報工学科助教授、1998年同大学情報コミュニケーション工学科助教授。博士(工学)。OSやコンパイラ等のシステムソフトウェア、日本語情報処理等の研究開発に従事し、近年はPDAや組み込み用システムソフトウェアに興味を持つ。ACM, IEEE各会員。



中森真理雄 (正会員)

1977年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。同年東京農工大学工学部講師。現在、同大学教授。アルゴリズム、データ構造、数理計画法、情報処理教育カリ

キュラムの研究に従事。情報処理学会 MPS 研主査(1995~1998年)・CE 研主査(2006年~)。日本オペレーションズ・リサーチ学会理事(1997~1998年、2005年~)・フェロー。本会生涯教育講座委員(1993~2001年)。