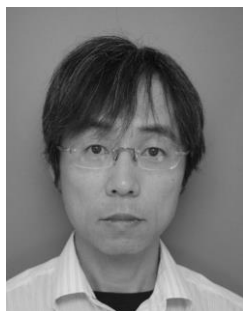


アナログとデジタルの映像信号を統合する 映像監視システムの開発



エンタープライズ開発本部
IT プロフェッショナル

山中 政彦

Masahiko Yamanaka
masahiko-yamanaka@exa-corp.co.jp

映像監視システムの導入にあたり、製品化された多くの既存システムの中から導入目的に適合したシステムを選定する場合、導入目的によっては特定の機能や使いやすさの面で大きな妥協を要する場合がある。本稿では、導入目的に対する適合性の観点で生じる既存のシステムの課題を挙げ、課題に対する解決策を検討して独自に開発した映像監視システムについて説明する。

1. はじめに

現在、多くのカメラメーカーやシステムベンダから、様々な映像監視システムが製品化されている。一般的に、これらのシステムは、防犯防災をはじめとする多くの市場ニーズに応えることができるよう、汎用的な機能を豊富に備えている。反面、一部の現場で必要となる特殊な機能、例えば既設のアナログ映像信号と新設の IP (Internet Protocol) カメラ信号の統合や、センサ情報を映像に埋め込む機能などは、既存のシステムを組み合わせても容易には実現できないことが多い。

エクサでは現場に必要な特殊機能を実現するため、既存の映像監視システムを置き換える独自のシステムを開発した。本稿ではそのシステムを必要とした背景と、システムの概要を説明する。これは、既存の映像監視システムでは特定ニーズを充足できない場合の 1 つの解決策を提示するものである。より一般的なケースでも有用なアイデアとなることを配慮してまとめた。

1.1. 映像監視システムの導入目的

現場に映像監視システムを導入する目的は、多くの場合以下の 2 点に集約できる。

- (1) 想定される問題の検知
- (2) 発生した問題の状況把握（問題発生後に、発生した時点の状況を記録映像により把握）

目的(1)の「想定される問題の検知」は、システムが映像に表れる問題の兆候または発生を示す特徴を検知して、問題回避または問題対処を支援することである。ここでは、映像に表れる特徴の抽出精度や抽出速度と、担当者が操作する UI のカスタマイズ性やシステム間で通知を送受信する際の連携の容易さが重要となる。

目的(2)の「発生した問題の状況把握」は、問題発生時や発生前の状況を過不足なく分かりやすい形式で提示し、担当者による報告書作成や再発防止策の検討を支援することである。また適切な状況提示は、システム自体の改善、すなわち映像解析のアルゴリズムやパラメータの最適化、センサ追加などの精度向上策の検討に役立つことが期待できる。ここでは、必要十分な情報を持つ映像が録画されていること、映像が過不足なく分かりやすい形式で速やかに再

生できること、再利用可能な動画ファイルとして迅速に取り出せることが重要となる。

1.2. 必要となる機能

映像監視システムの導入目的より、システムには以下の機能が必要となる。

- (1) 入力情報として、必要となる映像やセンサの情報を取得する機能
- (2) 入力情報を解析、通知する機能
- (3) 入力情報を加工、保存し、リアルタイムモニタ用にライブ出力する機能
- (4) 保存情報を再生、出力する機能

これらの機能に基づき、システムが映像信号やセンサ機器の出力を取得して録画、再生するまでの全体の処理とデータフローを図 1 に示す。

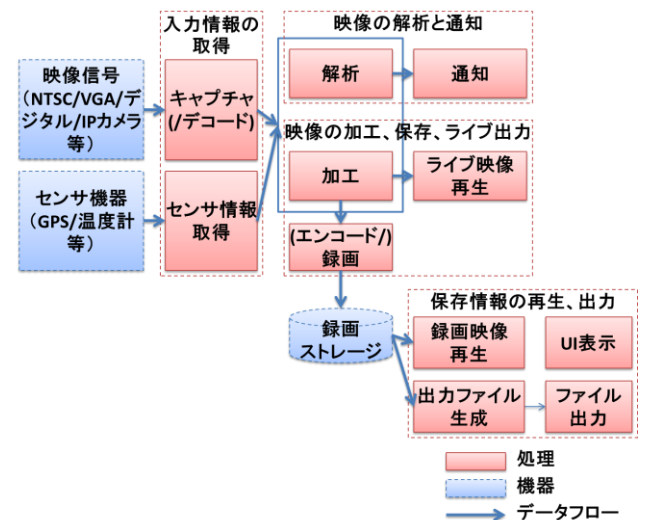


図 1 処理とデータフロー

1.3. 既存のシステムの課題

ここでは、既存のシステムの現状と課題、および課題が問題となる例について、以下の機能毎に説明する。

- (1) 入力情報の取得
- (2) 映像の解析と通知
- (3) 映像の加工、保存、ライブ出力
- (4) 保存情報の再生、出力

1.3.1. 入力情報の取得

入力となる映像の種類には、可視映像、赤外線カメラ映像、サーモカメラ映像、ステレオカメラ映像などのカメラ映像に加え、PC 操作画面などの各種機器の出力映像がある。

これらの映像のインタフェースは、大きくアナログ映像信号、デジタル映像信号、IP カメラ(ネットワーク上のデータ)の3種類に分類できるが、多くの既存のシステムでは、異なるインタフェースの映像を単独のシステムで扱うことができない。そのような場合でも異なるインタフェースの映像信号に対応した複数のシステムを組み合わせることは可能だが、異なるインタフェースの映像を統合的に扱うことはできない。そのため、全ての映像をディスプレイやスクリーン上に自由なレイアウトで表示することができない、システム全体の複雑化により運用が煩雑となるなどの制約が生じる。

入力情報の取得における課題が問題となる例は以下の通り。

- 既設の古いPCが出力する高解像度の UXGA (1600x1200 ピクセル) のアナログ VGA 信号があり、新設する IP カメラ映像と並べて同時に表示したい

ただし、例えば NTSC 信号をキャプチャ、エンコードして IP カメラのネットワークインタフェースに変換する機器を使うなど、必要な全ての映像入力を同じ種類のインタフェースに変換可能で、かつ変換による映像の品質劣化のレベルが問題とならない場合は、そのインタフェースの映像入力に対応した既存のシステムの利用を検討できる。

1.3.2. 映像の解析と通知

実際の現場に導入する際に必要となる映像解析処理として、動体の検知や追跡、顔の抽出やカウントなどの、多くの用途で有用となる解析処理を備えた既存のシステムは存在する。既存のシステムが標準で備えていない特定の用途に向けた解析処理は、既存のまたは独自に開発した拡張モジュールを組み込む必要があるが、既存のシステムにそうした拡張モジュールを組み込むことは困難である。

映像の解析と通知における課題が問題となる例は以下の通り。

- 独自に調整した画像解析アルゴリズムを組み込んで監視対象の異常を検知したい
- カメラからの入力信号がなくなった場合に、特定の

一色の画面に切り替わるキャプチャ機器があり、その一色だけの画面を検知したときには録画を自動停止したい

ただし、入力映像を分岐できる場合、既存の映像監視システムをそのまま利用しつつ、分岐した入力映像を取得、解析、通知するシステムを並行運用するアプローチも検討できるだろう。

1.3.3. 映像の加工、保存、ライブ出力

既存のシステムは、短い固定文字列の重畳処理や明るさを自動調整する処理など、多くの用途で有用となる加工処理を備えている。しかし、先述の解析と同様に、導入先ニーズを満たす特殊な拡張モジュールを組み込むことは困難である。

映像の加工における課題が問題となる例は以下の通り。

- 映像に GPS (Global Positioning System) センサ情報を重畳して記録したい
- 魚眼映像をパノラマ映像に変換して記録したい

保存とライブ出力の処理については、導入先毎の特殊ニーズは低く、問題となるケースは少ないと考える。

1.3.4. 保存情報の再生、出力

多くの既存のシステムにおいて、ライブ映像や保存された映像を再生する画面は Web 画面または専用ソフトとして提供される。このとき、使いやすさ向上のために不要なメニューやボタンを削減したり、タブレット端末向けに最適化したりするといったカスタマイズは困難である。また現在運用中の Web システムが存在する場合に、そのシステムの操作画面にライブ映像を埋め込むことなども困難である。

また既存のシステムでは、出力できる動画ファイルが専用の動画プレイヤーでのみ再生可能な独自フォーマットのファイルで、再利用に問題を生じることがよく起きる。一般的なフォーマットの動画ファイルを出力できる場合もあるが、通常は入力映像毎に分かれたファイルとなり、例えば指定した4つの映像を2x2の領域に分割して同期再生する動画ファイルを生成するためには、4つの動画ファイルを1つに結合する処理が必要となる。

保存情報の再生、出力における課題が問題となる例は以下の通り。

- ユーザ操作画面で、タブレット端末のタッチパネル用にボタンを大きくし、業務上不要なメニューを削

除したい

- 現在運用中の特定の Web システムと画面連携したい
- IP カメラが Web ブラウザ向けに出力する PTZ (パン、チルト、ズーム) 制御画面を組み込みたい
- 記録された映像の指定区間を、汎用フォーマットの静止画ファイルや動画ファイルとして素早く取り出したい

2. 課題の解決策

ここでは、これまでに挙げた課題が障害となって既存のシステムでは導入効果が期待できないケースを想定し、各課題に対する具体的な解決策の検討結果を提示する。

なお、これらの課題を個別に解決する既存のシステムは一部に存在するため、その解決策がニーズに合致し、かつ必要な機能を充足する場合は、当然ながら既存のシステムの導入を検討することも可能である。

2.1. 検討の前提

解決策の検討にあたり、考慮すべき共通の前提として以下を想定した。

- OS は Microsoft Windows とする
 - キャプチャカードなど、実績のあるハードウェア機器が豊富に存在するため
- エンコード/デコード回数を最小化する
 - 映像の遅延や画質の劣化を最小化するため
- スタンドアロン運用を想定する
 - インターネット接続が困難な現場にも導入可能とするため

機能の「映像の解析と通知」と「映像の加工、保存、ライブ出力」において、「映像の解析と通知」と「映像の加工」は、課題が「拡張モジュールの組み込みが困難」という点で共通であることから同じ項目にまとめた。また「保存、ライブ出力」は汎用性の高い機能であり、導入先によって問題となるケースは少ないと考え検討対象外とした。

したがって、解決策の検討項目は以下の 3 項目となる。

- (1) 入力情報の取得
- (2) 映像の解析と通知、加工
- (3) 保存情報の再生、出力

2.2. 入力情報の取得

入力情報の取得に関する課題は、異なる種類の映像入力を統合することで解決可能である。

システムの入力となる映像は、表 1 のアナログ映像信号、デジタル映像信号、IP カメラの 3 種類に大別でき、それぞれ専用のキャプチャ機器やカメラが必要となる。

表 1 入力映像のフレーム取得方法

	入力映像の種類	PCでのフレーム取得方法
1	アナログ映像信号 (NTSC, VGA など)	アナログ映像のキャプチャ機器 (USB、PCIe カードなど) と、対応するライブラリ (DirectShow など) を利用する (*1)。
2	デジタル映像信号 (SD/HD, HDMI など)	デジタル映像のキャプチャ機器 (USB、PCIe カードなど) と、対応するライブラリ (DirectShow など) を利用する。
3	IP カメラ (MotionJPEG, H.264 など)	エンコードされた映像データを NIC 経由で取得し、デコードする (*2)。

(*1) ピクセルフォーマット変換 (YUV→RGB 変換など) が必要な場合もある。

(*2) 解析や加工が不要 (録画再生するのみ) な場合、エンコードされたまま保存することも可能。

これら 3 種類の映像の統合については、3 種類全ての映像を共通の 24bit RGB フレームデータとして出力するキャプチャ処理を用意することで対応した。

これにより、後続の映像の加工、録画、再生などの処理は入力映像の種類に依存しないこととなり、異なる種類の入力映像を並べて表示するなどが容易となる。

アナログ映像信号とデジタル映像信号のキャプチャ機器については、市場に豊富な製品が出回っているが、UXGA (1600x1200 ピクセル) などの高い解像度の VGA 信号を扱う場合は選択肢が狭くなる。また多くの異なるベンダのキャプチャ機器を組み合わせる場合、機器トラブル時の対応窓口が異なるなど運用が煩雑になることがある。

ここでは、キャプチャ機器として、対応する映像信号の種類と解像度の豊富さから Osprey by Variosystems 社の Osprey シリーズを選択した。また IP カメラの映像取得については、一般的にエンコードされた状態で取得することとなるが、非圧縮時からの劣化を極力抑えるため MotionJPEG で取得してデコードする方式とした。

2.3. 映像の解析と通知、加工

映像の解析と通知、加工処理は導入先によりニーズが異なることの多い処理である。ニーズの把握から導入までを迅速化するため、実装では処理の置き換えの容易性を考慮

する必要がある。

ここでは、映像の解析と通知、加工の処理として以下の処理を実装した。

- ① 映像の解析と通知：入力信号の有無を映像の色から判断しユーザ操作画面に反映する
- ② 映像の加工：GPS センサ情報を取得し映像に文字列として重畳する

それぞれ、まず汎用的な処理、すなわち①では「指定された色を入力信号無しとして扱う色とする」、②では「指定された文字列を、指定された位置と大きさで映像に重畳する」処理として実装し、色や文字列などを外部から動的に指定して変更できる方式とした。特に②では、GPS センサ情報を逐次取得して文字列として出力するセンサ情報取得処理と、その文字列を映像に重畳する映像加工の処理を分離することで、重畳する文字列を他のセンサの情報に置き換えることが容易となる。また映像の加工処理では、上記②の処理以外にも入力画像から出力画像を生成する別のロジックを追加できるよう考慮した。

なお、将来個別ニーズに対する実装において負荷の高い映像加工処理が必要となった場合には、CPU 並列処理やGPU アクセラレーションの採用を検討する。

2.4. 保存情報の再生、出力

ユーザが映像を再生する場合や問題の通知先設定を変更する場合などに操作する画面は、導入先の運用にあわせて最適化されることが望ましい。

想定される利用シーンで、操作に迷うことなく簡単な手順で操作を完遂できるよう、操作手順が最適化されていることと不要な UI (User Interface) パーツが存在しないことが重要である。最近では、操作端末としてタブレット型の端末を採用し、マウスとキーボードではなくタッチパネル画面を指で操作する運用ニーズもあり、その場合には各 UI パーツの大きさや動きを指での扱いに最適化する必要がある。

また、操作画面の最適化の観点からは、他の Web アプリとの連携（相互にリンクを置く、既設 Web アプリの画面内にライブ映像を埋め込むなど）が有効となるケースもある。

ここでは、UI のカスタマイズ性向上を目的として、操作画面の UI を各種機能から切り離して実装した。具体的には、映像出力や再生の開始終了、各映像の状態参照などの機能を提供する REST (Representational State Transfer)

API (Application Programming Interface) を実装し、導入先の運用に対する最適化や他の Web アプリとの連携において必要となる UI のカスタマイズが HTML/JavaScript で完結する構成とした。更に、録画映像データは、再発防止策の検討などに向け、必要十分な情報で構成されたファイルを再利用しやすいファイル形式で速やかに取得できることが重要である。

ファイル出力については、ユーザが、指定した1つ以上の入力映像とレイアウトで、指定したフレームの静止画または指定した期間の動画を出力する仕様とした。出力ファイルのフォーマットは、報告書作成や報告会などでの再利用が容易な JPEG および AVI とした。

3. 開発した映像監視システムの概要

ここでは、上述の課題解決策を踏まえ、既存のシステムやその組み合わせでは満たすことが困難な特殊なニーズに対応するために独自開発した映像監視システムのシステム構成、API、画面について説明する。

3.1. システム構成

実装するシステムの検討にあたっては、これまでに述べた全ての解決策を適用するために、既存の映像監視システムを置き換えるものとして独自に開発することとした。開発した映像監視システムのシステム構成を図2に示す。

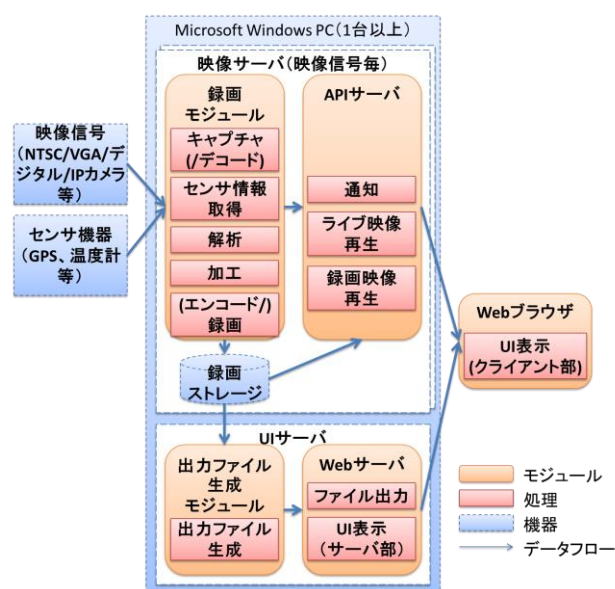


図2 システム構成

システムは、Windows PC 上で動作する映像サーバと UI

サーバからなり、映像サーバは入力映像毎、UI サーバはシステム全体で1台となる。ただし、ここでの映像サーバとUI サーバは論理的なもので、例えば2つの入力映像を扱う場合、2台の映像サーバと1台のUI サーバから構成される計3台のPCに分散させることも、ハードウェアリソースが許せば全てを1台のPC上で動作させることも可能である。

またセンサ機器の情報がマルチキャストで送信される場合は、全ての映像サーバでそのセンサ情報を利用する。

映像サーバには入力映像毎の処理、UI サーバには複数の入力映像に跨る処理を割り当てている。

3.2. 映像操作API

API サーバは、以下の REST API を提供する。

- 入力映像の状態変更
 - 録画の開始と停止など
- 入力映像の状態取得
 - 映像信号の有無、録画状態など
- 映像データの出力
 - ライブ映像、指定日時の過去映像

3.3. 映像表示画面と管理画面

ユーザが操作する画面は、想定するユーザの役割や操作シーンから、映像表示画面と管理画面の2種類に分けることとした。

映像表示画面はライブ映像や過去映像を再生する場合などに、管理画面はシステムの状態を確認する場合などに利用することを想定している。

まず、映像表示画面を図3に示す。

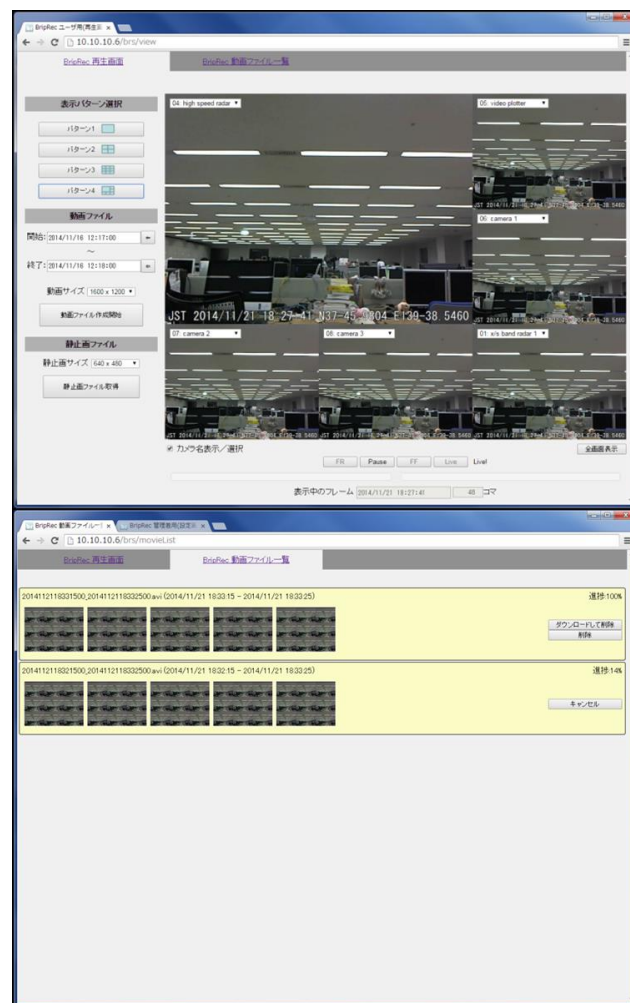


図3 映像表示画面

映像表示画面の主な機能は以下の通り。

- ライブ映像、過去映像の表示
 - 早送り/巻き戻し/前後1時間の SEEK などを含む
- 表示レイアウトパターンの選択
 - レイアウトパターン内の個別の映像領域で入力映像を選択可能
- 動画ファイルの出力
 - 期間と動画サイズを指定し、現在の表示レイアウトパターン/映像選択で生成
- 静止画ファイルの出力
 - 静止画サイズを指定し、現在の表示レイアウトパターン/映像選択で生成

また、動画の生成は時間がかかるため、生成中および生成済の動画ファイルの一覧を表示し、生成が完了した動画ファイルをダウンロードするための画面がある。

次に、管理画面を図4に示す。



図4 管理画面

管理画面の主な機能は以下の通り。

- 入力映像の状態表示
 - 録画状態、映像信号の有無など
- 入力映像毎の操作
 - 録画の開始と終了など

4. 考察

今回解決を試みた課題と解決策は以下の3点である。

- (1) 入力情報の取得における課題
 - ⇒異なる種類の映像入力との統合
- (2) 映像の解析と通知、加工における課題
 - ⇒処理の置き換え容易性の確保
- (3) 保存情報の再生、出力における課題
 - ⇒ユーザ操作画面やファイル出力形式の最適化

ここでは、既設プラントに映像監視システムを導入する例を想定し、上記3つの課題の解決策がどのように役立つかを考察する。

まず、想定する既設プラントのデータフローを図5に示す。

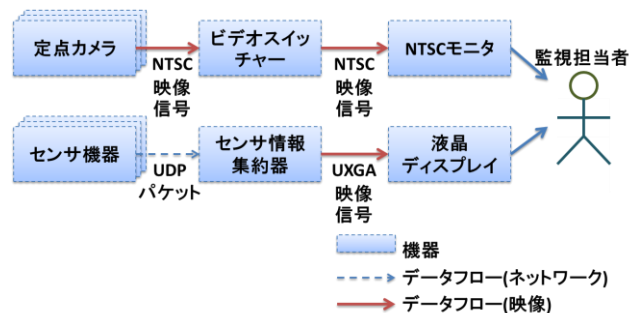


図5 想定プラント(映像監視システム導入前)

想定するプラントの映像監視システム導入前の状況は以下の通り。

- プラントの各部に対して NTSC 映像を出力する多数の定点カメラを配備済みであり、ライブ映像を常時切り替え表示している
- プラントの状態は各種センサが監視しており、センサの情報は液晶ディスプレイ上にグラフィカルに表示されている
- 液晶ディスプレイに表示されるセンサ情報の映像信号は、センサと連携する専用機器から出力される UXGA 解像度のアナログ VGA 信号である
- 監視担当者は、定点カメラのライブ映像とセンサ情報の映像を監視している
- センサ情報はネットワーク上にマルチキャスト配信されている

この例において、映像監視システムの導入に期待される効果として、以下を想定する。

- 監視担当者が定点カメラのライブ映像やセンサ情報の映像になんらかの異変を察知した場合に、注視すべき定点カメラの映像とセンサ情報の映像を状況に応じた最適なレイアウトで確認したり、見逃した定点カメラの映像をその場で見返したりすることで、導入前と比較しより適切な対応をとることができる
- 重要なセンサ情報を定点カメラに重畳表示することで、定点カメラ映像を全画面表示しているときも、関連センサ情報がスーパーインポーズされて状況

をより詳細に把握できる

- 高精細なディスプレイを備えるタブレット端末での監視を実現することで、監視担当者が対処のために場所を移動して監視を継続したり他者に監視映像を見せたりすることを容易にする
- プラントに問題が発生した場合に、発生前後定点カメラのライブ映像とセンサ情報の映像により問題の状況を関係者全員が共有することで、再発防止策について議論できる

このプラントに既存のシステムを導入する案としては、NTSC信号用とVGA信号用の一般的な映像監視システムを個別に導入する案を挙げることができるが、期待される導入効果に対して以下の懸念がある。

- 定点カメラの映像とセンサ情報の映像を組み合わせたレイアウトでの映像表示ができず、必要なレイアウトのパターンも実現できない
- リアルタイムに変化する文字情報を入力映像に重畳することを想定していないため、定点カメラの映像を、センサ情報を埋め込んで表示するような柔軟な対応ができない
- 関係者で共有するための動画ファイルを生成する際、以下の手間が動画ファイルの速やかな共有の阻害要因となり、必要な映像の共有漏れに繋がる
 - 映像毎に別々の動画ファイルとなるためファイルの生成に手間がかかり、かつ複数の映像を同時に見る場合の再生手順も煩雑となる
 - 再生時の手順を簡素化するために映像毎の動画ファイルを合成する場合でも、動画ファイルの煩雑な編集作業が必要となる
- ユーザーが操作する端末の操作性については、タブレット端末でPC向け画面を表示することとなり、メニューやボタンが指で操作しづらい

ここで、今回開発した映像監視システムを導入する場合の導入後のデータフローを図6に示す。

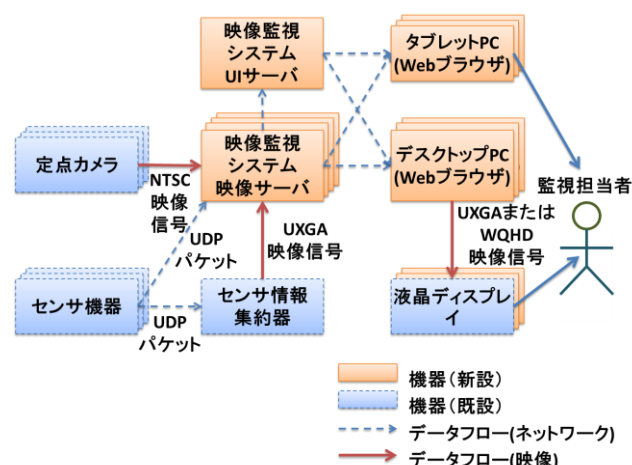


図6 想定プラント(映像監視システム導入後)

本システムは、既存のシステムにある懸念点を以下のよう to 解消することで、期待される導入効果を実現する。

- NTSCとアナログVGAの映像入力は統合されるため、定点カメラの映像とセンサ情報の映像を同様に扱うことができ、1つのディスプレイ上に同時に並べて表示したり、切り替えて表示したりすることが単一の操作で実施できる。また映像のレイアウトは導入先の用途に対応したカスタマイズが容易である
 - 縮小表示による実用上の問題(文字が潰れて読めなくなるなど)がある場合は、Webブラウザの画面としてWQHD(2560x1440ピクセル)、超ワイド(3440x1440ピクセル)、4K(3840x2160ピクセル)などの高解像度ディスプレイを採用することで回避できる
- 加工処理のカスタマイズが容易なため、定点カメラの映像に、付加情報として重要な特定のセンサの情報を重畳する処理を埋め込むことができる
- 問題発生の前後の状況を関係者が共有し再発防止策を議論することは、映像のレイアウトと各領域の映像、および期間を指定した動画ファイル出力により迅速に実施できる
- APIサーバが提供するAPIを利用する画面をカスタマイズにより複数用意できるため、PC向けに最適化した画面とタブレット端末向けに最適化した画面を同時に実現できる

5. おわりに

本システムは、映像監視システムを導入する本来の目的である「想定される問題の検知」と「発生した問題の状況把握」に最大限の効果を発揮するようデザインした。

「想定される問題の検知」のために「導入先の個別ニーズに対応した独自処理の追加」が効果を発揮する現場に対しては、本システムおよびエクサで別途調査、検証を進めている画像認識の応用技術が役立つと考える。「発生した問題の状況把握」に対しても、今回開発したファイル出力機能が効果を発揮すると考える。

また実際の導入においては、その映像データの重要度が非常に高い場合に冗長性やディザスタリカバリといった「データ保全」が重要なケースも想定できる。Web アプリをベースとしている本システムは、サーバ仮想化などの実績あるデータ保全技術との親和性も高いため、それらの技術と組み合わせることでデータ保全の観点でも効果を発揮することができる。

今後も、今回のシステムをベースに、実際の現場における本来の目的に対して効果的な機能の実現を更に推し進めたいと考える。

その他の国における登録商標または商標です。

その他の会社名並びに製品名は、各社の商標、もしくは登録商標です。

本論文の無断転載を禁じます。

参考文献

- 1) ITmedia 流液晶ディスプレイ講座 II 第2回：
DisplayPort から D-Sub まで——液晶ディスプレイの「映像入力インタフェース」を網羅する (1/4) - ITmedia PC USER,
<http://www.itmedia.co.jp/pcuser/articles/0812/16/news001.html> (参照 2016-05-27)
- 2) Video compression - 圧縮フォーマット | Axis Communications,
<http://www.axis.com/jp/ja/learning/web-articles/technical-guide-to-network-video/compression-formats> (参照 2016-05-27)

HDMI は、HDMI Licensing LLC の商標または登録商標です。
Microsoft, DirectShow, および Windows は、米国 Microsoft Corporation の、米国およびその他の国における登録商標または商標です。
Osprey は、米国 Osprey by Variosystems 社の米国および