

分散映像監視システムにおける 3次元モデル連動ユーザインタフェースに関する一検討

秦 淑彦 坊 覚 塚田 晶宇 尾崎 稔

三菱電機 (株) 産業システム研究所

{hata,tsukada,ozaki}@img.sdl.melco.co.jp、bou@fas.sdl.melco.co.jp

プラント制御やビルセキュリティ等の監視制御システムでは、少ない人数で迅速的確な業務を支援するユーザインタフェースが要求される。本稿では建物や設備の3次元モデルを監視映像と連動させる3次元モデル連動ユーザインタフェースを提案する。そして実現の第一ステップとして、映像ストリームと同期した撮像範囲データの蓄積・伝送方式を検討する。この方式によりライブ映像だけでなく蓄積映像に対しても同様の機能を提供でき、監視映像の見直しや事後分析に役立つ。さらに、3次元モデルの多目的利用やイントラネット対応を考慮してJavaやVRMLを利用し、我々が開発する分散映像監視システム上に3次元モデル連動表示機能を実装し評価する。

User Interface Using 3D Model for Distributed Video Surveillance System.

Toshihiko Hata Satoru Boh Akihiro Tsukada Minoru Ozaki

Industrial Electronics & Systems Laboratory

Mitsubishi Electric Corporation

{hata,tsukada,ozaki}@img.sdl.melco.co.jp、bou@fas.sdl.melco.co.jp

It has been required for less people to do their task quickly and precisely in industrial surveillance and monitoring applications such as plant control and building security. In this paper, we propose a user interface for a distributed video surveillance system in which 3D models of buildings and facilities are connected with surveillance video. A novel method synchronizing camera's scope data with each frame of a video stream is considered. This enables useful functions of this user interface for not only live video but also playback video. We also implement and estimate the display function of surveillance video and 3D model working together on our distributed video surveillance system using Java and VRML for multi-purpose and intranet use of 3D model.

1. はじめに

近年、プラント制御やセキュリティ監視といった監視制御において、少人数での迅速的確な業務や社会的な安全意識向上等の要求に応えるため、デジタル動画処理、マルチメディアデータベース、広帯域ネットワークといったマルチメディア技術を適用し監視業務の高度化を目指す取り組みが始まっている。^{[1][2]} 我々も監視映像（音声含む）をデジタル化して蓄積し、設備側アラームをトリガに映像の読出・伝送・表示を行う分散映像監視システム「メディアコントローラ」を開発している。^[3]

これにより緊急時でも見落としのない監視が可能となったが、従来のマルチ画面分割表示等の映像監視ユーザインタフェースでは、多数のカメラが設置された場合どこを撮像した映像かわからない、霧や煙などで何が映っているのかわからないといった問題が残されている。

本研究ではこれらの問題を解決し、さらに直感的・物理的で高度な映像監視を実現するために、監視対象である建物や設備の3次元モデルを監視映像と連動させるアプローチを考える。^[4] これを「3次元モデル連動ユーザインタフェース」と呼び（以下、3D連動ユーザインタフェース）、技術的には

- ・映像監視の弱点を補う表示方式
- ・監視映像と設備データベース等との連携
- ・ライブ&蓄積映像での実現
- ・状況に適した動的な3次元モデル生成

に焦点を当てる。第一ステップとして、本稿では、映像ストリームと同期した撮像範囲データの蓄積・伝送方式を検討する。これによりライブ映像だけでなく蓄積映像に対しても同様の機能を提供でき、監

視業務に必須な映像の見直しや事後分析にも効果を発揮する。また、3次元モデルの多目的利用やイントラネット対応を考慮し、3D連動表示機能をJavaとVRML2.0^[5]を用いてメディアコントローラ上で実装する。さらに、機能検証モデルに実装した表示方式について評価する。

以下、2章でメディアコントローラ概要、3章で効果と技術課題、4章で実現方式と実装、5章で機能検証モデルでの評価について、各々述べる。

2. メディアコントローラ

メディアコントローラはマルチメディア技術を適用した監視制御システムのプラットフォームであり、基本的には以下のことを狙いとしている。

- ・監視映像のデジタル化や設備側アラームとの連動などにより、記録を止めずに素早く見直す、必要な映像のみ見るといった従来のアナログ方式にはない機能を提供する。
- ・監視映像に加え、計測制御データ、設備台帳、設備モデルなどをメディア統合化し、よりビジュアルな監視制御を可能にする。

図1にメディアコントローラのシステムイメージを示す。監視カメラの映像は現場に設置されるメディアコントローラ L (MC-L) で圧縮符号化され、予め設定された時間分の最新データがハードディスクにエンドレスに記録される。そして、設備側センサからアラームが発生した時に読み出され、監視センタにあるメディアコントローラ C (MC-C) に対してネットワーク上をストリーム転送され、リアルタイムに伸張・表示される。技術的特徴を示す。

● 分散アーキテクチャ

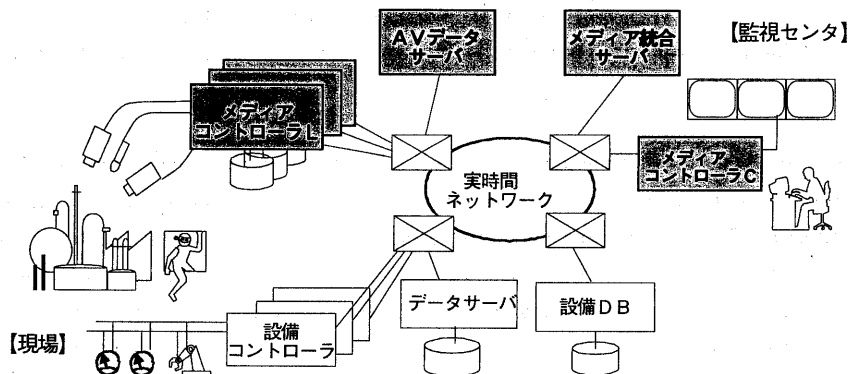


図1 メディアコントローラのシステムイメージ

監視業務では問題なければ監視映像を見たり保存する必要はなく、現場の MC-L で分散蓄積するとともに必要ない古いデータは破棄していくことで、低コスト化とスケーラビリティを実現。

● 監視制御用の映像記録

MC-L にてエンドレス（最新の高品質映像）、タイムラプス（長時間の間引き映像）、イベント（アラーム発生前後の高品質映像）の蓄積映像と、これら中で重要データを退避サーバで永続的に保存するバックアップ記録を提供。

● 市販のパソコンとハードディスクによる実現

限られた H/W 能力で、複数カメラ/MC-L、多重アクセス、複数ストリーム同期転送等を実現するためのディスクアクセスや転送方式等。

● 映像データの所在管理

分散蓄積される映像をアプリケーションからネットワーク透過に時間、カメラ、イベント検索。

3. 3D 連動ユーザインタフェース

3.1 効果

監視映像と監視対象の 3 次元モデルを連動させることにより、以下の効果が得られる。

① 撮像範囲の把握

図 2 のように、監視範囲全体の中で撮像範囲をグラフィカルに表示することで、映像がどこを映しているの一目で理解できる。

② 見えにくい場合のヒントを与える

図 3 のように、監視カメラと同じ視点から表示することにより、監視映像上で見えにくい場合でも本来そこにあるべきものがわかる。

③ 見えないものを視覚化する

カメラの死角や床下設備といった監視映像では見ることのできないものも、ウォークスルーや 3 次元オブジェクトの表示属性変更などにより、3 次元モデルとして表示できる。動作状態シミュレーションの 3 次元表示も効果がある。

④ データベース等のサブシステムとの連携

撮像範囲内にあるオブジェクトの属性等から設備の操作説明や保守履歴といった関連情報をデータベースから取り出すことができる。

⑤ 監視映像上での直接操作

監視映像上で監視対象をマウス等で指定し、オブジェクトの属性情報を表示したり、設備を遠隔制御するといった直接操作ができる。^[6]

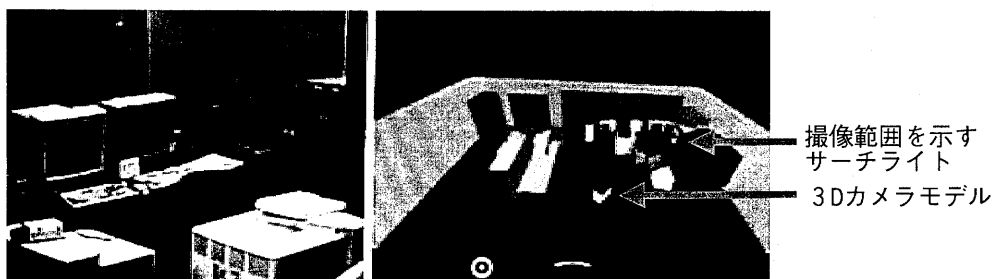


図 2 3D 連動表示画面例 - カメラ外視点 -

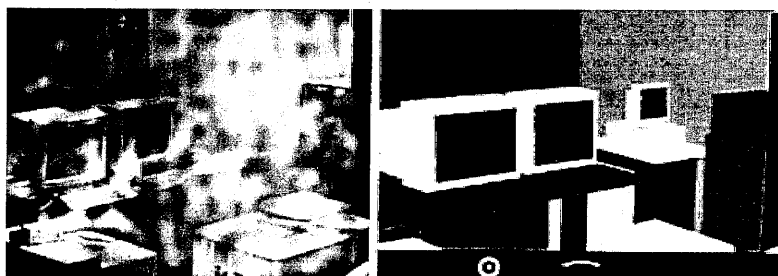


図 3 3D 連動表示画面例 - カメラ視点 -

3.2 技術課題

実現に必要な技術課題を示す。

- ① 3次元モデルの作成・修正
3次元モデル作成に労力を要するのが現状だが、3D 連動ユーザインタフェースでは実物に忠実で詳細であるより簡略化の方が適する場合が多く専用対話型ツールでかなり対応できると思われる。また、今後は CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support) により設計・施工の CAD データが流用しやすくなる。重要な技術であるが、本研究では対象としない。
- ② 実写映像と3次元モデルの結びつけ
実写映像と3次元モデルを如何に結びつけるかに関して、以下の技術課題がある。
 - ・映像と3次元モデルを合成表示する際の幾何学的ずれと時間的ずれ(時間同期)を補正するキャリブレーション方式。^[7]
 - ・蓄積映像に対しても3次元モデルを連動させるための映像ストリームと同期した撮像範囲データの蓄積・伝送方式。(4章で検討方式)
- ③ 表示方式や操作方式
効果的な表示や操作に関するヒューマンインタフェースからの検討とその実現方式。本稿では基本的な表示方式の実装と評価にとどまるが、今後は監視員の意図や設備の状況に適した動的な3次元モデル生成が重要と考えている。
- ④ サブシステムとの連携
3D 連動表示モジュールと他のサブシステムが連携する仕組みをミドルウェアとして実現する。

3.3 関連研究

監視映像と設備モデルを連動させ監視業務の高度化を図る研究として、監視映像に表示される設備を直接操作することにより関連情報を表示したり遠隔制御を行うユーザインタフェースが提案されている。^[6] 監視映像上での直接操作は良いアイデアであり、3D 連動ユーザインタフェースの機能にも含まれるが、^[6]の研究対象は直接操作であり、冒頭で述べた我々の対象とは異なる。

また、実世界と3次元モデルとして表現される仮想世界を融合する拡張現実技術を、設備保守等の現場業務に適用する研究がある。^[8] 現場支援には適するが、監視センタでは現場状況を客観的に観察するのが主であり、拡張された実世界に入り込むのは有効とは思えず、また現状のユーザインタフェースとのギャップも大きい。

4. 実現方式と実装

4.1 システム構成と処理の流れ

今回は図2、図3に示す基本的な3D 連動表示機能を実装した。図4はそのシステム構成を示す。映像の入力・圧縮・蓄積・伝送とカメラ制御を行う MC-L、受信した映像データを伸張・表示する MC-C 伸張装置 (MC-C 伸張) および対話操作や3次元モデルの表示を行う MC-C グラフィカルユーザインタフェース装置 (MC-C GUI) から構成される。以下に一連の処理を説明する。

- 1) オペレータよりカメラ遠隔制御を指示された

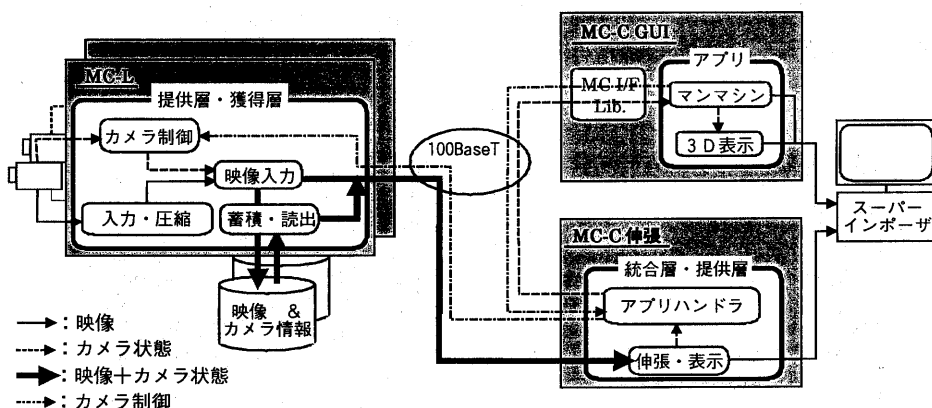


図4 機能検証モデルのシステム構成

MC-C GUI のマンマシン部は MC-C 伸張のアプリケーションハンドラを介して、MC-L のカメラ制御部にコマンドを伝送。

- 2) カメラ制御部はそれに従い制御するとともに、周期的にパンやズーム等の現在値や速度をカメラに問い合わせ、撮像範囲データを保持。
- 3) MC-L の映像入力部は圧縮された映像データと保持された撮像範囲データを一つの映像ストリームに合成し、エンドレス記録。また、マンマシン部の要求に従い、読み出した合成ストリーム、またはライブ映像である蓄積前の合成ストリームを MC-C 伸張に転送。
- 4) MC-C 伸張の伸張・表示部は合成ストリームから映像データと時系列の撮像範囲データを分離し、映像データを伸張して表示するとともに、マンマシン部の問い合わせに応じて最新の撮像範囲データを回答。
- 5) マンマシン部は受け取った撮像範囲データを基に 3 次元モデルの視点を変更する等の指示を 3D 表示部に与え、監視映像と対応した 3 次元グラフィックスを表示。

4.2 映像と同期した撮像範囲の蓄積・伝送

映像と 3 次元モデルを連動表示するには、マンマシン部が映像の各フレームに対する撮像範囲を、映像フレームの表示タイミングに同期して取得できなければならない。それには以下の機能が必要である。

- 映像ストリームと同様な蓄積・読み出し
蓄積映像に対応するには、単に撮像範囲データを時系列的に記録・読み出しできればよいのではなく、逆再生、早送り等の再生モードや、記録しながら読み出すといった監視映像と同様な蓄積・読み出し機能が必要である。
- 映像ストリームと同期した伝送
伝送される映像ストリームと同期して撮像範囲データもストリーム転送されなければならない。

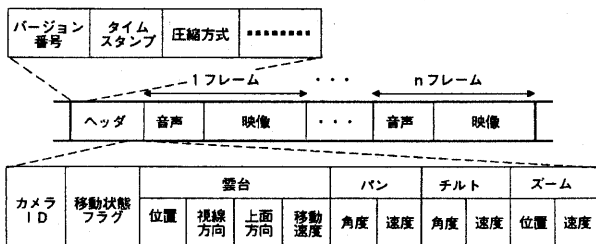


図5 ストリームフォーマット

撮像範囲データをストリームデータとして蓄積・読出・伝送するには、①映像とは別ストリームとして蓄積し、それらを同期して読出・伝送する方式と、②映像ストリームを構成する各フレームまたは連続する複数フレームに対して付けられるヘッダ情報に撮像範囲データを記述し一つのストリームとして蓄積・読出・伝送する方式が考えられる。方式①はある時間に特定の地点を撮像していた映像を検索するといった撮像範囲データそのものを処理する場合に適し、方式②は読出・伝送における正確な同期の実装が容易になる。

今回は実装の容易な方式②を採用し、図5に示すストリームフォーマットにより、映像フレームに対応した撮像範囲データを記述できるようにした。このフォーマットでは、複数フレームに一つの撮像範囲データをつける場合を考慮し、撮像範囲の現在値だけでなく変化速度を加え、受信側で各フレームに対する補間計算ができるようにしている。また、撮像時刻のタイムスタンプも記述でき、何時、どこを撮像した映像データであるかフレーム毎にわかる。

4.3 3D 連動表示の実装

今回開発した連動表示アプリケーションの実装に関する特徴を以下に述べる。

(1) 3D カメラモデル

実際のカメラと同様な制御と図2及び図3の連動表示を実現するために、3次元モデルの中に以下の3Dカメラモデルを定義した。

- ・位置、方向、ズーム等の実カメラ制御に対応する機能を有する。
- ・図2の表示のためにカメラと離れた位置に存在するカメラ外視点と、図3の表示のために実際のカメラと同じ視点から3次元モデルを

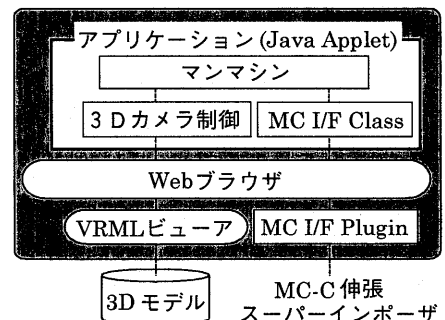


図6 MC-C GUI S/W モジュール構成

表示するカメラ視点を有する。
カメラそのものの形状や属性に加え、撮像範囲を明示するための形状や属性を有する。

(2) Web ベースの実装

3次元モデルの多目的利用やイントラネット対応の監視制御といったニーズに対応するため、図6に示す Web ベースの実装を行った。3D カメラモデルを含む3次元モデルを VRML2.0 で記述し、マンマシンと3D カメラ制御は Java アプレットとして作成した。3D カメラ制御は VRML2.0 ビューアと外部との通信インタフェース External Application Interface^[9]を利用する。また、マンマシン部からメディアコントローラやスーパーインポーズを制御するメディアコントローラ制御ライブラリ MC/IF Lib.は Plugin モジュールである。

5. 評価

詳細な評価と考察はこれからであるが、表示方法及び時間的ずれについて現時点での評価を示す。

(1) 表示方法

図2のカメラ外視点と図3のカメラ視点に対し、ヒューマンインタフェースの視点から評価した。

● カメラ外視点

大まかに撮像範囲を把握できかなり効果的であることがわかった。一方、死角にあるものを確認するような場合は通常の VRML ビューアのウォークスルー操作では使い物にならず、自由度を少なくして容易な操作で視点変更する仕組みが必要である。また、今回は単一カメラであったが、複数カメラの撮像範囲を同時に把握する、3次元モデルから表示するカメラを選択するなどの検討が必要である。

● カメラ視点

有効性は確認できたが、比較のための視線移動が問題である。これには拡張現実のように、映像と3Dモデルの重畳表示が効果的であろうが、重畳表示では幾何学的ずれに対する要求が厳しくなるので、実験が必要である。

(2) 時間的ずれ

アプリケーションで対話的にカメラ操作をしながら目視で測定した結果、3次元モデルの表示が監視映像より 300ms~800ms 遅れることがわかった。MC-Lでのストリーム合成時の遅れ、MC-Cでマンマシン部が撮像範囲データを取得して3次元モデルを表示変更するまでの遅れ、ビューアが3次元モデル

を高品質で表示する際の描画速度が原因であり、実装を改良することで改善できると考えている。

6. まとめ

本稿では建物や設備の3次元モデルを監視映像と連動させる3D連動ユーザインタフェースを提案し、その効果と技術課題を述べた。検討した映像ストリームと同期した撮像範囲データの蓄積・伝送方式は、ライブ映像だけでなく蓄積映像に対しても同様のユーザインタフェースを提供でき、映像の見直しや事後分析にも役立つ。メディアコントローラ上でカメラ外視点とカメラ視点という二つの連動表示を Web ベースで実装し、一次評価を行った。有効性を確認するとともに、表示方法や時間ずれに関し改良すべき点を明らかにした。

今後は評価を続け改良事項に対応するとともに、サブシステムとの連携等の技術課題に取り組む。

文献

- [1] 西川、杉山、谷、小林：“高度ヒューマンインタフェースを備えた監視制御システム、” 日立評論、Vol.77, No.7, pp.19-24 (1995)
- [2] 尾崎、亀山、黒田、塩谷、浅野：“産業用マルチメディア技術、” 三菱電機技報、Vol.71, No.2, pp.42-45 (1997)
- [3] K.Sato, A. Tsukada, K. Kawasaki, F. Matsuda, M. Ozaki : "Multimedia Systems for Industrial Surveillance," Proc. of IS&T/SPIE's Electronic Imaging '97: Science and Technology (EI'97), Vol.3020, pp.182-193 (1997)
- [4] 秦、塚田、佐藤、河野：“デジタル映像監視システムにおけるカメラ制御の一検討、” 信学総合大会、D-11-120 (1997)
- [5] J. Hartman, J. Wernecke : "The VRML 2.0 Handbook Building Moving Worlds on the Web," Addison-Wesley Publishing Company (1996)
- [6] 谷、山足、谷超、二川、谷藤：“映像への直接操作を用いたプラント運転監視用マン・マシンインタフェース、” 電学論D、Vol.111, No.12, pp.1023-1029 (1991)
- [7] M. Tuceryan, D. S. Greer, R. T. Whitaker, D. E. Breen, C. Crampton, E. Rose, K. H. AhLes ; "Calibration Requirements and Procedures for a Monitor-Based Augmented Reality System," IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol.1, No.3, pp. 255-273 (1995)
- [8] S. Feiner, B. MacIntyre, D. Seligmann : "Knowledge-Based Augmented Reality," Communications of ACM, Vol.36, No.7, pp.53-62 (1993)
- [9] C. Marrin, B. McCloskey, K. Sandvik, D. Chin : "Creating Interactive Java Applications with 3D and VRML," <http://cosmo.sgi.com/player/developer/eai/>