

簡易映像記録システムの構築と人の流れの分析

古川 慈之*

産業技術総合研究所

要旨: 産業技術総合研究所では、主に企業向けの技術展示等を実施する「オープンラボ」を毎年開催している。このようなイベントの運営では、会場内での来場者の流れや混雑状況を把握するために映像として記録し、知識を共有することでリソースの配置や運営上の工夫に結びつけることが重要である。本稿では、産総研独自のソフトウェア開発ツールである MZ Platform を用いて簡易映像記録システムを構築し、2011 年と 2012 年の産総研オープンラボ東会場において、人の流れを分析して運営方法を改善した事例について報告する。

1 はじめに

産業技術総合研究所（産総研）では、主に企業向けの技術展示等を実施する「オープンラボ」を毎年開催している。このようなイベントの運営では、会場内での来場者の流れや混雑状況を事前に想定して、リソースの配置や運営上の工夫等を検討することが必要となる。一方で、その検討結果の成否を当日確認することが望ましいが、イベント開催時に人員を割いて、人の流れを目視で確認することには限界がある。例えば、人の流れを確認したい地点に常に人員を配置することは人数上の制約がある上に、確認した担当者によって地点ごとや時間ごとにその評価結果が変わる恐れもある。つまり、まずは映像を記録して知識として共有し、記録された事実をどのように評価するかを後から議論できるようにすることが望ましい。しかし、確認したい地点が複数存在する場合でも、映像データを記録する機器やシステムの準備に予算をかけられない場合が多く、また記録した映像の確認にも労力を要することになる。

本稿では、2011 年と 2012 年に開催された産総研オープンラボの東会場において、独自の簡易映像記録システムを構築し、人の流れを分析して運営方法を改善した事例について報告する。本報告では、なるべく予算をかけずに広い範囲の映像データを記録し、かつ記録した映像の確認に要する労力を低減する工夫を検討して実施した方法とその結果について述べる。

*連絡先：産業技術総合研究所

〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1

E-mail: y-furukawa@aist.go.jp

2 映像記録システムの構築

2.1 構築システムの仕様検討

本稿で対象とする映像記録システムの構築において、求められる機能と制約は次の通りである。求められる機能は、人の流れと混雑状況を確認できること、かつ記録した映像の確認が容易であることが挙げられる。制約としては、高価な製品の利用やシステム構築を外注せずに機能を実現することが挙げられる。産総研オープンラボの開催期間は 2 日間で延べ 16 時間近くに達し、記録地点が複数あることを想定すると、実時間で記録した映像を目視で確認することは現実的ではない。つまり、短時間で確認できるように早回し映像として記録することが考えられる。当然ながら、実時間映像として記録して早回し映像を作成することは可能だが、一度実時間で映像データを記録するとそのデータ量が問題になり、そのデータから早回し映像を作成する処理も負荷が高いと想像できるため、高価な製品を利用せずに実現できるか不安がある。よって、早回し映像の作成に必要な十分な画像データのみを取得して、その画像から映像を作成することが現実的である。

以上の検討結果から、本稿で紹介する事例では、構築システムに求められる機能と制約を満足するために、USB カメラおよび Web カメラなどの安価な製品を用いて画像を取得し、汎用的な PC で動作するソフトウェアで画像を連結して映像を作成する簡易的な映像記録システムを構築することを目標として設定した。実際に求められる機能を満足する画像の取得間隔と解像度や最終的な映像データの長さについては後述する。

2.2 MZ Platform の利用

映像記録システムの構築におけるソフトウェア開発には、著者らが開発したソフトウェア基盤の MZ Platform[1][2]を利用した。一般的なソフトウェア開発では、プログラミング言語で記述された動作指示（ソースコード）を書くことでソフトウェアを構築するのに対し、MZ Platform によるソフトウェア開発では、ソフトウェアの部品（コンポーネント）を主にマウス操作によって画面上で組み合わせて動作を定義し、ソフトウェアを構築する（図 1 参照）。MZ Platform を用いるとソースコードを書かずにソフトウェアを作成することができ、ソフトウェアの動作が視覚的に把握できるため、一般的なソフトウェア開発の未経験者でも習得が容易であるという特徴を持つ。この特徴によって、MZ Platform はソフトウェアのユーザー（エンドユーザ）が自ら開発を実施する「エンドユーザ開発[3]」の支援を目的に開発されてきた。特に、MZ Platform を開発したプロジェクトは中小製造業の IT 化推進を全体の目的としていたため、ソフトウェア構築の実例としては、データベースと接続して受注や工程情報、進捗情報を共有し、内容をグラフやガントチャートで視覚的に表現して帳票を出力するシステムの例（図 1 右参照）が多い[4]。

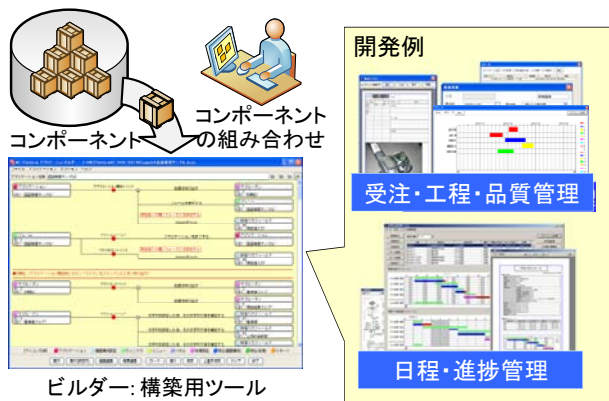


図 1：MZ Platform による開発の概要

本稿で対象とする映像記録システムに必要な画像・映像処理関連の標準コンポーネントは従来存在しなかったため、コンポーネント開発も同時に実施した。MZ Platform にはプログラミング言語の一つである Java でテンプレートに基づくソースコードを書くことで新たなコンポーネントを容易に追加できる機能があるため、そのようなソフトウェア開発にも適用することが可能である（図 2 参照）。一般的なソフトウェア開発の方法と比較すると、ソースコードを書く作業は対象とする機能の実装（専用コンポ

ーネントの作成）のみに限定され、その他の部分は MZ Platform 上で標準的なコンポーネントとの組み合わせで実現できるため、最小限の開発作業で専用システムを構築できるという利点がある[5]。

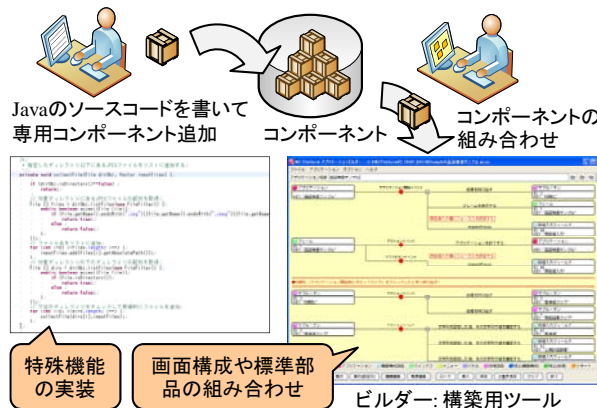


図 2：専用コンポーネント追加による実装

このコンポーネント開発によって、下記に示す機能を有する画像処理コンポーネントと映像コンポーネントが追加され、標準機能として利用可能となった。現在これらの機能を使う場合は、図 1 に示すコンポーネントを組み合わせる方法だけで独自のソフトウェアを作成できる。

- 画像処理
 - ◇ 解像度変更
 - ◇ モザイク処理
 - ◇ 二値化処理
 - ◇ 各種フィルタ処理
 - ◇ エッジ検出
 - ◇ 画像演算処理
- 映像
 - ◇ USB カメラからの映像取得
 - ◇ PC 画面からの映像取得
 - ◇ 映像データの記録
 - ◇ 記録した映像の再生
 - ◇ 映像からの画像取得
 - ◇ 連続画像からの映像作成
 - ◇ 映像に対する画像処理

また、上記の基本的な画像処理・映像コンポーネントが追加されたことで、特殊な画像処理・映像処理の機能を図 2 の方法で実装する場合にも、より開発作業が効率化されると考えられる。

2.3 システム構成と記録データ

本システムは各種カメラで連続的に画像を取得し、その画像を MZ Platform を用いて作成した専用ソフトウェアで映像データとして結合する。構築した映像記録システムの概要を図 3 に示す。また、図 4 に専用ソフトウェアの画面イメージを示す。最終的に作成される映像データは 60 倍速のデータとし、1 時間が 1 分に短縮された映像とした。そのために必要な記録データは 1 秒に 1 枚の画像を各カメラで取得することとし、各画像を 1 フレームとした 60FPS の映像として結合した。本報告では、最終的な映像を人が目視で確認して分析するため、この程度まで映像を短縮しなくては分析作業に時間がかかるという問題が生じるからである。一方、1 秒より長い間隔で画像を取得して映像の時間を短縮すれば分析作業をさらに軽減することは可能だが、認識すべき事象が記録されない可能性が増え、通路などでの人の流れの連続性が認識できないため、この間隔とした。なお、最終的な映像の解像度は、後述する倫理面の配慮により 320×240 で固定としたが、画像取得時にこの解像度で取得できない場合は、映像として結合する際に解像度変更を実施した。

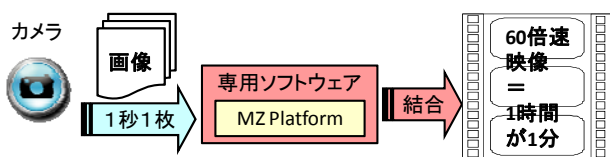


図 3：映像記録システム概要



図 4：専用ソフトウェア画面

本システムで採用した画像取得方式は、カメラの種類に応じて異なる。図 5 に画像取得方式の比較を示す。図 5 a) に示すように、USB ケーブル経由で PC に接続する USB カメラの場合は、作成した専用ソフトウェアの機能で USB カメラから映像を取得し、1 秒に 1 枚の画像データを保存する。一方、LAN ケー

ブル経由でネットワーク接続して利用する Web カメラの場合は、各 Web カメラとその付属ソフトウェアによって機能が異なるため、使用する Web カメラの種類に応じて対応する必要があった。本システムでは 2 種類の Web カメラを使用している。図 5 b) に示す Web カメラは、指定した間隔で定期的に画像データを FTP 送信する機能があったため、PC 側で FTP サーバを起動しておき、所定のフォルダに格納するようにした。図 5 c) に示す Web カメラは、カメラ内に Web サーバ機能があり、指定した間隔で画像データをサーバ上に保存し、PC 側にインストールしたカメラ付属のソフトウェアで画像データをダウンロードすることができたため、その機能を利用した。

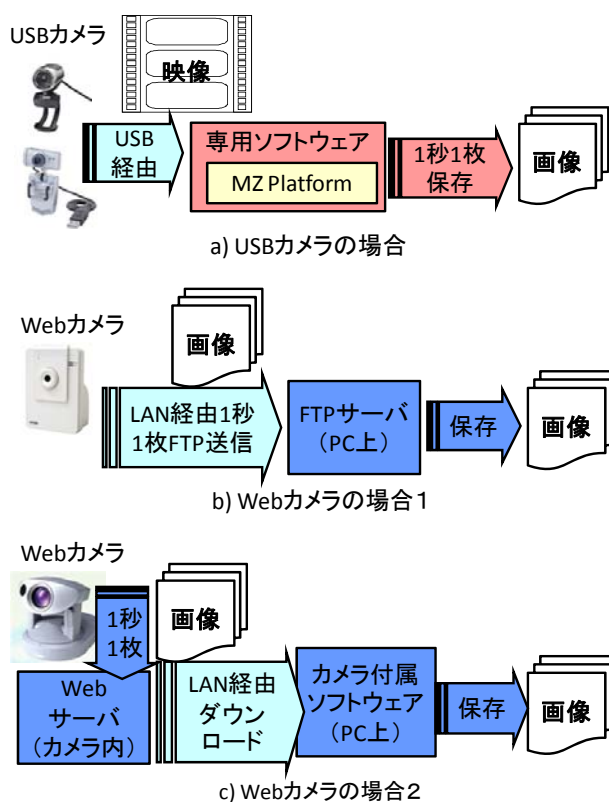


図 5：画像取得方式の比較

2.4 機器の構成と配置

図 6 に 2012 年実施時の機器配置を示す。PC を 3 箇所に配置し、それぞれに各種カメラを接続して画像データを記録した。なお、本システムで使用している機器には、必ずしも安価でない製品が含まれているが、これは利用可能な既存の機器を流用したことによる。この中で本システム構築時に新規に購入した製品は B の Web カメラのみで、2011 年実施時に 2 台、2012 年実施時に 2 台購入した。各機器の構成は次の通りである。

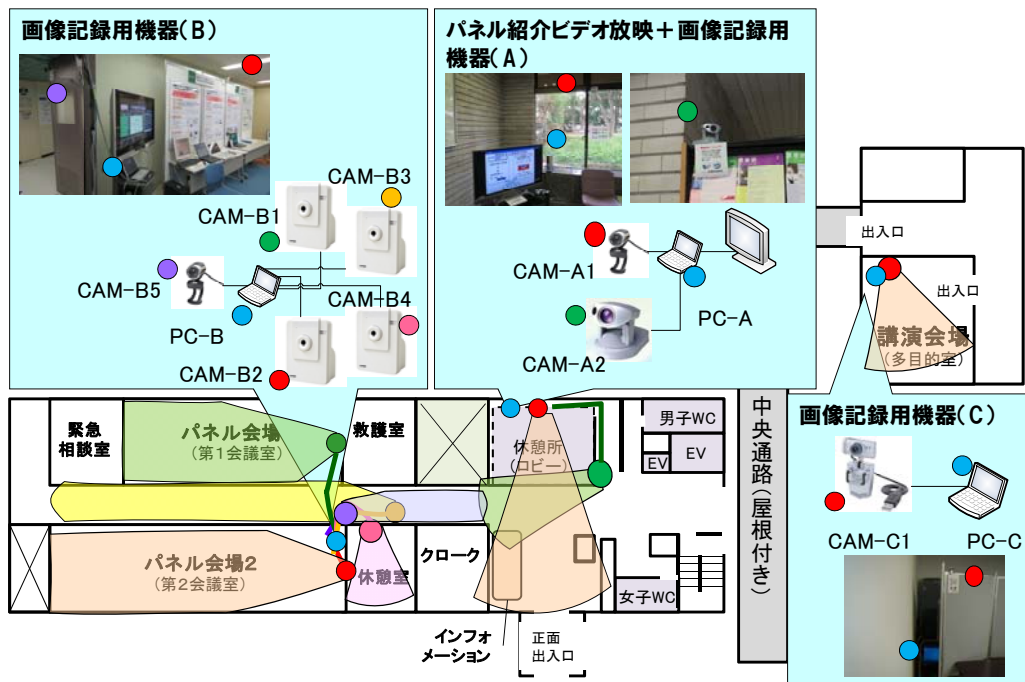


図 6：機器配置 (2012 年実施時)

- A) パネル紹介ビデオ放映+画像記録用機器
- PC-A：HP d530SFF, Windows XP, Intel Pentium4 3.2GHz, 2GB RAM
 - CAM-A1:サンワサプライ CMS-V30SETSV
 - CAM-A2：Canon VB-C50i
- B) 画像記録用機器
- PC-B：NEC LaVie LR700/8E, Windows XP, Intel Pentium M 1.5GHz, 1.5GB RAM
 - CAM-B1：コレガ CG-NCMNL
 - CAM-B2：コレガ CG-NCMNL
 - CAM-B3：コレガ CG-NCMNL
 - CAM-B4：コレガ CG-NCMNL
 - CAM-B5:サンワサプライ CMS-V30SETSV
- C) 画像記録用機器
- PC-C：東芝 Dynabook G8/U25PDDW, Windows XP, Intel Pentium4-M 2.5GHz, 1GB RAM
 - CAM-C1：サンワサプライ CMS-V11

A は画像記録用機器に加えて、展示パネル紹介ビデオ放映の役割を持たせている。PC-A に大型ディスプレイを接続し、画面をロックするスクリーンセーバとして映像ファイルをループ再生しながら、2 台のカメラの画像を記録した。CAM-A1 は USB カメラで、PC 上方に設置してロビーと入口付近を撮影した。CAM-A2 はサーバ機能を持つ Web カメラで、LAN ケーブルを延ばして廊下の入口を撮影し、PC-A 側のソフトウェアで定期的に画像を取得して保存した。

B は画像記録専用の機器として、5 台のカメラの画像を記録する。CAM-B1 から B4 の 4 台の Web カメラは FTP 送信機能を持ち、2 つのパネル会場と休憩室および廊下奥側を上方から撮影した画像を、PC-B 側で動作する FTP サーバで受信して保存した。CAM-B5 は USB カメラで、廊下入口側を上方から撮影した。

C は画像記録専用の機器として、1 台のカメラの画像を記録する。CAM-C1 は USB カメラで、講演会場を部屋後方から撮影した。

3 映像記録システムの運用

3.1 倫理面への配慮

近年は、カメラを設置して画像や映像を取得することが、来場者に不快な思いを与える可能性を認識した倫理面の配慮と、個人情報保護を遵守する必要がある。本稿の内容についても、産総研の規定にある人間工学実験として計画を申請し、所定の手続に従った外部委員による審査を経て承認された内容に基づいて実施した。下記に倫理面への配慮に関する実施条件について示す。

- カメラ設置とその目的の周知
- 低解像度での画像取得 (320×240 固定)
- 画像・映像公開時はモザイク処理等を施す

カメラ設置の周知は、産総研オープンラボのホームページ上に掲載し、開催時にカメラ設置の周知文を会場入り口と各カメラ付近に掲示した。その様子を図7に示す。



図7：カメラ設置の周知

3.2 事前準備と動作確認

オープンラボ開催の事前の準備作業として、開催日前に実稼動時と同等の稼動テストを実施した。システム構成の機能に関する動作確認に加えて、稼動時には次に示す項目を確認する必要があった。

- 一定時間経過後の自動スリープ移行の解除
- 画像データ保存用のディスク容量の確認
- Webカメラを複数使用した場合の通信遅延の有無の確認

特に、使用したPCは通常使用しているものを流用したため、省エネ設定で一定時間経過後の自動スリープ移行などの設定があり、実際に長時間稼動テストをするまで気付かないことがあるので注意が必要である。

3.3 実運用とデータ後処理

システムを実際に稼動させる際は、繰り返し確認を実施することが重要である。本報告の内容に関しては、2012年に実施した際の初日に、確認を怠ってデータ欠落を生じさせてしまった。使用したノートPCの1台が電源に接続していない状態で稼動を開始してしまい、その時点では動作していたが、その後1時間程度でバッテリー切れとなり休止状態に移行してしまった経験がある。稼動開始時の確認不足は言うまでもなく、定期的に動作を確認していれば途中で気付いて電源に接続できたはずだが、忙しさを理由に終日放置してしまったことが問題の拡大につながった。

記録された画像データに関しては、終了したものから順にそのPC上で映像データを作成する。1秒に1枚の画像は8時間で60秒×60分×8時間=28800枚となり、解像度を320×240と固定したためJPEG形式だと1枚が数十KB程度で全部で1GB程度となり、これらすべてに画像処理をして映像データに結合する処理は多少時間がかかる。一方、処理性能の高いPCに全ファイルを移動して処理しようとしても、まずファイルをZIP化する処理やファイルをコピーする処理に時間がかかってしまうことに加え、その結果劇的に処理が速くなることはなかったため、結局は作成したPCで分散して処理を実施する方が速かった。本報告で使用したPCで1つのカメラ1日分でおおよそ30分程度を要した。

4 記録映像の分析と運営改善

オープンラボ開催時に取得した映像を用いた分析について述べる。作成した映像のうち、パネル会場や講演会場などについては、時間の推移に伴う混雑状況の変化を目視で確認した。約15分間隔で数枚のフレームからその時点で撮影範囲に含まれる最大人数を記録し、図8に示すようなグラフを作成した。当然ながら、目視による観察でかつ撮影範囲が限られるため、本グラフは正確な人数を示すものではないが、傾向を把握することはできる。例えば、パネル会場はラボ見学出発の集合場所を兼ねているため、ラボ見学出発直前に混雑していることが確認できる。

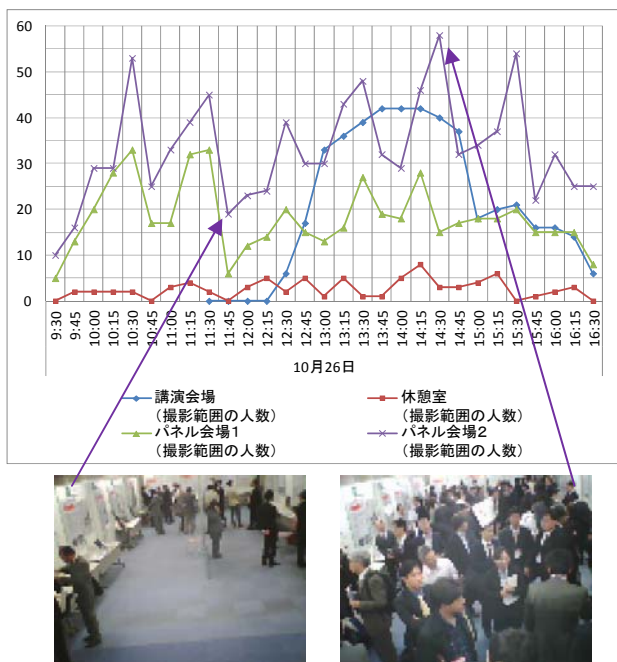


図8: 人数推移の例

さらに、映像を確認した結果得られた知見を基に、運営の改善を実施した。その例として、図9に2011年実施時に確認された正面出入口付近での混雑状況の画像を示す。正面出入口での混雑には二種類あり、パネル会場からラボ見学が発発する時と、シャトルバスが到着した時である。これらが同時に生じると、ロビーから廊下にかけて人の流れの滞留が見られたため、2012年にはシャトルバスの時刻表の調整を依頼し、ラボ見学の引率者に注意点として伝えるなどの工夫を実施した。

5 むすび

本稿では、産総研オープンラボ東会場において、簡易映像記録システムを構築して人の流れを分析した事例について報告した。MZ Platformを用いた専用ソフトウェアと既存のWebカメラやUSBカメラを組み合わせることで簡易的な映像記録システムを



図9: 正面出入口での混雑状況の例

構築し、実際の運営の改善に貢献した。今後は、画像処理を用いた人数カウントの自動化を導入する予定である。

謝辞

本稿の内容は、産総研オープンラボ東会場で実施した実証実験に基づくものである。本実験を実施するにあたり、産総研オープンラボ実行委員および東事業所研究業務推進室をはじめとする多くの関係者からご意見とご協力をいただいた。また、MZ PlatformはNEDOプロジェクト「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」および「中小企業基盤技術継承支援事業」の一部として開発されたものである。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Sawada, H., Matsuki, N., Tokunaga, H., Furukawa, Y.: A Manufacturing Software Development and Operation Framework "MZ Platform" and its Applications in Industry, In Proc. of Advanced Engineering Design, (2004).
- [2] 古川慈之, 澤田浩之, 富澤拓志, 松木則夫: MZ Platform: イベント駆動型コンポーネント指向開発環境を用いたエンドユーザ開発への試み, 情報処理学会第68回全国大会講演論文集(1), pp.199-200, (2006).
- [3] Sutcliffe, A., Mehandjiev, N.: End-User Development, Communications of The ACM, 47(9), pp.31-32, (2004).
- [4] 古川慈之, 澤田浩之, 徳永仁史, 手嶋吉法, 松木則夫: エンドユーザ開発による企業内情報化への取り組み, 人工知能学会第9回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2009-03-02, (2010).
- [5] 古川慈之, 澤田浩之, 徳永仁史: 製造業向けFTA支援ソフトウェアの開発と実務への適用, 人工知能学会第14回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2011-02-01, (2011).