

16. 中小零細建設業を対象にする映像を活用した CIM の開発

株式会社環境風土テクノ
可児建設株式会社
トライポッドワークス(株)
立命館大学理工学部

須田清隆
○可児憲生
渋谷義博
建山和由

1. はじめに

中小零細建設業では、小規模な工事が多く、短期間の工事完成や IT 系の人材確保などの要件もあり、CIM の取り組み、特に 3 次元モデルベースによる CIM への対応を難しくしている。また、中小零細建設業の特性として、高齢化（退職、転職）に伴い、個人に集約している建設ノウハウ（知財）の流出が進んでいる。そのため、企業への技術知財情報の収集蓄積などの情報化の推進が、事業継続上の緊急な課題にもなっている。

2. 研究目的

技術者の施工現場で求められる意思決定や判断は、リスク、品質、コスト、効率性など多岐にわたっているが、現場空間では技術者の持つ能力である探知能力、視認能力で、施工現場から問題要因を探知し対応しているものと考えられる。

本来、技術者は、人間固有の能力として、空間（映像、画像）から問題や課題を探知、認識する能力は高く、その能力から問題対応を行っている。特に職人的な技術者ほど、その経験知を伴う視覚認識（直観力）は優れており、‘百聞は一見に非ず’や‘理屈じゃない’と断言する技術者も少なくない。しかし、そのような技術者が保有する施工ノウハウは、感覚的であり、論理的に形状や品質、構造として表すことを難しくしていると考えられる。

また、本来の CIM の目的は、現場の工事情報をデータモデルに体系づけて集積し、施工情報の共有化、共通化、資産化するための情報化と考えるが、個人に委ねる現場が多い小規模工事では、短期間で、現場の変化も大きく、施工情報をデータモデルに体系化し集積することはスキルのにもコスト的にも容易ではなく、情報化や CIM 化を進めることが出来ない課題も抱えている。

本研究の目的は、中小零細建設業の特性を踏まえて IT スキルの・コスト的に負担の少ない方法で、施工情報を効果的に集積する CIM 化と共に企業内の知財化する情報として感覚的に理解しやすい映像の有効性を確認し、中小零細建設業で

の利用可能な’映像を活用した CIM ‘を開発することである。本報告は、映像を活用した CIM（試作版）の検証から映像を活用した CIM 開発の有効性を報告するものである。

3. イメージ補完による映像利用

感性工学では、人間の記憶の分類を、感情、意識、知識に分類して、簡単に思い出せる状態を感情と、なかなか思い出せないが時間が経つと思い出せる状態を意識と、自分では思い出せない状態を知識と定義している。通常現場のリスク対応は、感情力がないと、どんなに知識があっても緊急時に活用できない状態になることが指摘されている。現場技術者の現場にあるリスクに対する感情力を測る上で、短時間（2分間）で‘現場リスク’から発想するリスク要因や原因などの発想数を測定する感性テスト^{※1}からは、図1に示すように高齢になるに従い、イメージ発想能力が低下する傾向が見られ、高齢技術者のリスク管理面の課題が抽出されている。

（※1財団法人東京都中小企業振興公社平成23年度 新製品・新技術開発助成事業「リスク感度を高める教育研修プログラム開発」）

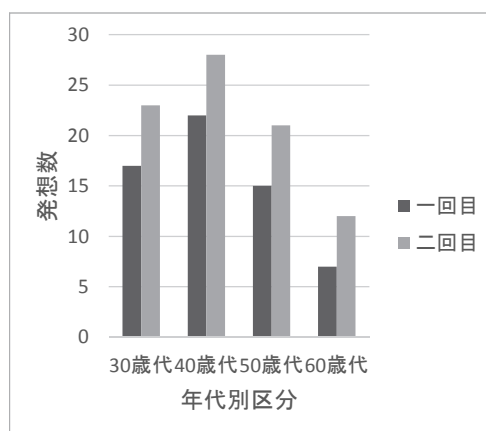


図1 現場技術者感性テスト（2分間発想）

特に、中小零細建設業の課題は高齢化対応であり CIM 開発では、現場のリスク情報など施工情報の伝達で、高齢化に伴い低下するリスク対応力や判断力の低下を、扱いやすい映像で補完することを期待できる。

4. 映像を活用した CIM の基本構成

映像を活用した CIM (試作版) について、既存河川堤防の一部を掘削し、新規に築堤で実施した河川工事 (国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所平成 26 年度庄内川大治築堤工事) で適用した事例¹⁾ から基本機能を検証する。

4.1 ネットワークカメラと WEB 確認

施工状況の確認および記録のため、4 台の定点ネットワークカメラを設置した (図 2 参照) 定点カメラにより、空間量が一定の中で、重機や人間の占有時間や発現頻度などで施工状況を確認している。また、WEB 情報として遠隔からも映像を確認できることが、祝休日、夜間などの天候や地震時の状況を遠隔での確認を可能にしており、現場のリスク対応性が早め、リスク確認のために現地への移動時間の縮小を実現している。

システム構成

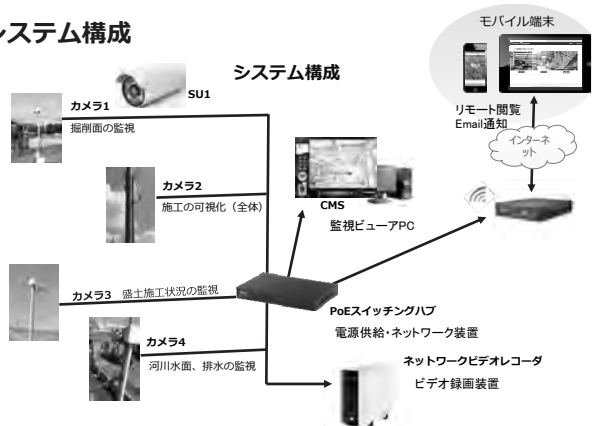


図2 ネットワークカメラのシステム構成

4.2 情報収集システム

過去の実施事例の情報活用分析から小規模現場における情報システムの利用は、現場担当者のスキルと意識に依存するところが多く、現実には高齢化する現場技術者にそのスキルや意識を求めることは難しいところもある。そのため、本事業では現場で発生する情報については現場担当者の負担を少なくするための図3に示す通り自動取り込みまたは取り込み作業の単純化の仕組み作りを行っている

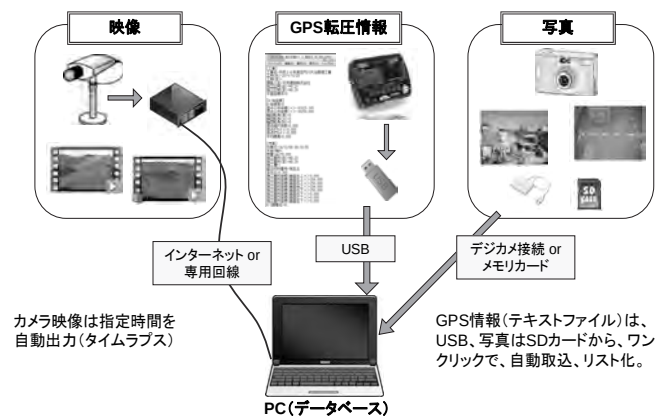


図3 データ自動取り込みの仕組み

4.3 映像を集積した CIM データベース

集積した施工情報を有効に活用するために現実の映像や写真と施工情報を関係づけて図4に示すようにデータベースに集積している。



図4 CIM データベース

データベースでは、施工現場のイベントやトラブルなどの日報に含まれるキーワードを検索ワードによって、時間経過で整理された4方向のカメラより撮影されたタイムラプス映像 (図5 参照) の検索を容易にしている。



図5 4カメラタイムラプス映像表示

5. 映像による施工情報の数値化

事例検証を通じて映像利用による施工判断など

の迅速性などの適用効果とともに、実際に設計や維持管理に使用する場合の映像の属性化や数値化が課題として指摘されている。ここでは、映像を活用したCIMの実用化のために映像による施工情報の数値化に関する基礎的な検討を行っている。

5.1 タイムラプス映像

タイムラプス映像は、インターバル撮影、微速度撮影とも言われ、長時間撮影された映像を短い時間に圧縮している。例えば8時間の映像を5秒のタイムラプス映像に生成すると、864,000フレームが5,760フレームとなり、3分程度で再生できる。(図6参照) また、固定カメラで撮影するタイムラプス映像は、連続する時間のストリーム映像(1秒30コマ)から設定時間刻み(Δt)にスライス画像を切り出したのを、タイムラプス化しており、CIM情報としては、時間情報を持つスライス映像の活用を可能にしている。

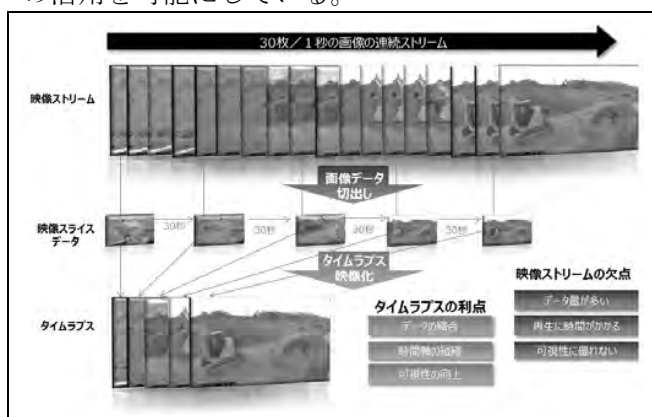


図6 タイムラプス映像解説

そのため、タイムラプス映像(図7参照)は時間情報として映像で施工状況など背景状況を含むため特定の被写体に着目すれば、被写体が映されている映像の枚数Nに、設定時間刻み(Δt)を掛け合わせると、機械稼働時間や労務歩掛りの算定を手計算でも簡単にできるなど取り扱いが容易にしている。



図7 タイムラプス映像スライス画像

5.2 背景分析法による分別認識

映像情報で現場の状況管理を行っているので、作業員や他の重機の分別も背景差分法による数値化することで、測定などに頼らない重機や作業員などの作業実態など施工実績の自動算定が可能になる。(図8参照)



図8 背景差分法による物体検出（人には緑色の投影方形、重機には赤色の矩形表示をして分別表示）

背景差分法³⁾は、定点カメラのように固定環境における物体検出法として有効な手法で、事前に取得した背景画像と対象とする入力画像を比較計算することにより、背景画像に存在しない物体(前景領域)を検出する手法である。背景差分法では、光の変化や影の影響、風や振動による背景物体の変化など、環境ノイズが課題として挙げられる。検出した前景領域は個体にラベリングを施し、前フレームの検出結果と特徴点ベースのマッチングを行うことにより物体検知を可能としている。(図9参照)

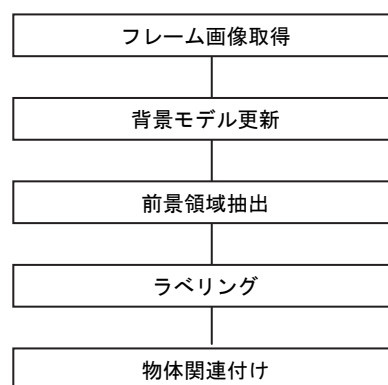


図9 物体検出フロー

5.3 オプティカルフローによるモーション検知

オプティカルフロー^{※2}を用いたモーション検知⁴⁾では、フレーム情報から物体の速度ベクトル情報を求め、軌跡情報や移動量が確認できる(図10参照)

映像上の施工機械や人間の特定対象の検知機能を応用することで、施工実績の収集により、歩掛り評価への展開が期待される。

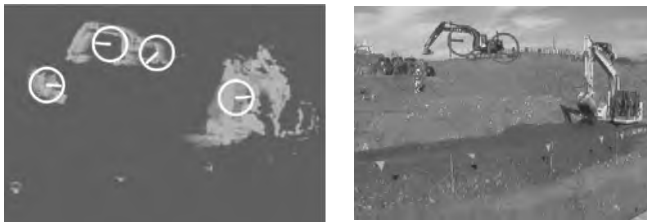


図 10 物体検知と運動方向計測

(※2 オプティカルフロー：、ブロックマッチング法を用いてタイムラプス映像の中で物体の動きをベクトルで表したものである。)

5.4 フラクタル次元による現場状況の数値化

形の複雑さを表す指標のひとつとしてフラクタル次元⁵⁾を適用した。フラクタル次元には多くの定義があるが、ここでは濃淡分布を扱うことができ、図形の通常の次元とも一致する、一般次元の定義(式(a))を用いた。

$$D_q = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{1}{q-1} \frac{\log \sum_{i=1}^N p_i^q}{\log r} \quad \dots\dots \text{式(a)}$$

ここで、 D_q は一般次元、 r は被覆領域サイズ、 q は確率次数モーメント、 p は確率、 N は被覆領域の数である。ここでは $q=2$ とした。この式を用い、確率 p として正規化した輝度値分布をあてはめ、白黒画像のフラクタル次元を推定した。

画像1の度数分布(図11参照)は、エッジが少なく現場の複雑性が表れているのに対して、画像2では、構造物のエッジが強く表れておりフラクタル次元の低い要素が含まれている分、単純化していることが評価できる。

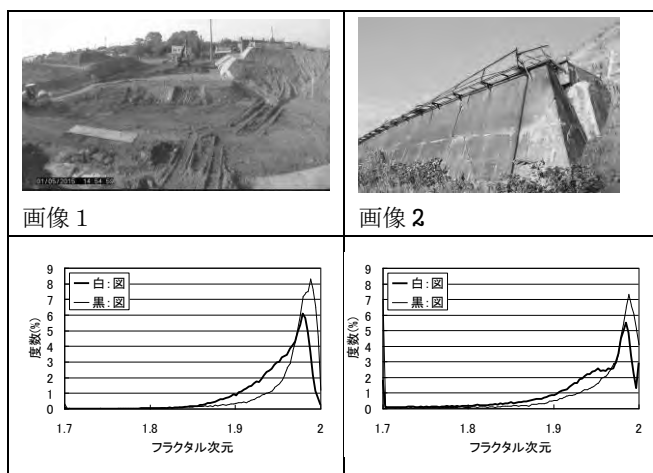


図 11 フラクタル次元計算例

6. まとめ

以上の検討結果から‘映像を活用した CIM’が時空間情報として施工状況を集積でき、且つ映像から施工情報の数値化など CIM としての可能性が確認できたと考える。ここでは、実用化へ向けた課題も含めて‘映像を活用した CIM’の成果を

まとめている。

- ① 毎日の現場の状況を数分程度で確認できるタイムラプス映像をデータベース化したことで、時間や気象条件や作業区分で検索確認できることが、施工手順や施工計画などの施工ノウハウの知財化を可能にした。
- ② 映像分析技法を活用して映像から空間背景情報を自律的に抽出し定量化・統計化することで、映像情報から施工の効率性や不具合などの原因抽出も可能にしている。
- ③ 映像を活用した安全教育は、映像にある現場の危険要因や作業員の危険行動の指摘は具体的であり、元請から下請けまでの高齢技術者や作業員の現場リスクに対する共通理解を可能にしている。
- ④ 映像分析により GPS 等の装置を付けていない資機材や人の動きなど施工性要因などの背景情報の分析が可能となり、小規模工事でも低コストでの情報化施工への取組に繋げている
- ⑤ 画像の面的特性をフラクタルで定量的に評価することで、施工現場の複雑さなど状態分析を始め、コンクリートの品質劣化や土質材料の判別への展開が期待される。

7. 最後に

映像は、工事の時間経過で変化する空間的リスク、地震、降雨などにより発生する環境リスクおよび現場技術者の不安定行動など人間的リスク等が施工の背景情報として表れており、施工の統合情報として活用する意義は大きいと考える。一方、映像の見方や判断に主観が入る余地もあり、適正な判断を妨げるリスクも否定できない。今後、より事例を増やし、映像による施工判断の手続きなど、映像活用のガイドラインの策定を行い、映像を活用した CIM の実用化を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 可児憲生他「中小建設業における知財集約を目的とする建設 CIM の展開に関する報告」 土木学会中部支部発表会 VI-002 463-464 2015
- 2) 須田清隆『可視化情報を利用した生産管理技術』土木施工 Vol. 39 No. 1, pp. 17-21, 1998
- 3) Z. Zivkovic, Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction, International Conference Pattern Recognition, UK, August, 2004.
- 4) Z. Zivkovic, F. van der Heijden, Efficient Adaptive Density Estimation per Image Pixel for the Task of Background Subtraction, Pattern Recognition Letters, vol. 27, no. 7, pages 773-780, 2006.
- 5) 須田清隆他「フラクタル次元による景観性質の指標化に関する研究」土木学会北海道支部報告集 Vol. 60 2004