

## 映像ファイルを安定的に高スループットで処理する 内容考慮型のジョブ管理方式の提案

有熊 威<sup>†</sup> 岩松 洋介<sup>†</sup> 北野 貴稔<sup>†</sup>

NEC データサイエンス研究所<sup>†</sup>

近年、重大化する都市部重犯罪へ対応するために、監視カメラで撮影された長時間の映像ファイルを短時間で自動解析することで、犯人特定などの対処を迅速化する試みが注目を集めている。映像を高速に解析するためにはシステムリソース限界まで利用する必要があるが、人や物の認識処理は映像中の人数や物体数等の内容によって処理負荷が大きく変動するため、映像内容を考慮せずにジョブを割り当てる従来方式ではシステムリソースが枯渇し、システムが不安定となりスループットが低下する問題がある。そこで、本論文では長時間の映像ファイルを安定的に高スループットで処理する内容考慮型のジョブ管理方式を提案する。

### 1. はじめに

近年、重大化する都市部での重大犯罪へ対応するため、顔認識や物体認識などの高度な映像解析技術で高解像度の監視映像から犯罪へ関係した人物や物などを短期間に検出し、犯人特定などの対処を迅速化することで、都市の安全を高める試みが注目を集めている[1]。

このような映像解析を施設警備など常時撮影している監視映像に適用するためには、長時間の映像ファイルを短時間で解析できることが重要となる。近年、監視映像の高解像度化の進展に伴い、映像解析の計算負荷の増大と、扱うデータの大サイズ化が進んでいる。そのため、高解像度の映像ファイルを短期間に処理するには、CPU 等のシステムリソースを限界まで利用しつつも、安定性を維持して高スループットで処理できる事が重要となる。

本論文では、映像ファイルを安定的に高スループットで処理するジョブ管理方式を提案し、その有効性評価について報告する。

### 2. 高解像度映像解析の高スループット化の課題

高解像度映像に対する映像解析では、高解像度化によるフレーム画像サイズの増大とフレーム画像あたりの対象物数の増大により、高品質画像を保持するためのメモリリソースの枯渇と映像内容による解析負荷の変動が課題となる。

具体的には、映像解析は高品質画像 (Full HD で約 7MB/画像) を必要とするため、メモリリソース消費が大きい。さらに Full HD から 4K へと高解像度化が進むと画像サイズが 4 倍に増え、メモリ消費が増大する。

また、映像解析の負荷は映像内容に応じて大

幅に変動する。例えば、認識技術ではフレーム画像中の認識対象物数に比例して、特徴量抽出処理が発生するため、フレーム画像毎の処理時間も数十倍程度変動する。さらに Full HD から 4K へと高解像度化が進むと、画像中の対象物数も 4 倍に増え、変動幅が増大する。

従来の映像解析システムでは、デコードした映像フレーム画像をバッファリングし、フレーム画像単位で複数の解析ワークジョブを割り当てて並列処理する事で、処理スループットを向上させる手法が知られている。しかし、高解像度化に伴い、下記の課題が顕在化し、スループットを上げることが困難になってきている。

**[課題 1]** 画像サイズ増加によるリソース枯渇  
システムを安定稼働させるためには、対象物数が増えて処理が溢れた際に、高解像度フレーム画像のバッファリングによるメモリリソースの枯渇を防ぐ必要がある。バッファ中の画像数が一定量を超えないように入力 FPS を決定する従来手法では、高解像度化によりバッファリングできる画像数が減ると入力画像不足が発生する。

**[課題 2]** ジョブ処理時間変動による処理待ち  
フレーム画像単位での処理では、解析ワークは各画像を単スレッドで処理するため、画像内の対象物数に応じて処理時間が数十倍近く変動する。単純にプッシュ型でジョブを割り当てる従来方式では、対象物の多いフレーム画像の処理が終わるまで他のワークで処理待ちが発生する。

このように、長時間の高解像度映像を安定的に高スループットで処理するには、メモリリソース枯渇を防止しながらも入力画像不足の発生を防ぐ事と、対象物増減による負荷変動による処理待ちの発生を防ぐことが必要となる。

Proposal of content aware job management for high throughput video file analysis systems

<sup>†</sup>Data Research Laboratories, NEC Corporation  
5-7-1 Shiba, Minato-ku, Tokyo, Japan

### 3. 内容考慮型のジョブ管理方式

提案する内容考慮型のジョブ管理方式では、現在処理している対象物数に基づいた入力FPSの制御と、対象物単位でのジョブ分割により、処理溢れによるメモリリソース枯渇を防ぎつつ、高スループットでの処理を実現する。

#### 3.1. 現在対象物数に基づく入力FPS制御

現在処理している対象数に応じてフレーム画像の読込速度を調整する事で、処理溢れの発生を防ぎつつ、入力FPSを向上させる。具体的には、システムの処理速度を検出ワーカ  $i$  が直近の単位時間で検出したフレーム画像あたりの物体数 ( $o_i$ ) と特抽ワーカ  $j$  の対象物あたりの平均処理時間 ( $e_j$ ) から算出し、このシステムの処理速度と現時点でのキュー内のデータ量 ( $q$ ) を元に、デコード処理間隔時間 ( $t$ ) を下記式のように決定する。ここで、 $a$  は処理性能などに応じた重み、 $n$  は検出ワーカ数、 $m$  は特抽ワーカ数である。

$$t = \alpha \cdot q \cdot \left( \frac{1}{n} \sum_{0 < i \leq n} o_i / \sum_{0 < j \leq m} \frac{1}{e_j} \right)$$

これにより、メモリ枯渇の発生を防ぎつつも、処理対象物数が少なく処理速度が速い時は入力FPSを高めて、入力画像の不足による処理待ちの発生を防ぐことが可能となる。

#### 3.2. 対象物単位でのジョブ分割による負荷変動低減

負荷変動の主因が対象物毎の特抽処理にあることに注目し、解析処理を対象物の検出と特抽のフェーズに分割して、それぞれジョブ割当を行う(表1)。更に、各フェーズの解析プロセスがジョブを Pull することで、検出・特抽処理単体での負荷変動の影響を低減し、隙間なくジョブを割当てることが可能となる。

表1 フェーズごとのジョブ割当て

フェーズ	ジョブ単位	割当て
検出	フレーム画像	Pull
特抽	対象物画像	Pull

### 4. 内容考慮型のジョブ管理方式の評価

#### 4.1. 評価対象のシステムとデータ

映像ファイルからの顔認証システムを題材として、提案手法による安定的な高スループット実現の効果を評価した。対象映像は海外の大規模主要駅の実監視映像を使用した。電車到着に応じた人の増減や店舗エリアのコンスタントな人の流れなど複数種の映像を用意した。

#### 4.2. 評価結果と考察

##### 4.2.1. 現在対象物数に基づく入力FPSの向上

提案手法と、現在対象物数に基づく入力FPS調

整機能のない従来手法について、映像ファイルを解析したときの平均入力FPSを測定した(表2)。提案手法は、解析用メモリ上限を4GBとした場合に、平均入力FPSを従来の24.0から87.6へ約3.7倍向上できることを確認した。

##### 4.2.2. ジョブ分割による負荷変動幅の短縮

対象物単位で並列化する提案手法とフレーム単位で並列化する従来について、処理時間を測定した(表2)。提案手法は、秒間の顔数が27倍(0~27顔/秒)変化する負荷変動が大きな映像において、フレーム処理時間の変動幅を従来の1,605msecから380msecへ約1/5に縮小できることを確認した。

表2 提案方式による改善効果

	入力FPS	処理時間の変動幅
提案方式	87.6 FPS	380 msec
従来方式	24.0 FPS	1,605 msec

##### 4.2.3. 映像処理スループットの改善効果

入力FPSの向上と負荷変動幅の短縮を実現したことで、提案手法ではメモリ枯渇の発生を防ぎつつも、平均CPU使用率95.6を維持して約8.8倍速の高スループットで映像ファイルを解析できることを確認した(図2)。

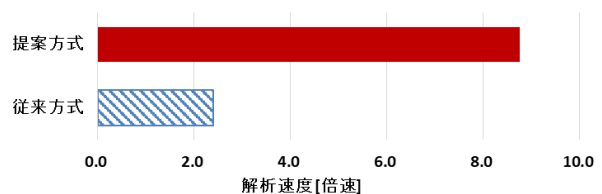


図1 処理スループットの比較

### 5. まとめと今後の課題

高解像度の長時間の監視映像ファイルから短期間に対象の人物や物などを検出可能にするために、現在処理している対象物数に基づき入力FPSを最大化すると共に、対象物単位でのジョブ分割により負荷変動幅を短縮する方式を提案した。本方式により、従来方式に比べて入力FPSを約3.7倍、処理負荷の変動を約1/5に改善する事で、映像ファイルを約8.8倍速の高スループット化を実現した。

これにより、セーフティ領域での犯罪捜査の高速化や、エンターテイメント領域での映像アーカイブの検索高速化等への多様な応用が可能となる。今後は、多領域におけるフィールド検証を進め、提案方式の有効性検証を進める。

#### 参考文献

[1] P. Wnag, K. W. Woo, S. K. Koh, "Building a safer city in Singapore," NEC Technology Journal, pp. 71-74, 2015.