

# リアルタイム不審行動検知を実現する 大規模時系列データ分散処理方式の提案

有熊 威† 岩松 洋介† 北野 貴稔†

NEC データサイエンス研究所†

近年、重大化する都市部重犯罪に対応するため、監視カメラ映像から不審行動などの犯罪の兆候を見つけることで、犯罪を未然防止する試みが注目を集めている。このような不審行動の検知処理では、人物動線などの時系列データから行動のパターンを検出するために、一定期間の連続した時系列データを分析する必要がある。しかし、データを分割して分散処理する従来方式では、分析に必要な連続時系列データの転送や、人数変動による処理溢れ等の遅延が発生しリアルタイムに処理出来ない課題があった。本論文では、連続した時系列データを必要とする分析を低遅延で分散処理する方式を提案し、提案方式による遅延削減効果を報告する。

## 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、顔認識などの高度な映像解析技術で監視映像をリアルタイムに解析する映像センシングにより、犯罪の兆候を発見し、未然に犯罪を防止することで、都市の安全を高める試みが注目を集めている[1]。

このような不審行動の検知処理では、人物動線などの時系列データからの行動パターン検出を、犯人が映っている間にリアルタイム処理する事が重要となる。本論文では、このような映像から得られる時系列データに対する分析を低遅延で分散処理する方式を提案し、提案方式による遅延削減効果を報告する。

## 2. リアルタイム時系列処理の映像解析応用の課題

一般的なリアルタイム時系列データ分析と異なり、映像解析応用では、分析に一定期間の連続した時系列データを必要とする、カメラ映像の内容によって処理量が大きく変動する、という特徴がある。例えば、「ふらつき」を不審行動として検知する場合、通常の歩行者と区別するためには、数十秒間の連続した動線データに対してパターンマッチする必要がある。更に、分析は映像中の各人物に対して行われるため、同時に20人程度撮影できるFull HD映像では、処理負荷が人数に応じて20倍近く変動する。

従来の大規模時系列データ分散処理システムでは、入力となる時系列データを一定の短い間隔に分割し、多数サーバで分散処理することでリアルタイム処理することが主流となっている[2]。しかし映像からの行動分析においては、数十秒間の連続した時系列データを必要とし、人数に応じて処理量が変動するため、次の2つの遅延がリアルタイムな時系列データ分散処理の課題となる(図1)。

Proposal of large-scale time-series distributed processing method for real-time behavior detection

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

**【課題1】** データ分割による多量の転送遅延  
時系列データを短い間隔で分割すると、分析に必要な前後のデータを他のサーバから収集するための転送遅延が発生する。

**【課題2】** 処理負荷偏りによる処理溢れ遅延  
カメラ毎の人数を考慮せず処理を割当てると、一部のサーバに処理負荷が偏ることで処理溢れによる遅延が発生する。

このように、大規模時系列データを映像解析に応用し、リアルタイムな不審行動検知を実現するためには、データ転送と処理溢れによる遅延双方を低く抑えることが必要となる。

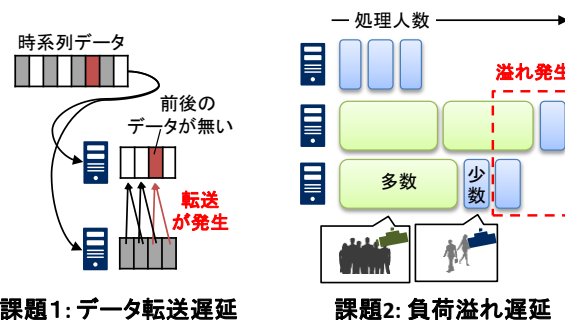


図1 リアルタイムな時系列データ分散処理の課題

## 3. 大規模時系列データ分散処理方式

データ転送と処理あふれ双方の発生による遅延を解消するために、データ分割とサーバへの割当てを時系列データのコンテンツやその変化に応じて決定する方式を提案する。

### 3.1. 各人物のデータ局在性に基づくデータ分割

人の移動速度には物理制約があるため、数秒～数十秒の間では、同一人物のデータは同一カメラ内に局在する。この特性に注目し、同じカメラのデータが同一の並列化単位(partition)に含まれるようにデータを分割する。これにより、各人物のデータがシステム上で局在化し、デー

タ転送の発生を最小化できる。

### 3.2. データ内人数に基づくサーバ割当変更

カメラ映像中の処理人数に応じて負荷が変動することに注目し、サーバ間の処理人数が均一、かつカメラ移動に伴うデータ転送量が最小化となるように、カメラとサーバの組合せを調整する。このために、まず、処理人数が均一になるように初期配置し、人数変動時に必要最小限の割当変更を行う2段階方式を提案する。

初期配置では、恒常的に負荷が高いカメラが特定のサーバに偏る状態を防ぐために、過去の処理人数平均が多いカメラから順にラウンドロビンで各サーバへ割当てていく。これにより処理負荷に影響の大きい高負荷カメラが各サーバに分散し、処理偏りの発生を低減できる。

割当変更では、割当変更に伴うデータ転送の発生最小化するために、負荷があふれたサーバから最小のカメラのみを他サーバへ移動する。このために、下記ステップで組合せを決定する。

- (1) サーバを処理人数合計の降順でソート
- (2) 人数最多・最小サーバから順にペアを作成
- (3) 各ペアで人数が多いサーバから人数が少ないサーバへカメラを移動

更に、ステップ3において、カメラ移動に伴うデータ転送の発生を最小化するために、人数が少ないカメラから優先的に移動する。

これにより、割当変更によるデータ移動量を最小化しつつも、負荷溢れによる遅延の発生を防ぐことができる。

## 4. 大規模時系列データ分散処理方式の評価

### 4.1. 評価対象のシステムとデータ

SPARK Streaming のデータ分割と RDD 実行場所決定の処理を拡張して提案方式を試作し、遅延削減の効果を評価した。評価においては人物動線からの不審検知を想定し、人工的な分析負荷と動線データを使い、3 台の解析サーバで分散実行した時の処理遅延を測定した。分析負荷として、過去 10 秒の人物動線を対象に、1.5 秒/人の CPU コア時間を消費する人工的な負荷を使用した。対象データとして、海外の大規模空港の監視映像をもとに生成した人工データを用いた。飛行機の離着陸に応じてカメラあたり 0 人～21 人の間で変動する 25 カメラ分の人物動線データを使用した。

### 4.2. 評価結果と考察

評価の結果、提案手法によりデータ転送と処理溢れの発生を抑えたことで、SPARK Streaming (従来手法) と比べ最大処理遅延を 11.1 秒から 5.3 秒へ 52.3%削減できる事を確認した(図 2)。

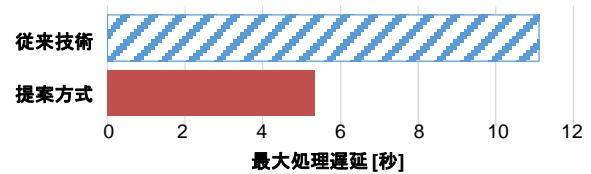


図 2 最大処理遅延

### 4.2.1. データ転送量の削減効果

提案手法とデータを短い間隔で分割する従来手法で、データ転送の発生率を測定した(表 1)。従来手法では、各サーバへ均一にデータが配置されるため、約 2/3 のデータを他サーバから取得したのに対して、提案手法では、データ転送の発生を 10%以下に抑えられることを確認した。

表 1 データ転送の発生率

	転送の発生率
従来技術 (SPARK Streaming)	68.2%
提案手法	7.9%

### 4.2.2. 処理溢れ遅延の削減効果

提案手法とカメラ映像内の人数を考慮しないカメラ割当を行う従来手法で、処理溢れによる遅延時間を測定した(図 3)。従来手法では、特定のサーバに人数の多いカメラが偏ることで処理溢れが発生し、4 秒近い遅延が発生しているが、提案手法では、サーバ間の負荷分布を均一化することにより、遅延の発生を 0.5 秒程度に削減できる事を確認した。

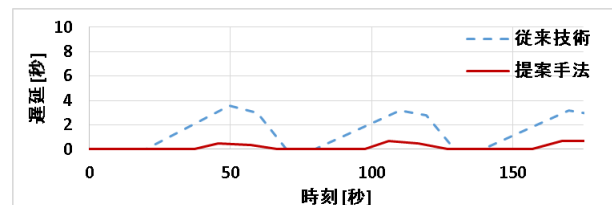


図 3 処理溢れによる遅延

## 5. まとめと今後の課題

高度な映像解析技術を活用して、監視カメラ映像から犯罪兆候となる不審行為を発見するリアルタイム連続時系列処理の実現に向けて、大規模時系列データ分散処理方式を提案した。連続してデータを割当てつつ、処理人数が均一かつデータ転送が最小となるようカメラの組合せを決定することで、処理遅延を最大で従来比 52.3%削減し、リアルタイム処理を実現した。今後は、フィールド検証を進め、アーキテクチャの有効性確認を進める。

### 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.
- [2] Matei Zaharia, et al., "Apache Spark: a unified engine for big data processing", Commun. ACM 59, pp.56-65, 2016