

集計突発指標算出技術

レーン別渋滞検知のユースケースにおいて、渋滞を検知する画像処理の計算量と通信量を削減するため、コネクティッドカーの台数を地図上に定めたメッシュごとに集計し、定常状態からの乖離度合いを定量化する「集計突発指標算出技術」を考案しました。本稿では、提案技術の概要や提供価値、今後の課題等を実証実験でのユースケース検証を踏まえて述べます。

はやし
林

はた
秦

かみや
神谷

あき
亜紀

たかひろ
崇洋

まさと
正人

よこはた
横畑

もり
森

ゆき
夕貴

こうへい
皓平

NTTスマートデータサイエンスセンタ

レーン別渋滞検知における課題

NTTスマートデータサイエンスセンタでは、映像解析でレーン単位の渋滞（レーン別渋滞）を検知し、従来のサービスよりも高速・詳細に渋滞情報を通知することにより、高度な運転支援と交通流最適化をめざしています。レーン別渋滞の正確な発生位置と距離を特定するために、レーン別渋滞の隣接車線を走行するコネクティッドカーのドライブレコーダ映像をクラウドに収集して画像処理⁽¹⁾を行います。この処理は映像データを収集する通信量と映像を解析する計算量が大きいという課題があります。そこで当センタでは、データ量の少ないCAN（Controller Area Network）データを用いて映像解析優先度の高い道路（メッシュ*）を少ない計算量で特定する「集計突発指標算出技術⁽²⁾」を考案し、収集する映像を厳選することでデータ収集の通

信量と映像解析の計算量を抑制可能としました。

映像解析優先度の高い道路とは

交通量に変化が少ない場所や、交通渋滞が周期的に発生するなど交通量の予測が可能な場所における渋滞と比較して、予期せず突発的に発生するレーン別渋滞の方が新たな事故を誘発する可能性が高いため、高度な運転支援を提供する重要性が高いと考えました。

前者の渋滞とは、例えば朝夕のラッシュ時に混雑する幹線道路や、その右左折レーン、土日祝日に混雑する商業施設の入庫待ちなどです。これらの渋滞は、過去のデータに基づき予測可能であることに加え、渋滞が過去に発生した際の映像解析結果が蓄積されていると想定できるため、特にサーバの余剰リソースが少ない際には映像解析優先度が低いと考えます。

後者の突発的に発生するレーン別渋滞とは、例えば事故や故障などにより車線がふさがれ、交通容量が著しく低下して起こる渋滞、商業施設の新規開

店などイベント起因で起こる渋滞や、コロナ禍によるドライブスルー特需など日常習慣の変化により起こる渋滞を指します。このような渋滞は過去のデータから予測困難であることから、映像解析により状況を把握する優先度が高いと考えます。突発的に発生するレーン別渋滞ほど優先度が高くなるように優先度付けを行うことにより、通信量と計算量を抑制します。

突発的な渋滞検出の課題と現状

突発的な渋滞を検出するための課題と現状を整理します。

まず、入手可能で、かつ計算量や通信量を抑えられる情報を入力データとする必要があります。提案技術ではコネクティッドカーからCANデータを収集し、メッシュ当りの走行車両台数情報を算出したものを入力データとします。このとき、コネクティッドカーの普及率が向上するまでは台数情報に関するデータの信頼性が低いこと、リアルタイム性を高めるため突発的な渋滞の検出に関する計算量を抑制する必

* メッシュ：地図上の特定の正方形領域。実証実験においては150 m四方の領域を想定。

要がある点が課題です。

次に、突発的な交通渋滞が発生した道路を特定するため、各時間帯における各メッシュの台数情報およびその時系列変化から定常的な台数情報（定常状態）を求めます。しかし定常状態は道路ごとに異なるという点以外にも、例えば曜日ごと、時間帯ごと、曜日と時間帯の組合せといったように周期的に変化する点も考慮が必要です。

集計突発指標算出技術について

CANデータを基にAxispot[®](3)で集計したメッシュごとの台数情報を入力情報として、高速に突発的な渋滞が起きている場所を絞り込む技術として「集計突発指標算出技術」を考案しました。この技術では、定常状態と比較して台数情報が突発的に増加したタイミングを検出することが可能です。定常状態と比較した最新台数の増減の突発度合いを数値化し、「集計突発指標値（突発指標値）」と呼びます。

集計突発指標値計算の流れを図1に示します。提案技術では複数の周期性を考慮するために、全体、時間帯別、

曜日別、曜日×時間帯別（これらに合わせて時間粒度と呼称）に集計した各メッシュの平均台数、台数の標準偏差、時間軸信頼度から各メッシュの定常状態（統計情報と呼称）を算出します。併せて、複数の時間粒度から求めた突発度合いのうち、どの時間粒度の結果を優先すべきかを決定するために時間軸信頼度を算出します。この時間軸信頼度は、コネクティッドカーの普及率が低く、車線数に対して過度に少ない台数情報しか集まっていない場合に低い値になるように設計されています。具体的には、しきい値以上の台数の集計値が得られた回数が十分であったかを基に算出します。最新の車両台数が入力されたときに、その台数が定常状態と比べて突発的に増えているかどうかを示す突発指標値を算出します。入力は最新の車両台数（メッシュ、時刻、台数）と、事前に算出した統計情報です。時間粒度別に最新の台数と統計情報を比較し、突発指標値 SI_T を計算します。ここで時間粒度別の突発指標値は図中にあるとおり、外れ値検定⁽⁴⁾でよく使われる方法で計算しま

す。図中の $C(t, m)$ は時刻 t におけるメッシュ m を通過した車両台数、 $\mu(T, t, m)$ は時間粒度 T における時刻 t 、メッシュ m の台数の平均、 $\sigma(T, t, m)$ は同標準偏差です。 SI_T は最新の台数が平均台数よりも多ければ正の値、少なければ負の値をとります。また、分母の標準偏差が大きいほど小さい値をとります。台数のばらつきが少なく、いつも空いている場所に突発的に多くの車両が集まった際、指標値はもっとも大きい値になります。

次に、時間粒度別の突発指標値に時間軸信頼度を掛け合わせたものを、全時間粒度分足し合わせて最終的な出力となる突発指標値を算出します。この値が正の値の場合は、信頼度の高い時間粒度の多くで普段よりも台数が増えていることを示します。したがって、映像収集・処理を行うサーバの余剰リソースが十分にあれば図中の左側、中央のメッシュを採用し、余剰リソースがあまり多くない場合にはもっとも突発指標値が大きい左側のメッシュだけを採用するような活用が可能です。

従来、定常状態との乖離を見るため

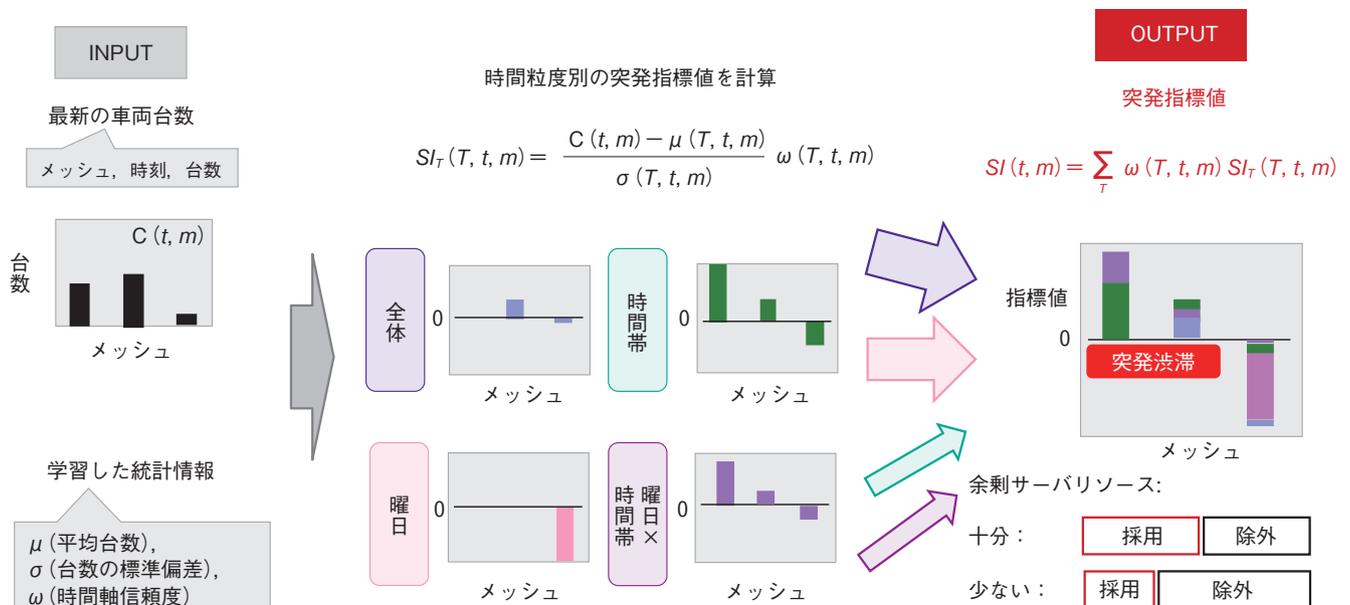


図1 突発指標値の計算方法

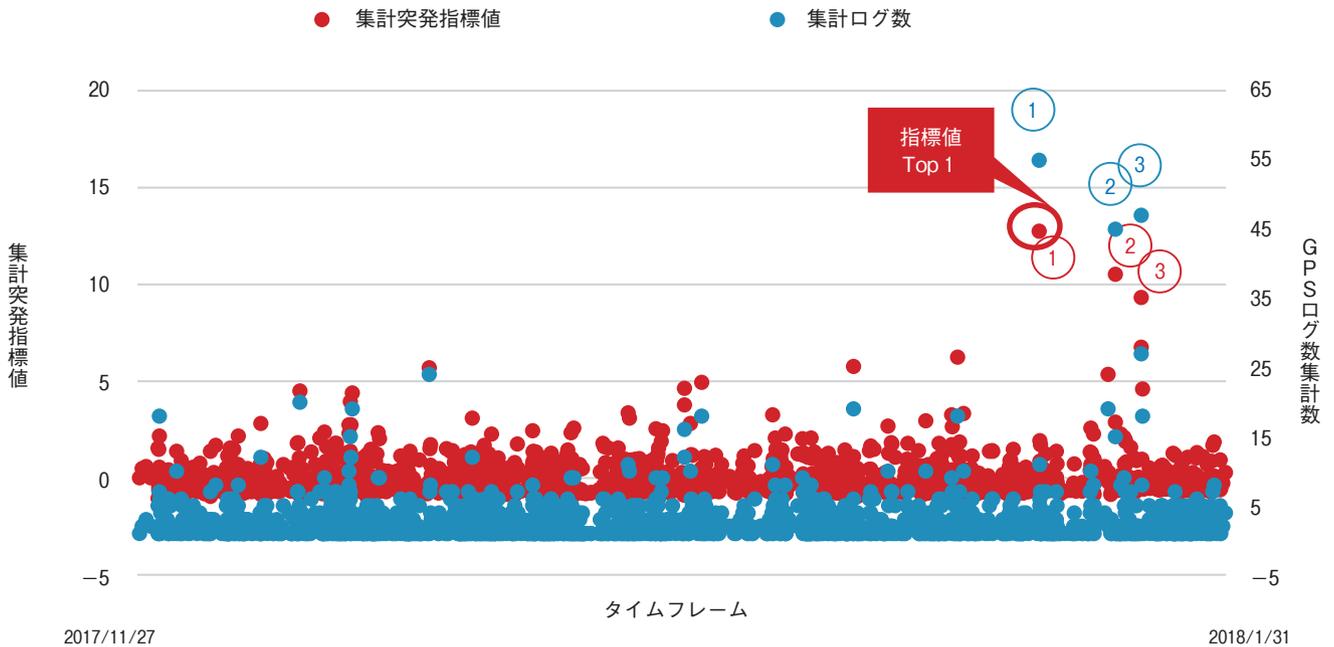


図2 集計突発指標値の算出例

には、Auto Encoder⁽⁵⁾を用いるなど複雑なモデルを使って定常状態を学習する方法を採用することが一般的です。しかし、レーン別渋滞検知のユースケースでは映像を用いた渋滞検知の優先付けに要する計算量・計算時間をできる限り抑えるために、複数の集計時間粒度を用意し、集計粒度別に定常状態よりも台数が多いかどうかを数値化することにより、計算時間を最低限に抑えながらも、データの信頼性が低い場合の悪影響を最小限にとどめていることが特長です。

精度・性能評価

精度・性能を評価するため、10台分のタクシーで10秒ごとに取得したGPS (Global Positioning System) データを用いて、突発指標値を算出しました。コネクティッドカーが普及途中である現在において、実データで提案技術の評価を行うために、10分当りのGPSログ数の突発的な増加を見つける精度・性能の評価を行いました。渋滞が生じると、速度が落ち、単位時間当りの

表 突発的な渋滞の採用率

集計のコスト削減効果 (お台場)	集計のコスト削減効果 (全体)	渋滞メッシュの抽出率 (お台場)	突発的な渋滞の抽出率 (お台場)	慢性的な渋滞の抽出率 (お台場)
82.2%削減 (1,187/1,444)	72.6%削減 (344,019/473,723)	69.2%採用 (9/13)	100%採用 (7/7)	42.9%採用 (3/7)

GPSログ数も多くなると考えられます。使用したデータの概要は以下のとおりです。

- ・メッシュサイズ：110 m四方
- ・GPSログ数：275万7003
- ・メッシュ数：4万7146
- ・タイムフレーム数：9258
- ・集計数の全メッシュ合計：101万6024
- ・期間：2017/11/27-2018/01/31

もっとも高い突発指標値が出力された特定のメッシュにおける、集計突発指標の算出例を図2に示します。赤色が集計突発指標値、青色がログ数です。青色のログ数が突発的に高い値を示した①の時点で、それまでと比べて急激にログ数が増加した際、提案技術による指標も赤色の①において高い値を示し、突発的な渋滞の検出に利用で

きることが分かります。その後、青色の②、③と繰り返し渋滞が発生した際には、提案技術の指標値②、③は減少を示します。このことから、繰り返し発生する同程度の渋滞は、この指標を利用すれば徐々に検知対象から外していくことができると分かります。

次に突発的な渋滞を突発指標が抽出できるかを評価しました。タクシーの映像から121個のレーン別渋滞を目視で検出、突発的かどうかラベリングし、突発的な渋滞を突発指標値で抽出できるか確認しました。タクシーの66日間のデータのうち、前半の33日間を学習データとし、後半の33日間に発生した渋滞14回のうち、突発的だった7回を抽出できているかを確認しました。結果を表に示します。突発指標値が0より大きい値を取った集計タイミングを

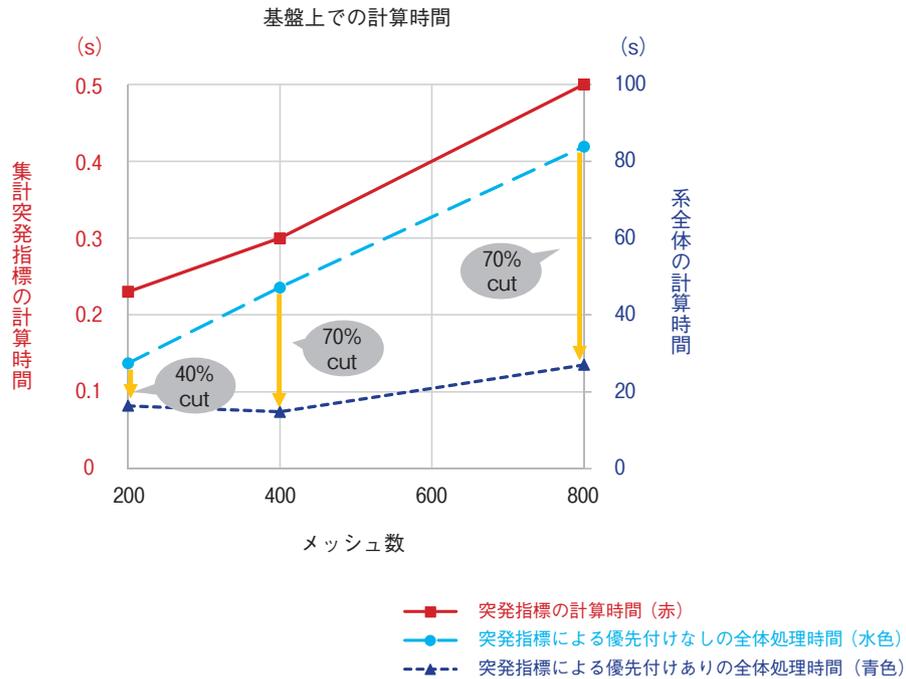


図3 集計突発指標による基盤上での計算時間削減効果

突発渋滞発生タイミングとしたとき、実証実験を行ったお台場付近の集計のうち82.2%を削減しても、突発的な渋滞は100%抽出されました。一方で、今回のユースケースでは抽出対象としてふさわしくない、慢性的な渋滞は42.9%のみが抽出されました。

最後に、本特集でも紹介されている、実証実験に用いた基盤上に本技術を実装した場合の評価結果について述べます。図3は集計突発指標による映像処理対象メッシュを80%削減した場合の計算時間の削減効果をメッシュ数別に示しています。メッシュ数が増えるほど計算時間効果の削減効果が多く、400メッシュ、800メッシュでは計算時間が70%抑えられることが分かりました。その一方で突発指標自体の計算にかかる時間は800メッシュの場合でも0.5秒と非常に高速であることが確認できました。

今後の展望

時系列データの突発的な増加を高速

かつ少ない計算量で見つける集計突発指標算出技術を考案しました。今後は高速道路の渋滞情報を用いて、事故原因等による突発的な渋滞の検知や予測に応用していく予定です。

参考文献

- (1) 森・横畑・林・秦・尾花：“レーン別渋滞検知技術の提案とフィールド実験への適用評価,” 情報処理学会論文誌, Vol.63, No.1, pp.163-171, 2022.
- (2) A. Hayashi, Y. Yokohata, T. Hata, K. Mori, and K. Obana: “Prioritization of Lane-based Traffic Jam Detection for Automotive Navigation System utilizing Suddenness Index Calculation Method for Aggregated Values,” SICE2021, Tokyo, Japan, pp. 874-880, Sept. 2021.
- (3) 花館・木村・沖・重松・上野・内藤・久保・宮原・磯村：“高速時空間データ管理技術「Axispot®」と時空間データ高速検索技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.31, No. 11, pp.18-22, 2019.
- (4) V. J. Hodge and J. Austin: “A Survey of Outlier Detection Methodologies,” Artificial Intelligence Review, Vol. 22, pp. 85-126, 2004.
- (5) S. Nakatsuka, H. Aizawa, and K. Kato: “Defective products detection using adversarial AutoEncoder,” Proc. of IWAIT2019, Vol. 11049, Singapore, Jan. 2019.



(上段左から) 林 亜紀/ 横畑 夕貴/
森 皓平
(下段左から) 秦 崇洋/ 神谷 正人

集計突発指標算出技術をレーン別渋滞検知技術と組み合わせて使うことで、よりタイムラグが少ないかたちで従来よりも詳細なレーン別の渋滞情報をユーザに届けることが可能になります。今後は渋滞の発見だけでなく、エネルギー消費が突発的に増える要因を発見して燃費改善に役立てるなど、コネクティッドカー協業への貢献をめざす予定です。

◆問い合わせ先

NTTスマートデータサイエンスセンター
TEL 03-6712-1403
FAX 03-6712-8372
E-mail sdsc-mobi@hco.ntt.co.jp