

ドライブレコーダ映像の低ビットレート配信と AI を使った 高精細化

増田 貴大¹ 洞井 晋一¹ 東田 光裕¹

概要：

近年、ドライブレコーダの普及が急速に進んでおり、業務用車両への装着義務化に向けた検討もされている。更に、社会的な IoT デバイスの普及により、映像のリアルタイム閲覧をはじめとする映像利用のさらなる拡大が予想されており、通信における映像トラフィックの増加が懸念されている。本論文では、路線バスに取り付けられるドライブレコーダを想定し、映像品質の劣化を抑えつつ映像トラフィックを低減する映像配信システムの開発に取り組む。映像品質確保のために、本システムでは 100kbps まで低ビットレート化された映像に対して AI による高精細化処理をおこなう。そのため、低ビットレート映像を配信しつつ、AI の学習のための高精細映像を収集可能なドライブレコーダを開発した。このドライブレコーダを含むシステムを路線バスに取り付けて実験したところ、20fps の低ビットレート映像を LTE 経由で配信することを確認した。また、高精細化をおこなうための消費電力量についても試算をおこなった。

Real Time Super Resolution of Low Bitrate Video Captured by Drive Recorder using Deep Learning

TAKAHIRO MASUDA¹ SHINICHI DOI¹ MITSUHIRO HIGASHIDA¹

1. はじめに

近年、ドライブレコーダの普及が急速に進んでおり、日本での年間販売台数は 2013 年の 28.7 万台から 2017 年の 109 万台と約 3.8 倍に増加している [1]。また、バス等の一部の業務用車両に関しては装着の義務化が検討されており、今後も増加傾向は続くと思われる。

更に、社会的な IoT デバイスの普及により、映像のリアルタイム閲覧をはじめとする映像利用の更なる拡大が予想されている。ドライブレコーダや監視カメラに代表されるようなカメラデバイスによる映像トラフィックの増加が問題視されており、2021 年にはモバイル網の映像トラフィックが 40 エクサバイトを超えると試算されている [2]。

本論文では、路線バスに取り付けられるドライブレコーダを想定し、映像品質の劣化を抑えつつ映像トラフィックを低減するシステムの開発に取り組む。映像品質については、AI を用いた学習済みモデルによる高精細化により映像

の改善を行う。近年、映像分野では AI を用いた画像解析技術が普及してきており、中でも deeplearning を用いた画像生成型 AI 技術の発展により、線画から画像を生成する AI[3] や一般的な入力画像に対し超解像処理を施す AI[4] のように、画像を入力し画像を出力するような AI の利用方法が増えてきている。特に、路線バスのように同じルートを走行するような場面においては、ルートを AI に事前に学習させておくことで一般的な高精細化技術よりも効果的であると思われる。

本論文では、最初にドライブレコーダの高精細化に AI を適用するための課題について述べた後、開発した映像配信システムを提案する。その後、実際にシステムを使用し、どのような効果があるかを評価する。

2. AI によるドライブレコーダ映像高精細化の課題

本章では、ドライブレコーダにより撮影される映像を AI を使って高精細化するための課題について述べる。

¹ 西日本電信電話株式会社

2.1 AIによる高精細化に求められる映像処理

配信映像をAIによって高精細化するにあたって、撮影する機器(今回の場合はドライブレコーダ)では次のような処理が求められる。

- 撮影した映像を配信用の低ビットレート映像に変換
- 低ビットレート映像の送信
- AIによる学習の教師データとして、元映像を保存

まず、撮影機器にて高精細化対象の映像を撮影し、その後に映像を配信用の低ビットレート映像に変換する必要がある。このようにする理由としては、撮影された映像(ここでは元映像と呼ぶ)をAI学習のための教師データとするために、元映像そのものを保存しておく必要があるためである。また、低ビットレート化で目標とするビットレートは、配信に利用する回線の速度に依存する。配信における映像の遅延を防ぐ為には、これらの映像処理にかかる時間を低減する必要がある。

また、撮影機器にて保存されている元映像を教師データとして利用するために、定期的に元映像を撮影機器からAI側へアップロードする必要がある。その為には、保存されている映像を定期的に(可能な限り自動的に)アップロードできるような機能を撮影機器側に持たせなければならない。

2.2 AI処理における電力消費

ドライブレコーダに限らず、一般的にAIによる画像処理サービスを提供するにあたっては、AIによる処理を実施するための電力消費が問題となる。特に今回のドライブレコーダ映像を配信する場合においては、同時に高精細化処理する映像ストリームの数や、高精細化対象となる映像に対応する教師データの学習にかかる計算量も考慮した電力消費を考える必要がある。

3. システム構築

上記の課題を解決するために、我々は以下に述べるような映像配信システムの開発をおこなった。

3.1 システムの構成

開発する映像配信システムは、大きく分けて”一体型ドライブレコーダ”と”高精細化AI”の2つの構成からなる。まず一体型ドライブレコーダは、低価格なデバイスをレコーダの本体とし、撮影部分、通信部分、電源部分から構成されており、動画の撮影・変換・通信を行う(図1)。レコーダ本体はLinuxで動作しており、撮影された映像データの変換が行った後に、配信用の低ビットレート映像とAI学習用の元映像が保存される。映像の撮影については、レコーダ本体とは別の撮影部分によって行われ、実際の車両への設置スペースを考慮して本体とUSBケーブルで接続する構成をとっている。撮影した映像を高精細化AIに転送するのは、レコーダ本体に取り付けられた通信部分によ

て行われる。通信部分は、LTEアンテナおよびWi-Fiアンテナを持っており、平常時はLTE回線を使って配信用の低ビットレート動画をアップロードする一方で、パスターミナル等のWi-FiAPエリアに入った際はWiFiを使って元映像のアップロードを行う。それぞれの通信は排他的に行うよう制御されており、元映像のアップロードが完了するかWi-Fi通信が切断された時点でLTE回線に切り替わるようになっている。

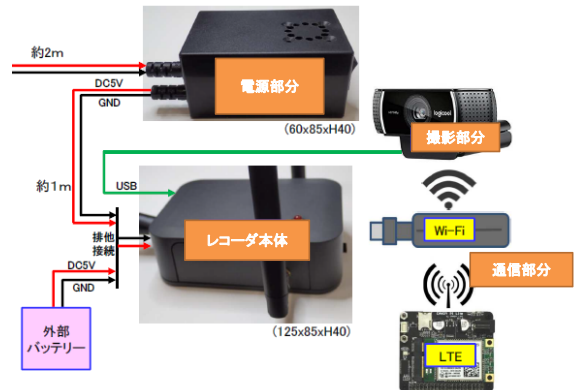


図1 一体型ドライブレコーダ

また高精細化AIは、AI処理を行うサーバを用意しており、映像の学習・高精細映像の生成・閲覧者への映像の表示を行う。AI自体はTensorflow[5]をベースに構築しており、低ビットレート映像の1フレームを画像として入力すると、高精細化処理をした画像を出力するよう設計している。映像の学習にあたっては、一体型ドライブレコーダからWi-Fi経由で転送された元映像をサーバ上で低ビットレート変換し、出力画像と入力画像のペアを教師データとする。また、高精細映像の生成にあたっては、入力する画像をバッチ処理して一度に複数の画像をAIに入力することで、処理の高速化を図っている。

3.2 システムの動作

本システムの動作は以下の通りである。まず、一体型ドライブレコーダを取り付け、教師データとする映像の収集をおこなう。レコーダ本体は車両からの電源供給が始まると自動的に立ち上がって録画を開始する。録画した元映像は一旦レコーダ本体内に保存され、アップロード用のWi-FiAPエリアに入った時点で高精細化AIへアップロードされる。その後、元映像を画像化し、教師データとする。

次に、先ほどの教師データを用いてAIの学習を行う。学習にあたっては、AIでの高精細化の度合いに対応するよう教師データを事前処理してから、学習を行う。例えば、256×256の画像を2倍に高精細化するAIを設計した場合は、元

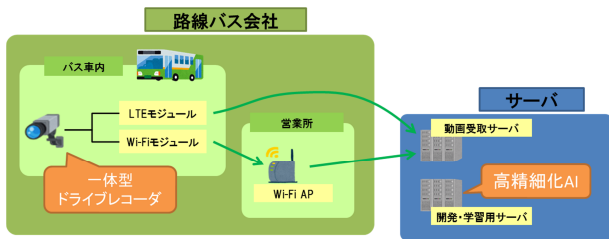


図 2 システム全体構成

映像から作成する出力画像の教師データは 512×512 の画像として作成し AI に読み込ませる。学習中は、常時 AI 内で学習の進捗状況が数値評価され、それを元に AI の重みを更新していくことで、徐々に精度が向上していく。学習の完了後、用いた教師データに対応した学習済みモデルが作成され、出力される。

学習ができた後に、低ビットレート映像の高精細化を行う。最初に、一体型ドライブレコーダで撮影された映像を、レコーダ本体内で低ビットレート変換する。その後、低ビットレート映像を LTE 回線を使って収集した後、画像化してから AI に入力する。高精細化 AI では、事前に出力しておいた学習済みモデルを読み込み、モデルに応じた画像の高精細化処理を行い、画面に出力する。

4. 実験評価

開発した映像配信システムによる効果を評価する為に、実験室および路線バスでの実験を行った。

4.1 実験環境

実験にあたり、路線バスに一体型ドライブレコーダを取り付け、バスが通常運行している走行ルートの映像収集により評価を行うこととした。バスはルートを周回し終わると事務所に戻ってくることから、事務所に Wi-Fi AP を設置しておくことで、停車中に蓄積した映像をアップロードできるようにした。

なお、一体型ドライブレコーダは一つの筐体で元映像の収集と低ビットレート映像の配信を同時に行うことができるよう設計していたが、実験時に同時動作をすることができなかつたため、路線バスには 2 台の一体型ドライブレコーダを取り付け、一方で元映像の収集・Wi-Fi 経由での元動画の転送を行い、もう一方で低ビットレート映像の撮影・LTE 経由での配信を行う構成で実験を行った。

4.2 低ビットレート映像の配信および映像の高精細化

一体型ドライブレコーダを用いて、LTE 回線経由でデータの転送を行った。低ビットレート映像への変換にあたっては、表 1 のパラメータとなるよう映像を変換している。

表 1 低ビットレート映像のパラメータ

項目	設定値
サイズ	256 × 256
フレームレート	20fps
ビットレート	100kbps

この設定で映像の配信を行ったところ、最終的な高精細映像の表示までに約 90 秒の遅延で表示される結果となった。

映像の遅延について各処理での処理時間を調べたところ、以下のような内訳となっていた。

- 映像は 30 秒ごとに一つの H.264 動画として録画され、一旦レコーダ本体内に保存される
- 保存された H.264 動画を低ビットレート変換するのに、20 秒～30 秒を要する
- 変換された低ビットレート映像が LTE 回線経由でアップロードされるまでに、20 秒～30 秒を要する
- 低ビットレート映像の受信後、映像を画像化する処理を行うが、1 秒以内に完了
- 入力画像を 20 枚ずつバッチ処理した後、AI で高精細化して出力画像を生成する処理は、1 秒以内に完了
- 出力画像 20 枚を画面表示キューに格納し、40 フレーム（2 秒分）を画面表示されるまで保持
- 画面表示キューの先頭フレームを画面表示する処理は、1 秒以内に完了

上記から、映像処理時間の大半がドライブレコーダ内部での処理時間に費やされていることが分かる。この理由としては、今回レコーダ本体の費用低減のため画像処理部に Raspberry Pi 3 model B を使用していたが、機器の処理能力が不足していることによる低ビットレート変換の長時間化や、映像の録画・変換・転送を同時に行ったことによるバス幅の圧迫により、遅延が拡大してしまっていたのではないと思われる。

4.3 高精細化 AI の消費電力量

今回開発したシステムの構成で、高精細化 AI を使用するためにどれだけの電力量を要するかを試算した。

まず、システムの適用としては以下のような状況を想定する。

- 同じ路線を走行しているバス 4 台に一体型ドライブレコーダを取り付ける
- 学習は GPU1 枚で行い、高精細化処理は同時に 4 枚の GPU でバス 4 台分の映像を処理する
- 1 日のうち高精細化処理を行う時間はバスを運行する 7 時～22 時の間

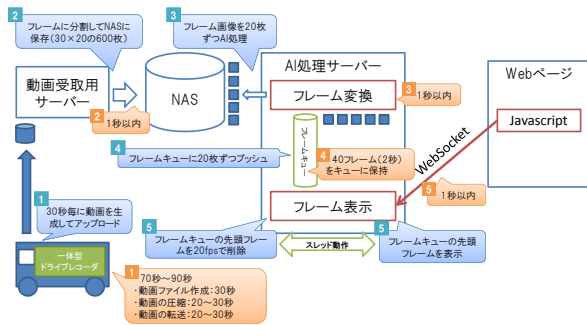


図 3 映像配信の実験構成と、遅延の原因

- 1 台のバスの運行は、45 分間運転し 15 分間待機を繰り返すものとし、1 日の運行時間は 11.25 時間
- 学習は、既に学習済みのモデルの更新を想定し、毎日 1 時間学習をおこなうものとする
- 高精細化 AI を実装するサーバの電源は、12.1975 円/kWh (関西電力 特別高圧電力 A の年平均単価) を用いる

この想定において、高精細化 AI による映像の学習および低ビットレート映像の高精細化処理を実施したところ、表 2 のような消費電力量を測定した。学習動作は高精細化に比べ短時間しか動作しないが、学習中に AI の重みを更新するために常時 AI の再現度を測定し続けるために負荷が大きくなるため、高精細化に比べ学習動作の消費電力量が大きくなっている。

表 2 消費電力量の測定結果 (1 時間あたり)

動作	消費電力量
学習	1050Wh
高精細化	738Wh

消費電力量の測定結果を元に、電気料金を試算した結果を表 3 に示す。試算にあたっては、実験で設定していた 20fps のフレームレートに加え、10fps にフレームレートを抑えて高精細化を行った場合の試算も追加している。

表 3 電気料金の試算 (ひと月あたり、バス 1 台あたり)

動作	電気料金
20fps	783 円
10fps	403 円

今回、AI の設計にあたっては画像の高精細化を主眼において設計しているため、内部の設計を変更することで上記の電気料金は低減できると思われる。例えば、GPU のメモリ占有量は AI のモデルのサイズに依存しているため、メモリ使用量を減らすようモデルを変更することで GPU への取容数を上げることが考えられる。

5. まとめ

モバイル網を利用した映像配信を行う場合、映像トラフィックを送受信するためのコストが問題となる。今回我々は、路線バスのドライブレコーダ映像に着目し、低ビットレート映像を AI によって高精細化することでトラフィック量の削減を試みた。映像の収集・配信のために一体型ドライブレコーダを開発し、通常時は LTE 回線で低ビットレート映像を配信しつつ、Wi-FiAP を通じて AI の学習に必要な元映像をアップロードすることができた。

謝辞

路線バスの映像収集にあたっては、神戸市のみならず観光バス株式会社の皆様にご協力いただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 2017 年のドライブレコーダー販売動向 販売台数は前年から 38%増加, GfK Japan, <http://www.gfk.com/jp/insights/press-release/1806drivingrecorders/>
- [2] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 20162021 White Paper, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>
- [3] Isola, P., Zhu, J.-Y., Zhou, T., & Efros, A. A. 2016, arXiv:1611.07004
- [4] Romano, Y., Isidoro, J., & Milanfar, P. 2016, arXiv:1606.01299
- [5] Tensorflow. <https://www.tensorflow.org/>.