情報処理学会論文誌 Vol.58 No.1 79–88 (Jan. 2017)

車載カメラ撮影映像提供システムにおける位置指定要求に対する映像選択方法

伊藤 亮輔[1,a)] 石原 進[2,†1,b)]

受付日 2016年4月7日, 採録日 2016年10月4日

概要：ドライバが現在目視できない地点の動画像を取得することは，経路選択や安全運転の手助けになるだろう．筆者らは，ドライバが通る予定の地点を走行する他車両の車載カメラで撮影された動画をドライバへ提供するシステムを開発している．本システムが提供する動画像はドライバがその地点の交通状況を正確に把握できるものが望ましい．本稿では，プローブ情報や路側カメラを含む道路交通システムから提供される道路混雑状況に対し，混雑状況に関する印象のずれが小さい動画像クリップを，ドライバによって指定された場所を走行する車両が撮影した動画像から抽出して提供する手法を提案する．この手法を実装したプロトタイプを実装し，本手法によって，同一地点・同一方向から撮影した複数の車載カメラ動画から，道路交通システムから得られる道路混雑状況に対して印象のずれが小さくドライバに交通状況を直観的に把握しやすい動画を選択できることを確認した．

キーワード：車載カメラ，リアルタイム画像カーナビ，映像抽出，運転支援

Data Selection Scheme for Queries about Arbitrarily Locations in On-board Camera Video Providing Systems

Ryosuke Ito[1,a)] Susumu Ishihara[2,†1,b)]

Received: April 7, 2016, Accepted: October 4, 2016

Abstract: Providing drivers videos/pictures of location where the drivers cannot see directly would help their route selection and safe driving. We have been developing a system for providing videos taken with on-board cameras of vehicles at locations where drivers will pass in the future to the drivers. Videos provided by such a system should help the drivers accurately understand the current traffic condition. This paper proposes a scheme for providing videos taken with on-board cameras on vehicles at the location specified by the drivers that are not conflicting with road congestion information provided by ITS services including probe-information systems and road-side units. We implemented a prototype of the proposed system and confirmed that the prototype selects videos not conflicting road congestion information from multiple videos taken at the same area and the same direction.

Keywords: on-baord camera, real-time visual car-navigation system, video extraction, drive assist

1. はじめに

ドライバが現在目視できない地点の動画像を取得することは，ドライバの経路選択や安全運転を支援する手助けになるだろう．筆者らは，ドライバがこれから通る予定の地点を現在走行している，または走行していた他車両の車載カメラにより撮影された動画像を車々間通信，もしくは広域無線通信を介してドライバに対して提供する「リアルタ

1 静岡大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Shizuoka University, Hamamatsu, Shizuoka 432–8561, Japan
2 静岡大学学術院工学領域
College of Engineering, Academic Institute, Shizuoka University, Hamamatsu, Shizuoka 432–8561, Japan
†1 現在，株式会社トヨタコミュニケーション
a) ito.ryosuke.14@shizuoka.ac.jp
b) ishihara.susumu@shizuoka.ac.jp

© 2017 Information Processing Society of Japan

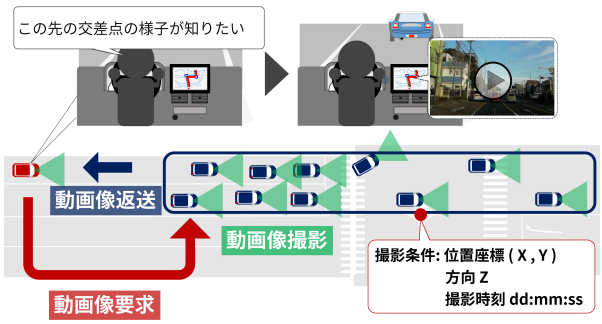


図 1 リアルタイム動画像カーナビシステムの使用イメージ
Fig. 1 Usage of real-time video car navigation system.

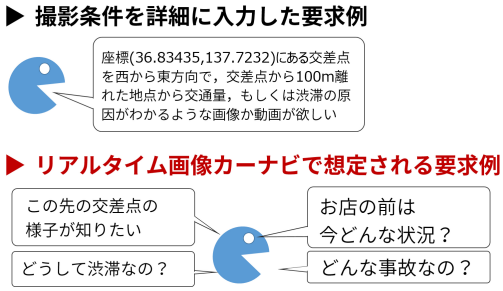


図 2 音声入力を用いたドライバの要求例
Fig. 2 Example of requests of a driver input via a voice input system.

イム画像カーナビシステム」を開発している [1], [2]．このシステムの利用イメージを図 1 に示す．このシステムでは，ドライバは，運転への支障がない程度の簡便な方法（たとえば，音声入力やタッチ操作など）を用いて自身の知りたい地点の位置と情報の種類を入力する．システムはこの入力に応えて，指定された地点の情報を動画像，あるいは静止画像を提供する．

交通状況の把握を主眼に置いた場合，システムがドライバに提供する映像は，それから得られる印象と実際にドライバが指定した地点の交通状況との差が小さく，ドライバが直観的に交通状況を把握できるものであることが望ましい．このシステムにおける動画の提供にあたっては少なくとも以下の 2 つの課題がある．

(1) おおまかな撮影対象や地点を示した曖昧なドライバの要求に基づきシステムが撮影条件（撮影座標/方向/時刻）を決定する必要がある．なぜなら，図 2 に例示するように，ドライバが音声入力により動画像を要求する場合，運転中のドライバが動画像の撮影時の座標や方向などの詳細な撮影条件を明示することは容易ではないためである．

(2) ドライバの指定した地点の交通状況を誤認識させない動画の提供が必要となる．図 1 に例示するように，撮影条件を満たすような動画を撮影する車両は複数存在する可能性があるが，これらが撮影した撮影位置と撮影方向がほぼ同じ動画の中には，それから受ける印象が指定地点の交通状況と大きく異なるものがありうる．たとえば渋滞の車列中にいた車両が，出遅れて一時的に前方との車間距離が長くなった場合，そのときのカメラ映像は道路が混雑していないような印象を与える．これらをドライバに提供しないようにすべきである．

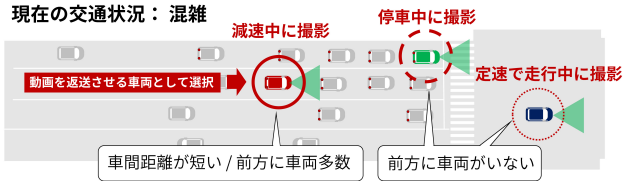


図 3 交通状況に応じた車両選択例
Fig. 3 Example of selection of vehicles based on traffic condition.

筆者らはこれまでに (1) の課題に対処するため，様々な状況に置かれたドライバがリアルタイム動画カーナビを利用して取得したいと思う動画像の傾向をアンケート調査し，この結果に基づいてシステムがドライバに有用となる動画像の撮影条件（撮影座標/方向/時刻）を導出するシステムを設計した [3]．そのシステムでは，ドライバの曖昧な要求とドライバ自身のプロファイルや自/他車両のコンテキスト情報からドライバの望む動画像の撮影条件を決定する．

しかしながら，前述したシステムが決定した撮影条件は動画像の撮影座標/方向/時刻のみであり，このような条件を満たす動画像を持つ車両は複数存在する可能性がある．それらの動画像の中には，ドライバが望まない動画像が含まれる可能性がある．たとえば，図 3 の赤色の車両は，周辺車両との車間距離が短く，車両が多数映る映像を収めている可能性が高い．そのため，ドライバが受ける印象がその地点の交通状況（混雑している）と大きく異ならない動画を提供できる．一方，同じように混雑した道路にいても，交差点で赤信号のために停車している先頭車両や交差点の中心付近を走行している車両が撮影した動画には，そのような映像を収めている可能性は低い．

本稿では，複数の車両が撮影した車載カメラ動画から，それからドライバに与える印象が指定された地点の現在の交通状況と大きく異ならない短時間の動画を抽出して提供する手法を提案する．以下，2 章で現在実用化されているカーナビシステムの動向と，ドライバや車両のコンテキスト情報や画像処理を利用したドライバに有用な情報を選択・推薦するシステムの関連技術について述べる．3 章では本研究の前提となるリアルタイム動画像カーナビシステムの概要について述べる．4 章で，本稿で想定しているドライバに有用な動画を提供するコンテキスト情報に基づいた映像選択方式について述べ，この方式の詳細とシステム構成について述べる．5 章で，提案した方式のプロトタイ

© 2017 Information Processing Society of Japan

プの実装と，その動作について説明する．6 章で，本稿をまとめる．

2. 関連研究

2.1 既存のカーナビゲーションシステム

筆者らの想定するリアルタイム動画像カーナビシステムと同様に，車載カメラにより撮影された画像を車両間で共有することをコンセプトとしたシステムとして，Pioneer 社のスマートループアイがある [4]．このシステムでは，あらかじめシステムにより指定された画像撮影用地点を通過する車両の車載カメラにより撮影された画像をセルラ網を介してクラウド上へ保存する．保存された画像は画像撮影用地点を通過する車両，あるいはその地点を指定した車両のドライバに対して提供される．このシステムでは，あらかじめ指定した地点の画像のみしか提供しない．そのため，ドライバが狭域地点の画像を要求した場合に対応することができない．

スマートフォンや車載センサ，VICS [13] などのテレマティクスサービスにより収集した位置情報や速度情報に応じて道路の混雑度を数種類の色分けで表示したり，通行止め・事故情報などをアイコンによりユーザへ提供したりするアプリケーションが現在実用化されている [5], [6]．これらのアプリケーションでは，ドライバの興味のある地点の情報をグラフィカルな描画方法により表現するため，その地点の実際の交通状況を把握することはできない．

2.2 コンテキスト情報を利用した情報推薦・選択システム

Woerndl らは，ドライバの現在の状況に応じて，ドライバが望むであろう給油所の情報を選択し，推薦するシステムを提案している [7]．このシステムの動作は，2 つのフェーズに分けられている．1 つ目のフェーズでは，車両の燃料計や目的地までの距離に基づき，ドライバへ情報を提供すべきかどうかを決定する．情報を提供するべきと判断された場合，2 つ目のフェーズに移行する．2 つ目のフェーズにより，システムがガソリンスタンドまでの距離や回り道の有無などから，ドライバに提供すべき適切な地点の給油所を選択し，選択された地点の情報をドライバへ推薦する．Bader らは，文献 [7] のシステムがより多種多様のコンテキスト情報を扱えるようにするため，ファジー論理とベイジアンネットワークを用いて，ドライバが望む給油所の推薦を可能にするシステムのモデルを提案し，シミュレーションにより評価している [8]．

文献 [7] で提案されているシステムは，対象固定施設情報のみに限定して自動的に適切なものを選択してドライバへ情報を提供するものである．一方で本研究では，簡便な操作によって入力されるドライバの要求に応じて，道路上の任意の地点の車載カメラにより撮影された動画を提供するシステムを想定している．そのため，ドライバの任意地点の要求に対応できるシステムを設計する必要がある．

玉井らは，渋滞の程度を表す短時間動画を提供するため，渋滞区間で撮影された動画の中から信号機が映り込む地点の映像を切り出す方式を提案している [9]．信号機は静止しているため，動画を見たドライバが速度の推定をしやすくなる．これは渋滞中の静止物に着目し，ドライバが交通状況を把握できる動画を提供する．本研究で想定するシステムは任意地点の要求に対応することを目標としている．そのため，ドライバが信号などの静止物がない地点の交通状況を知るための手段が必要となる．

3. リアルタイム動画像カーナビシステム

本稿で目指すリアルタイム動画像カーナビシステムの概要を図 1 に示す．このシステムでは，まずドライバの音声により入力された要求を基にドライバの望む撮影条件（撮影座標や撮影方向，撮影時刻，撮影対象など）を決定する．それらの撮影条件を含む動画像要求メッセージを，車々間通信，もしくは広域無線通信によって周辺車両，またはシステムが決定した撮影条件に該当する地点を走行している車両へ送信する．配布された要求メッセージを受け取った車両は，メッセージに付加されている撮影条件と自車両の保持する動画像を比較し，撮影条件に合致する動画像を保持しているならば要求元の車両へ返送する．

このシステムを利用したドライバが交通状況を把握するのに要する時間は，短い方が良い．1 枚の静止画像のみの提供でそれが達成されるのが望ましいが，静止画像のみでは車両の速度や停止車両の有無を把握することは難しい．また，ドライバに提供される映像情報の撮影時刻は，できるだけ遠くない過去であることが望ましい．すなわちリアルタイム性が高いことが望まれる．**図 4** に ITDb（International Traffic Database）[10] で公開されている米国ロサンゼルス市内の自動車専用道路（I405）に設置された車両感知器における 5 分ごとの交通量測定結果の一部を示す．これより，早朝など，5 分～10 分の時間内で同一箇所での交通量が急激に変化することがあることが読み取れる．したがって，ドライバに対する道路情報の提供に関しては，情報取得時と情報提供時の時間差がより少ない方が，ドライバ自身がその場所に到達したときの道路状況を推定するのに適しているといえる．

本稿では，静止画像ではなく動画を提供することを前提

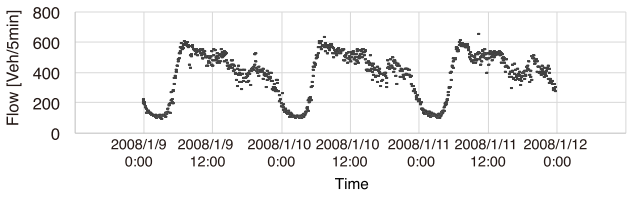


図 4 米国カリフォルニア州 I405 における交通量の推移例
Fig. 4 Example of transision of traffic on I-405 (CA, U.S.A.).

© 2017 Information Processing Society of Japan

とする．このシステムでドライバに提供されることが望ましい動画は，動画を見たドライバが指定した地点の現在の交通状況を短時間で把握できるものである．本稿ではそのような動画は，以下の要件を満たすと考える．

- **動画の内容からドライバが受ける印象が指定された地点の交通状況と大きく異ならない**
  中西らは，2 車線自動車専用道路で渋滞に関するドライバの主観と車間距離および速度の相関について調査し，これらの間に有意な相関があることを確かめている [11]．これに基づけば，車間距離が短い場合，前方の車は大きくカメラ内に映り込むほか，複数車線があるならば他の車両も多くカメラに写り込むことになる．したがって，カメラに写り込む車両の面積が大きい，あるいは映像に映り込む車両の台数が多ければ，ドライバは道路が混雑していると判断できる．これより，動画内に車両が多く映り込み，かつ，大きく映る動画をドライバへ提供することで，道路が混雑しているとドライバが認識すると考えられる．一方で，動画内に映り込む車両が少なく，かつ，小さく映る動画をドライバへ提供することで，ドライバはその地点の交通状況を空いていると認識すると考えられる．
- **動画中の光景の移り変わりが指定された地点の現在の交通状況を反映している**
  石田らは，主観的評価による渋滞判定と車両走行データの関係を調べ，主観的渋滞判断に瞬間的速度の寄与が大きいこと，移動平均速度や一定速度以上（以下）の継続時間が有意であることを確かめている [12]．彼らの実験では，実車両に乗った被験者と車載カメラのビデオ映像をみた被験者による実験を行っている．ビデオ映像を用いた実験では，車速の増加とともに速度を過小評価する傾向があるのでそれを補正するために走行速度を画面に表示しているものの，実車両とビデオ映像による実験では実験結果の一致度が 70–90%であることが示されている．これより，速度に関する視覚的印象が道路の混雑に関する印象に影響を与えていることが分かる．したがって，低速で走行した車両の動画を提供することで，ドライバは道路が混雑していると認識すると考えられる．その一方で，高速で止まることなく走行した車両の動画を提供することで，ドライバは道路が空いていると認識すると考えられる．
- **再生時間が短い動画**

システムは位置座標や速度，進行方向など車載センサから得た走行情報と画像認識により得た車両台数や面積などの情報を利用することで，上記の要件を満たす動画をドライバへ提供する．

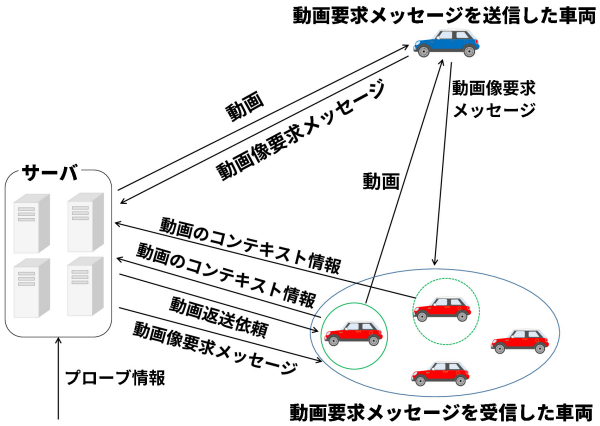


図 5 システムの全体像
Fig. 5 System overview.

	動画	動画のコンテキスト情報
時刻: 13:05:24		撮影時の速度: 15km/h 車両台数:3 座標: 34.707066, 137.734124 面積: 1% 方向: 23
時刻: 13:05:25		撮影時の速度: 15km/h 車両台数:3 座標: 34.707066, 137.734124 面積: 1% 方向: 23
⋮	⋮	⋮

図 6 動画のコンテキスト情報の例
Fig. 6 Example of context information of videos.

4. 指定された地点の交通状況に基づいた撮影映像選択方式の基本動作

本稿で想定するリアルタイム動画像カーナビシステムの全体構成を図 5 に示す．このシステムは車両とサーバにより構成される．サーバと車両間の通信はセルラ網などの広域無線通信が用いられる．また，車両間の通信には車々間通信か広域無線通信が用いられる．

このシステムでは，各車両は定常的に車載カメラにより撮影した動画を自身の内部ストレージに保存する．また，図 6 に示すように，車載センサから得られる時刻や位置座標，速度と，画像認識により得た動画中に映る車両の台数や面積などの動画に関する情報を動画のコンテキスト情報として自身の内部ストレージに保存する．車両は定期的に，内部ストレージに保存された動画のうち，撮影後の経過時間が長い部分とそれにともなう動画のコンテキスト情報を破棄する．

4.1 動画要求メッセージの作成と送信

ドライバがおおまかな撮影対象と方向を示した音声をシステムへ入力すると，システムは音声入力とコンテキスト情報からドライバの現在置かれている状況を推測する．システムは，推測した状況とディジタル地図の情報に基づき，

© 2017 Information Processing Society of Japan

ドライバに有用となると期待される動画像の撮影条件を推測する．撮影条件には，ドライバの希望する撮影時の位置座標，方向，時刻を含む．システムはこの撮影条件を含めて動画要求メッセージに含めて，撮影条件に記された位置座標付近の車両に向けて送信する．この要求メッセージ送信処理は，サーバ経由，あるいは車々間通信によって行われる．

4.2 動画要求メッセージ受信後の車両とサーバの振舞い

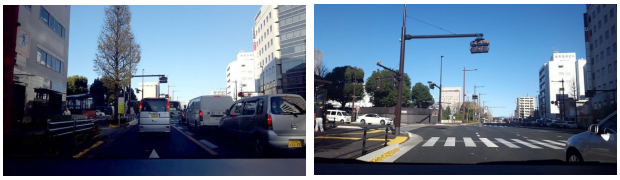
車両は他車両，もしくはサーバから要求メッセージを受信すると，それに付加された撮影条件を抽出する．車両は撮影条件と自身の保持する動画のコンテキスト情報を比較し，自身の持つ動画が条件を満たすかを判定する．車両が条件に合致する動画を保持しているならば，動画のコンテキスト情報をサーバへ送信する．

サーバは収集した動画のコンテキスト情報に基づき，どの車両が動画を要求元へ返送するべきかを選択する．このように動画を要求元へ返送する車両を選択する処理を，**撮影車両選択処理**と呼ぶ．また，サーバは選択された車両に対して，選択された車両の動画のコンテキスト情報に基づき，その車両が保持する動画の抽出・加工方法（車両が保持する動画の抽出秒数，抽出開始時刻）を含む動画返送依頼メッセージを送信する．

サーバから動画返送依頼を受信した車両は，返送依頼に付加された動画の加工方法に基づいて，自身の保持する動画を短時間の区間に切り出し，必要に応じて再生時間を短縮した短時間再生動画を生成し，サーバに送信する．短縮再生をすることで，短い時間で混雑状況の確認ができるため，信号待ちなどの限られた時間で確認処理を終えることが可能となる．また，短縮再生用に動画像を加工した結果，サイズが小さくなるので，動画像の車両・サーバ間での転送時間を短くすることができ，ドライバの要求から動画像提供までの応答時間を短縮可能である．一方で，短縮再生をすることによって，実際の道路状況を認識しにくいと感じることもありうる．したがって，ドライバの好みに応じて短縮再生変換を行うようにする．このような動画の抽出と加工方法の決定と，それに従った処理のことを，以下では，**動画抽出・加工処理**と呼ぶ．

4.3 動画像の返送と再生

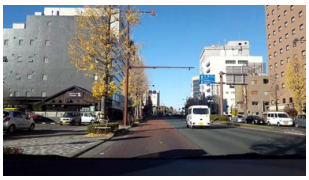
サーバは短時間再生動画を受け取ると，それを動画要求メッセージを送信した車両に返送する．この車両はその動画像を受け取った後，再生する．なお，再生されている動画像が通常速度での再生なのか短縮再生なのかが分からないと，道路状況を誤認する可能性があるが，このような誤認はビデオ再生機器と同様に，動画再生画面に「通常速度」「2 倍速」のような速度を表すメッセージやアイコンを表示するなどの対策がある．動画像の撮影時刻と，ドライバへの動画提供時刻の差が大きく，混雑度合いの変動が急激である場合，その時間差の存在が分からないとドライバが道路状況の推定を精度良く行うことは容易ではない．そこで，この時間差を動画像画面上に大きく表示することで，ドライバによる推定の精度の低下を防ぐ．



(a) 車両が走行中に撮影した画像（車速が低い）/ Taken by a slow moving vehicle

(b) 信号の先頭で停車した車両が撮影した画像 / Taken by a vehicle stopping at the entrance of an intersection

(c) 車両が停車中に撮影した画像 / Taken by a stopping vehicle



(d) 車両が走行中に撮影した画像（車速が高い）/ Taken by a fast moving vehicle

図 7 同一地点・同一方向から撮影した画像例

Fig. 7 Example of pictures taken at the same place from the same direction.

4.4 ドライバが動画像から受ける印象の差異

車両が同じ交差点を同一方向から撮影した動画であっても，撮影した車両の位置や走行速度，動画に映り込む車両台数や大きさなどの要因により，ドライバが受ける印象は異なる．異なる車両が同一地点の交差点を同一方向から撮影した車載カメラ動画像から抽出したフレームを**図 7** (a)–(d) に示す．このような車載カメラ動画像から，ドライバが受ける印象の違いを調べ，その傾向から撮影画像選択処理と動画抽出・加工処理を実現するための方針を立てた．

(1) 指定地点が混雑している場合，低速で走行した車両を動画返送車両として選択する．道路が空いている場合，比較的高い速度で走行した車両を動画返送車両として選択する．

一般的に，車両の速度が高いほど，車両とその前方を走行する車両との車間距離は長くなる．また，高い速度で走行中の車両が撮影した動画は光景の変化が大きい．車両が低速での走行中に撮影した図 7 (a) と停車中に撮影した図 7 (c) の画像を比較すると，より高い速度で走行中に撮影した図 7 (a) は車間距離が長くなっている．したがって，ドライバに対して道路が空いている印象を与えられる可能性が高い．その一方，低い速度で走行中に車両が撮影した画像は，前方車両との

© 2017 Information Processing Society of Japan

車間距離も狭いため，その地点が混雑している印象をドライバへ与えられる．そこで，道路の混雑状況に応じて，選択されるべき車両の速度の基準を切り替える．

(2) 指定地点が混雑している場合，動画に映る車両の台数と面積が大きい動画を保持する車両を選択する．道路が空いている場合，動画に映る車両の台数と面積が少ない動画を保持する車両を選択する．

一般的に，混雑している道路には，車両が多数走行しており，また各車両の車間距離が狭いため，そのような状況の道路を走行中に撮影された動画には，多数の車両が大きく映り込む．その一方，空いている道路を走行中に撮影された動画には，少数の車両が小さく映り込む．たとえば，交差点の先頭で停車中の車両が撮影した図 6 (b) の画像は，映り込んだ車両の数もその面積も小さく，交通量が少ない印象をドライバに与える．したがって，実際には道路が混雑していたとしても，この動画撮影車両を選ばないようにする．このように，道路の混雑状況と動画に映り込む車両の台数と面積の関係に矛盾が生じないように撮影車両を選択する．

(3) 車両が停車中以外に撮影した動画を切り出す．

車両が低速で走行中に撮影した図 7 (a) と停車中に撮影した図 7 (c) の画像を比較すると，前者では，前方車両 1 台のみが画像内を占有する面積が比較的小さいため，周辺車両の様子が把握しやすいといえる．また，車両が停車中以外に撮影した動画内の光景は自車両の走行とともに移り変わるため，停車中に撮影した動画では見ることのできない車両を動画内に収めることができる可能性が高い．一方，停止時は前方車両との車間距離が狭くなり，見通しが悪い．このため周囲の車両の台数の把握が困難となる．そこで，停車中の時間を避け，停車中以外の期間に撮影された部分のみを提供するようにする．

4.5 交通状況に応じた撮影車両選択処理と動画抽出・加工処理

前節で示した方針 (1)，(2) に基づいて撮影車両選択処理を行い，(3) に基づいて動画抽出・加工処理を行う．交差点の中心座標から中心に向かった指定方向とは逆向きに距離 d 離れた地点までの区間を，サーバが動画を返送する車両を選択するための判定区域 D とする．サーバは，D 内における車両の平均速度（$\overline{V}$）と，単位時間あたりに動画内に映り込んだ平均車両台数（$\overline{N}$）と画面上の車体の平均専有面積（$\overline{S}$）の指標を利用して，要求元へ動画を返送する車両を選択する．撮影動画から抽出する動画の長さを τ とする．また，サーバが動画を返送する車両や動画の抽出に利用するための速度の閾値を V_{th} とする．なお，V_{th} の値は，VICS の混雑度の区分に利用される 20 km/h とする．以下に，道路が「混雑している」/「空いている」の 2 値に設定した場合の車両の選択方法と動画の抽出・加工方法を示す．

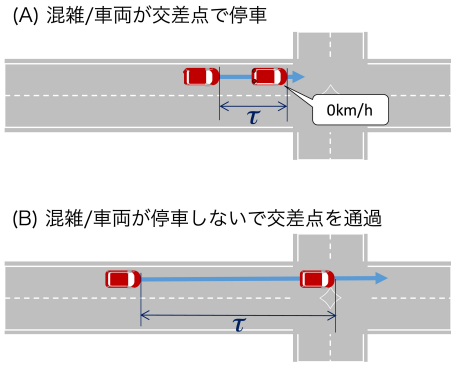


図 8 指定地点の道路が混雑している際の抽出区間
Fig. 8 Clipping range when the road is congested.

- **交通状況に応じた撮影車両選択処理**

指定された地点の道路が混雑している場合

– $\overline{V} < V_{th}$ を満たす車両の中から $\overline{N}$ が最も大きい値を持つ車両から動画を返送する車両を選択する．もし，$\overline{N}$ の値が同数の車両が複数いるならば，$\overline{S}$ が大きい値を持つ車両を動画返送車両とする．

指定された地点の道路が空いている場合

– $\overline{V} \geq V_{th}$ を満たす車両の中から，$\overline{N}$ が最も小さい値を持つ車両を選択する．$\overline{N}$ が同数の車両が複数いるならば，$\overline{S}$ が小さい値を持つ車両を動画返送車両とする．

- **交通状況に応じた動画抽出・加工処理**以下の各条件に応じて動画抽出の終了時刻 t_c を決定し，$[t_c - \tau, t_c]$ の区間の動画を抽出する．

指定された地点の道路が混雑している場合

– 車両が D 内で停車した場合，車両が最初に D 内で停車した時刻を t_c とする（**図 8** (A)）．車両が D 内で停車することなく通過した場合，交差点の中心に最接近した時刻を t_c とする（図 8 (B)）．

指定された地点の道路が空いている場合

– 車両が D 内で停車した場合には，区間内での減速により速度が初めて V_{th} の速度に達した時刻を t_c とする（**図 9** (A)）．車両が D 内で停車することなく通過した場合，交差点の中心に最接近した時刻を t_c とする（図 9 (B)）．

こうして抽出した動画を必要に応じて短時間再生用に加工して，要求元車両のドライバへ提供する．

4.6 システムの詳細構成

前章の交通状況に応じた撮影車両選択処理と動画抽出・加工処理システムをふまえたシステムの詳細構成を**図 10** に示す．システムはサーバのエージェントと動画返送車両

© 2017 Information Processing Society of Japan

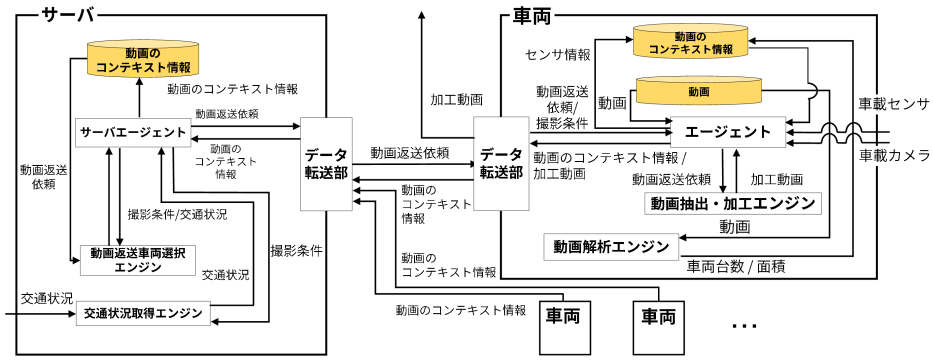


図 10 システムの詳細構成
Fig. 10 Detailed system structure.

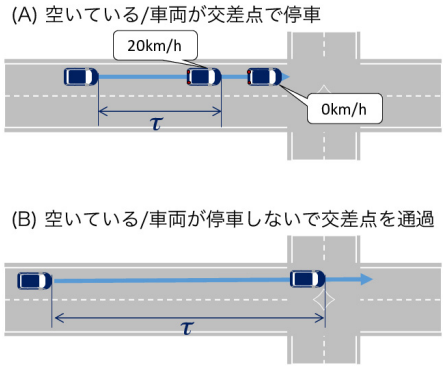


図 9 指定地点の道路が空いている際の抽出区間
Fig. 9 Clipping range when the road is not congested.

選択/交通状況取得エンジンと，車両のエージェントと動画解析/動画抽出・加工エンジンにより構成される．

- 車両のエージェントの役割
  車両のエージェントは，撮影条件が付加された動画要求メッセージを受信した際に，撮影条件と自身の保持する動画のコンテキスト情報を比較し，合致した動画を保持しているかを判定する．車両が動画を保持しているならば，撮影条件を満たす時間付近の動画のコンテキスト情報をサーバへ転送する．エージェントはサーバから動画を要求元へ返送する動画返送依頼を受信したならば，動画の抽出開始時刻と動画の抽出時間を取得する．これらの情報を動画抽出・加工エンジンに問い合わせて，短時間短縮再生動画を得て，要求元へ送信する．
- 動画解析エンジンの役割
  動画解析エンジンは定常的に撮影されている動画から毎秒 1 フレームの画像を抽出する．動画解析エンジンは画像認識により，フレームに映り込む車両の台数と画像に占める車両の面積を計算する．車両は取得した情報を動画のコンテキスト情報として車両の内部ストレージに保有する．
- 動画抽出・加工エンジンの役割
  動画抽出・加工エンジンは，動画返送依頼に基づいて短時間短縮再生動画を作成する．
- サーバのエージェントの役割
  サーバのエージェントは，車両から収集した動画のコンテキスト情報をストレージに保存する．また，要求元から撮影条件を受信後に一定時間経過したならば，その条件にあたる地点の現在の交通状況を交通状況取得エンジンに問い合わせて取得する．エージェントは，交通状況と撮影条件，動画のコンテキスト情報を用いて，動画返送車両選択エンジンに動画の抽出時刻と抽出時間が記された動画返送依頼メッセージを問い合わせて取得する．
- 交通状況取得エンジンの役割
  撮影条件を取得した交通状況取得エンジンは，条件の位置座標の現在の道路が混雑しているか空いているかを推定する．混雑度の推定は，VICS [13] などのテレマティクスサービスや混雑時の車両の平均速度などを計測した交通センサス [14] などの統計データと車載センサやデジタル地図を組み合わせて行う．
- 動画返送車両選択エンジンの役割
  動画返送車両選択エンジンは撮影条件と交通状況，動画のコンテキスト情報に基づいて，要求元へ動画を返送する車両を選択する．また，選択された車両が短時間の動画を生成するための抽出開始時刻と抽出時間を決定する．

5. プロトタイプの試作

5.1 プロトタイプの実装

前章で設計した複数の動画からドライバが受ける印象が交通状況と大きく異ならない動画を選択・抽出・加工して，短時間の動画として提供するシステムのプロトタイプを，Windows 8.1 上に作成した．動画内の車両台数と面積を計算するため，画像処理ソフトウェアライブラリ OpenCV [15] を用いた．この車両検知には，複数の矩形領域内の平均輝度差に基づいて検出対象の物体か非検出対象

© 2017 Information Processing Society of Japan

図 11 画像認識による車両検出例
Fig. 11 Example of vehicle detection by image recognition.

図 12 動画を収集する際に車両が走行した経路
Fig. 12 Route used for collecting videos with an on-board camera.

の物体かどうかを判定する Haar-like 特徴量を利用する．また，複数の弱識別器を用いて識別性能の高い強識別器を生成するブースティング手法の 1 つである AdaBoost により学習したカスケード型検出器を用いて車両の検出を行う [16]．この検出器を作成するため，車載カメラにより車両の後部を撮影した画像を 3,500 枚，非検出対象として車両が映り込まない画像を 3,500 枚用意し学習サンプルとした．この学習用サンプルを学習させた検出器で車両の後部が画像内に出現する位置とおおよその大きさを検出するようにした．車両の検出例を**図 11** に示す．動画の抽出・加工には，FFmpeg を用いた [17]．本プロトタイプでは事前に用意した動画から 3 秒の動画を抽出する．

本プロトタイプは，交差点を対象とした要求に対処するように設計されている．プロトタイプは，交差点の中心の位置座標（**図 12** で示されている赤点）とドライバの希望する撮影方向（図 12 で示されている緑色の矢印が示す方向）が記された撮影条件に対処し，複数の車両が撮影した動画の中から交通状況に応じて 1 本の動画を選択する．また，指定された地点付近の道路が（混雑している/空いているか，の 2 値）がシステムに入力されるものとした．前章で述べた撮影車両選択処理と動画抽出・加工処理におけるサーバの判定区域 D の長さ d は 100 m に設定した．

5.2 撮影動画の収集

試作したプロトタイプの動作を検証するため，筆者らは，カメラのズームを固定したスマートフォンを車両前方のダッシュボードに取り付け，静岡県浜松市内の道路を図 12 の青点の経路で周回走行し動画像を収集した．収集した動画の解像度は 1920×1080 画素である．スマートフォンの GPS と加速度センサ，地磁気センサにより位置座標や角加速度，速度情報などの走行データを収集した．収集した動画と車両の走行データを各周ごとに分割し，異なる時間帯において同一方向・同一経路を走行中に撮影された約 3〜8 分の動画を 18 本用意した．18 本の動画について，前述した画像処理による車両検知により動画に映った車両台数と面積と位置座標や走行速度などの動画のコンテキスト情報を作成した．なお，18 本の動画中すべてにおいて，指定された交差点で赤信号に従って停車した．これは制限速度を維持して周回走行する場合，指定された地点ではつねに信号が赤に切り替わるためである．

5.3 動作結果・考察

ドライバにより指定された交差点が混雑している場合と空いている場合，試作したプロトタイプが 18 本の動画から選択した動画を**図 13** と**図 14** の (a)–(d) に示す．(a)–(d) はそれぞれシステムが抽出した動画を抽出開始点から抽出終了点まで 1 秒ごとに抽出したものである．また，各動画における車両の平均車両検知数と動画中に車両が占める平均占有面積の割合を**図 15** と**図 16** に示す．これらの図より，指定された地点が混雑している場合と空いている場合とで，システムがドライバへ提供する動画が異なることが確認できる．

図 13 を見ると，動画の開始点で前方車両との車間距離が狭くなっている．したがって，この動画を提供されたドライバはその地点の道路が混雑していると認識すると考えられる．一方で，図 14 の動画の開始点 (a) では，前方車両との車間距離が長い．そのため，動画の開始点を見たドライバに対しては道路が空いていることを認識すると考えられる．しかしながら，動画の終了時点では，前方車両との車間距離が短くなっている．このため，ドライバは道路が混雑していると誤認識する可能性がある．このとき車間距離が短くなったのは前方の車が信号待ちを始めたためである．この動作検証で使用した動画は，対象とした交差点の信号で毎回停車した車両が撮影したもののみだったので，このような車間距離の動画が提供されることになった．

4.4 節に示した条件を満たすような車両が見つからない場合，ドライバに交通状況の誤認識をさせないような適切な動画像を提供するのが難しくなる．このような場合の対策として，あらかじめ保管しておいた動画像を利用する方法が考えられる．たとえば，遠くない過去に撮影された動画を保存しておき，そのうちそれがドライバに与える印象が現在の交通状況と大きく異ならないものがあれば，その保存しておいた動画を提供する方法が考えられる．ただしこの方法では，車両からの要求の有無にかかわらず動画を収集することになるので，ネットワークトラフィックおよびストレージ容量に関してシステムの定常的な負荷が大き

© 2017 Information Processing Society of Japan

(a) 動画抽出開始点/Start point of the clip (b) 抽出開始点から 1 秒経過 / 1s. after the start

(c) 抽出開始点から 2 秒経過 / 2s. after the start (d) 動画抽出終了点 / End point of the clip

図 13 システムにより選択・加工された図 15，16 における 18 番目の動画（指定地点が混雑している場合）

Fig. 13 Result of clipping of 18th video of Figs. 15, 16 when the road is congeted.

(a) 動画抽出開始点 / Start point of the clip (b) 抽出開始点から 1 秒経過 / 1s. after the start

(c) 抽出開始点から 2 秒経過 / 2s. after the start (d) 動画抽出終了点 / End point of the clip

図 14 システムにより選択・加工された図 15，16 における 18 番目の動画（指定地点が空いている場合）

Fig. 14 Result of clipping of 18th video of Figs. 15, 16 when the road is not congeted.

くなる．また，リアルタイム性も低下する．

車両から動画の要求が行われてから，動画の再生が開始されるまでの時間（以下，応答時間）を考察する．ここでは，各車両は LTE を介してサーバと通信するものとし，車車間通信は用いないものと仮定して，応答時間を見積もる．動画の要求後の処理は以下のようになる．

(1) 車両からのサーバへの動画像要求メッセージの送信
(2) サーバから撮影位置周辺の車両への動画像要求メッセージの送信
(3) 車両からの動画のコンテキスト情報のサーバへの送信
(4) サーバから車両への映像送信の要求
(5) 車両での動画抽出・加工処理
(6) 車両からサーバへの動画データ転送

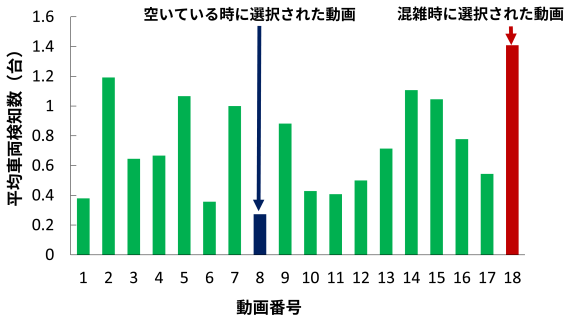


図 15 各動画における車両の平均検知数

Fig. 15 Average number of vehicles deteced in each video.

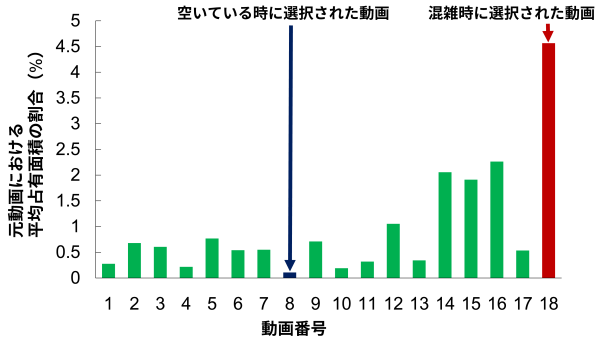


図 16 各動画における車両の平均専有面積の割合

Fig. 16 Average occupancy ratio of vehicles in each video.

(7) サーバから動画要求車両への動画データ転送

このうち，(1)～(4) は問合せ元の識別子，問合せ先の位置に関する情報，動画抽出開始時刻などを含んだ小サイズのデータのやりとりである一方，(5)～(7) の処理は，動画像の処理と転送にかかわるものであり，相対的に長時間の処理を要する．したがって，(5)～(7) の処理がシステムの応答時間に関して支配的である．実際の時間の長さは，動画像データの品質・長さ，データ転送速度に依存する．(5) の処理にかかる時間の算出のため，Core i5 DualCore 2.9 GHz，16 GB RAM のマシンでの処理で，1280×1080 の FullHD 24 秒間の動画データを 8 倍速短縮再生加工し，720 p の映像データに変換したところ，3.1 MB となり，その処理時間は約 7 秒となった．また，このデータにおける (6)，(7) に要する時間は，上り，下りの LTE での実質データ転送レートを 5 Mbps，10 Mbps と見積もると，それぞれ 4.96 秒，2.48 秒となる．(1)～(4) のうち，(2) と (3) は，複数の車両からの小サイズのデータ収集となるので，待ち合わせ遅延を考慮して，6 秒を見積もると，全体での応答時間は，約 20 秒となる．短縮再生加工をしない場合，(6)，(7) のサイズが約 8 倍になり，全体で約 72 秒となる．時速 60 km/h での移動を考えると，ここで計算した応答時間での移動距離は，約 330 m～1200 m となる．この値が道路情報収集に必要となる距離のマージンの目安となる．ただし，これは動画像データ全体を受信してからサー

© 2017 Information Processing Society of Japan

バから車両に転送すること，ならびに動画像データ全体を受信してから再生することを想定した場合の値である．パケット単位でのサーバでの動画像データの転送を想定すると，遅いリンク（ここでは上り）での転送時間が支配的となり，短種再生加工をした場合で応答時間が約 17.5 秒，短縮再生加工をしない場合で，約 52 秒となる．

6. おわりに

リアルタイム動画像カーナビを実現するため，ドライバの希望する地点を走行した車両の走行速度や動画像に映る車両台数などのコンテキスト情報に基づき，その地点の現在の交通状況に対して，ドライバが受ける印象か大きく異ならない動画像を撮影した車両を選択し，ドライバが直観的に交通状況を理解しやすい短時間短縮再生動画を提供する方法を提案した．この方法では，車両の位置座標や速度などの挙動と撮影した動画に映り込む車両の台数や面積により，指定した地点の交通状況を撮影した複数の車両の車載カメラ動画から交通状況に応じた動画像を抽出して提供する．本稿では，そのシステムの設計とプロトタイプの実装を行い，同システムにより，交差点の様子を知りたいとシステムに要求したドライバに対して，同一地点を同一方向から交差点を撮影した複数の動画像の中からドライバが直観的に混雑状況を把握できる動画像を提供できることを確認した．今後は，対応可能な要求の種類を増やすとともに，より多くのシナリオで交通状況の視認のしやすさや誤認識の有無などを定量的に評価する予定である．

謝辞 本研究は，科学研究費補助課題番号 23300024，および 15H02689 の助成によるものである．また実験の実施にあたっては，松本克也氏にご協力いただいた．

参考文献

[1] 松本克也，伊藤亮輔，石原 進：車車間通信による近接車両間協調動作とセルラネットワークを用いた低サーバ付加車載カメラ画像提供手法，情報処理学会論文誌，Vol.56, No.11, pp.2106–2116 (2015).
[2] Ishihara, S., Nakamura, N. and Niimi, Y.: Demand-based location dependent data dissemination in VANETs, *Proc. 19th Annual International Conference on Mobile Computing & Networking*, pp.219–222 (2013).
[3] 伊藤亮輔，石原 進：ドライバの曖昧な撮影位置要求に対するコンテキスト情報に基づく車載カメラ画像の撮影位置決定方式の設計，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.114, No.417, pp.141–146 (2015).
[4] スマートループアイ，入手先 ⟨http://pioneer.jp/carrozzeria/cybernavi/avic-vh0009hud-avic-zh0009hud/smartloop/⟩.
[5] GoogleMaps, available from ⟨https://maps.google.com⟩.
[6] Waze, available from ⟨http://www.waze.com⟩.
[7] Woerndl, W., Huenbner, J. and Prinz, V.: A Model for Proativity in Movicle, Context-Aware Recommender System, *Proc. 5th ACM Conference on Recommender Systems*, pp.273–276 (2011).
[8] Bader, R., Woerndl, W. and Vivian, P.: Situation Awareness for Proactive In-Car Recommendations of Points-Of-Interest (POI), *Proc. Workshop on Context Aware Intelligent Assisstance* (2010).
[9] 玉井森彦，尾上佳久，安本慶一，福倉寿信，岩井明史：画像処理に基づいた効率のよい渋滞動画の収集・共有方式，情報処理学会研究報告，Vol.65, No.36, pp.229–236 (2013).
[10] International Traffic Database (ITDb), available from ⟨http://trafficdata.iis.u-tokyo.ac.jp⟩ (accessed 2016-07-28).
[11] 中西健太，中村英樹：往復 2 車線自動車専用道路のサービス水準のための交通流特性分析，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，IV-77, pp.453–454 (2005).
[12] 石田東生，古屋秀樹，古屋秀樹，岡本直久：主観的評価を利用した渋滞判定に関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，Vol.20, pp.887–894 (2003).
[13] VICS, available from ⟨http://www.vics.or.jp/⟩.
[14] 国土交通省交通センサス，入手先 ⟨http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/⟩.
[15] OpenCV, available from ⟨http://opencv.jp/⟩.
[16] Viola, P. and Jones, M.: Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features', *IEEE ICCV Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision* (2001).
[17] FFmpeg, available from ⟨https://www.ffmpeg.org/⟩.

伊藤 亮輔

平成 26 年静岡大学工学部システム工学科卒業．平成 28 年同大学大学院工学研究科数理システム工学専攻修士課程修了．同年株式会社トヨタコミュニケーション入社．映像利用ナビゲーションシステムに興味を持つ．

石原 進 （正会員）

平成 6 年名古屋大学工学部電気工学科卒業．平成 11 年同大学大学院工学研究科博士後期課程修了．平成 10 年日本学術振興会特別研究員．平成 11 年静岡大学情報学部助手．平成 13 年同大学工学部助教授．平成 26 年カリフォルニア大学ロサンゼルス校客員研究員．現在，静岡大学学術院工学領域准教授．博士（工学）．モバイルコンピューティング，モバイルアドホックネットワーク，センサネットワークに関する研究に従事．IEEE，ACM，電子情報通信学会各会員．本会シニア会員．

© 2017 Information Processing Society of Japan