

## 静止画インターネット放送を用いた道路情報共有手法の評価

廣田夏輝<sup>†1</sup> 中野裕貴<sup>†1</sup> 齊藤義仰<sup>†1</sup> 村山優子<sup>†1</sup>

近年、携帯端末やカーナビゲーションによるナビゲーションシステムの増加に伴い、運転者に快適かつ効率的な運転を支援する ITS(Intelligent Transport System)が発達している。しかし、現状のシステムではセンサから情報を収集し、分析した結果をユーザへ提供するため、提供された情報と実際の現状に差が生じてしまうなどの課題が挙げられる。そこで、運転者が安全に通行できるように、道路情報をタイムリーに提供する必要が考えられる。本研究では、道路情報を共有する手法として、静止画インターネット放送システムを提案する。利用者はタイムリーな情報共有をすることで、通りやすい道路を選択することが可能となる。また、放送者が運転時にシステムに触れることが無いように静止画像の自動撮影機能の実装と、撮影タイミングのアルゴリズムの検討を実施した。本稿では、提案システムの設計と実装について述べ、自動撮影機能の適切な撮影タイミングについて評価実験を行った。また、評価実験の結果から雨や雪などで道路の状態が悪い場合に道路情報の需要が高くなり、撮影タイミングのアルゴリズムに視聴者のリクエストを加えることで道路情報の把握の度合いが高くなることが得られた。

### Evaluation of a Road Information Sharing Method with a Still Picture Internet Broadcasting System

NATSUKI HIROTA<sup>†1</sup> YUKI NAKANO<sup>†1</sup>  
YOSHIA SAITO<sup>†1</sup> YUKO MURAYAMA<sup>†1</sup>

Recently, with an increase in navigation systems by portable terminals and car navigation devices, ITS which supports comfortable and effective driving has been evolved. However, in existing systems, it is difficult to offer real-time information to users since it needs to collect information from sensors and to analyze the collected information. Road surface information has to be provided timely so that drivers can pass through safe road. In this research, we use a still picture internet broadcasting system as a technique to share road surface information. It enables users to share the information timely and to choose a road which is easy to pass. In addition, we implemented an automatic photography function and conducted an experiment of the photography timing as a broadcaster did not need to touch the system at the time of driving. In this paper, we describe the design and implementation of our proposed system and evaluation experiments about the right photography timing of the automatic photography function. From the result of the evaluation experiments, we found road information was required more in the bad road situation such as rain and snow, and the road information could be grasped easily by introducing audience requests to the algorithm of the photography timing.

#### 1. はじめに

近年、日本では自動車による交通量の増加と情報技術の発達に伴い、交通情報を取得するための交通情報システムが開発されている。東北地方の冬は降雪量が多く、すべての道路について除雪車を走行させることは困難であり、道路によって除雪状況に差が生じる。また、交通事故の発生や、道路の改修工事による交通規制が起こることで道路の交通状況は一定ではなくなる。そのような天候や気温の変化での路面状態や、時間帯の違いによる交通量の変化、車両の種類などの要因により、道路の状況は異なる。運転者にとって、道路情報を把握することは運転する時に重要視する要因<sup>1)</sup>であり、情報に対する需要も高い<sup>2)</sup>。

現在、道路情報を取得するためのシステムとして ITS(高度交通情報システム: Intelligent Transport System)が発達している。従来の高度交通情報システムとして VICS などが挙げられる。VICS とは機関が収集した道路情報を FM 多重放送などにより発信し、個々の車両のカーナビゲーションシステムが情報を受信、目的地までの経路選択に利用す

るというシステムである。海外での ITS の動向について、スリランカではバスを利用した路面情報のモニタリングの研究<sup>3)</sup>が行われている。また、スウェーデンにおいて、“share weather”と呼ばれる天気情報の UGC(user-generated content)の研究が行われている<sup>4)</sup>。“share weather”では、天気情報だけではなく、道路についての情報もユーザによって投稿され、共有が行われている。このように、道路情報の需要は海外でも高く、天気との関連性も高い。それに伴い様々なシステムが開発、運用されている。しかし、VICS では道路上の情報を収集し、センターに情報を送信して分析した結果がユーザに提供されるため、ユーザが情報を取得するまでに時間がかかってしまう。また、文字や音声のみでの情報提供手段のため、状況を把握しにくいなどの課題が挙げられる。そこで、運転者に道路の情報をタイムリーかつ、状況を把握できるように提供することが重要となる。

一方、我々は 3G 回線を用いてインターネット放送を視聴する際に問題となる通信トラフィックの不足を解決するために、動画ではなく静止画像を用いて放送を視聴することで通信トラフィックを抑制する視聴者用の静止画インターネット放送システムの提案と実装を行ってきた。スマートフォンと 3G 回線を用いてインターネット放送を行うた

<sup>†1</sup> 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究所  
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

め、どこでも放送を行うことが可能となる。

本研究では、静止画インターネット放送システムを応用した、道路情報共有システムを提案する。本システムでは、運転者がスマートフォンを用いて道路の運転状況を音声と静止画像を用いて配信する。画像配信において、放送者が運転時に撮影を行う事がないように静止画像の自動撮影機能を実装する。利用者はシステム上から自分が道路情報を得たい地域の配信を行っている車を選択し、音声と静止画像を取得する。また、視聴者のコメントから需要のある情報に対して回答することで質の高い放送を提供する。本システムにより、運転者の求める需要の高い情報を提供することで、視聴者にとって通しやすい道路を選択することが可能となる。

本稿では、既存の交通情報システムについて特徴と課題を挙げる。次に、挙げられた課題点を考慮した、スマートフォンを用いた道路情報共有システムについて述べる。その後、実装したプロトタイプシステムを用いた予備実験を行い、適切な自動撮影機能の撮影タイミングのアルゴリズムを提案する。また、提案した撮影タイミングのアルゴリズムを用いて実施した評価実験と実験結果について述べる。

## 2. 関連研究

近年、道路情報を取得する手段としての ITS(高度交通情報システム: Intelligent Transport System)が発達している。本節では既存の道路情報を共有するためのシステムについて特徴と課題を挙げる。

### 2.1 既存の道路情報共有手法

従来の交通情報システムの課題を考慮した、道路の情報を取得するためのセンサとして自動車を用いるプローブカーシステムが研究されている。プローブカーシステムとは、自動車などの通信移動体の1台1台をセンサとすることで道路情報を収集するシステムである。これにより、道路にセンサを設置するコストを削減でき、道路全体の情報を収集することが可能となった。プローブカーシステムの課題として、車内にセンサを設置するため走行しない道路の情報は取得できないという点、リアルタイムに道路の情報を網羅するには多くのプローブカーを走行させる必要があるという点が挙げられる<sup>3)</sup>。

プローブカーを用いるサービスの1つとして通行実績マップが挙げられる。通行実績マップは、Honda が作成した、プローブデータを活用してどの道が通行可能であるかをマップ上に表示するサービスである。通行実績マップは、被災地域への移動支援を目的としたものであり、2007年の新潟県中越沖地震<sup>4)</sup>、2011年の東日本大震災<sup>5)</sup>などで活用された実績がある。プローブカーで収集したデータから、どの道が通行可能であったかをマップ上に可視化することができるが、あくまでどの道に通行実績があったかを示すのみであり、それぞれの道路がどのような状態であるかまでは分からない。

### 2.2 既存システムの課題

既存のシステムにおいて挙げられる問題点がいくつか存在する。まず、利用者側からみてタイムリー性に欠ける点である。例えば、出発前にサービスで通行する道路について渋滞が無いか確認したが、その地点に差し掛かった時には渋滞が発生していたという例がある。これは、プローブカーによる情報の収集や、収集した情報の分析に時間がかかってしまい、利用者に情報を提供する頃にはすでに新鮮でない情報になってしまうためである。そこで、利用者にタイムリー性の高い道路情報を提供することが重要になる。

次に、提供される道路情報が直観的でないことが挙げられる。VICS などの道路情報システムでは、提供される情報があらかじめ決まっており、文字情報やアイコンで利用者に提供される。また、システムから得られる情報はセンサで収集した情報を分析し、定量化したものであるため、利用者が本当に得たい情報であるかはわからない。そこで、利用者の知りたい情報に対して柔軟に対処することができるシステムが望ましい。

最後に、プローブカーとして情報を収集する自動車の数が少ないことが挙げられる。現状では、情報を収集するための車両が特定の車両に限定されている。その理由として、情報を収集するセンサ類を個人単位で導入するにはコストが高いため一般車両に普及しにくいことが考えられる。プローブカーシステムの数が少ないために、すべての道路において情報を得ることは難しく、交通量に比例して取得できる情報量に差が生じてしまう。

前述した既存システムの課題から、利用者に道路の情報をタイムリーかつ状況を把握しやすく、なおかつ手軽に提供することが重要となってくると考える。

### 2.3 車載放送

我々は、道路情報共有の手法として車載放送というコンテンツに着目した。車載放送とは、Ustream やニコニコ生放送などの動画共有サービスで放送されているコンテンツの一種である。車内にカメラを設置し、目的地までの運転の様子を配信し、運転者と視聴者間でコミュニケーションをとることで楽しむコンテンツである。情報の発信に放送という形態を取ることでタイムリー性の高い道路情報の共有が可能となると思い、車載放送に着目した。

車載放送の課題として、ネットワーク機器の問題が挙げられる。3G 回線などで放送を行うと通信トラフィックが足りず、動画の品質に悪影響を与えてしまうため、視聴者が満足に視聴することが出来ない。また、通信トラフィックを過剰に使用してしまうと通信制限をかけてしまう携帯電話キャリアも増えてきている。そこで、通信量を節約しつつ放送を行うシステムの開発が必要となる。

### 2.4 先行研究

先行研究では、3G 環境下においてスマートフォンを用いた静止画インターネット放送システムの提案を実施した。また、通信トラフィックを大幅に消費する動画ではなく、

静止画像を用いることで通信トラフィックを抑え、視聴者リクエストにより動的に静止画像の画質を調整することで視聴者自身が望む画質の画像を提供する。先行研究により、3G 回線を利用して、旅行等の出先、屋外での突発的なイベントなどの無線 LAN が使用できない環境でどこでもインターネット生放送を視聴することができる。中野ら<sup>8)</sup>の研究では、スマートフォンを用いた放送者側の通信トラフィックを抑えた音声配信と静止画像配信の提案と実装を行っている。また、我々は、スマートフォンを用いた視聴者側の通信トラフィックを抑え、放送を視聴するためのシステムの開発と実装を行った<sup>9)</sup>。通信量を削減するために、視聴者からの高画質化リクエストによる段階的な静止画のダウンロードを行うことで、通信トラフィックを抑制する。

先行研究では、O.Juhlin<sup>10)</sup>らの研究で挙げられたモバイル配信の放送トピックスから、様々な利用シーンを想定して実験を実施した。しかし、本稿では放送を行うシチュエーションを車載放送に限定し、静止画インターネット放送システムを応用することで既存の道路交通情報システムで挙げられた課題を考慮した、道路情報を共有するためのシステムを提案する。

### 3. 提案システム

本節では、前述した既存の道路交通情報システムの課題を考慮した、静止画インターネット放送を応用した道路情報共有システムを提案する。また、本システムにより既存システムの課題を解決するための手法について述べる。

#### 3.1 システム概要

本システムでは、道路情報の共有においてインターネット生放送の形態をとることでリアルタイムな情報共有を行い、通りやすい道の選択に役立つ。運転時の経験を情報として発信することで視聴者が状況を把握しやすく、親しみやすい情報の提供を行う。システムで得られた道路情報を基に利用者は安全に通行可能な道を選択することができる。本システムにより、3G 回線を利用して、無線 LAN が使用できない環境でどこでもインターネット生放送を放送・視聴することができる。しかし、3G 回線を用いて通信を行うため、取り扱うコンテンツによっては通信トラフィックを圧迫することが懸念される。今回システムに利用する車載放送においても、屋外での放送により利用できる通信トラフィックが限られるため、放送の品質の劣化を引き起こしている。

また、日本ではパケットを使用しすぎると通信速度に制限をかける携帯電話キャリアも増えてきている。国内携帯電話キャリアでは月 7GB 以上の通信を行うと速度制限がかかる。Ustream において動画配信を行う場合、1 時間に約 180MB、視聴を行う場合も同等の通信を行う。動画の配信・視聴のみを行う場合でも月に約 40 時間程度しか通信を行うことができず、それ以上配信・視聴を行うと速度制限が適用されてしまう。そこで通信トラフィックを圧迫する

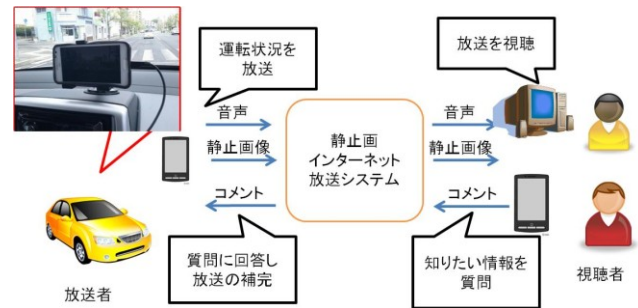


図 1 提案モデル

Figure 1 The proposed model.

ことなく、放送を行うためにパケット使用量を抑制する必要性が挙げられる。我々は、通信トラフィックを大幅に消費する動画ではなく、静止画像を用いることで通信トラフィックを抑制する。

システムの提案モデルを図 1 に示す。放送者はスマートフォンによる放送者用クライアントを車内に設置し、リアルタイムな音声と適切なタイミングで画像を撮影し配信する。視聴者は任意の放送をマップ上から選択し、視聴者クライアント上で視聴する。音声配信では、リアルタイムな音声の配信と視聴を実現する。画像配信では、放送者側で静止画像を圧縮し、視聴者に配信することで、視聴における通信トラフィックを抑制する。画像配信において、放送者が運転時に撮影を行う事がないように静止画像の自動撮影機能を実装する。

また、視聴者側では放送者に知りたい情報の要望や質問などを行うために視聴者のコメント機能を付与した。視聴者は画面上で質問や要望をコメントとして打ち込むことで、放送者側へコメントが送信される。表示されたコメントを放送者が認知して、コメントに対応する情報を発信することでインタラクティブな情報の共有が可能となる。

#### 3.2 ユースケース

本システムを利用する放送者は、現在運転を行っている運転手を対象とし、通勤や通学などの普段の生活の際に放送することを想定している。その理由として普段から同じ道路を利用している運転手であれば、周辺の情報に詳しく、より詳細に道路の情報を視聴者と共有するためである。

視聴者は、遠方への観光、出張などを行う運転者を想定している。視聴者は出発の前に現地の道路情報を確認することで混雑状態、路面の状態などの情報から経路の選択に利用する。

#### 3.3 課題の解決案

本システムにより、既存の道路交通情報システムで挙げられた問題点の解決を図る。まず、タイムリー性を欠いている点に関して、情報の提供に静止画インターネット放送を用いることで、放送者と視聴者の間でタイムリーな情報共有が可能となる。

次に、提供される道路情報が直観的でない点に関して、音声とコメントによるインタラクティブな情報共有を行うことで視聴者が求める情報を収集することが可能となる。

放送者はスマートフォンを用いて静止画像と音声により情報の発信を行い、視聴者は放送に対してコメントを送ることで視聴者の欲しい情報について質問をすることができる。

最後に、プローブカーとしての役割を持つ車の数が少ないことに関して、情報の収集に使用する端末としてスマートフォンを用いることで情報収集機器の一般化を図る。携帯端末をプローブシステムとして扱うことで新規にカメラやネットワーク機器を購入する必要が無く、一般車両にも導入しやすいことが考えられる。携帯端末をプローブ機器の代わりとしている研究<sup>11)12)</sup>も存在するが、我々は客観的な数値データではなく、主観的な放送者の経験を情報として発信することで、利用者に親しみやすい情報を提供する。

### 3.4 予備実験

実装したプロトタイプシステムを用いて予備実験を実施した。予備実験では静止画像の適切な撮影タイミングを調査することを目的としている。実験期間は2014年5月5日~7月4日までの期間で、1日に昼間と夜間の2回放送を行う。被験者は岩手県立大学の学生14人を対象とし、PCの視聴者クライアント上から放送を視聴してもらった。また、静止画像の自動撮影は30秒に1枚、静止画像の撮影を行い、画像の解像度は320x240とした。

### 3.5 実験結果

被験者から頂いた意見として、静止画像の撮影タイミングについてが挙げられる。特に多かった意見として、「一定間隔で撮影している際に「撮影間隔を狭めて欲しい」や「今のままで十分」などといった撮影タイミングを変えて欲しいという意見や、夜間に実験をしている際、街灯などの明かりが少ない場所を撮影すると画面が真っ暗になってしまい何が映っているのかが分からなくなってしまう、暗い場面よりも明るい場面の方が画像の需要が高いなどの意見が寄せられた。

### 3.6 考察

予備実験の結果から、自動撮影機能における撮影タイミング、放送中の状況を詳細に把握する手段、放送を視聴する際に目安となる情報についての意見が多く寄せられた。今回は特に意見の多かった自動撮影機能の撮影タイミングについて考察を行う。一定間隔の時間により撮影をしてしまうと、視聴者が欲しい場面でない画像を送信してしまう可能性がある。例えば、夜間の放送における街灯の少ない道路のような真っ暗な画像、渋滞で全く動かない際の画像などが考えられる。より視聴者が道路状況を把握しやすいタイミングで画像を提示する必要性が挙げられる。

そこで自動撮影のタイミングについて、予備実験と関連研究調査から2つの仮説が挙げられた。まずは道路の状況によって情報の需要が変化することが挙げられる。例えば、天候が良い時より悪い時の方が利用者は情報を欲しいのではないかと、渋滞していない道路より渋滞している道路の方が情報の需要が高いのではないかとすることを考慮し今回は、天候や路面状態が悪い場合に撮影タイミングの変更を

行う。

次の仮説として視聴者の主観から情報の需要が変化することが挙げられる。今回の実験時にも同じ道路を放送している場合でも撮影タイミングを変えてほしいという意見に個人差が生じた。そこで、視聴者のリクエストを用いて撮影タイミングの変更を行う。

仮説を検証する手法として、2種類の手法で決定した撮影タイミングの比較を行う。1つ目の手法として、スマートフォンに搭載されているセンサを用いて走行している道路の状態を検知し、撮影タイミングの決定を行う。2つ目の手法として、センサからの情報に加えて、視聴者の画像の需要をリクエストとして収集し、視聴者リクエストから撮影タイミングの決定を行う。上記の2種類の手法においてどのような差異があるのかを調査し、視聴者が道路情報を把握できる撮影タイミングのアルゴリズムの検討を行う。

## 4. システムの設計と実装

本節では、提案システムモデルに基づいたシステムの設計と実装について述べる。放送者クライアントにはスマートフォンを、視聴者クライアントにはスマートフォン版とPC版の2種類の開発を行う。クライアントの開発には開発環境が無料で使用でき、アプリケーションの公開が比較的容易なAndroidを使用した。また、音声配信のサーバにはRed5<sup>13)</sup>を使用し、画像サーバにはJavaを用いて実装を行う。

### 4.1 システム構成

放送者はアプリケーションを起動し、音声と画像の配信を開始する。このときに放送者の位置情報をサーバに送信することで現在どこの場所で放送を行っているかを明らかにする。また、運転中にアプリケーションを起動することになるため、画像の撮影は自動化することで運転中にスマートフォンに触れることが無いようにする。視聴者側では、システムにアクセスすると、どこで誰が放送しているのかという情報がマップ上に表示される。視聴者は表示されている放送を選択することで放送の視聴を開始する。音声を送受信する際、Red5サーバにRTMPコネクションを張る。Red5サーバに接続が完了したら、音声の取得を開始する。視聴者側では音声を取得した後、FFmpegを用いて音声データの変換を行う。その後、変換をした音声データをAndroid端末に標準出力することで音声が出力される。

静止画像の圧縮にはJPEG 2000を使用している。JPEG 2000とは、従来のJPEGよりも高圧縮、高品質な画像圧縮が可能な画像圧縮方式の1つである。JPEG 2000は、解像度、圧縮率などによるプログレッション機能が利用できるため、今回の実装で使用した。放送者クライアントで画像サーバにアップロードされる時点で、JPEG 2000でエンコードされた画像データが送信されるので、圧縮されたJPEG 2000のデコードにはオープンソースのJPEG 2000変換ソフトであるOpenJPEGを使用した。

### 4.2 静止画像の自動撮影機能

放送者は運転を行っているため、スマートフォンを保持、



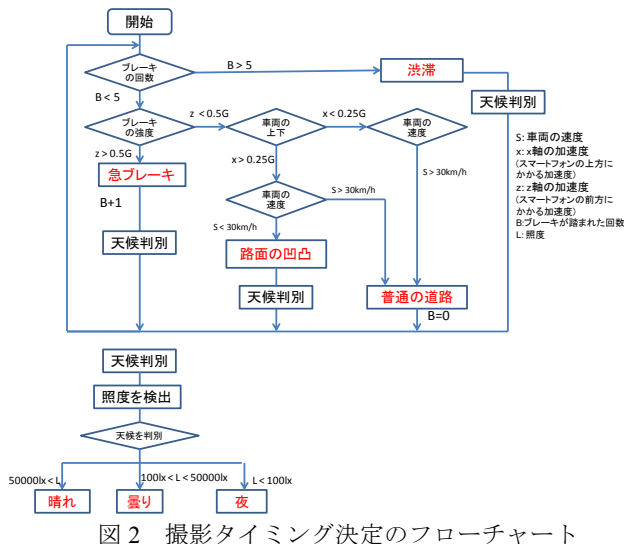


図2 撮影タイミング決定のフローチャート

Figure 2 Flow chart of the photography timing decision.

または操作することはできない。そこで、放送者がスマートフォンの操作を行う必要を無くすために、自動撮影機能を実装した。撮影タイミング決定の流れを図2に示す。情報を収集するためにAndroid端末に搭載されている加速度センサ、照度センサ、GPSを用いる。センサで取得したデータを入力することで、道路の状態の判別を行う。本研究では類似サービスで用いられている情報<sup>15)22)</sup>を基に主に速度、急ブレーキ、道路の状態、渋滞、天候などの状態を検出する。道路状態検出の流れとしては、まず、加速度センサ、GPSの情報から道路の状態を検出する。大きく分けて、急ブレーキ、路面の凹凸、渋滞、普通の道路の4種類の状態に判別する。急ブレーキについては車両の進行方向と逆側の加速度が一定値を超えた際に判断する。路面の凹凸は車両の上下の加速度と自車速度が一定値を超えた際に判断する。渋滞はブレーキを短い時間の間に複数回踏まれた際に判断する。それ以外の場合を普通の道路として判断する。道路の状態を判別した後、急ブレーキ、路面の凹凸、渋滞の場合は、光度センサを用いて光度を検出し、天候の判別を行う。天候を判別する理由として、良天候と悪天候を区別し、悪天候時に撮影タイミングを変化させることを目的としているためである。道路の状態と天候を考慮して、悪い道路状況の場合には撮影タイミングを速め、視聴者に多くの情報提供を行う。また、視聴者リクエストから撮影タイミングを決定する場合は上記のアルゴリズムに加えて、視聴者のリクエストを考慮し、リクエストが存在する場所でタイミングを速め、視聴者に多くの情報を提供する。

### 4.3 放送者に対するコメント機能

視聴者が放送に対して要望や質問を行うためのコメント機能を実装した。視聴者は放送に対してコメントがある場合、インターフェース上からコメントを入力することができる。入力されたコメントはコメント用のサーバへ送られ、放送者を含む、同一の放送内にいるユーザへコメントが配信される。視聴者クライアント側では、受信したコメ

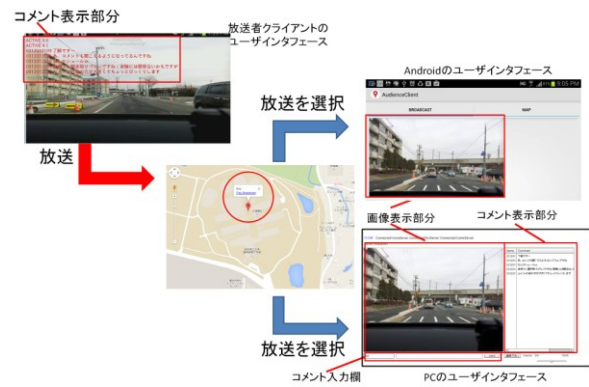


図3 クライアントのユーザインタフェース

Figure 3 The user interface of a client.

ントは画面右のコメント欄に表示され、放送者クライアント側では画面内に表示されるとともに音声による読み上げを行うことで情報の通知を行う。放送者が運転中に画面を注視することがないようにするためである。今回、Android端末での音声読み上げについて外部ツールであるN2 TTS<sup>14)</sup>を使用した。

### 4.4 位置情報の利用

利用者がどこで放送が行われているかを把握するためにGPSを用いた位置情報取得機能を実装した。放送者は画像の撮影時にAndroid端末内のGPSから取得した位置情報を位置情報サーバへ送信する。位置情報サーバ内では放送開始時に入力されたユーザ名と送信された位置情報を関連付けて保存する。利用者側では、システムにアクセスすると最初にマップが表示される。この時に保存されていた位置情報から現在誰が、どこで放送を行っているかを取得し、マップ上にピンとして可視化する。表示されているピンをクリックすると視聴者用クライアントが起動し、放送を視聴することができる。位置情報を用いることで、どこで放送が行われているか把握しやすくなる。

### 4.5 ユーザインタフェース

クライアントのユーザインタフェースを図3に示す。放送者クライアントのユーザインタフェースでは画面全体がカメラの画面となり、画面上に視聴者から送信されたコメントが表示される。起動時にRed5との接続が完了すると、スマートフォンのマイクから入力された音声サーバへ配信される。

次に、視聴者用の放送選択画面を示す。視聴者はシステムにアクセス後、視聴したい場所の放送を選択することができる。視聴者が放送を選択するにあたり、放送者がどこで放送を行っているかという情報を可視化するため、マップ上に放送者の情報を設置した。利用者はマップ上から視聴したい放送を選択することで視聴者クライアントを表示する。視聴者クライアントのユーザインタフェースでは静止画像の表示画面と、PC版ではコメント入力欄、コメント表示欄で構成される。視聴者クライアントを起動時にRed5へアクセスが成功すると配信された音声流れる。

また、放送者側から画像が配信されると表示画面に静止画像が表示される。

## 5. 評価実験

本節では評価実験として、撮影タイミングのアルゴリズムを実装したシステムを実際に利用してもらい前述した仮説の検証を実施する。

### 5.1 評価実験概要

評価実験として、本研究で考案、実装を行った自動撮影機能の撮影タイミングのアルゴリズムの評価を行うため、実際にアルゴリズムを実装したシステムを被験者に利用してもらい、道路情報の把握の度合いを調査する。利用者の道路情報の把握の度合いを調査するために、複数の撮影タイミングのアルゴリズムで放送を視聴してもらい、アルゴリズム毎の評価の比較を行う。比較対象として3種類のアルゴリズムで実験を行う。

まず、従来のアルゴリズムである一定間隔毎に撮影を行う場合である。今回の実験では60秒で1枚の画像を撮影するように設定する。次に、スマートフォンのセンサ情報から撮影タイミングを決定する場合である。道路を走行中にスマートフォンのセンサが一定値を超えた際に、撮影タイミングを短くする。最後に、スマートフォンのセンサ情報に加えて視聴者のリクエストから撮影タイミングを決定する場合である。センサの情報から撮影タイミングを決定する2番目の手法に加えて、視聴者からの画像を撮影してほしいというリクエストを受け、リクエストの量に応じて撮影タイミングを短くする。

被験者には、上記の3種類の撮影タイミングのアルゴリズムを適用した、実際に道路を運転した際の静止画インターネット放送を視聴してもらい、道路状態を把握できたかという事を中心に質問を行う。

### 5.2 実験環境

放送者は実際の道路を運転し、その様子をスマートフォンを用いて放送を行う。放送に使用したスマートフォンは au GalaxyS II を使用した。またネットワークは au の 3G 回線を用いる。上り帯域は最大 1.8Mbps 下り帯域は最大 3.1Mbps となっている。

実験で用いるルートの総距離は 15km、時間は 30 分程度となっている。今回の実験では道幅があり交通量の多い道路、住宅地に面した狭い道路、道幅が狭く坂やカーブの多い道路の3種類の道路を走行する。

視聴者は実際の運転している様子を PC 上の視聴者クライアントを利用して視聴する。視聴者クライアントは Web と Flash が使用可能な環境であればどこでも放送を視聴することが可能となっている。実験に用いる視聴者クライアントは、前述した視聴者クライアントのユーザインタフェースと同様に、静止画像表示部分、コメント表示部分、コメント入力部分、ボリューム調整部分で構成される。実験

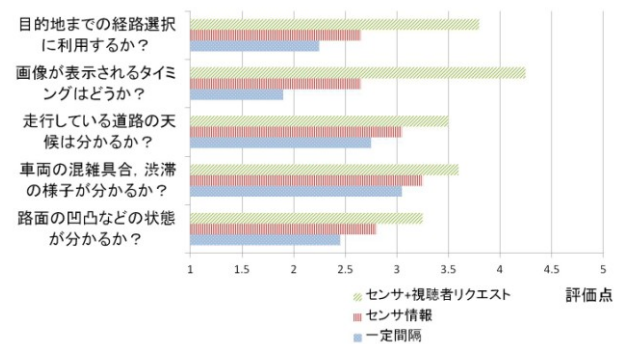


図4 アルゴリズム別の回答結果

Figure 4 A result of each algorithm

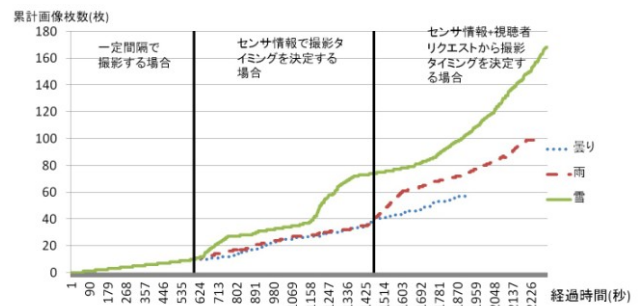


図5 天候別の画像枚数の推移

Figure 5 Change of the photo number according to the weather

のために、静止画像が現在より多く欲しい際に被験者に押しってもらう、リクエストボタンと質問に回答してもらうための回答欄を新しく追加した。

### 5.3 実験結果

評価実験は全部で5回、19歳から22歳までの男性17名、女性3名、計20名の被験者で実施した。3種類の撮影タイミングにおける被験者の回答結果を図4に示す。

実験結果からすべての設問において、一定間隔で撮影する場合よりもセンサ情報から撮影タイミングを決定する場合の方が被験者の評価が高く、センサ情報のみの場合よりも視聴者のリクエストを加えて撮影タイミングを決定する場合の方が被験者の評価が高い。特に、設問4の「画像が表示されるタイミングは適切か?」では一定間隔で撮影する場合の評価点数が1.9なのに対して、センサ情報を用いる場合は2.65、センサ情報と視聴者のリクエストを用いる場合には4.25と差が大きくなっている。このことから静止画像を一定間隔やセンサ情報から決定した撮影タイミングで撮影するよりも視聴者のリクエストから撮影タイミングを決定する手法が道路状態を把握出来ていることがわかる。

天候と路面状態の違いによる画像枚数の推移を図5に示す。横軸が放送開始からの経過時間、縦軸が撮影された静止画像の累計枚数となっている。また、縦線で区切られている部分は撮影に使用されたアルゴリズムを示している。この図から天候が雪の場合は雨や曇りの際と比較して、静止画像の枚数が多くなっていることが分かる。これは積雪

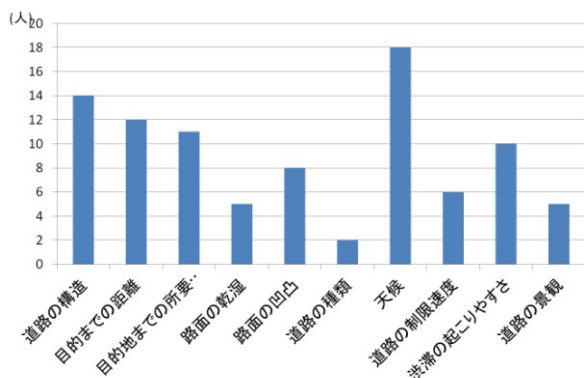


図 6 運転時に気を付ける要因

Figure 6 Factors when subjects become careful at the time of driving

や凍結による道路状態の悪化のため、スマートフォンのセンサが過剰に路面の凹凸の判断をしてしまった事が原因として挙げられる。一定間隔で撮影を行う場合には画像枚数に差は生じない。次のセンサ情報から撮影タイミングを決定する場合であるが、曇りと雨の場合には路面の凹凸などに差が無い場合、画像の枚数は大体同数である。しかし、雪の場合には積雪や路面の凍結により画像の枚数が約 2 倍になる。最後のセンサ情報と視聴者のリクエストから撮影タイミングを決定する場合であるが、曇りの際と雨の際で画像数を比較すると約 2.8 倍、曇りと雪の場合を比較すると約 4.5 倍となる。このことから、視聴者は天候や道路の状態が悪い場合に画像を要求することがわかる。

また、実験の最後に「運転時にどのような要素に気を付けるか?」という質問を行った。回答の結果を図 6 に示す。一番多かった回答として 18 名が天候と回答した。次点で 14 名が道路の構造、12 名が目的地までの距離、11 名が目的地までの所要時間と回答している。他の道路情報共有サービスでも天候情報を取り扱っているサービスは多く、道路情報と天候の親和性は高い。今回の実験で質問した被験者も運転をする際に天候を気にする被験者が大半であった。我々のシステムにおいてもスマートフォンの照度センサを用いて、外の明るさをもとに天候を判別し撮影タイミングの決定に利用しているが、具体的な天候は判別することはできず、視聴者は画像でしか放送地点の天候を知ることが出来ない。

#### 5.4 考察

評価実験から、仮説として挙げていた、道路の状況によって情報の需要が変化する、視聴者の主観から情報の需要が変化することに対する検証を実施した。

まず、道路の状況によって情報の需要が変化するのではないかという仮説について、今回の評価実験では、曇り、雨、雪と 3 種類の天候と、曇りの際には路面が乾いている、雨の際には路面が濡れている、雪の際には積雪や路面凍結で凹凸が激しいなどの異なる路面状態で実験を実施した。曇りの際には経過時間とほぼ比例する撮影画像の枚数であ

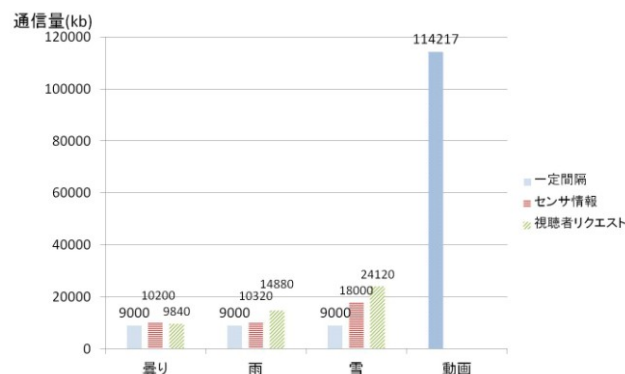


図 7 通信トラフィックの比較

Figure 7 Comparison of amount of data traffic

ったが、雨の際には一定間隔で撮影する場合とセンサ情報で撮影する場合は曇りの際とほぼ同じ撮影枚数だが、視聴者のリクエストによる撮影枚数が約 3.7 倍に増大した。また雪の際にはセンサ情報で撮影タイミングを決定する場合の時点で他の天候の約 2 倍の画像枚数となっている。

このような結果となった要因として雪が降ったことで道路への積雪や路面の凍結により凹凸が生じてしまい、悪い状態の道路だと判断されてしまうことが挙げられる。

今回の実験の様子から同じ道路を走行し、天候が悪ければ、一定間隔で撮影する場合よりもセンサ情報や視聴者のリクエストを用いて撮影タイミングを決定する場合の方が道路情報の量は多くなる。しかし、同じ道路状況や天候の際に視聴者リクエストを受け付けるようにした場合、多くの視聴者からリクエストが寄せられた。これはセンサ情報のみで決定した撮影タイミングでの放送では視聴者は満足できずに画像を要求するリクエストを出していたことが推測できる。

これらのことから、悪天候や路面の状態の良し悪しなどの状況によって道路情報の情報量が多くなり、視聴者のリクエストを撮影タイミングに反映させることで被験者が道路情報を把握できていることが分かる。

また、放送毎の通信トラフィックを比較した結果を図 7 に示す。天候が曇りの際にはどの手法を用いても 1 時間で 9000~10200kbbytes となった。しかし、雨の際には一定間隔で撮影する場合とセンサ情報を用いて撮影タイミングを決定する場合で差は生じなかったが、視聴者リクエストを用いる場合で 14880kbbytes と若干通信トラフィックが多くなった。また、雪の場合にはセンサ情報を用いる場合で 18000kbbytes、視聴者リクエストを用いる場合で 24120kbbytes と天候が悪くなるにつれて、通信トラフィックも増加している。センサ情報のみで撮影タイミングを決定する場合とセンサ情報と視聴者リクエストを利用して撮影タイミングを決定する場合を比較すると、約 30% 程度の通信トラフィックが増加している。図 4 の結果からセンサ情報のみで撮影タイミングを決定する場合には評価値の平均に届いていない。しかし、視聴者リクエストを反映させることで少量



の通信トラフィックが増加するとともに評価の値が向上した。また、これらの通信トラフィックが動画と比較してどの程度節約できているかを調べるために動画で放送した際の通信トラフィックを調べる。動画を放送する環境については静止画放送の際と同様で、動画を放送するアプリケーションとして Ustream を利用した。結果、動画で放送した際には約 114217kbytes となり、動画と比較して本システムは 80%程度まで通信トラフィックを節約することが可能となる。このことから動画と比較して通信トラフィックを 80%節約した静止画像による放送でも道路の状態を把握できているのではないかと考えられる。

## 6. おわりに

本稿では、既存の道路交通情報システムの課題を挙げ、問題点を考慮した道路情報共有システムの提案と実装を実施した。既存のシステムの課題として、タイムリー性の欠如、情報の取得方法が定型的、情報発信のためのツールが高コストという点が挙げられた。そこで、スマートフォンを用いた静止画インターネット放送システムを応用することで既存のシステムの課題の解決を図った。運転者自身の経験を基にした路面の情報を共有するためのシステムを提案した。情報の共有に放送という形態をとることでタイムリーな情報共有を可能とし、視聴者が放送者に対して質問できるようにしたことで柔軟な情報の取得が可能となる。また、スマートフォンのみで情報の発信を可能とすることで機器の一般化を図った。

さらに、視聴者が道路情報を把握しやすい撮影タイミングの検討を行い、アルゴリズムの考察を実施した。実装したアルゴリズムの評価実験として、実際の道路を走行した際の放送を被験者に視聴してもらい、道路の状態が把握できているかを回答してもらった。

評価実験の結果、路面の凹凸などの道路状態、天候などの要因から悪条件の道路において、視聴者の道路情報に対する需要が高くなった。また、撮影タイミングのアルゴリズムに視聴者のリクエストを反映させることで被験者は道路の状態を把握することが出来た。

今後の課題としてまずは、撮影タイミングのアルゴリズムの改良が挙げられる。今回の撮影タイミングのアルゴリズムでは視聴者が運転する際に重視する要因を含んでいないため、視聴者のニーズに応える撮影タイミングのアルゴリズムを検討する必要がある。

次に、放送者の負担について挙げられる。本システムでは運転中にスマートフォンを用いた放送を行うため、ドライバーが負担を感じてしまう可能性が挙げられる。そこで、システムの利用によりドライバーがどの程度の負担を感じるか、また負担を軽減する手法について検討を行う必要が生じる。

最後に、ビジネスモデルの検討が挙げられる。道路情報の網羅のために、放送者が継続的に参加しやすくなるビジネスモデルを考案することが考えられる。

## 参考文献

- 1) 国弘由比: ITS 産業の動向と発展に向けた課題, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム] 2008(25), 1-8,
- 2) 加藤由恵, 山根信二, 村山優子: 岩手の冬道における交通情報の需要と供給に関する考察, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム] 2003(114), 43-50
- 3) Kasun De Zoysa, Chamath Keppitiyagama, Gihan P. Seneviratne, W. W. A. T. Shihaan: A public transport system based sensor network for road surface condition monitoring, Proceedings of the 2007 workshop on Networked systems for developing regions, Article NO.9, 2007.
- 4) Katarina Elevant: Who wants to "share weather"? The impacts of off-line interactions on online behavior, In The 47th Hawaii International Conference on System Science (HICSS'14), pp.1884-1893(2014).
- 5) 横田孝義, 尾田至, 王文佳, 水田博明, 高田治: プローブカー情報を基にした道路交通情報の生成, 日立評論, 88, 8, 628-633, 2006.
- 6) 秦康範, 鈴木猛康, 下羅弘樹, 目黒公郎, 小玉乃理子: 新潟県中越沖地震における通れた道路マップの提供とプローブカー情報の減災利用実現に向けた課題と展望, 日本地震工学会論文集 第9巻2号, 148-159
- 7) 菅原 愛子: フローティングカーデータをを用いた安全・環境技術の開発, 電子情報通信学会誌 95(8), 712-717, 2012-08-01.
- 8) Yuki Nakano, Yoshia Saito, Yuko Murayama: A Proposal for a Still Picture Internet Broadcasting System with Dynamic Picture Quality Adjustment based on Audience Requests for Smartphone Broadcasters, Proc. of 1st IEEE Global Conference on Consumer Electronics, pp.360-364(2012)
- 9) 廣田夏輝, 中野裕貴, 齊藤義仰, 村山優子: スマートフォンを用いた視聴者用静止画インターネット放送システムの開発と評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2013)シンポジウム論文集, pp.1027-1038(2013)
- 10) Oskar Juhlin, Arvid Engstrom, and Erika Reponen: Mobile broadcasting: the whats and hows of live video as a social medium. In Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, Mobile- HCI'10, pp.35-44, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- 11) 太田恒平, 大重俊輔, 矢部努, 今井龍一, 井星雄貴: 携帯カーナビのプローブ交通情報を活用した道路交通分析, 土木計画学研究・講演集, 47, 2013-06
- 12) 野村智洋, 牧野友哉, 白石陽: 快適な運転支援のためのスマートフォンを用いた路面状況の推定手法の提案, 全国大会講演論文集 2013(1), 169-171, 2013-03-06
- 13) Red5: <http://www.red5.org/>
- 14) 製品概要 | 音声合成ソフトウェア「N2」 | 株式会社 KDDI 研究所: <http://www.kddilabs.jp/products/audio/n2ts/product.html>
- 15) 国土交通省道路局 ITS ホームページ 道路の走りやすさマップ: <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/index/indexRRMap.html>
- 16) SAFETY MAP【みんなでつくる安全マップ】: <http://safetymap.jp/>
- 17) MIKAWAP: [http://www.mcpc-jp.org/award2014/pdf/2014\\_14.pdf](http://www.mcpc-jp.org/award2014/pdf/2014_14.pdf)
- 18) EuroRAP :: European Road Assessment Programme :: Safer Roads Save Lives: <http://www.eurorap.org/>
- 19) SafeRoadMaps: <http://saferoadmaps.org/>
- 20) ドライブトラフィック : <http://www.drivetraffic.jp/map.html>
- 21) 日本道路交通情報センター | JARTIC : <http://www.jartic.or.jp/>
- 22) MDOT – Mi Drive : <http://mdotnetpublic.state.mi.us/drive/>