

I-12 救急走行阻害要因分析のための GPS・動画画像解析システムの開発と適用

Development of a Linkage System between Data on GPS and Video Image for Analysis of Obstructive Factors at Ambulance Driving

二神透¹・門脇玄治²・渡部正康³・木俣昇⁴・前川聡一⁵

Tohru FUTAGAMI, Genji KADOWAKI, and Masayasu WATANABE, Noboru KIMATA, Souichi MAEKAWA

抄録：著者らは、松山市の救急車の走行阻害要因を分析するために、救急車両へ GPS とビデオカメラを搭載し、1 秒毎の車両の走行軌跡ならびに周辺交通状況データ取得のパイロット実験を行っている。その結果を踏まえて、安定したデータ取得のためのシステムを提案し、約 4 か月強の期間、データ採取を行った。つぎに、走行阻害要因を解析するために、GPS データの速度分布の表示、速度低下箇所の動画データと呼び出し機能を持つシステム開発を行った。システムを適用した結果、交差点での走行阻害車両や、交通渋滞のため逆走する様子を、効率的かつ容易に確認することができた。

Abstract: In order to analyze the driving obstructive factor of the ambulance in Matsuyama, we carry GPS and a video camera to emergency vehicles, and are conducting the driving locus of the vehicles in every second, and the pilot experiment of circumference traffic situation data acquisition. Data extraction was tried about four or so months using the system for the stabilized data acquisition based on the experimental result. Next, in order to analyze a driving obstructive factor, systems development was performed to display speed distribution of GPS data and call up the video data of a speed fall part. As a result of applying a system, the driving obstructive vehicles in a traffic intersection and signs that it drove backward because of traffic congestion were able to be checked efficiently and easily.

キーワード：救急搬送阻害、GPS・動画採取システム、GPS・動画解析システム

Keywords：Emergency conveyance obstruction, GPS and video image collection system, GPS and video image analysis system

1. はじめに

救急医療の観点より、救急患者を一秒でも早く救急医療病院へ搬送することが救命率を上げることに繋がる。そのためには、救急走行を阻害する要因を抽出し、具体的な対策を講ずる必要がある。救急搬送の阻害に関する研究は、名古屋市を対象として小池等¹⁾によって行われているが、搬送経路が特定できない搬送記録データをベースに、ゾーン毎の分析に留まっている。一方で、救急車両ではないが、一般車の交通行動を把握するために、ドライバーに GPS 機能を有する携帯電話を所持、あるいは、携帯 GPS を車両に搭載する、プローブ調査を用いた交通行動研究が行われている²⁾。しかし、前者の GPS 機能付き携帯電話は、精度上の問題があり、道路網が密である場合、真の経路の推定のためのマップマッチングの処理が必要となる。また、後者の安価な携帯 GPS も、市街地のビル密集地帯での、マルチパスによる

誤った位置情報取得の問題がある。さらに、救急プローブに関する研究として、南部ら³⁾は、2008 年総務省消防庁において実施された、金沢市の 1 か月間の救急車プローブデータと一般車のプローブデータを用いて、マップマッチングを行い、昼間・夜間の両車両の走行特性を分析している。しかし、交差点間のリンク走行速度の分析であり、具体的な阻害の分析は行われていない。

上述した問題に対して、著者らは、救急車両の走行阻害要因を分析するためには、GPS によるプローブデータと、交通状況・阻害状況を動画画像として採取することにより、具体的な阻害要因を分析できると考えた。そのために、共同研究者の救急医療医師・前川の協力のもと、松山市の消防署長の許可を得て、救急車にビデオデバイス・携帯 GPS を装備し、パイロット実験を経て、データ採取システムを構成し、4 か月半強の間、救急車の実走行データを松山市で採取した。データ採取システムの特徴は、高画質の動

1：正会員 学博 愛媛大学 准教授 総合情報メディアセンター
(〒790-8577 松山市文教町3, Tel :089-927-9837, E-mail : futagami@dpc.ehime-u.ac.jp)
2：学生員 学士 愛媛大学理工学研究科環境建設工学専攻
3：非会員 学士 愛媛大学環境建設工学技術職員
4：正会員 工博 金沢大学名誉教授
5：非会員 医博 愛媛大学医学部非常勤講師

画データと、精度の高いGPSデータを、長期間にわたって連続して取得できる点にある。すなわち、出動から搬送完了までの一連のデータを持続的に収集・分析することにより、可能な手はすべて打つことが、救急救命において命を救うことにつながると考えているからである。つぎに、採取したGPSデータと、動画データとの連携化による速度低下個所の自動表示システムを開発し、効率的に障害要因を抽出するとともに、今後、走行再現シミュレーションの基礎データとして活用する。最後にシステムを適用し、種々の障害要因を明らかにするとともに今後の課題を整理した。

2. 救急走行のデータ採取システムの整備

(1) 松山市でのパイロット実験と課題整理

2008年1月に、前川医師と松山市南消防署を訪れ、松山市南消防署長に研究目的を説明し、パイロット時間として12日間、救急車両出動のGPS・動画データの採取をお願いし、快諾を得た。著者らは、救急業務の支障とならず簡便にデータを採取するために、電池式の小型ビデオカメラ(SDカード2G)をサンバイザーに固定し、GPS(GARMIN社製のGPS2台:Foretrex101,Map60CSx)をダッシュボードに固定し、電池駆動方式で、動画・GPSデータを採取した。ただし、電池駆動のため、小型カメラは、約8時間、GPSは、約10時間の駆動時間となる。そのため、毎朝消防署を訪れ、電池を交換するとともにデータカードを採取した。GPSを2台用いたのは、それぞれのGPSデバイスの精度を確認するためである。GPS軌跡の時間間隔は、詳細な軌跡を取得するため1秒に設定した。

パイロット実験の結果、GPSデータが30件、動画データが4件得られた。しかし、12日間のパイロット実験にも関わらず、データ数が少なかった理由は、大学から約8km離れた南消防署に朝伺っても、救急車両が救急業務に出払っていたり、電池駆動のため夜間の救急搬送データが取れなかった等の理由による。しかし、数少ない救急車両の動的なGPS・動画データから、駆け付け搬送時間、交差点での信号現示と通過時間、一般車の避讓行動等の様子を確認することができた。

2台のGPSデバイス精度の比較では、待機時の救急車は、消防署車庫に入っているため、出動するまでGPSの位置は特定できてない。それぞれのデバイスの走行軌跡を視覚化すると、GARMIN Foretrex101は、出動時から、衛星による位置情報を取得するまでの時間がかかるため、出動から3分程度の走行軌跡が取れていない。さらに、沿道建物が高層ビルに囲まれた箇所は、大きく精度が低下して、軌跡が飛ぶ箇所が見られた。このことは、GARMIN Foretrexを用いる場合には、マ

ップマッチングの処理を施す必要があることを示唆している。一方、高精度GPSチップを搭載しているGARMIN Map60CSxの場合、出動から瞬時に位置情報を取得しており、走行軌跡も道路マップにピッタリと重なっていた。

このパイロット実験より得られた課題は、救急業務に支障の出ないように、連続して安定したGPS・動画データを取得可能なシステムの提案である。

(2) GPS・動画取得システムの提案と本実験

前節で得られたパイロット実験の課題は、安定した長期間のGPSデータ、動画データ取得システムである。最近、GPS内蔵型ドライブレコーダが市販されているが、メモリカードによるデータ保存のため、動画を保存すると、数時間から10時間程度が限度となり、著者らがパイロット段階で行使したシステムとさほど変わりはない。そこで、安定した長期間のデータを採取するために、救急車両内のAC電源に着目し、電池駆動方式からAC電源による電源供給とPCのハードディスクへの動画データ保存によるシステム構成を試みた。具体的には、パイロット実験で使用した小型カメラは、電池駆動でしか動作しないため、Webカメラによる動画データの収集を行うこととし、データ

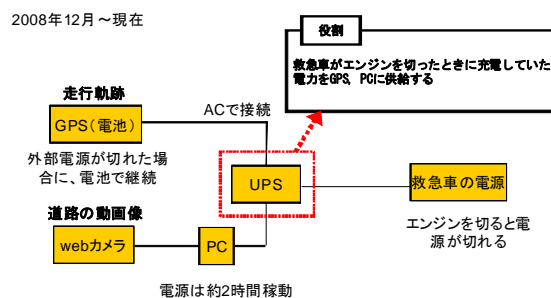


図-1 Webカメラ・PC・UPS・AC電源による機器構成

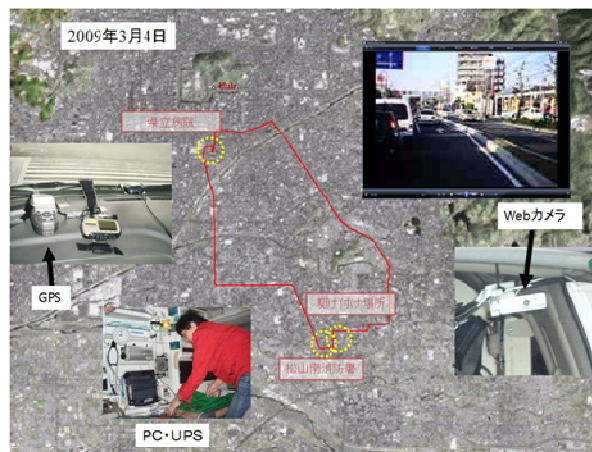


図-2 救急車両の機器実装ならびに走行軌跡・動画

をネットブック PC の外付けハードディスク (30GB) に保存する。GPS データは、精度の高い GARMIN Map60CSx を用い、12V の車載電源プラグを、AC 電源変換プラグに取り付け、救急車内の AC 電源から、PC と同様に電源を取れるようにした。この理由は、AC 電源と、各種機器との間に無停電装置を介することにより、エンジン停止による電源供給停止の負荷を抑制するためである。電源供給停止とは、病院到着後のエンジン停止による待機を意味する。

図-1 は、著者らが構成した、機器の構成図である。上述したように、救急車は病院での待機時間はエンジンを停止するため、PC は約 2 時間、GPS は、約 8 時間までの電源供給停止に耐えうるようになっている。GPS デバイスには、2GB のマイクロ SD カードにデータを格納するため、1 秒毎のデータは、連続で 6 カ月強保存できる。一方、動画は、フリーソフト「Debut Video Capture Software」を用いて 2 時間毎に 1 つの AVI ファイルを連続保存可能で、一日のデータ量は約 3GB であるため、約 10 日間のデータが保存可能である。

図-2 は、GPS で採取した駆け付け・搬送・帰署データを、GPS 可視化フリーソフトウェアであるカシミール上への表示事例と、新システムの救急車両への実装風景である。この図より、500 万画素の Web カメラによる鮮明な画像ならびに、連続的な赤い救急車両の走行軌跡が取得できていることが理解できよう。

(3) 得られたデータの特徴と課題

本実験の期間は、2008 年 12 月 11 日から 2009 年 4 月 30 までの 139 日である。ただし、全ての走行データが取得できたわけではない。その理由は、

- 1) 長時間の待機による PC 電池切れによる画像データの欠損
- 2) 帰署時の救急車への外部 AC 接続コードの不良による、GPS・PC 電池切れによる欠損
- 3) 救急隊員が、コードを引っかけ、電源停止・Web カメラ USB コードの切断等により、データが欠損

結局、得られたデータは、GPS:462 件、動画:334 件、GPS データと動画データが対となっているデータは、321 件であった。得られたデータは、救急車両の実走行に関する走行動態・道路状況・交通状況を記録したものであり、救急搬送阻害要因を分析するための貴重なシステムデータである。そのための第一ステップとして、GPS データと動画データを同時に再生するシステムの開発が必要となる。具体的には、GPS 画像の速度走行軌跡の動的表示と動画データの同期再生システム機能を持つ解析システムの開発である。

3. GPS・動画解析システムの開発

(1) システム設計と事前処理

救急走行阻害要因を分析するためには、GPS 軌跡だけでは判別し難い走行中の経路状況や、搭乗者視点のビデオだけでは確認できない位置情報などを同期表示することが基本となる。GPS 軌跡を用いれば、一秒間の移動区間の速度を算定できるため、救急車の走行速度を色の分布で表示することが可能である。さらに、速度停止といった地点滞在時間を円の大小で記述することにより、阻害の程度も確認できる。これらを踏まえて以下の機能を有するシステム設計を考えた。

【要求機能】

- 1) 地図上に GPS 軌跡を表示
- 2) 同時刻の動画を GPS に同期して表示
- 3) 軌跡の走行速度の可視化および特徴点の強調表示
- 4) 地図・GPS 現在位置のどちらを固定するか選択可
- 5) 車載ビデオ画像の時刻を修正する

【課題と解決策】

- 1) GPS 時刻とビデオ時刻とが再生中にずれる。
(処理優先度・再生負荷などにより実時間 1 秒≠ビデオ時間 1 秒≠GPS 再生時間 1 秒)
解決方法：GPS 時刻と一致するビデオ時刻を逐次引っ張ってくる、またはその逆の方法で同期する。
- 2) ビデオファイルの撮影年月日時刻を厳密に一致させることが難しい。
(取得媒体および編集時の時刻誤差等による。撮影時刻はファイル名の一部に記載)
解決方法：再生中に時刻補正 (前後三十秒程度) を逐次設定可能とする。
- 3) 同一経路を往復等複数回走行時に軌跡表示が煩雑になる。
解決方法：進行方向 5 分、後方 2 分程度の範囲を強調、それ以外を薄く表示するモードを用意する。
- 4) ビデオ時刻修正のためのシステム開発。
(ビデオ撮影したデバイスの時刻が正確でないため)
解決方法：
(a) システム上で GPS データと比較して各ビデオファイルの時刻誤差を確定
(b) 時刻誤差を出力し、ビデオ時刻修正のための資料とする。

【使用ファイル】

地図読み込み 種類：① 国土地理院数値地図 CD-ROM 25000 空間データ基盤 (道路部分ベクトルデータ)、
② 基盤地図情報 国土地理院、
HP <http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>
(道路輪郭部分を使用)
GPS 読み込み (カシミールを用いて、1 件毎のデータに分割)、種類：CSV ファイル (年月日時分秒、緯度、経度)
動画読み込み (Adobe Premier を用いて、1 件毎のデータに分割)、種類：WMV 等 Win メディア・プレーヤーで再生



図-3 GPS・動画解析システムの基本構成



図-5 救急車走行軌跡描画面

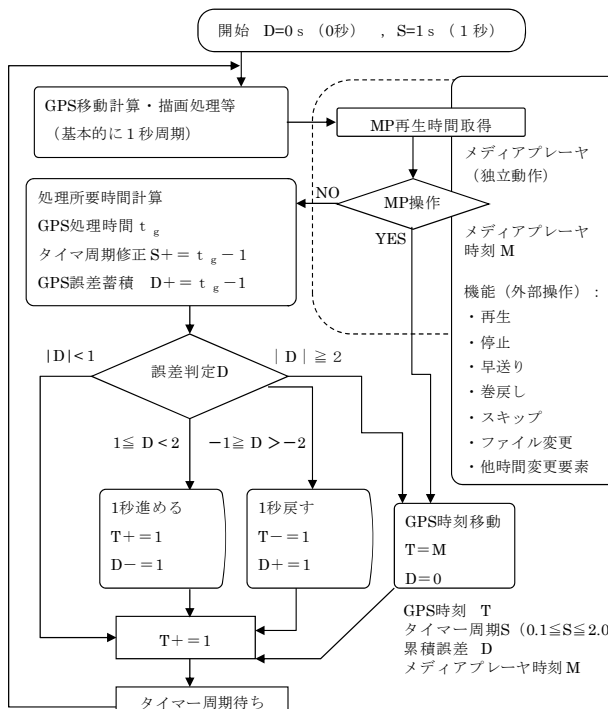


図-4 GPS・動画再生同期アルゴリズム

可能なもの(開始日時をファイル名に記載)

【データの管理】

松山市の道路地図読み込み (MAP フォルダに対象地域の①、②ファイルを保存)

GPS 読み込み (Ambulance_GPS フォルダに保存)

動画読み込み (Ambulance_VIDEO フォルダに保存)

部分分析データの選択 (日付、トリップ毎に選択可能)

(2) システム開発

システム開発は、Microsoft Visual C# 2005 を用いて行った。図-3は、開発したシステムの基本構成画

面である。①は、上述した松山市の地図データ(道路部分・道路輪郭部分)の表示画面である。②は、動画の再生画面である。③は、後述する、GPS データ、動画データの解析用各種コマンド画面である。(1)の【課題と解決】で述べた、GPS 時刻とビデオ時刻については、図-4のアルゴリズムを用いて対応している。

動画の再生には Windows メディア・プレイヤー API を組み込んで利用している。動画の再生スピードを基準として、対応する GPS の再生タイミングを逐次修正することで自然な同期再生を図っている。可変タイミングのタイマー関数を用いて、GPS 時間を1秒進めた際のビデオの進行時間の差分を求め、タイミングを修正するとともに誤差を蓄積する。PC の処理落ちなどによって累積誤差が1秒以上2秒未満となった場合には1秒分スキップし倍速相当の動作とする。また誤差が2秒以上3秒未満蓄積した場合、同様に3倍速相当の動作補正を行う。これらの方式により、継続的な同期再生を行う。ただし、毎周期3秒以上の誤差が発生する場合には、スムーズな位置比較は困難と判定し、対応する時刻の GPS 位置へ検索し移動するとともに、誤差をリセットする。

つぎに、図-3の開発システム基本構成画面の説明を行う。図-5は、図-3の①の、GPS 軌跡描画面である。

図中の色のついた軌跡は、救急車の走行軌跡であり、図中心部分の赤い矢印①が、救急車の現在位置と進行方向を表し、図-4のアルゴリズムに従い、動的に描画される。軌跡の色の違いは、走行速度の分布を表しており、以下の階級値を表示している。

| | |
|-----------|---|
| 0~10km/h | 青 |
| 10~20km/h | 緑 |
| 20~30km/h | 黄 |
| 30~40km/h | 橙 |
| 40km/h~ | 赤 |



図-6 動画再生画面(メディア・プレイヤー機能)

例えば、②の黄色は、20~30km の速度を表している。同様に、図中の道路上③~⑥の丸は、救急車が停止した時間を色の濃淡で表している。ちなみに、図-5 の③~⑤に示す淡い赤丸の部分は、交差点赤信号に伴う停止であり、図中右下の濃い赤丸⑥は、現場駆付けと救急車両への患者搬入のための長時間の停止を表している。

図-6は、動画再生画面である。この画面は、Microsoft メディア・プレイヤーの機能と同じであり、再生・

停止・早送り・巻き戻しの操作を行う。

図-7は、GPS と動画の初期位置を合わせ、再生するための諸機能を示す。同画像のファイル名は、西暦年月日時間分秒の名前を付けている。この動画ファイル名をコンボボックスから選択すれば、対応する GPS のファイルを検索し同期再生する。また、反対に画面真中央の GPS コンボボックスからトリップを選択すると、対応する動画のファイルを検索し同期再生を行う。また、作業中に発信・停止・右左折などのタイミングに違和感があった場合、時刻修正(秒)の右にあるコンボボックスを用いて、GPS に対する動画の時刻を補正することができる。画面中央下の GPS トラックバーは、動画同様に再生中 GPS トリップの開始時刻から終了時刻までの区間を示しており、任意の時刻点をリニアに選択できる。GPS の軌跡を任意の位置に進めるとともに、下側の同期ボタンを用いて、GPS 画像と動画座標の同期を行っている。画面下右側は、軌跡表示に関する項目で、中央固定を選択すると、画面の中央に救急車の現在位置が移動し、地図画面がスクロールする。周囲強調を選択すると、現在位置の 20 秒前後の GPS 速度データが太い線で強調される。

救急車の搬送・帰路には幹線道路を走行することが多いため、全走行経路を一律に表示してしまうと往路・復路

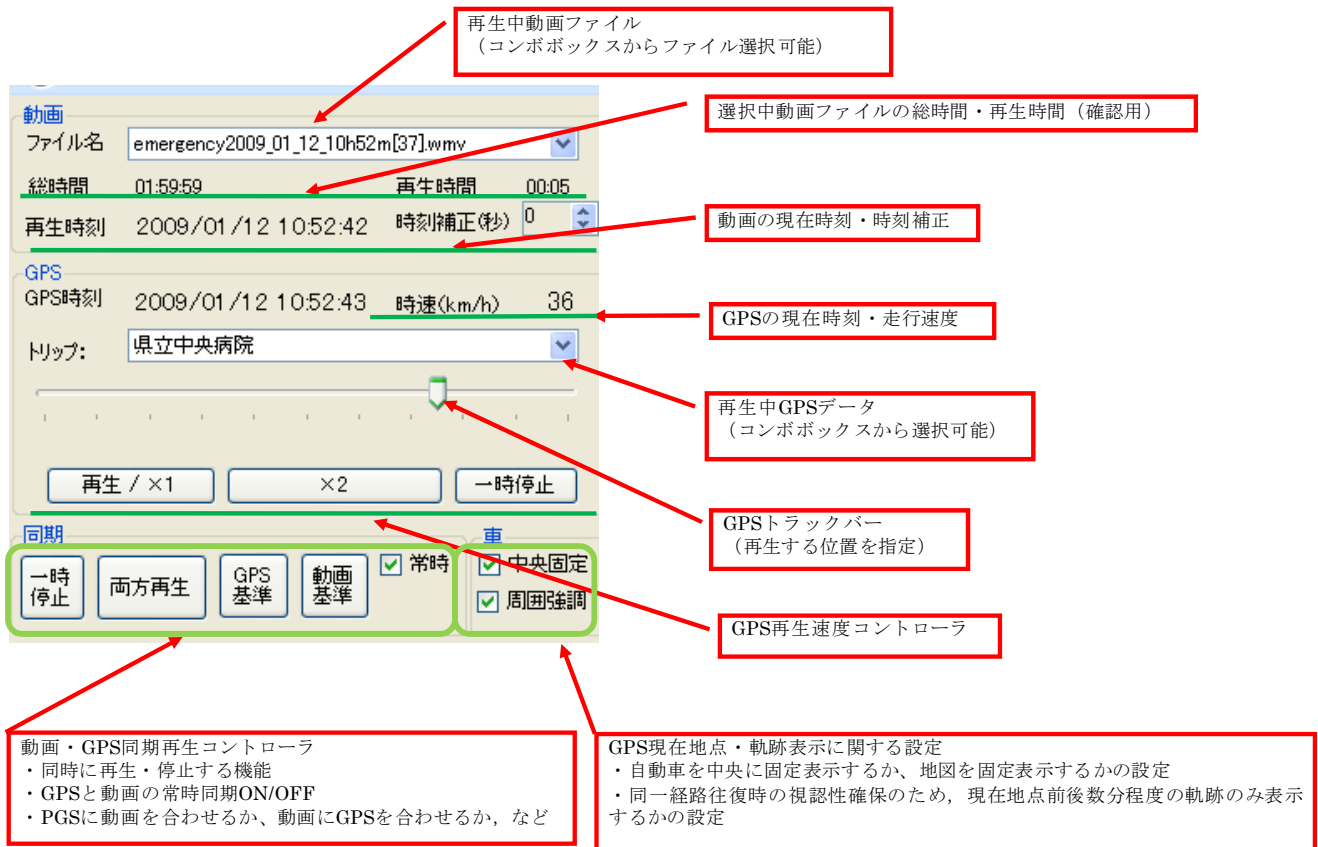


図-7 GPS 軌跡と動画データに関する操作画面

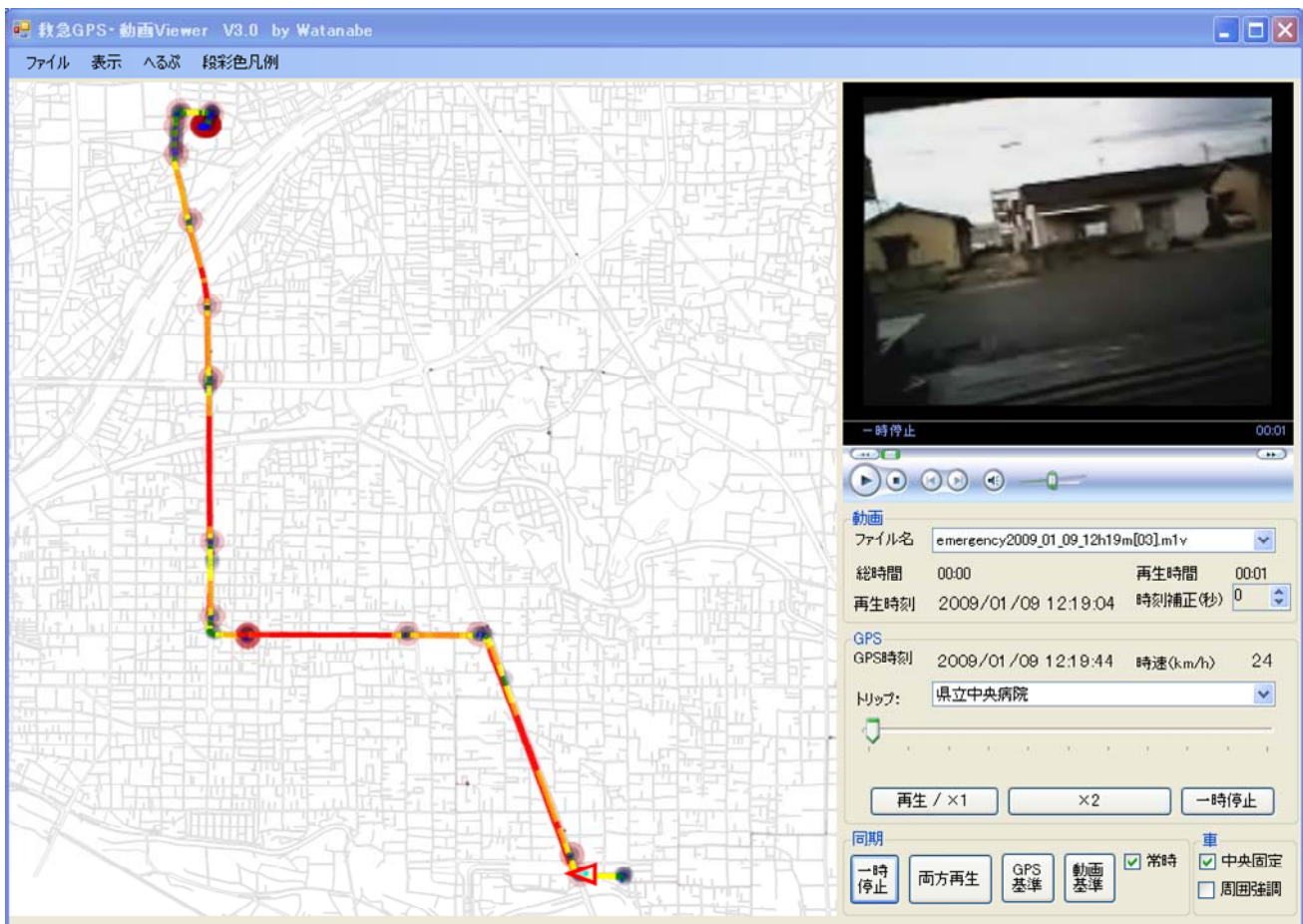


図-8 道路基盤データ・GPS データ・動画像データの読み込み

の表示が重複してしまい非常に視認し難くなる。

これに対応するため、現在位置の前方5分、後方2分の領域以外を薄く表示する機能を設けている。

対象地域全域の確認、往復全経路の表示などのズームアウト時には、地図を固定し、その上を車輛現在位置が移動する形式を用いると観測しやすい。反対に、ズームアップして車線移動や交差点内での詳細な挙動を観測するなどの際には、地図を固定するとごく短時間で車輛位置が画面外に移動してしまい観測に支障がある。これは、画面中央に車輛位置を表示し、地図の方を移動する形式の方が観測しやすいため、用途に応じてこの二種類を選択できる機能を設けている。

上述したように、開発したシステムの特徴は、GPS データから速度を算定して視覚的に表示するとともに、速度低下あるいは停止場所を瞬時に把握し、各種コマンドツールを用いて対応する動画像データを呼び出し、阻害要因を確認できる点にある。

4. 適用事例と課題の整理

実験で得られた、シーケンスな GPS データは、カシ米尔上に表示し、消防署から出動、駆け付け、搬送、

帰署の一連のデータを csv ファイル形式で保存している。一方、動画像データは、2 時間毎に西暦日時時間分秒の名前で、wmv 形式で離散的に保存されているため、Adobe Premier を用いて、上述した救急車の一連のプロセス毎に編集し保存している。

図-8 は、開発したシステムを用いて、国土地理院の松山市基盤地図情報より道路データをダウンロードしたものを、画面左に読み込み表示している。つぎに、画面右のトリップに表示されているように県立病院に搬送した GPS データを選び、基盤地図上に表示している。救急車は、画面下側の三角の赤い印が示すように、南消防署の車庫の中で待機している。GPS データを読み込むと同時に、GPS データの初期時間に対応した、動画像ファイルが自動的に読み込まれる。GPS データに対応する画像は、図右上にあるように、車庫内から消防署前の道路を映している。図-8 の、GPS の軌跡より、長時間の停止を表す赤い○は、画面左中央下と、画面左上の2箇所である。前者が、駆け付け場所で、後者が搬送した救急病院であることが分かる。さらに、淡い赤の丸印が、交差点に点在していることが分かる。すなわち、交差点内で一時停止していることが分かる。一方、道路上で赤い直線箇所は、速度 40km 以上で走行

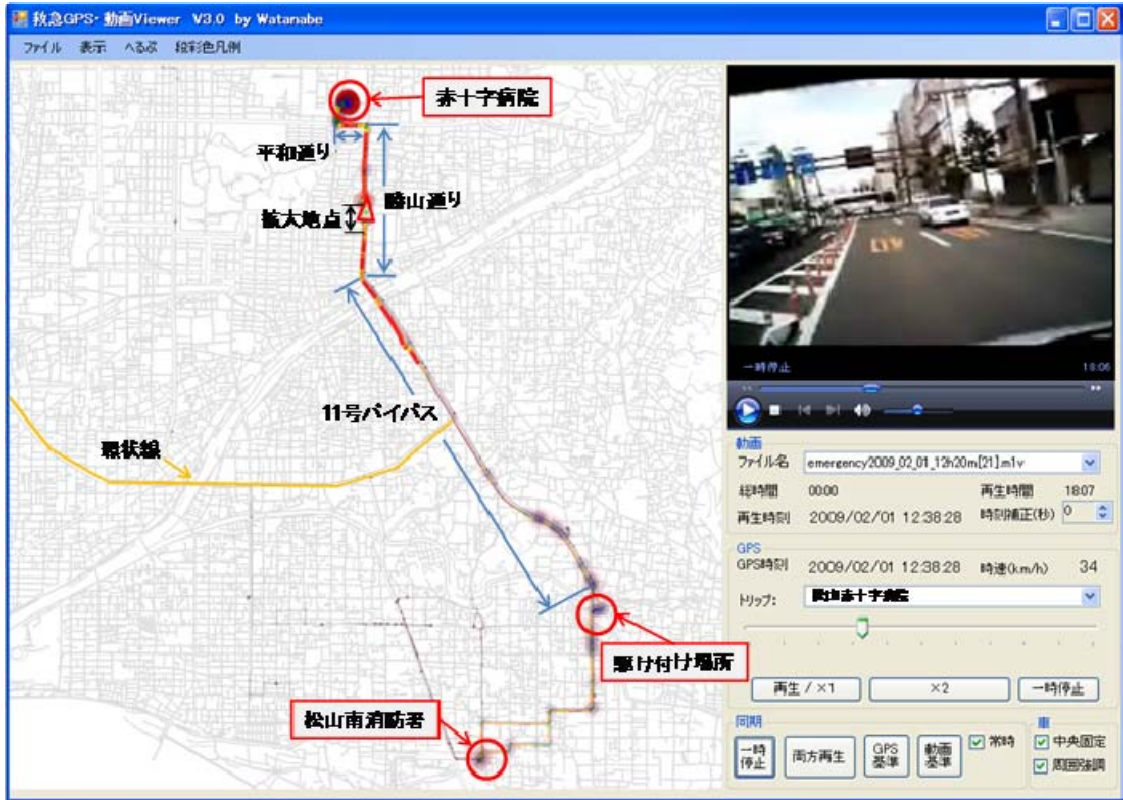


図-9 交通渋滞による逆走(日赤病院)

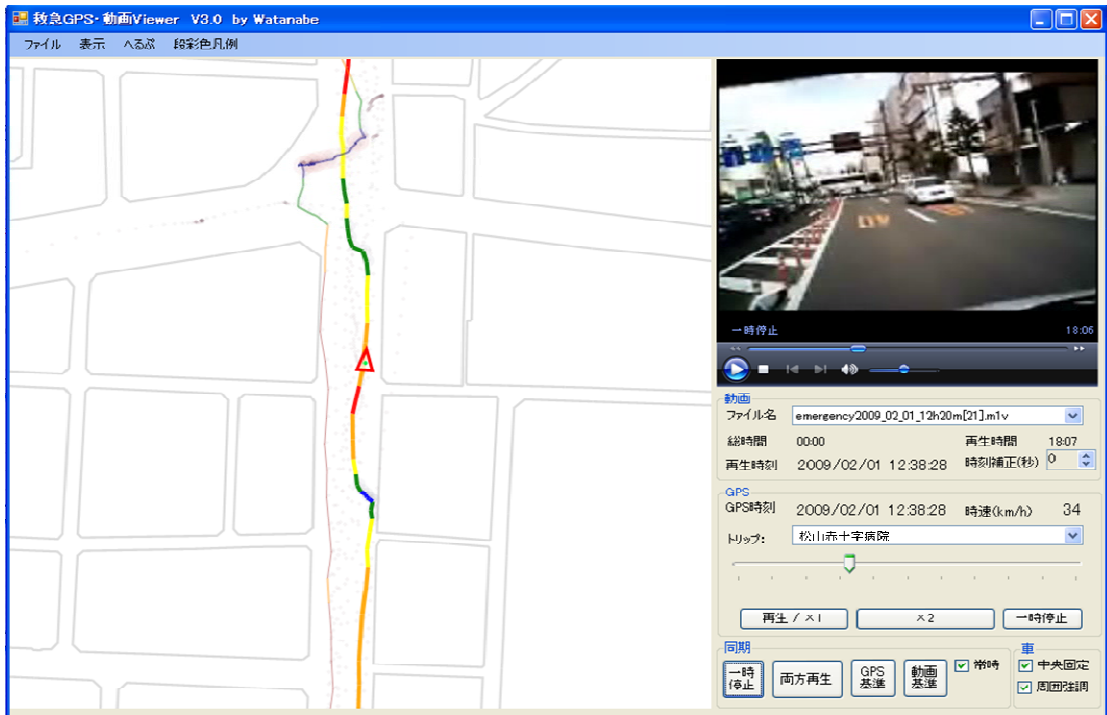


図-10 交通渋滞による逆走詳細画面(日赤病院)

していることが分かる。同様に、緑、青の部分は、速度が低下していることが分かる。

以上のように、開発システムを用いれば、GPS デー

タより、走行阻害箇所あるいは、停止箇所が一目瞭然であり、3. で述べた、GPSトラックバーを用いて、速度低下あるいは、停止箇所の状況をビデオ画像で瞬時に確認するこ

とができる。

以下、特徴的な阻害事例を示す。図-9は、松山市南消防署から、住宅街の道路を通過して、国道11号バイパスとの交差点で搬入を行っていることが分かる。その後、国道11号バイパスを抜けて、勝山通りを直進し、図上の日赤病院へ搬送する事例である。主に、国道11号バイパスから勝山通りにおいては赤くなっているため、高速で走行していることが分かるが、勝山通りを走行中に丸印が点在する。そこで、GPSトラッカーを用いて、勝山通りの一部を拡大したものが、図-10である。図-9, 10より、速度が赤(40km以上)から青(10km以下)へと減速しており、動画像より走行車線が渋滞しているのが分かる。この道路において救急車は、交差点待ちの一般車両による渋滞を回避するため、反対車線を逆走していることが動画像から分かる。

以上のように、開発したシステムを用いることにより、救急車実走行の詳細な軌跡、また、各地点における道路状況の動画像を見ることにより、容易に阻害状況を確認することができた。

今後の課題としては、救急走行の一連のプロセスである、駆け付け、現場処置時間、搬送時間、帰署時間等の時間データの表示や、道路リンク、交差点の阻害要因分析を行うために、以下のシステム要件が必要と考えている。

- 1) 指定した道路区間の搬送モード(駆け付け、搬送、帰署)と所要時間をシステム上に表示する。
- 2) 指定した走行速度の階級値区間(GPS)のみ表示する。また、その区間における動画像を部分的に再生する。
- 3) カーソルを合わせたときに、システムの地図上に、地点情報(交差点名など)を表示する。
- 4) 一時的に、または長時間停止した場合、その時間を地点上に表示する。

以上の要件を整備し、一連のプロセスにおける阻害要因を分析し、速度低下個所データによる走行再現シミュレーション⁴⁾を実施し、所要時間の改善策を提案したいと考えている。

5. おわりに

本稿では、救急車の走行阻害要因を分析するために、パイロット実験として、松山市南消防署の救急車に、携帯GPSと小型ビデオカメラを装備し、GPSデータ動画像データを採取した。その結果、高性能GPSチップを搭載したデバイスを用いれば、分析上十分な走行データを採取可能であることが明らかになった。さらに、Webカメラ、ノートブックPC、外付けハードディスク、UPSからなるデータ採取システムを構成し、安定した

持続可能なデータ収集の提案と、実データの採取を試みた。その結果、約4カ月強の期間で、321対のGPS・動画像データを採取することができた。今後、全てのデータを用いて、道路リンク・交差点毎の阻害特性(避讓行動、渋滞、信号現示と通過時間)の分析を行いたいと考えている。さらに、救急車の走行モデルを、ペトリネットで記述し、実データとの比較分析を行うことにより、走行阻害モデルを構築し、阻害の解除といった具体の対策の提案と、走行時間の信頼性について検討したいと考えている。

本研究で提案したGPS・動画像データ採取システムは、簡便ではあるが、消防署の許可があれば他地域でも持続的にデータが採取できる。さらに、開発したGPSとビデオの連携化システムを用いれば、速度低下個所の自動収集と動画像による阻害抽出が可能となる。今後、採取したデータを搬送モード毎にデータベース化し、複数のデータを同時に再現することによって、リンク・交差点別に阻害要因の抽出を行っていきたいと考えている。

最後に、貴重なデータ収集にご協力頂いた、松山南消防署長竹村様、救急医療医師前川様、救急搬送士の方々に、心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小池則満、秀島栄三、山本幸司:地域特性と救急車の走行速度に関する分析—名古屋市を事例として—、地域学研究(第30巻1号),pp.127~140, 1999.
- 2) 堀口良太、長岡亨、畑成年:GPS携帯電話による大規模パーソンプローブ調査のためのトリップ情報抽出手法に関する研究、土木計画学研究・講演集(CD-ROM)Vol.33, 2006.
- 3) 南部繁樹、吉田傑、赤羽弘和:プローブデータの分析に基づく救急車への緊急走行支援方策の検討、IATSS Review, Vol.34, No.3, pp.55-62, 2009.
- 4) 南部佳郎、木俣昇、二神透:救急車両の地震時広域出動シナリオのペトリネットシミュレーション開発、土木計画学研究・講演集(CD-ROM) Vol.36, 2007.

(2010. 5. 18 受付)