

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K04657

研究課題名（和文）プローブカー情報とヘリコプター情報の統合による大規模災害時道路情報把握システム

研究課題名（英文）Road traffic information grasping system for large scale disasters using probe car and helicopter information

研究代表者

佐治 斉 (Saji, Hitoshi)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：10283334

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、大規模災害時における迅速・安全な救助活動に寄与することを目標にしたものである。災害後の広域状況把握のために、多くの消防防災組織や警察組織などが所有しているヘリコプターから撮影された上空映像やデジタル地図情報と、多くの自動車メーカーが所有しているプローブカー情報の統合利用を検討した。そして、それぞれの情報の時間的・空間的特徴に基づく新たな情報解析手法により、広域道路上の車両通行情報と、道路周辺の環境情報の自動把握が可能となるシステムを考案し、試作プログラムを実装した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

消防防災に関わる国内外の研究として、空撮映像や車両の通行情報などの一時的な局所情報を活用することで、救助活動に役立てることを目標とするものが多い。しかし、大規模災害時の救助活動においては、道路上の交通流の常時監視と、道路周辺の被災状況といった、連続時間で広域情報の把握が必要となる。本研究では、上空映像と車両動体情報という時間的・空間的特徴の異なる複数の情報を統合活用することで、大規模災害時の救助活動に必要な多くの情報を正確・迅速に生成することを可能とするものであり、これまでの防災に関わる研究とは学術的にも社会的にも異なるものである。

研究成果の概要（英文）：The goal of this research is to contribute to rapid and safe rescue operations in the event of a large-scale disaster. In order to understand the situation in a wide area after a disaster, we examined the integrated use of aerial images and digital map information taken from helicopters owned by many firefighting and disaster prevention organizations and police organizations, as well as probe car information owned by many automobile manufacturers. A new information analysis method based on the temporal and spatial characteristics of the information was used to devise and implement a prototype program that enables the automatic identification of vehicle traffic information on wide-area roads and environmental information around roads.

研究分野：画像処理

キーワード：画像処理 交通情報

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

風水害や地震災害などの大規模な自然災害時に、被災地周辺の道路交通情報を把握することは、各種車両の通行路や、被災者の避難経路を確保するために重要である。近年は、道路に設置された交通観測機器のみに依存しない、車両に搭載した機器から得られる車両動体情報（プローブカー情報）や、衛星画像などの上空画像情報を活用した研究がなされるようになってきた。しかし、プローブカーからは、走行車両の連続時間情報が得られるが、車両が通行していない道路区間や道路の外部における危険箇所の情報把握が困難である。一方、人工衛星からは、空間的に広域な情報を一括して得ることができるが、衛星の軌道や気象の影響により、機体からの撮影時間が極めて短い時間に限られているため、長時間かつ連続時間での被災地周辺の道路交通情報の収集は困難である。また、撮影時間間隔が長く、該当地域を撮影した映像を地上で入手するまでに時間がかかる。いずれの情報にも時空間的に異なる利害得失があり、個々の情報のみでは、道路交通情報を把握し、災害直後の救助活動等に有益な情報を生成することは困難である。

以上を踏まえ、本研究では両情報を統合して解析する手法を活用するが、広域情報を得るための上空画像として、機動性の高いヘリコプターで撮影された映像を活用することとした。

### 2. 研究の目的

本研究では、全国の数多くの消防防災組織や警察組織等がすでに所有しており撮影時間の制約が少ないヘリコプターから撮影された映像と、多くの自動車メーカーが所有しているプローブカー情報、および対象地域のデジタル地図を活用する手法を提案する。具体的には、それぞれの情報の時間的・空間的特徴に基づいた情報統合・情報抽出手法を考案し、大規模災害時直後における広域道路情報および道路周辺情報の詳細な自動把握が可能となるシステムを構築し、災害時における迅速・安全な救助活動に寄与することを目指す。

### 3. 研究の方法

本研究は、情報科学、交通工学、画像処理工学、航空工学、及び消防防災科学の知識を結集し、消防庁の協力のもと、交通管理と災害救助に関する知識と経験を踏まえ、新たな道路情報把握手法の提案とシステム構築を目的とするものである。なお、手法検討やシステム設計をはじめ研究全体の統括は代表者の佐治が行い、システム構築や実験補助に佐治研究室員が協力する。研究分担者の田村（消防庁消防研究センター）は、消防防災科学の専門家の立場から災害後の救助活動に有効な情報解析方法について検討し実験評価も行う。具体的な計画を示す。

1. 手法全体の検討と試作システムの設計（担当 研究参画者全員）
2. 複数情報自動統合処理の検討と実験・評価（担当 佐治、佐治研究室員）
3. 変動情報自動抽出処理の検討（担当 佐治、佐治研究室員）
4. 道路領域内外処理の検討（担当 佐治、佐治研究室員）
5. 道路区間判別処理の検討と実験・評価（担当 佐治、田村、佐治研究室員）
6. 社会応用の検討（担当 佐治、田村）

#### 4 . 研究成果

研究期間中に新型コロナウイルスの影響を受け、研究全体の進捗が大幅に遅れたが、想定していた研究計画を着実に進め成果を得た。

最初に、提案手法全体に関する方針検討と、試作システム作成のための準備・検討を行った。特に、社会での応用の観点から、地元の市役所や消防局などの意見を踏まえ、システムを構築するために必要となる計算機環境（ハードウェア・ソフトウェア）と、ヘリコプター映像の特徴や問題点、さらに利用のために出力すべき情報や解析に費やせる時間などを詳細に検討した。ハードウェアとしては一般的な市販のパソコンを想定し、ソフトウェアとしても一般的な市販の物を利用することで、どこでも広く活用できるシステムを目指すこととした。

次に、災害時に撮影されたヘリコプター映像とデジタル地図、および、プローブカー情報を統合する手法を検討した。ここでは、ヘリコプターに設置されているカメラだけでなく、手持ちのカメラから撮影された斜め映像も解析対象とした。そして、ヘリコプターの位置情報と映像情報に基づき、自動的に映像と地図、およびプローブ情報を位置合わせする手法を考案した。プローブ情報と地図は既存ソフトウェアで位置合わせすることとし、ヘリコプター映像と地図は、画像処理手法にもとづき位置合わせすることとした。特にヘリコプターからの撮影では、カメラの撮影角度などの撮影環境が時々刻々と変化し、さらに、建物や道路の分布状況や高度の違いによる地表面の状況変化により、位置合わせの精度がかなり低下する。そのため、地図との位置合わせに有用となる初期フレームをヘリコプター映像内から選択する処理を、画像内の明るさや色の特徴変化に基づいて行い、位置合わせの精度を向上させる手法を考案した。次に、実際のヘリコプターの撮影角度や高度の変化に対応しつつ、データの位置合わせを連続的に実現する手法を検討した。具体的には、位置合わせ処理を、画像の射影変換による大局的処理と画像の非剛体変形による局所的処理に分け、位置と時間をずらして撮影された複数の画像を比較し画像データの差分値を活用することで、地形や建物の高低差により生じる位置合わせ誤差に対応した。以上の手法を考案した上プログラムとして試作し、実データを用いた実験と評価を行った。情報の位置合わせ誤差として、消防車等が通行可能で救助活動に有効な道路幅（想定は6m）以下となることを目標としたが、おおむね達成できたことを目視で確認した。なおヘリコプター映像や地図情報は、研究代表者の組織が所有しているものを活用した。

次に、統合処理により構築された基盤情報から、映像内の変動情報を抽出する手法を考案し、試作プログラムを作成した。なお、ここでの変動情報としては、道路上の車両、建物のがれきや土砂、水域等を抽出対象とし、画像内の色情報やエッジ情報、およびテクスチャ情報等を用いた画像解析結果と、数値標高モデルを用いた地形解析結果を統合することで、より高精度に情報を抽出する手法を考案した。また、災害によって変化が生じた領域として、道路内だけでなく道路外の建物や山地等からも抽出する手法を検討し、様々な災害に対応することを目標に研究を進めた。

前記の変動情報抽出処理により、道路内外の情報抽出が可能となるが、道路領域内での処理精度を上げるため、上空から地表面に対して斜めに撮影された道路および道路周辺を含む広域撮影画像から、道路領域のみを検出する手法を考案した。具体的には、撮影された動画の撮影角度や撮影位置の時間変化を利用し、特徴量マッチングによるフレーム間位置合わせとフレーム間統合処理を組み合わせた。そして、建築物や地形等による画像内のオクルージョンや陰影をはじめとした雑音の影響を低減し、さらに、ネットワーク構造にもとづく学習手法を活用して道路領域を検出した。次に、道路周辺の山間部や平野部における土砂崩れ箇所や水没箇所

を、上空画像とデジタル地図、および数値標高データを統合して解析する手法も考案した。具体的には、上空画像内の色情報やテクスチャ情報から、植生領域や土砂領域、河川領域や浸水領域などの水領域、および、建築物や道路等の人工物領域等を検出する。また、数値標高データから得られる地形の高低差情報や傾斜情報により、地形的に土砂崩れや水没の可能性のある領域か、平地部で土砂崩れや水没の可能性が少ない領域かを詳細に判定する。さらに、デジタル地図内の様々な情報を統合することで、土砂崩れや浸水により実際に被災した領域かどうかを判定するものである。なおいずれの手法も、使用する情報の特性から高精度な結果を得ることが困難であるため、完全な自動化を目指すのではなく、利用者の活動を支援することを目標に研究を進めた。

次に、プローブカーデータの災害時前後の時系列位置情報を道路地図上に投影し、車両の存在状態によって、各道路区間を、通行可能領域と通行不可能領域に判別する手法を考案した。次に、上空画像上での被害道路領域抽出のために、災害前後画像の色彩・明度を補正調整した後、両画像の画素値の差分結果から被害領域を求め、同様にエッジの差分結果からも被害領域を求めた。そして、上空画像から得られた2つの被害領域抽出結果と、プローブカーの位置情報から得られた車両通行判別情報を統合し、統合データの比較結果によって各道路区間を被災の程度を示すランクに分け、通行可能・不可能を段階的に判定する手法を考案した。実際に試作プログラムを構築後、大規模災害時（東日本大震災前後）に取得された上空画像とプローブカーデータを用いた実験の結果、高ランク領域について適合率は約93%、再現率約67%、F値約78%となり、ランク付けによる実応用への見通しが立てられた。

最後に、災害時の道路交通情報把握において、実利用可能なシステムを構築するため、道路上の車両の検出精度を上げる2つの方法を検討した。まず映像内の道路領域の細分化を検討した。上空映像から道路領域を抽出するために、これまでは映像全体に1つの射影変換を適用してデジタル地図と位置合わせをし、道路領域を抽出する手法を用いていた。しかし、実際の道路には高低差があるため、映像全体で同じ射影変換を適用すると、位置ずれの誤差が多数生じ道路領域抽出に支障が生じる。そこで、道路上の車線境界線の情報を利用して道路領域を細かく分割し、個々の領域を別々の変換式で位置合わせをして統合する手法を考案した。次に夜間の車両検出手法を検討した。これまでは、車両や道路の状況が目視で判断できる昼間に撮影された映像を前提としてシステムを検討してきたが、夜間に撮影された映像に対しても機能するシステムでないと実利用が難しい。そこで、夜間映像から抽出可能な車両のヘッドライトを抽出することで、車両の動きを解析する手法を検討した。ただし、路面の反射光の影響などで、ライトの位置を正確に判断することが困難なため、パーティクルフィルタなどの特殊な手法を用い、ヘッドライト周辺部を1つの塊として抽出しこれを車両として検出する手法を考案した。さらに、解析が難しい薄暮時間帯における車両追跡も可能となるよう、車体とヘッドライトのそれぞれの領域を抽出後に1つに統合して全体を検出する手法も考案し、プログラムを実装した。以上の手法を踏まえ、今後は計算機システムの専門家でなくても使えるインタフェースを構築し、社会全体で利用可能なシステムの実現を目指す予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 加藤佐之輔, 佐治 齊
2. 発表標題 斜め空撮動画像からの道路領域検出
3. 学会等名 第18回ITSシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ayane Makiuchi and Hitoshi Saji
2. 発表標題 Vehicle detection using aerial images in disaster situations
3. 学会等名 Inter-Academia 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyoji Ogasawara and Hitoshi Saji
2. 発表標題 Aerial image registration for grasping road conditions
3. 学会等名 Inter-Academia 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田村 裕之 (Tamura Hiroyuki) (70358795)	総務省消防庁消防大学校(消防研究センター)・その他部局等・その他  (82665)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------