

審査の結果の要旨

氏 名 アーメッド アフザル

Bangladesh はガンジス川、ブラマプトラ川の河口に広がる広大な低平地に位置し人口密度も非常に高いことから、サイクロンなど大きな災害に襲われるたびに大きな人的被害を生じている。1970 年には 30 万人の死者を出し、2007 年にも約 3400 人が亡くなっている。早期警戒情報の提供や避難シェルターの整備などにより死者の数は大きく減少しているものの、被害はいまだ甚大であり、さまざまな対応策が模索されている。その一つに災害直後の被災者の探索・救助活動がある。 Bangladesh の沿岸部には多くの広大な中州があり、漁民などが多数居住しているが、陸上の交通路はほとんど整備されておらず、災害後の被害状況の迅速な把握、被災者の救助・救難活動は非常に困難である。先進国では一般に軍や救難担当組織がヘリコプターなどを動員し、探索を迅速に展開するが、 Bangladesh では探索すべき地域の広大さに比べて、軍の保有するヘリコプターの数是非常に限られており、迅速な探索・発見は容易ではない。そのため NGO などがその探索・救助活動を補完的に実施している。具体的には数名程度のチームに分かれて数平方 km から 10 平方 km くらいの地域を担当し、ボート、徒歩などにより行っている。そのため探索効率は非常に低く多大の時間を要している。

近年、無人飛行体（無人飛行機や無人ヘリなど。UAV : Unmanned Air Vehicle）の低廉化、性能向上に伴い、カメラなどを搭載し地上の詳細な画像を大量・迅速に収集する試みが行われつつある。特に地震や火山の噴火といった大規模災害や斜面崩壊など、人が近づくことが困難な災害において、被害状況の早期把握のために試験的にではあるが利用され始めている。しかしながら Bangladesh のような開発途上国で比較的広い領域を対象に、現地での探索・救助活動やその実施プログラムと密に連携した形で、被災者の探索・発見を目的としてシステムを設計・開発している例はない。

本研究は Bangladesh での利用を念頭にしながら、少人数のチームが広い領域をできるだけ効率的に探索し被災者を発見するシステムを、無人飛行体をベースに設計し、それを実現する技術開発を行うことを目的としている。

本論文は全体で 7 章からなっている。第 1 章は序論であり、 Bangladesh における災害の歴史、災害対応における迅速な対応の必要性が整理され、研究の目的やそのオリジナリティが述べられている。

第 2 章は災害対応の現状と将来動向が整理されている。すなわち Bangladesh における災害対応の現状、衛星を中心としたリモートセンシングの利用の可能性と限界、サイクロン対応プログラム（CPP）と軍の役割、また遠隔地域における NGO の活動プログラムが整理され、NGO の探索・救助活動の中で何が必要なのかが具体的にまとめられている。

第3章は無人飛行体 (UAV) をベースとした探索・発見システムの提案であり、既存の UAV システムとの比較を行いながら、目標となる探索地域の広さ、NGO 活動との連携のさせ方などを前提条件として、必要費用、データ処理の自動化レベル、処理時間制約、UAV システムのハンドリングの容易さなどについて開発要件を明らかにしている。その上でシステム全体のデザインを行っている。またサイクロン対応プログラムの一環として、地域住民にオレンジ色の救難ジャケットを配布するなどの提案もなされている。

第4章は、データ取得システムの全体像であり、探索・発見システムの全体構成のうち、特にデータ取得部分に限ってより詳しく内容を述べている。すなわち搭載するセンサ (カメラ、GPS) やデータの形式、その特性などである。

第5章は、データ処理の中核になる「データビューワ」の開発であり、その構成とデータの処理フロー・アルゴリズムを述べている。「データビューワ」は、飛行デザインモジュール (対象地域の広さ、形状、取得画像の地上分解能や画像間のオーバーラップ量などから飛行高度、速度、ルートなどを決めるモジュール)、データ処理モジュール (GPS データから飛行軌跡を概略推定し、隣接画像データの自動的な接続を実現したうえで、さらに軌跡や傾きを精密に推定する機能を実現)、画像処理モジュール (推定された飛行軌跡データから3次元マップやオルソ画像作成を行う機能を実現)、画像判読モジュール (オレンジ色の救難ジャケットの自動発見などを目視判読と組み合わせ、被災者の発見を支援する機能を実現) などからなっている。

第6章は、データビューワの応用であり、UAV システム上に実装された探索・発見システムの機能検証実験を行った結果が述べられている。国内では UAV の飛行可能地域が限られていることから、河川やダムサイトなどを利用して実験が行われた。その結果、想定された要件をほぼ満足できる見通しが得られた。

第7章は考察と結論、今後の課題であり、現地において実際の探索・発見活動と連携した本格的な実証実験を行い今回開発されたプロトタイプを一層改良すべきこと、精密軌跡推定の処理時間の一層の短縮が必要なことなどが課題として挙げられている。

以上まとめると、開発途上国 (特にバングラデシュ) における広域・激甚災害を対象に現地での対応活動プログラムなどと連携して機能する UAV システムのプロトタイプを開発し、併せて救難ジャケットの配布など災害対応プログラムそのものにも踏み込んだ現実的な提案を行っている。これはリモートセンシング工学、測量学の新たな利用分野を開拓したものである。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。