

# インドネシアにおける災害時ドローン運用 法の開発と評価

海老根 雅人<sup>\*1</sup>, Arief Wibowo<sup>\*2</sup>, 五十嵐 仁<sup>\*1</sup>, 田中 良<sup>\*1</sup>, 櫻井 嘉信<sup>\*1</sup>, Tulus

Yuniasih<sup>\*3</sup>, 小松 義孝<sup>\*1</sup>, 飯田 涼太<sup>\*1</sup>, 高野 洋平<sup>\*4</sup>, Mu'man Nuryana<sup>\*5</sup>

千葉科学大学危機管理学部<sup>\*1</sup>

Faculty of Information Technology, Universitas Budi Luhur<sup>\*2</sup>

Faculty of Social Sciences and Global Studies, Universitas Budi Luhur<sup>\*3</sup>

千葉科学大学大学院危機管理学研究科<sup>\*4</sup>

The National Research and Innovation Agency of the Republic of Indonesia<sup>\*5</sup>

近年、防災分野におけるドローンの活用は日本国内で急速に普及しており、特に地震や津波、土砂災害など、災害直後に人が立ち入ることが困難な被災地において、短時間で俯瞰的な情報を取得できるという利点から、運用が増加している。災害時においては、迅速な被災状況の把握と救助活動の効率化が求められるが、日本で広く導入されている災害対応用ドローンの運用方法は、同様に災害が頻発するインドネシアにおいては未だ遅れており、ドローン運用に関する体系的な研究や議論も限られている。さらに、日本国内においても、災害時のドローン運用法は体系的に確立されたものがなく、様々な視点からの使用法や新技術に関する議論がなされているのみである。このため、体系的に開発された災害時のドローン運用法をインドネシアに導入し、その有用性を実証することが必要であると考えられる。本研究では、災害時におけるドローン運用法を開発し、インドネシアにおける運用実態を調査することで、その有用性を明らかにすることを目的とする。調査の結果、ドローン運用法に関する講義および防災訓練に参加した者は、災害時におけるドローン活用の必要性を認識し、ドローン運用法に対して高い評価と期待を示した。この結果から、災害時におけるドローン運用法が有用であることが確認された。災害時のドローン運用法は、新しく開発された手法であり効果的かつ効率的で信頼性の高い災害時のドローン活用のために必要である。しかし、操縦に対する不安感や関連機関との調整は今後の課題として挙げられており、いつ起こるかかわからない大規模災害に備え人材育成や事前調整が重要となるこのような議論は、災害が非常に多い日本とインドネシアにとって適切な災害対策環境を生み出し、相互協力によって防災・減災の一助となると言える。

## Development and Evaluation of Drone Operational Methods for Disasters in Indonesia

Masato Ebine<sup>\*1</sup>, Arief Wibowo<sup>\*2</sup>, Hitoshi Igarashi<sup>\*1</sup>, Ryo Tanaka<sup>\*1</sup>, Yoshinobu Sakurai<sup>\*1</sup>,  
Tulus Yuniasih<sup>\*3</sup>, Yoshitaka Komatsu<sup>\*1</sup>, Ryota Iida<sup>\*1</sup>, Yohei Takano<sup>\*4</sup>, Mu'man Nuryana<sup>\*5</sup>

Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science<sup>\*1</sup>

Faculty of Information Technology, Universitas Budi Luhur<sup>\*2</sup>

Faculty of Social Sciences and Global Studies, Universitas Budi Luhur<sup>\*3</sup>

Graduate School of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science<sup>\*4</sup>

The National Research and Innovation Agency of the Republic of Indonesia<sup>\*5</sup>

In recent years, drones have become increasingly prevalent in disaster prevention efforts in Japan, particularly in areas affected by earthquakes, tsunamis, and landslides. These areas are often inaccessible to humans immediately following a disaster. Drones offer the advantage of quickly obtaining aerial information, which has led to an increase in their usage. During disasters, prompt assessment of affected areas and efficient rescue operations are eminent. However, although Japan has widely adopted drones for disaster response, Indonesia, a country also frequently affected by disasters, has not developed operational methods+. Furthermore, there is limited systematic research or discourse regarding drone operations in disaster contexts in Indonesia. In Japan, there is also no established, systematic approach to operating drones

during disasters. Instead, discussions primarily focus on various operational methods and new technologies. Therefore, it is essential to introduce a systematically developed disaster drone operation method in Indonesia and demonstrate its effectiveness. This study aims to develop such a method and investigate its effectiveness when implemented in Indonesia. Results of the investigation revealed that participants in drone operation courses and disaster prevention drills recognized the necessity of utilizing drones during disasters and expressed high expectations for the proposed operational method. These results indicate the effectiveness of the developed drone operation method for disaster scenarios. Moreover, the newly developed method is considered effective, efficient, and reliable for utilizing drones in disaster response. However, concerns were raised about the proficiency of drone operations and coordination with relevant agencies, which will need to be addressed in the future. To prepare for future large-scale disasters, it is crucial to focus on training personnel and conducting pre-disaster coordination. These discussions are vital for establishing an effective disaster prevention and reduction environment in both Japan and Indonesia. Through mutual cooperation, these issues can be resolved, thereby enhancing disaster prevention and reduction efforts.

**Keyword:** Indonesia, Drone, Disaster Countermeasures, Risk Reduction, Risk Management

## 1. はじめに

アルプス=ヒマラヤ造山帯と環太平洋造山帯の二つが交わる場所に位置するインドネシア共和国は、非常に多くの自然災害が起こることで知られている。2024年北スラウェシ州サンギヘ諸島にあるルアン山の噴火や、2005年ジャワ島中部地震や2004年スマトラ島アチェ州沖地震、そして地震に関連して発生したインド洋大津波など、様々な災害によりインドネシア国民は甚大な被害を被っている。特に2004年スマトラ島アチェ州沖地震、インド洋大津波では、津波により死者・行方不明者は合わせて22万人以上とされている<sup>1)</sup>。また、2004年スマトラ島地震では、約14万戸、2018年のスラウェシ島中部地震では、約10万戸の家屋が倒壊し、非常に多くの死者を出す結果となった<sup>2)</sup>。

インドネシア共和国と同じように、様々な災害に見舞われる日本における災害対応は、1961年に約5千人の死者を出し甚大な被害を及ぼした伊勢湾台風の経験から制定された災害対策基本法に基づいて、災害予防、災害救助、復旧・復興が行われており<sup>3)</sup>、特に1995年に発生した阪神淡路大震災の経験は、災害対策の方針を大きく転換する機会となった。約6千人の死者をだした阪神淡路大震災は、その約77%が窒息・圧死<sup>4)</sup>であり、家屋倒壊の危険性は災害対策において非常に重要であるといえる。また、救出者の生存者の占める割合は災害当日の救助では75%であったが、24時間後には24%、48時間後には15%、72時間後には5%と生存率は大きく低下することも明らかとなった<sup>5)</sup>。

上記のように、地震や津波、台風などにより倒壊した家屋からの迅速な救助が生存率を大きく向上させることは明らかであるが、非常に広範囲に広がる被災状況すべてに対応できるほど、消防・警察・自衛隊の人員は豊富ではないため、多くの市民と様々な機器を用いた救助が行われており、迅速救助法の1つとして被災状況の把握と救助者の迅速な発見のためにドローンの活用が推進されてきている。近年、防災分野におけるドローンの活用は日本全国に広まりつつあり、特に地震や津波、土砂災害など災害直後に人が立ち入ることが難しい被災地で、短時間に俯瞰的情報の入手が容易であることから運用が多くなっている。また、ドローンの保有に関する調査<sup>6)</sup>によると、全国で726自治体、201消防本部がドローンを保有しており今後もドローンを保有する消防本部が増加するとされる。

ここでインドネシア共和国に目を向けると、ASEAN地域(東南アジア)最大の人口を持つ国であり、2050年まで人口が増加し続けることが予測され<sup>7)</sup>、経済成長が著しい国である。この経済成長と人口増に伴って家屋の需要も高まっているが、インドネシア共和国で現在多く建設されている組積造の家屋は、自然災害に対して十分な強度や耐久性を有しておらず、結果として災害時に倒壊し犠牲者が発生するという状況にあり、家屋の倒壊による犠牲者のこの主な要因は地震に対し極めて脆弱な組積造といわれるレンガ積み<sup>8)</sup>の建築が広まっていることである。また、倒壊した家屋のがれきは、ばらばらの状態となり撤去に多くの時間と要することも、犠牲者を増やす要因となっている。そこで迅速な被災状況の把握と救助者の迅速な発見が求められるが、日本で多く用いられている災害時のドローンの導入は、インドネシア共和国では遅れており、運用法について論じたものは少ない。また、日本においても災害

法は体系的に開発されているものではなく、様々な方向から使用法や新技術を論じているのみである。そこで、体系的に開発した災害時のドローン運用法をインドネシア共和国に導入し、その有用性を明らかにする必要がある。

本研究で調査を実施する Budi Luhur University (以下:UBL)は社会政治学部国際関係学科を持ち、災害対策研究や教育が充実している。また、インドネシア共和国には国立研究革新庁 Badan Riset dan Inovasi Nasional (以下:BRIN)と共に、災害対策として社会省が官民一体の市民防災団体 Taruna Siaga Bencana Youth Group for Disaster Preparedness (以下:TAGANA)を組織しており、約20万人が在籍し災害発生時の市民救助活動を実践している。その活動は、食糧及び資材備蓄、災害対応訓練及び教育、災害時食料供給、救助活動であり、UBLを卒業後TAGANAに属する人々も多数いることから、ドローンを用いた災害対策を活用することが可能な団体であると言える。よって、UBLにおいて、本研究で開発した災害時のドローン運用法の講義及び防災訓練参加者に対して、アンケートを行いドローン運用法の評価と有用性を明らかにすることで、災害ドローンの活用が促進され救助までの時間短縮、犠牲者減少の一助になると考えられる。

そこで本研究は、災害時のドローン運用法を開発し、インドネシア共和国のUBLにおいて実施した災害時のドローン運用法の講義及び防災訓練参加者へのアンケート調査から、ドローン運用法の有用性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### 2-1. 調査対象

対象はUBLで実施した災害時のドローン運用法の講義及び防災訓練参加者53名とした。2-2. 災害時のドローン運用法の開発と活用

災害対策基本法3)、災害医療9)及び、著者らの経験を参考に、体系的に災害時のドローン運用法を開発した(Fig.1)。著者らは、臨床工学技士、救急救命士、消防士、災害行政(ICS:インシデントコマンドシステム)、危機管理の業務経験を持つ専門家である。また、災害時ドローン運用及び一等・二等無人航空機操縦士の育成を行っている。運用法は、出動に関する内容の「出動基準」、チーム編成に関する内容の「派遣準備」、現場での活動から報告に関する内容の「活動」の3つで構成されている。さらに、ドローンの利点や各災害時の取得すべき情報例をまとめた内容を付属資料として追加を行った。また、UBLでの講義では、開発した災害時のドローン運用法にドローンの利用例や取得情報の参考写真を加えた、説明用講義スライ

ドを作成し使用した。防災訓練では、開発した災害時のドローン運用法に基づき、操縦者1名、補助員2名で安全確保を行いながら、現場等各種本部として設定した講義会場へ情報共有を行い、指示の下、ドローンの模擬運用を行い、訓練終了後に参加者にドローンからの情報の共有、総括を行った。今回実施した防災訓練では、DJI Mini 4 Pro(DJI社:2.4GHz Wi-Fi, 最大画素数48MP、センサーサイズ1/1.3inch, GPS+Galileo+BeiDou)を用いて、1チーム10分程度、屋外に設置した模擬倒壊建物、避難場所に向かう避難者の位置や状態を撮影し講義会場と情報共有を行った。

### 2-3. 調査方法

調査方法は、2024年8月22日から25日、対象者に対してアクティブ・ラーニング型授業設計ツール10)を参考に独自に英語で作成した後インドネシア語に翻訳したアンケートを、その場で各々が記入した後に回収する集合調査法として配布し、無記名による調査を行った。

### 2-4. 調査内容

災害時のドローン運用法の有用性を評価のためアンケート内容は、災害時のドローン活用についての2項目【Q1:災害時にドローンを用いることは必要だと思いますか】、【Q2:ドローンを使って得た情報は、救助や災害対策で必要になると思いますか】、ドローン運用法についての7項目【Q3:災害時のドローン運用法の策定は必要なことだと思いますか】、【Q4:ドローン運用法の講義のレベルは適切でした

か】、【Q5:ドローン運用法を学ぶことで、災害時に不安なくドローンを運用できますか】、【Q6:今後、ドローン運用法を用いることで情報取得能力が向上するという期待を持てますか】、【Q7:インドネシアと日本の災害で、

このドローン運用法は共通して使用できると思いますか】、【Q8:ドローン運用法を導入したいと思いますか】、【Q9:ドローン運用法は評価できますか】を問う選択式の9項目、【Q10:災害時ドローン運用法を学

*Technical Journal of Advanced Mobility, Vol. 1, No. 1(0000)*

んでみて、良い点と悪い点を記入してください】の自由記載1項目を含む全10項目とした。なお、選択肢は「思う-やや思う-普通-やや思わない-思わない」の5段階のリッカートスケールとした。2-5. 分析方法

災害時のドローン活用とドローン運用法についての回答結果を単純集計した。次に、統計ソフト IBM SPSS Statistics Ver.29 を用いて、災害時のドローン運用についての2項目、ドローン運用法についての7項目それぞれの統計量を算出した。ドローン運用法においては、Cronbach's $\alpha$ 係数の確認を行った。次いで、災害時のドローン利用とドローン運用法の評価因子を調べるため、主因子法に基づく因子分析を行った。また、Kh coder11)を用いてテキストマイニングを行い、階層的クラスター分析及び、文章を抽出しコード化した。さらに KJ 法 12)に基づく内容分析を行いコード化し、類似性のあるものを合わせて、抽象度を上げてサブカテゴリとした。サブカテゴリの内容から意味が共通しているものを合わせて、さらに抽象度を上げてカテゴリを生成した。カテゴリ、サブカテゴリの分類にあたり、複数のコードの類似性に着目しカテゴリ、サブカテゴリが生成されているか、自由記述の項目を端的に表したカテゴリ名となっているか、解釈やカテゴリ化に歪みや偏りはないかについて研究者間で検討を重ね全体の統合性から、その妥当性を確認するため調査実施者3名で精査した。

## 2-6. 研究倫理

本研究は、BRIN と UBL の倫理審査の許可を得て、同大学において行った災害時のドローン運用法の講義及び防災訓練参加者にアンケートを行った。国際医科学団体協議会 (Council for International Organizations of Medical Sciences) の国際倫理指針に従い、調査に際し調査対象者に調査についての説明、無記名であること、強制ではないこと、知りえた個人情報は調査以外の目的には使用しないことを説明し、十分な説明と同意を得て実施し、同意が得られた場合にのみ回答用紙を回収し調査を行った。また、本調査のデータは、無記名の匿名化されたものであり研究対象者への利益及び危険は及ばない。

## 3. 結果

災害時のドローン運用法に対する評価や有用性を明らかにするため、UBL において実施したドローン運用法の講義及び防災訓練参加者へアンケートを実施した結果、有効回答数は34件、回収率は64%であった。

### 3-1. 災害時のドローン活用の傾向

回収したアンケートの単純集計結果は、【Q1:災害時にドローンを用いることは必要だと思いますか】 $X = 4.97$  (SD 0.171) については、34/34 人 (100%) が「思う」または「やや思う」と回答した。次に、【Q2:ドローンを使って得た情報は、救助や災害対策で必要になると思いますか】 $X = 4.94$  (SD 0.239) については、34/34 人 (100%) が「思う」または「やや思う」と回答した。(Fig.2)

### 3-2. 災害時のドローン運用法の傾向

【Q3:災害時のドローン運用法の策定は必要なことだと思いますか】については、24/34 人 (71%) が「思う」または「やや思う」と回答した。【Q4:ドローン運用法の講義のレベルは適切でしたか】については、24/34 人 (71%) が「思う」または「やや思う」と回答した。【Q5:ドローン運用法を学ぶことで、災害時に不安なくドローンを運用できますか】については、27/34 人 (79%) が「思う」または「やや思う」と回答した。【Q6:今後、ドローン運用法を用いることで情報取得能力が向上するという期待を持てますか】については、33/34 人 (97%) が「思う」または「やや思う」と回答した。【Q7:インドネシアと日本の災害で、このドローン運用法は共通して使用できると思いますか】について、27/34 人 (79%) が「思う」または「やや思う」と回答した。【Q8:ドローン運用法を導入したいと思いますか】

について、32/34人(94%)が「思う」または「やや思う」と回答した。【Q9:ドローン運用法は評価できますか】について、34/34人(100%)が「思う」または「やや思う」と回答した。次に、最も平均値が高かった項目は、【Q9:ドローン運用法は評価できますか】 $\bar{X}=4.97$ (SD 0.171)であった。次に2番目は【Q8:ドローン運用法を導入したいと思いますか】 $\bar{X}=4.85$ (SD 0.500)であり、3番目が【Q6:今後、ドローン運用法を用いることで情報取得能力が向上するという期待を持てますか】 $\bar{X}=4.79$ (SD 0.538)であった(Fig.3)。

*Technical Journal of Advanced Mobility*, Vol. 1, No. 1 (0000)

災害時のドローン運用法尺度の信頼性係数は、Cronbach' $\alpha=0.62$ であった。災害時のドローン利用とドローン運用法の因子分析の結果、固有値(第1因子は2.384、第2因子は1.425、第3因子は1.112、第4因子は0.712)をGuttman-Kaiser基準より判断し、共通因子数は3因子とした。また、累積寄与率は70.301%であった。これらの因子に対して、最小二乗法、バリマックス回転で因子分析を行った。その結果、第1因子は

【Q8:ドローン運用法を導入したいと思いますか】、【Q9:ドローン運用法は評価できますか】であることから第1因子を「ドローン運用法の評価」因子とした。第2因子は【Q3:災害時のドローン運用法の策定は必要なことだと思いますか】、【Q5:ドローン運用法を学ぶことで、災害時に不安なくドローンを運用できますか】、【Q6:今後、ドローン運用法を用いることで情報取得能力が向上するという期待を持てますか】であることから、「ドローン運用法への期待」因子とした。第3因子は【Q4:ドローン運用法の講義のレベルは適切でしたか】、【Q7:インドネシアと日本の災害で、このドローン運用法は共通して使用できると思いますか】であることから「ドローン運用法の理解度」因子とした(Table1)。

### 3-3. 自由記述の評価の傾向

【Q10:災害時のドローン運用法を学んでみて、良い点と悪い点を記入してください】の自由記載について、良い点では「災害時も安心してドローンを運用できる」、「時間的効率がいい」、「ドローンは被災者の評価にとっても役立つ」、また悪い点では「ドローンは誰でも操縦できるわけではない」、「空軍によって飛行が規制されているため関係機関との調整が難しい」、「ドローンの操作にスキルが必要」などの回答が得られた。次に、階層的クラスター分析を行った結果をFigs.4,5に示す。併合水準のプロット減衰状況からドローン運用法の良い点についてはクラスター数を5とし、クラスター1は「良い」、「情報」、「使用」から成り、「使用で良い情報を得る」と命名した。クラスター2は「搜索」、「容易」、「到達」、「運用」、

「活用」、「災害」、「ドローン」、から成り、「ドローン運用が災害で搜索を容易にする」と命名した。クラスター3は「役立つ」、「救助」、「被害」、「場所」から成り、「救助に役立つ」と命名した。クラスター4は「行う」、「個人」、「操作」から成り、「個人操作を行う」と命名した。クラスター5は「状況」、「発見」、「被災」、「操縦」、「技術」、「管理」から成り、「操縦技術で被災を発見」と命名し、以上5つの構成概念に分類された。ドローン運用法の悪い点についてはクラスター数を3とし、クラスター1は「操作」、「悪い」、「必要」、「ドローン」から成り、「ドローンに操作が必要」と命名した。クラスター2は「思う」、「災害」、「使用」から成り、「災害時に使用」と命名した。クラスター3は「場所」、「行う」から成り、「飛行を行う場所」と命名し、以上3つの構成概念に分類された。

次に、内容分析の結果、災害時のドローン運用法の良い点は「ドローンの利点」、「運用法の利点」、「ドローンの波及効果」の3つのカテゴリを作成できた。また、「安全性・迅速性」、「被災地の探索」、「被災者の評価」、「運用法の理解」、「運用法への期待」、「災害対応」、「失業対策」の7つのサブカテゴリが明らかとなった(Table2)。

災害時のドローン運用法の悪い点では、「ドローンの基礎知識」、「法的な問題」、「使用の制限」の3カテゴリを作成できた。また、「知識不足」、「操縦スキル」、「軍事的問題」、「関係機関との調整」、「天候の悪さ」、「機体の性能」の6つのサブカテゴリが明らかとなった(Table3)。

## 4. 考察

本研究では、災害時のドローン運用法の有用性を明らかにするためドローン運用法の講義及び防災訓練参加者にアンケートを実施した。これまでに日本、インドネシア共和国双方で災害時のドローンの活用に関する様々な研究が行われ、災害直後の医療物資の搬送への高い効果 (13,14)や、ドローンを用いた災害支援方法の検討などが報告されているが (15)、運用法に関する研究はまだ少ない。また、EUでは、欧州航空安全庁(EASA : European Union Aviation Safety Agency) が SORA (Specific Operation Risk Assessment) とよばれるリスクアセスメントを行っているが、これは日本の特定飛行に該当する Specific カテゴリ(目視外飛行や 第三者上空などのリスクの高い飛行)での運用時に関するリスクアセスメントであり、災害時の運用法を検討したものではない。そして、ドローンの運行には様々なリスクが伴い、効果的かつ効率的で信頼性の高い 運用を行う必要があるが、運用法に関する議論が十分ではないと考えられるため、有用性が高い災害時の ドローンの活用に対して、適切に運用する手法を開発することは喫緊の課題であると言える。

*Technical Journal of Advanced Mobility, Vol. 1, No. 1 (0000)*

#### 4-1. 災害時のドローン活用の傾向

災害時のドローン活用については、【Q1】、【Q2】の2つの質問のどちらも全員が「思う」または「やや思う」を選択した。ドローンは東京やパリオリンピックの開会式で用いられたことでも知られ、世界中の人々がその利便性を認識しており、活用事例の幅の広さから災害時にも必要であると感じたと考えられる。特に、自然災害の多い国である日本やインドネシア共和国では、安全かつ迅速に災害対応を行うためのツールの開発が日々研究されており (13,14)、新しく有用な技術の必要性を実感していると考えられる。

#### 4-2. ドローン運用法の傾向

ドローン運用法については、【Q6】、【Q8】、【Q9】の項目で平均値が高かった。この項目は因子分析の結果、【Q8】、【Q9】が第1因子の「ドローン運用法の評価」、【Q6】が第2因子の「ドローン運用法への期待」に分類されており、ドローン運用法に対する高い評価と期待が現れていると示唆される。現在、災害時のドローン活用は、地球温暖化が熱帯低気圧に与える影響 (16) など大規模災害のリスクが高まる背景において期待が高まっており、国土交通省は、大規模災害の初期対応においてドローンの使用の必要性を指摘している。(17) また、多く国でもドローンの利用は進められており、ドローンによる災害対応は幅広く研究されているが、その活用ばかりが取り上げられている現在、適切な運用法を検討することは今後災害時のドローンの活用を進める上で重要な視点である。次いで【Q5】、【Q7】の項目で平均値が高かった。特に【Q7】が第3因子の「ドローン運用法の理解度」に分類されており、ドローン運用法を理解し、インドネシア共和国での災害対応として用いることが可能であると認識されたと解釈できる。しかし、現在のインドネシア共和国の災害対応システムは、防災規則の欠如や、地域コミュニティへの周知という点において、うまく機能していないと報告されている。(18)

【Q4】の項目の平均値が低かったことから判明したように周知という点で、本研究で開発したドローン運用法を理解してもらい広めるためには時間がかかることが示唆され、広く利用できるような方策の検討が急がれる。本研究では、ドローン運用法の講義後に防災訓練を行い、災害時にどのようにドローンを運用するか参加者が体験した。このことから、ドローン運用法の講義と実体験を伴う防災訓練を同時に行うことで、災害時のドローン運用法が認知され災害時のドローンの導入促進に繋がる可能性がある。

#### 4-3. 自由記述の評価の傾向

次に、内容分析の結果、災害時のドローン運用法の良い点は「ドローンの利点」、「運用法の利点」、「ドローンの波及効果」の3つのカテゴリを作成できたことから、「災害時のドローン運用法に対する期待感」を示していると考えられ、ドローン運用法の講義や同時に行った防災訓練において、参考事例を提示したことで理解が深まったこと、ドローン活用への期待感が示唆された。また、災害時のドローン運用法の悪い点では、「ドローンの基礎知識」、「法律的な問題」、「使用の制限」の3カテゴリが作成できたことから、

「災害時にドローンを活用する不安感」を示していると考えられ、問題点として挙げられたコードを分析した結果、ドローンの操作や関連機関との調整で不安を感じていることが明らかとなった。また、事

前調査の結果、参加者のドローン運用経験はほぼなかった。これは、ドローン運用法の講義や防災訓練では実施していない項目であり、実際の運用では非常に重要な視点である。日本における災害時のドローンの活用においても関連機関との調整ができず、災害時に活用できなかった事例からも、その改善が急がれている。本研究でも、災害時のドローン運用法を広め活用の促進を図るためには、この問題点を改善する必要があると考えられる。

#### 4-4. 各国における災害時ドローン運用法の導入可能性と今後の展望

本研究の対象地域であるインドネシアは、日本と同様に環太平洋火山帯に位置し、地震・津波・火山噴火といった自然災害が頻発する地理的特性を有する。しかしながら、経済成長を優先する国家方針、防災インフラの整備の遅延、ならびに住民の防災意識の不足といった固有の社会的要因により、災害対策の実効性には課題が残されている。特に、災害時における無人航空機（ドローン）の活用については、現時点で体系的な検討や制度的整備は十分に進められていないのが実情である。このような状況を踏まえると、ドローンの導入およびその適切な運用体制の確立は、今後の災害対策強化に寄与する有効な手段となり得る。

ドローンの災害対応への活用が進んでいる国々においては、安全性および運用効率を担保するための *Technical Journal of Advanced Mobility*, Vol. 1, No. 1 (0000)

ガイドラインが整備されている。たとえば、アメリカ合衆国においては連邦航空局（FAA）の 14 CFR Part 10719) に基づいた「Drone as First Responder (DFR)」プログラムが実施されており、操縦者 1 名と補助員 1 名による運用体制が標準とされている。イギリスにおいても「Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and Drone Usage Policy」20) に則った運用がなされており、同様の人員構成が採用されている。

日本国内においては、福島ロボットテストフィールド（RTF）におけるガイドラインにおいて、操縦者 1 名に加えてフライト全体の安全を統括する管理者 1 名、または目視外飛行に対応する補助員 1 名の配置が求められている。これらのガイドラインでは、必要な人員構成、運用条件、飛行禁止区域等が明示されており、ドローン運用における安全確保と被害防止を目的としている。

本研究において提案する運用法は、操縦者 1 名に加え、安全管理、装備品の携行、関係機関との連絡調整、情報収集および提供を担う補助員 2 名を含む、計 3 名で構成されるチームによるものである。当該チームは、災害発生直後に現地へ迅速に展開し、消防・警察・自衛隊等との連携を図りつつ、災害対応、救助活動、情報収集等を包括的に実施することを目的としている。以上より、既存の国際的な運用法と本研究で提案する運用法とは、相補的な関係にあると考えられる。両者を適切に組み合わせることで運用することにより、より実効性の高い災害対応体制を構築することが可能となる。今後、本研究の成果は、災害リスクの高い他国においても汎用性のある運用モデルとして適用される可能性が高く、多国間での導入が期待される。

## 5. 結論

本研究は、開発した災害時のドローン運用法の有用性を明らかにすることを目的とし、UBL において講義及び防災訓練に活用後、調査を行った結果、講義及び防災訓練参加者は災害時のドローン活用は必要であると認識しており、災害時のドローン運用法に対する高い評価と期待が現れていた。また、階層的クラスター分析及び内容分析の結果からも同様に、災害時のドローン運用法に対する高い評価と期待が得られたことから、災害時のドローン運用法は有用であると言える。しかし、実際の能力としてインドネシアでの運用と明らかとなった問題点との関連は検証されていないため、その点では限界がある。そのため、今後は災害時のドローン運用法を現実の災害時に活用し評価する必要がある。災害時のドローン運用法は、新しく開発された手法であり効果的かつ効率的で信頼性の高い災害時のドローン活用のために必要であると考え、

今後詳細を web で公開する予定である。しかし、操縦に対する不安感や関連機関との調整は今後の課題であり、いつ起こるかわからない大規模災害に備え人材育成や事前調整が重要となるため、日本の JICA、インドネシア共和国社会省と TAGANA の協力関係構築し、運用法や設備の整備、制度支援を行いたい。このような議論は、災害が非常に多い日本とインドネシアにとって適切な災害対策環境を生み出し、相互協力によって防災・減災の一助となると言える。

