

RIPS Policy Perspectives
No.14

RIPS公開セミナー2011
シンポジウム報告書

災害対策と防衛のために
新技術をどう活かすか

(グランドヒル市ヶ谷、2011年10月4日)

2012年3月

謝辞

これは 2011 年 10 月 4 日、グランドヒル市ヶ谷において、平和・安全保障研究所が開催したシンポジウム「災害対策と防衛のために新技術をどう活かすか」の発表および討論の要約である。日米の産業界の専門家が、このテーマについて発表とパネルディスカッションを行った。元三菱重工業航空宇宙事業本部副事業本部長の西山淳一氏が司会進行を務めた。示唆に富む報告と活発な議論が行われ、シンポジウムが成功裏に終わられたことに関して、講演者と司会者の各氏に感謝の意を表したい。なお、この報告書作成は、大阪大学の久保田ゆかり氏によるものである。

内容目次

| | | |
|---|---|----|
| 開会の挨拶 | 西原 正 (平和・安全保障研究所理事長) | 1 |
| 挨拶 | 西 正典 (防衛省防衛政策局長) | 1 |
| 司会者の挨拶 | 西山 淳一 (元三菱重工業 (株) 航空宇宙事業本部副事業本部長) | 2 |
| 発表 | | 3 |
| <i>次世代の任務支援における無人航空機技術 (UAV)</i> | | |
| | ジェームス・F・アーミントン (ボーイング防衛部門営業日本担当バイス・プレジデント) | 3 |
| <i>国防と災害救助における UVA (無人航空機) 画像に関する考察</i> | | |
| | カーティス・L・オーチャード (ノースロップ・グラマン・インターナショナル日本副社長) | 7 |
| <i>衛星映像技術</i> | | |
| | アンディ・ステファンソン (ジオアイ社アジア太平洋地域担当上席部長) | 10 |
| <i>無人地上機技術</i> | | |
| | 熊倉 弘隆 (IHI エアロスペース (株) ロボット開発室々長) | 13 |
| パネルディスカッション | | 17 |
| 総括とコメント | 西山 淳一 | 21 |
| 司会者およびパネリストのプロフィール | | 23 |

開会の挨拶

平和・安全保障研究所理事長

西原 正氏

東日本大震災後の災害救助活動において、日本の自衛隊は重要な役割を果たした。このことからわれわれが得た教訓は、無人機、画像処理システムなど、防衛装備品と防衛関連技術の一部は、災害救助に有用であるということだ。災害救助のための技術と国防のための技術には、重なる部分が多い。今後、このような技術をいかに最大限に活用していくべきか、またそれは可能なのか。日本の自衛隊がアメリカから学べることがあるとすれば、それは何か。本日のシンポジウムでは、こうした問題を検討してみたい。

挨拶

防衛省防衛政策局長

西 正典氏

日本の民間部門は、産業用ロボットの開発・製造において目覚ましい技術発展を遂げ、現在、産業用ロボットを十分に活用している。しかしながら、東日本大震災では、災害救助に活用できるロボットの必要性が明確になった。災害救助では、戦場と同じような問題に直面することになるが、残念ながら、防衛目的のロボット技術に関する日本の研究開発は、他国と比べてかなりの後れを取っている。

東日本大震災ではまた別の問題点が明らかになった。日本は長年、赤外線セ

ンサーを使用しているが、防衛省技術研究本部は、こうしたセンサーを使って被害を受けた福島第一原子力発電所の原子炉の正確な温度を測定することが困難であった。つまり、震災から日本が得た重要な教訓は、防衛省が無人機や画像処理技術などの新技術の必要性を確立しなければならないということだ。東日本大震災はわれわれに新しい課題を突き付けた。この分野の専門家が新技術を災害救助と国防の両方にいかに応用できるかを検討してくれることを期待している。

司会者の挨拶

元三菱重工業（株）航空宇宙事業本部副事業本部長

西山 淳一氏（司会者）

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方沿岸部のほとんどを壊滅させ、被害者は、死者、行方不明者合わせて2万人を超えた。さらに、地震に伴って発生した津波が、福島第一原子力発電所にも押し寄せ、水素爆発と一部ではメルトダウン（炉心溶解）が発生するという甚大な被害をもたらした。

この震災において注目されたのは、衛星情報、無人航空機、ロボットなどが、災害救助で活躍したことだった。まず、アメリカの最新鋭偵察機グローバルホーク（Global Hawk）が、福島第一原子力発電所上空から画像を撮影した。また、1990年の長崎の雲仙普賢岳の噴火災害の対処用として日本で開発された遠隔操作型の建設機械や、スウェーデンのブロック社製の遠隔操作型の建築物解体ロボットが、福島の原子力発電所の爆発から出た瓦礫を除去するために投入された。

日本のロボット開発技術者によれば、「日本にはロボットを開発・製造する技

術力はあるが、災害救助活動に投入できるロボットの仕様がな。さらに、ロボットとその技術を特定の目的で活用するには、10年単位の研究開発と運用組織が必要である。アメリカでは実戦部隊である軍が培養士となっており、使用実績をフィードバックして継続的に開発される」と述べている。

アメリカの iRobot 社は、日本に遠隔操作型車両型ロボット PackBot および Warrior 各 2 台と操作者を含む要員を福島原子力発電所の災害に対処するために無償提供した。iRobot 社は「フクシマの事故によって、われわれは本当の原子力災害ロボットの経験を積むことができた」と語っている。実際、アメリカには運用環境として核戦争までを想定して、軍用ロボットを開発・運用してきた実績があるため、このようなロボットが福島原子力災害で重要な役割を果たすことができたのである。結果として、大規模災害や人的な対処が困難な原子力発電所など特殊な施設の事故において、軍用ロボットの有用性が認識された。

本日は、無人航空機、無人地上システム機、画像処理システムの各分野の第一線で活躍する専門家に、災害救助活動において、こうした新技術がいかに活用され、また逆にどのような点で活用できなかったのかについて議論していただきたい。

発表

次世代の任務支援における無人航空機技術 (UAV)

ジェームス・F・アーミントン氏 (ボーイング)

人間が搭乗しないで飛行することのできる航空機 (無人航空機) を設計・製造する技術は、長年にわたり研究開発が続けられてきた。しかし、この技術を

活用して、効果的な任務を遂行するには、さらに時間と努力を必要とした。アメリカと同盟国は、過去 20 年にわたって、無人航空機 (UAV) を使った実際の任務経験から、多くを学ぶことができた。またこの間、情報通信技術、コンピュータ処理能力、センサー技術などが急速に進歩したことにより、新たな応用も可能になった。

現在の航空機は、専門的な仕事をより速く、より正確に行うことができるが、空対空戦のような高度に複雑な任務や、特別な活動および捜索・救助のように現場で意思決定することが求められる状況においては、人間が航空機に搭乗して判断することが依然として必要である。複数の任務を行う航空機の場合、戦術を急速に変更しなければならないので、未だに人間が操縦する方が効率的である。

しかし、操縦席に人間を座らせるよりも、人間と航空機を遠隔的につなげることがより実用的になってきており、それには多くの理由がある。人間には身体的な限界があり、無人航空機の主な利点は、このような制約を取り除く点にある。第一に、無人機システムはより耐久性に富む。第二に、無人機システムは、化学、生物、放射能による汚染、敵の領空、森林火災など、危険な環境下であっても、リスクをより抑えて活動することができる。第三に、無人航空機は、ステルス性がより高く、また大型の有人航空機にはない特殊性と小型である点を活かして驚くべき力を発揮する。第四に、無人機システムは、天候、遠隔地、燃料不足などの理由から、帰還が見込めそうにない場合、有人航空機よりも適している。第五に、無人機システムは、有人航空機とは違って重力加速度の限界に制約を受けない。無人航空機の第六の利点は、コストを抑えられることにある。

以上、説得力のある利点ではあるが、パイロットあるいは任務のシステムオペレーターと航空機を遠隔的につなげることには制約もある。たとえば、データリンクのコストと帯域幅、通信妨害による信号損失、意思決定を遅らせ、事

故をより発生させかねないフィードバック・サイクルの遅れ時間などである。アメリカがプレデター（Predator）無人航空機を使い始めた当初、大きな事故の75パーセントが人的要因によるものだった。このような課題に対処するために、開発はより自律的な無人航空機に向かっている。無人機が今まで以上に自律的に操縦することができれば、操縦者への依存度はより低くなり、これによって貴重な電波帯域幅を節約することができ、また人間は注意力の負担から解放されることになる。加えて、データの範囲が精密で、人間の注意が十分に行きわたらない広域監視のような、順序立てて繰り返し行われる任務においては、コンピュータ制御の航空機の方がより効果がある。

無人航空機システムがさらに進化するとすれば、それは有人機と遠隔操作機と自律航法機との組み合わせになる。アメリカ空軍は将来に向けた進化を検討しており、人間と航空機の能力を最適に統合することを目指している。たとえば、アメリカ空軍の2009年の「無人航空機システム飛行計画」報告書によれば、「自律と自動を組み合わせることによって、無人航空機システムは群れをなし飛行する（一人のパイロットが複数の任務を遂行する多数の航空機の行動を指揮する）ことができるようになり、焦点を絞り、苛烈で、拡大した攻撃を行なえるようになる」。ちょうど飛ぶ昆虫が、その集団的效果を高めるために共同で作業するのと同じように、協力体制を組む無人航空機の群れが、急速に攻撃目標の防御力を圧倒するか、あるいは広域監視任務を効率的に完了することができるのである。

無人航空機は発達を遂げており、軍事と非軍事の両分野で有用な手段となっている。遠隔操作型および自律型の無人航空機は、今後一層、有人航空機と共同で任務にあたることになるが、無人航空機が完全に有人航空機にとって代わることはない。新たな手段をこのように組み合わせることにより、任務に広域性、永続性、極超音速性、秘匿・奇襲性、精密性をもたらすことが可能になる。将来これを達成するためには、素材、推進力、センサー、コンピュータ、ソフ

トウェアなど工学技術を発展させ、最先端の任務管理のモデルとシミュレーションに組み込むことが必要になる。その際、研究開発の費用が大きな課題の一つになると思われる。ボーイング社は、これらの分野の多くにおいて限界に挑む努力を続けている。

無人航空機の技術は日本にとっても一層重要になりつつある。その理由として、第一に、日本は防衛すべき多くの諸島と広域な領海を持つ大きな海洋国家であることがあげられる。また、自然災害が発生する可能性が高いため、柔軟かつ即応性のある監視能力が必要であり、無人航空機は広範囲の領域の監視には申し分なくうってつけである。第二に、北東アジアにおける潜在的な脅威の動きを考えると、時間あるいは空間において途切れなく長距離信号情報を収集することが必要である。継続的に飛行できる無人航空機は、このような任務を遂行するには最適である。第三に、日本では動員可能な人的労働力がますます不足しつつあるため、無人機システムを活用することで、より複雑な決断を要する作業に人的資源を確保することができるだろう。第四に、将来、さらに脅威の度合いが高まり、自国をその脅威から防衛するためには、日本は軍事的能力の質的優位性を維持しておく必要がある。有人システムの保有機数を抑え、より小型で、より安価で、より高速で、よりステルス性の高い無人航空機に投資を行い、このような無人機が群れをなして任務にあたることによって、日本はより多くの敵対国に対して影響力を高めることができる。第五に、日本の産業界の能力からすれば、新技術分野の多くに重要な貢献をすることが可能である。

無人航空機の任務遂行能力は、自然災害のために投入する場合と国防の場合とでは、非常に類似している。先の日本の東北地方を襲った地震と津波被害、および原子力災害の後、遠隔探査と持続的監視の課題が明らかになったが、このような課題を克服するには、以上に述べた無人航空機と関連システムの特性の多くが必要になるのである。

国防と災害救助における UAV (無人航空機) 画像に関する考察

カーティス・L・オーチャード氏 (ノースロップ・グラマン)

画像は無人航空機が提供する重要な成果の一つである。信号データ収集、レーダーないし AIS (自動船舶識別装置) からのデータ探知、通信リレーも同様に重要な ISR (情報活動・監視・偵察) の成果と能力の例である。今日においては、さまざまな種類の無人航空機が運用されており、単一の無人航空機ですべての ISR のニーズを満たすことはできない。無人航空機は、携帯型 (人間が手で持てる程度の大きさ) のドラゴンアイ (Dragon Eyes) からプレデターに至るまで多種多様にあり、こうした場合、階層化された ISR における無人航空機の役割はどのようなものになると考えればよいのだろうか。

第一に、軍事情報活動に無人航空機がどのように貢献しているのかをより適切に理解するために、「ISR」の語順を逆にして、「RSI」として説明したい。この説明では、「偵察 (*Reconnaissance*)」が最初の任務、つまり調査、偵察、探索になる。第二の任務は「監視 (*Surveillance*)」であり、厳重な見張りを維持することである。多くの無人航空機は、小型カメラを装備して 50 フィートの高度で飛行するか、あるいはレーダーや複数のカメラを装備して 25,000 フィートの高度で飛行するかにかかわらず、偵察と監視の両分野において重要な能力を発揮する。

「RSI」の説明の最後が「情報活動 (*Intelligence*)」である。軍事情報活動の定義の一つに、「指揮官に意思決定を支援するガイダンスを提供するため、情報の収集と分析を活用すること」というのがある。しかし、現在運用中の多数の無人航空機のうち、この定義を完全に満たす航空機は限られている。無人航空機のためのバリュー・チェーンの概念は、個々の無人航空機が空間や容積、重量、電源容量などの点で限界があるために、それぞれの無人航空機の役割を含めて考えるというものであり、これは言い換えれば、いずれの無人航空機にも

持続性、感知、通信の制約のあることを意味する。軍事情報活動に対する継続的な支援が、バリュー・チェーンの目標であり、それには多くの人員と航空機も必要である。アメリカ海軍は最近、スキャンイーグル (Scan Eagle) 無人機が累積で 65,000 時間以上飛行したことを発表した。このことから明らかのように、有人航空機では無人航空機のような長時間の運用を達成することはできない。

第二に、外部ユーザーを関与させるためのプロセスと基準に言及し、無人航空機についてさらに詳しく検討することが重要である。作戦指揮官は、情報活動に役立つ無人航空機の画像を必要とするが、それは単一の画像からだけではなく、他の情報を用いて組み合わせられたより複雑な成果としての情報である。たとえば、情報活動は、海上の船舶の画像だけではない。すなわち、画像は、履歴データ、状況認識データおよび分析を加えるために活用されなければならない。この中には機能が複雑なものもあり、それを説明する無人航空機に対するシステム・エンジニアリング・アプローチに、画像を情報化する「TPED (任務付与・処理・判読・配布) プロセス」がある。TPED (Tasking, Processing, Exploitation, and Dissemination) には、外部ユーザー (無人航空機を飛行させないが、情報を必要としている指揮官) と直接的かつ適時な関わりが必要になる。このサイクルには、数日かかることもあれば、数時間、数分で済む場合もある。

さまざまな組織や任務遂行者が画像の TPED プロセスに関与する場合、標準化も非常に重要である。このような標準化の一例に、デジタル画像を交換、補完、転送するアメリカ政府の NITF (National Imagery Transmission Format) がある。これ以外の画像フォーマットは、各単一のシステム内でのみ適応できるが、システム間の交換には NITF が必要になる。画像を「判読」する場合、NITF フォーマットは、画像に付け加えられる追加的な情報分析も可能にする。日本は現在、NITF フォーマットを使用しており、日本の産業界は商業用ソフト

ウェアとハードウェアのアプリケーションを統合することに精通しており、独自の TPED システムを生成している。

第三に、以上に述べた「RSI」を電子光学、赤外線、合成開口レーダーから NITF フォーマットに変換された公開画像の一部を例にとって説明したい。各画像は、高度約 60,000 フィートでノースロップ・グラマン社のグローバルホーク偵察機から撮影されたものである。2006 年の環太平洋諸国海軍合同演習

(RIMPAC: Rim of the Pacific Exercise) では、電子光学画像が撮影される前に、グローバルホークが遠距離レーダーで日本の海上自衛隊の護衛艦「さみだれ」を発見、追跡した（偵察）。軍用艦船であることが判明した時、中距離から近距離で電子光学画像が撮影された（監視）。画像が拡大されると、艦船の装備、船体番号、および H-60 クラスのヘリコプターが運用待機の状態であることが明らかになった（情報活動）。また、2007 年にカリフォルニアで発生した大規模な山火事の際、高高度赤外線が極めて有用であることがわかった。火事を煽る強い風と濃い煙の立ち込める上空を夜間飛行したグローバルホークから提供された画像は、グローバルホークの赤外線技術が煙を透過して現場をはっきりととらえることができることを証明した。これらと同じ条件の下、低高度で夜間に有人航空機および無人航空機を運用しても、安全ではなく、その価値も小さかったと思われる。

「トモダチ作戦」はわれわれの記憶に新しい。大規模な災害と対応から得た重要な「教訓」の一環として、無人航空機が活用されている。グローバルホークは数週間にわたって行った監視活動を通じて、福島第一原子力発電所の赤外線画像「地図」を作成し、その重要性について、アメリカ太平洋軍司令部ウィラード司令長官がアメリカ連邦議会で証言している。この監視活動により、重要なリスクを評価するために温度変化を探ることができた。この教訓から、危険な環境下において、損傷したインフラを撮像するために小型の無人航空機をいかに利用可能かを予測できることがわかった。つまり、人命を危険にさらす

ことなく、できる限りカメラを近づけて撮像するということである。

予測可能な将来において、無人航空機が有人 ISR にとって代わることはないと思われるが、無人航空機は階層化された ISR 概念によって、費用対効果の不均衡を縮小するために大いにその能力を発揮している。ここ 10 年以内に、アメリカ太平洋軍司令部は、無人航空機に依存して、画像、レーダーデータ、信号収集を提供するための長時間継続任務にあたることになるだろう。アメリカ太平洋軍司令部の任務には、あらゆる領域の非軍事上の任務と軍事上の任務の両方が含まれている。今日の無人航空機の任務は軍事分野の情報活動かもしれないし、明日の任務は災害救助かもしれない。アメリカ太平洋軍司令部は、無人航空機の ISR を「低密度、高需要」アセットと位置付けており、これはある地域内のすべての需要を満たすため、薄く広がって伸びているという意味である。主要な友好国や同盟国は、それぞれ独自の無人航空機ソリューション（無人航空機の適切な活用法）を提案する必要があるだろう。日本の中期防衛力整備計画および過去 7 年にわたる日米安全保障協議委員会（2 プラス 2）の共同発表では、日米間の情報共有の向上の必要性が強調されてきた。無人航空機画像の収集、判読、共有は、日米同盟を強化する重要な手段の一つに違いないと考える。

衛星映像技術

アンディ・ステファンソン氏（ジオアイ社）

ジオアイ（GeoEye）弊社は、主に防衛と情報活動分野で多くの重要任務を支援するため、高精密な衛星画像を提供する企業としてよく知られている。本日は、「EyeQ」についてご報告申し上げます。EyeQ とは、オンラインで迅速に地理空間情報を提供し情報活動を支援するためのジオアイ弊社のソリューション（画像処理解法）である。この技術により、弊社はデータを作成・管理し、

成果品を提供することが可能になった。ジオアイ弊社また、地理空間情報を広範囲にわたって、数か月、数週間かかることなく、数時間、数日以内に供給することもできる。一般的に、データの収集・作成、および物質的媒体を顧客に供給するには、多くの時間と高い費用が必要になる。そのために、ジオアイ弊社がオンライン上で地理空間情報を配信できるプラットフォームを構築する際に考慮したのは、時間を短縮し、コストを削減することによって、既存の枠組みを変えることだった。

EyeQによって、高分解能の衛星画像を幅広い地域から取り込んだ後、必要かつ利用可能な情報だけを切り取り、必要としないものについては削除することで、関心のある特定の地域あるいは正確な地域を選び出すことができるようになった。たとえば、8ギガバイトある全画像から、必要とする20メガバイトの画像のみを取り出すことができるのである。いわゆる「クラウド」技術やインターネット技術を利用しながら、地理空間情報を非常に迅速にユーザーの手元に届けることができるようになった。EyeQの当初の目的は、画像へのアクセスの方法を変えることにあり、これによって、要望があり次第、画像情報を編集してダウンロードできるようになった。その後、EyeQは一連のプラットフォーム・サービスに進化を遂げたが、これには既存のインフラ設備、国有資産、資源などから画像情報を取得し、発見する能力が含まれている。また、EyeQを使って無人航空機からのデータセットなど別の情報源を取り込み、公開であれ非公開であれ、ユーザーのいる多数の地点まで中継し、地上で情報活動に携わるユーザーに情報やコンテンツを配信することも可能になる。

ここで、EyeQ技術の展開例の一部を簡単に紹介したい。2011年3月の東日本大震災以前に、ジオアイ弊社はすでに日本スペースイメーシング（株）への支援事業を始めていた。衛星が利用可能になって間もなく、ちょうど地震が発生して1時間後のことだったが、ジオアイ社は地上で人命救助を担当する第一受信者に30,000平方キロメートルの高分解能の衛星画像を配信した。ちょうど

そのころ、ジオアイ弊社は『ニューヨークタイムズ』紙と密接に協力して、インターネットの双方向型のスライダー技術を構築していたため、EyeQによって配信される画像を使って、画像収集のインターネット・サイトを開発することができた。この双方向型のツールが利用可能になって最初の24時間で1,300万回の閲覧があった。EyeQが以前に撮像した衛星写真と東北の震災発生後数日以内に撮像した衛星写真が、世界中のウェブサイト上で公開され、入手可能になった。『ニューヨークタイムズ』紙も震災前後の衛星画像を公開した際、これと同じスライダー技術を使い、これらの画像同士を二重に焼き付ける、つまり重ね合わせることで変化を検出し、これにより地上での情報活動に役立てることができた。

EyeQ技術は2011年2月から6月にリビアでも活用された。ジオアイ社は、まず、主要紛争地域の中でも重要性の高い地域の衛星画像を収集した。特定の地域を複数回撮影して、時系列で蓄積したデータを作成し、これにより、どのような変化が起こったかを検出することができた。チュニジアの国境検問所から約3マイル手前にRas Adjir 難民キャンプがあるが、リビアで内戦が始まって2~3日以内にこのキャンプを撮影したところ、その衛星画像からすでにキャンプが徐々に設営される様子がわかる。この4日後に撮影された衛星画像からは、キャンプ西側の空き地にテントが追加で設営されており、また北側の道路に駐車しているバスがさらに難民をキャンプに運んできたことがわかる。内戦勃発後3週間、さらに多くの難民がキャンプに到着したために、その分の仮設住宅が建てられ、難民キャンプはさらに西側に拡大した。特定の一地点の画像を拡大すると、人々が食糧配給所に列を作って並んでいる様子がはっきりとわかる。

別の画像は、NATOが飛行禁止空域を設定する以前に、リビアのMisurata空軍基地に駐機している戦闘機と訓練機をとらえたものである。NATOが飛行禁止空域を課した直後に撮影された次の画像では、戦闘機数機と訓練機1機が破壊されていることがわかる。すべての航空機が破壊されなかった理由として、

画像分析者は、完全な高分解能の画像に基づいて、破壊されなかった航空機についてはスペアパーツが取り外されているか、あるいはそうでなければ故障中であると判断した。ジオアイ社は、NATO 軍による攻撃の前後の両写真を United Kingdom's National Imagery Exploitation Centre が設置した JARIC (Joint Air Reconnaissance Intelligence Centre) に提供した。

ジオアイ弊社の顧客は、EyeQをさまざまな革新的方法で活用しており、衛星画像に分析を加えることにより派生品がもたらされることも珍しくない。たとえば、IHS Jane's Defense & Security Intelligence & Analysis は EyeQを利用して、地上の司令官がすぐに利用可能な情報活動報告書を作成できるように、Ras Adjir難民キャンプのあるリビア国境に関する情報を収集し、衛星画像に基づいて分析を加えて、地上の司令官に配布した。国連訓練調査研究所の国連衛星プログラム (UNOSAT: UNITAR's Operational Satellite Applications Programme) は、地上活動について詳細な注釈を加えてリビア内戦を分析し、これにより移動砲撃隊の活動状況を知ることができた。

EyeQ技術は、時系列分析に基づいて、変化を検出するのに有用なデータとコンテンツの価値のおかげで広く受け入れられた。実際、ジオアイ社は、変化に富む世界を明確に理解することを必要とする意思決定者に対して、地理空間情報を提供する一流の供給源となっている。

無人地上機技術 (UGV)

熊倉 弘隆氏 (IHI エアロスペース)

IHI グループは、次の2つの大きな技術的な流れの中で、無人地上機の開発に取り組んできた。一つは自社プラントや工事に使用するロボットであり、もう一つは宇宙用および防衛用ロボット技術である。本日は、弊社エアロ社の持

つ地上ロボットに関する知見を活用し、災害対策と防衛のためにどのように活かしていくかについて、ご報告申し上げたい。

第一の項目は、日本における災害対策用としての地上ロボットの活用状況についてである。

無人建機は、遠隔操作による地上ロボットで、人間が作業するには非常に危険な場所で土木作業を行うことができる。無人建機は、1990年の長崎・雲仙普賢岳の噴火災害を契機に、本格的な利用が始まった。日本では、総合建設メーカーが、建機メーカー各社の協力を仰ぎつつ、無人建機の開発と運用に指導的役割を担ってきた。いつ何時災害が発生しても、総合建設メーカーは、復旧作業と土木工事を行うのに適切な機械を複数保有している状況にある。その結果、無人建機が災害対策で活躍してきたのである。

レスキューロボットは、人間が作業するには危険な場所や、人間が入っていけないような狭い空間において人命救助を支援するために投入される。1995年に阪神・淡路大震災が発生したのを契機に、国家予算が付与され、日本の大学やロボットメーカーを中心にレスキューロボットの研究開発が進められてきた。しかし、その後の地震や火事などの災害で、レスキューロボットが使用されることはほとんどなかった。その大きな理由は、実際に災害対策にあたる総務省消防庁がレスキューロボットを所有しておらず、実際の運用に組み込まれていなかった点にある。

1999年に発生した茨城の東海村 JCO 臨界事故以降、原子力発電所の事故に対処することができる各種ロボットが開発されてきた。しかし、東京電力は、福島第一原子力発電所の災害で使える地上ロボットを所有していなかった。原発自体の事故はありえないという日本の「安全神話」の下、このようなロボットを維持・運用していくための国家予算が付けられていなかったのである。実際に福島の原子力発電所の放射線レベルを計測するために最初に投入された地上ロボットは、アメリカ軍で多くの運用実績を有するアメリカの iRobot 社の

PackBot だった。一方、PackBot の福島到着よりも早い段階で、日本製ロボットである無人建機が、原子炉建屋付近の放射線環境下で瓦礫除去を開始しており、この災害においても、無人建機の運用は確実に進められている。

地上ロボットは、原発事故、火山の噴火、地震などの際に、危険な環境下で作業が行える点で、極めて有効な災害対策の装備となり得る。地上ロボットが迅速かつ有効に活用されるためには、災害対処にあたる組織自体が実際に運用できる形で地上ロボットを所有し、現場からのフィードバックを踏まえて改善を重ねていかなければならない。

第二の項目は、アメリカおよび日本における防衛用途としての地上ロボットの状況についてである。テロリストとの非対称な戦闘に代表されるように、戦闘の特徴や環境が変化している。アメリカ軍で地上ロボットの実運用が進んでいるのは、兵士の被害を最小限度に抑えるためである。現在アメリカ軍は、MK1 (iRobot 社の PackBot)、MK2 (QinetiQ 社の TALON)、MK3 (ノースロップ・グラマン社の ANDROS) と呼ばれる、それぞれ小型、中型、大型の 3 種類の地上ロボットを活用して、爆発物処理作業にあっている。イラクやアフガニスタンにおいて、8,000 台以上の地上ロボットが投入され、アメリカ軍はこのような実運用から地上ロボットの性能について豊富なフィードバックを受け取っているのである。アメリカ軍はまた PackBot を小型化した SUGV と呼ばれる種類の小型地上ロボットを近距離偵察用に使用しており、たとえば、兵士に代わって物陰に潜む敵を発見するために活用している。

アメリカは、次世代型の地上ロボットの研究開発に取り組んでおり、特に最も精力的に開発が行われているのは、兵士の簡単な指示を受けながら、ロボットがそれ自体で走行可能な路面を発見し、障害物を回避しながら進む半自律型地上ロボットである。ロッキード・マーチン社が SMSS と呼ばれる半自律操縦型の地上ロボットを開発したが、開発状況は戦闘支援用地上ロボットとして試験的に実践配備が可能なレベルにまでに進んでいる。このロボットの用途とし

て、輸送支援、偵察、最前線での電力供給、通信ノードなどが想定されている。アメリカ軍はまた、兵站支援用の自律型地上ロボットの試験運用も実施している。イラクやアフガニスタンで任務にあたるアメリカ軍の輸送部隊が、即席爆破装置（IEDs: Improvised Explosive Devices）と呼ばれる仕掛け爆弾による待ち伏せ攻撃等により被害を受けており、これに対処するため、アメリカ軍は地上ロボットを装備する必要性に迫られているのである。

アメリカ陸軍戦闘車両研究開発技術センター（U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center）で実施されている CAST（Center for Applied Special Technology）プログラムでは、地上ロボット技術を用いて、完全な無人輸送システムを開発することが目指されている。この無人機システムが近い将来実運用された場合、輸送車両部隊の先頭車両のみ兵士が操縦することになる。後続車両に搭乗する兵士たちは、車両を操縦することから解放され、これにより注意力を周囲の警戒に充てることができるようになる。

日本における防衛用地上ロボットについては、現時点ではまだ装備化には至っていない状況にあるが、防衛省技術研究本部が装備化に向けた研究を進めている。具体的な研究事例には、階段昇降が可能で、最大で時速 10 キロメートルの走行も行える小型ロボット、目的の場所に手で投げ入れられた後、変形して走行し、偵察を行う球状のロボット、爆発物対処用ロボットなどがある。民間における事例としては、踏破性能に優れた小型地上ロボットの研究や、自律型地上ロボットに必要となる環境認識技術、行動制御技術の研究開発等が進められている。

兵士の被害最小化と戦力の向上に資する装備として、防衛用地上ロボットは必要不可欠な装備になっていくことが予想される。アメリカ軍およびアメリカ産業界そして日本の防衛省および製造業界は、現在の地上ロボットの技術を向上させるための努力を日々続けている。

パネルディスカッション

日本の製造業者や防衛省は優れた地上ロボット技術を所有しているにもかかわらず、福島原子力災害ではこうした技術が使われることはなかった。実際に現場で使用されなければ、日本製の無人機の性能がどの程度のものなのかかわからない。日本がこの技術分野で国際競争力を発揮するには何が課題になるだろうか。

◆ 熊倉 弘隆氏

防衛用途として利用される地上ロボットは、まだ研究開発段階にあり、福島の原子力発電所で炉心融解が発生した時点で、残念ながら実装されているものはなかった。日本国民は2011年3月の東日本大震災から、災害発生直後の、何が起こるか想定が難しい環境にも迅速に対処できる独立した専門的組織を持つ必要のあることを学んだはずだ。日本はまた地上ロボットの活用を拡大する必要性のあることを理解し、それについて検討する必要もある。

本日、報告者が紹介したような無人航空機や画像処理技術を日本が装備する場合、地上インフラの整備に莫大な費用を必要とするのではないだろうか。

◆ カーティス・オーチャード氏

アメリカは、非常に巨大なインフラを所有しているが、それは無人航空機を支えるためだけのものでなく、さまざまなビジネスに迅速に情報を提供するためのものである。アメリカ政府は、無人航空機から世界各地30か所のさまざまなプラットフォームにもたらされる情報を同時に活用することができるが、データはわずか数か所のアセットから収集・活用されることがほとんどである。これらの技術のほとんどは、安全な、ウェブベースあるいはクラウドベースのコンピュータ処理環境の一部となっている。日本が同じようなインフラを整備する必要があるかどうかは、顧客の要求次第であると考えられる。

日本にはすでにこうした技術のほとんどがあるのだから、今後必要なことはすでに所有している技術を日本独自のシステムに統合していくことであると思われる。

◆ ジェームス・アーミントン氏

インフラをどの程度の規模にすべきかは、どのような種類の無人機を配備するかにもよる。グローバルホークのような大型の無人航空機は、巨大なインフラ設備を必要とするが、小型で、融通が利き、費用を抑えられ、分散配備可能な無人航空機の場合、滑走路と格納庫さえあればよい。無人ヘリコプターは、大きなインフラ設備を必要としない点で有用である。さらに、地上管制設備はますます小型化してきている。データの活用は、グーグル型のインターネット・プロトコルをベースとした商業用技術と組み合わせられてきているし、これによってインフラ設備は、戦闘で必要となるインフラ設備と比べて格段に小型化することが可能になる。

◆ アンディ・ステファンソン氏

広域の画像インフラ設備がある場合、ユーザーはかなり圧縮されたフォーマットでより迅速にウェブ上からデータを入手することができ、ギガバイトのような大きなデータではなく、メガバイトのようなサイズでデータをダウンロードできるだろう。これにより、インフラ設備にかかるコストを抑制することが可能になる。

無人航空機や地上ロボットの配備に何か弱点はないのか。特にデータ通信の際の脆弱性や機能上の限界などはないのだろうか。

◆ ジェームス・アーミントン氏

無人航空機や遠隔操作型航空機の通信上の脆弱性については、いくつかの懸念がある。これらの航空機を制御するにはリンク（連係）が必要になるが、データリンクは通信妨害に対して脆弱だ。通信妨害が発生した場合、情報を

収集する無人航空機は指令に反応することができなくなるかもしれない。アメリカがプレデター無人航空機をアフガニスタンで投入する際、同機はアメリカのネバダから制御されるが、衛星通信には数秒かかり、重要な戦闘の最中に通信が困難になることがある。この問題点を改善すべく、アメリカは半自律操縦の無人機の使用を検討している。半自律操縦の無人機には、誘導、ロジック、任務の各プログラムが組み込まれており、これにより通信リンクへの依存を軽減しようとしている。電波周波数帯の使用を削減することで、通信妨害への強化される。

◆ 熊倉 弘隆氏

通信リンクの他にも問題点がある。無人航空機や地上ロボットが活用される状況では、多種多様なリスクが存在する。たとえば、福島原子力発電所の災害では、2台の地上ロボットが投入されたが、あらゆる危険の可能性に備えるために、この2台だけでなく複数台のロボットを活用すれば、より効果的に事態に対処できたのではなかったかと思われる。

報告者は無人機の運用に関して、「自律型」という用語を使っていたが、そもそも「自律型」の定義は何か。また、より多くの要求仕様が想定された無人機を製造すると、その分コストが大きくなる可能性はないのか。そして、このような自律型の無人機がどのように設計されることになるかと考えるか。

◆ ジェームス・アーミントン氏

自律の程度に関して言えば、コンピュータでプログラムされた自己完結型で操縦任務を遂行できる完全な自律型の無人機航空機がある。しかし、現在では、半自律型の無人機航空機が技術的にはより成熟している状況にある。半自律型の無人機航空機にもまだプログラムを最新化する余地が残されており、また無人機と他の機械との通信も必要になる。ここで「自律型」が基本的に意味するのは、無人航空機に搭載されたコンピュータに事前にプログラムが

組み込まれ、その情報によって制御される無人機のことである。つまり、基本的な制御機能は無人航空機上で行われるということである。

◆ 熊倉 弘隆氏

ロボットの場合、無人航空機とは事情が異なる。地上で使用されるロボットは、障害や障壁を避けなければならないし、適切な経路を探索しなければならないために、空中を飛行する無人航空機よりはるかに複雑になる。地上ロボットには、長距離を安定して走行し、複雑な地形を踏破しなければならない。地上ロボットを語る上で、このような課題を無視することはできない。さらには、地上ロボットを使う人間が、たとえばロボットに「あの角の所でこうさせたい」というようなことを考えるかもしれない。そうした場合、完全な自律型の地上ロボットを持つことはできない。現在のところ、地上ロボットは半自律型にならざるを得ない。しかし、こうした課題を克服すれば、自律型に向けた次の目標は、戦略行動ということになるだろう。すなわち、これは自律型運用の別のレベル目標であるが、隊の中の一員として任務を遂行するという地上ロボットが想定されている。

中国の軍事力の近代化は、アジア太平洋地域の安全保障上の深刻な懸念となっている。中国の他、主要先進国の無人機システムや画像処理技術の産業競争力をどのように評価するか。

◆ ジェームス・アーミントン氏

無人機システムや画像処理技術の分野では、世界中で技術革新が起こっている。こうした中で、アメリカと日本は、今後も特に防衛技術分野においては、世界の他の地域よりも優位性を保持しようと思うだけでなく、2国間でこれらの技術を共有したいと考えるようになるだろう。アメリカはヨーロッパの同盟諸国とも技術を共有している。技術格差があれば、それを縮小しようとする必然的に投資を促進させることになるから、商業技術が無人機システムの設

計に利用されることがよくある。こうした点に鑑みると、他国よりも技術的優位性を確保するために、日米の同盟国が無人機システムや画像処理技術の分野に投資を行うことは重要である。多くの国が、無人機システムを開発するのに大きな課題を抱えている。

◆ アンディ・ステファンソン氏

一般的な世界の業界見通しの点からすれば、アメリカと日本が地球観測システムおよび遠隔探査技術の分野で優位性を持っており、ヨーロッパの数か国にも分解能技術において日米両国に次ぐ優位性がある。画像処理技術は著しく進歩を遂げた。たとえば、過去において高分解能といえ、2.5～5メートル程度と考えられていたが、現在では高分解能とは1メートル以下のことを言う。来る10～20年で、中国を含めて多くの国が高分解能の衛星を打ち上げることになるだろう。多くの国が商業目的あるいは防衛目的で技術力の向上を目指して互いに競合するにつれ、この分野の技術格差は縮小することになるだろう。

総括とコメント

西山 淳一氏（司会者）

まず、このシンポジウムで報告してくれた各分野の専門家と参加者に感謝の意を表したい。本日は、災害対策と防衛のために新技術をどう活かすかという点について議論した。宇宙空間からの監視と情報収集が重要であることは、明白な事実である。各報告者からも指摘のあったように、日本は無人航空機や衛星から迅速に情報収集できる能力を持つことが必要である。日本にはまた遠隔操作型の無人機システムや自律型システムの他、小型、中型、大型の無人機も必要になる。これらのシステムをいかに組み合わせ、配備するかは、それぞれの特定の目的によって判断されることになる。

冒頭でも述べたように、日本の総合建設メーカーは、災害救助活動に使用す

ることを想定して、継続的に無人建機の研究開発を行っている。

2011年6月、北澤俊美防衛大臣（当時）は、シンガポールで開催された「第10回国際戦略研究所アジア安全保障会議（シャングリラ会合）」の席上、日本は無人航空機および地上ロボットの活用を検討し、国際的な協力も視野に入れて取り組むことを表明した。日本の産業界や関係組織が無人機システムの研究開発の国際協力に参加するには、日本政府が武器輸出三原則等を緩和することが必要になる¹。日本は攻撃的な軍事活動を自制しており、そのために軍民両用目的のロボットの研究開発はできるが、軍用ロボットの研究開発はできないことになっている。しかしこれらが同じシステムであることに変わりはない。

10万人の自衛官が東北の震災の救助活動に参加したが、それでも自衛隊の主な任務は日本の安全保障を確実にすることにあるとの国民的認識が必要である。大学の研究者が防衛省と協力すれば、この点に関する国民の認識は高まるかもしれない。要するに、日本は今持っているロボット技術力を向上させ、無人機システムを開発することが必要であり、この進捗状況が日本の安全保障問題についての国民的理解の一つの指標になるのではないだろうか。

¹ 2011年12月27日、野田佳彦政権は、武器および武器関連技術を事実上禁止する武器輸出三原則等の緩和を決定した。日本政府はまた、三原則の理念は堅持しつつ、防衛関連装備品の国際共同開発・生産および平和構築目的、人道支援目的として防衛関連装備品の輸出を承認する新しい基準を設定した。

＜司会者およびパネリストのプロフィール＞

西山 淳一

元三菱重工業株式会社航空宇宙事業本部事業本部長。1971年北海道大学大学院機械工学研究科修了（修士号取得）後、三菱重工業入社、名古屋製作所に勤務。2004年航空宇宙事業本部副事業本部長。2007年同本部顧問。40年間勤務の後、2011年9月末退職。現在は同事業本部のコンサルタントを務める。

ジェームス・F・アーミントン

ボーイング・ジャパン防衛・宇宙・安全保障部門営業日本担当バイス・プレジデント。同社勤務以前は、レイセオンに勤務し、ボーイング・ジャパン副社長、ワシントン本社国際事業開発部長などを歴任。アメリカ空軍の戦闘機パイロット出身で、航空自衛隊の外国人交換将校としての任務経験を持つ。アメリカ国防総省で日本担当課長を務めた際には、日本との防衛協力プログラムの構築の促進に成果を上げた。

熊倉 弘隆

IHI エアロスペース防衛技術部ロボット開発室々長。1984年日産自動車入社、宇宙航空事業部特機技術部に勤務。2000年同社宇宙航空事業部が石川島播磨重工業グループに合併された際、IHI エアロスペースに入社。以後、同社防衛技術部防衛開発室々長、同部ロボットプロジェクト推進室々長などを経て、2010年より現職。北海道大学工学博士。

カーティス・L・オーチャード

ノースロップ・グラマン・インターナショナル日本副社長兼アジア地域担当役

員。1985年グラマン・エアロスペースに入社し、世界各地の AEW&C（早期警戒管制機）および戦闘機のプログラムなどに従事。1986-96年には日本事務所を統括。アメリカ海軍出身で15年間勤務し、アメリカ海軍研究所の著名な執筆者でもある。ジョージタウン大学修士号を持つ。

アンディ・ステファンソン

米ジオアイ・アジア太平洋地域担当上席部長兼在シンガポール・ジオアイ・アジア部長。2007年ジオアイ入社。同社入社以前は、世界規模の電気通信機器メーカーおよびネットワーク・ソリューションのサービス・プロバイダーで上級経営職として豊富な経験を持つ。長年、イギリス軍での任務経験を持つ。レスター大学経営学修士号。