無人飛行機による放射線モニタリングシステムの開発

UARMS 開発チーム*

1. はじめに

東日本大震災により発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故（以下，福島第一原発事故）によって，放射性物質が広い範囲にわたって拡散した。大規模に放射性物質が拡散した環境において，放射性物質の分布状況を迅速に把握するためには，航空機を使ったモニタリングによる“面”的な広域サーベイが有効である。福島第一原発事故後，米国エネルギー省（DOE）は，米軍機に大型 NaI 検出器を搭載し，航空機モニタリングを行った。文部科学省とその後業務を引き継いだ原子力規制庁は，福島第一原発から 80 km の範囲を中心にヘリコプターを用いた航空機モニタリングを継続的に行い，地上から高さ 1 m での空間線量率と放射性セシウムの沈着量の分布図を作成してきた[1–3]。

航空機モニタリングは，このように広い範囲を迅速に測定できるメリットがある。しかし，測定が大がかりであることから，頻繁に実施することには難がある。また，局所的に急激に線量率が変化する地域では，飛行高度を下げること，更に測定する間隔（測線間隔）を細かくする必要があることから，詳細な分布を調べることは不得手である。そこで，日本原子力研究開発機構（以下，原子力機構）では，低高度でき め細かく飛行測定できる自律飛行型無人ヘリコプターを用いたモニタリングシステムを開発し，福島県内を中心に空間線量率等の分布測定を行っている[4]。この無人ヘリは，GPS を搭載しており，その位置情報を基にプログラム飛行を行うため，同じ場所を何度も測定することができる。このため，除染前後の測定によって除染効果の確認や，多量の降雨により放射能の沈着状況が変化する可能性がある場合など，放射線分布の変化を調査するのにも適している。しかしながら，無人ヘリは数 km の範囲内しか飛行できず，より広い範囲の測定には適さない。

原子力機構（JAEA）と宇宙航空研究開発機構（JAXA）は航空機（有人ヘリコプター）と無人ヘリの中間領域（**図 1**）として，固定翼の小型無人飛行機を用いたモニタリングシステム UARMS（Unmanned Airplane for Radiation Monitoring System）の成立性について検討し，2012 年度から開発に向けて共同研究を行っている[5]。UARMS は，山林などの人が容易に立ち入れない場所の上空において広域モニタリングを行うことに加え，放射性セシウムを含む山林において大規模な火災が発生したときに下流側に流れてくる煙中にセシウムが含まれているかどうかを迅速に調査するなど，緊急時に広いエリアを遠隔でモニタリングできるツールとしても開発している。

2. 無人機システムの概要

放射線モニタリング用のプラットフォームと

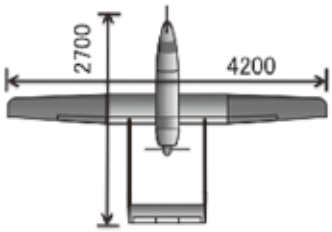
* UARMS 開発チーム
（独）日本原子力研究開発機構：鳥居建男，眞田幸尚，山田　勉
（独）宇宙航空研究開発機構：村岡浩治，穂積弘毅，佐藤昌之

なる無人機は，JAXA が過去に民間企業と共同で開発してきた小型無人飛行機の技術を利用している。同機は機体の低燃費化，システムの信頼性向上を図り，これまで連続滞空 20 時間以上の飛行性能を実証してきた。離着陸時の遠隔操縦を除いて，プログラムによる自動飛行が可能であり，広範囲の飛行を効率的に行うことを可能としている。UARMS はこの機体技術をベースとし，**図 2** に示すベース機と機能向上機の 2 段階で現在開発している。機体に搭載するペイロードとして，機体下部に 2 種類の放射線検出器を設置し，内部にデータ収集装置，通信機構を備えている（**図 3**）。2 種類の検出器を用いているのは，通常，空間線量率が低い北海道（大樹町，鹿部町）において飛行試験を行うことから，高感度の大型プラスチックシンチレータ（20 cm×20 cm×2 cm）とエネルギー情報を得るための 2 インチ NaI 検出器を用いているためである。

ベース機では，放射線検

	航空機モニタリング	無人機モニタリング	無人ヘリモニタリング
範　囲	広域 100 km以上	中域 数 10 km	狭域 1～3 km
機　種	ヘリコプター	無人飛行機	無人ヘリ
高　度	～ 300m	～ 150m	～ 50m

図 1　空からのモニタリングツール



項目	要求仕様	ベース機	機能向上機
質量/搭載	50 kg 程度	◎	◎
推進	エンジン（ガソリン）	◎	◎
飛行時間	6 時間（日中）	○	6～8 時間に長大
飛行速度	25～35 m/s（90～126 km/h）	◎	◎
離着陸距離	100～300 m	◎	◎
飛行高度	250 m 未満（航空法準拠）	◎	◎
操縦	プログラム飛行（地形追従モード），離着陸は手動	○	地形追従/観測パターン
安全対策	パラシュート，システム冗長化，長距離通信（多重化）など	○ （パラシュート，RTB）	システム冗長化，不時着機能
ペイロード	最大 3～10 kg	○	機能向上
気象条件	日中，小雨可，地上風 15 m/s 以下	○	環境条件データ取得
飛行区域	目視内（住宅の少ない地域）	○（目視内）	目視外を含む

図 2　開発中の小型無人機

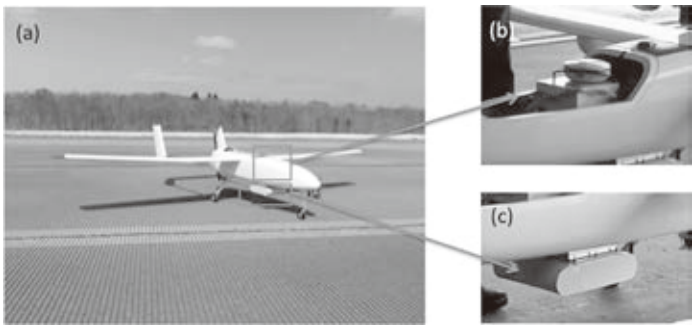


図 3　UARMS の機体（a）と放射線計測部（b），放射線検出器（c）

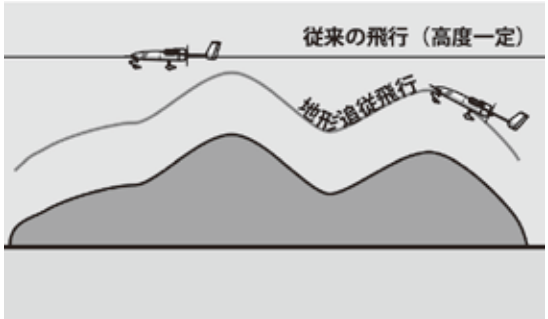


図 4　従来の高度一定飛行と地形追従飛行の概念図

出器を搭載した状態で無人飛行機と放射線検出器の基本性能を調査し，機能向上機では更に安全性の向上を目指して機能を付加するとともに，長距離通信機器の装備による長距離プログラム飛行，山間地での飛行を想定して対地高度をほぼ一定に保つように地形追従機能を持たせたものとして開発している（**図 4**）。

また，運用方法として，以下のことを想定している。

- モニタリング対象となる地域から 100 km 程度離れた地上基地局から遠隔操縦で離着陸し，飛行測定する。
- 自動操縦により，モニタリングを行う。
- 高度は航空法の制限内（150～250 m 以下）とする。
- モニタリングデータは，地上基地局にダウンリンクし，リアルタイムで測定状況を把握する。
- 帰投・着陸後にモニタリングデータをダウンロードし，詳細解析を行う。
- UARMS の運用は遠隔操縦者（パイロット）を含め，数名程度とする。

3. 福島県内での飛行試験

北海道での長時間の試験結果を踏まえ，地表面に放射性セシウムが沈着している福島第一原発から約 7 km 北に位置する浪江町請戸港付近において，本年（2014 年）1 月に UARMS のベース機を用いた飛行試験を行った（**図 5**）[6]。

試験は，約 2 km 四方の範囲を立入制限・監視区域として設定することにより，入域制限を行い，長辺約 1 km，短辺約 500 m の矩形を描きながら 50 m ずつ位置をずらすことによって 800 m×800 m の範囲をモニタリングした。対地高度は 150 m とし，プログラム飛行によって地上の空間線量率の測定を行った（**図 6**）。

その結果，**図 7**（**a**）に示す空間線量率分布が得られた。比較のために**図 7**（**b**）には有人ヘリによる航空機モニタリングの結果を示したが，UARMS は測線間隔が細かいため，より詳細な分布が得られることが分かる。

地上基地局から有視界範囲の飛行試験ではあるが，UARMS により空間線量率の測定が十分行える。今回の結果を踏まえ，測定機器の改良整備を行っていく予定である。また，今回の飛行は地上基地局から目視範囲内でのプログラム飛行であったが，今後の長距離飛行による広域測定に向けて第一歩を記した。

4. まとめ

UARMS は山林の多い福島県での広域放射能分布や放射性物質の移行調査研究に活用していく予定である。また，放射性セシウムを含む山林において大規模な火災の発生時にも大気中の放射性セシウム濃度を迅速に調査するなど，緊

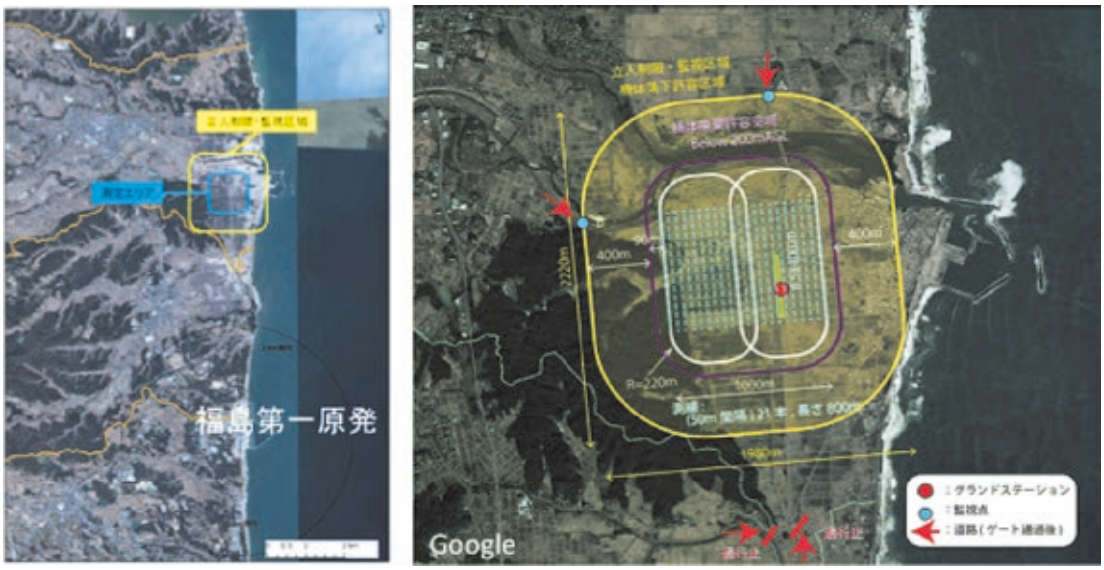


図 5　飛行試験を行った福島県浪江町請戸港付近

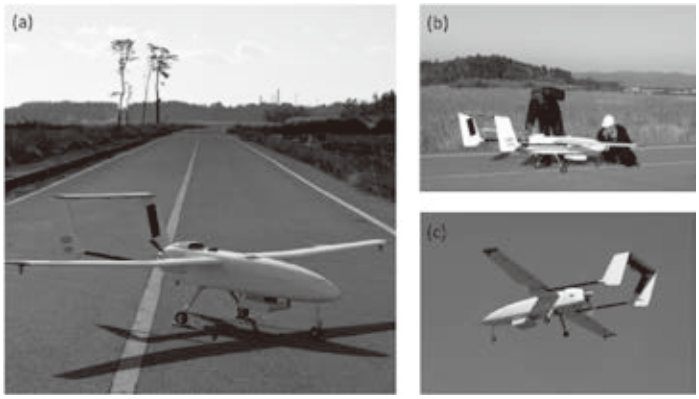


図 6　福島第一原発をバックにした UARMS（a）。飛行前の最終チェック（b）と飛行試験中の UARMS（c）

急時に広いエリアを遠隔でモニタリングできるツールとしても使用可能と考えている。

これまでの航空機モニタリングや無人ヘリを用いた測定では，地表面に沈着した放射性物質の影響を測定している。しかし，UARMS は，無人で長距離を長時間飛行できるため，大気中に放射性物質が放出されているような状況や，測定員の安全・被ばくが懸念されるような状況等においても遠隔で測定できることから，緊急時のモニタリングツールとしても有効であろうと考えられる。また，事故により海洋に放射性物質が放出された場合も上空からの拡散影響の測定が可能であると考えている。猪股弥生らは，福島事故で海洋に放出された放射性物質の拡散影響を米 DOE が航空機で上空から海上を測定したデータと海水サンプリングデータを比較することにより，海洋拡散調査に航空機モニタリングが有用であることを指摘した[7]。UARMS の場合，航空機より低高度で飛べること，何度も詳細に同じ飛行ルートで測定できることから，広域の海洋拡散調査にも使えると考えられる。

このように，無人飛行機による放射線モニタリングの適用範囲は広いと考えているが，まだまだ緒に就いた段階と言える。今後，運用を想定した飛行試験を繰り返すことにより，信頼性，安全性を実証するとともに，無人飛行機のモニタリングに適した放射線測定器を開発し，

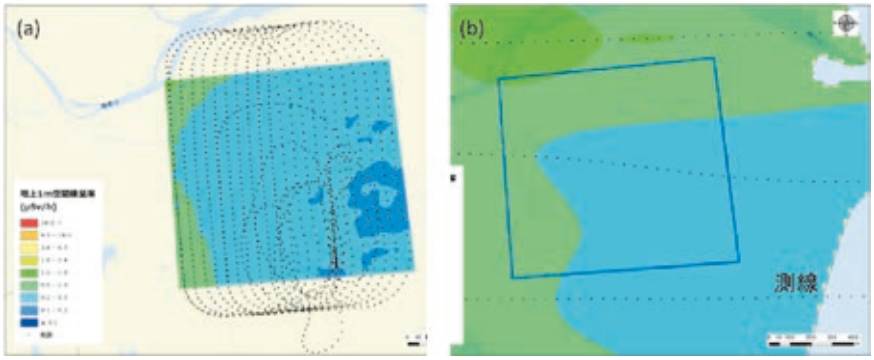


図 7　UARMS で得られた空間線量率分布（a）と同じ場所を測定した航空機モニタリング（有人ヘリコプター）の結果
点線は，飛行軌跡（測線）

実用化を図っていきたいと考えている。

なお，本稿は，7 月 9 日に行われた「平成 26 年度　放射線基礎セミナー～値の意味を考える～」における UAMS の開発チームの一員（鳥居）の講演内容を基に UARMS の開発状況をまとめたものである。

参考文献

1）鳥居建男，眞田幸尚，杉田武志，田中圭，日本原子力学会誌，**54**(3)，160−165（2012）
2）原子力規制庁，http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/0037_08.pdf（2013）
3）鳥居建男，放計協ニュース，No.53，2−5（2014）
4）Sanada, Y., *et al*., *Exploration Geophysics*, **45**, 3−7（2013）
5）村岡浩治，他，日本リモートセンシング学会学術講演集（2012）
6）Topics 福島 No.42，http://fukushima.jaea.go.jp/magazine/pdf/topics-fukushima042.pdf，原子力機構福島研究開発部門（2014）
7）Inomata, Y., *et al*., *J. Nucl. Sci. Tech*., **51**(9), 1059−1063（2014）