

地上用無人機技術の研究開発

株式会社 I H I エアロスペース

熊倉 弘隆

荒井 俊彦

金井 大志

1. はじめに

有事や災害現場等の危険な環境で、隊員の人命を守り、部隊の能力を向上させる次世代の装備品として、弊社では地上用無人機（UGV: Unmanned Ground Vehicle、以下、UGV と言う）に早くから着目し、研究開発を実施してきた。以下、UGV 研究開発の経緯と、その中で装備品として採用された小型 UGV（1 人もしくは複数名で持ち運びが可能な UGV の総称として用いる）の開発に関する概要を述べる。

2. 研究開発の経緯

弊社における地上用無人機技術の研究開発は、1980 年代に当時の宇宙科学研究所殿（現在の JAXA（宇宙航空研究開発機構））向けの惑星探査ローバー研究で始まり、1990 年代からは防衛用 UGV の研究開発に集中して、遠隔操縦技術、機器の小型化技術、自律走行技術等の研究開発を行ってきた。無人機としては小型 UGV と車両型 UGV（無人・有人運転の切り換えが可能な車両）の 2 種類を対象とし、それぞれに適した形で前述の技術を深めてきている。

本研究開発の技術を活用し、先進技術推進センター殿、陸上装備研究所殿に研究用の小型 UGV 及び車両型 UGV を納入してきた。

小型 UGV の納入品は以下である。

2004 年度：日本初の防衛用小型 UGV である「移動ロボット実験模型」（図 1）を納入。

2008 年度：「爆発物対処用ロボット I 型」（図 1）を納入。

2011 年度：「走破性・放射線防護性向上型小型 UGV」（図 2）を納入。

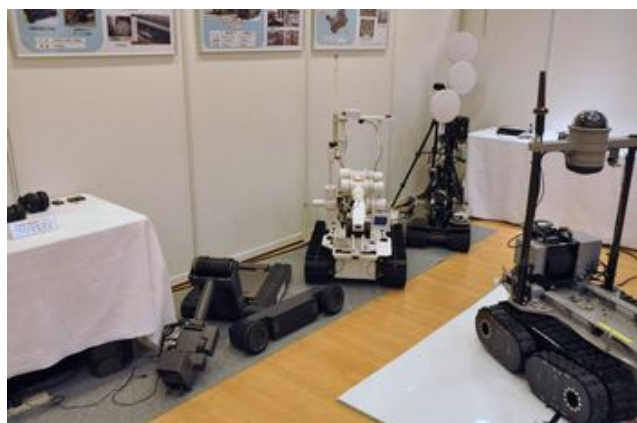


図 1 移動ロボット実験模型（左から 1 番目）
爆発物対処用ロボット I 型（左から 2 番目）

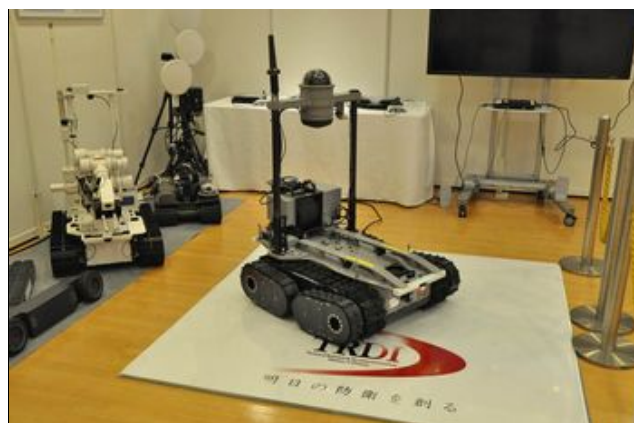


図 2 走破性・放射線防護性向上型小型 UGV
（中央）

出典：防衛装備庁ホームページ（<http://www.mod.go.jp/atla/research/dts2012/tenji05.html>）

車両型 UGV の納入品は以下である。

2011 年度：「陸上無人機」(図 3) を納入。

2014 年度：「CBRN*1) 対応遠隔操縦作業車両システム」(図 4) を納入。

*1) CBRN：Chemical（化学剤）、Biological（生物剤）、Radiation（放射線）、Nuclear（核）



図 3 陸上無人機

出典：防衛装備庁ホームページ (<http://www.mod.go.jp/atla/research/dts2012/tenji05.html>)



LRF: Laser Range Finder (レーザ距離計)

**遠隔操縦装軌車両
(排土装置搭載時)**

項目	主な仕様
車両寸法 (全長×全幅×全高)	約6.5m × 約3.2m × 約2.8m
車両質量	約30t(車体 約26t、作業装置 約4t)
搭載センサ等	可視カメラ、赤外線カメラ、LRF、自己位置標定装置、γ線カメラ、γ線計測装置
作業装置	油圧アーム装置(バケット、切断機、把持機)、排土装置
通信手段	自衛隊無線、民間無線LAN、衛星通信
CBRN対応	【乗員室】空気浄化装置、防護板設置 【車両表面】除染容易な塗料、カバー、表面被覆

図 4 「CBRN 対応遠隔操縦作業車両システム」構成部品

出典：防衛装備庁ホームページ (<http://www.mod.go.jp/atla/research/ats2015/image/pdf/o2-7.pdf>)

以下、研究開発の成果が装備品に繋がった小型 UGV について述べる。

3. 小型UGV（爆発物対処用UGV、携行型偵察用UGV）の開発

文献^{*1)}等によると、米軍が“テロとの戦い”において最も悩まされた攻撃の1つがIED（Improvised Explosive Device、即席爆弾）である。このIEDに対し、隊員を危険にさらすことなく探索、処理に威力を発揮したのが小型UGVであり、米軍においてはこれまでに数千台が装備化されてきた。弊社では我が国に適した小型UGVが必要と考え研究開発を行ってきた。装備品として「爆発物対処用UGV」を2012年度に納入し、「携行型偵察用UGV」についても2012年度に参考品を、2015年度に装備品をそれぞれ納入してきた。以下、国産小型UGVを開発するために、日本の環境に対応した技術開発の内容について述べる。

米軍が小型UGVを活用した砂状の地勢が多い中東地域と異なり、日本の環境においては、野外では火山灰等を地質とする錯雑地や、市街地では狭隘な階段を有する建物が多いなどの特徴がある。小型UGVの移動機構は一般的に履帯方式であるが、錯雑地では土、泥、砂利や落葉等が噛みこみ、履帯が外れやすくなるため、極力履帯外れを防ぐ耐走行環境性が必要である。また、階段や坂道を登坂するための高トルク性と、目的地まで平坦な路面を迅速に移動するための高速走行性を両立させる必要がある。更に、日本で想定される運用環境に即した小型化や操用性向上が必要とされる。これら4つの技術的課題に対して実施した研究開発について以下に述べる。

① 耐走行環境性

運用が想定される模擬環境（礫路や火山灰地質の不整地を模擬した環境）での連続走行試験と、移動機構に関する改良設計を繰り返すことによって、実用に耐え得るもの向上させていった(図5)。その中で開発したのが「噛み合い駆動方式」である。本方式は、駆動輪上に配置されたゴムブロックが履帯裏面の突起と噛み合い駆動力を伝達するとともに、履帯裏面の両側部に突起を設け駆動輪を挟むことにより履帯の偏りを防ぐことで履帯外れを防止する構造とした。



礫路（模擬）



火山灰不整地（模擬）

図5 耐走行環境性の連続走行試験の様子（研究用社内試作機）

② 高トルク性／高速走行性

高トルク性と高速走行性の両立に関しては、弊社独自技術である小型軽量な 2 段変速機によって実現した。これは、従来 2 式必要であったクラッチを 1 つの動作で変速が可能のように構造、動作を単純化したもので、小型、軽量化が図られた。(特許取得済)

③ 小型化

建屋内の作業階段等を小型 UGV が昇降しようとした場合、車体が大きいと階段の踊り場で転回しようとしても車体が壁等にぶつかり、先に進めないという事態が発生する。そこで、履帯はメイン履帯にプラスしてサブ履帯を取り付けた構造とし、階段昇降時はサブ履帯により段差乗り越えと車体を支え、階段踊り場ではサブ履帯を折りたたんだ状態とすることで小回り可能なようにした。

また、この小型化と整備性を両立させるために、車体内部構造のユニット化を行った。できるだけ短時間での復旧が行えるよう、故障時にはユニット単位での交換が可能である。

④ 操用性向上

アームは各軸の回転角度をそれぞれ制御するのではなく、アーム先端位置をジョイスティックで指示すると、逆運動学を計算しアーム各軸を自動制御する機能を有している。また、頻繁に使う姿勢にはボタン 1 つで遷移するプリセット機能を有している。

以上の研究開発に用いた社内試作機の外観と仕様を図 6 に示す。



項目	主な仕様
質量	走行装置：約 24kg 作業アーム・カメラ・バッテリー：約 19kg
寸法	約 0.5m × 約 0.6m × 約 0.8m
作業アーム	6 軸電動マニピュレータ
通信方式	無線 LAN（見通し Max 約 500m） 光有線ケーブル
走行・作業能力	走行装置：最高速度：約 6km/h 登坂能力：Max 45° アーム長：約 1.3m

図 6 小型 UGV（社内試作機）

4. おわりに

日本の国土、国情に合わせた使いやすい国産 UGV を目指し、研究開発を実施してきた。その成果の1つが小型 UGV であり、国産装備品に繋げることができた。UGV は新しい装備であり、実際に運用いただく中で改善を図っていくスパイラル的な開発が適していると考えているため、メーカーとしても積極的に使用感等の情報収集に努めていきたい。

5. 謝辞

この度、弊社の地上用無人機技術の研究開発活動に対して、防衛基盤整備協会賞という栄誉を頂き、大変光栄に存じます。今回の受賞を励みにし、今後も防衛省・自衛隊・防衛装備庁殿のご期待に応えられるよう当社の技術力の向上に努めていく所存です。

最後となりましたが、これまでの研究開発活動にあたり、ご指導、ご協力を頂きました関係者の皆様に深く感謝致しますと共に、今後も一層のご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

*1) EOD Robotics Past, Present and Future, CAPT Thomas Smith, NAVSEA Warfare Centers, AUVSI Program Review 2012