

# 今後のロボット開発と国際競争力

## ～福島原発震災 2011・日本はロボット大国？ (SDP3)

加部 隆史 (NPO 安全工学研究所)

### 1. はじめに

福島第一原発事故後間もなく、アメリカから原発用ロボットが複数投入された。原発は安全だと言い聞かされてきたのと同様に、多くの日本人は「日本はロボット大国のはずなのに、何故アメリカのロボットが？」との疑問を抱いたと思う。

インターネット通信や車載用のナビゲーションシステム (GPS) 等は、そもそもアメリカで軍事技術として開発されたもので、多くの先端技術は軍事目的として当初開発されてきている。写真 1.及び 2.は、福島原発に投入されたロボットである。



写真 1. 無人偵察機 Predator



2. 無人偵察機 Packbot

現状を見れば、日本が 40 年ほど前にアメリカから導入したロボット技術を産業化し、この分野で、現在世界で過半数の市場を獲得していることは事実であるが、これは当時の技術に基づいたものであり、製造用を目的としたロボットが大半である。

一方で、多種多様な市場要求事項の変更と増加等により、サービスロボットが世界的に研究開発され、一部が実用化され始めている。ロボット大国の奢りから、サービスロボットで世界に発信する動向が日本であるが、これが時代の要求を満たし新たな市場形成できる為の前提条件がそろっているかを検証してみたい。

### 2. アメリカの軍事ロボット

1961 年アメリカでユニメーション社が世界で初めて産業用ロボットを開発し、1969 年川崎重工業がそれを技術導入して、日本で産業用ロボットの導入が始まった。その後、日本で産業量ロボットは急速に発展した世界市場の多くの部分を獲得した為、アメリカはこの分野から殆ど撤退した。

アメリカの DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)はアメリカ国防省の軍事用新技術開発を行う機関であり、1958 年に設立され 240 名の人員を有し、年間予算は約 32 億 US\$ である。設立のきっかけは、1957 年にソ連が世界で初

めての人工衛星スプートニクの打上げを成功させた事にアメリカとして対抗するものであった。近年は写真 3. に示すような広範囲にわたるロボット開発を行っている。1958 年にはアメリカ航空宇宙局 (NASA) も同時に設立されている。1960 年代には核弾道ミサイルの開発が進み、米ソ両国の宇宙開発戦争に突入した。同時期に、石油資源をめぐり中東戦争が中近東で勃発し、尾を引いている。

9.11 のテロ後には、大統領直轄で Homeland Security が設立され、情報通信技術を基盤として国家安全保障の課題に取り組んでいる。ここでも最新の技術を基にしたロボット及びその関連基準作り等をオブジェクト指向の UML を推進する OMG 等を通し実施している。

安全に関しては、アメリカ国防省が軍事品の調達目的の為に 1969 年に設定した軍事規格 MIL Standard 882, "System Safety Program Requirements"/"Standard Practice for System Safety"が策定され、安全マネジメント、設計要求、妥当性検証と評価等を製品の全ライフサイクルの概念を含め Systems Engineering の観点から包括し、欧州機械安全規格の体系へも影響を及ぼした。时期的には丁度前述のミサイル開発と並行している。

アメリカの軍事技術はこの様に、当時のソ連との宇宙開発競争並びに核開発競争が背景となっており、そこに最新の科学技術の知見並びに国家予算が重点的に投入されてきた。

#### DARPA Projects



Jamming Gripper  
Cicigo Univ.+iRobot



LANdroids, iRobot



レーザーホーミング弾



DARPA urban challenge



Asymmetric Materials for the Urban Battlespace



Big Dog, Boston Dynamics



Precision Urban Hopper  
Boston Dynamics



ルークアーム、ロボット義手



Powered suits, Sarcos

<http://japanese.engadget.com/tag/DARPA/>

写真 3. DARPA プロジェクトのロボット

アメリカは第二次世界大戦以降、ベトナム、韓国、中近東等で戦争を繰返し実践してきており、結果として数多くの兵隊が戦死している。その為、兵隊を現地に投入せずにそれを機械に代替させるという目的から、無人航空機(UAV: Unmanned Air Vehicle)、

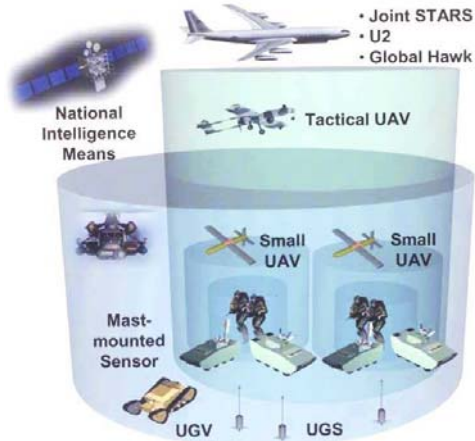


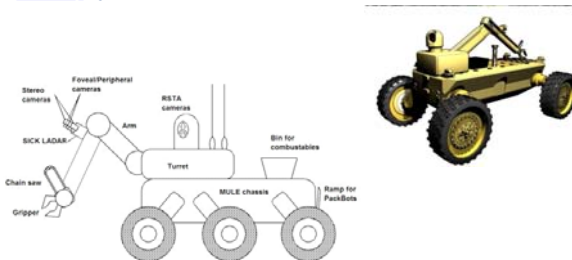
写真4. アメリカの無人機概要

無人地上車両(UGV: Unmanned Ground Vehicle)、無人水上艦(USV)、無人潜水艦(UUV)等一連の無人機、いわゆる軍事ロボットを開発してきた(写真4. 参照)。特徴として、アメリカ本土から海外の戦場で遠隔操作により敵を偵察或いは攻撃する目的を持っており、既にいくつかが戦場に投入されている。手術ロボット・ダビンチがアメリカで遠隔操作し、太平洋をまたいで欧州の患者を手術する事は実証されているのと、同じ事である。

最近、写真5. が示すエネルギー自律型ロボットが開発され、植物を摂取し、それからバイオマスを自生し燃料補給を自律的に行うものである。

EATR's engine officially complete, and this robot's one step closer to reality

Laura June posted March 30th 2010



戦術的エネルギー自律型ロボット(Energetically Autonomous Tactical Robot, EATR)とは自身の活動に必要な植生バイオマスを自ら探し出し、燃料補給を行う自律型ロボット車両である。

写真5. ETAR

世界に先駆け開発されたヒューマノイド ASIMO は、話題を呼んだが、アメリカの自動車メーカーGM は NASA と共同で、上半身のみのヒューマノイド

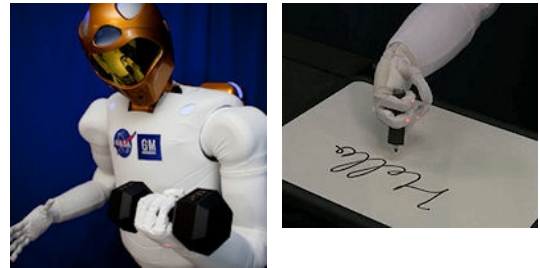


写真6.NASA-GM,2010 Humanoid R2-Robot

R2 を開発した (写真6. 参照)。

原子力発電の際に生じる劣化ウランは爆弾として戦場で資料されるが、そこに投入される無人機は自ずから耐放射線の仕様が初めから要求される。福島第一原子力発電所の複数の水素爆発後の状況は、放射線とそれを浴びたガレキが散乱しているという極限状態で、これはイラクやアフガニスタンでの戦場の状況と類似している。かような背景から、戦場ですでに実績のあるアメリカの無人機が今回福島原発に投入された。

## 2. 欧州のロボット開発

欧州ではフランスの Intra 社(写真7)やドイツの KHG 社(写真8)等が原発用ロボットを保有しており、チェルノブイリ原発事故等での実績がある。



写真7. Intra



写真8. KHG

両国は福島原発事故で、これらのロボットの提供を日本へ申し入れたが、これまで投入はされていない。ドイツからはアーム長 50m 以上の注水クレーン車が導入された。

EU の場合、科学技術政策 Framework Program6 (2002-2006)でとりわけ多数のロボット研究開発プロジェクトが展開された。

ドイツの場合、ものづくりの産業構造は機械産業を中心に、日本と似ており、工場の自動化技術用として、産業用ロボットメーカー及びサービスロボットの研究開発等が行われている。その中で、例えば工場での人とロボットの協働・協調につき多くの研究が実施されている。人とロボットの協働は、危険源を有する機械であるロボットと人が共存する為、従来の機械安全の隔離の原則或いは停止の原則は、基本的にそのまま使用できない。ロボットを人に危害



を与えない程度の速度内で運転する為に、安全ドライブシステム (IEC61800-5-2) が適用され、その強調領域に人が侵入しない為に、人の動きを安全センサ (1D,2D 或いは 3D) で監視することにより、防護策なしの安全な作業が可能となる。これらは、往々にしてソフトウェアの安全性に関する機能安全規格 (IEC61508) を満たしたものが適用される。

図 9 は、ドイツで公的資金が投入されて 2005 年に終了した ASSISTOR プロジェクトで、人とロボットの協働の為に 4 通りの試作機を製作し、実験を実施した。EU では、公的資金が投入されるプロジェクトは、先ずプロジェクトロゴが作られ、インターネットでそのプロジェクトの概要、進行状況、ワークショップ等の実施内容及び講演集等が公開され関係者は情報共有が出来ている。

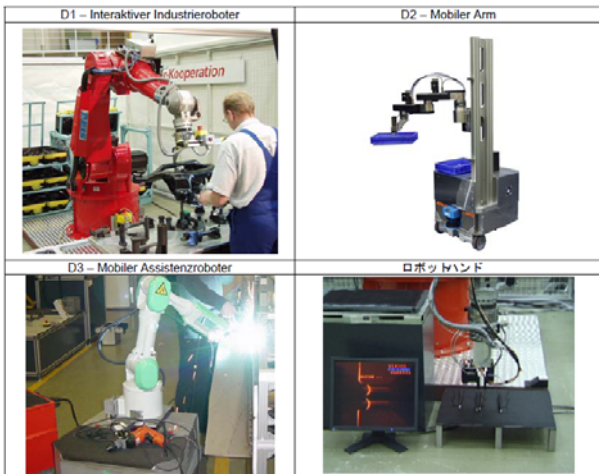


写真 9. ASSISTOR-Project

### 3. 日本のロボット開発と今後

経済産業省関係では 1983 年から 1990 年にかけて、極限作業用ロボットのプロジェクトに国家予算が約 200 億円投じられ、うち原子力発電所用がその 1/3 程度が使用され、複数の試作機が製作された。写真 10 は、当時開発された RESQ ロボットを示す。JCO の臨界事故を踏まえて実機の開発も行われた。1991-2000 年には、マイクロマシン技術開発プロジェクトに 250 億円が投入された。写真 11 は、耐放射線能力を向上させた原子力施設事故時対応対環境型ロボット RaBOT である。1998-2002 年には、50 億円の予算で人間強調・共存型ロボットプロジェクトが実施された。2005 年には愛知万博でサービスロボットが披露され、2006 年にロボット政策研究会報告書が纏められた。

文部科学省の関係では、阪神淡路大震災の教訓を踏まえ 2002-2007 年、都市災害用のレスキューロ

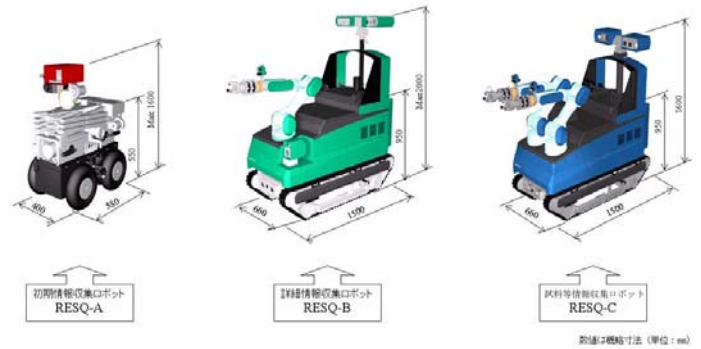


図8 遠隔情報収集ロボット「RESQ」の外観

【出典】日本原子力研究所ホームページ:原子力施設事故時に対応する遠隔情報収集ロボットの開発  
<http://www.jaeri.go.jp/genken/press/010314/sanko01.html>(2001年3月14日)

写真 10. RESQ ロボット

ットが 15 億円の予算で実施された。

福島原発事故に当初、日本製ロボットは導入されなかったが、準備はされた。技術的には対応可能であるのに、何故今回使用されなかったが、問題である。原発同様に、経済産業省の所轄である。



写真 11. 左:原子力施設事故時対応対環境型ロボット (RaBOT) 写真 12. 右:待機中の日本のロボット

●関係者の話では、原発用ロボットが開発されたものの、日本の原発では重大事故は起こらない。。との事から、プロジェクト終了と共に、実機は使途不明となり、活用されなかった。

日本の「安全神話」が、技術開発の芽をつんでしまったとも解釈できる。

### Unmanned Vehicleシステム～UGVの開発～ Yamaha



写真 13 : YAMAHA UGV

●結果そこに投入された税金は、無駄遣いであった。

更に、無人機については、例えば日本でもYAMAHAが写真13.の様に複数の機種を開発している。当社は無人ヘリコプターを軍用として輸出したとして、告発された。アメリカの場合は制限なしに、かつ軍事目的を出発点として、最新の科学及び技術の知見が投入され、かつそれを民生利用により産業界が経済活動を促進する図式が成り立っているが、日本の場合、前述の理由により輸出については制限がかかり、国内の場合でも、適応現場が皆無となり、ビジネスとしては殆ど成立しない。

●日本の場合、以前東芝機械のココム違反事件等に見られるように輸出貿易管理令により、戦略物資に該当するものは輸出できない。

ロボット開発に関連する行政として、経済産業省はロボット開発全般、総務省はコミュニケーションロボット及び消防ロボット、文部科学省はレスキューロボット、農林水産業は農業用ロボット、厚生労働省は介護・福祉ロボットと複数省庁が関連しており、縦割り省庁の弊害とロボット予算の細分化はいがめない。アメリカ国防省によるロボット開発の一元化とは様相が異なる。

#### 4. おわりに

日本はロボット大国と言われるが、世界の先端ロボット開発は、日本のそれとかなり異なっている。原発の安全神話が福島原発事故により崩壊したのと同様に、ロボット大国という神話も新たな定義付けが必要になっている様だ。

ロボット及び原発との共通点は、基本設計の基はアメリカで、日本はその技術を導入し、発展させたという事が挙げられる。産業用ロボットの動作原理は、既に40年以上前から変化しておらず、近年は高度な制御技術を付加する事により機能面で充実している。

アメリカの場合、軍事ロボットとして自律型無人機をシステム構築し、具体的に戦場で実践を重ねている。又、軍事技術の為に多大な国家予算がそこへ投入される。日本では、その背景と実践の場が無い為、この分野で競おうとしても、所詮無理である。

MOTについてもアメリカの軍事ロボット関連からの流れから、例えばMITとiRobot等、産学の連携による軍事技術の民生化が実践されている。

産業用ロボットのこれからについては、前述EUのロボットプロジェクトの様に、人とロボットの協働・共存が望まれるが、その際あらたな安全原則が前提となり、日本ではリスクベース社会になりきっていない為、安全については遅れている。EU、とりわけドイツは現存の安全機器では世界の市場シェアをかなり押さえており、安全規格面でもイギリスと並び世界に発信している。日本の場合、安全規

格の発信はこれまで殆ど出来ていない。

世界を驚かせたヒューマノイドASIMOも、アメリカがその気になればR2ロボットのようなものが出来てしまう。もはやASIMOはオンリー・ワンではなくなっている。

かような状況下で、先行したこれらのロボットに遅れたところで、過去の日本の様に、追いつき・追い越せを繰り返して意味があるだろうか？日本発で、それを持続するイノベーションの連鎖が必要であり、そこでの産学官の実のある連携方法が、真に問われている。

日本は、世界に冠たる少子高齢化社会であるが、例えば年をとっても人生を楽しむことを学ぶ学問分野である老齡学(Gerontology)の研究は、殆ど行われておらず、欧米で先行研究がある。

日本のものづくりは、2000年を境に下降線をたどっており、携帯電話で言われるガラパゴス化を象徴として、とりわけ情報通信産業においては、当初日本が世界をリードしていても、間もなく近隣アジア諸国に追い越される事象が繰り返されている。同様に、原発や鉄道輸出の案件でも、日本は技術に勝ってビジネスで負ける、という現象が続いている。ロボットの分野でも、過去のロボット大国に安住する限り、欧米の新たなロボット分野での動向には歩調が合わせられなくなっている。

●2010年には、日本の福祉用に資するロボットHAL及びRODEMなどを、福祉先進国のデンマークが自国で導入したいとの事から支援を申し出てきた。何故、日本国内でその様な動きにならないか？

日本は、高齢者の人口割合が世界で最も高い部類に入る為、この分野で老齡学や福祉医療ロボットにしる、日本の知と経験を集中的に投入することにより、世界へ発信できる潜在性をもっている。

それを実現するためには、以下の進め方の抜本的な見直しが必要とされている：

- －長期的な未来予測に基づく、適切な政策
- －あくまでそれに基づく技術ロードマップ策定
- －それを実現する為の予算措置
- －実行の為に国・産業界・ビジネスモデルの適正な役割分担と組織化

日本は介護・福祉ロボットや災害用のレスキューロボット等特性を十分に活かせる分野に特化し、新たなサービスサイエンス等の動向も配慮し、知を結集し世界のモデル作りをする様にしたい方が良いのではないだろうか？折角夢を見た学生が頑張った成果が実践できないのは、悲しいことである。今、夢を実現することが求められている。

注：掲載写真は各組織、団体、製造者等のHPから引用させて頂いた。

(2011.05.24, [kabe@safetylabo.com](mailto:kabe@safetylabo.com))