

# 生活支援ロボットの安全検証方法の研究開発と 今後の事業展開の紹介

Introduction to the Research and Development of Safety Evaluation for Personal Care Robots, and  
Future Business Plans

勝田 智也 \*1

Tomoya KATSUTA

## Abstract

JARIは2009年から、生活支援ロボットの安全性評価事業を本格的に立ち上げ、国プロジェクトの活動を通じて安全試験方法や安全規格の知識を蓄えてきた。昨年、ロボット安全試験センターを取得し、更にロボットメーカーに役立つ安全検証サービスを提供し、ロボットと人間が共存する安全な社会創りに寄与していく。

JARI launched a safety evaluation business for personal care robots in 2009, and has accumulated knowledges of safety testing methods and safety standard requirements through participating in national government projects. Thanks to the acquisition of the Tsukuba robot safety testing center last year, JARI aims to provide more useful safety evaluation services for robot manufacturers and to contribute to the realization of a safe society where humans and personal care robots coexist.

## 1. はじめに

2020年の東京オリンピック・パラリンピックイヤーを翌年に迎え、昨今は様々なロボットを報道や、時には街中で目にすることが増えて来た。クラウドの発達やGPU<sup>注1)</sup>などの高性能化・低価格化によりディープラーニングの実用性が飛躍的に向上し、アプリケーションレベルで我々の身近に生活支援ロボットが存在するようになり、人とロボットが共存する便利な世の中の到来がいよいよ近いことを予感させる。しかしながら、ロボットの自律性が上がるにつれ、トラブル発生時の人の介入度は下がるため、電気製品などと同様の既存の安全技術では安全性の確保に対応しきれなくなる。また、用途や形状、使用環境などに応じてロボットのタイプは多種多様であり、それぞれのロボッ

トのタイプに応じた個別の危険源に関する情報と、その具体的安全方策はまだ未成熟である。そのような懸念がある中、一般財団法人日本自動車研究所(以下、「JARI」という)は2009年の国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の事業(以下、「NEDO事業」という)から、現在の国立研究開発法人日本医療研究開発機構の事業(以下、「AMED事業」という)におけるまで約10年に渡り参画し、生活支援ロボット・介護ロボットの安全試験方法の研究・開発と標準化支援活動を続けてロボット安全の知見を蓄えて来た。その知見を活かし、国内のロボットメーカーの開発を安全の面から支援するため2018年10月に、それまで国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、「産総研」という)が所有していたつくばロボット安全試験センターの機能を譲り受けて、機械安全試験(電気安全試験を含む)、電磁両立性の試験(以下、「EMC試験」という)、生活支援ロボット安全の為の開発

\*1 ロボット開発支援室 安全検証グループ

注1 Graphics Processing Unit の略称。リアルタイム画像処理に特化した演算装置のこと

コンサルティングの3本柱を基幹サービスとして提供を始めた。本稿ではその経緯、成果および今後の展開について紹介する。

## 2. JARIの国家戦略プロジェクトへの参加

JARIは2009年からのNEDO事業において生活支援ロボット、2013年の経済産業省の事業(以下、「METI事業」という)、および2014年から現在に至るまでのAMED事業においてロボット介護機器の安全に関する試験方法の研究・開発、規格策定の支援活動、および先行してロボットを開発するメーカーへの試験の提供を約10年に渡り続けてきた。その取り組みの概要を項目ごとに以下に述べる。

### 2.1 安全試験方法の開発・研究

安全試験方法開発のアプローチとしては大きくは二通りある。一つ目は、他の工業分野ですでに実績のある安全試験をロボット用に当てはめる方法である。JARIには国内JIS規格を始め、ISO<sup>注2)</sup>、IEC<sup>注3)</sup>、CISPR<sup>注4)</sup>など国際規格の安全・試験規格に精通したメカ・電気・EMCの技術者がおり、家電、産業機械や医療機器など、すでに他の工業界で実績がある安全試験を利用し、条件設定を最適化することでロボット用に適用させる。例えば、携帯電話、放送波などの電波や、様々な電磁環境下でロボットが不安全な動作をしないか確認するEMC試験では、従来の電気製品と同様のEMC試験規格の条件を引用するが、被試験ロボットの不安全動作抑制の検証を行う目的から、EMC測定に影響しないように不安全動作を連続で行わせる工夫が必要になる。そのため、典型的な不安全動作を模擬するための特殊な試験設備などをロボット安全試験センターでは予め備えている。

二つ目は、まったく新しい安全試験方法を開発することである。ロボットの新たな機能は日々開発され、その安全性試験方法の妥当性確保と試験

を実現するための試験装置を個々のメーカーが開発することは、開発工数を増加させ、大きな経営負担となる。そこで取り組みの一例として、JARIでは昨今のシルバーカータイプのロボットが提供する下り坂での抑速ブレーキ機能に対して、高齢者に適したブレーキの適性値を調査・研究し、抑速用ブレーキの要求基準を設定し、それを確認する試験装置を開発した。現在はその要求基準と試験方法をISO/TC<sup>注5)</sup>173WG1を通じ国際規格に盛り込む方向で規格の開発が進められている。このように人間工学に基づいた実験を行い、今までは無かった安全の要求基準を開発することは、研究機能を持ち、且つ公平な中立機関としてのJARIに求められる役割となっている。

### 2.2 標準化支援活動

標準化活動においては主に三つの技術カテゴリで支援をしている。一つ目はISO/TC 299 Roboticsへの参画であり、NEDO事業生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発で蓄積した知見を活かし、2014年に生活支援ロボットの安全性の国際規格ISO 13482:2014の発行に貢献した。この規格の特徴としては様々なタイプのロボットに適用できるよう汎用性を重視している。そのため安全分析における最も一般的な手法であるリスクアセスメントを要求することを基本とし、その中で生活支援ロボットで考慮すべき危険源と安全要件の一般的な例を述べるにとどめている。従って具体的な試験方法に落とし込んだ情報は少なく、今後は具体的な要求や試験方法を盛り込む対応が期待されている。その対応のため、ISO/TC 299 WG2では、前述の規格に付随する技術レポートISO TR 23482-1を新たに発行し、生活支援ロボットに適用できる具体的な試験方法を掲載し、2019年中に発行する予定である。この規格に記載の試験方法のいくつかはJARIが開発した試験方法がベースとなっており、このことは前述した試験法開発の活動が国際的に認められたことを表している。

注2 国際標準化機構：(英: International Organization for Standardization)の略称

注3 国際電気標準会議：(英: International Electrotechnical Commission)の略称

注4 国際無線障害特別委員会：(仏: Comité international Special des Perturbations Radioélectriques)の略称

注5 ISOの技術委員会：(Technical Committee)のこと。規格原案作成のために専門家によるワーキンググループ(WG)を持つ

二つ目は ISO/TC 173 Assistive products へ参画し, AMED ロボット介護機器開発・標準化事業の研究成果を活用した福祉機器の為の標準化支援を行っている。現在の福祉機器は国際的にロボット化およびロボット技術実装の開発が進められている。また, 欧州など海外先進国において福祉機器は医療機器として扱われるのが一般的である。そこで ISO/TC 173 では国際潮流を鑑み, 医療機器独特の背景を考慮した上で, ロボット特有の危険源情報, 安全方策や検証方法を盛り込んだ国際規格の開発が進められており, JARI は研究成果をベースに規格原案作成に貢献している。

三つ目は ISO/TC 199 Safety of Machinery へ参画し, ISO/TC 199 WG12 において人と機械が干渉した場合の傷害耐性に関して, METI 事業で研究を推進している。傷害誘発実験結果に基づく内出血の発生傷害条件のヒトへの換算評価の研究成果を活用した基準作りに貢献している。

### 2.3 ロボット試作機への実試験の提供

NEDO 事業, METI 事業および AMED 事業では, 安全性や効果性能の基準を開発するコンソーシアムと, 実際にロボットの試作開発を実践する開発補助事業者の 2 本の柱があり, お互いに連携して研究・開発を進めている。この取り組みの中で, 安全性基準を開発するコンソーシアムが開発した安全試験方法は, 開発補助事業者の試作機の安全性評価に活用される。JARI は安全性基準を開発するコンソーシアムの一員として, 開発した試験方法を実際のロボットに適用する活動をしてきた。そのフィードバック情報をより効率的な試験方法にブラッシュアップさせて, 試験方法の効率性と妥当性を改善してきた。

国内のロボットメーカーによるロボット開発の促進がなされる一つの必要条件として, 安全規格がより実践的な要求内容になることが期待されている。JARI は安全試験方法の開発, 実機への適用による妥当性の確保, 試験方法の標準化の三つの取り組みで規格要求の熟成へ貢献をしている。

### 3. 安全試験事業を開始

JARI は NEDO 事業, METI 事業および AMED 事業の活動を通じ蓄積した生活支援ロボットの安全試験と安全検証の試験設備と知見を, 国内メーカーがロボットを市場に投入する時の安全性検証に活用できるよう, それまでは産総研が運営していたつくばロボット安全試験センターの機能を 2018 年 10 月に譲り受け, 機械安全試験(電気安全試験を含む), EMC 試験, 開発コンサルティングなどの技術サービスを提供できる体制を構築した。

ロボット安全試験センターは, 生活支援ロボットの安全検証のための国内最大級の試験施設である一方, ロボットに限らず, 例えば自動車用コンポーネントなど, その他の製品でも条件が適合すれば試験ができる汎用性のある試験施設である。AMED 事業などを通じた経験とメーカー意見を参考にし, 開発工程の上流段階から必要な検証ができるよう再構築を図った。試験施設は走行・対人・強度・EMC と四つのテーマ別に区分したエリアが存在し, 単発の試験は勿論, 機械安全・電気安全・EMC 試験とワンストップで総合的な試験が提供できるようになった。そのエリア別の試験設備の一部を以下に述べる。

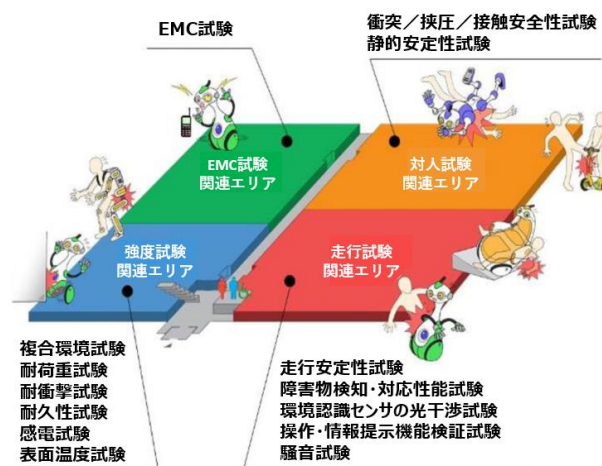


Fig. 1 ロボット安全試験センターの四つの試験エリア

#### (1) 走行エリア

走行試験関連エリアでは, 試験するロボットを動作させて, その動きを記録することが可能である。そのための計測装置と, 試験するロボットを動作させる場所や環境が備わっているのがこのエリアである。

例えば、ロボットの自律走行において障害物検出後の回避行動がプログラム通り動作するかを、10 m × 10 mの走行範囲を18台のモーションキャプチャカメラで撮影することで時系列にて数mm単位での位置情報の測定を行うことが可能である。また、様々な路面(Pタイル、絨毯、フローリング、アスファルトなど)を走行させたり、15度までの傾斜路(10 m × 3 mおよび5 m × 5 mの区画で実現できる)を利用し、室内のバリアフリー環境や屋外の坂道を模擬したり、様々な走行安定性試験が実施できる。



Fig. 2 傾斜走行試験路(フローリング路面仕様)

## (2) 対人エリア

人のいる環境で生活を支援するロボットの場合、衝突時に人にどれだけの危害が及ぶかを評価する必要がある。そのための衝突試験や転倒試験などを実施するエリアである。

ロボット用の衝突試験システムの牽引装置に試作機ロボットを装着して20 km/hまで、0.1 km/h毎の速度設定で再現性の高い衝突試験が実施できる。バリア荷重計で衝突時の荷重を測定可能。例えば自動車用のダミー人形(成人女性や3歳児など)を用いて、生活支援ロボットの意図する活動環境に存在する人への危害がどの程度か推定することにも利用できる。

また、静止しているロボットの安定性を確認する転倒試験設備や電気エネルギーによる感電・火傷・火災リスクを評価するIEC電気安全の試験設備などもある。



Fig. 3 ロボット用衝突試験システム

## (3) 強度エリア

人が搭乗・装着したり、周辺に人がいる環境で生活を支援するロボットは、強度不足によって転落・転倒・活電部の露出による感電や火傷・火災などの危険事象が懸念される。その安全検証のために、耐久性や衝撃、静荷重、耐環境性、振動などの試験を行うエリアである。

超大型の複合環境試験機(温度・湿度・振動負荷を同時に印加することが可能)や耐久性試験機などがあり、車椅子タイプやセニアカータイプなど比較的大きな搭乗型ロボットなどにも対応ができるため、ロボットに限らず様々な工業分野からの試験のニーズがある。



Fig. 4 複合環境試験機(温湿度・振動環境)

## (4) EMCエリア

人のいる環境で生活を支援するロボットに電磁波を印加したときのロボットの動作変化を観察したり、ロボット自身が動作時に発生する電磁ノイズを測定したりするエリアである。

10 m電波暗室やシールドルームにおいて、CISPR規格などに準拠した通常のEMC試験が可能で、自律動作するロボットに電磁波を与えた時に不安全な異常動作が無いことを確認するため、

NEDO事業やAMED事業などで蓄積した知見や工夫を活かした各種試験方法の提供が可能である。

なお、EMC試験においては2019年9月を目途にISO/IEC 17025の試験所認定の取得を予定しており、これによりロボット分野以外にも含めた様々な国際規格に合致した試験サービスが提供出来るように準備を進めている。

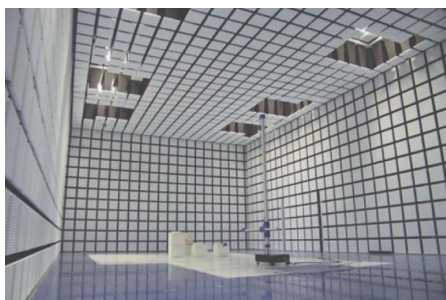


Fig. 5 EMC試験エリアの10m暗室

#### 4. 開発コンサルティング事業

ロボットメーカーの開発上流から試験サービスを提供していく中、いくつかのメーカーからは自社のロボットについて、どのような試験を行うべきか、試験企画・計画の支援を要望される場合があった。その要望に応じるため過去の知見を活かした試験プランの作成支援コンサルティングを提供してきた。JARIはこれまでに蓄積した試験方法やその手順書などを活用して、メーカーの目的に応じた試験の企画・コンセプト作りや、対象のロボットの機能や構造に合わせた試験設備と測定治具を調整し、それを試験計画書としてメーカーに提供する試験企画サービスを行っている。

また、生活支援ロボットの安全検証はリスクアセスメントから導出された危険状態と保護方策を基に行うことが規格で要求されるため、リスクアセスメントに馴染みのないロボットメーカー向けに、リスクアセスメントプロセスの解説と実践時の疑問解決など、安全検証前に行うべきリスクアセスメントのセミナー、コンサルティングサービスも提供している。

また、保護方策を制御によって実現するためには機能安全の技術を導入することが必要であり、メーカーの要望に応じたオンサイトセミナーなどを行っている。

ロボットの安全設計を初めて行う場合において

は、国際規格の要求する構造設計や試験方法、およびこれらを導出するリスクアセスメントの正しい推進を独力で進めることに自信がない場合がある。そこでJARIがメーカーのニーズに合わせた、試験企画、リスクアセスメントコンサル、機能安全セミナーなど生活支援ロボットの安全性確保のための開発支援サービスを提供している。

生活支援ロボットの安全に対する考慮事項は上流から始まるため、理解不足のままに試作機や量産機を製造してしまうと結局は設計変更・金型変更などの後戻りコストが発生してしまう。このことを避けるため、なるべく開発上流から正しい要求理解をして、安心して開発を推進して頂けるような支援プログラムを提供している。

#### 5. 国内メーカーへの開発支援の強化

ここまで述べてきたすべての取り組みは、国内メーカーがISO規格やIEC規格等の国際規格、並びにJIS規格やSG基準などの安全に関する規格・基準類に準拠し、人が存在する環境にロボットを量産導入するための活動を支援することに繋がっている。

現在の生活支援ロボットの規格類は今後も熟成が必要な状況であるため、安全検証活動の妥当性は依然としてメーカーに依存する部分が多い。JARIは妥当性のある検証方法とは何かを追求し、ロボットが引き起こす危害の研究と試験方法の開発を進めて国内メーカーを支援してきた。この開発支援をさらに信頼性が高いものとするために、国内の第三者認証機関と生活支援ロボットメーカーおよびロボット関連事業者向けの安全検証・認証方法に関して連携を強化した。これによりJARIのコンサルティング・安全試験などの技術サービスで得た知見や結果を認証取得準備に活かすことができ、国内メーカーにより価値のある技術サービスが提供できるようになった。

開発メーカーが安心してロボットを市場に投入できる道筋を作ることが、人々が安心してロボットと共存する社会の実現に繋がると考えて、今後もJARIは安全検証方法の研究・開発、標準化活動、メーカーへの開発支援の3本柱で活動を続けていく。