

2B23 今後のサービスロボットの安全対策および基準策定について

○齋藤輝明，矢部貴大（NEDO）

要旨：サービスロボットが社会に普及するためには、その安全性を確保することが不可欠であるが、現状として産業用以外のロボットに対する安全性の規準は未整備である。NEDO技術開発機構では、「愛・地球博」に出展した実用化ロボットについて、リスクアセスメント手法を用いて、各ロボットの安全性を評価し、安全ガイドラインとしてまとめた。愛・地球博での経験も踏まえ、サービスロボットの安全確保に向けた今後の課題及び取り組みについて述べる。

1. はじめに

高齢社会、女性の社会進出、安全・安心社会への希求、団塊世代の退出等による製造現場での労働力不足など社会情勢が大きく変化する中で、社会の各分野での潜在的なロボットの利用ニーズが高まっている。

産業用ロボット市場は5000億円程度で停滞しており、生産の形態が少品種大量生産から人によるセル生産方式、混流生産方式などの多品種変量生産にシフトしているが、これに対応するロボット技術が未確立であるのが現状である。また、非製造分野でのロボットは、一部のビル清掃用を除き、事業として確立しているものは少なく、業務・家庭生活・介護福祉などのサービスロボットの技術は実用化・商用化されていない。

我が国のロボット技術は製造分野を中心に世界でもトップクラスの水準を維持しており、今後社会の情勢変化に対応した新たな分野のロボット市場創出・産業育成のためには、技術開発を戦略的に実施していくとともに、安全規格や保険等の社会制度面の整備が必要不可欠である。

2. NEDO技術開発機構におけるロボット開発の取り組み

NEDO技術開発機構においては、以下の3つの戦略を掲げ、当機構が平成16年度から策定している技術戦略マップも踏まえ、戦略的に技術開発を推進しているところである。

- ①今後短中期的に潜在需要が見込まれる警備、清掃、接客、チャイルドケア等の分野におけるサービスロボットや潜在需要が高い介護・福祉分野でのロボットの技術確立の上で、実用化・商用化を促進する。
- ②中長期的視点から、多様な分野での新たなロボット技術の実用化可能性を追求するとともに、10年後以降のロボットの潜在市場を見据えた、次世代ロボット技術の基盤となる要素技術の開発を推進する。
- ③新規参入、新技術の導入促進の観点から、ロボット技術の標準化・共通化のための技術開発（RTミドルウェア、ロボットモジュール用デバイスの共通化開発）を推進する。

上記①に係る具体的な実施プロジェクトとしては、「次世代ロボット実用化プロジェクト（実用システム化推進事業）（H16-H17）」、「人間支援型ロボット実用化基盤技術開発（H17-H19）」があり、前者では2010年において大きな市場規模が見込まれる「掃除ロボット」、「接客ロボット」、「警備ロボット」、「チャイルドケアロボット」、「インテリジェント車いす」の5分野のロボット開発を行い、愛・地球博会場で6ヶ月間の実証試験を行った。また、NEDO技術開発機構・AISTによるヒューマノイド型ロボット（HRP-2）の成果を活かした「恐竜ロボット」の展示運用も行った。後者の「人間支援型ロボット実用化基盤技術開発」では、今後の潜在需要が大きく、技術の波及性が高い介護・福祉分野（①リハビリ支援、②自立動作支援、③介護動作支援）のロボット技術開発を推進中である。なお、今回述べる「サービスロボットの安全確保への取り組み」は、前述の次世代ロボット実用化プロジェクト（実用システム化推進事業）において、ロボット実証試験を行うにあたり策定した安全ガイドライン／プログラム等の策定内容や今後の課題等を中心に紹介していくこととする。

- ②について、「次世代ロボット実用化プロジェクト（プロトタイプ開発支援事業）（H16-H17）」では多様な分

野での新たなロボット技術の可能性を追求し、65種類の「プロトタイプロボット」を開発し、愛・地球博のロボット週間でデモ運用を実施した。また、「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト（H18-H22）」では、今後10年後以降のロボットの潜在需要（製造分野・非製造分野）を踏まえ、ロボットが達成すべき具体的なミッションを設定した上で、この達成に必要なロボットシステム及び基盤となる要素技術の開発を行う。

③については、「ロボットの開発基盤となるソフトウェア上の基盤整備（H14-H16）」において、ロボットの構成要素をモジュール化しその接続を共通化するRTミドルウェアを世界に先駆けて開発し、現在は、開発成果を国際民間標準化団体（OMG：米国）において国際標準化すべく作業中である。また、「次世代ロボット共通基盤開発プロジェクト（H17-H19）」では、上記RTミドルウェアの開発成果を踏まえ、ロボットの構成要素となる画像認識、音声認識、運動制御の3つの分野において、モジュール化及びRTミドルウェア下で動作するデバイスの共通化開発を推進中である。

3. 愛知万博におけるサービスロボットの安全性確保の取り組み

「次世代ロボット実用化プロジェクト（実用システム化推進事業）（H16-H17）」にて、開発した実用化ロボットを愛・地球博会場にて実証試験を行うには、ロボットの安全性を確保することが必要であった。一方、対人サービスを行うロボットの「安全性」については、社会的ルールがまだ未整備の状況であった。このため、「愛知万博のロボット安全性ガイドライン調査専門委員会」を設け、サービスロボットの対人安全ルールについて、現時点で考えられる限りの合理性と運用可能性のもとでロボットの安全性の考え方をまとめた。

（1）安全性に関する考え方

サービスロボットの安全性確保の基本的な考え方は、国際的な主流となりつつある「グローバルな安全の考え方」である「技術のリスクを評価し、社会として受容できるものかどうかを判断する」、という考え方を踏まえることが適当と判断した。このため、メーカーは、社会によるリスクの受容を獲得するために、以下の①事前の責任、②事後の責任、の両面から責任ある開発を実施した。

- ① 事前の責任：安全のために講ずる事前の対策には自ら限界があるが、少なくともその限界（“State of the art”）を達成する責任
- ② 事後の責任：新しい技術には予想できないアクシデント（不可抗力による事故）が起ると見なして、事故の被害者を救済するための補償（損害・傷害保険）の責任

メーカーは、ロボットのリスクを厳しく評価し、許容可能な低い水準のリスクまで低減する、すなわち、期待されるサービスの見返りとして受容される残留リスクは、ALARP（可能な限り低く）の原則に従って低減する必要がある。グローバルな安全規格¹⁾では、リスク低減の共通手順（リスクアセスメント、本質安全設計、ガード・その他の機構上の対策、インターロックによる機能安全、残存リスクの再評価と運用上の対策等）が規定されており、その手順に従った安全設計を行い、それが客観的に証明されることによって、開発者は安全の事前責任を果たしたと認められると考えられる。

また、事後の責任は、受容できる水準に残留リスクを低減しても、万が一生じた事故に対する保険（包括賠償責任保険、傷害保険及びPL保険等）を用意するものがある。

（2）愛知万博での安全性確保の取り組み

「次世代ロボット実用化プロジェクト（実用システム化推進事業）」において開発される5分野（掃除ロボット、警備ロボット、チャイルドケアロボット、接客ロボット、インテリジェント車椅子）のロボットを「愛・地球博」で技術実証するにあたり、ロボット開発者が事前の責任を果たしているかを評価する「愛知万博のロボット安全性ガイドライン調査専門委員会」を設けた。さらに、この委員会の中に「ガイドライン検討WG」を設置し、開発者に対してグローバルな安全の考え方に基づいて事前の責任を果たすよう指導し、安全確保対策が講じられ、社会が受容できるよう十分リスクを低減しているかを評価した。

具体的には、国際安全規格等に基づきリスクを洗い出すとともに、ロボットの設計には「本質安全設計」の考え方を求め、想定される危険源に対して、安全設計により十分リスクが低減できているかを評価した。例え

ば、人に危害を与えないよう十分安全な形状、構造、材料、駆動構造、動力源の採用等の設計仕様とすることや接触センサや非常停止装置による機能停止に加え、非接触センサにより人が近接した場合には一時停止するなどの機能を持たせた。そして、それでもなお残る小さなリスク（残留リスク）については、その残留リスクによって可能性の残る危険性の回避のために、スタッフによる監視業務が無理なく遂行できるかという評価を行った。ロボットメーカーは、上記のリスク抽出、安全設計、残留リスクの回避に係る対策等を「安全仕様書」としてまとめあげ、ガイドライン検討WGで審査を行った。

また、安全性の評価を行ったロボットの事後の責任を果たすために、委員会の中に「安全性の責任・体制検討WG」を設置し、展示運用における安全確保のための体制・運用等に関する「安全管理プログラム指針」について策定した。当該指針に基づき、ロボットメーカーは個々のロボットの安全確保のための基本方針、体制、手順、運用等を定めた「安全プログラム」を策定し、WGにて審査を行った。さらに、ロボットメーカーが事故に対する保険（（包括賠償責任保険、傷害保険及びPL保険等））に加入することとした。

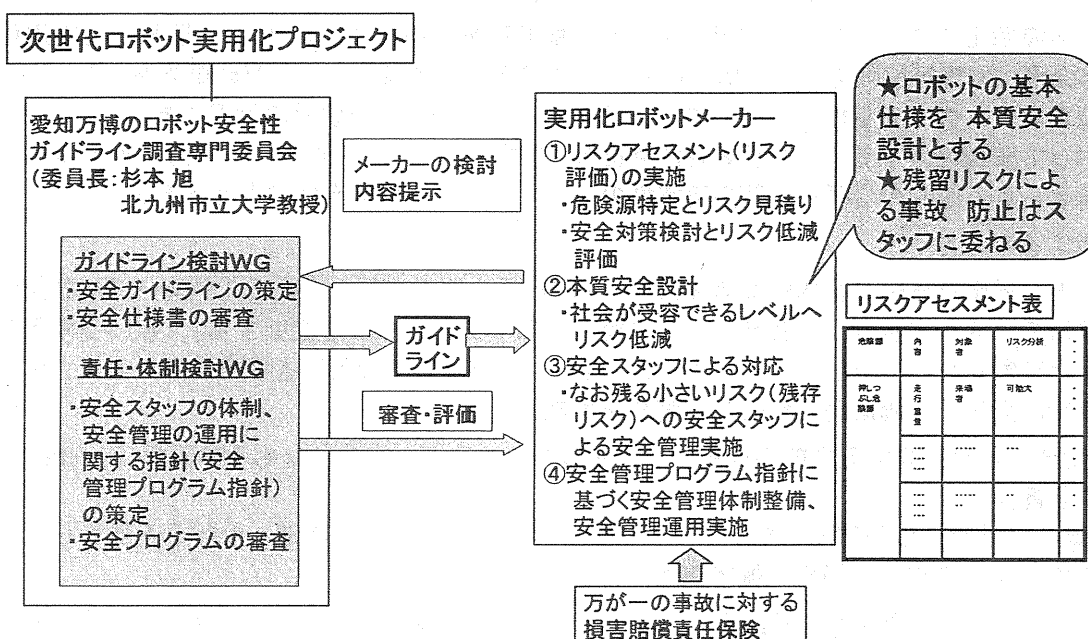


図. サービスロボットの安全対策に係る委員会と活用内容

4. サービスロボットの安全確保に向けた今後の課題及び取り組み

3. で述べた安全性確保の取り組みを行った結果、実証試験を実施した半年間、ロボットに係る事故は起こらず、講じた安全対策の有効性が示された。また、ロボット業界においても、実用化ロボットの安全性評価を通じて、安全性確保の重要性が啓発された点で、大きな意義があったといえる。

(1) 実証試験を通じて得られた今後の課題

万博会場での実証試験を通じて得られた課題としては、①事故時や安全性評価に不備があった場合の関係者（メーカー（部品やソフトウェア・メーカーを含む。）、ユーザー、保険事業者等）間の責任分担の明確化、②ロボットの安全性評価を行う有識者の育成及び確保、③実導入事例や安全性に係るデータの蓄積等が挙げられた。

また、潜在的な問題点として、「ロボットの安全性を確保するために本来の機能が十分発揮できない」ことが考えられる。例えば、万博で実証試験を行った「警備ロボット」について、動作速度は最高で0.5～1.0m/sに設定されていたが、ロボットが不審者を発見し追従することが必要なケースを考えた場合、動作速度を相当上げる必要があるとなり、安全性の観点からはリスクが格段に高まる。また、「接客ロボット」については、ロボットの指等が来客者の接触するのを防ぐため、筐体を設けているが、ロボットの音声認識及び音声認識に

よる人へのコミュニケーションの円滑化の阻害要因になっていることは否めない。今後、サービスロボットの实用化に向けては、求められる機能を十分に発揮した際におけるリスクアセスメントや安全対策、また人へのリスクが高いと考えられるロボットの実証試験の場をいかに構築していくか等が課題になると考えられ、前述した「実導入事例や安全性に係るデータの蓄積」を継続的に行い、「ロボットの安全性と機能の両立」の検討を進めていくことが重要だと考えられる。

（２）今後の取り組み、展望

当機構では、万博での実証試験に引き続き、継続的に安全性に係るデータ蓄積等を通じて、安全確保に係る取り組みを行っていく方針である。その一例として、「人間支援型ロボット実用化基盤技術開発（H17-H19）」の中で①リハビリ支援、②自立動作支援、③介護動作支援の３分野を対象としたロボット（計７種類）の開発を行っているところであるが、最終的には試作したロボットを病院・施設等で技術実証を行う予定である。実証にあたっては、当然のことながら、安全対策を講じる必要があり、現在のところ、ロボット開発を実施している各コンソーシアムでリスクアセスメント及びそれを踏まえた安全対策等を実施している。

上記で課題となる点は「ロボットユーザーが体の不自由な病人、高齢者等であること」、また「人間とロボットが密接に接触すること」という２点がまずは考えられる。１点目について、通常ロボットには万が一のための非常停止装置等を設けているが、ロボットの操作が健常者と比べ円滑にできないケースが多いと考えられるため、ロボットを使用する際は、安全スタッフを常に配置することや、よりユーザーフレンドリーな設計を行うことが求められる。また、「人間とロボットが密接に接触すること（人間の動作等を支援すること）」により、万博で実証試験を行ったロボットについても十分安全な形状、材料、駆動構造の採用等を行ったが、より高度な安全設計・対策が求められると考えられる。

さらに、「ロボットの安全性と機能の両立」を図ることについても、大きなハードルがあると考えられる。例えば、リハビリ支援作業を行う場合、リハビリは所用の負荷を人に与える必要があるが、当該負荷が「訓練」か「ロボットの誤作動」と捉えるかは人によって異なる。動作支援にしても、支援程度の「期待値」が人によって異なるため、ロボットの柔軟なカスタマイズ機能や、ロボットユーザーへの機能の十分な説明、容易な操作方法等が求められると考えられる。

現在は、各コンソーシアムが独自に安全性を検討しているが、１８年度中に安全性に係る委員会等を設け、安全対策について指導を行っていく予定である。また、愛・地球博での場合と異なり、今回は病院やリハビリテーションセンターで実証試験を行うため、各施設における倫理委員会等でも策定した安全対策について承認を得る必要がある。繰り返しになるが、サービスロボットの安全基準については未だ標準的なものはないため、今回、各ロボットについて安全性の実績を蓄積するとともに、病院、リハビリテーションセンターにおける各々の安全に関する考え方も踏まえ、安全性に係るロボットメーカー、ユーザー、関係者等のコンセンサス形成の一助にしていきたい。

最後となるが、経済産業省において、愛・地球博での成果を活用したロボットの安全性確保の手法開発、ロボットに係る保険制度、ロボット安全性の認証・評価機関の設立等の検討を実施している。当機構が上記「人間支援型ロボット実用化基盤技術開発」等でロボットの安全対策を講じる際には、同省との積極的な連携を図るとともに、プロジェクトで得た知見等は同省と共有し、サービスロボットの安全基準等の整備を効率的・効果的に図っていきたい。

参考文献

1) JIS B9700 機械類の安全性－設計のための基本概念、JIS B9702 機械類の安全性－リスクアセスメントの原則、等。