

サービスロボットの安全認証 - wakamaru の例 -

Safety certification of service robot-wakamaru

正 加部 隆史 (NPO 安全工学研究所) 日浦 亮太 (三菱重工業株式会社)
池田 博康 (独立行政法人産業安全研究所) 杉本 旭 (北九州市立大学)

Takashi KABE, NPO The Safety Engineering Laboratory, Shoan 3-39-8, Suginami-ku, Tokyo
Ryota HIURA, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
Hiroyasu IKEDA, National Institute of Industrial Safety
Noboru SUGIMOTO, The University of Kitakyushu

FA robots are driven automatically in the enclosure of the safety guard at the steady time, and the door of the safety guard is locked, because they have usual many hazards. Recently, the various service robots, which fill the new roll and coexist with people, are researched, developed, and partially thrown into the market. Then, it is the situation, that people coexists with the hazards physically, and that the hazard situation will be promoted. However, the definition of the service robot is not fixed, and the standards about its safety are not decided worldwide. And the risk, the benefit, social agreement formation, the society system, which accepts it, will be prepared from now. Under that situation, before the international standard is established as the each product standard, the safety certification of the service robot wakamaru, which is thrown into the market as the practice of the technical innovation, is carried out. Based on the ISO/IEC Guide51, the standard of the certification is based on the risk decrease due to the safety design at the service robots, validation of the designer's responsibility about official notice of the residual risk, state of the art, and ALARP, considering about the safety related standards.

Key words : service robot, hazards, safety design, residual risk, certification, ISO/IEC Guide51, state of the art

1. サービスロボットの安全性

近年の情報通信社会の進化並びに少子高齢化等の社会的背景により、サービスロボット、ネットワーキングロボット、パートナーロボット、コミュニケーションロボット、福祉ロボット、レスキューロボット等、人と共存しサービスを提供するロボットが数多く研究されてきた(以下本稿ではサービスロボットと言う)。世界的にも未だ明確な定義づけはされていない(注1)。

サーボモーターを主体とした動力源を有しかつ動的なロボットは危険源を多く有し、それ故従来の FA 用産業ロボットは基本的に危険が発生する動力エネルギーと人をガードで分離するか、あるいは人が接近したらロボットが停止することにより、作業者の安全を確保してきた。サービスロボットは、人にサービスを提供するのを使命としている為に、人と接触することを前提として動作する。その為に、従来の機械用に既に体系化された産業用ロボット或いは機械用の国際規格などはそのまま適用できない。又、これに関する個別規格も未だ世界的に存在していない。そのため、積極的に人と関わるロボットの安全証明が難しく、このようなロボットの实用化は躊躇されている。

いくつかのサービスロボットに関しては、既に愛知国際博覧会 2005 における展示・実演のために安全の審査が実施されたが、実際の展示にあたっては要員監視と保険のバックアップが必要条件とされた。

かような状況下、市場での販売が計画されているサービスロボット wakamaru (三菱重工業製) の安全妥当性を以下の通

り検証し、第三者機関としての NPO 安全工学研究所が認証作業を試みた。

2. wakamaru の機能と危険源

wakamaru は、人との親和性を有し、家庭で役に立つロボットとして、起床から就寝まで家族と一緒に生活し、家族と関わり、家族の興味に合わせて、自分から話しかけたり、家族の中で自分の役割を持つ。

目標とする機能は、自律行動し、進んでコミュニケーションをとる、生活のリズムを記憶し、スケジュールも管理する、オーナーの外出中に留守番をする、異常があったらオーナーにメールで連絡する、情報やサービスに接続する優れたインターフェイスとなる、等である。

Wakamaru に想定される危険源としては、力による挟み込み、位置エネルギーによる転倒、運動エネルギーによる衝突、電圧による感電、熱によるやけどなどがある。このような危険源を複数有する wakamaru が人と接触する事により危険状態を育成するため、この設計段階で安全を確保する「本質的安全設計」手法を適用し、いかに wakamaru の機能を損なわずにエネルギーを抑制できるかが、安全上最重要点となる。

そこで、wakamaru に想定される危険源に対してリスクアセスメントを実施し、MIL-STD-882D で示されるリスクマトリクス法により評価を行った。さらに数多くの家庭でのモニタ試験を実施し、想定されうる危険源の利便性を検証した。

3. 安全コンセプト

安全性の基本コンセプトは、ISO/IEC Guide51に基づき、設計者はリスクアセスメントを実施した結果、極力、本質的安全設計を限界まで突きつめた後、追加保護方を講じるものとし、さらにリスクコミュニケーションも配慮した。

3.1. 本質的安全設計

リスクアセスメントの結果、wakamaruの持つ機械的・電気的エネルギーは、内部電圧30V以下、最大70Wモーターとなり、人に重大な危害をもたらす力が育成され無いと評価された。

一方、衝突の危険源に対しては、日本自動車研究所における衝撃試験により検証を行った。ここでは、自動車産業でグローバルに適用されているHIC値<500並びに胸衝撃<45Gという値、つまりAAAの自動車最高の安全性の評価基準を目安とし、通常想定される利用状況においては、これらの条件を満足することを確認した。また、部分的には欧州玩具指令EN71等を配慮した。

他の機械的危険源として、wakamaruの手先が子供の目を突く危険性については、眼科医のアドバイスの下、手先の形状・材質等を検討して滑らかで大きなカーブを持つ柔軟なハンドを設計した。

電氣的（放射）危険源については、ロボットが出す電磁波により心臓のペースメーカーが誤動作しない事を確認した。

3.2. 追加的保護方策

以上の本質的安全設計の効果が検証された結果、wakamaruが装備する各種内外界センサの信号は、非安全関連信号として取扱い、主に機能的な制御に利用することとして、追加的保護方策としては見なしていない。すなわち、万一wakamaruが電磁波などの影響を受けて暴走して人と衝突したとしても、本質的安全設計により重大な危害には繋がらないため、人に対する安全性は確保される。たとえ、各種センサが故障や異常の場合でも、高度な自己診断や冗長構成等の電気・機能安全技術（例 IEC61508）などを適用する必然性はない。それ故、wakamaruには非常停止装置も装備していない。

3.3. 取扱説明書

子供がwakamaruに抱きつき転倒したり、階段から転落するといった事象は合理的に予見可能であるが、これらについては例外的でリスクは十分小さいものとして（CH:クリティカル・ハザードと呼ぶ）、使用上の注意を呼びかける危険情報として取扱説明書に記載した。

4. 残留リスクと利便性

ISO/IEC Guide 51は、安全の概念として絶対安全はありえないとして、残留リスクを定義しており、「許容可能リスクは、絶対安全の概念、及び製品、プロセスもしサービス並びに使用者に対する利益のような諸要因 - 目的性、費用効果、及び関係する社会の因習 - と合致する要求間の最善のバランスにより決定される。」としている。つまり、リスクとベネフィットのトレード・オフの問題である。

医療機器の設計においてはこの概念を導入しており、ISO 14971:2000では、「残留リスクは許容可能か？」の質問の後に、「医療の利益は残留リスクをうわまわるか？」という質問設定がある。手術ロボットは利益の享受者とリスクの受容者が同一となるため、このような概念に沿うことは可能と考えられるが、サービスロボットの場合、その不特定利用者に対する利益（利便性や経済性）に相対するリスクを利用者に代わって社会が認めるかという判断を行うことになる。今回の認証作業はこの判断を第三者の立場で行うものである。

5. 認証プロセス

日本では機械安全並びに製品安全につき、ごく限られた製品のみが流通の際の検査の対象になっているに過ぎず、サービスロボットについては安全に対する社会的規制の網がかけられていない。しかしながら、逆に特定の規制をしてしまうと研究開発や実用化を阻害する可能性がある。

認証のベースは、安全の基本理念を示すISO/IEC Guide51、それに一般設計原則のISO12100,リスクアセスメントに関するISO14121を基本とした安全の性能規定に対して、NPO自らが試験や検証をするのではなく、製造者が行った検証結果の妥当性をNPOが確認することとした。すなわち、本質的な要求事項を認証主体の要求事項に留め、設計者責任は、製造者が永年蓄積された経験を生かして、真義にかつ最善をもってstate of the artとして実践したプロセス及び結果を全うしたかを判断した。

その結果、wakamaruの残留リスクは十分小さく、社会が受け入れ可能なALARP（注2）と判定し、利便性を十分に発揮できると判断した。さらに、危険情報を使用者に伝達する取扱説明書の記述内容、ISO9001に基づいた社内の品質管理体制及び安全設計関連の図書管理についても実態の確認を行い、安全認証・鑑定書をNPOが発給した。

6. 将来への課題

今のところ、数多くのサービスロボットがあらゆる目的の為に開発され、リスクの度合いは各々のロボットのエネルギーの大きさ、形態、寸法、重量などにより異なる為、今回の認証結果を普遍的に他のサービスロボットにそのまま適用する事は困難である。特に、本質的安全設計による危険源抑制の効果が不足する場合、あるいは、自ら学習機能を持ったサービスロボットが生み出す予測し得ない問題、合理的に予見可能でない問題等についても、これから関係者達が多いに議論をすべき事項と考える。今後、サービスロボットの国際安全規格策定の場でも、本研究成果が活用される事を期待する。

注 1)

There are definition and classification for service robots for statistic purpose in IFR World Robotics 2003.及びJIS「サービスロボット用語」審議中。

注 2)

APLARP(As Low As Reasonably Achievable), IEC61058,Part 5

参照)

ISO/IEC Guide 51 安全規格ガイドライン
ISO 12100 一般設計原則
ISO 14121 リスクアセスメントの原則
ISO 14971:2000 医療機器 - 医療機器へのリスクマネジメントの適用 : Medical devices-Application of risk management to medical devices