

生活支援ロボットの安全性評価に関する検討

井上 崇（電子技術部 電子システムグループ）

1. はじめに

我が国における高齢化率は年々上昇し、介護需要に対する供給が追い付かなくなる事態が予想されている¹⁾。

この打開策として、生活支援ロボットによる介護サポートに期待が集まっているが、生活支援ロボットには、産業用に比べ、高い安全性が必要とされる。

このため、サービスロボットの国際安全規格 (ISO13482) や生活支援ロボットの安全要求事項 (JIS B 8445, 8446 等) が整備され、開発の初期段階から、リスクアセスメントを実施することにより、安全性の確保を行おうとしている。

2. リスクアセスメント

リスクアセスメントを実施する際、まず必要となるのが、危害を引き起こす事象（危険源）を見極めることである。

この危険源には、火傷の原因となる温度、怪我の原因となる鋭利な部分、感電の危険性のある部分等があり、機器により様々である。

リスクアセスメントでは、機器の使用が想定される場面に応じて、危険源をリスト化し、それぞれの項目に対して、被害の程度や対策を検討していく必要がある。

JIS B 9700「機械類の安全性—設計のための一般原則—リスクアセスメント及びリスク低減」では、3ステップメソッドとして、以下のようなリスク低減手順が推奨されている。

・ステップ1：本質的安全設計方策

「ガード又は保護装置を適用しないで、機械の設計又は運転特性を変更することによって、危険源を除去する又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策」(JIS B 9700による定義)

・ステップ2：安全防護および付加保護方策

ガード又は保護装置によるリスク低減

・ステップ3：使用上の情報

比較的安全度の高いリスク（許容リスク）にのみ適用可能

可能な限り、ステップ1の本質安全設計によるリスク回避が望ましいが、回避できない場合、ステップ2の安全防護（ガード等）および付加保護（非常停止装置等）方策でリスクを低減することになる。

ステップ3の使用上の情報は、ステップ1および2の方策を実施した後に残るリスクを警告ラベルや取扱説明書などで注意喚起を図る方策である。

また、リスクは、「危害の発生確率と危害のひどさとの

組み合わせ」とJISで定義され、その評価手法には加算式や積算法等がある。

評価手法の一例として、生活支援ロボット安全情報センター (RT-SIC) から公開されている「リスクアセスメント雛形シート」²⁾では、リスク (R) を

- ・危害のひどさ (S)
- ・暴露の頻度および時間 (F)
- ・災害回避または制限の可能性 (A)
- ・危険事象の発生確率 (Ps)

の関数として、各項目を点数化し、以下の計算式から、リスクを見積るとしている。

$$\text{リスク (R)} = S \times (F+A+Ps)$$

なお、各項目の点数化については、図1のように定義されている。

危害の酷さ: S	危害の発生確率: F+Ps+A									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
重大傷害(長期間治療)	4	12	16	20	24	28	32	36	40	44
医療措置(短期間治療)	3	9	12	15	18	21	24	27	30	33
応急手当で回復	2	6	8	10	12	14	16	18	20	22
無傷/一時的痛み	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11

図1. RA 雛形シートのリスク見積基準³⁾

さらに、上記方法により見積もったリスク (R) について、以下のような評価を行っている。

- $R \geq 15$ リスクが高く、受け入れられない
- $7 \leq R \leq 14$ リスクの低減が必要
条件付きで許容可能（他に方策が無い等）
- $R \leq 6$ リスクは十分低い

以上のような方法により、初期分析・評価、低減方策適用後の再評価を重ねていくのがリスクアセスメントの流れとなる。

3. 実際の評価例

次に、生活支援ロボットの安全性評価例として、現在、当所の事業化促進研究にて開発中の「歩行支援杖型ロボット」(図2)を対象とした事例を紹介する。

このロボットは、使用者の動きに合わせて移動し、どのような向きの力を加えても適切な姿勢で支持を行って使

用者の体重を支える役割を果たすことを目的として開発されている。



図2. 開発中の「歩行支援杖型ロボット」
(左：1輪タイプ 右：2輪タイプ)

図2左側の1輪タイプについては、昨年度、実証試験用のリスク評価を実施した。今年度は、非常時の安全性向上対策として、バッテリー容量低下等、予期しない電源遮断が発生した際、杖が転倒しないよう、機械的に支持脚を展開する機構の検討が行われた。

本機構の構成を図3に示す。

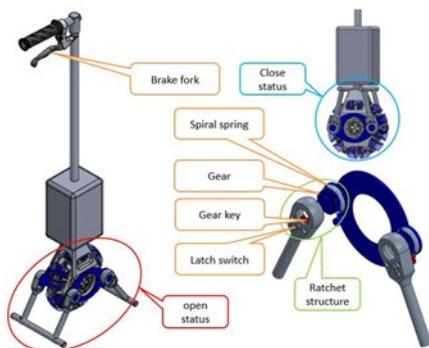


図3. 非常時展開支持脚の機構 (藤本研究室提供)

本機構を採用するとした場合、昨年度の評価にて、

- ①リスク点数 15 以上の危険なリスクを持つ項目
危険源：機械的な不安定性
危険状態：意図しない転倒・暴走
想定危害：打撲・骨折，リスク点数：R=18

および

- ②リスク点数 15 未満の低減が必要な項目
危険源：意図しない運転停止
危険状態：故障，バッテリーの電圧低下等による運転（アシスト）停止
想定危害：打撲・骨折，リスク点数：R=12

とされた初期評価に対し、リスク点数がそれぞれ、以下の

ように低減される効果が期待できる。

- ①R=18 → 12, ②R=12 → 9 に低減。

また、「歩行支援杖型ロボット」の派生として、1輪タイプよりも構造が簡単で安価に作製が可能な、ホイールインモーターを利用した2輪タイプ(図2右)の開発も行われている。この2輪タイプについても現状での仕様を基に、初期リスク評価を実施した。

その中から、主な項目をいくつか紹介すると、

- ①リスク点数 15 以上の危険なリスクを持つ項目
危険源：外部からの EMI に誘発された危険な動作
危険状態：EMI による想定外の挙動/急発進
想定危害：打撲・骨折，リスク点数：R=15

- ②リスク点数 15 以上の危険なリスクを持つ項目
危険源：移動および機械的な不安定性
危険状態：意図しない転倒・暴走
想定危害：打撲・骨折，リスク点数：R=18

等が挙げられる。これら項目の保護方策としては、

- ①EMI 対策の実施により，R=0 に低減。

現段階では、静電気試験や放射電磁界イミュニティ試験等が未実施のため、今後、試験を実施し、誤動作の無いことが確認できれば、低減可能となる。

- ②グリップ検知機能搭載により，R=12 に低減可能。

1輪タイプと同様、グリップ検知機能（離すと動力遮断）を搭載する事により、低減可能となる。

R=12 では、まだ十分に低いとは言えないが、条件付き許容と考えられる。

となる。現段階では、対策が完全には実施されておらず、安全対策が十分とは言えないが、今後、改良を進め、実証試験実施へとつなげていきたい。

4. まとめ

今回、安全性評価の例として、開発中の生活支援ロボットに対する評価事例を紹介した。今後、これらのロボットが実証試験段階に進み、その後の実用化を検討する際、今回より複雑なリスク評価が必要とされることが想定される。そのため、将来の実用化にも対応できるよう、今後も検討を進めていく予定である。

5. 謝辞

今回、当所の事業化促進研究にて開発中のロボットを御提供いただいた国立大学法人 横浜国立大学 工学研究院の藤本教授、株式会社タクマ精工の白石様に感謝申し上げます。

【参考文献】

1. 国立社会保障・人口問題研究所
「日本の将来推計人口」(平成 29 年推計) .
2. 生活支援ロボット安全情報センター (RT-SIC)
資料 リスクアセスメント資料 .
3. 介護ロボットポータルサイト
参考資料 リスクアセスメントシート解説