

# 生活支援ロボットの安全性評価

井上 崇、三岩 幸夫、志賀 裕介（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、2045年には、総人口における65歳以上の割合が35%を超える予測がなされている。一方、若年層は年々減少し、同じく2045年には、15歳未満の割合が15%以下となると予測されている。このような状況の中、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、この打開策として、ロボット技術を活用した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。

介護等に利用される生活支援ロボットは、人を対象としているため、工場等で利用される産業用ロボットに比べ、高い安全性が必要とされている。

最近では、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)も整備されつつあるが、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、安全性の確保を行う必要がある。

## 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の大まかな流れとして、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。

危険源は、火傷の原因となる温度であったり、怪我の原因となる鋭利な部分であったり、感電の危険性のある部分であったりと機器に合わせて、千差万別である。

これらの危険源を機器の使用が想定される場面に応じてリスト化し、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。

基本的には、危険源は少ない方が良く、取り除ける内容であれば、取り除いた方が良い。しかし、取り除けない項目については、何かしらの保護策を検討し、被害を低減する必要がある。

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
- ステップ2：安全防護および付加保護方策
- ステップ3：使用上の情報

ここで、本質安全設計方策という言葉が出てくるが、JIS B 9700の定義では、「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」とされている。可能な限り、この本質安全設計によるリスク回避が望ましいが、本質安全設計が確保できない場合、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。この方策は、比較的安全度の高いリスク(許容リスク)にのみ適用可能であることに注意が必要である。

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の方法がある。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」<sup>2)</sup>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

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

から、リスクを見積るとしている。

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。

晒される頻度又は時間:F	危険事象の発生確率:Ps	危害を回避又は制限できる可能性:A
連続的/常時 4	高い 4	困難 3
頻繁/長時間 3	起こり得る 3	可能 1
時々/短時間 2	起こり難い 2	
まれ/瞬間的 1	低い(まれ) 1	

  

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<sup>3)</sup>

さらに、上記方法により見積もったリスク(R)は、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流れとなる。

### 3. 実際の評価例

ここでは、生活支援ロボットの安全性評価例として、現在、主に横浜国立大学にて開発中の「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。



図2. 開発中の「歩行支援杖型ロボット」

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。

今回は、現状での仕様を基に、実証試験用のリスク評価を実施した。その中から、主な項目を幾つか紹介すると、

#### 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

との初期評価に対し、

保護方策：EMI対策の実施

により、リスク点数R=0に低減。ここで、R=0となる理由としては、実際に静電気試験や放射電磁界イミュニティ試験等について、規格に沿った試験を実施し、誤動作の無いことを確認したためである。

#### 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：意図せずハンドルグリップを離したことによる動作停止

想定危害：打撲・骨折、リスク点数：R=14

との初期評価に対し、

保護方策：グリップ部への接触を検知する機能搭載により、リスク点数R=8に低減。結果として、R=8では、まだ十分に低いとは言えないが、実証試験時には、周囲に多くの担当が配置されることなどを勘案し、条件付き許容と考えた。

#### ③リスク点数6以下のリスクが十分低い項目

危険源：意図しない運転停止

危険状態：バッテリーの充電不足

想定危害：無、リスク点数：R=6

との初期評価に対し、点数が低いため、特段の保護方策は必要が無い。しかし、本項目については、残留リスク方策として、ラベルや説明書等での注意喚起をしておくこととした。

以上の様に、初期のリスク評価でリスク低減が必要となった項目に対し、対策や確認を行うことにより、ほぼ許容できるレベルに低減出来る結果となった。

ただ、本評価は、あくまでも実証試験用であり、室内で被験者を監視可能な人間が常に配置できるという、比較的恵まれた環境下での評価となっている。そのため、商品化時のリスク評価と異なり、相対的に低い（安全性は高い）結果となっている。

また、現在は搭載されていない障害物検出機能を付加した場合の評価も検討したが、初期評価のリスク点数R=21がR=12まで下げられることやニーズ調査の結果にも挙げられていることから、今後搭載を検討すべきと考える。

### 4. まとめ

今回、リスクアセスメント方法についての概略を記載すると共に、開発中の生活支援ロボットに対し、実証試験用のリスク評価を実施した事例を紹介した。今後、本ロボットの実証試験を進め、実用化を検討する際には、より複雑なリスク評価が必要となってくることが想定されるため、今後も評価についての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