

# サービスロボットにおける安全設計の妥当性判断基準

～クリティカル・ハザード (CH) と合理的な代替え設計基準 (RAD)

正 加部隆史、NPO 安全工学研究所

## 1. はじめに

科学技術は人類に多大な福祉をもたらした反面、危険源に起因しかつ増加傾向にあるリスクにより、人々が危害の危険にさらされ、時として人類が制御不可能なリスクと向き合っているという危険社会が到来した。かような状況において我々は未来への責任を担っており、人工物の危険を制御するのはそれを創造する技術者であり、又技術者にしか出来ないという使命感のもとに、筆者らは新産業としてのサービスロボットに対する学会基準の原案策定に取り組む事にした。これは、技術により安全を達成し、機械使用者や消費者が安心出来る為の基準である。

## 2. リスク低減の安全目標

リスク低減をどこまでやれば良いか、については、因果決定論により事故の要因となる危険源がどう処理され、機械使用者への便益とのトレードオフの結果、残留リスクはあるが、機械使用者がその便益故にそのリスクを引き受けるという事が、一般的である。このように、その時代の科学及び技術の知見に基づき適切なリスク低減をされ、危険源の処理結果に充分な機械設計者の説明責任が伴うものをクリティカル・ハザード (Critical Hazard =CH) として、機械類の安全のリスク低減目標の結果を示す。そして、これが基に事故が起きても、合理的な代替設計 (Reasonable Alternative Design: RAD) がないという最新の不法行為法の論理と学説により、機械設計者の過失が無いことの説明が論理的に可能で、これにより新技術が社会に受容される。

### 2.1. リスクベースド・アプローチ

リスクベースド・アプローチとは、機械類の安全に関する国際規格及び日本工業規格が定めるリスクアセスメント及びリスク低減を行う一連の行動を意味する。それは、労働安全衛生法第 28 条の 2 で定める危険源の処理方法と同等である。

危害をもたらす危険状態は、危険源と人というふたつの要素が位相空間上で同時刻に同居することにより育成され、それが確率としてのリスクとなる。確定的な危険源は除去或いは、それが可能でない場合、設計

において方策を講じて人が危険源を接触する、或いは接触しても人に重大な危害がもたらされない程度にその作用力が抑制されなければならない。危険源は (hazard)、因果決定論により危害をもたらす根源の為先ず処理する対象であり、リスク (risk) は危険源と人との係わりの度合いを見積もり、又評価するものである。危険源の除去或いはリスク低減が成功すれば危害は回避され、成功しなければ危害につながる。

リスクはあくまでも評価の対象であって、実際事故の基となる危険源は、リスク評価の結果に基づき確定論を主体として処理されるべきものである。

サービスロボットについては、図 1. に示す通り JIS B 8051 で定める、リスクアセスメント、すなわち機械の使用制限、危険源の同定、リスク見積り、リスク評価を踏まえて、必要なリスク低減を実施する事が求めら

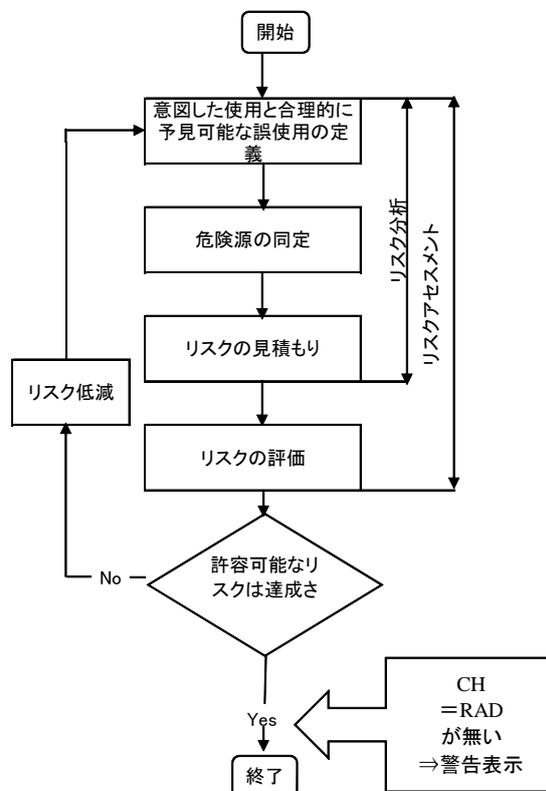


図1 リスクアセスメントとリスク低減の繰り返しプロセス (ISO/IEC Guide 51:1999)

れる。リスク低減後の残留リスクは使用者情報として明示し、これらの結果につき図書に保存するという一連のアプローチにより、リスクは適切に低減された (adequate reduced risk: JIS B9700)として、社会に受容され安全が達成される。

但し安全確保には危険源がどれ程処理されたが基本となるため、残留リスクを確定的なクリティカル・ハザード(CH)として特定する。

## 2.2. 事前判断：クリティカル・ハザード(CH)

機械類の安全での基本概念は、危険源へのアプローチであり、従来の労働安全のように人への教育を主体としたものとは異なる。それにより、人が間違え、機械が壊れても安全を確保するという考えであり、あくまでもリスク発生以前の危険源を問題とする。

リスク低減をどこまでやれば安全か、については「適切に低減されたリスク」と規定されており、これは図2. に示す通り JIS B 8051 或いは JIS B 9701 で定める三段階方式(1. 本質安全設計 2. 追加保護方策 3. 警告表示)の実施であり、結果として残留リスクが残る。技術的には更に安全を高める事は可能であるが、それと引換えに使用者にとっての便益が損なわれる為、使用者は残ったリスクを引受ける。残留リスクは、すなわち適切に低減されかつ使用者の便益が提供される分岐点である。

実際には、リスクアセスメントでは確定的な危険源がどう処理されたかを問われるとの観点から、この基準では、リスクベースド・アプローチを妥当に済ませたものを、危険源がどう処理されたかに基づき、確率としてのリスクではなく、クリティカル・ハザード(CH)と表現する。この CH は、事故があった際でも、その安全妥当性につき、機械設計者が説明責任を全うできる対象とする。

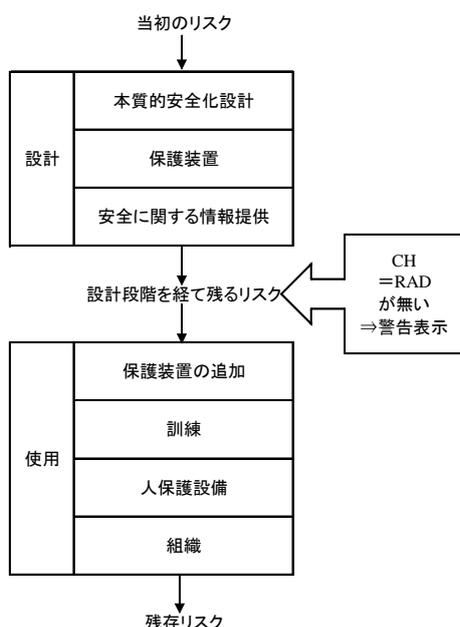


図2 リスク低減(ISO/IEC Guide 51:1999)

## 2.3. 事後判断：合理的代替設計基準(RAD)

いくらサービスロボットが安全に設計されていても事故は起こりえる為、実際に事故が起きた際に、機械設計者は事前処理としての CH をもって説明責任を全うし、同時に、これは不法行為法で定められた、合理的な代替設計(Reasonable Alternative Design :RAD)が存在しない事を説明することにより、法律的な過失を問われないで済む可能性が出てくる。

同時に、被災者は設計者に対し、合理的な代替設計があったのに、その方策を講じなかったという非難をもとに補償を求める事が有利となりうる。

この基準は、危険効用基準の基となったハンドの公式により、有責任制の認定は次式による。

$$P \cdot L > B \quad (1)$$

P(Probability)は事故の発生確率、L(Loss)は事故発生時の損害各で、B(Burden)は事故を防止・回避するために要する費用である。ここで  $P \cdot L = R$  (Risk)は、JIS B 8051 で定義するリスク (=危害の発生確率と危害のひどさの積) に他ならない。R は事故が回避されたために得た便益とも解釈できる。(1)式は、事故の予想損害額が事故回避のために投じた費用より大きいときには過失があったとして、製造者の責任が問われることを示す。従って(1)式の不等号が逆になると、製造者の責任は問われない事になる。

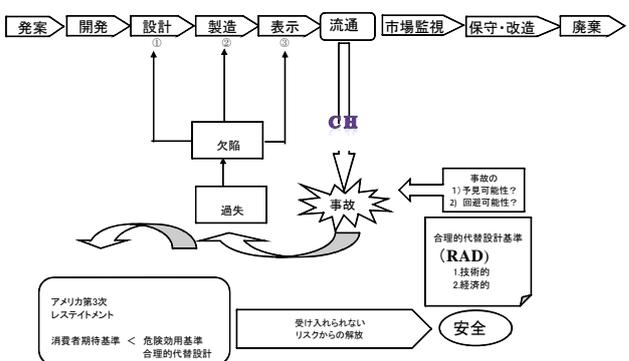


図3. CHとRADの関係

## 2.4. サービスロボットの安全目標

新産業としてのサービスロボットには、未だ明確な安全基準が存在していない為、リスクベースド・アプローチに基づき、事前に CH 迄の工学的説明責任が使用者へなされ、そこで使用者との合意が得られれば、それは同時に危険効用基準に基づく合理的な代替設計 (RAD) が無い事を示し、設計者は過失を問われても、十分な説明責任を果たす事が可能となる。

### 参考文献

加部隆史、平野晋、梅崎重夫、田中浩一、杉本旭、サービスロボットにおける安全設計の妥当性判断基準、JSME75-755.C,pp. 1812-1910