

機械安全工学

—安全構築の基礎—

長岡技術科学大学



一般社団法人 安全技術普及会

序文

本書は、2004年初版の教科書「安全基礎工学－安全構築の基礎－」を最新の国際規格に照合し当会の教育企画委員会が見直し改訂した第3版である。

本書は、第I章で、多様な安全性確保の形態に対して、具体化した安全確保のシステムを複数例示しつつ、論理的表現を用いてその機能をまず示す。安全性の論理的表現は、安全システムの構成方法を述べるために利用する他に、リスクアセスメント等システムの安全性の評価にも適用する。

第II章では、安全を示す情報（安全情報）の伝達システムの基本的構成原理を、安全確認型システムとして示す。安全情報は電流の他に、機械的力、その他のエネルギーを用いて伝達する。しかし、安全確保の情報伝達の過程は、共通の原理に基づくことを示す。また、安全工学の最も重要な特徴として、システムを構成する要素に対して状態変数を導入する。

第III章では、安全情報伝達システムの一般式を、システムの安全性が確定する場合と確定しない場合の組み合わせとして示す。両システムの特性は、複数のシステム例を用いて述べる。

第IV章及び第V章では、安全システムに人間を加えて、人間／機械安全システムを扱う。第IV章では、人間／機械安全作業システムの構成原理を述べて、その特性を示す。人間／機械安全作業システムでは、人間側作業と機械側作業が、それぞれ、共通のインタロックモデルで示すことができる。第V章では、人間／機械安全システムの構成方法として、人間／機械インタフェースの論理構造を扱う。

第VI章では、安全性要求事項仕様書の作成と、そのための人材開発の必要性が述べてある。また、簡単な安全性要求事項仕様書の作成例を示す。

安全システムは、根本的には安全情報の伝達に基づく。本書は、この情報の扱い方が述べてある。この考え方は、1989年我が国で最初に安全工学の基礎的原理を述べた著書「フォールト・トレラント・コンピューティング」（丸善、向殿政男編、第8章）の内容と変わらない。また、同書には、上に述べた第III章での安全情報伝達の一般式、及び第IV章での人間／機械安全システムの初歩的考え方も示してある。本書には、これらの基本となる考え方を拡張して示す。そして、国際規格並びに国際規格適用のシステムと一緒に、多くの事例を用いてその適用方法が示す。

本書は、安全技術応用研究会で発行する以下の教科書の基礎として、考慮してある。

- (1) 基本安全規格に基づく安全構築技術－ISO 12100－
- (2) 国際安全規格対応「電気安全構築技術－IEC 60204-1：チェックリストに基づく」
- (3) 安全コンポーネントの構成原理とその適用
- (4) 制御安全技術
- (5) ガードとインタロックの構築技術

2012年 1月

著者	蓬原弘一	工学博士 長岡技術科学大学名誉教授
改訂編集	教育企画委員会	
委員 長	平尾悠司	
委員	田中紘一	小林孝之

目次

第 I 章 安全性の論理的表現	1
I.1 論理式	1
I.1.1 論理値、論理変数、論理演算	1
I.1.2 論理値と論理変数の例	1
I.1.3 しきい値演算と論理変数	2
I.1.4 論理記号と論理演算の例	3
I.1.5 2 値の論理演算の一般的適用例	4
I.1.6 ド・モルガンの定理	5
I.2 安全工学への論理式の適用	6
I.2.1 人間／機械インタフェースへの適用	6
I.2.2 多重系出力への適用（上越市：宇宙体験カプセル）	8
I.2.3 油圧／空気圧制御への適用	8
I.2.4 制御機能への適用	10
I.2.5 チェックリストへの適用	12
I.2.6 危険源分析への適用	12
I.3 2 線系論理	13
I.3.1 論理的に 2 線系を成すコンポーネントの例	13
I.3.2 2 種類の自動電気洗濯機	16
I.4 多値論理演算の適用	17
I.4.1 リスクアセスメント	17
I.4.2 リスクの評価	17
I.4.3 リスク変数の設定プロセス	18
I.4.4 リスク評価の例	19
I.5 演算子の拡張（自己保持機能の追加）	21
I.5.1 自己保持機能を表す演算子	21
I.5.2 自己保持機能の適用	22
第 II 章 安全確認型システム	25
II.1 安全の定義	25
II.2 安全を示す情報（安全情報）	28
II.3 安全情報抽出（処理）の原理	30
II.4 安全情報伝達の単調性	32
II.5 状態を表す論理変数	32
II.6 単調論理に基づく安全原則の適用例	34
II.6.1 機械の起動と停止	34
II.6.2 ポジティブな機械的作用の原理	36

II.7	状態変数の適用例	38
II.7.1	運動機械システムの例	38
II.7.2	ガス湯沸かし器の例	39
II.8	安全確認型システム	41
第III章	安全情報伝達の一般式とその適用	42
III.1	安全システムの一般式	42
III.2	安全システム構築の2つの方法	44
III.3	一般式の具体的システムへの適用	44
III.3.1	単一系（単一エネルギー伝達系）への適用	44
III.3.2	2線系への適用	57
第IV章	人間／機械安全作業システム	65
IV.1	人間／機械間における協調作業と協働作業	65
IV.2	単調論理の安全原則に基づく人間／機械作業システム	65
IV.3	人間／機械インタロックシステムの例	69
IV.4	ブロックセクション・コントロールシステム	71
IV.4.1	ブロックセクション・コントロールシステムの考え方	71
IV.4.2	相互インタロックと自己確認型インタロック	75
IV.5	人間／機械システムにおけるインタロック手段の安全性評価例	76
第V章	人間／機械インタフェース	80
V.1	パネルインタフェース	80
V.2	ドア・インタフェース	82
V.3	キー・インタフェース	83
V.4	作業許可システム	85
V.4.1	キーシステムのモデル化	85
V.4.2	作業現場におけるキーシステムのモデル化例	85
第VI章	安全性要求事項仕様書の作成	95
VI.1	機械安全に関する要求事項仕様書の必要性	95
VI.2	国際規格対応の人材開発	98
VI.3	安全性要求事項仕様書の例	100
VI.4	安全性認証の手続き例	103
附録A	図表の追加説明	105
附録B	力の伝達の2線系性の例	106
附録C	安全と危険の間の隙間の扱い	107
C.1	停止問題（時間軸上における隙間）	108
C.2	安全距離（空間上における隙間）	109

附録 D	ISO 13849-1 で示す安全原則	112
附録 E	安全関連システムへのばねの適用	114
	E.1 コイルばねの“はかり”への適用例	114
	E.2 安全関連の国際規格でのコイルばね適用	114
	E.3 圧縮ばねの適用例	115
	E.4 引っ張りばねの適用例	116
附録 F	FMEA、FTA 及び FMECA	117
文 献		119
演習問題		121

機械安全工学

— 安全構築の基礎 —

2004年3月10日 初版発行

2008年3月1日 第2版発行

2012年1月10日 第3版発行

2020年9月10日 テキスト名変更

著者： 蓬原弘一工学博士

長岡技術科学大学名誉教授

改訂編集： 教育企画委員会

委員長 平尾裕司

委員 田中紘一 小林孝之

発行： 一般社団法人安全普及会

〒141-0011 東京都品川区東5-4-19

TEL 03-5769-0775 FAX 03-5769-0776

URL <http://www.sostap.org/>

E-mail info@sostap.org

* 無断複写、転載、翻訳複製を禁じます。

* 定価は外装に表示してあります。

2020. 9