

機械安全で使用する安全情報と労働安全衛生マネジメントシステムで使用する危険回避情報の基本特性の比較

Comparison of fundamental characteristics about safety information used in safety of machinery and hazard avoidance information used in occupational health and safety management systems

梅崎重夫*, 濱島京子**, 清水尚憲***

Shigeo UMEZAKI, Kyoko HAMAJIMA and Shoken SHIMIZU

*博士 (工学) (独) 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ部長 (〒204-0024 清瀬市梅園 1-4-6)

**博士 (工学) (独) 労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ研究員 (〒204-0024 清瀬市梅園 1-4-6)

*** (独) 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ上席研究員 (〒204-0024 清瀬市梅園 1-4-6)

This paper discusses a comparison of fundamental characteristics about safety information and hazard avoidance information. Safety information is given to the machine. It allows the operation of the machine only the output signal is on. Safety information has the characteristics of time-depend unite and finite lifetime. It is erased based on the rule of increasing entropy. On the other hand, hazard avoidance information is given to the human. Continuous improvement is executed under the PDCA cycle.

Key Words: Safety of machinery, Safety management, Safety information, Hazard avoidance information

キーワード: 機械安全, 安全管理, 安全情報, 危険回避情報

1. はじめに

従来, 日本では, 優秀な作業員や管理監督者の注意力に依存した安全管理が災害防止対策の中核を担ってきた。しかし, 平成 18 年の労働安全衛生法の改正 (第 28 条の 2 の追加) に伴い, リスクアセスメントの結果に基づく設備対策¹⁾の実施が土木建築の現場でも要望されている。

この対策に不可欠なのが, 機械安全で使われる安全情報^{2)~4)}である。これは, 安全情報がオン (安全) であるときに機械の運転を許可し, オフ (危険) であるときに機械の運転を禁止する。

この情報は機械の運転を直接制御するために, 情報の誤りは労働災害に直結する。しかし, 安全情報が人工物である限り, 誤り (故障) のない情報の生成や伝達は不可能である。このため, 安全情報を利用した機械設備では, 自然法則を利用して故障時に必ず安全情報の出力をオフに固定する構造が長年に渡って研究されてきた。これは, 一般にフェールセーフ²⁾構造と呼ばれる。

一方, 人が安全管理で使用する危険回避情報 (災害情報, ヒヤリハット情報, 失敗情報, 安全作業標準など) では, 誤りの存在を前提に PDCA サイクルの下で情報の継続的改善を図る。この仕組みは労働安全衛生マネジメントシステム⁵⁾などで使われている。この単純な比較からも分かるように, 安全情報と危険回避情報は基本特性

に顕著な違いがあると考えられる。

本報では, 以上の視点から, 機械安全で使われる安全情報と労働安全衛生マネジメントシステムで使われる危険回避情報の基本特性の検討を試みた⁶⁾。この内容は大変難解である。しかし, 近年の情報制御システムの高度化に伴って, 土木建築分野でも安全情報や危険回避情報を利用した機械設備, 施工システム, 安全管理システムなどが増大していくと考えられ, これらの情報に対する基本特性の理解は不可欠と考えられる。この理解の下に, 昨年, 本講演会で公表した土木建築機械を利用した人間機械協調システム⁷⁾や土木建築災害防止に関する情報を提供するデータベースシステム⁹⁾などの適切な構築が可能になると考える。

以上の結果を基に, 厚生労働省が公表した“機械の包括的安全基準に関する指針”⁸⁾や“IT を活用した安全管理手法”⁹⁾での情報活用のあり方も併せて考察する。

2. 機械安全と安全管理の連携モデル

人間機械作業システムで扱う情報には, システムが定めた目標の達成に関連する情報と, システムの保護 (災害防止など) に関連する情報がある。以後, 前者を“機能情報”, 後者を“保護情報”と呼ぶ。

このうち, 機能情報では, 情報に含まれる誤りは後

からの見直しによって修正が許される。したがって、この情報を対象とした制御モデルは、自動制御分野の知見にしたがってフィードバックモデル（管理工学的観点からは情報の継続的改善を伴うPDCAサイクル）で表現できる（図1のプロセス参照）。

これに対し、保護情報では、情報に含まれる誤りは時として人身災害などの取り返しのできない事態を発生させるから、後からの見直しと修正が許されない。しかし、現実には、保護情報の中には、災害情報やヒヤリハット情報のように（やむを得ず）後からの見直しと修正によって情報の継続的改善を図らざるを得ない情報も考えられる。このことは、保護情報に次の2種類があることを意味する。

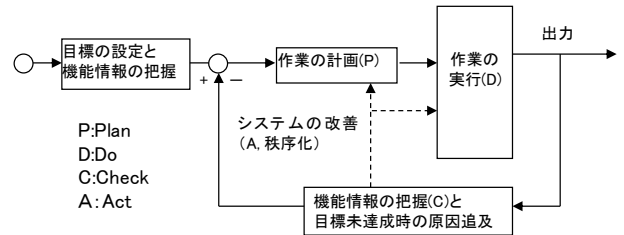
1) タイプ A の保護情報

災害やヒヤリハットを後から見直すことで、情報の継続的改善を図るタイプの保護情報である。災害情報、失敗情報、ヒヤリハット情報、安全作業標準などが代表的である。以後、これを危険回避情報と呼ぶ。主に安全管理で使われる情報であり、情報の継続的改善を伴うPDCA サイクルを制御モデルとする。

2) タイプ B の保護情報

災害防止に関する予測と回避の確定性が要求されるために、PDCA サイクルに基づく後からの見直しと修正が許されないタイプの保護情報である。安全情報が代表的である。昨年、土木学会に公表した文献 7) で得られた知見にしたがってインタロック 2) ~ 4) を制御モデルとしている。

図2に、インタロックの基本構成図を示す。このモデルでは、安全確認手段で生成された安全情報 $S_c(t)$ と運転命令 $I(t)$ の両方がオンであるときに機械の運転許可出力 $W(t)$ はオンとなり、機械の運転が実行される。これに対し、安全情報 $S_c(t)$ または運転命令 $I(t)$ のいずれか一方がオフのときは機械の運転許可出力 $W(t)$ はオフとなり、機械の運転は停止する。



- 次の順序で一連のプロセスを実行する。
 (a) 目標の設定
 (b) 作業の実行に必要な機能情報の把握
 (c) 作業によって得られる結果の予測（作業の計画）
 (d) 実際の作業の実行（機械の使用など）
 (e) 結果に関する機能情報を把握し、目標を達成したかの判断
 (f) 目標未達成のときは、その原因の追及
 (g) 予測と実行を目標達成しやすいようにシステムの改善
 (h) (c)へ

図1 機能情報の制御モデル

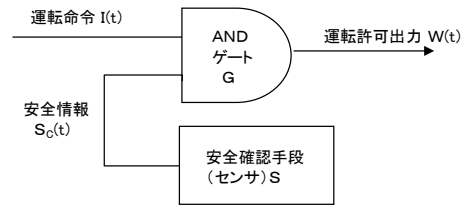
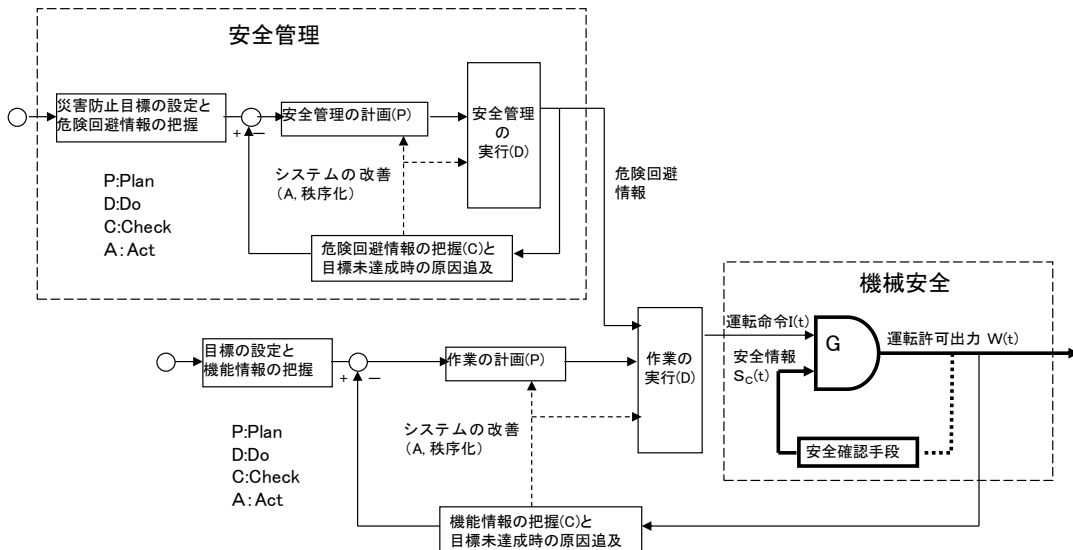


図2 インタロックの基本構成図

表1 人間機械作業システムにおける情報の基本特性

No	情報の種類と説明	基本特性
1	機能情報	・システムが定めた目標の達成に関する情報 ・誤りを伴う不完全な情報であるために、PDCAサイクルの下での継続的改善を必要とする
2	保護情報 システムの保護に関する情報	危険回避情報 ・人間側に与えられる災害防止、危険回避またはリスク低減に関する情報 ・災害情報、ヒヤリハット情報、失敗情報、安全作業標準などが該当する
3	安全情報	・機械側に与えられる制御情報 ・安全情報がオン(安全)であるときに機械の運転を許可し、オフ(危険)であるときに機械の運転を禁止する



注) 太線は安全情報にしたがって機械の運転を許可または禁止する制御の部分である。

図3 機械安全と安全管理の連携モデル

この信号処理は、図2の論理積演算要素（AND ゲート）Gで行なう。以下、Gを単にゲートと呼ぶ。ただし、 $I(t)$ 、 $S_c(t)$ 、 $W(t)$ はいずれも2値論理変数で、 $I(t)=1$ は運転命令あり、 $I(t)=0$ は運転命令なし、 $S_c(t)=1$ は安全、 $S_c(t)=0$ は安全でない、 $W(t)=1$ は機械の運転許可、 $W(t)=0$ は機械の運転禁止を意味する。

図3に、以上の検討に基づく機械安全と安全管理の連携モデルを示す。このモデルでは、インタロックで災害防止のための確定的な予測と回避を行なう（機械安全）とともに、PDCA サイクルで災害防止システムの継続的改善を図る（安全管理）。ただし、図3ではモデルを示しただけで、危険回避情報の継続的改善を促進する条件や、安全情報を使って災害の事前予測と回避を確定的に達成する条件などは検討していない。そこで、これらの条件を解明するために、表1の記載を基に安全情報（第3章）と危険回避情報（第4章）の基本特性を考察する。

3. 安全情報の基本特性

3.1 安全情報のユネイト性

最初に、安全情報の基本特性について考察する。安全情報では、災害の事前予測と回避で確実性が要求されるため、予測と回避に関して誤りは許されない。しかし、情報が人工物である限り、誤りを発生しないのは不可能である。

そこで、システムに発生する誤りのうち、危険側となる誤り（機械が誤って運転する側）は許容しないが、安全側となる誤り（機械が誤って停止する側）は許容するようにシステムの特性を定める。以後、これを非対称誤り特性と呼ぶ（この特性を具現化する技術がフェールセーフである）。

この関係は、真に安全である（ $S=1$ ）ときに誤って安全情報の出力を停止する（ $S_c=0$ ）安全側故障は許容するが、真に安全でない（ $S=0$ ）ときに誤って安全情報を出力する（ $S_c=1$ ）危険側故障は許容しない特性を示している。以後、この関係をユネイト性と呼ぶ。

表2に、ユネイトな特性を示す。ただし、実際のシステムでは、任意の時刻 t でユネイト性が成立する必要がある。この関係は次のように表すことができる。

$$S(t) \geq S_c(t) \quad (1)$$

以後、(1)式を時間軸上のユネイト性と呼ぶ。この式の下で予測と回避の確実性を満足させるには、次の第3.2～3.4節の条件を満足しなければならない。

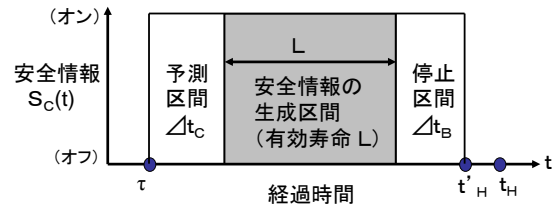
3.2 安全情報の予測性と有効寿命

図4に、安全情報の時間軸上の特性を示す。図で、 τ は予測の開始時刻、 t_H は真の災害の発生時刻であり、 t'_H は t_H より微小時間 $\varepsilon (>0)$ だけ前方の時刻で

表2 ユネイトな関係

No	真の安全状態 S	安全情報の出力 S _c	判定
1	安全(1)	運転許可(1)	○ 正常
2	危険(0)	運転禁止(0)	○ 正常
3	安全(1)	運転禁止(0)	○ 安全側故障 (稼働率低下)
4	危険(0)	運転許可(1)	× 危険側故障 (災害発生)

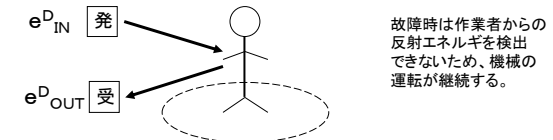
注) 以上の関係は $S \geq S_c$ となる。これをユネイトな関係という。



図の灰色の区間に限って安全情報が生成する。区間Lを越えて安全情報が生成されると、危険を誤って安全と伝えるためにユネイト性が成立しない。

図4 安全情報の有効寿命

(a) 危険検出形



(b) 安全確認形

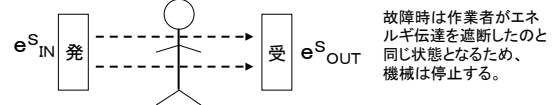


図5 危険検出型と安全確認形の比較

ある。また、 Δt_c は予測に必要な時間、 Δt_B は回避に必要な時間である。

このとき、災害を確実に防止するには、予測開始時刻 τ は次の条件を満足する必要がある。

$$\tau \leq [t'_H - (\Delta t_c + \Delta t_B)] \quad (2)$$

以後、これを安全情報の予測性に関する条件と呼ぶ。

(2)式の下で予測を行って、安全を確認したときに安全情報 $S_c(t)$ を出力する。しかし、この場合 $S_c(t)$ は無条件に継続出力できるわけではなく、図4のLの間しか出力を許されない。以後、この点を、安全情報 $S_c(t)$ が有効寿命Lを持つという。この場合、Lは次の範囲内に制限される。

$$L \leq [t'_H - \tau - (\Delta t_c + \Delta t_B)] \quad (3)$$

3.3 安全情報のエネルギー条件

実際の安全情報の生成過程では、安全の確認にエネルギーを必要とする。図5に、そのときの観測方法を示す。この方法では、空間に対して観測に必要なエネルギー e_{IN} を与えるとともに、これらの空間から得られ

るエネルギー e_{OUT} を利用して安全情報を生成する。ただし、ここで言うエネルギーとは人体に傷害を及ぼす可能性のある有効エネルギーのことをいう。これは、文献10)ではエクセルギと呼んでいる¹⁰⁾。

この場合、エネルギー e_{IN} と e_{OUT} は環境からの外乱(ノイズなど)に影響されないように、十分なレベルに設定する必要がある。また、 e_{IN} と e_{OUT} は人体への作用によって災害が生じないように(たとえば、レーザー光を使用して観測を行うときの眼の損傷など)、上限値を設定する必要がある。

ここで、 ε_{NOISE} を外乱に影響されないエネルギーレベル、 ε_H を人体に傷害を及ぼさないエネルギーレベルとすると、以上の関係は次式となる。

$$\varepsilon_{NOISE} \leq e_{IN} \leq \varepsilon_H \quad (4)$$

$$\varepsilon_{NOISE} \leq e_{OUT} \leq \varepsilon_H \quad (5)$$

図5のモデルは、空間に対する2種類の観測方法を示している。このうち、第一の方法では、図5(a)のように、空間に対して危険を検出するためのエネルギー e^D_{IN} を与え、このとき空間から危険を意味するエネルギー e^D_{OUT} の発生があるときに(人体の存在によるエネルギーの反射など)、安全情報の出力を停止させる。著者らは、これを危険検出形³⁾と呼んでいる。

この方法では、エネルギー e^D_{IN} の発生手段が故障すると、危険を意味するエネルギー e^D_{IN} が検出できないために人体の見逃しなどが起こる。そこで、図5(b)のように、空間に対して常時安全を確認するためのエネルギー e^S_{IN} を与えておき、このとき空間から安全を意味するエネルギー e^S_{OUT} の発生があるときに(人体が存在しないことによるエネルギーの透過など)安全情報を出力する方法を採用する。著者らは、これを安全確認形³⁾と呼んでいる。以上より、図2のインタロックは安全確認形でなければならない。

3.4 安全情報とエントロピー

次に、安全情報を有効寿命内で確実に消散する方法を考察する。図6に、検討に使用したモデルを示す。図で、系fは保護装置であり、入力を e^S_{IN} 、出力を s_c とする熱力学系で表す。また、系uは系fの環境系(外界)である。

このとき、系fの有効エネルギー E_F (エクセルギに相当)は内部エネルギーを U_F 、エントロピーを S_F で表し、環境系uの内部エネルギーを U_0 、温度を T_0 、エントロピーを S_0 とすると、次式となる¹⁰⁾。

$$E_F = (U_F - U_0) - T_0 (S_F - S_0) \quad (6)$$

ただし、系fでは、一般に圧力変化と体積変化の影

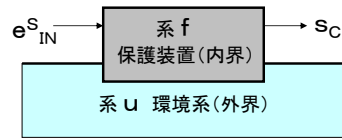


図6 熱力学系と安全情報出力

響は少ないので、(6)式から除外した。

次に、(6)式にしたがって系fの挙動を考える。これには、一般に次の形態が考えられる。

1) 開放系

この系では、環境系(外界)uとの間に絶えずエネルギーの授受が生じているために、 U_F 及び S_F の挙動は予測不可能である。したがって、 E_F の挙動も決定できない。

2) 閉鎖系

この系では、環境系(外界)uとの間にエネルギーの授受はない。このような系では、「内部エネルギーは常に一定」(熱力学の第一法則)であり、「エントロピーは常に増大する」(熱力学の第二法則)ため、 U_F は常に一定となり、 S_F は常に増大する。したがって、 E_F は最終的には必ず基底状態 E_0 となるため、系fの挙動は確実性がある。

すなわち、故障発生時には系fを熱力学的閉鎖系とすれば、熱力学第二法則に基づくエントロピー増大過程にしたがって系fの有効エネルギーを基底状態に確定的に遷移できる。一方、系fの出力 s_c は E_F に依存する(E_F が基底状態になれば、 s_c は発生しない)から、結局、故障時に系fを閉鎖系とすれば安全情報の出力を確実に停止できる。この場合、実際の消散過程では、安全情報は有効寿命内に消散を完了できるようにエントロピー増大過程を設定しておく必要がある。

4. 危険回避情報の基本特性

前述した安全情報を処理するシステムでは、危険側誤りの発生を防止するために、ユネイトな特性を必要とする。これに対し、危険回避情報を処理するシステムでは、情報の処理を人間が行なうために危険側誤りの発生は不可避であり、ユネイトな特性は実現できない。そこで、人による危険側誤りの発生を出来る限り減少できるシステムの構築を試みる。

このようなシステムを構築する方策には様々なものが考えられるが、著者らは“必要な情報を必要なときに理解できる形で提供できること”及び“情報の継続的改善を考慮した仕組みの構築”が重要と考える。以下、これらに関する具体的な要件を提案する。

4.1 必要な情報を必要なときに理解できる形で提供

できること

この検討では、著者らが厚生労働省及び日本鉄鋼連盟と連携して構築した“ITを活用した安全管理手法”⁹⁾が参考になる。この検討では、携帯情報端末を利用して作業者に危険回避情報を伝達する場合の要件として、次のような要件を抽出した⁹⁾。

- a) 情報の検索、伝達、識別などを1台で行える。
- b) 文字だけでなく、画像や音声などの情報伝達手段も利用できる（マルチコンテンツ性）。
- c) 騒音環境下でも通話が阻害されない。
- d) 画面の大きさ（視認性）と可搬性（軽量化）との間で最適なトレードオフ設計になっている。
- e) 過酷な環境下でも安定して動作する（ロバスト性）。
- f) 操作に不慣れでも容易に操作できる。
- g) ハンズフリー（手で持つ必要がない）である。
- h) 電源（バッテリーなど）が可搬式で長寿命である。
- i) 複数作業員間で同時多極通話が可能である。
- j) 作業場全域で良好に（雑音や不通がなく）使用でき、死角がない。
- k) マルチメディアデータの伝送ができる。

4.2 情報の継続的改善を促進する仕組み

危険回避情報は誤りを伴う不完全な情報であるために、PDCAサイクルの下での継続的改善を必要とする。この場合、次のような要因が危険回避情報の継続的改善を阻害する要因として作用する。したがって、この点を考慮した仕組みの構築が必要である。

(1) 災害情報の秘匿性

秘匿性とは、災害情報が一般に公開されずに、関係者だけに秘匿される性質をいう。このために、災害情報は時間の経過と共に忘れ去られてしまったり、単純化・歪曲化・神話化されたり、関係者だけでローカル化され、他の組織に伝達されないなどの問題が起きる¹¹⁾。同様の知見は災害情報の上位概念である失敗情報の考察でも得られており¹¹⁾、秘匿性はこれらの情報に共通する一般的特性と考えられる。

この問題に対する対策として、事故の当事者に対する刑事免責制度の確立なども提案されている。しかし、機械災害の場合には機械の使用者側で秘匿されている災害情報を公開し、機械の設計・製造者側が行う設備的な保護方針に反映させる仕組みが重要と考える。この具体策は第5章で述べる。

(2) 作業標準や手順書などの情報の氾濫

これは、現場の作業員や管理監督者が理解できないほどの大量の情報が作業標準や手順書などとして氾濫することをいう。この問題に対しては、第4.1節で述べた“必要な情報を必要なときに理解できる形で提

供できること”が重要である。

(3) 人の認識と行動の相互作用による再帰性

再帰性とは、経済学の分野で人の認識と行動の間の双方向的な相互作用を意味する用語である。これは、安全管理では、職場の安全管理状況が人々の行動に影響を与えるだけでなく、人々の行動も職場の安全管理に影響を与えるような場合が該当する。

このとき、職場の安全管理が良好であれば人々も安全を重視して行動するが（正のフィードバック効果）、職場の安全管理が劣悪であれば人々も安全を軽視して行動するようになる（負のフィードバック効果）。したがって、負のフィードバックに落ち込まないように安全管理の状態を良好に維持する必要がある。

この問題に対しては、職場の安全文化の改善が不可欠である。現在、著者らは、①倫理、②技術、③組織運営、④社会制度という4種類の視点から労働災害の根本原因を究明し、職場の安全文化を改善する手法の開発を進めている。今後は、このような手法が再帰性に対する有効な対策になると考える。

5. 考察

現在、機械安全の分野では、ISO12100に記載されたリスク低減戦略にしたがって機械の設計・製造を行うのが常識となりつつある。この規格は2003年に発効され、2004年には内容を変更することなくJISB9700として制定された。また、厚生労働省ではISO12100と実質同一の“機械の包括的安全基準に関する指針”⁸⁾を2007年に公表している。

これらの規格では、安全情報が本報で示した要件を備えることが暗黙の前提になっている。しかし、この暗黙知は欧州の工学的常識であり、日本では一般的でない。このため、著者らは平成10年に“工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドライン”²⁾を作成し、安全情報に対してたとえば次のような要件を提案している。

- ① 安全情報では、安全を高エネルギー側、危険と故障を低エネルギー側に割り当てる。
- ② 安全情報はユネイトに伝達される。
- ③ 安全情報には、ノイズに影響されない十分なエネルギーを持たせる。

この詳細は文献2)を参照されたい。

同様に、労働安全衛生マネジメントシステムにも危険回避情報の要件は規定されていない。しかし、危険回避情報が労働安全衛生マネジメントシステムの重要な構成要素である限り、“必要な情報を必要なとき

に理解できる形で提供できること”に対する具体的対策を明記すべきである。

後者に対する対策として著者らが提案しているのが、”ITを活用した安全管理手法“である。この手法では、情報伝達手段である携帯情報端末が“必要な情報を必要なときに理解できる形で”提供できるように、第3.1節のa)~k)に示した要件を規定している⁹⁾。

また、災害情報の秘匿性に対しては、機械災害の多くが機械の設計・製造段階の不具合に起因していることを考慮し、次のような仕組みを構築すべきと考える。

- ① 機械の設計・製造者が、あらかじめ安全性を立証して表示する。この表示とともに、機械の使用上の情報を機械の使用者に提供する。
- ② 機械の使用者側で発生した不具合に関する情報を機械の設計・製造者に伝達する。
- ③ 設計・製造者は、提供された情報を利用して設備的な保護方策を実施する。

これらは、“機械の包括的安全基準に関する指針”を普及促進する仕組みとしても重要と考える。

6. おわりに

以上、機械安全と安全管理の連携モデルの構築を試みるとともに、機械安全で使用する安全情報と労働安全衛生マネジメントシステムで使用する危険回避情報の基本特性の解明を試みた。

これによって得られた結果は次のとおりである。

- 1) 危険回避情報と安全情報の制御モデルを解明した。このうち、前者は情報の継続的改善を伴うPDCAサイクルを制御モデルとするのに対し、後者は安全確認形インタロックを制御モデルとする。
- 2) 安全情報の基本特性を解明した。この情報では、災害の予測と回避の確定性を保証するために時間軸上のユネイト性を満足しなければならない。この具体的な要件として、安全情報は有効寿命を持つこと、危険検出型でなく安全確認形とすること、情報を消去する際に熱力学第二法則に基づくエントロピー増大過程を利用することなどがある。特に、一般の情報理論では情報の生成と伝達に重点が置かれるが、安全情報では誤った情報の伝達を防止するために情報の“消去”に対して確定性を持たせることが重要である。
- 3) 危険回避情報の基本特性を解明した。この情報では、“必要な情報を必要なときに理解できる形で提供できること”と“情報の継続的改善を促進する仕組みの構築”が重要である。

謝 辞

本論文には、現長岡技術科学大学教授の杉本旭氏、旧産業安全研究所機械研究部の主任研究官であった糸川壮一氏、及び当研究所の上席研究員池田博康氏との討論の課程で得られた成果が多く含まれている。

紙上を借りてこれらの諸氏に深い謝意を表する。

文 献

- 1) IS012100-1, Safety of machinery -- Basic concepts, general principles for design Part 1: Basic terminology, methodology, (2003)
- 2) 労働省安全課監修, これからの安全技術—工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドラインの解説—, 中央労働災害防止協会, (2000)
- 3) 杉本旭・糸川壮一・深谷潔・清水尚憲・梅崎重夫・池田博康・蓬原弘一・芳司俊郎, 安全確認形安全の基本構造, 機論, 54-505, C(1988), 2284-2292
- 4) 杉本旭・蓬原弘一, 安全制御系における安全情報のエネルギー伝達, 機論, 56-530, C(1988), 2658-2665
- 5) 吉澤正・岡本和哉・雫文男・豊田寿夫・平林良人, OHSAS18001:2007 労働安全衛生マネジメントシステム, 日本規格協会, (2008)
- 6) 梅崎重夫, 「危険」に関する一考察—安全作業システムにおける「危険」の概念と制御—, 計測自動制御学会 第16回システムシンポジウム講演論文集, (1990), 173-176
- 7) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子, 人間機械協調システムにおけるリスク低減戦略の基礎的考察—統合生産システム(IIMS)と土木建築構造物の自動施工システムに共通するリスク低減戦略—, 2008年度土木学会安全問題研究論文集, 11-167
- 8) 中央労働災害防止協会, これからの機械安全—新「機械の包括的な安全基準に関する指針」の解説—, (2007)
- 9) 濱島京子・梅崎重夫・木吉英典・中北輝雄, ITを活用した安全管理手法の開発—安全要求事項抽出の容易化に配慮したシステム設計ガイドの提案—, 労働安全衛生研究, Vol.1, No.2, (2008), 119-130
- 10) 押田勇雄, 「エクセルギー」のすすめ, ブルーボックス, (1988), 85-135
- 11) 畑村洋太郎編, 続々・実際の設計, 実際の設計研究会, 日刊工業新聞社, (1996), 15-18

(2009年8月7日受付)