

“しくみ”を用いた安全確認型運転システム —既存設備の安全性向上の方策として—

いし はら たつ のり ふく だ たか ぶみ
石 原 立 憲[†]・福 田 隆 文^{††}

機械設備によるはさまれ・引き込まれ・巻き込まれといった災害を防止するため、新規設備では、設計時点で安全確認に基づく安全制御による保護方策を行うことが有効である。しかし、既存の設備の場合は潤沢な費用をかけることが難しいという経済上の問題や、設備内に安全制御回路を組み込むスペースが無い等の制約があることなど工学上の点からも実行できないことがある。そこで、比較的安価で、安全制御回路の設計・増設も不要な方法で、安全性は同等な“しくみ”を用いた安全確認型の起動許可システムを考案し、実施した事例を紹介する。

キーワード：“しくみ”を用いた安全確認型運転システム、既存設備の安全性向上、安全制御回路の設計・増設不要、安価な仕組みの適用

1. はじめに

機械設備（以下、単に設備と記す）の典型的な災害は、はさまれ・引き込まれ・巻き込まれである¹⁾。この型の災害は、作業者の身体、あるいは身体の一部（以下、身体）が機械の危険な動作の領域内にあるにもかかわらず起動させてしまったか、作業者が作業中に何かの理由で機械が起動してしまったこと、あるいは稼働中の機械の危険区域に身体を入れてしまったことによる。

機械の安全確保では、ISO 12100²⁾ (JIS B 9700³⁾) にしたがって、リスクアセスメントに基づき保護方策を行う。本質的安全設計方策の適用を検討するが、機械の機能に関する場合には適用できないことが多いので、安全防護及び付加保護方策の適用を検討する。保護方策は、例えば、インタロック付き可動式ガードと制御システムの安全関連部^{4),5)}（以下、安全制御回路という。）の組合せで実現する。

機械の起動は、2. で示すように起動は安全確認に基づくことが必要であるとされている。新規設備では、設計時点で上記の検討を行い、保護方策を行うことが有効である。しかし、既存の設備では、必ずしも実行できない。今後更新が見えている中で潤沢な費用をか

けることが難しいという経済上の問題がある。また、設備内に安全制御回路を組み込むスペースが無い等の制約があることなど、工学上の点からも実行できないことがある。そこで、比較的安価で、安全制御回路の設計・増設も不要な方法で、安全性は同等な“しくみ”を用いた安全確認型の起動許可システムを考案し、実施した事例を紹介する。

本稿で提案することを理解するために、ごく簡単な例を示したい（図1）。卓上ボール盤で、刃物交換用の工具を AC ケーブルのプラグ側に短い鎖で結びつけておくことがある。これは、刃物交換時に必ず刃物チャックを緩め・締めるが、その工具を使う際にはプラグを抜かざるを得ない状況を作り出している。そうすることで、刃物交換作業中に誤ってスイッチに触れることによる起動や第三者がコンセントにプラグに差し込めないようにすることで、不意な起動（チャック、刃物の回転）を防いでいる。

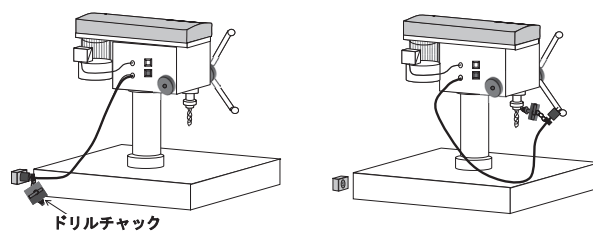


図1 身近な“しくみ”を用いた安全確認型起動許可システムの例

このことを、系統立てて行うのが、本資料で提案する“しくみ”を用いた安全確認型起動システムである。

[†] TI 安全リスクアドバイザー：〒520-1502 滋賀県高島市新旭町針江 5-343

E-mail: lishihara-kt1@kha.biglobe.ne.jp

^{††} 長岡技術科学大学：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1

E-mail: t-fukuda@vos.nagaokaut.ac.jp

2. “しくみ”を用いた安全確認型の設備起動システムのロジック

2.1 安全確認型一起動許可システムの要件

安全確認型については、文献^{6),7)}等で述べられている。詳しくはこれら文献を見て頂きたいが、簡単にその基本を記す。

機械を起動する（起動を許可する）あるいは運転を継続させる（運転継続を許可する）*1条件は、

- (1) 機械の可動範囲等機械の危険区域に作業者*2の身体がないことが確認できている。つまり、起動時、安全が確認できている。
- (2) 運転中に機械の稼働中に身体が進入してきたら、危険事象に至る前に機械を停止することができ。つまり、運転中、継続して安全であることを確認しており、その確認ができなくなると、機械を停止できる。

あるいは、一旦起動したら停止するまで、作業者の身体の進入は阻止されるようになっている。

つまり、運転中は起動時の安全確認状態が確実に維持できる。

- (1) と (2) の構成を図示すると、図2となる。

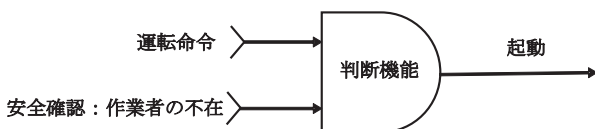


図2 安全確認型の起動許可システムの論理

2.2 簡易プレス（安全化対策前の）作業手順 既存の装置の運転

本章では、図3に示した簡易プレスの起動を例に示す。このプレスは、スライド板に素材を載せ、奥に押し込むと位置決めリミットスイッチがONとなり、更に操作スイッチを止から下降にすることで、可動部（スライド）が下降、上昇にすることで上昇して停止する。保護カバーは、定常作業時は蝶ネジで固定したままである。

作動状況説明

・定常作業

- ①スライド板の所定の位置に加工材料をセットする。
- ②スライド板を挿入する。所定の位置まで挿入されると位置決めリミットスイッチが作動し、運転が可能

*1 今後は両者を合わせて「起動」と記す。

*2 状況によっては、作業者以外に、他者（同じ職場の他の作業者など）を含む。

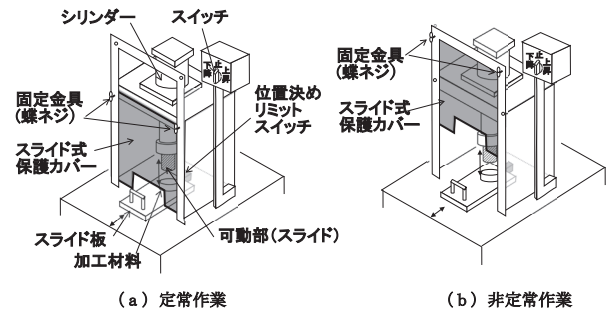


図3 既存のシステムの構成

となる。

- ③スイッチを「下降」側にするとシリンダーに直結した可動部が下降してプレスが行われる。
- ④スイッチを「上昇」側にして可動部が上昇したことを確かめた後、スイッチを「止」にする。
- ⑤スライド板を引出し、加工材料を交換する。

保護カバーの開閉は、加工材料を載せたスライド板が通る程度の高さと幅で、手を挿入することはできない（指を挿入することは出来るがこの場合でも可動部迄は届かない。）ように開口部の大きさを決めている。

・非定常作業

プレス屑、ホコリ等によりスライドを正常の位置に挿入できなくなるので、定期的または不定期に保護カバーを図3(b)のように上に開き、清掃する。

このプレスにおいては、保護カバーがある定常作業では問題ないが、非定常作業においてはカバーを上を開くので、次のような災害が考えられる。

- (1) 非定常作業の清掃時、誰かがスイッチ操作をするとき挟まれる。
- (2) 定常運転において、位置決めリミットスイッチが屑等により作動不良を起こしている時、スイッチを「下降」のままで保護カバーを上を開いた状態で清掃すると、位置決めリミットスイッチが不意に作動して可動部が下降し、挟まれる可能性がある。

実際、定常運転時にスイッチを「下降」側にしたが動かないので、保護カバーを上を開いて手を入れて位置決めリミットスイッチの作動を確かめた時、リミットスイッチが作動して可動部が下降し、指を挟まれる災害が発生している。

定常作業においても、可動部下部に加工品を置くのを早くするために、保護カバーを上を開いた状態で作業すれば災害に至りうる。

なお、この保護カバーの開閉は、保全モード生産モードの変更の際に行われるので、一工程毎、1個生産毎ではないことに注意されたい。

このような作業手順であるが、それを図示すると図4

のようになり、手順通りに作業を行えば安全である。モードの切り替えは作業手順にしたがった作業者の作業で実現するので、手順を飛ばして停止操作を行わないまま保護カバーを開けて、清掃等の作業を行うことができてしまう。

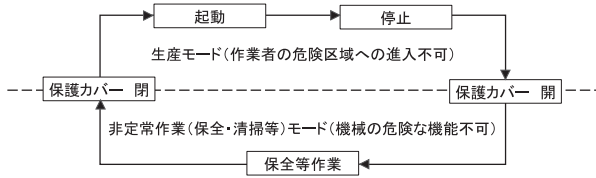


図4 作業モードの切替

つまり、急いでいるときなどには、スイッチを停止にせず、清掃などを行ってしまったら、急いでいるわけではないときでも、うっかり停止にしないまま清掃をしてしまうこともある。訓練やそれに基づいた注意深い作業は必要であるが、人的なミスを完全に防ぐことは出来ない。そうであるなら、設備側で、保護カバーは閉じていなければ機械が動かないようにすることが必要である。ところが、図3の機械では、ハード的な対策は具備されていない。

2.3 安全確認型起動許可システムの実現法

図2に示したように運転命令だけで起動するのではなく、加えて安全確認ができたときのみ起動が可能なシステムを構築するには、

- ・インタロックにより安全確保を実現する（図5参照）
- ・保護カバーが閉（安全が確認）されているときのみ機械が運転可能とすることにより安全確保を実現する（図6参照）

が考えられる。

図5はインタロックによる安全確保で、保護カバーの位置をスイッチで監視し、カバーが閉じているときのみ機械が起動するようになっている。この方式では、作業者が無効化すると安全が確保できないが、うっかりカバーが開いている状態で作業をしてしまうことはない。また、無効化しにくいスイッチが安全用

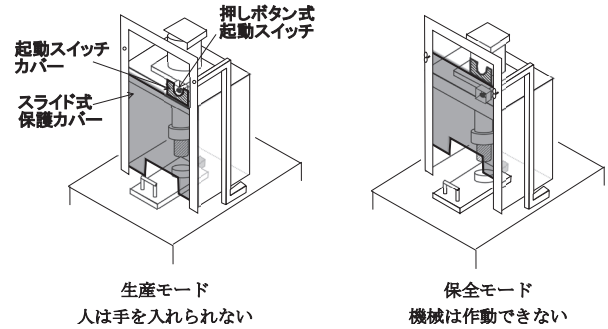


図6 “しくみ”を用いた安全確認型起動装置による安全確保

スイッチとして市販されており、それらを適切に用いることで、無効化もかなり防げる。ただし、例示したような回路を組み込まなければならない。その設計は専門知識を有する者（あるいは企業）に依頼しなければならず、設計・制作にコストを要する。また、制御盤内にある程度の空間を必要とする。従って、既存の設備には導入できないことがある。

本稿は、ここで指摘した問題を避けることが可能な図6を提案する。同図における操作、実施に当たって検討すべき点について説明する。

安全なとき、つまり保護カバーが確実に閉まっているときのみ機械の作動が可能とするため、図6に示すように、保護カバーが完全に閉じた時のみ操作起動スイッチを押すことができるようにした。これが、“しくみ”を用いた安全確認型起動システムである。

以上のように、簡単な機構で安全性向上を実現できる。なお、図3の生産、保全モードが確実に入れ替わる（同時に両方が起こりえない）ことを保証するためには、物理的に次のことを満たす必要である。

- ・保護カバーと起動スイッチの間に指が入る隙間があると、保護カバーが開いていても操作スイッチを押せるので、保護カバーと起動スイッチの間の距離は適切な狭さでなければならない。具体的には、横から指を入れて起動スイッチを押せないことであるので、指がこの隙間に進入できないことである*3。

*3 ISO 13857⁹⁾ (JIS B 9718¹⁰⁾) を援用すると、4 mm 程度となる。

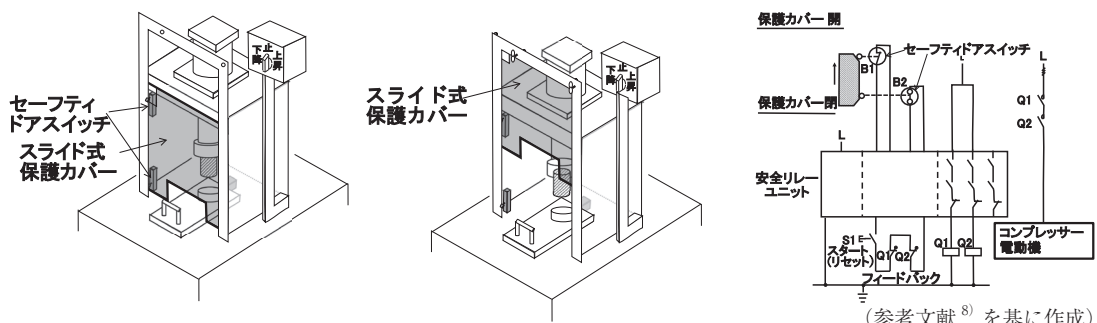


図5 安全制御回路による安全化

- ・ガムテープ等で無効化されないように、起動スイッチを押したときには一工程作動して停止しなければならない。

簡単に記述すれば、起動のためのスイッチを押せるのは保護カバーが完全に閉まったときのみである構造としたのであるが、安全性はカバーが開では起動できないのでインタロック方式と同等であり、既存の設備を簡単な改造で実施可能であるので、冒頭にも述べたように、既存の設備に導入しやすい。

3. “しくみ”を用いた安全確認型の設備起動システムの展開形

“しくみ”を用いた安全確認型の設備起動システムは、次のような機構でも構成可能である（図7Ⅰ～Ⅳ）。いずれも、図6と同様に、制御盤内に新規の回路の追加を要しないので、適切なコストで、既存の設備に適用可能である。

方法	生産モード 人は手を入れない	保全モード 機械は作動できない	仕組みと特徴
I			電源スイッチのキーが差し込まれていないと機械を起動することができない。 起動スイッチの位置を変更しなくても実施可能である。
II			電源ケーブルの一部を分離し、保護カバーが閉じていなければ給電できないようにする。 安価に実現できる。
III			配電盤のブレーカが断るとき配電盤上のキーが抜け、そのキーによって保護カバーが開状態に保てる。 電源が離れていても実現可能である。
IV			保護カバーの開状態では電源が強制的に断となる。 保護カバーの開閉は容易なため、作業性がよい。

図7 “しくみ”を用いた安全確認型の構成例

4. ま と め

今回は、簡易プレス为例に“しくみ”を用いた安全確認型起動システムを説明した。考え方を理解いただければ、応用が効く。既存の、比較的古い機械は安全化ができないなどを決めつけないで、しくみによる安全確認型の適用を考えていただきたい。

本稿では、簡易プレスの安全化を例に記してきたが、著者のホームページ¹¹⁾に他の設備への応用例も含め30の応用例を掲出しているので、参照願いたい。これらを参考に職場の既存設備の安全化をはかって頂きたい。

謝 辞

しくみによる安全確認型起動装置は、筆者の一人である石原が帝人株式会社に在職時に発案・実施した。本稿は、この実践事例を基に安全技術応用研究会で議論していただいた成果であることを記して、帝人（株）及び安全技術応用研究会関係者に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 中央労働災害防止協会編：安全の指標 令和4年度，p. 73，中央労働災害防止協会

- 2) ISO 12100:2010 Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction, 77 pages, International Organization for Standardization
- 3) JIS B 9700:2013 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, 74 pages, 日本規格協会
- 4) ISO 13849-1:2015 Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design, 86 pages, International Organization for Standardization
- 5) JIS B 9705-1:2019 機械類の安全性—制御システムの安全関連部—第1部：設計のための一般原則, 90 pages, 日本規格協会
- 6) 杉本 旭，蓬原 弘一：安全の原理，機械学会論文集 C 編，56-530, pp.2601-2609 (1990)
- 7) 杉本 旭，蓬原 弘一，向殿 政男：安全作業システムの原理とその論理的構造，電気学会論文集，107-D-9, pp.1092-1098 (1987)
- 8) Michael Hauke et.al.: IFA Report 2/2017e Functional safety of machine controls -Application of EN ISO 13849-, pp. 226-228 (2019)
- 9) ISO 13857:2019 Safety of machinery -- Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs, 20 pages, International Organization for Standardization
- 10) JIS B 9718:2013 機械類の安全性—危険区域に上肢及び下肢が到達することを防止するための安全距離, 28 pages, 日本規格協会
- 11) “しくみ”を用いた安全確認型システム 事例集, <http://www.7b.biglobe.ne.jp/~ishihara-kt/sikumianzen/shikumijiresuu.html> (2022年10月17日確認)