

[論文]

ヒューマンエラーと組織管理

関 岡 保 二

- 〈目 次〉
- I はじめに
 - II ノーマンのスキーマ活性化・起動 (ATS) 理論
 - III 個人の失敗から組織の失敗へ
 - 1 個人のエラーと事故
 - 2 個人の失敗から組織の失敗へ
 - IV おわりに

I はじめに

多くの産業・業種で事故が発生している。こうした事故を分析すると、その多くは人間、特に産業現場の人間によるヒューマンエラー (human error) をきっかけとして起こっていることがわかる。その意味で、経営管理のうえでヒューマンエラーが発生するメカニズムを明らかにすることはきわめて重要な課題といえる。そこで、本稿では、最先端のヒューマンエラー研究や調査を紹介することによって、産業現場におけるヒューマンエラーの発生原因とメカニズムを考察しようと思う。このような目的の下に、まずD・A・ノーマン (D. A. Norman) のエラー (スリップ (slip)) 発生時の認知メカニズムに関する理論、およびこの理論に基づくスリップ分類を紹介する。ノーマンには認知科学・心理学全般にわたる業績があり、スリップ理論はかれの業績の一部にすぎない。しかし、かれのスリップ理論はいくつかの点で価値が高い。第1に、エラー理論としては、ノーマン以前にもフロイトの「錯誤行為 (Fehlleistung)」の理論があるが、かれの理論は度忘れ、言い (書き、読み) 違い、しそこない、思い違いなど今日の用語で表現すれば、スリップやラプス (lapse) のみならずミステイク (mistake) をも分析対象としているものの、かれのエラー解釈は無意識の動機という精神分析学独特の枠組みからなされている。しかし、ノーマンはスリップの意味を次のように考えている。すなわち、「確かに、スリップの中には隠れた深層心理にかかわる意味をもつものもあるかもしれないが、たいていものはわたしたちの心の働きの中の比較的単純な出来事として説明できる」¹⁾と。この立場に立つことによって、われわれは日常生活や産業現場で犯される多くのエラーの原因を解明することができる。第2に、かれのスリップ理論は「スキーマ (schema)」という、認知心理学のみならず、発達心理学、社会学、人工知能研究などの諸分野における多くの研究者が鍵概念として用いている概念に基づいて構成されているが、かれの理論はその後のエラー理論に大きな影響を及ぼした点

でも重要である。

このような視点に基づいて、ノーマン理論によってエラー (スリップ) 発生時のメカニズムを説明した後、航空機産業と化学産業のデータを用いてエラーと事故との関係を検討し、多くの事故が人間、特に現場の人間のエラーによって起こっていることを確認する。次いで、事故の最大原因としてのヒューマンエラーを、米国の原子力発電運転協会 (Institute of Nuclear Power Operation, INPO) の2つの調査 (1983年、1984年) とJ・ラスムッセン (J. Rasmussen) の原子力発電所で発生した重大事象に関する報告書の分析を、続いてL・ベインブリッジ (L. Bainbridge) とC・ペロー (C. Perrow) の所説を検討することによって、より詳細に分析する。これらの分析を通して、第1に特にいわゆる「巨大システム」においては、事故は現場の人間のエラーをきっかけとして起こるが究極の原因はシステムあるいは組織自体にあること、つまり事故原因が個人のエラーから組織の失敗へと変化したこと、第2に個人のエラーから組織の失敗への変化は、主としてシステムの自動化と複雑化という2つの要因に基いていること、を明らかにする。

II ノーマンのスキーマ活性化・起動 (ATS) 理論

ノーマンは「アクション・スリップ (action slips) のカテゴリー化」と題する論文 (1981年)²⁾で、かれ自身およびJ・リーズン (J. Reason) その他の研究者たちが収集した約1,000個のスリップに関する事例研究を通して、「スキーマ活性化・起動 (Activation-Trigger-Schema, ATS)」理論 (あるいは「スキーマ理論 (schema theory)」)³⁾という名称の行為理論 (したがって、エラー (スリップ) 理論) を構築し、スリップ発生時のメカニズムを説明するとともに、スリップの分類を行った。

(1) 人間行動とエラー

人間の行動 (情報処理) は、まず目標 (goal) (達成され

1) スリップとミステイクの意味は下記参照。ラプスの意味については、[32], pp. 8, 12-13, 訳書9, 15ページ, [35], pp. 71-72, 訳書104-105ページを参照。

2) [24], p. 106, 訳書171ページ。

3) [21]。

4) [24], pp. 85-86, 訳書138ページおよびpp. 115-116, 訳書187-189ページを参照。

べき状態)を形成し、その目標を意図(intention)(すべきことに関する特定の表現、あるいは目標を達成するための特定の行為)に変換することにより開始される⁵⁾。したがって、エラー発生という側面から人間行動をみると、目標形成および意図形成の2つの段階でエラーが発生する可能性があることになる。すなわち、一方でよくない選択をしてしまったり、現在の状況を間違えてとらえてしまったり、すべての関連要因を考慮に入れることができないなど「不適切な目標を選んでしまうために生じ」たり、「思いもよらなかったような考えから生じ」るエラーがある。このような思い違いや不適切な判断などにより誤った目標が選択されることによって生ずるエラーはミステイクと呼ばれる⁶⁾。誤った目標の選択がなされたとしても、気づかれないまま行動は進行するので、ミステイクは重大な結果をもたらす可能性が高い。

他方、目標の形成が正しく行われたとしても、意図の形成段階以後に、すなわち実行過程において、意図に反する行動をするか、意図した行動を行わないことによって意図が達成されない結果が生ずることがある。人間行動、とりわけ日常生活における行動ややり慣れた作業、すなわち「熟練行動(skilled actions)」⁷⁾は行動のポイントごとに注意のチェックは入るが、大半の過程は半ば自動的に進行する。熟練行動が自動的に進行するのは、行動の繰り返しの結果、行動を作り出し制御するための記憶(知識)構造が作られているからであると考えられる。しかし、何らかの理由でポイントごとの注意のチェックが入らない状態が生まれるとエラーが生じることになる。このような実行過程で起こるエラーはスリップと呼ばれる。スリップは「意図しなかった行動を行う場合に生じるエラー」、あるいは「意図しなかった行動の実行と定義

できるヒューマンエラーの一形態」と定義される⁸⁾。

(2) スキーマ活性化・起動(A T S)理論の概要

① スキーマ

先に述べたように、人間行動、特に日常的行動や熟練作業は、チェックポイントを除くとほぼ自動的に行われる。このような行動が可能になるのは、行動を作り出し制御する記憶(知識)の構造、すなわち「スキーマ(schemas)」がそれらの背後にあるからであると考えられる。ノーマンはスキーマを、「感覚運動的な(sensori-motor)知識構造」、「構造化された記憶単位」、あるいは「運動活動の制御の流れが方向づけられるような手続き的知識を含む、構造化された知識の集合体」などと定義する⁹⁾。

スキーマは階層性を持つと仮定される。すなわち、ある行動の目標や意図に対応する、全体的で抽象的なスキーマは「親スキーマ(parent schema)」と呼ばれ、行動系列(action sequence)の各部分に対応する、部分的で具体的なスキーマは「子スキーマ(child schemas)」と呼ばれる。行動系列の各部分はさらに細かい部分に分けることができるから、子スキーマはさらに下位のスキーマにとっては親スキーマになるという階層性がある¹⁰⁾。たとえば、「お茶を飲む」場合を考えよう。このとき、「お茶を飲む」という意図に対応する「お茶飲みスキーマ」という親スキーマには、「お茶入れスキーマ」という子スキーマがあるだろうし、「お茶入れスキーマ」は「お湯沸かしスキーマ」「お茶の葉きゅうす入れスキーマ」「お湯きゅうす入れスキーマ」のそれぞれにとっては相対的に親スキーマとなる。さらに「お湯沸かしスキーマ」等はさらに下位のスキーマにとっては親スキーマになる。

5) [21] では人間行動の構造に関する明快な叙述は見い出されない。そのため、ここでは、目標および意図の形成の定義は [24] における「行動の7段階理論」の定義を用いた。そこでは、ノーマンは、(1)目標の形成、(2)実行過程(意図の形成、行動の詳細化、行動の実行)、(3)評価過程(外界の状況の知覚、外界の状況の解釈、結果の評価)の3過程、7段階からなる人間行動理論を提唱している。[24], pp. 45-48, 52-53, 訳書74-78, 85-86ページ。しかし、この理論においても、目標と意図という用語の意味はあいまいさを残したままのように思われる。

6) [24], p. 114, 訳書185-186ページ。また、[24], p. 105, 訳書170ページおよび [28], 訳書178ページも参照。

7) [21], p. 4.

8) [21], p. 1. なお、[24], p. 105, 訳書170ページおよび [28], 訳書178ページも参照。なお、ノーマンがアクション・スリップという語を用いる理由は、度忘れ、言い違い、しそこない、思い違いなどのスリップやミステイクのみならず、書き違いや読み違いなどの言語スリップ(verbal slips)をも分析対象としたフロイトとは異なり、意味の上で特徴がある場合、およびプランニングや運動(motor)と関係がある場合を除いて、非言語(行動)スリップを分析対象とすることを示すためである。[21], p. 5.

9) [21], p. 3, 4. また、[23], 訳書77-80ページ、[24], pp. 85-86, 訳書138ページも参照。

10) [21], p. 4.

②意図の形成とスキーマの活性化

ノーマンは、「意図という概念と、初めの最高位の親スキーマとは同じである」と述べている¹¹⁾。これは、意図(たとえば、「お茶を飲む」)が形成されることは親スキーマが活性化(activation)される—使用できる状態になる—ことを意味している。

また、スキーマ間には縦横の関係がある。まず、スキーマ間の縦の関係について、ノーマンは次のように述べている。すなわち、「熟練行動—その行動を構成する各部分がすべて高度の熟練にある行動—は、最高位の記憶表象を指定すればよい。最高位のスキーマが活性化されさえすれば、その行動系列のさらに下部の親スキーマの構成部分が、クリティカルな選択ポイントで介入しさえすれば、後はほとんど自動的にその行動を完了させる」¹²⁾と。つまり、親スキーマが活性化されると、すべての下位スキーマ(子スキーマ)が同時に活性化されるのである。実際、われわれがある行動を行うときには、「お茶を飲もう」と抽象的に考えるだけであり(つまり、「お茶を飲もう」という意図の形成が「お茶飲みスキーマ」を活性化させる)、詳細に行動系列を指定していない。このことは、親スキーマの活性化が関連するすべての子スキーマを自動的に活性化させるというこの仮説を正当化しているように思われる。

スキーマ間の横の関係については、あるスキーマが活性化されると、このスキーマと関連する別のスキーマも同時に活性化されると仮定されている。たとえば、2つの親スキーマが共通の子スキーマを持っている場合や、子スキーマ同士の意味が似ている(連想関係にある)場合である¹³⁾。したがって、スキーマの活性化がスリップを発生させる原因の一つとなる場合がある。

③スキーマのトリガリング

活性化されたスキーマが実際に行動として実行されるには、1)「トリガー条件(trigger conditions)」が満たされる必要がある。すべてのスキーマは実行するために満

たされる必要のある条件(外的な出来事や状況)を持っている。たとえば、「お湯沸かしスキーマ」が完了したという状態は、「お湯きゅうす入れスキーマ」を起動させるトリガー条件となる。また、2)すべてのスキーマは固有の活性化値(activation values)を持っており、固有の活性化レベルに達する必要がある。これら2つの条件が満たされたとき、スキーマは引き金を引かれるように起動(トリガー(trigger))され、行動は実行される。

ただし、活性化値とトリガー条件の満足度の間にはトレード・オフの関係がある。すなわち、活性化値が高ければ、トリガー条件が完全に満たされていなくても、行動は起動されてしまう。逆に、トリガー条件が満たされていれば、活性化値が低くても、行動は起動されてしまうことになる¹⁴⁾。

(3) 主なスリップ

ATS理論に関する以上の説明から、人間行動(特に、熟練行動)は、1)意図の形成、2)子スキーマの活性化、3)活性化されたスキーマのトリガリング(triggering)、の3段階からなることになる。スリップは意図しなかった行動の実行の失敗であるから、上の3つの認知段階ごとに発生することになる。したがって、スリップは、1)「意図形成時のエラーから生ずるスリップ」、2)「スキーマの誤った活性化から生ずるスリップ」、3)「活性スキーマの誤ったトリガリングから生ずるスリップ」、の3種類に分類できる。

1)は親スキーマの活性化の誤りによって生ずるスリップである。2)は子スキーマの活性化の誤りによって生ずるスリップであり、「意図しない活性化」、すなわち誤った子スキーマの活性化によって生ずるスリップと、「活性化の喪失」、すなわち正しい子スキーマの活性化の喪失によって生ずるスリップ、の2つからなる。3)は「誤ったトリガリング」、すなわちトリガリングの時期の誤りによって生ずるスリップと、「起動の失敗」によって生ずるスリップ、の2つからなる(第1表)。以下では、これらの

11) [21], p. 4.

12) [21], p. 4.

13) 下記のスリップ分類から明らかなように、前者は「囚われエラー」であり、後者は「連想活性化(連想活性化エラー)」である。

14) [21], pp. 4-5. しかし、「スキーマ活性化・起動」理論という名称が示すように、活性化値とトリガー条件の満足度の間のトレード・オフ関係は完全に対称的ではなく、活性化値の方がトリガー条件よりもトリガリングを引き起こし、行動を実行するエネルギーが強いとノーマンは考えているようである。この点については、[15], 67-68ページを参照。

第1表 スリップの分類

I	意図形成時のエラーから生ずるスリップ
1	スリップとは分類されないエラー：目標決定、意思決定および問題解決時のエラーと、意思決定の他の側面に関連するエラー
2	モードエラー：状況の分類を誤る
3	記述エラー：意図の特定化があいまいであったり、不完全であったりする
II	スキーマの誤った活性化から生ずるスリップ
1	意図しない活性化：現在の行動系列の一部ではないスキーマが外部要因により活性化されると、これらのスキーマは起動しスリップに至る
(1)	囚われエラー：実行しようとしている行動系列が別のより頻繁に行われる行動系列やもっと知っている行動系列に似ていると、後の行動系列の方が前の行動系列を支配してしまう
(2)	データ駆動による活性化：外的事象がスキーマの活性化を引き起こす
(3)	連想活性化：現在活性化されているスキーマが連想関係にある他のスキーマを活性化させる
2	活性化の喪失：活性化していたスキーマが活性化を失ったために、行動を支配する力を失う
(1)	意図を忘れる（が、そのままその行動系列を続ける）[意図の忘却]
(2)	行動系列の構成要素の順序を間違える [順序の間違い]
(3)	行動系列のあるステップを省略する [ステップの省略]
(4)	行動系列のあるステップを繰り返す [ステップの繰り返し]
III	活性スキーマの誤ったトリガリングから生ずるスリップ
1	誤ったトリガリング：正しく活性化されたスキーマが不適切な時点で起動される
(1)	スプーナリズム：事象の構成要素を置き違える
(2)	混合：2つの競合するスキーマの構成要素を組み合わせてしまう
(3)	考えが行動に現れる：考えだけで行動を意味しないスキーマのトリガリング [のために行動が実行されてしまう]
(4)	時期尚早なトリガリング
2	起動の失敗：活性スキーマが以下の理由のために発動されない
(1)	競合するスキーマが実行を妨げる
(2)	物忘れの結果、または最初の活性化のレベルが低すぎるため、活性化が不十分である
(3)	トリガー条件の特定化が不完全であるか、選択されたトリガー条件と必要とされたトリガー条件が十分に合致していないため、トリガー条件のマッチングに失敗する

出所：[21], p.6, table 1. 記号は引用者による。また、[] は引用者が補ったものである。

スリップのうち主なものを紹介しよう¹⁵⁾。

①モードエラー (mode errors)：現在の状況の分類を誤ることによる。すなわち、状況 (様式 (mode)) の変化があったにもかかわらず、ある状況の下で適切なスキーマが選択され、現在の状況にふさわしいスキーマが選択されないことによって起こるエラーである。

事例 その日は大学からずっと走って家に着いた。今までで一番良い記録が出たと思った。ただ、もう薄暗くなりかかっていたので、ストップウォッチの時間を読むこ

とはできなかった。体を冷やすために家の前の通りを行ったり来たりしているうちに、どうしても結果が知りたくなった。腕時計には組み込み式のライトがあって、右上のボタンを押すと時間が出ることを思い出した。わくわくして、ライトで文字を読もうとしてボタンを押したが、0秒という表示が出るだけだった。時刻表示モードのときにはそのボタンはライトをつけるが、ストップウォッチモードのときには時間をクリアして0にリセットしてしまうことを忘れていたのだ。

15) 以下、スリップの事例は、[21] と [24] による。なお、簡潔かつ分かりやすくするために事例7を除くすべての事例の文章は修正されている。

②記述エラー (description errors)：意図の記述は一般におおまかに行われる。しかし、それが意図の形成にとって必要な程度を越えてあいまいであると、正しい行動を間違った対象に対して行ってしまう。このスリップは特に、正しい対象と間違った対象が似ていたり、物理的に近くにあるときに起こる。

事例 ある学生が報告してくれたことである。ある日、ジョギングから戻ったかれは汗がさくなくなったシャツを丸めて洗濯物入れに投げ込もうとした。しかし、かれはシャツを隣の部屋にあるトイレの便器に投げ入れてしまった。(トイレのふたはたまたま開いていた。)

③囚われエラー (capture errors)：あまり習熟していない(あまりしない)行動をしようとするとき、その行動とよく習熟している行動のスキーマの一部が共通する部分を持っているため、あるいはある行動を最近実行したばかりである場合にはスキーマの活性化が高まりやすくなっている(強い習慣)ため、よく習熟している行動のスキーマあるいは最近実行した行動のスキーマが意図していた行動を乗っ取ってしまう。

事例 コピー機でコピーをし終えて枚数を数えていたときのことである。気がつく、「1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、ジャック、クイーン、キング」と数えていた。最近、トランプをやったばかりだった。

④データ駆動による活性化 (data-driven activation) (データ駆動エラー (data-driven errors))：外的事象がスキーマの活性化を引き起こす。先に述べたように、多くの人間行動、特に熟練行動はほぼ自動的に行われる。自動的な行動とは外的事象(感覚データ)が届くとすぐに起動されることを意味する。そのため、ある行動をする意図はなかったにもかかわらず、その構成要素となりうる外的刺激が出現したために、その行動のスキーマが活性化、起動され、意図しなかった行動が実行されてしまう。

事例 お客さんのために部屋を割り当てていたときのことである。その部屋番号を学部秘書に伝えようと思ひ、

部屋の外の廊下にある電話から、部屋番号を見ながら電話をしようとしたところ、よく使っているので間違えるはずがない秘書の番号を回さないで、その部屋番号を回してしまった。

⑤連想活性化 (associative activation) (連想活性化エラー (associative activation errors))：活性化されたスキーマがたまたま別のスキーマと強い連想関係にある場合、別のスキーマが活性化、起動され、意図しなかった行動が実行されてしまう¹⁶⁾。

事例 オフィスの電話が鳴ったので、受話器をとり上げた。そして、受話器に向かって「どうぞお入り下さい」と怒鳴ってしまった。

⑥活性化の喪失 (loss of activation) (活性化喪失エラー (loss-of-activation errors))：一次記憶(短期記憶)が減衰するかこれに対する干渉があると、活性化したスキーマは活性化を失い、そのスキーマは行動を支配する力を失ってしまう。このスリップには、意図の忘却、順序の間違い、ステップの省略、ステップの繰り返しの4つがある。日常用語でいうと、物忘れである¹⁷⁾。

事例 わたしは食堂で仕事をしようと思っていた。しかし、その前に寝室に行く用事があったので、寝室に向かって歩き始めた。途中、なぜ寝室に行こうとしているのかその目的を忘れていることに気づいたが、寝室に着けば思い出さだろうと思ひ、そのまま歩き続けた。そして寝室に入った。しかし、寝室に行こうとした目的を思い出すことはできなかったので、仕方なく食堂に戻った。戻ったとたん、眼鏡が汚れていたので、寝室にハンカチを取りに行こうとしていたことを思い出した。ほっとして、また寝室に戻ってハンカチでレンズの汚れを落とした。

⑦スプーナリズム：活性スキーマの誤ったトリガリングから生ずるスリップのうち、誤ったトリガリングは正しいスキーマが選択、活性化されたにもかかわらず、不適切な時期に起動されたために起こる。このスリップには、

16) ノーマンは、フロイトが研究対象とした「錯誤行為」はこのスリップに当たると述べている。[24], p. 109, 訳書176ページ。

17) リーズンの用語では、このスリップはラプスと呼ばれる。[32], pp. 8, 12-13, 訳書9, 15ページ, [35], pp. 71-72, 訳書104-105ページを参照。

スプーナリズム (spoonerisms) (頭韻転換)、混合 (blends)、考えが行動に現れる (thoughts leading to actions)、時期尚早なトリガリング、の4つがある。これらのスリップのうち最もよく知られているのは、誤って単語の頭音部分を入れ替えて発音してしまうスプーナリズムである。

事例 “You have wasted the whole term” と言うべきところ、“You have tasted the whole worm” と言ってしまう (スプーナ (W. A. Spooner) 自身の例)。

以上のように、ノーマンのA T S理論は認知段階ごとにスリップの発生原因を説明するとともに、各段階で発生するスリップを明らかにした。かれの業績の最も卓越した点は、スキーマという概念に基づいて、さまざまなスリップをA T S理論という統一的理論の下に説明したところにある。かれの理論はエラー研究に対して大きな影響を与えることになる¹⁸⁾。

Ⅲ 個人の失敗から組織の失敗へ

1 個人のエラーと事故

産業・業種によって比率は異なるが、ニアミスや事故の多くは、現場の人間が犯すヒューマンエラーを原因として起こる。現場の人間とは、パイロット、航空管制官、船の乗務員、機関士、制御室オペレータ、保守作業員、外科医、麻酔科医、看護師、警官、金融トレーダー、保険ブローカーなど、多様な産業・業種の第一線で働く人びとを指す。これらの人びとが属する産業・業種で発生した事故に関する調査報告書、研究、データがいくつかある。まず、航空機産業では、ボーイング社と国土交通省のデータがある。ボーイング社のデータは、1959年から1995年までの37年間に全世界で発生した427件の死亡

者を伴う航空機事故の主因を調査した、この種の事故に関する代表的な (おそらく唯一の) データである。このデータによると、最大の事故原因は運行乗務員 (cockpit crew) (234件、64.8%) であり、これに航空機 (35件、9.7%)、空港/管制 (23件、6.4%)、気象 (14件、3.9%)、整備 (11件、3.0%) が続いている¹⁹⁾。一方、国土交通省のデータは、1974年から2000年までの26年間に、大型飛行機 (計116件)、小型飛行機 (計422件)、回転翼航空機 (計374件)、滑空機 (計140件) の4種類の航空機が発生させた事故を、操縦者、整備、機材、その他、調査中の5つの原因に分類したものである²⁰⁾。このデータでは、その他と調査中の2つの原因を除外すると、4種類の航空機において事故の最大原因はいずれも操縦者 (大型飛行機 (24.8%)、小型飛行機 (75.2%)、回転翼航空機 (72.6%)、滑空機 (84.7%)) にある²¹⁾。

このように、2つのデータは航空機事故の最大原因がパイロットにあることを示している。この事情は化学産業でも変わりが無い。化学産業については、高圧ガス保安協会が1976年から1985年までの期間、水島、千葉、堺泉北、四日市、鹿島、徳山・新南陽、岩国・大竹および新居浜・大分の計11カ所のコンビナートを対象として実施した事故調査がある²²⁾。これらの事故調査は、当該化学プラントで発生した事故原因を詳細かつ継続的に調査している点で貴重である。これらの調査は、例外はあるものの、ほとんどのコンビナートで、事故原因を設備関係 (ハード面) と運転管理関係 (ソフト面) の2つに分類する (重複分類あり) と、第1原因では設備関係の比率が、第2原因では運転管理関係の比率が高く出るものの、第1原因と第2原因を合計すると、設備関係と運転管理関係の比率は2:3になることを示している。ヒューマンファクター研究者は、多くの産業で、少なくとも60%以上の事故が人間、特に現場の人間のエラーに起

18) たとえば、数年後にはリーゼンがキーコンセプトとしてスキーマを採用し、ノーマンとは異なった特徴を持つスリップ理論を構築することになる。なお、かれはさらに数年後には、自らの理論の中にラスムッセンのヒューマンパフォーマンス・モデルを組み込み、「包括的エラーモデル化システム (generic error-modelling system, GEMS) という名称の包括的なエラー理論の構築を試みることになる。[32] を参照。

19) [17], 10ページ。また、[46], 16ページ, 図1も参照。なお、パーセントは事故原因が判明した事故が全体に占める割合を示している。

20) [6], 255ページ, 「我が国における原因別航空事故発生状況」。

21) 詳細は次のとおりである。すなわち、大型飛行機 (操縦者 (24.8%)、整備 (2.6%)、機材 (2.6%))、小型飛行機 (操縦者 (75.2%)、整備 (2.6%)、機材 (11.4%))、回転翼航空機 (操縦者 (72.6%)、整備 (2.9%)、機材 (13.7%))、滑空機 (操縦者 (84.7%)、整備 (2.1%)、機材 (2.1%))、である。

22) [7], [8], [9], [10], [11], [12] および [13]。

因することを明らかにしている²³⁾

2 個人の失敗から組織の失敗へ

(1) 原子力発電運転協会の調査（1983年、1984年）およびラスムッセンの分析

前節で述べたように、多くの事故は現場の人間のヒューマンエラーによって起こる。しかし、1979年3月の米国スリーマイル島原子力発電所事故（TMI事故）以降、原子力発電所、航空機、大型船舶、化学プラントなど、十分な安全装置を備えきわめて安全性が高いと考えられている先進的なシステム、いわゆる「巨大システム」において事故が発生し続けている。代表的な巨大システムの一つである原子力発電所については、米国の原子力発電運転協会（INPO）が原子力発電所におけるヒューマンパフォーマンス問題に関して行った2つの調査と、ラスムッセンによる『Nuclear Power Experience』誌に掲載された、原子力発電所で発生した200件の重大事象に関する報告書の分析がある。それらの調査と分析は以下の重要な事実を明らかにしている²⁴⁾。すなわち、まずラスムッセンの分析では、1)200件の重大事象のうちの85件（42.5%）にオMISSIONエラー（omissions）（ラプス）が見い出されること、2)85件のオMISSIONエラーは、保守（修理と改造）35件（41%）、試験と校正（calibration）28件（33%）、すなわち保守関連作業で最も多いこと、が明らかになった。次に、INPOの1983年の調査では、1)87件の重大事象から182件の根本原因が得られ、そのうちの80件（44%）がヒューマンパフォーマンスに起因していること、2)そのうちの48件（60%）にオMISSIONエラーが見い出されること、3)オMISSIONエラーのうち64.5%は保守関連作業で起こっていること、が明らかになった。1984年の調査は、1)1983、84年の両年に発行された180件の重大事象に関する報告書から387件の根本原因を特定し、そのうちの52%がヒューマンパフォーマンスに起因していること、さらに、他の調査項目に含まれるものを含めると根本原因の92%がヒューマンパフォーマンスに起因すること、2)現場の人

間が犯したエラーが根本原因となった重大事象の比率は比較的小さく、むしろ重大事象の根本原因のほとんどは、保守関連作業におけるオMISSIONエラーか、組織・管理領域における誤った意思決定のいずれかにあること、を明らかにした（第2表）。

以上の調査・分析は、1)重大事象の根本原因はヒューマンパフォーマンス問題によること、2)ヒューマンパフォーマンス問題の多くはオMISSIONエラーによること、3)オMISSIONエラーの大半は保守関連作業で起こっていること²⁵⁾、4)重大事象の根本原因は現場の人間のエラーではなく、保守関連作業におけるオMISSIONエラーか、組織・管理領域における誤った意思決定のいずれかにあること、の4点に要約できる。以上の調査結果のうち、第4の調査結果は、特に原子力発電所のような多くの要素から構成される複雑で往々物理的にも巨大なシステムでは、事故は現場の人間のエラーによってではなく、システムあるいは組織自体を原因として起こることを示している。つまり、この種のシステムでは、現場の人間のエラーは事故のきっかけとなったり事故を拡大させるはたらきをするが、事故の究極的原因ではなく、事故はシステムあるいは組織に内在する要因によって起こるのである。そこから、事故の視点を個人の失敗から組織の失敗へと変える必要が出てくる。

第2表 ヒューマンパフォーマンス問題の内訳

ヒューマンパフォーマンス問題	
手順書と書類の欠陥	43%
知識不足と訓練不足	18%
手順書の指示に従わなかった	16%
計画とスケジュール作成の不備	10%
コミュニケーションの失敗	6%
監督不行き届き	3%
政策上の問題	2%
その他	2%

出所：[32], p. 188, table 7.4, 訳書157ページ。

23) [43], 53ページ注5を参照。

24) 以下は [32], pp. 184-188, 訳書153-157ページ、および [35], ch. 5, による。

25) 保守関連作業は分解と組立という側面からみることもできる。この側面からみると、分解よりも組立においてはるかに多くのエラーが発生している。[35], pp. 93-94, 訳書134-135ページ。

(2) 個人の失敗から組織の失敗へ

①ベインブリッジ「自動化の皮肉」—

以上のように、特に巨大システムでは事故は現場の人間のエラーによってではなくシステム・組織に内在する要因によって発生するようになってきている。この変化が起こった要因の一つを、ベインブリッジは「自動化の皮肉 (ironies of automation)」という言葉を用いて説明している²⁶⁾。

航空機産業その他の産業では、システムの自動化が、安価なコンピュータの出現と普及を背景として、主として現場の人間のワークロードを低減することにより、事故原因の最大部分を占める現場の人間のエラーを減少させることを目的として進んでいる。たとえば、航空機産業では、1980年代以降、パイロットのワークロード低減を目的に、エアバス社を皮切りにボーイング社やマクドネル・ダグラス社が、グラス・コックピット (glass cockpit) や航行管理システム (flight management systems, FMS) を積載した、B777やA330などの第4世代 (第3.5世代) 機を開発し、コックピットの自動化を格段に進めた²⁷⁾。その結果、少なくとも水平飛行に関してはパイロットのワークロードは著しく低減した。にもかかわらず、垂直飛行に関しては、パイロットがモードの選択を間違えたり (ミステイク) や航行管理システムが自動的にモードを切り替えたにもかかわらずそれに気づかない (スリップ) という新しいエラーが発生するようになった。つまり、人間が犯すエラーを減らすために導入されたコックピットの自動化が、システム設計者が意図しなかったエラーを新たに生み出しているのである。

ベインブリッジは自動化にともなう諸問題を自動化の皮肉と名づけ、以下5点を指摘している。すなわち、1) 自動化はオペレータ (人間) の仕事の容易な部分を取り去り、難しい部分をさらに難しくしている。2) システム設計者はオペレータを信頼できず、非能率的であるとみている。そのため、できうるかぎりシステムからオペレータを排除しようとする。しかし、ここには2つの皮肉がある。第1に設計者によるエラーが操作に関わる主な

問題の源であること、第2に設計者は自動化できない仕事をオペレータに押し付けていること、である。3) システムに異常が発生した場合、その操作は経験豊富なオペレータが代わって行うか手動操作に切り替えるかのどちらかである。スキルは維持する機会がなければ低下する。しかし自動化システムが故障することはめったにないから、経験豊富なオペレータのスキルは低下する。手動操作に切り替えなければならない場合、平均以上のスキルと平均以下のワークロードが必要である。しかし、経験豊富なオペレータのスキルは低下しているから、手動操作への切り替えはうまくいかない。4) オペレータの主要な仕事は自動化システムが正常に作動していることを監視することである。しかし、いかに高い動機づけを持った人でも30分以上の間、効果的な監視作業を続けることはできない。つまり、人間はまれにしか起こらない異常を見つけ出すという仕事には適していないのである。そこで、監視作業を補助するために音声信号付きの自動警報システムが設置されるようになった。しかし、これは、だれが警報システムが故障していることに気づくのかという問題を生み出している。5) オペレータが手動で自動化システムに介入する必要性がほとんどなくなった反面、かれらの訓練に膨大な費用がかかるようになった、と²⁸⁾。

②ペローの「正常な事故」論—システムの複雑性と結合—

ペローはユニークな視点と深い洞察力に基づいて、現代の先端技術がもたらした事故の性質の変化を豊富な事例を挙げて分析している。かれはシステムを複雑性 (complexity) と結合 (coupling) の程度という2つの次元によって特徴づける。

複雑性 複雑なシステム (complex systems) とは要素・機能間の相互作用 (interaction, interativeness) が複雑である (つまり、非線形的性質が強い) システムを、直線的なシステム (linear systems) とは要素・機能間の相互作用が単純である (つまり、線形的性質が強い) システムをそれぞれ意味するが、具体的には以下の諸特徴を指す²⁹⁾。すなわち、1) 設備間の間隔に余裕がない (広い範囲に配置されている)、2) 生産工程で関連してい

26) [1], pp. 271-278.

27) [18], 10-11ページ, [37], 36-37ページを参照。

28) なお、ベインブリッジに先立って、故橋本邦衛氏が航空機事故だけでなく、化学プラント事故と原子力発電所事故 (スリーマイル島原発事故) の分析を通して、彼女と似た主張を展開していることを指摘しておきたい。[3], 124-129, 145-147, 185-187ページなどを参照。

29) [30], pp. 72ff., 88, table 3.1. なお、以下、括弧内は直線的なシステムの特徴である。

ない要素同士が近くに配置されている（明確に分けられて配置されている）、3)要素間に共通モード結合（common-mode connections）が多くある（備品や環境にエネルギーを供給するために少数ある）、4)故障した要素を隔離できる可能性は限られている（たやすく隔離できる）、5)高度な特殊化のために、代替したり再配置する職員がいない（特殊化の程度が低いので、職員の代替・再配置は容易）、6)備品や原材料の代替がきかない（広い範囲で代替できる）、7)知らないか意図しないフィードバック・ループがある（少数しかない）、8)相互作用の可能性のある制御パラメータが多くある（少数の、直接的で、独立の制御パラメータ）、9)システム状態に関する情報は間接的にしか得られない（直接的にオンラインで得られる）、10)変換工程を含むいくつかの工程に関する知識が限られている（生産や組立を含むすべての工程に関する広い知識がある）、である。

つまり、複雑なシステムでは、機能の異なる諸要素が接近して配置されていることや、多くの共通モード結合があることなどから、複雑な相互作用が生まれる。職員だけでなく備品や原材料も高度に特殊化されているので代替できない。設計者が意図していない多くのフィードバック・ループがある。システム内部の状態に関する情報は多機能の表示計などを通して間接的にしか得ることができない。このような諸特徴から、複雑なシステムでは、ある要素が失敗すると、その失敗がその要素と相互依存関係にある他の要素の失敗を引き起こすことになり、制御できない事態に発展する可能性が大きい。たとえば、沸騰水型の原子炉では、水はいくつかの重要な機能を担っている。まず第1に炉心を冷却し加熱をさけるための冷却水として用いられる。第2に蒸気の形で発電を行う。第3に減速剤、すなわち中性子のエネルギーを落とすことにより核分裂反応を促進する手段として用いられる。つまり、水は熱の制御と反応の制御という原子炉のいくつかの基本的な機能を担っているのである。そこで、かりに原子炉内部で水量が変化するならば、多くの部分や機能において予期していなかった複雑な相互作用が発生

し、共通モード故障（common-mode failures）³⁰⁾発生危険が生ずる。かりに水がまったく失われるというより深刻な事態が発生するならば、共通モード故障発生の確率はきわめて高いものとなるだろう。しかも相互作用の複雑性のために、現場作業員はシステム全体の状況を把握することが困難であるから、システムを正常な状態に戻す仕事は困難なものになる。

一方、直線的なシステムでは、諸要素が機能ごとに適切な間隔で配置され、各要素が多く機能を持たされていないところから単純な（線形の）相互作用が生まれる。諸要素は多くの機能を持っていないので、故障すれば隔離したり代替できる。職員も専門化の程度が低いので、職員の代替や再配置は容易である。システム内部の状態に関する情報は目を通して得られるし、目に見えないフィードバック・ループもほとんどない。このような諸特徴から、直線的なシステムでは、ある要素が失敗したとしても、その失敗が他の要素に与える影響力は小さいので、制御できない事態に発展する可能性も小さいといえる。

結合 結合は「2つの物の間に遊びや緩衝作用や弾力性がない」状態を意味する機械用語である³¹⁾。要素・機能間の結合が強い（tight）システム（結合が弱い（loose）システム）の諸特徴は以下のとおりである³²⁾。すなわち、1)処理の遅れは許容されない（許容される）、2)生産工程は相対的に不変である（工程の順序を変更できる）3)目標を達成するための手段が限られている（代替的な手段が可能）、4)他の備品、装置、職員に代える余裕がほとんどない（余裕がある）、5)システムに緩衝作用や冗長性（redundancies）を組み込むように設計されている（偶然の手段が利用可能）、6)失敗から回復するのに必要な代替的な備品、設備、職員を組み込むように設計されているが、その数は限られている（偶然の代替物や人が利用可能）。

つまり、要素間の結合が強いシステムは緩衝作用や冗長性を組み込んで設計されている一方、処理速度、備品、装置、職員、目標を達成するための手段、生産方法など

30) 共通モード故障については、[30], pp. 72-73を参照。

31) [30], pp. 89-90.

32) [30], pp. 89ff., 96, table 3.2. なお、括弧内は結合が弱いシステムの特徴である。

多くの要素がきっちりと遊びのない形で作られている。そのため、たとえば、設定圧力や温度から少しでもはずれたり操作が遅れるという1つの失敗が事故に直結することになる。

一方、要素間の結合が弱いシステムでは、処理の遅れは許容され、生産工程の順序も変更可能である。目標達成のための手段、備品、装置、職員には代替物や人があるし、安全装置や失敗から回復するために必要となる備品、設備、職員も他の代替物や人で間に合わせる事が可能である。つまり、すべての点で要素間の結合が強いシステムと比べると柔軟で遊びがある形に作られている。

さて、これら4つのシステム特性を組み合わせると、諸システムの危険度を示すことができる。ペローは「相互作用・結合図 (Interraction/Coupling Chart, I/C Chart)」という名称の図を作成して、諸システムの危険度を示している³³⁾。それは次のとおりである。すなわち、1)直線的で強い結合を持つシステム (送電網、航空会社、海上輸送、鉄道、ダム、いくつかの継続的な加工工場 (薬品やパン製造))、2)複雑で強い結合を持つシステム (原子力発電所、核兵器事故、軍事上の早期警戒システム、宇宙飛行、化学プラント、DNA、航空機)、3)直線的で弱い結合を持つシステム (短期大学、大半の製造業、単一目的の政府機関 (デパートメント・オブ・モータービークル、郵政公社)、商業学校、ラインの組立作業)、4)複雑で弱い結合を持つシステム (研究開発企業、多目的政府機関 (保健・衛生省、エネルギー省、行政管理・予算局)、軍事的冒険、大学、鉱山)、である。

これらの諸システムのうち最も危険度が高いのは、2)の複雑で強い結合を持つシステムである。このシステムでは、1つの失敗がある—たとえば、オペレータが何らかのエラーを犯すと、諸要素は複雑な相互作用を持っているために、また諸要素間に遊びがないために、その失敗は設計者やオペレータが予想していない (予期できない) 複合的な失敗や事故を引き起こすことになる。つまり、このような複合的な失敗や事故は、複雑な相互作用と強い結合というシステムの性質に起因するのである。

事故は異常な事象である。しかし、複雑で強い結合を持つシステムでは、事故はシステム自体の性質から起こることになる。そこで、ペローはまれではあるが、いったん起こるとその規模は巨大で往々破滅的な被害を与えることになる、複雑で強い結合を持つシステムにおける事故を、反語的表現を用いて「正常な事故 (normal accident)」、あるいは「システム事故 (system accident)」と名づけるのである³⁴⁾。

ペローの正常な事故論は諸システムの数値的評価の根拠があいまいであるという欠陥をもつものの、論点は正確である。実際、かれと似た議論がラスムッセンとリーズンという2人の代表的な認知科学者によって行われている。まず、ラスムッセンは「多層防護の誤謬 (the fallacy of defences-in-depth)」という言葉を用いて、多くの巨大システムで事故—発生の確率はきわめて小さいが、発生するとその影響・被害は破滅的なものとなりうる—を防ぐ目的で設置されている多層防護の致命的欠陥を指摘した。すなわち、自動車のような防護がほとんどないシステムでエラーが犯されると、そのエラーは容易に気づかれるし学習される。これに対して、多層防護では、エラーが犯されたとしても、複雑で不透明 (opaque) であるというシステム特性からその影響は気づかれず、システム内部に潜在してしまう。そして、潜在的要因はあるとき、局所的要因やエラーと結びついて防護を壊し事故の発生要因を作り出すのである。ラスムッセンは次のようにいう。すなわち、「システムの作業中に安全規則違反があったとしても、システム側の機能における反応がすぐに起こるということはなく、したがって間違っただけの行為の潜在的な効果はシステム内にとどまることになる。このようなエラーが長期間システム内に存在すると、事故発生の必要条件である多重故障の同時発生の確率が劇的に増加する。主要な事故の分析が示しているのは、システムの基本的な安全性が潜在的エラーによって浸食されている、ということである。安全に対してより意味がある貢献をしようとするならば、潜在的エラーの基本的な発生頻度を減少させる方法を考え出すよりも、その存

33) [30], p. 97, fig. 3.1 and p. 327, fig. 9.1, [29], p. 149, fig. 1. これまで諸システムの危険度を包括的に把握しようとする試みを行った者はいない。この点でペローが相互作用・結合図を作成したことは大きな価値がある。しかし、かれは数値化の根拠を示していないので、この図が諸システムの危険度を正確に示していると判断することはできない。とはいえ、この図が諸システムの危険度を大雑把に示すものと解釈すれば、それなりの有用性はある。

34) [30], pp. 5, 62.

続期間を減少させる努力を考え出すほうがより意味があるだろう³⁵⁾と。

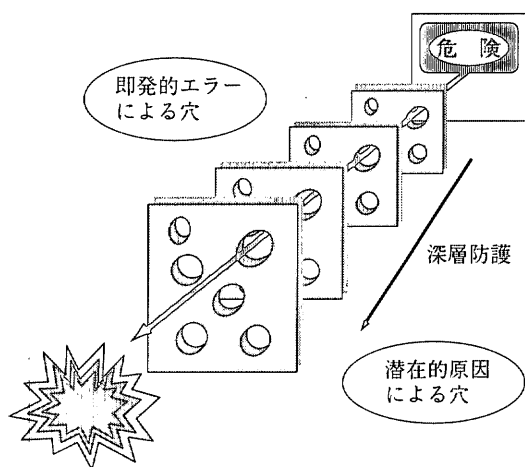
一方、リーズンの「組織事故 (organizational accidents)」の理論では、「『スイスチーズ』・モデル ('Swiss Cheese' Model)」という図を用いて、組織の中に潜んだ原因が事故を起こす様子を明快に説明している (第1図)。リーズンによると、人間は「即発的エラー (active failures)」と「潜在的原因 (latent conditions)」という2つの仕方で事故に関わる。即発的エラーは現場の人間が犯すヒューマンエラーと違反 (violations) を意味するのに対して、潜在的原因は経営管理者によってなされた誤った意思決定を意味し、「両立しがたい複数の目標、構造上の (組織の) 欠陥、不十分なコミュニケーション、貧弱な計画と予定の作成、不十分なコントロールとモニタリング、設計失敗と訓練不足、不十分なメンテナンス管理³⁶⁾、あるいは「貧弱な設計、監督の不備、検出されなかった製作不良あるいは保守不良、ずさんな手順書、不適切な自動化、訓練不足、使いにくい道具など³⁷⁾多様な形をとって現れる。かれは即発的エラーが原因となって起こる事故を「個人事故 (individual accidents)」と呼ぶ。この種の事故原因の究明は比較的容易である。しかし、かれが組織事故と名づける事故については事情

が異なる。すなわち、かりに組織・管理部門でなされた意思決定の誤りが気づかず除去されないと、それは体内の病原体 (resident pathogens) と同様、潜在的原因として組織にとどまってしまう。この結果、潜在的原因はエラーと違反を誘発する条件 (組織風土) を作り出す一方、防護に穴 (潜在的危険 (hazards)) を開けてしまう。しかし、防護の穴は固定的ではなく、できたり消えたり、伸びたり縮んだりするというダイナミックな性質を持っている。したがって、偶然に重なり合わないかぎり、組織事故は起こらない。組織事故は不幸にも、即発的エラーと作業現場要因、技術的失敗、異常なシステム状態などの局所的な要因 (local factors) が結合して、潜在的原因を顕在化させ、防護の穴を破ったときに起こるのである。このように、リーズンはラスムッセンと同じく、多層防護がむしろ事故原因を作り出していると主張する。

IV おわりに

本稿では以下の諸点を検討した。すなわち、多くの産業事故がヒューマンエラーをきっかけにして起こっていることから、エラー発生メカニズムを説明する理論を求めて、ノーマンのスキーマ活性化・起動 (A T S) 理論を紹介した。ノーマンのA T S理論は認知段階ごとにスリップの発生原因を説明するだけでなく、各段階で発生するスリップを明らかにしており、きわめて価値が高い。しかし同時に、本稿の執筆を通じて筆者は、A T S理論は目標と意図の区別や活性化値とトリガー条件間のトレード・オフ関係に関する説明が完全ではなくあいまいさを残しているように感じた。また、ノーマンはすべてのエラーの発生メカニズムに言及していず、活性スキーマの誤ったトリガリングから生ずるスリップのうち、起動の失敗によって生ずるスリップに関する説明は表中にあるだけで本文に述べられていないことも大きな問題である。とはいえ、本論でも述べたように、ノーマンがスキーマという概念に基づいてさまざまなスリップをA T S理論の下に統一的に説明し、後のエラー理論に多大な影響を与えたことはかれの最大の業績であることには

第1図 組織事故の「スイスチーズ」・モデル



出所：[35], p. 12, fig. 1.5, 訳書15ページ。

35) [32], pp. 179-180, 訳書147ページによる。また、[35], pp. 54-55, 訳書79-80ページも参照。

36) [33], p. 9, 訳書11ページ。

37) [35], p. 10, 訳書13ページ。

変わらない。

次いで、ノーマンのATS理論を紹介することによってヒューマンエラー発生メカニズムに関する知識が得られたことから、まず航空機産業と化学産業のデータを用いてエラーと事故との関係を検討し、少なくとも事故の60%以上が人間、特にパイロットやオペレータのような現場の人間のエラーによって起こることを明らかにした。さらに、米国の原子力発電運転協会の2つの調査とラスムッセンの原子力発電所で発生した重大事象に関する報告書の分析を用いてヒューマンエラー発生の原因を詳細に検討した。その結果、特にいわゆる巨大システムにおいては、多くの事故は現場の人間のエラーによって起こるものの、それはきっかけにすぎないこと、事故の究極的原因はシステムあるいは組織自体にあるという重要な事実が明らかになった。個人の失敗やエラーから組織の失敗へという事故原因の変化は、システムの自動化と複雑化という2つの要因に基づく。自動化については、ベインブリッジの「自動化の皮肉」という所説を紹介した。彼女の所説は自動化が産業現場にもたらす多くのデメリットを明快な形で説明している。また、複雑化については、ペローの「正常な事故」論を紹介した。かれの理論は諸システムの危険度に関する数値的評価の根拠があいまいであるという欠点はあるものの、きわめて鋭い論点を提示している。

【参考文献】

- [1] L. Bainbridge, "Ironies of Automation", in J. Rasmussen, K. Duncan and J. Leplat, eds., *New Technology and Human Error*, John Wiley & Sons Ltd., 1987, pp. 271-283.
- [2] G. Cohen, *Memory in the Real World*, Lawrence Erlbaum Associates Ltd., 1989. (訳者代表川口潤・浮田潤・井上毅・清水寛之・山裕嗣訳『日常記憶の心理学』サイエンス社、1992年。)
- [3] 橋本邦衛『安全人間工学』中央労働災害防止協会、1984年。
- [4] 井上毅「ヒューマンエラーとアクションスリップ」、井上毅・佐藤浩一編著『日常認知の心理学』北大路書房、2002年、36-50ページ。
- [5] 川口潤「スリップと意識」、箱田祐司編『認知科学のフロンティアⅢ』サイエンス社、1993年、9-37ページ。
- [6] 国土交通省航空局監修『数字でみる航空』(2002年版)、航空振興財団、2002年。
- [7] 高圧ガス保安協会『水島コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1976年。
- [8] 高圧ガス保安協会『千葉コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1978年。
- [9] 高圧ガス保安協会『堺泉北コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1979年。
- [10] 高圧ガス保安協会『四日市コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1980年。
- [11] 高圧ガス保安協会『鹿島コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1981年。
- [12] 高圧ガス保安協会『徳山・新南陽及び岩国・大竹コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1982年。
- [13] 高圧ガス保安協会『新居浜及び大分コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1985年。
- [14] 近藤次郎『巨大システムの安全性 事故はなぜ起きるか』講談社ブルーバックス、1986年。
- [15] 仁平義明「からだと意図が乖離するとき—スリップの心理学的理論—」、佐伯胖・佐々木正人編『アクティブ・マインド—人間は動きの中で考える』東京大学出版会、1990年、55-86ページ。
- [16] 仁平義明・丸山欣哉「オートマチック車の運転エラーを分析する」、丸山欣哉編著『適正・事故・運転の心理学』企業開発センター、1995年、119-136ページ。
- [17] 日本エアシステム総合安全推進室『ヒューマン・ファクターズのすすめ～入門から実践まで～』日本エアシステム、1997年。
- [18] 村上聡・佐久間秀武「グラス・コックピットとヒューマン・ファクター」『日本航空宇宙学会誌』第40巻第464号、1992年9月、8-15ページ。
- [19] D.A. Norman, *Memory and Attention, An Introduction to Human Information Processing*, John Wiley & Sons, Inc., 2nd ed., 1976. (富田達彦訳『記憶の科学』紀伊國屋書店、1978年。)
- [20] P. H. Lindsay & D. A. Norman, *Human Information Processing: An Introduction to Psychology*, Academic Press, Inc., 2nd ed., 1977. (中溝幸夫・箱田裕司・近

- 藤倫明訳『情報処理心理学入門』全3巻、1983-1985年。)
- [21] D. A. Norman, "Categorization of Action Slips", *Psychological Review*, Vol. 88, No .1, 1981, pp. 1-15.
- [22] D. A. Norman, ed., *Perspectives on Cognitive Science*, Ablex Publishing Corporation and Lawrence Erlbaum Associates, 1981. (佐伯胖監訳『認知科学の展望』産業図書、1984年。)
- [23] D. A. Norman, *Learning and Memory*, W. H. Freeman and Company, 1982. (富田達彦訳『認知心理学入門』誠信書房、1984年。)
- [24] D. A. Norman, *The Psychology of Everyday Things*, Basic Books, 1988. (野島久雄訳『誰のためのデザイン? 認知科学者のデザイン原論』新曜社、1990年。)
- [25] D. A. Norman, "The 'Problem' with Automation: Inappropriate Feedback and Interation, not 'Over-automation'", in D. E. Broadbent, F. R. S., J. Reason and A. Baddeley, orgs. and eds., *Human Factors in Hazardous Situations*, Proceedings of a Royal Society Discussion Meeting held on 28 and 29 June 1989, Clarendon Press, 1990, pp. 585-593.
- [26] D. A. Norman, *Turn Signals are the Facial Expression of Automobiles*, Addison-Wesley Publishing Co., 1992. (佐伯胖監訳、岡本明・八木大彦・藤田克彦・嶋田敦夫訳『テクノロジー・ウォッチング ハイテク社会をフィールドワークする』新曜社、1993年。)
- [27] D・A・ノーマン「認知的な人工物」、安西祐一郎・石崎俊・大津由紀雄・波多野諠余夫・溝口文雄編『認知心理学ハンドブック』共立出版株式会社、1992年、52-64ページ。
- [28] D. A. Norman, *Things That Make us Smart, Defending Human Attributes in the Age of the Machine*, Addison-Wesley Publishing Co., 1993. (佐伯胖監訳、岡本明・八木大彦・藤田克彦・嶋田敦夫訳『人を賢くする道具 ソフト・テクノロジーの心理学』新曜社、1996年。)
- [29] C. Perrow, *Complex Organizations: A Critical Essay*, McGraw-Hill, Inc., 3rd ed., 1986. (佐藤慶幸監訳『現代組織論批判』早稲田大学出版部、1878年〔初版の邦訳〕。)
- [30] C. Perrow, *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*, (Basic Books, 1984) Princeton University Press, 1999.
- [31] J. Rasmussen, "What Can Be Learned From Human Error Reports?", in K. D. Duncan, M. M. Gruneberg and D. Wallis, eds., *Changes in Working Life*, John Wiley & Sons Ltd., 1980, pp. 97-113.
- [32] J. Reason, *Human Error*, Cambridge University Press, 1990. (林喜男監訳、林喜男・森博彦・藤田祐志・高浦勝寿・小美濃幸司・林喜男訳『ヒューマンエラー—認知科学的アプローチ—』〔部分訳〕海文堂、1994年。)
- [33] J. Reason, "The Human Factor in Medical Accidents", in C. Vincent, M. Ennis and R. J. Audley, eds., *Medical Accidents*, Oxford University Press, 1993, pp. 1-33. (安全学研究会訳『医療事故』ナカニシヤ出版、1998年。)
- [34] J. Reason, "A Systems Approach to Organizational Error", *Ergonomics*, Vol. 38, No. 8, Aug. 1995, pp. 1708-1721.
- [35] J. Reason, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashigate Publishing Limited, 1997. (塩見弘監訳、高野研一・左相邦英訳『組織事故 起こるべくして起こる事故からの脱出』日科技連、1999年。)
- [36] D. E. Rumelhart, *Introduction to Human Information Processing*, John Wiley & Sons, Inc., 1977. (御領謙訳『人間の情報処理—新しい認知心理学へのいざない—』サイエンス社、1979年。)
- [37] 佐久間秀武「今なぜ人間中心の自動化か—その概念と実現性について」『日本航空宇宙学会誌』第44巻第504号、1996年1月、36-43ページ。
- [38] 佐藤一男『原子力安全の論理』日刊工業新聞社、1984年。
- [39] 関岡保二「ヒューマン・エラーのマネジメント—安全志向の社会・経営システムを目指して—」『経営行動研究年報』(経営行動研究学会)、第9号、2000年5月、75-78ページ。
- [40] 関岡保二「組織とヒューマンエラー—J・リーズンの『組織事故』の理論をめぐって—」ASIM [工

- 業経営研究学会] Working paper Series No. E-01-02、2001年10月。
- [41] 関岡保二「医療組織におけるヒューマンエラー」『中央学院大学商経論叢』第16巻、2002年3月、25-38ページ。
- [42] 関岡保二「産業事故へのシステム論的アプローチ」『工業経営研究』(工業経営研究学会)、第16巻、2002年10月、159-163ページ。
- [43] 関岡保二「複雑なシステムにおけるヒューマンエラーの管理—東海村臨界事故を事例として—」『中央学院大学商経論叢』第17巻、2003年3月、51-70ページ。
- [44] 常田稔「組織事故とヒューマン・エラー—イラストラチャー意思決定問題のひとつの側面—」『工業経営研究』(工業経営研究学会)、第16巻、2002年10月、75-81ページ。
- [45] E. L. Wiener and R. E. Curry, "Flight-deck Automation: Promises and Problems", *Ergonomics*, Vol. 23, No. 10, 1980, pp. 995-1011.
- [46] 全日本空輸輸送株式会社総合安全推進委員会事務局『ヒューマン・ファクターズへの実践的アプローチ』全日本空輸輸送株式会社、1993年。