建造工程の作業安全情報マネジメントシステムの構築

正員 青山和浩* 古賀毅*
正員 武市祥司* 正員 野本敏治*

Safety Information Management System in the Assembly Stage of Shipbuilding

by Kazuhiro Aoyama, *Member* Tsuyoshi Koga
Shyoji Takechi, *Member* Toshiharu Nomoto, *Member*

Summary

In order to carry out manufacturing operations more safely, it is necessary to acquire the safety information at the manufacturing planning stage. With the development and spread of IT in recent years, the database of various industrial accident examples is built in a company and the environment which can easily browse and share industrial accident example data is developed using computer networks. However, it is very difficult to acquire the appropriate safety information considering the industrial accident cases relevant to the assembly operations.

This paper proposes a framework of information system for safety management, by assessing the risk of accident and the cost of safety. In this system, a database of industrial accident cases is introduced and integrated with the virtual assembly simulation. A planner of safety management can make the scenario of assembly operations using the virtual assembly simulation, and get hazards from simulations. Then, the system checks each case of accident using the database and show alternative measures for accidents with the value of risks and costs. He/She can interactively select appropriate measures and the system can show a statement of work to make the assembly operations safer.

1. 結 言

人間が安全を求める気持ちはいつの時代も変わらぬものであり、保障されるべきものである。A. H. Maslowは、欲求5段階説¹⁾において、人間の欲求を生理的欲求／安全の欲求／親和の欲求／自我の欲求／自己実現の欲求の5層からなる欲求のピラミッド構造を示し、一段目の欲求が満たされると一段上の階層の欲求を志すモデルを示している。このモデルから、食欲、性欲、睡眠欲などの生理的欲求は人間が生きていく上での根本的な欲求であり、安全の欲求はその次に志される基本的かつ重要な欲求であることが理解できる。

一方において、日本の製造業における“安全の確保”に関しては、労働災害死者数はここ数年 2000 人前後で推移している現状がある。特に、最近の製造現場では、産業構造の変革が起因して未熟練労働者や外国人労働者などの就労率が高くなり、従来では普通に回避できた労働災害が少なくないといった問題が存在する。また、ISO-12100（機械類の安全性－基本概念，設計のための一般原則）の発効に伴い、グローバルな安全に対する意識やリスクアセスメントの重要性は益々高まり、“安全教育”や“安全訓練”などによる日本の労働安全衛生に対する考え方の見直しが迫られている動向は無視できない²⁾。この様な時代の流れにおいて、製造環境での“安全の確保”は製造業の責務であることが再認識される。

ところで現在、日本の造船業では、日々激化する国際競争で勝ち残るために、生産コストの削減や建造工期の

*東京大学大学院工学系研究科

短縮,さらにはプロダクトミックスへの対応などが検討されている。その現実的な方策として,情報技術(IT: Information Technology)の設計・生産技術への積極的な活用が試みられていることは説明するまでも無い。このように情報技術を駆使した設計・生産技術の革新は様々な推進されているが,広義の生産システムを構成する重要な構成要素である作業者の安全に関して十分な配慮がされているか否かの評価は重要であり,製造現場における適切な安全管理および安全指導を可能とする情報技術の適用が期待される背景が存在する。

本論文では,ISO-12100が規定するリスクアセスメントに対するシステム・アプローチを実現することを目指し,ITによる高度生産システムを基盤とした製造環境を前提に,就労者の多様化などを念頭にいた,製造環境における安全管理やリスクの評価,および対策の提示などを統合的に支援する安全設計支援システムに関して報告する。

2. 研究の背景と目的

2.1 製造活動におけるIT利用の現状

現在,積極的なITの活用が製造業では試みられ,PLM(Product Lifecycle Management)に代表される情報により統合化された次世代の設計・生産システムの構築が精力的に進められている。このシステムでは,製品のライフサイクルに携わるすべての部署でデータを共有することにより,企画から設計,生産,さらには営業,保守部門などまでも巻き込み,業務部門間の連携を強め,生産の効率化が追求されている。この流れにおいて,3D-CADの導入を基盤とするデジタル・モックアップと呼ばれる設計・製造活動の新しいパラダイムが提案され,効果的に活用されつつある。

デジタル・モックアップは,計算機内部の仮想環境における製品(Product)の三次元データベースを生成,利用することによって,試作レスで設計から製造までを高度かつ円滑に進める概念である。これには,設計におけるCAE(Computer Aided Engineering)利用や,製造におけるCAPE(Computer Aided Production Engineering)利用などがベースとなり,コンピュータ・シミュレーション技術を駆使した設計・製造環境が整備されつつある。

2.2 作業安全計画支援に対する期待

製造におけるシミュレーション技術に関しては,ロボット・シミュレータや生産ライン・シミュレータなどのシミュレーション・ソフトウェアの高性能化に伴い,製

造活動のシミュレーション技術は非常に高い実用レベルに達している。さらに,製造設備のシミュレーション・モデルだけでなく,作業者自体もデジタル表現され,仮想工場でDigital Humanが作業するシミュレーションの導入は非常に注目を集めている。この作業者のシミュレーション技術により,作業者の腕や腰,脚にかかる負荷を力学的に評価し,作業者の疲労度の推定や標準作業時間の算出などが試みられている³⁾。さらには,このシミュレーション技術を利用して,作業の安全衛生を事前に検討する試みも開始されている。

しかしながら,シミュレーションを実行するために必要なモデル生成の労力や過去の労働災害情報の有効活用など,解決すべき課題は少なくなく,今後の展開が期待されるところである。また,リスクアセスメントにおける残留リスクへの対策として,製造現場での作業者に対して適切な安全対策の指示を出す必要があり,従来の作業指示との連携を考慮することは重要となっている。そこで本研究では,計算機シミュレーションによる組立作業の検討において作業の安全性を評価し,適切な対策を講じ,安全対策の指示情報を提供できるシステムの枠組みに着目し研究を進める。

2.3 研究の目的

製造活動での高い安全性を確保するためには,事前の製造計画段階における安全衛生情報の獲得が必要不可欠であると指摘される。しかしながら計画段階において,様々な工程や作業を想定し,過去の事故事例などを考慮し,安全に関する情報を獲得するのは多大な労力が要求されるといった問題も無視できない。

ところで著者らは,大規模鋼構造物である船舶を対象に,製品モデル(Product Model)を中核としたCIM(Computer Integrated Manufacturing system)を研究開発している。構築しているシステムはSODAS(System Of Design and Assembly for Shipbuilding)⁴⁾と呼び,船体構造の組立作業のシミュレーション機能を有している。そこで本研究では,この組立シミュレーション機能を利用し,計画段階における作業安全のリスクアセスメントを支援することができるプロトタイプ・システムを構築することを目指す。具体的に,以下の二つの研究目的を挙げる。

- 1) 大型構造物の組立作業の特徴を考慮し,災害発生のプロセスを整理する。次に,作業に伴う危険源の指摘,効果的な対策の提案などを可能とする,安全管理情報の記述方法の検討とナレッジサーバを構築することを目的とする。

- 2) 組立シミュレーション機能を利用し、作業者の安全確保のための安全対策指示情報の生成支援を可能とするシステムを構築することを目的とする。

3. 造船の組立作業とリスクアセスメント

3.1 リスクアセスメント

危険または有害要因を特定するリスクアセスメントは、危険な状況下で起こりうる障害または健康障害の可能性と、その程度・頻度の組み合わせであるという立場から、人、財産、社会、環境にリスクを与える潜在的なハザードを確認し、ハザードの発生確率を推定してリスクを推定し評価する分析作業である。ISO-12100 で規定されるリスクアセスメントの手順の概要は Fig.1 の様に示される。この図から、リスクアセスメントにおいては、『ハザードの特定 → リスクの見積り → 安全対策』の一連の流れが存在することが理解できる。

ここで、ハザードの特定においては、ISO-12100 や ISO-14121 の付属書 A に定められたもの、さらには過去の災害事例などが活用される。本研究では、過去の労働災害事例を基にハザードを整理し、労働安全データベースの枠組みを検討する。

3.2 大規模構造物に起因する作業環境

受注生産型の製造業と類別される造船の生産では、製造対象の製品が常に変化し、生産現場を流れる製品に応じて作業環境が動的に変化することが特徴である。また、大組ブロックや中組ブロックなど、大型の構造物を組上げる対象は大型であるため、その製造作業（建造作業）の作業空間は、製品自体の内部や上、および下などとなり、製品自体が作業環境を支配することが特徴である。これらの特徴は、定型的な安全計画の立案を実現化するのではなく、常に動的に変化する生産現場に対してフレキシブルに対応可能な労働安全の計画支援を実現化する必要性を示唆している。

Fig.1 Flow of the risk assessment

3.3 組立シミュレーションを利用したリスクアセスメント

既に述べたように、本研究では造船のような大型の構造物を対象とした製造活動における労働災害のリスクアセスメントに対して、計算機による組立シミュレーションを利用することを検討している。組立シミュレーションを高度に実現するためには、製造活動に関係する様々な情報が必要十分にモデル化されている必要がある。本研究が基盤とする組立シミュレーションでは、製品情報は製品モデル、生産資源の情報は工場モデル、さらには、作業自体に関する情報などが定義されている。これらの情報から、労働災害に関係する情報を抽出し、労働安全データベースを組合せて利用することで、組立シミュレーションを労働安全の計画に活用することを検討する。

本研究における IT を利用したリスクアセスメントの構成を Fig.2 に示す。過去の災害事例を基にリスクを定量化し、労働安全データベースを構築する。組立シミュレーションから獲得される作業情報を基に、作業のリスクを見積り、ハザードの指摘、対策の提案を可能とすることを目標とする。これらを実現するためには、以下の検討課題が重要となる。

- 1) 過去の労働災害事例情報などから得られる安全知識を如何に記述するか。
- 2) 作業に生じると考えられるハザードをどのような仕組みで検索するか。

4. 安全情報の構造化

4.1 失敗学における失敗知識データベース

様々な組織や人が、二度と労働災害が起らないようにと一生懸命に考え、具体的に行動している。その最も一般的な例が労働災害事例集、事故事例集などを作り、整備することである。近年の IT の普及に伴い、様々な労働災害事例のデータベースが企業内で構築され、労働

Fig.2 Proposed flow of the risk assessment using IT

災害事例データを比較的容易に計算機ネットワーク上で閲覧できるなどの環境が整備されつつある⁹⁾。

一方、畑村らが提唱する「失敗学」を基盤に失敗知識データベースの構築も試みられている⁷⁾。失敗知識データベースでは、人が頭の中に持っている失敗「知識の構造」(文脈、コンテキスト、脈絡)を明らかにし、それにしたがって個々の失敗事例を記述することが提案されている。記述の際には、失敗に関連する情報を「原因、行動、結果」の三つの視点で整理し、それらの情報の関連が失敗のシナリオ構成として定義されている。さらに、失敗知識に関する情報の階層構造を考慮した「失敗まんだら」も提案している。このように失敗学では、失敗知識の構造化である「まんだら」と「シナリオ」を利用することによって、失敗知識の構造的記述を実現化し、失敗知識の伝承を提案している。

4.2 労働災害事例データの記述手法の検討

前節で紹介した失敗知識のデータベースの構築においても議論されているが、知識を構造化し、記述するモデルとして様々な記述モデル(情報の構造)が数多く提案されている。例えば、複雑に絡みあった複合問題に対する個人あるいはグループの持つ因果連鎖の立場から見た認知構造を符号付有効グラフによって表現するモデルとして Cognitive Map が提案されている⁸⁾。また、key と value と定義される要素に対して、「key が与えられれば value が想起される」というゆるやかな関連を表す連想構造のモデルも提案されている⁹⁾。

本研究では、後述する労働災害の発生プロセスの特徴から、ある要素が他の要素にどのように影響を与えるかという因果関係を表現する記述モデルを導入することを検討する。さらに、正確な因果関係が不明確な場合でも入力することが許されるというメリットを活用し、弱連想の考え方も導入する。

4.3 労働災害の発生プロセスとハザード

造船業における災害の傾向を概観すると、墜落や転落による災害は全体の約4割を占め、高所という作業環境により生じる。また、挟まれや巻き込まれといったものは使用する生産資源や中間製品(船殻ブロック)によるところが大きい。このように、労働災害の発生には要因が必ず存在するが、「ハザードは何から生じるか」という視点で作業を分析し、作業のハザードを次に示す様に分類整理する。

I 生産資源に付随するハザード：生産資源は、作業に関わる機械・装置・用具などである。例えば、アーク

溶接機は感電のハザードを伴う。使用する機械、装置、用具などに対して、ISO に定められたハザード源などを参考にリスクを推定することができる。

II 作業環境に付随するハザード：どのような場所・環境で作業を行うのかなど、場所による特性、気候など生産資源の特性以外のものにより生じるハザードである。例えば、墜落・転落のハザードとしての高所の作業環境、酸欠などのハザードとしての閉鎖空間などが相当する。

III 製品(作業対象)の特性に付随するハザード：製品自体が爆発の可能性を持っている場合は、このハザードは容易に想像できる。また、大型構造物においては、不安定な状態で置かれている場合は、転倒・倒壊などのハザードとなる。

IV 作業に関わるその他の要因に付随するハザード：上記の分類 I から III までに当てはまらないハザードをその他の要因によるハザードと定義する。これらは未知の物が多く、モデリングされた作業情報から抽出することは困難である。

以上の整理より、本研究ではハザード要因として「I 生産資源、II 作業環境、III 製品特性」を主に考慮する。これら I～III のハザード要因からハザードが生じ、そのハザードと人が接触する現象として災害を位置付け、災害発生のプロセスを定義する (Fig.3)。

一般的には、ヒューマンファクタ(ヒューマンエラー)は災害発生のプロセスにおいて非常に重要であるが、災害におけるその特定は非常に難しいといった問題を有する。本研究では、適切な安全対策指示に関する情報を作業員に対して提供することにより、作業員のヒューマンファクタによる労働災害の発生を抑制するというアプローチを選択することにする。

4.4 労働災害発生プロセスの情報記述ユニット

本研究では、因果関係に着目した情報の構造化手法により、労働災害の過去事例などを分析し労働安全データベースを構築することを目的としている。そこで、作業

Fig.3 Process of the industrial accident

における情報を安全面から分類してみると、次の二つの情報に分類することができる。

- ①災害の直接的原因となる「ハザード」
- ②そのハザードに影響を与える他の「要素」

さらに要素とは、具体的に以下の二つの要素を定義することが出来る。

- ・ハザードを生み出す要素である「要因」
- ・ハザードを打ち消す要素である「対策」

過去の災害事例などをもとに、そのハザードの要因と対策を考慮して、情報の基本単位として Fig.4 のように表現する。本研究では、この情報の基本単位を労働安全ユニットと呼ぶ。このように表現することにより、作業に含まれるハザード要因（生産資源、作業環境、製品特性）を知ることにより、作業に伴うハザードの情報を得ることができる。また、このハザードの情報よりハザードの対策の情報を得ることが期待できる。

4.5 労働安全ユニットの結合

例えば、高所作業に対して足場を設置することで高所からの落下のリスクは減少するが、足場を組み立てるために新たなハザードが生じてしまう。この様にあるハザードに対して、そのハザードを打ち消す要素である「対策」は、新たなハザードを生み出す危険性を併せ持つ。

本研究では、過去の災害事例から得られた情報から労働安全ユニットを作成するが、対策は新たなハザードの

Fig.4 Representation of an accident unit

要因となることを考慮してユニット情報を結合し、安全情報のネットワークを生成する (Fig.5)。このようにユニットを結合することにより、あるハザードに対する対策が新たにどのようなリスクを生じるのかを知ることが可能とする。

5. システムの構築

本研究では、オブジェクト指向言語である Smalltalk (VisualWorks2.5) によってプロトタイプ・システムを構築している。本システムは、二つのサブシステムから構成されており、本章では、各サブシステムの概要および、その連携によるリスクアセスメントに関して述べる。

5.1 労働安全データベース・システム

過去の事故事例などより得られた情報を基に、基本単位である労働安全情報ユニットの情報を入力する。具体的にはハザードを中心として、その要因、ハザードの内容、その対策に関する情報を入力する。要因および対策は AND/OR 構造によりハザードと関係付けられる (Fig.6(A))。また、各内容にはテキストや図、写真な

Fig.5 Binding accident units

(A) Input accident unit

(B) Generating accident network

Fig.6 Industrial accident information database

Fig.7 Assembling simulation tool for shipbuilding

どのマルチメディア情報を添付することを可能としている。

本研究で提案するリスクアセスメントにおいては、ハザードに対する対策の効果を定量的に扱うために、ハザードに対する対策前のリスク、対策後のリスク（残存リスク）を定量化する。具体的には、リスクアセスメントマトリクスを用い^{10),11)}、ハザードに対してリスクを設定する。リスクアセスメントマトリクスは、許容できないリスクおよび許容できるリスクをAa-Ccで評価、定量化するものである。また、現実には労働災害に対する対策を検討する際にはそのコストは重要な判断材料となる。そこで対策に要するコストを対策に関連付けて入力する。本システムでは、厳密なコストではなく、0から5ポイントの値で設定することとした。

以上のように個々のハザードに関して情報が入力されると、本データベース・システムは要因と対策のキーワードを利用して自動的に Fig.6(B) に示すように個々のユニットの情報を結合し、ハザードのネットワークが生成される。ユニットを結合する際に同一の名称の要素（要因、ハザード、対策）が既に存在する場合は、要素の追加およびリンクの情報が付加される。

5.2 組立シミュレーションより得られる情報

計画者が組立シミュレーション・システムを対話的に実行することによって、使用する生産設備、生産対象の船殻ブロックに関する情報が作業情報として入力され表示される (Fig.7(A))。また、組立の各段階における作業名、作業内容などの詳細な情報が Fig.7(B) のように表示される。具体的には、例えば溶接作業の場合では、計画者は溶接方法、使用する溶接機器の情報を指定する。これらの情報は、システム内に定義された作業情報モデ

Fig.8 Recognition of working environment

ル内に管理される。

この作業情報モデルに記述される情報より、作業環境にどのようなハザードが存在するかをシステムが判断する。このためには、作業にどのような機械・装置・用具が用いられるのか、また作業環境はどのようなになっているのか、さらには製品の特性を知ることが重要となる。本組立シミュレータは製品情報として製品モデルを中核にしているので、中間製品の重量・重心、および溶接箇所、閉鎖空間など製品特性に関する情報を容易に抽出することが可能である。例えば、高所に対しては、作業箇所に対して、作業空間を生成し、高さ2m以上の場合を高所として抽出することや (Fig.8)、中間製品（船殻ブロック）の形状および重心位置より設置状態の安定性を評価することが容易である。さらには、作業空間の空間形状の情報を有効に利用して、作業空間の閉空間性などを判定することも可能である。この判断は、塗装や溶接作業などの換気対策に深く関連する重要な項目として活用される¹²⁾。

5.3 システムの連携によるリスクアセスメント

労働安全データベースと組立シミュレーションを統合的に利用することによって組立作業のリスクアセス

を許容リスク以下まで低減させる事を目標にアセスメントを進め、最終的に作業情報に、安全情報を出力する。仮に、許容リスクまで下らない場合は、工程を変更する必要があるという結果を得る。その際には、組立シミュレータを用いて、実現可能な組立手順を再定義することになる。

Step_6: 上記 Step_5 まででは、安全情報のネットワークを利用し、想定できるハザードを順方向で漏れなくチェックすることができる。しかしながら、この処理には確実に要因が想定できていることが条件となる。そこで、現在想定している作業に加え、他の

```

graph TD
    Root["配電のシミュレーションによる結果 risk:9"]
    Root --> Risk3["risk:3  
+自動電撃防止装置 cost:5"]
    Root --> Risk9_2["risk:9  
+雷撃抑制バルダー cost:2"]
    Risk3 --> Risk4["risk:4  
+自動電撃防止装置+雷撃抑制バルダー cost:7"]
    Risk9_2 --> Risk4
    Risk9_2 --> Loss1["先頭部の損失 risk:0"]
    Risk4 --> Loss1
    Loss1 --> Risk2_1["risk:2  
+子機品の整備 cost:3"]
    Loss1 --> Risk2_2["risk:2  
+子機品の整備 cost:2"]
  
```

(A) Tree of alternatives for measures

Table 1: Countermeasures and Costs

コスト (Cost)	対策 (Countermeasure)
10	自動電撃防止装置+溶接棒ホルダー+予備品の常備
7	自動電撃防止装置
5	溶接棒ホルダー+予備品の常備
2	溶接棒ホルダー

Table 2: Selected Countermeasures

コスト (Cost)	リスク (Risk)	対策 (Countermeasure)
10	2	自動電撃防止装置+溶接棒ホルダー+予備品の常備

Figure 1: Risk vs. Cost Graph

The graph plots Risk (リスク) on the Y-axis (scale 1 to 10) against Cost (コスト) on the X-axis (scale 1 to 10). A curve shows that as cost decreases, risk also decreases. Several data points are plotted, representing different countermeasures:

- Point 1: (10, 10) - 自動電撃防止装置+溶接棒ホルダー+予備品の常備
- Point 2: (7, 8) - 溶接棒ホルダー+予備品の常備
- Point 3: (5, 6) - 自動電撃防止装置
- Point 4: (2, 3) - 溶接棒ホルダー
- Point 5: (10, 2) - 自動電撃防止装置+溶接棒ホルダー+予備品の常備

(B) Sorted measures by risk and cost

Figure 1 is a screenshot of the 'Knowledge View' window from the 'Safety from Work' software. The window displays a complex interface with various sections and controls. At the top left, there's a 'Control' section with buttons for '出力' (Output), 'fittingState', and 'notFit'. Below this is a 'Specified Hazard' section with a list of hazards: '感電のショックによる感電' (Electric shock), '感電の危険' (Danger of electric shock), '容れ物熱による窒息' (Asphyxiation due to container heat), and '高所による危険' (Danger from height). To the right is an 'Action List' section with a list of actions: '感電防止用海軍電通断スカーフハンガー' (Navy electric communication interruption scarf hanger), '電線結露' (Wire condensation), '足場湿気' (Scaffold moisture), '換気扇' (Exhaust fan), '安全ネット' (Safety net), '安全帯' (Safety belt), and '充電部の隔離' (Isolation of charging part). Below the 'Specified Hazard' section is a 'Reduced Risk' section with a list of reduced risks: '感電のショックによる感電' (Electric shock), '感電の危険' (Danger of electric shock), '容れ物熱による窒息' (Asphyxiation due to container heat), and '高所による危険' (Danger from height). At the bottom is an 'Explanation of Accident' section with a text box containing the text: '自社工場の建物の改修工事において、高さ4.4mの所の補助脚のワークを溶接作業でアルミ製の梯子で行っていた際、感電・転落した。' (During renovation work on the company's building, while working at a height of 4.4m on the auxiliary leg of the work, an electric shock and fall occurred while using an aluminum ladder for welding work.) The diagram also includes a 'List of Action Combination' section with a text box containing the text: 'Risk before Action' and 'Examination of the falling by Electric Shock'.

Fig.10 Making tree of candidate actions and selection

要因が重なることによって新たなハザードが発生してしまうような要因を検索し、チェックリストを作成する機能を利用する。つまり、上記 Step_2-5 の処理が順方向であることに対して、逆方向の情報検索に相当する。工程設計者は、逆引きによって示された要因のリストと実際の作業を想定し、これらの要因が作業に存在するかチェックする。

Step_7: 生成された安全情報、作業情報を基に作業指示書を出し、最終的な検討のアウトプットを得る (Fig.11)。

6. 結 言

6.1 結 論

本研究では、グローバルな安全に対する意識の高まり、生産活動への計算機の積極的な導入を踏まえ、生産活動において、安全管理の観点から作業の危険性を認識し、現場作業者に適切な安全指示情報を提供することが重要であるとの立場から研究を行った。本研究の特徴を簡潔に整理すると、労働安全データベースと組立シミュレーションの組合せであると述べるができる。これは、Fig.12 に示すように、労働災害の情報から、実際の生産現場で有用な安全知識の抽出プロセスを実現すること

WorkDirection

<作業名>溶接作業
 <作業対象>TW@No.5 COT-FR62/1/4 (P) & HG@No.5 COT-No.2/2/2 (P) No.1
 <方法>【CO2】
 <種類>【連続隅肉】
 <姿勢>【水平】
 <重量>【5.07 (Kg)】
 <接合長>【1.69 (m)】
 <作業開始日>【2001年2月18日】
 <所要時間>【0時間 10分】

実施すべき項目
☐自動電撃防止装置 ☐換気扇 ☐溶接棒ホルダー
☐衣服に注意 ☐予備品の常備 ☐作業警告板
☐標準作業の遵守 ☐高所作業車 ☐安全装置

その他考える要因
☐防寒具

Acquirement of
Safety Information

Fig.11 Statement of work including safety information

Fig.12 Engineering knowledge acquiring process

である。下記にその抽出プロセスの位置づけを纏める。

(1) 安全情報の収集と構造化

労働災害防止の観点から、災害発生の情報記述のモデル化を検討するが重要であると考え、労働安全情報の記述形式を検討した。具体的には、災害を実作業に伴う要素(生産資源、作業環境、製品特性)によりハザードが発生し、ハザードと人の接触が災害を生じるとして整理し、Cognitive Mapや連想構造などの構造化手法を参考に、労働災害の要素(要因/対策)とハザードの因果関係を用いて記述モデルである労働安全ユニットを提案した。このユニットを複数結合することによって労働安全データベースの枠組みを提案した。

この労働安全データの抽出プロセスは、膨大な事例データから意味あるデータを抽出するプロセスに相当するが、このままの形式では、抽出されたデータが持つ意味が一般的であり、特定の目的で利用しようとした場合、データを絞り込む必要性が残されている。

(2) 安全情報としての抽出

労働安全データベースで管理されているデータを有効に利用するために、組立シミュレーションを利用した安全情報の抽出を検討した。具体的には、組立シミュレーションを用いることにより、安全対策を検討したい状況を明確に宣言し、その状況に応じた安全情報を労働安全データベースから検索する処理を導入した。これにより、安全情報が目的に応じて絞り込まれ、価値ある情報として抽出されることが実現された。

(3) 安全情報の知識化と安全対策の意思決定

上記(2)のプロセスによって抽出された安全情報に対して、リスクやコストなどの定量化に必要な情報を付加することにより、望ましい安全対策の選出を支援することを検討した。また、労働安全データベースから対話的に危険源や対策を知ることができるプロトタイプ・システムを構築し、現場作業者に適切な安全情報を付加した作業指示情報を提供することができる可能性を示し

た。この一連の処理機能の実現により、必要な情報を知識として抽出することができる情報システムの枠組みを実現することができた。

6.2 残された課題

本研究において残された課題は様々あるが、以下に主要な課題を示す。

(1) 労働災害情報の構造化に関する課題

本研究では、労働災害情報の構造化は人の手で行うことを前提とした。しかしながら、実際に、システムの利用者がその因果関係を考慮し、構造化して多くの情報を入力するには多大な困難が伴うことが容易に予想される。近年、広域ネットワークからの情報収集などのデータマイニングやテキストマイニングに関する研究などが進んでいる。これらの研究成果を利用して、WEB上の膨大な情報から必要な情報を効率よく収集、分類、統合化を行うことも可能になってきている。将来的には、これらの技術を利用し、世界中に散在する情報から安全に関する情報を半自動的に収集、体系化することが期待される。

(2) 安全情報の階層構造の導入に関する課題

本研究の安全情報は階層的な構造が考慮されていない。しかしながら、失敗知識データベースに見られるように、ハザード情報には階層が存在し¹³⁾、階層構造を用いたネットワークを検討する必要性は否定できない。階層構造を陽に利用することで、検索条件のレベルに応じた検索結果の出力を可能とすることが期待できる。

(3) 作業環境に関するハザードの抽出に関する課題

作業環境に関するハザードの抽出は、高所作業空間や閉所作業空間の判定のみとなっており、製品モデルの情報を十分に活用しているとはいえない。生産資源における通路、設備配置等を含めた、作業環境のより詳細なモデル化を行うことが重要であると認識している。

以上の課題に対する対応を十分に検討するためにも、実際の労働災害事例を入力し、実際の製造現場での利用を通して本システムを評価しながら、研究を進めることが重要であると考えている。

謝 辞

本論文は、長谷真太郎 君の東京大学工学部 卒業論文

を基にその成果を纏めたものである。氏の真摯な努力に敬意を表する。また、本研究で利用した組立シミュレーション・システムは株式会社 名村造船所の開発成果である AST (Assembling Simulation Tool for Shipbuilding) を利用させていただいたことを付記する。このシステムは著者らの研究成果 (SODAS) をベースに、科学技術振興事業団の独創的研究成果育成事業においての助成金制度を受け造船所で実用可能なレベルに研究開発されたシステムである。このシステムの使用の許諾に対して深く御礼を申し上げる。

最後に、本研究は、科学研究費補助金 (基盤研究 A (2): 課題番号 12305064) の補助を受けていることを付記し、感謝する。

参考文献

- 1) A.H.マズロー著・小口忠彦訳：人間性の心理学－モチベーションとパーソナリティ，産業能率大学出版部（1987）
- 2) 向殿政男：リスク認識と安全目標，第31回安全工学シンポジウム 講演予稿集 pp.57-60（2001）
- 3) 有澤 博：人間－機械協調システム最適設計のための人体シミュレータの構築に関する研究，平成12年度IMS研究成果講演論文集 pp.177-180（2001）
- 4) 例えば，青山和浩 他：生産計画情報の段階的詳細化の表現に関する研究，日本造船学会論文集 Vol.188，（2001）
- 5) 萩原博之：黒船来襲！「安全」が開国迫る，日経メカニカル No538（1999）
- 6) 安全衛生情報センター：http://www.jaish.gr.jp/
- 7) 失敗知識データベース：http://shippai.jst.go.jp/
- 8) 寺野寿郎：システム工学入門，共立出版（1985）
- 9) 前田晴美・糴谷和人・西田豊明：連想構造を用いた情報整理システム，情報処理学会論文誌 Vol.38 No.3
- 10) Nic W. Hurst，花井莊輔訳：リスクアセスメント，丸善
- 11) 松本俊次：安全設計のためのリスクアセスメント手法，新技術開発センター（1997）
- 12) 杉原海太：造船 CIM における製造性評価に関する基礎的研究，東京大学修士論文（1996）
- 13) 労働省安全課編：労働災害分類の手引き，中央労働災害防止協会（1999）