

# 産業安全研究所年報

ANNUAL REPORT  
OF  
THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

2001

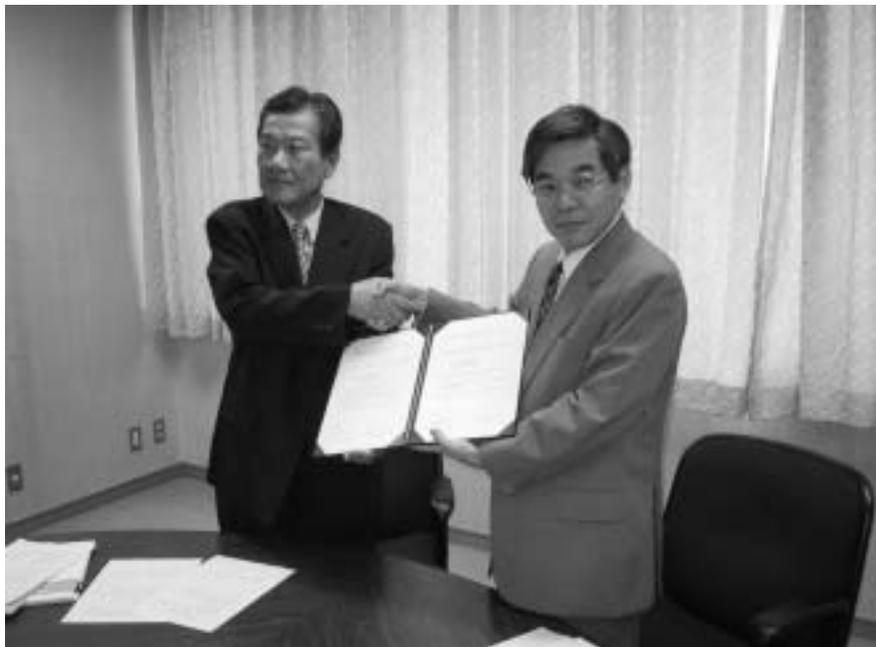
平成13年度



独立行政法人 産業安全研究所



### 韓国釜慶大学校工科大学と研究協力協定の締結



調印後握手する尾添理事長と李学長（平成13年8月6日）

### 英国安全衛生研究所(HSL)と新研究協力協定の締結



調印後握手する尾添理事長と Dr. Buchanan 所長（平成13年11月13日）

## 科学技術週間に研究施設を一般公開



研究施設一般公開の一場面（平成13年4月18日）

## 産業安全に関する情報交換会の開催



産業安全に関する情報交換会のもよう（平成13年10月18日）

## 安全技術講演会を開催



安全技術講演会のもよう（大阪会場 平成13年10月24日）

## 研究所所有特許の実施



研究所所有特許を応用した吊り下げ自由移動型歩行支援システム

## 外部研究評価会議を開催



外部研究評価会議で挨拶をされる黒田議長（平成13年11月21日）

## 厚生労働省独立行政法人評価委員会の視察



研究員から説明を受ける評価委員（平成14年1月31日）

## 海外からの研究者の招聘



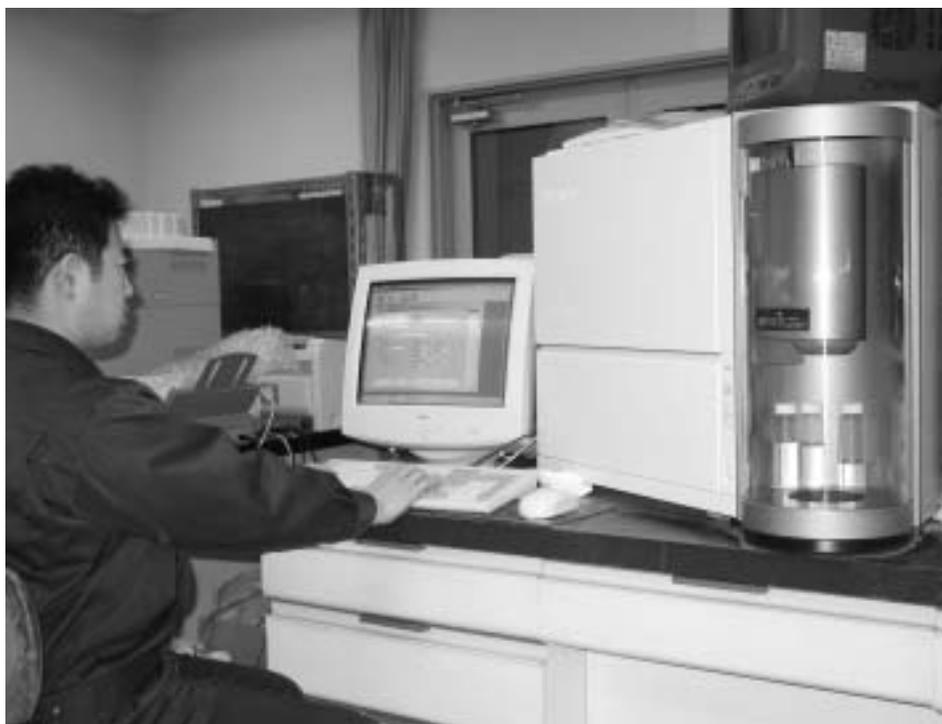
フランス プールジュ工科大学 Dr.I.Sochet の講演のもよう  
(平成14年1月15日)

## 韓・日産業安全研究共同発表会への参加



韓・日産業安全研究共同発表会で開会の辞を述べる鄭院長  
(平成14年3月14日)

## 新規に導入された実験設備



微粒子粉体の発火・爆発危険性の研究に用いる  
微粒子キャラクタリゼーション装置



掘削時での地盤変形・崩壊現象の研究で用いる遠心模型実験用可動土留め  
システムおよび実験結果（右上）

---

# 目 次

## 第1章 総説

|                  |   |
|------------------|---|
| 1.1 研究活動等の概要     | 1 |
| 1.2 組織           | 3 |
| 1.3 定員           | 3 |
| 1.4 土地及び建物       | 3 |
| 1.5 予算           | 4 |
| 1.6 主要試験研究施設及び設備 | 5 |
| 1) 施設            | 5 |
| 2) 設備            | 5 |
| 1.7 図書           | 7 |
| 1.8 出版・広報        | 7 |

## 第2章 調査及び研究業務の実施

|   |    |
|---|----|
| 2.1 平成13年度の研究課題                                       | 8  |
| 1) プロジェクト研究   | 8  |
| 2) 基盤的研究  | 8  |
| 3) 受託研究   | 9  |
| 2.2 平成13年度の研究成果の概要                                    | 10 |
| 2.3 労働災害の原因調査等に関する調査・研究                               | 56 |
| 2.4 国内外の基準制改定への科学技術的貢献及び<br>産業安全に関する国内外の科学技術情報，資料等の調査 | 56 |

## 第3章 外部研究評価等

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3.1 外部研究評価会議の実施          | 57 |
| 3.2 内部研究評価会議の実施          | 58 |
| 3.3 厚生労働省独立行政法人評価委員会関連事項 | 58 |

## 第4章 研究成果の普及・活用

|                  |    |
|------------------|----|
| 4.1 研究成果の発表      | 59 |
| 1) 学会論文発表等       | 59 |
| 2) 学会口頭発表（国内）    | 63 |
| 3) 国際研究集会口頭発表    | 70 |
| 4) 技術誌・一般誌への発表   | 72 |
| 5) 著書            | 73 |
| 4.2 安全技術講演会等の開催  | 74 |
| 1) 安全技術講演会       | 74 |
| 2) 産業安全に関する情報交換会 | 74 |
| 3) 所内講演会         | 74 |
| 4.3 研究施設の公開及び見学  | 74 |
| 4.4 知的財産の活用      | 75 |
| 1) 特許            | 75 |
| 2) 特許の実施         | 75 |

## 第5章 国内外の産業安全研究機関等との協力

|                 |    |
|-----------------|----|
| 5.1 行政機関等に対する協力 | 76 |
|-----------------|----|

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1) 災害調査等における協力                      | 76 |
| 2) 委員会活動等における協力                     | 77 |
| 3) 研修講師派遣等における協力                    | 78 |
| 4) その他                              | 78 |
| 5.2 国内外の若手研究者・技術者の育成                | 79 |
| 1) 国内外研究機関の研究者等の受入れ                 | 79 |
| 2) 科学技術特別研究員・STAフェロー・重点研究支援協力員等の受入れ | 79 |
| 3) 大学等講師派遣                          | 81 |
| 5.3 国内外の産業安全研究機関等との協力               | 81 |
| 1) 学協会の委員会活動等への協力                   | 81 |
| 2) 研究協力・技術指導等                       | 82 |
| 3) 外部機関の研究者の招聘                      | 83 |
| 4) 外部機関への研修                         | 84 |
| 5) 国際協力・海外派遣等                       | 84 |

## 付 録

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1) 平成13年度計画（要旨） | 86 |
| 2) 産業安全研究所年譜    | 88 |
| 3) 産業安全研究所案内図   | 90 |

# 第1章 総 説

## 1.1 研究活動等の概要

産業安全研究所は、職場における労働者の安全を確保することを使命として、科学と技術の両面から事業場における労働災害の防止に係る調査研究を推進している。我が国の労働災害は、長期的には減少傾向にあるものの、今なお年間約56万人が死傷し、2千人弱の尊い命が失われている。また、建設現場での倒壊・崩壊災害や化学工場での爆発災害など大規模な在来型の災害が依然として発生する一方で、生産・施工技術の高度化・先端化に起因する新しい型の災害の発生もみられ、災害の発生態様が多様化してきている。これらに対処するためには、既存の安全対策の励行と併せて、各種生産現場に潜在する危険性の把握とその解明のための調査、分析、研究及びそれに基づく安全対策の樹立が不可欠であり、そのための安全研究の中核機関としての当所の役割はますます増大している。

我が国の科学技術政策をみると、平成13年1月に政策推進の司令塔として内閣府に設立された総合科学技術会議の下で、同年3月には第2期科学技術基本計画が策定され、その中で重点的に資源配分を行うべき8つの研究分野が定められ、分野毎の戦略に基づいて科学技術活動の展開が図られている。厚生労働省においては、平成10年度にスタートした第9次労働災害防止計画が4年目を迎え、同計画で掲げた目標の達成に向けての取り組みが正念場を迎えている。また、厚生労働科学研究等の社会還元を進めるため、産学官の連携や技術移転の推進に関する新しい取り組みも始まっている。

このような状況の下で、当研究所は、平成10年に制定された中央省庁等改革基本法、平成11年に制定された独立行政法人通則法及び独立行政法人産業安全研究所法に基づいて平成13年4月から独立行政法人産業安全研究所に移行した。

独法化にともない、当研究所では、厚生労働大臣から示された平成13年度から17年度までの5年間を期間とする中期目標を達成するための計画として中期計画を作成し、厚生労働大臣の認可を受けるとともに、平成13年度計画を作成し厚生労働省に届け出た。平成13年度はこれらの計画に基づいて、各業務を着実にかつ積極的に取り組んだ。業務活動の概要は、以下に示す通りである。

### 業務運営の効率化に向けての活動

当所の組織については、社会ニーズ、行政ニーズに的確、迅速に対応するため、これまでの2課4部から1課2部に編成替えを行い、総務部門、研究企画部門を強化するとともに、研究部に5つの研究グループを設けてグループ間の協力が柔軟に行える体制に整備した。また、運営体制については、所内会議、委員会等を見直し、改廃・新設を行うとともに、関連規程類を整備した。さらに、研究の内部進行管理の充実を図るため、研究業務の一括管理システムの構築について検討するとともに、所内に内部研究評価会議を設けて研究課題の事前・中間・事後評価を実施した。

また、他省庁・民間等から募集のあった競争的外部研究資金制度へ積極的に応募し、日本学術振興会外国人研究者招聘、科学技術振興事業団重点研究支援協力員及び科学技術振興事業団長期在外研究員に関する外部研究資金を獲得した。

さらに、新しい試みとして民間企業等からの受託研究、施設・設備貸与を行うこととし、当所ホームページへの掲示その他により積極的に広報を行った結果、受託研究5件及び施設の有償貸与1件を実施するとともに、外部研究機関等との間で9件の共同研究を実施して研究資源の効率的な活用に努めた。

また、経費節減のため、11月を省エネルギー月間と定め、全職員の協力のもとに光熱水量の節約を行った。さらに、清掃、警備等の総合管理業務についても委託内容の見直し、一般競争入札の導入を行った。

### 業務の質の向上に向けての活動

独法化にともなう業務運営についての職員の意識改革を図るため、研究討論会、その他各種の所内会合等

いろいろな機会を捉えて、独法制度の趣旨、目的、そのもとでの業務運営の考え方を職員へ周知した。

また、中期計画に基づき、労働現場のニーズを把握し、業務へ反映させるため、第一線の安全管理者等の参加のもとに、公開のパネルディスカッション「産業安全に関する情報交換会」を開催した。さらに、研究の活性化を図るため、所内の全研究者を対象に実施している「研究討論会」に、産業安全に関する有識者・海外の研究者を招いて講演をお願いし、安全研究のあり方等について討論を実施した。

研究活動については、緊急で重要な課題について研究資源を重点的に投入し期間を定めて集中的に取り組むプロジェクト研究として、「化学プロセスにおける爆発災害防止技術に関する総合的研究」、「建設機械の保守管理システム高度化のための損傷評価技術の開発」、「生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究」、「建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究」の4課題を実施した。これらの課題については、効率的に研究を進めるため、所内での研究グループ間の協力体制を整備するとともに、研究成果が労働現場に効果的に還元できるよう、一部については外部機関との共同研究として実施した。

基盤的研究については、中期目標に示された基盤的研究領域のうち、12の領域において、30の課題について研究を実施した。また、労働災害の原因等に関する調査研究として、厚生労働省等から依頼のあった災害原因調査、鑑定等を14件実施した。これらの成果の一部は、行政通達並びに安全衛生規則の改正及び技術上の指針に反映された。

平成8年度に制定され、その後平成13年に改訂された「国の研究開発に関する大綱的指針」を踏まえて、平成9年度から継続実施している外部研究評価会議については、プロジェクト研究2課題の事後評価及び内部研究評価会議の実施状況の評価を行った。評価結果は、報告書にまとめるとともに、その概要をホームページに公表した。

研究成果の普及・活用等の活動については、国内外の関連学会・研究集会において、120件を超える口頭発表、論文発表を行ったほか、技術誌への寄稿や依頼による講演を行った。また、当所刊行物として、安研ニュース、年報、産業安全研究所研究報告、産業安全研究所特別研究報告、産業安全研究所安全資料を適宜発刊したほか、新たに研究成果を事業所向けに解説した安全ガイドを発刊した。これらの刊行物のうち、平成10年度以降のものについては、当所ホームページにタイトル・抄録を公開した。さらに、研究成果を現場の安全担当者等にわかりやすく解説して活用を促すため、安全技術講演会を東京、大阪及び北九州の3カ所で実施した。また、科学技術週間における行事として研究所施設の一般公開を実施した。

一方、知的財産の活用促進のため、研究所が所有する特許をホームページに公開するとともに、1件の特許登録、9件の特許出願と2件の特許実施契約を行った。

このほか、国内外の大学や民間企業等からの要請により、20名の外部研究員を受け入れたほか、依頼講演、技術指導及び研究員の海外派遣等を行って研究者・技術者の育成にも貢献した。

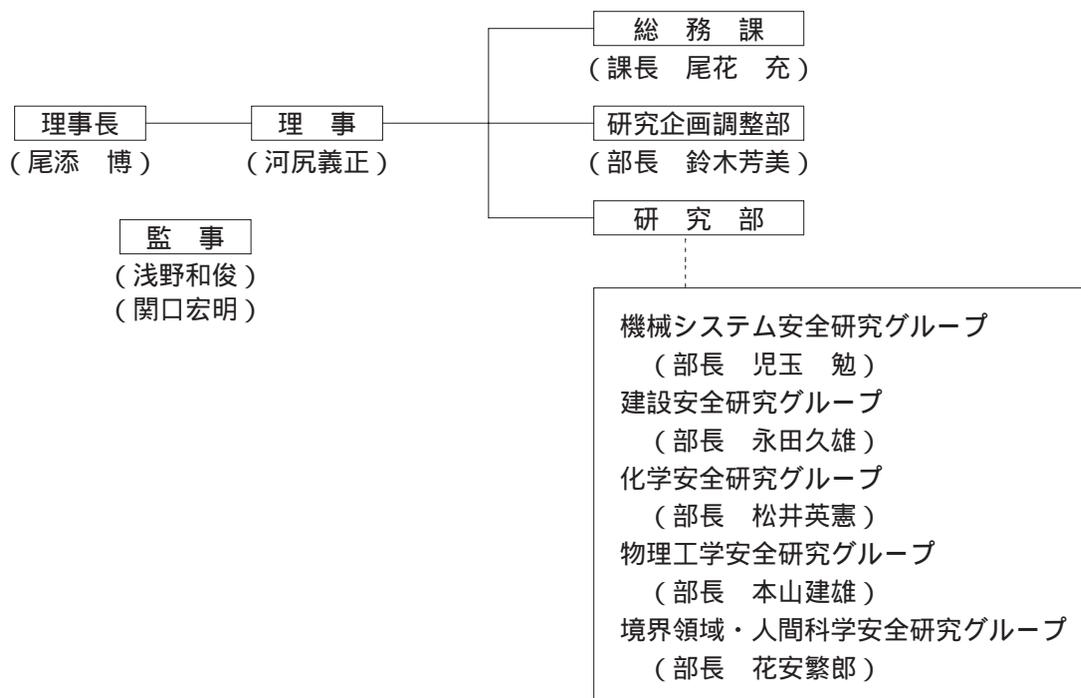
また、要請により行政機関、災害防止団体や学会が主催する各種委員会等に、研究員を積極的に派遣して基準等の制改訂に対し科学技術的貢献を行った。

国際交流としては、国際研究協力協定を締結している韓国産業安全保健研究院に研究員の派遣を行ったほか、英国HSL(Health & Safety Laboratory)及び韓国釜慶大学校工科大学との間で新たに研究協力協定を締結した。

また、研究協力協定締結の協議のため役職員を仏国INRS(Institut National de Recherche et de Securite)へ派遣した。

## 1.2 組 織

(平成14年3月31日現在)



## 1.3 定 員

(平成14年3月31日現在)

| 役職別<br>区<br>分<br>人 数 | 役員職         |        |        | 研 究 職       |                       |             |    | 事 務 職  |        |                  |    | 合<br>計 |
|----------------------|-------------|--------|--------|-------------|-----------------------|-------------|----|--------|--------|------------------|----|--------|
|                      | 理<br>事<br>長 | 理<br>事 | 監<br>事 | 部<br>長<br>等 | 主<br>任<br>研<br>究<br>官 | 研<br>究<br>員 | 計  | 課<br>長 | 係<br>長 | 一<br>般<br>職<br>員 | 計  |        |
|                      | 1           | 1      | 2      | 6           | 20                    | 12          | 38 | 1      | 3      | 7                | 11 | 53     |

## 1.4 土地及び建物

(平成14年3月31日現在)

| 名 称           | 所 在 地         | 敷地面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 建物面積<br>(m <sup>2</sup> ) |
|---------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 独立行政法人産業安全研究所 | 東京都清瀬市梅園1-4-6 | 35,301.92                 | 延16,795.32                |

## 1.5 予 算

| 区 分                               | 平成 13 年 度 |         |           | 平成 14 年 度 |         |           |
|-----------------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                                   | 一般会計      | 特別会計    | 計         | 一般会計      | 特別会計    | 計         |
|                                   | 千円        | 千円      | 千円        | 千円        | 千円      | 千円        |
| 人 件 費                             | 524,270   | 199,440 | 723,710   | 461,558   | 209,488 | 671,046   |
| 研 究 費                             | 153,565   | 278,979 | 432,544   | 55,699    | 368,478 | 424,177   |
| 経 常 研 究 費                         | 54,788    | 159,582 | 214,370   | 55,699    | 156,259 | 211,958   |
| 特 別 研 究 費                         | 98,777    | 119,397 | 218,174   | 0         | 212,219 | 212,219   |
| (生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究)    | 98,777    | —       | 98,777    | 0         | —       | 0         |
| (化学プロセスにおける爆発災害防止技術に関する総合的研究)     | —         | 33,718  | 33,718    | —         | 0       | 0         |
| (建設機械の保守管理システム高度化のための損傷評価技術の開発)   | —         | 40,263  | 40,263    | —         | 35,672  | 35,672    |
| (建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究) | —         | 45,416  | 45,416    | —         | 47,700  | 47,700    |
| (仮設建造物の耐風性に関するアセスメント手法の開発)        | —         | —       | —         | —         | 35,093  | 35,093    |
| (産業リサイクル過程における爆発・火災災害防止に関する総合的研究) | —         | —       | —         | —         | 33,296  | 33,296    |
| (人間・機械協調型作業システムの基礎的安全技術に関する研究)    | —         | —       | —         | —         | 60,458  | 60,458    |
| 施設整備費補助金                          |           | —       | —         |           | 61,950  | 61,950    |
| その他の経費                            | 29,295    | 143,749 | 173,044   | 28,255    | 141,903 | 170,158   |
| (小 計)                             | 707,130   | 622,168 | 1,329,298 | 545,512   | 781,819 | 1,327,331 |
| ( 移 替 予 算 )                       |           |         |           |           |         |           |
| 科学技術振興調整費                         |           |         |           |           |         |           |
| (爆発燃焼反応挙動の解明)                     | 3,996     | —       | 3,996     | —         | 0       | 0         |
| 合 計                               | 711,126   | 622,168 | 1,333,294 | 545,512   | 781,819 | 1,327,331 |

## 1.6 主要試験研究施設及び設備

### 1) 施設

| 施設 の 名 称   |   |
|--|---|
| ガス配合室<br>配管等爆発実験施設<br>粉じん帯電実験施設<br>遮音実験室<br>液体攪拌帯電実験施設<br>機械安全システム実験棟<br>化学安全実験棟 | 建設安全実験棟<br>電気安全実験棟<br>環境安全実験棟<br>放電着火実験室<br>総合研究棟<br>材料・新技術実験棟<br>共同研究実験棟 |

### 2) 設備

| 設 備 の 名 称   |  |
|---|--|
| 10トン横型引張試験機<br>横型真空焼鈍炉<br>500トン万能試験機<br>電気油圧式疲労振動試験装置<br>X線マイクロアナライザー<br>高温箱型電気炉<br>腐食疲労試験機<br>産業用ロボット<br>工業用ロボット<br>破壊じん性試験機<br>構造部材疲労試験機<br>ワイヤロープ疲労試験機<br>透過型電子顕微鏡<br>微小部X線解析装置<br>レーザー顕微鏡<br>CNC旋盤<br>温度可変装置及び試料ミキシング装置<br>非接触人体接近検出装置<br>100トン構造物疲労試験機<br>空間座標測定装置<br>万能疲れ測定機<br>軟X線光電子分光装置<br>振動三軸圧縮試験機<br>重心位置測定装置<br>視点視野測定装置 | 動作自動解析システム<br>遠心载荷装置用加振装置<br>曲げ・圧縮試験機<br>建材試験装置<br>ハイスピードビデオカメラ<br>ワークシミュレータシステム<br>構造物振動試験機<br>視聴覚刺激呈示装置<br>立位姿勢保持能力検査装置<br>非接触電子工学式変位測定装置<br>中空ねじりせん断試験機<br>転倒耐力測定装置<br>超小型テレメータ装置<br>動的高圧力試験装置<br>最高血圧自動連続測定装置<br>アイマークレコーダ装置<br>平衡機能測定装置<br>生体情報システム装置<br>自然発火試験装置<br>マッハツェンダー干渉計<br>フーリエ変換赤外分光光度計<br>熱拡散率測定装置<br>暴走反応熱測定装置<br>高温伝導微少熱量計<br>元素分析装置 |

設 備 の 名 称

|  |  |
|--|--|
| <p>高速液体クロマトグラフ<br/>レーザー誘起蛍光分析装置<br/>BAM式蓄熱貯蔵試験器<br/>液体クロマトグラフ質量分析計<br/>超高速度現象可視化装置システム<br/>反応熱量計<br/>熱流束式自動熱量計<br/>動的示差走査熱量計<br/>高圧熱酸化分解ガス発生装置<br/>赤外線分光光度計<br/>施工環境シミュレーター<br/>電磁界監視解析装置<br/>床反力解析システム<br/>ドラムカメラ<br/>差動型高圧示差熱天秤<br/>ガスクロマトグラフ質量分析計<br/>高圧発火エネルギー測定装置<br/>放電波形解析装置<br/>三次元動作解析システム<br/>小型分光器用プローブ<br/>任意波形ゼネレータ<br/>CT試験片疲労試験ユニット<br/>熱分析システム<br/>イメージコンバータ超高速度カメラシステム<br/>雰囲気制御走査型トンネル顕微鏡<br/>低温度型恒温恒湿装置<br/>表面形状精密解析装置<br/>最小着火エネルギー試験装置<br/>紫外線照射試験装置<br/>インバータ漏電観測装置<br/>高速度現象デジタル直視装置<br/>光弾性実験装置<br/>遠心载荷装置用掘削装置<br/>噴霧粒度分布測定装置<br/>生体負担解析装置<br/>クレーン振動模型<br/>粉体電界監視装置<br/>浮遊粒子挙動監視装置<br/>ショベル系掘削機の模擬体感装置<br/>フルデジタル制御油圧疲労試験機</p> | <p>圧力計測システム<br/>風速計測システム<br/>土石流検出ユニット<br/>頭部搭載型画像表示装置<br/>プラズマ化学処理装置<br/>試験ガス・蒸気発生システム<br/>接触角測定装置<br/>ヘリウム用高気圧下短絡実験装置<br/>環境試験装置<br/>内部摩擦測定装置<br/>吸着式ガス除害装置<br/>ヒューマンエラー予測評価装置<br/>汎用小型旋盤<br/>フライス盤<br/>多分力検出器<br/>オシロスコープセット<br/>土石流安全通報器<br/>汎用計測・解析処理システム<br/>DEM不連続体解析システム<br/>微粒子キャラクタリゼーション装置<br/>ひずみデータ収録システム<br/>赤外線応力画像測定装置<br/>生体反応測定装置<br/>掘削機事故シミュレータシステム<br/>遠心模型実験用可動土留めシステム<br/>加速速度熱量計</p> |
|--|--|

## 1.7 図書

### (1) 単行本

| 区 分 | 平成13年度受入数 | 蔵 書 数       |
|-----|-----------|-------------|
| 和 書 | 6 2 9     | 1 4 , 8 4 5 |
| 洋 書 | 6 4       | 3 , 0 6 8   |
| 計   | 6 9 3     | 1 7 , 9 1 3 |

### (2) 平成13年度中の購入雑誌の種類

| 区 分   | 雑誌の種類 |
|-------|-------|
| 和 雑 誌 | 6 6   |
| 洋 雑 誌 | 8 6   |
| 計     | 1 5 2 |

## 1.8 出版・広報

| 刊 行 物 名 称     |                           | 刊行区分  | 発行部数      |
|---------------|---------------------------|-------|-----------|
| 産業安全研究所研究報告   | NIIS-RR-2001              | 年 刊   | 7 0 0     |
| 産業安全研究所特別研究報告 | NIIS-SRR-NO.24,NO.25      | 不 定 期 | 7 0 0     |
| 産業安全研究所安全資料   | NIIS-SD-NO.17             | 不 定 期 | 5 0 0     |
| 産業安全研究所安全ガイド  | NIIS-SG-NO.1              | 不 定 期 | 5 0 0     |
| 産業安全研究所年報     | 平成12年度版                   | 年 刊   | 2 , 0 0 0 |
| 安研ニュース        | Vol.25, No.2~Vol.26, No.1 | 隔 月 刊 | 8 5 0     |

---

## 第2章 調査及び研究業務の実施

### 2.1 平成13年度の研究課題

\* 第9次労働災害防止計画支援研究

#### 1) プロジェクト研究

- (1) \*生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究（機械システム安全研究グループ，化学安全研究グループ，物理工学安全研究グループ，境界領域・人間科学安全研究グループ）
  - ・ 化学プラントを対象とした危険性評価技術の開発
  - ・ 大規模施工システムを対象とした危険性評価技術の開発
  - ・ 建設用ロボットを対象とした安全制御技術の開発
  - ・ 大規模生産システムを対象とした安全制御技術の開発
- (2) \*化学プロセスにおける爆発災害防止技術に関する総合的研究（化学安全研究グループ・機械システム安全研究グループ・物理工学安全研究グループ）
  - ・ 化学プロセスの爆発危険性の評価手法の開発
  - ・ 化学プロセスの安全制御と爆発防護技術の開発
  - ・ 爆発災害防止支援システムの開発
- (3) \*建設機械の保守管理システム高度化のための損傷評価技術の開発（機械システム安全研究グループ）
  - ・ 移動式クレーンの荷重モニタリング
  - ・ 構造部材の損傷検出技術の高度化
  - ・ 接合部材の疲労損傷モニタリング技術の開発
- (4) \*建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究（境界領域・人間科学安全研究グループ）
  - ・ 建設作業現場における不安全行動の発現とその対策に関する研究
  - ・ 建設作業現場における視覚情報処理過程とヒューマンエラーに関する研究
  - ・ 建設作業現場における不安全行動と安全情報の伝達に関する研究
  - ・ 高齢者における高所作業環境適正化に関する実験的研究

#### 2) 基盤的研究

- (1) 機械等の安全制御技術の開発（機械システム安全研究グループ）
  - a) 機能性流体によるロボット制御技術に関する研究
- (2) 機械等の破損による災害の防止（機械システム安全研究グループ）
  - a) 時系列周波数解析とウェーブレット解析による材料の非破壊損傷評価に関する研究
- (3) クレーン等の転倒・倒壊防止（建設安全研究グループ）
  - a) 支持地盤の不安定要因による移動式クレーンの転倒防止に関する研究
  - b) 各種クレーンの耐震安全性に関する研究
- (4) 建設工事における地盤災害の防止（建設安全研究グループ）
  - a) 土石流流下シミュレーション手法の開発に関する研究
  - \*b) 掘削時における地盤変形・側圧変化及び崩壊現象に関する研究

- c) 鋼矢板控え壁を使った自立式土留工の安全性の確保及び向上に関する研究
- d) 地中構造物と地盤の動的な相互作用による地盤反力特性に関する基礎的研究
- (5) 仮設構造物に係る災害防止（建設安全研究グループ）
  - a) くさび結合式足場の安全性に関する研究
  - b) 強風時における支柱式足場の倒壊防止に関する研究
- (6) 墜落・転倒災害の防止（建設安全研究グループ）
  - \*a) 墜落防護具の性能向上に関する研究（境界領域・人間科学安全研究グループ）
  - b) 高齢作業者の転倒災害防止のための安全性評価に関する基礎的な研究
  - c) 階段通路の視環境の評価に関する研究
  - \*d) 低層建築物の屋根工事における墜落防止のための足場の必要条件に関する研究
- (7) 化学物質の爆発危険性の解明（化学安全研究グループ）
  - a) 爆発燃焼反応性予測手法開発に関する研究
  - \*b) 微粒子粉体の発火・爆発危険性に関する研究
  - c) 高温・高圧下における気体物質の爆発危険性に関する研究
  - d) 新規化学物質等の爆発危険性の解明とデータベースの構築に関する研究
  - e) 不均一濃度場における管中爆ごう波の伝ば特性と機構に関する研究
  - f) 最小着火エネルギー試験法の開発と試験基準に関する研究（物理工学安全研究グループ）
- (8) 化学プロセスの安全化（化学安全研究グループ）
  - a) 爆発・火災災害データベースの高機能化に関する研究
- (9) 電気機械器具等における障害・災害の防止（物理工学安全研究グループ）
  - a) 交流アーク溶接機用自動電撃防止装置の要求性能
  - b) 計測制御用プリント配線板のサージ耐性
  - c) 中波による大型クレーンへの誘導電流の低減に関する研究
  - d) 電圧入力型電撃危険性判別回路に関する研究
- (10) 静電気障害・災害の防止（物理工学安全研究グループ）
  - \*a) 粉体プロセスにおける静電気による着火防止技術に関する研究
  - b) 新方式除電システムの開発
  - c) 新原材料の静電気による着火危険性の評価技術に関する研究
- (11) 作業環境の安全化（境界領域・人間科学安全研究グループ）
  - a) 人間・機械系のための光学式作業環境自動認識に関する基礎研究
- (12) セーフティアセスメント・マネジメント手法の高度化（境界領域・人間科学安全研究グループ）
  - a) 等価リスク曲線による被害低減評価に関する研究

### 3) 受託研究

- (1) 静電気によるGL釜の破損防止技術の確立
- (2) プレハブ橋主構及び床板の強度に関する研究
- (3) 直流き電線加圧表示器に関する原理確認調査と予備実験
- (4) 薄肉高張力鋼管の溶接部の強度に関する研究
- (5) 携帯電話が危険場所で着火源となる条件について

## 2.2 平成13年度の研究成果の概要

### 1) プロジェクト研究

#### 化学プロセスにおける爆発災害防止技術に関する総合的研究

##### —化学プロセスの爆発危険性の評価手法の開発— (液/液 不均一系における発熱速度予測)

化学安全研究グループ 藤本康弘

### 1. はじめに

化学プロセスの液/液 不均一反応プロセスにおける爆発災害がこれまでにいつも報告されている。それらの災害は、機械的な攪はん操作に何等かの不具合が生じ、プロセス中の反応がスムーズに進まなくなったことが原因のひとつとなって、その後の暴走反応の進行によって発生していた。したがって、いろいろな攪はん条件における発熱挙動を明らかにすることが、同種の災害の再発防止に有効である。

本研究では、攪はん条件が不適切なために生じたと推定されるある災害事例のシナリオを明らかにするために、いろいろな攪はん速度における液/液 不均一反応の反応速度（発熱速度）の変化の様子を計算で予測する手法について検討した。

### 2. 実験

実験には、2リットルのガラス製円筒形反応容器を持つ反応熱量計を用いた。容器は、加熱冷却のためのジャケットに覆われており、温度センサー、校正用ヒーター、還流装置が設置されている。ガラス製のアンカータイプの攪はん翼で内容物が混合され、別途定量ポンプにて薬品の注入が可能となっている。

不均一反応として、ここでは分散相：n-無水酪酸と、連続相：水酸化ナトリウム水溶液との反応を選んだ。分散相は市販の特級試薬をそのまま158.2g用い、連続相は、3.6mol/Lの水溶液688gを用いて、攪はん停止相当の状態両者を反応容器に導入した。その後所望の攪はん速度にして発熱速度を測定した。

### 3. 考察

ここでは、全体としての発熱速度が界面の総面積に比例すると仮定して議論を進める。単位体積当りの界面積は、分散相の体積分率を用いると、式(1)で示せる。また定常状態の粒子径および定常状態に至るまでの粒子径の時間変化はそれぞれ式(2),(3)で示される。以上から式(4)が誘導されるが、この式を種々の攪はん速度での実験結果で最適化させることで、攪はん速度一定時の発熱速度の時間変化予測式が得られ、計算結果は図1に示すように測定値とよく一

致している。ここで、分散相の体積分率の時間の関数については、全発熱量に対する各時間までの発熱量の比率で代用し、直線で最適化した。また、攪はん速度の変更による発熱速度の予測式は、式(5)を仮定した。この式は定常状態の粒子径を示す式(2)から誘導される。式(4),(5)を用いることで、攪はん速度が途中で変更されるような場合でも、図2のように、発熱速度の予測が可能となり、測定結果と比較すると、よく一致している事がわかる。

$$A = \frac{6\phi}{d_{32}} \quad (1)$$

$$d_{32eq} = k_1(1 + k_2\phi_{eq})We_{eq}^{-r}L \quad (2)$$

$$d_{32}(t) = d_{32eq}(1 + k_3(Nt)^{k_4}) \quad (3)$$

$$\frac{Q(t)}{\phi(t)} = \frac{Qr_{eq}}{\phi_{eq}} \frac{1}{1 + k_3(Nt)^{k_4}} \quad (4)$$

$$\frac{Q(N_2)}{\phi(N_1)} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^{2r} \quad (5)$$

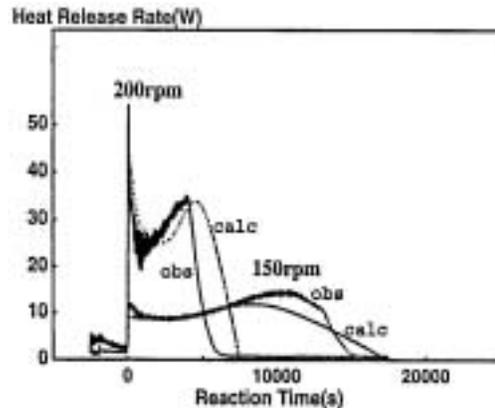


図1 計算値と測定結果(攪拌速度一定)

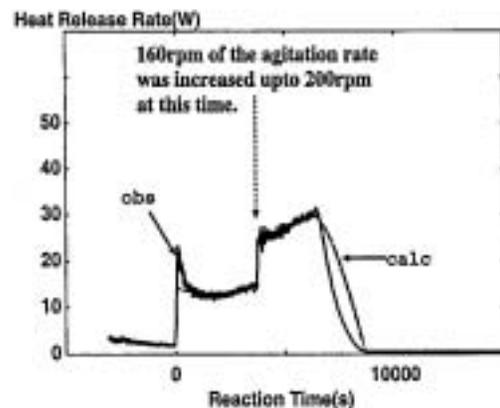


図2 計算値と測定結果(攪拌速度変化)

## 化学プロセスにおける爆発災害防止技術に関する総合的研究

### —化学プロセスの爆発危険性の評価手法の開発— (反応パラメータの実時間非線形最適化と測定予測)

化学安全研究部グループ 大塚輝人, 水谷高彰  
藤本康弘

重点研究支援協力員 韓 宇燮

#### 1. はじめに

災害を避けるためにもっとも必要なものは「正確な予測」である。現在に至るまで、その予測を行うためのデータ収集の試みが多々行われてきた。しかしながら、それらデータは限られた条件下で集められているため、実際のプラント等に適用するためには理論に基づいた外挿を行い、さらには大きな安全率を取ることが必要であった。

そこで本研究では、近年のコンピュータの高速化を受けて可能になった大規模な非線形最適化手法を用い、反応パラメータを実際の測定データから実時間内で推定し、データの今後の推移を正確に予測する手法を開発することを目的とした。

#### 2. モデルと最適化手法

$$\frac{dT_R}{dt} = \frac{Sv}{C}(T_J - T_R) + \frac{QV}{C} A \exp\left(-\frac{E}{k_B T_R}\right) xy \quad (1)$$

$$\frac{dx}{dt} = -A \exp\left(-\frac{E}{k_B T_R}\right) xy \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dt} = -A \exp\left(-\frac{E}{k_B T_R}\right) xy \quad (3)$$

$T_R$ : 反応器内温度,  $T_J$ : ジャケット温度,  
 $S$ : 反応器壁面面積,  $r$ : 反応器壁熱伝達率,  
 $Q$ : 反応熱,  $V$ : 体積,  $C$ : 熱容量,  $A$ : 頻度因子,  
 $E$ : 活性化エネルギー,  $K_B$ : ボルツマン定数,  
 $x$ : 無水酢酸濃度,  $y$ : エタノール濃度,  $t$ : 時間

本研究では無水酢酸とエタノールのエステル化をモデルの反応として、上記の微分方程式を置き、この微分方程式を古典的Runge-Kutta法で積分を行うことにより温度変化の推移を得、そこで得られた温度変化の推移と実測値との誤差を非線形最適化手法のBFGS法によって反応パラメータを更新し極小にした。反応パラメータとして扱ったものは、頻度因子、活性化エネルギー、容器温度、熱伝達率、反応熱、無水酢酸初期濃度、エタノール初期濃度、初期反応器内温度の9つ

である。体積と器壁の面積は最適化に関して、反応熱と熱伝達率と相補的であるため、適当な定数として扱った。

BFGS法のHessianの更新を数値的に安定にするためにLD分解を用いた。分解された下三角行列、対角行列を今回独自に開発したアルゴリズムとAgee-Turner法によるアルゴリズムの二段により更新した。

#### 3. 実験と結果

実験には20Lのベンチスケールのバッチプラントを用い、エタノール10L、無水酢酸5Lを導入後、温度が一定になるのを待って10%硫酸水溶液2Lを加えて反応を開始させた。

測定は5秒毎に、反応器内の温度をPCにより読み出しストレージした。測定点が所定点数を越えてからパラメータの最適化を行い、5秒が経過して新たなデータが得られた時点で一旦最適化計算を打ち切り、予測を行った。しかる後、最適化のために参照するデータ列を1データ分シフトし、再度最適化という手順を繰り返した。

図1は測定データ20点を参照して行った場合の予測値の推移である。予測された値と、実測値を比べやすいように重ねた。たとえばPrediction(100sec)はプロットされた時間から100秒前に予測された値である。

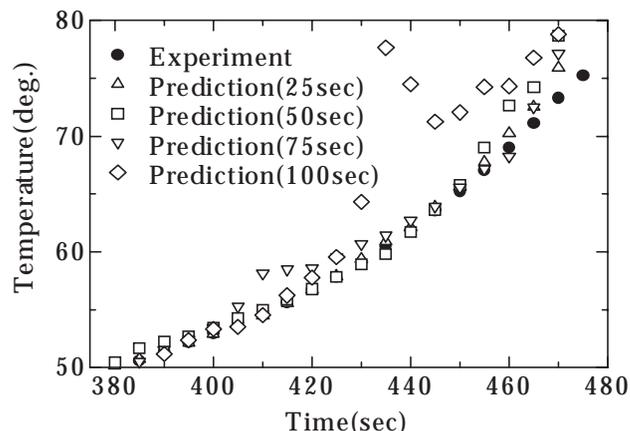


図1 実測値と予測値との比較

#### 4. 考察

本研究の手法の利点としては

- ・不確定要素があっても、実測値に合わせて修正できるので予測が可能
  - ・パラメータを実際の実験時にダイナミカルに修正、最適化していくため、予測値が非常によく合う
  - ・モデルで定数とみなしているものの変動を簡単に考慮できる
  - ・測定していないものの推測が可能
- の4点が挙げられる。

# 化学プロセスにおける爆発災害防止技術に関する総合的研究

## —爆発災害防止支援システムの開発—

化学安全研究グループ 板垣晴彦

### 1. はじめに

産業界における爆発・火災災害を防止するためには、安全防止技術の開発研究と安全教育の向上などが重要であるが、それらの安全対策が実施対象に応じた適切なものでなければ、有効な防止対策とはならない。

本研究は、専門家ではない実務技術者を対象として、適切な爆発災害の防止対策の実施を支援することを目的として、まず過去の化学プロセスにおける爆発・火災災害事例について化学プロセス災害データベースを作成して、爆発・火災災害の原因調査、及び、その防止対策の策定を支援するシステムのプロトタイプを構築した。

### 2. 爆発災害防止支援システムの概要

#### 2.1 爆発災害防止支援システム

図1は本研究で構築した爆発災害防止支援システムのフローチャートである。このシステムでは、最初に災害を防止したい対象の条件を設定し、その条件設定に類似する事例を検索・抽出する。そして、その類似災害の諸条件を集計することにより、過去の事例で問題となる割合が多い要因を図と表で示すとともに、その防止対策を示す。

本システムは、過去事例の要因を収録する化学プロセス災害データベース、具体的な爆発・火災災害の防止対策を収録する化学プロセス防止対策データベース、及び、2つのデータベースの検索と集計を行うプログラムから構成されている。

#### 2.2 化学プロセス災害データベース

化学プロセス災害データベースは、災害調査復命書や統計資料を元資料とし、爆発・火災災害事例の要因を記述するデータベースである。収録する項目は、発災場所、発災装置、原因物質、着火源・原因、発災工程、発生原因であり、各項目について用意した分類表によりコード化を行っている。収録期間は1975から1996年までで事例数は約400件である。

#### 2.3 化学プロセス防止対策データベース

過去の爆発・火災災害事例における違反法令条項、及び指導の内容、実施された防止対策を収録したデータベースである。本データベースには、災害が起きた状況に対応する適切な防止対策の策定を支援するため、

・安全設備や防護設備が設置されてはいたが、その

機能が発揮できなかったか不十分であった事例。  
・異常を回避するための操作をしたが、その手順が誤っているなどにより回避できなかった事例。  
・予期しない物質の生成や蓄積など、異常の検出できず予兆がなかった事例。  
・プロセス要因ではなく、設備や腐食や劣化、あるいは、運転員の操作ミスによる事例。

の観点から分類した。

#### 2.3 検索・集計システム

検索・集計システムは、一般のパーソナルコンピュータで広く使用されている表計算ソフトウェア上で動作するように設計されており、2つのデータベースは各項目をコード化した表のシートとして内蔵した。検索・集計プログラムは表計算ソフトウェアのマクロ命令によって動作する。

また、対象とするユーザーは専門家ではない実務技術者であることを考慮して、どの位置からでも行き来が容易となるようにユーザーインターフェースを整えたほか、集計結果を数値表だけでなくグラフにより視覚的に表示・印刷する機能を持たせた。

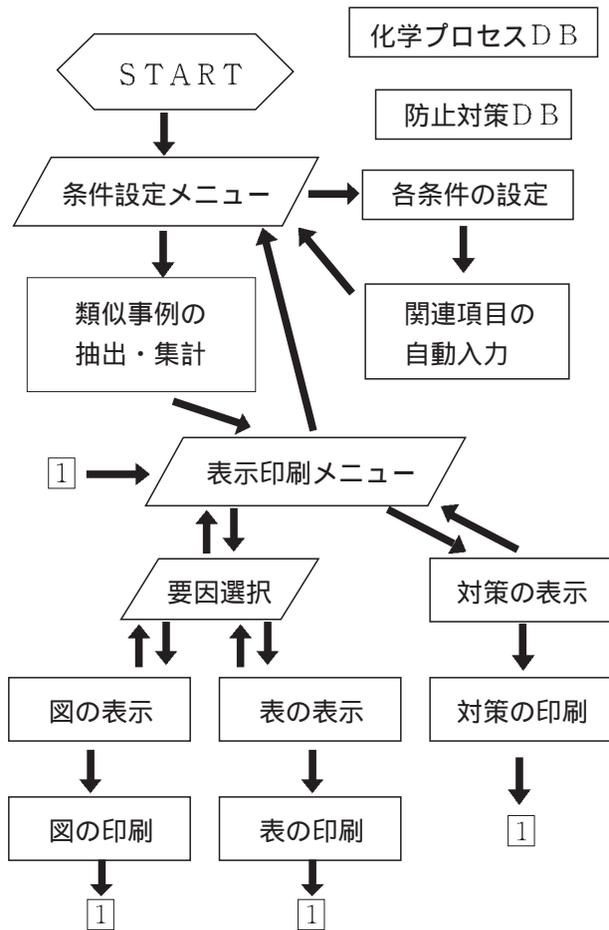


図1 爆発災害防止支援システムの構成

## 生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究

### —化学プラントを対象とした危険性評価技術の開発— (ヒューマンエラー検索手法の開発)

化学安全研究グループ 水谷高彰, 藤本康弘  
大塚輝人

重点研究支援協力員 韓 宇燮

#### 1. はじめに

当所には、多年に渡る災害調査復命書が保管されており、近年、その電子化を進めている。このデータベースには個々の災害調査の詳細な情報も含まれており、一般に流通している新聞等の切り抜きを情報源とした事故・災害データベース等と比べて、質の高いデータベースである。当所では、このデータベースを元に災害の要因や過程を解明する研究に活用したり、厚生労働省の要請の元、災害調査への協力や助言等に活用している。このように、このデータベースを有効に利用するには必要とするデータを的確に検索することが必要不可欠になるが、ヒューマンエラーに関する語を検索語に利用したい場合には、特定の薬品名や装置名で検索する場合と異なり、語の活用の問題（動詞や形容詞等を検索語とすることが多くなるため）や、表現の揺れの問題（復命書の執筆者や、データ入力者によって、用いる語がまちまちであるため）により、データの的確な検索が難しい。本研究では、上記問題点の解決策としての自動検索手法の開発を行なった。

#### 2. 実験方法

当所所有の災害調査復命書データベースから、ヒューマンエラーに関するデータを検索するために以下の2段階の前処理の後、検索を行った。

まず、前処理の1段階目では、類義語辞典を作成し、そこから、ヒューマンエラーに関する類義語集（以降、ヒューマンエラー語集と記す）を作成した。日用語の類義語を充実させるため、類義語辞典の作成には、一般に利用されている（専門用語辞書ではない）辞書を用いることとした。また、見出し語ができるだけ多い辞典を作成するために、見出し語の多い辞書が容易に得られる英和辞書を用い、同じ訳語を持っている日本語同士が類義語であると定義し、類義語辞典を作成した。最終的に得られるヒューマンエラー語集は理論上、どのヒューマンエラー語から始めて同じものが得られるはずなので、適当に選んだ約10個のヒューマンエラー語（過ち、間違い、ミスなど）から開始し、類義語の類義語をさらに検索するという手法でヒューマンエラー語集を作成した。

前処理の2段階目では、ヒューマンエラー語集と災害復命書データベースのデータをすべて形態素に分解し、検索語とデータベースの両方を形態素の集合として取り扱えるようにした。

#### 3. 結果と考察

前処理1の類義語集を作成する段階で、コンピュータ上で自動的に類義語を検索していくと、10段階程度で最初の検索語の意味とは関係ない類義語集が得られてしまった。これは、意味上あまり関連のない多くの語が、「バカ」、「間抜け」等の罵りに関する語を介して接続しているためである。そこで、この様な接点となる語を手作業で排除した類義語辞典を基にして、類義語集を作成した。また、新しい類義語を検索する際、前ステップで得られた類義語との繋がり（類義語辞典で検索されるヒット数）を指標として用い、得られている類義語より指標の高い語のみを追加したが、主として感情を表す語などのヒューマンエラーにあまり関係ない語も検索されたので、このような語も同様に排除した。この結果、千数百語のヒューマンエラー語集が得られた。

前処理2の形態素解析（形態素への分解）は、コンピュータ上でほぼ正確に処理できたが、一部の専門用語が誤認識していたので、形態素辞書に登録、修正した。

以上の前処理の後、検索した結果は、最近30年ほどの間でヒューマンエラーに関連した災害件数が横這いの状態を示しており、他の文献と同等の傾向が見られた。

当初、すべてをコンピュータ上で自動的に処理する事によって、高効率化と再現性を目指したが、特に類義語を取捨選択する段階でいくつかの問題が発生し、一部、手作業で処理をせざる得なかった。この点は今後改良が必要である。しかし、今までヒューマンエラー語の抽出をするのに、専門家が列挙していたのに比べ、コンピュータにより自動的に生成されるヒューマンエラー語候補の中から取捨選択する方法の方が、得られるヒューマンエラー語の再現性が高くなり（作業者による違いが少なくなった）客観性の高い検査を行うことができた。

生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究

一大規模施工システムを対象とした危険性評価技術の開発

機械システム安全研究グループ 佐々木哲也

1. 緒言

大規模システムの破壊は重大な災害をもたらすと考えられるため、強度的に十分な安全裕度を有している必要がある。しかし、実際に大規模システムを構築し、維持していくためには経済性の問題を無視できないから、破壊に対する信頼性を定量化することにより、必要十分な安全裕度を設定することが望ましい。そこで本研究では、大規模システムの破壊を主たる対象として、信頼性の定量化を可能にするための手法を開発している。本年度は、大規模プラントの構成要素として重要な压力容器や配管等の破壊に対する信頼性評価を可能にするために、2パラメータ法に基づく信頼性評価手法を開発した。

2. 2パラメータ法に基づく信頼性評価手法

2パラメータ法は小規模降伏状態における応力拡大係数クライテリオンと全断面降伏状態における応力クライテリオンを組み合わせることによって、任意の降伏状態において欠陥からの弾塑性破壊を評価する手法である。

実際に2パラメータ法を適用するためには、まず、応力拡大係数  $K$ 、荷重  $P$  に関する無次元パラメータ  $K_r$ 、 $L_r$  を次式で定義する。

$$K_r = \frac{K}{K_{Ic}} \quad (1)$$

$$L_r = \frac{P}{P_y} \quad (2)$$

ここで、 $K_{Ic}$  は平面ひずみ破壊靱性、 $P_y$  はき裂部材の塑性降伏荷重である。

本研究では簡単のため、材料の応力-ひずみ曲線に依存しない保守的な破壊評価曲線を用いた場合について、確率変数の分布形状を考慮した FORM (First-Order Reliability Method) の適用を試みる。いま、欠陥サイズ  $a$ 、荷重  $P$ 、降伏応力  $\sigma_y$ 、平面ひずみ破壊靱性  $K_{Ic}$  の4個を確率変数と見なして基本変数ベクトルを  $X=[a, P, \sigma_y, K_{Ic}]^T$  とする。このとき、保守的な取り扱いとして、延性き裂の進展開始を最終破壊と見なせば、R6法オプション1の破壊評価曲線に基づく限界状態関数  $g(x)$  は、次式で表される。

$$g(x) = \begin{cases} \frac{\sigma_f}{\sigma} - L_r & \text{for } L_r > \frac{\sigma_f}{\sigma} \\ (1 - 0.14L_r^2 - 0.3 + 0.7\exp(-0.65L_r^6)) & \\ -K_r & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$X, g(x)$  をそれぞれ標準正規確率空間上の  $U, \alpha(u)$  に変換し、制約条件付き非線形最適化問題

$$\begin{aligned} \sqrt{u^T u} &\rightarrow \min. \\ \text{Subject to } &\alpha(u) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

を解くことにより、原点から限界状態局面までの最短距離として信頼性指標  $\beta$  が求められる。この結果を基に、FORM や重点サンプリング・モンテカルロシミュレーションによって破壊確率  $P_f$  を評価することも可能である。

3. 数値解析例による検討

図1に示すようなき裂半角  $\theta$  (き裂半長  $c$ ) の周方向貫通き裂を有する外半径  $R_o = 354.59\text{mm}$ 、板厚  $t = 33.77\text{mm}$  の配管に曲げモーメント  $M$  が作用しているについて解析を行った。その結果、図2に示すように、FORM、原始的モンテカルロシミュレーション、重点サンプリング・モンテカルロシミュレーションによる破壊確率には、破壊様式や破壊確率に関わらず、実用上問題となるような差はなく、FORMによって実用十分な精度で効率的に破壊確率の評価が可能であることが示された。

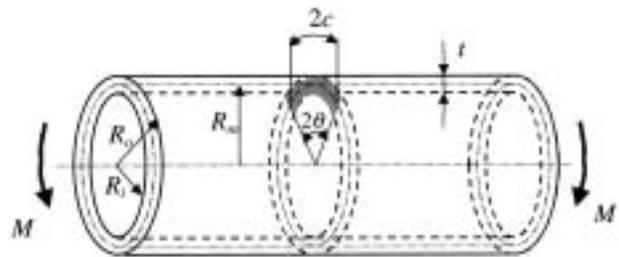


図1 曲げを受ける周方向貫通き裂付き配管

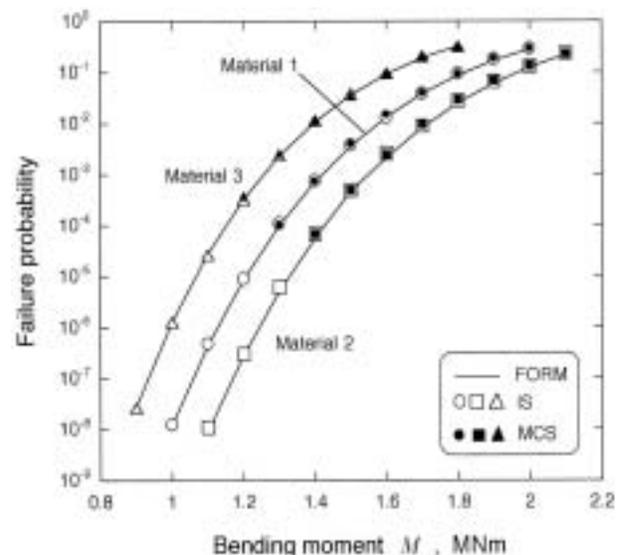


図2 種々の方法による破壊確率の計算結果

生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発  
 一建設用ロボットを対象とした安全制御技術の開発一  
 （施工作業用ロボットの安全制御システムの開発）

機械システム安全研究グループ 池田博康，清水尚憲

1. はじめに

人間と混在する作業環境下で移動する建設用ロボットには，従来の産業用ロボットの安全対策がそのまま適用できず，新たな系統的な安全設計が求められる。そこで，人間と時には接触しながら動作する施工作業用ロボットを対象にして，作業員へのリスクを低減するための階層化された安全制御システムを構築した。

2. 施工作業用ロボット概要

屋内内装等の施工作業を行うロボットは，双腕マニピュレータが搭載された無軌道式移動ロボットの形態であり，標識誘導されながら作業対象を運び，目的位置に停止後に作業員と共同で作業対象の設置を行う。

移動機構は路面状況により3車輪とクローラを切り替える構造とし，自在な移動を可能としている。マニピュレータは自由度多関節型構成とし，主要3軸にはブレーキとクラッチを組み合わせた力出力制限機構を設けて，アクチュエータの力及び速度の抑制を行う。

移動機構とマニピュレータは各々独立して機能的に制御されるが，これらの制御装置の上位にダイバシティ安全コントローラを配してインタロック等の安全関連信号を優先的に処理する階層制御を実現する。

3. 移動機構のための階層化安全制御システム

本ロボットに対するリスクアセスメントを行うと，作業員とロボットとの距離が大きいほど見積られるリスクは低くなるため，高速走行や障害物回避等の機能的な走行制御が可能となる。ロボットが作業員に近づくにつれ高リスクとなるため，走行制御は低速に制限されて最後は停止に至る。

以上の走行制御を実現するため，図1に示すように複数のセンサを階層的に配置して各々に独立した機能を持たせた。まず，機能的な走行制御は，ロボット上のステレオカメラにより5m前方の物体を捉え，障害物と認識される場合は回避し，標識と識別されたものは，改めてCCDカメラによって識別処理されて自律走行を行う。ロボット前方3mからは超音波センサと赤外線センサ（遠方）の監視領域となり，これらのセンサのどちらかが障害物（人間存在）を検知すると，ロボットは低速モードに移行する。そして，ロボット前方1mで赤外線センサ（近間）が検知すると，ロボットは一時停止して次の走行指示の待機状態となり，条件付きでロボット上のバンパに接触する（0.45m）ま

での動作が許容される。

これらのセンサ類は，高リスク対応であるほど安全性能は高くなければならず，本ロボットでは次の順序で安全性能が順位付けられる。

- (1) ステレオ・CCDカメラ+ビジョンコントローラ
- (2) 赤外線センサ（遠方）+超音波センサ+安全コントローラ
- (3) 赤外線センサ（遠方，近間）+超音波センサ+安全コントローラ
- (4) 軟接触式バンパ+安全コントローラ

赤外線と超音波のセンサは故障時に障害物を検知できない恐れがあるが(2)では二重化と安全コントローラの管理により，さらに(3)はセンサの三重化によって安全水準を向上させている。(4)は安全確認型センサが組み込まれている。

図2は，本ロボットの移動機構前面に配置した障害物検知用センサ類の検知特性であり，階層的に検知領域が設定されていることが分かる。

なお，ロボット本体の転倒やマニピュレータによる挟圧に対しても，同様に階層化安全制御が実現される。

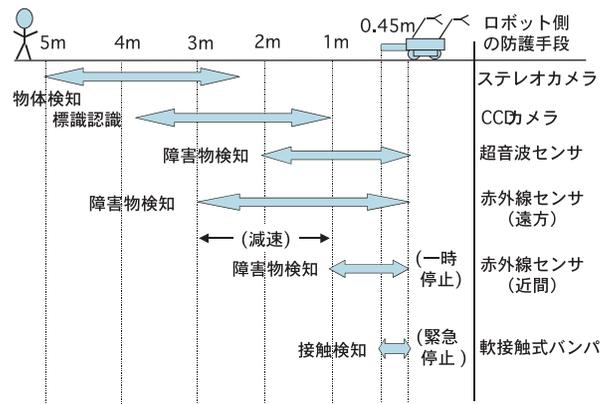


図1 走行制御のためのセンサ階層と機能

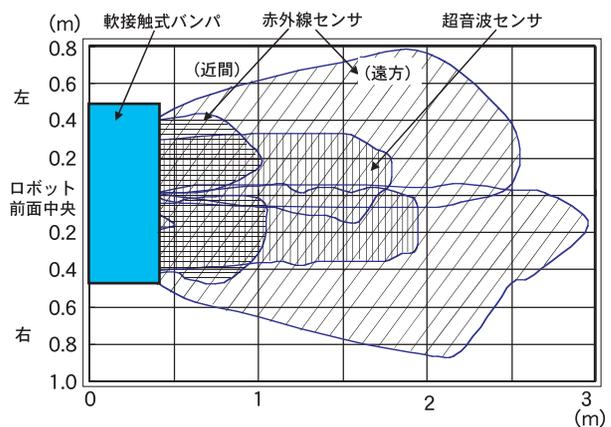


図2 模擬人体に対する走行制御用センサの検知特性

生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究

—建設用ロボットを対象とした安全制御技術の開発—  
(ロボットビジョンシステムの開発)

境界領域・人間科学安全研究グループ 呂 健

1. はじめに

本研究では、施工作業ロボットの自律走行を行うための画像式センシング技術の確立を目的として、障害物検出と標識認識の二種の機能からなるロボットビジョンシステムの開発研究を行った。本年度に、主に標識認識プログラムの試作及び本体改造に伴う車台高度増加で生じた障害物検出の死角問題の解決を行った。ここで、試作した標識認識プログラムによる実験結果及び死角問題の解決策について説明する。

2. 標識認識機能実験

標識認識機能とは、ロボットの走行経路を制御するため、走行前方に置いた経路制御標識を画像認識の手法で自動的に判別するものである。現在の設計では、図1に示したような10種類の図案の標識がある。

図1の図案を対象として、テンプレートマッチング法で標識認識実験を行ったときの結果(正規化相関値

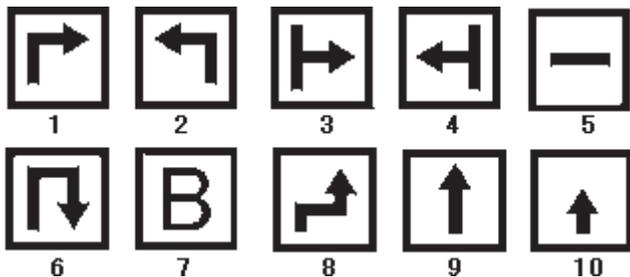


図1 標識用図案

表1 標識のテンプレートマッチング

|    | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9 | 10 |
|----|---|----|----|----|----|----|----|----|---|----|
| 1  |   | 14 | 15 |    |    | 15 |    |    |   |    |
| 2  |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |
| 3  |   |    |    | 12 | 37 | 18 |    | 15 |   |    |
| 4  |   |    |    |    | 42 |    |    |    |   |    |
| 5  |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |
| 6  |   |    |    |    |    |    | 27 | 18 |   |    |
| 7  |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |
| 8  |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |
| 9  |   |    |    |    |    |    |    |    |   | 33 |
| 10 |   |    |    |    |    |    |    |    |   |    |

0~100%)を表1に示す。表1の見方は、例えば、1行目が1番の図案(右折)をテンプレートとしたときの他の図案との相互相関値を表す。なお、相関値10%未満の場合は空欄にしている。上表より相互相関値は高々42%であり、実用するときの画像劣化を考慮してもテンプレートマッチングで十分識別可能である。

3. 障害物検出の死角問題及び解決策

障害物検出機能とは、ロボット走行前方にある一定大きさを有し、乗り越えない物体またはそれが標識ものであるかを3次元画像認識手法で判別するものである。その入力用カメラは固定焦点のレンズしか使えないので、カメラの取り付け位置の高度によって、死角問題が生じる。本年度にロボット本体の改造と車台高度増加の実施に伴い、障害物検出用カメラの取り付け位置の高度が増加したため、当初の標準レンズをそのまま使用すると、死角が増大する。一方、死角改善を図るには、広角レンズを利用する手法を考えるが、カメラのCCD面積及び画像処理装置で扱う画素数の増加は簡単にできないため、同じ大きさの物体に対し、標準レンズの画像(図2(a))より、広角レンズの画像(図2(b))に占める画素数が少なく、測量精度が低減する。そこで、広角レンズで入力した画像に対し、画素間補間法を用いて、測量精度の倍増を達成した。これで、車台高度増加で生じた死角問題を解決し、ロボットの自律走行への適用が可能となった。



(a)



(b)

図2 標準レンズ画像(a)と広角レンズ画像(b)

生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発  
 一大規模生産システムを対象とした安全制御技術の開発  
 一

機械システム安全研究グループ 梅崎重夫  
 重点研究支援協力員 小林茂信

1. はじめに

最近の安全技術の国際化に伴い、機械設備を対象とした安全制御の分野でも ISO/IEC 規格に規定された安全方策が必要とされている。この方策を実施する場合、磁気を使ったパワーリードスイッチは安価で信頼性が高く、故障時にフェールセーフな特性を実現でき、電磁ノイズ環境の影響も受けにくいいため、高度な安全方策を実施する上で必須の要素と考えられる。そこで、パワーリードスイッチを使った応用システムとして、産業用ロボットのホールド停止監視装置を検討した。

2. システム構成

図1に、開発したホールド停止監視装置の構造図を示す。この装置は、①ロボットの駆動軸と一緒に回転するマグネットホルダー、②マグネットホルダー内に

収納した永久磁石、③マグネットホルダーの周囲を取り囲む円筒形のスイッチホルダー、④スイッチホルダー内に収納されたパワーリードスイッチからなる。

この構成により、万一ロボットのホールド停止中に暴走に至ったときは、スイッチのオン/オフの状態が変化するので、これを検出してロボットを停止させる。

3. 実験結果

実験は、永久磁石2個で4個のパワーリードスイッチを駆動させる方式を採用した。図2(a)は、そのときの実測結果である。図からも明らかなように、永久磁石の作動範囲(以下「動作領域」と呼ぶ)を90度だけ動かしたとき、パワーリードスイッチがオンを維持する範囲(以下「復帰領域」と呼ぶ)は128度となり、隣接するパワーリードスイッチ間で復帰領域がオーバーラップするという問題が生じた。

そこで、このオーバーラップをなくすために隣接するパワーリードスイッチの間に磁気遮蔽板を設置した。図2(b)は、そのときの実測結果である。図からも明らかなように、復帰領域は92度まで縮小でき、駆動軸の暴走を迅速に捉えることが可能となった。なお、本研究の一部は、民間企業との共同で実施した。

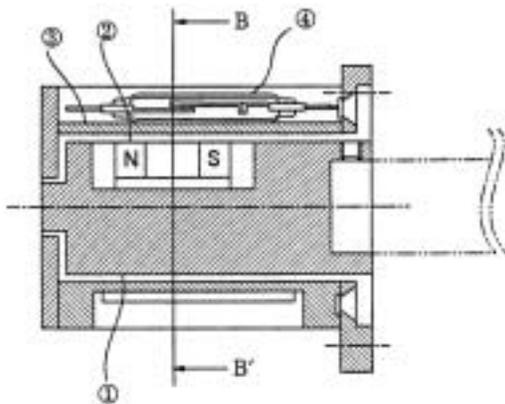


図1 試作したホールド停止監視装置の構成

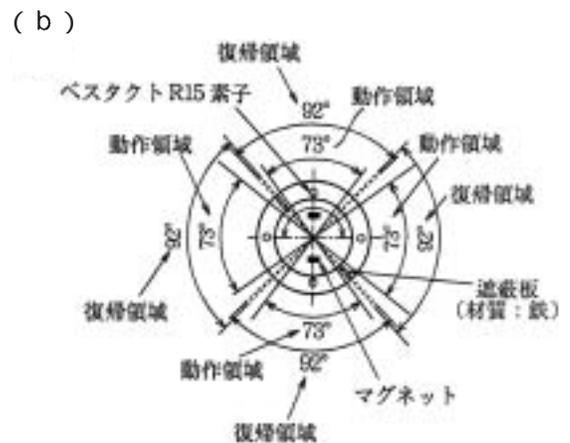
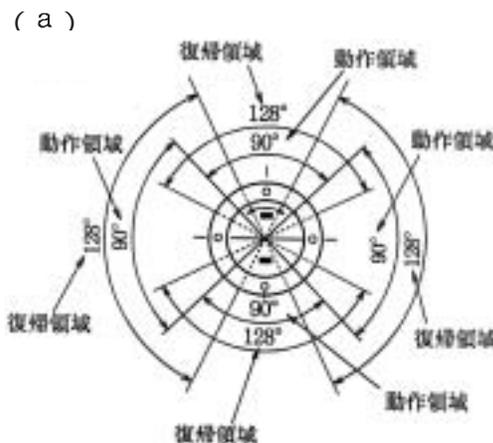


図2 試作したホールド停止監視装置の実験結果

建設機械の保守管理システム高度化のための損傷評価技術の開発

移動式クレーンの荷重モニタリング

機械システム安全研究グループ

吉見雅行, 吉久悦二, 前田 豊  
佐々木哲也, 本田 尚

1. 研究目的

移動式クレーンなどの建設機械では、定期的に行う保守検査により安全性を確認して維持する体制が採られている。しかし、負荷が個々の機械毎に大きく異なり、使用条件によっては次回の検査までに不安全な状態が生じたり、逆に、厳密に管理されている機械では、検査間隔の延伸が可能となる場合もあるため、現行とは異なる保守管理体制の検討が望まれている。

本研究では、移動式クレーン稼動時の主構造部材の負荷特性を明らかにし、その結果に基づいて、過負荷防止装置などを利用した負荷モニタリング装置について検討することを目的としている。

2. ラチス式ジブクレーンのひずみ測定

日立建機(株)ヤード内にてクレーン動作時のひずみ測定実験をした。用いたクレーンは、フルラフティング基本仕様の日立建機製CX900(27mタワー, 19mジブ, つり上げ荷重15ton)である(図1)。この機種では、タワーを90度から60度の範囲で自由に起伏させ、同時にジブを起伏させる作業が可能である。タワー及びジブの26箇所にはひずみゲージを貼付し、表1に示した動作条件下のひずみ波形を採取した。また、起伏力(起伏ロープ張力)、タワーおよびジブの起伏角、回転速度も同時に測定した。図2, 図3はタワー起伏角60度、基本動作時(地切り, 巻上げ, 旋回, 巻下げ, 着地)のタワー根元の軸ひずみ, 起伏力, 回転速さの測定結果(中速旋回時, 高速旋回時)の一例を示したものである。本測定実験結果は、今後実施する工事現場での実稼動下負荷測定実験の測定項目の決定, 測定データの解析等に用いる予定である。



図1 測定実験風景

表1 測定動作一覧

|  |
|--|
| クレーン状態   |
| ・タワー起伏角: 90度, 60度<br>・吊り荷質量: 0ton, 3ton, 7ton, 12ton   |
| 動作一覧   |
| ・タワー引き起こし<br>・地切り, 巻上げ, 旋回, 巻下げ, 着地<br>・水平引込み, 旋回+(巻上げ, ジブ起伏)<br>・タワー起伏, タワー起伏+旋回, タワー起伏による水平引込み, 空フック自由落下 |
| 動作速度   |
| ・高速旋回, 中速旋回  |

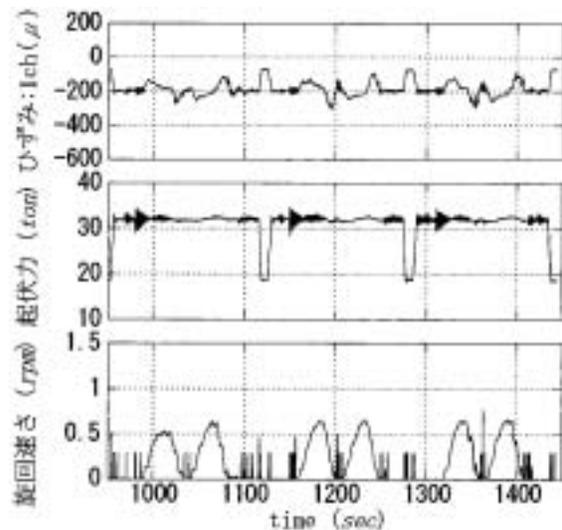


図2 基本動作時(中速旋回)の測定データ

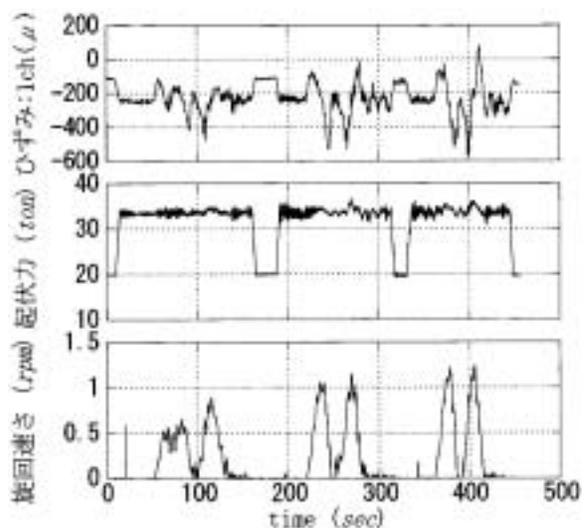


図3 基本動作時(高速旋回)の測定データ

建設機械の保守管理システム高度化のための損傷評価技術の開発

—構造部材の損傷検出技術の高度化—

機械システム安全研究グループ 本田 尚, 吉久悦二

1. はじめに

建設機械は、個々の機械によって使用中の負荷の大きさ・頻度が異なることから、使用状況に応じた検査間隔を導入することが望まれている。このように使用状況に応じた検査間隔を導入するには、構造部材に発生する損傷を早期かつ確実に検出するとともに、その大きさを正確に評価する技術が必要である。

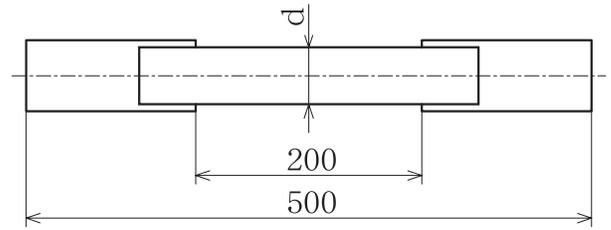
そこで本研究では、損傷検出方法として赤外線応力測定法に着目し、移動式クレーンのジブを模擬した円管溶接構造物に、この手法の適用を試みた。

2. 赤外線応力測定法のトラス構造物への適用

赤外線応力測定法は、物体が断熱変形する際に温度変化を生じる現象を利用し、物体表面の応力分布を2次元的に求める方法である。したがって、円管のように3次元形状をした試験体では正しい応力分布が得られない可能性がある。そこで、図1に示すような直径の異なる円管試験体の応力分布を計測し、曲面に対する計測精度を調査した。また、図2に示すような円管溶接試験体を作成し、両端の溶接止端部による応力集中が計測できるかを検討した。

3. 実験方法および結果

応力測定には、196kN容量の電気油圧式サーボ疲労試験機を使用し、試験体平滑部の応力変動幅 $\Delta\sigma$ が60MPaになるよう、試験体長手方向に一定振幅荷重を荷重した。図3に試験体中央の負荷軸方向に垂直な方向の応力分布を示す。直径50mmの試験体 Type Aは、若干のばらつきはあるものの、試験体の端までほとんど均一な応力が得られている。一方、直径100mmの試験体 Type Bでは、試験体中心軸上で応力が最低になり、端にいくに従って応力が大きくなっている。そこで、ひずみゲージにより、実応力を測定したところ、やはり同様の結果が得られた。このことから、試験体 Type Bでは直径100mmに対して平行部が200mmと短いため、応力が均一に分布しなかったのが原因と考えられる。このように、赤外線法の円管への適用は十分可能であることが分かった。そこで、図2に示す模擬溶接試験体の応力分布を赤外線法で計測したところ、図4に示すように、試験体端部に溶接止端の応力集中部を計測することが出来た。



| 単位 mm |        |        |
|-------|--------|--------|
|       | Type A | Type B |
| d     | 50     | 100    |

図1 基本円管試験体寸法

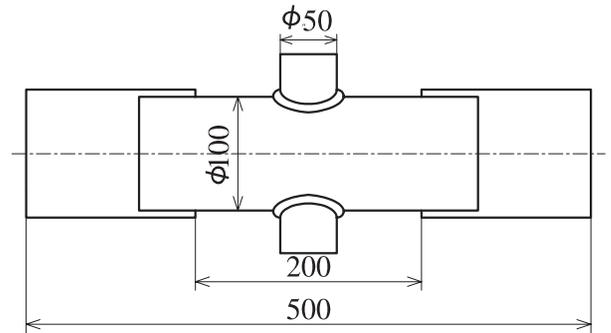


図2 模擬溶接試験体寸法

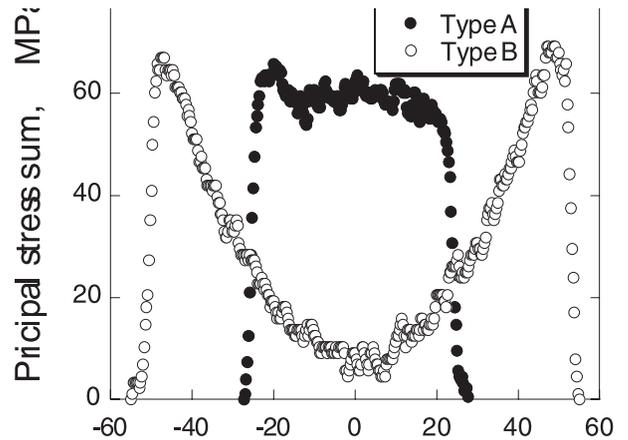


図3 負荷軸に垂直な方向の応力分布

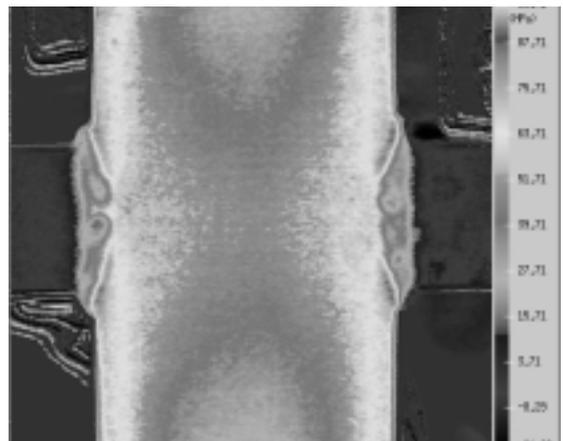


図4 模擬溶接試験体の溶接止端部の応力分布

# 建設機械の保守管理システム高度化のための損傷評価技術の開発

## 一接合部材の疲労損傷モニタリング技術の開発一

機械システム安全研究グループ 佐々木哲也  
本田 尚

### 1. 緒言

建設機械の破壊事故防止は、負荷データと非破壊検査の損傷検出限界値から導き出された適切な保守点検間隔に従った定期点検によって達成されると考えられる。しかし、実際には旋回輪ボルトのように非破壊検査が困難な場所もあるし、非破壊検査における欠陥の見落としの可能性も排除できない。

そこで本研究では、建設機械の構造部材、特に接合部に発生する疲労き裂をひずみゲージ等の既存のセンサーを用いてリアルタイム・モニタリングする技術を開発することを試みる。今年度は、まず実験に必要なデータ収集システムを構築するとともに、継手模擬試験片を用いた予備実験を行い、重ね継手における疲労損傷の特徴を明らかにする。

### 2. 実験システムの概要

本年度構築した実験システムの概要を図1に示す。現時点では、損傷検出用センサーとしてひずみゲージを用いることを前提にしている。これは、ひずみゲージが、高感度・軽量・安価であると同時に、技術的にも完成しているという点を考慮したためである。

構築したシステムでは、ひずみゲージの出力は動ひずみアンプで増幅された後にA/D変換器でデジタル・データに変換される。このデータは、USB経由でパーソナルコンピュータに転送され、保存や解析処理が行われる。

### 3. 予備実験の概要

本研究では、接合部材の疲労損傷をモニタリングの対象とするため、接合部材の疲労き裂進展挙動をあらかじめ明らかにしておく必要がある。そこで、予備実験として重ね継手模擬試験片を用いた疲労試験を行った。図2に予備実験に使用した重ね継手模擬試験片を示す。この試験片は、母板(10mm厚)を2枚の添接版(5mm厚)で挟んだ2面せん断継手であり、ファスナにはM8の高張力ボルト6本(3列2段)を使用している。また、母板、添接版の材料はいずれもアルミニウム合金2024-T3である。

予備実験における疲労き裂進展曲線の一例を図3に示す。予備実験の結果から、疲労き裂は常に荷重端側の段のボルト孔から発生し、条件によってはいわゆるマルチサイト損傷状態となることが明らかになった。

### 4. 今後の予定

今後は、本年度構築した実験システムと予備実験に使用したものと同等の重ね継手模擬試験片を用いて、ひずみゲージによる疲労損傷モニタリング実験を行う予定である。

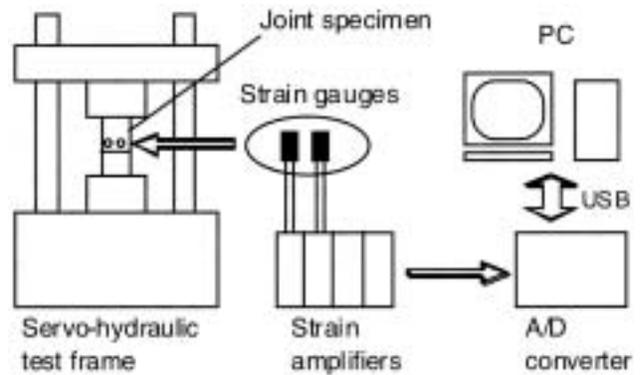


図1 実験システムの概要

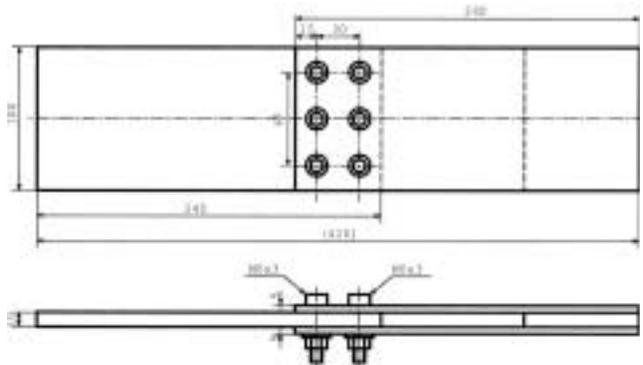


図2 予備実験用重ね継手模擬試験片

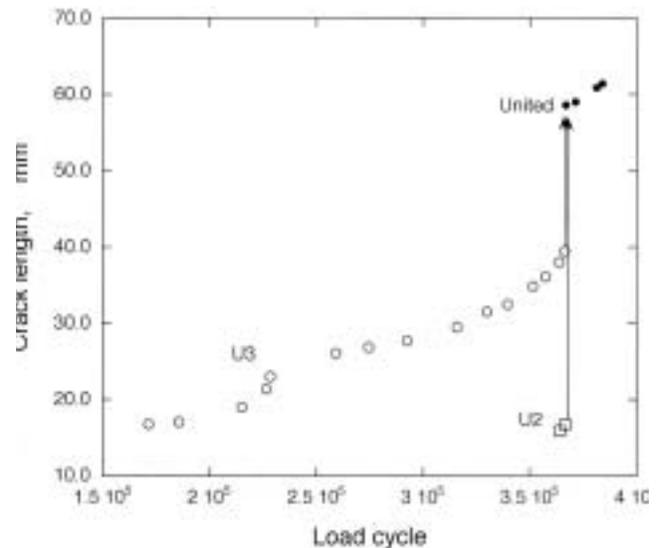


図3 予備実験における疲労き裂進展曲線の一例

建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究 —建設作業現場における不安全行動の発現とその対策に関する研究—  
(安全意識と風土の認識の職位による相違)

境界領域・人間科学安全研究グループ 庄司卓郎  
江川義之  
重点研究支援協力員 奥水ヒカル

1. はじめに

建設現場における労働安全の推進のために、作業員の安全意識やそれを誘発する安全風土の醸成に関心が注がれている。

しかし、作業現場の風土に対する感じ方は、現場職員(元請会社)と職長(協力会社)などのように職位によって異なり、風土から受ける影響にも違いがみられる。

本研究では、安全意識および安全風土の認識とそれらの関係の職位による違いについて検討した。

2. 研究方法

前年度に引き続き、大手建設会社12社の作業現場で働く現場職員と協力会社の職長(各300部)を対象に行った質問紙調査票データのより詳細な解析を行った。なお、回収率は約82%であった。

3. 研究成果

(1) 因子スコアの相違

作業現場の安全意識の8因子について、現場職員と職長による回答パターンの違いを図1に示す。「上下関係」、「あうんの呼吸」、「技術・能力」では有意に職長でスコアが高く( $p < 0.01$ )、逆に「自律性」では現場職員でスコアが高かった( $p < 0.05$ )。

同様に安全意識の8因子に関する両者の差異を図2に示す。「厳しい態度」は現場職員で、「工期重視」と「危険軽視」は職長でスコアが高く(いずれも $p < 0.01$ )、本音と建て前が現れたものと受け取られた。

(2) 現場風土と安全意識の関連の違い

現場風土と安全意識の関連を表1(現場職員)および表2(職長)に示す。表中では有意な相関が見られた箇所におよび\*\*を記している。現場職員、職長とも、安全意識は現場の風土と関連があることが示され、特に職長においてその関連が強いことが明らかになった。

4. まとめ

今回の調査および分析から、現場風土の認識、安全意識および両者の関係に、現場職員と職長の間で相違が見られることが明らかになった。作業現場において作業員の安全意識を高めるためには、管理者側の視点からだけでなく、作業員の側からの意見も採り入れた安全管理および風土づくりが必要である。

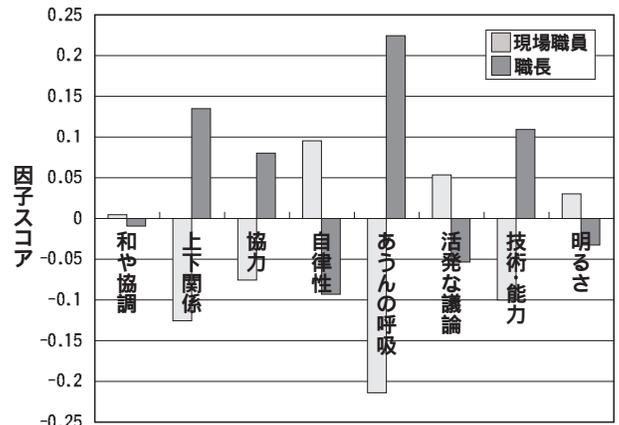


図1 現場風土因子スコアの属性による相違

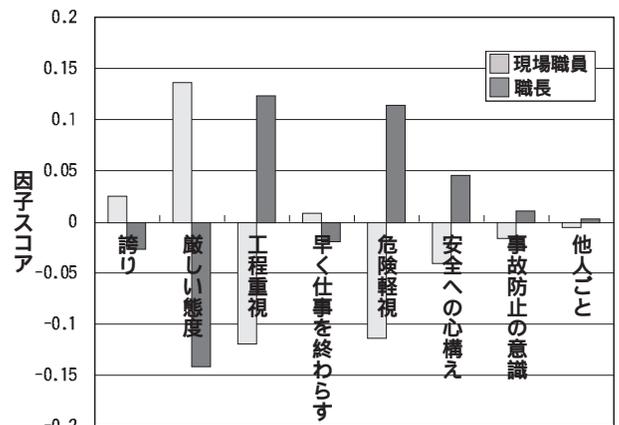


図2 安全意識因子スコアの属性による相違

表1 現場風土と安全意識の関係(現場職員)

|             | 現場の風土 |      |    |     |        |       |       |     |
|-------------|-------|------|----|-----|--------|-------|-------|-----|
|             | 和や協調  | 上下関係 | 協力 | 自律性 | あうんの呼吸 | 活発な議論 | 技術・能力 | 明るさ |
| 誇り          |       | **   |    | *   |        |       |       | *   |
| 安 厳しい態度     |       | **   |    |     | **     |       |       |     |
| 全 工期重視      |       | **   | ** |     | *      | **    |       |     |
| 意 早く仕事を終わらす | **    | **   | ** | **  | *      | **    |       | **  |
| 識 危険軽視      |       | **   | ** | *   |        | **    |       |     |
| 安全への心構え     |       |      |    |     |        |       | **    | *   |
| 事故防止の意識     |       |      |    |     |        |       |       |     |
| 他人ごと        | *     | **   | ** | **  |        | **    |       | **  |

\*\* :  $p < 0.01$  \* :  $p < 0.05$

表2 現場風土と安全意識の関係(職長)

|             | 現場の風土 |      |    |     |        |       |       |     |
|-------------|-------|------|----|-----|--------|-------|-------|-----|
|             | 和や協調  | 上下関係 | 協力 | 自律性 | あうんの呼吸 | 活発な議論 | 技術・能力 | 明るさ |
| 誇り          | **    | **   | ** | **  |        | **    |       | **  |
| 安 厳しい態度     | **    | **   | ** | **  |        | **    |       | **  |
| 全 工期重視      | **    | **   | ** | **  |        | **    |       | **  |
| 意 早く仕事を終わらす | **    | **   | ** | **  |        | **    |       | **  |
| 識 危険軽視      | **    | **   | ** | **  |        | **    |       | **  |
| 安全への心構え     |       |      |    |     |        | **    |       |     |
| 事故防止の意識     |       |      |    |     |        |       |       |     |
| 他人ごと        | **    | **   | ** | **  | **     | **    |       | **  |

\*\* :  $p < 0.01$  \* :  $p < 0.05$

**建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究 —建設作業現場における不安全行動の発現とその対策に関する研究—  
(暑熱環境における模擬建設作業のパフォーマンス)**

境界領域・人間科学安全研究グループ 庄司卓郎  
江川義之  
重点研究支援協力員 輿水ヒカル

**1. はじめに**

建設作業は通常は屋外で行われるため、暑さ、寒さなど作業環境の影響を避けられない。特に、作業自体が、長時間の継続的で身体的な負荷を含むこともあり、夏季においては暑さが問題となる。

「暑さがヒューマンエラーを引き起こす」という直接的原因としての報告はみられないものの、一般に、暑い環境では作業パフォーマンスは低下することが知られている。暑熱環境下での作業が、生理・心理的な変容を引き起こし、パフォーマンスや危険事象に対する注意力や認知機能の低下を招き、ヒューマンエラーの誘発要因となる可能性は無視できないと考えられる。

本研究では、夏季の作業環境を再現した恒温恒湿室における模擬建設作業中の作業パフォーマンス、注意力、認知機能および生理・心理機能の変化を調べることにより、暑熱環境が生体機能の変容およびヒューマンエラーの発生に与える影響を検討した。

**2. 方法**

(1) 実験方法

建設作業中に作業の危険に関する注意を聞き逃したり、誤った判断を下したりすることから危険に直面する状態を想定し、作業中の注意力や認知機能の推移を模擬建設作業と音声刺激による二重課題法を用いて検証した。二重課題として以下の課題を行わせた。

- 1) 主作業 模擬建設作業
  - ・ 柵の組み立て、運搬、解体作業
- 2) 副次課題 作業中の危険に関する情報
  - ・ 音声刺激：特定の番号に反応
  - ・ 認知仮題：PCを用いたパフォーマンステスト

(2) 実験条件

- ・ 温度：3条件 (35℃, 29℃, 23℃)
- ・ 湿度：50%一定
- ・ 作業時間：90分

(3) 測定項目

- 1) 主作業パフォーマンス
  - ・ 作業中のルール違反数, 不安全行動数 等
- 2) 副次課題
  - ・ 聞き逃しエラー数, 反応時間数, 正答率数 等
- 3) 生理指標

・ HR (心拍数), 深部体温 等

4) 心理指標

・ 作業中の温冷感, 身体疲労度, 精神疲労度 等

**3. 研究成果**

(1) 主作業中のパフォーマンス

作業中のルール違反数, 不安全行動数は, 35℃条件で最も多かった。

副次課題の音声刺激に関しては, 図1に示すように23℃, 29℃, 35℃の順に聞き逃しエラーが多かった。また, 各条件とも時間の経過に伴い, エラー数が増加した。分散分析の結果, 経過時間と温度条件の有意な効果が観察された( $p < 0.05$ )。

(2) 生理指標

HRと深部体温は, 時間が経過するとともに上昇した。特に35℃条件ではそのペースが急激であった。このことから, 35℃条件での作業は生理的にも負担が大きいと考えられる。

(3) 心理指標

身体疲労度, 精神疲労度は, 時間の経過とともに訴えが増加した。特に35℃条件でその傾向が強かった。

**4. 結論**

暑熱環境下での作業に関して, 下記のことが明らかになった。

- ・ HRの増加や深部体温の上昇, 疲労感の増大などの生理・心理的な変容を招く
  - ・ 聞き逃しエラーの増加など, パフォーマンスの低下が引き起こされる
  - ・ これらの傾向は特に作業の継続に伴い顕著となる
- 以上のことから, 夏季の作業中では, 作業員の生理・心理状態に注意を払うとともに, 休憩の挿入などの作業管理面からの対策がヒューマンエラー防止に必要である。

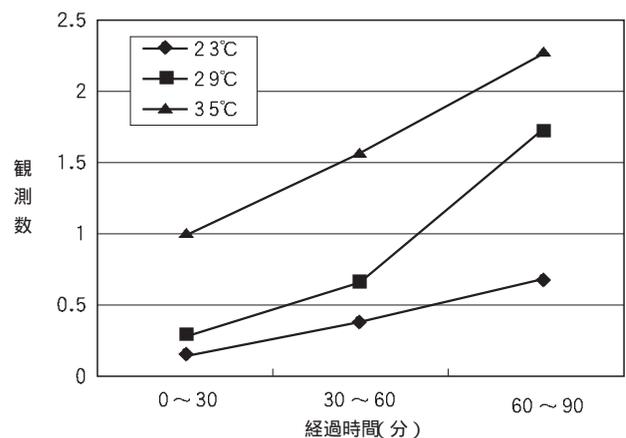


図1 音声刺激聞き逃しエラー

# 建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究 —建設作業現場における視覚情報処理過程とヒューマンエラーに関する研究—

境界領域・人間科学安全研究グループ 中村隆宏  
深谷 潔  
重点研究支援協力員 興水ヒカル

## 1. はじめに

ヒューマンエラーの発生原因の多くは人間の認知的処理段階にあり、特に視覚情報の重要性が高い。しかし、視覚的認知処理過程において生じるヒューマンエラーの観点から建設作業現場における効果的安全対策について検討した研究は極めて少数である。さらに、これまでに行われている教育手法、教育効果に関してその効果を客観的に評価し改善へと結びつけるための手法は、必ずしも十分に検討されていない。これらの問題点を踏まえ、作業員の不安全行動の防止、ヒューマンエラーによる災害防止に効果的な対策を講じる必要がある。

## 2. 建設作業現場における視覚情報獲得に伴うヒューマンエラー

視覚情報の獲得に伴うヒューマンエラーに関する検討として、時間的圧迫（タイムプレッシャー；TP）状況下において、建設機械の操作ならびに有効視野の変化に関する測定実験を行った。

被験者は6名（平均年齢 $21.3 \pm 1.0$ 歳、掘削機操作未経験、うち視力矯正3名）であった。被験者には、一定の期間で掘削機シミュレータの操作に習熟にさせた。操作習熟の後、TPなし条件とTPあり条件で掘削機シミュレーターを用いた掘削作業を行わせた。その際、周辺視パフォーマンスを検証するため、副次課題としてターゲット検出課題を課した。これは、周辺スクリーンの一定範囲にランダムに提示される黄色と赤色のターゲットを検出し、出来るだけ早く対応するボタンで反応する、という課題である。

積み込み作業1回あたりの平均作業時間を比較したところ、TPあり条件はTPなし条件よりも短いことが確認された（ $t(344)=6.08, p<.01$ ）（図1）。作業ミスに関しては若干の差が見られたが、有意ではなかった（図2）。

一方、ターゲット検出課題においては、操作を行わない統制条件とTPあり／なしの3条件間で比較を行った。これまでの分析からは、統制条件と実験条件の差は認められるものの、TPの影響を明確に確認出来る結果は得られていない。これは、実験状況で被験者にTPを与えることの困難性を表すものであると考え

られる。今後、より詳細なデータの解析作業を行う必要がある。

## 3. 建設作業現場における不安全行動防止のための訓練装置の検討

不安全行動の防止に効果的な訓練手法を検討するための『危険事象擬似体験装置』の開発に先立ち、プログラム内容・提示方法・シナリオ等に関する検討を行った。これは、従来の掘削機シミュレータに改良を加え、オペレータ自身が被災する災害パターンをシミュレートするものである。シミュレーションの内容は、吊り荷作業、斜面走行、トラックへの積み込み・積み卸し作業とした。併せて、従来の掘削作業場面における重機との接触災害を再現する仕様を追加した。現在、これらシナリオの試験稼働に基づき、シミュレーションのリアリティの観点からモデルの評価およびシナリオの妥当性に関する評価方法を検討している。

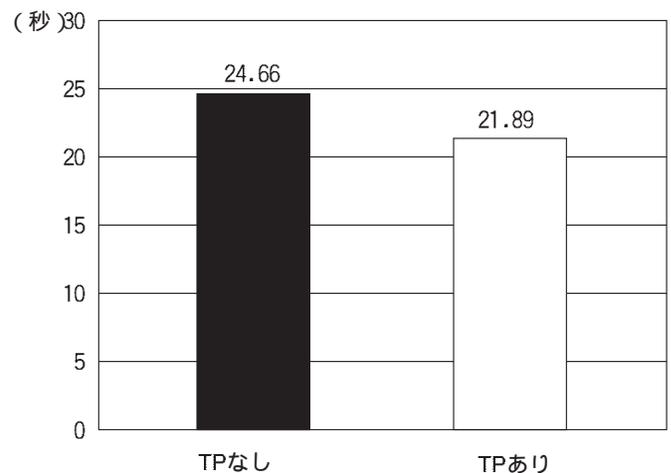


図1 条件別平均作業時間（積み込み1回あたり）

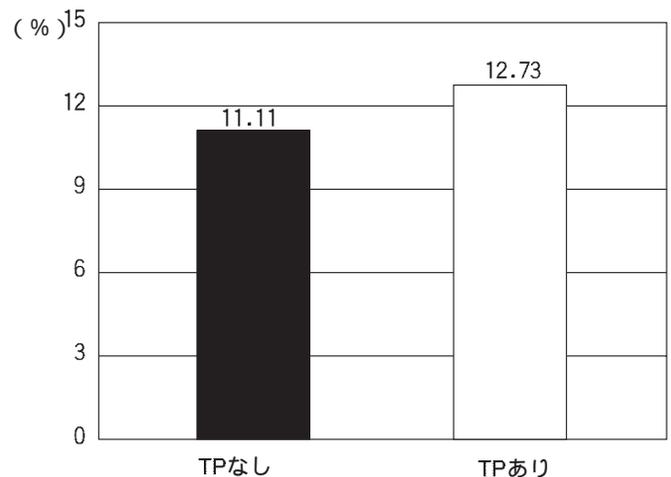


図2 条件別平均作業ミス率

**建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究**  
**ー建設作業現場における不安全行動と安全情報の伝達に関する研究ー**

境界領域・人間科学安全研究グループ 江川義之  
 庄司卓郎, 中村隆宏

**1. はじめに**

平成9から10年度, 当研究所と大阪大学の共同研究で, 154件の墜落災害事例の分析と817人の建設作業員に対する質問紙調査を行った<sup>1)</sup>, <sup>2)</sup>, <sup>3)</sup>。

その結果によると, ビル建築工事墜落災害の形成要因として, 「打合せが不十分による」災害が13.6%占めることが明らかになった<sup>1)</sup>。

さらに作業員の経験したヒヤリハットに関する質問紙調査結果では, 文献3) から引用した図1グラフに示した通り, 「作業前ミーティングが行われない」「作業の指示があいまい」などの質問項目に高い回答が得られた<sup>2)</sup>, <sup>3)</sup>。

そこで, 建設作業現場で情報(以下, 作業および安全に関する情報をさす)が現場の作業者に伝わらないことによる不安全行動に関して研究を行うことにした。

**2. 研究目的**

1) 建設作業現場で情報が伝わらない(あるいは間違っ  
 て伝わる)ことによる不安全行動を防止するために,  
 情報の内容・伝達方法・伝達状況が不安全行動におよ  
 ぼす影響について, 災害資料や作業現場面接調査を通  
 して調べ, その結果を整理する(研究項目1)

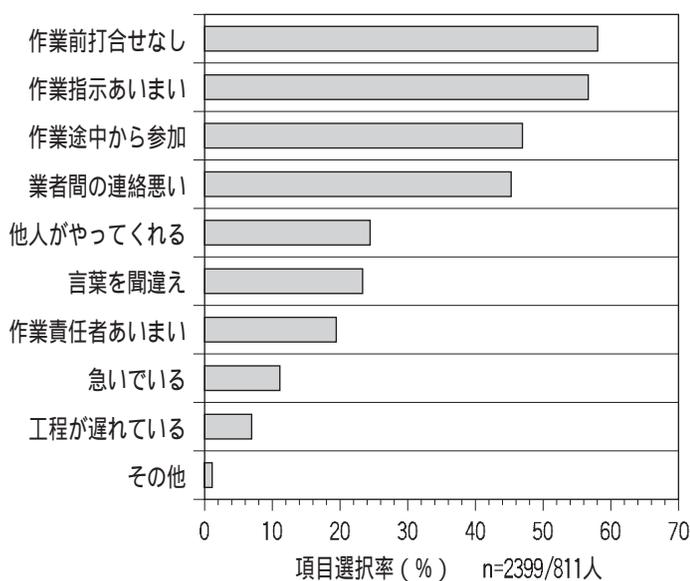


図1 質問紙調査結果(文献3から引用)

2) 研究項目1を行う過程で問題点が浮び上がった場合, 情報伝達条件を操作した模擬作業実験を行い, 情報伝達(内容・方法・状況)と作業行動の変容の関連性について検討する(研究項目2)

**3. 研究方法**

本年度は研究項目1に関して行い, 方法は建設作業現場におもむき, 現場所長・職長・作業者に面接調査を行った。

**4. 面接調査結果**

安全に関する情報の内容・伝達方法に関しては, 大きく2つに分けられる。

ひとつは建設会社の本社あるいは支社から現場に伝達される, いわば一般的情報であり, 安全帯・ヘルメット着用や最近の災害状況などの内容で, 文書・ポスターなどを用いて伝達される。他のひとつは, 現場所長あるいは職長から作業者に伝達される, 現場での個別的情報といわれるもので, 通行人の多い現場での落下物危険性や天候・気温に関わる作業上の注意内容である。伝達方法は口頭で伝達されることが多い。

特に現場の安全確保に重要なのは個別的情報である。現場所長や職長が, その現場固有の潜在的危険性を正確に予知して作業者に伝達することが必要である。伝達時において, 所長から作業者に伝達する一方向伝達型が採られることが多いが, 作業者に危険予知活動を行わせ, 所長も含め全員で考える, 双方向伝達型も有効と考えられる。

次に, 安全情報が伝達されにくい状況については, 工事進行計画に対して実際の進行が遅れている状況である。工事を早く進めなければならないため, 作業情報が優先してしまい, その作業で安全確保に必要な情報が欠落してしまう場合がある。また, 突然生じた作業でも同様であり, その作業を行わねばならない業者に, 現場の安全情報を伝達しないで, 至急作業に取り掛からせる場合がある。

**文献**

- 1) 鈴木芳美, 臼井伸之介, 江川義之, 庄司卓郎: 建設工事における墜落災害の人的要因に関する多変量解析, 産業安全研究所研究報告, NIIS-RR-97, p.21,(1998)
- 2) 鈴木芳美, 臼井伸之介, 江川義之, 庄司卓郎: 墜落災害防止に関する建設作業員への質問紙調査, 産業安全研究所研究報告, NIIS-RR-98, pp.93-105,(1999)
- 3) 鈴木芳美, 臼井伸之介, 江川義之, 庄司卓郎: 墜落災害の背景にあるヒューマンファクターに関する調査, 産業安全研究所特別研究報告, NIIS-SRR-No.22, p.11,(2001)

## 建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究

### 一高齢者における高所作業環境適正化に関する研究一

境界領域・人間科学安全研究グループ 江川義之  
庄司卓郎, 中村隆宏  
大阪大学大学院人間科学研究科 白井伸之介

#### 1. はじめに

平成13年の建設労働災害死亡者数は635人であった。その中で最も多かったのが墜落による災害であり265人で(次は建設機械災害), 41.7%を占めた。墜落死亡災害は最近10年間40%前後の比率を占めており減少の傾向を示していない。

さらに高齢化社会の到来にともない, 建設業は作業者の高齢化が進んでいる。

そこで, 高齢作業者の墜落災害を防ぐために, 高所作業の安全化に関する研究を行っている。

本年度は墜落死亡災害について, 災害資料をもとに, 高齢作業者のヒューマンエラーの側面から分析を行った。

#### 2. 調査方法

調査は当研究所に蓄積された墜落死亡災害資料をもとに, 平成9年から遡り, 50歳以上100例と40歳未満100例を分析対象とした。

墜落死亡災害を, 土木・建築・設備工事に分類すると, ビル・木造などの建築工事が約6割を占める。そこで作業として, 50歳以上と40歳未満の作業者のビル建築工事と木造建築工事を対象にした。

#### 3. 調査結果

表1に年齢と経験年数について示す。ビル建築工事に比較して木造建築工事は経験年数の長い作業者が墜落により死亡している。特に40歳未満ビル工事では平均経験年数4年の作業者が墜落しているのに比較して, 50歳以上の木造工事では経験年数30年以上の作業者が墜落により死亡している。

ビル工事と木造工事について, 墜落死亡者の職種について述べると, 木造工事では大工が約50%程度を占めた。しかしビル工事では鳶工・土工・現場職員・鉄筋鉄骨工・塗装配管工・その他と職種が多岐にわたっていた。

50歳以上木造工事で経験30年以上の者が墜落により死亡しているのは, 職種で大工が多い。40歳未満ビル工事で経験年数の浅い(4年程度)作業者が死亡していることを前述したが, 表2に職種と平均経験年数を示した。

現場職員は経験年数5年以上であるが, 鳶工・塗装

表1 年齢と経験年数

| 建築 工事      |      | 50歳以上 | 40歳未満 |
|------------|------|-------|-------|
| ビル<br>建築工事 | 年齢   | 59.9歳 | 26.8歳 |
|            | 経験年数 | 19.7年 | 4.0年  |
| 木造<br>建築工事 | 年齢   | 62.9歳 | 31.2歳 |
|            | 経験年数 | 31.3年 | 9.9年  |

表2 40歳未満ビル工事の職種と平均経験年数

| 職種   | 現場<br>職員 | 鳶工   | 塗装<br>配管工 | その他  |
|------|----------|------|-----------|------|
| 経験年数 | 5.2年     | 3.7年 | 3.5年      | 3.6年 |

表3 墜落の高さ

| 単位 m  | ビル工事   | 木造工事  |
|-------|--------|-------|
| 50歳以上 | 6.6 m  | 4.3 m |
| 40歳以上 | 11.2 m | 5.5 m |

配管工・その他の職種では, 4年未満のものが墜落死亡している(50歳以上ビル工事では, 鳶工の経験年数18.1年・その他の職種18.7年)。この結果より, 40歳未満のビル工事では経験が浅く, それ故技能の未熟な作業者が墜落死亡していると考察する。

表3に墜落した高さについて示す。

ビル工事は木造工事より高い所から墜落しているのは建物の高さが影響していると考えられる。しかし同じビル工事でも40歳未満の作業者は50歳以上よりかなり高い所から墜落している結果が得られた。前述した40歳未満のビル工事作業者は経験が浅いことと合わせて考えると興味ある結果と考える。

次にビル工事と木造工事で, どのような状況において墜落災害が発生しているか, 移動時・作業時・足場不安定に分類して調べてみた。

ビル工事では移動時に墜落災害が発生しているのに対して, 木造工事では作業時に災害が発生する頻度が高い。さらに事例は少ないが, 木造工事では足場が不安定で災害が発生している事例も得られた。

さらに墜落災害状況について, 50歳以上と40歳未満の作業者の比較を試みた。

40歳未満は水平移動時に多く, 50歳以上は上下方向の垂直移動時に墜落災害が多い。そして作業中の墜落は50歳以上・40歳未満ともに圧倒的に無理な姿勢に原因のある結果が得られた。

次年度は本年度の分析結果を踏まえて, 仮設足場上で高齢作業者と若年作業者に, 移動および作業を行わせ, 両者の生理・心理的負担を比較する実験を計画している。

## 2.2 平成13年度の研究成果の概要

### 2) 基盤的研究

#### 機能性流体によるロボット制御技術に関する研究

機械システム安全研究グループ 齋藤 剛, 池田博康

#### 1. はじめに

作業者と非常に接近,あるいは互いに接触しつつ作業を行うロボットでは,単に安全装置を付加しても必ずしも安全が確保できず,人間に過大な力を及ぼさないことを構造によって保証できるアクチュエータが必要である。本研究では,磁界に感応する機能性流体であるMR流体 (Magneto-Rheological Fluid) を用い,上記の要求を満足できるアクチュエータを開発している。MR 流体は,合成油のなかに微小な磁性粒子を分散させた懸濁液で,磁界によって降伏値が連続的に変化する特性をもつ。開発しているアクチュエータは,この特性を利用し,過大な力の発生を受動的に防止できる。しかしその反面,流体の降伏挙動に基づく非線形なトルク出力特性を有するため,制御系構築の際にその影響を考慮する必要がある。本年度は,この非線形特性のメカニズムを解明し,さらに,その影響を正確に再現できる制御系設計用モデルを考案した。

#### 2. アクチュエータの構成とトルク出力特性

アクチュエータのブロック線図を図1に示す。同速度で互いに逆方向に回転する2つのモータから,MR流体を用いたクラッチを介して出力部にトルクを伝達する構成で,コイルを励磁する電流に応じたトルクを出力する。解析の結果,MRクラッチ部でのトルク伝達は以下の過程を経て行なわれることが分かった。

- ① 磁界の印加によって粒子が鎖状構造を形成する,
- ② 磁極の移動に応じて鎖状構造が弾性変形する,
- ③ 応力が降伏値に達し,鎖状構造が切断される,
- ④ 鎖状構造の切断と再結合が混在した状態となる。

このうち,状態②においてはトルクの大きさが磁極の移動量に依存する。このため,磁極間の相対速度に応じてトルクの応答性が非線形に変化する。

#### 3. 非線形性を考慮した制御系設計用モデル

この特性を再現できる制御系設計モデルを図2に示す。ここで, $u$ は励磁電流(入力), $y$ はトルク(出力), $\omega$ はモータの速度, $\theta$ は出力円筒の角度, $k$ は電流トルク変換係数, $G$ は鎖状構造の剛性率, $T_1$ は回転速度が速い場合の時定数, $T_2$ は電流が小さくなる場合の時定数である。本モデルは,Min関数とSwitch関数により,相対速度が速い場合には時定数 $T_1$ の一次遅れ系として,相対速度が遅い場合には $\alpha(\omega - \theta)$ を

積分し $ku$ と比較する系として,また,電流が小さくなる場合には相対速度と関係なく時定数 $T_2$ の一次遅れ系として動作する。各パラメータを同定した後,実応答と比較してモデルの有効性を検証した。図3は,電流を0.8Aから-0.8Aまでステップ状に変化させたときのトルク応答波形とシミュレーション結果との比較である。回転数の違いによって非線形に変化するトルクの応答波形をほぼ正確に再現できた。

今後は,考案したモデルに基づき,機能性流体を用いたアクチュエータに適した制御手法の確立を目指す。

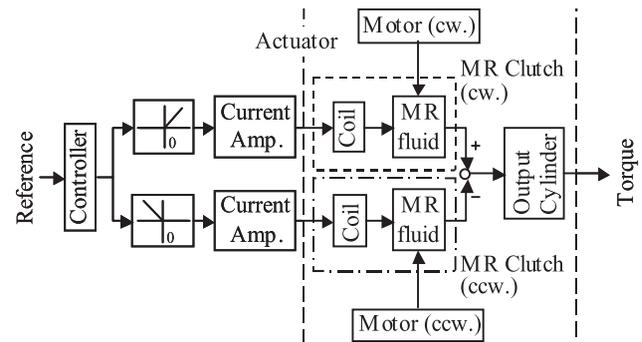


図1 アクチュエータのブロック線図

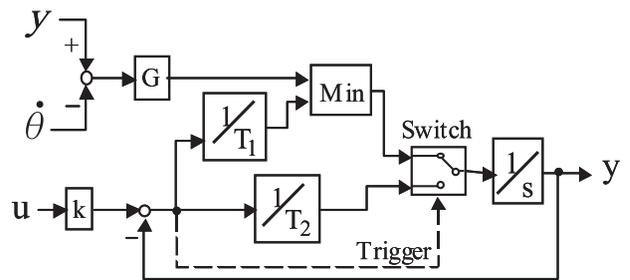


図2 考案した制御系設計用モデル

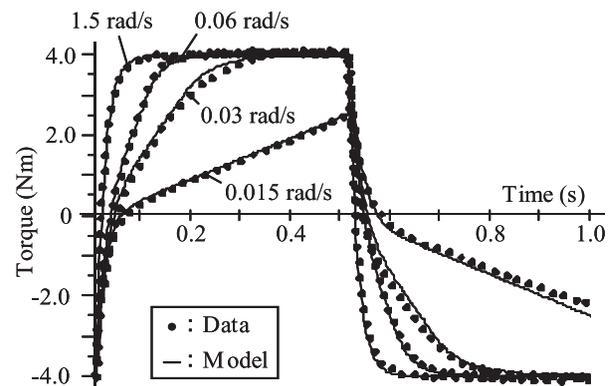


図3 実応答との比較

## 時系列周波数解析とウェーブレット解析による材料の非破壊損傷評価に関する研究

機械システム安全研究グループ 佐々木哲也，馬 世偉  
吉久悦二，本田 尚

### 1. 緒言

我が国では経済の低成長化にともない，プラント等の産業設備が設計寿命を越えて使用されるようになってきている。しかし，一般に材料は経年劣化によって強度が低下するため，経年プラント等の破壊を防止し，現場の労働者の安全を確保するためには，材料の損傷を的確に検知する必要がある。

そこで本研究では，超音波による材料の非破壊損傷評価に時間一周波数解析を適用して超音波エコー信号を詳細に解析することにより，従来は検出が困難であった材料損傷の評価を可能にすることを試みる。本年度は，主として実験システムの構築と解析用ソフトウェアの作成を行った。

### 2. 超音波エコー信号の時間一周波数解析

超音波エコー信号は図1に示すような時間  $t$  の1次元信号  $\chi(t)$  である。時間一周波数解析は  $\chi(t)$  を時間  $t$  と周波数  $f$  の2次元エネルギー分布である時間一周波数分布に変換することによって行う。時間一周波数解析を行うためには，主としてウィグナー分布，ウェーブレット変換，短時間フーリエ変換の3つが用いられる。時間一周波数解析を行えばスペクトル解析よりも多くの情報が得られるため，超音波エコー信号をより詳細に解析することが可能になる。

### 3. 実験システムの概要

本研究で構築した実験システムの概要を図2に示す。超音波パルサーレシーバ (Imaging Supersonic Lab社製 BLP-12R) からの信号は，まずデジタルオシロスコープ (LeCroy社製 9354C) のメモリに最大16ビットの分解能で取り込まれる。この波形信号はさらに GPIB によってパーソナルコンピュータに転送された後，スペクトル解析や時間一周波数解析等の処理が行われ，結果が画面に表示される。

### 4. 解析用ソフトウェアの概要

解析用ソフトウェアはデータ転送部，解析部，表示部の3つから構成される。まず，データ転送部では，パーソナルコンピュータの GPIB インターフェースを制御することにより，デジタルオシロスコープに取り込まれた超音波信号波形をパーソナルコンピュータに転送する。次に，解析部では，取り込まれた信号波形に対して，スペクトル解析や時間一周波数解析等を行う。最後に，表示部で解析結果の表示を行う。図3に

解析プログラムの画面の一例を示す。これらのソフトウェアは C 言語と MathCAD によって開発した。

### 5. 今後の予定

今後は，模擬損傷材を用いて超音波エコー信号の時間一周波数解析を実施し，従来のスペクトル解析との違いについて検討する予定である。

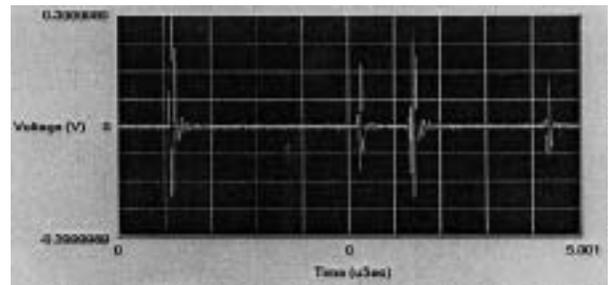


図1 超音波エコー信号の一例

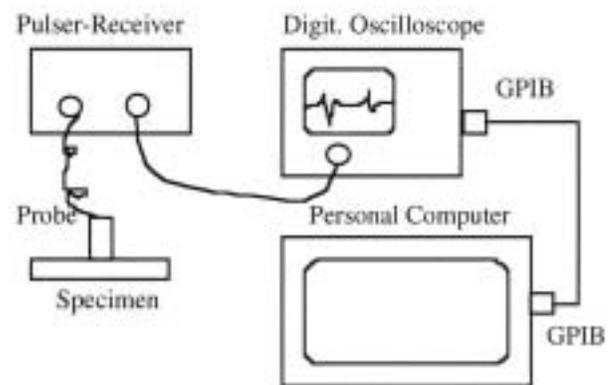


図2 実験システムの概要

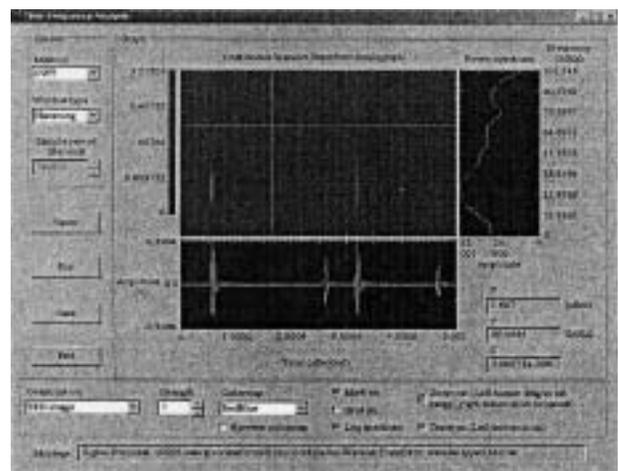


図3 解析プログラムの画面例

# 支持地盤の不安定要因による移動式クレーンの転倒防止に関する研究

建設安全研究グループ 玉手 聡

## 1. はじめに

軟弱な地盤の建設工事現場では、車両系建設機械のトラフィカビリティや移動式クレーンの安定性を確保するために、表層地盤を安定処理する場合がある。しかし、処理された支持地盤の不安定性が原因と見られる移動式クレーン等の転倒災害が発生している。本研究は、セメント安定処理された地盤の強度に及ぼす含水比の影響を解明することを目的とする。本報告は、この検討の一部として行った土とセメントの間で発生する水分移行割合の定量化に関する実験的な検討結果について述べる。

## 2. セメント安定処理土の強度に及ぼす含水比の影響

軟弱な地盤の安定処理工法の一つに浅層混合処理工法がある。本工法は、現場表層土とセメント等の硬化剤を攪拌混合した後に、ローラーで転圧して処理されるものである。セメントと土を混合した安定処理土(以下、セメント混合土と言う)の強度増加は、含有するセメントの硬化と試料の締め固め密度に影響されると考えられる。セメントの硬化を最適にする見地からは、水セメント比を最適に調整する必要があると考えられる。また土質力学的な見地からは、含水比の違いは締め固めた混合土の乾燥密度に影響して強度を左右すると考えられる。強度に及ぼすセメント硬化の影響を明らかにするためには、セメントに供給される水分量を正確に定量化する必要がある。そこで本研究では、自然含水状態にある土と乾燥セメントを混合した際に発生する土からセメントへの水分移行割合( $\alpha$ )に関して実験的な定量化を試みた。

## 3. 水分移行特性の実験的な検討

実験に使用した土試料は関東ロームである。ロームの含水比はあらかじめ最適含水比に調整して使用した。これまでの研究で、 $\alpha$ を簡易で直接的に評価するために紙ウェス法を考案した。同法は紙ウェスによってセメントの吸水性を擬似的に再現し、土の水分を直接的に吸収させて水分移行特性を明らかにしようとするものである。調査の結果、本手法による $\alpha$ の定量化がある程度可能であることを確認された。しかし、試行錯誤的に実施されたこれまでの試験手法では、吸水の際に平面的なばらつきが生じる欠点があるとともに、締め固め圧力( $P_c$ )の違いが $\alpha$ に及ぼす影響は未検証であった。そこで試験手法を改良し、より正確な定量化を試みた。その方法は、ロームをサンドイッチするよう

に覆った紙ウェスをステンレスバット上に設置して、5 cm径の載荷板を介して、空圧によって一定荷重を載荷して紙ウェスを均等に圧縮して水分を吸収させるものである。これにより、載荷圧力を一定に管理するとともに平面的な吸水のばらつきを減少させた。圧縮後に紙ウェスとロームの質量変化を計測し、ロームから紙ウェスへの水分移行割合( $\alpha_k$ )を式(1)によって求めた。

$$\alpha_k = \frac{(m_{w1} + m_{w2})}{2m_L} \quad (1)$$

ここで、 $m_{w1}$ は紙ウェスの吸水量、 $m_{w2}$ はロームの損失水量で、 $m_L$ はロームの質量である。

紙ウェスによる吸水実験においては $m_L$ を増減させて、 $m_L$ に対する乾燥紙ウェスの質量( $m_p$ )との比( $R_k$ )を変化させ、異なる $P_c$ に対する $\alpha_k$ と $R_k$ の関係を求めた。次に、実際のセメントと紙ウェスの吸水性能の違いを明らかにして、紙ウェス法によって調査された $\alpha_k$ をセメントとロームの間の水分移行割合( $\alpha$ )に更正する必要がある。しかしながら、吸水したセメントは直後から水和反応によって硬化を開始するために、含水比を直接測定することが困難である。そのため、セメントとほぼ同じ粒度分布を有する調整試料を人工的に製作して土の保水性試験を行い、紙ウェスと調整試料の吸水性を比較した。試験の結果から得られた2つの水分特性曲線を近似して疑似乾燥状態における紙ウェスの最大ポテンシャル( $\psi_{k,max}$ )と調整試料の最大ポテンシャル( $\psi_{c,max}$ )を推定し、式(2)によって両者の吸水性に関する更正係数を算出した。

$$k_1 = \frac{\psi_{k,max}}{\psi_{c,max}} \quad (2)$$

得られた $k_1$ を用いて水分移行割合( $\alpha = k_1 \times \alpha_k$ )を更正し、セメントとロームの質量比( $R'_c$ )に対する $\alpha$ の関係を調査した。その結果を図1に示す。 $\alpha$ は $R'_c$ の増加に伴って緩やかな曲線的に上昇する傾向を示した。また、 $\alpha$ は $P_c$ に対する依存性を示し、圧力増加に伴って $\alpha$ は増加傾向を示すことが分かった。

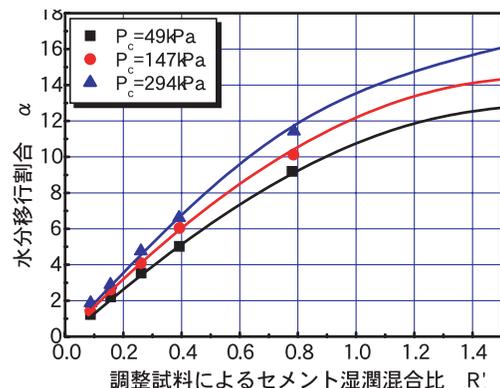


図1 関東ロームからセメントに移行する水分割合

# 各種クレーンの耐震安全性に関する研究

建設安全研究グループ 高梨成次

## 1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震によって、神戸港に設置されていた55台のコンテナクレーンの全其が被災を受けた。本報では、それらの被災概要及び、耐震設計法について検討する。

## 2. 被災状況

神戸港に設置されていたクレーンのレールスパンは16m、20m、30mの3種類であった。これらのうち、20m以下の比較的レールスパンが短いクレーンでは、ロッキングによる基礎の浮き上がりを原因とした脚部の変形又は、座屈による被災が多く、レールスパンが30mのクレーンの多くは、地盤の液状化等による地盤の強制変位によって、クレーンが股裂き状態になり、脚部が変形又は、脱輪した。被災例の1つを図1に示す。

## 3. 振動台実験用模型

図1に示したコンテナクレーンが被災した状況の再現及び、解析用数学モデルを構築する目的で、図2に示した振動台実験用模型を作成した。縮尺は、長さの相似比で1/15とした。実験結果から解析用数学モデルを構築し、固有値解析を行った。結果を図3に示す。

解析結果より、1次モードは全体のねじれが卓越し、2次モードは、横行方向への変形が卓越し、3次モードは走行方向への変形が卓越するモード形状となった。

## 4. 各耐震設計法の評価

現状では、クレーンの耐震設計法は一般に震度法によって行われている。これに対し、修正震度法による設計法が提案されているが、ほとんど用いられていない。ここで、震度法、修正震度法による解析結果の比較を行う。震度法及び修正震度法では、基本水平震度を0.2とした。震度法では、その数値が設計用水平震度となる。修正震度法における他の係数は、地域別補正係数 $\beta_1=1.0$ 、地盤種別補正係数 $\beta_2=1.0$ 、支持構造の補正係数 $\beta_3=2.0$ 、すべり補正係数 $\beta_4=1.0$ とした。加速度応答倍率は減衰定数が2.5%の場合 $\beta_5=1.15$ 、1.0%の場合 $\beta_5=1.43$ となった。ただし、設置地盤は第3種地盤を仮定した。これは、コンテナクレーンは、船舶からの荷を積み下ろしする為に用いられるため、一般に埋立地等に設置されることが多いことによる。これらより、設計水平震度は、減衰定数が2.5%の場合 $K_s=0.42$ 、1.0%の場合 $K_s=0.52$ と、震度法の2倍以上の値となった。第2種地盤を想定すると、設計水平震度は震度法におけるそれと同程度の値となる。第1種地盤を想定すると、設計水平震度は震度法における

その約半分となる。加速度応答倍率の計算時には、クレーンの固有周期を用いるが、クレーンの周期は固有値解析で得られた周期を実大構造物の周期に換算して計算した。1次モードの周期を用いて応力解析を行った結果、正加力(陸側→海側)時には減衰定数の設定にかかわらず、陸側の基礎が浮き上がり、負加力(海側→陸側)時には減衰係数が1.0%の場合のみ、海側の基礎が浮き上がるという結果となった。基礎の浮き上がりを考慮することによって、実現象をより正確に模擬することができるが、部材各部に発生する応力を算出することは非常に複雑となる。

実際に被災が顕著であった横行方向に着目し、2次モードの周期で加速度応答倍率を計算し、設計水平震度算出すると、全ての条件において先に示した設計水平震度の約2.2倍の大きさになる。このことは、第1種地盤にクレーンを設置しない限り、基礎の浮き上がりは避けられないという結果となる。今後は、基礎の浮き上がりを考慮した実験、数値解析によって、より詳細な被災状況の確認を行い、耐震対策を講じていく予定である。

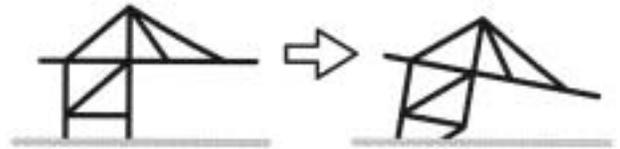


図1 コンテナクレーンの被災例

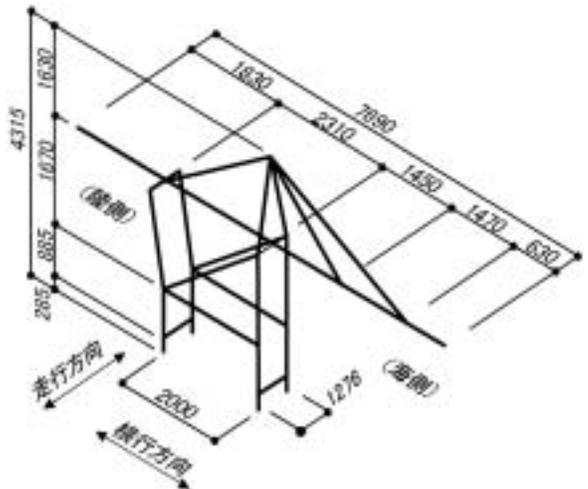


図2 振動台実験用模型

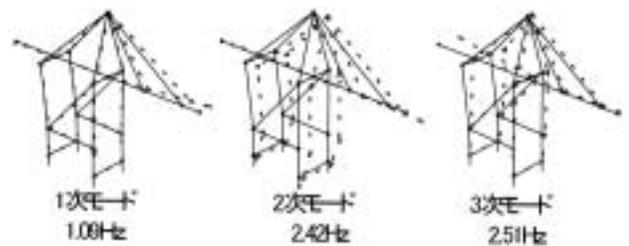


図3 各モデルの固有振動数とモード形状

## 土石流流下シミュレーション手法の開発に関する研究

研究企画調整部

堀井宣幸

建設安全研究グループ 豊澤康男, 玉手 聡

### 1. はじめに

土石流による災害を防止するには、1) 河川の状況に応じ、支川において発生・流下してくる土石流を監視できること、2) 土石流を検知してから工事現場に到達するまでの間に労働者を避難させることができること、の2点が確実に実施される必要がある。このためには、想定される土石流の発生場所、規模、到達時間、到達範囲等についての的確な解析を行い、定量的に土石流を予測することが不可欠と考えられる。このような解析ツールとして、土石流検知センサー最適配置支援システムを開発した。本研究では、この土石流検知センサー最適配置支援システムの有効性を検証するため、モデル地区を選定し、DEMデータ（Digital Elevation Model, メッシュ標高データ）の作成及び試験解析を実施したので報告する。

### 2. 流下特性解析

設定される流域は土石流解析の基本となるデータであり、「土石流危険渓流」に指定されている渓流を対象流域として設定した。地形解析は、メッシュごとの傾斜区分を判定要素として、対象流域内で土石流が発生する危険のある地点を予測するものである。本解析では、「全流域内で最も危険と予測される地点」と、「上流区域内で最も危険と予測される地点」の2つについて地形解析（崩壊危険度判定）による特定を行った。

到達時間解析は、1次元シミュレーションによる土石流の流下予測であり、流下経路内の各地点での土石流流量曲線（ハイドログラフ）が計算される。これにより何秒後にどこまで土石流が到達するかを把握することができる。実際のシステム運用においては「対象

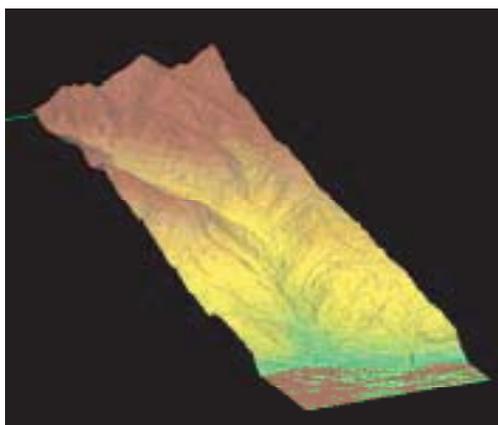


図1 解析で用いた地形モデル

となる工事サイト」と「土石流検知センサー設置予定箇所」を事前に入力し、センサーが土石流を検知してから何秒後に工事サイトに到達するかをシミュレートすることになる。本報告では試験的に「工事サイト」を想定し、これらの解析を行った。

### 3. 解析結果

図1は本解析に用いたモデル地形である。このケースでは地形解析で抽出された崩壊危険箇所から土石流が発生した場合を想定して（図の左側の沢から土石流が流下）、一次元河床変動計算によって土石流の流動過程を追跡することができる。図2は土石流検知センサー設置位置と想定した工事サイトのハイドログラフを示したものであり、土石流の先端部が両地点を通過した時間差が土石流の到達時間となる。本解析ケースの場合には、土石流検知センサー設置位置から想定した工事サイトまでの到達時間は310秒であった。

2次元氾濫シミュレーションを行うことにより、土石流の面的な氾濫形状についても解析が可能であり、2次元氾濫シミュレーション解析の結果を図3に示した。同図には、土石流氾濫区域と土石流検知センサー設置位置と想定した工事サイト位置を示している。



図2 土石流到達時間の計算結果



図3 2次元土石流氾濫解析の結果

掘削時における地盤変形・側圧変化及び崩壊現象に関する研究 一土留めの変形に伴う土圧の再配分一

建設安全研究グループ 豊澤康男

1. はじめに

土留めの崩壊事故を防止するためには、地盤や土留めの変形と土圧変化の相互作用、崩壊に至るまでの挙動についての知見が必要となる。本研究では遠心模型実験用可動土留め装置を用い、土留めの変形と土圧変化の相互作用について検討した。

2. 実験条件及び方法

試験試料には気乾状態の豊浦砂を用いた。Case 1～4では遠心模型実験用可動土留め装置(5段分割) Case 5, 6では、10段分割の同装置を用いた。分割された土留め壁は独立に制御可能であり、土留めの背後にはロードセルを配置し、水平・鉛直荷重を計測している。各模型土槽内に空中落下法で相対密度(Dr)が約70%の模型地盤を作成した。遠心加速度をそれぞれ50G, 30Gまで上昇させ、その状態で矢板を独立に主働側に変位させ、矢板の変形モードを再現した。地盤高は実地盤換算で約9mとなる。Case1～4では、分割式矢板面は粗(砂と壁面間の摩擦角φは14°), Case 5, 6ではグリース, メンブレンを用いて滑(摩擦角φは1°)とした。表1に実験条件を示す。

3. 実験結果

全てのCaseで土留めの変形に伴って土圧が変化したが、その傾向が各Caseで大きく異なる結果となった。下端を中心として土止めを変形させた場合は、地盤はX/L=0.01付近で主働化し、土圧分布は主働土圧に近い直線的な分布となった。X/Lは壁面変位(X:矢板中央の変位, L:矢板中央の地盤高)を表している。

中央部を膨れるように変形させた場合(Case 6), 土圧分布を図1に示す。X/L=0.02付近中央部において土圧は、主働土圧よりも小さくなる一方で、上端部で静止土圧を上回る土圧が発生した。これは、地盤上部でアーチ作用が働き、下端付近では地盤が一様ひずみ状態となるため主働土圧の傾きに近づいたためと考えられる。

図2にCase 5, 6における変位状況を示す。X/L=0.01間隔の静止画から描いたものである。矢板と滑り

表1 実験条件

| Case | 試料  | 地盤高   | 矢板 | 側面摩擦 | 矢板の変形モード |
|------|-----|-------|----|------|----------|
| 1    | 豊浦砂 | 180mm | 粗  | 有り   | 下端を回転中心  |
| 2    |     |       |    |      | 中央が膨れる   |
| 3    |     |       |    |      | 下端を回転中心  |
| 4    |     | 280mm | 滑  | 低減   | 中央が膨れる   |
| 5    |     |       |    |      | 下端を回転中心  |
| 6    |     |       |    |      | 中央が膨れる   |

線とで囲まれる限定された領域で変位量が大きいこと及びCase 5, 6では変形領域が異なることが読み取れる。

Case 6の最大主ひずみ, 最小主ひずみを図3に示す。X/L=0.02～0.03で中央付近に水平方向に最小主ひずみが発生し、地盤が矢板方向へ変位している。滑り線の位置はひずみが発生した箇所と一致した。

4. まとめ

- (1)壁面変位がX/L=0.01付近で地盤が主働化し土圧の再配分が行われるが、アーチ作用等の影響により土圧分布は大きく異なる。
- (2)土留めの変形過程(施工過程)の違いによりひずみ発生状況, 地盤の変形領域, 土圧分布は異なる。

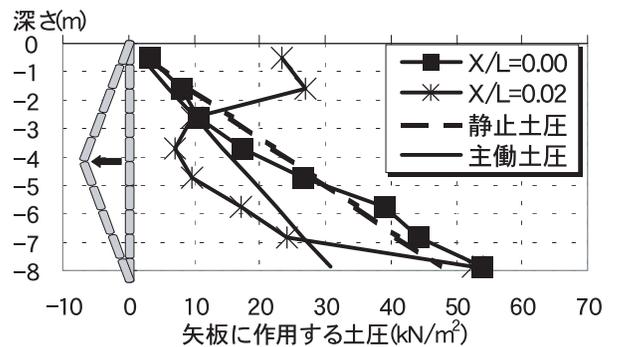


図1 矢板に作用する土圧(Case 6)

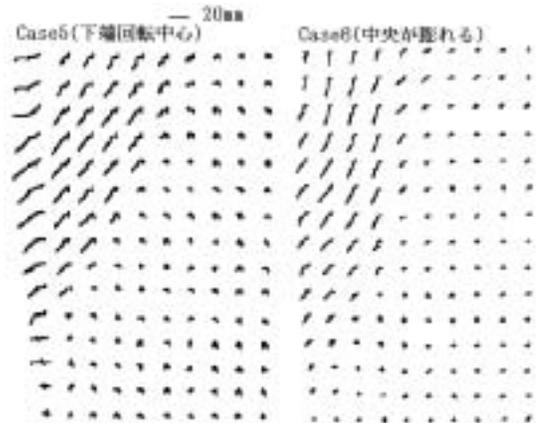


図2 地盤の変位状況(Case 5, 6)

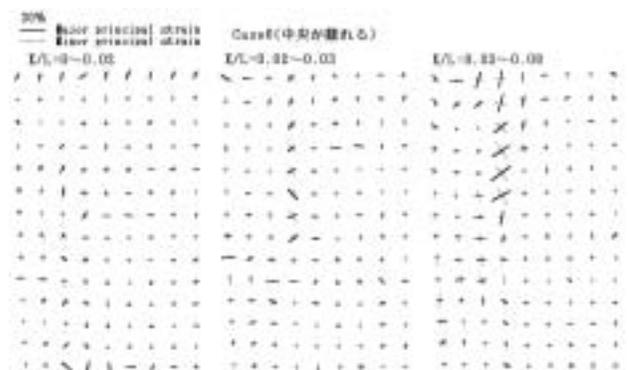


図3 地盤中の主ひずみの方向と大きさ(Case 6)

# 鋼矢板控え壁を使った自立式土留工の安全性の確保及び向上 —遠心模型実験による安定性に関する研究—

建設安全研究グループ 豊澤康男, 堀井宣幸  
玉手 聡, 衛藤 誠  
SCB工法研究会 佐藤光雄, 藤田範夫, 江口 充

## 1. 研究目的

鋼矢板による自立式土留め壁において、その背面側に控え壁及び支圧壁からなる控え構造を配することで土留め壁全体の安定性が向上することは、過去の重力場における室内実験等で確かめられている。しかしながら、この工法における土留め壁の変形・崩壊メカニズムについて解明されたことは少なく、その安全性に関して十分な知見がない状況である。

そこで本研究では、土留め壁の安定性に関する控え構造の影響の把握を目的として、遠心力載荷試験装置を用いた実験を行った。

## 2. 実験概要

図1に示すような土留め壁模型(3型鋼矢板の縮尺約1/50)を厚さ0.3mmのアルミ板を折り曲げて製作し、試料容器にこの模型を据付け、空中落下法により豊浦標準砂を充填した模型地盤(Dr=35%程度)を作成し、遠心加速度50Gの遠心場において掘削装置を用いて土留め壁模型前面の地盤を掘削する実験を行った。表1に実験条件を示す。土留め壁のひずみ(GL-20mmから20mmピッチで7箇所測定)及び頭部変位(中央1箇所測定)を経時的に測定した。

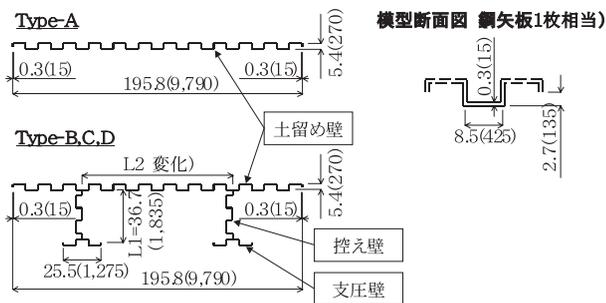


図1 土留め壁模型平面図

表1 実験条件

| Type | 相対密度 Dr(%) | 控え壁長 L1(mm) | 控え壁間隔 L2(mm) | L2/L1 |
|------|------------|-------------|--------------|-------|
| A    | 37.5       |             |              |       |
| B    | 36.3       | 36.7        | 136          | 3.7   |
|      |            | 1835        | 6800         |       |
| C    | 34.2       | 36.7        | 119          | 3.2   |
|      |            | 1835        | 5950         |       |
| D    | 36.2       | 36.7        | 102          | 2.8   |
|      |            | 1835        | 5100         |       |

\* 上段:模型寸法,下段:実物を想定した寸法(上段の50倍)

## 3. 実験結果

図2は掘削深さと矢板頭部の変位量(50倍して実物を想定した寸法)の関係である。掘削深さ5.0m(根入れ4.0m)では、Type-DからC,B,Aの順で変位量が小さかった。またType-C,DではType-Aに比べ掘削が浅い場合においても抑制効果が顕著であり、Type-Bでは深さ5.0mにおいて抑制効果が現れた。この結果から、控え構造がない場合に比べ、控え構造を有するほうが変位抑制効果があり、その設置間隔が影響していることが分かる。

図3は掘削深さ(50倍)と最大曲げモーメントの関係である。ここで最大曲げモーメントは、土留め壁模型の弾性係数と断面係数を考慮した補正係数を測定したひずみに乗じることにより求めた各掘削深さでの曲げモーメントの最大値である。最大曲げモーメントの値は、掘削深さ5.0mまではType-AとType-Bはほぼ同等であった。Type-C,Dは深さ3.5mまではType-Aと大差ないが、それ以深で最大曲げモーメントの抑制効果が現れた。最大曲げモーメントに関しては控え構造の間隔をType-C程度まで狭くするとその抑制効果が得られることが分かった。

## 4. まとめ

- (1)一般の自立式に比べ控え構造を有する自立式の土留め壁は、矢板頭部変位量及び矢板に生じる最大曲げモーメントの両方に対し抑制効果があり、土留め壁の安定性が向上した。
- (2)控え構造の設置間隔が狭くなると変位量及び最大曲げモーメントが小さくなる傾向があった。

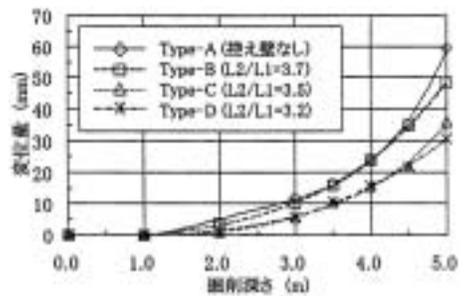


図2 掘削深さと矢板頭部変位の関係

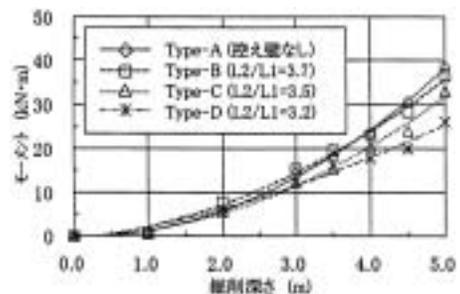


図3 掘削深さと最大曲げモーメントの関係

# 地中構造物と地盤の動的な相互作用による地盤反力特性に関する基礎的研究

建設安全研究グループ 玉手 聡, 豊澤康男  
武蔵工業大学 片田敏行, 末政直晃

## 1. はじめに

本研究は、地中に埋設される基礎構造物あるいは土留め構造物と地盤の相互作用による動的な反力特性を明らかにすることを目的としている。地中に構造物を有する地盤-構造物系に振動が作用すると、地盤自体が軟化するために構造物が不安定化する場合と、構造物が地盤に比べて相対的に強く振動するために地盤を攪乱して強度を低下させ、災害を発生させる危険性が考えられる。本研究は地盤中に埋設された構造物を模型的に再現して振動を負荷し、地盤の反力特性と構造物の不安定化の関係を実験的に調査することを目的とする。本報告では、上部構造物の慣性力が卓越した場合を想定し、杭基礎頭部に対して水平荷重を繰り返し載荷して地盤の反力特性を調査するために製作した実験装置とその実験手法について報告する。

## 2. 実験用の模型杭

模型杭は場所打ちコンクリート杭(φ800)を想定し、遠心加速度50G場での曲げ剛性( $EI = 7.03 \times 10^2 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$ )が一致するように設計し、直径15mm、内厚1mmのアルミ製の模型杭を製作した。模型杭は正方形形状フーチングの4隅に設置される。4本の杭のうち2本については杭の内壁にひずみゲージが貼り付けられており、曲げモーメントが計測できる構造となっている。設置される杭の間隔は、群杭効果による水平抵抗の過大評価を避けるため杭径の5倍(5D)とし、通常よりも広く設定した。杭先端(下端)の境界条件はピン支点とした。これは杭が無限に長い状態を想定したためである。杭上端はフーチングに固定して結合される。

## 3. 遠心模型実験による水平交番載荷装置

図1に遠心模型実験装置に搭載される水平交番載荷実験装置の概要を示す。実験に用いた模型容器は内寸幅500mm、高さ400mm、奥行300mmの鋼製容器である。実験の流れを以下に述べる。初めに、容器の底部に杭先端部を固定する治具を取り付ける。次に、治具の上に層厚25mmの豊浦砂を敷設する。この層は、支持層と同時に圧密時の排水層を兼ねている。次に軟弱粘土層を想定した藤ノ森粘土(土粒子密度 $\rho_s = 2.743 \text{ g/cm}^3$ , 液性限界 $w_L = 62.7\%$ , 塑性限界 $w_P = 27.8\%$ , 塑性指数 $I_P = 34.9$ )を液性限界の約1.5倍に調整し十分攪拌・脱気した後、容器内に所定量投入し1g場

において10kPaで予備圧密する。その後、深さに比例して地盤強度が増加する地盤を浸透圧密および遠心圧密手法により作製する。遠心圧密の際には、表層にジルコン砂(土粒子密度 $\rho_s 4.63 \text{ g/cm}^3$ )を厚さ9mm程敷き詰める。これは予備圧密時に載荷した圧密応力10kPa相当の上載圧を、表層に作用させる必要があるためである。全ての圧密終了の判断は2t法に従って実施する。遠心圧密終了後、遠心装置を一度停止させ、図1に示す水平交番載荷装置を搭載する。本装置は空圧源に小型ポンプに充填した窒素ガスを使用した。ここで、水平繰り返し載荷装置の動作原理を述べる。調圧弁で圧力が調整されたガスを空圧切り替え装置に送る。同装置はモータで弁を連続的に開閉させ、ガスを交互に2本の管に圧送する。これらの管は復動型ペロフラムシリンドラ両端の空気室にそれぞれ取り付けられる。圧力が両端の空気室に交互に供給されて、ピストンを往復動作させる。水平荷重は調圧弁によって調整され、載荷周波数はモータの回転速度によって調整される。

装置の設置が完了後、再び遠心力50Gを載荷させ、間隙水圧が消散するまで再圧密を実施する。間隙水圧の消散後、電磁弁を遠隔操作して開放し、水平交番載荷実験を実施する。実験に際して、水平載荷荷重をロードセルで計測し、フーチング部の変位をレーザー変位計で計測するとともに杭の曲げモーメントを計測する。また実験中は載荷の様子をビデオ撮影して地盤の変化が記録される。

数例の性能確認実験を行った結果、フーチングの水平変位は加振が進むにつれて増大する挙動を示した。また、杭周辺の地盤には強度低下が確認された。

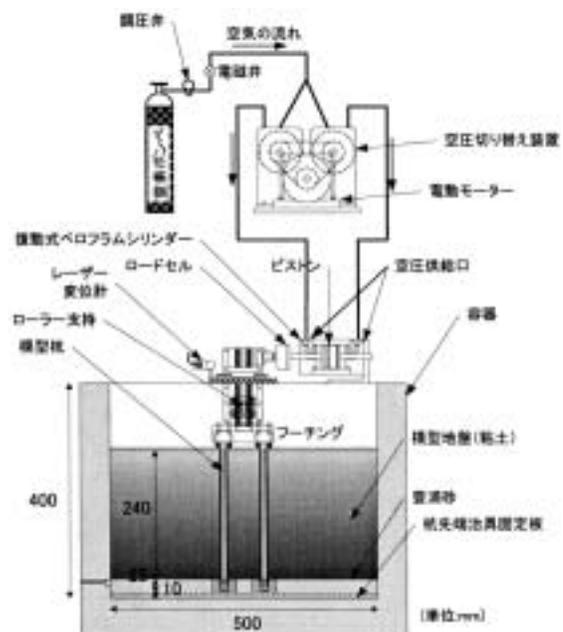


図1 遠心模型実験装置に搭載される水平交番載荷実験装置の概要

くさび結合式足場の安全性に関する研究  
 一 斜材効果に関する水平変位実験一

建設安全研究グループ 大幢勝利

1. はじめに

建設工事現場においてくさび結合式の足場が開発され使用されているが、通常は単管足場の法規制や組立基準に従って使用されている。

本研究では、くさび結合式足場の構造並びに組立・使用時の安全性を確立するための基礎資料を得ることを目的として、くさび結合式足場と単管足場に対し水平変位実験を行い、足場の構面に設けられる斜材の効果について検討した。

2. 実験方法

単管足場の構面に設ける斜材は、図1および図2に示すように使用されており、足場の支柱の構面方向(図の左右方向)の座屈を防止している。一方、くさび結合式足場ではこのような大筋交いとは異なり、1層1スパン毎に個々に設ける斜材が使用されることがある。

そこで、1層1スパン毎の斜材の効果を確認するため、図1および図2に示す構造の単管足場、および図3から図6に示す構造のくさび結合式足場に対し水平荷重を作用させる実験を行い、水平荷重と水平変位の関係を調べた。

3. 実験結果と考察

実験結果として、図7に水平荷重と水平変位量の関係を示す。図7における曲線の傾きが大きいほど、すなわち同一変位に対する荷重が大きいほど、支柱の座屈防止に対する効果が大きくなる。

図7より、斜材を4スパン全てに渡って取り付けただけの場合には、くさび結合式足場と単管足場の曲線の傾きに大きな差異は見られず、座屈防止に対する効果も同等と考えられる。しかし、図5に示すように斜材を1スパンのみに取り付けただけの場合には、単管足場に比べ曲線の傾きが明らかに小さく、座屈防止に対する効果も小さいものと考えられる。このように傾きが小さくなった原因は、斜材を取り付けていないスパンでは水平荷重に抵抗する部材がないため、斜材を取り付けたスパンに比べ同一荷重に対する水平変位が大きくなったためである。

以上の結果より、くさび結合式足場で1層1スパン毎に設ける斜材を使用する場合には、単管足場と同等の座屈防止効果を得るために、全てのスパンに渡って取り付ける必要がある。

なお、本研究は、(社)仮設工業会との共同研究として実施したものである。

水平荷重

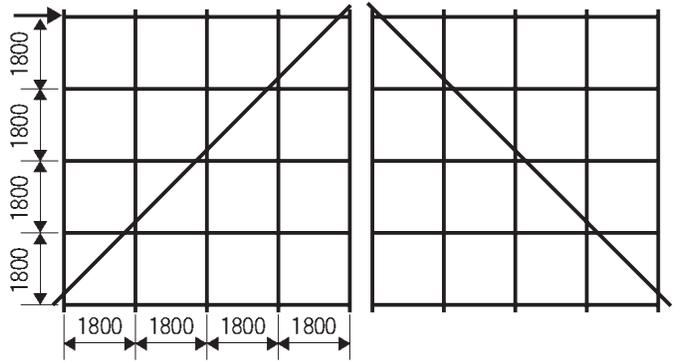


図1 単管足場 4層×4スパン毎引張

図2 単管足場 4層×4スパン毎圧縮

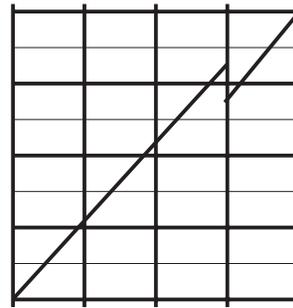


図3 くさび足場 4層×4スパン毎(A)引張

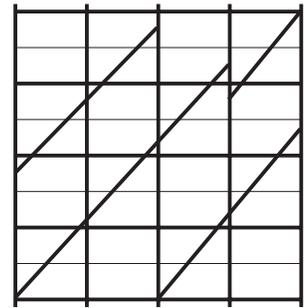


図4 くさび足場 2層×2スパン毎引張

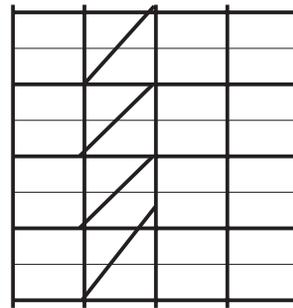


図5 くさび足場 4層×4スパン毎(B)引張

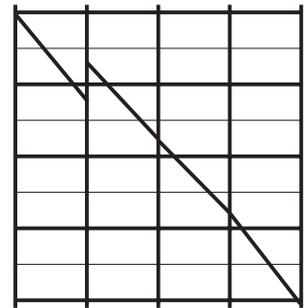


図6 くさび足場 4層×4スパン毎圧縮

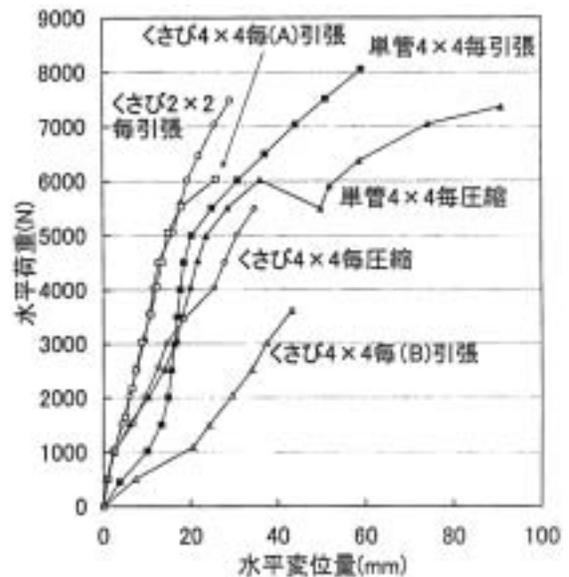


図7 荷重と水平変位量の関係

**強風時における支柱式足場の倒壊防止に関する研究**  
**—足場に作用する風荷重の基本的な特性—**

建設安全研究グループ 日野泰道, 大幢勝利  
 重点研究支援協力員 ソンボル ポンクムシン

**1. はじめに**

建設途上の建築構造物は、工事の進捗状況の違いにより形状や外壁の完成度（外壁の開口の程度等）が異なる。そのため、それに併設して建てられる足場には、その開口部等の影響を受けた風荷重が作用すると考えられる。そこで本研究では、足場に作用する風荷重の基本的な特性を把握することを目的として、一部を日本大学との共同研究で風洞実験を実施した。

**2. 実験対象**

検討対象としたのは、風による足場の倒壊事例のうち、この開口部の影響で倒壊に至ったと考えられる現場（4階建RC造建物の解体工事）を模擬・簡略化させた建物・足場模型（アクリル製：縮尺率1/150スケール）である。実験は、その基本的な特性を把握するため風洞内の気流を一様流（図1参照）とし、壁面の開口率（外壁の表面積全体に占める開口部の面積の割合を百分率で示したもの）および風の入力角度を変動因子（表1参照）として風荷重の最大値について検討を行った。（図2参照）

**3. 実験結果**

図3に足場に作用する風荷重の最大値を基準化したもの（足場各部の総圧を建物高さでの圧力で割ったもの）と風の入力角度の関係を示す。図より壁面に開口部がある場合（●印）は、全体的な傾向としては開口部がない場合（■印）とほぼ等しい値を示しているが、風の入力角度が30°および180°の時、大きな違いを生じていることが分かる。図4または図5に、風荷重が最大となるときの正面圧または背面圧を基準化したものと、風の入力角度の関係を示す。図より両者の違いは、背面圧にのみ表われていることが分かる。すなわち30°の時には、開口部の存在により背面圧が小さくなった（緩和された）ため、開口部のない建物の風荷重がより大きくなった。一方、180°ときには、建物による風の遮断効果が開口部の影響で小さくなるため、独立足場に作用する風荷重（△印）に近い圧力を受けたことが明らかとなった。

**4. まとめ**

壁面の開口率および風の入力角度を変動因子として風洞実験を実施した結果、建設途上の建築構造物等における壁面の開口部は、足場に作用する風荷重のうち背面圧に大きな影響を与えることが明らかとなった。

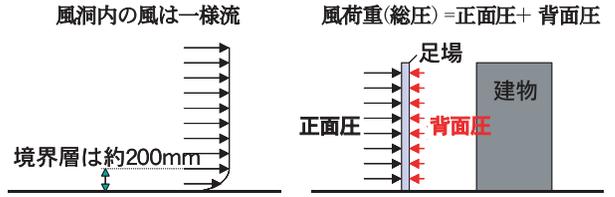


図1 風洞内の風の状況 図2 風荷重の評価方法

表1 実験諸元

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 足場設置状況   | 1面のみ設置             |
| 建物壁面の開口率 | 0%, 50%, 100%の計3種類 |
| 風の入力角度   | 7種類 (30° 刻み)       |

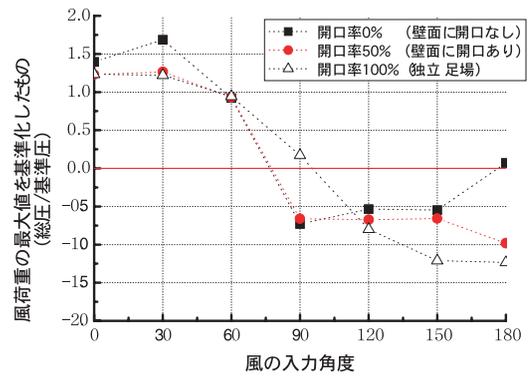


図3 風力係数（総圧）の最大値と風の入力角度

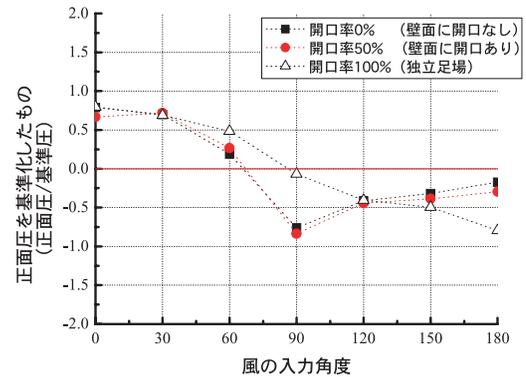


図4 風力係数（正面圧）の最大値と風の入力角度

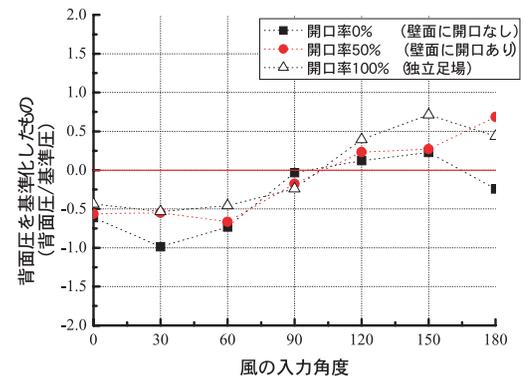


図5 風力係数（背面圧）の最大値と風の入力角度

## 墜落防護具の性能向上に関する研究

境界領域・人間科学安全研究グループ 深谷 潔

### 1. はじめに

墜落は建設業において最も多い災害であるのみならず、全産業においても多い災害であり、その対策は重要である。墜落が起きないように足場等を完備することが理想であるが、開口部が残り、墜落災害が発生している。そのため、墜落時に人体を防護するという対策も必要となり、安全带とエアバッグについての研究を行っている。本報告では、安全带に対するエアバッグの位置付けについて述べる。

### 2. 墜落災害防止手段の位置付け

#### 2.1 傷害の可能性

足場を完備できれば、墜落事故の発生が防止できるはずであり、この場合には人体にかかる負担はないので、これが最も望ましい。

墜落時に、これを途中で落下阻止を行うのが、安全带である。このとき腰等に衝撃がかかるが、一般には災害となるレベルのものではない。ランヤードの長さによって落下距離が決めるので、人体にかかる負担の上限は決まる。従って、確定的な防護効果が期待できる。ただし、落下時の条件によっては壁面に当たる等の二次的な事故もあるので、災害の可能性がないとは言いきれない。

墜落時にそれを検知してエアバッグを展開し、地面との衝突の衝撃を緩和するという手段をとるものが、墜落防護用エアバッグ(以下、単にエアバッグと記す)である。この場合には、落下高さ等の条件が規定できないので、その効果は確率的なものとなる。従って、エアバッグを安全带と同等のものとして考えることはできず、安全带を補助するものと考えられる。

#### 2.2 使い易さ

基本的に安全带より防護性能が低いですが、エアバッグが無用というわけではない。安全带の場合には、移動時/作業時にいちいちフックを引っ掛ける必要があり、荷物を運搬する場合等には活用されにくいという問題点がある。エアバッグの場合には、着用時にスイッチを入れておけば、後はその日の作業が終わるまで触る必要がない。従って、エアバッグを併用することは、安全带の掛け忘れ等のエラーを補うものとして十分意味を持つ。

なお、安全带の側にも、一旦フックをかけたなら、そのまま水平移動/垂直移動ができる取り付け設備が開発されている。ただし、水平移動と垂直移動の切り替え時には操作を必要とする。使い勝手は、エアバッグ

に劣る面もあるが、安全带の活用を図るためには、教育のみならず、設備的な対策の余地はまだ残っている

### 3. 墜落事故の傷害部位とエアバッグの性能

エアバッグの有用性を検討するために、墜落災害の分析を行った。平成9年と平成10年の死亡事故の災害調査資料356件を元に集計を行った。

傷害を受けた部位の割合を図1に示す。これらの件数の中には、鉄筋が刺さる等の事例を含むが、大部分は落下衝撃によるものである。このうち、60%は頭部の傷害で亡くなっている。死亡災害を防止するという観点からは、頭部の緩衝性の評価がエアバッグとして最も重要な性能と思われる。

衝撃による人体傷害については、自動車関係で最も活発に研究が行われている。衝撃と人体傷害の関係は、一方が増加すると他方も増加する傾向にあるが、その間に確定的な関係はなく、確率的関係にある。衝撃の大きさの指標として広く用いられているものがHIC(Head Injury Criteria)であり、それが1000以下であれば、重大な傷害を受ける確率は低いとされている(図2参照)。この水準となるのは、現在の頭部と脊柱を防護するエアバッグでは2m程度の落下である。

### 4. おわりに

墜落時の防護具としては、安全带は必須であるが、それを補うものとしてエアバッグは有効と思われる。特に、トラックの荷台上での作業等の安全带取り付け設備を設け難く、落下高さも低い作業にはエアバッグは有効と思われる。

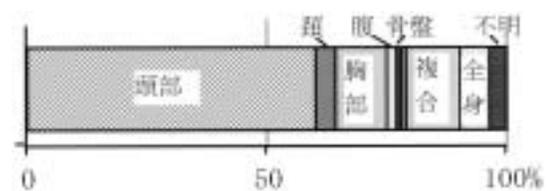


図1 障害部位の割合

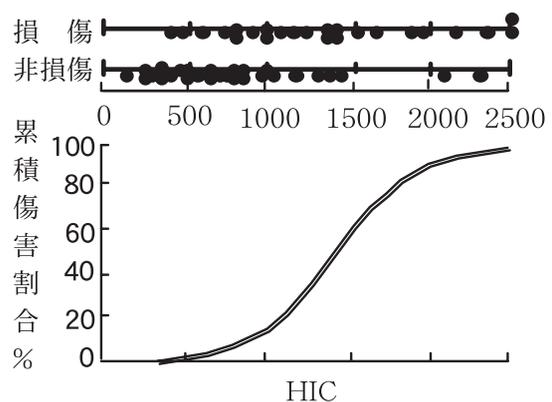


図2 HICと累積障害割合

高齢労働者の転倒災害防止のための安全性評価に関する基礎的な研究  
 一歩行すべりの分析と歩行環境の評価に関する研究一

建設安全研究グループ 永田久雄  
 日野泰道

1. はじめに

近年の労働人口の高齢化とあいまって、転倒災害が年々増加する傾向が見られる。すべり研究は古くから行われ、床面と靴底との物理的な摩擦係数について論じられてきたが、本報では人間特性に着目した実験結果から「すべり転倒」の基本的な特性について述べる。すべりの速さとすべりの持続時間が身体のバランスを失うかどうかに大きく影響を与えている。また、筆者らの研究結果によれば、人間は不意の水平の外乱加速を受けてバランスを崩すが、その外乱の大きさと加速時間には関連性があることが見いだされている。そこで、「すべり転倒」と「立っている床面が不意に動いて転倒」を比較して転倒を生じさせる普遍的特性について検討したので概要を報告する。

2. 歩行すべりによる転倒

すべり発生後の踵の動きに関する実験結果によれば、すべりでバランスを失う際の踵部の水平方向の時間的な速度変動は、図1のようになる（例：段差降り）。すべり開始点で急に速度が増し、その後に速やかに停止する。速度0の時は足が床に着地して停止している時である。すべり開始からすべり最大の特性を見ると、すべりが発生してから最大値までの時間をすべり時間  $t$ 、そのときの速度をすべり速度  $V$  とする。すべり加速度  $\alpha$  と  $t$  の関係は下式となる。

$$\alpha = V/t \quad (1)$$

このことは、加速度  $\alpha$  の矩形波状の加速刺激が  $t$  時間、負荷されたと考えられる。身体のバランスを失うのは、緩やかなすべりの場合には、その持続時間あるいはすべり距離が長くなり、逆に、急なすべりではその持続時間あるいはすべり距離が短くても転倒することを意味している。

3. 立っている床が不意に動いて転倒

今までの研究成果によれば、立っている人間のバランスを崩す限界加速度の時間の逆数値に限界加速度が比例することを見いだしている。例えば、被験者を載せた台を水平に急加速（矩形波状の加速波形）した時のバランス保持限界加速度の結果（若年女子12名の実験）では、その限界加速度は、裸足で前方に倒れる場合、

$$\alpha = 0.14/t + 0.61 \quad (m/s^2) \quad r^2 = 0.991$$

裸足で後方に倒れる場合、

$$\alpha = 0.11/t + 0.48 \quad (m/s^2) \quad r^2 = 0.996$$

となる。

すべり転倒した時の加速度値（高齢者5人、若年者5人）をプロットすると図2のようになる。すべり転倒実験結果を見ても、すべり持続時間の逆数と限界加速度との関係がほぼ直線的な関係が見いだせる。つまり、加速値の大小はあるが、すべり加速度と持続時間の関係は、水平加速外乱刺激による転倒実験結果とほぼ類似すると考えられるのである。

4. 転倒の共通特性

バランスを崩し転倒するメカニズムは、「すべり転倒」、「不意の動きによる転倒」による違いはあっても、関連性があることが見いだせる。すべり転倒では足部の加速度、水平加速外乱による転倒では、床面を瞬発的に動かす時の加速をとっているため、足部と身体重心部の違いがあり、加速度に差が見られる。しかし、足を取られて転倒する際の体重心部の計測を同時に行いその関係を更に検討して換算係数を求めることにより、すべり転倒現象の一般化がはかれる。

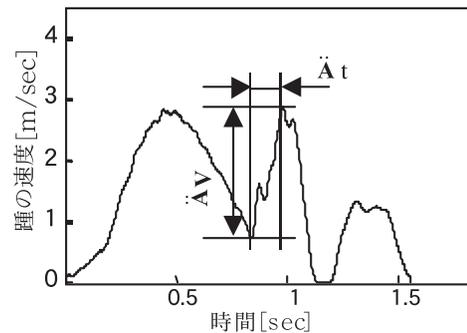


図1 すべり転倒時の踵部のすべり加速度

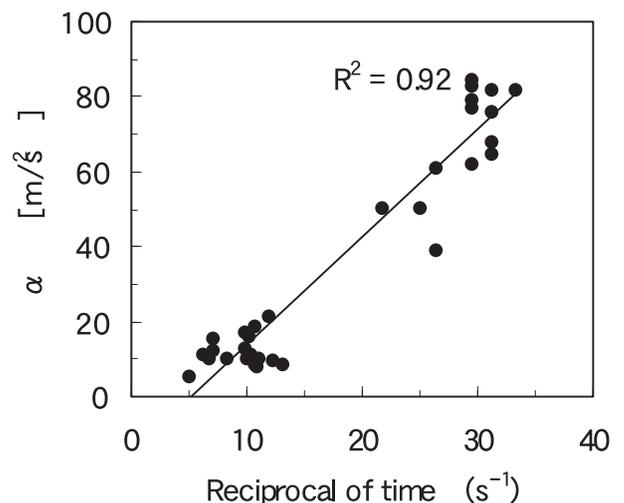


図2 すべり転倒時の時間の逆数値と加速度

## 階段通路の視環境の評価に関する研究 —スライド映写画像を用いた評価実験—

韓国晋州産業大学教授（前特別研究員）李 善永  
建設安全研究グループ 永田久雄

### 1. はじめに

高齢労働者が安全に楽しく暮らせる社会を築くには、職場だけではなく、職場外のあるべき姿についての検討も必要である。特に、通勤途上で利用する駅などを始めとする、公共空間などの検討が求められている。本研究では、駅の階段を対象とし、快適な環境とはどのような配慮が必要なのか検討した。

近年、高齢者の転倒事故が増加する傾向にあることから、階段を対象とする高齢者のための多くの研究がなされているが、これらの研究は、高齢者の歩行機能や視覚機能などの身体能力の低下に関するものがほとんどである。階段研究においては、滑りや転倒などの身体的な安全性の評価だけではなく、利用者の心理的評価も重要であると考えられる。

本研究は、大型スクリーンを用いた印象評価実験を行い、高齢者と若年者がどのように階段環境を評価しているか、高齢者と若年者の評価差を検討することによって、高齢者からみた快適な階段の視環境を形成するための基礎データを得ることを目的としている。

### 2. 実験概要

本研究では高齢者と若年者による階段の評価の差異をより定量的に示すため、昨年度の面接調査で得られた評価尺度を用いてSD法を用いた評価実験を行った。

実験方法は、実際の空間で階段を見た場合と視野を揃えるため、スライド写真を大型スクリーンに投影し、被験者はスクリーンから110cm離れた椅子に座った状態で観察して評価した。スクリーンのサイズは1500mm×2000mmである。

スライド写真は25箇所の駅階段である。被験者が評価する空間とスライドプロジェクターがある空間には、外部から入ってくる光を防ぐために、窓に暗幕を張り、さらに、スクリーンとプロジェクターの周りに黒カーテンをかけた。室内照明を全て消した状態で評価し、被験者の視線の高さはスクリーンの中央にくるように、椅子の高さを調節した。

評価項目は、面接調査の結果から選定された20の評価項目とともに、総合的評価とした〈好き 嫌い〉の評価項目である。評価時間はとくに設定せず、被験者が一つのスライドの評価を終えたら次のスライドを提示した。実験風景を図1に示す。

被験者は若者27名、高齢者21名である。若者の被験者構成は男子15名、女子12名で、年齢は18歳～25歳（平均年齢21歳）である。高齢者は男子5名、女子16名、年齢60～75歳（平均年齢65歳）である。



図1 評価実験の様子

### 3. 調査結果及び考察

SD法の評定値を高齢者と若年者に分けて、それぞれ因子分析（バリマックス回転）を行って、年齢層による評価構造の差を検討した。また、全被験者による因子分析も合わせて行った。

いずれの因子分析においても3因子が抽出され、それぞれ、開放性因子、評価性因子、機能性因子と判断され、因子の種類は世代を問わず同一となった。因子の構造を見ると、高齢者の場合は第一因子が開放性であり、寄与率も74%と大きい。若年者の場合は評価性が第一因子で寄与率も53%に留まっている。また、高齢者は第三因子までの累積寄与率が84%に達しているが、若年者では75%でしかない。これらのことより、若年者は美的な観点を第一としながらもさまざまな視点で階段を評価しているが、高齢者は空間の大きさに関係する開放性が評価の観点の中心となっているといえる。

年齢層による評価項目ごとについて、評価差があるのかを把握するため尺度ごとに分散分析を行った。評価性因子になる〈美しい〉〈きれい〉〈整った感じ〉などには年齢による主効果、年齢層と対象による交互作用いずれも有意差が見られた( $P < 0.01$ )。

評価構造モデルから抽出された階段の物理要素と評価の関係も検討した結果、評価性因子においては若年者も高齢者も主として空間の広さで判断を行っており、そのレンジは若年者がより大きい結果となった。機能性因子については、若年者がエスカレーターの有無と階段の長さの双方から判断しているのに比べて、高齢者は主としてエスカレーターの有無だけで機能性を判断していることが判明した。

# 低層建築物の屋根工事における墜落防止のための足場の必要条件 —災害時における被災者の速度の推定—

建設安全研究グループ 日野泰道, 永田久雄

## 1. はじめに

本研究は屋根からの墜落災害を防止するための設備（手すり等）を設置する際に必要な情報と考えられる、被災者の墜落挙動について推定を行ったものである。ここでは特に、手すり等への衝突による衝撃荷重に影響を及ぼす物理量として被災者の速度に着目し、「災害調査復命書」の記載データ（平成9年度における死亡災害：計23件）を基に分析を行った。

## 2. 推定方法

被災者は軒先位置で屋根面と平行な速度ベクトルを有し、また軒先位置を原点として斜方投射の放物運動をするものと仮定し、軒先位置から地面に衝突するまでの被災者速度の推定を行った。（図1参照）

まず、水平方向の速度、変位はそれぞれ、

$$v_x = v_0 \cdot \cos \theta \quad \dots(1)$$

$$x = v_0 \cdot \cos \theta \cdot t \quad \dots(2)$$

である。一方、鉛直方向には下向きの一一定の加速度（重力加速度）が作用し等加速度直線運動をするので、

$$v_y = v_0 \cdot \sin \theta + g \cdot t \quad \dots(3)$$

$$y = v_0 \cdot \sin \theta \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad \dots(4)$$

ただし、 $x, y$ ：墜落位置（軒先を原点とする）、 $v_0$ ：軒先位置における被災者の速度（屋根面に平行な速度ベクトル）、

$v_x, v_y$ ：被災者の速度成分、 $v$ ：被災者の速度ベクトル

$\theta$ ：屋根勾配、 $t$ ：軒先から地面に衝突するまでの時間

となる。従って軒先位置における被災者の速度  $v_0$  は、

$$v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot x^2}{2 \cdot \cos^2 \theta \cdot (y - \tan \theta \cdot x)}} \quad \dots(5)$$

となる。一方、地面に衝突するまでの速度は、各方向の速度成分の和として下式により得られる。

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \dots(6)$$

## 3. 推定結果

図2に(5)式または(6)式から得られた速度（軒先位置および地面に衝突する瞬間の被災者の速度）と屋根角度の関係を示す。なおここで示した結果は、被災者の墜落位置、屋根の軒先高さ、および屋根角度の情報が明確で、かつ足場等への接触がない災害のみを対象としている。

軒先位置での被災者の速度（図中の白抜き：○印）について見てみると、その最大値は約15km/hとなっていることが分かる。なおこの速度は、物体を高さ1m

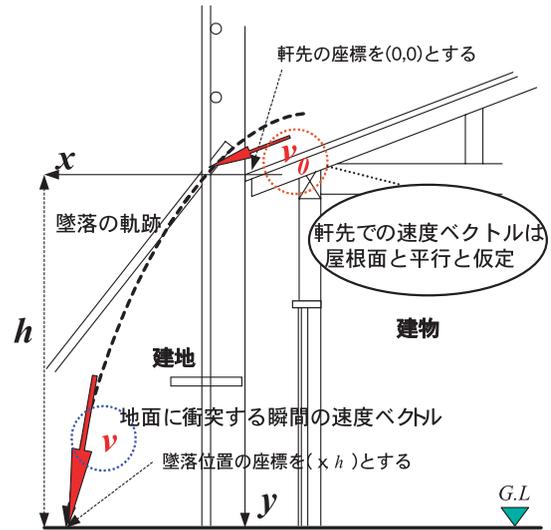
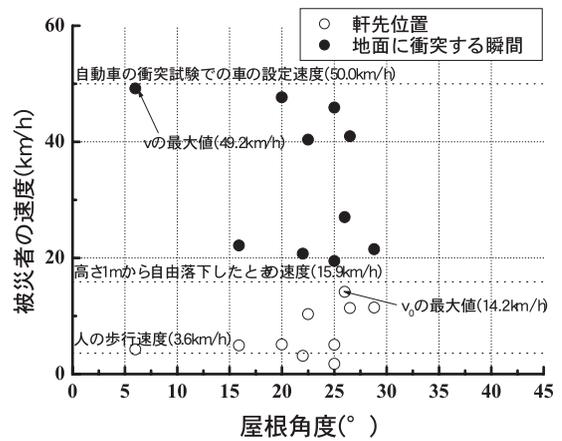


図1 墜落時の速度の推定方法



から自由落下させたときの速度とほぼ等しいものである。一方、「やさしい保護具の知識（日本保安用品協会）」では、保護帽を着用せずに人頭が高さ1mから硬い平面へ落下・転倒すると、頭蓋骨骨折する可能性を指摘している。これらのことから、屋根からの墜落防止を目的として手すりなどの設備を軒先付近に設置した場合、被災者は衝突により大きなダメージを受ける可能性がある。ちなみに、本研究で対象とした災害の約8割（18件/23件）は頭部損傷を死因とし、そしてその約7割（13件/18件）がヘルメットを着用していなかった。これに対し、地面に衝突する瞬間での速度（図中の黒塗り：●印）は、すべての災害でその速度を上回っていることが図より分かる。

## 4. まとめ

被災者は、地面に衝突する瞬間のみならず、軒先位置でも衝突により大きなダメージを受ける可能性が明らかとなった。そのため、その衝撃荷重を小さくするための工夫（設備の剛度に対する配慮）が必要である。

爆発燃焼反応性予測手法開発に関する研究  
 ー爆発燃焼反応データ集積ー

化学安全研究グループ 安藤隆之, 熊崎美枝子

1. はじめに

量子化学計算による予測では, 置換テトラゾールの5員環電荷(計算値)とDSCによる熱分解開始温度(実測値)との間には相関があり, テトラゾールの熱分解特性に対する置換基の影響を計算によって予測可能であると期待された。ところが, 5-位にアミノ基が置換した5-アミノテトラゾール(HAT)は, 上記の相関関係から予測されるよりも熱安定性が低い。

この現象を説明するために, 無置換の1H,5H-テトラゾール(1HT)及びHATの熱分解特性をDSCにより測定し, 熱分解生成物をCPP-GC-MS法によって分析して両化合物の違いを確認することを試みた。

2. 実験方法

CPP(キューリーポイントパイロライザ)は日本分析工業(株)製のJHP-3型装置を用い, GC-MS(ガスクロマトグラフー質量分析計)は(株)島津製作所製のQP-1000A型装置を用いた。GCのカラム充填剤にはSiliconeOV-17(2%, カラム長1m)を用いた。

DSC測定にはTAインストゥルメント社製2920型装置を用いた。試料量は約1mg, 昇温速度は10K・min<sup>-1</sup>とした。

3. 実験結果

図1, 図2に示したとおり, 1HT及びHATのいずれにおいても主たる熱分解生成物は窒素, シアン化水素, アジ化水素であった。1HTでは熱分解温度を高くすると少量のアセチレン, エチレン, プロピレン, ジシアン, アセトニトリル, アクリロニトリルの生成も認められた。窒素, シアン化水素及びアジ化水素の生成は5員環の単純な開裂によって説明できるが, アセチレン以降の生成物は開裂によって生じたラジカル等が関与しているものと考えられる。

一方, 図3に示したとおり, 開放セルを用いたDSC測定によると, 1HTでは融解温度以下から試料の昇華(及び蒸発)が始まり大きな吸熱ピークを示すのに対して, HATでは大きな吸熱は認められなかった。また, 1HTの場合には加熱終了後の試料容器内には何も残っていないのに対して, HATでは固体の残渣が認められた。なお, この固体残渣はアセトンには溶解しなかった。

以上を合わせると, HATの場合には, 凝縮相中での反応によってCPPによる加熱温度程度では酸化しない生成物が生じるのに対して, 1HTではそのような反応は起きていないと推定された。

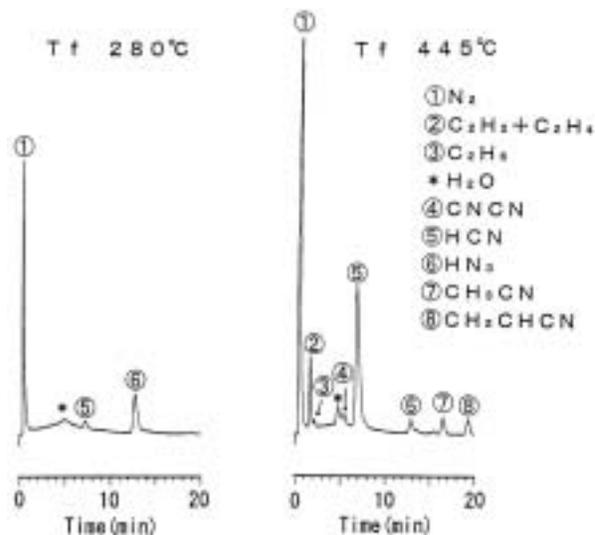


図1 1HTのCPP-GC-MS測定結果

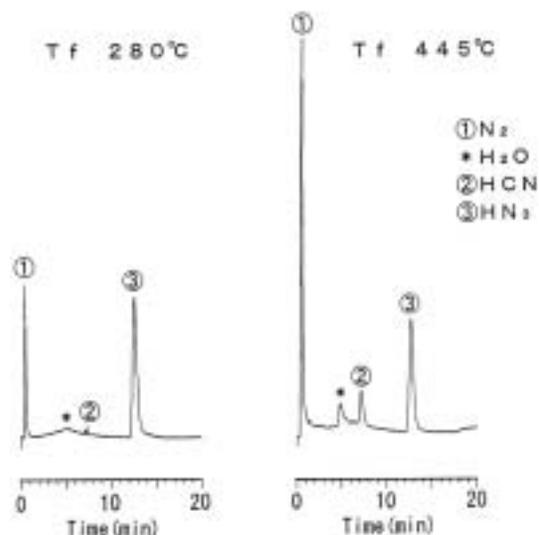


図2 HATのCPP-GC-MS測定結果

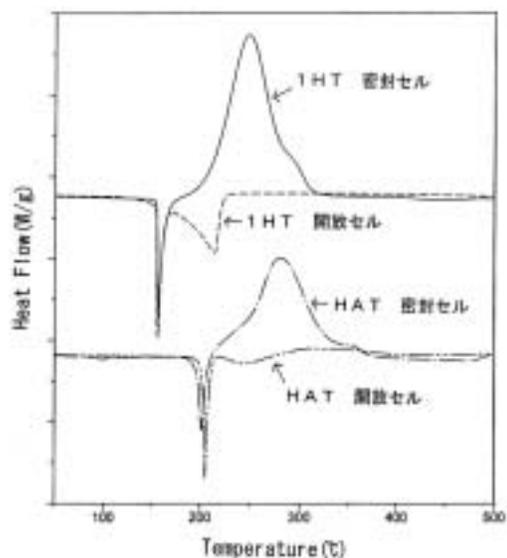


図3 1HT及びHATのDSC曲線に及ぼす試料容器の影響

## 微粒子粉体の発火・爆発危険性に関する研究 (湿った金属粉体層に沿った燃え拡がり)

化学安全研究グループ 八島正明

### 1. まえがき

マグネシウム (Mg) とその合金はリサイクル可能な工業材料であるとともに、金属の中では最も軽量であり、プラスチックに比べて、機械的強度、熱伝導性、耐熱性、電磁波シールド性に優れていることから、ノートパソコン、ビデオカメラ、携帯電話等の携帯用 (モバイル) 電子機器の筐体用材料として用いられるようになってきた。これらの製造工程においては、成形後のバリ取りや寸法調整のために研磨作業が行われており、その際に発生する研磨粉が原因となって粉じん爆発や火災が発生している。金属片は空気中では不燃と思われているようであるが、Mg合金だけでなく、鉄 (Fe)、チタン (Ti)、ジルコニウム (Zr) などの金属でも微粒化に伴い空気中でも容易に燃焼するようになる。最近の粉じん爆発・火災災害では、農産物、プラスチック、医薬品などの有機物粉じんよりも金属粉じんによる割合が高くなっている。

金属粉が床、集じんダクト・設備などに堆積した状態において、何らかの原因で着火した場合には、堆積した粉体層表面に沿って燃え拡がる現象が見られる。昨年度の報告では、燃え拡がりに及ぼす試料台の影響、対向気流の影響、アルゴンによる消炎限界を調べた。

本報告では、湿った金属粉に関する燃焼性、爆発危険特性を定量的に把握するためにTi、Mg粉体層に水分を0~30%含む場合の燃え拡がり挙動、燃え拡がり速度を高速ビデオカメラなどを使って調べた。

### 2. 実験

実験装置を構成する試料台や小型風洞は昨年度の研究と同じである。実験は空気雰囲気中で行い、対向気流の平均速度は25 cm/s一定とした。試料粉体として、Ti (中位径 $D_{0.5}=18$ と $80 \mu\text{m}$ ) とMg ( $29 \mu\text{m}$ ) を用いた。実験は、小瓶に予め入れられている試料粉に所定量の水を加えて速やかに混合し、試料台にへらを使って平滑にしながら載せ、風洞内に設置し、バーナトーチ (LPG-O<sub>2</sub> ガストーチ) を使って堆積層の一端に着火させた。試料粉と水の混合から着火までの時間は5分以内とした。

### 3. 実験結果

写真1(a)と(b)は、スチルカメラによるTi粉(水分割合17.0%)とMg粉(8.5%)の燃え拡がりの様子を示したものである。写真では、画面左から右方向への空気流に対向して左方向に燃え拡がりが進行している

様子を示している。図(a)のTi粉では気相に輝炎が形成し、燃焼粒子が突発的に吹き出している様子が見られる。図(b)のMg粉では、水分割合が8.5%と低いため、燃焼粒子が飛び出す様子は見られないが、水分割合(水分量)の増加とともにTi粉よりも激しく、燃焼粒子が飛び出すとともにせん光を発生して燃え拡がるようになる。



(a)Ti (18  $\mu\text{m}$ , 17.0%)



(b)Mg (29  $\mu\text{m}$ , 8.5%)

10mm

写真1 燃え拡がりの様子

Mg粉では、燃え拡がり速度は $\Omega_w=0\%$ の3mm/sから水分割合の増加とともに、ばらつきながらも増加することがわかった。金属粉に水分を含む場合の燃え拡がりでは、燃え拡がりの進行とともに水素が発生し、水素火炎を形成するものと考えられるが、燃え拡がらずなわち燃焼性に及ぼす因子が多いため、現象解析が複雑である。定量的な解析のために、今後発生する水素の影響について検討する予定である。

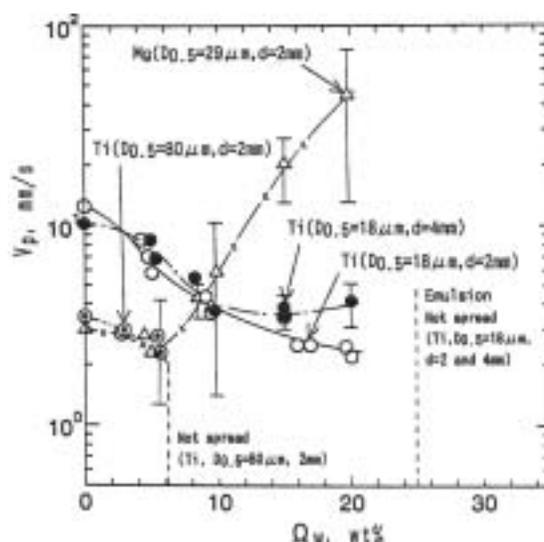


図1 水分添加割合に対する燃え拡がり速度の変化

## 高温・高圧下における気体物質の爆発危険特性 (高圧下の発火温度測定)

化学安全研究グループ 板垣晴彦, 水谷高彰

### 1. はじめに

化学プロセスにおいては、様々な可燃性の気体と液体が高温高圧下で取り扱われている。これら物質が密閉した系内で自然発火し、爆発・火災を引き起こす事例がしばしばみられる。公表されている発火温度の測定データは、その多くが定められた測定機器と手順にしたがって測定されているため、測定条件が大気圧下に限られ、高圧下における発火温度の測定データは少ない。

そこで、従来の開放型の測定装置に試験容器を格納する密閉容器を追加し、高圧下における可燃性液体の発火温度を実測した。

### 2. 測定装置と方法

図1に密閉容器を用いた発火温度測定装置を示す。試験容器は、従来から可燃性液体の発火温度測定に広く用いられている ATSM 式の発火温度測定装置で使用する500mlの丸底フラスコである。この試験容器は密閉容器内に収められ、従来法と同様に密閉容器の上部、側面、底部に設けられた3つのヒーターにより加熱される。ヒーターへの電力は、それぞれPIDコントローラーにより制御される。装置が密閉型となったため、ガスの充填と排出、および、試料滴下用の3つの配管、発火の観測用窓が密閉容器の上部に備えられている。

実験の手順は、まず、試験容器を所望の温度に調整し、密閉容器内を新鮮な乾燥空気です定の圧力になるまで加圧する。次に、試料を定量流量ポンプで必要量だけ送り込み、試験容器内において火炎が認められるか否かを肉眼およびフォトセルにより観察し、試験容器内に火炎が認められた場合を発火とする。試験後は、発火の有無にかかわらず新鮮な空気です密閉容器内を洗浄し、次の試験に備える。

### 3. デカンの発火領域の測定結果

図2は、初期圧力を0.10 MPa から0.30 MPaまで変化した場合の発火領域(試料量と発火温度の関係)である。最低発火温度はこの発火領域の最低で表される。大気圧下での最低発火温度は、試料量0.5mlの時の202℃であった。最低発火温度を示す試料量の範囲は狭く、試料量が多く燃料過多の場合には、圧力の急上昇が生じるにもかかわらず発火が認められない場合がたびたび観測された。

最低発火温度は、初期圧力が高くなるにつれて低下

し、0.20 MPa の時は198℃, 0.3 MPa の時は194℃, 0.40 MPa の時には192℃となり大気圧下よりも10℃低下した。最低発火温度の低下とともに、発火領域は試料量の多い側に移動した。また、最低発火温度を示す試料量の範囲は明らかに大気圧の場合よりも広がった。

### 4. 熱発火理論の適用

自然発火の有無が、外界への熱の散逸と反応による発熱のバランスにより決まるものであるので、熱発火理論を適用した。その結果、初期圧力の比の対数と初期圧力の変化に伴う最低発火温度の変化幅が比例関係にあることが分かった。

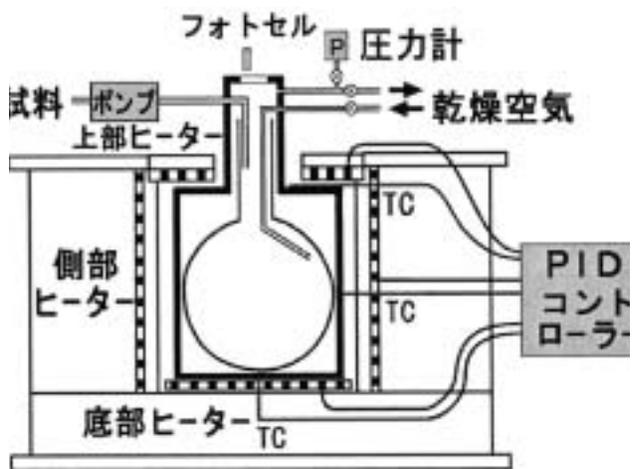


図1 密閉型の発火温度試験装置

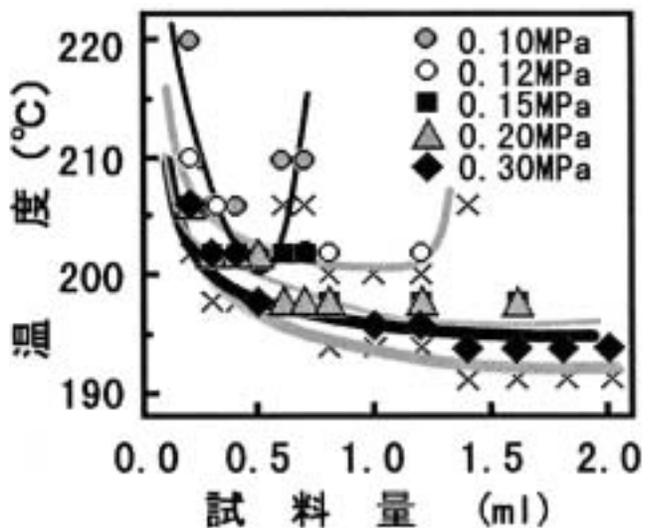


図2 デカンの発火領域の比較

## 新規化学物質等の爆発危険特性の解明とデータベースの構築に関する研究

化学安全研究グループ 水谷高彰, 松井英憲  
板垣晴彦

### 1. はじめに

事業所において化学物質を取り扱う場合, その危険性について十分検討することが災害を未然に防ぐ上で重要である。化学物質の危険性についてのデータベースとしては, MSDS等が良く知られているが, そのデータは純物質の引火点, 毒性等, 最小限のみに留まっており, より詳細なデータベースの公開が, 社会ニーズとして高まっている。又, 近年の新材料の開発の為, 既存のデータベースには記載されていない新規化学物質も数多くある。

当所では, 労働省(現・厚生労働省)要請のもと, の災害原因調査研究をはじめとして, 新規化学物質等の危険性や災害に至るメカニズムの解明, 危険性評価手法の開発を長年行ってきた。このため, 新規化学物質の危険性を評価するための研究施設や装置やノウハウが蓄積されている。一方, 産業安全技術協会は, 企業の要請を受け, 新規化学物質等の危険性評価の測定を行っており, 多くのデータが蓄積されている。

このような背景から, 現在, 両機関の相互協力により, 爆発・火災の防止に貢献する事を目的とした化学物質の爆発危険特性データベースの構築を行っている。

### 2. 取り扱うデータ

化学物質の爆発危険特性については多くの指標があるが, 爆発火災災害防止への寄与に着目して化学物質を整理すると, 大きく「可燃性ガス・蒸気」「可燃性粉体」「自己反応性物質」の3つに分類し, 扱うデータを分けた方が分かり易く有用であるため, この3つに分類しそれぞれについてデータベースの構築を行うこととした。

#### ・可燃性ガス蒸気

可燃性ガス蒸気は, 都市ガスや, 溶剤など, 特定の温度・圧力の下で支燃性ガス(空気や酸素)と混合すると爆発する危険性を有する化学物質であり, 可燃範囲や引火点だけでなく, 最小着火エネルギーや爆発圧力, 発火点, さらに高温・高圧下での特性の変化や不活性ガスによる安全化の効果など, できるだけ実際に事業所で利用されている形態に即した状態での特性についてもデータ収集を行う。

#### ・可燃性粉体

可燃性粉体は有機物や金属の微粉末であり, 爆発を引き起こす粒径や濃度についてデータを収集する。

#### ・自己反応性物質

爆発性や発火性を有する物質など, 一部の化学物質は特定の温度で保持すると自己分解やその他の反応を経て, 異常発熱や発火に至る。従来は消防法の基準を用いて大まかにその危険性を評価していたが, 近年化学物質の利用・保存方法も多様になり危険性が低いと判断される物質でも実際に災害が発生している。このため, 利用者ができるだけ詳細なデータを得られるようにするため, DSCのチャートなどの生データも極力収集する。

### 3. データベース

これらのデータを今までに発表した論文・資料などから取りまとめ, データベース化し, 検索・閲覧プログラムを付加して公開する。また, データがない重要と思われる新規化学物質については, 特性を測定し, 追加掲載する。

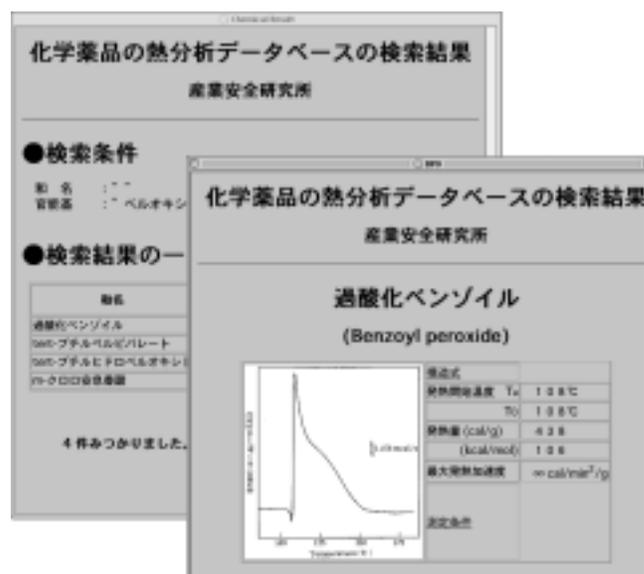


図1 データベースの検索画面と検索結果の一例

**交流アーク溶接機用自動電撃防止装置の要求性能  
—交流アーク溶接作業についてのアンケート調査—**

物理工学安全研究グループ 本山建雄，富田 一  
山野英記

**1. はじめに**

交流アーク溶接機用自動電撃防止装置（以下，電防装置と記す）は交流アーク溶接作業を行う上での電圧を低減する安全装置として使用されている。原理は，溶接時のアークが消弧した後，1.5秒以内に溶接装置の出力電圧を30V以下にし，また，溶接棒と被溶接部材との間の抵抗が始動感度抵抗以下となった場合に，溶接機出力電圧を溶接機の無負荷電圧に上昇させる装置である。

この装置の使用によって，交流アーク溶接作業時における感電被災者は大きく減少したが，ここ数年，増減を繰り返している。このような状況から，本研究では交流アーク溶接作業における実態の把握を目的として，交流アーク溶接技術者を対象にアンケート調査を実施した。

**2. アンケート調査**

アンケート調査の目的は交流アーク溶接作業時に，溶接技術者からみた電防装置の性能に関する実態の把握にある。

調査の主な項目は次の6項目である。

①溶接作業の経験，②使用したことのある交流アーク溶接機の種類，③溶接機の点検，④電防装置の起動時の状況，⑤溶接作業中の状況，⑥溶接作業時における感電。

アンケート総数は約450である。アンケート対象者の業種は建設業が72%，製造業が10%である。経験年数は10年以上が64%，3年以上は90%を越えている。一ヶ月の溶接時間は15時間未満が42%であった。現在，使用している交流アーク溶接機の電防装置装備割合は90%弱である。

ここでは，アンケート結果のうち，始動感度，遅動時間及び溶接作業における感電状況について以下に示す。

[ 始動感度 ] 電防装置が動作し，溶接機の出力電圧が安全電圧(約20V)から溶接機の無負荷電圧(約80V)に変わるためのしきい値を抵抗で表したもので，作業上は，溶接棒と母材間の抵抗が設定値以下になったときに電防装置が動作し，溶接機の電圧が上昇し，アークを発生させて溶接が可能になる。電防装置の動作は被溶接材の表面状態に密接に関係することから，電防装置の不動作経験の有無についてまとめたのが図1で

ある。これによると，80%を越える技術者が不動作を経験しており，汚れ，錆びをヤスリ等で取り除いている。（遅動時間）遅動時間は電防装置が動作した後，或いは溶接の途中でアークが切れた場合に，溶接機の電圧がアークを発生可能な無負荷電圧に保持されている時間（約1秒）であり，作業性に関する。仮溶接，本溶接の何れの場合でも，短いと考えている人は10%以下であった。

（感電の経験）アーク溶接作業において半分以上の技術者が感電を経験している。感電する可能性は溶接機の出力電圧が無負荷電圧の場合に予想される。

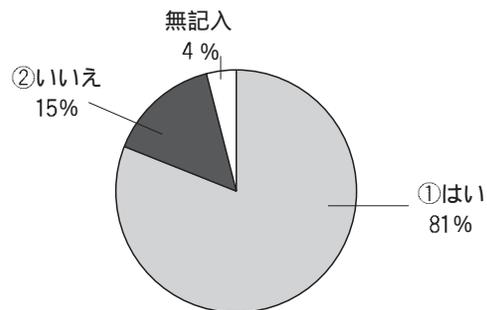


図1 錆び・汚れ等による不動作の経験（有り）

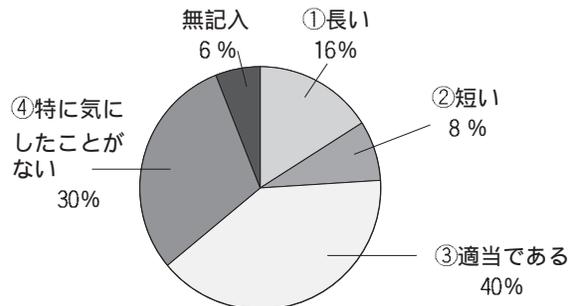


図2 遅動時間の長さ（仮溶接の場合）

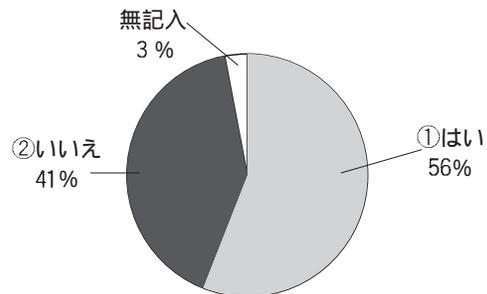


図3 交流アーク溶接作業における感電の経験（有り）

## 計測制御用プリント配線板のサージ耐性 —配線間の汚損によるサージ耐性の変化—

物理工学安全研究グループ 本山建雄

### 1. はじめに

配線間に誘導雷などのサージが加わり、放電が発生すると、絶縁不良やサージ電圧による電子素子の破損など、電子回路に対する障害が発生する。これが、制御システムや計測システムの電子回路で発生すると、システム自体の異常を誘発し、生産設備に起因する障害・災害に至ると予想される。このようなサージによる障害・災害に対応するため、プリント配線板の配線間距離と耐電圧の関係が示されているが、汚損した場合の耐電圧についてのデータは不足している。一般に、工場等で使用する配線板は、時間の経過とともに汚損し、絶縁性が低下することがあり、このような場合を想定して、汚損したプリント配線板のサージ耐性について検討した。

### 2. 実験方法

本研究では、導電性物質( $\text{CaCl}_2$ )の水溶液で汚損した平行のプリント配線(平行部分20mm, 配線間距離0.5mm)を試験片として使用し、インパルス(サージ)放電開始電圧を求めた。

試験片は図1に示すように、片面銅張りガラスエポキシ積層板をエッチングして、図1に示すようなパターンのプリント配線板である。配線は材質が銅であり、配線の平行部分の長さが約20mm, 配線間距離が0.5mmである。試験片にはレジスト等のコーティングはない。

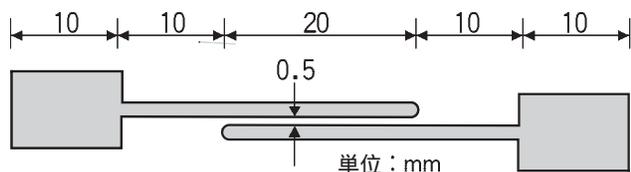


図1 試験片

配線間を使用状態で定量的に汚損させることは困難であることから、ここでは塩化カルシウム( $\text{CaCl}_2$ )の水溶液を塗布し、配線間の抵抗を変化させた。塩化カルシウムは潮解性があり、湿度によって配線間の抵抗は変化する。また、塩化カルシウムは融雪剤、除湿剤、粉塵防止用等に使用されており、プリント配線板の汚染物質の一つとなりうる。

雷サージは標準雷インパルス電圧(波頭長:  $1.2 \times$  波尾長:  $50 \mu\text{s}$ )であり、サージ発生器からの出力を

配線間に電圧を印加した。

印加回路は図2に示すように、電流を制限するための抵抗  $1\text{k}\Omega$  及び電流波形測定用の抵抗  $1\Omega$  を試験片と直列に挿入した。

測定は、まず、放電が予想される電圧を試験片に印可し、放電が発生した場合には20V低い電圧を、放電が発生しない場合は20V高い電圧を印加し、放電が必ず発生する電圧及び発生しない電圧を求め、50%フラッシュオーバー電圧を算出した。

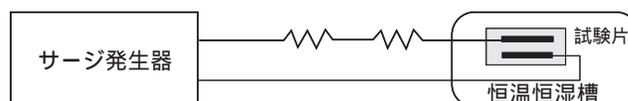


図2 試験回路の概要

### 3. 実験結果及び検討

図3は測定結果を示しており、横軸は周波数100kHzで得られた配線間のインピーダンスである。なお、配線間が清浄な条件での0.5mmにおける放電開始電圧は約2500Vであった。

配線間が汚染された試験片の場合、図3に示されるように、配線間抵抗の低下に対して放電開始電圧は低くなっている。これは、配線間の抵抗が低下すると放電が沿面を通過しやすくなり、放電開始電圧が低下するためと考えられる。低下の程度は大きく、インピーダンスによって異なるものの、およそ20%から70%程度になると推定される。

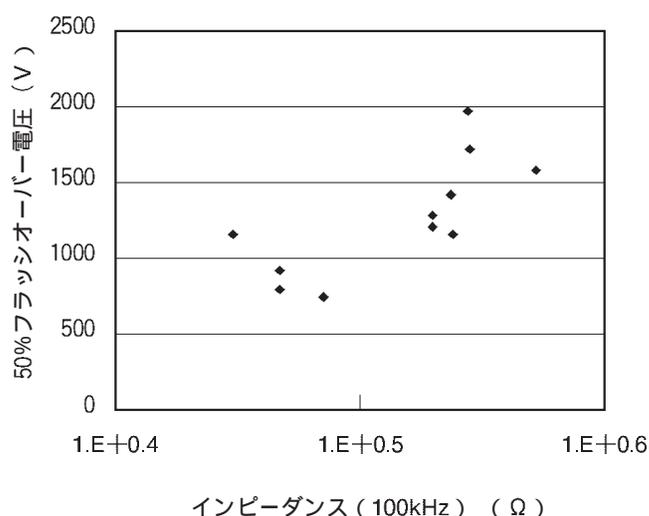


図3 配線間のインピーダンスと50%フラッシュオーバー電圧(配線間距離: 0.5mm)

# 中波による大型クレーンへの誘導電流の低減に関する研究

物理工学安全研究グループ 富田 一

## 1. はじめに

中波放送波による大型クレーンの電波障害には、フック部に誘導される高電圧や誘導電流に起因する安全装置（過負荷防止装置）の誤作動がある。ここでは、誘導電流低減を目的としたインダクタンス付加による対策の基本的な検討として、対策が有用となるインダクタンス値を数値計算によって求めた。また大型クレーンを縮小したモデルを用いて、モデルクレーンへのフェライトの装着場所と誘導電流低減の効果との関係を実験的に検討した。

## 2. インダクタンス付加効果の数値計算

大型クレーンのモデルとして図1のクレーンを使用した。マスト、ジブ、ワイヤ長が、それぞれ50.5m, 26m, 48mであり、これらの断面は一辺が50cmの正方形である。モデルクレーンに照射される電界強度1Vの中波に対して、汎用電磁界解析ソフトJMAG-Worksによって、このモデルへの誘導電圧を数値解として求めると図2となった。マスト、ジブ、ワイヤの全長124.5mに対し、照射される中波波長の1/4である120m付近で共振している。

このクレーンの誘導電圧を低減するために、マスト基部の部分にインダクタンスを装着する手法を検討する。共振周波数付近である624kHzの中波がモデルクレーンに照射された場合について、インダクタンスの効果を計算した結果を、図3の[マスト=50.5m]に示す。フック部に誘起される電圧は、0.1mH程度のインダクタンス値であれば、インダクタンス付加前の約600Vから100V以下に低減可能なことがわかる。

マスト、ジブ、ワイヤ長が、それぞれ18m, 15m, 16mとなるクレーンについても、共振付近である周波数1530kHz, 電界1Vの中波に対し、図3の[マスト=18m]に示すとおり、0.1mHのインダクタンス値で十分な効果を有することがわかる。

## 3. フェライトによる誘導電流低減

インダクタンス成分を有するフェライトを用いたインピーダンスを増加させる手法について、大型クレーンへの効果的な装着位置についての基礎的な検討を行った。

実験には図1のモデルを1/200としたものを使用した。共振付近である周波数120MHz, 電界強度約1Vの照射電波に対し、フェライトビーズを実験用モデルクレーンの各部に装着した結果を図4に示す。誘導電

流分布で最大となるマストの地上部との接点（マスト基部）への装着が最も効果的となった。

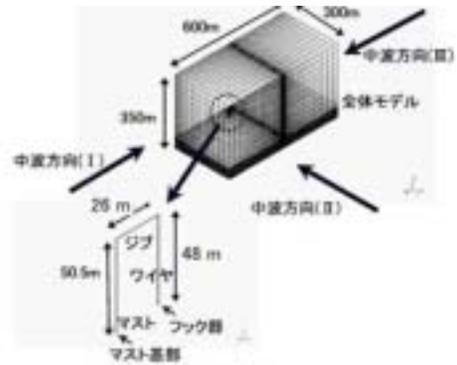


図1 モデルクレーン

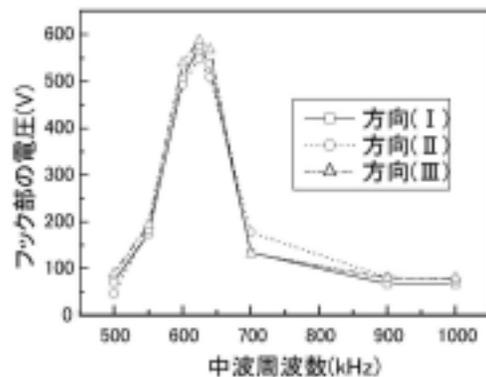


図2 フックへの誘導電圧の中波周波数依存性

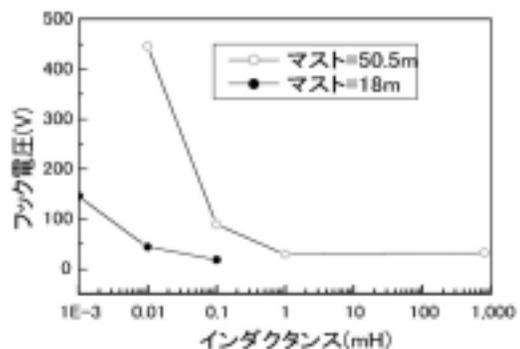


図3 フック電圧のインダクタンスによる低減効果

(中波の方向Ⅲ)

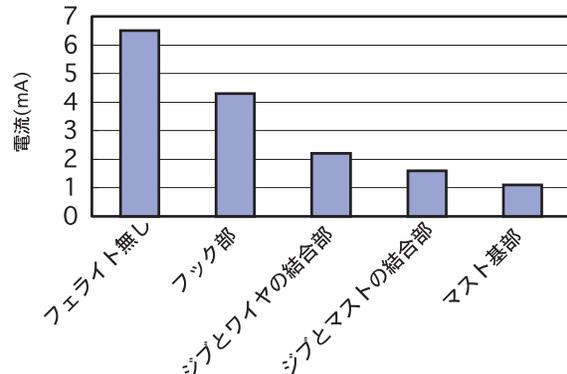


図4 フェライトビーズの位置と誘導電流低減効果

電圧入力型電撃危険性判別回路に関する研究  
 一電撃による心室細動のしきい電流を表わす  
 1 回路モデル

理工学安全研究グループ 山野 英記

1. はしがき

近年電力変換装置の普及・多用により、感電時の身体電流には[商用交流又は直流]以外の波形の電流が想定されるような場合が増加した(例：太陽光発電設備)。そのような波形の電流の許容限界は必ずしも既知ではない。感電保護対策を設計する場合には、人体への許容限界が必要不可欠であり、既知でない場合は、暫定的にする、何らかの許容限界の想定が必要である。そのような場合、人体と同様に電流に応答する回路モデルがあれば、非常に有用と考えられる。本研究では、その種の目的に使用できるような回路モデルを探求する。そのために回路モデルを提案し、既知データを用いて、回路モデル(案)の検証を行う。

2. 回路モデルの提案

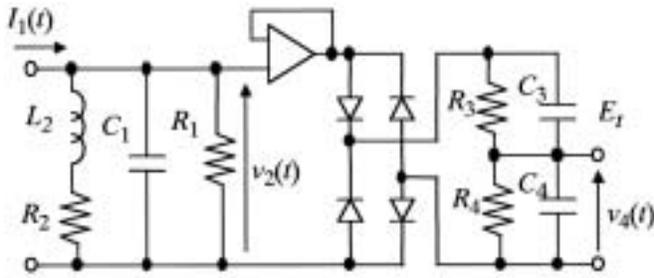


図1 電撃危険性判別回路モデル

図1に回路モデルの案を示す。この回路モデルは、三つのブロックで構成されている。ブロック3(右3分の1)は、CR積分回路で、細胞形質膜のしきい電流-持続時間特性(Strength-duration curve)を表わす。ブロック2(中央3分の1)の整流回路は、形質膜の整流作用を表わす。ブロック1(左3分の1)は、周波数特性を調整するフィルタ回路である。

3. 回路モデルの由来

図1の主要構成要素である積分回路は次のように導き出すことができる。電気刺激の生体に対する影響は、神経や筋細胞(興奮性細胞)の特性に基づいている。したがって、神経細胞膜の等価回路(Hodgkin-Huxleyのモデル)<sup>1)</sup>を基礎とすることができよう。この等価回路には、能動的で非線形性の素子が含まれている。能動素子を省略すると、受動素子(CやR)のみから成る簡潔な受動的モデルが得られる。受動的モデルは、二つの時定数をもつように構成することができる

(Falk, 2 time-constants model<sup>2)</sup>)。時定数が二つになるとしきい電流-持続時間曲線への適応性が高まる。

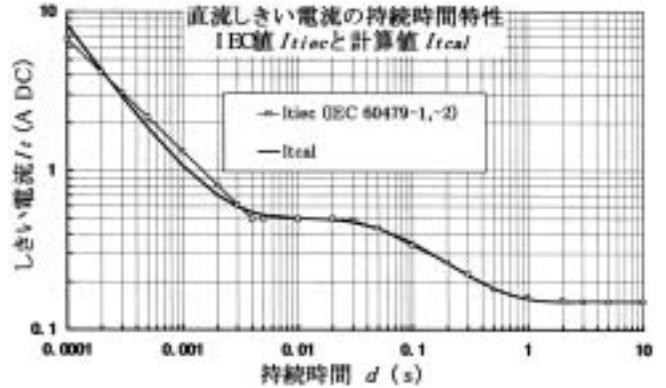


図2 直流しきい電流の持続時間特性データによるモデルの検証

「2個の時定数」をヒントに回路を調整して、独立な二つの時定数をもつ図1のブロック3(CR積分回路)のような2層の回路を得ることができる。

この回路の入力は電流  $I_1(t)$  であり、出力は  $V_4(t)$  である。電流  $I_1(t)$  は、身体電流に対応する。出力  $V_4(t) \geq E_t$  のとき即死(心室細動発生)の可能性ありとする。ここで、 $E_t$  は回路モデルのしきい電圧である。

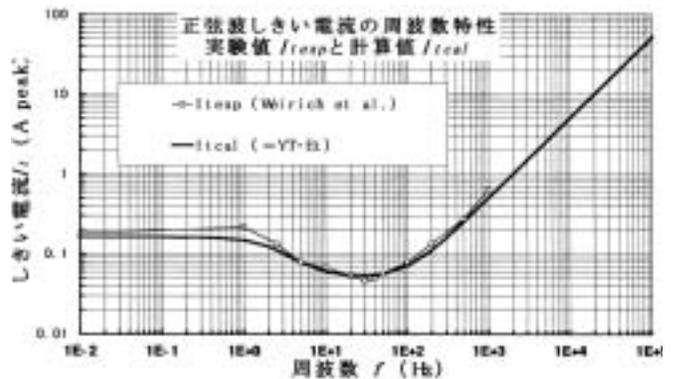


図3 しきい電流の周波数特性実験値  $I_{texp}$  と計算値  $I_{tcalc}$

4. 回路モデルの検証

図2と図3とに、身体電流が直流の場合の持続時間特性と正弦波の場合の周波数特性の既知データ(IEC値  $I_{tiec}$  及び実験値  $I_{texp}$ )と回路モデルによるしきい電流計算値  $I_{tcalc}$  とを対比して示した。いずれも、一部を除き、計算値と既知データはおおむね一致している。なお、計算値に使用した回路モデルの定数は、 $E_t$  を含め、同一の定数である。

文献

- 1) 鈴木, 田崎, 中浜 共著, 共立全書「生理学通論 I」, 共立出版(株), 1972
- 2) 岩瀬, 玉重, 古河 編「生物電気」, 南江堂, 1970

粉体プロセスにおける静電気による着火防止技術に関する研究—帯電防止材料の性能評価試験方法の開発—

物理工学安全グループ 山隈瑞樹

1. はじめに

粉体を取り扱う工程において、静電気の帯電及び放電による災害を防止するために、帯電防止効果を有する材料が用いられている。しかし、帯電防止材料の性能及び構造的な基準が存在しない分野もあり、帯電防止の効果が明確でないままに販売及び使用されている実情にある。本研究では、特に、集じん機に使用されているバグフィルタについて、帯電防止材料としての具備すべき性能的な要件を明らかにし、かつ、将来的な試験方法の策定に資するため、粉体の帯電量に関し定量的な実験データの収集を実施した。

2. 実験装置及び方法

本実験のために製作した小型バグフィルタ式集じん機を図1に示す。同装置の中央部に円筒かご型のリテーナを設け、これにフィットするように縫製したバグフィルタを取り付けた。リテーナの上部は鉄管に接続されており、エアポンプにより集じん機内部の空気を吸引し、粉じん吸入口から投入された粉じんをフィルタに付着させた。十分な粉じんが付着された後、外部のリザーバに蓄えた圧縮窒素（最大圧力1.0MPa）を

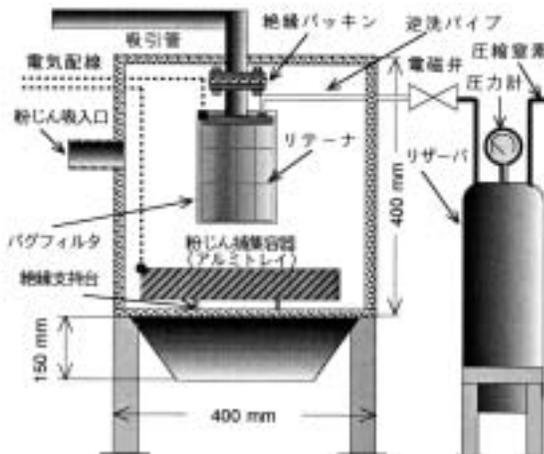


図1 バグフィルタのはく離帯電実験装置

短時間（0.5～1.0s）リテーナ内側へ供給（逆洗）し、その際の気体の流れによって粉じんをフィルタからはく離させた。その際の粉じんの有する電荷量は、リテーナ及び粉じん捕集用アルミトレイの電位を測定することにより求めた。バグフィルタの素材は3種類（通常品1種(Standard)、帯電防止品2種（導電性繊維をストライプ状に織り込んだもの(Stripe Type)及び同繊維を全体に分散させたもの(Mix Type)）であり、粉じんは表1に示す通り8種類を用いた。

3. 実験結果及び考察

粉体の見掛けの抵抗率に対するはく離帯電時の粉体電荷密度の実験結果を図2に示す。バグフィルタの基布が合成繊維（絶縁性）であるため、粉体の見掛けの抵抗率と電荷量には相関関係は見られない。また、帯電が大きなグループは、粒径が比較的大きいまたは形状が丸いためフィルタからはく離しやすい性質を有するものであった。通常型フィルタでは95 μC/kgと非常に大きな帯電量を示す場合があった(PMMA, Standard type)。一方、帯電防止型フィルタにおいては全般的に電荷密度が低く抑えられた。これは、導電性繊維の周辺で発生したコロナ放電による電荷中和効果によるものと考えられる。しかし、帯電防止型においても20 μC/kg以上の電荷量が観測されており(AL-W, Mix type)、常に安全であると保証できる結果ではない。

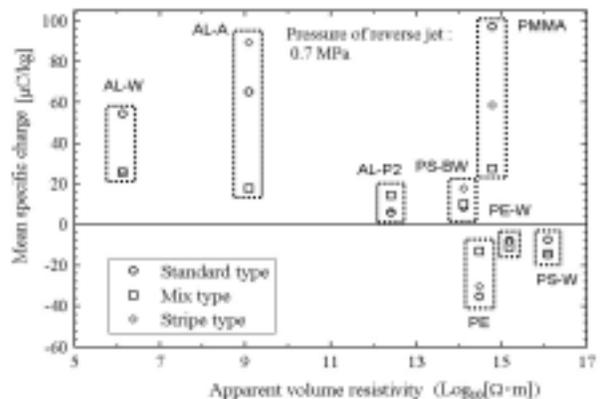


図2 はく離時の粉体の帯電電荷密度

表1 はく離帯電実験に用いた粉体

| 粉じん名           | 記号    | 見掛けの抵抗率<br>(電圧)[Ω·m]         | 粒径中央値<br>[μm] | 粒子形状         |
|----------------|-------|------------------------------|---------------|--------------|
| ポリスチレン・黒       | PS-BW | 1.3×10 <sup>14</sup> (500V)  | 59.4          | irregular    |
| ポリスチレン         | PS-W  | 1.2×10 <sup>16</sup> (1000V) | 87.7          | irregular    |
| 高密度ポリスチレン      | PE    | 3.0×10 <sup>14</sup> (100V)  | 145           | round        |
| 高密度ポリスチレン      | PE-W  | 1.5×10 <sup>15</sup> (1000V) | 87.7          | irregular    |
| アクリル樹脂         | PMMA  | 6.0×10 <sup>14</sup> (1000V) | 345           | round        |
| アルミ粉(P2000)    | AL-P2 | 2.5×10 <sup>12</sup> (10V)   | 8.8           | irregular    |
| アルミ粉(atomized) | AL-A  | 1.2×10 <sup>9</sup> (10V)    | 32.8          | mostly round |
| アルミ切削粉         | AL-W  | 1.3×10 <sup>6</sup> (10V)    | 288           | irregular    |

# 粉体プロセスにおける静電気による着火防止技術に関する研究

## 一粉体槽内における着火性放電の発生限界と防止一

物理工学安全研究グループ 山隈瑞樹, 大澤 敦  
機械システム安全研究グループ 児玉 勉

### 1. はじめに

空気輸送によって帯電した粉体状原材料が粉体槽（以下、「サイロ」という。）に持ち込まれると、サイロ内で静電気放電を着火源とする粉じん爆発が発生する危険性があるので、本研究では、爆発災害防止を目的として、サイロに送り込まれる粉体等の除電装置の開発を行っている。本報告では、サイロ内の帯電状態を監視する静電界センサとノズル型除電器とを組み合わせさせた除電制御システムの除電特性について検討した結果を報告する。

### 2. 実験方法

実験には昨年度報告と同様の実規模大の空気輸送帯電実験装置を使用した。サイロは直径1.5m、胴長2m、容量1.5m<sup>3</sup>のSUS製円筒型であり、粉体等試料には粒径が3~4mmのポリプロピレンペレット約350kgを用いた。ペレットはサイロ底部からロータリーバルブ、4インチSUS製空気輸送配管を経て、再びサイロ上部から充てんする循環運転を行った。運転条件は、搬送空気の温度・湿度を30℃・30%、風量を10m<sup>3</sup>/min、ペレット流量を28.3kg/minとした。ペレット側壁には、サイロ内に堆積したペレット表面から25cm上部の直径55mmの開口部にエアパージ型静電界センサを取り付け、堆積したペレットの帯電の大きさを監視した。ノズル型除電器は、4インチ径のSUS製短管の外周に2列、計16個のイオン生成ノズルを備えたもので、これをサイロ内充てん配管の末端に取り付けた。イオン生成ノズルには、50MΩの高抵抗が接続された針電極を設け、これに高電圧を印加してコロナ放電を起こさせ、除電用の空気イオンを生成した。ノズルには、放電電極への粉体の付着を防止するとともに、空気イオンを配管内に吹き込むため、250kPaの圧縮空気を供給した。

### 3. 実験結果

実験に用いたサイロでは静電気センサの指示値（以下、単に「静電界値」という。）の絶対値が1.2 kV/cm以下では発光を伴うような着火性放電が観測されることがこれまでの実験から分かっているので、ここでは静電界値を±1 kV/cmの範囲内に抑制することを目標として制御を行った。静電界センサの出力信号に基づく除電器のON・OFF制御の概要を図1に示す。除

電器印加電圧がOFFの場合、ペレットの帯電極性は負であり、静電界値の絶対値は通常2 kV/cm以上となるので、静電界値が設定範囲より外れるタイミングに同期して正極性直流高電圧をON・OFFする除電器の制御を行った。ただし、静電界値が負のときはON、正のときはOFFとなるように制御した。ON・OFFする除電器印加電圧を+4 kVとし、静電界値の設定値を±0.5kV/cm及び±0.1kV/cmとしたときの制御結果をそれぞれ図2及び図3に示す。図3に示すように、設定値を±0.1kV/cmにすると、静電界値は±0.5kV/cmの範囲内に制御することができた。今後は、より精度の良いPDI制御等を試みることにしている。

なお、本研究の一部は、民間企業との共同研究で実施したものである。

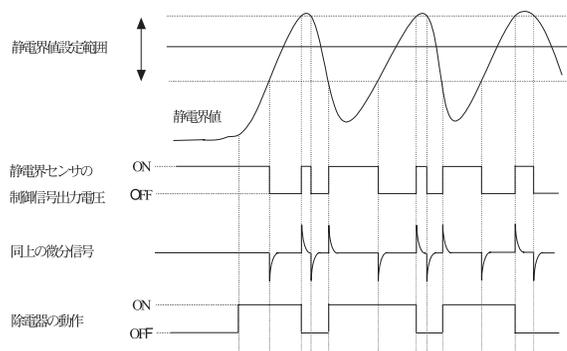


図1 除電器のON・OFF制御の概要

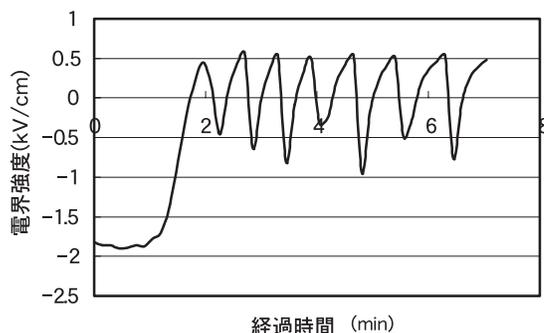


図2 静電界設定値±0.5kV/cmにおける制御結果

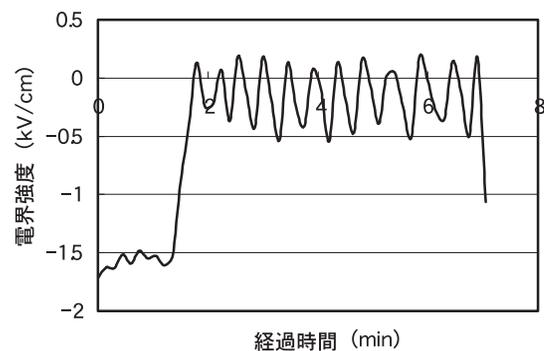


図3 静電界設定値±0.1kV/cmにおける制御結果

# 粉体プロセスにおける静電気による着火防止技術に関する研究

## —粉体投入時の静電気危険のシミュレーション—

物理工学安全研究グループ 大澤 敦

### 1. はじめに

帯電粉体を容器等に投入するとき、その電荷の蓄積によって着火性の放電が生ずることがある。筆者はこの危険性を評価するためのシミュレーションの開発および粉体諸特性の危険性への影響を報告してきた。現在は電荷緩和と放電を考慮した現実に近いシミュレーションを開発している。ここでは、放電モデルにおいて前報の放電電荷の計算法では過剰な放電電荷を見積もることがあり、これが数度も起こると電界計算に発散が生ずることが判明した。そこで、放電電荷の計算方法を改良し、その結果、現実的なシミュレーション条件において発散することがなくなった。また、放電領域を計算のためセル内に限定していたが、物理的に意味がないのでストリーマ放電の自続電界によって放電の拡張を加味した。ここでは放電電荷の計算法とシミュレーション結果の例を報告する。

### 2. 放電電荷の計算法

擬似的な放電モデルを用いている。空気の絶縁破壊電界以上になると放電が起きるとし、絶縁破壊電界以下になるための中和（放電）電荷を計算することによって放電を模擬した。始めに放電電荷を粒子1個の平均電荷量として放電の対象となる粒子に電荷を配分し、その電界を計算する。次に電荷配分後の電界が絶縁破壊電界以下になるまで、元の状態に戻しながら10倍ずつ放電電荷を増加させる。これによって絶縁破壊電界以上および以下となる放電電荷が求まったことになる。この2点の放電電荷を用いて2分法によってある誤差範囲の放電電荷を求めることができる。放電エネルギーは放電前後の全静電エネルギー差で求めている。

### 3. シミュレーション結果

改良したモデルを直径0.5m、高さ0.5mの円筒容器、粒径1mm、電荷密度4  $\mu\text{C}/\text{kg}$ の粉体、流量1kg/sおよび電荷緩和時間100秒に適用した結果を一例として示す。図1に粉体粒子の位置および堆積粉体のプロファイルと電界および電位分布（等電位曲線上に示した数字の単位はkV）の時間変化を示す。ただし、軸対称性を仮定したので、各図の左側の軸が容器の中心軸に相当する。時間期間5s内に起きた放電回数の位置分布を図2に示し、それらの放電エネルギーを図3に示す。今後は放電観測の時刻などを含めモデルの妥当性の検討と多くのプロセス条件に適用する。

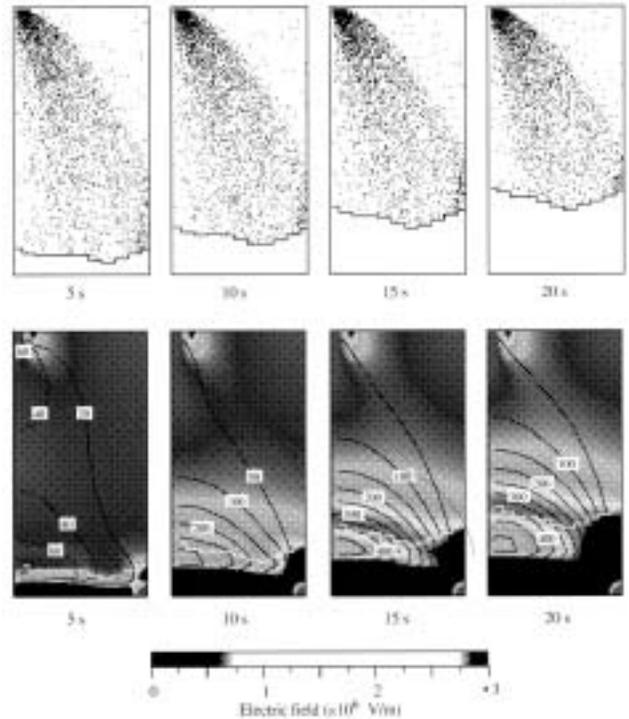


図1 粒子位置および体積粉体のプロファイルの時間進展(上)と電界および電位分布の時間進展(下)

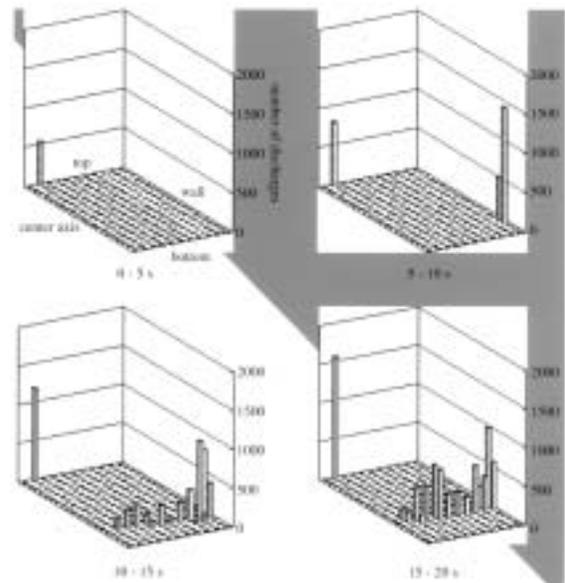


図2 放電回数の位置分布

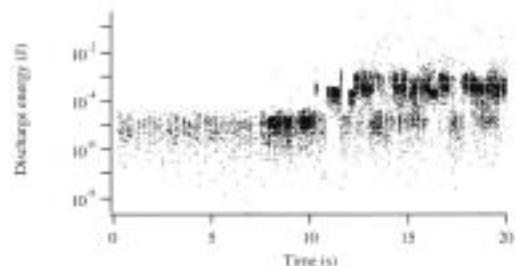


図3 1ms内に起きる放電のエネルギー

## 新方式除電システムの開発 —グロー放電除電器—

物理工学安全研究グループ 大澤 敦

### 1. はじめに

静電気の除電は種々の生産工程において必要とされる。たとえば、静電気放電に因る災害防止、生産効率の向上、静電気放電に敏感な電子デバイスの保護などのため用いられている。導電性の物体は接地により帯電防止が可能であるので、除電は特に絶縁物の帯電防止に有効な方法である。一般に除電には除電器が用いられており、何らかの方法によりイオンを発生させ、帯電物体の電荷と反極性のイオンがその物体に衝突することによって物体の帯電電荷を中和させ除電している。最近では、電荷発生的手段（イオン源）として紫外線、軟X線やコロナ放電などを用いた除電器があるが、経済的効率からコロナ放電除電器が多く用いられている。ここでは、イオン源としてグロー放電を用いた除電器を開発したので報告する。グロー放電はコロナ放電に比較して放電維持電圧が低いいため、電源電圧の低電圧化、予期しないスパーク放電の発生やそれに伴うノイズの発生などが無いことや、自続放電のため安定していること、オゾン生成がほとんどないことなどの利点があげられる。したがって、これらの利点を活かした除電器が開発できることが期待された。

### 2. 大気圧グロー放電

一般にグロー放電は数 Torr 以下の低気圧で安定であり、低気圧グロー放電の応用は多岐にわたっている。大気圧のように高いガス圧になるとプラズマが電極の径方向に広がることなく収縮することが知られている。平行平板による実験によりこの局所的な放電がしばしば移動することが確認できた。この局所的な放電の安定な生成（放電が生成する場所の固定）と除電するためのイオン流の電界と放電のための電界のそれぞれの方向を一致させる（除電効率の向上）ための突起—ホロー電極を用いている。この電極と交流駆動によってフィラメント状のかなり安定した大気圧グロー放電を生成することができた。

### 3. 除電器への応用

この大気圧グロー放電を両極性イオン源として除電器に応用した。図1に除電イオン電流の電流電圧特性の例を示す。正負のイオン電流はほとんど対称であり、この特性はほぼ原点で交わっていることから、イオンバランスに優れていることを示している。また除電時間（絶対値で1000 Vから100 Vに減衰する時間）は図2に示すように正負とも2秒以内であり、コロナ放電除電器と同程度であった。ただし、除電されるターゲ

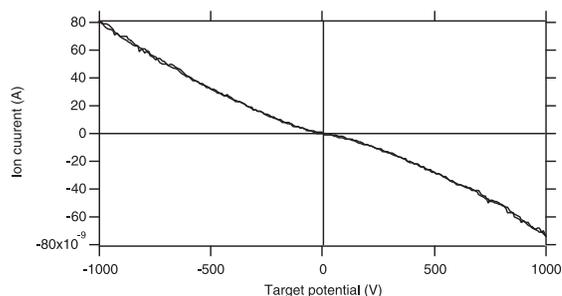


図1 除電イオン電流—ターゲット電位特性

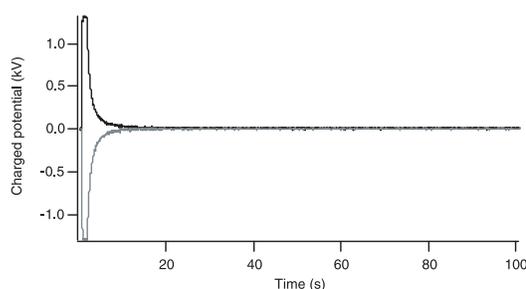


図2 正・負に帯電したターゲットの除電時間

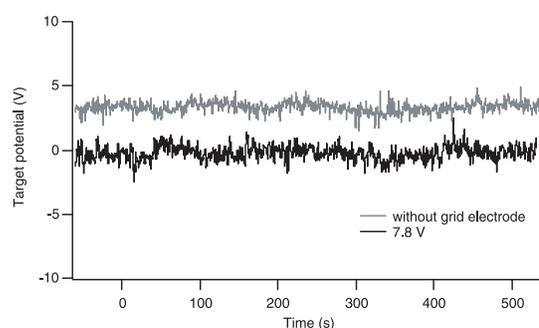


図3 フローティング電位の時間変化

ットの容量は10 pFである。イオンバランスの測定にフローティング電極電位の時間変化を調べる方法がある。イオンバランスが良くないと除電器によって帯電されることがあるので、ターゲット電位が0 Vに近いほどイオンバランスが良いことになる。この結果を図3に示す。最近の電子デバイスでは破壊電圧が低くなり、 $\pm 10$  V以下にすることが要求されているが、このグロー放電除電器はこれを十分に満たしている。また、接地電極側の外側にグリッド電極を付加することにより、図3に示すようにさらに精密なイオンバランス制御ができることを確認した。

### 4. まとめ

大気圧グロー放電を安定して発生させる電極構造を考案し、これを除電器に応用した。このグロー放電除電器はイオンバランスに優れていた。グリッド電極による精密なイオンバランス制御ができることを示した。

## 最小着火エネルギー試験方法の開発と試験基準に関する研究

物理工学安全グループ 山隈瑞樹

### 1. はじめに

可燃性のガス及び蒸気の発火危険性を評価するために、静電気放電により試料を着火・爆発させ、それに要した最小の放電エネルギー、即ち最小着火エネルギー(MIE)が広く用いられている。しかし、この試験方法は統一されていないため、同じ物質であっていくつかの異なったデータが存在する場合がある。更に、常温では酸化しにくい物質については、適当な試験装置が存在しないために試験を行うことができない状況にある。このような背景の下、本研究は、特に微小な放電エネルギーを精度良く発生させるための試験方法、並びに高温・高圧等特殊環境下での試験方法を確立し、試験基準の作成に必要な資料を得ることを目的として、(社)産業安全技術協会との共同研究で実施した。

### 2. 現行試験方法の問題点

#### (1) 放電エネルギーの精度

一般に、この種の試験装置は静電容量  $C$  を所定の電圧  $V$  に充電し、高速スイッチを用いて放電回路へエネルギーを供給する方式を採用している。このときの放電エネルギー  $W$  は  $W=1/2CV^2$  となる。ところが、現実の装置においては、図1に示すように、測定機器のキャパシタンス  $C_p$  並びにリード線及び大地または筐体間の浮遊容量  $C_f$  が存在するため誤差を生じる。浮遊静電容量は変化しやすく、かつ精確に測定することが困難であるため、放電エネルギーを精度良く決定することは技術的に困難である。特に放電エネルギーが  $0.2\text{mJ}$  程度以下になるとこの問題は顕著となる。

#### (2) 高温下での試験

低揮発性液体蒸気の着火試験を行う際には、爆発可能な濃度となるように爆発試験容器の温度を高温に設定する必要がある。そのために、現状では、試験装置一式を温度調節可能な容器に収容し、かつ、試験液体を瓶に少量入れ、蒸気が気相中に飽和した頃を見計らって爆発試験容器へ導入している。この方法では、部品類の耐熱処理が困難であり、かつ蒸気濃度の定量性が保証されないという深刻な問題がある。

### 3. 対策

#### (1) 放電エネルギー

現在、以下の二つの方法を試みている。

##### ① 浮遊容量の低減

スイッチを廃止し、コンデンサを容量可変型空気コンデンサとする等、極力回路を単純化し浮遊容量の低

減を行っている。これにより、従来よりも微小な放電エネルギーを安定的に得ることが可能と見込まれる。

##### ② 放電時の電圧及び電流の直接測定

放電時の電圧及び電流を測定し、それらの積を時間について積分することにより放電エネルギーを得る方法である。ただし、測定機器の周波数特性の関係で、比較的低速な放電に限られるので、放電回路に高抵抗、インダクタンス等を挿入することにより放電持続時間を十分大きくする必要がある。

#### (2) 高温下での試験

試験液体の揮発性を高め、かつ、精確な蒸気濃度を得るために爆発容器に液体を直接噴霧するインジェクション方式を採用した。また、マントルヒーターを用いて爆発容器のみを高温とすることにより、効率よく加熱するとともに、熱に弱い部品へ熱が伝わりにくくしている。更に、高圧・減圧下での着火試験も可能な構造となっている。本試験装置の概念図を図2に示す。

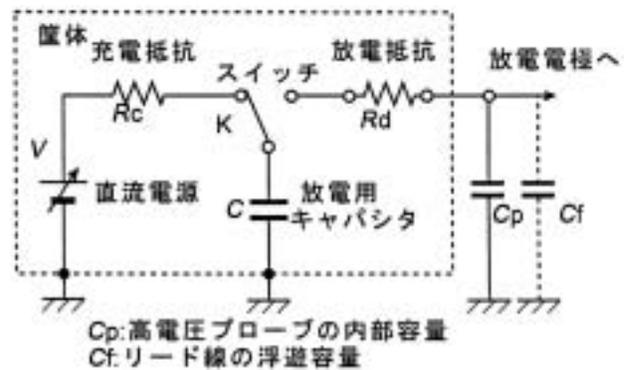


図1 不要な静電容量を考慮した試験装置の等価回路

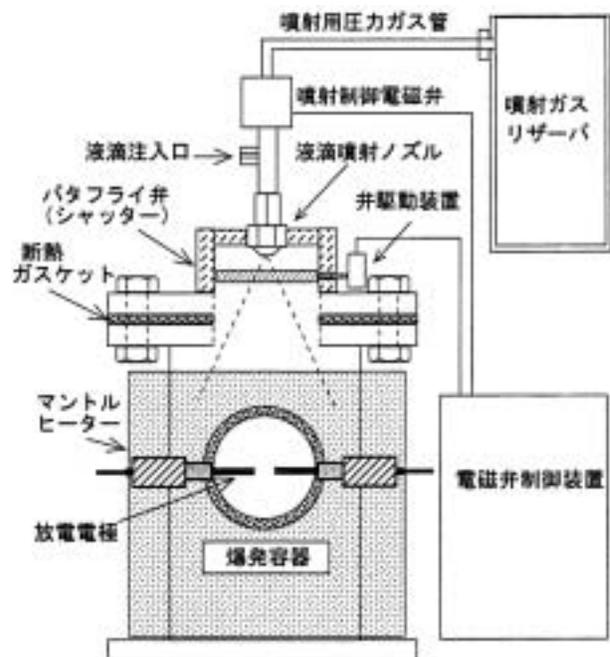


図2 インジェクション方式爆発試験装置の構造

新材料の静電気による着火危険性の評価技術に関する研究 ー容量性火花放電の着火限界曲線の検討とパルス自続放電による放電エネルギーの制御ー

物理工学安全研究グループ 大澤 敦, San-Won Choi

1. はじめに

可燃性物質の最小着火エネルギーを知ることは化学プロセス等の安全評価に重要である。現在この最小着火エネルギーの測定には主に容量性火花放電が用いられている。容量の大きなキャパシタを用いた放電では最小着火エネルギー大きく見積もられることがあり、最小着火エネルギーが回路定数に依存することが実験的に知られている。この現象を放電回路の時定数と着火のためのエネルギーの輸送時間との関係によって理論的に説明することができた<sup>1)</sup>。これは着火エネルギー輸送特性時間という物理量を導入し、この時間内に与えられたエネルギーが着火に有効であるという仮説に基づいている。この提唱した理論の証明とこの理論の最小着火エネルギーの測定法への応用のためパルス状の自続放電によるガス着火を試みた。また、代替フロンなど新材料にも適用することも目的としている。

2. 理論

容量性火花放電の放電エネルギーのうち着火エネルギー輸送特性時間  $\tau$  までに与えられたエネルギーが、着火に有効となると仮定する。キャパシタの容量を  $C$ 、放電抵抗を  $R_0$ 、初期電圧を  $V$ 、最小着火エネルギーを  $\epsilon_{min}$  とすると

$$\frac{1}{2} CV^2 \left( 1 - e^{-\frac{2\tau}{CR_0}} \right) \geq \epsilon_{min} \quad (1)$$

が着火条件となる。 $2\tau \gg CR_0$  の条件では指数の項を 0 とおけるので、

$$\frac{1}{2} CV^2 = \epsilon_{min} \quad (2)$$

となり、 $2\tau < CR_0$  の条件では指数関数のテーラー展開より、

$$\frac{\tau V^2}{R_0} = \epsilon_{min} \quad (3)$$

のように容量に依存しなくなる。これより概略的に図1のような容量と最小着火電圧の関係（着火限界曲線）を得る。粗い近似にも関わらず、これらの特性は実験<sup>2)</sup>と良く一致している。さらに、式(2)から解るよういくつかの小さな容量での測定による容量ー最小着火電圧の両対数プロットの傾きがほぼ 1/2 となる時の放電エネルギーが最小着火エネルギーに限りなく近づくので、最小着火エネルギーの測定法に 응용で

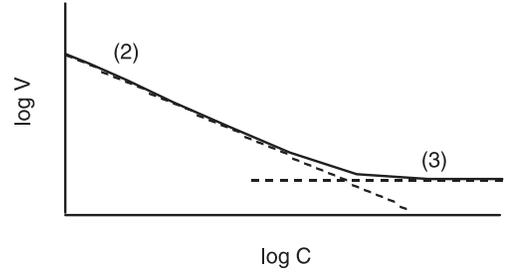


図1 容量ー最小着火電圧の関係（容量性放電の着火限界曲線）

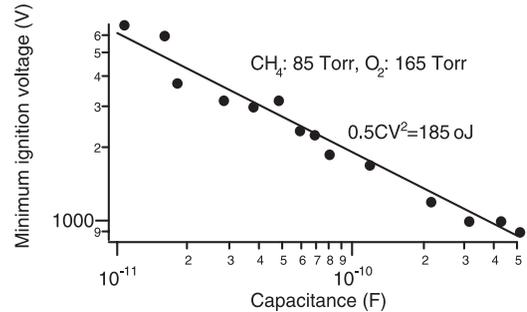


図2 測定法提案のための着火限界曲線の測定例

きる可能性がある。これは低い最小着火エネルギーの可燃性ガスの着火試験において用いている浮遊容量に相当する容量の実験の困難さの解決の手段として有効と考える。その測定例を図2に示す。

3. 自続放電による放電エネルギーの制御

着火エネルギー輸送特性時間の有無を含めて理論の妥当性の検討には放電エネルギーの制御としての放電時間の制御が必要である。火花放電では放電時間を制御することは困難であるので、着火源として自続放電であるグローまたはアーク放電を用いることとし、FETを用いたプッシュプル900Vの可変通電時間のスイッチング回路を製作した。これによって、自続放電であるグローまたはアーク放電をパルス状に発生させることができ、放電電流（電流制限抵抗値あるいは電源電圧）と放電時間（FETのゲートに与えるパルス幅）を変えることによって放電エネルギーを制御できるようになった。これをメタン・酸素の混合気に適用して着火することができたので、今後は詳細な実験により理論の検討および放電エネルギーを制御する最小着火エネルギーの測定法の可能性を検討する。

文献

- 1) 大澤, 大内, 静電気学会講演論文集'01, 267-70 (2001)
- 2) たとえば, 産業安全研究所, 工場電気設備防爆指針, 226-7 (1974), Magson, Electrical instruments in hazardous locations, Plenum, New York (1966), 田中, 博士学位論文, 北海道大学 (1975)

## 人間・機械系のための光学式作業環境自動認識に関する基礎研究

境界領域・人間科学安全研究グループ 濱島京子

### 1. はじめに

近年、日本の生産現場ではロボットアームを装備した走行可能な移動型ロボットを導入する事例が増えている。こうした現場の特徴は、機械自身が作業現場内を移動するために従来の「分離と隔離」を原則とした安全対策を実施できない点である。移動を伴う機械と人間との共存環境において、まず開発すべき安全技術は接触防止機能である。本研究では、複数台の全方位カメラを用いた分散視覚システムにより、作業現場内の移動体（人間および機械）を追跡し、接触を予測するシステムの構築を目指している。

### 2. 監視システムの試作と移動体追跡実験

試作した監視システムは和歌山大学石黒教授らが開発したシステムを基盤としている。システムは全方位視覚センサ4台、4画面ユニット1台、PC(Dual CPU: PentiumIII500MHz, Memory 1G, WindowsNT 4.0)1台、画像入力ボード(ViewCast Corporation製 osprey-100, 解像度 640 x 480ピクセル)によって構成される。4台の全方位視覚センサは、図1に示すように環境中に配置されている。4台の全方位視覚センサの映像は4画面ユニットにより1つのビデオ映像にまとめられ、画像入力ボードを通してPC上で処理される。

移動体の追跡処理は以下のように行う。まず、背景差分処理を用いて移動体領域を画像内から切出し、N眼視法によって作業環境中での位置を算出する。次に現在と過去の位置情報から移動体の速度を計算する。これら二つの情報（移動体の位置および速度）を基に、閉塞空間方式による衝突予測処理を行う。

### 3. 実験結果

図2に監視領域中を人間2名が移動した場合および図3に3名が移動した場合の実験結果を示す。処理時間はおおよそ18fps~20fpsであった。

### 4. まとめ

試作したシステムは、ほぼ実時間で移動体追跡が行えているものの、背景差分処理の影響で稀に検知漏れが発生する等、いくつかの問題を抱えている。画像監視システムに求められる安全要求は、移動体検出漏れの未発生およびシステム自身による異常・故障検出である。現時点で、本システムはこれらの要求を完全には満たしておらず、今後検討が必要である。

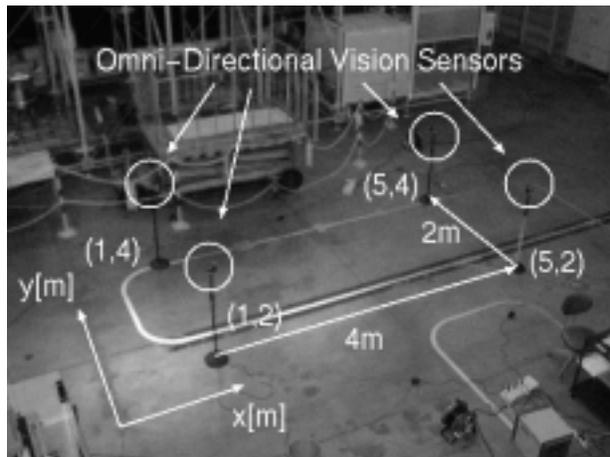


図1 実験環境の様子

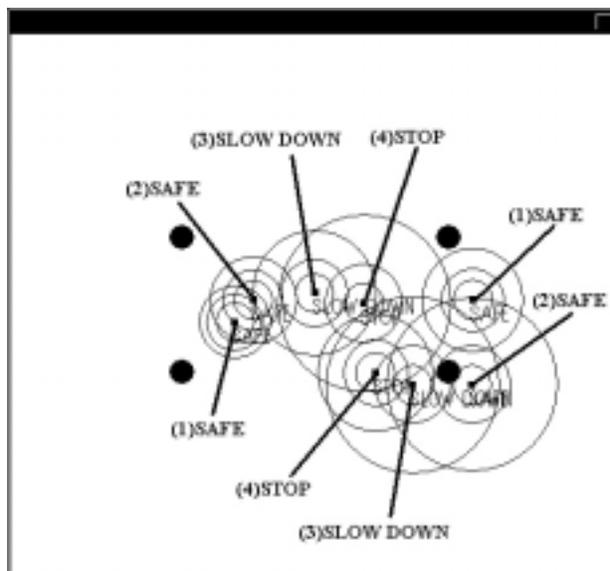


図2 移動体追跡実験結果（人間2名）

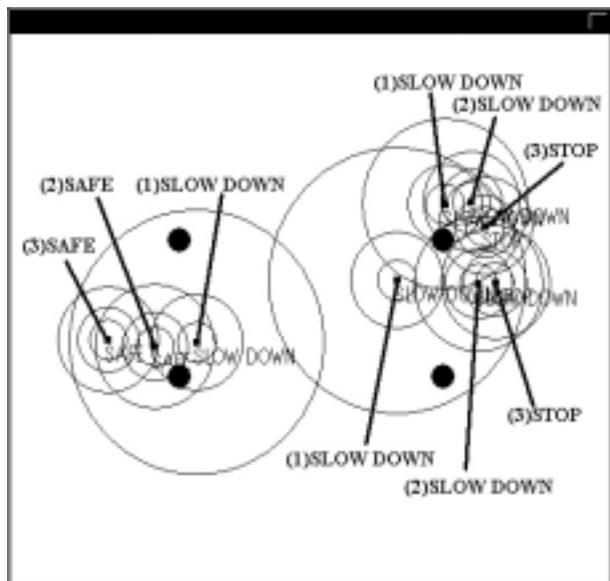


図3 移動体追跡実験結果（人間3名）

## 等価リスク曲線による被害低減評価に関する研究

境界領域・人間科学安全研究グループ 花安繁郎

### 1. はじめに

災害・事故解析手法の一つとして、災害による被害規模を変数として、被害規模とその被害を越える災害発生件数の関係を両対数紙上で表した曲線（リスク曲線）による分析法がある。

ここでは、事業場での安全対策による効果を統計的に評価する手法を確立することを目的として、被害規模とリスク曲線形状変化の関係を明らかにすることによって、リスク曲線の形状が変化したときの被害低減を統計的に評価するモデルを開発することを試みた。

### 2. リスク曲線の確率的表現

これまでの多くの災害事例分析の結果から、リスク曲線は基準化された被害規模とリスク曲線の傾きを表すパラメータで記述でき、統計学上ではパレート分布と呼ばれる式で表現されることが分かっている。

同分布を規定するパラメータが分かれば、大規模災害の再現期間の予測や、一定期間中での期待被害規模の推定を行うことができる。このように、同分布のパラメータが如何に変化しているかを統計学的に評価することは、事業場での安全管理の効果を判断するうえで重要な手がかりを与える。

このリスク曲線のパラメータの確率分布は、ベイズの定理によって被害規模データから得られる事後確率分布として与えられ、また、この事後確率分布は、正規分布で近似できることが分かっている。従って、リスク曲線の形状変化を調べることは、統計学的にはパラメータの事後確率分布の変化を調べることに帰着する。ここでは、ベイズ仮説検定法を用いて、リスク曲線パラメータの変化を評価することを試みた。

### 3. ベイズ仮説検定法によるリスク曲線パラメータ変化の統計的評価

ベイズ仮説検定法は以下の手順によってなされる

- 1) パラメータに関する帰無及び対立仮説を設定する。
- 2) 事前分布と事後分布の下で、帰無及び対立仮説が実現する確率の比（賭け率：odds）を求める。
- 3) 算出した odds を基に、帰無仮説を採択するか棄却するかを意思決定を行う。

従来の仮説検定法では、確率変数の実現値を評価するための検定棄却域を予め定めておくことが必要であるのに対して、ベイズ仮説検定法では、たんにパラメータに関する事前分布と事後分布の帰無及び対立仮説の下での実現確率の比（ベイズファクター）を求めればよい。

事例として、建設工事で発生した構造物倒壊による重大労働災害のリスク曲線のパラメータ変化について解析を試みた。図1には、1990年（1年間、 $N=9$ 件：事前分布）と1990～1994年（5年間、 $N=47$ 件：事後分布）のパラメータの分布を示した。事前分布の平均値を  $u_B$  として、帰無及び対立仮説は以下に設定される。

$$H_0: u \leq u_B$$

$$H_1: u > u_B$$

事前分布の下で帰無仮説  $H_0$  が真の確率を  $\pi_0$ 、対立仮説  $H_1$  のそれを  $\pi_1$  ( $\pi_1 = 1 - \pi_0$ ) とする。同じく、事後分布の下での帰無及び対立仮説が真である確率をそれぞれ  $\alpha_0$  と  $\alpha_1$  とする。ベイズファクターは次式となる。

$$B_{10} = \frac{(\alpha_1 / \alpha_0)}{(\pi_1 / \pi_0)}$$

この事例では、事前分布は  $N(3.778, 0.879^2)$  の正規分布で与えられるので、 $Pr(u \leq u_B = 3.778 | H_0) = Pr(u > u_B = 3.778 | H_1)$  より  $\pi_0 = \pi_1 = 0.5$  となる。従って、事前分布の下で対立仮説と帰無仮説がそれぞれ真である確率の比は  $\pi_1 / \pi_0 = 1.0$  となる。一方、事後分布は正規分布  $N(3.963, 0.428^2)$  で与えられることから、 $\alpha_0 = Pr(u \leq u_B = 3.778 | H_0) = 0.332$ 、 $\alpha_1 = Pr(u > u_B = 3.778 | H_1) = 0.668$  となる。すなわち、事後分布の下での対立仮説と帰無仮説の実現確率の比は  $0.67 / 0.33$  で、ベイズファクターは  $B_{10} = 2.012$  となる。つまり約 2 対 1 で対立仮説の実現確率が高い。Kass & Raftery (1995) の数表によれば、この値では帰無仮説  $H_0$  は棄却されず、従って、パラメータの平均値には変化はないとの結論に達する。

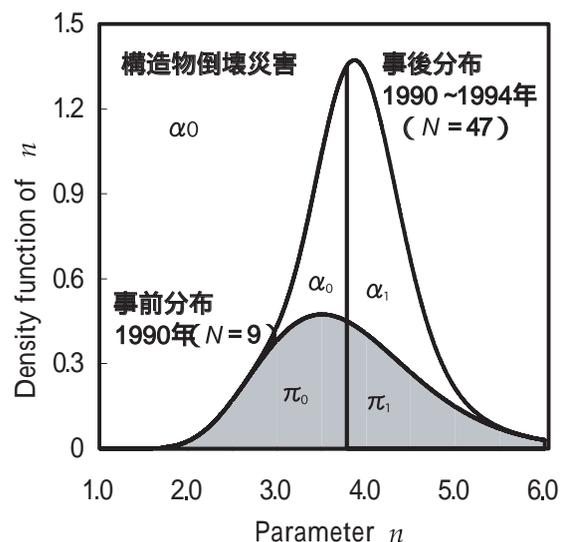


図1 ベイズ仮説検定法によるパラメータの評価

### 2.3 労働災害の原因調査等に関する調査・研究

災害原因調査、鑑定等の労働災害の原因調査等に関する調査・研究の実施に関しては、中期目標、中期計画及び平成13年度計画に基づいて実施した。平成13年度には、行政機関等からの依頼に対応して、前年度から引き続き調査5件を含めて、計14件について災害の原因調査等を実施した。このうち、8件については調査を終了し依頼機関に報告書を提出しており、6件については報告書作成を含めて次年度（平成14年度）に引き続いて調査・研究を継続している。

産業安全研究所が平成13年度に災害原因調査等で携わった上記の災害は、平成12年度に群馬県で発生した化学工場での爆発災害、平成13年度に宮城県で発生した携帯電話部品工場での爆発災害、青森県で発生した足場崩壊災害、東京都で発生した舞台昇降装置の挟まれ災害、大阪府で発生したクライミングクレーンの転倒災害等、その発生場所は国内全域にわたり、また、いずれの事例もその原因調査等の結果は、今後の同種労働災害の再発防止を進めてゆく上での貴重な資料となるものと考えられる。

### 2.4 国内外の基準制改定への科学技術的貢献及び産業安全に関する国内外の科学技術情報、資料等の調査

災害原因調査の結果に基づいたヒドロキシルアミンの危険性試験結果が通達（基安発第34号）に反映され、また、ヒドロキシルアミン等の性状、危険性、製造・取り扱い時の安全上の留意事項を取りまとめた「産業安全研究所安全ガイド」が、労働安全衛生規則改正（平成13年11月16日公布、平成13年12月1日施行）及び労働安全衛生法第28条第1項に基づく技術上の指針（平成13年12月3日公示）の策定の資料として活用された。

また、携帯電話部品工場粉じん爆発災害調査における調査・試験結果等が、平成14年3月29日付け通達（基安発第0329001号）「携帯電話筐体等の仕上げ加工に係るマグネシウム合金粉じんによる爆発火災災害防止について」に反映された。

上記の他、指針・ガイドライン作成等のため、行政機関・学会等からの要請に積極的に対応し、例えば、ISO/TC96（クレーンに関する国際規格検討のための技術委員会）の国内委員会及びその国際会議等をはじめ、諸委員会（計108委員会）へ研究所職員を委員として派遣を行っている。

さらに、厚生労働省からの要請に基づき、南仏トゥールーズ市郊外で発生した石油化学工場爆発災害（平成13年9月発生、死者29名）に関する「硝酸アンモニウムの貯蔵」等の科学技術面からの情報を収集し、安全衛生部国際室に提供したほか、中央労働災害防止協会からの要請に基づきモンゴル国の産業安全衛生に係る情報の収集と提供を行うなど、産業安全に関する国内外の科学技術情報、資料の収集の活動を実施した。

## 第3章 外部研究評価等

### 3.1 外部研究評価会議の実施

国立試験研究機関は、「科学技術基本法」、「第1期科学技術基本計画」、「国の研究開発全般に共通する評価の実施方法のあり方についての大綱的指針」(以下、「大綱的指針」という。)などにより、設立目的・社会的ニーズ等に対応した研究開発活動を活性化するために、外部有識者による厳正な評価を実施し、その結果を公開することが求められてきた。その後、平成13年3月に「第2期科学技術基本計画」が閣議決定され、同基本計画に基づいて、先の大綱的指針を改正した「国の研究開発評価に関する大綱的指針」が平成13年11月28日に内閣総理大臣決定として定められ、評価の実効性をより一層向上させることが求められている。

当研究所においては、これら科学技術基本法、科学技術基本計画等に則り、研究所の運営・研究管理に資することを目的に、「産業安全研究所外部研究評価会議規程」に基づいて、外部の専門家により当研究所の役割と調査研究活動に関する評価を受けるための「外部研究評価会議」を開催している。同会議は独立行政法人移行後は中期計画等で定められた研究のうち、主にプロジェクト研究について、研究課題の意義、研究の達成目標、研究計画の妥当性、研究成果等に関する外部の第三者による事前、中間又は事後評価を実施するための会議として位置づけられている。

法人移行後の初年度である平成13年度には、平成13年11月21日に、下記委員から構成される外部研究評価会議を開催し、内部研究評価会議の実施状況に関する意見・提言を受けるとともに、既に終了した特別研究課題「バーチャルリアリティによる掘削機械作業の安全化に関する研究」及び「土石流等による労働災害の防止対策に関する総合的研究」についての事後評価を受けた。

|    |       |                                    |
|----|-------|------------------------------------|
| 議長 | 黒田 勲  | 日本ヒューマンファクター研究所長                   |
| 委員 | 青木 通佳 | 日本大学生産工学部 助教授                      |
| 同  | 安藤 柱  | 横浜国立大学大学院工学研究院機能発現工学専攻 教授          |
| 同  | 飯塚 義明 | 三菱化学(株)横浜研究所 科学技術研究センター 環境安全工学研究所長 |
| 同  | 垣本由紀子 | 実践女子大学生生活科学部 教授                    |
| 同  | 北川 正樹 | 石川島播磨重工業(株) 技術開発本部 主席技監            |
| 同  | 杉本 隆男 | 東京都土木技術研究所 技術部長                    |
| 同  | 鈴木 崇伸 | 東洋大学工学部 助教授                        |
| 同  | 高田 博尾 | 清水建設(株) 技術研究所 主席研究員                |
| 同  | 竹内 学  | 茨城大学工学部 教授                         |
| 同  | 中川 稔也 | (株)ノイズ研究所EMC相談室 室長                 |
| 同  | 中村 英夫 | 日本大学理工学部 教授                        |
| 同  | 林 光一  | 青山学院大学理工学部 教授                      |
| 同  | 細谷 文夫 | 細谷火工(株) 代表取締役社長                    |
| 同  | 若倉 正英 | 神奈川県産業技術総合研究所資源生活工学部 専門研究員         |

内部研究評価会議については、その役割と目的、実施状況に対する意見・提言を受けるとともに、実施中の研究課題に対する意見を頂いた。内部研究評価会議は、効率的・効果的な研究業務の遂行を目的として、研究課題の設定、研究内容・計画の審議、研究の進捗管理、成果の評価等をピアレビューするため、年度の開始前と中間に実施している所内会議であり、これについては一定の役割と機能を果たしていると評価された。一方で、その一層の有効化を図るためには、定量的評価を含めた評価基準の明確化、目標と達成度の自己評価の必要性等が指摘された。

実施中の研究課題に関しては、概ね妥当であると評価されたが、今後一層の研究活性化及び効率化を図るためには、組織レベルの戦略的な課題策定、長期的視座に基づいた課題策定の重要性が指摘された。このためには、他機関の類似研究課題との協調・情報交換、研究資源の重点的投入、企業等への研究委託ないしは

共同研究の促進が必要であるとの提言を受けた。また、研究成果をより有効に活用するため、英文誌への論文投稿の促進、成果の公表方法の見直し等の必要性が指摘された。

プロジェクト研究課題の事後評価では、「学術的意義」、「社会的意義」、「研究目標と計画」、「研究成果と価値」、「研究成果の公開」の各項目についてそれぞれ最高点を5点とする5段階評価を受けた。これらを平均化した総合評価点は「バーチャルリアリティによる掘削機械作業の安全化に関する研究（平成9～11年度）が3.9点、「土石流等による労働災害の防止対策に関する総合的研究」（平成10～12年度）が4.1点であり、いずれも高い評価を受けた。

「バーチャルリアリティによる掘削機械作業の安全化に関する研究」は、車両系建設機械の中でも発生件数が多く、重篤度も極めて高いショベル系掘削機による災害の防止技術の確立を目的として、人間工学及び設備の面からの対策研究を中心に実施されたもので、この研究では、掘削機の操作を体感的に仮想体験できるバーチャル・リアリティ技術を応用したシミュレーション装置を用いた新規性のある人間工学的実験を行い、操作者の有効視野に関して安全対策構築上有用となる成果を得たことなどが高く評価された。今後の要望として、災害状況を模擬できるシミュレーション装置を用いて人間工学的な分析を進めること、また研究成果が建設現場の安全管理マニュアルに生かされるように成果の普及・活用を図ることなどが提起された。

「土石流等による労働災害の防止対策に関する総合的研究」は、いったん発生すると多数の労働者が被災し、社会的影響・経済的損失が甚大となる土石流等による労働災害の防止対策の確立を目的として実施されたもので、急峻な山岳地帯が多く、雨期における大雨といった特徴を有する我が国の気象に密接に関わる土石流災害は潜在的な危険性が大きいことから本研究は有意義であり、また、研究内容としても、アンケート調査、土石流の衝撃荷重に関する実験的研究、土石流の検知手法・システムの開発、避難行動実験など、総合的に研究が実施され、それぞれが一定の水準の成果をあげていることが高く評価された。今後の要望として、土石流の挙動、避難行動の分析等の研究成果が現場の災害防止マニュアルの基礎データとして活用されるよう図ること、また英文誌への発表等を通じて同様の課題を抱えている海外との国際的な連携を深めることなどが提起された。

これらの外部研究評価会議での評価結果については報告書として取り纏め、その概要をインターネットのホームページ上に公表している。

### 3.2 内部研究評価会議の実施

当研究所においては、中期目標・中期計画に基づき、研究業務の進行管理を定期的かつ組織的に行うための仕組みとして「内部研究評価会議」を設けている。当該会議は年2回開催（年度途中並びに年度末）し、実施中の全研究課題、終了した研究課題、開始予定の研究課題について、事前・中間・事後の評価を行っており、その結果に基づいて必要な場合は、所内予算措置・担当研究人員の措置・研究計画の変更の措置等を講じている。

平成13年度の内部研究評価会議に関しては、年度中間の内部研究評価会議を平成13年10月5、9～11日に実施し、平成13年度実施の4課題のプロジェクト研究、基盤的研究（年度中に新たに立ち上げた共同研究課題、受託研究課題等を含む）および災害調査課題の全課題に関して、主にその進捗状況等に関して中間評価を実施した。また併せて、平成12年度の終了課題についてもその事後評価を実施した。

また、年度末の内部研究評価会議を平成14年1月21、22、24日に実施した。これらの評価結果については平成14年度の研究費配分に反映させることとした。

### 3.3 厚生労働省独立行政法人評価委員会関連事項

平成13年度における厚生労働省独立行政法人評価委員会は、平成13年5月16日に第3回委員会、平成13年6月7日に第4回委員会が開催されている。産業安全研究所では、その両回の委員会に当所理事・研究企画調整部長等が参席し、求めに応じて中期計画・平成13年度計画等に関して説明を行った。また、平成14年1月31日には、厚生労働省独立行政法人評価委員会委員の視察があり、研究実施状況の説明及び研究所施設等の紹介を行った。

## 第 4 章 研究成果の普及・活用

### 4.1 研究成果の発表

#### 1) 学会論文発表等

| 題 目  | 発 表 誌 名                         | 発 表 者  |
|--|---------------------------------|--|
| リンクチェーンの 3 次元応力解析と疲労強度評価                                     | 産業安全研究所研究報告<br>NIIS-RR-2001     | 本 田 尚  |
| 移動式クレーンの転倒に及ぼす支持地盤の破壊沈下特性に関する実験的研究                           | 同上                              | 玉 手 聡  |
| 建築用タワークレーンの耐震性に関する研究   | 同上                              | 高 梨 成 次<br>前 田 豊   |
| オゾン／酸素混合ガスの分解爆ごう波伝ば特性  | 同上                              | 水 谷 高 彰<br>松 井 英 憲   |
| 床・床材の静電気帯電防止性能の新しい評価法  | 同上                              | 大 澤 敦  |
| リスク曲線を用いた産業災害の統計分析に関する研究                                     | 同上                              | 花 安 繁 郎<br>梶 山 正 朗<br>関 根 和 喜  |
| 生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究（第 3 報：大規模生産システムを対象とした安全制御技術の開発） | 産業安全研究所特別研究報告<br>NIIS-SRR-NO.24 |  |
| 序論   | 同上                              | 梅 崎 重 夫  |
| プログラマブルな電子制御装置を利用した安全制御システムの最適設計法に関する基礎的考察                   | 同上                              | 梅 崎 重 夫<br>池 田 博 康<br>齋 藤 剛<br>杉 本 旭   |
| 人体と立体的形状を持つ物体の識別を目的とした二次元ブランキングシステムの開発と評価                    | 同上                              | 梅 崎 重 夫<br>清 水 尚 憲<br>小 林 茂 信<br>川 戸 真 二<br>田 上 憲 一<br>石 坂 文 二<br>松 井 順 二<br>鈴 木 常 夫 |
| 人体と平面的形状を持つ物体の識別を目的としたフローティングシステムの開発と評価                      | 同上                              | 梅 崎 重 夫<br>清 水 尚 憲<br>小 林 茂 信<br>鷺 崎 一 郎   |

| 題 目   | 発 表 誌 名                         | 発 表 者                                  |
|---|---------------------------------|--|
| 広大領域内の安全確認を目的としたレーザー式安全装置の開発と評価                     | 産業安全研究所特別研究報告<br>NIIS-SRR-NO.24 | 梅 崎 重 夫                                |
| 広大領域内の安全確認を目的とした複数作業用安全確認システムの開発と評価                 | 同上                              | 梅 崎 重 夫                                |
| 産業用ロボットへの適用を目的とした旋回角度監視装置の開発と評価                     | 同上                              | 梅 崎 重 夫<br>小 林 茂 信<br>濱田健次郎<br>藤 原 一 志 |
| 産業用ロボットへの適用を目的としたホールド停止監視装置の開発と評価                   | 同上                              | 梅 崎 重 夫<br>小 林 茂 信<br>濱田健次郎<br>藤 原 一 志 |
| 安全性とライフサイクルコストの両面に配慮した物流機械用安全制御システムの開発と評価           | 同上                              | 梅 崎 重 夫                                |
| 結論と今後の課題  | 同上                              | 梅 崎 重 夫                                |
| 土石流等による労働災害の防止対策に関する総合的研究                           | 産業安全研究所特別研究報告<br>NIIS-SRR-NO.25 |  |
| 序論  | 同上                              | 堀 井 宣 幸                                |
| 土石流による労働災害防止対策に関するアンケート調査                           | 同上                              | 豊 澤 康 男<br>堀 井 宣 幸                     |
| 土石流の流下特性に関する実験的研究<br>－模擬土石流の粒径および構造物の剛性が衝撃応力に与える影響－ | 同上                              | 堀 井 宣 幸<br>豊 澤 康 男<br>玉 手 聡<br>橋 爪 秀 夫 |
| 現場避難実験による土石流発生時の避難時間の検討                             | 同上                              | 豊 澤 康 男<br>堀 井 宣 幸                     |
| 画像情報を用いた土石流検知手法の検討                                  | 同上                              | 濱 島 京 子<br>堀 井 宣 幸<br>豊 澤 康 男<br>玉 手 聡 |
| 土石流検知・警報システムの検討及び開発                                 | 同上                              | 豊 澤 康 男<br>梅 崎 重 夫<br>堀 井 宣 幸          |
| 土石流検知センサー最適配置支援システムの構築                              | 同上                              | 堀 井 宣 幸<br>豊 澤 康 男<br>玉 手 聡<br>濱 島 京 子 |

| 題 目  | 発 表 誌 名  | 発 表 者                                  |
|--|--|--|
| 建設作業現場における企業の安全活動とその効果に関する調査研究   | 産業安全研究所安全資料<br>NIIS-SD-NO.17   | 庄 司 卓 郎<br>興水ヒカル<br>鈴木 芳 美             |
| ヒドロキシルアミン等の爆発危険性と安全な取扱いについて  | 産業安全研究所安全ガイド<br>NIIS-SG-NO.1   | 化学安全研<br>究グループ                         |
| A Study of Flame Propagation Mechanisms in Lycopodium Dust Clouds based on Dust Particles' Behavior                    | Journal of Loss Prevention in the<br>Process Industries, Vol.14, No.3,<br>pp.153-160,2001  | 韓 宇 燮<br>八 島 正 明<br>松 田 東 栄<br>松 井 英 憲 |
| Microscopic Observations of the Progressive Wear on the Shoe Surfaces which Affect the Slip Resistance Characteristics | International Journal of Industrial<br>Ergonomics, Vol.28, No.1, 2001                      | 永 田 久 雄<br>他                           |
| 遺伝的アルゴリズムによる構造物の信頼性評価  | 日本機械学会論文集, A編67巻657号,<br>pp.781-786, 2001  | 佐々木哲也                                  |
| Electrostatic Characterization of Antistatic Floors using an Equivalent Circuit Model                                  | Journal of Electrostatics, Vols.51-52,<br>pp.625-631, 2001                                 | 大 澤 敦                                  |
| 赤外線計測による応力測定における測定精度に及ぼす熱伝導の影響   | 日本機械学会論文集, A編67巻659号,<br>pp.1248-1254, 2001  | 本 田 尚<br>佐々木哲也<br>大塚輝人                 |
| Characteristics of Vibrating-Mesh Minimum Ignition Energy Testing Apparatus for Dust Clouds                            | Journal of Loss Prevention in the<br>Process Industries, Vol.14, No.6,<br>pp.443-447, 2001 | 山 隈 瑞 樹<br>児 玉 勉                       |
| Some Aspects in Testing and Assessment of Metal Dust Explosions  | Journal of Loss Prevention in the<br>Process Industries, Vol.14, No.6,<br>pp.449-453,2001  | 八 島 正 明<br>他                           |
| Particle Image Velocimetry(PIV) Analysis of Flame Structure  | Journal of Loss Prevention in the<br>Process Industries, Vol.14, No.6,<br>pp.503-507, 2001 | 大塚輝人<br>他                              |
| Decomposing Detonation and Deflagration Properties of Ozone/Oxygen Mixtures  | Journal of Loss Prevention in the<br>Process Industries, Vol.14, No.6,<br>pp.559-565, 2001 | 水 谷 高 彰<br>松 井 英 憲                     |
| シンガポールにおける労働安全衛生マネジメントシステムの動向について  | 安全工学, Vol.40, No.2,<br>pp.79-85, 2001  | 花 安 繁 郎                                |
| 支持地盤のめり込み破壊による移動式クレーン転倒メカニズムの実験的解析   | 安全工学, Vol.40, No.3,<br>pp.178-186, 2001  | 玉 手 聡<br>堀 井 宣 幸<br>豊 澤 康 男            |

| 題 目  | 発 表 誌 名                               | 発 表 者                   |
|--|---------------------------------------|-------------------------|
| 組織要因と企業の安全レベルに関する調査研究－複数業種間の比較－  | 人間工学, Vol.37, No.4, pp.169-184, 2001  | 庄 司 卓 郎<br>鈴 木 芳 美<br>他 |
| 産業機械の安全方策に関する基礎的考察－リスク評価に含まれる不確定性を考慮した安全対策の提案－                                     | 日本信頼性学会誌11月号, 2001                    | 梅 崎 重 夫<br>他            |
| An Experimental Study on Tribucharging of Fine Powders in Powder Coating Spray Gun | Journal of KIEE, 11C, pp.1-5, 2001    | 山 隈 瑞 樹<br>児 玉 勉<br>他   |
| 高齢者と若年者による駅階段の視覚評価に関する研究   | 日本建築学会計画系論文集, No.552, pp.85-92, 2002  | 李 善 永<br>永 田 久 雄<br>他   |
| 2パラメータ法に基づく確率論的破壊評価への一次近似信頼性手法の適用(数値解析例による定量的検討)                                   | 材料, 第51巻1号, pp.68-73, 2002            | 佐 々 木 哲 也               |
| 含窒素エネルギー物質の熱的挙動に関する研究  | 災害科学研究会編「災害の研究」第33巻, pp.199-210, 2002 | 熊 崎 美 枝 子               |
| 赤外線による応力測定法  | 防錆管理, Vol.46, No.3, pp.97-102, 2002   | 本 田 尚                   |

## 2) 学会口頭発表(国内)

| 題 目   | 発 表 会 名                    | 年月日  | 発 表 者                        |
|---|----------------------------|------|------------------------------|
| アゾール類銅錯体の特性に関する研究                                     | 日本火薬学会2001年度春期研究発表講演会      | 5.17 | 熊崎美枝子                        |
| 硝酸アンモニウム-アゾール系ガス発生剤に関する研究                             | 同上                         | 5.17 | 熊崎美枝子                        |
| フェールセーフ型土石流検知装置の開発                                    | 平成13年度砂防学会研究会発表会           | 5.17 | 豊澤康男<br>堀井宣幸<br>梅崎重夫<br>玉手 聡 |
| 画像情報を用いた土石流検知手法の検討：第3報 安全の立場からみた移動障害物誤検知問題について        | 同上                         | 5.17 | 濱島京子<br>堀井宣幸<br>豊澤康男<br>玉手 聡 |
| 土石流検知センサー最適配置支援システムの構築                                | 同上                         | 5.17 | 堀井宣幸<br>豊澤康男                 |
| 土石流による労働災害防止対策に関するアンケート調査                             | 同上                         | 5.17 | 堀井宣幸<br>豊澤康男                 |
| 堆積した金属粉体層に沿った燃え拡がりに及ぼす水蒸気の影響                          | H13年火災学会研究発表会              | 5.24 | 八島正明                         |
| MRアクチュエータの制御系設計用モデル                                   | 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会2001 | 6. 9 | 齋藤 剛<br>池田博康                 |
| セメント混合ロームの含水比の違いが締め固め密度と強度に及ぼす影響                      | 第36回地盤工学研究発表会              | 6.12 | 玉手 聡<br>堀井宣幸<br>豊澤康男         |
| 遠心模型実験用可動土留め装置の開発                                     | 同上                         | 6.12 | 豊澤康男<br>堀井宣幸<br>玉手 聡         |
| 矢板の変化に伴う側圧変化に関する遠心模型実験(砂地盤)                           | 同上                         | 6.12 | 豊澤康男<br>他                    |
| オゾン/酸素混合ガスの分解火炎伝播特性                                   | 第11回日本オゾン協会年次研究講演会         | 6.27 | 水谷高彰<br>松井英憲                 |
| 安全な人間・機械協調型作業システムのための環境認識手法の検討(第1報:全方位視覚センサを用いた移動体追跡) | 第31回安全工学シンポジウム             | 7.12 | 濱島京子<br>呂 健                  |
| 磁気スイッチによるセンシング技術を応用した産業用ロボットの安全システムの開発                | 同上                         | 7.12 | 梅崎重夫<br>小林茂信                 |

| 題 目   | 発 表 会 名        | 年月日  | 発 表 者  |
|---|----------------|------|--|
| フローティング機能を備えたロール機用安全システムの開発                     | 第31回安全工学シンポジウム | 7.12 | 梅崎重夫<br>小林茂信                                 |
| コミュニケーションエラー発生の可能性に関する実験的検討                     | 同上             | 7.12 | 江川義之<br>中村隆宏<br>庄司卓郎<br>深谷 潔<br>鈴木芳美<br>花安繁郎 |
| タンパーレジストに関する一考察                                 | 同上             | 7.12 | 深谷 潔   |
| 電撃による心室細動のしきいを表す1回路モデル                          | 同上             | 7.12 | 山野英記   |
| 建設企業の安全活動および作業現場の風土に関する調査研究                     | 同上             | 7.12 | 庄司卓郎<br>鈴木芳美<br>他                            |
| すべり転倒時の足のすべり加速度と立位姿勢に負荷した加速刺激との関連について           | 同上             | 7.12 | 永田久雄   |
| 掘削機操作における眼球運動                                   | 同上             | 7.12 | 中村隆宏<br>深谷 潔<br>呂 健<br>江川義之<br>輿水ヒカル         |
| IPL設計におけるリスクとインターロック構造                          | 同上             | 7.13 | 池田博康   |
| 模型実験による土砂崩壊災害のケースヒストリー                          | 同上             | 7.13 | 豊澤康男<br>堀井宣幸<br>玉手 聡                         |
| 移動式クレーンの転倒事故に占める地盤工学的な要因の調査                     | 同上             | 7.13 | 玉手 聡   |
| 屋根作業における墜落災害の分析ー建築工事における墜落災害の概要と屋根面上からの墜落災害の分析ー | 同上             | 7.13 | 日野泰道<br>大幢勝利<br>他                            |
| 強風に関する足場の信頼性解析                                  | 同上             | 7.13 | 大幢勝利<br>日野泰道<br>他                            |
| 1リットル球形容器を用いた可燃性液体の発火温度の測定                      | 同上             | 7.13 | 板垣晴彦   |

| 題 目  | 発 表 会 名                     | 年月日  | 発 表 者                                    |
|--|-----------------------------|------|--|
| 赤外線を利用した非破壊検査方法について  | 第44回SPN-Ⅱ小委員会               | 7.13 | 本 田 尚                                    |
| 橋梁の床板解体時における危険性評価  | 第8回信頼性設計技術ワークショップ           | 8.2  | 大 嶋 勝 利<br>花 安 繁 郎                       |
| On Accident Situation Change Analysis<br>by way of Damage Distribution | 同上                          | 8.2  | 花 安 繁 郎                                  |
| マルチサイト疲労損傷に及ぼす締め付け<br>力の影響   | 日本機械学会平成13年度材料力学部<br>門講演会   | 8.1  | 佐々木哲也<br>本 田 尚                           |
| 赤外線計測による応力拡大係数範囲の測<br>定精度改善に関する研究(第2報:数値<br>解析を援用した精度改善)               | 同上                          | 8.3  | 本 田 尚<br>佐々木哲也<br>吉 久 悦 二                |
| R6法におけるパラメータの確率論的影<br>響度評価   | 日本機械学2001年次大会学術講演会          | 8.28 | 佐々木哲也                                    |
| クレーンに関するISO規格の体系と限界<br>状態法   | 同上                          | 8.29 | 前 田 豊                                    |
| 含窒素エネルギー物質の高性能化  | 平成13年度火薬学会ステップアップ<br>シンポジウム | 8.31 | 熊崎美枝子                                    |
| 中波によって大型クレーンに誘導される<br>電流等の数値計算結果                                       | 第19回(平成13年度)電気設備学会<br>全国大会  | 8.31 | 富 田 一                                    |
| 交流アーク溶接時における感電災害の検討  | 同上                          | 8.31 | 本 山 建 雄<br>山 野 英 記<br>富 田 一<br>小 松 順 磨   |
| 共同作業時における安全確認としてのコ<br>ミュニケーションに関する行動研究                                 | 日本人間工学会第42回大会               | 9.5  | 江 川 義 之<br>庄 司 卓 郎<br>中 村 隆 宏<br>鈴 木 芳 美 |
| 掘削機操作時の眼球運動に関するシミュ<br>レーションと実機の比較                                      | 同上                          | 9.5  | 中 村 隆 宏<br>深 谷 潔<br>呂 健<br>江 川 義 之       |
| 墜落防護用エアバッグの性能要件につい<br>ての一考察  | 同上                          | 9.5  | 深 谷 潔                                    |
| 屋根傾斜面での作業と立位安定性について  | 同上                          | 9.5  | 永 田 久 雄                                  |
| 連続した過渡加速度に対する姿勢の安定性  | 同上                          | 9.5  | 永 田 久 雄<br>他                             |
| 掘削機操作時の有効視野に影響を及ぼす<br>要因   | 日本応用心理学会第68回大会              | 9.8  | 中 村 隆 宏                                  |

| 題 目  | 発 表 会 名                                | 年月日  | 発 表 者                   |
|--|--|------|-------------------------|
| 粉体用静電界センサの検出特性   | 第25回静電気学会全国大会                          | 9.12 | 児玉 勉<br>他               |
| 導電性ガラスライニング機器の帯電防止効果(Ⅳ)                                | 同上                                     | 9.12 | 児玉 勉<br>山隈 瑞樹<br>他      |
| 帯電粉体投入シミュレーションの放電モデル                                   | 同上                                     | 9.12 | 大澤 敦                    |
| 火花点火回路の点火限界曲線の考察                                       | 同上                                     | 9.12 | 大澤 敦                    |
| 配管内を伝ばする粉じん火炎の水噴霧による消炎                                 | 日本機械学会関東支部茨城講演会                        | 9.21 | 八島 正明                   |
| 産業安全研究所概要紹介  | 第1回安全性・信頼性・保全性所間連携研究会                  | 8.28 | 児玉 勉                    |
| 産安研におけるモニタリング関係研究の概要                                   | 同上                                     | 8.28 | 吉久悦二                    |
| 独立防護階層に基づく人間共存型ロボットの安全設計                               | 第19回日本ロボット学会学術講演会                      | 9.18 | 齋藤 剛<br>池田 博康           |
| 建設工事における安全問題   | 土木学会関西支部橋梁施工技術のビジュアル化と共有化に関する研究ワークショップ | 9.21 | 花安 繁郎                   |
| 耐震補強要素が偏心配置された鉄筋コンクリート造骨組のねじれ応答性状(その1 補強構面の基本性能の把握)    | 日本建築学会学術講演会                            | 9.23 | 日野 泰道<br>他              |
| 耐震補強要素が偏心配置された鉄筋コンクリート造骨組のねじれ応答性状(その2 耐力偏心率の最大回転角への影響) | 同上                                     | 9.23 | 日野 泰道<br>他              |
| 建築用タワークレーンの耐震性に関する研究(その5 自立型タワークレーンの振動特性)              | 同上                                     | 9.23 | 高梨 成次                   |
| 風に起因する労働災害の傾向と問題点の分析                                   | 同上                                     | 9.23 | 日野 泰道<br>大幢 勝利<br>米山 義範 |
| 屋根面からの滑落特性に関する研究                                       | 同上                                     | 9.23 | 永田 久雄<br>高梨 成次<br>日野 泰道 |
| 駅階段の視環境に関する研究  | 同上                                     | 9.24 | 李 善永<br>永田 久雄<br>他      |

| 題 目                               | 発 表 会 名                 | 年月日   | 発 表 者                            |
|-----------------------------------|-------------------------|-------|----------------------------------|
| シンガポールにおける労働安全マネジメント・システムの動向      | 土木学会第56回年次学術講演会         | 10. 2 | 花 安 繁 郎                          |
| 土石流による労働災害防止に関する調査と土石流検知システムの開発   | 同上                      | 10. 2 | 堀 井 宣 幸<br>豊 澤 康 男<br>他          |
| 合成桁橋の解体時における安全性照査                 | 同上                      | 10. 2 | 大 幢 勝 利<br>花 安 繁 郎               |
| 現場避難実験による土石流発生時の避難時間に影響を及ぼす要因の検討  | 同上                      | 10. 2 | 豊 澤 康 男<br>堀 井 宣 幸<br>玉 手 聡<br>他 |
| 矢板の変形に伴う側圧変化に関する遠心模型実験（砂地盤）       | 同上                      | 10. 3 | 豊 澤 康 男<br>堀 井 宣 幸<br>玉 手 聡<br>他 |
| 液状化地盤にある杭基礎構造物に関する動的遠心模型実験        | 同上                      | 10. 4 | 玉 手 聡<br>他                       |
| 表層固結地盤の破壊沈下特性の違いが移動式クレーンの転倒に与える影響 | 同上                      | 10. 4 | 玉 手 聡<br>堀 井 宣 幸<br>豊 澤 康 男      |
| 鉛直－水平複合振動暴露による人間の心理応答特性に関する基礎研究   | 同上                      | 10. 4 | 大 幢 勝 利<br>他                     |
| 建設作業現場の風土と作業員の安全意識の関係について         | 第17回産業・組織心理学会           | 10. 7 | 庄 司 卓 郎                          |
| 汎用ソフトを用いた伝達特性の補正による電磁ノイズ波形の生成     | 電気・情報関連学会中国支部第52回連合大会   | 10.20 | 富 田 一                            |
| 産業安全研究所における地震関係研究課題の経緯と現状など       | 第 2 回安全性・信頼性・保全性所間連携研究会 | 11. 8 | 前 田 豊                            |
| MR流体を用いた非固着型ボイラ用安全弁の開発            | 平成13年度秋期フルードパワーシステム講演会  | 11. 9 | 齋 藤 剛<br>清 水 尚 憲                 |
| 湿った金属粉体層に沿った燃え拡がり                 | 第39回燃焼シンポジウム            | 11.22 | 八 島 正 明                          |
| 粉体プロセスにおける帯電計測と制御                 | 第34回安全工学研究発表会           | 11.26 | 児 玉 勉<br>大 澤 敦<br>他              |
| ヒドロキシルアミン類の分解に及ぼす鉄イオンの影響          | 同上                      | 11.26 | 熊 崎 美 枝 子<br>藤 本 康 弘<br>安 藤 隆 之  |

| 題 目   | 発 表 会 名                           | 年月日   | 発 表 者                                   |
|---|-----------------------------------|-------|---|
| バグフィルタ式集じん機におけるダストの帯電現象                     | 第34回安全工学研究発表会                     | 11.26 | 山隈 瑞樹<br>児玉 勉<br>他                      |
| 化学プロセスの爆発危険性評価手法の開発ー反応パラメータの実時間非線形最適化と測定予測ー | 同上                                | 11.26 | 大塚 輝人<br>藤本 康弘<br>水谷 高彰<br>韓 宇燮         |
| リンクチェーンの3次元応力解析と疲労強度評価                      | 同上                                | 11.27 | 本田 尚<br>佐々木 哲也<br>吉久 悦二<br>前田 豊         |
| 化学プラントの爆発火災事故におけるヒューマンエラーに関する研究             | 同上                                | 11.27 | 韓 宇燮<br>大塚 輝人<br>水谷 高彰<br>藤本 康弘         |
| 粉じん雲中を伝ばする火炎の消炎長さー不活性ガスによる隔離長さと消炎素子による消炎距離ー | 同上                                | 11.27 | 八島 正明                                   |
| CM方式による安全管理に関する研究                           | 第19回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会        | 11.29 | 花安 繁郎<br>他                              |
| 国際的視点からみた労働安全の将来像                           | 第54回リスク・アナリシス研究会                  | 12. 1 | 花安 繁郎                                   |
| 磁気スイッチを用いた産業ロボットのホールド停止監視装置の開発              | 日本機械学会第10回交通物流部門講演会               | 12. 6 | 梅崎 重夫<br>小林 茂信<br>他                     |
| 安全設計支援システムの概念提案とプロトタイプ的设计                   | 同上                                | 12. 6 | 清水 尚憲<br>梅崎 重夫                          |
| 立体視レンジファインダーを用いたロボット障害物検出機能の実現              | 同上                                | 12. 6 | 呂 健<br>池田 博康<br>梅崎 重夫<br>濱島 京子<br>清水 尚憲 |
| 摩擦形式アンカーの引き抜き抵抗力に関するモデル実験                   | 地盤工学会「軟弱地盤における地下建設技術に関する国内シンポジウム」 | 2. 5  | 豊澤 康男<br>他                              |
| 低層住宅建設工事における屋根からの墜落災害の分析                    | 日本建築学会関東支部                        | 3. 1  | 日野 泰道<br>永田 久雄<br>高梨 成次                 |

| 題 目                                   | 発 表 会 名                   | 年月日  | 発 表 者                                |
|---------------------------------------|---------------------------|------|--------------------------------------|
| 軽合金粉じん爆発災害の動向とケーススタディ                 | 2002年度第一回静電気学会研究会         | 3. 8 | 山 隈 瑞 樹                              |
| 土留めの変形に伴う土圧の再配分に関する研究（砂地盤）            | 土木学会関東支部                  | 3.15 | 豊 澤 康 男<br>堀 井 宣 幸<br>玉 手 聡<br>他機関2名 |
| 地盤の液状化による杭挙動に関する動的遠心模型実験              | 同上                        | 3.15 | 玉 手 聡<br>他機関3名                       |
| 産業機械における知的インターフェースの現状と動向              | 日本機械学会情報・知能・精密機器部門ワークショップ | 3.25 | 梅 崎 重 夫                              |
| インダクダンスを用いた大型クレーンの中波による電磁波障害対策に関する一検討 | 平成14年度電気学会全国大会            | 3.26 | 富 田 一                                |
| 汚損したプリント配線板の導体箔間の耐サージに関する一考察          | 同上                        | 3.27 | 本 山 建 雄                              |
| 建設用ロボットを対象とした階層化安全制御システムの開発           | 日本機械学会生産システム部門講演会         | 3.27 | 清 水 尚 憲<br>池 田 博 康                   |
| 液-液不均一反応における攪拌速度と反応速度                 | 化学工学会第67年会                | 3.29 | 藤 本 康 弘                              |

### 3) 国際研究集会口頭発表

| 題 目  | 発 表 会 名   | 発表年月日      | 発 表 者                          |
|--|---|------------|--------------------------------|
| Electrostatic Characterization of Anti-static Floors using an Equivalent Circuit Model | 9th International Conference on Electrostatics, Poland  | 2001. 5.30 | A.Ohsawa                       |
| An Analysis of Sliding Properties on Roofing Surfaces                                  | Symposium on Metrology of Pedestrian Locomotion and Slip Resistance, U.S.A.                       | 2001. 6. 5 | H.Nagata                       |
| A Neural Network-Based Response Surface Approach for Computing Failure Probabilities   | 8th International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR 2001), U.S.A.          | 2001. 6.18 | T.Sasaki                       |
| On Generalized Damage Distribution of Accidents Considering Their Size Limitations     | 8th International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR 2001), U.S.A.          | 2001. 6.20 | S.Hanayasu                     |
| Preliminary Analysis of Foot Movements just after Slips Attributed to Falls            | The 6th Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, People's Rep. of China                 | 2001. 8. 2 | H.Nagata                       |
| Modeling Human Performance on Three Perceptual Levels During Night Work                | 15th International Symposium on Night and Shiftwork, Japan  | 2001. 9.11 | T.Shoji et al.                 |
| Survey of the Prospects of Elderly Care Works  | The 21st UOEH and the 4th IIES International Symposium, Japan                                     | 2001. 9.28 | H.Nagata                       |
| New Method for Evaluating Antistatic Effect in Floor Coverings                         | The 4th International Conference on Applied Electrostatics, People's Republic of China            | 2001.10.10 | A.Ohsawa et al.                |
| Effect of Temperature and Water Salinity on Hydrophobicity of Epoxy Resin              | IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (2001 CEIDP), Canada            | 2001.10.15 | T.Motoyama                     |
| Electrochemical Migration in Sulfur Dioxide Gas Environment                            | 4th International Workshop on Electrohydrodynamics and Its Application (4th EHD Workshop), Canada | 2001.10.19 | T.Motoyama                     |
| Causes and Problems of Construction Accident Due to Wind                               | The 5th Asia-Pacific Conference on Wind Engineering, Japan  | 2001.10.23 | H.Hino<br>K.Ohdo<br>Y.Yoneyama |

| 題 目  | 発 表 会 名  | 発表年月日      | 発 表 者  |
|--|--|------------|--|
| The Synthesis and Properties of Azolecoppercomplexes   | The 28th International Pyrotechnics Seminar, Australia | 2001.11. 9 | M.Kumasaki et al.  |
| Experimental Model Simulation of Overturning of Mobile Crane Caused by Sunk-en of Outriggers into Ground | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.28 | S. Tamate  |
| Structral Reliability Analysis for Prevention of Collapse of Construction Scaffolds under Strong Wind    | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.28 | K. Ohdo<br>Y. Hino<br>Songpol<br>Phongkum-sing<br>et al. |
| Labor Accidents in Collapse of Scaffold during Construction due to Wind                                  | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.28 | Songpol<br>Phongkum-sing<br>K. Ohdo<br>Y. Hino<br>et al. |
| Vibration Tests of a Tower Crane   | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.28 | S. Takanashi<br>Y. Maeda                                 |
| On the Relationship between Workers' Safety Attitudes and Safety Climate of Constrution Work Sites       | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.28 | T. Shoji<br>Y. Suzuki<br>et al.                          |
| A Circuit Model Which Shows Threshold Current of Ventricular Fibrillation for Electric Shock             | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.28 | E. Yamano  |
| Ignitabilty of Powder Paints in Electro-static Powder Coating System                                     | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.28 | M. Yamaguma<br>T. Kodama<br>et al.                       |
| Quenching Behavior of Propagating Dust Flames by Water Sprays  | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.29 | M. Yashima   |
| Prediction of Heat Release Rate in Heterogeneous Liquid-Liquid Reaction                                  | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.29 | Y. Fujimoto  |
| The Dependence of Pressure and Scale for Autoignition Temperature about Flammable Liquid                 | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan       | 2001.11.29 | H. Itagaki<br>T. Mizutani                                |

| 題 目  | 発 表 会 名  | 発表年月日      | 発 表 者  |
|--|--|------------|--|
| Examination of Workspace for a Safe and Human-Machine Cooperative Work System                                      | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan   | 2001.11.29 | K.Hamajima<br>Jian LU<br>et al.                            |
| Observation of Electrostatic Phenomena During the Formation of Dust Cloud in a Bag Filter Dust-Collecting Device   | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan   | 2001.11.29 | M.Yamaguma<br>T.Kodama                                     |
| Prevention of Incendiary Discharges in Powder Silos by Using a Nozzle-Type Static Eliminator                       | Asia Pacific Symposium on Safety ( APSS ), Japan   | 2001.11.29 | T.Kodama<br>et al.   |
| Reliability Analysis of Collapsed Composite Girder Bridge During Demolition  | The 8th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Singapore     | 2001.12.6  | K.Ohdo<br>S.Hanayasu<br>Y.Hino                             |
| Current Accident Situation and Safety Management System in the Construction Industry in Japan ( Key Note Lecture ) | The 3rd International Forum on Safety Engineering and Science ( IFSES III ), Tokorozawa, Japan | 2002. 1.11 | S.Hanayasu   |
| A Robot Vision System Designed for Mobile Construction Robots  | Pan-Yellow-Sea International Workshop on Information Technologies for Network Era, Saga, Japan | 2002. 3. 8 | Jian LU<br>H.Ikeda<br>S.Umezaki<br>S.Shimizu<br>K.Hamajima |
| Promotion of Safety Climate and its Effect at Construction Work Site   | Korea-Japan Joint Seminar on Occupational Safety organized by OSHRI, KOSHA, Korea              | 2002. 3.14 | T.Shoji  |
| Study on Searching Human-Error Accidents in Database   | Korea-Japan Joint Seminar on Occupational Safety organized by OSHRI, KOSHA, Korea              | 2002. 3.14 | Ou-Sup Han   |

#### 4) 技術誌・一般誌への発表

| 題 目                   | 発 表 誌 名  | 発 表 者          |
|-----------------------|--|----------------|
| 感電災害と安全対策<br>重大事故の新事実 | 安全衛生コンサルタント, 第58号<br>日経コンストラクション, 2001 5-11号, 2001 | 本山 健雄<br>豊澤 康男 |

| 題 目  | 発 表 誌 名                         | 発 表 者 |
|--|---------------------------------|-------|
| 安全技術講座「溝掘削工事における土砂崩壊災害の防止」(その3:土止め支保工について) | 仮設機材マンスリー, 6月号, No.201, 2001    | 豊澤康男  |
| 安全への提言-事故情報と安全                             | 安全工学, Vol40, No.4, 2001         | 松井英憲  |
| 独立行政法人化した研究所の紹介-新たな機構と研究活動-                | 日本火災学会誌「火災」, Vol.51, No.4, 2001 | 松井英憲  |
| 感電災害の状況                                    | 北海道のでんき, 第620号                  | 本山建雄  |
| 第31回安全工学シンポジウム参加報告                         | 安全衛生コンサルタント, 第60号               | 堀井宣幸  |
| 機械・設備の経年損傷と非破壊検査                           | 安全衛生コンサルタント, 第60号               | 本田 尚  |
| 不安全行動とタンパーレジスト                             | セーフティエンジニアリング, 第29巻, 第4号(2001)  | 深谷 潔  |

## 5) 著 書

| 書 名 等  | 著 者 名   | 出 版 社 名   |
|--|---|-----------|
| 「安全の百科辞典」  | 河 尻 義 正<br>児 玉 勉<br>前 田 豊<br>吉 久 悦 二<br>梅 崎 重 夫<br>池 田 博 康<br>佐 々 木 哲 也<br>本 田 尚<br>堀 井 宣 幸<br>豊 澤 康 男<br>玉 手 聡<br>板 垣 晴 彦<br>八 島 正 明<br>本 山 建 雄<br>山 野 英 記<br>富 田 一<br>深 谷 潔 | 丸善株式会社    |
| 「微粒子工学体系, 第1巻 基本技術」<br>(第9章1.1節 微粒子の発火・爆発危険性 分担執筆) | 八 島 正 明   | フジテクノシステム |

## 4.2 安全技術講演会等の開催

### 1) 安全技術講演会

当研究所の研究成果は、産業安全研究所研究報告等及び学協会における誌上発表・口頭発表により公表するほか、昭和60年以来毎年、安全技術に関する講演会を開催し、研究成果の平易な解説や安全技術情報の提供を行っている。平成13年度には、「産業安全へのリスク評価の適用」をメインテーマとして、10月18日には産業安全研究所、10月23日には北九州学術研究都市学術情報センター、また10月24日には大阪産業安全技術館において、下記の演題により講演会を開催した。参加者数は、東京会場が67名、北九州会場が105名、大阪会場が74名、計246名であった。

- (1) 特別講演 「機械関連作業のリスク評価法と安全確認型インターロック」  
北九州市立大学国際環境工学部環境機械システム工学科 杉本 旭
- (2) リスクアセスメントに基づく機械設備の安全設計と安全方策  
機械システム安全研究グループ 池田 博康
- (3) 欧米における労働安全政策の動向について 境界領域・人間科学安全研究グループ 花安 繁郎

### 2) 産業安全に関する情報交換会

中期計画に基づき、当研究所では、労働現場のニーズに対応した調査・研究及び技術支援等を積極的に実施することを目的に、現場の安全管理に携わっておられる実務者の方々との間で情報交換を行い、研究所の業務に関する要望、意見等をうかがうための「産業安全に関する情報交換会」を開催した。平成13年度には、10月18日に下記の4名をパネリストとしてお迎えしてパネルディスカッション形式で行った。討議の結果は報告書として取りまとめ公表した。

- 遠藤 克和 氏 社会保険労務士
- 岡崎 雅好 氏 建設工事共同企業体作業所長
- 黒澤 豊樹 氏 労働安全コンサルタント
- 高木 伸夫 氏 コンサルティング会社代表

### 3) 所内講演会

当研究所の研究員全員が参加する研究討論会において、研究の活性化を図るため、研究所外から各分野の専門家を講師として招いて所内講演会を開催しており、平成13年度には下記の講演会を開催した。

- 平成14年1月15日 「フランスにおける産業災害防止活動について」  
フランス ブールジュ工科大学 講師 Dr. Isabelle Sochet
- 平成14年3月19日 「企業からみた研究者の活性化について」  
(株)重松製作所 代表取締役 会長 重松開三郎 氏

## 4.3 研究施設の公開及び見学

### 1) 研究施設の一般公開

文部科学省主催による科学技術週間における活動の一環として、研究施設の一般公開を平成13年4月18日に実施した。当日は一般コース（午前）と専門コース（午後）に分けて17の研究施設公開を行った。参加者数は企業の安全担当者、学生、団体見学者等を含めて、延べ166名（一般コース：92名、専門コース：74名）であった。

### 2) 施設の見学

内外団体等からの依頼に応じて見学者に施設を公開した。平成13年度の主な見学者は次のとおりである。

- (1) 国外からの来訪者  
イランイスラム共和国国会議員、韓国大学院生、JICA労働安全セミナー研修生、韓国釜慶大学校工科

大学学長，タイ労働安全衛生センター研修生，インドネシアカウンターパートJICA研修生，タイ労働社会福祉省労働保護福祉局次長，タイ労働安全衛生センター職員，国際安全衛生センター東南アジア研修生，他

(2) 国内来訪者

日本鋼構造協会，内閣法制局参事官，労働研修所（地方安全専門官研修），芝建築防災推進連絡協議会，労働研修所（労働基準監督官研修），徳島県医師会，東日本地区大臣認定試験者協議会，日本機械工業連合会，三鷹労働基準監督署，中央労働委員会関東区域地方調整委員，交流アーク溶接機用自動電撃防止装置の安全性に関する調査研究委員会，盛岡労働基準監督署，宮古労働基準監督署，二戸労働基準監督署，大船渡労働基準監督署，岩手労働局，中央労働災害防止協会普及事業部編集課，厚生労働省独立行政法人評価委員，熊本労働局，他

#### 4.4 知的財産の活用

##### 1) 特許

| 区 分     | 出 願 番 号        | 発明の名称                                 | 発 明 者                                  |
|---------|----------------|---------------------------------------|--|
| 特 許 出 願 | 2001-119860    | 斜面降下物体検知装置                            | 豊 澤 康 男<br>梅 崎 重 夫<br>堀 井 宣 幸<br>玉 手 聡 |
| 特 許 出 願 | PCT/JP01/03646 | 車椅子転倒衝撃吸収装置                           | 深 谷 潔                                  |
| 特 許 出 願 | 2001-166911    | ロール機のロール面清掃装置                         | 齋 藤 剛<br>梅 崎 重 夫<br>池 田 博 康            |
| 特 許 出 願 | 2001-174268    | ロボットの回転位置検出装置                         | 梅 崎 重 夫<br>小 林 茂 信                     |
| 特 許 出 願 | 2001-210379    | ロール機用安全装置                             | 梅 崎 重 夫                                |
| 特 許 出 願 | 2001-323849    | 人体用エアバッグ装置                            | 深 谷 潔                                  |
| 特 許 出 願 | 2001-371416    | 産業用機械のホールド停止監視システム                    | 梅 崎 重 夫<br>小 林 茂 信                     |
| 特 許 出 願 | 2001-399040    | 大気圧グロー放電発生器及び除電器                      | 大 澤 敦                                  |
| 特 許 出 願 | 2002-38150     | 移動式クレーンにおける転倒防止方法および転倒防止手段を有する移動式クレーン | 玉 手 聡                                  |
| 特 許 登 録 | 第3240441号      | 接触検出装置                                | 池 田 博 康<br>他                           |

##### 2) 特許の実施

| 実施した発明の名称(特許番号)         | 件 数 |
|-------------------------|-----|
| 吊り下げ自由移動機構(特許第2517881号) | 2   |

## 第5章 国内外の産業安全機関等との協力

### 5.1 行政機関等に対する協力

#### 1) 災害調査等における協力

| 行政機関等名称                    | 協 力 事 項                                   | 年月日      | 氏 名   |
|----------------------------|---|----------|---|
| 労働省安全衛生部安全課<br>太田労働基準監督署   | 日進化工株式会社群馬工場におけるヒドロキシルアミン蒸留塔爆発事故調査        | 12. 6.10 | 松井英憲<br>安藤隆之<br>藤本康弘<br>板垣晴彦<br>八島正明<br>大塚輝人<br>水谷高彰<br>熊崎美枝子 |
| 八王子労働基準監督署                 | 交流アーク溶接機に係る感電事故鑑定                         | 12. 9.18 | 富田 一  |
| 千葉労働局                      | 三井造船千葉機工エンジニアリング株式会社におけるクレーンワイヤロープ切断原因の調査 | 12.12.22 | 本田 尚<br>田中正清  |
| 姫路労働基準監督署，<br>網干警察署        | 虹枝ロール株式会社姫路西工場における豎型遠心鑄造機の溶湯飛散事故の調査       | 13. 1. 7 | 吉久悦二<br>本田 尚  |
| 厚生労働省安全衛生部安全課<br>倉敷労働基準監督署 | 採石場における土砂崩壊災害調査                           | 13. 3.12 | 豊澤康男<br>高梨成次<br>日野泰道  |
| 厚生労働省安全衛生部安全課<br>八戸労働基準監督署 | サイクロン内での足場崩壊による墜落災害調査                     | 13. 7.19 | 大嶋勝利<br>高梨成次<br>日野泰道<br>永田久雄                                  |
| 厚生労働省安全衛生部安全課<br>仙台労働基準監督署 | 携帯電話部品工場で爆発災害調査                           | 13. 8. 1 | 八島正明<br>山隈瑞樹  |
| 島根労働局                      | 玉掛けワイヤロープの玉掛け方法の安全上の問題点に関する捜査関係照会         | 13. 8. 7 | 豊澤康男<br>前田 豊<br>吉見雅行  |
| 厚生労働省安全衛生部安全課<br>萩労働基準監督署  | エレベータワイヤロープ破断事故調査                         | 13.10.18 | 吉久悦二<br>本田 尚  |
| 和歌山労働基準監督署                 | 粉末薬剤充填機破裂事故調査                             | 13.12.15 | 大塚輝人  |

| 行政機関等名称                      | 協 力 事 項              | 年月日      | 氏 名                         |
|------------------------------|----------------------|----------|-----------------------------|
| 東京労働局                        | 昇降ステージによる挟まれ事故調査     | 13.12.21 | 梅崎重夫<br>池田博康<br>清水尚憲<br>齋藤剛 |
| 厚生労働省安全衛生部安全課<br>大阪中央労働基準監督署 | タワークレーン倒壊事故調査        | 14. 1.23 | 玉手 聡<br>大幢勝利<br>前田 豊        |
| 宮城県警察本部刑事部                   | 火災原因に関する静電気発生の可能性の調査 | 14. 2. 9 | 山隈瑞樹                        |
| 厚生労働省安全衛生部安全課<br>郡山労働基準監督署   | 移動式クレーンの転倒事故調査       | 14. 3. 5 | 本田 尚<br>前田 豊                |

## 2) 委員会活動等における協力

| 行政機関等名称               | 協 力 事 項                      | 氏 名           |
|-----------------------|------------------------------|---------------|
| 厚生労働省                 | 労働安全衛生コンサルタント試験専門委員          | 理事長他12名       |
| 厚生労働省                 | 大規模建設工事計画審査委員会委員             | 河尻義正          |
| 総務省消防庁                | 危険物等事故情報研究・活用システムを構築するための委員会 | 板垣晴彦          |
| 厚生労働省労働基準局            | 足場等の安全対策検討会                  | 河尻義正          |
| 経済産業省                 | 日本工業標準調査委員会                  | 尾添博           |
| 独立行政法人製品評価<br>技術基盤機構  | 事故原因技術解析ワーキンググループ            | 江川義之          |
| 新エネルギー・産業技<br>術総合開発機構 | NEDO技術委員会                    | 山隈瑞樹          |
| 人事院                   | 安全専門委員                       | 尾添博           |
| 人事院                   | 平成13年度労働基準監督官採用試験専門委員        | 佐々木哲也<br>大澤 敦 |
| 農林水産省林野庁              | 林業労働災害防止機械・器具等開発改良外部評価委員会    | 梅崎重夫          |

### 3) 研修講師派遣等における協力

| 行政機関等名称 | 講演課題等                         | 年月日             | 氏名   |
|---------|-------------------------------|-----------------|------|
| 労働研修所   | 仮設建造物の強度計算                    | 13. 5.16        | 永田久雄 |
| 労働研修所   | 仮設建造物の強度計算                    | 5.16            | 大幢勝利 |
| 労働研修所   | 化学設備の基本的知識                    | 5.17            | 八島正明 |
| 労働研修所   | 土砂崩壊災害の防止対策                   | 5.18            | 豊澤康男 |
| 労働研修所   | 土砂崩壊災害の防止対策                   | 5.18            | 玉手 聡 |
| 労働研修所   | 産業安全の基礎知識③                    | 5.30<br>~5.31   | 清水尚憲 |
| 労働研修所   | 自動化と安全                        | 7.12            | 池田博康 |
| 労働研修所   | 力学の基礎                         | 8.29            | 吉久悦二 |
| 労働研修所   | クレーン等の構造力学                    | 8.30            | 前田 豊 |
| 国際協力事業団 | 地下空間における建設技術                  | 11.22           | 豊澤康男 |
| 島根労働局   | 産業安全と技術者倫理<br>欧米における労働安全政策の動向 | 12. 4<br>~12. 5 | 花安繁郎 |
| 青森労働局   | 計画届（足場）の審査について                | 12. 5<br>~12. 7 | 河尻義正 |
| 新潟労働局   | 機械の包括的な安全基準に関する指針について         | 12.14           | 梅崎重夫 |
| 労働研修所   | 電気災害の防止対策                     | 14. 1.31        | 山隈瑞樹 |
| 労働研修所   | 爆発災害の防止対策                     | 2. 1            | 藤本康弘 |
| 労働研修所   | フェールセーフ                       | 2.27            | 梅崎重夫 |

### 4) その他

| 行政機関等名称 | 協力事項                             | 年月日      |
|---------|----------------------------------|----------|
| 内閣法制局   | 内閣法制局参事官ほか2名が、研究業務視察のため来所        | 13. 6. 8 |
| 労働研修所   | 都道府県労働局安全・衛生課職員26名が、研修のため研究施設を見学 | 7.12     |
| 労働研修所   | 新任労働基準監督官（後期）43名が、研修のため研究施設を見学   | 10.30    |
| 労働研修所   | 新任労働基準監督官（後期）43名が、研修のため研究施設を見学   | 10.31    |

| 行政機関等名称   | 協 力 事 項                                   | 年月日      |
|-----------|---|----------|
| 三鷹労働基準監督署 | 三鷹労働基準監督署長ほか2名と東京労働局2名が、研究施設視察のための来所      | 11.29    |
| 中央労働委員会   | 中央労働委員会関東区域地方調整委員会委員9名と事務局9名が、研究施設視察のため来所 | 11.30    |
| 岩手労働局     | 岩手労働局1名と同局管内の労働基準監督署長等4名が、研究施設を見学のため来所    | 14. 1.11 |
| 厚生労働省     | 厚生労働省独立行政法人評価委員会の委員6名が、研究業務視察のため来所        | 1.31     |
| 熊本労働局     | 熊本労働局労働基準部長ほか1名が、研究施設を見学のため来所             | 2. 7     |

## 5.2 国内外の若手研究者・技術者の育成

### 1) 国内外研究機関の研究者等の受入れ

| 区 分               | 受 託 件 数 | 人 員 数 |
|-------------------|---------|-------|
| 大学関係の研究生（国内）      | 6       | 12    |
| 大学関係の研究生（海外）      | 1       | 2     |
| 大学関係を除く機関の研究生（国内） | 5       | 6     |
| 合 計               | 12      | 20    |

### 2) 科学技術特別研究員・STAフェロー・重点研究支援協力員等の受入れ

| 研 究 テ ー マ                             | 所 属・職 名   | 期 間                   | 氏 名   |
|---------------------------------------|-----------|-----------------------|-------|
| 労働環境における高齢者のための照明環境評価に関する研究           | 科学技術特別研究員 | 11. 1. 1<br>～13.4.30  | 李 善 永 |
| 新原材料の静電気による着火危険性の評価技術に関する研究           | STAフェロー   | 13. 1.10<br>～15. 1. 9 | 崔 相 源 |
| 時系列周波数解析とウェーブレット解析による材料の非破壊損傷評価に関する研究 | STAフェロー   | 13. 2.21<br>～15. 2.20 | 馬 世 偉 |

| 研 究 テ ー マ                | 所 属・職 名   | 期 間                   | 氏 名            |
|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|
| 生産システムにおける安全技術の高度化に関する研究 | 重点研究支援協力員 | 13. 4. 1<br>～14. 3.31 | ソンボル<br>ポンクムシン |
| 同上                       | 重点研究支援協力員 | 13. 4. 1<br>～14. 3.31 | 輿水ヒカル          |
| 同上                       | 重点研究支援協力員 | 13. 4. 1<br>～14. 3.31 | 韓 宇 燮          |
| 同上                       | 重点研究支援協力員 | 13. 4. 1<br>～14. 3.31 | 小 林 茂 信        |
| 同上                       | 重点研究支援協力員 | 13. 4. 1<br>～14. 2.28 | 小 松 順 磨        |
| 同上                       | 重点研究支援協力員 | 14. 3. 1<br>～14. 3.31 | 植 木 利 之        |
| 掘削工事における建設労働災害防止に関する研究   | 重点研究支援協力員 | 14. 1. 1<br>～3.31     | 衛 藤 誠          |
| 同上                       | 重点研究支援協力員 | 14. 1. 1<br>～3.31     | 有 木 高 明        |
| 同上                       | 重点研究支援協力員 | 14. 1. 1<br>～3.31     | 石 原 浩 二        |

### 3) 大学等講師派遣

| 講義課題                        | 派遣大学等              | 期間                     | 氏名   |
|-----------------------------|--------------------|------------------------|------|
| 建設マネジメント（建設安全管理論）           | 広島工業大学             | 13. 4.19-20<br>5.10-11 | 花安繁郎 |
| 自動化システム設計における機械安全           | 職業能力開発総合大学校        | 13. 9.17               | 梅崎重夫 |
| 機械安全の包括基準の解説                | 長岡技術科学大学           | 13. 9.25               | 梅崎重夫 |
| 労働災害と技術者倫理                  | 北海道大学大学院工学研究科      | 13.11. 9               | 花安繁郎 |
| 人間の聴覚機能が産業現場の安全確保に果たす役割について | 早稲田大学理工学部経営システム工学科 | 13.11.14               | 江川義之 |
| 産業現場における騒音の評価法と改善事例について     | 早稲田大学理工学部経営システム工学科 | 13.11.28               | 江川義之 |

### 5.3 国内外の産業安全研究機関等との協力

#### 1) 学協会の委員会活動等への協力

学協会への協力としては、産業安全に関する調査・研究、規格・基準作成の委員会活動、講演会等に参加して当研究所の研究成果を反映するなど、学術・技術の面で学協会等の事業に協力しており、平成13年度には主として以下の学協会等に協力した。

##### ○学会・協会、地方公共団体等

安全工学協会、応用物理学会、仮設工業会、神奈川県工業技術研究センター、火薬学会、資源・素材学会、静岡県静岡工業技術研究センター、実践教育訓練研究協会、地盤工学会、静電気学会、全国指定教習機関協会、電気学会、電気設備学会、電子情報通信学会、土木学会、日本化学会、日本学術会議、日本火災学会、日本風工学会、日本機械学会、日本規格協会、日本靴医学会、日本建築学会、日本クレーン協会、日本材料学会、日本信頼性学会、日本心理学会、日本騒音制御工学会、日本人間工学会、宮崎県産業支援財団、溶接学会、他

##### ○労働災害防止団体、安全衛生教育機関等

安全衛生技術試験協会、神奈川労務安全衛生協会、国際安全衛生センター、建設業労働災害防止協会、鉱業労働災害防止協会、合板仮設安全技術協会、産業安全技術協会、中央労働災害防止協会、労働基準協会連合会、日本ボイラ協会、日本労働安全衛生コンサルタント会、他

##### ○その他の団体

宇宙開発事業団、エネルギー総合工学研究所、金属材料技術試験所、原子力安全システム研究所、高圧ガス保安協会、鋼材倶楽部、国際協力事業団、四国地区電力需要者協会、首都高速道路技術センター、製品安全協会、全国火薬類保安協会、総合安全工学研究所、損害保険料率算定会、電気絶縁材料工業会、東京電力、動力炉・核燃料開発事業団、日本煙火協会、日本海事検定協会、日本化学工業協会、日本機械工業連合会、日本橋梁建設協会、日本建設機械工業会、日本工作機械工業会、日本鋼索工業会、日本産業機械工業会、日本産業用ロボット工業会、日本材料試験技術協会、日本食肉機械工業会、日本鍛圧機械工業会、日本電気協会、日本電気技術者協会、日本電気制御機器工業会、日本電機工業会、日本電子部品信頼性センター、日本電設工業協会、日本トンネル技術協会、日本能率協会、日本非破壊検査協会、日本粉体工業技術協会、日本保安用品協会、日本マグネシウム協会、日本溶接協会、廃棄物研究財団、他

## 2) 研究協力・技術指導等

### (1) 国内共同研究

| 協力先機関名             | 協 力 事 項                            | 年月日                   | 氏 名                                  |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 仮設工業会              | くさび結合式足場の安全性に関する研究                 | 11. 8. 1<br>～13. 6.30 | 河尻 義 正<br>大幢 勝 利<br>高梨 成 次<br>日野 泰 道 |
| 日本大学生産工学部<br>建築工学科 | 強風時における支柱式足場の倒壊防止に関する研究            | 13. 8. 1<br>～14. 3.31 | 日野 泰 道<br>大幢 勝 利                     |
| 産業安全技術協会           | 新規化学物質等の爆発危険性の解明とデータベースの構築に関する研究   | 12. 8.31<br>～15. 3.31 | 松井 英 憲<br>板垣 晴 彦<br>水谷 高 彰           |
| 産業安全技術協会           | 最小着火エネルギー試験法の開発と試験基準に関する研究         | 12. 8.31<br>～15. 3.31 | 児玉 勉<br>山隈 瑞 樹<br>大澤 敦               |
| SCB工法研究会           | 鋼矢板控え壁を使った自立式土留工の安全性の確保及び向上        | 13. 4. 2<br>～15. 3.31 | 豊澤 康 男                               |
| 大阪大学大学院<br>人間科学研究科 | 高齢者における高所作業環境適正化に関する実験的研究          | 13. 7. 1<br>～15. 3.31 | 江川 義 之<br>庄司 卓 郎<br>中村 隆 宏           |
| 安川コントロール株式会社       | 安全制御システムへのパワーリードスイッチの応用            | 13. 7. 1<br>～14. 3.31 | 梅崎 重 夫                               |
| 武蔵工業大学工学部<br>土木工学科 | 地中構造物と地盤の動的な相互作用による地盤反力特性に関する基礎的研究 | 13. 7. 1<br>～15. 3.31 | 玉手 聡<br>豊澤 康 男                       |
| 春日電機株式会社           | 粉体槽内における着火性放電の発生限界と防止              | 13.11. 1<br>～15. 3.31 | 児玉 勉<br>山隈 瑞 樹<br>大澤 敦               |

### (2) 国際共同研究（研究協力協定を含む）

| 協力先機関名                                | 協 力 事 項                       | 年月日                   |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 韓国産業安全公団産業安全保健<br>研究院<br>(研究協力協定締結機関) | 共同研究，共同セミナー，人的交流，情報交流等の<br>実施 | 11.11. 2<br>～14.11. 1 |
| 釜慶大学校工科大学（韓国）<br>(研究協力協定締結機関)         | 共同研究，共同セミナー，人的交流，情報交流等の<br>実施 | 13. 8. 6<br>～16. 8. 5 |

| 協力先機関名   | 協 力 事 項                        | 年月日                   |
|--|--------------------------------|-----------------------|
| The Health and Safety Laboratory<br>(英国)(研究協力協定締結機関) | 共同研究, 共同セミナー, 人的交流, 情報交流等の実施   | 13.11.13<br>~16.11.12 |
| ブルージュ工科大学(仏国)  | 不均一濃度場における管中爆ごう波の伝ば特性と機構に関する研究 | 14. 1. 6<br>~ 3.24    |

### (3) 技術指導等

| 協力先機関名                  | 協 力 事 項  | 年月日                | 氏 名  |
|-------------------------|--|--------------------|------|
| MMSWL, LSWIA等<br>(モンゴル) | 中央労働災害防止協会の依頼により, モンゴルの労働安全衛生事情に関する調査のためモンゴルへ出張                | 13. 7.11<br>~ 7.18 | 大塚輝人 |
| NICE(タイ)                | 国際協力事業団の依頼により, タイ・労働安全衛生センター拡充計画短期派遣専門家として, 同センターの展示教育のためタイへ出張 | 14. 3. 5<br>~ 3.23 | 清水尚憲 |

## 3) 外部機関の研究員の招聘

### (1) 海外研究員

| 研究テーマ   | 所属・職名         | 期間                    | 氏名                    |
|---|---------------|-----------------------|-----------------------|
| 不均一濃度場における管中爆ごう波の伝ば特性と機構に関する研究<br>(外国人研究者短期招聘(日本学術振興会)) | ブルージュ工科大学, 講師 | 14. 1. 6<br>~14. 3.24 | Dr.Isabelle<br>Sochet |

### (2) 流動研究員

| 研究テーマ                           | 所属・職名                 | 期間                 | 氏名   |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------|------|
| 支持地盤の不安定要因による移動式クレーンの転倒防止に関する研究 | 武蔵工業大学工学部<br>土木工学科教授  | 14. 3. 4<br>~ 3. 8 | 片田敏行 |
| 建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究 | 佐藤工業(株)総合研究所<br>主任研究員 | 14. 3. 4<br>~ 3. 8 | 高木元也 |

#### 4) 外部機関への研修

| 研修区分                 | 研修先        | 研修内容                      | 期間                    | 氏名     |
|----------------------|------------|---------------------------|-----------------------|--------|
| 若手研究者海外派遣（科学技術振興事業団） | 米国プリンストン大学 | 金属粉じん雲中を伝播する火炎の燃焼特性に関する研究 | 14. 3.30<br>～15. 3.31 | 八島 正 明 |

#### 5) 国際協力・海外派遣等

##### (1) 海外派遣

| 機関等の名称                       | 協力事項等   | 年月日                |
|------------------------------|---|--------------------|
| ISO/TC184国際会議                | 機械システム安全研究部池田博康を，ロボット工業会の依頼によりISO/TC184国際会議に日本代表として出席のため米国へ派遣   | 13. 5. 2<br>～ 5. 6 |
| ISO/TC96国際会議                 | 研究企画調整部前田 豊を，日本クレーン協会の依頼によりISO/TC96国際会議に日本代表として出席のためドイツへ派遣  | 13. 5.12<br>～ 5.20 |
| 韓国産業安全公団産業安全保健研究院及び釜慶大学校工科大学 | 機械システム安全研究グループ児玉 勉，化学安全研究グループ松井英憲を，韓国産業安全公団産業安全保健研究院との研究協力協定に基づく協力事項に関する協議及び釜慶大学校工科大学との研究協力協定締結に関する協議のため韓国へ派遣 | 13. 7. 4<br>～ 7.10 |
| MMSWL，LSWIA 等（モンゴル）          | 化学安全研究グループ大塚輝人を，中央労働災害防止協会の依頼により，モンゴル国の労働安全衛生事情に関する調査のためモンゴルへ派遣   | 13. 7.11<br>～ 7.18 |
| HSL(英国)及びINRS(仏国)            | 理事長尾添 博，建設安全研究グループ永田久雄をHSL(英国)との研究協力協定の締結及びINRS(仏国)との研究情報の交換と研究協力に関わる協議のため英国及び仏国へ派遣                           | 13.11.10<br>～11.18 |
| NICE(タイ)                     | 機械システム安全研究グループ清水尚憲を，国際協力事業団の依頼により，タイ国労働安全衛生センター拡充計画短期派遣専門家として，同センターの展示教育のためタイへ派遣                              | 14. 3. 5<br>～ 3.23 |
| 韓国産業安全公団産業安全保健研究院            | 境界領域・人間科学安全研究グループ庄司卓郎，重点研究支援協力員韓 宇燮を，韓国産業安全公団における韓日産業安全研究共同発表会での研究発表のため韓国へ派遣                                  | 14. 3.13<br>～ 3.16 |

## (2) 海外からの来訪者

| 機 関 等 の 名 称        | 協 力 事 項 等   | 年 月 日               |
|--------------------|---|---------------------|
| イランイスラム共和国<br>国会議員 | イランイスラム共和国国会議員 6 名，労働社会省 1 名，在京イランイスラム大使館外交官 1 名が，研究業務視察のため来訪                     | 13. 6. 26           |
| 韓国大学院生             | 韓国大学院生 9 名と引率者(社)蔵前工業会 1 名が，日本における産業安全研究の実状の勉学のため来訪                               | 7. 27               |
| 韓国釜慶大学校            | 韓国釜慶大学校工科大学の李東郁学長ら 4 名が国際研究協定締結のため来訪  | 8. 6                |
| タイ労働社会福祉省          | タイ国労働社会福祉省安全衛生監督課職員 1 名が，産業安全研修のため来訪  | 13. 11. 6<br>～11. 9 |
| タイ労働安全衛生センター       | タイ国労働安全衛生センター研修生 1 名が，産業安全研修のため来訪   | 11. 7               |
| アジア太平洋地域研修生        | 中国，韓国，インド，フィリピン，シンガポール，タイ国の研修生12名が，機械安全関連技術の国際標準化研修のため来訪                          | 11. 21              |
| タイ労働社会福祉省          | タイ国労働社会福祉省労働保護福祉局次長 Mr. Suwat SUONG-TEE が，タイ労働安全衛生センター拡充計画プロジェクトカウンターパート研修として来訪   | 12. 13              |
| タイ労働安全衛生センター       | タイ国労働安全衛生センター Mr. Wisanti LAOHAUDOMCHOK が，タイ国労働安全衛生センター拡充計画プロジェクトカウンターパート研修生として来訪 | 12. 13              |
| JICA 労働安全衛生セミナー    | 研修員14名，随行者 1 名が，安全衛生研修のため来訪   | 14. 2. 27           |

---

## 付 録

### 1) 平成13年度計画(要旨)

#### 第1 業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき事項

##### 1 効率的な業務運営体制の確立

- (1) 研究所の組織体制は、効率的な運営を行うため柔軟なものとする。
- (2) 内部研究評価会議を開催し、その結果を研究管理・業務運営に反映させる。また、研究員の業務執行状況を把握できるよう、研究業務及び研究外業務等を一括して記録管理するシステムを構築する。
- (3) 所内LANの活用によるペーパーレス化、節電・節水による省資源、省エネルギーに努める。また、競争的外部研究資金、受託研究等への積極的な応募、募集を行う。

##### 2 効率的な研究施設・設備の利用

研究施設・設備の共同利用を行い、研究資源の効率的な活用を図る。

#### 第2 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき事項

##### 1 労働現場のニーズの把握と業務への積極的な反映

業界団体や第一線の安全管理者等を対象とした産業安全に関する情報交換会を開催する。

##### 2 労働現場のニーズ及び行政ニーズに沿った調査及び研究業務の実施

- (1) 中期目標に示された重点研究領域において、重点的に研究資金と研究要員を配する下記のプロジェクト研究を実施する。
  - ① 化学プロセスにおける爆発災害防止技術に関する総合的研究
  - ② 建設機械の保守管理システム高度化のための損傷評価技術の開発
  - ③ 生産・施工システムの総合的安全制御技術の開発に関する研究
  - ④ 建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究
- (2) 研究所の研究基盤を継続的に充実・向上させるために、研究背景、研究概要等を記載した研究計画書を作成し、基盤的研究を計画的に実施する。
- (3) 行政から依頼を受けたとき、又は調査・研究の実施上必要とするとき、労働基準監督機関等の協力を得て、労働災害の原因調査等を実施するとともに、労働災害原因調査等に対する依頼に迅速、的確に対応できるよう災害調査実施規程の整備を図る。
- (4) 産業安全に関する国際基準、国内基準の制改定等のため国内外の委員会に参加し科学的に貢献する。
- (5) 産業安全に関する国内外の科学技術情報、資料等の調査を行う。

##### 3 外部評価の実施および研究結果の公表

プロジェクト研究について進捗状況、研究成果等を評価するため外部研究評価委員会(仮称)を開催する。

##### 4 成果の積極的な普及・活用

- (1) 内部研究評価会議により、研究計画の見直し、研究進捗状況の管理、研究環境の整備等を行い、研究成果の発表を促進する。
- (2) 平成12年度の研究成果に関する研究所内外の刊行物に発表した論文について、原則としてその全数

をホームページに公開する。平成12年度年報，安研ニュース，産業安全研究所研究報告及び研究成果を活用した技術ガイドライン等を発行する。また，研究成果の一般誌等への寄稿を積極的に行う。

- (3) 研究成果の一般への普及を目的とした技術講演会を，東京，大阪他1カ所で開催する。
- (4) 研究所の一般公開を実施し，主要な研究成果の紹介及び研究施設の公開を行う。
- (5) 特許権の取得を積極的に進めるとともに，特許流通データベースへの登録，研究所ホームページでの広報等を実施し，知的財産の活用促進を図る。

#### 5 国内外の産業安全関係機関との協力の推進

- (1) 積極的に外部研究員の受入れを図るとともに，研究所職員による他機関等への協力・支援を行う。
- (2) 国内外の産業安全に係る研究者と研究交流を行う。また，民間，他機関等に対して共同研究課題の提案・受入を積極的に行う。

#### 第3 予算，収支及び資金計画

第1の「業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき事項」に配慮した予算，収支計画及び資金計画を策定した。

#### 第4 短期借入金の限度額

重大な公務災害等の発生に伴う補償費の支払い等，偶発的な出費に対応するため，短期借入限度額を具体的に策定した。

#### 第5 その他主務省令で定める業務運営に関する重要事項

新規研究員の採用に際しては，公募による選考採用を原則とし，また若手育成型任期付研究員の採用に努める。

## 2) 産業安全研究所年譜

- 昭和16年 伊藤一郎氏その他民間有志から国立安全研究機関の設立について提唱され、安全研究所の開設を具体化するため、官民合同の設立委員会が設置される。
- 昭和17年 1月30日 厚生省産業安全研究所が開設され、初代所長に厚生技師武田晴爾が就任。
- 昭和17年11月 1日 厚生省研究所産業安全部と改称される。
- 昭和18年 9月 8日 附属産業安全参考館の開館式を挙行、同10日より一般公開が開始される。
- 昭和22年 9月 1日 労働省の発足と共に厚生省より移管され、労働省産業安全研究所と改称される。組織が所長、庶務課、安全科、機械科、土木建築科、化学科と改められる。
- 昭和24年 6月20日 安全科が参考館課と改称される。
- 昭和24年 8月27日 武田所長退官し、化学課長中島誠一が所長に就任。
- 昭和27年 3月20日 中島所長退官し、福島労働基準局長高梨湛が所長に就任。
- 昭和27年 9月 1日 組織が所長、庶務課、指導課、機械課、土木建築課、化学課、電気課と改められる。
- 昭和27年11月15日 開所10周年記念式典が当所講堂で労働大臣ら臨席のもとで行われる。
- 昭和28年12月16日 産業安全参考館が産業安全博物館と改称される。
- 昭和29年 3月16日 組織が所長、庶務課、特殊技術指導部（指導課、博物館課）、研究部（機械課、土木建築課、化学課、電気課）に改められる。
- 昭和36年 4月 1日 土木建築課が土木課、建築課に改組される。
- 昭和36年 4月12日 大阪市森ノ宮東之町に大阪産業安全博物館を開設し、一般公開が開始される。
- 昭和39年 7月 1日 高梨所長退官し、労働省労働基準局安全課長山口武雄が所長に就任。
- 昭和40年 4月 1日 研究部に防爆課が新設される。
- 昭和41年12月23日 東京都清瀬市の日本鋼管付属病院敷地を買収し、屋外実験場とする。
- 昭和42年 1月17日 旧田町庁舎改築のため、屋外実験場の一部を仮庁舎として移転。
- 昭和43年 6月15日 山口所長労働省安全衛生部長に転任し、労働省安全衛生部安全課長住谷自省が所長に就任。
- 昭和45年 5月 1日 組織が所長、機械研究部、土木建築研究部、化学研究部、電気研究部の4研究部、博物館課及び庶務課の2課に改められる。
- 昭和45年 5月18日 住谷所長退官し、電気研究部長上月三郎が所長に就任。
- 昭和46年 3月31日 産業安全会館竣工。
- 昭和46年 4月23日 産業安全博物館を産業安全技術館と改称し、博物館課を安全技術課と改称する。
- 昭和46年10月 1日 産業安全技術館が田町新庁舎に開館される。
- 昭和49年 6月 4日 上月所長退官し、機械研究部長秋山英司が所長に就任。
- 昭和52年 3月22日 清瀬実験場に機械実験棟が竣工。
- 昭和52年 4月 1日 秋山所長退官し、北海道労働基準局長川口邦供が所長に就任。
- 昭和58年 4月 1日 川口所長退官し、土木建築研究部長森宜制が所長に就任。
- 昭和59年 3月31日 清瀬実験場に機械安全システム実験棟が竣工。
- 昭和60年 2月 1日 森所長退官し、機械研究部長前郁夫が所長に就任。
- 昭和60年 3月28日 清瀬実験場に化学安全実験棟が竣工。
- 昭和60年 6月25日 第1回産業安全研究所安全技術講演会が田町庁舎8階講堂で開催される。
- 昭和60年 9月17日 田町庁舎内産業安全技術館一階部分が改装される。
- 昭和61年 5月29日 皇太子殿下清瀬実験場へ行啓、研究施設等を御視察になる。

昭和62年 1月19日 田町庁舎内産業安全技術館 2 階の建設安全関係の展示室が改装される。

昭和63年 3月29日 田町庁舎内産業安全技術館 2 階の化学・電気安全関係の展示室が改装される。

昭和63年 5月31日 清瀬実験場に建設安全実験棟が竣工。

平成 2年 4月 1日 前所長退官し，田中隆二が所長に就任。

平成 2年10月25日 清瀬実験場に電気安全実験棟及び環境安全実験棟が竣工。

平成 3年 3月31日 田中所長退官。

平成 3年 4月 1日 土木建築研究部長木下鈞一が所長に就任。

平成 4年 4月30日 清瀬実験場に材料・新技術実験棟が竣工。

平成 4年 5月30日 清瀬実験場に総合研究棟が竣工。

平成 4年 6月19日 総合研究棟及び材料・新技術実験棟落成式並びに設立50周年記念式典挙行。

平成 4年 7月 1日 産業安全研究所を田町庁舎から清瀬実験場に移転。

平成 5年 5月 1日 改築のため大阪産業安全技術館が仮庁舎に移転。

平成 6年 4月 1日 木下所長退官し，化学研究部長森崎繁が所長に就任。

平成 7年 4月 1日 4 研究部が機械システム安全研究部，建設安全研究部，化学安全研究部及び物理工学安全研究部に改められる。

平成 7年 7月 7日 産業安全技術館が全面改装され，記念講演会が開催される。

平成 8年 8月30日 大阪産業安全技術館が改築竣工。

平成 9年 4月 1日 安全技術課が研究企画調整課に改組される。  
森崎所長退官し，物理工学安全研究部長田畠泰幸が所長に就任。

平成11年 1月27日 共同研究実験棟が竣工。

平成12年 3月31日 田畠所長退官。

平成12年 4月 1日 福岡労働基準局長尾添博が所長に就任。

平成13年 1月 6日 厚生労働省の発足とともに，厚生労働省産業安全研究所となる。

平成13年 3月31日 尾添所長退官。

平成13年 4月 1日 独立行政法人通則法の施行に伴い，独立行政法人産業安全研究所となる。  
尾添博が理事長，河尻義正が理事に就任。  
組織が理事長，理事，監事（非常勤），総務課，研究企画調整部，研究部（機械システム安全研究グループ，建設安全研究グループ，化学安全研究グループ，物理工学安全研究グループ，境界領域・人間科学安全研究グループ）に編成される。

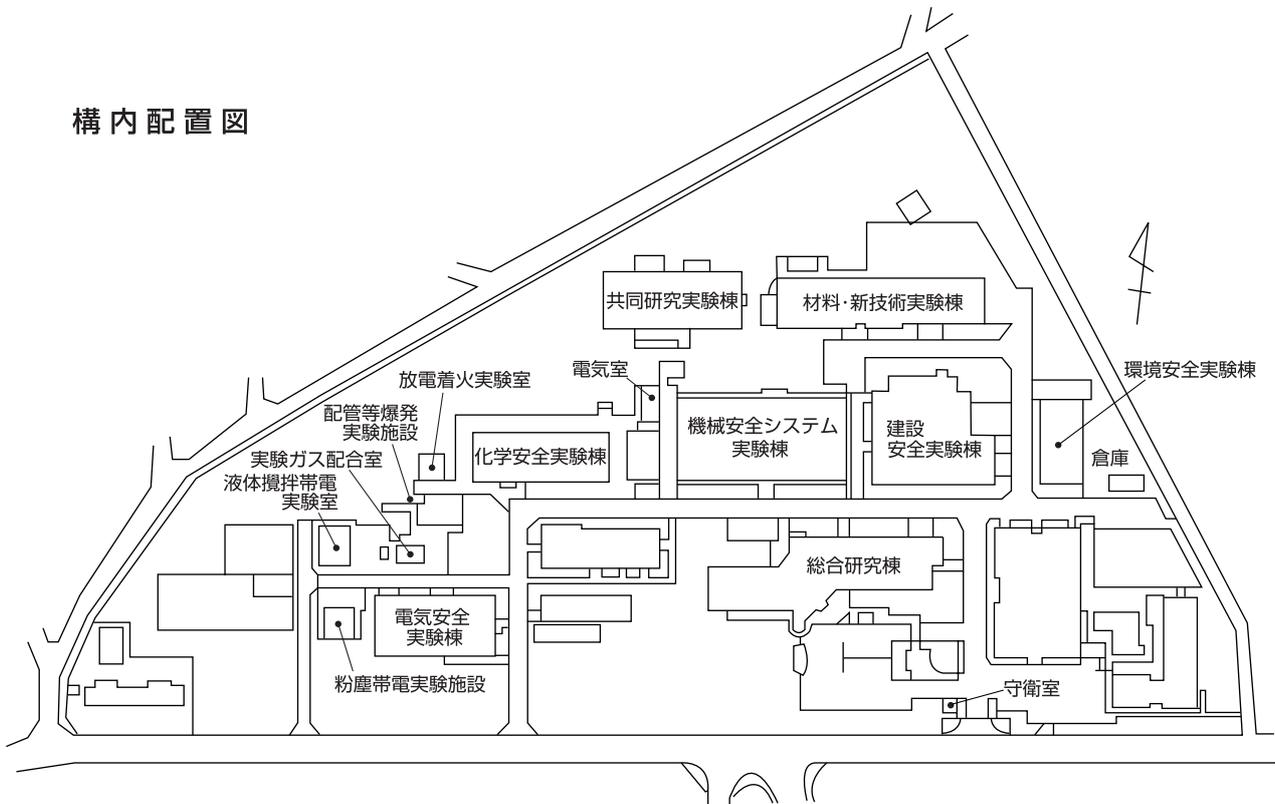
### 3) 産業安全研究所案内図

独立行政法人 産業安全研究所  
 〒204-0024 東京都清瀬市梅園1丁目4番6号  
 Tel. (0424)91-4512(代表)  
 Fax. (0424)91-7846  
 ホームページ <http://www.anken.go.jp/>

交通機関  
 西武池袋線清瀬駅南口下車，バス停2番乗車，  
 東京病院下車（所要時間7分）



### 構内配置図



産業安全研究所年報

平成13年度

---

発行日 平成14年5月31日

発行所 独立行政法人産業安全研究所

〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6

電話 0424-91-4512(代表)

FAX 0424-91-7846

ホームページ <http://www.anken.go.jp/>

---

印刷所 (有)祥栄堂





ANNUAL REPORT  
OF  
THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

2001



THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY