

201233009A

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

携帯情報端末を用いた作業・安全分析による  
造船・建設業におけるリスクアセスメントシステムの  
構築と展開に関する研究

平成24年度 総括研究報告書

研究代表者 篠田岳思

平成25（2013）年 5月

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

携帯情報端末を用いた作業・安全分析による  
造船・建設業におけるリスクアセスメントシステムの  
構築と展開に関する研究

平成24年度 総括研究報告書

研究代表者 篠田岳思

平成25年 5月

目 次

|   |    |
|---|----|
| I. 総括研究報告   | 1  |
| 携帯情報端末を用いた作業・安全分析による造船・建設業における<br>リスクアセスメントシステムの構築と展開に関する研究<br>篠田岳思 |    |
| II. 研究成果の刊行に関する一覧表  | 29 |
| III. 研究成果の刊行物・別刷  | 30 |

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
1. 総括研究報告書

携帯情報端末を用いた作業・安全分析による造船・建設業におけるリスクアセスメントシステムの構築と展開に関する研究

研究代表者 篠田岳思 九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門

### 研究要旨

PDA（携帯情報端末）を用いた作業・安全分析法の整備を行い、リスクアセスメントシステムとして発展させ、造船・建設業での実際の現場での活用展開について研究を行った。

（1）PDA 作業・安全分析法：作業および作業に関する不安全状態として作業者行動や作業環境等を同時に観測して、PDA に観測状況の入力を行い、作業に潜む不安全状態を抽出し定量化するツールの開発を進めている。このツールを用いて作業者相互が観測し合い不安全状態を認識し合うことや、不安全状態の定量化による改善検討に一定の効果を見出した。

（2）リスクアセスメントシステムの構築：PDA 作業・安全分析法を労働安全向上のためのリスクアセスメントシステムとして構築し、実際の作業現場に適用して、使い勝手の良い方法として開発を行った。ここではリスクアセスメント（RA と略す）の過程を次の5段階、過程1）労働災害の潜在危険の同定、過程2）労働災害リスク解析、過程3）労働災害リスク軽減対策の策定および費用対効果の評価、過程4）対策実施の合意形成、過程5）対策実施後のリスク軽減のチェック、として設定しシステム化と開発を進めている。

（3）リスクアセスメントシステムの現場適用の課題の抽出：現場作業者には RA は馴染みが薄いため導入への課題を設定して取組んだ。

研究分担者 田中太氏 九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門・准教授  
小山田英弘 北九州市立大学国際環境工学部建築デザイン学科・准教授

## A. 研究目的

近年の建造量の増加と国際的な競争を背景にして、造船工場では生産性を向上させ、工場全体のスループットを改善していくことが不可欠である。しかしその一方で、建造量の増加や技能不足に伴う労働災害の増加が危惧されており、労働災害の社会的・経済的な影響は大きく、産業の維持・継承や持続的な発展のためには、作業者の安全の確保は重要な課題である。

これまで造船業や建設業での重作業を伴う安全管理の現場において、リスクアセスメント活動は広く行われているが、一般には「起こりやすい・にくい」等の感性尺度に基づく評価方法が取られており、安全意識の高揚について一定の効果は上げているが、安全向上への効果が不明な点があり、さらに有効な方法が求められている。本研究では、これまでに開発してきた PDA（携帯情報端末）を用いた作業・安全分析法を用いてリスクアセスメントシステムとして発展させ、実際の作業現場で試験的に実施しながら研究を進める。

## B. 研究の方法

研究の方法としては、初めに労働安全の向上のためのリスクアセスメントツールの構築を行い、実際の作業現場に適用を行いながら改良を進めていく。また、安全対策として検討を行うために、研究室内のモックアップ実験や実際の工場での作業状況の計測法を考案して歩行路環境の安全性評価についても検討を行う。

作業および作業に関する不安全状態として作業者行動や作業環境等を同時に観測して、PDAに観測状況の入力を行い、作業に潜む不安全状態を抽出するツールの開発と適用研究を行ってきた。この作業・安全分析法はIE(Industrial engineering)の瞬間観測法の理論に基づいており、ランダムな時間に作業者行動の瞬間観測値を記録し、作業毎の頻度を集計して作業・不安全状態の割合を推測する。このツールを実際に適用して、作業者がお互いに観測し合い、不安全状態を認識し合うことに一定の効果を見出しており、研究ではPDA作業・安全分析法をリスクアセスメントシステムとして発展させる。今年度は特に、昨年度の構築の検討をおこなった労働安全のためのリスクアセスメントツールについて、造船所への作業・安全リスクアセスメントの適用を図った。

## C. 研究結果

### C-1 造船所への作業・安全リスクアセスメントの適用

#### C-1-1 ハザードの同定

##### C-1-1-1 過去の労働災害の特徴

切断加工工場において作業・安全リスクアセスメントの適用を図るため、はじめにこの工場での作業を次の、水切り、鋼材仕分け、ショット(ブラスト、塗装)、印字、棟内搬入、NC切断、二次加工、アイトレーサ、フレームプレーナー、運搬、屋外での仕分け、グラインダー、トレーラー運搬、の12工程に分類した。

作業安全・観測を行った工場では過去に18件の災害が起あり、これらの災害を工程と災害の型分類によると次のようになる。

(災害の工程内訳)

- ・工程2：鋼材仕分け.....1件
- ・工程4：印字、棟内搬入.....2件
- ・工程5：NC切断.....4件
- ・工程9：運搬.....9件
- ・工程11：グラインダー.....1件
- ・工程12：トレーラー運搬.....1件

(災害の型分類)

- ・切れ、こすれ.....1件
- ・墜落、転落.....3件
- ・激突され.....5件
- ・挟まれ、巻き込まれ.....6件
- ・転倒.....2件
- ・飛来、落下.....1件

この工場ではNC切断工程と運搬工程で災害が危惧されることから、この2工程に絞って、作業・安全リスクアセスメントを行った。

### **C-1-1-2 観測対象の工程**

#### **(1) NC切断工程**

NC切断工程では、プラズマ切断機とレーザー切断機の2種類が使われている。切断性能の違いから鋼板が流れるコンベアのスラットの間隔が、プラズマ切断機が150mm、レーザー切断機では100mmと異なる。ここで、コンベアは地面に対して垂直なスラットが平行に並べられており、この間隔の違いによって、コンベア上での作業、歩行において不安全状態に差が生まれると考えられる。よって、NC切断工程での観測はプラズマ切断とレーザー切断のラインを区別して観測した。

#### **(2) 運搬工程**

運搬工程では、鋼板の搬入搬出が天井を走行するクレーンで行われる。クレーンの吊り具はマグチャック、マグポーター、ハッカーの3種類が使われている。マグチャックとマグポーターは磁石で鋼板を吸着し、ハッカーは4つの爪で鋼板をつかむという運搬方法である。また、マグチャックは大型、マグポーターは小型のものである。それぞれに安全上注意する点が異なるので3種類を区別して観測した。





| 足下の状態          |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| <b>D 7</b>     |                |                |
| 工程 切断 (プラズマ)   |                |                |
| コンベア上 (プラズマ)   | コンベア上 (レーザー)   | 安全板上           |
| コンベア 端部 (ピット側) | コンベア 鋼材上 (大物板) | コンベア 鋼材上 (小物板) |
| 定盤上            | 定盤端部           | 安全通路           |
| 定盤・鋼材上 (大物板)   | 定盤・鋼材上 (小物板)   | 階段             |
|                |                |                |
| <b>D 8</b>     |                |                |
| 工程 切断 (レーザー)   |                |                |
| コンベア上 (プラズマ)   | コンベア上 (レーザー)   | 安全板上           |
| コンベア 端部 (ピット側) | コンベア 鋼材上 (大物板) | コンベア 鋼材上 (小物板) |
| 定盤上            | 定盤端部           | 安全通路           |
| 定盤・鋼材上 (大物板)   | 定盤・鋼材上 (小物板)   | 階段             |
|                |                |                |
| <b>D 9</b>     |                |                |
| 工程 運搬          |                |                |
| コンベア上 (プラズマ)   | コンベア上 (レーザー)   | 安全板上           |
| コンベア 端部 (ピット側) | コンベア 鋼材上 (大物板) | コンベア 鋼材上 (小物板) |
| 定盤上            | 定盤端部           | 安全通路           |
| 定盤・鋼材上 (大物板)   | 定盤・鋼材上 (小物板)   | 階段             |
|                |                |                |

| 不安全状態              |               |             |
|--------------------|---------------|-------------|
| <b>D 10</b>        |               |             |
| 工程 NC切断            |               |             |
| 転倒・踏み              | 歩行板 不使用       | 稼働中 コンベア 乗り |
| 45度退避              | 保護具 不使用       | 指差呼称 なし     |
| 墜落・転落              | ロー、チェーン 巻き込まれ | 機器接触        |
| 火傷                 | グラインダ 作動移動    |             |
|                    |               | 不安全 状態なし    |
| <b>D 11</b>        |               |             |
| 工程 運搬 (ガチャック、マガネン) |               |             |
| 転倒・踏み              | 歩行板 不使用       | 稼働中 コンベア 乗り |
| 45度退避              | 保護具 不使用       | 指差呼称 なし     |
| 3枚以上 吊り            | 吊荷の 重心ズレ      | 荷振れ         |
| 人払い                | 退避場所 確保       | 手足払い・ 立ち位置  |
| テレコン 誤作動           |               | 不安全 状態なし    |
| <b>D 12</b>        |               |             |
| 工程 運搬 (ハッカー)       |               |             |
| 転倒・踏み              | 歩行板 不使用       | 稼働中 コンベア 乗り |
| 45度退避              | 保護具 不使用       | 指差呼称 なし     |
| 3点吊り 禁止            | 吊荷の 重心ズレ      | 荷振れ         |
| 人払い                | 退避場所 確保       | 手足払い・ 立ち位置  |
| テレコン 誤作動           | フック掛け 不備      | 不安全 状態なし    |

| 安全レベル       |  |  |
|-------------|--|--|
| <b>D 13</b> |  |  |
| 良好          |  |  |
| やや不足        |  |  |
| 不足          |  |  |
| ルール違反       |  |  |
| 災害直結        |  |  |

図 C-1-2-1 PDA の画面レイアウト(2/2)

### C-1-2-2 PDA による作業・安全観測の実施

観測結果からリスク分析を行うにあたり、集計方法の検討を行い、以下の 4 つの集計表について検討をおこなった。

- ・集計 1：要素作業の安全レベルと不安全状態(表 C-1-2-1, 表 C-1-2-2 参照)；要素作業での安全レベルの内訳から、どの作業に不安全があるかを表し、同時に不安全状態の内容も表す。また不安全発見率を各要素作業の観測件数において安全レベルが良好以外の観測された割合とし、作業比率として各観測対象の総観測件数に対する各要素作業の割合を定義する。
- ・集計 2：不安全状態の安全レベルと足下の状態；不安全状態と、作業者の足下の状態の関連を表す。
- ・集計 3：不安全が危惧される要素作業；集計 1 において不安全発見率と作業比率がともに高く観測されている要素作業を抽出し、発生状況をより具体化する。
- ・集計 4：観測された安全レベルでの重要指摘事項；安全レベルがルール違反と災害直結の観測値を抽出する。

| 工程名                | 要素作業    | 安全レベル |      |    |       |      |      |       |           |      |         | 不安全状態 |       |        |      |      |           |      |               |         |      |      |     |        |
|--------------------|---------|-------|------|----|-------|------|------|-------|-----------|------|---------|-------|-------|--------|------|------|-----------|------|---------------|---------|------|------|-----|--------|
|                    |         | 良好    | やや不足 | 不足 | ルール違反 | 災害直結 | 入力無し | 不安全件数 | 不安全発見率(%) | 観測件数 | 作業比率(%) | 災害の種類 |       |        |      |      |           |      |               | 不安全状態なし | 入力無し | 観測件数 |     |        |
|                    |         |       |      |    |       |      |      |       |           |      |         | 墜落・転落 |       | 転倒     |      | 激突され | 挟まれ・巻き込まれ | 高温接触 | その他           |         |      |      |     |        |
|                    |         |       |      |    |       |      |      |       |           |      |         | 墜落・転落 | 転倒・置き | 歩行板不使用 | 機器接触 |      |           |      | ローラ・チェーン巻き込まれ |         |      |      | 火傷  | 保護具不使用 |
| 工程<br>NC切断<br>プラズマ | NC操作    | 57    | 4    | 2  |       |      | 6    | 10    | 63        | 18   |         |       | 2     |        | 2    | 1    |           |      | 1             |         | 57   |      | 63  |        |
|                    | 書き入れ    | 25    | 6    | 8  |       |      | 14   | 36    | 39        | 11   |         |       |       | 2      | 11   |      | 2         |      |               |         | 24   |      | 39  |        |
|                    | グラインダ   | 22    | 1    |    |       |      | 1    | 4     | 23        | 6    |         |       |       |        | 1    |      |           |      |               |         | 22   |      | 23  |        |
|                    | 残材切断    | 11    | 2    | 3  |       |      | 5    | 31    | 16        | 4    |         |       |       |        |      | 5    |           |      |               |         | 11   |      | 16  |        |
|                    | NCデータ確認 | 11    | 2    | 2  |       |      | 4    | 27    | 15        | 4    |         | 3     |       | 1      |      |      |           |      |               |         | 11   |      | 15  |        |
|                    | 指差確認    |       |      |    |       |      | 0    | 0     | 0         | 0    |         |       |       |        |      |      |           |      |               |         |      |      | 0   |        |
|                    | コンベア上移動 | 30    | 16   | 8  |       |      | 24   | 44    | 54        | 15   |         |       | 12    | 10     | 1    |      |           |      |               |         | 31   |      | 54  |        |
|                    | コンベア操作  | 11    |      |    |       |      | 0    | 0     | 11        | 3    |         |       |       |        |      |      |           |      |               |         |      | 11   |     | 11     |
|                    | 機器準備    | 14    | 1    | 2  |       |      | 1    | 3     | 17        | 18   | 5       |       |       |        | 1    |      | 1         | 1    |               |         |      | 15   |     | 18     |
|                    | ノロ手切断   | 11    | 5    | 1  |       |      | 6    | 35    | 17        | 5    |         |       |       |        | 1    |      | 5         |      |               |         |      | 11   |     | 17     |
|                    | 機器監視    | 28    | 4    | 13 |       |      | 17   | 38    | 45        | 13   |         |       | 1     | 1      | 5    |      | 9         | 1    |               |         | 28   |      | 45  |        |
|                    | 運搬補助    | 11    |      | 1  |       |      | 1    | 8     | 12        | 3    |         |       | 1     |        |      |      |           |      |               |         | 10   | 1    | 12  |        |
|                    | 手待ち休憩   | 13    | 1    |    |       |      | 1    | 7     | 14        | 4    |         |       |       |        | 1    |      |           |      |               |         | 11   | 2    | 14  |        |
|                    | 移動      | 22    | 1    | 2  |       |      | 3    | 12    | 25        | 7    |         |       | 3     |        |      |      |           |      |               |         | 22   |      | 25  |        |
| 清掃                 | 3       | 2     | 2    |    |       | 4    | 57   | 7     | 2         |      |         | 1     | 2     | 1      |      |      |           |      |               | 3       |      | 7    |     |        |
| 小計                 | 269     | 45    | 44   | 0  | 0     | 1    | 89   | 25    | 359       |      |         | 0     | 23    | 15     | 25   | 1    | 22        | 2    | 1             | 0       | 267  | 3    | 359 |        |
| 工程<br>NC切断<br>レーザー | NC操作    | 25    | 4    | 3  |       |      | 7    | 22    | 32        | 14   |         |       | 1     |        | 4    | 1    |           |      | 2             |         | 24   |      | 32  |        |
|                    | 書き入れ    | 17    | 7    | 3  |       |      | 10   | 37    | 27        | 11   |         | 2     | 5     | 1      | 1    |      |           |      |               |         | 18   |      | 27  |        |
|                    | グラインダ   | 11    | 6    | 6  |       |      | 12   | 52    | 23        | 10   |         |       | 4     | 2      | 1    |      |           |      | 5             |         | 11   |      | 23  |        |
|                    | 残材切断    | 2     | 1    | 2  |       |      | 3    | 60    | 5         | 2    |         |       |       | 1      |      |      | 1         |      |               |         | 3    |      | 5   |        |
|                    | NCデータ確認 | 13    | 2    |    |       |      | 2    | 13    | 15        | 6    |         |       |       |        | 2    |      |           |      |               |         | 13   |      | 15  |        |
|                    | 指差確認    |       |      |    |       |      | 0    | 0     | 0         | 0    |         |       |       |        |      |      |           |      |               |         |      |      | 0   |        |
|                    | コンベア上移動 | 24    | 3    | 3  |       |      | 2    | 6     | 19        | 32   | 14      |       |       | 8      |      |      |           |      |               |         | 24   |      | 32  |        |
|                    | コンベア操作  | 11    | 2    |    |       |      | 2    | 15    | 13        | 6    |         |       |       |        |      | 1    |           |      |               |         | 12   |      | 13  |        |
|                    | 機器準備    | 9     |      |    |       |      | 0    | 0     | 9         | 4    |         |       |       |        |      |      |           |      |               |         | 9    |      | 9   |        |
|                    | ノロ手切断   | 21    | 7    | 4  |       |      | 11   | 34    | 32        | 14   |         | 2     | 1     | 1      |      |      | 4         | 2    |               |         | 21   | 1    | 32  |        |
|                    | 機器監視    | 5     |      |    |       |      | 0    | 0     | 5         | 2    |         |       |       |        |      |      |           |      |               |         | 5    |      | 5   |        |
|                    | 運搬補助    |       |      |    |       |      | 0    | 0     | 0         | 0    |         |       |       |        |      |      |           |      |               |         |      |      | 0   |        |
|                    | 手待ち休憩   | 1     | 1    |    |       |      | 1    | 50    | 2         | 1    |         |       |       | 1      |      |      |           |      |               |         | 1    |      | 2   |        |
|                    | 移動      | 29    | 5    | 1  |       |      | 1    | 6     | 17        | 36   | 15      |       |       | 3      | 3    | 1    |           |      |               |         | 29   |      | 36  |        |
| 清掃                 | 4       | 1     |      |    |       | 1    | 20   | 5     | 2         |      |         |       |       | 1      |      |      |           |      |               | 4       |      | 5    |     |        |
| 小計                 | 172     | 39    | 22   | 0  | 0     | 3    | 61   | 26    | 236       |      |         | 4     | 22    | 9      | 10   | 2    | 5         | 2    | 2             | 5       | 174  | 1    | 236 |        |

表 C-1-2-1 要素作業の安全レベルと不安全状態 (切断工程)

| 工程名                 | 要素作業      | 安全レベル |      |    |       |      |      |       |           |      | 不安全状態   |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    | 不安全状態なし | 入力無し | 観測件数 |  |
|---------------------|-----------|-------|------|----|-------|------|------|-------|-----------|------|---------|-------|--------|----------|------------|-------|------|-----------|-----|---|---|----|----|----|---------|------|------|--|
|                     |           | 良好    | やや不足 | 不足 | ルール違反 | 災害直結 | 入力無し | 不安全件数 | 不安全発見率(%) | 観測件数 | 作業比率(%) | 災害の種類 |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         |      |      |  |
|                     |           |       |      |    |       |      |      |       |           |      |         | 転倒・転き | 歩行板不使用 | 隙間中コハア垂り | 飛来・落下・激突され | 飛来・落下 | 激突され | 挟まれ・巻き込まれ | その他 |   |   |    |    |    |         |      |      |  |
| 工程 運搬<br>マグチャック     | ワリヤカ吊り移動  | 62    | 14   | 5  | 3     |      | 4    | 27    | 29        | 93   | 26      |       |        | 6        | 2          | 3     |      | 2         | 2   | 1 |   | 1  |    |    | 5       | 66   | 93   |  |
|                     | ワリヤカ空移動   | 83    | 3    | 2  |       |      | 1    | 10    | 11        | 94   | 26      |       |        |          |            |       |      | 1         | 7   |   | 1 | 1  |    |    |         | 84   | 94   |  |
|                     | ワリヤカ搬送・解放 | 127   | 9    | 5  | 1     |      |      | 15    | 11        | 142  | 39      | 1     |        | 2        | 1          | 1     |      |           | 1   | 1 |   | 7  | 1  |    | 126     | 142  |      |  |
|                     | ワリ木移動     | 12    |      | 1  |       |      |      | 1     | 6         | 13   | 4       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    | 1  | 12      | 13   |      |  |
|                     | 残材積み込み    | 9     | 1    |    |       |      |      | 1     | 17        | 6    | 2       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   | 1  |    |    | 5       | 6    |      |  |
|                     | 車輦誘導・急差確認 |       |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 0    | 0       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 0    | 0    |  |
|                     | 手待ち状態     | 2     |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 2    | 1       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 2    | 2    |  |
|                     | 移動        | 8     | 1    |    |       |      |      | 1     | 11        | 9    | 2       | 1     |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 8    | 9    |  |
|                     | 清掃        | 2     |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 3    | 1       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 2    | 3    |  |
|                     | 入力無し      | 2     |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 2    | 1       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 2    | 2    |  |
| 小計                  | 304       | 33    | 13   | 9  | 0     | 5    | 55   | 15    | 364       |      | 2       | 0     | 0      | 8        | 3          | 9     | 0    | 3         | 10  | 2 | 1 | 11 | 1  | 5  | 308     | 364  |      |  |
| 工程 9<br>運搬<br>マグボータ | ワリヤカ吊り移動  | 35    | 51   | 23 | 3     |      | 3    | 82    | 68        | 120  | 31      | 4     | 2      | 5        | 17         | 5     |      | 20        | 4   |   | 4 | 3  |    | 19 | 37      | 120  |      |  |
|                     | ワリヤカ空移動   | 57    | 21   | 6  | 2     |      | 1    | 31    | 34        | 90   | 23      | 2     | 5      | 1        |            |       |      | 7         | 5   |   |   | 6  | 5  | 5  | 59      | 90   |      |  |
|                     | ワリヤカ搬送・解放 | 81    | 44   | 14 | 3     | 1    | 4    | 62    | 42        | 147  | 38      | 5     | 4      | 2        | 6          | 3     |      | 10        | 2   | 3 |   | 24 | 2  | 3  | 83      | 147  |      |  |
|                     | ワリ木移動     | 9     |      | 1  |       |      |      | 1     | 13        | 6    | 2       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    | 5       | 6    |      |  |
|                     | 残材積み込み    |       |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 0    | 0       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 0    | 0    |  |
|                     | 車輦誘導・急差確認 |       |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 0    | 0       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 0    | 0    |  |
|                     | 手待ち状態     | 9     | 3    |    |       |      |      | 3     | 25        | 12   | 3       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    | 3  |    | 9       | 12   |      |  |
|                     | 移動        | 9     | 1    |    |       |      |      | 1     | 10        | 10   | 3       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    | 1  |         | 9    | 10   |  |
|                     | 清掃        | 2     |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 2    | 1       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 2    | 2    |  |
|                     | 入力無し      | 1     |      |    |       |      |      | 1     | 10        | 1    | 0       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 1    | 1    |  |
| 小計                  | 198       | 121   | 46   | 13 | 1     | 9    | 181  | 47    | 388       |      | 11      | 11    | 1      | 7        | 23         | 8     | 0    | 38        | 11  | 3 | 0 | 28 | 15 | 28 | 204     | 388  |      |  |
| 工程 9<br>運搬<br>ハッケー  | ハッケー吊り移動  | 12    | 9    | 6  | 1     |      |      | 16    | 57        | 28   | 29      | 1     |        | 2        | 1          |       | 2    | 4         | 1   |   | 1 |    |    | 3  | 12      | 28   |      |  |
|                     | ハッケー空移動   | 15    | 7    | 1  |       |      |      | 8     | 35        | 23   | 24      | 2     |        |          |            |       |      | 2         | 2   |   |   |    |    | 2  | 15      | 23   |      |  |
|                     | ハッケー掛け外し  | 17    | 9    | 4  |       |      |      | 13    | 45        | 30   | 31      | 2     | 2      |          | 1          |       | 1    | 2         | 2   |   | 2 |    |    | 1  | 17      | 30   |      |  |
|                     | ワリ木移動     | 5     |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 5    | 5       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    | 5       | 5    |      |  |
|                     | 残材積み込み    |       |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 0    | 0       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 0    | 0    |  |
|                     | 車輦誘導・急差確認 |       |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 0    | 0       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    |         | 0    | 0    |  |
|                     | 手待ち状態     | 8     |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 8    | 8       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    | 8       | 8    |      |  |
|                     | 移動        | 2     |      |    |       |      |      | 0     | 0         | 2    | 2       |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    | 2       | 2    |      |  |
| 清掃                  |           |       |      |    |       |      | 0    | 0     | 0         | 0    |         |       |        |          |            |       |      |           |     |   |   |    |    |    | 0       | 0    |      |  |
| 小計                  | 59        | 25    | 11   | 1  | 0     | 0    | 37   | 39    | 96        |      | 5       | 2     | 0      | 2        | 2          | 0     | 3    | 8         | 5   | 0 | 1 | 2  | 0  | 6  | 59      | 96   |      |  |

表 C-1-2-2 要素作業の安全レベルと不安全状態 (運搬工程)

### C-1-3 災害ポテンシャルによるリスク解析

#### C-1-3-1 災害ポテンシャル

これまでの検討では PDA 観測の結果から不安全状態の発見率が高い要素作業を抽出し、災害の潜在的危険度が高いものについて、優先的に対策の検討を行ってきた。ここでは、不安全状態によって起きる災害の潜在的な危険度の大きさの期待値として災害ポテンシャルを提案，検討した。

災害ポテンシャルは次式に示すように，作業の不安全度と災害の被害の大きさの積として求める。不安全状態の発生頻度は，不安全状態が起きた要素作業の作業比率と不安全状態の発見率の積から求める。災害の大きさは過去の災害事例の休業日数から求める。実際の計算では，作業比率，不安全発見率，休業日数それぞれを表 C-1-3-1 に示す 5 段階にレベル分けして定量化した。

$$\begin{aligned} \text{災害ポテンシャル} &= \text{作業の不安全度} \times \text{災害の被害の大きさ} \\ &= \text{要素作業の作業比率} \times \text{不安全状態の発見率} \times \text{休業日数} \end{aligned}$$

表 C-1-3-1 災害ポテンシャルの要素のレベル分け

| 休業日数(日) | 不安全発見率 (%) | 作業比率(%) | レベル |
|---------|------------|---------|-----|
| 0       | 0~10       | 0~5     | 1   |
| 1~10    | 11~20      | 6~10    | 2   |
| 11~20   | 21~30      | 11~15   | 3   |
| 21~30   | 31~40      | 16~20   | 4   |
| 31~     | 41~        | 21~     | 5   |

今回は，対象とした切断工程における過去の災害事例について要素作業，不安全状態を定め，それぞれについて災害ポテンシャルを求め，なおここでは，災害事例において，発生場所の足下がプラズマ切断機かレーザー切断機どちらのスラットコンベアか判断できないものについては両方で算出し併記している。

次に，要素作業の災害ポテンシャルを求め，比較したものを図 C-1-3-1 に示す。ただし，複数の災害が起きているものは平均値を用いる。この図より，コンベア上移動での災害ポテンシャルが特に高く，安全改善の対象の優先度が高いことが分かる。

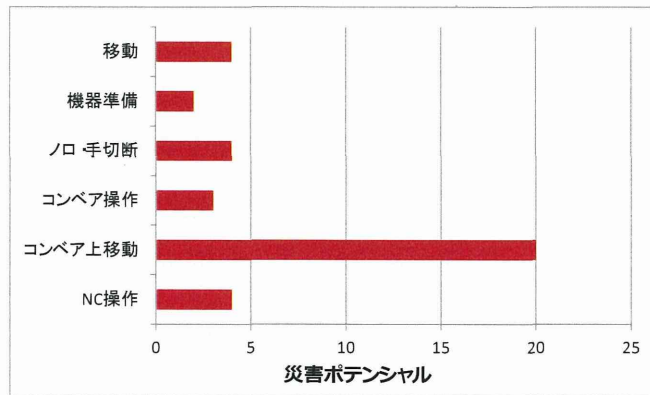


図 C-1-3-1 各要素作業の災害ポテンシャル

### C-1-3-2 足下の状態による比較

ここでは作業者の足下の状態から切断工程の不安全状態を比較した。労働災害はプラズマ切断機に集中している。ここでは、作業者の足下の状態をプラズマ切断とレーザー切断で比較した。内訳を表 C-1-3-2 に示す。どちらの切断工程においても安定した足場を確保できるコンベア上の鋼材上(大物板)で作業を多く行っている。特に、プラズマ切断ではこのケースが 50%と多く観測された。これは、プラズマ切断機のスラット間隔の方が広く作業者は足場の良い鋼材上での作業を行っている。

表 C-1-3-2 足下の状態の割合(%)

|            | 足下の状態           |                 |                      |                      |                      |            |              |              |            |              |
|------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|            | コンベア上<br>(プラズマ) | コンベア上<br>(レーザー) | コンベア<br>鋼材上<br>(大物板) | コンベア<br>鋼材上<br>(小物板) | コンベア<br>端部<br>(ピット側) | 安全板上       | 安全通路         | 操作台          | 入力無し       | 観測件数         |
| NC切断(プラズマ) | 10.0<br>(36)    |                 | 50.7<br>(182)        | 0.8<br>(3)           |                      | 0.6<br>(2) | 14.5<br>(52) | 23.1<br>(83) | 0.3<br>(1) | 100<br>(359) |
| NC切断(レーザー) |                 | 11.0<br>(26)    | 37.3<br>(88)         | 10.6<br>(25)         | 2.1<br>(5)           |            | 21.2<br>(50) | 17.4<br>(41) | 0.4<br>(1) | 100<br>(236) |

↓は観測件数

一方、表 C-1-3-2 より安全状態が不足している時、足下の状態はコンベア上がほとんどである。コンベア上での転倒・躓きの恐れがある不安全状態発生確率を比較したものを表 C-1-3-3 に示す。レーザー切断機では 7.7%に対してプラズマ切断機では 19.4%と高く、不安全状態に差がある。

表 C-1-3-3 不足と判定された不安全状態の足下の状態

|            | 足下の状態               |                  |                      |
|------------|---------------------|------------------|----------------------|
|            | コンベア上               |                  |                      |
|            | 転倒・躓き<br>不足判定<br>件数 | コンベア上の<br>作業観測件数 | 転倒・躓き<br>発生確率<br>(%) |
| NC切断(プラズマ) | 7                   | 36               | 19.4                 |
| NC切断(レーザー) | 2                   | 26               | 7.7                  |

### C-1-3-3 NC 切断工程と運搬工程における不安全状態の特徴

ここでは、PDA 観測の結果と観測者のインタビューから不安全状態の特徴を整理する。

#### (1) NC 切断工程

プラズマ切断機においてコンベア上の移動は不安全状態が多く観測されている。また、両切断機において、書き入れ作業で不安全発見率が高く、特にプラズマ切断機においては機器接触の不安全発見率が高い。この作業は主にコンベア上で行われており、NC 切断機を背にしたまま作業を行っている。NC 切断機は大型かつ機器自体が移動するため機器接触に限らず、巻き込まれや切断部での火傷等の危険も懸念される。NC 切断機を背にしたままの作業例についてデジタルカメラによりピックアップを行った。

#### (2) 運搬工程

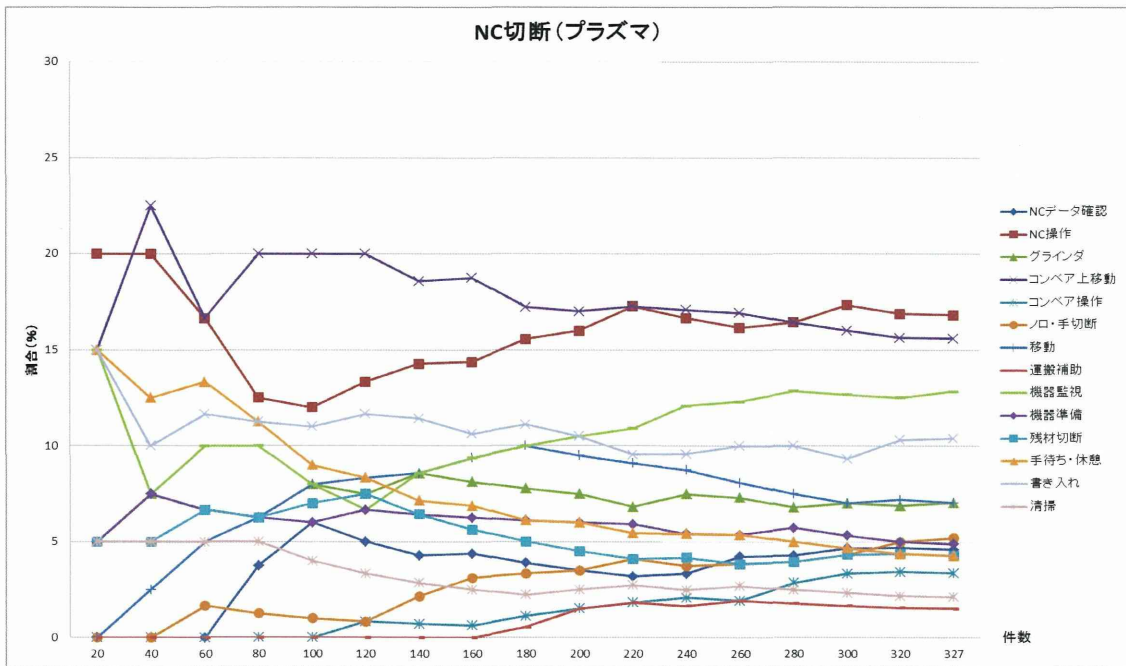
運搬工程では、安全レベルにおいてルール違反と災害直結が観測された。

マグチャックとマグポーターは一度の運搬で鋼板 2 枚までの吸着による搬送がルールとされているが、操作では重量制限を過大視した 3 枚以上吊りが散見され、マグポーターについては 4 枚の吸着を行っているところも観測された。これにより運搬中の鋼板の落下が危惧され、実際に鋼板の落下も見られた。

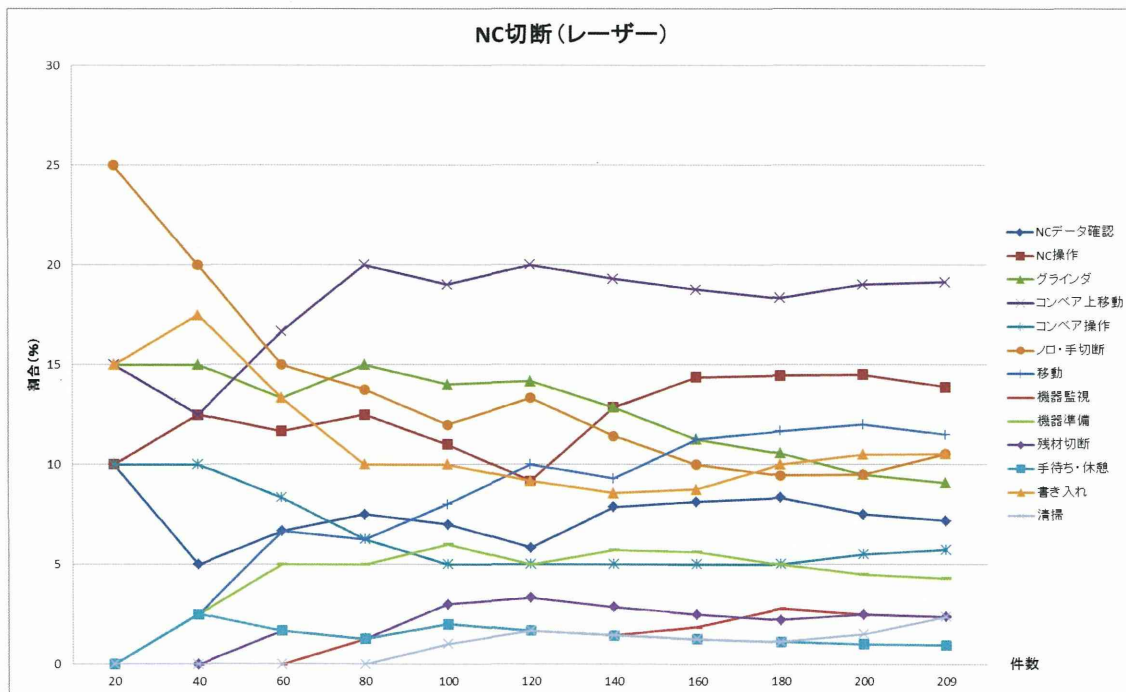
マグポーター操作では不安全状態として、吊荷の重心ズレと荷振れが多く観測された。マグポーターはマグチャックに比べて小型で機器の吸着面積が小さいため鋼板が縦長な場合に重心がとりづらくそれに伴い荷振れが起こる。また、マグポーターでは運搬後に耳揃えを行う習慣があり、磁力を解放しないまま鋼板に乗っていたり、足を掛けていたりするのがよく見られた。予期せず鋼板が外れた場合に鋼板がはねて作業者の転倒が危惧される。その他、運搬中の機器の無視や人払いの不十分も目立ち、また鋼板の上に小物板を乗せて運搬するという危険な行為も多く見られた。観測された不安全状態をデジタルカメラによりピックアップを行った。

### C-1-3-4 観測件数の検討

入力された観測件数に対する作業比率の変化を NC 切断工程について図 C-1-3-2 に示す。この図によると、入力状況に応じて作業比率が一定の値に収束している。これまでの検討と同様に 180 件程度で作業の概要が把握できることを確認した。



(a) プラズマ切断機



(b) レーザー切断機

図 C-1-3-2 NC 切断工程における観測数による要素作業比率の変化



### C-1-4 対策マトリックス

ハザードの潜在的危険要因として5つのハザード要因に展開し、それぞれについて現状と3つの視点からなるマトリックスに対策を展開する。コンベア上移動についての例を表C-1-4-1に示す。作業環境の現状は切断機の種類(プラズマ、レーザー)によって工作上的理由のみでスラット間隔が異なる寸法に決められている。間隔がスラット上の歩行バランスに影響を及ぼすと考えられ、歩行実験によりスラット上の歩行環境の安全性を検討した。

表 C-1-4-1 ハザード対策マトリックス (コンベア上の移動)

|  |  | 人間  | 危険回避・防護 (Risk Avoidance)  | 危険源  |
|--|--|---|---|--|
| <b>ハザード検討対象 コンベア上の移動</b><br><b>危険項目 置き 転倒の恐れ</b> |  | 人間 作業従事者 (Man)<br>身体状況、健康状況、心理 構構状況、体重、知識、コミュニケーション   | リスク回避 (Hardware)<br>防護具、防護施設  | 作業環境 (Environment)<br>施設、設備、歩行路環境、足下状況、労働時間、勤務時間、工程余裕                  |
|  |  | 作業基準 (Machine)<br>設備、機械、器具、機械、配置、強度、品質<br><br>スラットへの置きや甲アリの引っ掛かりによる置き転倒が心配である。歩行板 (ベニヤ板、エキスバンドメタル) を使っていない。 | 管理 (Management)<br>組織、管理規定、工程計画、教育 訓練方法、手順書、マニュアル、チェックリスト、表示<br><br>安全 作業改善活動の効果が十分でない。 | スラットの幅が150mmと中差半端な幅である。  |
| 現状 (Event)                                       | スラット上でクレーン操作を行う。スラット上での歩行方法に問題がある。靴底がスラットのバリエーション、置き転倒する恐れがある。 |   |   |  |
| 現状   |  |   |   |  |
| 教育的対策 (Education)                                | 知識教育<br>意識教育<br>実技教育<br>危険体験センター                               | 歩行方法を確認する。定期的な安全靴の交換が必要である。   | 定点カメラの動画の作業 安全分析をチーム内で定期的に行い、発表会を行う。  |  |
| 工学的対策 (Engineering)                              | 安全改善<br>作業環境改善<br>表示・警報<br>多重化<br>仕様変更<br>工程変更<br>削削           | 安全な歩行方法を人間工学的検討で検討する。(歩行実験)   | スラットの適正幅を人間工学的検討で検討する。(歩行実験)  | スラットを定期的に交換する。歩行板を軽くなるアルミ製にする。   |
| 確実に実施するための対策 (Enforcement)                       | 標準化<br>手順の設定<br>注意喚起<br>事例の表示<br>模範の提示                         | 相互忠告による注意喚起を行う。   | 作業 安全分析を週に一度就業時間内に業務として設定する。  | スラットの形状を検討する。例) レール型のスラットにする。<br>天板がグレーチング形状のエスカレーター方式のスラットの交換基準を策定する。 |

## C-2 足圧分布を用いたスラットコンベア上の歩行における安全性評価

### C-2-1 歩行実験の目的

造船所において、NC 切断機で切断される鋼板はブラスト・塗装工程を経て、スラットコンベアの上に運び込まれる。切断作業では作業者は歩行や作業時にコンベア上での作業が生じる。スラット間隔は造船所によって採用形態が種々あるが、コンベア上の歩行・作業により転倒の危険が伴うことが想定される。過去の災害事例の調査では NC 切断工程におけるスラットコンベア上での転倒が比較的多く報告されており、ここではスラットコンベア上の歩行路環境の安全性について、歩行実験を行い検討した。研究では、レーザー切断機のスラット間隔 100mm の実際のコンベアで歩行実験を行い、これまでに実施したプラズマ切断機のスラット間隔 150mm における実験と比較した。さらに、スラット間隔を調整できるスラット定盤モックアップを用いて、スラット間隔による影響を検討した。スラットコンベアの例を図 C-2-1-1 に示す。



図 C-2-1-1 スラットコンベア

### C-2-2 歩行実験の概要

#### C-2-2-1 使用機器の概要

被験者の安全靴の中敷きにセンサーシートを入れ、歩行時の身体バランスとして歩行中の足底の圧力分布の時系列データを取得する。ここでは、足裏が床面から受ける反力を計測できる F-スキャン(足圧力分布測定システム)を用いて実験を行った。最大 10 秒で 1000 フレームの計測が可能である。使用機器を図 C-2-2-1 に示す。また、歩行時の時系列の圧力分布の時間変化の例を図 C-2-2-2 に示す。



図 C-2-2-1 F-スキャン(足圧力分布測定システム)

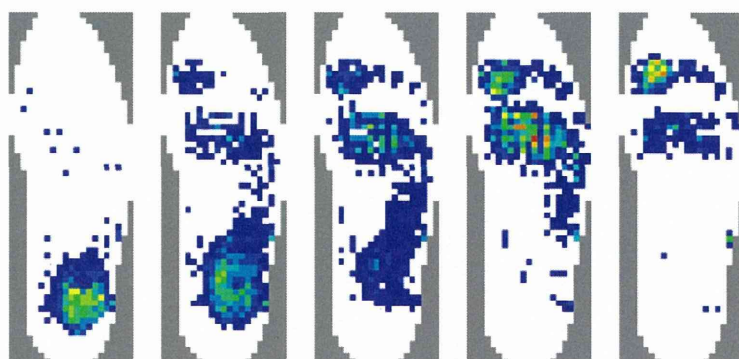


図 C-2-2-2 足圧力分布の時間変化の例

### C-2-2-2 歩行実験の方法とその条件

実験を行ったレーザー切断機のスラットコンベアの概要を図 C-2-2-3 に示す。実験では、コンベア上でスラットに対して 0 度、30 度、45 度、60 度、90 度と角度をつけての歩行と平坦路での歩行を行った。被験者には普段の歩行方法(足運び)で歩いてもらった。また、被験者には普段の作業中よく歩く歩行角度と各歩行角度での歩きやすさの印象について 3 段階評価でアンケートを行った。被験者は、NC 切断工程で働く作業員 6 名(A~F)とし、プラズマ切断機での実験と同じ人とした。

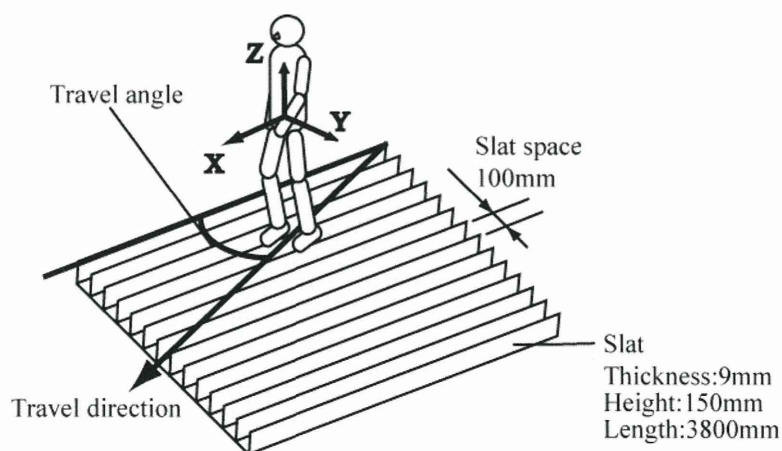


図 C-2-2-3 実験の概要

### C-2-3 スラットコンベアにおける足運び

アンケートによるとスラットコンベアを横断する時、作業員は歩行距離が短くなるように、スラットに対して浅い角度で歩くことが多い。しかし、浅い角度で歩くと靴底で支えるスラットの本数が減り、身体のバランスを崩しやすくなる。

スラットコンベア上での足運びの種類は図 C-2-3-1 に示す 4 種類に分けられる。また、実験における足運びを歩行角度で整理し、表 C-2-3-1 に示す。この表より足運びが異なる角度



の浅い0度、30度では通常の歩行が難しくなり、靴底を支えるスラットを踏める足運びを選んでいる。

このことからスラットコンベア上での歩行角度は45度以上が歩きやすく、歩行の安全性を検討する上で歩行角度は重要な要素であることが分かった。

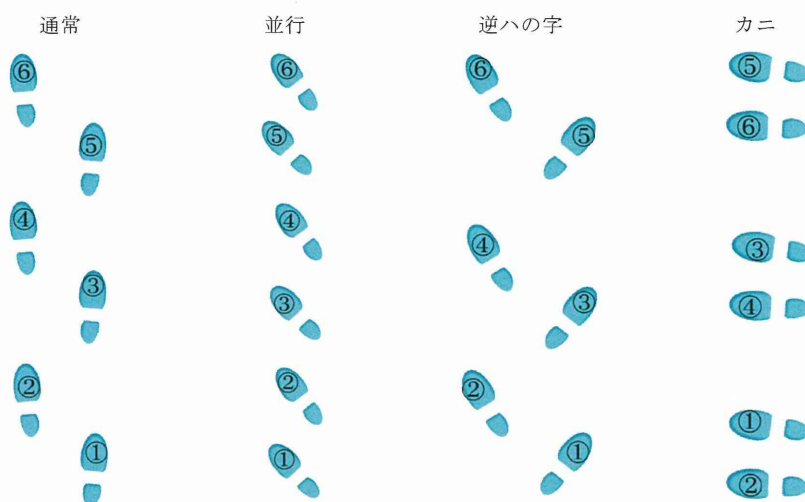


図 C-2-3-1 足運びパターン

表 C-2-3-1 歩行角度による足運びの変化

(a) スラット間隔 150mm

| スラット間隔<br>150mm |   | 歩行角度 |     |     |     |     |
|-----------------|---|------|-----|-----|-----|-----|
|                 |   | 0°   | 30° | 45° | 60° | 90° |
| 被験者             | A | 並行   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | B | 逆ハ   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | C | カニ   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | D | 並行   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | E | 並行   | 逆ハ  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | F | 逆ハ   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |

(b) スラット間隔 100mm

| スラット間隔<br>100mm |   | 歩行角度 |     |     |     |     |
|-----------------|---|------|-----|-----|-----|-----|
|                 |   | 0°   | 30° | 45° | 60° | 90° |
| 被験者             | A | 並行   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | B | 並行   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | C | 並行   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | D | 並行   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | E | 逆ハ   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |
|                 | F | 逆ハ   | 並行  | 通常  | 通常  | 通常  |