

<Step 5> PDA 作業・安全観測項目の決定

(1) 概要

Step 4 で作成した PDA 作業・安全観測項目案をもとに、観測項目を決定する。

(2) 内容

安全担当者や現場作業者と審議を行い、PDA 作業・安全観測項目（要素作業，不安全状態，足下の状態）を決定する。また，観測者間で各項目について共通の認識を持つるように，要素作業・不安全状態について定義付けを行う。

(3) 作成資料および資料作成の方法

1) PDA 作業・安全観測項目の定義

Step 4 で作成した PDA 作業安全観測項目案と整理した動画等を参考に，安全担当者や現場作業者と審議を行い，各工程における PDA 観測項目（要素作業，不安全状態，足下の状態）を決定する。表 C-1-2-1-4 および表 C-1-2-1-5 に概念を表として示す。この際，不安全状態については，各不安全状態から想定される事故の型毎に分類する。

また，観測時に観測者によって選択項目が異なることを防ぐために，各要素作業・不安全状態について例を挙げ定義付けを行い，観測者間で各項目について認識を統一する。

2) PDA 作業・安全観測の入力パネル配置

工程，作業担当，要素作業，足下の状態，不安全状態，安全レベルについて PDA 入力画面のレイアウト一覧を作成する。

画面レイアウトは，同等の作業では同じ画面上に要素作業等を表示させ，工程や作業担当で選んだ項目によって進む画面を分岐することで，ボタンを選択可・不可とさせ，できるだけ少ない画面で表示させるようにする。

作成した画面レイアウト図をもとに，Step 6 で PDA アプリケーションに反映させる設定ファイルを図 C-1-2-1-1 のように作成する。

表 C-1-2-1-4 PDA 作業・安全観測項目の定義（要素作業）

No	工程名	作業担当	要素作業	要素作業の定義（例）		
1	工程 1	担当 1	作業 1	例 1		
			作業 2	例 2		
			作業 3	例 3		
		担当 2	作業 1	例 1		
			作業 4	例 4		
			作業 5	例 5		
2	工程 2	担当 1	作業 1	例 1		
			作業 2	例 2		
		担当 4	作業 7	例 1		
			作業 8	例 8		
		・			・	
		・			・	
・			・			

表 C-1-2-1-5 PDA 作業・安全観測項目の定義 (不安全状態)

No	工程名	事故の型分類	不安全状態	不安全状態の定義 (例)
1	工程 1	事故の型 1	作業 1	例 1
			作業 2	例 2
		事故の型 2	作業 3	例 3
			作業 1	例 1
		事故の型 3	作業 4	例 4
			作業 5	例 5
		作業 6	例 6	
2	工程 2	事故の型 1	作業 1	例 1
			作業 2	例 2
		事故の型 4	作業 7	例 1
			作業 8	例 8
•		•		
•		•		
•		•		

ID 0			ID 4			ID 20		
工程名			工程 5, 7, 8			工程 5		
工程 1 水切り	工程 2 鋼板仕分け	工程 3 ショット	(船内) 指揮者	(船内) 作業者	クレーン オペレータ	NC操作	NCデータ 確認	書き入れ
工程 4 印字 棟内搬入	工程 5 NC切断	工程 6 二次加工	(陸上) 指揮者	(陸上) 作業者	オペレータ	残材切断	コンペア 操作	コンペア上 移動
工程 7 アイトレーサ	工程 8 フレーム ナー	工程 9 運搬	仕分け 指揮者	指揮者	作業者	機器準備	機器監視	ノロ・ 手切断
工程 10 屋外での 仕分け	工程 11 グラインダー	工程 12 トレーラ 運搬	運搬者	フォークリフト 運転手	トレーラ 運転手	グラインダ	運搬補助	指差確認
						清掃	移動	手待ち・ 休憩
ID 28			ID 36			ID 41		
足下の状態			工程 5: NC切断			安全レベル		
鋼板上	定盤上	定盤端部	墜落・転落	転倒・踏み	部材の倒壊	良好		
コンペア上	安全通路	階段	荷振れ	合図無し	人払い	やや良好		
			吊荷下	退避不十分	ペンダント 誤作動	不足		
			機器接触	手足払い・ 立ち位置	ロー、チェーン 巻き込まれ	違反		
			火傷	保護具 未使用	不安全 状態なし	災害直結		

図 C-1-2-1-1 PDA アプリケーション設定ファイル

<Step 6> PDA アプリケーションの設定

(1) 概要

PDA アプリケーションに、作業・安全観測項目を反映する。

(2) 内容

PDA やメモリーカードを準備し、アプリケーションの設定ファイルを作成し、アプリケーションに反映する。

<Step7> PDA 作業・安全観測練習

(1) 概要

PDA の操作・観測方法について練習を行う。

(2) 内容

Step 3 で工程ごとに整理した動画を見ながら、観測時の入力についての練習を行う。また、複数人が同一の動画で練習を行うことで、要素作業や不安全状態に対する認識の統一を行うことも目的である。

<Step 8> PDA 作業・安全観測

(1) 概要

PDA アプリケーションを用いて、作業・安全観測を行う。

(2) 内容

- 1) トライアルとして1週間程度観測を行う。
- 2) 途中経過を集計する。(集計方法を Step9 に示す)
- 3) 引き続き、3週間程度の観測を行う。

観測数は、1工程当たり150件程度を目標に観測を行う。

(3) 観測時の注意点

- ・トライアル後、観測者に観測する上での問題点を報告してもらう。
例えば、観測項目について、足りない項目や選択に迷った項目を見直し、追加・削除・統合を行う。
- ・途中経過の集計では、観測されたデータの偏り、不足、観測のペースについてまとめ、観測者に報告・指示を行う。

<Step 9> 作業安全リスク分析

(1) 概要

PDA 作業安全観測データより、リスク分析を行う。

(2) 内容

観測データを変換プログラムでエクセル形式に変換し、以下の順でリスク分析を行う。

- 1) 工程毎の要素作業別に安全レベルを集計する。(集計2)
- 2) 安全レベルが低い順番に要素作業を並べる。
- 3) 列举された要素作業について安全レベルの低さで対象を絞る。(集計1)

(3) 作成資料および資料作成の方法

- 1) 集計1：不安全状態が危惧される要素作業
集計2より、安全レベルの低い要素作業を抽出し、その要素作業に対する不安全状態の関係を確認する。
- 2) 集計2：要素作業の安全レベル
縦軸に各工程の要素作業、横軸に安全レベルをとり、要素作業についての安全レベルを確認する。
- 3) 集計3：不安全状態のレベル

縦軸に各工程の不安全状態，横軸に安全レベルをとり，不安全状態についての安全レベルを確認する。

4) 集計 4：要素作業の危惧される不安全状態 (RA)

縦軸に各工程の要素作業，横軸に安全レベルと不安全状態をとり，要素作業と不安全状態の関係より，総数が多い要素作業について，KY として考えられる。

<Step 10> リスク分析の評価・対策の検討

(1) 概要

リスク分析の結果より，審議を行い安全改善の検討を行う。

(2) 内容

リスク分析より挙げられた安全レベルの低い要素作業について審議を行い，その原因について対策・検討を行う。

1) 集計 1 における安全レベルの低い要素作業についてヒアリングを行い，対策を講じる対象をさらに絞る。

2) 対象となる要素作業について，現状について審議を行い，実行可能な対策を検討する。

(3) 準備資料

1) PDA 作業・安全観測集計表

2) 過去の災害事例 (DB)

3) ハザード対策展開表を用いて対策案の立案を行う。

<Step 11> 意思決定者への掲示・報告

(1) 概要

意思決定者に対して対策の報告を行い判断を委ね，また全体の合意形成を計る。

(2) 内容

Step 10 の結果について，意思決定者（所長，工場長，部長等）に検討を行った対策の報告を行い，対策実行の判断を委ね，また全体の合意形成を計る。

(3) 準備資料

1) PDA 作業・安全観測項目・定義

2) PDA 作業・安全観測の入力パネル配置

3) 過去の災害事例 (DB)

4) PDA 作業・安全観測集計表

5) ハザード対策展開表（作業安全対策の検討結果）

C-1-2-2 建造現場でのリスクアセスメントツールの適用

建造現場において開発した PDA 作業・安全分析法を手順に従い，鋼材の切断工程への適用を行った。なお，集計等の詳細については省略する。

C-1-3 モックアップ実験による歩行路環境の安全性評価

本研究において開発されたリスクアセスメントツールを用いた解析や、安全管理者による安全パトロールによると、NC切断工程のスラットコンベヤ上の歩行において不安全状態が心配されている。ここではスラットコンベヤ上の歩行路環境の安全性評価についてスラット上の歩行実験による検討を行い、リスクコンベヤ上の歩行のリスクコントロールオプションの検討を行った。

C-1-3-1 歩行動作の取得

図 C-1-3-1-1 に歩行路のモックアップ実験の概要を示す。

歩行動作中の身体重心の加速度の時系列データの取得には加速度センサを用いる。ここでは、被験者の腰の付近に小型の3軸加速度センサを取り付け、歩行中の加速度を計測し、この加速度の時系列波形を解析することにより被験者の動作を取得する。図 C-1-3-1-2 には被験者に取り付けたセンサの位置を示すが、ここでは、重心位置に近い腰にセンサを取り付けた。なお、これまでの歩行路環境が身体バランスへ与える影響の検討によると、身体重心の近くに位置する左右の大腿骨の外側の出張りである大転子の軌跡を身体重心の軌跡の代わりに用いて、身体バランスの解析が可能である。次にこの被験者に図 C-1-3-1-1 に示すモックアップ上を歩行してもらい、歩行中の加速度について3次元方向の時系列データを取得する。

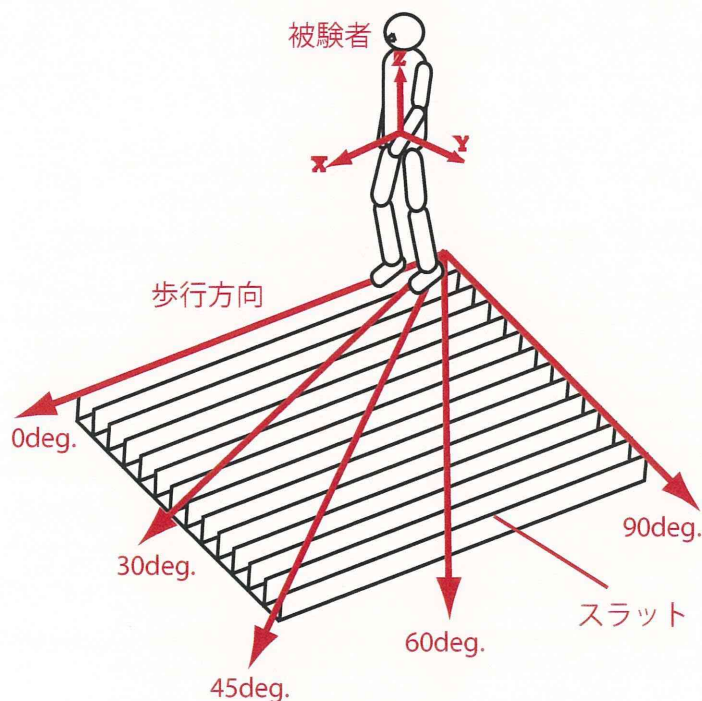


図 C-1-3-1-1 歩行実験のモックアップ

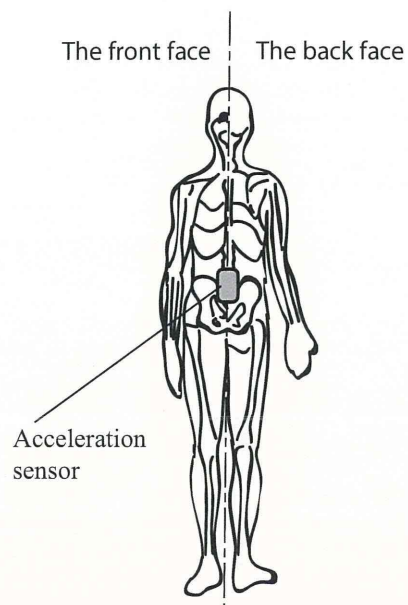


図 C-1-3-1-2 加速度センサの取り付け位置



図 C-1-3-1-3 モックアップによる歩行実験の様子

C-1-3-2 リカレンスプロットによるゆらぎ解析

歩行時の加速度の波形のゆらぎを解析するために、ここではカオス理論におけるリカレンスプロットを用いて 2 次元画素上にプロットとしてゆらぎを抽出し、このプロットの分布をパターンマッチングに用いられる手法により特徴化してゆらぎを特徴量として定量化する。さらに、異なる歩行路環境下における歩行実験において現れるゆらぎの特徴量と、安定な歩行路環境である平坦路上の歩行の際に現れるゆらぎの特徴量との比較を行い、歩行路環境の安全性評価の検討を行う。次にゆらぎ解析の手順を述べる。

リカレンスプロットは図 C-1-3-2-1(a)に示すような時系列データに含まれるアトラクタの構造・性質上の周期性や定常性のような時間的変化を、アトラクタ上の二点の相対位置関係から図 C-1-3-2-1(b)に示すように視覚的に表現する方法である。 N 点の時系列データ $x_i (i \in N)$ で現されるアトラクタに対して、2 次元画像 $N \times N$ を設定し、 $x_i, x_j (i, j \in N)$ の二点間の相対位置量として元の軌道からの変動量を表すために、次式で定義する距離 $D_N(i, j)$ に基づいて計算される量を画素として (i, j) に割り付けて視覚化する。

$$D_N(i, j) = (D(i, j) - D_m) / (D_M - D_m) \quad (1)$$

ここに、 $D(i, j) = \|x_i - x_j\|$ であり、 D_m, D_M は $D(i, j)$ の最小値、最大値であり、0 に黒、1 に白として画素の色に $D_N(i, j)$ に応じてグレースケールを割り当て、グレースケールの程度に応じて相対位置関係の強弱を表す。例えば、図 C-1-3-2-1(b)に示すように、周期性が強い時系列データには整った菱形の格子状のパターン分布が現れる。

ここで、リカレンスプロットの模様に見えるゆらぎの特徴をパターンマッチングに用いられるパターンの分布を用いて特徴化して定量化する。ここでは、図 C-1-3-2-1(c)に示すように、プロット値の角度方向のゆらぎ分布である次式で定義される $q(\theta)$ を用いる。

$$q(\theta) = \sum_{0 \leq r < N/\sqrt{2}} \{1 - D_N(r, \theta)\} \quad (2)$$

なお、 $D_N(r, \theta)$ は $D_N(i, j)$ のプロット領域の中心を原点として極座標形式に変換したものである。

さらに、異なるパターンの一致度として用いられるパターン分布間のユークリッド距離をゆらぎの不一致度として次式で求め、ゆらぎのパターンの違いを定量化する。

$$D(Q) = \left\{ \sum_{0 \leq \theta < 360} (Q_s(\theta) - Q_0(\theta))^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

ここに、 $q(\theta)$ の分布の最小値と最大値で 0-1 へ正規化した値を $Q(\theta)$ と表し、 Q_0 はパターンの基準を示し、 Q_s はパターンの比較対象を示す。

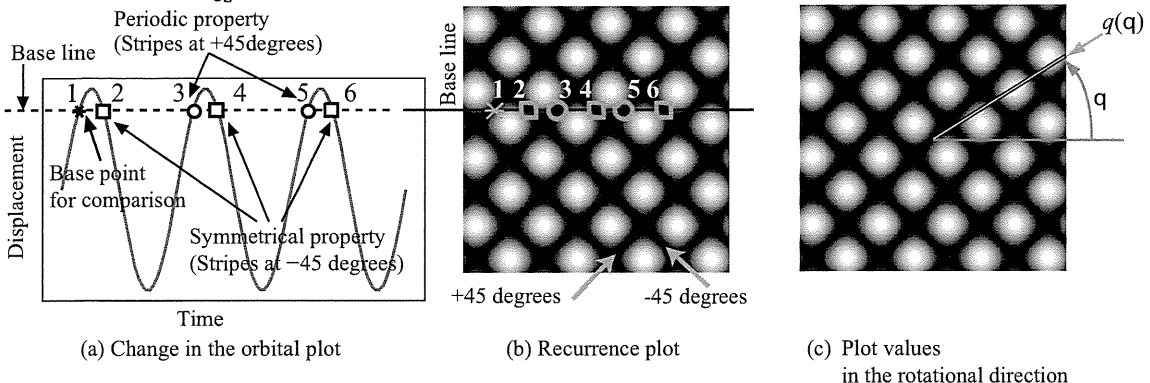


図 C-1-3-2-1 時系列データ（正弦波）の波形とリカレンスプロットとプロットの角度方向の分布の例

C-1-3-3 歩行路環境と歩行時の身体バランス

歩行路環境が歩行時の身体バランスに与える影響について、歩行路のモックアップを作成して歩行実験により検討を行う。

NC 切断工程においては、スラットコンベヤの端部に載せられた材料の鋼板が NC 切断機の場所まで搬送される。コンベヤ上で鋼板は切断加工され、作業が完了すると、製品はクレーンによって搬出され、残材もコンベヤによって残材箱へ搬出される。この工程ではコンベヤ上で加工されるため、コンベヤ上の作業のために、作業担当者は平行かつ等間隔に並んだスラット（羽根板）上を歩行しなければならないが、スラットの厚さは 1cm 程度と薄いため、歩行中に身体バランスがゆらぎ易く、歩きにくい。一方、作業担当者はスラットコンベヤ上の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。浅い角度でスラット上を歩行すると、靴底を支えるスラットの本数が少なく、靴底のパターンでスラットをグリップしにくく、身体バランスを崩す恐れがある。ここでは、スラットコンベヤ上の歩行時の身体バランスに影響を及ぼすと考えられるスラットコンベヤ上の歩行路の環境の要因として、表 C-1-3-3-1 に示す実験条件をモックアップにより再現して歩行実験を行った。

歩行実験での計測例として、等間隔で並ぶスラットに対する歩行進路の角度を拘束したスラット上を歩行する場合の負荷影響の下での実験における加速度について、被験者の上下方向の変位を表す z 方向の加速度の時系列波形の外形を図 C-1-3-3-1 に示す。ここに、時間軸は一步を一周期として正規化して表す。この図によると、平坦路の歩行では、ほぼ規則的な運動を示し、間隔 15cm のスラットに対して垂直に(90度)スラット上を歩行した場合も同様な傾向を示すが、足底の荷重は接地面積の小さいスラットで支え、踵から爪先への荷重移動の時間が短くなるため、ピーク値が大きくなる。次に、スラットに対する歩行の進行方向の角度が浅くなるに連れて、卓越したピークを中心とした波形の山の形状が崩れ、小さな多数のピークの集合に代わり、波形がゆらいでいることがわかる。このため、歩行時の身体重心の加速度波形のゆらぎと歩行路環境の関係を把握することにより、歩行路環境の安全性評価について検討を行う。

表 C-1-3-3-1 モックアップ歩行実験の実験条件

呼称	条件		
Flat	平坦な平滑面での歩行		
		スラット間隔	角度
15cm-90deg	スラット上の歩行	15cm	90deg.
15cm-60deg			60deg.
15cm-45deg			45deg.
15cm-30deg			30deg.
15cm-0deg			0deg.
10cm-90deg		10cm	90deg.
10cm-60deg			60deg.
10cm-45deg			45deg.
10cm-30deg			30deg.
10cm-0deg			0deg.
5cm-90deg		5cm	90deg.
5cm-60deg			60deg.
5cm-45deg			45deg.
5cm-30deg			30deg.
5cm-0deg			0deg.

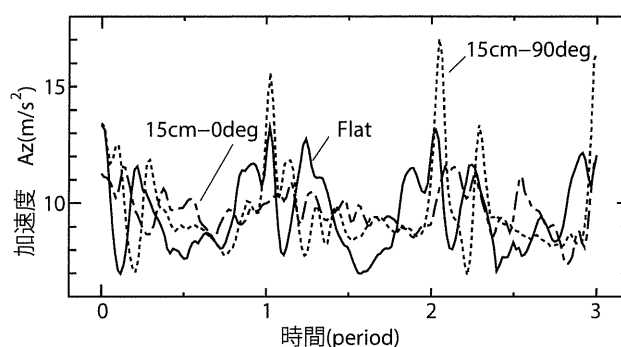


図 C-1-3-3-1 時系列波形の変化

C-1-3-4 歩行動作のリカレンスプロットによるゆらぎ解析

(1) リカレンスプロット

図 C-1-3-3-1 に例を示した、スラット上の歩行時の身体バランスの波形のゆらぎを、リカレンスプロットによるゆらぎ解析を用いて検討した。図 C-1-3-4-1 にそのリカレンスプロットを示す。この図によると平坦路歩行では波形の周期性を表す+45 度方向に現れる黒筋よりも卓越したピークを表す複数の白筋が目立つ。スラット上の垂直方向の歩行では、鋭い卓越したピークに対応して、白筋が細くはっきりとしているが、スラットに対する歩行の進行方向の角度が浅くなるに連れて、鮮明な白筋が多数の白筋に別れぼやけてくる。これは、加速度の波形の周期性がゆらぎ、歩行動作が適正に取れていないことを示している。

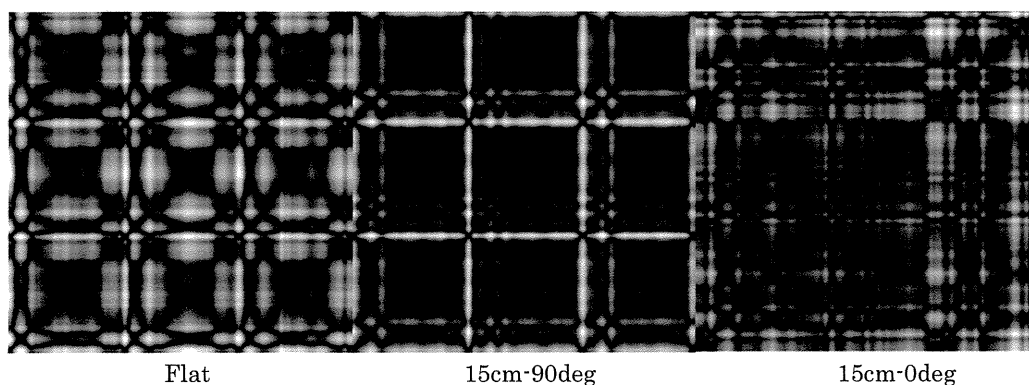


図 C-1-3-4-1 リカレンスプロットの変化

(2) 不一致度による比較

歩行時の身体バランスに影響を与える各種の歩行路環境について、平坦路上での歩行を基準として歩行路環境の身体バランスに与えるゆらぎの違いを不一致度として数量化して比較したものを図 C-1-3-4-2 に示す。この図によると、歩行に支障が現れる印象がある歩行路環境を尋ねた被験者へのインタビューから、スラット間隔によらずに、スラットへの進入角度が浅い状態になると、歩行動作の支障として身体バランスにゆらぎが現れ、不一致度として増加していることを確認した。なお、今回の実験では、スラットの間隔が 5cm の場合には、作成したモックアップ上は歩行数の制約があった。特に 45 度以上では歩数の確保が難しかったため、他のスラット間隔と比較して条件とゆらぎの違いが抽出できなかった可能性があり、不一致度の変化が不揃いである。以降ではスラット間隔 5cm については 0 度、30 度のみを抽出して検討したが、スラット間隔 15cm、10cm では進入角度が大きくなると不一致度が減少する傾向があること、スラット間隔 5cm においても、0 度から 30 度の間にも減少傾向があることから、45 度以上でも同様の減少傾向の可能性はある。

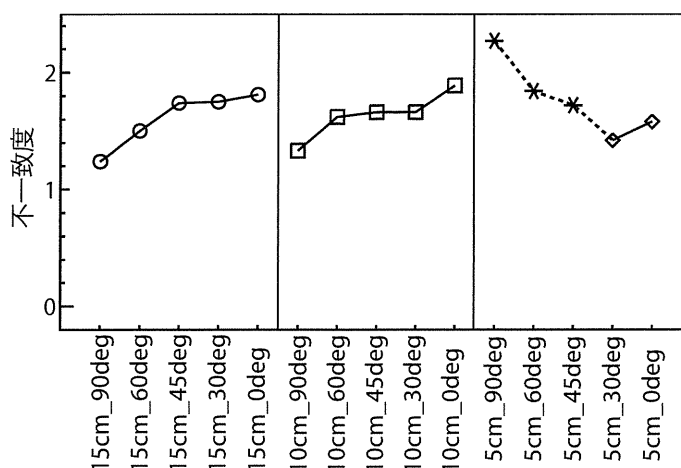


図 C-1-3-4-2 さまざまな歩行路環境要因によるリカレンスプロットの不一致度

次に、様々な歩行路環境要因の間において、全ての組み合わせの相互のゆらぎの違いを不一致度のマトリクスとして比較しものを図 C-1-3-4-3 に示す。

この図によると、平坦路とスラット上の間では不一致度が大きく、平坦路の歩行を基準に比較すると、スラット上の歩行のバランスの変化が相対的に小さくなり、比較しにくい。ため、あるスラット上の歩行を基準とする。始めに、スラットコンベヤ上の作業におけるリスクコントロールオプションの検討であることを考慮し、スラットに対して垂直な進入角度 90 度は検討から除外した。次に、平坦路とスラット上の歩行を比べると、スラット間隔 5cm において不一致度が小さく、ゆらぎが小さいため、スラット間隔 5cm の 30 度を歩行の基準と仮定した。

スラット間隔 5cm・30 度の歩行を基準として、歩行路環境を不一致度で比較すると、図 C-1-3-4-4 に示す様にスラット間隔が 15cm の場合は、45 度、60 度の不一致度が小さい、スラット間隔が 10cm の場合は 30 度、45 度、60 度の不一致度が小さい。スラット間隔 5cm の場合は 30 度、0 度の不一致度が小さい。

		歩行路環境																																					
		15cm_90deg.1	15cm_90deg.2	15cm_90deg.3	15cm_60deg.1	15cm_60deg.2	15cm_60deg.3	15cm_45deg.1	15cm_45deg.2	15cm_45deg.3	15cm_30deg.1	15cm_30deg.2	15cm_30deg.3	15cm_0deg.1	15cm_0deg.2	15cm_0deg.3	10cm_90deg.1	10cm_90deg.2	10cm_90deg.3	10cm_60deg.1	10cm_60deg.2	10cm_60deg.3	10cm_45deg.1	10cm_45deg.2	10cm_45deg.3	10cm_30deg.1	10cm_30deg.2	10cm_30deg.3	10cm_0deg.1	10cm_0deg.2	10cm_0deg.3	5cm_30deg.1	5cm_30deg.2	5cm_30deg.3	5cm_0deg.1	5cm_0deg.2	5cm_0deg.3	Flat.1	Flat.2
歩行路環境	15cm_90deg.1	0.0	1.1	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	0.9	0.5	0.5	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	1.2	0.7	1.6	1.1	1.1	1.5	0.8	1.0	1.0	1.1	1.2	1.1	1.5	1.1	1.0	1.5	1.3	0.9	0.9	1.1	1.2	0.7	1.2
	15cm_90deg.2	1.1	0.0	0.8	0.4	0.8	1.5	1.5	0.7	0.9	1.0	1.4	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	1.2	0.8	0.9	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0	1.1	0.9	1.2	1.0	0.9	1.0	1.0	0.8	1.2	0.7	0.8	1.4	1.0	0.1
	15cm_90deg.3	0.5	0.8	0.0	0.5	0.5	1.0	0.9	0.7	0.5	0.6	1.0	0.8	0.8	0.5	0.7	0.9	0.8	1.3	0.8	1.1	1.2	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	0.8	0.8	1.2	1.0	0.8	0.6	0.9	1.2	0.8	1.5
	15cm_60deg.1	0.7	0.4	0.5	0.0	0.4	1.2	1.2	0.5	0.6	0.7	1.1	0.5	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	1.1	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	1.0	1.0	0.7	0.8	1.0	0.8	0.9	0.5	0.7	1.2	0.8	1.8	
	15cm_60deg.2	0.5	0.8	0.5	0.4	0.0	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.8	0.5	0.9	0.7	0.7	1.0	0.7	1.3	0.9	1.1	1.2	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.3	0.9	0.8	1.3	1.0	0.7	0.7	0.9	1.1	0.6	1.5
	15cm_60deg.3	0.6	1.5	1.0	1.2	0.9	0.0	0.4	1.3	0.8	0.8	1.1	1.3	1.1	1.2	1.6	0.9	2.0	1.4	1.3	1.7	1.0	1.3	1.3	1.4	1.6	1.3	1.3	1.5	1.2	1.9	1.6	1.1	1.3	1.5	1.3	0.9	0.9	
	15cm_45deg.1	0.6	1.5	0.9	1.2	0.8	0.4	0.0	1.2	0.8	0.7	1.1	1.4	1.1	1.3	1.6	0.9	2.0	1.4	1.3	1.7	0.9	1.2	1.3	1.3	1.5	1.3	1.8	1.5	1.2	1.9	1.6	1.0	1.2	1.5	1.3	1.0	1.0	
	15cm_45deg.2	0.9	0.7	0.7	0.5	0.6	1.3	1.2	0.0	0.7	0.8	1.0	0.6	0.9	0.8	0.7	0.8	1.1	0.8	1.0	0.9	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7	0.8	0.9	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.8	1.7	
	15cm_45deg.3	0.5	0.9	0.5	0.6	0.4	0.8	0.8	0.7	0.0	0.5	0.8	0.6	1.0	0.7	0.9	1.1	0.8	1.4	1.0	1.1	1.3	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0	1.4	1.1	0.9	1.4	1.1	0.8	0.8	1.0	1.1	0.7	1.4
	15cm_30deg.1	0.5	1.0	0.6	0.7	0.4	0.8	0.7	0.8	0.5	0.0	0.7	0.7	1.0	0.8	0.9	1.2	0.8	1.5	1.0	1.2	1.4	0.8	0.9	0.9	1.1	1.2	1.1	1.5	1.1	0.9	1.5	1.2	0.9	0.9	1.1	1.2	0.7	1.4
	15cm_30deg.2	0.8	1.4	1.0	1.1	0.8	0.8	0.7	1.0	0.8	0.7	0.0	1.1	1.4	1.2	1.3	1.5	0.9	1.8	1.3	1.4	1.6	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3	1.8	1.5	1.3	1.8	1.4	1.0	1.3	1.4	0.9	1.2	
	15cm_30deg.3	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	1.1	1.1	0.6	0.6	0.7	1.1	0.0	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	1.1	1.0	1.0	1.1	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0	0.9	1.1	0.9	0.9	1.1	0.9	0.9	1.1	0.8	1.1	0.8	1.8
	15cm_0deg.1	0.9	0.8	0.8	0.8	1.3	1.4	0.9	1.0	1.0	1.4	0.9	0.0	0.9	0.8	0.9	1.1	1.3	0.9	1.1	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	0.8	0.9	1.3	1.0	1.8	
	15cm_0deg.2	0.8	0.9	0.5	0.7	0.7	1.1	1.1	0.8	0.7	0.8	1.2	0.7	0.9	0.0	0.7	1.0	0.8	1.3	1.0	1.2	0.9	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	0.9	1.3	1.0	0.9	1.1	1.0	1.1	0.8	1.0	1.2	1.5	
	15cm_0deg.3	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	1.2	1.3	0.7	0.9	0.9	1.3	0.7	0.8	0.7	0.0	0.8	1.1	0.8	0.9	0.9	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	0.5	0.8	0.9	0.5	0.8	0.6	0.8	1.0	1.7	
	10cm_90deg.1	1.2	0.8	0.9	0.8	1.0	1.6	1.6	0.6	1.1	1.2	1.5	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	0.6	0.9	0.6	0.7	0.6	0.5	0.9	0.7	0.5	0.8	0.5	0.5	0.8	0.6	1.0	1.1	2.0	
	10cm_90deg.2	0.7	1.2	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	1.1	0.8	0.8	1.0	0.0	1.4	0.9	0.9	1.1	0.5	0.6	0.6	0.8	0.9	0.8	1.3	1.0	0.7	1.3	1.0	0.8	1.0	0.8	0.7	1.3		
	10cm_90deg.3	1.6	0.8	1.3	0.9	1.3	2.0	2.0	1.1	1.4	1.5	1.8	1.1	1.3	1.3	1.1	0.9	1.4	0.0	1.1	1.5	1.2	1.5	1.2	1.1	1.3	0.9	1.3	0.9	1.0	1.2	0.9	0.9	1.4	1.0	0.8	1.5	1.5	
	10cm_60deg.1	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.4	1.4	0.6	1.0	1.0	1.3	1.0	0.9	1.0	0.8	0.5	0.9	1.1	0.0	0.9	0.7	0.8	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.9	0.6	0.7	0.6	0.8	0.8	0.7	0.9	1.0	1.8	
	10cm_60deg.2	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.0	1.1	1.2	1.4	1.0	1.1	1.0	0.9	1.0	1.5	0.9	0.0	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.9	0.5	1.0	0.9	0.9	1.1	0.9	0.7	1.0	0.8	0.7	1.0		
	10cm_60deg.3	1.5	1.2	1.2	1.1	1.2	1.7	1.7	0.9	1.3	1.4	1.6	1.1	1.2	1.2	0.9	0.6	1.1	1.2	0.7	0.8	0.0	1.0	0.7	0.7	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.6	0.5	0.8	1.0	0.7	1.2		
	10cm_45deg.1	0.8	1.2	0.8	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	0.8	1.0	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9	0.5	1.5	0.8	0.7	1.0	0.0	0.5	0.6	0.6	0.9	0.6	1.2	0.9	0.7	1.2	0.9	0.4	0.9	0.8	0.7	1.3		
	10cm_45deg.2	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	1.3	1.2	0.6	0.9	0.9	1.1	0.8	1.0	0.9	0.7	0.6	1.2	0.5	0.7	0.7	0.5	0.0	0.4	0.4	0.5	0.6	0.9	0.7	0.8	0.6	0.4	0.8	0.6	0.6	0.8	1.6		
	10cm_45deg.3	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	1.3	1.3	0.7	0.9	0.9	1.2	0.9	1.0	0.9	0.7	0.6	1.1	0.5	0.8	0.6	0.4	0.0	0.5	0.5	0.7	1.0	0.7	0.8	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	1.7		
	10cm_30deg.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	1.4	1.3	0.7	1.0	1.1	1.3	0.9	1.0	0.9	0.8	0.6	1.3	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.0	0.8	0.5	0.8	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9	0.6	0.9	0.7	1.7	2.2		
	10cm_30deg.2	1.2	0.9	1.0	0.8	0.9	1.6	1.5	0.7	1.1	1.2	1.4	1.0	1.0	1.1	0.7	0.5	0.9	0.6	0.9	0.6	0.8	0.5	0.5	0.6	0.0	0.8	0.7	0.6	0.8	0.6	0.4	0.8	0.5	0.9	1.0	2.0		
	10cm_30deg.3	1.1	1.2	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	0.8	1.0	1.1	1.3	0.9	1.1	1.0	0.8	0.9	1.3	0.8	0.5	0.7	0.6	0.7	0.5	0.8	0.0	0.9	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.9	0.7	1.0	1.0	1.6		
	10cm_0deg.1	1.5	1.0	1.2	1.0	1.3	1.8	1.8	1.0	1.4	1.5	1.8	1.1	1.1	1.1	0.9	0.7	1.3	0.9	0.9	1.0	0.7	1.2	0.9	1.0	0.8	0.7	0.9	0.0	0.6	1.0	0.6	0.7	1.1	0.9	0.7	1.2		
	10cm_0deg.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.9	1.5	1.5	0.7	1.1	1.1	1.5	0.9	0.9	0.5	0.5	1.0	1.0	0.6	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8	0.0	0.7	0.6	0.9	0.6	0.5	1.1	1.0	1.0	1.9			
	10cm_0deg.3	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	1.2	1.2	0.8	0.9	0.9	1.3	0.9	0.8	0.6	0.8	0.7	1.2	0.8	0.9	0.9	0.7	0.6	0.8	0.8	0.8	1.0	0.7	0.0	1.0	0.8	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	1.6		
	5cm_30deg.1	1.5	1.0	1.2	1.0	1.3	1.9	1.9	0.9	1.4	1.5	1.8	1.1	1.1	1.3	0.9	0.5	1.3	0.9	0.7	1.1	0.6	1.2	0.9	0.8	0.6	1.0	0.6	0.7	1.0	0.0	0.5	1.1	1.0	0.7	1.2			
	5cm_30deg.2	1.3	0.8	1.0	0.8	1.0	1.6	1.6	0.6	1.1	1.2	1.4	0.9	1.0	1.0	0.7	0.5	1.0	0.9	0.6	0.5	0.9	0.6	0.6	0.4	0.8	0.7	0.6	0.8	0.5	0.0	0.8	0.5	0.9	1.0	2.0			
	5cm_30deg.3	0.9	1.2	0.8	0.9	0.7	1.1	1.0	0.7	0.8	0.9	1.0	0.8	1.1	0.9	0.8	0.6	1.4	0.8	0.7	0.9	0.4	0.4	0.8	0.5	0.8	0.6	1.1	0.9	0.7	1.1	0.8	0.0	0.9	0.7	0.5	1.4		
	5cm_0deg.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.7	1.3	1.2	0.7	0.8	0.9	1.3	0.7	0.8	0.7	0.5	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.6	0.7	1.0	0.8	0.9	0.0	0.6	1.2	0.9	1.8		
	5cm_0deg.2	1.1	0.8	0.9	0.7	0.9	1.5	1.5	0.7	1.0	1.1	1.4	0.8	0.9	1.0	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.6	0.0	0.9	1.4		
	5cm_0deg.3	1.2	1.4	1.2	1.1	1.3	1.3	1.3	0.9	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.2	1.0	1.0	1.5	0.9	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.9	0.7	1.2	1.1	0.9	1.2	0.9	0.5	1.2	0.0	1.6		
	Flat.1	0.7	1.0	0.8	0.6	0.9	1.0	0.8	0.7	0.7	0.9	1.0	0.8	0.8	1.1	0.7	1.5	1.0	1.0	1.2	0.8	0.8	0.9	1.0	1.3	1.0	0.9	1.3	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3			
	Flat.2	1.2	0.1	1.5	1.3	1.5	0.9	1.0	1.7	1.4	1.4	1.2	1.8	1.8	1.5	1.7	2.0	1.3	1.8	1.6	2.0	1.3	1.6	1.7	1.7	2.0	1.6	2.0	1.9	1.6	2.0	1.4	1.8						

C-2 平成 24 年度

C-2-1 造船所への作業・安全リスクアセスメントの適用

C-2-1-1 ハザードの同定

C-2-1-1-1 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 1 1 : グラインダー.....1 件
- ・工程 1 2 : 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-2-1-1-2 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。

C-2-1-2 作業ハザードのリスク解析

C-2-1-2-1 作業・安全観測項目の定義

(1) 作業・安全観測項目の定義

ここでは、安全管理者および現場作業者との協議により決定した要素作業、不安全状態、足下の状態および安全レベルの定義を行った。定義に基づく表の表記は省略する。

(2) PDA の画面レイアウト

次に、(1)で作成した作業・安全観測項目を PDA に表示させる画面レイアウト図を作成した。以下に述べる点を作成の際に考慮した。ここに、ID は画面レイアウトの通し番号を表している。

工程名			作業担当			要素作業		
		ID 0			ID 1			ID 3
工程 NC切断 プラズマ	工程 NC切断 レーザー		工程:NC切断			工程:NC切断		ID 4
工程 運搬 マグチャック	工程 運搬 マグボータ	工程 運搬 ハッカー	(船内) 指揮者	(船内) 作業者	クレーン オペレータ	NC操作	NCデータ 確認	書き入れ
			(陸上) 指揮者	(陸上) 作業者	オペレータ	残材切断	コンベア 操作	コンベア上 移動
			仕分け 指揮者	指揮者	運搬者	機器準備	機器監視	ノロ・ 手切断
			作業者	フォークリフト 運転手	トレーラー 運転手	グラインダ	運搬補助	指差確認
						清掃	移動	手待ち・ 休憩
			工程:運搬			工程:運搬(マグチャック)		ID 5
			(船内) 指揮者	(船内) 作業者	クレーン オペレータ	マグチャック 吊荷移動	マグチャック 空移動	マグチャック 吸着・解放
			(陸上) 指揮者	(陸上) 作業者	オペレータ	マグボータ 吊荷移動	マグボータ 空移動	マグボータ 吸着・解放
			仕分け 指揮者	指揮者	運搬者	ハッカー 吊荷移動	ハッカー 空移動	ハッカー 掛け・外し
			作業者	フォークリフト 運転手	トレーラー 運転手	リン木移動	残材 積み込み	車輛誘導・ 指差確認
						清掃	移動	手待ち・ 休憩
			工程:運搬(ハッカー)			工程:運搬(マグボータ)		ID 6
			(船内) 指揮者	(船内) 作業者	クレーン オペレータ	マグチャック 吊荷移動	マグチャック 空移動	マグチャック 吸着・解放
			(陸上) 指揮者	(陸上) 作業者	オペレータ	マグボータ 吊荷移動	マグボータ 空移動	マグボータ 吸着・解放
			仕分け 指揮者	指揮者	運搬者	ハッカー 吊荷移動	ハッカー 空移動	ハッカー 掛け・外し
			作業者	フォークリフト 運転手	トレーラー 運転手	リン木移動	残材 積み込み	車輛誘導・ 指差確認
						清掃	移動	手待ち・ 休憩

図 C-2-1-2-1 PDA の画面レイアウト(1/2)

足下の状態		
ID 7		
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 (ビット削)	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
ID 8		
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 (ビット削)	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
ID 9		
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 (ビット削)	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		
ID 10		
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
ID 11		
工程: 運搬(マグネチック、マグホーク)		
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
ID 12		
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	
	ID 13
良好	
やや不足	
不足	
ルール違反	
災害直結	

図 C-2-1-2-1 PDA の画面レイアウト(2/2)

C-2-1-2-2 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-2-1-2-1, 表 C-2-1-2-2 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		
												墮落・転落		転倒		衝突・おそれ	挟まれ・巻き込まれ	高温接触	その他					
												墮落・転落	転倒・踏み	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 NC切断 プレス	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				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 NC切断 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						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-2-1-2-1 要素作業の安全レベルと不安全状態 (切断工程)

工程名	要業作業	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		飛来・落下・衝突され	飛来・落下			衝突され			挟まれ・巻き込まれ		その他								
												転倒・置き	歩行板不使用		降中・エンハロー	45度超過	吊荷の重心ズレ	3枚以上吊り	フック掛け不備	荷置れ	人払い	テレコン操作時	退避場所確保	手足払い立ち位置	保護具不使用				指差呼称なし		
工程 運搬 マグチャック	リフト吊前移動	63	34	5	8		4	27	29	93	26				6	2	8		2	2			1		1		5	66		93	
	リフト空移動	83	8	2			1	10	11	94	26								1	1	3			1		1		84		94	
	リフト搬送・搬出	127	9	5	1			15	11	142	39				2	1	1				1				7	1	126	1	142		
	以木移動	12		1				1	8	13	4															1		12		13	
	残材積み込み	5	1					1	17	6	2														1		5		6		
	車輦誘導・指差確認							0	0	0	0																			0	
	手持ち状態	2						0	0	2	1																	2		2	
	移動	9	1					1	11	9	2	1																8		9	
	清掃	2						0	0	3	1																	3		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	1	5	308	1	364			
工程 9 運搬 マグホータ	リフト吊前移動	35	51	23	8		3	82	68	120	31				5	17	5		20	4				4	3	19	31		120		
	リフト空移動	57	21	8	2		2	51	34	90	23				2	5	1		7	5					6	5	59		90		
	リフト搬送・搬出	81	44	14	3	1	2	62	42	147	38				2	6	3		10	2	3			4	24	2	83	1	147		
	以木移動	5		1				1	17	6	1																5		6		
	残材積み込み							0	0	0	0																	0		0	
	車輦誘導・指差確認							0	0	0	0																		0		0
	手持ち状態	8	3					3	25	12	3															3		9		12	
	移動	8	1					1	10	10	2															1		9		10	
	清掃	2						0	0	2	1																	2		2	
	入力無し		1					1	100	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	0	388				
工程 9 運搬 ハッパ	ハッパ吊前移動	12	9	6	1			16	51	28	29	1			2	1		2	4	1		1			3	12	1	28			
	ハッパ空移動	15	7	1				3	35	23	24	2							2	2					2	15		23			
	ハッパ掛け外し	17	9	4				13	43	30	31	2	2		1			2	2				2		1	17		30			
	以木移動	5						0	0	5	5																5		5		
	残材積み込み							0	0	0	0																	0		0	
	車輦誘導・指差確認							0	0	0	0																		0		0
	手持ち状態	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	1	96			

表 C-2-1-2-2 要素作業の安全レベルと不安全状態 (運搬工程)

C-2-1-3 災害ポテンシャルによるリスク解析

C-2-1-3-1 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-2-1-3-1 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-2-1-3-1 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-2-1-3-1 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。

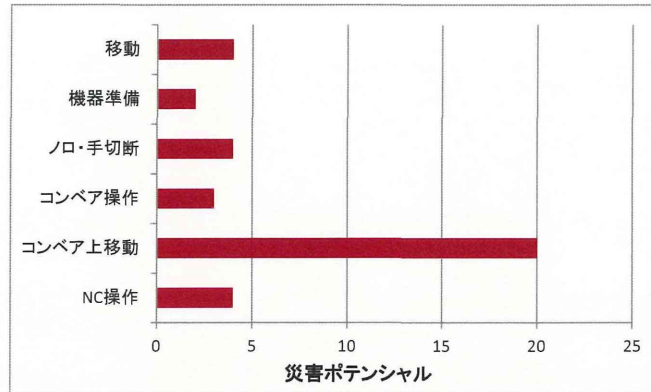


図 C-2-1-3-1 各要素作業の災害ポテンシャル

C-2-1-3-2 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-2-1-3-2 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-2-1-3-2 足下の状態の割合(%)

	足下の状態									
	コンベア上 (プラズマ)	コンベア上 (レーザー)	コンベア 鋼材上 (大物板)	コンベア 鋼材上 (小物板)	コンベア 端部 (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 (36)		50.7 (182)	0.8 (3)		0.6 (2)	14.5 (52)	23.1 (83)	0.3 (1)	100 (359)
NC切断(レーザー)		11.0 (26)	37.3 (88)	10.6 (25)	2.1 (5)		21.2 (50)	17.4 (41)	0.4 (1)	100 (236)

()は観測件数

一方、表 C-2-1-3-2 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-2-1-3-3 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-2-1-3-3 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 不足判定 件数	コンベア上の 作業観測件数	転倒・躓き 発生確率 (%)
NC切断(プラズマ)	7	36	19.4
NC切断(レーザー)	2	26	7.7