

201326005A

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25年度 総括研究報告書

研究代表者 篠田岳思

平成26(2014)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25年度 総括研究報告書

研究代表者 篠田岳思

平成26（2014）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 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 篠田岳思	
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	56
III. 研究成果の刊行物・別刷	57

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
I. 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、昨年度の造船所への作業・安全リスクアセスメントをさらに別の造船所にも適用を行い、リスクアセスメントシステムの改良と、さらなる現場への適用を図った。

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

前年度までの造船所の切断加工工場に加えて、別の造船所の反転艀装ブロックの艀装現場の2か所において、作業・安全リスクアセスメントの適用を図った。

C-1-1 ハザードの同定

C-1-1-1 過去の労働災害の特徴

対象の工場の作業を工程で分類し、工場で過去に発生した労働災害を工程と災害の型分類によって分類した。

(1) 切断工場における過去の労働災害

切断工場における作業を次の12工程に分類した。

- ・工程1：水切り
- ・工程2：鋼材仕分け
- ・工程3：ショット(ブラスト, 塗装)
- ・工程4：印字, 棟内搬入
- ・工程5：NC切断
- ・工程6：二次加工
- ・工程7：アイトレーサ
- ・工程8：フレームプレーナー
- ・工程9：運搬
- ・工程10：屋外での仕分け
- ・工程11：グラインダー
- ・工程12：トレーラー運搬

過去に起きた18件の災害を工程と災害の型分類で分類す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)

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

これより、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。

(2) 反転艀装ブロック現場における過去の労働災害

ブロックの作業現場で過去に起きた 50 件の災害を型分類で分類すると次のようになる。

- ・ 墜落, 転落.....20 件
- ・ 高温, 低温の物との接触..... 7 件
- ・ 挟まれ, 巻き込まれ..... 6 件
- ・ 転倒..... 5 件
- ・ 飛来, 落下..... 4 件
- ・ 切れ, こすれ..... 4 件
- ・ 激突..... 2 件
- ・ 動作の反動, 無理な動作..... 1 件
- ・ 火災..... 1 件

次に, 艀装作業のブロックに絞ると 18 件となり, 同様に分類すると次のようになる。

- ・ 墜落, 転落.....11 件
- ・ 挟まれ, 巻き込まれ..... 3 件
- ・ 転倒..... 3 件
- ・ 激突..... 1 件

さらに, 反転艀装ブロックに絞ると 8 件となり, 同様に分類すると次のようになる。

- ・ 墜落, 転落..... 5 件
- ・ 挟まれ, 巻き込まれ..... 1 件
- ・ 転倒..... 2 件

これらより, 艀装ブロックや反転艀装ブロックの現場では, 墜落・転落や転倒といった災害が危惧される。

C-1-1-2 観測対象の工程

(1) 切断加工工場

(a) 切断工程

切断加工工場の切断工程では、プラズマ切断機とレーザー切断機の 2 種類の NC 切断機が使われている。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、切断工程における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。

(b) 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。

(2) 反転艀装ブロック

ブロックでの艀装作業はブロックの上部は高所での作業となることが多いが、ブロックを反転し、天地を逆にすることによって、作業の効率性、安全性を改善・向上させる工法が取られることが多く、反転艀装ブロックと呼ばれる。ブロックを人の腰の高さぐらいの受台の上に設置された状態で作業が行われており、内部はスティフナによって区画が分かれ、各区画には管が多く走っており、転倒・躓きや墜落・転落などの不安全状態が危惧される。

ここでは、管材の取り付けや電線の敷設作業が主であり、作業者は管材を取り付ける機装と、電線を敷設する電装に担当が分かれているため、担当を区別して観測した。

C-1-2 作業ハザードのリスク解析

C-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。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			ID 4		
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			工程:運搬(マグチャック)		
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	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	残材切断	コンベア 操作	コンベア上 移動	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	機器準備	機器監視	ノロ・ 手切断	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	グラインダ	運搬補助	指差確認	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	清掃	移動	手待ち・ 休憩
			ID 2			ID 5			ID 6		
			工程:運搬			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	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	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	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	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	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	清掃	移動	手待ち・ 休憩

図 C-1-2-1 PDA の画面レイアウト (切断工場) (1/2)

足下の状態			不安全状態			安全レベル					
ID 7			ID 10			ID 11			ID 13		
工程: 切断(プラズマ)			工程: NC切断			工程: 運搬(マグチャック、マグホーク)			ID 13		
コンベア上 (プラズマ)	コンベア上 (レーザー)	安全板上	転倒・置き	歩行板 不使用	稼働中 コンベア 乗り	転倒・置き	歩行板 不使用	稼働中 コンベア 乗り	良好		
コンベア 端部 (ビット側)	コンベア 鋼材上 (大物板)	コンベア 鋼材上 (小物板)	45度退避	保護具 不使用	指差呼称 なし	45度退避	保護具 不使用	指差呼称 なし	やや不足		
定盤上	定盤端部	安全通路	墜落・転落	ロー、チー ン 巻き込み	機器接触	3枚以上 吊り	吊荷の 重心ズレ	荷振れ	不足		
定盤・ 鋼材上 (大物板)	定盤・ 鋼材上 (小物板)	階段	火傷	グライダ 作動移動		人払い	退避場所 確保	手足払い・ 立ち位置	ルール違反		
					不安全 状態なし	テレコン 誤作動		不安全 状態なし	災害直結		
ID 8			ID 12			ID 12					
工程: 切断(レーザー)			工程: 運搬(ハッカー)			工程: 運搬(ハッカー)					
コンベア上 (プラズマ)	コンベア上 (レーザー)	安全板上	転倒・置き	歩行板 不使用	稼働中 コンベア 乗り	転倒・置き	歩行板 不使用	稼働中 コンベア 乗り			
コンベア 端部 (ビット側)	コンベア 鋼材上 (大物板)	コンベア 鋼材上 (小物板)	45度退避	保護具 不使用	指差呼称 なし	45度退避	保護具 不使用	指差呼称 なし			
定盤上	定盤端部	安全通路	3点吊り 禁止	吊荷の 重心ズレ	荷振れ	3点吊り 禁止	吊荷の 重心ズレ	荷振れ			
定盤・ 鋼材上 (大物板)	定盤・ 鋼材上 (小物板)	階段	人払い	退避場所 確保	手足払い・ 立ち位置	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	テレコン 誤作動	フック掛け 不備	不安全 状態なし			
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									

図 C-1-2-1 PDA の画面レイアウト (切断工場) (2/2)

作業担当		
		ID0
担当1 電装	担当2 機装	

要素作業		
		ID1
担当1: 電装		
ブロック 受取	架台 取付準備	架台 取付
機器準備	金物 取付準備	金物 取付
	電線 布設準備	電線布設・ バンド掛け
連絡・確認	移動	手待ち
		ID2
担当2: 機装		
ブロック 受取	架台 取付準備	架台 取付
機器 準備	管 取付準備	管 取付
	ダクト 取付準備	ダクト 取付
連絡・確認	移動	手待ち

足下の状態		
		ID3
担当1, 担当2		
管	梯子	スティフナ 上
ダクト	ブロック内 平坦面	架台
仮設階段	脚立	
	足場	地上

不安全状態		
		ID4
担当1, 担当2		
墜落・転落	安全帯 不使用	安全帯の 不適切 使用
転倒・躓き	火傷	挟まれ
切れ・ 擦れる	飛来・落下	眼内異物
溶接保護具 不使用	激突	感電
		不安全 状態なし

安全レベル		
		ID5
良好		
やや不足		
不足		
ルール違反		
災害直結		

図 C-1-2-2 PDA の画面レイアウト (反転機装ブロック)

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以下の4種の集計表について検討を行った。
集計1のみ表記し、残りは省略する。

- ・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, 表 C-1-2-3）

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、不安全発見率は各観測項目の件数に対し、安全レベルにおいて不安全と観測された割合を表す。切断工場については良好以外、反転艀装ブロックについては良好・やや不足以外で観測された割合を表す。また、作業比率は各観測項目の総観測件数に対する割合を表している。

- ・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：足下の状態の安全レベルと不安全状態

足下の状態と安全レベルまたは不安全状態の関連を表す。

- ・集計4：観測された安全レベルでの重要指摘

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。

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													
		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・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	指差呼称なし	「ラインター」作動移動	不安定状態なし	入力無し	観測件数														
工程 NC切断 プラズマ	NC操作	57	4	2				6	10	63	17.5				2								57		83
	書き入れ	25	6	8				14	36	39	10.9			2									24		39
	グラインダ	22	1					1	4	23	6.4				10								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	4.2												11		15
	指差確認							0	0	0	0.0												11		0
	コンベア上移動	30	16	8				24	44	54	15.0												31		54
	コンベア操作	11						0	0	11	3.1												11		11
	機器準備	14	1	2				1	9	17	19	5.0											15		18
	ノロ・手切断	11	5	1				6	35	17	4.7												11		17
	機器監視	28	4	13				17	38	45	12.5												28		45
	運搬補助	11		1				1	8	12	3.3												10	1	12
	手待ち・休憩	13	1					1	7	14	3.9												11	2	14
	移動	22	1	2				3	12	25	7.0												22		25
清掃	3	2	2				4	57	7	1.9												3		7	
小計	289	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	13.6												24		32
	書き入れ	17	7	3				10	37	27	11.4		2		5	1							18		27
	グラインダ	11	6	6				12	52	23	9.7				4	2						5	11		23
	残材切断	2	1	2				3	60	5	2.1												3		5
	NCデータ確認	13	2					2	13	15	6.4												13		15
	指差確認							0	0	0	0.0														0
	コンベア上移動	24	3	3				2	6	19	32	13.6											24		32
	コンベア操作	11	2					2	15	13	5.5												12		13
	機器準備	9						0	0	9	3.8												9		9
	ノロ・手切断	21	7	4				11	34	32	13.6		2		1								21	1	32
	機器監視	5						0	0	5	2.1												5		5
	運搬補助							0	0	0	0.0														0
	手待ち・休憩	1	1					1	50	2	0.8												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-1-2-2 要素作業の安全レベルと不安全状態 (運搬工程)

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	災害直轄	入力無し	不安全件数	不安全発生率 (%)	観測件数	作業比率 (%)	災害の種類																	
												転倒・置き	歩行板不使用	寝転中コンベア乗り	45度超過	吊钩の重心ズレ	3枚以上吊り	フック掛け不備	荷置れ	人払い	テレコン誤作動				通過場所確保	挟まれ・巻き込まれ	その他		
工程 運搬 マグチャック	マグチャック吊荷移動	62	14	5	8		4	27	29	93	26				6	2	8		2	2	1		1		5	66	93		
	マグチャック空移動	83	8	2			1	10	11	94	26							1	7			1		1		84	94		
	マグチャック吸着・解放	127	9	5	1			15	11	142	39	1			2	1	1		1		1		7	1	126	1	142		
	りん木移動	12		1				1	8	13	4													1		12	13		
	残材積み込み	9	1					1	17	6	2													1		5	6		
	車輦誘導・指差確認							0	0	0	0																0	0	
	手待ち・休憩	2						0	0	2	1																2	2	
	移動	8	1					1	11	9	2	1															8	9	
	清掃	3						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	384	38	2	0	0	8	3	9	0	3	10	2	1	11	1	5	308	1	384		
工程⑨ 運搬 マグボータ	マグボータ吊荷移動	35	51	23	8		3	82	68	120	31	4	2		5	17	5		20	4			4	3	19	37	120		
	マグボータ空移動	57	21	8	2		2	31	34	90	23	2	5	1					7	5				6	5	59	90		
	マグボータ吸着・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		
	りん木移動	5		1				1	17	6	2								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	
	手待ち・休憩	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	100	1	0																	2	2
小計	198	121	46	13	1	9	181	47	388	38	11	11	1	7	23	8	0	38	11	3	0	28	15	28	204	0	388		
工程⑨ 運搬 ハッカー	ハッカー吊荷移動	12	9	6	1			16	57	28	29	1			2	1			2	4	1				3	12	1	28	
	ハッカー空移動	15	7	1				8	35	23	24	2							2	2					2	15	23		
	ハッカー掛け・外し	17	8	4				13	43	30	31	2	2		1		1	2	2				2		1	17	30		
	りん木移動	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	
	手待ち・休憩	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	98	38	5	2	0	2	2	0	3	8	5	0	1	2	0	6	59	1	98	

表 C-1-2-3 要素作業の安全レベルと不安全状態（反転機装ブロック）

(a) 電装

要素作業	安全レベル					不安全状態																総計	
	良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直結	災害の種類																	
						墜落・転落		転倒		高温・低温の物との接触		挟まれ・巻き込まれ		切れ・こすれ		感電		飛来・落下		激突			その他
不安事件数	不安発見率	作業比率	総計	墜落・転落	安全帯不使用	安全帯の不適切使用	転倒・置き	火傷	挟まれ	切れ・擦れる	感電	飛来・落下	眼内異物	激突	溶接保護具不使用	不安全状態なし	総計						
ブロック受取		8	3	1		4	33.3	1.7	12		1		2		5	1		1	2		12		
移動	13	111	40	5		45	26.6	23.5	169	40	6		67	2	7	9	2	5	8	19	4	169	
架台取付	3	1	3			3	42.9	1.0	7			1	1	1	3			1				7	
架台取付準備		2	2			2	50.0	0.6	4	1			2		1							4	
金物取付	10	67	17	4		21	21.4	13.6	98	8	3		8	27	6	7	7	3	17	8		4	98
金物取付準備	3	65	24			24	26.1	12.8	92	11			20	2	17	5	6	17	4	10		4	92
手待ち	4	11	7	7		14	48.3	4.0	29	8	7		1	2	1	2		1		3		4	29
電線布設・バンド掛け	4	134	57	10		67	32.7	28.6	205	19	14	2	44	11	13	41		2	23	35		1	205
電線布設準備	10	46	7			7	11.1	8.8	63	12			21	4	8	9		1	1	2		5	63
連絡・確認	9	25	5			5	12.8	5.4	39	5			14	1	1	4	1	1	1	4		8	39
総計	58	470	165	27	0	192	26.7	100.0	718	104	31	2	180	50	59	82	16	29	56	83	0	26	718

(b) 機装

要素作業	安全レベル					不安全状態																総計		
	良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直結	災害の種類																		
						墜落・転落		転倒		高温・低温の物との接触		挟まれ・巻き込まれ		切れ・こすれ		感電		飛来・落下		激突			その他	
不安事件数	不安発見率	作業比率	総計	墜落・転落	安全帯不使用	安全帯の不適切使用	転倒・置き	火傷	挟まれ	切れ・擦れる	感電	飛来・落下	眼内異物	激突	溶接保護具不使用	不安全状態なし	総計							
ブロック受取		15	2			2	11.8	2.3	17	2			4		5	2		1	1	2			17	
移動	12	88	24	4		28	21.9	17.5	128	39	1		68		4	3				5			8	128
架台取付	24	79	20	4	1	25	19.5	17.5	128	27	2	1	9	36	13	6	6	7	12	6		3	128	
架台取付準備	11	30	9			9	18.0	6.8	50	12			8	1	10	5				6			50	
管取付	27	130	29	5		34	17.8	26.1	181	37	4		26	19	42	17	2	7	13	20	1	3	181	
管取付準備	46	77	22	2		24	16.3	20.1	147	20	1	2	39	9	21	12	3	12	11	7		10	147	
機装準備	18	12	1			1	3.2	4.2	31	8			8		1	5		2	2	1		5	31	
手待ち	4	3				0	0.0	1.0	7	7			2					2	1			2	7	
連絡・確認	24	7	3			3	8.8	4.6	34	1			8							1		24	34	
総計	166	441	110	15	1	126	17.2	100.0	733	146	8	3	172	65	96	50	11	35	40	48	1	58	733	

C-1-3 ビデオ画像による作業観測

作業者の不安全状態と足下の状態の関連を調べるために、作業者の足下の状態として、作業現場を撮影したビデオ画像から観測した。ここでは、動画を目視により、作業者の足下の状態について観測した。

(1) 切断工場への適用

運搬工程の作業者を対象に瞬間観測法で観測した。切断工場は NC 切断機とスラットコンベアのあるエリア I と鋼材置き場などがあるエリア II に分かれており、2つのエリアは隣接しているが、エリア I はエリア II に比べて若干高い位置にあるため、両者は階段で結ばれている。ここでは、足下の状態を次の7種類に分類して観測した。

(エリア I)

- ・コンベア鋼板上 (大物板)
- ・コンベア鋼板上 (小物板)
- ・コンベア上 (プラズマ切断機)
- ・コンベア上 (レーザー切断機)
- ・平坦路
- ・階段

(エリア II)

- ・二次加工定盤
- ・平坦路

ここでは、運搬作業者を観測対象とし、約 5 時間半のビデオ画像から瞬間観測法を用いて観測した例を示す。図 C-1-3-1 は各歩行路環境の頻度 (件数) の比較を示す。さらに、歩行路環境をコンベア上、平坦路、階段の 3 種類に分類したときの頻度 (割合) の比較を図 C-1-3-2 に示す。この図より、運搬作業者は作業の 25% をコンベア上で行っている。コンベア上に大物鋼板がない場合にはスラットに直接乗って作業を行うため、不安定な足下となり転倒・躓きなどが危惧される。次に、歩行路環境の推移図を図 C-1-3-3 に示す。この図より、2つのエリアを階段を使って頻繁に行き来していることが分かる。約 4 分間に 1 回の割合で階段を使用している。

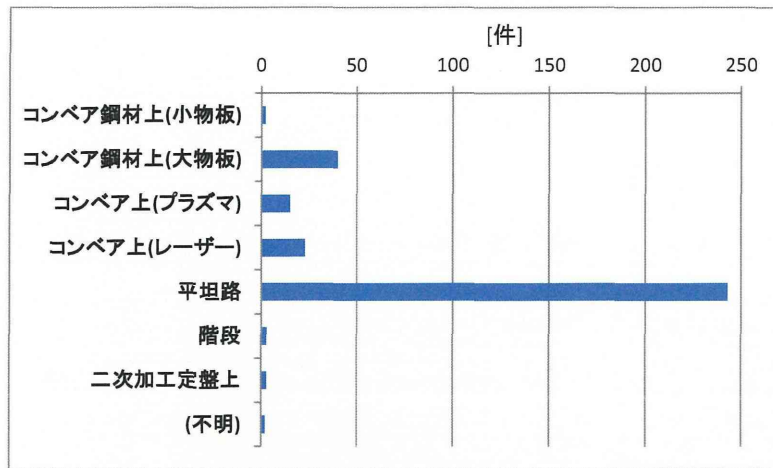


図 C-1-3-1 切断工場における歩行路環境の頻度の比較 (運搬作業)

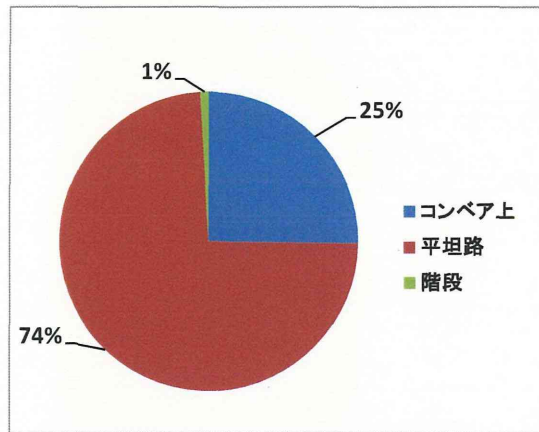


図 C-1-3-2 切断工場における歩行路環境の割合 (運搬作業)

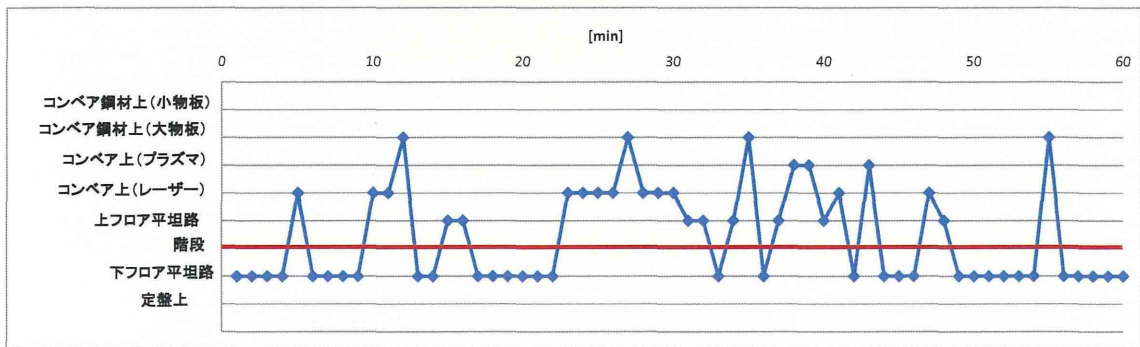


図 C-1-3-3 切断工場における歩行路環境の推移図 (運搬作業)

(2) 反転艤装ブロック現場への適用

ここでは、連続観測法を用いて観測した例を示す。

歩行路環境の推移図の例を図 C-1-3-4 に示す。

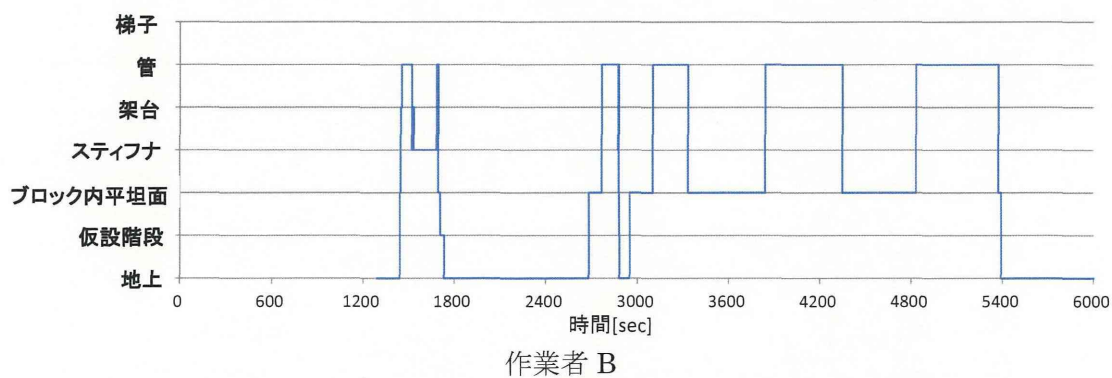
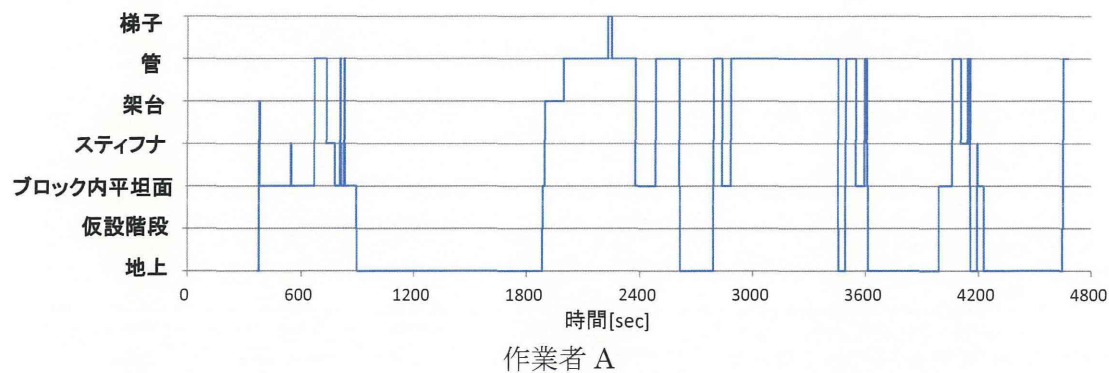


図 C-1-3-4 反転艤装ブロックにおける歩行路環境の推移図

C-1-4 災害ポテンシャルによるリスク解析

これまでの検討では PDA 作業・安全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、要素作業／足下の状態の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の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、災害の発生頻度と被害の大きさの積として求める。ここで、災害の発生頻度は、不安全状態の発見率と不安全状態が起きた要素作業／足下の状態の観測比率と災害の発生件数の積で表し、被害の大きさは、災害の休業日数とした。実際の計算では、不安全発見率、観測比率、災害の発生件数、災害の休業日数を表 C-1-4-1 に示す 5 段階にレベル分けして定量化した。

$$\begin{aligned} \text{災害ポテンシャル} &= \text{災害の発生頻度} \times \text{被害の大きさ} \\ &= \text{不安全発見率} \times \text{観測比率} \times \text{災害の発生件数} \times \text{災害の休業日数} \end{aligned}$$

表 C-1-4-1 災害ポテンシャルの要素のレベル分け

不安全発見率 (%)	観測比率 (%)	災害の発生件数 (件)	災害の休業日数 (日)	レベル
0 ~ 10	0 ~ 5	0 ~ 1	0	1
11 ~ 20	6 ~ 10	2 ~ 5	1 ~ 10	2
21 ~ 30	11 ~ 15	6 ~ 10	11 ~ 20	3
31 ~ 40	16 ~ 20	11 ~ 15	21 ~ 30	4
41 ~	21 ~	16 ~	31 ~	5