

学生実験における スクアセメント手法の 開発・研究

実験教育支援センター
菊池成人

目次

- 研究目的
- リスクアセスメントとは
- リスクアセスメント手順
- リスクレコーダーについて
- R-MAPとは
- 管理工学科IE実験のリスクアセスメント
- まとめ

研究目的

- 理工学部 of 安全を考える上で、実験教育の安全確保は最優先課題といえる。事故等で顕在化したリスク(ハザード)に対しては、事故調査委員会等で対策を講じてくれるが、ヒヤリ・ハット等の潜在的なリスクに対しては、十分な対応がなされていないのが現状である。また、聞き取り調査などのリスクアセスメントを行っても、タイムラグが生じて正確な潜在リスクの抽出は困難である。そこで本研究課題は、実際の学生実験において、実験者にウェアラブル映像・音声遠隔モニタリング装置を装着してもらい、潜在リスクの抽出が正確に行えるような、リスクアセスメント手法の開発を行うことを目的とした。

リスクアセスメントとは

- 簡単に言うと、リスクを評価(査定)すること。

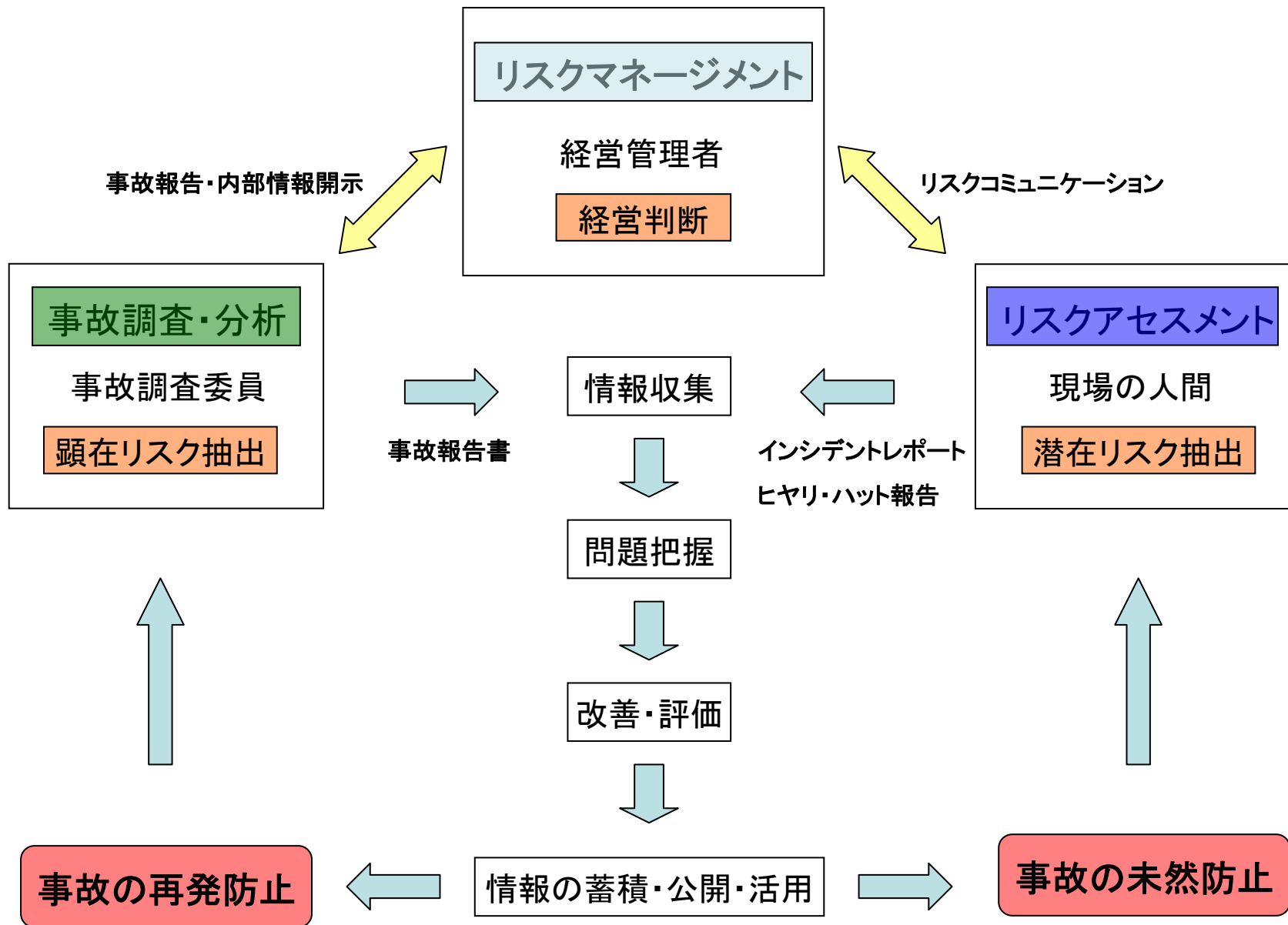
もう少し詳しくいうと

「人、財産、社会、または環境にリスクを与える潜在的なハザード(危険源)を確認し、利用可能なデータと経験、系統的観察あるいは統計学的分析によりハザードの発生確率を推定し、系統だった手法でリスクを推定評価する分析作業」

・用語解説

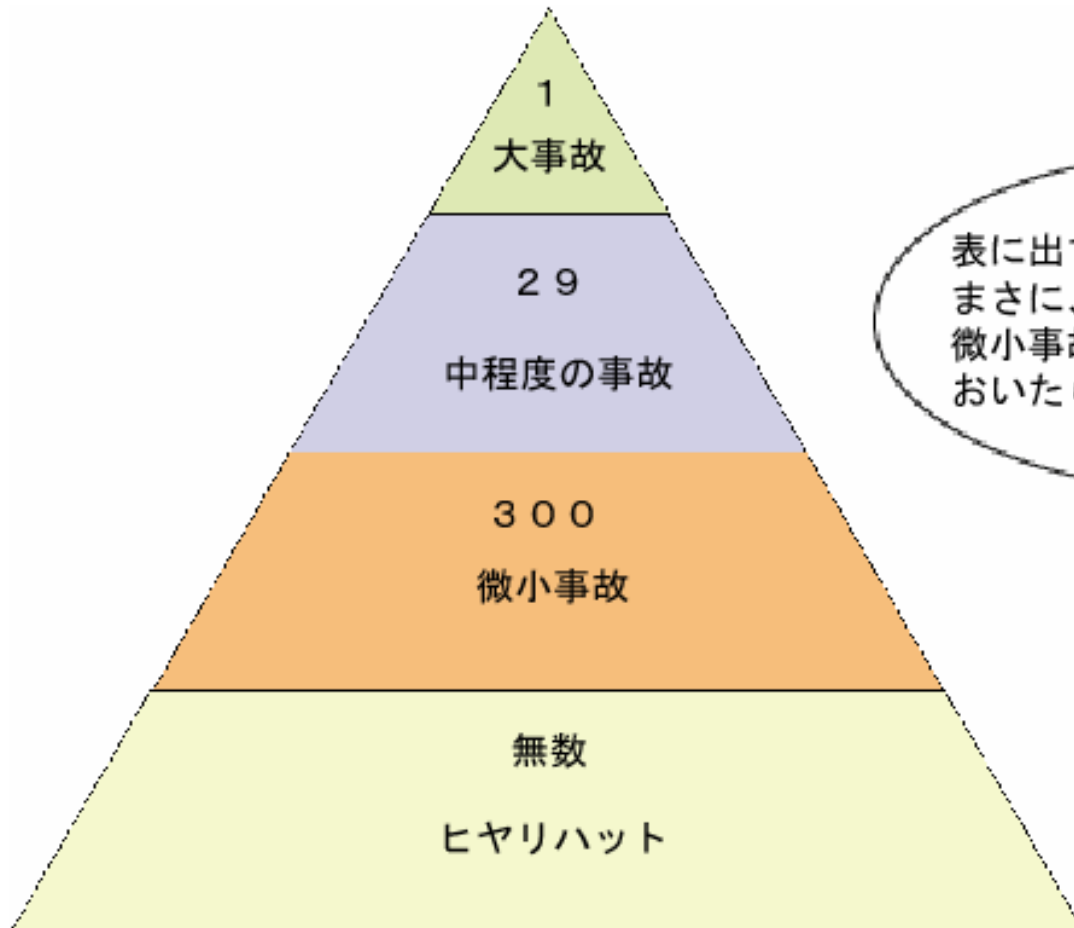
- ・リスク(Risk) : ある一定時間の中で、具体的で不利益な出来事が起こる確率。
- ・ハザード(Hazard) : 危害をもたらす潜在的な状況・もの。
危険源。
- ・リスクマネジメント(Risk Management) :
リスクアセスメント + リスクコントロール
- ・リスクコミュニケーション(Risk Communication) :
一般的には地域や社会とのリスク管理状態に関する
コミュニケーション。
- ・インシデント(Incident) : 事故(アクシデント)に至らない事象。
- ・ヒヤリ・ハット(Hiyari・Hatto) :
事故には至らないが、当事者や周囲の人が“ヒヤリ”と
したり“ハッ”とした経験。

・リスク管理システム



・ハインリッヒの1:29:300の法則

1つの大事故の陰に29の中規模な事故と300の微小事故がある。

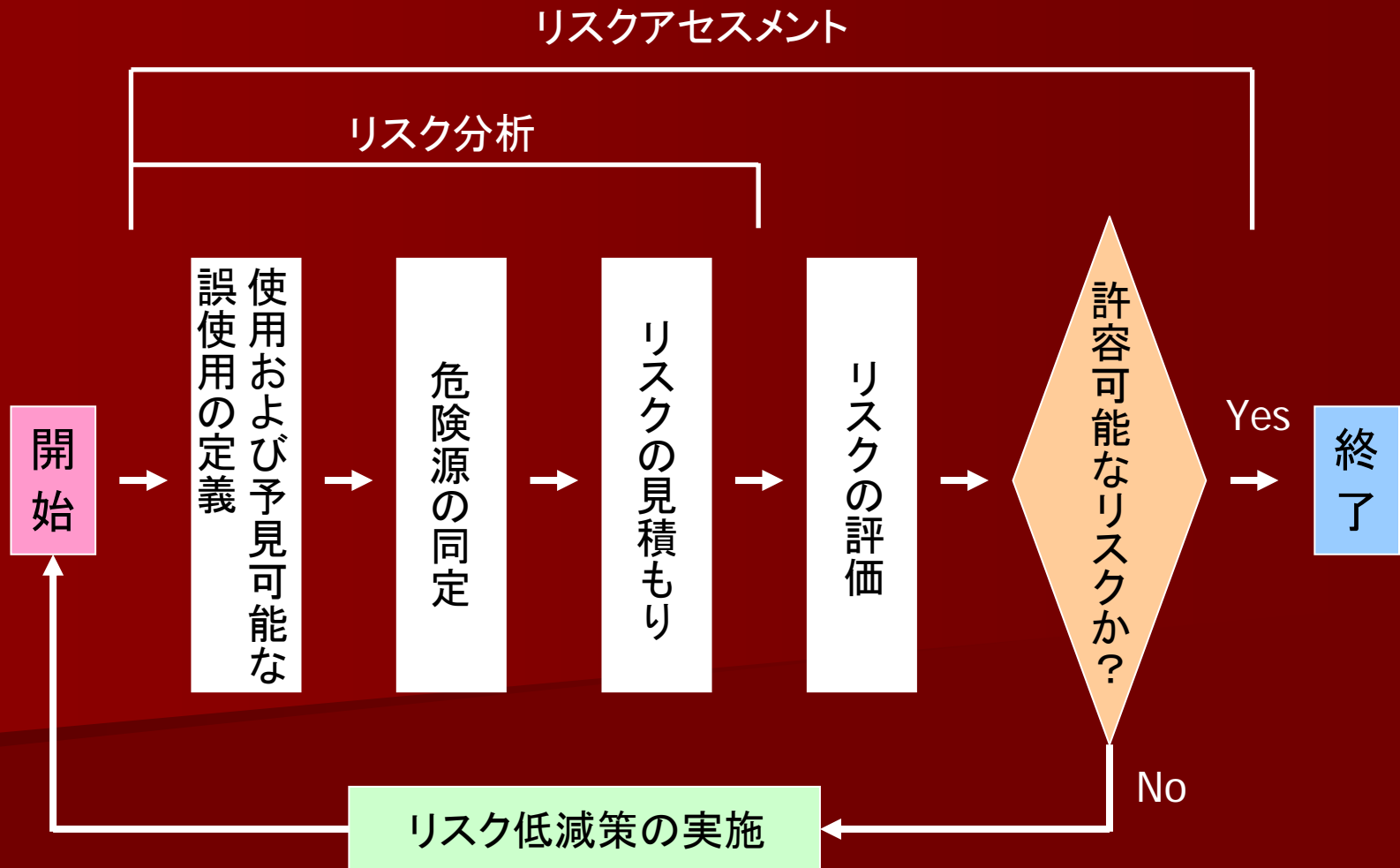


表に出てきているような大事故はまさに、氷山の一角なんだね。微小事故だからといって放っておいたらだめだよ。



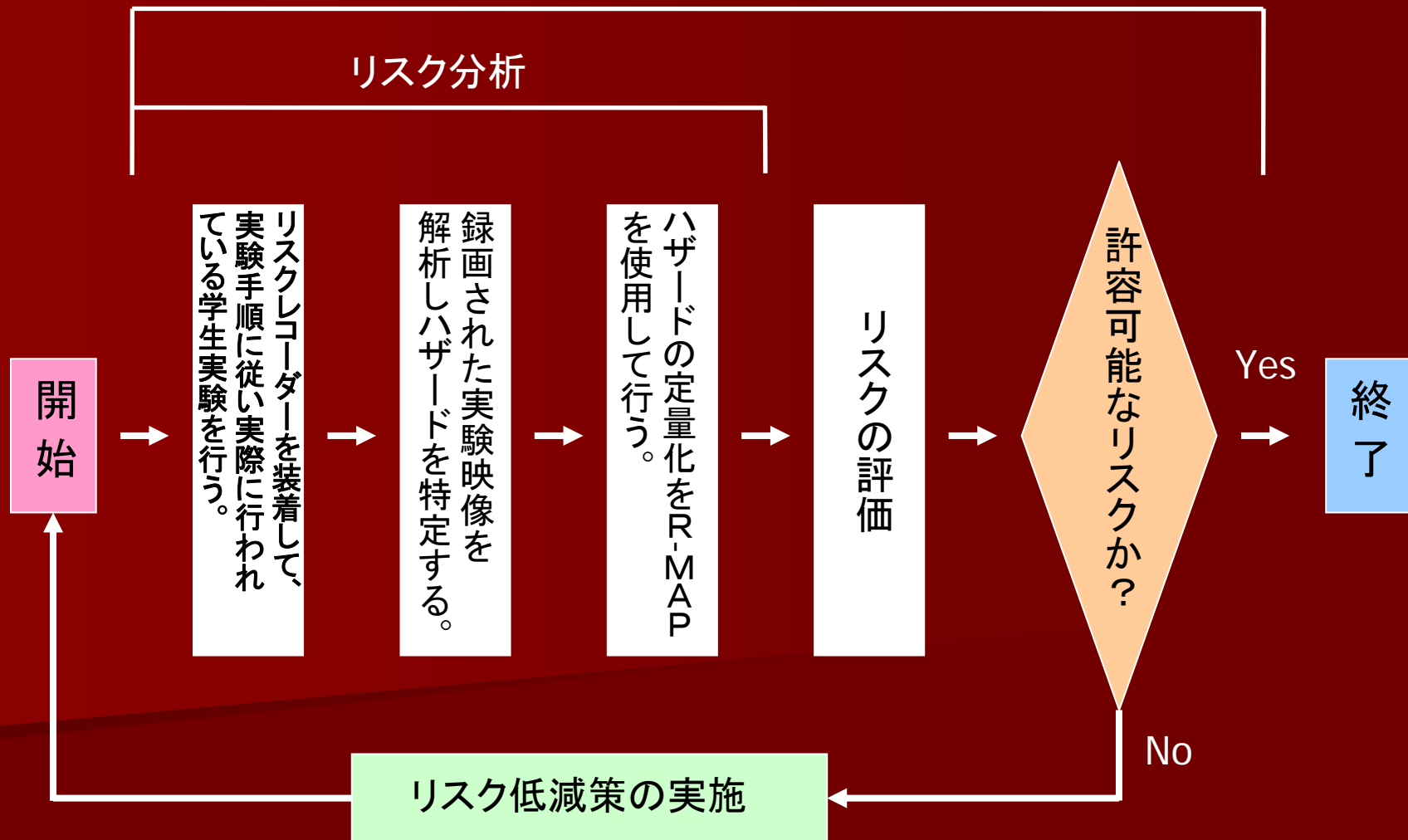
リスクアセスメント手順

一般的なリスクアセスメント手順



・学生実験におけるリスクアセスメント手順

リスクアセスメント



リスクレコーダーについて

• 装置の構成

ウェアラブル映像・音声レコーダー（品名: Risk Recorder 型番: 1RES001）



- ・RiskRecorder 本体 (CFメモリカード含む)
- ・レーザーポインター付 CCDカメラ
- ・専用サンバイザー
- ・ウェストポーチ
- ・バッテリー＋充電器
- ・配線ケーブル (イヤホンマイク付)
- ・LANケーブル (クロス)
- ・専用ソフトウェア



本体＋バッテリー
（安全装着用ケース付）

装置の特徴

- ・ 本体: 世界最小、最軽量の日本SGI株式会社製のUNIXサーバ
- ・ 本体の記録媒体: ディスクレス設計のため耐久性に優れ、故障率の低い商品
- ・ 内蔵1GBのCFメモリカードにて映像・音声蓄積 (3フレーム/秒で約8時間)
- ・ ヘルメットに装着可能な視点確認用レーザーポインタ付 CCDカメラ (生活防水対応)
- ・ ヘルメット装着時、使用可能なマイク・イヤホンセット

株式会社IPテクノサービス

・リスクレコーダーを実際に装着したところ



・リスクレコーダーによる分析の流れ

・対象学生実験の撮影

実際にリスクレコーダーを装着してもらい、撮影する。



・映像の変換

撮影した映像を一般的な動画の画像形式に変換する。

MotionJPEG → AVI(MPEG変換)



・動画眼による映像解析(ハザードを特定する。)

動画眼を用いて再生画像に対するコメントを書き込む。



・R-MAPを作成しハザードの定量化を行う。

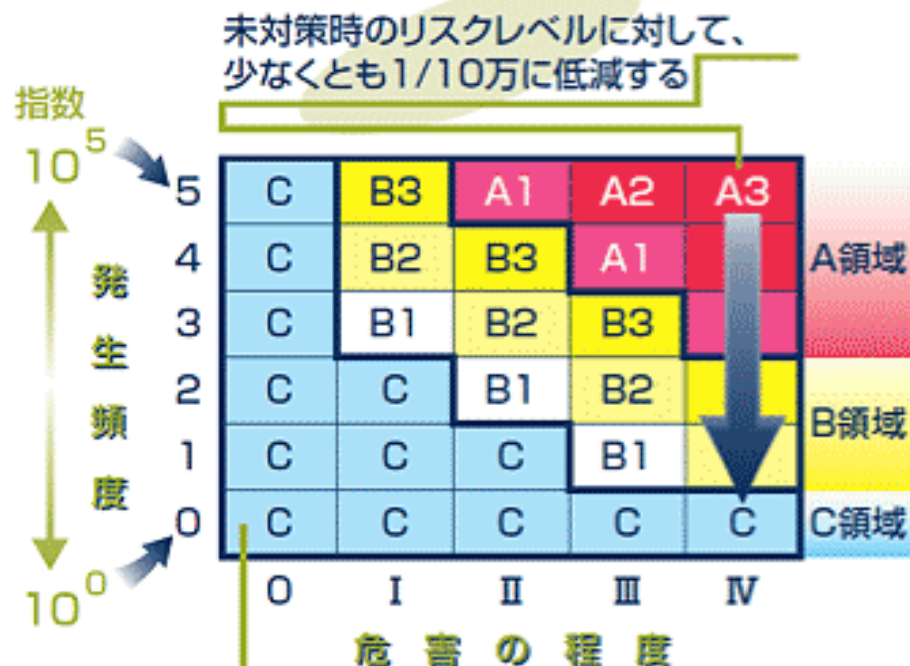
ハザード・マトリックスを作成し、リスクファインディングを行う。

R-MAPとは

- R-Map(Risk Map:リスクマップ)とは、縦軸に「発生頻度」、横軸に「危害の程度」のマトリックスを使用して、リスクの大きさを表現する手法。受入れられないリスク領域や安全領域をビジュアルに表現することが可能である。対策前のリスク、対策のリスク低減効果、対策後のリスクを同じマトリックス上に記入することができ、製品、システムレベルにおける安全設計仕様の作成、事前・事後の安全性評価に有効である。

R-Mapで表現する安全の概念

リスク・マップ



Intolerable region

受入れられないリスク領域。(耐えられない)

ハザードがもたらす危害の程度やその発生頻度を減少することにより、他のリスク領域までリスクを低減することが求められる。

死亡や重傷あるいは後遺症の生ずる障害を発生させる確率が社会的に受入れられないレベルであり、リスクが低減できない場合は、製品化を断念すべき領域。

ALARP region

危険／効用基準あるいはコストを含めてリスク低減策の実現性を考慮しながらも、最小限のリスクまで低減すべき領域。

Broadly acceptable region

他の受入れられているハザードから生じるリスクと比較しても、危害の程度や発生頻度は低いと考えられ、無視できると考えられるリスクの領域。

・危害の程度と発生頻度

・危害の程度

「無傷(0)」から「致命的(Ⅳ)」
の5段階で評価する。

・発生頻度

「考えられない」から「頻発する」
の6段階で評価する。

Ⅳ	致命的	死亡
Ⅲ	重大	重傷、入院 治療を要す
Ⅱ	中程度	通院加療
Ⅰ	軽微	軽傷
0	無傷	なし

5	頻発する
4	しばしば頻発する
3	時々発生する
2	起こりそうにない
1	まず起こり得ない
0	考えられない

・学生実験におけるR-Map様式

予測発生頻度

5	C	B3	A1	A2	A3
4	C	B2	B3	A1	A2
3	C	B1	B2	B3	A1
2	C	C	B1	B2	B3
1	C	C	C	B1	B2
0	C	C	C	C	C

0

I

II

III

IV

危害の程度

A領域 : 受けいられない
リスク領域

B領域 : 最小限のリスクまで
低減すべき領域

C領域 : 無視できるリスク領域

予測発生頻度:
通常は発生頻度だが、ヒヤリ・
ハットを対象とした学生実験に
おいては予測発生頻度として
プロットする。

・安全対策レベルとリスクの大きさ

安全対策レベル	要求事項	適用可能リスクの大きさ		
①リスクの除去	システム自身からリスクそのものを除去する。 危険な状態が発生しないこと。	A	B	C
②リスクの低減	システム自身でリスクを低減する。 危険な確率、危害の程度が軽減されること。	(A)	B	C
③安全装置	危険な状態に陥るが、重大な危害が発生する前に自動的にその状態を回避する。		B	C
④警報	危険な状況を自動的に検出し、操作者などに、 危険な状態になっていることを知らせる。		B	C
⑤取説・注意表示	残余のリスクに対して、あらかじめ情報提供を行うこと。教育・訓練も含む。		(B)	C
⑥対策せずともよい	なし			C

管理工学科IE実験のリスクアセスメント

■ 管理工学科IE実験とは

管理工学科の3年生を対象として行われている学生実験で、ここでは組立作業の改善を通して、仕事のシステムの分析方法や問題点の発見方法、さらに、仕事のシステムを設計・改善するための考え方を学ぶ。具体的には、実際に工場で行われているコピーマシンの部品や身近な部品の組み立て作業を改善し、その成果をグループごとに発表する。

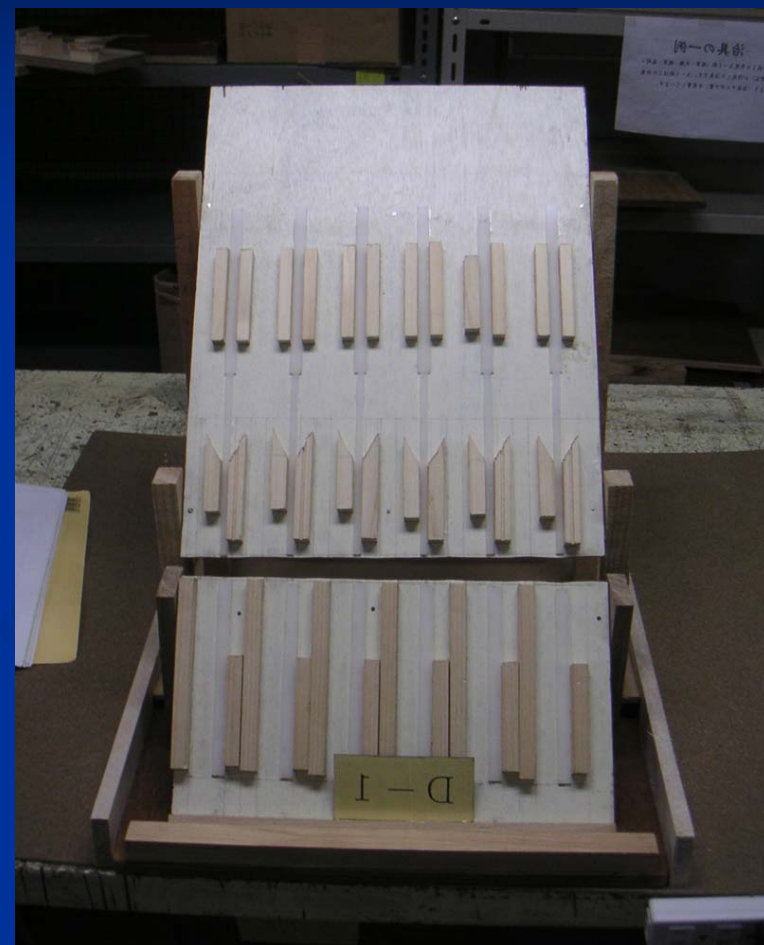


・IE実験におけるリスクアセスメント対象作業

部品の組み立て作業の改善を考
えるとき、それを補助する治具を実
験中に製作する。このときにボール
盤や電動糸のこ盤を使用して主に
木工作業をする。この作業を対象
として行った。また、通行中にリスク
がないかも確かめる。

対象作業

- ・ボール盤作業中のリスク
- ・電動糸のこ盤作業中のリスク
- ・実験時通行中のリスク



治具(フィーダー組み立て)の例

・カメラを装着して行った実際の実験映像



・動画眼による映像解析

動画眼:ビデオ記録(動画ファイル)を見返しながら特定シーンにコメントなどを書き込めるツール。



・映像解析によって見いだされた危険状況

No.	記号	分類	該当項目	見出された危険状況	危害の程度0～Ⅳ	予測発生頻度0～5	リスクの大きさA～C
1	A1	A	1	機械科実習室前の障害物にぶつかる。	I	2	C
2	A2	A	2	実験室入り口のドアに指を挟む	II	1	C
3	A3	A	3	24棟校舎の上階から人が落ちる	IV	0	C
4	A4	A	4	24棟校舎上階から物が落下してくる	III	0	C
5	A5	A	5	機械科実習室前障害物につまずき転倒する	II	1	C
6	A6	A	6	実験室入り口横の板が倒れてきて入り口をふさぐ。	II	2	B1
7	B1	B	1	実験準備室のドアがいきなり開きぶつかる	I	2	C
8	B2	B	2	実験準備室のドアに指を挟む	II	1	C
9	B3	B	5	工具箱を誤って足の上に落とし足を負傷する	II	1	C
10	B4	B	6	クリーンルーム前の2重置きガスボンベに躓き転倒する	II	2	B2
11	C1	C	1	階段に頭をぶつける。	II	3	B1
12	C2	C	2	実験室内の各ルームの扉に手を挟む	I	1	C
13	C3	C	3	実験室の2階から人が落ちてくる	III	0	C
14	C4	C	4	実験室の2階から物が落ちてくる	II	1	C
15	C5	C	5	工作場の障害物に躓き転倒する	II	1	C
16	C6	C	6	材料置き場の物が転倒する	I	1	C
17	D1	D	9	剥き出しになった刃で手を切る	II	1	C
18	E1	E	7	糸のこの刃に着ているものを巻き込まれる	II	1	C
19	E2	E	8	作業中、後ろから押されて上下振動中の糸のこの刃に触れ、負傷する。	II	2	B1

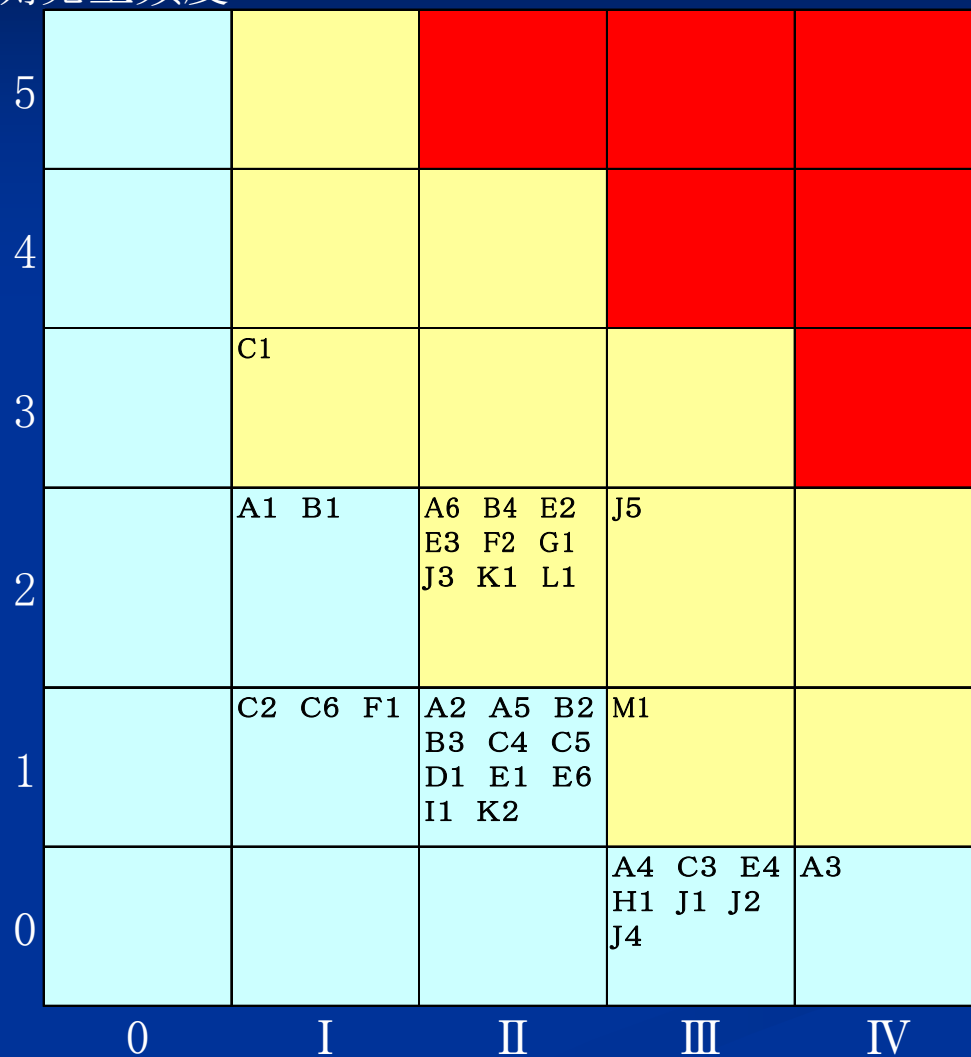
No.	記号	分類	該当項目	見出された危険状況	危害の程度0～Ⅳ	予測発生頻度0～5	リスクの大きさA～C
20	E3	E	9	細い板を切断するとき刃に指が触れて指を切ってしまう。	II	2	B1
21	E4	E	10	作業中、断線したコードで感電する	III	0	C
22	E5	E	11	作業中、切断した材料が飛んでケガをする	II	0	C
23	E6	E	12	作業中、糸のこの刃が折れて飛んでケガをする	II	1	C
24	F1	F	7	完全に止まっていないときに材料を動かして負傷する	I	1	C
25	F2	F	9	通電されたまま刃を取り替えていて誤ってスイッチが入って負傷する。	II	2	B2
26	G1	G	9	糸のこの刃をむき出しのまま掃除をして、指を負傷する。	II	2	B1
27	H1	H	11	木工のみ使用可能な金属を切つてその材料が飛び負傷する	III	0	C
28	I1	I	9	ドリルの刃で指を切る	II	1	C
29	J1	J	7	ドリルの刃に洋服を巻き込まれる	III	0	C
30	J2	J	8	回転中のドリルの刃で誤って指を切断する	III	0	C
31	J3	J	9	作業中、後ろから押されて回転中のドリルの刃に触れ、負傷する。	II	2	B1
32	J4	J	10	作業中、断線したコードで感電する	III	0	C
33	J5	J	11	金属板の穴あけ作業中に、材料を固定せず、材料自身が回転して指を切る。	III	2	B2
34	K1	K	7	通電されたまま刃を取り替えていて誤ってスイッチが入って負傷する。	II	2	B1
35	K2	K	9	剥き出しになったドリルの刃で手を切る	II	1	C
36	L1	L	9	ドリルの刃をつけたまま掃除をして、指を負傷する。	II	2	B1
37	M1	M	11	保護メガネの着用を忘れ目を負傷する。	III	1	B1

・IE実験ハザード・マトリックスの作成

			実験状況・形態（分類A～M）												合計	
			通行時			電動糸鋸盤作業時					ボール盤作業時					
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		M
			外から実験室に向かう時の危険	実験室から準備室に向かう時の危険	実験室内通行時の危険	静止状態での危険	作動中の危険	作業終了時の危険	後片付けのときの危険	誤った使い方での危険	静止状態での危険	作動中の危険	作業終了時の危険	後片付けのときの危険		誤った使い方での危険
ハザード	①	ぶつかる(接触を含む)	2	1	3										6	
	②	挟む	2	2	1										5	
	③	(人の)落下	1		1										2	
	④	(物の)落下	1	1	2										4	
	⑤	(人の)転倒	1	3	1										5	
	⑥	(物の)転倒	3		1										4	
	⑦	巻き込む					2	2			2	3			9	
	⑧	切断					3				1				4	
	⑨	切る				2	3	3	3		2	3	2	3	18	
	⑩	感電					1				1				2	
	⑪	材料が飛ぶ					2			2	3			3	10	
	⑫	折れる					1								1	
	⑬	その他														
		使用状況別 合 計	10	7	9	2	12	5	3	2	2	10	5	3	3	

・IE実験におけるR-Map(対策前)

予測発生頻度



B2領域: 1項目
B1領域: 11項目
C領域: 25項目

危害の程度

・IE実験における改善を要する危険状況(B2, B1)

・実験室近辺における通行中のリスク

- ①クリーンルーム前の2重置きガスボンベに躓き転倒する
- ②入り口横に置いてある板が倒れてきて入り口をふさぐ。
- ③階段に頭をぶつける。

・電動ボール盤作業中のリスク

- ①通電されたまま刃を取り替えていて誤ってスイッチが入って負傷する。
- ②保護めがねの着用を忘れ目を負傷する。
- ③作業中、後ろから押されて回転中のドリルの刃に触れ、負傷する。
- ④金属板の穴あけ作業中に、材料を固定せず、材料自身が回転して指を切る。
- ⑤ドリルの刃をつけたまま掃除をして、指を負傷する。

・電動糸のこ盤作業中のリスク

- ①通電されたまま刃を取り替えていて誤ってスイッチが入って負傷する。
- ②細い板を切断するとき刃に指が触れて指を切ってしまう。
- ③作業中、後ろから押されて上下振動中の糸のこの刃に触れ、負傷する。
- ④糸のこの刃をむき出しのまま掃除をして、指を負傷する。

・IE実験におけるリスク低減措置の実施

No.	記号	分類	該当項目	見出された危険状況	危害の 程度0～ Ⅳ	予測発 生頻度0 ～5	リスクの大 きさA～ C	(必要な) 対策レベ ル	対策内容	危害の 程度	発生頻 度	リスクの大 きさ	対策レベ ル
6	A6	A	6	実験室入り口横の板が倒れてきて 入り口をふさぐ。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	板を奥の倉庫に移動する。	0	0	C	①
10	B4	B	6	クリーンルーム前の2重置きガスボンベに躓き転倒する	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	2重置きをしないように中央試験所に要請する。	Ⅱ	1	C	②
11	C1	C	1	階段に頭をぶつける。	Ⅱ	3	B1	③又は④ 以上	頭をぶつけそうな位置に保護パッドをつける。	0	3	C	③
19	E2	E	8	作業中、後ろから押されて上下振 動中の糸のこの刃に触れ、負傷す る。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	作業中は後ろの通行を禁止す る。後ろを通れないような位置 に固定する。	Ⅱ	1	C	②
20	E3	E	9	細い板を切断するとき刃に指が触 れて指を切ってしまう。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	ガイド治具を作製する。(安全 上、木製にする)	Ⅱ	1	C	③
25	F2	F	9	通電されたまま刃を取り替えてい て誤ってスイッチが入って負傷す る。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	スイッチ付きテーブルタップを 取り付け2重スイッチにする。	Ⅱ	1	C	③
26	G1	G	9	糸のこの刃をむき出しのまま掃除 をして、指を負傷する。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	糸のこの刃にカバーをかけない と掃除ができないようにする。	0	0	C	①
31	J3	J	9	作業中、後ろから押されて回転中 のドリルの刃に触れ、負傷する。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	作業中は後ろの通行を禁止す る。後ろを通れないような位置 に固定する。	Ⅱ	1	C	②
33	J5	J	11	金属板の穴あけ作業中に、材料を 固定せず、材料自身が回転して 指を切る。	Ⅲ	2	B2	③又は④ 以上	金属板に穴をあける作業に関し ては、技術職員が付き添う。	Ⅲ	0	C	②
34	K1	K	7	通電されたまま刃を取り替えてい て誤ってスイッチが入って負傷す る。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	スイッチ付きテーブルタップを 取り付け2重スイッチにする。	Ⅱ	1	C	③
36	L1	L	9	ドリルの刃をつけたまま掃除をし て、指を負傷する。	Ⅱ	2	B1	③又は④ 以上	ドリルの刃を返却後に、掃除用 具を渡す。	0	0	C	①
37	M1	M	11	保護めがねの着用を忘れ目を負 傷する。	Ⅲ	1	B1	③又は④ 以上	保護めがねを付けていないとド リルの刃を貸さない。	0	0	C	①

・実際のリスク低減措置

安全対策前

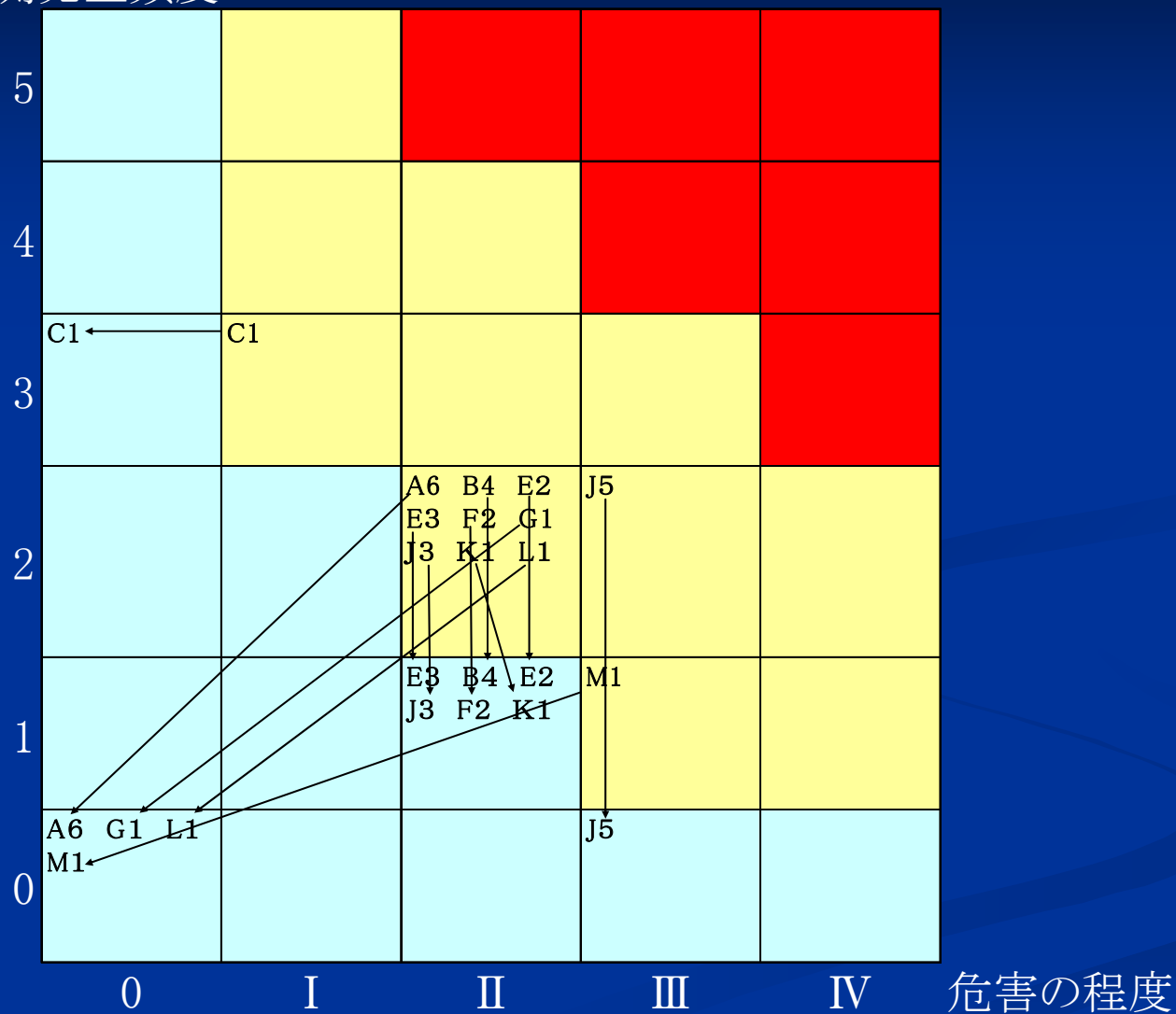


安全対策後



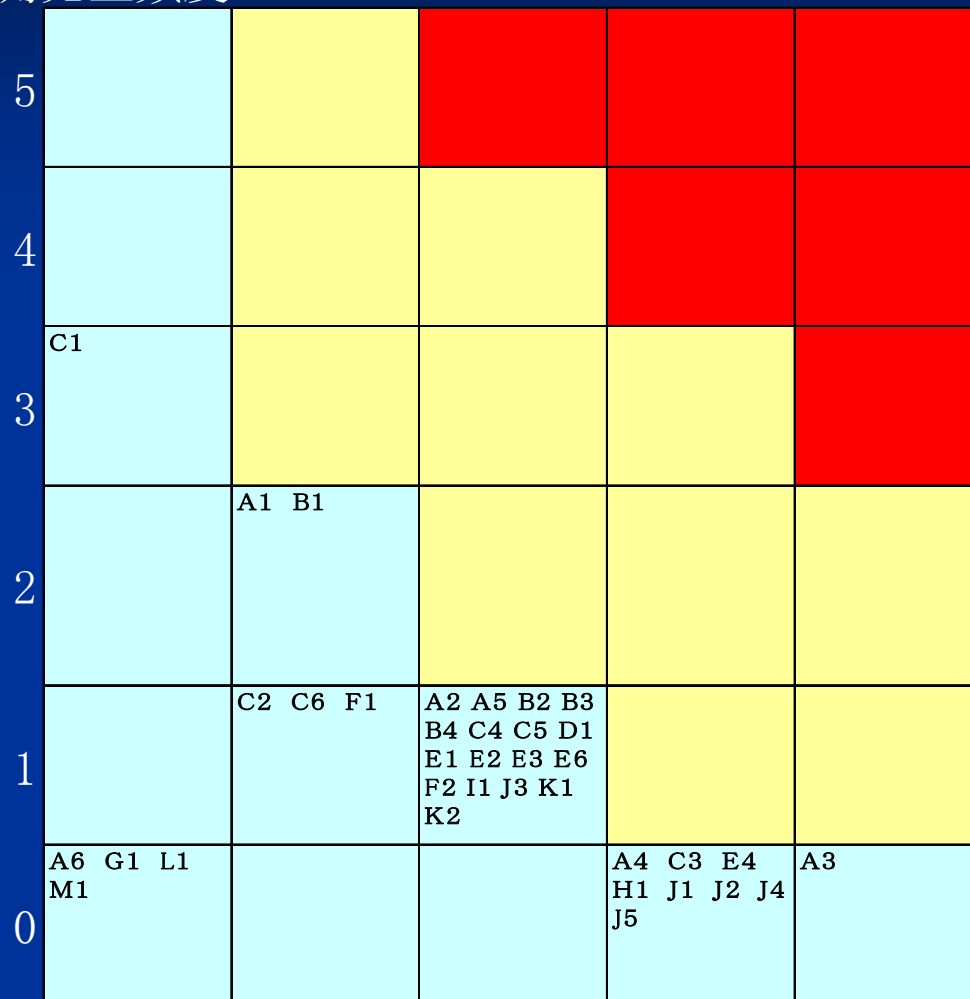
・安全対策実施によるリスク低減効果

予測発生頻度



・IE実験のR-Map(対策後)

予測発生頻度



A領域:0項目
B領域:0項目
C領域:37項目

0

I

II

III

IV

危害の程度

・学生実験におけるR-Mapの特徴と有効性

・特徴

- ①リスク分析を元に実験テーマに潜在しているいろいろなリスクをグラフに記載することができる。
- ②リスクをABC の3領域に層別して管理できる。
- ③B領域はリスクの低減努力、A領域が存在した場合は中止または根本的な見直しが必要であることが一目でわかる。
- ④改善前後の比較をビジュアルに行うことで改善成果を客観的に証明できる。

・有効性

新しい実験テーマを導入する際に行えば、安全性の高い実験環境が提供できる。



危険回避能力に差がある学生にも安全である。

まとめ

- ◆ 管理工学科のIE学生実験において潜在的なリスクを抽出することができた。このリスクアセスメントを行えば、実験中に発生する可能性のある事故の芽を摘むことができる。危険性のある潜在的なリスクをひとつずつ取り除いていけば、安全性の向上のみならず、危険回避能力に差がある学生でも安心して実験ができる環境を、提供できると考えている。今後の課題としては、撮影された画像の範囲が狭かったので、広角レンズなどを用いてカメラの視野角を広げるような工夫をしたい。また、今回は録画した画像を用いたが、無線によるリアルタイムでの解析も試みたいと考えている。

おわり