

Safety certification of service robot - wakamaru-

SIAS2005 in Chicago, USA

Takashi Kabe, NPO The Safety Engineering Laboratory

Application

ROBOTS

better life

Network

public sector

Service

Partner

medical welfare

Home

Entertainment

bio industry

Communication

Personal

manufacturing industry

Industrial



sensors

actuators

networking

2013

UBIQUITOUS society 2025



- Humanoide
- Two wheels
- Four foots
- Caterpillar
- unconscious**

virtual

visible

掃除ロボット



松下電器産業

50個のセンサーが搭載されており、ゴミを集める集塵系、床面や部屋形状、障害物を判断して自律走行する走行系、熱源や段差、外部からの力を判断する安全系といった系統に大別される。



テムザックの新型巡回警備ロボット「T63アルテミス」



NEDO TMSAK etc.



セコム 警備ロボット

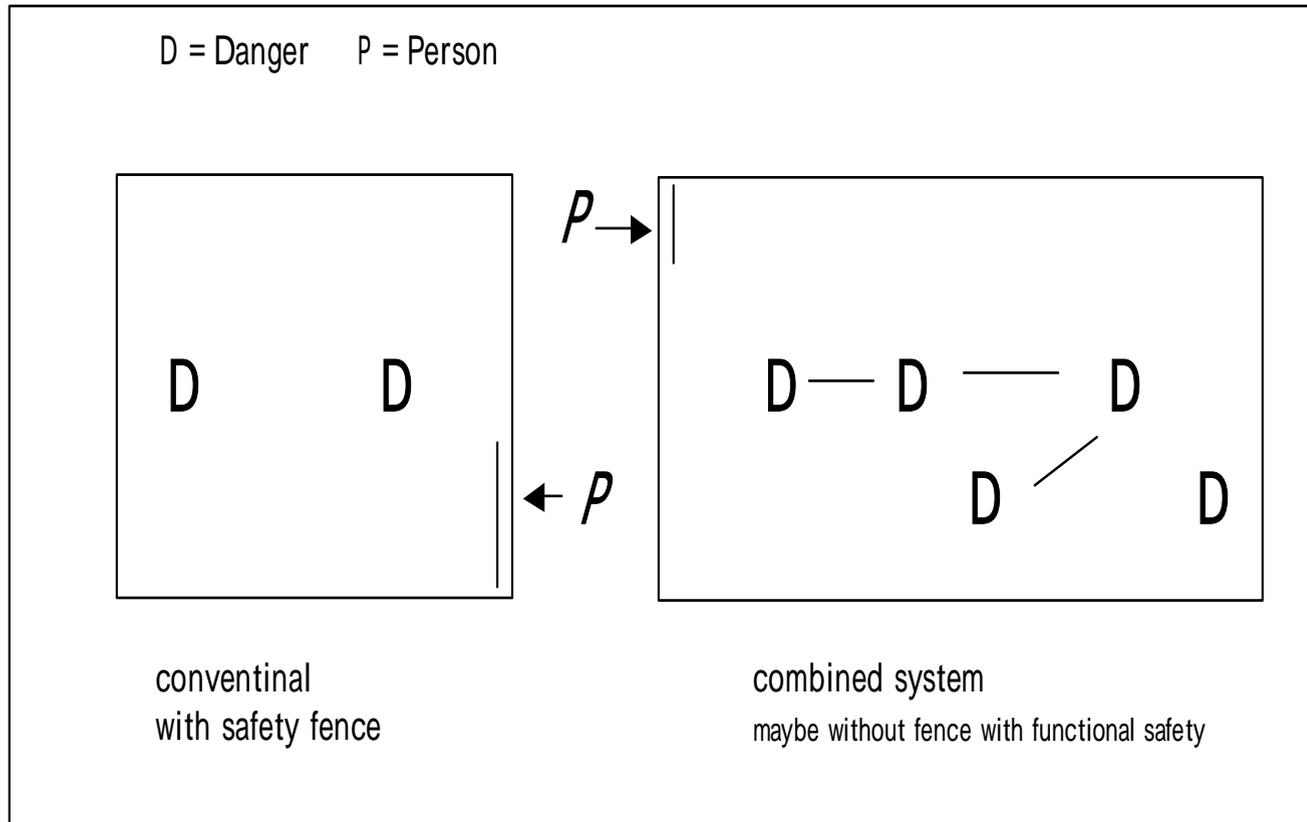


EPSON

TOSHIBA

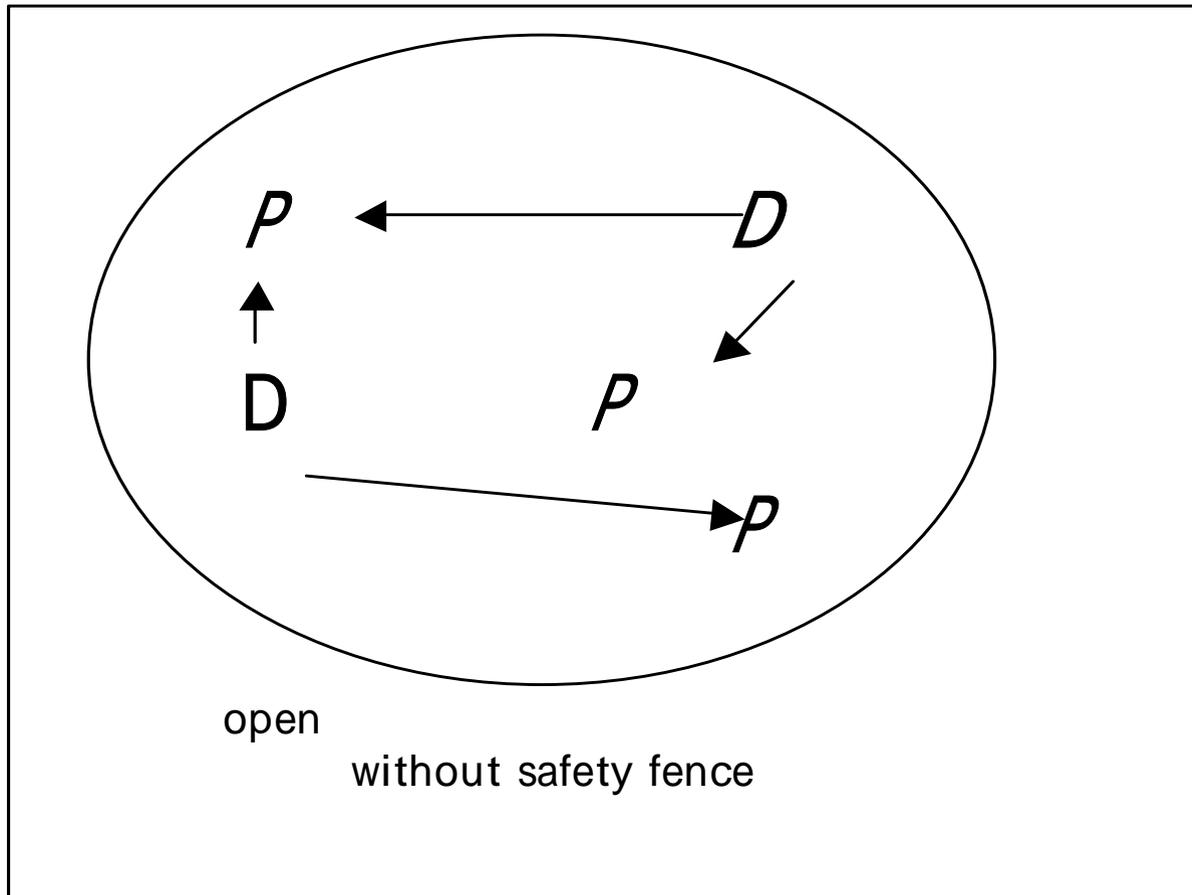


Conventional FA-Robot



e.g. Safety switch + lock out / tag out

Service Robot: co-exist with person



Sales start on 15.09.2005 for 14T\$



At first 100 limited edition
for TOKYO only.

High 1005mm

length 530mm

Width 480mm

Weight 25kg

Motors 6W,15W,70W

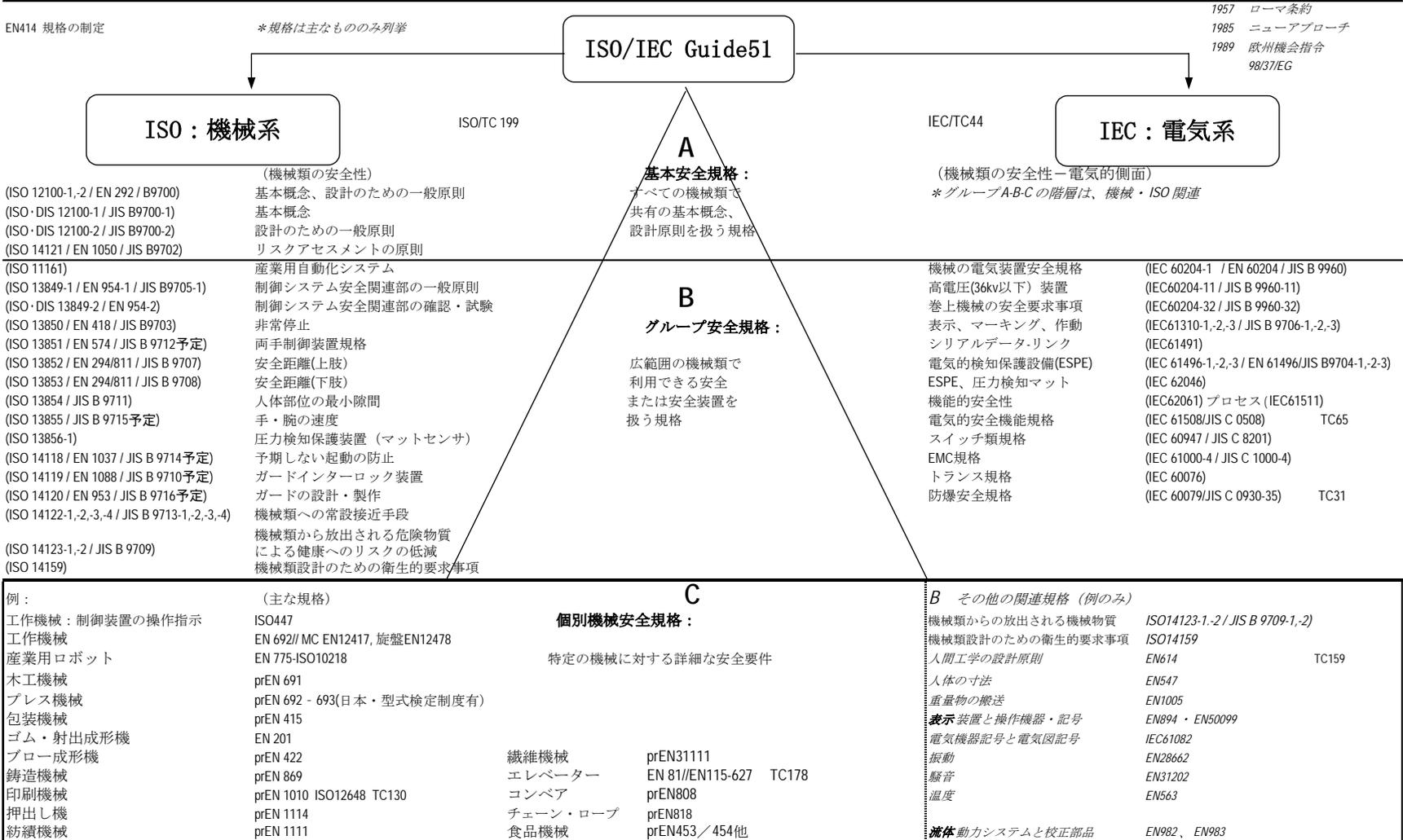
Speed 1 Km/h

Various sensors are not
regarded as safety



A-B-C-Standard for Machinery is too good for Service Robot ?

機械安全規格の階層と制度



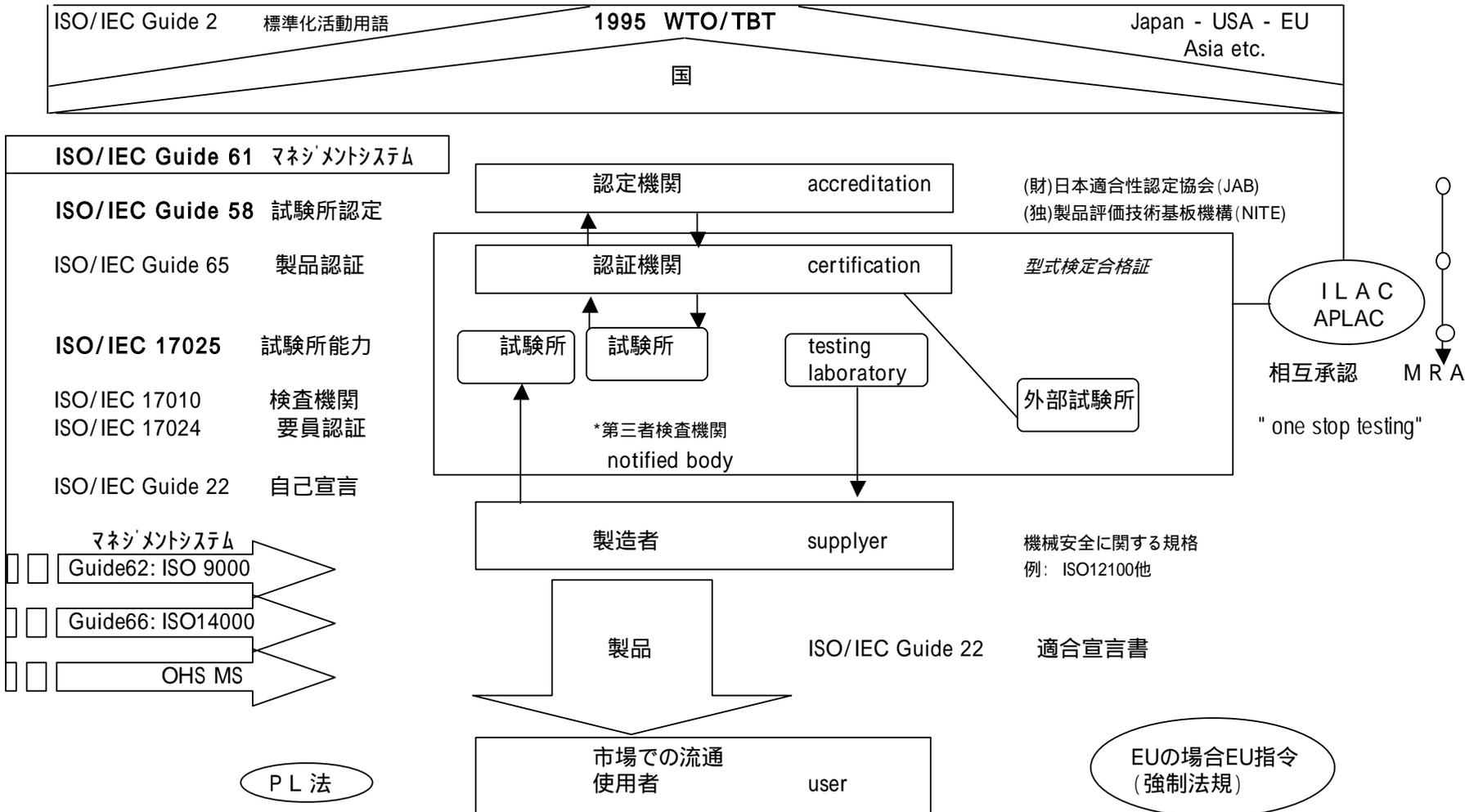
例 :

工作機械 : 制御装置の操作指示	ISO447
工作機械	EN 692// MC EN12417, 旋盤EN12478
産業用ロボット	EN 775-ISO10218
木工機械	prEN 691
プレス機械	prEN 692 - 693(日本・型式検定制度有)
包装機械	prEN 415
ゴム・射出成形機	EN 201
ブロー成形機	prEN 422
鋳造機械	prEN 869
印刷機械	prEN 1010 ISO12648 TC130
押し機	prEN 1114
紡績機械	prEN 1111

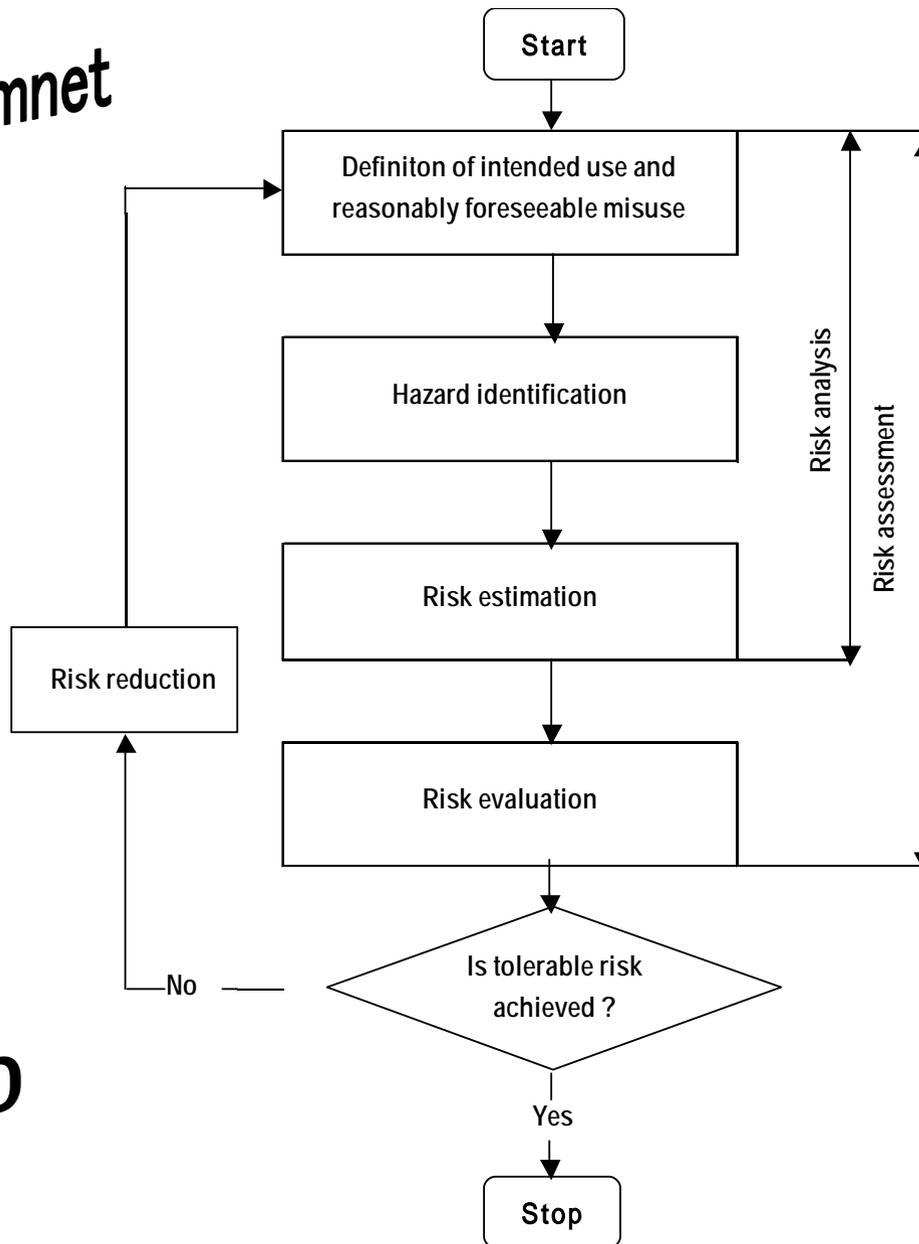
繊維機械	prEN31111
エレベーター	EN 81//EN115-627 TC178
コンベア	prEN808
チェーン・ロープ	prEN818
食品機械	prEN453 / 454他

機械類からの放出される機械物質	ISO14123-1,-2 / JIS B 9709-1,-2
機械類設計のための衛生的要求事項	ISO14159
人間工学の設計原則	EN614 TC159
人体の寸法	EN547
重量物の搬送	EN1005
表示装置と操作機器・記号	EN894・EN50099
電気機器記号と電気図記号	IEC61082
振動	EN28662
騒音	EN31202
温度	EN563
流体動力システムと校正部品	EN982、EN983

Conformity Assessment not yet possible



Risk Assessment



EN 1050

ANSI B11.TR3

Figure 1: Iterative process of risk assessment and risk reduction (ISO/IEC Guide 51:1999)

Impact test with dummy



Fig.5 Run away and crush
HIC value = ~ 1 (no harm)



Run away and hit the head
HIC value = ~ 1 (no harm)
Fig.7

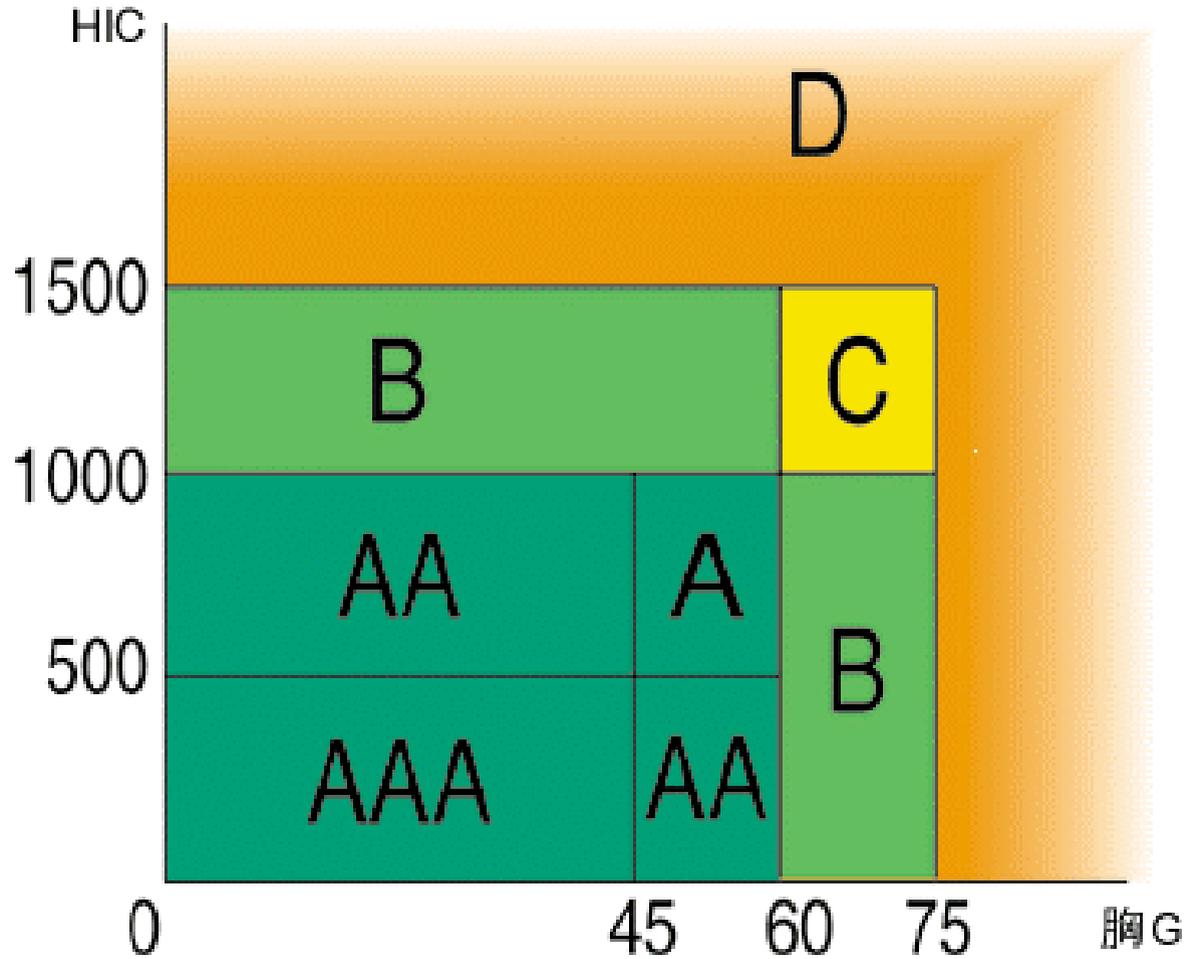


Cling to the robot, roll down together and hit the head
(Fig.8)
HIC value = ~ 1400 (not applicable!)

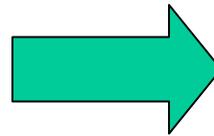
HIC value < 500



乗員傷害の評価区分



Advise from eye-doctor



First design

Pre-serial production

Risk Assessment for Wakamaru



接触の要因	危険状態の内容	対策前の評価				安全対策		対策後の評価				
		人身被害	物的損害	純粋経済損害	リスクの大きさ 頻度	内容	準拠法令・規格	人身被害	物的損害	純粋経済損害	頻度	
(1) ロボットの周辺にいる人に接触する	立ち話等で注意を払っていない人	接触し怪我をさせる			D	14	障害物センサで回避 / 停止する					D
	清掃作業などで注意を払っていない人	床、ガラス等を清掃している人にぶつかる			D	14	障害物センサで回避 / 停止する					D
	ペビーカーを動かして倒す	転倒させて怪我をさせる			D	14	障害物センサで回避 / 停止する					D
	死角から移動してくる人	出会い頭にぶつかる			C	10	(人の移動速度が速いのでセンサでの停止では間に合わない可能性が高い)					C
(2) 物体に接触する	清掃用の洗剤が入ったバケツなど、水気	水をこぼす			D	14	障害物センサで回避 / 停止する					D
	灰皿	吸殻を落として床を焦がす、火災を誘発する			D	8	障害物センサで回避 / 停止する					D
	看板・ごみ箱等	ぶつかって倒し、人に接触する			D	14	障害物センサで回避 / 停止する					D
	ドアなど構造物	ぶつかって破損させる			D	14	障害物センサで回避 / 停止する バンパセンサで停止する					D
	エレベータ	受付以外の場所へ行ってしまう。			D	14	段差センサで停止する					D
(3) 暴走(制御外)の動作	サーボ基盤の異常による暴走(腕 S1,S2軸 = 肩)	周囲の人の体に当たる目を突く			C	4	暴走監視基板を装着する(S1,S2軸)					E
	サーボ基盤の異常による暴走(腕 S3,E1軸 = 肘)	周囲の人の体に当たる目を突く			C	4	通常腕が動く範囲を限定する。(肘が上がる動作はせず、先端2軸が暴走しても目を突かないようにする)					D
	サーボ基盤の異常による暴走(台車)	周囲の人の体に当たる目を突く			C	4	暴走監視基板を装着する(台車) 走行中は腕の位置を下げしておく					D
	上位ソフトの異常による暴走(腕)	周囲の人の体に当たる目を突く			C	4	サーボレベルで異常値を受け付けず、速度・トルク制限をする					D
	上位ソフトの異常による暴走(台車)	周囲の人の体に当たる目を突く			C	4	サーボレベルで異常値を受け付けず速度・トルク制限をする 走行中は腕の位置を下げしておく					D

Risk Evaluation acc.to MIL-STD882D



harm →

frequency

被害の程度 被害の頻度	: 重大災害 (死亡、又は身体障害 等級第3級以上)	: 重症 (休業、又は身体障害 等級が第4~14級) 入院レベル	: 軽症 (不休業災害) 通院レベル	: すり傷障害 (不休業災害に至らな い災害) 通院もしないレベル
A: しばしば起こる (発生確率は耐用期間 中の 10^{-1} 未満を超える)	1 ×	3 ×	7	13
B: 耐用期間中に数 回起こる ($\# 10^{-1}$ 未満 であるが 10^{-2} を超える)	2 ×	5 ×	9	16
C: 耐用期間中に時 には起こる ($\# 10^{-2}$ 未 満であるが 10^{-3} を超え る)	4 ×	6	11	18
D: 耐用期間中に起 きそうもないが、可能 性はある ($\# 10^{-3}$ 未 満であるが 10^{-6} を超える)	8	10	14	19
E: 起きることは無い と推測される ($\# 10^{-6}$ 未満である)	12	15	17	20

- X 1-5 not tolerable
- 6-9 design change
- 10-17 no serious problem,
but partly design change
- 18-20 no change necessary



Some trials before sales start;

Monotor test at 30 families for >6 months

Demonstration during AICHI EXPO

From March to September 2005

NPO The Safety Engineering Laboratory



Main Trustees

Chairman

Prof.Noboru Sugimoto

University of Kitakyushu, Chairmann of the JNC of ISO/TC199(Machinery Safety), ex Vice Chairmann of The Robotic Society of Japan

<http://www.rsj.or.jp/index-e.html>

Vice Chairman

Prof.Masao Mukaidono

Meiji University, Chairmann of the Reliability Association of Japan

<http://www.sys.cs.meiji.ac.jp/~masao/new/index.html>

Vice Chairman

Prof.Kouichi Futsuhara

Nagaoka University of Technology, The Safety Engineering

<http://www.nagaokaut.ac.jp/e/index.html>

Vice Chairman

Prof.Kouichi Tanaka, Nagaoka University of Technology

Representative Trustee

Norihiko Karasawa

President of Photonics Corporation, Sponsore to the Nagaoka UoT

Representative Trustee

Takashi Kabe

Representative of Schmersal Japan Branch Office www.schmersal.com

Trustee

Kenji Suzuki, Chirman of JNC IEC/TE31 (Explosion Proof)

Dr.Tetsuya Kimura, Nagaoka University of Technology (Robocon)



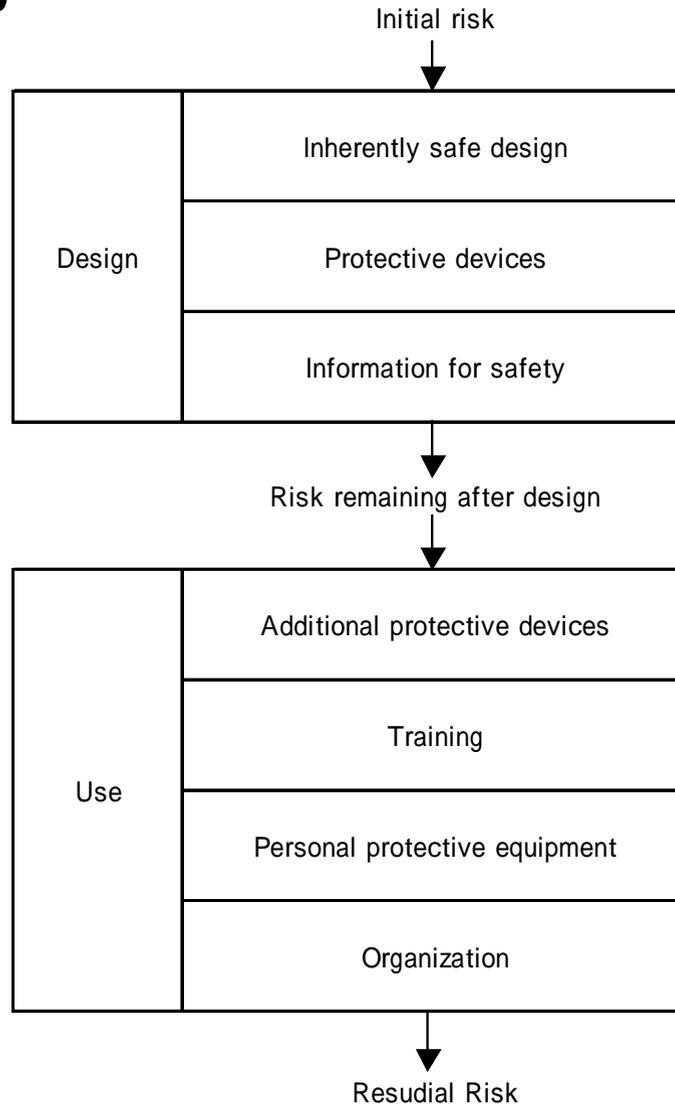
The Safety Concept based on Newton's Physics;
Whole the Sensors are NOT not safety related.

The traditional Newton's physics

$$ma=F$$

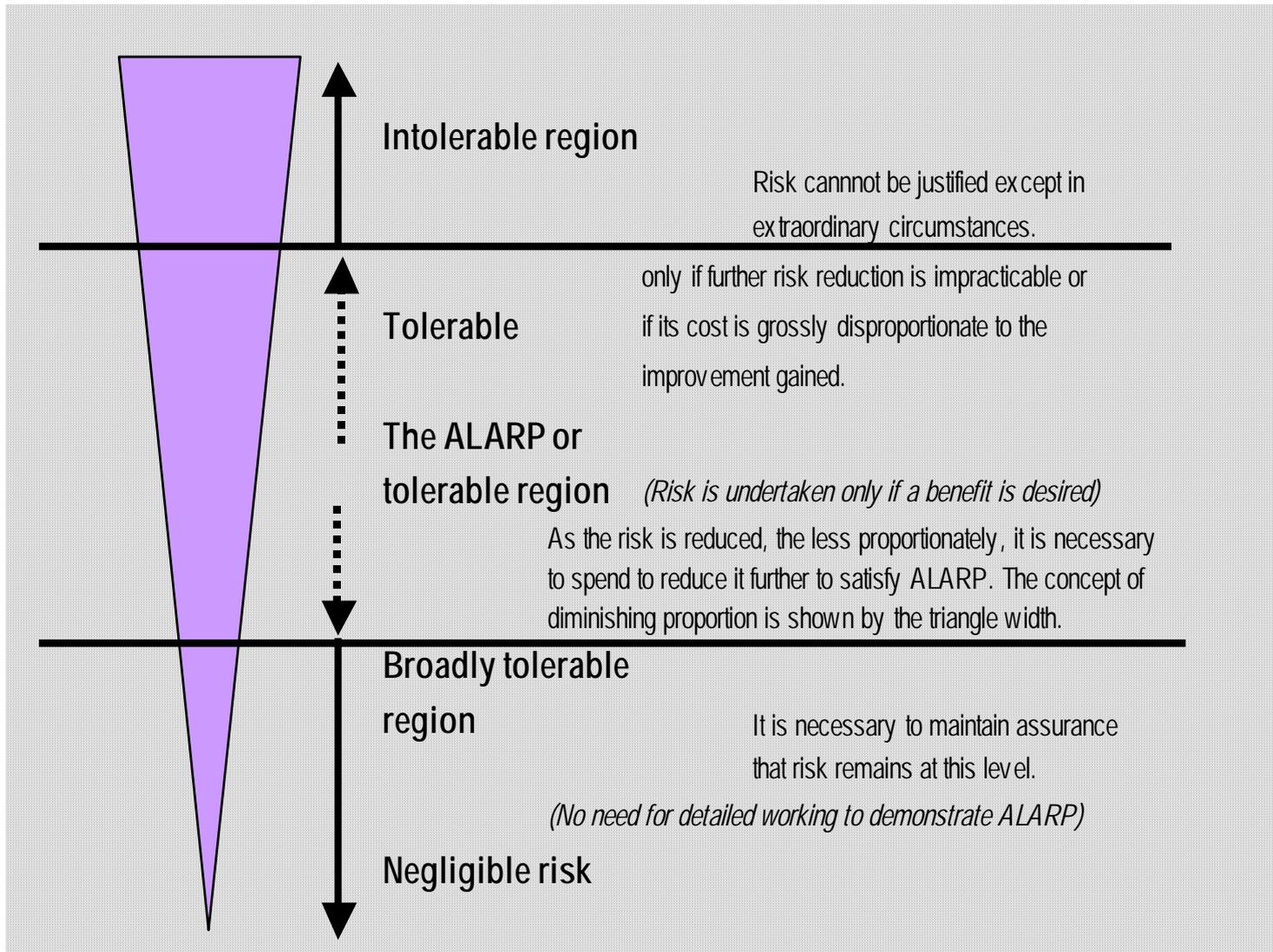
was the base of the inherently safety design and
the quantum physics with computer
was not considered for safety circuit.

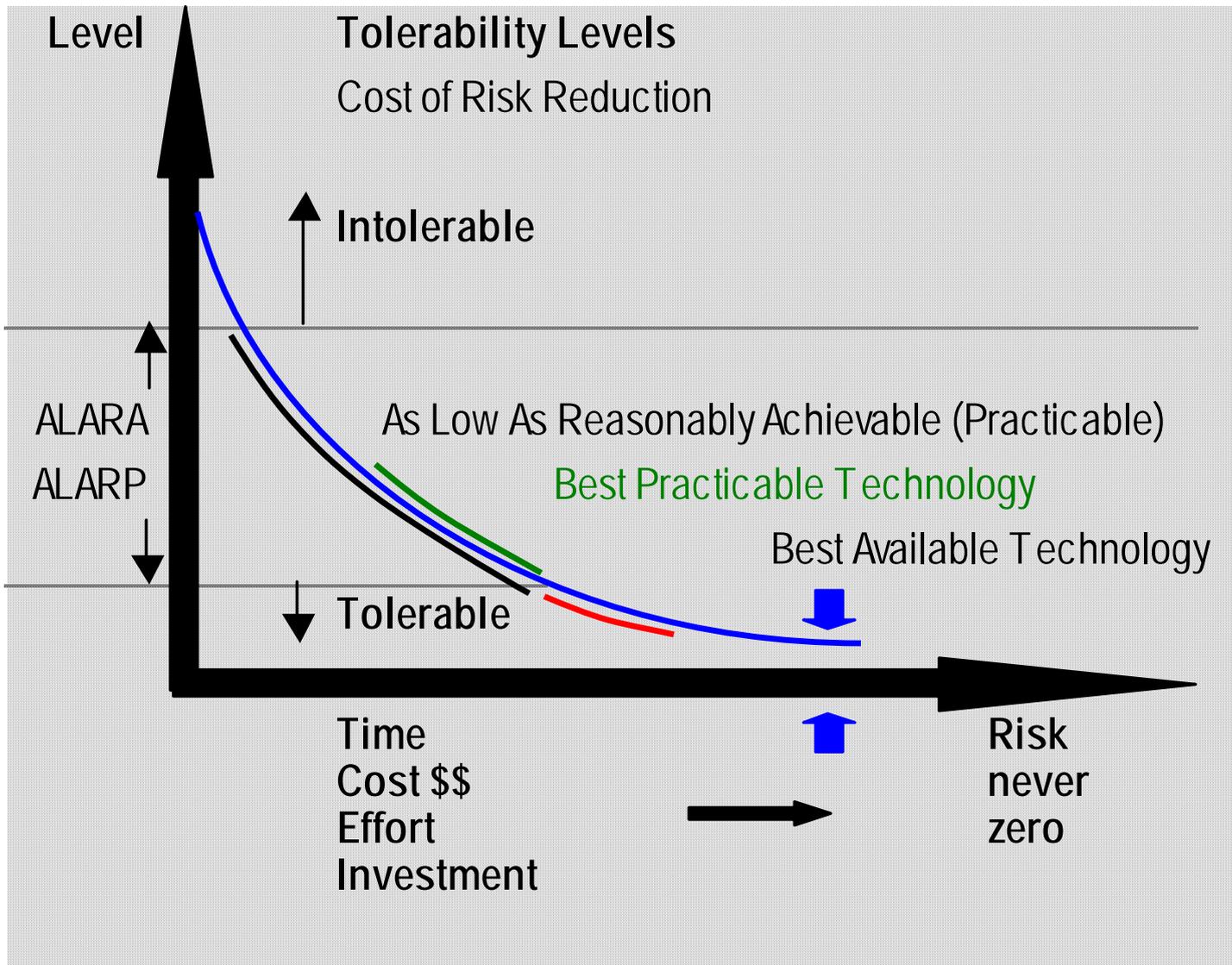
3 steps for safety design



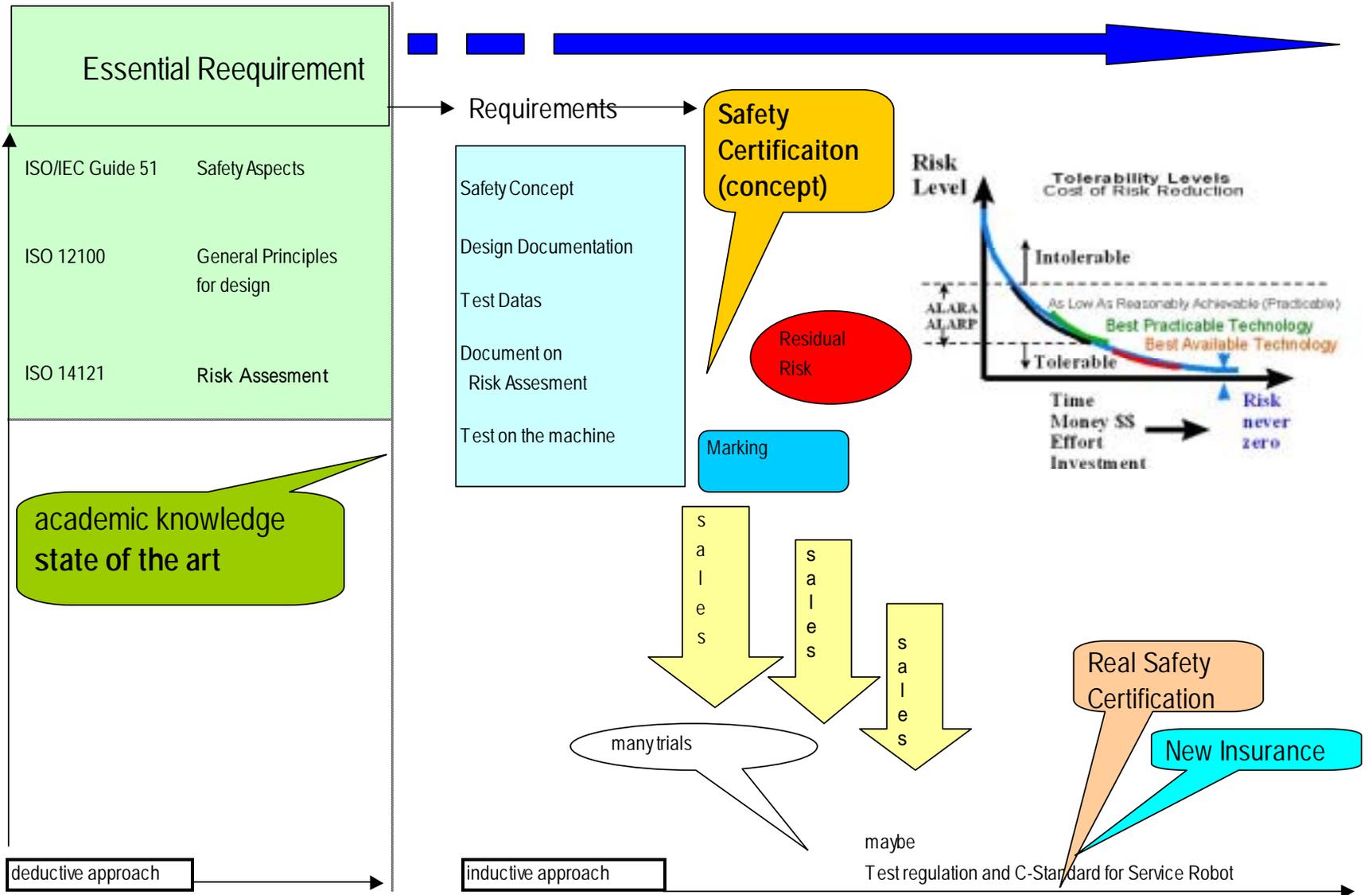
Critical Hazard [CH]

Fig.3 Risk reduction(ISO/IEC Guide 51:1999)





Certification Procedure



鑑 定 書

鑑 定 番 号 : NPO2-6001

申請者 氏名 三菱重工株式会社神戸造船所
住所 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町1-1-1

製品名 家庭用生活支援ロボットwakamaru
製品型式

使用目的 家庭で使用し、簡単な会話、留守番、オーナーの健康管理等実施
天気予報やニュースの提供も可能
接客対応は日本語、英語、中国語、韓国語の4ヶ国語

認証基準 ISO/IEC Guide 51に基づくリスク低減と本質安全設計
ISO14121に基づくリスクアセスメント

鑑定内容 ロボット寸法は高さ1005.5mm、横幅max.479mm(腕を降ろした状態)、
奥行531.6mm、質量25Kg、モーターは頭6W、首6W、肩15W×2、
肘6W×2、台車70W×2、移動速度300mm/sec.

これらがもたらすエネルギーは人に与える危険源としてはかなり限定されている。
本質安全設計を基本とした安全性の確保及び残留リスクとしてのクリティカル・
ハザード(CH)の見極めを実施した。

**特定非営利活動法人安全工学研究所の検査小委員会において
リスクアセスメント文書及び立会検査によって安全性が検証され、
同組織の安全認証委員会において、その検証の妥当性が確認された
事を証するものとする。**

鑑定書発給日 2005年9月15日
特定非営利活動法人安全工学研究所 検査小委員会 主査
安全認証委員会 委員長
杉本 旭 桑川 壯一

Certification –
Judgement by
competent persons

Varified safety design
by on site testing and
documentations,
identified CH and
Judgement for ALARP

Service Robots with good possibilities,
but also with hazards,
&
possibilities with unintended misuse.

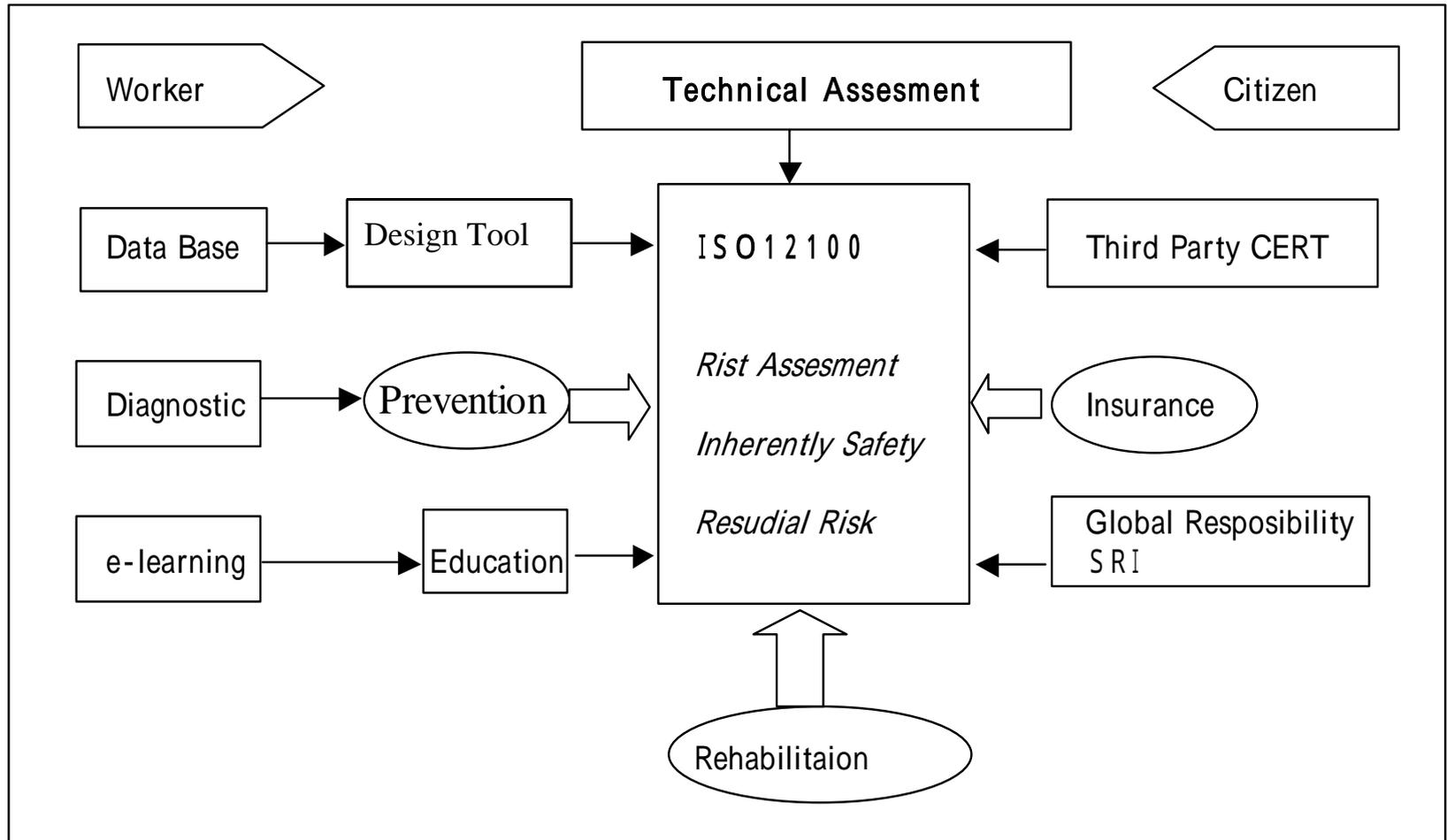
Lots of things have to be settled from now on.

The NPO will propose several values for safety in future.

We hope, this paper would contribute for way of thinking,
how the safety of service robot could be reached and
what kind of standard could be settled.



Technical Assesment before Risk Assesment?



NHKスペシャルの報道



疾走 ロボットカー ～アメリカ軍の未来戦略～

2004年5月16日(日)午後9時～9時49分

アメリカの砂漠で開かれたロボットカーレース。主催者は米国防総省。目的は戦場に投入するロボットの開発。20台の最新鋭マシンが参加した。アメリカ独特の技術開発の現場を紹介するとともに、兵士を死なせずに戦うというアメリカ軍の未来戦略を探る。



Temsuk Enryu rescue robot

