

失敗学

ーリスクとチャンスー

2012年6月13日
学術俯瞰講義にて
東京大学 中尾政之

※:このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。

失敗学の奥義

「人の振り見て我が振り直せ」: リスク重視

類似性に気付くことが大事

賞味期限の長い失敗知識を覚えると一生役に立つ

しかし、どの産業にもリスク重視が当てはまるとは限らない

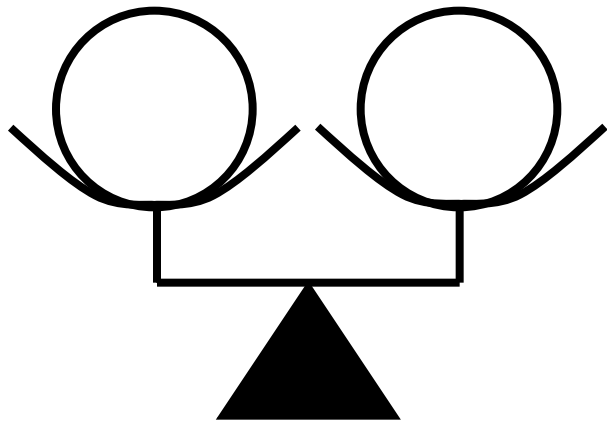
→ たとえば枯れた技術を使えない
ソフトウェアと情報機器では過去を振り返らない

→ 研究部門や新商品開発部門は
失敗を恐れていたなら何もできない: チャンス重視

チャンス

リスク

ベネフィット



ベネフィット重視:

ベネフィットが大きいと
ビジネスが続かない産業:
情報・娯楽・美容・研究

リスク重視:

リスクが小さくないと
ビジネスが続かない産業:
インフラ・食料・交通・教育

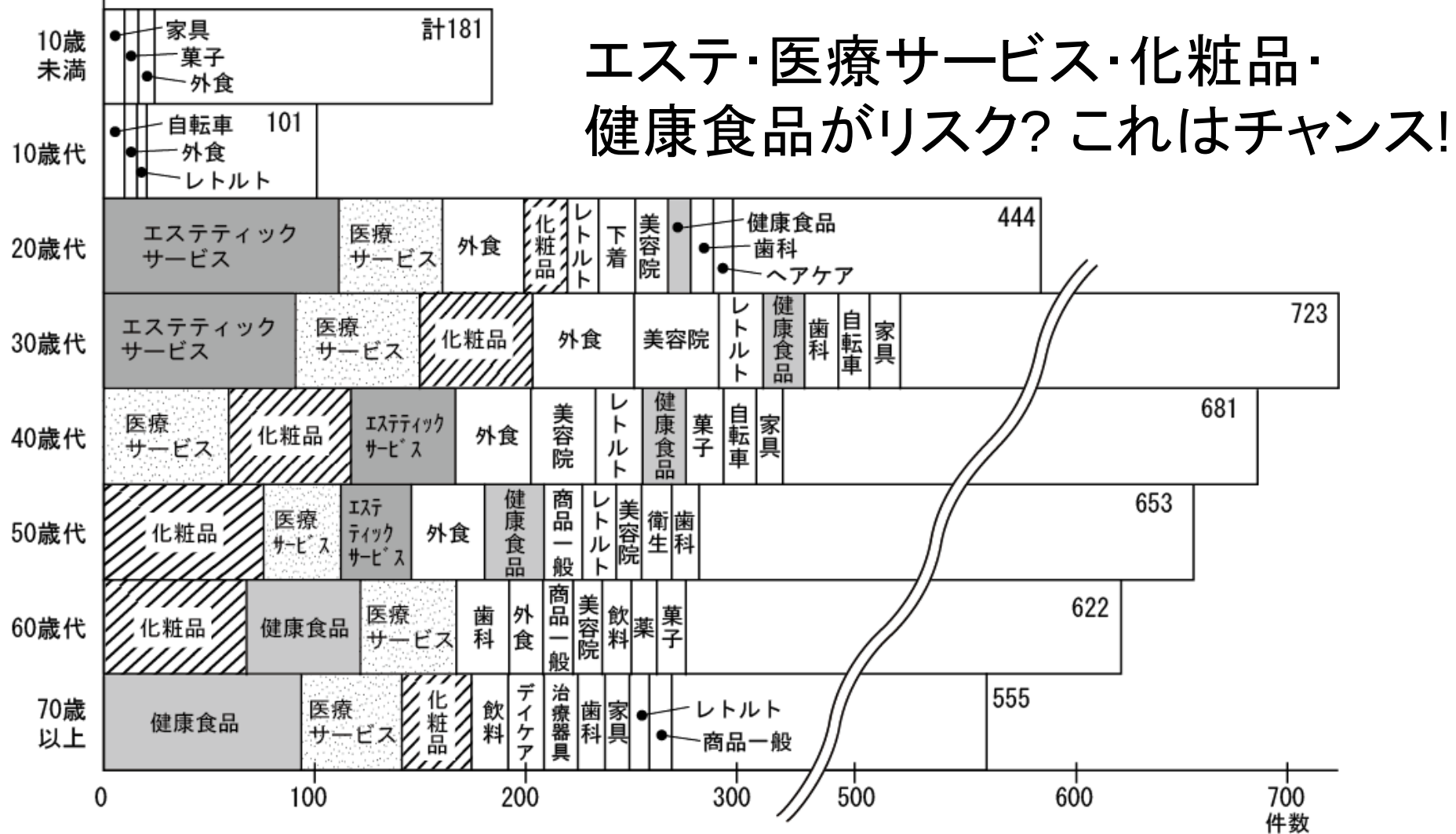


図1.3 年代別の危害発生上位の商品・役務(危害情報)

独立行政法人国民生活センターで管理・運営されている「全国消費生活情報ネットワーク・システム(PIO-NET)」および「危害情報システム」で収集された、H21.9.1~H.22.3.31の危害情報4422件から、年代不明を除く3960件を使用して作図

出典「消費者事故等に関する情報の集約及び分析の取りまとめ結果の報告」(平成22年6月 消費者庁)

中尾先生ご提供画像

クレームのほとんどは“ベネフィット重視”の商品

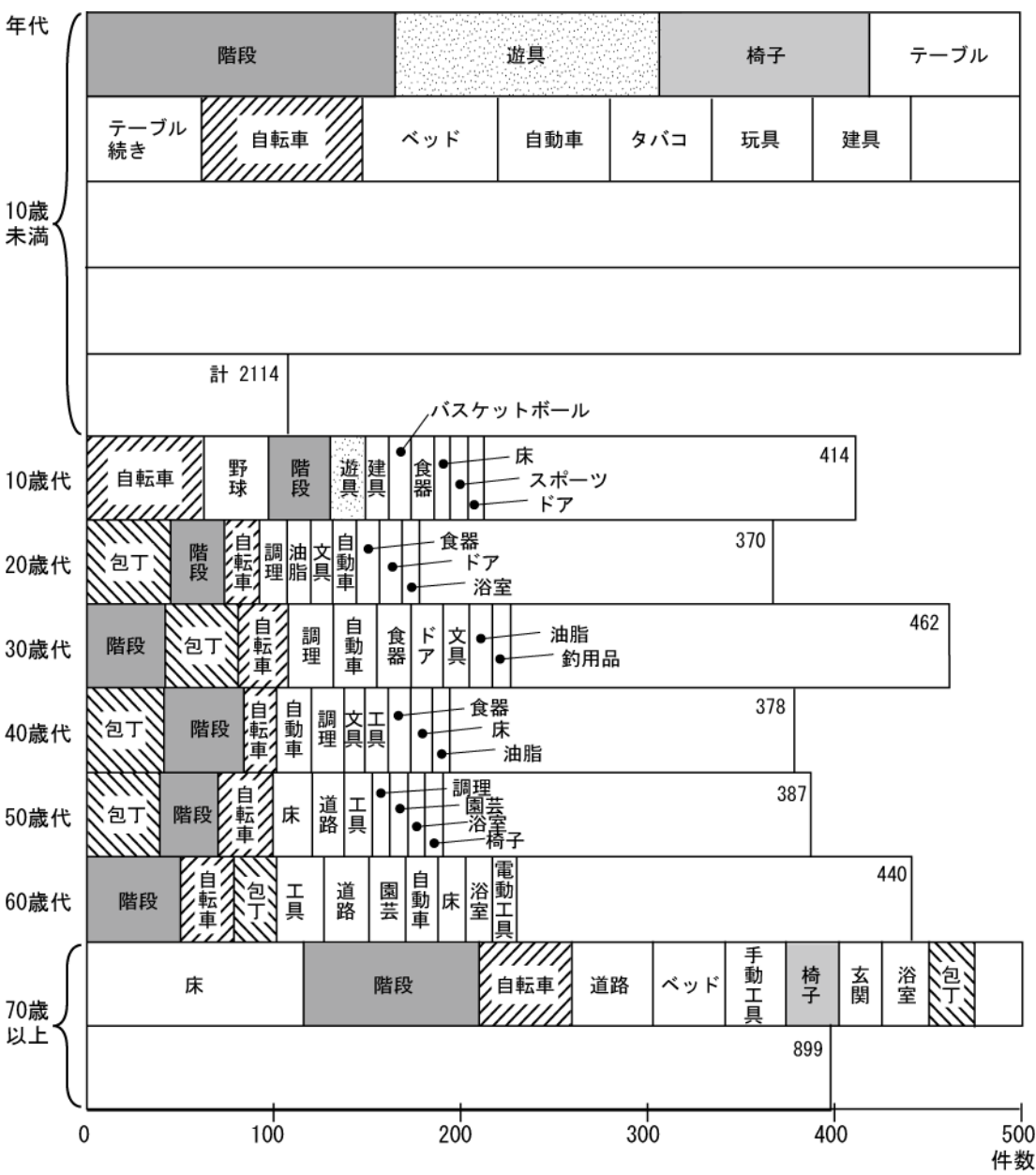


図4 年代別の危害発生上位の商品・役務(病院情報)

事故のほとんどは
日常生活の
家庭内の事故
階段・包丁・自転車・
遊具・椅子が問題
→無いと暮らして
いけないので、
誰も文句を言わない
→チャンスでもリスクでも
ない？

独立行政法人国民生活センターが協力依頼する病院から収集されたH21. 9. 1～H. 22. 3. 31の5464件を用いて作図
出典「消費者事故等に関する情報の集約及び分析の取りまとめ結果の報告」(平成22年6月 消費者庁)

中尾先生ご提供画像

チャンスが裏目というリスクもある

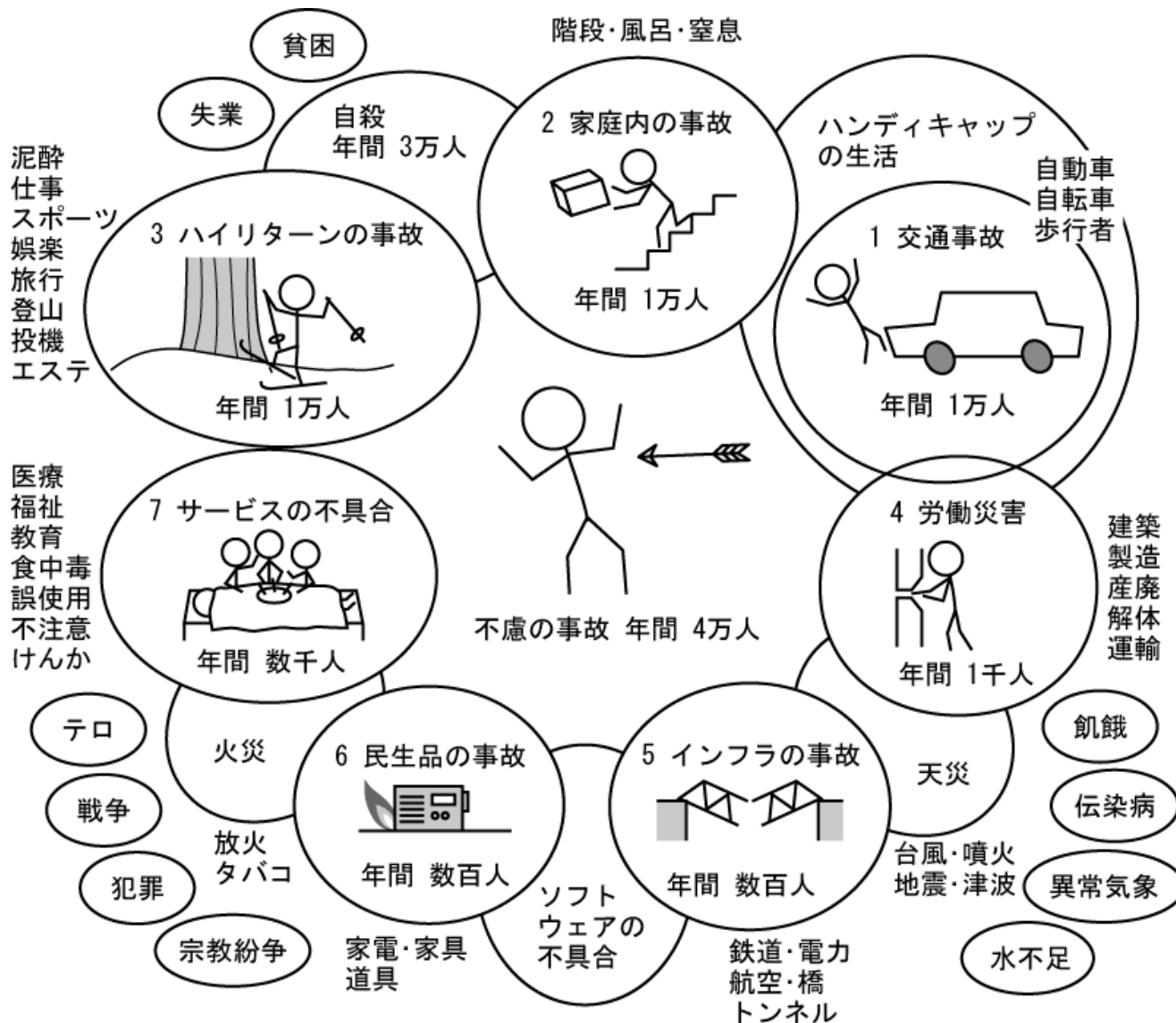


図1.1 普通の日本国の国民が感じるリスク

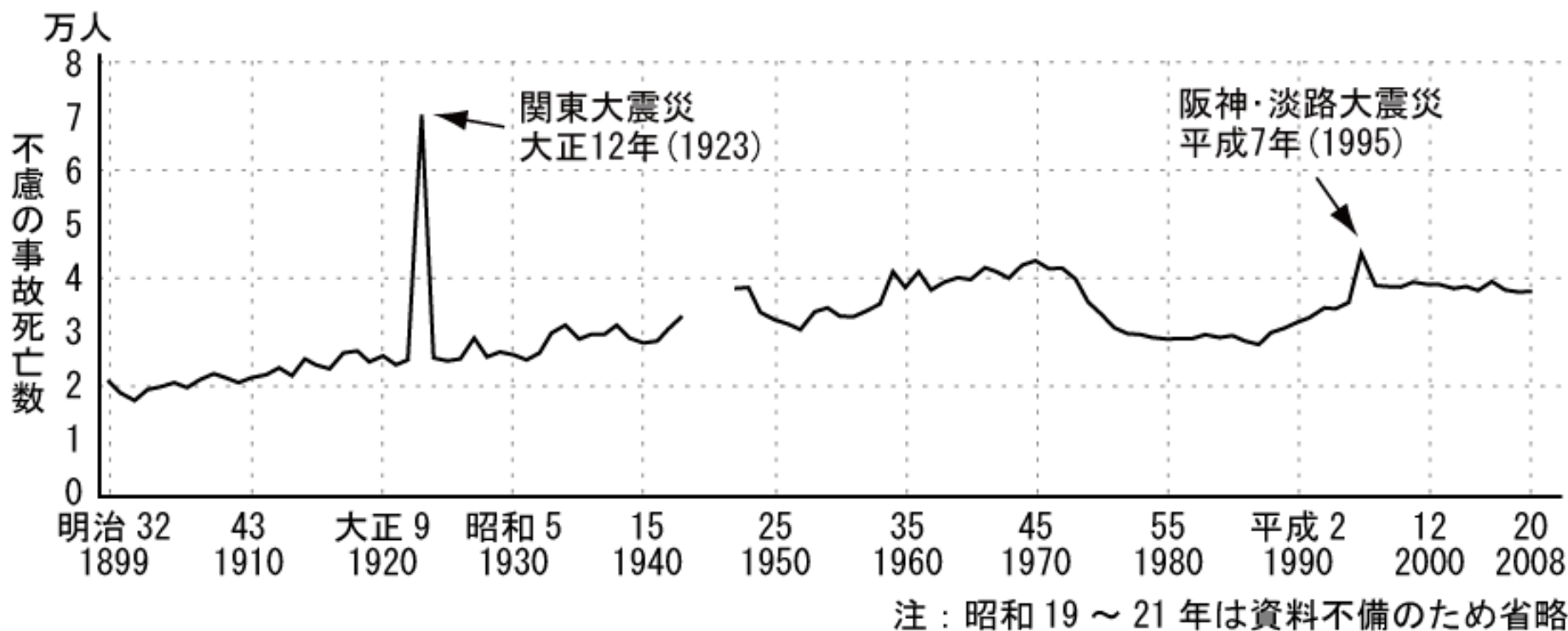


図6.1 不慮の事故による死亡数の年次推移

出典：平成 21 年度人口動態統計特殊報告書「不慮の事故死亡統計」

中尾先生ご提供画像

不思議なことに2～4万人と一定
リスクは時代によらず一定量？

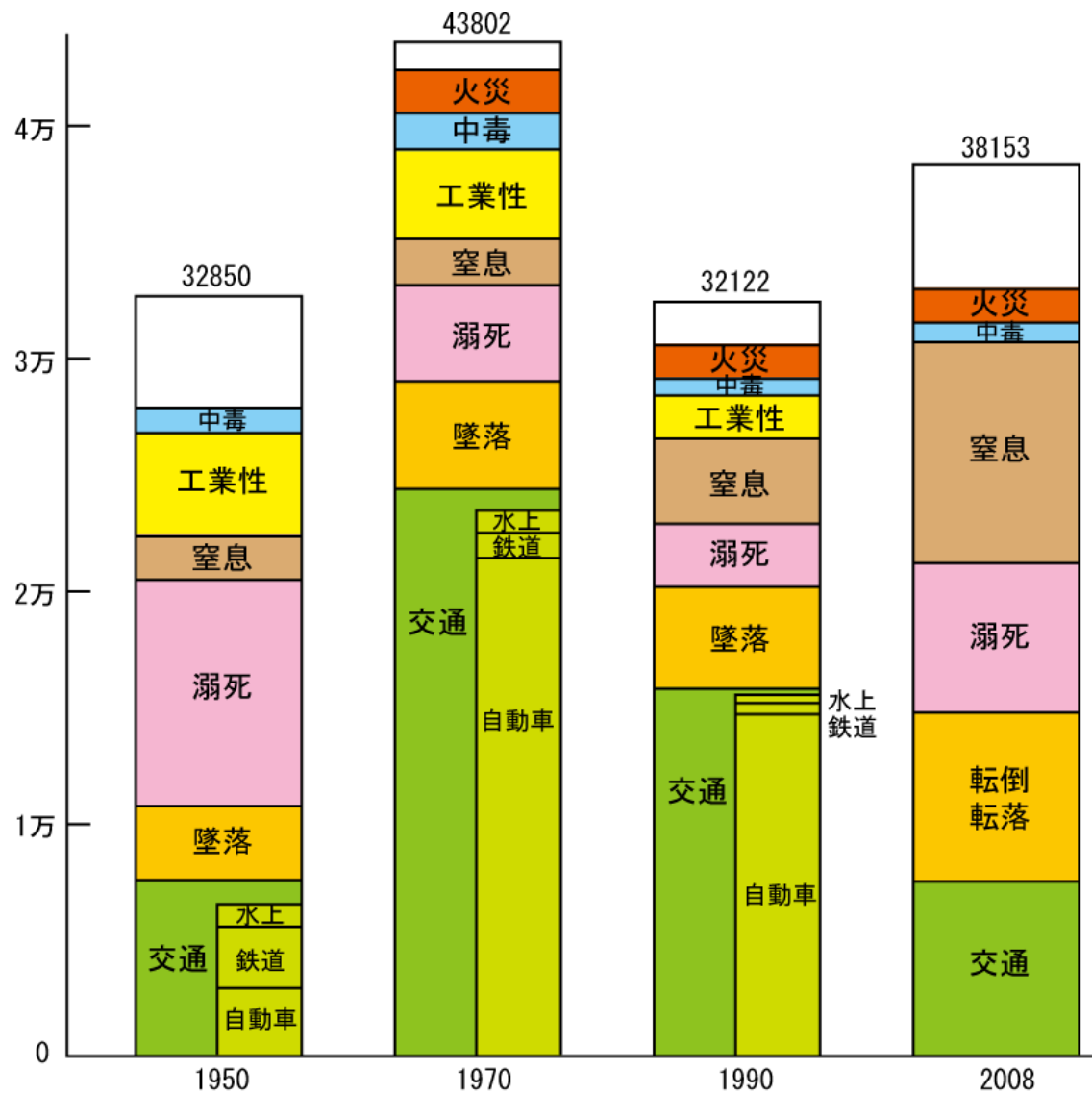


図 各年の不慮の事故の死亡数

中尾先生ご提供画像

21世紀に入って、何で窒息・溺死・転落が増加したのか？
時代とともにリスクは変わる。今の日本のリスクは高齢化。

これからの日本の産業は
インフラ・材料・日常生活だけ？
地道なリスク重視のお仕事ばかり。

情報・ナノテク・環境はどこに行った……
日本では、米国と同じチャンス重視産業は
育たないのか……

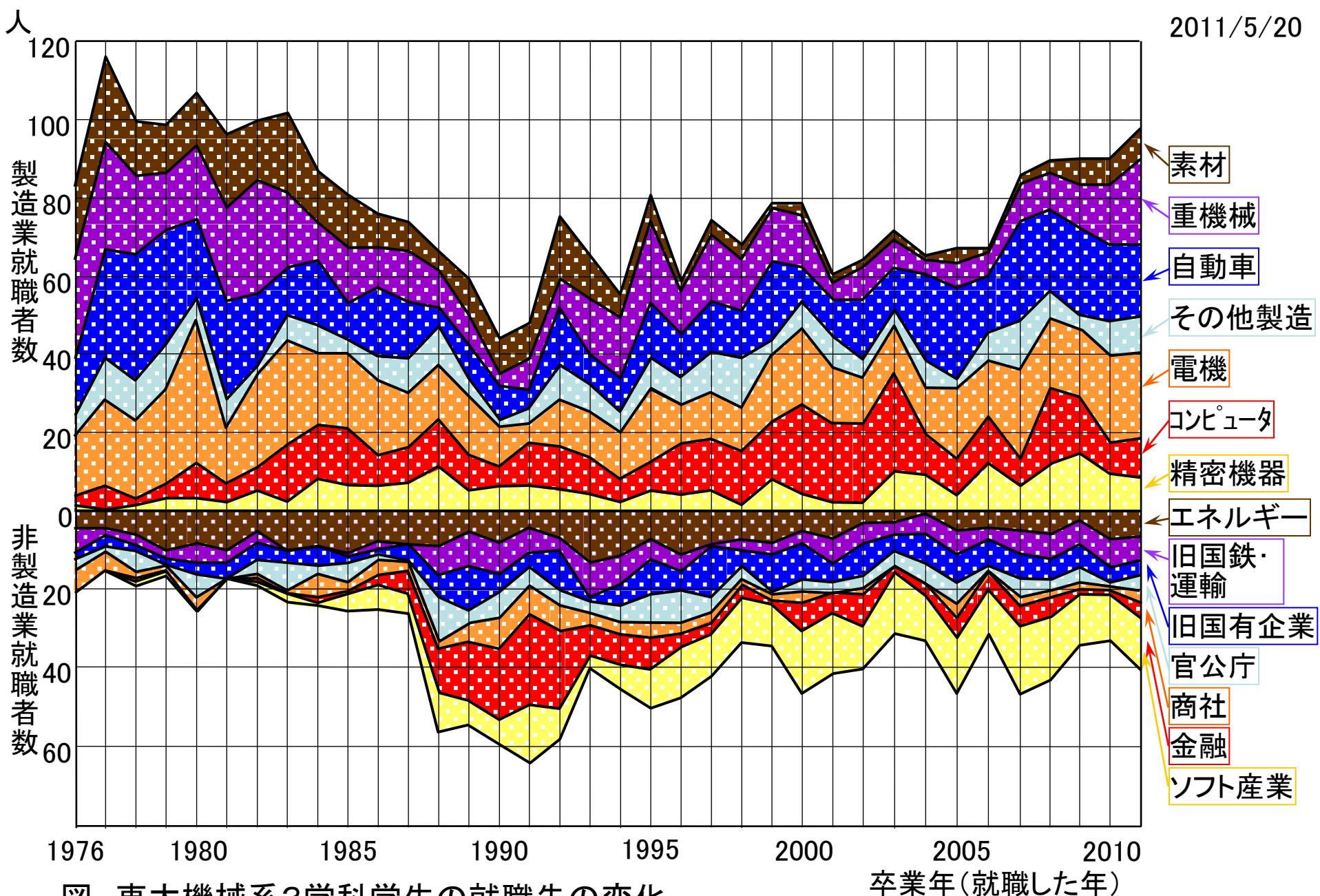


図 東大機械系3学科学生の就職先の変化
—1976年～2011年—

機械系は情報からインフラへ

失敗学の対象事例として、
リスク重視の福島第一原発の事故を
自分の”失敗学”で見直すと……

実は、リスク重視の産業は事故調査書が
公開されるので学びやすい。

チャンスを生かした成功談なんて
自慢話で面白くない……。
他人のこそつとした失敗談は蜜の味。

福島原発事故はどれかを読めば大筋はとらえられる

●政府の事故調査・検証委員会中間報告書

12/26 <http://icanps.go.jp/post-1.html>

●Team H2Oプロジェクト最終報告

12/21 <http://pr.bbt757.com/>

●独立検証委員会 調査・検証報告書

発行日：2012.03.11、ディスカヴァー・トゥエンティワン

・
・
・

●東京電力 事故調査・検証委員会

12/2 <http://www.tepco.co.jp/cc/press/11120203-j.html>

●日本原子力技術協会 事故の検討と対策の提言

10/27 <http://www.gengikyo.jp/news/20111027.html>

●NRC (アメリカ合衆国原子力規制委員会) B5b

2006.12 <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0700/ML070090060.pdf>

(工学に関する失敗の原因) =
(組織的(非技術的・人間的)な原因) +
(技術的(純技術的)な原因)

マスコミは組織的な原因しか興味がない……
というか、文系ばかりだから技術がわからない

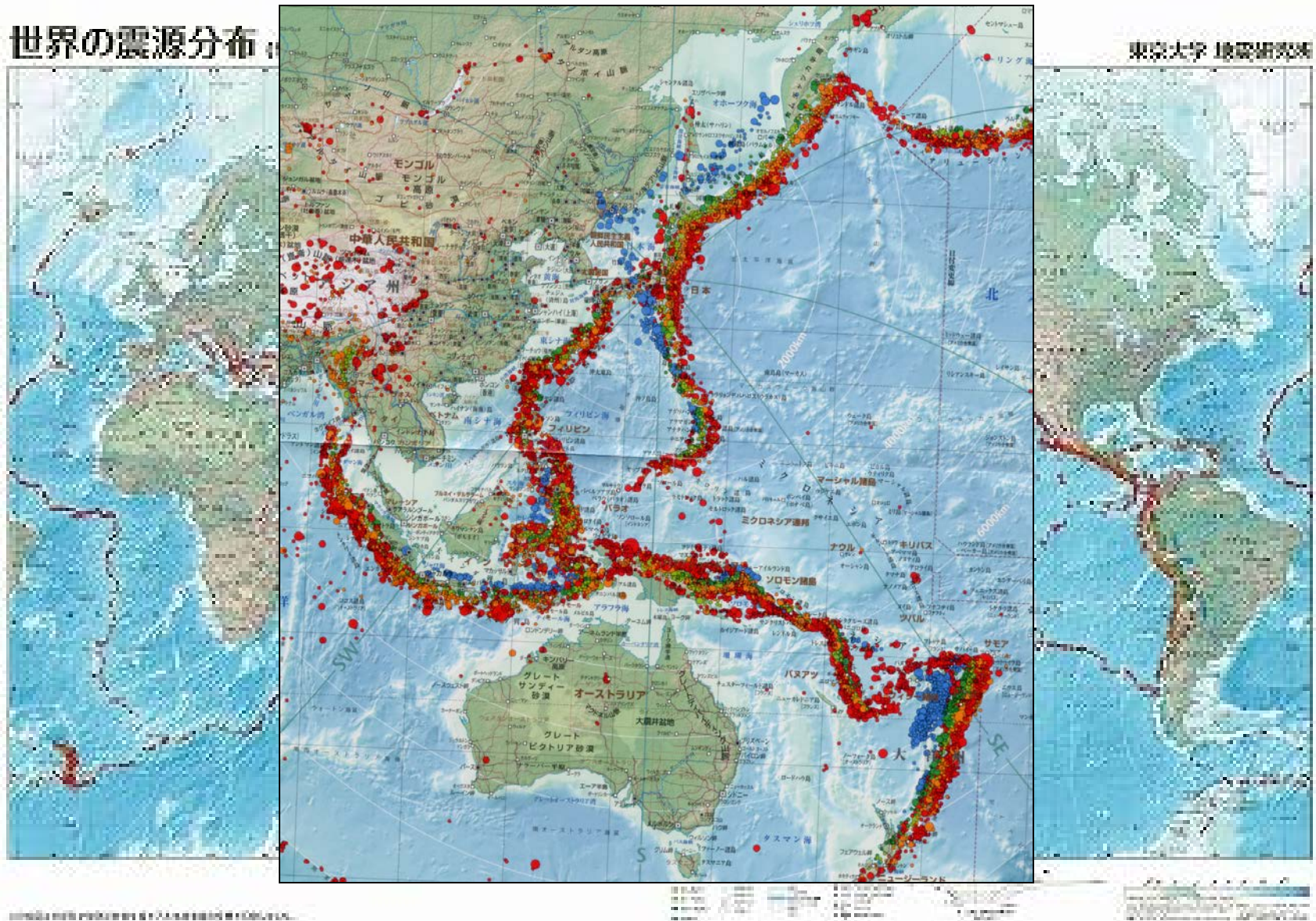


† 東京大学地震研究所
<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/education/material/>

こんなに地震が集中しているとは思わなかった

世界の震源分布

東京大学 地震研究所



⚠ 東京大学地震研究所
<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/education/material/>

こんなに地震が集中しているとは思わなかった

東京大学工学部
原子力工学科

東電(運転)

“全電源喪失の
発生確率は
非常に低い”

政府(規制)

畑村洋太郎
機械工学科
名誉教授

安全委(監査)

事故が起きる前が問題だった:

三権分立できず、“原子力村”

東電にQAは存在したのか？製薬と同じ？

中尾政之
『続・失敗百選
- リコールと事故を防ぐ60の
ポイント - 』
森北出版、2010年

<http://www.morikita.co.jp/shoshi/ISBN978-4-627-66771-6.html>

この本の中で
60個のシナリオを
抽出した。
それに福島第一原発事故
を当てはめると……

福島第一原発事故:

組織的(非技術的)原因

- 企画変更の不作为
- 事故訓練不足

} [構造疲労]
役所やワンマン会社
ではよくある話

技術的(純技術的)原因

- 冷却不足・過熱
- 隠れ機能に干渉

} [副次的な要求機能への
干渉]
今の日本の設計の大問題

共通要因故障:

独立した単一故障の重ね合わせではなかった
つまり、多くの安全装置は電気に依存した

失敗のシナリオを要求機能に注目して大別すると、

要求機能 未達：“ついうっかり”、経年劣化
大地震、情報待たずにすぐ避難

要求機能 干渉：意思疎通、干渉設計

福島原発事故

要求機能 複雑：“まさか”、複雑設計
義援金でみずほ銀行がシステムダウン



大槌町安渡2丁目付近

図 岩手県大槌町安渡地区の“被災状況”と“津波浸水予想範囲”

90%の人は30分の間に逃げた
10%の人はそれでも逃げなかった

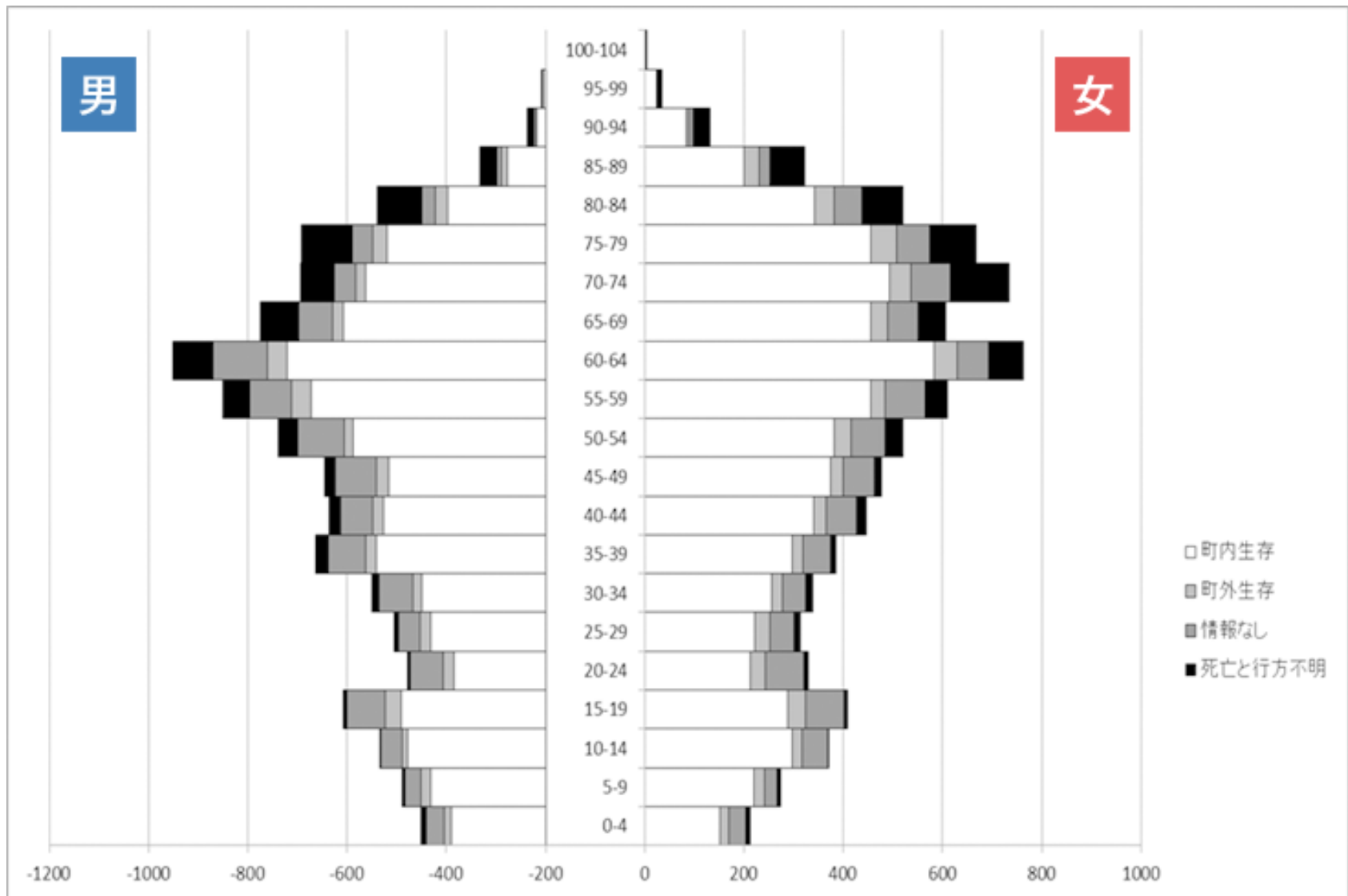


図. 大槌町の人口ピラミッド（平成23年5月8日時点）

†「保健師による東日本大震災復興支援プロジェクト」
<http://www.okayama-u.ac.jp/user/phn/understand.html>

要するに、日本のリスクは高齢化

Coupled

$$\begin{Bmatrix} \text{温度を調節する} \\ \text{流量を調節する} \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} X & X \\ X & X \end{pmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \text{バルブH} \\ \text{バルブC} \end{Bmatrix}$$



日本人は
摺り合わせ設計
が大好き
一粒で二度おいしい

Uncoupled

$$\begin{Bmatrix} \text{温度を調節する} \\ \text{流量を調節する} \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} \times & 0 \\ 0 & \times \end{pmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \text{バルブ左右} \\ \text{バルブ上下} \end{Bmatrix}$$

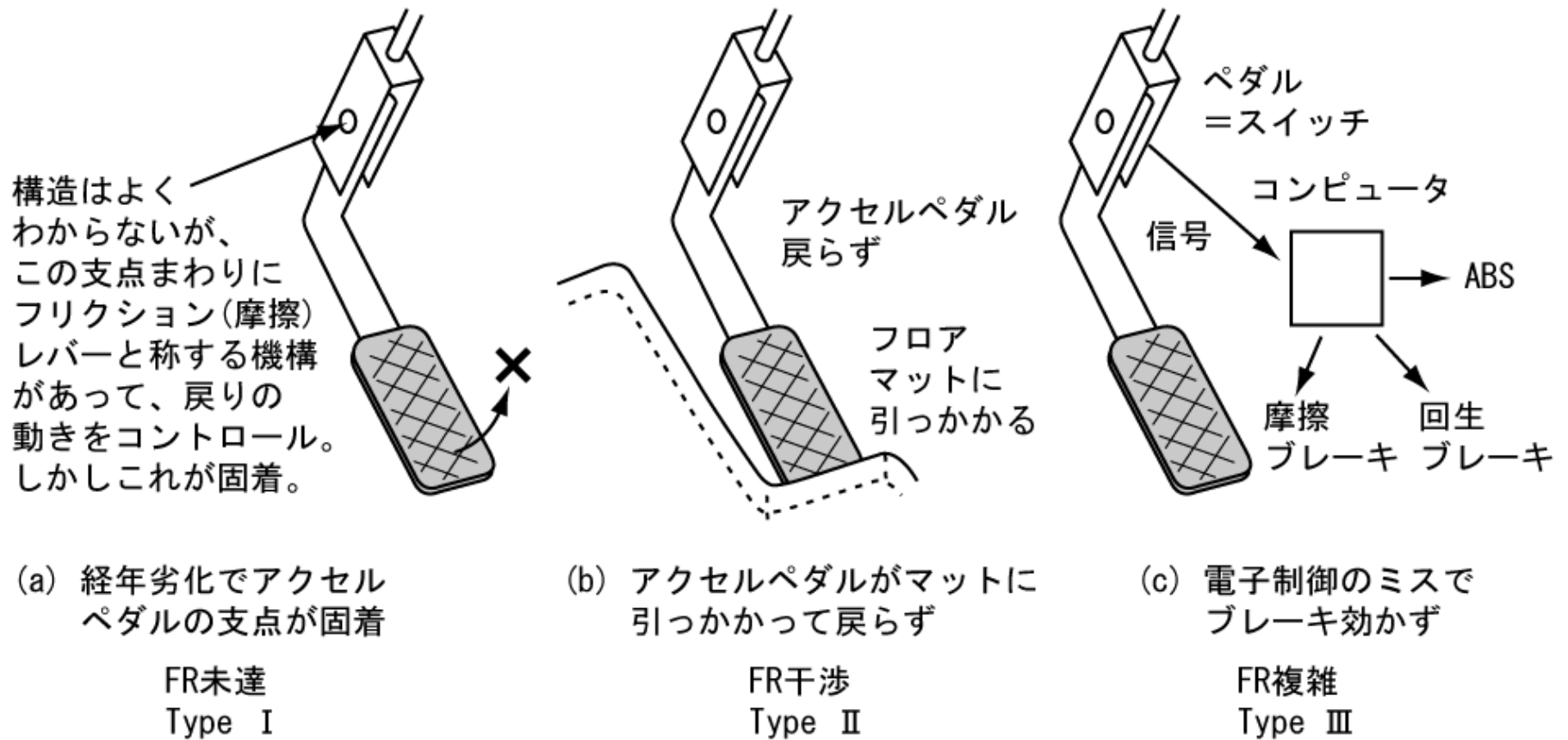


✚ TOTO株式会社ウェブサイトより転載

固有ベクトルを
求めるのと同じ

独立設計の方が
改修が簡単

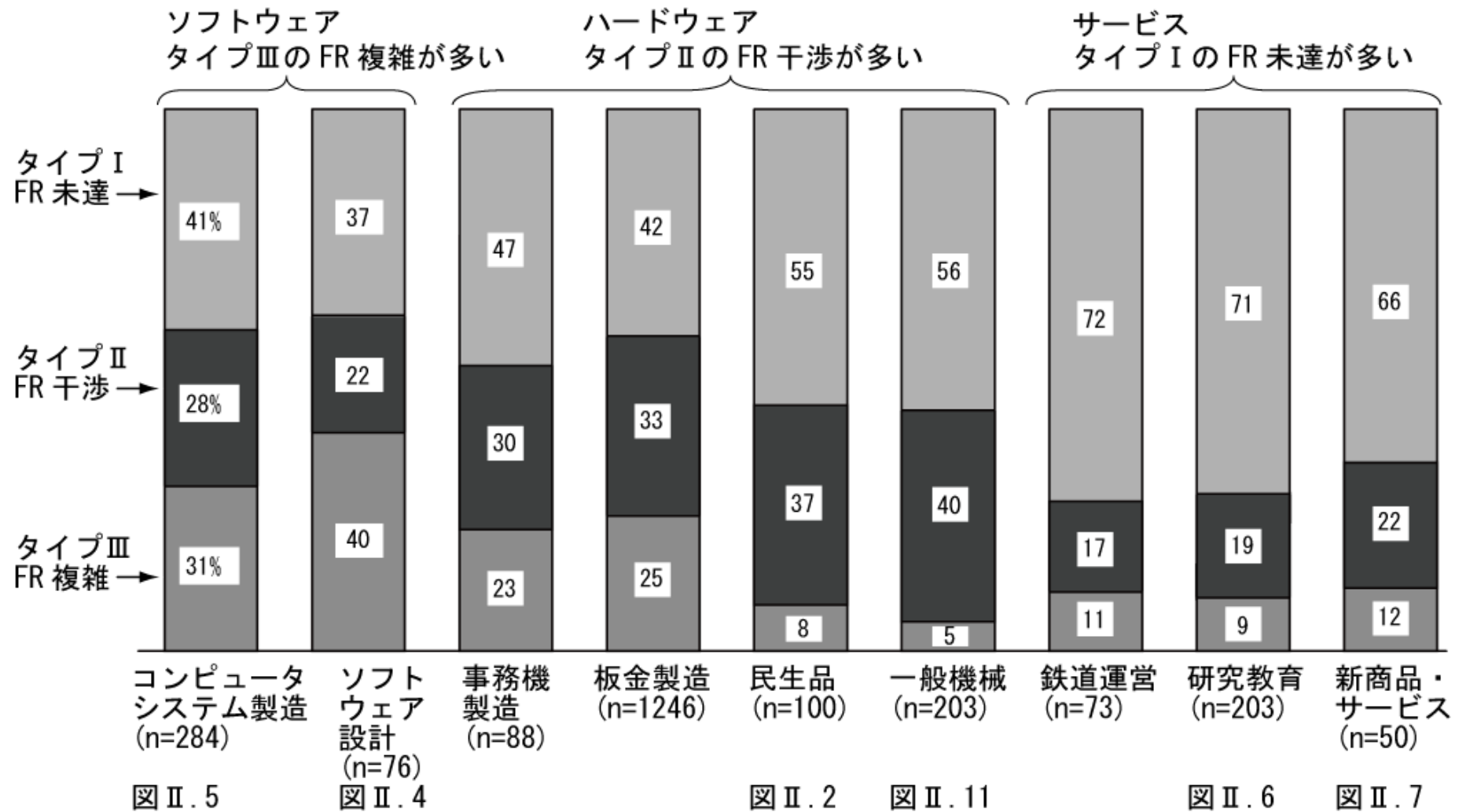
複雑設計の失敗を
防ぐには独立設計を
心がけるべき



図B.3 トヨタのリコール問題

† 中尾政之『続・失敗百選—リコールと事故を防ぐ60のポイント』森北出版、2010年、p.347、図B.2

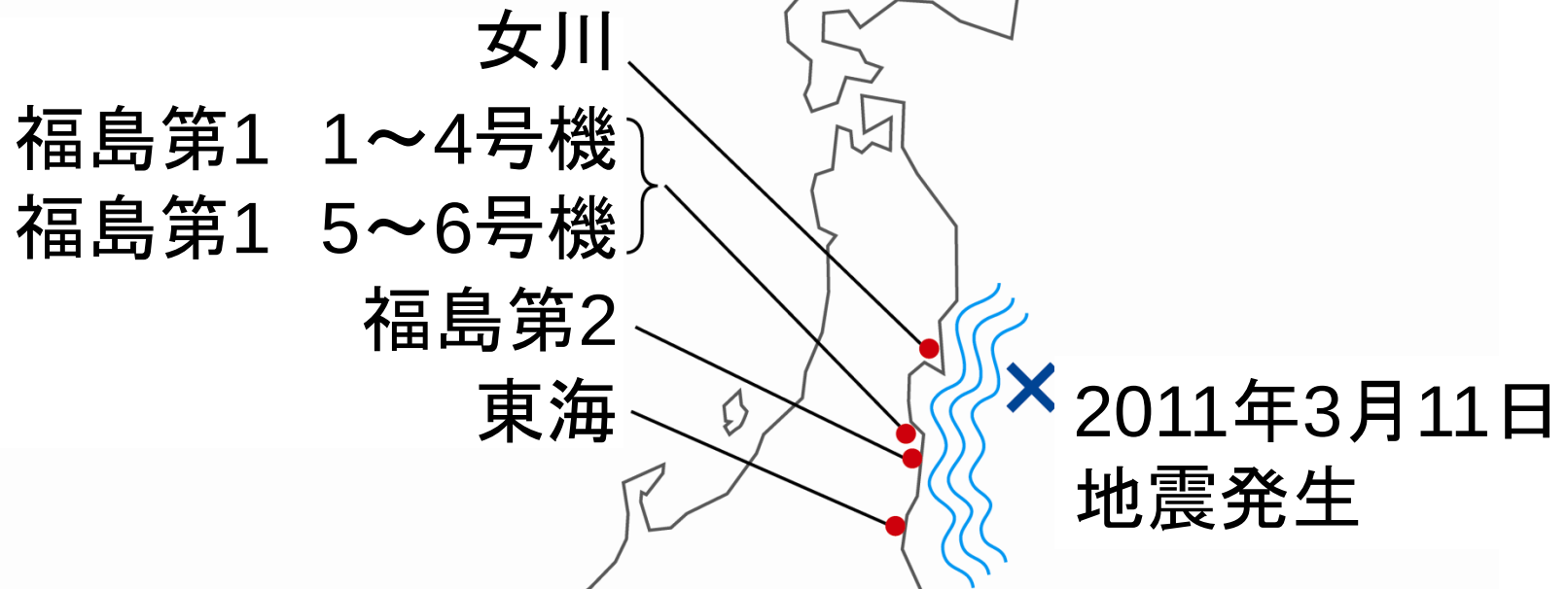
Type IIIの複雑設計は事故が再現できないくらい面倒で、現代病になりつつある。でもこれに比べれば、福島原発事故はつなぎ部分のType IIの干渉設計が原因の事故であり、ちょっと考えれば簡単に防げる失敗であった。



図Ⅳ.6 各種のデータベース内の失敗をタイプⅠ、Ⅱ、Ⅲ、の分類ごとに分ける

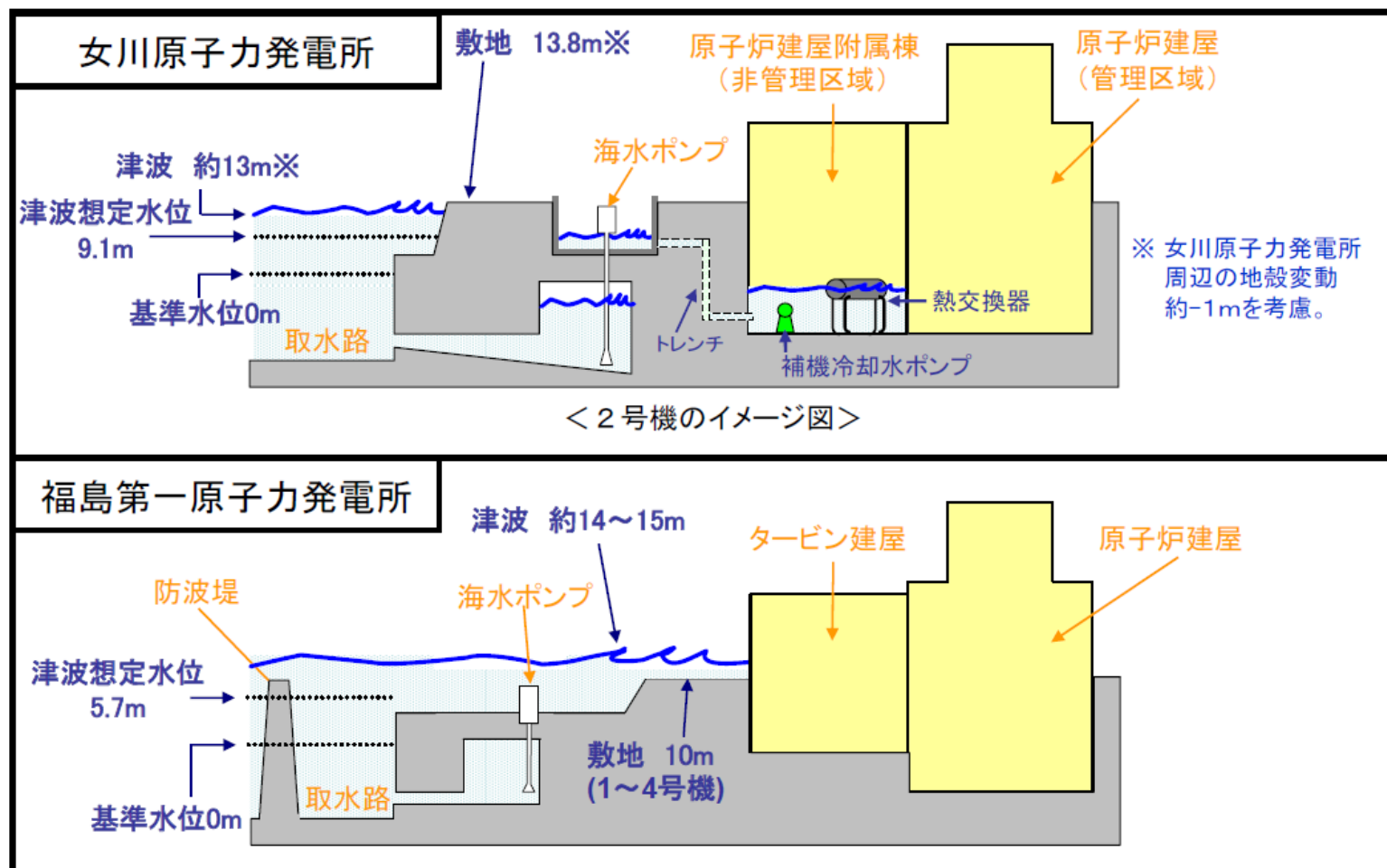
† 中尾政之『続・失敗百選—リコールと事故を防ぐ60のポイント』森北出版、2010年、p.57、図Ⅳ.6

ソフトウェアは明らかにチャンス重視。
リスク重視にしたいくても複雑すぎてできない。



4つのサイトの原発は
津波後も生き残った

女川と福島第一原子力発電所における津波の状況(概念図)



海水の浸入箇所(潮位計)の処置状況



3月11日時点の状態
(潮位計BOXの上蓋が海水に押し上げられ開放)



現在
(閉止板取り付け)

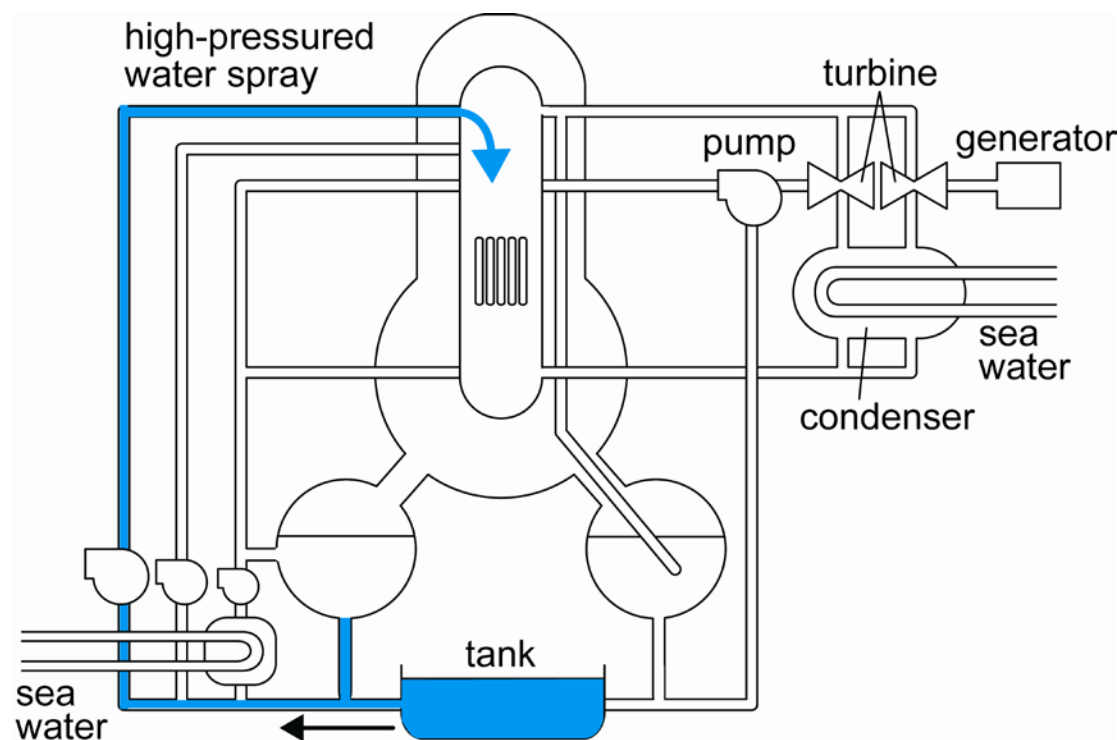


生きるも死ぬも紙一重

原子炉を冷やすために(残留崩壊熱を除去し、
熱応力も発生させずに)復水器を通して、または
緊急炉心冷却システムを用いる

地震で全交流電源喪失

←✕ 外部電源 (6900 V)

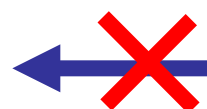


原子炉を冷やすために(残留崩壊熱を除去し、
熱応力も発生させずに)復水器を通して、または
緊急炉心冷却システムを用いる

地震で全交流電源喪失

← 外部電源 (6900 V)

← 非常用発電機(ディーゼルエンジンで水冷)

← 海水や淡水で補機を冷却

津波で冠水

← 非常用発電機(高台設置で空冷)

原子炉を冷やす

地震で全交流電源喪失

←✕ 外部電源 (6900 V)

←✕ 電源車から交流電源を供給

適切な“羽子板”（ブスバー）やケーブルが必要



† 東京電力HPより「福島第二1号機電源ケーブル接続」
2011年5月13日撮影

<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201105-j/110514-01j.html>

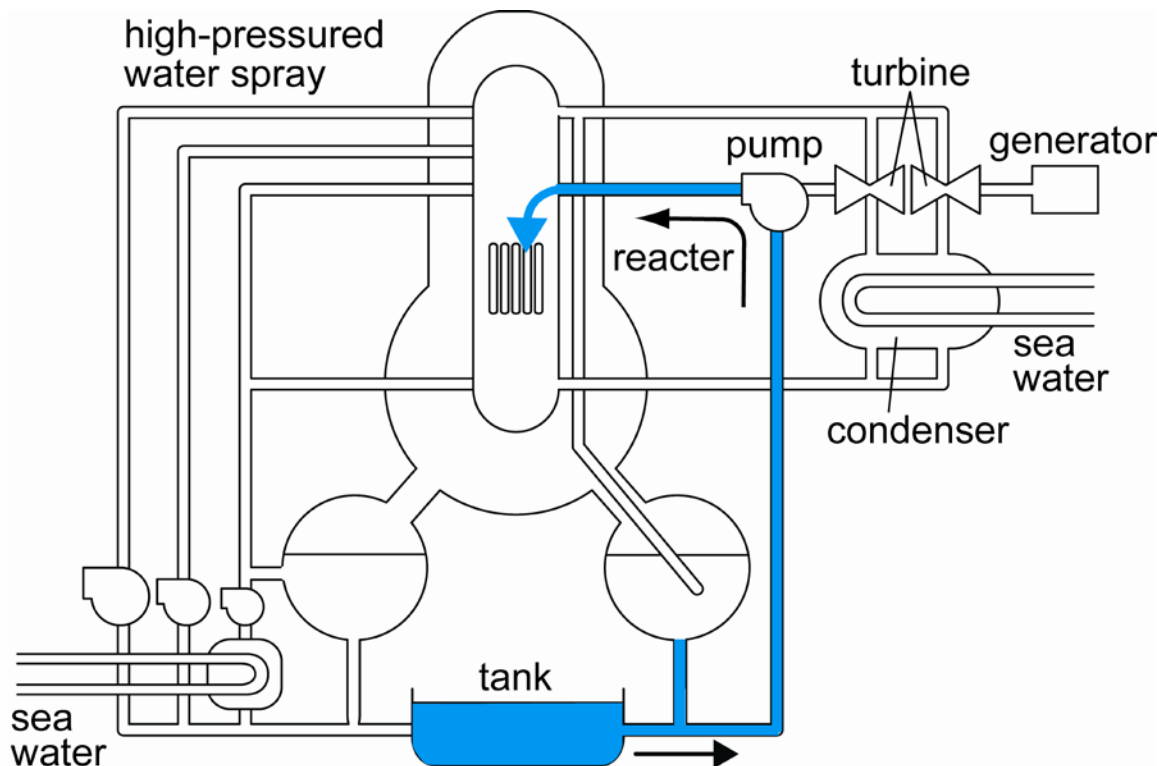
原子炉を冷やす

津波後1-2日間はDCバッテリー電源で稼動したが、蒸気圧低下とともに停止



隔離時冷却装置を稼動

(炉心の蒸気熱でタービンを回し、ポンプで注水する)



原子炉を冷やす

津波後1-2日間はDCバッテリー電源で稼動したが、蒸気圧低下とともに停止

東京電力HPより
「福島第二1号機消防車による原子炉建屋への送水」
2011年5月13日撮影

<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201105-j/110514-01j.html>



←△ 隔離時冷却装置を稼動
(炉心の蒸気熱でタービンを回し、
ポンプで注水する)

←✕ 消火系配管から消防車(約10気圧)で注水

←✕ 原子炉内の圧力を下げるために
ベントする

←✕ 2つの空気作動弁の
ベント弁を開ける

コンプレッサが止まり、圧縮空気不通、
ガスボンベやDC電源で開くが、
すでに遅し。



東京電力HPより「福島第二3号機弁駆動用の予備窒素ボンベ設置状況2」
2011年5月13日撮影

<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201105-j/110514-01j.html>

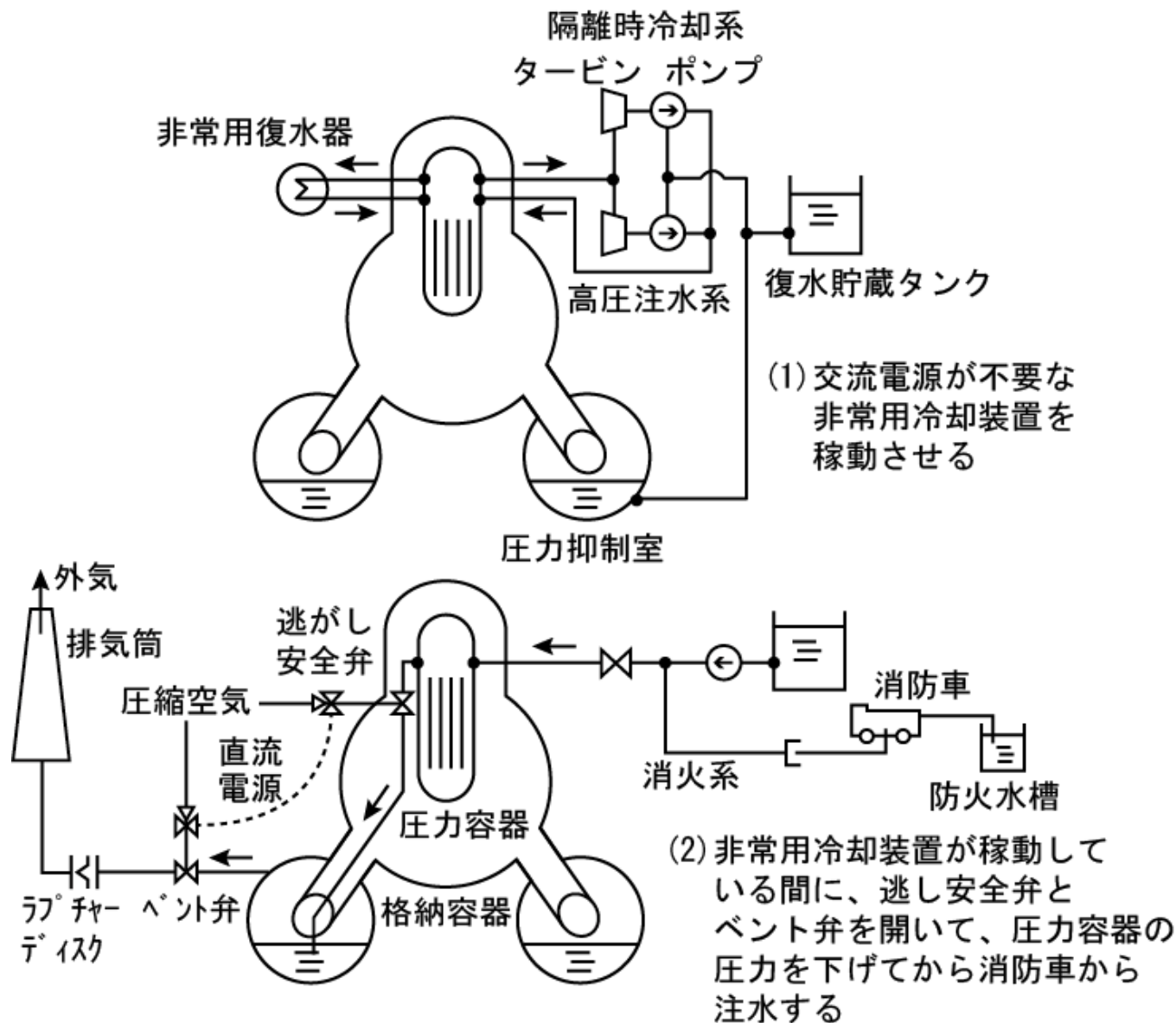


図1 交流電源なしで原発を冷却させるための“勝利の方程式”

中尾先生ご提供画像

津波から2時間後にはこのシナリオの実行を吉田所長は命令していた。

著作権の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました。

朝日新聞朝刊
2012年1月27日39面
「保安院、持ち腐れ
米の原発全電源喪失対策」

B5bを守っていれば
福島は生き延びた

朝日新聞 2012-1-27

炉心冷却できず

- メルトダウン（スリーマイル島事故と同じレベル5）
- 水素爆発（チェルノブイリ事故と同じレベル7）





⚠ 東北電力ホームページより

原町火力発電所も全交流電源喪失。
でもタービンの軸受メタルが溶けただけ。
石炭をドライアイスで冷却すれば環境に影響なし。



石油資源開発株式会社(JAPEX)ご提供

岩船沖油ガス田のプラットフォーム
逃げるときはレベル1の放棄ボタンを押す
アメリカの安全基準は徹底的！

ノーモア福島！

非常時の訓練や、非常装置の独立設計で、
干渉を断ち切るべき(これは簡単)

ノーモア停電！

豊かな生活のために、原発を含めて、エネルギーの
ベストミックスを考えるべき

ex. $2.7\text{億kw} \div 0.3\text{kw /人} = 9\text{億人}$ 、
日本人1人に奴隷7人

ex. 火力100万kw 2基で年に460万トンの石炭使用
年に1000リットル使う自動車の670万台分の
CO₂、日に1kg吐く人間の4700万人分のCO₂

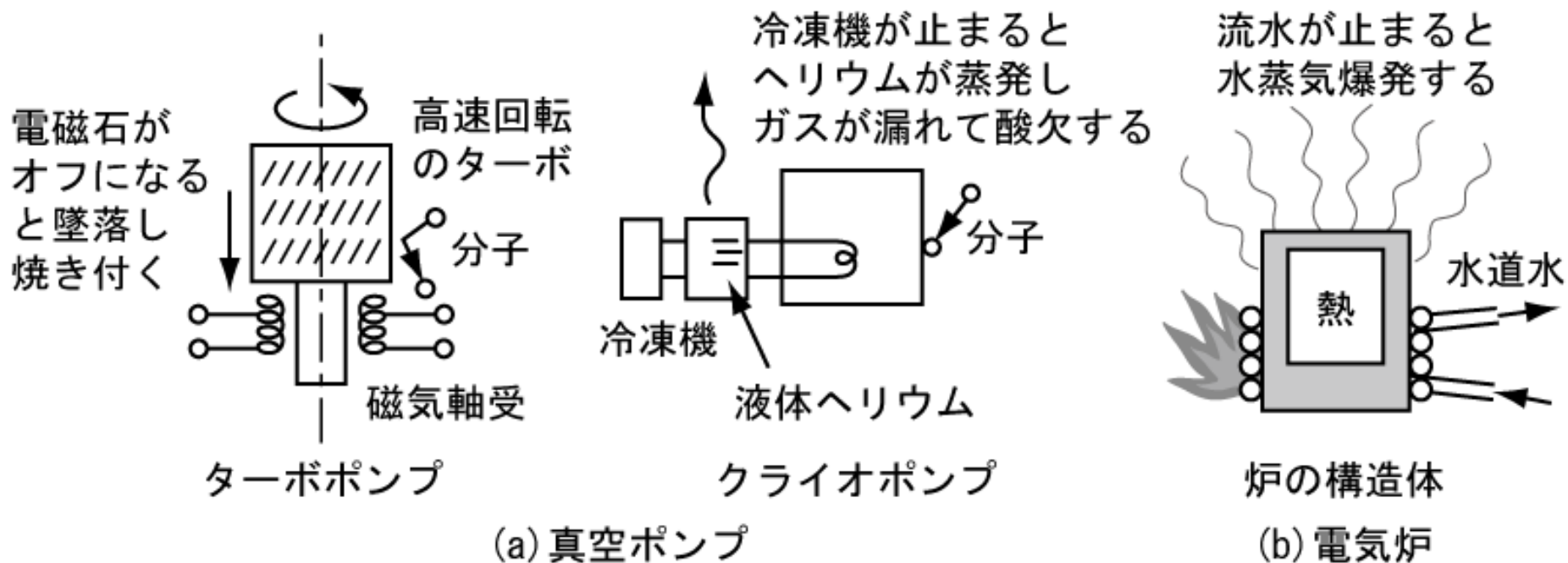


図2 実験室で停電が起きたら何が起きるか

中尾先生ご提供画像

“ついうっかり”だけでなく、“まさか”の事故も考えよう
たとえば、ハクビシンの感電死による瞬停(2011-9-22)

つい、うっかり！

安全
対策

まさか！？

頻発
損失小

“第1公理”

“第2公理”

稀に発生
損失大

2種類の失敗をたたいていこう

ソフトの事故のうち、インフラに大損害を
もたらすのは、まさか！？の失敗ばかり

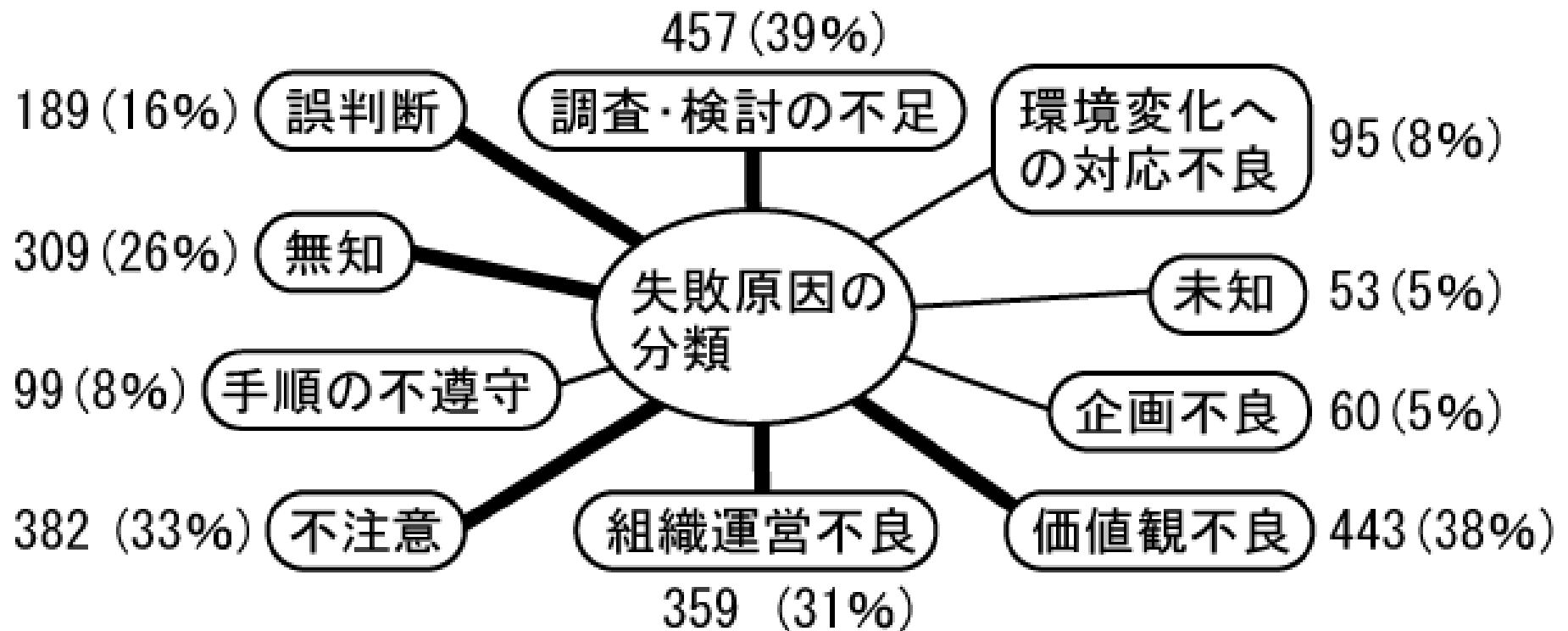
失敗の第1公理:

“失敗の有限・反復公理”

“人間は同じような失敗を繰り返す”

つい、うっかりの
ヒヤリハットを日々、撲滅していけば、
そのうち災害は減少していく

未知に注目 未知はたった5%で残り95%は既知



1167事例から原因を抽出(複数可なので総数2446で209%)
10%を超えるものを太線で示した

出典：JST失敗知識データベース（2009年11月）より
筆者が加筆

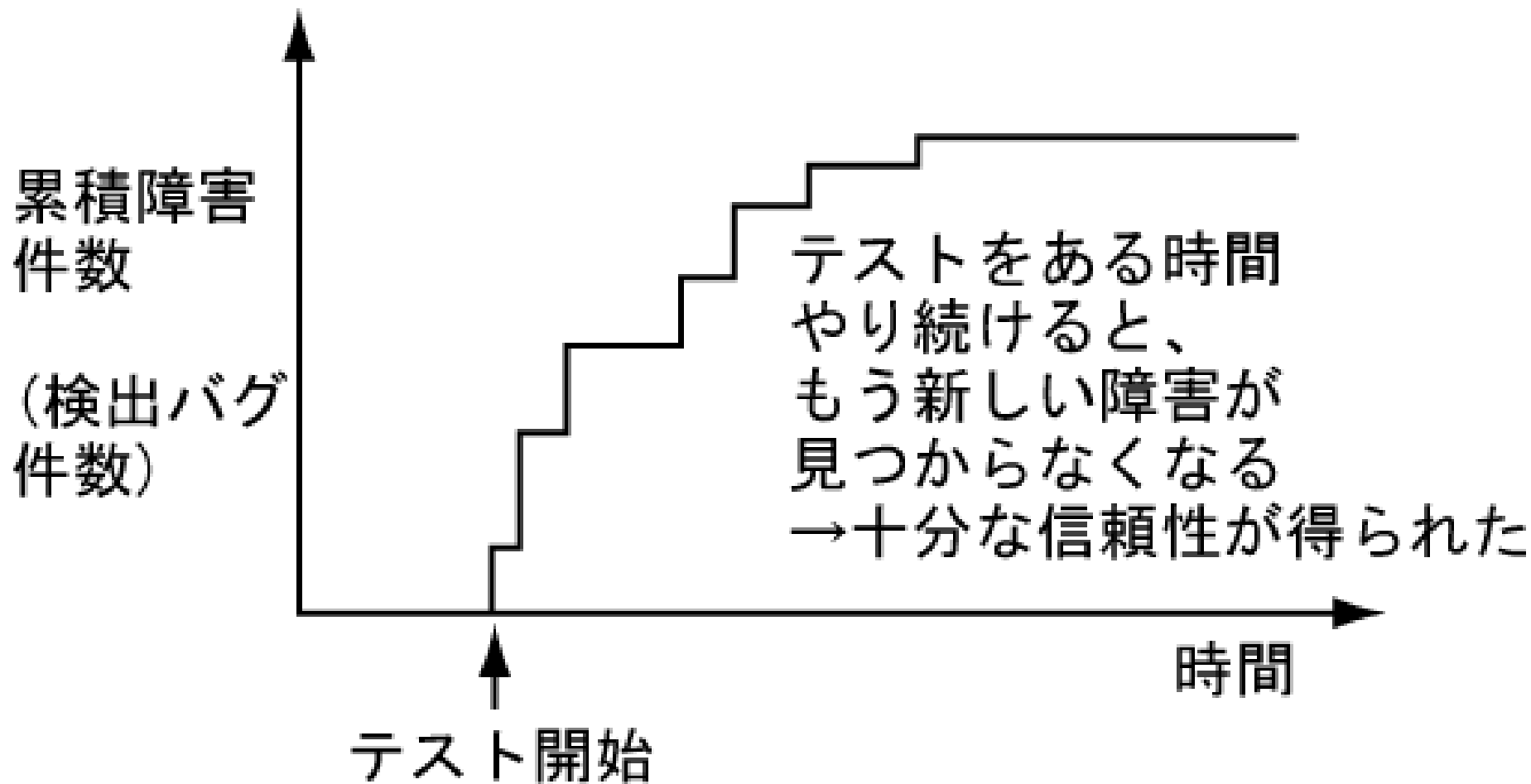
原因既知の法則

失敗の第2公理：

“失敗の予測可能公理”

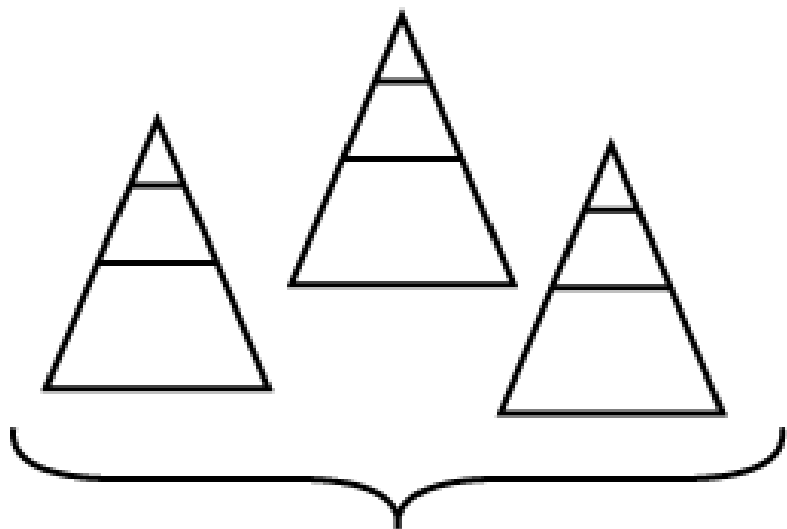
“人間は熟慮すれば失敗を予測できる”

まさか！？の大事故で、ひとつの会社の命運が絶たれるかもしれない。

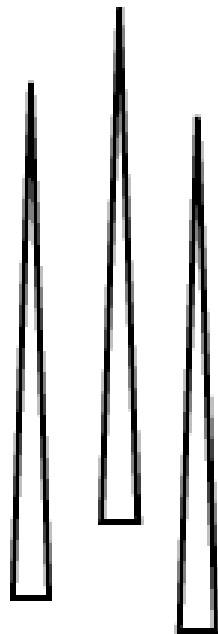


ゴンペルツ曲線

頭を絞って失敗を想定し尽くすことが大切



ハインリッヒの法則で
使った失敗シナリオ
(頻繁に発生する)



滅多に発生しないが、
発生すると損失が大きい
シナリオを予測すべき
である

今、滅多に起きない失敗を予測することが大事
リスクを見つけないと検査もできない

リスクをゼロにできないのだからチャンス重視でも構わない？



† Wikipedia より転載(2012/10/24)、Photo by Robert
http://en.wikipedia.org/wiki/File:North_face_south_tower_after_plane_strike_9-11.jpg

世界貿易センタービル崩壊 9.11同時多発テロ

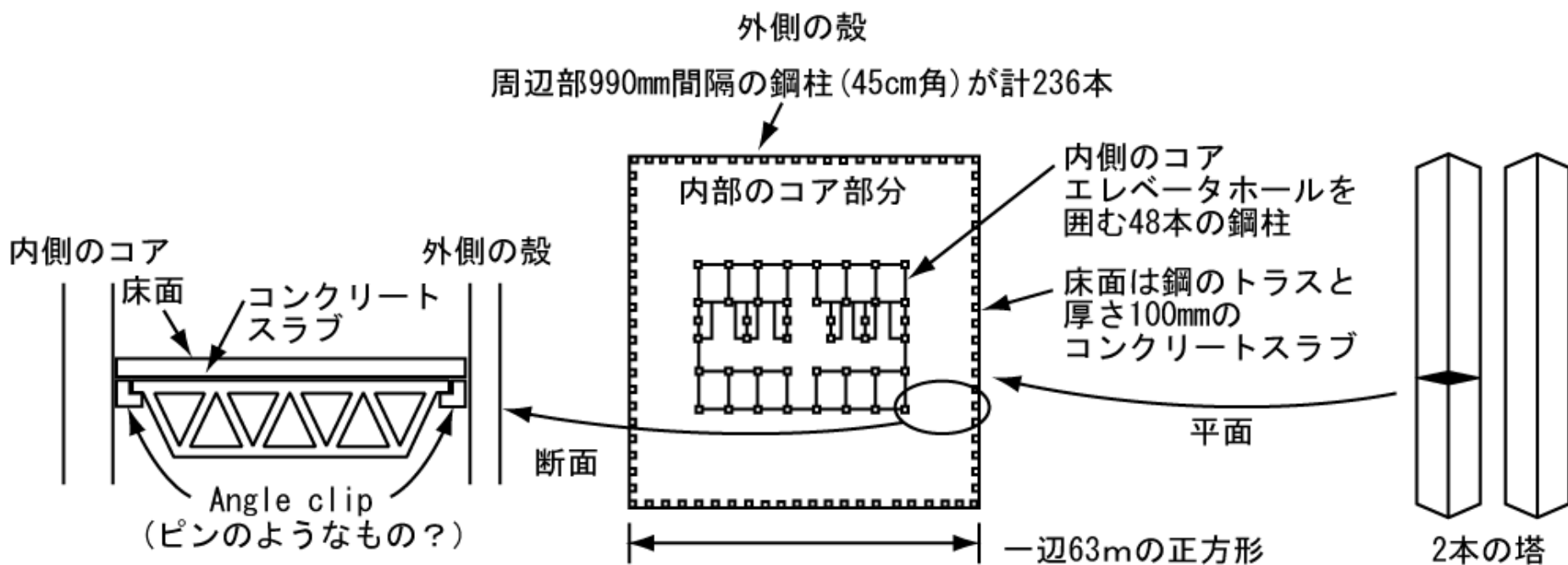
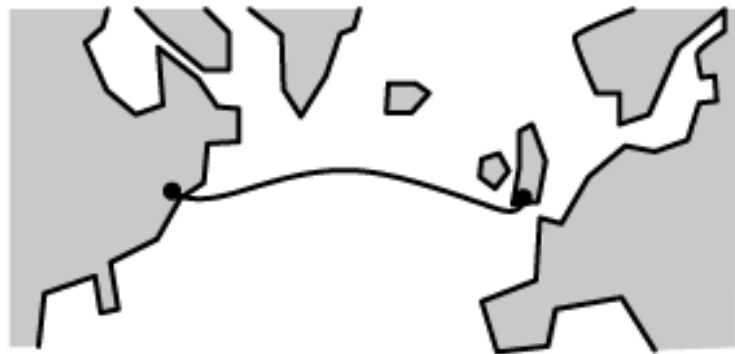
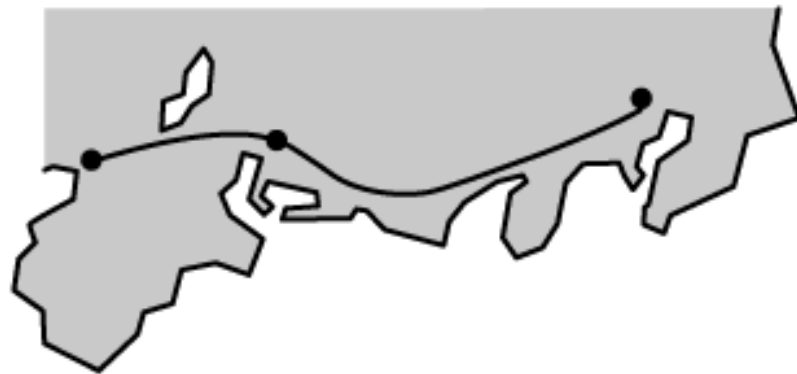
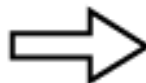


図23-1 世界貿易センタービル崩壊



北大西洋航路では過去40年間の
事故死亡者はたった4名であった



東海道新幹線は過去46年間で
事故死亡者はゼロ名である



中尾政之『続・失敗百選—リコールと事故を防ぐ60のポイント』森北出版、2010年、p.342、図B.1(a)

タイタニック号沈没前にすでに安全神話が生まれていた

安全神話が生まれると、滅多に起きない失敗を
予測することがタブーになる（言葉に出すと実現する）

心理的障壁が命取り



Wikipedia より転載(2012/10/24)

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ice_eschede_1.jpg

ドイツ・エシュデ近郊でICE脱線事故
死者98名にのぼる大惨事

1998年06月03日

コンピュータが
残りの人を見つける

出席・欠席の
情報を持ち出す

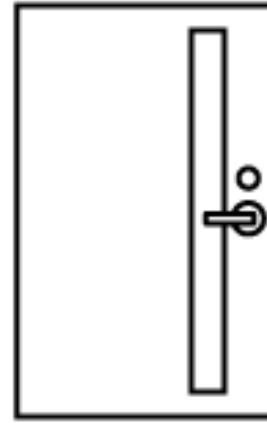


IC チップ

入所時

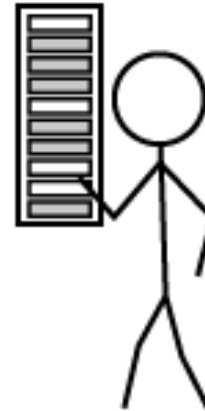


出所時



入所時

名前札を裏返す



出所時

滅多に起きない大地震のときに
どう対処するか。たとえば安否確認。

著作権の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました。

『平成15年版 消防白書』
「ダイヤモンド・プリンセス火災」の写真
<http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h15/html/15113020.html>

ダイヤモンドプリンセス 号火災 2002年10月1日

日本でエリートとして生き残るならば、
リスク重視型の人間になるべき？

それでは世界一の研究や商品ができない。

チャンス重視になるよう“精神破壊”して
挑戦しよう。

まず違和感を感じとれるようになるろう。

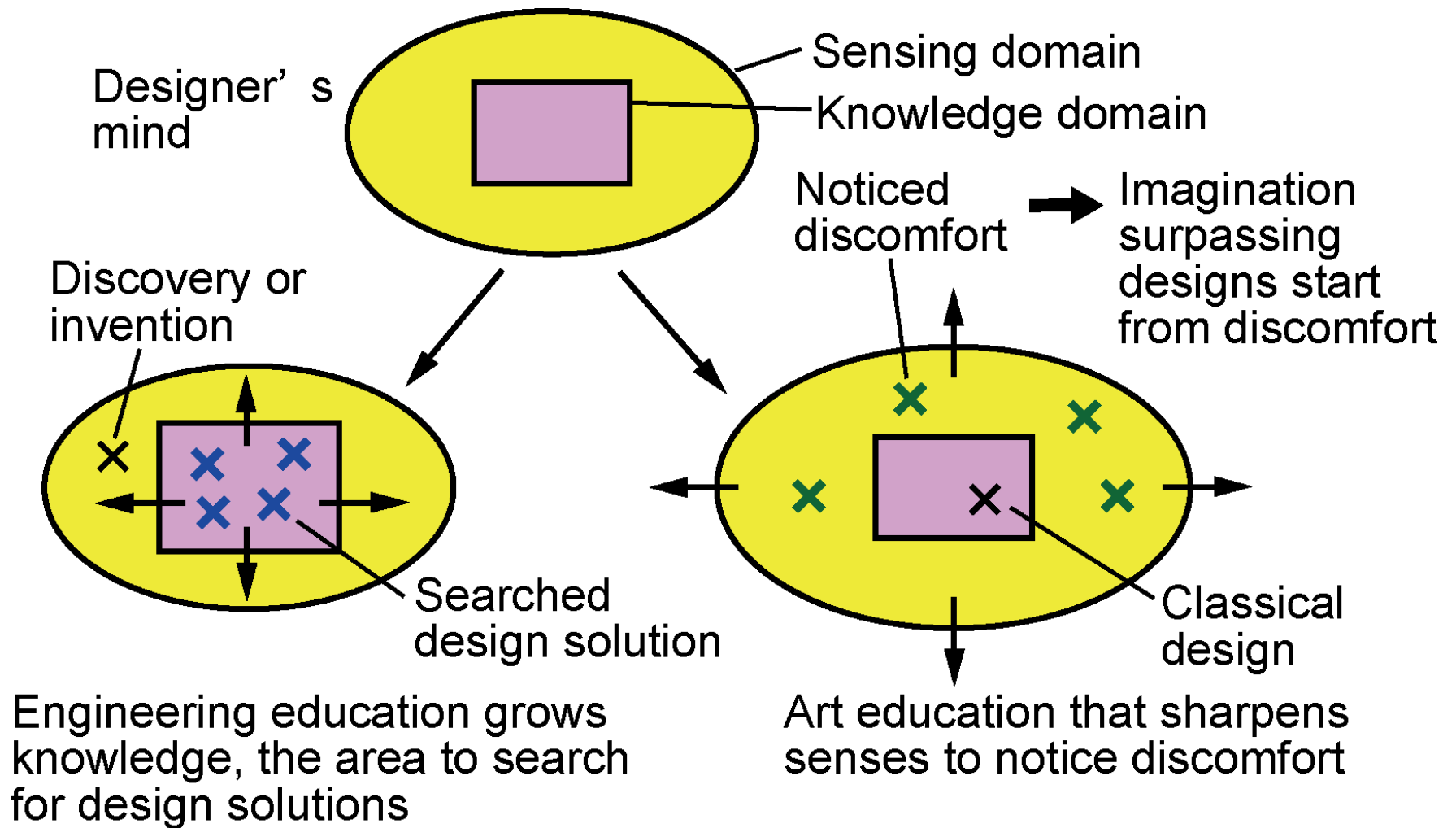


Figure 6. Design and its education are different with engineering and art.

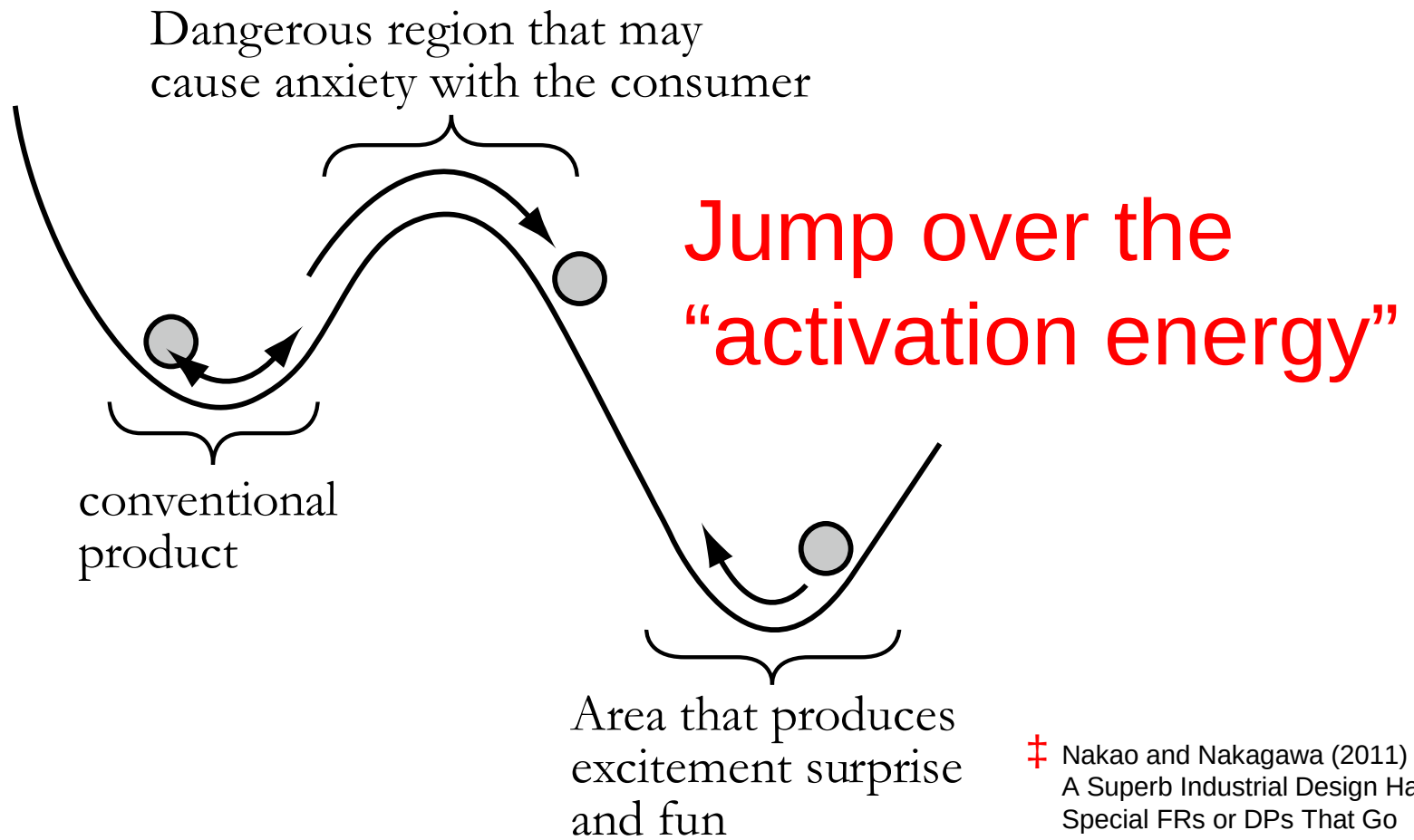


Figure 3. Stepping into the dangerous region with anxiety which produces excitement, surprise and fun.

† Nakao and Nakagawa (2011)
A Superb Industrial Design Has
Special FRs or DPs That Go
Beyond the Customer's
Imagination.
M. K. Thompson ed.,
*Proceedings of the 6th
International Conference on
Axiomatic Design.*
p.51 Figure 3.

違和感を感じて障壁を越えれば、
期待を越えた驚きの製品ができあがる。

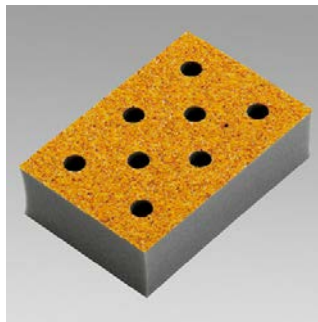


Good design
award in Japan

475 general
everyday products



⚡ (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>



⚡ (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>



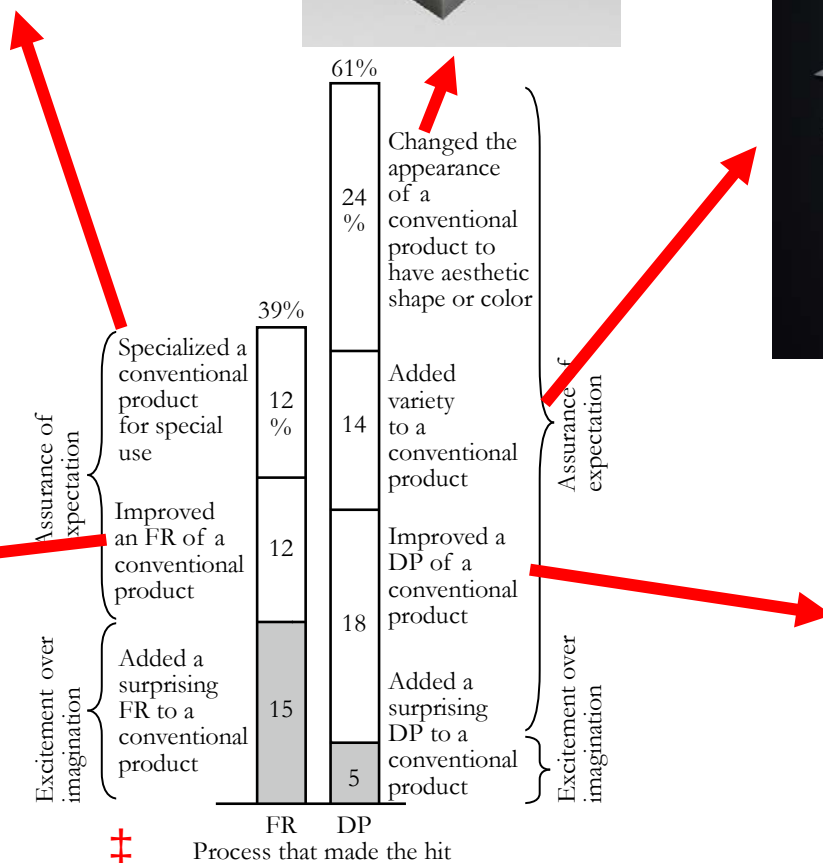
⚡ (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>



⚡ (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>



⚡ (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>



Nakao and Nakagawa (2011) A Superb Industrial Design Has Special FRs or DPs That Go Beyond the Customer's Imagination. M. K. Thompson ed., *Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design*. p.49 Figure 1. Categories of superb industrial designs. Source: Analysis of 475 daily life products with GDA (2008 and 2009)

グッドデザイン賞の作品でも期待を越えた驚きの商品は20%程度。
違和感は要求機能として顕在化する。

GDA products with excitement over imagination on FR (1) → “concept”



‡ (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Asymmetric umbrella
that stands a typhoon



‡ (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Motor driven horseback
riding fitness machine

Excitement on FR (2)



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Lure fishing bait that
produces insect sound



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Swimsuit with small
water resistance
from ultrasonic sewing

Excitement on FR (3)



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Tissue paper free
of bleach



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Spatula that allows turning
food from any direction

Excitement on FR (4)



LED light bulb that
lasts 10 years



Rotary cultivator that runs
with fuel from a gas cartridge
for portable gas stoves

Excitement on FR (5)



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Plastic soft drink bottles that
crushes with minimal force



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Rice cooker free of steam
to avoid burn injuries

Excitement on FR (6)



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

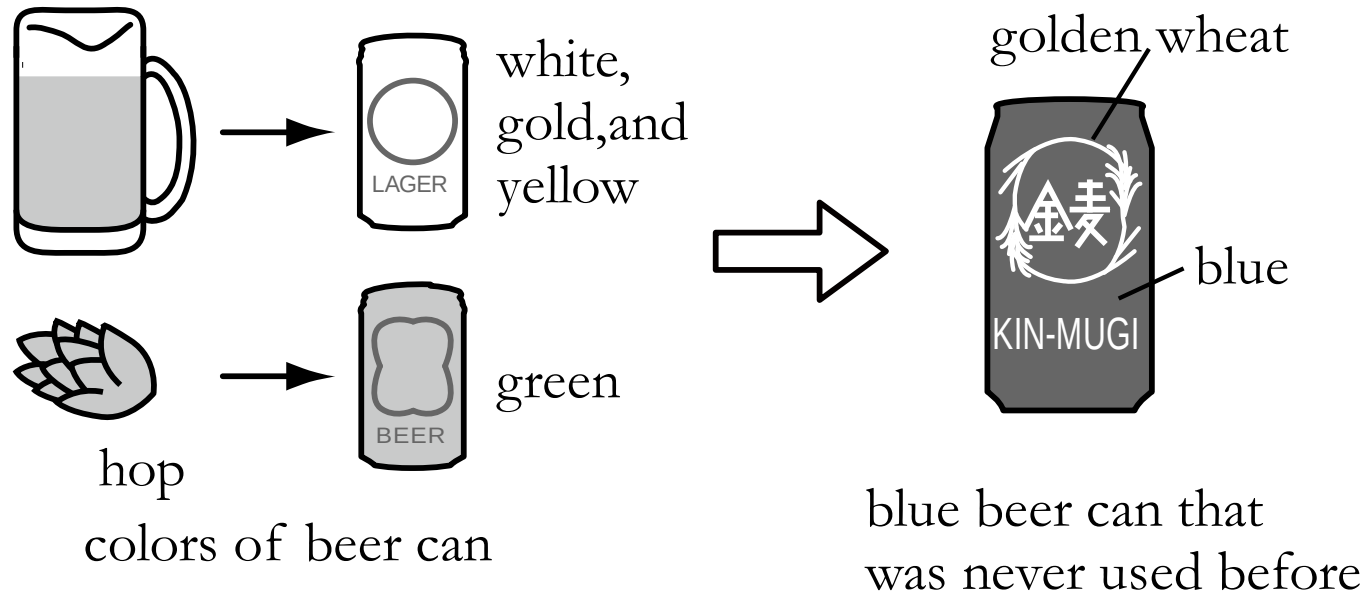
Closet doors that do
not jam fingers



† (C)JDP
GOOD DESIGN AWARD
<http://www.g-mark.org>

Silicon lid for plastic soft drink
bottles that open when bitten

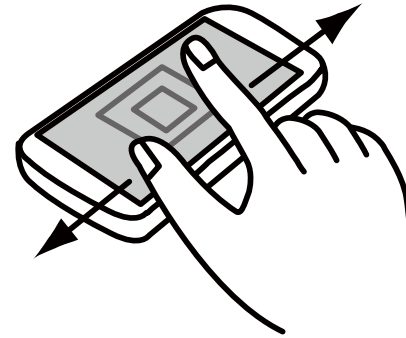
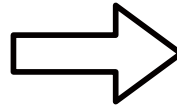
心理的障壁を越えるとヒットが生まれる



† Nakao and Nakagawa (2011) A Superb Industrial Design Has Special FRs or DPs That Go Beyond the Customer's Imagination. M. K. Thompson ed., *Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design*. p.51 Figure 4.



button firmly
pressed



input device that captures rough
movement on the touch screen

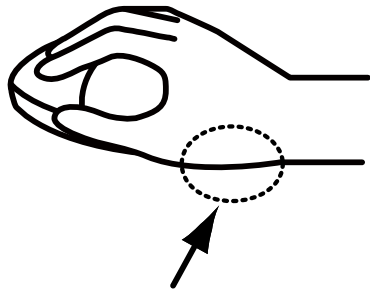
† Nakao and Nakagawa (2011) A Superb Industrial Design Has Special FRs or DPs That Go Beyond the Customer's Imagination. M. K. Thompson ed., *Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design*. p.51 Figure 4.



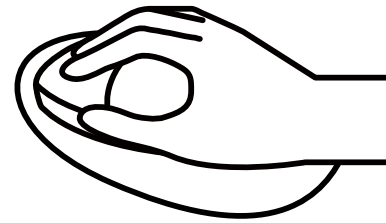
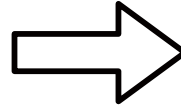
<http://freepotos.jugem.jp/?eid=17>



<http://www.ashinari.com/2011/06/25-037216.php?category=256>



3D-CAD made
blisters on palm



mouse with plate to
eliminate friction
between palm and
desktop

✚ Nakao and Nakagawa (2011) A Superb Industrial Design Has Special FRs or DPs That Go Beyond the Customer's Imagination.
M. K. Thompson ed., *Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design*.
p.51 Figure 4.



✚ 画像)コクヨS&T株式会社ご提供
「手の匠」(2010年生産終了)

気づき＝類似感→違和感

“禅問答”が教育として大事

“何かおかしい”が口癖にならねば……

リスクとチャンス

日本にはリスク重視の人間はたくさんいる

→ 失点を防げるディフェンスは人材豊富

チャンス重視の点取り屋が不足している

→ 高給取りになれるチャンス!!