

科学技術未来戦略ワークショップ
共通利用可能な分野横断リスク関連知識
プラットフォームと利用体制

平成25年7月25日（木） 開催



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

エグゼクティブサマリー

科学技術振興機構（JST）/ 研究開発戦略センター（CRDS）は、JST の研究開発戦略を立案するとともに、我が国の研究開発の推進に資する基礎データおよび知見の収集とそれに基づく戦略的研究分野の提言を行っている。平成 24 年度に「社会的潜在リスクの発見」について事前調査を行った中で、検討すべき研究分野として「リスクの相互関係の構造化」が取り上げられ、リスクの構造化チームが発足した。

平成 23 年度に策定された第 4 期科学技術基本計画においては、我が国のリスクマネジメントと危機管理の不備が指摘され、科学技術の可能性と潜在リスクに関する情報共有の在り方が議論されている。しかし、この課題を担う国家レベルの研究プロジェクトはいまだ存在していない。

リスクの概念は一般に、生起する事象の確からしさと、それによって引き起こされる負の結果の組み合わせで定義されるが、社会経済システムに大きな影響を与える「システムミック・リスク」は、認知バイアスのために「確からしさ」の正確な測定と「負の結果」に対する公平な評価が困難である。「システムミック・リスク」を単独の原理原則で見通すことは不可能であり、分野をまたがる複雑な因果関係を考慮した対策が必要となる。その一方、現状は、環境・医療・金融・IT などさまざまな分野において研究の蓄積があるが、分野ごとに主要概念の意味の違いが存在し、分野横断的な、概念の翻訳やデータ・知識の互換性を保証するシステムは存在しない。

ここで使用している「システムミック・リスク」という用語は、通常金融分野に限って使用することが多い。一つの現象が分野を超えて全体に影響するという意味で「全体リスク」という訳を与えることが多いが、今回のテーマにおいても、リスク全体を考えるとという意味で金融に限らずこの用語を使用する。

また、社会に目を向けると信頼性工学・リスク学・レジリエンス工学等の最近の研究成果が普及していない現状がある。リスクの全体像を効率的かつ的確に把握し、リスクと総体的に向き合う対策を確立するためには、様々なリスクを分野横断的な共通フォーマット、共通モデル、共通言語で俯瞰、議論できるような、「分野横断リスク関連知識プラットフォーム」の構築が必須である。そして、このプラットフォーム上で、リスク概念を管理し、システムミック・リスクに関するシナリオ分析を可能とする運用組織の構築が望まれる。

リスクマネジメント関連の研究・報告は世界各国の研究機関や国連の機関などで実施されている。また、リスクマネジメントを主導し、その関連情報を国民に提供する国家組織をもつ国々も多い。しかし、このようなプラットフォーム構築に関する研究開発プロジェクトは存在しない。

リスク構造化チームでは、以上の検討結果に基づいて、平成 25 年 7 月 25 日（木）に「共通利用可能な分野横断リスク関連知識プラットフォームと利用体制」ワークショップを開催し、有識者の意見を伺うこととした。本ワークショップでは、当該研究分野の立ち上げについて、これまでの研究の紹介と考えられる研究課題の検討を行った。また、各専門分野のリスク研究の紹介を目的に金融分野、品質管理分野、環境分野の専門家による講演と、プラットフォーム構築の理論的・方法論的根拠の紹介を目的に、レジリエンス、知識共有の専門家による講演を行った。これは、リスク関連知識の意義を各専門分野から俯瞰する

ための議論と、それらの知識を分野横断的に纏めるための議論の両方をカバーする目的であった。さらに、縦横2つの軸に関する議論を深めるために、システム科学分野に造詣の深い専門家をコメンテータとして招待した。

本ワークショップの主要な結論は次のとおりである。当該研究を国が主導することは有意義であり、1) 本プラットフォームの実現が分野横断的にリスクについてコミュニケーションを取るにあたって有効なこと、2) 本プラットフォームのもとで、リスク研究から分野共通の構造や対策法が発見できる可能性があることが示唆された。さらに、本研究の推進にあたっての重要な課題として以下の2つの点が指摘された。1) 個別の専門分野研究とこのプラットフォームとの関係、プラットフォームを実現する方策を明確にすること。2) 本プラットフォームの有用性を示すため、ステークホルダーの関わり方やアウトプットイメージも明確にすべきこと。

本報告書は、ワークショップにおける講演および議論をまとめるとともに、今後更に検討を要する事項について整理したものである。

目 次

エグゼクティブサマリー

1. 開催概要.....	1
2. 講演概要.....	4
3. 全体討論概要.....	12
4. 発表資料.....	22

1. 開催概要

1-1. 背景と目的

科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）は、わが国の研究開発戦略、並びに研究開発活動の推進に資する提案の作成を主たるミッションとして活動している。

環境問題や金融問題など社会全般に影響を及ぼす全体リスク（システミック・リスク）への対応は現代社会において焦眉の課題である。平成 24 年度に発足した「リスクの構造化チーム」では、これに対応するための調査研究を実施してきた。その中で、システミック・リスクを明確に把握するための、分野横断的な共通フォーマットを開発し、共通モデルで俯瞰・議論ができる関連知識プラットフォームを実現することが必要との認識に至った。

リスクの概念は一般に、生起する事象の確からしさと、それによって引き起こされる負の結果の組み合わせで定義されるが、社会経済システムに大きな影響を与えうるシステミック・リスクは、認知バイアスのために「確からしさ」の正確な測定と「負の結果」に対する公平な評価が困難である。「システミック・リスク」を単独の原理原則で見通すことは不可能であり、分野をまたがる複雑な因果関係を考慮した対策が必要となる。

その一方、現状としては、環境・医療・金融・IT などさまざまな分野において、ある程度の研究の蓄積は存在する。しかし、分野ごとに主要概念の意味合いの違いが存在し、分野横断的な、概念の翻訳やデータ・知識の交換可能性を保証するシステムはない。また、信頼性工学・リスク学・レジリエンス工学等の最近の研究成果が個々の分野のリスク研究に普及していないのが現状である。

したがって、このようなリスクの全体像を効率的かつ的確に把握するためには、様々なリスクを分野横断的な共通フォーマット、共通モデルで俯瞰、議論できるプラットフォームの構築が必須である。そして、このプラットフォーム上で、リスク概念を管理し、システミック・リスクに関するシナリオ分析を可能とする運用組織の構築が望まれる。

海外では専門家によるアンケートベースのリスクの構造化プロジェクトが継続しており、また、国内においても個別分野に限ったリスクの構造化が実施されている。しかしながら、これらの研究開発は部分的なものにとどまっている。根拠に基づくリスク評価を可能とする分野横断的なプラットフォームを構築するためには、まずは共通に使用できるリスク分野の用語の体系の整備が必要である。

本ワークショップでは、上記の分野横断的なプラットフォームの実現手法、研究提案におけるリスク評価を課題として提示し、有識者との議論を通じ、プラットフォームの必要性及び実現可能性、また研究開発推進の課題を探ることを目的とした。公的資金を投入する意義を明確にするため、リスクの構造化によって解決が期待できる社会的課題は何か、分野横断的なプラットフォームの構築は適切な手段か、日本の研究開発やビジネスにどのような貢献ができるか等を論点とした。

1-2. 日時・場所

日 時：平成 25 年 7 月 25 日（木）13 時～17 時 45 分

場 所：JST 東京本部別館 2 階会議室 A-1

1-3. 参加者

講演者（敬称略、五十音順）

江守 正多	（独）国立環境研究所地球環境研究センター 室長
北村 正晴	（株）テムス研究所 代表取締役・所長、東北大学名誉教授
鈴木 和幸	電気通信大学大学院情報理工学研究科総合情報学専攻 教授
高安 美佐子	東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻 准教授
橋田 浩一	東京大学大学院情報理工学系研究科ソーシャル ICT 研究センター 教授

コメンテータ

兼田 敏之	名古屋工業大学大学院創造シミュレーション工学専攻 教授
高橋 真吾	早稲田大学創造理工学部経営システム工学科 教授
高橋 信	東北大学大学院工学研究科 技術社会システム専攻 教授
田名部 元成	横浜国立大学大学院国際社会科学研究院 教授
出口 弘	東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻 教授
増田 耕一	（独）海洋研究開発機構 地球環境変動領域 主任研究員

コメンテータ（CRDS）

鈴木 久敏	システム科学ユニット	特任フェロー
船橋 誠壽	システム科学ユニット	特任フェロー
本間 弘一	システム科学ユニット	特任フェロー
豊内 順一	システム科学ユニット	フェロー
松尾 敬子	政策ユニット	フェロー

事務局

CRDS リスクの構造化チーム

木村 英紀	システム科学ユニット	上席フェロー
寺野 隆雄	システム科学ユニット	フェロー
シンジャワ	システム科学ユニット	フェロー
富川 弓子	システム科学ユニット	フェロー
西村 佑介	ライフサイエンス・臨床医学ユニット	フェロー
藤井 新一郎	システム科学ユニット	フェロー

1-4. プログラム

オープニング

13:00～13:05	開催挨拶	木村上席フェロー
13:05～13:20	趣旨説明	寺野フェロー

セッション1

「リスク研究についての講演」

司会：寺野フェロー

13:20～13:50	高安教授「システミックリスク 統計物理学の視点から」
13:50～14:20	鈴木教授「リスクモードに着目した未然防止とそのシステム」
14:20～14:50	江守室長「地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究 ICA-RUS /イカロス」
14:50～15:20	北村所長「レジリエンスとリスク」
15:20～15:50	橋田教授「データ共有と自立分散協調型社会」
15:50～16:05	(休憩)

セッション2

「全体討論」

司会：寺野フェロー

16:05～17:00	全体討論
-------------	------

おわりに

17:00	今後の方向性等	寺野フェロー
	閉会挨拶	木村上席フェロー

2. 講演概要

2-1. 「システミックリスク 統計物理学の視点から」(高安教授)

- ・ ICT の進歩によって、人間の行動・社会・経済の現象が、構成要素の特徴や相互作用に法則性を見いだせる科学の土俵にのせられるようになり、統計物理学で研究されてきた。
- ・ 複雑な現象の本質を横断的に理解するための数理の一つは、べき分布の発生メカニズムの研究であり、金融市場のリスクや災害規模などに見いだされる。
- ・ もう一つは、複雑なネットワークの科学であり、人や物の複雑なつながりにもつながり構造の類似性が見られ、べき乗則にしたがう現象が数多く見られる。
- ・ これらの背後にあるダイナミクスもわかってきた。ランダム乗算過程や注入凝集系、相転移現象、自己組織臨界現象などである。
- ・ システムのロバストネスをシステムの脆弱性が持つ普遍性から捉える。物理化学の相転移と同様な破壊現象が社会システムでも観測される。定量化できるとストレステストが可能になり、特定企業の除去・合併や、ある地域が被災した場合の変化をシミュレーションできる。
- ・ このようなモデル化は企業からも引き合いがある。今後は統合した社会システムの中で相互作用を考えながら、複雑なネットワークの記載をしていく。

<質疑>

- ・ モデルは、時間的に変わってしまうことがあるか。(船橋)
- ・ 時間的に若干変わっているし、業種ごとでも違っている。(高安)
- ・ システミックリスクの発生原理としてランダム乗算過程、注入凝集系を掲げ、そのマスター方程式を表示したスライドがあった。このような原理は、他にもたくさんあるのか。(寺野)
- ・ これらの複合現象は存在し、大枠はこれだけのモデルで表現できる。まず、実際の現象がどれにあたるか観測をしながら、あたりをつけて詳細に見ていく。これでほとんどのシステムが築ける。(高安)
- ・ モデルの使い方に関するメタ的な考え方を進化させていかなければならない。社会実装を含む形でモデルの理念型の考え方を発展させていくことは、非常に重要である。(出口)
- ・ 正規分布の発生原因は中心極限定理だが、それに対応するようなものがあるのか。(木村)
- ・ ここで示した原理は中心極限定理を拡張したものになる。(高安)

2-2. リスクモードに着目した未然防止とそのシステム（鈴木教授）

- ・将来起こりうる事象を絞り込むことができれば、未然防止の策を考えることができる。これを想定するには、過去に起こったものを一般化する帰納的アプローチと、ニーズからどう達成していけばいいかを考えるシステムのアプローチとがある。
- ・帰納的アプローチには、トラブル情報の共有、個別トラブル事象の普遍化とその仕組み、プロセスへの PDCA、インシデント情報の活用がある。
- ・システムのアプローチでは、外部・内部ストレス、故障のメカニズム、故障モード・トップ事象モードの3段階に着目する。特に、故障のメカニズムまでを危険因子（ハザード）の潜在領域として捉えれば、ハザード、故障モード、トップ事象モード、影響の4本柱として考えられる。このうち故障モード、トップ事象モードをリスクモードと呼ぶ。
- ・故障モードとは、製品・システムの構成要素中の好ましくない現象あるいは事象を、できるだけ多くの構成要素に対し、その不具合事象を容易に予測しうるよう、抽象化・一般化を図ったものである。
- ・トップ事象モードとは、重大事故・重大危害発生のシーケンスに着目し、これらの事故・危害に至る直前の事象をできるだけ多くのシステム・製品・構造物等に適用しうるよう汎用化したものである。
- ・信頼性工学の分野で培われてきた手法は未然防止につながる。いろいろな分野で、リスクモードに対して考えていけば、かなりのものは共通的に取り扱えるのではないかと。定量的な構造化に取り組んでいきたい。

<質疑>

- ・過去経験がない物理現象、あるいは過去経験のない人的現象に対しては、このリストアップするという方法でどのように防ぐのか。（高橋（真））
- ・信頼性工学の中で過去に分析されたものが、知識として構造化されているが、結局これを提示したときに、言語的な伝え方以外にリスクの構造を共有するための方法というのは、信頼性工学の中で何か議論されているのか。（田名部）
- ・例えば、外部・内部ストレス、故障のメカニズム、故障モード・トップ事象モードの3つのメカニズムの概念は、日立製作所が利用している。これまで経験した問題をデータベースに加え、これに近い対象についてはキーワード検索することができる。例えば対象とするアイテム、部品とストレスを入れて検索する。これによって、事象検索にかかっていた時間が4分の1になり、見つかる故障モードが2.5倍になったという報告がある。（鈴木）
- ・市民レベルになると、いくらこれが危険とかこれを読んでくださいといっても、なかなか伝達できない。文章的な理解というのがあるとすると、そのほうが実は伝達しやすいのではないかと。また、ロールプレーのような体験で伝えることもあると思う（田名部）
- ・NITEの事故データを見ても同じことばかり起こっている。情報共有、伝達モードは重要な観点である。（鈴木）
- ・組織間の情報共有については、体系の中ではどのように扱われるのか。企業間の技術秘密があるので情報共有は難しい。（高橋（真））
- ・ものづくりをしていくときに、負の側面というのは共有すべきである。何か共通の仕組みを

つくっていくという骨格づくりというのはわれわれがやらなければいけないのではないかなと思う。(鈴木)

- 具体的な事例を解析する際に、自動的に推定する方法はないか、テキストマイニングが使えるかと思った。例えば、形態素解析にかけて、言葉の分類や相関からクラスタ構造を抽出し、クラスタ分析にかけてとか、自動的に解析できればもっと大きなシステムの問題に対してもできるのではないかな？(高安)
- 私たちのグループではコンピューターを使った演繹・遡源的な方法により、専門知の集約によるリスク事象の発見にも努めている。(鈴木)

2-3. 「地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究 ICA-RUS/ イカロス」(江守室長)

- ・この研究でのリスク構造化の目的は、近未来よりも長期のリスク発現確率を左右する意思決定、合意形成の支援である。気候変動枠組条約 COP16 の合意にもかかわらず、目標の達成・影響の見通し、根拠、確実性には、対策積極派と慎重派の間で論争がある。こうした気候変動政策を検討するには、気候変動影響リスクと、対策に伴うリスクとのリスクトレードオフを考えなければならず、リスク構造を明確にする必要がある。「イカロス」という名には、こうしたリスクトレードオフの象徴としての意味も込められている。
- ・「リスク管理」については、次のようなフォーカスを行っている。不確実下での意思決定として問題を扱うこと。最大限利用可能な包括的・中立的な情報に基づくこと。想定外のものを安易につくらないこと。将来の変化による随時見直しを前提とすること。科学的合理性のみでは最終的な回答が得られず、社会的な価値判断を伴う必要があることを前提とすること。
- ・ICA-RUS では5つのテーマで活動している。空間スケールは地球規模、時間スケールは100年規模であり、自明な意思決定主体やリスク管理主体が存在しない問題を扱う。これを考慮して、リスク管理については、International Risk Governance Council (IRGC) のリスクガバナンスの枠組みを参考にしている。
- ・項目の羅列としてのインベントリだけでなく、手作業に基づいてソフトウェアでリスク因果関係のグラフ化を行っている。例えば、気温が上がり、強い雨が降ると、洪水が起きて、直接の被害が発生し、さらに二次災害的に感染症が流行する、といった関係の連鎖が取り扱える。
- ・リスクの構造化のプロセスでは、知識集積だけでなく信頼構築の観点からも、ステークホルダーのフィードバックを得て、偏りや抜けを無くしていくプロセスが重要である。

<質疑>

- ・定量的に分析する試みは？(高安)
- ・モデリングを行って、定量的な数字で出すということを試みている。(江守)
- ・科学的な不確実性が結構あると思うが、科学的な不確実性があるような因果関係については、どのように表現するのか。(高橋(真))
- ・不確実性の大きい問題もあるが、主に、因果関係の存在が少なくとも定性的には明らかな問題を扱っている。(江守)
- ・グラフとか表が研究全体の中でどう位置付けられているのか。(橋田)
- ・グループ内のコミュニケーションツールと認識共有のためのリストアップ。それと、外部に対しての成果公表。(江守)
- ・ステークホルダーごとの内部モデルの差を含む形で、意思決定を重層的に扱うようにするようできないかどうか。(出口)
- ・整理できていないと認識していて、課題として今後検討したい。(江守)
- ・イベントツリー解析のような形でシナリオ解析するのか、その戦略はどうか？(出口)
- ・気象モデルの気象変化結果を使って、例えば水資源とか、農業とか、健康とかの影響モデルを操作する。その結果に基づいてシナリオを整理していくやり方を考えている。例えば、あ

る温度変化を制御するためには排出量をどのように決定しなければならないか、また、そのときにはエネルギー技術のレベルはどうならなくてはいけないかなどという社会経済対策のシナリオを書くことになる。すでに我々の分野では、エネルギー経済のモデルを使ってたくさんシナリオを書いてきた。今後は、対策に伴うリスクも含めたトレードオフの構造をシナリオとして提示したい。(江守)

- 総合的研究のこのテーマ 5 の「社会的合理性」という言葉は何か特別な意味合いをもたせているのか。(兼田)
- ある意思決定がなされたときに、どれぐらい社会における多様な関係者がそれについて考えて関与して、それがどんなかたちで反映されて、それにみんながどのぐらい納得しているかとか、そういう関係のことを呼んでいる。(江守)

2-4. レジリエンスとリスク（北村所長）

- 安全学の分野では大規模人工物システムは固定的でなく変化することを基本認識とする。この変化に対応しつつ動作を継続・復帰できることがレジリエンスの要件となる。
- 従来型の「安全」の難点は、「安全」を追求した結果の脆弱さであり、東日本大震災でも実例が見られた。より望ましい特性としての「安全」を考えると、従来型の「安全」を超えた安全性の再定義も要請される。
- 第1種の安全性と第2種の安全性とを区別したほうがよい。第1種の安全性は、望ましい状態を固定的に定義する。これに対し第2種の安全性は、動的な失敗の回避と復旧を目指し、システムは変化こそが常態であり、システムと環境についての知識は常に不完全であるとの認識を前提とする。
- レジリエンスエンジニアリング（RE）では、大規模システムを次のような特性を持つものとして捉える。変化が常態であること。そのため完全な情報を獲得することはできないこと。動作の継続最優先であり、安全最優先が目的ではないこと。ただし安全は動作の継続の最重要要件であるから、この目的設定でも安全は十分に重視されること。失敗・危険へのドリフトが常に存在すること。ドメインによっては極めて高い安全性が要求されること。
- システムをレジリエントにする基本方策は、対処、監視、予見、学習が主要な4能力である。補完する重要な能力として、変化への気づき、資源の確保、失敗だけでなく成功事例を対象とした学習、自己認識の4つも挙げられる。これを単純化すると「容易でない状態を常に計測しつつける」という言い方になる。
- 組織は、問題点を現場に集中しがちでトップの状態を無視しがちある。
- 「リスクの構造化と利用」という観点からは、リスクの否定表現としての安全性の定義は妥当とはいえない。リスクマネジメントスキームの導入と、事前処方の提案の導入が必要である。
- 本質的には、具体例問題解決法を求めるだけでなく、学術的背景の把握が求められる。

<質疑>

- レジリエンスエンジニアリング（RE）といったときに、単なるリストのチェックでとどまらず、方法論、認識論がいるように感じた。また、想定除外に関して、モデル設定の根源にもどって、社会的なある種のゆがみみたいなものとかをREで今議論できるか。（出口）
- REで議論するというよりは、REの考え方が社会や組織に埋め込まれることが必要だと考える。「もともと問題の対象がクローズドワールドじゃなくてオープンワールド」と説明した。本質的に最初から完全解はできなくて、それを専門家、例えばレジリエンスの専門家、先ほどの鈴木先生のような、故障とか異常のご専門の方、ヒューマンファクターの専門、組織マネジメントの方、それと現場をよく知っている人たちというのが、チーム構成として本当はやらなくてはいけないと思う。（北村）
- REを従来の安全工学や信頼性工学との違いを区別するために、危機管理的なところに集中するとわかりやすい気がした。（鈴木（久））
- 危機管理だけに集中はしない。学問の縦割り、技術の縦割りで原発の配電盤を地下に置いたままにしてしまったということがないようにレジリエンス的に考えることを提案している。（北村）

- ・ 原発の事故対策において「原発は危険」といわれることを避けるために、使える対策（ロボット）も使えなかった、という話があるが、こういった話は RE の守備範囲か？（橋田）
- ・ ディフェンス・イン・デプスという概念がある。防御壁があるがそれが壊れたら次はこれをするという考え方。当然、シビア・アクシデント・マネジメントとかロボットとか考えるのは当たり前である。しかし、原発事故の場合は、シビア・アクシデントの可能性について地元で説明できないという理由で使えなかった。安全に対する理解が国民と専門家の間で共有されていないといった最大の問題がある。第2種の安全性、それから深層防護、そして防災ロボットまで考えに入れた考え方が重要である。それから、安全でなければ嫌だ、怖いからとにかく安全と言ってくれという方に対して、安全の本質は何も起こらないことではなくて、水面下ではいろいろなアクティビティの結果として、水上では何も見えていないということを理解してもらう必要がある。そのためには、社会的な意見交換が積極的になされなければならない。その枠組みとしての答えを、RE がカバーしていると思っている。（北村）
- ・ エンジニアリングという言葉を使っているが、どこの部分がエンジニアリングなのか。（田名部）
- ・ この学説を推奨している人たちの言い方は次のとおりである。「われわれはまだレジリエンスをエンジニアする最終的な手法は確立していない。それに向かっていろいろなことをやっている。だから、なんとかしてレジリエンスという望ましい性質を人工物や社会システムの中に埋め込まなければならない。そのためにレジリエンスをエンジニアする方法を探求しているからレジリエンスエンジニアリングという用語を使う。」（北村）
- ・ 能力の4つ、それから残りの4つというかたちで、全部で8つの能力を挙げていた。私は、事故の発生をいかに防止するか、万が一それが発生したときにどう発見するか、それから、事故の影響防止という3つがあるではないかと思う。先生の能力の中には、発生と発見のほうはこの中に含まれている。影響防止で特にフェールセーフ、パッシブセーフ、そのところがこの能力の中で、どこに関連するのか。（鈴木）
- ・ それは今日のフレームワークでいうと、リソースのほうに入る。このリソースという用語は、バッテリーがあればよかった、電源があればよかった、自動車がいけばよかった、という話だけではない。例えばフォールトトレラントとか、フォールトトレラントといっても、1つは装置の仕組みとしてのバリアなども含まれる。バリアという概念が共通に安全を守るためにあると思うが、仕組みとしてハード的なバリアがあったり、品質保証的にいろいろなところをチェックして見つけていくというのがソフト的なバリアも必要である。そのバリアはここでいうリソースとほぼ等価である。ただ、先ほど質問が出たチェック用のテーブルとかは、バリアに入れるか入れないかあたりは、まだ定説はない。（北村）

2-5. データ共有と自立分散協調型社会（橋田教授）

- ICT による社会リスクの管理・低減は、基本的に自律分散協調システムになるべきである。個人や組織が自らのデータを統合的に蓄積・管理して、他者と自由かつ安全に共有するメカニズムがあれば、ロバストなシステムとしてのインターネットと同等のレジリエンスを実現できる。
- 個人が本人のデータを蓄積・管理し、他者と自由に共有して活用する仕組み（Personal Data Store/PDS）には、いくつか考え方があ。現在は事業者がデータを集中管理しているが、個人がデータを自律分散管理するほうが望ましい。こうした、個人データを本人が蓄積・管理し、相手とデータの種を自由に選んで安全に共有・活用するための仕組みを、Personal Life Repository（PLR）と呼ぶ。事業者には内容がわからないかたちでデータを蓄積し、他人に開示するには限定したデータの復号鍵を渡す。こうすると、全体として自律分散協調型のレジリエントな社会ができる。それだけでなく、この仕組みで分散型 SNS を実装すると、従来の集中型 SNS のような個人情報漏洩、検閲や言論統制といった懸念を回避できる。大規模サーバーも必要ない。
- assemblage という私が開発中の SNS は、こうした仕組みの上に、オントロジーに基づいて構造化されたグラフを編集するかたちになっている。数量ではなく意味構造に着目した重要性の評価もできる。
- PLR の展開例としては、多様な形式のデータを簡単に統合した、集合的標準化に基づく放射線量マップがある。一般市民が取ったデータから科学的議論の場をつくるのは、危機管理には重要である。
- 誰でも一定の作法でデータを取り共有することが、PLR の仕組みを使えば簡単にできる。一般市民の科学的リテラシーを高めながら、世の中全体をめぐる仮説検証サイクルがデータに基づいてまわるということは、社会全体のリスク管理には最も重要ではないだろうか。
- 見通しなく集めるビッグデータではなく、必要に応じて集められるようにしておく「集めないビッグデータ」が効率的である。
- このように、PLR のサステナビリティとスケラビリティには、サーバーが不要で、利用者はほとんど何もしなくてよいという特長がある。そこから個人と組織の自律性と協調性も担保される。

<質疑>

- PLR の話というのは制度イノベーションと関わるところで非常に大きな社会のリスクの問題に関係してくるのではないかと思う。（出口）
- データの管理の面で、改ざんや間違いはどのように防ぐのか。（高橋（真））
- データの発行主が電子署名をする。個人の入力ミスや間違いは防げない。（橋田）
- 結局、業者が出てきてアーカイブっぽいものをつくって、それを売ってということにならないか。（高安）
- どれぐらい精度の高いデータがどれぐらいのコストでめられるかという話。個人の私生活にわたるようなデータは、本人がつくってめるのが一番コストが安い。（橋田）
- 難しいのは、データを間引きすることではなくて集約することである。（橋田）

3. 全体討論概要

(1) 自由討論

コメンテータの主な意見は以下の通り。(自己紹介部分は省略)

- ・ いろいろな切り口があると感じた。気候変動リスクの問題はステークホルダーの存在を最初から前提に置いた設計にしたほうが、政策との繋がりがあるものが出てくる気がする。90年代にポストノーマルサイエンス(フントヴィッツ&ラベッツ)の議論があった。これは、種々の不確実性(認識論的・科学的・社会的)や強い対立がある中で、政策決定と科学という二つのコミュニティのあいだの関係を制度設計するもの。熟慮討論を基本に『拡張されたピアレビュー』などの概念が挙げられていた。各国間の環境交渉などはまさにステークホルダーの集まる場所。そういう意味で、交渉の行方の不確実性(コンティンジェンシー)それ自体がリスクになる。(兼田)
- ・ リスクの問題というのは、ハードが得意な領域と不得意な領域とのはざまにあると思う。リスクは一人一人違うと思うので、その主体をどのように入れていくかということに関して、少し温度差がある気がした。その意味では、今日これからの議論の中で、そういった部分が出てくるのではないかと感じた。(高橋(真))
- ・ 今日の5つの講演は、かなり網羅性を意識しているのですか。(高橋(真))
- ・ ドメインの話はもう少し入れたかったが、きりがなくなるので3件にしぼった。これからあとで説明する提案に関連しそうな技術を選択した。(寺野)
- ・ リスクというものをどう捉えるか、特に一番気になったのは、北村先生の講演である。危機管理という立場で見えてしまうが、非常事態における意思決定者の行動はどうあるべきかというところに関心がある。事前にいくら考えていても、いざとなると全ての情報が入ってくるわけではないし、ごく一部の情報で先のことを考えながら手を打っていかなくてはならない。事前にリスクを全て理解できているわけではない、その場でリスクを想像しながら物事を進めていかなければいけないという、それをレジリエンス工学の立場からやっていく必要があることを感じた。(鈴木(久))
- ・ データ共有のところで、クラウドにデータを載せる話は、パーソナルに皆さんがデータを持って、そのデータの置き場所としてだけ使うというときに、どういうビジネスモデルがそこに考えられるのか疑問に持った。(鈴木(久))
- ・ ステークホルダーから考えだしてしまう傾向にあるが、人ではなくて物語から出発して考えるシステム科学というものがある気がする。イカロスの絵を出されていたのでそういうことかもしれない。(船橋)
- ・ 冒頭の趣旨説明では、ドメインの専門知識はいれない、横断的・共通的なプラットフォームを提案していた。ドメイン情報がなくてもそういうものはできるのか。世の中ではドメインなしでそういうプラットフォームが今まであるのか。もしなければ、非常にオリジナルな話という気がした。(本間)
- ・ 昨年度このチームに参加していた。プラットフォームということに非常にこだわった。これは、ある程度共通点のある違う研究をやっている人が、同じ道具立てを使うことによって、複数の研究の間のゆるい相互作用があるということを期待している面がある。同じプラットフォームを共有するということ。例えば100年の間に温暖化はたぶん起こると思う。その

間に例えば戦争が起こるかあるいは国家規模の経済破綻が起こるかということがあって、人によっては「温暖化を原因としてそういうことが起こりうる」と言う人もいる。しかし、それをいつ起こるというシナリオを作ろうとしてもできない。しかし、他方で、そういう戦争のリスクとか経済破綻のリスクということを考えている人がいる。環境の専門家がこういう人と一緒に研究をやらなくても、研究の議論を交わすぐらいの関係があったほうがよいと思う。(増田)

- ベックの「リスク社会論」にあるように、貧困がテーマになる社会からリスクを生産する社会に変わるといふ社会科学的な視点も、こういう議論の中に入っていると思う。リスクはモデルの外側からくるからである。設定されたモデルの外側に、実は本当のリスクが存在していて、今のモデルの中で考えてリストアップしてその全部に対策を立てても、その外側にリスクが発生する。つまりモデル設定そのものの行為を、主体的に扱わなくてはならない。特にモデルの境界設定があるいはモデルの設定そのものが外部とリンクしてくるということがしばしばある。その意味では、エンジニアリングの手前のところに、マネジメントとか制度の問題、制度的なイノベーションの問題がある。さらに、その背後にシステム方法論みたいなものがある。知識運用論に至るような認識論的な考えが必要である。したがって知識の階層みたいなものを考えて、方法論のレベルから具体的なエンジニアリングのところまで、少し領域透過的に問題を考えていくというのが、リスクのように、典型的な分野横断的あるいは分野透過的な問題を扱うときには、プロジェクトの中で議論するということだと思う。(出口)
- 知識の伝達にはいろいろなものがある。文章で記述して、部分的な推論でそれを組み上げていくという方法以外に、経験をベースとして伝えていくということもある。最近の流れとして、例えばシミュレーションのモデルについては、モデルそのものを皆が共有して、そのモデルを操作する経験もまた共有するといった新しいやり方がでてきている。そういう意味では、われわれはシミュレーションというある種のコミュニケーションツールを手に入れたような状態にあり、そういうものを使った新しいコミュニケーションについてますます議論すべき段階に来ている。今回のプロジェクトは研究者同士の知識の変換や対応付けといったものが可能となるプラットフォームをどうつくるかということだと思う。将来的にはそういった知見をどのように教育や人材育成に生かしていくかということも視野にいれていく必要がある。それから、私の視点としては、経済成長とか成長といったところとリスクとのかねあいをどう考えるかということがある。現状はうまくいっていても、何か起こったら困るというような観点がリスクには必要である。成長時であっても、何かが起こってしまった成長自身が止まってしまうという可能性の観点でリスクを考えれば、もう少し危険なレベルでリスクを考察しなければならなくなる。今回、原発の問題と経済成長の問題についてはそういった面で見えていないといけなかったと思う。分野横断的な人たちがどうやってリスクに関する概念を共有するかということに関して、先ほど共同研究するという話が出ていたが、異文化のところに乗り込んでいかないと、どういう議論、どういう概念が実際にあるかわからない。そういうことを促進させることは、ある意味でエスノグラフィカルな研究に近いが、他分野、例えば特定の学会に、ある程度の期間参加することも考えられる。実際に、研究活動の場に出てみて、その中で議論されているものが何で、どんなものが重要視されているかということを読んで、また自分の分野に戻って帰ってくると、それで初めて、自分たちが考えているリスクなどの様々な概念が他の分野でどう考えられているかを語ることができ

る。そのような活動をお互いにやりあって、それらを先ほど出てきたソーシャルネットワークのようなシステムの上で、見える化をして共有していくのがいいと思う。単純にオントロジカルなレベルで、この言葉の意味はこれですよというだけの対応だと、なかなか理解が進まないのではないか。知識を共有するというレベルで自ら人間同士がどこかのフィールドに入って、自分が変化を受けて、その変化を自覚して、また自分のフィールドに戻って帰ってきたときに、どういう変化が自分の認識構造の中に生じているかということ批判的に見れて、それが表出されるようなメカニズムが求められるのではないかと。(田名部)

- 例えば原子力の現場で、非常に規制が厳しくなっているが、社会的な批判が強い中で、規制のみを強化することが本当にその現場の安全性、リスクを減らすことに寄与するのかということが、非常に大きな興味の1つである。福島現場での話を聞くと、非常にモチベーションが下がっている。電力会社として、批判は受けなくてはならない部分はたくさんあるのだが、そういった中でも現場を維持して安全性を確保してやっていかななくてはならない。その中でいったい何が必要なのかということ、実際に行き、現場を見てきた。そのような場でも、非常に辛い状況の中で非常に頑張っている方がいるわけで、彼等をどうサポートするかという問題を考えている。また、先ほどのキーワードの関連では、私は、非常時における人間行動ということに興味がある。実際トレーニングセンターで、いわゆるシミュレーターを使って訓練をしているが、どういう訓練を行うことによって、想定外といった事象にも対応できるのかを考えている。もちろん先ほどあったように、想定外というからにはそのモデルの外側にあるものである。ただし、一般的な能力として、そういったものに対処できる能力をどう醸成していくのかということ、そのカリキュラム、シミュレーションの訓練の中でどういうふうに取り入れていくのかということを実際に今考えている。また、脳を測ることで人間のリスク認知のメカニズムを考えるということも研究している。最後に、制御システムセキュリティという話にも足を踏み入れている。制御システムセキュリティとは、要するに、今、いろいろなプラントの中でネットワークで全部つながって制御系が動いているといった中でマルウェアに感染することで非常に大きな社会インフラの影響があるかもしれないということである。今、国レベルでも大きなリスクとして認識されている。それに対して、まずそういうリスクに対する認識が、一般にないということが問題である。そういうのが危ないという認識がまず足りない。どう啓発していくかを合わせて、制御システムのリスクの研究をやっている。(高橋 (信))

(2) 提案まとめと討議

寺野リーダーより提案の説明を行い、それについて討議した。

【提案の説明】

まず、リスク構造化へのアプローチは、今日のお話でもいろいろあったように非常に幅が広い。普通だと全然コミュニケーションできないようなことになってしまう。一応2つのフェーズで研究計画そのものを考えている。

最初のフェーズとして、国主導の研究プロジェクトを動かす。理論から見たプラットフォームの位置付け、社会科学観点からも理論付けを行う。そして、実現上の技術的課題として、いわゆる情報学の関係の先生方に加わっていただく。特にここでキーワードになるのが、橋田先生の講演にあったオントロジーとか、知識ベースとかの概念。この中で特にデータの変換と

システム間の接続を支える方式は新しく考えていきたいと思う。

あと、利用者から見たプラットフォームの機能として、簡便に利用可能なツールというような書き方をしているが、取りあえず想定しているのは鈴木先生の講演もしくは江守先生の講演にあった用語集といったものが簡単につくれて、共用に使えるようなもの。その上で、利用者から見た、いわゆるリスクの知識そのもの、それは各分野のシミュレーターなりデータなりと結合できるような格好で使ってもらう。その意味で、われわれの考えているプラットフォームというのは中身がない。先ほど田名部先生から「枠だけでいいのか」という発言があったが、その範囲にとどめないと、逆に国主導の研究プロジェクトとしては成立しないだろうと考えている。

第2フェーズとして、実際に運用していきたい。先ほど最初のところで、毎年発表されている「Global Risks」レポートの話をした。発行している組織は非営利団体ではあるが、決してボランティアでやっているわけではない。そのスポンサーになっているのは主に保険会社である。保険会社がリスクを考慮するということでお金を出す。このようなレポート発表活動はボランティアベースで動かすというのは不可能である。

そこで、国の役割というのが当然出てくる。包括的なリスク評価を絶えず続けていけるような枠組みがどうしても必要になる。それで政策立案での利用ということまで書いてある。最終的には専門家による、ありとあらゆる研究プロジェクトに対して、このようなプラットフォームの情報を使って、あらかじめリスクアセスメントをやれるような仕組みができれば、第2フェーズとして成功と考えている（註）。

リスク構造化プラットフォームのイメージを図示したものがこれである。

（註）本ワークショップの議論を受けて作成した、戦略プロポーザル「共通利用可能な分野横断型リスク知識プラットフォームと運用体制～リスク社会に対応する知識の構造化を目指して～」においては、研究開発のフェーズを以下の3つに分けている：1）国家プロジェクトの主導のもとで、ICTシステムとしてのリスク知識プラットフォームの研究開発するフェーズ。2）専門分野ごとに実施されている個別のリスク研究成果のプラットフォームへの投入とリスク知識の関連づけのフェーズ。3）リスク知識プラットフォームを恒久的に運用・維持・管理するフェーズ。また、この3フェーズによる方法は、我々が提案している「システム構築戦略研究」の基本的な考え方にそうものである。

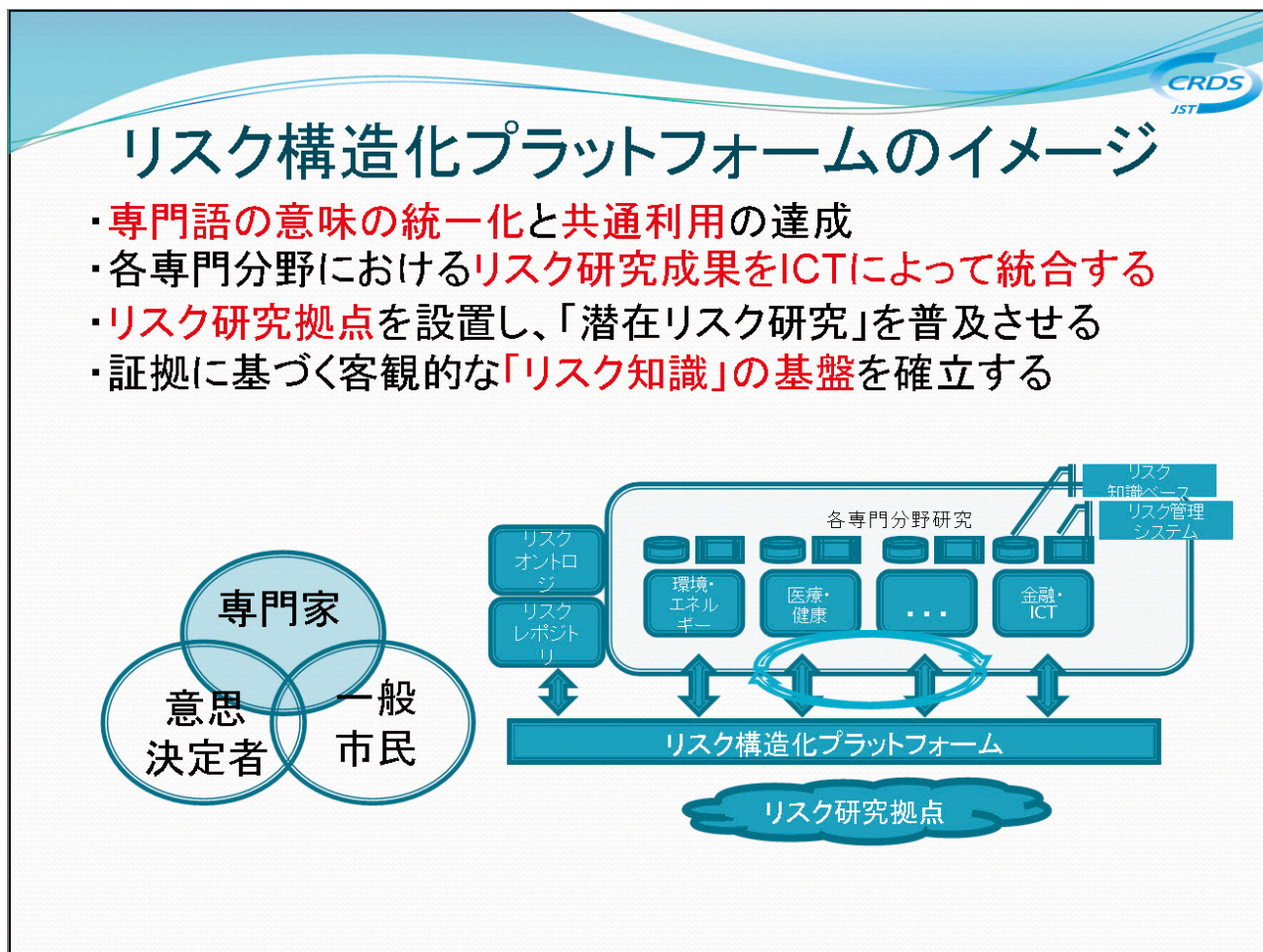


図1 リスク構造化プラットフォームのイメージ（配布資料 P.9）

基本的には専門用語の意味の統一化と共通利用の達成、各分野におけるリスク研究成果はICTによって統合する。各分野のリスク研究成果というのは取りあえずこのプラットフォームの外側にあるものだと私は認識している。それでないと、この研究プロジェクト自体が非常に大きなものになってしまって、收拾がつかなくなると感じている。

リスク研究拠点というのを考える際、こちらについては別にバーチャルな組織でも構わない。潜在リスク研究を普及させる。ここでリスク研究拠点とは前のスライドで書いたように、共同利用施設、大学の昔の大型計算機センターみたいなものを想定している。あれが知識の共有という意味で役に立つ。そこにはプログラム相談員というのが必ずいた。それで彼らが何だかわからないけど相談にのってくれる。それでバグのあったプログラムがなんか動くようになったというような経験を皆さんお持ちだと思う。そういったことをリスク分野でできるようにしたい。このようなリスク相談員は昔のプログラム相談員に相当するので、どこか一か所にいる必要もない。そういったことをバーチャルな組織の中でできるようにしたい。そこが下側にある、リスク研究拠点である。

プラットフォーム上には、リスクのオントロジーとリスクのレポジトリというようなものがある。そこには例えば、鈴木先生、江守先生のつくられていたような総合的なリスク関連情報が載っている。それが環境エネルギー分野でも信頼性の分野でも自由にアクセスできるそんなイメージを持っている。

それぞれの各専門分野の研究については、個別に進めていただく。それに対して統一のリスクの知識ベースとかリスクの管理システムといったものを個別研究によって作られたシステムとプラットフォームとの境目に存在させる。これは各分野の専門の方に使ってもらえればよい。

リスクの問題は非常に広範囲に及んでいるので、ステークホルダーも多い。専門家の方々、政策意思決定者の方々、一般市民、この3種類のステークホルダーは必ず存在するが、この研究プロジェクトの範囲では、取りあえず専門家の利用を想定する。というのは、意思決定者、一般市民まで広げてしまうと、これ自体が非常に大きな論争を呼び、收拾がつかなくなると予想されるからである。先ほどの意見にあったように、リスクはシステムの外側から発生する、その外側の部分を全部取り組むことになってしまうので望ましくないと思う。

少し狭くなるが、この範囲で、例えば5年間の研究期間を設定し、その間にリスク研究拠点を整備して、これは永久に維持する体制を作りたいと思っている。

これまでのJST/CRDSの研究提案は、実際に動くプロジェクトが、だいたい5年程度のプランを立てて終わりというのが多い。それではこの問題に対しては対応できないと思うので、最終的にはこのリスク研究拠点といったリアルまたはバーチャルな組織を維持できるような体制をつくるというのをゴールにしたいと思っている。

これに関して意見があれば伺いたい。

<議論>

- ・ 専門家の範囲に絞られるという、その専門家の範囲は、どのあたりなるのか。(出口)
- ・ 私が考えているのは、例えば、環境・エネルギーだったり、医療・健康であったり、金融・ICTであったりといった内容で、その範囲で言葉が通じるようにするところをゴールにしたい。(寺野)
- ・ 少し位メタ的な専門化、例えば先ほどベックの話が出たように、社会学とか…。(出口)
- ・ それは、構造化プラットフォームの外側に置いていいと思う。(寺野)
- ・ ただ、その専門家も、ある意味はいりうる体制が必要である。(出口)
- ・ それは5年間の研究で深めていきたい。そこから先はどうなるかは、またその次の話になる。(寺野)
- ・ 同じリスクの専門家でも立場の違いによって、それ自身がコンフリクトが起きるので、一般市民を入れるのと同じ程度に、いやもっと大きくコンフリクトが起きることは非常によくあり得る。(出口)
- ・ それは十分可能性がある。(寺野)
- ・ ただあまり狭くしてしまうと、逆にそこが非常につまらなくなってしまうこともあって、そのさじ加減が大変難しい。(出口)
- ・ これは各専門分野研究がどれだけはいってこられるかの問題であろう。今日の話であったように、環境の問題と信頼性の話はたぶん対象範囲である。それでお互いにその中で共通の言葉で話せるようになったら、それだけでも状況は改善される。あとは、この技術的な課題だが、今日、橋田先生の講演にあったような技術を利用すれば、情報システム、ICTのシステムとしては実現することができると思う。このための研究期間は5年間で十分という認識をもっている。(寺野)

- ・ その中で個別分野の概念ができるごとに、共通の部分をどういうふうに抽出していくのか。例えば、今日の話でも高安先生が指摘されたような、ある種の非線形性を含む見方とか、ある種のシナリオに基づいてシナリオ解析で主体を組むかたちでやっていく方法とか、いくつか共通の方法があるはずである。共通用語集のようなものに加えて、共通モデルのレポジトリについて、どこかで議論することになると思うが、それは次のステップになるのか。(出口)
- ・ この提案は2～3か月後に一応レポートにしてまとめる。その次に、社会予測という内容で、社会制度の予測とか制御といった感じのプロジェクトを計画しているので、共通モデル化のそちらのメインのテーマになると思う。(寺野)
- ・ いろいろな分野で異なる文脈でリスク研究をやっている人たちにとって言葉が通じるようになるのは大変いいと思う。しかし、その場合でも、各分野の全ての専門家がここにすぐ意識して共通の言葉を使ってくれるとは限らない。例えば国際的なコミュニティーに出ればその分野でのネイティブな用語の使い方というのは残るだろうと思う。このプラットフォームで、その都度、分野ごとの言葉の使い方と翻訳が行われて、それで横と通じるようになるみたいなイメージなのか。(江守)
- ・ そういうイメージをもっている。この種のプラットフォーム上にオントロジーができているということは、概念間・言語間の翻訳がほとんど自動的にできるということに通じるので、むしろお互いの話が通じやすくなる。オントロジーとしては、それ自体は日本語と英語とあまり変わらないので、言葉の置換とか共有というのは非常に楽になるはずである。ただ、従来、オントロジーの大規模なプロジェクトというのはうまくいった試しがない。従来の人工知能のテクニックでつくられたものは、今までの感覚だと、非常に手間がかかる。それに対して今日の橋田先生の講演にあったようなやり方、これはたぶん非常に有望だと思う。10年前だとたぶんこのリスクオントロジーをつくるということ自体が、かなりチャレンジングというか無理なところがあった。昨今のやり方だと、5年間で十分なものができると想定している。(寺野)
- ・ このプロジェクトに関わる専門家は、このリスク構造化プラットフォームのシステムの、機能だとか、仕様設計や内部設計とかということに関して、どこまで関わるのか。あるいは関わらずに、そのスペックに関しては別のところで集中的にやって専門家のほうはコンテンツだけを入れるのか、両方やるのか、そのへんの切り分けはどうなっているのか。(高橋 (真))
- ・ 私が想定しているのは、専門家の方々はコンテンツを入れていただければいいような仕組みである。感じとしては、Wikipediaのリスク版をつくるという感覚である。Wikipediaのシステム自体はそう重いものではないが、あのオントロジー自体はかなり複雑になっている。けれども、Wikipediaの編集者には誰でもなれるわけで、そういったところでリスク知識をちゃんと入れていただくということに専念してもらえばいいのではないかと考えている。(寺野)
- ・ そのスペックはどこで開発するのか。(高橋 (真))
- ・ それは最初の5年間でまとめるつもりである。(寺野)
- ・ 先ほどの質問に少し絡むが、専門家の人が使うときのインセンティブがどこにあるのだろうか？システムにネットワーク外部性の性質を持たせないと知識が集まってこないかと思うのだが、その仕掛けをどうつくるのか。(田名部)
- ・ その仕掛けのひとつとして、こんな制度が考えられる。科研費の研究プロポーザルに対して、最近は、「人権の保護及び法令等の遵守への対応」という項目がある。例えば、これと同じ

ようなレベルで、研究提案書にリスクアセスメントに関する項目というのをに入れてもらう制度ができればインセンティブを与えることが可能と考えている。そういったことをやる上で、プラットフォームがあれば研究提案者はこれを使うはずである。(寺野)

- ・インセンティブということでは、たぶんほかの研究分野のリスク管理の方法がこちらにも使えるのではないかなと思う。これが相乗効果を産むはずである。自分たちのやっていることの一段上のレベルで正当性が与えられる、あるいは、ステークホルダー間のネゴシエーションのやり方を共通化できる制度がほしい。共通化することによって得られる利益というのはだんだん広がっていくのではないかなという気はしている。(木村)
- ・今日は環境の話を私がした。よくご承知かもしれないが、私の話は環境の分野のリスクのごく一部で、他にも公害とか化学物質とかいろいろな環境のリスクの話もある。地球環境というか地球温暖化問題に限っても、私の紹介した話は、あえて地球規模長期というフレーミングをしているので、リスクという言葉とかステークホルダーという言葉の使い方が、ほかの温暖化のリスクの話とはずいぶん違う。例えば、自治体レベルで異常気象がどういうふうになるのか、適応しなくてはいけないみたいな話題も温暖化のリスクの話だが、そういう話とはずいぶん違う。例えば1つの分野の中でも、リスクなりそういう言葉の使い方はずいぶん違うというところを認識しないと、意味のあるものができるのは難しい気がする。(江守)
- ・その点に関しては、先ほど田名部先生からあったように、ドメインに入っていく勇気が研究者に必要だと思う。こういった立場で物事を見るには、各ドメインの中でそれなりの経験を積んでいかなければいけないと思う。自分のエゴを出してしまうと、こういったプロジェクトは絶対にうまくいかない。ただ、インセンティブがあれば、先ほどの「Global Risk」レポートといったものはあれだけで役に立つ。非常に荒っぽいレポートではあるが、毎年出すということに非常に意義がある。提案するフレームワークを使った報告書が毎年出るようになれば、その時々リスク概念の経時変化をきちんと見ていくことができる。そういうことがリスク研究拠点の大きな役割になると考える。(寺野)
- ・その場合に蓄えられる知識というものの種類は、マイクロなケースは入るか。(出口)
- ・それは各専門分野研究の問題だと思っている。(寺野)
- ・その各専門分野の方が入れると、それが入ること自体が意味があるのですよね。(出口)
- ・それ自体は、別のプロジェクトにしてしまう方がいいと考える。(寺野)
- ・個々のケースについてみるとリスクに関する情報は非常に出しにくい。つまり、否定的な評価を受けるケースが山のようにある。社会科学の調査をやっている、報告書に書けることが10分の1と程度になるということはある。非常にうまく構造化して、形式的に報告することができる領域はいいが、例えば、医療のヒヤリ・ハット1つとってもなかなか病棟から外側には出ない。そこをどうするか工夫がいると思う。(出口)
- ・どこまでを報告するかというのは、議論の対象にしてよい話かなと思う。(寺野)
- ・今の話で、提案するプロジェクトと、例えば失敗学のプロジェクトがどれくらい似ていてどれくらい違うのかというふうに整理することができるかという話かと思った。(橋田)
- ・失敗学のほうでは、実は出しにくい話というのがそのまま入っていて、結果としてあのデータベースの内容は、あまり増えていない。それに対しては北村先生のレジリエンス工学の考え方、すなわち、いいところをちゃんと入れるとリスク概念の共有化が進むのではないかなと思う。(寺野)

- ・ ポジティブエビデンスはもちろん入れたほうがいいと思うが、普通われわれは失敗に学ぶので、やはりネガティブエビデンスのほうが重要という気がする。両方必要だというのはもちろんそのとおり。(橋田)
- ・ ただこのへんも話し出すときりがないので、今日はこのへんで収めたいと思う。(寺野)
- ・ 今日の江守先生や北村先生の話でも、やはり全てのステークホルダーにオープンになっていなくてはいけないはずなのに、片方で議論をしている。しかし、ただ大変だからということだけで、専門家向けにまずつくるのだという説明をしてしまうと、社会的に評価されない。将来的には一般市民や意思決定者が使えるものにするために、最初の5年間で専門家だけで対話ができるような仕組みをつくるのだ、それを将来は一般市民や意思決定者にも広がるようなかたちでつくるのだというふうに論理立てしないと、自分たちで自分たちの首を絞めることになるのではないかという気がする。(鈴木(久))
- ・ 少しそれに関連していうと、専門家といっても特定の非常に狭い分野に限るのであって、ほかの分野では素朴な市民である。だから、先ほどから話題に出ている異分野コラボレーションみたいな話が入ってくれば、自ずから今の問題はかなり軽減されると思う。(北村)
- ・ その意味ではポジティブに言うと、各専門家が概念化している構造の基本的な要素をデータ化するというかたちでスタートするから専門家からのスタートなのだという理解でよいか。それであれば、その結果として共通構造なり、トランス部分が見えてくるというのであれば、それなりに意味のあるものと思う。(出口)
- ・ そのように考えている。(寺野)

【終わりに 閉会挨拶】木村英紀 (JST/CRDS)

長時間、大変な熱心な議論をありがとうございました。この提案はまだJST/CRDSから外に出るかどうか、実はわからない。いくつかのゲートというのがあって、ゲートは5つある。今のところゲート3まで通過していて、このゲート4というのが本番。ゲート4の前にこういうワークショップをやって研究者コミュニティからのいろいろなフィードバックを得ることが目的の今日の催しでした。果たしてこれでいくかどうか、非常に厳しい意見でも出ている。

その意見の代表的なもののひとつは、「リスク一般を取り扱うのは無理だよ、何か絞りなさいよ」というものです。それに関連して、こういうプラットフォームをつくるということについては、ライフとか情報とか電子情報通信とか、それからエネルギーの方とか、あるいはナノテク材料の方、こういう専門家の評価が必要となります。これまでの提案と比べると、そういう方から見るとこれは極めて異質な提案になります。ですから、その説得力が今日の皆さんの意見を反映することによって通過できるかどうか、私はまだちょっとこれは大丈夫という確信が持てない状況であることは確かです。

ただ、3.11のあとで発表された第4期基本計画の中には、リスクという問題に本格的に取り組まなくてはいけないということがうたわれている。しかし、3.11のあと2年たっても、現状ではほとんど実績が上がっていません。そういう意味で、ここでこういう提案をするということは、非常に意味があるし、やらなくてはならないことだろうと思っている。これは、CRDSのこれまでのアクティビティとだいぶかけ離れた提案であるということを皆さんひとつ認識してください。

それから、もう1つ申し上げたいのは、実は今日、前半の部分を聞いていながら、これまでの私どものチームの中での議論と少し離れているなという気がして、心配してました。ところが、最後のコメントで、増田さんがプラットフォームについて非常にいい定義をされてよかったと思います。それから、出口先生は知のもっと上流からリスクというものを考えていくような方法をとる必要があるという発言は、まさにわれわれが考えてきたことです。こういうかたちで集約をしていただいたということで先が少し見えてきたなという気がします。

本当にお忙しいところ、ありがとうございました。ぜひ今後ともご支援をよろしくお願いします。それから、こちら側での準備状況さらにまた実際にプロポーザルを書く段階になって、いろいろお知恵を拝借することがあると思いますので、その節はぜひよろしくお願いします。どうもありがとうございました。

(3) まとめ

本ワークショップは、有識者との議論を通じ、共通利用可能な分野横断リスク関連知識プラットフォームと利用体制について、その必要性及び可能性、また構築に向けた課題を探ることを目的とした。

その結果、当該の研究を国が主導することが必要であること、このプラットフォームの実現が分野横断でリスクについてコミュニケーションを取るにあたって有効であることが確認された。また、このプラットフォームができると、リスクの研究から分野共通の構造や対策法が発見出来る可能性があることが示唆された。推進にあたっての重要な課題として、①個別の専門分野研究とこのプラットフォームとの関係、プラットフォームを実現する方策を明確にすること、および、②本プラットフォームの有用性を示すため、ステークホルダーの関わり方やアウトプットイメージも明確にすべきことが指摘された。

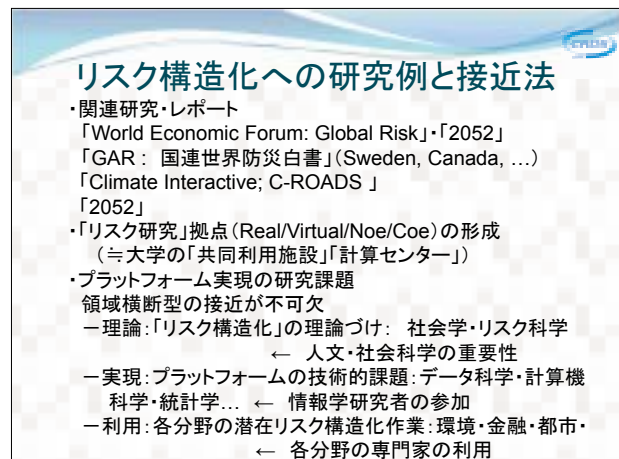
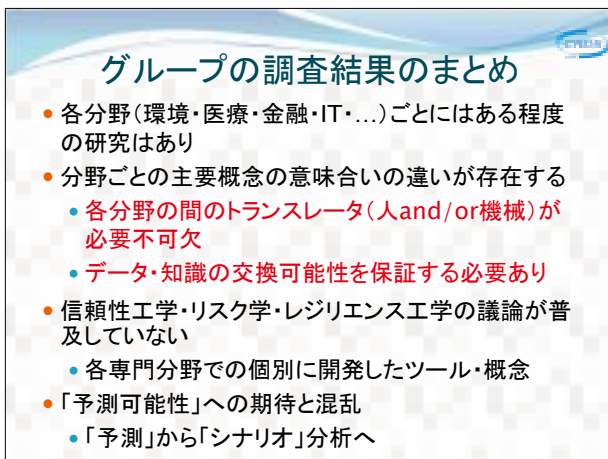
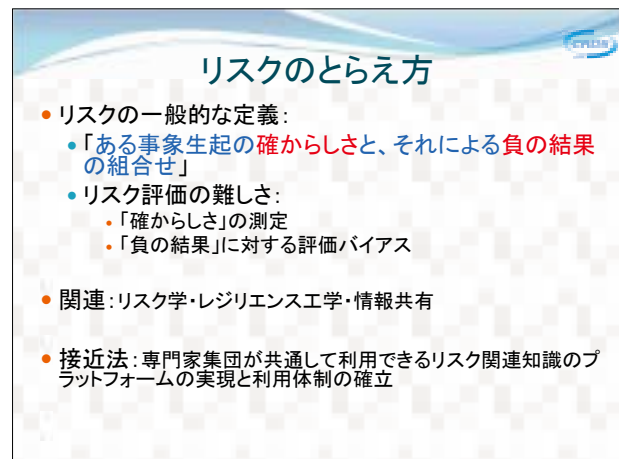
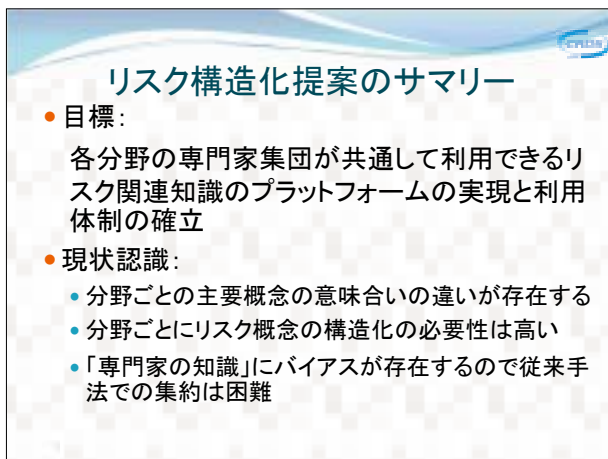
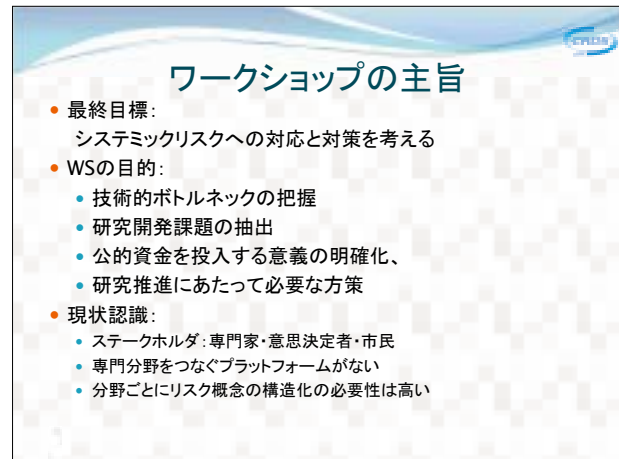
この2点は、JST/CRDSのこれまでの検討においても認識されていた課題であったが、本ワークショップでの討議を通じて、よりその重要性が確認された。

これらの意見や提案を整理、統合し、リスクの構造化チームが作成する提案書（戦略プロポーザル）へと反映する予定である。

4. 発表資料

発表資料の一部は著作権等の関係で掲載されていない。

4-1. ワークショップ開催趣旨説明 (CRDS)



主要概念の意味の違いへの対応

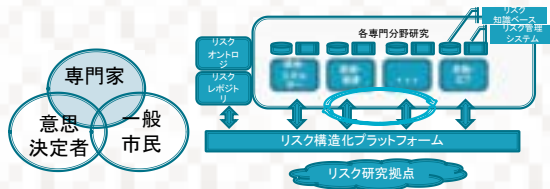
- 希少事象への確率わりあて
 - 希少事象の損害推定
 - ⇒ ともに専門家のバイアスの影響が大
既存事象に影響されやすい
 - 共通語彙・概念階層の整備の必要性
 - ⇒ オントロジーの開発:
- ※オントロジー: 各分野で使用する用語の厳密な定義の階層的な記述、計算機と人間の両方に理解できるような表現
(≒SemanticWeb; タクソノミー; フォークソノミー)
- 領域横断的(Trans-Disciplinary)な研究が必要

リスク構造化への研究方法

- 第1フェーズ: 国主導の研究プロジェクト**
 - 理論からみたプラットフォームの基礎づけ:
知識組織化の一般理論「次世代集合知」
 - 実現上の技術的課題:
「データ」処理算法の深化; 機械学習; インタフェース
データの変換とシステム間の接続を支える方式が重要
オントロジー; 知識ベース; Crowd Sourcingが鍵
 - 利用者側からみたプラットフォームの機能:
簡便に利用可能な汎用のツール (← Excel; DBを超えて)
- 第2フェーズ: リスク基盤プラットフォームの運用**
 - 「包括的なリスク評価」(← 政策立案での利用)
 - ステークホルダーによるリスク評価での利用
(← リスクコミュニケーションの方法とツール)
 - 専門家による研究プロジェクトに対して **潜在リスクの認知・評価**
の義務付け (← 研究提案+リスクアセスメント)

リスク構造化プラットフォームのイメージ

- 専門語の意味の統一化と共通利用の達成
- 各専門分野におけるリスク研究成果をICTIによって統合する
- リスク研究拠点を設置し、「潜在リスク研究」を普及させる
- 証拠に基づく客観的な「リスク知識」の基盤を確立する



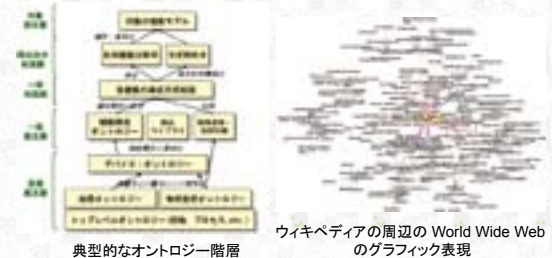
参考資料

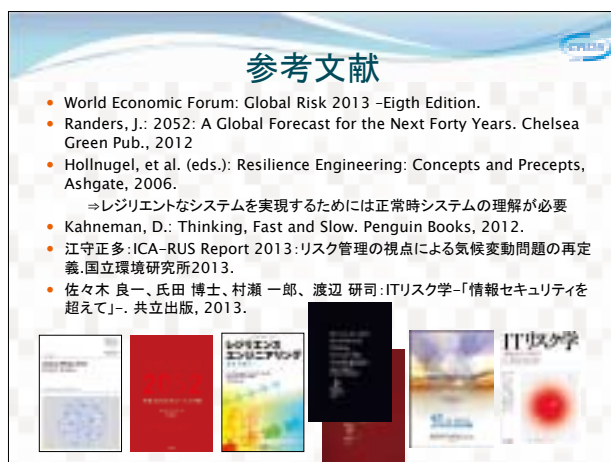
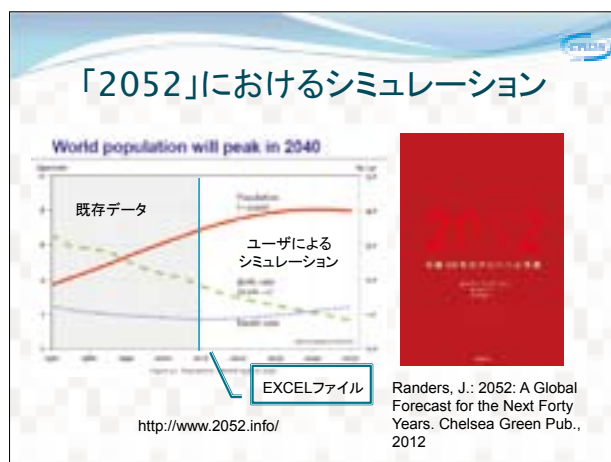
既存のリスク構造化の方法論

- 信頼性工学・品質管理から
 - フォルトツリー解析 (FTA) Fault Tree Analysis
 - イベントツリー解析 (ETA) Event Tree Analysis
 - 原因結果解析 (CCA) (FTA+ETA)
 - 品質機能展開 (QFD Quality Function Deployment)
 - レジリエンス工学から
 - 機能共鳴事故モデル分析 (FRAM Functional Resonance Analysis Method)
 - ソフトウェア工学から
 - オブジェクト指向分析・設計 (OOA/OOD)
 - UML (統一モデリング言語): 仕様記述言語・ダイアグラム
 - ユースケース図
- ⇒ 各専門分野で利用するためには共通プラットフォームが必要

オントロジーとSemantic Web

- オントロジー: 明確に定義された共通概念と語彙の体系
- Semantic Web: Web上でコンピュータ・人間が共通に扱える
定式化された概念 ⇒ オントロジー工学: 溝口ほか





4-2. システミックリスク 統計物理学の視点から（高安教授）

2013.07.25 JST共通利用可能な分野横断リスク関連知識プラットフォームと利用体制

システミックリスク
統計物理学の視点から



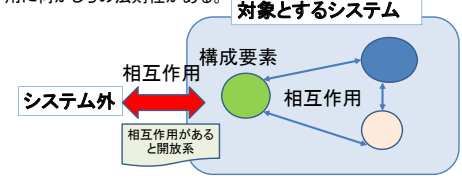

東京工業大学大学院総合理工学研究科
高安美佐子

共通利用可能な分野横断型の科学とは？

1) 科学の土俵にのる分野である

対象とするシステム内外が定義でき、構成要素の特徴やその相互作用に何かしらの法則性がある。

対象とするシステム



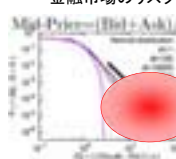
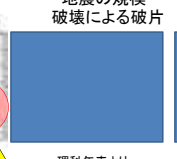
2) 横断的分野とは観測されるシステムに類似性がある分野

- ✓ 構成要素の特徴量や相互作用の**統計的特性が類似している**
- ✓ 構成要素の特徴量や相互作用の時間発展**方程式が類似している**

複雑な現象の本質を横断的理解するための数理
構成要素の特徴量や相互作用の**統計的特性が類似している場合**

① 平均値や標準偏差などの統計量で特徴付けられないリスク変動の科学（べき分布の発生メカニズムの研究）

金融市場のリスク 地震の規模・破壊による破片 腸内細菌の種数・人口の分布


M. Takayasu, et al. 2000

正規分布を期待すると**“想定外”**。べき分布を仮定すれば**“想定内”**

システム科学の引き出し

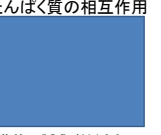
複雑な現象の本質を横断的理解するための数理
構成要素の特徴量や相互作用の**統計的特性が類似している場合**

21世紀の発展

② 複雑ネットワークの科学: 相互作用・つながりの構造の類似性

情報伝達ネットワーク 社会ネットワーク 物質系ネットワーク
(インターネット・脳) 金融市場間・企業間取引 たんぱく質の相互作用





2003年時のもの
赤がアジア、青が北米、緑がヨーロッパ、黄が南米、白がその他
<http://www.optix.org/maps/>

100万社の企業間取引ネットワーク
M. Takayasu, et al.

Jeong, H., Mason, S. P., Barabási, A.-L., & Oltvai, Z. N. Lethality and centrality in protein networks. *Nature* 409, 405-409 (2001).

システム科学の引き出し

日本企業の取引ネットワークのストレステスト

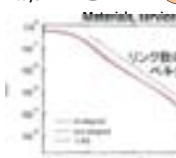
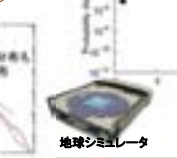
有向ネットワーク

60万社の距離の分布

消費者 buyer 生産者 seller

お金の流れ

Materials, services

地球シミュレータ

in28% out15%

LSCC

ノード数611,384, リンク数3,831,129.
・年間取引高のあるリンク数7,847
・発注社492,704社, 受注社468,976社

個別の企業のサプライチェーンの危うさを定量的に推定する。

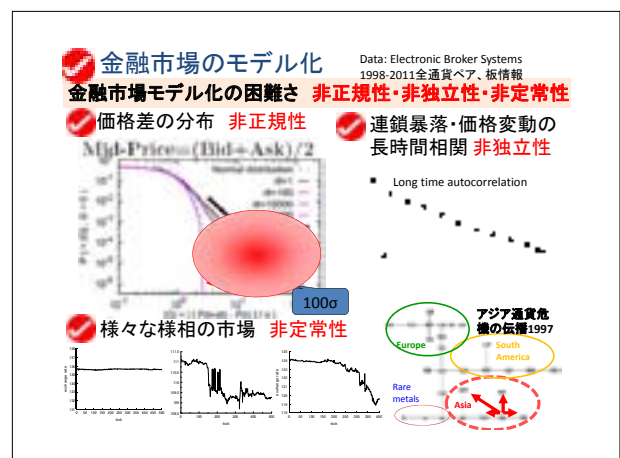
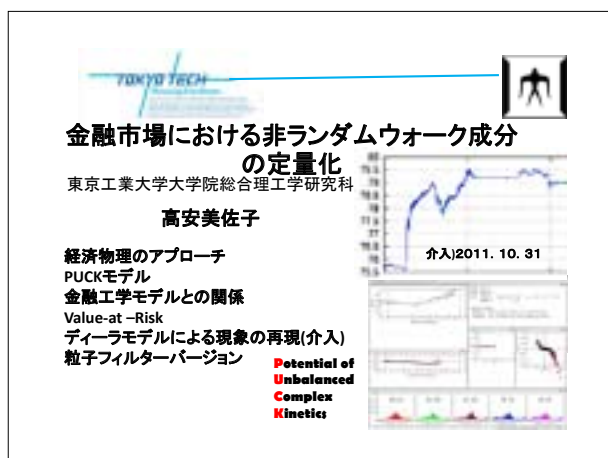
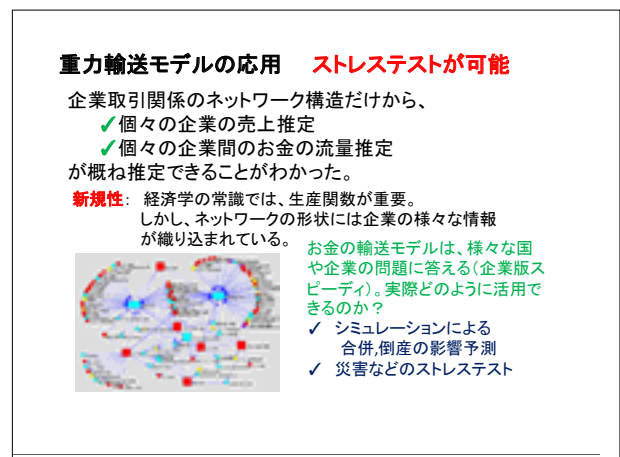
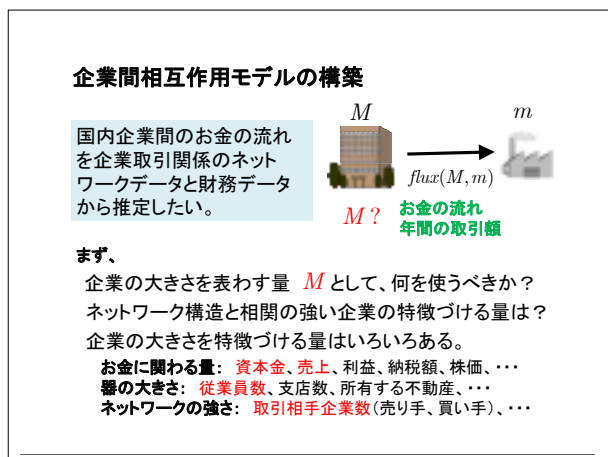
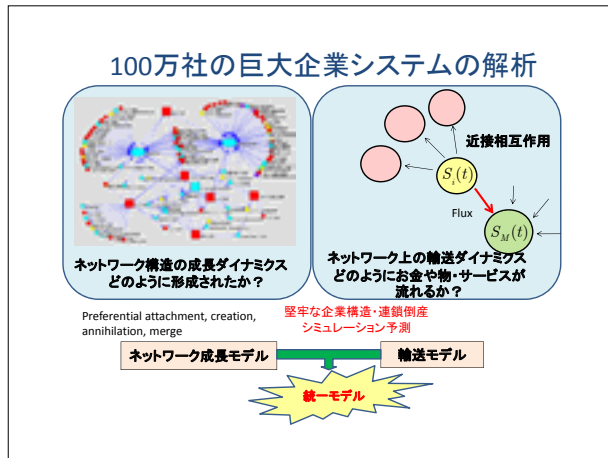
問題提起: 自動車メーカー

自動車は30,000個の部品から成る。その部品の流れが止まると、生産ラインが止まる。サプライチェーンは、非常に複雑で、危機管理ができていない。どのように、サプライチェーンの効果を見積もることができるのか？ 周辺のお金の流れは？ **無駄をなくし、リスクに強い効率的なお金の流れは？**



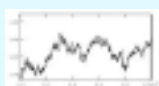
- ✓ 製造工程の企業ネットワークを把握する
- ✓ 部品ごとに関連会社のお金の流れを見積もる。
- ✓ 部品の流れが止まった時に、どう対応するか？シミュレーションする。

“ネットワーク力”を定量化する
ネットワークの中で重要な位置にあるノードの危機管理はできているか？



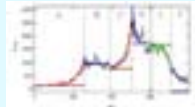
金融市場の価格変動の2面性

確率的



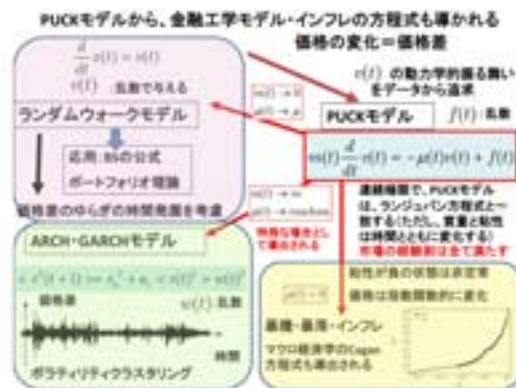
ランダムウォーク
金融工学

動力的



バブルとクラッシュ

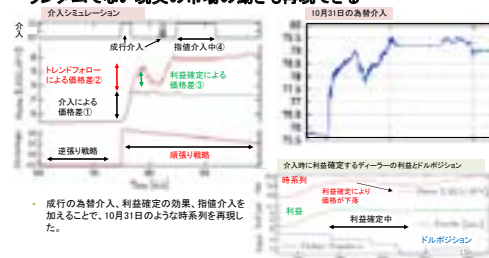
金融市場のモデルは両方の性質を持ち合わせないといけない;
確率的振る舞い+動力的振る舞い



2011年10月31日の介入を再現するシミュレーション

- ・ スプレッドディーラモデル(ゆらぎが大きいとスプレッドを大きくする)
- ・ 介入ディーラ(成行きドル買い、指値ドル買い)
- ・ デーラのポジション管理(利益確定売り+損切り)

→ランダムでない現実の市場の動きも再現できる



4-3. リスクモードに着目した未然防止とそのシステム（鈴木教授）

リスクモードに着目した
未然防止とそのシステム

2013年7月25日

鈴木 和幸
(電気通信大学)

1

未然防止

“予測” --- 予測できないことは防げない

- 帰納的アプローチ**
過去に生じたトラブルより、現場・現物・現実の視点よりこれを一般化し情報共有を行い、現時点から先のトラブルの未然防止を図る。
- システムのアプローチ**
①目的(機能)→②アイテム→③機能達成メカニズム→④ストレス
→⑤故障メカニズム→⑥-1 故障モード→ ⑥-2 トップ事象モード→⑦影響
“故障モード・トップ事象モード”・・・リスクモード
“源流管理”
- 二つのアプローチの融合・包括
科学的アプローチ(FMEA, FTA, CAE...)
組織全構成員の総力の結集
信頼性・安全性の十分なる事前検討と確保・確認
経営トップのリーダーシップとマネジメント

2

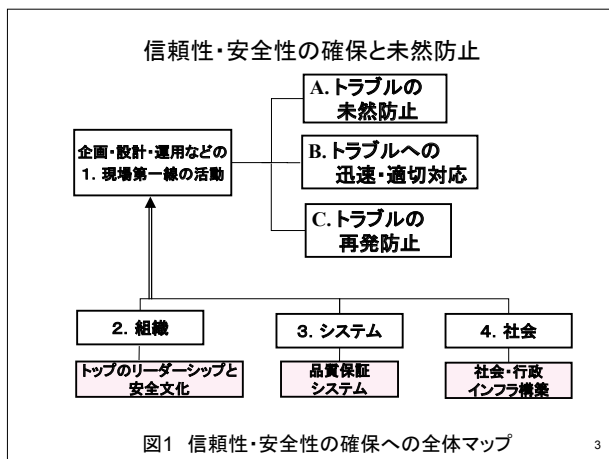


表1 二つの組織にみる安全文化の比較

分類	項目	組織X	組織Y
経営姿勢	経営トップのコミットメント	現場まかせ 安全第一・品質第一は掛け声だけ	経営トップが目的意識を現場に伝え続け 組織に対してはプロセスを共にする
	品質方針	品質・安全性とコストはトレードオフ 利益優先・コスト削減・効率重視	能力に加えて安全性は絶対に譲らない
	品質責任者 従業員	QA担当者 従業員の責任のみを第一とする	社長 社員が財産、モノづくり人づくり
組織	部門・組織間の協力	ライン優先 部分最適 金庫保存型	全部門・全階層・全員参加 組織を超えたQA体系 全体最適
	技術	標準化 目的：認証取得	活用・改善・創造型 目的：技術の伝承
企業体質	失敗・問題点	隠蔽・隠蔽	失敗を皆の共有財産とする 問題をオープンにすることが未然防止につながる
	姿勢	隠り・高慢・面子	常に謙虚に学ぶ姿勢
価値観	現場志向	机上主義、情報待ち	トップが現場に向き合い実践と刺激を
	透明性	内向き 臭いものには蓋	外向き 隠さない

4

1. 現場第一線の活動
A. トラブルの未然防止

- (1) 組織を超えたトラブル情報の共有
- (2) 個別トラブル事象の普遍化とその仕組み・プロセスへのPDCA
- (3) インシデント情報の活用
- (4) システム的アプローチ

帰納的
アプローチ

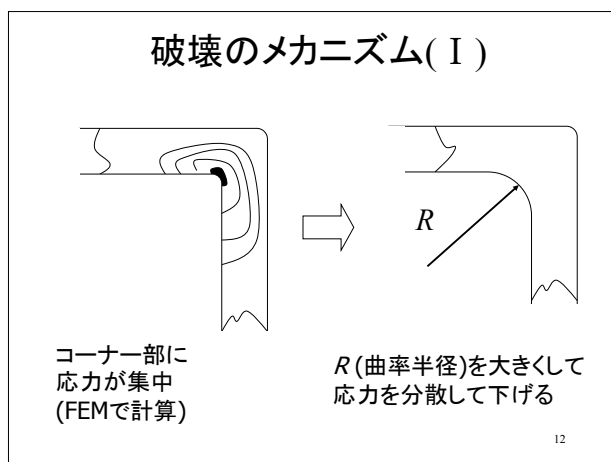
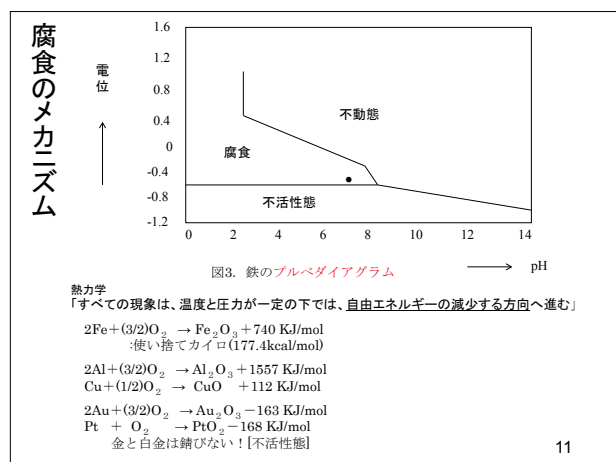
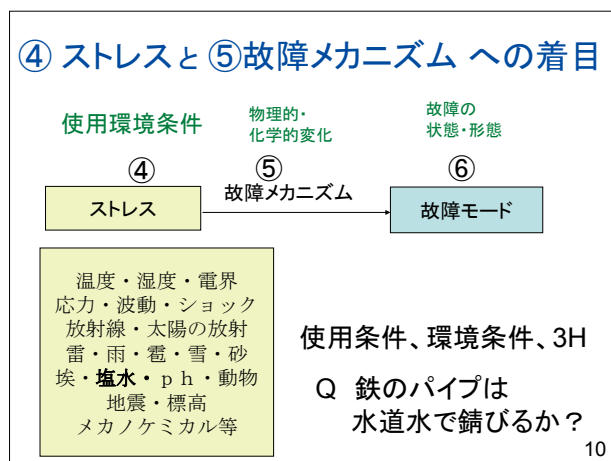
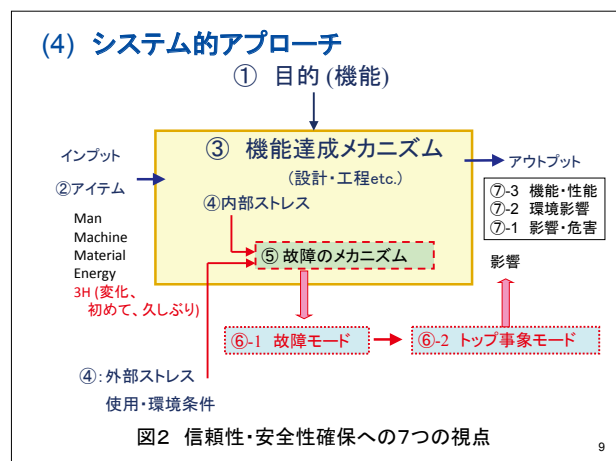
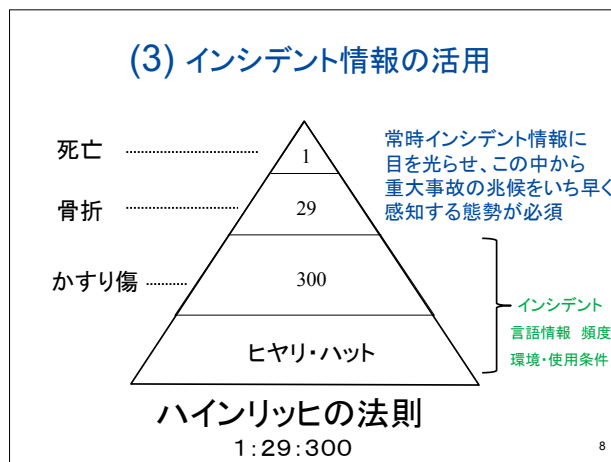
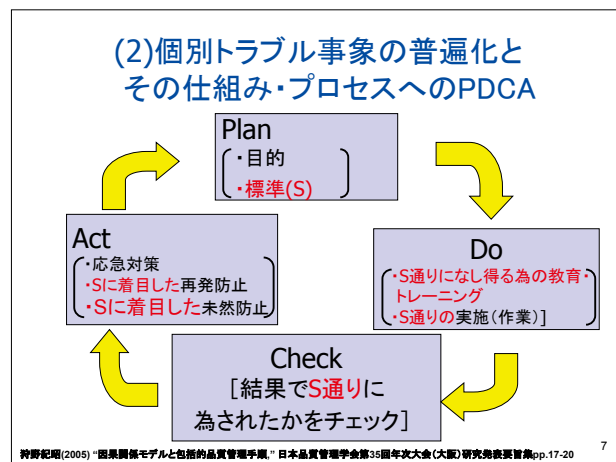
5

(1) 組織を超えたトラブル情報の共有
トラブルの分類

- a. 過去において経験・失敗をした同一、あるいは類似した延長線上にあるトラブル
- b. 未経験なトラブル
 - b1. 個人として未経験なトラブル
 - b2. その個人の属する組織(係/課/部/企業)として未経験なトラブル
 - b3. 一つの業界として未経験なトラブル
 - b4. 企業・業界の枠を超えて未経験なトラブル

情報の共有化: 言語情報 頻度

6



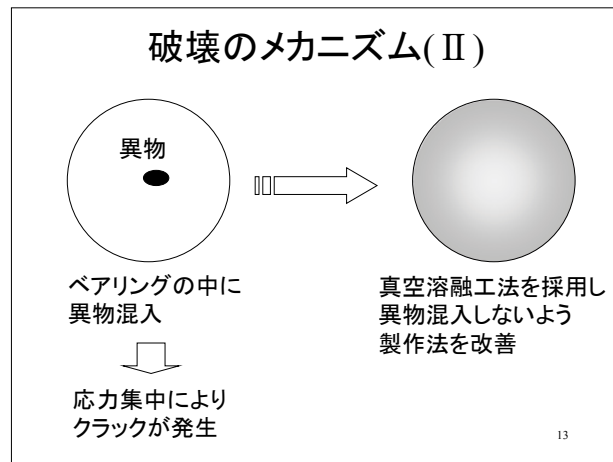


表2 ストレス-故障メカニズム-故障モードの一覧 [6]未然防止の原理とそのシステム									
使用環境条件 (ストレス)		故障メカニズム			故障モード		アイテム		
大分類	小分類	大分類	小分類	フェーズⅠ	フェーズⅡ	フェーズⅢ			
温度 + 応力 + 時間	高温 + 応力 + 時間	クリープ	クリープ破断 (プラスチック)	原子核変位	ポイド・微孔の発生	へたり、き裂、破断	ばね、構造部品、溶接 (ねじり、滑り)		
			クリープ脆化	結晶粒界の結合力低下	延性低下	き裂、破断	Cr-Mn鋼、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金等、銅合金		
			応力弛緩	変形付加の維持	応力の緩和	き裂、破断	炭素鋼、Mn鋼、Cr-Mn鋼		
			ラチェティング	脆化力の増進し脆性	ひずみの累積	き裂、破断	内圧管の管壁、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金等		
			(金属)	強度低下・ 靱性低下	材料脆化	き裂、破断	リハビリ船		
	低温+応力	低温脆性	脆性脆化	脆性脆化・靱性低下	材料脆化	き裂、破断	ねじり、滑り、破断、ねじり、滑		

表3: ストレス-故障メカニズム-故障モードの一覧の概要[6]

ストレス		故障メカニズム		故障モード	アイテム	故障の発生原理・法則	故障モードの検出	主な故障・劣化
大分類	小分類	大分類	小分類	フェーズⅠ	フェーズⅡ	フェーズⅢ		
温度								
応力								
湿度								
電界								
ガス汚染								
特殊故障								
先放耐値								
液体								
特殊故障								

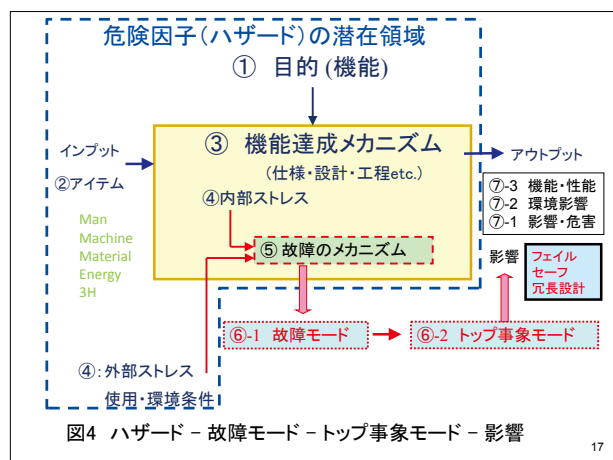
5

安全の基本概念[黒田勲氏]

- 安全はこの世には存在しない。存在するのは**危険因子(ハザード)**とそれが**顕在化した危険(リスク)**だけである。
- 潜在する危険因子を顕在化しないように努力し続けた結果、何事も起こらなかった状態を**安全**という。
- この努力を一瞬でも怠れば危険は事故という形で顕在化する

ハザード: Hazard : [真壁肇(2002)]
 危害・損害をもたらす潜在的状況・要因、またはそのシナリオ

16



“故障モード”

例: バイブ: 電裂、つまり、破断
 —原子カプラントの配管、下水道のパイプ、人間の血管

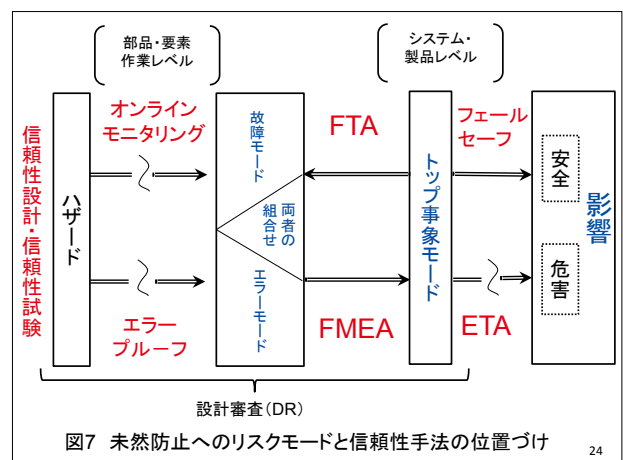
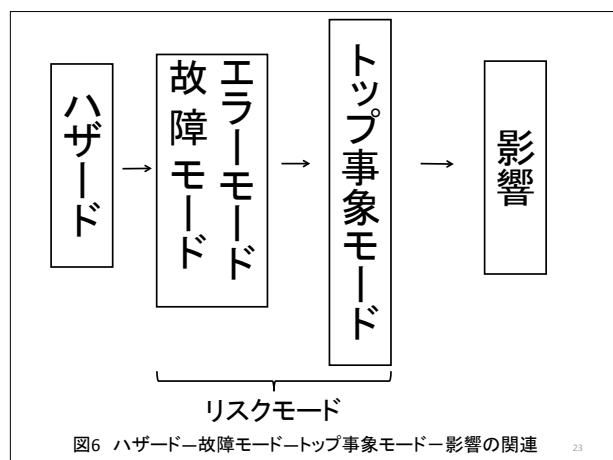
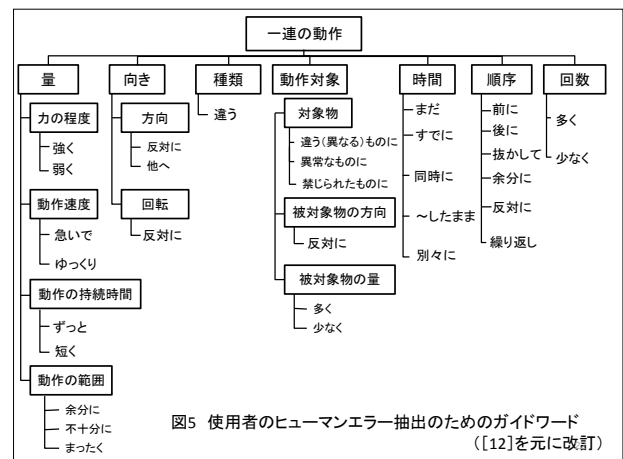
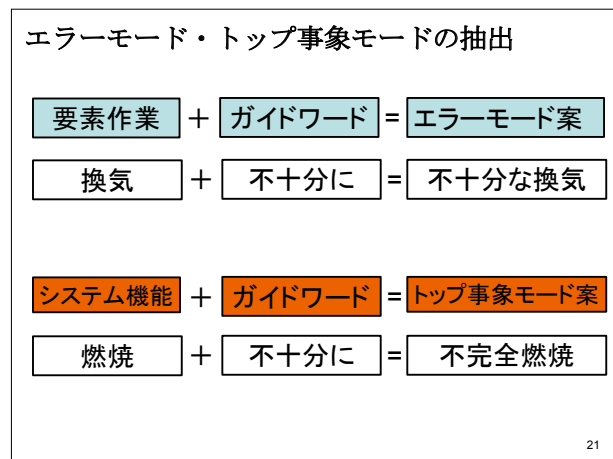
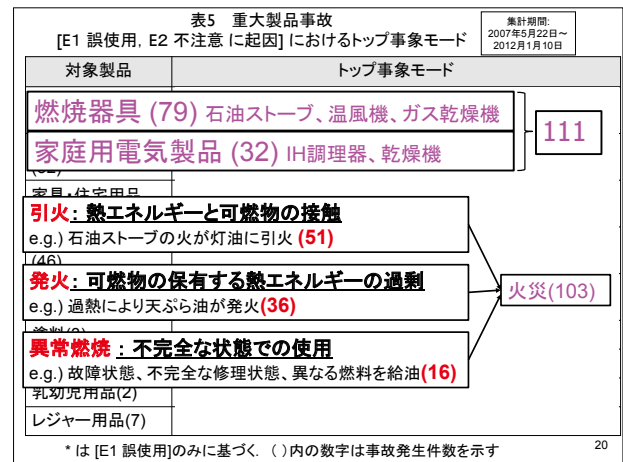
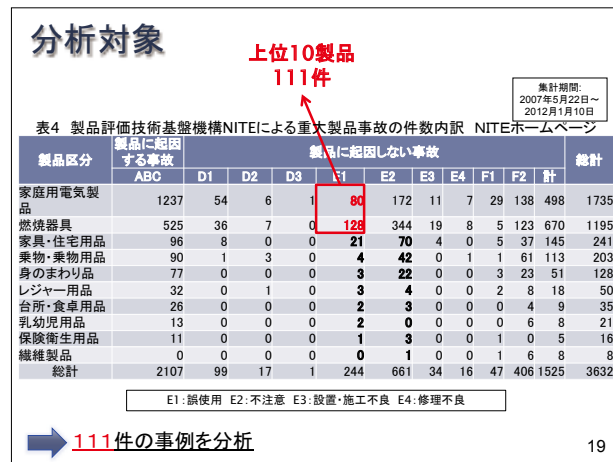
製品・システムの構成要素中の好ましくない現象あるいは事象をできるだけ多くの構成要素に対し、その不具合事象を容易に予測しうるように汎用化し、抽象化・一般化をはかったもの

ハザード → 故障モード / エラーモード → トップ事象モード → 影響

“トップ事象モード (Top Event Mode)”
 例: 不完全燃焼・・・ガスこもら、石油ストーブ、発電機
 全エンジン停止、制御不能 → 墜落

絶対生じてはならぬ重大事故・重大危害発生の一連のシーケンスに着目し、これらの事故・危害に至る直前の事象で、これを出来るだけ多くのシステム・製品・構造物等に適用しうるよう汎用化し、フェールセーフ・ETAなどの影響防止策を為すべき事象

18



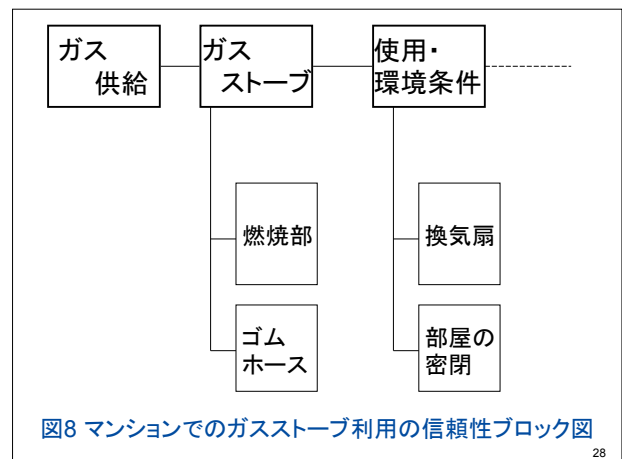
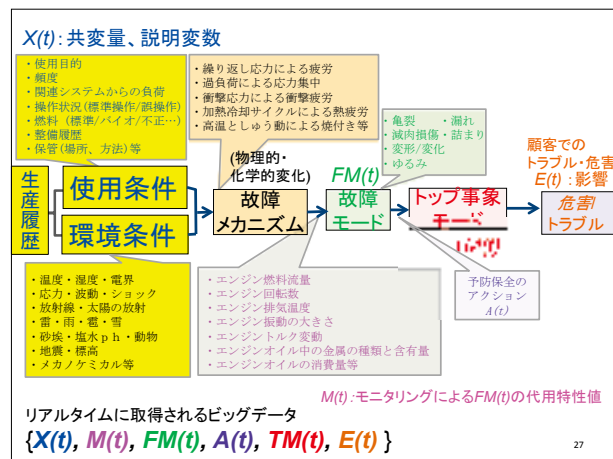
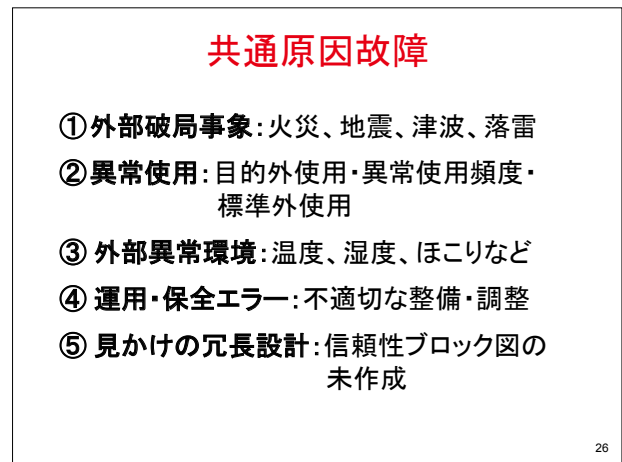
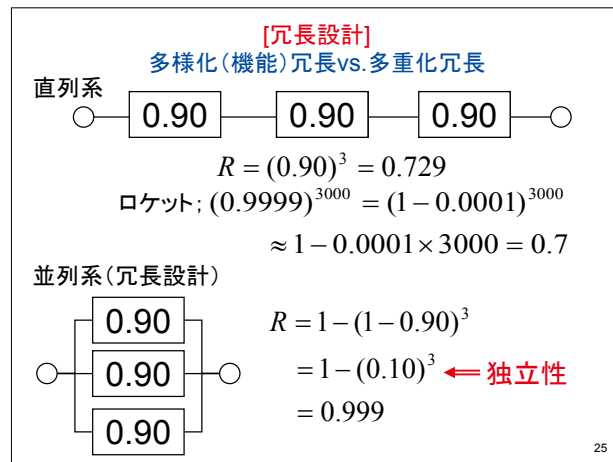
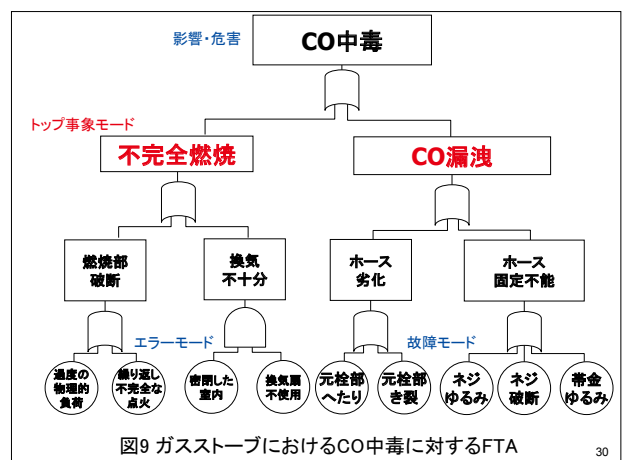
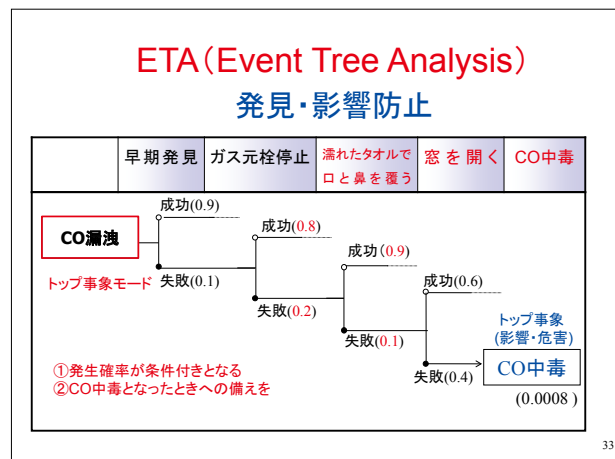
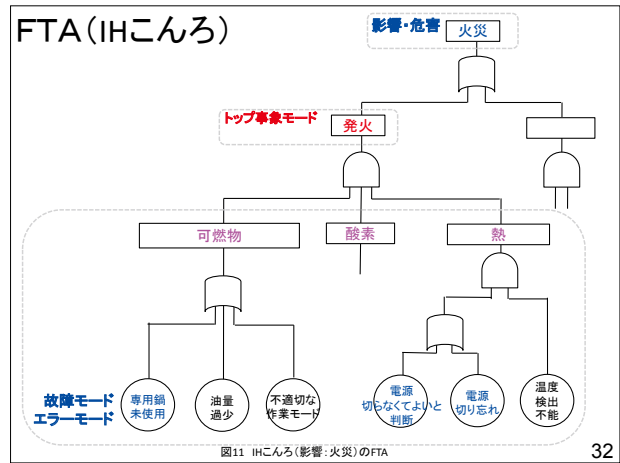
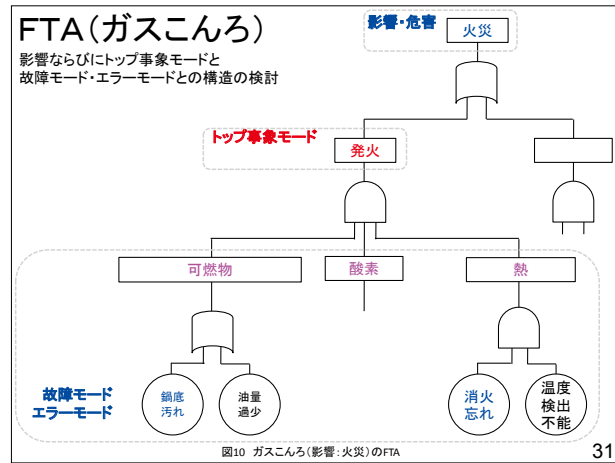


表6 ガスストーブ利用へのFMEA(一部のみの)

番号	部品・作業	故障モード・エラーモード	要因(ハザード)	トップ事象モード	影響・危害	故障モードのきびしさ	検出難易度	危険優先数	是正対策
1	燃焼部	破断	不完全な点火の繰り返し	CO漏洩	CO中毒	5	2	30	回転部の摩擦係数の減少
2	燃焼部	破断	過度の物理的負荷	CO漏洩	CO中毒	5	2	30	強度アップ
3	ゴムホース	へたり	経年劣化	CO漏洩	CO中毒	3	1	3	—
4	ゴムホース	亀裂	経年劣化	CO漏洩	CO中毒	5	1	10	定期検査
6	換気扇	換気不十分	過度の物理的負荷	不完全燃焼	CO中毒	5	2	10	材質変更
7	使用環境条件	換気不十分	使用せず	不完全燃焼	CO中毒	5	3	15	ストーブとの連動
	部屋密閉	換気不十分	密閉マンション	不完全燃焼	CO中毒	5	2	40	換気扇と燃焼器具との連動

29





「正常検出」

対象	対象の説明	抽象化
ガスコンロの鍋無し検知機能	コンロ口に鍋があるときのみ点火ができる	安全な状態であるかを検出し、安全である時だけ動作を可能にする
風呂釜	水がはられて初めて点火しうる	
ジェットコースター	安全バーがロックされていないとスタートできない	

鍋無し検知機能
起動インターロック

表7. エラーブルーフ・フェールセーフ考案表(抜粋)

	【フェールセーフ】	【フェールソフト】	影響防止
【デッドマン機構】	常時必要とされる動作・機能がなくなると自動的に機能を停止する →電車の運転レバー	【多機能化(機能冗長)】 真実に備えて同じ機能を果たす別のメカニズムの設備や機器を複数備える →水・ガス・空気の3重安全装置	影響吸収 【フェールセーフ】
【使用時間による自動停止】	使用時間が一定時間を超えると自動的に機能を停止 →スチーブ自動お湯沸かし機能	【多量化(空間冗長)】 設置場所を変えて備える →2重・3重・4重	影響緩和 【フェールソフト】
【停止インターロック】	温度や振動などの異常な状態が検出された際に自動的に機能を停止 →ファンヒーターの運転時ガス遮断装置	【復元(機能冗長)】 誤った行為をしてしまっても以前の状態に戻ることができる →バスカードの再入力失敗時の登録消去	
【故障時のエネルギー状態の分離に基づく方策】	(1) エネルギー・情報供給の停止を安全側とする →自動空気ブレーキ 完全が復元できない場合には自動でブレーキが掛かる (2) 保存エネルギーを利用して安全側へ移行 →踏切の遮断機 (3) 素材、構造の耐力を利用 →天ぷら油温熱防止装置 (4) 素材、構造の健全性を維持 →ヘリウム(不活性)	【同一動作の要求時間冗長】 使用者が意図した結果以外になる可能性がある場合、その動作をやり直させる →バスカードの再入力失敗時の登録消去 【フェールソフト】 異常が発生し、直ちに全体に影響を与えず、少しずつ影響が広がるようにする →自動車のチューブレスタイヤ 【微事緩和】 異常が発生し、直ちに全体に影響を与えず、少しずつ影響が広がるようにする →エアバッグ	

[11] 鈴木・青木 元を改訂

エラーブルーフ

発生防止の対策原理1 「排除」

【方向の非限定】
ミスを生じる要因を排除する

タンタルコンデンサー
[判断を不要]

例: カプセル内視鏡
事故の要因となるチューブを無くす

類似名称医薬品

()内は主な対象疾患

コンピュータ上に注意喚起
例:「本剤はタキソールです。タキソテールと間違わないでください。」メッセージと確認ボタン

タキソール (卵巣がん、肺がん)	タキソテール (乳がん、肺がん)	デオドール (気管支ぜんそく)	テグレート (てんかんの発作)
ノルバスク (高血圧症)	ノルパデックス (乳がん)	フレドニン (急性副腎皮質機能不全)	ブルゼニド (便秘症)

2004.3.8 朝日新聞
©K. Suzuki 2008 37

[影響防止] E-1 影響吸収 [フェイルセーフ]

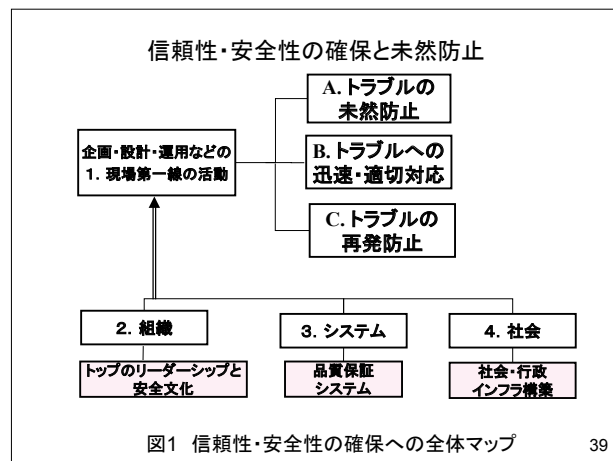
エラー・異常が生じたときあらかじめ定められた一つの安全な状態を取るよう定め、人への危害を防止する工夫

[ゼロメカニカル設計] > エネルギー供給停止を安全側とする
エネルギー利用が可能な時のみ、システムは稼働可能となる
例) エレベーター、電車のデッドマンメカニズム

[位置エネルギーの使用]
例) 原子力核反応: PWRの燃料棒への制御棒、鉄道の踏切

[使用時間による自動停止]
使用時間が一定時間を超えると自動的に機能を停止する
例) ストープの自動消火機能: 使用者の消し忘れによる影響をなくす

38



1. 現場第一線の活動 B. 発生トラブルへの迅速・適切対応

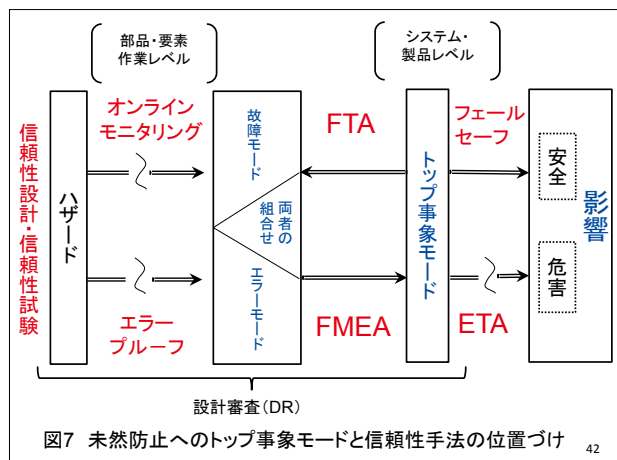
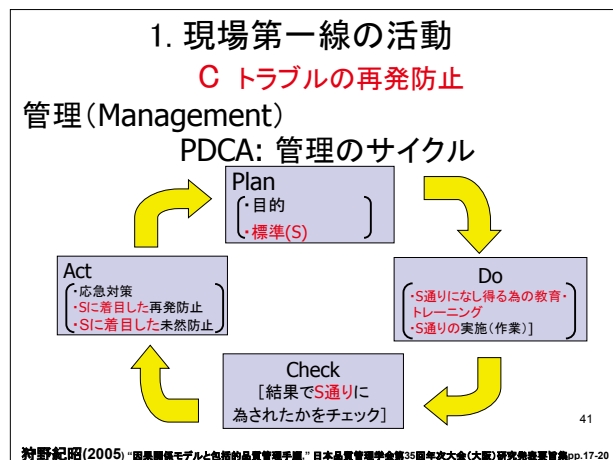
(1) 平時の段階にて検討すべき事項

- ① ETA (Event Tree Analysis) の事前作成
- ② 緊急時へのETAに基づく訓練
- ③ 早期認識: 悪い知らせ vs. 良い知らせ
不具合情報の共有・トレーサビリティ
- ④ 早期情報発信
- ⑤ 対応優先順位
- ⑥ 平時と有事における意思決定の切り替え
e.g. 地震発生時と平時のルール

⇒ トラブル発生後に向けての事前対応
⇒ トラブルの予測
区分・層別 vs. 対応組織、5W1H

(2) 有事における対応

40



リスク情報システム科学

目的

- ・ 統一的・俯瞰的観点に立脚したリスク学の創出
- ・ システム工学・情報科学・統計科学・数理科学ならびに経営工学の5分野を融合し、複合的かつ多様な利害関係者が想定されるリスクへの対応プロセス設計を支援する「リスク情報システム科学」の構築
- ・ 複合リスクの生成と制御のプロセスに関わる構造を定量的に分析し、科学的な対応プロセスを設計する基盤的システム科学を構築し、リスク対応が必要な全学術分野のパフォーマンスの向上を図る

43

リスク情報管理プロセス

新学術体系

1. リスク問題解決方針立案	演繹・遡源アプローチ	B01 リスク発見学
2. リスク発見	帰納的アプローチ	B02 リスク発見学
3. リスクの定量的構造化	評価	B03 リスク構造分析学
4. リスク事前対策	発生防止 流出防止 影響防止	B04 リスク事前対応学
5. クライシス事前・事後対策	共有・保有	B05 クライシス対応学
6. 1～5 の社会実装		(研究項目Cへ)

44

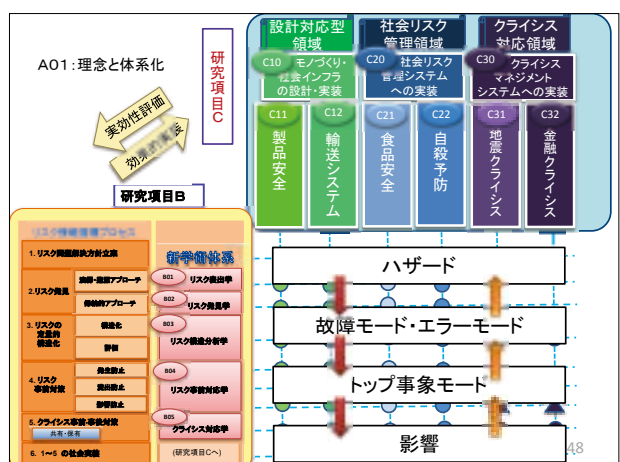
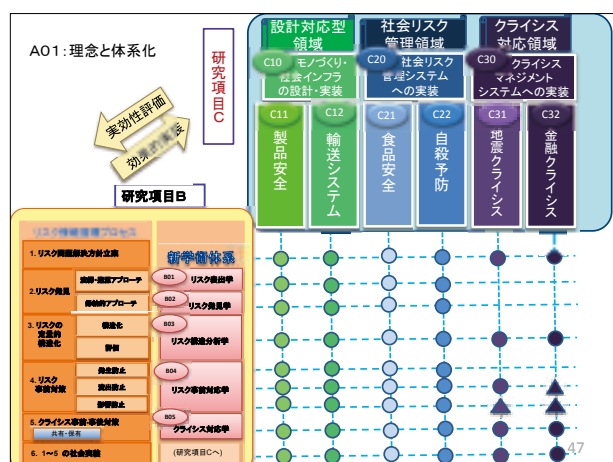
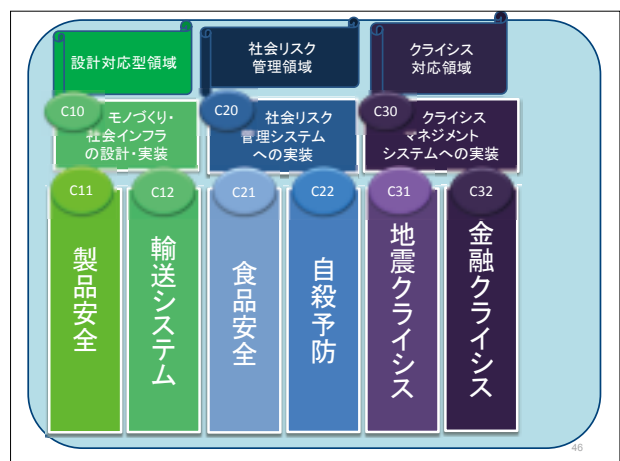
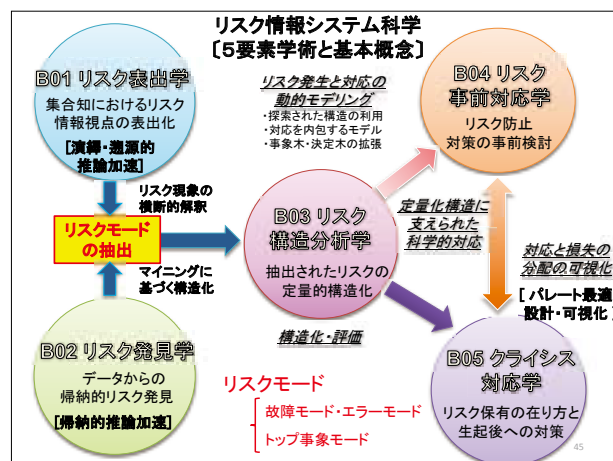


表8. Risk Mode の例

分野	対象	故障モード/ エラーモード	トップ事象 モード	影響
C11 製品安全	冷却パイプ	詰まり	冷却不能	メルト ダウン
医療	血管(動脈硬化)		心筋梗塞	死
C12 輸送システム	航空機(複雑操作)	(操作) 間違え	機体制御不能	墜落
医療	治療プロトコル(複雑)		医療事故	死
C21 食品安全	腸炎ビブリオ(洗浄不足)	増殖	食中毒	死
C22 自殺予防	(いじめ/家庭内暴力/ 差別/経済的問題/失業/ 独居/社会的孤立)	薬物依存/不安/ 摂食/妄想/気分 障害	自殺企図/ 自殺念慮	死
C31 地震クライシス	地震(プレートの沈み 込み/ずれの蓄積)	海洋プレートと 大陸プレートとの 固着域の破壊	津波発生	...
C32 金融クライシス	国債の利回り	上昇	過度の 財政赤字	財政破綻

参考文献

- [1] 真壁肇・鈴木和幸・益田昭彦(2002):「品質保証のための信頼性入門」, 日科技連出版社
- [2] 真壁肇編著(2010):「新版信頼性工学入門」, 日本規格協会.
- [3] 狩野紀昭・鈴木和幸(2007):「魅力と安全性・信頼性の実現に向けた新製品開発と品質保証」, 日科技連 第84回品質管理シンポジウム要旨集, pp.27-51
- [4] 狩野紀昭(2005):「因果関係モデルと包括的品質管理手順」, 日本品質管理学会 第35回年次大会(大阪)要旨集, pp.17-20.
- [5] Hitoshi Kume(2004): "Quality Management in New Product Development", Productivity Press.
- [6] 鈴木和幸(2004):「未然防止の原理とそのシステム」, 日科技連出版.
- [7] 鈴木和幸(2008):「信頼性・安全性の確保への提言—全体マップ—」, 品質, Vol.38, pp. 400-412.
- [8] 平野晃規, 鈴木和幸(2012):「故障状態の分類に基づくフェールセーフの体系に関する一考察」, 日本信頼性学会第20回春季信頼性シンポジウム, 予稿集, pp.47-50.
- [9] 鈴木和幸編著(2008):「信頼性七つ道具」, 日科技連出版.
- [10] 鈴木和幸編著(2009):「信頼性データ解析」, 日科技連出版.
- [11] 鈴木和幸・青木健(2009):「ユーザの使用段階でのトラブルを未然防止するエラーブルー化の方法」, 品質, Vol.39, pp.479-491.
- [12] 鈴木 和幸, 金田 健, 平野 健(2002): 未然防止のための潜在的エラーモード抽出, 日本信頼性学会誌, Vol.24, pp.653-663.
- [13] 田中健次・伊藤誠(2008):「信頼性・安全性確保のための顧客と企業の情報共有」, 品質, Vol. 38, No.4.
- [14] 鈴木和幸(2013):「信頼性・安全性の確保と未然防止」, JSQC選書, 日本規格協会

表1: 故障の発生原理・法則とストレス-故障モード(出展: 鈴木和幸(2004)「未然防止の原理とそのシステム」, 日科技連出版) ©鈴木和幸(2009)

使用環境条件(ストレス)	故障メカニズム	故障モード	アイテム	故障の発生原理・法則	故障モードの検出 (信頼性試験)	主な業界・分野
大分類	大分類	小分類	フェーズ I	フェーズ II	フェーズ III	
高温	高温・高湿	焼戻し酸化	不純物の析出	機械的性質の低下	き裂、破断	電子デバイス 化学 石油
		α(シグマ)相酸化	α相の析出	材料脆化、延性低下	き裂、破断	
		黒錆化	グラファイト化、黒錆	強度低下、塑性低下	き裂、破断	
		再熱割れ(SPR割れ)	粒界の周部強化	相対的な強度低下	き裂、破断	
		高熱酸化	高熱加熱	材料脆化	き裂、破断	
	高温	青熱酸化	加熱	伸び、絞り低下	き裂、破断	電子デバイス 化学
		化学変化	分子鎖の切断・変形	強度低下	き裂、破断	
		相変化 (軟化、溶融、蒸発、昇華)	変形	強度低下	溶解	
		(真性)	金属内部の歪み	絶縁不良	短絡	
		(非真性)	絶縁不良	—	短絡	
低温	アロイスバイク	ジュール熱	高温処理	シリコンの取り込み	接合部破壊	電子デバイス
		水素浸食	接触面所のゆがみ	接触抵抗の増加	発熱	
		475℃脆化	水素原子の拡散	メタン生成	メタンによる表面割れ、脆化現象、ブリスター	
		高温酸化(乾熱)	スピノーダル分解	材料硬化	延性低下	
		(バナジウム・アタック)	保護膜の破壊	加速酸化	剥離	
	高温・高湿	熱拡散	金属間の原子移動 (相互拡散)	微小クラック、歪みの生じ	き裂、破断	電子デバイス
		(熱暴走)	加熱	金属間化合物の生成	断線	
		二次酸化	ホットスポット	内部エネルギーの増大	発熱、発火	
		時効硬化	二次相の析出	材料硬化	破断	
		変形時効	常温加工	材料硬化	き裂、破断	
低温	フラクチャスリ	焼入時効	二次相の析出	材料硬化	き裂、破断	電子デバイス
		低温	冷えた金属表面にフラクチャス蒸気が付着	—	ノイズ発生、接触不良	
		材料の組み合わせ	熱膨張係数の差により、熱膨張に作用している材料の膨張力の低下	ゆるみ、歪みによる接触力の低下、おおよそ、温度変化、湿度変化	分層、剥離、腐食、通孔	
		エレクトロマイグレーション	金属原子の移動	ヒロツク、ウィスカ生成	断線、断線、断線	
		局所腐食	ピットの生成	電池作用による促進	断線	
	高温・高湿	浸食	局所溶着腐食の低下	濃液電池の形成	き裂、破断	電子デバイス 化学 石油
		高湿酸化	高湿の酸化低気体との接触	高湿の酸化低気体との接触	腐食、腐れ、腐蝕	
		油灰腐食	バクテリア化合物工場の腐食	酸化反応	腐蝕	
		加水分解	加水分解	水の吸着	き裂、破断	
		かび	分解	絶縁不良、変質	き裂、破断	
高温・高湿	高温・高湿	呼吸現象	呼吸現象	水分や腐食性ガス、酸素の侵入	短絡	電子デバイス
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	
	高温・高湿	呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	電子デバイス
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	
		呼吸現象	呼吸現象	絶縁抵抗低下、リーク電流増加による出力低下	短絡	

表1: 故障の発生原理・法則とストレス-故障メカニズム-故障モード(出展: 鈴木和幸(2004)「未然防止の原理とそのシステム」, 日科技連出版) ©鈴木和幸(2009)

使用環境条件(ストレス)	故障メカニズム	故障モード			アイテム	故障の発生原理・法則	故障モードの検出 (信頼性試験)	主な業界・分野
		大分類	小分類	故障モード				
温度+応力	加熱・冷却サイクル	熱疲労	界面破壊	膨張・収縮の繰返し	フェーズ I	フェーズ II	フェーズ III	電子デバイス 化学
				原子拡散	原子拡散	ポイド・亀裂の発生	変形、き裂、破断	
				クリープ破壊(金属)	クリープ	ポイド・亀裂の発生	変形、き裂、破断	
				クリープ破壊(プラスチック)	クリープ	ポイド・亀裂の発生	変形、き裂、破断	
	高温+応力+時間	クリープ	結晶粒界の結合力低下	結晶粒界の結合力低下	結晶粒界の結合力低下	変形、き裂、破断	変形、き裂、破断	電子デバイス 化学 電子力
				変形付加の維持	変形付加の維持	変形	変形	
				熱応力の繰返し負荷	熱応力の繰返し負荷	変形、破断	変形、破断	
				強度低下、塑性低下	強度低下、塑性低下	変形、破断	変形、破断	
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
低温+応力	低温脆性	(金属)	(プラスチック)	強度低下、塑性低下	強度低下、塑性低下	変形、破断	変形、破断	電子デバイス 化学 造船業界
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
	収縮	残留応力	水素脆化	強度低下、塑性低下	強度低下、塑性低下	変形、破断	変形、破断	電子デバイス
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
	膨張	酸化膨張	ボンプコーン現象	強度低下、塑性低下	強度低下、塑性低下	変形、破断	変形、破断	電子デバイス
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
				材料脆化	材料脆化	変形、破断	変形、破断	
高温+しゅう動	焼付き	スミアリング	摩擦熱	摩擦熱	摩擦熱	変形、破断	変形、破断	自動車
				摩擦熱	摩擦熱	変形、破断	変形、破断	
				摩擦熱	摩擦熱	変形、破断	変形、破断	
				摩擦熱	摩擦熱	変形、破断	変形、破断	
	摩耗	アブレッション	摩耗	摩耗	摩耗	変形、破断	変形、破断	電子デバイス
				摩耗	摩耗	変形、破断	変形、破断	
	せん断応力	(引張応力)	(圧縮応力)	せん断応力	せん断応力	変形、破断	変形、破断	電子デバイス
				せん断応力	せん断応力	変形、破断	変形、破断	
				せん断応力	せん断応力	変形、破断	変形、破断	
				せん断応力	せん断応力	変形、破断	変形、破断	
応力	疲労	疲労破壊	疲労破壊	疲労破壊	疲労破壊	変形、破断	変形、破断	化学工業
				疲労破壊	疲労破壊	変形、破断	変形、破断	
				疲労破壊	疲労破壊	変形、破断	変形、破断	
				疲労破壊	疲労破壊	変形、破断	変形、破断	
	クリープ	クリープ	クリープ	クリープ	クリープ	変形、破断	変形、破断	化学工業
				クリープ	クリープ	変形、破断	変形、破断	
	変形	変形	変形	変形	変形	変形、破断	変形、破断	化学工業
				変形	変形	変形、破断	変形、破断	
				変形	変形	変形、破断	変形、破断	
				変形	変形	変形、破断	変形、破断	

[illegible]

表1:故障の発生原理・法則とストレス-故障メカニズム-故障モード(出展:鈴木和幸(2004)未然防止の原理とそのシステム,日科技連出版) ©鈴木和幸(2009)

使用環境条件(ストレス)		故障メカニズム		故障モード		故障の発生原理・法則		故障モードの検出 (信頼性試験)		主要な業界・分野	
大分類	小分類	大分類	小分類	フェーズⅠ	フェーズⅡ	フェーズⅢ	アイテム	故障の発生原理・法則	故障モードの検出 (信頼性試験)	主要な業界・分野	
高温	腐食	腐食	イオン汚染(内部)	電解腐食	—	断線	樹脂封止抵抗増加	樹脂封止抵抗増加	フレクチャー・クワッカー(試験)	電子デバイス	
				全面腐食	表面の均一減肉	き裂、破断、減肉	全面腐食	全面腐食	PT 腐蝕化度測定	化学 石油	
				選択的腐食(組成成分腐食)	特定の成分が消失	き裂、破断、減肉	全面腐食	全面腐食	MT UT(オーバーレイ制御調査)	電子デバイス 電子カ	
				局部腐食 (ナイフラインアタック)	溶解や熱処理	き裂、破断	全面腐食	全面腐食	ER法	土木関係	
湿度	腐食	腐食	土壌腐食 微生物腐食	腐食電池の形成	酸化反応	き裂、破断、強度劣化	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				微生物による腐食	酸化反応	き裂、破断、強度劣化、減肉	全面腐食	全面腐食			
				金属内部に水素侵入	延性低下	き裂、破断	全面腐食	全面腐食			
				金属内部に水素侵入	—	き裂、破断	全面腐食	全面腐食			
水素発生雰囲気 (例: むっぎの腐食洗浄等)	乾燥	乾燥	水素脆化	過電圧	絶縁破壊	劣化、絶縁破壊による出力減、出力無し	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				放電	放電、発火	放電、発火	全面腐食	全面腐食			
				ゴミの付着	帯電	帯電	全面腐食	全面腐食			
				短絡、酸化、酸化、酸化	変形、酸化、酸化	破損	全面腐食	全面腐食			
低湿	乾燥	乾燥	静電破壊	過電圧	絶縁破壊	劣化、絶縁破壊による出力減、出力無し	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				放電	放電、発火	放電、発火	全面腐食	全面腐食			
				ゴミの付着	帯電	帯電	全面腐食	全面腐食			
				短絡、酸化、酸化、酸化	変形、酸化、酸化	破損	全面腐食	全面腐食			
湿度+電界	イオンマイグレーション	イオンマイグレーション	毛髪腐 C.A.F.	顔イオンと電子の接触	顔の生成	短絡	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				吸湿による水のイオン化	顔の生成	短絡	全面腐食	全面腐食			
				電圧劣化	電圧による金属腐食	断線	全面腐食	全面腐食			
				電圧劣化	電圧による金属腐食	断線	全面腐食	全面腐食			
湿度+電界+ハロゲン	腐食	腐食	電界による劣化	電圧劣化	電圧による金属腐食	断線	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				電圧劣化	電圧による金属腐食	断線	全面腐食	全面腐食			
				電圧劣化	電圧による金属腐食	断線	全面腐食	全面腐食			
				電圧劣化	電圧による金属腐食	断線	全面腐食	全面腐食			
高電圧+時間	TDDB	TDDB	TDDB	酸化膜の薄層化	—	絶縁破壊	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				酸化膜の薄層化	—	絶縁破壊	全面腐食	全面腐食			
				酸化膜の薄層化	—	絶縁破壊	全面腐食	全面腐食			
				酸化膜の薄層化	—	絶縁破壊	全面腐食	全面腐食			
過電圧	トリリーング劣化	トリリーング劣化	トリリーング劣化	電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
高電圧	トラッキング	トラッキング	トラッキング	電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
導伝性発熱物の生成 放散	導伝性発熱物の生成 放散	導伝性発熱物の生成 放散	導伝性発熱物の生成 放散	電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
高電圧	高電圧	高電圧	高電圧	電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
イオン移動 不純物析出	イオン移動 不純物析出	イオン移動 不純物析出	イオン移動 不純物析出	電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食	熱力学の第二法則		
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			
				電圧トリ トリ トリ	電圧トリ トリ トリ	絶縁破壊、漏電	全面腐食	全面腐食			

表1:故障の発生原理・法則とストレス-故障モード(出展:鈴木和幸(2004)未然防止の原理とそのシステム ©鈴木和幸(2009))

[illegible]

表1:故障の発生原理・法則とストレス-故障メカニズム-故障モード(出展:鈴木和幸(2004)未然防止の原理とそのシステム,日科技連出版) ©鈴木和幸(2009)

使用環境条件(ストレス)		故障メカニズム		故障モード		アイテム		故障の発生原理・法則		故障モードの検出		主な業界・分野	
大分類	小分類	大分類	小分類	フェーズⅠ	フェーズⅡ	フェーズⅢ	フェーズⅣ	フェーズⅤ	フェーズⅥ	フェーズⅦ	フェーズⅧ	フェーズⅧ	フェーズⅧ
高温	熱	材料劣化	材料劣化	可塑剤・安定剤・酸化剤・添加剤などの移行や化学変化によるトラブル	銅管	ポリオレフィン系樹脂とシリコンとの接合部	金属イオンの拡散作用	強度劣化	Co>Mn>Ni>Fe>V>Nb>Ti>W Co>Pb>Ni>Ba>Sr	熱力学の第二法則	SEM	電子デバイス	
常温	湿度	材料劣化	材料劣化	(真性)	(非真性)	(ゴキブリ・くもの巣など)	(ねずみ)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	
電源電圧	電圧	材料劣化	材料劣化	(電圧)	(電圧)	(電圧)	(電圧)	絶縁不良	金属内部の歪み	短絡	SEM	電子デバイス	

【〇〇】:抽象化した対策 ・〇〇:具体例 〇〇:具体例の効果

[illegible]

品質 Vol 39 No 4 October 2009

4-4. 「地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究 ICA-RUS/ イカロス」(江守室長)

環境研究総合推進費
戦略的研究開発領域課題 S-10

地球規模の気候変動リスク管理戦略
の構築に関する総合的研究
(H24～28年度)



国立環境研究所 地球環境研究センター
気候変動リスク評価研究室長
江守 正多
(プロジェクトリーダー)

地球規模・長期の気候変動問題検討
の現状

気候変動枠組条約 COP16 カンクン合意:
平均気温上昇「2℃」以内目標に言及(「1.5℃」目標の
可能性にも言及)

しかし...

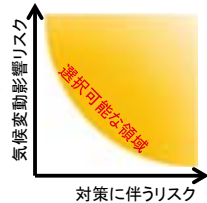
- 現状の各国目標の積み上げでは「2℃」を超えそう
- 「2℃」等の科学的根拠は絶対的でなく、価値判断も入る
- 「2℃」等と排出削減目標の間の関係に科学的な不確実性がある
- 水、食料問題等と気候変動影響・対策との関連性が検討不十分

気候変動政策論争

- 積極派
 - 人類のために「2℃」(1.5℃)を目指すべき
 - 世界の発展のあり方を大きく変えるべき
 - ↑将来の気候変動リスクに敏感
(対策によって生じるリスクに鈍感)
- 慎重派
 - 「2℃」などの厳しい目標の達成は非現実的
 - 気候変動政策のみへの資源投下は非合理的
 - ↑対策によって生じるリスクに敏感
(将来の気候変動リスクに鈍感)

リスクトレードオフ

気候変動の悪影響	気候変動の好影響
• 異常気象の増加 • 水資源、食料、健康、生態系への悪影響 • 難民・紛争増加? • 地球規模の異常? • ...	• 寒冷地の温暖化による健康や農業への好影響 • 北極海航路 • ...
対策の悪影響	対策の好影響
• 経済的コスト • 対策技術の持つリスク(原発など) • バイオマス燃料と食料生産の競合 • ...	• 気候変動の抑制 • 省エネ • エネルギー自給 • 環境ビジネス • 大気汚染の抑制 • ...





ギリシア神話のイカロス

高く飛んでも低く飛んでも
墜落してしまう
→リスクトレードオフ

「リスク管理」のここでの意味

- 不確実性を明示的に考慮した上で、不確実性下の意思決定として問題を扱う
- 現時点で利用可能な最大限の包括的・中立的な科学的知見に基づく
- 考え得るあらゆる事態、あらゆる対応オプションを考慮に入れる
- 将来における状況の変化や科学的知見の変化を監視して、問題設定や判断を随時に見直すことを前提とする
- 科学的合理性のみでは最終的な解答は得られず、何らかの社会的な判断を伴う必要があることを前提とする

リスク因果関係のグラフ化



リスク因果関係のグラフ化(拡大)



おわりに

- ICA-RUSのリスク構造化の目的は、近未来のリスク発現に対処するためよりは、長期のリスク発現確率を左右する意思決定、合意形成の支援。
- ICA-RUSのリスク構造化は、既存文献等に基づく手作業。
- ステークホルダーのフィードバックを得て、偏りや抜けを無くしていくプロセスが重要。知識集積だけでなく信頼構築の観点からも。

※初年度報告書が以下よりご覧いただけます。

http://www.nies.go.jp/ica-rus/report/ica-rus_report_2013.pdf

4-5. レジリエンスとリスク（北村所長）

JST/CRDS WS レジリエンスとリスク
2013.7.25

レジリエンスとリスク

北村正晴
東北大学名誉教授
(株)テムス研究所所長

1

レジリエンスとは？

- 辞書的な意味: 弾力性, 復元性, 心理的な立ち直り能力など。
- 安全学の分野で言うレジリエンスは、下記の要件にマッチしたシステム特性を意味する。
 - ◆ 基本認識: 大規模人工物システムは、システム自身もシステム環境も、固定的ではなく時間とともに変化する。
 - ◆ 要件1: システムは上記変化に対応しつつ動作を継続できる。
 - ◆ 要件2: それが無理な場合は効率や生産性がある程度低下しても非常時対応しつつ動作を継続できる。
 - ◆ 要件3: 非常事態が解消したら、適宜正常時(またはそれに準じた状態)の動作に復帰することができる。

2

レジリエンスへの社会的関心

- 最近では国土の安全 (Homeland Security) 確保と重要なインフラのoperation継続に関する新しい指導原理として、レジリエンス (Resilience) の確保や強化策が注目されている。
 - ◆ 国内では東日本大震災以降、**レジリエンスという言葉**は定着。
 - ◆ 第二次安倍内閣では国土強靱化 (National Resilience) 担当大臣
 - ◆ USA=National Infrastructure Protection Plan (2009改)
 - ◆ UK=Resilience in society: infrastructure, communities and businesses
 - ◆ その**実現法**に関しては、明確な方法論未確立。

3

従来型「安全」の難点

- 「安全」を追求した結果の脆弱さを示す事例
 - 鉄筋3階建ての防災庁舎 (宮城県南三陸町)
 - 巨大防潮堤 (岩手県田老町)




4

より望ましい特性としての「安全」

- 従来型の「安全」を超えた良好事例の例 (震災時)
 - 岩手県釜石市の学童避難
 - JR東日本仙石線野蒜駅での乗客誘導
 - 海上保安庁宮城分校教官の津波対応
 - 東京電力福島第一発電所でのタンカー冲出し
 - 三陸地方でも多数の操船に関する良好事例
 - ホーサー切断、オイルフェンス切断、暖機運転なし起動など
- 従来型の「安全」を超えた良好事例の例 (一般)
 - 関電美浜二号機伝熱管損傷時の運転員 (1991.2.9)
 - JR九州竜ヶ水駅での土砂崩れ・土石流対応 (1993.8.6)
 - US-Airways 1549 便 ハドソン川の奇跡 (2009.1.15)

5

「安全」だけで表現されない「望ましい」特性

- 「望ましい」特性は、安全性の再定義も要請する。
- 第1種の安全性 (Safety-I)
 - ◆ 望ましい状態を固定的に定義
 - 各装置、施設構造やその特性は確定
 - 期待される人間の行動も事前明示 (マニュアル主義)
- 第2種の安全性 (Safety-II)
 - ◆ ダイナミックな Failure 回避と復旧
 - ◆ システム (及びその環境) は不変ではなく変化を続けている。**変化こそが本来の姿 (常態)** との認識が前提
 - ◆ 変化が常態⇒システムと環境についての**知識は常に不完全**。Bounded Rationality 条件下での意思決定。

6

第1種の安全性から第2種の安全性へ

- 一見すると定格の電気出力で運転しているように見える原子力発電所でさえも・・・。
- その状態を保つためには、様々な操作が必要。
 - ◆ 核燃料の燃焼に伴う特性変化を補うための制御棒挿入パターンの変更
 - ◆ 動作が不安定な機器の予備機への切り替え
 - ◆ 環境変化(台風、落雷、火災、冷却用海水取水口の目詰まり、etc.)へのproactive対応
 - ◆ などが常に過不足なく行われている。
- もう少し長期の時間枠で見れば、社会の受け入れ、規制のあり方、実務者の心理なども変遷

7

第1種の安全性から第2種の安全性へ

- 時には大きな外乱や、重要機器の故障などが起こりうる。その場合にも破局的な結果に陥ることなく、可能な範囲で動作を継続すること。
- これが第2種の安全性の実現。
- Business Continuity Management にも関連。
- 異常時対応だけがREでない。「変化こそが常態」と「対象に関する知識は常に不十分」との基本認識が肝要。



8

第1種の安全性から第2種の安全性へ

- 第1種の安全性概念では、安全性向上という目標が最前線(sharp end)の運転員に集約されがち。
- Reason (Reason, 2008), によれば、このような**バイアス**は、最小努力の原則(the principle of least effort)および管理的利便性の原則(the principle of administrative convenience)と呼ばれる。
- 第2種の安全性では、システムが変化する状況下でも動作継続できることを要請する結果、組織マネジメントの役割も明快に規定。安全性の定義としてはこの方が実態を的確に反映。

9

第2種安全性の実現とレジリエンスエンジニアリング

- 第2種安全性の定義の下でも従来型の「安全」(事故の防止や被害の最小化)は**動作継続の最重要必要条件**。
 - ◆ しかし「(静的な)安全こそが究極の目的である」という理想論的な捉え方はされていない。
- 第2種安全性の方が平常時から事故時までの望ましい状態を統一的に視野に入れており、深層防護の考え方も整合性がよい概念。
- レジリエンスの重要性認識は定着。実現法は？
- 第2種の安全性を実現する実効的な方策＝レジリエンスエンジニアリング

10

第2種安全性の実現とレジリエンスエンジニアリング

- レジリエンスエンジニアリングでは、社会基盤的な大規模技術システム(運用組織を含む)は以下のような特性を持つという捉えかたをする。
- a. 対象システムもそのシステムを囲む環境も変化を続けている。変化していることが常態。
- b. そのため対象システムの状態に関して完全な情報を獲得することはできない。限定された合理性(Bounded Rationality by Herbert Simon)の範囲での意思決定、あるいは効率性と完全性のトレードオフ(Efficiency Thoroughness Trade Off: ETTO)³⁾の下での判断で対応するのが常態。

11

第2種安全性の実現とレジリエンスエンジニアリング

- c. システムにとって重要な課題は、変化する条件下でも動作を継続すること。**動作の継続最優先であり安全最優先が目的ではない**。ただし安全は継続のための重要な要件である。
- d. 生産性向上やコスト低減などの圧力は常に存在し失敗へのドリフトを招く。現状維持を目指している組織はすでに失敗へのドリフトを始めている可能性が高い。
- e. ドメインによってはきわめて高い安全性が要求される。(社会的に大きな失敗が許されないほど安全性への要求が高いシステムもある。)

12

第2種安全性の実現とレジリエンスエンジニアリング

- システムをレジリエントにする基本方策1
- 能力1: 対処 (Response): 今直ちに何をすべきか知っている
- 能力2: 監視 (Monitor): 事態の進行を何に注意を払って監視すべきか知っている
- 能力3: 予見 (Anticipate): さらにこの先どのような脅威と好機が出現するかを知っている
- 能力4: 学習 (Learn): 過去の成功と失敗双方からどんな教訓を引き出すのか知っている
- REにおける主要4機能(または4能力)

13

第2種安全性の実現とレジリエンスエンジニアリング

- システムをレジリエントにする基本方策2
- 能力5: 変化への「気づき」(awareness)
- 能力6: リソース(装置、機材、物資、人員など)の確保: 適正配備、そして柔軟な運用
- 能力7: 成功事例を対象とした学習: 従来の学習は失敗事例についてだけで一面的。この制約を超えること。
- 能力8: 自己認識: 自組織が上記能力を維持しているという事実を能動的に、安心して、評価し確認
- 一言で集約すれば、警戒を怠らない心構え (constant sense of unease)を持つこと:

14

Copyright©2011 M.Kitamura

Anticipating: 何が脅威か好機か予見できる

Monitoring: 何を監視すべきか知っている

Responding: 何をなすべきか知っている

Learning: 何が起ったのか学習できる

Constant Sense of Unease

レジリエントシステムの実現

レジリエンスエンジニアリング主要4機能と補完的要件

15

Copyright©2011 M.Kitamura

レジリエンスエンジニアリングにおける問題領域の捉え方

規制行政 政治家 メディア

経営者 管理職

現場作業担当者

Blunt-end

Sharp-end

影響は現場に集中 圧力は多様・多面的。この問題認識の欠落: 組織・社会の重要課題

16

38

レジリエンスの視点から見た福島第一事故

- 津波や全電源喪失事故への警戒欠如。
- このため「予見」ができなかった。その結果、適切な「対処」もできなかった。
- 「予見」が不十分でも、適切な「資源=リソース」(電源車、バッテリー、予備海水ポンプ、防護服など)があれば「対処」可能だった。
 - ◆ 「資源」の不足が困難を一層大にしていた。
- 本来注意を向けるべき非常用復水器の動作状態や建屋内水素濃度など、決定的に重要なパラメータの「監視=モニタリング」が機能不全だった。
- 苛酷事故を想定除外した背景には、他国の原子力発電所における事例の「学習」機能欠落も。

17

レジリエンスの視点から見た福島第一事故

- 「学習」&「予見」につながりえた他国の事例等
 - ◆ フランス・ブライエ原子力発電所 (Centrale nucléaire du Blyais) での洪水浸水による全電源喪失事故(1999.12)
 - ロワイヤル川の洪水により浸水し、ポンプや配電盤などが損傷。このうち2号機と4号機では2時間50分間にわたり全外部電源を喪失
 - ◆ インドネシア・スマトラ島沖大地震の津波(2004.12.26)
 - インドのマドラス原発の海水ポンプ建屋へ海水侵入。タービン停止。原子炉緊急停止
 - ◆ 米国NRC, Severe Accident Risks: An Assessment for Five U. S. Nuclear Power Plants (NUREG-1150)を発表(1990)
 - 地震発生→制御棒挿入→地震により送電線の碍子が壊れて外部電源喪失→非常用ディーゼル発電機立ち上げに失敗→温度上昇・炉心損傷という事故シナリオ発生確率が高いことを提示

18

レジリエンスの視点から見た 福島第一事故

- 福島第一原発事故の分析結果：大規模システム安全に関する教訓は、4つの本質的な能力と、リソースの配備、成功事例からの学習そして警戒心（状況＋自組織）の重要性に集約される。
- 上記結果に加えて、最近のヒューマンファクター研究の成果：「Sharp end だけでなくBlunt endにも着目すること」、すなわち事故の起こった現場の実務者だけでなく、管理者、経営者、規制行政、メディアなど、広い範囲からの影響を考える。
- 上記の要件を総合すればそのまま**レジリエンスエンジニアリングの枠組**になっている。

19

レジリエンスの視点から見た 福島第一事故

- 事故調査報告書（政府＝畑村委員会、国会＝黒川委員会）では、詳細な調査結果から、事故に寄与した要因の解明結果と対応方を提言。
- 事象分析⇒事故の因果モデル同定⇒原因除去または低減のための方策を勧告。
- 事故後の分析⇒Descriptive記述⇒対処策へ
 - 事故シナリオの同定結果に依拠する度合い大
- REベースの分析⇒Prescriptive記述⇒対処策へ
 - 事故シナリオに拘束されにくいGeneric 知識の発見へ
- 両者の相補的な利用が望ましいはず。
 - 常に脅威の認識revisionを意識したリスクマネジメントへ

20

考察：「リスクの構造化と利用」関連

- リスク関連知識の体系化：現代社会の重要課題
- 安全性の定義はリスクの否定表現：妥当か？
 - Reliability (safety) is a dynamic non-event (Karl Weick)
 - Safety is freedom from unacceptable risk (ISO/IAEA)
 - この表現：安全の操作的な定義を与えない。（木下）
 - 市民の願望表現としては許容するが、研究者は不可。
- 対応策1＝市民参加型RMスキーム導入（木下）。
- 対応策2＝Prescriptive 提案の導入。その実現法としてREを採用（北村）。
 - REの背後思想：Cognitive Systems Engineering (Hollnagel and Woods, 2005)



考察：REに関連する学説・手法

- High Reliability Organization (HRO) Theory; Karlene Rebets and Karl Weick
- Normal Accident Theory; Charles Perrow
- Naturalistic Decision Making; Gary Klein and Caroline Zsombok
- Systems-Theoretic Accident Modeling and Processes (STAMP); Nancy Leveson
- The Human Contribution; James Reason
- Just Culture; Sidney Dekker
- 具体的問題解決法を期待する声：理解できるが、学術的背景も把握を。Turnkey方式の弱点認識を。



4-6. データ共有と自立分散協調型社会（橋田教授）

データ共有と 自律分散協調型社会

2013-07-25 橋田@東大情報理工

ICTによる社会的リスクの管理・低減

- 自律分散協調システム
 - 個人や組織が自らのデータを統合的に蓄積・管理して他者と自由かつ安全に共有
 - 各主体の自律性と相互の協調
 - 自己管理
 - 選択と言論の自由
- cf. ロバストなシステムとしてのインターネット

2

PDS: Personal Data Store

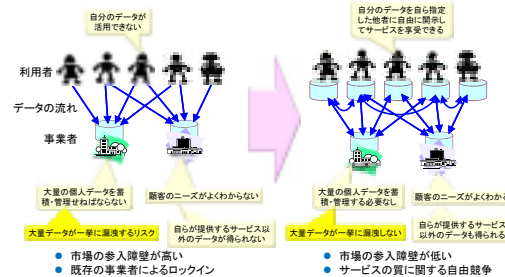
個人が本人のデータを自ら蓄積・管理し、他者と自由に共有して活用する仕組み

- 星新一(1970) 声の網.
 - 情報銀行・・・東大・JIPDEC
- 2000年ごろに提案された?
 - Alan Mitchell (2001) Right Side Up: Building Brands in the Age of the Organized Consumer. Harper Collins Business.

3

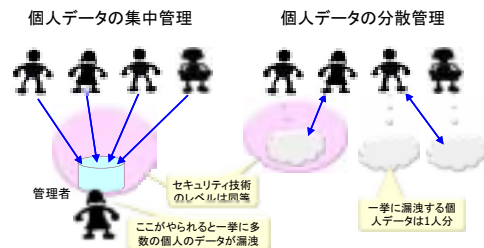
個人データの流通と活用

事業者が集中管理 → 個人が自律分散管理



4

データの分散管理によるセキュリティ向上

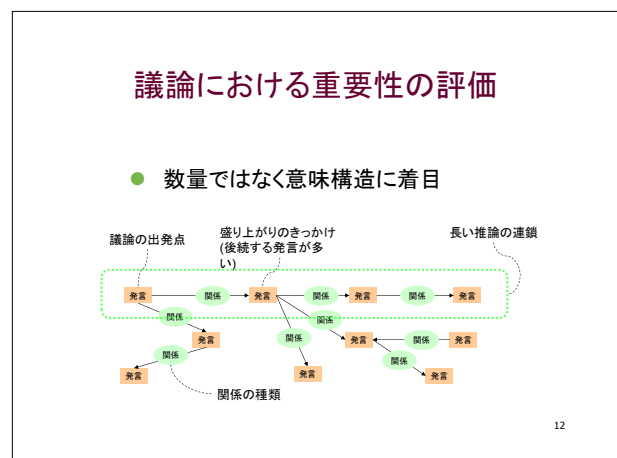
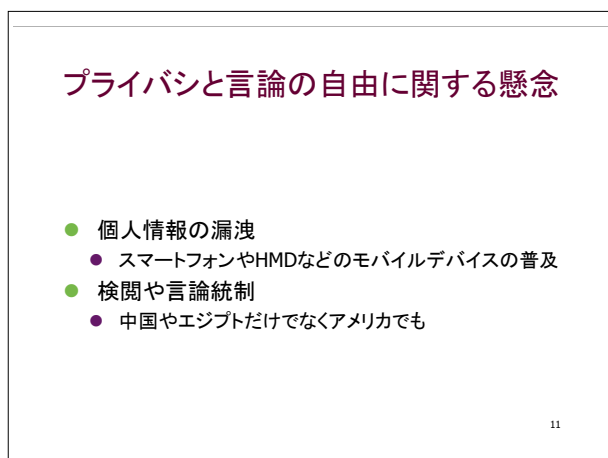
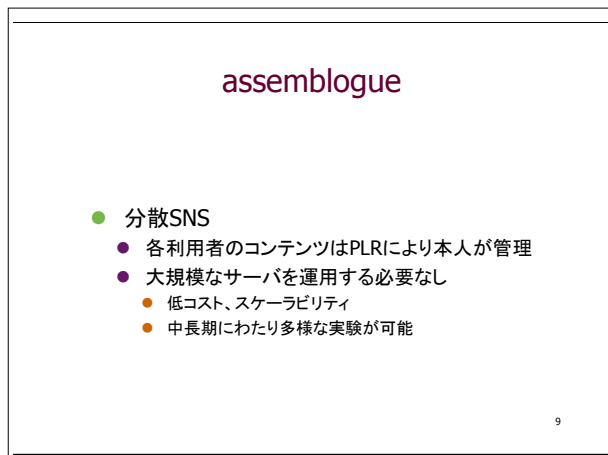
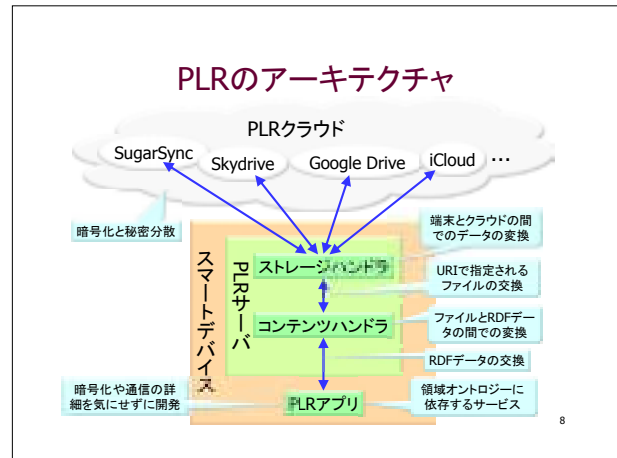
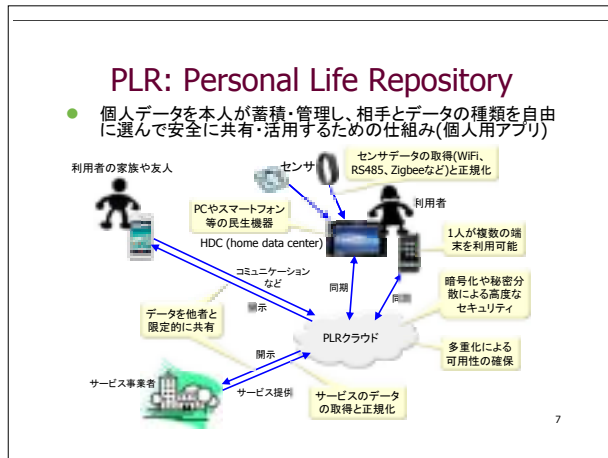


5

集中型 vs. 分散型 PDS

- 集中型
 - 事業者が多数の個人のデータを集中管理
 - 従来のPHR、情報銀行など
- 分散型
 - 各個人(または家族等)が本人のデータを自ら管理
 - Dropbox等のストレージサービスを使っても、ストレージサービス事業者にはデータの内容がわからない。
 - 必ずしもデータが物理的に分散しているとは限らない。
 - PLR (personal life repository)

6



実験: 研究室での議論



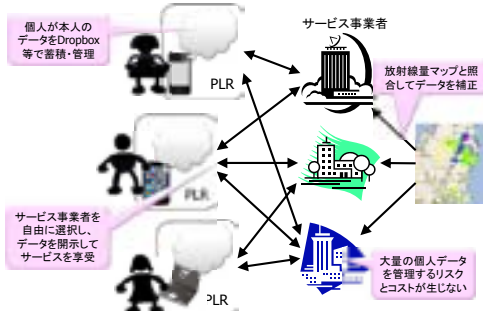
13

集約的標準化に基づく放射線量マップ

- 多様な形式のデータを簡単に統合して可視化する仕組みを開発。
- 多数の自治体等が公開している放射線量のデータを多くの一般市民の参画によって統合することが可能。



PLRによる被曝リスク管理サービス



PLRに基づくサービス

- 自律分散協調エネルギー管理
 - 太陽光発電システム等の保守
 - スマートグリッド・・・配電システムの安定化
- 自律分散協調ヘルスケア
 - エネルギー消費量のデータに基づく介護見守り
 - Quantified Self
- 自律分散協調学習
 - 学習者の興味や進度に応じたアドバイスと協調学習
- 資産管理
 - 金融資産や不動産の管理・相続
 - データに基づく住宅・建物保守
- 業務システム

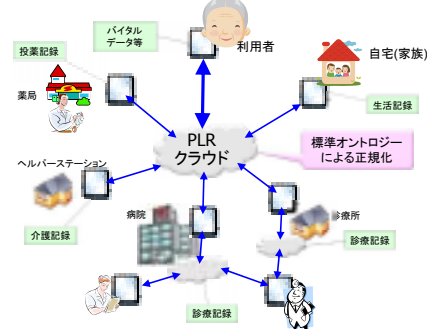
16

ヘルスケアデータ連携

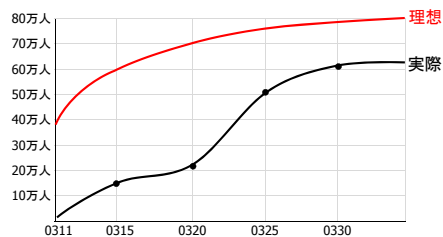
- 厚労省: 医療・介護施設の効率的配置
 - 2025年までに急性期病床数を現在の1/3に?
 - 複数病院をグループ化した地域独占型医療法人
- 地域の医療機関同士がデータ連携するのに全国で7,000億円かかる
- 情報システムの間を医療者や患者が結ぶ
 - 患者や家族や医療機関や介護事業者や保険者の間のセキュアなデータ共有と協調
 - 個別診療科のシステムの間を連携させる仕組みとしての電子カルテシステムは不要

17

ヘルスケアデータ連携



Google Person Finderの登録件数



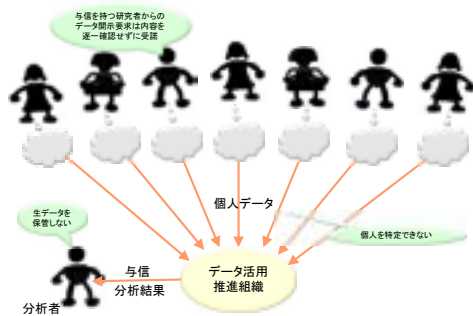
19

集めないビッグデータ

- 個人の全データを集められるのは本人だけ
 - たった1人の個人に関してですら、その全データを他者が集めるのは不可能・不適切
 - Googleでさえ個人の医療データ等は集められない
- データをいきなり集めるのではなく、いつでも必要に応じて集められるようにしておくのが効率的
 - 本格的に集めるのは目的と方法が明確になってから
 - 各個人が本人のデータをPLRで統合的に蓄積・管理
 - 事業者が個人の同意の下で必要なデータを参照
 - 多数の個人のPLRアカウントを知っていれば良い
 - 政府・自治体、通信事業者、Google、Apple等は非常に有利
 - 生データを保管せず分析結果を残す

20

個人データの仮想的集約と分析



21

まとめ

- PLRのサステナビリティとスケーラビリティ
 - サーバが不要
 - 利用者はほとんど何もしなくて良い
- 個人と組織の自律性と協調性
- assemblageによる立論構造の明示

22

■報告書作成メンバー■

木村 英紀	上席フェロー	(システム科学ユニット)
寺野 隆雄	フェロー	(システム科学ユニット)
シンジャワ	フェロー	(システム科学ユニット)
富川 弓子	フェロー	(システム科学ユニット)
西村 佑介	フェロー	(ライフサイエンス・臨床医学ユニット)
藤井新一郎	フェロー	(システム科学ユニット)

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2013-WR-10

科学技術未来戦略ワークショップ報告書

共通利用可能な分野横断リスク関連知識 プラットフォームと利用体制

平成 26 年 1 月 January 2014

独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター システム科学ユニット
Systems Science Unit, Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒 102-0076 東京都千代田区五番町 7 番地

電 話 03-5214-7481

ファックス 03-5214-7385

<http://www.jst.go.jp/crds/>

© 2014 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.
