

原子力学会 2019年春の年会
リスク部会/HMS部会 合同セッション
確率論的リスク評価における人間信頼性評価
茨城大学水戸キャンパス 2019.3.20

人間信頼性評価データ収集

氏田 博士

アドバンスソフト
原子力安全推進協会



ヒューマンエラーの種類

HRA(Human Reliability Analysis) Model

	タイプ	作業内容	エラーの特徴
タイプA	<ul style="list-style-type: none"> 潜在的な失敗 起回事象前の行動 	<ul style="list-style-type: none"> 保守員 試験員 	<ul style="list-style-type: none"> 戻し忘れ
タイプB	<ul style="list-style-type: none"> 起回事象 (停止時) 	<ul style="list-style-type: none"> 保守員 試験員 運転員 	<ul style="list-style-type: none"> 作業中のエラー
タイプC	<ul style="list-style-type: none"> リカバリ 起回事象後の行動 (AOP, EOP) 	<ul style="list-style-type: none"> 運転員 	<ul style="list-style-type: none"> 事故の防止・緩和
タイプCR	<ul style="list-style-type: none"> リカバリ行動 	<ul style="list-style-type: none"> 補助運転員 保守員 	<ul style="list-style-type: none"> 制御室外の職員による緩和支援

通常時

緊急時

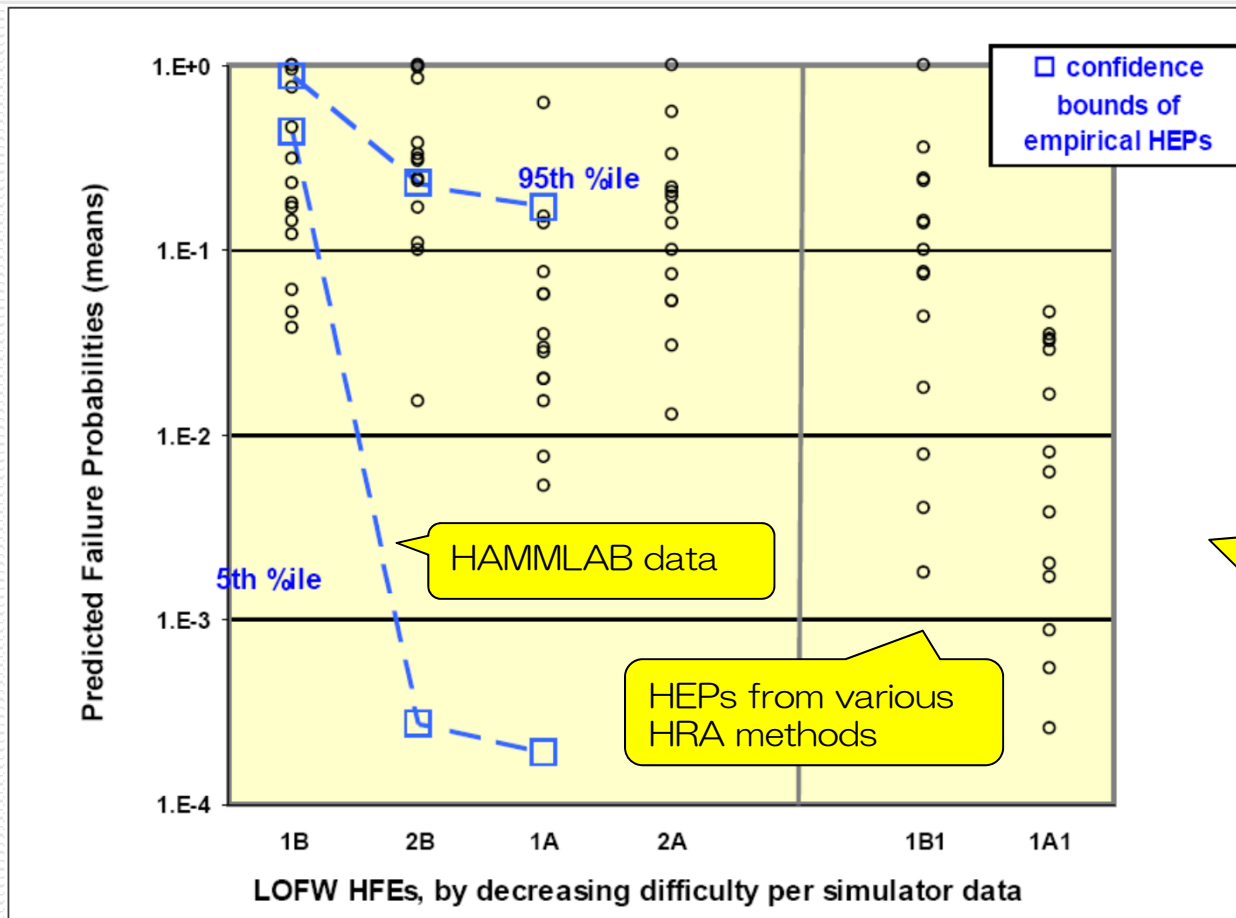
認知のメカニズムと
コンテキストへの
依存性

人の間違いを評価する科学—人間信頼性評価とは 2013/11
Anthony J. Spurgin (原著), シーエスエー・ジャパン (翻訳)



HEデータ整備の必要性

Dotted blue lines are the 5th and 95th percentile Bayesian bounds for the empirical HEPs (HAMMLAB data); the small circle dots are the predicted HEPs from various HRA methods in the study.



- コンテキスト依存性大
- 実験：認知過程とコンテキストの分析
(本パネル)
- モデル：認知のメカニズムとコンテキストへの依存性を考慮した評価手法開発
(次のセッション)

- モデルも実験もバラツキが大きい
- 1B：フィードアンドブリード失敗
(モデルは過小評価では?)
- 2B：1B+復旧の遅延
(モデルは過大評価では?)



人間信頼性解析手法の今後の取り組み方

- 第一世代HRA1はオMISSIONを、第二世代HRA2はコミッションを評価するもの
- プラント安全性への影響を考えれば、コミッションを評価することが重要
- 通常運転中の手法やデータは、HRA1のTHERPやEPRI手法と米国データでも十分なレベルにある(ATHEANAの結果でも、新規の問題点は指摘されていない)
- 停止時や外的事象時は、通常状態とは異なる条件での人間の状況認識の問題が重要となり、HRA2的な方法が必要であろう
 - IDHEASやATHEANAを用いるべきで、火災や停止時などへの適用を研究中
 - 長時間のストレスの影響は従来手法の範囲内で対処可能
- 長期的課題として、HRA2用事例データ収集を計画すべき
 - シミュレータ実験を計画する(シミュレータ訓練からの収集は、コンテキストや認知メカニズムの情報が収集困難)
 - 課題は多い: 停止時や外的事象時の実験は可能か? 状況を現実的に設定できるか? 多数の状況の実験を実施できるか?



日本としてのデータ整備の必要性

- 海外データを収集・整備
 - 適用実績を積む(MERMOS, Haldenプロジェクト)
 - 手法やデータを使いこなすためのガイドの作成が重要
 - 専門家集団で、海外データを評価し、日本のデータを決定

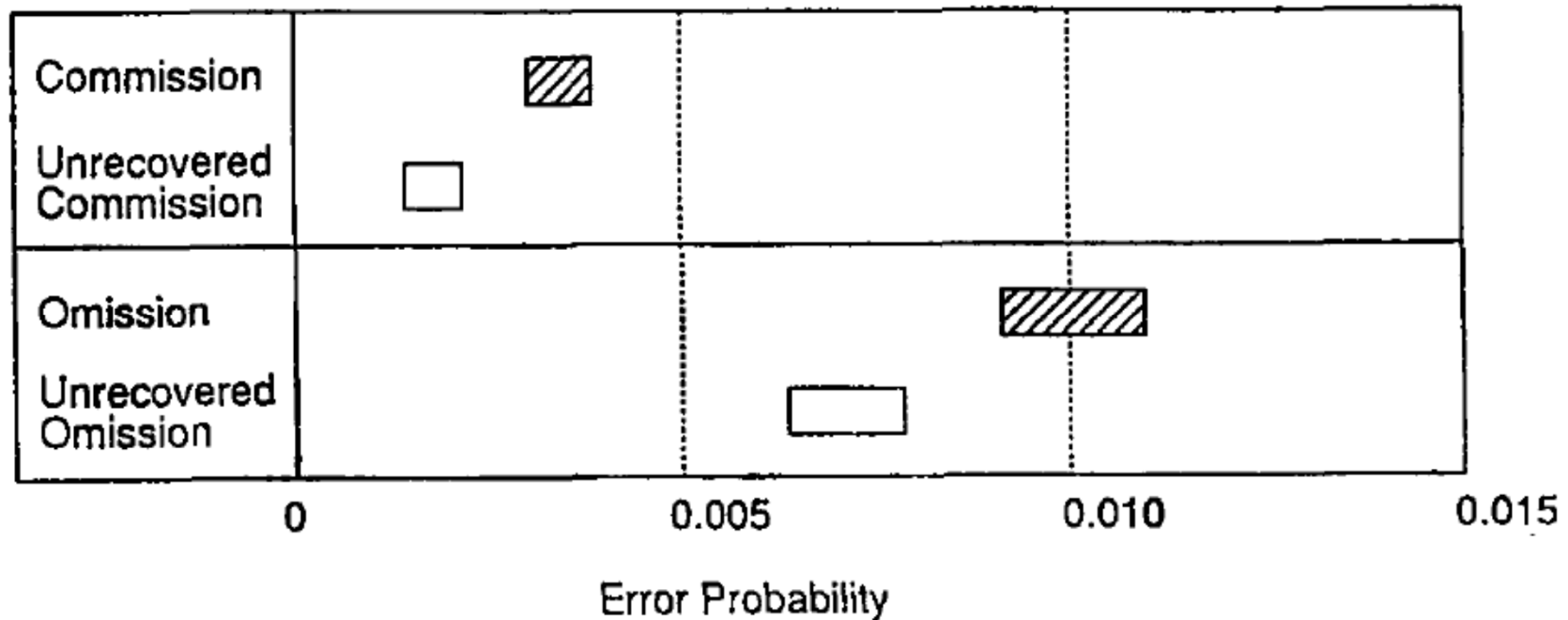
- シミュレータ実験で、定性的な知見を収集し、データの見直し
 - HRAに用いることができるHE率を出すためには、多大な努力(全訓練シミュレータデータを継続的に採り続ける覚悟要)
 - 実験による知見として、米国と日本でのエラー率の相違は小さい
 - 実験による知見として、デバイス(情報提供系)の相違によるエラー率の相違は小さい
 - 実験室実験では相違が見られるが、実機(シミュレータ)レベルでは相違が出ない

HEデータ整備の考え方

- データを採取する方法としては以下の2種類があるが、これからの認知のメカニズムとコンテキストに基づくHRAのためには2番目を提言
 - 訓練シミュレータの訓練データ: HEPデータ採取、TRCカーブデータ採取
 - 訓練シミュレータの実験データ: 膨大な実験が必要
 - 認知エラー収集-母数の定義が難しく、エラー率換算は困難
 - リカバリ収集-母数の定義が難しく、エラー率換算は困難
 - HRA2のEFC収集- EFC(コンテキスト)の確率を求めるには、さらに膨大な実験が必要
- 実機データ: 専門家の観察が望ましいが、機器故障データ収集の一環としてHEP概略データ採取は可能
- 実験室実験は、デバイスの相違の評価などに用いられ、HEデータ収集には不適と考える

再訓練分析結果(129ケース)

-オMISSIONとコミッション、回復効果



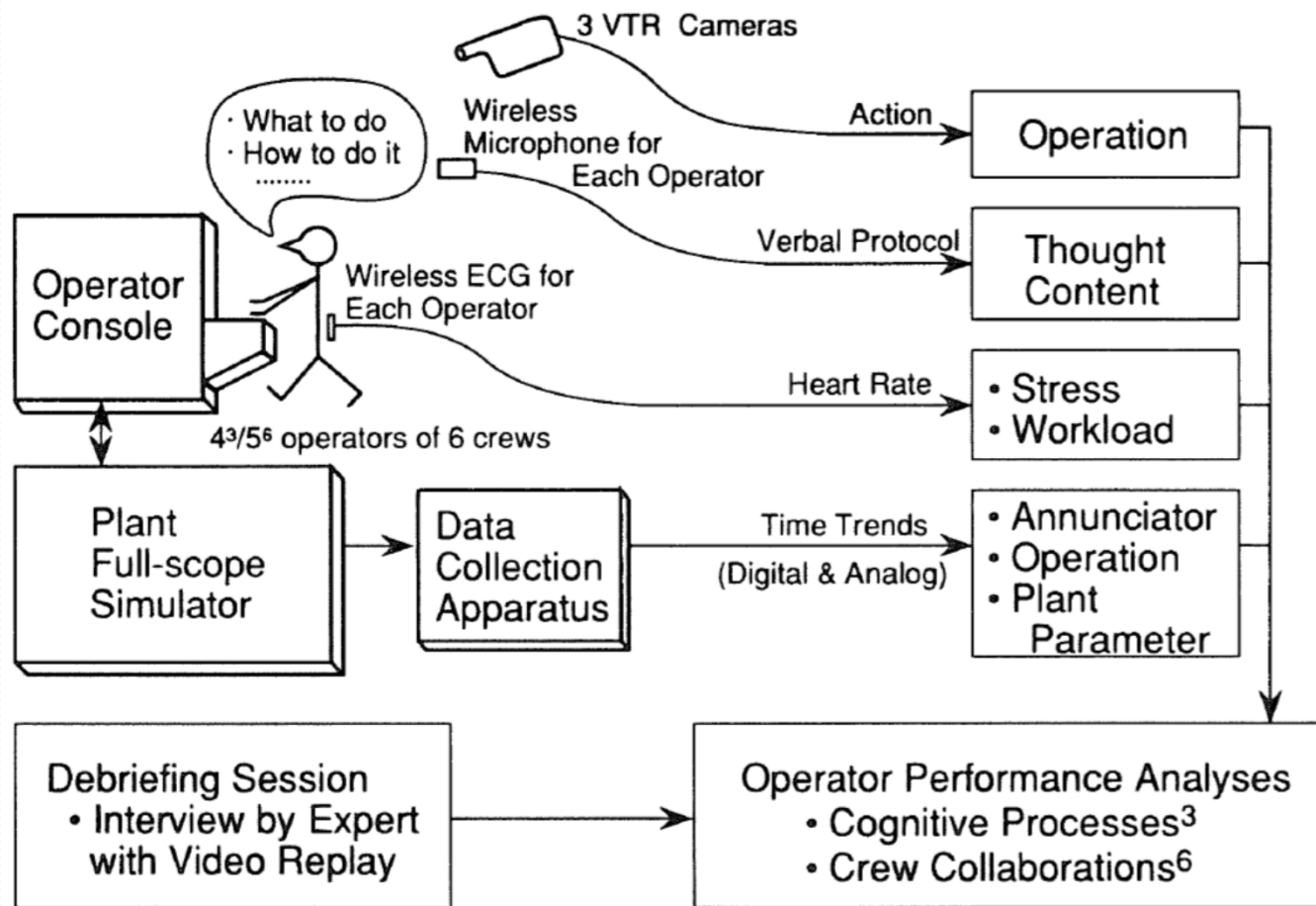
BWR電力共研@BTC (1984~1992)

JNST, Vol.31(1994)pp1184-1193



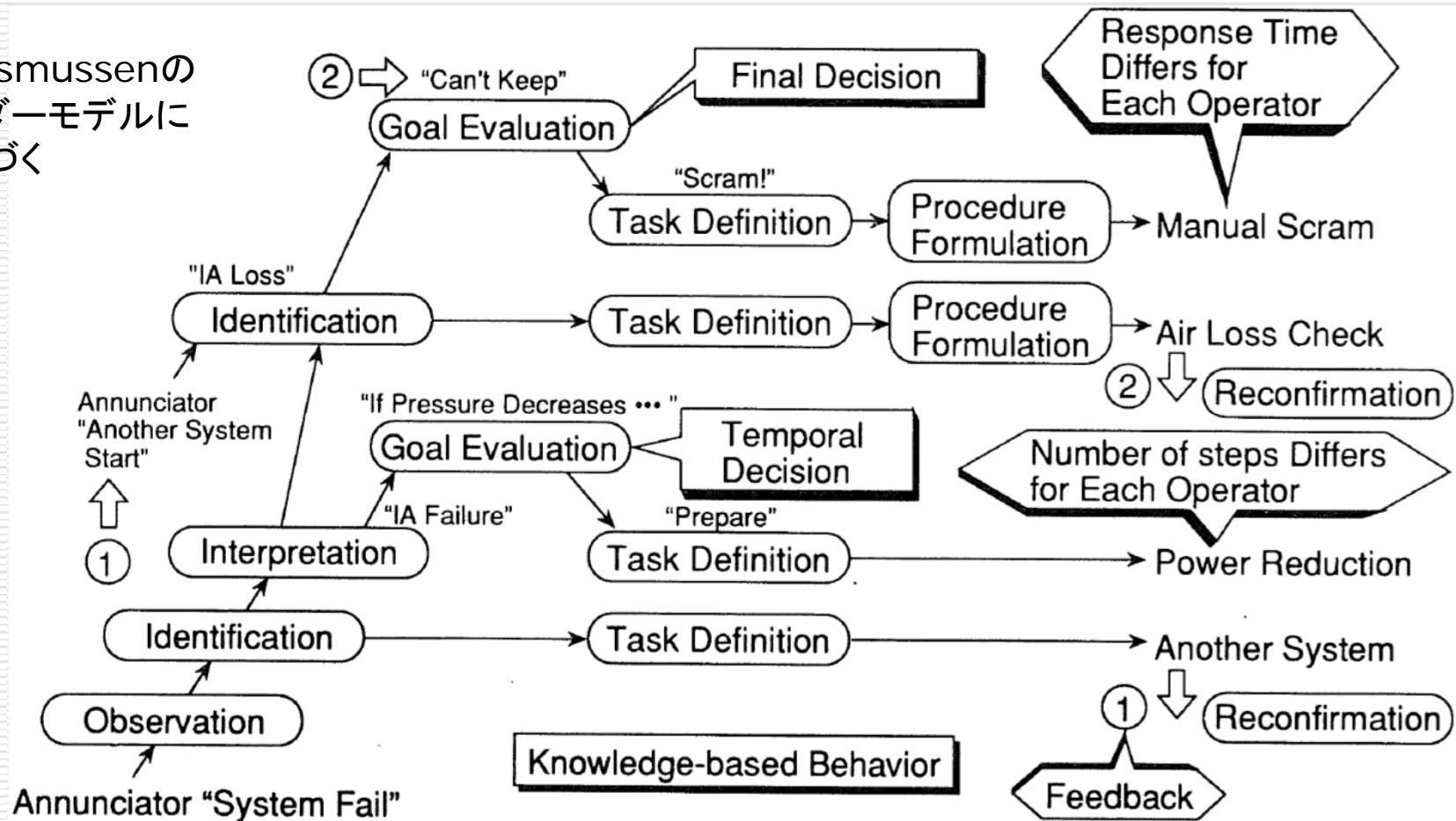
実験方法(50ケース)

-シビアアクシデントにおける運転員対応

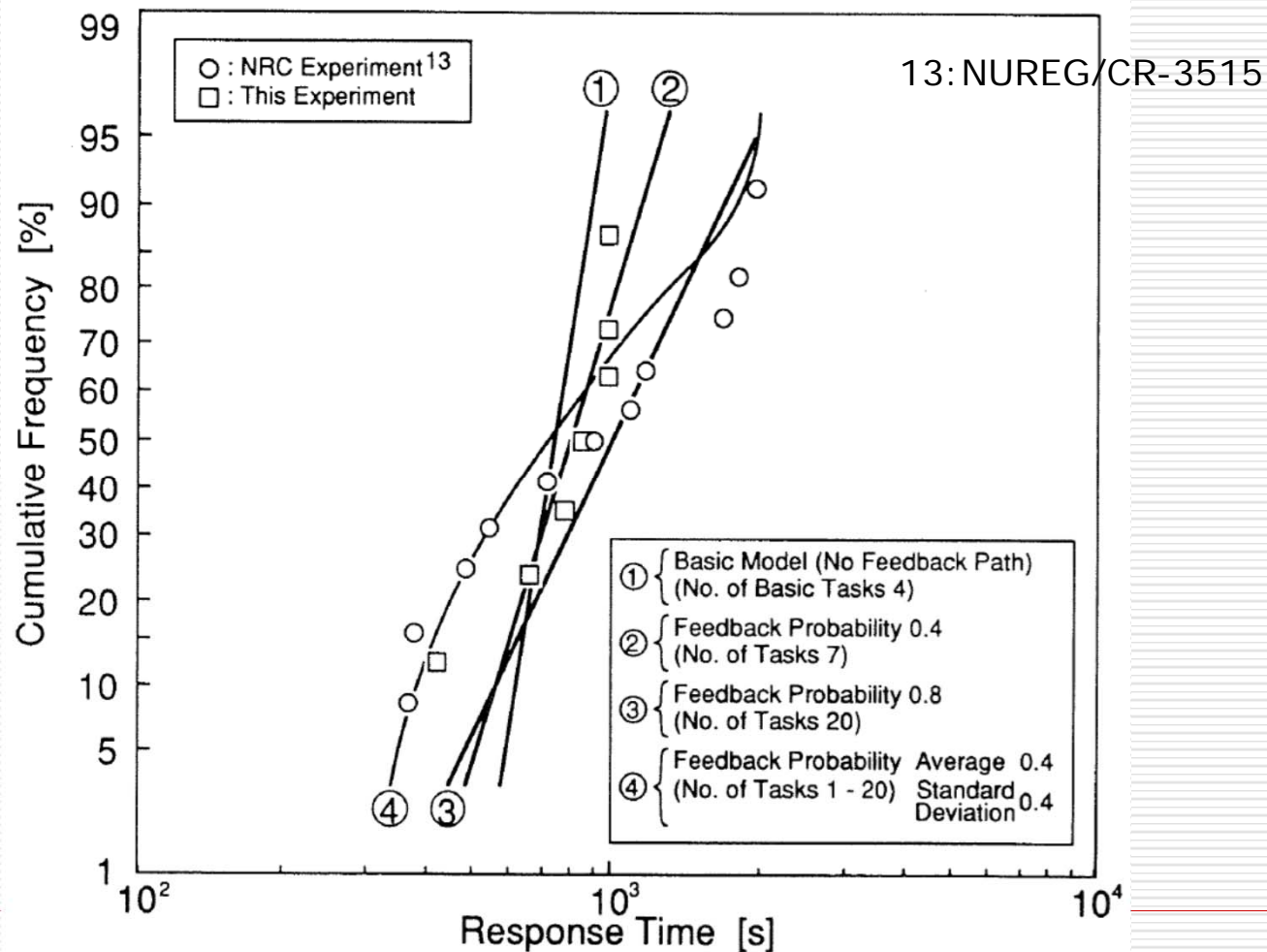


実験結果-計装用空気喪失の 運転クルーの認知過程分析

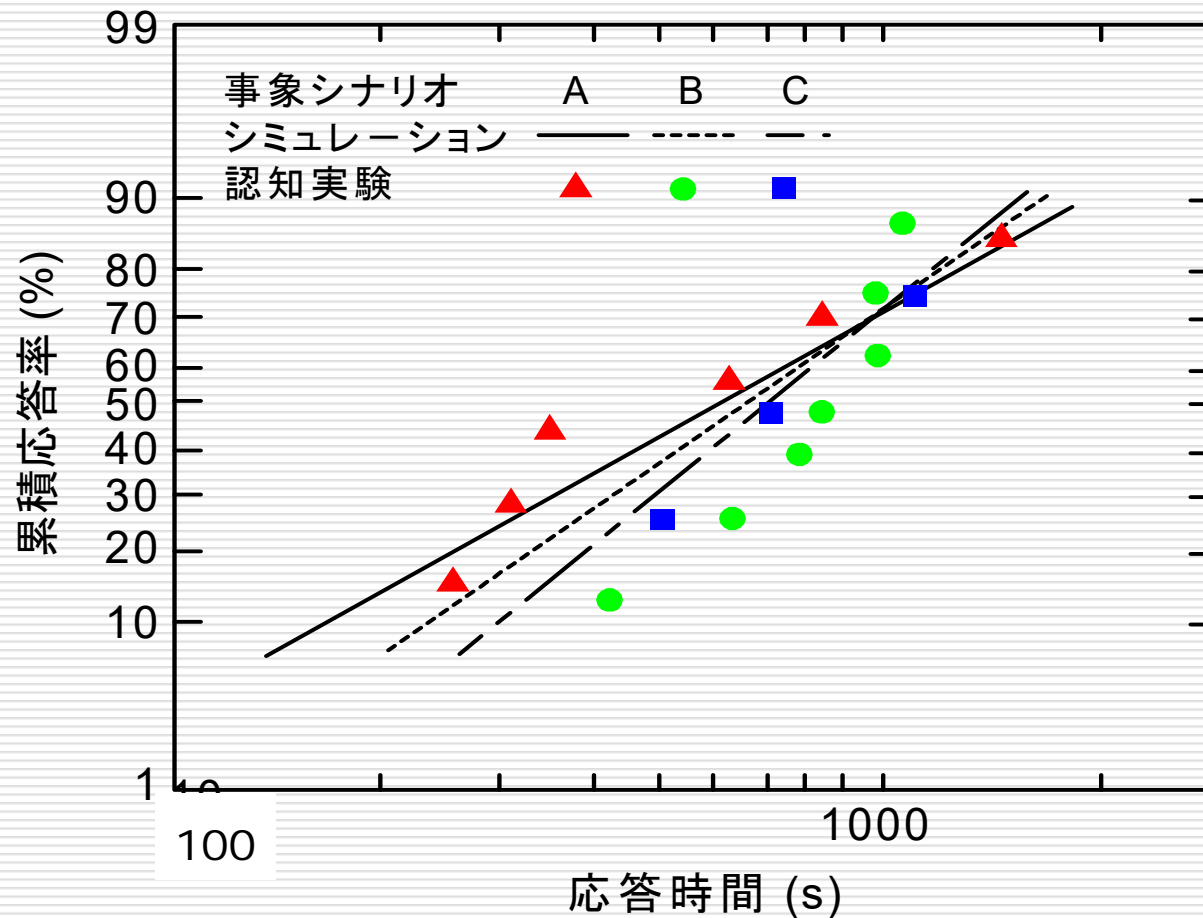
Rasmussenの
ラダーモデルに
基づく



実験結果 (NRCと日本の実験の比較) - 逃し安全弁開固着の時間応答曲線TRC



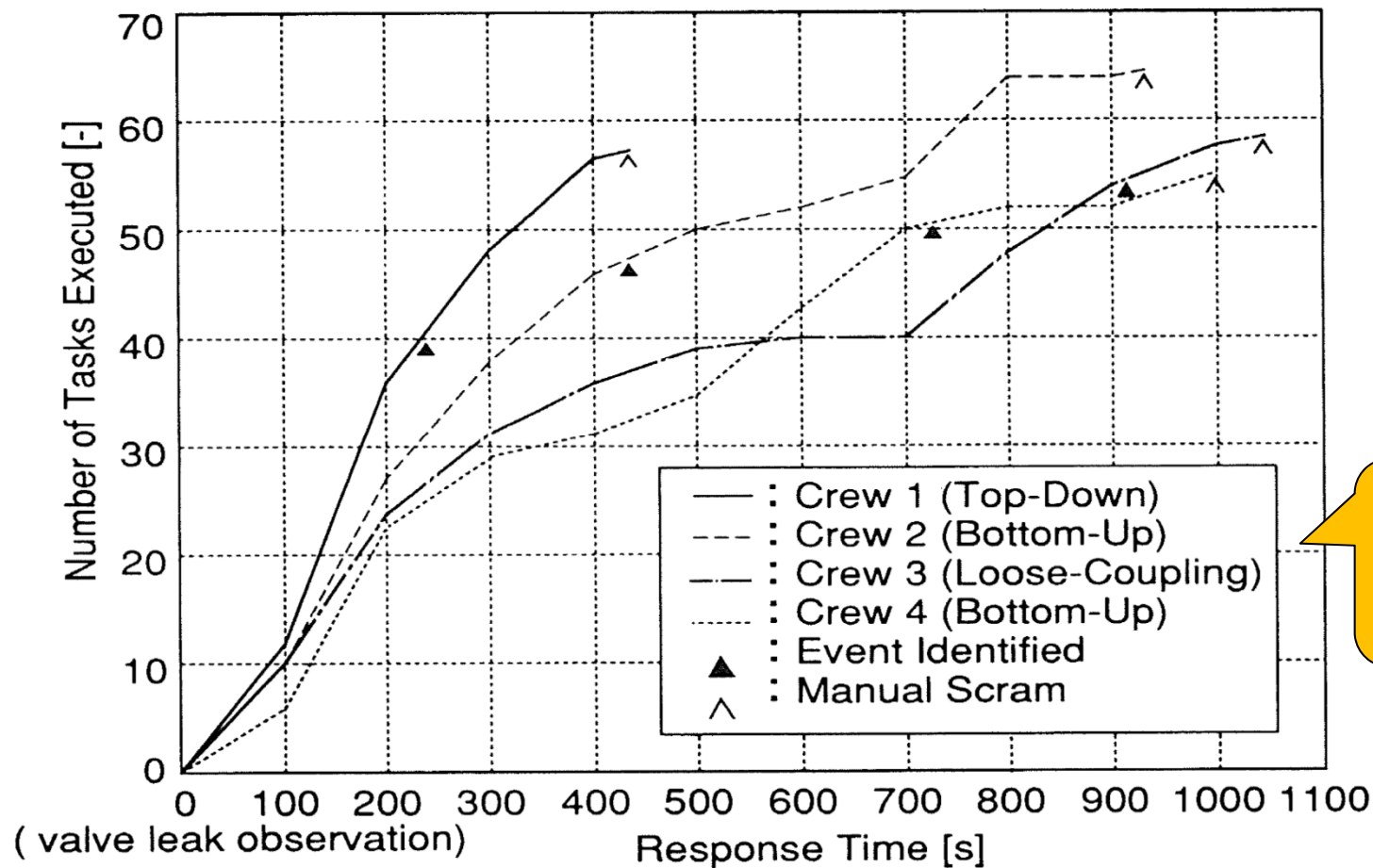
実験とモデルによるTRCの評価 (シナリオの相違)



- TQU (Transient with high pressure cooling function loss)
- 逃し安全弁開固着
- ATWS

実験結果（運転クルーの比較）

- 逃し安全弁開固着の時間応答曲線



運転クルーの
形態が
HRAに
影響を及ぼす

シミュレータ実験による ヒューマンパフォーマンスの測定指標

運転クルーの
形態に
依存する
パラメータ

	Individual operator	Operator crew
Quantitative measures	<ul style="list-style-type: none"> Error probability Recovery probability Recovery time Response time 	<ul style="list-style-type: none"> Information effectively exchanged Number of tasks executed Recovery time Response time Response time and no. of tasks
Qualitative measures	<ul style="list-style-type: none"> Cognitive process complexity Leadership type 	<ul style="list-style-type: none"> Communication type Leadership type Crew collaboration Position covered Collaboration and discussion Information exchange and cognition Communication characteristics Communication aspect

認知のメカニズムと
コンテキストに
依存する
パラメータ

チーム、組織信頼性解析(TRA, ORA)への展開

- チーム、組織信頼性解析(TRA, ORA)の研究は必要
- アプローチとしては、HRA2と同様の、状況認識としてチームや組織の環境条件を評価し、チーム、組織過誤に導く状況(TFC, OFC)を考慮することにより、その状況において最適な方策を採るものと作業仮説をおくと、チームや組織における個人の行動を予測できる
- 絶対的な合理性でなく、資源制約の下に入手しうる情報と知識とを活用して得られる最善の合理性、制約された合理性における決断であると見なす
 - WPAM: ワークプロセスの分析からチームや組織の影響度を評価
 - SPAR-H手法: 基本的行動の平均値をあらかじめ与えておき、それぞれの条件で平均値との相違から信頼性を計算
 - CREAM手法: 相互依存のある多次元の評価項目を一元化

WPAM (Work Process Analysis Model)

- Apostolakis

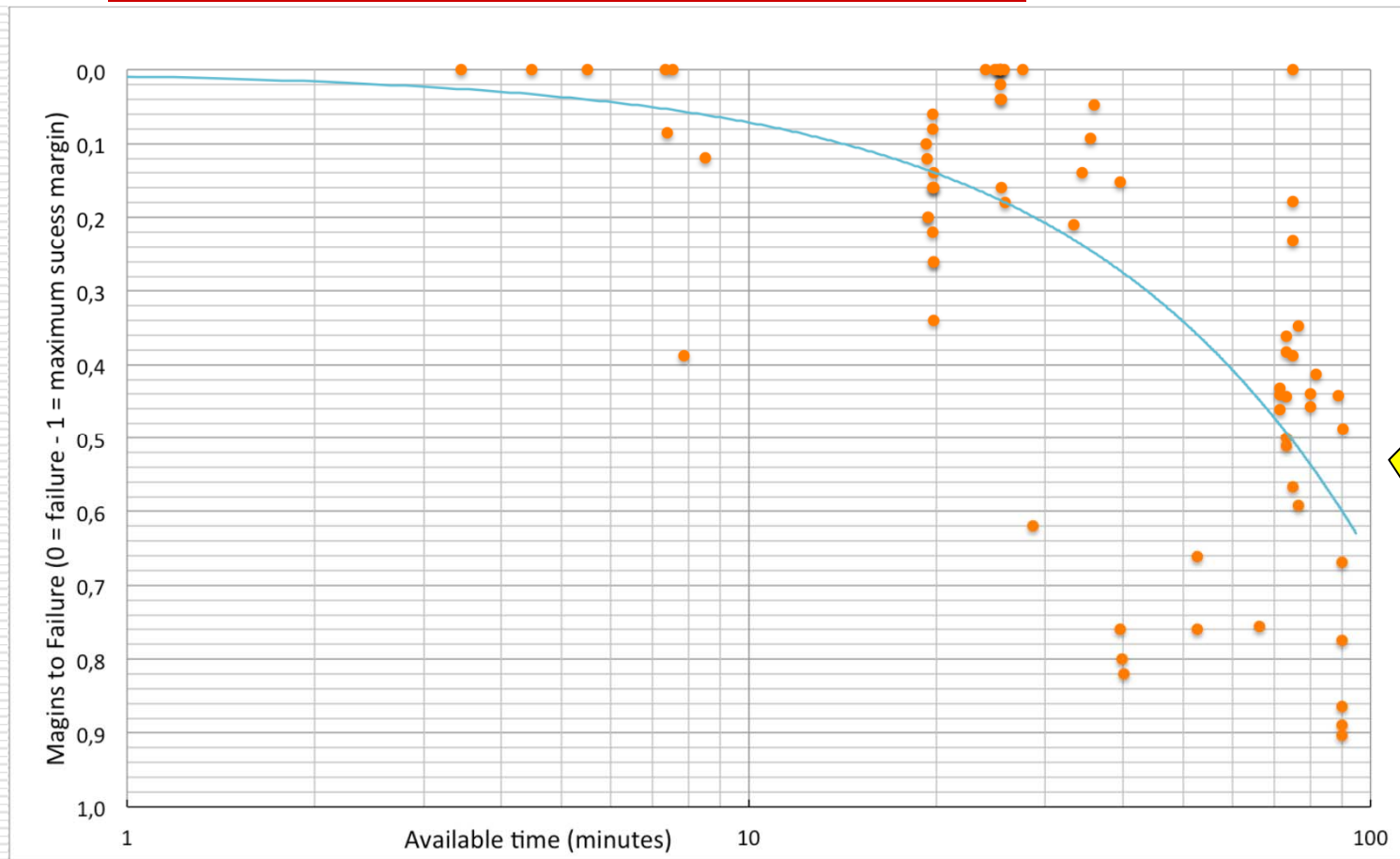
- 従来のHRAでは組織因子の扱いが弱いことに対応するために、組織における仕事のやり方、すなわち組織文化は個々人の判断行動を大きく左右することを評価に反映した点で新しい
- チームの差異の評価に近い
- 一連の仕事の流れ (Work Process) に対する組織因子の影響の程度を系統的に評価 (重み付け係数を定める)
- これに基づき、考える組織の状態下での人間信頼性を求める
- 例えば、緊急時支援システムを利用した支援チームの有効性評価などに適用可能

バイオレーションに導く状況の分析

- 古田は、バイオレーションに導く状況(VFC)を考慮することにより不安全行為の分析まで拡張可能であると、分析により示した(しかし、サボタージュは対象範囲外)
 - DC10、チェルノブイリ、B737ルートン、原電工事、JCO
 - 時間圧・人手不足
 - 知識・経験の不足
 - 使いにくいシステム
 - 創意工夫
 - 違反の常習化
 - 検査体制の不備
- 管理業務にまでは拡張可能
- 組織の形態や意識の経年変化まで評価できるかは、不明

HEデータ整備の必要性

Margins to failure by available time - N=73



- 診断と操作の平均時間
- 重要タスクの応答時間のばらつき
- 許容時間が延びると失敗余裕（ヒューマンパフォーマンスのばらつきの指標）が大きくなる



Extracting Human Reliability Information from Data Collected at Different Simulators: A Feasibility Test on Real Data, Salvatore Massaiu, OECD Halden Reactor Project, PSAM 12, June 2014, Honolulu