宇宙分野で培った安全評価手法の原子力への適用に関する研究
(2) FRAM*の適用

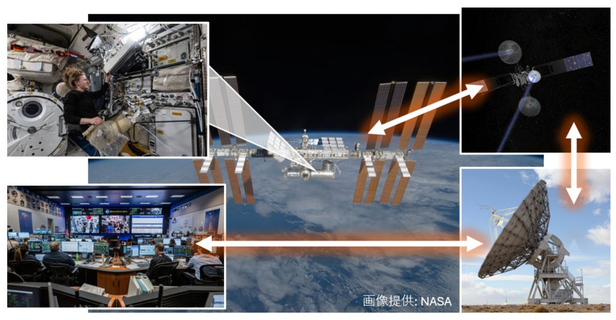
* FRAM: Functional Resonance Analysis Method

有人宇宙システム株式会社　道浦 康貴

事業の目的と概要

背景：
宇宙機システム、原子力施設の運用の特徴
- **様々な組織・システムが関与する複雑・高度化したシステム**
- **熟練者の長年の経験に基づくノウハウ（暗黙知）が蓄積**
- **ノウハウ（暗黙知）は言語化が困難であり、引き継ぐことは容易ではない**

宇宙機システム



原子力施設



目的：
システムや人・組織の相互作用に着目し、対応を支える要因と、連携が難しくなる条件を分析する
FRAMを適用し、熟練者の判断のコツを明らかにし、次の世代へノウハウの引き継ぎに役立てる

研究の概要：
緊急時対応において、**熟練者のノウハウ（暗黙知）が必要な場面（①）**を見つけ、
熟練者からノウハウを聞き取る方法を整え（②）、**訓練の評価に使える形に整理（③）**する

**熟練者のノウハウ（暗黙知）を見つけて言語化し、
訓練や引継ぎに活用することを目指す**



**経験に基づく判断を共有する難しさ
ベテランは何を見て、どう判断しているのか？
緊急時対応の分析から、引き継ぐべきノウハウを探る**

図の出典： Microsoft Copilot を用いて作成

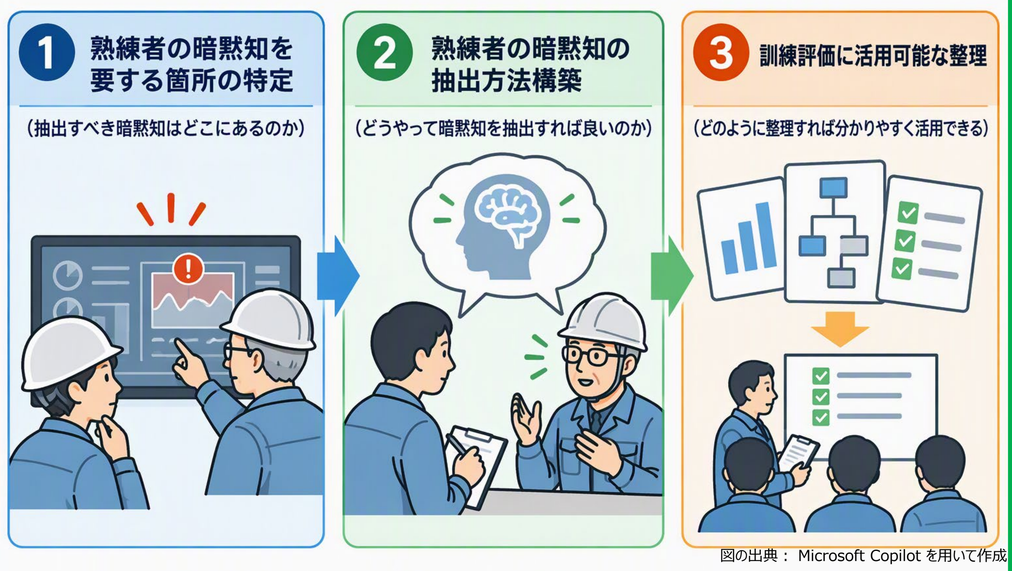
事業期間において構築される将来の規制上の研究課題に対処する技術基盤

構築した基盤技術と課題：

① 熟練者の暗黙知を要する箇所の特定（抽出すべき暗黙知はどこにあるのか）
[構築] FRAMを用いて熟練者のノウハウ（暗黙知）を要する箇所の特定手順
[課題] 試行による手順の妥当性確認

② 熟練者の暗黙知の抽出方法構築（どうやって暗黙知を抽出すれば良いのか）
[構築] 熟練者からノウハウ（暗黙知）を抽出する方法
[課題] 試行による方法の妥当性確認

③ 訓練評価に活用可能な整理（どのように整理すれば分かりやすく活用できるか）
[構築] 訓練評価で見るべき着眼点について整理
[課題] 訓練評価に使える形への具体化



図の出典： Microsoft Copilot を用いて作成

事業の成果

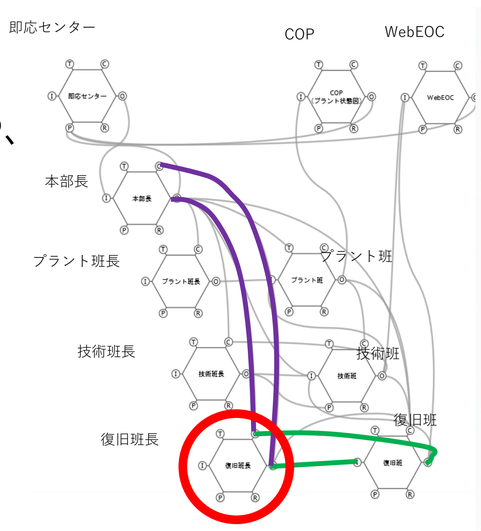
分析方法：
- FRAM（Functional Resonance Analysis Method:機能共鳴分析手法）
  緊急時対策訓練に関与する組織間の作業のつながりを図にし、対応がうまくいく理由や、潜むリスクを調べる方法。

手法の特徴：
- **機能間の相互作用をモデル化**
- **システムが何故上手く機能しているのかを分析（成功要因を分析）**
- 機能間の相互作用と成功要因から潜在的なリスクを分析

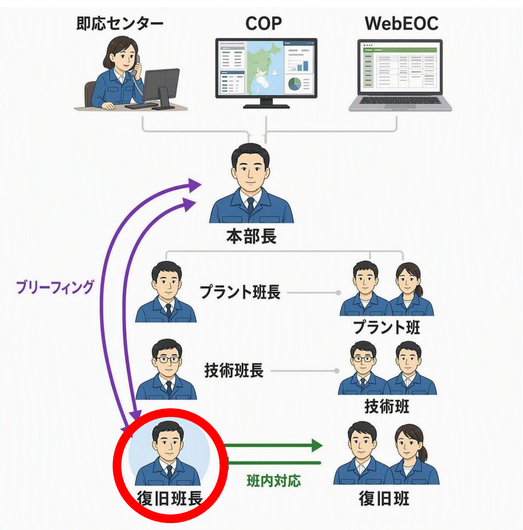
FRAMモデルの特徴：
- 班長が**ブリーフィング対応**と**班内対応**の両方を実施
  （フィードバックループが２重に発生）

**緊急時訓練では、
班長はブリーフィング対応と班内対応を両立していた。
両立を支えた判断の観点や、周囲との連携を明らかにする。**

FRAMモデル



概念図



図の出典： Microsoft Copilot を用いて作成

FRAMモデルから、班長がブリーフィング対応と班内対応の両方を担う場面を、熟練者のノウハウ（暗黙知）を抽出すべき箇所として特定

成果の公表元：道浦 康貴，星野 伸行，柿本 和希，山形 浩史，レジリエンスを考慮した安全評価手法の原子力施設への適用に関する研究（３）FRAMの適用，日本原子力学会，2025年
道浦 康貴，星野 伸行，柿本 和希，山形 浩史，レジリエンスを考慮した安全評価手法の原子力施設への適用に関する研究（２）FRAMの訓練評価への適用，日本原子力学会，2026年

今後の展開について

- **規制側　：現場の判断に関する知見を、安全性を評価する人材の育成に活用**
  （原子力規制の対象となる組織の安全は、規程や設備だけでなく、現場における人の状況判断によっても支えられているため、規制側が安全性を評価する上で重要な知見となる）
- **事業者　：熟練者ノウハウ（暗黙知）の整理と引き継ぎに活用**
  （原子力施設の緊急時対応では、熟練者の判断過程や状況把握の勘所が安全確保を支える重要な要素となる）
- **メーカー：高度化が予想される次世代の原子炉で想定すべきリスクの幅広い把握に活用**

※本研究は、原子力規制庁の令和6～8年度原子力規制研究技術基盤構築事業費補助金（原子力規制研究の強化に向けた技術基盤構築事業）の補助を受けたものである。