

死角のない広域監視を最小コストで実現する 最適化アルゴリズム

日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター
上級研究専門官 町田昌彦

2025年6月24日



自己紹介（町田昌彦）

東北大学・理学研究科物理学専攻	博士課程中退（後、同大学工学博士取得）(-1991)
富士通株式会社	スーパーコンピュータシステム部配属(1992-1995)
日本原子力研究所	計算科学技術推進センター配属（1995-）
日本原子力研究開発機構	システム計算科学センター長（2022-2024）
日本原子力研究開発機構	上級研究専門官（2025～）

※ゴードンベル賞ファイナリスト2回（地球シミュレータ活用）

※日本応用数理学会業績賞（第一回）

30年近く計算科学（物理・化学・環境・放射線シミュレーション）に従事

どんな社会課題を解決するか：

大規模な工場や商業施設等で監視や観測を最適化（監視カメラ等の設置コストを最小限として最大の効果を発揮）します。

➡ 監視や観測の最適化が求められている方々へ提案したい技術です。

アピールしたいこと：

合理的に監視や観測の最適化を提案可能とするアルゴリズムを提案しました。そのアルゴリズムを実装したシステムのプロトタイプも開発済みです。

➡ 実用に供するシステムに向け開発に協力していただける方々を求めます。

提案技術の概要（Ⅱ）

目標：

多くの人々が抱えている不安



この世界
どこに危険があって
何が起こるか分かりません



不安だらけの世界で事前に危険を知ることができれば、
対策も考えられ、少しは安全・安心な世界になるかもしれません。

提案技術の概要（Ⅲ）

課題： 但し全ての危険を事前に知るには大変な準備が必要です。

理由： どんな小さな危険でも見逃さず危険性を評価する必要があるからです。

特に見えない危険（死角）を漏らさず見つけることはとても困難です。



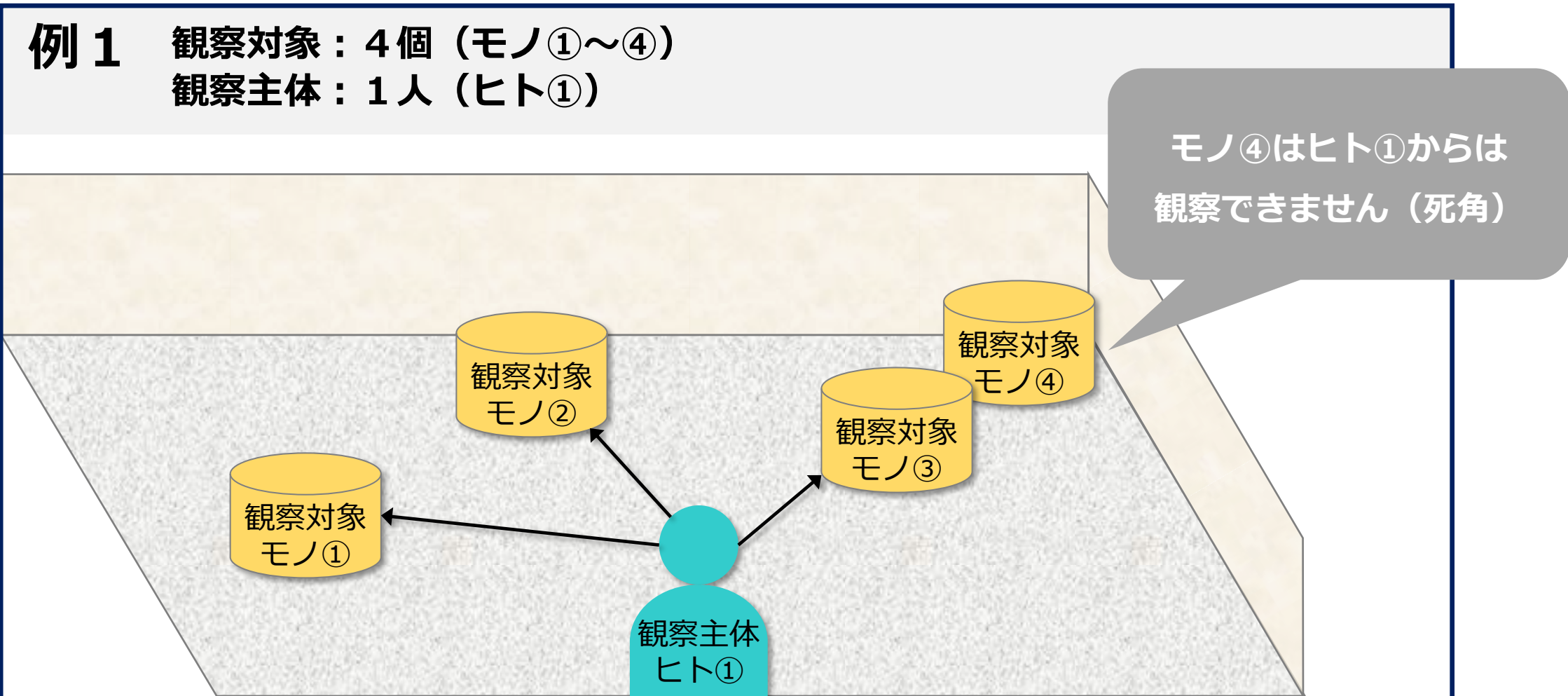
本提案技術は、そんな困難な課題を解決する一つの手法（アルゴリズム）になると考えています！

提案技術の概要 (Ⅳ)

提案技術：私たちの視界内にある死角を効果的に減らす技術

出来る限り死角（潜在的危険）を見逃さない監視・観察技術

例 1 観察対象：4個（モノ①～④）
観察主体：1人（ヒト①）

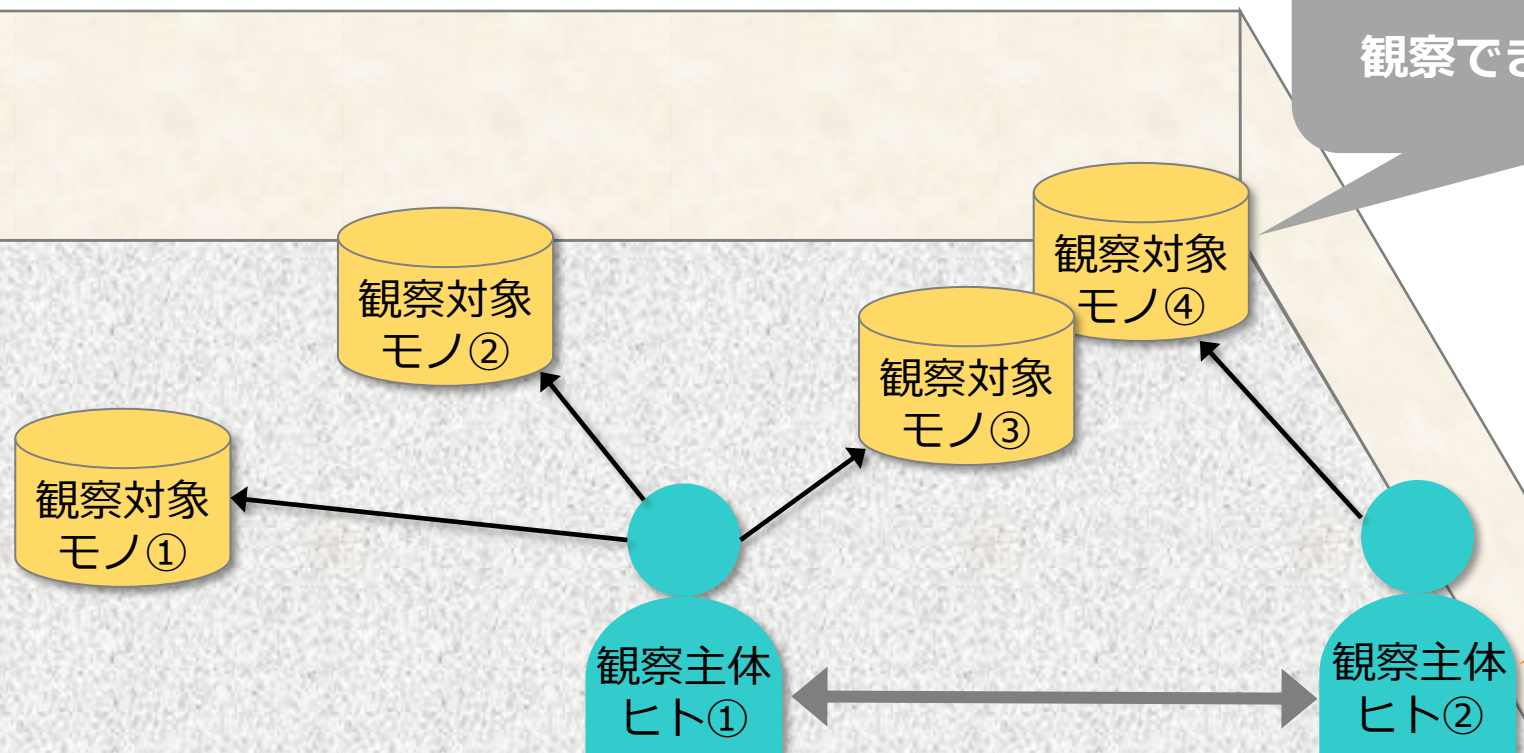


提案技術の概要（V）

提案技術：私たちの視界内にある死角を効果的に減らす技術

出来る限り死角（潜在的危険）を見逃さない監視・観察技術

例 2 観察対象：4個（モノ①～④）
観察主体：2人（ヒト①、②）



提案技術の概要 (VI)

提案技術のポイント：無数の死角に対する準備に役立つ技術です

観察対象：4個
観察主体：2人



観察対象：例) 2万個
観察主体：例) 何人必要でどこに配置？



誰でも簡単に死角なしに
2人を配置できますね....

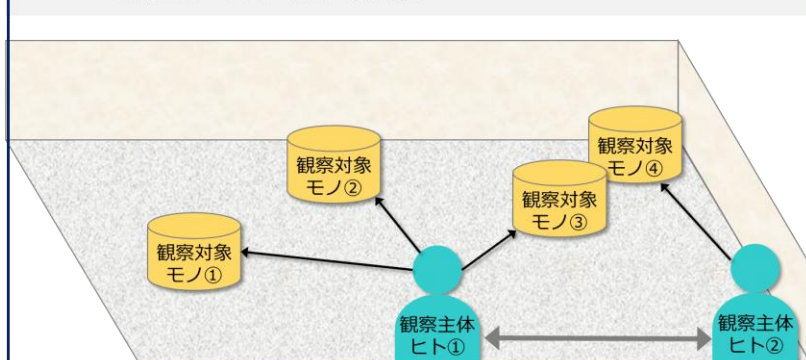


もう直感ではわかりません！



観察対象がどんなに多くてもこの課題を解決する
アルゴリズムが提案技術です

例2 観察対象：4つ (モノ①～④)
観察主体：2つ (ヒト①、②)



従来技術とその問題点 (I)

大規模な工場や広い美術館等を考えて見ましょう



監視カメラを配置し危険をいち早く察知したいニーズがあります

何台の監視カメラを用意し、どこに置けばよいでしょうか？

この問題に即答できるアルゴリズムが必要です。

一つの簡単な部屋だったら、だれでも直ぐに回答できます。しかし、もし広くかつ複雑な部屋だったらどうでしょうか？

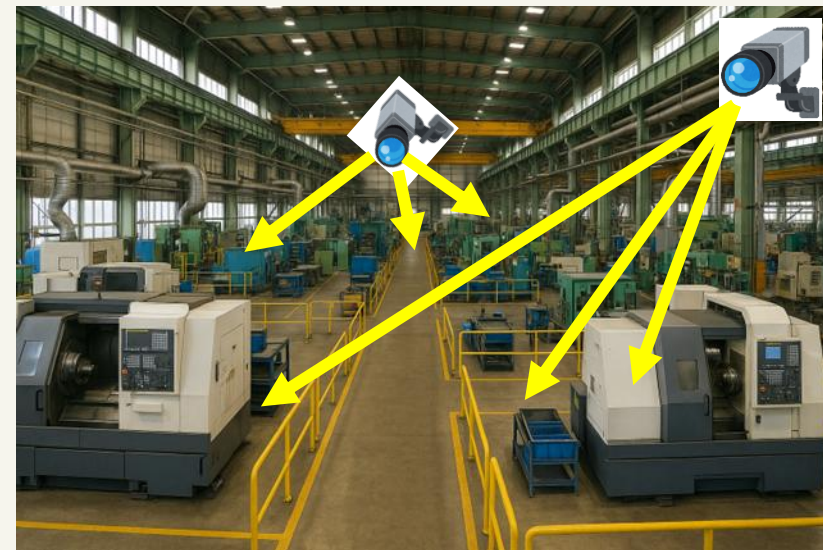
従来技術とその問題点 (II)

従来技術

3D-CAD等の現場モデルに、監視カメラを配置し、それらの視野を調べて、死角がないように配置していきます

問題点

何度か試行錯誤を繰り返す必要があり
経験が必要となります



まず、設置して、視野を調べて移動させて評価します（経験が必要）

合理的にカメラ台数と位置を自動で指示する技術が欲しい！

従来技術とその問題点（Ⅲ）

例：原子炉建屋（日本原子力研究開発機構・大洗原子力工学研究所） **大規模且つ複雑な屋内環境（材料試験炉：JMTR）**

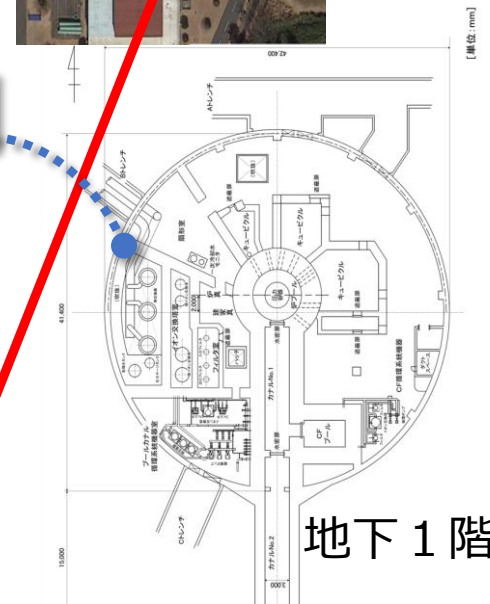
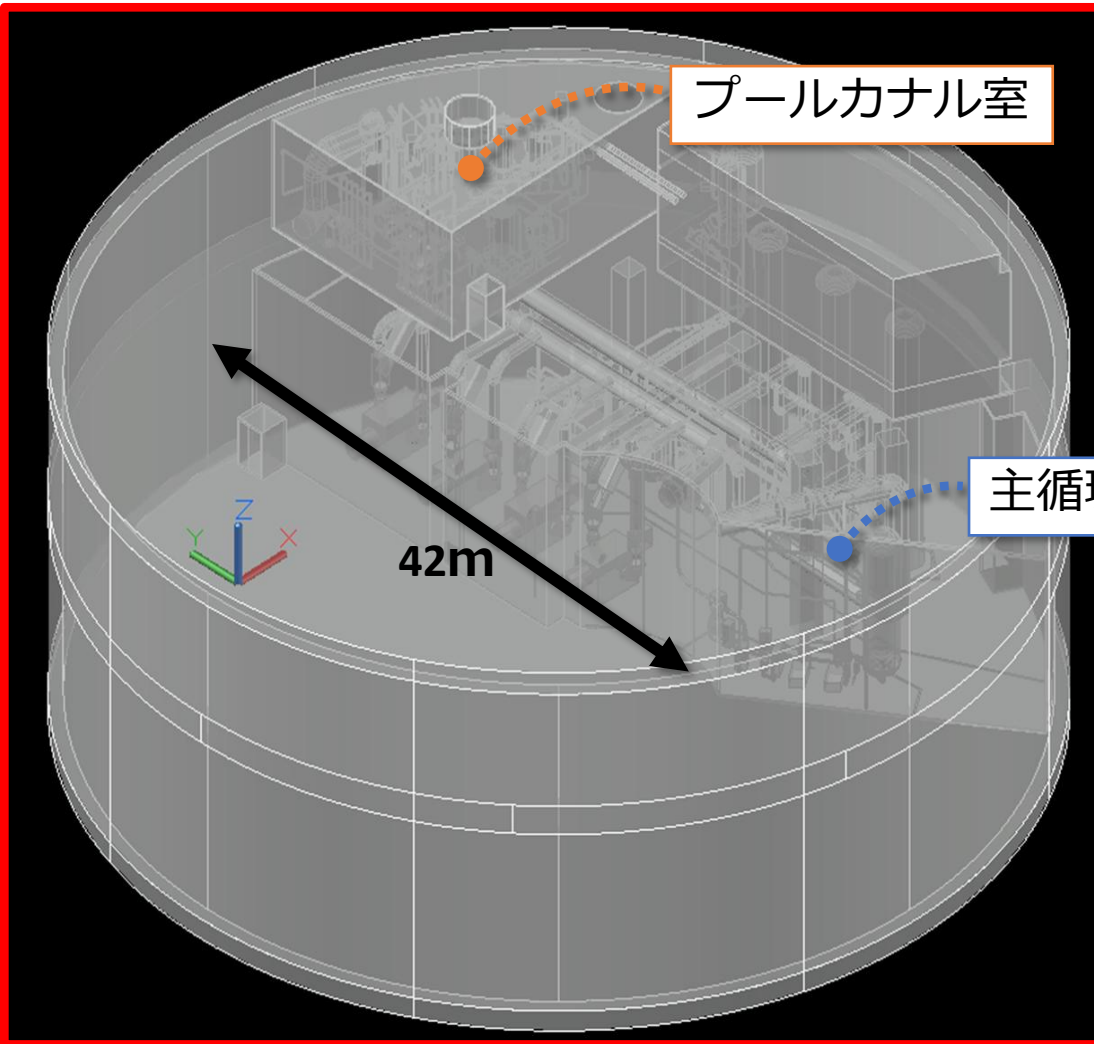


合理的にカメラ台数と位置を自動で指示する技術が欲しい！

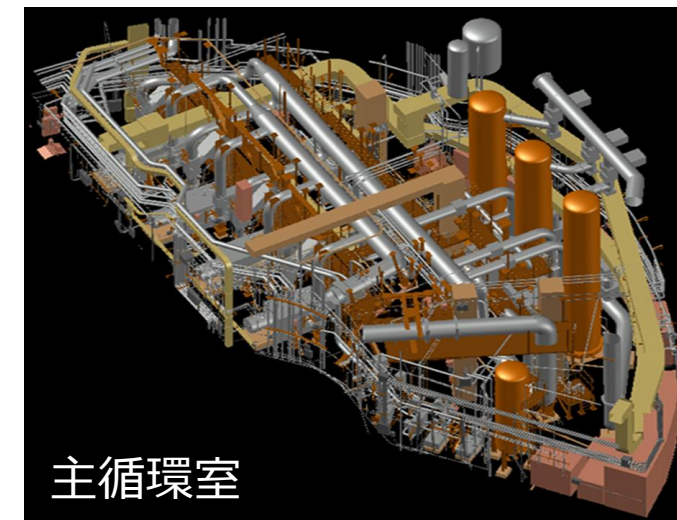
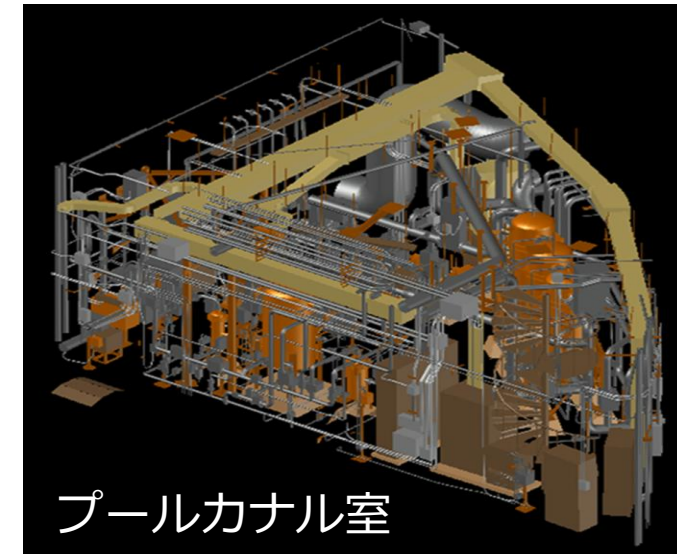
従来技術とその問題点 (Ⅳ)

例：原子炉建屋（大洗：JMTR）

非常に複雑な屋内環境



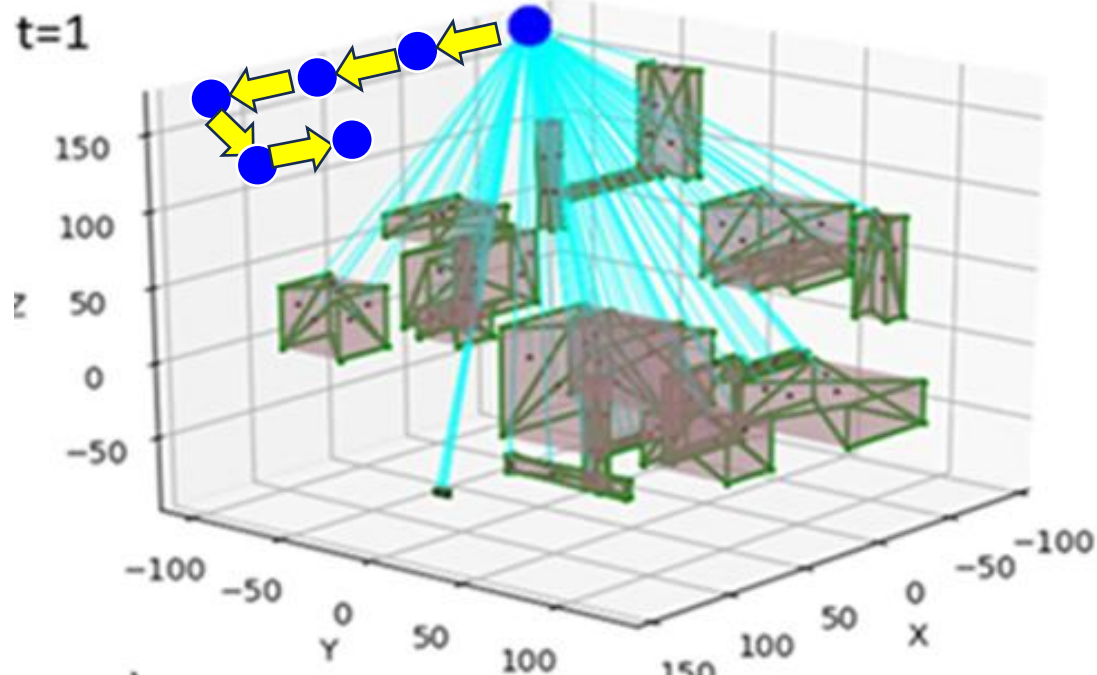
大規模・複雑な建屋内への適用



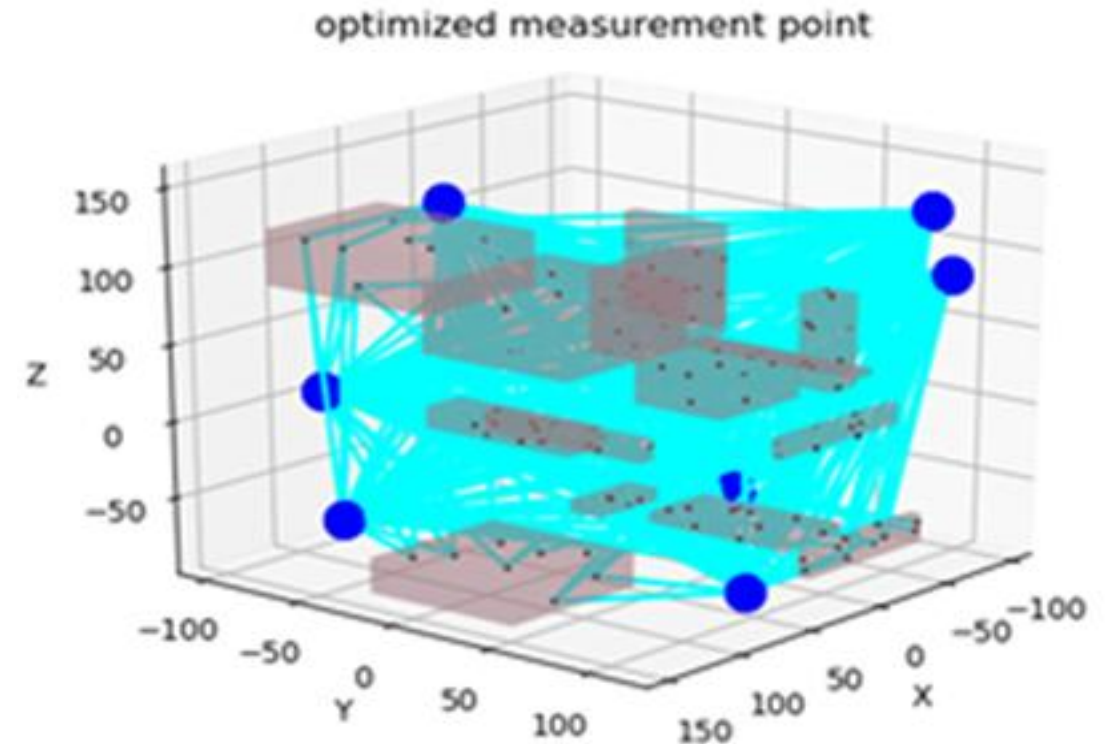
合理的に放射線計測位置⇒監視カメラを自動で指示する技術へ

新技術の特徴

空間内の全ての観測点（格子上に並べた点）から構造物が見えるかどうかを計算します ⇒ 有利な観測点を自動的に決めて行きます



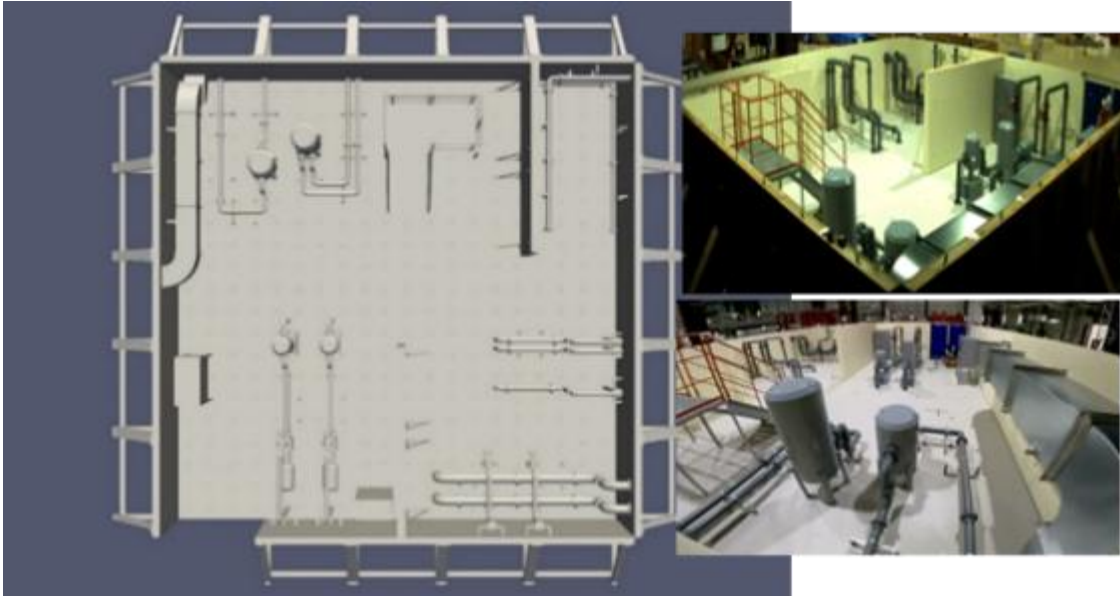
格子状観測点から構造物（面）が
見える(1) / 見えない(0) を探索し符号化



符号化情報をもとに全ての構造物（面）を
見るための観測点を決定

新技術の特徴

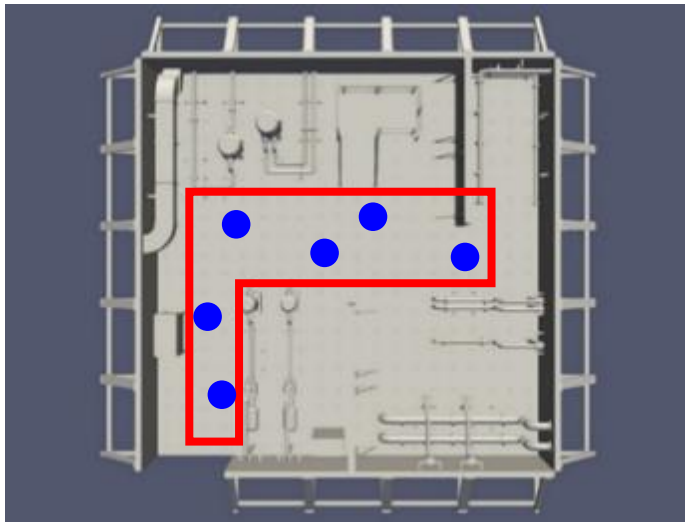
- ・ 3D-CADモデルや点群データがあれば、死角がないように観測位置を合理的に決定することを可能としました。
- ・ 死角のない観測位置を決めると共に観測点数を最小化しつつすることも可能としました。



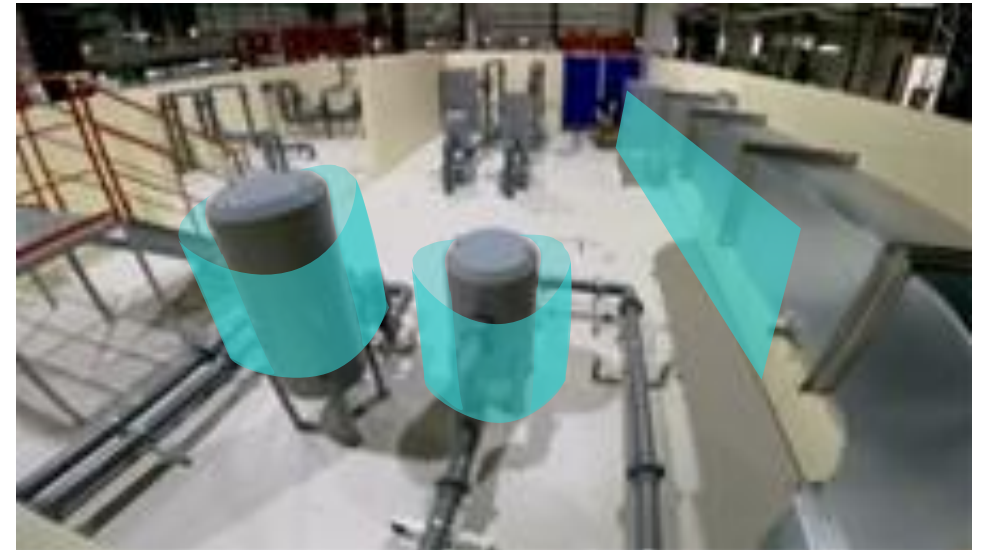
新技術の特徴

さらに、観測位置に制限がある場合や観測点数が限られる場合でも
可能な限り死角がないように指示することもできます

観測位置に制限がある場合
(エリア限定)



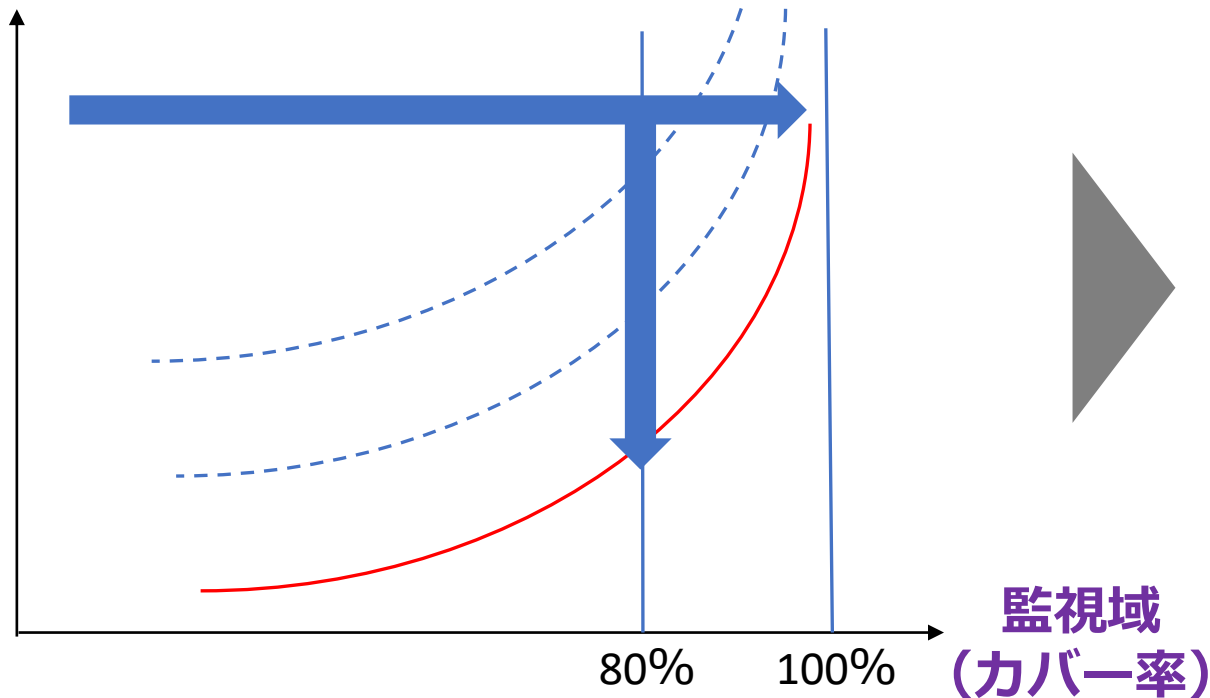
観測位置に制限がある場合
(構造物より一定距離離れることを条件)



新技術の特徴（提案する機能）（I）

監視（観測）にかかる費用を抑える一方、監視（観測）の効果を最大化する方法を提案します

費用 $\propto$ 設置台数（設置費用含む）



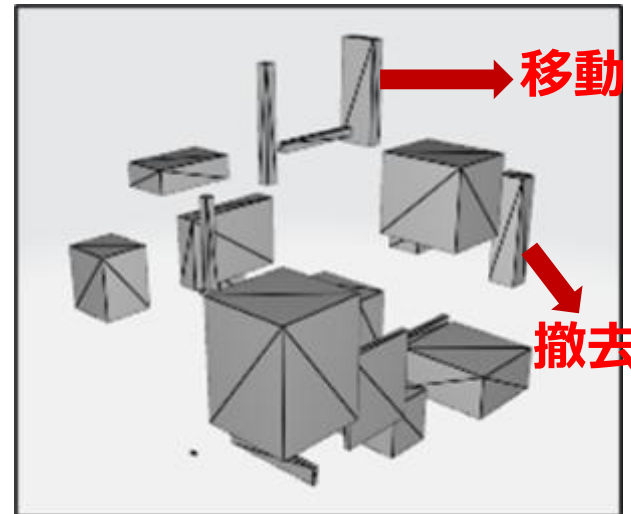
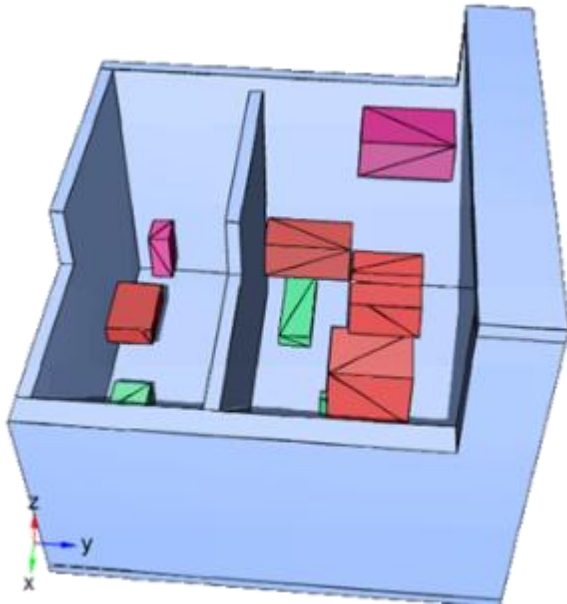
監視域を最大限カバーし、最も効率の良い設置が提案可能です
(費用に見合う監視域の設定)

例：監視域（～80%）を任意に決め設置台数を最小限にします

例：監視カメラの最小設置数と最適な設置場所の提案

新技術の特徴（提案する機能）（Ⅱ）

環境が時々刻々変わっても再計算することで監視・観測にかかるコスト低減と最大の効果を示し続けることができます



再計算

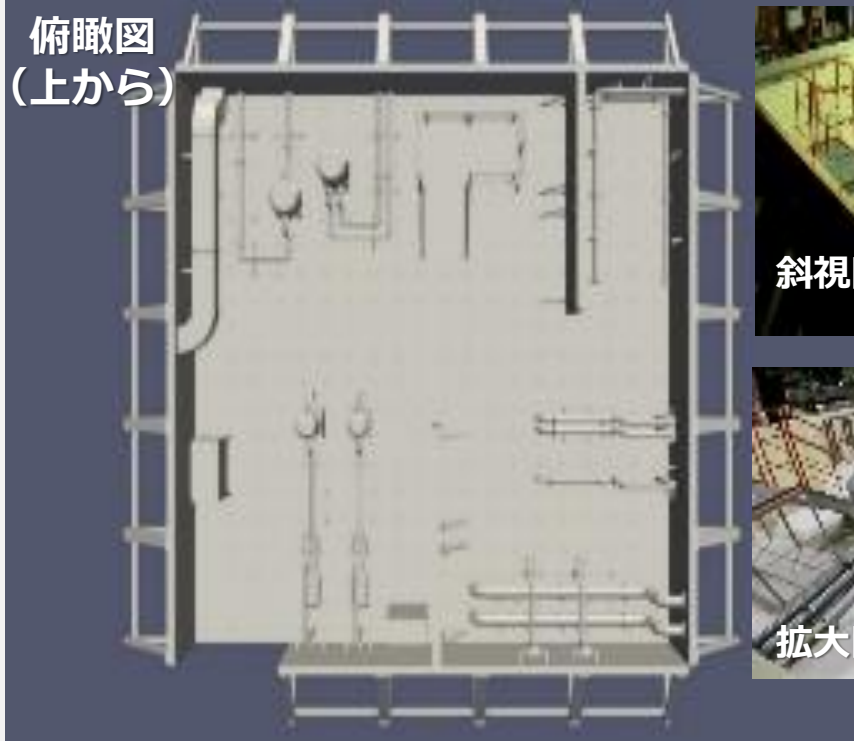
最適な再配置を時々刻々
提案可能

インテリジェントな監視・観測技術

新技術の特徴（提案する機能）（Ⅲ）

活用例：最適な放射線観測地点を決定し放射線源（位置と強度）の推定精度を向上させることに成功しました（条件は更に厳しい）。

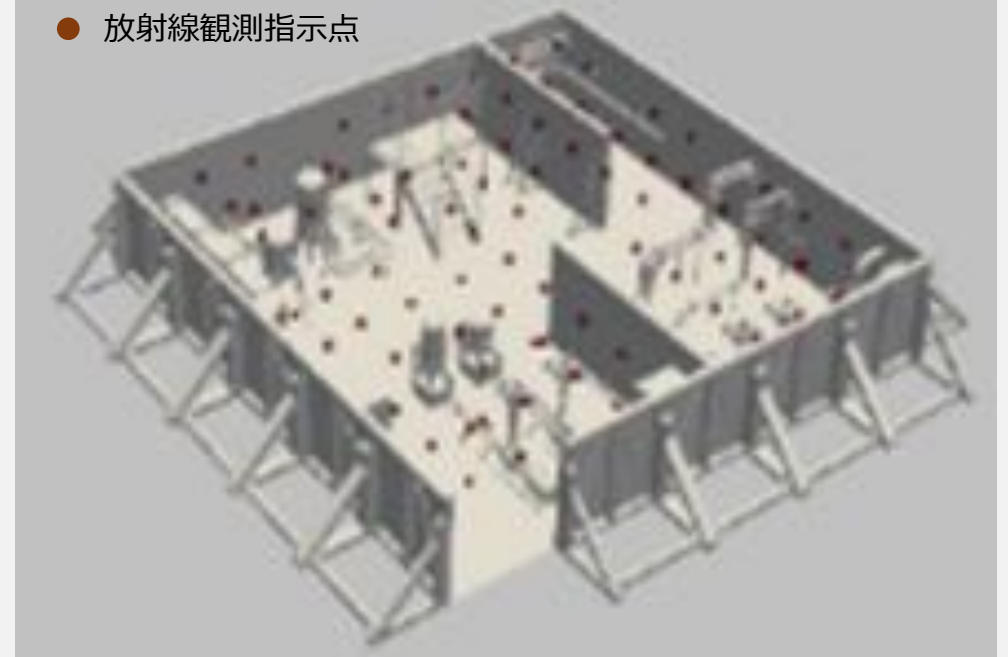
俯瞰図
（上から）



原子力施設（建屋内）にある目に見えない放射線源を探索します



● 放射線観測指示点

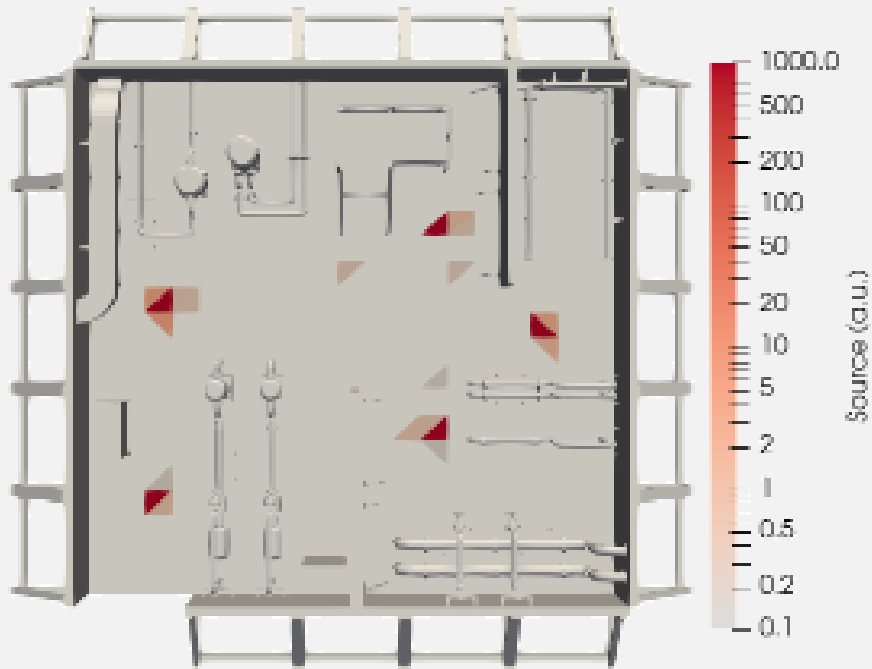


最適な放射線観測指示点を示し放射線量を指示点で計測します

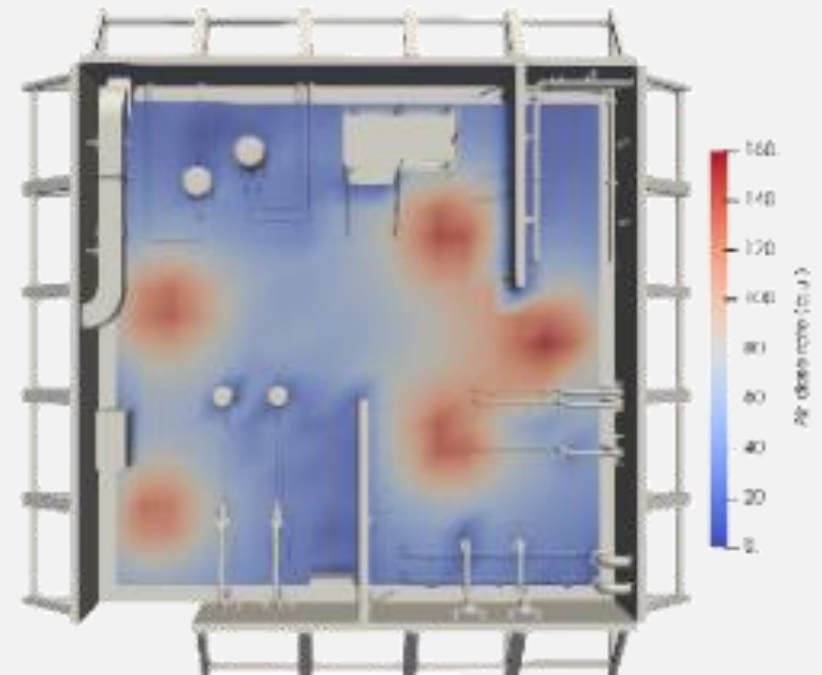
既に現場適用試験を実施し性能を確認

新技術の特徴（提案する機能）（Ⅳ）

活用例：最適な放射線観測地点を決定し放射線源（位置と強度）の推定精度を向上させることに成功しました（条件は更に厳しい）。



放射線源の位置と強度が
推定されます



放射線量の3次元分布が
くまなく取得できます

既に現場適用試験を実施し**妥当な性能を確認**

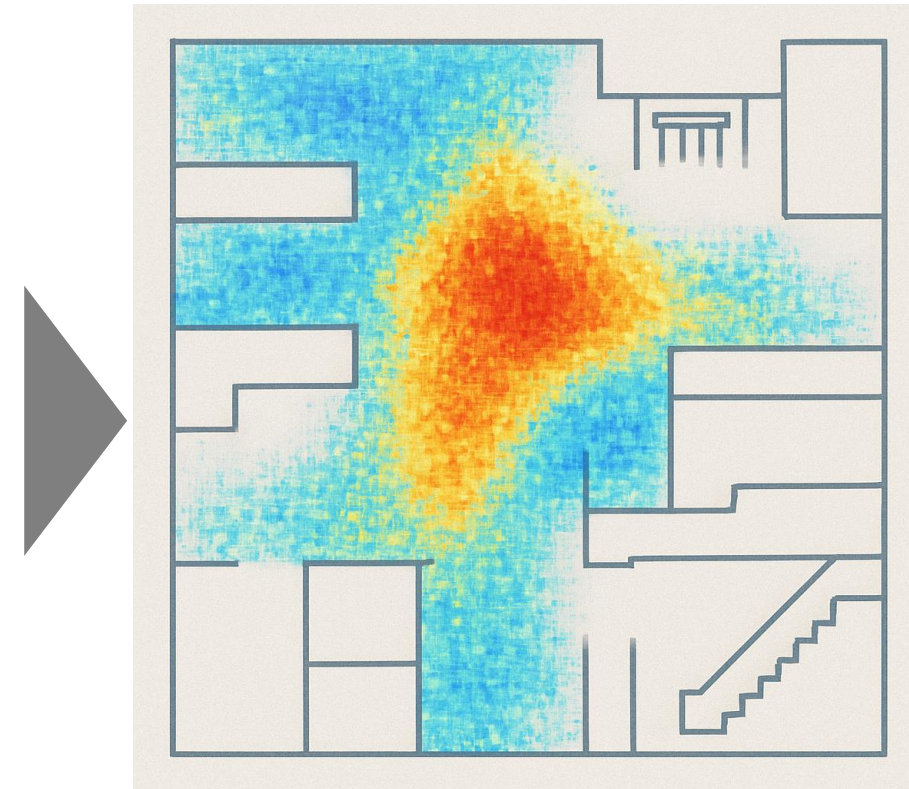
既に開発した提案機能を含むシステムの紹介（動画）

開発済み観測指示ツールの
基本機能とその動作

想定される用途（I）

監視カメラ設置個所の最適化等への活用：

具体的には、駅、空港、ショッピングモール等での人流量・混雑度・群衆挙動のモニタリングの最適化に活用可能です



混雑度をマップ化

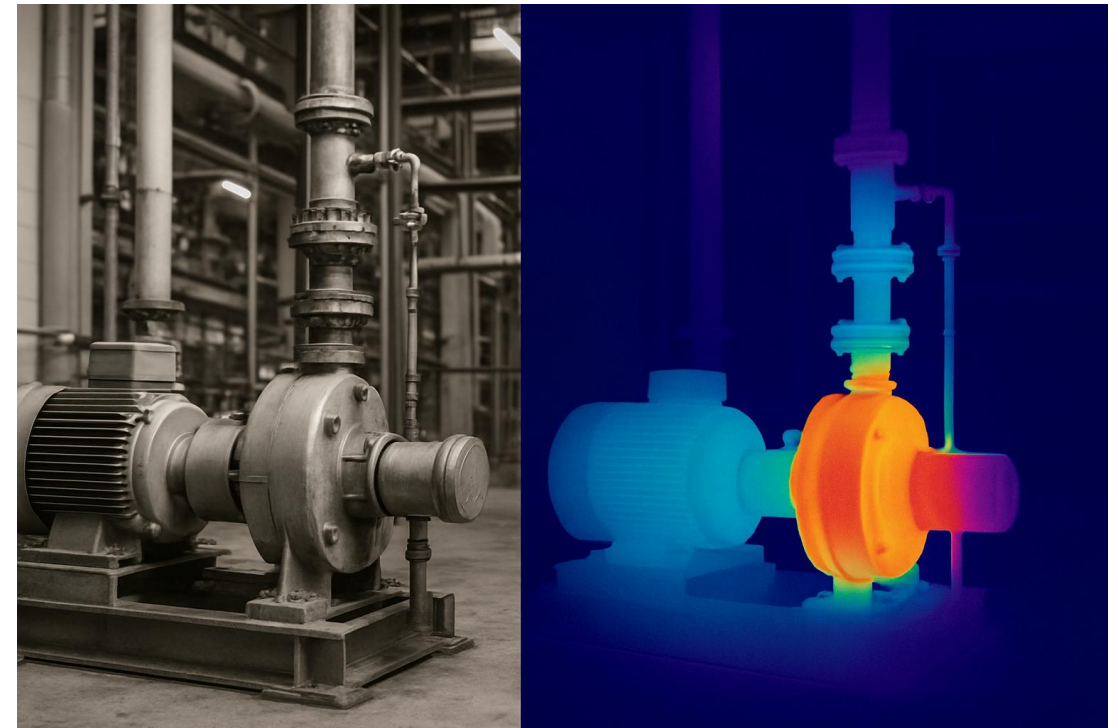
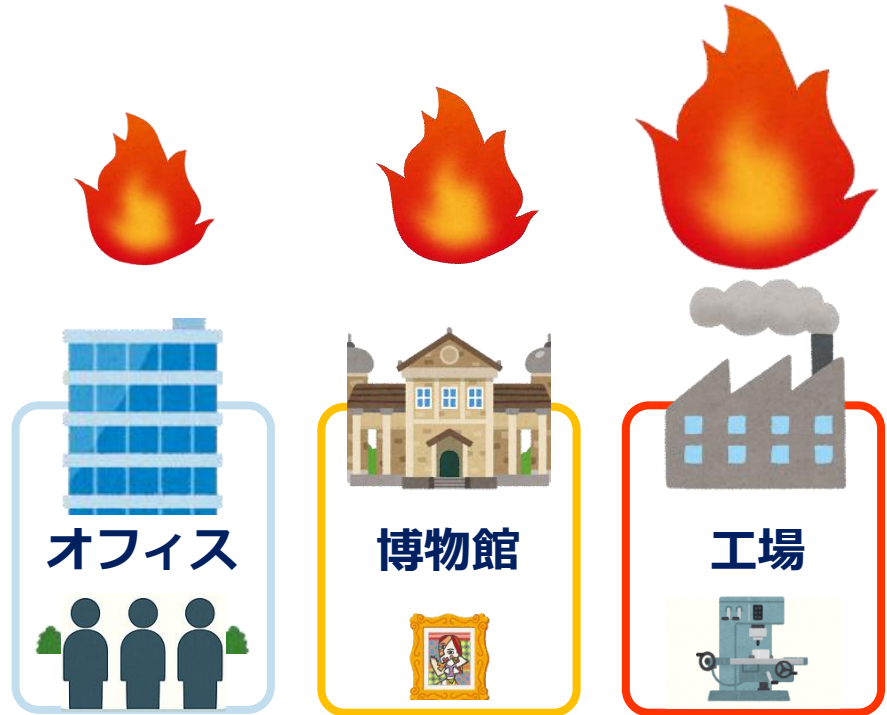
想定される用途（Ⅱ）

大型の食品、半導体、精密機器工場における熱の異常発生監視等への活用：
具体的には、火災リスク低減や製品異常発生の予兆等の早期発見を目的とするモニタリングの最適化

発生リスク低

発生リスク高

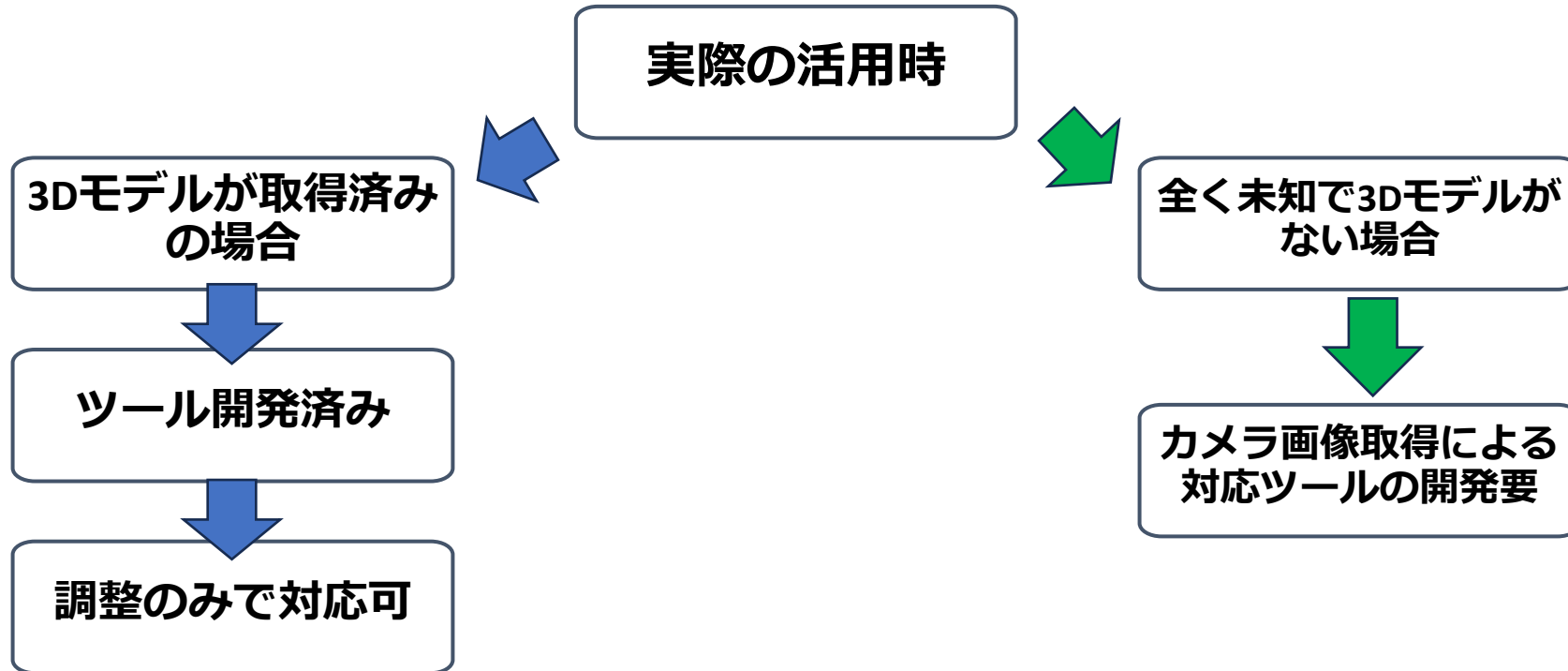
死角になりやすい部分での予兆発見



被害はどこでも甚大！

実用化に向けた課題

現在、現場のCADデータや点群データがある場合は、観測点を指示するツールについては開発済み。それらのデータがない場合は対応不可が現状



**解決策：カメラ画像取得による対応が原理的に可能であり便利
そのツールの開発が鍵！**

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
プロトタイプ開発 (R3～4)	ツール及びシステムの設計が完了しプロトタイプを開発し試験及び改良を実施（例：原子力機構内施設での試験及び改良）	
実機適用開発 (R5～6)	福島第一原発内で試験及び適用のための研究開発を実施	
1年後	ツールの切り出しと一般の施設を対象とした試験	公募事業等へ応募/企業と共同研究等で研究開発資金を獲得したい
2年後	ツールの商用ライセンス設定と現実問題への適用例を蓄積し、売り込み開始	サービス開始 (商用ライセンスを有償提供)
3年後	システムの性能向上と改良	サービス充実 (機能追加とユーザビリティの向上)

- 未解決の未知の現場のモデル化については、写真から3Dモデルを作るフォトグラメトリーの技術により克服できると考えています。
- 上記の技術（高効率な技術）を持つ、企業との共同研究を希望します。
- 大規模かつ複雑な現場を抱える企業、警備や警護他の安全・安心を担保する分野の企業には、本技術の導入が有効と思われます。

- **本技術は簡単なアルゴリズムからなり、実装は難しくないため、企業のニーズに簡単に貢献できると考えています。**
- **本技術の導入にあたり、必要な試験を共同を行うことで科学的な裏付けを示すことも容易です。**
- **本格導入にあたっての技術指導等も可能です。**

本技術に関する知的財産権

本技術（アルゴリズム）

- 発明の名称：観測点決定装置及び観測点決定方法
- 特許番号：特許第7605492号
- 出願人：日本原子力研究開発機構
- 発明者：町田 昌彦

放射線の課題への活用技術

- 発明の名称：線源推定装置及び線源推定方法
- 特許番号：特許第7607945号
- 出願人：日本原子力研究開発機構
- 発明者：町田 昌彦

福島第一原発の廃炉に向けた放射線環境改善のためのデジタル技術の研究開発

- 2020年-2022年:
工ネ庁事業「廃炉汚染水対策事業」第一期内で研究開発に従事
- 2022-2024年:
工ネ庁事業「廃炉汚染水対策事業」第二期内で研究開発に従事
- 2025年以降:
電力事業者（廃炉事業者）からの受託事業実施中（予定数件）

日本原子力研究開発機構
研究開発推進部
e-mail : seika.riyou@jaea.go.jp