

略歴

- 出身地 広島県福山市 昭和18年1月生まれ
- 京都大学理学部入学 宇宙物理学科卒業
- 住友化学入社 中央研究所、放射性医薬品メーカー・日本メジフィジックス出向を経て定年退職
- 第1種放射線取扱主任者(放射線障害防止法)
- 平成23年3月の原発事故当時 大阪大学核物理研究センター特任研究員
- 現在 大阪大学大学院工学研究科特任研究員

符号化多孔窓(Coded Aperture)を用いた 除染用「セシウムカメラ[®]」の評価

大阪大学大学院工学研究科
環境・エネルギー工学専攻 特任研究員
豊田 亘博

nobletoyota@yahoo.co.jp

自宅電話 0797 89 4111

携帯電話 090 3948 3148

放射性セシウムの分布→画像化

- 除染関係ガイドライン第2版(平成25年5月)

表面線量率; GMサーベイメータ

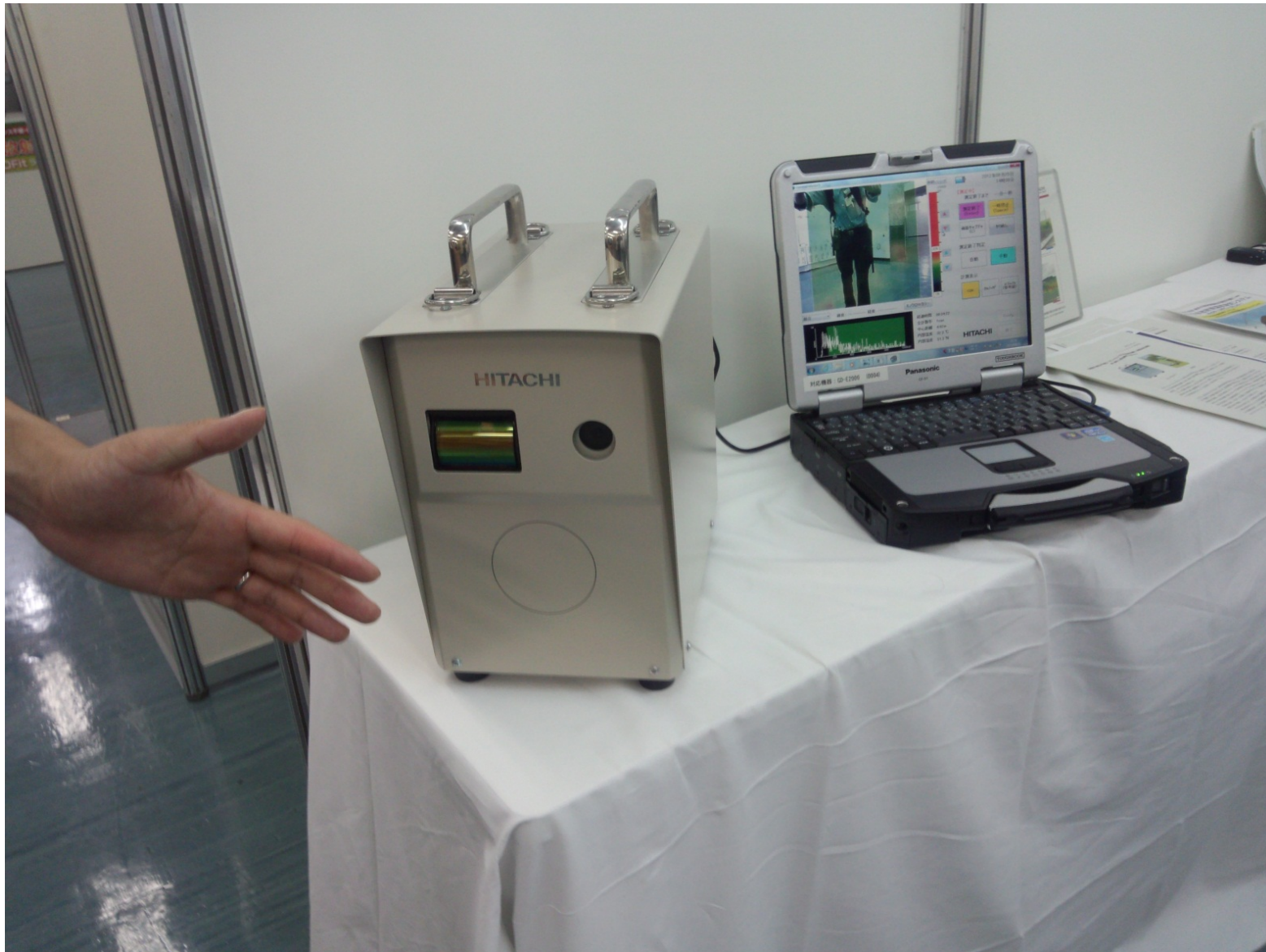
空間線量率; シンチレーション式

サーベイメータ(NaI またはCsI)

- 放射性セシウムの分布を、点による測定から面、立体で測定・表示し、より科学的な方法へ
- セシウムグラフィ(体温のサーモグラフィ類似)
- 除染前の汚染を把握→除染作業後の確認→住民の方々への説明→記録の保存
- 除染土壌、除染廃棄物の減容化

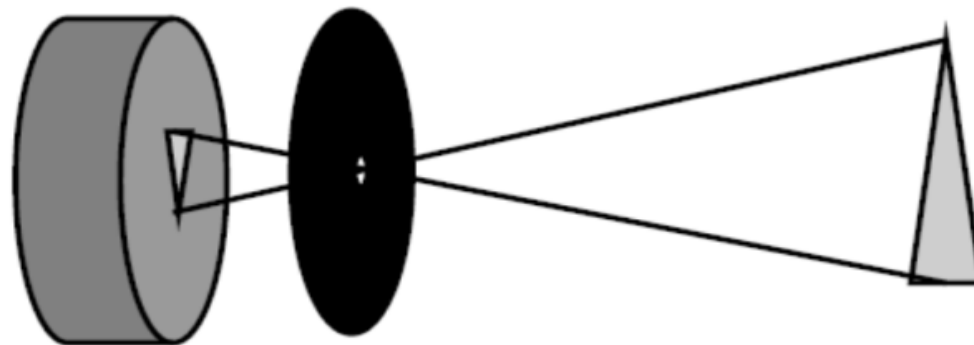
従来の「ガンマカメラ」

針孔写真機の原理によるピンホールコリメータ方式



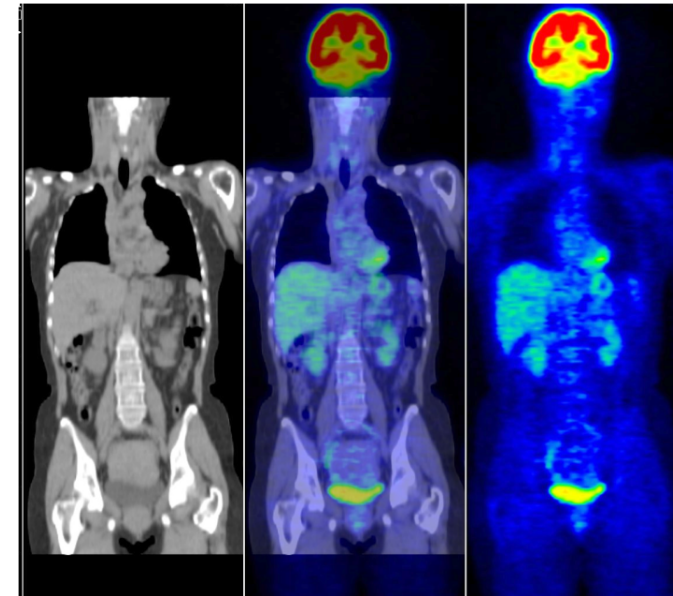
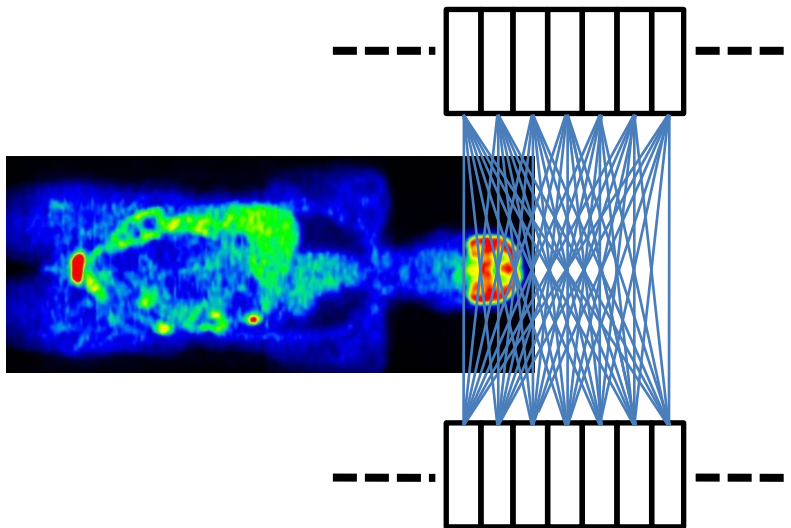
ピンホールコリメータ方式に基づく「ガンマカメラ」

- 孔の大きさ: 入射光量と解像度のバランス
 - 像の鮮明さと像の明暗とのトレードオフ
- ごく短半減期の多量の放射性核種(Tc-99m, I-123, F-18など)を静脈注射するアイソトープ検査(核医学診断)や原発内の強い放射線源の種類と位置の特定するのに適している



臨床用PET-CT：全身ブドウ糖代謝

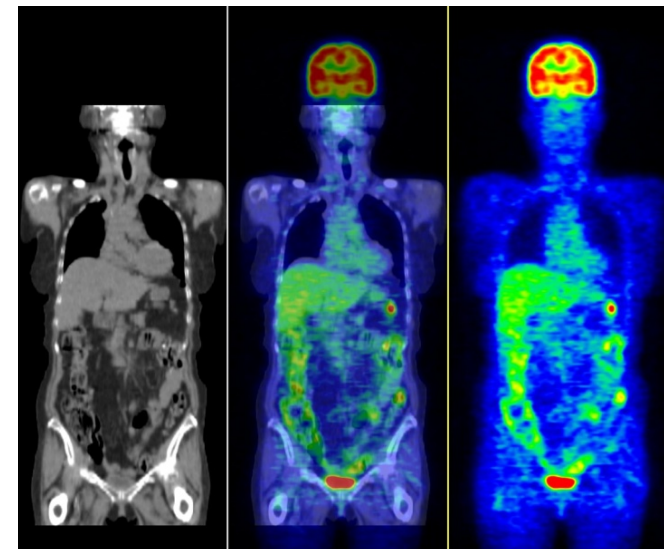
高分解能・高感度臨床PET装置



CT

PET-CT

PET



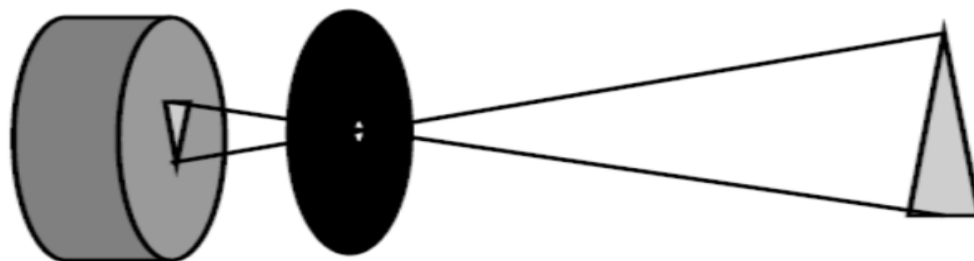
ピンホールコリメータ方式に基づく「ガンマカメラ」

- 孔の大きさ: 入射光量と解像度のバランス

→アイソトープ検査(核医学)や原発内の強い放射線場における放射線源(Co-90など)の種類を特定し位置を見つけるのに有用

除染への応用は先駆的試み

- 課題1: アーチファクト(偽像・幻の映像)の出現
- 課題2: 撮像時間が長い(1コマに20分~40分)
- 課題3: 重量 35kg以上(1人では運べない)



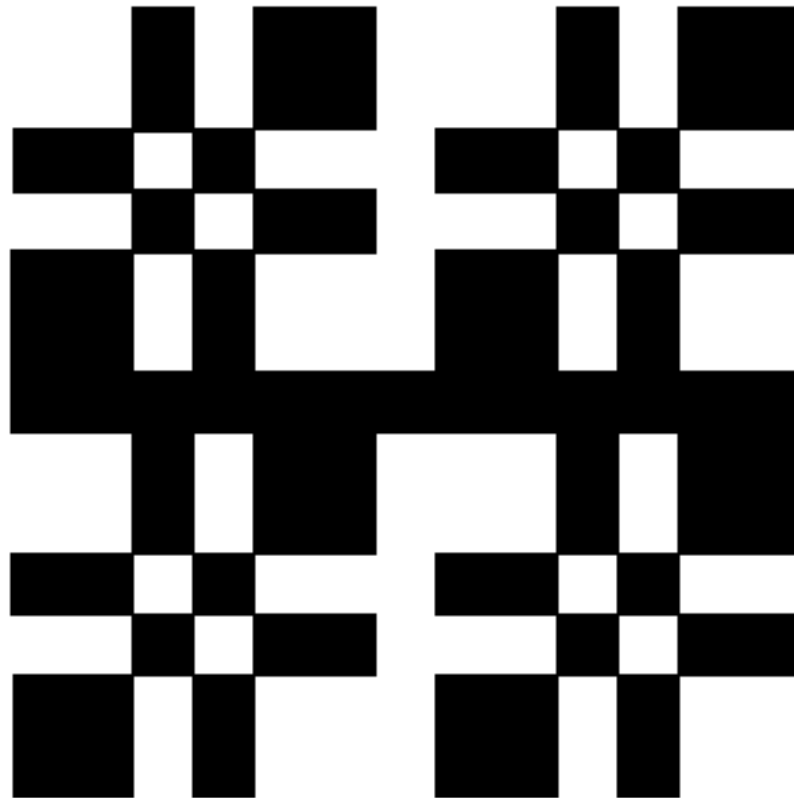
符号化多孔窓 (Coded Aperture) の例

- Hexagonal Uniformly Redundant Array (HURA)

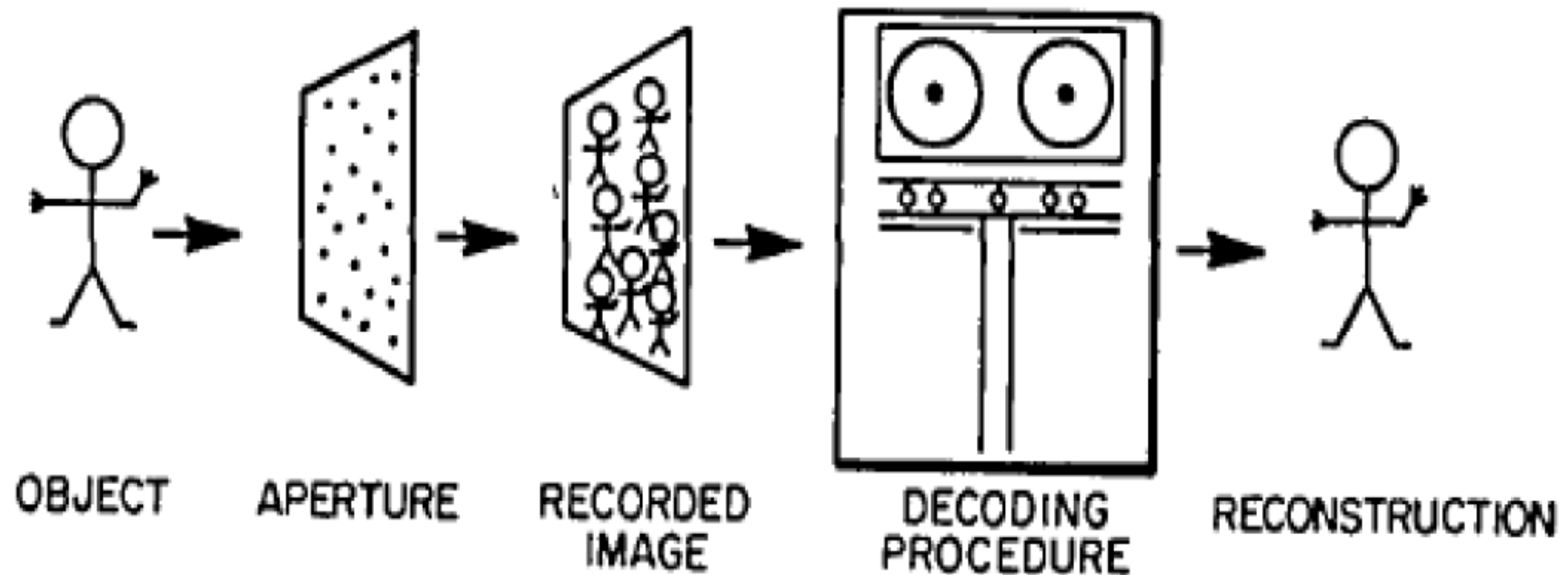


符号化多孔窓 (Coded Aperture) の例

- Modified Uniformly Redundant Array (MURA)



符号化多孔窓 (Coded Aperture) による画像の 重ね合わせ



ピンホールコリメータと符号化多孔窓 (Coded Aperture)による光学像の比較

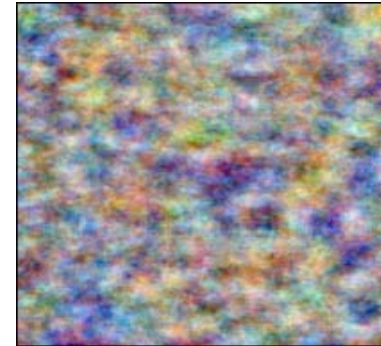
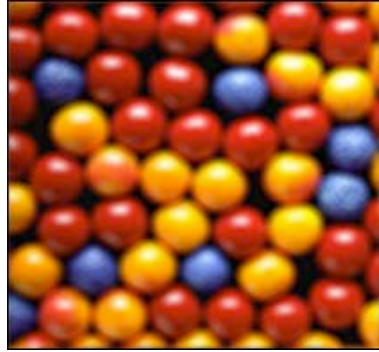
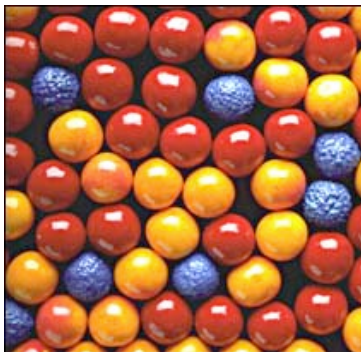
実際の物体

ピンホール

多孔窓

符号化多孔窓

再構成画像



符号化多孔窓による利点

- 高い分解能と 鮮明な映像
(ハイビジョンTVの例え)
- 短い撮像時間

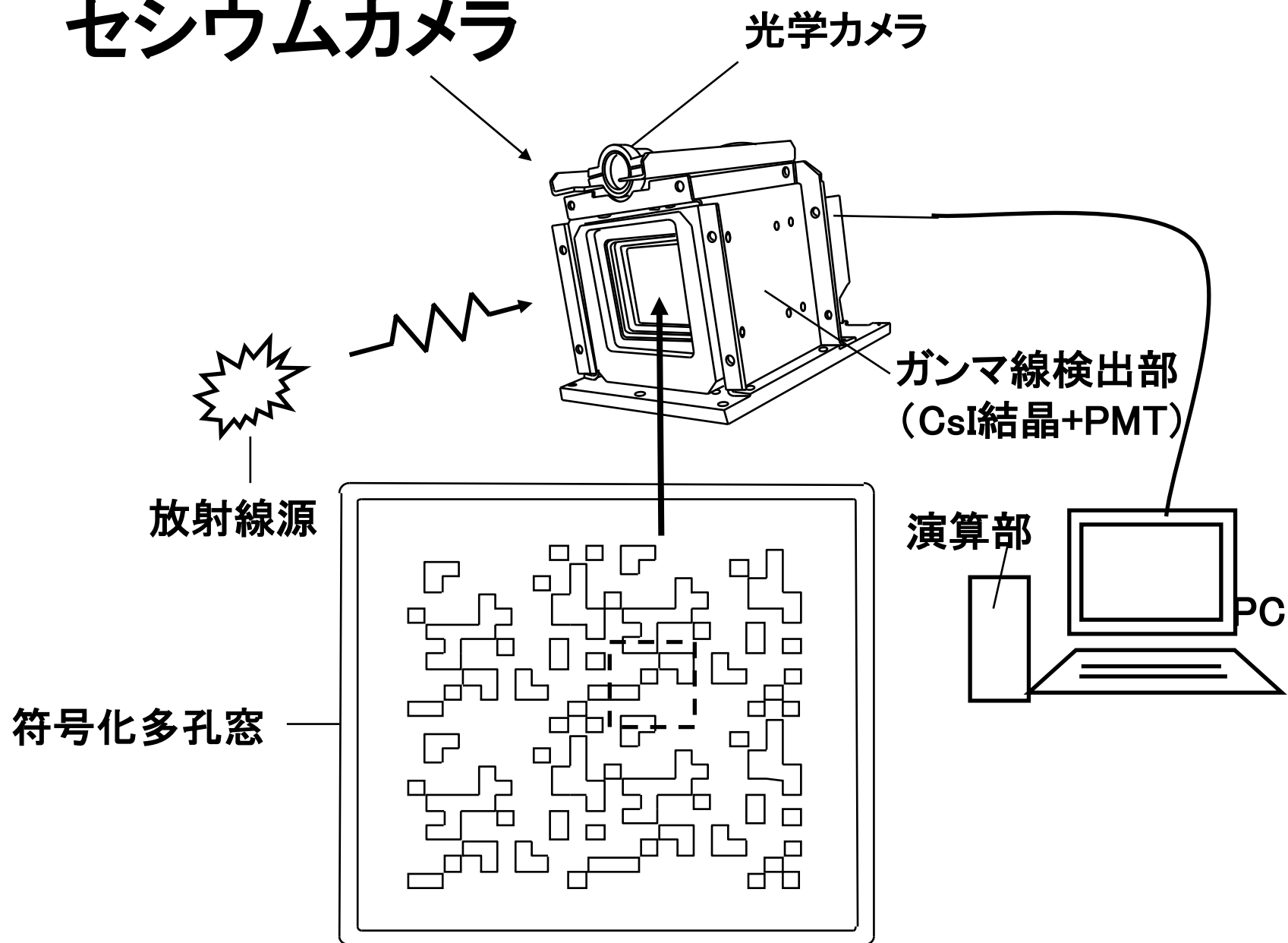
符号化多孔窓(Coded Aperture)を 利用した研究分野の例

- 光学分野(カメラ): レンズによる収束が可能
- エックス線天文学(名大; 早川幸男)
銀河系のかなたから飛来・高エネルギーX線
微弱な平行光線を重ねて結像
すだれコリメータ(阪大; 小田稔)
- 甲状腺の核医学診断に応用する試みも

開発したD. Prendergast博士 Innovative Physics Ltd



セシウムカメラ



組み立て中の装置



野外でセシウムグラフを撮像



「セシウムカメラ®」の外観(特許申請中)



実証試験の例 (富岡町のホットスポット)

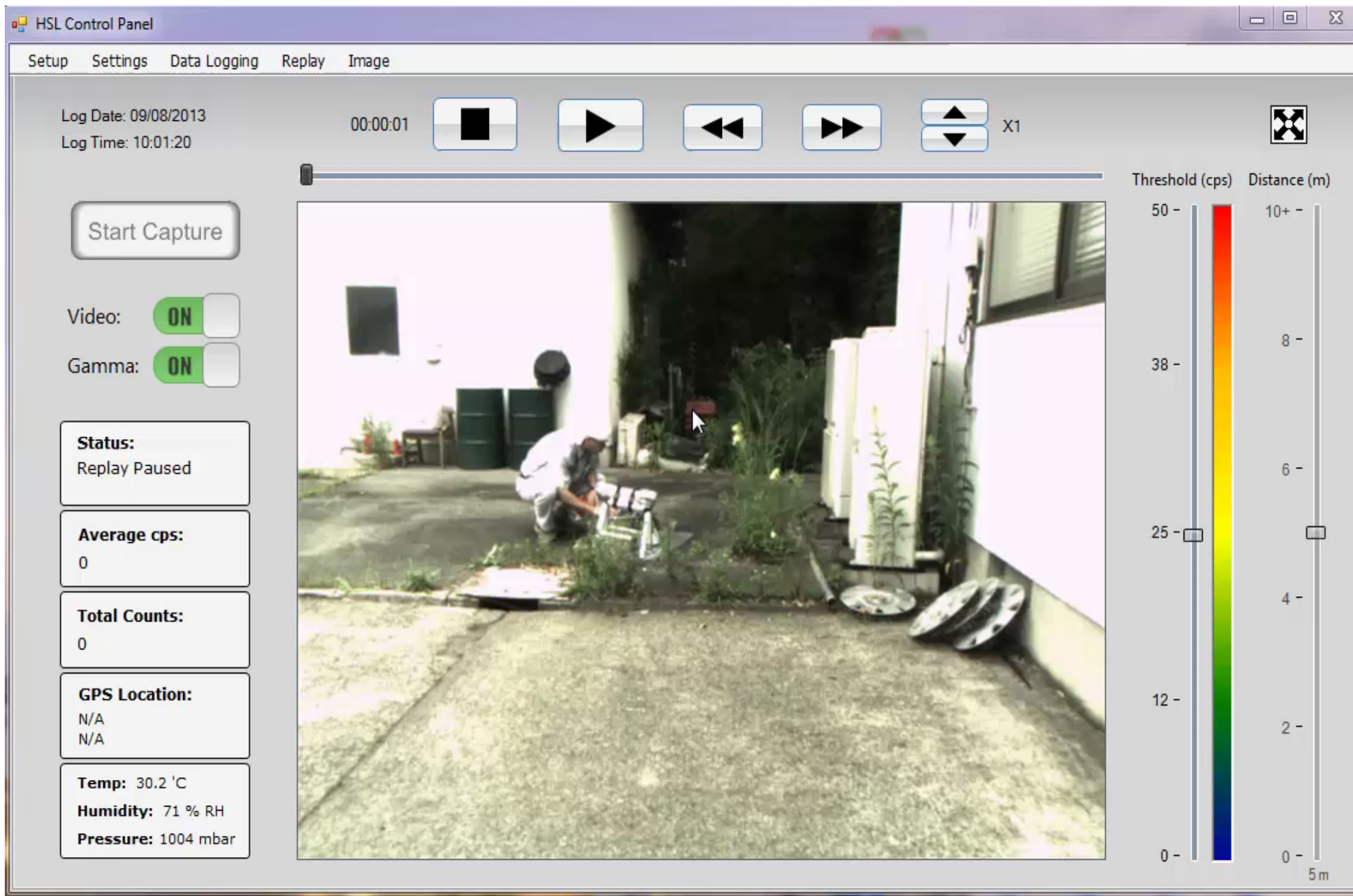


1mの距離で $4.5\mu\text{Sv/h}$ (BGD $1.5\mu\text{Sv/h}$)
実質 $3\mu\text{Sv/h}$ → 線源 10MBq Cs137+ 5MBq Cs134



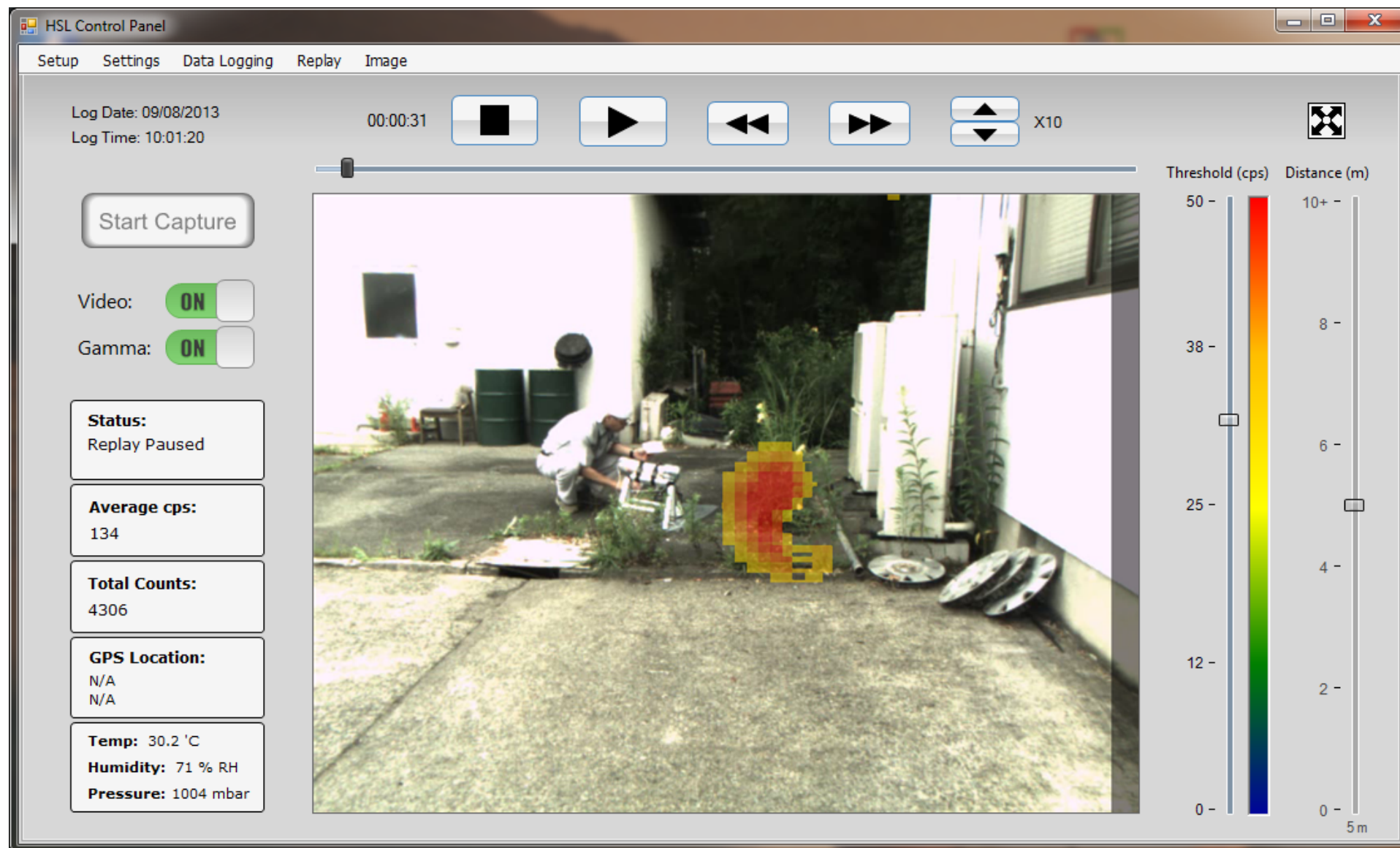
「セシウムカメラ®」を設置（線源から5m）





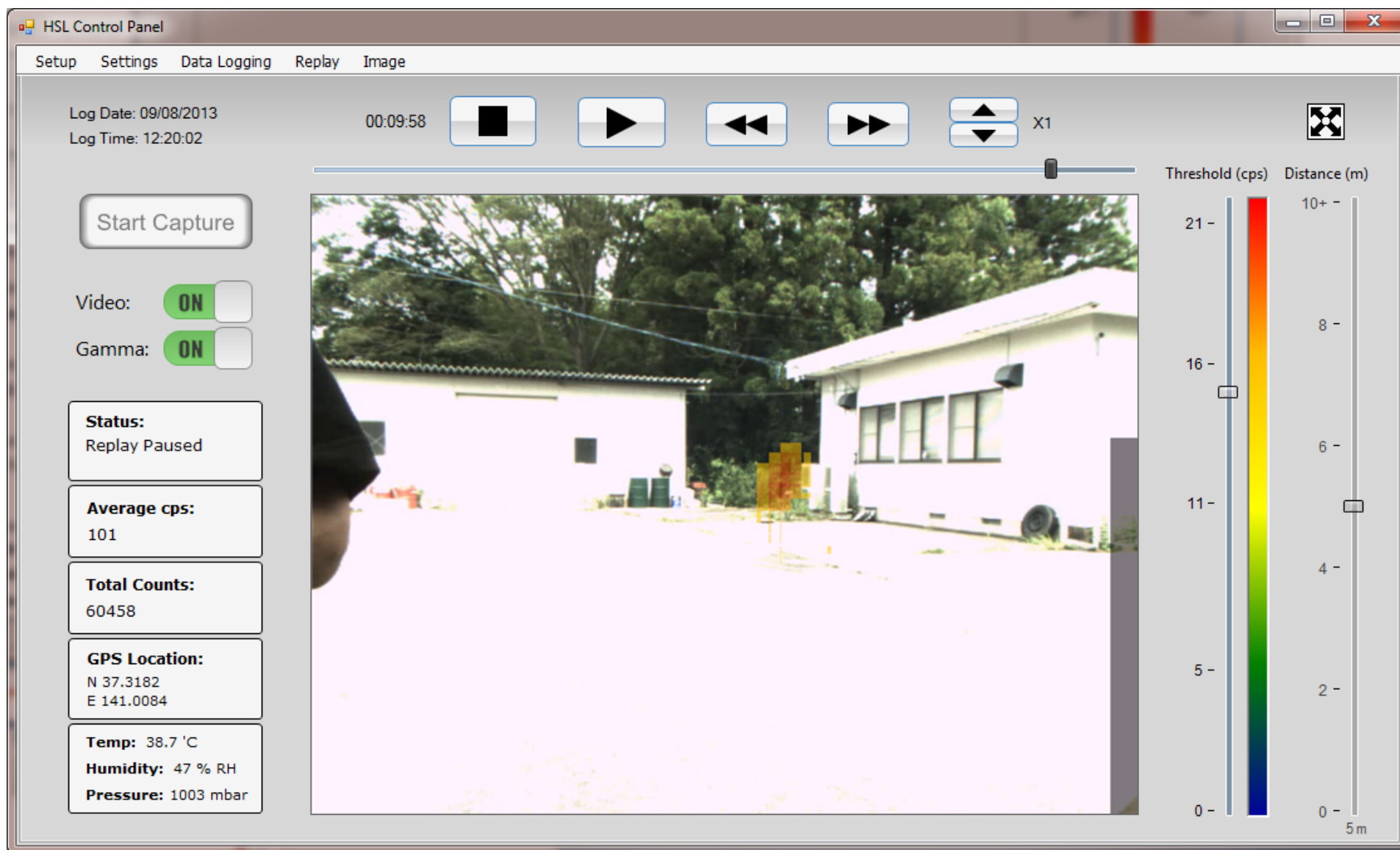
撮像例（距離5mの位置で30秒間）

バックグラウンド 1.5 μ Sv/h 装置の表面 0.18 μ Sv/h



撮像例(距離20mで10分間)

バックグラウンド1.5 μ Sv/h 装置の表面 0.01 μ Sv/h



本宮市の住宅で除染前後を比較



本宮市の仮置き場で実証試験



「セシウムカメラ[®]500」の仕様(その1)

1 ガンマ線検出部

- 検出方式: CsI(Tl)結晶の配列とタングステン製符号化多孔窓(Coded Aperture)の組合わせ
- 視野角: 約45° → 約60° (改良後)
- 角度分解能: 10° 以下
- 検出感度: 900 cps/μSv/h
- 測定時間: 6分以下(線源強さと距離による)
- 測定範囲: 0.001(理論値)0.004(実測値)
～50μSv/h

「セシウムカメラ[®]500」の仕様(その2)

2 ビデオカメラ

- 表示解像度: 1240 × 768
- 撮像間隔: 毎秒6フレーム以上
- 視野角: 約45° → 約60° (改良後)
- レンズの位置: 上部から真ん中に移動(改良後)
- PC画面でカラーと白黒の映像切替え可

3 表示部

- ノートPCの表示部に専用ソフトウェアで表示
- タブレット端末を選択することが可能
- 接続方式: USBケーブル接続
- 測定位置: USB GPSユニットで緯度経度出力
- 表示言語: 英語 → 日本語に改良

「セシウムカメラ[®]500」の仕様(その3)

4 機械的仕様

- 最大寸法: 275 × 204 × 290 mm**
- ケーブル長: 5m (PCに無線送信可能)**
- 重量: 23 kg → 20kg以下に改良**

5 電気的仕様

- 電源: リチウム充電式電池**
- 充電: 主電源および自動車から供給**
- 電池駆動時間: 20時間以上 (全充電時)**
- 充電時間: 8時間以下 (主電源入力の場合)**

符号化多孔窓 (Coded Aperture) 技術 に期待される今後の展開

- 線源までの距離測定による補正 (双眼鏡型)
- より高感度で高分解能のカメラによる精密画像
- 軽量化 → 人が片手で持てるハンディタイプ
- 飛行体に搭載して空からセシウムグラフを撮影
(校庭、公園、田畑、森林、河川、海岸、原発)
- ガンマ線検出部の結晶を選択して核種を同定
→ 除染以外の場にも応用 (海底探査、廃炉、
テロ対策、核攻撃への備えなど)

福島での現場実証試験にご協力戴いた方々

- 高田正志(放射線医学総合研究所)
- 高橋正二(高橋科学)
- 大槻宗司(大阪大学)
- 太田哲夫(バイオ・環境ビジネスコンサルタント)
- 進士清孝(関西電子株式会社)
- ふくしま市町村支援機構
- 本宮市放射能・除染モニタリングセンター
- 株式会社アトックス

大阪大学・西嶋研究室の除染研究例

URL <http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeqb/seeqb>

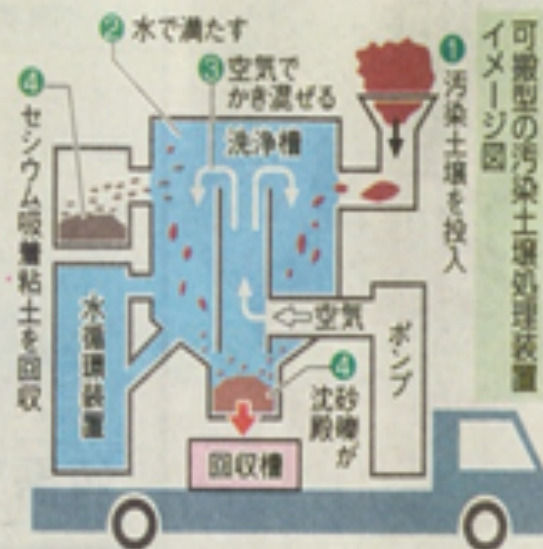
- 空気揚土攪拌式洗浄装置を用いた放射性セシウム汚染土壌の減容化方式の開発
→土壌の篩分けと湿式分級により放射性セシウムを含む粘土・シルト(30 %)を砂・礫(70 %)から分離。

飯館村と川内村で実証試験

山 陽 新聞 2013年(平成25年)1月15日 火曜日 社会 22

大阪大・西嶋教授(左四)ら可搬型土装置開発中

汚染土壌 機動的に処理



西嶋茂宏教授

東京電力福島第1原発事故で大量に発生した放射性セシウム汚染土壌の処理に向け、大阪大大学院工学研究科の西嶋茂宏教授(環境・エネルギー工学、笠岡市出身)らのグループは、土壌を除染・減量化する可搬型装置の開発を進めている。トラックで運べるコンパクトさが特徴で、機動的な処理が可能。近く福島県で実証実験を行う。(小野 曉)

土壌中のセシウムは主に、細かな粘土に吸着していることから、装置は下水の汚泥処理の仕組みを応用。既存の下水処理機を改良することで、比較的簡易に製造できるという。

洗浄槽に汚染土壌を投入

後、水で満たし、高圧の空気を送り込んでかき混ぜる。続いて沈殿させ、比重差によって分離した粘土と粒の大きい砂礫をそれぞれ回収する。セシウムを含む粘土は元の3分の1程度の容量になり、貯蔵施設などで保管しやすく

下水処理機を改良 福島で今月下旬、実証実験

なる。砂礫にはセシウムがほとんど残らず、元の場所への埋め戻しが可能になる。洗浄槽は幅約50センチ、奥行き60センチ、高さ1メートル。繰り返し使う水の循環装置、空気を送り込むポンプ、粘土や砂礫の回収槽など一式がトラックに載せられる。

処理能力は1時間あたり0・3立方メートル、50センチ四方の土壌(ドラム缶約600本分)なら3週間、3基あれば1週間で処理が完了する。

20日ごろから約3カ月間、福島県に装置を持ち込み、実際に土壌を処理。除染効率など基本性能をテストする。装置を動かす電力量など、移動処理する場合に必要なデータも収集する。

環境省の試算では、原発事故で発生した土壌などの汚染廃棄物は最大約4400万立方メートル。その処理や管理が問題となっており、当時のまま手つかずだったたり、各地の仮置き場に集められている状況だ。

西嶋教授は「校庭や畑などに乗り付けその場で処理したり、仮置き場を回って汚染土壌を減量化することができると。現地のニーズに合った処理方法を今後考えたい」と話している。

大阪大学・西嶋研究室の除染研究例

URL <http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeqb/seeqb>

- 空気揚土攪拌式洗浄装置を用いた放射性セシウム汚染土壤の減容化方式の開発(飯館村、川内村)
 - 土壤の分級による粘土、シルトの分離
- セシウムの動態解析に基づく除染シナリオの構築と磁気力制御型除染法の開発(伊達市、福島市)
 - 粘土の結晶構造(1:1型、2:1型)の違いを利用した磁力による分離、トレーラーに搭載し移動可能に
- 事故由来放射性物質の除染用液体の開発
 - 日本放射線安全管理学会第11回学術大会(平成24年12月4日、大阪)で発表

伊達市の除染現場で実証試験



トタン屋根の錆びに吸着した 放射性セシウムを除去し測定

