

# AIを活用した安全保護具の装備確認

放射線管理区域の入域に必要な保護具の装備忘れを自動チェック

## Device for checking safety protective equipment utilizing AI

Automatically checks whether staff have remembered to equip themselves with the protective equipment necessary for entering a radiation controlled area

(原子力安全技術研究所 プラントG)  
(先端技術応用研究所 情報通信G)

(Plant Group, Nuclear Safety Research & Development Center)  
(Information & Communication Technology Group, Advanced Research & Innovation Center)

原子力発電所の放射線管理区域に入域する際に必要な保護具の装備が全て揃っていることを判定するAI機能を開発した。さらに、本機能と自動開閉ゲートを連動させた試作品を開発し、これを浜岡原子力発電所の管理区域に設置して運用を開始した。

We have developed an AI function to determine that all the necessary protective equipment is available when entering the radiation controlled area of a nuclear power plant. In addition, we developed a prototype that links this function with the automatic opening and closing gate, installed it in the controlled area of the Hamaoka Nuclear Power Station, and started operation.

### 1 背景と目的

原子力発電所の放射線管理区域に入域する際、作業員の身体が放射能に汚染されないよう、決められた保護具(第1図)を装備する。保護具が全て装備されていることを確認する方法は、鏡に映った自身の姿を、指差し呼称で確認するセルフチェックを基本にしている。

そのため、ヒューマンエラーに起因する装備忘れが稀に発生する。注意喚起のポスターの掲示、等身大マネキンの設置などの再発防止策は行っているが、装備忘れをゼロにすることはできていない。監視人を24時間常駐させる方法もあるが、コストの問題と監視人のヒューマンエラーによる見逃しも想定される。

そこで、保護具の装備確認を人工知能(AI)により判定する機能の開発に取り組んだ。



第1図 決められた保護具の装備

### 2 物体検出手法

本研究では、保護具チェックのための物体検出手法として、ディープラーニングによる物体検出アルゴリズムの一つであるSSD (Single Shot Multi-Box Detector)

を用い、作業員の画像から各チェック対象の有無を検出する機能を実現した。チェック対象である認識カテゴリとして、保護衣(青服または作業着)、帽子、手袋、靴下、線量計を設定した(第1図)。また、「負例」(リジェクトすべきカテゴリ)として、素手と下着の2カテゴリを設定した。物体検出とチェック機能の実装はオープンソースとPythonの各種ライブラリを用い、独自開発を行った(第2図)。



第2図 物体検出の動作例(数値は検出の確信度)

### 3 基本性能評価

要素技術である物体検出アルゴリズムSSDの基本性能を評価した。

#### (1) データ収集

学習・評価用データとして、事務所で模擬的に作業員を撮影した画像と、管理区域の現場で収集した画像、合計3,360枚を用いた。入力画像の解像度は1,920×1,080ピクセルで、各画像に対し手動で前記認識カテゴリのアノテーション(認識すべきオブジェクト位置のマーキング)を行った。

#### (2) 学習条件

物体検出モデルの学習には、学習データ3,300枚と評価データ160枚(ランダム抽出)を用いた。SSDの特徴マップ解像度は512、バッチサイズは8に設定した。

### (3) 評価結果

学習回数は400回（epoch）程度で性能が飽和したため、400回における前記評価データに対する各認識カテゴリの検出性能（mAP: mean average precision）を第1表に示す。

第1表 物体検出の基本性能評価（mAP）400回

認識カテゴリ	mAP
保護衣 (uniform)	1.000
帽子 (cap)	0.952
手袋 (glove)	0.904
靴下 (socks)	0.904
線量計 (meter)	0.903
素手 (hand)	1.000
下着 (underware)	1.000

## 4 AIの精度向上

当初、事務所での動作が良好であったので、開発は容易と思われたが、本設予定の場所では、照度の違いなどから検出精度が上がらない問題に直面した。このため、数か月ごとに現場試験を実施し、誤判定が発生するたびに、学習データを地道に追加して、学習モデルの精度向上に努めた。

また、ピーク時間帯に押し寄せる作業員をスムーズに処理するため、物体検出の判定しきい値の調整、判定スタートのタイミング、装備品の合否を出すまでの判定時間、判定後の復帰時間など、細かい調整を繰り返すことで、動作の最適化に努めた。

## 5 自動開閉ゲートの試作評価

発電所では、放射線管理区域への入域時に、線量計の所持を確認する手動ゲートを設置している。現行の運用では、このゲートの手前で、鏡を見て保護具の装備をセルフチェックする。その後、線量計の確実な所持確認のため、線量計をゲートに当てると、ゲートのロックが外れて、作業員がゲートを手で持ち上げてゲートを通過する仕組みを用いている。（第3図）



第3図 現行の手動ゲート

新たに開発した自動開閉ゲートは、AIチェック機能で線量計を含むすべての保護具を確認して、ゲートが自動開閉する機能だけではなく、現行の運用に合わせて、AIチェック機能で線量

計を除く保護具を確認し、線量計の所持は、ゲートのQRコードの読み取り機能で所持確認することもできるものを開発した。なお、システム故障時は、ゲート単体で線量計のみの所持を確認することもできる。



第4図 AIと連動した自動開閉ゲート（浜岡3号機）

保護具の装備を確認すると、ゲートの赤ランプの×（バツ）が青色の⇒（矢印）に変わり、その状態で規定時間内に線量計をゲートにかざすと、ゲートが自動的に開く。（第4図）

発電所への本格導入にあたり、最初の1週間の午前と午後の入域ピーク時間帯に補助員が付いてアドバイスなどをしたが、その後は、利用者も要領を覚え、円滑に運用することができた。

## 6 まとめ

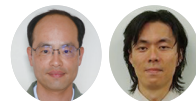
放射線管理区域に入域する際に必要な保護具の装備が全て揃っていることを確認できるAIによるチェック機能と自動開閉ゲートとを連動させ、これを浜岡原子力発電所の管理区域に設置し、使用を開始した。

「AIはデータが全て」と言われるとおり、地道なデータ収集が非常に重要であることをノウハウとして習得した。

## 7 今後の展開

本AIゲートは、カメラに一人ずつ映して判定する仕様になっている。骨格検出を併用して物体検出を行えば、カメラ内で人が重なった場合でも適切に物体検出できるので、設置場所の制約条件を緩和するため挑戦したい。

また、学習済みの物体検出モデルの転移学習により、フルハーネスや絶縁ブーツの装備判定へ容易に応用できることを確認した。多様な業種の保護具チェックへの展開が期待されるので、引き続き、提案手法を活用できる分野を開拓していく。



執筆者／渡邊将人・瀬川 修