

# AI を用いたごみピット燻り・ 発火検知システム

～Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke～

谷口 綾菜 Ayana TANIGUCHI  
デジタル・トランスフォーメーションセンター  
デジタル企画推進部 インテリジェント OT 開発室

松山 敬太 Keita MATSUYAMA  
デジタル・トランスフォーメーションセンター  
デジタル企画推進部 インテリジェント OT 開発室  
マネージャー

宮崎 聡志 Satoshi MIYAZAKI  
デジタル・トランスフォーメーションセンター  
デジタル企画推進部 インテリジェント OT 開発室  
マネージャー

野間田裕昭 Hiroaki NOMADA  
デジタル・トランスフォーメーションセンター  
デジタル企画推進部 インテリジェント OT 開発室

富岡 修一 Shuuichi TOMIOKA  
デジタル・トランスフォーメーションセンター  
デジタル企画推進部 インテリジェント OT 開発室  
室長

## 抄 録

近年、各種プラントの運営において、操業および保守の高度化や自動化のニーズが高まっている。当社は、長年にわたり蓄積してきたエンジニアリング技術と最新のデジタル技術を融合し、プラント自らが異常の検知や最適な操業判断を行う自立型プラント「Think Plant<sup>®</sup>」を実現することで、こうしたニーズへの対応を進めている。「Think Platform<sup>®</sup>」はこの取り組みを支えるもので、AI や IoT 機能を容易に導入・管理可能な統合プラットフォームである。

「Think Platform<sup>®</sup>」がごみ処理プラント向けに提供する機能のひとつである「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」は、AI によってごみピット内の燻りや発火を早期に検知し、迅速な消火を可能にするシステムである。本システムを実現するためには教師データの収集と誤検知の削減が重要である。教師データの収集について、画像生成 AI によって生成した大量の煙や発火画像を教師データとして活用することで高い検知精度を実現した。また誤検知の削減について、設備情報を活用したロジックを用いることで、システムの信頼性を確保した。

## Abstract

In recent years, there has been an increasing need for more advanced and automated operation and maintenance in the operation of various plants. We are working to meet these needs by combining the engineering technology we have accumulated over the years with the latest digital technology to realize an autonomous plant called “Think Plant<sup>®</sup>” that detects abnormalities and makes optimal operational decisions on its own. “Think Platform<sup>®</sup>” supports this initiative and is an integrated platform that makes it easy to introduce and manage AI and IoT functions.

“Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke,” one of the functions that “Think Platform<sup>®</sup>” provides for waste treatment plants, is a system that uses AI to detect smoke and fire in waste pits early and enable rapid extinguishing. To realize this system, it is important to collect training data and reduce false positives. Regarding the collection of training data, we achieved high detection accuracy by using a large amount of smoke and fire images generated by image generation AI as training data. Regarding the reduction of false positives, we ensured the reliability of the system by using logic that utilizes equipment information.

## 1 はじめに

近年、ICTの急速な発達に加え、AI、IoTなどの新たな技術の登場により、これまで解決できなかった課題の解決や付加価値の創出などが様々な分野で起きている。このようなデジタル技術活用による変化は第四次産業革命と位置づけられ、慢性的な人材不足や環境規制の厳格化に伴う操業および保守の高度化、自動化のニーズが増大しているプラントエンジニアリング業界においても、その効果が期待されている<sup>1), 2)</sup>。当社は、長年にわたり培ってきたエンジニアリング力と最新のデジタル技術を結びつけ、プラント自らが異常の検知や最適な操業判断を行う自立型プラント「Think Plant<sup>®</sup>」を実現することで、これらニーズに応える取り組みを進めている<sup>3), 4)</sup>。

自立型プラント「Think Plant<sup>®</sup>」実現において必須となるAI、IoT機能を持続可能に展開していくためには、それら機能を容易に導入でき、また導入した機能を一括して更新・維持管理できることが非常に重要である。そのため当社は、それらを実現するための統合プラットフォーム「Think Platform<sup>®</sup>」を整備している(図1)。「Think Platform<sup>®</sup>」は、プラントにAI、IoT機能を実装し、更新・維持管理していくためのDevOps(開発⇔運用連携)、MLOps(AI開発運用)の基盤で、センシング、インターフェイス、AI処理など様々な機能モジュールを組み合わせただけで容易にAI、IoT機能を実現することができる。従来のプラントでは建設した際の機能を使い続けることが一般的であったが、Think Platform<sup>®</sup>を活用したプラントでは最新のAI技術を活用した新機能や他施設を通じて改善した機能などを容易に導入・展開でき、建設後も常に進化し続けるプラントを実現できる。

当社は、主力商品の一つであるごみ処理施設だけでも現在50を超える操業中のプラントを抱えており、「Think Platform<sup>®</sup>」をこれら当社が手掛けるプラントに活用することに加え、最近では他社が手掛けるプラントにも活用の幅を広げている。

本論文では、「Think Platform<sup>®</sup>」が提供する機能モジュールの一つであり、ごみ処理プラントの自立化(「Think Plant<sup>®</sup>」)における重要な機能の一つでも

ある、AIを用いた「ごみピット燻り・発火検知」システム(「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」)について述べる。

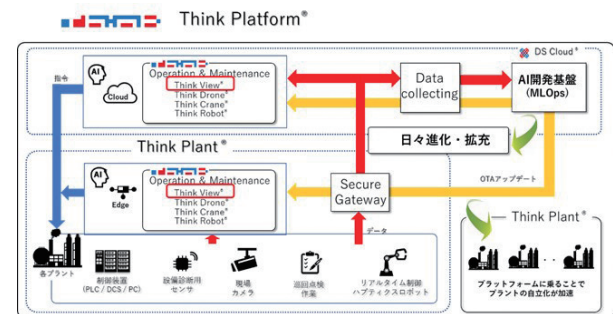


図1 Think Platform<sup>®</sup>の概要図

Fig. 1 Overview of Think Platform<sup>®</sup>

■、■、■および■は、日鉄エンジニアリング(株)の登録商標

## 2 AIを用いた「ごみピット燻り・発火検知」システム

本システムは、ごみピット内の状況を監視するカメラ映像から、火災の兆候である煙または発火をAIにより早期に検知し、検知箇所のモニタ表示及びパトライト点灯によりオペレータへの通知を行うことで、迅速な消火を可能にする仕組みである(図2)。ごみ処理施設において、ごみピット火災は操業面、安全面の両面に及ぼす影響が大きく、その対策は極めて重要である。特に近年、モバイルバッテリーを始めとしたリチウム蓄電池を使用した電化製品が増加しており、処理する過程での火災事故が社会問題となりつつある<sup>5)</sup>。ごみピット火災が発生すると設備損傷による操業停止に伴う社会的影響、経済的損失のリスクだけでなく、初期消火の遅れにより火災が拡大することで人命に関わる場合もあり、早期の検知と迅速な消火対応が重要である<sup>6)</sup>。

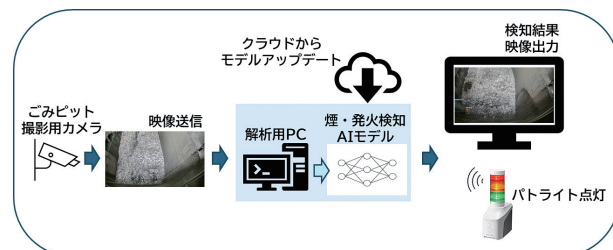


図2 Think View<sup>®</sup> for Fire-Smokeの仕様

Fig. 2 Specification of Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke

一般的にごみピットの発煙・発火は「①クレーンオペレータの目視」および「②温度センサーが発報す

る警報」の二つの方法で検知されるが、これらの方法ではそれぞれ以下の課題がある。

①では、クレーンオペレータはごみピットを常時監視しているわけではなく、たとえ常時監視人を置いても注意力の欠落による見逃しのリスクは免れられない。また②では、温度センサーでごみの表面温度を測定し、その温度上昇から火災を検知することは可能だが、ごみの深部で火災が発生した場合はごみの表面温度が上昇するまでに時間がかかり、その間に火災が広がるリスクがある。

これに対し、AIを用いた「ごみピット燻り・発火検知」システム(「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」)による監視では、常時検知が可能であるだけでなく、発火初期の煙を捉えるため、見逃しリスクの低減に加え、早期検知による迅速な消火対応が可能となった(図3)。

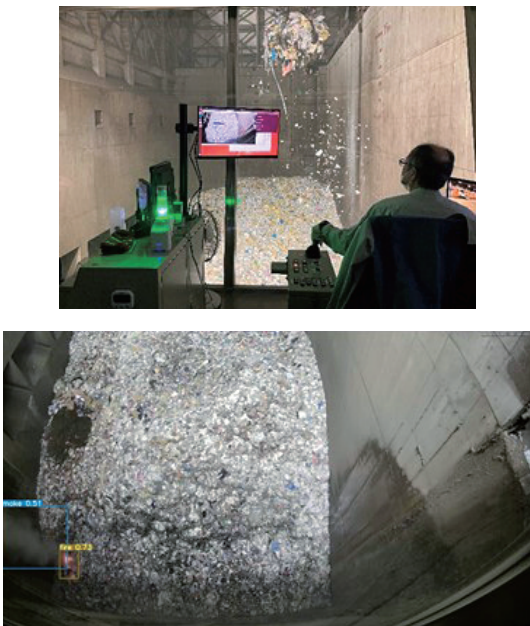


図3 「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」によるモニタ・パトライトの設置状況及び検知の様子  
Fig.3 Monitor/PATLITE used in "Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke" and detected image by AI

### 3 「検知精度の向上」と「誤検知の削減」

「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」の実用化にあたっては、「検知精度の向上」および「誤検知の削減」の2つを解決することがポイントとなった。それらの実現に向けた具体的取り組みについて以下述べる。

#### 3-1. 検知精度の向上

AIによる物体検知を行うためには、実際に検知したい対象が映った画像を教師データとして準備する必要がある。しかしながら、ごみピット火災は頻繁に発生する事象ではなく、煙、発火のパターンも様々であるため、AIモデルの精度を高めるために十分な教師データを収集することができないという問題があった。それに対し当社では、画像生成AIを活用し、大量の火災画像を生成することで不足する教師データを補い、AIモデルの精度向上を図った(特許出願済<sup>7)</sup>)。

画像生成AI：プロンプト(AIに対する入力文)から自動的に画像を作り出す技術のこと

##### 1) 画像生成AIを活用した教師データの生成

ごみピットの画像に対して、画像生成AIを用いて煙や発火の様子を生成した画像を作成した(図4)。煙は実際の発煙を模倣し、粉塵のような白煙や煤のような黒煙、発火は一般的な火炎や爆発のようなフラッシュなど、プロンプトを調整することで様々なパターンの画像を生成した。

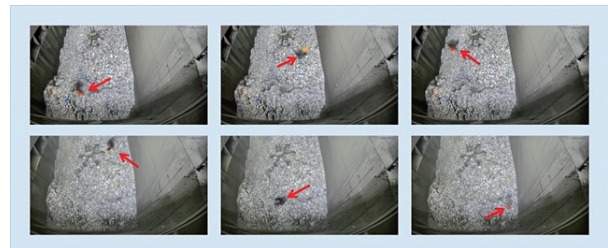


図4 画像生成AIにより生成された煙・発火  
Fig.4 Refuse pit smoke/fire image generated by image generation AI

##### 2) AIモデルの学習

1)で生成した画像を用いて、AIモデルの学習を複数回実施した。実施毎に大量の教師データを追加し、最終的には約2万枚近い教師データをもとに学習を行った。表1は実際のごみピット火災映像をテストデータとして、AIモデルの精度を比較したものである。大量の教師データを追加して学習することで、煙(発火)の適合率とともに97%以上、再現率とともに90%以上の精度を達成できていることが分かる。

表1 教師データ数とAIモデル精度

Table.1 Number of Supervisory Data and Model Accuracy

教師データ(枚)	クラス	適合率(%)	再現率(%)
3556	煙	88.6	62.7
	発火	39.8	2.31



教師データ(枚)	クラス	適合率(%)	再現率(%)
18133	煙	97.4	90.6
	発火	97.2	93.8

適合率：AIモデルが煙(発火)と判定したものの内、実際に煙(発火)であった割合  
再現率：実際に煙(発火)であるものの内、AIモデルが正しく煙(発火)であると判定できた割合

以上の取り組みにより、検知精度を大幅に向上することに成功した。再現率については、教師データを増やすことでさらなる精度向上が期待できるため、引続き「Think Platform<sup>®</sup>」の仕組みを活用して精度向上の取り組みを継続していく。

### 3-2. 誤検知の削減

ごみピット燻り・発火検知において、煙や発火と視覚的に類似する事象を誤検知しないことが理想である。誤検知が発生してしまうと、オペレータはその都度ごみピット内の状態を確認する作業に追われ、それが繰り返し発生すると次第にシステムとして信頼してもらえなくなり、実際に火災が発生した場合に適切な対応が行われなくなってしまう恐れがある。

しかしながら、AIモデルのみで誤検知を完全になくすことは、現実的には難しい。これは、教師データがごみピット内で発生するすべての事象を完全には網羅できないためである。誤検知の有無には適合率が関わってくるが、現時点で2万枚近い教師データを学習に使用している中、さらに教師データを増やして適合率をこれ以上に向上することは非常に困難である。

誤検知しているケースを調査・分析した結果、①ごみ投入扉から投入された土砂が舞い上がる状況や、②ごみクレーンバケット下でバケットからこぼれ落ちたごみが舞い上がる状況、などが誤検知の原因であることが判明した。

このことから、ごみ投入扉の状態や、バケットの位置などの設備情報を活用し、AIモデルにロジックを組み合わせることで誤検知を回避する仕組みを

導入した。AIモデルが煙・発火を検知しても、設備の状況から煙・発火の可能性は小さいと考えられる場合は通知を行わない、というロジックを組み込むことで、誤検知を大幅に削減することができた(特許出願中)。

例)ごみ投入扉から投入される土砂による誤検知防止策

ごみ投入扉から投入される土砂による誤検知の防止に、ごみ投入扉の開閉データを用いた。すなわち、AIモデルが検知したエリアのごみ投入扉がその時間帯に開いていた場合は、判定から除外するというロジックを組み込むことで、投入土砂による誤検知を防止することができた(図5)。



図5 投入される土砂の誤検知例

Fig. 5 Example of false detection of incoming sediment

この他にも様々なアルゴリズムを用い、上述したようなごみピット内の外乱を識別することで、煙や発火の誤検知を低減する取り組みを行っており、これにより「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」の信頼度向上を実現できた。

## 4 おわりに

本稿では、AIによる「ごみピット燻り・発火検知」システム(「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」)について述べた。

「Think View<sup>®</sup> for Fire-Smoke」は、ごみピット火災のような発生頻度が極めて少ない事象をAIで検知するという難易度の高い課題に対し、画像生成AIを用いることおよび設備情報等を検知ロジックに組み込むことにより誤検知を防止することで実現した。本システムは、「Think Platform<sup>®</sup>」の基盤上で実現しているため、日々蓄積した教師データを用

いて精度を向上させた AI モデルを再構築し、それらを遠隔からアップデートすることが可能である。さらに同様に「Think Platform<sup>®</sup>」を基盤とするプラントに対して容易に展開することも可能であり、互いのプラントで得られた実際の火災発生時の教師データを AI モデルに追加で学習させることで、より適応性の高いモデルとなり、検知精度の向上が加速することも期待できる。

当社はこれら技術を通じて、ごみ処理施設を始めとするさまざまなプラントの安定操業と安全性をさらに向上させ、社会の持続可能な発展に貢献していく所存である。

#### 参考文献

- 1) 一般財団法人 エンジニアリング協会：2023年度エンジニアリング産業の実態と動向, p14-16, p152-160
- 2) 環境省(2024)：第六次環境基本計画, p132-137
- 3) エンジ技報2024年 Vol. 15：プラントの自立的操業を支える統合プラットフォーム「Think Platform<sup>®</sup>」
- 4) エンジ技報2024年 Vol. 15：改良型ごみクレーン自動運転システム「Think Crane<sup>®</sup>」の開発, 徳川暁大ほか
- 5) 環境省(2024)：リチウム蓄電池等処理困難物対策集(令和5年度版)p4, p29-32
- 6) 安全工学 44巻 1号(2005)：廃棄物処理施設における火災予防安全, p23-30, 奥野敏勝
- 7) 特許第7486652