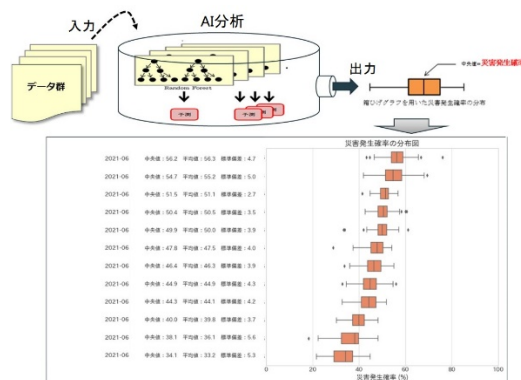


AIによる労働災害発生確率予測を活用した 現地工事の安全推進活動

Safety Promotion Activities for Construction Work
Using AI-based Occupational Accident Probability Prediction



三菱重工業株式会社
エナジードメイン 安全環境管理室
デジタルイノベーション本部

昨今の建設業界は高齢化や熟練工の引退・就業者数の低下などの問題があり、建設現場では未経験者の一時的な雇用・就業も増えている。さらに、三菱重工業株式会社(以下、当社)のエナジードメイン(以下、エナジードメイン)における火力発電プラント建設では、重機・火気・高所作業など危険と隣合わせであり、かつ人材不足、経験不足からくる安全意識の低下で災害リスクが高まっている。一方で社会的要請などから、当社にはより一層の安全管理の強化が求められている。そこでデジタルイノベーション本部協力のもとエナジードメインでは、安全管理施策検討の一つの指標として、従来にはなかった、災害が発生するかどうかを予測する指標(以下、先行指標)を作成した。この指標は建設現場の労働者数や労働時間・監督者数などの情報に基づき AI(Artificial Intelligence)が計算・出力する仕組みで、データの蓄積とともに予測精度が向上していくものである。この仕組みを活用し、災害を未然に防ぐための先回り安全活動を実施し建設現場の災害低減に努めている。本報ではこの先行指標作成の経緯と活用状況を述べる。

1. 建設を取巻く人材不足問題と安全活動

1.1 建設を取巻く環境

当社エナジードメインでは、ガスタービン複合発電や汽力発電をはじめとする火力発電プラントの設計・調達・建設をワンストップで実施しており、そのプラント性能は国内外にて高い評価を頂いている。そのプラントを設計書や部材を組合せて実際に稼働する施設として造り上げる工程が“建設”であるが、昨今の建設業界では下記に挙げるような人材不足の問題があり当社も対応に追われている。

<建設業界における人材不足の問題*>

- ・ 就業人口の減少:1997 年をピークに減少傾向が続いており、現在はピーク時の7割まで減少している。そのため、今日の建設現場には、未経験者の一時的な雇用・就業も珍しくない。
- ・ 就業者の高齢化:現在の就業人口のうち、36%が 55 歳以上の高齢者で、29 歳以下は全体の1割ほどとなっており、業界全体として高齢化の度合いが著しい。
- ・ 技能者の減少:高齢化した熟練工の引退に伴う、業界全体の技術者の減少が生じている。

* “建設業の働き方改革の現状と課題”, 国土交通省, 2021 年

これらの人材不足の問題に対応すべく、今日の建設現場には外国人労働者や、経験の浅い就業者が投入され、熟練工と入り混じって建設に従事している。

1.2 建設工事と安全活動

建設業では安全であることが特に重要視されている。それは建設業では重機や重量物、火気の取扱い、高所や閉所で作業することが多く、一瞬の不注意が重大災害ひいては死亡事故につながるためである。そのため、建設工事の現場では、安全を啓発するポスターの掲示や危険領域の可視化、安全専任者を主体とした安全啓蒙活動など多岐にわたる活動を実施している。しかしながら、昨今の人材不足の影響から、今日の建設現場では熟練工だけでなく経験の浅い就業者や外国人労働者など多種多様な人が入り混じって働いているため、以前より一層慎重な安全活動が求められている。

2. 当社の火力発電工事における安全活動

当社は火力発電プラント建設工事において元方事業者(元請)となるため、その建設現地における安全法令上の包括的な責任者として、建設現地全域における就業上の安全確保と推進が求められている。さらに前述のとおり当社も人材不足の影響を受けているため、労働災害をなくす(以下、ゼロ災)ことを目標に掲げ、建設現地における安全活動を推進している。

当社が実施する火力発電プラントの工事は大きく分けて、新規に火力発電プラントを建設する“新設工事”と既存の火力プラントをメンテナンスする“アフターサービス工事”(以下、AS:After Sales Service)の2種類がある。ASは特定の箇所を短期間で改造する工事が多いが、新設工事は約3年前後という長い工期で土木建築工事・ボイラ・タービン等の機器設置工事、配管工事・電気工事・試運転という多くの工事が実施される。そのため、新設工事では、その時々工事内容に適した安全活動を実施することがゼロ災を達成する上で重要となる。例えば、配管工事や機器設置工事の際は高所・閉所・狭隘箇所での作業が多くなるため、墜落・酸欠・挟まれ事故に対する現場の安全管理や作業員への啓発活動を実施する。

3. 工事現場の安全度の指標と災害の未然防止にむけて

新設工事の現場では時間とともに工事内容が変化するため、安全活動を推進するに当たり、日々の安全活動だけでなく中長期的視点での安全活動の方針策定も必要となる。

方針策定に当たり、工事現場の安全度を評価する指標がありこれを参考としている。一般的に用いられる安全度の指標は、全災害度数率(20万時間当たりの労働災害における死傷者数)及び休業災害度数率(20万時間当たりの休業災害以上の死傷者数)の2種類であり当社もこれらを活用している。

ただし、これらの指標は災害の発生に伴って算出される数値(以下、事後指標)で、現在までの安全度を評価するものである。当社が目標とする“ゼロ災”実現のためには、現在までの安全度ではなく、先行指標を用いた安全活動の方針策定が必要となる。従来は災害発生後に再発防止のため安全活動を強化するといった事後対応であったが、先行指標があれば起こりうる災害の予見と未然防止活動という事前の安全活動が可能となり“ゼロ災”実現に近づくことができる。

4. 先行指標の検討と現場への適用

しかし、将来発生しうる災害を警告する指標(先行指標)は存在しない。そのため、当社では先行指標策定に当たり、建設現場で収集しているデータや関連性があるデータを集め、それらデータのうち現場で働いている人員数や総労働時間などのデータと災害発生の有無、災害件数の関連性から先行指標を定義できないか検証を開始した。

最終的に、各建設現場の前月における総労働者数と監督者数、総労働時間、災害件数などの一次データとその時系列推移・変化率などの二次データを特徴量として、翌月の災害発生の有無を予測する機械学習モデル(以下、AI)を構築し、災害が発生しうる確率を先行指標として用いることとした。ベースとなる予測モデルには検証時、比較的精度の高かったランダムフォレストを採用。数百の予測モデルから災害発生確率を算出し、その中央値を各建設現場における翌月の災

害発生確率として出力する。図1に予測モデルの出力を示す。縦軸は建設現地の名称，横軸は災害発生確率を表し，予測モデルが算出した災害発生確率を箱ひげ図で表現している。この箱ひげ図の中央値を，各建設現地の当月の災害発生確率とみなす。

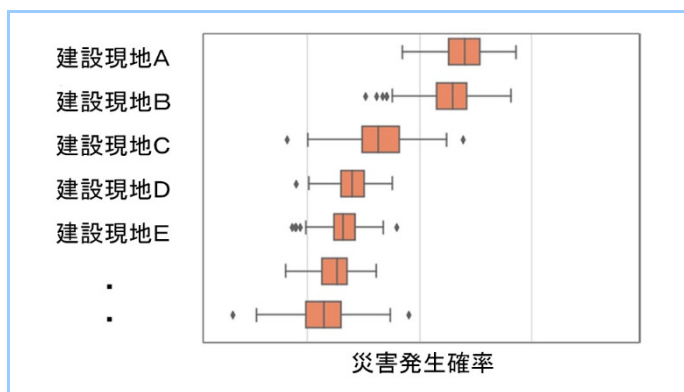


図1 各建設現地の労働災害発生確率の分布

数百の予測モデルの予測値を箱ひげ図でプロット。中央値を当月の災害発生確率とみなす。

1年以上にわたる試行と予測精度の評価，及び建設関係部門への精度(的中率，空振り率)運用方法説明の上，2020年より建設現地運用を開始した。具体的には，毎月初めに前月のデータを用いて今月の災害発生確率を算出し，確率値の高い建設現地の所長及び現地安全担当向けに注意喚起を実施。さらに本社の安全担当が建設現地に赴き現場巡回や安全啓蒙に同行する。これらの活動を通して平時よりも現場の安全を意識向上させ，災害未然防止を図る運用をしている。

現在 AI を用いた先行指標は，当社が請け負う火力発電プラント建設現地向けに2年にわたって継続運用している。本仕組みは蓄積されるデータが多いほど良い予測精度を期待できる上，予測精度の評価や見直し，収集対象データの追加や見直しなど予測モデルの継続的な改善を実施しており，将来にわたる災害未然防止の実現に貢献している。

5. 今後の展望

現在の予測モデルでは，なぜその予測値が算出されたかの根拠が説明できず，具体的にどの工事でどのような災害が発生するかを予測することができない。今後はこれらの課題を解決すべく，根拠を明確に提示できる仕組みへの変更，及び発生しうる災害種別の予測が可能となるようなデータ拡充・仕組みへの改善を進めていく。さらに新設工事だけでなく，AS にも本仕組みを展開し，“ゼロ災”を実現する。