

随想

新年のできごと

国立大学法人 福井大学 学術研究院工学系部門工学領域
電気・電子工学講座 准教授 伊藤 雅一



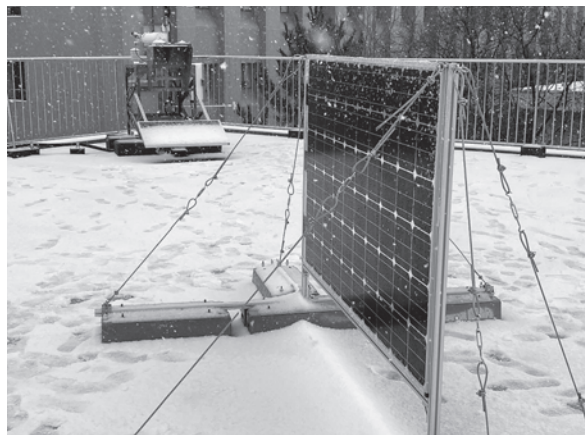
2024年は、1月1日に能登半島地震、1月2日には日航機と海保機の事故があり、大変なスタートになったように思います。かく言う私は年末に東京の実家に帰省し、1月1日に福井の家に帰り、2日と3日は妻とゆっくり過ごす予定でした。普段はほとんどが大学と家を徒歩か自転車で往復していますのでウイルスにはほとんど遭遇しません。ところが久しぶりに東京へ行き、人混みに入るときとウイルスがたくさんいたのでしょう。12月31日に実家に寄った後、ホテルで夜中に体調が悪くなってしまいました。翌日の15時半ごろ出発の新幹線で帰る予定でしたが、何時間も外で待つのは大変ですので、早めの新幹線はないかとスマホで探し始めました。日時は1月1日。当然ほとんど満席で、妻と一緒に座れる並びの席はないのですが、グリーン車を見てみると12時半ごろ出発の電車には並びで空きが少しありました。追加の出費をして早めに帰るか、3時間我慢してぶらぶらして予定通りの新幹線に乗るか、だいぶ迷いましたが、ここはお金を払うところ、と考えて、何度も乗ったことのないグリーン車で福井まで帰りました。福井に着いたのは15時59分。荷物もありますのでタクシー乗り場を見ると行列。えちぜん鉄道は16時09分発ですので、急いでえちぜん鉄道に乗ると弟からメールが来ており、テレビを見て石川県で地震があったよと。こちらはまだ何も感じていませんが、メールは16時06分の震度5強についてで、福井では弱い地震だったようです。電車が発車し、福井口駅に着いた頃に何やら変な音がし始め、ドア用の空気を圧縮するのに変な音がするなと思っていて大きな揺れに。16時10分の地震が福井に来たようです。電車はホーム少し手前で止まり、ドアは開いていません。このころにあちこの携帯から緊急地震速報が鳴り、窓から見えるキュービク

ルが前後に揺れ、大きな地震だとやっと認識しました。スマホで情報収集すると津波が17時10分頃に福井の海岸に到達とのこと。急いでマンションの家に帰り、無事を確認しました。

家でテレビを付けるとあちこちの電車が止まり、乗ってきたしらさぎも止まっているようです。体調が悪くなったおかげ(?)で早い電車に変えたことで、家にたどり着けました。もともとの15時半ごろの電車ですとおそらく小田原あたりで止まり、1月1日の値段がかなり上がっているホテルに泊まらないといけなかったかもしれません。運が良かった、と思う反面、家で熱を測ってみると40度越え。以前、コロナにかかったときも40度は行きませんでしたので、おそらく人生初の40度越えでした。翌日になって病院に行くといんフルエンザA型とのことで、こちらもおそらく人生初の“ノンアルコール”で正月を過ごし、翌週末まで休みました。

2024年のスタートはいろいろありました。今年は仕事もプライベートも気を引き締めて行こうと、布団の中で熱にうなされながら、合理化だよりのネタにもなるなと考えていました。

能登半島地震で被災された方々には心よりお見舞い申し上げます。



屋上で実験中の両面受光型太陽電池

2023年度 エネルギー管理功績者・優良事業者等決まる

2023年度のエネルギー管理功績者およびエネルギー管理優良事業者等が決定し、中部経済産業局長表彰をはじめとする各表彰を省エネルギー月間（2024年2月）に行う予定でしたが、このたびの能登半島地震により北陸地域で甚大な被害が発生し、受賞者の一部も被災され、復旧に取り組んでいる状況等を踏まえ、表彰式典の開催を中止致しました。

エネルギー管理功績者

【一般社団法人 日本電気協会 北陸支部会長表彰】



田中 康規氏

勤務先 国立大学法人 金沢大学（石川県）



野阪 定治氏

勤務先 フクビ化学工業株式会社（福井県）

エネルギー管理優良事業者等

【中部経済産業局長表彰】

NISSHA プレシジョン・アンド・テクノロジーズ株式会社 加賀工場

代表者 執行役員 加賀工場長 岩間 孝博

所在地 石川県加賀市



- 空調室外機に霧噴霧による使用電力量の削減
- 純水製造工程の廃熱回収の見直しによる使用電力量の削減
(水冷コンプレッサーの冷却水廃熱の有効活用)

【富山県知事表彰】

株式会社サンリッツ

代表者 代表取締役社長 藤原 一規
所在地 富山県入善町



- 蒸気吸収式冷凍機から高効率インバーターボ冷凍機への更新によるエネルギー使用量の削減
- 生産効率が高い拠点への生産集約によるエネルギー使用量の削減

【石川県知事表彰】

創和テキスタイル株式会社

代表者 代表取締役社長 梅木 英雄
所在地 石川県羽咋市



- 生産拠点の集約による使用電力量の削減
- 既存製織機から高効率製織機への更新による使用電力量の削減

【一般社団法人 日本電気協会北陸支部会長表彰】

大同開発株式会社

代表者 代表取締役社長 島 洋之
所在地 石川県川北町



- 乾燥炉、バーナーの更新およびバーナーの取付位置変更による燃料使用量の削減
- アスファルト廃材の水分含有量低減による乾燥工程における燃料使用量の削減（建屋を新設し、保存方法を見直し）

研究紹介

AIを用いた動画からの状態監視技術の開発

石川県工業試験場 電子情報部
研究主幹 笠原竹博

1. はじめに

工業製品を生産する工場では、不良品を出さないという強いニーズがある。このニーズに対応するため製品外観の目視検査があり、その高精度化や省人化を図るため、カメラで撮像した製品画像に対して画像処理技術を用いて自動検査を行うケースも増えている。その一方で、生産装置の担当者は、装置の様子を見ながら日々の生産を行っており、異音や異常振動が発生している場合、あるいはいつもと異なる挙動が見られる場合は、装置を停止して詳細を観察するなどにより、不良品が製造されることを防ぐ必要がある。生産中の装置異常を早期検知し、不具合の可能性のある製品を作り続けることは、生産エネルギーの低減と合理化に寄与する。しかし、装置の稼働中、常に人が監視することは大きな労力を要し、また異常の判定も個人の経験によるところが大きく、基準を客観的に統一することは困難である。そこで、合理的な装置監視を継続して行うために、対象装置をカメラで撮像し、AI技術を利用することで状態監視を行う技術の開発を行った。

2. タイミング異常と従来の検知手法における課題

対象とする装置が大きく破損するなど、正常と異なる見た目になった場合は、対象装置の正常時のカメラ画像（静止画）との比較だけで異常検知が可能である。その一方で、例えば図1のようにA→B→C→Dとボタンを順番に押下するロボットがあり、Cボタン押下時にひっかかりが生じて遅延や停止などの異常が発生する場合がある。この異常は、異常が発生した時点の静止画の解析だけでは異常と判定することができず、動画の時間的な変化の規則性を考慮して初めて判定できる異常であり、これをタイミング異常と呼ぶ。

タイミング異常を検知するには、正常動作時の動画（連続静止画）をAIに学習させて、ある瞬間の次の画像をAIに予測生成させる方法がある。これは、図2に示すように、正

常動作時にはAIに予測生成させた画像と実際の画像との差が小さいのに対し、タイミング異常時には差が大きくなることを用いて、異常を検知する方法である。しかし、この従来手法は、図3のように対象装置が2通り以上の動作パターンを持つ場合はAIが「次の画像」をうまく予測生成できず、正しく異常検知ができないという課題がある。そこで、この課題を解決する手法を開発した。

3. 課題を解決する手法の考案

本研究では、潜在変数を用いてタイミング異常を検知する手法を新たに考案した（図4）。潜在変数とは画像の「特徴」に相当するもので、AIには正常動作時の動画（連続静止画）を学習させて、「次の画像」だけではなく「次の画像の潜在変数」も予測させるようにする。そして、実際の画像の潜在変数と比較し、その差の大きい時をタイミング異常と検知する方法である。前述の通り、複数の動作パターンがある場合は次の画像を絞り込むことができず、AIはどっちつかずの「次の画像」を予測生成してしまう。そのため、正常動作時でもAIの生成画像と実際の画像の差が大きく、異常検知ができない。これに対し潜在変数については、AIは学習の結果、複数の動作パターン共通の「次の画像の潜在変数」を予測することができ、それぞれの潜在変数の差分を小さくすることが可能である。つまり、複数の動作パターンがある場合でも、正常動作時は潜在変数の差は小さく、異常時に限ってその差が大きくなることから、異常動作を検知できると考えられる。

具体的な手法として、次の2通りを考案した。1つ目は、画像の圧縮と復元を行うオートエンコーダ（AE）と、時系列データの予測が行えるLSTM（Long - Short Term Memory）を組合せた①AELSTMモデル（図5）である。この手法では、学習する動画データに複数の動作パターンが含まれていても、前述したとおり潜在変数の差分が小さくなるようにエンコーダー・デコーダーとLSTMの内部変数を学習するため、パターンの分岐点における画像の差分は一定

よりも小さくすることはできないが、潜在変数の差分であれば小さくすることが可能である。2つ目は、画像の圧縮を段階的に行う CNN と LSTM を組合せて次の画像を予測生成するユニットを、任意の段数だけ積層して利用する PredNet [1] を用いる方法である。本研究では図6のようにこの

PredNet の基本ユニットを6段まで積層した② PredNet-L6 モデルを構成したうえで各段で出力されるエラーの値が小さくなるように学習させることで、①と同様の機能を得ることを図った。

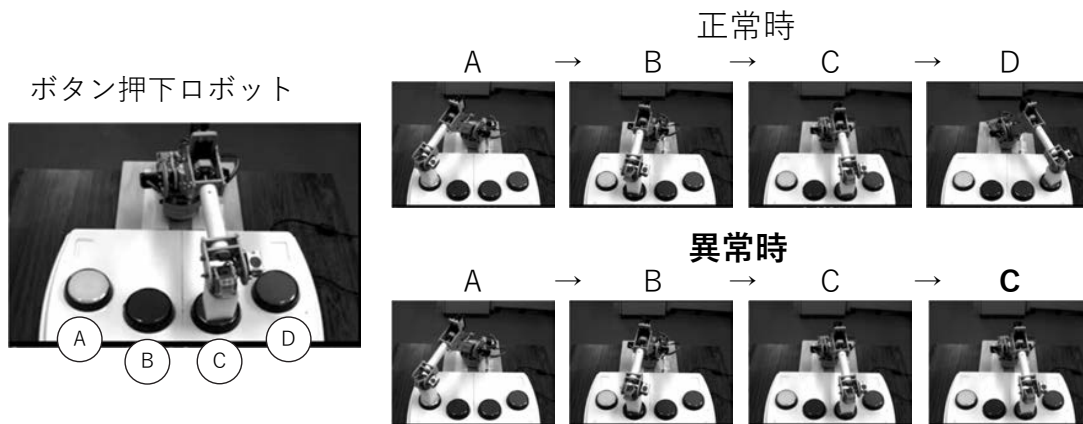


図1 タイミング異常の例

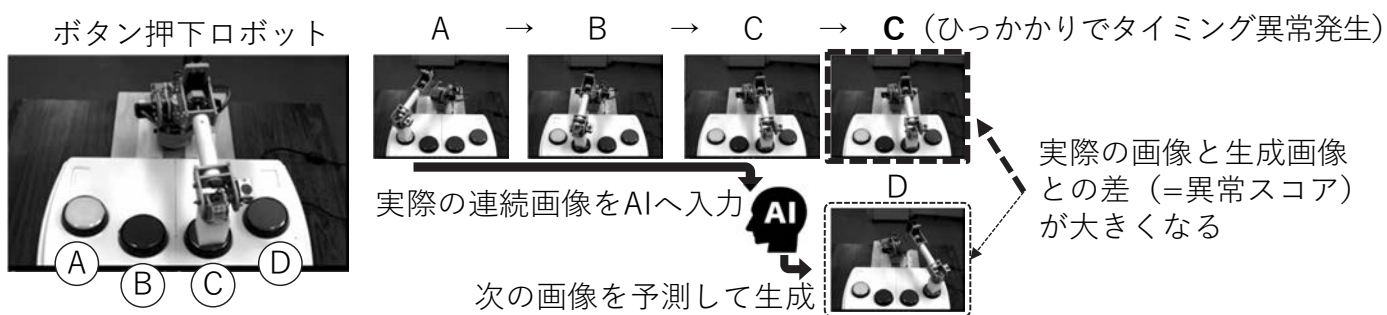


図2 従来のタイミング異常の検知手法

複数パターン正常動作：A→C→D→Aの場合と、
A→C→B→Aと押下する場合がある。

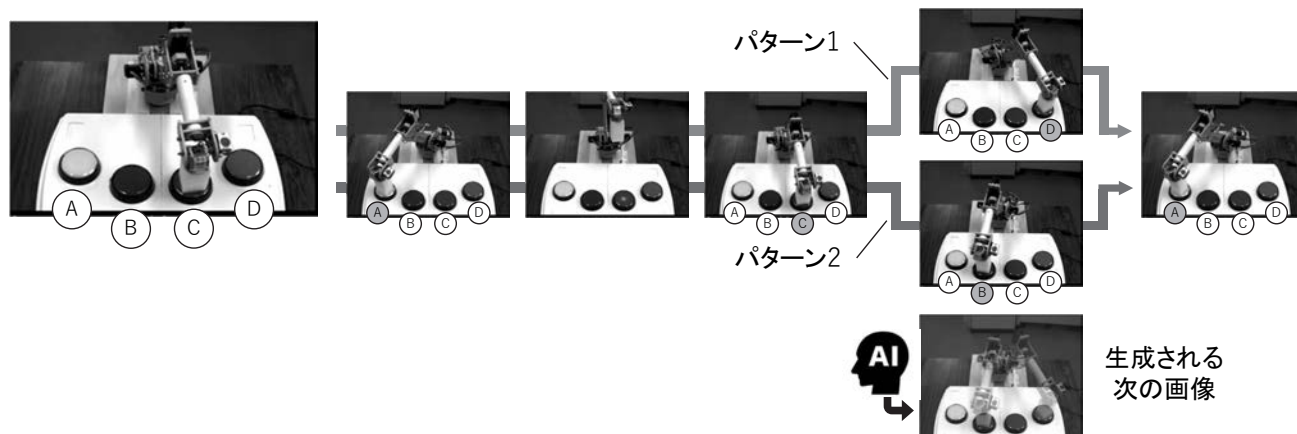


図3 従来手法で課題となる複数パターンの正常動作

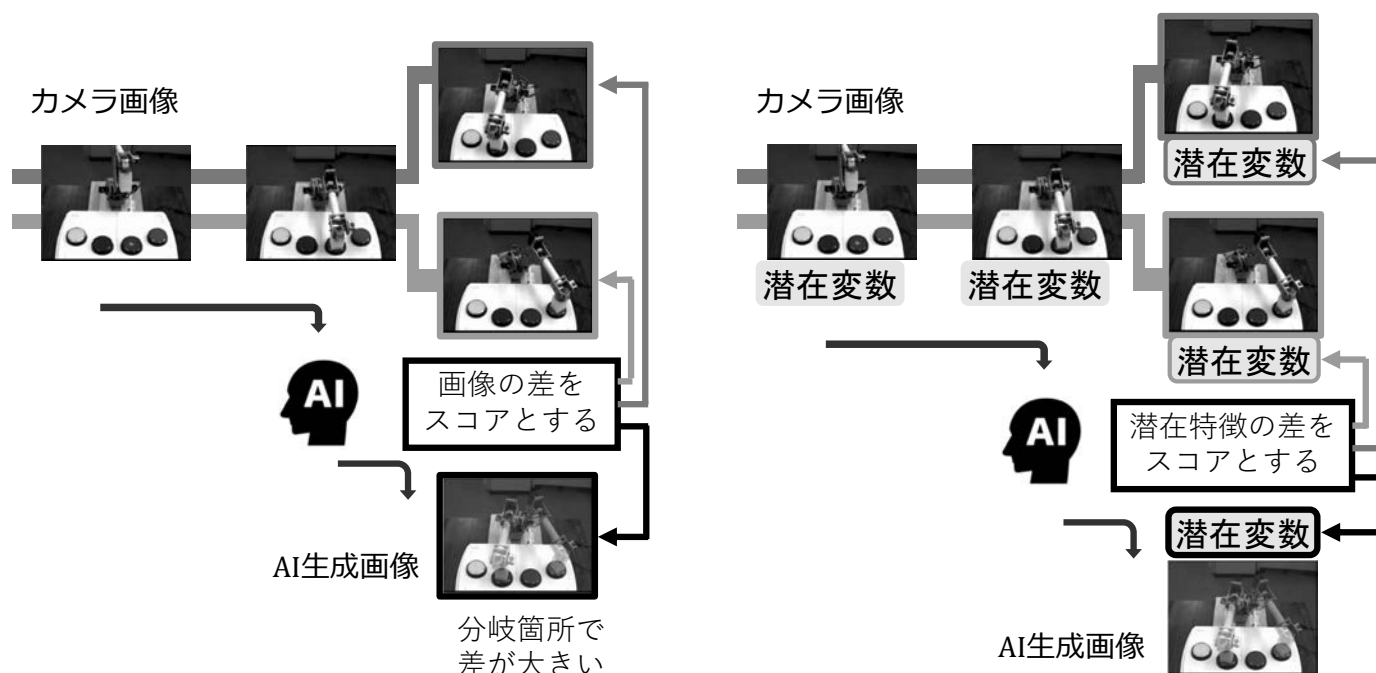


図4 従来手法（左）と考案手法（右）の比較

4. 実験と結果

考案手法の評価実験を行うため、2通りの動作パターンで動作する機械を100回動作させ、その様子を動画に収録して、学習に用いた。2通りのどちらの動作をするかはランダムに決定されている。また、これとは別にこの機械を10回動作させた際の動画と、タイミング異常を発生させながら10回動作させた様子を動画に収録して、テストに用いた。

こうして作成した動画データセットを用いて、①②それぞれのAIモデルについて乱数シードを変更して5回の学習とテストを試行し、精度の有効性を示すAUROC（Area Under the Receiver Operating Characteristics Curve）の平均値と分散を算出した。その結果、①では 0.864 ± 0.017 、②では 0.902 ± 0.021 と比較的高い精度が得られた。

5. まとめ

今回考案した手法は、実験で用いたような2パターンで動作する機械の動画におけるタイミング異常検知において有効であることが確認できた。本手法は、カメラ1台で対象装置

が正常動作する様子を事前に撮像しておき、この動画データを学習させておくだけで状態監視として利用が可能で、従来の画像検査装置のような細かな設定等は不要であることから、使い勝手のよい実用性に優れた手法である。

一方で処理時間について、いまのところ4fps程度のフレーム処理速度である。これに対して、1台のPC上に複数のAIプロセスを実行する、あるいは複数のPC上で実行するなどにより、AIの並列処理による高速化が期待できる。この場合、画像フレームの効率的な分配や、通信パケットロスによる画像フレームの欠落などの課題があり、解決する手法について研究を進めている。

今回対象とした動画を利用した異常検知技術は、カメラという安価なセンサと近年急速に発展しているAIを含むデジタル技術を組み合わせることで生産の合理化を図るものである。これまで検査できなかった生産装置や搬送装置等の監視用途だけでなく、製品不具合が発生した際の様子を動画で撮像しておきその様子をおとで動画確認することで原因調査にも活用できる可能性があり、広い分野での応用が期待される。今後は、様々な産業機械での評価を行い、提案手法の有効性をさらに検証していきたい。

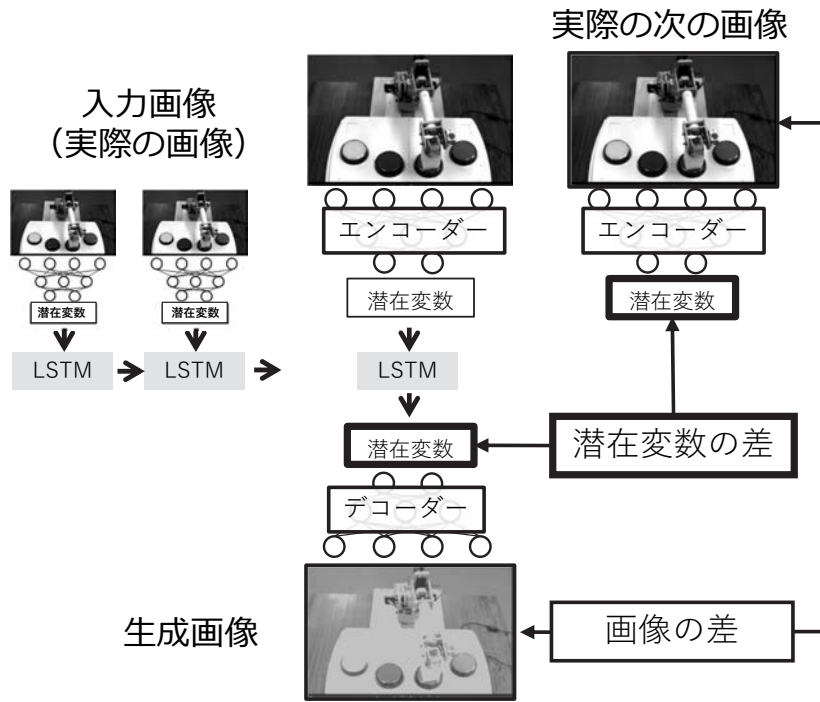


図5 考案手法①のネットワーク構造

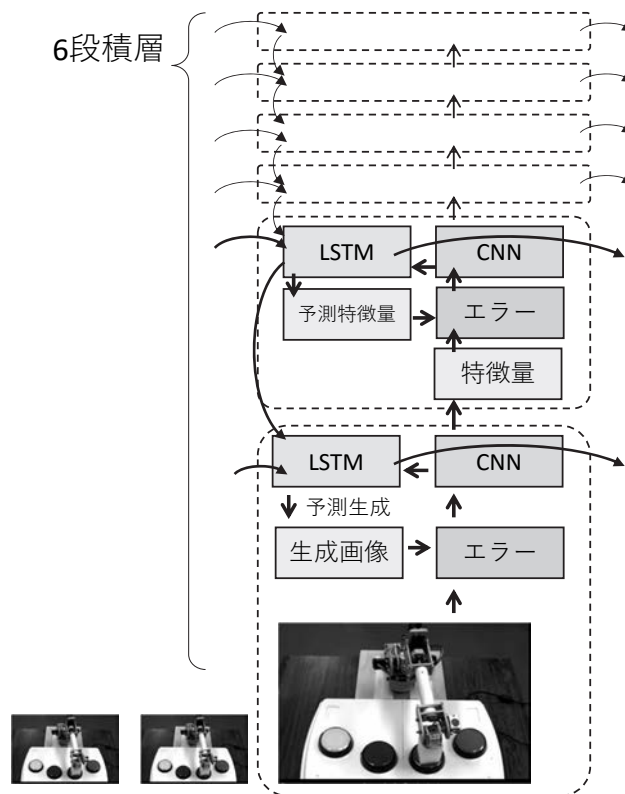


図6 考案手法②のネットワーク構造

参考文献

- [1] Lotter, W., Kreiman, G., Cox, D.: Deep Predictive Coding Networks for Video Prediction and Unsupervised Learning. ICLR 2017.

問い合わせ先

石川県工業試験場 電子情報部
 〒920-8203 石川県金沢市鞍月2丁目1番地
 電話番号 076-267-8084 担当 笠原竹博

お知らせ

2024年度 エネルギー管理優良事業者等・功績者を募集(予定)

北陸電気使用合理化委員会では、エネルギー使用合理化の成果が特に顕著な事業者等や個人の表彰を行っており、2024年度の受賞者を次のとおりに募集する予定です。

【候補の対象】

●エネルギー管理優良事業者等

- ・電気使用の高度化ならびに合理化等を図り、エネルギー使用合理化の成果が特に顕著な事業者および工場・事業場

●エネルギー管理功績者(個人)

- ・電気使用の高度化ならびに合理化等の研究もしくは実施を積極的に推進し、またその普及指導に努めた方で、エネルギー使用合理化の功績が特に顕著な方

【表彰の種類】

●中部経済産業局長表彰

●各県(富山、石川、福井)知事表彰

●一般社団法人 日本電気協会北陸支部会長表彰

【公募期間】

- 2024年9月末まで

【必要書類】

●優良事業者等表彰/表彰申込書

●功績者表彰/表彰候補推薦書および推薦調書

【応募先】

北陸電気使用合理化委員会(北陸電力㈱ 営業本部 エネルギー営業部内) TEL: 076-441-2511

富山県電気使用合理化委員会(北陸電力㈱ 富山支店 営業部営業担当内) TEL: 076-441-3511

石川県電気使用合理化委員会(北陸電力㈱ 石川支店 営業部営業担当内) TEL: 076-233-8881

福井県電気使用合理化委員会(北陸電力㈱ 福井支店 営業部営業担当内) TEL: 0776-29-6982

(応募様式等については、各県電気使用合理化委員会にお問い合わせください)

2024年度表彰運営日程(予定)

- 工場・事業場 現地調査 10月中
- 表彰審査 11月中
- 受賞者へ通知 1月中
- 表彰式 2月中

(各表彰は、2月の省エネルギー月間に行われる予定です。)