

画像認識・音声認識を用いた 生産・据付・保守現場の作業情報デジタル化技術

Production, Installation, Maintenance Work Information Digitization Technology Using Image and Voice Recognition

桑村 音晴 KUWAMURA Otoharu 大島 宏友 OSHIMA Hirotomo 櫻井 勇樹 SAKURAI Yuki

就労人口減少への対応や基礎収益力強化を目的として、生産・据付・保守の現場にも、デジタル技術を活用した業務プロセス変革が求められている。

東芝は、現実の事象をデジタル化してデータを蓄積・活用する作業情報デジタル化技術を開発し、東芝グループ内の生産・据付・保守現場に適用した。画像認識技術により、作業者の位置・動き、及びモノの位置・形状を自動的に検出し、作業進捗をリアルタイムに把握できる。また、音声認識技術により、作業者は手を使わずに製品状態や検査結果を既存の帳票に登録できる。作業情報デジタル化技術の適用により、現場の様々な作業情報を高速にデジタル化・収集・分析して作業の効率や品質を向上させ、業務プロセス変革を進めている。

To deal with a dwindling workforce and bolster basic earning capacity, demand for work process innovation using digital technologies is growing in areas of production, installation, and maintenance.

With this in mind, Toshiba Corporation has developed work information digitization technology that digitizes real-world events and accumulates and uses data for production, installation, and maintenance site tasks, applying it within the Toshiba Group. Image recognition technology automatically detects the location and movement of people as well as the location and shape of objects to track work progress in real time. Voice recognition technology allows workers to record product status and inspection results in existing forms without using their hands. Application of this work information digitization technology will streamline and accelerate work information from various sites by digitizing, collecting, and analyzing information for improved quality and work process innovation.

1. まえがき

生産・据付・保守などでの業務プロセス変革の取り組みでは、デジタル化した現場の情報を蓄積・活用することにより、管理業務や改善業務の高度化・高速化や、現場への指示の適正化を図っている。例えば、生産現場では、収集した作業の進捗情報を基に、生産シミュレーションによる着工指示の適正化や、生産スケジューラーによる生産計画の適正化が行われている^{(1), (2)}。据付・保守現場では、点検情報などの記入のデジタル化により、顧客への報告資料の自動作成や点検周期の適正化が進んでいる⁽³⁾。

これらには、進捗情報や点検情報などの各種の作業情報を精度良く、効率的にデジタル化することが必要である。しかし、量産工場では、短いタクトタイムの中で進捗情報を人手で入力すると、生産効率に影響することが問題になっていた。また、据付・保守現場では、作業中に移動が発生することがあるため、安全上の理由から電子機器操作が難しいという問題があった。

そこで東芝は、AI技術による画像認識や音声認識を活用した、現場の各種情報をデジタルデータとして取得する作

業情報デジタル化技術の開発と、現場への適用を進めている。

ここでは、画像認識・音声認識を用いた作業情報デジタル化技術の特徴と適用による効果について述べる。

2. 画像認識により取得した各種情報を用いた組立工程の作業進捗推定手法

2.1 組立工程の進捗情報デジタル化の課題

着工指示や生産計画の適正化には、作業の進捗状況をデジタル化することが必要であるが、これを都度、人手で入力するにはコスト面・精度面での問題があった。また、作業進捗を自動把握するには作業内容を正しく認識する必要があるが、作業者が所定の位置で部品の組み付けやねじ締め、検査など複数の作業を行うセル生産方式では、作業間での作業者の位置や動きに特徴的な相違が少なく、作業内容を正確に認識できないことが問題になっていた。

そこで、セル生産方式の組立工程を対象に、作業者の関節の位置・動きの情報に加えて、製品の組み付け状態、及び作業者が製品に対して両手で行う作業の箇所（以下、両手作業箇所と略記）の情報を統合的に学習し、詳細に作業

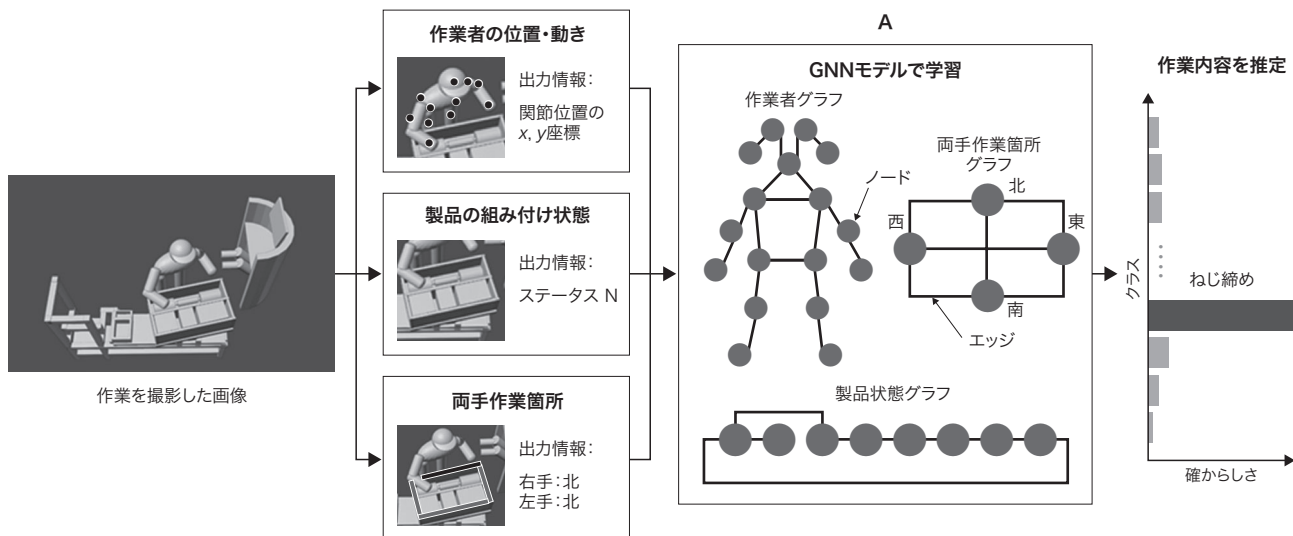


図1. GNNを用いた作業推定手法の概要

作業画像から作業者の位置・動き情報、製品の組み付け状態の情報、及び両手作業箇所の情報を抽出し、それらの情報をGNNで統合的に学習することにより、作業内容を推定する。

Overview of work estimation method using graph neural networks (GNN)

内容を推定する手法を開発した。

2.2 GNNを用いた作業推定手法

作業を撮影した画像から作業内容を推定する手順を、図1に示す。作業画像から作業者の関節の位置・動き、製品の組み付け状態、及び両手作業箇所の情報を抽出し、これらの情報をGNN (Graph Neural Network) で統合的に学習することで、作業内容を推定する。

GNNでは、ノードとエッジを用いて事前にグラフ構造を定義することで、各ノードのつながり関係を考慮した学習ができる。今回、作業者の関節のつながりを表した作業者グラフ、製品の組み付け状態の遷移関係を表した製品状態グラフ、及び両手作業箇所の遷移関係を表した両手作業箇所グラフの三つのグラフを事前に定義して学習を行った(図1のA)。GNNを用いて学習することで、例えば作業者グラフの場合、作業者が両膝を曲げながら右手で部品を押さえて、左手に持ったドライバーでねじを締めるといった複雑な作業の特徴を、詳細に捉えることが可能になる。また、同一ネットワーク内で作業者グラフ、製品状態グラフ、及び両手作業箇所グラフの学習を行うことで、作業者がどのような位置・姿勢で、どのような組み付け状態の製品に対して、どの箇所で作業しているのかを関連付けて、統合的に学習することも可能になる。

2.3 作業内容の推定精度の評価

作業画像から抽出した、作業者の関節の位置・動き、製品の組み付け状態、及び両手作業箇所の情報を統合的

に学習して作業内容を推定し、その推定結果の精度を評価した。評価には、作業番号順に16種類の作業で構成される組立工程を対象に、9名の作業者の作業画像を用いた。

作業内容を正しく推定できた画像の枚数の割合を評価したところ、平均正解率85%を超える推定精度が得られた。また、図2に示した推定結果の分布を分析すると、推定を誤った場合でも、比較的近い順番の作業に分布していることが確認できた。

この結果から、作業者の位置・動きの情報だけでは識別できない複雑な作業であっても、グラフ構造とGNNを用いた統合的な学習による作業推定で、作業内容の特徴をより詳細に捉えられるようになったことが分かった。

3. 音声認識による帳票入力支援ツール

3.1 生産・据付・保守現場での帳票入力の課題

生産・据付・保守などの現場では、作業の結果や測定したデータを帳票に入力する必要がある。一旦、紙の帳票に記入し、後でパソコンを使って手作業で入力する例などがある。業務プロセス変革に向けた製造ラインの着工適正化や、顧客提出資料作成の省力化、点検周期の適正化などには、このような現場情報のデジタル化を効率的に行うことが課題となる。また、据付や保守の現場では、帳票へのデータ入力は手順に沿うことが原則となるものの、現場の状況に応じて柔軟に対応できることも必要となる。加えて、製品のライフサイクルが長い社会インフラ事業では、表計算ソ

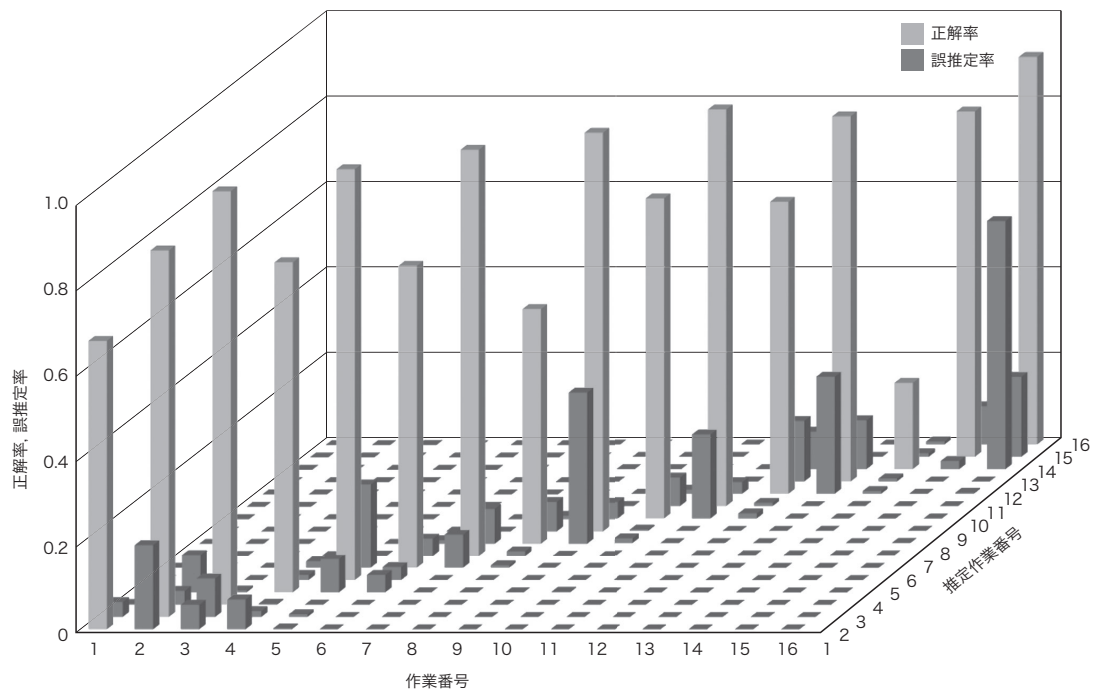


図2. 推定結果の分布

高い精度で作業内容を推定できており、誤った推定結果も正解付近に分布していることから、三つの情報を統合的に学習できていることが確認できた。

Distribution of estimation results

ソフトウェアで作成した帳票が多く残っており、市販のデジタル化ツールを適用しようとするに変換に時間が掛かることに対応するという課題があった。

このような課題に対し、現場の帳票の作成に使用されることが多い表計算ソフトウェアのアドオンとして動作し、ファイルに音声で直接入力できる音声対話型帳票入力ツールを開発した。音声対話型帳票入力ツールは、あらかじめ設定した手順に沿って、タブレットやパソコンなどから入力項目や作業内容などを音声ガイダンスとして読み上げ、作業者がデータや作業結果などを音声入力する(図3)。

3.2 開発した技術・ツールと機能面での特徴

音声対話型帳票入力ツールは、音声入力の基本性能である音声認識精度とレスポンス性を追求するとともに、現場の様々な状況に対応する機能を備えている。あらかじめ指定した単語やフレーズの発話を検出するボイストリガー技術と、数値・英数字や単語など定型的な入力パターンをルールベースで認識するグラマー認識技術とを使い分ける。音声制御コマンドにはレスポンス性の高いボイストリガーを、データなどの入力には広範な候補の認識が可能なグラマー認識を用いることにより、音声認識精度とレスポンス性の両立を図った。また、数値や英数字文字列の認識では、桁数や桁ごとの詳細な設定を可能にして認識精度を向上させた。

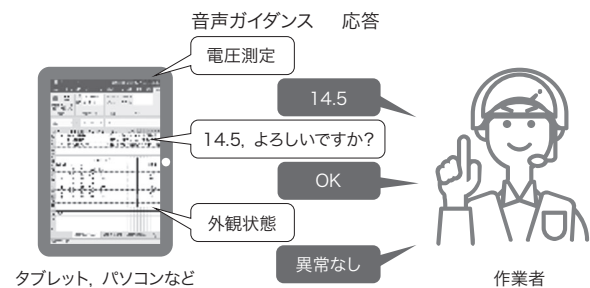


図3. 音声対話型帳票入力ツール

双方向の対話型であり、手順に沿って音声入力を行う。

Form input tool using voice interaction

更に、音声入力・音声認識・音声出力、及び数式計算などの表計算ソフトウェアによる処理のタイミングを適正化することで、レスポンス性の向上を図っている。

現場の状況に応じた手順の変更などをハンズフリーで実現するために、次の機能を備えている。

- (1) 音声制御コマンド 音声認識結果の肯定・否定のほか、入力項目のスキップ・遡りや、入力項目をグループ化してのスキップ・遡り、入力シートの切り替え、音声入力の一時停止・再開など、現場の状況に応じた手順の変更などに対応できる。

- (2) 音声入力開始方法 前回停止した入力項目から継続（ファイルを開いた直後は最初から）、最初の入力項目に戻って開始、入力セルを選択して開始、入力セルを都度選択しながら音声入力、及び入力するセルを音声で選択、といった開始方法を、状況に応じて選択できる。
- (3) 基準値範囲チェック 上・下限値を設定し、音声入力したデータが範囲内か否かを音声ガイダンスできる。また、範囲外である場合に、入力を許容するか禁止する（範囲内でなければ次の手順に進まない）かを選択できる。基準値範囲を自動的にチェックすることで作業者の負担を軽減するとともに、要注意項目の確認漏れをなくす。
- (4) 復唱・確認 音声入力した内容の認識結果をタブレットやパソコンなどから復唱し、作業者が確認できる。復唱しない、復唱するが作業者の確認は待たずに次の手順へ進む、復唱して作業者が肯定した場合だけ次の手順へ進み否定した場合は再度音声ガイダンスする、復唱して作業者が肯定した場合だけ次の手順へ進み否定した場合は音声ガイダンスせず再入力する、の選択がある。作業実施の確認だけの場合は復唱なし、数値など正確な入力が必要な場合は復唱・確認ありなど、入力内容に応じて設定することにより、高い音声認識精度と早いレスポンス性との両立を図る。

3.3 適用場面と効果

音声対話型帳票入力ツールの主な適用場面を、以下に挙げる。

- (1) 生産現場 製造データ記録、試験データ記録、マーシャリングリスト確認、機器構成表確認、工具日常点検データ記録、設備日常点検データ記録、部材棚卸し在庫入力
- (2) 据付現場 現地試験データ記録
- (3) 保守現場 現地保守点検データ記録、設備日常点検データ記録、設備定期点検作業指示

主な適用効果を以下に述べる。

- (1) 工数削減 作業指示と作業実施とをペアで行う二人作業の一人作業化、紙帳票への手記入及びパソコンへの手入力作業の削減、ハンズフリーによる作業性向上
- (2) 作業品質向上・安全性向上 あらかじめ定めた適正な手順に沿って音声ガイダンスすることによる作業の抜け漏れ及び後戻りの防止、音声ガイダンスへの安全注意事項の織り込みによる安全意識向上

4. あとがき

現場から精度良く、効率的にデータを取得する作業情報デジタル化技術として、画像認識を活用して画像から作業進捗を把握する手法と、音声認識を活用して音声で既存の帳票に製品状態や検査結果を登録するツールについて述べた。

今後は、これらの現場適用を拡大するとともに、標準作業から逸脱した作業を行っている場合にアラートを発報する仕組みや、低コストでの適用を可能にする技術やツール類の整備を進める。

文 献

- (1) 小竹正弘, 杉山尚美. 生産シミュレーション技術の製造ライン設計への適用と生産予測への応用. 東芝レビュー. 2014, **69**, 9, p.8-11.
- (2) 岡 一廣, 蚊戸健浩. 生産ライン構築プロセスと生産管理プロセスの变革を加速するエンジニアリングツール. 東芝レビュー. 2021, **76**, 1, p.15-19. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/01/a05.pdf>>, (参照 2023-10-02).
- (3) 小竹正弘. 社会インフラ製品の据付・保守作業を効率化するデジタル生産技術. 東芝レビュー. 2021, **76**, 1, p.20-23. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/01/a06.pdf>>, (参照 2023-10-02).



桑村 音晴 KUWAMURA Otoharu
生産技術センター 業務プロセス変革推進領域
グローバルモノづくり変革推進部
Global Manufacturing Innovation Dept.



大島 宏友 OSHIMA Hiroto
生産技術センター 業務プロセス変革推進領域
グローバルモノづくり変革推進部
日本機械学会・情報処理学会会員
Global Manufacturing Innovation Dept.



櫻井 勇樹 SAKURAI Yuki
生産技術センター 業務プロセス変革推進領域
グローバルモノづくり変革推進部
Global Manufacturing Innovation Dept.