

## 作業者と生産設備とのプロファイル情報を用いた 生産システム運用制御方式の検討

### Investigation of production system operation control method using profile information of workers and production equipment

中井 敦子  
Atsuko Nakai

#### 1. はじめに

近年、日本の生産現場においては、生産年齢人口の減少や消費者ニーズの多様化による少量多品種生産への転換等、生産技術の革新が求められている[1]。特に、食品工場や物流現場等では、夜間や休日の操業が不可欠であるにもかかわらず、労働力の確保がより困難となっている。例えば食品製造業においては、労働生産性が低いことに起因して給与も低いと、非正規労働者やパートタイム労働者の割合が高く、よりよい労働条件を求めて人材が定着しない等の課題が起りやすい。労働力不足を補うためには、人中心の作業ラインから機械化・自動化への転換が求められるが、食品製造業は特に中小企業が多く、大掛かりな自動化設備の導入も難しい[2]。

そのため、食品工場や物流現場でも導入しやすいロボットシステムの開発が積極的に行われている。例えば、人の代替としてばら積みされた食品等を容器から取り出すピッキングロボットや、工場内の搬送を自動で行う自律走行搬送ロボット (Autonomous Mobile Robot, AMR) 等が登場している。これらの自動化設備と作業者とが混在して作業することが可能な生産システムは、作業者にかかる負担を減らし生産効率を向上する効果が見込まれる一方、製造ラインの性能を保つことが困難になる。また、食品製造業では特に少量多品種生産になりやすく、生産計画を事前に立案したとしても、作業直前の急な変更等により、生産ラインの性能が変動した際の対策は作業者や監督者が指示しなければならないという課題があった。

以上の課題を解決するために、作業者と生産設備の標準的な性能指標を把握し、性能指標低下時に最もコストの良い対策を立案し、自動的に適用するために、作業者と生産設備各々について定義したプロファイル情報を用いて自動的に制御指令を作成する方式を検討した。

#### 2. 提案方式

提案する方式は、ロボットや自動搬送機、制御装置等で構成される生産設備のプロファイル情報と、ステータス値やセンサ値、操作履歴等を含む作業者のプロファイル情報とを逐次的に収集・分析し、過去に同様の作業を実施した際のプロファイル情報と比較する。場の状況に応じて、生産設備や作業者のプロファイル情報をどのように変化させるもしくは変化させないことで所望の性能に到達するかシミュレーションする。そして、所望の性能を実現するための制御内容を決定し、作業者と生産設備に対して配信することを目的としている。

例えば、ラインの中にボトルネックとなる構成要素が存在した場合、その構成要素のプロファイル情報の中で性能

低下した項目があればそれを復旧するための制御指令を作成する。過去に作成した制御指令の内容とプロファイル情報の改善度合いとを合わせて記憶しておくことで、制御指令を速やかに選定することを可能とした。

#### 2.1 プロファイル情報の定義

プロファイル情報とは、生産設備固有の情報または作業者固有の情報である属性情報と、生産システムが導入される現場で生産設備または作業者が発揮する作業能力に関する情報である性能指標情報とを含む情報である。すなわち、プロファイル情報は、作業者と生産設備とによる総合的な作業能力を示す情報と定義する。

生産設備としてロボットを例に具体的なプロファイル情報項目を示すと、属性情報としては、「型名」、「製造番号」、「メーカー名」、「最大可動範囲」または「最大動作速度」などのカタログスペック値の他に、「設置ライン名」、「管理者」、「用途」または「不具合履歴」などのロボットの運用に関わる情報を含むことができる。また、性能指標情報としては、作業対象物ごとにまたは作業条件ごとに算出される「作業速度」、または、「作業不良発生率」などの実稼働データから算出される情報などを含むことができる。

作業者に対応するプロファイル情報項目を示すと、「氏名」、「年齢」、「所属部署」、「職位」、「経年数」または「就労制限内容」などの人事情報の他に、「保有資格」または「作業経験履歴」などの従事する業務内容に関わる情報を含むことができる。また、性能指標情報としては、生産設備の場合と同様に、作業内容ごとにまたは作業条件ごとに算出される「作業速度」、または、「作業不良発生率」などの実稼働データから算出される情報などを含むことができる。

プロファイル情報は、工場種別や導入設備の違い等によって異なる部分もあるが、最低限の標準化を行う必要がある。そのため、プロファイル情報のひな型として、OPC UA の情報モデルやコンパニオン仕様を活用することとした。例えば、ロボットに対しては OPC UA for Robotics が策定されている。これらの情報モデルを元に、プロファイル情報に関連する項目を追加・拡張させることで、プロファイル情報の標準化を実現するとともに、プロファイル情報の収集や評価にかかるコストを低減することができる。

#### 2.2 システム構成

本提案方式は、工場内に設置されたエッジプラットフォーム端末を中核として動作するように設計した。図 1 にシステム構成を示す。エッジプラットフォーム端末内には、一般社団法人 Edgecross コンソーシアムが提供するエッジコンピューティング領域のオープンなソフトウェアプラッ

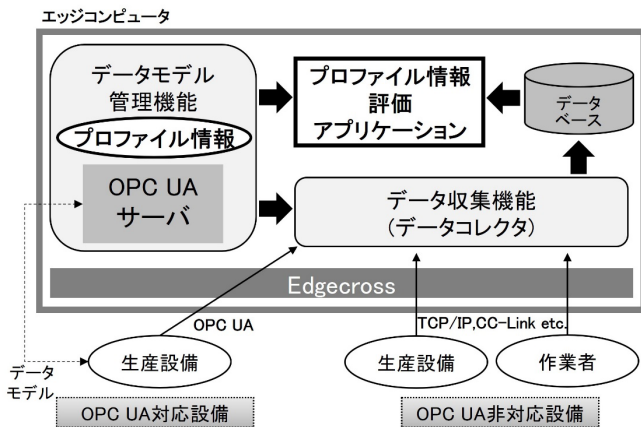


図1 システム構成

トフォームである Edgecross を採用した。Edgecross はデータ収集を行う”データコレクタ”と組み合わせることで、生産現場のデータ収集・加工・配信等を行うことができる。

また、Edgecross の標準機能の一つである”データモデル管理機能”を実現するためのソフトウェアである”マネジメントシェル”は、OPC UA サーバとしてふるまうことができる。この機能を用いて、OPC UA 対応の生産設備や他システムと Edgecross との間でプロフィール情報を共有し、OPC UA の API を用いて互いに配信する仕組みとした[3]。

さらに、エッジプラットフォーム端末内部にプロフィール情報評価アプリケーションを試作した。このアプリケーションは、Edgecross で収集したプロフィール情報を逐次評価し、生産システムの性能低下が見込まれる場合に、あらかじめ管理者が設定した評価指標の向上効果の高いプロフィール情報項目を変化させるための制御指令を出した場合の効果シミュレーションする。

### 2.3 シミュレーション内容

詳細なシミュレーション内容について説明する。作業員および生産設備にそれぞれ対応付けられたプロフィール情報について、事前に基準値を学習しておく。この基準値は、作業内容や他の条件と組み合わせることで複数設けられてもよい。例えば、ピッキングロボットにおいては、把持対象物やハンド種別等、把持条件ごとに基準値を設けることが望ましい。このプロフィール情報の基準値からの変化度合い、特に低下度合いがあらかじめ定められた設定値よりも大きいと評価されたものについて、対応するプロフィール情報が示す作業能力の低下原因を推定し、生産システムにおいて好ましい状態を表すプロフィール情報の基準値に近づけるために、どの構成要素のプロフィール情報を修正させればよいかを探索する。例えば、ピッキングロボットの把持成功率を向上させるために、ピッキングロボットの把持対象物パレットの残重量下限値が設定されている場合、シミュレーションでは、この把持対象物パレット残重量を増やす方法を適用することで管理者が設定した評価指標の変化度合いを計算する。例えば、生産ラインで作業中の他の作業員に把持対象物を補充させると、その作業に必要な時間分だけ当該作業員が本来実施すべき作業が遅れることになる。また、搬送ロボットである AMR に把持対象物を補充させる場合、搬送ロボットの作業時間は増えるが、その一方で



図2 検証画面例

先ほど把持対象物の補充作業を行っていた作業員は本来業務を実施することができるため、生産システムトータルとしての性能は低下しないことになる。このように、複数の対応策がある場合に、どの対応策を採用すると、生産システムとして管理者が設定した評価指標である生産効率の向上効果が高いかをシミュレーションしておくことで、迅速に制御指令を作成することができる。

### 3. 検証結果

仮想的に生成した作業員及び生産設備のプロファイル情報値に基づいて、逐次的に分析を行い、性能低下を予測できるか、また、性能改善のための制御指令を作成することができるかを検証するアプリケーションを試作し、市販のエッジコンピュータ上で検証を実施した。図2に試作した検証画面例を示す。この例では、2台のピッキングロボットと複数の作業員が弁当の具材を詰める作業ラインにおいて、Edgecross で具材残量やロボットの稼働状況を収集する状況を模擬している。具材残量を予測しながら、具材残量が0になりラインが停止することのないようにあらかじめ制御指令を作成することができるかを検証した。

その結果、ほぼ遅延なくプロフィール情報の評価と制御指令の作成が可能であることを確認することができた。

### 4. おわりに

ロボットや搬送装置、作業員の作業性を評価するための標準モデルを OPC-UA コンパニオン仕様等を用いて設計し、ライン稼働データをエッジプラットフォームで収集・分析することによってライン全体の統合監視を行う性能プロフィール連携制御方式を考案した。作業員と生産設備の作業進捗状況をリアルタイムで収集・評価し、ライン作業性能が低下しないように制御指令を作業員に提示する検証画面例を試作した結果、ほぼ遅延なくプロフィール情報の評価と制御指令の作成が可能であることを確認することができた。

#### 参考文献

- [1] 産業競争力懇談会 COCN, ”人”が主役となる新たなものづくり”, 産業競争力懇談会 2017年度プロジェクト最終報告 (2018).
- [2] 農林水産省, ”食品製造業における労働力不足克服ビジョン” (2019).
- [3] 中井 敦子, ”エッジプラットフォームを用いた ROS と生産システムとの連携方式に関する一検討”, 2022 年電気学会電子・情報・システム部門大会, OS1-6(2022).