

次世代生産ラインコンセプトモデル 「スマートプロダクトウェイ」の構築

Construction of Next-Generation Production Line Concept Model "Smart ProductWay"

長野日本無線株式会社
市川 毅
Takeshi Ichikawa

要 旨

生産ライン自動化に関するニーズに幅広く応えるため、当社の強みである無線技術とメカトロニクス技術を融合した次世代生産ラインのコンセプトモデルである「スマートプロダクトウェイ」を新たに構築した。スマートプロダクトウェイの要素となる技術は「ワイヤレス給電」「電子ペーパータグ」「IoTプラットフォーム」「システムインテグレーション」である。これらの技術を融合させ、DX（デジタルトランスフォーメーション）が加速する市場にマッチした生産ラインモデルを提案するとともに、商品企画を標準化することにより、汎用性と拡張性を両立させた生産設備商品の提供を短納期かつ低コストで実現する。今後は、工程の進捗管理や設備機器の監視・異常検知を目的として、実際の製品を想定した部品のトレーサビリティ管理データ、製品の検査データ、設備機器の各種データを統合した可視化を実現し、予知保全システムの構築を目指す。

Abstract

In order to satisfy a wide range of needs related to the automation of production lines, NJRC has newly constructed the "Smart ProductWay", which is a concept model of next-generation production lines that combines our strengths in wireless and mechatronics technologies. The elemental technologies of the Smart ProductWay are "wireless power transmission", "E-Paper Tag", "IoT platform", and "system integration". By combining these technologies to propose a production line model that matches the market where DX (digital transformation) is accelerating, and by standardizing product planning, NJRC will realize the provision of production equipment products that have both versatility and expandability in a short delivery time and at low cost. In the future, for the purpose of process progress management and monitor and abnormality detection of equipment, NJRC aims to construct a predictive maintenance system by realizing visualization that integrates traceability management data of parts assuming actual products, inspection data of products, and various equipment data.

1. まえがき

近年、労働人口の減少や第4次産業革命の提唱を受け、生産ラインに対する自動化・省人化のニーズが高まっている。このような背景と昨今のDX（デジタルトランスフォーメーション）推進の潮流を受け、ものづくり産業全体の自動化が急速に進んでいる。この状況下において、大手企業を中心とする大量生産品の生産ラインにおいては自動化が進んでいるが、多品種少量生産を担う中小規模の生産ラインの多くは作業者の直接的な関わりに依存しているのが未だ実態である。

また、大量生産品の生産ラインにおいても、連続する作業は装置外部からの人の指示に依存しており（セミ自動化段階）、システム稼働状況の一元的な管理・監視、自動的な予知保全や加工パラメータ調整といった完全自動化のレベルには至っていないのが現状である。

本稿では、このような生産ライン自動化に対する様々な課題のソリューションとして当社が新たに構築した次世代生産ラインのコンセプトモデルである「スマートプロダクトウェイ」について紹介する。

2. 生産ライン自動化における課題

2.1 生産ラインの市場ニーズに応える技術基盤の構築

大手企業などの大量生産現場では省人化が進み、この一環として生産ラインの自動化が進む一方、多品種少量生産ラインにおいては、部品や作業の共通化の難しさ、段取り替えやライン混合の仕組みの複雑さなどが自動化を阻んでいる。このような多品種少量生産ラインにおける自動化のニーズが市場において高まっている。

当社が永年にわたり培ってきたメカトロニクス技術と豊富なノウハウを駆使して、生産ライン自動化の市場ニーズに応えるソリューションを構築することが課題である。生産ラインの自動化推進は、近年提唱される第4次産業革命や Society 5.0に大きく貢献する。

2.2 完全自動化に向けた基本技術の構築

生産ラインの自動化レベル⁽¹⁾は、以下のように定義されている。

- レベル0：手作業（治具・工具を使用して全ての作業を人が手で行う）
- レベル1：手動操作（主体作業に機械・装置を使用して手動で操作する）
- レベル2：半自働（主体作業が機械化され、定型的な繰り返し作業を自動で行う）
- レベル3：着々化（装置がワークの品質判定を行い、合格品を次工程へ自動搬送する）
- レベル4：セミ自動化（装置外部からの指示によるNCプログラムの選択、および自動加工を可能とする）
- レベル5：全自働（安定的に品質を維持・管理しながら全ての作業を自動的に行う）

現在の生産ラインは「レベル3」が主流であり、「レベル4」の取り組みが始まった段階である。将来的には「レベル5」の実現が目標である。

生産ライン自動化の「レベル4」「レベル5」を実現するため、無線技術とメカトロニクス技術を融合した自動化ソリューションを支える基本技術の構築が課題である。

3. 次世代コンセプトモデルの立案

「スマートプロダクトウェイ」とは、当社の強みである無線技術とメカトロニクス技術を融合した次世代生産ラインのコンセプトモデルである。スマートプロダクトウェイは、これまでの生産設備においては採用が困難であった技術の活用法を提供することができ、生産ライン自動化に関するニーズに幅広く応える。スマートプロダクトウェイのコンセプトを図1に示す。

なお、「スマートプロダクトウェイ」という名称は、将来にわたり生産の様々な課題に最適なソリューションを積極的に開発・提案し、自社の成長と社会への貢献につなげるという想いを表現している（商標登録済）。

「スマートプロダクトウェイ」の名称の由来を図2に示す。

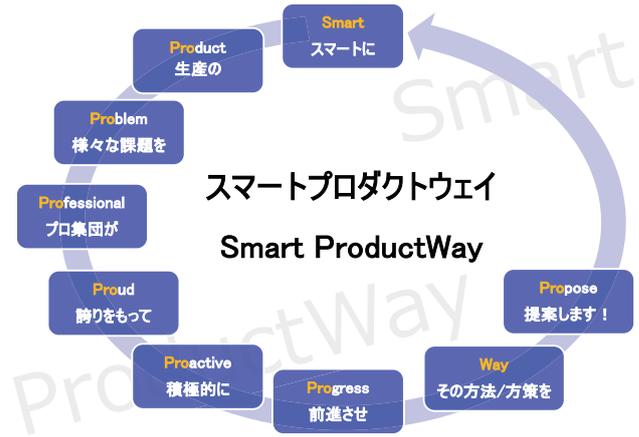


図2 「スマートプロダクトウェイ」の名称の由来
Fig.2 Origin of the name "Smart ProductWay"

3.1 スマートプロダクトウェイの全体構成

スマートプロダクトウェイの機能構成例を図3に、ワーキングパレットの機能構成例を図4に示す。

ワーキングパレットは、キット化された部品組立てを想定し、部品①（3種類のシャフト）と部品②（2種類のベースフレーム）を搭載する。

ワーキングパレットに当社の無線技術およびメカトロニクス技術を駆使することにより、パレット上における部品の自在な組立てや分解を可能とし、エンドレスな動作を実現する。スマートプロダクトウェイにおける各工程を図5に示す。

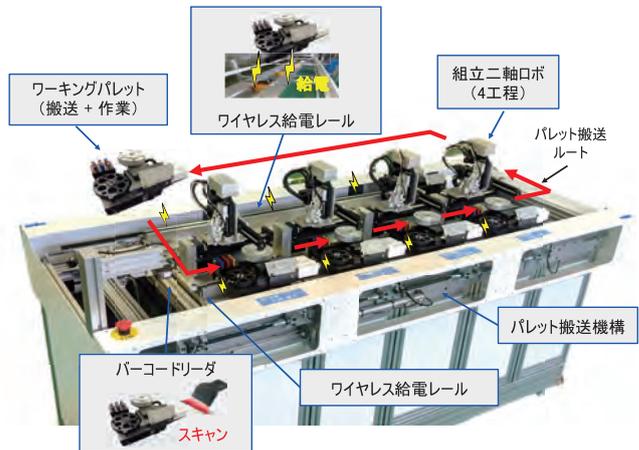


図3 スマートプロダクトウェイの機能構成例
Fig.3 Example of Smart ProductWay function configuration



図1 スマートプロダクトウェイのコンセプト
Fig.1 Concept of Smart ProductWay

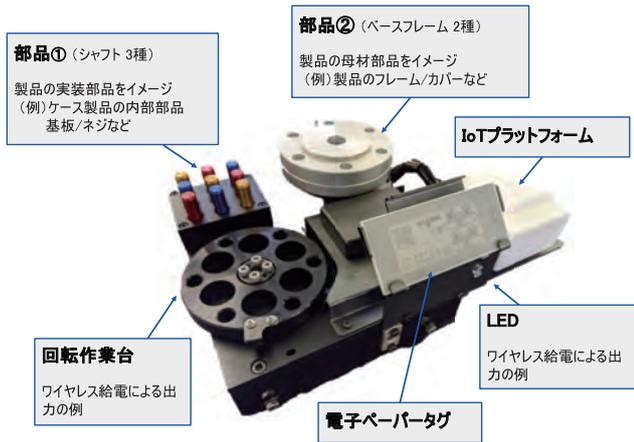


図4 ワーキングパレットの機能構成例

Fig.4 Example of working palette function configuration

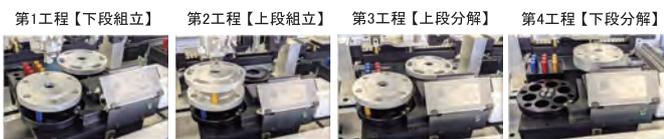


図5 スマートプロダクトウェイにおける工程
Fig.5 Process in the Smart ProductWay

3.2 スマートプロダクトウェイを構成する技術

スマートプロダクトウェイは、当社が保有する無線技術およびメカトロニクス技術で構成することにより、ニーズに合わせて生産ラインを自動化・可視化する。スマートプロダクトウェイを構成する技術を図6に示す。またスマートプロダクトウェイの仕様を表1に示す。各技術の詳細は次項以降で説明する。

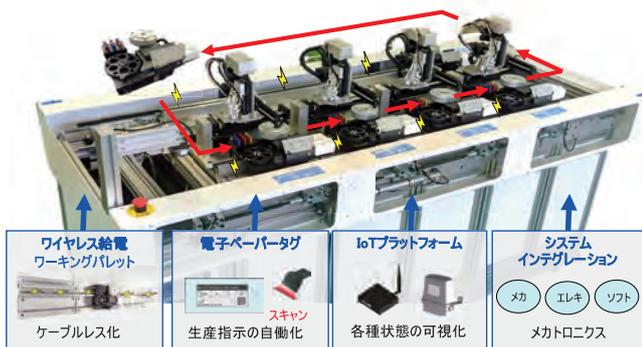


図6 スマートプロダクトウェイを構成する技術
Fig.6 Technologies that make up the Smart ProductWay

表1 スマートプロダクトウェイの仕様
Table 1 Specifications of Smart ProductWay

項目	仕様
駆動方式	エアシリンダ駆動受渡方式
繰返し位置決め精度	± 0.01 mm以下 センタリングロック機構
搬送速度	[パレット搬送] 200 mm/sec [リターン搬送] 1,500 mm/sec
可搬重量	100 kg以下
定格推力	132 N
ワークステーション数	4 (増設可能)
ワーキングパレット数	5台
コントローラ	PLC内蔵
外径寸法	2,115(W) × 905(D) × 1,350(H) mm
本体質量	約250 kg
入力電源電圧	3相AC200~230 V±10 %以内 (50/60 Hz)
最大消費電力	2.6 kVA
使用環境	0 ~ +40 °C 湿度20 ~ 80 %RH (結露のないこと)
外部入出力	入力: 16点 出力: 32点 (増設可能)
ネットワークオプション	Ethernet, EtherNet/IP™, FL-net
	CC-LINK (マスタ局)
	DeviceNet™ (マスタ, スレーブ)

3.2.1 ワイヤレス給電ワーキングパレット

6.78 MHz帯の送電周波数による磁界共振結合方式のワイヤレス給電を採用し、搬送中のパレットに電力を常時供給することにより、従来「次工程へのワーク運搬ツール」に過ぎなかったパレットに様々な付加価値を与える。ワーキングパレットのワイヤレス給電部の様子を図7に示す。

従来、パレット上のワークの姿勢を変える場合には外部から電動アクチュエータやロボットでワークを制御していたが、ワイヤレス給電の採用により、パレットに搭載したモータなどの電動機構を用いてワークの姿勢を変えることが可能となる。パレット上の作業台は360°回転可能であり、ケーブル引き回しの制約をなくし省スペース設計を実現する。また、工程間搬送中にも作業台の動作を可能とし製造時間短縮、部品点数の削減および組立て加工の単純化によるコスト低減を実現する。ワーク姿勢制御の従来との比較を図8に示す。またワイヤレス給電部の仕様を表2に、制御部の仕様を表3に示す。

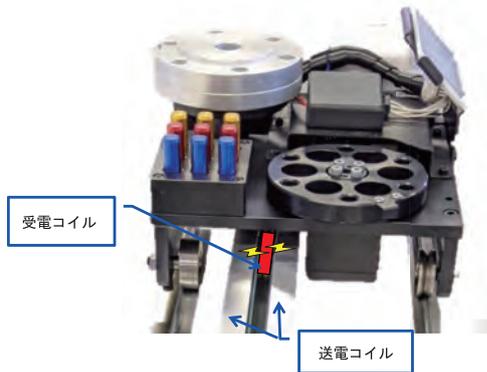


図7 ワーキングパレットのワイヤレス給電部

Fig.7 Wireless power transmission unit of working pallet

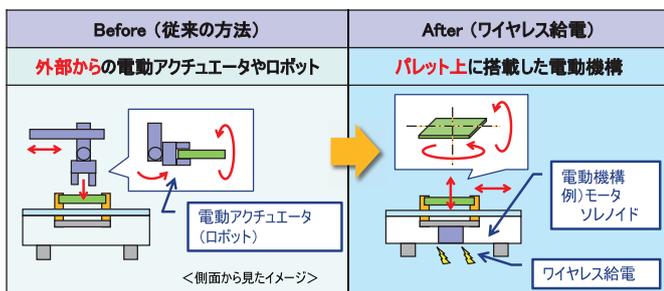


図8 ワーク姿勢制御の従来との比較

Fig.8 Comparison with conventional workpiece attitude control

表2 ワイヤレス給電部の仕様

Table 2 Specifications of the wireless power transmission unit

項目	仕様
方式	レールタイプ
送電周波数	6.78 MHz
供給電圧	DC24 V ± 10 %
最大消費電力	35 W以下 (35 W以上もカスタム対応可)

表3 ワーキングパレット無線制御部の仕様

Table 3 Specifications of working pallet wireless control unit

項目	仕様
方式	920 MHz帯 FSK 50/100 kbps
周波数	920 MHz帯 適用規格
電源	DC3.3 V
ワーキングパレット制御用入出力数	入力：8点 出力：8点

3.2.2 電子ペーパータグ

UHF 帯RFID 技術による非接触で書き換え可能な「電子ペーパータグ」を採用する。

図9に電子ペーパータグの書き換えイメージを示す。

電子ペーパータグをワーキングパレットの「電子かんばん」に応用することにより、各パレットに対する指示を変えるだけで製造工程の自在な変更が可能となり、多品種少量生産の管理を最適化することができる。電子ペーパータグは、バッテリーレスで、リーダ/ライタによりデータの書き換えが容易であり、通信可能距離は約10 cmである。本体の厚さは4.8 mmと薄く、防塵防滴構造である。電子ペーパータグは、生産ラインの電子かんばん、棚番の表示、コンテナや台車のラベルなどに採用される。電子ペーパータグの稼働イメージを図10に、仕様を表4に示す。



図9 電子ペーパータグの書き換えイメージ

Fig.9 Rewriting image of the E-Paper Tag



図10 電子ペーパータグの稼働イメージ

Fig.10 Operating image of the E-Paper Tag

表4 電子ペーパータグの仕様

Table 4 Specifications of the E-Paper Tag

項目	仕様
方式	UHF帯RFID (バッテリーレス) アンテナ内蔵型
周波数	920 MHz帯
表示部	2.9 inch (白黒)
解像度	112 dpi
表示色	白黒
外形寸法/質量	103(W)×46(D)×4.8(H) mm/約25 g
防水・防塵	IP54

3.2.3 IoTプラットフォーム

IoT センサ端末は、加速度・温度・湿度・磁気・電流・照度・気圧などのデータを取得するためのセンサを搭載する。センサ端末で取得した情報は920 MHz帯の無線通信によりゲートウェイに送信される。ゲートウェイは受信した情報を有線LANでインターネット網を通じサーバへアップロードする。IoTプラットフォームにおけるシステム構成例を図11に示す。

IoTプラットフォームを生産ライン自動化設備に採用することにより、製品製造工程の状態、設備機器の状態および稼働状態の可視化を可能とする。以上は、スマートプロダクトウェイが「予知保全」および「将来の生産ラインの完全自動化(レベル5)」に向けた基本技術である。IoTプラットフォームの仕様を表5に示す。

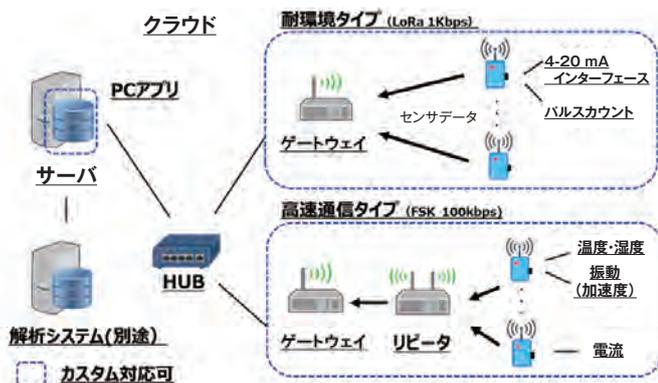


図11 IoTプラットフォームのシステム構成例

Fig. 11 System configuration example of IoT platform

表5 IoTプラットフォームの仕様

Table 5 Specifications of IoT platform

項目	仕様
無線仕様	920 MHz帯 FSK 100 kbps LoRa 1 kbps
内蔵可能なセンサ	加速度・温度・湿度・磁気・電流・照度・気圧 など
電源	電池内蔵 (CR17450×2個)
外部 I/F	簡易SPI 1ch または 接点入出力 2ch (入力または出力)
センサ情報送信周期	5秒～数分間隔の定期送信が設定可能
無線通信アンテナ	内蔵アンテナ
防水・防塵	IP44 (実装するセンサにより異なる)

3.2.4 システムインテグレーション

生産設備市場において社会のニーズに応えるためには、システムインテグレーション、すなわち、メカ(機構)・エレキ(回路)・ソフトウェアを融合したメカトロニクス技術が不可欠である。当社は、強みとするこれらの技術にもとづく一貫した開発・生産体制を駆使し、汎用の生産設備機器に対する付加価値を創出する。システムインテグレーションのイメージを図12に示す。

当社のシステムインテグレーションの特長の一つは、設備機器の開発に留まらず、ワークとなる電子機器の製品開発・生産の実績とノウハウも併せ持つことである。例えば、電子機器の通電検査の自動化において、製品/検査装置/設備機器の3分野における開発・設計が必要となる。製品と生産ラインの両面における一貫した開発によりシステムとしての付加価値を高め、安定した品質の維持とコスト改善を実現する。

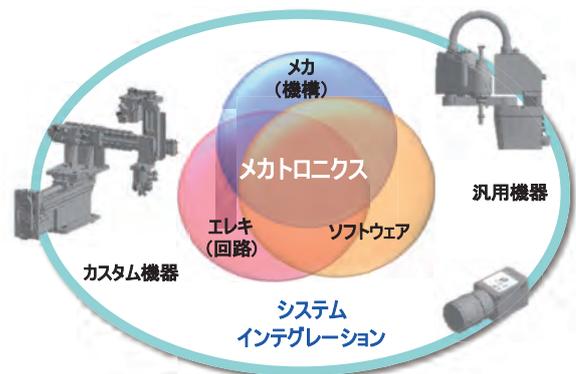


図12 システムインテグレーションのイメージ

Fig. 12 Image of system integration

3.2.5 スマートプロダクトウェイの標準化

従来の生産ラインは、製品ごとにライン構成や設備機器が異なるため、設計・製造のコストや納期の面における制約が不可避であった。スマートプロダクトウェイを標準化することにより、従来困難とされていた多品種少量生産ラインの自動化を低コストかつ短納期で実現する。加工工程（組立て、検査など）における汎用機やカスタム機器の共用を踏まえたワーク搬送工程を標準化した。標準化の要となる搬送工程の技術は、工程間をピッチ搬送する循環型のパレット搬送方式である。本方式によるパレット搬送の動作を、「上下方向の搬送機能」と「水平方向の搬送機能」をそれぞれ有する標準モジュールに分解し、工程数に合わせた複数のモジュールを組合せることにより、要求に応じた搬送工程を構築する。ワーキングパレットの仕様は、ワークに応じたカスタマイズが可能である。

標準化したスマートプロダクトウェイの構成イメージを図13に示す。

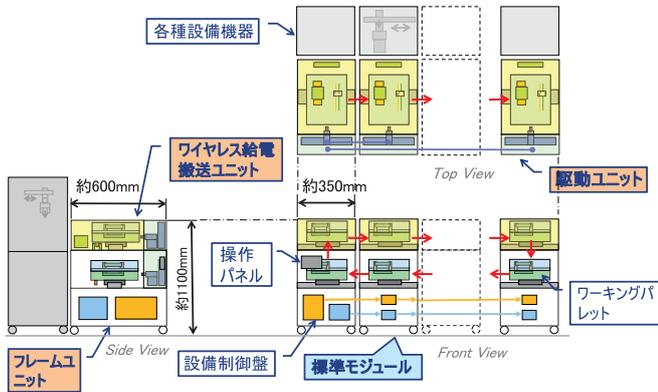


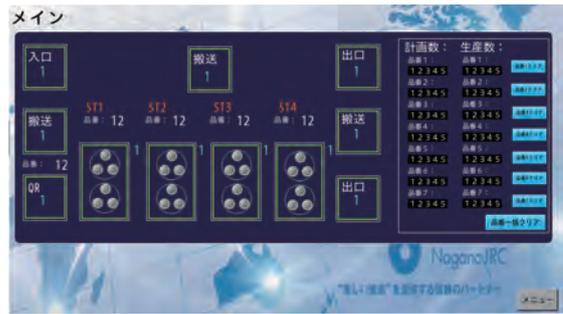
図13 標準化したスマートプロダクトウェイの構成イメージ
Fig.13 Configuration image of standardized Smart ProductWay

3.3 今後の取組み

現在、多くの企業においては、生産ライン設備機器の維持管理や監視を人手に依存しており、保守体制の構築、予備部品の事前入手、故障の予知などの課題を伴う。たとえば、設備機器において一般的に使用される直行アクチュエータは摩耗が早く、また寿命は使用条件により大きく変わるため故障予知が困難な部品の一つである。スマートプロダクトウェイは直行アクチュエータの異常検知の可視化を可能としており、故障を予知する予知保全の実現性が大きいと期待されている。当社においては、この実現へ向けた取り組みを進めている。

生産ライン自動化の「レベル 4」および「レベル 5」を実現するため、当社は、設備機器や製造中の製品に係る各種データの取得・分析、データの統合・可視化、および予知保全システムの構築を今後の課題と定め、取り組む。

スマートプロダクトウェイにおける設備稼働状態の表示を図14に、スマートプロダクトウェイにおける状態可視化および予知保全の動作イメージを図15に示す。



(a) 各工程の進捗管理



(b) 直行アクチュエータの状態監視／異常検知

図14 スマートプロダクトウェイにおける設備稼働状態の表示

Fig.14 Display of equipment operating condition in Smart ProductWay

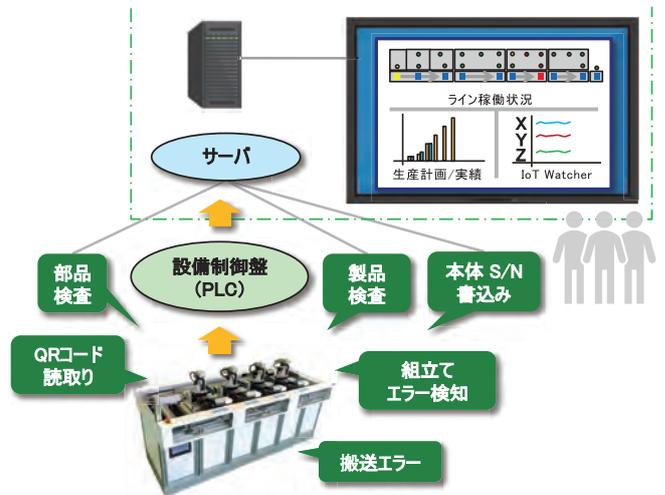


図15 スマートプロダクトウェイにおける状態可視化および予知保全の動作イメージ

Fig.15 Operating image of state visualization and predictive maintenance on the Smart ProductWay

4. あとがき

“目に見えない無線”と“モノを動かすメカトロニクス”の両面における技術を融合させることにより、多品種少量生産ラインの自動化ニーズに応え、DX化が加速する市場にマッチした新たなコンセプトの生産ラインモデルを構築した。次世代生産ラインのコンセプトモデルである「スマートプロダクトウェイ」により、汎用性と拡張性を両立させ

た自動化ソリューションを実現し、多品種少量生産を担う中小規模の生産ラインの自動化・省力化ニーズに応える。また、大量生産ラインにおける予知保全や加工パラメータ調整などにより自動化のレベルを向上させる。

スマートプロダクトウェイが提案する生産ラインの自動化ソリューションは、労働人口の減少が深刻化する今後の社会において安全な労働環境と高品質の生産体制を提供する。

参考文献

- (1) 村山省己, “グローバル自動化ラインの基礎知識”, 日本工業新聞社, 2018年1月, pp.98-109