

論文・解説

28

U2組立工場新生の概要

Introduction of Reborn of U2 Trim & Final Assembly Plant

近藤 恒幸*1 福谷 勇*2 福間 博文*3

Tsuneyuki Kondo Isamu Fukutani Hirofumi Fukuma

増田 義弘*4 久 政志*5

Yoshihiro Masuda Masashi Hisashi

要 約

宇品第2(U2)工場は、今後の新型車導入による商品主導の成長をサポートする生産体制強化の一環として、2004年5月再稼働した。

今回の再稼働は、『スリムでストレートな高品質フレキシブル同期生産ライン』への新生と位置付け、『世界中の自動車工場が目標とする技術と知恵の最先端工場“ The Bench Marking Plant in the World ”』の実現を目指した。このため、閉鎖工場を単に再稼働させるのではなく、休止工場再稼働のメリットを最大限活用した『技術ともの造りの知恵の集大成』、『選択と集中(戦略投資と既存設備の徹底活用)』を取り組み方針とし、新設ラインの約1/4の効率的投資で狙いとする車両組立ラインを新生した。

本稿では、世界中の自動車メーカーが目標とする車両組立工場へ新生させるための三つの基本コンセプト、『1. 地球環境と働く人にやさしい生産ライン』、『2. 高品質・同期生産ライン』、『3. 多機種対応フレキシブル生産ライン』の具現化について、その基本的考え方・具体的施策・特徴を紹介する。

Summary

In order to support Mazda's product-led growth, Mazda's Ujina Assembly Plant No.2 (U2) resumed production in May 2004 as an array of initiatives to reinforce production.

With its basic concept “upgrade to ‘slim,’ ‘straight,’ and ‘high-quality’ plant running flexible and synchronized production,” U2 aimed to be the “benchmark plant in the world,” or the state-of-the-art plant in technology and wisdom. It wasn't a mere resurgence of a dormant plant. U2 took full advantage of “resumption of a dormant plant,” with tag lines “full use of accumulated wisdom for technologies and product-making” and “selection and integration.” It was synonymous with the maximal use of existing facilities with strategic investments. U2 built targeted trim & final production lines with a quarter of the ordinary investment.

Now, every global automakers commonly pursue the three concepts, 1. friendly to humans and environment, 2. synchronization and high quality, 3. flexible production line for multiple models. This paper introduces our basic thought, approaches, and its characteristics to incarnate the three concepts.

1. はじめに

U2組立工場は、1972年12月に操業を開始し、主力車種であったファミリアなどを生産してきたが生産体制の再編によって2001年9月に閉鎖した。

2004年5月の操業開始は、今後の新型車導入による商品主導の成長をサポートする生産体制強化の一環である。

U2組立工場は、マツダが有する最新の生産技術と製造技術、そしてもの造りの知恵を集大成し、働く人と環境に最大限配慮しながらより高い品質/生産性を実現する、世界でトップクラスのフレキシブルな生産ラインとして新生した。

*1~4 車両技術部
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

*5 第2車両製造部
Vehicle Production Dept. No.2

2. 車両組立ラインの特徴と課題

2.1 労働集約型加工区

車両組立ラインは、多種多様な作業要素の集合工程であるとともに、ハーネスやホースの配線/配管といった機械に置き換えることが困難な作業が多く存在している点で極めて労働集約的な生産現場となっている。しかも、女性の職場進出・高齢層の増加・請負社員化などにより、人の質の多種多様化とその変動も進んできている。

このように人が主体で、更にはその人の質が変化している現状の組立ラインにおいて、より高い品質保証や生産性向上を実現するためには、働く人へのやさしさの追求が不可欠である。つまり、難姿勢/重筋作業などの肉体的負担・選択/判断などの精神的負担を解消し、誰もが快適で働き甲斐や達成感の実感できる生産現場、各個人の適性や能力に合わせられる生産現場を実現する必要がある。

2.2 最終加工区

次に、車両組立ラインは、お客様に最も近く、全社の生産活動の最終加工区であることが二つ目の特徴である。

従って、車両組立はもちろん、パワートレイン/車体/塗装加工区・社外メーカなどの前工程をも含めて車両品質不具合を後工程に流出させてはならない。また、その製品をお客様に最短の納期で提供できなければならない。

そのためには、完成車品質を個々の生産工程内で確実に保証し、手直しのない無欠点車両を最少工程数で生産できるようにしなければならない。

2.3 多機種混流生産

最後に、多機種混流生産であることが車両組立ラインの三つ目の特徴である。市場ニーズの多様化が進む中、安定した操業台数を維持する上で単一車種生産形態は極めて困難であり、複数の車種を一つの車両組立ラインで混流生産している。このため、作業時間差の大きい車種が混在しており、しかも、これらの車種は、生産量の変動・車種ミックスの変動・生産車のモデルチェンジと常に変動を繰り返している。

このような頻繁な生産変動下での多機種混流生産において安定した品質保証と生産性の向上を図るためには、変動に強い生産体制の構築とモデルチェンジに即応できる生産ラインの実現が不可欠である。

3. U2新生車両組立ラインのコンセプト

今回の再稼働は、『スリムでストレートな高品質フレキシブル同期生産ライン』への新生と位置付け、『世界中の自動車工場が目標とする技術と知恵の最先端工場 “The Bench Marking Plant in the World”』の実現を目指した。このため、閉鎖工場を単に再稼働させるのではなく、『技術ともの造りの知恵の集大成』、『選択と集中(戦略投資と既存設備の徹底活用)』を取り組み方針とした。そして、

休止工場再稼働のメリットを最大限活用し、新設ラインの約1/4の効率的投資で狙いとする車両組立ラインを新生した。

社会・顧客・株主・従業員への責任を果たすべく、2章で述べた「車両組立ラインの特徴と課題」を踏まえて、以下の基本コンセプトを掲げ取り組んできた。

3.1 地球環境と働く人にやさしい生産ライン

『快適な作業環境に最大限配慮した生産ラインの実現』を第一のコンセプトとした。

快適な作業環境とは、肉体的/精神的負担がない誰にでも組立できる作業環境と考えた。肉体的負担の解消策として、難しい姿勢での作業を徹底排除できる「ジャストフィットコンベアシステムの導入」、および精神的負担の解消策として、必要な部品を作業者の手元にタイミングよく供給することにより選択/判断作業を排除できる「キットサプライシステムの導入」を主要施策の二本柱とした。

3.2 高品質・同期生産ライン

次に、『お客様に安心して頂ける品質を工程内で確実に造り込める高品質生産ライン・お客様の要求に即応できる同期生産ラインの実現』を第二のコンセプトとした。

「工程内品質保証システムの強化」による完成車品質の全数保証、および「組立オン~車両完成までの工程短縮」、「部品物流の革新」による完成車/部品のリードタイム短縮を主要施策に掲げ取り組んだ。

3.3 多機種対応フレキシブル生産ライン

最後に、『B~CD/ミニバンクラスの車がフレキシブルに対応可能な生産ラインの実現』を第三のコンセプトとした。

フレキシブルとは、生産量の変動・車種ミックスの変動・生産車のモデルチェンジに即応できる生産ラインと定義し、次の主要施策を展開した。まず、「搬送系設備の全ポデーサイズ対応・生産設備の汎用化」によりモデルチェンジへの即応化と投資の大幅削減を可能にした。次に、工数変動への対応として、メインライン工数を一定にし、サブラインで工数差を吸収する生産システム「サブライン工程革新」を実現した。更に、「MDI(マツダデジタル革新)による車両構造と生産工程の同時開発」によりフレキシビリティの継続拡大と新型車ローンチ期間の短縮化を進めてきた。

この三つのコンセプトの具現化について、その基本的考え方・具体的施策・特徴を以下に紹介する。

4. 働く人にやさしい生産ラインの実現

4.1 ジャストフィットコンベアシステムの導入

このコンベアシステム導入の狙いは、「作業者の肉体的負担の解消」である。人と設備の調和した生産ラインの実現により、作業のしやすさの飛躍的な向上を可能にした。

第一の対策は、戦略投資として昇降リフト機能を有する

コンベア台車を新たに導入した。従来のコンベアは、キャビン高さが一定、かつ作業足場が鉄製のプラットフォームであった。作業者は、自身が担当する作業に合わせて姿勢を変え、歩きながらの組立を余儀なくされていた。このため、キャビン内出入り/しゃがみ/腰曲げ/蟹歩き作業などの難しい姿勢での作業が多く存在していた (Fig.1)。

◆Exist difficult work posture

Walk in & out of cabin / Squat down / Bend down / Crablike lateral move



Fig.1 Change Work Posture (Conventional)

新生ラインでは、工程/車種ごとに作業者が自然な姿勢で作業可能なキャビン高さを任意に設定できるようにした。また、コンベア上での静止作業も可能にした。DPA (デジタルプリアッセンブリ) による作業姿勢シミュレーションに基づいて、サイドシル部の高さを50mmピッチで210mmから1,000mmの範囲で変更できるようコンベアのスペックを設定した。これにより、難しい作業姿勢を排除することで作業者の肉体的負担の解消を図るとともに、しゃがむ/曲げるなどの動作ロス・キャビン内出入りなどのロス削減による生産性向上にも大きな効果をあげている (Fig.2)。

- ◆Eliminate difficult work posture : Eliminate workers physical stress
- ◆Improve productivity : Reduce loss of motion/ walk in&out of cabin



Fig.2 Change the Height of Cabin Automatically (Reborn)

第二の対策は、トリプルスラットコンベアの導入である。従来は、タイヤ接地部分だけに敷いたダブルスラットコンベアであったため、エンジンルーム/トランク廻りなどのセンター付近の作業をする場合、どうしても前後方向で

◆Exist difficult work posture : backward walk



Fig.3 Double Slat Conveyor (Conventional)

の歩きながらの作業をせざるをえなかった (Fig.3)。

そこで、既存のダブルスラットコンベアを改造してセンター部分にもう1本コンベアを追加した。このトリプルスラットコンベア化により、後ずさりなどのながら作業を排除することが可能になった (Fig.4)。

◆Eliminate difficult work posture : Nothing backward walk



Fig.4 Triple Slat Conveyor (Reborn)

このように、戦略投資としての昇降リフト機能付きコンベア、既存のコンベアを徹底活用したトリプルスラットコンベアなどの組み合わせによる効率的投資で大きな効果をあげた点も新生組立工場の特徴の一つといえる。

第三の対策は、これまで積上げてきた現場の知恵と改善 (アイテム2,018項目) を随所に織り込んだことである。

車と人/部品/工具の同期化や近接化・定量一発取りなど現場で実際に働く人の創意工夫が活かされている。

4.2 キットサプライシステムの導入

このシステム導入の狙いは、作業者の「精神的負担の解消」である。必要な部品を作業者の手元にタイミングよく供給することによって選択/判断の排除を可能にした。

従来は、生産指示情報をブロードキャストと呼ばれる記号を印字した紙やCRT画面などから確認して、必要な部品を判断し、ラインサイドの部品棚から該当する部品を選択して組立を行っていた (Fig.5)。

- ◆Pick up parts from a rack at line side

 1. Check assembly sequence info.
 2. Select necessary parts from a rack



Fig.5 Select Parts from a Rack at Line Side (Conventional)

多機種混流生産が前提の生産ラインでは、数千種類にもおよぶ非常に多くの部品が存在している。この状況で作業者は、必要な部品を「判断/選択/取る」一連の動作をサイクルタイムごと・車の仕様ごとに間違えることなく継続する必要があり、精神的負担を強いられていた。

そこで、組立作業と選択/判断作業を分離し、作業者の精神的負担の解消と部品供給の手元化による歩行/振向きなどのロス削減を目指したキットサプライ方式を導入した。

このキットサプライ方式は、1台分の部品を容器にセットしてラインへ供給し、作業者はその容器から直に部品を取って組付ける生産方式である。人へのやさしさと高効率を両立させるとともに、ラインサイドに固定部品棚がない世界に例をみない車両組立ラインである (Fig.6)

- ◆ Set and supply parts per car to main line
No selection / judgment

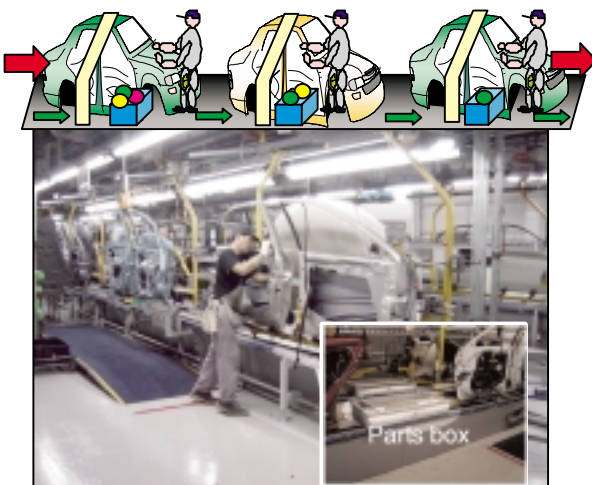


Fig.6 Kit Supply System(Reborn)

以上の主要施策による選択/判断・難姿勢・キャビン内出入り・ながら作業などの徹底排除で、三年前の閉鎖時点52%であった最適作業の比率を再稼動時点では86%まで改善した。将来的には、車両構造改善も織り込みながら最適作業の比率100%を目指す。

5. 高品質・同期生産ラインの実現

5.1 工程内品質保証の強化

この品質保証強化の狙いは、「手直しのない無欠点車両の生産」を実現することである。

そのためには、組立で保証する品質特性が各工程内で確実に保証できるシステムを構築することが必須である。

1ラインで数千種類にもおよぶ要素作業数、さらには締付・貼付け・嵌め込み・配線・配管・液体注入など多種多様な作業要素が存在する組立作業すべてにおいて、作業で保証する項目・設備で保証する項目・車両構造で保証する項目を明らかにし、それぞれの特性にあわせた工程内品質保証の強化を徹底して進めてきた (Table 1)

Table 1 Quality Assurance Item in Process

operation/process	facility	vehicle structure	Assurance Item
○			・ Quality assurance in process Drawing - Process Sheet - Assurance item - Actual work → Recheck & reconfirm compatibility
	○		・ Fastening quality → Quantitatively assured by fastening error proof system
	○		・ Application/attaching quality → Assured by all-around urethane application shape measurement technology
	○		・ Fluid filling quality → Trend monitoring by residual air measurement technology
		○	・ Connecting quality (Coupler) → Assured by inertia lock connector ("click" ness)

5.2 組立オン～車両完成までの工程短縮

この工程短縮の狙いは、「Bカーの工程数でCD/ミニバクラスの生産に対応できる生産ライン」の実現である。

前述のジャストフィットコンベアの導入による工程配置人員密度の拡大、およびモジュール化の展開拡大によるサブラインの活用などにより工程短縮を可能にした。

この結果、U2組立新生ラインは閉鎖時点に対し21%もの工程短縮を実現した。また、マツダの中で最も工程数の少ない防府第2 (H2) 組立ライン比でも11%優っている。

5.3 部品物流革新の実現

この部品物流革新の狙いは、メーカーを含めた「仕掛かり在庫・リードタイム・物流工数の改善」である。

メーカーの初工程から作業者の手元までの部品供給を直結したストレート物流、および二階建屋構造のメリットを最大限に活用した部品ダイレクト供給方式の主要施策により狙いの姿を具現化してきた。

(1) メーカーからの計画順序搬入の拡大

この計画順序搬入部品拡大の狙いは、メーカーを含めた「仕掛かり削減と部品順序付け作業廃止」である。

組立ラインでは、従来から部品種類数の多い大物部品を対象に搬入された部品を組立オンの順番に順序付けしてラインサイドへ供給している。これにより、組立作業者の選択/判断作業に伴う精神的負担や歩行ロスなどを改善してきた。しかしながらこの一方で、メーカーと組立間での仕掛かり、部品順序付け作業の追加などのロスを発生させている点も見逃してはいけない。

これらのロスを排除するためには、組立の生産順序通りに部品供給先も同期した生産を行うことが必要である。また、そのシステムを可能にするためのリードタイムの確保もしなければならない。つまり、マツダ全加工区において、工程内での品質保証を強化しながら、車体オン～塗装～組立オフ間の車の流れが、計画順序通りに滞ることなくストレートに生産できることが必須条件となる。現在、計画生産を阻害する問題を対策し、車体オン情報に基づく同期生産をメーカーと一体で進めている (Fig.7)

計画順序搬入実施アイテム数でみると、閉鎖時点8アイテムであったものを新生本格稼動時31アイテム、その後44

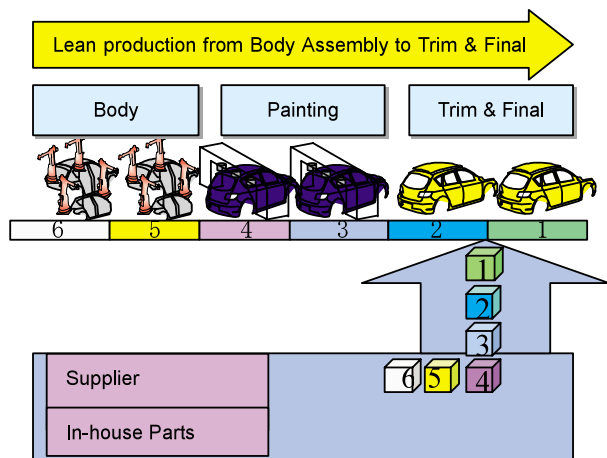


Fig.7 Image of Integrated Scheduled Delivery

アイテムへと拡大展開中である。

(2) 瓦パーチレータによる部品ダイレクト供給

この部品ダイレクト供給の狙いは、「部品供給距離の最短化と部品納品から完成車オフのリードタイム短縮」である。

従来の台車牽引方式に対して、一階部品置場・二階組立ラインという二階建屋構造メリットを最大限活用した瓦パーチレータによる一階から二階への部品供給方式を採用することにより、部品を各工程へ最短距離でダイレクトに供給することを可能にした (Fig.8)

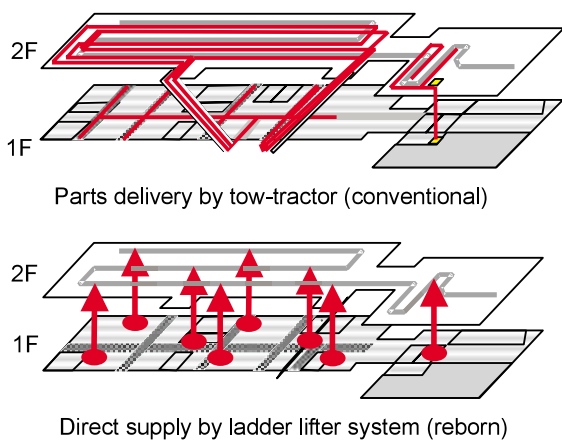


Fig.8 Parts Supply Method

瓦パーチレータとは、建築現場などで屋根に瓦をあげる時に使われる簡易的な昇降装置である。これは、従来の装置の約1/5という低コストで設置可能で、しかも実際に使用する工場での移設ができる点が特徴である。

これまで前述のキットサプライを中心に9基の瓦パーチレータを展開し、納品からラインオフまでの部品リードタイムを閉鎖時と比べて35%短縮した。

6. 多機種フレキシブル生産ラインの実現

6.1 搬送系設備の全ボデーサイズ対応

この狙いは、「将来のモデルチェンジ/新型車導入に対する即応化と搬送系設備の投資ミニマム化」である。

既存のコンベアを最大限活用しながらミニマム投資でBカーからCD/ミニバンクラスまでの生産を可能にした。重量アップ対策については、既存のパワー&フリーコンベアの徹底活用を図るためにコンベアレールへの加重分散構造などの工夫を織り込んだ。幅/高さ/長さのボデーサイズ対応では、切替式ハンガー受け具やパレット化によるフレキシビリティの拡大を実現した。

6.2 生産設備の汎用化

この汎用化の狙いは、「将来のモデルチェンジなど、新型車導入に対する生産設備の投資ミニマム化」である。

そこで、車種固有の専用部を極小化し、その他は全て汎用部にして再投資のない設備構造を追求した。Fig.9にリヤサスペンションアセンブリ装置の例を示す。ピンクの部分が汎用部、グリーン部分がリヤサスペンション受け部となる専用部である。



Fig.9 Rear Suspension Assembly to Accommodate Multi-Models

6.3 インテリジェントセル同期生産システム

この生産システム導入の狙いは、「車種ミックス/生産量変動の吸収」である。インストルメントパネルサブアセンブリラインを従来の分業・連続コンベアラインからインテリジェントセル同期生産方式に工程革新し変動に強いラインを実現した。

作業時間の異なる多機種混流生産において、従来のコンベア方式では、車種ミックス/生産量が変動する度に、全工程の作業編成を見直すことになる。これに伴うラインサイドの部品移動・作業者への教育/訓練も必要である。さらに、車種間での作業時間の違いによって、歩行・手待ちなどのロスも多く発生し、フレキシビリティの観点で課題を抱えた生産システムであった (Fig.10)

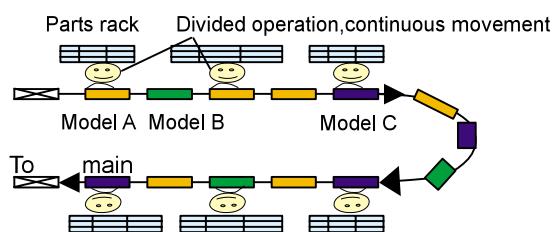


Fig.10 Conveyer Production System (Conventional)

今回導入したセル生産方式は、一人の作業者が自己完結で組立を行っている。従って、車種ミックス/生産量の変動に対しては、人の増減のみで対応できる。また、静止作

業化による歩行ロス削減・品質の安定化, 更には作業者の適性や能力に合わせた生産が可能である。これらにより, 単調作業に対し, 自己完結作業がもたらす達成感や働き甲斐などを作業者が実感できるという効果も生まれている。

しかしながら, 通常のセル方式はセル工程とメインラインの間に多くの仕掛かりプールが存在し, これによって生産順序への対応をしている (Fig.11)。

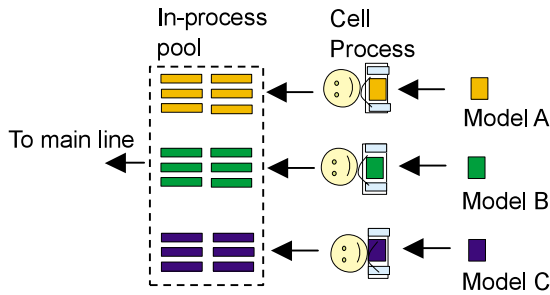


Fig.11 Regular Cell Production System (Fixed Model)

U2新生組立ラインでは, セルとメインラインを直結させながらも仕掛かりのミニマム化を実現した。セル工程で前後になった順序をメインラインの生産順序に戻す自律コントロール機能を持つ生産方式である。これをインテリジェントセル同期生産システムと名付けた (Fig.12)。

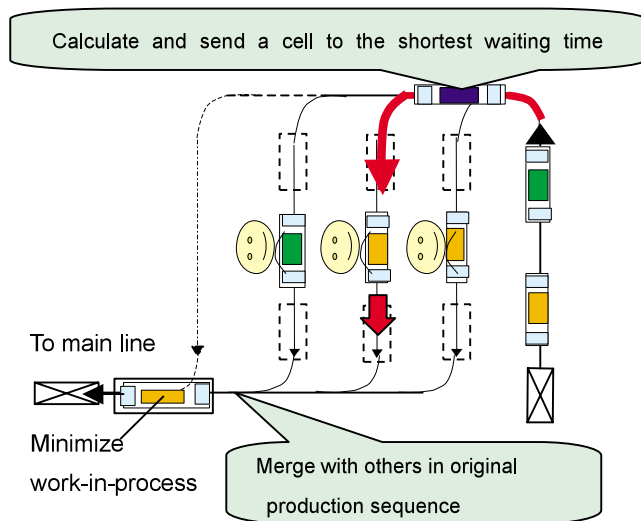


Fig.12 Synchronized Intelligent Cell Production System

6.4 MDIによる生産準備プロセス革新

この狙いは, 車両構造と生産工程の同時開発による「生産設計の早期確定によるフレキシビリティの継続拡大」である。構造標準化による作業のシンプル化・開発完了後の設計変更ゼロ化による早期品質安定などを展開し, 量産1号車からフル生産までを従来の1ヶ月から2週間へ短縮中である。

開発初期段階からシンプルな作業を徹底的に追及した事例として, 机上シミュレーションによる作業姿勢検証を Fig.13に示す。これは, 従来の車両構造検証と同時に, 今

後の新型車導入に対する昇降機能付きコンベア台車などのインフラ整備の検証も合わせて実施することにより, 将来に向けた最適な車両構造と生産工程の実現を可能にした。

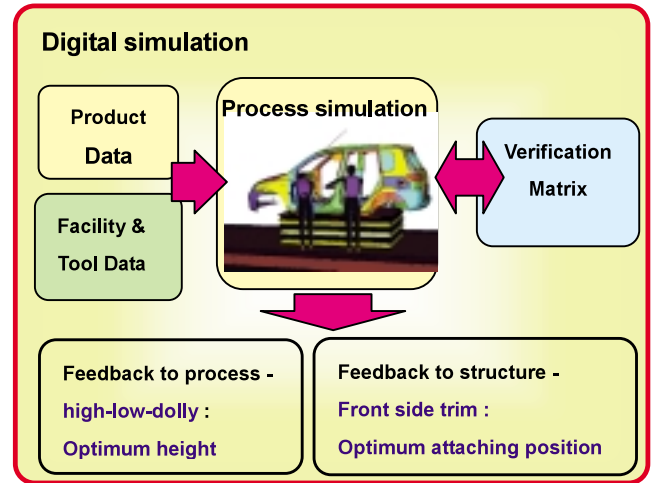


Fig.13 Work Posture Simulation

7. おわりに

今後の生産を取り巻く環境は, 中国の躍進・品質競争激化・市場ニーズの多様化などますます厳しさを増すことが予測される。劇的品質革新・絶対原価生産・開発期間短縮などを更に向上させることが必須である。

マツダの今後のもの造りを具現化するマザー工場とすべく, また他社にベンチマークされるU2組立ラインへ向けて, 立ち止まることなく, 更なる進化へ向け今後も引き続き努力・貢献して行かなければならない。

最後に, U2車両組立ライン新生においてご協力頂いた関係各位に深謝する。

著者



近藤恒幸



福谷 勇



福間博文



増田義弘



久 政志