特集論文

海外生産拠点へのITを活用したマザー工場の技能・ノウハウの伝承

渡邉浩史* 阿倍博信**
金森康孝*
國澤理人*

Application of IT for Swift Transfer of Manufacturing Skills and Know-how of Mother Factory to Overseas Plants

Hiroshi Watanabe, Yasutaka Kanamori, Masato Kunisawa, Hironobu Abe

要　旨

拡大する海外市場への対応として，短納期化と生産コスト削減，為替リスク回避を目的に，生産拠点の海外展開を進めている。また競争力強化のため国内マザー工場に近いレベルの生産性の実現を目指している。

これまで国内マザー工場では自動化やIT化で生産性を向上させてきたが，長年の経験で培った技能やノウハウを持った熟練作業者が支えているところも多く，その技能やノウハウをいかに海外生産拠点へ伝授できるかが課題となっている。また作業者の定着率が低い海外生産拠点では，要員の出入りが発生しても確立され定着した業務や作業を維持する仕組みが必要となっている。

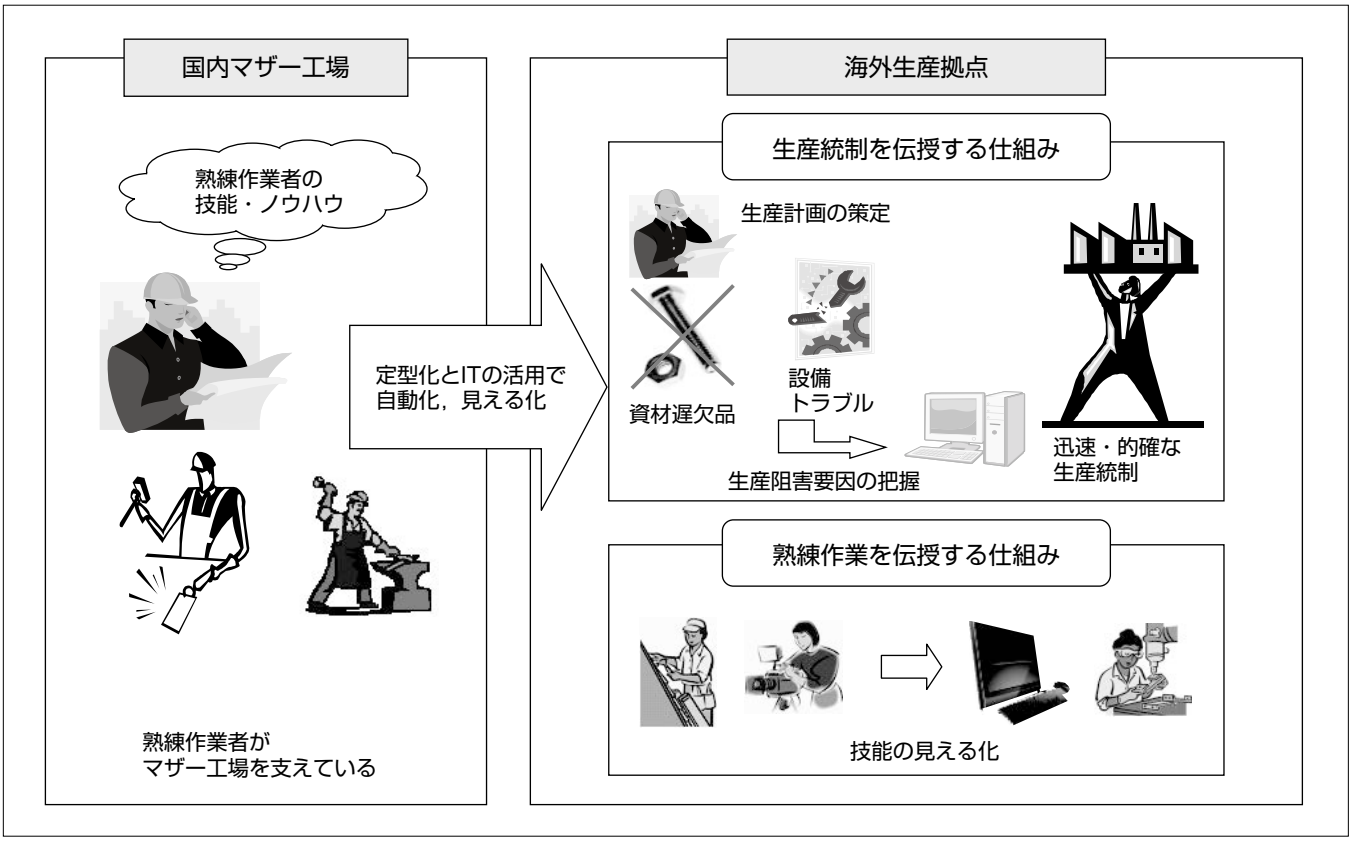
このような課題に対して次のように取組んだ。

(1) 生産統制業務を伝授する仕組み作り

個別受注生産を対象にした生産計画の策定と，資材遅欠品や設備トラブル等の生産阻害要因を正確に把握して，迅速・的確に対策する生産統制業務で，その業務内容を定型化し，特にノウハウを要するなど重要な部分の自動処理によって業務を簡素化した。

(2) 熟練作業を伝授する仕組み作り

従来の作業要領書に代わって，カン・コツに頼った熟練作業のノウハウを動画で解析して定型化し，音声と図表を併用して解説する作業教育システムを導入した。



国内マザー工場の技能・ノウハウを伝承する仕組み

国内マザー工場には，長年の経験で培われた技能やノウハウを持った熟練作業者が支えている非定型業務が多くある。それらの業務を定型化・自動処理化することによって，そのノウハウを海外生産拠点へ伝授し，担当者が代わっても業務を維持する仕組みを構築した。

*情報システム技術センター　**情報技術総合研究所（工博）

1. まえがき

拡大する海外市場への対応として，短納期化と生産コスト削減，為替リスク回避を目的に，生産拠点の海外展開を進めている。また競争力強化のため国内マザー工場に近いレベルの生産性の実現を目指している。

これまで国内マザー工場では自動化やIT化で生産性を向上させてきた。しかし，長年の経験で培われた技能やノウハウを持った熟練作業者に依存してきたため，定型化ができていない業務や作業があり，その技能やノウハウをいかに海外生産拠点へ伝授できるかが課題となっている。また作業者の定着率が低い海外生産拠点では，要員の出入りが発生しても確立され定着した作業や業務を維持する仕組みが必要となっている。この国内マザー工場の技能やノウハウを定型化し，ITを活用して対応できる仕組みを構築した。

2章では“生産統制業務を伝授する仕組み作り”について述べる。個別受注生産を対象に，工場全体の基準スケジュールである生産計画を策定し，その計画を遵守するため生産を阻害する要因の発生状況に応じて迅速・的確に対策，又は計画を変更する。マザー工場では熟練作業者が支えるこの生産統制業務を定型化する。特にノウハウが必要で複雑な業務を自動処理化することによって海外拠点に伝授し，担当者が代わっても業務品質を維持できる仕組みを構築した。

3章では製造現場の“熟練作業を伝授する仕組み作り”について述べる。海外生産拠点の現地作業者にマザー工場の熟練作業ノウハウを教育する仕組みとして，従来の作業要領書や製造現場でのOJT(On the Job Training)に加え，動画と音声，図表を情報連携した教育コンテンツで教示する作業教育システムを導入した。教育コンテンツ作成ではマザー工場の熟練作業のノウハウを分析し，新人作業者との差異を見える化した内容とすることによって教育効率を向上させた。

2. 生産統制業務を伝授する仕組み作り

2.1 生産統制業務について

(1) 小日程生産計画の策定

特に生産統制業務が複雑な客先仕様に応じて製品を設計・生産する個別受注生産を対象にした取組みについて述べる。生産効率の改善を推進する製造拠点では，資材と製造工程内・製品など，工場内の仕掛かりの削減と客先納期を短縮するため，製品の組立て工程や製品の出荷前に必要な部材が同期してそろうように，同時に複数部品を並行して加工し，外注品を手配する。また各工程の工期を合わせることによって，工程間の部品滞留を抑制する。さらに，製造現場にムダやムリが生じないように作業負荷を分散する。このような生産を実現するためには，部品ごとに設定した加工工程の工期を基に短サイクルでフィードバックできる生産計画(以下“小日程生産計画”という。)を策定する必要がある。この小日程生産計画の策定はシステム化が進んでいるが，個別受注生産では都度加工する部品が異なるため，国内マザー工場では熟練作業者が過去の経験を参考にその加工工程と工期を設定しているところが多い。

(2) 生産阻害に対する迅速・的確な対策

先に述べたように策定された小日程生産計画に従い，工場の各部門は作業を進める。しかし，客先都合による仕様や納期変更，資材欠品，設備トラブル等，想定外の様々な要因によって，進捗に遅延が生じる場合がある。その遅延の発生と要因を早期・的確に捉え，出荷期日を遵守するために手配変更や関連部門と連携して生産順序を変更する等，迅速に最適な対策を講じる。また生産現場の様々な情報を収集し，作業内容を見直すことで生産を阻害する要因の発生を未然に防止して改善する。

このような生産統制業務は長年の経験や知識によるところが大きく，これまで国内マザー工場では熟練作業者が支えてきた。

2.2 海外拠点へ伝授するための仕組み作り

国内マザー工場で熟練作業者が支えてきた生産統制業務を定型化，自動処理化することによって，そのノウハウを海外生産拠点へ伝授し，担当者が代わっても業務を維持する仕組みを構築した(**図1**)。

(1) 生産統制業務の定型化

これまで熟練作業者に頼ってきた生産統制業務を定型化して業務要領書にまとめる。例えば先に述べた“生産阻害に対する迅速・的確な対応”について，各工程の着手と完了に加えて，移動距離の長い工程間や仕掛かり置場など，進捗遅延を早期に捉えることができる進捗管理ポイントと管理指標を設定する。管理指標には異常発生の判断基準とその原因・対策と担当部門を定型化する(**表1**)。

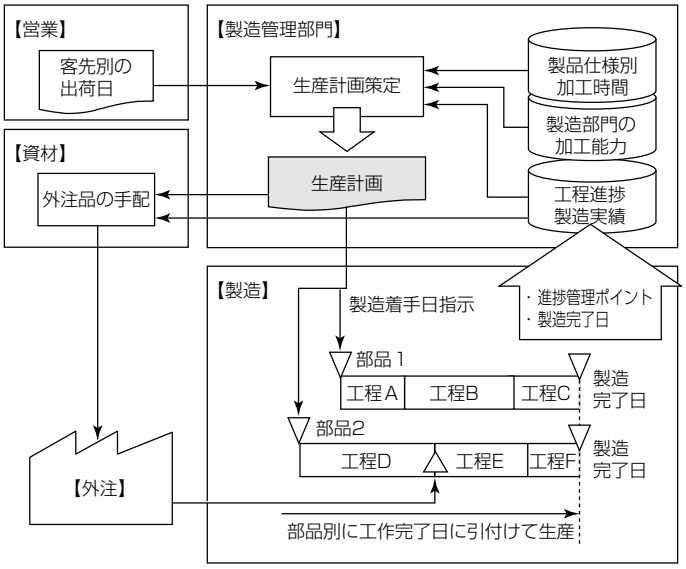


図1．生産統制業務

表1．指標悪化の原因と対策

指標(判断基準)	悪化原因	対策例
(a) 計画着手遵守率	・部品の欠品 ・設備停止 ・着手の序列の変更	・資材の入着状況確認，フォロー ・設備の復旧，恒久対策 ・変更原因の分析，改善 ・序列徹底の指導
(b) 計画完了遵守率	・工程内での加工停止 ・生産性の低下(人的要因)	・加工停止原因の分析，改善 ・工程分析，改善
(c) 同期生産遵守率	・生産計画ミス ・工程の能力設定ミス	・生産計画作成ロジックの見直し ・工程の能力見直し
(d) 納期遵守率	・手配計画ミス ・外注の納期設定ミス	・手配計画作成ロジックの見直し ・外注の納期見直し
(e) 工程リードタイム	・基準リードタイムの設定ミス ・工程内での加工停止	・基準リードタイムの見直し ・加工停止原因の分析，改善

管理指標は担当者のほか，管理者，関係部門のパソコン上で見える化して迅速に問題を顕在化させる。

海外拠点では異常発生と対策の責任を明確にし，成果へ反映させることによって業務の精度を向上させることができる。今回，部品の納入管理・工程の進度管理といった管理業務に対して，国内マザー工場では通常行わない担当者別評価の仕組みを構築した。その結果，責任範囲が明確になり，管理指標の向上を実現した。

(2) 生産統制業務の自動処理化

個別受注生産の“小日程生産計画の策定”で熟練作業者に依存している加工の工程手順と工期設定について，設定に必要な製品の仕様に対する各工程の加工能力などのパラメータと設定方法を定型化する。この工期を出荷日に引き付け，工程ごとの生産着手日と資材手配，外注品の納入日を指示する小日程生産計画を設定する。この一連の業務を自動処理化することによって正確な小日程生産計画を策定し，状況に応じてタイムリーに変更する。

3. 熟練作業を伝授する仕組み作り

3.1 海外生産拠点構築時における現地作業者教育の課題

製造現場では長年の経験で培われた熟練者の技能やノウハウに頼る作業工程がある。この作業工程のある製品の生産拠点を海外に展開する際，工場稼働と同時に生産するためには，十分な作業教育を事前に現地採用者に実施しておく必要がある。ただし，稼働前の現地には教育する環境がないため，一般的に日本のマザー工場で製品の現物を利用したOJTを行う。OJTは，通常の生産活動への影響を最小限に抑えるため短期間で計画し，作業要領書を利用した教育が主体となる。

その教育には，次の5つの問題がある(**図2**)。

(1) 作業要領書作成に手間がかかる

作業要領書に熟練者の技能やノウハウなどの暗黙知を追加するためには相当量の情報が必要で，作成する時間と手間がかかる。

(2) 作業要領書では，技能が伝えづらい

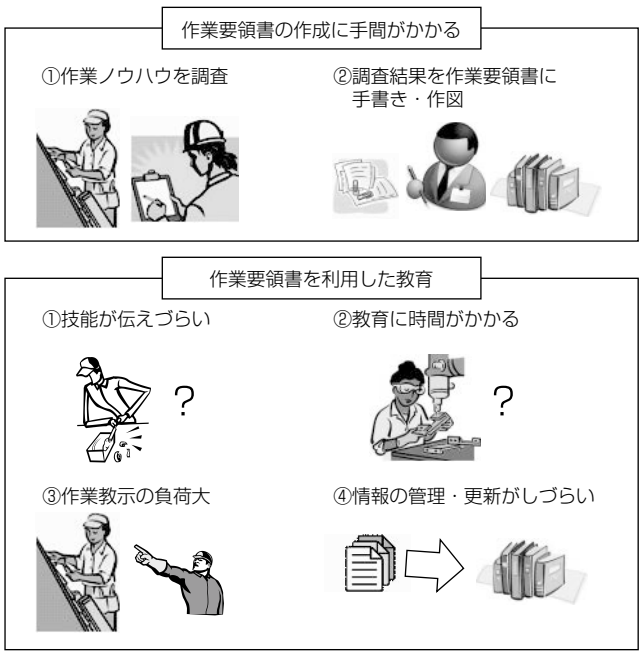


図2．従来の作業教育

紙の作業要領書を利用した教育では，カン・コツ技能，動作までは伝わりづらい。また，新人作業者がその内容を十分に習得するのは難しい。

(3) 教育に時間がかかる

長工期の製品の現物を利用した教育では，作業教育に時間がかかる。

(4) 教育担当者の負荷が大きい

熟練作業者の技能やノウハウを，多くの新人作業者に教示するには，教育担当者の負荷が大きい。

(5) 作業要領書の製造拠点間統一が困難

作業の良し悪しを評価する基準となる作業要領は拠点間で統一する必要がある。従来の作業要領書は各製造拠点に配布し，各拠点で統一して変更していたが，製品寿命の短サイクル化に伴い作業要領書の変更も短サイクル化し，その変更に手間がかかり，適正に変更されない場合がある。

3.2 海外工場立ち上げ時のITシステムを活用した現地作業者教育の施策

3.1節で述べた問題に対し，ITを活用した技能・ノウハウを見える化した作業教育システム(**図3**)を開発・導入し，海外生産拠点の教育の仕組みを構築した。作業教育システムの特長を次にあげる。

(1) 従来行っていたビデオによる録画で熟練者の作業内容を記録することに加え，さらに，知識とノウハウを編集ソフトウェアで電子化し，教育の動画コンテンツ(以下“教育コンテンツ”という。)へ反映する。具体的には，熟練者と新人作業者の作業を録画して比較し，熟練者の作業のコツやノウハウを洗い出す。その内容を新人作業者が理解しやすいように編集し，動画とともに注意喚起や図表で表現する。編集ソフトウェアは，説明文や図の手

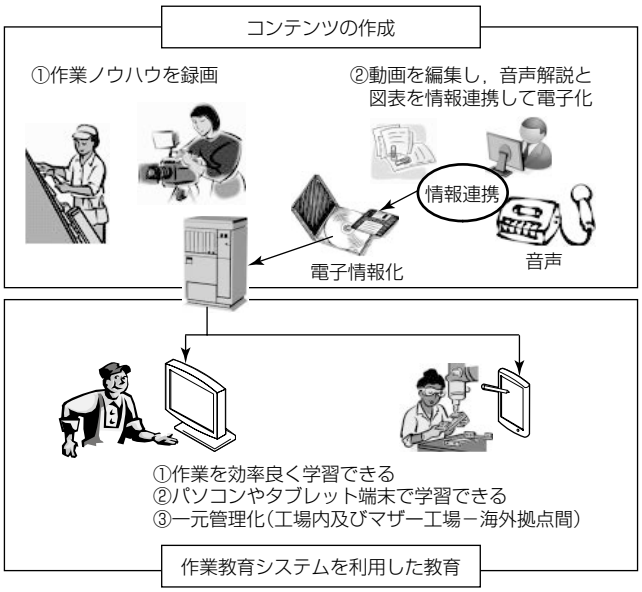


図 3．技能・ノウハウを見える化した作業教育システム

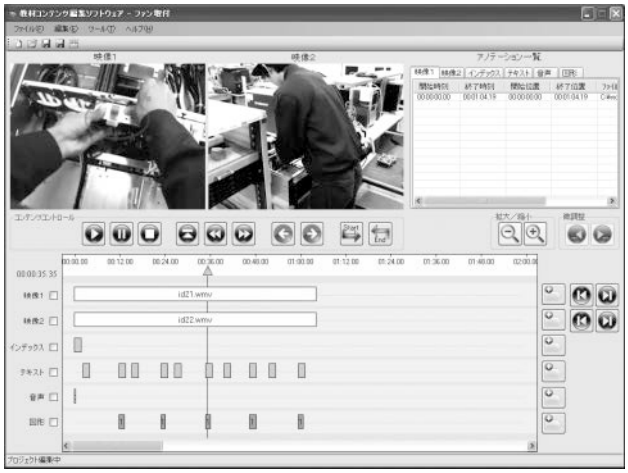


図 4．作業教育システムの編集ソフトウェア

書き作業を軽減し，教育コンテンツをマウス中心の操作で簡単に作成，変更できる(**図 4**)。

(2) 動画，音声，図表で作業方法を教示することによって，作業を効率良く(短時間で分かりやすく)学習できる(**図 5**)。

(3) 作業者がパソコンで教育システムを用いて学習し，かつ携帯可能なタブレット端末で製造現場でも活用できる。

(4) 工場内及び国内マザー工場-海外生産拠点間で情報をサーバで一元管理することによって，作業教育の方法，内容を統一管理できる。

3.3 作業教育システムの詳細機能

作業教育システムの詳細機能を述べる。このシステムは三菱電機情報技術総合研究所が開発した“マルチメディアを活用した技能継承システム”を活用した[1]。

(1) 動画データの 2 画面同期再生

制作した教材コンテンツは，作業者の遠景映像と，手元映像の 2 画面同期再生が可能であり，作業の様子を全体と

図 5．作業教育システムの教示画面

詳細の 2 つの視点から確認できることから，作業の姿勢，手元での動き等が理解できる。

(2) 同期表示

作業の動画データと同期した作業内容の説明文(以下“テキスト”という。)，音声や注意ポイントを図形で表示することによって，教育者のアドバイスや要領書が作業ごとに把握できる。

(3) リンク機能

テキストには関連情報として各種メディアへのリンクを設定することによって，作業途中で必要に応じて，詳細図面，要領書などを確認できる。

(4) 動画の頭出し機能

教示画面の左部には，工程フローをツリー形状で表示できる。ここで，工程フローを把握，選択することによって作業内容を確認できる。

これらの機能を利用して，コイルの巻線作業，板金塗装作業，電子機器組立て作業，大型プレスの段取り替え作業等に教育システムの導入を進めている。

4. む す び

長年の経験で培われたマザー工場の生産統制業務と現場作業の技能やノウハウを定型化し，ITを活用して自動処理化・見える化することによって海外生産拠点に伝授して担当者が代わっても業務や作業レベルを維持する仕組みの事例について述べた。海外生産拠点では設備保全や品質管理など，国内マザー工場から伝授すべき技能やノウハウが多く存在する。今後はそのような技能やノウハウへの適用拡大とともに海外生産拠点への展開を進める。

参 考 文 献

(1) 阿倍博信，ほか：マルチメディアを活用した技能継承システム，三菱電機技報，**85**，No.11，633～636 (2011)