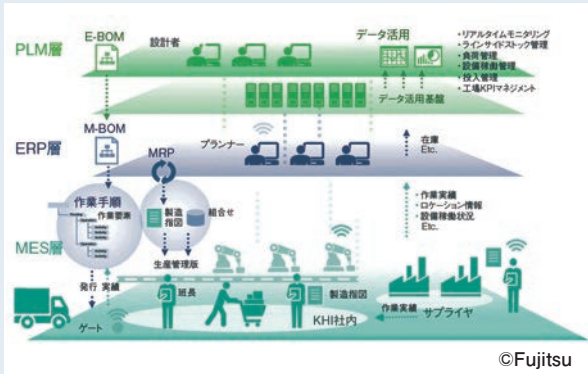


設計から生産までの情報をデジタルで一元化「Smart-K」

Smart-K Enables Digital Integration of Information from Design to Shop Floor



酒井 亨①	Ryo Sakai
清家 嘉昭②	Yoshiaki Seike
飯田 健太③	Kenta Iida
小川 裕貴④	Yuuki Ogawa
鈴木 倫太郎⑤	Rintarou Suzuki
石井 陽真⑥	Youma Ishii

航空機製造では、膨大な点数の部品を厳格な品質基準に基づいて管理する必要がある。これまで紙と人の手により情報を繋げて品質を確保してきたが、今後は品質を維持しつつ生産性をさらに高めていくことが求められている。こうした状況からDXに取り組み、業務プロセスをデジタル化することで品質確保と生産性を両立した。

In aircraft manufacturing, it is necessary to control an enormous number of parts based on strict quality standards. Until now, different pieces of information have been connected by paper and human labor to assure quality. Going forward, we are required to further enhance productivity while meeting strict quality requirements. Under such circumstances, we have successfully digitalized our work processes through digital transformation (DX), thereby achieving both quality assurance and productivity enhancement

まえがき

新型コロナウイルスの流行により航空機需要は一時的に低迷したものの、中長期的には回復して従来以上の需要になると予見されている¹⁾。

1 背景

航空機の製造工程は大規模・複雑系であるが、長らく人手と紙による作業が行われてきた。今後、航空機をより高品質かつ高効率に製造していくには、現行の人手と紙の業務プロセスでは限界があり、工場のDX化が必要とされていた。

2 航空機製造の特徴

航空機製造の特徴として、「特徴的な機体構造」「多品種・少量生産」「厳しい品質要求」が挙げられる。まず、航空機は一機あたりの部品点数が300万点にも及ぶ大型構造物である。アルミ・チタン・炭素繊維強化プラスチック CFRPなど、多様な素材を適材適所で使い分けつつ、機械加工・板金加工・溶接・化学処理・配線といったさまざまな工程を経ることで航空機は完成する。一方、航空機には極限の軽量化が要求される。軽量化を追求するが故に、一

見ると同じように見えるが仕様の異なる「一品一様」な部品が多数存在し、小ロットでの生産が基本となる。多数の品種、工程が存在することから自動化や専用ライン化は難しい環境にあり、製品が社内外の数百の職場を複雑に巡る「ジョブショップ型」の生産方式が採用されている。また、陸上輸送機とは異なり、航空機は空の上で故障しても機体が止まることは許されない。安全性を保証する上で、製造過程においても非常に厳しい品質要求が課されており、ISO認証のJIS Q 9100（航空宇宙）をはじめとした航空機特有の認定制度や要求スペックが存在する。こうした規定に基づいて適切な製造を行うとともに、その記録を確実に取得し、必要に応じて迅速に開示することも求められる。

このように、膨大な品目数かつ複雑な工程の部品群を、厳格な規定に基づいて管理しなければならない点が航空機特有の難しさである。航空機製造の現場では、図面・作業指示・各種記録など、大量の情報を「紙」で管理し、品質を確保してきた歴史があり、「航空機は紙で飛ぶ」とさえ言われている。無数の紙は技術者のノウハウや匠の技の結集であり、さまざまな紙面を作成し、紙と紙の間の情報を繋いでいくことが製造現場における重要な職務となっている。しかしながら、製品の構造は年々複雑化するとともに、品質管理の要求レベルも高まっており、従来の紙と人手による対応は限界を迎えつつあった。

6 ①②③④ 航空宇宙システムカンパニー 航空宇宙ディビジョン 生産総括部 生産企画部
 ⑤ DX戦略本部 デジタル戦略総括部 データサイエンス技術部
 ⑥ DX戦略本部 デジタル戦略総括部 デジタルプロセス部

3 「Smart-K」プロジェクト

こうした状況を打破するために、当社は「Smart-K」プロジェクトを立ち上げた。「Smart-K」プロジェクトは、図1に示すように、設計出図・工程設計・生産実行・実績収集までのあらゆる情報をデータ化し、業務プロセスをすべてデジタルで繋ぐことをコンセプトにしている。主な取組みは「設計要求の確実、かつ迅速な伝達」、「作業指示のデジタル化」、「あらゆるデータの集計・可視化」の3点であり、デジタル化により業務の確実性とスピードを高めるだけでなく、蓄積されていくデータの利活用することで、生産性向上を狙った。

本プロジェクトは対象とする業務・職場が工場全体に渡り、構築するシステムも非常に大規模である。したがって、設計・生産技術・生産管理・製造・品質保証・情報システムの各部から人員を集めて新たな部署を新設し、富士通・SAPといった社外パートナー企業とも密に連携しながらプロジェクトの遂行にあたった。

(1) 設計要求の確実、かつ迅速な伝達

(i) 背景

航空機製造では、原則として製造する機体ごとに試験や補助解析を求められるが、設計図面に「型式証明」を適用することで試験を簡略化あるいは省略することが認められている。製造する機体ごとに大量の試験や解析を実施するのは現実的ではなく、型式証明制度の利用は事業を継続する上での必須条件であると言える。この型式証明が機能する大前提は、事前試験で証明済みの図面や各種規定のとおり製造できているという「再現性の保証」と、製造過程における「適切な記録の管理」である。

再現性を保証するには、技術情報が確実に現場に伝達さ

れていること（「技術情報のフローダウン」と呼ぶ）が不可欠である。実務上は、計担当者が客先要求や技術スペックを基に設計部品表（E-BOM）や図面を作成し、そこに生産技術担当者が製造スペックを盛り込んで、製造部品表（M-BOM）や作業手順に落とし込み、その上で、現場作業者は生産技術担当者が提示した作業手順どおりに作業する、といったプロセスが必要とされる。また、現場作業者は、各工程における作業結果や作業者名などの必要情報を適切に記録することが求められる。こうした記録は品質記録として保管し、必要に応じて開示できること、すなわち、製造に関する「トレーサビリティの確保」が必須となる。

(ii) 課題

既に述べたように航空機製造の現場は大規模・複雑系であり、工場内には常時数十万点の部品が存在し、数万通りのルートで流れている。膨大な数の物品に対し、従来から大量の紙媒体を人手で繋ぐことで技術情報のフローダウンを成立させてきたが、設計変更や工程変更など、変更時の内容反映や情報管理に多大な労力を要していた。また、トレーサビリティは紙面で確保されているものの、情報が必要になった場合は無数にある紙の中から所望の情報を探し出す必要があり、情報開示のスピードの面で難があった。

(iii) 解決方針

上記のような状況に対し、「Smart-K」プロジェクトでは膨大な量の情報をより迅速かつ確実に扱えるように、紙情報をデジタルデータへ転換することを考えた。本件においては、設計出図から生産実行までの幅広い業務において、億を越すレコードが生成されると予想される。適切なデータ管理を行えるようにまずは既存の業務プロセスの課題を把握し、あるべき業務プロセスを策定して要件を整理することから始めた。対象とする業務プロセスは優に100を越えるが、関連部門の担当者を交えた協議を行い、必要なデ

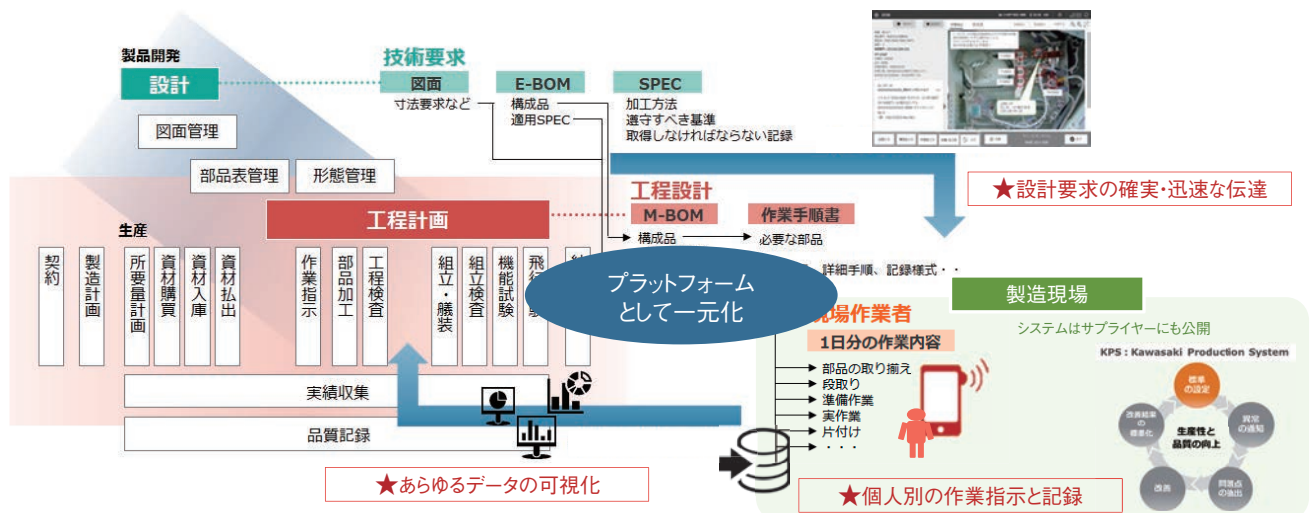


図1 「Smart-K」のコンセプト
Fig. 1 Concept of Smart-K

ータや業務機能を洗い出すことで、図2に示すような、業務に必要なあらゆるデータを集約可能な「統合プラットフォーム」を構築するに至った。

この統合プラットフォームは多数の業務領域をカバーし、千人規模の従業員が利用するものであることから、単一システムでの実装は困難であった。このため、本件では市販パッケージであるSAP S4/HANA Manufacturing for Production Engineering and Operation (PEO) を中核に、統合基幹業務システムERPをはじめとした既存システム群を有機的に連動させる形とした²⁾。PEOは製造に関するデータの一貫性を確保できる機能を持ち、当社の目的に合致するものであったが、導入を検討していた2017年当時は登場したばかりのソリューションであり、世界的にも導入例がなかった。導入にはリスクがあり非常に挑戦的な試みであったが、PEOの標準機能を最大限活用して極力追加開発を避けることで、短期間ながら大規模なシステムを開発することができた。

統合プラットフォームには出図から製造に至る各種データが全て集約され、紐付けられた状態で保管される。このため、数十万点の部品に対して技術要求や変更情報を漏れなく迅速に現場に伝達することが可能である。また、後述するが、統合プラットフォームには現場への作業指示や実績収集に独自の仕組みも組み込んだ。指示と実績の対応関係も確実に担保され、製品を「誰が」「いつ」「どのように」製造したかが一目瞭然となっている。このようにして技術情報のフローダウンやトレーサビリティをより強固なものとすることで、将来の増産に対応できる環境が整った。

(2) 作業指示のデジタル化

(i) 背景

当社では独自の生産方式である「KPS (Kawasaki Production System)」に基づき日々現場改善を行い、生産性向上に努めている。こうした改善サイクルを回すための代表的なツールに「個人別生産管理板」がある。個人別生産管理板は現場作業を一挙手一投足の要素レベルで書き出したものであり、作業を詳細化することで経験の浅い作

業者であっても高い作業効率と品質を確保できるようになっている。また、個人別生産管理板を用いて作業の実績時間を収集し、目標時間との差異を分析するなどして、より良い作業方法を見出していく。当社ではこの個人別生産管理板を用いて、「どの現場も一日として同じ状態は無い」と言えるほどに改善サイクルを回している。

(ii) 課題

個人別生産管理板は現場の製造ノウハウが凝縮されたもので、他社にはない当社独自の強みと言える。ただし、その多くは紙媒体で運用されており、指示の作成や実績の収集に時間を要することから、改善サイクルを回せる回数には限界があった。また、前述した技術情報のフローダウンも必要なため、上位指示である生産技術部門の作業手順と個人別生産管理板の内容を整合させつつ、頻繁に作業内容を更新するには多大な労力が必要となっていた。こうした「改善サイクル」と「厳格な繋がり」の両立は困難で、個人別生産管理を運用する上での大きな課題であった。

(iii) 解決方針

「Smart-K」プロジェクトでは、各職場で利用されている個人別生産管理板もデジタル化し、指示の作成や実績収集の省力化を図った。前述の統合プラットフォームには、個人別生産管理板相当の機能を「生産実行システムMES」としてERPの下位側に実装している。現場の担当者は、MES上で、生産技術者が提示する作業手順の内容と整合を確保しつつ、個人別生産管理板を簡便に作成することができるようにした。また、個人別生産管理板の内容はMES内にマスタデータとして保存され、他社に対する競争優位性として蓄積、ブラッシュアップされていく仕組みである。

作成した個人別生産管理板は、図3に示すように作業者の手元のタブレット端末に投影される。写真や図などのグラフィカルな表示により作業内容が一目で分かり、必要に応じて関連ドキュメントも参照できることから、作業者はミスなく作業することができる。また、タブレット端末から実績情報も簡単に収集でき、統合プラットフォームに蓄積されるため、作業効率なども即座に評価できる。他にも、



図2 統合プラットフォーム
Fig.2 Integrated platform



図3 個人別生産管理板
Fig.3 Detailed work instructions for individual workers



図4 経営層向けダッシュボード
Fig.4 Dashboard for management

作業者の気づきやノウハウは写真やメモで記録でき、作業の実績時間と気づき事項を複合的に分析することで、改善をより早く、深く行えるようになった。

このようにして航空機製造に求められる「厳格な繋がり」を保ちつつ、高速に「改善サイクル」を回せる状態を実現できた。

(3) あらゆるデータの集計・可視化

(i) 背景

これまで工場内のデータの収集・蓄積を中心に論じたが、品質向上や生産性向上のためには蓄積されたデータの活用が重要となってくる。製造現場においても、今後はベテランの経験や勘などの主観的な判断から、データに基づいた客観的な判断への転換が求められる。

(ii) 課題

航空機製造の現場には無数の人・もの・設備が存在し、これまで工場内の状況を正確に把握するのは非常に困難であった。また、従来は各部門で個別にデータ収集・分析を行っていることが多く、局所最適な判断がなされるといった懸念もあった。

(iii) 解決方針

繰り返しになるが、統合プラットフォームに工場内のあらゆるデータが集約され、いつでもアクセスできる状態になった。今後はこれらのデータから製品や部署を横断した分析を行い、全体最適な判断を実現することで、工場の実力をより高めるためのアイデアや、今までにない気づきを得られると見込んでいる。

データの利活用は、まずは蓄積データの可視化から進めた。たとえば、製造進捗のリアルタイムモニタリング機能が実装済みであり、現場に出なくとも製造状況を把握可能になっている。こうした可視化の範囲を広げ、ゆくゆくは生産活動全体の可視化する。また、可視化だけでなく、経営層向けの分析にも取り組んでいる。生産活動から得られ

る情報を工場操業や経営視点のKPI (Key Performance Indicator) に成形し、図4に示すような上位層の判断支援を行う仕組みを構築している。今後も経営に資する情報を提供し、データドリブンな経営を実現する。

分析・可視化の先には、データのより能動的なフィードバック、すなわちAIなどによる工場のコントロールや最適化を行っていく予定であり、このような活動を通じてリードタイム短縮やコストダウンを図り、他社にない高効率な工場に発展させていく所存である。

あ と が き

「Smart-K」プロジェクトは大規模で複雑な航空機製造の現場を対象にしたDX活動であり、統合プラットフォームを構築することで品質確保や生産性向上といった各種課題を解決した。構築した仕組みは「BK117」や「B787」などの一部機種を対象に運用中であり、今後は他機種への適用展開を進めていく。また、「Smart-K」プロジェクトの理念やベストプラクティスを他製品の工場にも横展開し、社内のスマート化を進めていく。

参 考 文 献

- 1) 一般財団法人 日本航空機開発協会, 民間航空機に関する市場予測 2020-2040 (2021)
- 2) SAP S/4HANA Manufacturing for Production Engineering and Operationsで設計と製造をデータ統合, “航空機製造にDXを起こす川崎重工業のチャレンジ” JSUG Conference 2019 (2019)



酒井 亨



清家 嘉昭



飯田 健太



小川 裕貴



鈴木 倫太郎



石井 陽真