

海上機器生産における生産性向上への取り組み

Measures to Improve Marine Equipment Manufacturing Productivity

熊倉 仁志
Hitoshi Kumakura

山岡 尚紀
Naoki Yamaoka

濱田 悟
Satoru Hamada

吉田 繁
Shigeru Yoshida

板垣 隆
Takashi Itagaki

要 旨

近年、船舶に搭載される機器の生産量は年々増加している。このようなニーズに迅速に対応し、いち早く製品を提供していくために、製造現場のモノづくりにおける高効率な生産手法を確立することが急務となっている。

本稿では、海上機器生産における個づくり生産方式、自動検査装置の開発について報告する。

Abstract

Recently, the manufacture of equipment installed on ships has been increasing each year. To rapidly meet this need, it is an urgent task to establish effective production methods at manufacturing sites rethinking how things should be made, which allow quick provision of products.

This is a report on unit-by-unit modes of production of marine equipment, and on development of automatic testing devices.

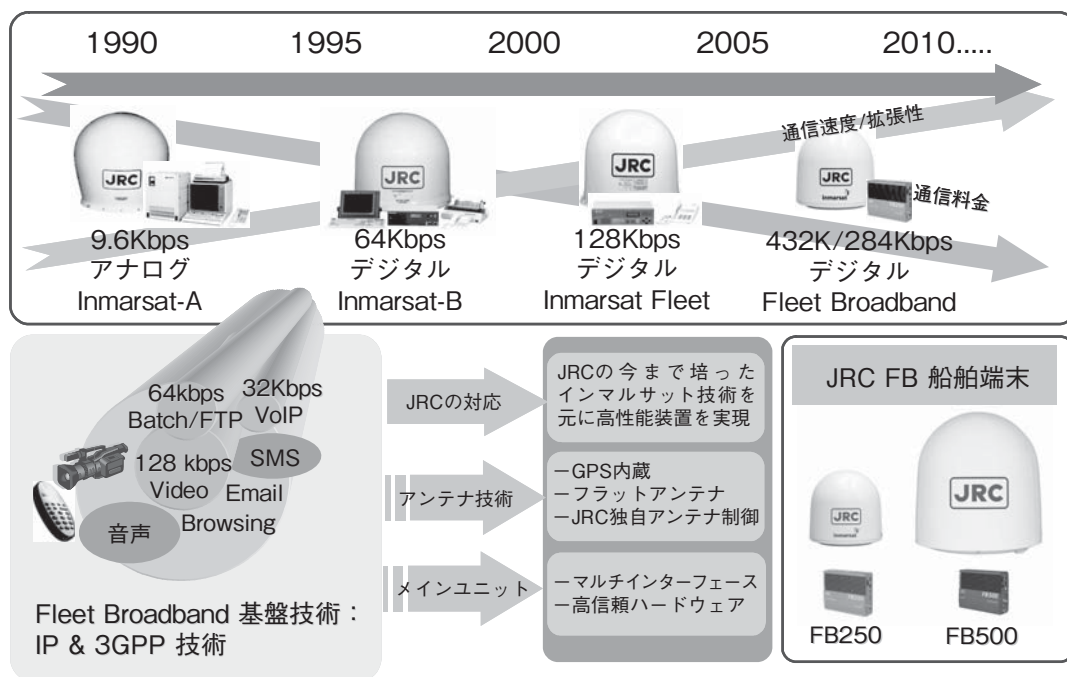


図1 インマルサット機器の発展
Fig.1 Development of INMARSAT

1. まえがき

インマルサット機器は、図1に示すように1995年頃からアナログからデジタルへ移行後、高速データ通信に対応した機器が要求されている。また、機器の小型軽量化が図られ、搭載船舶も大型船舶中心から中小型船舶までの需要が拡大してきた。

一方、インマルサット機器を供給している当社としては、

従来の大型船舶向け機器の生産は継続し、なおかつ、中小型船舶向けの新型機種を生産する必要性が高まっている。

限られたリソースで、顧客満足度を高めるために、生産部門としては、「高効率生産」、「市場変動への迅速対応」の主な課題（図2を参照）を挙げ、生産性向上に努めている。

本稿では、インマルサットF33、及びF77を例に挙げて、海上機器の生産性向上の取り組みにおける、ライン構築と検査の自動化について紹介する。

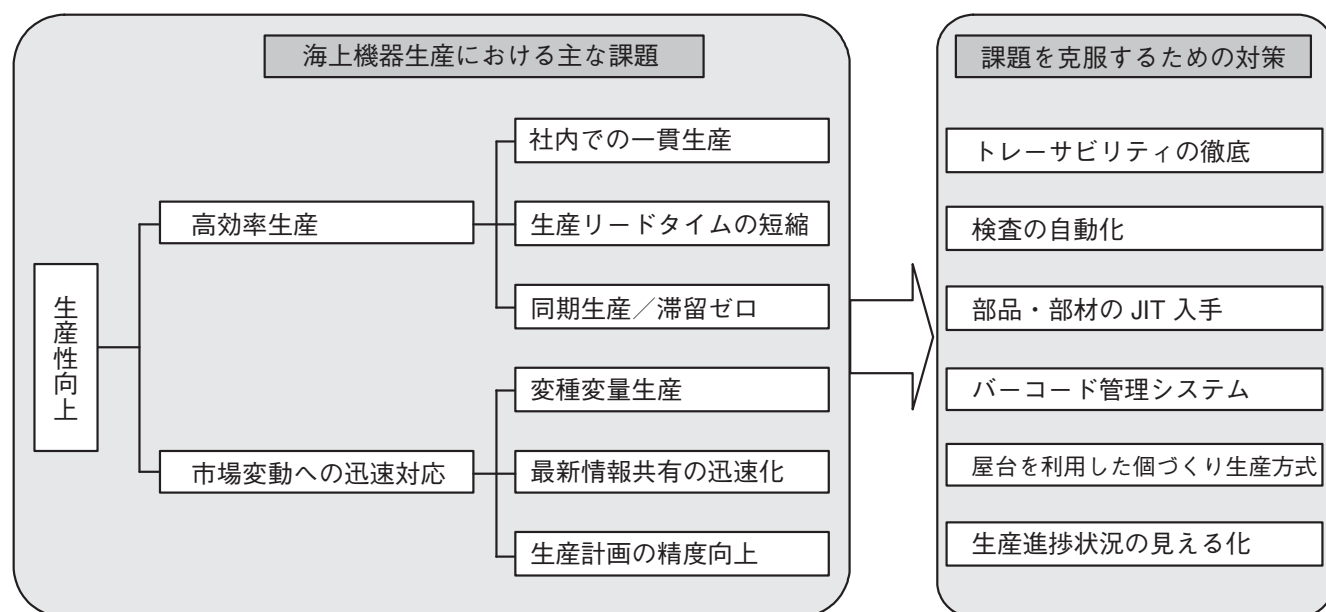


図2 海上機器生産における主な課題と克服する為の対策

Fig.2 Strategies to resolve chief problems in marine equipment manufacture

2. 課題を克服する為の対策

海上機器生産における課題を克服するための対策（図2を参照）の内、屋台を利用した個づくり生産方式、及び検査の自動化について、インマルサットF77、F33を例に挙げ、最終工程である組立・調整・検査について述べる。海上機器の生産フローの概要は、図3のようになっている。

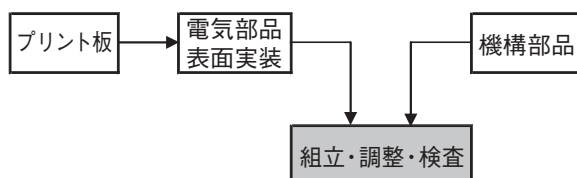


図3 海上機器の生産フロー概要

Fig.3 Outline of marine equipment production flow

2.1 個づくり生産方式

表1に示すように、個づくり生産方式は、ロット生産方式（従来方式）に比べ、多くの有利な点がある。

この個づくり生産ラインを、屋台方式で構築させるための取組みについて、以下に述べる。

2.1.1 生産ライン設計

図4のインマルサットF77生産フローに基づき、生産ライン（組立・調整・検査）構築前に3D-CADでシミュレーションを行い、最適設計を行った。そのときの主な条件は、以下のとおりである。

- ① 生産ラインは、最適配置、最小面積とする。
- ② 作業者の動き及び物流が最短になるように、各セル及び、エリアを最適に配置する。
- ③ 作業台の幅は、75cmに統一し、必要に応じて、セルの入れ替えを容易にする。

表1 個づくり生産方式とロット生産方式の比較

Table 1 Comparison of unit-by-unit production mode

	個づくり生産方式	判定	ロット生産方式
品質	個単位で品質を確保できるため不具合の発見が早い。	>	ロット全体で不具合発生の可能性あり。
製造リードタイム	1台×各工程の作業時間（短い）	>	ロット台数×各工程の作業時間（長い）
占有面積	小	>	大
作業スキル	多能工	>	単能工
ムダ・ムラ	排除しやすい	>	発見し難い

注）・製造リードタイム：製造仕掛りから、1号機出荷までの日数

・判定は、有利>不利を示す

④ 部品置場を、作業者の近くに配置する。作業者は、毎朝1日分の部品を部品置場に取りに行く。

⑤ 作業台は、キャスター付きで移動可能とし、ラインの規模を必要に応じて可変できること。

シミュレーション結果による最適配置を図5に示す。従来方式の生産ラインは、ANT（アンテナ）組立エリアを含めると1フロア全面積の2/3を占めていた。しかし、シミュレーションによる最適設計の結果、屋台を利用した個づくり生産方式による占有面積は、従来方式の約50%となり、単位面積当りの生産量は、従来方式の2倍となった。

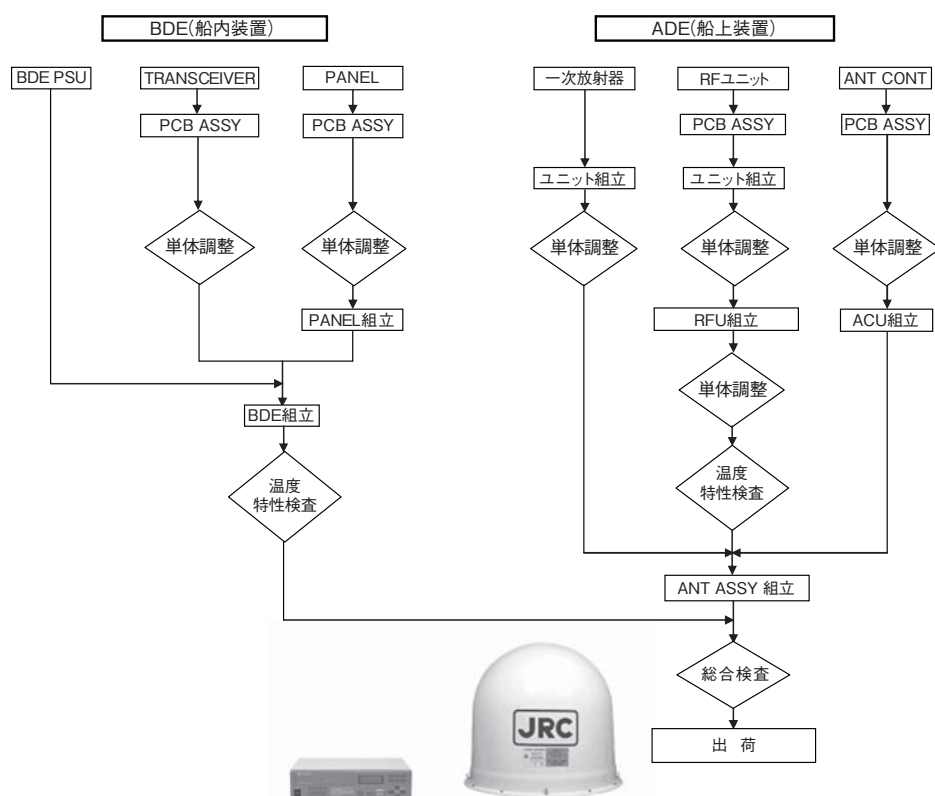


図4 インマルサットF77の生産フロー
Fig.4 INMARSAT F77 production flow

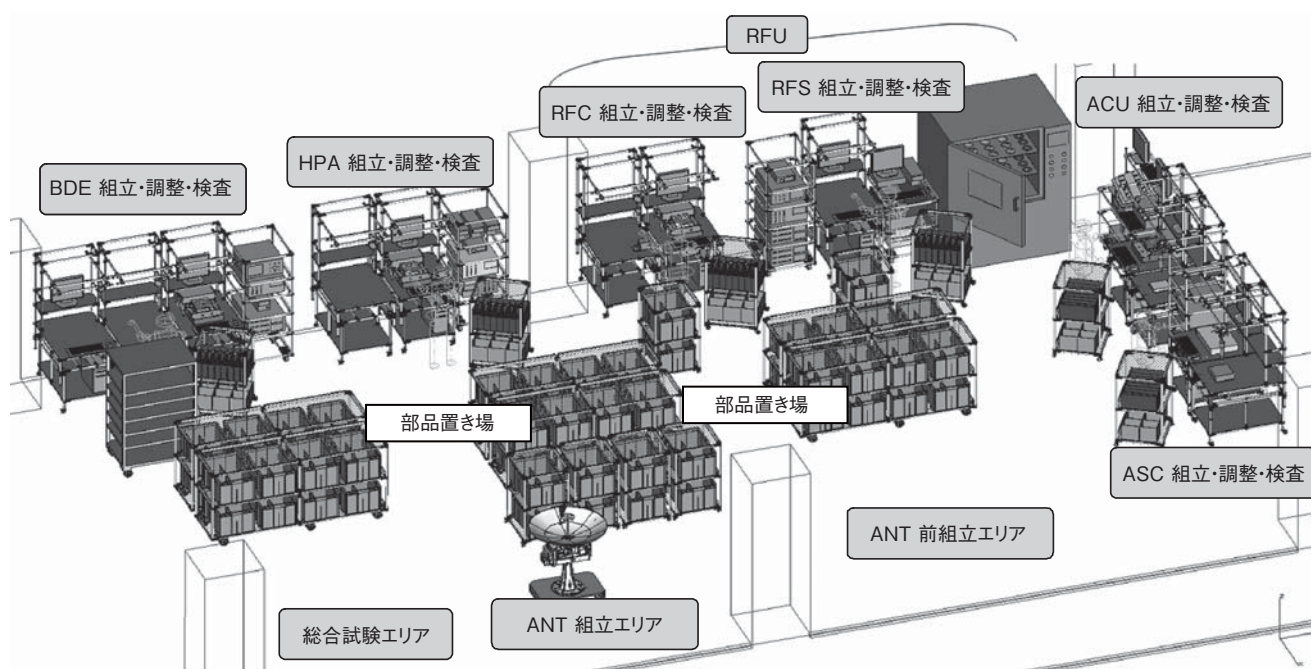


図5 インマルサットF77組立・調整・検査ライン最適配置図 (シミュレーション)
Fig.5 Optimum layout of assembly, adjustment, and testing lines of INMARSAT F77 (simulation)



図6 従来の生産ラインと個づくり生産ライン

Fig.6 Conventional production line and unit-by-unit production line

2.1.2 生産ラインの構築

図4の「生産フロー図」に基づき、図5の「組立・調整・検査ライン」の最適配置図を実際に構築した結果が、図6である。従来方式は、座り作業で作業効率、及び面積効率が非常に悪かった。しかし、屋台を利用した個づくり生産方式では全て立ち作業とし、作業者の動作が効率的になり、作業面積効率も向上した。また、各工程間の物流もスムーズになり、仕掛け状況や進捗状況の把握が容易になった。更に、製造リードタイムも短縮された。

2.2 検査の自動化

検査の自動化については、インマルサットF33を例に挙げて説明する。調整検査ラインにおいて、従来の生産量では問題なく納期確保が可能であった。しかし、従来方式では市場要求により、生産量が増加した場合、2交替制導入のための人員確保と検査設備の増設をする必要がある。

保有設備の有効活用と作業者の増員を図らずに現状のソースで、生産量を確保する対策として、検査の自動化と無人化を目指した。図7にインマルサットF33の生産フローの概要を示す。

F33の単体検査は、テストベンチによる半自動または、全自動が実施されている。F33の生産リードタイムは、単体検査よりも温度特性検査の時間が大きく影響している。即ち、温度特性検査の時間を削減することが生産量を確保する要素となる。

温度特性検査は、環境温度が変化しても電気的特性が規格内であることを確認する等、極めて重要な検査工程である。図8の温度サイクルに示すように、検査が長時間のため、夜間運転が必要である。個づくり生産ラインでの、温度特性検査は一括投入順次検査方式を採用することが最適であると判断した。安全確保と人手削減を目標に、夜間無人運転が可能な自動温度特性検査装置を開発したので、これについて述べる。

まず、温度検査における夜間無人運転装置の必要条件は、次の3項目である。

- ①測定・検査とデータ取得の完全自動化
- ②夜間完全自動化
- ③一括投入順次検査方式の採用

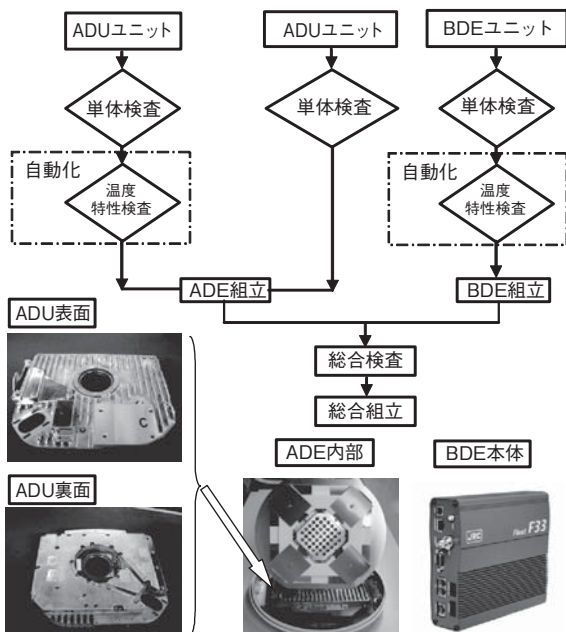


図7 インマルサットF33の生産フローの概要

Fig.7 INMARSAT F33 production flow

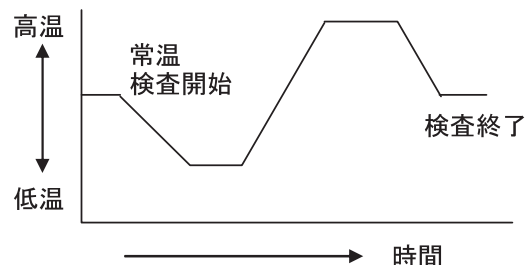


図8 F33温度特性検査の温度サイクル

Fig.8 Temperature cycle of F33 temperature property test

この条件を満足する装置として、恒温槽を利用して一括8台のADU/BDEを検査可能なADU/BDE自動温度特性検査装置(図9を参照)を開発した。

この装置の特長は、RF回路の検査項目を温度条件毎に測定が可能なことである。各温度は自動設定され、それぞれの温度で8台を1台ずつ、順次、自動的に切替えて検査を行う手法を実現した。

この自動温度特性検査装置は、品質保証部門による初期流動管理のデータ検証に基づき、品質・信頼性が確保されている。



図9 ADU/BDE自動温度特性検査装置

Fig.9 ADU/BDE automatic temperature characteristic tester

用語一覧

セル: 生産ラインにおいて少人数活動単位を意味する。

3D-CAD: Three Dimension-Computer Aided Design System
(コンピュータを使った三次元設計)

FTP: File Transfer Protocol (ファイル転送プロトコル)

VOIP: Voice Over IP (IPネットワーク上での音声通信)

ADU: Above Deck Unit (船上回路)

ADE: Above Deck Equipment (船上装置)

BDE: Below Deck Equipment (船内装置)

RF: Radio Frequency (無線周波数)

HPA: High Power Amplifier (高周波増幅器)

ACU: Antenna Control Unit (アンテナ制御回路)

ASC: ADE Superimposed Circuit (ADE重畳回路)

PSU: Power Supply Unit (電源供給回路)

SMS: Short Message Service (ショートメッセージサービス)

RFC: RF Controller (高周波制御回路)

RFS: RF Subsystem (高周波サブシステム)

RFU: Radio Frequency Unit (高周波回路)

2.2.2 自動化の効果

従来、ADU/BDEユニットは単体検査完了後、翌日に温度特性検査を行っていたため、2日間の作業時間を要していた。温度特性検査の自動化により、夜間無人運転が可能となったことでリードタイムが1日に短縮され、ADEユニットとの単体検査作業時間のバランスが図られ、増産要求への迅速な対応が可能になった。また、検査データ取得の完全自動化より、ヒューマンエラーの可能性も無くなった。

3. あとがき

今回、海上関連のインマルサット機器で用いた生産手法についてライン改善の取り組み例を述べてきました。今後も当社に合った生産手法を追求し、安定的に品質を確保した生産効率向上に取り組んで行く。

最後に、生産性向上の取り組みにあたり、ご指導、ご協力を頂いた関係各位に深く感謝いたします。