

モータサイクルエンジン組み立てにおける 一人組み立て方式の実現

Establishment of System Which Enable One-Man to Complete a Motorcycle Engine

三好 隆 Takashi Miyoshi

●モーターサイクル製造事業部磐田第5工場

要旨

モータサイクルエンジン組み立てラインにおいて、微量生産モデルの生産を行う場合、そのモデルの能率が向上しないばかりか他のモデルの能率にまで影響を及ぼし、ライン全体の生産性の低下を招くという問題を引き起こしていた。この主たる原因是、微量生産モデルの主要生産モデルに対する生産量と、構造上の違いからくる習熟性の低さの相乗効果であることが分かった。そこで、構造上の違いを要素作業を基に数値化し、評価指標を作った。そして、これに基づき、微量生産モデルに適する生産方式として、一人完結型組立方式を採用した。これにより、品質および生産性が向上するとともに、習熟性の低い微量生産モデルの組み立て方式について、新たな方向性を示すことができた。

1 はじめに

ユーザニーズの多様化により、商品のバリエーションの増加への対応が製造メーカーの課題となっている。ヤマハ発動機（株）（以下、当社という）の商品であるモータサイクルにおいても多様化が求められ、ユーザニーズにこたえるべく様々な商品展開が行われている。

また、商品の特性上、季節変動が大きく、例年、冬から春にかけて仕事量がピークとなる。さらに近年では商品寿命の短命化に伴い、新機種の立ち上がり時のピーク対応を余儀なくされている。このように変種変量生産へのスムーズな対応が製造部門に求められてきている。しかし、変種変量生産に起因する様々なロスは、このまま推移すると生産性の低下を招く恐れもあることから、TPM活動においてロスを分析し排除する活動を行ってきた。当社は1989年PM優秀事業場賞の審査（以下、PM審査という）を受けたが、その際、微量生産モデルを対象とするロス排除方法として、「組み立てへ習熟性工学の活用」を指導されている。

その後検討を重ね、微量生産モデルの組み立て方式について一人組み立て方式を導入し、品質や生産性を向上することができたので、ここに紹介する。

2 変種変量生産への対応策

モータサイクルのエンジン組み立ては、コンベア上をワークを搬送しながら組み立て作業を同時にを行う、いわばフォード生産方式を発展させた方式である。この方式

に変種変量生産というムラを引き起こす要因が加わると、月々のリズムの乱れやロットごとのリズムの乱れが生じると捕らえた（図1）。そこで、変種変量生産に起因するロスに柔軟に対応するため、生産量に応じて特長をもたせたラインを下記のように構築した（図2）。

- (1) 生産量の多いモデル（年50,000台以上）でのロボットを使用した専用ライン。（別名：ハイテクライン）
- (2) 比較的生産量の多いモデル（年5,000～50,000台）での汎用ライン。（別名：ハイパフォーマンスライン）
- (3) 少微量モデル生産（年5,000台以下）への対応をスムーズに行うことのできるライン。（別名：ハイスキルライン）

しかし、生産量が年3,000台以下の微量なモデル（以下、微量生産モデルという）は、これらのライン設定のみでは充分なロス排除が困難であることが明確となり、新たな対策が必要となった。

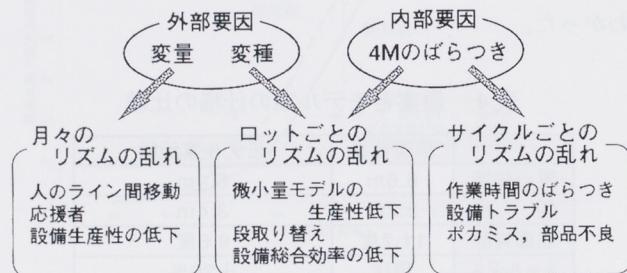


図1 要因とリズムの乱れ

モータサイクルエンジン組み立てにおける一人組み立て方式の実現

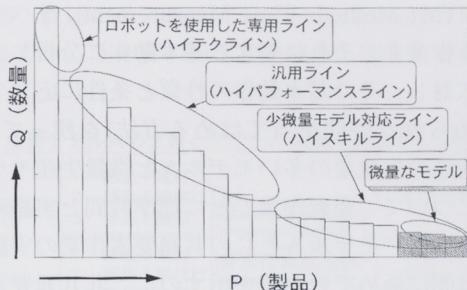


図2 変種変量生産への対応

3 微量生産モデルの影響

微量生産モデルは、少微量モデルに対応するハイスキルラインにて生産されている。そこでは、微量生産モデルが入ることにより様々なロスが発生しているため、これらのロスを分類し、影響度の調査を行った。

まず、ロス構造により要因を洗い出し、ロス時間計測後、金額に換算して表示した（図3）。この結果大きいロスとして下記の項目が挙げられた。

- (1) 段取りロス
- (2) 工程編成ロス
- (3) 習熟ロス
- (4) 手直しロス
- (5) 間接段取りロス

(6) 生産準備ロス

上記の中で最も影響度の高い習熟ロスの要因は、PM審査時に指導された組み立て作業の習熟に起因するロスであることが数値的にも確認できた。

本論ではこの習熟性に着目し、述べることにする。

4 微量生産モデルにおける習熟性

4.1 習熟

ライン作業において能率

$$\text{能率}(\%) = \frac{\text{標準時間}}{\text{実績時間} (\text{特定の作業に要する作業時間})} \times 100$$

を向上させる場合、作業者の習熟をいかに早めるかが重要な課題となる。習熟に影響を与える要因は、作業方式、作業者の慣れ、部品や治工具の配置など様々な要因が考えられるが、その中でも主な要因は次の2項目であるといわれている。^{(1), (2)}

- (1) 生産台数（繰り返し回数）
- (2) 工程変動（作業の種類の変動）

そこで、エンジン組み立てにおけるこの2つの要因と、微量生産モデルの習熟との関係について明らかにすることにした。

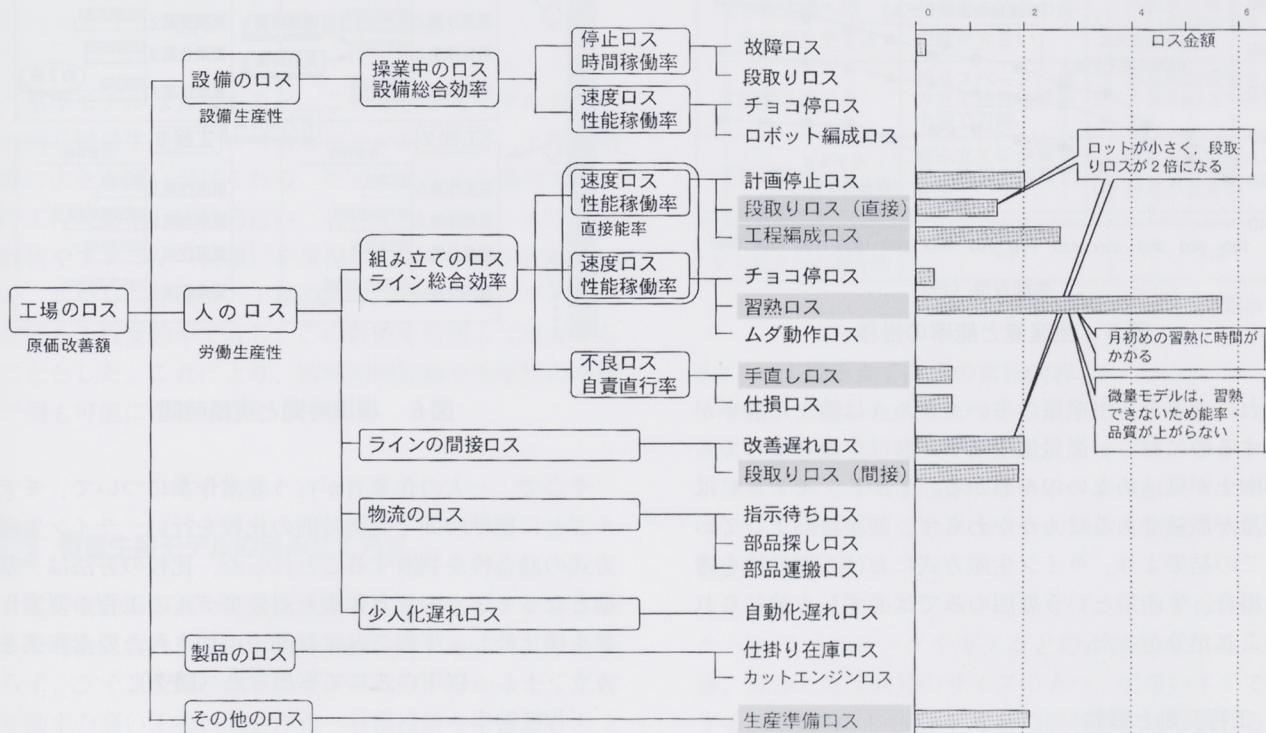


図3 ロス構造と問題点

4.2 生産台数と習熟

特定の作業に要する作業時間（以下、実績時間という）は、延べ生産数の増加に伴って低減する。この傾向は生産の当初において特に著しいが、その作業を繰り返すうちに次第に低減の割合が小さくなり、ある程度以上の生産数になればほとんど変化なく一定値に達するといわれている⁽²⁾（図4）。

そこで、ライン生産方式における微量生産モデルが、生産を繰り返す中でどのような習熟を示すかを調査し、生産台数と習熟の関係を検証することにした。生産量の多いモデルAと微量生産モデルB、Cについて、習熟の違いを能率の変化で比較する（図5）。

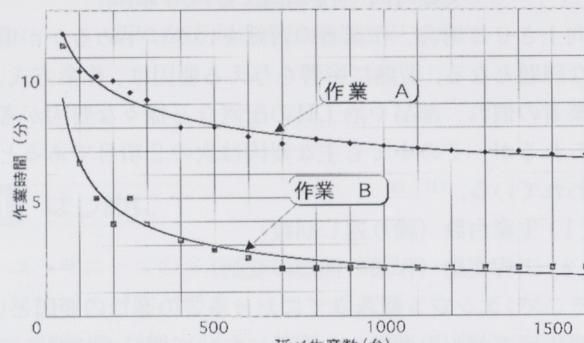


図4 習熟曲線

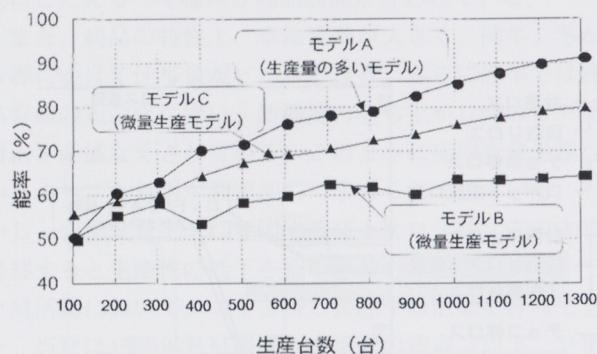


図5 生産量と能率の推移

これによると、生産量の多いモデルAは徐々に能率が向上するのに対し、微量生産モデルBは生産を重ねても能率向上が見込めないのがわかる。しかし、モデルCは生産量が微量であるにもかかわらず、能率は向上している。この結果より、ライン生産方式における習熟性を考えた場合、生産量という要因のみでは必ずしも論じられないことが分かった。

4.3 工程変動と習熟

つぎに工程変動（作業の種類の変動）と習熟性について考察する。当社のエンジン組み立てでは、標準時間の

設定にMTM（Methods Time Measurement：すべての人間のする作業を、それに要する基本動作に分析し、各基準動作に対し、その基本動作の性質と条件に応じて前もって定められた時間を当てはめる方法）を使っている。まず、前述の生産量の多いモデルAと微量生産モデルCの工程について、要素作業ごとに標準時間と実績時間の比較を行った。モデルAとCの共通要素作業の実績時間は標準時間に極めて近い値を示すのに、非共通要素作業については標準時間の2倍以上かかっていることが分かった（図6）。さらに、モデルAと、能率の向上しない微量生産モデルBについて比較したところ、非共通要素作業の実績時間は2倍であることが分かった。

これまで習熟性がよいと思われていたモデルでも、要素作業レベルまで分析すると、共通性のある作業とない作業があり、それがモデル全体の能率へ影響を及ぼすことが分かった。つまり、ライン生産方式において微量生産モデルの習熟が遅れる要因は単に生産量が少ないという理由だけでなく、ある作業者の要素作業が他の機種と異なることも原因であることが分かった。この変動の大きさによりロスの度合いが変わると考えられる。

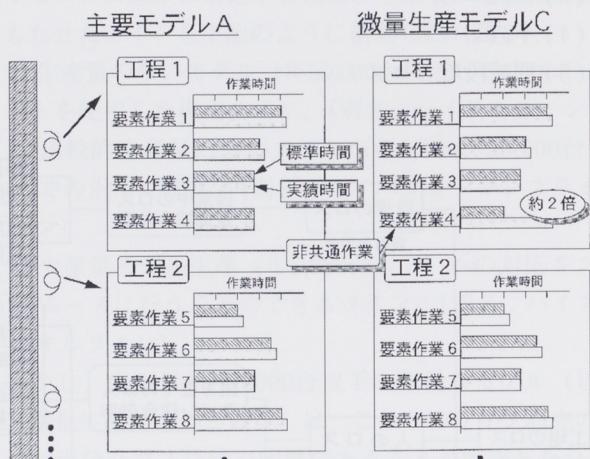


図6 標準時間と実績時間

そこで、一人の作業者が行う要素作業について、モデルごとに標準時間と実績時間の比較を行い、ライン生産方式の適合性を判断することにした。比較の方法は、基準となるモデルの要素作業と対象モデルの工程の要素作業を横比較し、工程ごとに移動や追加された要素作業をカウントし、以下の式にて算出した（図7）。

$$\text{工程変動率} =$$

$$\frac{\text{基準モデルに対する変動要素作業数}}{\text{対象モデルの要素作業数}} \times 100 (\%)$$

モータサイクルエンジン組み立てにおける一人組み立て方式の実現

また、前述のモデルA、B、Cと共に同じラインで生産されている全モデルの工程変動率を図8に示す。

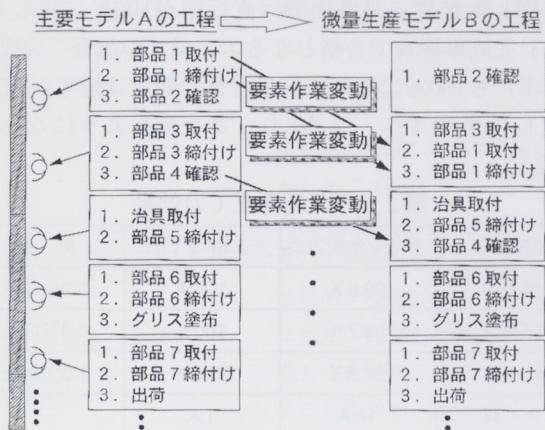


図7 工程変動数算出方法

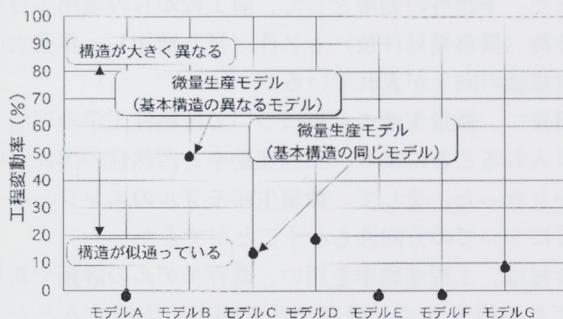


図8 工程変動率の分布

基準モデルはAであるが、この分布からモデルB、Cは同じ微量生産モデルであるにもかかわらず、工程変動率に大きな違いが見られる。モデルCはその他のモデルの工程変動率と比較的近い。当社では、従来、エンジン形状やファミリ（種類）を重視してラインを決定していた。しかし、今後は、工程設計の段階で主要モデルとの差異を工程変動率で表し、この数値を重視して決定することとした。これにより、習熟期間短縮や生産性の事前予測も可能になるとを考えている。

5 微量生産モデルの組み立て方式

工程変動率の高い微量生産モデルを同じラインで生産した場合、習熟が遅れ、その機種におけるロスにとどまらず、ライン全体の能率を下げることが分かった。工程変動率の高い工程の要素作業へ設備投資などを講じ、工程変動率を低く抑え、ロスを対策する手段も考えられる。しかし、微量な生産台数に対しては投資過大となる。

また、スペース上も設置困難である。このため、工程変動率の高い微量生産モデルは、ライン生産方式をやめ、新たな生産方式を考案することとした。そして、工程完結型の組み立て方式の一つである一人組み立て方式を採用した。

5.1 一人組み立て方式の種類と決定

一人組み立て方式といつても様々な方式が考えられるが、今回は次の2つの方式を検討した。

(1) 人移動型一人組み立て方式

部品と治具、工具を配置した作業域を、人が移動しながら作業を行う方式。

(2) 人定位型一人組み立て方式

1ヶ所ですべての作業を行う方式。小物部品の組み立てに適する。

当社のエンジンは部品も製品も大きく、人の移動なしで組み立てを行なうラインレイアウトは不可能である。このため、表1に示すように、2つの方式を比較した結果、人移動型に決定した。

表1 モータサイクルエンジンの一人組み立ての適合性

検討項目	人移動型 一人組み立て方式	人定位型 一人組み立て方式
①他機種展開の 容易性	多機種展開の際の 追加投資は小さい	多機種展開の際の 追加投資は大きい
②台数変動への 対応のしやすさ	作業者の投入の自 由度が大きい	作業者の新たな投 入が追加投資なし では困難
③設置スペース	部品スペース、組 み立て設備など最 小限で可能	部品供給装置を要 するためスペース 大
④設備投資	組み立てに必要な 最小投資で実現で きる	部品供給装置への 投資が大きい
モータサイクルエン ジン組立への適合性	4.5	1.5

[適合性] 5 (良好) ←→ 1 (問題あり)

5.2 一人組み立て方式の実施内容

今回、実施した内容について以下にまとめる。

ここで組み立てるエンジンは、スクータエンジンをベースモデルとする125ccの4サイクル・オートマチックエンジンである。このエンジンの組立工数は1台あたり約20分である。

モータサイクルエンジン組み立ては、まず母体となるケースにペアリングやギアなどの小部品を組み入れた後、母体とほぼ同等のサイズのカバーで覆いネジで結合する。その後、シリンドラなどの燃焼部を組み上げる。つまり、大きく分けて、ケース部分の組み立てと燃焼部を組み付ける2つの状態が存在するため、ラインにも2

モータサイクルエンジン組み立てにおける一人組み立て方式の実現

つのエリアを設けた。ケースに部品を詰めるエリア1では、ワークの手扱いが比較的簡単なことから、作業台を用いた組み立てとした。また、完成に近づくエリア2は、ワーク重量が増加するうえに組み付ける部品も大きくなるため、台車上で組み立てる方式とした。(図10, 11, 12)

部品供給は、供給効率と組み立て作業との干渉を防止するため、通路側から行う。一人組み立て方式の場合は量への対応が難しくないので、生産負荷が高くなった場合、複数の作業者の出発時間を少しづらして工程を一回りさせる、兎追い方式を採用した。⁽³⁾

作業者は重要工程のライセンス取得者に限り、登録制としてある。この結果、エンジン組み立て工程で手直しをしない製品の割合(以下、直行率という)は100%を示している。これは、品質に対する責任の所在が明らかになるためと考えられる。作業者へのインタビューからも、工程完結型の組み立て方式の方が、達成感およびやりがい感ともに大きいことが分かった。

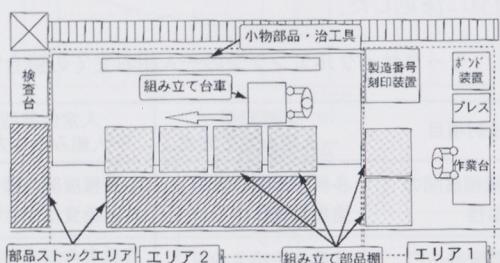


図10 一人組み立てラインレイアウト図

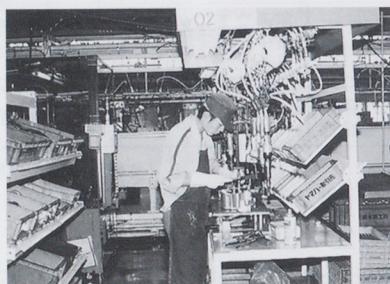


図11 エリア1での組み立て

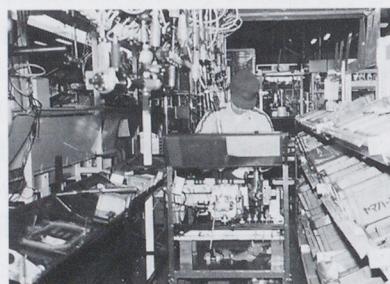


図12 エリア2での組み立て

6 おわりに

工程変動率の高い微量生産モデルに一人組み立て方式を採用した結果、品質面では直行率が100%に達した。また、完成車検査で合格となるエンジンの割合(完成車直行率)も100%に達した。生産性の面では能率が7.5%向上し、生産スペースも84m²でできるようになった(表2)。

表2 一人組み立ての効果

比較項目	ライン生産方式	一人組み立て方式	効 果
直行率	99.8%	100%	0.2%向上
完成車直行率	99.7%	100%	0.3%向上
能 率	67.5%	75.0%	7.5%向上
人 員	10人	1人	—
スペース	465m ²	84m ²	—

また、予想外の効果として、前工程からの流出不良発見件数(異常発見件数)も2件/月と増加し、作業者の品質意識の向上が表れている。

最後に、微量生産モデルについて習熟性工学の理論を取り入れることにより、工程変動率と習熟性の関係が明らかとなった。そして、微量生産モデルのエンジン組み立てについての方向性も示すことができた。

今後は、工程変動率を用い、既存モデルの評価や新規モデルの投入ライン決定などに幅広く応用するとともに、工程変動率を即座に算出可能なシステムの構築を行う必要があると考える。

■参考文献

- (1) 師岡孝次：習熟性工学，建帛社
- (2) 池永謹一：作業研究Ⅰ，産業能率短期大学
- (3) 一生産方式はなぜ儲かるか，工場管理Vol.43 No.4

●著者



三好 隆