

論文・解説

13 オンライン・オフラインQE融合による製造ライン構想設計技術の開発 Robust Production line Development Method Utilizing Combination of Online-QE and Offline-QE

井田吉人^{*1} 中田行俊^{*2} 高橋克典^{*3}
Yoshito Ida Yukitoshi Nakata Katsunori Takahashi

要約

製造ラインのライフサイクル全体における高品質と高生産性を両立させつつ、それらの安定性を継続・向上できるロバストな生産システムへの進化が求められている。

今回、品質工学（QE）として初めての「ライン構想設計，稼働検証領域への適用」を試みた。ライン構想段階において、製造ラインのライフサイクル全体における品質と生産性のバランスを“損失L，SN比，感度”で総合的に同時評価する評価法を考案し、モデルライン適用によりその有効性を実証した。更に設計者自身の多様なライン構想案に追従しながら、この評価法を正確かつ迅速に業務適用できる標準シミュレーションシステムとして開発・導入した。これらを活用した評価の結果、初期条件に対し出来高+8%，SN比の利得3.1db（再現性有），損失▲56%のライン仕様を決定し2007年から量産を開始した。また「SN比向上により損失は低減し，損失低減により生産性は向上する。つまり品質向上でコスト低減できる」ことを改めて実証した。

具体的には、まず製造4Mの状況変化と損失関数構成要素の変動（工程管理，設備点検保全，刃物交換等の工場運営方法）の関連を明確にした。次に品質・生産性レベルの変化に伴い必要となる追加投資や管理コストをオンラインQEで定量化・最適化した上で時間データへ変換し，設備・搬送機・作業者の動きとして稼働シミュレータ上に再現した。ライン構想案ごとに、ラインのライフサイクルを想定した外乱（混流比率，設備劣化，刃物摩耗，作業バラツキ等）を与え，オフラインQE（パラメータ設計）による最適案を導出した。

Summary

An evolved robust production system is required, which concurrently achieves high quality and productivity in the life cycle of the production line, and improves its stability.

We tried the first application as Quality Engineering for “Conceptual production line design and Operational verification”. At the conceptual production line design stage, we developed an evaluation method that concurrently and comprehensively assesses the balance between quality and productivity in the life cycle of the production line with “Total Loss (Loss function)”, “S/N ratio”, and “Sensitivity”. The effectivity of the method was proved by the application of it to a model line. In addition, following to the various production line planning ideas of designers, we developed this method into a standard simulation system which is accurately and quickly applicable to work.

According to the evaluation results, we decided the line specs that achieved “8% Up of the production count”, “3.1db gain of S/N-ratio (repeatable)”, and “56% cut of the total loss” from the initial conditions, reaffirming “Increase in S/N ratio reduces Total Loss, which improves productivity. That is, quality improvement leads to cost reduction.”

*1～3 パワートレイン技術部
Powertrain Production Engineering Dept.

1. はじめに

先の見えない経済状況や顧客ニーズの激変の中でも、高品質と高生産性を両立させつつそれらの安定性を継続・向上できるロバストな生産システムへの進化が求められている。今回、品質工学（以下QE：Quality Engineering）として初めての「ライン構想設計、稼働検証領域への適用」を試み、オンライン品質工学（以下On-QE）の指標である「損失L」とオフライン品質工学（パラメータ設計）の指標である「SN比」「感度」で、製造ラインのライフサイクル全体における品質と生産性のバランスを総合的に同時評価する評価法を考案し、モデルライン適用によりその有効性を実証した。更に設計者自身の多様なライン構想案に追従しながら、この評価法を正確かつ迅速に適用できる標準シミュレーションシステムとして開発・導入した。本稿ではこの取り組み内容・成果および今後の課題を報告する。

2. 従来の問題点と課題

ライン構想設計は、狙いとするQCD（Quality, Cost, Delivery）を満足するよう製造ラインの仕様を決定する業務である。具体的にはラインレイアウト、工程編成、設備や搬送の形態・仕様、作業配置等の最適組合せの検討業務であり、決定後の変更には大きな追加投資・期間を要するだけでなく、その後の量産準備業務と製造ラインのQCDに直結し経営に多大なインパクトを与える。それゆえにここでの評価の充実度・信頼性が重要となるが、設備多機能化等に伴う選択肢の拡大により設計者の検討自由度が増大する中、超短期でそれを行う必要がある。こうした状況の中で従来のライン構想設計は、ライン量産準備部門としての責任を果すという意味合いから、投資の前提生産能力を確実に発揮するという機能に主眼を置き、立上がり時点での不良率、稼働率、機種比率等が最もリスクを含んだ状態でも目標最低基準台数を保証するという構想、すなわちこの状態でも最大のパフォーマンスを備えるよう設計するのが一般的であった。従って、その後の不良率、稼働率の進化や機種比率の変化等に対し、ラインのライフサイクルを通じた最適効率からは隔たりを生じる傾向にあった。そこで、筆者らは工程管理等にOn-QEの考え方を生産ライン・生産技術業務の評価に適用して品質とコストの両立を図り、工程管理方式（検査場所・周期・検査具種類等）、検査設計（検査の必要性、検査方法の妥当性、工場許容差の妥当性）を評価・最適化することで損失評価の有効性を実証し、「QEにおける品質（＝損失）」の意味を明らかにした。つまり、「目標値からのずれを小さくし損失低減することは、工程内不良も激減させる」ことを実証し、生産技術上の課題として「損失低減は、既存ラインへの適用だけでは設備制約等により実現に限界があり、新ライン構想段階からの適用こそが有効かつ重要」であることを明らか

かにした^{1) 2)}。以上を踏まえ、「ラインのライフサイクル全体を通じたQCDを総合的かつ論理的に評価・最適化できる指標・評価法を核とするライン構想設計技術の開発」を課題とした。

従来、設計者はライン構想初期にその構成要素（設備、刃物、金型、材料等）ごとの「工法・機構・メーカ・型番・使用条件等」を、予算枠・工場要求・部分的実験・経験則等を通じて仮決定し、それを前提とした台数・工程編成・工場運営方式の組合せについて稼働検証とOn-QE最適化を独立して実施するのが現実的であり、損失評価という定量的な視点は取り込めておらずラインの骨格はOn-QE思想からずれたものになっていた。そこで今回、長期的な品質・生産性の実力とそれに伴い必要となる追加投資や条件維持のための管理コストを、構想段階からOn-QE評価で定量化・最適化することが必要であると考えた。これを踏まえ、上記を含めたライン構想案ごとにラインのライフサイクルを想定した外乱を与え、製造4M（Man, Machine, Material, Method）の状態変化とそれに伴う損失関数要素の変動の関連を明確にした上でパラメータ設計に組み込むことで、生産性と品質の安定性をSN比・感度・損失で評価することを考えた。その実現のためには次の技術課題を解決する必要がある。

課題1： 目指すべき生産システムの理想状態の定義

課題2： 「ライン設計で評価・決定すべき仕様項目」「製造4Mの状態変化」「損失関数」の関連の明確化

課題3： 単位が異なる課題2の項目の変化を論理的に結びつける「データ変換ロジック」を組み込み、SN比・感度・損失を指標とする評価を可能にする「QCD総合評価法」の提案と有効性実証

3. 新評価法・指標の提案

まず課題1に対し、設備・搬送・作業者等の複雑な組合せである製造ラインを“1つのシステム”と捉え、理想とする生産システムの働きをFig.1に定義した。信号とした負荷時間に対して、特性値である出来高（仕事）が比例関係にあることを理想とした。

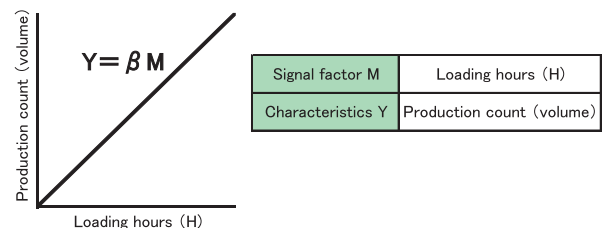


Fig.1 Ideal Function of Production System

次に課題2に対し、ライン構想設計段階で評価すべき「生産技術要素」を展開し、「損失関数構成要素」および「製造ライン4Mの状態変化（TPM-12大ロス）」との関連を整理した（Table 1）。ライン設計の悪さとして現れるこ

Table 1 Relation among Elements of Production Engineering, 12 Major Losses, and Elements of Loss Function

		Elements of Production Engineering																						
		Process design			Facility and Transfer design				Jig, Hand tool, Cutting tool design		Inspection design				Education									
		Cycle time setting (Line)	Capital investment and Production capacity decision	Product process and layout decision	Types of Equipment and Transfer decision	Cycle time setting (Facility)	Specification and Volume decision	Usage condition setting	Adjustment procedure and criteria (limit) setting	Adjustment interval setting	Maintenance procedure and criteria setting	Specification and Volume decision	Usage condition setting	Changing procedure and criteria setting	Changing interval setting	Inspection characteristics decision (Need for Inspection Estimation)	Inline-Tolerance setting (Validity Estimation)	Inspection area and Layout setting	Specification and Volume of Inspection tools decision	Inspection procedure setting	Inspection interval and time setting	Inspection tool's Calibration interval and time setting	Operator training (Inspection, Calibration, Adjustment, Maintenance)	
12 Major Losses that can impede Equipment and Worker efficiency	Equipment Breakdown Losses																							
	Set-up and Adjustment Losses																							
	Cutting tool Change Losses																							
	Start-up Losses																							
	Choko-tei minor stoppage & Idling Losses																							
	Speed Losses																							
	Defect and Rework Losses																							
	Management Losses																							
	Motion Losses																							
	Line Balancing losses																							
Material Handling Losses																								
Monitoring and Adjustment Losses																								
Elements of Loss function	Δ Current tolerance																							
	A Loss on producer side																							
	B Measurement cost																							
	C Adjustment cost																							
	n_0 Current Measurement interval																							
	u_0 Current adjustment interval																							
	D_0 Current adjustment limit																							
	l Time lag																							
	σ_m Error variance of measurement																							

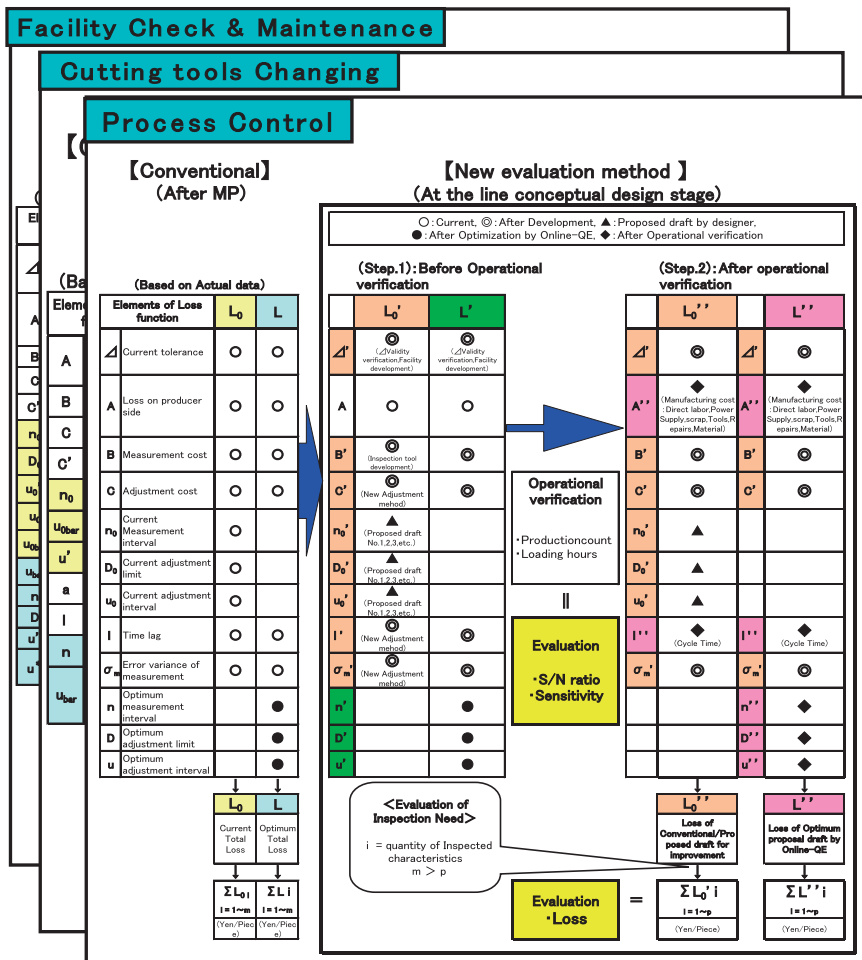


Fig.2 QCD-Total Evaluation Method (Process Control, Tool Change, Machine Maintenance)

これらのロスが発生させないライン仕様の決定が必要であり、ライン構想案(従来レベル/設計者の改善案/On-QE最適化案)を損失評価すると同時に、各案の基本機能に対するロバスト性をSN比・感度で評価することにした。

以上を踏まえ、課題3に対する「①QCD総合評価法」、「②時間データへの変換ロジック」を提案する。

① QCD総合評価法：従来は、品質実績に基づく最適条件 (Fig.2左表●) を算出し最適検査周期等を提案・導入してきた。

新評価法では、まずStep.1として、導入予定の設備の技術開発等の成果 (Fig.2中央表◎) を含む構想案を全てパラメータに織り込み、損失関数で検査・刃物交換・設備保全等の工場運営方式を最適化する³⁾。次にStep.2として、実績データからラインのライフサイクルにおける外乱と製造4Mの変化を誤差・制御因子とした「稼働検証」を全構想案で実施し、算出する出来高と時間データからSN比・感度評価することで、Fig.1の理想状態に対しロバストな

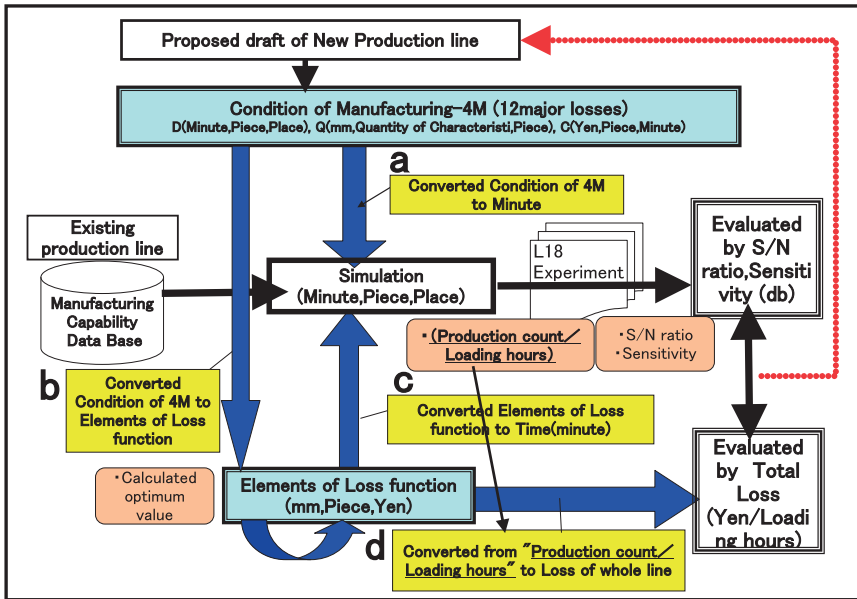


Fig.3 Flow of Data Conversion to Time (Minute)

に対する時間（動／止）と場所”のデータに変換した。

4. 新評価法の適用・実証

4.1 ライン設計に対するL18実験計画

ライン構想中の新設シリンダブロック機械加工ラインをモデルラインとし、新評価法の有効性を検証した。このラインはマシニングセンタの並列配置ラインであり、その特徴から設計者の検討自由度が大きいという理由から選定した。この時点でマシンメカ・型番等の検討は予備実験から完了しており、今回は既に決定したマシン・搬送機の機構・台数・能力を前提としたライン構想中盤への適用とした。まず誤差因子について、想定さ

Table 2 Logic of Conversion from Loss Function Elements to Time (Minute) < Logic - c >

[Per Quarity characteristic]		Conversion logic to Time(Minute).		
Elements of Loss function	Current total loss L_0 (Yen/Characteristic)	Δ Current tolerance	mm	(Calculated through n_0, u_0, D_0)
		A Loss on producer side	Yen per piece	(Calculated through n_0, u_0, D_0) *Reflected shortening of CT, Operation time.
		B Measurement cost	Yen per time	$(B * (X/n_0)) / \text{Labor wage rate}$
		C Adjustment cost	Yen per time	$(C * (X/u_0)) / \text{Labor wage rate}$
		n_0 Current Measurement interval	piece	$CT * n_0$
		u_0 Current adjustment interval	piece	$CT * u_0$
		D_0 Current adjustment limit	mm	(Calculated through u_0)
		l Time lag	piece	Measurement time for all characteristics we measure at a time
		σ_m Error variance of measurement	mm^2	(Calculated through u_0, D_0)
		Optimum total loss L (Yen/characteristic)	n Optimum measurement interval	piece
D Optimum adjustment limit	mm		(Calculated through u)	
u Optimum adjustment interval	piece		$CT * u$	

※ CT=Cycle time (mitute per piece), X=Production count of targeted time zone.

ライン仕様案を決定する。更にこれらの出来高と時間データに関連して増減する損失関数要素 (Fig.2右表▲) について再度最適化を行う (Fig.2右表◆)。以上から導出される L_0 ” (従来/設計者の改善案の損失) と L ” (On-QE再最適時の損失) に対し、ライフサイクルにおける総生産台数を乗じて長期的損失を算出する。

以上の考え方で工程管理、刃物交換、設備点検・保全について個別に実施し、それらの損失を総和することでライン全体の損失を算出する^{3) 4)}。この評価法では誤差の与え方が鍵であり最も重要となる。

② 時間データへの変換ロジック：①の評価法を組込む「稼働検証」実現のための時間データへの変換ロジックを提案する (Fig.3)。「12大ロス」と「損失関数要素」には、製造4Mの状態の数値化や単位変換 (mm, 円, 個→時間) が必要なものが多く、Fig.3のa~dのロジック導出が必要であり、実績データの解析から各要素間の関連を定義した上で導出した。例としてFig.3のロジックcをTable 2に示す。これらにより、全要素を“設備と作業者

れる混流機種・比率、設備劣化、工程安定度、刃物摩耗等に関する変動を、実績データに基づき最大限に振り調べした (Table 3)。また制御因子は、投資や工数を左右するバッファ数・場所、工場運営方式を設定し、「従来/設計者の改善案/On-QE最適化案」を基本に水準を与えた (Table 4)。特にH因子は、生産性・品質の安定性により管理コストが変動する検査・刃物交換・保全等の作業方式とし、類似ラインの実力データ (寸法、刃物寿命・折損、設備故障等) と従来の管理方式での損失関数要素 (B, C, D_0, n_0, u_0, l) から解析し、H3 (On-QE最適化案) として与えた (Fig.2, D', n', u')。

4.2 ライン設計に対するL18実験結果

実験結果をFig.4, Table 5に示す。確認実験でのSN比の利得は3.1dbとなり再現性を確認した。これにより、Fig.1の関係は、生産システムを評価する基本機能として有効であるといえる。要因効果図から、C, D因子が出来高の安定性に大きく影響していることがわかった。C因子 (初工程パレット比率) については、総パレット数が最少

Table 3 Noise Factors

		Machine deterioration on (aging)	Process stability (Variation of Dimension)	Tool wear (Tool life)	Variation of Operation (Experienced/Young, Physical condition)	Ratio of Mixed models
N1	Those Levels reduce output	Break down:L	Variation:L Defective:L	Life:S	Variation of Operation time:L	A model=50% B model=50%
N2	Those Levels enlarge output	Break down:S	Variation:S Defective:S	Life:L	Variation of Operation time:S	A model=33% B model=67%

Table 4 Control Factor

		Level.1	Level.2	Level.3	
A	sequence control (With or without Dedicated model)	Without	With	-	
B	Allocation of Operators	Overlapped operation: Without (Type.1: Quantity of Machines)	Overlapped operation: With (Type.2: Quantity of Work)	Overlapped operation: With (Free)	
C	Variable mixed model ratio of No.1 Jig-pallet	A:B=L:S	A:B=M:M	A:B=S:L	
D	Variable mixed model ratio of No.2 Jig-pallet	A:B=L:S	A:B=M:M	A:B=S:L	
E	Variable mixed model ratio of No.3 Jig-pallet	A:B=L:S	A:B=M:M	A:B=S:L	
F	Variable mixed model ratio of No.4 Jig-pallet	A:B=L:S	A:B=M:M	A:B=S:L	
G	Buffer storage quantity (Before each Zone) (Multi-layer strage) (After finished product)	S S S	M M M	L L L	
H	Method of production line management	Interval and time of Sampling inspection	Interval: S,Uniformity (Conventional)	Interval: L,Uniformity (Based on Actual quality data)	Interval: optimize,Each characteristic (Based on Online-QE)
		Interval and time of Tool Change	Interval: Set at MP start,Constant (Conventional)	Interval: Re-examining,Constant (Based on Actual changing data)	Interval: optimize,Each cutting-tool (Based on Online-QE)
		Interval and time of Machin mentence	Interval: Set at MP start,Constant (Conventional)	Interval: Re-examining,Constant (Based on Actual break down data)	Interval: optimize,Each machine (Based on Online-QE)

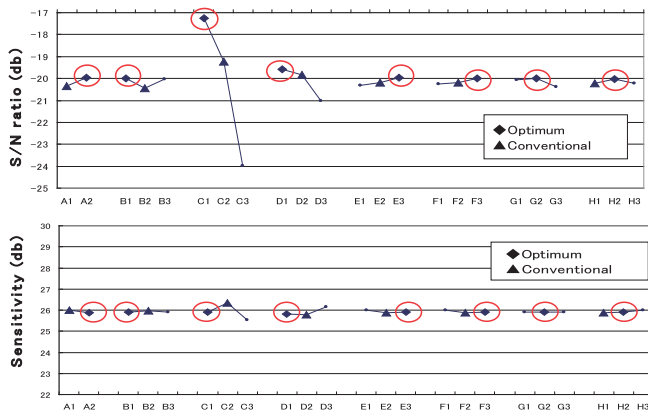


Fig.4 Response Graph

Table 5 Result of Confirmation Run

		Conventional condition	Optimum condition	Gain
S/N ratio (db)	Estimation	-19.39	-15.70	3.69
	Confirmation	-18.90	-15.82	3.09
Sensitivity S (db)	Estimation	26.13	25.63	-0.50
	Confirmation	26.11	26.05	-0.05

の工程であり水準間のパレット数の差が大きいため妥当と判断でき、C3の影響の大きさも予想通りであった。またD因子(2工程パレット比率)が初工程のパラツキを吸収していることが、後工程であるE, F因子のSN比が水準間で差がないことから判断できた。

更にH因子のSN比は、H2(設計者改善案) > H3(On-QE最適化案) > H1(従来)となり、H2を最適条件とした(損失▲56%, Fig.5)。H3のSN比はH2と差がなく損失低減も大きいため、量産前の品質確認により採否を決定することにした。現在はH3の「特性ごとの最適周期」を数パ

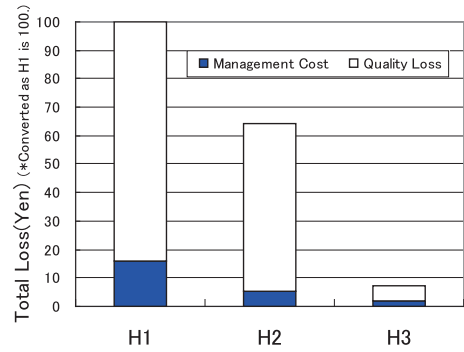


Fig.5 Reduction of Loss Function (H-Factor)

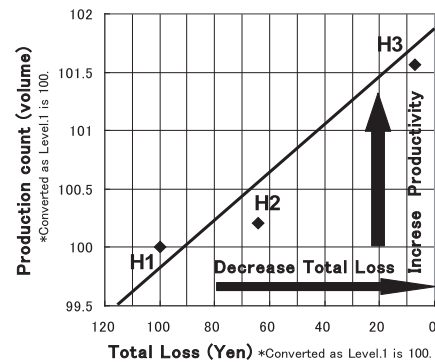


Fig.6 Total Loss vs. Production Count

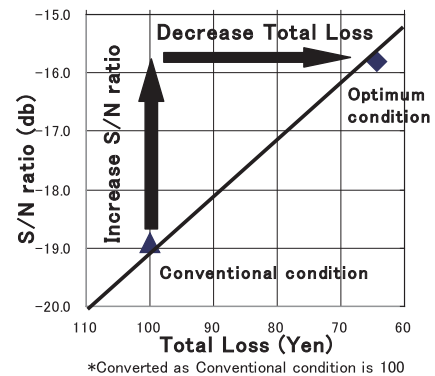


Fig.7 Total Loss vs. S/N Ratio

ターンにまとめて運営中である(損失▲74%)。

これらに基づき基本仕様を決定後、制御因子・水準を変更したL18実験を2回繰り返し最終仕様を決定して2007年から量産開始した。

ここでQCD総合評価結果について考察する。H因子の損失低減額の算出方法については、今回、ラインのライフサイクルを8年と想定し、実績以上の設備劣化や環境変化を誤差として与えた。稼働検証の結果から生産性向上(出来高/時間)分を不良損失Aやタイムラグ等に反映し、検査・刃物交換・設備点検・保全の周期等を再最適化してその損失に8年間の累計出来高を乗じた。この結果から、生産性向上によるわずかなAの減少が、長期間にわたる大きな損失低減に繋がることがわかった。更にこれらのデータから「出来高と損失の関係」を解析した結果、「SN比向上は損失低減に繋がり、損失低減は生産性向上に繋がる。品

質向上でコスト低減できる」ことを改めて実証した (Fig.6, 7)。また、長期的な視点での生産性と品質 (損失) について、誤差N1, N2による影響度の差をマネジメントに与えるこの評価法を拡充すれば、企業資源 (人・モノ・金) の投入先決定の有効な指標に成り得ると考える。以上により、本評価法の有効性を実証できた。

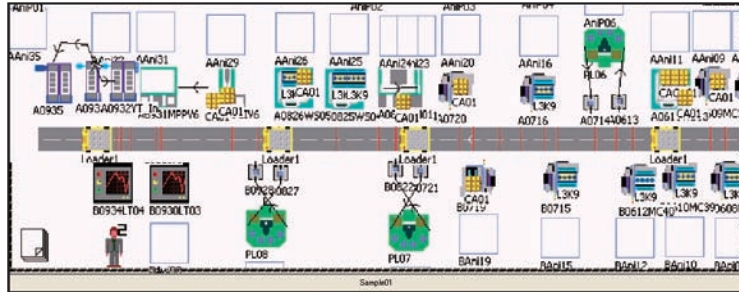


Fig.8 Standard Simulation System (Operational Verification)

Table 6 Functionality Evaluation (Noise Function)

[A: Before Modification]		A. Before modification			Season	Work-shifts	Ratio of Mixed models
		Machine deterioration (aging)	Process stability (Variation of Dimension)	Tool wear (Tool life)			
N1	Those Levels reduce output	Break down: L	Variation: L Defective: L	Life: S	Summer	Continuous operation	A: B=M: M
N2	Those Levels enlarge output	Break down: M	Variation: M Defective: M	Life: M	Spring	Day shift	A: B=M: M

[B: After Modification]		B. After modification (2 years later)			Season	Work-shifts	Ratio of Mixed models
		Machine deterioration (aging)	Process stability (Variation of Dimension)	Tool wear (Tool life)			
N1	Those Levels reduce output	Break down: M	Variation: M Defective: M	Life: M	Winter	Continuous operation	C: B=S: L
N2	Those Levels enlarge output	Break down: S	Variation: S Defective: S	Life: L	Spring	Continuous operation	C: B=L: S

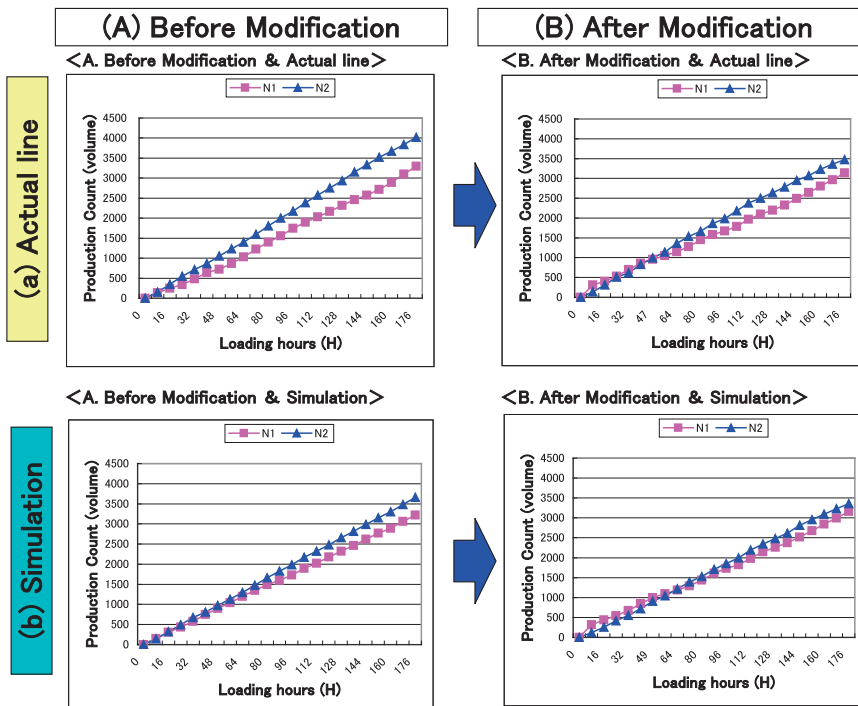


Fig.9 Result of Functionality Evaluation

5. 新シミュレーションシステムの開発

5.1 設計者自身での評価実現のための機能開発

以上のモデルラインでの活動結果に基づき、設計者が新評価法を正確かつ迅速に実践できるようにするため、モデリング・パラメータ設定・検証までの手順を全部品共通と

なるよう標準化した上で、以下の機能を開発した。これにより、検証工数▲75% (モデリング▲65%, 設定&検証▲85%) を達成し、標準シミュレーションシステムとして業務適用した (Fig.8)。

- ・標準モジュールモデル: モデリング (工数大, 手順のバラツキ大) を標準化。設備・作業者ごとに独立した標準モジュールとして開発。これらを組合せるだけでモデリングの大半を完了。
- ・標準パラメータ設定テーブル: 設定作業 (プログラム修正工数大) を標準化。プログラム修正を排除。設備・作業者ごとのテーブル入力だけで対応。
- ・自動水準変更&2実験同時検証機能: 全実験の因子・水準を「実験計画テーブル」へ事前設定しておけば、全実験を自動的に水準変更しながら実行。

5.2 機能性評価 (実験計画と評価結果)

前章のL18実験前に、本シミュレーションが実ラインの働きを再現できるかを確認するため、“市場”を実ライン値(a), “製品”をシミュレーション値(b)と捉え、機能性を評価した。量産後に設備改造したラインを選び、改造前(A), 改造後(B)の1ヶ月分のデータを稼働モニタリングから収集した。データの差から、混流機種・比率、設備劣化、作業バラツキ (勤務シフト, 季節変動, 習熟等) 等を抽出し、前述の変換ロジックで時間データに変換後、調合して誤差因子 (Table 6) として与えシミュレートした (A-b, B-b)。この結果データ (出来高/時間) から算出したSN比・感度と、稼働モニ

Table 7 Result of Functionality Evaluation

	S/N ratio		Sensitivity S (db)	
	a. Actual	b. Simulation	a. Actual	b. Simulation
A. Before modification	-22.3	-16.7	26.2	25.8
B. After modification	-18.7	-14.3	25.6	25.4
Gain	3.6	2.4	-0.6	-0.4

タリングデータから直接算出したSN比・感度 (A-a, B-a) を比較評価した。その結果, SN比の利得は再現し, 本シミュレーションは実ラインの働きを再現した (Fig.9, Table 7)。

6. まとめ

6.1 開発技術と従来技術との違い

今回開発したQCD総合評価技術と従来の稼働検証技術との根本的な違いは構想 (前提条件) である。

従来は, 不良, 稼働阻害等のリスクを考慮した上で最低出来高 (生産能力) を確実に保証するという構想や, あるべき不良率, 稼働率等のQCD目標達成時の出来高を予測するという構想でのある一場面での評価が一般的であった。一方, 今回は, 生産ラインのライフサイクルを通じた実際の設備劣化やそれに伴う製品のQCDの経時変化やバラツキに対し必要となる更なる対策案 (不良改善, 工場運営方法改善, 自動化等の合理化対策等) を製造4Mの状態変化に置き換え, 基本機能のロバスト性に対する寄与度を, SN比 (バラツキ), 感度 (傾き), 損失 (バラツキが及ぼす市場/後工程への影響コスト) の3指標で捉え, 総合的にバランス評価した最適ライン仕様を量産準備初期段階で導出するという時間軸の広がりに対し有効な構想である。本技術により, 従来, 断片的な判断をせざるを得なかったライン設計者の膨大なアイデアに対する評価を, 長期的かつ網羅的に設計者自身がPDCAサイクルを回しながら自由に実践できるようにした。

6.2 効果と成果

初期条件に対し, 出来高+8%, SN比の利得3.1db (再現性有), 損失▲56%のライン仕様を早期決定し量産化した。これは, 長期的な生産性・品質の安定性とそれに伴い必要となる追加投資や条件維持のための管理コストを, SN比・感度・損失で総合評価し導出した最適なライン仕様といえる。

これにより今回の提案が, ラインのライフサイクルを通じたQCDの総合評価技術として有効であることを実証した。また「SN比向上により損失は低減し, 損失低減により生産性は向上する (品質向上でコスト低減できる)」ことを実証した。

6.3 今後の課題

今回の取り組みは, Table 1に示した生産技術業務 (工程設計, 設備設計, 搬送設計, 治工具・検査設計, 工場運営決定等) での各決定要素 (設備・搬送機のサイクルタイム, 設備段替時間・方法, 検査・刃物交換・保全の周期・

方法, オペレータ配置等) の最適な組合せを, 長期的な生産性・品質の安定性を考慮して検討することの有効性と重要性を示した。

今後, マツダのモノ造り革新へ繋げていくため, 実効を刈取りながら本技術を駆使した事例を積み重ね, 「工法・機構・メーカー・型番・使用条件等」の評価・決定へ本格適用するとともに, 部品/ライン/工法ごとに基本機能に対して寄与度の高い生産技術要素と最適水準を見極め反映する評価を「標準業務プロセス」に織り込んでいくことが課題である。更に, 真に顧客が要求する製品機能の向上に直結する新技術, 設備仕様, 工場管理方法等を明確にした上で, 設備投資, 工数等のリソースを最適投入する提案をマネジメントに与えられる技術への進化を追究してゆく。

参考文献

- (1) 井田吉人, 安達範久: 機械加工ラインにおけるオンライン品質工学の展開とサイクルタイム短縮, 品質工学, Vol.10, No.6, p.97-104 (2002)
- (2) 井田吉人, 鳥居元: 損失関数による生産技術業務の評価と考察, 品質工学, Vol.12, No.6, p.59-65 (2004)
- (3) 田口玄一ほか: 品質工学講座2-製造段階の品質工学-1, 日本規格協会 (1989)
- (4) 田口玄一ほか: 品質工学便覧, 品質工学会 (2007)

* 品質工学会誌に投稿中

(Journal of Quality Engineering Society / in press)

■ 著 者 ■



井田吉人



中田行俊



高橋克典