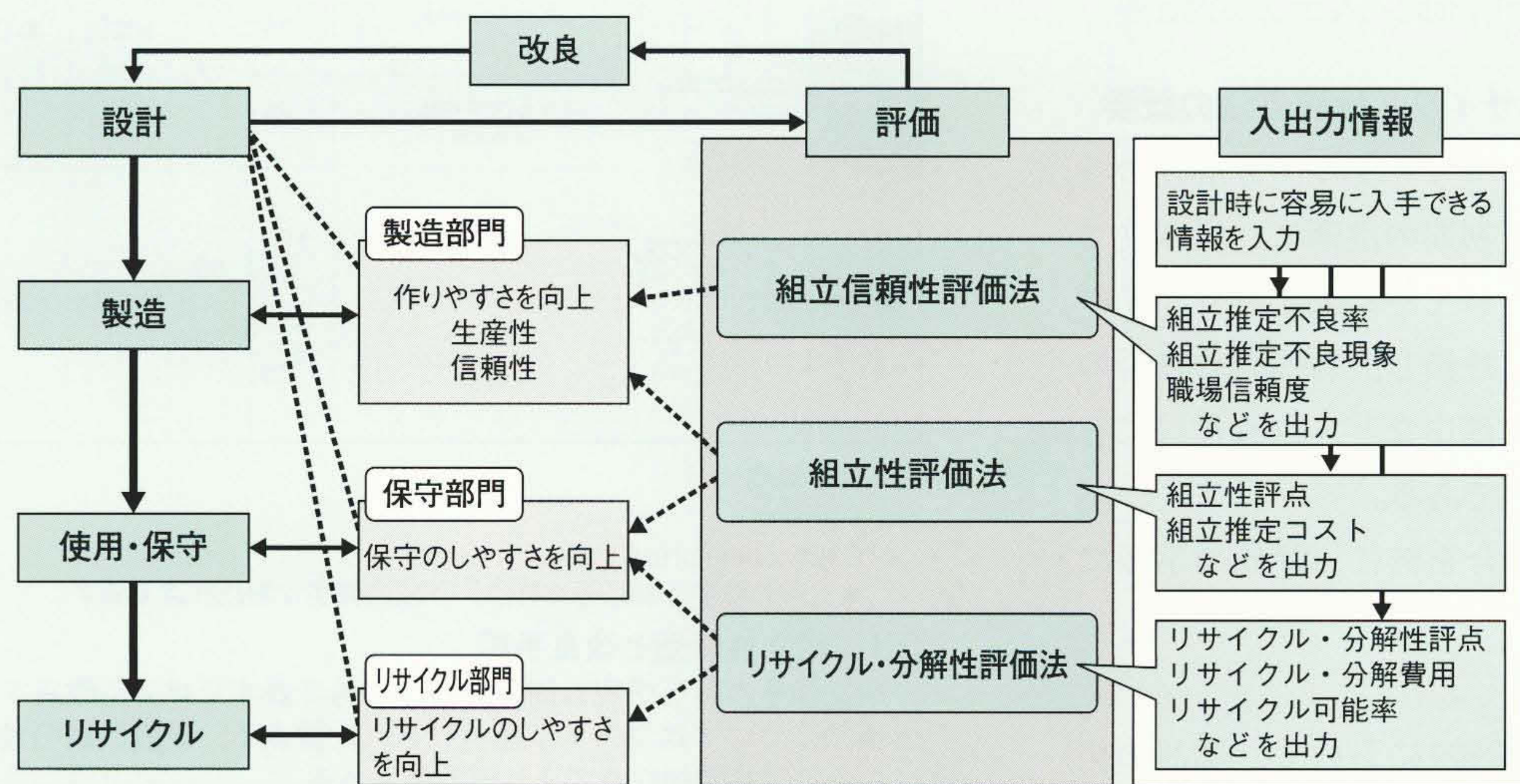


「モノづくり」から見た設計評価法

Design Evaluation Methods for Supporting Production Design

大橋敏二郎 Toshijiro Ôhashi 鈴木辰哉 Tatsuya Suzuki
石田智利 Tomotoshi Ishida 弘重雄三 Yûzô Hiroshige



ライフサイクルに配慮した製品設計

機能・性能だけでなく「モノづくり」にも配慮し、製造から保守・リサイクルに至るライフサイクルの各ステップで各部門の作業が容易に行えるように製品を設計する必要がある。

製品のライフサイクル全体で低コスト・高品質な製品を生み出すためには、製品設計の段階で「モノづくり」に配慮した設計を行う必要がある。

日立製作所は、製品の組み立てやすさ、組立の品質、リサイクルや分解のしやすさを、設計情報を基に定量的に評価する設計技法を開発した。この技法を実用して効果を上げるとともに、社外顧客を支援し、協同で課題解決を進めるためのサービス事業“i-engineering”のメニューとして提供している。

1 はじめに

製品を低価格で早くユーザーに提供できるように開発するためには、機能・性能を満たすだけでなく、高品質、低コストで製造できるように、「モノづくり」に配慮した設計を行うことが求められる。この配慮は、生産の過程だけでなく、使用中の保守・修理や使用を終えてリサイクルに至る、製品のライフサイクル全体にわたって施されるべきものとする。そのような設計をレベル高くかつ効率よく実施するためには、関連する各部門が設計の上流から協力する組織横断的なやり方をとることが効果的である。そして、そのような検討は、情報技術を活用したCAEの導入によって机上の検討ができるようにすることにより、極力試作なしに進める方法が普及しつつある。

日立製作所は、「モノづくり」を支える設計技術として、組み立てやすさを定量評価する組立性評価法をはじめ、組立信頼性、リサイクル・分解性など各種の評価法を開

発し、社内で活用して効果を上げるとともに、国内・海外の有力企業に提供してきた。今回、これらの技術をさらに広く一般企業でも利用してもらうために、日立製作所の技術の総合マーケット“i-engineering (Intellectual Engineering)”に登録した。

ここでは、各評価法の概要と、これを統合して部品表データベースに結合し、使用の容易化を図った設計支援システムについて述べる。

2 設計評価法の必要性

製品設計を進める過程で、設計中の製品が「モノづくり」に配慮した設計になっているか否かは、評価すべき内容が特性、品質、環境配慮などで多様化してくると、ベテランでも判断は容易ではない。そのようなケースに対して正確な判断を下し、効率よくかつ効果的な設計を行うためには、組み立てやすさ、組み立て不良の起きにくさなどの良否の水準や、それらがよくない場合の理由などが客観的に可視化できる物差しが必要である。この

ような物差しは、さらに、設計部門と関連する部門の間でどのような設計構造や生産技術を採用すべきかの合意形成を行う場合にも有効である。

3 各評価法および統合評価システムの概要

3.1 組立性、組立信頼性、リサイクル性評価法の概要

組立性、組立信頼性、およびリサイクル・分解性の各評価法は、製品設計のなるべく初期の段階に、組み立てやすさ、組み立ての不良の起きにくさ、およびリサイクルや分解のしやすさを定量的に評価し、各作業の良否の水準や、改良すべき箇所やその理由など、改良検討に有効な各種の指標を出力するものである。

図1に示す組立性評価法の場合を例に、評価の手順について以下に述べる。

3.1.1 組立性評価

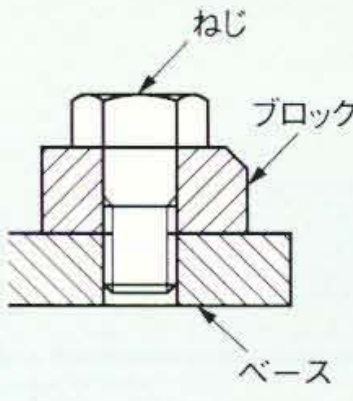
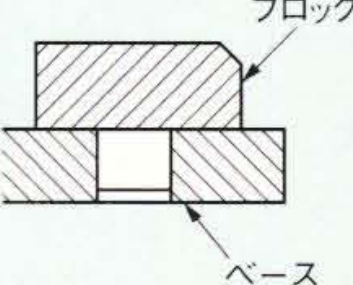
まず、改良前の構造である構造1において、部品の組付け順序と組付け方法を想定する。

(1) ベースを組立テーブルの上に置き、(2) 次にブロックを上から組み付ける。次工程のねじ締め時に、位置ずれを防ぐために部品を保持しつつ、(3) ねじを下移動させながら回転させて締結する。

以上の部品ごとの組付け時の挙動を、基本要素記号と部品の大きさなどの補正要素情報の組合せで表す。各基本要素には、その動作の難しさに応じた基本減点が与えてある。基本要素で算出される部品ごとの減点の総和を、要求される精度などに応じた補正式で補正し、この値を満点の100点から差し引いた値が「部品組立性評点」となる。全部品の部品組立性評点から製品組立性評点を算出する。

「構造1」の評価結果は、製品評点が76点となった。これは、この製品が部品評点76点の部品3個を集めたのと同じ程度の組み立てやすさであることを意味する。部品評点の低い部品は、改良の余地が大きい部品である。したがって、評点の低い部品を選び出し、ここを優先的に改良していくことにより、少ない労力で組み立てやすい設計にたどり着くことができる。分析結果から減点の大きい理由を知り、改良のヒントとする。「構造1」の事例に対しては、ねじ締めをなくせばよい。

ブロックをベースに圧入するように改良したものが「構造2」である。これにより、製品評点は88点、組立性コスト指数は約50%となる。この指数は、改良前の「構造1」と同じ生産環境条件の下で、「構造2」の組立費は約50%に低減できると推定されることを意味している。このようにして、設計改良だけによる組立費の低減効果が推定できる。

構造例	組立品の構造と組立動作			組立性評点		組立費指数	要改良部
				部品	製品*		
構造1		1. ベースを置く。	↓	100	76 / 97	100%	ねじ
		2. ブロックを下移動し、保持する。	↓ F	79			
		3. ねじを下移動し、回転締結する。	↓ ⊕	50			
構造2		1. ベースを置く。	↓	100	88 / 99	約50%	ブロック
		2. ブロックを下移動し、圧入する。	↓ C	75			

注：略語説明ほか

F (Fixing)

C (Clinching, press fitting)

* 上段の数字は部品平均評点、下段の数字は製品評点を表す。

図1 組立性評価と改良手順

組立作業内容を想定し簡単な動作記号で表すだけで、改良すべき部品についてはコストに裏付けされた評点で、設計改良の効果については推定組立費でそれぞれ示される。

組立性評価の精度は、組立性評価点を用いて求められる組立推定費を組立実際費と比較して検証した。その結果、誤差は5～10%以内であった。これにより、組立性評価法の理論的妥当性が裏付けられるとともに、設計者はこの結果を用いて、設計の早い段階に誤差±5～10%以内の精度の組立コストを推定することができる。

組立信頼性とリサイクル・分解性についても、組立性と同じ手順で分析評価を行う。これらの評価法では、入力情報が組立性評価法の入力とよく似た形に作られており、一つの評価法の使い方を習得すれば、他の評価法も容易に使いこなすことができる。

3.1.2 組立信頼性評価

この評価法は、(1) 部品ごと、工程ごとの組立不良の発生率と不良現象の推定が可能で、(2) 不良発生に対する職場の信頼度水準も評価できることを特徴とし、組立不良発生に対する製品構造の影響と職場の信頼度の水準の影響を切り分けて分析できる、新しい評価法である。

評価の原理は、「組立不良は製品構造に起因する作業の不正確さによって引き起こされ、作業のばらつきが構造の許容する範囲を超えたときに不良となる。」という不良発生モデルに基づいている。評価に用いる入力情報は組立性評価とほとんど同じであることから、組立性評価と同時に評価が行える。

評価精度の検証結果を図2に示す。このように、見逃しがなく、ほとんどの不良ポテンシャルを摘出することができる。

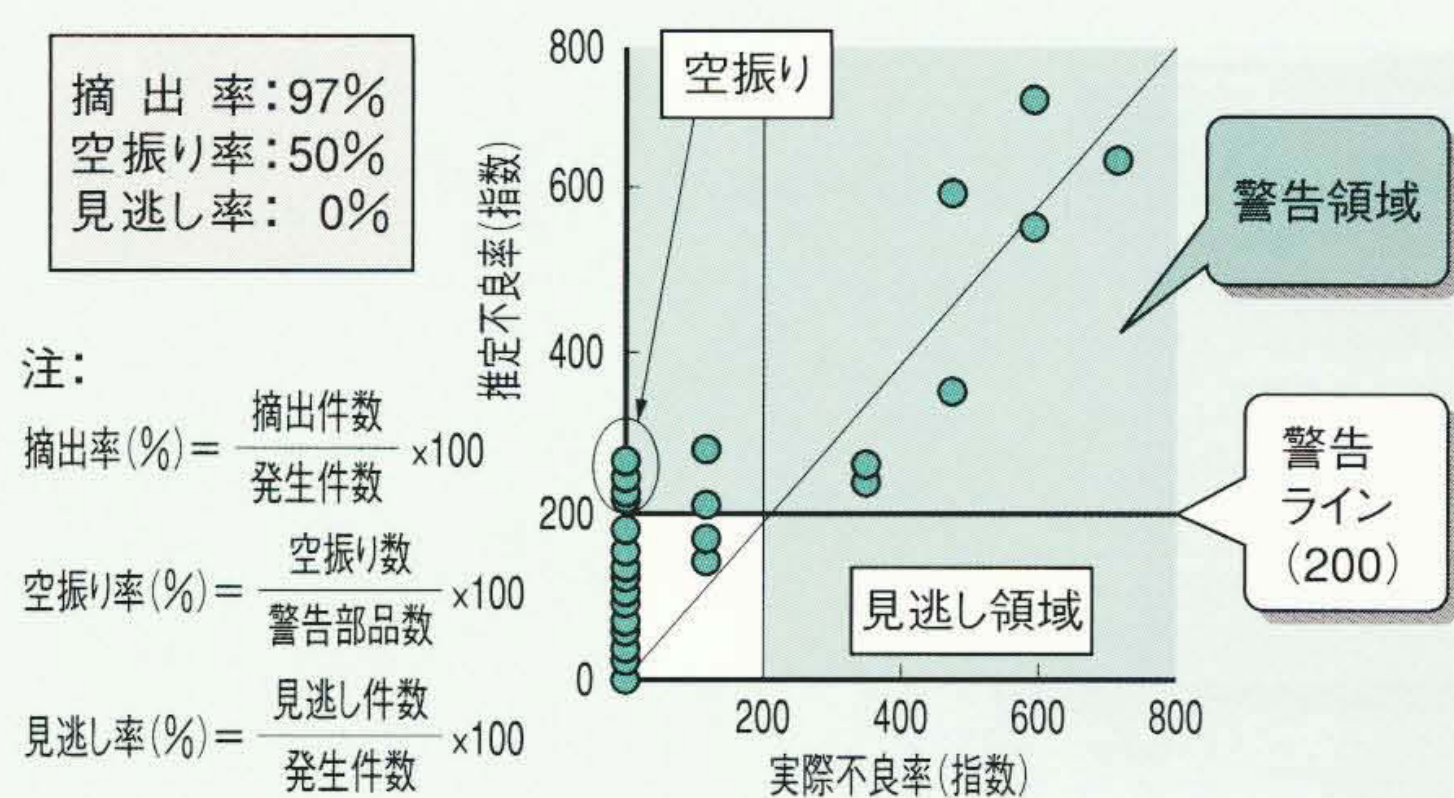


図2 組立信頼性評価法の検出性能(ファクシミリ例)

見逃し・空振りが少なく、高い確率で不良ポテンシャルを抽出することができる。警告ラインよりも高い不良発生が予測される部品については、設計または作業方法を見直す。

なお、組立信頼性評価法には、サブシステムとして、職場の信頼度を定量的に予測する職場評価法を持たせてある。これにより、製品構造とともに、不良発生に影響を与える職場信頼度を事前に定量的に評価し、職場改善やサプライヤの技術指導に生かすことができる。

3.1.3 リサイクル・分解性評価

環境問題の重要施策の一つである、使用済み製品の循環化のためには、高い水準のリサイクル配慮設計が効率よく行えるようにする必要がある。この評価法は、分解だけでなく、処理・処分まで含めたトータルのリサイクルしやすさを評価するもので、入力情報は、部品ごとの分解動作と材質、および質量情報である。これらの情報から、「将来主流になると予想されるリサイクル工程」に基づく分解、処理、および処分の推定費用とリサイクル率や評点などの指標が計算される。

リサイクル性評価法にはサブシステムとして、分解性評価法が含まれている。分解性評価は組立性評価と同様な評価方式を採用しているが、簡単な入力情報から分解費用推定の精度を得るため、構造条件を反映させた工程推定を行い、これに標準の時間値を代入することにより、分解作業時間値を算出している。なお、分解性と前述した組立性を組み合わせることにより、保守性の良否を検討することもできる。

3.2 統合評価システムと部品表管理システム

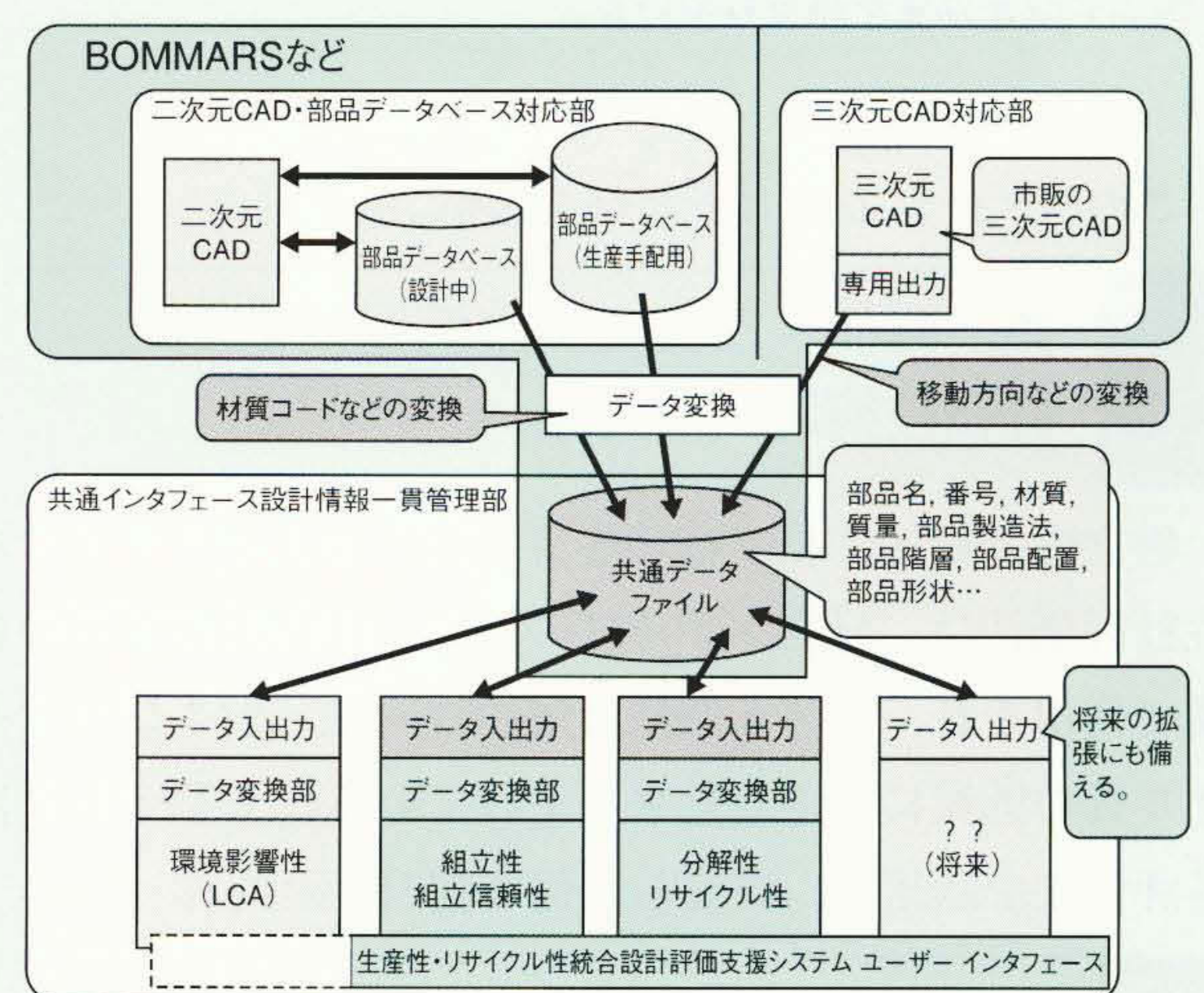
“BOMMARS”

前節で述べたように、各評価法ではほとんど同じ入力情報を使用する。すなわち、部品名称、組立順序、数量、組付け動作情報、および部品性質情報は、組立性評価と組立信頼性評価で共通である。また、組立性などとしリサイクル性評価での分解順序や分解動作の大半は、組

立性評価の情報を逆転させたものと等しい。そのため、これらの情報を共用し、三つの評価機能を統合して総合的な生産設計評価システムとしてまとめている。これを「統合設計評価支援システム」と称する。この結果、一つの評価法入力から3種類の評価結果が得られるようにしている。これにより、設計検討が必要な三つの項目の評価が個々ばらばらに実施される場合に比べ、ユーザーの負担を大幅に軽減することができる。

なお、各評価に使用される部品データの大半は、設計の部品表中に記載される情報である。開発製品の部品表情報を電子的に取得して、入力の手間をさらに軽減することができる。CADやPDM(Product Data Management)などの情報を有効に活用し、それらから超高速で部品情報を検索する部品表管理システム“BOMMARS”と各評価法を結合して使用することにより、入力の手間をいっそう軽減することもできる。このシステム構成を図3に示す。このような統合システムにより、設計作業の中で、効率よく評価、検討を行うことができる。なお、“BOMMARS”は、環境管理での特定物質含有の部品検索や、変更管理などにも幅広く使用できる。

ここで述べたシステムでは、スタンドアローンのシステムのほか、サーバやインターネット・イントラネットを通じて多くのユーザーによる連携的な使用を実現しており、“i-engineering”のサービスメニューとしても、ユーザーの条件に適した方式の選択を可能としている。



注：略語説明 LCA(Life Cycle Assessment)

図3 統合設計評価支援システムの構成

CAD、PDM、各種データベースの情報を有効に活用するBOMMARSなどと結合したシステムで、各種の生産設計評価が効率よく行える。

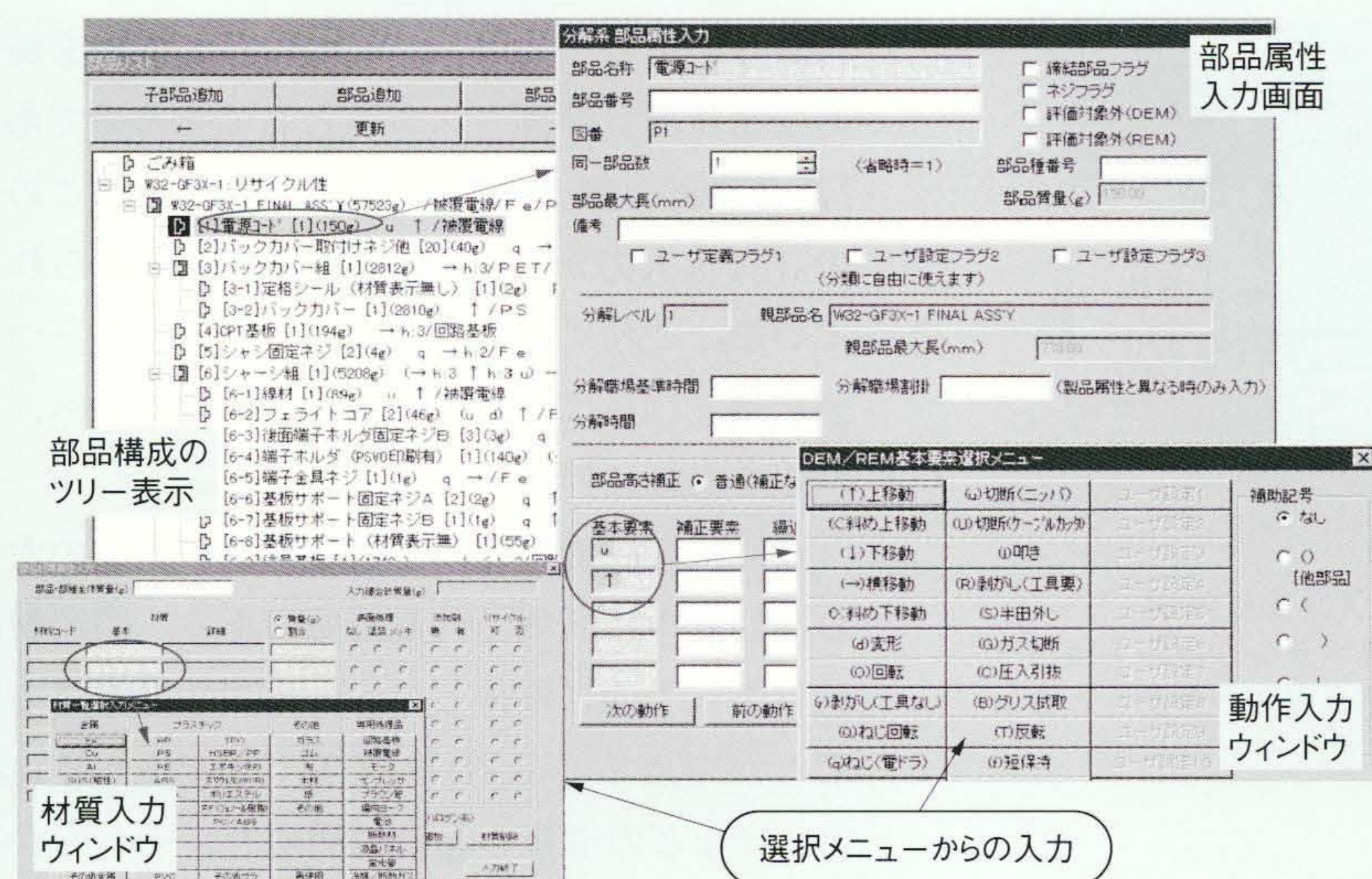


図4 評価プログラムの入力画面例

ポップアップメニューからわかりやすい記号を選択する簡単な分析評価を示す。一つの評価法で入力した情報は、他の評価では再入力が必要である。

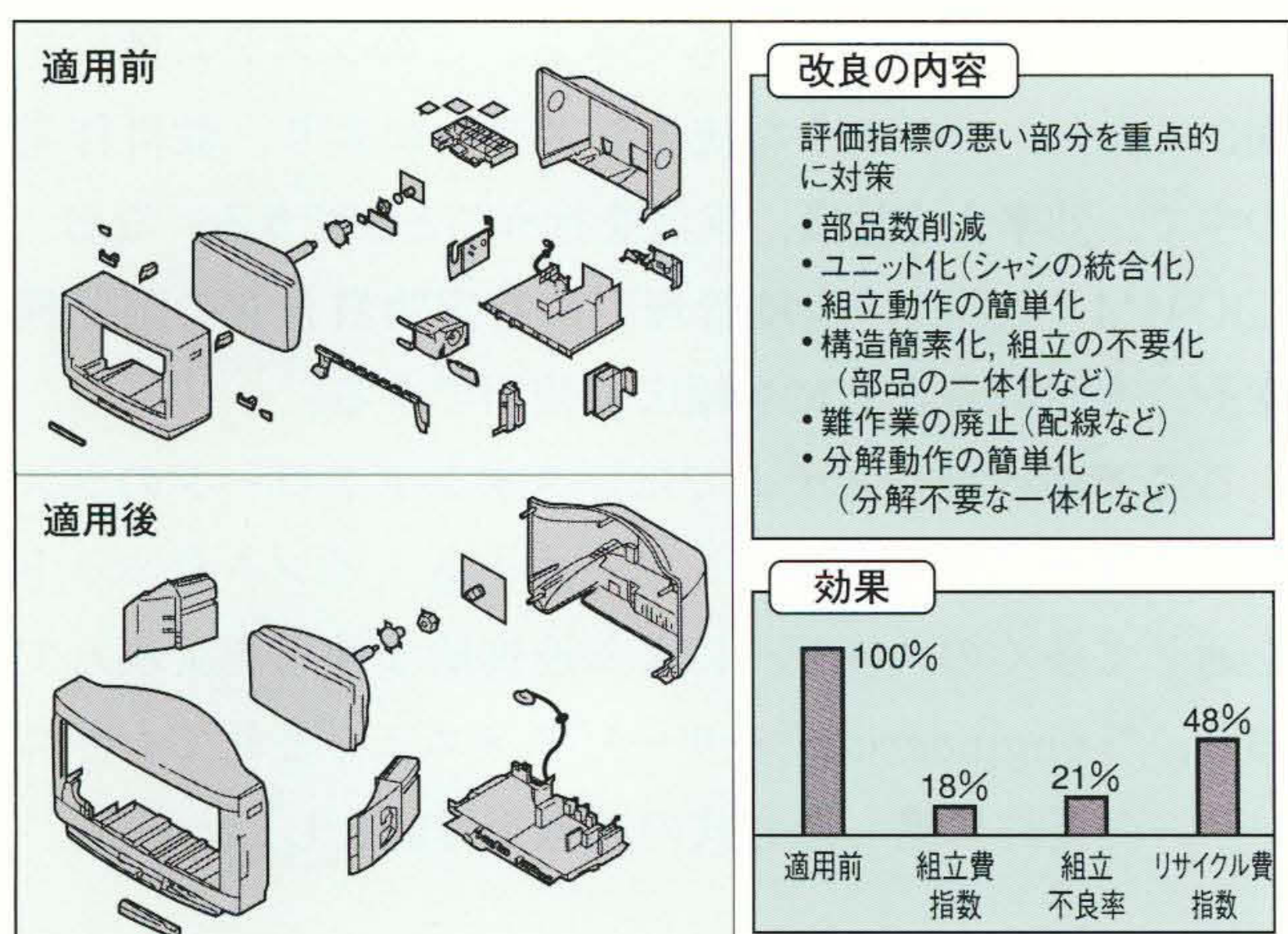


図5 大型テレビへの各評価法の適用例
幅広い改良効果が得られている。

このシステムの入力画面例を図4に示す。

4 設計評価・改良の実施例と 評価技術導入の効果

組立性評価法、組立信頼性評価法、およびリサイクル性評価法は、日立グループのほか、国内外の多数の企業で使用され、コスト低減と信頼性向上、およびリサイクル費の低減に大きな効果を上げている。大型テレビに各評価法を適用し、改良した例を図5に示す。

5 おわりに

ここでは、「モノづくり」に配慮した設計を支援する設計評価法について述べた。

新製品の開発では、今後、短期開発、多拠点生産、生

産のアウトソーシング化、環境配慮などが今後いっそう進展するものとする。そのような状況の中では、「モノづくり」に配慮した設計を水準高く、かつ効率よく行うための施策がさらに重要となり、開発・設計の組織横断的なやり方の導入とともに、生産と設計の分野でのCAEが普及していくと考えられる。これに対し、日立製作所は、設計開発支援ツールのいっそうの充実を図っていく考えである。

執筆者紹介



大橋敏二郎

1971年日立製作所入社，生産技術研究所 所属
現在，設計開発支援技術，環境対応生産システム技術の
研究開発に従事
日本機械学会会員，精密工学会会員
E-mail : ohashi @ perl.hitachi.co.jp



石田智利

1985年日立製作所入社，日立研究所 情報制御第2研究部
所属
現在，設計支援情報システム，CAD，PDM，環境関連技術
の研究開発に従事
日本機械学会会員，精密工学会会員，日本設計工学会会
員，情報処理学会会員
E-mail：isidat @ hrl.hitachi.co.jp



鈴木辰哉

1986年日立製作所入社，生産技術研究所 生産システム第1部 所属
現在，設計開発支援技術，信頼性評価，コスト評価技術の開発に従事
精密工学会会員，日本信頼性学会会員，ヒューマンインタフェース学会会員
E-mail : tatsuya @ perl.hitachi.co.jp



弘重雄三

1991年日立製作所入社，生産技術研究所 生産システム第1部 所属
現在，設計開発支援技術，環境対応生産システムの研究開発に従事
精密工学会会員
E-mail : hiroyu @ perl.hitachi.co.jp