

論文の内容の要旨

論文題名 組立性、分解性の両立化のための生産設計原理

氏名 山際康之

1. はじめに

資源循環型社会を構築するうえで、従来のコスト至上主義による生産プロセスだけを考慮した「モノ」づくりから、製品のライフサイクル全体を考慮した新たな「モノ」づくりへの転換が求められている。製品のライフサイクル全体の「モノ」づくりを考えると、組立と分解は、生産プロセスにおける組立だけにとどまらず、使用プロセスにおける消耗、修理部品の交換や、処理プロセスにおけるリユース部品の取り出しなど、繰り返し発生することがわかる。

これまでに、組立性や分解性の設計については、多くの研究が発表されている。しかし、従来の研究は、いずれも、組立性と分解性の設計については、個々に論じられてきた。

このため、組立性と分解性の設計の関係は、共通であるという「組立性設計=分解性設計」の見解や、相反であるという「組立性設計≠分解性設計」の見解など、あいまいな範囲をこえることがなく、両立化するための設計論についても、具体的な議論が及ばなかったといえる。

本研究は、製品のライフサイクルにおいて、繰り返し発生する組立と分解に着目し、組立性と分解性の両立化するための設計論を確立することを目的としている。本研究により、組立性と分解性の共通する設計要因と相反する設計要因を明らかにし、製品の構造における、組立性と分解性の両立化設計法の構築を行う。

2. 組立性、分解性の構造

組立と分解の共通する設計要因と相反する設計要因を明らかにするため、組立と分解の設計要因別の動作時間の比較分析を行った。

サンプル数 N = 83

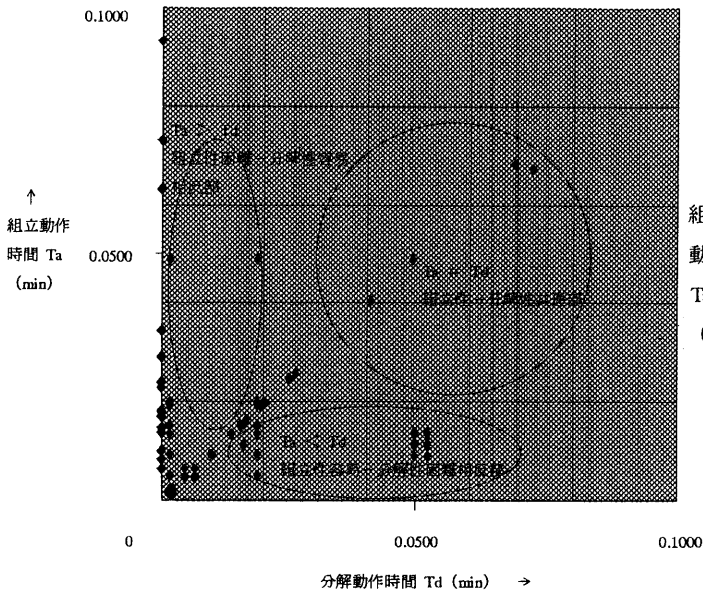


図 2. 1 組立と分解の設計要因の動作時間の関係

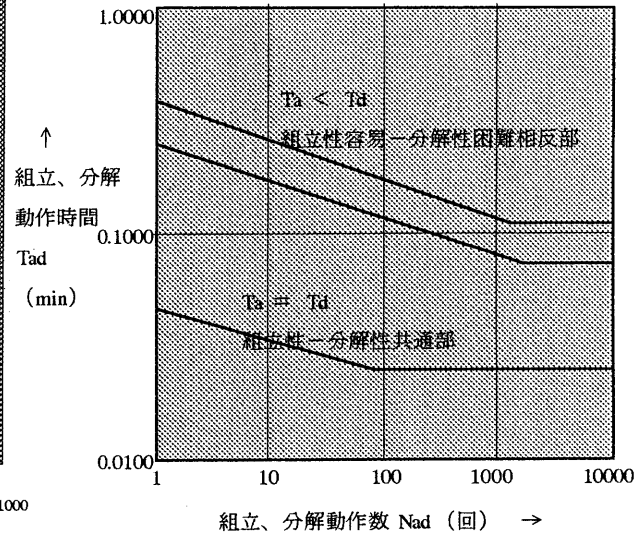


図 2. 2 動作習熟の比較

図 2. 1 は、設計要因別に人間の組立動作時間 T_a と、分解動作時間 T_d を比較分析した結果である。分析結果から、設計要因は、組立性－分解性共通部 ($T_a = T_d$)、組立性容易－分解性困難相反部 ($T_a < T_d$)、組立性困難－分解性容易相反部 ($T_a > T_d$) に大別され、組立性と分解性の関係には、共通する設計要因と相反する設計要因が存在することが確認された。

更に、共通する設計要因と相反する設計要因の特徴をとらえるため、動作要素、動作習熟、ハード機器の比較分析を行った。図 2. 2 は、動作習熟を比較分析した結果である。分析結果から、 $T_a = T_d$ 共通範囲の設計要因では、動作要素、ハード機器における対称性が確認され、動作習熟では相反範囲の設計要因と比べ、早期による習熟が確認された。一方、 $T_a < T_d$ 、 $T_a > T_d$ 、 $T_a > T_d = 0$ のいずれの相反範囲せ設計要因では、動作要素、ハード機器における非対称性が確認され、動作習熟では共通範囲の設計要因と比べ、後期による習熟が確認された。

3. 組立性、分解性の両立化設計の方法論

組立性と分解性の両立化にあたり、組立と分解の重複範囲を最小にし、両立化設計を必要とする範囲を限定する「重複範囲の最小化設計」と、組立と分解の重複範囲を対象として、共通する設計要因による対称化を行う「対称範囲の最大化設計」を両立化設計の原理として提案する。図 3. 1 に、両立化設計の原理概念を示す。

両立化設計は、部品が階層上に構成されているツリー構造において、トップダウン的な優先順位から、ツリー構造を決定する配置設計、部品間の結合方法を決定する結合設計、個々の部品の、形状、材質、取扱条件などを決定する部品設計へとすすめる。

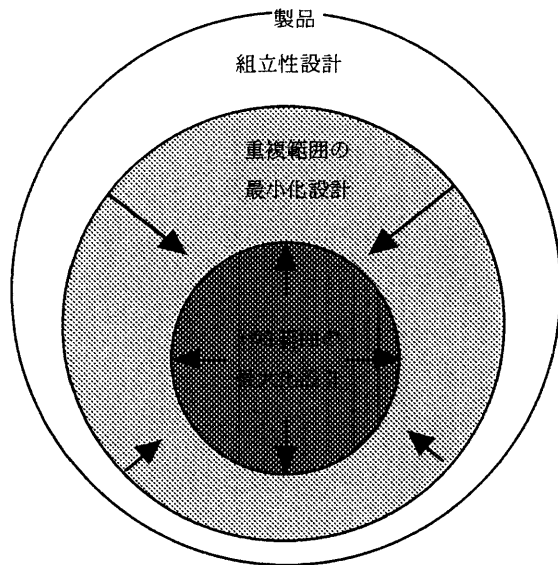


図 3. 1 両立化設計の原理

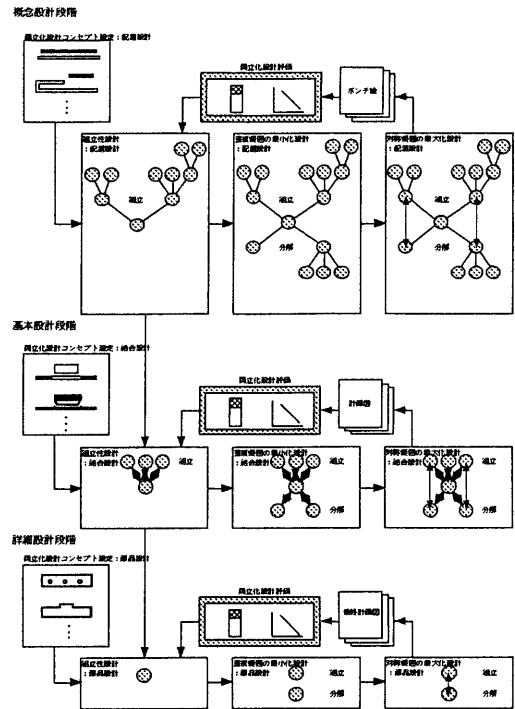


図 3. 2 両立化設計の概念プロセス

一方、製品開発は、概念設計、基本設計、詳細設計のプロセスを経てすすめる。

両立化設計のトップダウン的なフローは、この製品開発のプロセスと同期化されている。

すなわち、概念設計段階では、配置設計により、製品全体のレイアウトを決定し、ポンチ絵によって表わす。また、基本設計段階では、結合設計により、部品間の接続関係を決定し、計画図によって表わす。更に、詳細設計段階では、部品設計により、部品の材質、取扱条件などを決定し、最終計画図によって表わす。

図 3. 2 は、両立化設計の概念プロセスを示している。それぞれの設計段階における、各プロセスは、まず、組立性設計のガイドラインを用いて、製品全体の範囲を対象として組立性設計を行う。次に、重複範囲の最小化設計、対称範囲の最大化設計ガイドラインを用いて、両立化を必要とする範囲を対象に、重複範囲の最小化設計と対称範囲の最大化設計を行う。最後に、両立化設計評価を行い、代替案との比較を繰り返す。

4. 結論

本研究では、製品のライフサイクル全体において、繰り返し発生する組立と分解に着目し、製品の構造における、組立性と分解性の両立化設計の提案を行った。本研究による両立化設計により、消耗する部品を交換することによる長寿命化設計や、アップグレード設計、リユース設計が容易となり、環境調和型設計への有効な方法といえる。

また、両立化設計は、製品の組立、分解コストの低減に有効であると同時に、人的資源である熟練作業員、物的資源であるハード機器を共有化することが可能となり、インバース・マニュファクチャリングが目指す、製造業からライフサイクル全体を担当するライフサイクル産業への展開を行うにあたり有効な方法といえる。