

モジュール設計支援ツールの開発（第2報）

佐々木憲吾，小鳥田博夫，河野洋輔，坂元康泰

Development of modular design support tool (2nd Report)

SASAKI Kengo, KOTORIDA Hiroo, KOUNO Yousuke and SAKAMOTO Yasuhiro

The modular design technique is come in to use as cost down and weight reduction method. But the effective technique for modular design has not been developed. This report describes development of a modular design support tool.

This tool is constructed by two phases. First phase is consisted of part characteristics, material characteristics, reduction number of the parts and parts and product relations that were described by a function. Second phase is consisted of productivity. By using this tool, machine designer is able to find well-chosen parts integral pattern.

キーワード：モジュール，モジュラー，インテグラル，構想設計

1 緒 言

モジュール設計は，コストダウンや軽量化のみならず，品質向上・機能向上・納期短縮等につながる効果的な設計手法であるとして，自動車業界をはじめとして様々な製造業に取り入れられつつある。実際，近年登場した新型乗用車ではモジュール設計が積極的に取り入れられ，高い効果を上げている。しかしながら，モジュール化に向けた効果的な設計手法は依然として確立されていないため，設計者は試行錯誤しながらモジュール設計を行っているのが現状である。

第1報では，このような背景から独自に県内製造業のモジュール化動向を調査し，その結果から日本の工業製品が強い¹⁾とされているインテグラル型モジュール（部品一体型モジュール）を設計する際に有用なツールを開発することとした。

本報では，第1報で作成したロジックの改善を行い，大幅な設計変更が可能となるツールとしてプログラミングを完成させ，実際の製品に適用した。

2 ロジックの改善

2.1 部品特性による選択ロジックの改善

第1報では，設計初期段階での設計者の部品一体化に向けた思考プロセスを再現し，簡単な数値入力による具体的な数値出力を持って部品一体化の効果が比較できるよう，2段階のPhaseによる部品一体化パターン導出法を提案した。表1は第1報での各Phaseと

表1 第1報での各PhaseとStepの概要

Phase 1	Step 1	部品特性による選択
	Step 2	材料特性による選択
	Step 3	部品の接続性による選択
Phase 2	生産性考慮による選択	

Stepのロジック概要である。

第1報では，部品特性による選択に，部品の接続性による以下の選択ロジックを設けた。

【Phase1-Step3 部品の接続性による選択】
同じ材料に変更できる可能性を持つ構成部品が連続していなければ一体化することはできない。言い換えれば，同じ材料に変更できない構成部品を介して連結する場合，一体化可能パターンから除外する。

このロジックにしたがうと，既存の部品レイアウトの中で互いに隣り合っていない部品を一体化することが不可能になり，レイアウト変更を伴う大幅な設計変更を行うことができないことが試行の中から判明した。したがって，本報ではこのロジックを削除することとした。

第1報では，一体化パターン a_n に与えられる得点を $S(a_n)$ としたとき，式(1)の場合に $S(a_1) = S(a_2)$ と

なるケースが多く見られた。 a_1 が a_2 の部分集合ではない式(2)の場合では当然許されるが、式(1)ではより集積度の高い(一体化される部品数の多い) a_2 の方が高得点となるべきである。そこで、一体化することにより削減された部品点数を基に点数に重み付けを行うロジックを加え、新たにStep 3とした。従来手法における得点を $S'(a_n)$ 、削減部品点数を R とすると、式(3)による重み付けを行った。式(3)にしたがうと、例えば2部品が一体化される場合、削減部品点数は1であるため、得点は従来どおりの1倍となるが、3部品が一体化される場合、削減部品点数は2であるため、得点は2倍となる。

$$a_1 \subset a_2 \quad (1)$$

$$a_1 \not\subset a_2 \quad (2)$$

$$S(a_n) = S'(a_n) \times R \quad (3)$$

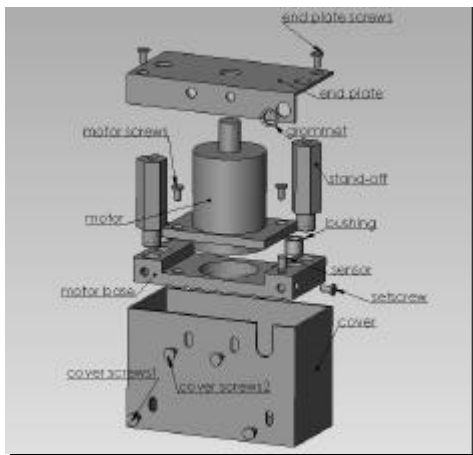


図1 モータアセンブリ

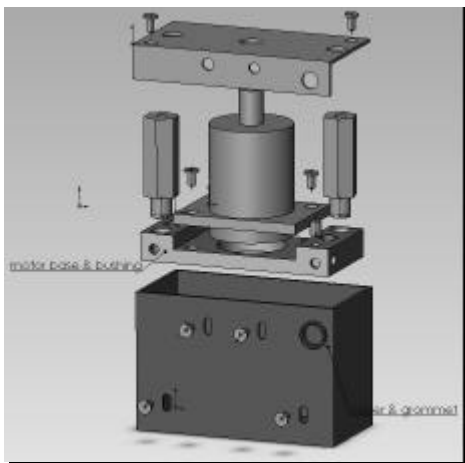


図2 設計変更例

これまでの改善を、第1報で用いた図1のモータアセンブリに適用したが、結果は図2に示すとおり、第1報で行った結果と同等のものとなり、大きな設計変更案を得ることができなかった。これは、一体化対象部品を入力する際、部品名のままで入力しているため、設計者が一体化対象部品の形やレイアウトを非常に具体的に捉えてしまい、このことが発想の広がりをおさめているのであると考えた。そこで、VE(Value Engineering)やQFD(Quality Function Deployment)の発想を取り入れ、一体化対象部品をより抽象化するために各部品の持つ機能を展開し、部品名の代わりに入力することとした。その際、製品自体の持つ機能と同等の機能は重要な機能であると位置付け、その機能を持つ一体化パターンには重み付けを行うこととし、本ロジックをStep 4として加えた。

なお、削減部品点数による重み付けおよび、機能による重み付けの値は固定値ではなく、マニュアルで設定変更可能となる仕様とした。

2.2 生産性による選択ロジックの改善

Phase 2の生産性による選択に関しては、ロジック自体の大きな変更は行わなかった。代わりに、本ツールの中で最も入力作業の負担が大きい部分であるため、設計者の入力ミスを防ぐ手段と、入力作業を軽減する手段を積極的に取り入れた。

部品点数が増大すると組合せパターンも飛躍的に増大し、それにしがたい、入力作業も増大する。長い入力作業は設計者にとって苦痛となり入力ミスも誘発する。そのため、部品一体化の最大対象部品数を設定できるようにした。実質的に、図1のようなモデルにおいて、4種類以上の部品が一体化される場合は極めて希である。そこで、最大対象部品数を3に設定することにより、3部品以上の組合せは出力されなくなり、入力作業が大きく軽減された。また、第1報では入力した点数の積をとって得点としていたが、積では重み付けの積も加わり値が大きくなり過ぎ、結果が直感的に比較しづらいため、本報からはQFDと同様に和をとることとした。

図3は、完成したモジュール設計支援ツールの部品特性による選択入力画面(Phase 1)、図4は生産性による選択入力画面(Phase 2)、図5は結果出力画面である。設計者は、図3の部品特性による選択入力画面におけるチェックボックスによる簡単な入力と、図4の生産性による部品選択画面による0,1,4,9による数値入力のみで、素早く図5の結果を得ることができる。



図3 部品特性による選択入力画面



図4 生産性による選択入力画面

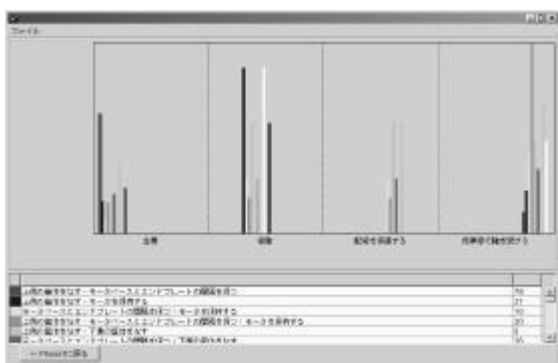


図5 結果出力画面

また、部品名や機能の入力は、直接入力のみならず、Microsoft Excel[®]からのデータインポートにも対応している。

なお、本ツールは独立行政法人産業技術総合研究所ものづくりセンターにて開発されたソフトウェア開発環境、MZ-Platformを用いて開発した。MZ-Platform

表2 機能展開による設計変更提案

順位	一体化提案	材料	スコア
1	上側の筐体をなす モータを保持する 低摩擦で軸を受ける	低摩擦	124
2	モータベースとエンドプレートの間隔を保つ 下側の筐体をなす 低摩擦で軸を受ける	低摩擦	84
3	モータベースとエンドプレートの間隔を保つ 下側の筐体をなす 配線を保護する	配線保護	72
3	上側の筐体をなす モータベースとエンドプレートの間隔を保つ モータを保持する	樹脂	72
3	モータベースとエンドプレートの間隔を保つ モータを保持する 下側の筐体をなす	樹脂	72
3	上側の筐体をなす モータベースとエンドプレートの間隔を保つ 配線を保護する	配線保護	72

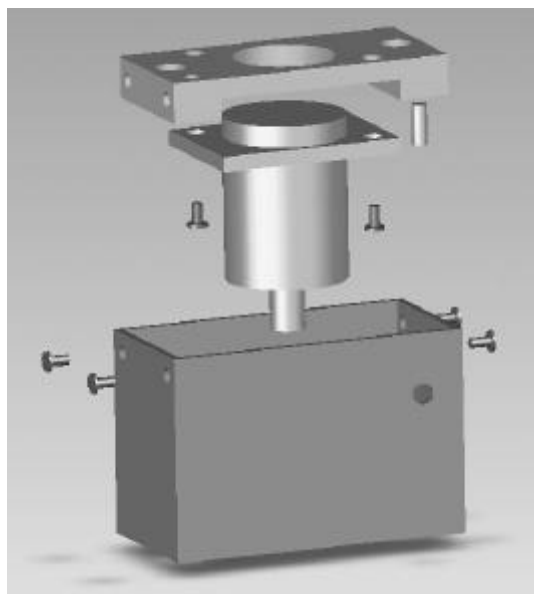


図6 機能による設計変更結果

には、本ツールの開発に有効なコンポーネントが多数用意されており、開発効率の向上につながった。

3 機能による抽象化事例

図1のモデルを機能展開し、本ツールの適用を行った。表2は、本ツールが導き出した設計変更案、図6は、表2のハイライトされた提案による設計変更結果である。このように、大幅な設計変更が実現し、総部品点数が20から10に大きく減少した。なお、本結果は、部品点数削減による重み付けの値は1、機能による重み付けの値は2で評価した。

一般的に、同一機能を複数の一体化された部品が担

う必要はない。そのため、表2の場合では、1位の提案を採用した場合、ハイライトされた3位の一体化提案のみが1位の一体化提案と同一機能を含んでいないため、必然的にハイライトされた3位の提案のみが採用された。

これほど大きな設計変更が実現できたのは、機能展開による抽象化が行われたため、設計者の発想が柔軟になった結果であると考えられる。実際の設計工程でも、設計者は思考の中でこのような設計変更案を模索している。その際も機能展開さえ行えば、誰でも簡単に解が求まると言う訳ではない。それは、設計者の思考が多岐にわたり、材料特性・生産性・組立性・軽量化など幅広い知識が混在し、まとまった解が導き出し難いためである。ましてや、導き出された複数解の定量的比較などは困難を極める。しかし、本ツールでは複雑に絡み合った問題をシンプルに切り分け、他との関連性を断った後で簡単な点数付けを行うことにより、最終的には全ての要求を満たす解を具体的な数値で得ることができたのである。モータの天地を逆にする発想を得ることができたのも、本ツールの特徴である。

4 実際の製品への適用事例

本ツールを、G社のディスクグラインダに適用した。ただし、各 부품の機能詳細が把握しきれなかったため機能展開は行わず、従来どおりの部品名での適用となった。図7は、変更前のディスクグラインダに変更案を割り付けたイメージである。

各変更案は、いずれも3部品が一体化されており、組立性やメンテナンス性が向上するものと思われる。このように、本ツールは機能展開を行わなくとも、一定の設計変更案を得ることができる。

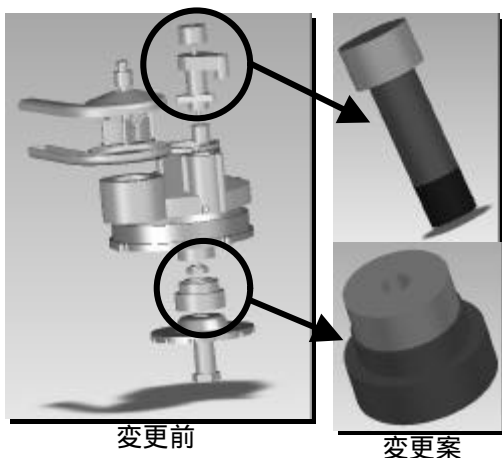


図7 設計変更例

G社は、生産技術アカデミーと共に新型ディスクグラインダの開発の取り組んでいる。本ツールを用いたことにより、設計を指導する生産技術アカデミーから効果的な設計案を提示することができた。

5 結 言

本報では、モジュール設計支援ツールの完成を報告した。本ツールを機能展開して利用することにより、大幅な設計変更案が得られることが判明した。これは、設計者が思考する問題をシンプルに切り分け、他との関連性を断った後で、個別に考察を行ったためと考えられる。本ツールを利用し、概念設計段階で適切な指針を持つことは、後の設計から生産工程に渡って非常に効果的である。

6 参考文献

- 1) 藤本隆宏, 武石彰, 青島矢一 編, ビジネスアーキテクチャ