

機構システム試作支援のための機構パターンカタログの構築に関する研究

室蘭工業大学大学院 ○工藤 達也, 寺本 孝司

本研究では専門的な知識を持たない個人による設計製作に関し、設計から製作までを一貫して支援できる機構パターンカタログを提案する。パターンの記述に際し、機構を構成する要素について、あらかじめ機構要素と定義しその組み合わせで表現する事で記述の再利用性をはかるとともに、要素ごとに実装方法を与えることで機構の製作の支援に繋げる。

1. 諸論

近年、Personal Fabrication という概念が提唱されている。これはコンピュータやネットワークを取り入れた個人でのものづくりの形態である。コンピュータによって様々なツールを自動化し、製作ノウハウをネットワークにより広く共有化することで、個人がより容易に高度な創作に取り組む事ができるという発想に基づくものである。現在、3次元データから容易にモデリングを行えるラピッドプロトタイプング技術が普及しており、この Personal Fabrication に寄与すると期待されている。しかし、所望の形状を作製することは出来ても、所望の機能を持った機構システムを設計・作製することは依然として困難である。これは、適した機構・構造の選択や設計時の各種パラメータの決定、構成部品の実装などの行程で専門的な知識が不可欠だからである。

本研究では機構システムの設計に限定して支援するシステムである機構パターンカタログの構築を目的とする。

2. 機構パターンカタログの提案

2・1 機構パターンカタログで扱う機構についての定義

まず機構パターンカタログでは、以下の2つを基礎的な機能としてあつかう。①力や運動の入出力における変化のうち任意に利用可能なもの。例として“力を増やす”“運動を加速する”などがある。②物体を構成するために必要となる構造的な働き。例として“支持する”“締結する”などがある。

この1つまたは、複数の機能を実現する部品や部品の組み合わせを機構要素とする。

そして、複数の機構要素の組み合わせにより構成され、運動や力を入力して運動や力を出力するものを機構とする。

この機構を複数組み合わせ、動力源を繋ぎ、検出機器や制御機器などを組み込んだ全体が機構システムとなる。

2・2 一般的な個人での製作の問題点

本研究では一般の個人による機構システムの設計製作のサポートを目的としている。そこで、これまでの設計事例や設計に関する研究をもとに、以下の4つが問題点として抽出した。

**要求が不明確:** そもそも自らの望む機能である要求機能の明確化が難しい。要求が明確化されなければ、要求を実現する道筋が立てられず設計に明確な指標が立てられない。

**現実世界での制約:** 抽象上の設計結果を現実に移写する場合、機構システムは様々な制約を受ける。各パーツは重量を持ち、パーツが干渉すると正しく運動しない、組立工具の作業空間が確保されていないなど、設計上では気づきにくい問題が多々存在する。よって専門的な知識を持たない個人が設計結果を実装した時に齟齬が生じる。

**要求と機構の対応:** 基本的に機構は運動や構造的な特徴に関連付けられるため、“要求”からそれを満たす“運動”の連鎖や組み合わせを考え、その運動を行う機構を探すといった手順を踏む必要があり、要求からそれを満たす機構への見通しが悪い。

**設計から部品への不連続性:** 設計した機構、その機構を構成するパーツや部品、部品の実装方法や入手方法のそれぞれの繋がりが見えにくい、個人での設計製作を考えた場合には設計から実装までを一連の流れでサポートできない。

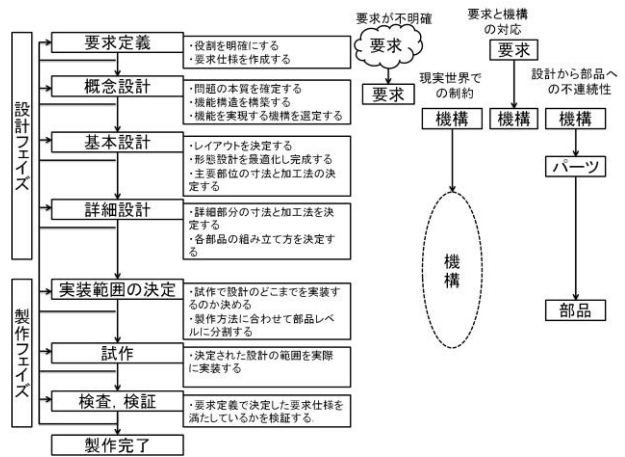


Fig.1 設計時に現れる問題点

2・3 デザインパターンを用いた機構の記述

デザインパターンは設計者の経験や知識、手法を再利用しやすい形式で記述し効率よく知識伝達を行う方法であり都市設計やソフトウェア設計に用いられている。

このデザインパターンの手法を用いて機構のカタログ化を行う。機構パターンカタログでは機構の名称、原理、適用可能性、構造、各種構成要素、振る舞い、動作、実装例に関して記述をまとめる。ここで機構を構成する機構要素、各機構要素の接続関係、機構の振る舞いを記述するにあたって工学向けのグラフィカルなモデリング言語である SysML に準拠した図式とともに記述することで、設計者への効率のよい知識の伝達が行えると考えられる。

本研究では、機構パターンカタログで扱う機構に関して、機構は“2つ以上の機構要素によって構成される”“運動や力を入力し、運動または力を出力する”と定義している。運動や力の入出力を行わない、動かない“もの”に関しては機構として扱わない。また、機構と機構要素の違いについては、機構パターンカタログにおいて機構は自作ないしは購入した部品を自ら組み立てて作成できるものを想定している。そのため例えば玉軸受を例に上げると、玉軸受を買ってきて1つの部品として扱う場合は機構要素にあたる。これをリング、ボール、ボール保持具を組み上げ作成する場合は機構として扱う。

2・4 機構パターンによる設計支援

本研究では設計から製作への一連の流れと各工程での大まかな作業内容を次のように想定する。作業は大きく分けて2つのフェイズに分かれ、設計フェイズは要求定義、概念設計、基本設計、詳細設計の工程に、製作フェイズは試作範囲の決定、試作、検査・検証の工程に分かれている。機構パターンカタログ

は各工程でどのように、設計に寄与するのか、2・2での問題をどの部分が解決するのかについては次のようになる。

要求定義では、機構パターンカタログの要求に関する記述において“対象物をどうしたいのか”という要求を“移動”“固定”“変形”の3つに分類している。これにより機構システムの要求を明確化し、要求とそれを満たすことが出来る機構の関係を次の方式に関する記述へまとめることで要求と機構の関係を理解しやすくしている。

概念設計では、要求に関する記述、方式に関する記述、機構に関する記述を参照して、要求に関連する機構を採用することで、どのように機構を組み合わせると要求を満足するのか、自分の作成する機構に合致するのか、機構の基本的な運動が必要とする動きと合っているかなどを知ることが出来る。

基本設計では、機構に関する記述において、その機構の構造や構成する要素、各要素のレイアウト、機構の原理や設計時の注意点などを記述することで設計を支援する。

詳細設計では、カタログ内ではサポートは行わない。それはこのカタログ内で①パーツの作成はデジタルファブリケーションを通して行われる、②製作方法がパターン化されている、③製作方法と材質が制限される、ことより詳細設計における決定項目が最小化されていることによる。

製作に関しては機構要素に関する記述において、機構要素の単位で実装方法を記述している。自作で実装する場合は、類似するパーツや作業工程をプロダクションパターンとしてパターン化を行ない実装に必要な作業を提示する。

### 3. 機構パターンカタログの構造、記述内容

機構パターンカタログは要求の階層、方式の階層、機構の階層、機構要素の階層、の4つの階層によって構成される。

まず、要求の階層では、対象物をどうしたいかという要求のレベルで、大きくは3つの“固定”“移動”“変形”それに付帯する条件によって機構を分類した。

次に、方式の階層では要求に対して機構システムがどのようなアプローチで要求を満たすのかを方式ごとに分類している。その方式ごとに必要な機構をエンドエフェクタ（対象物に直接作用する機構端）や移動機構などの種類ごとに選択可能な例を提示している。

機構の階層では、方式の階層で示されたエンドエフェクタや移動機構など、個別の機構について記述が行われる。記述の内容は、自然言語、SysMLに基づいて示された図、二次元機構モデル、画像によって記述される。記述内容は、以下の9つの項目についてである。

①名称：その機構の名称。②別名：よく用いられる別名。③原理：その機構の原理と意図。④適用可能性：この機構を適用できる状況。⑤構成要素：この構成する機構要素についての記述。⑥構造：各構成要素がどのような構造関係によって構成されているかを表したブロック定義図、同一の構造レベルにおいての内部的な構成要素間の接続を表記する内部ブロック図。⑦振る舞い：この機構がどのようなアクションの連続で動作するのかを示したアクティビティ図。⑧機構モデル：この機構の動作について理解を助けるモーションモデル。⑨実装例：この機構を用いた具体的な実装例や設計・製作時の注意点、ヒントなどについての記述。

機構要素の階層は、機構を構成する機構要素について個別の記述が行われる。⑤で示された各機構要素について、個別に“名称”“原理”“用途”“適用可能性”“実装手段”を記述し、機構の記述とリンクさせる。実装手段は既製の部品を購入するのか、自ら作成するのか、製作する場合は各部品の組み合わせを行う

機構要素のレベルでの注意点やポイントなどを記述する。また各部品の実装作成方法はプロダクションパターンとしてまとめられている。

プロダクションパターンは予め3Dプリンタでの出力、レーザカッタでの部材切り出し、各パーツの接合方法などの作業について部品ごとや類似作業ごとにパターン化したものである。このプロダクションパターンの組み合わせによって機構要素がどのように製作されるのか記述される。

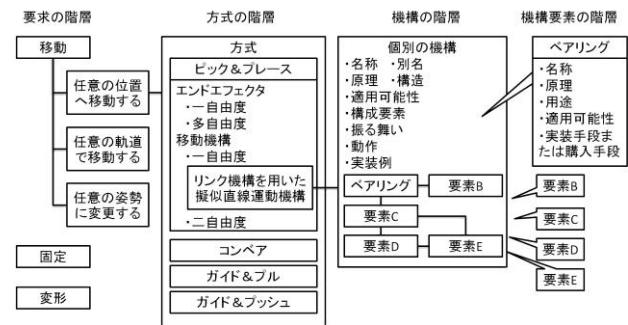


Fig.2 機構パターン構造

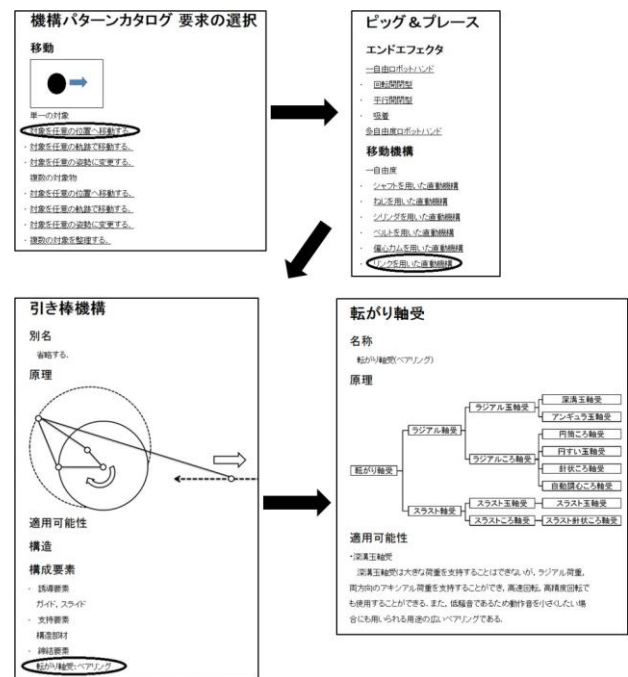


Fig.3 HTML上の機構パターンカタログ抜粋

### 4. 結論

専門的な知識を持たない一般の個人による機構システムの設計製作支援に、デザインパターンの手法を用い参照情報を階層化した機構パターンカタログを提案した。今後、設計実験を通して現在のシステムの評価とシステム構造、記述内容、インターフェイスの観点からシステムの改善を行っていく必要がある。

### 参考文献

- (1) サンフォード・フリーデンタール 他『システムズモデリング言語 SysML』、東京電機大学出版（2012）
- (2) C.アレグサンダー、『パタン・ランゲージ—環境設計の手引』、鹿島出版会(1984)