

K6-74

設計過程の知識利用に関する研究
設計知識の概念間の関係を用いた創発知識の分析
A Study on Utilization forms of Knowledge links in Design Process
Analysis of Cross-Linked Knowledge in a Case Study

○請川大晃¹, 関根務², 星野倫彦²*Hiroaki Ukegawa¹, Tsutomu Sekine², Michihiko Hoshino²

Abstract: This study focuses on knowledge used in design processes. Computer aided learning has been introduced into a variety of education. However, the system has been scarcely reported in the area of design study. In design experiment, concepts are briefly classified into seven categories, and the relationships of concepts can be represented using nine knowledge links. We attempted to classify knowledge used in design processes on the basis of the nine knowledge links. As a result, it was verified in a design process that cross-linked knowledge was frequently exerted to provide a suitable design.

1. 諸言

近年, 教育現場において CAL(Computer Aided Learning)と呼ばれるコンピューターを利用した学習方法が広く取り入れられている。しかしながら, 設計や製図教育にこの学習法が導入しようとする研究報告はほとんどないようである。一般に設計というプロセスは多くの知識を多次的に融合しながら進められるものであり, 体系的に整理することは多くの困難を伴うが, 武田ら^[1]は設計実験とその結果の分析を行い, 設計知識の分類と各概念間の関係におけるモデルを提案している。

本報では設計や製図における理解度と習熟度を高める CAL 環境を構築するために, 設計における知識あるいは知識利用がどのようになされているのかに注目し, 武田らの提案したモデルを実際の設計過程に適用することで設計概念や知識の創発について検討し, 得られた結果に基づいて考察を行う。

2. 設計知識の分類と各概念間の関係

設計での問題解決過程は [問題提起], [提案], [展開], [評価], [決定] の 5 つ段階からなる設計サイクルによって行われているとみることができる。

武田らは実験により発話データから知識を抽出し, 設計による知識を[設計過程において, 設計者の思考に直接影響を与えている記憶情報]と定義した。この定義に基づき, 知識の多くはある概念から別の概念を導き出すものであるとした。そして, 設計実験の分析から, 設計での問題解決過程で用いられる概念を表 1 のように 7 つに大別し, その概念間の関係を表 2 のような 9 つの設計知識とした。その概念図を図 1 に示す。

Table 1. Emergent concepts in design process

| 記号 | 名称 | 意味 |
|----|------|------------------------------|
| E | モノ | 実体。現実にはその名前で指し示される。 |
| F | 機能 | 注目しているモノが他のモノとの関係において持つ役割。 |
| A | 属性 | 注目しているモノの形状, 寸法等の性質。 |
| T | 位相関係 | モノとモノとの位相的な接続関係。「つながっている」など。 |
| C | 接続方法 | モノとモノとの接続方法。「固定」など。 |
| M | 製作方法 | モノの製作方法。 |
| P | 設計方針 | 設計のノウハウなど。「設計の順序」など。 |

Table 2. Knowledge links in design process

| 記号 | 知識 |
|----|-----------------------|
| FE | 機能からそれを備えたモノを導出する知識。 |
| EF | モノからその機能を導出する知識。 |
| AE | 属性からそれを備えたモノを導出する知識。 |
| EA | モノからその属性を導出する知識。 |
| AA | 属性から他の属性を導出する知識。 |
| TC | 位相的關係からその接続方法を導出する知識。 |
| EM | モノからその製作方法を導出する知識。 |
| MA | モノの製作方法からその属性を導出する知識。 |
| P | 設計方針に関する知識。 |

3. 設計過程における知識利用の分析

前節で示した概念と知識の関係をを用い, 実際の設計を事例とし, その過程で必要とされる知識を分類した。ここでは, 機械工学科の科目として設置されている機械設計製図Ⅱの課題として与えられた減速機の設計に

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・教員・機械

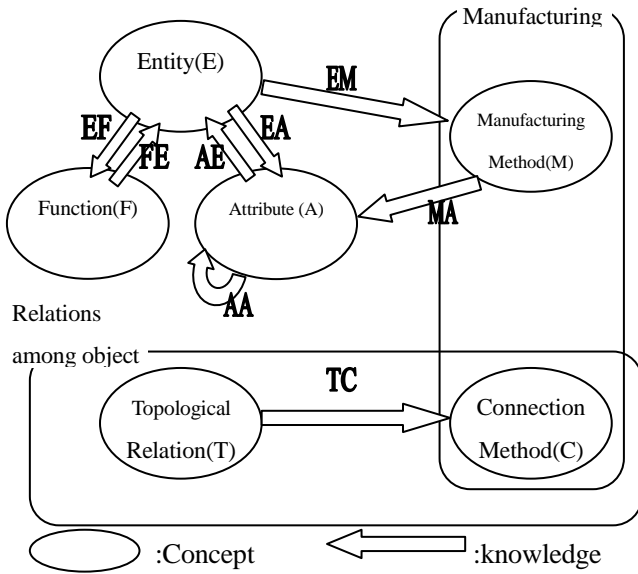


Figure 1. Classification of knowledge

ついでに分析を行う。

3. 1 減速機的设计

機械設計の手順は次の3段階に分けられる。すなわち機械全体の仕様について考える[概念設計], 具体的に機械の構造や形状について考える[基本設計], 各 부품の細かい寸法や表面粗さなどの詳細を考える[詳細設計]である。本報では基本設計に注目し, 設計過程における知識利用の分析を行った。減速機の基本設計では次のような事項について決定する。

- (1) **構造・機構** どのような歯車を使用するか, どのような構造にするかを決定する。
- (2) **歯数の決定** 電動機の回転数(入力回転数)と要求された出力回転数から, 各歯車の歯数を決定する。
- (3) **軸径の決定** 電動機の出力と歯車の歯数によって決まる軸の回転数から軸に働くトルクを求め, これに耐えられる軸の最小径を決定する。
- (4) **歯幅の決定** 軸に働くトルクから歯車の歯先に働く力を求め, これに耐えられる歯車の歯幅を決定する。
- (5) **軸受の選定** 歯先に働く力から軸を支える軸受に作用する力を求め, この力を支える軸受を選定する。
- (6) **キーの寸法の決定** 軸に歯車を固定するためのキーの強度計算を行い, 寸法を決定する。
- (7) **各部ボルト径の決定** 各部に作用する力から, ボルト径を決定する。

ここでは紙面の都合上, 歯数の決定の際に行われる知識利用の分析について報告する。

3. 2 設計過程と知識利用形態の分析

歯数の決定の手順と, 表2に示した9種類の知識との対応を取り分類した。例えば入出力の回転数から総

Table 3. Utilization forms of knowledge links in case study

| 設計過程の例 | 知識 |
|---------------------------------|-------------|
| 入出力の回転数から総減速比を導出 | AE/EF/FE/EA |
| 各歯車の歯数と総減速比との関係式 | AE/EF/FE/EA |
| 各段の減速比は7以下に設定 | P/FE/EA |
| アングカットを生じない最小歯数を考慮 | EM/ MA |
| かみ合いによる歯の摩耗を考慮した歯数比の決定 | P/EA |
| キー溝との干渉による強度上の問題を考慮 | P/ EA/TC |
| ケースの穴あけ加工が容易となるように入・出力軸を一直線上に配置 | P/TC/MA |
| 歯先に働く力を考慮したモジュールの決定 | EF |

減速比を導出する場合, 回転数という属性(A)から歯車というモノ(E)を通して歯車の機能(F)を考える。そして同じ道をたどって総減速比という属性(A)に戻り導出していると考えられる。同様に, 各設計過程とそのときの知識利用形態を分析した結果を表3に示す。

この結果から次のことがわかった。まず, 基本設計のある段階では複数の概念と知識が関与しており, 利用される知識は1つとは限らない。また, EM→MAといったような, 段階を踏んだ知識の利用が見受けられる。中でも, モノ(実体)をイメージしてそれにまつわる諸元を判断していくことが多い。このことから, 人工物の構造や機構を知ることが設計概念や知識を創発するために有効だと考えられる。さらにPのような設計に関するノウハウを必要とした過程が多く見受けられた。創造設計データベースなどの活用がこうした知識を習熟する上で役立つと思われる。

4. まとめ

本論では, 設計概念と知識に基づき, 実際の設計過程における概念・知識の創発に関する分析を試みた。その結果, モノ(実体)を中心とした複合的な知識を利用していることがわかった。学習システムの構築を考えたとき, 辞書のような知識の羅列に意味がないということになる。1つ1つの知識間の繋がりが重要であり, それを意識した学習を行うことが設計時の概念や知識の創発力を高めるのではないかと考えられる。

5. 参考文献

- [1] 武田英明 富山哲男 吉川弘之:「実験的手法に基づく設計知識とその利用」, 精密工学会誌, Vol.60, No.3, pp.422, 1994