

# 設計過程の分析と論理による形式化 (第5報)

## - 設計実験方法論 -

東京大学工学部 ○武田英明・濱田進・富山哲男・吉川弘之

### 1. はじめに

本研究では設計過程の研究の一環として、3期計11回の設計実験を行い、データ収集と分析を行ってきた[1][2][3][4]。表1にこれまで行ってきた実験の概要を示す。本報告では設計実験の設計過程研究に占める役割・意味を議論すると共に、各実験の手法とデータ収集法について心理学的側面と設計研究としての側面から検討を行い、設計実験の妥当性について議論を行う。

### 2. 設計過程研究としての設計実験

一般になんらかの現象の理論を構築するには分析・モデル化・検証の段階を踏む。設計過程の研究においても科学的方法により設計過程を観察・分析し、モデル化し、そして検証していく必要がある。このとき問題になるのは設計を科学的に観察・分析する方法である。現実の設計は設計対象分野や設計対象の性質、設計者の資質・経験、設計に対する要求、設計者の設計環境などが複雑に影響しあっており、極めて多種多様なものである。その影響をあたえる要因は、物理的な問題から、心理学的問題、社会的な問題までを含んでいるので、一般的な意味での科学的観察・分析は困難である。しかし、できるだけ「科学的」な方法により設計を観察・分析することが必要である。

その方法として、本研究では設計実験を採用している。これは設計の心理学的側面、すなわち人間の思考過程としての設計過程に注目しており、その側面に関しての「科学的」な観察・分析方法である。もちろん、この一側面だけからでは設計の全ての問題をとらえることができない。この他にも、ものの理論としての設計、あるいは工業生産のプロセスとしての設計など設計にはいろいろな側面が考えられるので、個々の側面の特徴に沿った科学的な観察・分析を行い、それらの結果を総合して、設計のモデル化を進める必要がある。

以下では科学的な観察手法として、設計実験の実現方法とデータ収集方法に検討を加える。

### 3. 設計実験の実現方法の検討

#### 3.1 検討の視点

ここでは心理学的な立場からの検討と設計研究の立場からの検討の二つを考える。

##### (1) 心理学的視点

設計実験は主にプロトコル解析によって行っている。

プロトコル解析によって得られるデータ(発話)がどれだけ被験者の思考を反映しているかについてはEricssonら[5]が議論している。このなかで、データの正当性を保証するためには、データが思考過程とズレないこと、データが不完全になってはいけないということ、データを挙げていいる。これらの条件を満たすためには、

①被験者に実験者が何を求めているかを知られてはいけない。

②被験者がやりなれている課題を選ばない、

③被験者にできるだけ多くのことを話させる

ようにすることが必要である。

#### (2) 設計の視点

設計実験は設計者の設計を行うときの思考過程に関する情報を得るために行うものである。従って、得られたデータが思考過程を忠実に反映しているものであっても、設計に関する有効な情報を含んでいなければ無意味である。すなわち、設計実験で行った設計過程がどれだけ実際の設計過程を反映したものであるかが問題になる。このためには設計に影響を与える要因について十分に注意を払う必要がある。Dixon[6]は設計に影響を与える要因として以下のものを挙げている。

①人間(設計者)

②問題

③組織的な環境

④設計環境(利用可能な器具、計算機、情報源など)

⑤時間

ここでは特に①、②、④が問題になる。これらの要因について設計実験と実際の設計でできるだけ差を小さくすること、あるいはどれだけ異なっているかを知ることが重要である。

表1 これまで行ってきた設計実験(今回を含む)

実験No	被験者	時間	課題
I-1	学生2名	約3:00	自動販売機の搬出部の設計(1)
I-2	学生2名	約4:00	
I-3	学生&技術者	約3:00	
II-A-1	学生2名	3:10	自動販売機の搬出部の設計(2)
II-A-2	学生2名	2:10	
II-B-1	技術者2名	5:00	体重計の設計
II-B-2	技術者2名	5:20	
II-B-3	学生2名	3:35	
III-A-1	技術者2名	2:27	首振り機構の設計
III-A-2	技術者2名	2:15	
III-B-1	技術者2名	2:29	おもちゃ(jumping machine)
III-B-2	技術者2名	2:16	

### 3. 2 各実験の検討

#### ○被験者

被験者は技術者および学生である。技術者は精密機械メーカーに勤めており、通常は設計業務に従事している（I-3実験を除く）。設計経験はII実験の被験者は10年前後、III実験では約6～7年であった。学生は主に精密機械工学科の大学院の学生であった。

これらの被験者（特に技術者）はこの実験の主旨は知らされていたものの、具体的に発話、行為のどの部分が分析対象になるかまでは教えられてはいない。しかし、実験者の意図を読もうとする思考も時々みられ、よりよい実験方法が必要と思われる。また、学生実験を行ったのは技術者との差異をみるためであり、これは(2)の①の要因の影響をみるためであった。

#### ○課題

課題は表1に示す通りのもので行った。これらの課題の選択においては以下の条件を設けた。

- ①機能が明確である。
- ②機構は未知である。
- ③解が実際に存在しうるものである。
- ④専門的な知識を必要としない。
- ⑤数時間で設計できるものである。

ここで問題になるのは④の条件である。すなわち技術者にもその技術者の通常従事している範囲の課題ではなく異なる範囲の簡単な課題を与えた。これは(1)の②の条件を満たすためである。しかし、これは(2)の②の要因を通常の設計と変えて行っているわけであり、注意が必要である。しかし、機械分野一般という意味では共通であるので、その意味での情報は得られたデータに含まれているといえる。また、実際の課題を与えることは課題設定上困難であると同時にデータ収集の際にも多くの問題を生じるとと思われる。今後検討すべき問題である。

#### ○設計環境

被験者には2人一組にして課題を与え、対話によって設計を進めさせている。これは(1)の③のために、より多くの発話が自然にできると期待したからである。より多くの発話が取れるという意味では有効であったが、二人で行うのは不自然であると指摘する被験者もあり、設計環境という意味では検討すべき点であった。

被験者にはIII実験を除き、紙と筆記具を使って設計を行わせた。III実験ではCADと同様の描画システムを併用して、設計を行わせた[3]。この場合、被験者の行動は被験者個人のCAD経験の有無、CAD利用分野などに強く作用されることがわかった。また、設計過程自身も描画システムの導入により変化しているこ

とが観察された。しかし、その反面、描画操作を限定したためにより、設計者の行う描画行為が明確になり、解析が容易になった。

### 4 データ収集法の検討

データ収集は基本的にはVTRによる発話、ジェスチャー等の記録と適宜とった図のコピーによっている。それらによって得られたものを、発話の文字化と図の整理・再描画を行うことにより、プロトコル・データを作成している。しかし、これらの処理に多くの時間がかかる上に、データ作成者の主観に依存する点（特に図の整理と図と発話の対応）があり問題であった。このため、III実験では描画及び指示動作を行えるシステムを開発して、この上でこれらの作業を行わせ、そのシステムによって記録を収集した。この結果描画プロトコルに関しては機械的な処理によって得られるようになり、処理時間の軽減とより客観的なデータを得ることができた。さらに記録の精度（時間、描画単位）が上がったので、より細かい分析が可能になった。このように計算機を利用した方法は設計実験の手法として有効であり、今後さらに進める必要がある。

### 5. 結論と展望

本報では設計実験の意味とその方法の有効性について議論を行った。結論として、

- 設計研究としての実験的方法は重要かつ必要である、
- 設計実験の手法はいくつかの点で問題があるものの全体としてはひとつの実験的手法として認められる、ということが分かった。今後は、
- データ収集用ツールといった処理のシステム化
- 収集されたデータの体系的・総合的な解析
- といった点の研究が必要である。

#### 謝辞

本研究においては三田工業株式会社にご協力していただきました。ここに厚く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 武田他：設計過程の分析と論理による形式化（第1報）63年度精密工学会春季大会講演論文集．（1988），pp. 131-132.
- [2] 武田他：設計過程の分析と論理による形式化（第2報）1989年度精密工学会春季大会講演論文集（1989）pp. 5-6.
- [3] 濱田他：設計過程の分析と論理による形式化（第6報）本大会講演論文集．
- [4] 松木他：設計過程の分析と論理による形式化（第7報）本大会講演論文集．
- [5] K. A. Ericsson & A. E. Simón: Protocol Analysis, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, (1985).
- [6] J. R. Dixon: On Research Methodology Towards a Scientific Theory of Engineering Design, (AIEDAM), 1(3), (1988) pp.145-157.