「設計」とは

NHK 総合技術研究所 坂井 徹 男

1. ま え が き

技術者にとって「設計」という言葉または作業は、重要な意味をもつが、設計とは何かということを改めて尋ねると、これについてうまく説明してくれる人は少ない。工場生産的な実用化機器の設計には素人である筆者は、プランビコンカメラ用前置増幅器の実用化設計を行なう機会に当たって、「設計」について多少考えてみたのでここに報告する。

2. 設計=OR におけるシステムの最適化問題

設計とは何かを説明している人は少ないが、「……の設計」と称する論文はかなりある。また、その設計によって作られたものは、現実に実用化されている物が多い。とすれば、これらは本当の意味で「設計」されているものではないかもしれない。短い調査では、設計を正面から取上げた文献が見当らず、計算機を設計に応用するに当たって、鴨井²⁾が設計の過程について流れ図を示していることがわかった。この文献、「……の設計」と称する文献や、筆者の乏しい経験をもとにして考えたところ、「設計」とは「OR におけるシステムの最適化の問題」に帰着できるらしいことがわかった。この問題は、かなりはっきりと表示されるようになっており³⁾、最近出版された基礎工学講座の設計論⁴⁾にも同様のことが記されている。ここでは「設計」を仮にそのように考えることとする。

それを、数学的に表現すると図1に示すようにシステムの集合 S (あるサブシステムの直積からなる集合) から、あるサブシステムの評価 (尺度) の直積からなる集合 T (順序集合となる) への写像 (関数と考えてよい) Y

図1 システムの最適化の問題

"What does Design mean?" by Tetsuo Sakai (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

が、さらに T から、システムの評価 (尺度) である全順序集合 M への写像 E があり、 M における最大値の原像となる S の要素を求めることである。数学の言葉については、たとえば文献 5), 6) を参照されたい。前置増幅器を具体例にとると、

S : すべての「前置増幅器を作る方法」の集合
サブシステムの評価 T : (SN 比, 線形ひずみ, 対環境, 時間的劣化, 体積, 納期, 費用, 実現可能性, ……) で, S のある要素に対して上のカッコ内の各項目を数量的に評価したもの

(42dB, $K \leq 1\%$, $-20^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$, $\text{MTBF} = 10^4$ h, 200cc, 5 カ月, 20 K円, 99.9%, ……)

が Y によって 1 つ定まる。

M : たとえば実数などで、「前置増幅器を作る方法」の良さの尺度を与えるものであればよい。

ここで、前置増幅器を作る方法の良さといったのは、できあがった前置増幅器の各種特性いわゆる性能が良いだけでなく、それに要する費用、納期なども評価の対象に入れるからであって、「設計」には、当然これらのことがつきまとうのである。すなわち「設計」は、何を作ったらいかがだけでなく、どのような方法で作ったらいかがということの指示も与えなければならない。またこれらの数値は確率的な意味をもっていることも注意する必要がある。

ここで問題となるのは、前述の 2 つの写像、すなわち評価の方法 Y , E を構成することである。2 つのうち Y を構成するのはやさしく、通常比較的合理的なものが使われている。しかし、後者の全体の評価 E を構成するのがむづかしく、大きいシステムになると哲学的なところまでさかのぼらなければならない³⁾。しかも、この評価法を決めることの作業自体が、納期に入ってくるのである。そのため、このようなシステムの評価は現在の科学的手法で充分行なえるかどうかの疑問さえ生ずる。

幸いにして、筆者が問題としているシステムは小さく、筆者でも充分評価できと思われる。(しかし、これとても問題を提起するであろう)。いずれにしても、この評価法を最初に与えないと「システムの最適化」すなわち「設計」はできないのである。

3. 設計の流れ図と評価項目

さて、評価法が定まっても、 M の最大値を与える S の要素を求めることは容易ではない。これが、簡単にできるのは、2 つの写像が極めて簡単なときで、それら

図 2 設計の流れ図

は、微分法や、リニアプログラミングの方法で解かれる。複雑なシステムは、あるモデルを仮定し、その評価を行ない、もとのモデルを変更しては評価を行なうという、いわば解析による合成法 (Synthesis by Analysis) の方法によって解かれる場合が多い。このモデルの仮定の仕方が経験によるのであろう。

鴨井の流れ図を参考にして、設計の流れ図を書くとき図 2 のようになる。他の場合にも適用できると思われるので、前置増幅器の場合の考えついた評価項目をあげておく。評価尺度についてはここには述べない。

- (あ) 環境: 温度, 湿度, 気圧, 雰囲気, 振動, 加速度, 周辺電磁界, 外部電源電圧
- (い) 時間的劣化: 諸特性の変化, 故障率 (MTBF)
- (う) ひずみ: 線形ひずみ, 振幅, 位相 (対周波数), 特性, パルス応答, 非線形ひずみ, DG, DP, ノイズ, ランダムノイズ, その他の妨害
- (え) 体積重量:
- (お) 消費電力:
- (か) 素子定数のばらつきに対する安定度:
- (き) 境界条件: 受け渡しの条件, 調整範囲, 外部への妨害 (発熱, 電磁界, 振動, 音の発生)
- (く) 人間工学的条件: 安全性, 外観, 調整の容易さ, 故障時部品交換の容易さ,
- (け) 納期:
- (こ) 費用: 生産, 運用, 保守, 設計に要する費用, その設計が他の設計等に役立つ度合, 設計者の育成の度合

(さ) その他: 芸術的な性能

4. むすび

「設計」とは、OR におけるシステムの最適化の問題に帰着でき、この場合のシステムとは、対象としている作業であるというのが筆者の結論である。ここに述べた考えは、まだまだ洗練されたものでなく素人考えのような点が多々あるが、これをたたき合にして、さらにより設計論が出てくることを望みたい。またこの考え方について諸先輩のご批判と設計論についての文献があればご教示をいただきたい。

最後にこの問題について、ご検討いただいた NHK 総合技術研究所、和久井主任研究員、ならびに放送科学基礎研究所 視聴科学研究室 上坂職員に感謝する。

(昭和 44 年 1 月 16 日受付)

【参考文献】

- 1) 坂井, 牛山, 池田: プランビコン用前置増幅器の設計の概略, テレビ学会方式回路委資料 5-3 (1968, 3)
- 2) 鴨井: 計算機は設計をする, 自然, 21, 11 (1966) 17-25
- 3) S.T.: システム「人類社会体制」, 自然, 23, 3 (1968) 100-101
- 4) 渡辺: 「設計論」基礎工学講座, 岩波書店 (1968)
- 5) 弥永, 小平: 現代数学概説 I, 第 1 章, 岩波書店 (1961)
- 6) 渡部, 小林: 数学, NHK 大学講座, NHK サービスセンター (1966) 31

テレビジョン 4 月特集号

「テレビジョン放送局における近代化」予定目次

放送局におけるコントロールシステムの構成……………	NHK 中村有光
送出制御系	
運用面からみた放送送出の機械化…フジテレビ	松村 純
電子計算機を使用した送出制御装置……………	東芝 山中和正・清水秀雄
専用制御装置による送出制御系……………	日電 本橋昭二
被制御系	
テレビジョン機器におけるレギュレーター……………	NHK 吉田 武
テレシネ機器……………	NETテレビ 竹下強一
VTR の自動化……………	芝電 野々口綱紀
伝送系……………	日電 斎藤幸平・平手 淳・井手下憲彦
被制御系音響機器……………	コロムビア 梅田三郎
番組制作系	
番組編集の近代化……………	NHK 藤村安志・中村好郎
副調設備の近代化……………	
	CBC 松井淳之
	日電 今井哲夫・加藤 斎・貝森吾郎
照明装置の自動化……………	東芝 瀬川泰男
民間テレビジョン放送局における EDPS……………	
	毎日放送津村勝彦