社会教育事業のシミュレーションに関する一考察
－制御理論適用の試み－

井上　昌幸
（国立教育政策研究所社会教育実践研究センター）

はじめに

昨今の各都道府県・市町村における財政状況の悪化は，各方面で事業の縮小や廃止を余儀なくさせている。とりわけ，社会教育行政における縮小傾向は著しく，担当者の知恵とネットワーク等で凌いでいる状況であるといっても過言ではないであろう。また，社会教育行政が他の部局よりも予算取りが難しいといわれているが，その要因の１つとして，社会教育の事業は評価になじみにくく，これまでもあまり取り組まれてこなかった事項であるといえよう。今後は社会教育行政においても，住民や財政当局に十分説明し得る計画の策定と，事業評価の実施を行っていかなければならない。そのためには施策や事業の結果や成果を，計画の段階からできる限りシミュレーションを行い，予算の効率的な執行を図るとともに，事業計画自体に説得力を持たせる必要がある。そして，計画の段階から評価計画を策定し，それにしたがって，事業の実施とともに評価を行っていく必要性があるであろう。

そこで本稿は，制御工学（Control Engineering）[(1)] において，システムの解析を行う際に使用する数学的な手法を応用して，社会教育事業のシミュレーションを行う可能性を探ったものである。ただし，あくまで適用の可能性を

提案するものであり，計算式等については<注>に掲載するにとどめたほか，実際の事業例への適用等については十分な検証を行っていないことを最初に述べておきたい。

1．制御理論による事業の表現

（1）ブロック線図

制御工学（古典制御理論）では制御の対象とするシステムの理論的特性（静特性[2]及び動特性[3]）を，伝達関数[4]で表現して制御系の解析や設計を行う。

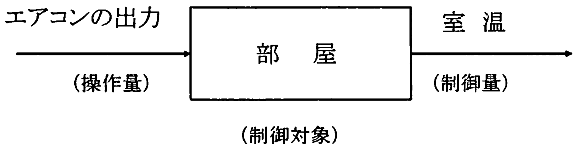

図１－１　制御系のブロック線図

図１－１は例として，エアコンによる部屋の室温の制御をブロック線図で表したものである。この場合，制御対象である部屋について，エアコンの出力（操作量）を調節して，室温（制御量）を設定値に合わせていくというものである。したがって，入力はエアコンの出力（W：ワット）であり，出力は室温［℃］ということになる。

（2）事業の流れとブロック線図

それでは，この制御理論におけるブロック線図の手法を，事業の流れにあてはめてみる。

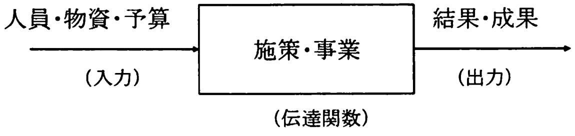

図１－２　事業の流れのブロック線図

図１－２は事業の流れをブロック線図で表したものであるが,人員,物資,予算等を入力として捉え，事業の実施を通して結果・成果が出力として現れると考えれば，図１－１の制御系と同じように捉えることができる。

ここで，制御理論では，出力と入力の関係を伝達関数として表す。これを関係式で表すと以下のようになる[(5)]。

伝達関数　＝　出力　／　入力　　・・・式１－１

さらに,伝達関数が求められれば,任意の入力に対する出力が計算できる。

出力　＝　伝達関数　×　入力　　・・・式１－２

この式１－２は，事業の結果・成果をシミュレーションできることを示しているといえる。ただし，この伝達関数はある値の入力に対する出力を単純な比例式で算出するというものよりも，任意の特性を持った数式を表すものと考えた方がよい。例えば，地域活動指導者養成の事業における養成人数を考えるとき，単純に図１－３のように増加すると考えることもできるが，人材の有限性等を考え併せると，図１－４のように頭打ちの関係である状況も考えられるであろう。

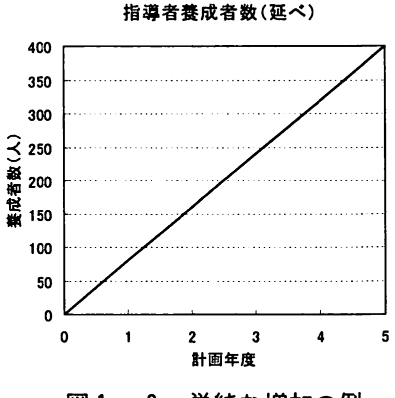

図１－３　単純な増加の例

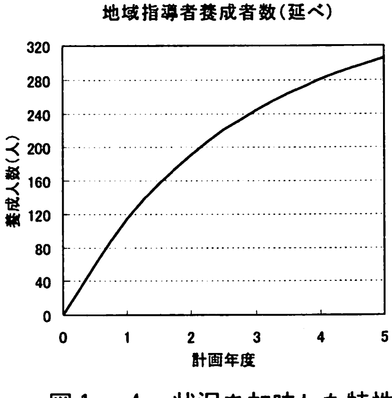

図１－４　状況を加味した特性

この図１－４のような単純ではない特性を示す関数も，伝達関数を利用することにより，比較的簡単に表現することができる[(6)]。

（３）複数の伝達関数

実際の事業の流れを考えるとき，前節で述べたような伝達関数をいくつか組み合わせる必要がある。例えば，次章で述べるように事業のアウトカム（成果）まで表現するためには，アウトプット（結果）とアウトカムの関係を示す伝達関数を設定する必要がある。複数の伝達関数を扱う場合は，図１－５のように等価変換により伝達関数を簡単化することができる。

図１－５で示しているように，２つの伝達関数が直列である場合は，それぞれの伝達関数を掛け合わせることで，１つの伝達関数に簡略化することができる。

数式で表すと次の式１－３のようになる。こうすることで，入力から出力を直接求めることもできる。

伝達関数　＝　伝達関数１　×　伝達関数２　　・・・式１－３

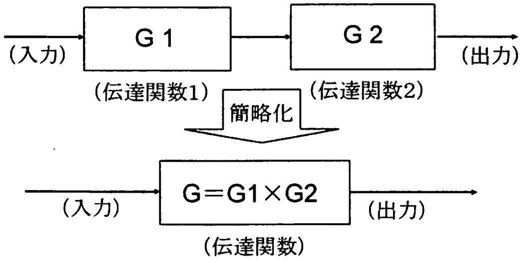

図１－５　伝達関数の簡略化

２．事業評価の表現

第１章では，事業の流れを伝達関数を用いて表現することを述べたが，本章では伝達関数を組み合わせて事業を表現することにより，アウトカムをはじめとする，事業評価についてもある程度表現することができることを示してみる。

（１）アウトカムの表現

最近の事業評価では指標としてアウトカム（成果）を求められることが多

い。ここでは前章の内容を受けて，アウトカムまで表現する方法を示すことにする。

図２－１は，第１章の事例の続きであるが，事業により養成された指導者が地域活動を行い，新たに地域活動する大人の数がアウトカムとして現れる流れをブロック線図で示したものである。

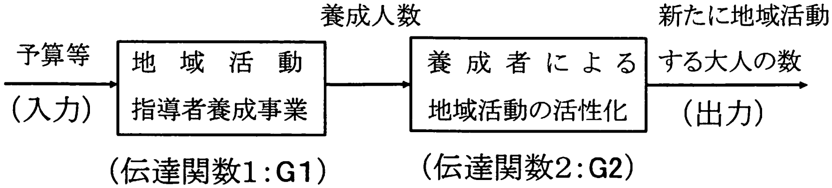

図２－１　事業のアウトカムまでの流れ

これは，伝達関数１で事業予算から事業結果である養成人数が算出され，伝達関数２により養成者数から事業の成果である新たに地域活動する大人の数が算出されるというものである。

このように，伝達関数を組み合わせてブロック線図で事業の流れを示すことにより，事業の結果と成果を構造的に示すことができる。さらに，このブロック線図全体の伝達関数Ｇは，前章で述べたようにＧ１×Ｇ２で求めることができ，任意の予算等に対する出力（アウトカム）を直接算出することもできる。

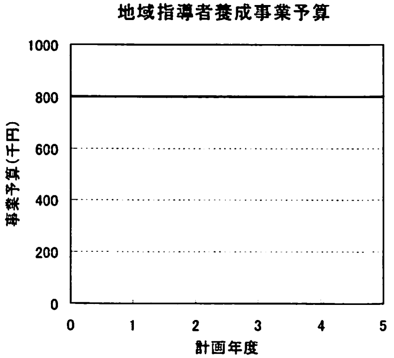

図２－２　事業予算（Ｇ１入力）

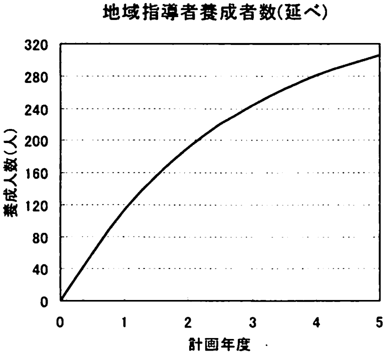

図２－３　地域指導者養成者数（Ｇ１出力）

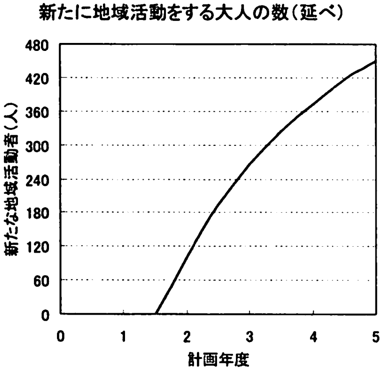

図２－４　新たに地域活動をする大人の数（G2出力）

図２－２～４に，伝達関数を利用した事業の結果・成果のシミュレーションを示す。図２－２は年間予算800千円を５年間継続することを示している。また，その予算に対する指導者の養成人数が図２－３[6]（再掲）であり，その指導者を通して新たに地域活動するようになった大人の数が図２－４である[7]。これには，講座修了者が地域活動を始めるまでの時間的遅れや，養成した指導者数と地域活動をする大人の数の割合を加味したものになっている。

（２）評価を含めた事業全体の表現

最後に，評価を含めた事業全体の流れを，制御理論で表現してみる。図２－５は，前項の内容をさらに広げたものである。

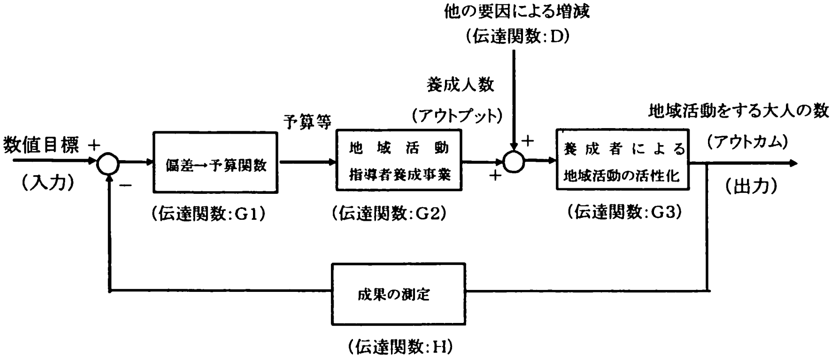

図２－５　事業の全体の表現例

今度は入力として，事業の数値目標を設定している。そして，事業を表す伝達関数を通して，出力である地域活動をする大人の数が設定されている。

この出力は分岐して一方は，目標値のところに戻っている。これは，制御理論ではフィードバック制御[8]と呼ばれる構造である。これが，数値目標と比較して次の入力を決定していくというものである。このフィードバック制御の構造は，事業評価の構造と同じである。さらに，図2－5では他の要因による増減の項目も設けている。これは，制御理論では外乱と呼ばれ，制御系以外からの影響を表したものである。図2－5の場合は，既存のグループの協力が得られたとか，ネットワークをたくさん持った社会教育主事の活躍があった等で養成人数が増えたというような場合に対応するものである。

図2－5は一例であり，伝達関数とブロック線図により様々な状況を表現することができる。

おわりに

本稿では，社会教育における事業の流れを伝達関数とブロック線図により表現することで，事業の結果や成果をシミュレーションすることを試みた。伝達関数の設定や事業の各種パラメータを数量化することなどについては，十分に検討を要するところである。ただし，制御理論では線形要素であれば，あらゆる事象をモデル化して表現することが可能である。本稿では事業のシミュレーションについて述べたが，市町村の人口推移，年齢構成の推移等の状況についてもシミュレーションすることができる上，その状況を伝達関数で表現することにより，事業の実施のシミュレーションとリンクすることも可能であると考えられる。さらに，各場面の伝達関数の標準化[9]を図ることができれば，シミュレーションの有効な方法の1つとなるであろう。

一方，このように事業を数量化することについては異論もあることであろうが，今後は社会教育の場面においても，計画の数値目標や事業予算の設定などを解析的に行っていくことが，今後ますます求められていくと考える方が妥当であると思われる。本稿は制御理論を適用する提案を行ったものであるが，今後は具体的な事例についてあてはめた研究を進めていきたい。

なお，本稿は個人としての研究であり，国立教育政策研究所社会教育実践研究センターの調査研究等とは関係がないことを念のため最後に申し添えたい。

＜注＞

(1)　古典制御理論は，制御対象プロセスの入力と出力の関係を数式でモデル化し，制御系を構築していくものである。古典制御理論は，制御系が線形である，１入力１出力であるなど限定条件があるが，この理論をもとに多くの制御機器が開発されている。

(2)　システムが時間経過に関係無く安定した状態の時の特性

(3)　システムが一つの安定状態から別の安定状態へ変化する状態の時の特性

(4)　制御系の制御要素の動作を時間関数で表すと，それを解析するのに微分方程式を解く必要が出てくる。そこで，時間関数をラプラス変換し，複素領域の関数を用いると，解法が簡単になる。制御要素の時間的動作をラプラス変換し，複素数領域で表現したものを伝達関数という。

(5)　実際には，入力信号と出力信号伝達関数をラプラス変換し，複素関数で表したものを加減乗除する。さらに，計算した複素関数をラプラス逆変換することにより，時間関数を得ることができる。こうすることにより，微分方程式を簡便に解くことができる。

(6)　指導者養成の状況を示す伝達関数を，一次遅れ要素として設定して演算を行った。演算式は次の通りである。

$$Y(s) = G1(s) \cdot \frac{360}{s} = \frac{1}{1+2.2s} \cdot \frac{360}{s}$$

$$= \frac{360}{s(1+2.2s)}$$

上の式のラプラス逆変換を行うと次式のようになる。

$$y(t) = \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{360}{s} - \frac{360}{s+\frac{1}{2.2}}\right]$$

$$= 360\left(1 - e^{-\frac{t}{2.2}}\right) \qquad \text{※ e は自然対数}$$

(7)　(6)で求めたＹ（ｓ）に伝達関数Ｇ２（ｓ）を掛け合わせる。Ｇ２（ｓ）は養成した指導者の1.73倍の人数が地域活動を始めるとし，活動開始はネットワーク構築等にかかる期間を考慮し養成終了から半年後からをと設定した。

出力のＹ（ｓ）はラプラス変換式より次のように求められる。

$$Y(s) = \frac{360}{s(1+2.2s)} \cdot 1.73e^{-1.5s}$$

上の式をラプラス逆変換を行い，時間関数を求めると次のようになる。

$$y(t) = \mathcal{L}^{-1}\left[Y(s)\right] = 623\left(1 - e^{-\frac{t-1.5}{2.2}}\right)$$

(8)　フィードバックとは，結果が原因に戻ることであり，制御理論では出力を入力を比較して，制御量を決定するというループ構造である。目標値への到達が早い，外乱などの不確定な状況に強い等の性質がある。

(9)　例えば，事業予算と指導者の養成人数，地域課題に関する講座受講者数と地域課題の解決状況などの伝達関数が，各都道府県・市町村のスタンダード的なものが設定できれば，その関数をもとに各市町村等において計画目標等の設定を容易に行うことができる。