やり直しのための伝送数学

三谷 政昭

連載第２回の今回は，『通信（伝送）路』の数学的な取り扱いに着目し，信号伝送を強く意識した形で基礎から解説する．まず通信路の基本的性質について述べた後，通信路を介した入出力応答における時間波形（コンボルーション）と周波数スペクトルとの関係をわかりやすく丁寧に説明する．（編集部）

第２回　通信路の入出力応答とコンボルーション

前回（2009年８月号，pp.152-159）は，連載を開始するに当たり，「伝送数学への誘い」と題して，情報伝送に関する基本的な考え方を解説した．ところで，情報伝送においては，

(1) 信号スペクトルや通信路の伝送特性
　（変復調，信号減衰，etc）
(2) 確実性，雑音に対する耐性（誤り制御，変復調，etc）
(3) 効率性（データ圧縮，多値化，変復調，etc）

などの多様な問題点を克服して，情報を「より速く，より正確に知らせる」ことが大命題となる．

今回は，通信路の伝送特性をどのように表すか，通信路を介した入出力応答における時間波形（convolution：コンボルーション，畳み込み）と周波数スペクトルとの関係にフォーカスして説明する．

1．通信路の基本的性質

まず前提として，線形性，時不変性，安定性，因果性など，入出力応答に関する通信路の普遍的な概念および基本的な性質を述べるとともに，ここで扱う通信路の範囲を明確にすることから始めよう．

一般に，通信路は入力（送信）信号に作用し，これに変化を与えて出力（受信）信号とするので，数学的には通信路を作用素（または演算子，英語ではオペレータ；operator）と考えることができる．そこで作用素をLで表し，入力を$x(t)$，出力を$y(t)$とすれば，

$$y(t) = L\left[x(t)\right] \qquad \cdots\cdots (1)$$

である．この関係式(1)は，入力$x(t)$が通信路によって何らかの変化を受けて出力$y(t)$になることを表しているにすぎない．したがって，いかなる種類の通信路，いかなる入力信号についても成り立つことはもちろんである．

① 線形性（linearity）

いま，ある通信路について，異なる二つの入力$x_1(t)$，$x_2(t)$を加えたときの出力をそれぞれ$y_1(t)$，$y_2(t)$としよう．すなわち，

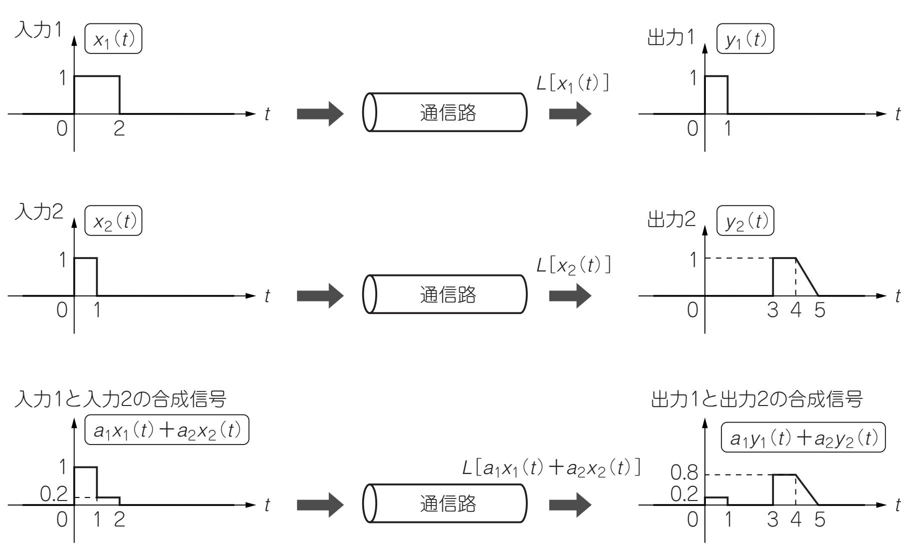

図2.1
通信路の線形性
（a_1=0.2，a_2=0.8の場合）

KEYWORD――入出力応答，コンボルーション，インパルス入力，通信路応答解析，周波数不変性