

道路ネットワーク機能の信頼特性に関する基礎的分析

鳥取大学工学部 正員 岡田 憲夫
株式会社吉田組 正員○内山 勝利

1. はじめに 道路を上下水道、ガス等のようなライフラインシステムとしてとらえるならば、現在の整備水準は決して十分なレベルにあるとは言いがたい。すなわち災害復旧の交通手段としての道路、あるいは豪雪時にあっても最寄りの経済圏とを確実に連絡できる交通手段としての道路、さらには通勤・通学時間帯にあっても渋滞にほとんど遭遇せずに円滑に通行できる交通手段としての道路こそがライフラインシステムとしての要件を充足するという認識が、これからの道路整備を考える上で不可欠になっているといえよう。本研究では、ライフラインとしての道路システムの機能整備が必要性に着目するとともに、このような視点から道路システムの整備を図るためには、部分的な故障がシステム全体の機能停止につながらないような補償回路を具備することが必要であり、そのためには道路システムをネットワーク化していくことが肝要であることを指摘する。ついでこのような考えに基づき、道路ネットワークの設計問題を信頼性理論を用いてモデル化するとともに、実証例を用いた分析を行なう。

2. 定式化 道路ネットワークシステムの信頼性を考えるには、「道路の故障」を定義しなければならない。本研究では道路の故障を交通障害という視点から定義する。交通障害は、自然交通障害と偶発交通障害に大別できる。自然交通障害は道路を構成している各要素が物理的に故障することにより交通に支障を及ぼすものであり、偶発交通障害とは、偶発的に発生する事象によって交通障害が起るものである。たとえば渋滞は自然交通障害と偶発交通障害の双方が原因となって発生する一種の故障とみなすことができる。本研究では渋滞を緩和したり防止したりするための対策として道路システムのネットワーク化問題を取り上げその信頼特性をモデル化する方法について説明する。

道路ネットワークは多数の部品・要素から構成されている機械とみなせる。以下では道路ネットワークをシステム、また構成要素をユニットと呼ぶことにする。

ネットワークの解析を行なうにあたり構造関数を定義する。

各ユニットおよびシステムを動作状態と故障状態の2つの状態に大別するとこれらは表1-1のように表される。表1-2は表1-1のベクトル表現であるが、このベクトルを状態ベクトルと呼ぶ。また同様にしてシステム（ユニットの集合）全体の状態は表1-3のようになる。ここで ϕ はユニットの状態ベクトル X の関数であるから表1-4のように表せる。以下この ϕ

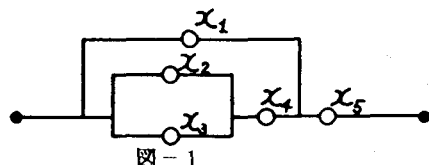


図-1

- $X_i = 1$, ユニット i が動作しているとき — ①
- $X_i = 0$, ユニット i が故障しているとき — ②
- $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ — ③
- $\phi = 1$, システム i が動作しているとき — ④
- $\phi = 0$, システム i が故障しているとき — ⑤
- $\phi = \phi(X)$ — ⑥
- $X_i = (X_1, X_2, \dots, X_i, X_{i+1}, \dots, X_n)$ — ⑦
- $\phi(A_i, X_i)$ — ⑧

表-1

(X) を構造関数と呼ぶ。ここで X_i の補集合を $\bar{X}_i$ とすると表1-5が得られる。これらのことからシステムの構造関数 $\phi(X)$ はユニット i の状態と $\bar{X}_i$ の状態とで表1-6のように表すことができる。これは複雑なシステムの信頼性をモデル化する場合に、まずシステムを分解してそれぞれの部分システムの構造関数を求め、それらを組み合わせることにより、システム全体の構造関数を求める方法である。

3. 計算方法 いま図1に示すネットワークの構造関数を求める。計算方法としては分解法、モジュール法、極小カット、極小パス法が考えられる。以下では分解法を中心にして説明する。一般に構造関数 $\phi(X)$ について $\phi(X) = X_i \cdot \phi(1_i, \bar{X}_i) + (1 - X_i) \cdot \phi(0_i, \bar{X}_i)$ が成立することを利用する。いま適当に（ユニット）を選ぶことにより、システムの構造関数を次のようにして求めることができる。たと

