

1. はじめに

今日、情報通信は社会にとって必要不可欠な存在である。一般に情報通信はコンピュータがネットワーク化されたシステム上で運用されている。しかし、ネットワークを構成する機器が一つでも故障すると、システムはその機能を発揮することができなくなり、社会経済活動に支障をもたらすといつても過言ではない。したがって、常にシステムの各要素あるいはシステム全体の信頼性を高めておかなければならぬ。一方、道路、線路、港湾、空港などの交通施設も単体だけではその機能を十分に発揮することはできず、これらの合理的な組合せで初めてその機能が活かされてくる。つまり、交通も始点から終点までを一つのシステムとみなしていく必要がある。本稿では、情報通信システムの信頼性評価に有益な確率指標を交通システムの評価に適用した。

## 2. 稼働率の定義と交通システム評価への転換

情報通信システムの信頼性を表す指標として一般に稼働率が用いられている。この稼働率とはシステムを構成する各装置あるいはシステム全体が正常に機能を發揮するであろう確率で、式(1)で表すことができる。

$$a_{\text{J}} = J_{\text{mtbf}} / (J_{\text{mtbf}} + J_{\text{mttr}}) \times 100 \quad \dots (1)$$

ここで、 $J_{mbf}$  : システムあるいは装置の故障から次の故障までの平均時間（平均運用時間）

J mttr：故障発生後修理が完了して正常に機能を発揮するまでに要する時間

式(1)における  $J_{mtbf}$  はシステムや装置が持つ固有値として用いられ、 $J_{mttr}$  はシステムや装置の置かれる条件・状況に反映される値が用いられている。式(1)を交通システムに適用すると、 $J_{mtbf}$  には交通システムの固有値となる所要時間(速度)や交通容量などがあてはまり、 $J_{mttr}$  には渋滞時間、待ち時間、乗換時間など交通システムがその機能を発揮するまでに、あるいは発揮する際に必要な値があてはまる。以上のことから式(1)を式(2)のように書き換えることができる。

$$a_1 = T_{mtbf} / (T_{mtbf} + T_{mttr}) \times 100 \quad \dots (2)$$

ここで、 $T_{mbf}$  : 交通システムの資質値  $T_{mtr}$  : 交通システムの利用付帯値（犠牲値）

### 3. 航空システム評価への適用

この章では、前章で構築した式(2)を用いて航空システムの評価を試みた。航空システムは航空機による空港間移動、出発地から空港と空港から目的地までの陸上移動から形成されている。したがって、航空システムの評価は、航空機のスピード化によるフライト時間の短縮のみならず、空港アクセス・イグレス交通の整備度合いおよび空港内コミュニティの高度化によるところが大きいと考えられる。そこでまず、新千歳、羽田、名古屋、伊丹、福岡、那覇の国内拠点空港に着目し、これらの空港母都市の府から空港へアクセスし、就航する航空便を利用して各都道府県空港に移動、さらに空港から各都道府県庁に至る一連の交通行動を航空システムとして捉え、その稼働率を算出した。したがって、式(2)の  $T_{mtbf}$  には空港間のフライト時間を、 $T_{mttr}$  は出発地(府)から空港までのアクセス時間と空港から目的地(都道府県庁)までのイグレス時間の合計値を用いた。図-1は一例として、新千歳空港における稼働率を算出した結果である。沖縄県との稼働率は 81.9% と極めて高く、次いで鳥取、福岡、宮崎など都市型空港をもつ県との値が高くなっている。これに対して、秋田県の 27.9% をはじめ、空港空白地帯といわれる茨城県や山梨県で小さな値を示している。

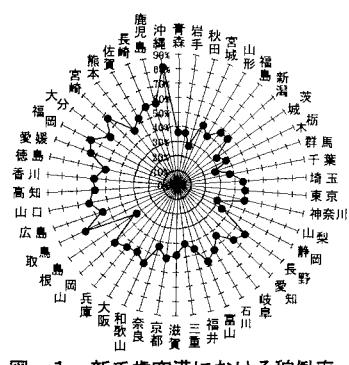


図-1 新千歳空港における稼働率

キーワード：システム分析、システム評価、交通ネットワーク、稼働率

〒181-0013 東京都三鷹市下連雀5-1-1 Tel:0422(45)9348 Fax:0422(45)9366 E-mail:tsukada@sys.jrc.co.jp

6 空港の平均稼働率は新千歳で49.4%、羽田で39.8%、名古屋で45.6%、伊丹で36.8%、福岡で50.5%、那覇で63.1%となっており、本来発揮すべき能力の40~60%にすきない。特に、羽田や伊丹空港は都心立地空港でありながら40%弱と低く、航空システムの一部を担うアクセス・イグレス交通の改善必要性が指摘できる。

#### 4. システム構成の形態

システムは一般に、直列、並列および直列と並列の組合せから成り立っている。直列システムではその構成装置に一つでも故障が生ずれば、システム全体の故障につながるというデメリットがある。これに対して、並列システムではその構成装置の一つが故障しても他の装置が稼働している限りシステム全体の故障にはつながらず、システム機能の継続発揮が可能である。同様に交通システムも並列システムとして整備されるならば、利用者に対して交通手段選択や経路選択の機会を提供することが可能である。また、緊急事態における代替路線としての危機管理にも有効である。なお、図-2はこれらの概念図と稼働率による概念式を示したものである。

#### 5. 鉄道システム評価への適用

ここではある地点とある地点を結ぶ鉄道路線網を一つのシステムとみなし、その鉄道路線網を構成する各ルートをシステム構成要素と捉え、式(3) (4)を用いて鉄道システムの評価分析を行った。分析対象は新宿駅と関東6県の県庁所在地駅（横浜、浦和、千葉、前橋、宇都宮、水戸）を結ぶ各路線網とした。まず、各路線網内の複数ルートに着目し、その各ルートを構成する路線毎に式(2)を用いて稼働率を算出した。次に、式(3)を用いてルート毎に稼働率を算出した。なお、式(2)における  $T_{mtbf}$  には鉄道の所要時間を、 $T_{mttr}$  には乗換時間と待ち時間の合計値をそれぞれ用いた。表-1は各路線網のうち稼働率が最も高いルートを示したものである。6つの路線網の中で新宿・千葉駅間でのJR総武線利用ルートが93.6%と最も高く、次いで横浜駅間との89.5%となっている。しかし、新宿から横浜駅間の直線距離と同程度に位置する浦和駅へのルートについては73.2%と低くなっている。また、新宿駅から直線距離で100km程度に位置する前橋、宇都宮および水戸の3駅についてみてみると前橋への稼働率は44.1%で、他の2駅へのルートがもつ稼働率を大きく下回っている。

次に、図-2中の式(3)、(4)を用いて、各路線網全体での稼働率と緊急稼働率（最低1ルートを利用保証する状態）をそれぞれ算出した。路線網全体では稼働率の高いルートを複数もつ新宿・横浜駅間および千葉駅間でそれぞれ20.5%、18.2%と高くなっている、次いで浦和駅間での12.8%、宇都宮駅間での8.7%、水戸駅間での8.4%となっている。ルート毎の稼働率がいずれも50%以下からなる前橋駅間の路線網では0.8%と極めて低い値となっている。

一方、緊急稼働率については、新宿・横浜駅間で99.9%の最高値となっており、千葉駅間で99.5%、浦和駅間で99.5%、宇都宮駅間で99.7%、水戸駅間で99.8%といずれも99%台を示している。しかし、前橋駅間では48.0%と極めて低くなっている。これは前橋駅への最終接続路線ルートがJR両毛線利用のみに依存せざるをえないためで、緊急時に代替ルートを保証できないことを計算上示唆していると思われる。

#### 6. まとめ

本稿では情報通信システムの設計、構築および評価に有益とされる確率指標（稼働率）を交通分野に適用した。ケーススタディとして、航空および鉄道の利用行程をシステムとして捉え、稼働率算出からその評価を行った。有益な交通システム形成には利用者の出発地から目的地に至る交通行動をトータルシステムとして捉え整備していくことが重要である。今後は事例分析の適用範囲を広げ、交通計画における有益性の把握が必要である。

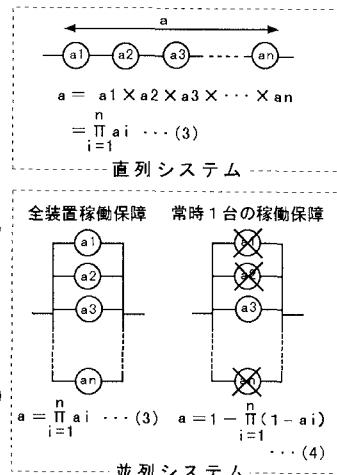


図-2 システム構成の概念

表-1 各路線網における高稼働率ルート

起 点	終 点	ルート	稼働率(%)
新宿	横 浜	JR新宿・…(山手線)…JR品川…(京浜急行線)…JR横浜	89.5
	千 葉	JR新宿・…(総武線)…JR千葉	93.6
	浦 和	JR新宿・…(中央線)…JR神田…(京浜東北線)…JR浦和	73.2
	前 橋	JR新宿・…(山手線)…JR上野…(高崎線)…JR高崎…(両毛線)…JR前橋	44.1
宇都宮	宇都宮	JR新宿・…(山手線)…JR上野…(東北本線)…JR宇都宮	89.3
水 戸	水 戸	JR新宿・…(山手線)…JR上野…(常磐線)…JR水戸	89.7