

分権的道路ネットワーク運営ルールに関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○ 中嶋 麻衣
 山口大学大学院 正会員 榊原 弘之
 株式会社間組 正会員 田村 伊正

1. はじめに

一般に、交通インフラに代表されるネットワーク型の社会基盤は、高い相互連関性を有しており、集権的に運営することが望ましい。一方、地方分権化や民間活力導入等の社会的要請により、ネットワークの運営が複数の主体に委ねられる可能性がある。本研究では、道路ネットワークを分権的に管理した場合に、効率性を担保するための分権的道路ネットワーク運営ルールを検討する。

2. 分析の枠組

本研究では、政府が道路ネットワークの運営を複数の運営者に委ねることを想定する。分析の枠組を図1に示す。まず、運営者はネットワーク運営ルールを与えられる。このルールは、「各運営者に道路ネットワークのどの部分の運営を任せるか」というネットワーク分割ルールと、運営者を評価するためのルールの2つから構成される。ネットワーク運営ルールを所与として、運営者は「自らが管理する道路リンク(以下リンク)の状態がどの状態に達したら補修を行うか」を事前に決定する。各リンクは n 通りの状態をとり得るとし、状態1が最良、状態 n が最悪とする(図2)。最良の状態を除いた($n-1$)通りの状態 i について、「状態 i に達したら来期までに完全に補修する」という($n-1$)通りの選択肢が存在するものとする。これを「補修戦略」(図2)と呼ぶ。以下の本研究においては $n=3$ とし、運営者は補修戦略2,3の2通りの補修戦略から選択を行う。選択された補修戦略の下でリンクの状態は確率的に変化し、リンク交通量が変化する。ある補修戦略の下でのリンクの各状態の生起確率はマルコフ連鎖のモデルを用いて求める。さらに、ある状態の下での各リンクの交通量を利用者均衡配分によって決定する。それぞれのリンクにおける交通量は運営者の評価について影響を与え、運営者は自身の評価を最大化するような補修戦略を選択する。運営者が補修戦略を選択するときには、他の運営者の選択を推測し、考慮したうえで戦略が決

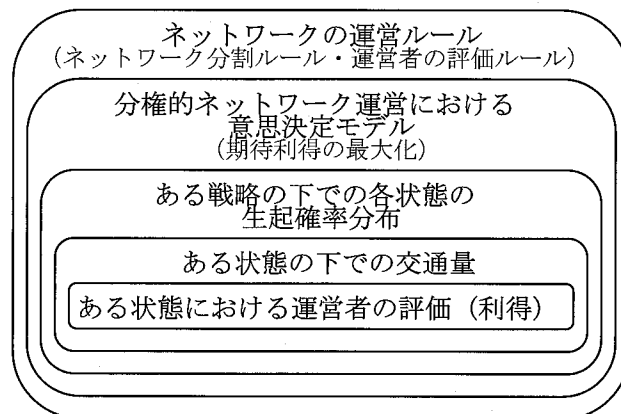
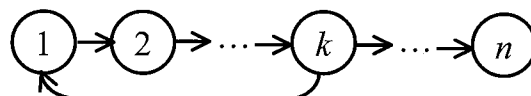


図1 分析の枠組

図2 補修戦略 k

定される。これを、ゲーム理論ではナッシュ均衡点と呼ぶ。また、このとき選択された戦略を「均衡補修戦略」と呼ぶこととする。

3. ネットワーク分割と運営者評価関数のルール

(1) 補完効果

本研究では、ネットワーク上のあるリンクの状態が低下したとき、そのリンクをルートの一部とするOD需要が減少することがあると仮定する。このOD需要の低下によって、他のリンクの交通量が変化することを補完効果と呼ぶ。補完効果が存在するとき、都市間OD需要を維持できるように運営者間で協力関係が成立するような運営ルールが必要となる。つまり、運営者が利用者のルート選択を巡って競合するのではなく、都市間のOD需要を最大化する誘因が生じるようなネットワーク運営ルールを設定する必要がある。

(2) ネットワーク分割ルール

運営者がOD需要を考慮するように、距離に基づいたネットワーク分割ルール(距離分割)を提案する。具体的な分割方法としては、まず交通需要が最大となる都市ペアについて最短ルート・迂回ルートを設定し、それぞれのルートについて距離から中間地点を求める(図3)。次に、交通需要が2番目、3番目に

表1 山口県の主要都市

① 下関	④ 周南
② 宇部	⑤ 岩国
③ 山口	⑥ 萩

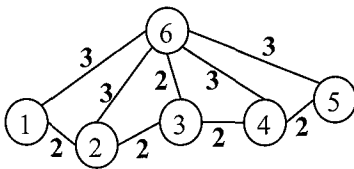


図5 均衡補修戦略

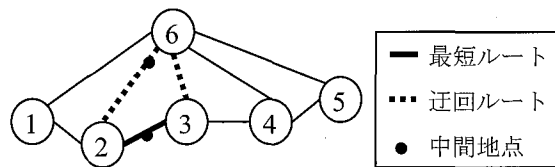


図3 距離分割方法

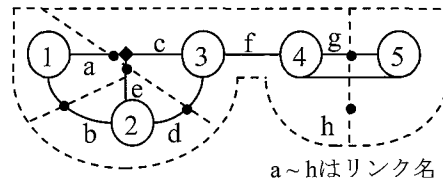


図6 ネットワーク分割結果

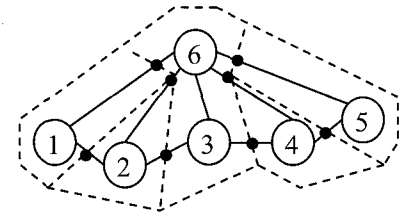


図4 ネットワーク分割結果

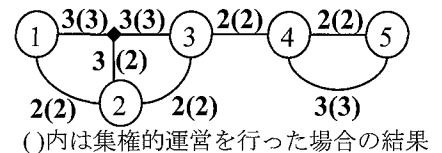


図7 均衡補修戦略

大きい都市ペアについても順次、最短・迂回ルートの中間地点を求め、ネットワークのすべての道路リンク上にルート中間地点が設定された時点でそれらの点を結んで、各運営者の管轄領域の境界を確定させる(図4)。

(3) 運営者の評価ルール

(2)に示したネットワーク分割により、主要な OD ペアについて、運営者は最短・迂回の両ルートを構成するリンクを併せて運営することになる。しかし、運営者が利用者に迂回を促すような補修戦略を選択すれば、非効率的な運営となることが予想される。従って、政府が運営者を評価するルールの設定にあたっては、利用者のルート選択が評価に影響しないようにする必要がある。本研究では、政府が運営者を次の関数の値により評価すると仮定する。

$$r / (\text{km} \cdot \text{台}) \times \text{距離}(\text{km}) \times \text{交通量}$$

$$- \text{道路補修費用単価} / (\text{km}) \times \text{距離}(\text{km}) \quad (1)$$

(1)式の第1項は運営者の運営状況に対する評価を表しており、第2項はリンクの補修費用を表している。車両1台走行距離1kmあたりの単価 r を各リンクにおいて一定とした場合、第1項はリンク距離と比例し、利用者が距離の長い迂回ルートを通行した方が、運営者の評価が大きくなる。そのため運営者はOD交通量の多い都市間で、迂回ルートの利用を利用者に促すような戦略を選択してしまう。そこで、どのルートを選択しても出発地と目的地が同じであれば通行料は同一であるという高速道路の通行料設定に倣い、最短ルート及び迂回ルートのどちらを選択したとしても運営者の評価が変化しないように設定を行う。これをルート単位と呼ぶ。

(4) 山口県内道路ネットワークへの運営ルール適用

距離分割によりネットワークを分割し、ルート単位

の運営者評価ルールを用いた場合の均衡補修戦略を図5に示す。リンクに付した数字は補修戦略を表す。図5より山陽側の交通量の多いリンクの補修を優先的に行うという結果となった。また、⑥萩-③山口間でも補修を積極的に行うことから山陽側-山陰側の交通においても補修水準の高いルートが少なくとも1つは確保された。さらに、集権的運営を行った場合の補修戦略を導くと、図5の均衡補修戦略結果と一致した。つまり、分権的ネットワーク運営ルールを適切に設定することにより、集権的運営と同じ補修水準を保つことができるという結果となった。

4. 詳細実在道路ネットワークへの運営ルール適用

山口県内道路ネットワークよりもさらに詳細で現実性のある山口県内山陽側道路ネットワークへ運営ルールの適用を行う。

まず、山口県内山陽側道路ネットワークに距離分割を適用し、ネットワーク分割を行う(図6)。次にルート単位による運営者の評価関数を用い、計算を行う。均衡補修戦略を図7に示す。()内の数字は集権的運営による結果を示す。分権的運営と集権的運営による戦略の違いはリンクeに表れており、この原因としては、ネットワーク分割ルールにおいてOD需要の大きい都市間を優先していることが挙げられる。

5. おわりに

本研究の分析結果から、分権的道路ネットワーク運営ルールを適切に設定することによって、簡単な道路ネットワークモデルのみならず、実在する道路ネットワークにおいてもルール適用が可能となった。また、道路ネットワーク分割を行って分権的な運営を行ったとしても、集権的な運営と同程度の効率性を確保することが可能であることが明らかとなった。