

1. まえがき

増加する交通需要と既存の道路網及び運用方法の処理が不十分な場合、これに対処する必要があることは道路交通問題において基礎的な重要課題である。この問題に対する解決策の一つとして、既存の道路網を構成している各リンクの容量を増強するあるいは新たにリンクを建設する等による道路網容量を増加させるという方法がある。そこで、本稿では交通需要増加に伴う既存の道路網とどのように改善すべきかについて線形計画法及び混合整数計画法より考察する。

2. 問題の定式化

いま、各ODペアの交通需要が $V_k (k=1, 2, \dots, p)$ からそれぞれ ΔV_k だけ増加するに伴う、既存の道路網 N がこの増加した交通需要の処理が不可能になったとき、この道路網 N とどのように改善すべきかについて考える。なお、この道路網 N は m 個のノードと n 個のリンクからなるとする。そうすると、この問題は各リンクの幅員の増強あるいは新設リンクの付加による、この道路網 N とどのようにリンク構成からなる道路網 N' と交換すべきかとなる。この問題を定式化するにあたり、 Y_{ij}^k を各OD交通のリンク ij の交通量、 X_{ij} をリンク ij の区間交通量、 ΔV_k を各OD交通の需要増加量とする。制約条件式として(1)式のOD交通量の連続条件がある。次に

$$\sum_j (Y_{ij}^k - Y_{ji}^k) = \begin{cases} V_k + \Delta V_k & ; i \text{ が } k \text{ の } \text{ノード} \text{ とき} \\ -(V_k + \Delta V_k) & ; i \text{ が } k \text{ の } \text{ノード} \text{ とき} \\ 0 & ; i \text{ が } k \text{ の } \text{通過} \text{ ノード} \text{ とき} \end{cases} \quad (k=1, 2, \dots, p) \quad (1)$$

容量増強あるいは新設されるリンクの幅員を ΔC_{ij} とすると、リンク区間交通量とリンクの必要幅員の関係は(2)~(4)式で示される。ここで、 C_{ij} (台/分) は単位幅員当りの交通容量、 X_{ij} は道路網 N におけるリンク ij の幅員とする。さらに、(5)、(6)式の総建設距離 (L) 、総建設費用 (M) とそれ自身目的関数に示さない場合制約条件として考えられる。ここで、 R は容量を増強あるいは新たに建設されるリンクの集合、 d_{ij} 、 m_{ij} はそれぞれリンク ij の距離、単位幅員当りの建設費用である。また、道路網全体の自動車による環境悪化あるいは各OD交通の走行便益を考慮すると(7)、(8)式の総走行距離 (D) 、総走行時間 (TT) とそれ自身目的関数に示さない場合制約条件となる。ここで、 t_{ij} はリンク ij 間の走行時間である。そうすると、(1)~(4)式及び(9)~(11)式は制約条件として考えられ、前述の各式を適宜組合せることによりこの問題はLP問題として定式化される。

$$X_{ij} = \sum_k Y_{ij}^k \leq C_{ij} \cdot X_{ij} \quad (\text{何れも改善されないリンク}) \quad (2)$$

$$X_{ij} = \sum_k Y_{ij}^k \leq C_{ij} (X_{ij} + \Delta C_{ij}) \quad (\text{容量を増強するリンク}) \quad (3)$$

$$X_{ij} = \sum_k Y_{ij}^k \leq C_{ij} \cdot \Delta C_{ij} \quad (\text{新たに建設されるリンク}) \quad (4)$$

$$\sum_{ij \in R} d_{ij} \cdot \Delta X_{ij} \leq L \quad (5) \quad \sum_{ij \in R} m_{ij} \cdot \Delta X_{ij} \leq M \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^p \sum_{ij=1}^n d_{ij} \cdot Y_{ij}^k = \sum_{ij=1}^n d_{ij} \cdot X_{ij} \leq TD \quad (7)$$

$$\sum_{k=1}^p \sum_{ij=1}^n t_{ij} \cdot Y_{ij}^k = \sum_{ij=1}^n t_{ij} \cdot X_{ij} \leq TT \quad (8)$$

$$Y_{ij}^k \geq 0 \quad (k=1, 2, \dots, p) \quad (9) \quad X_{ij} \geq 0 \quad (ij=1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

$$\Delta X_{ij} \geq 0 \quad (ij \in R) \quad (11)$$

次に、前述の C_{ij} は1車線当りの交通容量及び ΔX_{ij} は車線数と考えると、 ΔX_{ij} は整数変数(整数値)となる。従って、前述の問題は連続変数である Y_{ij}^k と整数変数である ΔX_{ij} の混合整数計画問題となる。

この問題を定式化するにあたり、考慮すべき点として、まず容量を増強するリンクあるいは新設リンクとどのように設定すべきかである。これに対処しては、交通量配分原則を用いた行方方法、カット法を利用する方法、LP法を利用する方法等によることを求めることが出来る。次に、各OD交通の走行ルートについて従来のルートに比べるより近いルートが改善された道路網においてどのように保証するかという事がある。これに対処しては、改善された道路網において最短ルートに含まれると思われるリンクに通過しないような事前に(1)式の $Y_{ij}^k \geq 0$ と設定すればよい。

3. あとがき 計算例の結果等に関する考察は当日発表する。