

IV-29 環境要因をも考慮した最適道路網形成システムと神戸市への適用について

神戸大学工学部 正員 枝村 俊郎
 神戸大学工学部 正員 森津 秀夫
 島根県 正員 ○ 藤谷 恵一

1. まえがき

環境要因は、今日の道路建設計画において無視しえないものとなっている。そこで、ここでは既存の道路網にいくつかの道路区間を建設してこれに付加するとき、環境対策上どの区間を付加するのが最も望ましいかを求めるシステムを開発する。

これまでのこのような問題についての研究では、環境要因の扱い方や交通配分方法が必ずしも適切でなかったように思われる。われわれは環境要因の考慮において、より合理的と考えられる評価関数を導入し、交通量の配分手法については等時間原理配分を用い、通常の自動車交通の行動原理に忠実なものとする。

2. 問題の定式化

いま、既存の道路網を表わすネットワークと、新たに建設の可否を調べる道路区間を表わす検討リンクとを考えよう。これらの検討リンクのいくつかを既存のネットワークに付加するとき、建設費制約のもとで道路周辺の環境要因をも考慮した評価基準を最適にするような組合せを求めたい。この場合、当然のことながら、道路利用者は道路周辺の環境を考慮して走行経路を決定するとは考えられない。そこで、交通量の配分には等時間原理を使用し、決定されたネットワークには利用者最適フローを流すことにする。

以上の問題を定式化すると、次のようになる。

$$\min Z = \sum_{i=1}^n y_i Z_i(x_i) \quad \min_{x_i} \sum_{i=1}^n \int_0^{x_i} T_i(x) dx \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n a_i y_i \leq B \quad (2)$$

$$\sum_{i \in A_k} x_i^s - \sum_{i \in B_k} x_i^s = D_{ks} \quad (k=1, 2, \dots, m, s=1, 2, \dots, P, k \neq s) \quad (3)$$

$$x_i = \sum_{s=1}^p x_i^s \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$x_i \leq M y_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$y_i = 0 \text{ or } 1 \quad (i=1, 2, \dots, n_e) \quad (6)$$

$$y_i = 1 \quad (i=n_e+1, \dots, n) \quad (7)$$

$$x_i^s \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, n, s=1, 2, \dots, p) \quad (8)$$

ここに、 n_e ：検討リンク数、 n ：全リンク数、 P ：起終点ノード数、 m ：全ノード数、 x_i^s ：リンク i を通り、終点 s に向かう交通量、 x_i ：リンク i の交通量、 D_{ks} ：起点 k から終点 s に向かう交通量、 A_k ：ノード k から出るリンクの集合、 B_k ：ノード k に入るリンクの集合、 a_i ：リンク i の建設費、 T_i ：リンク i の平均走行時間関数、 y_i ：リンク i の状態を表わす0-1変数で、リンク i が建設されないとき $y_i=0$ 、建設されるとき、またはリンク i が既存リンクのとき $y_i=1$ 、 Z_i ：リンク交通量 x_i によって求まる目的関数値、 B ：予算金額、 M ：任意の十分大きな数である。

目的関数は総走行時間と環境評価関数によって構成する。環境評価項目としては騒音と排出ガスを採用するが、ここでは、リンク沿線の環境基準値を越える地域について、環境基準値との差にその地域の人口を掛けたものを環境評価値とする。これを定式化すると次のようになる。

$$F_i = P_i L_i \int_{l_0}^{l_{si}} (E_i(l) - E_{si}) dl \quad (9)$$

ここに、 P_i ：リンク i の沿線の人口密度、 l_{si} ：基準値を満たす地点までの距離、 l_0 ：基準点の距離、 $E_i(l)$ ：環境要因予測値（騒音レベル中央値または排出ガス濃度）である。

式 (9) の $E_i(l)$ に騒音レベル中央値を求める式あるいは排出ガス濃度を求める式を代入する。そして、 F_{1i} で総走行時間、 F_{2i} で騒音評価関数、 F_{3i} で排出ガス評価関数を表わすと、式 (1) の Z_i は次のようになる。

$$Z_i = \alpha F_{1i} + \beta F_{2i} + \gamma F_{3i} \quad (10)$$

α , β , γ は各項目の重みである。

3. 問題の解法と適用例

最適ネットワークの探索には実用性を考慮して backward 法を使用する。また等時間原理による配分のためには IA* 法を使用する。

具体的な適用例として、神戸市内の道路網をとり上げた (図-1)。騒音レベルの推定には等間隔モデルを使用し、排出ガスは CO だけを使用し、船舶技術研究所の Pasquill 式変形モデルを用いた。

計算は最大ネットワークの目的関数値において、総走行時間と騒音評価関数、排出ガス評価関数の比率が、2:1:1 となるような重みにした場合 (ケース1) と、総走行時間のみを考慮した場合 (ケース2) について行った。その結果、backward 法で除かれるリンクの順序はケース1で5, 3, 4, 2, 1, ケース2では3, 4, 2, 5, 1 となり、環境評価関数を目的関数に含めるかどうかで解は異なるものになった。

この例では検討リンクが少なく、検討リンクのすべての組合せも調べてみた。その結果から、検討リンクを1本だけ既存ネットワークに付加する場合、3本付加する場合の目的関数値を示すと、それぞれ図-2、図-3 となる。3本のリンクを付加する場合、ケース1では1, 2, 4のリンクの組合せが最適で、このネットワークは最大ネットワークの次に目的関数値が小さいものであった。これは3あるいは5のリンクを付加すれば、逆に目的関数値を大きくしてしまうということである。安易に道路をふやせば、より悪い道路網になってしまうこともあるという興味深い結果である。ケース2の場合はこのようなことはなく、既存ネットワークに1, 5, 2, 4, 3の順にリンクを付加してゆけば、ネットワークは改良されてゆくことになる。

個々の検討リンクをみると、リンク1は総走行時間と環境評価の両面から最も重要なリンクである。これは地理的条件と需要量から当然の結果であった。またリンク5は環境評価の面では最も劣るが、走行時間のみを考えれば重要なリンクという結果になった。これは、他の検討リンクが人口の多い地区のバイパスの役割を果たすのと違い、このリンクの交通流はそのまま人口集中地区の通過交通になるからと考えられる。

以上のように、神戸市の道路網への適用例においては、十分満足できる結果が得られた。

参考文献

枝村俊郎・田中絵・森津秀夫・藤谷恵一：環境要因を考慮した最適道路網計画システムと神戸市への適用について、建設工学研究所報告、第14号、昭和54年

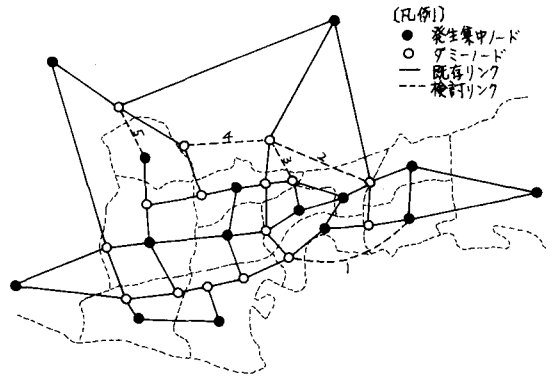


図-1 例題に用いた神戸市の道路ネットワーク

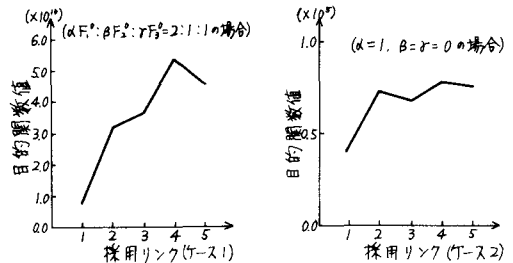


図-2 採用リンク1本の場合の目的関数値

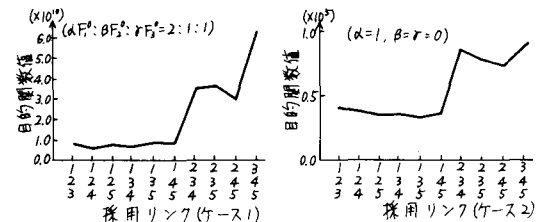


図-3 採用リンク3本の場合の目的関数値