

広島大学 正員 門田 博知
中国電力 〇正員 鶴川 裕

1. はじめに

都市の交通計画の基本計画作成にあたり、多目標を考慮する必要がある。その際各目標が全て最も望ましい状態になることはない。目標達成水準が一番低いものが問題になる。この研究は、多目標計画の一つの手法である Goal programming の手法の都市交通計画への適用性について検討したものである。これまではバイパスの建設¹⁾や街路網の決定にこの手法が適用されたことはあるが、本研究は都市の交通機関別分担率の決定に焦点をあてたものである。なおL字型の効用関数を用いて目標間のバランスをとった。³⁾

2. 目標の設定と定式化

a) 目標の設定

交通機関利用者の立場と沿線住民の立場を考慮し、目標として①総所要時間、②総所要費用、③NOx総負荷量、④リンクの交通騒音、の減少を設定した。

b) 目標の定式化

上記の4目標を総合化するために Goal programming の手法を用いる。この手法ではこれらの目標を制約条件として以下のように定式化する。目標間のトレードオフの関係をL字型効用関数で表わしたので、目標の達成水準が最低のものによって満足度が規制されることにはなる。なお交通機関は自動車と大量輸送機関である。

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c T_{ij}^c + \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m T_{ij}^m - y_{\tau}^s + z_{\tau}^s = g_{\tau}^s \quad (\text{総所要時間}) \quad (1)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c T_{ij}^c + \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m T_{ij}^m \leq g_{\tau}^0 \quad (2)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \left(\frac{1}{n_c} \right) C_p^c D_{ij} d^c(i, j, l) + \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m \left(\frac{1}{n_m} \right) C_p^m D_{ij} d^m(i, j, l) - y_{\tau}^s + z_{\tau}^s = g_{\tau}^s \quad (\text{総所要費用}) \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \left(\frac{1}{n_c} \right) C_p^c D_{ij} d^c(i, j, l) + \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m \left(\frac{1}{n_m} \right) C_p^m D_{ij} d^m(i, j, l) \leq g_{\tau}^0 \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \left(\frac{1}{n_c} \right) C_p^c D_{ij} d^c(i, j, l) + \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m \left(\frac{1}{n_m} \right) C_p^m D_{ij} d^m(i, j, l) - y_{\tau}^s + z_{\tau}^s = g_{\tau}^s \quad (\text{NOx総負荷量}) \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \left(\frac{1}{n_c} \right) C_p^c D_{ij} d^c(i, j, l) + \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m \left(\frac{1}{n_m} \right) C_p^m D_{ij} d^m(i, j, l) \leq g_{\tau}^0 \quad (6)$$

$$\frac{200}{V_l} \delta_l \cdot 10^{(0.2V_l + 54 - SPL_l)/10} \left\{ \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \left(\frac{1}{n_c} \right) d^c(i, j, l) \right. \\ \left. + 10 \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m \left(\frac{1}{n_m} \right) d^m(i, j, l) \right\} - y_{m,l}^s + z_{m,l}^s = g_{m,l}^s \quad (l=1, 2, \dots, 8) \quad (\text{基準騒音レベル超過面積}) \quad (7)$$

$$\frac{200}{V_l} \delta_l \cdot 10^{(0.2V_l + 54 - SPL_l)/10} \left\{ \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \left(\frac{1}{n_c} \right) d^c(i, j, l) \right. \\ \left. + 10 \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m \left(\frac{1}{n_m} \right) d^m(i, j, l) \right\} \leq g_{m,l}^0 \quad (l=1, 2, \dots, 8) \quad (8)$$

$$\frac{y_{\tau}^s}{\lambda_{\tau}} = \frac{y_{\tau}^0}{\lambda_{\tau}} = \frac{y_{\tau}^s}{\lambda_{\tau}} = \frac{y_{\tau}^0}{\lambda_{\tau}} \quad (L\text{字型の条件}) \quad (9)$$

$$p_{ij}^c, p_{ij}^m, y_{\tau}^s, z_{\tau}^s \geq 0 \quad (\text{非負の条件}) \quad (10)$$

ここに X_{ij} = ゼーンから j ゼーンへのトリップ数、 p_{ij} = 交通機関別分担率、 T_{ij} = 所要時間、 n = 平均乗車人員、 C^c = 自動車1台当り単位走行距離当り走行費用、 D_l = 区間 l の区間長、 $d^c(i, j, l)$ = $i \rightarrow j$ 交通が区間 l を通るとき1その他のとき0の変数、 C_{ij}^m = $i \rightarrow j$ への大量輸送機関の運賃、 C_p = 1台当り単位走行距離当り NO_x 排出量、 V_l = 区間 l の平均走行速度、 δ_l = 区間 l における対象道路への騒音影響度を示す係数、 SPL_l = 区間 l の基準騒音レベル。なお添字 c, m は自動車、大量輸送機関を示す。 g^s = 満足水準、 g^0 = 許容水準、 $\lambda = g^s - g^0$ 、 $y^s z^s$ = 満足水準からのかい離を示す偏差変数。

c) 物理条件

$$p_{ij}^c + p_{ij}^m = 1 \quad (i=1, \dots, n) \quad (j=1, \dots, n) \quad (\text{OD保存条件}) \quad (11)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \left(\frac{1}{n_c} \right) d^c(i, j, l) + \sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^m \left(\frac{1}{n_m} \right) d^m(i, j, l) \leq CQ_l \quad (l=1, 2, \dots, 8) \quad (\text{道路容量制限}) \quad (12)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ij} p_{ij}^c \leq n^c O_i \quad \sum_i \sum_j X_{ij} \quad (i=1, \dots, n) \quad (\text{自動車利用制限}) \quad (13)$$

ここに CQ_l = 区間 l の道路容量、 α = バスの自動車換算係数、 O_i = ゼーンから発生する自動車トリップの上限を示す係数。

d) 目的関数

以上(1)~(13)の制約条件下で各目標の満足水準からのかい離を示す y^s のうち任意の1つを最小化すれば、L字型効用関数の定義によって全体系の最小解が求められる。

3. 広島広域都市圏への適用例

広島広域都市圏における交通機関別分担率の決定にこの手法を適用して問題点を探る。対象地域のゾーン分割数は11、リンク数は34である。入カデー タは昭和60年見直レOD表、将来計画道路網を用いた。

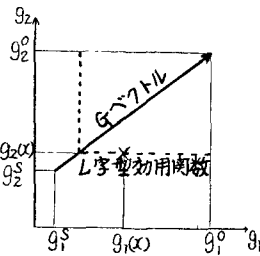
実際の解法にあたり、図1に示すように座標変換

をほこし、原点から第1象限に延びるGベクトル並にL字型効用関数を設定した。各目標の満足水準及び許容水準を表1に示す。なお騒音の減少化は対象地域の土地利用を考慮して3レベルに分け、それぞれ最大交通量の区間の騒音を規制した。

表1. 目標の満足水準
と許容水準

目標項目	満足	許容
総所要時間 分	1070	1500
総市営費用 万円	3890	5100
NO ₂ 総重量 kg	490	525
基準騒音レベル 超過面積 NO.1 m ²	1070	2500
" NO.2	1060	2500
" NO.3	1520	3600

図1. Gベクトル
と効用関数



4目標の総合化による広島都市圏の自動車平均分担率は26%となった。表2に自動車の分担率表と、また表3に各リンクの交通流の状況を示す。

表2 自動車の分担率表 (%)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	100	0	0	100	0	0	37	0	0	0
2	83	0	100	91	0	0	0	100	0	100	0
3	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
6	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	100	0	0	0	66	100	100	0
8	0	87	0	0	0	0	0	0	15	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
10	0	100	0	0	100	0	100	0	100	0	95
11	0	100	0	0	0	0	0	0	28	90	0

表3. リンクの交通流状況

区間 番号	交通量 P.C.U	混雑 率%	A	B	区間 番号	交通量 P.C.U	混雑 率%	A
1	1377	65	63	1425	18	13732	65	62
2	5654	28	25	562	19	5538	27	19
3	3723	46	16	1280	20	1012	12	0
4	9436	71	42	2092	21	8689	65	33
5	632	3	0	282	22	641	3	0
6	1603	25	7	1277	23	6480	100	50
7	867	10	4	593	24	2585	29	11
8	254	4	0	166	25	197	3	0
9	3927	100	25	1148	26	3929	100	14
10	981	18	8	444	27	645	12	0
11	3228	28	17	603	28	1587	14	7
12	1168	37	30	586	29	1026	32	17
13	3866	57	49	808	30	6040	89	47
14	331	9	0	1270	31	1864	52	11
15	1180	100	66	924	32	75	6	0
16	763	31	15	1820	33	197	8	0
17	1370	100	95	2433	34	1370	100	90

(注) A: リンクの自動車分担率(%), B: 基準騒音レベル超過面積(m²)

4. 考察

ケーススタディの結果をいふえて、この手法の交通機
関別分担率の算定への適用性について検討する。

①精度の問題について：事前に各制約条件式に要求され
る精度について検討すべきである。これはGベクトルの
設定においても同様であり、今回は特定の座標軸に非常
に傾いたGベクトルを設定したために誤差が大きくな
たと考えられる。

②交通需要に比べ道路容量の小さいリンクが分担率の決
定に大きく影響している。したがって実際に適用する場
合、そのようなリンクをはずしてよりマクロな解析をす
る必要がある。

③ODペアの分担率には大きな格差があり計画上問題で
ある。これに対しては自動車利用、大量輸送機関利用の
上限・下限値を設定することが考えられる。今回は自動
車保有率から自動車利用の上限値を設定して解析も行っ
たが、分担率は新たな端点を多くとった。この研究は基
本計画作成のためのもので、政策面から上限・下限値を
設定することは十分考えられるが検討中である。

④システムを線型化しにこによる現実との差について
：このシステムでは自動車と大量輸送機関とのトレード
オフの関係を満足していない。交通量配分に適用されて
いる分割法を応用することを考えたが、混合交通とし
て扱う場合はOD保存条件がくずれることがわかった。
しかし自動車と大量輸送機関を分離交通として扱えばす
む問題である。また交通量と速度との関係は繰り返し計
算によればシステムに組み込むことが可能であろう。

⑤騒音の取り扱いについて：本研究のようにリンク毎に
目標の達成を図るものと、対象地域全域でとらえたもの
とが考えられる。両者による解を比較検討しに上で、よ
り実際的なしかも利用性のあるシステムとすべきであろ
う。

⑥この手法は従来の加重方式や付順方式の欠点を克服す
るためのものであるが、本来Gベクトルの設定には卓越
した経験、見識が必要であり、ややもすると従来の手法
の欠点をそのまま残すことになりかねないということに
注意しなければならない。

⑦都市交通を考える場合、どの目標が必要であるかを検
討しなければならない。

(参考文献) 1) 吉川 和弘：都市周辺環境改善計画のfor the Goal programming
(参考文獻) による交通量配分に関する一考察、2) 森地 茂：環境
要因も考慮した道路計画手法について、3) 伏見
穂枝：目標をバランスよく達成するための数値計画法(資料)