

G Aによる新交通・輸送システム路線網建設計画の最適化

九州大学工学部 学生員 ○西川 泰徳, 池田 弘幸
九州大学工学部 正 員 太田 俊昭
九州共立大学工学部 正 員 三原 徹治

1. はじめに

著者らは、21世紀に向けた低負荷型の社会資本の1つとしてM. E. 型リニアモーターカー（以下M. E. 型リニア）を用いた新交通・輸送システムを提唱しており、その応用としての物流システムの実現性や有用性について、建設計画に関する経済的・環境的な側面からの検討を行っている¹⁾。

そのうち、物流システムを構築する際の効率的な路線網建設に資するための最適な建設路線の選定及び建設順位に関する検討を行うため、著者らは遺伝的アルゴリズム (genetic algorithm: G A) を用いた最適建設路線選定手法を提案し、その妥当性・有用性を確認するため種々の問題設定での数値計算結果^{2) 3)}を示した。

本研究は、先の研究のより現実的な拡張を企図したもので、最適性規準に運用後を考慮した「輸送効率の最小化」を選定した場合の最適化問題の定式化とともに交配個体選択 G A (scsG A)⁴⁾を用いた数値計算を行い、その結果とこれまでの問題設定で得られた結果とを比較し考察する。

2. 問題設定

1) モデル路線

数値計算をおこなうモデル路線は、これまでの問題設定と同様に、平成2年度道路交通センサスOD表を基本データとして福岡市内に設定した。

本システムは基本的に道路下に建設されるとするため、既存の主要道路について各ターミナル (OD表のゾーン毎に設置) 間相互を最短で結ぶ路線を選定した。得られた路線を図-1に示す。今後の数値計算はこの路線図に基づいて行う。

また、システム運用後に本システムに発生すると考えられる物流量はこれまでの研究より表-1に示すとおりである。

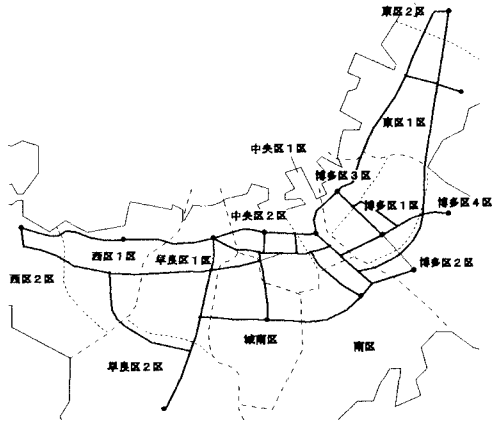


図-1 福岡市内モデル路線図

2) 交配個体選択 G Aによる解法⁴⁾

本研究に G A を適用するにあたり、線列を路線番号毎に建設順位を与える10進数の数字の並びとしてコーディングした。

また、本研究で用いた交配個体選択 G A の特徴は、少夫多妻制 (あるいは少妻多夫制) の生殖システムをヒントに新たな淘汰交配オペレーションを導入したものである。その特色としては、

- ・適応関数値による交配個体と被交配個体の類別
- ・交配個体と被交配個体による「確実」な交配
- ・交配個体のそのままの形で次世代への引継、の3点が挙げられる。

表-1 将来需要物流量

単位:トン	D	東区1区	東区2区	博多区1区	博多区2区	博多区3区	博多区4区	中央区1区	中央区2区	南区	西区1区	西区2区	城南区	早良区1区	早良区2区
東区1区	0.00	380,970.61	1,693,968.58	420,197.69	281,190.10	72,784.88	215,068.53	78,754.75	140,232.91	31,119.11	24,839.88	26,871.40	95,989.07	9,468.30	
東区2区	386,155.45	0.00	174,248.55	203,343.81	11,173.93	0.00	112,979.92	47,278.89	74,678.30	8,772.45	5,401.98	39,860.71	49,956.79	0.00	
博多区1区	1,554,916.00	161,824.94	0.00	656,979.81	35,041.54	3,485.38	600,753.50	207,404.15	345,102.65	103,907.01	19,834.28	68,079.83	89,206.11	37,301.12	
博多区2区	426,554.10	190,147.71	880,424.13	0.00	36,428.73	0.00	310,297.49	115,386.40	269,438.18	44,053.76	40,014.94	83,439.10	56,170.22	8,289.50	
博多区3区	271,393.87	10,332.12	31,923.69	23,369.47	0.00	0.00	50,056.11	12,609.95	22,695.40	9,286.98	6,289.61	9,389.38	0.00	3,663.62	
博多区4区	69,523.69	0.00	3,447.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
中央区1区	214,151.38	105,506.01	593,738.13	298,907.69	52,108.48	0.00	0.00	368,116.73	410,060.26	123,938.87	21,973.01	75,762.07	200,805.72	27,747.73	
中央区2区	73,754.75	44,859.26	208,442.74	112,806.18	13,666.55	0.00	370,885.99	0.00	202,368.77	87,557.87	64,539.86	129,834.53	155,196.05	0.00	
南区	145,254.40	72,889.50	352,731.22	270,342.45	24,886.05	0.00	428,660.97	209,412.52	0.00	48,799.30	3,812.96	181,082.47	149,765.40	14,395.93	
西区1区	31,119.11	8,772.45	109,101.57	45,432.65	9,788.21	0.00	131,540.57	90,982.74	48,724.28	0.00	74,127.35	54,582.82	246,888.52	12,037.41	
西区2区	24,839.88	5,401.98	20,315.15	40,353.97	6,463.91	0.00	22,900.71	88,425.11	3,878.35	74,810.09	0.00	34,858.94	64,873.32	8,031.81	
城南区	26,871.40	39,047.04	70,873.18	83,444.41	9,788.21	0.00	80,752.71	131,878.01	179,329.19	52,166.65	30,122.19	0.00	236,715.43	8,323.85	
早良区1区	95,989.07	48,329.72	92,989.39	56,549.58	0.00	0.00	210,224.57	156,866.31	147,547.17	245,907.33	61,729.48	236,413.28	0.00	112,609.54	
早良区2区	9,468.30	0.00	39,937.73	8,818.62	3,924.52	0.00	29,864.84	0.00	14,938.26	12,432.31	8,154.15	8,591.64	116,499.57	0.00	

交配個体とは、全 N_p 個の線列のうち良好な適応関数値を持つ、全体の20%程度以下の線列をいい、残りを被交配個体とする。 N_s 個の交配個体及び $(N_p - N_s)$ 個の被交配個体のある個体 n は、その適応関数値に応じた交配選択確率 P_n を有し、その値は線列の配列の次世代への伝わりやすさに影響する。

3) 最適化問題の定式化

システムの運用に際しては、物流量の多いターミナル間の距離はできるだけ短くしたほうが運用効率がよく、ひいてはシステムの使用エネルギーの低減にもつながる。この場合次式に示す「輸送効率の最大化」問題を解くことで、運用後の輸送効率を考慮に入れた路線を得ることができる。

目的関数： $P = \sum (R(i, j) \times D(i, j)) \rightarrow \min.$

制約条件： $C \leq C_0$ 。

ここで、 $R(i, j)$ はターミナル i, j 間の物流量、 $D(i, j)$ ターミナル i, j 間の距離である。また、 P を満たしつつ経済的な路線を選択するために費用対効果比についても勘案している。 C は建設費、 C_0 は予算額である。 C_0 に関しては、文献2)で述べたように工期も考慮する必要もあるが、ここでは以下の計算例においてすべて単工期を仮定するため、最も簡便な形で表現している。

3. 数値計算例

本研究ではGAパラメータを、計算世代数 300、人口数 300（うち交配個体数 60）、建設工期 1、突然変異発生確率 0.2としたSCSGAにより計算を行った（OC1）。予算額 30.0のとき得られた解を図-3に示す。

また、同パラメータで目的関数を費用対効果最大化（ $O = R/C \rightarrow \max.$ ： R =可能物流量、 C =総建設費）とした場合（OC2）の解を図-4に示す。このとき、費用対効果比はOBJD=6.988であった。OC1での費用対効果比はOBJD=6.001である。

OC1とOC2では接続されたターミナルは同じであるが、選択された路線は大きく違っている。OC1では、目的関数の記述どおり物流量の多い東区1区-博多区1区がOC2と比べて短くなるような路線が選択されている。

これは、OC2は費用対効果の大きい路線すなわち最小の総路線長で最大の効果を上げようとしているのに対し、OC1では費用対効果比を多少犠牲にしても運用効率の向上を指向していることを示している。

4. おわりに

本研究では、これまで建設に関して有利な路線を選択する目的関数による最適化問題を行っていたのに対し、運用後の効果を考慮する目的関数による最適化問題を設定した。また、数値計算結果により得られた解より、本研究で設定した目的関数が妥当であったことがわかった。今後は災害などに対する迂回路線の設定といったシステムのロバスト性についての検討などを行ってきたい。

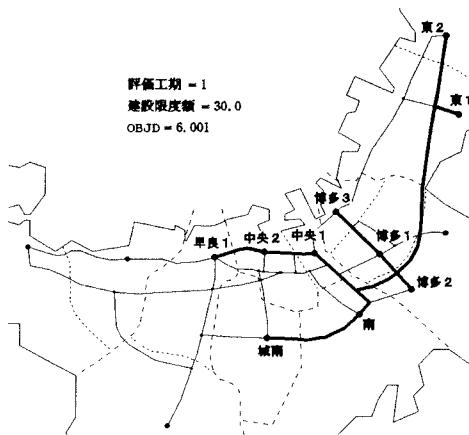


図-3 OC1による最適路線

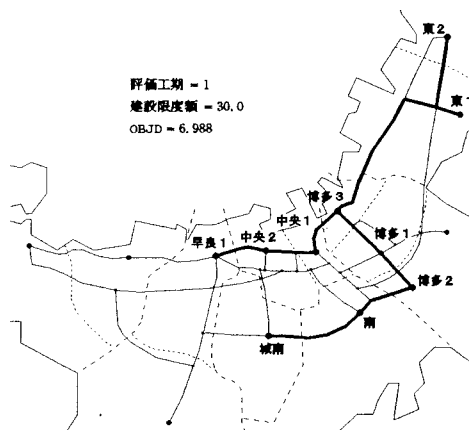


図-4 OC2による最適路線

参考文献

- 1) マリーン・エクスプレス構想研究委員会専門委員会：マリーン・エクスプレス構想(PHASE-1)に関する研究総括報告書，1994.10
- 2) 太田，池田，三原：GAを用いた新交通・輸送システムの最適路線計画，土木計画学研究・講演集18(2)，pp. 549-552，1995.12
- 3) 太田，池田，三原：GAを用いた新交通・輸送システムの最適建設路線に及ぼす最適性基準の影響，土木計画学研究・講演集18(2)，pp. 549-552，1995.12
- 2) 千々岩，三原，太田：GAによる離散的最適化における淘汰・交配オペレーション方式の影響，第4回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集，pp. 55-60，1995.12