

共進化遺伝的アルゴリズムを用いた デマンドバススケジューリングに関する基礎的研究

関西大学 正会員 古田 均

関西大学 学生員 ○亀田 学広

加藤 強士

1. はじめに

現在、わが国では自家用車の普及に伴い路線バスの利用者が減少し、経営の問題から便数が減り、利用者が更に減少する悪循環に陥っている。特に地方の過疎部で顕著に現れている。そこで、路線バス利用者の持つ様々な不満を解決するために ITS（高度道路交通システム）の技術を用いたデマンドバスシステムが注目されており、一部では実際に運行されている。

デマンドバスとは利用者から受け付けた予約に応じてバスの運行スケジュールを変更、決定するバスシステムである。またデマンドバスシステムでは顧客の満足度を向上させるために、新たにバス停を設け運行ルートを増加させる等の対策を行っている。デマンドバスシステムでは、発生する多くの予約（デマンド）に対して、できるだけ各デマンドを満足させつつ、経営的側面からも問題のない運行スケジュールが必要である。

本研究では、バスの便数と各バスが担当するデマンドおよび巡回路を同時に最適化しつつ、運行コストを押さえたスケジューリングを行うシステムを開発する。スケジュールの決定に遺伝的アルゴリズムを改良した共進化遺伝的アルゴリズムを適用し、その有用性に検討を加える。

2. 共進化遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm:以下 GA）とは、生物の進化に着想を得たアルゴリズムであり確率的探索手法の一つである。GA では問題の解候補を個体として遺伝子空間に投影し、進化のプロセスをコンピュータ上で実現する。GA は、1）初期世代の発生 2）親の選択、交叉（子供の生成） 3）突然変異 4）淘汰の各遺伝的操作から構成され、1）を実行し、2）～4）を指定回繰り返す。

デマンドバスのスケジュールでは、必要な便数と各バスが担当するデマンド及び巡回路を決定し運行を行う。そこで本研究では、共進化 GA によって便数の最適化と各バスの巡回路の最適化を同時に行う。図-1 に共進化 GA における個体の染色体及び遺伝的操作を示す。染色体は 2 つの部位を持ち、お互いに影響し合いながら進化する。具体的には、ランダムにどちらか一方の要素を選択し、2）3）の遺伝的操作を選択された要素側のみに行う。すなわち、お互いの要素を生かす進化を促す。

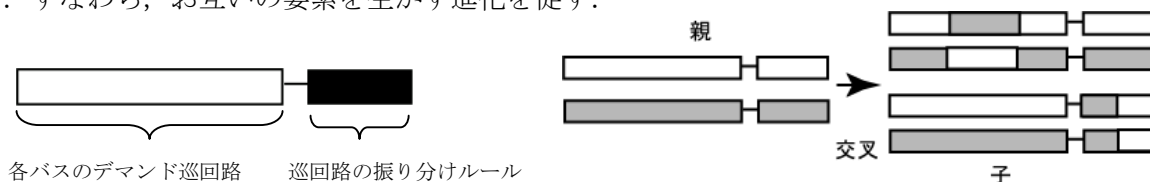


図-1. 染色体の構と遺伝的操作

3. システムの概要

本研究ではデマンドに ID 番号を振り、その番号を遺伝子として染色体の 1 要素を構成し、バスの巡回路を表す。もう一方の要素は、先の染色体を各バスに割り当てるルールとして構成する。割り当てルール部は可変長の染色体になる。図-2 に示すように、各バスに割り当てられたデマンド番号が、各バスの巡回路となる。各遺伝的操作が致死遺伝子を発生させないように工夫を行い、共進化 GA を実行する。

各個体の評価方法は、予約番号が持つバス停 ID を参照して総移動距離を計算し、運行コストを評価値とする。また各予約に対する遅延時間をできるだけ少なくするように評価を与える(式 1)。

キーワード デマンドバス、遺伝的アルゴリズム、共進化、スケジューリング、ITS

連絡先 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1 電話 0726-90-3213（総合情報学研究科）

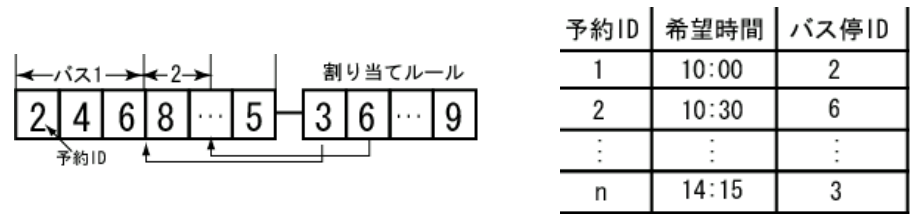


図-2 個体の構成

$$Tc = \sum^n (Rc + Ec + CS) \quad \cdots \cdots (1)$$

ただし、 Tc はバスの総運行コスト、 n はバスの運行本数、 Rc はバスの走行コスト（燃費×走行距離）、 Ec はバス一台を走らせる際に必要な諸経費、 CS は顧客の満足度をコストに変換したものとする。

4. システムの適用例

本研究の有用性を検討するため実際の都市に適用する．対象地域はデマンドバスの研究を行っている高知県中村市とする．また、バスを1台動かす際の諸経費(E_c)を 2000 円、バスの平均時速を 15km／時、ガソリン代を 90 円、燃費を 3km/l と設定する．本研究での対象地域を図-3 に示す．また、システムの実行結果を表-1 に示す．

表-1 スケジュール

バスの台数		8台				
バスの巡回番号		1	2	3	4	5
1台目	予約ID	6	16	1	20	13
	バス停	11	13	2	15	15
	時間	7:50	8:05	8:40	9:30	9:40
2台目	予約ID	7				
	バス停	20				
3台目	予約ID	3				
	バス停	19				
4台目	予約ID	18	4	14	10	11
	バス停	7	30	28	15	6
	時間	12:40	12:55	13:20	13:45	14:00
5台目	予約ID	12	2			
	バス停	14	5			
	時間	15:50	16:10			
6台目	予約ID	17	19	15	8	
	バス停	30	21	23	30	
	時間	18:55	19:00	19:20	19:40	
7台目	予約ID	5				
	バス停	18				
	時間	20:10				
8台目	予約ID	9				
	バス停	22				
	時間	21:30				

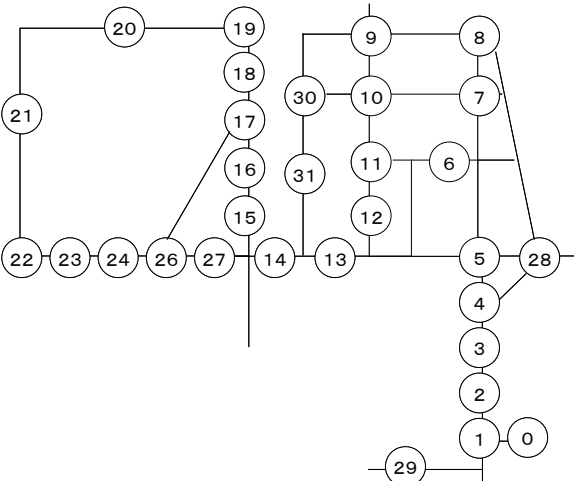


図-3 中村市のバス停

5. まとめ

本研究では、共進化 GA を用いることによってデマンドバスのスケジューリングを便数および各バスの巡回路を同時に最適化するシステムの構築を試みた．更に有用性を確認するために中村市を例にシステムの実行を行った．その結果、共進化 GA はバスの便数と各バス巡回路による非常に多い可能性の中からコストを評価関数として、実用的な解を探索することができた．これによりシステムの有用性が確認された．

今後は実用に耐えるシステムの開発するため、乗車人数による利益の換算や下車するバス停も考慮に入れた探索を行う必要がある．

参考文献

- ・「共進化の概念を導入した遺伝的アルゴリズムによる地域施設配置手法」 堀彰男・吉川徹編 日本建築学会計画系論文集 20001年2月
- ・中村まちバス http://www.city.nakamura.kochi.jp/n_news/bus/dbus.html