

遺伝的アルゴリズムによる 鉄道ダイヤの最適化

立岡 砂葵(大阪工業大学大学院)

乾 将太郎(オムロンFE)

重弘 裕二(大阪工業大学)

鉄道ダイヤの乱れ

- 鉄道ダイヤの乱れは多くの人に影響を及ぼすが、ダイヤの乱れを完全になくすことは難しい
- 運休・順序変更等の運行計画の変更は、人の手で行われるため多大な時間を要する
- 遺伝的アルゴリズムを用いて鉄道ダイヤの自動生成を試みる

研究内容

- 鉄道ダイヤ最適化問題
- 鉄道ダイヤ生成手法
 - 遺伝的アルゴリズム
- 計算機実験による評価

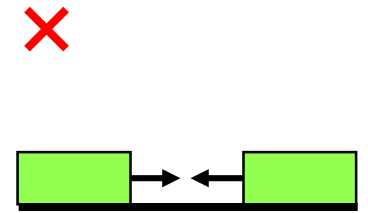
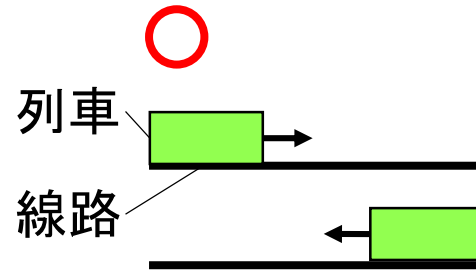
鉄道ダイヤ最適化問題

- 想定する鉄道交通システムのモデル
- 不満度
 - 全利用客の待ち時間に関する不満を数値化した値
- 最適化目標
 - 不満度の最小化

想定する鉄道交通システムのモデル

- 線路

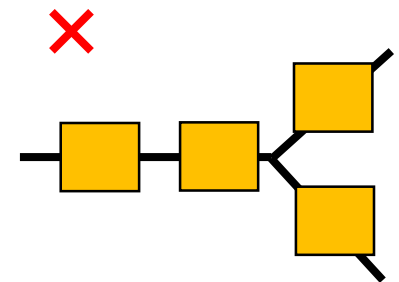
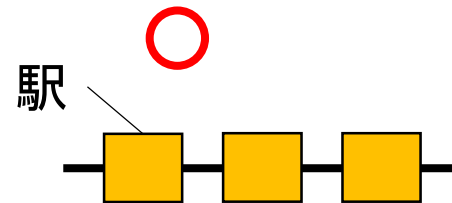
- 複線
- 分岐は考えない



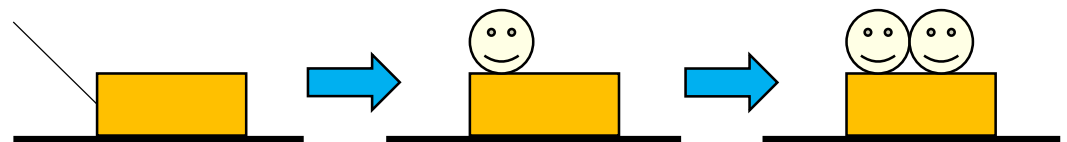
- 列車

- 利用客

- ある割合で到着し、列車を待つ

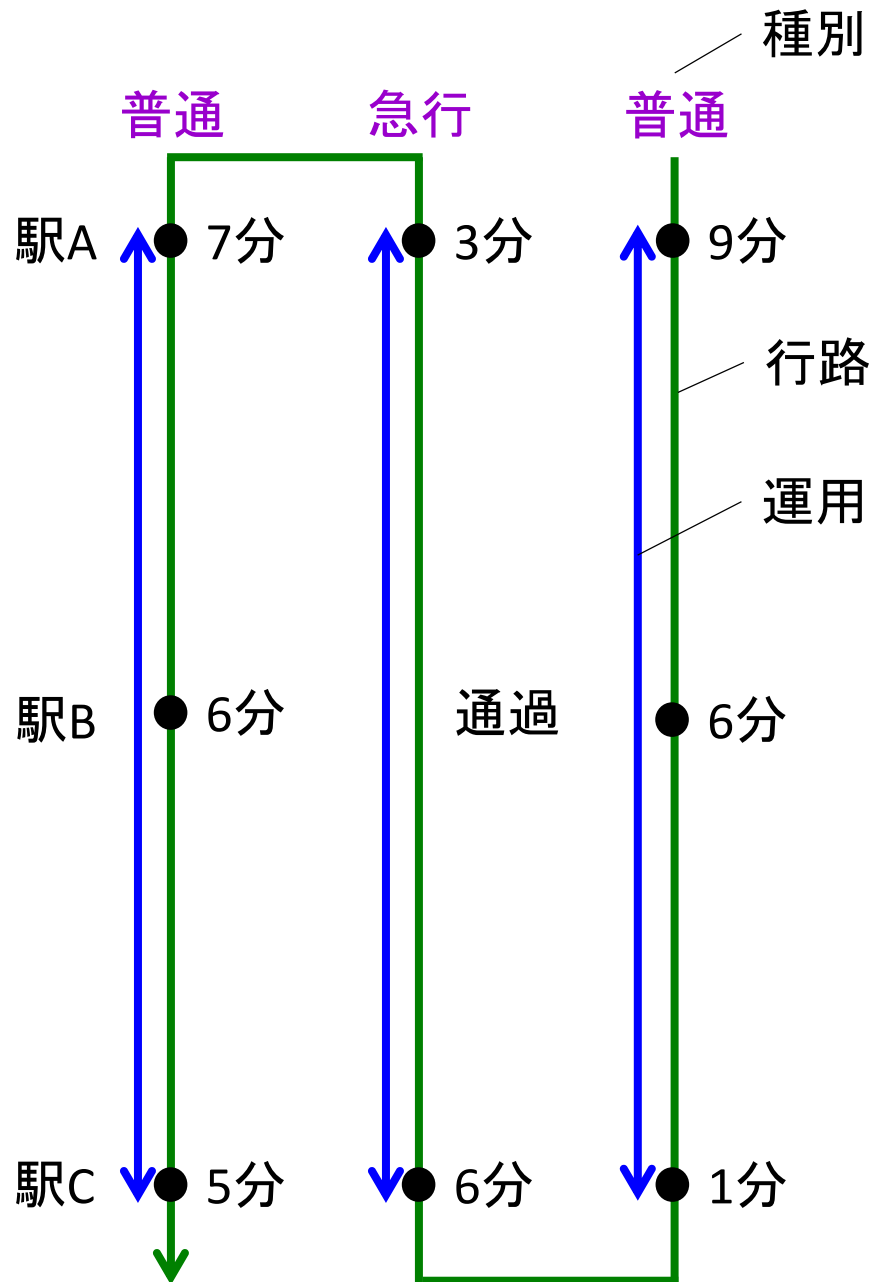


ホーム



列車

- 定められた方向に走行し、終着駅で折り返す
- 運用
 - 始発駅・終着駅間の走行
 - 各駅に対し停車時間が指定される
- 行路
 - 1編成の列車の1日の運用
- 種別
 - 停車する駅を表す情報
 - 各運用に対し指定される

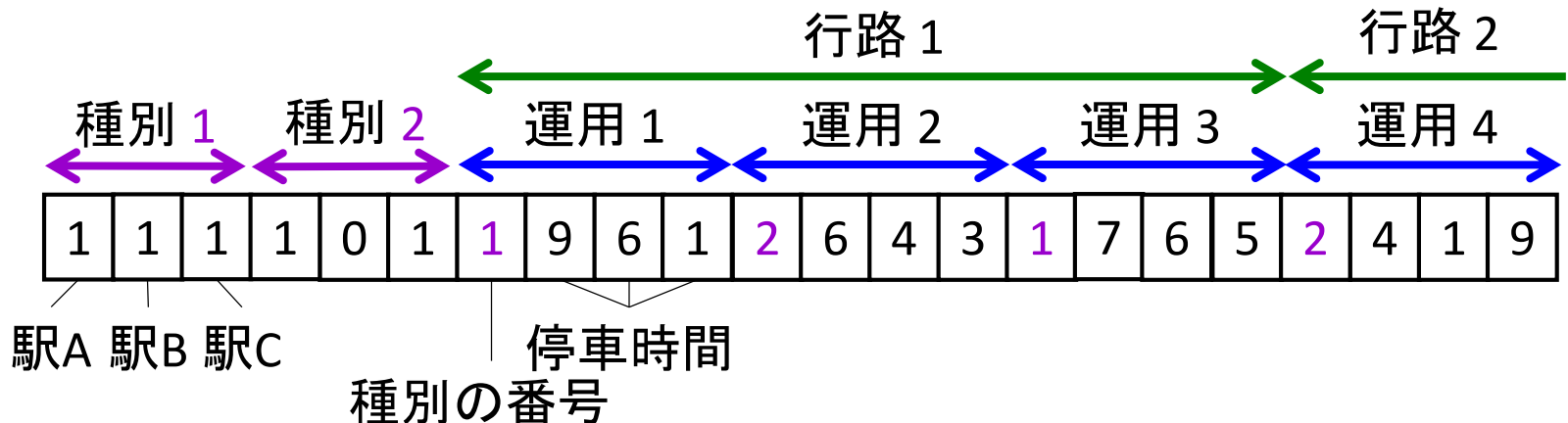


鉄道ダイヤ生成手法

- 遺伝的アルゴリズムの適用
 - 解の表現
 - 評価
 - 遺伝的操作
 - 全体の流れ

解の表現

- 種別
 - 停車・通過を表す情報を駅の数だけ並べる
- 行路
 - 運用の数だけ並べる
 - 種別の番号を1つ
 - 停車時間の情報を駅の数だけ
 - 営業時間内で走行できない分は無視される



評価

- 鉄道シミュレータ
 - 1日の営業時間中の運行の様子を求める
 - 各駅のホームで列車を待つ利用客数の変化を求める
 - 各利用客の列車の待ち時間から不満度を求める
- 利点
 - 任意の鉄道ダイヤに対応可能
 - 利用客が駅に到着する確率分布は自由に設定可能
 - 待ち時間と不満度の対応は自由に設定可能

遺伝的操作

- 選択

- 適応度比例戦略(ルーレット選択)

- 適応度関数 $F = \frac{|d - d_{\max}|}{d_{\max}}$

d: 各個体の不満度

d_{\max} : その世代に含まれる不満度の最大値

- 交叉

- 一様交叉

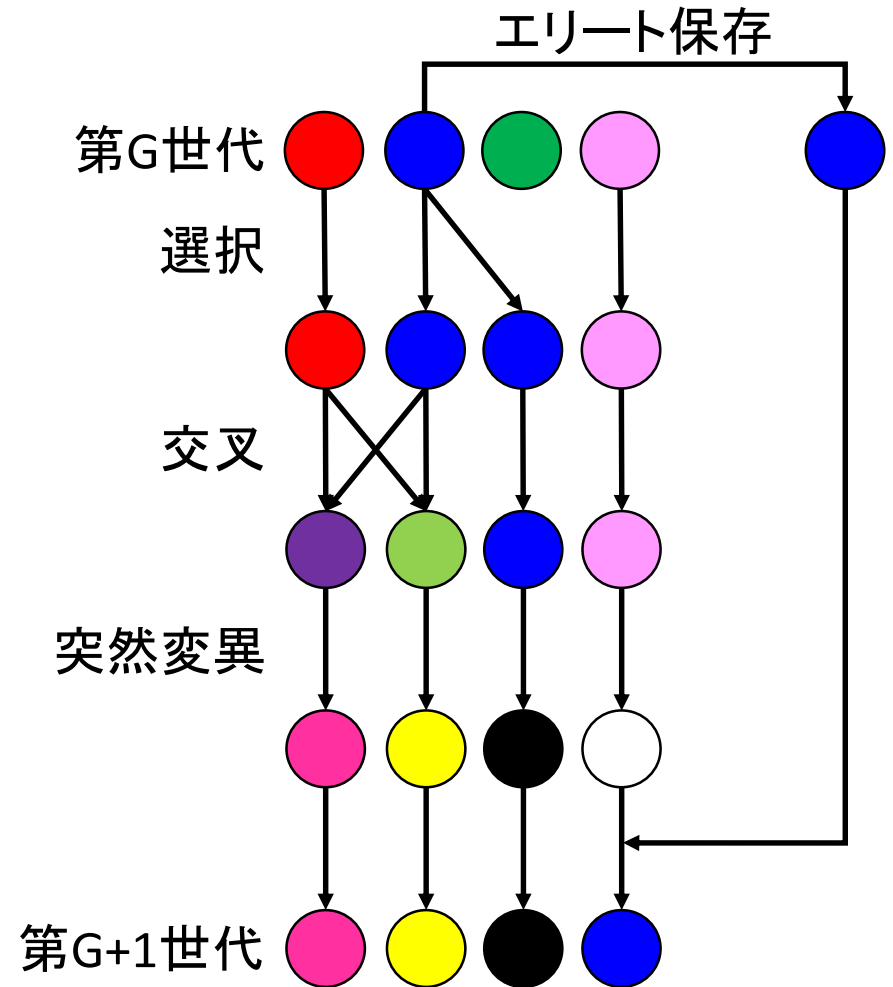
- 突然変異

- 解の構成要素を突然変異率の割合で変化させる

1	1	1	1	0	1	1	3	6	1	2	6	4	3	1	7	6	5	2	4	1	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

全体の流れ

- Simple GA
 - 解を選択・淘汰する
 - 解を2つで1組とし、交叉率の割合で交叉を行う
 - 全ての個体に突然変異を行う
- エリート保存
 - 対象とする世代の最良解と次世代の最悪解を入れ替える

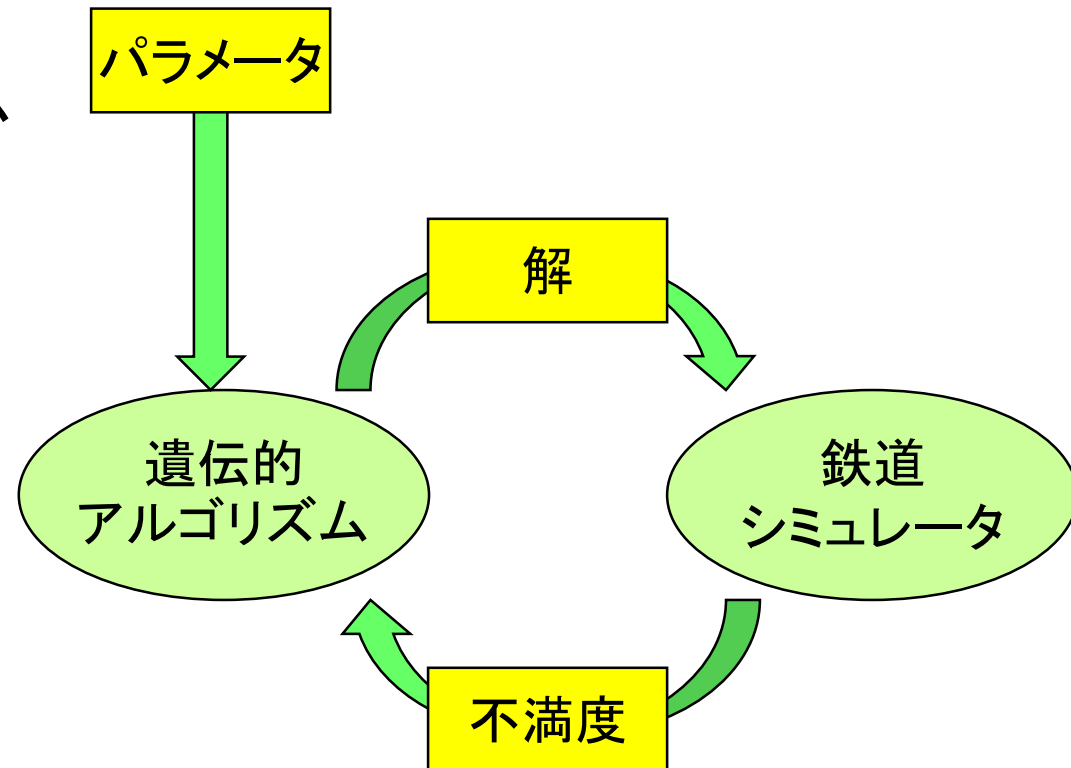


計算機実験による評価

- 鉄道ダイヤ生成システムの構築
- 鉄道ダイヤの自動生成
 - 生成システムにおけるパラメータ
- 結果
 - 解探索の様子
 - 鉄道ダイヤ
 - 種別ごとの停車駅

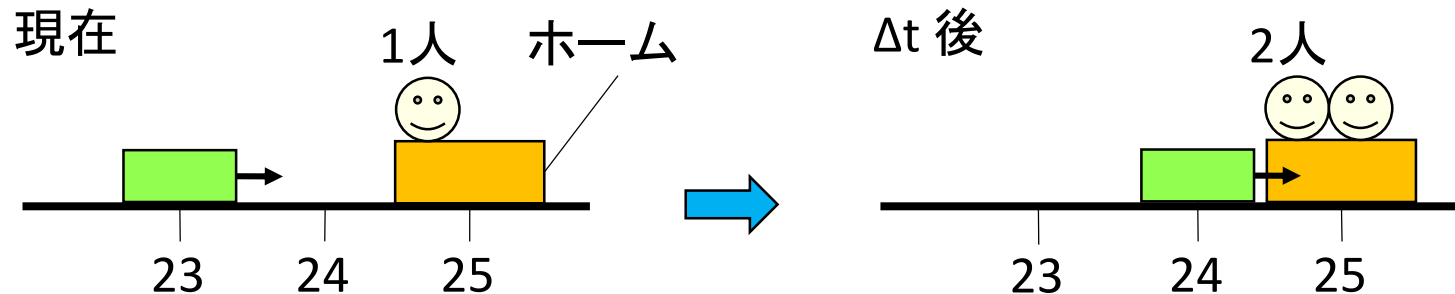
鉄道ダイヤ生成システムの構築

- プログラミング言語: C++により構築
- 鉄道ダイヤ生成システム
 - パラメータ
 - 遺伝的アルゴリズム
 - 鉄道シミュレータ



鉄道シミュレータ

- 時間間隔 Δt ごとの状態を求める
 - 各列車の位置
 - 各駅のホームで列車を待つ利用客の人数
- 仕様
 - 列車は一定の速さで走行する
 - 端の駅で折り返す
 - ホームで列車を待つ人は、列車が来たら全員乗車する



鉄道ダイヤの自動生成

- 列車
 - 行路数(列車数):12
 - 種別数:2
 - 停車時間:1~10分
 - 営業時間:19時間
- 利用客:1,216,380人
- 不満度
 - 全利用客の列車を待つ時間の総和

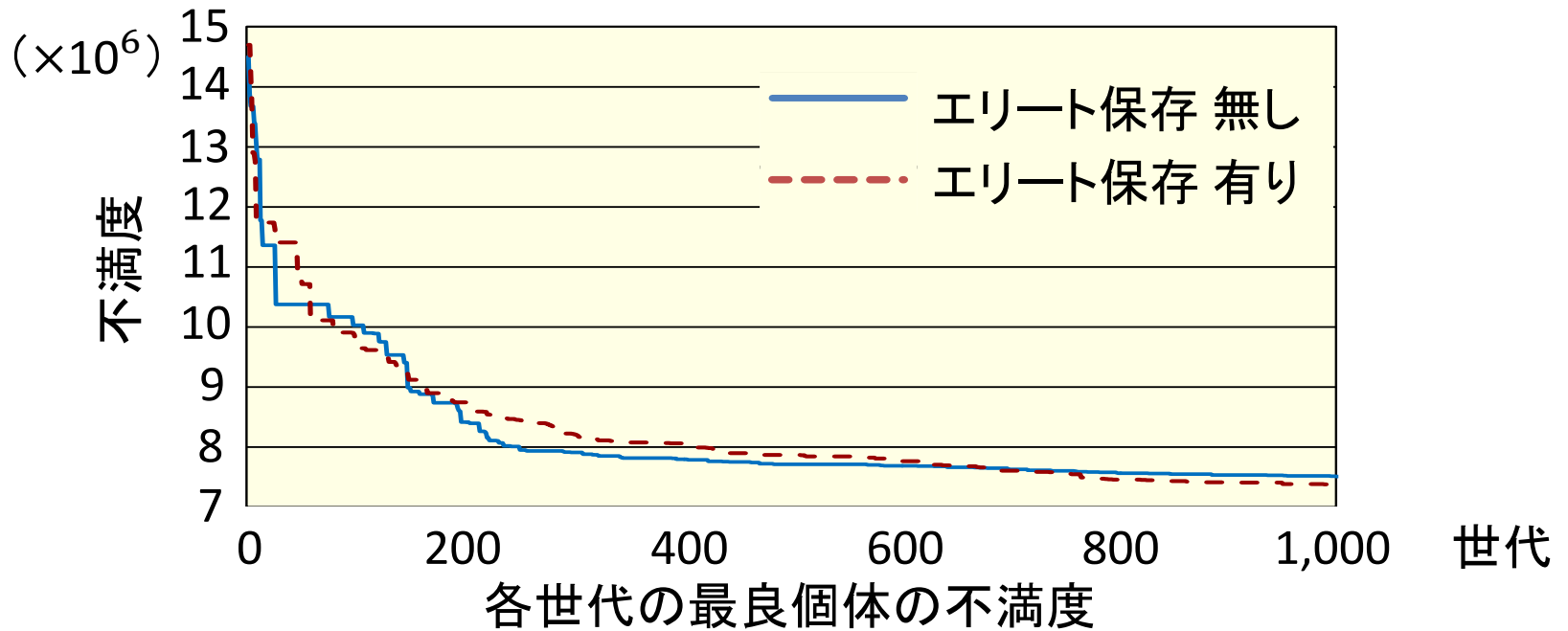
駅の番号	駅の位置(km)	利用客の増加割合(人/分)		初期列車数	
		上り	下り	上り	下り
1	0	—	470	—	4
2	1	3	3	0	0
3	2	32	32	0	0
4	4	8	9	0	0
5	7	16	17	0	0
6	10	26	26	0	0
7	13	26	27	0	0
8	16	48	48	2	2
9	18	15	14	0	0
10	21	7	7	0	0
11	23	17	17	0	0
12	26	10	9	0	0
13	27	18	18	0	0
14	29	11	11	0	0
15	31	6	5	0	0
16	32	111	—	4	—

生成システムにおけるパラメータ

- 遺伝的アルゴリズム
 - 個体数:100
 - 交叉率:0.6
 - 突然変異率: 1.22×10^{-4}
 - エリート保存:有り・無し
 - (編成あたりの運用数:40)
 - (解の長さ:8,192)
- 鉄道シミュレータ
 - 時間間隔 Δt :1分
 - 列車の走行速度:1km/分

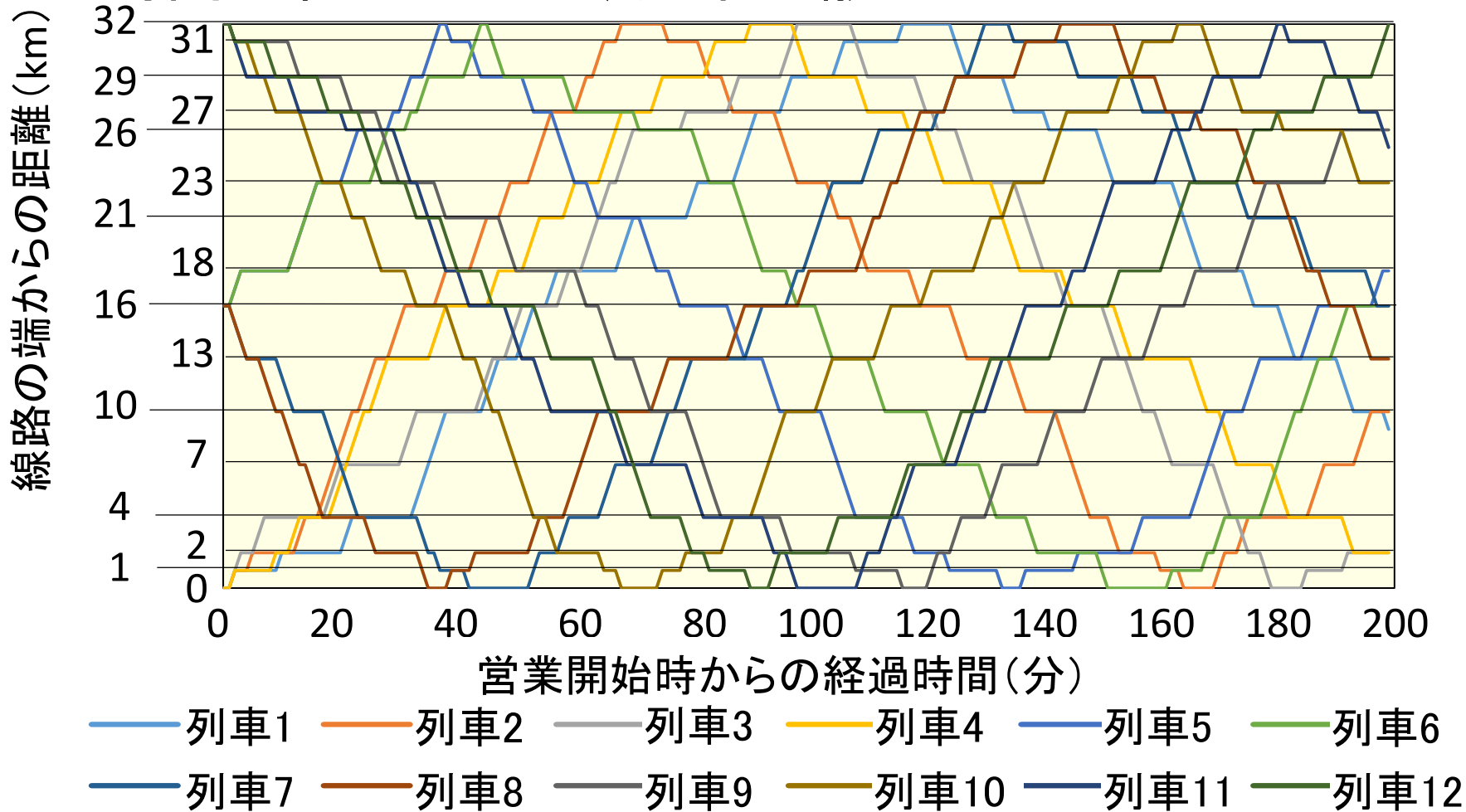
解探索の様子

- 改善解の不満足度は初期解の約50%
- 1人あたりの平均待ち時間
 - 初期解のダイヤ 約12分
 - 遺伝的アルゴリズムを適用したダイヤ 約6分



鉄道ダイヤ

- 時間が経つにつれ、列車が散らばっていく



種別ごとの停車駅

- 利用客の多い駅では、複数の種別が停車する
- 利用客の少ない駅では、1種類の種別しか停車しない

駅の番号	駅の位置 (km)	利用客の増加割合(人/分)		種別の停車駅	
		上り	下り	1	2
1	0	—	470	停車	停車
2	1	3	3	—	停車
3	2	32	32	停車	停車
4	4	8	9	停車	停車
5	7	16	17	停車	—
6	10	26	26	停車	停車
7	13	26	27	停車	停車
8	16	48	48	停車	停車
9	18	15	14	停車	停車
10	21	7	7	—	停車
11	23	17	17	停車	停車
12	26	10	9	停車	—
13	27	18	18	停車	停車
14	29	11	11	停車	停車
15	31	6	5	—	停車
16	32	111	—	停車	停車

まとめ

- シミュレータを構築し、利用客の列車を待つ時間が減少する鉄道ダイヤを自動生成した
- 今後の課題
 - 利用客が乗車駅から降車駅間で要した時間を考える
 - 列車が駅に停車する時間を減らす
 - ダイヤの乱れへの対応