

2005. 3. 17

多目的遺伝的 アルゴリズムを用いた 配管設計

九州大学工学部地球環境工学科
船舶海洋システム工学コース

○池平 怜史 木村 元
池崎 英介 梶原 宏之



アウトライン

1. 研究の背景と目的
2. 配管設計問題の定式化
3. 多目的遺伝的アルゴリズムの提案
4. シミュレーションと結果
5. 研究の成果と課題



研究背景

自動化の促進・作業の省力化

3次元CADの発達

試行錯誤が容易
→ 作業の省力化・効率化

自動化までは到っていない

研究目的

配管設計の自動化

1. 配管設計問題を定式化

大規模な多目的最適化問題

2. 本問題に適した多目的遺伝的アルゴリズムの提案

アウトライン

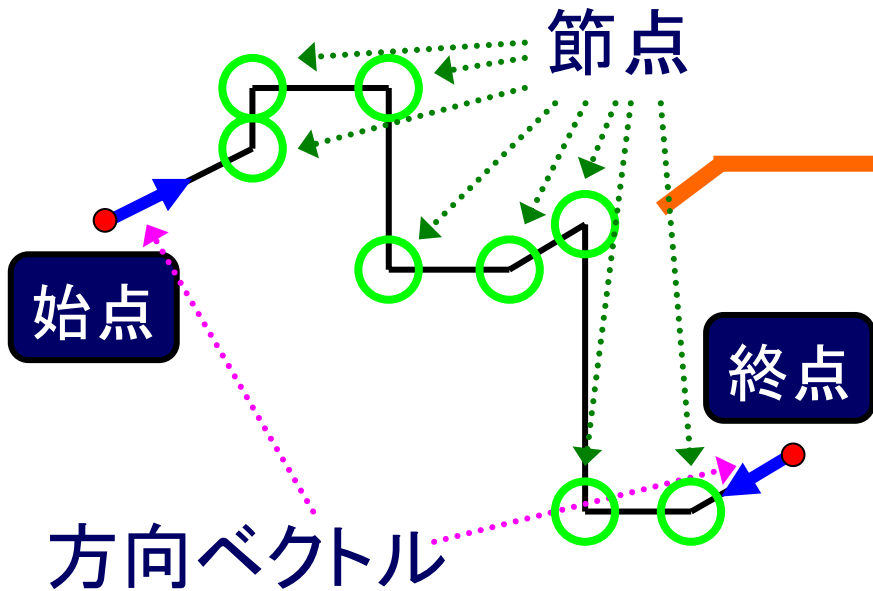
1. 研究の背景と目的
2. 配管設計問題の定式化
3. 多目的遺伝的アルゴリズムの提案
4. シミュレーションと結果
5. 研究の成果と課題

パイプの設計

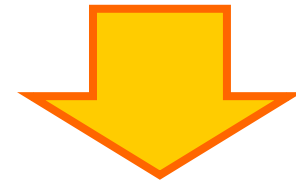
- ・パイプ同士の交わり
- ・障害物

設計者が**始点・終点**での
座標・方向ベクトル
を定めた時

制約条件を考慮して、
経路を自動設計



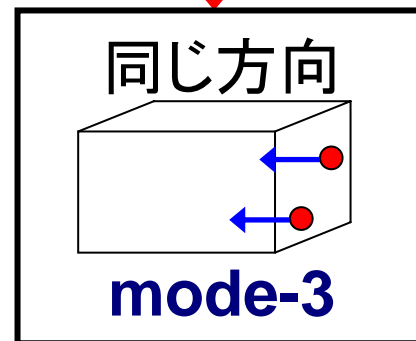
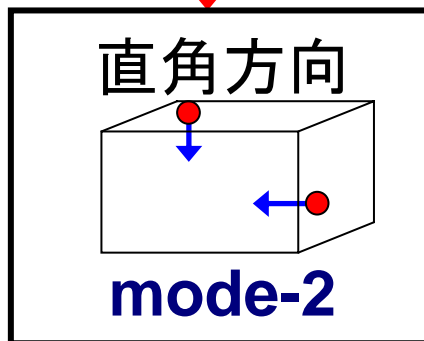
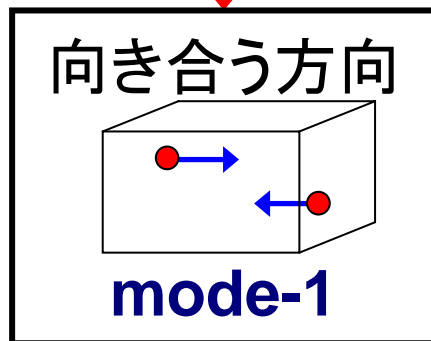
経路は無限に存在



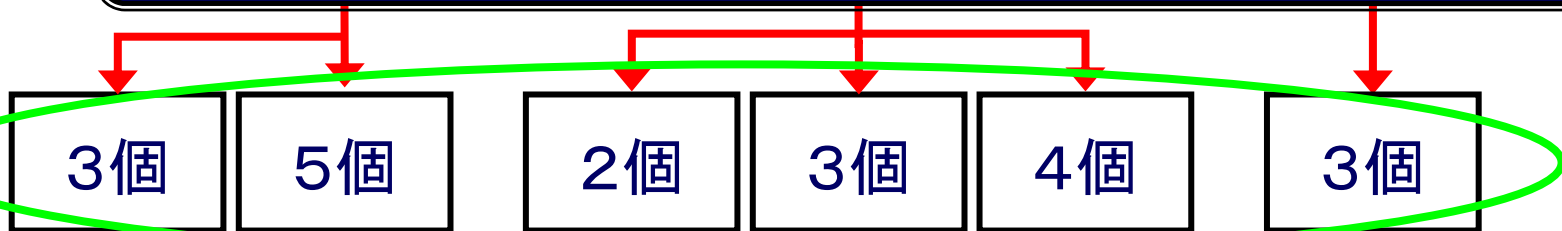
経路をパターン化

経路のパターン化

1. 始点・終点の方向ベクトルの向きの関係



2. 折れ曲がる点(節点)の数

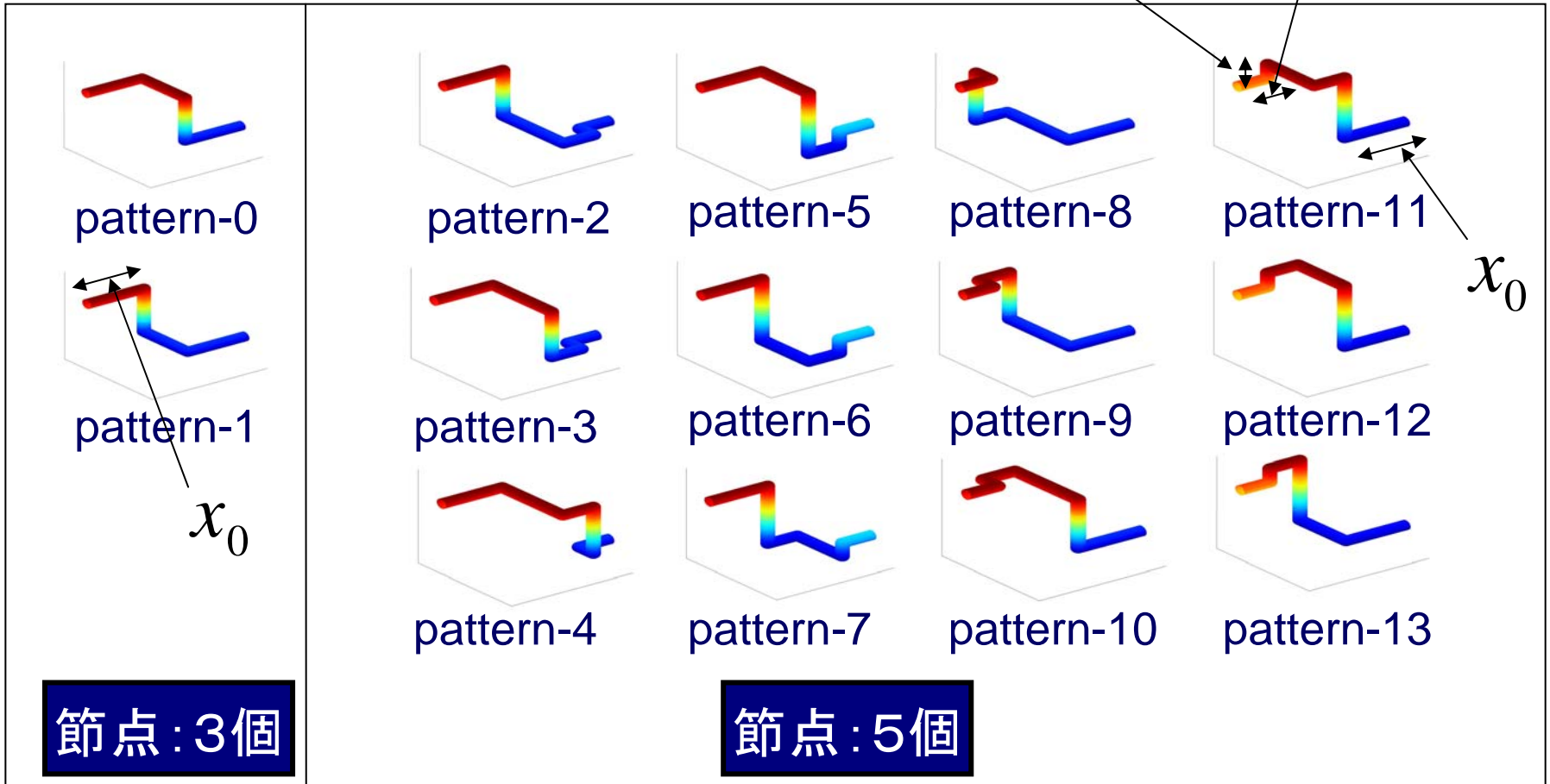


節点数の増加

自由度の増加

障害物を避けることができる
最小限の節点数に定める

mode-1

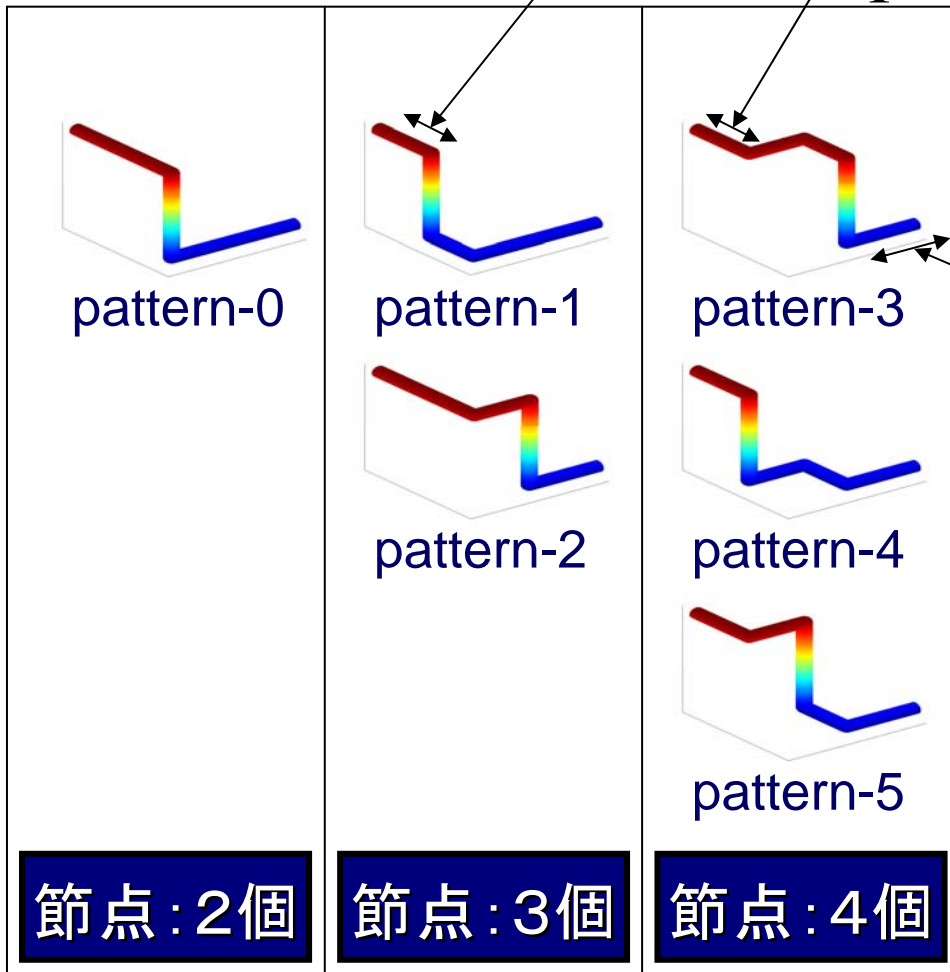


組合せ: 14 変数: 3

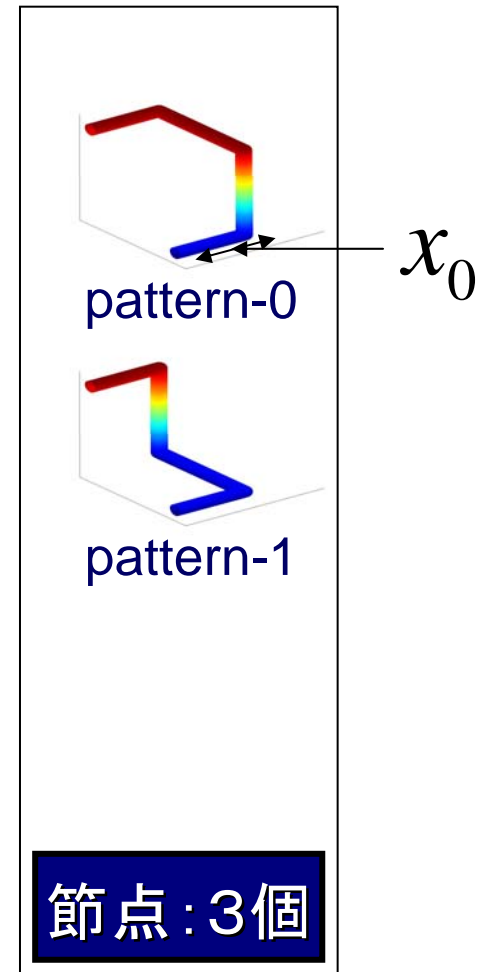


パイプを一意に定めることができる

mode-2



mode-3



組合せ: 6 変数: 2

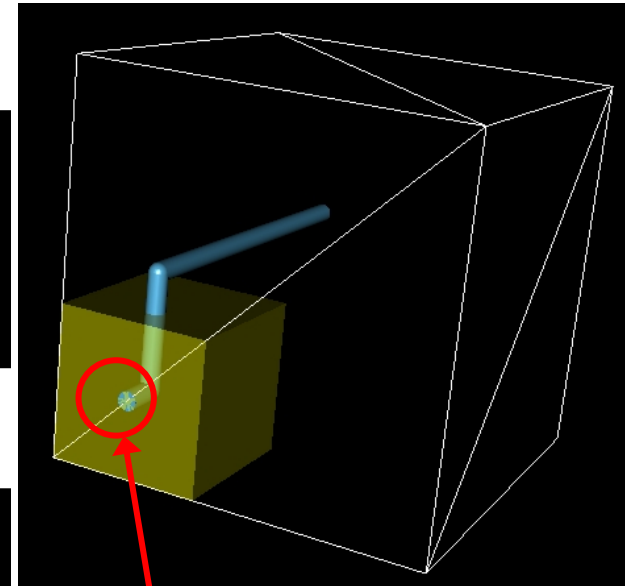
組合せ: 2 変数: 1

障害物(直方体)に対する評価式の提案(1)

人が通るようなスペースも指す

始点・終点の位置によっては、
障害物を完全に避けることができない

できるだけ障害物を避けるように配管



始点が障害物の中

評価式の提案

評価値を最小化

最適化問題

障害物(直方体)に対する評価式の提案(2)

$$f_{_obstacle} = \sum_{l=1}^{n_o} \sum_{k=1}^{n_p} (b_{kl} - \bar{a}_{kl} + A_l)$$

b_{kl} : k 番目のパイプが l 番目の障害物内を通過している長さ

a_{kl} : k 番目のパイプが l 番目の障害物内を通過している部分を節点ごとに切断しそれぞれの重心との距離の平均

A_l : l 番目の障害物の重心と障害物の頂点との距離

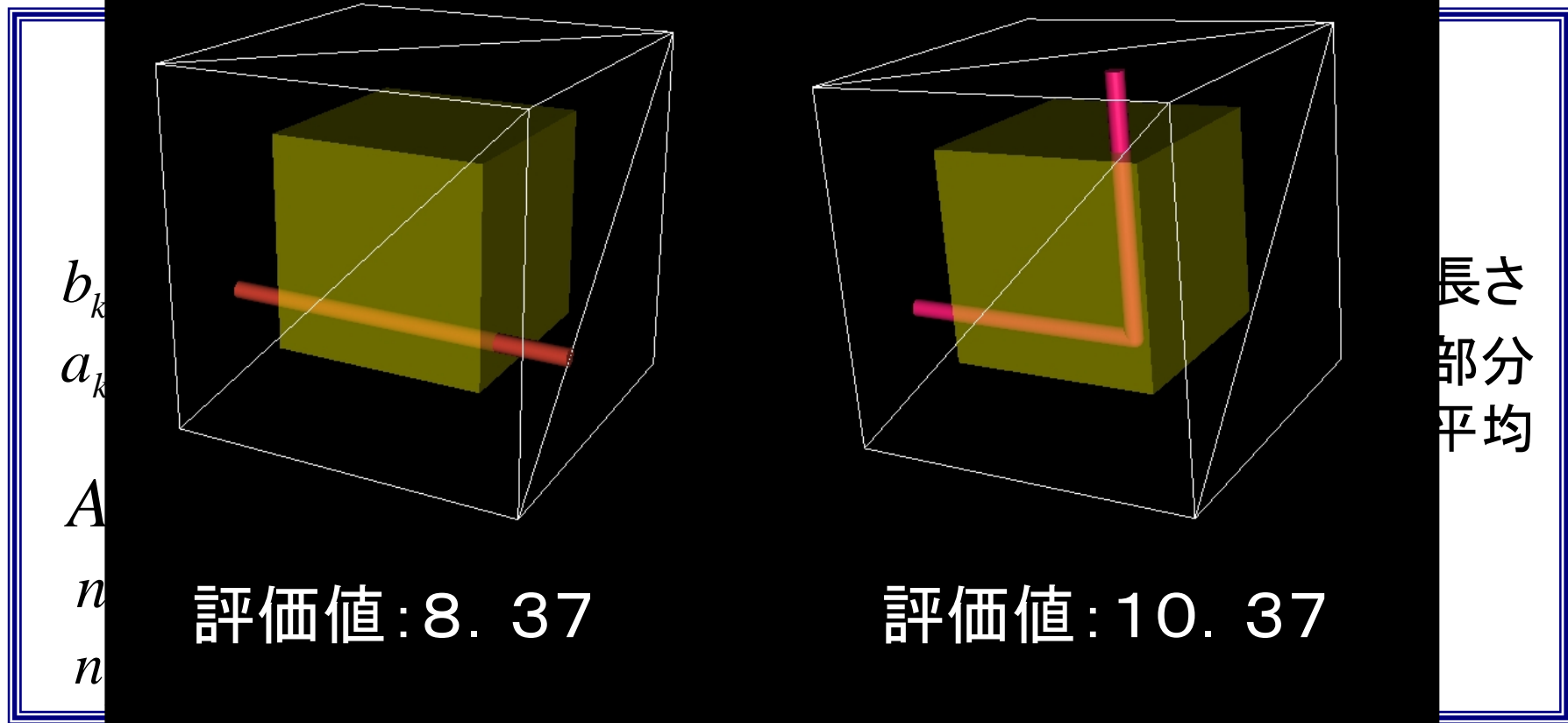
n_o : 障害物の数

n_p : パイプの本数

障害物の中心を通るほど、交わる部分が長いほど評価値は悪く(大きく)なる

最小値
(障害物と交わらない)
= 0

障害物(直方体)に対する評価式の提案(2)



障害物の中心を通るほど、交わる部分が長いほど評価値は悪く(大きく)なる

最小値
(障害物と交わらない)
= 0

障害物(直方体)に対する評価式の提案(2)

$$f_{_obstacle} = \sum_{l=1}^{n_o} \sum_{k=1}^{n_p} (b_{kl} - \bar{a}_{kl} + A_l)$$

b_{kl} : k 番目のパイプが l 番目の障害物内を通過している長さ

a_{kl} : k 番目のパイプが l 番目の障害物内を通過している部分を節点ごとに切断しそれぞれの重心との距離の平均

A_l : l 番目の障害物の重心と障害物の頂点との距離

n_o : 障害物の数

n_p : パイプの本数

障害物の中心を通るほど、交わる部分が長いほど評価値は悪く(大きく)なる

最小値
(障害物と交わらない)
= 0

アウトライン

1. 研究の背景と目的
2. 配管設計問題の定式化
3. 多目的遺伝的アルゴリズムの提案
4. シミュレーションと結果
5. 研究の成果と課題

本問題の特徴

組合せ最適化と数値最適化
の複合問題

従来の関数最適化手法では困難
(アニーリング法・シンプレックス法など)

パイプの長さ

トレードオフ

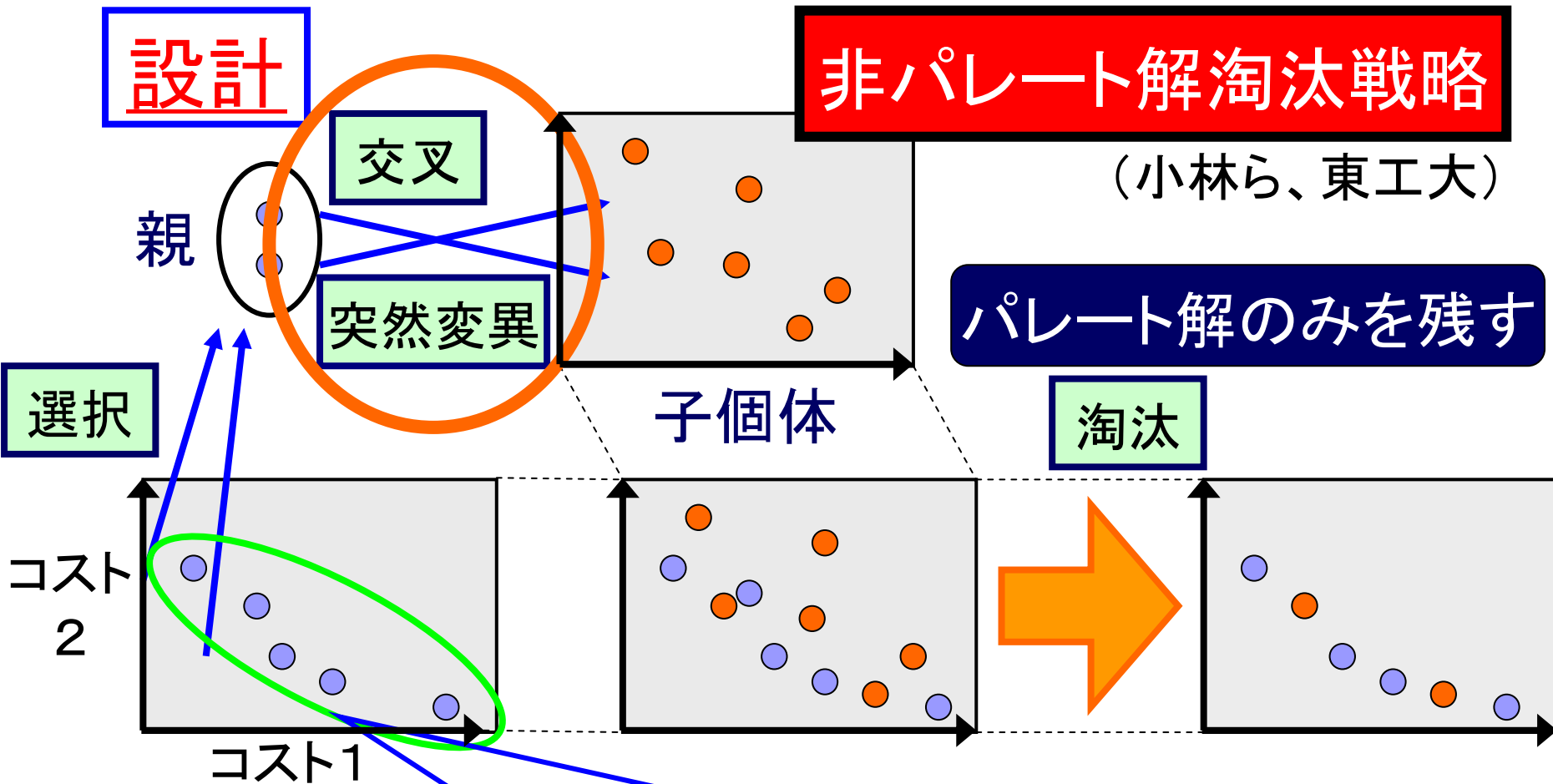
障害物に対する評価値

直接探索法である
GAによる探索

多目的最適化問題

多目的GAによる探索

多目的遺伝的アルゴリズム(多目的GA)



(小林ら、東工大)

パレート解のみを残す

選択

コスト2
コスト1

第 t 世代

第 t+1 世代

パレート解:
他の全ての解に対して少なくとも1つの評価基準において勝っているような解

探索対象(コード化)の提案

生成パターン(組合せ)

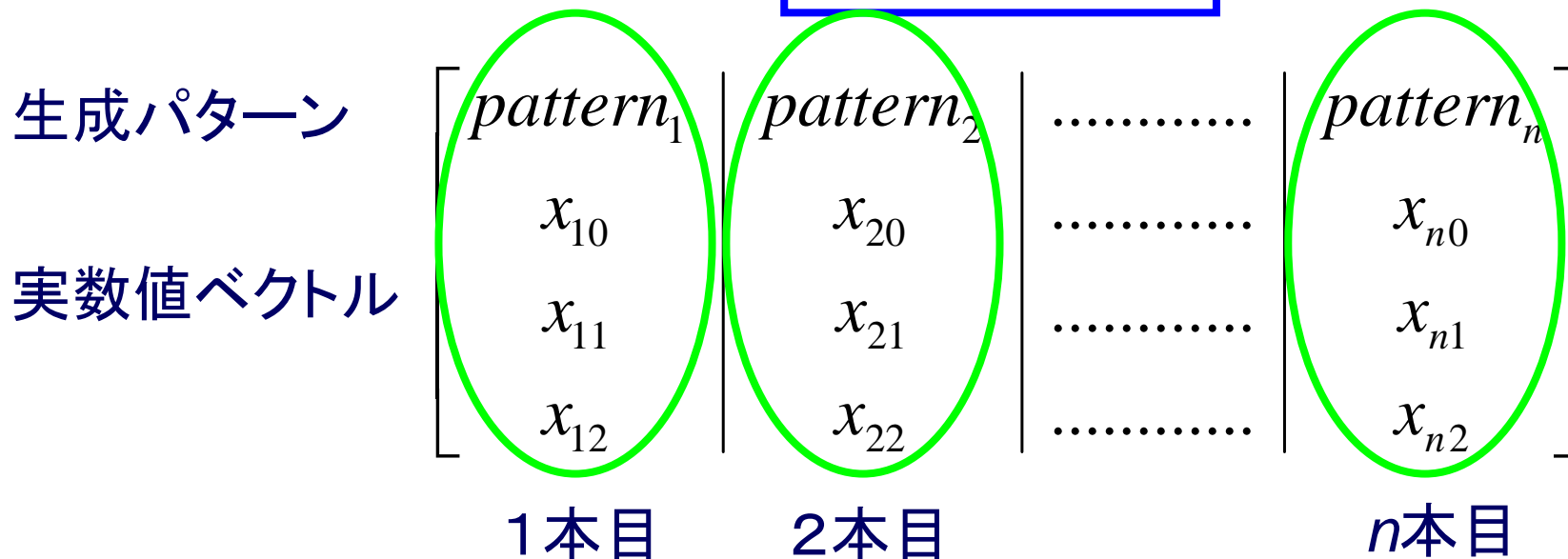
変数(実数値)

→ パイプが一意に定まる

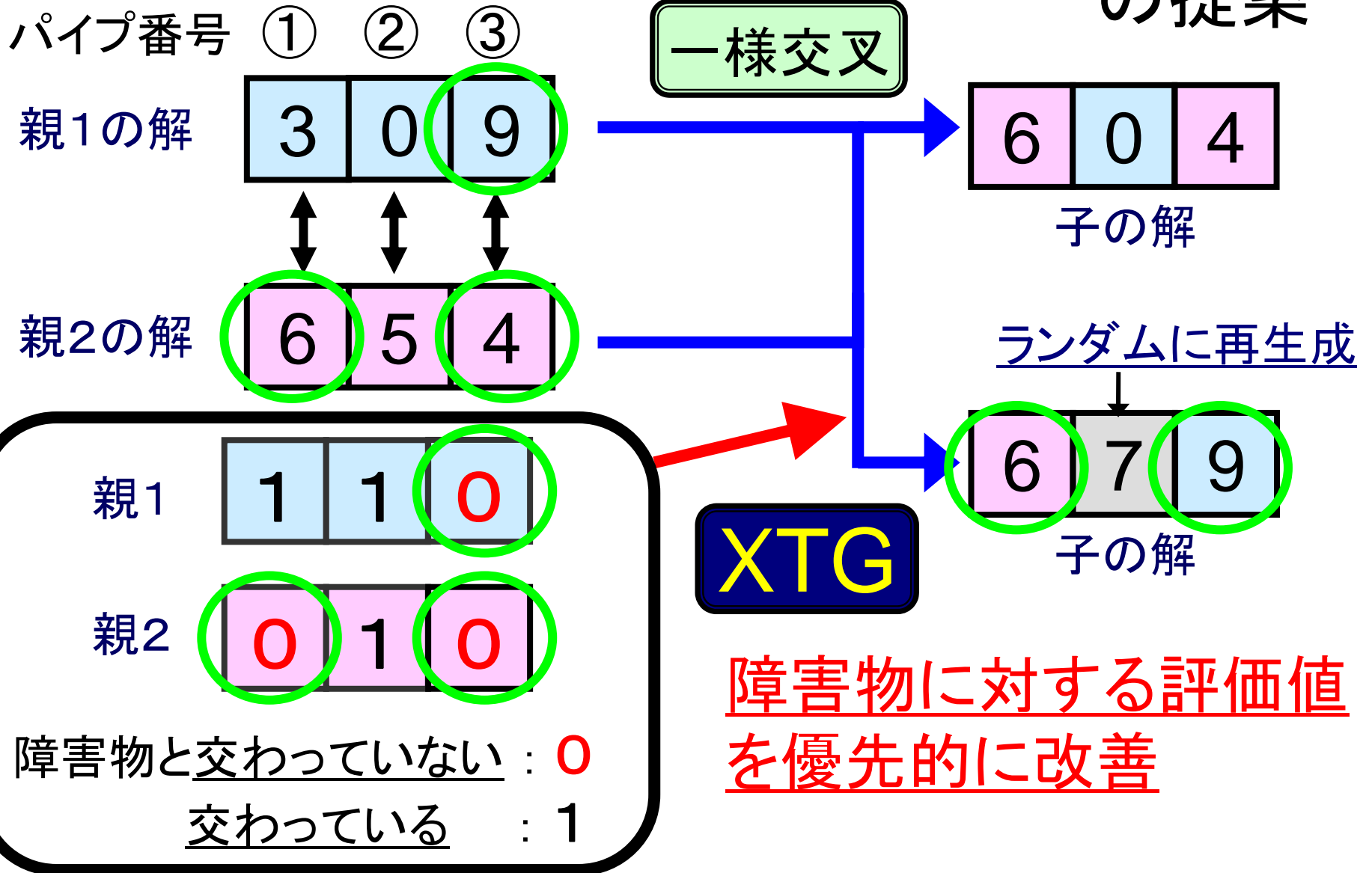


組み合わせたものを探索対象(コード化)

解の構造



2遺伝子交叉 (Crossover with Two Gene;XTG) の提案

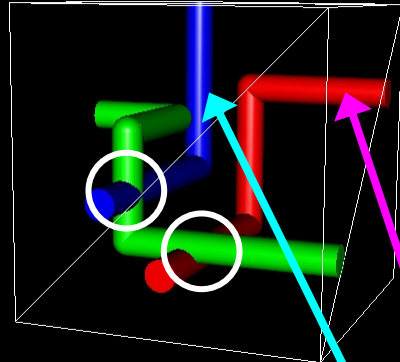


修正オペレータ

(Modification Operator on Contact;MOC)の提案

パイプ同士が
交わっている

致死解

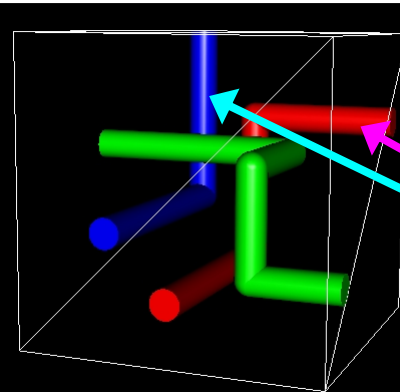


接触点の多いパイプを
優先的に再生成

修正オペレータ

パイプ同士が
交わっていない

実行可能解



できるだけ元の
解の形を維持する

変わっていない

多目的最適化アルゴリズム (多目的GA)

修正オペレータ

非パレート解淘汰戦略

(小林ら、東工大)

パレート解のみを残す

淘汰

交叉

突然変異

親

選択

子個体

コスト
2

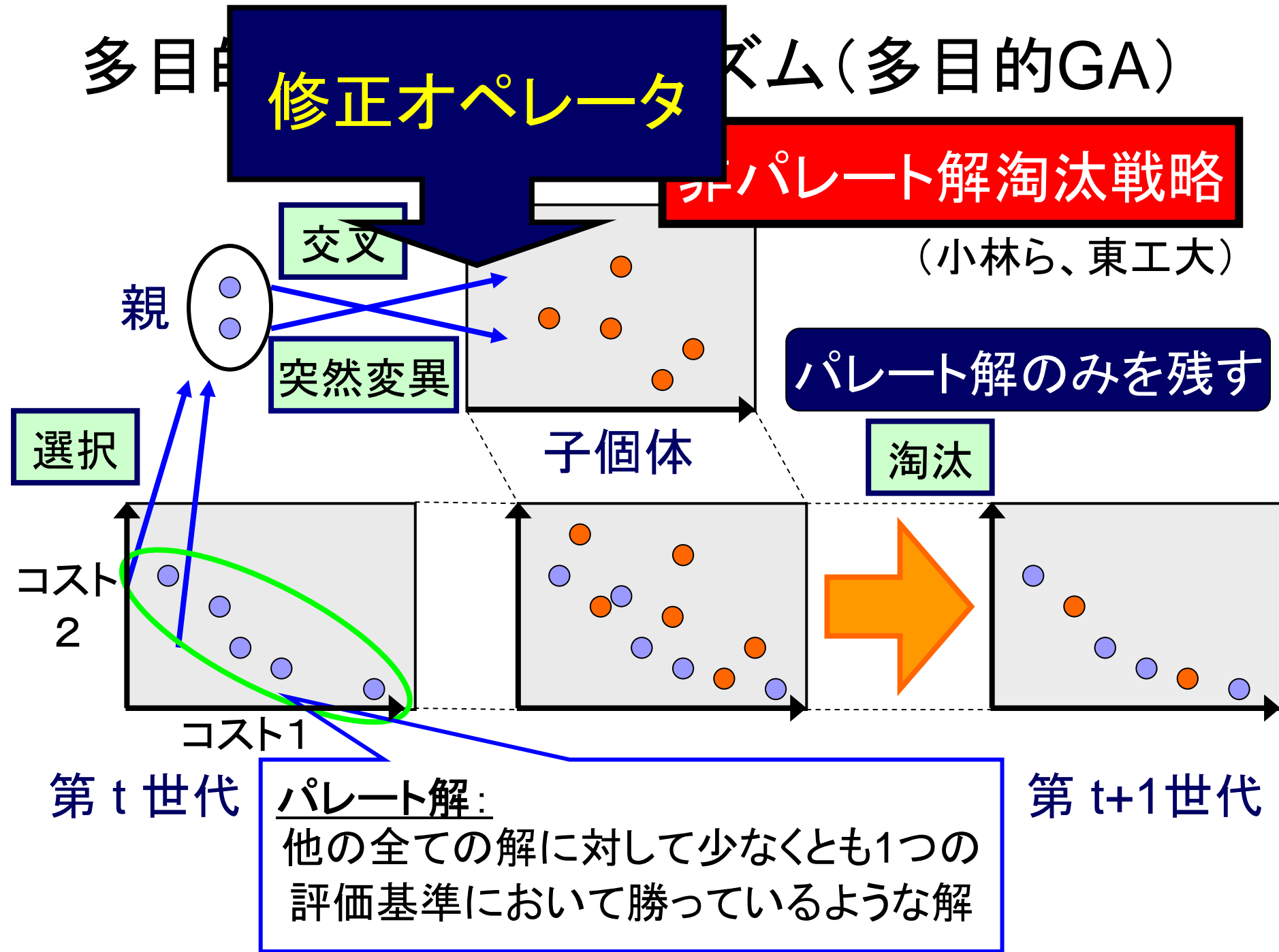
コスト
1

第 t 世代

第 t+1 世代

パレート解:

他の全ての解に対して少なくとも1つの
評価基準において勝っているような解



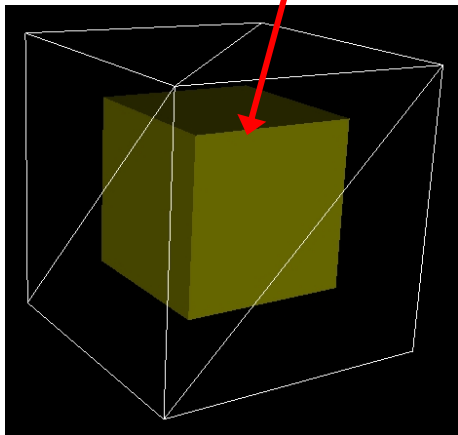
アウトライン

1. 研究の背景と目的
2. 配管設計問題の定式化
3. 多目的遺伝的アルゴリズムの提案
4. シミュレーションと結果
5. 研究の成果と課題

パイプ15本の配管自動設計

モード	本数	変数	組合せ	変数合計	組合せ合計
mode-1	5	3	14	15	537, 824
mode-2	7	2	6	14	279, 936
mode-3	3	1	2	3	8
			合計	32	1兆2千億

障害物の存在する範囲



パイプが密に存在し、比較的大きな障害物が存在する問題を設定

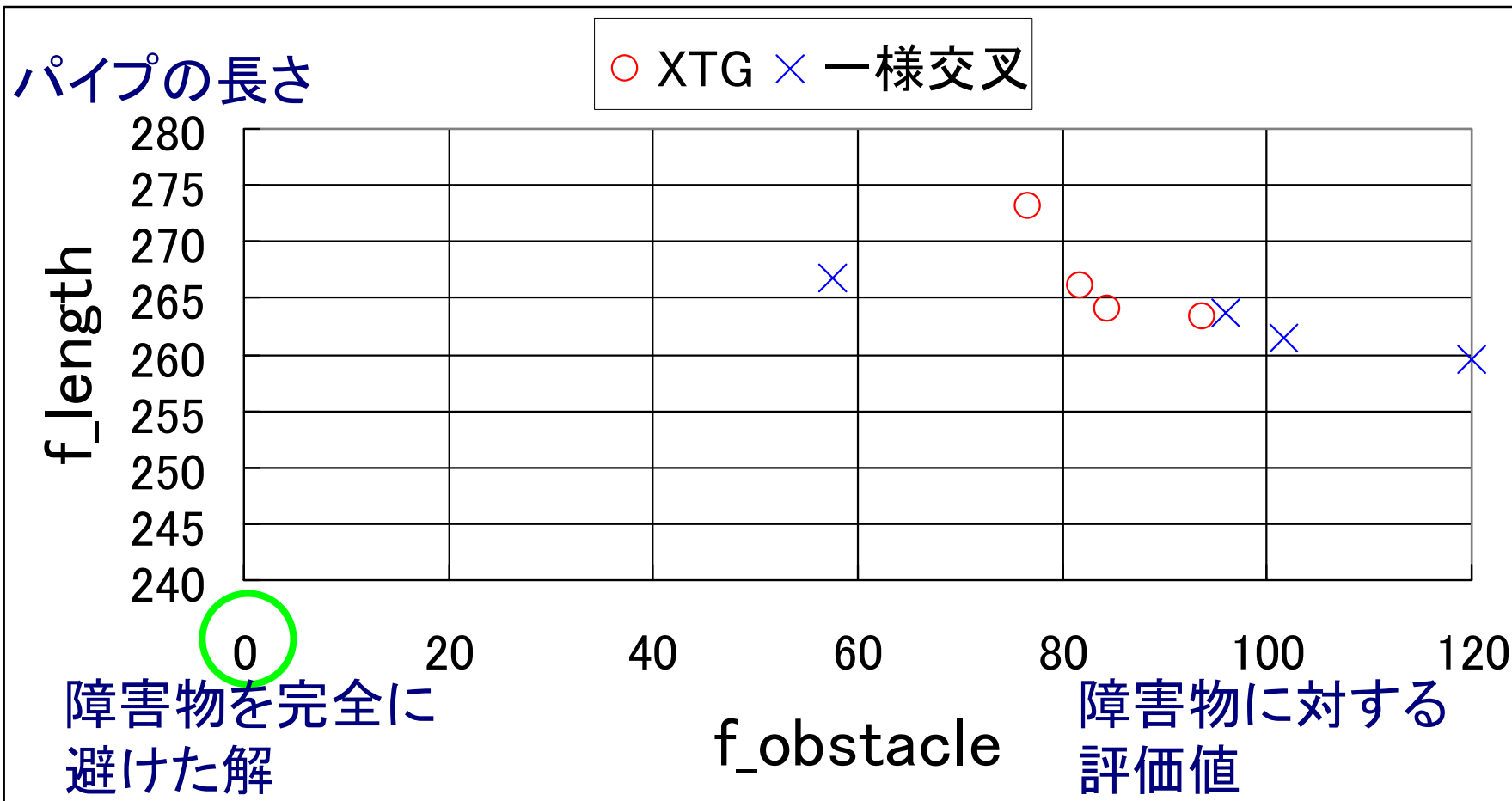
大規模な数値最適化と組合せ最適化

の複合問題である！！

初期パレート解

計算環境

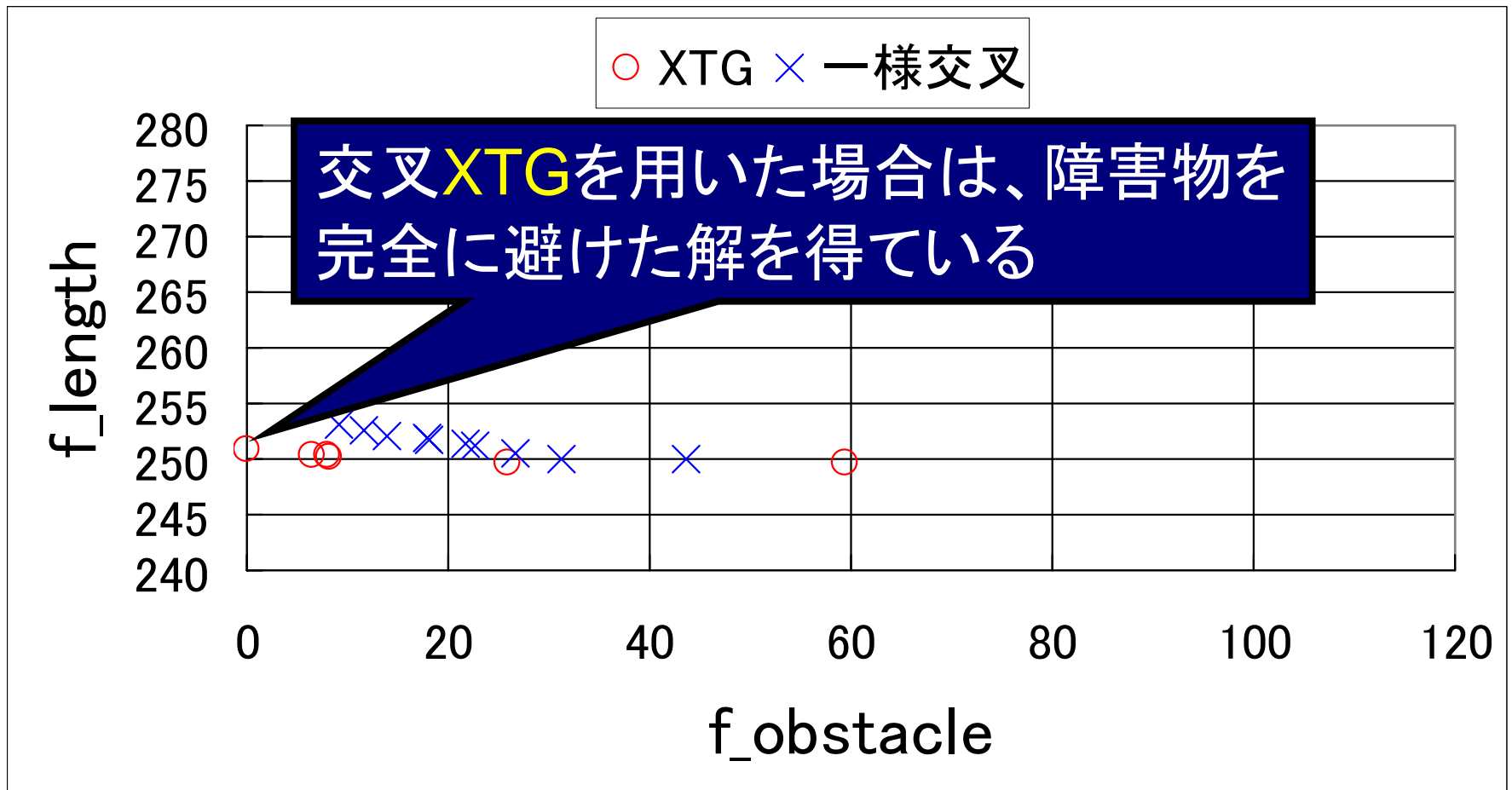
Pentium 4 2.40GHz
512MB
WindowsXP
プログラム言語: Java



100世代目のパレート解

(1.0×10^4 個の解候補を評価)

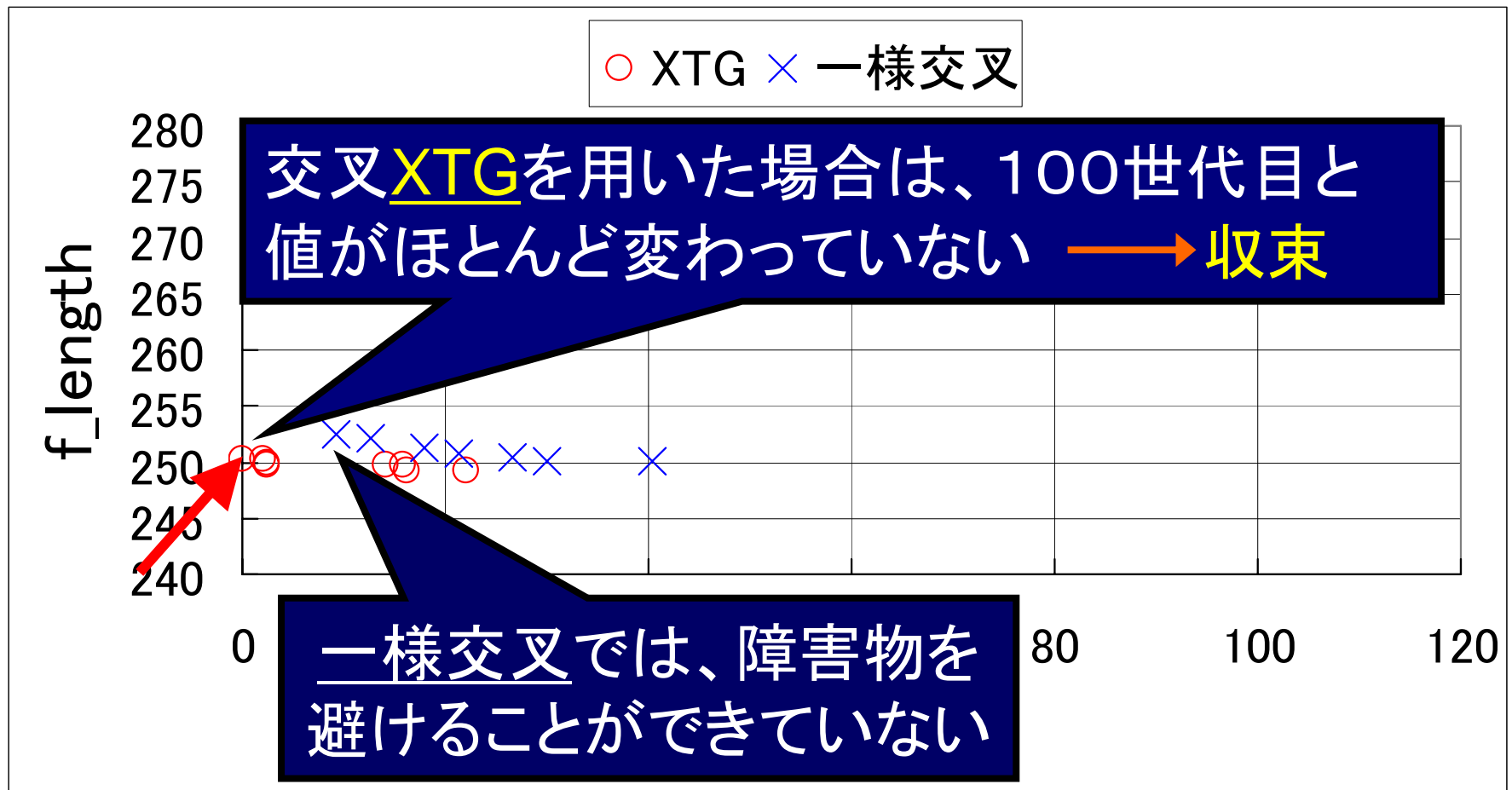
探索に要した時間: 約10分



1000世代目のパレート解

(1.0×10^5 個の解候補を評価)

探索に要した時間: 約60分



配管結果

Java3Dを用いて配管結果を3次元
表示するプログラムを作成した

start

パイプ15本 障害物2個

15_2

20_1

20_3

アウトライン

1. 研究の背景と目的
2. 配管設計問題の定式化
3. 多目的遺伝的アルゴリズムの提案
4. シミュレーションと結果
5. 研究の成果と課題

研究成果

- 経路を自動設計する配管設計問題を定式化した.
- 本問題に適した多目的遺伝的アルゴリズムを提案し, 有効性を示した.

今後の課題

- 実問題に適用し, 有効性の確認.
- 現場での作業の効率も考えたアルゴリズムの開発.

Auto Movie start

