

Particle Swarm Optimization を 用いた組合せ最適化問題の解法

大阪工業大学

桂敬晃

重弘裕二

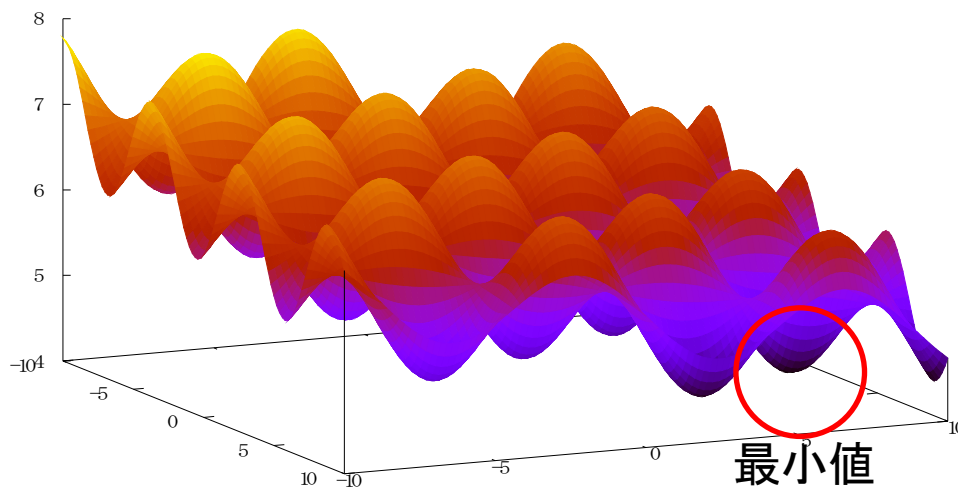
増田達也

背景

- 組合せ最適化問題
 - 応用例
 - 携帯電話の周波数帯の割当、LSI の配置設計
- Particle Swarm Optimization (PSO) を組合せ最適化問題に適用
 - PSO は連続値最適化問題に有効
 - PSO は組合せ最適化問題にあまり適用されていない
 - PSO を代表的な組合せ最適化問題である巡回セールスマン問題に適用

Particle Swarm Optimization

- 複数の Particle が協調して解 (実数値ベクトル) を探索
- 連続値最適化問題の解を効率良く探索

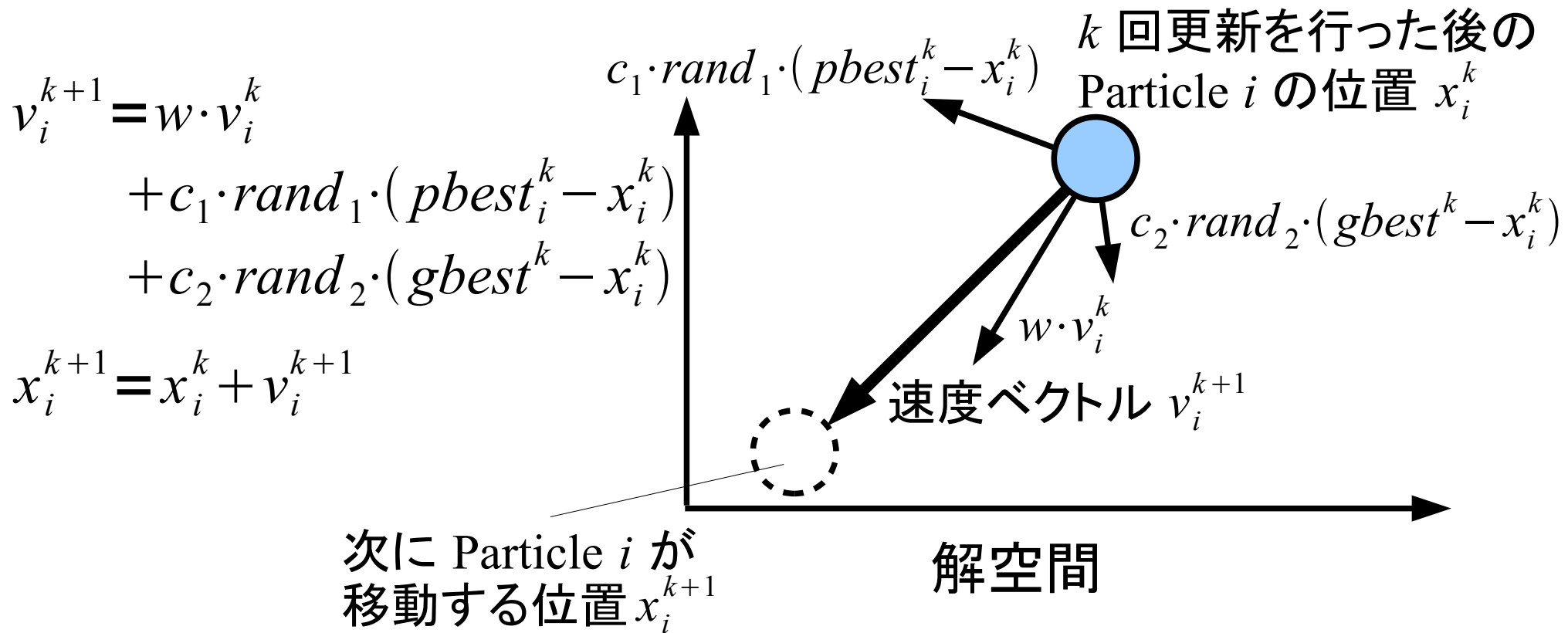


Griewangk関数

PSO はこのような関数の
最小となる解 (実数値ベクトル)
を求めることができる

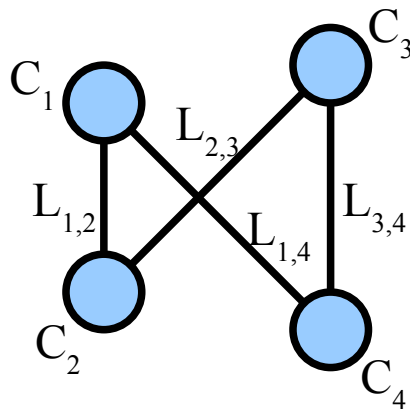
PSO の更新式

- 以下の式に基づいて解 (実数値ベクトル) を探索
- 効率良く探索するために、適切なパラメータを選択する必要がある

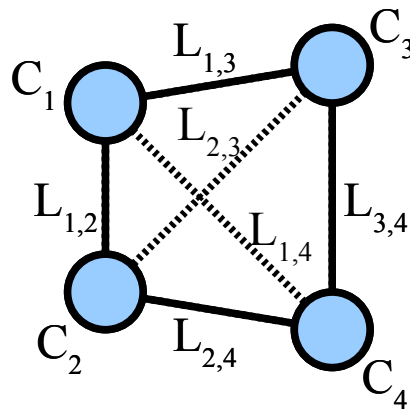


巡回セールスマン問題

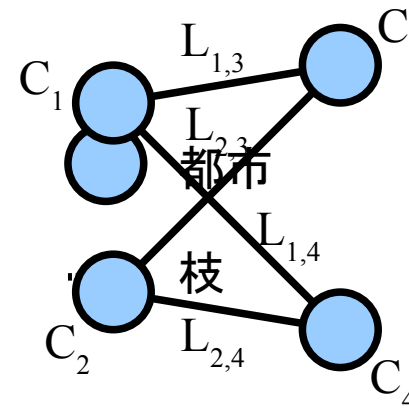
- 各都市を1度ずつ訪問する最短の巡回路を求める問題
- 通常、解は都市の順列や枝の集合で表現される



都市の順列 (C_1, C_2, C_3, C_4)



都市の順列 (C_1, C_2, C_4, C_3)



都市の順列 (C_1, C_3, C_2, C_4)

枝の集合

$\{L_{1,2}, L_{1,4}, L_{2,3}, L_{3,4}\}$

$\{L_{1,2}, L_{1,3}, L_{2,4}, L_{3,4}\}$

$\{L_{1,3}, L_{1,4}, L_{2,3}, L_{2,4}\}$

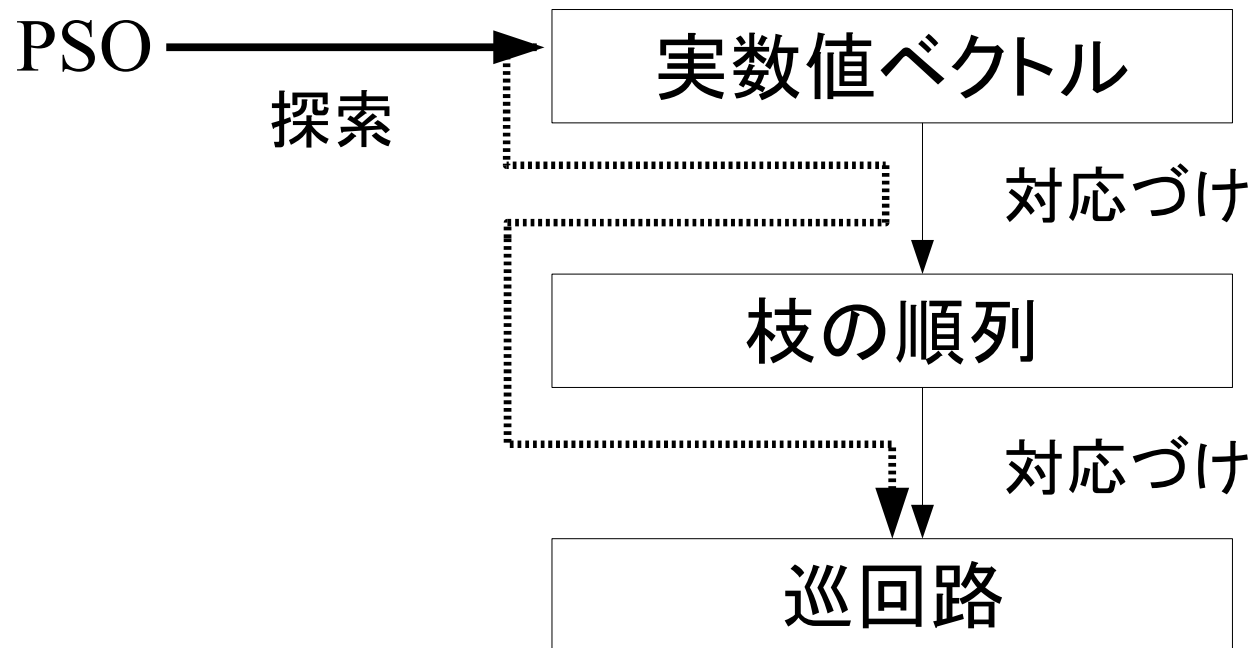
— 巡回路

巡回セールスマン問題に PSO を適用

- 連続値最適化問題の解 (実数値ベクトル) を巡回セールスマン問題の解 (巡回路) に対応づける
 - ⇒ 対応づけることで PSO による巡回セールスマン問題の解の探索を可能にする
- 多断片法で生成した解を初期解とする
 - ⇒ 少ない探索回数でより良い解を求めることができる

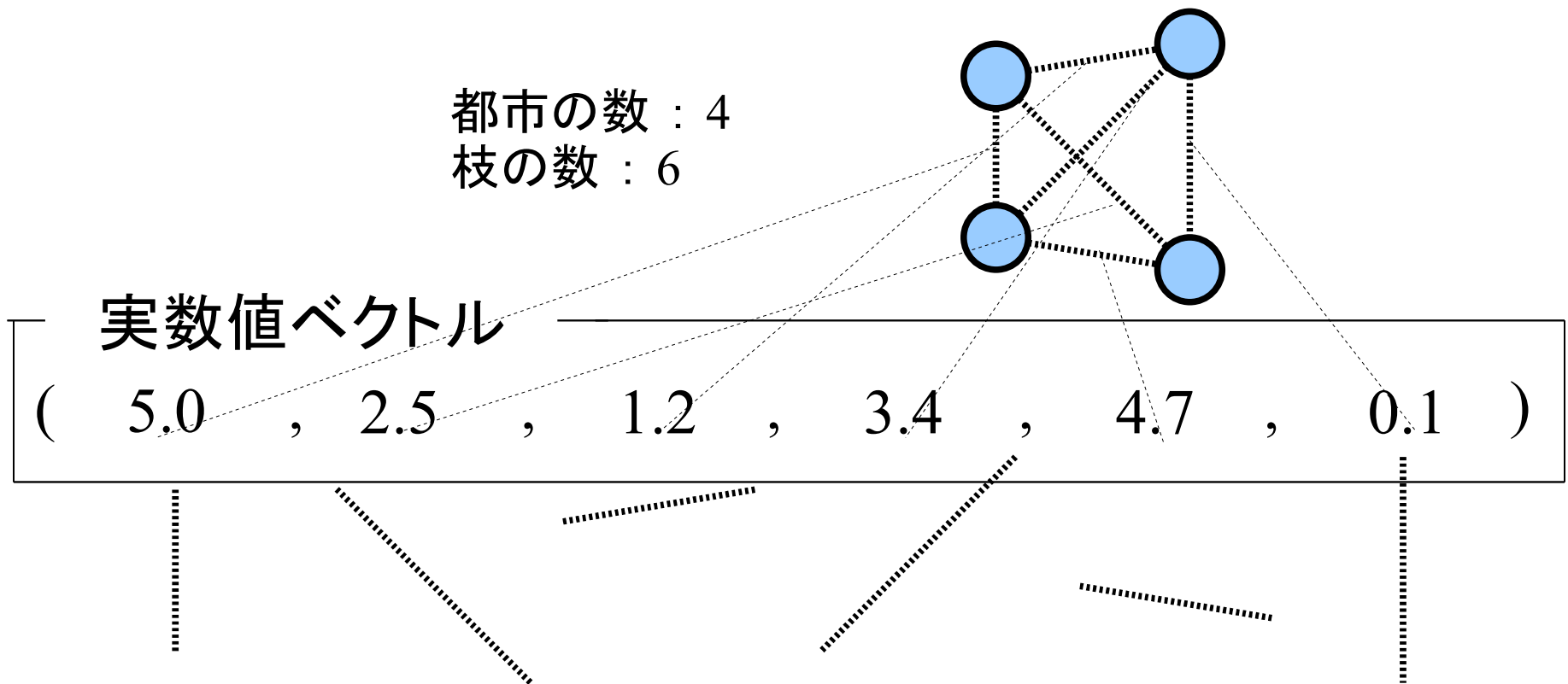
実数値ベクトルと巡回路の対応づけ

- 実数値ベクトルと枝の順列の対応づけ
 - ベクトルの要素と枝を対応づけ
 - 要素の大小関係による枝の整列
- 枝の順列と巡回路の対応づけ



ベクトルの要素と枝の対応づけ

- 実数値ベクトルの要素の数を枝の数と同じにする
- 実数値ベクトルの要素と枝を 1 対 1 で対応させる



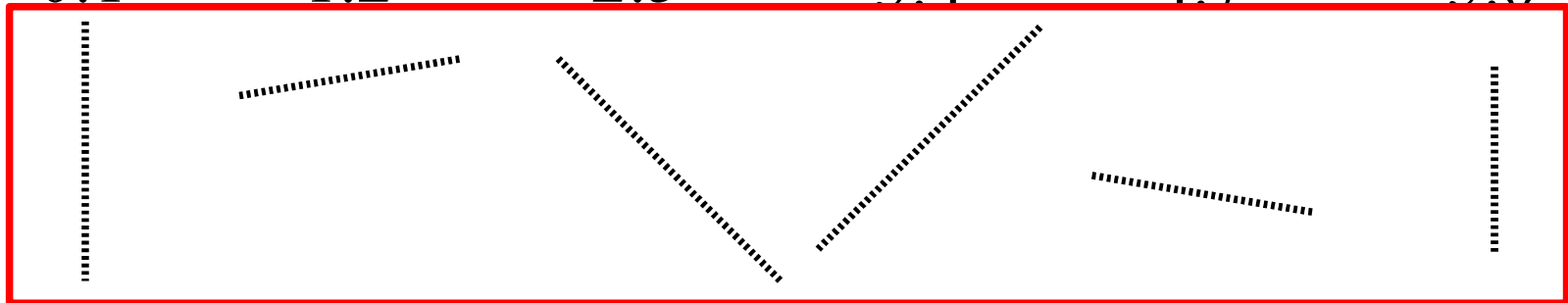
要素の大小関係による枝の整列

- 実数値ベクトルの要素を値の小さい順に並び替える
- 枝を対応する要素と同じ順番になるように並べる

(5.0 , 2.5 , 1.2 , 3.4 , 4.7 , 0.1)



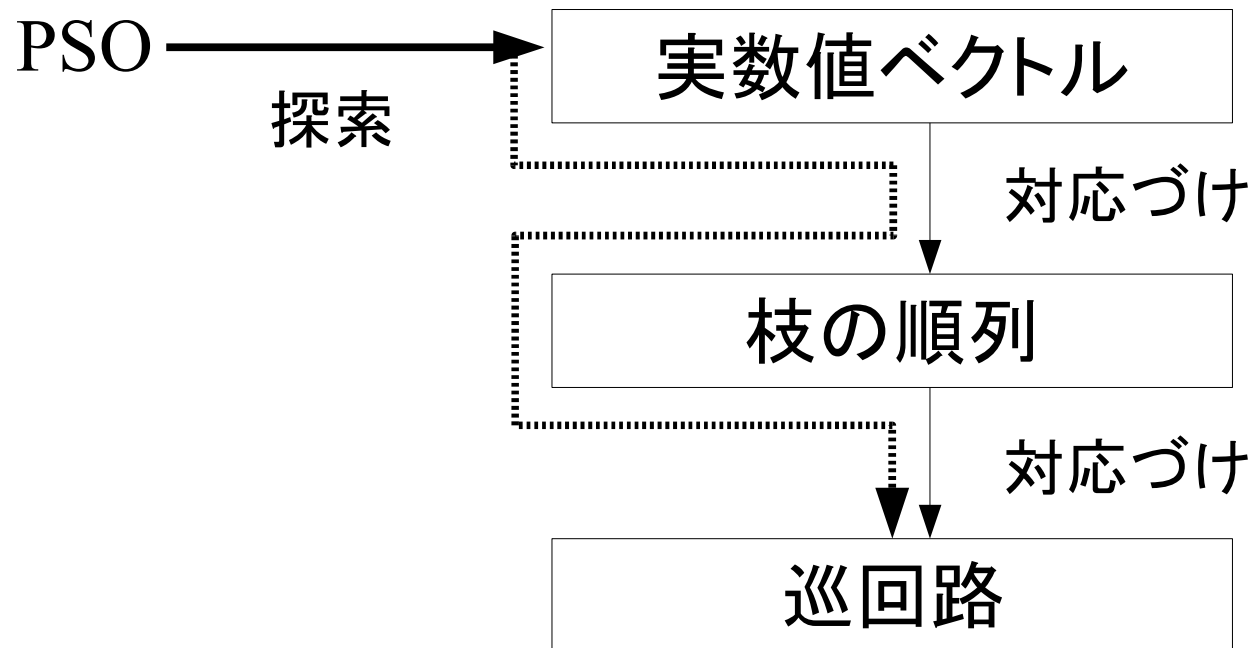
0.1 1.2 2.5 3.4 4.7 5.0



枝の順列

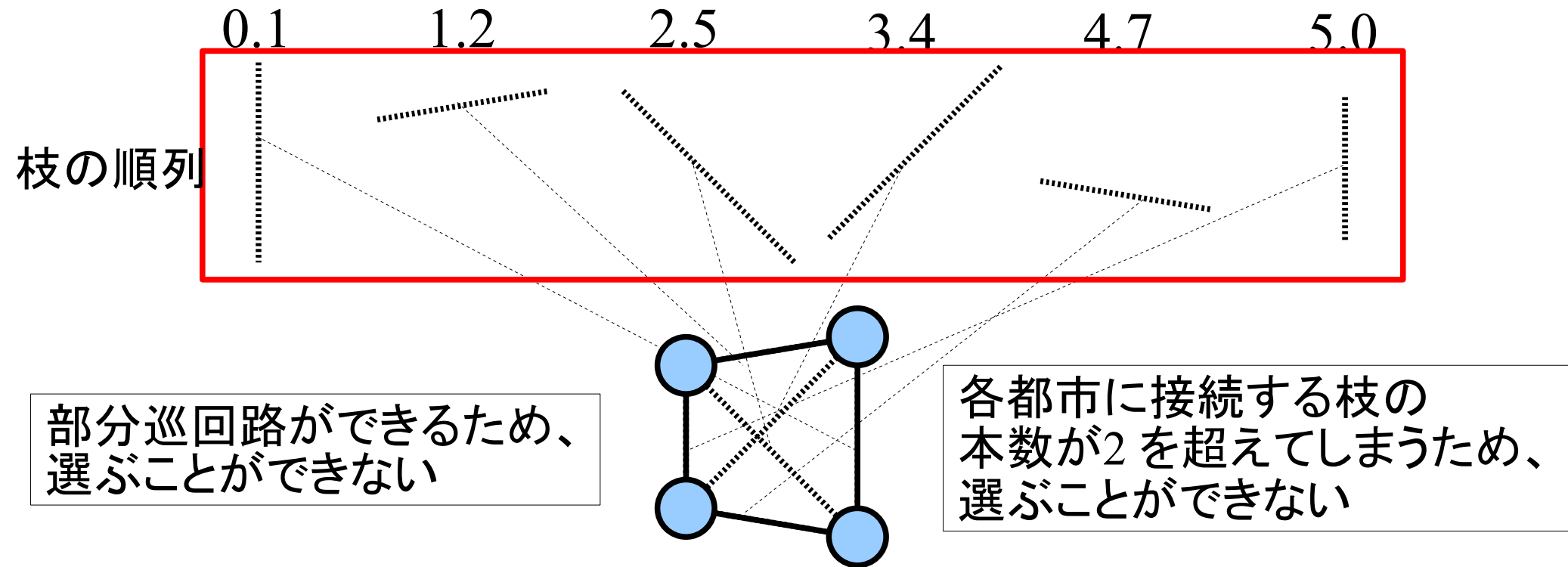
実数値ベクトルと巡回路の対応づけ

- 実数値ベクトルと枝の順列の対応づけ
 - ベクトルの要素と枝を対応づけ
 - 要素の大小関係による枝の整列
- 枝の順列と巡回路の対応づけ



枝の順列と巡回路の対応づけ

- 並べた順に枝を選択して巡回路を生成



巡回路に対応する実数値ベクトルを PSO で探索

巡回セールスマン問題に PSO を適用

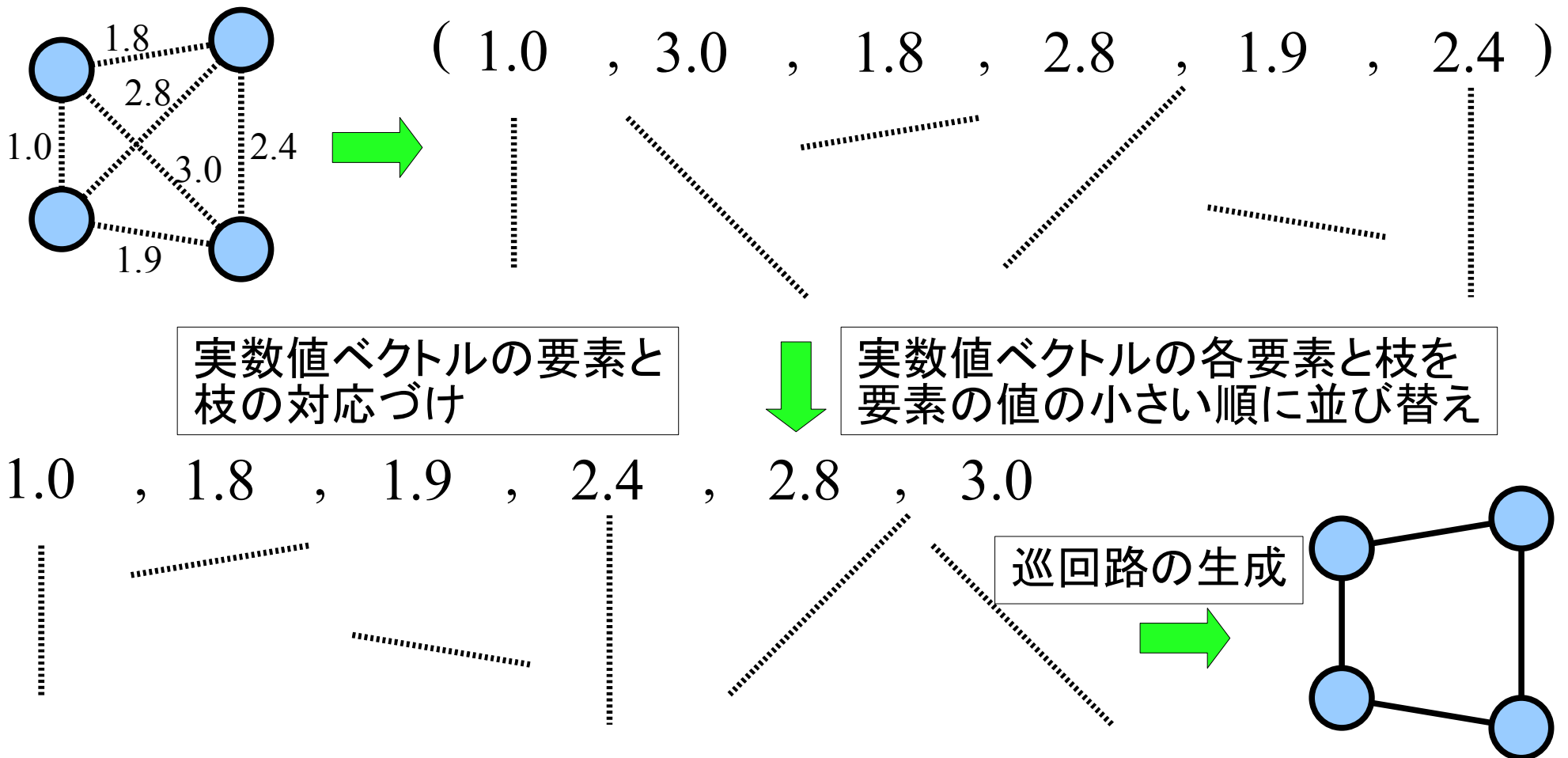
- 連続値最適化問題の解 (実数値ベクトル) を巡回セールスマン問題の解 (巡回路) に対応づける
 - ⇒ 対応づけることで PSO による巡回セールスマン問題の解の探索を可能にする
- 多断片法で生成した解を初期解とする
 - ⇒ 少ない探索回数でより良い解を求めることができる

多断片法を用いた初期解

- 多断片法で生成した解を、1つの Particle の初期解とする
 - 多断片法：枝の長さの短い順に枝を次々と加えていく操作を、巡回路が完成するまで反復する手法
- 枝の長さを対応する実数値ベクトルの要素の初期値とする
 - ⇒枝の長さが短いものから選ばれる
- 多断片法で生成した解の周辺を複数個の Particle が探索することになる
 - ⇒少ない探索回数でより良い解を求めることができる

初期解生成の例

- 枝の長さが短いものから選ばれる



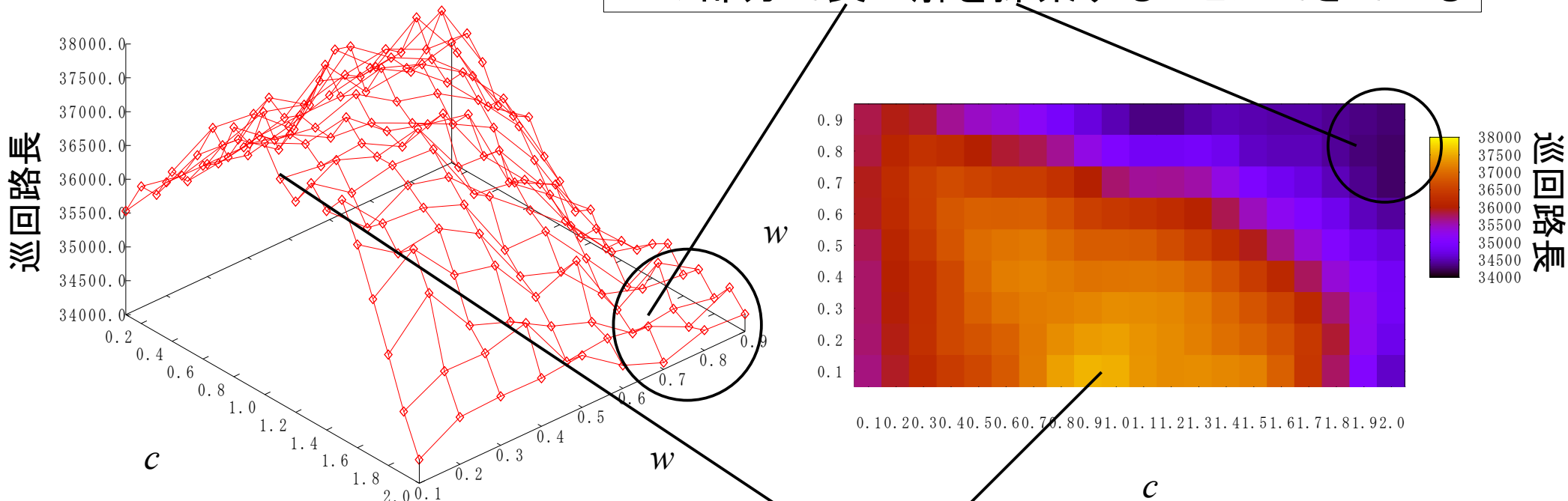
計算機実験

- ベンチマーク問題の att48, gr137 に適用
 - 評価回数を 20,000、評価値を巡回路の総距離 (巡回路長) とする
 - 提案手法におけるパラメータを変更した場合の探索性能の変化 (予備実験)
 - $c = c_1 = c_2$ とし、 $w = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ と $c = 0.1, 0.2, \dots, 2.0$ のそれぞれの組合せで実験
 - 局所探索法 (LS)、シミュレーテッド・アニーリング法 (SA) と比較 (本実験)
 - 提案手法は最も良い評価値を得られたパラメータを使用
 - LS と SA の近傍は枝交換近傍 (2-opt 近傍) を使用

att48 に対する予備実験の結果

- 特定のパラメータで解が改善されている
- w, c が両方とも大きい場合に良い解を発見している

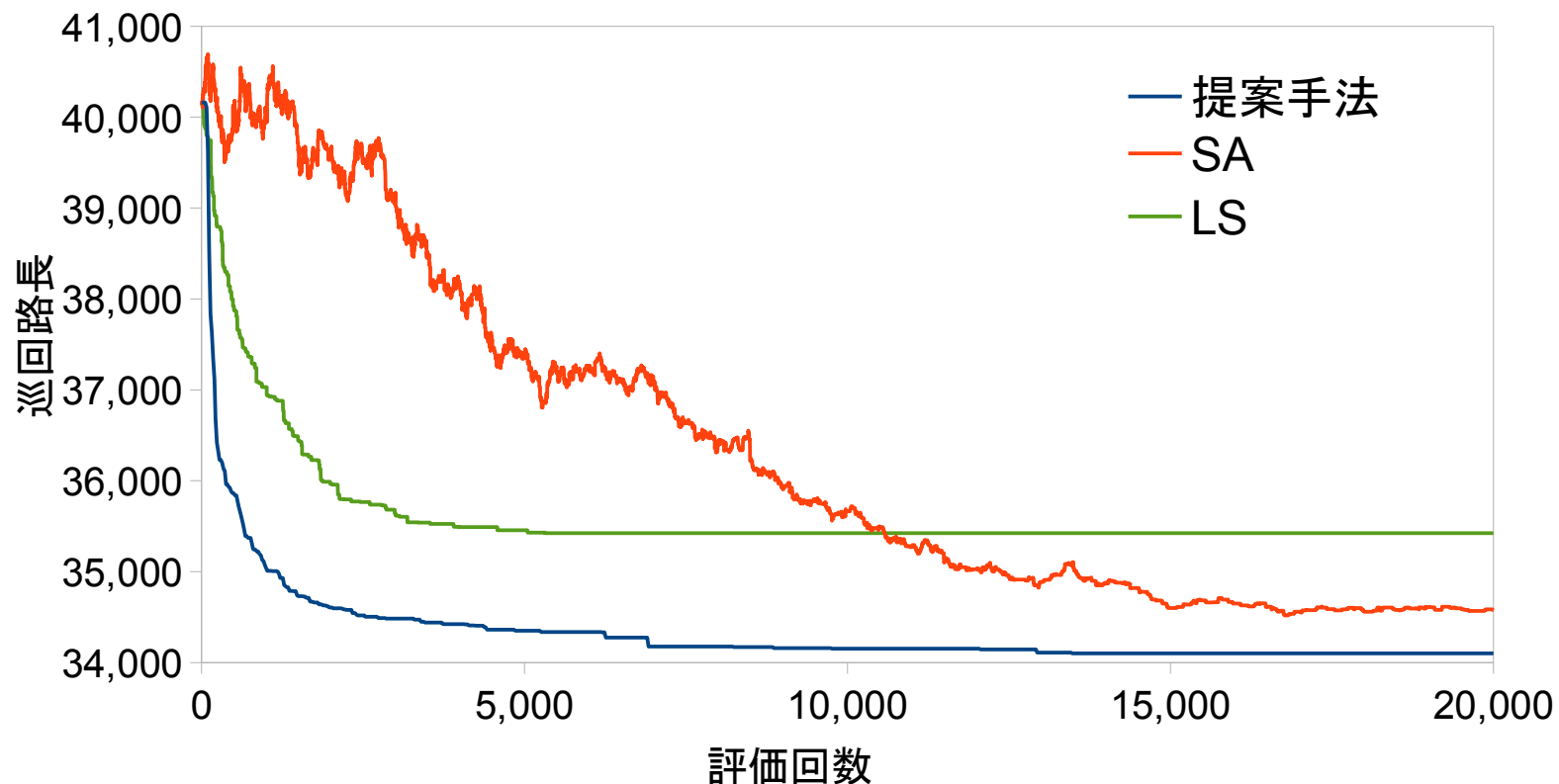
この部分で良い解を探索することができる



この部分では良い解を探索することができていない
 w, c が両方とも大きい場合、良い解を求める att48 に対しては、 w, c を大きくすることで
 特に良い解を探索最も良い解を求める、良い解を探索することができ
 組合せには偏りがある

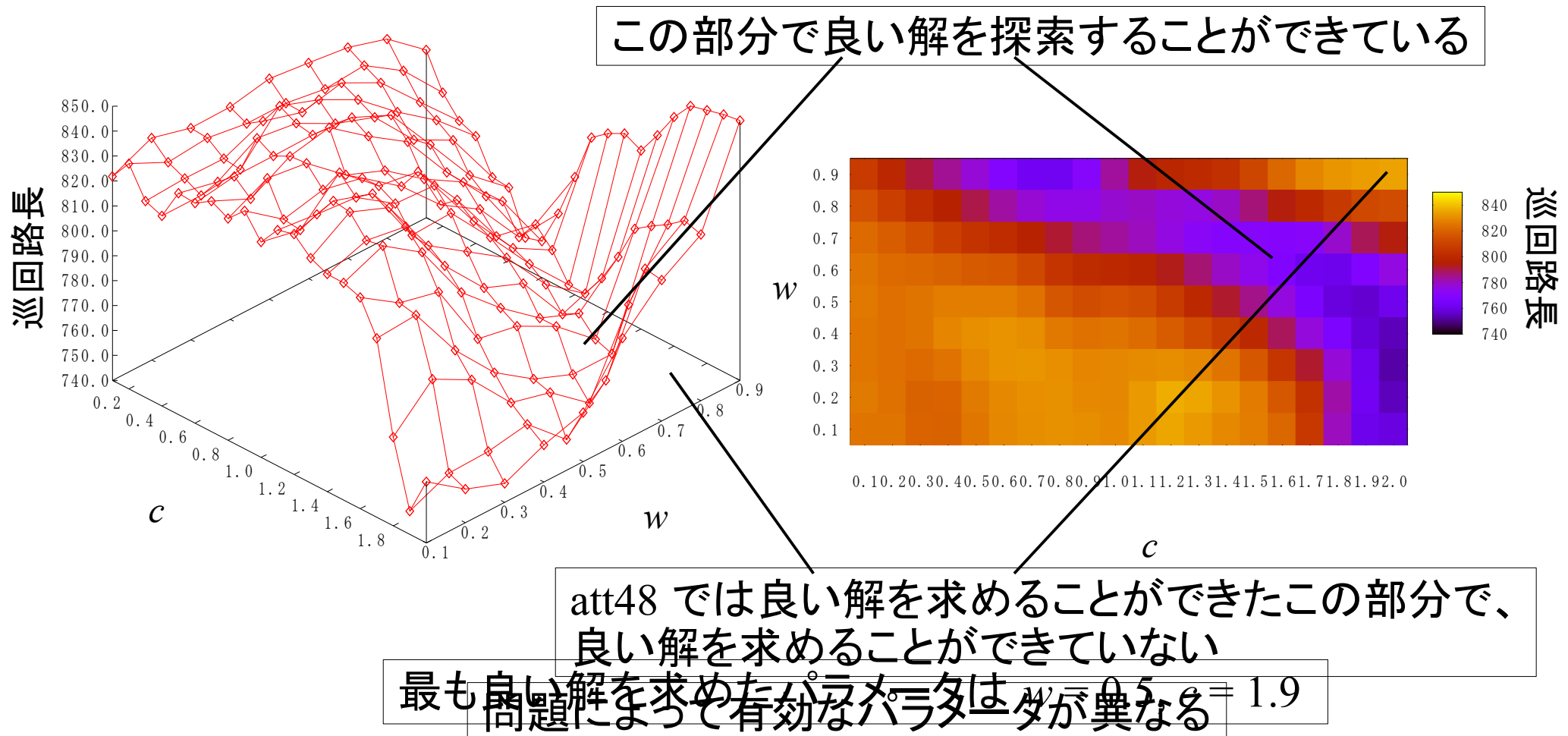
att48 に対する本実験の結果

- 提案手法は他手法よりも少ない評価回数で良い解を探索していた
- 提案手法は探索が終了した時点で他手法よりも良い解を探索していた



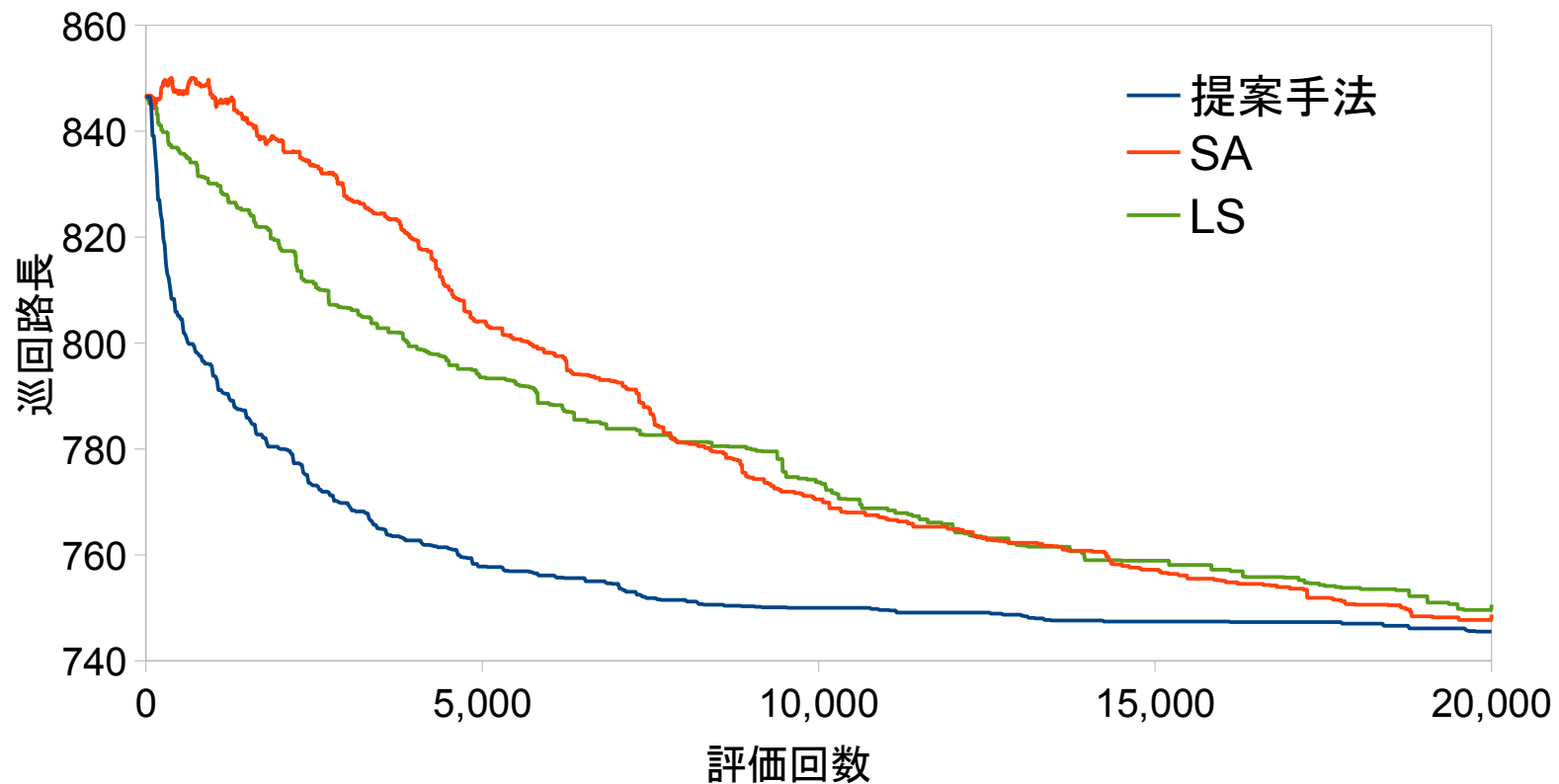
gr137 に対する予備実験の結果

- 良い解を得ることができるパラメータが att48 とは異なっていた



gr137 に対する本実験の結果

- att48 を対象とした場合と同様に、提案手法は他手法よりも少ない評価回数で良い解を探索し、探索が終了した時点で最も良い解を探索していた



まとめ

- 連続値最適化問題の解と巡回セールスマン問題の解を対応づけることにより、PSO で巡回セールスマン問題を解くことを可能にした
- 少ない探索回数でより良い解を発見するため、多断片法で作成した解を 1 つの Particle の初期解とした
- 局所探索法やシミュレーテッド・アニーリング法より少ない探索回数で良い解を探索することができた