

改善解探索速度を考慮した エージェントによる探索手法を用いた フィルタ回路合成

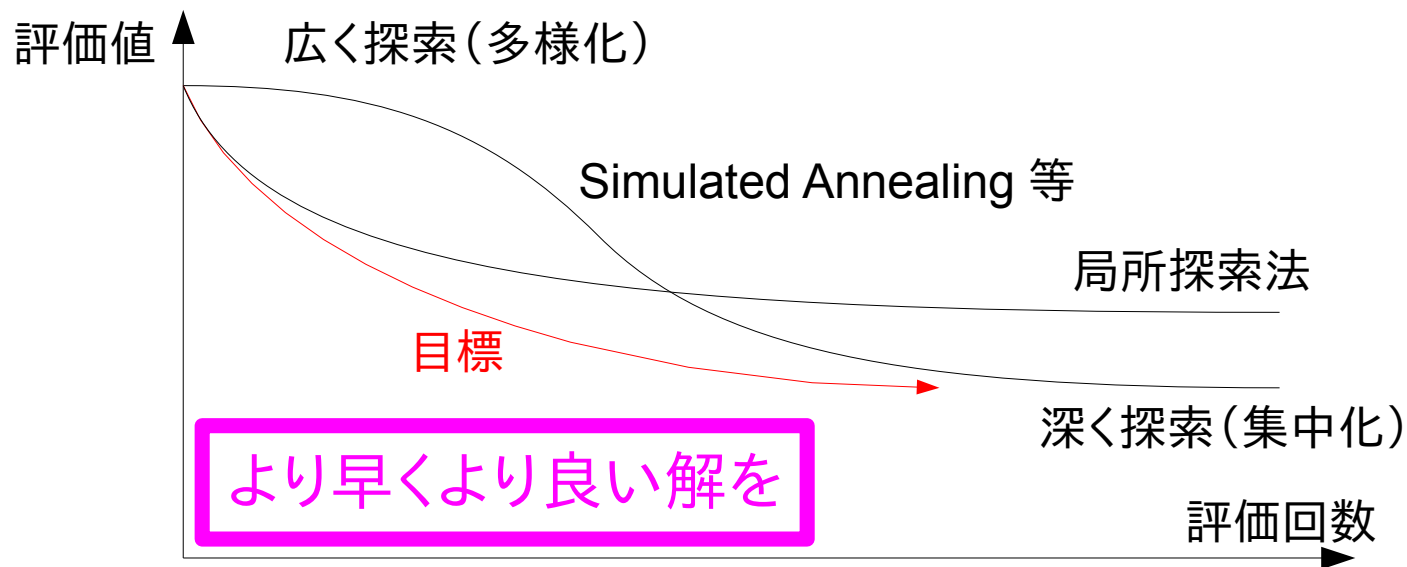
大阪工業大学 工学部 電気電子システム工学科
重弘裕二 増田達也

メタヒューリスティックス

- 組合せ最適化問題
 - 設計, スケジューリング, ...
 - NP困難
- メタヒューリスティックスによる最適化
 - Simulated Annealing
 - Tabu Search
 - 遺伝的アルゴリズム
 - エージェント探索法
 - アナログパッシブフィルタ回路設計により計算機実験

メタヒューリスティックスによる最適化

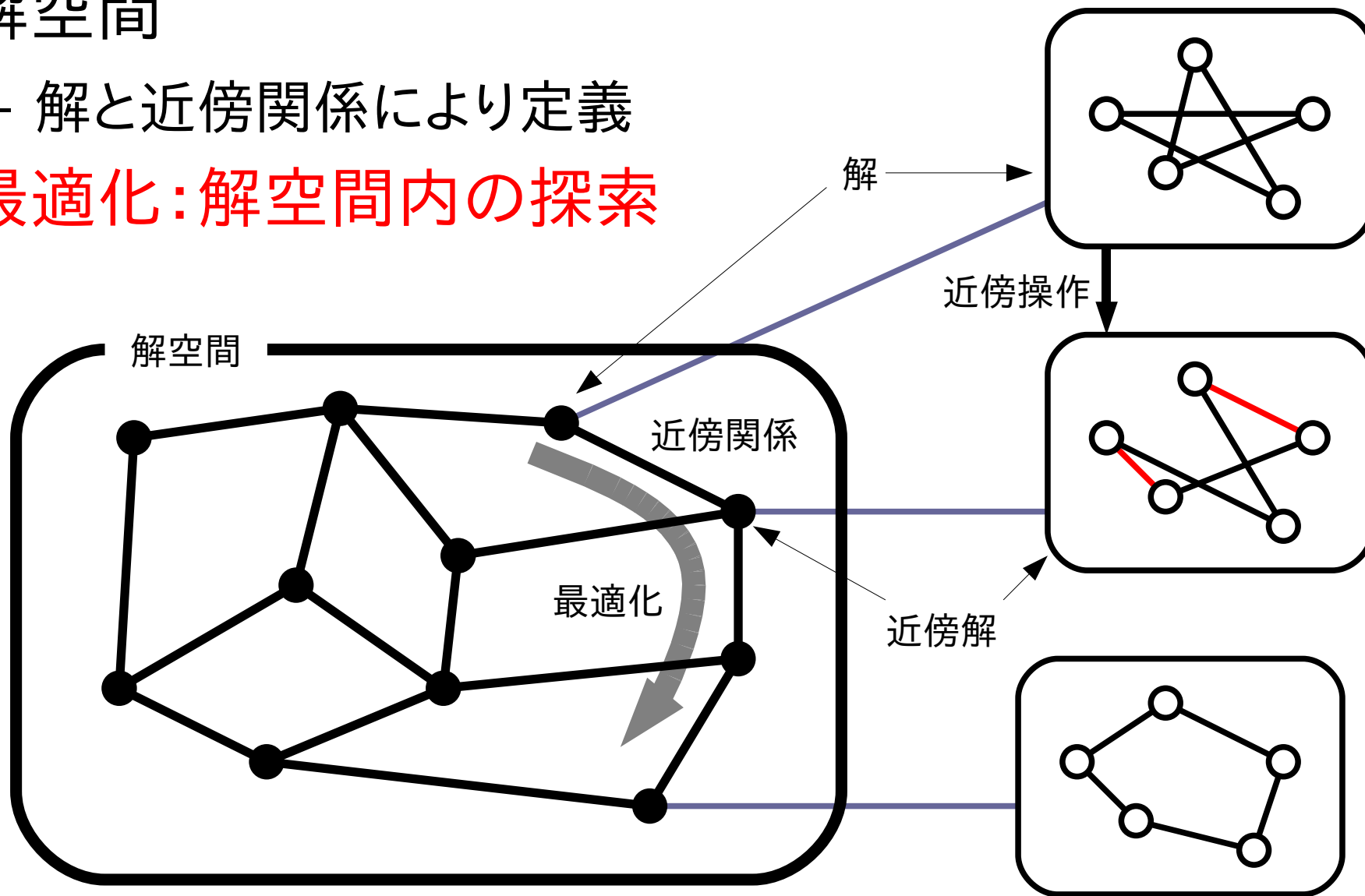
- 最後に良い解が求まる (Simulated Annealing 等)
 - 序盤で計算を打ち切ると非常に非効率
 - 多様化と集中化のバランス
- 消費した計算資源に見合った質の解を求めたい
 - 状況に応じて臨機応変に計算を続ける / 打ち切る 等



組合せ最適化問題

(例) 巡回セールスマン問題

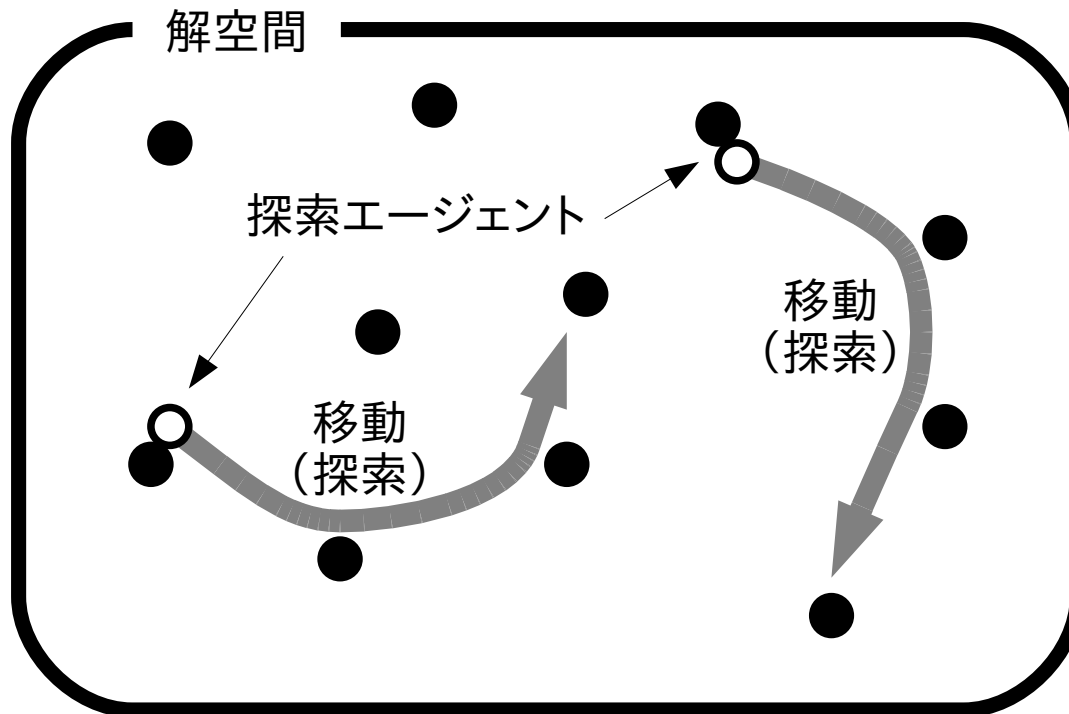
- 解空間
 - 解と近傍関係により定義
- 最適化: 解空間内の探索



エージェント探索法

- 複数の探索エージェントによる探索
(マルチエージェントシステム)
 - (人間同様に) 良い解の周りをまず先に調査 (cf. PSO)
 - 複数の近傍による探索

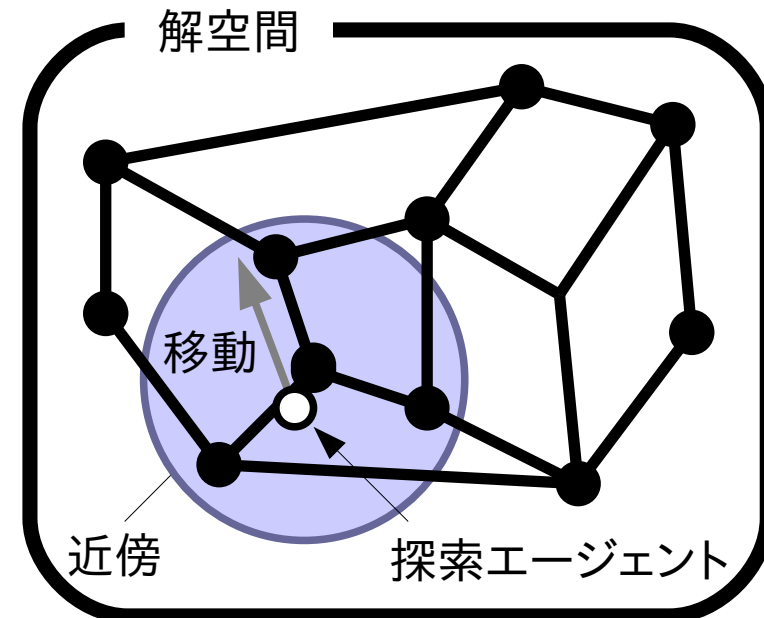
より早くより良い解を



探索エージェント

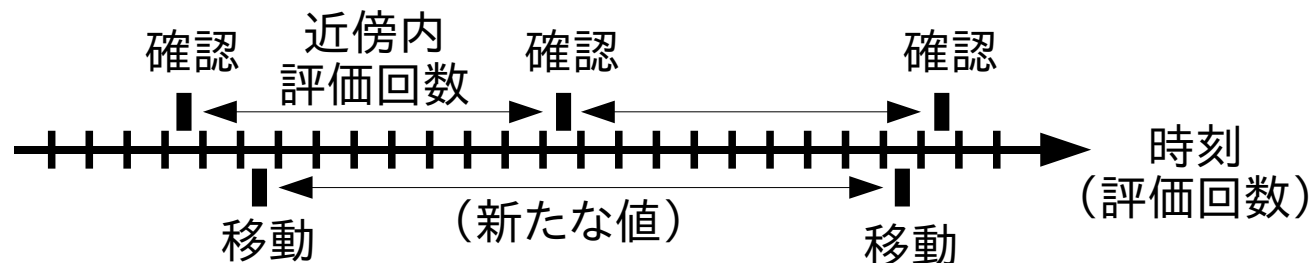
より早くより良い解を

- 近傍探索
 - 近傍解を調べて、より**良い解であれば**移動
- 即時移動戦略
 - 近傍内を全て調べていなくても、良い解には**すぐに**移動
- 近傍解はランダムな順序で探索
 - 毎回、独立にランダムに近傍操作
 - 近傍が大きくても実装が容易
- 近傍内評価回数の制限
 - 制限回数を越えたら
探索エージェントを改善操作



近傍内評価回数の制限

- 探索エージェント
 - 近傍内により良い解が無ければ探索が止まる
 - 毎回独立な近傍操作では、局所最適性を検出できない
- **近傍内評価回数**: 探索状況を判断する目安
 - この回数ごとに位置(解)を確認し、この回数を越えて位置が変わっていなければ探索エージェントを操作
 - 「良い解が見つかるまでに近傍内で行った評価の回数」の最大値として、探索中に適応的に決定

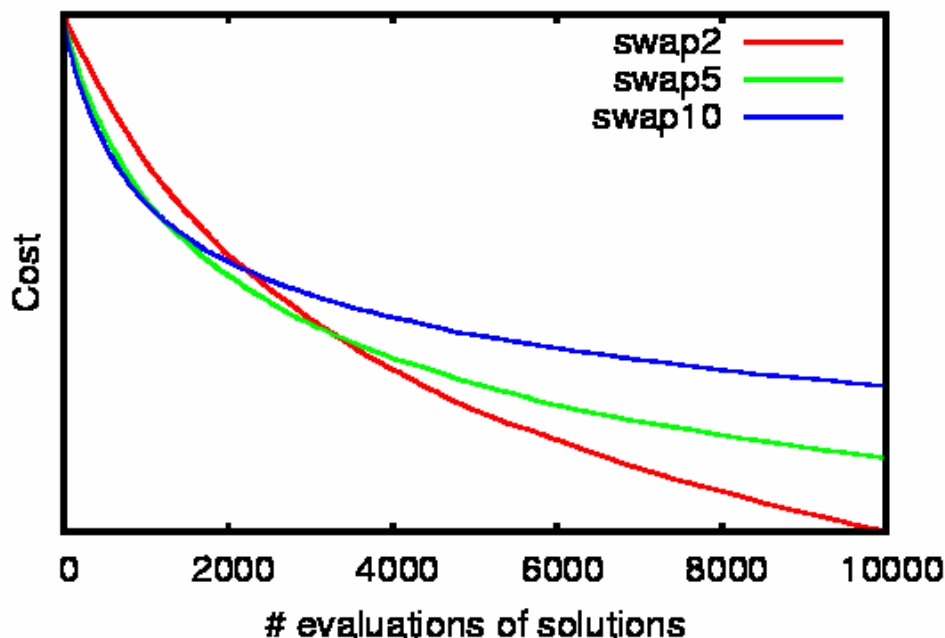


複数の近傍による探索

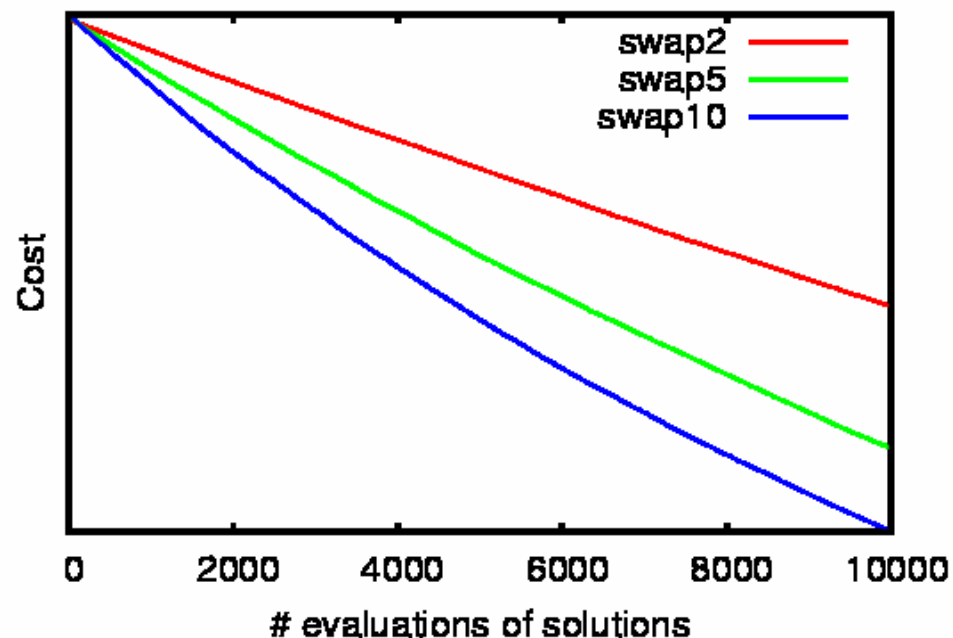
より早くより良い解を

- 近傍の優劣は変化する
- 複数の近傍を切り替えながら解探索を行う
 - 改善解探索速度の推定

swap2, swap5, swap10 は
2, 5, 10 都市を入れ替える近傍



3,000 都市の巡回セールスマン問題に
対する近傍探索



100,000 都市の巡回セールスマン問題に
対する近傍探索

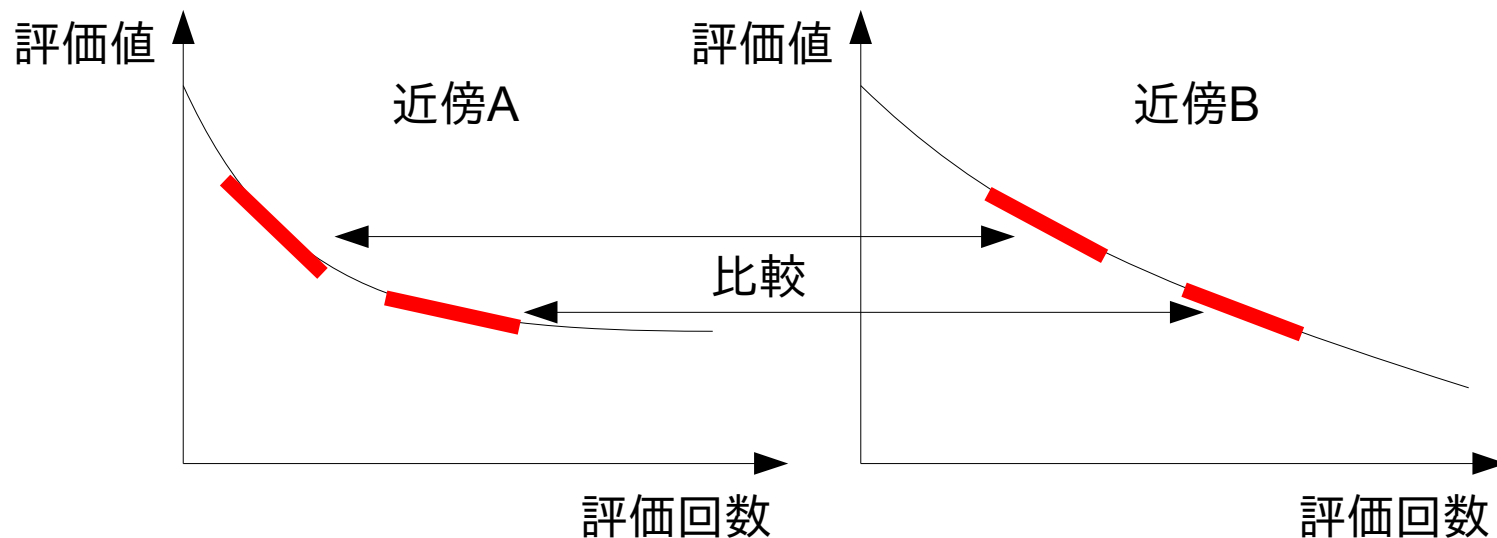
探索速度の推定

- **改善解探索速度**: 近傍の優劣を判断する目安
 - 評価1回あたりの評価値の平均減少量
 - 評価値の減少量の指数減衰加重平均

$$V_k = \alpha d_k + (1 - \alpha) V_{k-1}$$

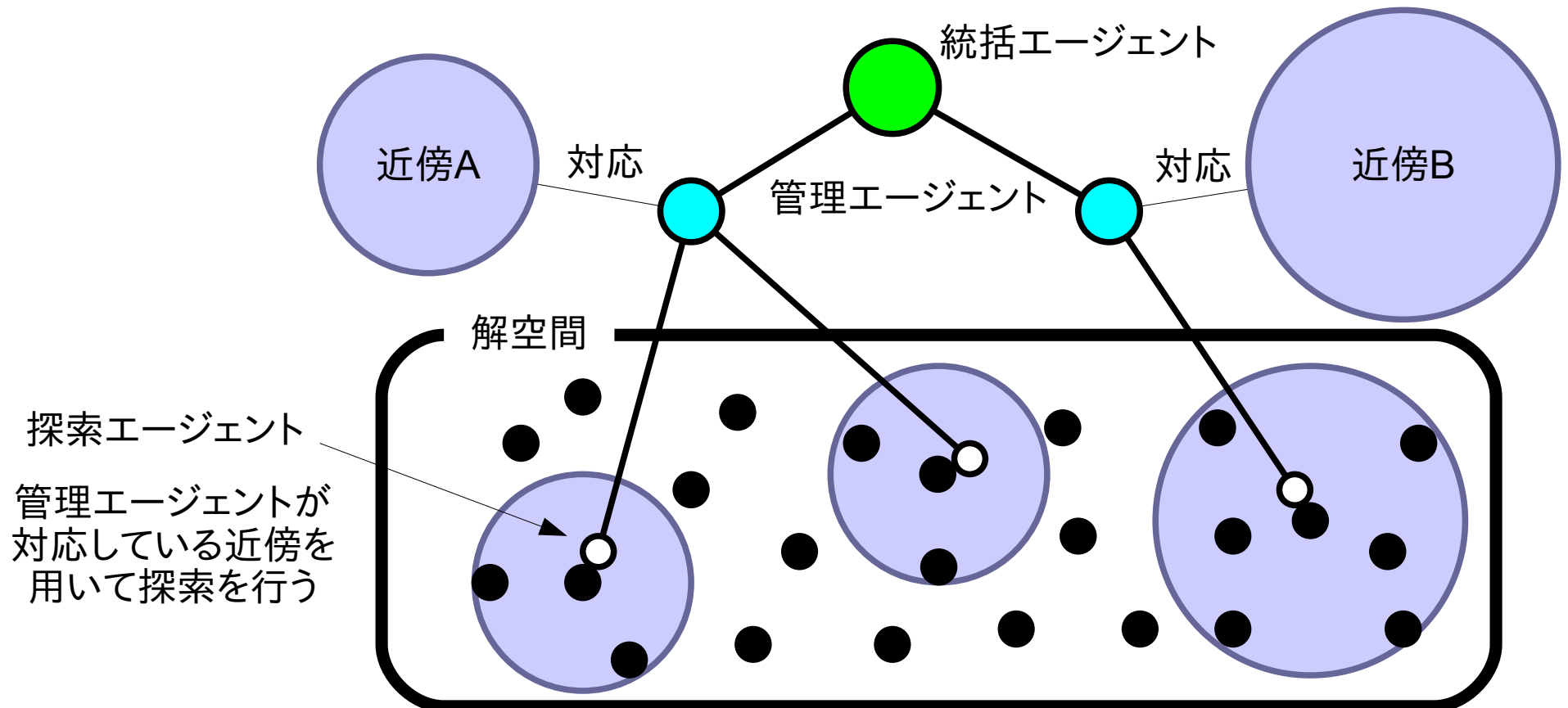
V_k : 改善解探索速度

d_k : 評価値の減少量



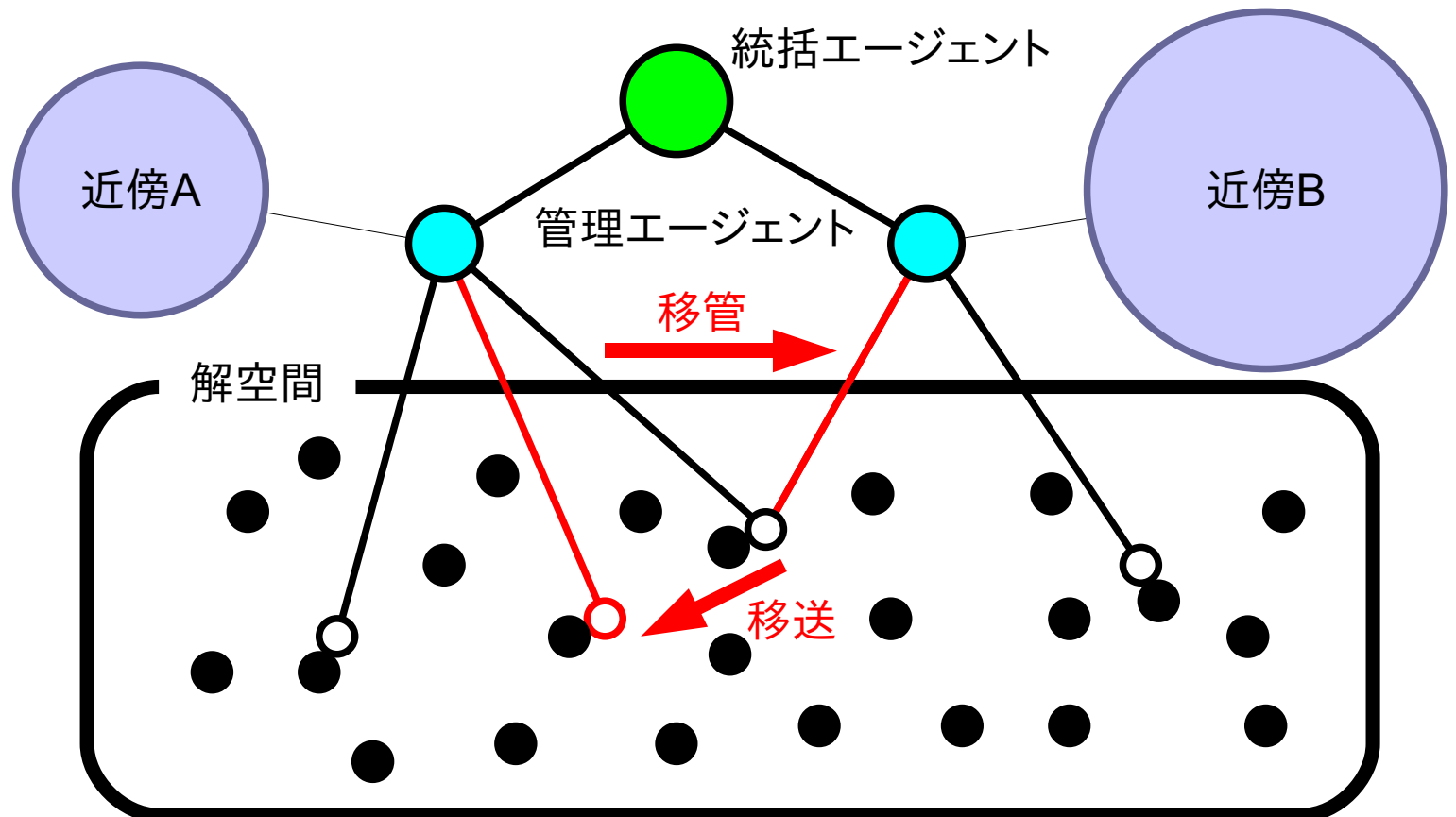
マルチエージェントシステム

- **管理エージェント**: 近傍に対応
 - 管理下の探索エージェントを管理・操作
 - 近傍内評価回数等の管理



探索エージェントに対する操作

- **移管**: 探索に用いる近傍を変更
- **移送**: 探索する解を変更

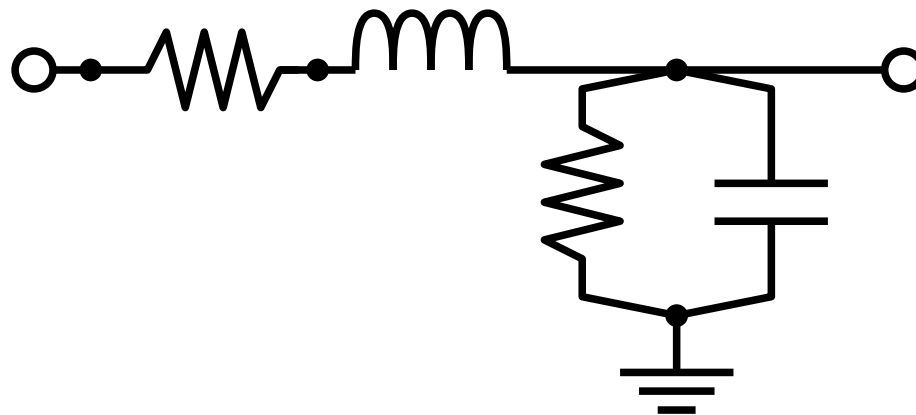


探索エージェントの管理

- **近傍内評価回数**を越えたら、操作を行うかを判断
- 改善解探索速度が不明な近傍があれば、移管
 - 探索開始時、および移送後
- **改善解探索速度**がより大きな近傍があれば、**移管**
 - 既にその解・近傍で探索を行ったが、良い解が得られなかった場合、そのような「探索が滞った」近傍は対象外
- 全ての近傍で探索が滞ったのであれば、**移送**

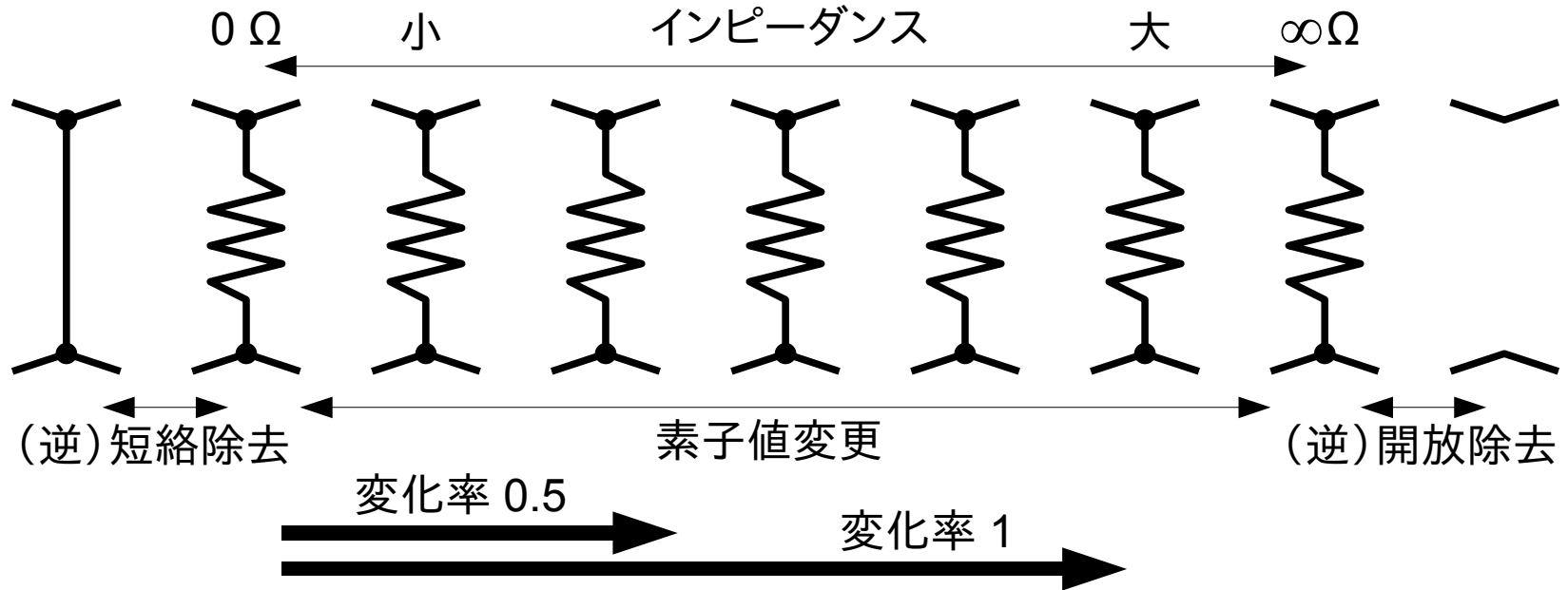
アナログパッシブフィルタ回路設計

- 最適化問題として定式化、提案手法を適用
- 設計対象 (実行可能領域)
 - 任意の接続構造を持つグラフ
 - 節点: 接地、入力端子、出力端子に対応するものを含む
 - 枝: 抵抗、コンデンサ、インダクタのいずれか
 - 素子の値は離散的な値の有限集合 (ex. E系列) から選択



近傍操作

- 単位近傍操作
 - 枝の開放・短絡除去、素子値変更 (特性変化を考慮)
 - 無効な回路は破棄し、操作やり直し
- 大きさの異なる複数の近傍を定義
 - 操作反復回数、素子値最大変化率



計算機実験

- Ruby言語、SPICE3シミュレータにより実装
- バンドパスフィルタを設計

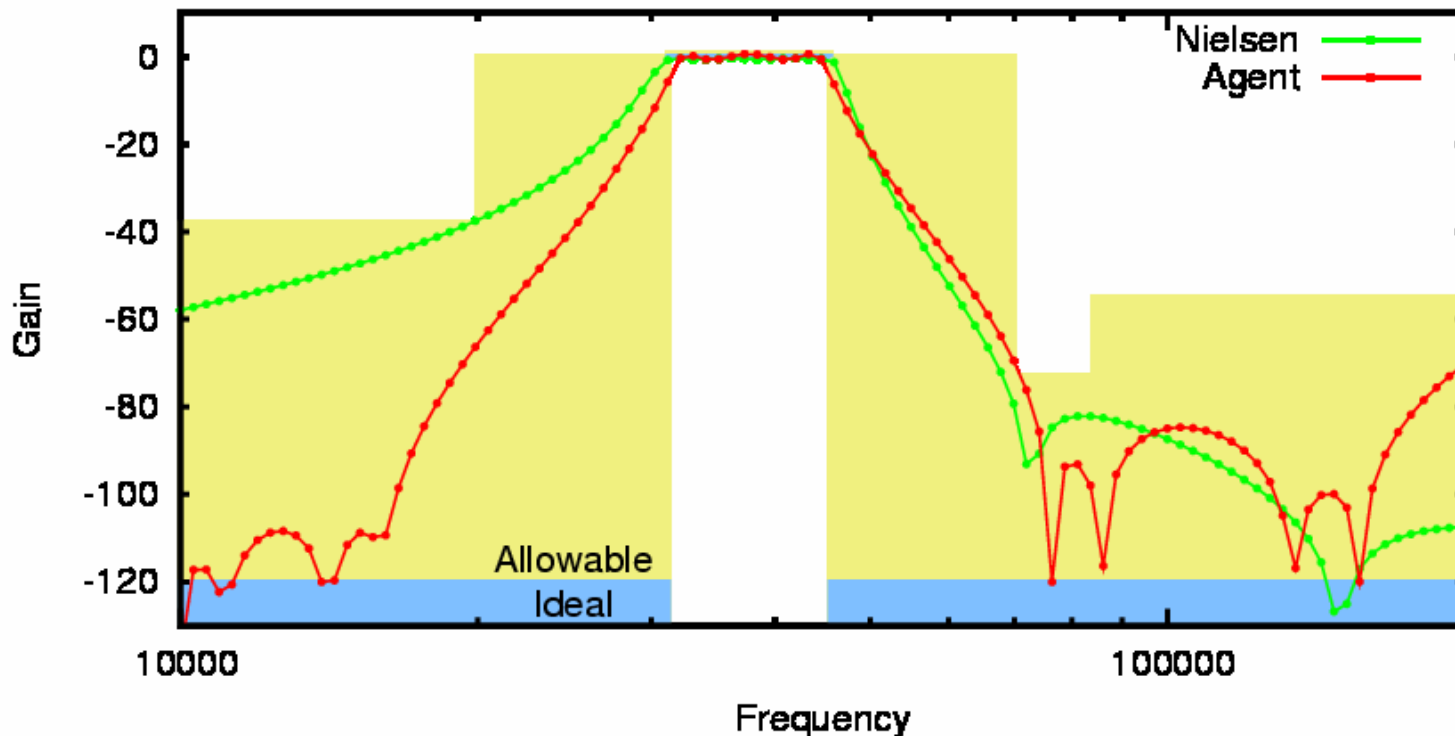
Nielsen95 (Koza99, 安藤00, 矢野04)

- 素子値は範囲を定めたE192系列の値
- 素子数は最大50で制限
- 探索エージェント数 3、管理エージェント数 (近傍数) 3

近傍	A	B	C
操作反復回数	1	3	5
素子値最大変化率	0.1	0.5	1

得られた周波数特性

- 仕様を満たす周波数特性が得られた



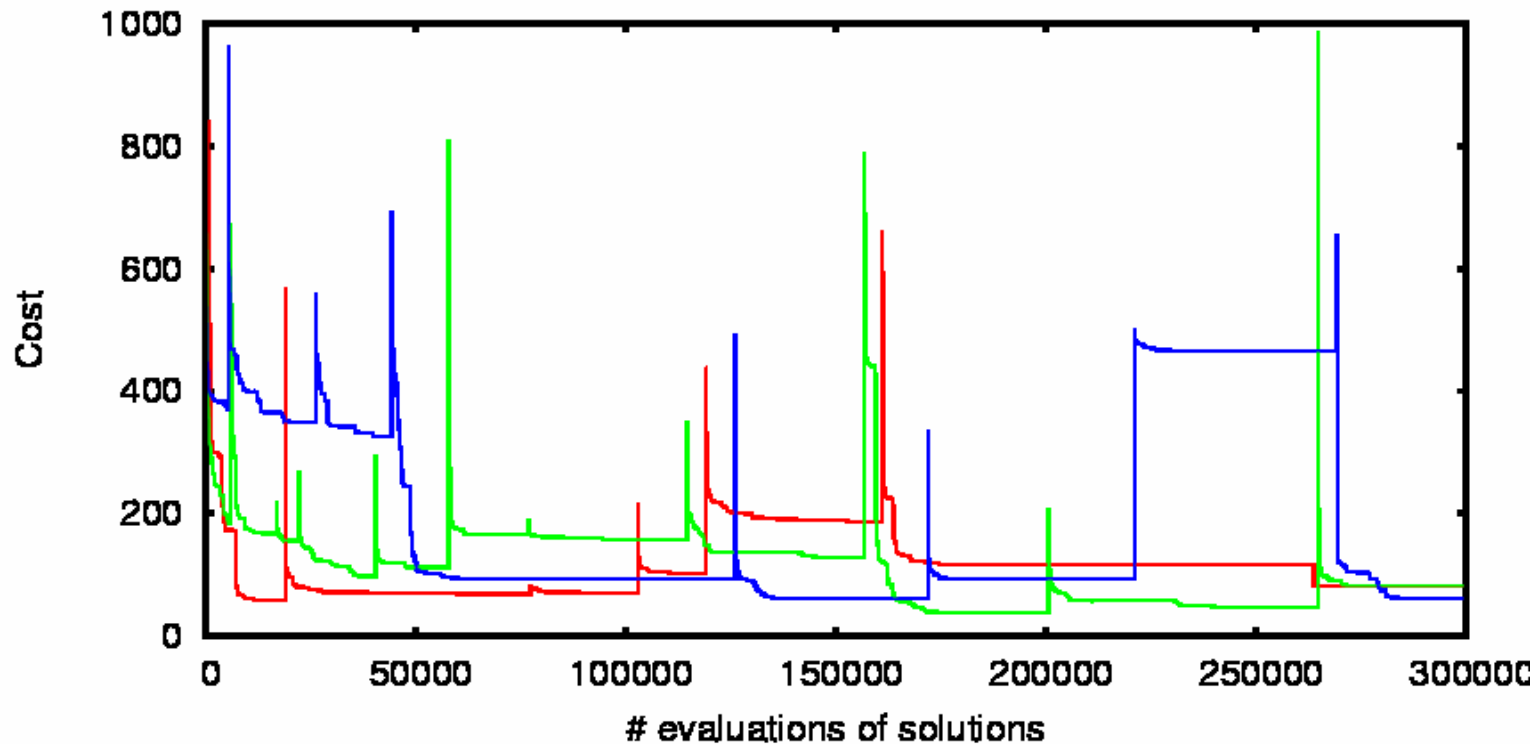
評価(目的関数)

- 帯域(通過帯域、遮断帯域)と領域の種別(理想領域、許容領域、非許容領域)に対して重み
- 観測周波数(101個)における電圧利得の目標からの隔たりの加重平均

解探索の様子

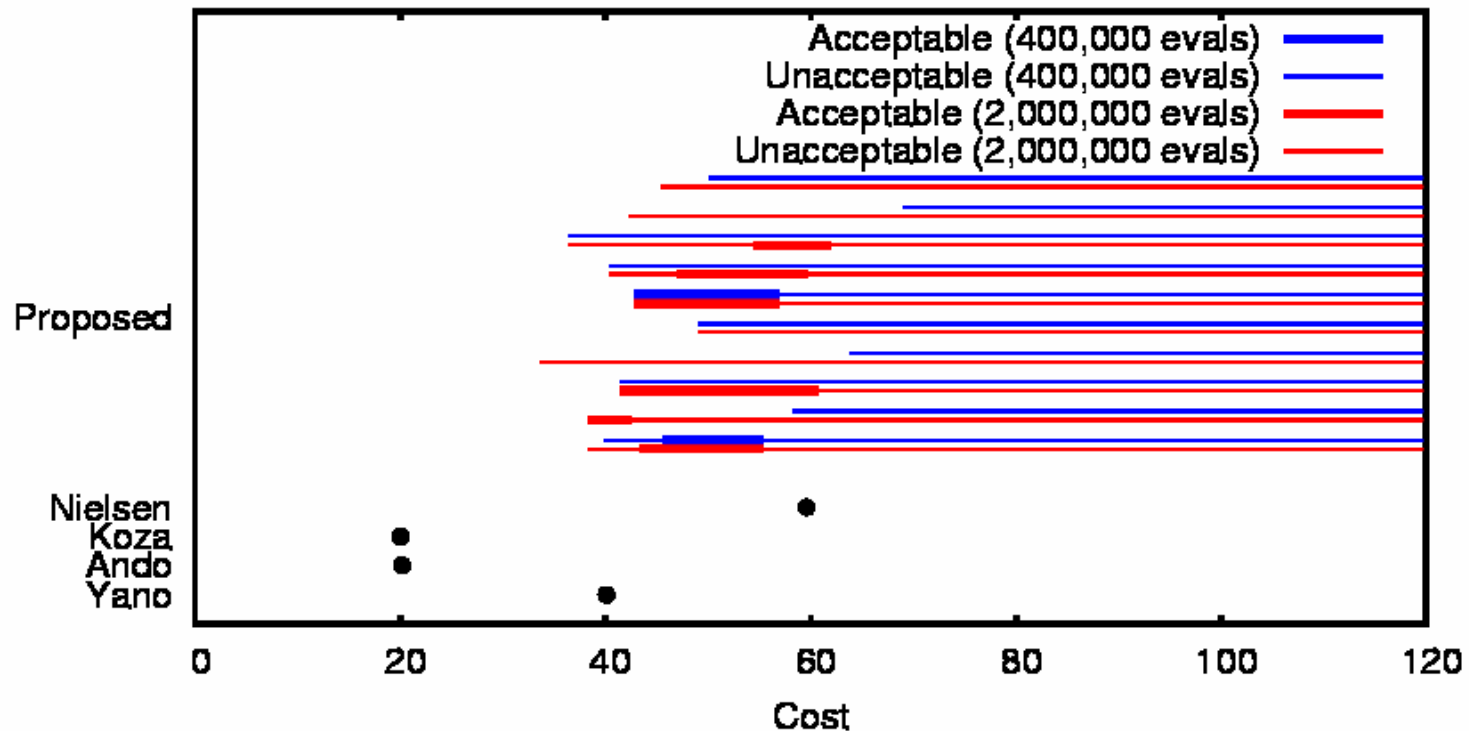
- 探索初期から良い解を探索
- その後もさらに良い解を探索

より早くより良い解を



実験結果

- 探索を続ければ**多手法と同等の結果**



- 少ない評価回数でも許容解
- 厳密な比較は不可能**
 - 試行回数がわからない
 - 条件が異なる

Nielsen: 人手、Heuristic

Koza: GP、640,000個体×200世代、連続値

Ando: MessyGA (回路規模に対して淘汰圧力)、
2,000個体×(構造200+素子値200)世代、連続値

Yano: 並列GP、500個体×16集団×500世代、E12

まとめ

- 最適化のための**エージェント探索法**を提案
 - 複数の近傍
 - 探索速度を考慮
- 巨大な解空間において**探索初期から良い解**を探索
 - 通常の一の近傍に基づく手法では、探索速度を考慮すると不可能
 - 最初に広域探索を行う多くのメタヒューリスティクスでは考慮外
- 探索を続ければ、問題(回路合成)に特化していないにもかかわらず、**十分な探索能力**