非対称巡回セールスマン問題に対する近似解法の検討

4497105

吉村央紀　(沼田研究室)

発表構成

1. はじめに
2. 研究背景
3. ATSPに対する既存の近似解法
4. ATSPに対する近似解法の提案
5. 数値実験
6. まとめ

参考文献

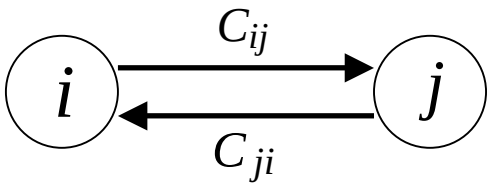
1．はじめに

・巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem : TSP)

n 個の都市と各都市間の距離 (移動費用，所要時間) が与えられる

全ての都市を通過して出発都市に戻る巡回路の中で移動距離が最小となるものを求める問題

C_{ij} を都市 i から都市 j へ移動するときの距離



通常　$C_{ij} = C_{ji}$

本研究ではトラック1台ごとの積み降ろしを基本とする配送経路問題を解く際に現れる非対称($C_{ij} \neq C_{ji}$)な巡回セールスマン問題(Asymmetric TSP : ATSP)を扱う

研究目的

ATSPはかなりの大きさまで厳密解法で解くことができるが，その実行時間は小さくない

配送経路問題を解く際はこのようなATSPを何度も解く必要がある

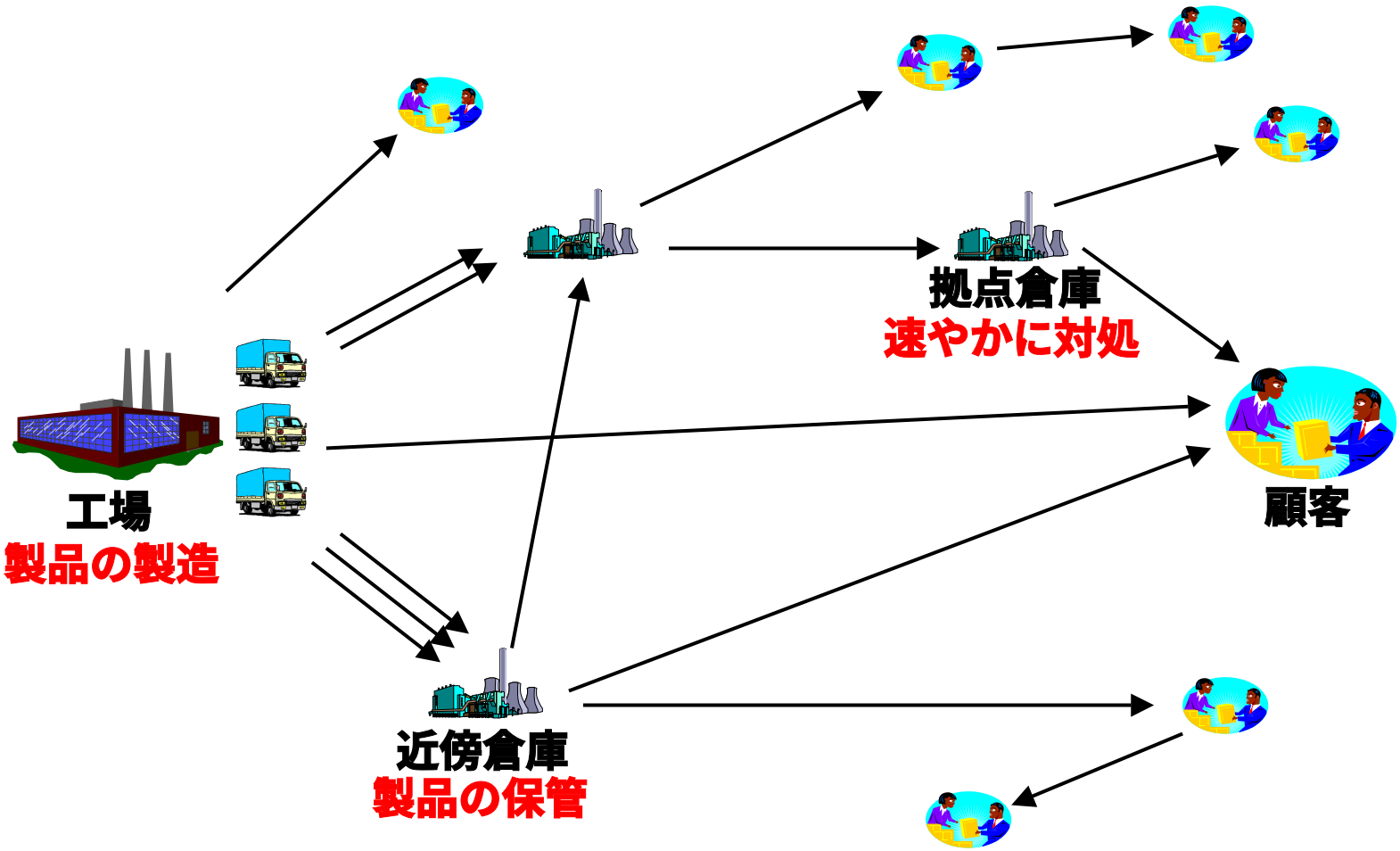
高速な近似解法で解くことが望まれる

しかし、TSPとは違いATSPに対する近似解法については一般的にあまり議論がなされていない

ATSPに対する近似解法について，実験的に評価する

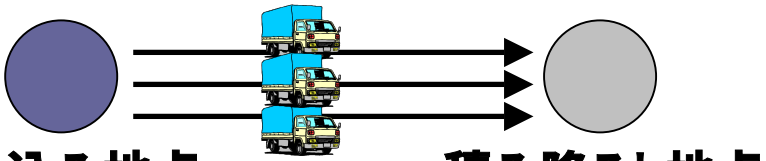
2．研究背景

2．1　製品の流れ



2．2　輸送要求と輸送形態

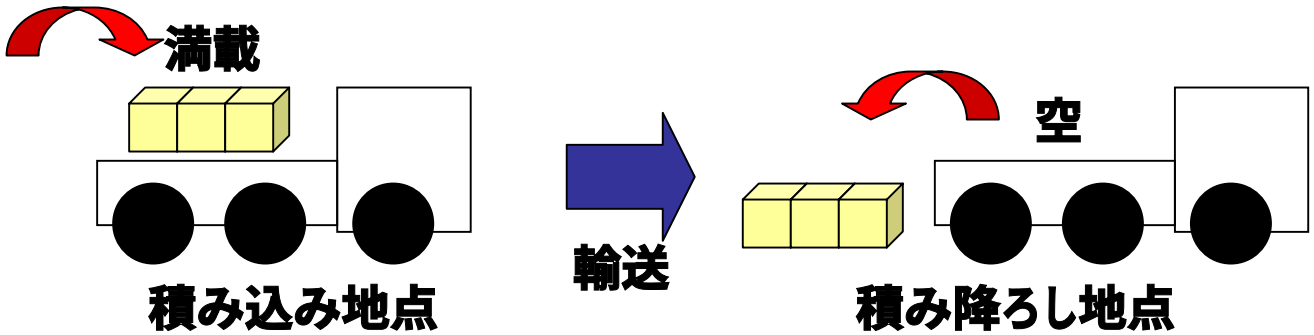
輸送要求



輸送形態

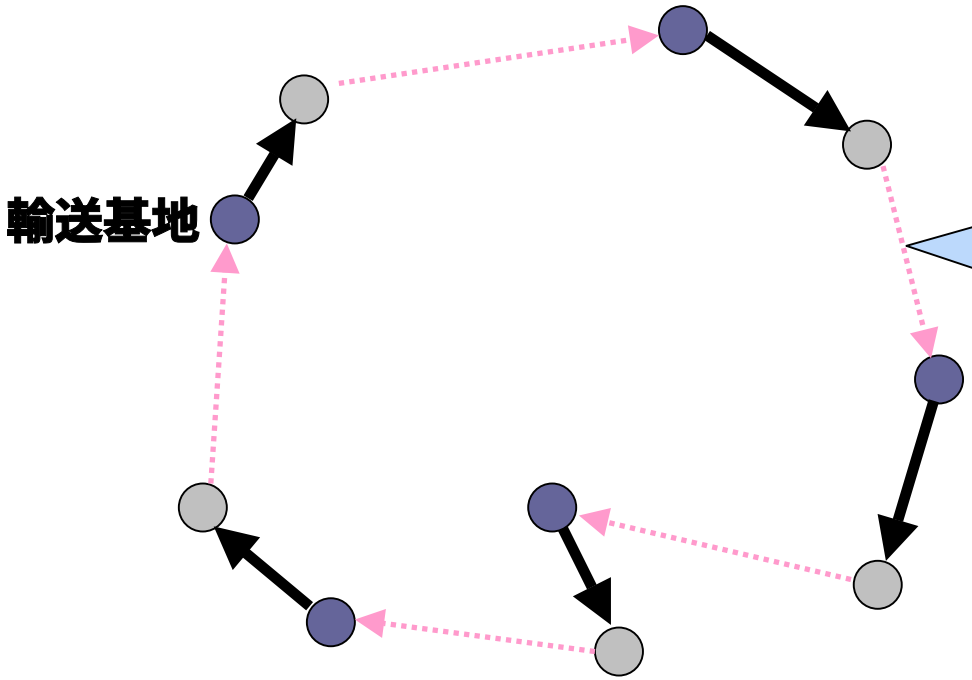
・輸送は全てトラックで行うものとする

・積み込み地点で荷物を満載にし、積み降ろし地点で全ての荷物をおろす



2．3　トラックの走行パターン

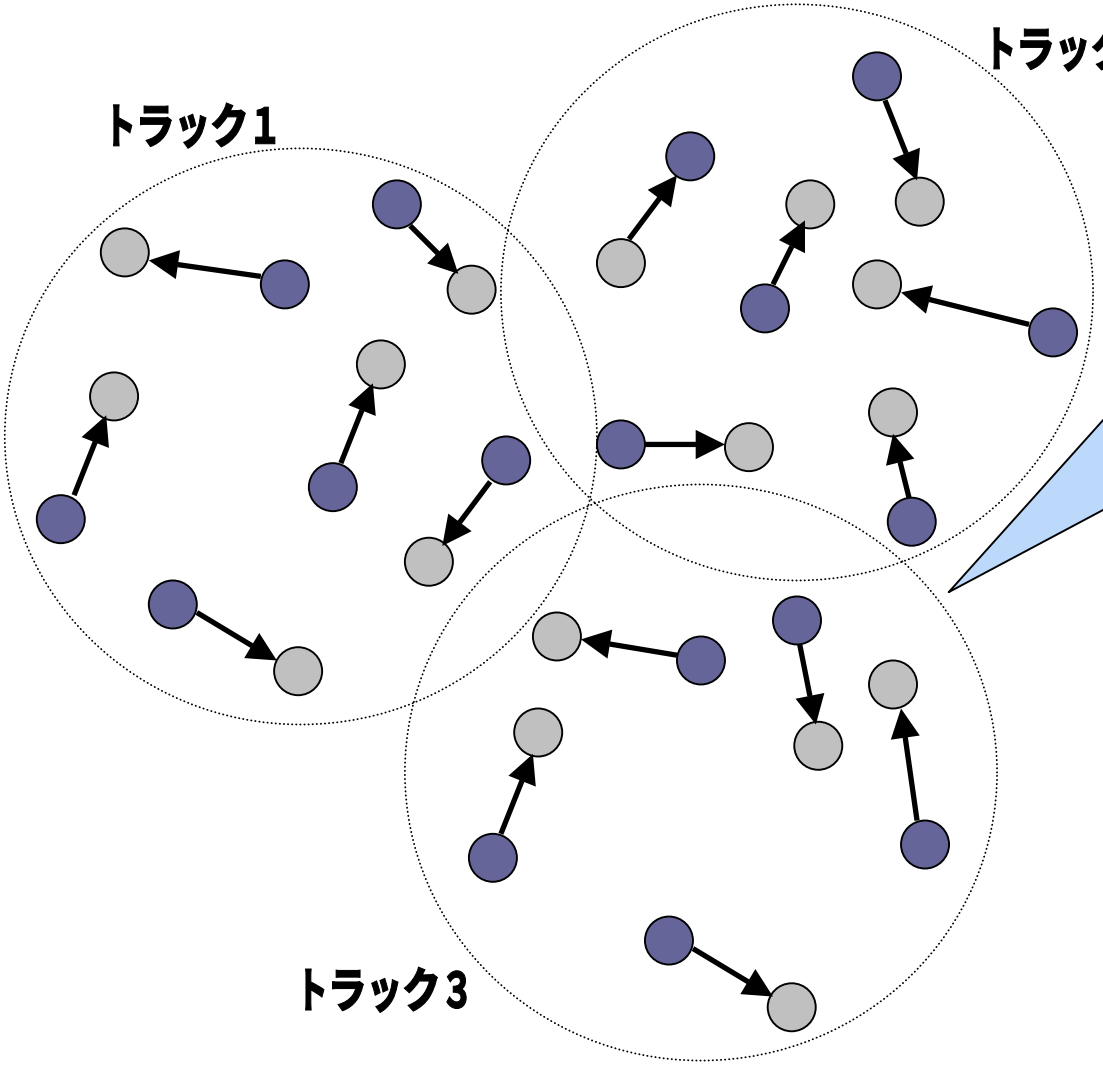
トラックは工場の輸送基地から出発し、与えられた輸送要求を全て満たして輸送基地へ戻る



積み降ろし地点から次の積み込み地点までは荷物を何も積んでいない状態（空輸送）で走らなければならない

●：積み込み地点
●：積み降ろし地点
→：実輸送
⇢：空輸送

2．4　輸送要求の割り当て

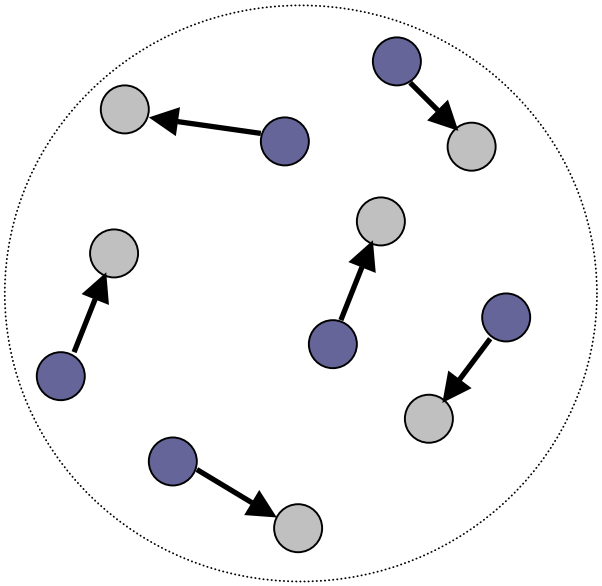


輸送要求を複数台のトラックに割り当てる問題はVRP(Vehicle Routine Problem)**と呼ばれている**

●：積み込み地点

●：積み降ろし地点

2．5　研究対象



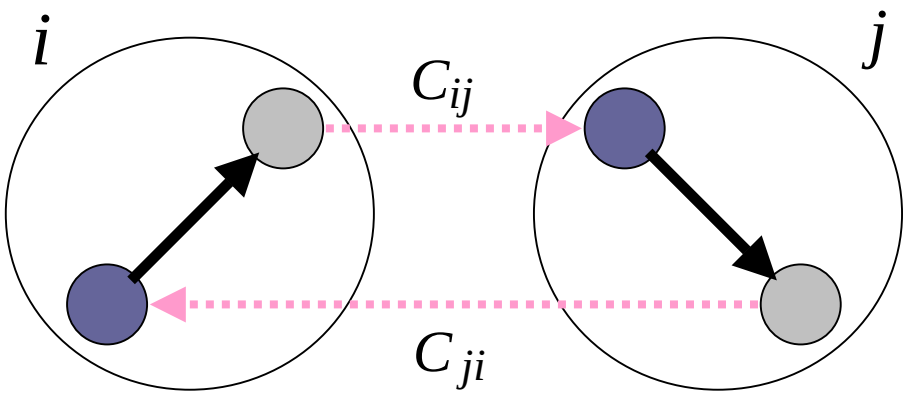
1台のトラックに割り当てられた輸送要求

・各トラックは与えられた輸送要求を全て満たして輸送基地に戻る

・輸送要求を満たす順番によって変わるのは空輸送の距離だけ

本研究では輸送要求が複数台のトラックに割り当てられた後，各トラックの総空輸送距離を最小にする巡回路を求める問題を扱う

ATSPの必然性



輸送要求を i から j の順に満たす場合の空輸送距離を C_{ij} とする

$$C_{ij} \neq C_{ji}$$

本研究で考える各トラックの総空輸送距離を最小にする巡回路を求める問題は，C_{ij} $(\neq C_{ji})$を都市 i から都市 j への移動距離とするATSPになる

2．6　ATSPの定式化

n ： 輸送要求の数

Sn ： $(1,2,...n)$ の順列全体の集合

$\sigma(i)$： 順列σ において i 番目に行う輸送要求

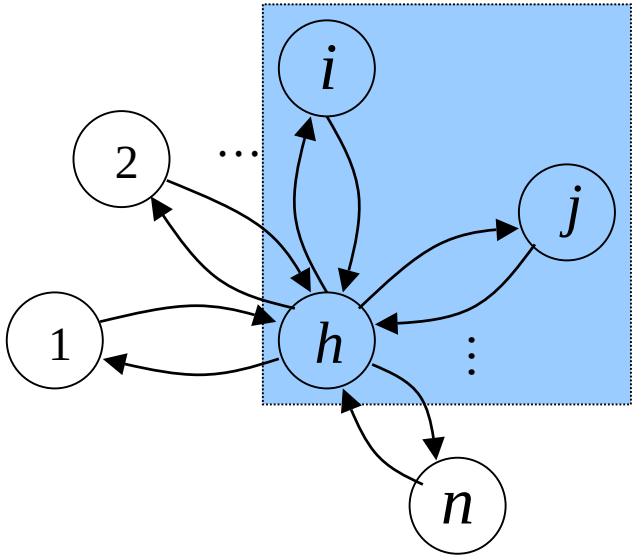
C_{ij} ： 輸送要求を i から j の順に満たす場合の空輸送距離$(\neq C_{ji})$

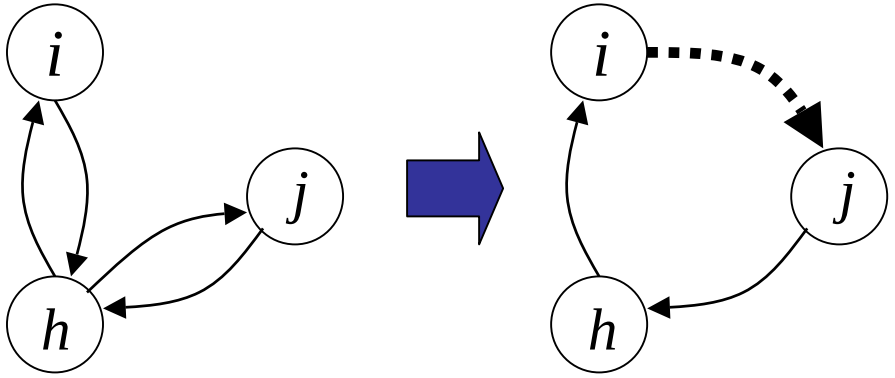
z ： 総空輸送距離

$$\text{minimize}\ \ z=\sum_{i=1}^{n-1} C\sigma(i)\sigma(i+1)+C\sigma(n)\sigma(1) \quad , \quad \text{subject to} \quad \sigma\in Sn$$

3．ATSPに対する既存の近似解法

3．1　セービング法





枝ihと枝hjを枝ijに置き換えることで，
距離$C_{ih}+C_{hj}-C_{ij}$短縮

Saving値：$S_{ij}=C_{ih}+C_{hj}-C_{ij}$

Saving値の大きいものから枝の置き換えを行い，それを巡回路ができるまで繰りかえす

↓

全ての点を起点にして同様に行う

セービング法の手順

Step1. 起点を h $(1,2,...n)$ として，以下のことを繰かえす

Step2. h を起点とした時のSaving値を計算する

$$S_{ij} = C_{ih} + C_{hj} - C_{ij} \quad \text{for} \quad i, j = 1,2,...n \quad (\neq h)$$

Step3. Saving値を大きいものから順に整列させる

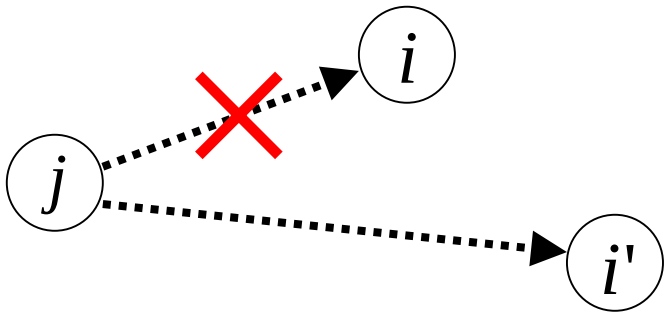
Step4. Savingが最も大きい i , j に対して，枝ihと枝hjを枝ijに置き換える

Step5. 枝がなくなった部分のSaving値を取り除く

Step6. Step4，Step5を巡回路ができるまで繰りかえす

Step7. 以上で得られた中から，巡回路の長さが最も短いものを近似解とする

3．2　ロス法



j から i までと，j から i'までの距離の差が大きい

↓

j から出る枝に関して，距離を大きくロスしてしまう

Loss(j) :点 j にとって最も近い点までの距離と，2番目に近い点までの距離との差

$$\mathrm{Loss.in}(j) = C_{i'j} - C_{ij}$$
$$\mathrm{Loss.out}(j) = C_{jk'} - C_{jk}$$

全てのLoss(j) を求め，最も値の大きい点を一番近い点と結び付ける

ロス法の手順

Step1. 全ての点をCaseA，CaseB，CaseC，CaseDに分類する

Step2. CaseA，CaseB，CaseCに属する全ての点に対してLoss(*j*)を計算する

Step3. Loss(*j*)の値が最も大きかった点 *j*をその点に最も近い点と結びつける

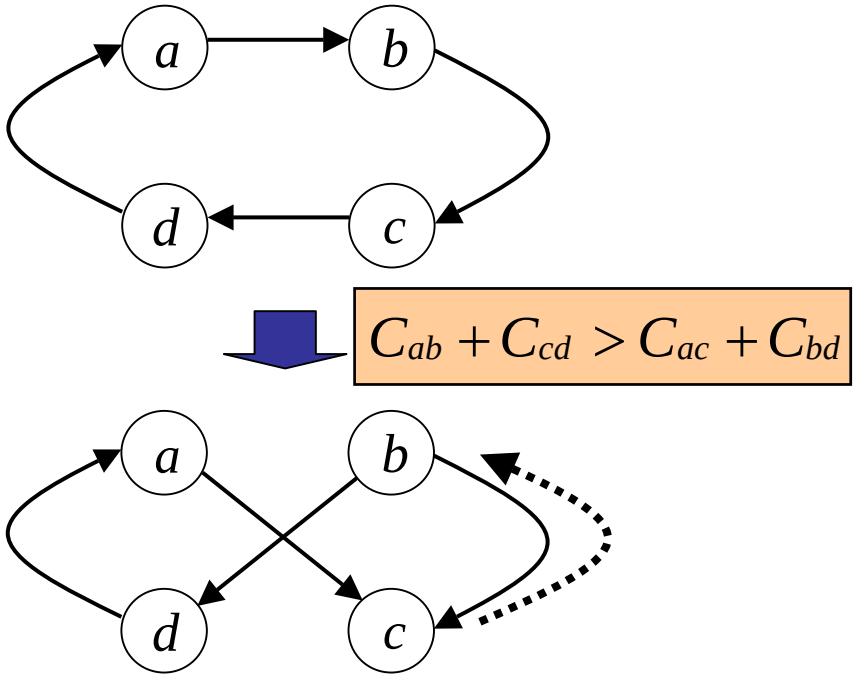
Step4. Step3において結び付けられた点 *j*と点 *j*の最近点のCaseを変更する

Step5. Step1に戻り，全ての点がCaseDになり巡回路が得られるまで繰り返す

4．ATSPに対する近似解法の提案

4．1　2点交換法

2-opt法



対称なTSP

$C_{ij}=C_{ji}$ **なので** $C_{bc}=C_{cb}$ **である**

↓

巡回路長が短縮された

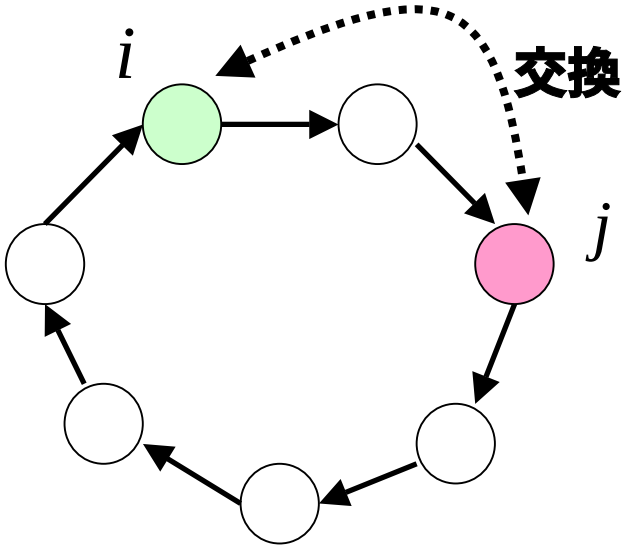
ATSP

$C_{ij}\neq C_{ji}$ **なので** $C_{bc}\neq C_{cb}$ **である**

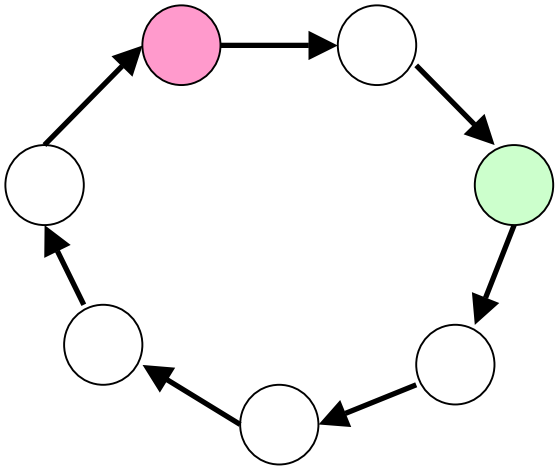
↓

巡回路長が短縮されるとは限らない

現在の巡回路

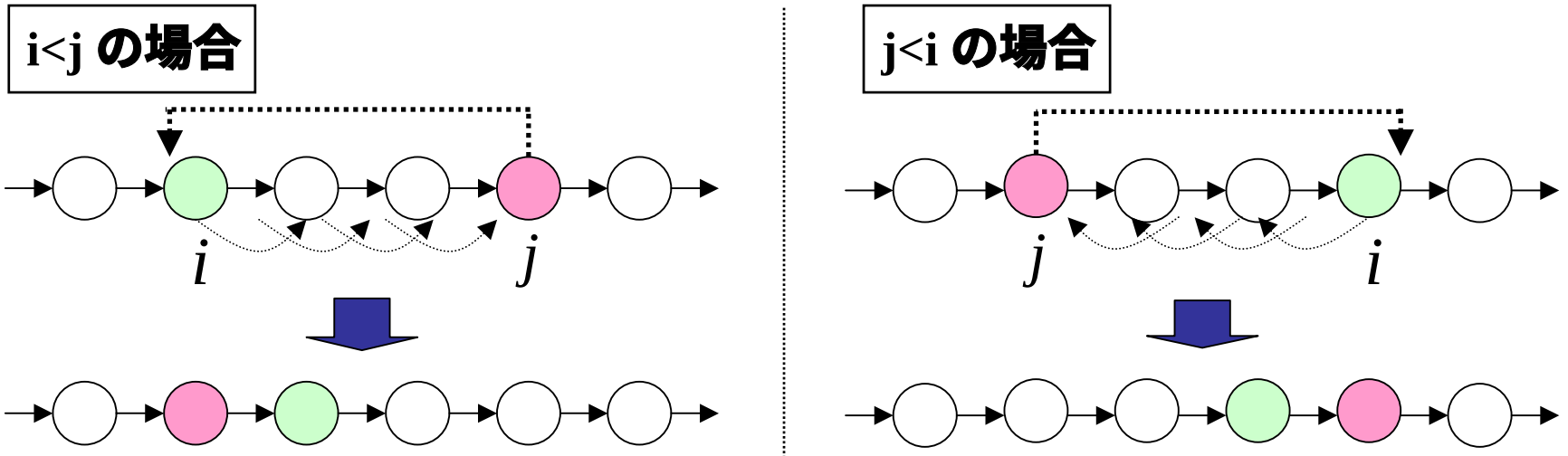


現在の巡回路の2点交換近傍



この交換を2点交換法と呼び，この操作によってできる巡回路全体を現在の巡回路の2点交換近傍と呼ぶ

4．2　点移動法

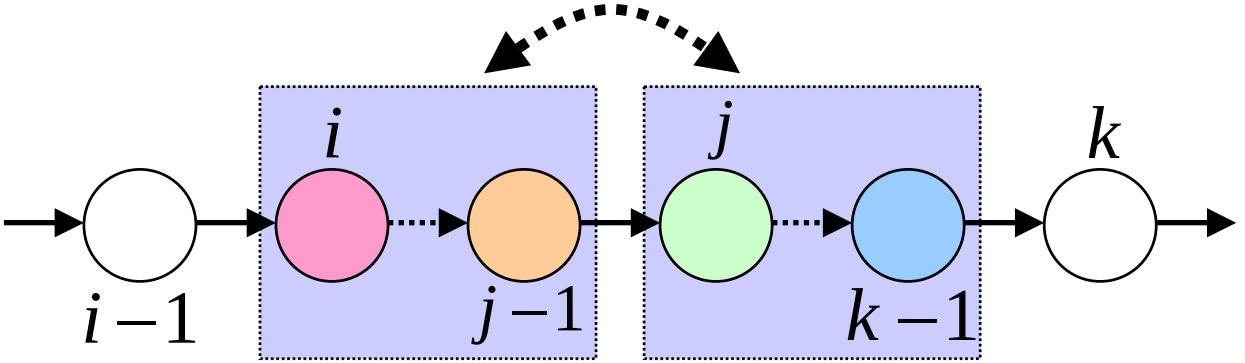


現在の巡回路の点移動近傍

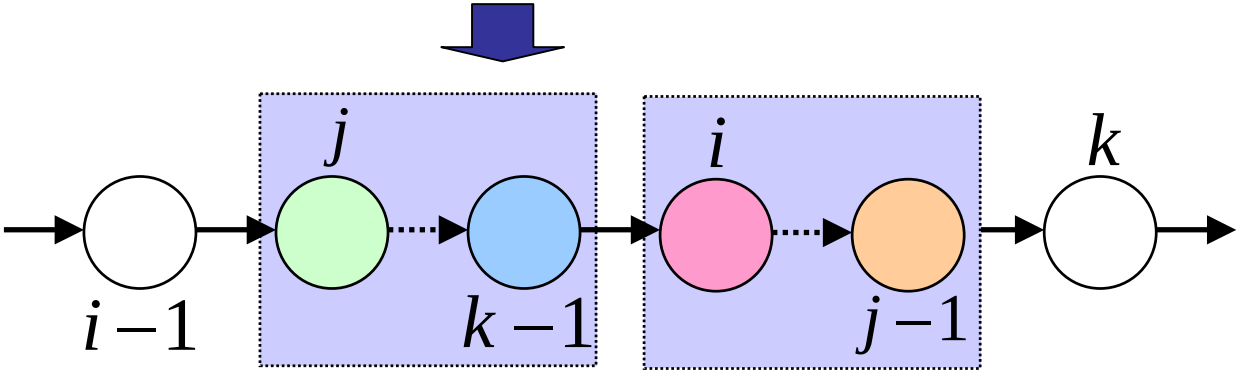
この交換を点移動法と呼び，この操作によってできる巡回路全体を現在の巡回路の点移動近傍と呼ぶ

4．3　ブロック交換法

現在の巡回路



ブロック交換近傍



この交換をブロック交換法と呼び，この操作によってできる巡回路全体を現在の巡回路のブロック交換近傍と呼ぶ

4．4　タブー探索法

現在の解をxとしたとき，xの近傍の中で
最も良い目的関数値を持つ解x'を探す

↓

x'の目的関数値がxのそれより悪くても
現在の解をx'に更新する

↓

更新された後，同様にx'の近傍の中から
最も良い目的関数値を持つ解を探す

現在の解とは現在の巡回路であり，最も良い目的関数値とは最も短い巡回路長のことである

再びxに戻ってしまう可能性が高い　⇒　タブーリストを作る

ある更新が行われたら，今の対象となった要素が再び操作対象になることを一定期間禁止する

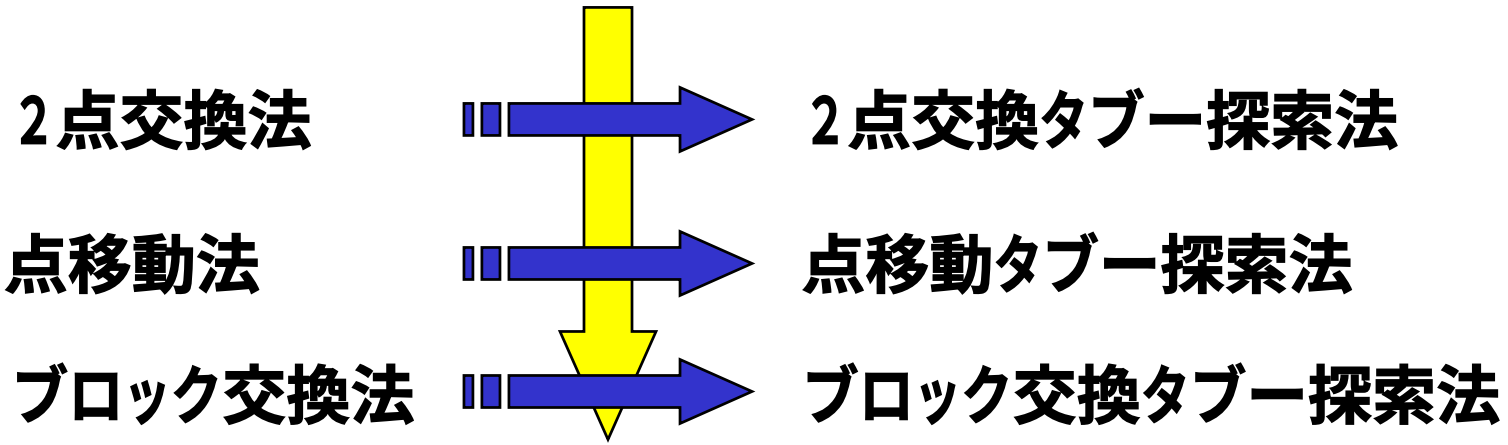
タブーリストの当該要素に適当な範囲の乱数を与え，その値の期間だけこの要素の操作を禁止する

例えば，2点交換法によってiとjが交換されたら，タブーリストのi, j要素に適当な範囲の乱数を与える

このような操作を含む更新を一定の回数繰りかえしても最良解が更新されなければ，それを準最適解として終了する．このような探索の戦略をタブー探索法と呼ぶ

4．5　タブー探索法の枠組みへの適用

タブー探索法



この3つの近似解法を提案する

5．数値実験

5．1　実験方法

ATSPに対する5つの近似解法について実験的に比較，評価を行った

・プログラムはインプライズ社のDelphi3.1を用いて作成した

・実験データはTSPLIB95のATSPDataを使用した

・2点交換タブー探索法，点移動タブー探索法，ブロック交換タブー探索法は，ランダムに作成される初期解によって値が異なるので，全て10回ずつ計測し平均値を示した

・使用した計算機のCPUはPentium II 300MHzである

・実験結果の計算時間の単位はmsecである

5．2　実験結果

	近似解法		セービング	ロス	2点交換	点移動	ブロック
			近似解	近似解	近似解	近似解	近似解
データ名	都市数	最適値	計算時間	計算時間	計算時間	計算時間	計算時間
br17	17	39	40	58	40	42	39
			6	1	10	24	12
ft70	70	38673	40037	40743	42525	42805	38983
			2216	109	1972	2143	3403
ftv38	39	1530	1615	1698	1788	1720	1578
			208	11	2260	426	380
ftv55	56	1608	1711	1817	2094	1903	1664
			894	43	1002	1811	1540
ftv70	71	1950	2208	2055	2737	2448	2011
			2329	82	2218	3797	3302

6．まとめ

ATSPに対する3つの近似解法を提案し，既存の解法と性能を比較した．

新しく提案したブロック交換タブー探索法は既存の近似解法のセービング法，ロス法と比べても高い精度を得ることが出来た．また，計算時間は大きくなってしまったが，セービング法と比べてそれほど大きな差はなかったので満足いくものだと思う．

今後の課題

ブロック交換をもとにした，より高速で精度の高い解法の構築は今後の課題である．

参考文献

[1] Lawler,E.L. et al.(eds.)：The Traveling Salesman Problem，pp239-244，John Wiley&Sons，Chichester，1985.

[2] **山本芳嗣，久保幹夫：「巡回セールスマン問題への招待」，朝倉書店，東京，**1995.

[3] **服部孝一：空輸送距離を最小にする配送経路問題の解法に関する研究，平成12年度東京理科大学工学部経営工学科卒業論文，**2001.