

TSPにおける近似解法の実際的评价のみなおし

原 聡 早稲田大学理工学研究所 工業経営学分野 (指導教官 森戸晋教授)

1. 研究目的

アルゴリズムの実際的评价は、そのアルゴリズムを計算機上で実行し、人為的に作成されたインスタンス*を解くという計算機実験を行なうことによりなされる場合が多い。ところが、アルゴリズムの提案・評価をしている論文で、計算機実験を行なうさいにとりあつたインスタンスの作成方法により比較している例はほとんどない。したがって、とりあつたインスタンスの作成方法によりアルゴリズムの優劣が異なることもありうる。

そこで、本研究では、研究対象としてTSP (巡回セールスマン問題) の近似解法を選び、インスタンスの作成方法が近似解法のアルゴリズムの効率にどのように影響を与えるかを調べることを中心に、従来のアルゴリズムの評価を再確認することを目的とし、さらに、その結果を応用してより効果的なアルゴリズムを設計することを試みている。

2. TSP

TSPとは、都市 i から都市 j へゆくのに必要なコスト C_{ij} (運賃・時間・距離等) が与えられているとき、すべての都市をちょうど一度訪れなければならないという条件のもとで、通過した道のコストの総和を最小にする訪問の順序を求める問題である。また、TSPは、離散型数理計画法の代表的な問題の1つで多くの研究がなされており、かつ、インスタンスの作成方法を挙げるのが容易であるにもかかわらず、それについて詳しく触れている研究が行なわれていない。

3. インスタンス

本研究では、さまざまなケースを想定することがより

*インスタンス (instance) とは、問題を表現するパラメータに実際の数値を与えた具体的な問題例

正確なアルゴリズムの評価につながるという観点から、以下のような特性をもつインスタンスをとりあげ、計算機実験を行なうことにした。(図1~図4)

Type I : ノードが平面上に一樣に分布している。

Type II : 中央部分ほどノードの密度が大きく、周辺部分は疎になっている。

Type III : 密度の中心が2ヶ所に分れている。

Type IV : ノードガリング状に分布している。

4. 従来のアルゴリズムの評価

従来の研究内容より4つのアルゴリズム [Farthest Insertion(FI), Cheapest Insertion(CI), Convex Hull(CH), Litke's Partition(LTK)] を選び、評価の対象とした。

FI : 従来の研究では総合的な評価が最も高い。

CI : 巡回路を拡大するとき最も手間をかけている。

CH : 従来の実験結果で、比較的良い値が報告されている。

LTK : 分布に特徴のある場合に強いとされている。

計算機実験の結果より、インスタンスの特性の影響としては以下のことが考えられる。

- ① 最もすぐれたアルゴリズムといえるFIの効率はインスタンスに無関係である。
- ② CH, CIはノード分布の疎な部分と密な部分との差が大きいかほど実行に時間を要する。
- ③ CHはノード集合の凸包に含まれるノード数が増えるほど精度のよい解を求める。
- ④ LTKの実行時間の増加はノード数の線形で抑えられる。
- ⑤ LTKは部分的に密なインスタンスに対しては精度が悪くなる。

5. 新アルゴリズムの提案

計算機実験の結果を検討することにより、良いアルゴ

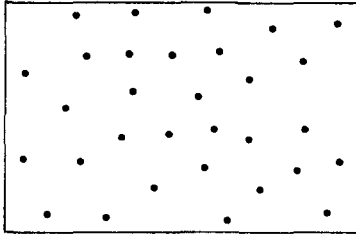


図1 Type I

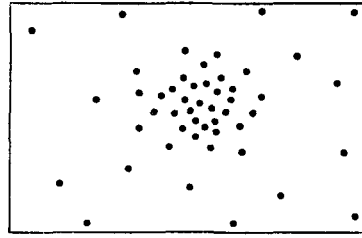


図2 Type II

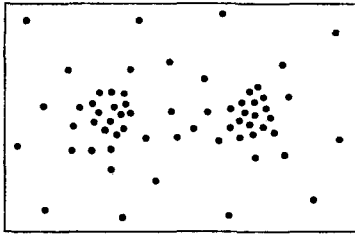


図3 Type III

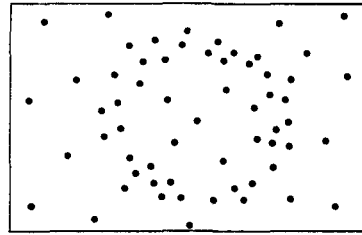


図4 Type IV

リズムの戦略として、

- ① 初期に巡回路の概形をつくる、特に凸包を最初につくることは効果がある。
- ② ノード集合を分割することは、問題規模が大きくなったときの実行時間を抑えることに効果がある。

これらの戦略を考慮した新しい近似解法として、次のアルゴリズム Out-In Construction (OIC) を設計した。

[アルゴリズム：OIC]

- Step 1 $r_1 := \arg \min \{x_i | i \in V\}$
 $r_2 := \arg \max \{y_i | i \in V - \{r_1\}\}$
 $r_3 := \arg \max \{x_i | i \in V - \{r_1, r_2\}\}$
 $r_4 := \arg \min \{y_i | i \in V - \{r_1, r_2, r_3\}\}$

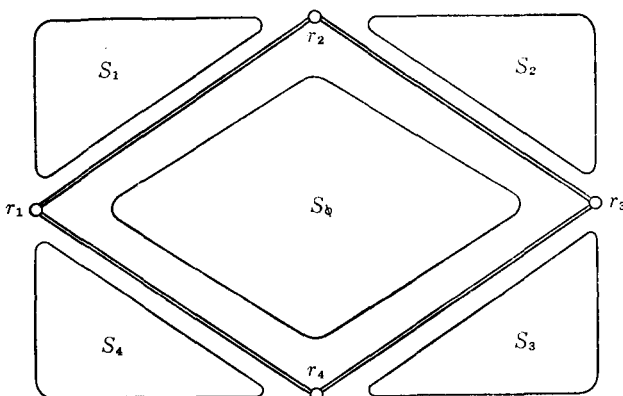


図5 OICの分割

Step 2 ノード集合 $V^* = V - \{r_1, r_2, r_3, r_4\}$ を図5のように5つの部分集合 S_0, \dots, S_4 に分割する。(r_1, r_2, r_3, r_4, r_1) より部分巡回路 T_0 をつくる。

Step 3 S_i に属するノードを r_i, r_{i+1} 間に1つずつ挿入していき T_0 を拡大していく。
 ($i=1, \dots, 4$; ただし $r_5=r_1$ とする.)

Step 4 Step 3 でつくられた部分巡回路に S_0 のノードを挿入する。

OICはノードを部分集合に分割する前半の分割ルーチンと部分巡回路を拡大する後半の挿入ルーチンからなる。分割ルーチンでは、ノードの集合の中で最も外側に位置する4つのノードを頂点とする四角形(図5)により、ノード集合を周辺と内部に分割している。また、挿入ルーチンでは主にFIの挿入ルールを応用している。

OICの効率に関しては、従来の研究で評価が最も高いFIと比較してみたが、表1、表2に見られるように、OICはFIの60%の実行時間でFIとほとんど同じ精度の解を求めることができるという結果が得られた。

6. 結論

本研究では、インスタンスの作成方法をいろいろと変えて計算機実験を行ない、従来の研究で効率の良いアルゴリズムと報告されているFIが、やはり、最も有効であるということ改

表1 実行時間 (sec, IBM 3033)

		n = 100	n = 500	n = 1000
Type I	FI	0.4	9.5	340.5
	OIC	0.3	5.1	158.0
Type II	FI	0.4	9.5	340.1
	OIC	0.3	5.1	192.0
Type III	FI	0.4	9.5	339.9
	OIC	0.3	5.1	195.1
Type IV	FI	0.4	9.5	341.9
	OIC	0.3	5.1	194.8

めて確認した。さらに、計算機実験を通じて得た戦略を用いることにより、FIより実行時間の面で大幅にすぐれているアルゴリズム Out-In Constration を設計することができた。これらのアルゴリズムはインスタンスによって効率が異なることはほとんどなかったが、他のアルゴリズムの中には、CHのようにインスタンスの特性

表2 OICとFIの精度

	n = 100	n = 500	n = 1000
Type I	1.01	1.01	1.01
Type II	0.98	1.01	1.01
Type III	1.00	1.01	1.00
Type IV	1.02	1.01	1.01

注) FIの解を 1.00 として比較

の影響を強く受けるものも存在していた。このことは、アルゴリズムの評価にさいして、本研究と同様な研究が必要であることを示唆している。

参考文献

- [1] Golden B. et al., "Approximate TSP Algorithm", *Oper. Res.*, vol. 28, pp. 694-711.
- [2] Litke J. D., "An Improved Solution to the TSP", *Comm. ACM*, vol. 27, pp. 1227-1236.

新刊

新動向のシミュレーション言語

SLAM IIによるシステム・シミュレーション入門

早稲田大学教授 森戸 晋・構造計画研究所 相沢りえ子/共著 構造計画研究所・刊

SLAM(Simulation Language for Alternative Modeling)は、A.A.B.Pritsker博士を中心に米国Pritsker & Associates社により開発された最新の離散型/連続型共用のシミュレーション言語。現在利用可能なシミュレーション言語のなかでも最も適用範囲が広い言語であり、わが国にも急速に普及しつつある。

本書は、SLAMによるシミュレーション・モデルの構築方法を、例題を中心に分かりやすく解説したものである。初めてコンピュータ・シミュレーションを行う人も、SLAMの有効性が十分に理解できるように書かれている。

<主要目次>

- 1. システム・シミュレーション入門 2. ネットワークによるモデル化 3. 事象処理ロジックと制御文 4. ネットワーク・モデルのシミュレーション例 5. 離散型シミュレーションにおけるFORTRANインターフェイス 6. ファイル構造と事象中心のモデル化 7. 連続型シミュレーションと離散/連続混合型モデル 8. SLAM適用事例 付録
- A5判 352頁 定価3,200円(〒300円)

コンピュータによる確率設計法

高原 康彦・中野 文平・石川 宏・中野 一夫/共訳
●A5判 定価(上下巻セット)8,000円(〒350円)

多目標問題解決の理論と実例

高原 康彦, 高橋 亮一, 中野 一夫/監訳
●A5判上製 687頁 定価9,500円(〒350円)

発売元 ◀ 株式会社 企画センター

〒101 東京都千代田区神田小川町2-1 木村ビル
☎ 03-292-7553代 振替 東京 4-22909