

あいまいな中間目標を有する巡回経路探索

齋藤 恵 金田 重郎

NTT情報通信処理研究所

1D-5

【1】はじめに

ノードとパスから構成されるネットワークにおいて、2点間の最短経路を求める問題は経路探索問題として知られ、始点及び終点は各々1個のみ与えられるのが通常である。これに対して目標地点にあいまい性があり、目標が複数存在する場合は考えられる。

例えば東京を出発し、群馬、新潟、長野を回って東京に戻る計画を考える。ここで各々の県で行きたい観光地は3~4カ所程度あるが、全部回る時間は無いため、各県1カ所を回る最短経路を知りたいとする。この種の問題において、県に相当する中間目標の巡回順序が与えられている場合は、“あいまいな中間目標を有する経路探索アルゴリズム”¹⁾により求解可能である。しかし中間目標の巡回順序が与えられていない場合、中間目標の巡回の順列全てに対して最短経路を求めた上で最短経路を決定しなければならないため、中間目標数の増加とともに探索処理量も大きく増加する。

そこで本稿では、上記の様な中間目標の巡回順序が与えられていない場合でも適用可能な巡回経路探索アルゴリズムを提案し、順列回の探索を行う順列法との探索処理量を比較する。

【2】あいまいな中間目標を有する巡回経路探索アルゴリズム

2.1 基本的な考え方

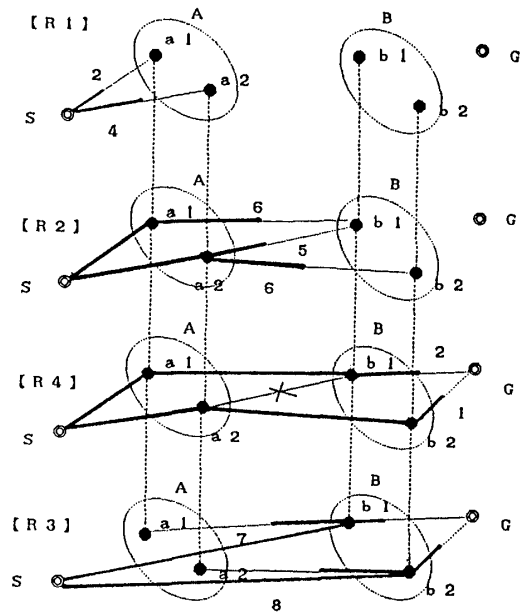
本提案では、まず始点から探索の波を拡げ、探索の波頭が中間目標内ノードに到達する都度、そのノードを中心とした新しい波を発生させる。

探索中は、通過した中間目標の組合せにより区別された数種の探索の波が存在し、始点からの道のりの最小のノードから探索の波を拡げてゆく。

図1は中間目標が2で、その中に含まれる中間目標内ノード数が2個の例である。この場合ルートの種類は、R1“中間目標を通過していないもの”、R2“中間目標Aのみを通過したもの”、R3“中間目標Bのみを通過したもの”、R4“中間目標A、B共に通過したもの”の4種類がある。展開ルートを決する際、R1~R4において最小実コスト(始点からの道のり)の最小なルートを展開ルートとし、そのルートをもつノードを展開ノードとする。各ノードにおいて同じ種類のルートがぶつかった場合、始点からの最小実コストの小さいルートの方を残す。また、展開ノードが中間目標内ノードとなった場合、ルートの種類変更を行う。例えば、R1においてa1が展開ノードとなった場合、R1における始点からa1までのルート情報^{*)}は、R2にお

けるa1のルート情報となる。したがって、R2におけるsからa1、a2への探索は実際には不要である。R4において展開ノードが終点となった時、最短経路が得られる。

*) : 始点からの最短経路、実コスト(始点からの道のり)



S : 始点 G : 終点
図1 探索時のルートの状態

2.2 アルゴリズム

本探索アルゴリズムは一般的には以下の様に規定できる。但し、

- f : 評価値(始点からの最小実コスト)
- s : 始点
- g : 終点
- F : フロントアルート集合
- G_i : 中間目標(但し $i = 1, 2, \dots, n$)
- $R_k(N)$: ノードNにおけるルートの種類
(但し $k = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1$ で、中間目標の組合せパターンに R_k は対応、 R_0 : 中間目標に達していないルート、 R_{2^n-1} : 全ての中間目標に達したルート)とする。

- (step1) $F = \{R_g(s)\}$
- (step2) F の中で最小の評価値 f を持つルートを $\alpha = R_k(N)$ (N : 展開ノード) とし、 α を F から除く。
- (step3) if $\alpha = R_{g-1}(g)$ then goto step5
- (step4) N から出ている各バス毎にルートを展開し、展開先の各ルートを F に加える。ここで展開先のノード N' が中間目標内ノードの場合は、ルートの種類を $R_k(N')$ と変更する。また N' が同種のルート ($R_k(N')$) 又は $R_k(N')$ が存在する場合、評価値の小さい方のルートを残す。
goto step2
- (step5) 探索終了

2.3 探索処理量

”あいまいな中間目標を有する経路探索アルゴリズム”¹⁾を用いて、中間目標の巡回順序回の探索を行う順列法と、本提案のアルゴリズムの処理量をオーダの観点から比較する。

道路網、鉄道網など現実のネットワークでは、バスの個数がノードの個数に比例すると考えてよいので、最短経路問題の計算量は理論的には、ネットワークのノード数を N として、 $O(N)$ である²⁾。

あいまいな中間目標を持つネットワークについて探索処理量を考える。モデルは以下の通りである。

[モデル]

始点、終点、中間目標相互の距離が、等間隔に並ぶノード n 個分の距離に相当する超立方格子を想定し、中間目標数を m 個とする。

(本提案の処理量)

探索時の各波の波頭の個数を表1に示す。

探索処理量は $O(n^2)$ を単位として

$$\sum_{i=1}^m C_i \cdot i + 1 = m \cdot 2^{n-1} + 1 \quad (1)$$

と表せる。

(順列法の処理量)

与えられた中間目標の巡回順序に対する1回の探索処理量は $(m+1)O(n^2)$ である¹⁾。中間目標の回り方は $m!$ 通りあるので、全体の処理量は $(m+1)O(n^2) \times m!$ となる(表2)。

どちらの処理量も中間目標内ノード数の影響は受けない。

[3] 評価

乱数を用いて作成した格子状のランダムマップ上で、順列法、及び本提案の2手法における中間目標数と探索処理量の関係の評価した。

本提案のアルゴリズムにおいては、ルート展開を行う際、中間目標内ノードに到達する度にルートの種類を変更するため、全ての中間目標内ノードに伸びたルートに関しては、その時点で同種のルートの探索を打ち切ることが可能である。

図2に示す評価結果により以下の結論が得られる。

- ・順列法が中間目標数の増加により、探索処理量も大きく増加するのに対し、本提案は探索処理量の増加は少なく、上記(1)式と一致する。
- ・図には示していないが、本提案は中間目標内ノードを1~5個に変化させても、探索処理量の増加は、10%以下である。

・探索処理時間は展開ノード数に比例する。

[4] まとめ

中間目標が複数のノードから構成され、かつ、この中間目標が複数個存在するネットワークにおいて、始点から全ての中間目標を通過して終点に至る、最短巡回経路探索アルゴリズムを提案した。更に、ランダム経路により以下の評価結果を得た。

- ・本手法では、中間目標数の増加1個に対し、探索処理量は2倍の増加にとどまる。
- ・本手法は中間目標数5の場合、従来の順列法の探索処理量の10分の1以下である。

[参考文献]

- 1) 齋藤：あいまいな中間目標を有する経路探索アルゴリズム、日本ソフトウェア科学会第6回大会、A7-3
- 2) 加藤：拡散法による最短経路探索の一手法、昭和57年後期情報全国大会、2M-7

表1 探索時の波頭の数

通過した中間目標数	i
波の個数	$m C_i$
各波の探索処理量	$O(n^2)$
同種の波が同時にでるノード数	i

表2 経路探索処理量とアルゴリズム
(m : 中間目標の群数)

適用手法	処理量オーダ	探索処理量比 ($m=3$)
本提案の手法	$(n \cdot 2^{n-1} + 1) \times O(n^2)$	1 3
順列法	$(m+1)O(n^2) \times m!$	2 4

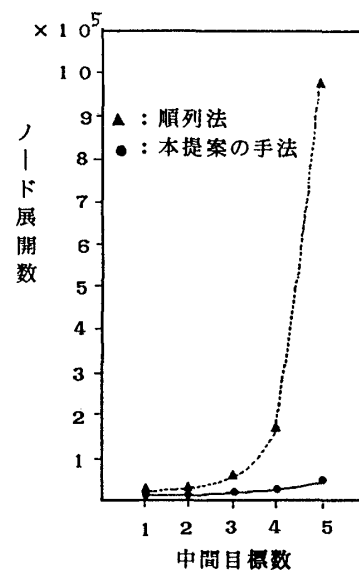


図2 中間目標数と探索処理量の関係