

通信網設備の最適配置問題について

NTT 通信網研究所 * 川田 丈浩 KAWATA Takehiro
 NTT 通信網研究所 加藤 広志 KATO Hiroshi
 01009980 NTT 通信網研究所 井上 正之 INOUE Masayuki

1 はじめに

本報告では、通信網におけるアクセスノード（収容ノード）の配置問題をコスト最小化の観点から定式化する。そのとき、ビジネスユーザより信頼性の観点から要望があるアクセスノードの分散（以下アクセス網の二重化と呼ぶ）を条件として考慮する。本問題を0-1整数計画問題として定式化し、計算例を示す。また、通信網に要求される複数の目標の最適化を図るための目標計画問題への発展について述べる。

2 定式化

現在の通信ノード p_i を候補地として、その中から設備コストが最小となるように K 個のアクセスノードを選ぶ問題を考える。

通信網において、ユーザはアクセス系の最小管理単位である固定配線区画（以下固配と略す）単位でアクセスノードに収容されている。従って、設備コストはノードの配置および各固配 (q_j とする) をどのノードへ収容するかにより決まる。本報告では各固配を通信網上の距離で最も近いノードに収容するものとして、収容エリアに Voronoi 図（アクセス網を二重化する場合にはオーダ2の Voronoi 図）[1]を用いる。

設備コストとしては、ケーブル（光ファイバ）、土木およびノード（交換・伝送装置や建物）のコストが考えられる。このうち、ノードコストはそこへ収容されるユーザ数に依存する。従って q_j 内のユーザ数を n_j とすれば、 p_i におけるノードコスト f_i は、

$$f_i = f \left(\sum_{j=1}^m n_j x_{ij} \right) \quad (1)$$

で表わすことができる（図1）。ここで m は固配数、

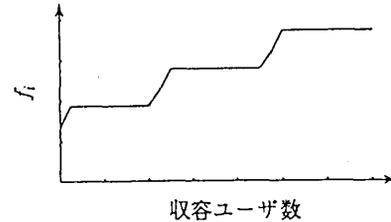


図1: ノードコスト f_i

x_{ij} は q_j を p_i に収容するとき1、それ以外るとき0をとる0-1変数である。一方、ケーブル・土木コストは距離に依存するが、このうちケーブルについてはユーザ数に応じた心数が必要であるのでユーザ数にも依存する。そこで、 k_1, k_2 を定数、 d_{ij} を p_i, q_j 間の距離とすれば、 p_i, q_j 間のケーブル・土木コストはそれぞれ、

$$g_{ij} = k_1 d_{ij} n_j, \quad h_{ij} = k_2 d_{ij}$$

と書ける。ここで改めて、

$$c_{ij} = g_{ij} + h_{ij} \quad (2)$$

とおくと、本問題は(1)(2)を用いて次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} & \text{minimize} && \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} + f_i y_i \right\} \\ & \text{subject to} && \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \text{ or } 2 \\ & && x_{ij} \leq y_i \\ & && \sum_{i=1}^n y_i = K \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 n は候補地数、 y_i は p_i をアクセスノードに選ぶとき1、それ以外るとき0をとる0-1変数である。また(3)の右辺は、アクセス網を二重化しない場合には1、二重化する場合には2となる。

3 解法

本報告では解法として K -median 問題の近似解法の一つである Vertex Substitution 法 [2] を用いた。このアルゴリズムの概略を図2に示す。

4 数値計算

Vertex Substitution 法により得られる解は初期解に依存する局所最適解であるため、厳密解に近づけるためには様々な初期解で計算する必要がある。一様乱数を用いてランダムに初期解を選んだ場合とユーザ数が多い候補地を初期解とした場合の総コスト（年経費）および計算時間を比較した結果、計算時間は平均的に初期解にユーザ数の多い候補地を選ぶほうが早い、総コストは必ずしも小さくなるとは限らないことがわかった（表1）。また、アクセス網を二重化する場合に比べて二重化しない場合の方がノードがエリア全体に均一に配置される傾向にあることがわかった（図3）。

5 目標計画問題への発展

以上の検討では経済性のみを評価指標としているが、実問題ではこれ以外にもサービス性、保全性等の最適化を目指すことが要求される。しかし、これら複数の目標には互いに背反しあうものも存在する。例えば表1において総コストは K が大きい場合のほうが小さいが、維持管理が容易なのは K が小さい場合である。このような要求に応じる計画手法に目標計画法（goal programming）がある [3]。目標計画法は、全ての目標を同時に満足させることができない場合に、目標不達成によるリグレット（残念度）なる指標を導入し、これをなるべく小さくするような妥協解を求める手法である。今回定式化した問題に目標計画法を適用し、解法を検討することが今後の課題である。

6 おわりに

本報告ではアクセス網の二重化を考慮したアクセスノードの配置問題を定式化し、Vertex Substitution 法を適用して解を求めた。さらに、今後の課題として目標計画問題への発展について述べた。

参考文献

- [1] Okabe, Boots, and Sugihara : "Spatial Tesselations : Concepts and Applications of Voronoi Diagrams", John Wiley, 1992.
- [2] Teitz and Bart : "Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph", Opns.Res.16, 955-961, 1968.
- [3] 伏見, 福川, 山口 : "経営の多目標計画", 森北出版, 1987.

表 1: 初期解による比較 ($m=596, n=45$)

	総コスト (百万円)		計算時間 (s)	
	ランダム	ユーザ数	ランダム	ユーザ数
$K=5$	85501.3	85390.1	180.4	169.4
$K=20$	56248.6	56267.5	2425.0	1902.8
$K=40$	49521.1	49521.1	2250.9	1193.6

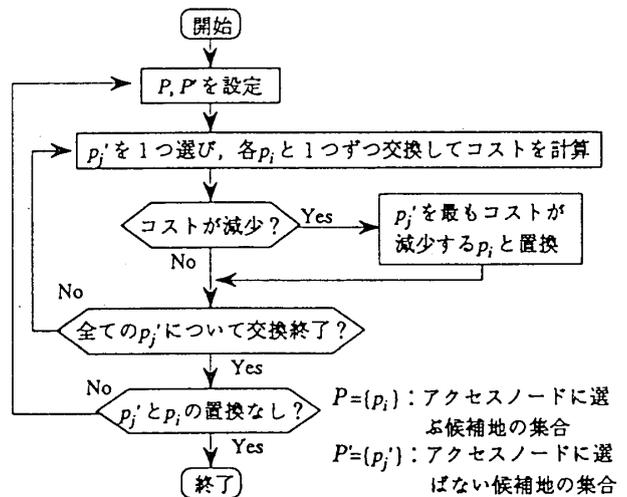


図 2: Vertex Substitution 法のフローチャート

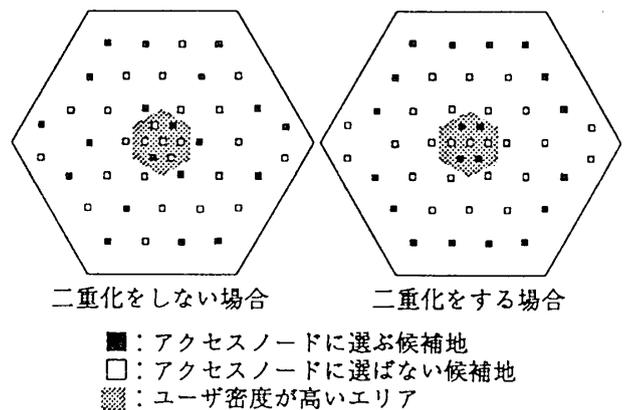


図 3: アクセスノード配置例 ($m=596, n=45, K=20$)