

ノード集中を除去する地図変形表示法

01605520 NTT 通信網研究所 巳波弘佳 MIWA Hiroyoshi
 NTT 通信網研究所 *山田慈朗 YAMADA Jiro
 NTT 通信網研究所 森川克子 MORIKAWA Katsuko
 01009550 NTT 通信網研究所 伊藤大雄 ITO Hiro

1. まえがき

通信網における各種オペレーション業務を効率的に行うためには、ネットワークの構成や状態を、オペレータが即座的に把握する必要があるが、そのためには GUI (Graphical User Interface) が有効である。

大規模な通信網の表示方式としては、マルチウィンドウを用いて通信網の全体構成とその部分拡大領域を分割して表示する階層表示法 ([1], [2]) や、ディスプレイ画面より大きく拡大した地図を画面上でスクロールすることによって、必要な領域を表示するスクロール表示法 [3] などが提案されている。しかし、これらは通信網の一部のみを拡大して異なるウィンドウに表示するために、通信網全体を概観できず、更に離れた2つのノード間のトレースや目的のリンクの選択が煩雑であるのでオペレーションを行う上では不適切である。一方、このような問題に対処できる方式として、通信網の一部を拡大変形し、全体を一つのウィンドウで表示する地図変形法が提案されている。しかし、これらは異なる2つのノード間の相対位置関係を変えてしまうために、元の地図におけるノード間の位置関係から変形後のノードの位置関係が類推できず、ノードやリンクの選択の困難であったり ([6], [7])、オペレータがパラメータを設定する必要があるので試行錯誤しなければ望ましい結果が得られなかったり、変形結果がオペレータの技術や経験に依存してしまうという問題があった ([4] ~ [7])。ここで、「ノード間の相対位置関係を変えない」とは、各ノードに対して北側にあったノードは変換後も北側にある (他の方角も同様) ように移されることである。

本検討では、「地図とノード全体が見やすい」という主観的な要求条件を、「ノード間の相対位置関係を変えず、ノード間をできる限り拡大する」という条件として考え、この要求条件を満たす方法として、線形計画法 (LP) を利用する地図変形法を提案する。

2. 地図変形表示法

まず、本検討で扱う対象は、海岸線や県境などを表す地図と、その上に配置された、交換局などを表すノードからなるものとする (図2 (a) 参照)。

一つの画面上でノード及び地図を全て表示するような、見やすくかつ操作し易い変形方式を考える際、以下の要求条件が考えられる。

1) 表示画面の切替などで作業を中断したり、表示していない情報の記憶をオペレータに強くないために、同一

画面上に必要な全情報 (大規模ネットワーク) が表示されること。

2) ノードの集中を排除し、詳細を識別できること。

3) 変形表示を得る過程で、変形のために必要なパラメータをオペレータが設定する必要がないこと。

4) 処理時間が速いこと。

更に、本提案方法では、「地図とノード全体が見やすいこと」という主観的な要求条件を、「ノード間の相対位置関係を変えず、ノード間をできる限り拡大する」という条件として捉える。提案方法は、この条件を満足するようにノード座標を変換する部分と、それに合わせて高速に地図を変換する部分からなる。

2. 1 ノード座標変換法

ノード間の相対位置関係を保ったまま、ノード間距離の最小値を最大化するように、ノード座標を変換する。ここで、ノード $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ のノード間距離としてはマンハッタン距離 $|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$ を用いる。

このノード座標の変換問題を線形計画問題 (LP) として以下のように定式化する。まず、最初に与えられた n 個のノードの座標を $(a_i, b_i) (i=1 \sim n)$ 、ただし $L_x \leq a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_n \leq U_x$, $L_y \leq b_{p_1} \leq b_{p_2} \leq \dots \leq b_{p_m} \leq U_y$, L_x, U_x, L_y, U_y はそれぞれ x, y 座標の上下限) とする。変形後の座標を表す変数をそれぞれ $(x_i, y_i) (i=1 \sim n)$ とし、2つのノード間距離の最小値を表す変数を d とし、これを最大化すべき目的関数とする。次に、相対位置関係を保つという制約式は、 $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$, $y_{p_1} \leq y_{p_2} \leq \dots \leq y_{p_m}$ と書け、変形後のノード座標値が上下限を越えないという制約式は、 $L_x \leq x_1, x_n \leq U_x$, $L_y \leq y_{p_1}, y_{p_m} \leq U_y$ と書ける。更に、2つのノード間距離が全てのノード間距離の最小値である d 以上という制約式が必要であるが、これは全ての2つのノードの組に対して必要ではない。実際、「変形前のノード配置において、2つのノードを頂点に持ち、 x 軸に平行な線分及び y 軸に平行な線分によって作られる矩形内に他のノードが含まれない」という条件を満足するような、全ての2つのノード間に対してのみノード間距離が最小値 d 以上ということを入れた制約式に入れることによって、制約式の数を最小限に絞ることができる。なぜなら、もし2つのノード p, q から作られるこのような矩形内に他のノード r が含まれているならば、 p, q 間距離は p, r 間距離よりも大きい、ノード座標の変換で相対位置関係を変えないという条件より、変換後の p', q' 間距離は p', r' 間距離よりも大きいので、 p', r' 間距離が d 以上という制約式

があれば、 p, q 間距離に関しては不要だからである。

以上のようにして得られた制約式及び目的関数からなる LP を解けば、変換後のノード座標値が得られる。

2. 2. 2 地図座標変換法

海岸線や県境を表現する地図は、地図座標と呼ばれる点を線分でつなぐことで表されている。ここでは、この地図座標を変換し、変換前に線分で結ばれていた地図座標間を線分で結ぶことで地図を変形する。

まず、地図全体を矩形で囲み、変形前の各々のノードを通り x 軸に平行な直線及び y 軸に平行な直線を引くことによって、地図を囲む矩形をこれらの直線で囲まれたバケットで分割する。なお上から j 行、左から i 列のバケットを B_{ij} と書き、バケット B_{ij} の右下頂点の座標を (g_i, h_j) とし、バケット B_{ij} 内の地図座標 (u, v) を、 $u = tg_{i+1} + (1-t)g_i$ ($0 \leq t \leq 1$)、 $v = sh_{j+1} + (1-s)h_j$ ($0 \leq s \leq 1$) の形で表す。上で行ったノード座標変換によってバケット B_{ij} の右下頂点に対応するノード座標が (g'_i, h'_j) に変換された時、バケット B_{ij} 内の各々の地図座標の変換後の座標 (u', v') を $u' = tg'_{i+1} + (1-t)g'_i$ 、 $v' = sh'_{j+1} + (1-s)h'_j$ とする。同様にしてすべてのバケット内の地図座標を変換する。

3. 適用例

通信網における伝送設備のあるノードを 200 個配置した日本地図 (図 2 (a)) に対して、提案方式を適用した結果を図 2 (b) に示す。本検討では、ノード座標の変換のための線形計画問題を解くために、内点法アルゴリズムを基本とする NUOPT2.0 (株式会社数理システム社製) を用いた。

図 2 (b) の結果から、ノード間距離の最小値が、変形前の地図では 2 であるのに対し、変形後では 25 と、12.5 倍に拡大されることが分かる。この場合、最も時間がかかるノード座標変換は、Sun Sparc Station10 上で 43 秒であり、実用上問題のない時間で変換することができた。

提案方法では、ノードの相対位置関係を変えないので、変形前のノードの位置関係から変形後の位置関係が類推でき、複数のノードを続けてトレースしたり、リンクを検索することが容易であり、更に、ノードの密集が解消されるので、個々のノードの識別が容易であることが、これらの例から分かる。またオペレータは、パラメータの設定をする必要はない。

4. まとめ

本検討では、「見やすい」という主観的な条件を、「ノード間の相対位置関係を変えず、ノード間をできる限り拡大する」という客観的な条件として捉えることにより、ノードの相対位置関係を保ちながらノード間距離の最小値を最大化することによってノード座標を変換し、それに伴って地図を高速に変形する方法を提案した。本提案方法は、上記の条件の下で最適な変形地図であるので、他の様々なヒューリスティックアルゴリズムの性能評価の基準としても使うことができる。

今後は、精度の高い高速ヒューリスティックアルゴリズムの検討や、リンクの重なりも除去する方法の検討を行う。

参考文献

- [1] 河田, 岡崎, 川野, "通信網オペレーションにおける HMI 操作手順の検討", '93 信学会秋季大会 B-604.
- [2] 佐々木, 永井, 鈴木, "統合ネットワーク管理システムのためのヒューマンインターフェース開発指針の構築", 信学技報 IN90-56, pp1-6, 1990.
- [3] J.P.Cunningham, J.P.Rotella, C.L.Asplund, H.Kawano, T.Okazaki, K.Mase, "Screen symbols for network operations and management", IEEE 1992 Network Operations and Management Symposium, Symposium Record, pp.5.1.1-5.1.10, 1992.
- [4] M.Sarkar, M.H.Brown, "Graphical fisheye views of graphs", Proc.ACM SIGCHI '92 Conf.on Human Factors in Computing Systems, pp.83-91, 1992.
- [5] 岡崎, 島田, 川野, "マルチフィッシュアイ・ネットワーク表示法", 信学技報 IN94-116, pp59-66, 1994.
- [6] 藤, 中井, 的場, 高野, "リアルタイムな Bifocal 表示を用いた網構成表示方式", 信学技報 IN93-101, pp.31-36, 1993.
- [7] 枝廣, 中井, "ノード集中を有するネットワーク表示におけるノード再配置手法", '94 信学会春季大会 B-716.

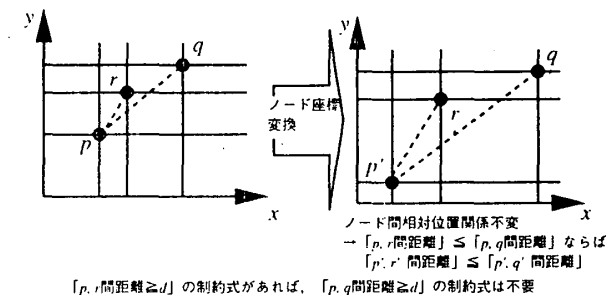


図1 冗長な制約式の排除

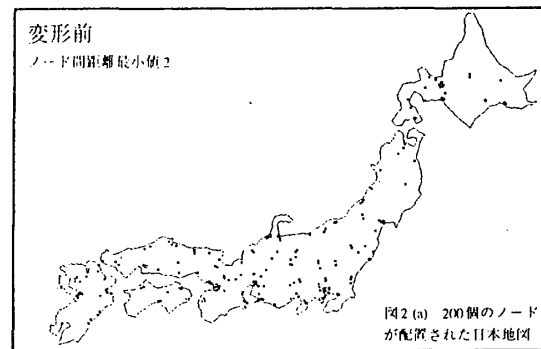


図2 (a) 200個のノードが配置された日本地図

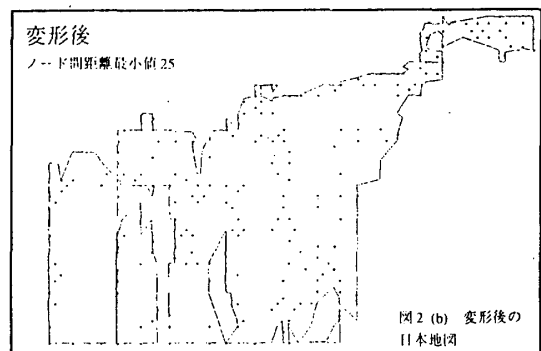


図2 (b) 変形後の日本地図