

連載「誰も書かなかった GIS」第2回

位相構造その1

(株)エヌ・シー・エム 代表取締役社長 柳田聡 (やなぎだ さとし)

1982年東京大学工学部土木工学科卒業。同大学院修士，博士課程を経て1985年より現職。工学博士。専門は画像処理及び地理情報システム。

1 はじめに：よく行われる説明

GISでは、しばしば位相構造(またの名をトポロジーともいう。)が、キーとなる概念として登場します。実は、この位相構造は理解するのがなかなか厄介で、なお且つ本当にGISで必要な概念かという、必ずしもそうではないだろうと思っています。

従って、いきなり最初にこの様に七面倒なタイトルで、お話しを始めるのはどうかとも思ったのですが、何分GISの基礎みたいな概念ですので、ついつい筆が位相構造に来てしまいました。

位相構造というのは一言で要約すると、図形間の関係の記述です。例えば点と線の場合は、どの線とどの点がつながっているか、或いは面と線の場合は、どの線がどの面の境界線になっているか等の関係のことです。一般的にGISでは点データのことをノード、線データのことをアーク、面データのことをポリゴンと呼んでいます(実はこの名称でさえ、システムによって色々呼び方が違うということが、GISにおける混沌を物語っているのですが。従って、このノード、アーク、ポリゴンという名称を必ずしも絶対的な名前とは考えないで下さい。)。図1にノード、アーク、ポリゴンの概念を示します。

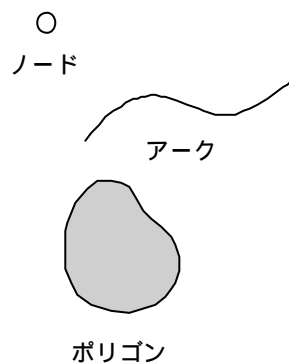


図1 ノード、アーク、ポリゴン

上記より、「ノード、アーク、ポリゴンの間の図形的なつながりの関係を位相構造と呼んでいる。」と定義することが出来ます。

具体的に見てみましょう。図2は、ノードとアークの間の位相構造を示しています。

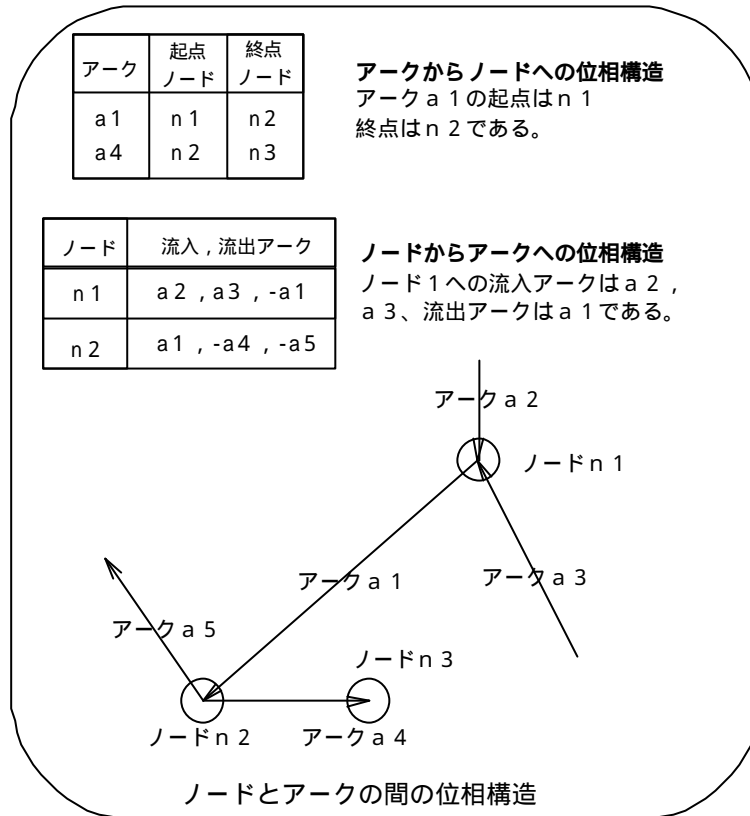


図2 ノードとアークの間の位相構造

この様にアークの両端がどのノードであるか、逆にノードから見て自分と接続しているアークは、どれであるかという位相構造情報が GIS ではしばしば定義され、且つ活用されています。

今度はアークとポリゴンの関係に移ります。図3は、アークとポリゴンの間の関係を説明しています。

ポリゴンの場合極めて特徴的なのは、ポリゴン自身はその境界線の座標を持っておらず、座標定義をアークに委ねているということです。つまりアーク自身が座標を保持し、ポリゴンはそのアークを参照することにより、結果として自分自身の形を作ることが出来る訳です。この為、ポリゴンはアークの集合として定義されています。

もちろんすべての GIS が、この様なまどろっこしい間接的な座標の持ち方をしている訳ではありません。ポリゴンが直接座標を持っているシステムもあります。しかし、一般的には位相構造を持つポリゴンというのは、アークを仲立ちとして座標を保持しています。

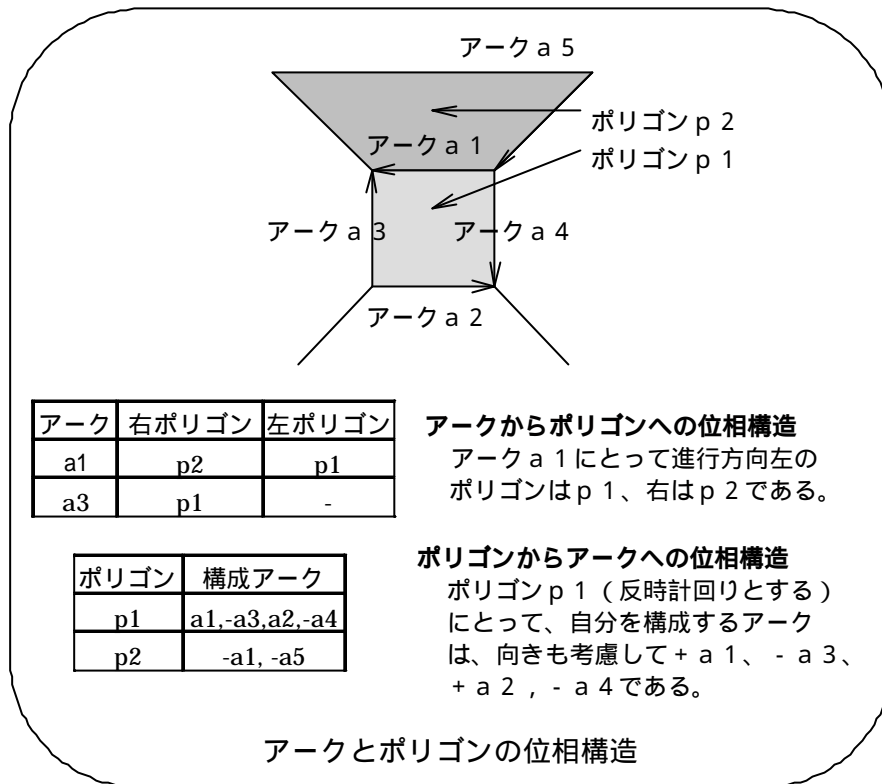


図3 アークとポリゴンの間の位相構造

2 何の役に立つのか：これまたよく行われる説明

本章では、前の章で説明した位相構造が、GIS でなぜ必要なのか、どう活用されるのかについて説明したいと思います。

2-1 データ作成上の利便性

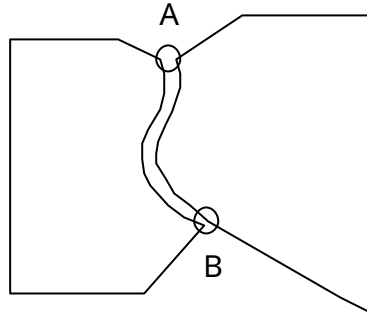
2-1-1 データ作成時の手数の減少

仮にポリゴンに位相構造が無かった場合、何が起きるか考えてみましょう。図4がその際に参考になる筈です。

図4は、2つの互いに隣り合うポリゴンが、A B間で境界線を共有している様子を示しています。但し図4の場合は、誇張してわざと2つのポリゴンの間に隙間を空けていますが、実際には完全に隣接しているので隙間はありません。この場合、もし各々のポリゴンが別々に境界線の座標を持つとすると、入力の際に2度トレース(追跡)を行わなければいけません。

従って、データの重複持ちになり、或いはいわゆる2重デジタル化が発生する訳です。

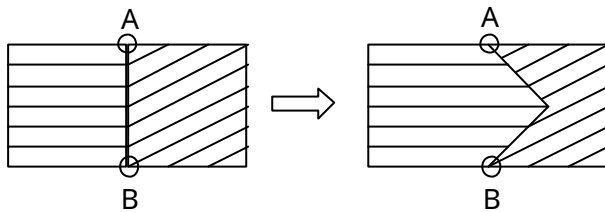
ところが、ポリゴンをアークの集合体として構成するならば、A B間を結ぶ1本のアークを記述すれば、左右両方のポリゴンがそれを共有出来ます。それにより、データ入力の手間も1度で済みますし、且つ左右のポリゴン間で隙間が空く等という矛盾の発生も防げます。



左側のポリゴンと右側のポリゴンの為に別々に2回、A B間をデジタル化したくない。

図4 2重デジタルイズ

更に、仮に2つの隣り合うポリゴン同士の境界線を修正したくない場合、図5の様に共有アークの形状を変更すれば、自動的に同時に左右2つのポリゴンの形状が変更されます。これは特にデータの修正、メンテ作業の際に強力な威力を発揮します。



共有アーク A B の形状修正により、左右2つのポリゴンの形状が自動的に修正される。

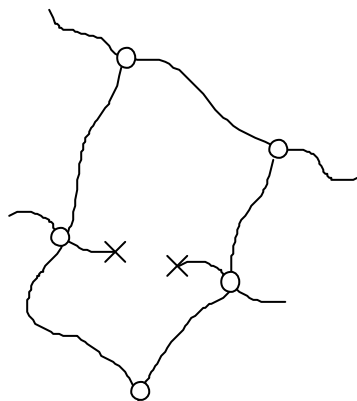
図5 共有アークの形状修正によるポリゴン形状修正

2-1-2 チェックのし易さ

今度は、ノードとアークの関係について考えてみましょう。図6を御覧下さい。

今道路ネットワークデータを作成しているとして、図6の様に、交点ノードと端点ノードの形状を変えて表示すると、ネットワークのつながりがより分かりやすくなります。それに伴って、本来ならばつながっていて欲しい箇所が切断されている事象のチェックも容易になります。

つまり端点ノードの存在が、ネットワークの切断を示唆している訳であり、このことを用いると、ネットワークのチェックがより容易になります。



○ ; 交点ノード
 × ; 端点ノード
 と表示すると、道路ネットワークの切断が見えやすい。

図6 不合理な端点ノード

2-2 質の高いデータの提供

本節で述べたいことは、基本的に前節で述べたことと重なるのでありますが、データが作成しやすいということは、同時に質の高いデータを作成出来ることにつながります。

例えば、ポリゴン同士の共有線をアークという1つのデータで定義出来るならば、ポリゴン同士が不合理に重なったり、逆にポリゴン間に誤った隙間が空いてしまうというのを避けることが出来ます。図7を御覧下さい。

更に位相構造を用いると、ネットワークの接続関係もチェックしやすく、これは結果としてデータの質の向上につながります。

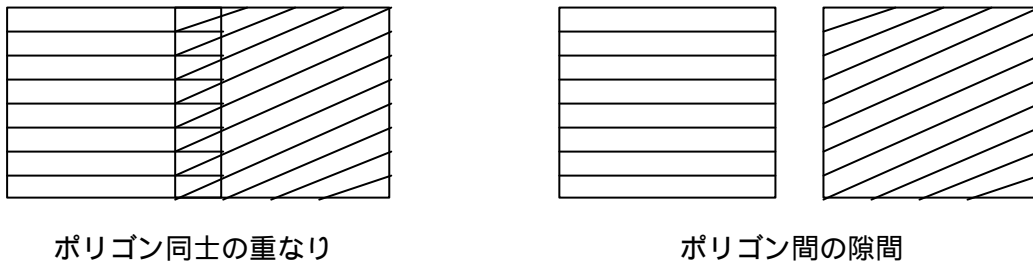


図7 矛盾ポリゴン

2-3 位相構造を用いた解析

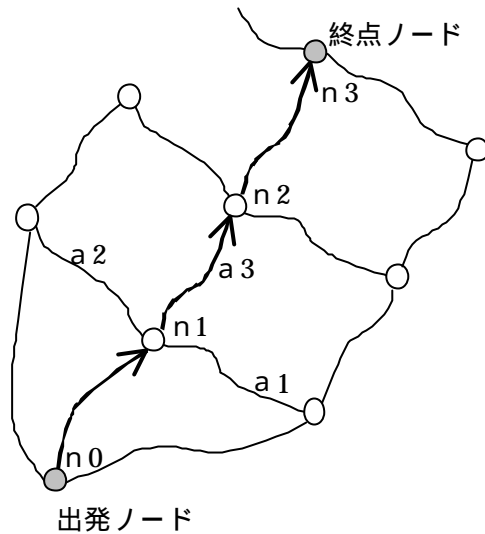
GISにおける空間解析(これまた小難しい用語ですが、早い話、地図の図形データを用いた解析だと御考え頂ければ結構です。)においては、しばしば位相構造を用いたアルゴリズムが見られます。

代表的なのは、ネットワーク解析です。図8にネットワーク解析の内容を示します。

ネットワーク解析では、この様にノードとアークの間の位相構造を用いて、処理が行われます。同様に、アークとポリゴンとの間の位相構造を用いて、ポリゴン同士の隣接関係の解析が行えます。

これにより例えば、あるポリゴンの隣にあるポリゴンの抽出などの処理が、可能になります。

以上の様な解析を行う際には、位相構造が必須です。



各ノードで、どのアークを採用するか判断しつつ、最短経路を探す解析をネットワーク解析と言います。例えばノードn1では、アークa1、a2、a3のうちa3を採用しています。

図8 ネットワーク解析

2-4 データ量の削減

既に、ポリゴンの2重デジタル化の回避の所でも説明しましたが、ポリゴン同士の共有境界線の座標の2重定義を避けることにより、データ量の削減が図れます。

これにより、計算機においてGISデータを処理する場合、ハードディスクやメモリの節約が可能になります。

お話しが佳境に入って来た所で、ページ数が尽きて来たので、ここから先は次回にします。連載の開始に当たり、「一回一回の読み切りにします。」と宣言したにも拘わらず、早速その御約束を破ることになってしまいました。申し訳御座いません。お詫びに、次回の連載内容の概要を以下に紹介します。

3 位相構造の負の部分

位相構造の導入に伴ってポータビリティの低下や、データ作成作業の複雑化などのデメリットが発生します。

4 位相構造はGISの宝物が重荷か

4-1 無くたって困らない

位相構造なんて多くの場合無くたって困りません。

4-2 では無くても良いのか

でも無いと困る場合だってあります。

4 - 3 不毛な議論？

結局、位相構造を持つか持たないかなんて、つまらない議論です。大事なのは色々な位相構造のインプリメント手法間のインターフェイス、共存方法ではないでしょうか。

5 位相構造って一体何だろう

位相構造って一体何でしょう。