

I-655

ライフラインネットワークシステムの重要度評価に関する基礎的研究

(株)建設技術研究所 濱浦 満博
 宮崎大学工学部 原田 隆典
 宮崎大学大学院 大谷 圭介

1. はじめに 大規模で複雑なネットワークにおける各節点や各枝が、与えられたネットワークの中でどのような重要度を有しているかを調べておくことは、例えばライフラインシステムを節点と枝からなるネットワークとしてモデル化する場合には、そのライフラインシステムの中での各要素の重要度をランキングすることであるため、ライフラインシステムの被害を最小限に食い止めるにはどのようにしたらよいか、また、被害後の復旧はどのようにしたらよいか、などの被害の事前対策や事後対策をたてる場合に有用な資料となる。ここでは、ダイクストラ法とボトルネック法の原理を組み合わせた方法により、ネットワークの各節点・各枝の重要度を判定する方法について報告する。

2. 方法の概要 ネットワークにおける全ての節点の組に対する最短経路を考え、強連結ネットワークの中にある一つの経路を取り上げたとき、その経路を通過する最短経路の本数が多いほど、その経路はネットワークのボトルネック(隘路)になっていると考えられる。そして、そのような経路を切断すればネットワークの強連結性が失われ、階層性がよりはっきりと判別できることになる。これがボトルネック法の原理である。このようなボトルネック法の原理を、ある供給基地から各需要家に至るネットワークの経路の中で最短経路となる本数が多い経路ほど、ネットワークの中で重要な経路であると解釈することによって、ネットワークの各要素の重要度を判別することとした。図1に示すような、各枝の距離はすべて等しい1としたネットワークにおいて、節点1(供給基地)から各節点に至る最短経路をダイクストラ法により求め(表1)、その最短経路が各節点・各経路を通過する回数を示すと、表2, 3のような結果が得られた。なお、従来のダイクストラ法のプログラムでは、最短経路が1つかまたは存在しない場合にしか取り扱えないものが多いが、本研究で用いたプログラムは最短経路が複数存在する、図1のようなネットワークに対しても適用できるものとなっている。表2, 3より節点1を供給基地とする場合に、節点2と4または枝1と3が最も重要な要素と判定されており、これは、この枝を切断することによって供給基地と連結されなくなる節点が最も多いこととも一致している。また、節点3と7または枝5と11は最も低い重要度に判定されている。これは、この枝を切断しても供給基地と連結されなくなる節点が最も少ないこととも一致している。この例題で示したように、本研究で定義するネットワークの各要素の重要度とは、その要素を切断することによって供給基地と連結しなくなる要素(節点や枝)の数が多いほど、その要素が重要であるとしている。すなわち、切断によって影響を受ける要素の数が多い順に重要度を定義している。したがって、例えば図1の節点9が病院であるから重要であるという意味での重要度とは異なっていることに注意しておかなければならない。本研究では、最短経路を探索することがその基本にあるため、枝の距離という概念が導入されている。距離とは、枝の持つ長さや流量、交通量または所要時間など、ネットワークの物理的特性に従って定義される特性値である。

3. 大規模ネットワークへの適用 本方法を図2に示すような、2つの供給基地からガスを供給する高・中圧管路網に対して適用して、このようなネットワークの構造と各要素の重要度を考察してみることにした。図2のようなネットワークでは、どの要素がネットワークの中で重要な位置をしめているかの判定は一見ただけでは難しいが、本方法を適用して通過回数の多い管路を示すと、図3のような結果が得られた。節点1と節点2は供給基地であるため、全体的にはこれらに近い節点と管路が重要なものとして位置づけられているが、節点389のように遠くに位置する節点でも、ネットワークの中で重要な節点として見つけられる。また、一点鎖線で示したものは、高圧管路であるが通過回数が50回以下になっていて決して重要とは判定されない場合もある。このような結果の考察は、システムの持つ機能との関係から考察しなければならないが、かなり複雑なネットワークの構造とその構造特性のみから判定される各要素の重要度を分析しておくことは、システムの安全性を確保するためのいろいろな対策を策定する場合の基礎資料になるものと思われる。

表1 9 節点格子状モデル(同距離)の最短経路

目的地	最短経路							
2	1	2						
3	1	2	3					
4	1	4						
5	1	2	5					
	1	4	5					
6	1	2	3	6				
	1	2	5	6				
	1	4	5	6				
7	1	4	7					
	1	2	5	8				
8	1	4	5	8				
	1	4	7	8				
	1	2	5	8				
9	1	2	3	6	9			
	1	2	5	6	9			
	1	4	5	6	9			
	1	2	5	8	9			
	1	4	5	8	9			

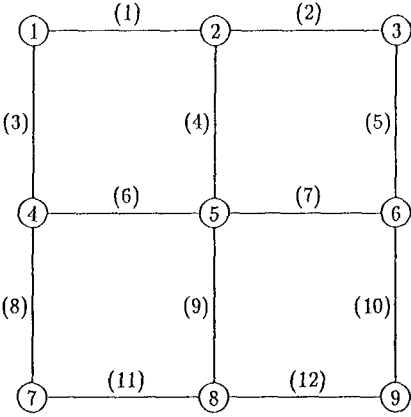


表2 9 節点格子状モデル(同距離)の各節点の通過回数

節点番号	通過回数
1	18
2	9
3	3
4	9
5	10
6	6
7	3
8	6
9	6

図1 9 節点格子状モデル(同距離)

表3 9 節点格子状モデル(同距離)の各枝の通過回数

節点番号	パイプ番号	通過回数
1	2	9
2	3	3
1	4	9
2	5	5
3	6	2
4	5	5
5	6	4
4	7	3
5	8	4
6	9	3
7	8	2
8	9	3

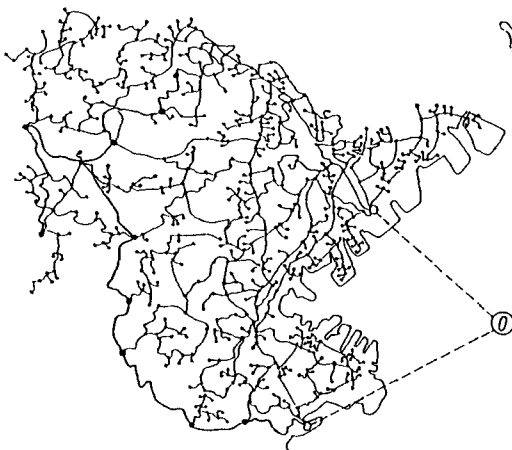
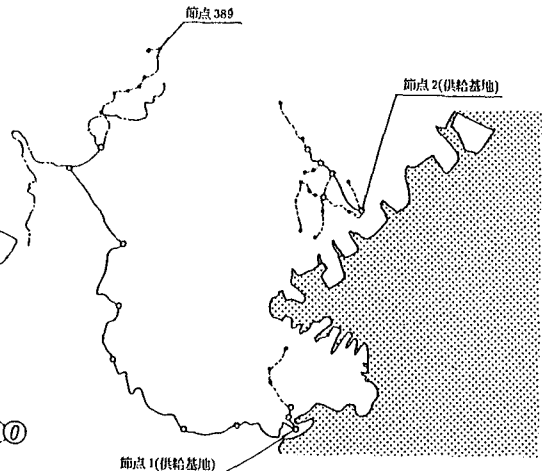


図2 高・中圧管ガスネットワークモデル



- 通過回数が100以上の節点
- 通過回数が50以上100回未満の節点
- 通過回数が100以上の枝
- 通過回数が50以上100回未満の枝
- 高圧管で通過回数が50回未満の枝

図3 ネットワークの重要な節点および枝