

GISを用いた災害時の仮農業用パイプラインの最適路線選定手法 Most suitable location identification of a temporary pipeline at the disaster with GIS

○林太矩馬,小林晃,青山咸康

Takuma HAYASHI, Akira KOBAYASHI and Shigeyasu AOYAMA

1. はじめに

地震や台風などの災害で建物やライフラインと同様に、農業用施設も被害を受ける。送水施設が完全に復旧する前に農業を行うためには、仮設のパイプラインを使用することが考えられる。パイプラインの路線選定では、勾配、上昇高さの制限を満足し、かつ必要水量が確保できるように設計する必要がある。本論では緊急時の仮設パイプラインを対象としてGISを用いた最適な路線選定の手法の開発を行った。また、その際勾配に関しては基準を緩めた。

2. 加重コスト距離

ESRI社 ArcGISを使用する¹⁾。GISの中にある Spatial Analyst というソフトウェアの解析関数の一つである加重コスト距離関数を主に使用する。

加重コスト距離とは、所要時間、交通費といった加重コストを加味した相対的な距離のことである。例えば二つのセル間の加重コスト距離を求める際はまず両者の単位距離あたりの移動コストの平均値を求める。それには二つのセルの加重コストの平均値を算出する。それにセルの中心間距離を掛ける。(図1参照)

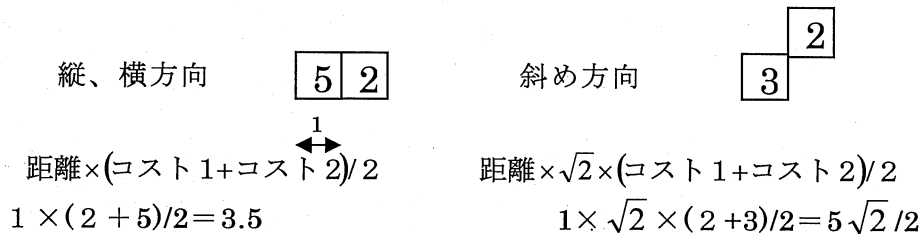


図1 二つのセルの移動コスト

各パスの累積加重コスト距離を比較し、最小の値のパスを選択する。それが最短経路となる。コストとしては標高、傾斜と合成を考え、標高コストはDEMデータの標高をコストに用い、標高が高いほどコストを大きくした。傾斜角コストは傾斜角が急なほどコストを大きくして、傾斜方向コストは始点から終点に向かう路線で上りの場合コストを大きくし、傾斜コストは傾斜角コストと傾斜方向コストの積とした。合成コストは標高コストと傾斜コストの和とした。

3. 路線の評価基準

1) 距離の判定

$$J_D = \frac{\text{直線距離}}{\text{実際の距離}}$$

路線は最短距離が望ましく、始点と終点の直線距離が最短距離である。よって J_D が 1 に近づくほど良い路線と判断する。

2) 動水圧の判定

$$J_p = \frac{\text{管路が動水勾配線より下にあるセルの数}}{\text{路線の全体のセルの数}}$$

管路が動水勾配線を上回ってしまうと、圧力が負の値となりパイプラインの破損の恐れがあるため、管路は動水勾配線より下にあることが望ましい。よって J_p が 1 に近づくほど良い路線と判断する。

3) 作業性の判定 $J_v = \Delta X$ の標準偏差

建設する際や維持管理する際に始点から終点まで直線であることが望ましいと考えられる。よって実際の路線が始点と終点を結んだ直線との鉛直距離を図 2 の ΔX の標準偏差で数値化する。

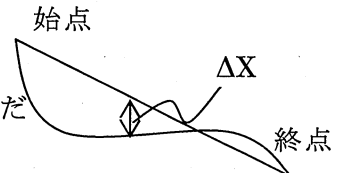


図 2 ΔX の標準偏差

この標準偏差が小さいほど良い路線と判断する。

4. 路線選定の結果

図 3 に示すようなある地域 (5km×5km) の標高データ (2.5m 解像度) を用いる。図中の A を始点、B を終点とした場合の経路を検討する。標高コスト、傾斜コスト、合成コストの 3 パターンで加重コスト関数を適用して、始点から終点への最小コストパスを見つける。なお管路が動水勾配線より 8 m 以上になるところは、除くようにする。本研究では始点と終点に実際の水の供給地点と受益地は対応してあらず、始点と終点は仮定の供給地と受益地である。

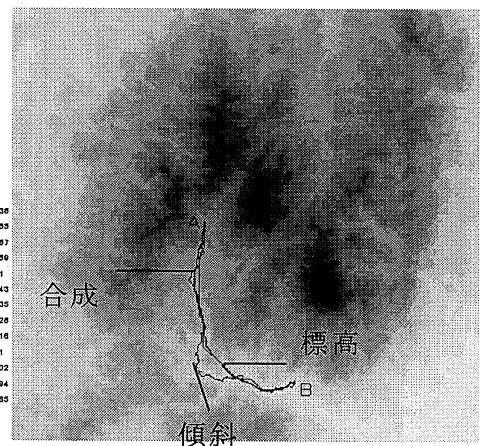
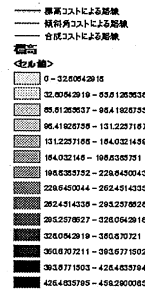


図 3 A B 間の路線選定結果

また必要水量を $0.5\text{m}^3/\text{s}$ と $0.05\text{m}^3/\text{s}$ の 2 ケースを考える。その結果を表 1 に示す。表 1 路線の評価

必要水量 (m^3/s)	距離の評価 (J_D)		動水圧の評価 (J_p)		作業性の評価 (J_v)		管径 (m)	
	0.5	0.05	0.5	0.05	0.5	0.05	0.5	0.05
標高コスト	0.763	0.763	0.8844	0.8883	30.7	30.7	0.331	0.138
傾斜コスト	0.530	0.530	0.9228	0.9269	36.4	36.4	0.356	0.149
合成コスト	0.745	0.745	0.8977	0.9022	30.8	30.8	0.332	0.139

5. おわりに

経済的には、距離が短く管径の小さいものが良好でありその点から見ると標高コストを用いるのが良い。また、管の安全性の点からは傾斜コストを用いるほうが良いがその場合、距離の評価 J_D 最も悪く、また管径も大きくなり、経済的には不利となる。作業性や維持管理の点からは標高コストを用いた場合が最も良い経路を選択した。これらは、図 3 の A B 間も結果であり、始点・終点が変わるとこの傾向は変わる。 J_D 、 J_p 、 J_v を組み合わせて一つの評価方法としてまとめるのが今後の課題である。

参考文献

- 1) ESRI 社 : Arc GIS Spatial Analyst ユーザーズ・ガイド (2001)