

雨水排水ポンプ場における流入予測技法

植木茂*、萩島美住**、鷓飼誠治***、田所秀之****、栗栖宏充*****

*（株）日立製作所 電機システム事業本部 千代田区神田駿河台4-6

** 東京都下水道局 施設管理部 新宿区西新宿2-8-1

***（株）日立製作所 システム事業部 千代田区神田駿河台4-6

****（株）日立製作所 大みか工場 日立市大みか町5-2-1

*****（株）日立製作所 システム開発研究所 川崎市麻生区王禅寺1099

概要

近年、大都市では、舗装率の増加・都市型ゲリラ豪雨等により、雨水流出が集中・多量化し、雨水排水ポンプの運転が年々難しくなっている。

そこで、その難しい雨水排水ポンプの運転を支援するために、雨水排水ポンプ場に流入してくる雨水の流入量を正確に予測し、リアルタイムに雨水排水ポンプの運転ガイダンスを行うシステムを開発した。

今後は、雨水排水ポンプの自動運転へと発展させて行きたいと考えている。

キーワード

雨水排水ポンプ場、流入予測、動的RRLモデル、降雨予測、運転支援、リアルタイム

1. はじめに

近年、大都市では、道路の完全舗装化による雨水の地下浸透の減少、ヒートアイランド現象による都市型ゲリラ豪雨の発生等で、下水道管渠への雨水流入量が増大し、雨水排水ポンプの運転が極めて難しくなっている。

また、熟練運転員の高齢化・人手不足も重なり、雨水排水ポンプの的確な運転を支援するシステムの構築が必要となってきた。

このような背景から、雨水排水ポンプの運転指標となる流入量を予測し、運転支援を行うシステムを開発することとなった。

2. 雨水排水ポンプ運転支援システムの必要性

雨水排水ポンプ場の役割は、下水道管渠に流入した雨水を河川に速やかに排出することである。

大都市では、前所述べた様に、下水道管渠への流入量が年を追って増大し、かつ流入量の時間変化も急激になってきている。一方、雨水排水ポンプは、起動指令を与えてから全速運転するまでに数分の時間を要するため、急激な流入に対しては応答が遅れ、また、雨水の流入を見込んで早めにポンプを起動した場合、タイミングを誤ると水位が低下しすぎてポンプが自動停止し、再起動を掛けても保護ロジックにより10分間程度運転を再開しない。

この様に、ポンプの運転タイミングの判断は非常に難しく、豪雨時の運転指令は、熟練運転員に頼るしかない状況にある。しかも、これらの運転技術の伝承は難しく、かつ熟練運転員が減少している状況から、雨水排水ポンプ

的確な運転のためには、流入量を正確に予測し、雨水排水ポンプの運転ガイダンスを行う運転支援システムが必要不可欠となってきた。

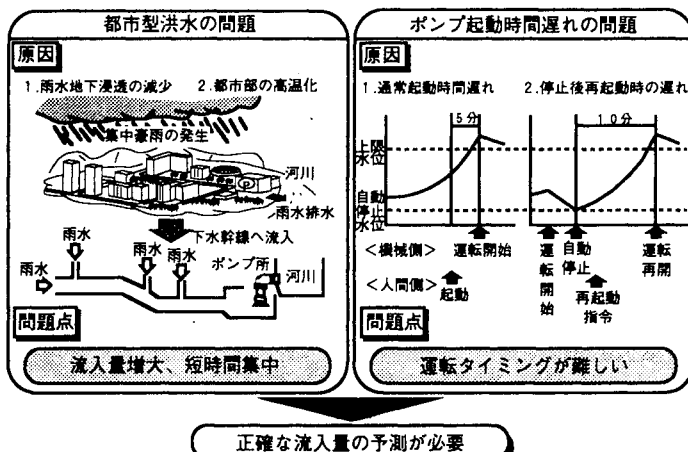


図1 雨水排水ポンプ運転支援システムの必要性

3. 雨水排水ポンプ運転支援システムの構成

雨水排水ポンプ運転支援システムの構成例を図2に示す。

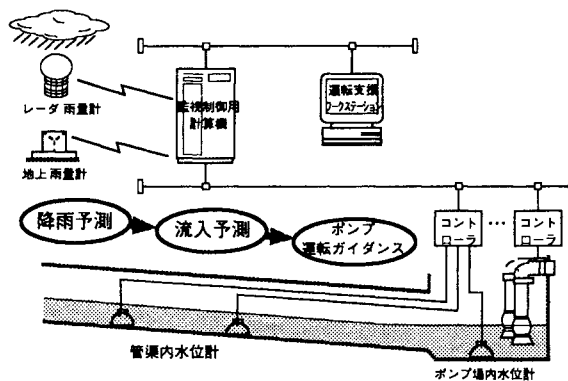


図2 雨水排水ポンプ運転支援システムの構成例

- (1) 監視制御用計算機にて、流入予測に必要なデータ（水位計データ、地上雨量計データ、レーダ雨量計データ等）、及び運転支援に必要なデータ（ポンプの運転状態等）を収集する。
- (2) 運転支援ワークステーションにて、流入水量の予測値、及びポンプ運転のガイダンスを画面表示する。

本システムの特長をまとめると、

- (1) 動的RRLモデルの採用による流入予測精度の向上。
- (2) レーダ雨量計データを用いた降雨予測の適用による長時間先の流入予測精度の向上。
- (3) 予見ファジー推論による的確なポンプ運転ガイダンス。

を実現したことである。

4. 流入予測

流入予測モデルは、その重要性から古くから研究されており、タンクモデル、重回帰モデル、RRLモデルが特に有名である。

これらのモデルは、降雨量を与えることにより、支線から下水道管渠、下水道管渠からポンプ場までの流下時間を考慮し、ポンプ場への流入量を予測するものである。

しかし、下水道管渠内の流下時間は、下水道管渠内の貯留状況により変化するため、流入予測が最も重要である豪雨時等流入量の急増時には、貯留エリアが拡がり、従来の流下時間が固定されているモデルでは、流入量の立ち上がり、及びピークが鈍った形で捉えられる傾向があった。

そこで、ポンプ場の水位データ、及び下水道管渠内水位データから貯留エリアを推定し、流入点、及び流下時間を動的に求める動的RRLモデルを開発した。

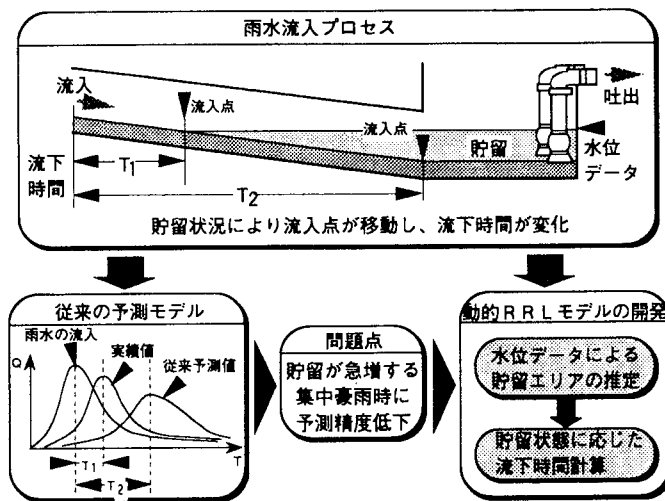


図3 動的RRLモデルの開発

5. 降雨予測

上記の流入予測モデルへの雨量データとして、ポンプ場設置地上雨量計データ1点のみを使用した場合、約5分先の流入予測が可能であるが、より安全で確実な運転支援を行うためには、より長期の流入予測を行う必要がある。

そこで、広範囲で多地点の降雨量を得ることができるレーダ雨量計のデータを用いて、過去から現在までの降雨量の変化から雨域の移動状況を推定して将来時刻の降雨量を予測する降雨予測モデルを開発し、その予測した将来の降雨量を上記の流入予測モデルへの入力データとし、より長期（約15分先）の流入予測を可能とした。

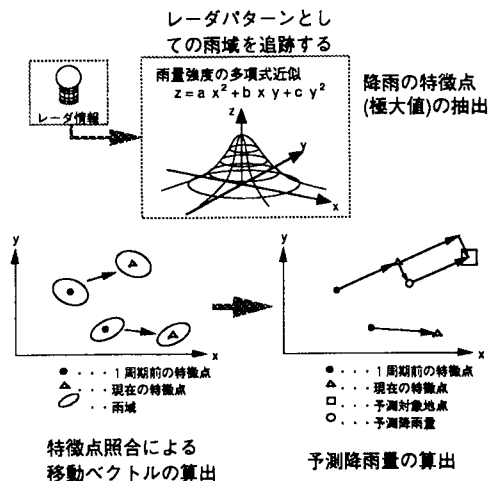


図4 降雨予測モデルの開発

降雨予測モデルの概要を下記に示す。

- (1) レーダ雨量計データから降雨の特徴点（降雨量の極大点）を抽出する。
- (2) 1周期前と現在の特徴点を照合し、移動ベクトルを算出する。
- (3) その移動ベクトルを予測時間分だけ先に伸ばし、その終点が予測対象地点に最も近い移動ベクトルを選出する。
- (4) その移動ベクトルを予測対象地点が終点になる様に平行移動させ、予測対象地点の移動ベクトルを算出する。
- (5) そして、その移動ベクトルの始点の降雨量を予測対象地点の予測降雨量とする。

6. ポンプ運転ガイダンス

本システムでは、上記の流入予測結果に基づき、予見ファジー推論により、雨水排水ポンプの運転ガイダンスを行っている。

ポンプ運転ガイダンスの画面例を図5に示す。

- (1) 15分先までの予測流入量のトレンド表示。
- (2) 予見ファジー推論により決定したポンプ運転ガイダンス表示。
- (3) 現状のポンプ運転を継続した場合と、ポンプ運転ガイダンスに基づき運転した場合の5分先までの予測流入渠水位表示。

を同一画面に表示することにより、運転員に分かり易い表示としている。

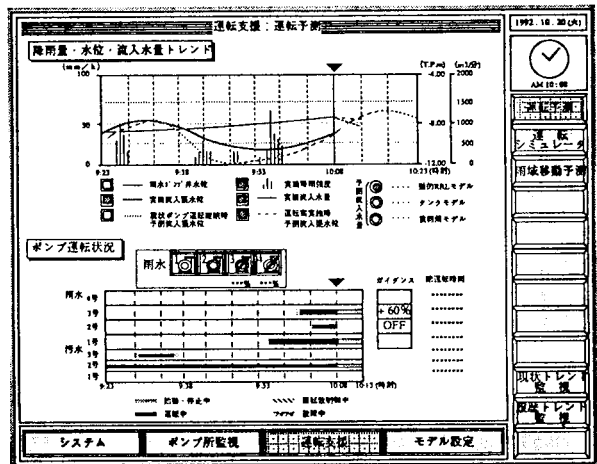


図5 ポンプ運転ガイダンス画面例

7. まとめ

- (1) 今回開発した流入予測モデル（動的RRLモデル）により、急激な豪雨に対しても、正確で、しかもリアルタイムに流入予測、及びポンプ運転ガイダンスを行うことができた。
- (2) レーダ雨量計を用いた降雨予測の導入により、より長期の流入予測が可能となり、より安全で確実なポンプ運転支援が可能となった。
- (3) 予測流入量、予測流入渠水位、ポンプ運転ガイダンスを1つの画面に表示することにより、運転員に対し、より分かり易い雨水排水ポンプ運転支援システムを提供することができた。
- (4) 今後の課題は、動的RRLモデル、降雨予測モデルのチューニングにより、より精度の高い雨水排水ポンプ運転支援システムを構築し、さらには、ポンプの自動運転に役立てることである。