

# 知識処理ベースポンプ運転支援システム

信友義弘<sup>\*</sup>、笠井武郎<sup>\*</sup>、西谷卓史<sup>\*\*</sup>、早稲田邦夫<sup>\*\*\*</sup>

\* (株)日立製作所 大みか工場 日上市大みか町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

\*\*\* (株)日立製作所 機電事業本部 東京都千代田区神田駿河台4-6

## 概 要

雨水排水ポンプ場は、雨水を速やかに排除し、排水区域の浸水を未然に防ぐ都市機能の重要な施設である。近年、市街化による不透透域増加と都市型降雨により、ポンプ場では降雨時に急激な雨水の流入がある。流入雨水を迅速に排水するポンプ運転は、従来よりPIDによる自動制御や数式モデルによる流入量予測に基づく自動運転が試みられたが、水位の急変に対する追従性、数式モデルの限界等があり、実用化に至っていない。このため、熟練運転員の手動運転が従来制御や予測運転に質的に勝っていることに着目し、熟練運転員の運転ノウハウをベースとした知識工学応用ポンプ運転支援システムのプロトタイプを開発した。

本システムは、知識処理部、流入量演算部、プラントシミュレータ部およびマンマシン処理部等より構成される。知識処理部は、運転ルールに従い、ポンプの運転台数と操作タイミングを決定し、流入量演算部は、ポンプ吐出量とポンプ井水位の変動から求める実績値と、降雨量とタンクモデルから求める予測値の2通りを算出する。また、プラントシミュレータ部は、実績流入量と予測流入量によるシミュレーションが可能でルールの開発・検証を支援する。さらに、マンマシン処理部において、ポンプ運転を模擬することにより、運転訓練シミュレータの機能を備えている。本システムは、シミュレーションおよびマンマシン機能に重点を置き開発した。

## キーワード

雨水排水ポンプ場 知識処理 運転ルール 流入量予測 運転ガイダンス シミュレータ 運転訓練

### 1. 雨水ポンプ運転の課題と背景

ポンプ場の使命は、雨水を速やかに排除し、排水区域の浸水を未然に防ぐことにあり、雨天時には迅速かつ確実な運転が要求される。近年、市街化による雨水流出の集中化が起き、大雨時や集中豪雨時にはこの使命を遂行することが困難となっている。雨水排水運転は、水位を安全かつポンプ運転にとって効率良い範囲に保つ必要があり、水位によるポンプ自動制御が多く導入されてきた。しかし、急激な雨水流入量の増加に対し、ポンプ運転が水位上昇に追従しないケースが増えており、現状は運転員の手動操作に頼っている。

特に、大雨時・集中豪雨時には、熟練運転員の技術に頼らざるを得ない状況にあり、熟練者の技術を伝承し、運転員を育成する必要がある。しかし、その運転技術を見える形で蓄積することが困難で、かつ、雨水ポンプ運転は、年間を通じて回数が少なく時間も短いいため、運転員の育成は難しい問題となっている。また、

豪雨時のポンプ運転は、切迫した環境で行われており、運転員は極度の緊張を強いられている。従って、運転員の負荷軽減が要望され、運転支援システムの導入が期待されている。以上、雨水ポンプ運転の課題と背景を表1に示す。

表1 雨水ポンプ運転の課題と背景

| 現状         | 課題                | 背景・理由                                                           |
|------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 自動制御困難     | 1 水位変化へのポンプ運転追従困難 | ・流入量変化が急激<br>・ポンプ場の貯水容量制限<br>・ポンプ始動・停止に時間が必要<br>・水位変化のみでは判断が遅れる |
|            | 2 流入量予測困難         | ・降雨パターンの予測困難<br>・降雨-流出メカニズムが複雑                                  |
|            | 3 経年的に運転方法の変更が必要  | ・都市環境の変化による降雨-流出パターンの経年変化                                       |
| 熟練運転員の手動操作 | 4 運転技術の習熟困難       | ・運転回数少なく、運転時間も短い                                                |
|            | 5 運転技術の伝承困難       | ・運転ノウハウの蓄積困難                                                    |
|            | 6 極度の緊張を強いられる運転環境 | ・浸水防止の重大な責務<br>・運転失敗が重大な災害を招く                                   |

2. 知識処理適用の効果と狙い

上記雨水ポンプ運転の課題に対し、運転員の知的判断を支援する運転支援システムを構築する上で、知識処理を適用する効果と狙いを以下に示す。

(1) 熟練運転員のノウハウにもとづく知的運転の実現

誰もが豊富な経験と高度な技術を有する熟練運転員と同様な運転を可能にする。さらに、熟練運転員と言えども、緊急事態に遭遇した場合、誤りを犯す危険性があり、誤判断を未然に防ぐための情報提供ができる。また、運転ルールはIF...THEN...形式で記述しており、運転ガイダンス出力時に、IFの条件部を整理し提示することにより、判断理由が容易にわかり安心して運転できる。

(2) 運転ルールの利用

日本語調で記述した運転ルールを共有化して、運転技術の伝承を図ると共に、経験の運転ルールへの反映が容易で、運転技術のブラッシュアップを可能にする。

(3) 全員参画システムへの展開

運転員の経験と思考形式に近い形でルール表現し、理解性が良く、ルールおよびパラメータの修正も容易で、運転員自らの変更も可能にする。

3. ポンプ運転支援システムの構成

図1に、ポンプ運転支援システムの構成を示す。エンジニアリングワークステーションとプロセス入出力装置で構成したコンパクトシステムであり、知識処理部、流入量演算部、プラントシミュレータ部およびマンマシン処理部・データ処理部より構成される。

(1) 知識処理部には、知識処理ツールのEUREKA-II (Electronics Understanding and Reasoning by Knowledge Activation-II) を用いている。

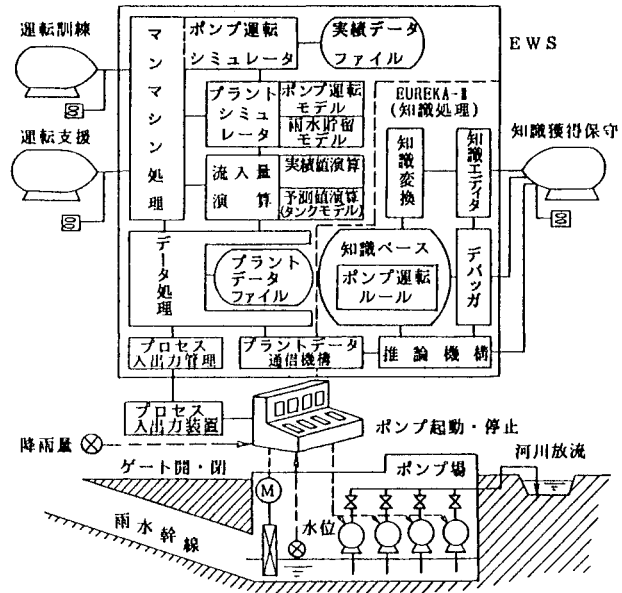


図1 ポンプ運転支援システムの構成

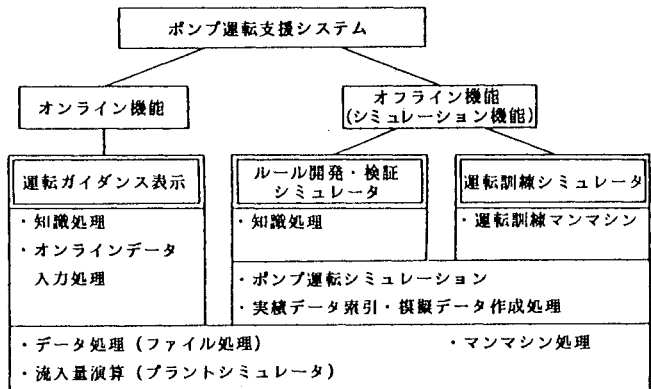
EUREKAは、高速処理を特長とするオンラインリアルタイム用ツールで、知識エディタ、デバッグにより知識変更・保守が容易である。知識処理部は、降雨量とポンプ#水位をもとに、運転ルールに従い、ポンプの運転台数と操作タイミングを決定し、マンマシン処理によりガイダンスとして情報提供し、運転を支援する。

(2)プラントシミュレータ部は、ポンプ運転モデルと雨水貯留モデルより成る。ポンプ運転モデルは、Q-Hカーブ、始動特性を考慮してポンプ吐出量を求め、雨水貯留モデルでは、沈砂池・ポンプ井および流入渠の水位より雨水貯留量を求める。

(3)流入量演算部は、実績流入量と予測流入量を演算する。実績流入量は、ポンプ運転モデルより求めたポンプ吐出量と、雨水貯留モデルと水位変動より求めた雨水貯留量の変化分により演算する。一方、推定流入量は、降雨量よりタンクモデルを用いて求める。

(4)マンマシン処理部は、ポンプの運転ガイダンスや状況判断に必要な水位・降雨量・運転トレンドなどの情報をCRT表示すると共に、マウスを用いた簡単な操作により、ポンプ運転を模擬することを可能として、運転訓練シミュレータの機能を備えている。

(5)データ処理部は、プロセス入出力装置より水位・降雨量・ポンプ運転の情報を入力し、プラントデータファイルを作成し、必要情報を知識処理部に渡す働きをする。



#### 4. シミュレーション機能

図2にソフトウェアの機能体系を示す。

降雨時に、運転ガイダンス表示を行なうオンライン機能に対し、オフライン機能として、ルール開発・検証用と運転訓練用のシミュレーションが可能となっている。

##### (1)ルール開発・検証シミュレータ

模擬データにより知識処理を実行させ、ルールの確からしさを検証・評価し、ルールの改善に用いる。オンラインデータの代わりに模擬データを入力し、知識処理結果に従ってポンプ運転をシミュレーションし、プラントシミュレータによりポンプ井水位の変化を求める。なお、マンマシン処理・データ処理・流入量演算は、オンライン機能と同一処理であり、また、シミュレーション用データとして、実績データの利用も可能である。

図2 ソフトウェアの機能体系

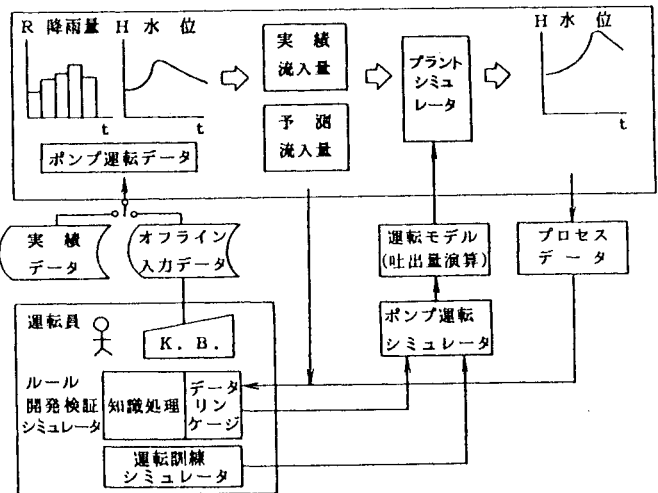


図3 シミュレーション機能フロー図

## (2) 運転訓練シミュレータ

運転員が過去の運転実績を評価・検証したり、豪雨時の運転経験が少ない運転員の訓練用とすることができる。また、熟練運転員より運転ルールを抽出する手段としても利用できる。本機関は、ルール開発・検証シミュレータの知識処理の代りに、マウスを用いたマンマシン処理より模擬運転を行ない、同様の処理で実現している。

以上、図3にシミュレーション機能フロー図として示す。

## 5. マンマシン機能

運転支援システムは、運転員に対するアシスタントとして位置付けられ、必要な情報を全てマンマシンに集約し提供する。運転員の必要とする降雨量・水位・ポンプ運転の各情報を、プロセス状況・操作目的に応じて整理し提供することにより、運転員の正確かつ迅速な判断を支援する。

写真1は、運転支援画面例である。マルチウィンドウにより、運転ガイドダンスおよびその支援情報を同時表示するCRT画面構成とした。ポンプ運転ガイドダンスは、運転/停止すべき号機とその時刻を表示し、さらに、この結論を得た理由(適用したルール)を説明するメッセージを表示する。

プラントのグラフィック監視画面では、各阻水扉の開度、水位、ポンプ運転状況等多量の情報を提示して、瞬時に状況判断できる画面を狙っている。また、画面選択、知識処理の実行、および、運転訓練における模擬操作は、全て、マウスのみで可能とした。

## 6. 今後の課題

本システムは、知識処理部を取りまくシミュレーションおよびマンマシン機能の充実を図った。今後の技術課題として、次の項目が挙げられる。

### (1) 知識(運転ノウハウ)獲得とルール化手法の確立

知識処理システム構築において、知識獲得が最も困難であり、また、知識の良否がシステムを決定する。人間の持つ定性的知識を抽出し、ルール化する手法の確立が必要である。水位・降雨量・ポンプ運転の時系列データを用いて状態識別し、その特徴を抽出し、過去の運転実績より知識を抽出する手法の検討も、課題の1つである。

### (2) オペレータ参画の対話マンマシン構築

親しめるわかりやすい画面で、運転員の思考形式に整合した運転支援情報の提供も、さらに検討する必要がある。臨場感あふれるマンマシンにより、運転訓練シミュレータもより一層の効果が期待できる。これら課題・方式の確立は、熟練運転員・専門家の協力を得て、実用化に向け検討していく考えである。

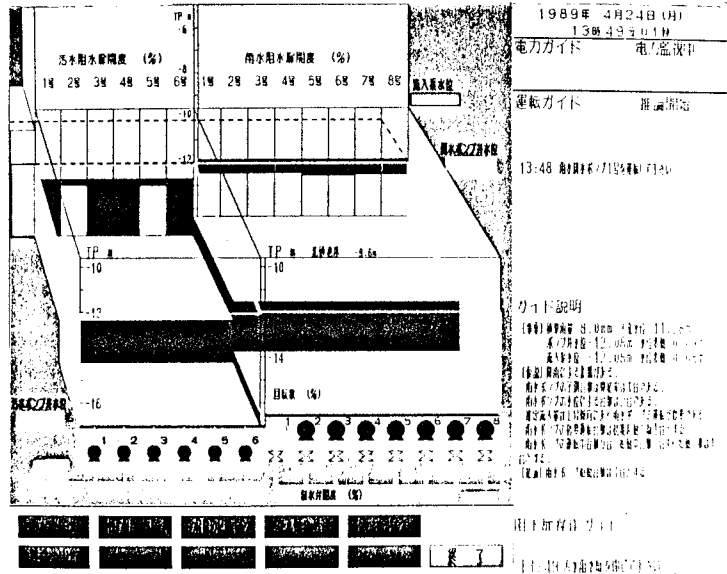


写真1 運転支援画面例