

水運用制御パッケージの高度化

窪田真和、黒谷憲一、秋山浩秀、守本正範、佐藤真哉

富士電機株式会社
東京都日野市富士町1番地

概要.

水道システムにおいて、コンピュータを使った水運用制御システムが研究され、実際に適用が図られてきた。需要予測とこれをもとにした、配水池・送水ポンプ等の送水系の計画・運転がその主たる対象である。しかし、実際に適用するには、さまざまな調整が必要であったり、適用できる場合が限られているなどの問題があった。我々は、過去の多くの適用経験をもとに、運転上の様々な要求にこたえうる水運用制御、ならびに評価ツール等の適用支援に必要な機能を標準パッケージとして開発した。これにより、多くの対象に容易に適用することが可能となった。

キーワード

需要予測 カルマン・フィルタ 配水池運用 動的計画法

1 はじめに

水運用制御は、取水から配水池への送水までの系統で水量を経済的、効率的に配分することを目的とする。ある浄水場から配水池にどれだけの水量を送水するか、またその時間的な計画、制御の問題がある。ここで、水運用の基本となるのは需要量の予測である。配水区ごとに1日の需要量を予測し、それをもとに浄水場、取水場の水量分担を決定する。さらに1日の予測需要量から時間単位の予測需要量に展開し、配水池への送水量を平滑化したり、ポンプの運転台数の変更回数を最小化する送水計画をたてることができる。ここでは、カルマン・フィルタを使った需要予測支援システムと動的計画法を使った改良型配水池運用パッケージについて報告する。

2 需要予測システム

2.1 需要予測

日量の予測はカルマンフィルターによる適応型の自己回帰移動平均式を使う。次に、時間単位の予測を行うため、天候、曜日などの組み合わせで類似日を区分けし、各々の平均の時間パターンを求めておく。日量の予測値にその日の該当する時間パターンをあてはめることによって時間量を予測する。時間パターンは実績パターンに応じて適宜、修正を行う。

2. 2 需要予測支援システム

予測結果を評価し、よりよい予測システムを構築するための支援システムとして、次のようなグラフィック表示を行う。

- ①需要パターンの図
- ②日量予測シミュレーション結果の実績日需要量と予測日需要量のトレンドグラフ
- ③日量予測シミュレーション結果の実績日需要量と予測日需要量のトレンドグラフ
- ④日量予測シミュレーションの実績日需要量と予測日需要量の相関図
- ⑤予測要因(曜日、天候、最高気温)と実績日需要量の散布図
- ⑥誤差の度数分布
- ⑦予測要因(曜日)と誤差率

ここでは、シミュレーション結果の例として、

②日量予測シミュレーション結果の実績日需要量と予測日需要量のトレンドグラフ、④日量予測シミュレーションの実績日需要量と予測日需要量の相関図、⑥誤差の度数分布を図1から3に示す。

図1から、需要量が季節的に変動していること、予測値が実績値に追隨していることがわかる。図2からは、実績値と予測値の相関関係がわかり、実績値と予測値のばらつき具合が視覚的にわかる。図3からは、予測値の誤差の度数分布が示され、ある誤差範囲に入っている日数が見て取れる。これにより、予測結果全体から求めた誤差率だけでは分からない誤差の分布の具合がわかる。つまり、同じ平均誤差率であっても、全ての日がある誤差範囲に納まっている方が望ましく、例えば数日であっても誤差が極端に大きい日がある場合

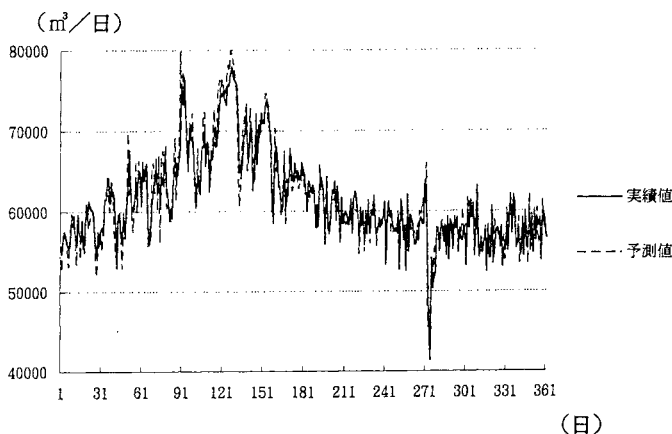


図1 実績値と予測値のトレンドグラフ

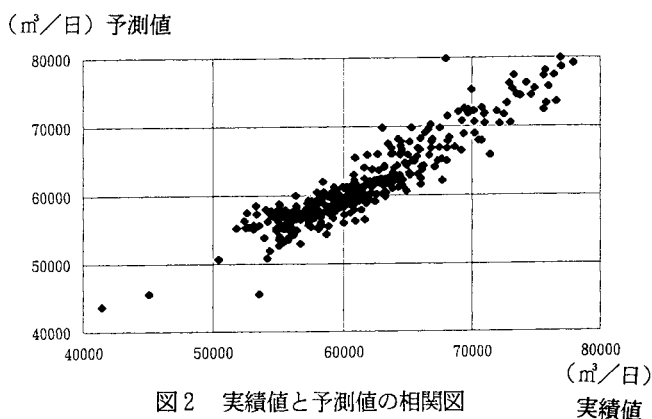
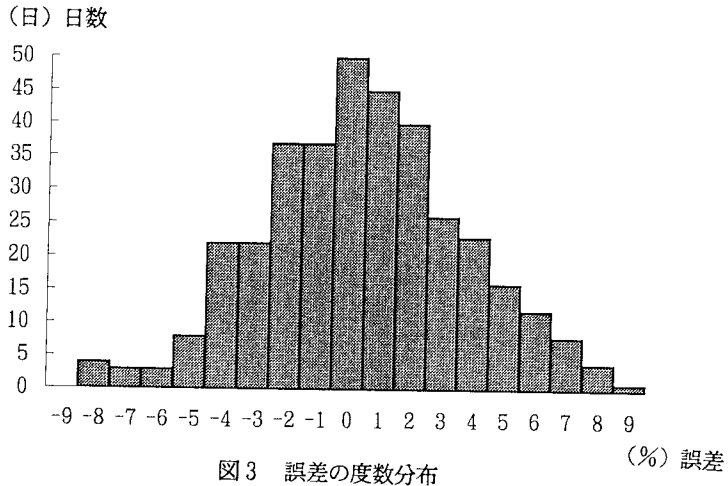


図2 実績値と予測値の相関図

は、その原因を調査する必要がある。このようなことがグラフに表示することで、容易に理解できる。さらに、予測要因である曜日と誤差率の分布がわかると、誤差の大きな曜日がわかり、その曜日に対する係数を修正する必要のあることがわかる。



3 配水池運用システム

図3 誤差の度数分布

3.1 配水池運用

配水池からの配水量の時間変動が予測されると、配水池への送水量を平滑化したり、送水ポンプの台数変更の回数を最小化する送水計画をたてることができる。個々の配水池を対象にそれぞれを最適化する手法と、複数の池を含む送水システムを対象に最適化する手法を組み合わせることで全市の送水流量の時間計画を決定する。浄水場の浄水池容量が活用できる場合は配水池と同様にして浄水量、取水量の時間計画を決定する。これらの計画は毎日1回定時に自動的に起動されるが、必要に応じ、毎正時に修正計画を起動する。

3.2 改良型配水池運用パッケージ

配水池運用は配水池の水位が上下限を越えないといった制約のうえで前述した配水池への送水量を平滑化する、あるいは送水ポンプの台数変更の回数を最小化する送水量を動的計画法で求める。しかし、これらの制約条件によっては解が存在しない場合があった。そこで、今回絶対に越えてはならない上下限水位を警報水位とし、越えても良いができるだけ越えないことが望ましい条件として運用上での上下限水位を時間毎に設定可能とした。これにより、警報水位は越えずに、運用上の上下限値は少々越えても解が求まるようにした。

最適化の条件としては、上に述べた送水量の平滑化、ポンプ台数変更の回数の最小化に、電力費用の最小化を加えた。これにより電力費の高い昼間の電力使用量を抑え、電力費の安い夜間電力を有効に利用できる送水計画がたてられる。

1日に1回計画を行うため24時間先までの計画がたてられれば十分であったが、48時間先までの計画をたてられるようにした。一方、計画時より数時間経過した時点で実際の需要量が予測需要量と異なった場合には、当初の計画で送水を行うと配水池水位が上下限を逸脱してしまう可能性がある。これを避けるために、現時点からの送水計画で水位の変動を計算し、上下限を逸脱するかどうかを確認する機能を開発した。この機能を水位検定と呼ぶ。水位が今後、数時間のうちに上下限を逸脱することがわかれば、今後の送水計画をたて直す必要がある。この機能を修正計画と呼ぶ。これらの機能を加えることにより、様々な条件を設定する必要が生じ、使用方法が複雑になったため、ある程度機能を限定し簡便に使えるインターフェイスも付加した。

図4から6に当初の計画と、計画後需要量が変動したために、修正計画をたてたときの様子について示す。

図4は需要量の変動を、図5は配水池への計画送水量を、図6は配水池水位を示す。

図4のように送水計画をたてた後、約4時間実績需要量が少なかったものとする。ここで、水位検定を行った結果、水位が上限を越える時間帯が生じるため修正計画を行った。修正計画時以降の予測需要量は、最初の予測需要量と同じである。実績需要量が計画時よりも少なかったため水位が計画時よりも早く上限に到達するために、修正計画流入量は計画流入量よりも早く停止していることがわかる。この後も修正計画流入量は当初の計画流入量よりも1時間早く流入の開始・停止を行う計画となっている。この時の水位変動は上限値の6mを越えることなく制限内に納まっていることがわかる。

4. まとめ

ここでは、需要予測と配水池運用の例について示した。これまでは、計算結果を数値、あるいはトレンドグラフで表示する程度で、結果の評価、解析にはある程度の経験やこつが必要とされていた。しかし、結果の表示方法を工夫することにより、ユーザーに使いやすく、理解しやすいシステムとなる。今後は水運用パッケージとしての機能の充実と共に、計算結果の表示方法をさらに工夫し、ユーザーの利用しやすいシステムとしたい。

参考文献

- (1) 風間、黒谷他：ブロック給水方式による送配水制御(1983)、第34回全国水道研究発表会講演集 pp264-266
- (2) 乾：枚方市中宮浄水場における送水ポンプの自動制御(1993)、第44回全国水道研究発表会講演集 pp695-697
- (3) 平林、吉川他：計算機による送水制御の試行(1992)、第43回全国水道研究発表会講演集 pp584-586
- (4) 黒谷：水道の水運用制御(1995)、計測と制御、第34巻、第3号 pp203-212

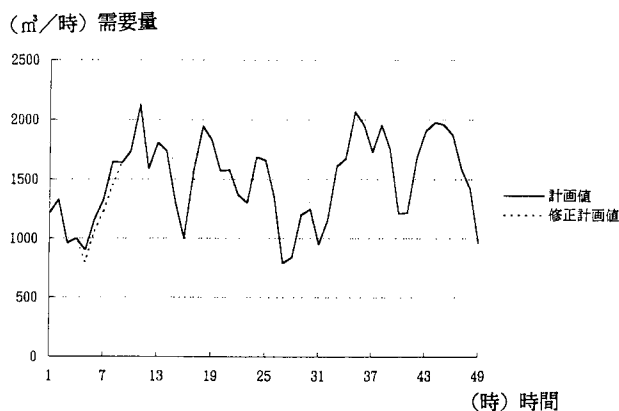


図4 予測と実績需要量

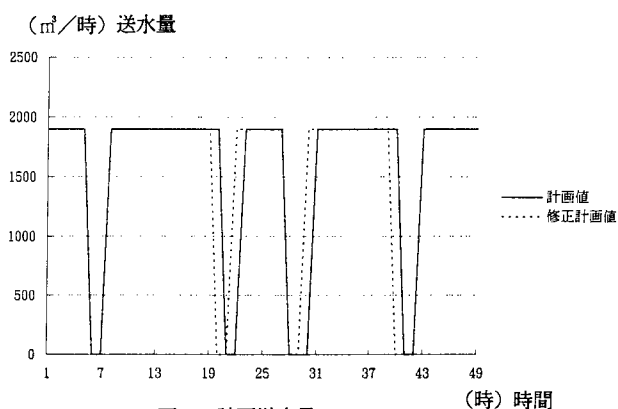


図5 計画送水量

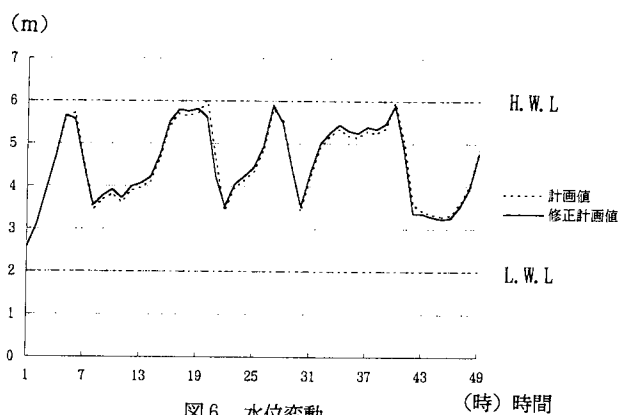


図6 水位変動