

【学位論文審査の要旨】

日本の水道事業は、老朽化した施設を限られた人員で維持しながら、安心安全な水道水を途切れることなく供給し続けている。今後、広域連携の進展により、1人の運転員が監視・操作する施設の数が増えることも想定される。安定した水供給を持続させるためには、情報技術やデータ活用を通じた運転支援の開発が一層重要となる。

導送配水システムの運用管理としては、導水から配水までシステム全体で輸送・貯水・供給する水量を過不足なく管理する安定的かつ効率的な水運用や、配水施設における水需要変動に応じて配水圧力を制御する配水調整に加え、漏水事故や水質異常の発生を監視も挙げられる。安定的かつ効率的な水運用においては、時間変動調整機能を担い、複数水源間での水の相互融通の結節点となる配水池について、水需要予測の結果をふまえた運用計画の立案が重要となる。既往研究はポンプ消費電力量の低減などの運用の効率化に注力しているものの、その前段として需要変動に対するロバスト性などを実現する運用の自動化も重要なステップである。また、断水や濁水の発生、道路冠水などにつながる漏水事故発生の監視においては、漏水量の規模や増加速度の点で多様なパターンを有する事象を、配水流量などの計測データの分析により早期に判定することが求められる。

そこで本研究では、安定的かつ効率的な水運用について、需要変動に対するロバスト性確保に向けて配水池の水位変動に着目する。熟練運転員による運転実績を水位変動が適正にコントロールされた手本と見なして日常的な目標範囲を抽出した上で、目標範囲からの水位逸脱を一定程度許容しつつも抑制し、他の運用条件とバランスを取る配水池運用モデルを提案した。また、運用計画に影響を与える配水池運用モデルのパラメータについて、熟練運転員の運転実績データを再現するようにパラメータを決定する手法を提案した。一方、漏水事故発生の監視については、漏水流量が急速に増加する事故と、緩やかに増加する事故の両方を確実かつ速やかに判定するため、異なる予測ラグの配水流量予測モデルを複数併用する流量監視手法を提案した。

本研究で得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) 運転実績データの配水池水位変動を分析し、配水池の時間変動調整容量、流入出量の調整可否などの特性や運用方法がヒストグラムと分位値に与える影響を論じた。配水池水位変動の目標範囲として、運転実績データの分位値に基づく設定が有効であることを示した。

(2) 配水池水位変動の適正化として、運転実績データに基づいて定めた目標範囲からの水位逸脱に対してペナルティを課し、用水系配水量の平準化とバランスを取る配水池運用モデルを提案した。配水池の水位変動や、水位変動と水量平準化のバランスの点で、既往研究の手法に比べて提案手法の立案した運用計画は運転実績データをよく再現することを確認した。

(3) 構築した配水池運用モデルのパラメータに焦点を当て、両目標のバランスが実運用に適する運用計画を立案するように、熟練運転員による運転実績データの再現を基準とし

てパラメータを決定する手法を提案した。簡便なパラメータ選定では配水池水位の適正化と用水系配水量の平準化のいずれかの目標に偏った運用計画となる一方、提案手法で定めたパラメータではバランスの取れた運用計画を立案できることを明らかにした。また、提案手法で定めたパラメータによって、半年間以上の長期間にわたり運転実績データに近い運用計画を立案できることが確かめられた。

(4) 予測ラグの異なる複数の配水流量予測モデルを併用し、配水流量の計測値を複数の予測値と並行して比較することで漏水事故発生に伴う配水流量の増加を早期に判定する手法を提案した。配水流量の予測モデルや、事故発生疑いの判定しきい値は、運転実績データから学習することで、対象区域の特徴をふまえた監視を実現する。漏水流量を漏水規模・増加時間・中間日時をパラメータとする S 字状カーブと仮定して配水流量の実績値に加算した模擬データを生成し、提案手法を適用して有効性を評価した。提案手法は、漏水事故発生の判定見落としを低減するとともに、平均配水量と比べて相対的に規模の小さい漏水や、緩やかに増加する漏水などの発生を従来手法よりも早期に判定できることが示唆された。

以上要するに、本論文は、水道導送配水システムの運用管理において、運転実績データを活用することで、安定的かつ効率的な水運用と、漏水事故発生の監視について運用管理を高度化する方法を提案したものであり、水道工学分野における貢献は大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があると認める。