

Title	ネットワークフロー解析に基づく社会ライフラインの高度運用および設計に関する研究
Author(s)	福本, 恭
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49271
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	福本 恭
博士の専攻分野の名称	博士（情報科学）
学位記番号	第 21592 号
学位授与年月日	平成 19 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科マルチメディア工学専攻
学位論文名	ネットワークフロー解析に基づく社会ライフラインの高度運用および設計に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 薦田 憲久 (副査) 教授 西尾章治郎 教授 下條 真司 教授 藤原 融 教授 岸野 文郎

論文内容の要旨

社会ライフラインは、電気・ガス・水道等の生活に不可欠な基幹エネルギーに関する公共公益の設備や供給システム、および最近では電話やインターネット等の通信設備および鉄道等の物流システムなども含めて都市機能を維持し現代人が日常生活を送る上で必須の諸設備・システムのことを言う。社会ライフラインは、広く利用者に社会基盤的なサービスを提供することから、諸設備同士や利用者設備を結ぶネットワークを有している。このような社会ライフラインは、運用に際しては常に安定性と安全性が重視され、かつサービスの利用者には遍く公平なサービスの提供が義務付けられる。加えて、社会ライフラインは独立した事業体により運営されることから、事業にかかるコストの削減も事業者課せられた責務である。以上の社会ライフラインの事業者の使命を遂行するための施策として近年では、諸設備およびそれらを結ぶネットワークの管理・運用・設計等を情報の高度利用により支援するために情報システムへの投資が盛んである。特にネットワーク内の流れの解析にもとづく社会ライフラインの高度運用や設計は、社会ライフラインの大規模性から、事業の適正化・改善・効率化の点において大きな効果を得ることが可能である。

本研究は上記の観点から実施するものであり、具体的適用先として水道システムと通信システムを扱う。水道システムにおいては、(1)末端利用者の需要を推定する方法を提案する。これにより配水管網全体の圧力と流量の解析手法の精度向上を実現し、末端圧力および配水流量の適正化を支援する。(2)配水管網内での水の滞留時間を解析的に計算する方法を提案し、トリハロメタンなどの滞留時間に依存して水道管の中で生成される物質の生成予測を支援する。これらにより、水道システムにおける水の安定かつ公平な供給に貢献する。また、通システムにおいては、(3)GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) ネットワークにおける光パスの最適設計方法を、ラグランジュ緩和法を利用して実現し、出力解の定量的評価を行う。これにより、事業者リソースの有効活用へ貢献する。

本論文は全 5 章から構成される。

第 1 章の序論では、社会ライフラインにおけるネットワーク流解析による高度運用および設計の有用性と重要性、水道システムと通信システムの適用先における課題、関連する従来研究について述べ、本論文の目的と位置付けを明らかにする。

第 2 章では、水道の配水管網において圧力や流量センサの計測値からネットワーク内の需要点の需要を推定する方

法を提案し、配水管網全体の圧力と流量の解析手法（管網解析）の精度向上を実現する。従来の管網解析による結果はしばしば計測結果と大きく異なるが、その傾向から需要の時間変動が関与していると推測できる。本研究では、計測値と解析値との二乗和を最小化する需要点需要量に関する最小化問題とすることで解決する。

第3章では、配水管網における水の滞留時間を解析的に計算する方法を提案する。水は配水管網内を数時間から数十時間かけて流下し、また配水管網内の管路の流量・流速は時々刻々と変化する。このため単位時間ごとに水が流下する時間と量を逐一計算し、水の流下する経路ごとに到達時間と量を実用上で許容時間内に算出するアルゴリズムを作成する。

第4章では、GMPLS ネットワークにおける光パスの最適パス設計方法を提案する。GMPLS ネットワークでは予め全てのルーティング経路を設定しておく必要があり、多品種流の最小費用流問題となる。この問題は NP 困難な組合せ問題となるためメタヒューリスティックな手法により近似解を求めることが多い。このとき最適解からどの程度乖離しているのかを評価することがネットワーク運用者の参考情報として付加価値を生むと考え、問題の下解値を評価できるラグランジュ緩和法による求解を行う。

第5章では、本研究で得られた成果を要約した後、今後の課題について述べる。

論文審査の結果の要旨

都市機能を維持し現代人が日常生活を送る上で必須のサービスを提供する社会ライフラインでは、安定性と安全性の確保、公平なサービスの実現、効率性の向上が強く求められている。このため、大規模なサービス提供のためのネットワークを有する社会ライフラインに対して、ネットワーク内の流れの解析に基づき高度な運用、設計を支援することに対するニーズは大きい。本論文は、これらの課題とニーズを踏まえ、特に水道システムと通信システムを対象とし、それらのネットワーク流の解析を行うことにより社会ライフラインの高度運用および設計を実現する方法に関する研究成果を纏めたものである。その主要な成果を要約すると次の通りである。

(1) 水道システムにおける配水管網において、従来の管網解析手法による計算結果と計測値との差異を低減するという課題に対して、水道利用者の水需要の変動が差異の原因と考え、圧力や流量センサの計測値からネットワーク内の需要点の需要を推定するネットワークの最適化問題を定式化し、その解法の提案、実現を行うことで、その有効性を確認している。

(2) 水道システムにおけるトリハロメタン生成予測のための配水管網における水の滞留時間計算において、時間変動する流量を考慮することと、許容可能な時間内で求解するという課題に対して、経路ごとの節点への到達時間と到達流量をソースから順に単位時間内で作成・更新を行い、かつ到達流量がわずかとなる枝葉フローを排除する方法を提案している。

(3) 通信システムでの GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) ネットワークを対象として、NP 困難な組合せ問題となるためメタヒューリスティックな手法により近似解を求めることが多い最適パス設計問題において、最適解からどの程度乖離しているのかを評価することがネットワーク運用者の参考情報として付加価値を生むと考え、問題の下解値を評価できるラグランジュ緩和法を用いた求解方法を提案している。

以上のように、本論文はネットワークフロー解析に基づいた社会ライフラインの高度運用および設計において成果を挙げた先駆的研究として、情報科学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。