



Title	ビル空調システム故障診断のための確率的定性推論の高度化に関する研究
Author(s)	王, 平
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42334">https://hdl.handle.net/11094/42334</a>
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。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	王 平
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 7 1 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 12 年 9 月 27 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科情報システム工学専攻
学 位 論 文 名	ビル空調システム故障診断のための確率的定性推論の高度化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 薦 田 憲 久  (副査) 教 授 村 上 孝 三    教 授 白 川   功    教 授 藤 岡   弘 教 授 西 尾 章 治 郎    教 授 赤 澤   堅 造    教 授 下 條   真 司

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、実際に運用されているビル空調システムの故障診断を対象として、これまでに開発されている確率的定性推論手法のさらなる高度化についての研究成果をまとめたものであり、以下の 6 章から構成されている。

第 1 章の序論では、従来の確率的定性推論によるビル空調システム故障診断方式において実用上の問題点があることを述べ、本論文の基本方針を論じることにより、本論文の目的と位置付けを明確にしている。

第 2 章では、ビル空調システムの正常状態及び想定される状態を定性モデルで表し、各故障モデルと実際に観測されるデータとの整合度を評価することで故障を特定する、確率的定性推論による故障診断手法を説明している。この手法を実用化する際において、(1)故障のモデルへの反映方法、(2)適切な定性値の簡単な定義方法、(3)推論処理速度の向上、の 3 点が大きな課題になることを示している。

第 3 章では、故障モデル作成の代わりに、観測されるデータをセンサ不具合に応じて変形することで不具合を検出する手法を提案している。各センサ不具合について、故障の状況に合致するように観測値データを変形し、確率的定性推論において最も高い測定値一致度を見つけることでセンサ不具合を検知する手法を用いている。この方法を空調システム用熱源システムに適用した結果、全ての不具合が検出できることを確認している。

第 4 章では、ファジイ集合の考え方を取り入れた柔軟な定性値定義方法を提案している。従来の境界標に基づく定義範囲をオーバーラップさせ、ファジイ集合で定性値を表現している。また、定性値が二重定義される領域においては、メンバーシップ関数で表す帰属度を重みづけしている。この定義により、境界標に微小な変化が発生した場合に対して、定義手法のロバスト性が高まったことを確認し、従来の手法で診断できなかった故障についても良好に検出できることを確認している。

第 5 章では、連続測定データに対する高速定性推論方式を提案している。測定時刻の最初から最後まで連続的に定性推論を行い重複部分を省くとともに、多くの部分において状態が安定に推移するという特徴を利用して推論処理の一部を省略する方法を提案している。提案した高速定性推論手法を実際の低温送風システムに適用した結果、測定時刻の最初から最後まで連続的に行うことができ、推論時間も約 30 分の 1 に短縮できることを確認している。

第 6 章では、結論として本研究で得られた成果を要約し、今後に残された課題について述べ、本論文の総括としている。

## 論文審査の結果の要旨

ビル空調設備に対する故障診断は、システムの複雑さ、限定される観測データなどから、対象設備を厳密にモデル化して実行することは不可能である。そのため、定性モデルを利用した確率的定性推論による手法を用いることで実用レベルでの診断を可能としている。しかし、この手法を実際に稼動している空調設備に適用し、満足のいく診断結果を得るためには、実際のシステムに適合する推論手法が必要となる。本論文では、推論手法を拡張し高度化することで、現実在即するような手法を実現している。具体的には、故障モデルを作成しない不具合検知の枠組、定性的な表現をより柔軟に取り扱う定性値定義方法、高速な推論処理を課題として設定している。その主要な研究成果を要約すると次の通りである。

- (1) 推論に使用する故障定性モデルを作成する代わりに、推論中の測定値データを変更することで故障診断を実現することを可能としている。モデル内の要素の不具合という形ではとらえられないため故障モデルが簡単に作成できないセンサ不具合を、同じ定性推論の枠組みで診断可能としている。
- (2) 定性推論における定性値定義は対象システムの構造及び得られた測定値データをもとに利用者が大雑把に決定したものであり、その値そのものには厳密性があまりない。また、境界標付近での微小な変化が定性値の変化となって現れ、測定値と定性モデルが示す対象システムの推定挙動との整合性が低下するという問題点がある。ファジィ集合の概念を利用した新たな定性値定義手法を導入することで、定性値定義に柔軟性を持たせ、容易でロバストな定性値定義を実現している。
- (3) 提案している連続的定性推論手法は効率的であるため、監視センタにおいてオンラインで収集した多数のビル空調システムの観測値データを即時的に処理し異常をリアルタイムに検知するリアルタイム故障診断手法をパソコン環境上で構築することを実現している。

以上のように、本論文は、定性推論技術を用いた故障診断手法を、現実のシステムにより適合するように拡張し、実用的なビル空調システム故障診断手法の確立において成果を挙げた先駆的研究として、情報システム工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として、価値あるものと認める。