

オンラインデータのコード化による プロセスの状態判定に関する研究

富士真史*、津村和志*

* 京都大学工学部環境地球工学教室
京都市左京区吉田本町

概要

今日、下水処理場を始めとする環境システムでは情報化が進み、運転管理のためにさまざまな種類のデータの収集・蓄積が進められてきた。プロセスの状態を表す指標の中にも手分析からセンサー・計算機によるオンライン計測へと移行したものが少なくない。

こうしたオンラインデータの収集・蓄積は小数の運転員で大量のデータを監視することを可能にしたが、一方でプロセスの状態監視のために人間がすべてを見ることのできないほどのデータ量を生じ、かえって運転・管理の妨げとなることもある。

本研究ではオンラインデータを記号化し、その記号列によって状態を記述する方法を取ることで、コンピュータ上に抽象的なプロセスの状態表現を可能にするデータ解析システムを構築する。また、複数のセンサ情報の融合により、より多くの情報を引き出す「センサフュージョン」の概念の適用を試みている。

キーワード

環境システム、記号化処理、運転支援、パターンマッチング

1 はじめに

下水道・廃棄物処理などの環境システムにおいては過去から処理の安定化と高度化が求められてきた。これに対する回答としてシステム計測系の充実が進み、大量の連続計測データが利用可能になった。しかし反面運転員にコンソールやチャート監視の負担が増すことになり、結局重要度の高いデータのみを監視の目が集中して有用なデータが数多くデッドストック化される可能性がある。これは一般に計測系の導入が有利とされる小規模下水処理場などにおいてより深刻になると考えられる。

そこで本研究では連続計測データのより高度な利用を計算機で支援するシステムの構築を目指している。このシステムではデータのトレンドを抽象化する手段として記号化処理を行ない、得られた記号列を解析することでシステムの状態を把握することができる。また抽象化された状態表現が可能になることで新たな知識も容易に組み込むことのできるシステム作りも期待できる。

2 記号化処理

2.1 記号化処理の目的と原理

センサなどから得られるオンラインデータは一般に数値の列である。しかし人間がオンラインデータから情報を引き出そうとする場合にはそのデータを「高過ぎないか」「急激な変化を見せていないか」「変化は増大しているか減少しているか」などの観点から抽象化した上で判断に用いることが多い。従って現象

の説明を求められたりした場合、具体的な数値を挙げて説明するよりもまず「急激に増加した後に一定値に固定する」などといった抽象化された形で表される。

記号化処理は生のオンラインデータを上記の様に一段抽象化することを目的とする。つまりプロセスの状態を抽象的に表現する第一歩となる処理である。

現在実装している記号化の種類としては以下の基本的な記号化がある。

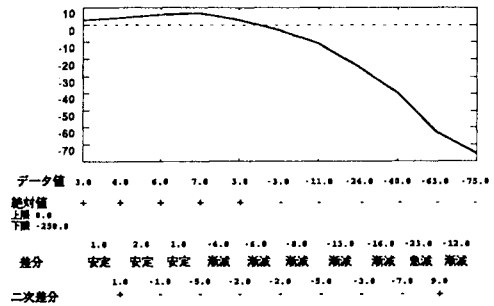


図 1: 記号化の例

- (1) 絶対値 — 下限以下、上限以上、下限と上限の間
- (2) 差分 — 急増、漸増、安定、漸減、急減
- (3) 二次差分 — 変化が増加しているか、減少しているか、一様に変化しているか

記号化の例を図 1 に示す。

2.2 記号列による状態表現

記号化処理によって得られた記号の列はそのままではある観点から生データを抽象化したに過ぎない。この記号列をさらにパターンマッチング処理を加えることによりデータの変化パターンを抽出する。

図 2 は活性汚泥法で間欠曝気が行なわれている曝気槽において典型的に現れる酸化還元電位 (ORP) のトレンドグラフである。このデータに見られる特徴を差分値に着目してまとめると以下ようになる。

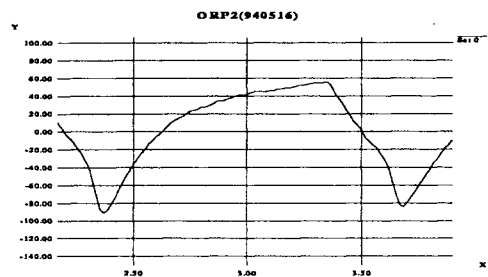


図 2: ORP データのトレンド例

1. 曝気開始により ORP は急増する
2. 硝化が進行し、ORP は漸増状態から安定状態に移行する
3. 曝気が停止され、脱窒が始まって ORP は漸減状態に移行する
4. 脱窒が終了し、o-リン酸の放出が始まると ORP は急減する
5. 脱リンの進行にしたがって再び漸減状態に移行する

つまり ORP の変化から見た通常時の状態は「急増」→「漸増」→「安定」→「漸減」→「急減」→「漸減」で表せる。このパターンを状態遷移図にまとめたのが図 3 である。図中のアルファベットの意味は表 1 に示した通りで、筋におけるループは 0 回以上の繰り返を表す。

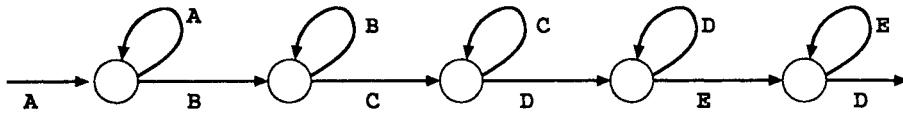


図 3: 通常時の ORP 差分記号の動き

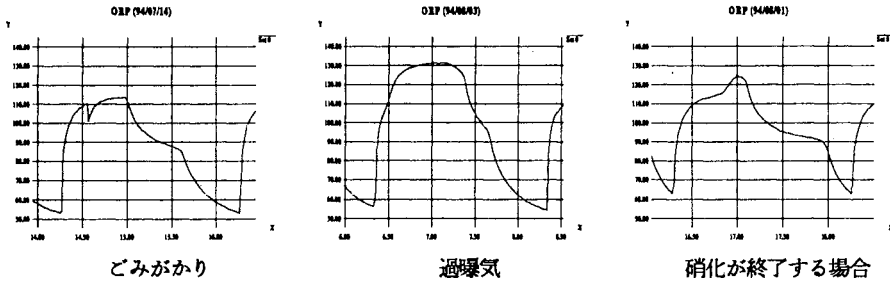


図 4: ORP データで見られるその他の変化パターン

ORP データには上述の通常パターンの他、図 4 に示すようなパターンがしばしば見られる。これらについても同様に ORP の差分記号列で表し、状態遷移図にしたものを図 3 に加えると図 5 が得られる。

このように、新しい現象を判別する必要が生じた場合でも状態遷移に新しいパターンを加えることで容易に拡張することができる。また、逆に既知の遷移パターンに当てはまらないデータを見つけることで新しい知見を得るのに役立つことも可能である。

表 1: 記号の意味

記号	意味
A	急増
B	漸増
C	安定
D	漸減
E	急減

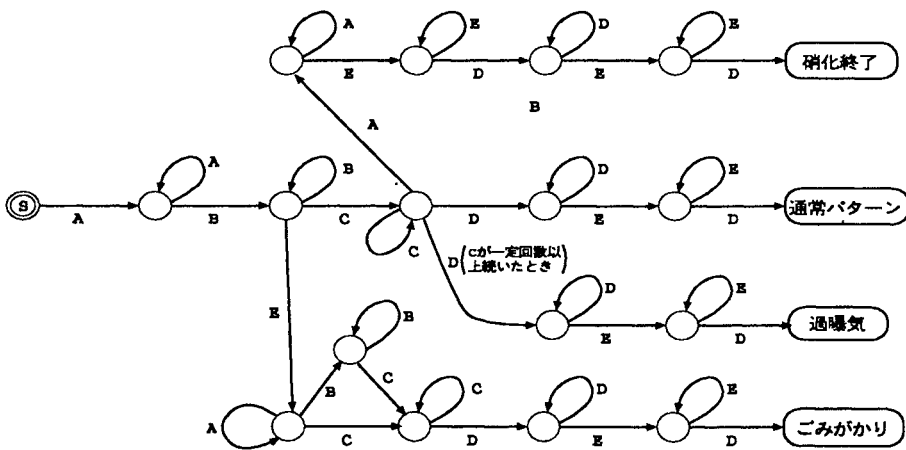


図 5: ORP 差分値の記号列パターン

2.3 複数の記号列の組合せ

これまでは記号化によって抽象化された単独の記号列とそのパターンマッチングを行ってきたが、異なったセンサデータ、あるいは同じデータでも異なった記号化手法によって得られた記号列を組み合わせることにより複雑な現象を検出したり、より確かな判定を可能になる。図6はUV計と流量計のデータであるが、UV計のグラフには軽微なSSの流出が見られる。これは同時に流量計に流入が再開されたことに

よる急増があることから、流入再開により最終沈澱池表面のSS分が流出したと考えられる。この現象はUV計と流量計のデータを組み合わせることにより始めて説明される現象であり、両者の差分記号列を並列に評価すれば容易に判別できる。

図2のORPデータには脱窒→脱リンへの移行に伴うORPの急激な現象が見られる。これは間欠曝気による脱窒・脱リンを制御する際に非常に重要になるポイントであるが、これはORPの差分値が負で、しかも二次差分値が正からごく短時間のみ負に転ずる点として判別される。これは一つのセンサデータを差分値と二次差分値の2通りに記号化したものを利用する例である。

また、さらに抽象化を進め、抽出したパターンの組合せによってより人間的な状態表現に近付けることが可能になるはずである。

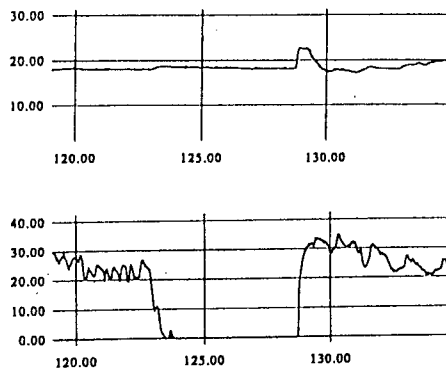


図6: 流入再開時のSS流出

3 おわりに

オンラインデータを利用してプロセスの状態判定を支援する計算機システムの一手法として、記号化によるデータ処理とその記号列による状態表現を行なった。記号化による利点としては、①人間の表現に近い、抽象化された状態表現を受け入れる、②新しい状態を判定する場合でも遷移パターンの追加で済む拡張性の高さ、③複数のセンサ情報を融合する「センサフュージョン」を容易に実現できる、が挙げられる。一方、ノイズの乗ったデータに対しては誤判定することが多く、パターンの安定しないシステムに対しては適切な状態遷移パターンを用意するのが困難であることがわかってきている。

今後はノイズ対策と共に、検出できる状態パターンの拡充、保守性・拡張性の優れた環境管理システムへの改善が課題となる。最後の点に関しては、ヒューマンインタフェースの構築とオブジェクト指向に基づいたシステム設計が解決に役立つものと考えている。

[参考文献]

1. 倉田学児、環境システムにおける統合的管理支援システムの構築に関する研究、京都大学修士論文、1994
2. 小河守正、山中史彦、渡辺勝也、川口幸一、西谷卓史、中野浩、清水隆、時系列データの記号化によるプロセス状態変化検出システムIMARKの開発、日立評論、Vol. 73, No.8 (1991)
3. 川口幸一、西谷卓史、中野利彦、トレンド変化検出技法と化学プラント・インテリジェントアラームへの適用、日立評論、Vol.75, No.2, (1993)