

## 大規模設備管理システム向け仮想計測点管理方式 A Virtual Sensor Management System for Large Scale Maintenance Management

立床 雅司<sup>†</sup> 菅野 幹人<sup>†</sup>  
Masashi TATEDOKO Mikhito KANNO

### 1. はじめに

大規模設備管理の分野向けに、複数センサの差分、按分等により定義される仮想計測点を用いてセンサデータを長期間蓄積し、多様な視点で分析するための仮想計測点管理方式を提案する。本方式は、複数センサの演算による仮想計測点定義方式、複数の利用者を想定した仮想計測点アクセス制御方式およびオープンソース DBMS 拡張による実現方式から構成される。工場設備管理を想定したデータにより本方式を評価し、有効性を確認した。

### 2. 背景

工場、ビル等の設備管理分野では、複数の施設で計測されたエネルギー消費量等のセンサデータを一元管理し、保守期間最適化等への活用が行われている。我々は、センサデータの高集計およびセンサ間の関係管理を両立するため、オープンソース DBMS を拡張し、データウェアハウス向けの高集計エンジン AQL(Analytical Query Language)[1]と連携させたセンサデータベースを開発している[2]。一方、実際の設備管理分野では、環境、コスト等の課題により、センサの設置が困難な場合がある。センサが実在することを前提とした[2]では、設備管理分野への適用が困難であった。

### 3. 仮想計測点管理の要件

設備管理分野向けに、複数センサの演算により定義される仮想計測点[3]の要件を抽出した。仮想計測点管理のためには、次の要件を満たす必要がある。

- (1)仮想計測点定義：複数センサの集約、差分、按分等の演算による仮想計測点定義が可能なこと。
- (2)仮想計測点アクセス制御：複数の利用者に対して、仮想計測点の柔軟なアクセス制御が可能なこと。
- (3)高速集計：(1)、(2)の仮想計測点処理が AQL の高速集計のボトルネックとならないこと。

図1は、AQLを用いたセンサデータと仮想計測点の関係を示している。センサデータは AQL に、センサ間の階層構造等の構成情報は、PostgreSQL においてそれぞれ管理されている。複数センサの演算によりセンサデータが得られるような仮想計測点演算を行うためには、構成情報を拡張し、仮想計測点管理を実現するための処理を追加する必要があった。仮想計測点管理では、仮想計測点の定義方法、複数の利用者を想定したアクセス制御についても考慮する必要があった。

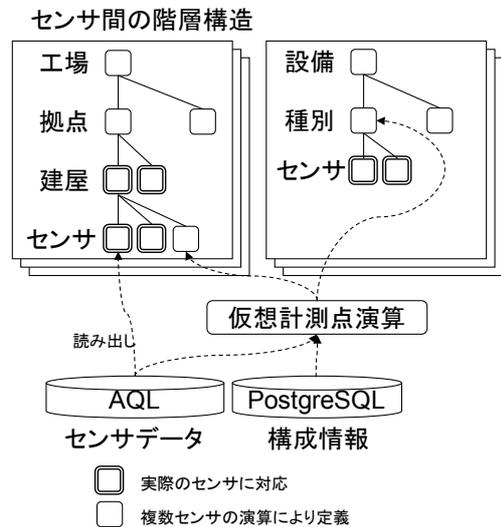


図1 AQLを用いたセンサデータと仮想計測点の関係

### 4. 仮想計測点管理方式

#### 4.1 オープンソース DBMS 拡張による実現方式

オープンソース DBMS 拡張による実現方式を図2に示す。仮想計測点管理方式は、設備管理アプリケーションにより発行された問合せに対し、次の手順で処理を行う。

- (1)PostgreSQL より仮想計測点定義を取得する。
- (2)仮想計測点定義より、演算に必要なセンサを抽出し、AQL への問合せ文を組み立てる。
- (3)アクセス制御方式により、アクセス判定を行う。
- (4)AQL よりセンサデータを取得する。
- (5)仮想計測点定義方式に従い、仮想計測点演算を行う。

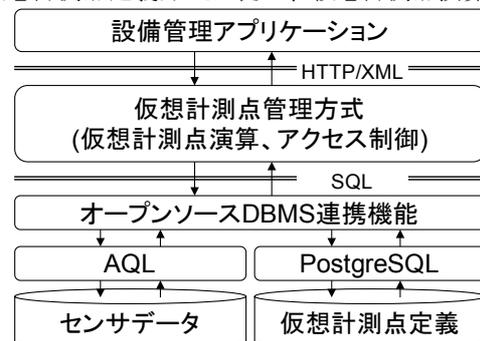


図2 オープンソース DBMS 拡張による実現方式

設備管理アプリケーションには次のインタフェースを公開し、内部の SQL 問合せ文を隠蔽する。

- (1)構成情報の名称、ID等から仮想計測点を識別する。
- (2)仮想計測点、期間、間引き方法、利用者等から仮想計測点のセンサデータを演算により導出する。

<sup>†</sup>三菱電機株式会社 情報技術総合研究所,  
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric  
Corporation

## 4.2 仮想計測点定義方式

子ノードの計測点の集約により定義される仮想計測点を(式1)とする。親ノードと子ノードの差分、按分により定義される仮想計測点を(式2)とする。ここで、 $n$ をノード、 $r$ を集計区間とする。 $value(n,r)$ をノード $n$ の区間 $r$ における計測値のベクトルを返す関数、 $parent(n)$ をノード $n$ の親ノードを返す関数、 $child(n)$ をノード $n$ の子ノードを返す関数、 $sibling(n)$ をノード $n$ の兄弟ノードを返す関数、 $sibling\_count(n)$ をノード $n$ の兄弟ノードの数を返す関数とする。

$$\text{sum\_node}(n,r) = \sum (\text{value}(\text{child}(n),r)) \quad (\text{式1})$$

$$\begin{aligned} \text{diff\_node}(n,r) \\ = \frac{\text{value}(\text{parent}(n),r) - \sum (\text{value}(\text{sibling}(n),r))}{\text{sibling\_count}(n)} \end{aligned} \quad (\text{式2})$$

## 4.3 仮想計測点アクセス制御方式

仮想計測点アクセス制御を実現するため、仮想計測点定義方式を拡張する。 $u$ を利用者とし、ノード $n$ を利用者 $u$ が参照可能な場合は $value(n,r)$ を返し、そうでない場合は、0を返すよう拡張する(式3)。集約の仮想計測点は、アクセス可能な子ノードのみ集計可能とする(式4)。これにより、ユーザごとに空調の集計結果を変更する。差分、按分の仮想計測点は、親ノード、兄弟ノードがすべて参照可能な場合のみアクセス許可する(式5)。

$$\text{value}(n,r,u) = \begin{cases} \text{value}(n,r) & uがnを参照可能 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式3})$$

$$\text{sum\_node}(n,r,u) = \sum (\text{value}(\text{child}(n),r,u)) \quad (\text{式4})$$

$$\text{diff\_node}(n,r,u) = \begin{cases} \text{value}(\text{parent}(n),r,u) & uが\text{parent}(n), \\ -\sum (\text{value}(\text{sibling}(n),r,u)) & \text{sibling}(n) \\ \text{sibling\_count}(n) & \text{を参照可能} \\ \text{deny} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式5})$$

## 5. 評価

### 5.1 評価データ

評価に用いたセンサデータを表1に、仮想計測点を表2にそれぞれ示す。

表1 評価データ(センサデータ)

種類	蓄積期間	データ量
工場設備管理 模擬データ	5年間(10分 間隔計測)	0.99MiB(レコード長4B ×26万件)/1センサ

表2 評価データ(仮想計測点)

規模	小規模	中規模	大規模
仮想計測点数[万件]	0.1	10	1,000
センサ数[万件]	0.1	1	10
利用者数[万人]	0.1	1	10
センサデータテーブル数	1	10	100
データ量[GiB]	1.0	9.8	98.1

## 5.2 評価環境

評価に用いたサーバを表3に示す。評価は、図1で示す設備の階層構造から、ある利用者がある種別のセンサを集計する問合せを表2の小規模、中規模、大規模構成に対してそれぞれ実施し、10回の平均処理時間を比較した。

表3 評価環境

CPU	Intel Corei7 2600 @3.4GHz ×1
Memory	8GB
Storage	HDD 1TB,SATA2,7,200rpm ×1
OS	Windows 7 Professional SP1
センサデータ向け DBMS	AQL
構成情報向け DBMS	PostgreSQL 9.2.2
仮想計測点管理方式	JDK 1.6.0.240, JRuby 1.5.3

## 5.3 評価結果と考察

仮想計測点定義、仮想計測点アクセス制御がAQLの高速集計のボトルネックとならないことを確認するため、仮想計測点識別、仮想計測点演算、センサデータ問合せの処理時間を比較した。評価結果を図3、表4に示す。仮想計測点識別処理時間は、PostgreSQLへの問合せ処理時間である。仮想計測点演算処理時間は、仮想計測点管理方式による仮想計測点定義の演算およびアクセス判定処理時間である。センサデータ問合せ処理時間は、問合せ時に参照するテーブル数に比例している。評価結果より、仮想計測点識別、仮想計測点演算の各処理は、センサデータ問合せと比較して十分小さく、大規模設備管理システムで想定する規模のセンサ数で有効であるといえる。

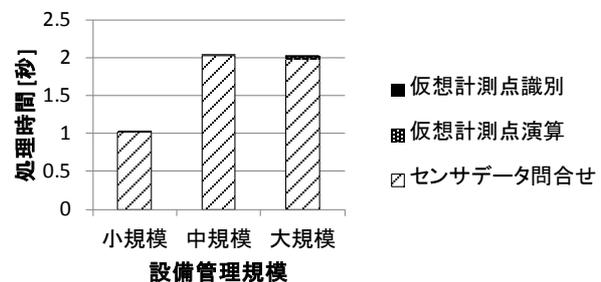


図3 評価結果

表4 評価結果

規模	小規模	中規模	大規模
仮想計測点識別 [秒]	0.01	0.01	0.02
仮想計測点演算 [秒]	0.00	0.00	0.02
センサデータ問合せ [秒]	1.03	2.04	2.04

## 6. おわりに

大規模設備管理システム向け仮想計測点管理方式を提案し、オープンソースDBMS拡張により実装した。工場設備管理を想定したデータを用いた評価により本方式の有効性を確認した。

### 参考文献

- [1] 山岸 義徳,他: 高速集計検索エンジンとセンサデータベースへの応用, 三菱電機技報, Vol.83, No.12, pp.11-14(2009).
- [2] 竹内 丈志,他: オープンソースDBMS拡張によるセンサデータベースの実現,第74回情報処理学会全国大会, 2C-3 (2012).
- [3] 立床 雅司,他: 多拠点機器データ管理における仮想計測点アクセス制御方式, FIT2012, D-013 (2012).