

# センサデータを利用したナビゲーションのための データベースシステムの提案と実装

伊藤 嘉博<sup>†</sup> 荒井 健次<sup>‡</sup> 白石 陽<sup>†</sup> 藤野 雄一<sup>†</sup> 高橋 修<sup>†</sup>

公立はこだて未来大学 システム情報科学部<sup>†</sup>

公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年、センサの小型化によって実世界の環境情報を容易に取得できる環境が整いつつある。さらに無線センサデバイスから無線センサネットワークを通じて収集されたセンサデータをデータベースに格納することで、様々な用途での利用が期待できる。その活用例のひとつとして注目されているのが都市内に配置したセンサによって都市の環境情報を収集する都市センシングである。そして都市センシングによって取得したセンサデータから、都市内の温度や人口密度の高い場所を判断し、その場所を避けて目的地へ誘導するといった新しいパーソナルナビゲーションが実現可能になると考えられる。

しかし、センサデータに基づいたナビゲーションを行うためには道路にセンサの値をコストとして与える必要がある。そのためには道路の近くに存在するセンサノードを検索し対応付ける必要があるが、一般的にセンサデータと道路データは通常別々のデータベース及びレコード形式で管理されていると考えられるため、ナビゲーションを行うアプリケーションが各データベースにアクセスし、データの処理を行う必要がある。これはアプリケーション開発のコスト増大や、アプリケーションの処理負荷の増大につながる要因となる。

## 2. 関連研究

都市センシングの関連研究として、微気象センサネットワークの実験がある[1]。この研究は都市内にセンサネットワークを構築し、温度や湿度といった環境情報を時間的、空間的に細かく観測する研究である。

そして、このようなセンサネットワークのデータを収集するアーキテクチャとして TomuDB が提案されている[2]。TomuDB は複数のセンサデータを保持するデータベースを分散させ、オーバーレイネットワークで接続することで効率よくデータを収集、検索する手法を提案している。しかし、TomuDB 単体ではセンサデータのみしか扱うことができないため、ナビゲーションに必要である道路に対する重み付けを行うことは困難であると考えられる。

また、データベース上での経路探索アーキテクチャとして pgRouting[3]が存在する。このアーキテクチャはデータベースに登録された道路データをもとに経路探索を行うことができ、多くの経路探索サービスへ利用可能である。

しかし、pgRouting はコスト付された道路データを格納したテーブルを用意しなければ経路探索を行うことができないため、アプリケーション側がセンサデータに基づいてコスト付された道路データテーブルを作成する必要があるため、開発の負担が大きくなってしまう。

以上から、センサデータをもとにしたナビゲーションを実現するためにはセンサデータと道路データを同時に管理し、それらの経路探索のための対応付けとコスト計算を行うことができるデータベースシステムが必要になってくると考えられる。

## 3. 提案システム

### 3.1 システムアーキテクチャ

センサデータをナビゲーションに利用するためには道路とセンサの対応付けを行う機能と、対応付けをしたセンサデータをもとに道路ごとのコストを計算し最適経路推薦を行う機能が必要となる。そこで、これらの機能を含んだ提案システムのアーキテクチャを図 1 に示し、各機能について説明する。

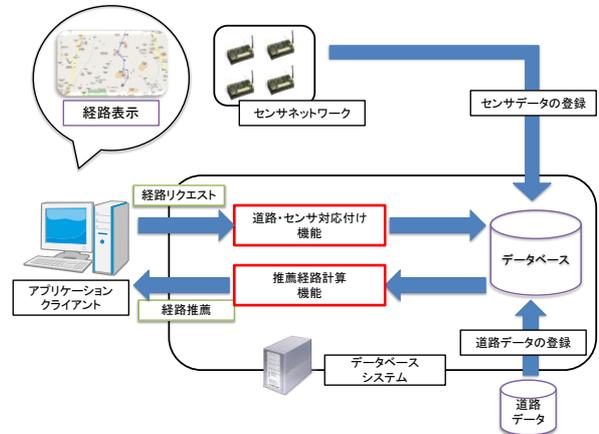


図 1. システム全体のアーキテクチャ

### 3.2 道路とセンサデータの対応付け機能

道路とセンサデータの対応付けにおいて考慮すべきことは多い。例えば、センサノードの設置場所によっては道路近隣にセンサが存在しない可能性がある。そのため、道路上のセンサデータを補間する機能が必要となる。また、都市空間では建造物などの影響で道路上の環境情報は様々ではない場合が多い。そのため、適切な経路推薦を行うためにはより細かいセンサデータを道路に対応付ける手法を考える必要がある。そこで、センサデータの補間及び道路への対応付け手法として以下を提案する。

センサデータの補間については、逆距離加重法を用いて補間を行う。この手法は対象とする点の近隣の点データ

The development of a database system for sensor data based navigation

<sup>†</sup>Yoshihiro Ito <sup>‡</sup>Kenji Arai <sup>†</sup>Yoh Shiraishi <sup>†</sup>Yuichi Fujino

<sup>†</sup>Osamu Takahashi

<sup>†</sup>School of Systems Information Science, Future University Hakodate

<sup>‡</sup>Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate

の値を対象点の距離の逆数に基づく重み係数で加重平均し、対象の点データの値を推定するものである。

道路へのセンサデータの細かい対応付けについては、道路データを交差点ごとに区切った道路セグメントと呼ばれる単位で管理し、道路セグメントを分割して分割道路セグメントを作成し、これにセンサデータの対応付けを行うことで対応する。

具体的には、まず提案システム内のデータベースに各道路セグメントの情報を登録した道路データテーブルと、収集したセンサデータをセンサノードごとに分けて登録したセンサデータテーブルを格納する。そして、道路セグメントを長さに応じて等間隔に分割し、新しいテーブルに記録する。そして、分割した細かい道路セグメント毎に中点を取り、それらのすべての中点の近くにあるセンサノードを可変半径法で検索する。その後、逆距離加重法を用いて中点のセンサデータを推定し、道路セグメントのレコードに推定値を追加する。以上のセンサデータの対応付けの流れを図2に示す。

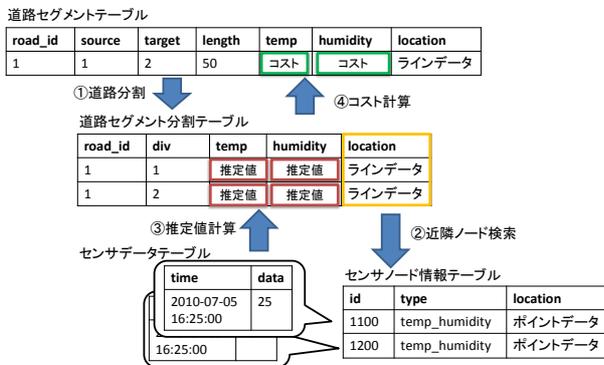


図2. センサデータ対応付けの流れ

### 3.3 最適経路推薦機能

3.2節のセンサデータ対応付け結果に基づいて最適経路探索を行う。経路探索アルゴリズムにはダイクストラ法を採用した。ダイクストラ法に適用するコストはユーザが快適と指定したセンサの値  $t_d$  を基に決定する。具体的には道路セグメント  $i$  に対応づけした各センサ値を  $w_{ik}$ 、道路セグメント  $i$  の長さを  $r_i$ 、道路セグメント  $i$  の分割数を  $n$  とし、経路距離を重視する場合は式(1)、経路距離を考慮しない場合は式(2)で道路セグメント  $i$  のコスト  $W_i$  を計算する。

$$W_i = \left\{ \sum_{k=1}^n |w_{ik} - t_d| \right\} \cdot r_i \quad (1)$$

$$W_i = \{ \max(w_{ik}) - t_d \}^2 \quad (2)$$

式(1)はユーザの指定したセンサ値との差が大きいほどコストが大きくなるためユーザが快適と感ずるものと近い経路を推薦することができる。さらに道路セグメントの距離をかけることで経路長も考慮に入れることができる。式(2)は距離を考慮せず、道路セグメントに対応付けされたセンサの値の最大値とユーザの指定した値との差の二乗をとることでセンサ値のみを重視している。以後式(1)を用いたコスト計算を手法1、式(2)を用いたコスト計算を手法2とする。

## 4. 実験と評価

### 4.1 システム実装

提案システムの有効性を検証するために、提案する機能を実装したデータベースシステムと経路探索結果を表示する評価システムを構築した。データベース管理システム(DBMS)は PostgreSQL を用いた。地理情報の取り扱いには拡張機能の PostGIS を利用した。経路探索結果は JSP を用いて Web ブラウザで GoogleMap 上に表示する。

### 4.2 評価

[1]で観測された実験データに基づいて、提案手法と距離をコストとした経路探索での生成経路の比較を行った。2010年8月21日の16:00付近のデータを用いた場合の生成経路を図3に、各経路に対するデータを表1に示す。



図3. 生成経路 (a) 手法1, (b) 手法2

表1. 各経路の詳細データ

コスト	経路距離 (m)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	平均気温 (°C)
距離	589.7	40.8	37.0	38.2
手法1	613.9	40.8	35.4	37.4
手法2	974.4	38.5	34.9	36.5

表1の結果から、距離をコストとした経路探索と比較して手法1は多少経路距離が増加したが、気温の低い経路を生成できていたことがわかった。手法2は大幅に距離が増加したものの、全体としてさらに気温の低い経路が生成できることが確認できた。

## 5. まとめ

本研究ではセンサデータを利用したナビゲーションのためのデータベースシステムを提案し、最適経路推薦の基本機能の実装及び評価を行った。今後は複数種類のセンサを考慮した対応付けや、それに伴う最適経路算出法の改良を進めていきたい。

### 参考文献

- [1] 高木篤大, 菅生啓示, 石田泰之, 森田達也, 岩本健嗣, 蔵田英之, 戸辺義人: 微気象ネットワークセンシングの実例: 群馬県館林市の例, 電子情報通信学会技術研究報告 USN ユビキタス・センサネットワーク, Vol.109, No.248, pp.13-18, 2009.
- [2] 岩井将行, THEPVILOJANAPONG Niwat, 石塚宏紀, 中村陽一, 金井圭介, 白石陽, 戸辺義人: TomuDB: 都市空間センサ情報を扱うデータベースシステム, 電子情報通信学会技術研究報告 USN ユビキタス・センサネットワーク, Vol.108, No.138, pp.13-18, 2008.
- [3] pgRouting Project, pgRouting <http://www.pgrouting.postlbs.org>