

第3章 提案手法

3.1 本提案手法の位置付け

本章では、緯度・経度・高度情報から所在情報を推定するために地図上の区画を検証可能な数理モデル化する手法について述べる。

本研究では、スマートフォンを利用し既存の GNSS などの情報を利用し座標情報を収集する事を想定している。これにより特別なデバイスや新たな部品を使用せずにスマートフォン用アプリなどで利用が可能である。また、施設者側もあらたな設備などの新たなコストがかからない利点がある。

また本提案では事前に計算を行うことが可能であり、これにより非常に少ない計算コストとデータ量によってシステムが構築できるという利点がある。

3.2 用語

本論文内で用いる用語について、以下に定義する。

- 座標情報: x, y, z 軸の直交座標上の情報を示す。位置情報の場合は緯度・経度・高さ。
- 所在情報: 施設名や展示名といったような空間名の情報。
- 路線: 鉄道が通る線路に名称をつけたもの。今回の場合国土数値情報 鉄道データ [26] の名称に準拠
- 駅: 列車が停止し人が乗降をする場所。駅ビルや駅コンコースは含まない。
- 展示エリア: 博物館などで利用客が展示を見る空間のこと。

3.3 目的と仮説

3.3.1 本提案手法の目的

本提案手法では既存の所在情報提供手法の諸問題に以下のように取り組む。

新たな装置・設備・組織が不要

Bluetooth ビーコンや wifi の電波情報を利用した所在提供の場合施設側に設置・維持管理コストがかかる。また電波情報と所在情報を紐付けるデータベースが必要となり、全世界で展開するとなると膨大なデータベースになるほか識別子の割り当てが必要である。このためには IP アドレスでいう ICANN のような組織が必要になる。しかし本提案手法の場合既存の GNSS を利用した座標情報を利用するため、新たな装置・設備・組織が不要である。

少ないデータ量・計算量によって構築可能

各区画に最小で 3 点のデータによって構築できる。また大量のデータを区画に指定した場合でも必要とするデータは区画内の点の平均、標準偏差、2*2 の行列でありこれを事前に計算することによってデータ量・計算量ともに小さくすることが可能である。

文脈に沿った所在情報の提供が可能

3.3.2 本研究の仮説

本研究では、座標情報を所在情報に変換する手法を提案する。マハラノビス距離という統計上の距離を利用することによって少ない計算量でどこの区画に属しているかを推定できると予想している。また少ないデータ量でも適切に区画に線引きできると考えられる。

3.4 本提案手法の設計

3.4.1 マハラノビス距離

マハラノビス距離の定義と用途

マハラノビス距離とはプラサンタ・チャンドラ・マハラノビス氏が考案した距離であり、データ群の相関や分散を考慮した上でどのくらいデータがデータ群の平均から離れているかを示す。マハラノビス距離は以下のような数式で定義されている。

$$D_M(x) = \sqrt{(x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)} \quad (3.1)$$

$$\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_p)^T = \text{平均ベクトル} \quad (3.2)$$

$$\Sigma = \text{共分散行列} \quad (3.3)$$

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_p)^T = \text{多変量ベクトル} \quad (3.4)$$

これを 2 次元上でしめすと以下の図 3.1 のようになる。図 3.1 にある青色の十字がデータの平均値であり、青色の楕円がこのデータ群におけるマハラノビス距離の等距離である。赤色のユークリッド距離における等距離とは異なる。

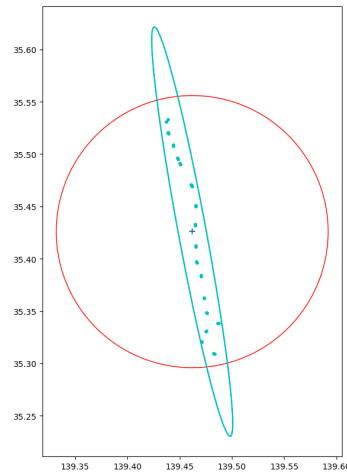


図 3.1: マハラノビス距離のイメージ

この距離は統計学で多数使われ異常値の検出手法として主に用いられている。本提案の場合、推定したいエリアの内側では取りえない値（異常値）ではないことを確認した場合そこに居ると推定する。

マハラノビス距離は多次元で定義されている距離であり、今回は緯度・経度の2次元でデータを与えた。GNSSでは高度のデータも取得できるが誤差が大きいため使用しなかった。

3.4.2 路線の推定

国土数値情報 鉄道データ [26] を利用し路線の駅の情報を取得し、各路線のデータ群を作成する。GNSSによって取得した座標データの各路線ごとのマハラノビス距離を計算し閾値を下回った路線を候補とする。

3.4.3 駅・駅間の推定

3.4.2項で推定された路線を基に、国土数値情報 鉄道データ [26] を用いその路線に含まれている駅ごとのデータ群を作成する。これを前述の座標データを用い各駅ごとのマハラノビス距離を計算し閾値を下回った駅にしていると推定する。このとき駅が属する路線にしていると推定する。

3.4.4 屋内空間の推定

区画に設定したい空間の角の座標データをあらかじめ取得し、このデータを基にデータ群を作成する。これを屋内位置測位技術によって取得した座標データを用いマハラ

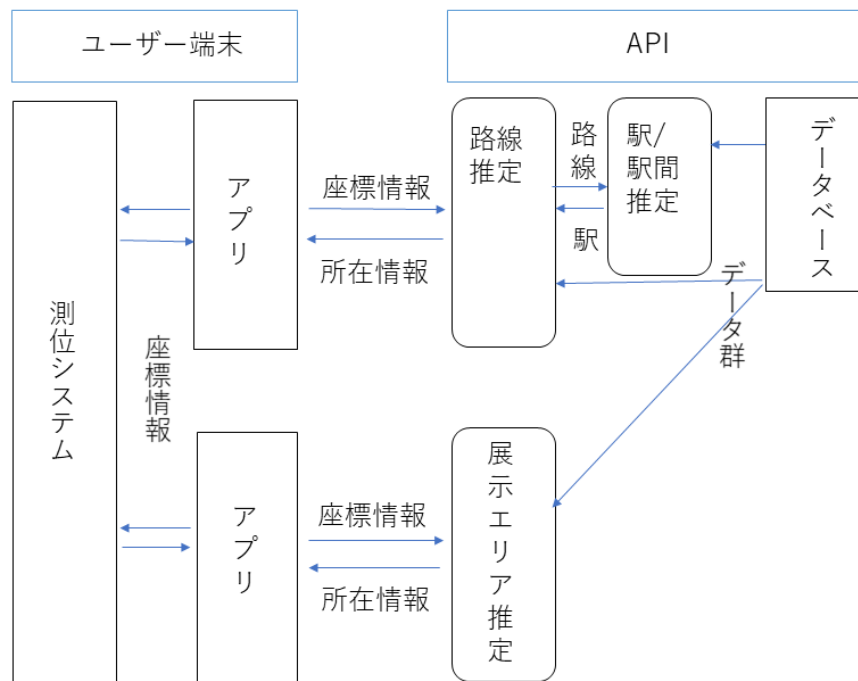


図 3.2: 本提案手法のフローチャート

ノビス距離を計算し閾値を下回った空間にいると推定する。

3.5 フロー図

図 3.2 に本提案手法のフローを表す。以下に具体的な動作を列挙する。

1. 位置情報の取得
アプリケーションがリクエストを出し端末の GNSS などを用いて座標情報を取得する。
2. 路線推定
座標情報を 3.4.2 項にて述べた手法で解析を行う。このとき必要なデータ群をデータベースより取得する。その結果を推定された路線の候補を座標情報とともに駅・駅間推定 3.4.3 により解析する。
3. データベース
各推定に使用するデータ群を提供する。データ群は処理済みであり、マハラノビス距離で必要なデータ群の平均・標準偏差・共分散行列の状態である。なおかつツリー型のデータ構造を持ち路線が駅の親のような形である。

4. API

推定された所在情報は、様々なアプリケーションが使用することを想定する。図 3.2 ではアプリとありスマートフォンや web での使用であるが、カーナビなどの他のサービスでも使用したい。基本的には座標情報を含めた上でリクエストを送り所在情報が帰ってくることを想定しているが、セキュリティの問題やオフラインデバイスでの利用を考慮し、リクエストが送られて場合必要なデータ群を送信するなども考えられる。