

ユーザ参加型センシングアプリにおいて 計測者の人為的ミスを軽減する改良手法

An Improvement Method to Reduce Human-Errors for A Measuring Application of Participatory Sensing

重田航平[†]青木俊介[‡]劉広文[‡]岩井将行[†]瀬崎薫[‡]

1. はじめに

GPS 受信機, 加速度センサ, マイク, 照度センサなど様々なセンサを搭載したモバイル端末であるスマートフォンの世界的な普及を背景として, 一般ユーザの持つスマートフォンを用いて都市空間の環境情報を空間的・時間的に詳細に収集するユーザ参加型環境センシングの実現が期待されている. 我々はユーザ参加型環境センシングの社会的な意義を示すために, 総面積約 60km^2 の世田谷区内全域の騒音情報を, 2,700 箇所の目標地点を設置し, 延べ 40 人のユーザの歩行による計測の実装, および運用を行った. スマートフォンによる参加型環境センシングに関しては, データの校正手法 [1] などをはじめ様々な研究がなされているが, 多くが小規模な実験を基にしたシミュレーションを用いた研究であり, 実際の都市地域で大規模な歩行センシングによって騒音情報を収集した研究例は少ない.

2. ユーザ参加型センシングの問題点

実際にセンシングを行った結果, 想定以上に高頻度で目標地点の計測を欠損している場合や, 調査するポイントを冗長に計測してしまうことや, ポイント名を誤って記録するなどの多く種類の人為的なミスが発生した. このようなデータの欠損・重複・ポイントの付け替えが発生した場合, データ全体がスパースになり扱い難いデータとなってしまう. 前研究 [2] ではそうした人為的なミスを分類, 計測データの「疑わしさ」を定義し, 誤計測のデータ取り除く手法を提案した. 提案手法により, 計測データの詳細を見る前にユーザの誤計測地点を選別し棄却することが可能になり, 精度の高いデータの獲得が可能になった. しかしながら, より精度の高いデータの獲得には計測データをマイニングする前段階で重複, 欠損, 誤記を防ぐことが重要である. 本論文では計測データをマイニングする前段階で重複, 欠損, 誤記を防ぐための手法を考察する.

3. 計測データの「疑わしさ」

この章では 2 章で述べた計測データの「疑わしさ」の定義について述べる. 前研究では, 計測データの目標計測点と計測実行点間の距離, 計測点間の時間, 計測回数に対して疑惑の大きさを重み付けをし, 3 つのデータをベクトル成分として 3 次元ベクトルを求め, データの疑わしさの大きさを数値化する手法を提案した.

・目標計測点と計測実行点間の距離については短い方が理想である. 道路事情などで 25m 以内で計測できなかったデータも存在する. また, 計測実行点が目標計測点から遠いということは別の目標計測点と誤って保存されている可能性なども考えられるため不確定さは大きく, 逆に計測実行点が目標計測点に近ければ近いほど不確定さは小さいと考えられる. よって計測実行点と目標計測点間の距離を基にしたデータの「疑わしさ」の大きさの重み付けとして, 偏差値を算出し, 100 で割った値を誤計測の「疑わしさ」の大きさとした.

・計測点間の時間については, 計測時間+次点への移動時間以上の間隔が必要であり. また, 地点を計測した後, 通常であれば次の地点の計測まで移動などを考えると時間間隔が分布にしたがって開くことが考えられる. 時間間隔が極端に短い場合, セーブボタンの 2 度押しや, 目標点のチェックの付け間違いなどの理由で複数回計測し重複データが発生している可能性が高いと考えられる. また次の地点へ移動している場合でも時間間隔が極端に短い場合には距離的にも次の地点と近いと考えられるため計測地点を誤っている可能性が他の地点に比べて高いと考えられる. そのため時間間隔が短いほど計測データの「疑わしさ」は大きいと考えられる. 計測時間間隔も, 計測対象点と計測実行点間の距離と同様に偏差値を出し, 1 から偏差値を引き 100 で割った値を疑惑の大きさとした. 値は [0-1] 間で 1 に近いほど「疑わしさ」が大きく, 0 に近いほど「疑わしさ」が小さいとみなす.

・計測回数については, 2 回以上計測を行っているものは別の計測地点と間違えてセーブした場合や, 多重入力, 連続誤入力などの理由で, センシングを複数回の訪問により, 複数回行っている可能性がある. そのため計測回数が多いいほどデータに対する疑惑は大きいと考えられる. 計測回数に対する重み付けも計測対象点と計測実行点間の距離, 計測時間間隔に対する重み付けに合わせて偏差値を出し, 100 で割った値を疑惑の大きさとした. 値は [0-1] 間で 1 に近いほど疑惑が大きく, 0 に近いほど疑惑が小さいとみなす.

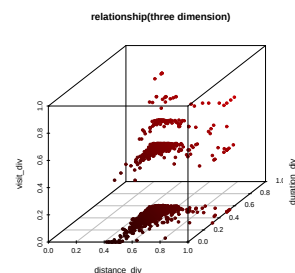


図 1: 誤計測の疑わしさ指標の 3 次元分布

[†]東京電機大学未来科学部情報メディア学科
Tokyo Denki University, School of Science and Technology for
Future Life, Department of Information Systems and Multimedia Design

[‡]東京大学生産技術研究所,
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

4. センシングアプリの改良点

4.1. 使用したアプリ

スマートフォンを用いて騒音情報を取得するために、Android を用いたアプリケーションを開発した。計測では計測用アプリを起動した Android 端末を腕に装着し予め決めた計測地点まで移動し、計測地点に可能な限りに近づいたところで Save ボタンを押すことで計測を開始し、その場で 10 秒間計測するものとした。この 10 秒間の連続データを計測地点データとし、歩行中のデータを歩行データとし 500ms 間隔で連続的に収集した。計測者が意識しない連続計測データとして、計測日時、GPS 座標、騒音 (dB)、照度、加速度、気圧の 6 つのデータを収集した。また、工場の臭いの強さを 3 段階、騒音の要因を 3 段階で計測者の主観で計測し保存出来るようになっている。このアプリを改良することで計測データの重複、欠損、誤記の防止を目指す。

4.2. ヒューマンエラーの分類

前研究から、計測者による長期間に渡る明示的な入力が必要とするユーザ参加型センシングにおけるヒューマンエラーは主に以下に示す 4 種類に分類できることが保存されたデータから分かった。

- $CASE_X$: 目標計測地点の忘却
- $CASE_Y$: 同一計測地点の多重計測 (やり直しを含む)
- $CASE_Z$: 同一計測地点の連続誤計測
- $CASE_W$: 計測点名の調査員による誤認識

アプリにこれらのケースに対応する改良を行うことで計測データの重複、欠損、誤記を防げることが期待できる。



図 2: 使用したセンシングアプリ

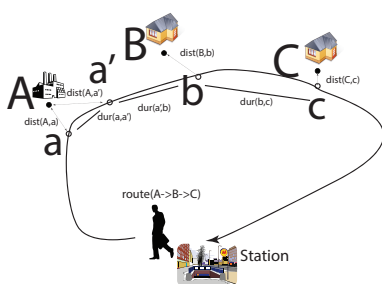


図 3: ヒューマンエラーの例: $CASE_W$

5. 提案手法

上記のヒューマンエラーの分類に対してそれぞれのケースに対応する改良案を示す。

・ $CASE_X$ を防止するために GPS データを用いて計測地点に近づいたにも関わらず、計測せずに離れていく場合に音で知らせる などの方法が考えられる。しかし地理的に複雑で、より目標計測地点に近い場所を模索するために何度も音で知らせるようなことが想定できるため、そういった場合は例外にするなど計測者に不快感

を与えないような配慮が必要である。また、 $CASE_X$ が発生する要因として $CASE_W$ が関係していることが考えられる。計測地点は予め分担されているので、忘却しているだけなら計測が完了した場所からチェックしていけば分かるはずである。それにも関わらず $CASE_X$ が発生しているということは $CASE_W$ によって他の地点を計測した際に誤って未計測の地点を計測済としてチェックしてしまっているものと思われる。つまり $CASE_W$ を防ぐことで、同時に $CASE_X$ の発生も防ぐことが可能 だと思われる。

・ $CASE_Y$ を防止するためにはセーブの際にアプリ側でデータの選別が出来る仕組みが必要である。今回の実験ではセーブされたデータを全て出力した後処理をしたために管理者に負担をかけてしまった。データの選別操作をアプリ側で行うことが出来るようにすることで労力の分担と、計測者の意思がよりデータに反映されやすくなる ことが期待できる。

・ $CASE_Z$ は $CASE_Y$ と似ているため、上記の $CASE_Y$ の防止方法が有効である。また、それとは別に連続誤計測ということ距離的には近いと考えられるため、GPS データを用いてより近い方を採用 するという方法も考えられる。しかし、距離的に近くてもそのデータが計測者の意思を反映しているとは限らないため、実際にこの方法を使う場合は測定者にデータの確認を促す必要がある。

・ $CASE_W$ を防止するために特定の距離以上離れていると目標計測地点としてセーブできなくするといった方法や、誤った計測地点としてセーブしてしまった場合などにデータ修正できるようにするなどといった方法が考えられる。データの修正の際には、誤ってデータを改竄してしまうことを防ぐため GPS データなどで特定の距離以内のときだけ修正が可能などの制限が必要である。

6. 今後の展望

上記の提案手法と合わせて前論文で提案した「疑わしき」をデータのセーブの際に計測者に提示することで、計測者が誤計測を察知する上での手がかりになることが期待できる。今後は提案手法を基にアプリの改良を行い、ユーザ参加型センシングの欠点であるデータの負信頼性やヒューマンエラーの対応技術についての研究を進める。なお、本研究は H25 科研費若手研究 (A)(代表者: 岩井将行, 課題番号: 25700007) の一部により行われている。

参考文献

- [1] 青木俊介, 劉広文, 岩井将行, 瀬崎薫, "ユーザ固有の雑音を考慮する参加型センシングのデータ校正手法", 信学技報 (IEICE Technical Report) Vol.133 No.38 pp211-217
- [2] 重田航平, 青木俊介, 劉広文, 岩井将行, 瀬崎薫, "モバイル端末を用いたユーザ参加型環境センシングにおける誤計測地点の検知・修正手法", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, セッション 2A-3