

# モバイルセンシングを用いた建築物の調査支援技術の研究

A Study on Support Technology for Building Survey

with Mobile Sensing

学籍番号	47146730
氏名	鵜飼 祐太 (Ukai, Yuta)
指導教員	瀬崎 薫 教授

## 1. 研究背景

近年、カメラ機能、GPS受信機、加速度センサ等を搭載する高機能携帯電話が急速に普及しつつあり、環境情報（撮影時の位置情報、方向情報、天気等）付きの写真を容易に撮影可能となった。この高性能携帯電話の普及により、街を往来する個人が、多種センサを搭載したスマートフォンを用いて環境をセンシングし、携帯電話網を通してセンサデータを収集するモバイルセンシングの研究がセンサネットワークの構築手法として注目を集めている[01]。また、データ収集において安価・網羅的にデータを収集できる手法でもある。

また、本来建築物の調査には紙の調査表にて調査が行われてきた。しかし、この方法で調査を行った場合、建築物の写真の撮影→調査表へ各種項目を記入→調査表の集計等の非常に煩瑣な処理を施さなければならず、調査量が膨大になった際の調査表の持ち運びや調査中の紛失等のリスクがある。この紙の調査票の問題を解決するために、IT機器を用いた調査支援ツールが提案されてはいるが、被災地調査など特定の目的での利用に留まっているのが現状である[02]。

## 2. 既存研究

石井らはその論文[02]で被災時の建築物の現地調査に求められる携帯型情報端末の機能要件について過去の複数の現地調査支援ツールを紹介したのちそれを整理した上で概括を行っている。この調査ツールに求められる要件の内、調査対象の建物とその位置の同定支援に関して課題がまだ残っていることを指摘した。この課題を解決する要素技術としての研究を以下に紹介する。

Snaveley らはその論文[03]の中で、多視点の画像から **Structure from Motion** を用いて建築物をデジタル空間で復元する手法を提案している。この手法を用いることで画像間の対応付けから建築物の3次元構造及び撮影したカメラの位置と姿勢を知ることができる。しかし、この手法では画像認識を用いるため、画像が大量になった場合の計算時間増加の問題や画像データの質によって精度が変わりやすい等の問題があった。この問題を解決するために Qin らはその論文[04]の中で、画像認識を用いることなく、写真撮影者から写真に撮影されている事物までの距離をスマートフォンのセンサから取得できる情報から算出する手法を提案している。その結果、写真が撮影されている事物と写真撮影者の実際の距離が

50m 以内なら，提案手法によって推定した値との誤差は 7m 以内に収まることが確認された．しかし，この手法はあくまでも写真に写っている場所と写真撮影者との距離であり，撮影された画像データ間の紐付けは画像認識に頼っている．そこで本研究では，画像認識を用いることなくセンサデータを用いて写真に写っている建築物の紐付けが行えることを目指す．

### 3. 研究の目的

背景でも述べたように建築物に関する各種の調査は建築の専門家が膨大な手間をかけて行う．また，デジタルアーカイブを作成する際にもプロジェクトを組成し，事業を遂行するためには人的な手間やコストが継続的にかかるばかりでなく，大型な設備や高価な機材を導入すると，コストがかかるとともに機材を現地に搬入する手間もかかってしまう．IT 機器を用いてこの手間を解消する研究も行われてはいるが，災害発生後の迅速な調査のための研究が主に行われており，より汎用的に調査に用いることのできるツールが期待されている．本研究はモバイルセンシングを用いてこれらの問題を緩和させることを目的とする．具体的には，モバイルセンシングを用いることで建築の専門家ではない者でも建築物の調査に貢献できる機構の開発を行う．この目的を達成することで，都市に関するデータがより効率的に安価且つ細粒度に取得されるだけでなく，継続的に時系列情報が付与されたデータを取得できる．そしてそのデータが都市管理ツールやデジタルアーカイブの開発に活かされ，都市に住まう人々の豊かな生活に貢献していくと考えている．

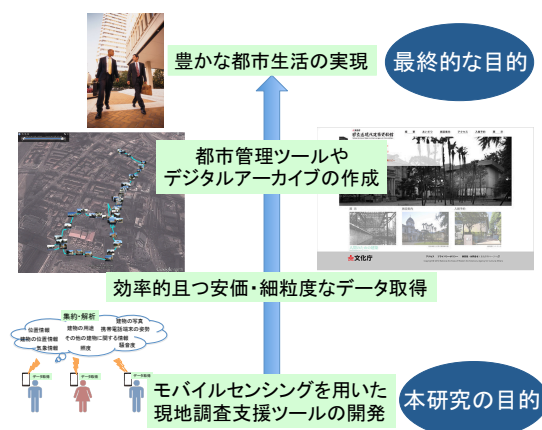


図1 研究の目的の概念図

### 4. 中国での実験

#### 実験対象地

天津租界地区で実験を行った．租界（そかい）とは，かつて中国に存在した行政自治権や治外法権をもつ外国人居留地である．1840 年代以降，不平等条約により中国大陸各地の条約港に設けられた．数ある租界の内，天津租界には最も多くの国の居留地が存在しており，多様性に溢れたかつてのまちの有り様を映し出している．しかし，再開発が進み，現代的な建築も多々見受けられる．本研究で提案したツールはこの地域の調査を行っている天津大学建築学院の関係者が使用する予定である．



図2 天津租界地区

#### 実験の考察

本実験に使用したツールでは撮影地点と移動データのログを常に取得しているので仮にこれをリアルタイムで可視化できれば，建築調査の際にこのツールを用いた場合に調査票の記入や写真撮影の漏れを減らせると考える．また，調査の際に道に対してどちら側の写真を撮影するのか等のルールを

決めておかないとそれぞれの撮影者の撮影した建物に被りが出てきてしまう恐れや、Web上で写真をマッピングした際に実際の建築物の位置とは異なる地点に写真が差し込まれる可能性がある。また、調査票のツールを作成する際に建築に関して知識を持っているかどうかでデータ取得者の属性を区別してデータを取得できるような仕様にすることが望ましいと考える。

### 5. 提案手法



図3 調査票ツールの概要

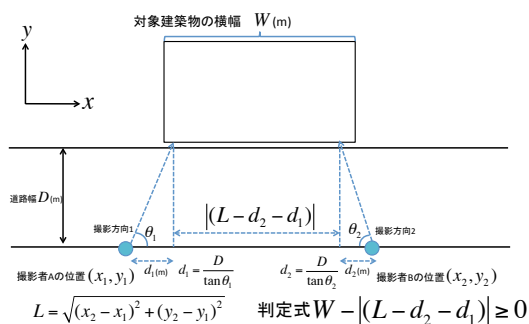


図4 検出機構の概念図

前述の実験の考察から得た知見から手法を提案する。Javaを用いてAndroid端末で使用可能な建築物の調査における調査票ツールを開発した(図3)。ツール起動後にセンサーデータの取得画面が現れ、写真撮影モードと切り替えを行うことができる。写真撮影後に撮影した写真に対する調査票入力画面に遷移し、情報を入力して保存する。

次に、携帯電話から取得可能なセンサーデータ(方位、緯度、経度)を用いて異なる地点から撮影された同一の建築物を検出する機構を提案する(図4)。この機構を用いることで、人手によらずに1つの建築物に対する調査票とその調査票に対応する別の者が撮影した同一の建築物の紐付けを行うことができると思う。

### 6. 日本での実験

千葉県柏市の東京大学柏キャンパスのキャンパス構内と東京都代々木上原駅周辺にある建物を場所毎に1つ選択し、開発した調査票ツールを用いてデータを取得し、取得したデータの中から2地点を選び、全てのデータの組み合わせに対して前述の判定式を用いて同一建築物の写真が撮影されているかどうかの判定を行った。また、判定式の条件を満たした組み合わせの総数を全ての組み合わせの総数で除したものを判定成功率と定義し、計算を行った。次に、取得した道路幅及び写真の撮影角度のデータに対して仮想的に誤差を与え、判定成功率及び判定式の値の推移を調べた。

### 7. 実験結果と考察

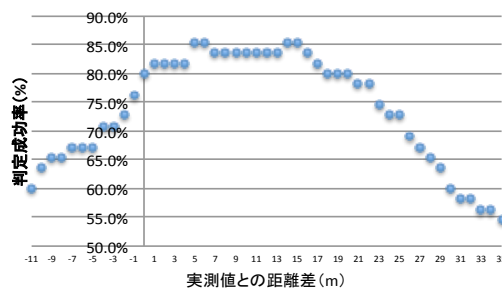


図5 距離の誤差と判定成功率の推移(柏キャンパス)

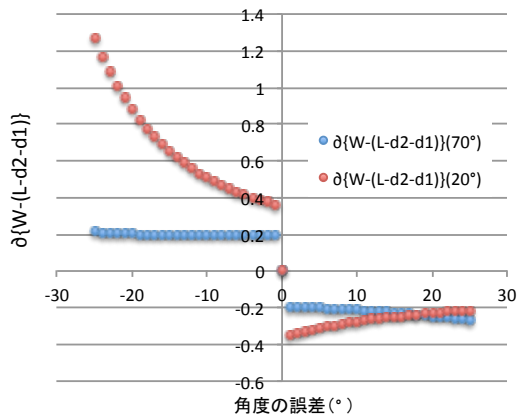


図 6 角度の誤差 1° 毎の判定式の値の差分 (柏キャンパス)

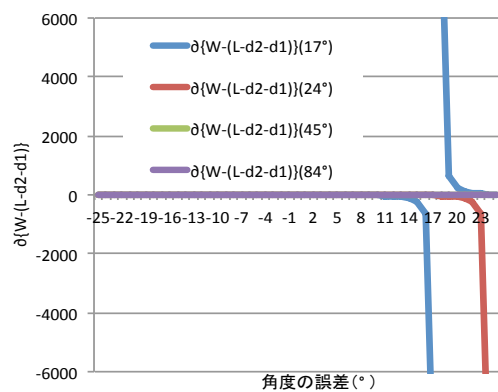


図 7 角度の誤差 1° 毎の判定式の値の差分 (代々木上原駅)

柏キャンパス及び代々木上原において取得したデータの判定成功率はそれぞれ 80%, 94%となった。仮想的に誤差を与えた際の結果を図 5-7 に示す。図 5, 6 に柏キャンパスのデータを, 図 7 に代々木上原のデータを用いている。図 5 より, 道路幅の誤差があっても 60%程度の判定成功率は担保されている。図 6, 7 より, 道路に対して浅い角度で写真を撮影している場合, 角度の誤差の発生により同一建築物の判定に支障をきたし易いことが確認された。この考察から, ユーザに対して写真を撮影する際に特定の撮影角度以下で写真を撮影しないようにデバイス側で促すことや, 判定の計算を行う

際に特定の撮影角度以下の写真を判定の計算対象から除外する等の対策が考えられる。

## 8. 結論

本研究ではモバイルセンシングを用いて従来の建築物の調査に関わる負担を低減させ, より効率的な調査が行えるように建築調査における調査票ツールに加えて, 携帯電話から取得可能なセンサデータを用いて異なる地点から撮影された同一の建築物を検出する機構を開発・提案し, その評価を行った。建築の専門家ではない人々も建築物の調査に参加できるようになれば, より網羅的且つ細粒度にデータが取得できるようになる。本研究によって都市に住まう人々がより豊かな生活を送ることができるようになることを願う。

## 参考文献

- [01] Diao, M., Zhu, Y., Ferreira Jr, J., Ratti, C., “Inferring individual daily activities from mobile phone traces: A Boston example Environment and Planning B.” Planning and Design, pp.1-10, 2015
- [02] 石井儀光, 寺木彰浩, 阪田知彦, 加藤哲, 森大, 丸山智康, 岩田司, “建築物の現地調査に求められる携帯型情報端末の機能要件.” 地理情報システム学会研究発表大会論文集, 21 B-7-1, 2012
- [03] Snavely, Noah, Steven M. Seitz, Richard Szeliski, “Photo tourism: exploring photo collections in 3D.” ACM transactions on graphics (TOG). Vol. 25. No. 3. ACM, pp835-846, 2006
- [04] Qin, T., Ma, H., Zhao, D., Li, T., Chen, J., “Crowdsourcing Based Event Reporting System Using Smartphones with Accurate Localization and Photo Tamper Detection.” Big Data Computing and Communications. Springer International Publishing. 141-151, 2015