

# 新たな賃貸物件探索指標構築のためのセンシングシステム

諏訪 博彦<sup>1</sup> 大坪 淳<sup>1</sup> 中村 優吾<sup>1</sup> 野口 真史<sup>2</sup>

**概要:** 賃貸物件を探索する際に, 騒音や日当たり, 防音性, 断熱性など, 長時間滞在しないと判断しづらい項目がある。我々は, これらの要因の指標化を試みている。指標化にあたり, 物件の状態を計測するためのセンシングが必要となる。しかし, 空き物件のセンシングにおいては, 既存の電源やネットワークの利用を前提条件とすることはできない。そのため, 既存の電源やネットワークを必要としないエネルギーおよびネットワークへハーベスティングなセンシング手法が必要となる。本研究では, 騒音や日当たりなど, 物件に関する新たな定量的な指標を構築するにあたり, 電源レスかつネットワークレスなセンシングシステムを構築し, 実世界においてデータ収集することを目的とする。そのために, スマートフォンアプリを用いたデータ収集システムを構築した。また, 構築したシステムを実際の不動産仲介業者に使用してもらい 47 物件からデータ収集を行った。その結果, 構築したシステムが新たな賃貸物件探索指標のためのセンシングシステムとして, 活用可能であることが示された。

## Sensing System for Constructing New Rental Property Search Index

Hirohiko Suwa<sup>1</sup> Atsushi Otsubo<sup>1</sup> Yugo Nakamura<sup>1</sup> Masahito Noguchi<sup>2</sup>

### 1. はじめに

賃貸物件を探索する際に, 物件探索者(借主)は, 場所, 賃料, 広さ, 築年数などを検索条件として探索する。一方で, 移住したあとに問題になるものとして, 騒音や日当たりなどがある。借主は, 物件探索時に内見するとはいえ, 複数回内見する借主はまれであり, 昼夜, 平日/休日など, 条件をかえて内見することは困難である。そのため, 騒音や日当たりを認識するためには, 「閑静な住宅街」「日当たり良好」などの物件に対する定性的なコメントや, 主要採光面, 階数などから推定せざるを得ない。しかしこの方法では, 各物件の状態認識にあいまい性が残り, 明確な比較は困難である。そのため, 騒音や日当たりについても定量的に評価できる指標が求められている。

指標化にあたり, 物件の状態を計測するためのセンシングが必要となる。しかし, 空き物件のセンシングにおいては, 既存の電源やネットワークの利用を前提条件とすることはできない。そのため, 既存の電源やネットワークを必要としないエネルギーおよびネットワークへハーベスティング

なセンシング手法が必要となる。本研究では, 騒音や日当たりなど, 物件に関する新たな定量的な指標を構築するにあたり, 電源レスかつネットワークレスなセンシングシステムを構築し, 実世界においてデータ収集することを目的とする。

先行研究 [1], [2] に基づく本研究の課題は 3 つである。1 つ目の課題は, デバイスのエネルギーハーベスト化である。センシング対象物件は空き家であるため, 基本的にはコンセントから電力を供給することはできない。週末効果などを把握するためにも, 最低 1 週間の連続稼働が必要である。

2 つ目の課題は, データのアップロードの効率化である。センシング対象物件はインターネット環境は存在しない。プロトタイプデバイスでは, 手作業でデータの抽出を行ったが, 実運用には耐ええない。そのためより効率的なアップロード方法の検討が必要である。

3 つ目の課題は, 操作の容易性である。構築したデバイスは, Raspberry Pi により稼働するため, その制御に一定のデバイス操作スキルが必要であった。しかし実社会で利用可能とするには, その作業を誰にでも, 特に不動産屋の職員が実施可能である必要がある。

これらの課題を解決するシステムとして, スマートフォ

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学 NAIST

<sup>2</sup> 株式会社 LIFULL LIFULL Co., Ltd.

ンアプリを用いたデータ収集システムを構築した。また、構築したシステムを実際の不動産仲介業者に使用してもらい47物件からデータ収集を行った。その結果、構築したシステムが新たな賃貸物件探索指標のためのセンシングシステムとして、活用可能であることが示された。

## 2. 関連研究

直接的に物件探索に影響を及ぼす要因について検討した調査として、2017年賃貸契約者に見る部屋探しの実態調査[3]がある。この調査によると、物件探索者が部屋探しの際に重視した条件は、「家賃」が74.7%と他の項目より突出して高く、以下「最寄り駅からの時間」(58.6%)、「通勤・通学時間」(57.8%)、「路線・駅やエリア」(54.7%)、「間取り」(53.1%)になっている。また、大手不動産ポータルサイトの関係者によれば、移住したあとに問題になるものとして、騒音や日当たりなど指摘されている。

また、物件探索に影響を与える要因を間接的に示唆している研究として、不動産価格推定に関する研究がある。価格は、物件の良し悪しを示す代替指標と考えられ、価格に影響を及ぼす要因は、借主が物件探索時に考慮している要因と考える。Chih-Hung[4]らは、台湾での住宅選定に影響があるといわれる風水に着目し、不動産価格推定に取り組んでいる。機械学習の特徴量には、一般的な建物固有の属性に加え、風水におけるタブーを変数として設けている。その結果、風水のタブーを考慮した方がより良好な推定結果となることを明らかにしている。

Vincenza[5]らは、ターラント市(イタリア)において、交通システムと地域毎の環境の質が不動産価格に深く関係していると考え、人工ニューラルネットワーク(ANN)を用いて検証を行っている。特徴量には、立地条件や建物の構造に加え、交通に関する属性として駅やバス停までの距離などが、環境汚染に関する属性として、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub>の値と最大値がそれぞれ含まれている。この研究でも各属性の感度分析を行った結果、SO<sub>2</sub>の最大値が全42ある属性の内の8番目に重要であることを明らかにしている。

これらの調査や研究結果は、騒音や日当たり、風水や周辺環境などが家賃推定に影響があることを示しており、借主は定量的には示されていないこれらの要因も考慮して物件探索を実施していると考えられる。しかしながら、現在の不動産ポータルサイトにおいて、これらの要因を定量的に比較することは困難である。

この問題に対して、山崎らのグループは、物件に関する指標の計測と快適度評価を試みている[6]、[7]。山崎らのグループは、これまで限定的な時間帯に短時間のみしか計測できていなかった物件の様々な価値をIoT技術にて定量化することを目的に、日照、温度・湿度、騒音、振動などを取得するIoTセンサーを開発している。実際にあるマンショ

ン物件で計測を行った結果、同じ物件でも階層や窓の有無により快適度が異なることを示している。

しかしながら、山崎らの研究においては電源をコンセントから確保した状態でデータ収集実験を行っている。これは、実社会で計測しようとした場合、制約になる。実運用時は、空き物件の電気は使用できず、デバイス自体に電源供給機能を持たせるか、エネルギーハーベストなデバイスの構築が求められる。また、山崎らは快適度を評価するための指標について検討しているが、我々は物件探索時に比較可能な指標を構築しようとする点で視点が異なる。

これらの研究を参考にしつつ、我々は、賃貸物件探索指標のための指標[1]やデータ収集デバイスの検討[2]を行ってきた。[1]においては、騒音や日当たりなど、物件に関する新たな定量的な指標を構築するにあたり、どのようにデータを取得し、どのように指標化していくべきか検討した。その結果、(1)静穏性、(2)防音性、(3)採光性、(4)断熱性が重要な項目であり、電源およびネットワークなしでデータ収集できることが必要であることを示した。また、[2]において、エネルギーハーベスト化およびデータ収集の効率化という先行研究の課題を解決するために、Smartphoneを使用したシステムを提案し、予備実験によってその実現可能性を探った。その結果、提案システムが空き賃貸物件における電力および常時インターネット環境がないという制約下における環境情報センシングを可能にすることを確認した。

しかしながら、これらの研究は研究者による実験であり、実社会におけるデータ収集に耐えうるかは疑問である。前述のデバイスのエネルギーハーベスト化、データ収集の効率化に加え、操作の容易性を兼ね備えていなければ社会実装は困難である。本稿では、先行研究で開発した指標およびデバイスに基づいて、実社会におけるデータ収集実験を行い、社会実装の実現可能性を明らかにする。

## 3. 物件探索指標構築のためのプロトタイプデバイス

本章では、既に開発した物件探索指標構築のためのプロトタイプデバイスについて述べる。先行研究において、我々は物件探索を支援するための評価指標について検討した[1]。また、データ収集時の制約を考慮に入れながら、データ収集デバイスの要件を整理し、それらの要件を満たすプロトタイプIoTデバイスを開発した[2]。

### 3.1 評価指標および要件

先行研究[1]において評価指標を検討するにあたり、まずは日本国内での運用を想定して検討した。また、評価にあたって、1)物件の立地条件を含めた評価と、2)物件そのものの評価の2つの視点で考えた。具体的には、(1)静穏性、(2)防音性、(3)採光性、(4)断熱性の4つに着目

した。

(1) 静穏性：静穏性は、いわゆる騒音の程度を意味する。我々は静穏性には2種類あると考える。一つは立地エリアの静音性であり、もう一つはその物件の静穏性である。立地エリアの静穏性は、外出時あるいは窓の開放時の静穏性を意味する。またその物件の静穏性は、窓やドアを閉めた場合の騒音の程度を意味する。

(2) 防音性：防音性は、騒音の遮断性能を意味する。また、防音性は物件自体の性能を示す指標と考える。

(3) 採光性：採光性はいわゆる日当たりの程度を意味する。我々は採光性には2種類あると考える。一つは立地エリアの採光性であり、もう一つはその物件の採光性である。立地エリアの採光性は、建物自体の日当たりの程度を意味する。またその物件の採光性は、部屋の中の日当たりの程度を意味する。

(4) 断熱性：断熱性は、部屋の内外の温湿度などの遮断性能を意味する。また、断熱性は物件自体の性能を示す指標と考える。

次に、想定したデータ収集デバイスの要件は、電源供給およびネット接続である。空き物件であるため、電気が止められていたり、ネット接続できない場合が多い。そのため、デバイス自体が電源供給およびネット接続できる仕組みが必要と考えた。

また、大規模にデータ収集する場合は、各物件を管理する不動産仲介業者や貸主にデータ収集を依頼する必要がある。そのためには、誰もが簡単に利用でき、かつ手間にならない方法が求められると考えた。

各指標ごとに収集すべきデータの種類は以下の通りであった。

- (1) 静穏性：部屋の内外の音を測る
- (2) 防音性：部屋の内外の音を測る
- (3) 採光性：部屋の内外の明るさを測る
- (4) 断熱性：部屋内外の温湿度を測る

また、これらの指標は時間帯による変化についても計測する必要があり、その日の天気や週末効果の影響を考慮すると1週間程度の計測期間が必要と考えた。

これらのことから、データ収集デバイスに必要な要件は以下の通りとした。

- (1) 電源供給環境を必要としない。
- (2) ネット接続環境を必要としない。
- (3) 手軽に持ち運び可能である。
- (4) 誰でも利用可能である。
- (5) 音量、明るさ、温度、湿度が計測可能である
- (6) 一週間以上の連続計測が可能である

### 3.2 プロトタイプ IoT デバイス

図1は、先行研究[2]において提案したシステムの概要である。センシング部分は先行研究[1]と同様に、オムロ



図1 システム概要図



図2 センサの設置

ン環境センサ 2JCIE-BL01を用いた。このセンサは、温度・湿度・照度(明るさ)・気圧・音・UV、加速度が収集できる。またリチウム電池(CR2032)1個で稼働し、1分間隔でデータを取得しても、1ヶ月以上稼働することが確認されている。

改良部分は、ゲートウェイである。先行研究では、ゲートウェイとしてRaspberry Piを用いていたが、提案システムではSmartphoneを用いる。また、センサとゲートウェイとの通信にはBLEを用いる点は同様だが、データの保存場所および通信のタイミングについて変更する。先行研究では、センシングされたデータは直ちにBLE通信を用いてゲートウェイに送られ、ゲートウェイ内のSDカードに保存されていた。提案システムでは、オムロン環境センサ内のフラッシュメモリに蓄積し、1週間経過後にSmartphoneと通信することでデータを抽出し、スマートフォンの回線を利用してクラウドにアップロードする。Smartphoneの操作については、専用のアプリケーションを開発し、設置・回収の操作を誰でも可能にする。

図2は、センサ設置時のアプリの遷移を示している。センサ設置時は、まず部屋の内外に環境センサを設置する。次にアプリを起動し、センサ設置ボタンをタッチする。アプリは、設置されたセンサを認識し、センサ番号を表示する。この時、アプリはSmartphoneの時間に基づいて環境センサの時間を合わせる。また、設置者はアプリのカメラ機能を利用して、設置状況を写真に撮影する。最後に測定開始ボタンをタッチすることで測定が開始される。



図 3 センサの回収

また、図 3 は、センサ回収時のアプリの遷移を示している。センサ回収時は、アプリを起動し、センサ回収ボタンをタップする。これにより、アプリは環境センサと BLE 通信を開始し、環境センサのフラッシュメモリに蓄積されたデータを抽出する。抽出されたデータは、スマートフォン回線を利用して、自動的にサーバにアップロードされる。最後にセンサを回収し、測定が終了される。

#### 4. データ収集実験

本章では、データ収集実験について述べる。

##### 4.1 実験概要

本実験は、構築したプロトタイプ IoT デバイスが、実社会においてデータ収集可能か検証するとともに、収集したデータの実用性の確認を行うことを目的とする。実験期間は 2018 年 11 月 26 日～12 月 17 日である。データ収集地域は、東京都および神奈川県であり（図 4）、対象物件は 47 物件であった。1 件あたりのデータ収集期間は 1 週間とした。データ収集にあたり、実際の不動産会社に協力を依頼し、機器の設置については営業職員の方々に実施していただいた。

図 5 は、データ収集キットである。センサ 2 個、センサ操作用スマホ 1 台（充電器付き）、室外設置用（窓設置）フック、設置距離確認用メジャー、実施マニュアル、データ収集案内標識がい 1 セットとなっている。実施マニュアルは、図 2、図 3 の手順を示したものである。

設置インストラクションは、不動産会社の代表者のみに説明し、実際に設置行く営業職員には、代表者から説明していただいた。そのため、設置者とデバイス開発者は直接面談や説明は一切していない。これにより、実際に使用する場面を想定した設置インストラクション環境を構築している。

##### 4.2 実験結果

実験の結果、47 件の物件にセンサを設置することができた。収集されたデータの総数は、895,180 データである。また、収集されたデータの日数は述べ 367 日分である。収



図 4 センサ設置地域



図 5 データ収集キット

集データを確認したところ、47 件中 7 件のデータの一部分または全部が終了時にアップロードができていないことが確認された。さらに、6 件については、指定した設置方法に従っておらず、室外に設置すべきセンサが室内に設置されていたことが確認された。そのため、それらを省いた 34 件を分析対象とした。

##### 4.2.1 静穏性および防音性

図 6 は、室内外の平均騒音レベルを物件ごとにプロットしたものである。X 軸は室外騒音レベルであり、50 デシベル以上の物件が 2 件ある。2 件とも高速道路や主要国道に面しており、騒音レベルが高いことが伺われる。また、約半数は 40 デシベル以下であり、静穏であることが伺われる。

次に、Y 軸である室内騒音レベルをみると、室外騒音レベルが高かった 2 件は 35 デシベル以下であり、他の物件と比較して中程度より低いことが確認できる。特に、もっ

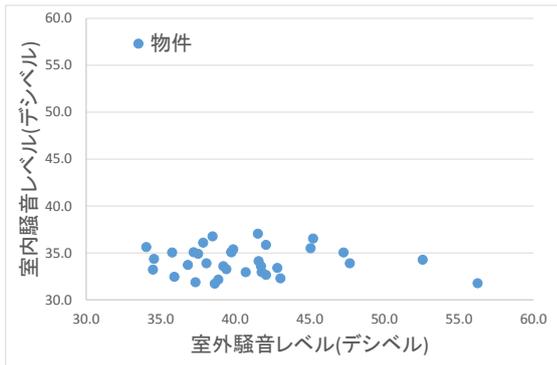


図 6 静穏性および防音性の可視化

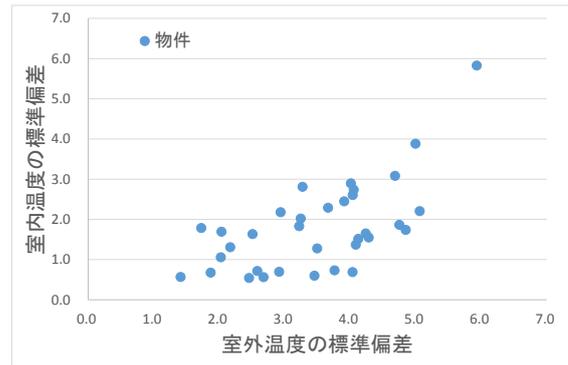


図 8 断熱性の可視化

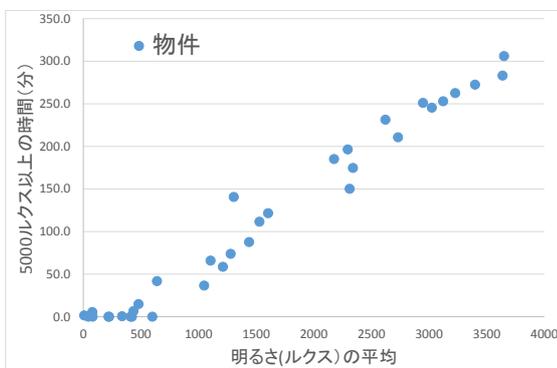


図 7 採光性の可視化

とも室外騒音レベルが高かった物件は、室内騒音レベルが 31.8 と非常に低いことが確認できる。このことから、当該物件の防音性が高いことが伺える。これらの結果から、提案システムによって収集されるデータにより静穏性および防音性が測れることが確認できたと考える。

#### 4.2.2 採光性

図 7 は、室外の明るさ（ルクス）の平均（X 軸）と 5000 ルクス以上で場合の 1 日あたりの平均時間（分）（Y 軸）である\*1。最も採光性が良い物件は、平均 5 時間程度 5000 ルクス以上の時間があり、また明るさの平均も高いことから南向きの日当たりの良い物件であることが伺える。

一方で、明るさの平均が 500 ルクス以下、5000 ルクス以上の時間帯がほぼ 0 分である物件は、北向きや前面がさえぎられているなどの採光性の悪い物件であることが伺える。これらの結果から、提案システムによって収集されるデータにより採光性が測れることが確認できたと考える。

#### 4.2.3 断熱性

断熱性は、室外の温度変化に左右されず、室内の温度を一定に保つ度合いと考える。図 8 は、物件ごとに室外の温

度の標準偏差（X 軸）と室内の温度の標準偏差（Y 軸）をプロットしたものである。本実験においては、センサ設置期間が 1 ヶ月あり、それぞれその中の 1 週間程度データを収集している。そのため、時期によって気温差が大きい物件と小さい物件が混在している。本実験においては、1~6 程度の間ポイントされている。

基本的には、室内温度も室外温度の変化によって影響を受けるため、室外温度の標準偏差が大きくなれば室内温度の標準偏差も大きくなる傾向が見て取れる。しかしながら、室外温度の標準偏差が高いにもかかわらず、室内温度の標準偏差は低いものが確認できる。例えば、室外温度の標準偏差が 4.0 程度であるにもかかわらず、室内の標準偏差が 1.0 以下の物件が 2 件確認できる。これらの物件の構造を確認したところ、RC 構造であることが確認できた。一方、室外温度の標準偏差が 5.0 程度、室内温度の標準偏差が 4.0 程度の物件の構造を確認したところ木造であることが確認できた。このことから提案システムによって収集されるデータにより採光性が測れることが確認できたと考える。

## 5. 考察

4.2 節の実験結果より、設置した 47 件のうち、34 件からデータが収集できた。実社会での利用を考えた場合、ほぼ 100 % のデータ収集が望ましい。現在はデータ収集成功率は 72% であり、13 件はデータ収集に失敗している。そのうちの 6 件は設置者のミスであり、今後間違いやすい箇所を強調して説明するなどによりミスを減らすことができると考える。また、設置時のアプリケーションによるインストールなどの工夫も考えられる。一方で、7 件はシステム上の問題であった。今後、システムを再確認することによりこのような問題を解決する必要がある。

4.2.1 項から 4.2.3 項で示したとおり、提案システムを用いたデータ収集により、静穏性、防音性、採光性、断熱性について指標化可能であることが確認できた。しかしなが

\*1 5000 ルクスは、曇りの日の外の明るさ程度であるため基準として採用している

らデータ分析過程において新たな課題も発見された。一つ目は、時間的、空間的差異のあるデータに基づく指標化である。賃貸物件は全国にあるため、点在している。また、データを収集する時期も異なる。そのため、外気温など気象条件は大きく異なることが想定される。今後、気象条件が異なる場合でも比較可能にするために、正規化する必要があると考える。

二つ目は、物件に対する定性的な評価である。物件データベースには、部屋の広さ、構造、築年数、採光面などの情報が掲載されている。しかしながら、物件にはそれぞれ個別の事情があり、物件データベースからでは読み取りきれない特徴を持っている場合がある。そのため、より精緻な指標化のためには、物件について詳しく知っている不動産営業職員からのフィードバックが不可欠と考える。今後、アンケートやインタビューにより、フィードバックを得るとともに、指標の妥当性を確認していきたい。

## 6. おわりに

本研究では、騒音や日当たりなど、物件に関する新たな定量的な指標を構築するにあたり、電源レスかつネットワークレスなセンシングシステムを構築し、実世界においてデータ収集実験を行った。スマートフォンアプリを用いたデータ収集システムを構築し、構築したシステムを実際の不動産仲介業者に使用してもらい47物件からデータ収集を行った。その結果、構築したシステムが新たな賃貸物件探索指標のためのセンシングシステムとして活用可能であることが示された。

今後は、賃貸物件探索指標の妥当性を不動産仲介業者の営業職員に確認すること、気象データと比較することで、日ごとの気象変化の影響を取り除くことなどの課題に取り組んでいく。

## 参考文献

- [1] 諏訪博彦, 中村優吾, 野口真史: IoT センシングによる新たな賃貸物件探索指標の検討, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム (2018).
- [2] 諏訪博彦, 大坪敦, 中村優吾, 野口真史: 新たな賃貸物件探索指標のための IoT センシングデバイスの検討, GN Workshop 2018 論文集 (2018).
- [3] SUMO 編集部: きっかけは? 重視する条件は? 857 人に聞いた引越し・住み替えの実態調査 2017 (<https://suumo.jp/article/oyakudachi/oyaku/chintai/fr-data/hikkoshi-sumikae2017/> 2018/5/14 参照).
- [4] Chih-Hung Wu, Chi-Hua Li, I.-C. F. C.-C. H. W.-T. L. C.-H. W.: HYBRID GENETIC-BASED SUPPORT VECTOR REGRESSION WITH FENG SHUI THEORY FOR APPRAISING REAL ESTATE PRICE, *2009 First Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems*, pp. 295-300 (2009).
- [5] Vincenza Chiarazzo, Leonardo Caggiani, M. M. M. O.: A Neural Network based model for real estate price estimation considering environmental quality of property location, *Transportation Research Procedia* 3, pp. 810-817

- (2014).
- [6] 大淵友暉, 山崎俊彦, 相澤清晴, 鳥海哲史, 林幹久: IoT センサを用いたマンション物件計測と快適度評価, 第 31 回人工知能学会全国大会 (JSAI2017) (2017).
- [7] Obuchi, Y., Yamasaki, T., Aizawa, K., Toriumi, S. and Hayashi, M.: Measurement and evaluation of comfort levels of apartments using IoT sensors, *2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pp. 1-6 (2018).