

赤外線センサーによる歩行者数計測誤差の補正方法に関する研究

福岡大学都市空間情報行動研究所	今西 衛*
福岡大学都市空間情報行動研究所, 福岡大学経済学部	斎藤 参郎
福岡大学都市空間情報行動研究所	岩見 昌邦
福岡大学都市空間情報行動研究所	山城 興介

概要

商店街がにぎわっているか、イベント時にどのくらいの集客があったかのこうかを調べるためには、商店街に日々何人の人が訪れているかを計測する必要がある。

そのためには、人数計測装置を商店街に常設する必要がある。安価な赤外線センサー方式の人数計測装置による人数計測を行ったところ、線上を複数人が同時に歩くため1人と認識してしまういわゆる共連れ問題が発生した。本研究では、同伴者数や、同時に複数人が歩いている、幅員や赤外線センサーの設置環境を考慮して、既存の人数計測装置の観測値をより真の値に近づける補正を行うことである。

1. 研究のねらいと目的

福岡大学都市空間情報行動研究所(FQBIC)では、これまで、福岡、鹿児島など九州主要都市をはじめ、さまざまな都市で回遊行動調査を実施してきた。回遊行動調査を実施する中で、各都市や商店街が直面している課題として、まちに何人の消費者がネットで訪れているかを把握できていないことである([1])。

FQBICは、九州の主要として回遊行動調査を実施するとともに、歩行者通行量調査を実施し、FQBICがもつアルゴリズムを用いることで、1カ所の断面通行量を拡大推計し、まちに何人の消費者がネットで訪れているかを正確に推計することができる([2])。

ショッピングモールや百貨店などの大規模商業施設には、パッサーカウンター(人数計測装置)を設置し、来店者数をもとに、さまざまな販売促進の戦略を展開している。

FQBICが行っている回遊行動調査の対象地域では、人数計測装置を設置しておらず、まちに日々、何人の消費者が商店街やまちに訪れているかわかっていない。商店街の中には、年に数回歩行者通行量調査を定点観測で行っているところもあるが、バーゲンやイベントなどでどれだけの人が呼び込めたのか、時系列に比較して、どのような要因で通行量が増えたのかどうかを検討することができない。

そこで、FQBICは、商店街を中心として、人数計測装置を導入し、日々の通行量を計測することで、どのような要因で通行量が増えるのか、イベント行ったらどのくらいの人を訪れるのかを把握することを提案している。

人数計測装置には、ステレオカメラタイプ、画像認識、レーザースキャナーなどのタイプがある。ステレオカメラタイプやレーザースキャナータイプは、精度は高いもの

の、非常に高価であり、商店街に導入するには敷居が高い([3])。また、画像認識タイプは、歩行者が重なって歩いている、いわゆる共連れを検知できず、精度が低くなる。また、屋根のある商店街では、昼間と夜とでは明暗が異なったり、床の色合いが変わったりして、人数を正確に計測するには非常に困難である。また、商店街の幅員が10m-15mあるものもあり、この幅員の人数を計測する困難さがある。

そこで、われわれは、赤外線センサーによる人数計測に着目した。赤外線センサーは非常に安価であり、商店街の朝夕の明暗にも対応でき、夜間でも計測することができる、10-20mの幅員にも対応で対応するという特徴をもつ。

しかし、赤外線センサーによる人数計測では、幅員が大きい場所では、共連れなどによる人数計測の誤差が生じることがわかった。

そこで、本研究のねらいは、歩行者が並んで歩いている状態、いわゆる共連れ問題などで生じる赤外線センサーによる人数計測の誤差を補正する仕組みを構築することで、商店街に安価に人数計測装置を導入し、日々、待ちに訪れる消費者の人数を正確に把握することである。

本研究の目的は、共連れなど考えられる問題を解決するため、線上に同時に通過した人の数や、アンケート調査で聞いた同伴者数をパラメータとして、赤外線センサーで計測された値を補正し、真の歩行者数を推定する仕組みを構築することである。

本章の構成は以下の通りである。

第2章では鹿児島市天文館本通りにおける歩行者通行量調査の結果について述べる。

第3章では、大分市セントポルタ中央町における歩行者通行量調査の結果について説明する。第4章では、鹿児島市、大分市で明らかになった問題点などを踏まえ、熊本市下通2番街で行った歩行者通行量調査の結果について述べる。第5章では、アンケート調査の質問項目である同伴者数に着目し、人数計測の補正をかける。第6章ではMCMCを用いた補正の仕組みを考える。第7章で結論と今後の展望を述べる。

2. 鹿児島天文館本通りにおける歩行者通行量調査

2-1 天文館本通りにおける社会実験概要

鹿児島天文館地区を社会実験地域として設定し、We Love 天文館協議会の協力を得た。天文館本通りに、赤外線センサー式の人数計測装置を設置した(図1)。本通りの道路幅は10mで、昼間は歩行者専用道路で上部はアーケードに覆われている。天文館本通りは、天文館地区で最も大きな商店街の通りであり、終日買い物客や観光客で賑わっている。

人数計測装置は、受光部に日光などの赤外線が入らなければ、屋外でもカウントできるタイプであり、かつ、方向別の人数計測も可能なタイプである(図2)。

今回採用した人数計測装置は、本通りの断面通行量を方向別に15分間隔で集計し、WiMAX通信を通じて、データベースサーバへ集計結果を送る仕組みとなっている。設置期間は、2012年11月5日(月)から11月13日(火)までの9日間である。また、11月10日(土)、11月11日(日)には、検証用として調査員による数取り器を用いた人数計

測を同時に行っている。



図 1 天文館本通りにおける
人数計測装置設置場所



図 2 本通りに設置された人数計測装置

2-2 天文館本通りの断面通行量の検証

図 3 は、2012 年 11 月 10 日(土)の天文館本通りの断面通行量である。調査員による計測結果が 18,055 人であるのに対して、赤外線センサーによる人数計測の結果が 12,259 人と約 6,000 人機械に誤差が生じている。これは赤外線に対して 2 人以上が横並びに歩いていると、1 人としてカウントしてしまうためと思われる。

—■— 手動 —▲— 機械

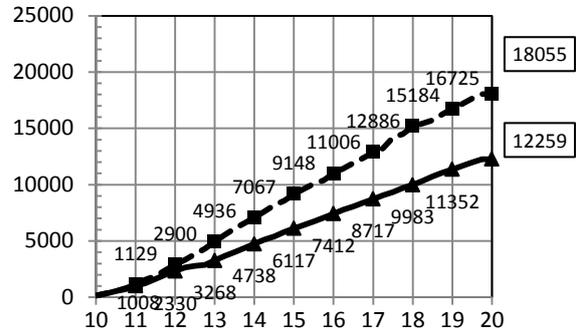


図 3 天文館本通りの断面通行量

3. 大分セントポルタ中央町における歩行者通行量調査

3-1 セントポルタ中央町における社会実験概要

同様の機械を大分市セントポルタ中央町に設置した(図 4)。幅員 7m で、昼間は歩行者専用道路で上部はアーケードに覆われている。



図 4 セントポルタ中央町における
人数計測装置設置場所

設置期間は、2012 年 12 月 15 日(土)から 12 月 16 日(日)までの 2 日間である。また、

同期間中、検証用として調査員による数取り器を用いた人数計測を同時に行っている。

3-2 セントポルタ中央町の断面通行量の検証

図 5 は、2012 年 12 月 15 日(土)のセントポルタ中央町の断面通行量である。調査員による計測結果が 13,232 人であるのに対して、赤外線センサーによる人数計測の結果が 13,122 人と非常に近い値が出ている。

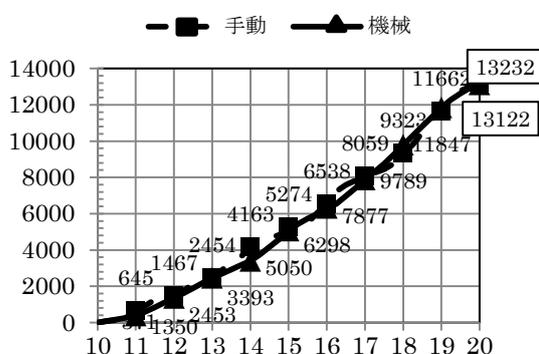


図 5 セントポルタ中央街の断面通行量

天文館本通りとセントポルタ中央町の計測環境の違いに、赤外線センサーが道路に対して垂直になっているかどうかの違いがある。この結果から、誤差が生じない計測方法として、道路に対して斜めに計測すべきでないかという仮説をもった。

4. 熊本下通 2 番街における歩行者通行量調査

4-1 下通 2 番街における社会実験概要

人数計測の誤差が共連れによるものなのか、計測装置の計測環境によるものかをより追究するために、熊本市下通 2 番街において、同様の機械を設置した(図 4)。下通 2 番街の幅員は、18m で、昼間は歩行者専用

道路で上部はアーケードに覆われている。

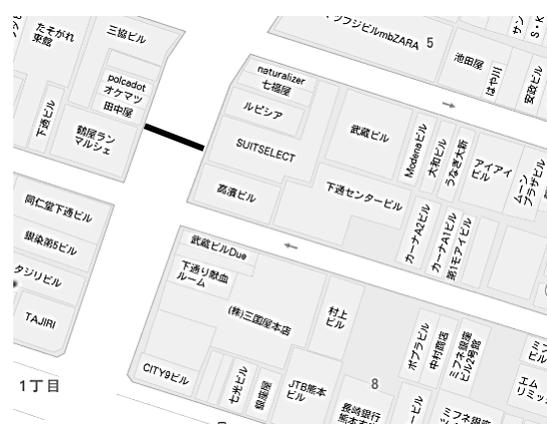


図 6 下通 2 番街における人数計測装置設置場所

設置期間は、2013 年 6 月 15 日(土)から 6 月 16 日(日)までの 2 日間である。また、同期間中、検証用として調査員による数取り器を用いた人数計測を同時に行っている。さらに、共連れによる誤差を考慮して、赤外線センサーを同時に超えた人の人数も合わせて計測している。

4-2 下通 2 番街の断面通行量の検証

図 7 は、2013 年 6 月 15 日(土)の下通 2 番街の断面通行量である。調査員による計測結果が 32,240 人であるのに対して、赤外線センサーによる人数計測の結果が 21,915 人と約 10,000 人の誤差が生じている。

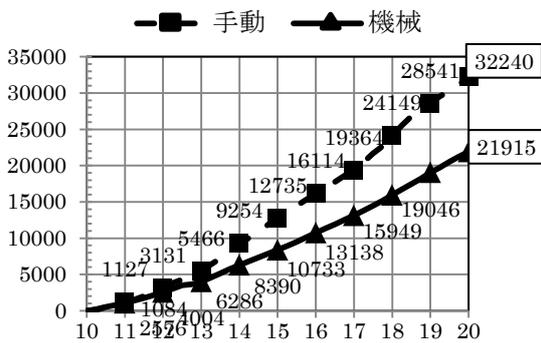


図 7 下通 2 番街の断面通行量

5. 同伴者数にもとづく誤差の修正

鹿児島天文館本通りにおける 15 分おきの調査員による人数計測と、機械による人数計測の相関関係は図 8 の通りである。

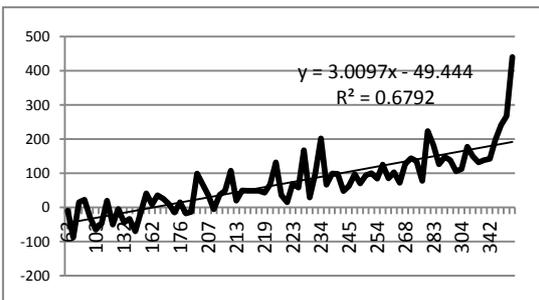


図 8 調査による計測と機械による計測の相関関係

図 8 より、歩行者通行量が増えれば増えるほど、誤差が生じていると考えられる。横並びに人が歩くケースとして、カップル、友人などの同伴者が考えられる。そこで、第 6 回鹿児島都心部消費者回遊行動調査の同伴者数に関する質問項目を用いて、赤外線センサーの人数計測の誤差を修正する。

鹿児島都心部における同伴者率は 48.2%であった。また、そのときの平均同伴者数

は 2.48 人であった。

横並びに歩いている人がすべて同伴者であるとは必ずしも言えない。また、同伴者が 9 人などとても多いときに、全員が横並びに歩いていることも考えにくい。しかし、本節では、同伴者数を使ってデータを補正することにする。図 8 より 15 分間に 170 人までは機械による人数でも正確に計測されており、15 分間に 170 人以上で誤差が生じている。そこで 15 分間に 170 人以上歩いているときに補正をかけるものとする。

鹿児島都心部における同伴者率が 48.2%、そのときの平均同伴者数が 2.48 人より、機械による 15 分間の人数計測値を x とおくと、補正人数 \hat{x} は次式で与えられる。

$$\hat{x} = \begin{cases} x + 0.482x \times 2.48, & \text{if } x \geq 170 \\ x, & \text{otherwise} \end{cases}$$

この補正の結果得られた結果が図 9 で示されている。

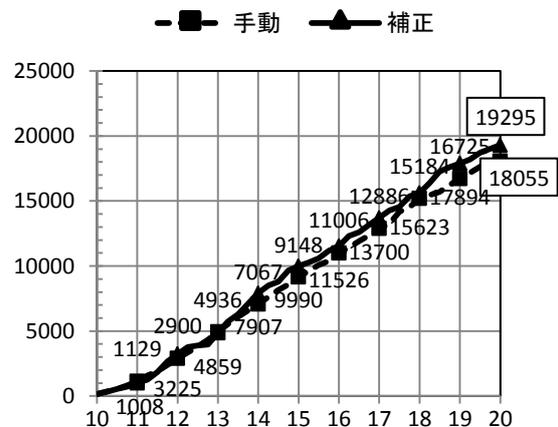


図 9 補正結果

調査員による人数計測が 18,055 人に対して、機械による人数計測の補正結果が 19,295 人と誤差は 1,240 人に収まった。

6. MCMC を用いた誤差の修正

アンケート調査で得られた同伴者数と、赤外線センサーの線上を同時にまたいだ複数の人が全く同一であるとは考えにくい。広い道路であれば、他人が平行して歩いている場合もあれば、同伴者が少し離れて歩いている場合もある。

そこで、熊本の通行量調査では、調査員による断面通行量調査と同時に、線上に同時に越えた人数も数えた。

また、3 つの通行量調査の地点の幅員は天文館本通り 10m、セントポルタ中央町は 7m、下通 2 番街は 18m であった。幅員が広いほど、同時に通過する人数も増えるので、共連れの問題が大きくなる可能性がある。また、3 つの調査の中で、セントポルタ中央町の人計測での誤差は非常に小さい。

観測された人数に未知の分布にしたがって、誤差があると仮定し、観測された値から真の値を推定する方法の一つにマルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC: Markov-chain Monte Carlo)を用いたベイズ推定法がある。

具体的なモデル、分析については、今後の研究に委ねたい。

7. 結論と今後の課題

本研究では、鹿児島、大分、熊本の中心商店街において赤外線センサーによる人数計測装置を設置し、断面通行量を計測し、検証を行った。その結果、幅員の大きい鹿児島や熊本の商店街では、人数計測の誤差が大きかった一方、比較的幅員の狭かつ

た大分では、人数計測の誤差は小さかった。

2 人以上が赤外線センサー上を同時にまたいだときに、人数計測装置は 1 人としてカウントするが、当日同時に行っていたアンケート調査の同伴者数の項目からある程度、誤差を補正することができた。

セントポルタ中央町では、幅員が天文館本通りや下通 2 番街と比べて若干狭いことに加えて、人数計測装置の設置の都合上、道路に対して赤外線が斜めに遮る形となっている。このため、2 人が横並びに歩いても 2 人とカウントされたのではないかと考える。

MCMC による分析の詳細は、今後の研究に委ねる。

謝辞

本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)地域 ICT 振興型研究開発に係る研究開発採択課題「オート GPS と IMES 屋内測位による広域観光の動態把握と回遊誘発情報提供システムの開発研究」によるものです。

参考文献

- [1] 齋藤参郎, "都市エクイティ指数の組成とその流通機構創設の提案-ビッグデータ時代の都市研究と不動産ビジネス-", *不動産研究*, vol. 55, pp. 13-25, 2013.
- [2] 齋藤参郎, "[アカデメイア]アルゴリズム特許-回遊パターンを正確に推計する方法-", *福岡大学研究推進部ニュース&レポート Research*, vol. 13, pp. 1-2, 2008.
- [3] 帷子京市郎, 中村克行, 趙卉菁, and 柴崎亮介, "レーザセンサを用いた歩行者通過人数の自動計測手法," *日本写真測量学会平成 17 年度年次講演会発表論文集*, pp. 87-90, 2005.