

スマートフォン搭載照度センサの集合知による 街灯照度安全性判定システムの開発

Safety Level Assessment System for Sidewalk Utilizing Collective Light Sensor of Smartphones

○ 松田 裕貴¹⁾, 新井 イスマイル¹⁾
Yuki Matsuda¹⁾, Ismail Arai¹⁾

¹⁾ 明石工業高等専門学校 電気情報工学科

1 はじめに

近年、GPS や加速度センサ、照度センサなどの多様なセンサを搭載したスマートフォン端末の普及に伴い、歩行者ナビゲーションの需要が高まっている。従来のナビゲーションにおいては、車線数や道路混雑状況など、目的地への到達速度を重視した情報の提供が中心となるが、歩行者ナビゲーションにおいては、それらの情報に加えて夜道の明るさや人通り、犯罪発生情報など、安心・安全面に配慮した情報の提供が課題となる。

安心・安全情報を提供するシステムとしては、犯罪発生状況に基づいた安全安心 map^[1] や、夜道の街灯情報をマッピングした地図などがあるが、ユーザが情報分析する必要がある、測定機材やコンピュータ機器などの大掛かりな装置が必要であることなどから、有効な情報を提供できていないのが現状である。以上のことから、安心・安全面の情報を提供するシステムにおいては、ユーザが情報から直感的に安全性を判断しうること、および情報を網羅的に整備することが求められる。

そこで、本研究では、複数台のスマートフォンを用いて収集した複数の街灯照度データから、集合知を形成することで、網羅的な街灯ネットワークを構築し、安心・安全情報を提供するシステムを開発している。そのために、スマートフォン搭載照度センサにより得た測定データから、街灯位置および街灯照度を推定する手法を考案したが、本稿では、特に街灯位置推定について述べ、位置推定手法が有効なものであることを実験により示す。

2 街灯位置推定手法の提案

スマートフォンに搭載されている照度センサは、一般に普及している照度計と形状や精度の違いがあるため、固有の特性を持つことが過去の論文^[2]により明らかとなっている。スマートフォンを用いた測定においては、歩行者が画面を見ることから受光面が進行方向手前に傾くため、図1に示すような位置関係となり、照度変化には偏りが生じる。式1(歩行時照度モデル)はこの照度変化を照度センサの特性から導いたものである。各文字については図1中に示す。なお、 α_θ , α_{ratio} は、スマートフォン余弦特性により決まる定数であり、 θ_s は、スマートフォンのセンサ測定データにより算出可能である。

$$E_s = \cos^3 \theta_l \cdot \sin((\theta_s + \theta_l - \alpha_\theta) \cdot \alpha_{ratio}) \cdot E_h \quad (1)$$

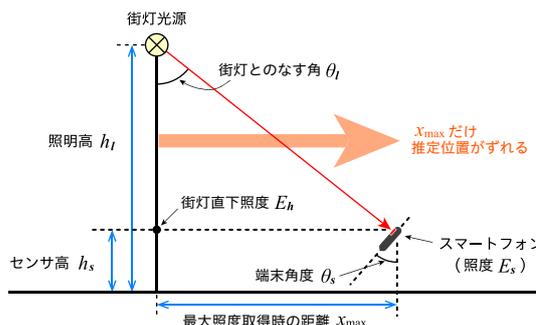


図1. 街灯直下地点の推定

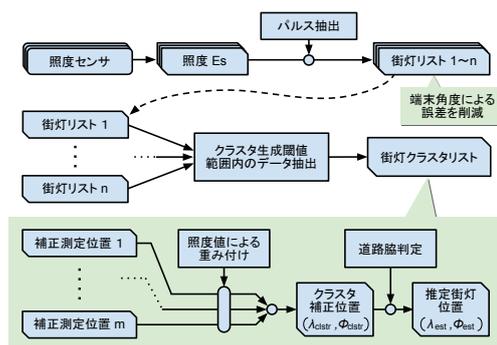


図2. 集合知による街灯位置推定手法処理フロー

照度変化の偏りが生じると、実際の街灯とはずれた地点で最大照度を示すため、街灯直下地点の推定をおこなう必要がある。まず、測定照度データの時系列において、街灯付近の変化はパルスに似た形状となるため、パルスを抽出することで街灯リストを構築することができる。各街灯リストの測定データについては、端末角度による測定位置のずれを含むため、歩行時照度モデル(式1)を元に補正する。

事前調査により、街灯の近傍を通過した測定データが、高い照度値を示す傾向にあることが明らかとなっているため、照度値による加重平均を用いることで、クラスタ補正位置を導く。また、一般的な街灯は道路脇に設置されているため、クラスタ補正位置が、道路のどちら側に存在するかの判定(道路脇判定)により、推定街灯位置を導出する。図3に道路脇判定の概念図を示す。道路中心線と幅員(道の幅)から道路脇線を作成し、クラスタ

補正位置から垂線を下ろす。この距離が最短となる垂線の交点を推定街灯位置とする。

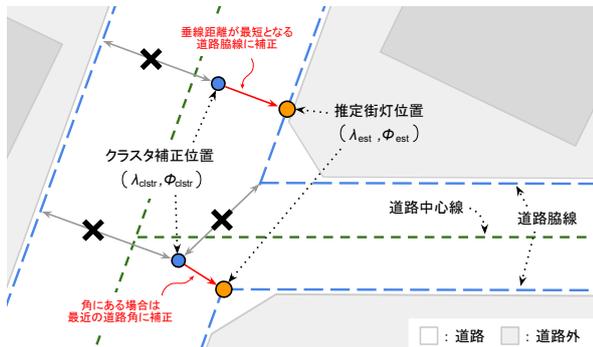


図 3. 街灯位置推定手法の概念図

3 街灯位置推定実験

街灯位置推定手法の検証実験では、街灯種類（蛍光・水銀・LED ランプ等）のデータが広く得られる実験ルートとして、JR 魚住駅-山陽魚住駅間の経路（街灯数：28、距離：約 1[km]）を採用した。実験端末は、サムスン社製の Galaxy Nexus（Android 4.2.1）および Galaxy S III（Android 4.0.0）を用いた。

街灯認識精度の評価は、全街灯数に対する街灯を正しく認識できた割合（再現率 R ）、および認識した街灯数に対する正しく認識できた割合（適合率 P ）によって行う。また、位置推定手法については、実際の街灯位置と推定位置の直線距離（推定誤差）を、提案した全ての補正手法を適用した街灯位置推定手法およびクラスタ補正のみを適用したクラスタ補正手法、比較対象として提案する補正を用いない単純平均手法について計測し、それらと比較することにより、クラスタ補正手法・街灯位置推定手法が有効かどうかについて評価する。

まず、街灯認識精度の評価結果について述べる。街灯位置推定手法による街灯認識の再現率は約 86 [%]、適合率は約 73 [%] となった。正しく認識できなかった街灯については、街灯が想定したものと異なる指向性を持っていることや、街路樹や看板などの障害物が存在することなどの要因により、推定クラスタの分裂が発生してしまっていると考えられる。

次に、街灯位置推定手法の評価結果を述べる。推定誤差の絶対値の平均（平均推定誤差）については、単純平均手法では 2.68 [m]、クラスタ補正手法では 2.34 [m]、街灯位置推定手法では 1.97 [m] となった。これにより、単純平均手法に対して、クラスタ補正手法を用いると、0.34 [m] の誤差削減となり、街灯位置推定手法を用いると、0.71 [m] の誤差削減を実現することができた。また、推定誤差の削減率を算出すると、単純平均手法に対して、クラスタ補正手法では 77.8 [%]、街灯位置推定手法では 81.5 [%] の削減率となった。推定誤差が削減されなかった街灯データについては、以下に述べる原因が考えられる。前述の 3 手法における推定誤差値を図 4 に示す。

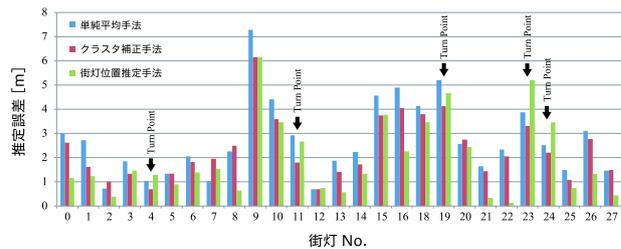


図 4. 街灯位置推定手法評価結果一覧

図中の“TurnPoint”に示す街灯データにおいては、街灯位置推定を行うことで、単純平均やクラスタ補正を行ったものより推定誤差が増加していることがわかる。この推定誤差増加の生じる街灯データに共通する要素は、街灯が交差点または道路合流地点に設置されているということである。提案手法においては、道路脇判定によって推定を行う際、垂線を下ろせる地点に補正するため、道路中心線が Y 字に交差する地点付近において実際の街灯位置と異なる道路脇線に補正される確率が高まる。また、本稿での実験においては、1 経路を複数測定した結果を用いており、交差点に別の方向から進入したデータを収集していなかったため、データに偏りがあることから加重平均が正しく作用しなかった可能性がある。これらの要因により推定精度が低下したと考えられる。交差点の街灯データを評価の対象外とすると、推定誤差の削減率はそれぞれ、90.9 [%]、86.4 [%] となり、直進測定箇所においては道路脇判定を用いた推定により高確率で精度が向上することがわかる。

4 まとめと展望

今後の課題としては、センサ測定データを解析することで、交差点における進行ルートごとのデータ数に偏りが生じないようにデータを処理し、交差点における加重平均が正しく作用するよう改良すること、そして、本論文にて対象外とした街灯種類における、歩行時照度モデルおよび照度相関関係を調査し、街灯種類や測定状況に応じた、推定手法を選択することで位置推定精度を向上することが挙げられる。

また、本論文で提案した手法で得られた、街灯位置データベースおよび街灯照度データベースを用いて、照度基準に準拠した安全性判定を行う手法を検討するとともに、安全性情報から、歩行者を安全な道へナビゲートするシステムを考案したい。

参考文献

- [1] サイバーエリアリサーチ株式会社. 安全安心マップ. <http://www.ananmap.com/>.
- [2] 松田裕貴, 新井イスマイル. スマートフォン搭載照度センサの集合知による街灯照度安全性判定システムの開発. 情報処理学会関西支部大会, (2012).