HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	LED反射光を用いることによるスマートフォン屋内位置認識に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	嶋田, 祥太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14582号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81180
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shota_Shimada_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（情報科学）　　氏名　嶋田　祥太

学　位　論　文　題　名

LED 反射光を用いることによるスマートフォン屋内位置認識に関する研究
（Smartphone Indoor Positioning using LED Reflection）

スマートフォンの急速な普及に伴い, 携帯端末の位置認識技術への注目が高まっている. 特に屋内においては, 建物内に設置された既存のインフラストラクチャを活用した測位が可能で, 様々な応用例が期待されている. 具体的には, 病院や介護施設での患者や医師の記録, 視覚障害者の支援, 適切な HVAC(Heating, Ventilating and Air Conditioning) 制御によるエネルギーの節約や, 個人の買い物支援などが挙げられる. 活用するインフラストラクチャや技術の例として, 電波, 音, 画像認識, 赤外線 (Infrared: IR), 可視光などが提案されている. 特に本論文では可視光に注目する. 可視光を用いた測位はフォトダイオード (Photodioade: PD) やイメージセンサで LED 変調光などのランドマークを検出し, ランドマークと受信機間の距離や角度などを推定しターゲットの位置を計算する手法が一般的である. 測位専用の新たな器具の設置, あるいは精密な学習データの収集が必要な他の手法と異なり, 屋内には照明が至る所に存在するため, 可視光測位は既存の照明器具を活用でき, 設置コストの削減に期待できる. また, 可視光は物体を透過しないためにマルチパスの問題が発生しにくく, 数 m 未満の誤差と高精度に測位できるメリットがある.

PD を用いた可視光測位は消費電力が低いメリットがあるが, スマートフォンに環境光センサとして搭載 されている PD は応答速度及び受信感度が悪く, 測位への利用は困難である. そのため, 先行研究では高速 に動作する PD をスマートフォンに別途装着しており, スマートフォン実装の PD を用いた測位システムはまだ実現されていない. このような背景から, 我々は多くのスマートフォンに搭載されており, 十分な受信感度がある, イメージセンサを用いた可視光測位に注目する. 課題は LED の検出方法である. イメージセンサ, すなわちカメラを用いた既存手法の多くは, 天井の LED に異なる ID を割り当てて変調光を送信し, スマートフォンのカメラを用いて原理的には 3 つ以上の LED を 1 度に直接撮影することでこれを識別する. しかし, 照明の配置や建物の高さに制約がある. 例えば, ユーザがスマートフォンを水平に保持し, 測位用のアプリケーションを起動することを想定する. 天井に正対しているフロントカメラは LED を直接撮影できるが, 一般にスマートフォンのフロントカメラは画角が垂直 60 度, 水平 45 度以内程度であるため, 四方に配置された LED をカメラに収めるためには LED 同士の距離のおよそ 2.5 倍以上高い天井が必要となる. つまり, この手法の実現には, 密に配置された照明か, 高い天井を有することが条件である. また, 検出のためにできる限り大きな画像を用いるため, スマートフォン単体で計算を行うことが困難な場合があり, 先行研究ではオフラインでの計算やクラウドによる実装を行っている. 他にも, 直接光源を検出するためにカメラの露光時間を非常に短くする必要があり, カメラ本来の被写体を撮影する用途には不向きである, といった課題がある.

そこで本論文では, 床面の反射光を撮影することによる測位手法を提案する. 前述の想定のように, ユーザがスマートフォンを保持する. この時, リアカメラは床に正対しており, 床面の撮影により測位する. 障害物のない環境であれば床面は必ず天井照明光を反射するため, 原理的には提案手法

は天井の高さや LED 配置間隔の制約を受けない. 具体的にまず送信機側は, 自己位置に関連づけられた固有の周波数で 3 つ以上の LED 照明から異なる変調光信号を送信する. 受信機側は, 事前に各 LED の位置と周波数の情報を保持し, カメラで床面を撮影する. そして動画ストリーム中の受信信号から周波数の強度解析によって各 LED 直下と撮影した床面の距離を求めることで, 撮影した床面の測位を行う. そして, 得た床面の情報から, 到来角を推定し, スマートフォンの 6 自由度を決定する. 本論文ではまず, マルチパスや光の遮蔽を生む障害物を排した環境を想定し,LED の周波数強度が距離によりどのように減衰するかの計測に基づき, そのモデルを提案する. 実験によりモデルの妥当性を確認し, 測距モデルを使用して撮影した床面の位置を推定し, その性能を評価する. また, その結果を用い, 床面の到来角によりスマートフォンの 6 自由度を推定, 性能評価をする. 本論文の貢献を以下に要約する.

- 床面の撮影により LED を検出する測位方式の提案
- 測位した床面の到来角を推定し, スマートフォンの 6 自由度を求める手法の提案
- 実世界での測位実験による提案手法の性能評価