

停電した地下街向けのスマートフォンの光を用いた 避難誘導方式の提案

富永 拓也^{1,a)} 柴田 直樹^{1,b)} 孫 為華^{2,c)} 伊藤 実^{1,d)}

概要：本稿では、避難者の携えるスマートフォンの発する光（バックライトとフラッシュライト、総じてスマホライトと呼ぶ）を用いた避難誘導方式を提案する。避難者が床を見た際に、避難すべき方向に光の帯が流れるように見えるよう、各スマホライトを制御する手法を取る。すなわち、避難者は光が流れるように見えた方向に避難すればよい。提案手法を評価するため、避難者の目線による 3D 動画を用いたシミュレーションを行い、アンケートにより評価した。アンケートの結果、避難者が床を見ることで、光が避難方向に流れるように見えることを確認した。

1. 研究背景

停電した地下街では、壁や床等が見えず、避難者は唯一の目印である避難誘導灯を用いて避難することになる。しかし先行研究によると避難誘導灯を利用する避難者は 2 割程度であることがわかっており、避難誘導の役割を十分に果たしているとは言えない [1], [2]。このような問題を解決するために、スマートフォンの光を用いた避難誘導方式を提案する。提案するシステムは、複数の避難誘導灯にビルトインするワンボードマイコン（無線 LAN を具備する。避難誘導装置と呼ぶ）と避難者の携えるスマートフォンによって構成される。避難誘導装置の電源を避難誘導灯の蓄電池から給電するため、地下街の停電発生と同時に避難誘導装置の電源が入る。停電が発生すると、避難誘導装置は、避難誘導アルゴリズムの開始を知らせるパケット（開始パケット）を近隣のスマートフォンにブロードキャストする。開始パケットを受け取った各スマートフォンは、あらかじめ設定されている自律分散型アルゴリズムにしたがって、避難者から見て避難すべき方向（避難方向）に光が流れるように見えるよう、スマホライトを制御する。

提案する避難誘導方式では、要素技術として屋内位置推定アルゴリズムを用いる。屋外での位置推定手法として

GPS を用いることが一般的である。しかし、地下街等の屋内では、衛星信号を受信できないため、屋内位置推定手法が提案されている。RSSI フィンガープリンティングは、複数の基地局（Wi-Fi スポット等）から得られる受信信号強度（RSSI）値を用いて位置推定する手法のことである。一例として、位置推定誤差平均 3.7m、標準偏差 3.4m である Ivanov らによる自動キャリブレーションアルゴリズム [3] がある。自動キャリブレーションに対応しておりキャリブレーションに要するコストを削減することが期待できることから、本稿では位置推定アルゴリズムとして Ivanov らによる自動キャリブレーションアルゴリズム [3] を用いることとする。

2. 提案手法

平常時の地下街が停電し、避難誘導が必要であるシナリオで、提案手法の概要を説明する。

地下街が停電し、避難誘導が必要な状況になると、避難誘導装置から近隣のスマートフォンに対して開始パケットを送信する。開始パケットを受け取ったスマートフォンは、「災害が発生しました。スマートフォンを取り出し、手元に携えてください」という音声流す。このような音声を流すことで、地下街の避難者は、スマートフォンを手元に携える。

地下街が停電しているため、避難者は床や壁が見えない危険な状況に置かれるといった問題が発生する。この問題に対して、各スマホライトに最低光量を設定することによって解決する。最低光量を設定するとは、光量を 0.0（発光しない）～1.0（発光可能な最大の光量）と表した時、例えば最低 0.1 で発光させることを意味する。

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
Graduate School of Information Science, Nara Institute of
Science and Technology

² 滋賀大学
Shiga University

a) takuya-t@is.naist.jp

b) n-sibata@is.naist.jp

c) akira-kawai@biwako.shiga-u.ac.jp

d) ito@is.naist.jp

また、出口前素通り問題に対して、出口付近のスマホライトを点滅させることによって解決する。「点滅しているところは、避難口付近です」という音声による案内も行う。

最後に、床の上を光が流れるように見えるよう、スマホライトを制御する。スマホライト制御の概要を図1に示す。光の帯とは、この範囲内にあるスマホライトを光量1.0で点灯させるものである。光の帯の通過後、スマホライトを線形に減衰させる。光の帯の位置決定は距離ベースのアルゴリズムを用いることとし、避難口からの道のりを元に決定する。例えば、避難口からの道のり10m~12mの範囲を光の帯とする。この光の帯を避難方向から最も遠い位置から、避難方向へ動かしていく。ここで各スマートフォンは、位置推定によって自身の位置を求め、光の帯が動くたびに自身がその範囲内にあるか判定する。また、「床を見て、光が流れるように見えた方向に避難してください」という音声による案内も行う。

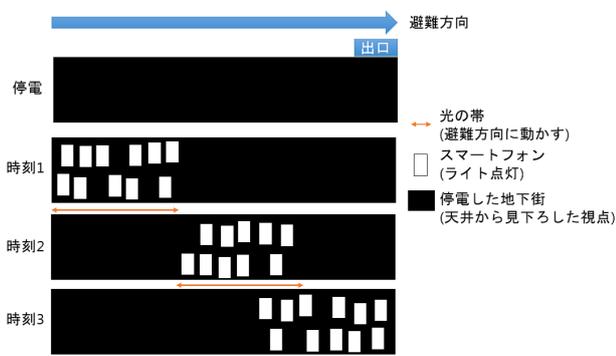


図1 提案手法(光の帯の動作)

3. 評価

提案手法を、図2に示す自作の2Dシミュレータにより評価した。シミュレーションの条件として、位置推定誤差は乱数を用いて生成し、既存研究[3]の位置推定誤差 平均3.7[m], 標準偏差3.4[m]を用いた。地下街には光の流れに沿って避難する人が250名、光の流れに従わない避難者が250名存在すると仮定した。2Dシミュレータにより、光が避難方向に流れていることを確認した。

2Dシミュレータでは、避難者視点で光が流れるように見えることは確認できない。そこで、避難者視点の3D動画(提案手法なし, 提案手法あり, スマホライト全点灯の3種)をレイトレーシングで生成し、その動画を被験者(男性10名)に視聴させるアンケートにより評価した。アンケートにより、避難者視点において提案手法の有効性を確認した。

4. 現時点で取り組んでいる課題

これまでに避難者目線の3D動画シミュレーションにより評価を行ってきたが、避難開始直前に出口があるという

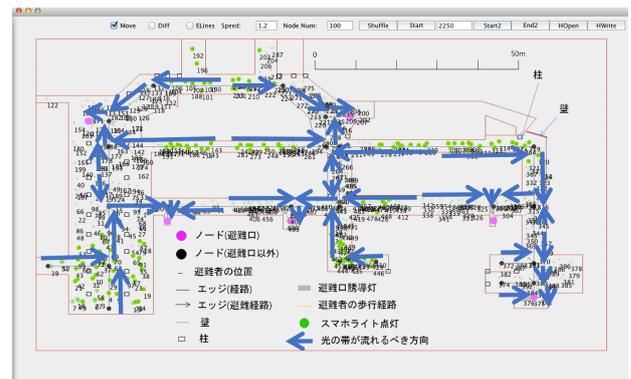


図2 2Dシミュレータのスクリーンショット(光が流れている様子)

経路の動画のみで評価したため、様々な経路での動画を生成している。これらの動画により、人の流れや密度による提案手法の有効性についても議論することを検討している。

これまではシミュレーションにより評価を行ってきたが、実世界で利用できるとは限らない。そこで提案手法が実世界で利用できることを確認するため、スマートフォンアプリとして実装を進めている。

屋内位置推定アルゴリズムにWi-Fi受信信号強度ベースのフィンガープリンティングを用いることにしているが、避難誘導装置の個数や密度の違いによる位置推定精度に関する検討も行っている。屋内位置推定アルゴリズムの実機実装に関して、次のアプローチを取ることになっている。まず初期位置をアプリに入力し、乱数により位置推定誤差を生成し、最初の位置推定点とする。その後は、自律航法アルゴリズムにより位置推定を行う。

実機実装の際に問題となる避難誘導装置のスケラビリティに関する検討を行っている。避難誘導装置に具備するWi-Fi1台で最大何台の端末を制御可能かどうかを示す予定である。

スマートフォンのライトを用いる研究であるため、ライトの消費電力に関する議論も必要であると考えている。この議論に対し、スマホライトを最大光量で点灯した場合の消費電力と、スマホライトを最低光量で点灯した場合の消費電力を比較することを考えている。消費電力はワットメーターをスマートフォンに接続することで計測する。

参考文献

- [1] 森山修治, 長谷見雄二, 小川純子, 佐野友紀, 神忠久, 蛇石貴宏: "大規模地下街における避難行動特性に関する実験研究 実験概要と避難経路・避難出口の選択性", 日本建築学会環境系論文集, Vol.74, No.637, pp.233-240, (2009).
- [2] 森山修治: "都市型地下空間の避難安全性に関する研究", 早稲田大学大学院理工学研究科 建築学専攻 建築防災・設備研究
- [3] S. Ivanov, E. Nett, S. Schemmer: "Automatic WLAN Localization for Industrial Automation", *Proceedings of Wireless Factory Communication Systems*, pp.93-96 (2008).