

# 自動走行ロボットによる環境センシング

## Sensing of Environment with Automatic Running Robot

三木 光範\*<sup>1</sup>      下村 浩史\*<sup>2</sup>      廣安 知之\*<sup>3</sup>      吉見 真聡\*<sup>1</sup>  
Mitsunori Miki      Hiroshi Shimomura      Tomoyuki Hiroyasu      Satoshi Yoshimi

\*<sup>1</sup>同志社大学 理工学部

Department of Science and Engineering, Doshisha University

\*<sup>2</sup>同志社大学 大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Doshisha University

\*<sup>3</sup>同志社大学 生命医科学部

Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University

We construct the illuminance distribution measurement system with an automatic running robot as sensing of environment. A wireless sensor on robot get illuminance data. A video camera records the movement of robot for finding position of illuminance data. We consider the illuminance distribution and optimum movement of robot.

### 1. はじめに

本研究では環境センシングの一種として、照度分布の計測方法について考察する。照度分布は多数の照度センサを用いての計測、もしくは計算機シミュレーションで求められることが多く、計算精度の検証例等も報告されている [1][2][3]。多数の照度センサを用いての計測では、季節や天候により変化する外光の影響や、短時間で変化する直射日光の影響を計測できることから、その有用性は高いといえる。その一方で、計測に用いる照度センサ数が非常に多く、容易に照度分布の計測を行うことができない。また、計算機シミュレーションでの計測では、照明器具毎に異なる劣化や汚れを考慮するためには様々なパラメータが必要となり、正確な照度分布を得ることは容易でない。そこで本研究では、自動走行ロボットを用いた新たな照度分布の計測手法を提案する。

### 2. 提案システム

提案システムには、データを取得するワイヤレス照度センサ、照度分布空間を移動する自動走行ロボット、自動走行ロボットの位置を認識するためのビデオカメラ、データ取得時間と撮影時間の同期、および照度データの受信を行う PC を用いる。本研究で用いた機器と実験時の性能を表 1 に示す。

表 1: 使用機器の性能

機器	項目	性能
照度センサ	計測範囲	0~1200lx
	精度	± 50 lx
	送信間隔	0.5 秒
自動走行ロボット	筐体サイズ	高さ 100mm 直径 330mm
	最速移動速度	500mm/s
	最大回転半径	500mm
	ビデオカメラ	解像度 記録可能時間

連絡先: 下村 浩史, 同志社大学 大学院工学研究科 情報工学専攻, 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, 0774-65-6924, hshimomura@mikilab.doshisha.ac.jp

照度センサとして、株式会社プロビデント製のワイヤレス照度センサ (試作機) を、自動走行ロボットとして、iRobot 社製の Create を用いた。自動走行ロボットに関しては、ビデオカメラでロボットの位置を検出するために赤色 LED ペンライトを積載している。

### 3. 照度分布の実測

提案手法の有用性を検証するため、提案手法を用いて照度分布計測実験を行った。照度分布計測場所として 3m 四方のエリアを作成し、照度差をつけるために蛍光灯を 2 つ用いて検証を行った。また、本実験ではロボットの稼働時間を 30 分として実験を行った。実験環境を図 1 および図 2 に、実験結果を図 3 に示す。

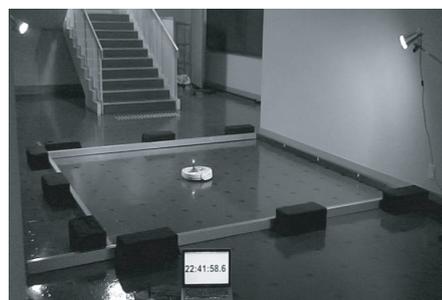


図 1: 実験環境 (実環境)

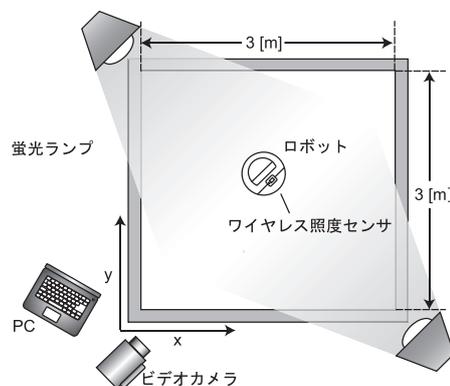


図 2: 実験環境 (モデル)

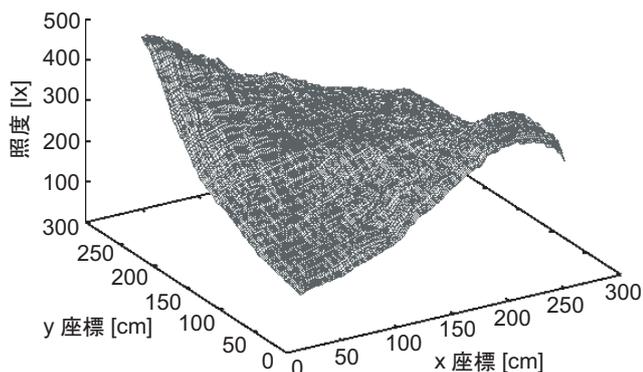


図 3: 照度分布

図 3 は取得したワイヤレス照度データから重複点を除いた 3244 点を利用し、近傍 5 点を用いて平滑化したものをグラフ化したものである。2 のビデオカメラの位置を (0,0) としたとき、蛍光灯を設置した座標 (0, 300) および (300, 0) の周辺の照度が高くなっていることが分かる。これより、提案手法を用いることで簡易な照度分布計測が行えることがわかる。

## 4. 最適なロボットの動きの推定

### 4.1 自動走行ロボットのアルゴリズム

第 3 章では、30 分間に 3m 四方のエリアをセンシングする場合の計測結果がわかった。そこで、時間を変更した場合および測定領域を変更した場合に、照度分布を得るために十分な時間および測定領域について検討する。

自動走行ロボットは実測結果から以下の項目 1~4 の動作を行うことが判明した。開始 1 分 30 秒までは項目 1 および項目 2 の動作をし、以降は項目 3 および項目 4 を繰り返す。なお、自動走行ロボットの初期位置は測定領域の中心とする。

1. 初期位置から 60 秒間で回転半径 500mm になるようにアルキメデスの螺旋を描き移動する
2. 初めて壁に接触してから 30 秒間は壁に沿って移動する
3. 壁に接触した場合、0~360 度にランダムに回転を行う
4. 直進する

第 2 章および項目 1~4 を基にシミュレータを作成した。実測を図 4 に、シミュレータ結果を図 5 に示す。なお、シミュレータは電池消費による速度の低下を考慮していない。図 5 から項目 1~4 の動作通り正確に動作していることを確認し、図 4 より目視ではなく、取得点からも項目 1~4 で動作していることがわかった。

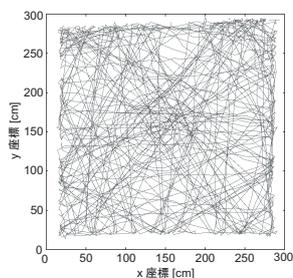


図 4: 走行軌跡 (実測)

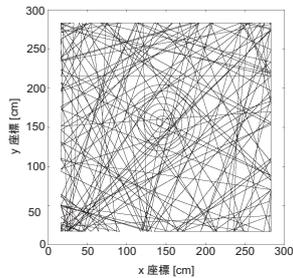


図 5: 走行軌跡 (シミュレーション)

## 5. 最適な移動時間の検討

照度分布を取得するにはいかなる照度データにおいても、50cm 以内に別の照度データがある場合に、その照度分布は妥当であるとする。これは参考文献 [1] を参照されたい。よって、50cm 以内に別の照度データが存在するか否かを判断基準とし、領域の広さと時間のトレードオフの関係を調べる。なお、領域は正方領域とする。

ロボットの移動領域を 50cm のグリッド領域に分割する。その領域を満たしていれば照度分布が取得できるため、照度データが含まれるグリッド数を求める。全体のグリッド数に対して、照度データが含まれないグリッド (未取得領域) の割合を求めた。未取得領域が 0 のとき、照度分布を得ることができない。それぞれロボットが移動する領域を 3m × 3m, 6m × 6m, 12m × 12m としたときの未取得領域を検討した。その結果を図 6 に示す。

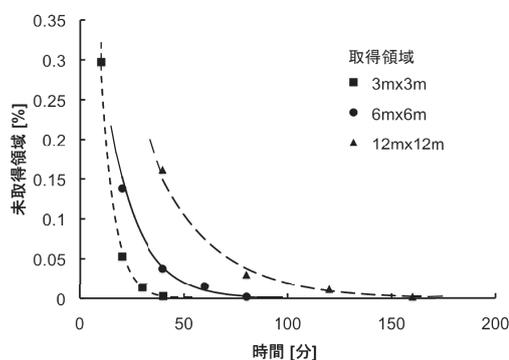


図 6: ロボットの移動と取得領域

図 6 よりそれぞれ同じ傾向を持つことがわかる。これらの近似曲線を定式化したものを式 1 に示す。式 1 の A が十分に小さいとき、照度分布可能となる。

$$A = 0.59e^{-0.011kt} \quad (1)$$

A: 未取得領域 k: 領域の一辺の長さ t: 時間

## 6. まとめ

本研究では環境センシングの一種として照度分布に焦点をおき、自動走行ロボットを用いた照度分布計測を行った。実測では 3244 点の照度データを用いて分布を作成することができた。また、シミュレータを用いてロボットの最適な動きを推定し、定式化を行った。これにより提案システムを用いることで簡易に照度分布を計測することが可能であると考えられる。

## 参考文献

- [1] M.Miki, Y.Kasahara, T.Hiroyasu, M.Yoshimi, Construction of illuminance distribution measurement system and evaluation of illuminance convergence in intelligent lighting system, Proceedings of IEEE SENSORS 2010 Conference, 2010
- [2] 石川 亮一, 池本 直隆, 磯村 稔. 什器を有する室内の作業面照度分布について. 平成 5 年度照明学会全国大会講演論文集, p153, 1995
- [3] Mardaljevic, J., Daylight simulation: validation, sky models and daylight coefficients, PhD Thesis, De Montfort University, 2000