

小 論 文 (情報科学区分)

氏 名	藤本悠太
現在の専門	応用確率論
希望研究室	光メディアインタフェース

【課題1】「これまでの修学内容（卒業研究等）について」

1.1 はじめに

私が現在所属している研究室では応用確率論を専門にしている。現時点で卒業研究のテーマは決定できていないため、修学概要の項目において修学内容の一つであるパーコレーション(浸透過程)の概要について述べる。

1.2 修学概要

パーコレーションとは確率モデルの一つである。二次元格子上的の整数の組を頂点として隣り合う頂点の組(辺)をボンドとし、各ボンドに対してある確率で0または1をとる確率変数を考える。ボンドが0であるならば「閉じた」、1であるならば「開いた」となる。さらに連結されている開いたボンドの集まりをクラスターと定義する。

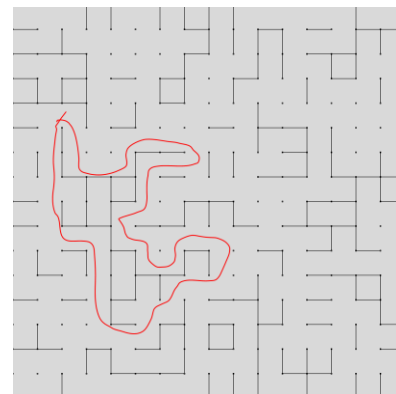
パーコレーションで例えられる内容には、果樹園における病害虫の広がり方や感染症の広がり方が該当する。しかし、二次元平面上に対する制限はないため、病害虫、または感染症は無限に広がる事が考えられる。図1にパーコレーションをシミュレーションした様子を示す。

このモデル上において解決された有名な問題の一つが「ボンドが開く確率がいくら以上なら無限大の大きさのクラスターが存在しうるのか」という境界を求める内容である。この境界となる確率は臨界確率 p_c と呼ばれ、二次元のパーコレーションにおける臨界確率は $p_c = 1/2$ であることが既に知られている[1]。境界に関する用語の定義と問題の解法についてが、私が修学中に主に学んだ内容である。

1.3 最後に

ここまで二次元平面格子状のパーコレーションについて述べたが、応用として次元を三次元以上に設定したり、モデルそのものを変えたりすることによって二分木上におけるパーコレーションが表現できる。またパーコレーションは現実にかかる現象の解析に対しても応用できる確率モデルである。

図1 パーコレーションの簡単な可視化
実線はボンドが開いていることを示す。赤枠で囲まれたボンドの集まりがクラスターの1つである。



【課題2】「奈良先端大において取り組みたい研究分野・テーマについて」

2.1 初めに

貴学において取り組みたい研究は、「温度変化計測による物体表面でのエタノールの蒸発量の推定」である。以下に、この研究の概要について示す。

2.2 研究背景

コロナ渦において、公共施設や医療現場などでは感染症を防ぐためにエタノールによる部屋内の消毒作業が日常的に行われる。しかし、エタノールは透明で揮発性が高い。このため、病院やホテルにおける手術室や応接室、フロントなどの広範囲かつ複雑な環境の消毒を必要とするような場合は、エタノールがどこまで飛散したかの可視化ができない。これは消毒作業が非効率になったり、十分に消毒ができなかったりといった事象の原因になる。

消毒作業を効率的かつ十分に行う方法として omron が開発した紫外線照射ロボットによる自動除菌がある[2]。この omron のロボットは、場所とルートを人間が設定すれば、自動で空間全体の消毒をすることができる。しかし過度な紫外線は人体に対して有害である。このため、実際に使用できる状況は限られてしまう。

以上の問題点から、紫外線ではなく従来のエタノールを用いた消毒方法で消毒作業の可視化を行う方法の提案と検証を行いたい。

2.3 先行研究

温度変化計測による推定の試みには、遠赤外線カメラを用いたアプローチがある[3],[4]。1つ目

小 論 文 (情報科学区分)

氏 名	藤本悠太
現在の専門	応用確率論
希望研究室	光メディアインタフェース

は物体温度の時間変化を利用した過去のイベントの時刻を推定する計測方法である[3]。2つ目は、加熱、冷却時の土壌の温度変化が状況によって異なることを利用して土壌に含まれる水分量を推定する計測方法である[4]。どちらの研究結果も物体の温度変化が指数関数で変化することを仮定した上で、推定が可能であることが実証されている、本研究においても微分方程式の形で同様の仮定を利用する。

2.4 研究の方向性

私が考案する研究では、「表面温度変化の計測」と「数式で表したモデル作成と評価」の2つを行う。

多くの液体は蒸発時に熱を放出するため、一時的に接触面での温度低下が見込まれる。遠赤外線カメラは物体から発出される赤外線を観測できるため、液体が接触している面の温度変化をリアルタイムで観測し記録する。

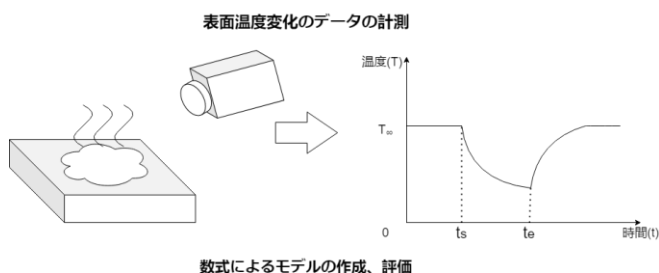
図2の下部に、温度変化のモデルを微分方程式の形で表した。微分方程式の右辺はニュートンの冷却の法則で現れる項に加えて、エタノールの気化熱の影響を考慮した値である。ただし、物体表面の温度変化に寄与する値を「周りの媒質との接触」と「気化熱」に限定している。もし、蒸発するエタノールの体積が時間によらず定数であると仮定する場合、この式は1階線形微分方程式である。体積が定数と仮定できた式の解は、変数分離法によって導くことができる。得られたデータからモデル内の未知のパラメータ、特に時刻 t までに蒸発したエタノールの体積 $V(t)$ を導出する。最後に、測定値から全てのエタノールが蒸発する時間 t_e を取得した後、温度変化が始まってから全てのエタノールが蒸発し終わるまでの時間の合計の蒸発量、つまり物体表面に付着した液体量 $V(t_e)$ をモデルから求めて、実際に散布したエタノール量との関係を調べる。この関係によってモデルの正しさを評価する。

2.5 最後に

物体表面の温度変化からエタノールの蒸発量を明らかにできれば、ある場所でどれだけエタノールが付着したかが推定できると考えられる。この

推定結果により現実において遠赤外線カメラを用いることで消毒作業の可視化が可能になる。したがって、消毒作業の効率化、さらにはロボットなどによる自動化へ将来的に貢献できることが期待できる。

以上において、私が取り組みたい研究テーマについて述べた。最後に、光メディアインタフェース研究室では独自の機器を用いて光や熱の性質を利用した多様な研究が数多くなされていると私は認識している。私は、この研究室の強みを生かした研究を精力的に行っていきたい。



$$-\frac{dT(t)}{dt} = \lambda(T(t) - T_{\infty}) + e \frac{dV(t)}{dt} \quad (t_s \leq t \leq t_e)$$

図2 データの計測とモデルの作成についての図

数式については、 t_s : エタノールが蒸発し始める時間、 t_e : 全てのエタノールが蒸発する時間、 T_{∞} : 定常状態における表面温度、 λ : 冷却の速さを表す定数、 e : エタノールの気化熱を1Lあたりに変換した値、 $V(t)$: 時刻 t までに蒸発したエタノールの体積、とおいた。ただし、数式とグラフの形は現時点での仮定である。

参考文献

- [1] 樋口 保成 (1992) パーコレーション 明倫館書店 pp. 155-161
- [2] omron 紫外線光照射器ロボット
<https://www.omron.com/jp/ja/news/2020/06/c0626.html>
- [3] 齊藤晴香, 藤村友貴, 船富卓哉, 向川康博. 遠赤外線カメラを用いた温度変化計測に基づく過去イベント推定の試み. 情報処理学会研究報告(Web). 2022. CVIM-228
- [4] 福井駿, 櫛田貴弘, 船富卓哉, 向川康博. 遠赤外線カメラを用いた加熱冷却の経時変化の観測に基づく含水状態推定. 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI2021). 2021.