

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：82603

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K21673

研究課題名（和文）景観解析による疾病媒介蚊対策のための局地的リスク評価

研究課題名（英文）Localized Risk Assessment for Vector of infectious Diseases using Landscape Analysis

研究代表者

駒形 修（Osamu, Komagata）

国立感染症研究所・昆虫医科学部・室長

研究者番号：20435712

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、現場の写真を用いて蚊の成虫の密度を推定し、疾病伝播のリスクを評価することを目的とした。国内でデング熱の感染事例が発生した公園付近で、蚊の生息数が異なる場所の全天球写真と蚊の採集データを収集した。これらのデータセットを深層学習を用いて解析した。3200個のトレーニングデータと1600個のバリデーションデータでテストした結果、約90%の正答率を達成した。ただし、今回使用したデータは、トレーニング写真を撮影した周辺に限定されていることに留意する必要がある。したがって、本手法の汎用性を確認するためには、さらなる研究が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

景観解析、特に全天球写真と蚊の採集データの統合によって、蚊の成虫の密度を推定する新しいアプローチを提供した。この方法論は、労力と時間のかかるフィールドワークに頼ることが多い従来の蚊の監視方法を省力化に将来的に貢献する可能性がある。機械学習技術を活用することで、現場の写真から蚊の密度を推定するという従来の技術では難しかったことができる可能性があることを示した。

研究成果の概要（英文）：The density of adult mosquitoes was estimated using field photography, and the danger of disease transmission was evaluated. We gathered all-sky images and data on mosquito populations from locations around Japanese parks where dengue fever infections have been reported, each with a distinct density of mosquitoes. Deep learning was used to evaluate these datasets, and the results showed a 90% accuracy rate on the correct responses when tested on 3200 training data and 1600 validation data. However, it should be noted that the study's data is restricted to the area where the training photos were collected. Therefore, more investigation is required to confirm the adaptability of this approach.

研究分野：衛生昆虫学

キーワード：ヒトスジシマカ 画像解析 機械学習

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

これまで疾病媒介蚊の分布および発生時期に関する研究を行ってきた。節足動物媒介感染症として著名なものとしては、蚊によって媒介されるマラリア(現在は国内感染はないが、渡航帰国者にはみられる)、2014年に約70年ぶりに東京で国内感染が起きたデング熱、予防接種があるにもかかわらず根絶できない日本脳炎がある。また、ダニ類による感染症も多く、日本ではSFTS(ほぼ毎年死者が発生している)、ライム病、日本紅斑熱、ツツガムシ病がある。これらの疾病には予防接種、治療薬が存在する場合もあるが万能ではない。疾病媒介節足動物の対策は、感染症の多い開発途上国だけではなく、先進国と言われるアメリカやヨーロッパでも日常的に行われている。この事実は、節足動物媒介感染症の対策においては、媒介節足動物(昆虫・ダニ等)の防除を行うことが、公衆衛生上また経済上合理的であることを示している。応募者は蚊やマダニ等の疾病媒介動物の地理的分布に関する研究を通して、土地利用図や植生図を用いた地理的な解析は、国と国の比較や県あるいは都市の比較のような大きな地域に対しては有効であるが、それより高解像度な予測(例:東京都内のどこで疾病媒介蚊が多く発生するか)に関しては、現時点では不十分であると考えている。東京でおきたデング熱の国内感染では、患者の発生場所は公園等の限られた場所であった。従来、例えばバッファを決めて緑地の専有面積を解析するような手法では、こうした状況を予測することは難しかった。

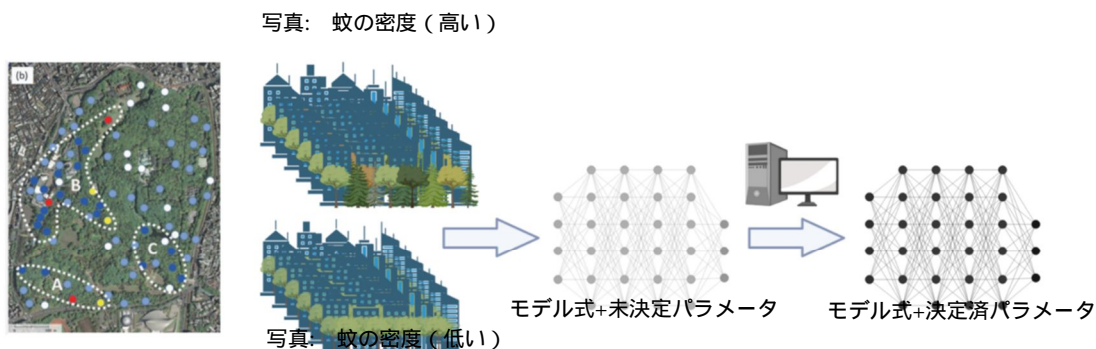
2. 研究の目的

疾病媒介蚊が生息する場所をより精密に高解像度で予測することである。応募者らはこれまで、デング熱媒介蚊ヒトスジシマカや日本脳炎媒介蚊のコガタアカイエカの生息する高リスクな場所の特定を野外調査の結果をGIS等で解析してきた。ある地域全体(県や都市単位)の比較においては一定の成果をあげてきたが、ある都市の中のどの地点のリスク(蚊に刺される可能性が高い)が高いか、という問題については、解像度的に不十分であった。その理由は、蚊の生活圏は数平方mと狭いことにある。例えば、緑地が占める割合のような比較的広い面積を対象とした解析では、小さな面積の中がどのようになっているかを把握することは難しい。しかし、衛生昆虫学者や防除業者のような専門家は、地図や航空写真、現場の写真等を見て、蚊の多く発生しそうな場所を探し当てることができる。したがって、景観からでも推定はある程度可能であるはずである。そこで本研究では、蚊の密度が高い場所をより高精度・高解像度で判定するために、機械学習による判定を取り入れる。現場写真等を画像として解析させて、蚊の生息密度が高い、すなわち感染症のアウトブレイクが起こったときリスクが高い場所を予測する方法を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

これまで自ら行った多くの野外調査の記録(採集記録、地図、航空写真、現場写真等)を有している。それらは、2014年のデング熱の国内感染に関連したヒトスジシマカ調査(実際にはデング熱やチクングニヤ熱への警戒から10年以上前から調査を行っている)、日本における日本脳炎対策に関連したコガタアカイエカ調査、1960年台まで国内発生が見られたマラリア媒介蚊のハマダラカ調査の記録等である。それらを再検討する。調査地点周辺の環境の解析対象として、以下の3つを考えている。1. 地図、2. 航空写真、3. 現場の360度全球写真。1と2にかんしては、調査地点周辺の一定面積(例:半径50m)を切り出し、蚊が多く採集された場所、そうでない場所を画像解析により深層学習で解析する。ちなみに応募者は何年にも渡って調査を継続している場所も多いため、年次的、季節的な変動については補正することが可能である。1.2.3.は異なるものであるが、静止画像とみなすことができる。それらの画像をそれぞれ、もしくは組み合わせる機械学習の一手法である深層学習で解析を行う。このとき、画像はテンソル化され独立変数となり、また蚊の捕集成績(年次、季節変動等が補正された成績)は従属変数とみなせる。画像、特に写真は撮影時の時間帯や天候により全体の明るさや色合いが各々異なるので、標準化が必要である。これには常法があり実装は容易である。電子的な画像は通常RGB(赤、緑、青)の3色の画素の情報から構成される。この3色を分解し、テンソル化(数値化)する。テンソルとすれば深層学習のCNN等の手法の解析対象とできる。深層学習には大量のデータを学習させることが必要であるが、応募者の野外調査の結果だけでは数的に不十分である。しかし、大量のデータを学習する必要があるのは、特徴を把握するためのパラメータを解析するためであるため、手持ちのデータに電子的なノイズを上乗せして解析することで、学習させるデータを「水増し」することができる。これは、症例が稀で十分な数の画像を入手できない場合の医療画像等を解析するとき用いられる手法の一つである。医療画像と地図は異なるものであるが、理

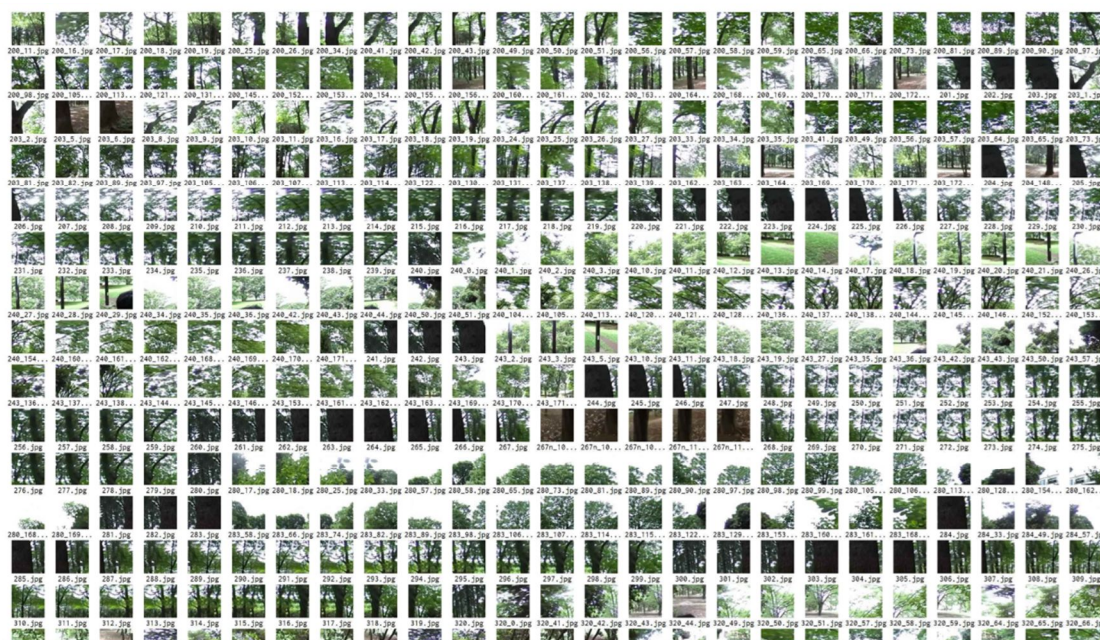
論的には応用が可能である。特徴を学ぶに十分な量の画像（地図や航空写真を調査地点の周辺で切り出したもの、あるいは現場写真）を揃えて、深層学習で、蚊の生息密度の指数に対して回帰分析をさせ、深層学習のパラメータを最適化して決定する。深層学習のパラメータが最適化されれば、たとえば手持ちの写真や地図から蚊の生息密度を推定し、あるいはコンピュータの特性を生かして、大量の地点の解析をさせ、媒介蚊のリスクマップを作ることができる。推定した蚊の生息密度に関しては、これまでの調査結果もあり、また実際に野外で調査することもできるので、検証は容易である。



*Fig.1(b) from Tsuda et al. Biting Density and Distribution of *Aedes albopictus* during the September 2014 Outbreak of Dengue Fever in Yoyogi Park and the Vicinity of Tokyo Metropolis, Japan *Japanese Journal of Infectious Diseases* Vol. 69 (2016) No. 1 p. 1-5

デング熱国内感染の患者発生現場付近（ヒトスジシマカ成虫密度の高い・低い場所）の写真を用いて蚊の成虫密度の推定を試みた

物体認識用に切り出した写真例



学習用に合計約20000枚、検証用に約4000枚を160x160pxで切り出した（切り出しにも深層学習を使用）

4. 研究成果

まず、これまで行った野外調査の記録（採集記録、地図、航空写真、現場写真等）の整理を行った。それらは、2014年のデング熱の国内感染に関連したヒトスジシマカ調査や、デング熱やチクングニヤ熱への警戒から行われた10年以上前からの調査結果を含む。日本では、デング熱の患者数は2014年の東京での国内感染を除き、輸入感染例しかないため、データの解析対象としては適していないため、蚊の捕集数を採集場所周辺の地図、航空写真、その他気象データ等を検討し、機械学習で使用するためのデータの検討および、もちいるデータのクリーニングを行った。

また、並行して解析に必要なソフトウェアの整備をおこなった。開発は主にコンピュータ言語Pythonを用いた。解析する画像（地図、写真など）はテンソル化され独立変数となり、また蚊の捕集成績（年次、季節変動等が補正された成績）は従属変数とみなせる。画像、特に写真は撮影時の時間帯や天候により全体の明るさや色合いが各々異なるので、標準化が必要であるが、既存のライブラリーの利用が可能であるため、補正することができるが、補正の基準に関しては今後とも検討が必要である。電子的な画像は通常RGB（赤、緑、青）の3色の画素の情報から構成される。この3色を分解し、テンソル化（数値化）し、深層学習プログラム（現時点ではGoogle社のライブラリTensorFlowを用いてテストしている）の解析対象とできるようになった。開発は主にコンピュータ言語Pythonを用いた。ライブラリはOPENCV、Numpy等オープンソースのライブラリを使用した。また深層学習については、GPU上でNvidia社のCUDAを用いて、Google社のTensorFlowを用いた。解析する画像（地図、写真など）はテンソル化され独立変数となり、また蚊の捕集成績（年次、季節変動等が補正された成績）は従属変数とみなせる。画像、特に写真は撮影時の時間帯や天候により全体の明るさや色合いが各々異なるので、標準化が必要であるが、蓄積したデータをもとに標準化を行い、撮影日時や天候による画像（写真）の明暗などを一定にするよう調整し、解析に使用できるようにした。また、解析の元データをいわゆる「水増し」するための処理を行うプログラムを作成した。

また、環境要因、特に気象データの組み込みを試みた。これまで気象庁等の公表データを、既知の方法で必要な解像度をもつデータに加工して用いてきた。今回、気象データの入手先を国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）が提供する「メッシュ農業気象データシステム」に切り替えた。農研機構は高解像度の1kmメッシュデータが提供されており、信頼性も高い。

は、PostgreSQLサーバー上でデータベース化を行い、PostGISを通して、GIS上で可視化されたデータが閲覧できるようにした。

一方で、蚊の生息状況の推定に関しては、より細かい情報（植物の枝や葉、建造物などによりできる影の状態など）が必要であり、景観は時期によって環境整備（例えば植物の枝葉の状態や、公園では植生の剪定、除草など）などにより大きくかわることがある。それぞれの時期で細かい現場写真が解析に使用できることはのぞましいが、それらをより効率的に収集する方法に関しては、今後の課題である。

全天球写真



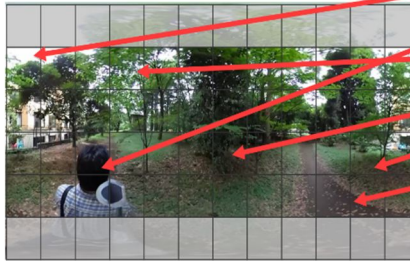
RICOH THETA S
前後にレンズがあり
1200万画素で、ほぼ
360°全球撮影ができる



データはjpegとして
保持しており (-)
専用ソフトでは、全球
写真が見られる (1)

写真の解析方法

● 認識対象 解像度1920 x 960



- 空
- 人
- 樹
- 低木・藪
- 土
- 芝
- 舗装路

・ 12 x 4 マスのそれぞれをリストの項目に分類

応用例

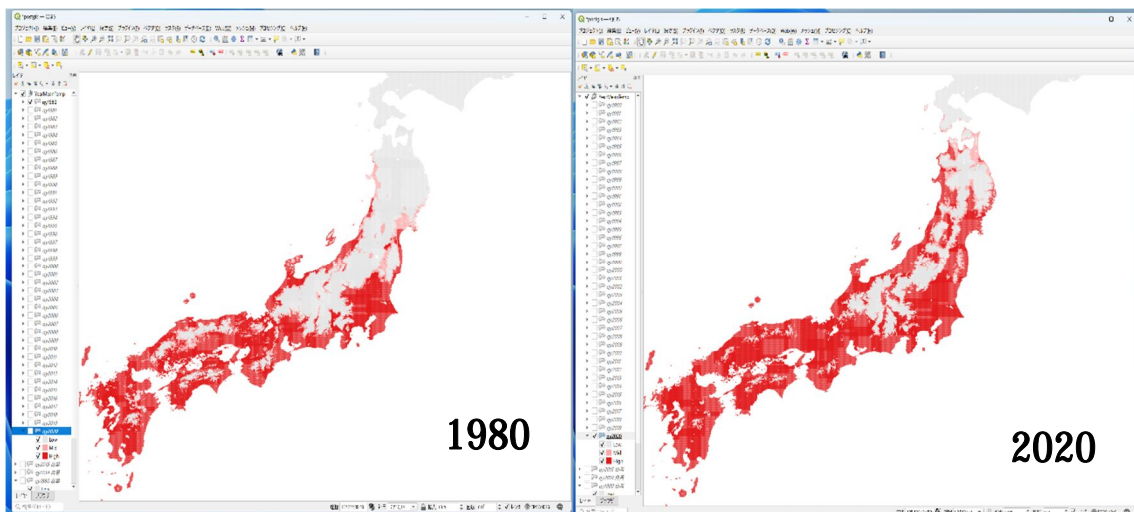
↓ GPS情報を埋め込んだ写真を使用し、QGIS*上で表示



モデルがどこまで汎用であるか、また汎用性を高めるにはどうするかは、今後の課題



↑ 蚊が多く、藪（低木）と判定されたグリッドを確率に応じて赤く表示



気温のQGIS上での解析例。気温の解析により、ヒトスジシマカの越冬範囲や発生開始時期の予測ができる（解像度：3次メッシュ（約1km x 1km））

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計2件

1. 著者名 高崎智彦、小林睦生、駒形修、他（国立天文台編）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 538
3. 書名 環境年表 2021-2022	

1. 著者名 駒形修、他（監修：脇岡靖明、担当：浅野絵美）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 国立研究開発法人国立環境研究所気候変動適応センター	5. 総ページ数 97
3. 書名 インフォグラフィックで見る「気候変動の影響と適応策」	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	米島 万有子 (Yonejima Mayuko) (20733281)	熊本大学・大学院人文科学研究部(文)・准教授 (17401)	
研究分担者	葛西 真治 (Kasai Shinji) (80332360)	国立感染症研究所・昆虫医科学部・部長 (82603)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------