

令和元年9月3日現在

機関番号：17601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K12463

研究課題名（和文）プロジェクトマネジメントの応用的研究 - 重要家畜伝染病の防疫活動への適用 -

研究課題名（英文）Applied research of project management - Application of important livestock epidemic to epidemic prevention activities -

研究代表者

岡崎 直宣 (Okazaki, Naonobu)

宮崎大学・工学部・教授

研究者番号：90347047

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：代表的な家畜伝染病FMDの感染流行プロセスを表す数理モデル(FMDモデル)は、病気の広がりや防疫策の有効性を検証するための重要なツールとして広く認識されている。しかし、防疫判断のサポートツールとして有効活用するためには、モデリングやその前提条件に精通している必要がある。そこで、我々は、FMDモデルの活用をサポートする手法やシステムを開発した。また、提案方法を2010年の宮崎県での感染事例に適用し、本方法の利用可能性について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、プロジェクトの進捗管理・リスク管理の考え方を、家畜伝染病の防疫活動の進捗管理・リスク管理に応用しようという試みであり、他の災害への応用への展開が期待されるという点で、学術的意義がある。また、本取り組みは、2010年に宮崎県で発生した口蹄疫の防疫活動の現場を指揮した自治体職員から、「防疫判断をサポートするような防疫管理用システムの必要性」を指摘されたことを契機に始めたものである。そこで、従来の疫学モデル研究の成果を十分踏まえながら、現場のニーズにあった防疫管理システムの開発を目指しているという点で、社会的意義は大きいと言える。

研究成果の概要（英文）：FMD (Foot and Mouth Disease) models - mathematical models for tracking and analyzing FMD outbreaks - are widely recognized as important tools for examining the spread of the disease under various conditions and assessing the effectiveness of countermeasures. An FMD model can be effective as a support tool for prevention decisions, however, familiarity with modeling and its preconditions is typically required, making it difficult for most municipal officials to make full use of the model.

We developed methods and systems to support the use of FMD models. We also applied the proposed method to the case of Miyazaki prefecture in 2010, and examined the usability of this method.

研究分野：情報通信システム

キーワード：口蹄疫の潜伏期間 Keelingモデル 推定 擬陽性・偽陰性 防疫活動のマネジメント

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

重要家畜伝染病の一つである口蹄疫(FMD)は伝搬力が強く、発生の早い段階での防疫措置が重要である。しかし、潜伏期間があるために感染を初期段階で確認できない問題がある。そのため、適切な防疫戦略の策定の為には、日単位・農場単位で感染状況を判断する手立てが必要であるが、既存の研究では、感染地域全体にわたる感染期間と総感染頭数の傾向予測に留まり、2010年の宮崎県での感染期間中の日々の状況判断は担当職員の勘に依存していた。

この問題に対し、FMDの感染流行プロセスを表す数理モデル(FMDモデル)は、異なる条件下での病気の広がりや防疫策の有効性を検証するための重要なツールとして広く認識されている。特に2001年に英国でFMDが発生して以降のモデリング研究の進歩には目覚ましいものがある。実際、FMDモデルを使うと、感染拡大や防疫策の有効性を分析できるのみならず、うまく使うと防疫判断のサポートツールとしても有効活用できる。しかし、有効活用できるためには、前提条件として、モデリングやその前提条件に精通している必要がある。したがって、自治体職員の防疫判断目的での活用は難しいと言わざるを得ない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、モデリングの知識のない自治体職員の利用が可能な防疫管理システムを開発することである。特に、殺処分を行うか行わないかの意思決定は、それが社会的・経済的に及ぼす影響が大きいことから、特にストレスのかかる判断事案であるため、この意思決定を日単位・農場単位でサポートができるシステムを開発することを直近の目的とする。そのための具体的な研究課題は大きく分けて以下の2つとした。

- (1) 各農場の感染の有・無を定量的に判別できるような手法(モデル)を既存の疫学モデルに基づき開発する。また、判別のための手法(モデル)の精度向上に寄与する要因を明らかにする方法を考案する。
- (2) (1)で開発される判別のための手法(モデル)を使って、従来は困難であった防疫予算と感染リスクとのトレードオフの問題を定量的に扱える方法を考案し、合理的に防疫判断するための手順を示すこと。

3. 研究の方法

(1)まず、ウイルス飛散状況を数値化した「飛散指数」(図1)の概念を既存の疫学モデル「Keelingモデル」(参考文献参照)に基づき定義・導入した。次に、飛散指数を「判別の閾値」とし、各農場の感染の有・無を推定するための手法(モデル)を開発した。具体的には、FMDの疑いが既に存在する状況下において、FMDウイルス飛散状況を指標化するためのバーチャルなセンサ“FMD-VS”を感染データに基づき構築するための統計的手法を開発するとともに、FMD-VSの性能の分析・評価のための方法を開発した。更に、感染データには統計的性質の異なるデータの混在が考えられることから、これらを適切な要因で層別すれば、精度向上を見込めるのではないかと考えた。そして、幾つかの要因での層別と層別に基づくFMD-VS構築を試み、精度評価実験を行い、適切な層別要因を見出すという方法を取った。

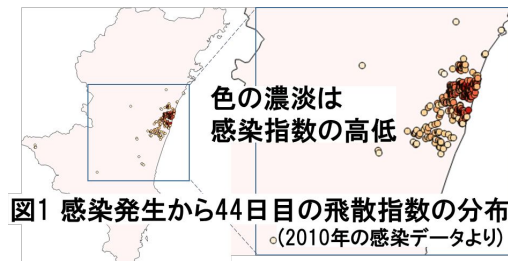


図1 感染発生から44日目の飛散指数の分布 (2010年の感染データより)

(2)適切な防疫判断をするためには、殺処分を行うか行わないかを判別するための飛散指数を、推定失敗時の経済的損失を考慮しながら、感染地域の制約の範囲内で見いだす必要がある。その制約としては、人手、物資、埋却地等が考えられるが、将来発生する感染での防疫活動のボトルネックは「予算」と言われている。従って、殺処分可能な頭数は予算に比例し、感染拡大による経済的損失は防疫予算とトレードオフの関係にあるといえる。そこで本研究では、予算の額に対する適切な飛散指数の関係(図2-())及び、その飛散指数における偽陰性率と擬陽性率の関係(図2-())を算出するプロセスを開発し、一定期間後の感染拡大状況(図2-())を明らかにした。

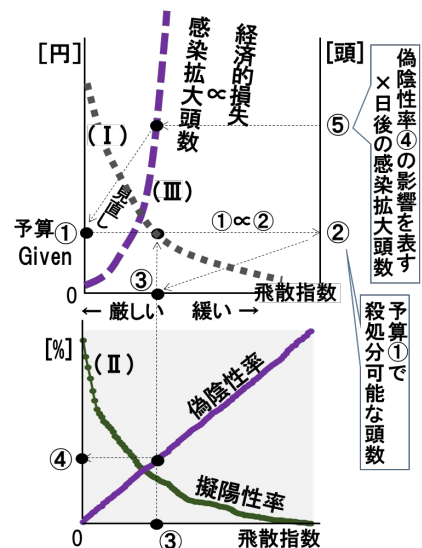


図2 「飛散指数」設定の流れ

具体的には、国内唯一の公式データである宮崎県のデータを使用し、各農場に関する地域感染初日から当該農場の感染日までの飛散指数の時系列を求め、このデータ一式と真の感染日を示すデータに基づく()~()が得られる。まず、予算()に対し殺処分可能な頭数()が決まり、殺処分対象頭数が高々となる飛散指数()が求まり、これらの関係から()が決まる。一方、飛散指数の各値を閾値とした感染推定シミュレーションを行うと()が得られ、

これより飛散指数 を選択した場合の偽陰性率()が分る。この と、陰性推定された各農場の飛散指数より偽陰性動物の所在を推定し、これを基に感染拡大をシミュレートすると (つまり())が得られる。

4. 研究成果

(1) FMD-VSの精度向上をはかるため、幾つかの要因での感染データの層別と層別に基づく FMD-VS 構築を試み、適切な層別要因を見出すための精度評価実験を行った。層別要因として、動物種(2種)、農場規模(3種)、感染農場全体の重心からの距離(4種)、及びそれらの混合型2パターン(動物種+重心, 農場規模+重心)の都合5パターンでの層別を、宮崎の感染データに対して行い、各々の層別に基づく FMD-VS の性能評価グラフを作成し、各々のグラフのピーク値で性能の比較を行った。図3がその結果を表すグラフである。

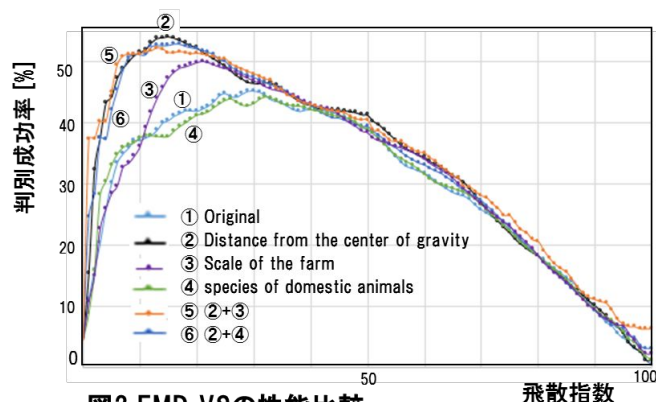


図3 FMD-VSの性能比較

実験の結果、「重心からの距離」の情報が FMD-VS の性能を特に向上させる要因であることが確認された。

(2) 考案した「防疫予算と感染リスクとのトレードオフの問題を定量的に扱う方法」に基づき、合理的に防疫判断するための手順を明らかにし、これを具体的な問題に適用し、予算と損失のトレードオフの議論が可能であることを実験的に示した。具体的には、宮崎県の感染データを使用し、殺処分1頭あたりにかかる諸経費を1万とし、予算550[百万円], 120, 95, 64の4パターンを想定し、予算と損失のトレードオフ関係を定量化する実験を行った。実験結果(図4)より、本方法を用いると、予算と損失のトレードオフの傾向分析ができることがわかった。また分析の結果、予算の増分と損失の減り方は必ずしも比例しなかったことから、本方法は、予算の少しの積み増しで損失を大きく引き下げる可能性を探る調整手段としても利用できると考えられる。

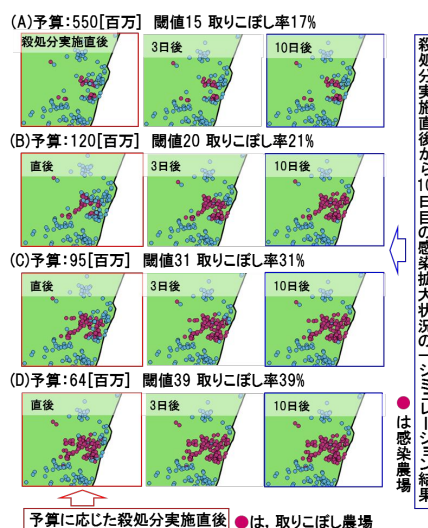


図4 異なる予算設定での損失比較

以上の結果から、研究の目的(1),(2)に対し、各々一定の成果が得られたと考えられる。

<参考文献>

池田 将明: 建設エンジニアのための PMS によるプロジェクト計画入門 -基礎からリスクスケジューリングまで,(ISBN) 978-4-627-48531-0, 2005
 Yoko HAYAMA, Takehisa YAMAMOTO, Sota KOBAYASHI, Norihiko MUROGA, Toshiyuki TSUTSUI: Mathematical model of the 2010 foot-and-mouth disease epidemic in Japan and evaluation of control measures. Preventive Veterinary Medicine 112, pp.183-193, 2013

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

高塚佳代子, 関口敏, 山場久昭, 久保田真一郎, 岡崎直宣: 口蹄疫感染地域において潜伏期にある感染農場検出のための数的手法の開発, 化学工学論文集, 43-2, 117/122 (2017.3) (査読有)

[学会発表](計 5 件)

- 高塚, 関口, 椋木, 岡崎: 口蹄疫感染リスクと防疫予算とのトレードオフを定量的に扱うための手法, 化学工学会第50秋季大会講演予稿集, EA204 (2018.9) (査読無)
- 高塚, 関口, 山場, 油田, 岡崎: 感染指数に基づく口蹄疫の感染推定手法, システム・情報部門学術講演会システム・情報部門学術講演会, GS05-2, 148/149 (2017.11) (査読無)
- 高塚, 程内, 関口, 山場, 久保田, 岡崎: 口蹄疫の感染推定失敗が招く損失を考慮した殺処分対象領域決定のための意思決定手法, 化学工学会第82年会講演予稿集, J205 (2017.3) (査読無)
- 高塚, 程内, 関口, 山場, 久保田, 岡崎: 口蹄疫感染地域において潜伏期にある感染農場検出のための数的手法の開発, 化学工学会81年会講演予稿集, M116 (2016.3) (査読無)

無)

5. 高橋, 高塚, 関口, 久保田, 山場, 岡崎: 感染症の潜伏期間にある可能性を農場単位で推定するための方法論の検討, 計測自動制御学会 システム・情報部門 第 58 回離散事象システム研究会講演論文集, 22/27 (2015.9) (査読無)

[その他]

[雑誌(事例紹介)](計 1 件)

高塚佳代子: 空間伝染モデルに基づく口蹄疫の感染推定手法の開発, 計測自動制御学会誌「計測と制御」, 56-7, 515/521 (2017.7) (査読有)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 関口 敏

ローマ字氏名: Satoshi SEKIGUCHI

所属研究機関名: 宮崎大学

部局名: 農学部

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 10462780

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 高塚 佳代子

ローマ字氏名: Kayoko TAKATSUKA

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、研究者個人に帰属されます。