

平成 29 年 5 月 23 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2016

課題番号：26700028

研究課題名(和文)発病情報に基づく感染動態の定量化

研究課題名(英文)Quantifying the transmission dynamics using illness onset data

研究代表者

西浦 博(NISHIURA, Hiroshi)

北海道大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70432987

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,400,000円

研究成果の概要(和文)：感染症の数理モデルの多くは、感染伝播や自然史をモデル化したボトムアップ式の数理システムであり、公衆衛生現場で欠かせないツールとなった。しかし、感染が成立する瞬間は直視下で確認できないため、感染現象は他の「目に見える」現象を基に推定する必要があるのである。本研究は、発病情報を利用して感染イベントや関連する観察不可能なイベントの情報を統計学的に推定し、感染動態の理解や感染症対策の評価に役立てるべく研究活動を行った。中東呼吸器症候群(MERS)やジカ熱などの発病データを基に多数の推定研究を報告できた。

研究成果の概要(英文)：Mathematical modeling of infectious diseases often rests on bottom-up approach to capturing the transmission dynamics and natural history. However, the infection event is not directly observable, and thus, the infection process has to be statistically inferred using the readily observable information. The present study expanded the scientific opportunities of inference, collecting the illness onset data and utilizing such models to evaluate infectious disease interventions. Multitudes of publications including those applied to MERS (Middle East respiratory syndrome) and Zika fever have resulted from this project.

研究分野：理論疫学

キーワード：感染症情報 理論疫学 逆計算 統計学的推定 疫学

## 1. 研究開始当初の背景

感染症の数理モデルの多くは、感染伝播や自然史をモデル化したボトムアップ式の数理システムであり、20世紀以降にその安定性や流行閾値が盛んに議論された。定量的妥当性を担保したモデル化が徐々に可能になり、公衆衛生の現場で欠かせないツールとなった。最近では、個々の流行を客観的に理解することや流行対策を評価することにモデルが用いられる機会が増えてきた。

しかし、感染症流行の数理モデルは未だ感染症疫学の最も重要な特徴の1つである、「感染現象を直接観察できない」事実から正面から対応できていないことが多い。というのも、実験感染や限られた性感染症を除いて、感染が成立する瞬間は直視下で確認できないため、感染現象は他の「目に見える」現象を基に推定する必要があるのである。感染を直接的に確認するには、最も単純には、生物学的な検査を施せば良い。例えば、血清診断によって抗体価の上昇を捉えたり、病原体を直接に病変から分離することで感染を確認できる。しかし、それらは感染後しばらくしなければ実施できないことが多い。一方で、感染リスクの間接的な推定手法として統計モデリングが挙げられる。例えば、ある感染症で一度感染すると必ず発病する場合を考える。感染者は感染後、一定の潜伏期間を経て発病し、発病イベントは必ず観察可能であるとすると、ここで時刻  $t$  における新規発病者数を  $c(t)$  とし、同様に時刻  $t$  の新規感染者数を  $i(t)$  とする。潜伏期間は確率密度  $f(s)$  の分布に独立に従うものとする。これら 3 者は

$$c(t) = \int_{-\infty}^{\infty} i(t-s)f(s)ds$$

のような畳み込みで記述することができる。言い換えるならば、潜伏期間が既知であれば発病時刻の分布を基に感染時刻の分布を推定することが可能である。

上記の畳み込み式は HIV/AIDS の疫学研究領域で逆計算(Backcalculation)と称され、多数の先進国において AIDS 患者数を基にした HIV 感染者数の推定に役立てられてきた (Brookmeyer, N Engl J Med 1989)。多くの先進国において、AIDS 患者のほとんどは診断され報告されているが、HIV 感染者は個々の感染者が自ら血液検査を受けない限り、その感染状態は診断されない。そのため、上記の畳み込みに基づく推定が公衆衛生上で流行動態の理解に大きく貢献する (Nishiura 他, Jpn J Infect Dis 2004)。また、未発病感染者のデータを基に近未来の AIDS の将来予測を施すことも可能である。ただし、同手法をそのまま日本に適用することはいくつかの理由で適切でない。諸外国と比較して潜伏期間が日本人感染者も同等であることは保証されず、さらに 1990 年代後半から抗ウイルス療法 (ART) が普及することによ

って潜伏期間が飛躍的に延長したからである。加えて、日本では過去に HIV 感染を診断された者が AIDS を発病した際に報告されないよう報告制度に変更が施されたため、現状下では全 AIDS 感染者数が十分に把握されてこなかった。

また、本課題を専門的見地から考えると、逆計算以外の観察問題において上記の畳み込み理論が十分に活用されていない。例えば、病院内で院内感染と市中感染を鑑別したり、海外からの輸入感染者について複数の鑑別診断をする際には同様のアイデアに基づく潜伏期間情報が極めて有用であるが、本格的な診断への活用は未だ行われていない。畳み込みの原型でさえも、感染者数だけでなく個体レベルの相対的感染性の変動の推定に利用可能であるが、多くの感染症でそれは未だ実施されていない。また、感染自然史のうちで、潜伏期間と世代時間の従属性について類似のモデル構造・観察データで分析可能であり、それは感染者隔離や接触者追跡調査といった感染症対策の有効性を大きく左右するが、系統的に収集されたデータを基に隔離の有効性が複数感染症間で比較されたことはない。さらに、逆計算は発病データだけでなく診断情報や入院情報、死亡情報などを基に流行のリアルタイム定量化に役立てることができるが、未だサーベイランス情報の解釈に逆計算が用いられたことはなかった。

## 2. 研究の目的

本研究は、発病情報を利用して感染イベントや関連する観察不可能なイベントの情報を統計学的に推定し、感染動態の理解や感染症対策の評価に役立てる数理モデリングプロジェクトである。畳み込みをはじめとする積分方程式モデルで明らかにできることを体系的に整理し、モデル構造とモデル化に必要な想定を明らかにしつつ、基礎的方法論を確立すべく研究に取り組んだ。

研究期間内に、個々の課題に関する基礎的モデルの構築・分析を完了し、それらを事例研究を通じて発表するよう計画した。交付期間内には、以下の 4 つの研究課題を達成すべく研究に取り組んだ。

(1) 抗ウイルス療法の存在下、HIV 感染者が AIDS 発病前に部分的に診断される場合の逆計算

(2) 流行のリアルタイム分析：逆計算法の報告の遅れと近未来予測への適用

(3) 院内感染や輸入感染の鑑別診断方法の確立

(4) 相対的感染性をはじめとする感染自然史の定量化と関連する感染症対策の評価

実際の研究では(2)について顕著な研究成果が得られた。個々の研究で推定される数値は実践的現場の関心事であるが、本研究プロジェクトは数値そのものよりも、モデルの構造的素地・推定方法論を形成することを最重要視して遂行する。

### 3. 研究の方法

本研究の最終到達目標は、発病情報を利用して感染イベントや関連する観察不可能なイベントの情報を統計学的に推定し、感染動態の理解や感染症対策の評価に役立てることである。特に、3年の研究期間内で、そのための基礎的方法論を確立することに集中して研究に臨んだ。そのため、研究計画は次の3つの小項目による段階的なプロセスを設定して構築した：(1)数理的定式化とモデル構築を実施し、観察データを整理しつつ分析の準備をする段階、(2)流行データを利用して感染者数や相対的感染性などを具体的に分析する段階、(3)隔離などの感染症対策の評価を行うとともに、今後の研究デザインを整備する段階。

(1)では、上述の畳み込み方程式はもちろん、積分方程式を利用して未観察情報の数理的な記述を行い、その系から観察データに対応する(パラメータ推定のための)尤度方程式を明示的に導出した。その間、エイズサーベイランスデータを最新の状態まで更新し、インフルエンザ・天然痘などの歴史統計データを分析可能な状態に整理すべく活動を行った。(2)では、HIV感染者数の逆計算やインフルエンザのリアルタイム分析など、具体的な流行データの分析を実施して事例研究を積み重ねる。事例によっては、データに依存して推定の実行可能性が決まるので(最尤推定値やベイズ推定で安定解が得られるか否か判明するため)結果に応じてモデルの書き換えを行った。(3)では、ワクチンの発病抑止効果が流行閾値に与える影響や潜伏期間と世代時間の従属性が隔離・接触者追跡調査の有効性に与える影響を分析し、個々の感染症における対策の評価を行った。また、本モデリングから観察へのフィードバックとして、今後の観察研究のためにサンプルサイズ推定を含む研究デザインの取りまとめに関わる研究を実施した。

### 4. 研究成果

初年度の課題は(1)数理的定式化・データ整理、(2)サーベイランス制度変更下の逆計算、として研究にとりかかった。既に定式化の骨格となるモデルを研究の早い段階で完成させた。

数理的定式化とデータ整理では、まず、相対的感染性の推定を可能にするモデルと潜伏期間と世代時間の従属性を加味したモデルによる輸入感染症・院内感染症の鑑別診断に向けて、積分方程式を利用した定式化を行う。具体的には研究業績内の文献25のようにマッケンドリック方程式によって感染後経過時刻を加味した年齢構造化モデル及び伝播と発病の関数に従属性を加味したモデルを利用し、それを基に尤度方程式を導出する。その間、過去に申請者が収集した天然痘・インフルエンザの流行データのうち、分析に利用するものについて文献整理・データ入力を

行なう。特に尤度方程式に応じたまとめと欠損データの処理の検討を考えた。

平成27年度および平成28年度は、上記に引き続き(1)鑑別診断のベイズモデル、(2)インフルエンザのリアルタイム分析を実施し、平成28年度に(2・3)潜伏期間と世代時間の従属性の推定と接触者追跡調査の評価、(3)研究デザインの整備、に取り組んだ。

(1)鑑別診断のベイズモデル：過去に議論した鑑別診断での潜伏期間の使用方法を基礎に、輸入感染者の帰国後日数や院内感染の入院後日数を利用した診断モデルを構築すべく定式化を検討した。前年度の積分方程式モデルを利用する。特に、感染地の感染リスク分布を加味した実用モデルを目指した。

(2)リアルタイム分析：報告の遅れの分布を利用した逆計算をリアルタイムで実施する。インフルエンザを対象に、流行予測とNow-casting(現状理解)を目的とした畳み込みの活用を検討した。

(3)感染症対策の評価・研究デザインの整備：潜伏期間と世代時間の従属性をインフルエンザ・天然痘・HIV/AIDSの3つの感染症で検討し、接触者追跡調査や隔離の有効性を定量的に明らかにした。また、ワクチン接種の発病抑止効果の2次感染予防の意義を明らかにする。これら調査のサンプルサイズ推定手法を伝播モデルの解析解を利用する方法を議論した。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 36 件)

1. Matsuyama R, Miura F, Nishiura H. The transmissibility of noroviruses: Statistical modeling of outbreak events with known route of transmission in Japan. PLoS ONE. 2017; 12(3): e0173996. (doi: 10.1371/journal.pone.0173996) (査読有)
2. Nishiura H, Mizumoto K, Asai Y. Assessing the transmission dynamics of measles in Japan, 2016. Epidemics. 2017; In Press. (doi: 10.1016/j.epidem.2017.03.005) (査読有)
3. Matsuyama R, Nishiura H, Kutsuna S, Hayakawa K, Ohmagari N. Clinical determinants of the severity of Middle East respiratory syndrome (MERS): a systematic review and meta-analysis. BMC Public Health. 2016;16(1):1203. DOI: 10.1186/s12889-016-3881-4 (査読有)
4. Dinh L, Chowell G, Mizumoto K, Nishiura H. Estimating the

- subcritical transmissibility of the Zika outbreak in the State of Florida, USA, 2016. *Theoretical Biology and Medical Modelling* 2016;13:20 (doi: 10.1186/s12976-016-0046-1) (査読有)
5. Nah K, Otsuki S, Chowell G, **Nishiura H**. Predicting the international spread of Middle East respiratory syndrome (MERS). *BMC Infectious Diseases*. 2016;16:356 (doi:10.1186/s12879-016-1675-z) (査読有)
  6. **Nishiura H**, Mizumoto K, Rock KS, Yasuda Y, Kinoshita R, Miyamatsu Y. A theoretical estimate of the risk of microcephaly during pregnancy with Zika virus infection. *Epidemics* 2016; 15:66-70 (doi: 10.1016/j.epidem.2016.03.001) (査読有)
  7. **Nishiura H**, Mizumoto K, Villamil-Gomez WE, Rodriguez-Morales AJ. Preliminary estimation of the basic reproduction number of Zika virus infection during Colombia epidemic, 2015-2016. *Travel Medicine and Infectious Diseases*. 2016; in press (doi: 10.1016/j.tmaid.2016.03.016) (査読有)
  8. Nah K, Mizumoto K, Miyamatsu Y, Yasuda Y, Kinoshita R, **Nishiura H**. Estimating risks of importation and local transmission of Zika virus infection. *PeerJ*. 2016;4:e1904. doi: 10.7717/peerj.1904. (査読有)
  9. **Nishiura H**, Kinoshita R, Mizumoto K, Yasuda Y, Nah K. Transmission potential of Zika virus infection in the South Pacific. *International Journal of Infectious Diseases*. 2016;45:95-7. doi: 10.1016/j.ijid.2016.02.017. (査読有)
  10. **Nishiura H**, Endo A, Saitoh M, Kinoshita R, Ueno R, Nakaoka S, Miyamatsu Y, Dong Y, Chowell G, Mizumoto K. Identifying determinants of heterogeneous transmission dynamics of the Middle East respiratory syndrome (MERS) outbreak in the Republic of Korea, 2015: a retrospective epidemiological analysis. *BMJ Open*. 2016;6(2):e009936. doi: 10.1136/bmjopen-2015-009936. (査読有)
  11. Kinoshita R, **Nishiura H**. Assessing herd immunity against rubella in Japan: a retrospective seroepidemiological analysis of age-dependent transmission dynamics. *BMJ Open*. 2016 Jan 27;6(1):e009928. doi: 10.1136/bmjopen-2015-009928. (査読有)
  12. **Nishiura H**, Miyamatsu Y, Mizumoto K. Objective Determination of End of MERS Outbreak, South Korea, 2015. *Emerging Infectious Diseases*. 2016;22(1):146-8. doi: 10.3201/eid2201.151383. (査読有)
  13. Otsuki S, **Nishiura H**. Reduced Risk of Importing Ebola Virus Disease because of Travel Restrictions in 2014: A Retrospective Epidemiological Modeling Study. *PLoS One* 2016;11(9):0163418 (doi:10.1371/journal.pone.0163418) (査読有)
  14. **西浦博**. 汚れた空気はキレイにできるのか. *数学セミナー* 2016;55(1):76-82. <https://www.nippon.co.jp/shop/magazine/7401.html> (査読無し)
  15. Chowell G, **Nishiura H**. Characterizing the transmission dynamics and control of ebola virus disease. *PLoS Biology* 2015;13(1):e1002057. doi: 10.1371/journal.pbio.1002057. (査読有)
  16. Mizumoto K, Endo A, Chowell G, Miyamatsu Y, Saitoh M, **Nishiura H**. Real-time characterization of risks of death associated with the Middle East respiratory syndrome (MERS) in the Republic of Korea, 2015. *BMC Medicine* 2015;13:228. doi: 10.1186/s12916-015-0468-3. (査読有)
  17. Chowell G, Abdirizak F, Lee S, Lee J, Jung E, **Nishiura H**, Viboud C. Transmission characteristics of MERS and SARS in the healthcare setting: a comparative study. *BMC Medicine* 2015 Sep 3;13:210. doi: 10.1186/s12916-015-0450-0. (査読有)
  18. Mizumoto K, Saitoh M, Chowell G, Miyamatsu Y, **Nishiura H**. Estimating the risk of Middle East respiratory syndrome (MERS) death during the course of the outbreak in the Republic of Korea, 2015. *International Journal of Infectious Diseases* 2015;39:7-9. doi: 10.1016/j.ijid.2015.08.005. (査読有)
  19. **Nishiura H**, Miyamatsu Y, Chowell G, Saitoh M. Assessing the risk of observing multiple generations of Middle East respiratory syndrome (MERS) cases given an imported case. *Eurosurveillance* 2015;20(27):pii=21181. <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?articleId=21181>

- wArticle.aspx?ArticleId=21181 ( 査読有 )
20. **Nishiura H**, Kinoshita R, Miyamatsu Y, Mizumoto K. Investigating the immunizing effect of the rubella epidemic in Japan, 2012-14. *International Journal of Infectious Diseases* 2015;38:16-8. doi: 10.1016/j.ijid.2015.07.006. ( 査読有 )
  21. Endo A, **Nishiura H**. Transmission dynamics of vivax malaria in the republic of Korea: Effectiveness of anti-malarial mass chemoprophylaxis. *Journal of Theoretical Biology* 2015;380:499-505. doi: 10.1016/j.jtbi.2015.06.024 ( 査読有 )
  22. Fukami R, **Nishiura H**. Examining the reservoir potential of animal species for Leishmanial infantum infection. *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics* 2015;32(3):661-673. doi: 10.1007/s13160-015-0190-8. ( 査読有 )
  23. **Nishiura H**, Chowell G. Theoretical perspectives on the infectiousness of Ebola virus disease. *Theoretical Biology and Medical Modelling* 2015;12:1. doi: 10.1186/1742-4682-12-1. ( 査読有 )
  24. **西浦博**. 直接に観察できない感染イベント. *数学セミナー* 2015;54(2):72-78. <https://www.nippyo.co.jp/shop/magazine/7401.html> ( 査読無し )
  25. **西浦博**. 感染症流行のリアルタイム予測. *生体の科学* 2015;66(4):364-367. <https://www.igaku-shoin.co.jp/journalPortal.do?journalPortalId=425> ( 査読無し )
  26. **西浦博**. インフルエンザ伝播動態の疫学研究への招待. *インフルエンザ* 2015;16(3):43-49. <http://www.m-review.co.jp/magazine/id/33> ( 査読無し )
  27. **西浦博**. 感染症流行の数理モデルへの招待. *実験医学増刊* 2015;33(17):110-116. [https://www.yodosha.co.jp/jikkenigaku/add\\_list.html](https://www.yodosha.co.jp/jikkenigaku/add_list.html) ( 査読無し )
  28. **西浦博**, 木下諒. 新興感染症の国際的伝播を予測する数理モデル. *システム制御情報* 2015;59(12):446-51. <https://www.iscie.or.jp/> ( 査読無し )
  29. **西浦博**. MERS 死亡リスクを早期探知せよ. *数学セミナー* 2015;54(11):70-76. <https://www.nippyo.co.jp/shop/magazine/7401.html> ( 査読無し )
  30. **西浦博**. MERS は日本にとってどれくらい危険なのか. *数学セミナー* 2015;54(9):70-76. <https://www.nippyo.co.jp/shop/magazine/7401.html> ( 査読無し )
  31. **西浦博**. エボラ流行の数理モデル ( 2 ). *数学セミナー* 2015;54(7):62-68. <https://www.nippyo.co.jp/shop/magazine/7401.html> ( 査読無し )
  32. **西浦博**. エボラ流行の数理モデル ( 1 ). *数学セミナー* 2015;54(5):74-80. <https://www.nippyo.co.jp/shop/magazine/7401.html> ( 査読無し )
  33. Cowling BJ, Ip DK, Fang VJ, Suntarattiwong P, Olsen SJ, Levy J, Uyeki TM, Leung GM, Peiris JS, Chotpitayasunondh T, **Nishiura H**, Simmerman JM. Modes of transmission of influenza B virus in households. *PLoS One*. 2014;9(9):e108850. doi: 10.1371/journal.pone.0108850. ( 査読有 )
  34. **Nishiura H**, Chowell G. Early transmission dynamics of Ebola virus disease (EVD), West Africa, March to August 2014. *Eurosurveillance* 2014;19(36): pii=20894. <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20894> ( 査読有 )
  35. Chowell G, **Nishiura H**. Transmission dynamics and control of Ebola virus disease (EVD): a review. *BMC Medicine* 2014;12:196. doi: 10.1186/s12916-014-0196-0 ( 査読有 )
  36. **西浦博**. デング熱が到来した日本の未来. *数学セミナー* 2014;53(12):68-74. <https://www.nippyo.co.jp/shop/magazine/7401.html> ( 査読無し )
- [ 学会発表 ] ( 計 18 件 )
1. **Nishiura H**. Justifying the cost of pre-pandemic vaccines. *Innovative Mathematical Modeling for the Analysis of Infectious Disease Data: IMAID (国際学会)*, 神戸大学 ( 兵庫県神戸市 ), 2016 年 10 月 11 日
  2. **Nishiura H**. 「 Real time forecasting of the global spread of Zika virus 」, *International Zika Conference and Workshop*, Washington DC, USA, September 10, 2016
  3. **西浦博**. 「 第 5 回北海道疫ジカウイルス感染症のリアルタイム疫学モデリング研究 」. 第 5 回北海道疫学交流会, 北海道大学 ( 北海道・札幌市 ) 2016 年 9 月 1 日
  4. **Nishiura H**. 「 Estimating risks of importation and local transmission of Zika virus infection 」, *ISEE-ISES AC2016*, Hokkaido University (Hokkaido, Sapporo), Japan, June 3 2016
  5. **Nishiura H**, R. Kinoshita

- 「Disentangling the heterogeneous transmission dynamics of Middle East respiratory syndrome (MERS) in the Republic of Korea, 2015」13th International Conference on Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics of Infectious Diseases (MEEGID XIII), Institute of Tropical Medicine, Antwerp, Belgium, May 8, 2016
6. **Nishiura H.** Modeling the transmission dynamics of Middle East respiratory syndrome (MERS) in the Republic of Korea. 15th iTHES Colloquium, RIKEN (Saitama, Wako) March 17th 2016.
  7. **Nishiura H.** 「Joint quantification of the transmissibility and severity: A case study of Ebola virus disease in West Africa, 2015.」FGV, Rio de Janeiro, Brazil. ブラジル、11-14 January 2016
  8. **Nishiura H.** 「Real-time characterization of the risk of death associated with Middle East respiratory syndrome (MERS) in the Republic of Korea」日本疫学会学術総会、松江コンベンションホール(島根県・松江市) 1/25/2016
  9. **Nishiura H.**, Miyamatsu Y, Mizumoto K 「Branching process and statistical determination of the end of an epidemic」EAR-BC, Kyushu University、九州大学(福岡県・福岡市) 1/31/2016
  10. **Nishiura H.** 「Real-time forecasting of HIV/AIDS epidemic in Japan」日本エイズ学会学術総会、東京ドームホテル(東京都・特別区) December 20, 2015
  11. **西浦博**、大月詩織. 「渡航制限に伴うエボラ出血熱の地理的流行拡大の抑止効果推定」日本公衆衛生学会学術集会、長崎ブリックホール(長崎県・長崎市) 11/1/2015
  12. **Nishiura H.**, Chowell G. Estimating the effective reproduction number, Ebola virus disease epidemic, 2014. International Conference on Emerging Infectious Diseases (ICEID2015), Hyatt Regency Atlanta, Atlanta, Georgia, USA, アトランタ, 24-26 August 2015
  13. **Nishiura H.**, Asai Y. 「Joint estimation of the transmissibility and virulence of Ebola virus disease」China-Japan-Korea Colloquium of Mathematical Biology, Kyoto, 同志社大学(京都府・京都市) 8/1/2015
  14. **Nishiura H.**, Nakaya T, Kakehashi M. Estimates of HIV-infected individuals with and without antiretroviral treatment in Japan. 日本公衆衛生学会総会. 栃木ホール(栃木県宇都宮市), 2014年12月3日
  15. **Nishiura H.** Estimate of HIV prevalence in Japan. 第28回日本エイズ学会学術集会・総会. 大阪コンベンションセンター(大阪府・大阪市), 2014年12月4日
  16. **Nishiura H.** Estimating the protective effect of case isolation: a case study of smallpox. IMED | International Meeting on Emerging Diseases and Surveillance, Hilton Vienna, Vienna, Austria 2014. 11. 02
  17. **西浦博**, 江島啓介. 数理モデルを利用した日本におけるHIV感染者数の推定. 第11回生物数学の理論とその応用. 京都大学(京都府・京都市), 2014年11月15日
  18. **西浦博**, 江島啓介. 感染ネットワークと発病情報を基にした隔離の効果推定. 日本応用数理学会総会. 政策研究大学院大学(東京都・特別区), 2014年11月8日
- 〔図書〕(計 1 件)  
西浦博(編). 感染症数理モデルの実用化と産業及び政策での活用のための新たな展開. 九州大学マスフォアインダストリ研究所. 2014. (120 ページ)  
〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)  
名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:
- 取得状況(計 0 件)  
名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:
- 〔その他〕  
特になし
6. 研究組織  
(1) 研究代表者  
西浦博(NISHIURA, Hiroshi)  
北海道大学・大学院医学研究科・教授  
研究者番号: 70432987