別紙

令和5～6年度　食品健康影響評価技術研究　研究成果報告書（終了時）

研究課題名 （研究項目名）	リスク評価のデジタル化:情報収集と解析の自動化による省力化と精度向上 （課題番号：JPCAFSC20232307） （曝露評価の基礎となるデータの整理、長期的なデジタル運用について枠組みの提言）
主任研究者	研究者名：小山　健斗 所属機関：北海道大学　大学院農学研究院　食品加工工学研究室

Ⅰ　研究期間及び研究目的等

1　研究期間

令和5年度～令和6年度（2年間）

2　研究目的

近年、食品由来の健康リスクに対する科学的評価の重要性が増す中、リスク評価作業の効率化と精度向上が求められている。特に曝露評価においては、必要なデータの収集・整理に多大な労力がかかっており、現状では専門家による手作業に大きく依存している。この状況は、評価の再現性や透明性の確保、さらには長期的な運用の観点からも課題が多い。本研究では、情報の収集・構造化・可視化を一貫して自動化・効率化する仕組みを構築することで、曝露評価に必要な基礎データの整備を省力化し、再現性の高い評価環境を実現することを目指す。最終的には、長期的に運用可能なデジタル基盤の設計と、データ活用を見据えた実装フレームワークの提言を行うことを目的とする。

具体的には、食品安全委員会のリスク評価を支援する情報基盤の構築を念頭に、自治体・行政機関・研究機関が公開する食品関連情報を対象に、Web スクレイピング、データ構造化処理、可視化アプリの開発を通じて、デジタル化されたリスク評価支援基盤のプロトタイプを整備する。また、継続的なデータ更新や利用を可能にするための運用枠組みについても検討を行う。

3　研究体制

研究項目名	個別課題名	研究担当者（所属機関）
曝露評価の基礎となるデータの整理、 長期的なデジタル運用について枠組みの提言	収集した文章データの整理	小山健斗（北海道大学　大学院農学研究院）、田崎創平（北海道大学　大学院理学研究院）
	ファクトシートにおける統計情報の更新	小山健斗（北海道大学　大学院農学研究院）
	デジタル情報を活用するシステムの構想	小山健斗、小関成樹（北海道大学　大学院農学研究院）

４　倫理面への配慮について
該当なし

Ⅱ　研究内容及び成果等

１　研究項目：曝露評価の基礎となるデータの整理、長期的なデジタル運用について枠組みの提言
（１）個別課題：収集した文章データの整理（小山健斗（北海道大学　大学院農学研究院）、田崎創平（北海道大学　大学院理学研究院））

〈目的〉
食品中の病原微生物に関するリスク評価では、食品に含まれる微生物数や分布の実態を正確に把握することが不可欠である。しかし、これらの情報は複数の報告書や文献に分散しており、情報の体系化・構造化が進んでいない。本研究では、リスク評価における情報取得の効率化と、将来的なデジタル活用を見据えた基礎的なデータ整理を目的として、文献等からの定量的データを収集・加工し、可視化・利活用可能な形での整備を行った。

〈方法〉
① 初期菌数のリスト化
厚生労働省や地方自治体等が公表する食品検体における細菌汚染率・濃度の報告書から、PDF・Excel形式の文書を収集。自動変換処理と手動チェックを併用し、データを CSV 形式へ整形。食品名、検体数、陽性数、検出濃度、細菌種、検出方法(プレートカウント、MPC など)、調査年、調査主体、備考（データ取得の背景情報）などを統一的なカラム構造で整理した。
② D 値／③ 最大比増殖速度の整理
ComBase データベースから必要な D 値・μmax 等の情報を抽出可能な構造のまま整理。国内文献に新規データがないかを探索し、必要に応じて手動抽出を行った。リスク評価との接続を意識し、他のデータとの連携性にも配慮する。
④　データの公開とウェブ化
上記の CSV データは GitHub を通じてバージョン管理し、Streamlit を用いた簡易ダッシュボード型 Web アプリを構築。出典ごとに整理された汚染実態データの可視化および、ComBase 等外部データベースへのアクセスリンクを配置

〈成果〉
① 初期菌数のリスト化
厚生労働省や農林水産省などが実施した食品汚染検査データを収集した。各省庁や研究機関が発表する報告書や調査結果のデータに基づき、汚染濃度と汚染率のデータを整理した。微生物汚染率は 13 の食品カテゴリ（豚肉、牛肉、鶏肉、チーズ、魚介類、青果物、デザート、乳児食、卵、乳類、その他の肉類、その他の乳製品）、9 万 8000 件の検体の陽性率のデータを csv ファイルで管理している。対象は、カンピロバクター、腸管出血性大腸菌、リステリア、サルモネラである。データを Excel で編集可能な CSV 形式に整理し、出典情報も管理できる専用ウェブページを開設した（図 1）(https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk)。日本国内の食中毒細菌による食品汚染実態の情報を一つのホームページに集約することで、情報の一元管理を実現する。
現在、厚生労働省や農林水産省、国立医薬品食品衛生研究所、地方の衛生研究所、地方自治体が実

施した病原微生物の食品汚染に関する調査報告書からの定量的データを収集しており、順次 csv 形式のデータシート(汚染率: https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/blob/main/食中毒細菌汚染実態_汚染率.csv, 汚染濃度: https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/blob/main/食中毒細菌汚染実態_汚染濃度.csv)への入力を進めている。さらに、データシートに登録されたデータを可視化するソフトウェアも開発している(汚染率: https://contamination-rate1-624097414875.asia-northeast1.run.app、汚染濃度:https://concentration-of-contamination1-624097414875.asia-northeast1.run.app)。

農林水産省 消費・安全局 食品安全政策課 食品安全科学室 研究推進班の担当者と連絡を取ることができ、最新の調査データの共有してもらえるような協力体制を構築できた。2025 年度はアメリカのクリーブランドで開催される国際学会 IAFP (International Association of Food Protection) にて日本の食品汚染実態の概要をポスター発表し、神奈川県川崎市で開催される日本食品微生物学会で国内の食品汚染データの統合的活用について口頭発表をする予定である。

② D 値 および ③ 最大比増殖速度

食品中での病原微生物の挙動は世界共通だ。これらの挙動に関する過去の文献や報告書のデータは、ComBase データベース (https://www.combase.cc/) に蓄積されている。ComBase データベースには約 5 万件のデータがあるため優先度は低いと判断した。そのため、汚染実態のデータ収集・整理を優先的に実施した。また、本研究のウェブページに ComBase データベースへのリンクを追加することで、D 値や最大比増殖速度などの定量的リスク評価に必要な指標への容易なアクセスを実現した。

④ データ可視化アプリの試作と共有環境の構築

GitHub Pages 上でデータセットの更新・参照が可能な環境を整備。Streamlit と Google cloud platform を用いたデータ検索・表示機能付きの Web アプリを作成し、項目別に汚染分布の可視化 (棒グラフ、ヒートマップ等) を実装した。これにより、リスク評価作業の前段階における迅速な情報取得が可能になった。

日本国内における食中毒細菌に関するばく露評価の定量的データまとめ

微生物汚染実態の見える化

汚染率	汚染濃度
可視化システム	可視化システム
プログラムのソースコード	プログラムのソースコード
csvファイル	csvファイル

1. 食中毒細菌の汚染実態（国内）

汚染実態では食品中の陽性/陰性のみならず、汚染濃度が重要である。
陽性/陰性の割合と汚染濃度のデータの両方を示す。

1.1. 陽性/陰性の割合

食中毒細菌汚染実態_汚染率.csv に整理

年度	報告機関 ／ 報告プロジェクト	整理状況
2018-2022	**農林水産省** スプラウトの微生物実態調査の結果（概要）	
2008-2018	**厚生労働省** 食品中の食中毒菌汚染実態調査	済
2013-2016	**農林水産省** 生食用野菜の微生物実態調査	

1.2. 汚染濃度 [CFU/g, MPN/g or CFU/cm^2]

食中毒細菌汚染実態_汚染濃度.csv に整理

1.2.1 カンピロバクター　(*Campylobacter jejuni* / *Campylobacter coli*)

年度	報告機関 ／ 報告プロジェクト	整理状況
2022	**国立医薬品食品衛生研究所** 厚生労働科学研究費（食品の安全確保推進研究事業） 「と畜・食鳥処理場におけるHACCP検証方法の確立と食鳥処理工程の高度衛生管理に関する研究」 分担研究報告書「生食用食鳥肉の高度衛生管理に関する研究」	
2021	と畜検査員及び食鳥検査員による外部検証の実施について （生食発 0528 第6号 令和3年5月31日）	済
	国立医薬品食品衛生研究所	

図1 開設したWebページの概観。厚生労働省、農林水産省、地方保健所などの行政機関の垣根を超えて、定量的な病原微生物の汚染濃度と汚染率の実態の文献を一覧できる。4種の病原細菌について115件のデータソースにアクセスできる。(https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk)

（２）個別課題：ファクトシートにおける統計情報の更新（小山健斗（北海道大学　大学院農学研究院））

〈目的〉

食品安全委員会のファクトシートでは、病原微生物ごとの年間発生件数・患者数・死者数等の統計値が記載されている。これらの情報は、定期的な更新が求められる一方で、現在は手動での修正作業が必要であり、研究者の負担となっている。本課題では、ファクトシートにおける統計情報を自動で更新する仕組みを構築し、リスク評価情報のメンテナンス効率化を図ることを目的とした。

〈方法〉

厚生労働省のウェブサイトに掲載されている「食中毒統計資料」や、e-Stat（政府統計の総合窓口）に公開された「食中毒統計調査」の統計ファイルを自動取得するためのスクリプトを試作した。

ファイル名、ファイル構成、表形式が年ごとに異なることから、ダウンロードしたファイルを自動解析・自動加工する仕組みの実現可能性を検証。

API を通じたデータ取得の可能性を探るため、以下の関係機関に問い合わせを実施：

・政府統計共同利用システム（e-Stat ヘルプデスク）
・厚生労働省 医薬・生活衛生局 食品監視安全課 食中毒被害情報管理室
・内閣府 食品安全委員会 評価技術企画室・評価調整官

〈成果〉

自動更新に関する技術的課題の整理

当初の予定では、ファクトシートの年間患者数や食中毒発生件数などを自動で更新するシステムの構築をしようとしていた。しかし、厚生労働省のデータ整理がされない限り、ファクトシートの統計情報の自動更新は難しいと判断した。厚生労働省のホームページ内の「食中毒統計資料」のファイル形式やファイルの名前が統一されていない。データ形式と名前が統一されておらず、自動更新が困難である。データ整理の方針が固まっていない場合には、自動更新システムがあってもが将来的に動作しない可能性が高い。また、e-Stat から「食中毒統計資料」のダウンロードを試みたが、API(Application Programming Interface)対応のデータは限られており、統計データの自動取得は困難である（図 2）。

e-Stat および行政機関への問い合わせと現状把握

e-Stat（政府統計の総合窓口）を管理している①政府統計共同利用システムのヘルプデスク担当や、「食中毒統計調査」の統計作成機関の②厚生労働省 医薬・生活衛生局 食品監視安全課 食中毒被害情報管理室、③内閣府食品安全委員会の評価技術企画室・評価調整官に問い合わせした。図 2 のように csv と excel と DB が混在しており、現在のデータ管理体制では、統計データを自動取得・更新できるよう状態ではない。今後、研究班としてデータ取得ができたと仮定して統計情報を効率的に抽出・加工できる仕組みを構築する予定であるが、「食中毒統計調査」の管理者の協力なしには前進しないと言える。

以上の状況を踏まえ、今後継続的に統計データの自動取得が可能になった場合に利用可能な、システムの開発に取り組んだ。

図2　e-Statのデータ管理の現状。外部サーバーからダウンロードできるデータが一部のみであるため、プログラミングにより各種報告書のデータの取得をすることが非常に困難である。
https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450191&tstat=000001040259

（３）個別課題：デジタル情報を活用するシステムの構想（小山健斗、小関成樹（北海道大学　大学院農学研究院））

〈目的〉
食品由来微生物に関するリスク評価を持続的に実施・改善するためには、データの収集、可視化、分析を効率的かつ汎用的に行えるシステム基盤が必要である。本課題では、国内外の定量的リスク評価に用いられるデータ（汚染濃度、D 値、増殖速度など）を体系的に整理・活用するための統合的なデータ可視化・分析ツールの構築を目的とした。さらに、食中毒リスクの理解を支援するための Web アプリケーション構想を進めた。

〈方法〉
汚染実態データ（初期菌数）などの CSV データを取り込み、グラフ化・フィルタリング・統計情報表示が可能な可視化アプリのプロトタイプを開発。
Streamlit をベースとした簡易ダッシュボードを作成し、リスト化された食中毒菌種および食品群別の陽性率・平均菌数などを表示。
GitHub と Docker を活用し、マルチプラットフォーム環境での開発・運用を可能にする設計を採用。
ComBase データベース（国際的な食品微生物挙動データベース）との連携を考慮し、外部データリンク機能を追加。
ユーザーが容易に操作・参照できるように、Web ベースでの UI 構成と検索機能の設計を試行。

リスク評価の関係者がどこから電子データを利用するのかを精査し、デジタル情報にアクセスするためのシステムの構想を立てた。リスク評価に関連する定量的なデータの利用促進や、効率的な運用方法についても議論して取りまとめた。

本研究プロジェクトで作成したデータシートには、食品安全の関係者が誰でもアクセスできるように１）データベースの構築履歴の公開、２）プログラムの公開、３）データベースの公開を行い、全てに URL をリンクさせた。また、国内の食品汚染状況に関する情報を集約したウェブページを作成し、データへのアクセス性を向上させる取り組みも進めた。これにより、データの一元管理を実現するためのプラットフォームの基盤が構築した（図 3）。

さらに、病原微生物の汚染率と汚染濃度という 2 つの評価軸に基づいたデータの可視化を行うため、Python と Streamlit ライブラリを用いて可視化ソフトウェアを開発した。ソフトウェアの開発環境はすべて無料で提供されており、Github に登録さえすれば誰でもソフトウェアの開発に参加できる。食品汚染に関する公開データを視覚的に理解しやすくすることができた。これまで各省庁や研究機関が管理していた個別のデータを、統合して一元的に閲覧できる環境が整備された(https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk.git)。

各情報まとめの役割
○ データソースの一覧化：関係者が汚染実態の情報源を辿りデータが取得された背景を確認可能
○ 可視化ソフトウェア：パソコンやタブレットから食品・細菌別の汚染実態を閲覧可能
○ csv ファイル：ダウンロードすれば、諸解析を関係者が実装可能

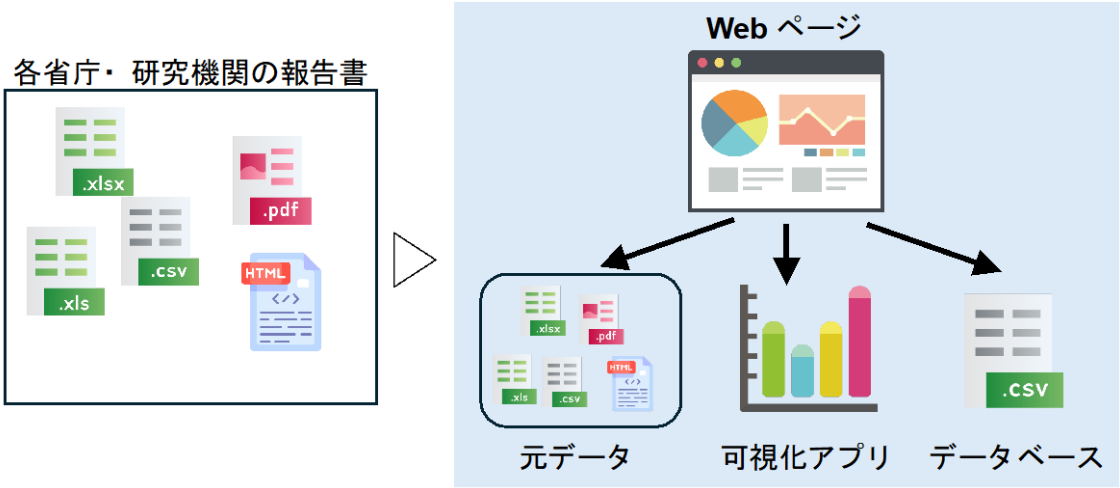

図３　病原微生物の汚染実態に関する Web ページと可視化ソフトウェアによるデータ管理の一元化。①データソースの一覧化、②可視化ソフトウェア、③csv ファイルでのデータベース構築

２　研究全体の成果、考察及び結論

本研究では日本国内の食品汚染状況に関する定量データを収集・整理し、省庁、国や地方の衛生研究所、大学など様々な調査機関の所有する食品汚染データを一括管理・可視化できる web プラットフォームを作成した。汚染濃度や汚染率を平均値として示した。

Ⅲ　本研究を基にした論文等

１　本研究を基にした論文と掲載された雑誌名のリスト

該当なし

２　本研究を基にした学会発表の実績

1. 細江隼平、田﨑創平、小関成樹、小山健斗．データ解析と理論的アプローチを用いた食品汚染細菌数の確率分布推定、第 10 回北海道大学部局横断シンポジウム、ポスター発表、北海道大学（ハイブリッド開催）、2024 年 9 月
2. Predicting the growth patterns of foodborne pathogens using Raman spectroscopy, Data mining, and Machine learning, IAFP2024, 口頭発表, Long Beach Convention Center, Long Beach, California, 2024 年 7 月

３　特許権等の出願・申請等の状況

該当なし

４　プログラムの著作物及びデータベースの著作物

1. Web ページの開設：日本国内における食中毒細菌に関するばく露評価のまとめ

https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk.git

2.　ソフトウェア：汚染率の可視化システムの開発
https://contamination-rate1-624097414875.asia-northeast1.run.app/

3.　ソフトウェア：汚染濃度の可視化システムの開発
https://concentration-of-contamination1-624097414875.asia-northeast1.run.app/

4.　データベース：汚染率データベースの構築
https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/blob/main/食中毒細菌汚染実態_汚染率.csv

5.　データベース：汚染濃度データベースの構築
https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/blob/main/食中毒細菌汚染実態_汚染濃度.csv

6.　プログラムのコード：汚染率の可視化システム
https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/tree/main/software/contamination_rate

7.　プログラムのコード：汚染濃度の可視化システム
https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/tree/main/software/concentration_of_contamination

５　その他（各種受賞、プレスリリース等）

1. 細江隼平、田﨑創平、小関成樹、小山健斗．データ解析と理論的アプローチを用いた食品汚染細菌数の確率分布推定、第 10 回北海道大学部局横断シンポジウム、奨励賞、北海道大学（ハイブリッド開催）、2024 年 9 月

Ⅳ 研究開始時に申告した達成目標及び研究全体の自己評価

1　達成目標の自己評価

達成目標	評価結果	自己評価コメント
（1） 曝露評価の基礎となるデータの整理 リスク評価のために必要なデータ（初期菌数、ラグタイム、最大比増殖速度など）を一箇所に集め、曝露評価に役立つデータベースを構築する。	4	食品安全に関するリスク評価の基礎となる初期菌数の汚染濃度と汚染率を中心に、約 9 万 8 千件のデータを収集・体系化し、誰でもアクセス可能なデジタルデータベースとして整備した。ラグタイムや最大比増殖速度などの指標については既存データベース（ComBase）とのリンクを確保し、追加収集は限定的だったものの、今後の追加拡張が可能なデータ基盤を構築できたため、目標の達成度は高いと評価する
（2） ファクトシートにおける統計情報の更新 ファクトシートに記載される統計情報等の更新を補助し、曝露評価のデジタル化を進め、効率的なリスク評価を実現する	4	ファクトシート統計情報の自動更新を目指して厚生労働省およびe-Statからデータ取得を試み、技術的課題を洗い出した。結果的に完全自動化は困難であったが、今後の改善点を明確にでき、統計情報更新の自動化に向けた道筋を示せたため、課題を明確化した成果を評価する
（3） デジタル情報を活用するシステムの構想 リスク評価に必要なデータを容易に取得し、将来の研究や評価に役立つ持続可能なデジタル運用体制を構築する。	4	食品微生物リスク評価に必要なデータを誰でも容易に取得・可視化できる Web ベースのデジタル運用体制を構築した。GitHub を活用してオープンな環境を提供し、研究や政策立案に有益なデータプラットフォームの基礎を整備できた。持続的な運用には関係機関との連携強化が必要だが、本研究の取り組みを通じて将来的な展望を提示できたことを評価する

注）評価結果欄は「５」を最高点、「１」を最低点として５段階で自己採点。

2　研究全体の自己評価

項　目	評価結果	自己評価コメント
（1）研究目標の達成度	4	曝露評価のデジタル化に向けて、国内の初期菌数に関する膨大なデータの収集と体系的整理を実施した。約 9 万 8 千件におよぶ汚染実態データを CSV 形式で統一的に整理し、さらにウェブアプリケーションを用いて可視化可能な形で提供するなど、目標に掲げたデータ基盤の構築は十分達成された。一方、ラグタイムや増殖速度などの微生物挙動データについ

		ては ComBase との連携に留まり、独自データ収集が限定的となった。また統計情報の自動更新については、行政側の課題が明確化されたものの、完全な自動化には至らなかった。全体として目標達成は十分であるが、一部に課題が残ったため評価を 4 とした。
（２）研究成果の有用性	4	本研究により、食品微生物リスク評価に必要なデータを一元管理できるシステム基盤が構築され、評価作業の効率化や透明性の向上が実現可能となった。特に行政機関や地方自治体がそれぞれ公開していた個別のデータを体系的に集約し、容易にアクセス・可視化できる環境を整備したことは、今後のリスク評価や食品安全政策の検討に大きく貢献できる。また、データ収集や可視化手法のオープン化により、研究者間の連携強化や持続可能な運用基盤の整備にも寄与した点で社会的意義は高い。一方、実際の運用における行政や関係機関との連携体制構築など、さらなる展開が求められる点を考慮し、評価を 4 とした。
総合コメント 本研究では食品安全に関連した曝露評価データの収集・整理を着実に進め、ウェブベースの公開・可視化システムを構築するなど、デジタル化に向けた大きな一歩を踏み出した。特に国内外で活用可能な汚染実態データの基盤構築については、実務的価値が非常に高い成果を挙げた。また、行政統計の自動取得・更新に関する技術的課題を明確にし、今後の政策的・制度的課題を示したことも重要な貢献である。今後は行政や関係機関との連携を強化し、持続可能で拡張可能な運用体制を確立することが課題であるが、本研究の成果はそのための基礎として十分な役割を果たしていると評価する。		

注）評価結果欄は、「５」を最高点、「１」を最低点として５段階で自己採点。

この報告書は、食品安全委員会の委託研究事業の成果について取りまとめたものです。
本報告書で述べられている見解及び結論は研究者個人のものであり、食品安全委員会としての見解を示すものではありません。全ての権利は、食品安全委員会に帰属します。

（別添１）

研究成果の概要（和文）

本研究では、食品の微生物リスク評価に資する定量データの体系化と情報公開体制の整備を目的とし、日本国内で実施されたリスク評価に関する論文・報告書を収集・分析した。特に、汚染率や汚染濃度に関する情報を CSV 形式で構造化し、食品分類および細菌種別での可視化を可能にした。また、厚生労働省の食中毒統計情報に関しては、自動取得の可能性を検討し、実現可能な範囲で実装・分析を行った。加えて、収集・整備された情報を Web 上で公開・可視化するシステムを構築し、リスク評価や政策支援に資するツールとして運用可能な形に整備した。将来的なデジタル行政・データ駆動型評価支援体制の構築に向けた基盤を形成した点で、本研究の成果は社会的意義が高い。

（別添２）

研究成果の概要（英文）

Title of research project	
Research project number	JPCAFSC20232307
Research period	FY 2023 – 2024
Name of principal research investigator (PI)	Kento Koyama

Abstract/Summary

This study aimed to develop a data infrastructure to support microbial risk assessment in Japan. We collected and structured domestic publications and reports containing quantitative data on foodborne pathogen contamination. The data were visualized by food category and bacteria type using an interactive web system. Although automatic data acquisition from government statistics faced limitations, key issues and potential solutions were identified. The research contributes to building a foundation for data-driven food safety risk assessment.

This report provides outcome of the captioned research programme funded by Food Safety Commission Japan (FSCJ).
This is not a formal publication of FSCJ and is neither for sale nor for use in conjunction with commercial purpose.
All rights are reserved by FSCJ. The view expressed in this report does not imply any opinion on the part of FSCJ.

１． List of papers published on the basis of this research

No papers published on the basis of this research

２． List of presentations based on this research

Hosoe, J., Tasaki, S., Koseki, S., Koyama, K. (2024, September). Estimating probability distributions of microbial contamination levels in foods using data analysis and theoretical approaches. Presented at the 10th Interdisciplinary Symposium of Hokkaido University, Poster Presentation (Hybrid format), Hokkaido University, Sapporo, Japan. (Awarded the Encouragement Prize)

３． The number and summary of patents and patent applications

No patents or patent applications resulting from this research

４． Others (awards, press releases, software and database construction)

Encouragement Prize:

Hosoe, J., Tasaki, S., Koseki, S., Koyama, K. (2024, September). Estimating probability distributions of microbial contamination levels in foods using data analysis and theoretical approaches. Presented at the 10th Interdisciplinary Symposium of Hokkaido University

- Webpage (GitHub repository):

Summary and exposure assessment of foodborne pathogenic bacteria contamination in Japan. https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk.git

- Software: Visualization system for contamination rates: https://contamination-rate1-624097414875.asia-northeast1.run.app/
- Software: Visualization system for contamination concentration: https://concentration-of-contamination1-624097414875.asia-northeast1.run.app/
- Database: Contamination rate (CSV): https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/blob/main/食中毒細菌汚染実態_汚染率.csv
- Database: Contamination concentration (CSV): https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/blob/main/食中毒細菌汚染実態_汚染濃度.csv
- Software code: Visualization system for contamination rates: https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/tree/main/software/contamination_rate
- Software code: Visualization system for contamination concentration: https://github.com/kento-koyama/food_micro_data_risk/tree/main/software/concentration_of_contamination