HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	福島第一原子力発電所事故後における放射線の情報提供に関する情報学的研究
Author(s)	長谷川, 慎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第14421号
Issue Date	2021-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k14421
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81573
Type	doctoral thesis
File Information	Shin_Hasegawa.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文

福島第一原子力発電所事故後における
放射線の情報提供に関する情報学的研究

長　谷　川　　慎

北海道大学大学院保健科学院
保健科学専攻保健科学コース

２０２０年度

目次

概要 - 1 -
1. 序章 - 5 -
1-1. はじめに - 5 -
1-2. 原子力災害による住民の不安 - 6 -
1-3. 本論文の目的 - 11 -
1-4. 論文の構成 - 12 -
参考文献 - 16 -
2. 日本の食習慣に適応した内部被ばく管理ツールの 開発研究 - 20 -
2-1. はじめに - 20 -
2-2. CORPORE について - 24 -
2-2-1. CORPORE の機能 - 24 -
2-2-2. データ構造 - 27 -
2-3. 研究１ システム開発 - 38 -
2-3-1. 方法 - 38 -
2-3-2. 結果 - 56 -
2-4. 研究２ システム評価 - 63 -
2-4-1. 方法 - 63 -
3-4-2. 結果 - 64 -
2-5. 考察 - 66 -
2-5-1. 内部被ばく管理ツールによる情報提供 - 66 -
2-5-2. 生産物データベース - 69 -
2-5-3. Japan Web CORPORE - 70 -
2-5-4. 今後の展望 - 72 -
2-6. 結論 - 74 -
参考文献 - 75 -
3. 福島第一原子力発電所事故に伴う福島への感情の変化 - 82 -
3-1. はじめに - 82 -
3-1-1. 背景 - 82 -
3-1-2. 目的 - 84 -
3-2. 方法 - 85 -
3-2-1. 感情極性値による Tweet の感情の数値化 - 85 -
3-2-3. Tweet に関係する都道府県名の推定 - 90 -
3-3. 結果 - 91 -

3-4.　考察 - 110 -
3-4-1.　データセット全体の特徴と傾向 - 110 -
3-4-2.　ターゲット群の都道府県別の特徴 - 113 -
3-4-3.　福島県とそれ以外の都道府県についての比較 - 115 -
3-4-4.　本研究の限界 - 119 -
3-5.　結論 - 121 -
参考文献 - 123 -
4.　総括 - 129 -
謝辞 - 132 -
研究業績一覧 - 134 -
【学術論文】 - 134 -
【学会発表】 - 135 -

概要

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災による福島第一原子力発電所事故によって、大量の放射性物質が環境中に放出されたことにより、人々の放射線に対する関心が高まった。原子力災害によって被災住民は大きな不安による高レベルのストレスを抱えていることが知られている。日本においても、食品摂取による内部被ばくへの不安から、福島県産食品が忌避されるなど、経済的にも深刻な影響を与えている。

福島第一原子力発電所事故とよく比較されるチェルノブイリ原子力発電所事故当時の状況においては、人々に知らされた事故の状況や放射性物質放出の情報は非常に限定的であった。福島第一原子力発電所事故後の日本においては、マスメディアによる連日の報道によって事故の状況が報道され、様々な団体によるシンポジウムや対話集会が多数開催されているが、これらを通じたリスクコミュニケーションによって様々な情報が提供されていたにも関わらず、「何故、十分な情報提供が行われなかったチェルノブイリ原子力発電所事故後の人々と同様の不安を、人々が抱えているのか？」「何故、放射線に関連して、医療に対する忌避感、福島県産食品の買い控えなどへの忌避感が形成されていったのか？」という疑問が生じた。このような疑問に対し、東京電力福島第一原子力発電所事故に関連して提供された様々な情報を人々がどう受け止め、どのような反応を示したかを調査することには今後同様の災害や事故が起きた場合のリスクコミュニケーションを効果的に行うための基礎となり、意義があると考える。

そこで本博士論文では、原子力災害における人々の不安に対する、放射線の情報提供に関する検討を行った。本博士論文の構成は以下のとおりである。

第 1 章では、序論として東日本大震災による福島第一原子力発電所事故によって引き起こされた人々の不安について整理した。東日本大震災による福島第一原子力発電所事故後の状況を、チェルノブイリ原子力発電所事故後の欧州の状況と比較しつつ、汚染地域の人々

の不安や課題を整理した。原子力災害後の人々のなかで、食事による内部被ばくに対する不安が大きく、これに対する適切な情報提供が必要とされていることが明らかになった。また、人々に対し、様々な情報提供が行われたにも関わらず、福島に対して放射線に関連した忌避感や悪感情が発生していることが明らかになった。このような感情が形成されていった過程を明らかにすることが、将来のリスクコミュニケーションや情報提供のあり方に寄与すると考えられ、本研究の目的として設定した。

福島第一原子力発電所事故後、問題となった主要な課題の一つとして、被災地の住民によるによる汚染された食物摂取の可能性であり、これによる内部被ばくが懸念され食への不安となっていた。そこで第２章では、これに関連して食物摂取による内部被ばくを管理するため、食事から摂取された放射能の量を推定するシステムを開発した。これを用いることで、人々の食品摂取による内部被ばくに対する不安に対し、適切な情報を提供することを試みた。このために、チェルノブイリ原子力発電所事故後のヨーロッパの内部被ばく評価に使用されたツールを、日本の食習慣に合わせて改変し、個人の内部被ばくを管理できるようにした。Web アプリケーションとして実装され、Web 上で入手可能な食品中の放射性物質の検査結果を自動的に収集し、摂取した料理の放射能量を推定して自動的に内部被ばく線量を計算して被ばく履歴を管理することができる仕組みを実装した。このシステムを利用することで、これまでどのくらい被ばくしたのかの履歴を管理し、目の前の食事を食べることでどのくらい被ばくするのかの視覚化を試みた。このシステムにより目の前の食事を食べるかどうかを自ら判断して決める自己決定権の回復が図られ、事故後の状況への無力感を軽減することで、人々の食に対する不安を軽減できるものと考える。このシステムは緊急時被ばく状況において重要であるものの、現在の状況においては食品中の放射性物質の基準値によって厳格に管理され、これを超える放射能の食品は流通しないため重要度は下がっているものの、このような仕組みを将来の不測の事態に備えて準備しておくことは重要である。

第３章では、福島第一原子力発電所事故によって生じた、人々の放射線に関連する不安がどのように福島に向けられ、どのように福島への拒否感や悪感情が形成されていくのかを明らかにすることを目的とした。事故後１年間に Twitter 上に投稿された「放射線」、「放射能」、「放射性物質」のいずれかを含む約 1900 万 Tweet を対象に、感情極性値を用いた感情分析を行った。福島県に関する Tweet は、他の地域に関連した Tweet と比べて明らかに否定的な感情を示し、時間の経過に伴ってさらにネガティブに向かう傾向を示した。放射線に関する Tweet は全体的に減少し、放射線に対する気持ちもポジティブに向かう傾向が見られたものの、福島県に関する Tweet がネガティブに向かう傾向にある一方で、割合が上昇していることから、福島県に対する否定的な感情が強まっている可能性が認められた。福島県に関する Tweet 以外の Bot やリツイートは徐々にポジティブに向かう傾向を示す一方で、福島県に関する Bot やリツイートはネガティブに向かう傾向を示すことを明らかにした。これらの結果は、Bot やリツイートによって拡散された福島県と放射線を連想させる否定的な感情によって、福島県に対する嫌悪感が高まった可能性が認められた。

本研究は、「原子力発電所事故によって生じた人々の不安が、放射線と関連して被災地である福島県に対し、時間が経つにつれてより否定的な感情とともに人々に捉えられていくようになり、それによって人々が福島に対する忌避感を増加させることに影響を与えているのではないか」という仮説を支持するものであった。

本研究では、原子力災害に伴う人々の食に対する不安に対し、適切な情報提供を行うための仕組みを構築した。自分の食事による内部被ばく情報を提供することで、自分ごととして捉えられる情報を提供し、摂取するかどうかの判断を自ら決められることができるようにするツールである。福島第一原子力発電所事故によって不安を感じている住民のみならず、チェルノブイリ原子力発電所事故による被害をうけている住民がこのツールを利用し、人々の不安を軽減することが期待される。将来の原子力災害への備えとしても期待され、内部被ばくに限らず、外部被ばくや医療被ばくとの連携や、栄養管理や食品汚染への応用も期

待される。また、ソーシャルメディア上において、人々が放射線と福島に関連して否定的な感情を増加させていく傾向を明らかにした。この結果は人々の感情が放射線と福島に関連して、どのように形成されていき、風評被害や放射線検査などに対する忌避感を醸成していったのかを探る大きな手がかりとなり、今後のリスクコミュニケーションの発展に寄与することが期待される。

1. 序章

1-1.　はじめに

2011 年 3 月 11 日午後２時 46 分、三陸沖を震源とするマグニチュード９の地震が発生し、その 1 時間後に遡上高 14～15m の津波によって東京電力福島第一原子力発電所は全電源を喪失した。運転中だった１～３号機でメルトダウンが起きた影響で水素が大量発生し、3 月 12 日に 1 号機、3 月 14 日に 3 号機が相次いで水素爆発を起こし、3 月 15 日に 2 号機、4 号機も損傷し、大量の放射性物質が環境中に放出された。このことは国際原子力事象評価尺度において、レベル７に分類された[1]。

福島第一原子力発電所事故とよく比較されるチェルノブイリ原子力発電所事故当時の状況においては、人々に知らされた事故の状況や放射性物質放出の情報は非常に限定的であった。事故当日の 1986 年 4 月 26 日にはチェルノブイリ原子力発電所近隣にあったプリピャチ市の住民は何も知らされず、事故の翌日には詳細を知らされないまま突然に、避難を余儀なくされた。30 ㎞圏の住民の避難が決定されたのは 5 月に入ってからのことである。それまでキエフ州の人々はほとんど何も知らされずにいた[2]。旧ソビエト連邦政府は近隣諸国への通報も怠り、この事故を隠していた。西側諸国に事故発生が明らかにされたのは、1986 年 4 月 28 日にスウェーデンのフォッシュマルク原子力発電所において、強い放射線が検出されたことをきっかけにスウェーデン政府が旧ソビエト連邦政府に問い合わせたことによって、発表されたチェルノブイリ原子力発電所で事故が起きたことを伝える短い発表であった[3]。事故の規模や詳細を解析するために最も重要な旧ソビエト連邦内での放射性物質汚染データの公開は、事故から 3 年後の民主化運動が高まる 1989 年の春まで待たねばならなかった[2]。このように、原子力発電所の事故やその後の汚染情報は政治の壁に阻まれ、小出しにしか出てこず、人々は不安に駆られた。

福島第一原子力発電所事故においては、震災発生が日中であったこともあり、その直後からテレビをはじめあらゆるメディアで地震の被災状況や津波の様子、津波による福島第一

原子力発電所の電源喪失の状況から 12 日の午後 3 時に 36 分に起きる 1 号機の水素爆発の様子までリアルタイムで中継され、インパクトを持って報道された[4-7]。日本国内の多くの人が爆発の映像を視聴し、衝撃を受けた。福島第一原子力発電所の電源喪失が明らかになり、3 月 11 日の午後 9 時過ぎには半径 3 km圏内の住民に避難指示が出された。翌朝 5 時過ぎには 10 km圏内に避難指示が発令され、全町民が避難を開始した[8]。その後も続く 3 号機、2 号機、4 号機の事故の状況や放射線に関するさまざまな報道がなされ、人々は情報の洪水にさらされた。

このように、情報の提供という一面から２つの事故を見比べて、被災者の置かれた状況は対照的とも言えるほどに違いがあるにも関わらず、人々が抱える不安には後述のように共通したものがある。本博士論文においては、原子力災害における人々の不安に対する、放射線の情報提供に関する検討を行なった。

1-2. 原子力災害による住民の不安

1986 年 4 月に旧ソビエト連邦のチェルノブイリ原子力発電所 4 号機が爆発し、欧州だけでなく、全世界に影響を及ぼした。特に旧ソビエト連邦のベラルーシおよびウクライナの居住地域に広範囲にわたって放射能汚染をもたらした。この事故によって、被災住民は日常生活から自由が奪われ、今後の人生を破壊されてしまったと感じ、大きな不安による高レベルのストレスを抱えていることが知られている[9]。不安の主たるものは健康についてであり、特に子供の健康について焦点が当てられている。身体障碍についても常に言及され、放射能の長期影響の不透明さに、言い知れぬ不安をおぼえている。また、もう一つの重大なストレスの要因として、科学技術や医療、国に対する信頼の喪失が挙げられている。事故当時の当局の透明性の欠如や現在進行中の対策とそれに伴う潜在的な健康影響によって、人々は専門家をこれ以上信用できなくなり、問題解決に貢献できないと感じ、状況をコントロールできないという感覚に陥り、自己決定権を阻害されていると感じている。その結果、人々は社

会的不信感を募らせていき、無力感、自暴自棄、そして疎外感を感じるようになっている。このような状況は福島でも起きうることは容易に想像ができる。

チェルノブイリ原子力発電所事故後の、ベラルーシにおいては、欧州委員会の放射線防護研究プログラムの支援を受け、汚染地域住民の生活環境を改善し、持続可能な生活を回復するためにETHOSプロジェクトとCORE（Co-operation for Rehabilitation）プログラムが行われた[10-12]。ETHOSは、「個人またはグループの社会的行動および関係に関する一連の信念、アイデアなど」を表す古代ギリシャ語で、ETHOSプロジェクトでは、事故の影響を受けた地域社会として、共に状況を改善することを目指して「共に生きる」ことを表している。これらの活動は、チェルノブイリ原子力発電所事故で被災したベラルーシ南部の４地区でベラルーシ政府機関が支援し、ヨーロッパの専門家チームが実施した先行実験である。汚染地域住民の要となる下記のような心配事に対処し、生活環境の持続可能な改善をもたらすことを目指した。

・子供たちの放射線防護

・食品（特に牛肉と食肉）の放射線学的な品質管理

・家庭内の放射性廃棄物の管理、所得および生活の質を改善したいという願い

この活動の中ではステークホルダーとなる地域住民が自分たち自身の防護に、自分たち自身が直接関与することを基本として行われた。村落のティーンエイジャー、若い母親、農民、教師、医療専門家、林業従事者などのグループとともに展開され、子供たちの放射線防護、牛乳や食肉生産の放射線品質管理、汚染された環境での生活に対する子供たちの教育、汚染された廃棄物の管理、放射線防護に関するビデオ映画の撮影などが行われた[10,11]。

汚染地域の住民はソ連崩壊後の経済的困難のために、自家栽培をしているものの、作物の放射性物質を管理するためのノウハウと適切な手段がなく、内部被ばくレベルが大幅に上昇していた。ETHOSプロジェクトでは、この問題に対処するため、CORPOREと呼ばれる内部被ばく評価用ツールが開発され、使用されている[13]。このツールを使用することでホール

ボディカウンター（Whole Body Counter, 以下 WBC）測定の結果を記述・分析することが可能になり、このツールを使用することで、毎日の食事中に摂取した放射性物質量を記録することができ、医療従事者は食品の放射線の特性について住民個人と話し合うことによって、WBC 測定結果が高くなってしまった原因である食品をつきとめることや、これによって内部被ばくのリスクについて住民の意識を高めることができる。また、個人が自分の食事について十分な情報に基づいた選択をするのを助けることができる。WBC 測定結果からこのツールを用いてどのくらいの放射能が摂取されているのかを探るという、いわば逆方向のツールであり、同プロジェクトにおいて重用されている。

ノルウェーやスウェーデンでは、スカンジナビア半島周辺に居住する先住民族であるサーミ人のトナカイを放牧してその肉を食べるという食文化がある。トナカイの主食であるハナゴケが、放射性物質を吸収しやすい地衣類であることから、チェルノブイリ原子力発電所事故後にトナカイの肉に放射性物質が濃縮し、高濃度の放射性物質が検出された。これによってトナカイの肉を食べることができなくなり、サーミ人の食文化が破壊される危機に陥っている[14,15]。サーミ人の食文化を守るため、トナカイの肉から摂取される放射性物質の量を評価し、摂取量の管理や放射線防護に対する教育などにもこのツールは用いられている[13]。

日本においても、食品摂取による内部被ばくが懸念され、福島県産食品が忌避されるなど、経済的にも深刻な影響を与えている[16]。ETHOS プロジェクトや CORE プログラムの活動の経験は国際放射線防護委員会（ICRP）の ICRP Publication 111[17]においても報告され、この報告に基づいて消費者庁が主体となり、食品中の放射性物質に関するリスクコミュニケーションが汚染地域住民を中心に全国で行われている。このリスクコミュニケーションは、平成 23 年度中には 45 回開催され、そのうち５回が福島県内で開催されている。平成 30 年度末までに合計 862 回開催され、そのうちの 6 割を超える 575 回が福島県内で開催されており[18]、食品中の放射性物質や放射線防護に関する知識は広まってきている。さらに

は、「福島のエートス」として、チェルノブイリ原子力発電所事故後に行われたETHOSプロジェクトのように、汚染地域のステークホルダーを巻き込んで、様々な活動が行われている[19,20]。またICRPも汚染地域において対話集会を開催し、地域住民との対話を重ねている[21]。私もこのような対話集会に参加し、汚染地域の住民の声を直接聞く機会を得た。その中で、多くの人が自分の状況に即した放射線の測定値がない中で不安を感じ、その結果、食生活を自ら制限していることが明らかになった。これは日常生活に強い制約として認識され、食生活に関する文化的習慣の変化を誘発した。福島県内で行われた最初の食品中の放射性物質濃度測定では、食品中の放射性物質濃度が当初の予想や様々なところで言われていた値よりもはるかに低いことが示された[22]が、一般消費者は依然として福島県産の食品の購入に消極的であった[16]。

ETHOSプロジェクトの経験[9-11]や、ICRP Publication 111[7]によれば、原子力災害後の住民や一般消費者の不安に対する情報提供のあり方が課題であり、食物摂取による内部被ばくに関する適切な情報提供はその一つである。前述のリスクコミュニケーション等[18-21]において、個人の一年間の被ばく線量限度(1mSv)や食品中の放射性物質の基準（一般食品で500Bq/kg(2012年３月まで) 100Bq/kg (2012年４月以降)）などの情報提供が盛んに行われたが、住民はこのような数字は画一的な基準であり、自分の状況には合致せず、自分からは切り離された数字であると感じ、このような情報提供だけでは不安が軽減されないことが過去の経験から明らかになっている[9-11]。例えば、今食べようとしている食品が「どのくらい汚染されているのか」、「それを食べるとどのくらい被ばくするのか」、「それによって将来健康にどのような影響が出るのか」、といった住民の個々の状況に合わせた情報提供が必要とされているものの、これまでそのようなツールは存在していない。これに対し、私は、住民により質の高い内部被ばくに関する情報を提供するべく、食事から摂取される放射能の量を推定して可視化し、摂取履歴を管理していくことが可能なシステムを開発した。このシステムを利用することで人々の食品摂取による内部被ばくに対する不安に対

し、適切な情報を提供することを試みた。

医療現場においても、放射線に対する不安を反映し、福島県の小児においてCT（Computer Tomography）検査などの放射線検査数が事故前に比べて減少している[23,24]。調査対象の医師のうち4分の1の医師が、小児に対する放射線のリスクを心配した小児患者の親から、検査を拒否されたことを報告しており[23]、上述の消費者庁による食品中の放射性物質のリスクコミュニケーションに限らず、関係省庁、各自治体や関連学会などが電話相談窓口やシンポジウム、地域の学校等で放射線に関するリスクコミュニケーションを多数行っている[25,26]ものの、放射線に対する忌避感が見てとれる。事故後5年後において、信頼する情報源としてインターネットを利用したグループにおいて、他の情報源を利用するとしたグループよりも放射線によって引き起こされる健康への不安が有意に高いことが示されている[27]。Twitterなどのインターネットメディアを利用する小学生以下の子どもを持つ母親において、リスク認知度が高く、リスク低減活動を盛んに行なっている傾向があることが示されている[28]。高まった不安とリスク低減活動によって子どもの放射線検査の拒否がなされたことは想像に難くない。

チェルノブイリ原子力発電所事故当時の状況と大きく違うのは、マスメディアによる報道や様々な団体による情報提供だけでなく、住民が Twitter などのソーシャルメディアによって、様々な情報や感情を発信したり共有したりすることができるようなっていることである。実際にTwitterで様々な情報発信が行われ、不安や怒りの感情の表出が行われたことが確認されている[29-31]。

前述のように、マスメディアによる連日の報道によって事故の状況が報道され、様々な団体によるシンポジウムや対話集会が多数開催されて、これらを通じたリスクコミュニケーションによって様々な情報が提供されていた。「それにも関わらず、十分な情報提供が行われなかったチェルノブイリ原子力発電所事故後の人々と同様の不安を、人々が抱えているのは何故か？」「何故、放射線に関連して、医療に対する忌避感、福島県産食品の買い控え

などへの忌避感が形成されていったのか？」という疑問を私は抱いた。東京電力福島第一原子力発電所事故に関連して提供された様々な情報を人々がどう受け止め、どのような反応を示したかを調査し、これらの疑問の答えを導き出すことで、今後同様の災害や事故が起きた場合のリスクコミュニケーションを効果的に行うための基礎となり、意義があると考える。

1-3. 本論文の目的

原子力災害に関連した人々の不安に対して、「どのように対応するべきか」、また、「不安がどのように形成されていくか」を明らかにすることは、今後同様の事態が発生した際に、人々の不安を和らげ、風評被害などを防ぐ一助になると考える。

まずは、実際に起きている不安に対応するための試みとして、食物摂取による内部被ばくの不安に対して適切な情報提供を行うための仕組みを提案する。「自分の食生活によってどの程度被ばくするのか」、「それによってどのような影響があるのか」の情報が欲されているにもかかわらず、これまでのリスクコミュニケーションでは、基準などの画一的な数字や、検査結果の数字の情報しか提供されておらず、人々が自分事としてとらえることが難しい情報であった。個々の被ばく状況に合わせた情報を得るツールとしては、チェルノブイリ原子力発電所事故後 WBC 測定結果から見直すべき過去の食事をアセスメントするためのツールがあったが、将来に向かって予想される被ばく情報を得るためのツールは存在しなかった。本研究においては、摂取した食事の履歴を管理し、被ばく履歴や目の前の食事を食べることで予想される被ばく線量を視覚化することで、目の前の食事を食べるかどうかを決めることのできる仕組みの提案を行う。自分の食事から予想される被ばく線量を視覚化することで、自分事として捉えることができる情報提供の仕組みを構築することを一つ目の目的とした。

2つ目の目的として、原子力災害に関連して生じた不安を解消することや、未然に防ぐといったことには、適切なリスクコミュニケーションが欠かせない。人々の不安がどのように形成され、風評被害や医療被ばくの忌避につながっていくのかのプロセスを明確にすることが、適切でより効果的なリスクコミュニケーションの手法の開発や施行に大きく役立つと考える。このプロセスを解明するためには、既存の報道やリスクコミュニケーションによる情報にさらされた人々が、どのように受け止めたかを知ることが必要である。Twitterなどの投稿情報に含まれるジオタグ（緯度経度情報）から、何処にいる人が放射線に関連してどういう内容の情報を発信しているのかを調査する研究は存在する[32]が、発信内容からどの地域に関連した投稿であるかを調査した研究は少ない。さらに踏み込んだ、発信内容から放射線がどの地域に関連した投稿であるかを調査した研究は見つけられなかった。本論文においては、人々の不安がどのように形成され、風評被害や医療被ばくの忌避につながっていくのかのプロセスを解明することを目的とし、放射線に関連した人々の感情が、被災地域に対してどのように推移していくのかを可視化することを目的とした。

1-4. 論文の構成

本論文は全6章から構成される。

第 1 章では、序論として東日本大震災による福島第一原子力発電所事故によって引き起こされた人々の不安について整理した。チェルノブイリ原子力発電所事故後の人々の状況置かれた状況を踏まえ、福島第一原子力発電所事故後のわが国の状況と対比しつつ、実際に起きた住民の不安の状況について概要を示し、本研究における課題を明確にした。

第1章で明確にした福島第一原子力発電所事故後の主要な問題の一つとして、被災地の住民によるによる汚染された食物摂取の可能性があり、これによる内部被ばくが懸念されており、食に対する不安がある。ETHOS プロジェクトの経験[9-11]が、ICRP Publication

111[17]に反映されている。それによれば、原子力災害後の住民の不安に対する情報提供のあり方が課題であり、食物摂取による内部被ばくに関する適切な情報提供はその一つであるとされている。そこで第２章では、食事から摂取される放射能の量を推定し、摂取履歴を管理していくことが可能なシステムを開発した。これを用いることで、人々の食品摂取による内部被ばくに対する不安に対し、適切な情報を提供することを試みた。このために、チェルノブイリ原子力発電所事故後のヨーロッパで内部被ばく評価に使用されたツールを、日本の食習慣に合わせて改変し、個人の内部被ばくを管理できるようにした。特定の端末に特定のアプリケーションをインストールして利用せずとも、どこからでも利用可能な Web アプリケーションとして実装した。更に厚生労働省のホームページで発表されている食品中の放射性物質濃度検査結果など、Web 上で入手可能な食品中の放射性物質の検査結果を自動的に取得して集積するする仕組みを構築した。この仕組みで収集された食品の放射性物質濃度情報を用い、摂取した料理の放射能量を推定して自動的に内部被ばく線量を計算して被ばく線量を表示する仕組みを実装した。摂取した料理を登録していくことで、履歴を管理することができる仕組みを実装した。このシステムを利用することで、これまでどのくらい被ばくしたのかの履歴を管理し、料理を食べることでどのくらい被ばくするのかを視覚化することができることを確認した。このようにして自分の食事からの放射線被ばくに関する情報提供をすることによって、放射性物質の摂取量や被ばく線量を自分ごととして捉えることが可能となり、人々の食に対する不安を軽減できるものと考える。さらには、目の前の料理を食べるかどうか自ら判断して決める自己決定権の回復が図られ、事故後の状況への無力感を軽減することも期待できる。このシステムは緊急時被ばく状況においては重要であるものの、現在の状況においては食品中の放射性物質の基準値によって厳格に管理され、これを超える放射能の食品は流通しないため重要度は下がっている。しかしながら、本システムで実現したような、食品摂取による内部被ばくについての適切な情報提供を行う仕組みを将来の不測の事態に備えて準備しておくことは重要である。

第１章で明確にした福島第一原子力発電所事故後の主要な問題のもう一つは、人々の不安がどのように形成され、風評被害や医療被ばくの忌避につながっていくのかのプロセスを解明することであった。私は、この事故に関連して提供された様々な情報を人々がどう受け止め、どのような反応を示したかを調査することで、このプロセスの解明につながると考えた。そこで第３章では、放射線と地域に関連して、人々の不安がどのように形成されていくのかを明らかにすることを目的とした。発災直後から、事故と放射線に関する様々な報道がマスコミによって広ひろめられ、人々は、福島の事故についての情報に関連すると思われた感情的な反応を、Twitter に投稿して共有していた。発災後の１年間に Twitter に投稿された、放射線に関連する Tweet を、機械的な投稿である Bot や他人の Tweet をそのまま再投稿して共有するリツイートの群(リツイート群)と、ユーザが自らの思いを発信した Tweet の群（ターゲット群）の２群に分けた。全ての Tweet に対して感情極性値を用いて発信内容の感情を数値化した。これらの Tweet を、Tweet が発信された場所ではなく、Tweet の内容が関連している地域を特定するため、Tweet の文章を形態素解析によって、文を構成する最小単位の単語に分離し、単語が地域を表す名詞かどうかを判別した。地域を表す名詞をジオコーディングによって都道府県を推定し、福島とそれ以外の地域に関する Tweet に分類した。これら４グループ（ターゲット群、リツイート群のそれぞれにおいて福島県と福島県以外の地域のグループ）で１年間の感情がどのように推移するかを可視化した。福島以外地域に関する Tweet では時を経るに従いポジティブな感情になっていく一方、福島県に関する Tweet はネガティブな感情になっていく傾向を示した。福島県が放射線に関連した被災地であるというネガティブな印象を時間の経過とともに人々が持つようになったことが、福島への嫌悪感の増大に影響を与えているのではないかという仮説を支持するものであった。人々がこのような情報に感情的に反応し、それゆえに福島への嫌悪感の増大したプロセスを特定することで、今後、同様の災害や事故が発生した場合のリスクコミュニケーションに役立つと考える。

第４章では、本論文全体を総括する。

参考文献

1. Thielen H. The Fukushima Daiichi nuclear accident-An overview. Health Physics, 103(2):169-174, 2012.
2. 今中 哲二. チェルノブイリ原発事故の実相解明への多角的アプローチ --20 年を機会とする事故被害のまとめ--, 京都大学原子炉実験所, KUR Report, 12:1-236, 2016
3. 佐藤 吉宗. スウェーデンにおけるチェルノブイリ事故の影響と放射能汚染対策, 畜産の研究, 66(1):117-125, 2012.
4. 遠藤 薫. 東日本大震災とメディア, 学術の動向, 16(12):12_23-12_33, 2011
5. 沼田 宗純, 目黒 公郎. 東日本大震災後のゴールデンタイムのテレビ報道の分析, 生産研究, 65 (4):373-377, 2013.
6. 桶田 敦. 原子力災害報道におけるローカル局とキー局のニュースの差異 (特集 東京電力福島第一原子力発電所事故から 5 年 : 放射線災害と情報), Journal of disaster information studies:日本災害情報学会誌, 14:33-40, 2016.
7. 奥田 良胤. 東日本大震災の災害報道　発災後２週間のテレビとラジオ,　放送研究と調査, NHK 放送文化研究所, 2011 年 5 月号, 2011.
8. 大熊町. おおくま通信 2019 12 月号, 2019.
9. 藤川 賢. 福島原発事故にかかわる不安の継続 ―放射能汚染問題の歴史との関連性―. 明治学院大学社会学部付属研究所研究所年報, 47:215-227, 2017
10. Lochard J. Psychological and Social Impacts of Post-Accident Situations: Lessons from the Chernobyl Accident. Proceedings of the Ninth International Congress of the International Radiation Protection Association, 14-19 April 1996, Vienna, Austria, IRPA, 1:105-111; 1996.
11. Dubreuil GH, et. al. Chernobyl post-accident management: the ETHOS project. Health Physics 77(4):361-372, 1999

12. Lochard J. Rehabilitation of living conditions in territories contaminated by the Chernobyl accident: the ETHOS Project. Health Physics, 93: 522-526. 2007.
13. Zoya T. The CORE Programme in Belarus: A new approach of the rehabilitation of living conditions in contaminated territories. 2005.
https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/009/37009800.pdf
[accessed 2020/12/10]
14. Croüail P, Croteau C, Skuterud L. CORPORE, a tool for interpreting whole body monitoring results. IRPA13, 2012.
15. Skuterud L, Thørring H. Averted Doses to Norwegian Sámi Reindeer Herders after the Chernobyl Accident. Health Physics, 102(2):208-216, 2012.
16. 高見幸子, 佐藤吉宗. スウェーデンは放射能汚染からどう社会を守っているのか, 合同出版株式会社, 2012.
17. 工藤 大介, 中谷内 一也. 東日本大震災に伴う風評被害:買い控えを引き起こす消費者要因の検討, 社会心理学研究, 30(1):35-44. 2014.
18. Lochard J, et. al. Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas After a Nuclear Accident or a Radiation Emergency. ICRP Publication 111. Ann. ICRP 39 (3), 2009.
19. 消費者庁. 食品中に含まれる放射性物質に 関するリスクコミュニケーションについて. 2019.
https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/fuhyou/20190412-10_shohishacho.pdf [accessed 2020/12/10]
20. Lochard J, Ando R, Takagi H, Endo H, Momma M, Miyazaki M, Kuroda Y, Kusumoto T, Endo M, Endo S, Koyama Y. The post-nuclear accident co-expertise experience of the Suetsugi community in Fukushima Prefecture, Radioprotection, 55(3):225-

235, 2020.

21. 福島のエートス. http://ethos-fukushima.blogspot.com/ [accessed 2020/12/10]

22. ICRP. ICRP Dialogue Initiative (2011-2015) http://www.icrp.org/page.asp?id=189 [accessed 2020/12/10]

23. Ministry of Health, Labor and Welfare. Levels of radioactive contaminants in foods tested in respective prefectures. 2011. http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/index_food_radioactive.html. [accessed 2020/12/10]

24. Yoshida K, Hayashida N, Fukushima Y, Ohtsuru A, Ohba T, Hasegawa A, et al. Changes in radiological imaging frequencies in children before and after the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in Fukushima Prefecture, Japan. Jpn J Radiol 33(10):619-626. 2015.

25. Miyazaki O. Has pediatric CT practice in Japan changed since the Fukushima nuclear disaster? Pediatr Radiol, 45(10):1571-1574.2015.

26. 荻野 晴之. 福島第一発電所事故後9か月間の放射線リスクコミュニケーションに関する省察, 保健物理, 47(1):37-43, 2012.

27. 復興庁. 帰還に向けた放射線リスクコミュニケーションに関する施策パッケージ実施状況 (H29. 1) , 2015. https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20151001_2_shiryou1.pdf [accessed 2020/12/10]

28. Nakayama C, Sato O, Sugita M, Nakayama T, Kuroda Y, Orui M, et al. Lingering health-related anxiety about radiation among Fukushima residents as correlated with media information following the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. PLoS One, 14(5):e0217285, 2019.

29. 高橋 征仁. 低線量被ばく問題をめぐる母親たちのリスク認知とリスク低減戦略：千葉県・茨城県の汚染状況重点調査地域を中心にして, 災害復興研究, 7:45-68, 2015
30. 関谷 直也. 東日本大震災後の不安と情報行動(<特集>災害と情報), 情報の科学と技術, 62(9):372-377,2012.
31. 三浦 麻子. 東日本大震災のオンラインコミュニケーションの社会心理学―そのときツイッターでは何が起こったか― 電子情報通信学会誌, 95(3):219-223, 2012.
32. 三浦 麻子. 小森 政嗣, 松村 真宏, 前田 和甫, 東日本大震災時のネガティブ感情反応表出――大規模データによる検討――, 心理学研究, 86(2): 102-111, 2015.
33. Aoki T, Suzuki T, Yagahara A, Hasegawa S, Tsuji S, Ogasawara K. Analysis of the regionality of the number of tweets related to the 2011 Fukushima nuclear power station disaster: Content analysis. JMIR Public Health Surveill, 4(4):e70, 2018.

2. 日本の食習慣に適応した内部被ばく管理ツールの開発研究

2-1.　はじめに

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故により、大量の放射性物質が環境中に放出され、国民の放射線に対する関心が高まった。これにより、環境からの外部被ばくへの懸念だけでなく、食品に関連した内部被ばくへの関心が高まり、統一的な被ばく線量管理の重要性が認識されるようになった。

チェルノブイリ原子力発電所事故によって放出された放射性物質に汚染された地域に住む住民は、日常生活から自由が奪われ、今後の人生が破壊されてしまったと感じ、大きな不安による高レベルのストレスを抱えていることが知られている[1]。汚染地域住民が抱えている不安は主に健康であり、特に子供の健康について焦点が当てられている。また、そのような不安においては、身体障碍についても常に言及されている。汚染地域住民は、放射能の長期影響の不透明さに、言い知れぬ不安をおぼえている。また、もう一つの重大なストレスの要因として、人々の科学技術や医療、国に対する信頼の喪失が挙げられている。事故当時の当局の透明性の欠如や、現在進行中の対策とそれに伴う潜在的な健康影響によって、人々は専門家をこれ以上信用できなくなり、専門家は自分たちの問題を解決することができないと感じている。人々は、自分自身が状況をコントロールできないという感覚に陥り、自己決定権を阻害されていると感じている。その結果、人々は社会的不信感を募らせていき、無力感、自暴自棄、そして疎外感を感じるようになっている。このような状況は福島でも起きうることは容易に想像ができる。原子力災害による不安やストレスを抱えた汚染地域住民の生活の復興・再生を目指して行われた ETHOS プロジェクト[2,3]や CORE (Co-operation for Rehabilitation)プログラム[4]の経験を報告した ICRP Publication 111[5]によれば、汚染地域に住む住民のための放射線防護の最適化が原則であり、そのプロセスに被災者を

巻き込むことなしには達成できない。このような観点から、放射線防護に関する情報提供や対話集会、各種講演会などが実施されている[6-12]。日本国内においては、消費者庁が主体となり、食品中の放射性物質に関するリスクコミュニケーションが汚染地域住民を中心に全国で行われている。このリスクコミュニケーションは、平成 23 年度中には 45 回開催され、そのうち５回が福島県内で開催されている。平成 30 年度末までに合計 862 回開催され、そのうちの 6 割を超える 575 回が福島県内で開催されており[7]、食品中の放射性物質や放射線防護に関する知識は汚染地域の住民に広まってきている。さらには、「福島のエートス」[8]として、チェルノブイリ原子力発電所事故後に行われた ETHOS プロジェクト[2,3]のように、汚染地域のステークホルダーを巻き込んで、様々な活動が行われている[9]。また ICRP も汚染地域において対話集会を開催し、地域住民との対話を重ねている[10]。本研究の事前調査の際に、私もこのような対話集会に参加し、汚染地域住民の声を聞く機会を得た。その中で、多くの人が自分の状況に即した放射線の測定値がない中で不安を感じ、その結果、食生活を自ら制限していることが明らかになった。これは日常生活に強い制約として認識され、食生活に関する文化的習慣の変化を誘発した。福島県内で行われた最初の食品中の放射性物質濃度測定では、食品中の放射性物質濃度が当初の予想や様々なところで言われていた値よりもはるかに低いことが示されたが、一般消費者は依然として福島県産の食品の購入に消極的であった[13]。

ETHOS プロジェクトの経験[2-4]が、ICRP Publication 111[5]に反映されている。それによれば、原子力災害後の住民や一般消費者の不安に対する情報提供のあり方が課題であり、食物摂取による内部被ばくに関する適切な情報提供はその一つである。前述のリスクコミュニケーション等[6-12]において、個人の一年間の被ばく線量限度(1mSv)や食品中の放射性物質の基準（一般食品で 500Bq/kg(2012 年３月まで) 100Bq/kg (2012 年 4 月以降)）などの情報提供が盛んに行われたが、住民はこのような数字は画一的な基準であり、自分の状況には合致せず、自分からは切り離された数字であると感じ、このような情報提供だけでは不

安が軽減されないことが過去の経験から明らかになっている[1-3]。例えば、今食べようとしている食品が「どのくらい汚染されているのか」、「それを食べるとどのくらい被ばくするのか」、「それによって将来健康にどのような影響が出るのか」、といった住民の個々の状況に合わせた情報提供が必要とされているものの、これまでそのようなツールは存在していない。これに対して私は、住民に向けて、より質の高い内部被ばくに関する情報を提供するべく、食事から摂取される放射能の量を推定して可視化し、摂取履歴を管理していくことが可能なシステムを開発した。このシステムを利用することで、人々の食品摂取による内部被ばくに対する不安に対し、適切な情報を提供することを試みた。

市場に流通している食品については、厚生労働省[14]、地方自治体[15,16]、JA（農協）[17]などから放射性物質濃度測定結果が公表されている。住民が家庭菜園や山林、河川、海などで採取した食品については、公民館が放射能測定器などを提供しているため、ほぼ全てのケースで食品中の放射能量を知ることが可能である。しかし、放射能の量はBq/kgで表されており、その値が自分の受ける総線量（mSvで表される）にどのように影響するのかを地域住民が直感的に見積もることは困難である。様々な食品を食べるかどうかを自分で判断するためには、「それらの食品を食べたときにどの程度の放射能を摂取しているのか」、「それによる内部被ばくの線量はどの程度なのか」、さらには「体内から排出される放射能の量はいかほどか」も知り、地域住民が予想される被ばく状況を把握できることが必要である。このような観点から、これらの情報を提供するツールは、地域住民が食品を食べるかどうかを自ら決定することを容易にし、自己決定権の回復をはかることができると考えられるが、そのようなツールはこれまで存在していない。

チェルノブイリ原子力発電所事故後、ベラルーシの汚染地域では、ETHOS プロジェクト[2,3]とCOREプログラム[4]によって、地域住民に放射線防護に関する教育を行い、住民自身が放射線防護に関与できるようになった。これらのプログラムでは、ノルウェーの放射線防護専門家の協力のもと、CORPOREと呼ばれる内部被ばく評価用ツールが開発され、ベラル

ーシやノルウェーの医療従事者や放射線防護専門家に使用されている[18]。ノルウェーやスウェーデンでは、スカンジナビア半島周辺に居住する先住民族であるサーミ人のトナカイを放牧してその肉を食べるという食文化がある。トナカイの主食であるハナゴケが、放射性物質を吸収しやすい地衣類であることから、チェルノブイリ原子力発電所事故後にトナカイの肉に放射性物質が濃縮し、高濃度の放射性物質が検出された。これによってトナカイの肉を食べることができなくなり、サーミ人の食文化が破壊される危機に陥っている[19,20]。サーミ人の食文化を守るため、トナカイの肉から摂取される放射性物質の量を評価し、摂取量の管理や放射線防護に対する教育などにもこのツールは用いられている。

このツールを使用することでホールボディカウンター（Whole Body Counter, 以下 WBC）測定の結果を記述・分析することが可能になり、毎日の食事中に摂取した放射性物質量を記録することが可能である。また、医療従事者は食品の放射線の特性について住民個人と話し合うことができる。これによって、内部被ばくのリスクについて住民の意識を高めることができ、個人が自分の食事について十分な情報に基づいた選択をするのを支援することが可能となる。WBC 測定結果からこのツールを用いてどのくらいの放射能が摂取されているのかを探るという、いわば逆方向のツールである。

福島第一原子力発電所の事故後の住民においては、前述の通り、様々な食品を食べるかどうかを自分で判断するために、「それらの食品を食べたときにどの程度の放射能を摂取しているのか」、「それによる内部被ばくの線量はどの程度なのか」、「さらには体内から排出される放射能の量はいかほどか」も知り、地域住民が予想される被ばく状況を把握できるような、前向きの情報提供が必要である。住民は、食品を摂取することで、どの程度放射能を摂取するのかを知り、放射性物質の摂取量や被ばく線量の推計、体内の蓄積・排出のグラフやその履歴が表示されて確認する事で、「これなら食べられる」「食べられない」「毎日食べるには適さないがたまになら食べる」「食べる量を減らす」「前回摂取したものはほとんど排出

されたからそろそろ食べてもいい」といった判断を自ら行うことが可能となり、自己決定権の回復に繋がる。これによって人々の不安やストレスを軽減することができるようになる。

本研究では、CORPORE のメカニズムやモデルを用いて、日本の状況や日本人の食生活を考慮した内部被ばく管理や食に関する情報提供の手法について検討した。更に検討した仕組みを実装し、食品摂取による内部被ばくに関する情報の提供が行えることの確認を行った。

2-2.　CORPORE について

チェルノブイリ原子力発電所事故後に内部被ばく評価用ツールとして Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire（CEPN、フランス原子力防護評価センター）によって開発され、ベラルーシやノルウェーで用いられたた CORPORE[18]を日本の食習慣や福島第一原子力発電所事故後の状況に合致した改変を行い、日本において内部被ばくに関する適切で質の高い情報を提供できる仕組みを構築した。このために、本研究においては CEPN の協力を得て、CORPORE のソースコードおよびデータベーススキーマ、サンプルデータを入手し、下記の要領でオリジナル CORPORE について調査し、日本の状況に合わせた改変を検討した。

2-2-1. CORPORE の機能

オリジナルの CORPORE は Microsoft Access[21]を用いたデータベースアプリケーションとして実装されていた。しかしながら、開発が古くその後メンテナンスやバージョンアップがされていないため、最近の PC 環境では正常に動作せず、開発時の環境に近づけるため、英語版の環境で Office2003 にバージョンを下げるなどして開発元の CEPN の技術者に問い合わせても正常に動作させることができなかった。このため、オリジナル版の CORPORE を改変して機能を拡張するのではなく、新たに現代的な環境で動作させることのできる新たなシステムとして構築することとした。

前項の通り、オリジナル CORPORE を動作させせることはできなかったものの、フォームのマクロのソースコードを読み解いて、それぞれどのような機能を有しているかを明らかにした。CORPORE には主な 12 フォームがあり、それぞれデータ入力や分析機能を有していた。それぞれのフォーム名と機能を下記に示す。

Menu： 以下に列記する各フォーム画面を呼び出すための画面

Person：個人情報入力画面。性別や誕生日、居住地や居住区域、仕事場などを登録する。

Measures_list：WBC 検査結果入力およびリスト表示画面

Stats: 下記のフォームは、対象とするグループの区分け別に、グループ内において対象者の内部被ばくレベルがどの位置に位置しているのか表示する統計画面（図 1 「CORPORE の stats 画面」）であった。グループ内の WBC 検査結果および日毎の放射性物質の摂取量の最大値、最小値、平均値、中央値が表示され、対象者がグループ内でどの位置にいるかを表示されていた。

gender_location_stats：男女別居住地別

gender_stats：男女別

gender_working_place_stats：仕事場の区域別

gender_zone_stats：男女居住区域別

location_stats：居住地別

measure_stats：WBC 検査結果別

working_place_stats：仕事場別

zone_stats：区域別

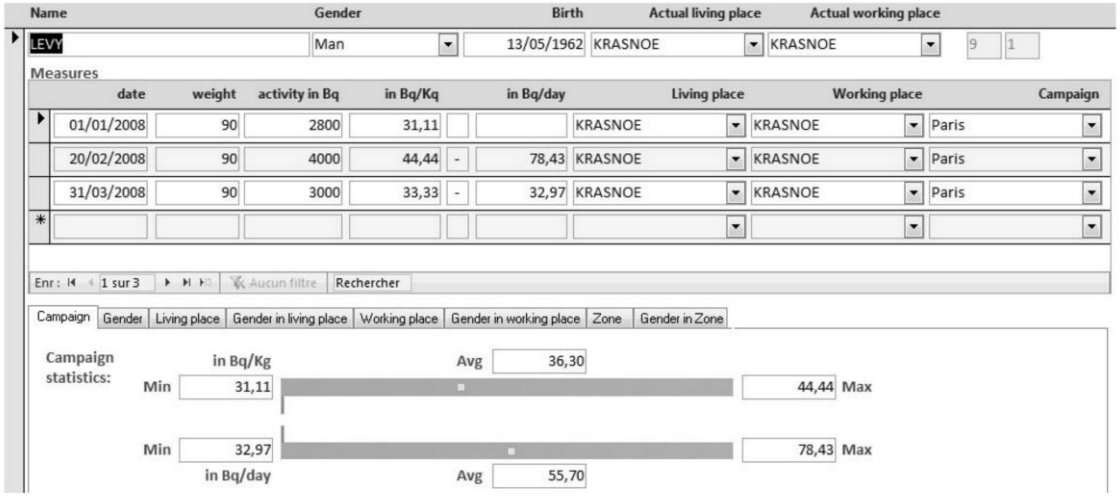

図１．CORPORE の stats 画面（文献[17]より引用）

Analysis：

Stats 画面において、グループ内で高い位置にいることが判明したら、この画面を用いて食事のアセスメントを行い、WBC 測定結果が高く出た原因の食品を特定し、食生活の見直し指導や放射線防護についての教育など、特別なケアを行い放射性物質の摂取量を減らしていた。

この画面では食品摂取の入力を行い、摂取した放射性物質の体内の蓄積・排出の様子をグラフとして表示し、WBC 測定結果と比較して、WBC 測定結果の原因をアセスメントしていく画面であった。食品摂取の形態は一時的摂取と恒常的摂取の２種類あった。

CORPORE では摂取した放射性物質の崩壊や代謝によって体外に排出される減少量を計算して蓄積されている量を計算し、グラフとして表示して内部被ばく線量の分析に用いていた。摂取した特定品目の放射性物質量 $ingestion$（Bq）の d 日経過後の体内残留 $Activity$ を以下の式で求めていた。

$$Activity = ingestion\left(a_1 e^{-0.693\frac{d}{t_1}} + a_2 e^{-0.693\frac{d}{t_2}} + a_3 e^{-0.693\frac{d}{t_3}}\right) \qquad \cdots（式１）$$

a_1～a_3, t_1～t_3を核種と年齢によって定義される係数とする。年齢はPerson画面で入力した誕生日から自動算出されていた。

この式によって摂取品目毎に毎日算出された *Activity* を積算して *d* 日目の総体内残留量を求め、グラフに表示していた(図２「CORPOREのAnalysis画面」)。

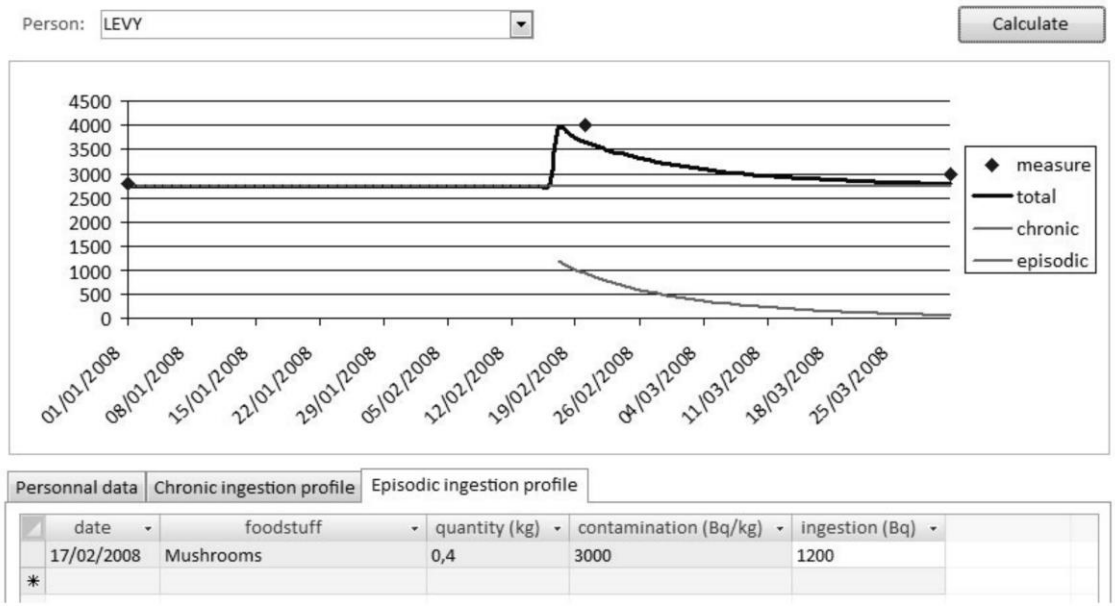

図２．CORPOREのAnalysis画面（文献[17]より引用）

2-2-2. データ構造

前述の各機能を実現するために、どのようなデータをどのような構造で保持して利用しているのかの構造調査を行なった。

データベースは下記の16テーブルで構成されていた。

foodstuff ： 食品情報テーブル

食品名と食品カテゴリが登録されている。食品カテゴリは食品分類情報テーブルと紐づいていた。

Category ： 食品分類情報テーブル

穀類、野菜、魚介類、肉類といった食品分類が記録されていた。

Contamination ： 汚染食品情報テーブル

特定の食品について、食品情報テーブルに紐づいた食品名と、生産場所、出荷日、汚染割合(Bq/kg)が登録されていた。

Radionuclide ： 放射性核種情報テーブル

放射性核種名が登録されていた。^{137}Cs しか登録されていなかった。

Biokinetic ： 放射性核種特性テーブル

式１のパラメータに代入される放射性核種の減衰率や対象年齢区分などの情報が登録されていた。

Episodic_items ： 一時的な食品摂取情報テーブル

個人が一時的に摂取した食品について、食品の摂取日および、食品の摂取量と放射性物質の摂取量が登録されていた。

Chronic_items ： 習慣的な食品摂取情報テーブル（個人別）

個人が恒常的に摂取している食品について、食品摂取期間と１日あたりの平均摂取量、食品の汚染割合情報が登録されていた。

Chronic_item ： 習慣的な食品摂取情報テーブル（プロファイル別）

特定の食品を恒常的に摂取するパターンをプロファイルとして登録されている。汚染食品とその１日あたりの平均摂取量が記録されていた。

Chronic_profile ： 習慣的な食品摂取プロファイル情報テーブル

食品摂取プロファイルにラベルづけがなされていた。

Zone ： 地域情報

地域の区分がなされており、min_value, max_value の項目があるが、利用されていなかったため、何の最大最小値を入れるものか不明であった。

Location ： 場所情報

地名や地域番号が登録されており、個人の居住地や勤務地の詳細情報として用いられていた。

Person ： 個人情報テーブル

氏名、性別、生年月日、居住地、勤務地などの個人情報が登録されていた。

Campaign ： WBC 測定キャンペーン情報テーブル

WBC 測定キャンペーンにおける開催期間や開催場所、測定機器や測定時間、バックグラウンド測定などの情報が登録されていた。

Device ： WBC 測定機器情報テーブル

WBC 測定機器の情報が登録されていた。

Measure ： WBC 測定結果情報テーブル

WBC 測定キャンペーンで測定した個人の WBC 測定結果が登録されていた。

Geometry ： WBC 測定結果のジオメトリ情報テーブル

WBC 測定結果のジオメトリ情報が登録されていた。

各テーブルの詳細については下記に示した。それぞれのリレーションについては図 3「CORPORE のテーブルリレーション図」に図表した通りである。

foodstuff　(食品情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
foodstuff_id	食品 ID		Long Integer	自然数	Primary	contamination.contamination_id
label	食品名		Text	米、白菜、椎茸、鯖・・・		
category_id	食品分類 ID		Long Integer	自然数		category.category_id

category　(食品分類情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
category_id	食品分類 ID		Long Integer	自然数	Primary	foodstuff.foodstuff_id
label	食品分類名		Text(String)	穀類、野菜、魚介類、肉類		

contamination　(汚染食品情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
contamination_id	汚染割合 ID		Long Integer	自然数	Primary	episodic_items.contamination_id, chronic_items.contamination_id, chronic_item.contamination_id
foodstuff_id	食品 ID		Long Integer	自然数		foodstuff.foodstuff_id
location_id	位置 ID		Long Integer	自然数		location.location_id
date	出荷日		Date/Time	日付		
contamination	汚染割合	Bq/kg	Double	1600, 1000, 21000, …		

radionuclide　(核種情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
radionuclide_id	放射性核種 ID		Long Integer	自然数	Primary	biokinetic.radionuclide_id
label	放射性核種名		Text	Caesium-137, …		

biokinetic　()						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
radionuclide_id	放射性核種 ID		Long Integer	自然数	Primary	radionuclide.radionuclide_id
age_max			Long Integer	5, 10, 15, …		
a1			Double	0.45, 0.3, …		
a2			Double	0.55, 0.7, …		
a3			Double	0.001, …		
t1			Double	9.1, 5.8, 2.2, …		
t2			Double	30, 50, 93, …		
t3			Double	400, 500, …		

episodic_items　(一時的な食品摂取情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
item_id			Long Integer	自然数	Primary	
person_id	個人 ID		Long Integer	自然数		person.person_id
ingestion_date	摂取日		Date Time	日付		
contamination_id	汚染割合 ID		Long Integer	自然数		contamination.contamination_id
quantity	食品摂取量	kg	Double	1, 0.2, 0.15, …		
ingestion	摂取線量	Bq	Double	1600, 1000, 2000, …		

chronic_items　(習慣的な食品摂取情報->個人別)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
item_id			Long Integer	自然数	Primary	
person_id	個人 ID		Long Integer	自然数		person.person_id
contamination_id	汚染割合 ID		Long Integer	自然数		contamination.contamination_id
ave_diet	平均食品摂取量	kg/day	Double	0.1, 0.2, 0.15, …		
first_date	摂取開始日		Date/Time	日付		
last_date	摂取終了日		Date/Time	日付		

chronic_item　(習慣的な食品摂取情報->対象者別)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
item_id			Long Integer	自然数	Primary	
profile_id	対象者分類 ID		Long Integer	自然数		chronic_profile.profile_id
contamination_id	汚染割合 ID		Long Integer	自然数		contamination.contamination_id
ave_diet	平均食品摂取量	kg/day	Double	0.1, 0.2, 0.15, …		

chronic_profile　(対象者分類情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
profile_id	対象者分類 ID		Long Integer	自然数	Primary	chronic_item.profile_id
label	対象者分類名		Text	man_default, woman_default, childe_default		

zone　(地域情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
zone_id	地域 ID		Long Integer	自然数	Primary	location.zone_id
name	地域区分		Text	会津地方,県北,県南,相双,・・・		
min_value			Double			
max_value			Double			
comment	コメント		Memo	福島県,・・・		

location　（場所情報）						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
location_id	場所 ID		Long Integer	自然数	Primary	person.location_id, measure.location_id, campaign.location_id
name	地名		Text	福島市, 会津若松市, 渡利地区,・・・		
zip_code	郵便番号		Text	965-8580		
zone_id	地域 ID		Long Integer	自然数		zone.zone_id
comment	コメント		Memo	福島県,・・・		

person　(個人情報)									
項目	意味		単位	データ型	データ例		キー	リレーションテーブル	
campaign_id person_id	個人 ID	キャンペーン ID		Long Integer	Long Integer 自然数	自然数	Primary	measure.person_id	measure.campaign_id
name last_name	姓	キャンペーン名		Text	Text	EURANOS,Dublin(spling 2007), …			
starting_date first_name	名	開始日		Text	Date/Time	日付			
ending_date surname		終了日		Text	Date/Time	日付			
location_id gender	性別	開催値 ID		Text	Long Integer Male, Female	自然数			location.location_id
device_id birthdate	生年月日	測定機器 ID		Date/Time	Long Integer Long	自然数			device.device_id
background_counting_time address	住所	測定集計時間		Text	Long Integer	1500, …			
background_measure location_id	居住地 ID	バックグラウンド測定		Long Integer	Long Integer 自然数	150, …		location.location_id	
uncertainty location_work_	勤務地 ID	不確実性		Long Integer	Long Integer 自然数	2, …		location.location_id	
filename id					Text				
comment comment	コメント	コメント		Memo	Memo				

device　(測定機器情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
device_id	測定機器 ID		Long Integer	自然数	Primary	campaign.device_id
name	測定機器名		Text	whole body counter		
corrective_factor	中和因子		Double	1		
comment	コメント		Memo			

measure　(測定情報)						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
measure_id	測定 ID		Long Integer	自然数	Primary	
campaign_id	キャンペーン ID		Long Integer	自然数		campaign.campaign_id
person_id	個人 ID		Long Integer	自然数		person.person_id
date	測定日		Date/Time	日付		
weight	体重		Double	40		
height	身長		Long Integer			
geometry_id	配列 ID		Long Integer	自然数		geometry.geometry_id
counting_time	集計時間		Long Integer	1500, …		
measure	測定値		Double	1200, …		
filename			Text			
activity	放射能		Long Integer	4143, 1088, …		
location_id	居住地 ID		Long Integer	自然数		location.location_id
location_work_id	勤務地 ID		Long Integer	自然数		location.location_id
comment	コメント		Memo			

geometry　()						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
geometry_id	配列 ID		Long Integer	自然数	Primary	measure.geometry_id
lable	配列名		Text	Ingen, P1, P2, P3T, P3T2, …		
effectiveness	有効性		Double	2.52666, 0.001825, …		

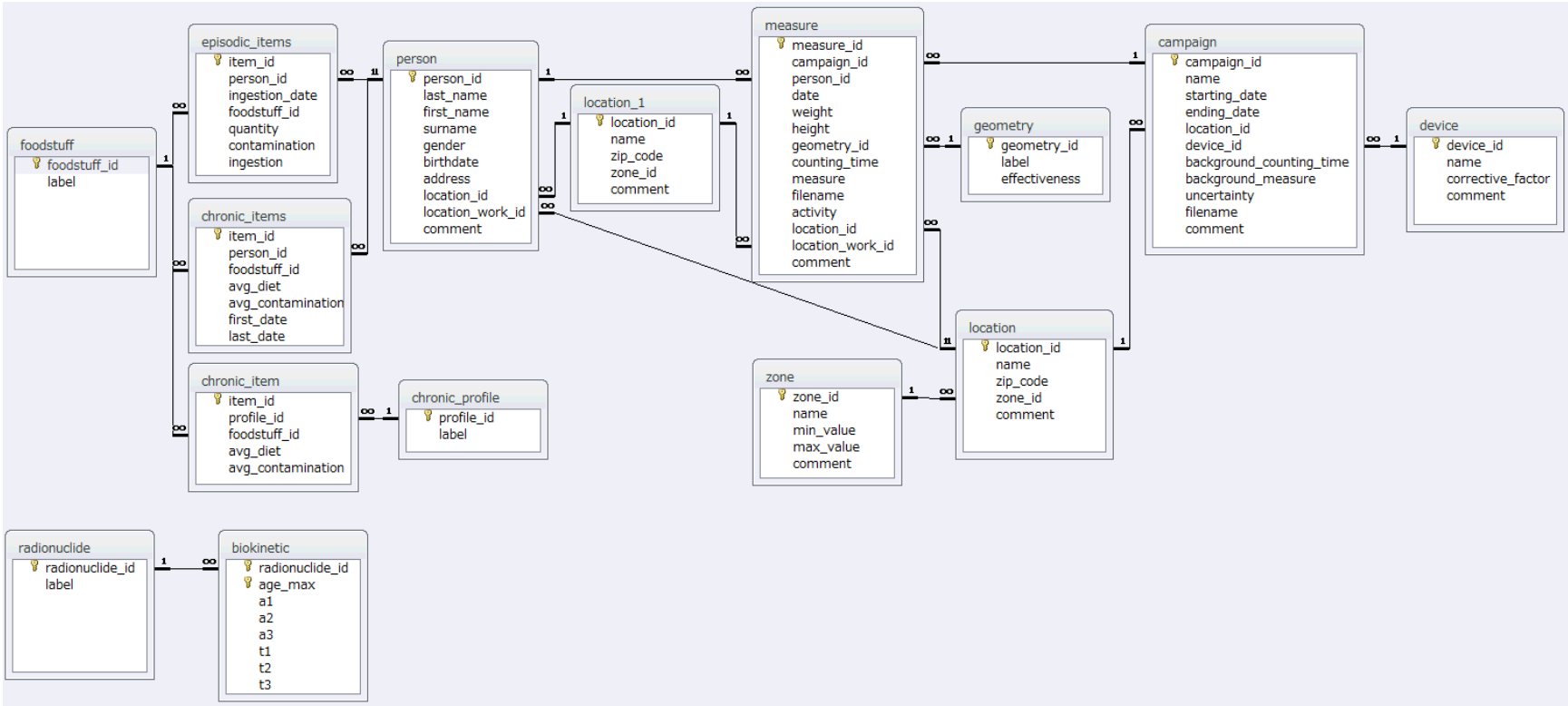

図３．CORPORE のテーブルリレーション図

2-3.　研究１　システム開発

2-3-1. 方法

本研究では、オリジナルの CORPORE を日本の状況に合わせて下記の要領で改変し、食品摂取による内部被ばくの情報を提供できるシステムを構築した。

オリジナルの CORPORE は、ベラルーシとノルウェーの状況に対応するために、食品をそのまま個別に扱って foodstuff テーブルとその関連テーブルに登録していた。対象者が摂取した食品の情報は、その摂取形態により恒常的摂取と一時的摂取の 2 つの摂取形態を考慮し入力しており、それぞれ chronic_items, episodic_item のテーブルに登録されていた。そのため、日本の典型的な環境や食習慣に合わせた使い方ができるように改変する必要があった。ベラルーシやノルウェーの汚染地域周辺においては、自給自足による食生活が多く、日々食する食材にバラエティがそれほど多くはなかった。日本においては、流通の発達によって、スーパーマーケットでは全国各地で生産された様々な食物が産地や出荷日を表示して陳列され、一般の家庭においても容易に全国の様々な食物を選択的に購入し、食することが一般的となっている。このような食材の多様性により、日本人は毎日同じメニューを食べることは少なく、様々な食材を使って様々な料理を食べることが多く、昨晩何を食べたか問われた際には、「牛肉と米を食べた」と食べた食材を個々に答えるよりも「牛丼を食べた」と料理名を答える方が自然であった。このことから、摂取した食事から食材として食品を個別に管理するよりも摂取した料理として管理するほうが自然であり、利用もしやすかった。このため日本の食習慣に適応した新たなシステムでは、摂取した食品を、料理というひとまとまりの単位として扱うこととした。

オリジナルの CORPORE では、チェルノブイリ原子力発電所事故後十数年経った状況で用いられていたため、その時点で影響が無視できるようになっていた半減期が短い核種については考慮されていなかった。^{90}Sr やプルトニウムについても、事故によって放出された割合が低い[22]うえ、γ線を出さないため WBC 測定では検出できずアセスメントすることが

できないため考慮されていなかった。事故によって放出された割合が大きく、半減期が約 30 年と長いため、長期的な影響が懸念されている ^{137}Cs のみ考慮されていた。日本においては、事故発災後間もないため、半減期の短い他の放射性核種も考慮する必要があった。厚生労働省や地方自治体、JA 等によって、生産地、出荷日ごとに食品の放射性物質濃度測定が行われ、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs の放射性物質濃度検査結果が発表されており[3,14-17,23]、^{90}Sr の測定結果についても公表されていた[24]。福島第一原子力発電所事故においても、^{90}Sr やプルトニウムの放出の割合は低かったと報告されていた[25]が、これらの影響を不安視する声も多く、前向きの利用を考慮すれば、多核種への対応も必要と考えられた。

以上のことを踏まえて、CORPORE のデータベース構造を日本の状況に適応させるため、以下の改変を行った。

- 料理を摂取の単位で扱うこととし、料理を登録する dishes テーブルを追加する。合わせて、料理分類を示す dish_category テーブルも追加した。
- 料理に使用される素材と分量を格納する ingredients テーブルを追加した。

  Ingredients の情報から dishes テーブルで料理を構成して、自動で料理の放射性物質汚染度合いを推計することを可能にした。
- 摂取する料理の情報を登録する ingestion_dishes テーブルを追加し、episodic_item, chronic_items テーブルを廃止した。

  オリジナル CORPORE では摂取形態により、別のテーブルで管理していたが、摂取期間が 1 日であれば一時的な摂取、複数日にわたる摂取であれば恒常的な摂取として扱うようにした。これによりさらにシンプルな構成にすることが可能であった。
- 食材を産地と出荷日で管理するため、products テーブルを追加する。

  出荷された食材について、核種ごとに放射性物質濃度を登録できるようにするため、contaminants テーブルを追加した。Products テーブルの product レコードに紐づいた contaminations テーブルの contamination レコードが存在しなければ、

その product の食品は 0Bq/kg として扱うようにした。

この改変により追加するテーブルの構成を下記に示す。また、全体のリレーションは図４「日本の状況に適応させた仕組みのデータ構造図」に示した。薄紫の背景で囲っている部分が本改変によるテーブルである。

dish_categories						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
dish_category_id	料理カテゴリ ID		Long Integer	自然数	Primary	
dish_category_label	料理名		Text	汁物、主菜		

dishes						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
dish_id	料理カテゴリ ID		Long Integer	自然数	Primary	Ingestion_dishess
dish_name	料理名		Text	みそ汁、生姜焼		
dish_category_id	料理カテゴリ ID		Long Integer	自然数		dish_categories

ingredients						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
ingredient_id	料理カテゴリ ID		Long Integer	自然数	Primary	
dish_id	料理 ID		Long Integer	自然数		dishes
product_id	生産物 ID		Long Integer	自然数		products
amount	含有量	kg	Double	0.55, ・・・		

products						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
product_id	生産物 ID		Long Integer	自然数	Primary	ingredients, contaminations
product_area	生産地		Long Integer	自然数		locations
product_date	出荷日		Long Integer	UNIX 時間		
foodftuff_id	食品 ID		Long Integer	自然数		foodstuffs

contaminations						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
contamination_id	汚染食材 ID		Long Integer	自然数	Primary	
product_id	生産物 ID		Long Integer	自然数		products
contamination	汚染度	Bq/kg	Double	10, 25 …		
radionuclide_id	核種 ID		Long Integer	自然数		radionuclides

Ingestion_dishes						
項目	意味	単位	データ型	データ例	キー	リレーションテーブル
ingestion_dish_id	摂取 ID		Long Integer	自然数	Primary	
dish_id	料理 ID		Long Integer	自然数		dishes
person_id	摂取者 ID		Long Integer	自然数		persons
first_date	摂取開始日		Long Integer	UNIX 時間		
last_dat	摂取終了日		Long Integer	UNIX 時間		

diet	摂取量	kg	Double	0.4, 0.1 …		

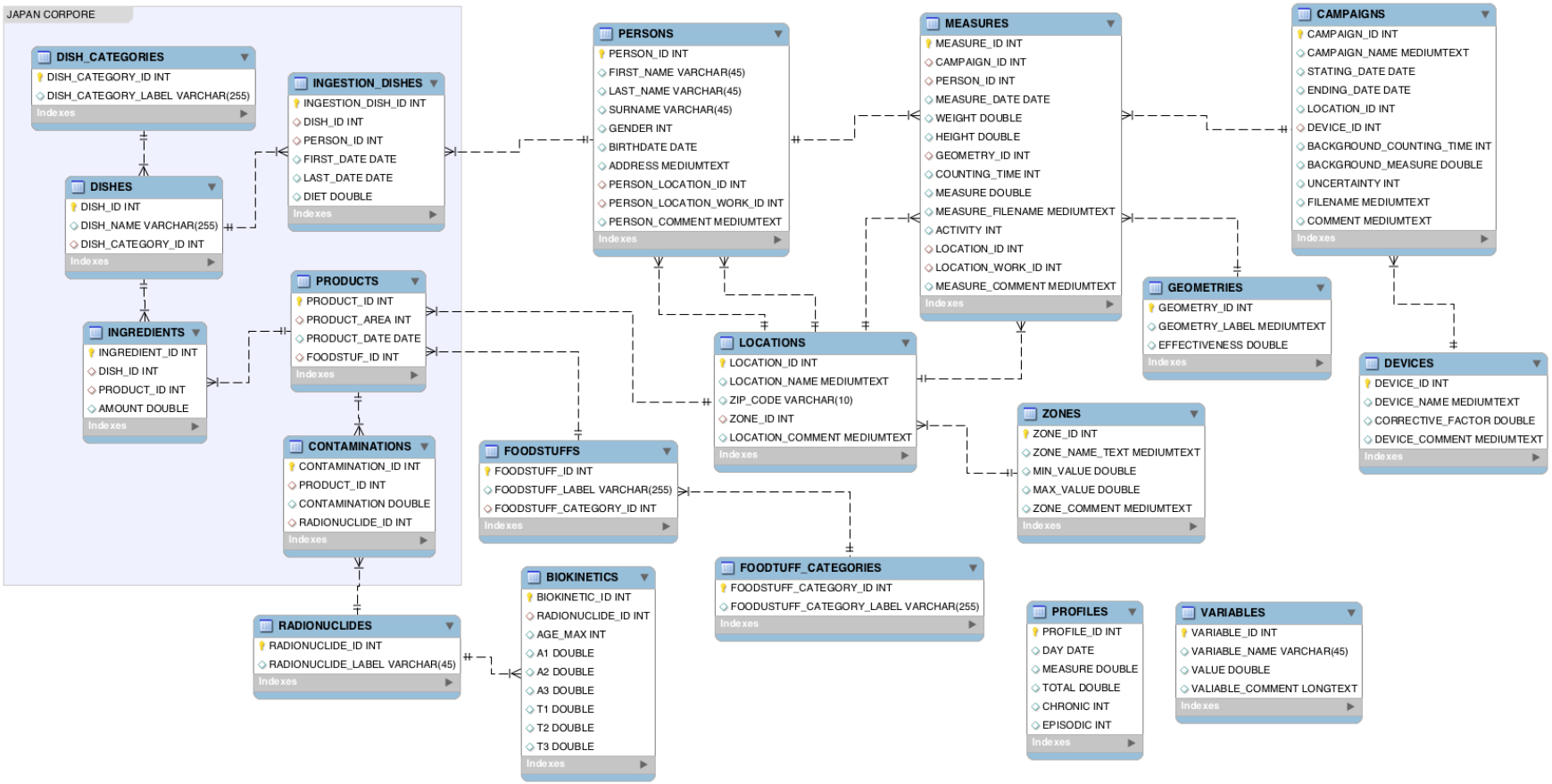

図４．日本の状況に適応させた仕組みのデータ構造図

この改変によって、料理単位で摂取食材を表現することが可能になった。下記の食材から作られるキノコ汁を例にとって示す。

キノコ汁：材料（１人前）：

じめじ 25g、新潟県産、2012/4/1 出荷、^{134}Cs：70Bq/kg、^{137}Cs：20Bq/kg

まいたけ 25g、長野県産、2012/4/1 出荷、^{134}Cs：0 Bq/kg、^{137}Cs：50Bq/kg

鶏肉 25g、ブラジル産、2012/4/1 出荷、^{134}Cs：0Bq/kg、^{137}Cs：0Bq/kg

だし汁 250cc

醤油　大さじ２

みりん　大さじ　1/2

塩　少々

摂取日： 2012/4/5

摂取量： １人前

下記のように各テーブルに食材の情報を登録する。ただし、今回は説明の簡略化のため調味料については入力対象外とした。

dish_category（料理分類）

dish_category_id	dish_category_label
001	ごはんもの
008	汁物

dishes（料理）

dish_id	dish_name	dish_category_id
0011	ごはん	001
1025	きのこ汁	008

ingredients（食材）

ingredient_id	dish_id	product_id	amount
0011	0011	010	0.18
1025	1025	056	0.025
1025	1025	105	0.025
1025	1025	106	0.025

ingestion_dishes（飲食した料理）					
ingestion_dish_id	dish_id	person_id	first_date	last_date	diet
1003	0011	502	2011/12/1		1
1526	1025	502	2012/4/3	2012/4/3	1

food_categories（食品分類）	
food_category_id	food_category_label
001	穀物
003	肉類
007	きのこ類

foodstuffs（食品）		
foodstuff_id	foodstuff_label	foodstuff_category
001	米	001
023	しめじ	007
024	まいたけ	007
102	鶏肉	003

products（生産物）			
product_id	product_area	product_date	foodstuff_id
010	015	2011/11/5	001
056	105	2012/3/29	102
105	015	2012/4/1	023
106	020	2012/4/2	024

contaminations（汚染食品）			
contamination_id	product_id	contamination	radionuclide_id
020	010	10	001
021	010	10	002
180	105	70	001
181	105	20	002
182	106	50	002

locations（場所情報）				
location_id	location_name	zip_code	zone_id	location_comment
010	札幌市			
015	新潟市			
020	長野市			
105	ブラジル			

radionuclides（放射線核種）	
radionuclide_id	radionuclide_label
001	Cs-134
002	Cs-137

persons（個人情報）								
person_id	first_name	last_name	surname	gender	birthdate	address	location_id	location_work_id
502	太郎	北大		0	1990/9/9	札幌市	010	010

データ入力の流れとしては、あらかじめ放射性物質濃度測定検査結果等から、食材を出荷日や生産地、放射性物質濃度とともに登録をしておく。料理情報を構成するには料理に使用する食材を食材情報から選択して食材の使用量を設定していき、料理を構成していく。摂取する料理を入力する際には、料理リストから選択し、摂取した量と期間を登録する。このようにして入力することで、料理を摂取した場合の放射性物質摂取量を算出し、結果の表示や履歴の管理を行うことができるようになった。

具体的なデータ入力のフローとしては下記のようになることが想定された。

【食材情報】

放射性物質濃度検査結果が発表されるごとに下記の要領であらかじめ食品を登録した。

- カテゴリ(foodstuff_categories)一覧から“キノコ類”を選び、そのカテゴリの食品リスト(foodstuffs)に“しめじ”、“まいたけ”を追加した。
- カテゴリ(foodstuff_categories)一覧から“肉類”を選び、そのカテゴリの食品リ

ストに“鶏肉”を追加した。

- 食品リスト(foodstuffs)一覧から“しめじ”を選択し、出荷食品情報(products)に“新潟県産”、”2012/4/1 出荷”を追加し、汚染情報(contaminations)に核種“Cs-134”、汚染量“70Bq/kg”、核種“Cs-137”、汚染量“20Bq/kg”をそれぞれ入力した。
- 食品リスト(foodstuffs)一覧から“まいたけ”を選択し、出荷食品情報(products)に“長野県産”、”2012/4/2 出荷”を追加し、汚染情報(contaminations)に核種“Cs-137”、汚染量“50Bq/kg”を追加した。
- 食品リスト(foodstuffs)一覧から“鶏肉”を選択し、出荷食品情報(products)に“ブラジル産”、”2012/3/29 出荷”を追追加した。

この時の入力情報とテーブルの関係を図５「食品情報登録時の入力情報とテーブルの関係図」に示す。

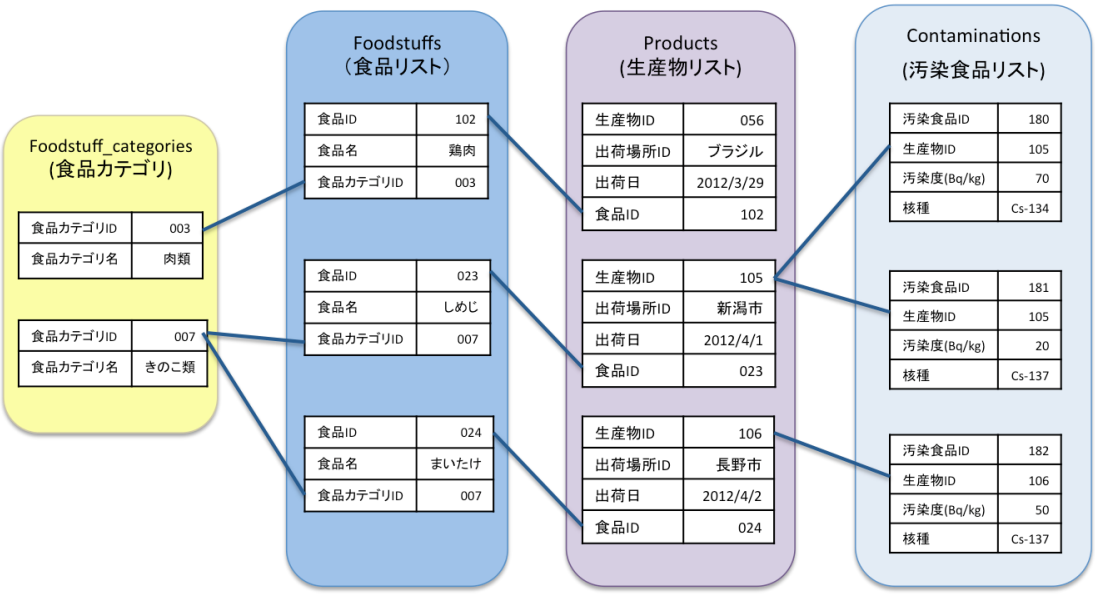

図５．食品情報登録時の入力情報とテーブルの関係図

【料理情報】

摂取する料理ごとに下記の要領で料理を構成した。

- 料理カテゴリ(dish_categories)一覧から“汁物”を選択し、そのカテゴリの料理リスト(dishes)に“キノコ汁”を追加した。
- 料理リスト(dishes)一覧からキノコ汁を選択し、材料を追加する。材料は食材カテゴリ–食材一覧–生産物リストから該当食材をそれぞれ選択し、使用量を入力した。

この時の入力情報とテーブルの関係を図６「料理情報登録時の入力情報とテーブルの関係図」に示す。

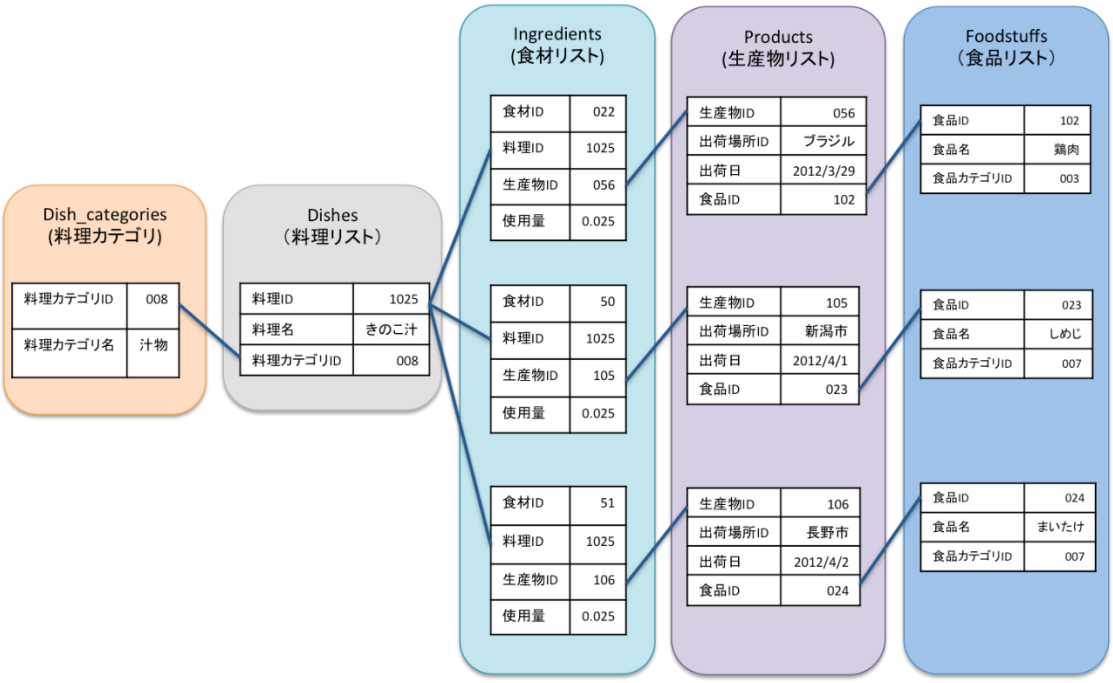

図６．料理情報登録時の入力情報とテーブルの関係図

【摂取情報】

摂取する料理ごとに下記の要領で摂取情報を登録した。

- 対象者リスト(persons)一覧から、情報を入力したい対象者を選択し、摂取情報

(ingestion_dishes)を追加した。

・ 摂取情報は、料理リスト(dishes)一覧から、食した料理を選択し、摂取量、摂取開始日、摂取終了日を入力した。

この時の入力情報とテーブルの関係を図７「摂取情報登録時の入力情報とテーブルの関係図」に示す。

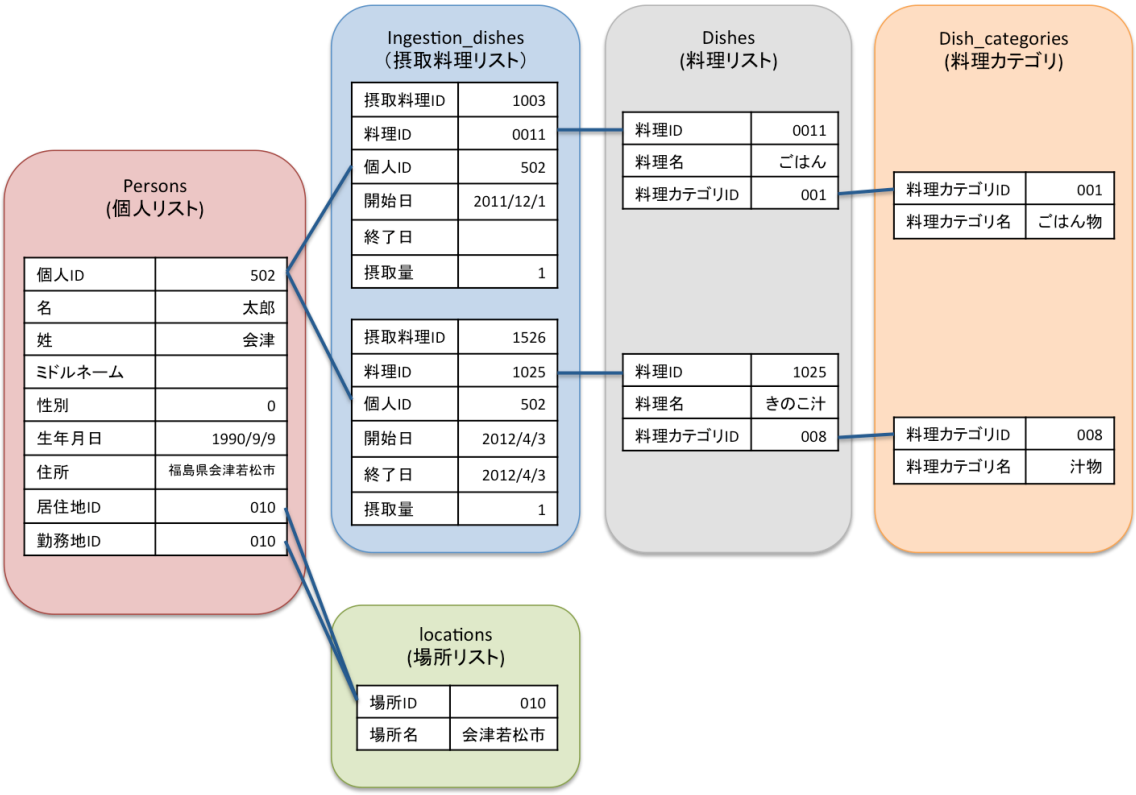

図７．摂取情報登録時の入力情報とテーブルの関係図

以上のように、新たなデータベース構造で日本の食習慣に適応した食品摂取の情報が表現が可能であった。

オリジナルの CORPORE は、基本的に放射線管理者や医療従事者が使用することを想定しており、以下のようなアセスメントを行う中で利用した。

１）WBC で体内の放射能量を測定する。

２）内部汚染レベルが集団の中で平均値あるいは中央値よりも有意に高い場合は摂取した食品を聞き取りにより調査する。

３）摂取した食品情報を入力し、推定される被ばく線量をグラフで表示して原因となった食品を特定する。

４）原因となった食品を食べないように指導を行う。

これは結果（WBC 測定値）から原因（汚染食品）を探る逆方向の利用であった。福島第一原子力発電所事故後の状況で必要とされていた、住民自らが自分自身の放射性物質摂取情報や被ばく情報を得るためのツールとして利用可能とするためには、このような逆方向の利用だけではなく食品を摂取する事によって予想される被ばく線量を表示し、食べるかどうかを決定したり、将来にわたって自らの被ばく線量管理を行ったりする前向きの利用を可能としなければならなかった。このため、日々の食事を登録し、予想される内部被ばくを表示することや、食品摂取の履歴を保存し、体内に残存する放射性物質量摂取量をグラフで表示するような利用を可能とする必要があった。

前項で検討した新たなデータベース構造におけるデータ入力について、入力フローで示したように、食材を放射性物質濃度検査結果に従って一つ一つ入力する必要があった。ユーザが毎回自分の食べる食品について、放射性物質濃度検査結果を調べ、一つ一つ手で入力していくのは大変な労力を要していた。システム側で、公表されている放射性物質濃度検査結果を自動で収集してデータベースに登録しておき、ユーザが料理を登録する際に、食品を選択するだけで利用することができる仕組みがあれば、このような労力を必要とせず、容易にシステムを利用して必要な情報を得ることが可能となる。このため、食品中の放射性物質濃度検査結果発表ページに定期的にアクセスし、自動でデータを取得してデータベースに登録する仕組みを構築した。

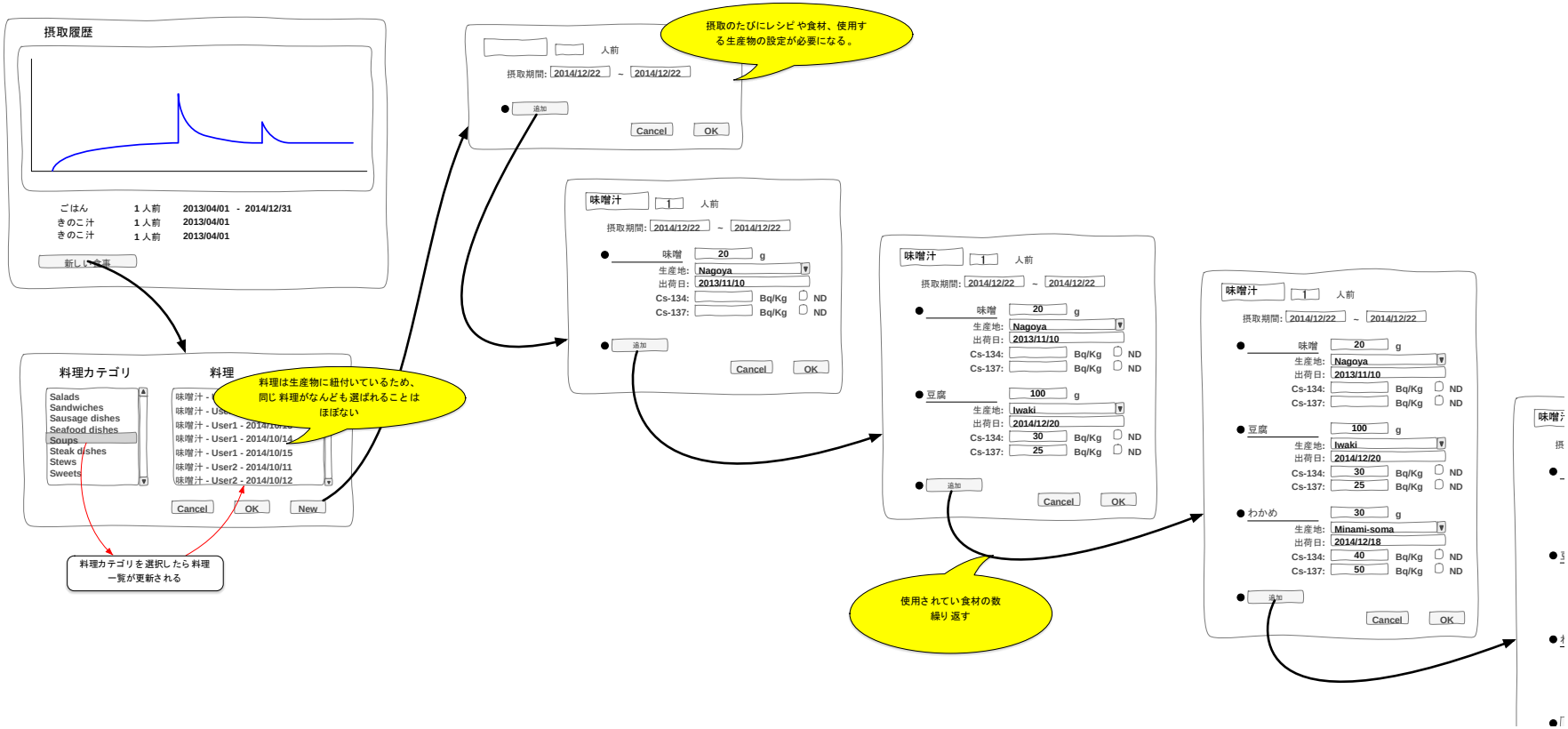

図８．前項で検討した摂取する料理の登録ステップ

料理情報の入力フローにおいても、食材やその分量などを毎回ユーザが一つ一つ登録していく必要があった。料理に生産物が直接紐付いてしまっているため、同じ料理を摂取するとしても、ユーザや日によって料理に使用する生産物が変わるたびに別の料理を構成しなければならず、入力にかかる手間を計算量オーダーの表現を借りると、$O(n^3)$の手間がかかった（図８「前項で検討した摂取する料理の登録ステップ」）。仮想コード１「前項で検討した摂取する料理の登録処理」でこの手順で登録する画面フローを仮想コードで表した。

仮想コード１．前項で検討した摂取する料理の登録処理

```
For Day:
    For Ingestion Dish:
        Input ingestion term.
        Input dish name.
        Input serves.
        For Foodstuff:
            Input amount of foodstuff.
            Select product or input Bq/kg of product.
```

このため、日常的に利用して摂取した食品を登録し、将来にわたって摂取歴を管理することは料理数が多くなるほど作業が膨大となり、利用されなくなることは想像に難くなかった。このため、料理をテンプレートとして再利用可能とし、摂取の際に実際の生産物を紐づけて登録することで、料理の入力ステップを$O(n^2)$に減らすことが可能であった（図９「本項で検討した料理をテンプレートとして再利用可能とする登録ステップ」）。この手順で登録する画面フローを仮想コード２「本項で検討した摂取する料理の登録処理」に仮想コードで表した。

仮想コード２．前項で検討した摂取する料理の登録処理

```
For Day:
    For Dish:
        Input ingestion term.
        Input serves.
        Select product or input Bq/kg of product for each food stuff.
```

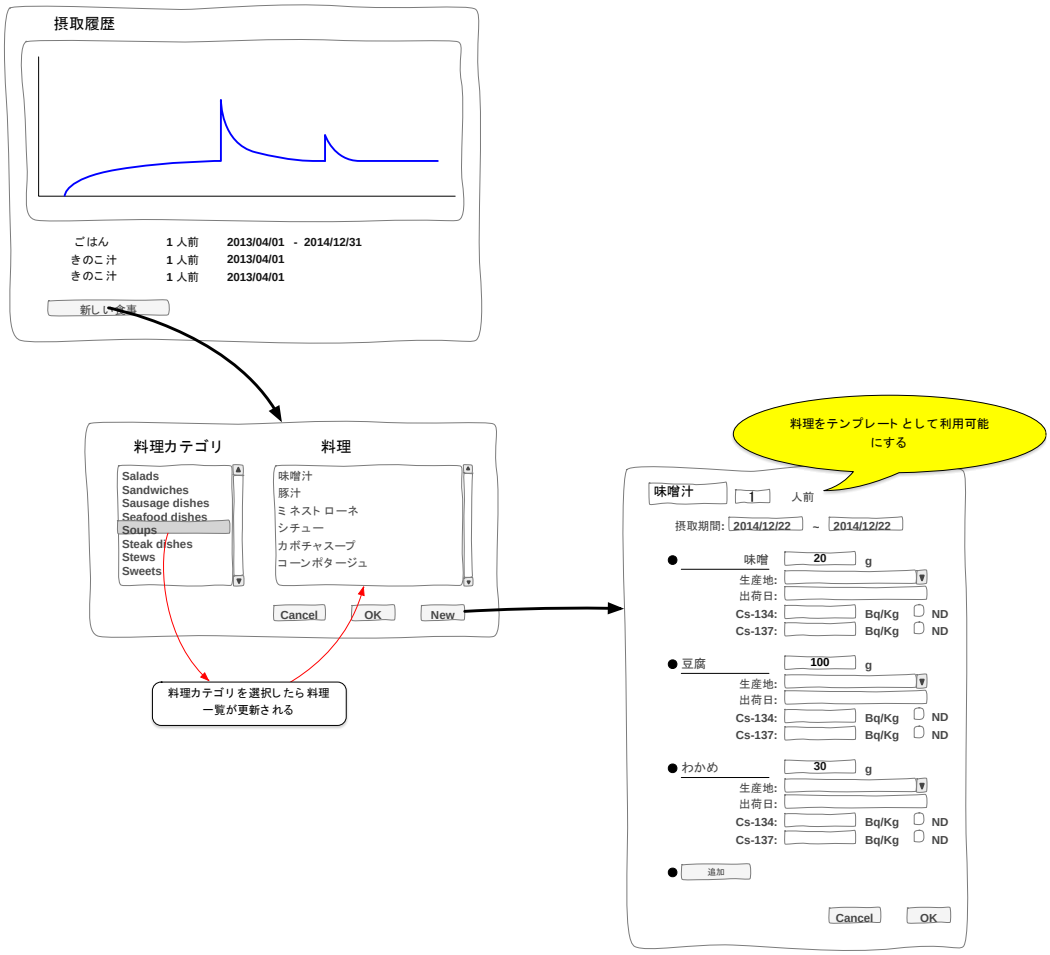

図９．本項で検討した料理をテンプレートとして再利用可能とする登録ステップ

これに伴い、前項で改変したデータベースの構造（図４「日本の状況に適応させた仕組みのデータ構造図」）を図 10「本項で改変したデータベース構造」のように改変した。旧構造では、料理を摂取するたびに dishes，ingredients の両テーブルにレコードが追加された。それぞれ１レコードあたり、264Byte，16Byte で表現されているため、284Byte 増えることになっていた。この改変により、料理情報を再利用することができ、ingestion_products テーブルで摂取した料理である ingestion_dishes テーブルと、実際に摂取した料理に使用した生産物である products テーブルの項目を紐づけており、１レコードあたり 8byte で表現されているため、情報量を以前の構造から最大約 97%削減することができるようになった。

さらなる料理情報入力の省力化として、利用する素材や分量の自動入力の検討も必要で

あった。近年ではインターネット上に料理のレシピが公開され、個人が料理をする際に参考にされていることから[26-28]、このようなレシピサイトからレシピデータを取得して使用されている食品や量を自動で分析して栄養計算を行うための研究がなされていた[29-31]。このような研究で用いられているような技術を利用して、料理名で検索するとレシピサイトのレシピから、自動で材料や分量の情報が取り込まれる機能を実装することで、さらに入力の手間を省けるようになり、容易に利用することが可能となった。

上述の通り、食材の放射性物質濃度のデータベースの存在が本システムの利用に際して一つの大きな鍵となっていた。全国の食材データを集積することから膨大なデータ量になることが予想され、個人の端末に巨大なデータベースを持たせることは現実ではなかった。また、定期的に検査結果を収集する必要があるため、個人の端末にアプリケーションとしてこの仕組みをインストールして利用するよりも、インターネット上のサーバにシステムを構築し、Web アプリケーションとして利用することで、利便性や継続性の面からもユーザが容易に利用することが可能となった。継続性については、東日本大震災において、地震後に発生した津波によって電話回線がダメージを受け通信が切断、あるいは地震後の安否確認による輻輳によって電話発信が制限された。携帯電話の通話発信は 95%まで制限されたが、パケット通信については、日本の携帯電話事業者である NTT ドコモが 30%の制限を課していたが、すぐに解除された。他の通信事業者は制限を設けていない[32,33]。このため、インターネットの利用にはほとんど影響がなかった。今後同様の事態が発生した際にも、インターネットの利用への影響が低い可能性は高い。このようなことからもインターネット上で利用可能な Web アプリとしての実装は妥当であると考えられた。

本研究で構築した仕組みを図 11「Japan Web CORPORE 概要図」に図示した。

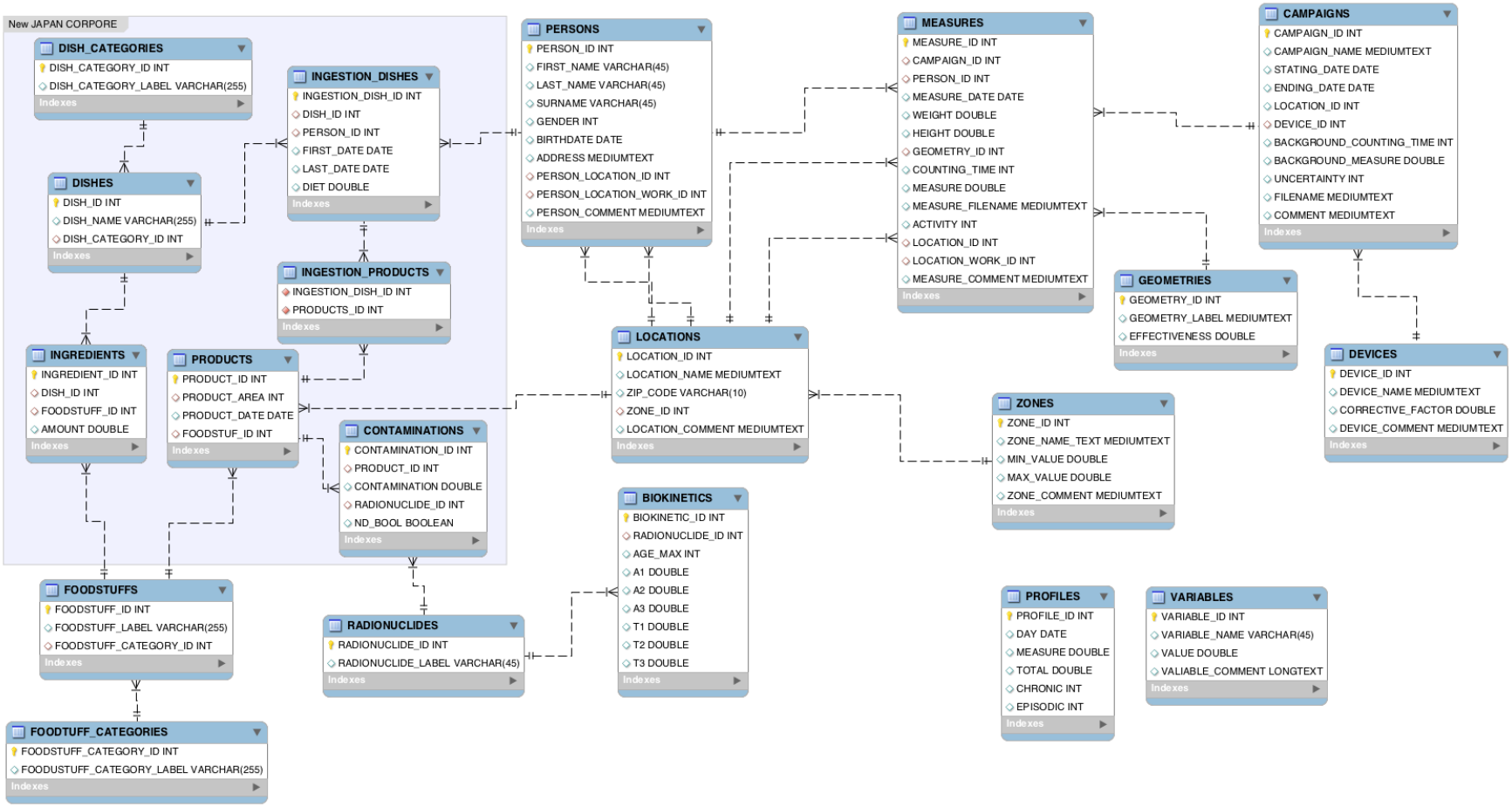

図 10．本項で改変したデータベース構造

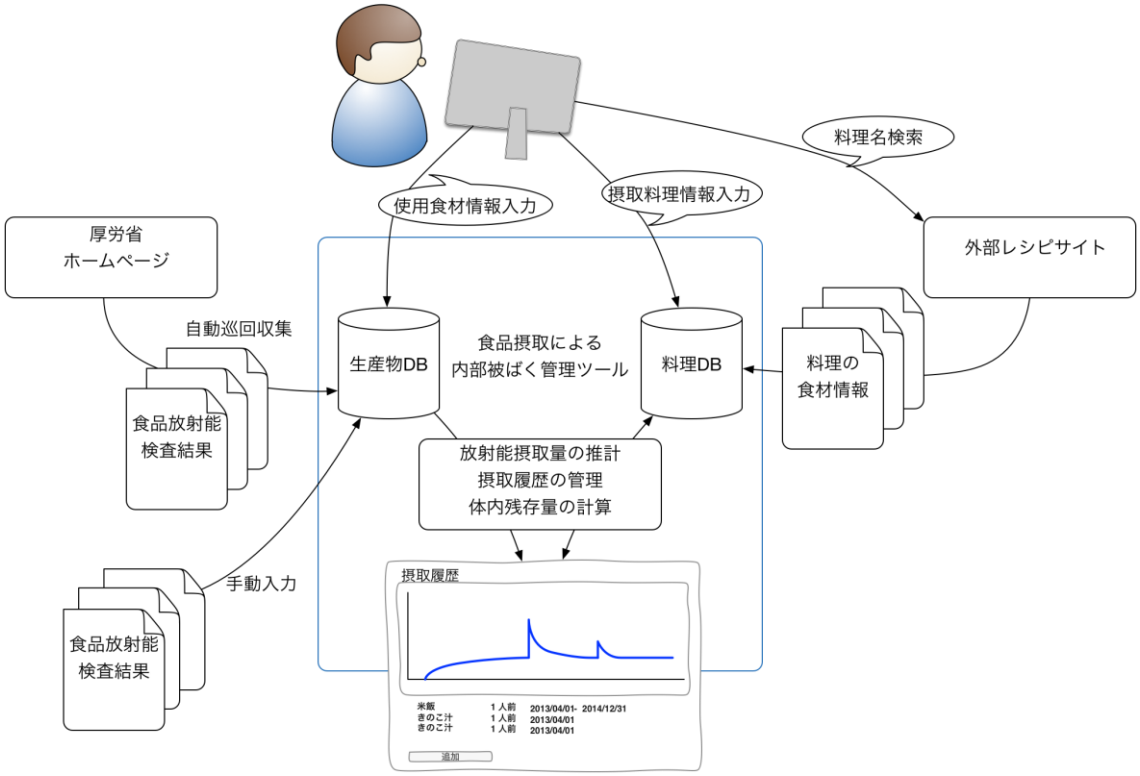

図 11. Japan Web CORPORE 概要図

2-3-2. 結果

前項で構築した仕組み（図 11「Japan Web CORPORE 概要図」）を以下のように試験実装した。

(1)生産物データベース

食品中の放射性物質情報について、自動でデータベースに登録する仕組みを実装した。厚生労働省がホームページで全国の食品中の放射性物質濃度検査結果を定期的に報告しているため[14]、定期的にこのホームページにアクセスして放射性物質濃度検査結果発表資料を自動で取得し、発表資料の構文を解析して食品中の放射性物質濃度情報を取得して生産物データベースに蓄積される仕組みを実装した(図 12「食品中の放射性物質濃度検査結果自動収集ツールのデータベース表示画面」)。2015 年 4 月現在、発表された全数約 120 万件の食品放射能検査結果が生産物情報として登録され、利用可能となっていた。

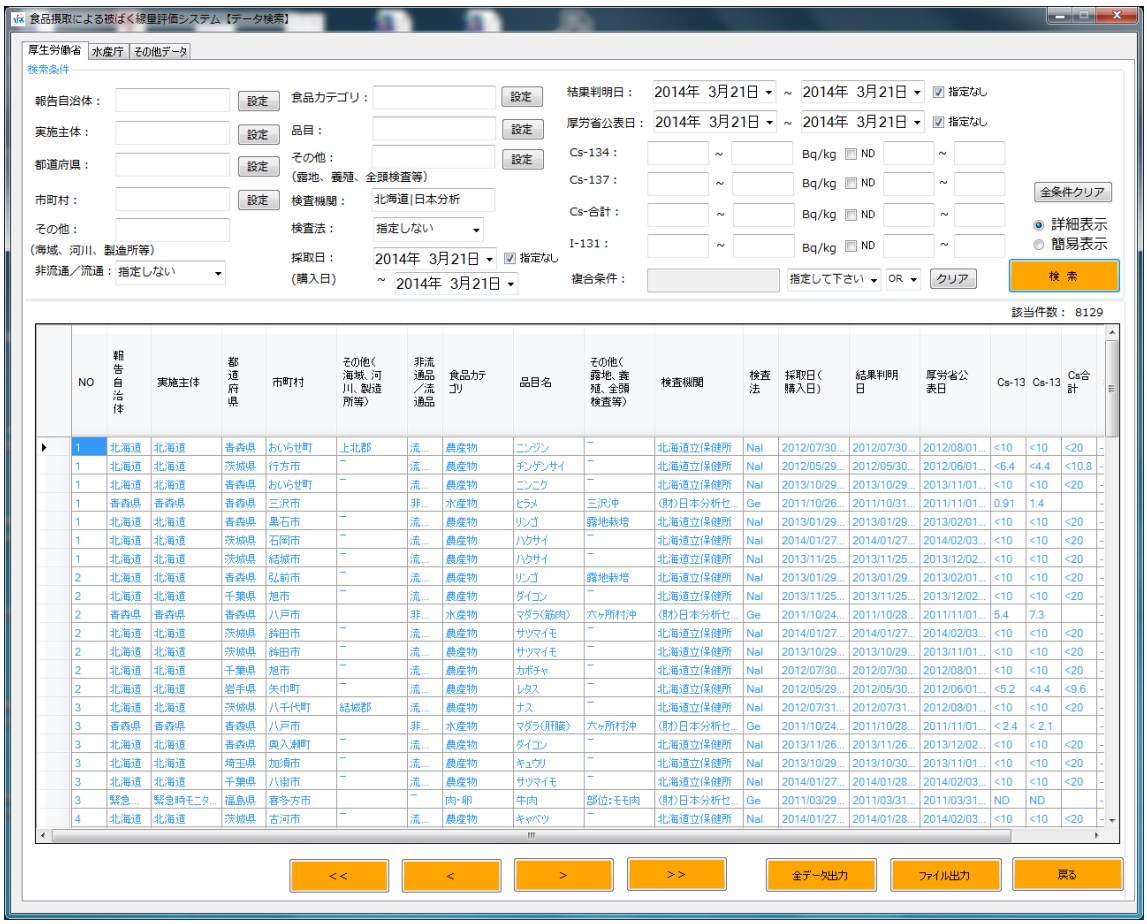

図 12. 食品中の放射性物質濃度検査結果自動収集ツールのデータベース表示画面

(2) Japan Web CORPORE

前項において構築した仕組みの通り、汚染地域住民が自ら料理を入力し、放射能摂取量情報や内部被ばく情報を閲覧することによって自分自身で被ばく管理を行えるよう、インターネットを通じてパソコンやスマートフォンなどからアクセスして利用できるように Web アプリケーションとし、Japan Web CORPORE として構築した。一般的なサーバ構成で動作するよう、世界で最も普及していたオープンソースのデータベースシステムである MySQL 5.5 を使用し[34]、サーバサイドスクリプト言語である PHP 5.5 Hypertext Preprocessor[35]で実装し、Apache 2.4[36]などの一般的な Web サーバアプリケーションで動作するようにした。また、一般的な閲覧環境から利用できるように、Internet

Explorer 9 以上、Google Chrome バージョン 10.0.648 以上、Safari バージョン 5.0 以上で正常に表示されるように実装した。

以下に実際の動作画面をもとに機能を説明する。システムにログインすると、メインの画面として Analysis 画面が表示された（図 13「Analysis 画面」）。この画面では、ユーザの関心ごとである、自分がこれまでに摂取した料理から体内にどのくらい放射性物質が蓄積され、それによってどの程度被ばくし、どのように排出されていくのかが表示された。画面中央上部には放射性物質の蓄積・排出の様子が表示された。画面下部にはこれまで摂取した料理の歴が一覧表示されていた。

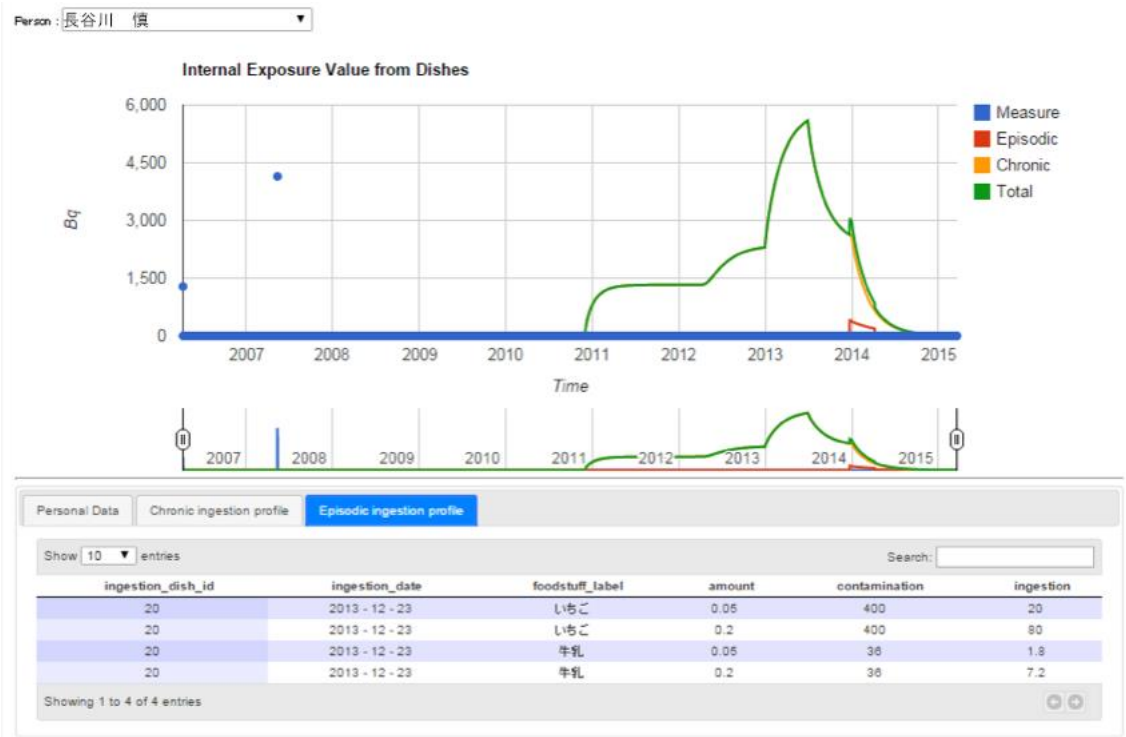

図 13. Analysis 画面

内部被ばく線量歴表示画面では、これまでの被ばく線量（緑線）、日毎の被ばく線量（青線）を表示し、ユーザが自分の被ばく歴を一目で確認できるようにした（図 14「内部被ばく線量歴表示画面」）。

図 14. 内部被ばく線量歴表示画面

摂取料理情報入力画面からは摂取する料理の構成や実際に摂取した料理の登録が可能であった(図 15「摂取料理情報入力画面」)。外部のレシピサイト[26]と連携し、料理名を検索するとレシピサイトに登録されている料理の一覧が表示され、食材リストから料理の構成情報を自動で入力することが可能であった（図 16「レシピサイトから料理のレシピ情報を自動入力」)。しかしながら、レシピサイトのレシピ情報の表記ゆれにより、例えば図 16「レシピサイトから料理のレシピ情報を自動入力」の右側で表示されているように、玉ねぎの分量がグラムではなく、“中半分”といったような表現で記載されていることがあった。このような数値として変換できない単位については赤字で表示するようにし、登録時にユーザに数字の入力を促すようにした。

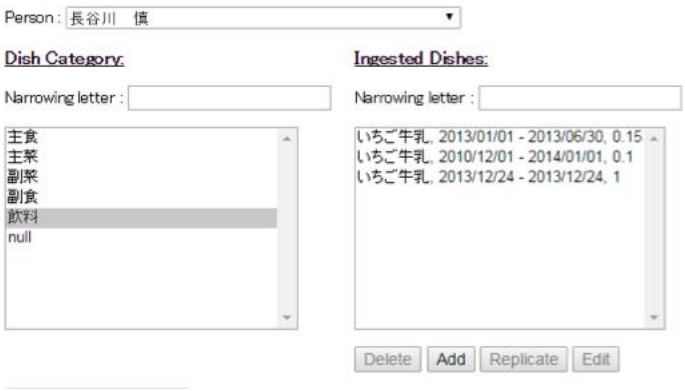

図 15.　摂取料理情報入力画面

図 16.　レシピサイトから料理のレシピ情報を自動入力

摂取情報登録画面（図 17「摂取情報登録画面」）から摂取した料理の分量を登録し、実際に摂取した料理に用いた生産物の情報を登録した（図 18「摂取料理に使用した生産物情報登録画面」）。この際、自家栽培や山河で採取してきた生産物については、公民館等の測定器で測定した結果の放射性物質濃度を手で一つ一つ入力することも可能であるが、スーパーなどで買ってきた食品など、放射性物質濃度検査結果が公表されているものについては生産物選択画面から生産物データベースに登録されている目的の生産物を探して選択することも可能となった（図 19「生産物選択画面」）。

生産物データベースから生産物の放射性物質濃度情報を利用する際に、登録されている生産物の放射性物質濃度検査結果が ND（検出限界値以下）として登録されているものについては、保守的評価をするために検出限界値として登録されている値を利用して計算するようにした。

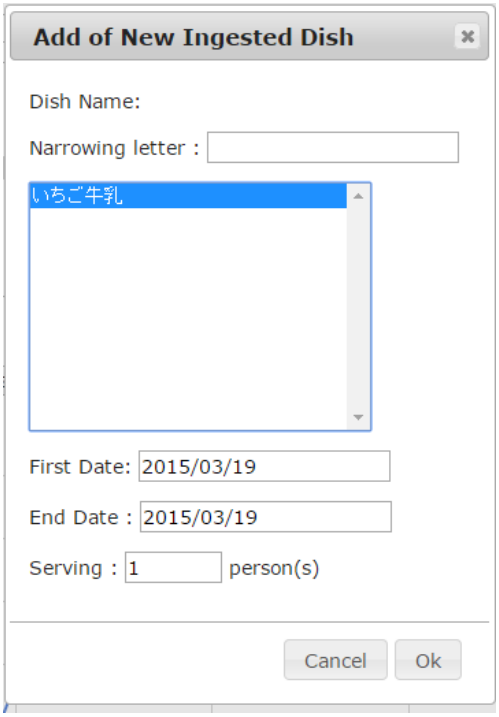

図 17．摂取情報登録画面

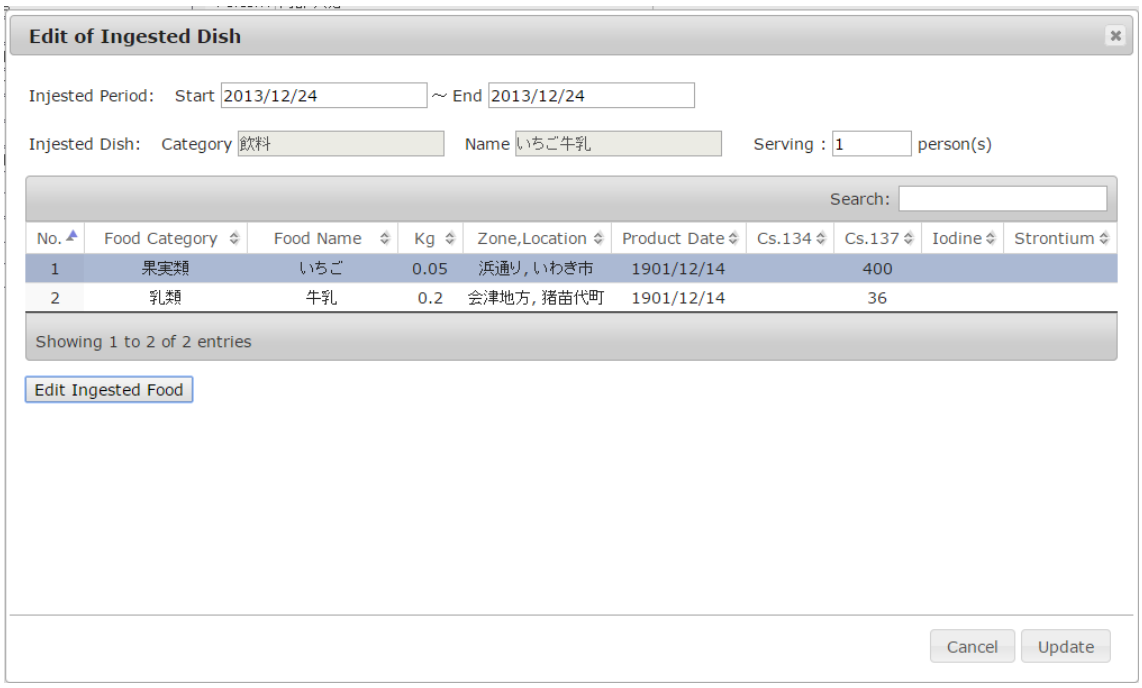

図 18. 摂取料理に使用した生産物情報登録画面

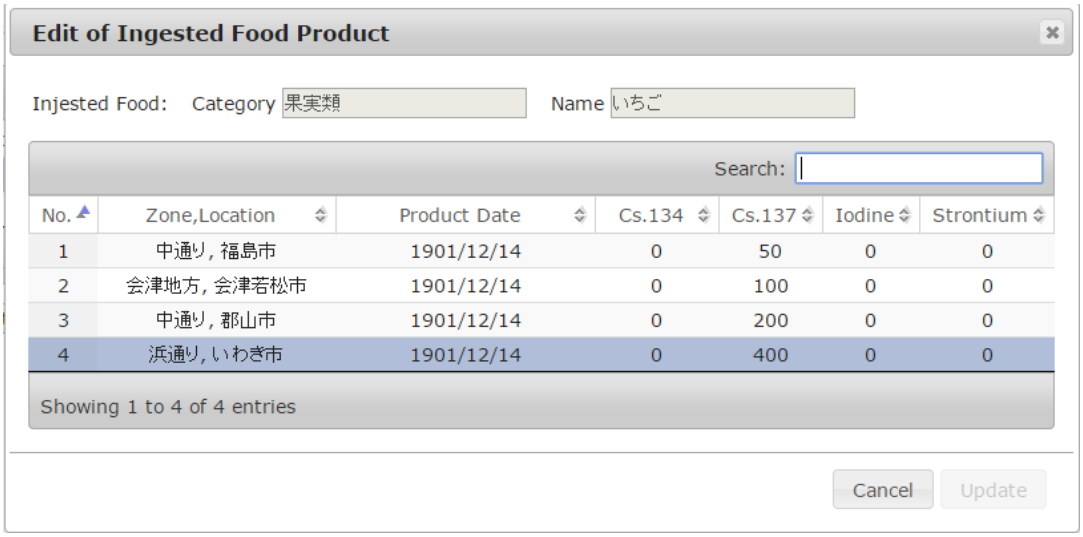

図 19. 生産物選択画面

オリジナルの CORPORE でアセスメント機能として用意されていた、集団の摂取量平均や集団のなかでユーザがどの位置にいるのか等を確認できる統計表示画面(図 1 「CORPORE の stats 画面」)も、機能として実装した（図 20「統計表示画面」)。

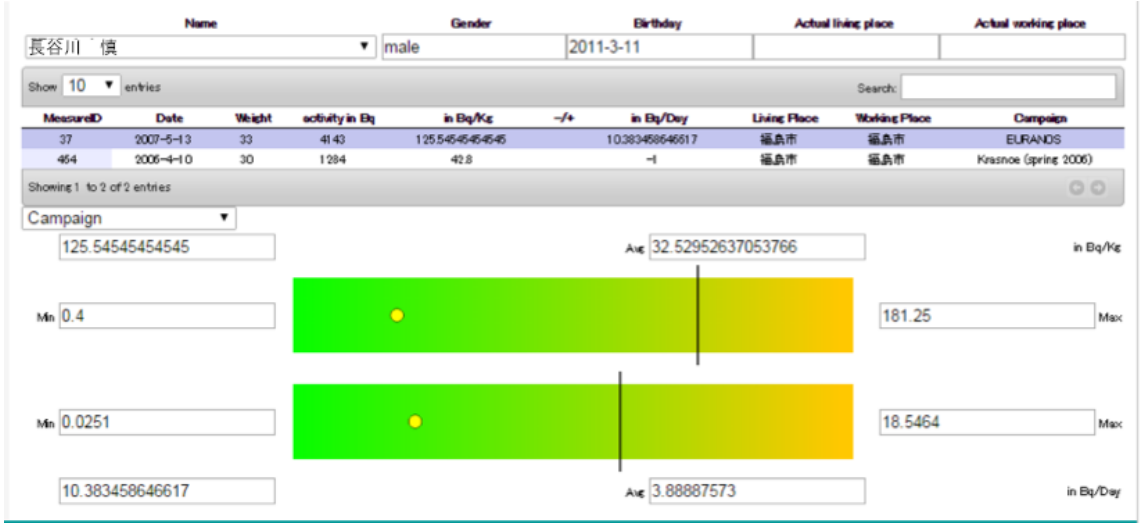

図 20. 統計表示画面

(3)ユーザ管理

Web アプリという提供形態から、同時に多数の利用者がアクセスして利用することになるため、ユーザ管理を行い、ユーザが自分の食事を継続的に記録可能で、それによる放射性物質の摂取の履歴を閲覧できるようにした。また、ユーザごとの権限管理も行い、一般ユーザ・管理者ユーザの他にアセスメント及び調査研究が行えるように医療ユーザ・研究ユーザの権限も用意した。医療ユーザ権限では被ばくアセスメントが行えるように、許可された集団の情報を全て閲覧可能とした。研究ユーザ権限においては、許可された集団の摂取情報について個人情報を匿名化した上で閲覧可能とした。

2-4. 研究２ システム評価

研究１で実装したシステムの利用について評価を行った。

2-4-1. 方法

評価方法として、下記の要領で典型的食事モデルを設定し、システムに登録して内部被ば

く線量の推移を推計することができるか確認した。

モデルは、居住地域を東京都と福島県に設定し、成人および青年(15-19 歳)とした。食事モデルは、４月を代表月として、４月１日から４月 30 日の料理を国民健康・栄養調査[37]の年代別食品群別摂取量に整合するように構成した。摂取する食材として、生産物データベースで代表月の検査結果の生産物を居住地域、近隣都道府県、全国の順に当該生産物を検索して利用した。検索された材料が流通品目にある場合には東京・福島それぞれの測定最大値を適用した群を max データとし、その流通品目における全国の検出限界値の最小値を適用した群を min データとした。材料が流通品目にない場合、放射性物質濃度を 0Bq/kg とした。こうして設定した下記の８パターンを 2011 年から 2016 年分をそれぞれ Japan Web CORPORE に入力して線量の計算を行い、代表月の積算預託実効線量を 12 倍することでその年の年間線量とした。

- 福島成人 max：　福島県居住、成人（男性)、max
- 福島成人 min：　福島県居住、成人（男性)、min
- 福島若者 max：　福島県居住、年代 15-19 才（男性)、max
- 福島若者 min：　福島県居住、年代 15-19 才（男性)、min
- 東京成人 max：　東京都居住、成人（男性)、max
- 東京成人 min：　東京都居住、成人（男性)、min
- 東京若者 max：　東京都居住、年代 15-19 才（男性)、max
- 東京若者 min：　東京都居住、年代 15-19 才（男性)、min

3-4-2. 結果

モデルの入力および計算実行上も問題なく日々の線量および積算線量がグラフとして表示された。これらのモデルを入力した画面例として、2012 年の 4 月分の摂取情報を入力し

た東京成人 max モデルの、同期間の被ばく線量歴表時画面を図 21「2012 年の東京成人 max モデルを入力したあとの被ばく線量歴表示画面」に表示した。8 種類のモデル全体の年間相当量の推移を示したグラフを図 22「Japan Web Corpore を使用してモデル計算をした例」に示した。図 22「Japan Web Corpore を使用してモデル計算をした例」中の福島マーケットバスケット、東京マーケットバスケットは、厚生労働省の委託により国立医薬品食品衛生研究所が実施したマーケットバスケット方式による食品中の放射性セシウムから受ける放射線量の調査結果[38,39]から福島県(浜通り地方、中通り地方、会津地方のうちの最大値)と東京都のデータをそれぞれ引用した。

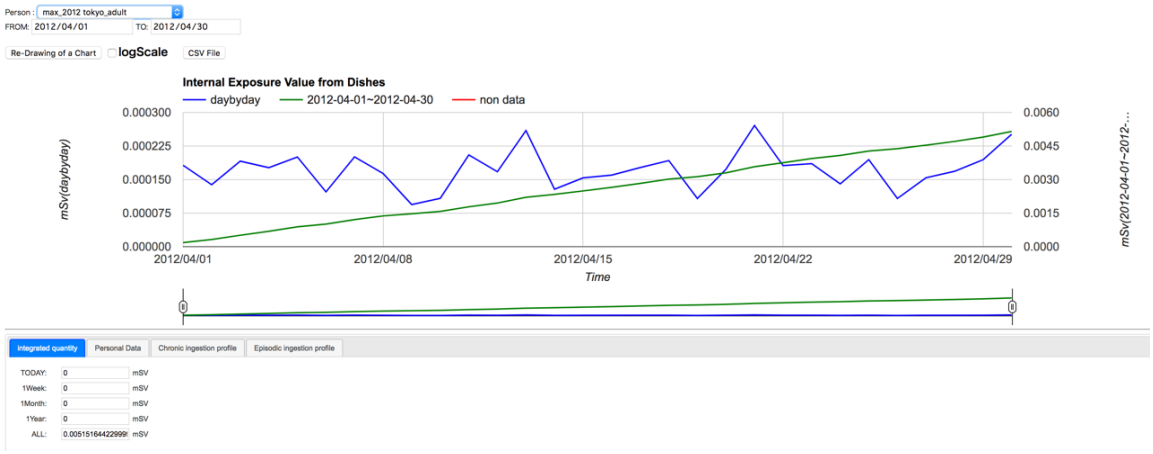

図 21. 2012 年の東京成人 max モデルを入力したあとの被ばく線量歴表示画面

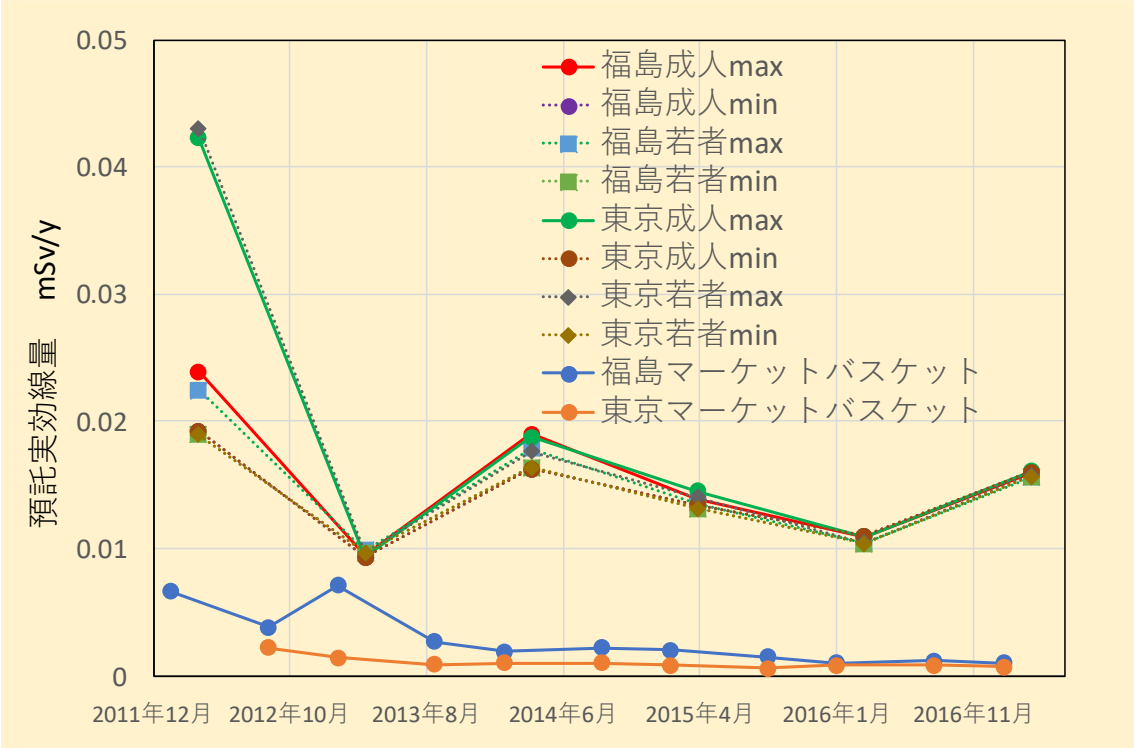

図 22. Japan Web Corpore を使用してモデル計算をした例

2-5. 考察

2-5-1. 内部被ばく管理ツールによる情報提供

福島第一原子力発電所事故後の日本の状況においては、前述の通り、様々な食品を食べるかどうかを自分で判断するために、「それらの食品を食べたときにどの程度の放射能を摂取しているのか」、「それによる内部被ばくの線量はどの程度なのか」、「体内から排出される放射能の量はいかほどか」を知り、地域住民が予想される被ばく状況を容易に把握できるような、前向きの情報提供が必要であるが、これまで対応したツールは存在しなかった。過去の原子力災害において、食品摂取による内部被ばくに関連した情報を取得できるツールとしては、チェルノブイリ原子力発電所事故後にベラルーシやノルウェーで用いられていた CORPORE があった[18]。しかしながら、これは基本的に放射線管理者や医療従事者が使用し、住民の WBC 測定結果から原因をアセスメントして、食生活の指導を行うためのツールとして用いられており、後ろ向きの情報取得のためのツールであった。本研究においては、この

ツールの仕組みやモデルを日本の状況において必要とされている、食品摂取による内部被ばくに関する前向きの情報提供ツールとして改変し、人々の食品摂取による内部被ばくに対する不安に対し、適切な情報を提供することを目的とした。

CORPORE は、チェルノブイリ原子力発電所事故後のベラルーシとノルウェーの状況に対応するために、食品を食材として個別に扱い、慢性的摂取と単発的摂取の 2 つの摂取形態を考慮して入力していた。これは、ベラルーシの汚染地域では、農業や狩猟による自給自足の食生活が主であり、通常食される食品がある程度限られていたためである。ノルウェーでの利用についても、サーミ人の食すトナカイにターゲットが絞られていたため、食品を食材として個別に扱うことが自然であった。日本においては、食品流通が発達しており、毎日同じメニューを食べることは少なく、様々な食材を使って様々な料理を食べることが多い。このような食習慣の違いについて検討を行い、摂取した食事から、食材として食品を個別に管理するよりも、料理というひとまとまりの単位として管理するほうが自然であったため、データ構造の改変をおこない、料理を一つの単位として摂取した食品を扱うことができるようになった。このことで、日本の食生活を反映した食事の登録が可能となり、住民が直感的に自分の食事の登録ができ、その食事に関連した放射線の情報の提供が行えるようになった。自分の食事による被ばく情報であるため、画一的な基準や数字としての検査結果ではなく、自分ごととして捉えることのできる情報を提供することが可能となった。

オリジナルの CORPORE では、チェルノブイリ原子力発電所事故後十数年経った状況で用いられていたため、^{137}Cs のみ考慮されていた。日本においては、事故発災後間もなく、半減期の短い他の放射性核種も考慮する必要があり、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs のみならず、^{90}Sr の食品中の放射性物質濃度検査結果が発表されていた[14-17,23,24]ため、これらの核種にも対応できるように、多核種を考慮できるように改変した。この改変によって、原子力発電所の事故によって放出された人工核種だけでなく、^{40}K や ^{210}Po などの事故前から存在する自然核種[40,41]による影響も扱うことが可能となった。これにより原子力災害による追加の被ばく

だけでなく、自然放射線による被ばくも考慮した情報の提供ができるようになった。

上述の料理および摂取した料理に使用した食材とその放射性物質情報の情報モデルを、前向きの被ばく情報を提供するため、日々の食事を登録し、それによる放射性物質の摂取・排出状況や被ばく線量の表示を行うという利用形態を想定して、特定の端末に特定のアプリケーションをインストールして利用せずとも、どこからでも利用可能な Web アプリケーションとして実装した。

日々の利用において、公表されている食品中の放射性物質濃度検査結果を、ユーザ自身が検索して入力する負担を軽減するため、厚生労働省のホームページで発表されている食品中の放射性物質濃度検査結果など、Web 上で入手可能な食品中の放射性物質の検査結果を自動的に取得して集積するする仕組みを構築した。この仕組みで収集された食品の放射性物質濃度情報を用い、摂取した料理の放射能量を推定して自動的に内部被ばく線量を計算し、その料理を摂取することによる被ばく線量を表示する仕組みを実装した。摂取した料理を登録していくことで、履歴を管理することができる仕組みを実装した。また、料理情報の入力の手間を削減するため、料理情報をテンプレートとして利用可能にして、入力の作業量を$O(n^3)$から$O(n^2)$に減らした。これによって、データ量を最大 97%削減することができるようにしたとともに、レシピ情報サイトから食材情報を自動で取得することができるようにした。これによって、日々の食事の食材情報を毎回全て入力する手間を削減することが可能であったが、レシピサイトの表記ゆれによって、正しく分量が判別できないという課題が残った。

本システムの利用方法の一つとして食事を作る前、或いは食材を買う前にパソコンやスマートフォン、タブレット PC などで本システムにアクセスしてその食材を利用した食事を入力してそれを食べた場合の摂取量を推計するといったことが考えられる。このように放射能摂取量や内部被ばく線量の推計値や自らの摂取量の履歴を情報として得ることで、「これなら食べられる」「食べられない」「毎日食べるには適さないがたまになら食べる」「食べ

る量を減らす」「前回摂取したものはほとんど排出されたからそろそろ食べていい」といった判断を自ら下すことができる。実際にそれを食べたのであれば、それを履歴として残すことによって、後の食事の際の判断の材料ともなる。このことにより「自己決定権の回復」がなされ、不安を和らげることが期待できる。

また、本システムは、オリジナルの CORPORE の評価機能を念頭に置いて構築されているため、逆方向の評価にも対応可能である。そのため、日本国内だけではなく、オリジナルの CORPORE を用いているベラルーシやノルウェーにおいても利用することも可能である。

2-5-2. 生産物データベース

2015 年４月までに生産物 DB に集積された食品全 1,199,241 件中、検出限界値以下のものが 1,113,931 件(92.8%)あった。うち、2015 年１月～３月までの食品 67,401 件中、65,117(96.6%)が検出限界値以下、食品中の放射性物質濃度の基準値(表 1「食品中の放射性物質の基準値(2012 年４月以降)」)を超える食品は 145 件(0.2%)であった。

表１．食品中の放射性物質の基準値(2012 年４月以降)

分類	基準値（Bq/Kg）
水	10
清涼飲料水	10
茶	10
牛乳	50
それ以外の食品	100

基準値以上であった 145 件の食材の内訳は表２「2015 年１月から３月までの食品のうち、基準値を超える食品の内訳」の通りである。基準値を超えた食品の割合がごく少数である上、その大部分を占めるイノシシ肉、ツキノワグマ肉及びニホンシカ肉は日本においては一

般家庭ではほとんど食されない食材であった。現時点では大多数の日本人にとって食品による内部被ばくの影響は無視できるほど小さいと言える。しかしながら、汚染地域周辺住民はじめ、国民の安心のためにはこのような理解しやすい評価ツールが必要である。このようなツールで理解することで食に対する不安を払拭し、風評被害などの影響を軽減することにも繋がる。

表２．2015 年１月から３月までの食品のうち、基準値を超える食品の内訳

食品名	件数
イノシシ肉	116
シカ肉	10
熊肉	5
ヤマドリ	3
メバル	3
岩魚	5
ヤマメ	1
粉末椎茸	1
イシガレイ	1

2-5-3. Japan Web CORPORE

実際に、構築した Web 版 Japan CORPORE をオリジナル CORPORE の開発チームに試用してもらったところ、好評を得た。「オリジナルの CORPORE よりも使いやすくなり、食品ごとではなく料理ごとの入力に対応したことで、より日本の実態に即した利用が可能になるだろう」「ベラルーシで ETHOS や CORE の活動を始めたのは事故後十数年経っており、CORPORE ではプロジェクト開始時の ^{134}Cs の影響力が非常に小さいため無視されていた。日本ではまだ事故から日が浅く、多核種に対応したことでこのような半減期の比較的短い核種についても考慮できることは非常に有用である」との評価を頂いた。また、「食生活のジャンルが違

うものになった場合、どういう被ばく状況になるか比較できるようになるとよい。食生活からパターンをどう分けるかについては将来的に自動判別できるとよい。」という意見も頂いた。これについては、食生活を水産物中心、農作物中心など、ある程度パターン化したテンプレートのようなものを構築し、統計情報機能において性別や地域等に加えて項目を増やす事で実現しうるか今後の検討課題であるが、研究２においてシステムの評価のため 8 つの典型的パターンのモデルを作成し、食事情報を入力することで被ばく情報を表示することができることを確認した。食事パターンによるモデルを設定し、システムに入力を行って入力、表示ともに問題なく行えることを確認した。研究２で設定したいずれのモデルにおいても、マーケットバスケット調査結果と比較して線量が高くなっているが、Japan Web CORPORE は、生産物データベースのデータを利用する場合、“ND”（検出限界値以下）で登録されている生産物は検出限界値を用いて被ばく線量を計算する仕組みになっており、そもそも保守的な結果が出るようになっている。さらには、マーケットバスケット調査においては、生産物の表面を洗ったあと、農作物の皮、魚の骨や内臓などを取り除いた可食部のみにして、茹でる、焼くなどの調理をした上で、測定している[38]。非可食部を取り除くことや、茹でるなどの調理をすることで食品中の放射性物質がある程度除去されることはよく知られている[42-44]。このモデル計算においては、このような調理などを考慮せず、流通における食品中の放射性物質濃度検査結果をそのまま用いたため、調理による放射性物質の低減が考慮されておらず、実際に摂取するよりも過大な評価となっている可能性がある。本モデルで推定した被ばく線量は、マーケットバスケット調査よりも大きめな結果となってしまっているが、2012 年以降ではいずれの地域の最大においても、食品中の放射性物質の基準値の根拠となっている食品からの追加被ばく線量が１年間で１mSv[45]という値の２％未満となっており、流通している食品を摂取する限りにおいては、食品摂取による内部被ばくは基準よりもかなり低くなっていることが可視化された。このような情報が人々の食品に対する不安を払拭するために重要であり、このシステムを用いて提供できることが確認

できた。

これまで適切な情報が得られず、食事に不安を抱えていた人々が、本システムを用いれば、自分の食事による内部被ばくの情報を得ることができるようになる。数字を自分ごととしてとらえることができ、自ら食品を食べるかどうか決めることができるようになることによって、自己決定権の喪失による不安やストレスから解放されることが可能となる。

2-5-4. 今後の展望

生産物データベースの集積結果が示すように、現在においてはほとんどの流通品が検出限界値以下であり、モデル計算によって明らかにしたように、食品摂取による放射線の健康への影響はほぼ心配されるような被ばく線量ではなくなっている。このような状況においては喫緊に広く必要とされる事は少ないだろうが、今後の不測の事態に備えるためにもこのようなツールを用意しておくことは必要不可欠である。

本研究においては、食品からの内部被ばくに対する不安への対応として、適切な情報提供を行うという観点から食品摂取による内部被ばく管理システムを構築した。本システムでは、摂取する食品の放射性物質濃度は、生産物データベースには公表されている食品中の放射性物質濃度検査結果を自動巡回して登録されたものを利用することや、自家栽培や山河で採取した食品については手入力で利用することが可能になっている。何れにしても、検査した食品でなければ放射性物質濃度が分からず内部被ばく線量を推定できないということになる。土壌中の放射性物質濃度が作物に移行することはよく知られており、その移行係数が判明している農作物も少なくない[46-48]。農地の放射性セシウム濃度分布図も作成されており[49]、これらを利用することで、食品名と生産地を入力すれば食品中の放射性物質濃度を推定することが可能となる。さらに簡易な利用を可能とするため、こうした仕組みを利用することの検討が必要である。さらには、空間線量から土壌中の放射性物質濃度を推定する研究もおこなわれており[50]、将来の原子力災害においては、航空サーベイによって[51]、

農業地等の空間線量を測定することにより、より早期に食品への放射性物質移行を推定し、本システムを用いることで内部被ばく線量の推定情報を提供でき、被災住民が、自らの状況が分からずに不安を感じる期間をより短くすることができる可能性がある。

本研究においては食品を摂取することによる経口の内部被ばくを対象としたが、内部被ばくには呼気によるものも存在する[52]。今後、呼吸による内部被ばくの管理システムを構築し、統合することで、統一的な内部被ばく管理ツールの構築が可能となる。

前述の通り、食からの内部被ばくの影響がほとんど無視できるような現状にあっては、周辺環境からの外部被ばくによる影響の方が大きいと考えられるが、県民健康調査で行われている外部被ばく線量評価[53]や、汚染地域住民が個人線量計をつけて外部被ばく線量を管理するしくみ[54,55]などと連携して、食生活や屋外での活動を含めたトータルの生活パターンによる被ばく線量情報を提供できる仕組みが可能となる。福島第一原子力発電所事故後、医療被ばくについても関心が高まり、放射線に対する不安を反映して、福島県の小児においてCT（Computer Tomography）検査などの放射線検査数が事故前に比べて減少していることが報告されている[56,57]。調査対象の医師のうち4分の1の医師が、小児に対する放射線のリスクを心配した小児患者の親から、検査を拒否されたことを報告しており[57]、放射線に対する忌避感が見てとれる。このような不安に対しても適切な情報を提供することが不安の緩和につながると考えられる。このような状況を反映して医療現場において、医療被ばく線量管理についての取り組みが活発になっている[58-60]。また、医療被ばく用の放射線被ばく情報管理のための標準としてDICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）にDoseSRが定められており[61]、医療被ばくの情報を収集しやすい環境が整いつつある。本システムを医療被ばく情報と連携させることで、住民の放射線の影響による健康不安への統一的な情報提供を行う仕組みを構築することが可能になる。

今後、被ばく線量情報管理のみならず、本仕組みによって食品情報に栄養情報を付加することで日々の栄養管理やそれによる健康管理も統一的に行えるような仕組みへ応用するこ

との検討も可能であろう。さらには、放射能のみならずヒ素や重金属などの毒物の体内蓄積量の管理などについても応用できると期待できる。

2-6.　結論

本研究では、原子力発電事故によって引き起こされた食への不安に対し、適切な情報提供を行う仕組みとして、食品摂取による内部被ばく管理ツールの開発を行った。この仕組みは、チェルノブイリ原子力発電所事故後に欧州で用いられていた、食品からの内部被ばくアセスメントツールで用いられていた仕組みを、日本の状況や食習慣に合わせて改変し、食品摂取を料理単位で入力することを可能とした。どこからでも利用可能なように、Web アプリケーションとして実装され、ユーザが自分自身の摂取する料理を登録し、それによる内部被ばく線量を確認し、食べるかどうかを自ら決定することができるようにした。典型的モデルとして 8 パターンのモデルを設定し、摂取料理の登録と予想される被ばく線量の表示が問題なく行われることを確認した。この仕組みを利用することで、放射線に関連して食事に不安を抱く人々に、自分事としてとらえることのできる情報提供が可能となった。

本研究の一部は平成 24 年度文部科学省科学研究費の助成を受けた。本研究の成果は福島県放射線医学研究開発事業補助金の一部である。

参考文献

1. Lochard J. Psychological and Social Impacts of Post-Accident Situations: Lessons from the Chernobyl Accident. Proceedings of the Ninth International Congress of the International Radiation Protection Association, 14-19 April 1996, Vienna, Austria, IRPA, 1:105-111, 1996.
2. Dubreuil GH, et. al. Chernobyl post-accident management: the ETHOS project. Health Physics 77(4):361-372, 1999.
3. Lochard J. Rehabilitation of living conditions in territories contaminated by the Chernobyl accident: the ETHOS Project. Health physics. 93:522-6. 2007.
4. Zoya T. The CORE Programme in Belarus: A new approach of the rehabilitation of living conditions in contaminated territories. 2005. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/009/37009800.pdf [accessed 2020/12/10]
5. Lochard J, et. al. ICRP Publication 111 - Application of the Commission's recommendations to the protection of people living in long-term contaminated areas after a nuclear accident or a radiation emergency. Ann ICRP 39(3):1-4, 7-62, 2009.
6. Clement CH, Sasaki M. The international commission on radiological protection and the accident at the Fukushima nuclear power stations. Jpn J Health Physics, 47(3):206-209, 2012.
7. 消費者庁. 食品中に含まれる放射性物質に 関するリスクコミュニケーションについて, 2019. https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/fuhyou/20190412-10_shohishacho.pdf [accessed 2020/12/10]

8. 福島のエートス. http://ethos-fukushima.blogspot.com/ [accessed 2020/12/10]

9. Lochard J, Ando R, Takagi H, Endo S, Momma M, Miyazaki M, Kuroda Y, Kusumoto T, Endo M, Endo S, Koyama Y. The post-nuclear accident co-expertise experience of the Suetsugi community in Fukushima Prefecture. Radioprotection, 55(3):225-235, 2020.

10. ICRP, ICRP Dialogue Initiative (2011-2015), http://www.icrp.org/page.asp?id=189 [accessed 2020/12/10]

11. 荻野 晴之. 福島第一発電所事故後9か月間の放射線リスクコミュニケーションに関する省察. 保健物理, 47(1):37-43, 2012.

12. 復興庁. 帰還に向けた放射線リスクコミュニケーションに関する施策パッケージ実施状況 (H29. 1) . 2015. https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20151001_2_shiryou1.pdf [accessed 2020/12/10]

13. 工藤 大介, 中谷内 一也. 東日本大震災に伴う風評被害:買い控えを引き起こす消費者要因の検討. 社会心理学研究, 30(1):35-44, 2014.

14. Ministry of Health, Labor and Welfare. Levels of radioactive contaminants in foods tested in respective prefectures, 2011. http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/index_food_radioactive.html. [accessed 2020/12/10]

15. Fukushima Prefecture. Monitoring Info. 2011. http://www.new-fukushima.jp/monitoring/en/ [accessed 2015/7/12]

16. Fukushima city. The result of independent radioactivity inspection of corps in Fukushima city. 2011. http://www.city.fukushima.fukushima.jp/soshiki/22/enngeitokusann12073001.html

[accessed 2015/7/12]

17. JA Shin Fukushima. Information of radioactivity monitoring. 2011. http://www.shinfuku.jp/monita/ [accessed 2015/7/12]

18. Croüail P, Croteau C, Skuterud L. CORPORE, a tool for interpreting whole body monitoring results. IRPA13, 2012.

19. Lavrans S, Håvard T. Averted Doses to Norwegian Sámi Reindeer Herders after the Chernobyl Accident. Health Physics, 102(2):208-216, 2012.

20. 高見 幸子, 佐藤 吉宗. スウェーデンは放射能汚染からどう社会を守っているのか. 合同出版株式会社, 2012.

21. Microsoft Access. https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-365/access [accessed 2020/12/10]

22. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2008 Report, Volume II: Report to the General Assembly, with Scientific Annexes C, D and E - Effects. UN, New York, 2011.

23. 植草 義徳, 鍋師 裕美, 堤 智昭, 蜂須賀 暁子, 松田 りえ子, 手島 玲子. トータルダイエット試料による食品を介した放射性物質の摂取量の推定. 食品衛生学雑誌, 55(4):177-182, 2014.

24. 鍋師 裕美, 堤 智昭, 植草 義徳, 蜂須賀 暁子, 松田 りえ子, 手島 玲子. 福島第一原子力発電所事故後の食品中のストロンチウム 90 濃度実態の調査. 食品衛生学雑誌, 56(4):133-143, 2015.

25. UN. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2013 Report, Volume I: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the

2011 great East-Japan earthquake and tsunami. UN, New York, 2014.

26. クックパッド. http://cookpad.com [accessed 2020/12/10]

27. レタスクラブ. https://www.lettuceclub.net/recipe/ [accessed 2020/12/10]

28. 楽天レシピ. https://recipe.rakuten.co.jp/ [accessed 2020/12/10]

29. 小川 千了, 鈴木 浩, 服部 哲, 速水 治夫. 料理レシピサイトのレシピごとに自動的に栄養素を計算するシステムの提案. 情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) 論文集, 361-364, 2013.

30. 川島 基子, 吉野 孝, 江上 いすず, 岡本 和士, 藤原 奈佳子, 石川 豊美, 紀平 為子, 入江 真行, 伊井 みず穂. Web 上のレシピ情報を用いて自動生成した栄養計算用料理データの分析. 情報処理学会, 2013 年度情報処理学会関西支部大会講演論文集, E-05, 2013.

31. Kawashima M et al. Development and evaluation of a nutrition management system for elderly people with a dish registration function. IPSJ J 56(1):171-184, 2015.

32. 総務省. 平成 23 年版情報通信白書. 2011.

33. Information and Communications in Japan. Tokyo, Japan: Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan. 2011.

34. MySQL5.5, 2011. http://www.mysql.com/ [accessed 2020/12/10]

35. PHPL5.5, 2013. http://php.net/ [accessed 2020/12/10]

36. Apache2.4, 2012. http://httpd.apache.org/ [accessed 2020/12/10]

37. 厚生労働省. 平成 28 年国民健康・栄養調査報告. 2017.

38. 厚生労働省. マーケットバスケット調査・陰膳調査結果. 2017. http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin-detailed.html [accessed 2020/12/10]

39. 堤 智昭, 鍋師 裕美, 五十嵐 敦子, 蜂須賀 暁子, 松田 りえ子. マーケットバスケット方式による放射性セシウムおよび放射性カリウムの預託実効線量推定. 食品衛生学雑誌, 54(1):7-13, 2013.

40. Japan Chemical Analysis Center. Radioactivity survay data in Japan. 145, 2010.

41. Ota T, Sanada T, Kashiwara Y, Morimoto T, Sato K. Evaluation for committed effective dose due to dietary foods by the intake for Japanese adults. Jpn J Health Physics 44(1):80-88, 2009.

42. 八戸 真弓, 濱松 潮香, 川本 伸一. 国内農畜水産物の放射性セシウム汚染の年次推移と加工･調理での放射性セシウム動態研究の現状. 日本食品科学工学会誌, 62(1):1-26, 2015.

43. 関澤 春仁, 山下 慎司, 丹治 克男, 吉岡 邦雄. 果実の加工と放射性セシウムの動態. 日本食品科学工学会誌, 60(12):718-722, 2013.

44. 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター. 環境パラメータ・シリーズ４ 増補版（2013 年）食品の調理・加工による放射性核種の除去率－我が国の放射性セシウムの除去率データを中心に―. 原環センター技術報告書, RWMC-TRJ-13001-2, 2013.

45. 厚生労働省医薬食品局食品安全部長,乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令、乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の（一）の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件について. 食安発０３１５第１号, 2012

46. 塚田 祥文, 鳥山 和伸, 山口 紀子, 武田 晃, 中尾 淳, 原田 久富美, 高橋 知之, 山上 睦, 小林 大輔, 吉田 聡, 杉山 英男, 柴田 尚. 土壌-作物系における放射性核種の挙動. 日本土壌肥料学雑誌, 82(5):408-418, 2011.

47. 大下 誠一，安永 円理子，高田 大輔，田野井 慶太朗，川越 義則，白井 宏明，中西 友子，佐々木 治人，牧野 義雄．福島第一原子力発電所事故に起因した土壌及び野菜の放射性核種濃度の測定―東京都及び福島県の低濃度汚染地域における事例―．RADIOISOTOPES，62(3)：149-157，2013.

48. 田上 恵子．直接沈着及び経根吸収による放射性核種の植物への移行．RADIOISOTOPES，61(5)：267-279，2012.

49. 高田 裕介，神山 和則，小原 洋，前島 勇治，平舘．俊太郎，木方 展治，齋藤 隆，谷山 一郎．農地表層土壌中の放射性セシウム濃度分布図作成のための緊急調査．農業環境技術研究所報告．34:43-51，2015.

50. 市川 貴大，逢沢 峰昭，大久保 達弘，環境放射線モニタを用いた堆積有機物層および表層土壌中の放射性物質濃度の簡易測定，森林立地，55(1)：43-49，2013.

51. Japan Atomic Energy Agancey(JAEA). Airborne Monitoring in the Distribution Survey of Radioactive Substances. https://emdb.jaea.go.jp/emdb/en/portals/b1010301/ [accessed 2020/12/10]

52. Koizumi A, Harada KH, Niisoe T, et. al. Preliminary assessment of ecological exposure of adult residents in Fukushima Prefecture to radioactive cesium through ingestion and inhalation. Environ Health Prev Med 17:292-298, 2012.

53. Akahane K, et. al. NIRS external dose estimation system for Fukushima residents after the Fukushima Dai-ichi NPP accident. Sci Rep 3:1670, 2013

54. Yajima K, Kurihara O, Ohmachi Y, Takada M, Omori Y, Akahane K, Kim E, Torikoshi M, Yonehara H, Yoshida S, Sakai K, Akashi M. Estimating Annual Individual Doses for Evacuees Returning Home to Areas Affected by the Fukushima Nuclear Accident. Health Phys. 109(2):122-33, 2015.

55. Naito W, Uesaka M, Yamada C, Kurosawa T, Yasutaka T, Ishii H. Relationship

between Individual External Doses, Ambient Dose Rates and Individuals' Activity-Patterns in Affected Areas in Fukushima following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. PLoS One. 5;11(8):e0158879, 2016.

56. 工藤 大介, 中谷内 一也. 東日本大震災に伴う風評被害:買い控えを引き起こす消費者要因の検討. 社会心理学研究, 30(1):35-44. 2014.

57. Yoshida K, Hayashida N, Fukushima Y, Ohtsuru A, Ohba T, Hasegawa A, et al. Changes in radiological imaging frequencies in children before and after the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in Fukushima Prefecture, Japan. Jpn J Radiol, 33(10):619-626, 2015.

58. Shannoun F. Medical exposure assessment: the global approach of the United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation. Radiat Prot Dosimetry, 1-4, 2015.

59. Rehani MM, Frush DP. Patient exposure tracking: the IAEA smart card project. Radiat Prot Dosim, 147(1-2):314-316, 2011.

60. Takei Y, et. al. Summary of a survey on radiation exposure during pediatric computed tomography examinations in Japan, focusing on the computed tomography examination environment. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi 70(6):562-568, 2014.

61. DICOM Standards Committee. WG (2005) Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Supplement 94: Diagnostic x-ray radiation dose reporting (dose SR), 2005.

3. 福島第一原子力発電所事故に伴う福島への感情の変化

3-1.　はじめに

3-1-1. 背景

2011 年３月 11 日午後２時 46 分､三陸沖を震源とするマグニチュード９の地震が発生し、その 1 時間後に遡上高 14～15m の津波によって東京電力福島第一原子力発電所は全電源を喪失した。運転中だった１～３号機でメルトダウンが起きた影響で水素が大量発生し、3 月 12 日に 1 号機、3 月 14 日に 3 号機が相次いで水素爆発を起こした。更に、3 月 15 日に 2 号機、4 号機も損傷し、大量の放射性物質が環境中に放出された。この事故は国際原子力事象評価尺度において、レベル７に分類された[1]。この事故による影響は国際機関によって評価され報告されている[2-4]。この事故によって放射線に対する不安が高まり、被災地への風評被害と呼ばれる社会的な現象が発生した。これによって災害によるダメージだけでなく、消費者による被災地産農作物の買い控えなどの経済的なダメージも引き起こしている[5]。医療現場においても、このような放射線に対する不安を反映し、福島県の小児において CT（Computer Tomography）検査などの放射線検査数が事故前に比べて減少している[6, 7]。調査対象の医師のうち 4 分の 1 の医師が、小児に対する放射線のリスクを心配した小児患者の親から、検査を拒否されたことを報告しており[7]、放射線に対する忌避感が見てとれる。被災地である福島県が放射線と関連して、時間が経つにつれてよりネガティブな感情とともに人々に捉えられていくようになり、このような買い控えなどの行動や医療用の放射線に対する忌避感にも影響を与えているのではないかと考える。

地震直後には電話回線がダメージを受け、通信が切断あるいは制限された。携帯電話の発信は 95％まで制限された。パケット通信については、日本の携帯電話事業者である NTT ドコモが 30％の制限を課していたが、すぐに解除された。他の通信事業者は制限を設けていない[8]。このため、ソーシャルネットワークサービスが情報伝達の手段として使用され、

Twitter では情報交換のためのコミュニティが急速に形成された ［9,10］ 。Jung による調査では、ソーシャルメディアのなかでも Facebook や Mixi よりも Twitter が災害に対処するために活用される割合が高く、東京電力福島第一原子力発電所の事故に対する態度にも影響を与えることが示されている[11]。東京電力福島第一原子力発電所の状況や福島をはじめとする放射性物質の影響を受けた地域の状況、放射線そのものの影響などについてはマスメディアによって逐次報道されていたが、ソーシャルネットワーク上ではこれらの報道の情報やそれに対する反応のみならず、不確実な情報や誤った情報、醜い風評なども急速に拡散され、社会的不安や混乱の一因となった可能性も指摘されている[12]。Ikegami らは 2011 年の秋に震災に関する Tweet として、「震災」「地震」「津波」「放射能」「放射性物質」「ベクレル」を含む 2960 件の Tweet をデータセットとして Latent Dirichlet Allocation よるトピック分類と、セマンティック方向辞書[13]を使用した感情分析によって、信頼性分析システムを提案している[14]。Wang らはサイバー空間における行動と現実の行動が相互に影響を与えることを示している[15]。これらの研究から、ソーシャルネットワーク上で拡散された社会不安や醜い風評に触れた人々が福島県への忌避感を増加させ、さらなる風評被害や放射線検査の拒否につながったのではないかと考える。

事故後５年後において、信頼する情報源としてインターネットを利用したグループにおいて、他の情報源を利用するとしたグループよりも放射線によって引き起こされる健康への不安が有意に高いことが示されている[16]。更には Twitter などのインターネットメディアを利用する小学生以下の子どもを持つ母親において、リスク認知度が高く、リスク低減活動を盛んに行なっている傾向があることが示されている[17]。これらより、高まった不安とリスク低減活動によって子どもの放射線検査の拒否がなされたことは想像に難くない。このような社会不安や風評を払拭するためにはリスクコミュニケーションが重要であるが、福島の事故の際に十分にソーシャルメディアが活用されなかったことが指摘されている[18]。Yagahara らは、地震当日の３月 11 日から３月 17 日の７日間における Tweet を分析

し、日本人の放射線に対する関心の変化を分析した[19]。事故の状況が進行中の状況で放射線に関連した共起ネットワークによる分析であり、地域に関連しての分析もなされていないため、その後どのように人々の関心が福島への態度を形成していくのかについては明らかになっていない。Aoki らは、地震後１年間の Tweet について、ジオタグ（緯度経度情報）に基づいて、Tweet が発信された地域を４つのゾーンに分けて Tweet の傾向を調査した。どの地域の人が Tweet したかの分析であり、その内容については分析を行っていない[20]。

これらのことから、東京電力福島第一原子力発電所事故に関連した様々な情報を人々がどう受け止め、どのような反応を示したかを調査することには今後同様の災害や事故が起きた場合のリスクコミュニケーションを効果的に行うための基礎となり、大きな意義があると考える。

3-1-2. 目的

福島県においては、CT 検査などの放射線検査が減少し[6,7]、いまだ消費者による農作物の買い控えなどの風評被害が続いている[5]。これらより、本研究の仮説として以下が挙げられる。

仮説１；「原子力発電所事故によって生じた人々の不安が、放射線と関連して被災地である福島県に対し、時間が経つにつれてより否定的な感情とともに人々に捉えられていくようになり、それによって人々が福島に対する忌避感を増加させることに影響を与えているのではないか」

仮説２；「悪感情や忌避感の形成過程においてリスクコミュニケーションなどで適切な情報提供を行うことができれば、このような状況は防げたのではないか」

どのようなタイミングでどのような情報を提供するべきかについては、まずはこのような状況がどうのように形成されていったかを明らかにする必要がある。

本研究では、福島県に対する忌避感がどのように形成されていったかを明らかにするた

め、人々の放射線に関連した感情が、福島県に向けてどのように移り変わっていったのかを明らかにすることを目的とした。

3-2.　方法

この研究では、東北地方太平洋沖地震発生日である 2011 年 3 月 11 日の 0:00 時(日本時間)から一年間（2012 年 3 月 10 日 23:59(日本時間)まで）に日本語で Twitter に投稿されたもののうち、「放射線」「放射能」「放射性物質」という用語のいずれかを含むものを放射線に関する発言として選定し、約 1900 万件の Tweet を使用した。このうち、Bot と呼ばれる自動 Tweet および、誰かの Tweet をそのまま転送するリツイートであることを示す、“RT”もしくは“QT”で始まる Tweet をリツイート群とし、リツイート群を除いた約 900 万件をターゲット群とした。Bot のアカウントは、ユーザ ID が“bot”で始まるものあるいは終わるものとした。より発信者の感情を正確に抽出するため、ターゲット群においては、Tweet 中にそれ以降は誰かの Tweet の引用であることを示す“RT”や“QT”以降を削除した文字列をユーザの発した内容を表す文章として扱った。下記の処理を全ての Tweet に対して行い、Tweet が持つ感情を数値化し、Tweet を関連する都道府県ごとに分類して分析を行った。

3-2-1. 感情極性値による Tweet の感情の数値化

感情極性（単語が一般的にどのくらいポジティブな印象を与えるか、ネガティブな印象を与えるかを示す属性値）を用いてそれぞれ処理した。Takamura らは「岩波国語辞書（岩波書店)」をもとに、名詞 49,002 語、動詞 4,254 語、形容詞 665 語、副詞 1,207 語に対して、-1(最も悪い印象を持つ)から 1(最も良い印象を持つ)の間で、実数値で感情極性点数を割り当てた単語感情極性対応表を作成している[14]。表 1「感情極性値対応表の例」に、感情極性値の例を示す。

表１．感情極性値の例（感情極性値対応表[14]より抜粋）

単語	読み	品詞	感情極性値
優れる	すぐれる	動詞	1
嬉しい	うれしい	形容詞	0.998871
週末	しゅうまつ	名詞	0
負け越す	まけこす	動詞	-0.342854
悪い	わるい	形容詞	-1

（1）形態素解析による単語の抽出

感情極性対応表では単語の原形に対して感情極性値が対応づけられている。このため、Tweet のような文章の感情を分析するためには、文章を単語に分離し、その原形に変換する必要がある。英語を含む多くの言語のように、単語と単語の区切りが空白によって分かち書きされており、明確に示される言語の文法である場合には単語分割処理によって単語に分割する作業は複雑ではないが、日本語の場合には複雑な処理が必要になる。本研究では、この処理を形態素解析によって行った。

形態素解析とは、自然言語のテキストデータから、形態素と呼ばれる、言語で意味を持つ最小の単位に分割し、それぞれの形態素の品詞などを判別する手法である。日本語の代表的な形態素解析の手法は大きく分けて、規則による形態素解析と確率的言語モデルを用いる方法の２つがある。日本語文法においては、動詞の後に格助詞が来ることができないといったような規則性があり、動詞の活用によっても後に続く品詞が制限されるというような規則が存在する。前者ではこのような文法の規則を用いて形態要素処理が行われていた。昨今では後者の確率的言語モデルを用いて統計的な手法が利用される[21-23]。日本語形態素解析を数学的に定義すると、文字列 $C=c_1...c_m$ から構成される文が、単語列 $W=w_1...w_n$ に分割されるとすると、与えられた文字列に対する単語列の条件付確率 $P(W/C)$を最大化する単語列 W' を求めるという問題と定義でき、式１のように表現できる[21]。

$$\widehat{W} = \arg\max_{\mathrm{w}} P(W|C) \qquad \cdots(式１)$$

形態素解析を実現するために、永田はN-best探索アルゴリズムを用いた手法を提案した[21]。森田らはRecurrent Neural Network Language Modelを用いた手法を提案した[22]。Kudoらは条件付きランダム場(CRF)に基づく手法を提案しており[23]、それぞれの手法を用いた日本語の形態素解析器として複数のフリーソフトウエアが提供されている[24-27]。形態素解析で形態素を解析するためには辞書が必要であるが、辞書によって形態素や単語の分離に違いが出てくる。IPADIC[28]やUniDic[29]は形態素のための辞書であり、単語や固有名詞の登録は少ない。例えば、前述のとおり本研究では「放射線」「放射能」「放射性物質」という単語を含むTweetを対象としているが、これらの辞書で形態素解析し、分割するとそれぞれ「放射/線」「放射/能」「放射/性/物質」というように分割されてしまう。本研究においてはTwitterというWeb上で口語表現によって比較的新しい言葉が交わされているテキストを対象としているため、Web上の言語資源から新語を多く取り入れているmecab-ipadic-NEologd辞書[30,31]を用いた。この辞書は、IPADICでは複数の形態素に分割されてしまうような固有名詞などの表現を収載しており、毎週二回以上、Web上の言語資源をクロールし、ニュース記事やネット上で流行した単語や慣用句、ハッシュタグなどに用いられている新語や固有名詞、表記ゆれなどが検索され、新しい固有表現を随時辞書に追加している[32]。この辞書を利用するため、形態素解析器にはMeCab[24]を用いた。

例文として、「放射線が心配だから福島から避難した」という文を、mecab-ipadic-NEologd辞書を用いてMeCabで形態素解析を行うと、下記のような結果が得られる。

放射線が心配だから福島から避難した
放射線　　名詞,一般,*,*,*,*,放射線,ホウシャセン,ホーシャセン
が　　助詞,格助詞,一般,*,*,*,が,ガ,ガ

心配　　名詞,サ変接続,*,*,*,*,心配,シンパイ,シンパイ
だ　　助動詞,*,*,*,特殊・ダ,基本形,だ,ダ,ダ
から　　助詞,接続助詞,*,*,*,*,から,カラ,カラ
福島　　名詞,固有名詞,地域,一般,*,*,福島,フクシマ,フクシマ
から　　助詞,格助詞,一般,*,*,*,から,カラ,カラ
避難　　名詞,サ変接続,*,*,*,*,避難,ヒナン,ヒナン
し　　動詞,自立,*,*,サ変・スル,連用形,する,シ,シ
た　　助動詞,*,*,*,特殊・タ,基本形,た,タ,タ

このように、形態素に分解され、それぞれの形態素について、

表層形　　品詞,品詞細分類1,品詞細分類2,品詞細分類3,活用型,活用形,原形,読み,発音

と出力され、形態素の詳細な情報を得ることが可能となる。

(2)Tweet の感情極性値の算出

Tweet に含まれる全ての語句を形態要素分析によって単語に分離し、そのうち品詞が名詞、動詞、形容詞、副詞となっているものに対して、原形の語で上記の単語感情極性対応表を用いて点数付けをした。前述のとおり、使用するデータは「放射線」「放射能」「放射性物質」のいずれかを含む Tweet である。これらの単語は単語感情極性対応表において、それぞれ 、「放射能」は-0.598318、「放射線」は-0.560393、「放射性」は-0.178744 であり、対応表には「放射性物質」は存在しなかった。これらの単語は負の値を持ち、否定的な言葉として登録されている。本研究の目的は、上記３つの単語から連想される感情を分析することであり、これらの影響を排除するために、これらの単語を 0 点として評価した。また、感情極性対応表[14]に無い単語についても Tweet の感情極性に影響を与えないように 0 点として、Tweet の感情極性値を以下の式で算出した。

$$T_{pn} = \sum \frac{W_{pn}(n)}{W_c}$$ ・・・式（２）

T_{pn}; Tweet の感情極性点数

$W_{pn}(n)$; n 番目の単語の感情極性点数

W_c; Tweet に含まれる単語の数

「真紅の雲が放射線をなして天頂まで延びる」（大岡昇平 / 「野火」より引用）を例に、文の感情極性値の求め方を示す。

１．形態素解析によって文を単語に分ける。

真紅	の	雲	が	放射線	を	なして	天頂	まで	延びる
（名詞）	（助詞）	（名詞）	（助詞）	（名詞）	（助詞）	（動詞）	（名詞）	（助詞）	（動詞）

２．名詞、動詞、形容詞、副詞のみにし、各単語を語彙素にする。

真紅	雲	放射線	成す	天頂	延びる
（名詞）	（名詞）	（名詞）	（動詞）	（名詞）	（動詞）

３．名詞、動詞、形容詞、副詞の単語について感情極性値対応表から感情極性値をつける

n	1	2	3	4	5	6
	真紅	雲	放射線	成す	天頂	延びる
$W_{pn}(n)$	-0.525019	-0.880806	0	-0.444003	-0.382481	-0.887651

この際、前述のとおり「放射線」「放射能」「放射性物質」は 0 点とする。

$$\Sigma W_{pn}(n) = (-0.525019)+(-0.880806)+0+(-0.444003)+(-0.382481)+(-0.887651)$$

$$= -3.11996$$ ・・・・式（３）

$W_c = 6$ ・・・・式（4）

$T_{pn} = -3.11996 / 6$

$= -0.51999333333$ ・・・・式（5）

よって、「真紅の雲が放射線をなして天頂まで延びる」という文の感情極性値（T_{pn}）は、-0.51999333333 と計算された。本研究においては、このようにしてすべての Tweet の感情極性値を算出して分析に用いた。

3-2-3. Tweet に関係する都道府県名の推定

各 Tweet がどの地域に関連した内容なのかを推定するため、Tweet 内の地域を表す単語を地名として抽出し、地名から都道府県の推定を行った。本研究においては、形態素解析器には MeCab[24]を用い、辞書には mecab-ipadic-NEologd 辞書[30,31]を用いて形態素解析を行い、“品詞”、“品詞細分類 1”、“品詞細分類 2”がそれぞれ“名詞”、“固有名詞”、“地域”となっている形態素を地名として扱った。

ジオコーディングとは、住所や地名から緯度経度情報などの地理座標情報を付与する技術のことである。逆に、緯度経度情報から住所を取得する方法を逆ジオコーディング／リバースジオコーディングという。例えば、北海道大学大学院保健科学院のある「北海道札幌市北区北 12 条西 5 丁目」という住所情報から、「北緯 43 度 4 分 30 秒、東経 141 度 20 分 45 秒」という緯度経度情報を取得するのがジオコーディングである。「北緯 43 度 4 分 30 秒、東経 141 度 20 分 45 秒」という緯度経度情報から「北海道札幌市北区北 12 条西 5 丁目」という住所を取得することが逆ジオコーディングである。

Yahoo! Japan デベロッパーネットワークでは、Yahoo!ジオコーダ API というサービスでジオコーディング機能を一般に提供している[33]。これはキーワードによる住所検索にも対応しており、例えば「北海道大学大学院保健科学院」というキーワードから、「北海道札

幌市北区北 12 条西 5 丁目」という都道府県名からの住所を取得することができる。この API を用いて、都道府県名を取得した。

3-3.　結果

使用したデータセット 18,851,259 件中 18,841,755Tweet において感情極性値を持つ単語が使われており、ほとんど全ての Tweet において感情極性値を出すことが可能であった。使用したデータセットの 18,851,259T 件の全体および Bot やリツイートを除いたターゲット群 9,025,831Tweet について、Tweet 数の日毎推移をそれぞれ青線、赤線で図１「一日当たりの Tweet 数の推移」に示す。破線はそれぞれの線形近似を示す。地震発生当日の 3 月 11 日の拡大図として分毎の Tweet 数を図２「2011 年 3 月 11 日の分毎 Tweet 数」に示す。

図３「Tweet の感情極性値日毎平均推移」と図 4「感情極性値の日毎積算推移」に図１「一日当たりの Tweet 数の推移」同様にそれぞれ日毎の Tweet 感情極性値の平均推移および積算推移を示す。また、図３「Tweet の感情極性値日毎平均推移」にはリツイート群の感情極性値の平均推移を追加し、破線でその線型近似を追加した。図５「週毎のターゲット群とリツイート群の F 検定テスト」には、ターゲット群とリツイート群の相関を見るため、感情極性値の平均を週ごとに F 検定を行いその推移を示し、有意水準 α=0.05 を赤線として示す。

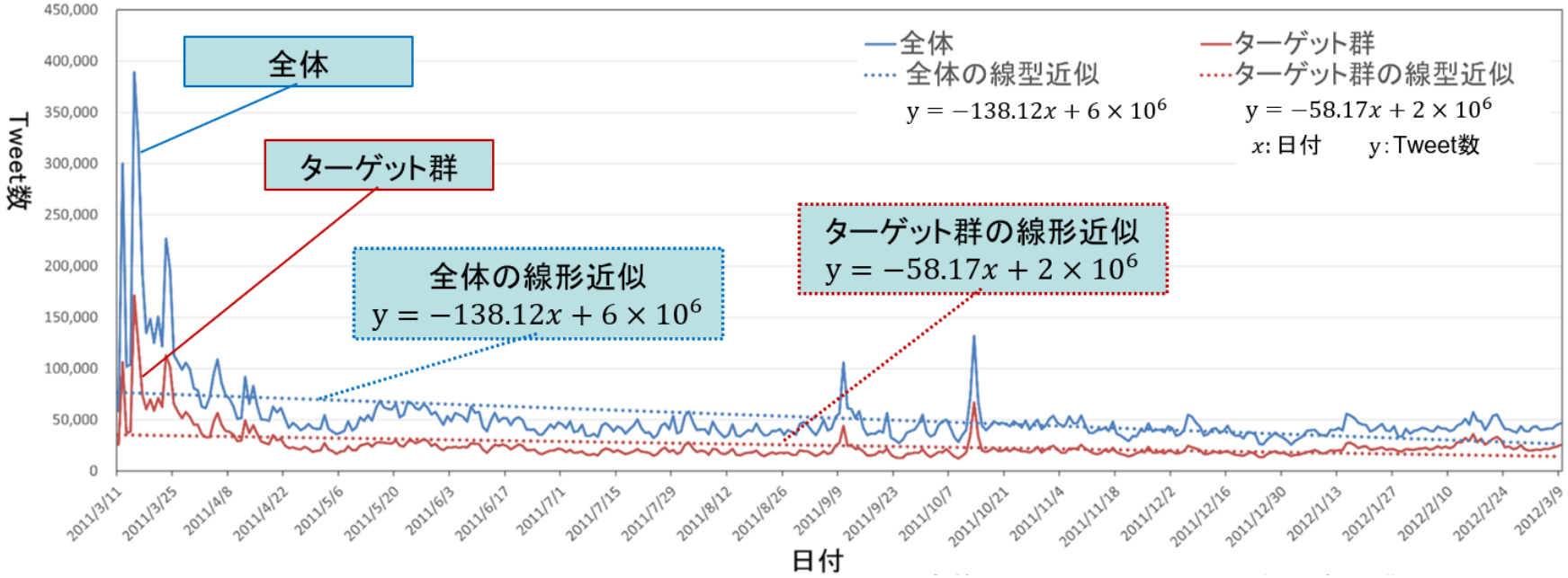

図１．一日当たりの Tweet 数の推移

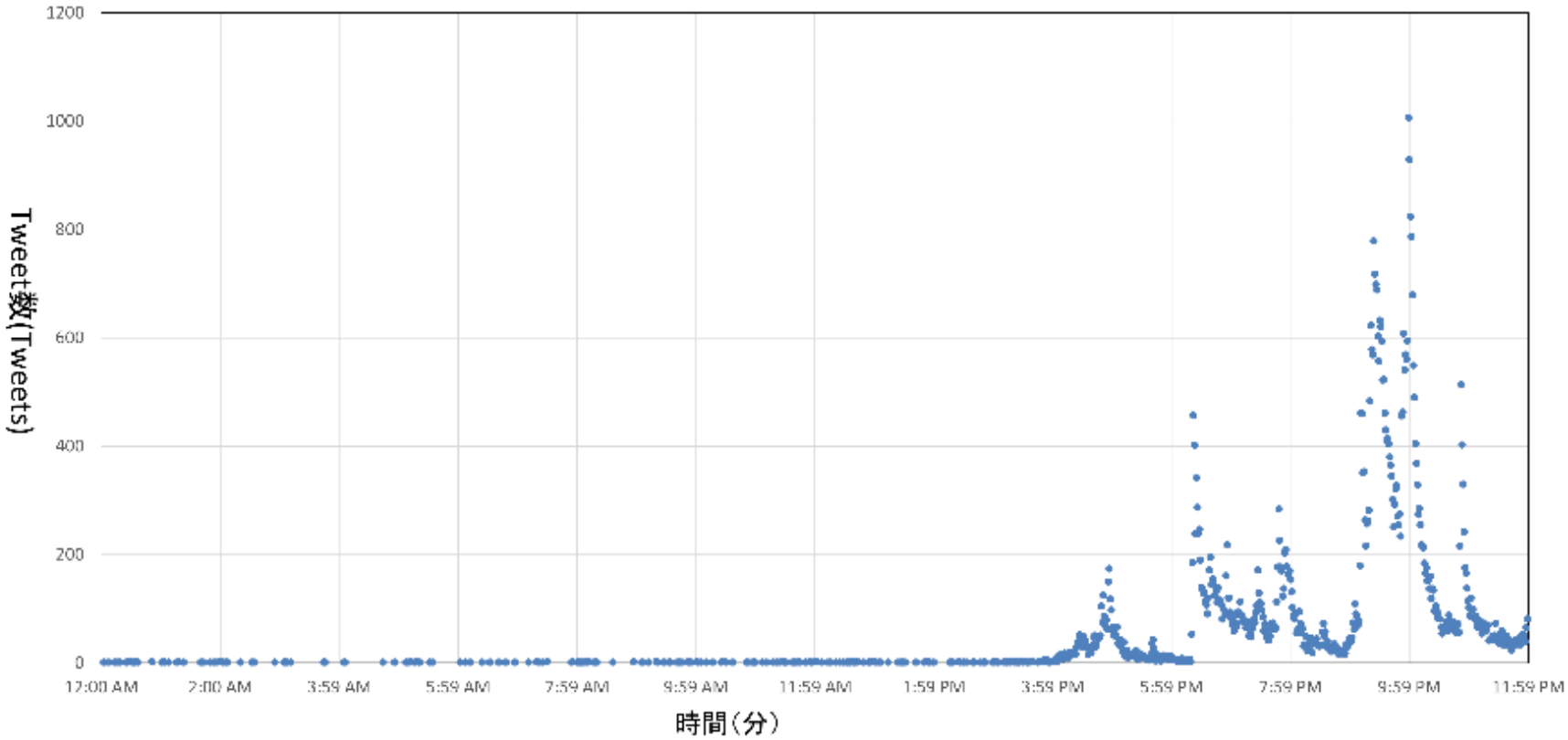

図２．2011 年 3 月 11 日の分毎 Tweet 数

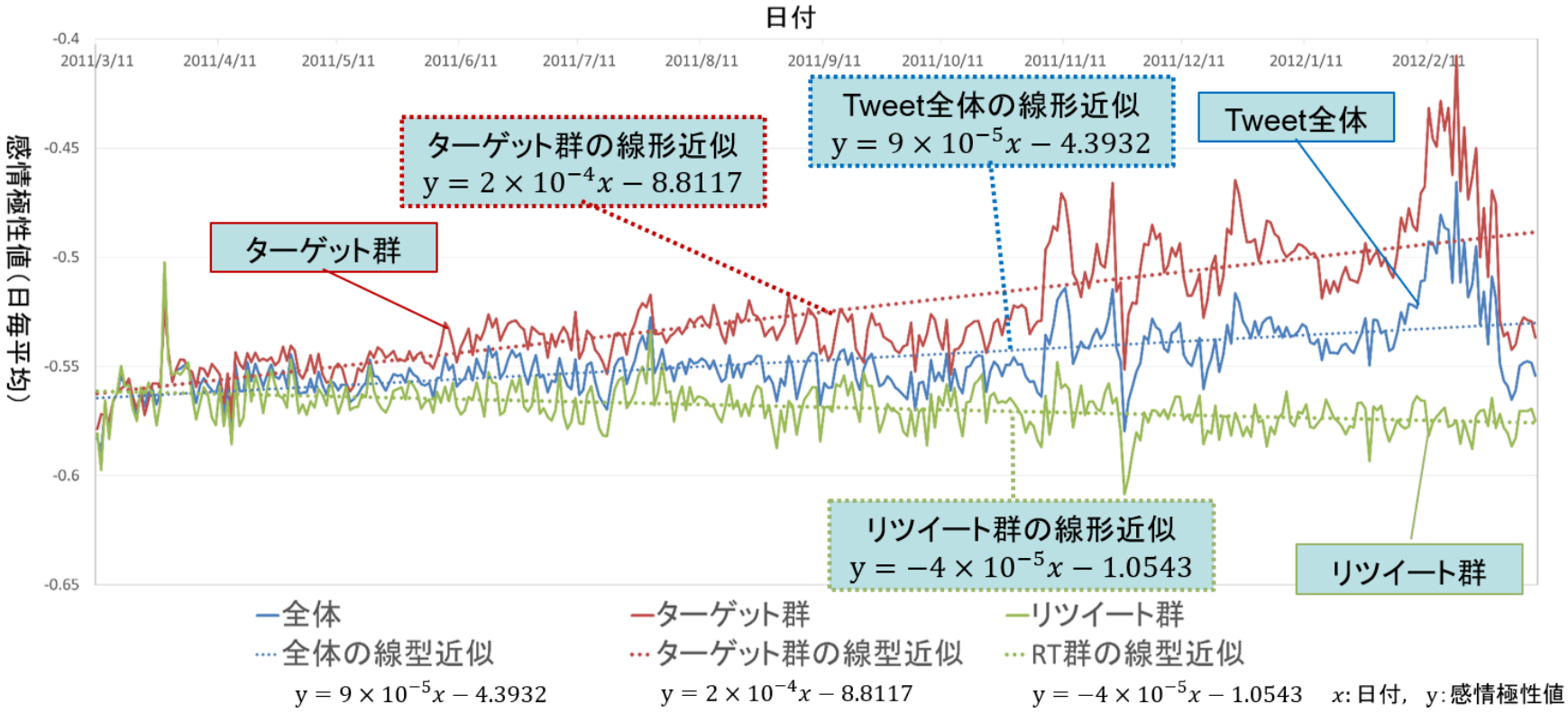

図３．Tweet の感情極性値日毎平均推移

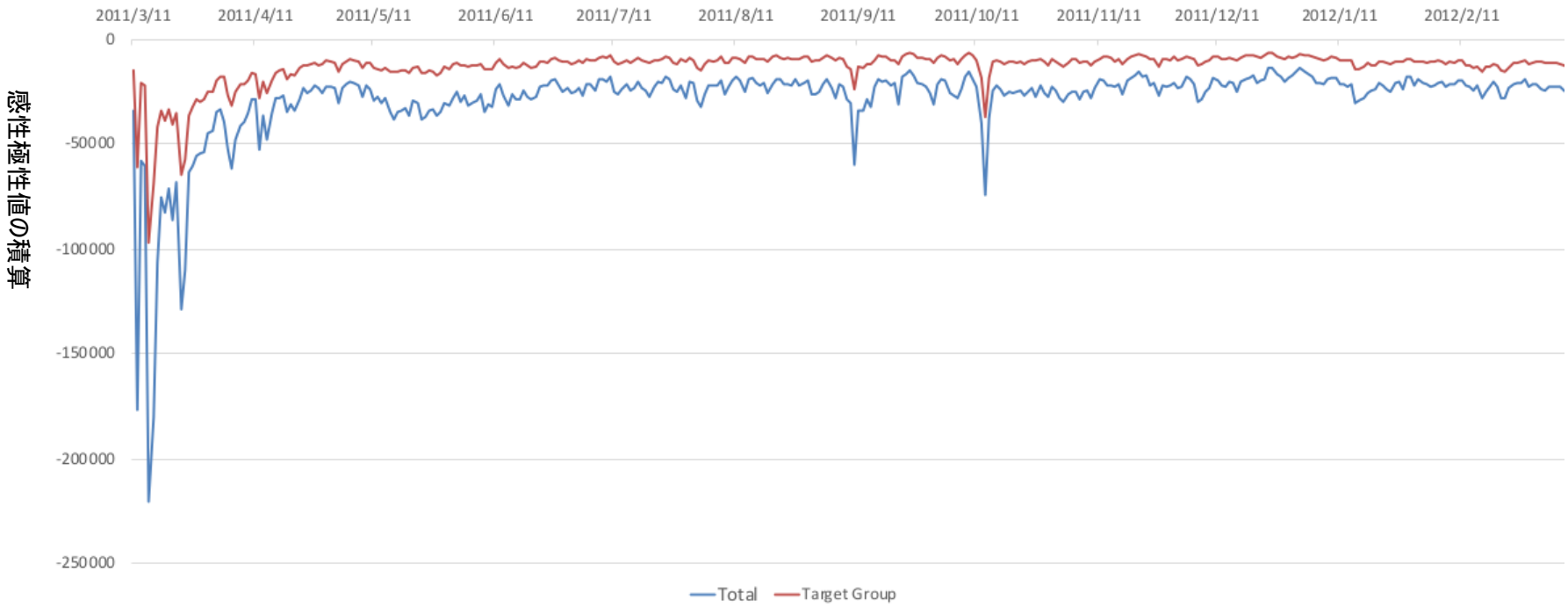

図４．感情極性値の日毎積算推移

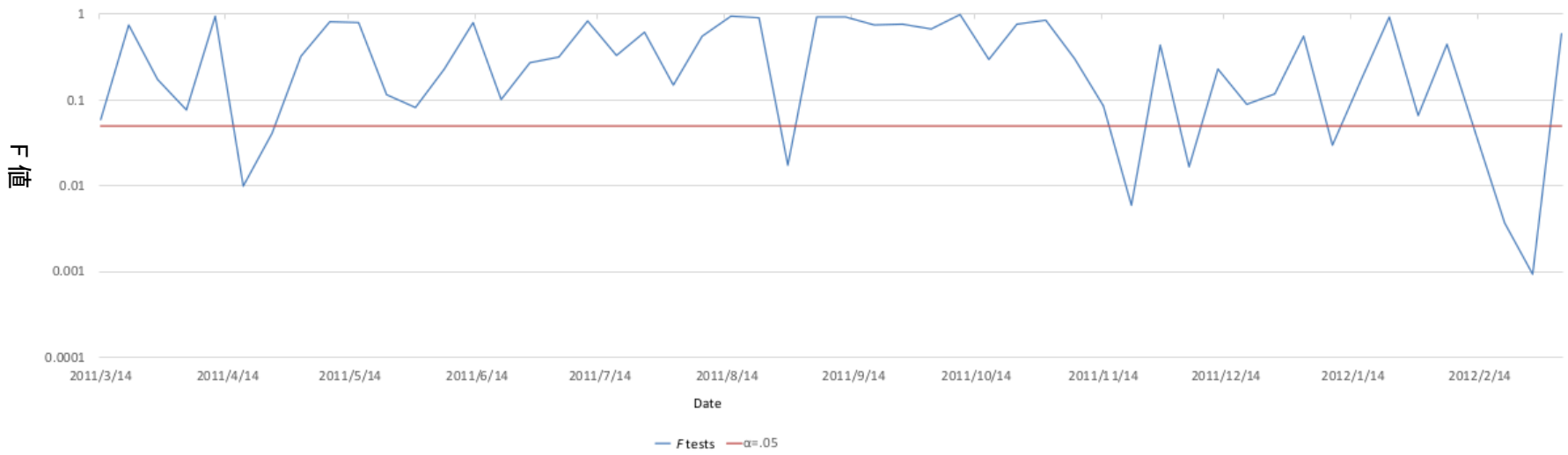

図５．週毎のターゲット群とリツイート群の F 検定テスト

対象のデータセットのうち、地名を含んだ Tweet の数は 7,763,943 件であった。すべての Tweet に含まれる固有の地域名の合計は 34,233 であった。地名を含んだ Tweet のうち、都道府県の判別できたものは 6,141,417 件であった。ターゲット群のうち、地名を含んだ Tweet の数は 3,004,726 件となった。ターゲット群とリツイート群の Tweet を都道府県別に分類し、都道府県別の地名を表す単語数、ターゲット群の Tweet 数、リツイート群の Tweet 数、都道府県の人口(2011 年 10 月 1 日現在[34])1000 人当たりのターゲット群の Tweet 数をそれぞれ集計した。集計において日本以外の地名は「その他」に分類した。形態素解析において地域名と判別された単語のうち、ジオコーダで一意に都道府県が特定できない地名が存在した。例えば、「１丁目」「１番丁」などの番地を表す普遍的な単語が含まれていた。このような単語についても「その他」として集計した。詳細を表２「ターゲット群の都道府県別 Tweet 数内訳」に示す。

都道府県別の地名を表す単語数を図６「都道府県別の Tweet に含まれている地名を表す単語数」に示した。図７「都道府県別 Tweet 数」に、都道府県別の Tweet 数を青軸でターゲット群、オレンジ軸でリツイート群をそれぞれ示した。都道府県の人口 1000 人当たりのターゲット群の Tweet 数を、図８「人口千人当たりの Tweet 数」に地図に濃淡で表した。地名の分布を明らかにするために、Yahoo!ジオコーダで地名をジオコーディングして緯度経度を取得し、図９「地名分布図（日本)」、図 10「地名分布図（世界)」に地図上にプロットした。赤点の位置が地名の所在地、半径がその地名を含む Tweet の数を表す。「その他」分類された地名にはチェルノブイリを始めヨーロッパや北米など、海外の原子力発電所を有する地域に関する Tweet が多くを占めていた。中でも、チェルノブイリ原子力発電所事故の影響を受けた、チェルノブイリやウクライナやベラルーシ近辺、スリーマイル島近辺の地域に関する Tweet が多くみられた。福島第一原子力発電所事故に関連してチェルノブイリやスリーマイルなどの過去の原子力災害が想起された Tweet である可能性が示された。都道府県別に日毎の Tweet 数の推移を表したグラフを図 11「都道府県別の日毎 Tweet 数推移」に

示した。また、図 12「2011 年 3 月 11 日～2011 年３月 20 日までの日毎の地名分布図」には、震災発生日の 2011 年 3 月 11 日から３月 20 日までのそれぞれの日について、日本の地名分布図を示した。

都道府県に分類した Tweet を福島県と、それ以外の都道府県の２つのグループに分けた。福島県とそれ以外の都道府県について、週毎の Tweet の感情極性点数の平均を算出し、それぞれの地域について放射線に関連した感情がどのように推移したかを調査した。

図 13「週毎の福島とそれ以外の地域に対する Tweet 数の比」と図 14「週ごとの福島とそれ以外の地域に対する Tweet の感情極性値の平均比」にターゲット群の福島県と福島県以外の都道府県の Tweet 数の比、感情極性値の平均の比を示す。感情極性値は-1 から 1 の間を取るため、図 15「週ごとの福島とそれ以外の地域に対する Tweet の感情極性値の平均比」の平均値の比においては感情極性値の平均に１を足して 0 から 2 の間の値を取るようにして比をとった。

図 14「週ごとの感情極性値平均の推移」には、福島県とそれ以外の都道府県の感情極性平均値の推移を、ターゲット群とリツイート群のそれぞれで下記のように示す。

1. 青色の実線：福島県で Bot やリツイートを除いたもの 「福島県ターゲット群」
2. 緑の実線：福島県以外で Bot やリツイートを除いたもの 「他地域ターゲット群」
3. 赤色の実線：福島県で Bot やリツイートのもの 「福島県リツイート群」
4. 紫色の実線：福島県以外で Bot やリツイートのもの「他地域リツイート群」

それぞれの線について線型近似を破線で追加した。

表２．ターゲット群の都道府県別 Tweet 数内訳

都道府県	地域名を表す単語	Tweet 数（ターゲット群）	Tweet 数（リツイート群）	1000 人当たりの Tweet 数
北海道	635	51,871	77,803	9
青森	158	18,181	26,014	13
岩手	545	32,319	46,794	25
宮城	911	64,714	108,190	28
秋田	200	10,473	13,545	10
山形	295	13,523	19,022	12
福島	1535	741,178	1,169,560	372
茨城	1013	155,482	168,468	53
栃木	650	41,832	55,301	21
群馬	714	26,892	40,254	13
埼玉	1647	55,702	68,831	8
千葉	1757	129,784	169,517	21
東京	2614	441,874	585,155	33
神奈川	1766	108,510	133,176	12
新潟	380	29,238	35,288	12
富山	100	4919	4,515	5
石川	121	3461	7,722	3
福井	137	11,437	16,639	14
山梨	313	7881	9,240	9
長野	663	21,466	30,256	10
岐阜	325	8582	11,523	4
静岡	615	36,133	44,847	10
愛知	696	21,380	26,516	3
三重	208	2339	2,251	1
滋賀	131	3497	5,086	2
京都	319	18,232	26,478	7
大阪	677	35,824	51,518	4
兵庫	362	9341	13,451	2
奈良	150	3208	3,503	2
和歌山	115	2271	3,389	2
鳥取	71	2774	3,573	5
島根	79	3081	4,313	4
岡山	134	5937	6,509	3
広島	195	35,599	54,117	12
山口	109	2462	3,930	2
徳島	75	2113	3,564	3
香川	77	2229	2,780	2
愛媛	105	3974	5,056	3
高知	99	2596	6,709	3
福岡	326	12,243	16,762	2
佐賀	83	5757	9,599	7
長崎	125	48,477	48,797	34
熊本	123	4620	9,937	3
大分	104	3590	4,079	3
宮崎	106	3284	4,920	3
鹿児島	127	4559	8,177	3
沖縄	165	22,115	32,994	16
その他	16,235	1,396,553	2,005,642	N/A[a]

[a]N/A: 人口の母数が定められないため計算していない。

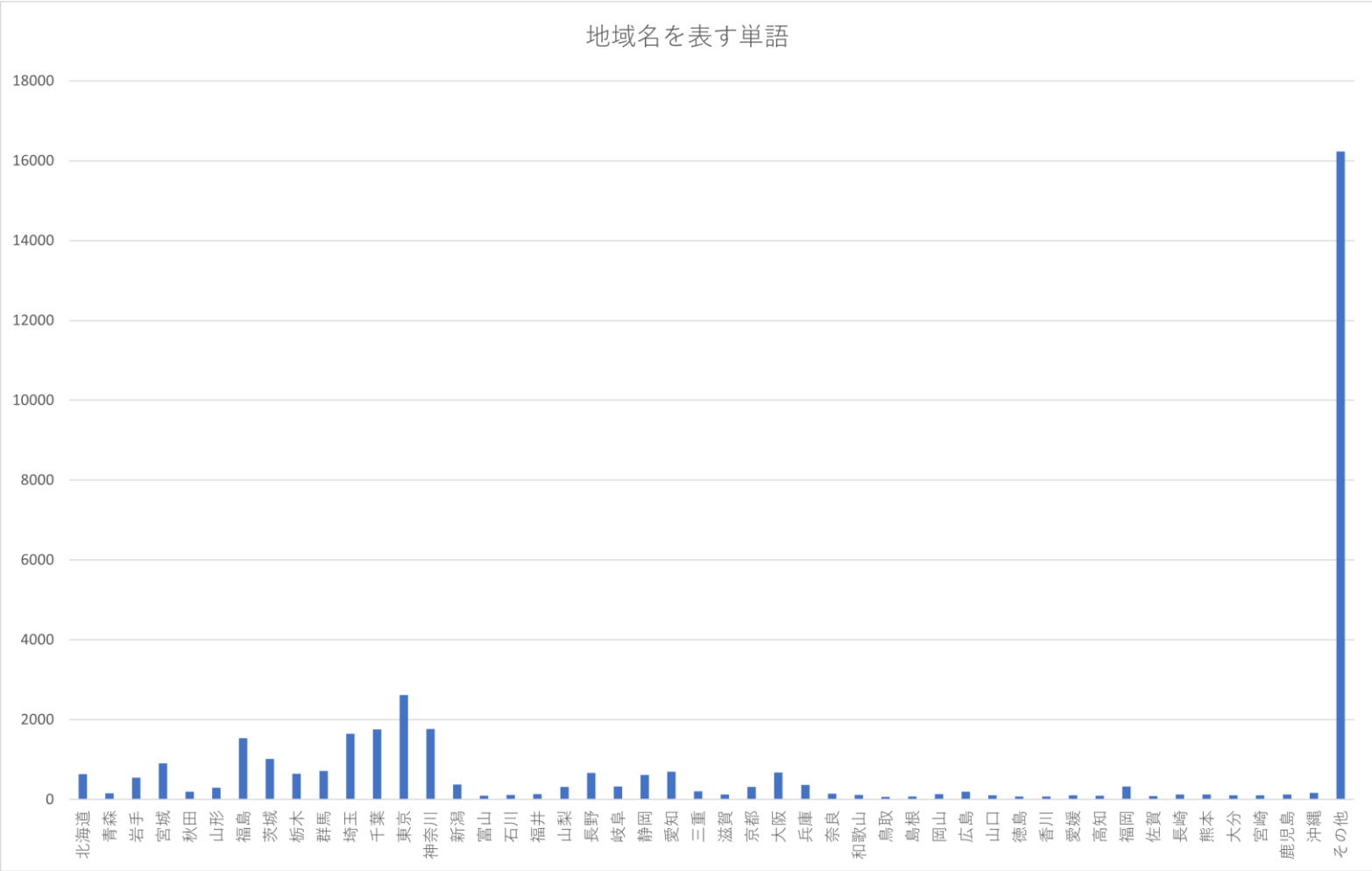

図６．都道府県別の Tweet に含まれている地名を表す単語数

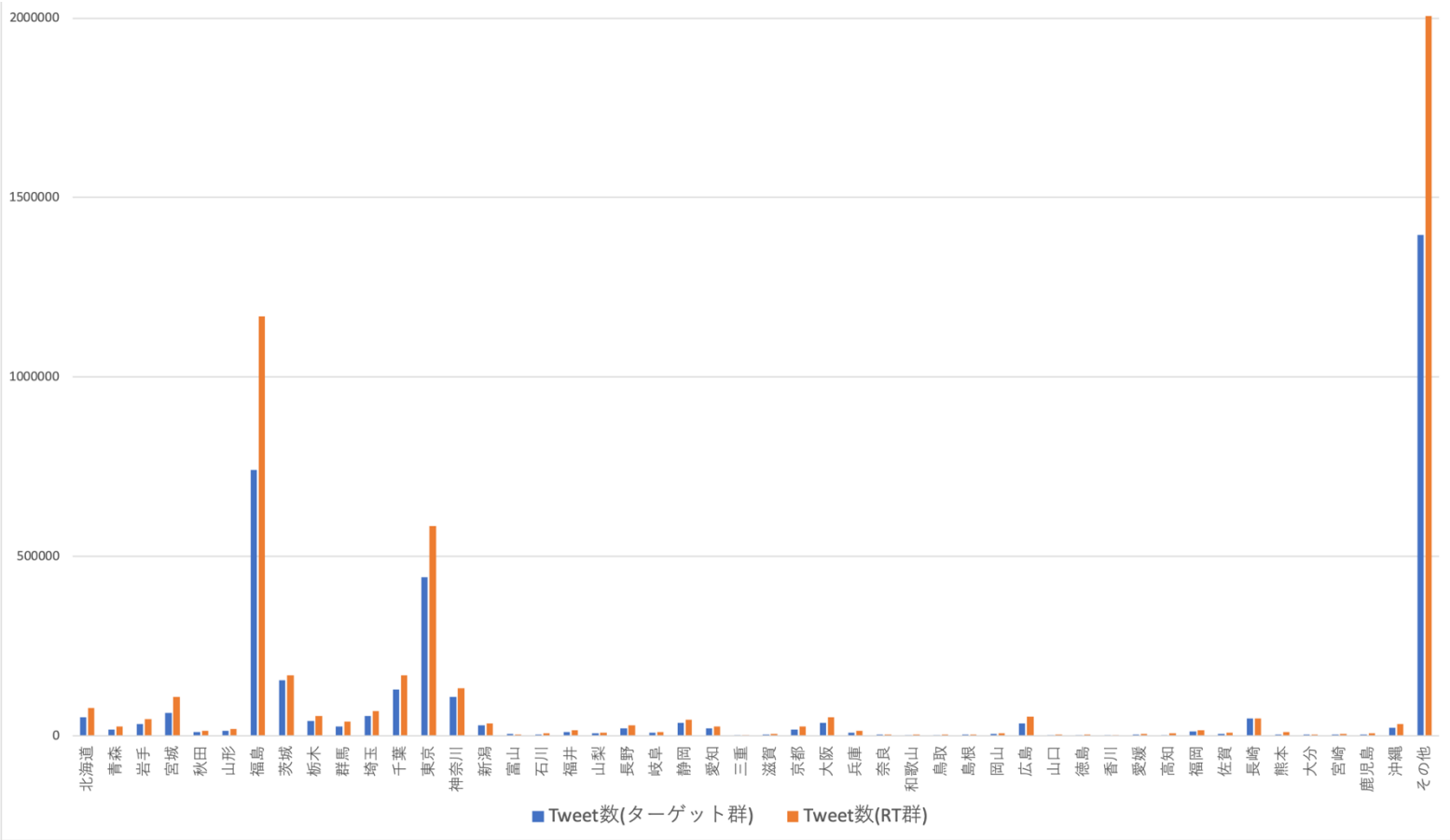

図７．都道府県別 Tweet 数

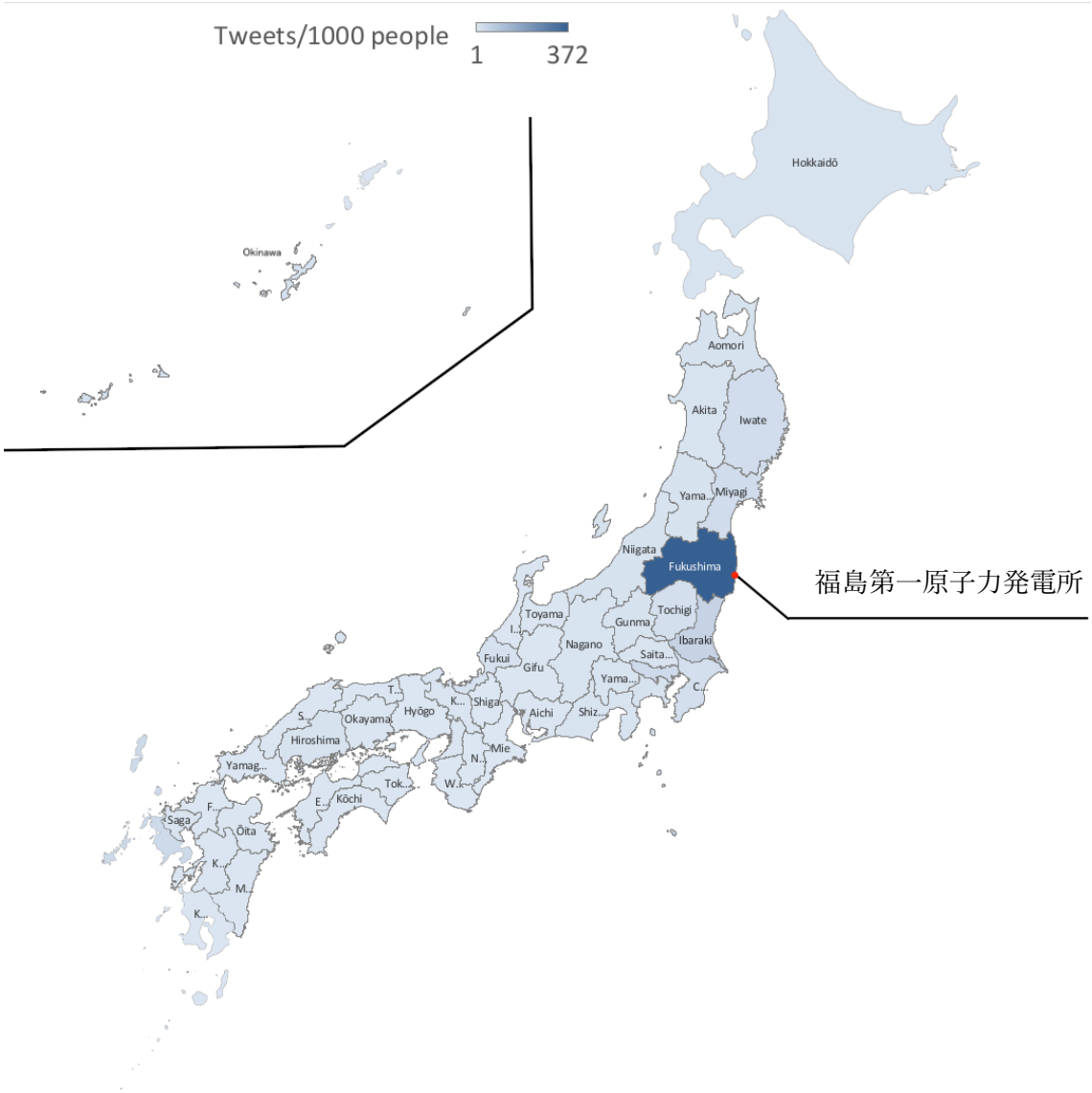

図８．ターゲット群の人口千人当たりの Tweet 数

図９．地名分布図（日本）

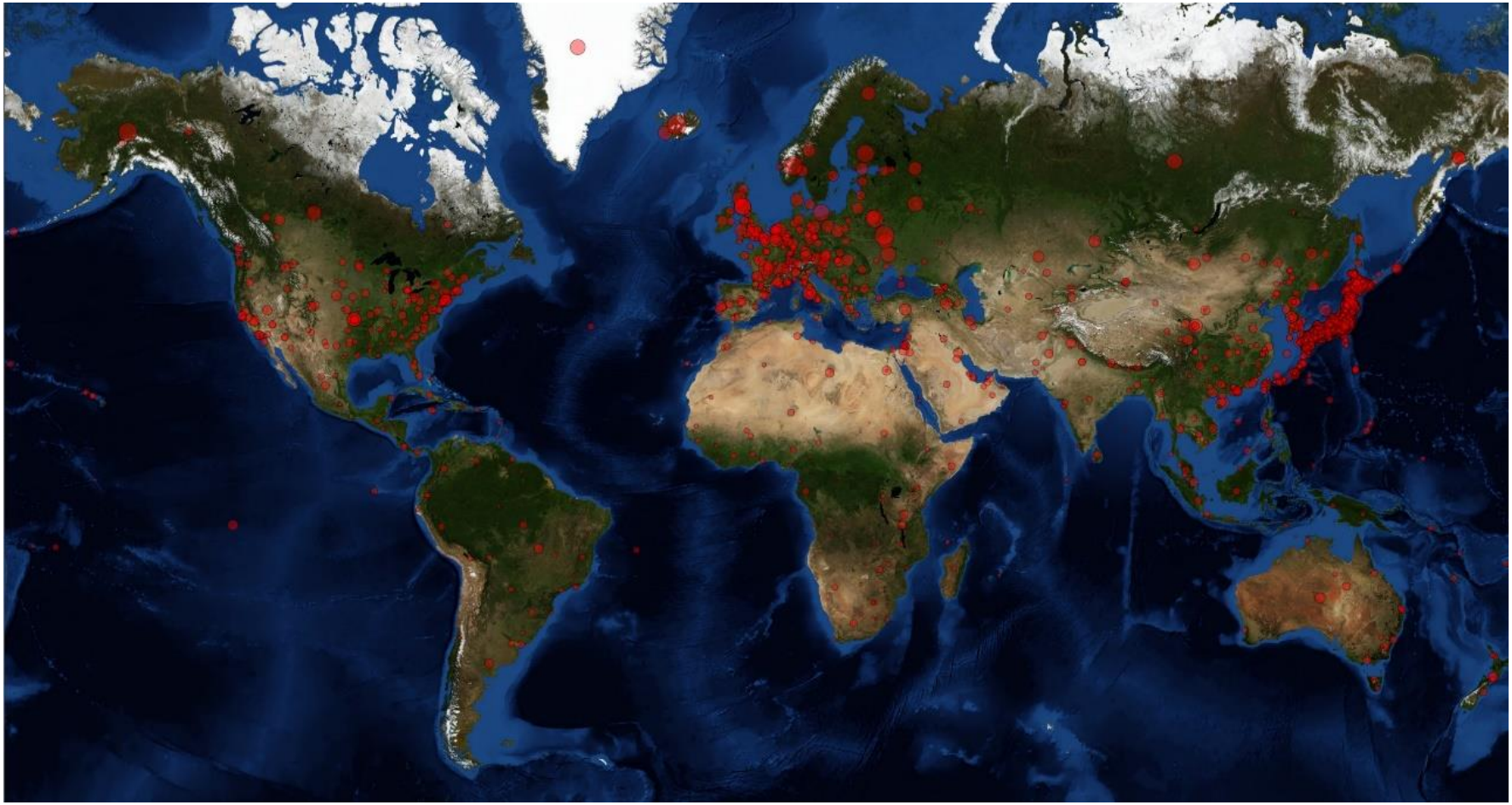

図 10．地名分布図（世界）

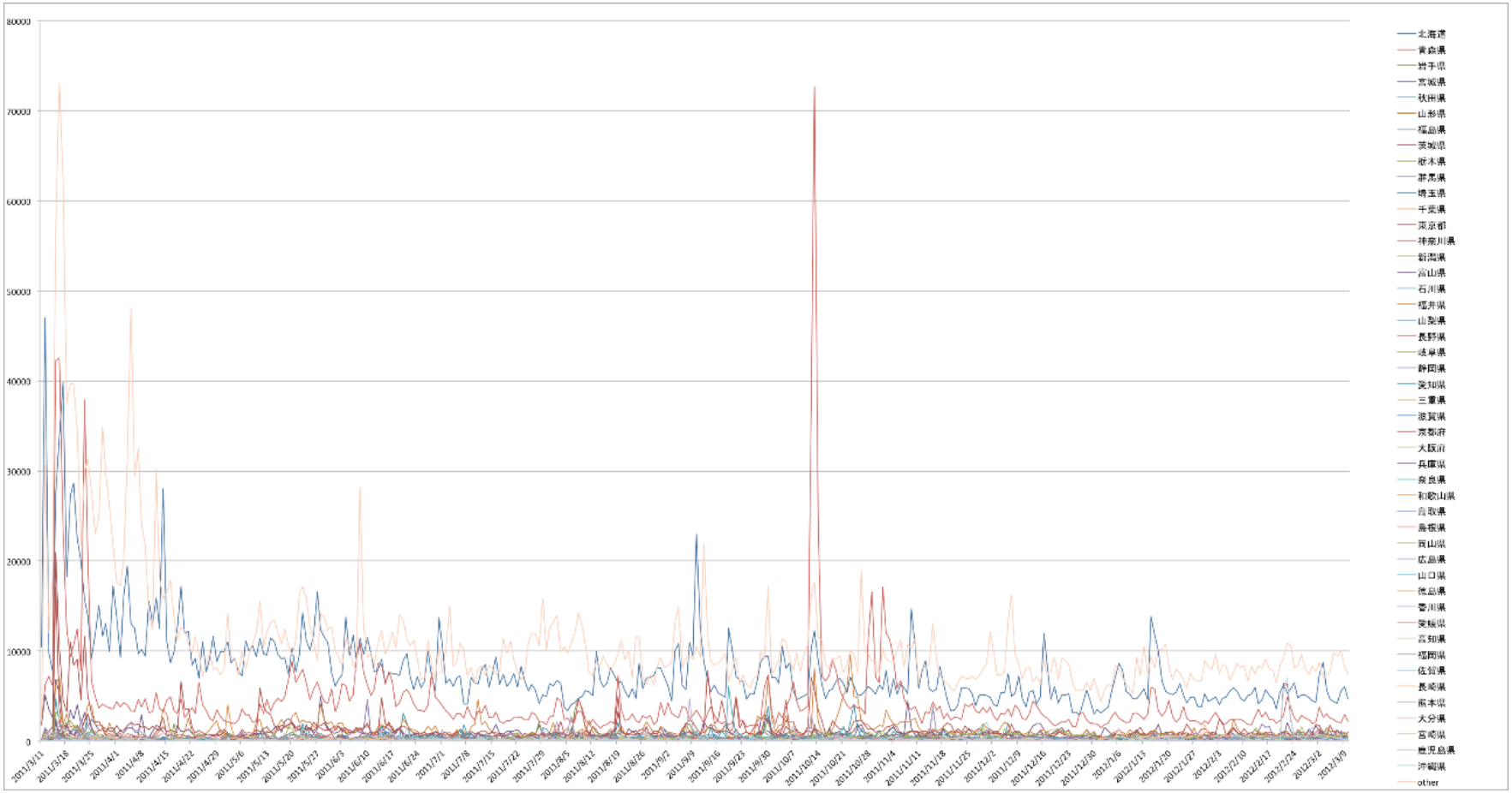

図 11. 都道府県別の日毎 Tweet 数推移

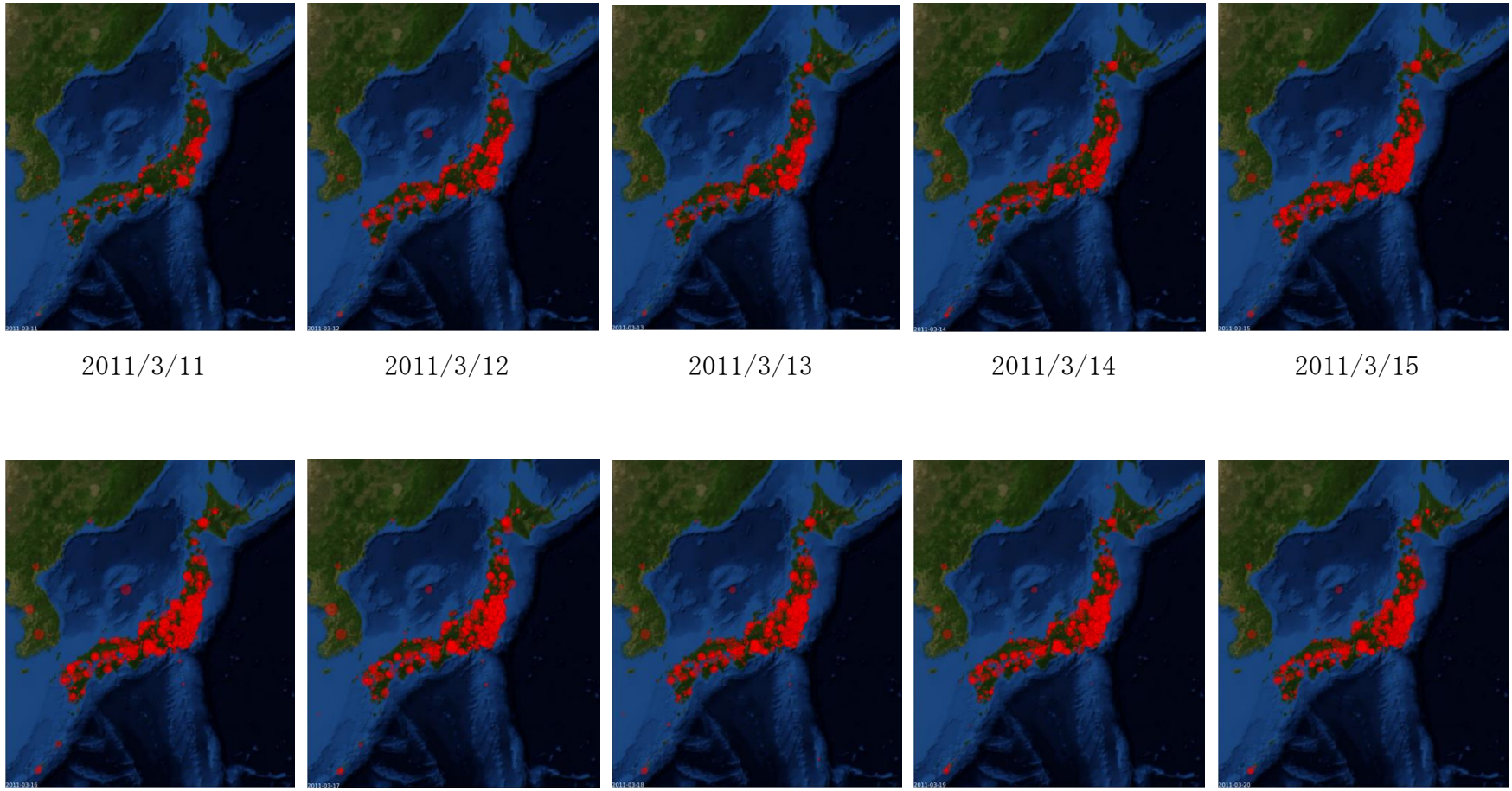

図 12．2011 年 3 月 11 日～2011 年 3 月 20 日までの日毎の地名分布図

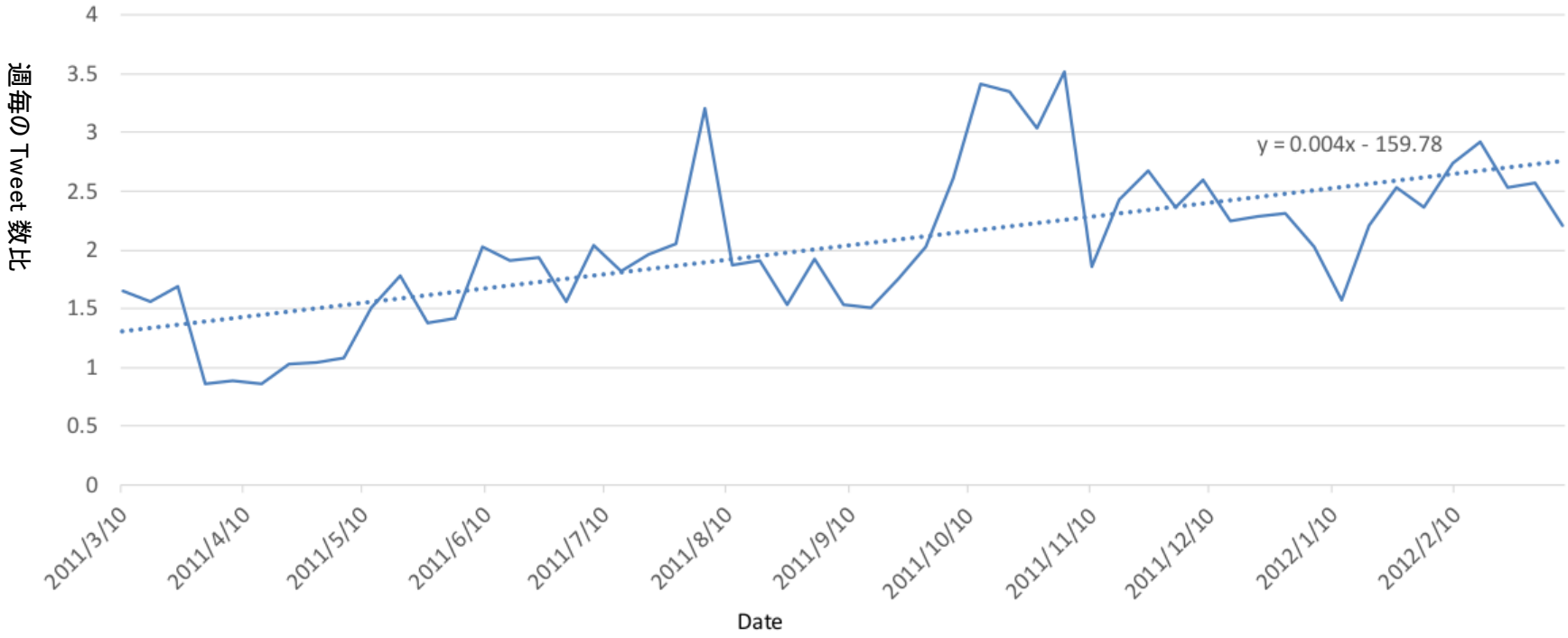

図 13. 週毎の福島とそれ以外の地域に対する Tweet 数の比

点線は近似直線を表している。

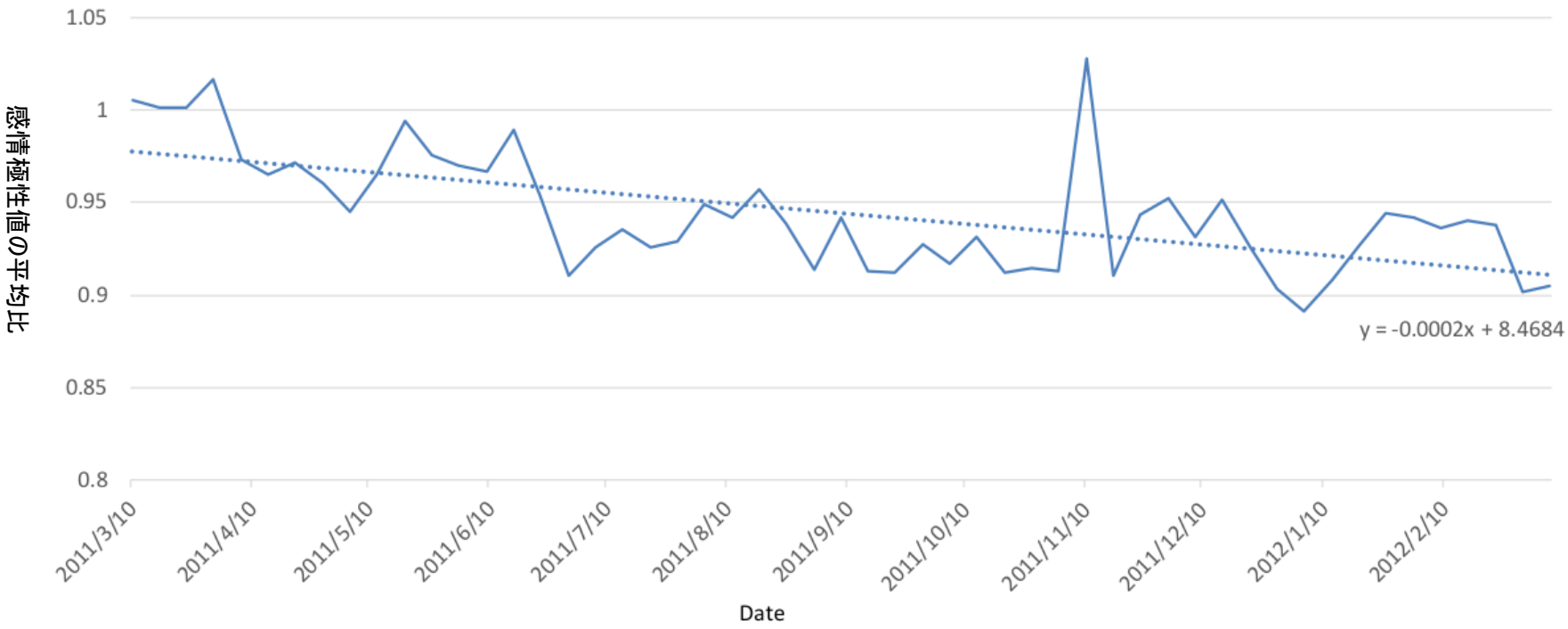

図 14. 週ごとの福島とそれ以外の地域に対する Tweet の感情極性値の平均比

点線は近似直線を表している。

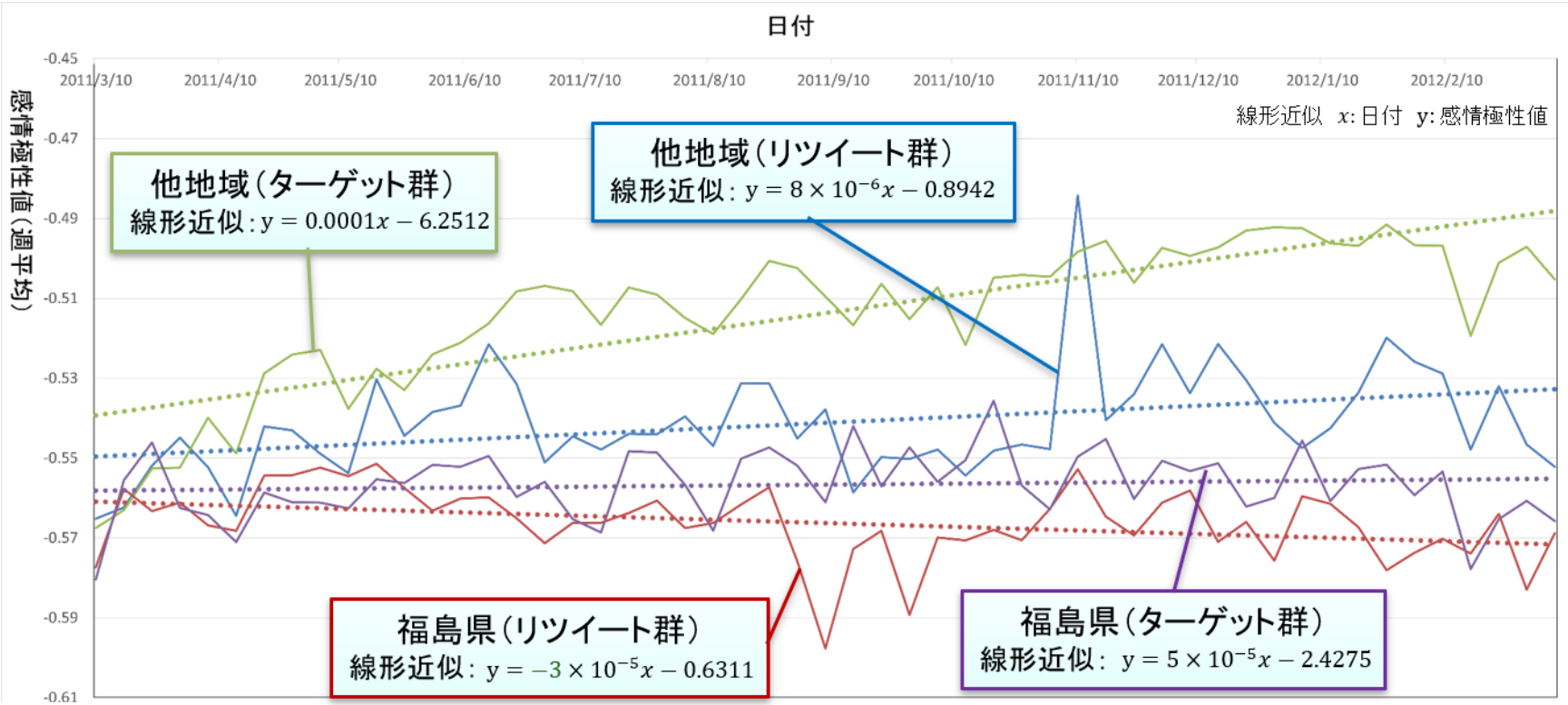

図 15.　週ごとの感情極性値平均の推移

3-4.　考察

3-4-1. データセット全体の特徴と傾向

表３「2011 年の主だったできごと」に 2011 年の出来事を時系列順に示す。2011 年 3 月 11 日午後 2 時 46 分（日本時間）に東日本大震災が発生し、その約 1 時間後には津波が各地を襲った。これにより、午後 4 時頃には太平洋沿岸の原子力発電所の被害が懸念されるようになった。これまでは「放射線」「放射能」「放射性物質」という言葉を含む Tweet は少なかったが、この津波をきっかけとしてこれら 3 つの言葉を含む Tweet が急増していることが明らかになった（図 2「2011 年 3 月 11 日の分毎 Tweet 数」）。Mendoza らが 2010 年のチリ地震発生後に分析した災害時の Tweet 傾向と同様に[35]、本データセットにおいても発災直後に多くの Tweet が発せられている。全体の 1 年間の Tweet のうち、発災後 1 週間で約 8 %、発災後 1 ヶ月間で約 21%もの Tweet が占めており、その後緩やかな減少傾向にあった。この傾向は Google の検索ワードのトレンド[36]においても同様の傾向がみられた（図 16「Google トレンドの分析結果：「放射線」「放射能」「放射性物質」」）。

図 16. Google トレンドの分析結果：「放射線」「放射能」「放射性物質」

青線：「放射線」、赤線：「放射能」、黄線：「放射性物質」

対象期間：2011 年 3 月 6 日～2012 年 3 月 17 日

図１「一日当たりの Tweet 数の推移」で示したように、1 号機が水素爆発を起こした 3 月 12 日には約 30 万件の Tweet が投稿され、2 号機、４号機の被害が明らかになった 3 月 15 日には約 40 万件の Tweet が投稿された。図 12「2011 年 3 月 11 日～2011 年３月 20 日までの日毎の地名分布図」においては、震災発生当日には被災した東北地方太平洋側に関する Tweet が多く、その後徐々に全国に広がっていき、３月 15 日には黄色い粉が関東に降下したというニュースに合わせて関東に関する Tweet が増えている様子が視覚的にも明らかになった。

3 月 23 日には内閣府原子力安全委員会により、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)を使った乳児(1 歳未満)の ^{131}I による甲状腺等価線量の予測が公開され[37]、約 23 万件の Tweet が投稿された。その後、Tweet は 1 日５万件前後で推移していた。9 月 10 日には当時の経済産業大臣が避難区域を視察した後、記者に「放射能つけるぞ」と冗談を言って辞任したことが報じられた。その後、九州電力川内原子力発電所において火事が発生したことが報道され、この 2 つの出来事の情報が広まった。10 月 14 日には東京都世田谷区の民家の床下からラジウム線源が見つかったニュースを受けて、Tweet 数が 10 万件を超えた。図 11「都道府県別の日毎 Tweet 数推移」においても、この日の東京都の Tweet 数が突出していることが示されている。図３「Tweet の感情極性値日毎平均推移」は東日本大震災直後にはネガティブな Tweet が多く投稿され、その後は近似曲線で示すように、緩やかにポジティブに向かっていく傾向にあるが、全体的に-0.4 を下回っており、「放射線」「放射能」「放射性物質」にはネガティブな感情を表す Tweet が投稿されていることが明らかになった。 発災直後ではデータセット全体（図３「Tweet の感情極性値日毎平均推移」、青線）とターゲット群ではほとんど感情極性値に差はないが、ネガティブからポジティブへの加速はターゲット群の方が早い傾向がみられた。Bot やリツイートによるネガティブな Tweet が多くなり、近似直線の負の傾きで示されるように、Bot やリツイートの感情はネガティブな傾向にあることが明らかになった。Bot やリツイートは、情報を広く拡散させる手段とし

て機能することが多い。しかし、ネガティブな感情を含んだ情報を拡散しやすいことが明らかになった。このことは、Bot やリツイートが情報に遭遇したユーザやコミュニティを感化させ、特定のものに対する嫌悪感の増大に導いている可能性が認められた。

以下に示す日付付近で感情極性値に特徴的な変化が見られた。これらの日にどのような内容が多く拡散されていたかとともに下記に記す。

3 月 28 日　関東各地の環境放射能水準の可視化サイトが公開された[38]。これについて、わかりやすいと言ったポジティブな単語とともに情報共有として急速に拡散されたため、前後からおよそ 0.029～0.067 ポイントポジティブ方向に振れ、両群で同じ傾向を示していた。

11 月 11 日　「福島の子供達 を救うために緊急嘆願書に署名してください」(感情極性値：-0.396)という平均よりも比較的ポジティブな Tweet が大量に投稿されていたため、大きくポジティブな傾向を示した。Bot でもなく、リツイートの形でもなく拡散されており、図４に示したように前後の週で両群の乖離が有意であることが明らかになった。

11 月 23 日　感情極性値が 0.05～0.4 程度のガイガーカウンターの宣伝が前後の日に比べて約２～３倍(11/22 1797/34173 tweets 5.3%、11/23 3468/33778 tweets 10.3%、11/24 1087/40348 tweets 2.7%)投稿されており、これが影響したものと思われる。12 月 24 日のピークおよびその前後についても同様の傾向が確認された。

11 月 26 日　東京電力が 11 月 24 日に「放射性物質は東電の所有物ではない。したがって東電は除染に責任をもたない」と答弁した[39]ことが報道され、この情報がネガティブな単語とともに拡散されており、これに伴って両群で感情極性が大きくネガティブな傾向を示した。

それまでターゲット群とリツイート群で同じような線を描いていたにも関わらず、12 月

７日以降、２月 27 日まで両群の推移の形に乖離が出ており、特に 12 月 21 日から１月 15 日、２月７日から２月 27 日にターゲット群ではポジティブ方向に山ができ、12 月 18 日に最大-0.41 にまで達するものの、リツイート群ではこれに応じた山は形成されず、-0.58 付近を推移した。図４にターゲット群とリツイート群の週次 F 検定を示したように、この期間において両群に有意な乖離が見られた。

表３．2011 年の主だったできごと

年月日	できごと
2011/03/11	東北地方太平洋沖地震発生
2011/03/12	福島第一原子力発電所の 1 号機が水素爆発を起こした
2011/03/15	福島第一原子力発電所の 2 号機、４号機の損傷が明らかになった 関東に黄色い粉が降ったと話題になった
2011/03/23	内閣府原子力安全委員会により、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム(SPEEDI)を使った幼児(1 歳未満)のヨウ素 131 による甲状腺等価線量の予測が公開された
2011/03/28	関東各地の環境放射能水準の可視化サイトが公開された
2011/09/10	鉢呂経済産業大臣(当時)が「放射能つけるぞ」発言で引責辞任した
2011/10/14	東京都世田谷区の民家の床下からラジウム線源が見つかった
2011/11/11	「福島の子供達 を救うために緊急嘆願書に署名してください」という Tweet が大量に投稿された
2011/11/23	ガイガーカウンターの宣伝が前後の日に比べて約２～３倍投稿された
2011/11/24	東京電力が「放射性物質は東電の所有物ではない。したがって東電は除染に責任をもたない」と答弁した
2011/11/26	東京電力の答弁が報道された

3-4-2. ターゲット群の都道府県別の特徴

表２「ターゲット群の都道府県別 Tweet 数内訳」で示したように、被災地である福島県に関した Tweet が 1000 人あたり 372 件と突出して多く、他の都道府県（最大で 1000 人あたり 53 件）に比べて人口比率の高さが際立っていた。被災地に近い東日本は西日本に比べて

Tweet 数が多く、人口比でも多くなる傾向にある。西日本の大都市のある大阪府、京都については、Tweet 数は多いものの、人口比ではそれぞれ 1000 人あたり４件と７件であり、富山、岐阜、愛知の三県以西の他の地域（1000 人あたり 1～34 件）と同水準である。また、過去に原子力爆弾が投下され壊滅的な被害を受けた広島県（1000 人あたり 12 件)、長崎県(1000 人あたり 34 件)の Tweet が西日本の他の地域（最大で 1000 人あたり 16 件）と比べて目立っており、放射線に関連した地名を想起している可能性が認められた。沖縄県についても、米軍による核爆弾の持ち込み疑惑が過去何度も取り上げられ、放射線に関連して想起される地名のようであった。これらは都道府県別の Twitter 利用率[40](図 17「都道府県別の Twitter 利用割合」)とは別の傾向を示している。

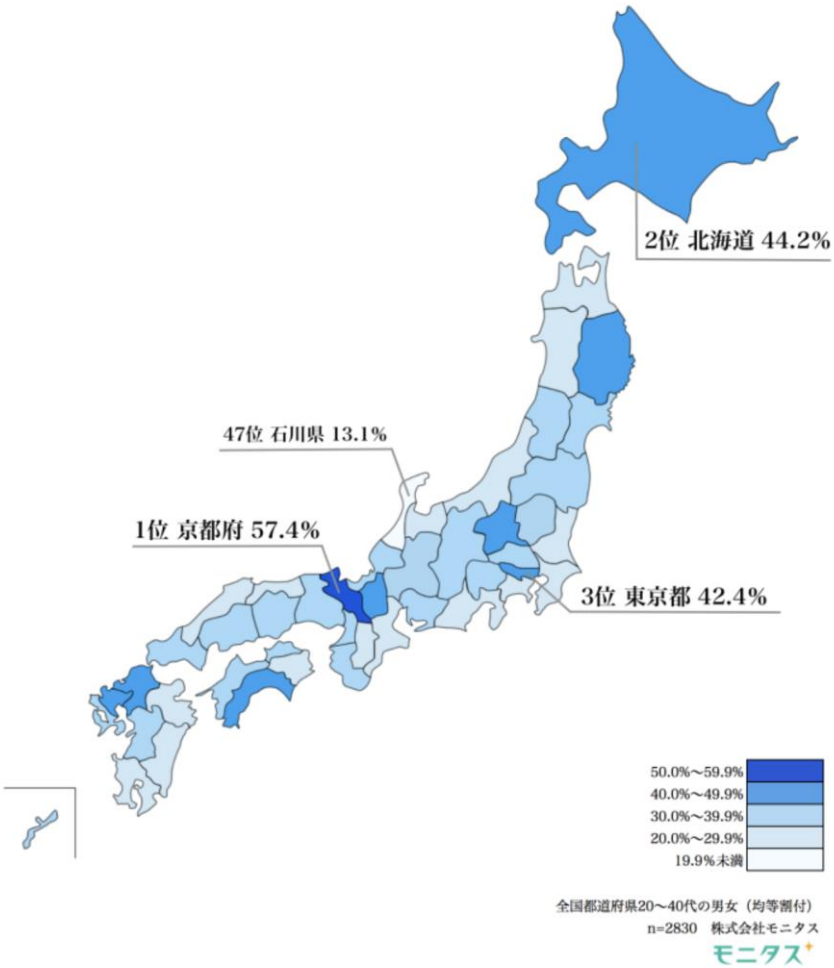

図 17. 都道府県別の Twitter 利用割合（モニタスによる調査[40]より引用）

3-4-3. 福島県とそれ以外の都道府県についての比較

図 13「週毎の福島とそれ以外の地域に対する Tweet 数の比」で示したように、福島県とそれ以外の Tweet 数の比は増加傾向にあり、福島県への関心が高まっていることを示していた。他の都道府県を合わせた数の最大３倍近くにまで達し、線形近似の右切片は 2.5 倍に達していた。福島県とそれ以外の地域に関する Tweet の感情極性値の平均の比は特異な期間を除くと概ね１を下回った。直線近似が描くように、この比率は緩やかに低下しており、他の地域と比較して福島県に関するネガティブな感情が深まっていることが読み取れた。11 月 10 日の週に Tweet 数比でその前の週に比べてはそれほど増えていないものの、福島に関する感情極性が大きくポジティブな傾向を示していた。これは「福島の子供達 を救うために緊急嘆願書に署名してください」(感情極性値：-0.396)という平均よりも比較的ポジティブな Tweet が大量に Bot でもなく、リツイートの形でもなく拡散されていることに影響を受けている。

図１「一日当たりの Tweet 数の推移」と図３「Tweet の感情極性値日毎平均推移」に示すように全体の Tweet 数が減少し、それに伴い全体の放射線に関する感情極性値がポジティブに向かっていた。しかしながら、図 13「週毎の福島とそれ以外の地域に対する Tweet 数の比」と図 14「週ごとの福島とそれ以外の地域に対する Tweet の感情極性値の平均比」で示されるように他県に対する福島県の Tweet 数比が増加している上に、感情極性値の比が下降していることは、放射線に関して福島県に対しての感情がより急激にネガティブに傾いていることを示していると考えられた。図 15「週ごとの感情極性値平均の推移」では上述の図３「Tweet の感情極性値日毎平均推移」に対する考察と同様に、Bot やリツイートはターゲット群に比べてネガティブな感情に関する投稿が多いことが分かったが、地域に関する Tweet においても同じ傾向が確認できた。他の Tweet がポジティブな感情に向かっていく中、福島県に関するリツイート群の感情極性値平均推移の直線近似だけが負の傾きを

もち、時間が経つにつれネガティブな感情とともに投稿される傾向が強くなる。この傾向はBot やリツイートがよりネガティブな感情をもった情報を拡散している可能性を示しており、このような情報に触れたユーザが福島県の放射線に関わる事柄をネガティブな感情を持って認識し、福島県への嫌悪感が高まっていることを示していると考えられた。これらのことから、仮説1に挙げた、「原子力発電所事故によって生じた人々の不安が、放射線と関連して被災地である福島県に対し、時間が経つにつれてより否定的な感情とともに人々に捉えられていくようになり、それによって人々が福島に対する忌避感を増加させることに影響を与えているのではないか」という仮説を強く支持する結果であった。

福島第一原子力発電所事故とよく比較されるチェルノブイリ原子力発電所事故当時の状況においては、人々に知らされた事故の状況や放射性物質放出の情報は非常に限定的であった。事故当日の 1986 年 4 月 26 日にはチェルノブイリ原子力発電所近隣にあったプリピャチ市の住民は何も知らされず、事故の翌日には詳細を知らされないまま突然に、避難を余儀なくされた。30 ㎞圏の住民の避難が決定されたのは 5 月に入ってからのことである。それまでキエフ州の人々はほとんど何も知らされずにいた[41]。旧ソビエト連邦政府は近隣諸国への通報も怠り、この事故を隠していた。西側諸国に事故発生が明らかにされたのは、1986 年 4 月 28 日にスウェーデンのフォッシュマルク原子力発電所において、強い放射線が検出されたことをきっかけにスウェーデン政府が旧ソビエト連邦政府に問い合わせたことによって、発表されたチェルノブイリ原子力発電所で事故が起きたことを伝える短い発表であった[42]。事故の規模や詳細を解析するために最も重要な旧ソビエト連邦内での放射性物質汚染データの公開は、事故から 3 年後の民主化運動が高まる 1989 年の春まで待たねばならなかった[41]。このように、原子力発電所の事故やその後の汚染情報は政治の壁に阻まれ、小出しにしか出てこず、人々は不安に駆られた。福島第一原子力発電所事故においては、震災発生が日中であったこともあり、その直後からテレビをはじめあらゆるメディアで地震の被災状況や津波の様子、津波による福島第一原子力発電所の電源喪失の状況から 12

日の午後 3 時に 36 分に起きる 1 号機の水素爆発の様子までリアルタイムで中継され、インパクトを持って報道された。日本国中の多くの人が爆発の映像を視聴し、衝撃を受けた。福島第一原子力発電所の電源喪失が明らかになり、3 月 11 日の午後 9 時過ぎには半径 3 km圏内の住民に避難指示が出された。翌朝 5 時過ぎには 10 km圏内に避難指示が発令され、全町民が避難を開始した[43]。その後も続く 3 号機、2 号機、4 号機の事故の状況や放射線に関するさまざまな報道がなされ、人々は情報の洪水にさらされた。チェルノブイリ原子力発電所事故当時の状況と大きく違うのは、このようなマスメディアによる報道や様々な団体による情報提供だけでなく、住民が Twitter などのソーシャルメディアによって、様々な情報や感情を発信したり共有したりすることができるようなっていることである。実際に Twitter で様々な不安や怒りの感情の表出が行われたことが確認されている[44-46]。

本研究は各都道府県と放射線に関連して、全国の Twitter ユーザがどのような感情を持っているかという一方方向的な調査であったが、大災害や凄惨なテロリズムの情報に接した人々は、直接的に被害を受けていない遠く離れた場所にいる人でも心理的ストレスを示す知見がある[47]。直接被害を受けていないような地域の住民が、風評被害の対象となっている地域に対してどのような感情を持っているかについては、人々の福島への忌避感が増加していくに至る過程の解明やその軟化のために重要と考えられた。本研究の目的は、福島第一原子力発電所事故後の 1 年間に、放射線に関連した人々の感情が、福島県に向けてどのように移り変わっていったのかを明らかにすることであった。事故直後は放射線に対するネガティブな感情は時間の経過とともにポジティブな傾向を示したが、Bot やリツイートは他の Tweet と比較してその傾向が遅いことを明らかにした。福島県と放射能を関連づけた Tweet は、他の県に関連した Tweet に比べて明らかに否定的な感情を示し、さらにネガティブに向かう傾向を示し、時間の経過とともにその割合が増加した。放射能に関する Tweet は全体的に減少し、放射能に対する気持ちもポジティブに向かう傾向が見られた。しかし、福島県に関する Tweet がネガティブに向かう傾向にある一方で、割合が上昇していることか

ら、福島県に対する否定的な感情が強まっている可能性が認められた。福島県に関するTweet 以外の Bot やリツイートは徐々にポジティブに向かう傾向を示す一方で、福島県に関する Bot やリツイートはネガティブに向かう傾向を示すことを明らかにした。これらの結果は、Bot やリツイートによって拡散された福島県と放射能を連想させる否定的な感情によって、福島県に対する嫌悪感が高まった可能性が認められた。放射線による健康リスクなどのリスクに関するシグナルは、文化的集団や対人ネットワークなどの個人的・社会的プロセスによって増幅され、人々の反応を増幅させることが多い[48]。このことは、「福島県が放射線に関連した被災地であるというネガティブな印象を時間の経過とともに人々が持つようになったことが、福島への嫌悪感の増大に影響を与えているのではないか」という仮説を支持するものである。これを確認するためには、次のステップとして、個人レベルでの Bot と人との相互作用を追跡する必要がある。さらに、ソーシャルメディア上でフィルターバブルを使用することで確証バイアスが増幅されることはよく知られている[49,50]。この効果を考慮に入れて、リツイートや Bot が人々の嫌悪感に与える影響を分析する必要がある。

関谷ら[44]は図 1 「一日当たりの Tweet 数の推移」、図 16「Google トレンドの分析結果：Google トレンドの分析結果：「放射線」「放射能」「放射性物質」」で示したような、災害に関連した不安を表出する Tweet が時を経るに従い減っていくことについて、不安を解消するための「忘却」であると結論付けたが、本研究の結果によれば、「忘却」ではなく、福島への悪感情が「定着」しているという可能性を示すと考えられる。近年の消費者行動研究によれば、新たなブランド論はソーシャルメディアの利用によって行われる循環型コミュニケーションによる価値の共創であるとされている[51]。災害後におけるソーシャルネットワークにおいて、循環型ネットワークによって適切な情報の提供が行われないまま福島への悪感情が「共創」され「定着」につながったのではないだろうか。この点についてはさらなる研究が必要である。

3-4-4. 本研究の限界

Gore らは、同じ時間帯の Tweet で表現される感情には、地理的な偏りがあることを示した[52]。Padilla らは、Tweet で表現される感情は、人々が地元の人なのか、その地域を訪れているのか、1 日の間にどのような他の活動を行ったのかに基づいて偏る可能性があることを示している[53]。本研究では、福島に向けられた感情について一方向の感情分析を行っているため、この点を考慮していない。今後、人々の嫌悪感が高まる過程を明らかにするために、特定の地域の人々が福島のような風評被害を受ける地域に対してどのような感情を抱いているのかを明らかにしていく必要がある。Aoki らの調査[20]では、ジオタグ付き Tweet は対象データの 0.25%に過ぎず、より包括的なデータが必要である。また、Twitter 用者の年齢構成や居住地域には格差があるため、必ずしも国民全体を代表するものではない。本研究では、単語に対する感情極性の値に応じて、Tweet の感情極性値を決定した。このため、求められた Tweet の感情極性値が、Tweet 内の文脈や前後の Tweet の関係性に基づく文脈などを、必ずしも正しく表しているとは言えない。「放射能がおいしい」などの皮肉な発言は、「おいしい」という言葉がポジティブな感情極性値を持っていることが明らかであり、Tweet がポジティブな感情極性を持っていると判断される。書き込まれた文章とその文脈の両方の観点から感情極性を正しく評価する技術が必要とされている。突発的に発生した重大な出来事に対する人々の反応には正常性バイアスがあることはよく知られている[54]。特に、深刻な原子力発電所事故が発生した場合、被災者は自分の心を落ち着かせるために Tweet する可能性が高い。その結果、Tweet には自分の気持ちではなく、自分の思いが反映されている可能性がある。また、想起バイアスによって放射線の健康リスクが過大評価され、過剰な嫌悪感を示す Tweet をしてしまうケースもある。これらの認知バイアス[55]の影響を分析するためには、Tweet の内容やネットワークを評価する必要がある。

日本語話者は意味が伝われば単語を飛ばす傾向がある[56]が、140 文字に制限されている Twitter においてはこれが顕著である。「放射性ヨウ素」や「放射性セシウム」は頻繁に使

用される放射性同位体であり、「ヨウ素」や「セシウム」と単純に表記されることが多い。「セシウム」は日常生活ではあまり馴染みのない言葉であり、放射性同位体のセシウムを示している可能性が高い。Google トレンドにおいても、「放射性セシウム」や「放射性ヨウ素」、「セシウム 137」といった正式名称よりも、「ヨウ素」「セシウム」という単語が用いられており(図 17.「Google トレンドの分析結果：「セシウム」「ヨウ素」「放射性セシウム」「放射性ヨウ素」「セシウム 137」」)、このような省略の傾向が確認できる。放射線を語る際に省略されやすい、このような言葉に対する感情についても、「放射線」、「放射能」、「放射性物質」だけではなく、調査が必要である。

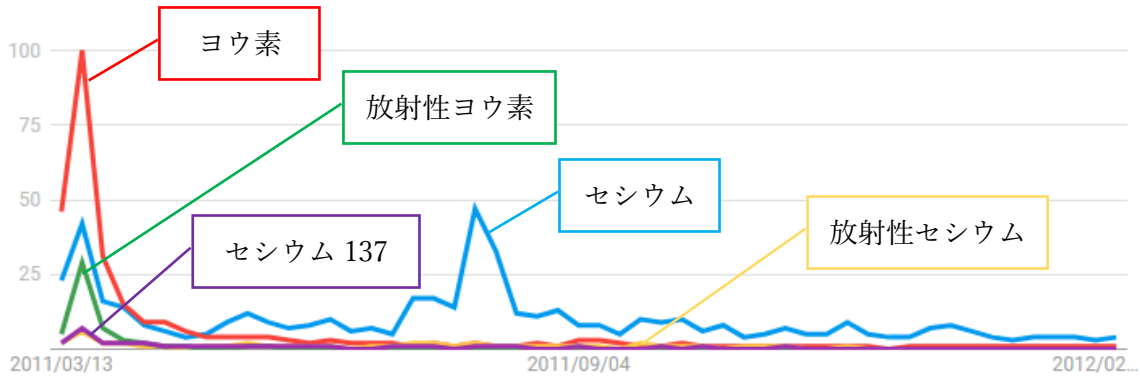

図 17. Google トレンドの分析結果：「セシウム」「ヨウ素」「放射性セシウム」「放射性ヨウ素」「セシウム 137」

青線：「セシウム」、赤線：「ヨウ素」、黄線：「放射性セシウム」、

緑線：「放射性ヨウ素」、紫線：「セシウム 137」

対象期間：2011 年 3 月 11 日～2012 年 3 月 10 日

本研究では Tweet が Bot のものかどうかは、“bot”という言葉がユーザの ID の前か後にあるかどうかで判断した。そのため、すべての Bot を正確に特定することはできていない。ユーザ ID の前か後に“bot”という言葉が付いておらず、上記のルールでは Bot であるか判

別できないものの、同じ情報を繰り返し投稿しているアカウントからの Tweet は Bot と判断して、リツイート群の一部として調査するか、別の群に分ける必要があると考えられる。しかしながら本研究においては、Tweet を１つ１つ調べて検証することはできなかった。

Twitter のフォロー機能によってコミュニティが形成され、リツイートによって情報の共有や伝播が行われるため、今後は、福島への嫌悪感が高まったときに人々が抱える感情だけでなく、コミュニティネットワークやリツイートによってどのように情報が伝播していくのかを調査することで、人々の意識が固定化されていく過程を明らかにしていくことが重要になると考える。今後、調査を進めていくことで、仮説２に挙げた「悪感情や忌避感の形成過程においてリスクコミュニケーションなどで適切な情報提供を行うことができれば、このような状況は防げたのではないか」についても明らかにすることができると考える。

3-5.　結論

本研究では、福島第一原子力発電所事故によって生じた、人々の放射線に関連する不安がどのように福島に向けられ、どのように福島への拒否感や悪感情が形成されていくのかを明らかにすることを目的とした。事故後１年間に Twitter 上に投稿された「放射線」、「放射能」、「放射性物質」のいずれかを含む Tweet 全 18,851,259 件を対象に、感情極性値を用いた感情分析を行った。18,841,755 件において感情極性値を持つ単語が使われており、ほとんど全ての Tweet において感情極性値を出すことが可能であった。地名を含んだ Tweet の数は 7,763,943 件であった。すべての Tweet に含まれる固有の地域名の合計は 34,233 であった。地名を含んだ Tweet のうち、都道府県の判別できたものは 6,141,417 件であった。ターゲット群のうち、地名を含んだ Tweet の数は 3,004,726 件となった。被災地である福島県に関した Tweet が県民 1000 人あたり 372 件と突出して多く、他の都道府県（最大で 1000 人あたり 53 件）に比べて Tweet の人口比率の高さが際立っていた。

津波の発生とともに「放射線」、「放射能」、「放射性物質」のいずれかを含む Tweet が急増

し、全体の１年間の Tweet のうち、発災後１週間で約８％、発災後１ヶ月間で約 21％もの Tweet が占めており、その後緩やかに減少していったことが明らかになった。Tweet の感情極性値の日毎平均は全体的に-0.4 を下回っており、「放射線」「放射能」「放射性物質」にはネガティブな感情を表す Tweet が投稿されていることが明らかになった。

福島県とそれ以外の地域に関連した Tweet 数の比は増加傾向にあり、福島県への関心が高まっていることを示していた。他の都道府県を合わせた数の最大３倍近くにまで達していた。福島県に関する Tweet は、他の地域に関連した Tweet と比べて明らかに否定的な感情を示し、感情極性値の平均の比は特異な期間を除くと概ね１を下回っており、時間の経過に伴ってさらに低下していき、他の地域と比較して福島県に関するネガティブな感情が深まっていることが示された。放射線に関する Tweet は全体的に減少し、放射能に対する気持ちもポジティブに向かう傾向が見られたものの、福島県に関する Tweet がネガティブに向かう傾向にある一方で、割合が上昇していることから、福島県に対する否定的な感情が強まっている可能性が認められた。福島県に関する Tweet 以外の Bot やリツイートは徐々にポジティブに向かう傾向を示す一方で、福島県に関する Bot やリツイートはネガティブに向かう傾向を示すことを明らかにした。これらの結果は、Bot やリツイートによって拡散された福島県と放射能を連想させる否定的な感情によって、福島県に対する嫌悪感が高まった可能性が認められた。

これらのことは、「原子力発電所事故によって生じた人々の不安が、放射線と関連して被災地である福島県に対し、時間が経つにつれてより否定的な感情とともに人々に捉えられていくようになり、それによって人々が福島に対する忌避感を増加させることに影響を与えているのではないか」という仮説を強く支持する結果であった。

参考文献

1. Thielen H. The Fukushima Daiichi nuclear accident-An overview. Health Physics, 103(2):169-174, 2012.
2. International Expert Working Group, World Health Organization (WHO). Health Risk Assessment From the Nuclear Accident After the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami: Based on a Preliminary Dose Estimation. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2013.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2013 Report. Volume I: Report to the General Assembly. Scientific Annex A: Levels and Effects of Radiation Exposure Due to the Nuclear Accident After the 2011 Great East-Japan Earthquake and Tsunami. New York, NY: United Nations, 2014.
4. The Follow-Up IAEA International Mission on Remediation of Large Contaminated Areas Off-Site the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. Tokyo and Fukushima Prefecture, Japan, 14 – 21 October 2013. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 2014.
5. 工藤 大介, 中谷内 一也. 東日本大震災に伴う風評被害:買い控えを引き起こす消費者要因の検討. 社会心理学研究, 30(1):35-44, 2014.
6. Yoshida K, Hayashida N, Fukushima Y, Ohtsuru A, Ohba T, Hasegawa A, et al. Changes in radiological imaging frequencies in children before and after the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in Fukushima Prefecture, Japan. Jpn J Radiol, 33(10):619-626, 2015.
7. Miyazaki O. Has pediatric CT practice in Japan changed since the Fukushima nuclear disaster? Pediatr Radiol, 45(10):1571-1574, 2015.

8. 総務省. 平成２３年度版情報通信白書. 2011.

9. Lu X, Brelsford C. Network structure and community evolution on Twitter: Human behavior change in response to the 2011 Japanese earthquake and tsunami. Sci Rep, 27;4:6773, 2014.

10. Toriumi F, Sakaki T, Shinoda K, Kazama K, Kurihara S, Noda I. Information sharing on Twitter during the 2011 catastrophic earthquake. In: Proceedings of the 22nd International World Wide Web Conference (WWW '13), 1025-1028, 2013 .

11. Jung JY. Social media use and goals after the Great East Japan Earthquake. First Monday, 09;17(8):1, 2012.

12. Kanda R, Tsuji S, Yonehara H. Text mining analysis of radiological information from newspapers as compared with social media on the Fukushima nuclear power plant accident. J Disaster Res, 9(sp):690-698, 2014.

13. Ikegami Y, Kawai K, Namihira Y, Tsuruta S. Topic and opinion classification based information credibility analysis on Twitter. In: Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 4676-4681, 2013

14. Takamura H, Inui T, Okumura M. Extracting semantic orientations of words using spin model. In: Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL '05), 133-140, 2005

15. Wang J, Kim S. Searching for new directions for energy policy: Testing the cross-effect of risk perception and cyberspace factors on online/offline opposition to nuclear energy in South Korea. Sustainability, 05;11(5):1368, 2019

16. Nakayama C, Sato O, Sugita M, Nakayama T, Kuroda Y, Orui M, et al. Lingering health-related anxiety about radiation among Fukushima residents as correlated

with media information following the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. PLoS One, 14(5):e0217285 , 2019.

17. 高橋 征仁. 低線量被ばく問題をめぐる母親たちのリスク認知とリスク低減戦略：千葉県・茨城県の汚染状況重点調査地域を中心にして. 災害復興研究, 7:45-68, 2015.

18. Kim S, Kim S. Impact of the Fukushima nuclear accident on belief in rumors: The role of risk perception and communication. Sustainability, 9(12):2188, 2017.

19. Yagahara A, Hanai K, Hasegawa S, Ogasawara K. Relationships Among Tweets Related to Radiation: Visualization Using Co-Occurring Networks, JMIR Public Health Surveill, 4(1), e26, 2018.

20. Aoki T, Suzuki T, Yagahara A, Hasegawa S, Tsuji S, Ogasawara K. Analysis of the regionality of the number of tweets related to the 2011 Fukushima nuclear power station disaster: Content analysis. JMIR Public Health Surveill, 4(4):e70, 2018.

21. 永田 昌明. 統計的言語モデルとＮ － best 探索を用いた日本語形態素解析法. 情報処理学会論文誌 40(9):3420-3431, 1999.

22. 森田一, 黒橋 禎夫. RNN 言語モデルを用いた日本語形態素解析の実用化. 情報処理学会, 第 78 回全国大会講演論文集, 2016(1):13-14, 2016.

23. Kudo T, Yamamoto K, Matsumoto Y. Applying conditional random fields to Japanese morphological analysis. In: Proceedings of the 2004 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). 2004 Presented at: 2004 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), 230-237, 2004.

24. Taku Kudo. MeCab. https://taku910.github.io/mecab/ [accessed 2020/12/10]

25. KAKASI project. KAKASI. https://taku910.github.io/mecab/ [accessed 2020/12/10]

26. ChaSen. https://chasen-legacy.osdn.jp/ [accessed 2020/12/10]

27. JUMAN. http://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/?JUMAN [accessed 2020/12/10]

28. IPAdic legacy, https://ja.osdn.net/projects/ipadic/.

29. 伝 康晴, 小木曽 智信, 小椋 秀樹, 山田 篤, 峯松 信明, 内元 清貴, 小磯 花絵. コーパス日本語学のための言語資源:形態素解析用電子化辞書の開発とその応用, 日本語科学, 22:101-123, 2007.

30. Sato T. Neologism dictionary based on the language resources on the web for Mecab. GitHub. 2015.
https://github.com/neologd/mecab-ipadic-neologd [accessed 2020/12/10]

31. 佐藤敏紀, 橋本泰一, 奥村学. 単語分かち書き辞書 mecab-ipadic-NEologd の実装と情報検索における効果的な使用方法の検討. 言語処理学会, 言語処理学会第23回年次大会(NLP2017), NLP2017-B6-1,2017

32. 佐藤敏紀, 橋本泰一, 奥村学. 単語分かち書き用辞書生成システム NEologd の運用 - 文書分類を例にして -. 研究報告自然言語処理（NL）,2016-NL-229(15):1-14, 2016

33. Yahoo! Geocoder API. Yahoo! Japan.
https://developer.yahoo.co.jp/webapi/map/openlocalplatform/v1/geocoder.html
[accessed 2020/12/10]

34. 総務省統計局. 人口推計（2011年10月1日現在人口）. 2012.

35. Mendoza M, Poblete B, Castillo C. Twitter under crisis: Can we trust what we RT? In: Proceedings of the First Workshop on Social Media Analytics (SOMA '10)、71-79, 2010

36. Google Inc. Google Trends. https://trends.google.co.jp/trends/?geo=JP
[accessed 2020/12/10]

37. Nuclear Safety Commission Japan. Organ dose of I-131 for infant at UTC=2011-03-23_15h [article in Japanese]. 2019.

38. Visualization of environmental radiation levels in Kanto area (Japan). micro

sievert.
http://microsievert.net/html5.html [accessed 2020/12/10]
39. Wilson MJ, Fukurai H, Maruta T. Japan and Civil Jury Trials: The Convergence of Forces. Cheltenham, UK: Edward Elgar publishing; 2015.
40. 株式会社モニタス. Facebook・Instagram・Twitter 47 都道府県別利用率を調査 最も利用率が高い県も公開. 株式会社モニタス調査リリース, 2018.
https://monitas.co.jp/media/89e093ef17280b093096319455695125-1.pdf
[accessed 2020/12/10]
41. 今中 哲二. チェルノブイリ原発事故の実相解明への多角的アプローチ --20 年を機会とする事故被害のまとめ--. 京都大学原子炉実験所, KUR Report, 12:1-236, 2016
42. 佐藤 吉宗. スウェーデンにおけるチェルノブイリ事故の影響と放射能汚染対策. 畜産の研究, 66(1):117-125, 2012.
43. 大熊町. おおくま通信 2019 12 月号, 2019
44. 関谷 直也. 東日本大震災後の不安と情報行動(<特集>災害と情報). 情報の科学と技術, 62(9):372-377,2012.
45. 三浦 麻子. 東日本大震災のオンラインコミュニケーションの社会心理学―そのときツイッターでは何が起こったか―. 電子情報通信学会誌, 95(3):219-223, 2012.
46. 三浦 麻子, 小森 政嗣, 松村 真宏, 前田 和甫. 東日本大震災時のネガティブ感情反応表出――大規模データによる検討――. 心理学研究, 86(2): 102-111, 2015.
47. Schuster MA, Stein BD, Jaycox L, Collins RL, Marshall GN, Elliott MN, Zhou AJ, Kanouse DE, Morrison JL, Berry SH. A national survey of stress reactions after the September 11, 2001, terrorist attacks. N Engl J Med,345(20):1507-12, 2001.
48. Kasperson R, Renn O, Slovic P, Brown HS, Emel J, Goble R, et al. The social amplification of risk: A conceptual framework. Risk Anal, 8(2):177-187, 1988.

49. Pariser E. The Filter Bubble: What the Internet Is Hiding From You. New York, NY: Penguin Press, 2011.

50. Quattrociocchi W, Scala A, Sunstein CR. Echo chambers on Facebook. SSRN 2016:1-15, 2016.

51. 青木 幸弘. 消費者行動研究における最近の展開―新たな研究の方向性と可能性を考える―. 流通研究, 16(2):3-17, 2014.

52. Gore RJ, Diallo S, Padilla J. You are what you tweet: Connecting the geographic variation in America's obesity rate to Twitter content. PLoS One, 10(9):e0133505, 2015.

53. Padilla JJ, Kavak H, Lynch CJ, Gore RJ, Diallo SY. Temporal and spatiotemporal investigation of tourist attraction visit sentiment on Twitter. PLoS One, 13(6):e0198857, 2018.

54. Omer H, Alon N. The continuity principle: A unified approach to disaster and trauma. Am J Community Psychol, 22(2):273-287, 1994.

55. Jargin S. Some aspects of the Fukushima Daiichi nuclear accident. Environ Dis, 5(1):16, 2020.

56. Hinds J. Japanese conversation, discourse structure, and ellipsis. Discourse Process, 3(3):263-286, 2009.

4. 総括

本研究では、原子力災害に関連した人々の不安に対してどのように対応するか、また、不安がどのように形成されていくかを明らかにすることは、今後同様の事態が発生した際に、人々の不安を和らげ、風評被害などを防ぐための重要な課題であると考え、以下の提案と調査を行った。

第１章では、東日本大震災による福島第一原子力発電所事故後の状況を、チェルノブイリ原子力発電所事故後の欧州の状況と比較しつつ、汚染地域の人々の不安や課題を整理した。原子力災害後の人々のなかで、食事による内部被ばくに対する不安が大きく、これに対する適切な情報提供が必要とされていることが明らかになった。また、人々に対し、様々な情報提供が行われたにも関わらず、福島に対して放射線に関連した忌避感や悪感情が発生していることが明らかになった。このような感情が形成されていった過程を明らかにすることが、将来のリスクコミュニケーションや情報提供のあり方に寄与すると考えられた。

第２章では、福島第一原子力発電所事故後、問題となった主要な課題の一つとして、被災地の住民によるによる汚染された食物摂取の可能性であり、これによる内部被ばくが懸念され食への不安となっていた。こうして実際に起きている食への不安に対応するため、食物摂取による内部被ばくの管理を可能とする仕組みを構築し、被ばく履歴や目の前の食事を食べることで予想される被ばく線量を視覚化することで、目の前の食事を食べるかどうかを決めることのできる仕組みの提案を行った。これに関連して食物摂取による内部被ばくを管理するため、食事から摂取された放射能の量を推定するシステムを開発した。これを用いることで、人々の食品摂取による内部被ばくに対する不安に対し、適切な情報を提供することを試みた。このために、チェルノブイリ原子力発電所事故後のヨーロッパの内部被ばく評価に使用されたツールを、日本の食習慣に合わせて改変し、個人の内部被ばくを管理できるようにした。Web アプリケーションで実装され、Web 上で入手可能な食品

中の放射性物質の検査結果を自動的に収集し、摂取した料理の放射能量を推定して自動的に内部被ばく線量を計算して被ばく履歴を管理することができる仕組みを実装した。このシステムを利用することで、これまでどのくらい被ばくしたのかの履歴を管理し、目の前の食事を食べることでどのくらい被ばくするのかを視覚化することができ、目の前の食事を食べるかどうか自ら判断して決める自己決定権の回復が図られ、事故後の状況への無力感を軽減することで、人々の食に対する不安を軽減できるものと考える。このシステムは緊急時被ばく状況において重要であるものの、現在の状況においては食品中の放射性物質の基準値によって厳格に管理され、これを超える放射能の食品は流通しないため重要度は下がっているものの、このような仕組みを将来の不測の事態に備えて準備しておくことは重要である。

第３章では、福島第一原子力発電所事故によって生じた、人々の放射線に関連する不安がどのように福島に向けられ、どのように福島への拒否感や悪感情が形成されていくのかを明らかにすることを目的とした。事故後１年間に Twitter 上に投稿された「放射線」、「放射能」、「放射性物質」のいずれかを含むおよそ 1900 万 Tweet を対象に、感情極性値を用いた感情分析を行った。福島県に関する Tweet は、他の地域に関連した Tweet と比べて明らかに否定的な感情を示し、時間の経過に伴ってさらにネガティブに向かう傾向を示した。放射能に関する Tweet は全体的に減少し、放射能に対する気持ちもポジティブに向かう傾向が見られたものの、福島県に関する Tweet がネガティブに向かう傾向にある一方で、割合が上昇していることから、福島県に対する否定的な感情が強まっている可能性が認められた。福島県に関する Tweet 以外の Bot やリツイートは徐々にポジティブに向かう傾向を示す一方で、福島県に関する Bot やリツイートはネガティブに向かう傾向を示すことを明らかにした。これらの結果は、Bot やリツイートによって拡散された福島県と放射能を連想させる否定的な感情によって、福島県に対する嫌悪感が高まった可能性が認められた。

これらのことは、「原子力発電所事故によって生じた人々の不安が、放射線と関連して被

災地である福島県に対し、時間が経つにつれてより否定的な感情とともに人々に捉えられていくようになり、それによって人々が福島に対する忌避感を増加させることに影響を与えているのではないか」という仮説を支持するものであった。

本研究では、原子力災害に伴う人々の食に対する不安に対し、適切な情報提供を行うための仕組みを構築した。自分の食事による内部被ばく情報を提供することで、自分ごととして捉えられる情報を提供し、摂取するかどうかの判断を自ら決めることができるようにするツールである。福島第一原子力発電所事故によって不安を感じている住民のみならず、チェルノブイリ原子力発電所事故による被害をうけている住民がこのツールを利用し、人々の不安を軽減することが期待される。将来の原子力災害への備えとしても期待され、内部被ばくに限らず、外部被ばくや医療被ばくとの連携や、栄養管理や食品汚染への応用も期待される。また、ソーシャルメディア上において、人々が放射線と福島に関連して否定的な感情を増加させていく傾向を明らかにした。この結果は人々の感情が放射線と福島に関連して、どのように形成されていき、風評被害や放射線検査などに対する忌避感を醸成していったのかを探る大きな手がかりとなり、今後のリスクコミュニケーションの発展に寄与することが期待される。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、多大なるご指導・ご助言を頂きました小笠原克彦教授に深謝いたします。小笠原教授とは医療情報学連合大会での出会いをご縁に、博士後期課程に社会人学生として入学し、６年間にわたりご指導賜りました。あまりにも遅筆で没連絡な私を放り出すこともなく辛抱強く、時には千葉にまでお越しいただいて懇切丁寧にご指導いただき、ようやっと完成を迎えることができました。偏に小笠原教授の辛抱強いご指導の賜物であります。心より感謝申し上げます。また、本研究において適切なご助言を賜りました 副指導教員の北海道大学大学院保健科学研究院の伊達広行教授に深く御礼申し上げます。

この研究を始めるそもそもの始まりである医療情報分野へ導いてくださった奥真也先生に深く感謝申し上げます。

量子科学技術研究開発機構(QST)の奥田保男先生には職場において、業務と研究を両立することに心を砕いていただき、自由な研究環境を整備してくださいました。心より感謝申し上げます。

学術論文執筆の際に共同研究者としてご助言いただきました、Nuclear Evaluation Protection Centre の Jacques Lochard 先生、Thierry Schneider 先生、QST の吉田聡先生、神田玲子先生、栗原治先生、吉永信二先生、青野辰雄先生、川口勇雄先生、松本雅紀先生、矢島千秋先生、藤瀬大助先生、北海道科学大学谷川原綾子講師、北海道大学大学院鈴木哲平特任助教に深く感謝申し上げます。

社会人学生として千葉から遠隔で在籍することになった私に北海道大学の文化や、研究に対する心構えなどを QST 横岡由姫先生、北海道科学大学 谷川琢准教授、小樽商科大学藤原健祐准教授にお教えいただき、遠く離れた地においても北海道大学生を自覚して研究を進めることができました。ありがとうございました。

本論文を執筆するにあたり、また、ここに挙げさせていただいた方以外にもあまりにも

多くの方々のご支援を頂きました。お話を聞かせてくださった被災者の方々や、関連する研究をされている先生方をはじめとして、福島県の方々には大変お世話になりました。残念ながら紙幅が足りず、すべての方々のお名前をここに記して感謝を申し上げることはできなかった。お名前を挙げることができなかったにもかかわらずご支援いただいた方々には、ここにその非礼を心よりお詫び申し上げるとともに、お世話になったことを心より御礼申し上げたい。震災から 10 年という節目に、何とか本論文を仕上げることができました。被災者の方たちを取り巻く様々な問題のほんのわずかな一粒に過ぎないが、本研究が状況改善に向けた一助になることを心より願う。

以下は私事であるが、博士課程への進学に際し、最初に背中を押してくれた伯父・郁夫に感謝する。本論文の完成を前に旅立たれてしまったことは、まことに残念であり、悔やみきれない。

本論文は妻・千晶、息子・舜の支えと励ましがなければ完成できなかった。私の健康を気遣い、研究に集中できるよう快く協力してくれたことに心より感謝いたします。

最後に、長い間諦めることなく絶え間ない応援と支援をし続けてくれた、父・茂と母・悦子に心より感謝いたします。

研究業績一覧

【学術論文】

1．Shin Hasegawa, Teppei Suzuki, Ayako Yagahara, Reiko Kanda, Tatsuo Aono, Kazuaki Yajima, Katsuhiko Ogasawara, ″Emotional transition to Fukushima relating Fukushima Nuclear Power Station Accident – How rumors made people’s attitude: Sentiment Analysis,″ Journal of Medical Internet Research, 2020;22(9):e18662, doi:10.2196/18662

2．Tomohiro Aoki, Teppei Suzuki, Ayako Yagahara, Shin Hasegawa, Shintaro Tsuji, Katsuhiko Ogasawara, ″Analysis of the Regionality of the Number of Tweets Related to the 2011 Fukushima Nuclear Power Station Disaster: Content Analysis,″ JMIR Public Health Surveillance, 4(4), e70, 2018-12, DOI:10.2196/publichealth.7496

3．Ayako Yagahara, Keiri Hanai, Shin Hasegawa, Katsuhiko Ogasawara, ″Relationships Among Tweets Related to Radiation: Visualization Using Co-Occurring Networks,″ JMIR Public Health Surveill, 4(1), e26, 2018-03, DOI:10.2196/publichealth.7598

4．Shin Hasegawa, Shinya Oku, Daisuke Fujise, Yuki Yoshida, Kazuaki Yajima, Yasuo Okuda, Thierry Schneider, Jacques Lochard, Isao Kawaguchi, Osamu Kurihara, Masaki Matsumoto, Tatsuo Aono, Katsuhiko Ogasawara, Shinji Yoshinaga, Satoshi Yoshida, ″A Study of a Development of Internal Exposure Management Tool Suited for Japanese Diet Behavior,″ Radiological Issues for Fukushima’s Revitalized Future, 221 – 232, 2016-02, DOI:10.1007/978-4-431-55848-4

【学会発表】

長谷川 慎，青木 智大，花井 敬里，神田 玲子，小笠原 克彦，Twitter における放射線と地域の関心度に関する分析，第 20 回日本医療情報学会春季学術大会，2016