

研究課題番号	1-1905
研究課題名	「気候変動の暑熱と高齢化社会の脆弱性に対する健康と環境の好循環の政策」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	関西大学
研究代表者名	北詰 恵一

## 1. 研究開発目的

本研究では、気候変動による暑熱変化の影響をエビデンスベースで分析・評価し、高齢化社会と将来の都市の脆弱性を踏まえた健康と環境の好循環を実現する支援ツールの開発と地域共創拠点のプロセスデザインを行い、環境政策に資する提案を行うことを目的とする。

そのために、本研究では、(1) 熱中症搬送データと気象データを基にした熱中症予測モデルと循環器病発症予測モデルを構築する、(2) 構築した予測モデルと実測データを用いて、暑熱に対する地域的脆弱性の特性分析を行い、屋内外の熱ストレスの高い地域を特定し、熱中症発症数の減少のための適応策の実施ロードマップの検討、ならびに市民の行動モニタリングやワークショップ等をもとに、ライフスタイルの行動変容支援を促すためのツールの開発を行う。開発ツールは、①ベーシックな紙媒体としての熱中症予防ガイド、②Webベースのアラート情報、外出時の避暑ナビをベースとした個人向けの行動変容支援ツール、③政策、意思決定者向けの適応政策プラットフォーム、④ 屋外、半屋外空間での暑熱環境軽減技術 などである、(3) これらの開発ツールおよびそれを用いた技術開発・政策立案は、研究者のみで構築するのではなく、構築したものを地域共創拠点において、一般市民、あるいは行政担当者、専門家らと、アクションリサーチ型のワークショップ、社会実験を通じて、協働により構築する。

以上の予測と実測・評価および共創の3つのアプローチを相互に実施することを通じて、気候変動による暑熱環境の変化が脆弱な高齢化社会の熱中症発症に与える影響をエビデンスベースで分析・評価し、オープンイノベーション方式による持続可能な地域共創拠点の形成と実装化を通じて、暑熱環境の悪化に適応する行動変容促進と熱中症リスク軽減を同時に実現する健やか志向行動の支援と新たな社会基盤、環境政策の提案を行う。

## 2. 研究目標

**【全体目標】**：本研究では、気候変動による暑熱環境の変化が脆弱な高齢化社会の熱中症発症に与える影響をエビデンスベースで分析・評価し、オープンイノベーション方式による持続可能な地域共創拠点の形成と実装化を通じて、暑熱環境の悪化に適応する行動変容促進と熱中症リスク軽減を同時に実現する健やか志向行動の支援と新たな社会基盤、環境政策の提案を行うことを目的としている。それに対して、AD会合において、「研究成果としてのアウトプットとそのプロセスをより明確にすべき」と指摘を受けた。そのため、本研究では、(1) 熱中症搬送データと気象データを基にした熱中症予測モデルと循環器病発症予測モデルを構築する、(2) 暑熱に対する地域的脆弱度の評価モデルの構築、暑熱環境リスクの定量モデルの構築を行う。アウトプットとして、①ベーシックな紙媒体としての熱中症予防ガイドの作成、②Webベースのアラート情報、外出時の避暑ルートを備えた個人向けの行動変容支援ツールの提案、③政策、意思決定者向けの適応政策プラットフォームの構築、④ 屋外、半屋外空間での暑熱環境軽減技術の必要要件の抽出と提案を行う。また、これらのアウトプットは、(3) 地域共創拠点を形成し、一般市民、あるいは行政担当者、専門家らとアクションリサーチ型のワークショップ、社会実験などの協働により構築する。

**【サブテーマ1】**：暑熱環境変化から熱中症や循環器病の発症率を推定するモデルを将来気候変動シナリオと対応づけることを踏まえて構築し、具体的なケース適用の要素となる地域条件や生活行

動パターンを反映させ、健康影響評価を行うものとする。熱中症予測モデルの構築のために、既に救急医療チーム共有の救急調査結果と、消防庁所有の熱中症に関するデータを突合させ、熱中症発生の時空間分布と個人属性別（性別、年齢階層）の重篤度合を関連づけ、当時の気象情報等の要因を考慮した分析により、時空間別市民属性別要因の熱中症発生予測モデルの構築を行う。これらは、最終目標の政策効果評価のためのプロトタイプとなる。

**【サブテーマ2】**：最終目標である脆弱性・熱ストレス適応策の時空間評価のため、暑熱に対する脆弱性指標を提案し、熱中症による救急搬送データとの関係から、地域的脆弱度の評価モデルの構築を行う。また、ヘリによる熱画像計測と人流データ・SNSデータの分析による暑熱環境リスクの定量化を行い、熱環境リスクの定量モデルの構築を行う。さらに活動量、温湿度、電力消費量のモニタリングとアンケート結果に基づく行動変容支援のために必要な要件・コンテンツの抽出とアルゴリズムの構築を行う。また、大規模アンサンブル気候予測データ（d4PDF）を用いた将来気候における脆弱性評価を行う。

**【サブテーマ3】**：熱中症発生と関連づけられた寄与要因を踏まえ、セルフケアの予防的行動変容の実効性を確認し、コモンの備えとして共有していくための地域制度づくりや社会インパクトに繋がる要因もテーマとして取り入れた地域共創拠点を実際に設立・運営する。ENoLL や国内先進事例・文献をもとに、効果的に価値創造を促すプロセスモデルを構築する。ST1、2の成果をもとに、介入政策を考える上で重要となる熱中症予防ガイド、個人向けの行動変容支援ツール、政策・意思決定者向けの適応政策プラットフォーム、暑熱環境軽減技術に求められる要件について、地域共創拠点においてワークショップなどを通じて実践する。

### 3. 研究の進捗状況

**【サブテーマ1】**：気候変動による暑熱環境変化の影響分析・評価を行うにあたり、医学的、公衆衛生学的知見を導入する。関西17市から2015年から2018年の熱中症による救急搬送情報（発症件数、18,918件）の提供を受けた。記述的な分析より、年齢と熱中症の関連はUカーブの関連が見られること、年齢が高くなるにつれて重症な熱中症の割合が高いこと、年齢が高くなるほど、自宅での発症者が多く、自宅で発症した患者は、自宅外（屋内、屋外を含む）に比べて、重症の患者が多いことが明らかとなった。熱中症発症の予測モデルは、天気情報を主とした予測変数を用い、機械学習モデルを活用することで、高精度の熱中症発症数予測モデルを作成することができた。古典的な統計モデルであるGLMで作成した予測モデルと比較して、機械学習モデルであるXGBoostで作成した予測モデルのほうが、予測精度が良好であった。これらのことから、現時点で、概ね研究計画通りに進展している。2020年度以降は、循環器病の発症率を推定するモデルを構築し、そこに地域条件や生活行動パターンを反映させ、健康影響評価を行う予定であり、目標達成の見通しである。

**【サブテーマ2】**：暑熱に対する地域的脆弱性評価では、都市空間の歩きやすさを表す都市機能集積指数を定義し、堺市と神戸市、京都市を対象に町・字別の同指数と熱中症による救急搬送者データの関係から、暑熱障害に対する地域特性を区分し、街区単位での脆弱度の可視化を行った。また、ヘリによる熱画像計測と人流データ・SNSデータの分析による暑熱環境リスクの定量化ならびに、市民モニターに対する1ヶ月間の連続調査に基づき、行動変容支援のために必要な要件・コンテンツの抽出とアルゴリズム（チェックシート）の構築を試みた。さらに、熱中症予防としての行動変容を支援する危険度評価指標として、WBGTの大きさと曝露時間の積で表現されるDT値を定義し、暑熱環境の危険度レベルを設定する方法を提案した。これらのことから、概ね研究計画通りに進展しており、脆弱度評価については計画より早く進展している。2020年度以降は、大規模アンサンブル気候予測データ（d4PDF）を用いた将来気候下での暑熱環境状態の推定ならびに、ST3でのワークショップ、社会実験のための開発ツールの作成を行う予定であり、目標達成の見通しである。

**【サブテーマ3】**：熱中症発生と関連づけられた条件を踏まえ、予防のための行動変容の実効性を確認・持続的に改善していくための仕組みである地域共創拠点を実際に設立・稼働させた。「共創カ

フェ」 と名付けた産官学民が課題を持ち寄り価値追求する仕組みを実践するとともに、世界的な拠点である ENoLL や国内先進事例・文献をもとに、効果的に価値創造を促すモデルプロトタイプを構築し、NPO 団体の協力を得て実際に市民ができる暑熱環境対策について適用し、妥当性を確認した。COVID-19 に影響により実験メニューのひとつと海外との連携が延期となっているが、国内団体との連携によりカバーし、おおむね研究計画通り進展している。2020 年度以降は、地域共創拠点において、ST1、2 のエビデンスをもとに適応メニューのリストアップと体系化を図り、上記に示したアウトプット構築のためのワークショップ、社会実験を実施する予定であり、目標達成の見通しである。

#### 4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

- ・環境省が公表している熱中症予防情報のWBGTを用いた地域の熱中症リスクを踏まえた暑熱に対する危険度評価モデルを構築した。これにより、地域の熱中症対策の支援が可能である。
- ・暑熱環境に対する地域の脆弱性評価モデルは、クールスポットの形成や各種対策の適用に関する検討の際に利用可能であり、都市における適応策の策定において有効である。
- ・気候変動への適応策に係る研究・技術開発に対して、関連する企業の市民共創型イノベーションや自治体政策の地域特性に応じて、ヘルスデータによるエビデンスと繋がりを持った形で適応策の導入効果を示しつつ進めるスキームと具体手法を提案することで、気候変動適応策の具体化に寄与し得る。
- ・地域共創拠点の取組みは、利用者との共創による将来技術への高感度な開発プロセスへの転換を提案するものであり、これまでの延長線上では解決しない気候変動対応技術にふさわしい開発の芽を育てる。

#### 5. 評価者の指摘及び提言概要

熱中症予測モデルの開発と検証、脆弱性の評価などが研究計画に沿って概ね順調に進行している。今年のコロナによる熱中症への影響は課題開始の時点では予測できなかったものではあるが、この影響もできるだけ解析して頂きたい。高齢者の行動変容を考える上では、救急搬送された人（被害者）の情報のみでは不十分であり、健常者がどう対処しているか、の情報（定量的情報）との対比が重要である。緑地帯の配置や避暑できる建物のマップ化など、行政にしかできないアウトカムとしては、対策の科学的根拠を集めるような政策貢献及び、市民が行動指針として理解し易いような情報発信を期待する。

#### 6. 評点

評価ランク：A