

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	Fitrio Ashardiono (ふいとりお あしやでおの)
○学位の種類	博士 (政策科学)
○授与番号	甲 第 1082 号
○授与年月日	2016 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Application of Bio-Climatic Indicators for Tea Cultivation in Uji Area -Drawing from the Experience of Winegrape Terroirs - (宇治地域の茶栽培へのバイオ・クライマテック指標の応用 ～ワインブドウのテロワールの知見から～)
○審査委員	(主査) CASSIM MONTE (立命館大学政策科学部教授) 高尾 克樹 (立命館大学政策科学部教授) 吉田 友彦 (立命館大学政策科学部教授)

<論文の内容の要旨>

I. 本研究の背景、目的、および構成

本研究では気候変動は農作物に与える影響を取り上げ 3 年半にわたった実地調査と 9 年間に渡る精密な気象情報およびもっと長い時系列の二次情報を中心に行っている。出発の視点として農作物は気候変動に敏感に反応するバイオセンサーであると設定している。食料の源にもなっている農業をこの視点で取り上げ、人類の歩みで長い栽培歴史をもっている作物を選ぶことになり水の次に多く消費している飲料水、茶に注目することになった。

2009 年からワインブドウを対象に気候変動の影響を検証していた研究プロジェクトにフィットリオ氏も参加し、その研究からヒントを得て「テロワール」(英、仏: Terroir) という概念に注目することになった。「テロワール」は古い産地の代々継承されてきた知恵と産地固有の自然環境の特徴を融合され産地で作物の質と価値を保つため栽培方法、適地選考等の微調整を行い長年蓄えてきた暗黙知で形成された栽培作業を含む概念といえる (van Leeuwen and Seguin, 2006)。この概念を伝統的な茶産地に応用できるか、そうすることによって急変する気候状況に農作物栽培は対応できるかという疑問からフィットリオ氏が本研究を組み立てて来た。その過程の中で「テロワール」の感性的な側面および暗黙知の一部であるが、理性の下で分析する方法や知恵の形式知に展開を目指して本研究で開発した手法によって他の作物に応用できるように汎用性が高まったと言えよう。

上記の背景に置かれた本研究の目的として以下の 3 つを設定している：

- 1) 「テロワール」を構成する要素の明確化の上、古い茶産地（宇治茶産地）にワインブドウの経験を茶に適応できるように要素の再定義をすること；
- 2) 気候を含めた環境変化に作物の生育状況を関連付ける「生物気候指標」(Bio-Climatic Indicators、以下 BCI) を茶葉に展開し、その指標の傾向等を見ることによって「テロワール」の暗黙知の一部を形式化すること；
- 3) BCI の検証によって最適な栽培手法を提示し、その活用によって気候の急変に迅速に対応できることを示すこと。

本研究の全体構成は以下のとおりである。序文では研究の取り組み方として背景、目的と意義、課題と仮説および検証方法と研究範囲を命じられ（第 1 章）、「テロワール」の概念整理を明確にしたモデルを提示し（第 2 章）、それを経て作物にとって気候変動が与える影響の重要性を定量的データ（気候・環境観測機器から）および定性的な情報（アンケート調査結果から）に基づいた分析で証明し（第 3 章）、茶用の BCI の開発に努め上記の研究目標に沿って検証を行い（第 4 章）、BCI の活用によって得られた研究成果を宇治地域（産地）で茶栽培の持続性が必要としている要因分析を行い（第 5 章）、研究成果のまとめと今後の課題を描き出している（第 6 章）。この構成と内容で見える本研究の論理性は博士論文に相応しいものとして評価できる。

II. 論文の各章の概要

本論文は 6 つの章で構成されていて主な内容は以下の通りである。

第 1 章では上記のテーマを取り上げた背景と狙い（研究目的、その上組み立てた課題、仮説等）を描き出し、本研究の意義を説明している。近年の気候変動に農作物の生産者がどう対応すべきかの意義を語り、ワインブドウ産地で生産を数千年にわたって継続できた「テロワール」という概念を同様に長年人類が栽培している茶の生産に当てはめることに取り組んでいる。産地で一定の特徴（味、香り等）を表す作物の質を保証するテロワールの四つの要素（気候、土壌、地形と作物種）に関する代々の知恵について、この感覚的な概念を「自然環境関連の要素」と「農生産者の取り組み」に分類し他の作物にも応用可能な形式のモデル（Research Framework、Figure 1.1）を提示している。また本研究で茶栽培の検証対象として付加価値の高い碾茶と玉露の一番茶生産に限定し、宇治地域で栽培されている 11 品種のなかで一番広く普及している「さみどり」品種（産地面積の 7 割程度）を特定し研究範囲を定めている。

第 2 章で宇治の茶産地を例に取り上げて産地の歴史（12 世紀末までさかのぼる）と地理的特徴を考慮した上で「テロワール」の概念を当てはめている。「テロワール」の概念整理と明確化はこの章で行い、大きく二つの要素、「自然環境関連」と「栽培慣習関連」にわけて研究の方向性を定めている。「自然環境関連」要素を古典的ワインブドウ産地で考慮されている気候、土壌、地形と栽培品種の 4 つに分けて説明しているが、もう一つの「栽培慣

習関連」要素を van Leeuwen および Seguin 氏 (2006) の思想を取り入れて整理している。この整理では茶栽培工程の類型化および作業実施のタイミングを再分類の検証対象にしている。本章ではこの二つの要素を軸にして定量的および定性的な分析を行う方法論を示している。定量的な分析を京都府茶業研究所 (在宇治市) の気候計測機で測定されたデータに地元の名門生産者二人の協力を得て研究室で開発された精密な環境観測機を 2 か所において計ったものから行っている。定性的な分析を本研究が実施したアンケート調査を Mason (2002) による Semi-Structured Approach に基づいて実施し、現在宇治市内で茶栽培をしている約 25 から 30 世帯のうち 15 世帯の代表を対象にしている。宇治市固有の栽培手法も考慮している。

第 3 章では前に述べた第 1 研究目的とその関連課題を検証している。上記第 2 章で類型化した「テロワール」の要素の関係を産地で設置された気候・環境計測器のデータ (「自然環境関連」要素) および研究者が宇治茶産地で行ったアンケート調査の情報 (「栽培慣習」要素) を取り入れている。また、碾茶と玉露の収穫量、栽培面積、生産性の二次情報も含めて細かく検証をしている。「自然環境関連」要素として平均気温、平均最低気温、平均最大気温、雨量、湿度等を生育状況の起点ごとに茶葉の誕生から収穫までの栽培作業工程と照らし合わせてみている。栽培工程関連項目として土壌管理、肥料選考と、日照遮断のタイミングと程度 (宇治茶固有の工程)、収穫のタイミング、水管理、剪定のタイミングと程度および病虫管理を取り上げて、土質と地形の影響も本産地でどう考慮すべきか書かれている。地元協力者 2 名の畑で設置した独自開発の精密器機のより細かいデータの扱いについても解説され、本章での結論として気候変動 (特に気温、雨量と湿度) は「テロワール」を構成する他の要素に幅広く大きな影響を与えている。結果として栽培作業の調整が不可欠になり、近年高品質の収穫を保障する困難もアンケート調査の回答で見えている。対応策として、高品質の柔らかい茶葉を求めて収穫時期を早めたり、土壌改良時期を遅らせたり、葉が出る前からカバーをかけて温度を一定に保つようにしたり、夏の日照遮断の調整を行ったり、異常気温の時にスプリンクラーをかけつつ、霜おりを防ぐファンを作動して「テロワール」を構成する「栽培慣習」の要素にも影響を与えていると言えよう。碾茶と玉露の生産量は年々減る傾向であるが流通制度で全体の販売高を保っている。

第 4 章では第 2 研究目的とその関連課題の取り組みがなされている。本章ではテロワールの「自然環境関連」と「栽培慣習」要素を茶葉の成長を良好にするため本研究の中心である「生物気候指標・指数」(英: Bio-Climatic Indicators, Bio-Climatic Index) を茶用に独創的に編成している。つまり、ワインブドウ (果実) 産地で応用したこの指数を茶用 (葉物) に改善して応用している。この工夫によって本研究の汎用性が高まっていると言えよう。4 つの指数 (Heliothermal Index (以下 HI) , Cool Night Index (以下 CI) , Humidity Index (以下 Hum-I) , Warm Day Index (以下 WI)) を活用した結果が出されている。また質保証の上、生産を継承できる様に「気候生物指数」の応用方法を産地の生産者対象のアンケート調査と関連付けて述べている。主に 2002 年から 2010 年の期間を取り上げ、京都府立茶

業研究所の気候観測器のデータに基づいて定量的分析がなされている。分析手法として回帰分析、ANOVA等を含む統計分析手法を活用している。一番茶の栽培時期を第2研究目的とその関連課題の取り組みが本章でなされている。木の休眠時期が終わる1月の初めから5月初旬の収穫時までと定義づけ、その約120–130日間で10日ごとにまとめた時系列分析を上記述べた4つの「生物気候指数」(HI、CI、WI、Hum-I)の活用によって以下の成果が本章で出ている。

- 1) HI: 茶用の編成では栽培作業開始の2月初旬から収穫の5月初旬まで累積して検証すると、一番茶の生産性とやや暖かい (Temperate Warm) HI区分の因果関係は高い。平均雨量とHIを連動させて行った茶生産性予測の精度はHI単独よりもっと高い。
- 2) CI: 宇治地域での茶生産の場合は、平均最低気温を茶樹の休眠解除の1月上旬から4月の終わりまで計算するとやや暖かい分類に入る数値は玉露の一番茶の生産性 (Kg/Ha) および宇総茶総生産性 (Kg/Ha) との関連性が高い。
- 3) Hum-I: 湿度関連のこの指数はHIと同様に栽培作業開始の2月上旬から収穫時の5月上旬まで計算され、Hum-I自体は生産性と関連がなかったが、HI、平均雨量とCIと連動して使うと一番茶の総生産性と関連性が高い。
- 4) WI: 茶葉が出始めた3月上旬から成熟された4月末の間で計算して活用すると、やや暖かい区分に入っている数値は碾茶の一番茶の生産性 (Kg/Ha) と関連性が高い。

本章ではワインブドウに適応されていたBCIの計算式の編成をどう行うべきかの方法論を指摘し、その結果が茶葉の収穫量と質を表す予測に使える可能性が高まり本研究成果の汎用性が高まっている。

第5章では、第3の研究目的とその関連課題の取り組みに関して、BCIの活用によって宇治地域の茶産地の持続性をどう保証できるかを論じている。BCIは茶生産量・生産性の予測、最適地と作物種選考、効率の高い栽培手法の助言等ができることを示している。産地全体の雨量が時系列でみると減り、異常気象現象の頻度が年々増えていることが茶栽培に打撃を与えていることを示し、精密に計るべき環境要素と農作業記録の分析から作物の質向上の可能性を指摘している。収穫量と質を予測するため、定量データを10日間の区分で流動平均値 (Moving Average Value) が活用できることを示している。茶生産者対象のアンケート調査で社会的な課題も浮かび上がっている。高品質だが茶生産者のところで低い買取値段 (流通の仕組みに関連) に対する生産コストの上昇 (異常気象等の対策) が指摘され、その結果として後継者問題 (産地の職場としての魅力低下) も出始めている。最近低コストで導入できる気候・環境計測機器の導入、作業日記の分析・解析によって、農業の精密性を向上することによって生産上の不安要因を解消できるのではないかと本章で指摘している。特に茶生産性の予測、高付加価値の玉露と碾茶の生産性の予測においてBCIを活用する意義を強調し、速やかに栽培上の工夫に連動することがリスク軽減にもつながる道を指摘してい

る。

第6章では、3つの研究目的と関連課題とに取り組んだ結果のまとめになっている。「テロワール」を構成する要因をBCIと栽培上の工夫でできるだけ明確化することによって、暗黙の領域から知恵を形式化しやすくなり、後継者養成や新規参入者を求める場合は垣根を低くすることになると述べている。本研究の独創性は、まず、果実用の生産性を高める手法を葉物用に展開して、BCI指数の編成方法を示してくれたことと言えよう。また、作物生産に関する予測等の活用等を考えると、本論文で描き出している手法（農業の高度化・精密化）によって政策提言に繋げる可能性を念頭に置き、本研究を政策科学の基礎研究として位置付けることはできる。実施したアンケート調査の質問票と共に京都府立茶業研究所から提供を受けた2002年から2010年までの生データと2014年により精密に2つの茶畑で計測されたデータを本論文に添付しており、本研究を基盤にしてさらに発展させようとする研究者にもこの資料が役に立つといえる。

<論文審査の結果の要旨>

I. 本研究の意義

本研究の意義を以下の3つの視点から取り上げることができる。

1) 本論文の取り組み方と内容の視点から

気候変動という地球規模の問題の影響を地域（産地）レベルで分析し対応策を提示する目的にしている本研究に汎用性を求めることは当然と思われるが、その期待に答えているところで意義がある。果実用で扱っていた研究手法（BCIの活用）を葉物用に展開したことによって他の作物にも他の産地にも適応できることが汎用性をさらに広くしている。地道に古典的な古い産地の生産者、卸売業者、農業団体等の信頼を得て初めて情報収集、分析、解説に入れたことを考えると本研究者の根気と「知的体力」を表していると言えよう。敏感なバイオセンサーである作物の生育上の変化を検証し異常気象や気候の変容に対応する方策を産地の社会的な悩みも含めて考慮していることは本研究の政策科学的な側面をとりだしている。精密に機械から得られた定量的データと暗黙知を含めて産地のコミュニティに内蔵している代々の知恵の融合によって明確な形式知に展開していることも意義深いところである。

2) サステイナビリティ学と政策科学の関連性の視点から

気候変動のようなマクロ的な視野（鳥の目）で見なければならぬ課題を社会的変容に繋げるために、ローカルな地域やコミュニティレベルで模範的な先行事例の実証とそれを踏まえた政策論議に繋げていくことは重要である。このことは国際科学者連盟（ICSU）が未来創造に向けてFuture Earth Initiative（2015）を提唱した時に狙っていたことである。完璧ではなくても本研究で取り組んでいるようなチャレンジングな課題を取り上げ成し遂げる努力をする若手研究者養成は

重要ともいえる。本研究ではそういう可能性を感じることに、さらに他の同世代の研究者に課題におびえず取り組む勇気を与えることも意義として取り上げられる。地球環境問題で臨界領域を超えて不安、また危険な領域に入っているところも本研究で取り上げている課題に内蔵している。

3) 学術的な国際展開の可能性から

学術的に BCI の活用によって汎用性が広がったことに注目すべきである。他の地域や他の作物に応用する時に役立つ方法論に本研究は示している。数多くの新興諸国や発展途上国で広がっている所得格差を考えると数多くの方々の雇用先として（スリランカで製茶産業の茶葉栽培をする小規模生産者は 40 万人であり、トヨタ自動車の日本での直接雇用の 10 倍）評価されるし、また食料安全保障の面での貢献等を考えると農業・食料分野の重要性に気付く。日本のような先進諸国では農業の生産コストが高くなっているのは間違いないが、どのような工夫を理性の下ですれば良いかという課題に本研究はヒントを与え、宇治のような古い産地（12 世紀末以来と言われている宇治地域）で蓄えた知恵を価値として継承できる様に一つの方法を描き出している。

II. 本研究の課題と評価

本研究では「テロワール」という概念を明確化する努力をして要素を整理し、栽培手法を考慮しつつ、定量的と定性的情報を融合して農作物（茶）の生産量・生産性の予測に努めた分を評価すべきであるが、分析手法として定性的情報の分析手法としてさらに野心的にビッグデータ分析で使用しているデータマイニングの手法等（Artificial Neural Networks : ANN 等が想定される）を活用できればさらに発展性があったと考えられるものの、そこまで余裕がなかったのではないと思われる。

また、本論文の研究成果を GIS の手法を活用して可視化できていればさらに迫力のある表現になったとも考えられる。だが外国語である日本語で古典的な日本の産地の協力者の信頼を得ることに神経を使わざるを得ないことで時間切れになったものと思われる。その影響は定量的に多くの情報を収集している一方で、その分析・解析に入ることが課題となるものの、限られた時間内で集中したことで十分、学位対象の研究成果になったと言える。概念の整理、課題設定、検証モデルの組み立ておよびデータを丁寧に整理し課題の検証を行ったことを評価すべきと言えよう。また汎用性のある方法論と他の研究者に刺激を与えるように添付された詳細の情報等もこの分野の研究の広がりにも貢献するものと思われる。以上により総じて、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと評価する。

<試験または学力確認の結果の要旨>

審査委員会は論文審査並びに口頭試問（2016年1月15日（金）15:00～16:00、AS469）および公聴会（2016年1月28日（木）13:00～14:00、AS368）を実施した。公聴会における学

位申請者による内容や説明および質疑応答を行い、全体として本研究の意義と課題が的確に示された。

出版物に関して、本研究の内容の一部は以下の内容で国内外の査読付きジャーナルに投稿されている。『政策科学』Vol.21-2（2014）では本研究の包括的概念整理を行い、研究の枠組みを示すモデルを提示している。"Procedia Environmental Science"、Elsevier, Vol.20（2014）では本研究の中心軸である「生物気候指標・指数」をワインブドウ用から茶葉用に展開するために考えを整理している。"International Journal of Sustainable Future for Human Society"、Vol.3-1（2015）ではテロワールを構成する要因の中、気候関連の要因の最重要かつ具体的な数値情報を入れて示し、本論文の第3章の内容につなげている。審査委員会はこれらの論文が刊行済みであることを確認した。

以上より審査委員会は学位申請者に対して、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博士（政策科学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。