

## 気候変動や生態系サービスの変動から人を助ける「グリーンレジリエンスウェア」

## A proposal of “Green Resilience ware” decision support service for fruits farmers

服部 徹<sup>\*1</sup><sup>\*1</sup> 九州大学大学院工学研究院

自然との共生を容易にする為には、刻々と変動する多様な自然への理解を助ける半公共の知識基盤の成熟度が高まる必要がある。「グリーンレジリエンスウェア」は、AI やコグニティブ技術を活用して気候変動や生態系サービスリスクを低減する知識基盤を提供する提案である。本報告では、果樹栽培事業者をユースケースとしてこの提案を活用した生物多様性保全や農林水産業の価値向上につなげる「グリーンレジリエンスウェア」像を示す。

## 1. 背景:精密農業の挑戦と課題

## 1.1 ビックデータ×IoT 農業クラウド

ビックデータの活用の整備、精密農業の高度化、農機メーカーの自動運転技術等、無人農業に向けて研究が同時多発的に進んでいる。農林水産省「スマート農業の実現に向けた研究会」では、農業自動化の検討が進められ、商用サービスでは富士通株式会社の AKISA や株式会社 JSOL の JSOL アグリ サービス体系など IT 技術サービスやセンサの活用による農業法人経営における生産性向上事例、また、人に着目した熟練農家のノウハウを蓄積・活用しようとする農業情報科学(Agri-InfoScience)を目指す A.I.農業の試みも検討されている[神成 2017]。こうした ICT サービスや A.I.によるナレッジ・マネジメントは、省力化を通して人的な事業継続性のリスクを取り除くことから、今後、当該分野の市場は拡大すると予測されている。

一方、農作物の自然災害リスクや市場変動リスクは、環境情報に基づく予測精度が年々高まっている一方、個別の研究領域となり、統合的に検討が進められてこなかった。

## 1.2 果樹農家の課題:気候変動や生態系サービスの変動がもたらすリスク

農業は気象環境への依存性が高い産業であり、年々の豊凶や品質、多くの部分はその年の気象条件に左右されている。本稿ではこの中でも他の農業と比べて自然環境が与える経営リスクが高い果樹農業をユースケースとして取り上げる。施設栽培は、天候や風水害、鳥獣被害を抑制する収量減少リスクを低減するが、果樹は、路地栽培が主流で、植え付け後収穫まで複数年係り、その後 10 年近く収穫できる為で、作物変更が難しくリスクが発現しやすいからだ。果樹の場合設置面積が大きくなり、投入資金が大きくなるため、路地栽培比率が高く台風、水循環、熱循環、動物の分布などの変化の影響を受けやすい。

例えば、年平均気温が1度上昇すると、果樹類は 5.4%減少する効果がある [沖山, 2013]など果樹は、気候への依存度は非常に高い。特に台風は、生産に大きな打撃を与える。また、温暖化が原因で生育・収量・品質あるいは病害虫が全国的にさまざまな負の影響が発生する。[杉浦 2006]。加えて、里山の減少

にともないシカの個体数が増加し、耕作放棄地の増加がインシンの増加を促し、中山間地域では鳥獣害被害が広がるなど周辺の生態系サービスの変動が、生産に影響を与えている。

## 1.3 果樹農家の課題:市場変動リスク

果樹の需要は低下傾向にあり、市場価格は総じて下落傾向にあり、豊作貧乏のリスクもあり、出荷においては、果樹農家は、市場の価格変動リスクに直面している。具体的には、需要の弾力性は概ね1以下であり、所得、価格の変動幅の小さい安定成

長期にあっては、非経済的要因の方が需要に及ぼす影響の方が大きい[唯是, 2005]。自己価格弾力性は、桃以外の作物はいずれも1%を上回っており弾力的な需要構造を持っている。また交差価格弾力性は低く、他の果実との補完や代替関係が顕著に観察されない。すなわち、果実は時期別出荷量が市況に与える個別の影響がある[中央果実協会, 2014]。

## 2. 「グリーンレジリエンスウェア」の提案

## 2.1 生態系や自然の力で災害をいなく、グリーンレジリエンスの準備をナビゲーションする、「グリーンレジリエンスウェア」

本稿では、台風、鳥獣動態などの自然環境の中長期的リスクと市場価格変動などの要素の変化を先読みして、リードタイムも含めて適切に果樹農家の土地利用をナビゲーションする知識基盤サービスである「グリーンレジリエンスウェア」を提案する。

変動が予測されるときその反対の力を「生態系や自然」の力学を活用して適切に提供することで、災害の影響を最小化する、あるいは反発力を高めるものがグリーンレジリエンスである。例えば土木においては、環境変化や自然災害等の対策や被害からの復旧に際して、従来の土木工法に変わり、生態系の力を活用したグリーンインフラで実装することで、低価格で持続可能なレジリエンス能力を持つことができ、都市計画においては防災林や植林、氾濫原の設置などが例である[グリーンインフラ研究会 2017]。財務的な余裕がなく、栽培が長期にわたる果樹農家においては、自然との共生可能な土地利用によって運用利回りが良いグリーンレジリエンスによって対策を打つことは、自動化によるオペレーション支援では補えないリスクに対する良い手段になると考えられる。

## 2.2 「グリーンレジリエンスウェア」のアーキテクチャ

「グリーンレジリエンスウェア」のアーキテクチャは以下の構成要素と実現可能性で表記される(図1)。従来のビックデータ×IoT アーキテクチャで想定される Cyber Physical System の構成に、人を助けるためのビックデータである非構造データから生成された教師データと、アクチュエータとしてのグリーンインフラ(グリーン・アクチュエータ)が足されるとところに特徴がある。

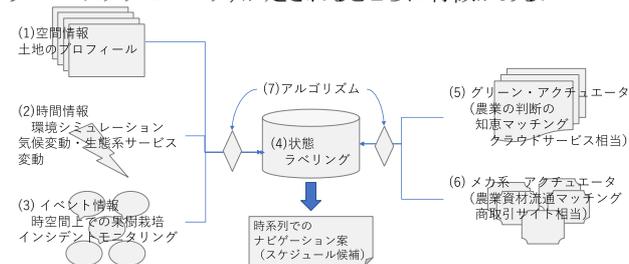


図1.アーキテクチャ概念図

(1) 「土地のプロフィールデータ」でランドスケープや土地・土壌特性を多元的に把握する

土地の土壌と水脈および気象等の自然環境情報を GIS 上に重ね合わせ、過去、どの土地に何を行ってきたか?の土地利用の履歴情報を重ね合わせることで、土地のプロフィールの基礎データを創る。生産性や土地利用のデータは、市町村単位で時系列で利用可能である。

(2) 「気候変動・生態系サービス変動シミュレーション」でマクロを知る

上記の土地に対して、全体の影響を与えるインパクト量としての気候変動と生態系サービス変動の大きさを予測する必要がある。従来の予測データはメッシュが粗すぎて地域農業を考えるためには利用が難しかったが、日本国内においては、気候変動の研究や生物多様性のアセスメントのデータ解像度の向上の結果、気候変動による熱や水や台風が変化や、動物変化や植物変化の予測に基づく生態系サービスの変化が、果樹農家が求める一定の精度において数年以内に予測可能に近くなる。

(3) ソーシャルデータを時系列でテキスト解析し、近傍の生態系サービスの異変・病気の流行をモニタリングする

虫やウイルスといった小型の生物は、大きな変動シミュレーションで把握することから漏れる。営農コミュニティでも、漏れてしまう可能性がある情報を、害虫発生や病気の流布について、ツイッターやソーシャルデータから、(1)の空間情報、(2)の時間情報上に変化をモニタリングする。定点あたりの情報の少なさや未来に対しては、過去傾向、類似の土地プロフィールの情報を参照することで、シミュレーションを行い、異常可能性検知を行う。

(4) 状況判断の教師データとしての知識データストック

(1)-(3)の3つにおいて可視化された変化リスクが、実際に農家にとって「どうい状態であるか?」を解釈し、状態可視化を可能にするような、「状態」を準備する。営農や市況判断といった経営の意思決定と、自然への理解や病理といった生産に関わる意志決定の判定がある。データソースとしては、過去の論文、教材や農業講座、農業系論文雑誌記事等、コンテンツ保有者と調整しデータを準備する。重要な知恵・知識にあたる部分で、本案件が実施される場合最も投資が大きく行われるべきリソースになる。

(5) 回答の準備1: グリーン・アクチュエータ

(4)で判断される、需給や環境の判断情報に基づいて、ナビゲーションする答えを構成する部分である。(4)で判断される「状況」に対する、自然共生型の処方であり、どのような自然や生態系に親和する解決方法があるかを提供する回答のセットである。個々の農家が自ら編み出した暗黙的な手法が世界中に点在しており、一部分は、自然農法とか、パーマカルチャー等のコンセプトで顕在化しているが、これらを、エコに関する知識「エコウェルス」として収集し、提供者には知的財産の保護と活用する販路の仕組みを、利用者には予測される状況において、いつ何を行うべきかナビゲーション情報として提供する。たとえば、放牧導入による中山間地域の栗栽培再編と情報技術の活用[千田雅之, 2004]などが考えられている。

(6) 回答の準備2: メカ系アクチュエーター

(4)で判断される「状況」と(5)で処方された手段の実行に対する、工学的な処方・回答のセットである。(4)においては何らかの工事が必要になる、あるいは(4)には回答がないあるいは、工学的なソリューションがより適切な場合がある。

農機メーカーや農業資材メーカー、あるいは、ドローンメーカーなど農業に参入を試みる新興ロボティクス企業のソリューションを、用途・機能逆引きで提供する。メーカーから見れば、新しい販路となる。少頻度のメカニクスについてはレンタルやシェア可能なロジスティックを提供して、省コストで運用できる基盤とする。必要に応じて、運用管理だけではなく、実行も含めて「Green Resilience Ware」サービス事業者側が運用を行う。

(7) アルゴリズム

アルゴリズムは、以下の3つの点で活用される。

- a: (1)-(3)におけるデータからの、(4)の状態へと分類
- b: (4)から(5)、(6)の候補の検索
- c: (5)と(6)の打ち手の利用者の場所・時間・予算等のプロフィールに合わせた打ち手のポートフォリオの最適化
  - a については、ニューラルネットワークと機械学習の併用において説明力と実行力の双方を担保する。bについては登録された情報の検索であり、商用サイトと同様のアルゴリズムになるだろう。cについては、アルゴリズムでは、最終的に、(5)と(6)の打ち手の時系列上の候補を確認し、実際、利用者がどのような行動をとるべきかを判断して、実行のポートフォリオの処方箋を提案する必要がある。このため、アナリティクスで候補のマッチングを行い推奨度を計算して、提案する方式が妥当と考えられる。
  - 推奨の理由の部分は、説明可能であることによって、利用者は推奨を採用するか採用しないかを判断することができる。

### 3. 考察

果樹栽培は、山林資源を現金収入につなげる、自然と共生する産業のひとつである。本論は、未来を見通した上で、場所場所に違うリスクへの対処を、環境変動耐性に強く、市場変動リスクもかみした土地利用を投資対効果よく行う処方箋の推奨を提案する A.I. サービスのアーキテクチャを検討した。今後、時間空間上の最適経路、確率的なありうることに対する備えと攻めの提案を可能にすることで、果樹経営を、発見型に田畑に向かない山林資源を自然資本豊かにマネジメントする営みとして、再定義することができるようにすることを目指したい。本論では、生産と販売面を中心にスマート化を見てきたが、実用化に向けては、ファイナンスやアカウント面での検討が必要である。特に、自然資本金の採用と予実管理は、今後、自然資本とスマートに向き合う「スマートネイチャー」の重要な報告の枠組みになる。この点は今後の課題として残る。

最後に、本研究領域の自然と向き合い知恵の可視化を通して、近年離れつつある自然と人との関係を取り戻し、より農林水産が、環境面とビジネスの両面における持続可能な土地づくりを行う新しい人類のフロンティアとして、新たな野心を掻き立てるイノベーション領域として拓かれることを、願いたい。

### 参考文献

- [神成 2017] 成淳司, IT と熟練農家の技で稼ぐ AI 農業, 2017
- [沖山 2013] 沖山 充, 池川 真里亜, 徳永 澄憲. 筑波大学農林社会経済研究. 2013-10.
- [杉浦 2006] 杉浦, 住田, 横山, 農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査, 2006
- [唯是, 2005] 唯是康彦『統計学』第 89 号 2005 年 9 月
- [中央果実協会, 2014] 果実価格動向解析調査・果樹産地差別化戦略調査報告書 2014 年
- [グリーンインフラ研究会 2017] グリーンインフラ研究会, 決定版! グリーンインフラ 2017 年