

柑橘類産地としての持続性の維持・向上のために － 支援ツールとしての地形データ等を活用した 3DWebGIS －

株式会社アバンアソシエイツ 平方 啓介
(チーム名：大崎下島フルーツアイランド)

■ 提案の概要

大長みかん・レモンなど柑橘類の生産で名高い呉市・大崎下島においては、日本各地の島しょ部や中山間地域などと同様に人口減少・高齢化の進行が著しく、地域の主力産業である柑橘類生産の将来的な持続性についても、いろいろ懸念が出てきているような状況にあります。この提案は大崎下島をフィールドとして、DoboX による地形データ等を利用し、柑橘畑一筆ごとにおける生産に係る環境条件等の分析やその可視化等を行った上で、3DWebGIS により誰にでも分かりやすくまた自由に操作できる GIS とすることで、島内における柑橘類生産の今後の持続性向上につなげようとするものです。

柑橘類生産に係る従業者数の減少・高齢化等により、近年生産量の減少や耕作放棄地の増大が続いている状況となっているなか、中核となる担い手への農地集積の推進や移住者の呼び込み、農業基盤の整備や機械化・スマート農業の導入による生産性の向上などが、施策としても求められています。この提案においては、樹園地一筆ごとにおける傾斜の度合いを始め日当たりの状況、冬季における冷気流発生危険性の危険性、造成等を伴う園地整備についての可能性指標など、地形データ等を利用し可能となるさまざまな分析や予測を行ったものをベースに、それらの自由な重ね合わせなども出来る 3D による分かりやすい可視化を行っています。更に Web を介していることにより、そうした情報の理解や共有化、発信等を行いやすくすることを通じ、課題やニーズ等に対応していくための地域における認識共有化や合意形成等の支援にもつなげるなど、柑橘類産地としての持続性の維持・向上を支援していくための一つのツールとして、そのアイデアをまとめたものです。

なお今回、大崎下島が対象地ですが、柑橘類の生産が盛んな広島県内の各地も含めた瀬戸内海の島々や沿岸部、また九州から東海地域に広がる各産地においても、同様な課題やニーズを抱えているところが多くあるものと考えられ、この提案内容を同じ様に適用していくことも出来るのではと考えています。このように地形データを起点とし他データも活用しながら、地域の主力産業に係る課題解決や将来に向けての対応等のための検討や合意形成などへの支援となるようなことを通じて、日本各地におけるサステナブルな地域社会づくりに少しでも貢献することにつながればとも思っています。

■ 提案内容の説明

(1) 大崎下島の概要



図1 位置図

大崎下島

大崎下島(図1)は、とびしま街道の他の島々と同様、山がそのまま島になっているような地形で、海岸近くから山(標高300~400m程度)の中腹あたりまで、柑橘類の樹園が一面に広がっています。島内の農地はほぼ100%柑橘類の畑となっており、しらぬいやはるみといったブランド力の高いミカンやまたレモンの栽培も盛んで、柑橘類生産は島における主軸産業となっています。

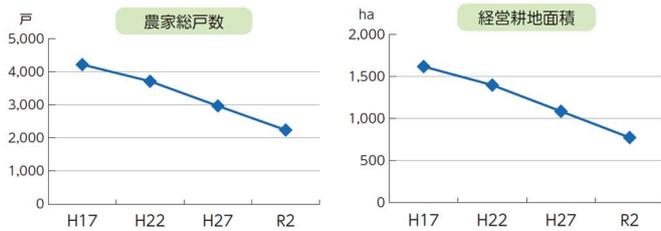


図2 呉市における農家総戸数及び経営耕地面積の推移

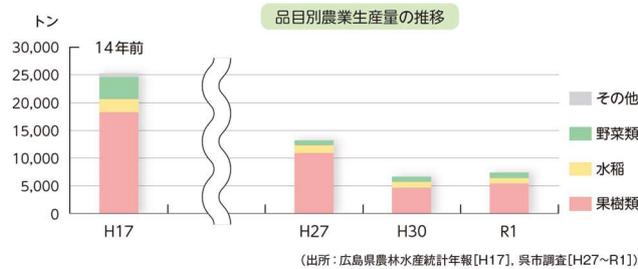


図3 呉市における品目別農業生産量の推移

一方、他の島しょ部や中山間地域などと同様に、都市部から離れた立地であることなどによる経済・社会的に不利な環境等であることより、人口減少や高齢化等の進行が著しく、柑橘類生産においても従事する人の減少・高齢化等により、近年は経営耕地面積の減少と生産量の減少が続いている状況となっています（図2、3）。

こうしたことより耕作放棄地も年々増え続けており、このまま続くと地域の基幹産業である柑橘類生産の更なる減少により、地域経済の持続性自体が脅かされてしまう危険性や、また耕作放棄地の増大は地域の環境や景観等の劣化も招いてしまうなど、観光や生活などの側面も含め地域社会のサステナビリティ自体に影響が及ぶような懸念もあります。

(2) 今回の提案に至った経緯

私自身は農業や柑橘類などには全く無縁な仕事を行っているのですが、地形データなどを地域活性化等に活かさないかといったことに以前より関心を持っていました。そうしたなかで、たまたま知人を介して知り合った、大崎下島地区でまちおこしのビジネスを行っている方々や地元農協であるJA広島ゆたかの方、また呉市農林水産課の方々からも、地域の状況や柑橘類生産に係る課題や状況、ニーズなどについて、ヒアリングや意見交換などを行う機会を得ることがありました。それらを通じ、地形データ等を活用することで地域の柑橘類生産に係る環境向上に役立てられるのではと考え始め、今回以下に説明するようなアイデアとしてまとめてみました。なお、この提案内容自体は私一人で作成したのですが、地元の方々のいろいろな知見や意見等を伺いながらまとめていったということもあり、「大崎下島フルーツアイランド」というチーム名とさせています。

(3) 提案において踏まえた方向性とそれを受けての内容の骨子

大崎下島のような柑橘類生産が地域の基幹産業となっている地域での、これからの将来像を示す参考として、呉市農林水産業振興ビジョンや2025 広島県農林水産業アクションプログラムなどを踏まえ、行政側が示している今後の農地活用・整備に関する施策の方向性等の整理を行ってみました。

まず背景として、耕作従事者の減少および耕作放棄地の増大、また新しい農業機械やIoT、ドローンなどを活用したスマート農業など、近年の技術進展への対応といったものもある中、取組みの方向性として、以下のようなことが掲げられていました。

- ・維持すべき農地の明確化とその情報共有
- ・中核となる担い手への農地集積の円滑化
- ・新しい農業機械やスマート農業などにも対応しやすく、生産性の向上や大規模経営の展開も可能となるよう、条件の整った地区では園地整備の実施
- ・また前出のような生産環境の向上等を通じ、域外からの入植者や若い世代の就農の促進

こうした呉市等における施策の方向性も踏まえつつ、提案の骨子としてあるべきものとして以下のように考えました。

- DoboX の地形データを始め利用可能な各種オープンデータを活用し、島内の柑橘畑における耕作環境について GIS による分析等を行った上で、3D による分かりやすいかたちでの可視化を行う
 - 可視化においてはブラウザ上で作動する 3DWebGIS を利用することで、Web を介し耕作従事者や行政、農協等の柑橘類生産に係る人達が、誰でも自由に操作しながら可視化データを見ることが出来ることで、自身による探索や検討また関係者間における情報の共有化などに役立つようにする
- なお可視化を行っていく対象としては、地形に起因する耕作条件としての指標が主となりますが、以下のものとしています。

- 樹園地一筆単位ごとにおける平均傾斜度
(また属性データとしてその面積)
- 樹園地ごとにおける日当たりの状況
(山からの日影の影響が大きくなる 10 月(10/15)における、9~15 時までの 1 時間ごとにおける日影の発生状況、また日影が 1 時間以上、2 時間以上の発生する範囲の状況)
- 冷気流発生の危険エリアの予測
(冬季に発生しやすい冷気流により、レモンは収穫に影響を受けやすいことから、島内において冷気流が発生しやすい場所を、農研機構の既往の研究成果を参考にして予測)
- 樹園地一筆単位ごとにおける園地整備のための平坦化のしやすさの予測
(ある程度の切盛りによる造成を行うことで傾斜度を緩和させ、機械化の導入などを容易とさせるための園地整備への向き・不向き等の指標として)

以上 4 つの項目に関する算出や分析方法等について、また地区毎の詳細な状況把握のため点群データを活用し別途作成した 3DWebGIS も含め、その利用方法など以下に説明を記しております。

(4) GIS による分析及び 3DWebGIS による可視化

以下の URL をクリックすると、大崎下島全体を対象エリアとする 3DWebGIS が立ち上がります。

https://avant-3d.com/scene/Apps/Terrain_Yutaka_CitrusField.html

マウスの左ボタンをドラッグすることで視点の位置の移動、ホイールによりズームイン・アウトが、またコントロールキーを押しながら、マウスの左ボタンをドラッグすることで、画面の回転が出来ます。あと、シフトキーを押しながら、マウスの左ボタンをドラッグすることで、画面の垂直方向への移動が出来ます(7 ページ目にある点群データによる 3DWebGIS でも、操作の方法は一緒です)。

① 柑橘畑の分布、耕作環境としての傾斜・日当たり状況についての可視化



図 4 柑橘畑の分布状況

前掲 URL をクリックすると GoogleEarth にあるような 3D 地形モデルが表示されます。その上で、画面の上部左端にある「柑橘畑」の ON ボタンを押すと、農林水産省から公開されている耕作地の筆ポリゴンデータを利用し作成した、島内における柑橘畑一筆ごとの分布状況を表示させることが出来ます(図 4)。なお OFF ボタンを押すと表示は消えます。(他のボタンスイッチにおいても同様)

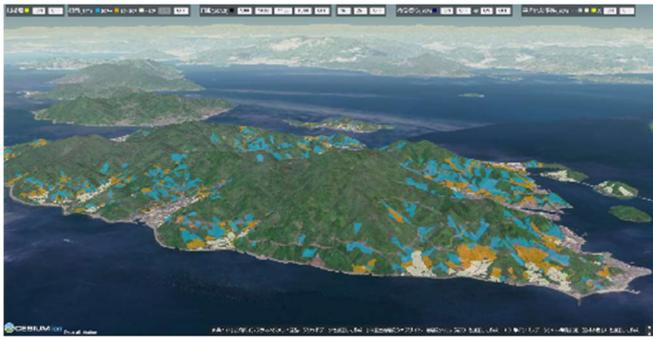


図5 柑橘畑一筆ごとの平均傾斜度



図6 10/15 9時における日影の発生状況

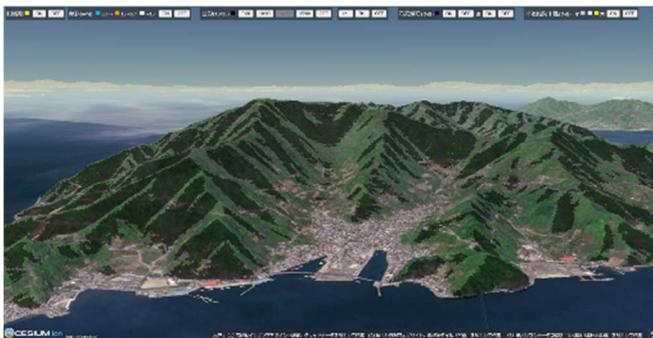


図7 10/15 14時における日影の発生状況



図8 10/15 2時間以上日影が発生するエリア

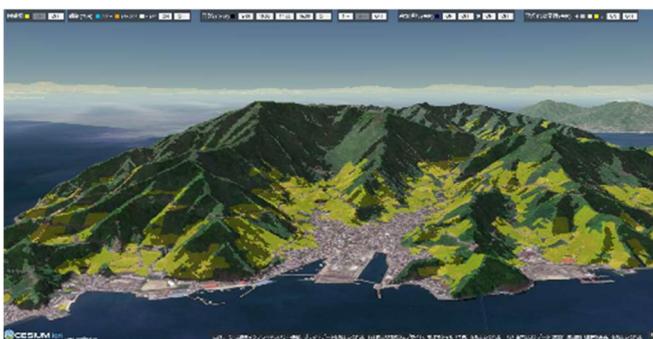


図9 柑橘畑分布と2時間以上日影エリアの重ね合わせ

左より2番目の「傾斜(平均)」のONボタンを押すと、DoboX グリッドデータ(1mメッシュ)をもとに算出した傾斜度より、柑橘畑一筆ごとの平均傾斜度の状況を可視化させることが出来ます(図5)。■30度以上(急勾配)、■15~30度(勾配中程度)、■15度未満(緩勾配)に分け表示しており、ポリゴンをクリックすると、属性ウィンドウに面積や平均傾斜度等の数値データも表示されます。(なおクリックする際、ポリゴンに対する俯角が小さい(水平に近い)場合、マウス軸線上の手前にある他ポリゴンのデータを読み込む場合もあること、ご留意下さい)

左より3番目の「日影(10/15)」でのボタンは、柑橘類の生育に重要な要素である日当たりの状況を可視化させるためのものです。ミカンの収穫前の時期で山からの影による日影の範囲が広がる10月頃、その影響が大きくなるのではと考えられることから、10月の中日(10/15)、日射量の大きい時間帯である9~15時の1時間毎の設定にて、地形による日影の発生状況をGISのアプリケーションを利用し算出させました。なお計算にあたって、1mメッシュのままでは計算量が膨大になり過ぎたことから、10mメッシュのデータに均した上で計算を行っています。

3DWebGIS上には、そのうち9、10、14、15時(11、12、13時は日影の発生範囲が非常に小さかった)における日影の状況、また9~15時の間で1時間以上および2時間以上日影が発生する範囲についての可視化を行っています(図6~8)。「9:00」や「1h~」のボタンを押すとそれぞれ表示されるようになります。なお、「柑橘畑」のONボタンと重ね合わせて表示させると、例えば柑橘畑のうち2時間以上日影が発生するエリア、といったものの可視化なども行えるようになります(図9)。また同様に「傾斜(平均)」との重ね合わせも出来ます。

このように地形データ(DoboXグリッドデータ)と柑橘畑の筆ポリゴンデータを利用することで、畑一筆ごとの耕作環境としての傾斜・日当たり状況が分かる、誰でも使える可視化ツールとして構築していくことが可能となります。

② 冷気溜まりについての予測

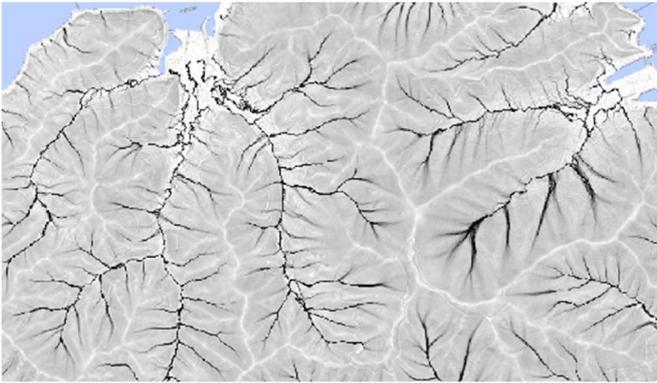


図 10 累積流量図（地形による水の流れの経路と各点における流量計算、1mメッシュにより算出）

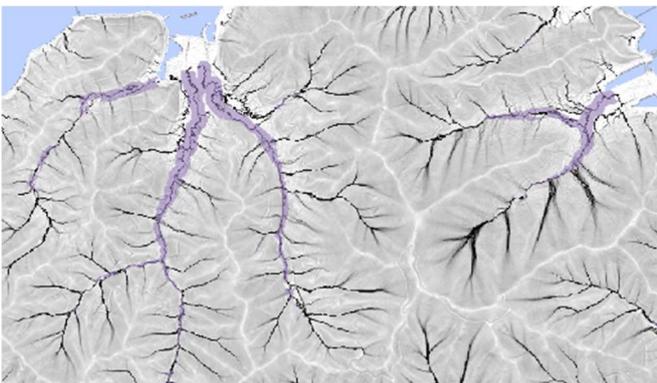


図 11 累積流量の各地点からの近接性による影響範囲（半径 80mかつ標高差 6mの範囲内を 5mメッシュにて計算）



図 12 冷気だまり(予測)

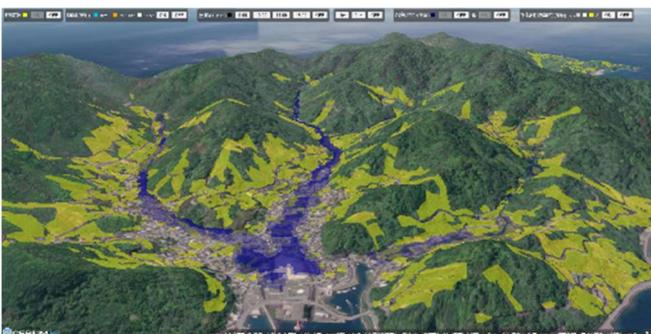


図 13 柑橘畑分布と冷気だまり(予測)の重ね合わせ

のボタンを押すと、冷気溜りによる影響が起りやすそうな範囲と、またそれが強く表れそうな範囲（予測数値が高く出たところ）の表示を行います（図 12）。なお、柑橘畑分布と重ね合わせて表示させると、樹園地一筆ごとに冷気だまりの危険性の可視化なども行えるようになります（図 13）。

※ https://www.naro.go.jp/project/results/5th_laboratory/niaes/2022/niaes22_s06.html

柑橘栽培特にレモンは、冬季に発生しやすい冷気流により収穫への被害を受けやすいとのことで、JA 広島ゆたかやまた呉市農林水産課の方からも、その対応策が求められているとのことヒアリングの際伺いました。これに対し何か応えられないかとのことを模索するなか、農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）の研究成果において、現地での気温等観測データと地形データとの組み合わせにより冷気流の予測を行う手法（ページ下部 ※ 参照）が昨年公表されていました。そのなかの地形データを利用した分析を参考にして、冷気流が発生しそうなエリアについて GIS にて予測を行ってみました。

傾斜地や丘陵地など地形が複雑な場所は、冷気流が発生しやすいということで、大崎下島もそうした地形に該当すると考えられます。こうした地形のところにおいては、夜間の放射冷却により地表近くでの冷却された空気が、その流域内の谷部分に流れ込み、谷底やくぼ地などに冷気が溜まることとなるため、周辺より温度が数度程度低くなる冷気だまりが発生し、作物への被害を起しやすくなるとのことでした。

地形による冷気の溜まりやすさは、累積流量（地形をつたって（河川に）流れ込む流量の各地点における累積量）がそのベースの指標になります（図 10）。ただ雨水と違い冷気は拡がりを持った範囲に拡散することから、前出農研機構の研究において、累積流量の流れの地点より半径 80mまで、また高さ方向では地表より 6m上空までが影響が及ぶ範囲との調査結果であったことを利用し、冷気だまりが起りそうな範囲とまたその影響度合いの想定を、5mメッシュ（計算量軽減のため）をベースに流量の流れ地点からの近接度をもとに算出を行いました（図 11）。

3DWebGIS の右より 2 番目の「冷気溜り(予測)」

③ 平坦化可能性についての予測



図 14 園地整備の例

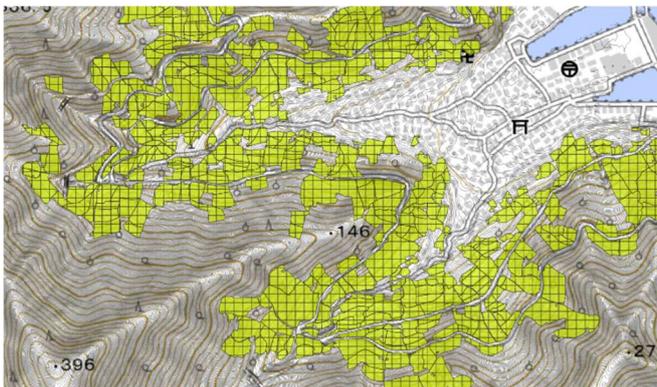


図 15 樹園地一筆ごとの 20m×20mグリッドの重ね合わせ

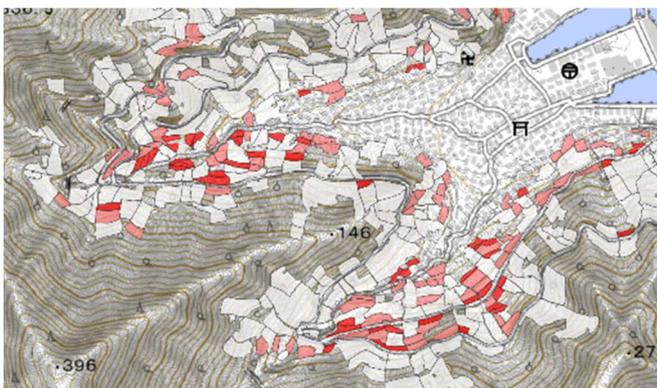


図 16 1㎡あたり1度あたりの平坦化に要する切盛り土量



図 17 平坦化効率性(予測)

あたり斜度1度あたりでの平坦化に要する切盛り土量を求めることができ、この土量をもって平坦化しやすさの指標としました(図16)。例えば、樹園地の面積が2,000㎡、現状の平均傾斜度が25度、要する切盛りの土量が2,500㎥となっている場合は、この指標は以下のように算出されます。

$$2,500 \text{ ㎥} \div 2,000 \text{ ㎡} \div 25 \text{ 度} = 0.05 \text{ ㎥/㎡} \cdot \text{度}$$

新しい農業機械やスマート農業などにも対応しやすく、生産性の向上や大規模経営の展開も可能となるよう、条件の整った地区では園地整備を実施していこうとすることが(図14)、行政側のビジョンとしても掲げられています。地元のJAゆたかの方へのヒアリングを行った際も、現状作業効率が良くない樹園地も多いことから生産性を向上させるべく、現状は傾斜地であっても、ある程度の切盛り等を行うことで緩傾斜な農地に改変しやすいようなものがどれか、地形データなどを活用し分かるのであればありがたい、とのことを伺っていました。

これを受けるかたちで、樹園地一筆ごとにおける園地整備のための平坦化のしやすさに係る分析とその可視化を行ってみました。なお、実際の平坦化のしやすさにおいては、工事を行う際の作業環境の条件等も影響を及ぼすものと考えられますが、ここでは単純に地形データからの切盛り土量より分析する方法としています。

平坦化のしやすさについての指標を求めていくにあり、まず、樹園地一筆ごとでの DoboX グリッドデータ(1mメッシュ)の標高データをベースとし、これに20m×20mのグリッドを重ね合わせた上で、各20m×20m面での平均標高をベースの標高データから算出し、ベースのデータとの高さの差をメッシュ単位にて求めました。即ち、これで得られるメッシュ集合体(20m×20mの範囲)の体積が、切盛り土量の体積となります。これにより、樹園地一筆ごとを全て20m×20mの平坦な面を持つひな壇状に造成させた場合での(計算を単純化させるため法面は垂直)、樹園地一筆ごとでの切盛り土量が算出できます(図15)。(なお、平均標高面にひな壇を作ることから、切盛りの土量はバランスすることとなります)また、樹園地一筆ごとの、面積、平均斜度は既に得ていることより、これより面積1㎡

この指標について GIS 上での計算を行った結果は、個数：3,407、最小値：0.0、最大値：0.0984、平均値：0.0608、標準偏差：0.0170、となりました。3DWebGIS の右端にある「平坦化効率性(予測)」のボタンを押すと、樹園地一筆ごとに 1 m²あたり 1 度あたりでの平坦化に要する切盛り土量が、少なくて済むところ (0.0~0.045) を平坦化効率性が大 (■) とし、比較的少なくて済むところ (0.045~0.06) は平坦化効率性が中 (■)、切盛り土量が大きいところ (0.06~0.0984) は平坦化効率性が小 (■)、として表示させるようにしています (図 17)。なお、この平坦化効率性に係る指標は、各樹園地に 20 m 四方の平坦地を一律に機械的に作っていくというかたちで算出させているもので、実際に実施する場合は各々の土地の状況に応じた造成計画等を行っていくことから、ある程度乖離等も出るとは思われますが、地域全体のなかで候補エリアの洗い出しなどを行っていくにあたっては、参考になるものなのではと考えております。

④ 柑橘畑 3 次元モデル (大長地区を事例として)

以下の URL をクリックすると、大崎下島内の一つのエリアである大長地区を対象とする 3 次元モデルの 3DWebGIS が立ち上がります。

https://avant-3d.com/scene/Apps/Terrain_Oocho_CitrusField.html



図 18 大長地区の 3D モデル

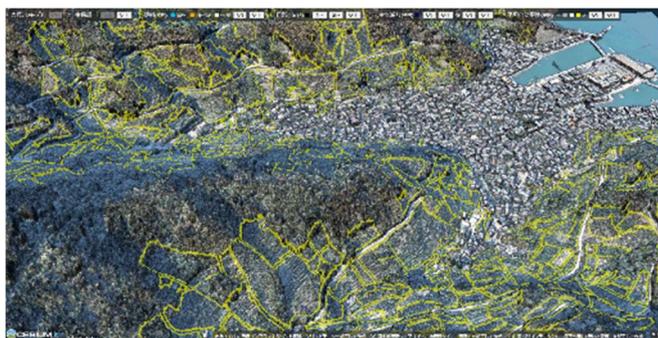


図 19 大長地区の 3D モデル (柑橘畑一筆ごとの表示)



図 20 3D モデルにより柑橘畑一筆ごとの栽培状況も伺える

これまでは大崎下島の全域を対象とした分析・可視化についてのものでしたが、以下では大長地区のエリアを事例とし、柑橘畑の様子をより直接的に可視化させるものとして、点群データを利用し作成した 3 次元モデルについて説明します。これまでは地表面の標高データからなるグリッドデータを利用したものでしたが、点群データは地形や地物、樹木や建物等の表層面の標高データからなり、これとオルソ画像データを重ね合わせるにより、樹園地において樹木が繁茂している様子やまた家屋の姿かたちなども含め、3 次元モデルとして作成することが出来ます。なお一度に表示出来るデータ量については PC 等デバイス側での制約もあり、地区エリアの範囲を対象とさせています。

URL をクリックし立ち上がった画面の上部左端にある「大長 3D モデル」の ON ボタンを押すと、大長地区の 3 次元モデルが現れます (図 18)。なおこの作成にあたっては、広島県土木建築局への測量成果の使用承認申請により貸与して頂いた、3 次元点群データのオリジナルデータを利用しています。LAS 形式のオリジナルデータより外れ値等を除去させた上で、0.5m メッシュの DSM (数値表層モデル) データとし 3D モデル化を行っています。

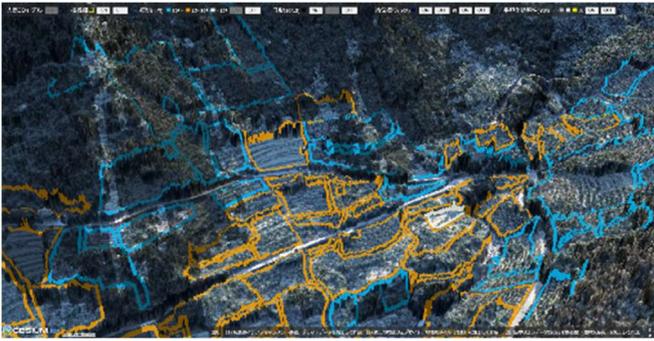


図 21 一筆毎の平均傾斜度と 2 時間以上日影エリアの重なり

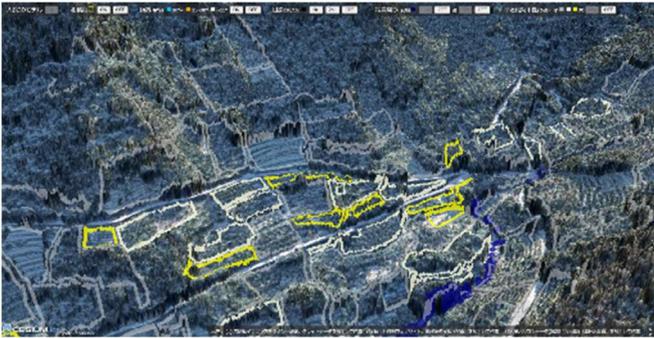


図 22 冷気溜り(予測)と一筆毎での平坦化効率性(予測)

画面上部左から 2 番目の「柑橘畑」の ON ボタンにより、柑橘畑一筆ごとの樹木の様子など分かるようにするため、柑橘畑のポリゴンを外形ラインの形にして表示させる様になっています(図 19)。この状態で 3D モデルをクローズアップさせ見ていくと、樹園地ごとの柑橘類栽培が行われている状況や(樹高の低いものはおそらく柑橘系の樹木)、あるいはおそらく耕作放棄地となっているのでは(樹高の高い樹木が多く茂っているところなど)、といった状況なども見ていくことが出来ます(図 20)。

また最初の 3DWebGIS と同様ですが、画面上部左から 3 番目の「傾斜(平均)」のボタンにより、柑橘畑一筆ごとの平均傾斜度の表示を、また日当たり状況についての可視化として、画面上部左から 4 番目の「日影(10/15)」のところに「1h~」、「2h~」のボタンをつけ、10/15 の 9~15 時

の間に 1 時間以上および 2 時間以上日影が発生する範囲について可視化を行っています(図 21)。更に、「冷気溜り(予測)」や「平坦化効率性(予測)」についても、同じく左から 5 番目と最も右端のところに、それぞれボタンを付けています。なお、これらのボタンの ON、OFF を組み合わせることで、柑橘畑一筆ごとについて、傾斜や日当たり、冷気の危険性など耕作環境としての条件、造成を伴った園地整備の可能性予測(図 22)、また 3 次元モデルからの耕作放棄なども含めた各樹園地における耕作状況に係る外見からの推定も含め、関係者等の間においてさまざまに情報を得ていくことが可能になるものと考えています。必要に応じたこうした情報へのアクセスや、また会合の場などで 3DWebGIS を一緒に見ていくなどすることで、例えば地区内における農地集積に関する検討や基盤整備の対象とすべき候補地に関する議論などにおいて、現状についての把握や認識に係る共有化なども含め、関係者の間における検討や合意形成などを支援する有効なツールとなっていくのではと考えています。

■ まとめ

前述までのように、島内における人口減少、高齢化の更なる進行に伴い、柑橘畑のなかの耕作放棄地は年々拡大している状況にあります。そうした耕作放棄地のなかには、傾斜度や日影の状況また所在する位置など、条件に恵まれているものも多数あるものと考えられます。こうしたものは維持すべきと考えられるものであることから、このような耕作放棄地も含め維持すべき農地とするものを、柑橘畑一筆単位における環境や特性等に関するデータ、また 3 次元モデルでの現況の様子も介しながら、誰でも分かりやすいかたちで明確化させることが、このツールにより可能となるのではと考えています。

また、所有者や新たな担い手、地元組織や自治体等も含めた関係者との間での必要な調整、合意形成等も図りながら、中核となる担い手への農地の集積化を行っていくようなプロセスを行っていくにあたって、この提案内容はその支援ツール等として役割を果たしていくことが出来るものと考えています。例えば、維持すべき農地や、集合化や集積化等に該当する農地、またそうでない農地などに

ついでに振分け案等を作成したら、その案のデータもこうした 3DWebGIS に都度追加させていくことで、関係者間の間での確認や再検証などフィードバックに対応させていくこともでき、共通認識化や合意形成等を図っていく上で有力なツールになり得るのではと考えています。あと Web の特性として、情報の発信や拡散性などにも非常に優れていることから、こうした 3DWebGIS があることにより、例えば地区外にいる潜在的な担い手候補やまた移住希望者などへの、情報発信の媒体として役割を果たすことにもつながるものと考えられ、大崎下島への新たな就農者の獲得への貢献も期待できるのではとも思っています。

また今後は、柑橘生産に係る従業者の数は、減ることはあれ増えることは望めないと考えられることから、柑橘類産地としての持続性の維持・向上のためには、新しい農業機械やスマート農業の導入などにも対応しやすく、生産性の向上や大規模経営の展開も可能となるよう、条件の整うエリアにおける園地整備の実施は必須であると考えられます。そうした対応を進めていくにあたっては、柑橘畑一筆ごとの特性や条件等に関するデータまた 3次元モデルも介していくことで、整備すべきエリアの抽出や検討、また関係者等との間での必要な調整、合意形成等を行っていく場面においても、この提案内容は支援ツールとして役割を果たしていくことが出来るのではと考えております。

なお、冒頭での繰返しとなってしまいますが、柑橘類の生産が盛んな広島県内の各地も含めた瀬戸内海の島々や沿岸部、また九州から東海地域に広がる各産地においても、同様な課題やニーズを抱えているところが多くあるものと考えられることから、この提案内容は同じ様に適用していくことが出来るのではと考えており、各地における柑橘類生産に係る課題解決や将来に向けての対応等のための検討・合意形成などへの支援を通じて、日本におけるサステナブルな地域社会づくりへの貢献に少しでもつながることになればとも思っております。

※ 図作成におけるデータ出典（広島県 DoboX データからのもの以外）：

図①： 国土地理院ウェブサイト 地理院タイル、国土数値情報(行政区域データ)（国土交通省）

図②、③、⑭： 呉市農水産業振興ビジョン(後期 R3～R7)（呉市）

図④～⑬、⑮～⑰： 国土地理院ウェブサイト 地理院タイル

図④、⑤、⑨、⑬、⑮～⑰、⑲～⑳： 筆ポリゴンデータ（農林水産省）