

# 里山工学の方法論

高木 方隆<sup>1\*</sup> 久須美 雅昭<sup>2</sup>

(受領日：2018年5月9日)

<sup>1</sup> 高知工科大学システム工学群  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> 高知工科大学地域連携機構  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

\* E-mail: takagi.masataka@kochi-tech.ac.jp

**要約：**現在、日本の里山の多くは人口減少により荒廃の一途をたどっている。里山工学は、里山を再生させるための学術体系の一つである。その中で重要な役割を果たす空間情報システムと自然環境予測シミュレーションは、適切な再生プランを策定するツールとなる。本稿では、高知工科大学から新たに始まった「里山工学」について、その発足の経緯を紹介する。

学術の中核となるべき固有の方法論について、2009（平成21）年の地域連携機構の発足時点にまで遡り、数次にわたる共同研究プロジェクトを通して空間情報システムが徐々に中心的な役割を担うようになってきた過程を記述する。この過程にはICTやIoTをはじめとする様々な工学技術の進歩も反映されている。

また、既存の学術領域との比較で里山工学の特徴を論ずる。すなわち、農業工学、土木工学、生態工学などの工学分野や、環境学、里山学などの里山研究を包摂するような分野があるが、里山工学は、方法論の固有性、現場の課題解決に向けた実践性において独自の領域を拓くものである。

## 1. はじめに

高知工科大学地域連携機構では、2009（平成21）年の発足以来、科学技術による一次産業の高度化を地域創成のひとつの目標ととらえ、植物資源戦略を展開してきた。その柱のひとつが県内に豊富な森林バイオマスを活用した火力発電事業であり、これは2015（平成27）年に大学発ベンチャー企業による宿毛市の火力発電所建設により社会実装されるに至った。もう一つの柱が未利用有用資源植物の産業化を目指すもので、こちらは植物データベース（DB）と地理情報システム（GIS）とを組み合わせたプラットフォームLUPINES（後述）を公開し、研究成果の普及や、さらなる応用展開を図るに至っている<sup>1)</sup>。

一方、システム工学群の建設系教員は、2014（平成26）年から、高知県香美市佐岡中後入地区を対象に、里山の再構築に関する取り組みを共通プロジェクトとして立ち上げた。2015（平成27）年には、大

学院社会システム工学コース1年生を対象に実働部隊を組織し、建築・土木・環境分野に関するテーマを設定して調査・研究を開始した。研究成果は大学紀要にて毎年10件程度を公表している<sup>2)</sup>。

2017（平成29）年12月、地域連携機構の国土情報処理工学研究室を中心に、前述の機構の実績と社会システム工学コースの成果とを統合する形で「里山工学」を新たな学術領域として立ち上げることにした。その目指すところは、里山における心豊かな暮らしを末永く実現するため、工学を中心に諸学を総動員する実学的体系を確立しようというものである。

本稿では、新たな学術を名乗る上で不可欠な中核的方法論について、その成り立ちの経緯も踏まえて紹介し、併せて既存の学術との比較を通してその独自性を論じる。

## 2. LUPINES の経験から

### 2.1 植物 DB と GIS の連携

2010（平成22）年、資源植物学者で有用植物の商品化に実績を持つ渡邊高志博士を地域連携機構に迎え、県内の未利用資源植物の探索とデータベース化に取り組むこととした。LUPINES（= Local Useful Plants with Intelligent Networks of Exploring Surface）と名付けたこの学際共同プロジェクトでは、有用植物の生理活性などをデータベース化する一方、野外調査にもとづき自生地を GIS 上にマッピングして植生の保護・育成に向けた戦略立案のツールとすることを目標とした。

これまでの野外調査では、事後のデータ整理に多大な労力を要していたが、この LUPINES プロジェクトによって、GPS 内蔵デジカメの普及ともあいまって、現場で撮影された膨大な植物写真データに緯度経度情報を付与して GIS と紐付けする作業は、飛躍的に効率化した。

### 2.2 GIS 上の DB の重ね合わせ

いったん GIS マップ上に植物分布がプロットできるようになると、その場所の地理環境条件などとの重ね合わせ分析が可能となってくる。そこで 2012（平成24）年からの次のステップのプロジェクトでは、救荒植物（災害時食糧備蓄となる植物）を数種選び、それらの県内での栽培適地を評価するシステムを開発することとした。具体的には香美市、高知市土佐山などの中山間部に調査対象フィールドを設定し、クロモジ、イタドリ、ウバユリなどの栽培／自生種の数種を対象に、地形、地質や日照、温度、湿度等の微気象条件と、それらの植物の生育や活性成分の蓄積状態などを重ね合わせて評価しようというものである。

ここにいたって GIS は、様々な DB のレコードを、緯度経度をキーとして相互に繋ぐためのプラットフォームとしての意味を持つようになってきた。すなわち、DB の検索表示画面に GIS が従属している関係から、GIS に複数の DB が従属するかのように主客の逆転が起こった。

## 3. ボクセルモデルとシミュレーション

### 3.1 センシング技術の進化

有用植物探索と並行して宿毛の火力発電所の建設が本格化するにともない、森林バイオマスの資源量推計の必要性が高まってきた。そこで 2014（平成26）年に導入したのが無人機による低高度立体

画像空撮という方法である。従来、衛星画像による空撮データはマクロすぎて予想の域を超えられず、局所的な地上調査データはマイクロすぎて広い範囲を予測する経営判断には使えないという問題があったが、低高度空撮はこのマクロとマイクロの間領域を埋める実証的な手法と考えられた。実際に得られた森林空撮画像からは樹木本数や密度などが判読でき、手法の有効性が確かめられた。

この時期、ドローンも広く普及するようになり空撮や遠隔計測が容易に実施できるようになり、さらに小型 IoT センサーから無線クラウドにデータを吸い上げるという方法も実用可能となってきた。

これまでは、高価な専用センサーシステムで、データフォーマットも独自のものが多く、様々なセンサーを組み合わせて利用するには、非常に煩雑な作業が強いられてきた。しかし現在は、様々な超小型センサーが低価格で供給され、Raspberry Pi などの小型端末により、一般ユーザーが個別のセンサーシステムを構築でき、情報共有も簡単である。

この結果、従来の野外調査では数ヶ月を要したほどの計測データがわずか数日で GIS 上の点群データとして表示できるようになった。

### 3.2 マルチ解像度 GIS

GIS 上のデータの重ね合わせは、自然科学的なデータのみに限るものではない。人文社会系のデータとの重ね合わせも大きな意味を持つてくる。

先行例となったのは、2014（平成26）年に卒業研究としてまとめられた「中山間地の持続可能性評価」研究における小字地図による土地利用の考察である<sup>3)</sup>。小字地名は古来人々の環境認識や生活文化の歴史を反映するよう名付けられてきた。小字の記された地番図、絵地図などを幾何補正して衛星画像と合せて GIS 上に重ね、現況の土地利用と比較考察した結果、過去の災害の名残を留める小字地名が、今後の土地利用計画の策定においても指針となりうることなどが明らかになった。

小字の場合はポリゴン化によって境界がはっきりするため、緯度経度が付与された自然科学データとの重ね合わせは容易である。しかし文化的事象では、例えば方言使用圏、道具文化圏、通婚圏など、存在は確かでも境界は必ずしも明確ではないものが多い。そこで自然科学的事象と社会文化的事象とをレイヤーに分けて、さらに確実な事象と、確率分布のグラデーションでしか示せない事象とをそれぞれレイヤーに分けて重ね合わせを行うマルチ解像度 GIS という考え方が取り入れられた。

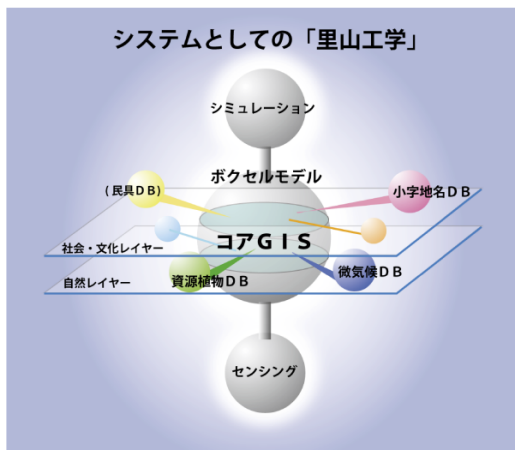


図1. システムとしての里山工学

これにより従来GISと無縁であった人文系の研究者にとっても、GIS上の重ね合わせ分析が新しい研究領域を拓くことが見えてきた。2017（平成29）年からは、歴史研究者との共同により、長宗我部地検帳に記された人口、石高などのデータと、地質、微気象などとの重ね合わせで、里山の土地利用の変遷を復元的に考察する研究が始まっている。

#### 4. 里山工学の旗揚げ

2015（平成27）年以来、地域連携機構やシステム工学群などの有志教員、学生が「里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト」と題する共同研究を進めてきたが、2017（平成29）年12月に開催された第15回のプロジェクト全体会議において、これまでに積み重ねてきた研究は「里山工学」と名付けても良いのではとの提起がなされ、メンバー全員の了解のもと、里山工学を旗揚げすることとなった。

里山工学の骨子は以下のとおりである。

1. 多様な最新技法による点群データの取得
  2. マルチクラウドGIS-DBsによるデータの協働集積
  3. マルチ解像度GISを基盤とした自然科学と人文社会系諸学との統合
  4. ボクセルモデルに基づくデータ解析
  5. 里山シミュレーションに基づく地域政策立案
- これらは一連のシステムであり、図示すれば図1のようになる。

#### 5. 里山工学の特徴

##### 5.1 他分野との違い

里山工学は河川工学や海岸工学のように自然地形を対象としているが、その中で生態系を扱う



図2. 里山工学の位置付け

点で生態工学の方法論と重なるところが大きい<sup>4)</sup>。しかし、里山工学は元来、少子高齢化で危機に直面する生活・生業の場としての里山の立て直しを目指すものであり、実践指向性がきわめて強い。また人文社会科学と自然科学の統合への要請も必然的に高くなる。従来の細分化科学とはむしろ正反対の統合科学を目指すものといえる。

また里山工学は環境の把握に環境学の方法を参考にすることも多い<sup>5)</sup>。しかし目指すところは抽象的環境モデルの記述ではなく、個別の里山に対応した現実的具体的な課題解決の方策である。

里山を研究対象として学際的に取り組むという点については、龍谷大学の丸山徳次教授が2004年に提唱した「里山学」が先行事例であり、既に自然、社会、文化、歴史などの多方面からの成果を重ねてきている<sup>6,7,8)</sup>。しかし、里山学は学際的であるがゆえに固有の方法論を持たないともいえる。その点本稿で論じたように、里山工学はGISをコアとして多様なセンシング技術と大規模データの解析技術により政策立案に資する成果を目指すというシステムの体系的な方法論の体系を有する。

##### 5.2 他分野との関係

工学は元来、豊かな暮らしを創造するための学問である。このような工学の理念に基づき、関連工学分野の方法はもとより周辺諸学の方法も総動員して人々が暮らし続けたいと思う里山を新たに創造するのが里山工学の目的である。里山工学と諸学との関係は図2のように示すことができる。

#### 文献

- 1) 久須美雅昭, “地域連携機構のあゆみ2009–2014”, 高知工科大学紀要, Vol. 12, No. 1, pp. 23–36, 2015.
- 2) 高木方隆, “基盤科学技術を用いた里山再生の必

- 要性”, 高知工科大学紀要, Vol. 13, No. 1, pp. 31–35, 2016.
- 3) 村井亮介, 正岡水月, 高木方隆, “中山間地域の持続可能性評価 —地理的要因による地域差の比較と考察—”, Vol. 12, No. 1, pp. 53–63, 2015.
  - 4) 亀山章編, “生態工学”, 朝倉書店, 2002.
  - 5) 武内和彦, 鷺谷いつみ, 恒川篤史編, “里山の環境学”, 東京大学出版会, 2001.
  - 6) 丸山徳次, 宮浦富保編, “里山学のすすめ—文化としての自然—再生に向けて”, 昭和堂, 2007.
  - 7) 丸山徳次, 宮浦富保編, “里山学のまなざし—森のある大学—から”, 昭和堂, 2009.
  - 8) 村澤真保呂, 牛尾洋也, 宮浦富保編著, “里山学講義”, 晃洋書房, 2015.

# Methodology for “Satoyama Engineering”

Masataka Takagi<sup>1\*</sup> Masaaki Kusumi<sup>2</sup>

(Received: May 9th, 2018)

<sup>1</sup> School of Engineering, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

<sup>2</sup> Research Organization for Regional Alliances, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

\* E-mail: takagi.masataka@kochi-tech.ac.jp

## Abstract:

Satoyama means mountainous land where humans act to utilize nature for living and conservation. The Satoyama area has declined due to the population decreasing in Japan. One of the academic systems begin used to renovate Satoyama is “Satoyama engineering”. This paper introduces the background of “Satoyama engineering”, initiated at the Kochi University of Technology. The renovation plan is to use a spatial information system and prevent change of the natural environment. The Research Organization for Regional Alliances established in 2009, has conducted extensive collaborative research, in particular, using the spatial information system which has played a major role in the research. The development of ICT and IOT supports the generation of high density time series data for the spatial information analysis. Some of the related disciplines are agriculture engineering, civil engineering, environmental engineering, ecological engineering, and “Satoyama-gaku”. Satoyama engineering is a new discipline employed to solve many of the issues in Satoyama in the near future.