



ISSN 0913-2430

道総研

光珠内季報

- ・ オープンソースソフトウェアを用いた衛星画像の教師なし分類による林況把握

- ・ 近代からはじまる北海道と和紙産地の絆
その2 北海道における大正時代のノリウツギ事情

地方独立行政法人
北海道立総合研究機構
森林研究本部 林業試験場

NO. 217
2025.12

オープンソースソフトウェアを用いた衛星画像の 教師なし分類による林況把握

明石信廣

衛星画像から土地被覆分類を行う手法の一つに「教師なし分類」があります。無償で利用できる衛星画像とオープンソースソフトウェアを用いて常緑針葉樹林、針広混交林、落葉広葉樹林などの分類を行った事例を紹介します。

近代からはじまる北海道と和紙産地の絆 その2 北海道における大正時代のノリウツギ事情

錦織正智

明治時代以来、北海道は和紙産地へのノリウツギの供給地となりました。本稿では大正時代における北海道のノリウツギ事情をまとめました。

オープンソースソフトウェアを用いた 衛星画像の教師なし分類による林況把握

明石 信廣

はじめに

広大な森林に関わる仕事をしていれば、針葉樹人工林にどの程度広葉樹が侵入しているか、病虫害がどの程度広がっているかなど、森林の様子を上空から確かめたい、と思うことがしばしばあるのではないのでしょうか。そこで、古くから航空機からの空中写真や人工衛星からのリモートセンシングの技術が活用され、近年では UAV が活躍しています。それぞれの手法には、活用できる広さや分解能、必要な費用などに違いがあります。

アメリカ地質調査所 (USGS) とアメリカ航空宇宙局 (NASA) が運用している Landsat や、欧州宇宙機関 (ESA) が運用している Sentinel-2 などの衛星画像は、無償で利用することができます。Landsat は最初の衛星が 1972 年に打ち上げられ、後継機に引き継がれて観測が続けられています。Sentinel-2 は 2015 年に最初の衛星が打ち上げられました。どちらもさまざまな波長を観測するセンサーが搭載され、波長帯によって分解能も異なりますが、植生の分類でよく使われる赤、緑、青、近赤外の波長帯の分解能は Landsat が 30m、Sentinel-2 は 10m です。雲がかかっていると画像が得られないのが弱点ではありますが、撮影後、短期間で画像が公開されるので、分解能が 10m 以上でも判別できる林相や被害であれば、まずは無償の衛星画像で確認してみる、ということが可能になりました。

画像から森林の状態などを分類することで、地図化したり、状態を定量的に示すことも可能になります。近年は、このような衛星画像の活用に役立つオープンソースソフトウェアも充実してきています。オープンソースソフトウェアとは、ソースコードが公開され、無償で自由に利用したり改変したりすることができるソフトウェアのことです。

本稿では、Sentinel-2 の画像と QGIS と GRASS GIS という 2 つのオープンソースソフトウェアを用いて、教師なし分類による林況把握を行った手順の概略を説明しています。詳細な手順については「衛星画像による林況把握方法 オープンソース GIS ソフトによる『教師なし分類』の作業手順 (改訂版)」(<https://www.hro.or.jp/forest/research/fri/develop/keiei/rinkyohaaku.html>) をご覧ください。

教師なし分類とは

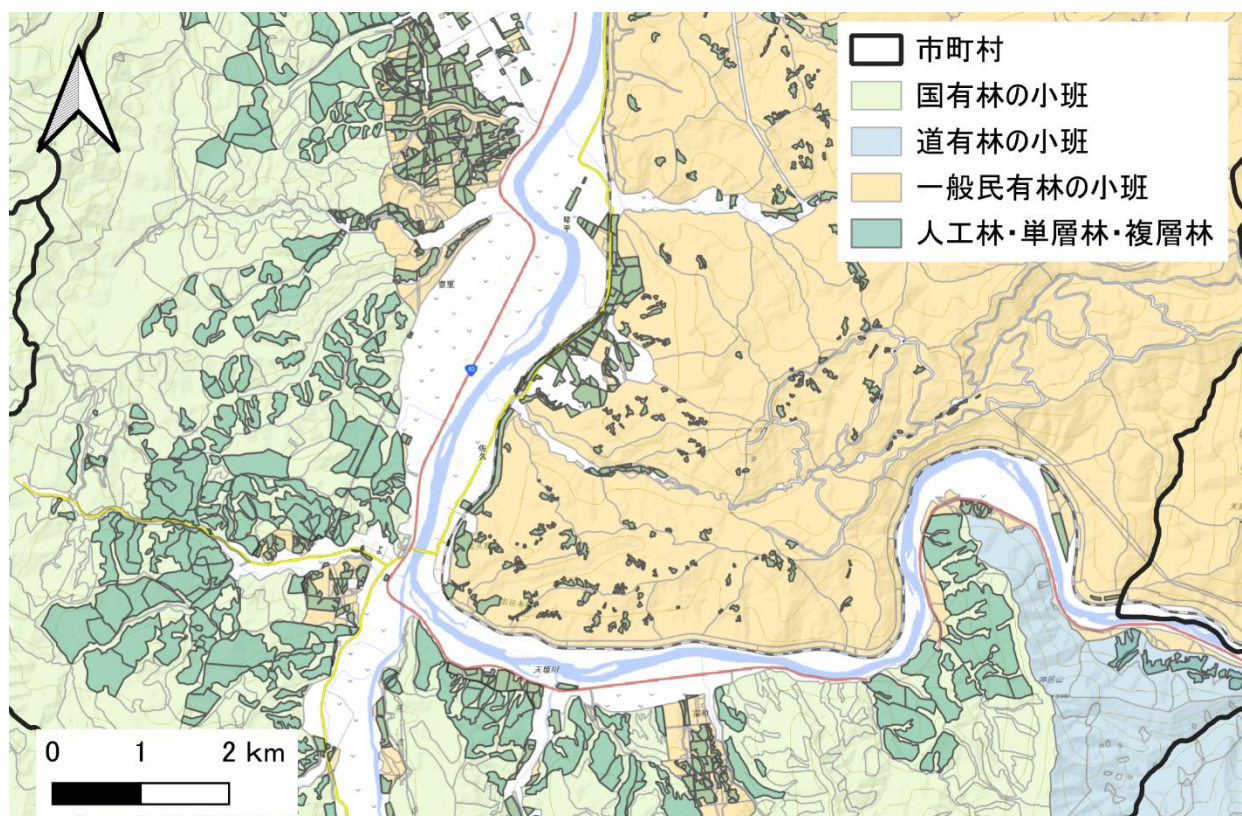
衛星画像から土地利用や植生タイプなどの土地被覆分類を行う方法として、「教師付き分類」と「教師なし分類」があります。衛星画像は分解能に応じた画素 (ピクセル) で構成され、人工衛星に搭載されたセンサーが観測する波長帯 (赤、緑、青、近赤外など) ごとに反射率が記録されています。教師付き分類とは、分類したいカテゴリー (例えば、常緑針葉樹林、落葉広葉樹林、裸地など) に含まれることが分かっている多数の地点を教師として与え、その地点のピクセルの情報から、どのような反射率がどのカテゴリーと対応するかを分析し、その結果にしたがって土地被覆を分類する手法です。一方、教師なし分類は、画像から抽出されたピクセルの反射率のデータをクラスター分類により類似したものをクラス分け (クラスタリング) する手法で、分類されたそれぞれのクラスがどのようなカテゴリーに該当するかを後から対応づけます。教師付き分類では、教師となる情報を適切に与えれば、似たようなところを細かく分類することもできますが、教師となる情報を作るための作業が必要です。教師なし分類では、常緑針葉樹と落葉広葉樹などを比較的簡便な手順で分類することができます。

衛星画像を見てみよう

Sentinel-2 の画像は ESA の Web サイト Copernicus Browser ([https:// browser. dataspace. copernicus. eu/](https://browser.dataspace.copernicus.eu/)) で閲覧できます。データのダウンロードにはユーザー登録が必要ですが、ウェブブラウザ上での閲覧だけなら Anonymously (匿名) でも利用できます。衛星画像がどのように撮影されているのか、まずは見てみましょう。Sentinel-2 は 2 機の衛星で構成され、それぞれが 10 日ごとに同じ場所を撮影しています。2024 年には 3 機目の衛星の運用が開始されました。しかし、地表はしばしば雲に覆われており、画像を入手したい範囲が広くなると、全域に雲のない画像が撮影される機会が少なくなり、年に数回だけという場合もあります。範囲を限定するほど雲のない画像が得られる可能性は高まります。1 枚の画像は 10,980×10,980 ピクセル、1 ピクセルは 10m×10m なので、約 110km 四方が含まれます。

森林に関する地図情報

衛星画像の解析にあたって、森林調査簿に記録されている植栽樹種などの情報を参考にします。近年、森林の林班、小班の区画や植栽樹種などの情報は、オープンデータとして公開されるようになりました。国有林のデータは国土交通省の国土数値情報ダウンロードサイト (<https://nlftp.mlit.go.jp/>) で「国有林野」として公開されています。また、北海道有林は「道有林森林資源情報資料ダウンロードページ」(<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/dyr/DOP.html>)、その他の民有林（一般民有林）は「森林計画関係資料オープンデータ」(<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srk/A004/B003/>) からダウンロードすることができます（図－1）。



図－1 国有林、道有林、一般民有林の小班区画データ（QGIS で作図）

国有林は国有林 GIS データ (<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A45.html>)、道有林は「道有林森林資源情報資料ダウンロードページ」(<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/dyr/DOP.html>)、一般民有林は「森林計画関係資料オープンデータ」(<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srk/A004/B003/>)、背景の地図は地理院タイル標準地図 (<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>) を利用しました。

教師なし分類の手順

教師なし分類は図－2 に示した手順で進めます。

(1) 衛星画像の準備

Sentinel-2 の画像は、QGIS の Sentinel 2 Image Downloader プラグインを使ってダウンロードすることができます。植物は赤色や青色の光を吸収して光合成に利用し、近赤外光はよく反射するため、植物の量などを表す指標として、赤と近赤外の反射率から求められる正規化植生指標（NDVI）がしばしば用いられます。赤、緑、青、近赤外のほか、NDVI もあらかじめ用意されています。

これら 5 つのバンドのデータをダウンロードしたら、1 つの TIF ファイルにまとめ、分類したい範囲を切り抜いて保存します。

衛星画像の赤、緑、青のバンドをそれぞれ QGIS で赤のバンド、緑のバンド、青のバンドに割り当てると、人の目で見えた配色に近いトゥルーカラー画像が作成できます（図－3）。

(2) クラスタリング

この画像を GRASS GIS に読み込み、i.cluster モジュールを使って教師なし分類のためのクラスタリングをします。クラスタリングとは、値の近いピクセルをまとめてクラスに分ける作業です。画像から一部のデータを抽出し、クラスの初期数を指定して実行します。この結果をもとに、i.maxlik モジュールで分類結果を画像全体に反映させ、ピクセルごとにクラスの番号が付けられた画像を作ります（図－4）。各クラスには 1 から順に番号が付けられ、クラス数が 50 個であれば 1 から 50 までの 50 階調になります。

(3) クラスタリング結果の意味づけ

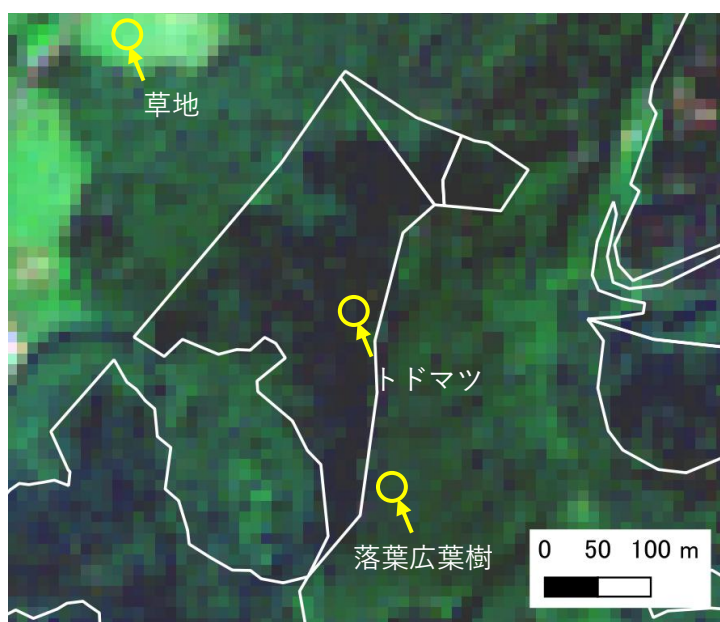
次に、分類結果の画像を QGIS で表示させ、それぞれのクラスがどんな状態に対応するのか、意味づけをしていきます。

例えば、図－3 では、小班の属性や現地の状況から、濃い緑はトドマツ、やや薄い緑は落葉広葉樹、明るい緑は草地を示していると思われます。このようなピクセルの情報を見て（図－4）、そのクラスのラベルを常緑針葉樹林、落葉広葉樹林、草地などに変更し、画面に表示する色を分類したいカテゴリーに合わせて 1 つずつ変更します。河川や道路、雲などは、比較的容易に識別できる場合が多いでしょう。

図－4 を見ると、常緑針葉樹林や落葉広葉樹林などもそれぞれ複数のクラスに分けられていることが分かります。ある程度妥当と思われたカテゴリーに統合した結果、49 のクラスは 9 個のカテゴリーにまとめられ

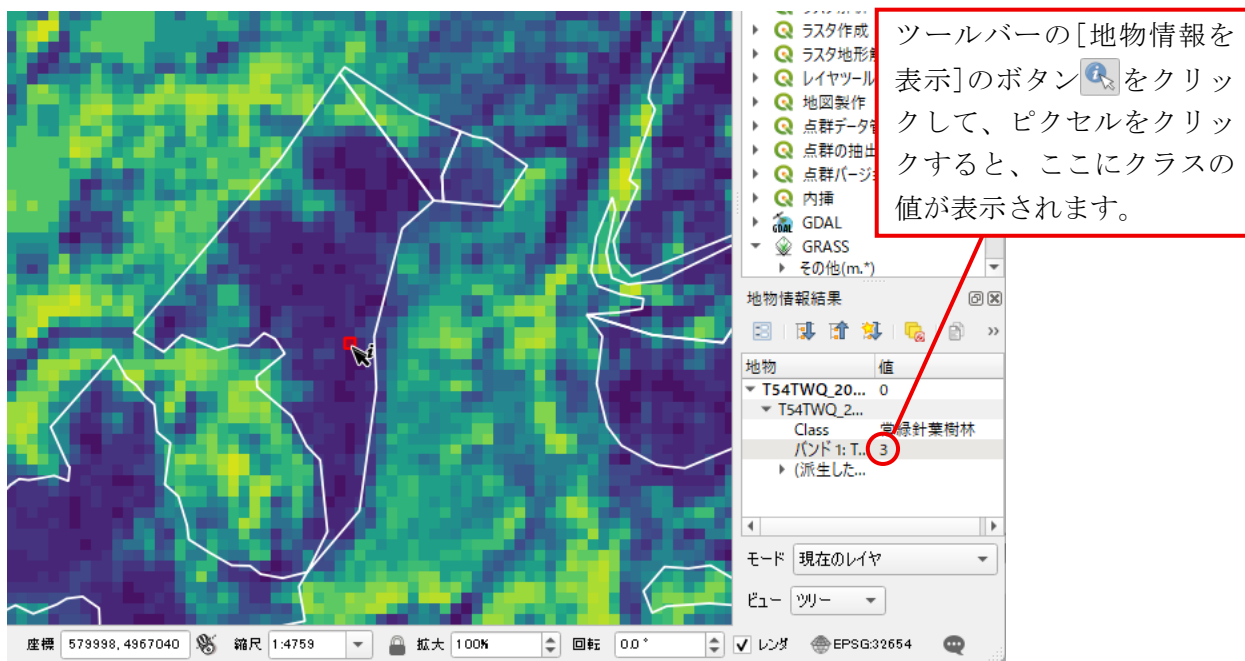


図－2 衛星画像の教師なし分類による林況把握の手順



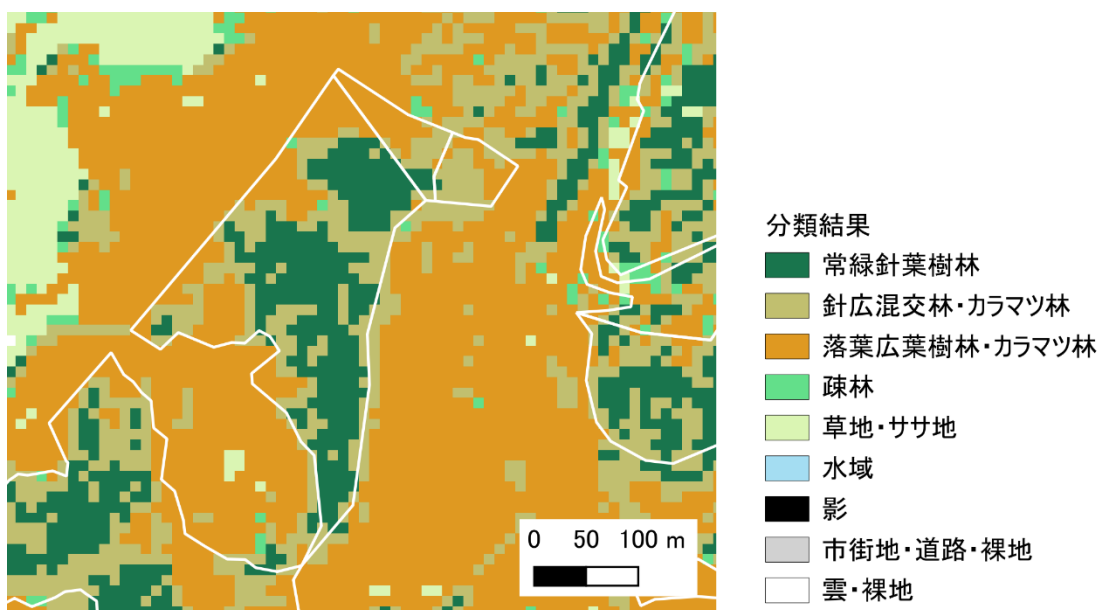
図－3 トゥルーカラー画像 (QGIS で作図)

Sentinel-2 の 2024 年 7 月 15 日のトゥルーカラー画像。白線は小班。草地、トドマツ、落葉広葉樹の代表的な地点を○印で示す。



図－４ クラスタリング結果 (QGIS の画面)

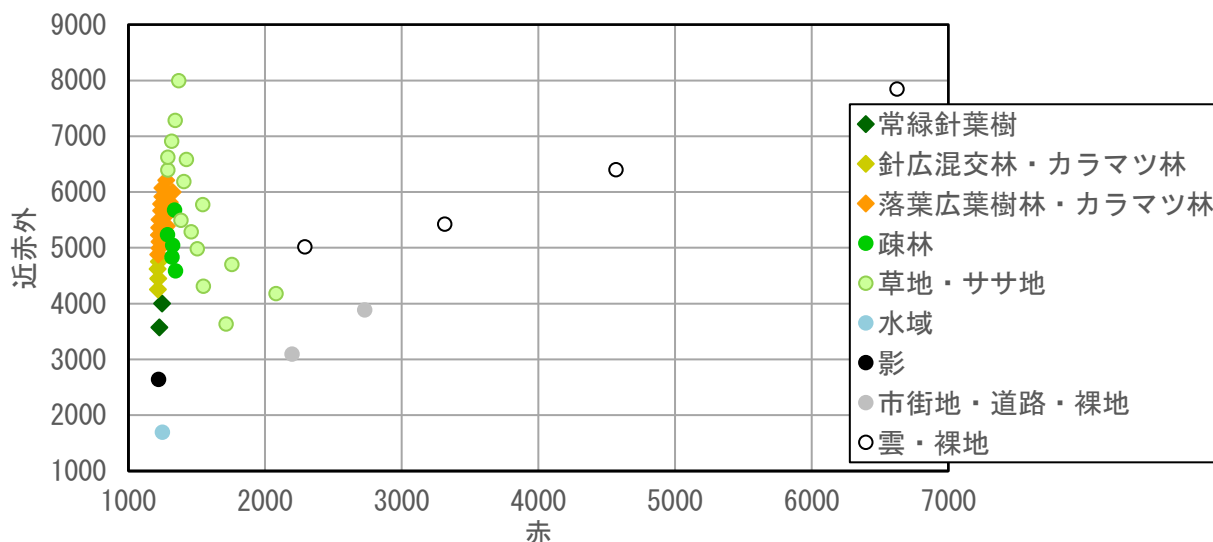
Sentinel-2 の 2024 年 7 月 15 日の画像を、クラスの初期数を 50 として分類した画像の一部を、クラスごとに色分けして示した。実際には 49 クラスに分類されている。



図－５ 分類結果 (QGIS で作図)

ました。今回の画像では、落葉広葉樹林とカラマツ林には同じクラスに分類されたピクセルが多く、これらを区別することはできませんでした。また、衛星は毎回ほぼ同じ時刻に撮影するように運用されており、夏至に近い時期に撮影された画像をもとに作成された図－３には影の部分はありますが、樹木の北側に影の部分がある場合には、黒っぽい常緑針葉樹との区別がつかないこともあります。

図－６には、各クラスの赤と近赤外の値と分類されたカテゴリーの関係を示しています。赤は植物によって吸収されるため、雲や裸地、市街地など植物のないところで値が大きく、森林では小さくなっていました。赤も近赤外も小さな値のところは河川などの水域や影でした。草地やササ地は赤、近赤外と



図－6 各クラスの赤と近赤外の値と分類結果

値が大きいくほど反射率が高いことを示す。ここでは赤と近赤外を示したが、他の波長でも同様に分類結果との対応を示すことができる。

も森林よりも反射率が高くなっていました。一つのピクセルは10m四方の広がりがあるので、常緑針葉樹と落葉広葉樹が混じったところでは近赤外、草地と森林の境界では赤の値が、両者の中間的な値になっていました。そこで今回は、針広混交林、疎林のカテゴリーを作りました。

このように、各クラスのバンドの値も、意味づけの参考にすることができます。ただし、衛星画像に記録される反射率は大気の状態などによって常に変化します。そのため、同じ範囲が撮影されても、図－6のような関係は画像1枚ごとに異なり、画像ごとに分類の作業を行う必要があります。

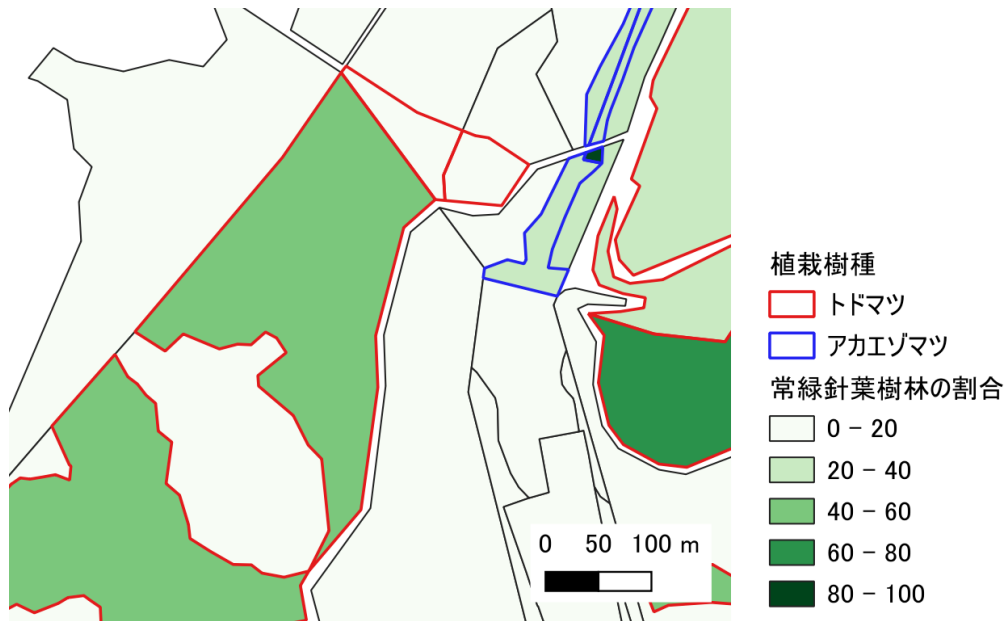
教師なし分類の活用

これまでに示してきたように、オープンソースソフトウェアを用いて無償で利用できる衛星画像を教師なし分類することにより、落葉広葉樹林とカラマツ林を区別することはできませんでしたが、これらと常緑針葉樹林を区別することができました。この結果から、例えば広域に分布する常緑針葉樹人工林のなかで植栽樹種が多く生育して今後間伐などが必要と思われる範囲を特定するなど、今後の施業に役立つ情報を得ることができます。衛星画像の撮影時期によっては、落葉広葉樹林とカラマツ林の区別ができることもあるでしょう。また、10m以上の分解能では単木の現象を把握することはできませんが、例えば山火事跡や病虫害などの面的な広がり把握に活用できると考えられます。

QGISの機能を活用すれば、小班ごとに、それぞれのカテゴリーに分類されるピクセルの割合などを集計することも可能です(図－7)。今回は森林を常緑針葉樹林、針広混交林、落葉広葉樹林の3段階に区分しましたが、図－6に示したように、衛星画像に記録されている値は常緑針葉樹林から落葉広葉樹林へと連続的に変化するので、林況をさらに細かく区分することもできるでしょう。

現地で標準地調査を行うことにより、その範囲の正確な情報を得ることはできますが、対象林分全体の情報を得るには大きな労力が必要になります。詳しく林分の状態を知るには、衛星画像の教師付き分類や分解能の高い有償の衛星画像の活用、対象範囲に限られる場合にはUAVを活用した資源把握などの技術の活用も考えられます。森林資源の現状把握において、求められる情報の内容や対象範囲の広がりに応じて効果的な手法を選択することが望ましく、教師なし分類もそのための手法の一つとしての活用が期待されます。

なお、ここで説明する手順は、一般的なオフィス用パソコンでも十分に実行することができますが、一度に広い範囲を扱おうとすると、大きなメモリが必要になったり、処理に時間がかかったりします。



図ー7 常緑針葉樹林の割合 (QGISで作図)

図ー5をもとに、小班（図中の区画線）ごとに、常緑針葉樹林に分類されたピクセルの割合を示す。

まずは一辺が数 km の範囲から初めてみてはいかがでしょうか。

(保護種苗部)

近代からはじまる北海道と和紙産地の絆

その2 北海道における大正時代のノリウツギ事情

錦織正智

はじめに

明治時代が始まると、紙には新聞、雑誌、義務教育の国定教科書など新たな用途が生まれました。情報の普及、行政や商業、文化活動等など、社会全体のシステムを近代化させる基盤として和紙の需要は大きく伸びました。そして、明治時代末期には機械漉き和紙が登場し、増加する需要に応えました（写真-1）。

前報「その1 サビタ樹皮の採取とサビタ糊の製造」では、明治時代の和紙産地におけるノリウツギ資源の枯渇と道南地方に興った道外向けのノリウツギ採取事業について述べました。本報の話題は採取事業が全道へ展開する大正時代についてです。また、文中では基本的に「ノリウツギ」を用いますが、古い資料に「サビタ」と使われている場合は「ノリウツギ」と同じ意味で使うことにします。



写真-1 手漉きと機械漉きの和紙生産、機械漉きに使うノリウツギの「ネリ」

左：岩野製紙所（福井県越前市）、中右：丸あ製紙所（愛媛県中央市）

全道に広がるノリウツギの採取事業

明治時代における道外向けの採取地は主に道南地方でした。やがて、道路や鉄道、港湾などのインフラの整備が進むと採取地は全道に広がりました。例えば、大正時代初期の様子は北海道拓殖銀行が作成した「調査彙纂」（写真-2）の中で次のように書かれています。

近年大阪地方ヨリ本道ニ向ツテサビタ糊ノ採取ニ来ルモノアリ、可成大規模ニシテ大正三年ハ三万六千封度（＝ポンド）十万圓ニ過ザリシガ大正五年ハ一躍一億二千萬封度二百三十萬圓ニ達シ（中略）製紙原料ニシテ網走、上川地方ヨリ出ズ（後略）

上の資料から①道外からサビタ糊を目的に人の往来があり、②大正時代の初期には既に網走地方、上川地方でも樹皮の採取が行われていたこと、③採取量が急激に増加したこと、④消費者物価指数をもとに計算すると現在の価値で50億円以上（二百三十万圓）の大きな産業であったことが分かります。

また、明治時代に本格的な開拓が進められた択捉島にも採取事業は及びました。鹿能辰雄著「択捉島地名探索行」に留別村字老門村の山村地帯では「サビタの皮買います」の広告が出ると皮剥ぎをしたことが書かれています。

採取方法は地域のノリウツギを採り尽くし、新たな採取地を求めるのが普通でした。芦別市史には大正時代の下芦別付近のサビタが採り尽くされて姿を消したとの記録があります。転々とする資源略奪型の採取事業が地域に根付くことはありませんでした。それでも北海道から出荷を続けることができたのは、資源量が豊富であったことが想像できます。

また、大正時代末期の様子は「大日本山林会報」の中で次のように書かれています。

サビタ糊は北海道、渡島、後志、胆振より年々多量に産出して居る此地方
大正十四年の産額は實に四十万貫（約二萬樽四斗樽を普通とす）此價額約五十萬円の多きに達し、（中略）本品は大坂、神戸、土佐、支那の各方面へ移出され（後略）

上の資料に「大正 14 年（1925）に支那（当時、中華民国）へ出荷した」との記述があります。日本は第一次世界大戦下にドイツの権益下であった山東半島を占領しますが、その後、大正 11 年（1922）に山東還付条約を受け入れて中華民国へ山東半島を還付しました。大正 14 年には駐屯兵も撤兵していたと思います。中華民国におけるサビタ糊の用途に関する資料を見付けることができませんでした。その頃、道内ではサビタ糊をマッチ生産の接着剤にも使用していたそうなので、彼の地でも抄紙以外の需要があったのかも知れません。

さて、原野や海岸沿いから始まった採取事業は採れる所を採り尽くしながら全道へ広がるのですが、資料を辿ると採取地で収穫量の記録が始まるのは山地で採るようになってからのようです。山地は御料林、国有林、道有林（模範林、公有林）、社寺林、私有林など所有者がはっきりしていたことが理由かもしれません。

また林業関係の統計に見つけることができた古い記録は北海道庁拓殖部作成の年次統計書「北海道森林統計要覧 大正 5 年度」です。この記録で初めてノリウツギ樹皮が「林産物」として扱われます。その中で仕向地には東京、大阪、神戸、高知とありました。

表-1 は仕向地「東京」の項目を切り出したものです。ノリウツギ樹皮の他にガンピ樹皮、カシワ樹皮も並びます。当時、北海道ではシラカンバをガンピと呼んでいました。ガンピ樹皮とはシラカンバの樹皮です。それぞれの用途として、北海道庁作成「北海道森林統計書 第 1 回（大正 3 年度）」の中にガンピは「燃料樹皮」、カシワは「染料樹皮」と記載されていました。

東京に着いたノリウツギ樹皮が届く先までは把握できませんが、「紙幣用紙」を生産していた手漉き工場「大蔵省紙幣寮抄紙局（王子村）」もその一つではないかと考えています（写真-2）。明治時代には洋紙の生産も始ま



写真-2 紙幣用紙の手漉き作業

出典：大蔵省印刷局「写真でみる 100 年のあゆみ」（国立国会図書館所蔵）

り、様々な場面で和紙から洋紙への転換が進みました。それでも品位や風格、薄さや丈夫さが求められる用途は和紙の独壇場であり、紙幣用紙も昭和24年(1949)まで手漉きで製造されていました。

道内外における和紙生産事情

表-1 林産物道外移出(内国) 大正5年

第五五 林産物道外移出(内国) (續) 大正五年				
仕 向 地	品 名	数 量	価 額	
林産物道外輸出 東 京	木 材	435,824 ^石	795,312 ^円	
	経 木	2,212 ^圓	9,916	
	枳	1,353 ^丸	2,030	
	曲 輪	1,309 ^圓	3,927	
	ガンピ樹皮	3,295 ^貫	132	
	カシハ樹皮	43,211 ^貫	143,362	
	ノリウツギ樹皮	131 ^貫	4,290	
	燐寸軸木	7,430 ^圓	89,160	
	木 炭	1,180 ^貫	97	

出典：北海道森林統計要覧 大正5年度(国立国会図書館所蔵)

明治時代から大正時代までの和紙生産の推移を数字で見えてみましょう。明治時代初期の府県の統計資料は信頼性に乏しいことから、明治14年(1881)から大正14年(1925)まで設置されていた農商務省が刊行した「農商務統計表」を参考にします。明治時代に使われた紙の単位「貫」ですが、大正時代に「締」へ変わったことから生産量の比較はできません。そこで変わらぬ単位「生産額(円)」で比較してみます。

明治20年度と大正12年度の値を見ると、美濃紙は53万8639円→566万3135円、半紙は166万3707円→1218万5552円。両和紙それぞれの生産額は約10倍になりました。大正12年の物価水準は明治20年の2.5～3倍であったことを考慮しても、和紙は時代の要請に応じて生産量が大きく増加したことが分かります。また、明治時代から大正時代を全国的に見ると和紙産地は東北地方が衰退し、福島県以南から北九州に集約しました。中でも高知県、愛媛県、香川県、福井県、岐阜県は生産額を大きく伸ばしました。

他方、北海道の和紙事情についてです。北海道開拓使は和紙の生産を試みましたが、暖かい気候を好むコウゾがうまく育たず採算が合わないことから明治15年で事業は終わりました。その後、明治31年に道産和紙に大きな転機が訪れます。函館の石塚又一郎が函館製紙合資会社を設立しました。紙の原料には近隣から買い入れた屑紙と道内で採れるノリウツギを使いました。道内で手に入る材料だけを使って漉き返し紙(鼻紙・ちり紙)を生産しました。漉き返し紙とは現代のリサイクル紙です。また石塚又一郎は蒸気の力を利用して紙を漉く石塚式製紙機を発明して明治33年に特許を取得します。漉き返し紙は石塚式製

紙機を使って小樽、札幌、旭川でも生産されるようになりました。こうして道産和紙は再興することになりました。

最後に

明治時代末期には函館港から道外の和紙産地へノリウツギの出荷が始まりました。大正時代になると採取事業は全道で行われるようになり、北海道を代表する林産物になりました。しかし、採り過ぎたようです。大正時代も終わりに近づくと、将来を危惧して道有林ではノリウツギの植栽事業が始まります。続く昭和時代、戦争が始まると農地ではトロロアオイの栽培よりも食糧の増産が優先されるようになりました。そして、北海道から供給されるノリウツギは和紙産地にとってますます掛け替えのないものになっていきます。

参考資料

芦別市史 (1974) p497

大蔵省印刷局 (1972) 写真でみる 100 年のあゆみ

大脇保彦 (1970) 明治期における和紙業の地域的展開について 人文地理 (22) 3 : 282-311

鹿能辰雄 (1976) 択捉島地名探索行 : 北方風土記 みやま書房 p192

苫小牧市史 下巻 (1976) p1796

大日本山林会事務所(1926) 大日本山林会報

錦織正智 (2025) 近代からはじまる北海道と和紙産地の絆 その 1 サビタ樹皮の採取とサビタ糊の製造 光珠内季報 213 : 5-10

農商務省 (1894) 農商務統計表 第 9 次

農商務省 (1913) 農商務統計表 第 40 次 第 3 編

農商務省水産局 (1916) 農商務省水産局 編 漁家副業ノ概況 第 1 次 : 227

北海道拓殖銀行(1921)調査彙纂 第 4 巻 第 1 号

北海道庁 (1902) 殖民公報 (9) : 56-57

北海道庁 (1913) 殖民公報 (73) : 61-62

北海道庁 (1917) 北海道森林統計書 第 1 回 大正 3 年度

北海道庁拓殖部 (1918) 北海道森林統計要覧 大正 5 年度

(道北支場)

光珠内季報 NO. 217

発行年月 令和7年12月

編 集 林業試験場刊行物編集委員会

発 行 地方独立行政法人北海道立総合研究機構
森林研究本部 林業試験場

〒079-0198

北海道美唄市光珠内町東山

TEL (0126) 63-4164 FAX (0126) 63-4166

URL <https://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/index.html>
