

衛星画像と植林履歴を組み合わせた砂漠植林のモニタリングと CO2 吸収の評価

木村詩織	環境情報学部3年 (t06297sk@sfc.keio.ac.jp)
大場章弘	政策・メディア研究科修士1年 (perry@sfc.keio.ac.jp)
巖 網林	環境情報学部教授 (yan@sfc.keio.ac.jp)

1. 背景

温暖化や気候変化を中心とした環境問題が世界的に注目される中、アジア地域では中国の砂漠化問題が焦点の1つとなっている。アジア地域全体を見渡しても砂漠化している地域は広範囲であり、このうち、西部にあるゴビ砂漠は主に気候条件によってできたものとされている。それに対し、北部のホルチン砂地は人為的な活動によって生じたものである。元来、ホルチン砂地は農業と牧業が交錯する地区であったが、1950年代以降に過耕作や過放牧などの不適切な土地利用が進み、急速に砂漠化が進行している。

そこで、本プロジェクトでは、環境問題に興味を持つ学生を対象に、乾燥・半乾燥地区の砂漠化問題に焦点をあて、「人間の与える環境負荷がどれほど大きな影響を及ぼしているのか」を体感し、フィールド調査を行うことを目的とする。砂漠防治に取り組む実務者・研究者から講義を受け、参加者の関心に応じて地域の生態システム、砂漠化の原因と防治方法、農業問題、国際理解と協力についての問題意識を問う。そして、植林活動や草方格の設置などの砂防活動に参加し、土地の再生力や保全への理解を広めていく。このようなフィールドワークを通して、実際に現地で環境収容力の小さい乾燥地域を総合的に学習する。また、そこから乾燥地域の研究を目的とし、植生調査、土地利用調査を主な研究活動として展開している。

2. 目的

砂漠化が進行する地域では、ヒューマンセキュリティや現地住民の生活保障のために砂漠を緑化する必要があり、現在、政府や民間企業、NPO によって植林や退耕還林政策などが実施されている。しかし、これらの活動には資金や管理の問題があり、現地住民の協力はもちろん、NPO や企業の補助が不可欠である。

そのため、NPO や企業による活動の結果を定量的に示し、植林事業への信頼と共にさらなる参加を促す必要がある。そのため、植林地をモニタリングし、生長した樹木によるCO2吸収量を評価しなければならない。収源プロジェクトのモニタリングは、プロジェクトの形態、地域特性、取得可能なデータなどを考慮にいたった上でモニタリング手法を開発・運用することが求められる。一般的なモニタリング方法はコストが高く、階層内のバイオマス分布を均一と仮定するが、実際にはバラつきが存在するため、推定精度が低くなる。そこで本プロジェクトでは、これらの問題を解決するために衛星画像の活用可能性を、現地データを用いて検証した。

3. 対象地域

本研修は中国内蒙古自治区ホルチン砂地周辺を対象としている。ホルチン砂漠東部に位置する当地は、地域の北部に世界的な大草原地帯を抱える一方、南部では近年の無理な開墾政策により、急速に砂漠化が進行している。中国国内でも重点的に対策が行われている地域である。この地域は平均気温 5.5～5.9℃、平均風速 3.3～4.4m/秒(春季に限り 4.2m/s～5.9m/s)、年降水量 351mm～381mm という気候で、降雨は6～9月に集中する。

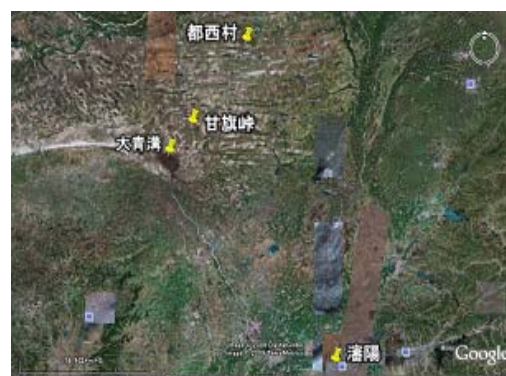


図1. 対象地域の位置(瀋陽～甘旗峰)

4. 日程

フィールドワークの全日程は2008年9月4日から9月13日の10日間、中国内蒙古自治区東部科爾沁（ホルチン）区で実施された。慶應義塾大学から10名の学生が参加し、そのうち大学の研究室からは調査目的の学部生・院生が4人、一般研修目的の学部生が6人であった。前者4人を調査隊、後者6人をツアー隊とし、9月7日～9月9日の3日間に植生調査を行う調査隊と、観光や植林地管理を行うツアー隊とで別行動をとった。この日程を表1に示す。内容について、全体行動の日は午前と午後で活動を分けて紹介し、7日～9日の別行動をしている日程はそれぞれの行動をまとめた。

5. 活動内容

砂漠フィールド研修における別行動は慶應大学ツアーの特色の1つである。フィールドワークとは、事前知識を蓄えた上で対象となるフィールドを実際に見ることで、より深い知見をもって体系的に理解することが目的の1つである。ある程度、現地に関する論文や文献に目を通して調査隊を一般ツアーの学生と混ぜて行動させることで、一般ツアーの参加者は自分たちが今どこで何をし、現状がどのようになっているかを体系的に理解しやすいような仕組みを作っている。また調査隊としても、調査を行う上で研究の視点ばかりでなく、一般参加者から見たフィールドという知見を得ることができる。しかし、真夏の砂漠という炎天化の下、丸一日を複数回にわたって多くの調査を行うことは一般参加者には困難であるゆえ、全日程のうち数日を調査隊とツアー隊に分けている。

例年、ツアー内容はだいたい同じであるが、天候による影響や参加者の人数・体調に合わせて多少の変更が行われる。2008年度のフィールド研修では、9月10日はGPSを用いた樹木調査が行われる予定だったが、午前中は雨が降ったため、緑化ネットの事務所で砂漠化に関する講義が行われた。また、本年は参加者によるワークショップが開かれ、農民・政府・NPOの立場に立ったロールプレイングを実施した。

このように本研修では、さまざまな体験を通して砂漠化問題を実感し、それぞれの立場や関係を理解することで多角的な視点から問題をとらえることを目的とする。フィールド研修を国外で実施するにあたり、現地の生活を自らに取り入れ、対象地域について身を持って体感できる。また、研修前に行われた事前指導の知識を基に実際に現地で体験することで、より現地に対する深い魅力を感じることができる。そして、砂漠化問題や地球環境問題に対し、個々の行動するきっかけを得られる。現地を体感することで深められた知見を今後の活動に活かしていただいたい。

表1. フィールドワークの日程表

	調査班・ツアー隊		午前の作業内容	写真	午後の作業内容	写真
4日	移動					
5日	ガボウ		砂漠視察		大青溝の見学	
6日	ガボウ		植林		植林、九頭山に登る	
	調査班	ツアー班	調査班の作業内容	写真	ツアー班の作業内容	写真
7日	都西	都西・アゴラ	湖北の塩害地 植生調査		馬に乗る, 原風景視察	
8日	都西	ガボウ	湖北西部牧草地, 湖南部, 集落周辺畑, 植生調査		草方格作りやポプラ の剪定を体験	
9日	都西	ガボウ	村北部の砂丘部, 村北西部, 道路東西植林柵内 植生調査		甘旗峠の街を 観光・見学	
	調査班・ツアー隊		午前の作業内容	写真	午後の作業内容	写真
10日	甘旗峠・ガボウ		講義		GPSを用いた樹林調査	
11日	甘旗峠		GPSを用いた樹林調査		ワークショップ	
12日	移動					
13日	帰国					

6. 既植林地の調査

6.1 植林地概要

研究対象地は中国内蒙古自治区庫倫旗三家子鎮瓦房地区にある植林地である。当地区は内蒙古自治区の南東部にあり、平均気温 5.5～5.9℃、平均風速 3.3～4.4m/秒(春季に限り 4.2m/s～5.9m/s)、年降水量 351mm～381mm という気候で、降雨は 6～9 月に集中する。

瓦房地区の南側に植林が着工されたのは 2000 年であり、面積は 498ha である。以前は流動砂丘であったが、緑化によって広大な森林・草原が出現し、ポプラ・マツを始めとする灌木や草本が茂っている。樹林内ではキノコが生えるなど、樹林の成長も順調で再緑化の必要はない。2004 年からは緑化研修のためのマツの植樹や、実験としての林地の 2 次利用が行われた。また、2006 年からは沙蒿や在来種であるニレの植栽も開始された。

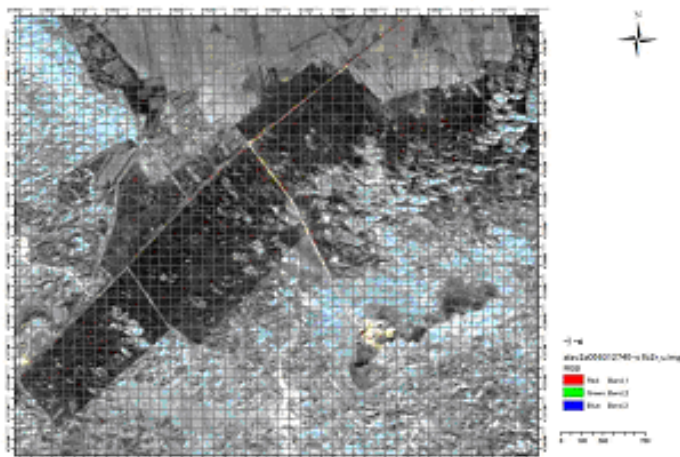


図 2. 瓦房植林地周辺の衛星画像(ALOS/PRISM、2007 年 2 月 14 日)

6.2 調査概要

2008 年 9 月 10 日・9 月 11 日、瓦房植林地内のサンプルプロット地点において、10m×10m 内の平均的な樹木の胸高直径(DBH)と樹高(H)を測定した。その際、GPS を取得し、方眼紙にプロットすることで樹種によるゾーニングを行った。炭素プールは地上部のバイオマスプールを対象とし、地下部のバイオマスプールやリター・枯死木・土壌有機炭素プールは対象としない。

6.3 調査結果

フィールドワークによってゾーニングされた樹種は主にポプラとマツである。

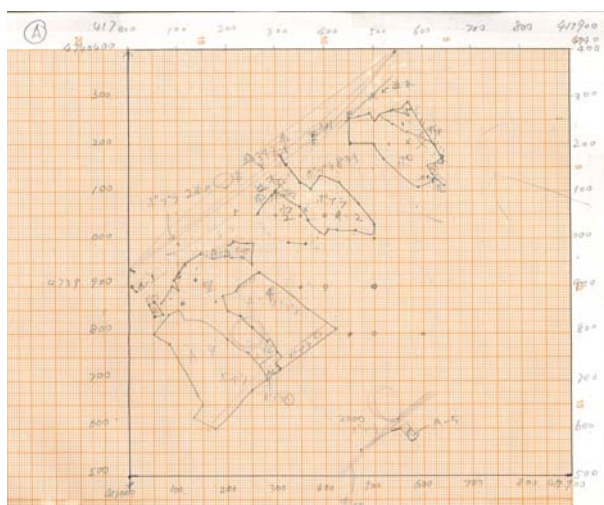


図 3. GPS によるゾーニング調査結果(A 班)

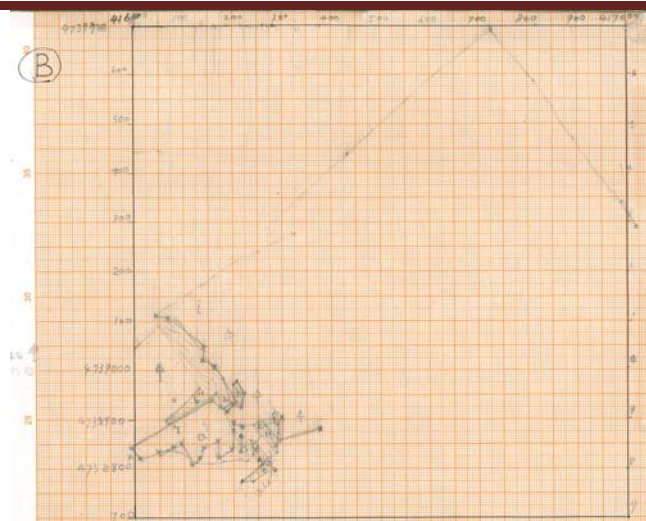


図 4. GPS によるゾーニング調査結果(B 班)

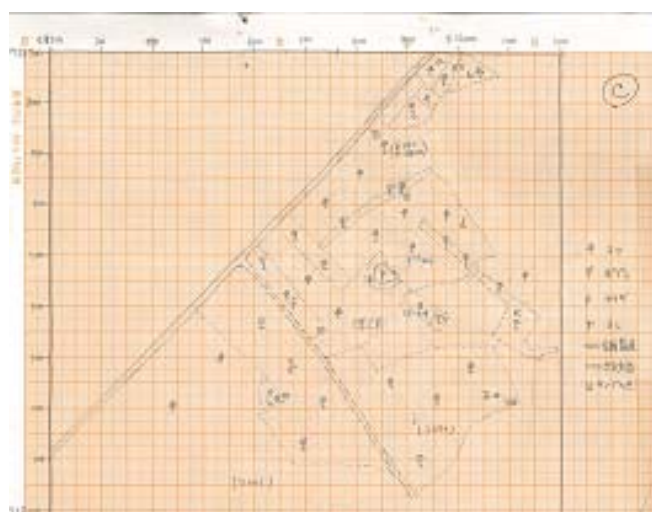


図 5. GPS によるゾーニング調査結果(C 班)

7.分析

7.1 分析方法

フィールドワークによってゾーニングされた樹種は主にポプラとマツである。この現地計測された GPS 情報に、衛星画像より算出した正規化植生指数(NDVI)の図をオーバーレイする。また、ゾーンごとに NDVI の平均値や、樹高と胸高直径から材積指数(D2H)を算出し、それぞれの相関を求める。

7.2 分析結果

正規化植生指数(NDVI)による植生活性図とフィールドワークによるゾーニング結果を重ねると下の図のとおりである。2月の衛星画像を使っているため、定性的に見ると、常緑樹のマツのゾーンにおける活性度が高く、ヨシ群落は値が局所的に低い。また、ゾーンごとの平均 NDVI 値と材積指数の結果は以下のとおりである。B 班による調査結果はポリゴンとして面積が十分ではないため、今回は用いないこととする。

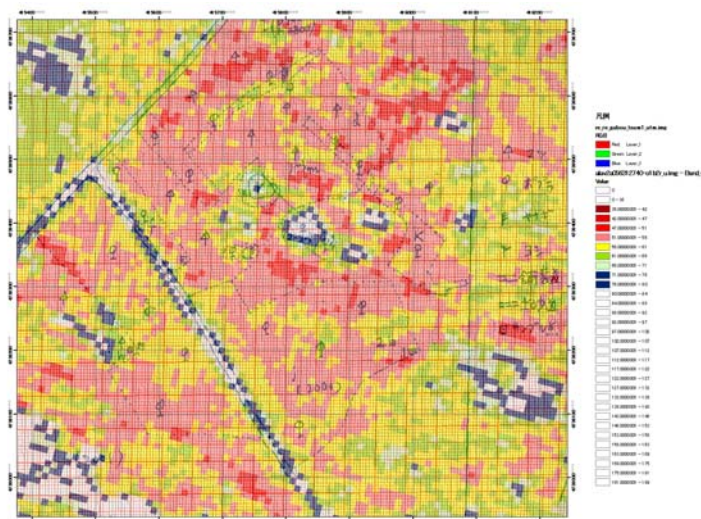


図 6. 衛星画像による植生活性図とゾーニング結果

表 2. NDVI 平均値と材積指数

	エリア樹種	NDVI平均値	樹高H(mm)	胸高直径D(mm)	材積指数D2H
A班	ポプラ1	-0.053	9666.7	285.0	785175000
	ポプラ2	-0.052	10000.0	318.3	1013361111
	ポプラ3	-0.053	8333.3	370.0	1140833333
C班	ポプラ1*	-0.060	4357.1	130.0	73635714
	ポプラ2	-0.038	3760.0	104.0	40668160
	ポプラ3	-0.029	8000.0	350.0	980000000
	ポプラ4	-0.034	4571.4	115.7	61210496
	マツ1	-0.056	1375.0	86.7	10327778
	マツ2	-0.048	2250.0	137.5	42539063
	マツ3	-0.040	2137.5	163.8	57315059
	ヨシ	-0.053			
	*バラツキあり				

A 班が調査したポプラの 3 群落はいずれも NDVI の平均値が同じくらいだが、C 班が調査したポプラの 4 群落は値がバラバラであり、特に 1 つ目のポプラエリアは植生活性図においてゾーン内で活性度の偏りが見られる。この NDVI の平均値に樹木調査より算出した材積指数の相関を求めると以下のとおりである。

表 3. NDVI 値と材積指数の相関

班	樹種エリア	NDVI平均値	材積指数D2H	相関	
A	ポプラ1	-0.053	785175000	0.16	
	ポプラ2	-0.052	1013361111		
	ポプラ3	-0.053	1140833333		
C	ポプラ1(*)	-0.060	73635714.29	0.53	0.90
	ポプラ2	-0.038	40668160		
	ポプラ3	-0.029	980000000		
	ポプラ4	-0.034	61210495.63		
C	マツ1	-0.056	10327777.78	0.98	
	マツ2	-0.048	42539062.5		
	マツ3	-0.040	57315058.59		
C	ヨシ	-0.053	-	-	

A 班が調査した 3 つのポプラエリアは NDVI の平均値がほぼ同じで地理的にもそれほど離れていないが、樹木結果に差異が見られ、NDVI 値と材積指数との相関はきわめて低い。

一方、C 班が調査した地域はポプラ 1 のエリアを除いて NDVI の値と材積指数に高い相関がみられた。また、マツにおいても植生の活性度と材積指数には相関があることが示された。

8. 考察

植生指数は一定の樹齢まで植林地の成長量パラメータと高い相関があり、樹齢が高くなるにつれて相関関係は低くなる傾向にあるとされている。対象地域におけるポプラが植林された年は同じであるが、A 班が調査した地域ではポプラが樹木としてある程度の成長をし、これ以上の樹冠変化は少ないことを示している。一方、C 班の調査した地域のポプラには NDVI と材積指数の間に強い相関がみられ、このゾーンにおけるポプラは依然として成長過程にあるか、空間的に生育条件の差異があると思われる。

また、樹木の生長差異は幼年時の生育差異を反映していると考えられ、過去の植生指数との間に一定の相関関係があることが確認されている。このことから、C 班によるフィールド調査範囲において、ある程度の樹高の空間分布が衛星画像を用いて行える可能性がある。特にマツは幼木の段階であり、現在の衛星画像から将来的な樹高推定に用いることができると考えられる。

今後は、従属変数に各プロットの単位面積あたりのバイオマス量、説明変数には各プロットに対応する正規化植生指数 (NDVI) を導出することで、バイオマス量推定値と衛星画像より抽出される領域の画像情報との関係式の作成を目指す。衛星画像を用いてバウンダリー内を階層化することで、サンプリングにおいて均一な条件のゾーンごとに調査をすることができる。そして、土地条件に起因する成長の偏りを減らし、炭素蓄積量の変化を均一にすることで、より精度が高いモニタリングが可能となる。

課題として、植生活性図を作成するためにより良い時期の衛星画像を用いることである。今回、用いた衛星画像は撮影された時期が 2 月であり、ポプラの落葉期であったため、ポプラの植生活性度は低いことになった。着葉期に同地域を撮影した画像と比較する必要がある。また、今回のフィールド調査結果と衛星画像の間には、少なからず、座標のズレが見られた。次回からの現地調査では基準点となるポイントをいくつか設定し、ゾーニング調査においても図中に GPS 計測ポイントを分かりやすく書くといった改善が必要である。

謝辞

本プロジェクトは慶應義塾大学政策・メディア研究科 2008 年度学術交流資金の採択プロジェクト(国内外でのインターンシップフィールドワーク科目支援、研究代表者巖網林、2-2)として行われたものである。プロジェクトの実施に当たり、現地では NPO 法人緑化ネットワークのスタッフの皆様から大きなご協力をいただいた。既植林地の調査では、砂漠緑化フィールド研修に参加した学生の皆さんに手伝っていただいた。以上の方々に感謝を申し上げたい。

参考文献

関根秀真(2006)「吸収源プロジェクトにおける衛星データを用いたモニタリング手法および戦略に関する研究」

<<http://dspace.wul.waseda.ac.jp/dspace/handle/2065/>

5330>

地球環境センター(2006)「京都議定書における吸収源情報データベース」

<<http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/db/enterprise/gwdb/gis/gis02.htm#gis0200>>

IPCC「GPG-LULUCF(Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry)」

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Chp4/Chp4_1_to_24.pdf>