

国有林野における地理空間情報技術を援用した植生復元事業について ～北アルプス・雲ノ平を事例として～

東京農業大学地域環境科学部造園科学科 しもじま 下嶋 ひじり 聖

要旨

本報告の対象地である北アルプス・雲ノ平において、植生荒廃の把握、許可申請に伴う図面作成、植生復元工の検討、施工評価に至るまで、地理空間情報技術を援用し、植生復元活動を円滑にすすめるための技術と方法論の構築を行いました。その結果、植生復元内容を可視化しかつ定量的に把握することが可能となり、事業を円滑にすすめる上での有効性を確認しました。

はじめに

日本の登山史上、何度か沸き起こった登山ブームにより登山者の増加が見られ、それに伴い、踏圧を起因とした登山道の崩壊などによる植生荒廃が顕在化し問題視されるようになりました。こうした人為的要因で登山道周辺に出現した裸地に対して、1966年尾瀬を皮切りに植生復元活動が行われるようになりました。当初の植生復元活動は土地所有者や行政主体で行われていましたが、近年ではNPOや市民活動の広がりにより、市民参加から市民主導による植生復元活動が各山岳地で散見するようになってきました(図1)。

■登山ブームの系譜

第1次登山ブーム(～1950年代)

第2次登山ブーム(1960年代)

第3次登山ブーム(1980年代～)

各山岳地において植生荒廃の散在化

■植生復元活動の先駆例

1. 尾瀬(アヤマ平) 1966年～

2. 立山(弥陀ヶ原他) 1969～

3. 巻機山:1977年～

日本ナショナルトラスト+東京農業大学

市民主体・主導による植生復元活動の広がり

課題

1)効果的・効率的な工法の選択、2)活動に伴う許可申請

図1 植生復元活動の背景と課題

山岳地において植生復元を行う上での課題は、1つめは未だ植生復元の技術そのものが体系化されていない中、効果的・効率的な工法をどのように考えるか、2つめは活動に伴う許可申請をどのように円滑に進めるか、の2点が挙げられます。

本報告では、対象地である北アルプス雲ノ平において、2008年より実施している植生復元活動を対象に、植生復元を進めるプロセスを植生荒廃の把握、許可申請に伴う図面作成、植生復元工の検討、施工評価の4つに分け、各プロセスにおいて、GIS(地理情報システム)に代表される地理空間情報技術を援用し、植生復元活動を円滑にすすめるための技術と方法論の構築を行いました。なお、ここ

という地理空間情報技術とは、位置情報を含む属性情報を取り扱う技術のことを指し、具体的な技術として地理情報システム（GIS）、リモートセンシング技術（RS）、地球測位システム（GPS）などがあります^{補注1}）。

1 研究対象地

本報告の対象地である雲ノ平は、富山県、岐阜県、長野県の3県境にまたがる三俣蓮華岳より北東部、富山県側に位置し、黒部川の源流にあたります。標高2,400～2,700mからなる溶岩台地上に、北アルプスにおける有数の雪田草原とハイマツ帯が分布しています。ライチョウの営巣地であり、貴重な自然環境を有しています。

法令指定の概況は、中部山岳国立公園特別保護地区、鳥獣保護地区（一部特別保護地区）、国有林（富山森林管理署内 黒部谷割 林班 113）及び保安林（水源かん養）に指定されています（図2）。

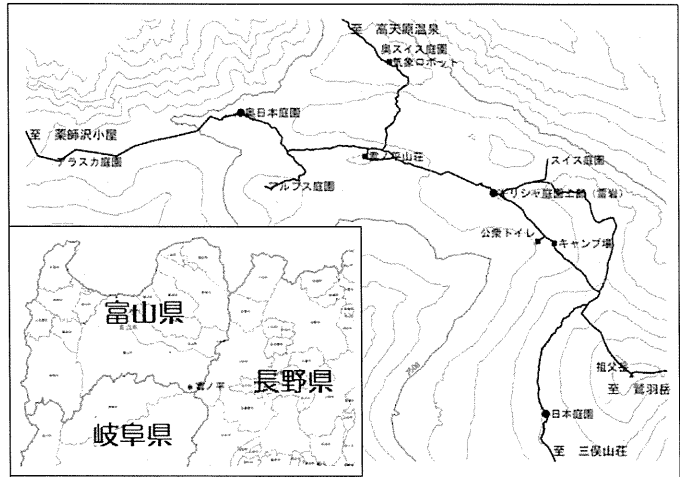


図2 位置図

2 雲ノ平における植生復元活動

雲ノ平における植生復元活動は、現地の山小屋である雲ノ平山荘(伊藤二郎氏)と東京農業大学(下嶋)とがパートナーシップを組み、現地調査を含め2006年より取り組んできました。2008年より富山森林管理署の協力の下、各関係省庁行政にも周知・支援を図り、流域管理推進アクションプログラムとして植生復元事業を3カ年進めてきました（図3）。

植生復元活動の経緯、支援体制や植生復元活動に関わる主体同士の関係についての詳しい説明は、当発表集の番号8「北アルプス最奥地 雲ノ平植生復元活動について —大学・山小屋との新たな協力体制—」をご参照ください。

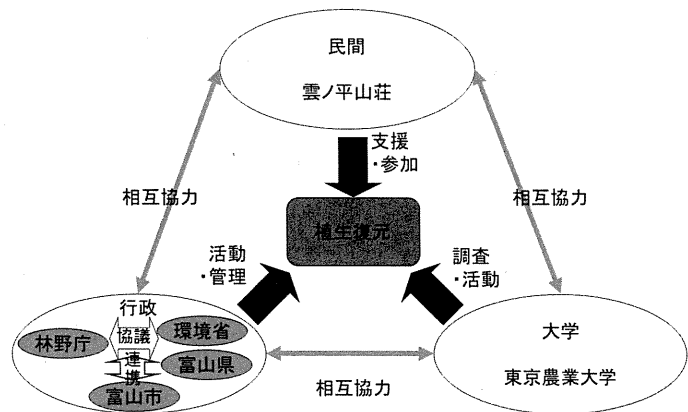


図3 雲ノ平における植生復元活動における支援体制

3 研究方法

地理空間情報技術を使った効果的・効率的な植生復元活動の方法を構築するに当たり、まず植生復元を進めるプロセスを、①植生荒廃の把握、②許可申請に伴う図面作成、③植生復元工の検討、④施工評価、の4つに分けました。各プロセスにおいて、植生復元活動を行う上での課題を整理し

ました。課題に対して地理空間情報技術で援用できる内容を検討し、具体的な技術方法を示しました（図4）。

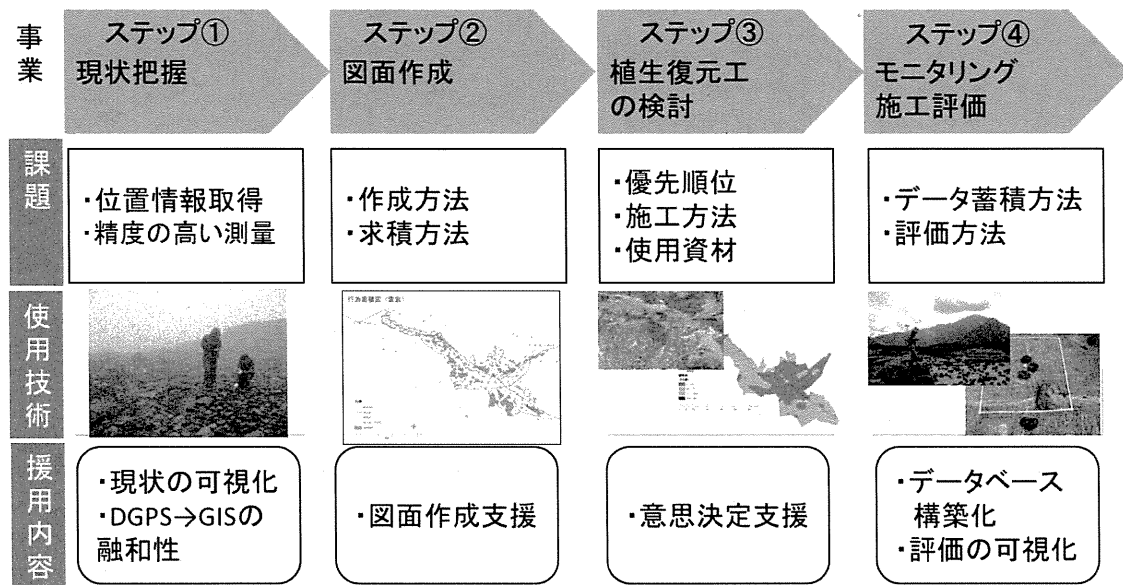


図4 植生復元活動各プロセスにおける課題と地理空間情報技術の援用内容

4 植生復元活動各プロセスにおける地理空間情報技術の援用内容

(1) 植生荒廃の把握

雲ノ平における植生荒廃の現況について、まず雲ノ平山荘支配人（伊藤二朗氏）と一緒に現地観察を行い把握しました（図5）。現地観察の目視により特に植生荒廃の進行が著しく見受けられた奥日本庭園、雷岩周辺、日本庭園の3カ所を植生復元の候補に挙げました。この3カ所について、ニコントリプル社製 ProXT を使用して DGPS（ディファレンシャル GPS）測量^{補注2}を実施しました。捕捉する際の受信間隔は1秒、測量した地物は、植生荒廃箇所の縁（外郭）、現存植生（植生荒廃箇所の縁より内側）、みずみち、登山道、指道標です（表1）。

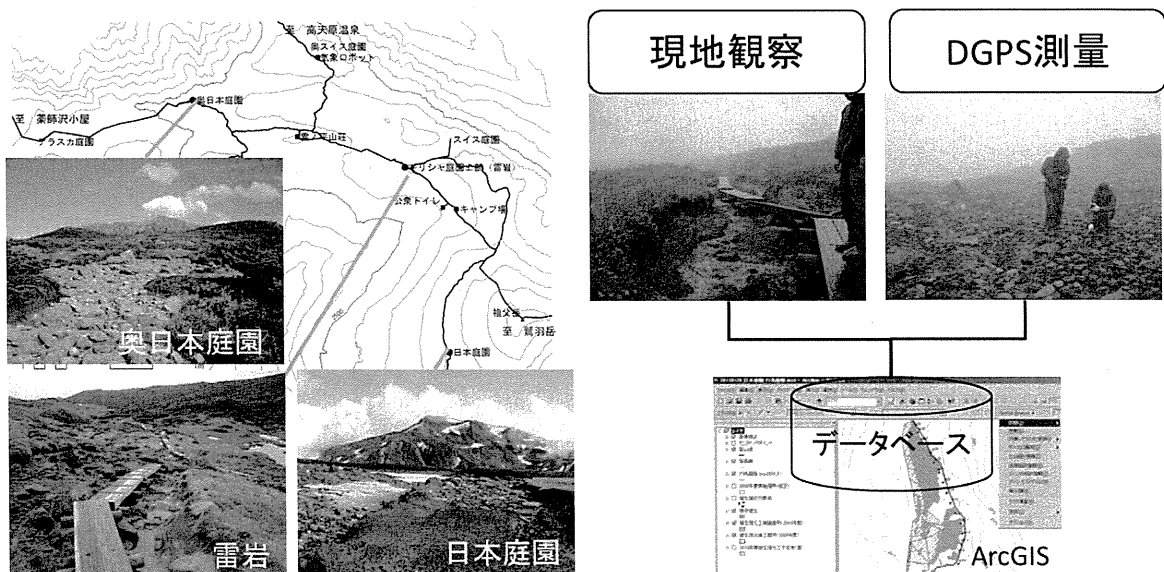


図5 植生荒廃の把握方法

DGPS 測量で取得されたデータは、GIS データの形式の一つであるシェープファイル (shape file) 形式で作成されます。データは、GIS ソフトである ArcGIS9.3 に取り込み、データベース化を行いました。なお、測量時に測地系 WGS84・地理座標系で取得されたデータを世界測地系・平面直角座標第 7 系に変換しました。

表 1 取得したデータの内容

地物	データ形式	取得形状	取得時の座標系	変換後の座標系
植生荒廃箇所の縁	shape file	ポリゴン(面)	WGS84・地理座標系	JGD2000(世界測地系) ・平面直角座標第7系
現存植生	shape file	ポリゴン(面)		
みずみち	shape file	ポリライン(線)		
登山道	shape file	ポリライン(線)		
指道標	shape file	ポイント(点)		

(2) 許可申請に伴う図面作成

植生復元を実施する位置と面積を算出するため、ArcGIS9.3 を使用して図面の作成を行いました。ArcGIS 上での具体的な操作手順は、図 6 の通りです。なお図面作成においては、ArcGIS9.3 の他に日本代理店の ESRI ジャパンより公開されているアドインソフトであるジオメトリ変換ツール ver2.0.3 を使用しています。求積には三辺法 (ヘロンの公式) を用いました。算出された植生復元対象の面積は、奥日本庭園が 1,392.8 m²、雷岩周辺が 2,127.1 m²、日本庭園が 1,724.7 m² で、3カ所の合計は 5,244.6 m² でした。

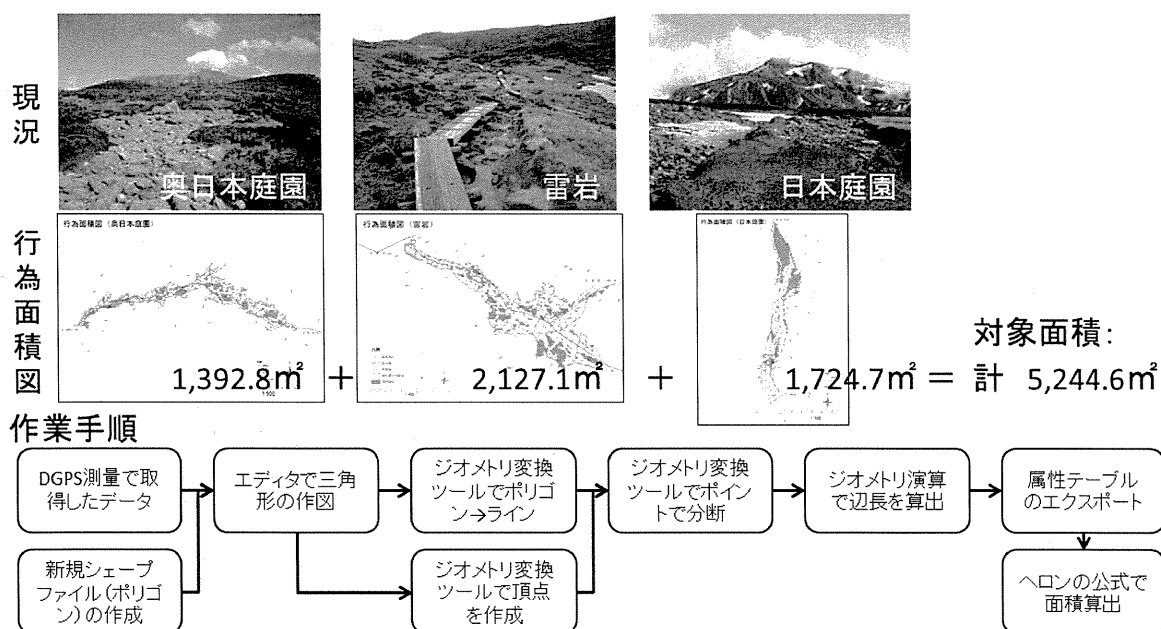


図 6 許可申請に伴う図面作成の方法

(3) 植生復元工の検討

植生復元工を検討する項目として、1.施工地の優先順位、2.施工方法、3.使用する資材の選択、の3つが挙げられます。本報告では、特に地理情報空間技術を援用することで効果が発揮される1.施工地の優先順位について取り上げます。

ア 衛星画像を用いた裸地の分布把握

施工地の優先順位を決定するため、既存のリモートセンシング画像（衛星画像と空中写真）及び GIS データなどのデータセットを収集し、解析を行いました。解析手順は図 7 に示したとおりです。

2002 年 8 月 25 日に撮影された IKONOS 衛星画像を用いて、地上分解能（解像度）4m であるマルチスペクトル画像より NDVI（正規化植生指数）^{補注 3}を算出し、非植生域と植生域を分類しました。このときの閾値は、0.45 以下を非植生すなわち裸地と判別しました。

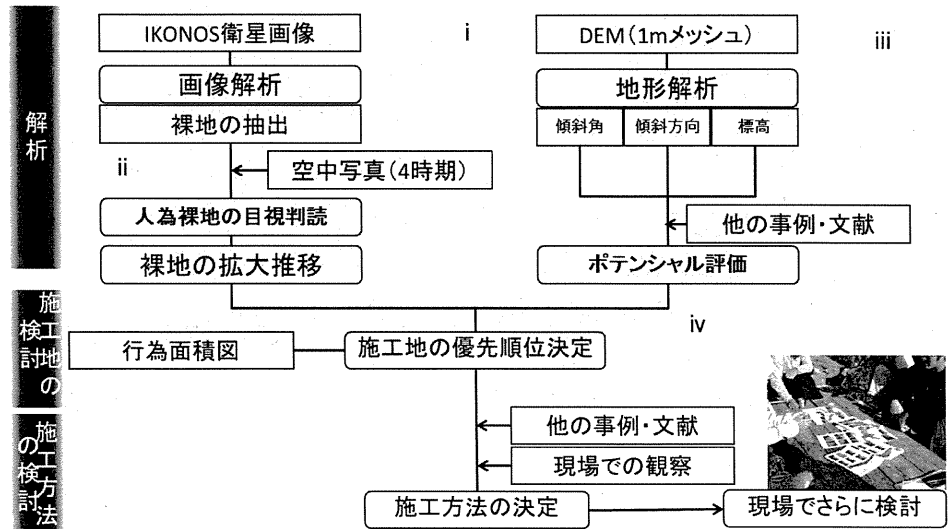


図 7 植生復元工の検討における解析フロー

イ 空中写真による人為裸地の抽出

衛星画像より判別された裸地の分布には、自然裸地（自然摂理により生じた裸地）と人為裸地（踏圧などにより生じた裸地）が混在しています。この 2 種類の裸地を分類するため、過去に林野庁及び国土地理院で撮影された空中写真を収集し、裸地の目視判読に適する 4 時期（1947 年、1969 年、1977 年、1994 年）の画像を選びました。これらの画像は、密着写真（印画紙に印刷された画像）であるため、イメージスキャナーを用いてデジタルデータ化を行いました。読み取り解像度は、1200dpi です。空中写真には、地形のゆがみが含まれているため、GIS データに重ねることができません。ERDAS IMAGINE9.3（ライカジオシステムズ社）を用いて、オルソ単画像幾何補正を行いました。オルソ単画像幾何補正済みの画像を用いて、各時期の裸地の目視判読を行いました。裸地の形状及び面積は図 8 の通りです。

1947 年の空中写真で目視判読した裸地は、自然裸地と判断しました。1947 年は、雲ノ平山荘が開設されておらず、登山者がまだ訪れていない人跡未踏期といえます。衛星画像より算出した非植生域について、1947 年の画像で確認した裸地以外の場所で発生した裸地は、人為裸地と判断しました。

ウ 多時期の空中写真による裸地拡大の推移

多時期の空中写真より、日本庭園における裸地拡大の変遷とその特徴を明らかにしました。1969 年の時点で、裸地の面的な広がりが確認できます。1963 年に雲ノ平山荘が開設され、雲ノ平に登山者が入り込んだ初期の段階で、裸地の広がりがある程度形成されたものと推察できます。その後も裸地の拡大は増加していますが、1969 年までの増加量よりは少ない値を示して

います。1994年以降は微増傾向を示しています。したがって、1947年から約60年間、裸地の拡大は、逡増したのではなく1969年頃までに面的な裸地の広がり形成され、その後、特に1994年以降は、面的な裸地の広がり（水平方向）より洗掘（垂直方向）の方が進んだものと考えられます(図9)。

年	1947	1969	1977	1994	2002	2006
画像						
裸地面積 (RMS値)	0m ² (0.04)	886.5m ² (0.01)	883.7m ² (0.04)	1,306.6m ² (0.02)	1,722.1m ² (自然裸地を含む) (0.01)	1,348.5m ²
データセット	空中写真 (モノクロ)	空中写真 (モノクロ)	空中写真 (カラー)	空中写真 (モノクロ)	IKONOS衛星画像 (パンシャープ)	DGPS測量
模式図	人為裸地なし	表土残存		表土流出		
登山道の形状						
		線状	複線状	洗掘	面状	さらに洗掘
	水平方向への裸地拡大			垂直方向への裸地拡大(洗掘)		

図8 空中写真より判読した日本庭園における裸地拡大の過程

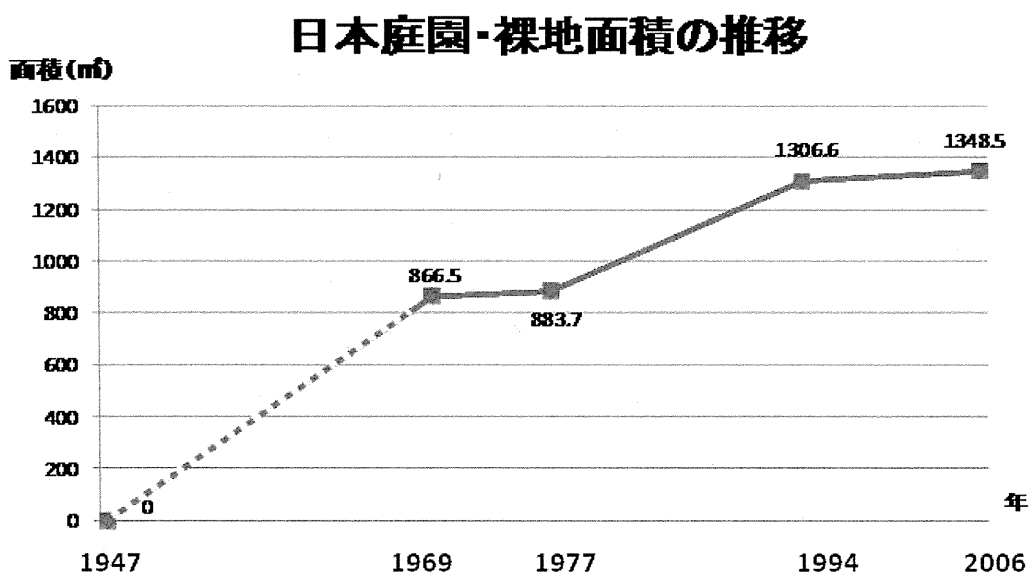


図9 日本庭園における裸地面積の推移

エ GISによる地形解析

既存のGISデータ(1mDEM)を用いて³⁾、ArcGIS9.3のArcToolboxを使用して地形解析を行いました。解析結果より、傾斜角、斜面方位、標高の分布図を作成しました(図10)。

先行研究⁴⁾では、植生回復度に傾斜角、斜面方位が影響を与えていることを挙げています。そこで施工地の優先順位を検討するため、地形解析から得られた傾斜角、斜面方位の分布図を使用して、ポテンシャル評価(植生回復のしやすさの度合い)を行いました。

まず、既存の研究を参考に、植生回復度にもっとも影響を与える要因である斜面方位について、斜面方位分布図から北西～北～東の斜面を1、南東～南～西を2の数字を与え(2値化)、2つに分けた図を作成しました。次に植生回復度に影響を与える要因である傾斜角について、傾斜角度5度以下の箇所を1、5度より大きい箇所を2の数字を与え2つに分けた図を作成(2値化)しました。2値化したそれぞれの図を加法演算し、ポテンシャル評価を行いました。最後に、空中写真から目視判読した自然裸地の箇所をオーバーレイ解析し、人為裸地の部分を抽出しました。これらの結果より施工地優先度の図を作成し、施工計画に反映させました。

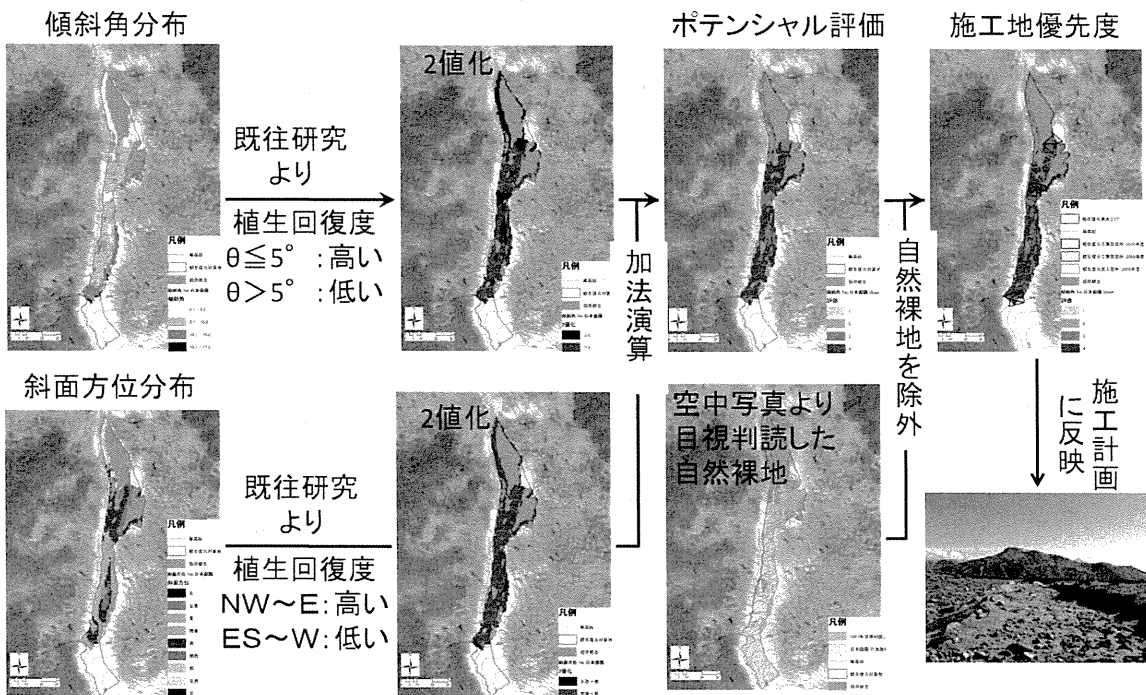


図10 植生復元の施工地の意思決定プロセス

オ 実施した施工内容

施工箇所の微小な地形を捉え、各地形別に施工方法を工夫しました。現存植生と心土が露出している面とに大きな段差ができている箇所を崖、現存植生が中州状に残っている箇所を中洲、としました。崖では、植生の下部にある土壌が凍結融解作用や融雪期のグライド、降雨時の洗掘により大きくオーバーハングしている状態になっています。崖での施工目的は、植生が落下せず、土留め、緑化ネット(麻製植生マット)の伏工による土壌の保湿保持などです。植生の落下防止のため、緑化ネットに転石を混ぜ込み、ロール状にしたうえで崖部に設置しています。日本庭園で施工した箇所は、設置後2年が経っていますが融雪期のグライドなどによる構造物の破損が見られませんでした。

中洲における施工は、緑化ネットを現存植生の上からオーバーラップさせて伏工しています。こちらも設置後目立った破損が見られませんでした。

裸地上において、相対的に地形が低い箇所にみずみちが生じます。このみずみち上に崖部に設置したものと同様に緑化ネットをロール状にしたものを数カ所設置しました。設置後、土留効果を発揮しており、発芽環境に必要な土壌の流出防止につながっています。

その他大部分を占める裸地については、緑化ネットによる伏工を行っています。伏工する際、

裸地上にある石や礫を一旦除去し、緑化ネットを伏工しています。これは、緑化ネットと土壌面とを密着させ、保湿効果と融雪期のグライドによる破損防止を目的にしています。伏工後は、除けた石を元に戻します。石が日陰をつくり、発芽環境の形成に役立っています。なお、本事業では自然遷移を主眼としているため、播種は行っていません。

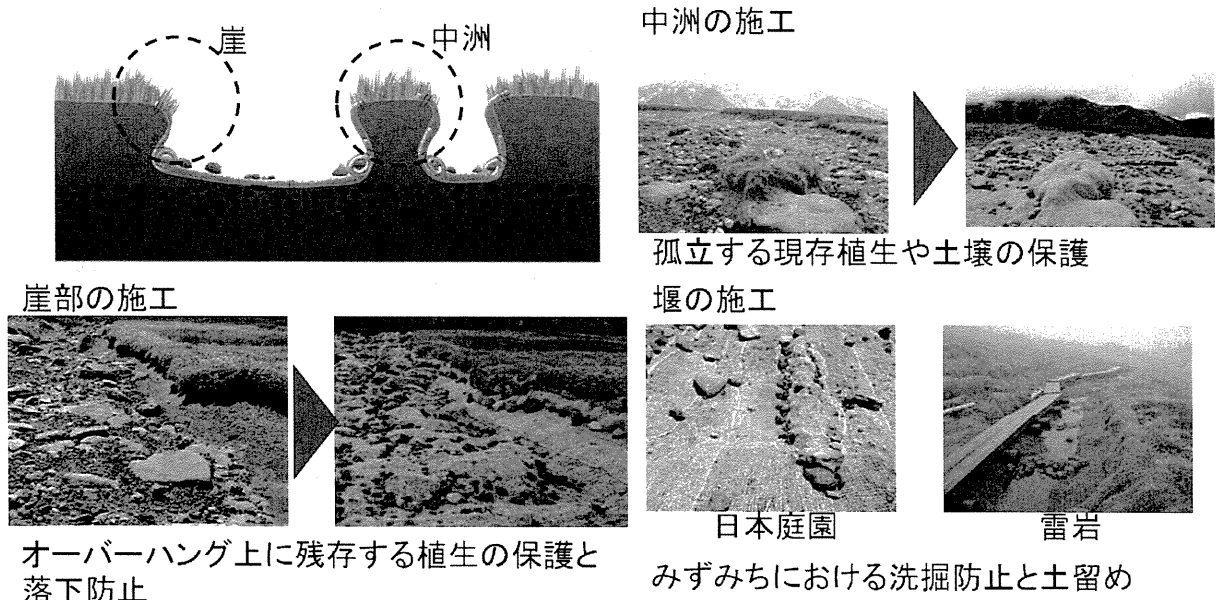


図 11 施工内容

(4) 施工評価

植生復元施工箇所についてモニタリング調査を行い、施工評価を行うことが必要となります。そこで、各植生復元対象地内に 5m 間隔でモニタリングポイントを設置し、各ポイントにおいて設置後の経過を記録しています (図 13)。

いずれの箇所も設置した施工物が土留効果を発揮しており、土壌の流出防止につながっています。また土壌があることにより、自然散布により飛来した種子から発芽できる環境が整ったことを示し、施工後の初期段階としては一定の効果があったと言えます。

植生復元事業を始めて 3 カ年目 (2010 年度) であり、ところどころ発芽した箇所も見受けられましたが、植物が繁茂している状況には至っていません。今後も、継続的にモニタリングを行い、遷移過程の詳細な把握や施工内容と植生回復度との関係について明らかにしていきたいと考えています。

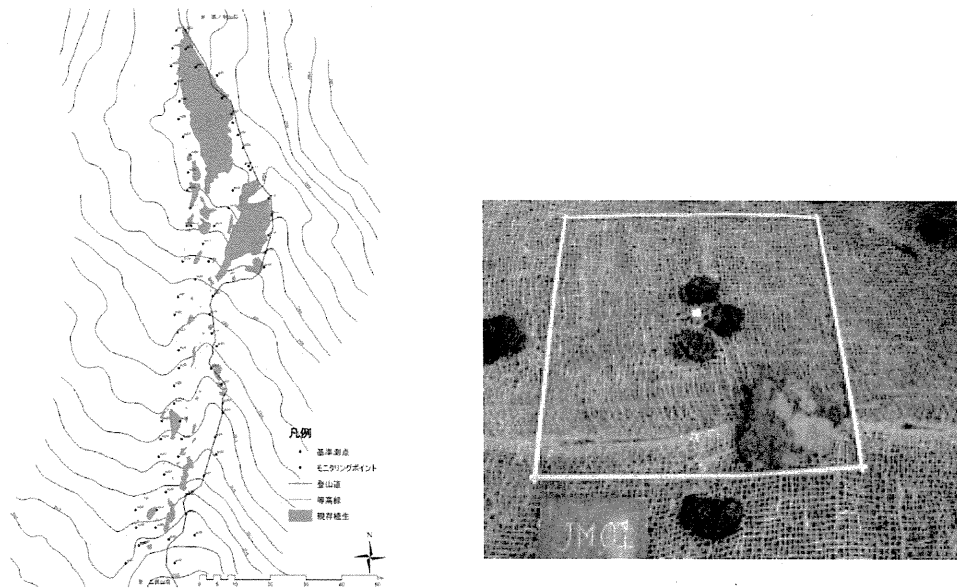


図 13 日本庭園におけるモニタリングポイント

おわりに

地理空間情報技術（DGPS 測量、RS 技術、GIS）を援用することにより、従来の植生復元事業で課題となっていたことが改善されました（図 14）。

植生復元を進めるプロセス上において、①植生荒廃の把握では、DGPS 測量を援用することで、裸地などの位置情報の取得などが簡略化、短縮化することができました。②許可申請に伴う図面作成では、植生復元事業に伴う許可申請に必要な図面の作図の軽減化、基盤データの構築を図ることができました。③植生復元工の検討では、図面及びデータに基づく施工内容の検討と実施が可能となりました。④施工評価では、モニタリング環境を整備し、施工内容をデータ化することにより施工方法の検証することが可能となりました。

以上、植生復元内容を可視化しかつ定量的に把握することが可能となり、事業を円滑にすすめる上での有効性を確認しました。本報告で提示した方法は、他の植生復元活動においても、参考になるものと考えられます。

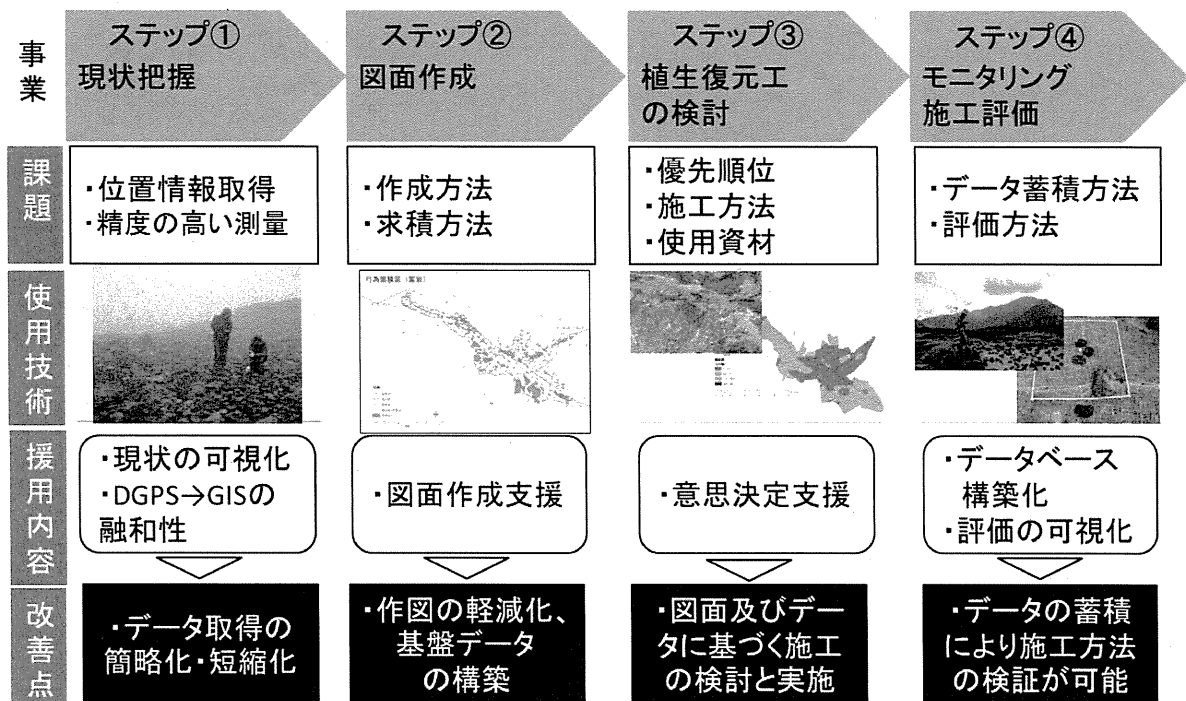


図 14 地理空間情報技術を援用した植生復元事業の手法の構築化

引用文献

- 1) 渡辺悌二編著 (2008) : 自然公園シリーズ 1 登山道の保全と管理 : 古今書院, pp.2-21
- 2) 松本清 (2000) : よみがえれ地塘よ草原よ : 山と溪谷社, p285
- 3) 環境省自然環境局生物多様性センター (2006) : 生物多様性調査 種の多様性調査 (富山県) 報告書 : 環境省, p69
- 4) 栗田和弥・麻生恵 (1995) : 多雪山岳地における雪田植生の復元方法に関する研究 : 日本緑化学誌 20(4), 223-233

補注

- 1) 地理空間情報技術 : 2007年に施行された地理空間情報活用推進基本法によると「地理空間情報」を位置や場所を指し示す情報もしくは、それに添付された情報と定義しています。地理空間情報技術とは、地理空間情報を取得、取り扱う技術のことを指し、取得に関する具体的な技術としてGPS、RS、デジタル写真測量などが挙げられ、取り扱う技術としてはGISなどが挙げられます。
- 2) DGPS 測量 (ディファレンシャル GPS) : 米国が打ち上げた既存のGPS衛星 (約30個の周回衛星) から送信される電波に加え、準天頂衛星 (日本では気象衛星ひまわり) より送信される電波を補足し、位置情報が取得できる方法です。従来の単独測位 (既存のGPS衛星のみの受信) に比べ、誤差が1m前後と精度が高まります。
- 3) NDVI (正規化植生指数 : Normalized Difference Vegetation Index) : 植物の葉が赤色光 (Red) を吸収し、近赤外域電磁波 (NIR) を強く反射する性質を利用した指数のひとつ。植生の活性度などを示します。近赤外バンドの画像と赤バンドの画像とを画像間演算のひとつである比演算処理することで得られます。1から-1のレンジを示し、1に近いほど活性度合いが高いことを表します。