

地理情報システムとリモートセンシング技術 を活用した景観・自然環境解析

東京農業大学地域環境科学部地域創成科学科
准教授 下嶋 聖

自己紹介

しもじま ひじり
下嶋 聖

所属：東京農業大学

地域環境科学部 地域創成科学科
准教授・博士(造園学)

専門：

地理情報システムとリモートセンシング技術を活用した景観解析

担当科目：測量学・景観生態学・地理情報システム論 等



■国内

- ・尾瀬国立公園 適正利用に向けた利用者の利用コントロール手法
- ・南アルプス(赤石山脈) 高山帯におけるニホンジカの採食行動による植生荒廃の把握
- ・沖縄 慶良間諸島 ケラマジカの生態と土地利用の変遷との関係

■国外

- ・ネパール ヒマラヤにおける登山・観光利用がもたらす環境負荷量の推定
- ・インドネシア マリカルチャビッグデータによる水産資源の持続可能な生産と安定供給の実現
(担当：陸域における衛星画像を用いた土地利用変遷の把握)

目次

1. 植生復元事業の課題
2. 雲ノ平で行った植生復元事業
3. 地理空間情報技術の利活用方法
4. まとめ（管理計画への反映に向けた課題）

1. 植生復元事業の課題

1-1 背景と課題

■ 特異な立地環境



■ 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～)

↳ 各山岳地で植生荒廃の散在化

■ 植生復元活動の先駆例

1. 尾瀬(アヤメ平) 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+東京農大

↳ 市民主体による活動の広がり

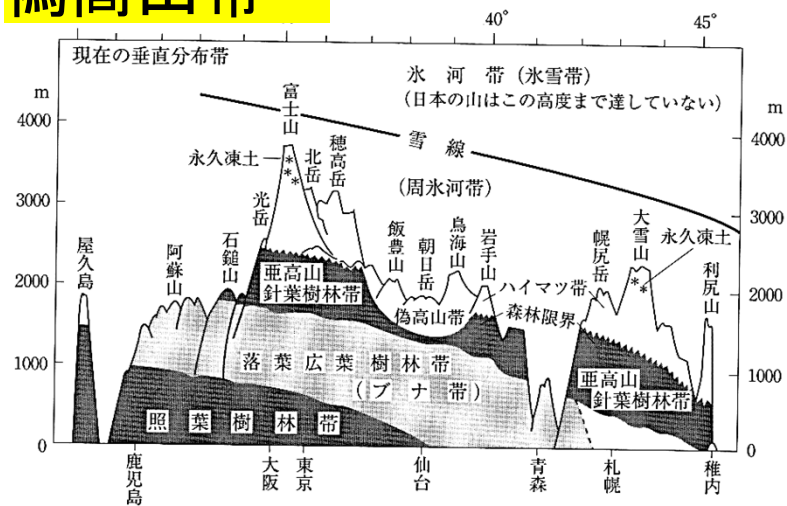
課題

許認可申請	・行為面積の算出→対象地の詳細な図面が必要になる →どうやって作成するのか？
効果的・効率的な 植生復元工法	・学術的知見と現場観察から得られる経験則の蓄積 ・立地環境に応じた柔軟な植生復元工法の確立と体系化
コストの問題	・誰がお金を払うのか？いくらかかるのか ・作業に従事するひとの確保、人的コスト
事業継続の 担保性	・単年度予算での事業執行 ・ひと(担当者)が代わると、事業の継続性が失われる

1. 植生復元事業の課題

1-2 特異な立地環境が成す景観

偽高山帯



多雪



強風

日本山岳会(2016):改訂新日本山岳誌:ナカニシヤ出版

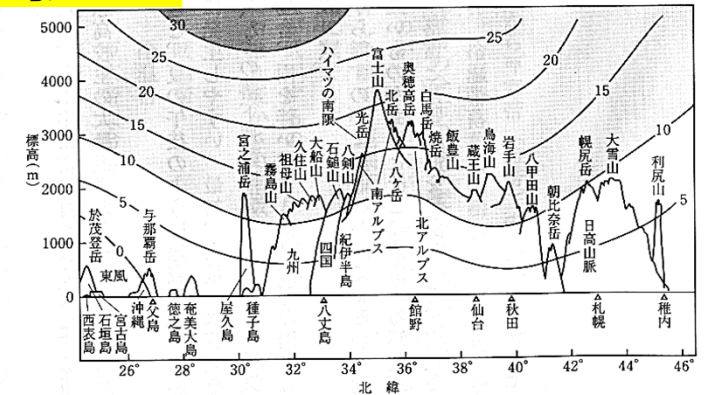


図3 東経140度線に沿う1月の平均風速分布図(風速は東西成分(m/秒))

1月には奄美大島から八丈島の南にかけての上空にジェット気流が流れている。その影響で本州の山地は北海道の山地よりも強風にさらされる。ジェット気流は夏にかけて北上するが、同時に弱まりもするので北海道の山地で平均風速が10m/秒を超えることはない。

(中村和郎・木村竜治・内嶋善兵衛『日本の気候』岩波書店1986による)

雪田草原



地質・地形

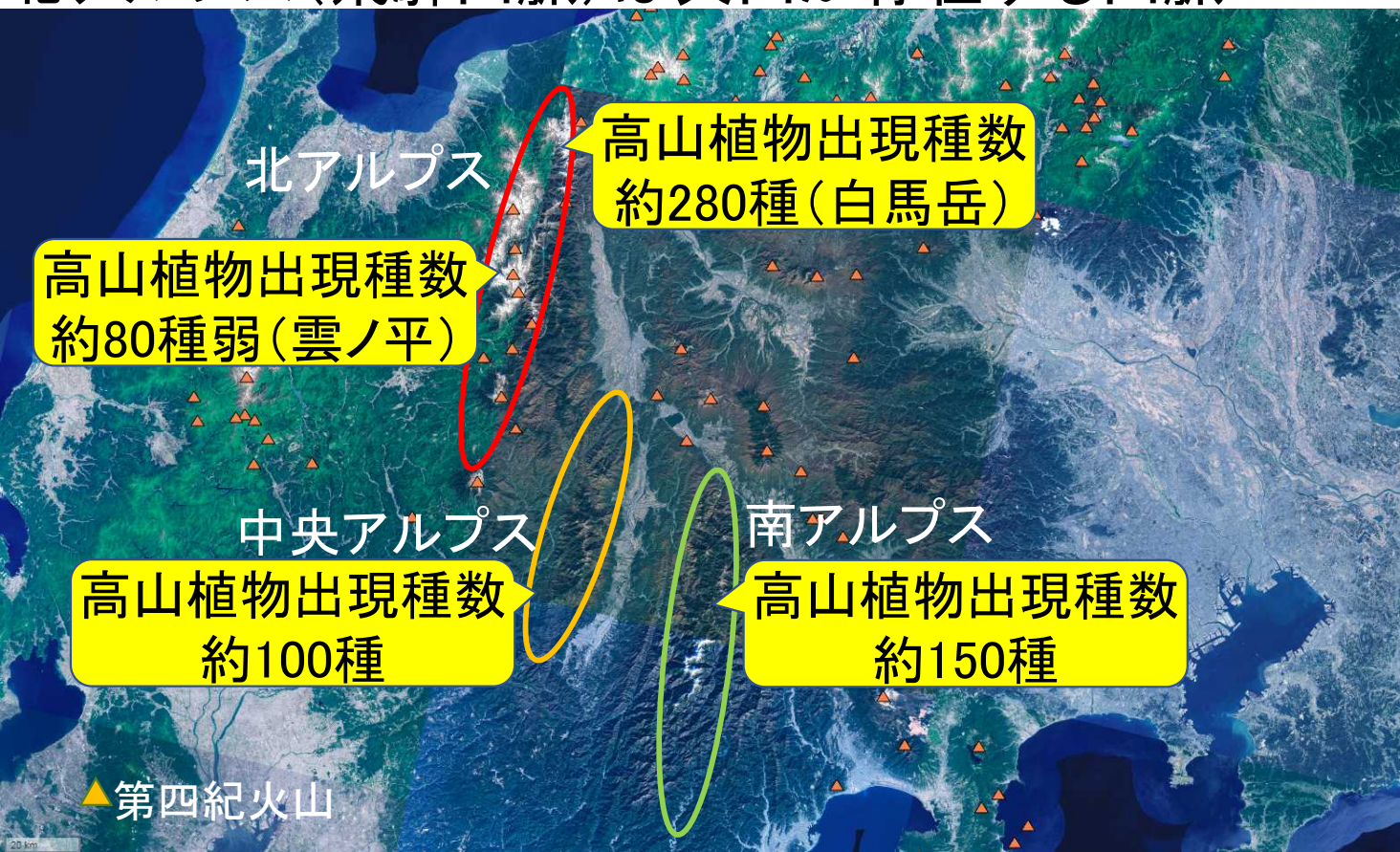


至仏山・蛇紋岩

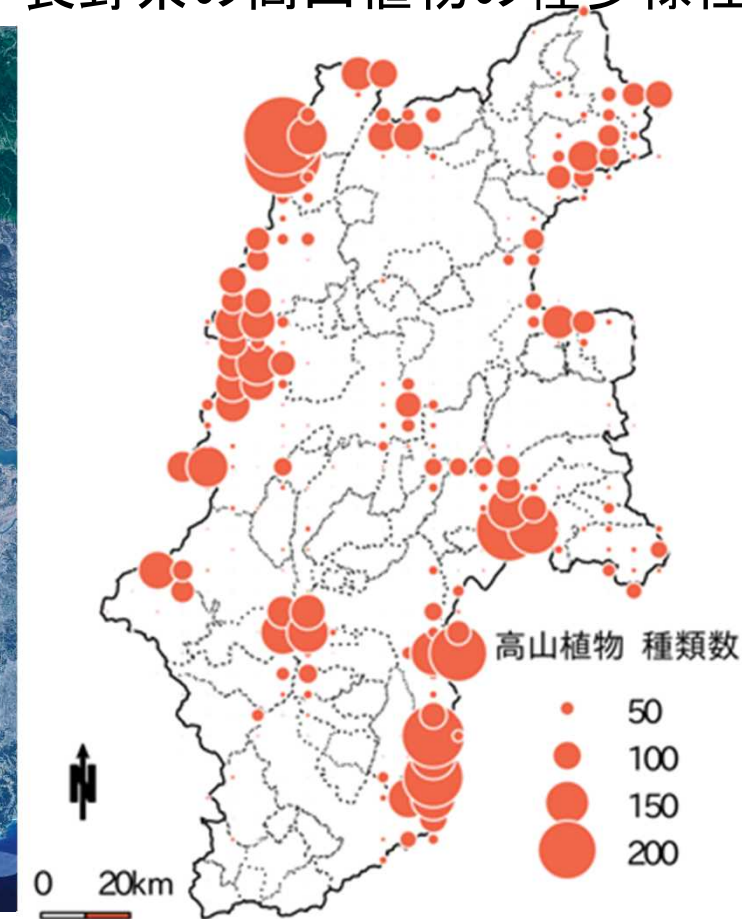
1. 植生復元事業の課題

1-3 日本の山岳環境

北アルプス(飛騨山脈)は火山が存在する山脈



長野県の高山植物の種多様性



出典) 日本の火山 第四紀火山: 産業技術総合研究所 地質調査総合センター<<https://gbank.gsj.jp/volcano/index.htm>>

出典) 長野県環境保全研究所

1. 植生復元事業の課題

1-4 植生復元活動

①尾瀬・アヤマ平1966年～

1963年頃



荒廃したアヤマ平と丸太歩道（昭和38年頃）



自然を回復したアヤマ平（平成10年頃）

日本国内初の高山帯での植生復元

尾瀬林業（株）：創立五十年史より

②立山（弥陀ヶ原他）

1978年



室堂工事用道路跡室堂山荘側
ムシロマルチング工法で緑化

中部山岳国立公園 立山ルート緑化研究報告書第4集より

③巻機山1977年～



復活した竜王二ノ池が秋の青空を映し出す

日本ナショナルトラスト+東京農業大学
市民活動主体による植生復元活動の
さががけ

食と農の博物館展示案内：巻機山 景観と植生の復
元30年の成果展より

④伯耆大山1985年～

1985年頃



「いちぼくいっせき」運動による登山者に緑化
資材運搬の協力

大山の頂上を保護する会他編：国立公園大山～大山
の頂上保護活動30年のあゆみ～

1. 植生復元事業の課題

1-1 背景と課題

■ 特異な立地環境



■ 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～)

↳ 各山岳地で植生荒廃の散在化

■ 植生復元活動の先駆例

1. 尾瀬(アヤメ平) 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+東京農大

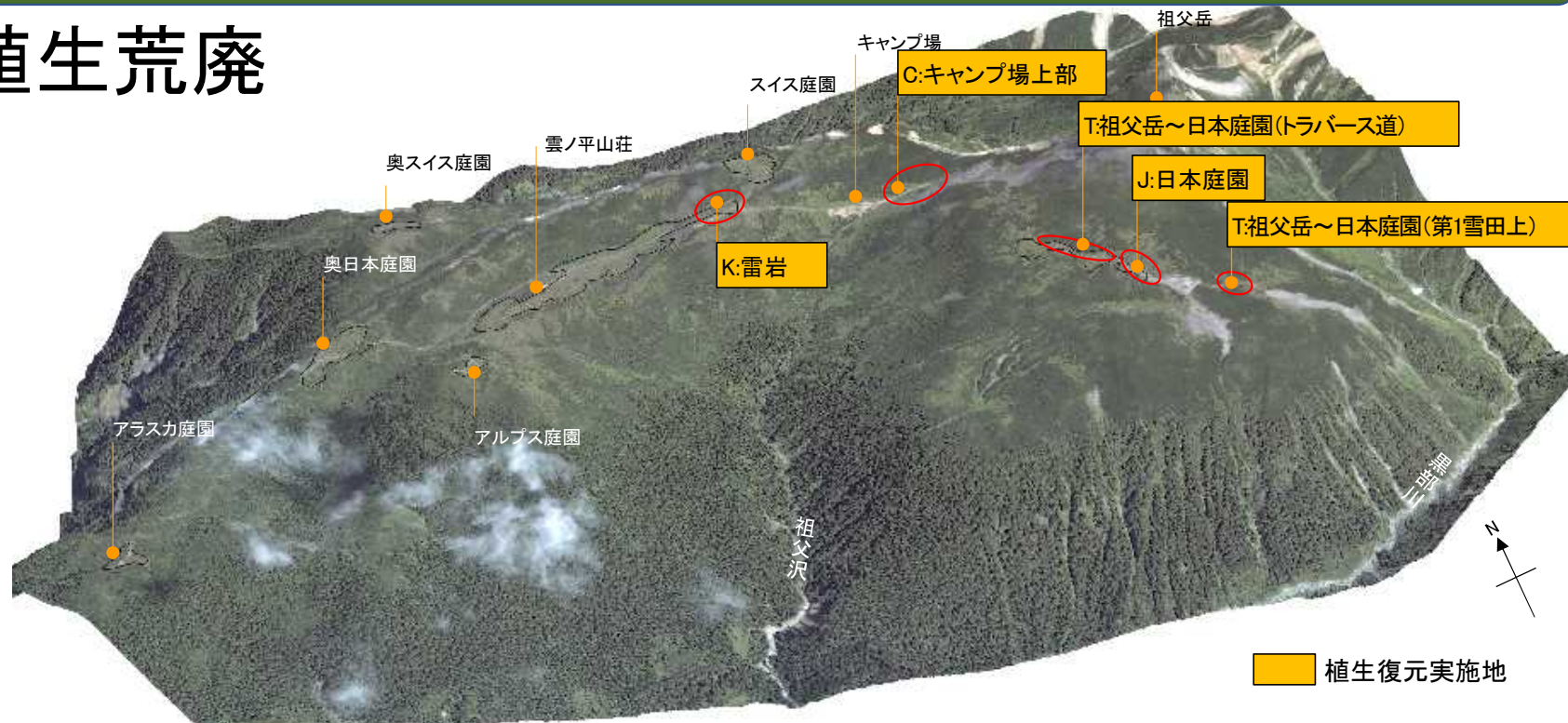
↳ 市民主体による活動の広がり

課題

許認可申請	・行為面積の算出→対象地の詳細な図面が必要になる →どうやって作成するのか？
効果的・効率的な 植生復元工法	・学術的知見と現場観察から得られる経験則の蓄積 ・立地環境に応じた柔軟な植生復元工法の確立と体系化
コストの問題	・誰がお金を払うのか？いくらかかるのか ・作業に従事するひとの確保、人的コスト
事業継続の 担保性	・単年度予算での事業執行 ・ひと(担当者)が代わると、事業の継続性が失われる

2. 雲ノ平で行った植生復元事業

2-1 雲ノ平の植生荒廃



2. 雲ノ平で行った植生復元事業

2-2 植生荒廃のメカニズム

雲ノ平の地形と雪田草原ができた背景

火山でできた山

- ・300万年前～200万年前に飛騨山脈が隆起
- ・90万年前に雲ノ平一帯での最初の火山活動
- ・40万年前、雲ノ平の下流域、黒部川上廊下^{かみのろっか}に火山河川を堰き止め上流に大きな湖、大量の砂利が堆積（上流部に今の雲ノ平）。
- ・30万年前堆積した砂利を突き抜けて噴火（雲ノ平火山）、粘り気が強い溶岩で砂利を包み込む
- ・10万年前、鷲羽池火山（雲ノ平から南東2km）が噴火、雲ノ平に大量の降灰
- ・7300年前、鬼界カルデラ大噴火（アカホヤ火山灰降灰）
→降灰した火山灰は泥炭層を形成、地表の水はけが悪くなる、湿生植物が優占（雪田草原）

土壌が薄い

踏圧

ぬかるみを避ける



裸地のきっかけ

踏圧の常態化

裸地の拡大

+

環境圧

裸地面の
霜柱と融解



融雪期の
グライド



降雨による
洗掘



植生荒廃

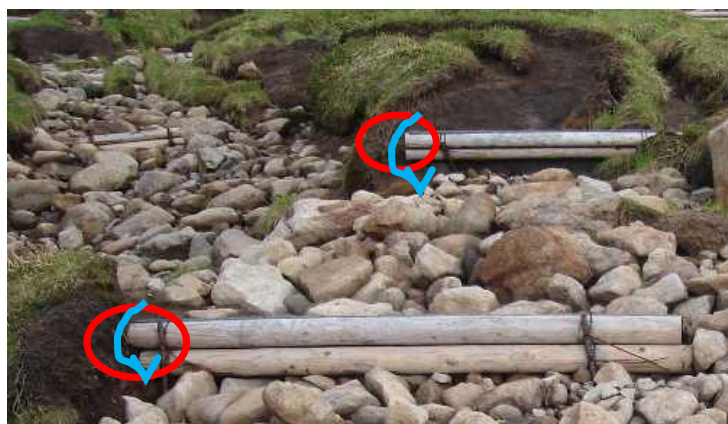


2. 雲ノ平で行った植生復元事業

2-3 従来の植生復元工の構造及び工法の問題



- ・融雪期のグライドで、筋工(丸太)はなぎ倒されてしまう



- ・浸食面など不定形な地形に丸太など筋工をあてがっても、土留効果を発揮できない



- ・構造物が直線的で微小な地形に沿っていない
- ・資材(例えば丸太)のサイズが画一的で、単調なリズムとなっている

構造物設置には、浸食面の微小な地形を考慮する必要がある。

設置物の構造は、土壌はせき止めるが、水は浸透する構造にする必要がある。

景観にインパクトを与えない資材の使用、工法が求められる

2. 雲ノ平で行った植生復元事業

2-4 雲ノ平における植生復元事業の基本方針

コンセプト: 景観を阻害しない復元工

植生復元事業の課題

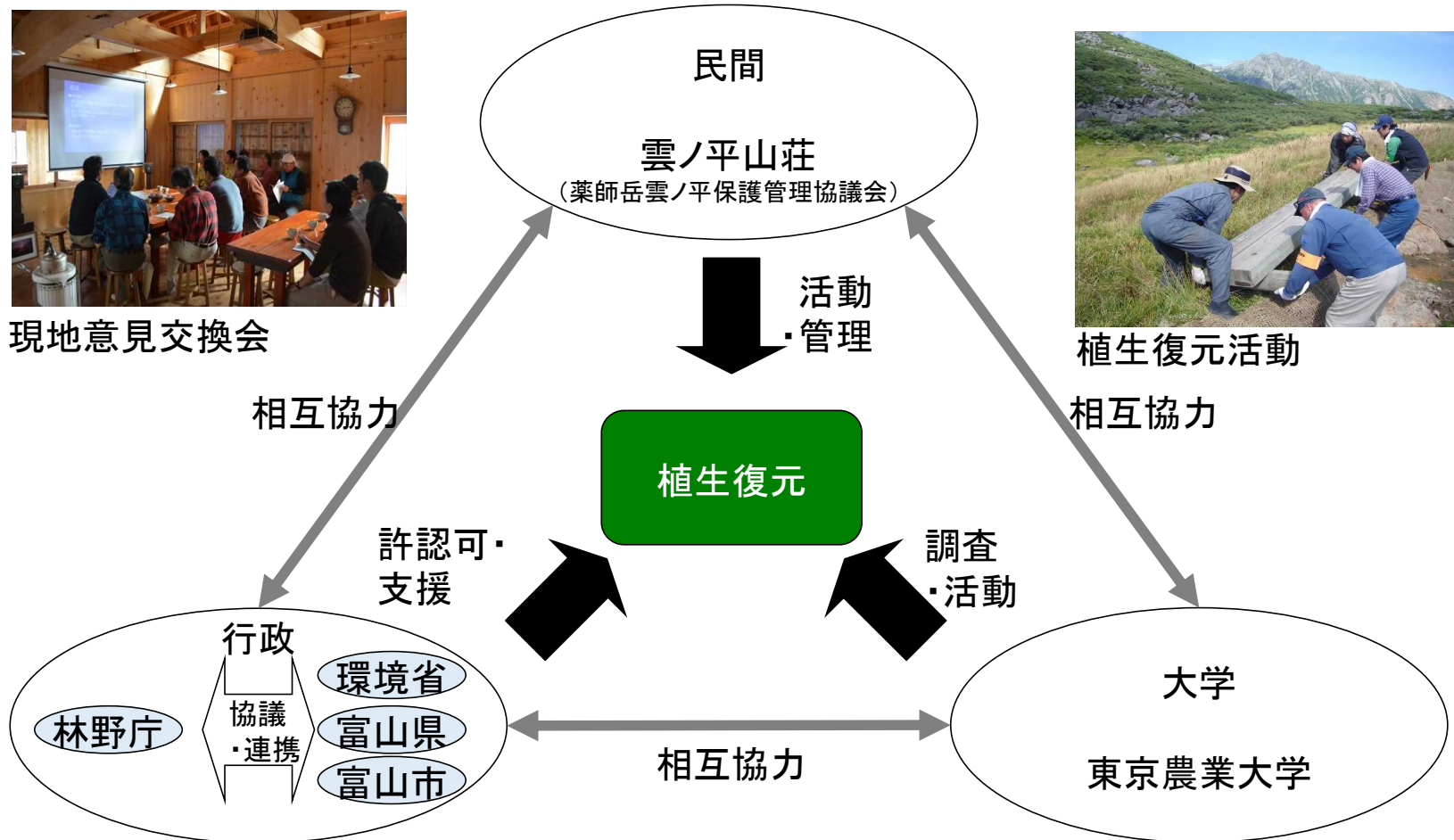
許認可申請	・行為面積の算出 ・詳細な図面の作成
効果的・効率的な植生復元工法	・経験則の蓄積 ・立地環境に応じた工法の確立
コストの問題	・誰が払うのか ・いくらかかるのか ・ひとの確保
事業継続の担保性	・単年度予算 ・人事異動による事業の途切れ

基本方針

- ① 自然の摂理を読み取り元の姿に戻す
- ② 景観を壊さない
- ③ コストをかけない
- ④ ひとを育てる
- ⑤ 持続可能な体制をつくる
- ⑥ 普及可能な方法論をつくる

2. 雲ノ平で行った植生復元事業

2-5 雲ノ平で実施した実行体制



2008(平成20)年より林野庁中部森林管理局富山森林管理署直轄事業・流域管理推進アクションプログラムにて実施

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-1 導入経緯

植生復元事業を進める上で求められたこと

植生復元箇所の図面

既存の地形図
では描けない

現地での測量が必要

位置情報取得は

DGPS

GIS

図面作製は

広範囲に分布する
裸地の把握

目視やDGPSでの
位置情報取得は困難

高分解能衛星画像を
用いた画像解析

RS

(画像データ)

人為裸地と自然裸地
の判別

現地判断は困難
裸地変遷の把握

空中写真を用いた
画像解析

RS

(画像データ)

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-2 許可/協議に向けた植生復元箇所を図面作成①

植生復元箇所の図面

林野庁 → 環境省
協議

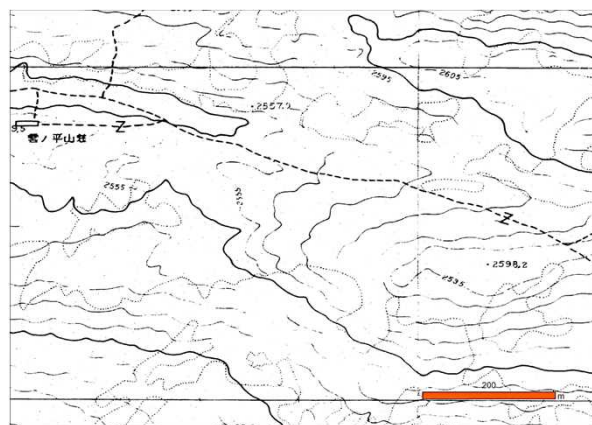
図面(面積、位置)はそちら
(私側)でつくってくれ

ゼロ予算のため測量会社・
(航空測量系)コンサル等
に委託もできない

全部自前で準備・作成
しなくてはならない

既存の地形図
では描けない

地形図: 1/25,000
森林基本図: 1/5,000

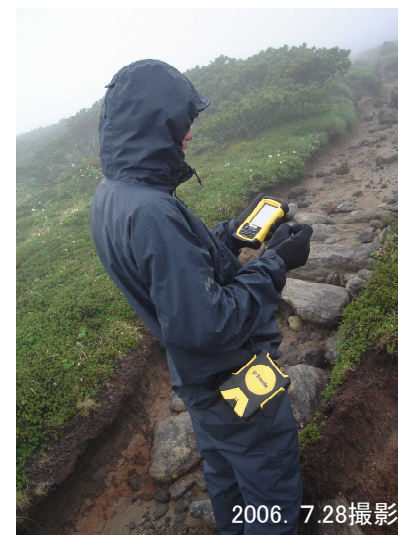


1/1,000~500くらいの大縮尺の図面が必要
対象面積の算出も必要

現地での測量が必要

DGPS

ハンディGPS機だと面形状
の地物の取得が困難



地物の形状に
応じて
・ポイント
・ライン
・ポリゴン(面)
3タイプのデータ
取得可

ディファレンシャルGPS
(DGPS)

3. 地理空間情報技術の活用方法

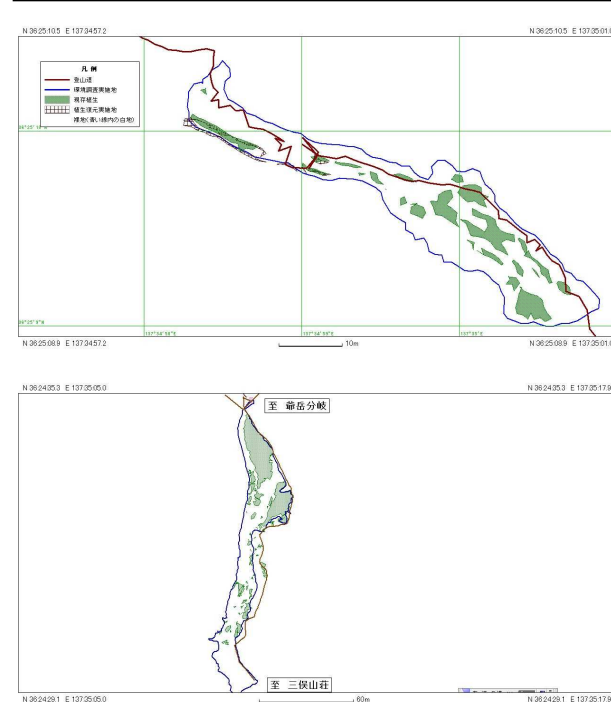
3-2 許可/協議に向けた植生復元箇所の図面作成②

DGPSで取得した
データの図面化

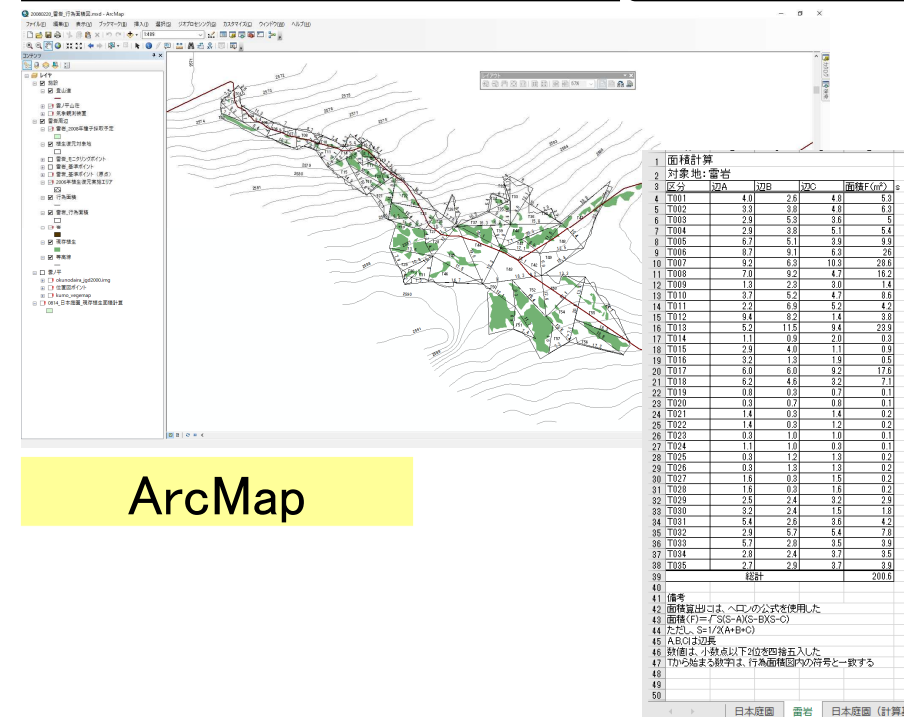
行為面積図と意匠
構造図を求められる

三辺法を用いて再度
作図

GIS



地図太郎で作成



今だったら座標法での算出OK
→ArcGISで算出される面積値

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-3 広範囲に分布する裸地の把握

広範囲に分布する
裸地の把握



目視やDGPSでの
位置情報取得は困難

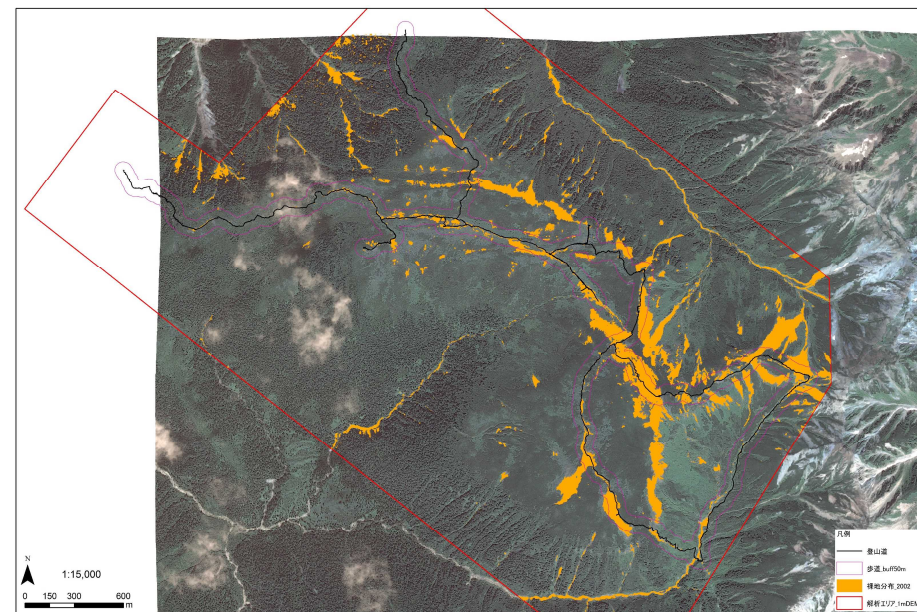


裸地箇所: 903か所

高分解能衛星画像を
用いた画像解析

RS
(画像データ)

IKONOS 2002.8.25撮影
地上分解能1m・4バンド(NIR,R,G,B)画像



登山道及び周辺(50mバッファ)裸地面積:
199,538.6m²(19.9ha)

3. 地理空間情報技術の活用方法

3-4 人為裸地と自然裸地の判別

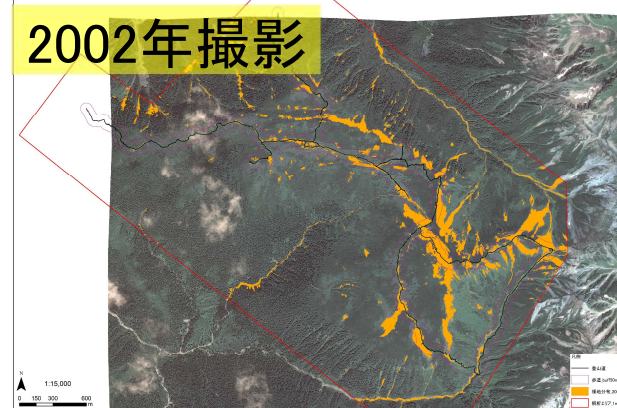
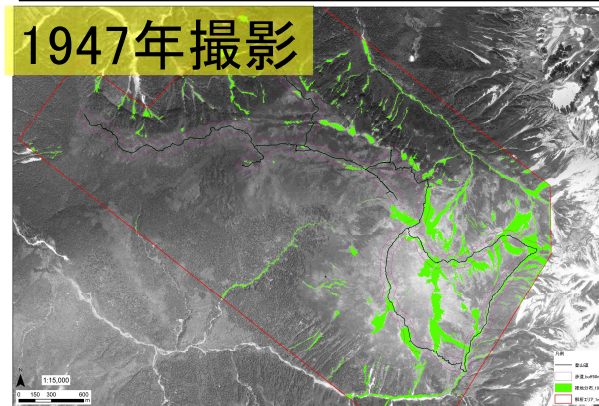
人為裸地と自然裸地の判別



現地判断は困難
裸地変遷の把握



空中写真を用いた
画像解析



RS
(画像データ)

裸地面積:
 $138,917.1\text{m}^2$
(13.9ha)

|

裸地面積:
 $199,538.6\text{m}^2$
(19.9ha)

||

差分:
 $60,621.5\text{m}^2$
(6.0ha)

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-5 人為裸地の推移

日本庭園

年	1947	1969	1977	1994	2002	2006
画像						
裸地面積 (RMS値)	0㎡ (0.04)	886.5㎡ (0.01)	883.7㎡ (0.04)	1306.6㎡ (0.02)	1722.1㎡ (自然裸地を含む) (0.01)	1348.5㎡
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 (パンシャープン)	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	植生 表土 心土	線状	複線状	洗掘	面状	さらに洗掘
傾向 拡大の 傾向	水平方向への裸地拡大	垂直方向への裸地拡大(洗掘)				

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-6 モニタリング



施工前



施工後(1年後)



施工後(9年後)



施工前



施工直後



施工後(9年後)

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-6 モニタリング

評価

緑化評価 A:回復,B:やや回復, C:回復無し

植生回復が順調な箇所



緑化評価 :A
傾斜角 :8~15°
斜面方位 :西向き
みずみち :発生する
融雪期 :グライドを受ける
日陰の有無:転石・木道部分には発生
地質・土壌 :粘土質

緑化評価 :A
傾斜角 :3~8°
斜面方位 :北西向き
みずみち :発生する
融雪期 :グライドを受ける
日陰の有無:転石・木道部分には発生
地質・土壌 :礫質、粘土質

植生回復が難しかった箇所



緑化評価 :C(面状部分)
傾斜角 :3~8°
斜面方位 :北西向き
みずみち :発生する
融雪期 :グライドを受ける
日陰の有無:一部岩があるため日陰が発生
地質・土壌 :粘土質

緑化評価 :C(面状部分)
傾斜角 :8~15°
斜面方位 :北西向き
みずみち :発生する
融雪期 :グライドを受ける
日陰の有無:ない(転石部分には発生)
地質・土壌 :礫質、粘土質

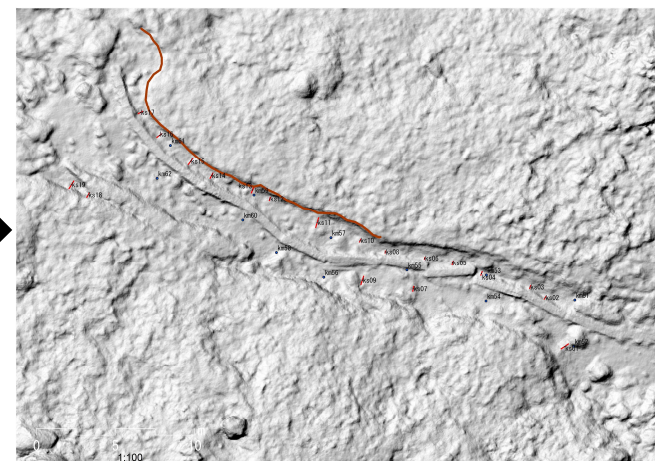
3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-6 モニタリング

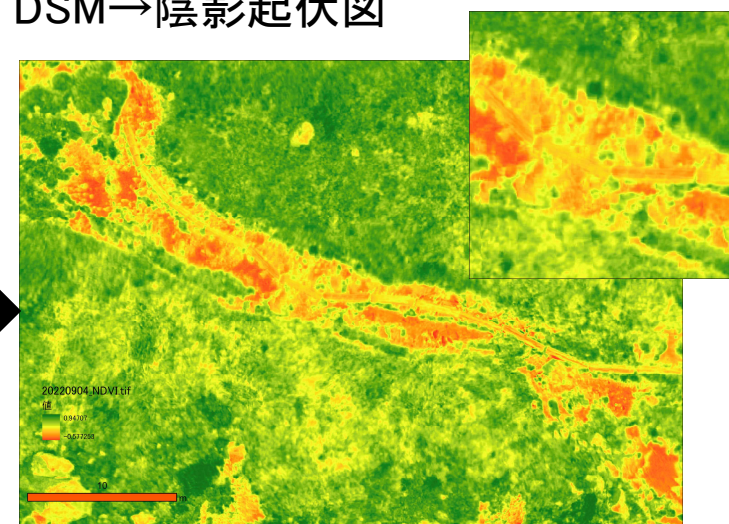
UAV(ドローン) + SfM併用による超高分解能画像取得



2017.9.10撮影・トゥルーカラー



2022.9.4撮影



NDVI(正規化植生指数)画像

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-7 施工効果

①登山道の集約



・登山者の踏圧による現存
植生及び土壌流出防止

②土留

推定流出土壌量(一部)

雷岩 : 3,364.1m³
キャンプ場上部 : 16,691.9m³
日本庭園 : 11,724.2m³
3,1780.2m³



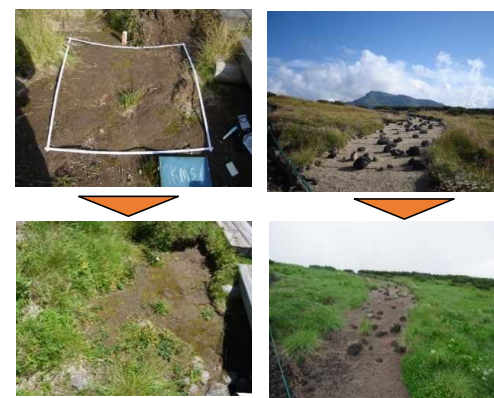
・土壌流出の拡大防止、土
留効果

③植生回復

伏工を行った面積

雷岩 : 229.9m²
キャンプ場上部 : 549.0m²
日本庭園 : 1,213.0m²
トラバース道 : 53.2m²

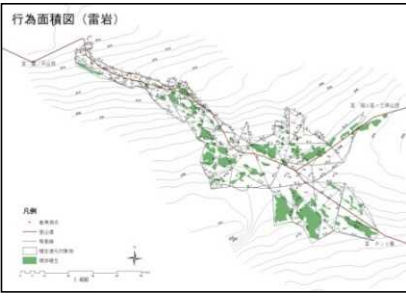
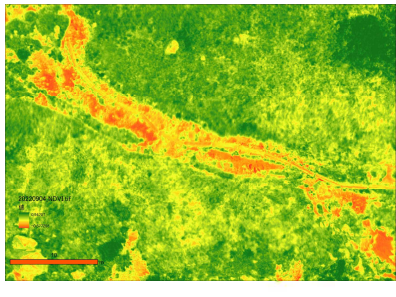
・播種は行わず、自然散布による発芽



・被度 + ~1
→ 10%程度植生回復

3. 地理空間情報技術の利活用方法

3-7 植生復元事業における地理空間情報技術の利活用方法

工程	ステップ1 現況把握 (広域レベル)	ステップ2 現況把握 (現場レベル)	ステップ3 図面作成	ステップ4 実施記録	ステップ5 モニタリング
課題	・荒廃箇所の把握 ・広域かつ網羅的(面的)な把握	・位置情報取得 ・精度の高い測量	・作成方法 ・求積方法	・実施個所の記録 ・面積算出	・データ蓄積方法 ・評価方法
従来法	航空測量 現場での目視確認	トラバース測量 測量ソフト	CAD/測量ソフト 求積図・求積表	トラバース測量 紙地図への記録？	写真記録 植生調査
援用内容					
改善点	高分解能衛星画像 データ取得の短縮化	DGPS測量 データ取得の簡便化・短縮化	GIS 図面のデジタル化 求積方法の簡便化	DGPS測量/GIS データのデジタル化、 アーカイブ化	UAV+SfMソフト 施工方法や効果の 面的な検証が可能

4. まとめ(管理計画への反映に向けた課題)

4-1 地理空間情報技術を援用する場合の課題



4. まとめ(管理計画への反映に向けた課題)

4-2 「植生復元事業の課題」に対する解決点

植生復元事業の課題

雲ノ平事業で克服した点

未改善点・新たな課題

許認可申請

- ・行為面積の算出
- ・詳細な図面の作成

- ・DGPSを用いた測量の実施
- ・GISを用いたデータ蓄積及び図面作成
- ・必要書類や記載内容について行政との綿密な事前相談

- 測量精度の問題(誤差点検)
- 高度なGIS技術が求められる
- 関連法の知識、理論武装

効果的・効率的な植生復元工法

- ・経験則の蓄積
- ・立地環境に応じた工法の確立

- ・施工前の事前観察(山小屋)
- ・転石とヤシの実ネットを基本としたシンプルな工法を実施

- 現場での詳細な観察(属人的)
- ケースに合わせて技巧を修得する発想(ビルドインはない)

コストの問題

- ・誰が払うのか
- ・いくらかかるのか
- ・ひとの確保

- ・大学、小屋、行政によるボランティア参加
- ・使用資材のみ行政から支出支援

- 資料づくり、データ管理などのバックヤードも完全無償
- 賃金支払いなし、完全なボランティア活動

事業継続の担保性

- ・単年度予算
- ・人事異動による事業の途切れ

- ・林野庁の直轄事業(取り組み事業としての)への組み込み
- ・定期的に現地検討会及び意見交換会を実施

- 行政以外の主体の継続の担保性「も」永久ではない
- 予算は小学、確保が不安定

4. まとめ(管理計画への反映に向けた課題)

4-3 全国の山岳地で行われている登山道修繕・植生復元活動

■南アルプス高山植物保全活動

2002(平成14)年から開始

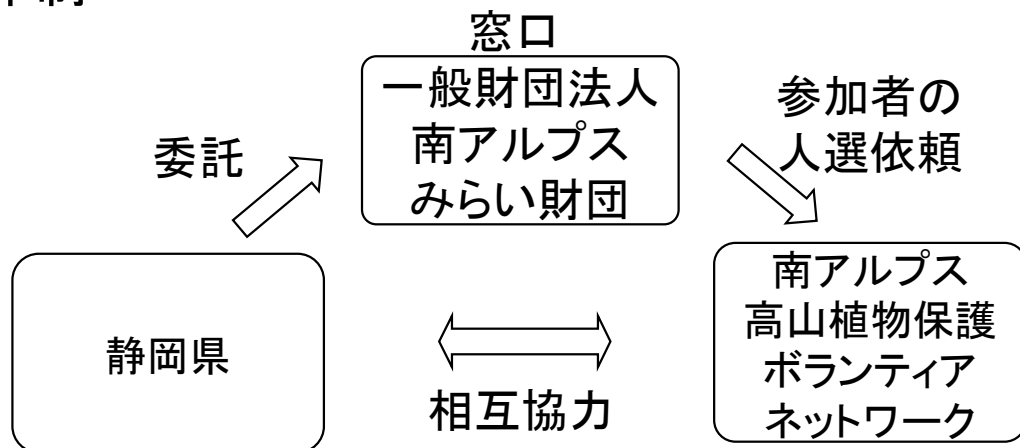
場所 南アルプス南部
(南アルプス国立公園)

内容・防鹿柵の設置・修繕
・ロープ柵の修繕
・植生モニタリング

R6参加者募集内容より



体制

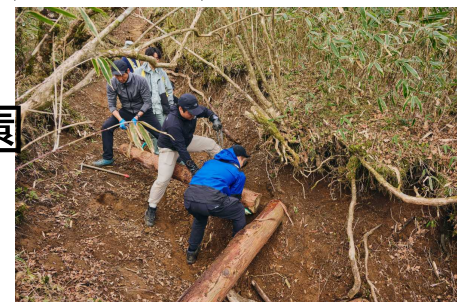


■箱根トレイルメンテナンス(トレメン)

2010(平成22)年から開始

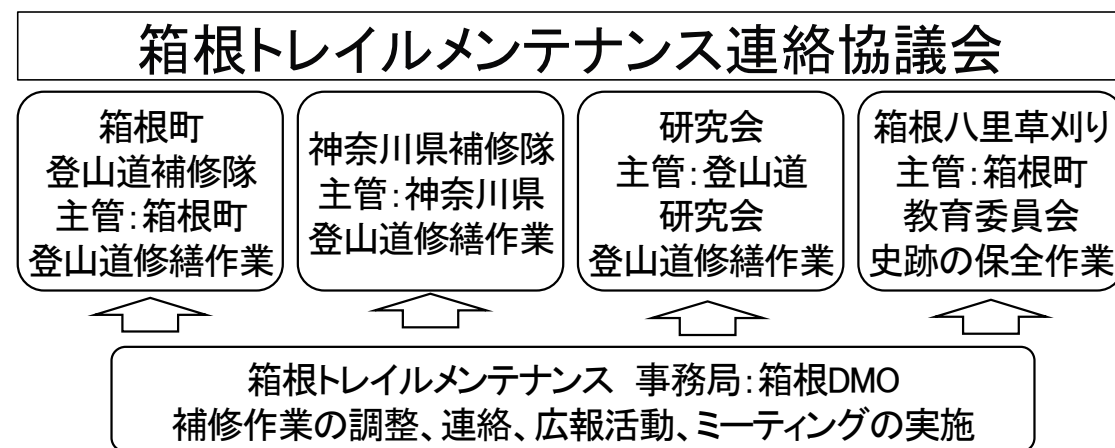
場所 富士箱根伊豆国立公園
箱根地区(箱根町内)

内容・登山道補修及び保全
活動
・旧街道のメンテナンス



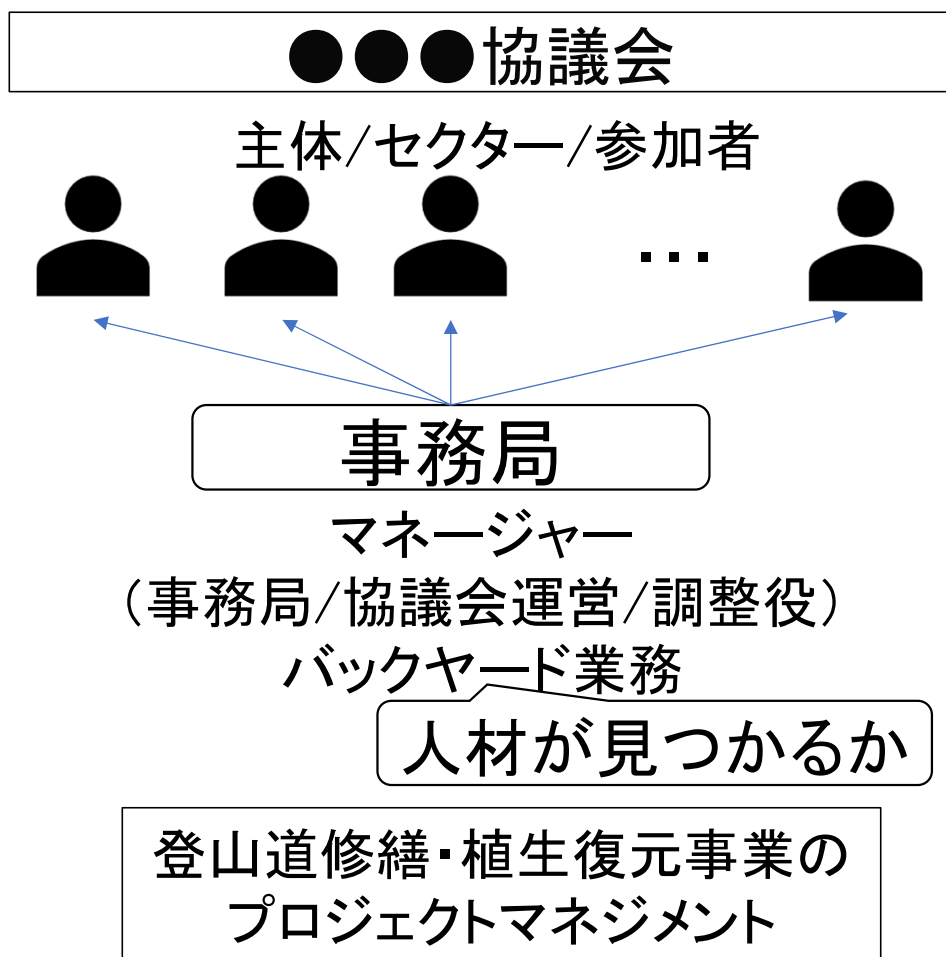
箱根サステナブルツーリズムサイトより

体制



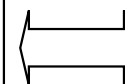
4. まとめ(管理計画への反映に向けた課題)

4-4 全国の山岳地で行われている登山道修繕・植生復元活動



■人材をどう育てるか

やる気・関心を
育てる



もともと技術・
知識・経験を持
っているひとに参
画してもらう

課
題

・教育、継続性
モチベーション

マッチング
きっかけ

SNS,Websiteが有効

- ・これを無償でかかわってもらう？
(対価は払えないのか)
- ・いつまで続けられるか？
- ・公共事業化は・・・



ご清聴ありがとうございました