

森林分野における リモートセンシングの概要

Search

Speed

Debris

Beams

Instruments

Auto Refresh

Views

Object Type

Perigee

Period

Inclination

Country of Origin

Filters

Perigee

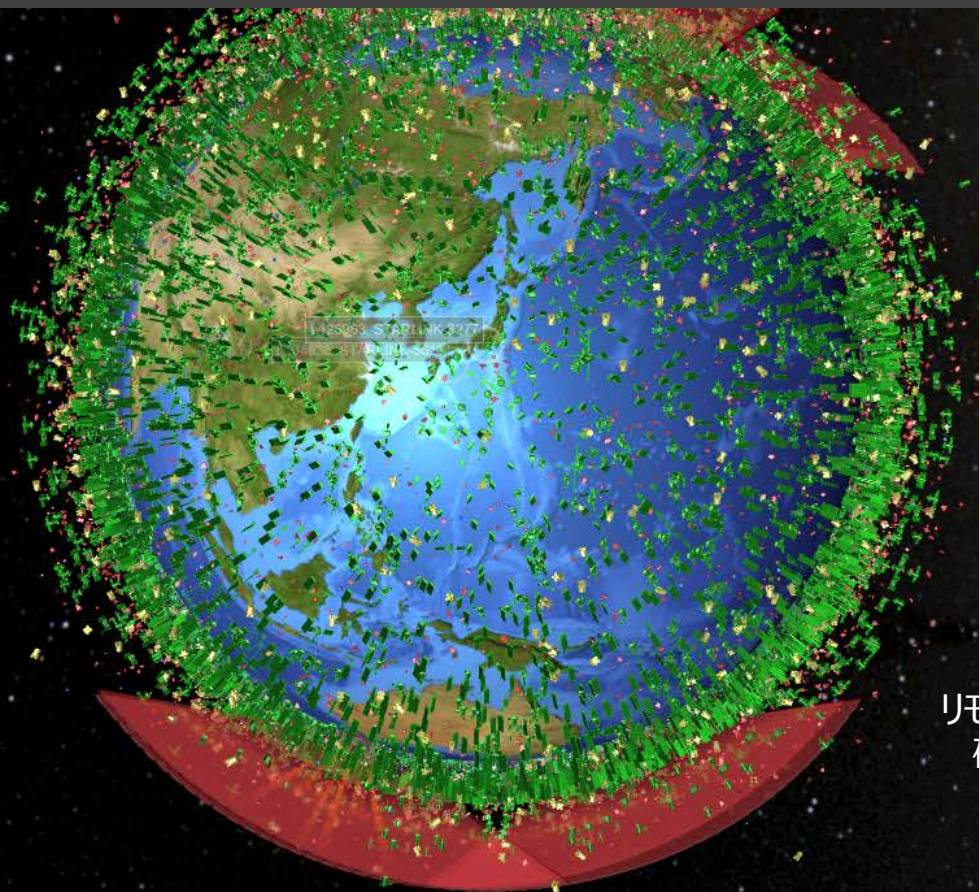
Add Filter

Ground view

Hide Menu

Object Type

- Payload
- Rocket Body
- Debris
- Unknown

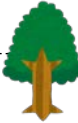





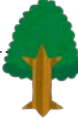

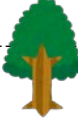





JICA地球環境部
森林・自然環境グループ
インハウスコンサルタント

一般財団法人
リモート・センシング技術センター
研究開発部 主幹研究員

遠藤貴宏

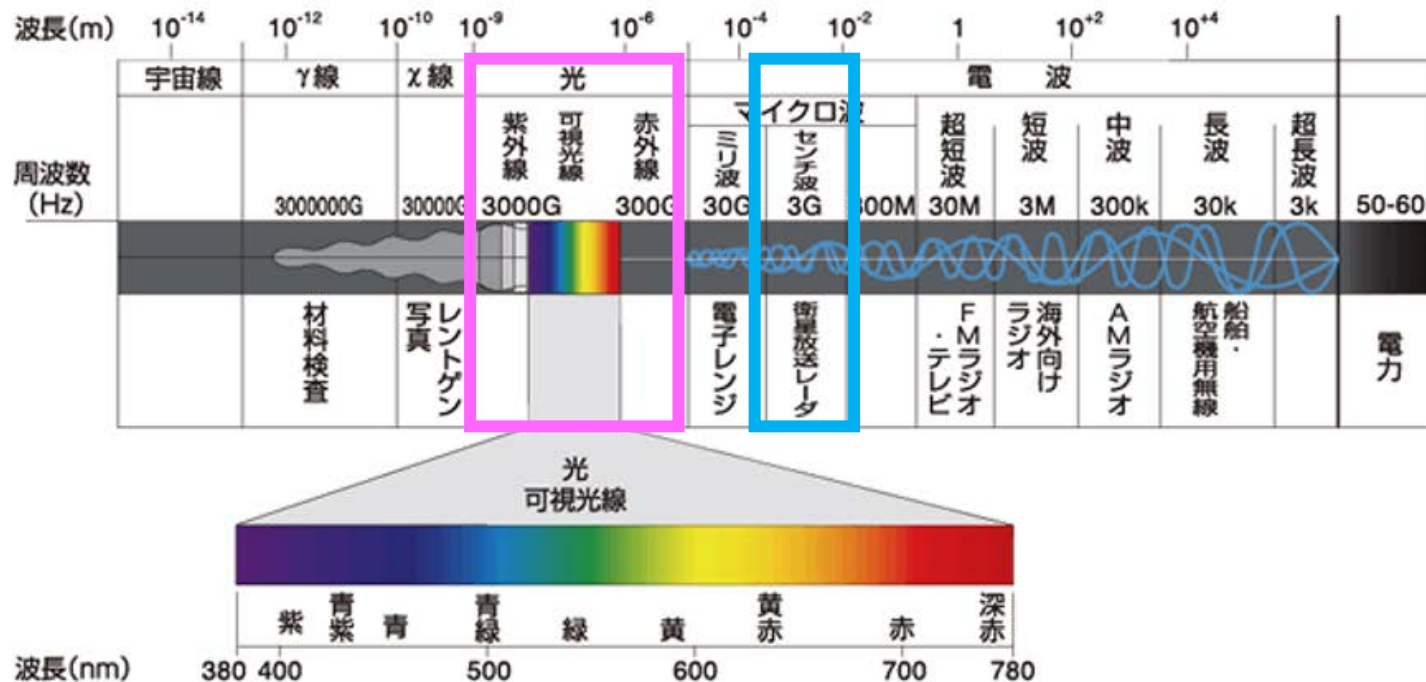
計測原理 と モニタリング技術の特徴

高度		センサの種類					
		光学		SAR		レーザ	
		解像度 1m以下	解像度 1m以上	解像度 1m以下	解像度 1m以上		
衛星	200~1000km	● 	● 	● 	● 	● 	● 
航空機	1-2km	● 		○		● 	
ドローン	10~150m	● 		○		● 	
地上 (可搬型)	1m	○ 		○		● 	

森林分野で利用されるセンサー一覧
●が本日話題の対象となるセンサ

電磁波との相互作用を利用し非接触で対象を計測する技術

電磁波のスペクトル

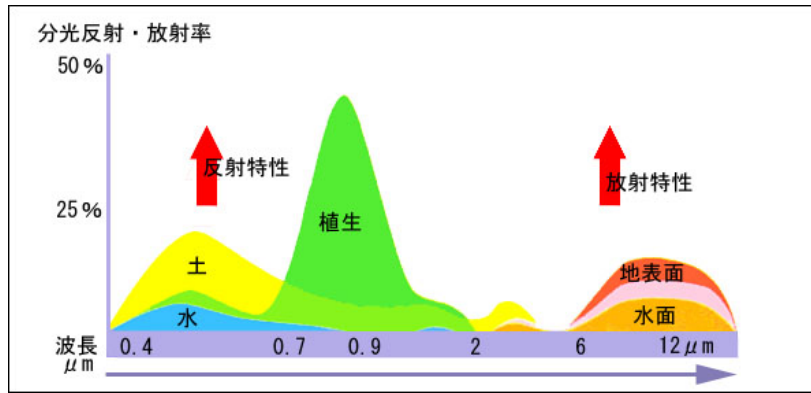


参照先 : <https://www.forest.ac.jp/wp-content/uploads/2021/02/2e140c5339e5988a5c0f00120d0d4f39.png>

リモートセンシングで利用する電磁波帯は、**光領域**と**マイクロ波領域**を利用

(他の電磁波領域は、大気に吸収されてしまう。)

① 光領域の電磁波帯を利用する方法



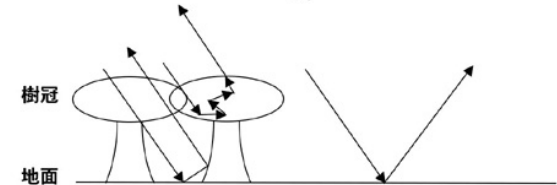
参照先 : http://www.infra.kochi-tech.ac.jp/takalab/Information/education/5_space/1remo.html

② マイクロ波領域の電磁波帯を用いる方法



森林
SARアンテナから放射された電波は、森林で散乱後、一部はアンテナの方向に戻るため、画像では明るく見える。

裸地、水面
SARアンテナから放射された電波は、大部分が鏡面反射を起こしてアンテナ方向に戻らないため、画像では暗く見える。



参照先 : https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jpal_forest_amz.htm

状態が分かる原理

波長に対する**反射**や**放射**の強度が物質毎に異なることを利用。（分光特性）



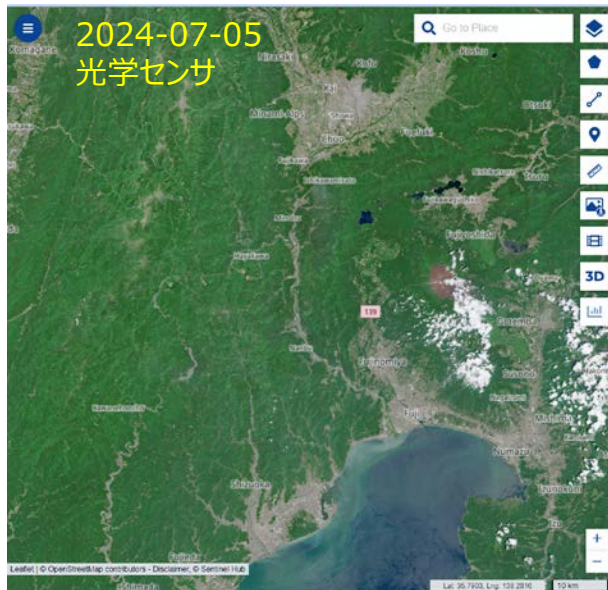
分光特性に基づく分類・時間変化

波長に対する**散乱**が対象の形状（構造）や**誘電率**により異なることを利用。（後方散乱特性）

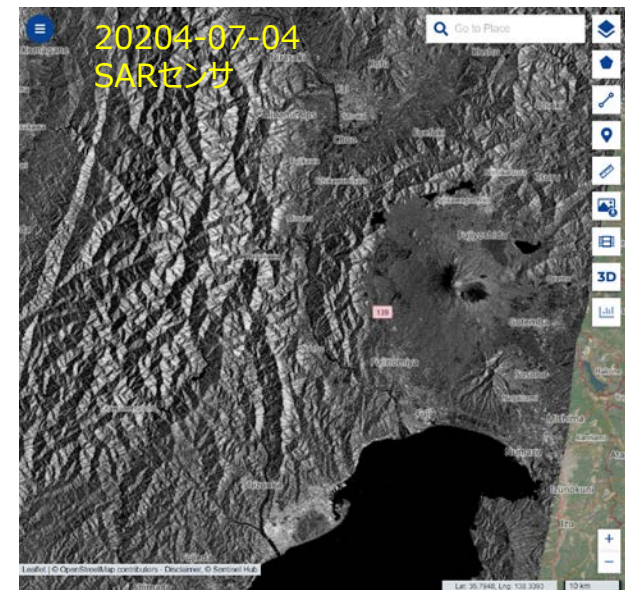


後方散乱に基づく分類・時間変化

光学センサとSARセンサの特徴（衛星）



Sentinel-2 R : G : B = B8 : B4 : B3

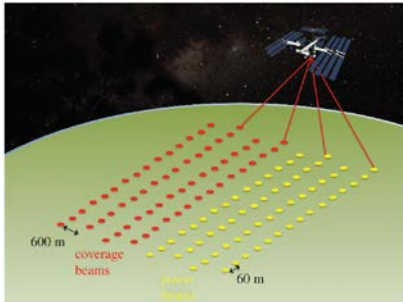


Sentinel-1 VH γ0

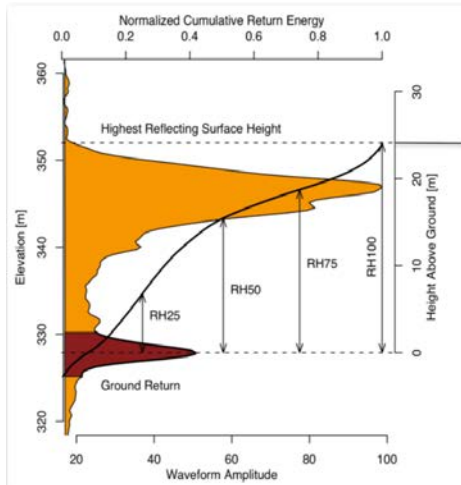
参照 : <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

	光学衛星	SAR衛星
観測条件	日中・低被雲率	昼夜全天候
解析可能なデータの 入手の頻度	不規則的	規則的
得られる情報	色/大きさ/数/形状など 被覆状態や変化 (森林・畑・街・水域)	形状/構造/材質 土壌水分 被覆変化

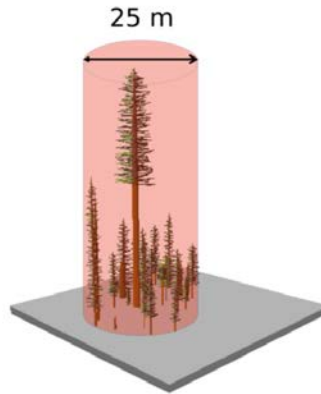
①宇宙用は大口径のレーザフットプリント



参照：
https://www.researchgate.net/publication/356692676_Requirements_for_a_global_lidar_system_spaceborne_lidar_with_wall-to-wall_coverage



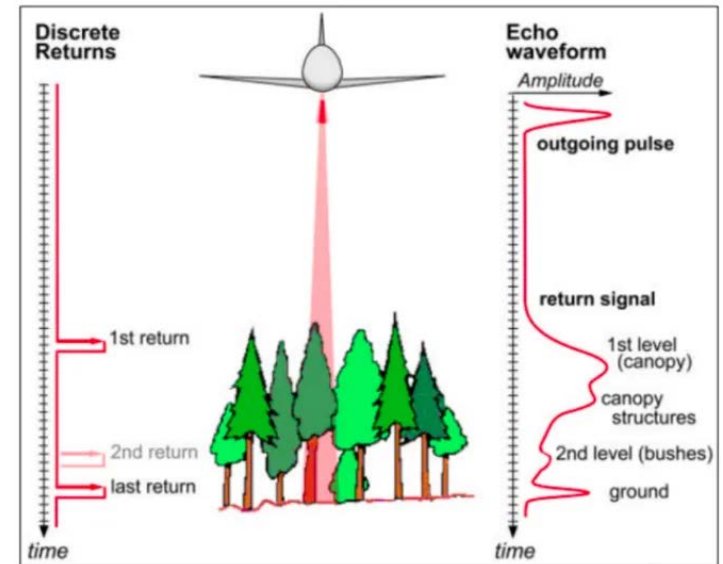
単木レベルの解析は不可能



参照：<https://gedi.umd.edu/mission/technology/>

②航空機/ドローン/地上可搬型は小口径のレーザフットプリント

単木レベルの解析が可能



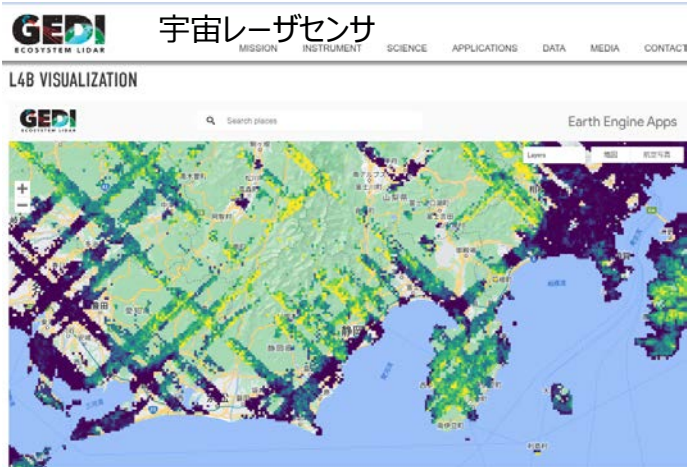
参照：<https://medium.com/@h.shaig93/lidar-full-waveform-gentle-introduction-fb566c005fa7>

レーザ発信してから受信するまでの**反射強度の時間変化**を計測。（分光特性）



反射強度の時間変化に基づく3次元情報と分類

レーザセンサの特徴（衛星・航空機）



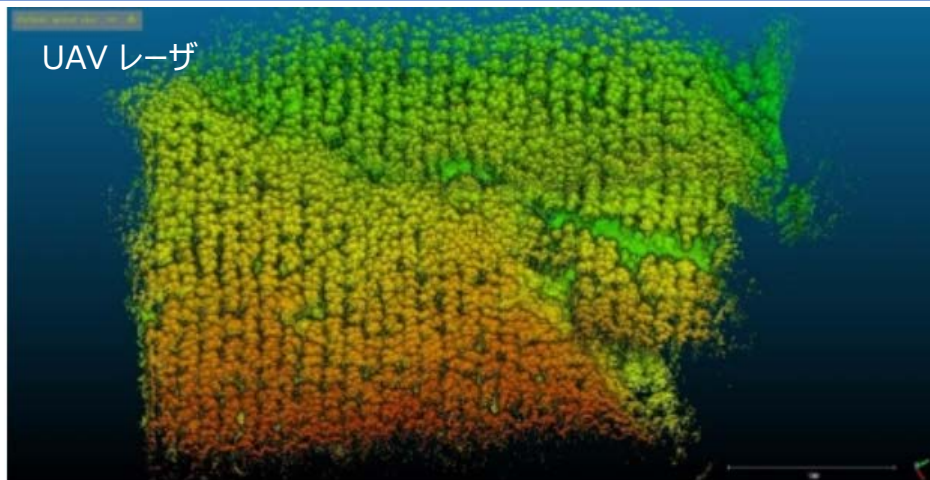
ISS搭載レーザセンサ（GEDI）のL4Bプロダクトが存在する場所
 参照： <https://gedi.umd.edu/data/l4b-visualization/>



東京都デジタルツイン実現プロジェクト（静岡県久能山付近）
 参照： <https://3dview.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/#share=s-tOQipduUsREKS85C>

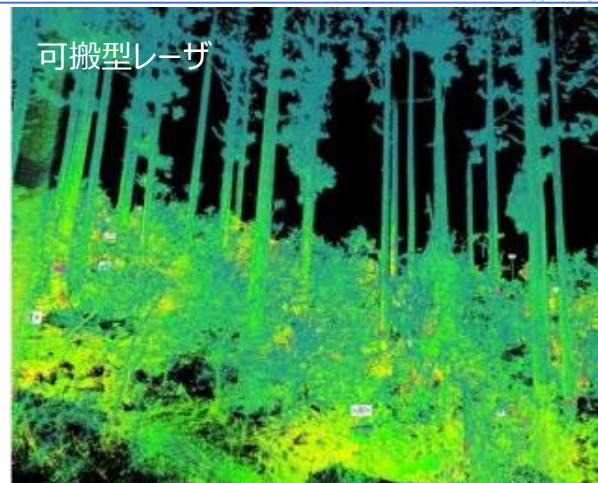
	宇宙用レーザセンサ（GEDI）	航空機レーザセンサ（カメラも同期）
観測条件	昼夜低被雲率	日中（運航ルール）
解析可能なデータの入手の頻度	ISSの軌道依存	プロジェクトごと
フットプリントサイズ	25m	20cm以下
点密度	衛星軌道方向に対して約1点/ha	4点/m ² 以上（40,000点/ha以上）
得られるデータ	フットプリントの平均高さ・平均反射強度	点群（3次元位置）、反射強度
精度	低い	高い

レーザセンサの特徴（ドローン・可搬型）



UAV レーザでの森林計測例

参照：
<https://prt-times.jp/main/html/rd/p/000000042.000019742.html>



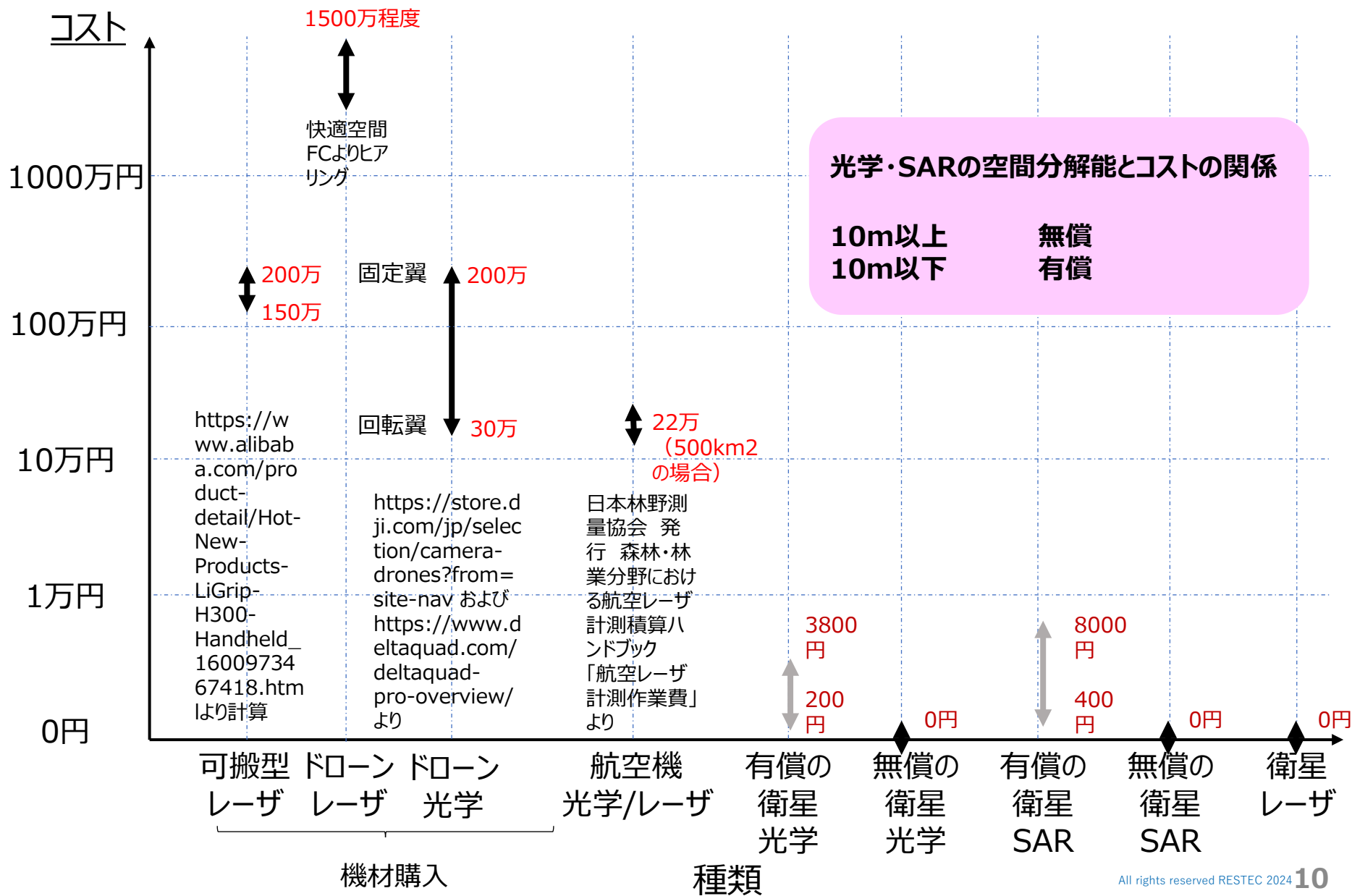
可搬型レーザでの林内の3次元データ

参照：
<https://www.pref.niigata.lg.jp/site/shinrin/rin-nii-202106.html>

	UAV レーザセンサ (RIEGL VUX-160-23)	可搬型レーザセンサ (LiBackpack DGC50 LiDARシステム)
観測条件	昼間	昼間
フットプリントサイズ	cm級	mm級
点密度	2,000,000点/秒	600,000点/秒
得られる情報	点群（3次元位置）	点群（3次元位置）
精度	高い	高い
備考	高精度な位置と姿勢情報が必須	高精度な位置と姿勢情報が必須

入手コスト と 利用範囲

各プラットフォームの計測コスト（解析除く）（km²単価）



衛星画像の入手のコスト（解析除く）（km²単価）

光学衛星画像の価格表（相場）

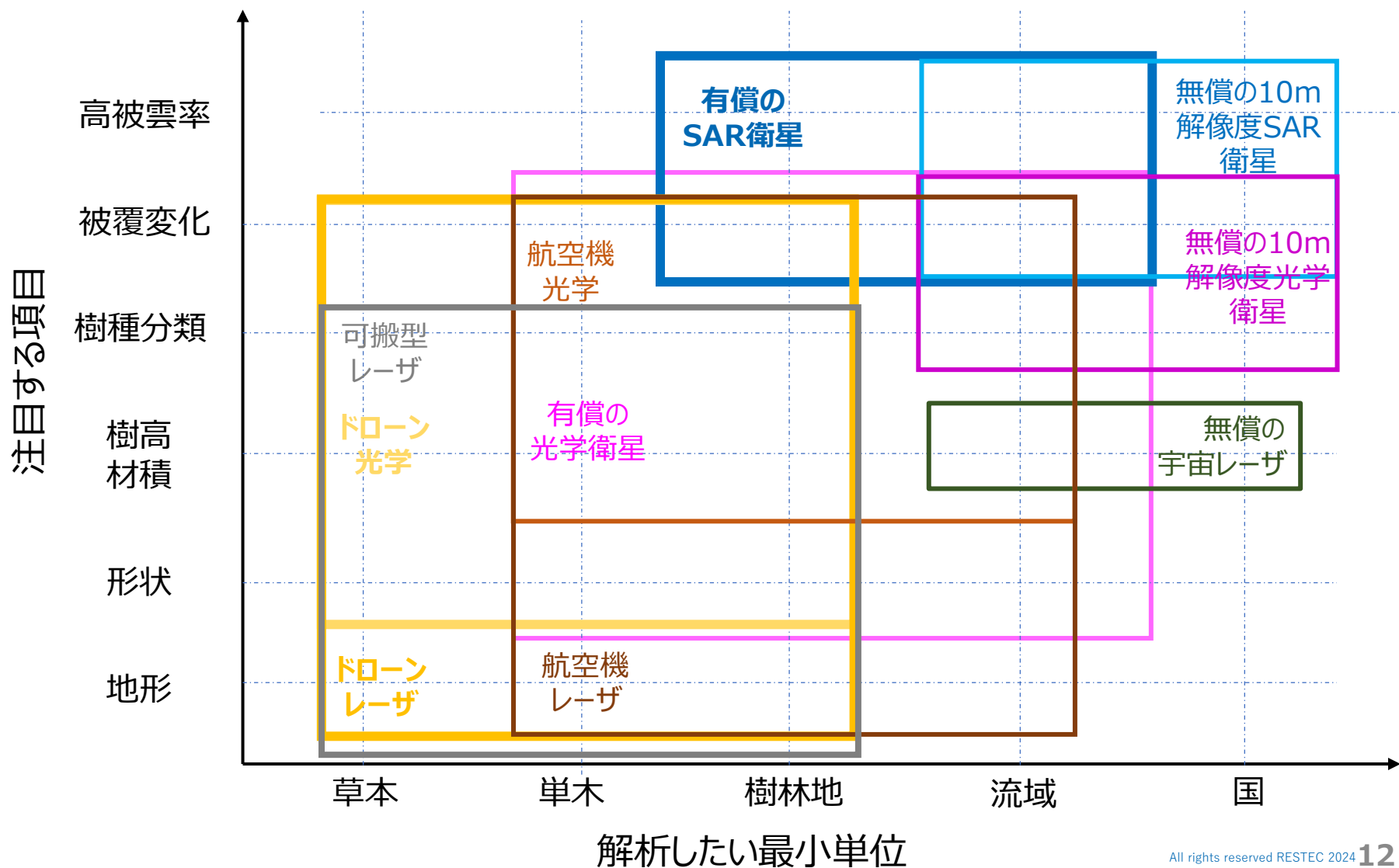
* 単価は安いのが最低購入面積が存在する

撮影の種類	分解能	最低購入面積	購入単価	Km ² あたりの単価
アーカイブ画像	高解像度：0.3～1m	25km ²	6万～9万円	2,400円～3,600円
	中解像度：1m～2m	25km ²	2万～4万円	800円～1,600円
	低解像度：2m～	100km ²	2万～4万円	200円～400円
スポット撮影	高解像度：0.3～1m	100km ²	100万円～	10,000円～

合成開口レーダー（SAR）の価格表（相場）

撮影の種類	分解能	最低購入面積	購入単価	Km ² あたりの単価
アーカイブ画像	超解像度： 0.5m × 0.5m	25km ²	10万～20万	4,000円～8,000円
	高解像度： 1m × 1m～ 3m × 1m	50km ²	8万～16万円	1,600円～ 3,600円 3,200円
	中解像度：3m～6m	50km ²	4万～8万円	800円～1,600円
	低解像度：2m～	100km ²	4万～8万円	400円～800円
スポット撮影	高解像度：0.5～1m	100km ²	100万円～	10,000円～

注目する項目と解析したい最小単位で利用するリモートセンシングデータは異なる



観測対象 利用方法 メリット・デメリット

各センサの利用範囲

		光学					SAR (単偏波/二偏波)		レーザ				注指標
		ドローン	航空機	高空間 分解能衛星	中空間 分解能衛星	低空間 分解能衛星	高空間 分解能衛星	中空間 分解能衛星	可搬型	ドローン	航空機	衛星	
コスト	有償/無償	有償	有償	有償	無償	無償	有償	無償	有償	有償	有償	無償	
定期観測	昼夜全天候	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	雲雨を透過
被覆分類	針葉樹・広葉樹	○	○	○	△	×	△	△	△	○	△	×	樹冠形状
	常緑樹・落葉樹	△	△	○	○	△	○	○	△	△	△	△	生物季節 (衛星以外は2回以上計測)
樹種	特にスギ・ヒノキ	△	△	△	×	×	×	×	△	△	△	×	反射強度
被覆変化	伐採検出	△	△	○	○	△	○	○	△	△	△	×	2時期以上の被覆変化
	森林火災検出	△	×	×	△	○	×	×	×	×	×	×	固定翼ドローンならば△
	枯死	○	○	○	×	×	×	×	○	○	○	×	倒木を検出
	モニタリング	△	△	○	○	○	○	○	△	△	△	×	定期的な観測
材積	単木	○	○	△	×	×	△	×	○	○	○	×	樹冠形状 (Xband 孤立木)
	高さ	○	×	○	×	×	△	×	×	○	○	△	樹冠形状
	樹冠表面積	○	○	△	×	×	×	×	×	○	○	×	樹冠形状
	胸高直径	×	×	×	×	×	×	×	○	△	×	×	直接計測
	地形	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	△	直接計測

- 曇天/雨天時でも森林被覆の変化を知りたいければ、SARセンサー択。
- SARは、一般的に100t/ha程度のバイオマスまでは推定可能。
- 樹高の情報が知りたいければ、光学センサもしくはレーザセンサ由来のデータが利用可能。
- 狭域かつ非定期的な調査ならば、衛星以外のツールも選択が可能。

計測範囲と注目対象をどのレベルで調査分析したいか？によりツールを選択

【高空間分解能センサ共通】

- 観測幅が狭いので、東西に長い対象領域の場合、隣り合うパスに間に時差が発生することで解析や可視化が困難な場合がある。

【高空間分解能衛星光学センサ】

- 太陽高度と地形により影が発生し解析が困難な場合が発生する。特に我が国だと冬時期。
- オルソ画像のオルソ化精度が低いため、他のGISデータとの重なり精度が悪い場合がある。
- 被雲の関係で、ほしい時期の画像が得られない場合がある。

【高空間分解能衛星SARセンサ】

- 様々な散乱パターンが発生するので、解釈には専門的な知識が必要になる場合がある。
- レーダーシャドウ等のSAR特有の物理現象により解析が困難な領域が発生する。

【航空機光学/レーザ】

- 高精度な計測結果が得られるものの、費用が高額であり定期的な観測には適していない。

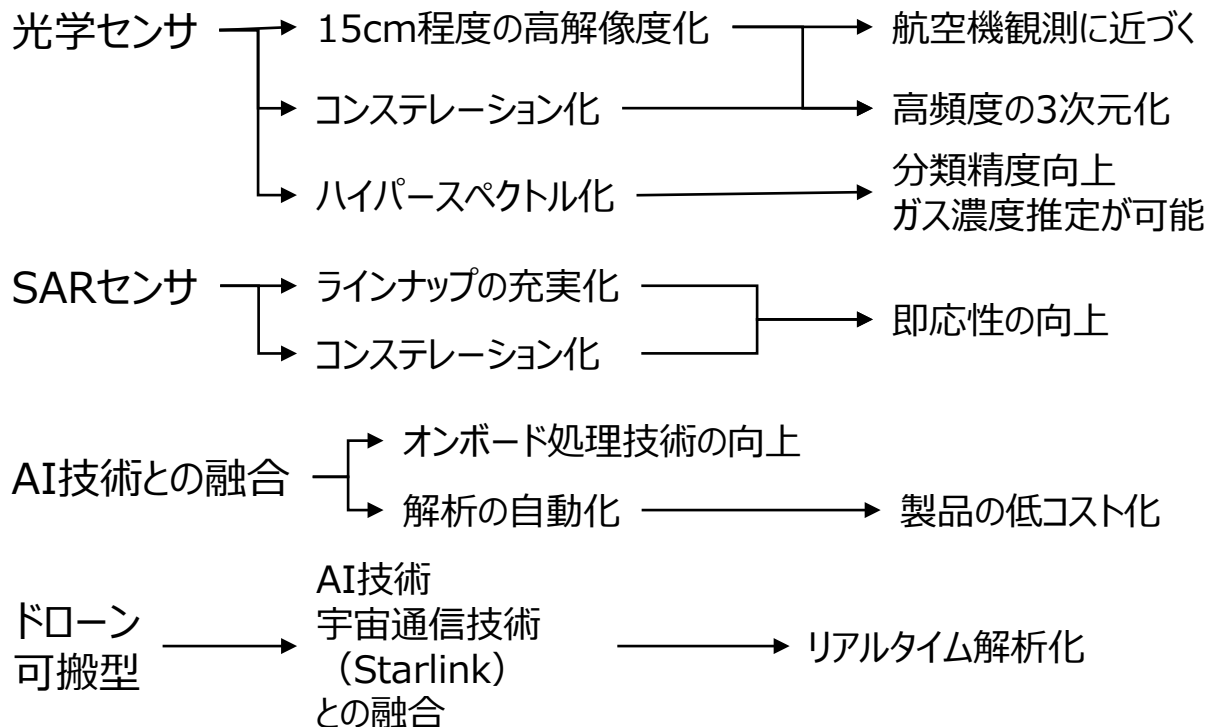
【ドローン/可搬型】

- 位置や姿勢を計測するセンサの性能が低いため、最終成果物の幾何精度（地図精度）を画像全体かつ時系列で精度を担保することが難しい。



資料：
<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/alos-4/>

ALOS-4が打ち上げ成功



森林分野（個人的な予想）

保全管理分野 → 伐採だけでなく、成長（樹冠高変化）モニタリングも可能

クレジット分野 → 既存の面積 x 原単位手法から樹冠高利用した空間体積を利用した手法へ



RESTEC

Sense Your Earth

 endo_takahiro@restec.jp

 [@restec3426](#)

 [@RESTEC](#)

 [@RESTEC_Training](#)