

# 航空レーザ計測による森林及び下層植生の現況把握等の調査結果について

関東森林管理局 計画課 企画係長 <sup>たかばし</sup>高橋 <sup>ひでお</sup>秀夫

アジア航測株式会社 森林環境課 <sup>おがわ</sup>小川 <sup>よしひら</sup>吉平



(左から高橋さん、小川さん)

## 1 課題を取り上げた背景

近年、人工林の成熟に伴い、森林資源の循環利用を推進する観点から、適切な間伐に加え、主伐・再造林に積極的に取り組むことが求められており、収穫調査の労力の軽減が課題となっています。また、各地でシカ等による森林被害が深刻化していることから、森林の下層植生が衰退していることが推測されますが、下層植生の繁茂状況を面的に把握できる調査手法は確立されていません。さらに、シカ被害は広域的に民有林・国有林の区別なく発生していることから、民有林と連携し民有林・国有林一体となった森林資源量の把握調査が今後必要になってくることが想定されます。

このような状況の中、他局等で実績があり、広い範囲で複合的な森林資源調査が可能な航空レーザ計測による調査を伊豆署管内で試行的に実施しました。

## 2 具体的な取組

### (1) 調査対象地

調査は、静岡県伊豆市及び加茂郡の、伊豆森林計画区の1～153林班にかけての約1,700haを対象に実施しました。選定の理由は、①調査時期が冬であったために積雪の影響を受けない地域であること、②伊豆はシカの食害が顕著な地域といわれており、下層植生が食害の影響を受けた箇所と受けてない箇所の比較検討ができること、の2点を期待したためです。平成25年1月6日に航空レーザ計測を実施し、またあわせて、調査結果の信頼性を検証するために現地調査も行いました。

現地調査はスギ・ヒノキ林分にそれぞれ11箇所ずつ、面積400m<sup>2</sup>の円形プロットを設定し、プロット内の立木の樹種・樹高及び胸高直径の毎木調査を行いました。また、下層植生の植被状況を確認するため、植生方形区(5m×5m)を設置して、下層植生の高さ・植被率等の生育状況を調査しました。



図1 調査対象地

### (2) 航空レーザ計測の概要

航空レーザ計測とは、航空機に搭載したレーザ測距装置等を使用して地表を水平方向の座標及び高さの三次元で計測する方法です。得られた三次元データを加工することにより、標高メッシュ、等高線等の地盤情報が取得できます。また、デジタルカメラが同時搭載

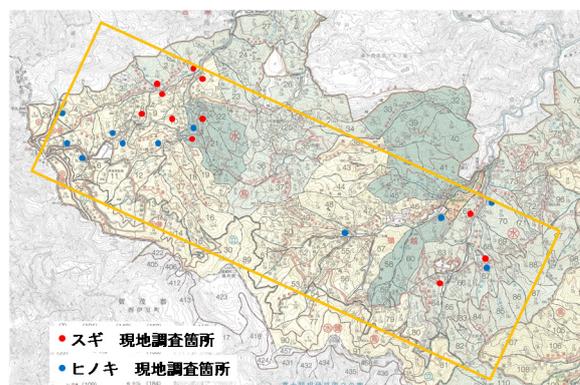


図2 調査対象箇所

されており、空中写真データをレーザ計測と同時に得ることが出来ます。今回の航空レーザの計測密度は1m×1mメッシュの範囲に原則4点を照射しています。

### 3 取組の結果

#### (1) 林相区分

はじめにスギ・ヒノキ人工林の分布範囲を抽出するため、林相の解析を行いました。解析は、①レーザの反射強度の違いを判別することによる樹種の推定、②レーザデータから再現した樹冠の形状、③レーザ計測により得られた樹高、の3つの情報を組み合わせて作成できるレーザ林相図(図4)を用いて行いました。

#### (2) 樹頂点の抽出と樹高の計測

航空レーザ計測データより作成したスギ・ヒノキ林の樹冠表層データから樹頂点を抽出し、総数を計測することにより立木本数を、樹頂点と地面の差分を計測して単樹高を単木ごとに計測しました(図5)。

航空計測及び現地調査の結果、それらから得られた検証結果を表1に示します。立木本数(立木密度)について、航空レーザ計測及び現地調査の結果を解析したところ、スギ林、ヒノキ林双方において高い相関が認められました(図6)。またRMSE(二重平均平方根誤差)を求めたところ、航空レーザ計測は、640本/haのスギ林及び1000本/haのヒノキ林において、現地調査とそれぞれ50本程度の誤差で計測が可能という結果が得られました。

平均樹高についても、レーザ計測と現地調査との間には強い相関が認められました(図7)。また、RMSEはスギで0.6m、ヒノキで0.5mであり、誤差1mを下回る高い精度で航空レーザによる樹高計測ができることがわかりました。



図3 航空レーザ計測のイメージ

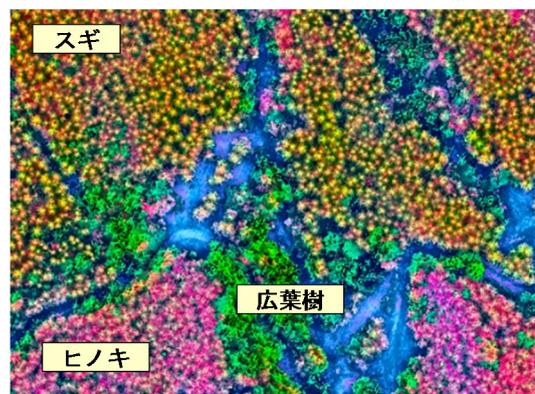


図4 レーザ林相図

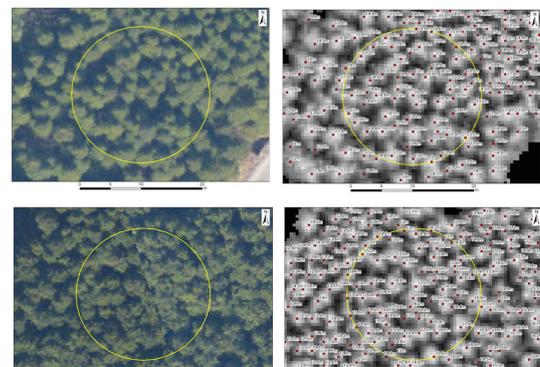


図5 樹頂点の抽出結果例

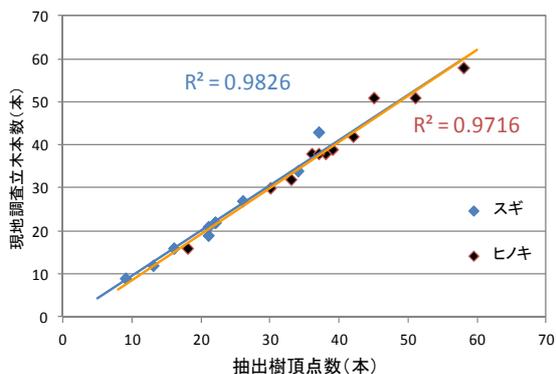


図6 現地調査と航空レーザ解析結果との相関(立木本数)

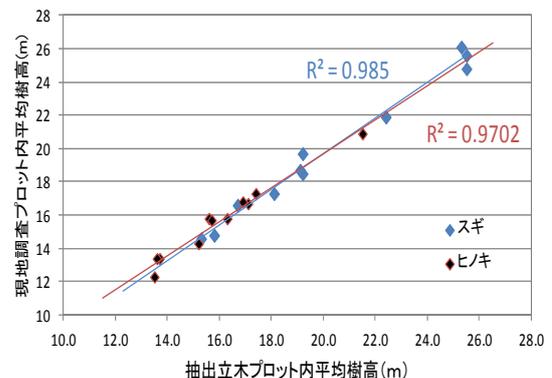


図7 現地調査と航空レーザ解析結果との相関(平均樹高)

表1 立木密度・樹高・材積の検証結果

調査地点	林齢	立木密度(本/ha)				樹高(m)				材積(m <sup>3</sup> /ha)					
		現地調査	航空レーザー解析	抽出誤差	抽出精度(%) (N <sub>2</sub> /N <sub>1</sub> *100)	現地調査	航空レーザー解析	抽出誤差	抽出精度(%) (N <sub>2</sub> /N <sub>1</sub> *100)	現地調査	補正前			補正後	
											航空レーザー解析	抽出誤差	抽出精度(%) (N <sub>2</sub> /N)	抽出誤差	抽出精度(%) (N <sub>2</sub> /N <sub>1</sub> *100)
スギ 01	29	850	850	0	100	16.6	16.7	0.1	101	342	325	-16	95	21	106
スギ 02	57	475	525	50	111	14.8	15.8	1	107	205	226	22	111	53	126
スギ 03	40	400	400	0	100	19.7	19.2	-0.5	97	407	299	-108	74	-72	82
スギ 04	90	525	525	0	100	21.9	22.4	0.5	102	524	478	-46	91	1	100
スギ 05	63	300	325	25	108	26.1	25.3	-0.8	97	551	489	-63	89	-15	97
スギ 06	33	675	650	-25	96	17.3	18.1	0.8	105	359	340	-19	95	19	105
スギ 07	42	1075	925	-150	86	18.5	19.2	0.7	104	561	444	-118	79	-72	87
スギ 08	21	1450	1450	0	100	14.6	15.3	0.7	105	394	338	-56	86	-18	95
スギ 09	80	550	550	0	100	24.8	25.5	0.7	103	656	632	-24	96	33	105
スギ 10	60	225	225	0	100	25.6	25.5	-0.1	100	393	404	11	103	53	114
スギ 11	43	550	550	0	100	18.7	19.1	0.4	102	394	351	-43	89	-4	99
平均	51.0	643.2	634.1	-9.1	100.1	19.9	20.2	0.3	102.0	435.0	393.1	-41.9	91.5	0.0	101.6
RMSE	-	-	-	48.9	-	-	-	0.6	-	-	-	59.0	-	41.0	-
ヒノキ 01	75	800	825	25	103	16.7	17.1	0.4	102	441	327	-114	74	-4	99
ヒノキ 02	49	1450	1450	0	100	15.8	15.6	-0.2	99	489	349	-140	71	-22	95
ヒノキ 03	52	1275	1275	0	100	14.3	15.2	0.9	106	446	317	-129	71	-23	95
ヒノキ 04	29	950	950	0	100	13.4	13.7	0.3	102	262	225	-36	86	39	115
ヒノキ 05	43	1050	1050	0	100	13.4	13.6	0.2	101	287	234	-53	82	26	109
ヒノキ 06	39	950	900	-50	95	17.3	17.4	0.1	101	456	352	-105	77	14	103
ヒノキ 07	30	950	925	-25	97	12.3	13.5	1.2	110	225	216	-9	96	63	128
ヒノキ 08	57	400	450	50	113	20.9	21.5	0.6	103	454	383	-71	84	58	113
ヒノキ 09	56	750	750	0	100	15.8	16.3	0.5	103	316	284	-32	90	64	120
ヒノキ 10	75	1275	1125	-150	88	16.8	16.9	0.1	101	581	366	-215	63	-92	84
ヒノキ 11	76	975	975	0	100	15.7	15.7	0	100	479	300	-179	63	-78	84
平均	52.8	984.1	970.5	-13.6	99.6	15.7	16.0	0.4	102.6	403.3	304.8	-98.5	77.9	4.0	104.1
RMSE	-	-	-	51.1	-	-	-	0.5	-	-	-	116.3	-	51.8	-

注) 立木密度、材積の現地調査結果、航空レーザー解析結果はha当りに換算しています。

### (3) 材積の算出

材積については、航空レーザー計測では標準地ごとの立木密度と平均樹高から密度管理図を用いて算出し、現地調査では単木ごとの胸高直径と樹高から幹材積表を用いて算出しました。

航空レーザー計測による抽出結果と現地調査結果との比較は表1に示すように、スギ、ヒノキともに航空レーザー計測による材積値の方が過少傾向にあり、RMSEはスギが59.0 m<sup>3</sup>/ha、ヒノキが116.3 m<sup>3</sup>/haと算出されました。スギについては、林

齢のわりに材積が多い標準地において、ヒノキについては、高齢級の標準地において開きが大きくなり、精度が低い結果となりました。この原因は航空レーザー計測による材積を密度管理図により求めたことも一因と考えられます。

レーザー材積と現地調査材積との間には、スギが0.8842、ヒノキが0.7665と比較的強い相関が見られました(図8)。そこで、レーザー材積から現地調査材積を推定する回帰式を求め、レーザー材積の補正を試みた結果、RMSEはスギが41.0 m<sup>3</sup>/ha、ヒノキが51.8 m<sup>3</sup>/haとなり、より現地材積に近い結果を算出することができました(表1「補正後」を参照)。

### (4) 収量比数の算出

航空レーザー計測による立木密度と平均樹高から、密度管理図を用いて収量比数を算出し、小班単位で収量比数の区分図を作成しました(図9)。区分図から収量比数0.8を超える林分は非常に少ないことが読み取れ、対象地では密度管理が適正に行われている林分が多いことが分かりました。また定性的では

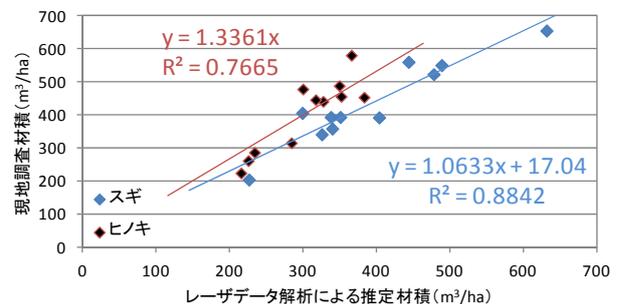


図8 現地調査と航空レーザー解析結果との相関(材積)

あるものの、現地調査からも林分の疎密度について、区分図と同様の印象を受けたとの報告があり、間伐の要否についても航空レーザ計測技術により、小班単位で把握できる可能性が示唆されました。

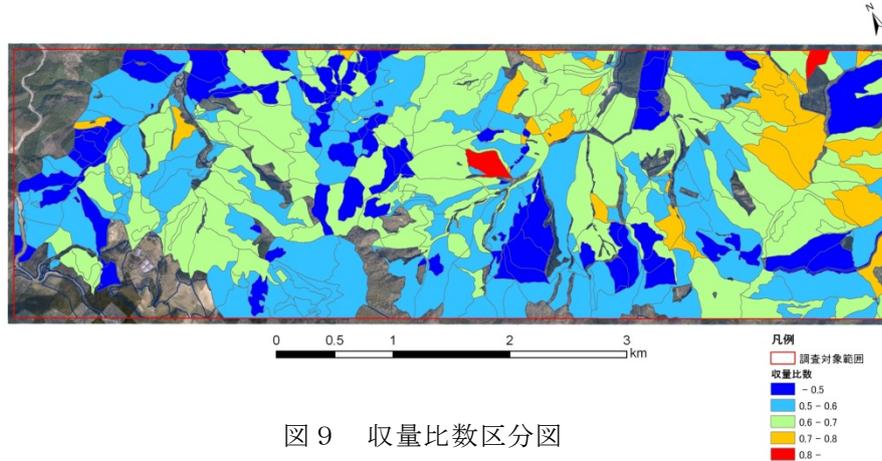


図9 収量比数区分図

### (5) 下層植生の解析

地表付近の反射パルス特性は、林内の下層植生等の植被状況を反映していると考えられます。疎な林分下層植生が繁茂している場合、下層に到達するレーザパルスは多く、高さ方向にも幅があると考えられ、密な林分で下層植生が少ない場合、下層まで到達するパルスは少なく、そのパルスは地盤付近に点在すると考えられます（図10）。

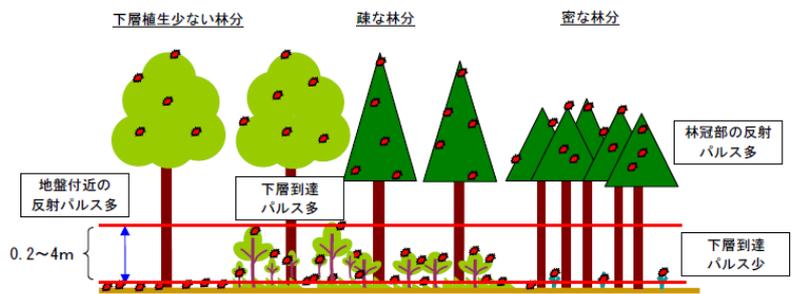


図10 林分構造と反射パルス特性の概念図

ここから地盤から高さ0.2m~4.0mの範囲から反射するパルスに注目することで、下層植生の繁茂状況を把握できると考え、5m×5mのメッシュを解析単位として、メッシュ内の全反射パルスの中から該当パルスの割合を算出し、下層植生指標図を作成しました（図11）

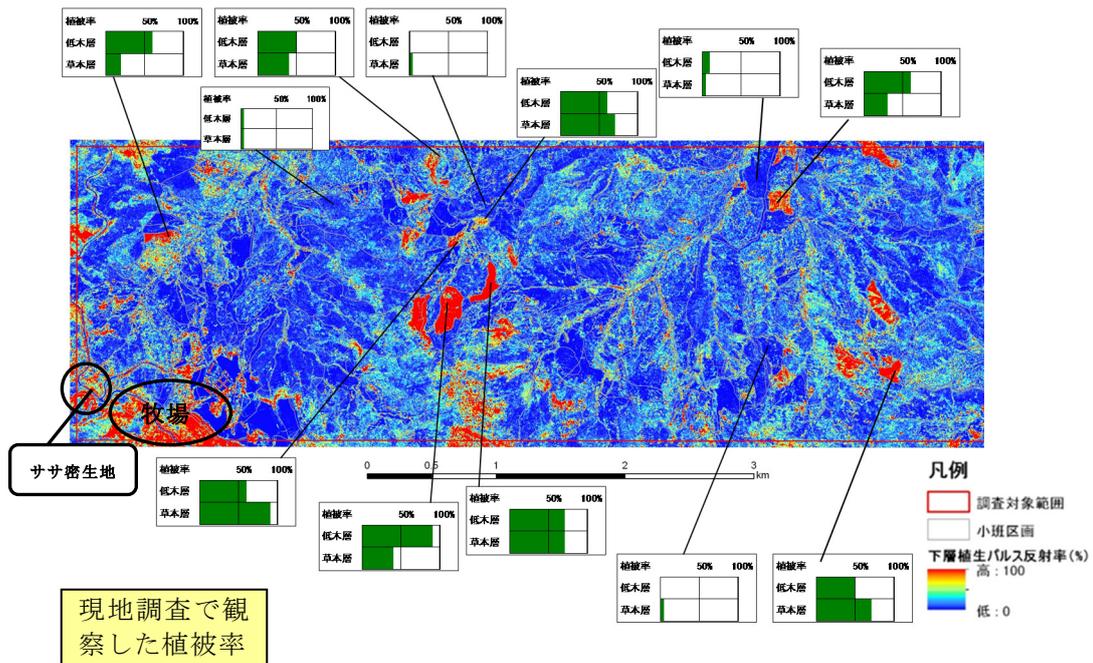
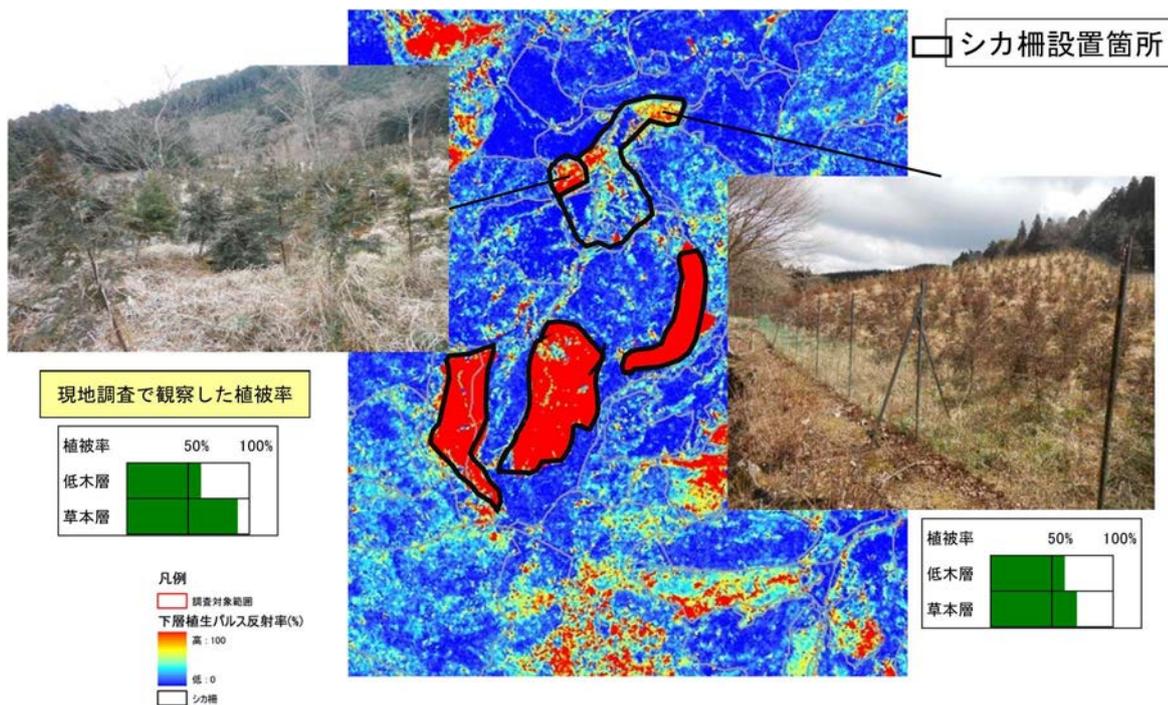


図11 航空レーザ解析による下層植生指標図

下層植生指標図から、調査地域は下層植生の少ない区域が大部分を占めていることが認められました。また低木・草本類の植被状況について現地調査を行った結果、下層植生指標図との対応が確認でき、航空レーザ計測によって下層植生の繁茂状況を面的に把握できていたことが分かりました。

次に、現地で確認されたシカ柵の設置箇所と下層植生指標図を対応させたところ（図 12）、シカ柵の内側では反射パルス数が非常に多く下層植生が繁茂していることから、シカ柵の下層植生保護効果が確認できました。一方、一部シカ柵設置箇所において下層植生が少ない区域が確認されましたが、現地調査においてシカ柵の一部破損が確認され、シカの侵入を阻害できず、食害にあったものと推測されます。



#### 4 まとめ

航空レーザ計測により立木本数及び樹高は高い精度での計測が可能であり、材積については現地調査結果との補正を行うことにより、一定の精度で算出が可能であることが分かりました。また、下層植生の繁茂状況について面的に可視化することができ、シカ柵の設置効果を確認することができました。

一方で、今回の航空レーザデータの分析手法として、林相区分図を基に単一樹種として解析しているために、混交林の場合の分析方法については改めて検討が必要です。また、材積の算出方法については、密度管理図を用いるのではなく、現地調査箇所を増やして推定式を作成するなど、より精度の高い方法を検討する必要があります。

航空レーザ計測自体、これまでの取組事例がまだ多いとは言えない状況であり、調査時期や樹種が異なる場合等について、調査が必要であると言えます。航空レーザ計測による森林資源調査の特徴は、林相区分の判読を除けばほぼ自動解析できる点にあり、広範囲で民有林も含めた一体の森林資源調査を短期間でを行うことを可能とし、今後の民有林行政への貢献が期待できます。さらには治山調査計画や路網整備計画等の分野にも活用が見込まれているため、今後、さらなる知見の蓄積が必要であると考えます。