

(2) レーザ計測データによる樹種・樹高・立木密度と崩壊防止力 ΔC の算定

平成 30 年の広島・愛媛災害が発生する前のレーザ計測データについては、樹高等の森林情報が算定されていない状態である。そのため、必要な領域について（全域を対象とはしない）以下に記す手順で樹高、立木密度をレーザ計測データより求め、それを基に森林の持つ崩壊防止力 ΔC を算定する。

(a) レーザ計測データに基づく樹高・立木密度の測定

図 2.42 は、オルソ写真とレーザ計測データを活用し、樹種（現時点ではスギとヒノキ、および広葉樹の 3 つに区分）と立木密度および樹高を測定したものである。

(1)樹種判別：オルソ写真

(2)立木密度：レーザ計測データ（点群の分布形状から樹形を特定）

(3)樹高：レーザ計測データ（点群の分布形状から樹頂点を特定）

過去の人工林における実績では、レーザ計測データと現地計測値との誤差は密度、樹高とも 10%程度と、十分実用に耐えられる精度を確保できている。

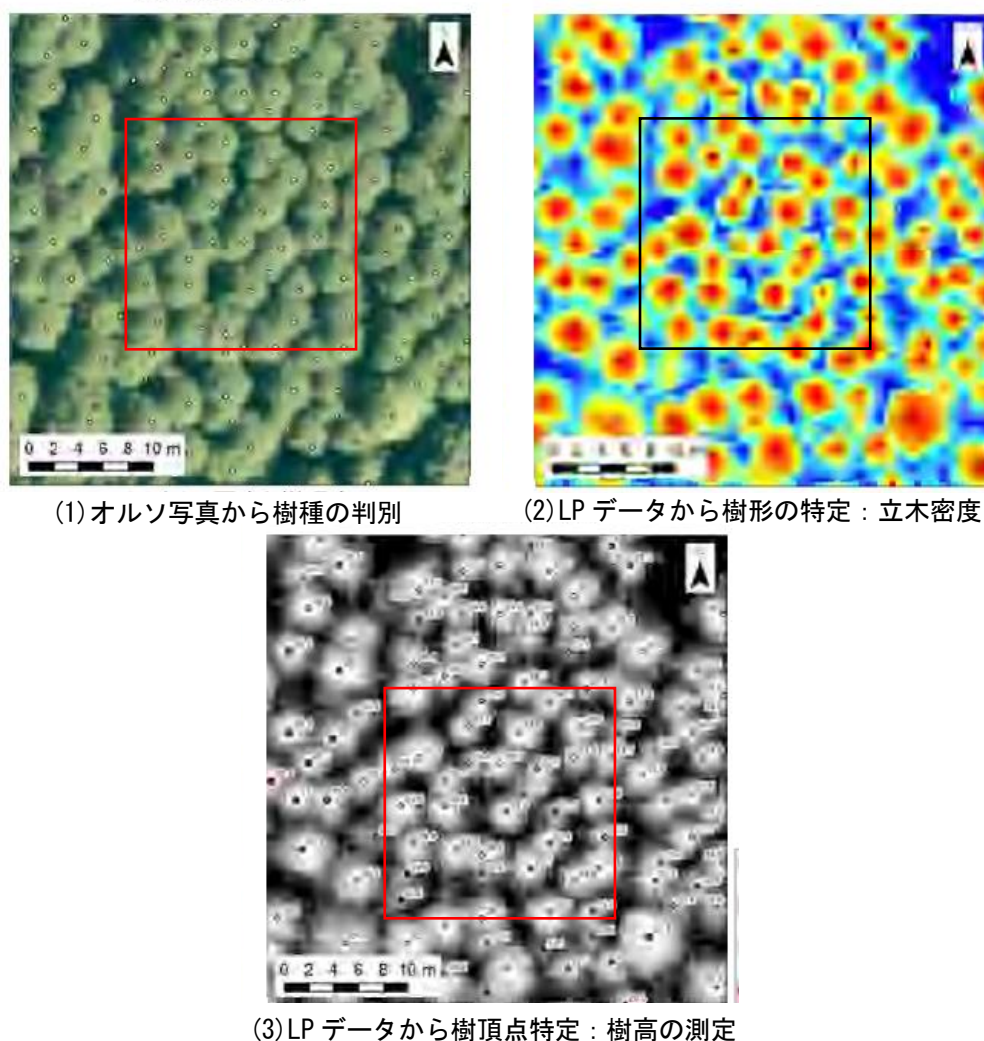


図 2.42 レーザ計測データに基づく樹冠部と樹頂点の抽出過程

災害前崩壊箇所のレーザ計測データを活用し、林分の樹高と立木密度を現地調査の前に推定することで、詳細調査を実施する候補箇所の絞り込みに活用する。

(b) 平均胸高直径の算出

(a)で得られた立木密度と樹高を用いて、樹種ごとに平均的な胸高直径を算定する。図 2.43 の林分密度管理図を用いる。なお、密度管理図を基に推定された数式(図 2.44)もあることから、平均胸高直径を計算で求めることができ、GIS 上での作業が可能となる。

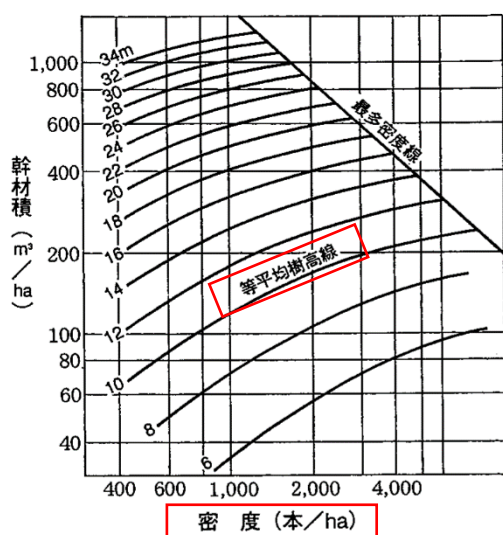


図 4 等平均樹高線
(南関東・東海地方スギ林分密度管理図)

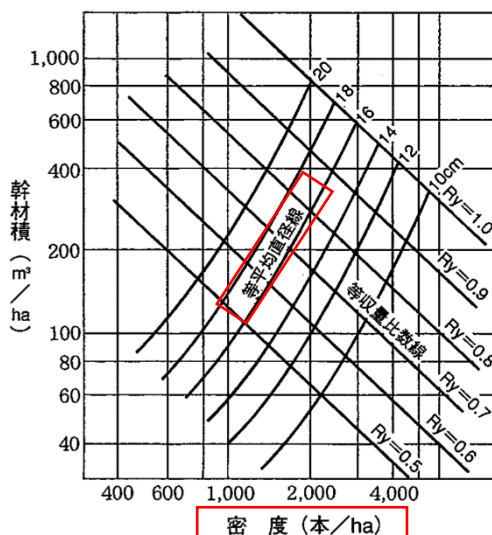


図 6 等平均直径線と等収量比数線
(南関東・東海地方スギ林分密度管理図)

左図 平均樹高と立木密度の関係

右図 平均胸高直径と立木密度の関係

図 2.43 密度管理図による平均胸高直径の推定

$$V = (0.0390819H^{-1.147348} + 8524.5H^{-3.102942}/N)^{-1} \quad (1)$$

$$HF = -0.089118 + 0.463318H + 0.178773\sqrt{N \cdot H}/100 \quad (2)$$

$$G = V/HF \quad (3)$$

$$\bar{d}_g = 200 \sqrt{G/(\pi \cdot N)} \quad (4)$$

$$\bar{d} = -0.029001 + 0.991780\bar{d}_g - 0.036553\sqrt{N \cdot H}/100 \quad (5)$$

$$Ry = V/V_{Rf} \quad (6)$$

$$V_{Rf} = (0.0390819H^{-1.147348} + 8524.5H^{-3.102942}/N_{Rf})^{-1} \quad (7)$$

$$\log N_{Rf} = 5.852583 - 1.955594 \log H \quad (8)$$

V : ha当たり材積

H : 上層樹高

N : ha当たり本数

HF : 林分形状高

G : ha当たり断面積

$\bar{d}_g$: 断面積平均直径

$\bar{d}$: 平均胸高直径

Ry : 収量比数

V_{Rf} : 最多密度におけるha当たり材積

N_{Rf} : 最多密度におけるha当たり本数

図 2.44 密度管理図の計算方法(北近畿・中国地方 ヒノキ林分密度管理図より)

来年度の詳細調査箇所を選定する際に、調査災害前の航空 LP を活用して森林の樹高、立木密度を測定し、胸高直径を推定

(c) 森林の崩壊防止力 ΔC の計算

立木密度と胸高直径がわかれば、森林が持つ樹木根系による崩壊防止力 ΔC を算定することができる。

北原¹¹（2010）は、立木間の中央部分で根量はもっとも希薄で、崩壊が発生する際の側壁部分は立木間中央部であるとする考え方にに基づき、さまざまな地域、樹種、林齢で立木間中央部での水平根の量を調査した。その上で、水平根による崩壊抵抗力を安定解析に反映させ、根系と崩壊防止機能を論じている。

北原による森林の崩壊防止力 ΔC は、林野庁委託事業「平成26年度土砂流出防止のための森林施業方法に関する調査委託事業¹²」において、より詳細に検討され、胸高断面積合計と ΔC が比例関係（H26報告書 p4-61）にあることが判明した（図 2.45）。より正確には次式のように、 ΔC は胸高断面積合計 ΣA の1.5乗に比例する。

$$\Delta C = \alpha(\Sigma A)^{1.5}$$

ΔC ：森林根系（水平根）が発揮する崩壊抵抗力 [kN/m²]

ΣA ：胸高断面積合計 [m²/ha]

α ：樹種別係数（スギ、ヒノキが既知）

本業務では、崩壊発生前のレーザ計測データを用いて、立木密度、樹高、平均胸高直径を算定し、最終的には上記の ΔC 式を使い、森林根系による崩壊防止力 ΔC を算定する。これにより、レーザ計測データを基として、どの林分の崩壊防止力が高いもしくは低いか、相対的な判断が可能となる（図 2.46 参照）。

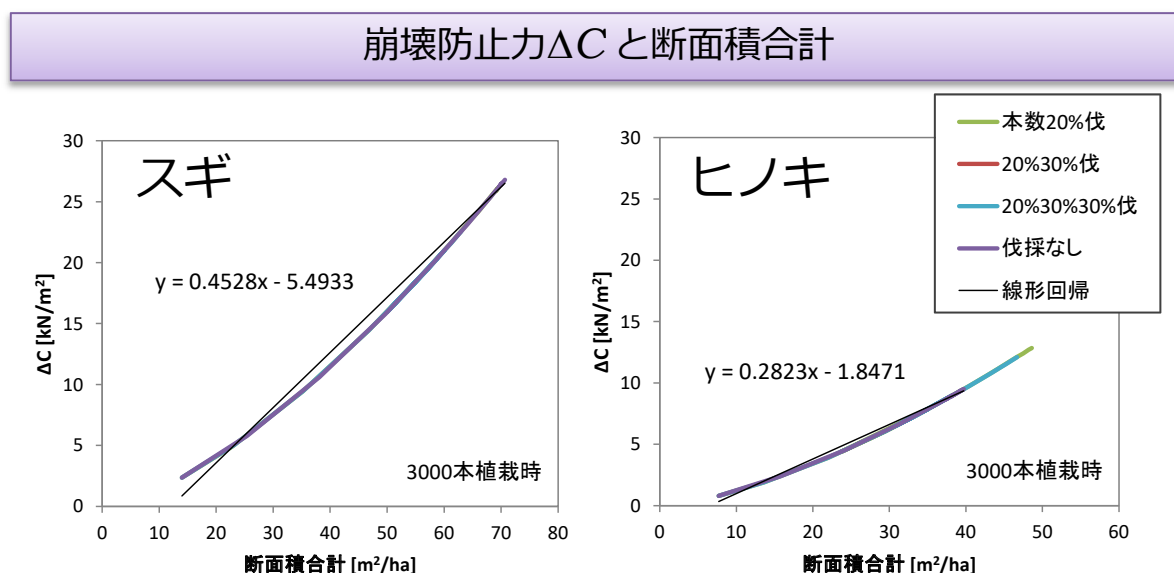


図 2.45 伐採後経過年数と水平根による崩壊抵抗力 ΔC （林野庁¹²）

**断面積合計（立木密度と胸高直径から計算）により森林の崩壊防止力を計算
森林の崩壊防止力マップとして出力が可能**

¹¹ 北原曜（2010）：森林根系の崩壊防止機能、水利科学、No.311、p.11-37

¹² 林野庁(2015)平成26年度土砂流出防止のための森林施業方法に関する調査委託事業報告書、p.4-29.