

### 3-3-3 単木解析データ作成

トドマツ、エゾマツ、カラマツにおいて、単木ごとの樹高、樹冠投影面積及び樹冠長等（以下「単木解析データ」）を算出した。

#### 1) 樹頂点の抽出

樹冠の凹凸を表現している樹冠高データ（DCHM）を用いて、樹頂点の位置を検出し、立木位置ポイントデータを作成した。樹頂点の抽出には一定範囲内の高さが最も高いところを抽出する局所最大値法を採用した。また、樹頂点抽出の精度向上のため、樹頂点探索範囲（ウィンドウサイズ）を樹種ごと、密度ごとに変更し、最も精度の良い探索範囲を採用した。自動検出した樹頂点は、林分の疎密度によって精度にばらつきが発生する可能性があるため、複数の林分の上層木の本数と現地調査結果と比較して検証した。検証に使用した指標を以下に示す。

- 現地比 (%)

現地調査結果に対する森林資源情報解析結果の比率である。数値が 100%以下の場合、解析結果は現地調査結果に比べて過小となり、数値が 100%以上の場合、解析結果は現地調査結果に比べて過大となる。各プロットでの比較に使用する。

$$\text{現地比} = \frac{\hat{y}}{y}$$

レーザー計測による解析結果： $\hat{y}$       現地調査結果： $y$

- 誤差率 (%)

森林資源解析結果と現地調査結果の差に対する現地調査結果の比率である。数値が大きいほど、誤差が大きいことを示す。また、本数誤差は同じでもプロット内の全体本数が少ないほど誤差率が大きくなる傾向がある。

$$\text{誤差率} = \left| \frac{\hat{y} - y}{y} \right|$$

レーザー計測による解析結果： $\hat{y}$       現地調査結果： $y$

- RMSE

二乗平均平方根誤差 (Root Mean Squared Error) である。森林資源解析結果が現地調査結果からどの程度乖離しているかを表し、0 に近い値であるほど誤差が小さいことを示す。平均誤差率が相対的な誤差の比率であるのに対し、RMSE は誤差の絶対値である。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (\hat{y}_k - y_k)^2}$$

レーザ計測による解析結果： $\hat{y}$     現地調査結果： $y$     サンプル数： $N$

表 3-13 に全体の検証結果を表 3-14、表 3-15、表 3-16 にプロット毎の精度検証結果を示す。トドマツおよびエゾマツについては、現地比の平均が 98% と概ね良好な結果ではあるものの、100% を切っていることから、レーザ解析において判定漏れがあることが分かる。誤差が特に大きい林分を確認したところ、図 3-26 および図 3-27 の右に示したような列状間伐の後がはっきりと見える林分において、小径木や準劣勢木の判定漏れが確認された。

航空レーザによる単木抽出では、局所最大値法を使用するため、梢端が隠れてしまうような劣勢木は抽出することができない。現地調査ではプロット内の全立木の本数と上層木の本数を数えており、上層木の本数と精度検証を行った。そのため、図 3-25 中央に示すような列状間伐後まもない林分では、劣勢木はまだ成長していないため、梢端を抽出することができない。一方で、現地では、上空から梢端が見えているため、上層木としてカウントしてしまい、誤差が大きくなったと考えられる。

表 3-13 樹頂点抽出の精度検証

樹種	現地比	誤差率平均	RMSE
トドマツ	98%	23%	7
エゾマツ	98%	22%	8
カラマツ	109%	31%	6

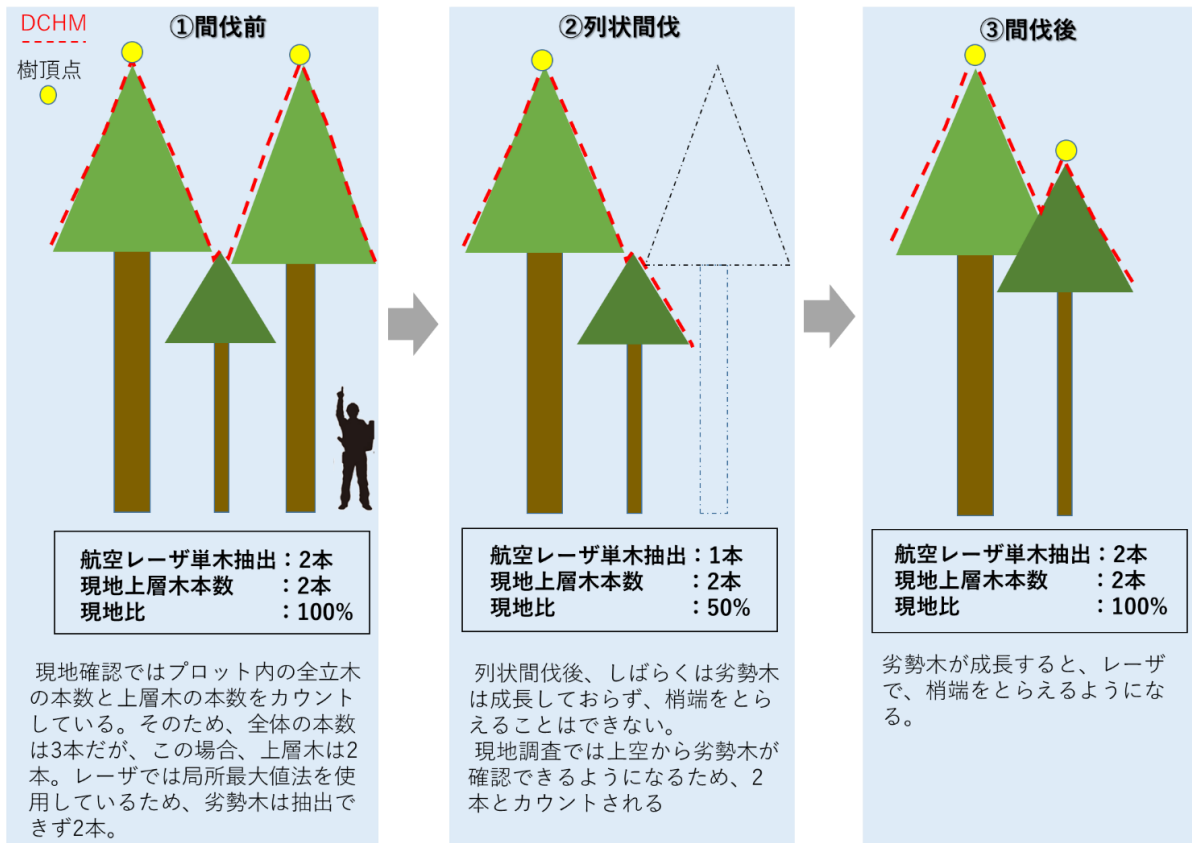


図 3-25 列状間伐の跡が残る林分で精度が落ちる理由

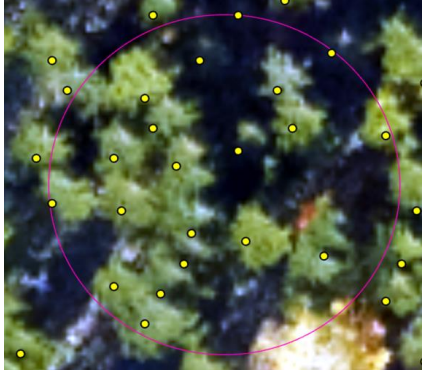
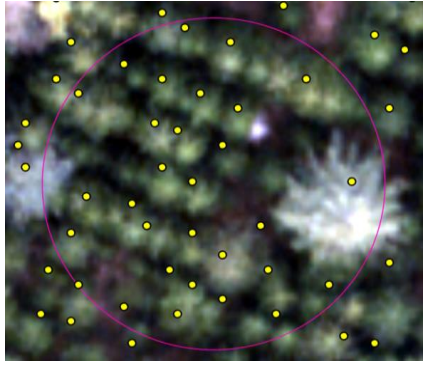
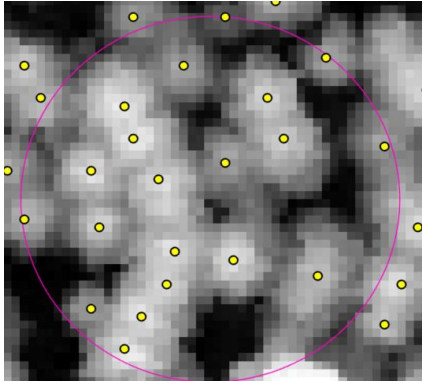
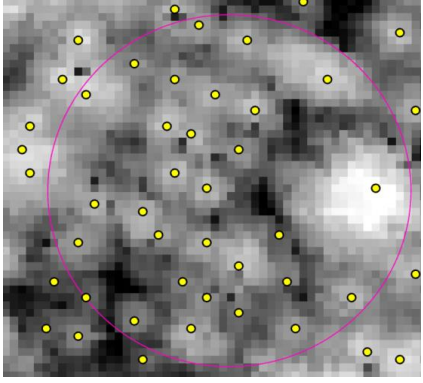
樹種		精度が良い例	精度が悪い例
トドマツ	プロット 番号	S38	S41
	現地比	100%	60%
	航空 写真		
D C H M			

図 3-26 トドマツの樹頂点の抽出例

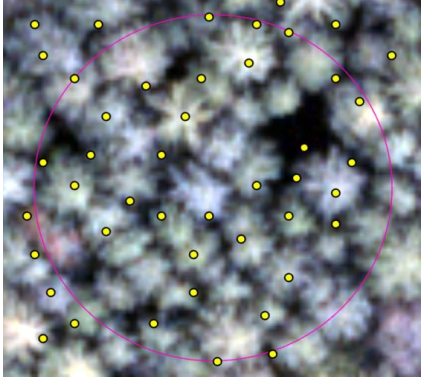
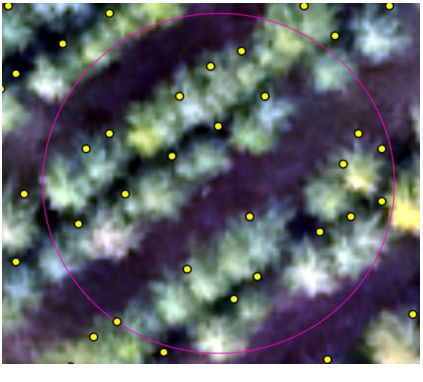
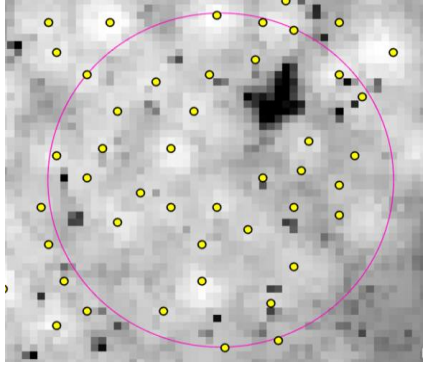
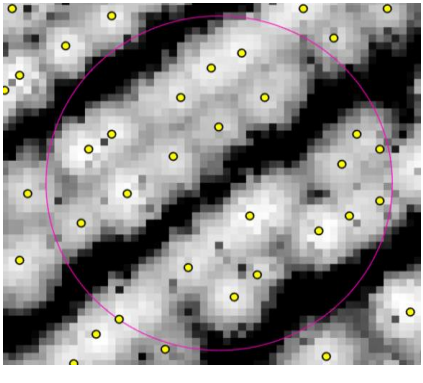
エ ゾ マ ツ	プロット 番号	S208	S106
	現地比	94%	55%
	航 空 写 真		
	D C H M		

図 3-27 エゾマツの樹頂点の抽出例

カラマツにおいては、現地比が 109%と 100%を超えており、レーザ解析は現地に比べ過剰抽出であった。次に、過剰抽出が特に多い林分を確認したところ、図 3-28 中央に示したような林冠の大きな大径木の林分に顕著であった。このような林分で誤差が大きくなった要因としては、一つ目に、広葉樹の混入があげられる。このような林分は上層部に林冠の大きな広葉樹の混入も多く、広葉樹は樹形が不定形で樹頂点の過剰抽出が起きやすいため、誤差が大きくなったと考えられる。2つ目は、カラマツの樹形が要因と考えられる。樹冠にギャップがある場合、樹木は光がより得られる方に向かって枝を伸ばす。レーザ解析では、図 3-29 に示したように、このギャップ方向に大きく伸ばした枝の一部を、樹頂として抽出してしまっていると考えられる。なお、抽出漏れがあったプロットも確認したところ、トドマツ、エゾマツと同様に列状間伐の跡がはっきりと見える林分で発生していた。

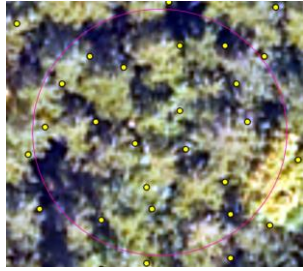
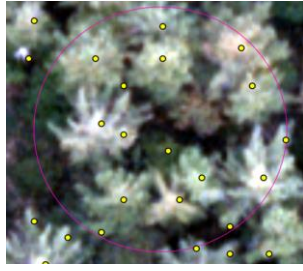
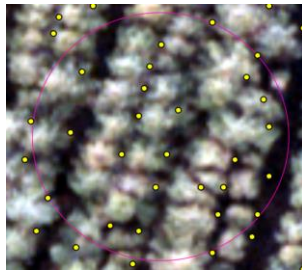
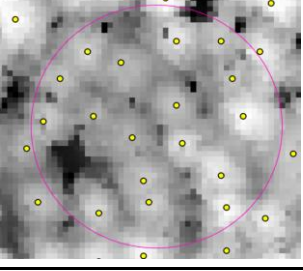
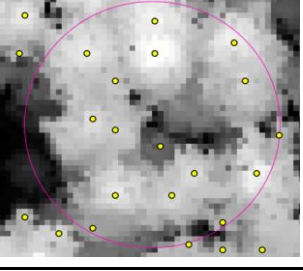
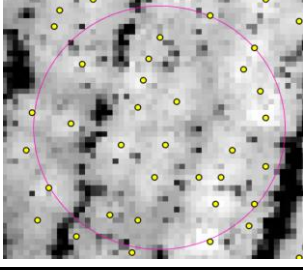
樹種		精度が良い例		精度が悪い例		
カラマツ	プロット番号	S27	S212	S16		
	現地比	94%	160%	58%		
	航空写真					
	DCHM					

図 3-28 カラマツの樹頂点の抽出例

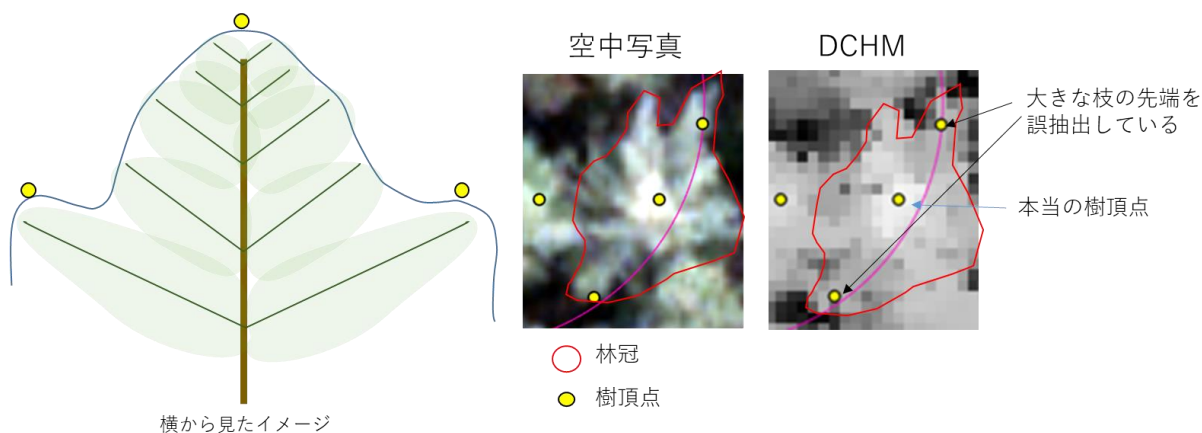


図 3-29 カラマツの樹形が要因の誤抽出の例

表 3-14 トドマツのプロット毎の樹頂点抽出精度

プロットID	樹種	現地本数	レーザ解析	誤差	誤差率
S03	トドマツ	27	17	-10	37%
S109	トドマツ	16	17	1	6%
S110	トドマツ	27	28	1	4%
S112	トドマツ	27	21	-6	22%
S113	トドマツ	16	20	4	25%
S115	トドマツ	18	12	-6	33%
S116	トドマツ	10	9	-1	10%
S203	トドマツ	45	24	-21	47%
S204	トドマツ	8	10	2	25%
S205	トドマツ	17	18	1	6%
S31	トドマツ	55	59	4	7%
S32	トドマツ	49	53	4	8%
S34	トドマツ	26	21	-5	19%
S35	トドマツ	36	29	-7	19%
S37	トドマツ	19	26	7	37%
S38	トドマツ	20	20	0	0%
S40	トドマツ	26	25	-1	4%
S41	トドマツ	50	30	-20	40%
S43	トドマツ	23	16	-7	30%
S44	トドマツ	21	17	-4	19%
S48	トドマツ	21	24	3	14%
S49	トドマツ	24	17	-7	29%
S50	トドマツ	13	11	-2	15%
S51	トドマツ	23	25	2	9%
S52	トドマツ	12	15	3	25%
S57	トドマツ	16	19	3	19%
S58	トドマツ	42	27	-15	36%
S59	トドマツ	10	15	5	50%
S60	トドマツ	7	11	4	57%

表 3-15 エゾマツのプロット毎の樹頂点抽出精度

プロットID	樹種	現地本数	レーザ解析	誤差	誤差率
S01	エゾマツ	20	23	3	15%
S02	エゾマツ	20	19	-1	5%
S04	エゾマツ	44	27	-17	39%
S05	エゾマツ	13	19	6	46%
S09	エゾマツ	32	28	-4	13%
S104	エゾマツ	12	17	5	42%
S105	エゾマツ	26	24	-2	8%
S106	エゾマツ	38	21	-17	45%
S108	エゾマツ	42	25	-17	40%
S11	エゾマツ	25	19	-6	24%
S114	エゾマツ	24	29	5	21%
S14	エゾマツ	10	11	1	10%
S15	エゾマツ	26	23	-3	12%
S208	エゾマツ	34	32	-2	6%
S210	エゾマツ	36	34	-2	6%
S29	エゾマツ	7	9	2	29%

表 3-16 カラマツのプロット毎の樹頂点抽出精度

プロットID	樹種	現地本数	レーザ解析	誤差	誤差率
M111	カラマツ	21	18	-3	14%
S103	カラマツ	13	12	-1	8%
S28	カラマツ	16	17	1	6%
S102	カラマツ	7	12	5	71%
S107	カラマツ	28	26	-2	7%
S16	カラマツ	36	21	-15	42%
S17	カラマツ	13	15	2	15%
S20	カラマツ	10	10	0	0%
S21	カラマツ	11	16	5	45%
S211	カラマツ	33	20	-13	39%
S212	カラマツ	10	16	6	60%
S213	カラマツ	15	9	-6	40%
S27	カラマツ	18	17	-1	6%
S30	カラマツ	5	9	4	80%



林相ポリゴン毎に抽出された樹頂点を集計し、ha 当たりの立木本数を算出した。結果を図 3-30、図 3-32 に、集計結果を表 3-17、表 3-18、図 3-31、図 3-33 に示す。

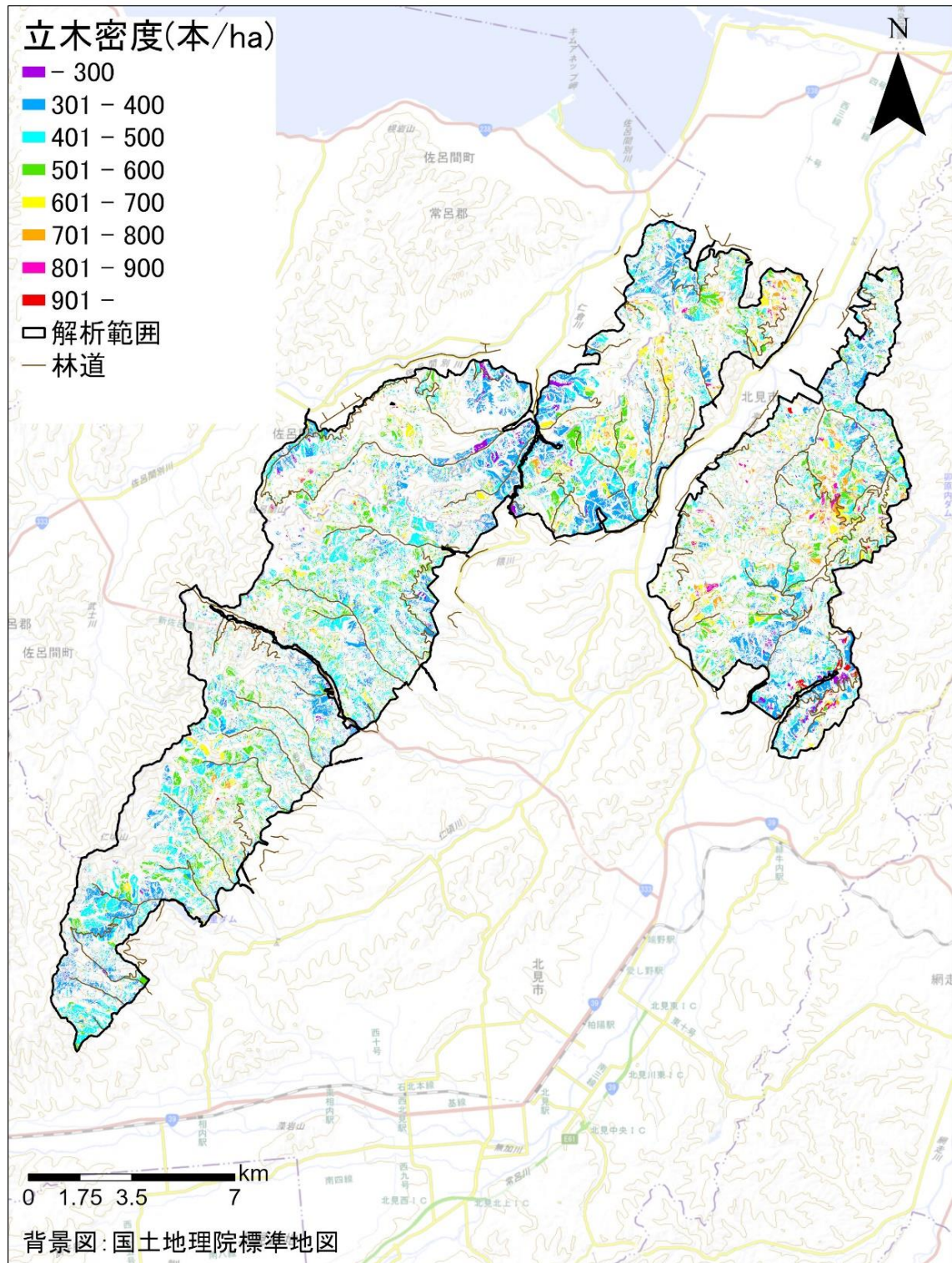
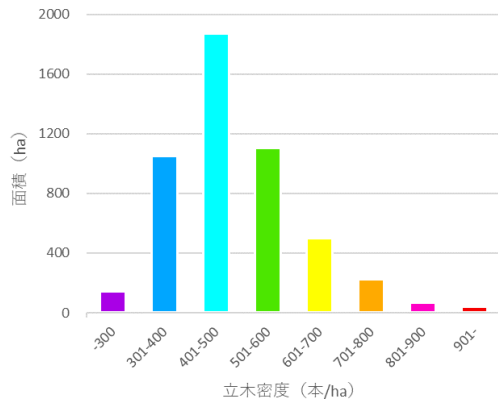


図 3-30 立木密度分布図 (網走中部)

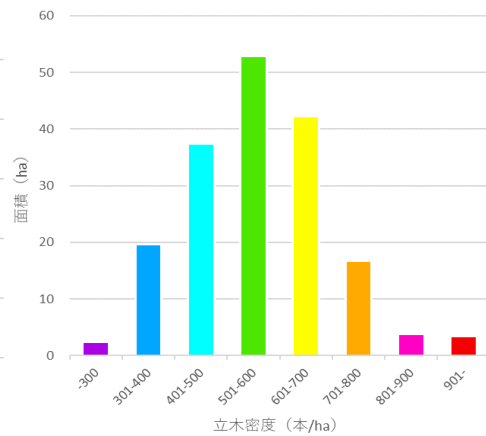
表 3-17 網走中部の立木密度ごとの面積

樹種	-300 (本/ha)		301-400 (本/ha)		401-500 (本/ha)		501-600 (本/ha)		601-700 (本/ha)		701-800 (本/ha)		801-900 (本/ha)		901- (本/ha)		総計
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)
トドマツ	143.62	2.9%	1050.05	21.0%	1869.85	37.4%	1105.38	22.1%	501.81	10.0%	222.74	4.5%	68.99	1.4%	42.48	0.8%	5004.92
エゾマツ	2.39	1.3%	19.69	11.0%	37.38	20.9%	52.88	29.6%	42.23	23.7%	16.74	9.4%	3.85	2.2%	3.41	1.9%	178.55
カラマツ	55.57	6.5%	603.28	70.3%	162.30	18.9%	32.34	3.8%	4.56	0.5%	0.19	0.0%	0.25	0.0%	0.24	0.0%	858.73
合計	201.58	3.3%	1673.01	27.7%	2069.53	34.3%	1190.59	19.7%	548.60	9.1%	239.67	4.0%	73.08	1.2%	46.14	0.8%	6042.20

トドマツ



エゾマツ



カラマツ

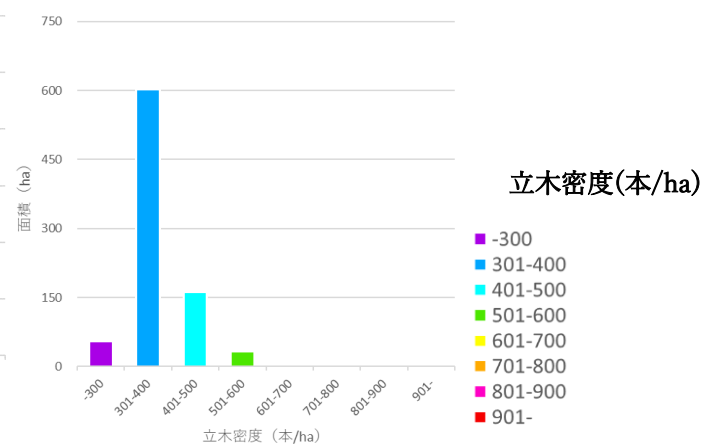


図 3-31 網走中部の立木密度毎の面積割合

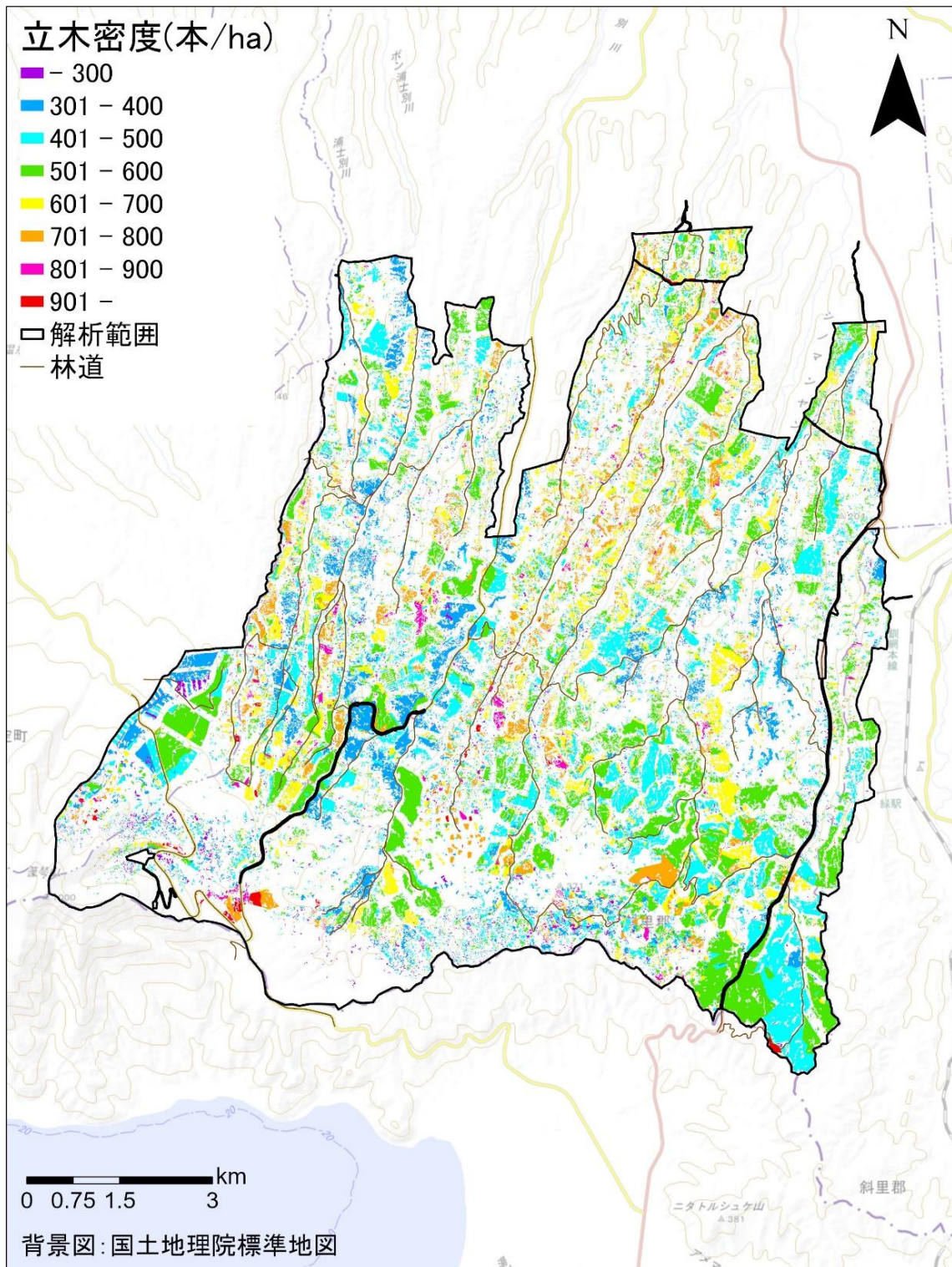


図 3-32 立木密度分布図 (網走南部)

表 3-18 網走南部の立木密度ごとの面積

樹種	-300 (本/ha)		301-400 (本/ha)		401-500 (本/ha)		501-600 (本/ha)		601-700 (本/ha)		701-800 (本/ha)		801-900 (本/ha)		901- (本/ha)		総計
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)
トドマツ	19.05	0.8%	107.34	4.3%	625.89	25.2%	995.96	40.1%	439.06	17.7%	236.05	9.5%	47.17	1.9%	15.58	0.6%	2486.11
エゾマツ	24.00	4.6%	66.99	12.7%	118.92	22.5%	144.60	27.4%	67.74	12.8%	66.18	12.5%	20.05	3.8%	18.93	3.6%	527.40
カラマツ	17.02	3.4%	314.11	61.9%	154.49	30.4%	18.01	3.5%	3.68	0.7%	0.34	0.1%	0.00	0.0%	0.05	0.0%	507.68
合計	60.06	1.7%	488.43	13.9%	899.30	25.5%	1158.57	32.9%	510.48	14.5%	302.57	8.6%	67.22	1.9%	34.55	1.0%	3521.19

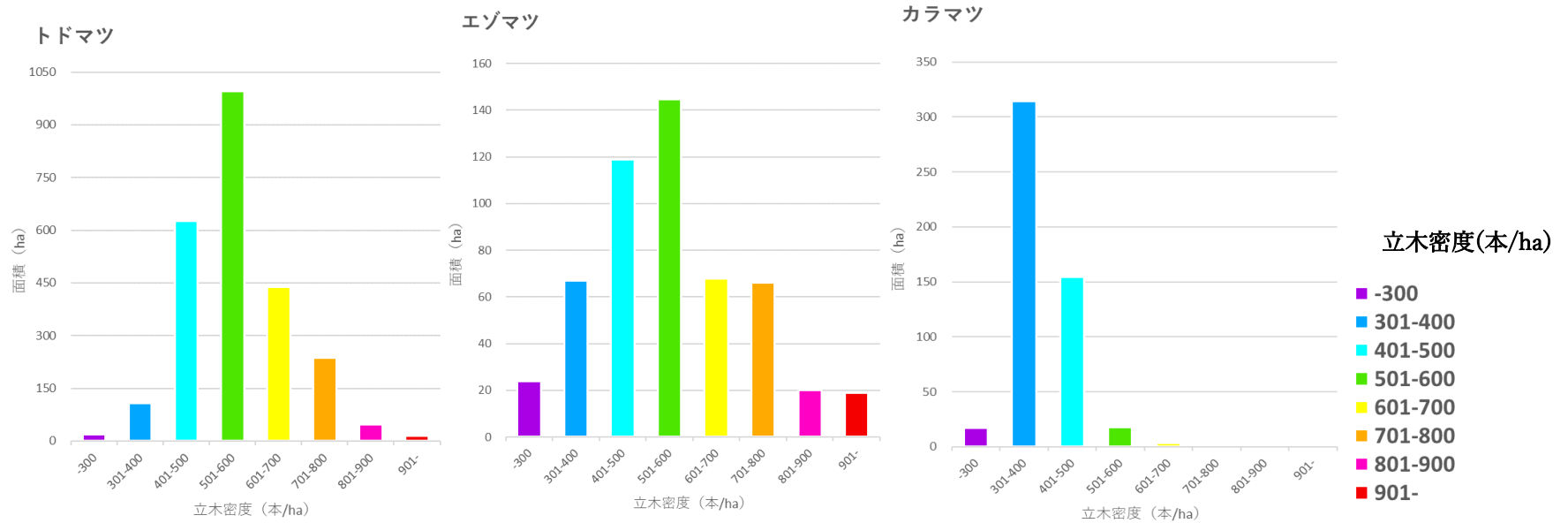


図 3-33 網走南部の立木密度毎の面積割合