

ドローンを活用した2度目の列状間伐の伐採方法の検討と 伐採材積の把握について

会津森林管理署 高鷲 淳一
柴田 風衣
湊森林事務所 高柳 修延

1 課題を取り上げた背景

国有林では、生産性が高く、かかり木の発生が少ない列状間伐を基本としております。造林木の成長を促すため、2回目の間伐が必要となりますが、会津地方では実施例がなく、伐採方法が明確ではない状況です。このため、間伐効果が高く、生産性の高い2回目の間伐方法の確立が必要です。

2 取組の目的

2伐4残の列状間伐施業地に適した、間伐効果が高く、生産性の高い2回目の間伐方法を模索することです。また、従来の収穫調査方法に代わる、ドローンやOWLなどを活用した、収穫調査方法を模索することです。

3 調査対象地の概要

令和4年度に列状間伐を行った施業地を対象に課題に取り組みました。面積は約4ha、スギと一部カラマツの人工林です。林地傾斜は平均5度で、2伐4残の列状間伐を実施しました。（表1）

表1 令和4年度中ノ沢地区森林環境保全整備事業
（保育間伐活用型）

林小班	伐採率 %	実行面積 ha	樹種	林齢	立木（資材）			林地傾斜 度	伐倒方法
					材積 m ³	平均樹高 m	平均直径 cm		
197い	34	4.02	スギ	38	666	16	20	5	列状 2伐4残
			カラマツ		58	19	22		
			広葉樹		2	14	16		

○ 苗間 1.8m(ha当たり3,000本植え)
○ 初回間伐 平成21年

4 取組の内容

（1）正確な立木の位置を把握するため、ドローンによるオルソ画像から作成した樹頂点を基にした立木位置図を作成しました。

（2）2回目の間伐方法を検討するため、現地検討会を開催し、間伐木の選木を検討しました。

（3）施業地における間伐木の伐倒・集材を検討するため、OWL解析図による3Dモデルを製作し、検証しました。

（4）効率的な材積の把握を検討するため、毎木調査、ドローン、OWLの各手法を比較しました。

5 結果・考察

（1）立木位置の把握

立木位置を把握するため、毎木調査を実施するとともに、ドローンによる空撮を行いました。空撮した画像を基にオルソ画像を作成し、樹頂点を抽出しました。（図1）この樹頂点を立木の位置とみなし、毎木調査の結果と照合し、立木位置図を作成しました。その結果、樹高が低く、上木の樹冠に隠れてカウントできなかった立木が4.4%、樹頂点と思われたところが、枝の張り出しや広葉樹であったものが1.5%ありました。総体的にドローンによる立木本数の把握の精度は、図2の表のとおり高いと考えられます。



図1 樹頂点の抽出

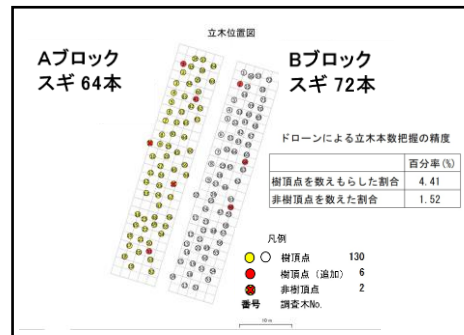


図2 立木位置図

（２）現地検討会の開催

県、市町村、事業体を対象とする現地検討会を開き、立木位置図を使用した間伐木の選木を行いました。その結果、A1ブロックでは定性間伐、A2ブロックでは内側を1列伐る列状間伐とする結果となりました。（図3）この際、平行型の列状間伐は、かかり木が発生しやすく難しいという事業体からの意見がありました。

検討会の結果、上空から俯瞰した状況が分かる立木位置図があると、対象木の本数や混み具合が分かり、選木しやすいということが分かりました。

（３）OWL解析図（３Dモデル）による検証

OWLによる現地調査を基に解析図を作成しました。（図4）

OWL解析図にこの樹頂点を重ねると赤い点と黒い円が重なり、ほぼ一致していることが分かります。OWLとドローンの位置情報については、大きな違いはないと考えられます。

このOWL解析図を基に現地林分を約100分の1で再現した3Dモデルを製作しました。（図5・上木の平均樹高は16mに設定）

次に林業事業体を訪ね、この3Dモデルを使って、2回目の間伐の伐倒・集材（定性間伐）のシミュレーションを行い、意見をお聴きしました。

このシミュレーションでは、伐倒・集材が可能であることが分かりました。しかし、集材距離が長くなると、機械で直接つかむことができず、ワイヤーで引っ張ることになりますが、支障木があるなど、集材が困難になることが分かりました。（図6）

また、図7のような斜め型の列状間伐について、3Dモデルで検証した結果、斜め型の伐倒は十分可能であることがわかりましたが、定性間伐と同様、集材に支障が出るケースがあることが分かりました。

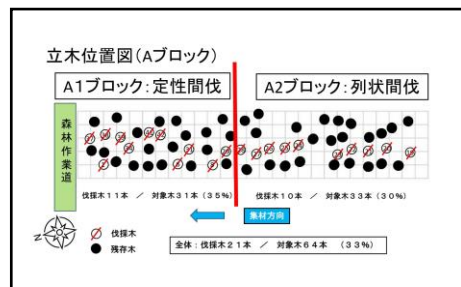


図3 間伐木の選木結果

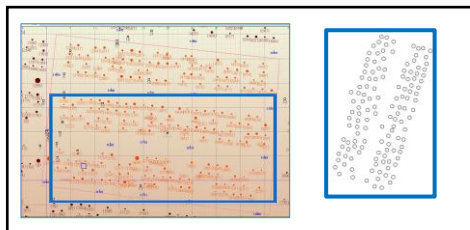


図4 OWL解析図（左）と樹頂点位置情報（右）



図5 OWL解析図を基にした3Dモデル（100分の1）

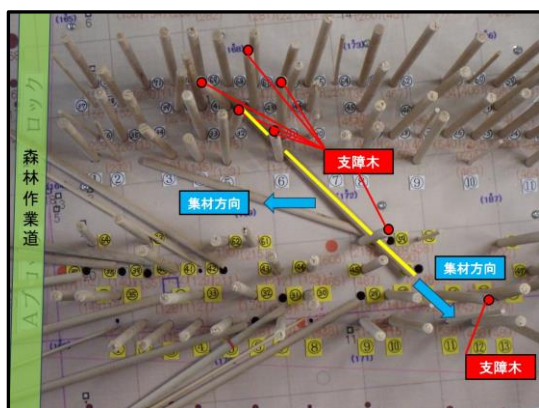


図6 定性間伐の集材の検証

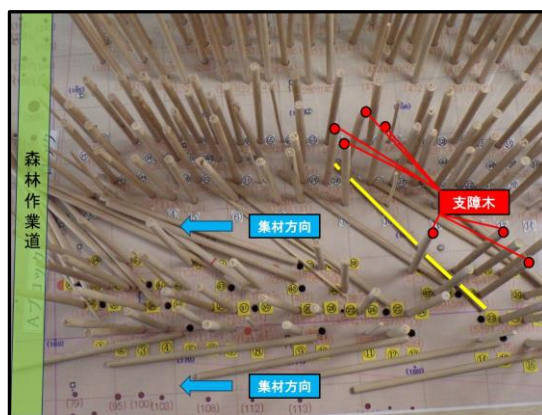


図7 列状間伐の集材の検証

この対策の一つとして、新たな森林作業道の開設が考えられました。特に中央に森林作業道を開設することで、機械で直接集材することができるようになります。（図 8）



図 8 森林作業道開設の検証



図 9 森林作業道の設計事例

二つ目の対策として、予め森林作業道の間隔を短くすることが考えられます。初回の列状間伐では、森林作業道に向け、真っすぐ倒すため、集材できて、2回目は斜め方向に倒れることが多くなり機械のアームが届かなくなると考えられるためです。

図 9 の写真は、日光森林管理署の事業地の事例で、このように森林作業道の間隔を短く設計しています。

三つ目の対策として、平坦地では、既存の集材路を活用した直角型の列状間伐が考えられます。

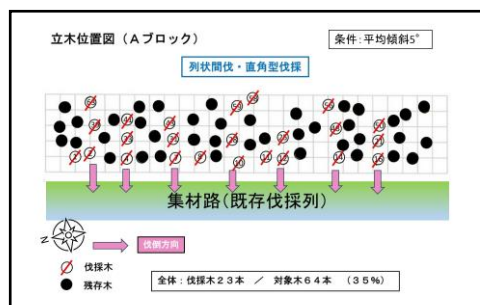


図 10 列状間伐（直角型）の選木事例

図 10 のように、地形等の条件により限られますが、重機が伐採列の真横まで移動できるため、機械での直接集材が可能となります。

2 回目の間伐方法の考察です。

3Dモデルの検証により、2 回目の間伐では、定性、列状とも伐倒は可能であるが、集材に問題が発生することが分かりました。このため、集材距離を考慮した森林作業道の設計が重要であると考えられます。

これらのことから、今回の事業地の検討では、直角型の列状間伐が適していると考えられます。

今後、傾斜地での検討を進めていきたいと考えています。間伐木の選木には、立木位置図が有効であったことから、さらに検証していきたいと考えています。

（４）材積の把握

ア 収穫調査の手法別比較

効率的な材積の把握について検討するため、ドローンやOWLによる調査を行ないました。毎木調査、ドローン、OWLの各調査方法の内容は表 2 のとおりです。

表 3 は、調査対象地 A・B ブロックにおける収穫調査手法別の調査結果です。OWL は本数、樹高、直径、材積ともにドローンより毎木調査との誤差は小さいです。

一方、ドローンは、樹高について OWL より毎木調査との誤差が大きい結果となりました。

図 11 は、毎木調査と OWL における胸高直径と樹高データの散布図です。横軸が毎木調査、縦軸が OWL の胸高直径と樹高を示しています。

この図のとおり、傾き、決定係数が共に 1 に近く、OWL は毎木調査と同程度の精度であると示唆されました。

イ 収穫調査手法の組合せの検討

従来の標準地調査により、単純に面積拡大をすると、土場・

表 2 各調査方法の内容

・毎木調査	： 輪尺、測高等による測定
・ドローン	： オルソ画像より撮影区域の立木の本数を計測 飛行データ及び撮影した写真の傾きから樹高を算定 （林分密度管理図より胸高直径、材積を抽出）
・OWL	： レーザー光線等による測定

表 3 収穫調査手法別データの比較

	ドローン	OWL	毎木調査
本数(本)	132	136	136
平均樹高(m)	17.0	14.8	14.9
平均直径(cm)	22.0	20.9	21.2
材積(m³)	43.2	36.3	37.2

作業道・1回目の伐採列の面積を含んだ状態となり、立木材積を過大評価してしまいます。

そこで、OWLで区画材積を算出し、ドローンで土場・作業道・伐採列の面積を把握し除けば、全体の立木材積をより高精度で把握できるのではないかと考え検討しました。（図12）

【検討の結果】

（ア）土場、作業道、伐採列を含んだ面積による材積
1579.9 m³

（イ）土場、作業道、伐採列を除いた面積による材積
1008.9 m³

上記の結果となりました。今後は現地踏査を実施し、毎木調査の結果と比較したいと考えております。

ICTを活用した収穫調査の考察です。

OWLやドローンを活用した収穫調査については、一定の成果が得られたことから、将来的な展望があると考えられます。

6 まとめ

正確な立木位置図を作成することにより、間伐木の選木作業の検討に活用することができました。

2回目の間伐を行うためには、伐採列を集材路として利用することが有望であると考えられますが、林地の傾斜が大きい場合、初回の搬出間伐の段階から森林作業道の間隔を考慮した設計が重要になると考えられます。

収穫調査を効率的に行うためには、OWLとドローンを組み合わせた手法が有望であると考えられます。

今後は、列状間伐を行うことにより、区画が明瞭になり、調査や管理がしやすくなることから、その後の施業や取扱いについて、引き続き検討していくとともに、傾斜地での検討も課題としたいと考えております。

また、ICTを活用した収穫調査の手法について、さらに検討していきたいと考えております。

7 結び

国有林では、生産性が高く、かかり木の発生が少ない列状間伐を進めてきました。多くの事例では、2伐4残の伐採方法を採用してきましたが、次の施業をいかにするかが課題です。

2伐4残の列状間伐は、残存列が4列と多いため、間伐効果を疑問とする見方があります。間伐により残存木の保育を促し、蓄積を増やすことは、平均連年成長量を高めることになり、収入の増大を見込むことができます。

列状間伐施業地の2回目の間伐をどのように進めるのか、引き続き取り組むことが必要であり、民有林においても共通の課題となると考えます。

最後に、本課題の取組に当たり、伐採方法の聴き取りで貴重なご意見をいただいた、有限会社齊藤造林代表取締役の齋藤忠市様及びOWLの調査・解析等でお世話になった日光森林管理署の皆様には、お忙しい中ご協力いただき、ここに感謝申し上げます。

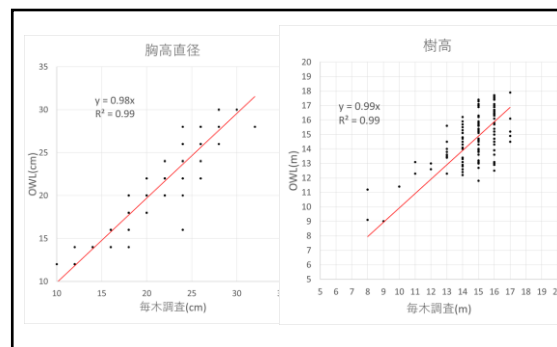


図11 胸高直径、樹高データの比較
(OWL、毎木調査)

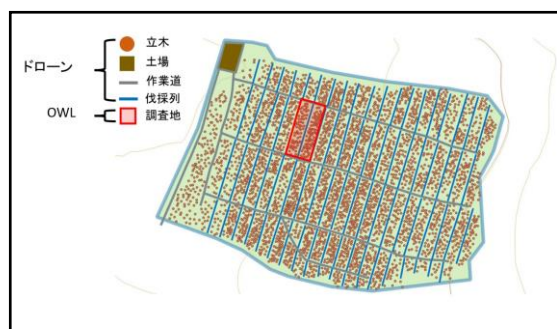


図12 OWLとドローンを組み合わせた収穫調査
方法の各調査対象地の区分