

5.1 従来方法の課題と新しい手法の提案

●従来毎木調査



樹高・樹冠径などの実測

●UAVによる空撮



単木レベルの樹高・樹冠面積の算出

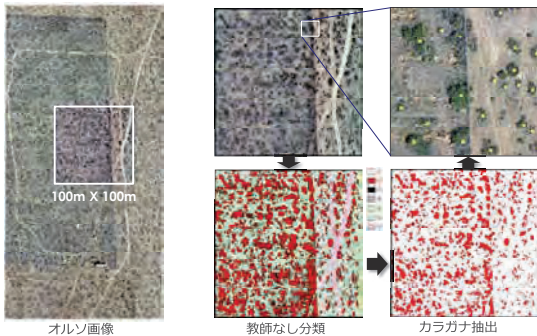
5.2 使用機材

Type:	Technical specifications
空撮用ドローン	Camera: Sony RX1R II Resolution: 42MP full frame GSD @ 70 m: 1 cm/pixel per band
WingtraOne	Camera: RedEdge-MX Resolution: 1280 x 960 (1.2 MP x 5 images) GSD @ 120 m: 8 cm/pixel per band
GCP地上測量	Real-time kinematic: Hz 8 mm + 1 ppm / V 15 mm + 1 ppm Hz 8 mm + 0.5 ppm / V 15 mm + 0.5 ppm Post processing: Hz 3 mm + 0.1 ppm / V 3.5 mm + 0.4 ppm Hz 3 mm + 0.5 ppm / V 5 mm + 0.5 ppm GCP取得によって位置精度向上
Leica Viva GS10 receiver	

*GCP: Ground Control Point

5.3.1 カラガナ自生木の画像解析（カラガナ画素抽出）

- UAVによる空中写真からオルソ画像およびNDVI画像を作成した。
- 教師なし分類手法*によりカラガナを自動抽出し、単位面積当たりのカラガナの割合の算出方法について検討した。

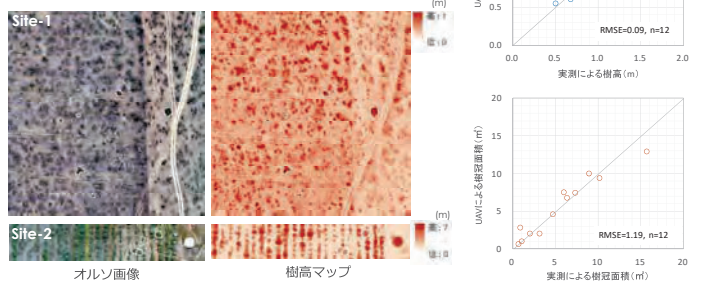


GISデータに変換
 ・総面積: 10,000m²
 ・カラガナ: 2,267m²
 ・ポイント数: 822

*教師なし分類は、分類対象の画像の特徴量がある条件のもと、自動的に抽出して、これを使って画像分類処理を行うこと。

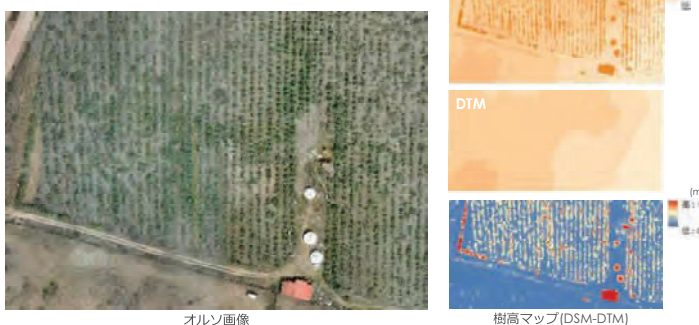
5.3.2 カラガナ木の画像解析と実測データの比較

- Site-1から8本、Site-2から4本のカラガナ木を選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測のデータと比較した。
- 樹高はほぼ偏りなく、樹冠面積は一部過少評価されたものの概ね高い相関が認められた。



5.4.1 サジー林の画像解析（樹高算出）

- ドローンによる空中写真からオルソ画像を作成した。
- DSMとDTMの差分により樹高マップを作成した。



オルソ画像

樹高マップ(DSM-DTM)

5.4.2 サジー林の画像解析と実測データの比較

- Site-2から42本のサジーを選定し、UAVによる写真測量技術を用いて樹高と樹冠面積を算出し、実測データと比較した。
- 樹高はUAVによる計測結果がやや過少傾向にあったが、実測の樹高は灌水のために掘った溝底部からの測定であることから妥当な結果と考えられる。一方、樹冠面積は偏りなく評価されていた。



5.5.1 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

- 既存のアロメトリ式 (G. Conti et al. [2019] *) の低木地上バイオマス推定アロメトリモデル)を利用して、ドローン測定による樹冠と樹高から算出した推定地上部バイオマス量 (AGB) と、伐倒調査による実測AGBを比較した。

$$AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$$

AGBest : 地上バイオマス推定値、CD : 樹冠直径、H : 樹高

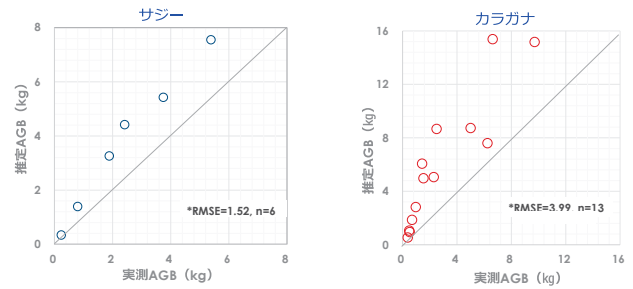
カラガナは多数のシュートが群生するため、群の高さを樹高 (H) とした。樹冠は2方向の幅の平均値を樹冠直径とした。

* G. Conti et al. (2019) Accepted 25 January 2019/ Global Ecology and Biogeography
"Developing allometric models to predict the individual aboveground biomass of shrubs worldwide"

明日と共利 アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

13

5.5.2 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較



● RMSE : 実測AGBと推定AGBの二乗平均平方誤差

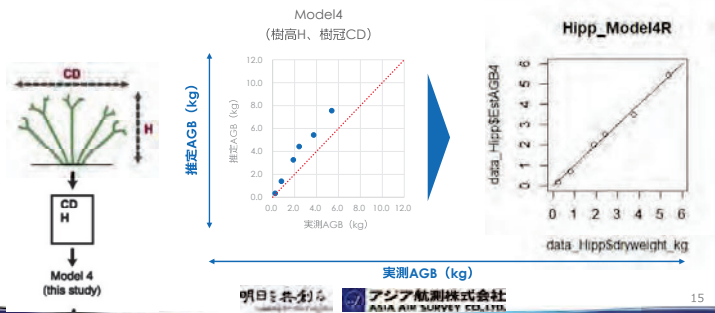
結果は地上バイオマスのアロメトリモデル推定値が実測値をいずれも大きく上回っていた。今回の調査対象地のような果樹園や放牧地に自生する立木は、剪定や果実収穫、灌水の有無などの経営条件、実生木の生育環境（放牧の有無）を考慮してアロメトリ式を改良或は開発する必要があると考えられた。

明日と共利 アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

5.5.3 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

Contiアロメトリ式の係数改良 (サジー)

- 【Modle4】 $AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$
- 【改良】 $AGBest = \exp(-0.8915 + 1.7334 * \ln(CD) + 1.5434 * \ln(H))$



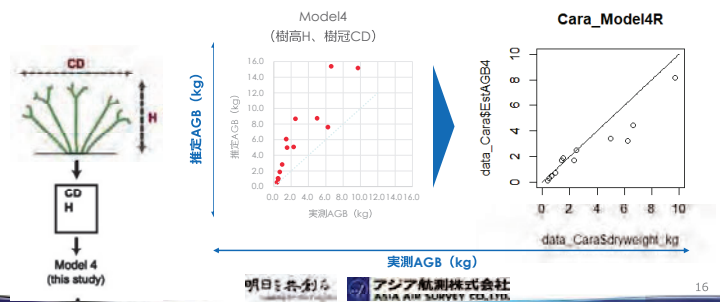
明日と共利 アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

15

5.5.4 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

Contiアロメトリ式の係数改良 (カラガナ)

- 【Modle4】 $AGBest = \exp(-0.370 + 1.903 \ln(CD) + 0.652 \ln(H)) * 1.403$
- 【改良】 $\exp(-0.8915 + 1.7334 * \ln(CD) + 1.5434 * \ln(H))$



明日と共利 アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

16

5.5.5 調査対象木の推定AGBと実測AGBの比較

サジー

No.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (kg)	実測AGB (kg)
1	1.81	2.04	3.51	3.75
2	1.25	1.13	0.71	0.80
3	2.10	2.30	5.44	5.39
4	1.58	1.91	2.55	2.42
5	1.65	1.61	2.02	1.89
6	1.23	0.54	0.19	0.24
平均			2.40	2.41

改良したアロメトリモデルを使用した推定値と実測値の比較

カラガナ

No.	樹高 (m)	樹冠直径 (m)	推定AGB (kg)	実測AGB (kg)	備考
1	0.79	1.07	0.32	0.52	Site1
2	0.87	4.48	4.44	6.63	Site1
3	0.82	3.38	2.49	2.50	Site1
4	0.78	2.85	1.71	1.43	Site1
5	0.50	0.93	0.12	0.38	Site1
6	0.75	1.15	0.34	0.49	Site1
7	0.68	1.99	0.75	0.97	Site1
8	0.68	1.60	0.51	0.69	Site1
9	1.05	2.33	1.91	1.53	Site1
10	1.65	3.60	8.18	9.71	Site2
11	0.92	2.45	1.70	2.29	Site2
12	1.13	3.05	3.42	5.00	Site2
13	1.22	2.77	3.25	6.25	Site2
平均			2.24	2.95	

明日と共利 アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

17

5.6.1 低木林の地上炭素ストックの評価 (参考)

● 10年生サジー人工林の場合：

[10年生時、生育本数1,000本/ha、地下部と地上部の比を0.37*と仮定して試算]

- ♣ バイオマス : 3,293kg/ha
- ♣ 炭素ストック** : 1,646kg/ha
- ♣ CO2蓄積量*** : 6,037kg/ha
- ♣ クレジット換算額(概算) : 18.1USD/ha

(3USD/1,000kg-CO2で試算***)

* 肖智勇, 李根前, 代光輝, et al. 黄土高原不同坡向中国沙棘种群生物量投资与分配, 东北林业大学学报, 2011, 39(5):44-47
https://www.baidu.com/link?url=RYqL4JAE8vC7D975Jl-P5R5G8972P8NP2g2-0XDe0e764771b201JpnBC4N_CO0v9gQ25dE8y4TtH5G5H42w8bomx0M53z7eueWd=8eqId=874283c30000076100000066405641

** 炭素がバイオマスに占める割合を50%として換算。*** 炭素量を二酸化炭素の重さに換算するに44/12を乗じて算出
参照の独) 森林総合研究所温暖化対策推進拠点ウェブページ
<https://www.fvri-affrc.go.jp/research/ident/23dcmate/3qasubhuuqvu/documents/page1-2qem-cfres.pdf>

*** 参照: CARBON CREDITS.com <https://carboncredits.com/carbon-prices-today>

明日と共利 アシア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

18

5.6.2 低木林の地上炭素ストックの評価（参考）

● 放牧地に自生するカラガナの場合（推定樹齢は1～13年*）：

[1～13年生、個体群数**822群/ha、地下部と地上部の比を0.45***と仮定して推算]

- ♣ バイオマス : 2,671kg/ha
- ♣ 炭素ストック : 1,336kg/ha
- ♣ CO₂蓄積量 : 4,898kg/ha
- ♣ クレジット換算額(概算) : **14.7USD/ha**(3USD /1,000kg-CO₂で試算)

*調査対象木から目測で最も細いシュートと最も太いシュートを5本サンプリングして年輪を調べた結果に基づいて推定

**カラガナは根元から株立ち状に分枝し、数年で十数本から十数本までシュートを増やして円形状のコロニーを成している。十年以上のカラガナコロニーではシュートが数百本になる場合もある。ここではカラガナのコロニーを1個体群としてカウントした。

***王孟本, 晋西北黄土区不同人工林生物生产力的研究, 植物学报 1994.36 (増刊) : 237-240 (地下100cmまでの根系と計測)

<https://www.jipb.net/EN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=23190>

明日と共創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

19

5.7 今後、期待される取り組み

● アロメトリ式の改良（既存アロメトリ式でAGBが過大）

▶ 期待される取り組み

- fi1. Contiアロメトリ式の係数改良
- fi2. 他の既存アロメトリ式での推定
- fi3. 新規アロメトリ式の開発

▶ 留意点

1. サンプル数の検討

2. モデル式・変数の選定（樹冠面積、採食圧、樹形（人為的誘導を含む））

3. 科学的な認証

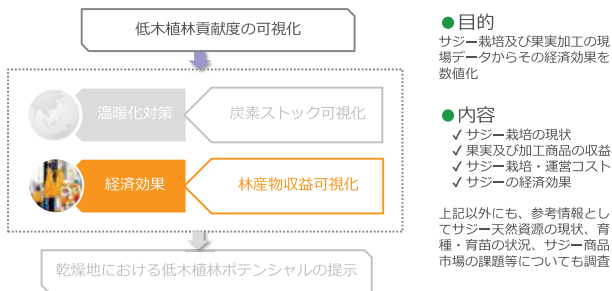


写真：樹形（左：サジー、右：カラガナ）

明日と共創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

20

6. 林産物収益の可視化



明日と共創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

21

6.1 モンゴルにおけるサジーの商品化開発



2010年頃から商品開発は盛んになる。

商品には食品（飲料）が圧倒的に多いが、スキンケア商品も増えつつある。

大手生産加工企業：4社

中小生産加工企業：50社余

家庭経営工場：多数

健康志向にコロナ禍の影響もあり、サジー商品の人気はかなり高まっている。

明日と共創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

22

6.2 モンゴルにおけるサジーの栽培状況



明日と共創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

23

6.5 サジー栽培による果実生産と一次加工の収益性

モンゴルにおけるサジー植栽密度は800～1,250本/haであり、ここでは1000本/haで試算

区 分	平均収穫・生産量/本	単価 (kg・ℓ) (2022年の実績)	ha当たり 売上見込
新鮮果実 (植栽5～20年目)	6kg/本	1.68USD	10,080USD
オリジナルジュース	3.6ℓ/本	5.04USD	18,144USD
果実オイル (果汁から分離)	0.09ℓ/本	84.00USD	7,560USD
ジュース絞り粕お茶	0.75kg/本	3.36USD	2,520USD

表中のデータは現地サジー栽培農家及び加工販売者のヒヤリングによる
モンゴルー人当たり名目GDP：4,167USD (2020年) 出典：外務省ホームページ

明日と共創る アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

24

6.6 サジー園造成・経営コスト

区分	内訳	単価	備考
基盤整備	保護柵設置	120USD/ha	
	ポンプアップ井戸	11,670USD/基 5,835USD/基	10ha以上用 5ha以下用
	自動散水システム	1,200USD/ha	
植栽	苗木	0.98USD/本	
	植付け	0.35USD/本	
保育・管理	除草・薬剤散布	490USD/ha	
	日常管理	1,575USD/ha 3,024USD/ha	5haまで 10haまで
果実収穫	採集	0.40USD/kg	
	選別（異物除去）	0.05USD/kg	

6.8 サジー園経営の投資と収益のシミュレーション

● 10haのサジー園を20年間経営する場合：

⇒基盤整備・植林投資：142,320USD（1～2年次）

⇒設備メンテナンス：232,236USD（3～20年次）

⇒サジー園保育管理：153,580USD（1～20年次）

⇒果実収穫：528,000USD（5～20年次）

▲投資・支出総額：1,056,136USD

● 果実販売総額：1,612,800USD（5～20年次、100,800USD/年）

6年次から黒字経営になる

総利益！556,664USD/20年間

6.9 サジー栽培経営が地域経済への貢献度の一例

10haサジー園の臨時雇用創出：

植付け：63人・日（初年度のみ）

除草等保育：350人・日/年間（経営期間中）

果実収穫：4,150人・日/年間（植栽5年目～20年目）

日雇い労働者賃金：17USD/人・日（2022年実績）

経済効果合計！76,500USD/年

【この事例はオブス県オランゴム郡のサジー園経営者エフバット氏のヒヤリングによる】

6.7 サジー果実加工コストと収益（家庭経営工場の一例）

区 分	投 資・投 入・売 上
工場建物（作業場面積60㎡）	16,800USD
加工設備（加工能力1 t /日）	16,520USD
包装用資材（ペットボトル等）	12,600USD/年
作業員（3人・120日、2022年）	6,120USD/年
原料(果実)仕入れ(2022年実績)	25,200USD（15 t）
売上（ジュース・オイル・茶）	70,560USD

利益！26,649USD（固定資産投資除外）

【この事例はオブス県オランゴム郡のサジー加工経営者で、年間10～20トンのサジー果実を加工し、オリジナルジュース、果実オイル、絞り粕茶を生産し・販売している】

7. まとめ

- UAV測量技術は、乾燥地での森づくりに有効な低木林の地上バイオマス及び炭素ストック推定において、省力化・効率化につながる手法として期待できるが、地域や樹種特性に即したバイオマス推定式の改良の必要性が示唆された。
- 近年、サジーからとれる果物にモンゴルの国内企業が着目し、飲料やスキンケア等の様々な商品開発が行われており、これらの商品は市場で人気が高まっている。政府も牧畜民の現金収入源として、サジーの植林を推奨している。

サジー植林のポテンシャルは高い。