

ドローンを使って防風林による作物生育促進効果を見る

岩崎健太

はじめに

作物の生育を促進し、収量を増加させるため、防風林は古くから造成されてきました。防風林は作物の風害や土壌浸食を防ぐだけでなく、地表面と大気との熱交換を減少させ、農地の温度（地温・水温・気温）を上昇させる効果も持っています。北海道のような寒冷地では、防風林は農地の温度上昇を通して作物の生育を促進するため、強風災害が起こらないときであっても、作物の増収や品質向上に貢献しています。このような防風林の効果は圃場の広い範囲にわたって薄く広く生じるため、一見ただけでは目立ちにくいという特徴があります。逆に、日陰の形成や農作業障害といった防風林による負の影響は、圃場のごく一部でしか生じないものの、目立ってしまいます。そのため、圃場全体として、デメリットよりメリットの方が大きかったとしても、防風林が伐採され、減少するという問題が起こっています。過度な防風林減少による作物の生産性低下を防ぐには、防風林の効果を確認しやすくする手法を開発する必要があります。

そこで、本研究では、ドローンを使って防風林による作物の生育促進効果を把握できるか調べました。今回、作物は飼料用トウモロコシを対象としました。輸入飼料価格の変動リスクを回避するため、飼料自給率の向上は道内の畜産業において重要な課題です。飼料用トウモロコシは、生育が地温や気温に大きく影響される特徴をもち、生育期間中の積算温度が足りないと、減収に加え、子実の登熟が進まず未熟なままとなるため品質が低下します。ドローンに近赤外カメラを搭載し、植物の活性度の指標である正規化植生指数（NDVI）の分布を測定することで、防風林の効果の把握を試みました。なお今回の報告内容はIwasaki et al. (2019)に基づきます。

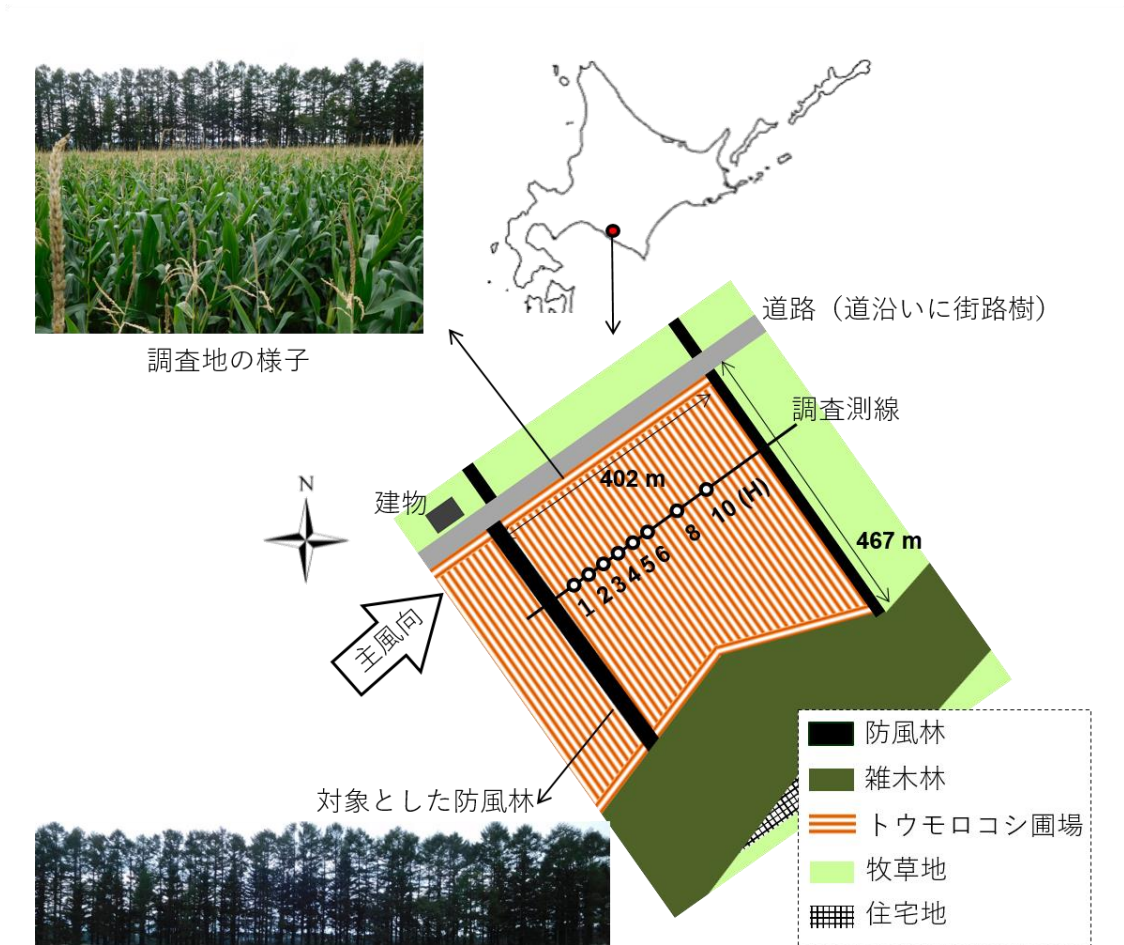
調査地と調査方法

新ひだか町の独立行政法人家畜改良センター新冠牧場内の飼料用トウモロコシ圃場（図-1）において、2016年の5月から10月にかけて調査しました。日中の主風向（南西）に垂直な方向に設置された防風林の効果を対象としました。防風林は平均樹高29mのカラマツと、下層に植えられた平均樹高16mのトドマツによって構成され、林帯幅は33mでした。トウモロコシが植えられた畝の方向は、圃場の大部分において防風林と平行でしたが、圃場の端では防風林と直角方向でした。

日中の主風向と平行に測線を設け、防風林からの距離が異なる複数地点（図-1の白丸）で、気象観測と収量調査を行いました。防風林の効果は樹高に比例するため、防風林からの距離は、樹高H(m)の倍数として表されます。正の値が風下側で、例えば、4Hは防風林樹高(29m)の4倍風下側の距離という意味になります。観測地点のうち防風林から最も遠い10Hの地点を、防風林の影響が小さい対照区とみなしました。気象観測としては、トウモロコシ刈取り後の裸地状態のとき(10月12日~20日)に、高さ2mに風速計を6台、測線に沿って設置し、防風林に直角方向から風が吹いたときの風速分布を観測しました。また、トウモロコシ生育期間中には、測線上の8地点で深さ5cmの地温を観測しました。地温のトウモロコシ生長への影響は、生長点が地中にある生育初期に特に大きいと考えられるため、5月3日~6月30日の平均地温を求めました。収量調査として、9月7日に測線上の7地点において、それぞれ60本ずつ(連続して植えられた20本×3つの畝)トウモロコシを収穫し、茎葉と子実に分けて生重量と乾燥重量を測定しました。飼料用トウモロコシは、子実の方が栄養価が高いものの茎葉も飼料として使われることから、全体(茎葉と子実の合計)と子実の収量(単位面積あたりの乾物重量)を求

めました。さらに、登熟の指標である乾物率（生重量に対する乾燥重量の割合）も算出しました。

ドローンを用いた空撮は、2016年6月24日の13～15時に実施しました。通常のカメラの他に、赤色光と近赤外光を撮影できるカメラをドローンに取り付けることで、NDVIの空間分布を測定しました。

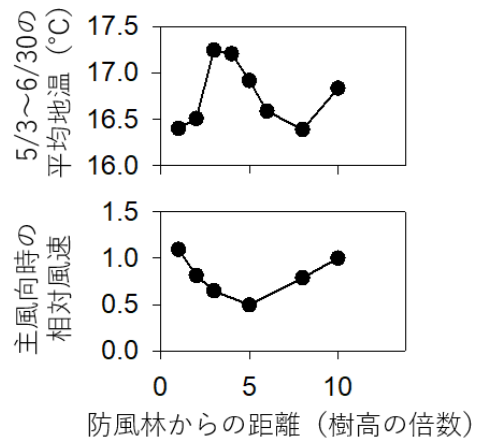


図－1 調査地の位置

トウモロコシ圃場の縞の方向は、トウモロコシの畝の方向に対応

防風林風下の地温・風速分布

測線に沿った平均地温と風速の分布を、図－2に示します。防風林によって風速が低下した3～5Hでは、6～10Hよりも平均地温が約0.5℃上昇しており、生育初期の地温が上昇していました。



図－2 防風林風下の地温・風速分布

相対風速: 樹高の10倍の距離を1とした風速

ドローンで撮影されたトウモロコシの正規化植生指数（NDVI）の空間分布

空撮された NDVI 画像と可視画像を、図-3 に示します（上段 2 画像）。赤いほど NDVI が高く、植物の活性が高いことを意味します。空撮を実施した生育初期段階においては、トウモロコシの生育が進むにつれて NDVI が高まることが知られていることから、NDVI をトウモロコシの生育段階の指標として用いました。防風林によって生じた日陰部分（0～1H）では、NDVI が異常に高い値を示したため解析から除外しました。また、圃場の南東と北西の端には、NDVI が高い箇所が線上に生じていましたが、ここはトウモロコシの畝の方向が変わる箇所で、二重に播種されており、トウモロコシの密度が二倍になっていました。防風林に近い 2～5H では、防風林から離れた 6～13H よりも NDVI が高く、トウモロコシの生育が促進されていました。図-3 の左下のグラフに、測線上の地温と NDVI の分布もあわせて示します。地温分布を測定した測線では、3H と 10H に気象ステーションを設置しており、この箇所のみ除草剤を散布できなかったことで NDVI が高くなっていました。そのため、NDVI 分布を求める測線は、地温分布を測定した測線から少しずらしました。日陰になっている 1H を除いて、地温分布と NDVI 分布はよく対応しており、防風林によって地温が上昇した場所（3～5H）ではトウモロコシの生育が早まっていました。10H で 6H や 8H と比べて地温・NDVI とも高くなっていった理由は不明ですが、主風向と逆方向から風が吹いたときには風下側（北東側）の防風林によって風速が低下する場所であるため、風下側の防風林が影響した可能性があります。

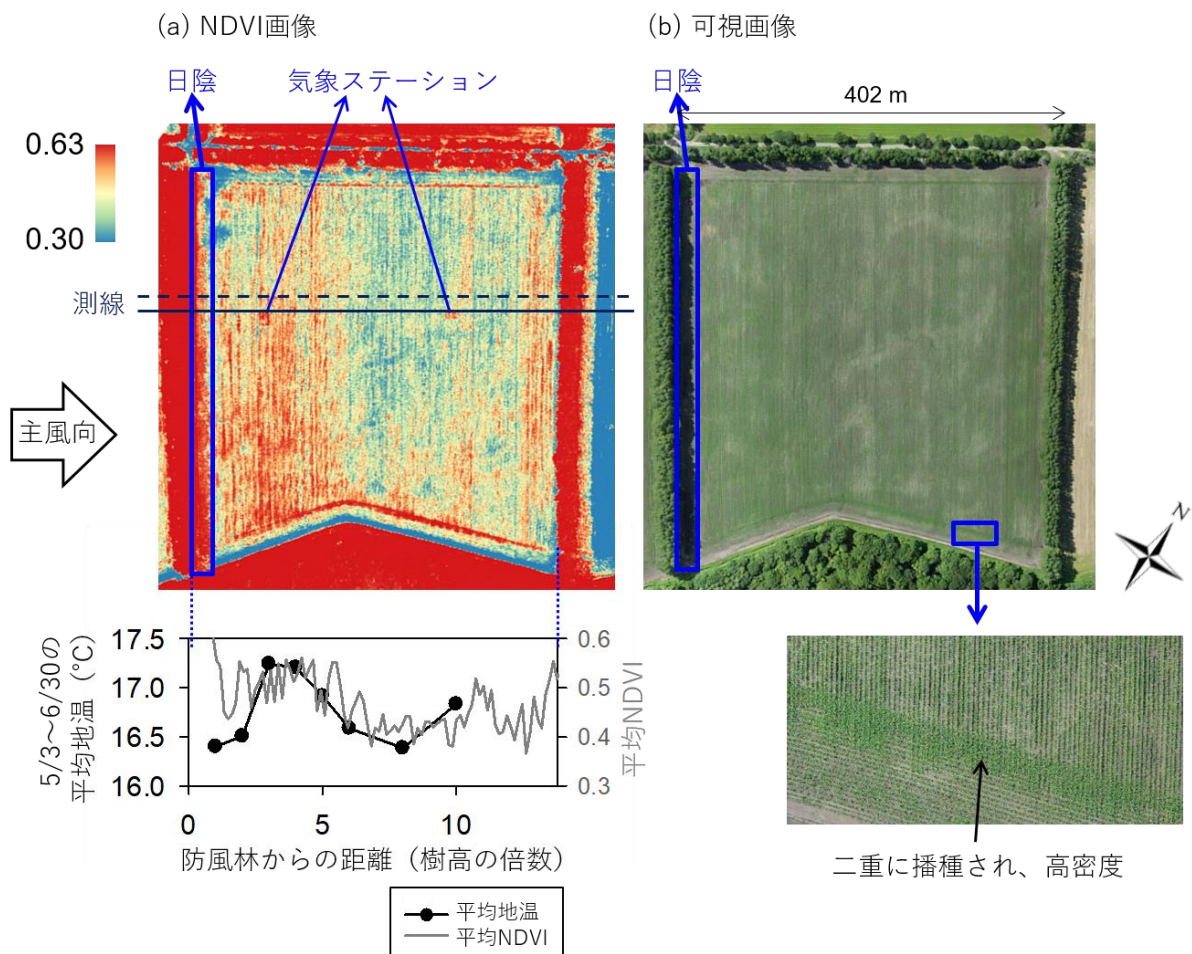


図-3 6/24 に空撮された (a) NDVI 画像と (b) 可視画像

地温分布：実線上の 8 点で測定

NDVI 分布：破線に沿った 4×4m 区画内の平均値

トウモロコシの NDVI と収量・乾物率の関係

測線に沿った収量・乾物率・NDVI の分布を図-4に示します。全体および子実の収量は 4H と 5H で 1H より有意に大きくなっていました。乾物率については、全体では 2~4H で 8H より高く、子実では 4H で 1H と 8H より高くなっていました。単回帰分析を実施した結果、地温は収量と乾物率に有意に影響を及ぼしていました。そのため、防風林は地温を高め生育を促進することにより、収量を増加させ登熟を早める効果を発揮していると考えられました。ドローンの空撮画像については、日陰により異常値となった 1H を除いて解析しましたが、収量では NDVI との間に有意な相関は得られませんでした。収量は同一地点におけるばらつきが乾物率よりも大きかったことから、地温上昇だけでなく土壌化学性など他の要因にも影響され、相関が得られなかった可能性があります。一方、乾物率は全体・子実ともに NDVI との間に有意な相関がありました。乾物率が高いほど登熟が進んでいるため、ドローンで得られた NDVI は防風林の生育促進効果の把握に使えることがわかりました。

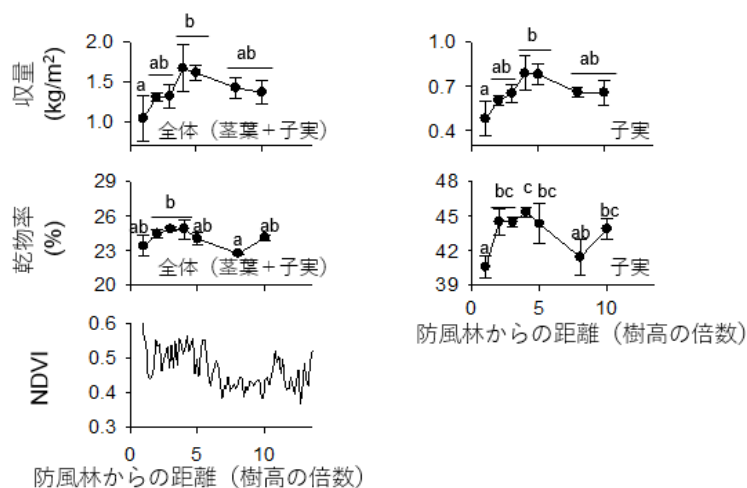


図-4 防風林風下のトウモロコシ収量・乾物率・NDVI 分布
収量・乾物率について、プロットは平均値、バーは標準偏差。
異なるアルファベットは有意差があることを示す
($P < 0.05$, Tukey HSD)。

おわりに

このように防風林は地温を上昇させることにより、飼料用トウモロコシの初期生長を促進し、登熟を早める効果を発揮していました。そして、防風林の日陰になっていない範囲において、ドローンを用いて防風林が飼料用トウモロコシの登熟を促進した場所を把握できることがわかりました。これは、防風林の作物生育促進効果をドローンで捉えた初めての事例となります。防風林の作物への効果は古くから調べられてきましたが、ごく少数の圃場での事例報告にとどまっています。そのため、他の条件の圃場でも効果があるのか、本当に自分自身の圃場でも防風林の効果が発揮されているのか知ることができません。本研究成果により、ドローンを用いて、それぞれの農家さんがご自身の圃場で防風林の効果を簡易に調べられる可能性が示されました。当試験場では防風林が飼料用トウモロコシ収量に与える効果を予測できるモデルも構築中です。モデルの予測結果とドローンや衛星画像による上空から得られた情報をあわせて検討することにより、個々の圃場条件における防風林の効果を定量的に評価できるようにしていきたいと考えています。

(道東支場)

参考文献

Iwasaki K, Torita H, Abe T, Uraike T, Touze M, Fukuchi M, Sato H, Iijima T, Imaoka K, Igawa H (2019) Spatial pattern of windbreak effects on maize growth evaluated by an unmanned aerial vehicle in Hokkaido, northern Japan. *Agroforestry Systems* 93(3), 1133-1145. DOI: 10.1007/s10457-018-0217-7