オニグルミを指標木とした流域フェノロジー観測

石原光則・李燕・後藤誠二朗・○秋山侃（岐阜大流域圏科学研究センター）

1. はじめに

近年，地球温暖化による急激な気候変動などの影響が懸念され，温暖化に関連した様々な研究が行われている。このような中，陸域植生による炭素吸収が非常に注目を集め，衛星データを用いたモニタリング手法の確立が期待されている（山形他，2002）。これまでに，衛星データを用いた植生観測に関する研究が多数行われている（Ahl et al., 2006）。しかし，衛星データによる観測では，データの不確実性の把握や，地上観測データとのバリデーションを行い，妥当性の検証を行う必要がある。現在までに，これらの検証を目的とした詳細な地上観測システムの開発が行われている（土田他，2005）。しかし，これらのシステムでは，1 地点における詳細な地上観測データの取得は可能であるが，衛星データに対応した広域での検証データの取得は困難である。そのため，本研究では，広域での衛星データ検証を行うことを目的として，オニグルミ（*Juglans mandshurica* Maxim.）を指標木として流域内におけるフェノロジー観測を行った。

2. 観測地点

対象地域は，岐阜県高山市の大八賀川流域とした。この流域内において，国道 158 号と 361 号の分岐点（標高 580 m）を起点として，通称青年道路を遡上し，青少年交流の家（標高 1500 m）を終点とする道路沿い（約 20 km）において，13ヶ所の観測地点を設けた。表 1 に各観測地点の概要を示す。W2 と W6 は，観測期間の途中（8 月）に伐採されたため，近くの木で代替した。また，観測地点を標高 700 m 以下を下流域（4 点），700 から 1000 m を中流域（4 点），1000 m 以上を上流域（5 点）とした。

表 1　オニグルミ観測地点の概要

樹木番号	緯度(°)	経度(°)	標高(m)	流域	DBH(cm)	備考
W1	36.148	137.285	600	下	10.3	
W2	36.148	137.285	630	下	24.7	8月10日に伐採
W3	36.132	137.317	650	下	17.1	
W4	36.138	137.337	670	下	19.7	7月に毛虫大量発生
W5	36.139	137.353	720	中	6.2	
W6	36.142	137.377	820	中	2.2	8月10日に伐採
W7	36.146	137.391	900	中	8.7	
W8	36.146	137.400	980	中	46.3	
W9	36.147	137.400	1050	上	22.8	
W10	36.143	137.397	1120	上	14.0	
W11	36.143	137.398	1130	上	9.8	
W12	36.145	137.411	1200	上	14.9	
W13	36.146	137.417	1280	上	9.6	

3. 観測方法

始めに，目視によりフェノロジー段階の把握を行った。また，形状の記録のために，デジタルカメラ（Panasonic LUMIX DMC-FX9）を用いて，50～100 cm の距離から葉身や花を，3～5 m の距離から樹木全体を撮影した。次に，葉緑素計（MINOLTA SPAD-502）を用いて，葉緑素量（SPAD 値）の測定を行った。各調査木で，あらかじめ測定枝を決め，3 枚の測定葉で各 6 箇所，計 18 回のサンプリングを行った。観測期間中に毛虫による食害や，測定による損傷のため落葉した場合は，近隣の枝に移行し測定を継続した。観測期間は 2006 年 4 月～11 月とし，展葉期・落葉期はほぼ毎週，その他は隔週 1 回程度（計 24 回）観測した。

4. 結果

4.1　SPAD 値による観測結果

図 1 に各観測地点における SPAD 相対値（SPAD 値を期間内の最大 SPAD 値で除した値）の時系列変化を示す。上・中・下流域

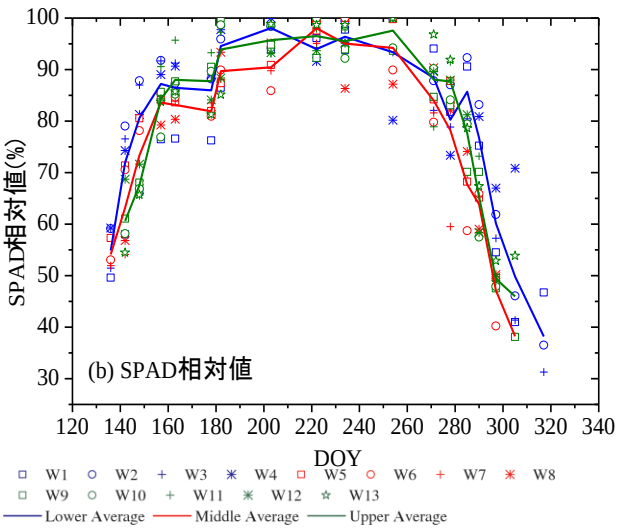

図 2　オニグルミの各観測地点および上中下流域（平均）における SPAD 相対値の時系列変化

における SPAD 相対値の平均で，展葉期の目安として SPAD 相対値が 70%を越える日を比較すると，下流域が 142 日目，中流域が 148 日目，上流域が 157 日目であった。同様に，黄葉期の目安として SPAD 値が 70%を切る日を比較すると，上流部が 290 日目，中流域が 290 日目，下流域が 297 日目であった。このように，SPAD 相対値を用いることにより，異なる生育条件や樹齢の指標木について，相対的に比較することができ，同じ基準でフェノロジー段階の判定ができると考えられる。

表 2 使用したフェノロジーステージの概要と各フェノロジー段階の DOY と標高の相関係数

	フェノロジーステージ	判定基準	標高との相関(r)
t0	冬芽	目視	-
t1	冬芽始動	目視	0.764*
t2	新芽展開開始	目視	0.727*
t3	雄花下垂開始	目視	0.762*
t4	SPAD測定可	目視	0.909*
t5	雌花開花	目視	0.882*
t6	SPAD>80%	SPAD相対値	0.101
t7	果実肥大	目視	0.864*
t8	SPAD>90%	SPAD相対値	0.172
t9	SPAD=100%	SPAD相対値	0.147
t10	SPAD<90%	SPAD相対値	0.191
t11	SPAD<80%（黄葉開始）	SPAD相対値	-0.087
t12	SPAD<70%（落葉開始）	SPAD相対値	-0.235
t13	落葉終了	目視	-0.441
t13-t1	着葉期間	-	-0.687*
t11-t6	安定生産期間	-	-0.147
t10-t8	光合成活性最盛期間	-	-0.060

*：1%水準有意

4.2 フェノロジー段階の判定

目視および SPAD 観測結果を用いて，表 2 に示すようにオニグルミのフェノロジー段階を 13 に分類した。黄葉や落葉期は春から部分的に常時発生しているため，判定が困難であった。そのため，便宜的に相対 SPAD 値が初めて 80%を切った時点（t11）を黄葉開始期，70%を切った時点（t12）を落葉開始期とした。また，冬芽始動（t1）から落葉完了（t13）までを着葉期間（t13-t1），SPAD>80%（t6）から SPAD<80%（t11）を安定生産期間（t11-t6），SPAD>90%（t8）から SPAD<90%（t10）を光合成活性最盛期間（t10-t8）とした。

このフェノロジー段階を用いて，各フェノロジー段階に到達する日（DOY）と標高の相関解析を行った（表 2）。その結果，有意な相関（$p<0.01$）が認められたのは，t1 から t5 および t7 と t13-t1 であった。この結果から，オニグルミは，展葉や開花などは，標高により決定されることが確認できる。標高の違いは気温の違いと考えることができ，これまでに報告多数報告されているフェノロジー変化の気温依存性とも整合した結果であると考えられる（鮫島, 1987;石原, 2004）。

5 まとめ

本研究では，オニグルミを指標木としたフェノロジー観測について検証した。目視や SPAD による観測から，フェノロジー段階を判定して，標高との関係を調べた。その結果，展葉期は標高の増加に伴い，各フェノロジー段階への到達日が遅れることが確認できた。一方，黄葉・落葉期は標高と明確な関係は得られなかった。オニグルミでは黄葉・落葉が定常的に行われている。そのため，SPAD による観測では，これらの影響を上手く再現できなかったと考えられる。今後は，黄葉・落葉期の観測手法を新たに検証していく必要がある。また，オニグルミのフェノロジーを衛星検証データとして使用する場合には，流域内の他の落葉樹種との比較を行い，オニグルミの代表性を検討する必要がある。

引用文献

Ahl et al., 2006, Monitoring spring canopy phenology of a deciduous broadleaf forest using MODIS, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 104, pp. 88-95.

石原他，日本における気象条件を用いた NDVI の推定, 2004，日本リモートセンシング学会誌, Vol. 24, pp. 255-266.

鮫島他, 1987，気象と大豆の生育動態に関する研究，農業気象, Vol. 42, pp. 375-380.

土田他, 2005, Phenological eyes network－衛星による地球環境観測のための地上検証ネットワークー，日本リモートセンシング学会誌, Vol. 25, pp. 282-288.

山形他，2002，吸収源を用いた地球温暖化対策とリモートセンシングの役割，日本リモートセンシング学会誌, Vol. 22, pp. 494-509.