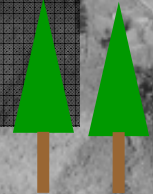


日本写真測量学会
平成19年度秋季学術講演会
2007/10/31 @ハイブ長岡

多時期の空中写真DSMによる 森林のモニタリング



東京大学生産技術研究所
田口 仁，遠藤貴宏，安岡善文

岐阜県森林研究所
古川邦明

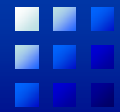


はじめに

- 森林域における空中写真の利用と蓄積
- デジタル写真測量技術の発達によって、Digital Surface Model (DSM)の自動作成が容易となった

DSM = Digital Canopy Model (樹冠高) + DEM(地盤高)

- 樹冠高はバイオマスや成長段階を示す重要な指標である
- 多時期DSMから、成長・施業・攪乱等による森林の変化がモニタリングできる可能性
- LiDARから詳細な地形データ (DEM)が整備
 - 詳細な樹冠高 (DCM)が抽出可能となった



本研究の目的

- 1960年代から定期的に撮影されてきた空中写真を用いて多時期のDSMを作成
 - さらに，DSMからLiDARデータから作成したDEMを差し引いて多時期のDCMを作成
- DCM(樹冠高)の時系列変化のモニタリングを行うことを目的とした
- 本研究の特色
 - 40年間という長期に渡り，既存の空中写真からDSMおよびDCMを作成し，モニタリングを行う点



対象地・使用データ

● 対象地

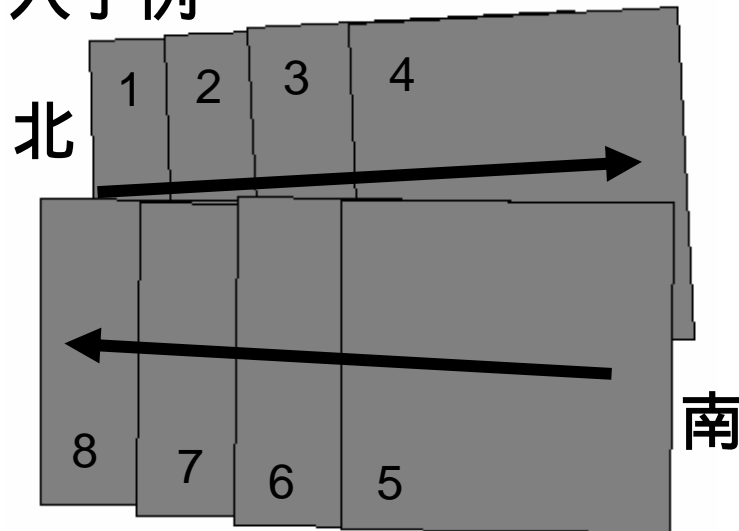
- 岐阜県郡上市美並町

- ・ 造林樹種と広葉樹がパッチ状に混在
- ・ 2003年に冠雪害が発生 (田口ら, 2006)

● 使用データ

- (社)日本森林技術協会からポジフィルムを入手
- 南北2コースを設定し, 各コース3~4枚の空中写真を入手

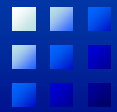
入手例



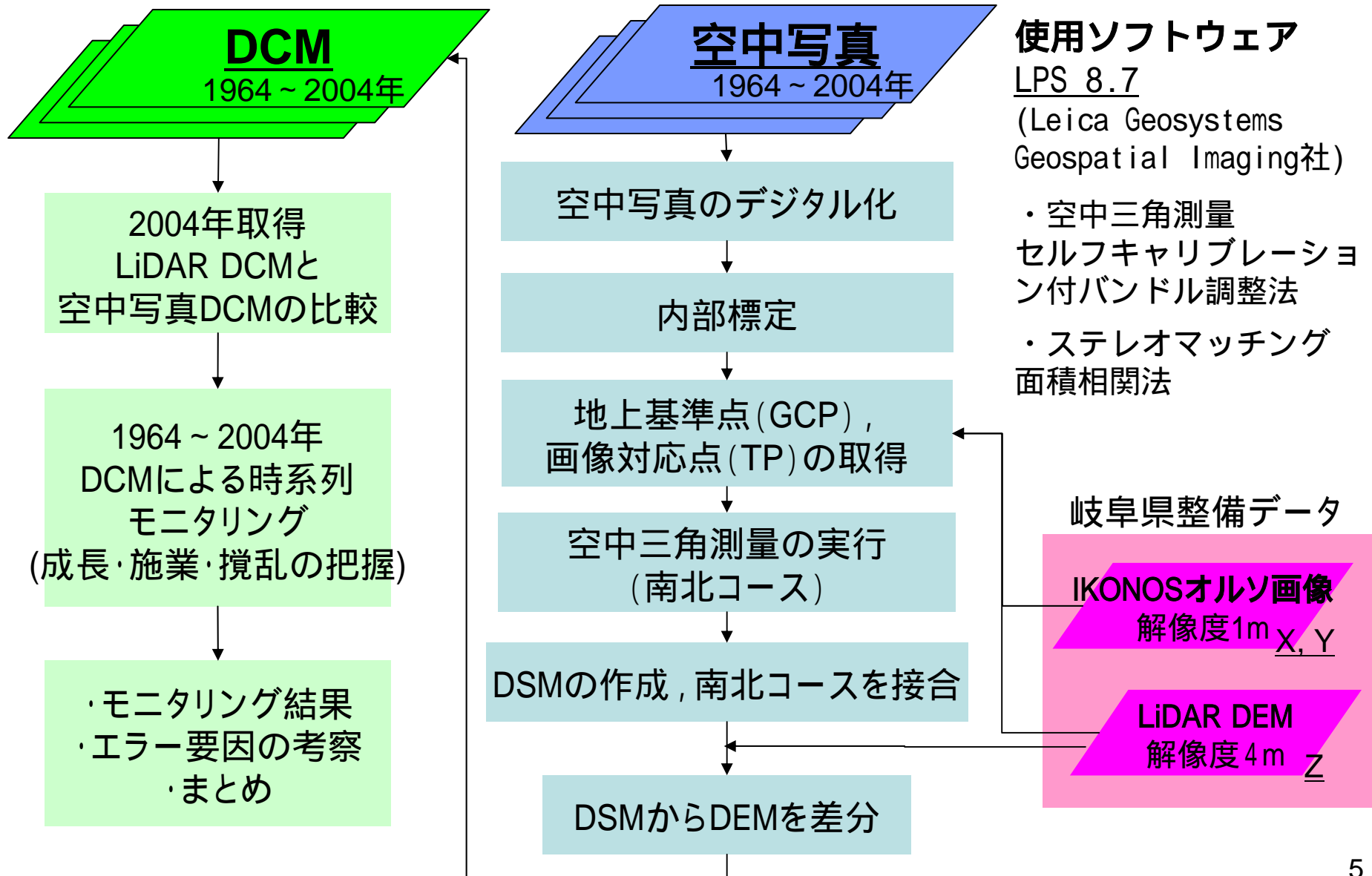
・ 空中写真一覧

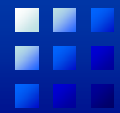
撮影名	撮影年	高度 (m)	縮尺	カメラ	焦点距離 (mm)
第1長良川	1964	5500	1/23000	RC-8	209.90
第2長良川	1969	4800	1/20000	RC-8	209.56
第3長良川	1974	5100	1/20000	RC-8	209.56
第4長良川	1979	4300	1/16000	RC-10	213.27
第5長良川	1984	4200	1/16000	RC-10	213.27
第7長良川	1994	4400	1/16000	RC-30	213.27
第8長良川	1999	5200	1/21000	RC-30	213.27
第9長良川	2004	4000	1/16000	RC-30	213.27

写真測量用のスキャナで10ミクロンでデジタル化



研究の流れ





GCPとTPの取得

- GCP取得のためのリファレンスデータ
 - X, Y - IKONOSパンシャープン画像 (2003年5月)
 - Z - LiDAR DEM 4m間隔(2004年春～夏) 2mに補間
- 岐阜県が整備したデータ
- GCPは分布に偏りが無いように目視で取得するが、過去に遡るほどGCP(X, Y)の取得は難しくなる
 - 過去に遡るようにオルソを作成していき、GCPが足りない地域は直後に撮影されたオルソを利用
- TPは手動で数点取得後、LPS8.7の自動TP取得機能を利用して各ペア25～30点自動取得



空中三角測量の実行結果

● 空中三角測量に使用したGCPのRMSE

撮影年	北ライン			南ライン				
	枚数/点	RMSE (m)		枚数/点	RMSE (m)			
		X	Y	Z	X	Y	Z	
1964	4 / 21	0.93	1.07	2.70	4 / 16	0.77	1.15	3.55
1969	3 / 15	0.78	0.80	2.54	3 / 10	0.51	0.95	2.36
1974	4 / 21	0.67	1.25	3.27	4 / 20	0.71	0.97	2.37
1979	4 / 19	0.53	0.89	1.63	4 / 20	0.97	1.18	2.07
1984	3 / 15	1.03	1.28	2.48	3 / 12	1.81	1.96	2.48
1994	4 / 29	0.87	0.93	1.94	4 / 26	0.89	1.05	2.21
1999	4 / 22	1.10	1.21	2.28	4 / 27	0.92	1.34	4.25
2004	4 / 37	1.03	1.41	2.93	4 / 38	0.93	1.44	2.43

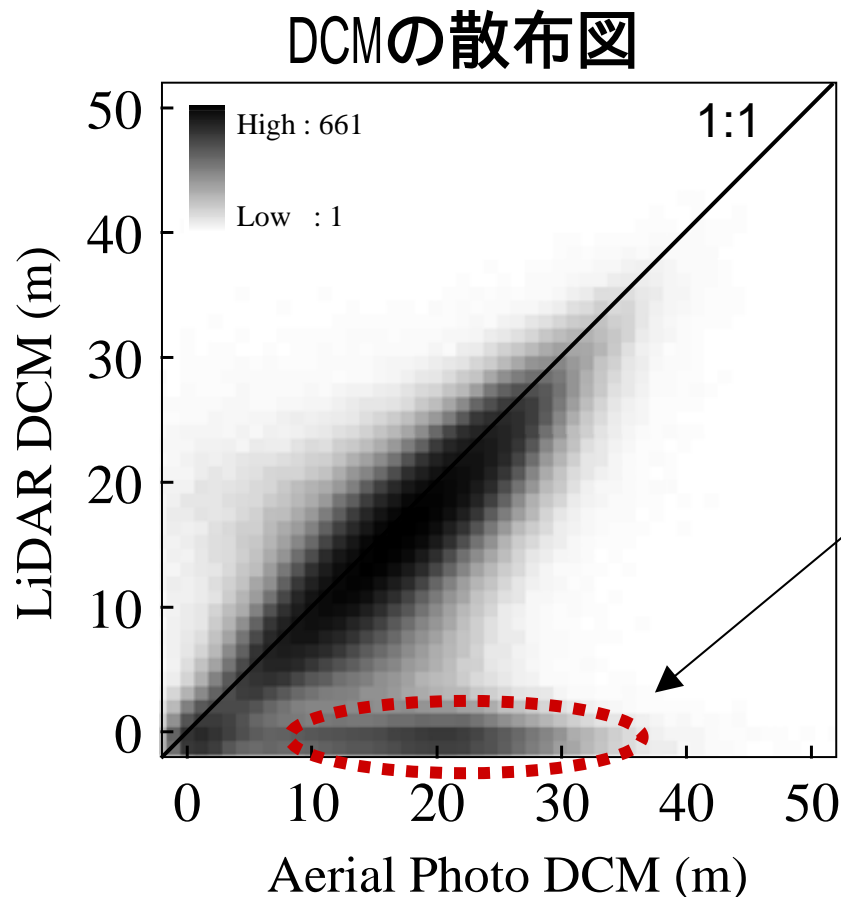
- X, YのRMSEは1m前後
- ZのRMSEは2 ~ 3m前後
- RMSEの値は, どの撮影年も傾向はほぼ同じだった

- 各モデルからメッシュサイズ2mのDSMおよびDCMを作成



LiDAR DCMデータとの比較

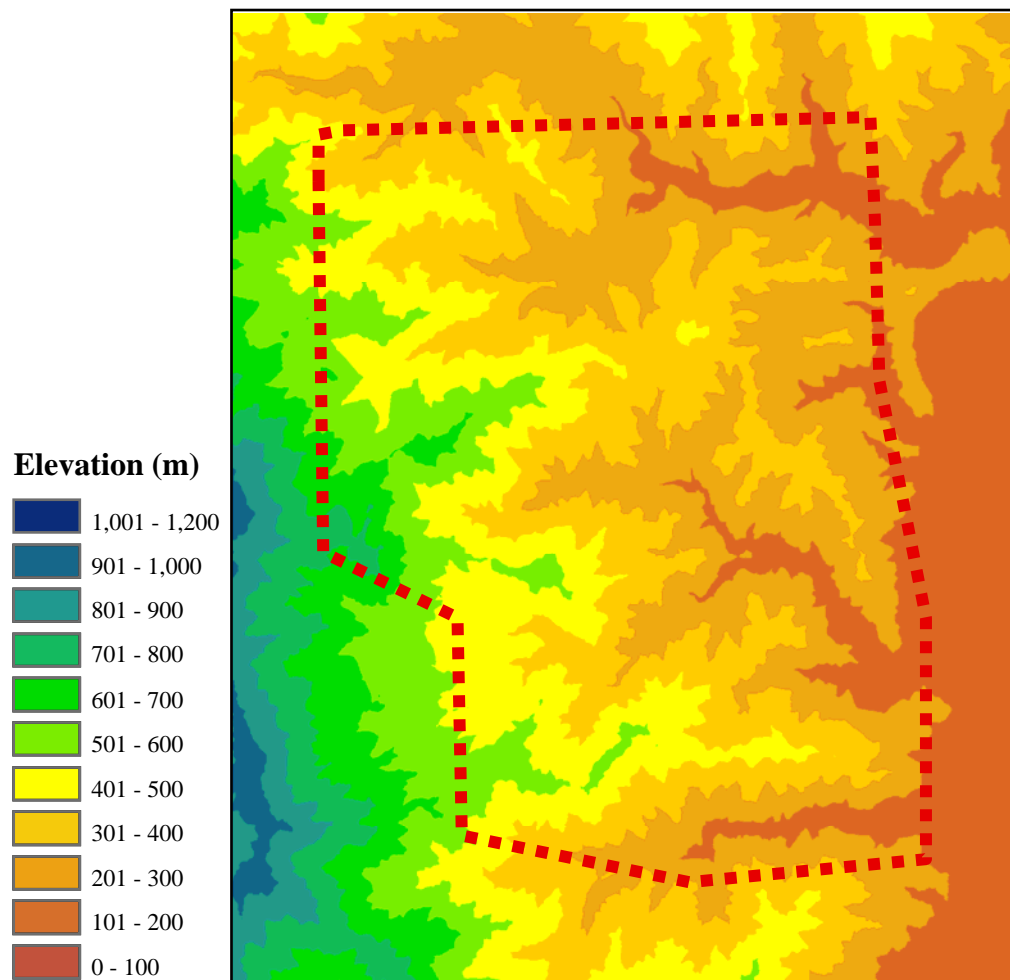
- 2004年撮影空中写真とLiDARデータ(2004年取得)のDCMを比較



- ほぼ1:1の対応関係となっており、空中写真から良好にDCMが作成された
- LiDARで数画素程度のギャップとなった箇所は、空中写真では表現できていない
- ギャップを除き、LiDAR DCMが正しいと仮定した場合のRMSEは3.16m



対象地の地形，空中写真

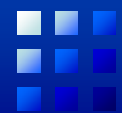


DEM

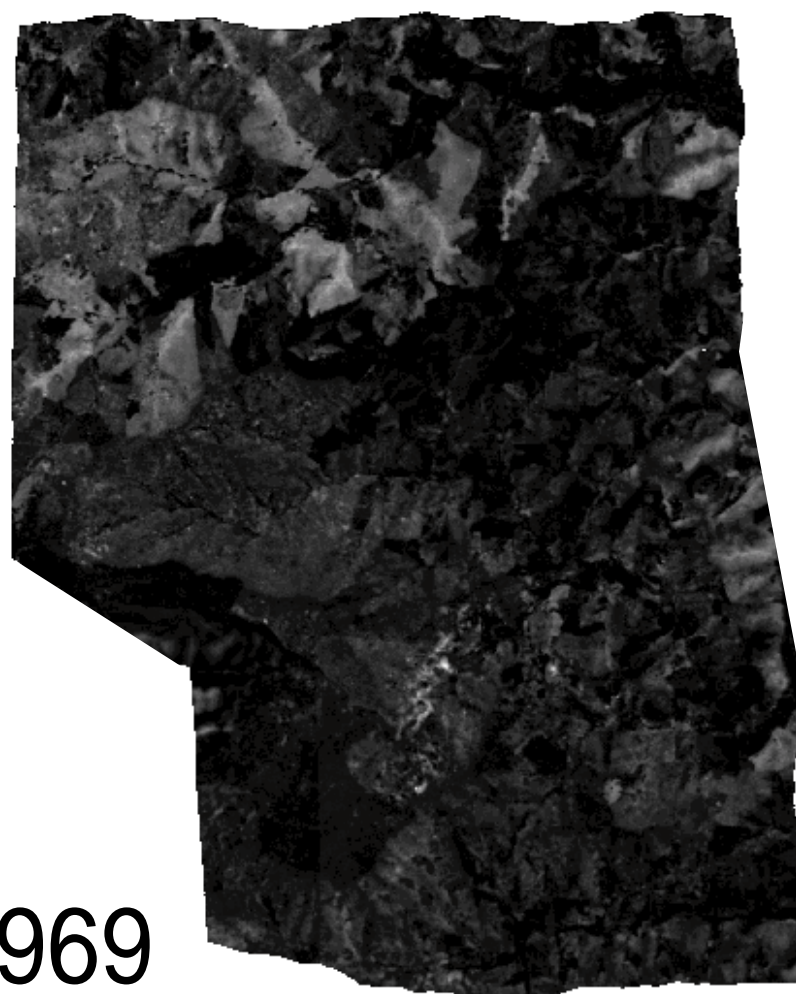
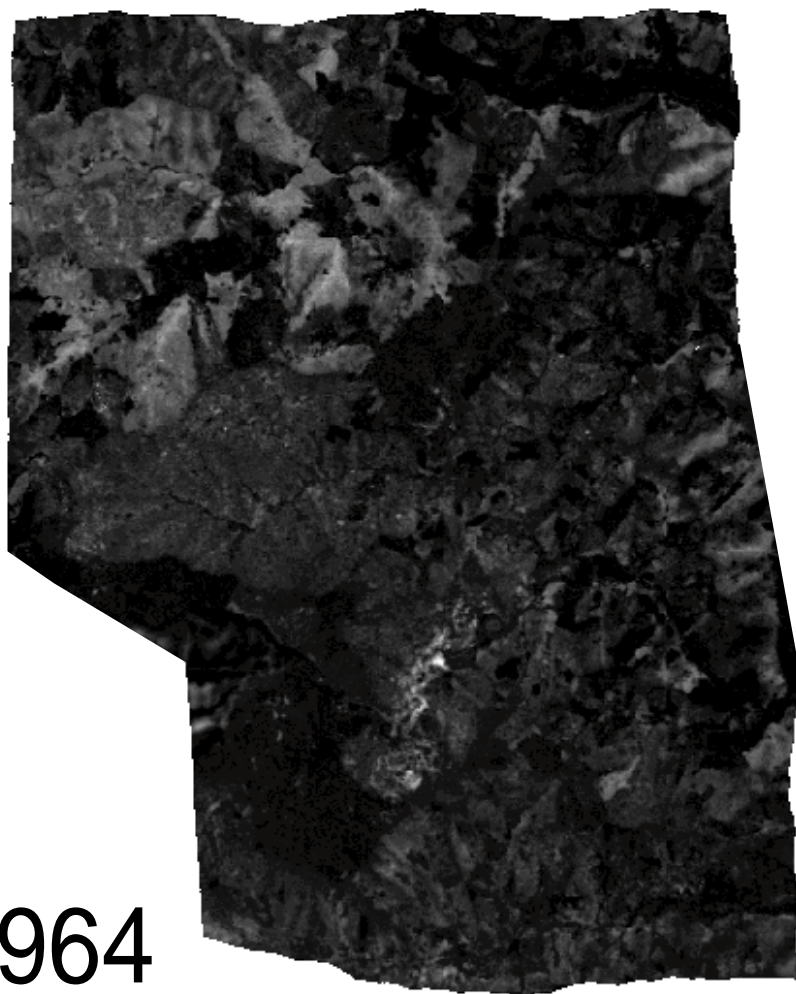


Ortho (2004)

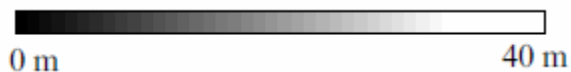
2 km



各年度のDCM作成結果

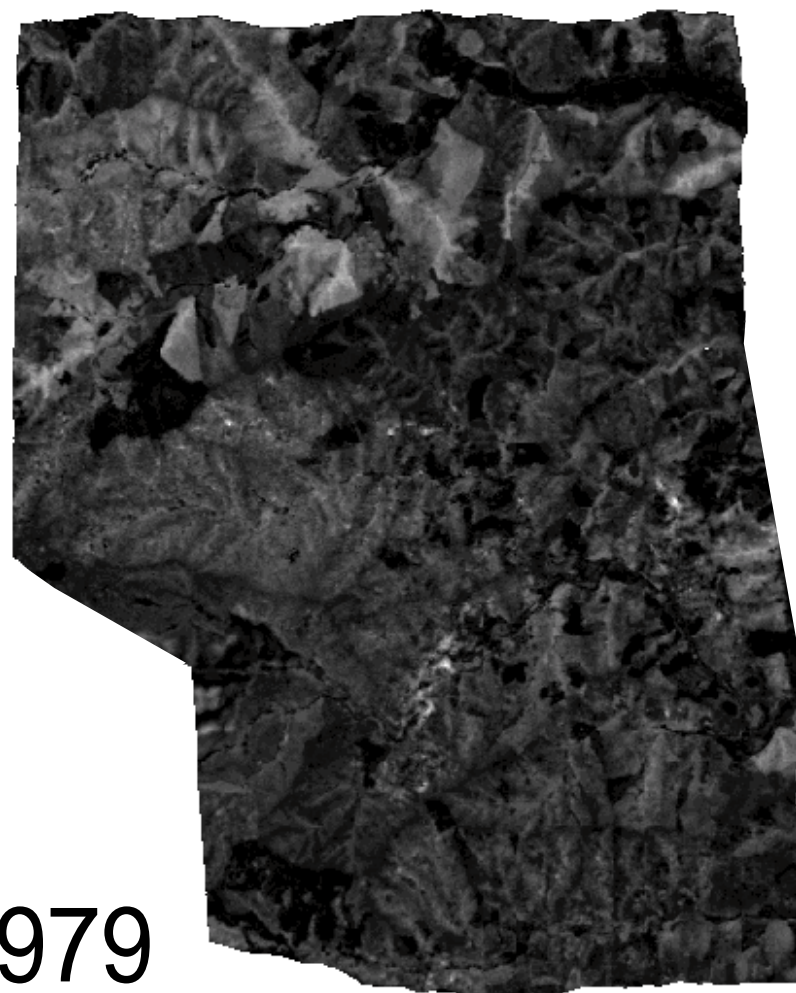
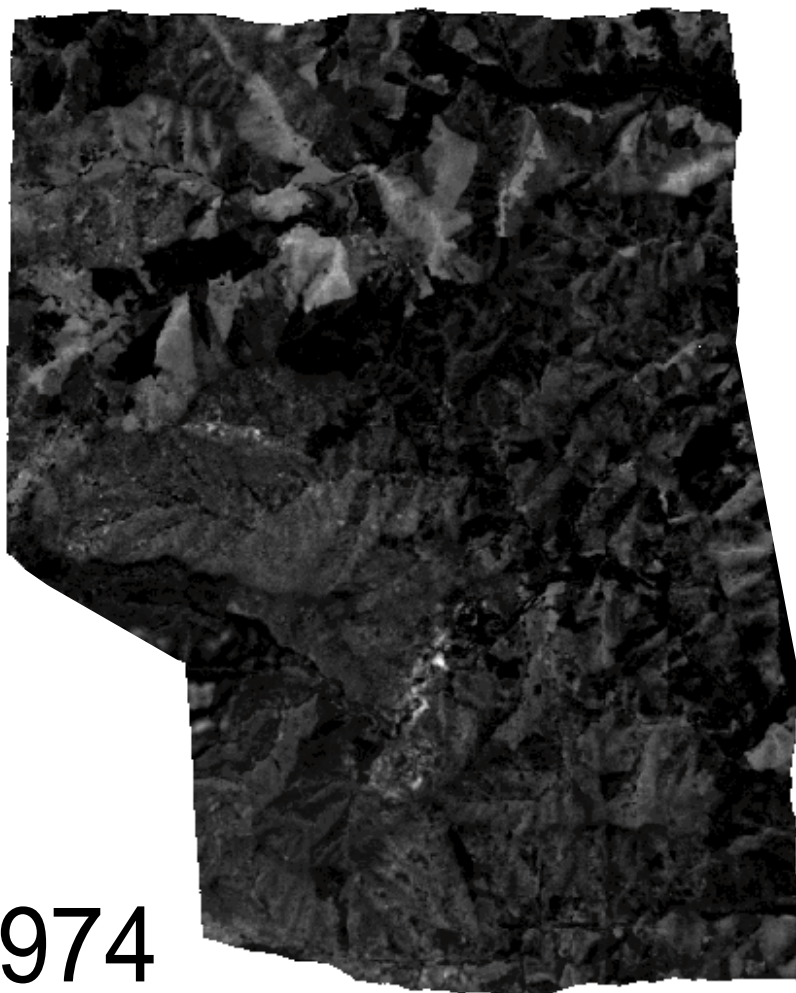


2 km





各年度のDCM作成結果

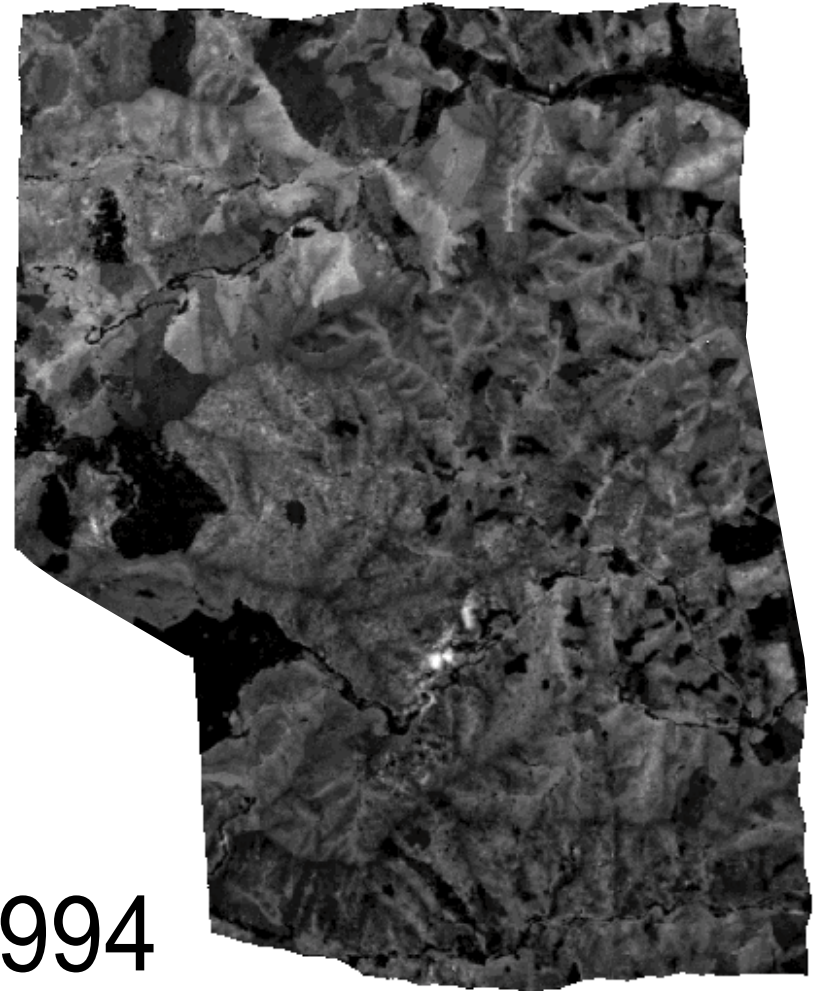
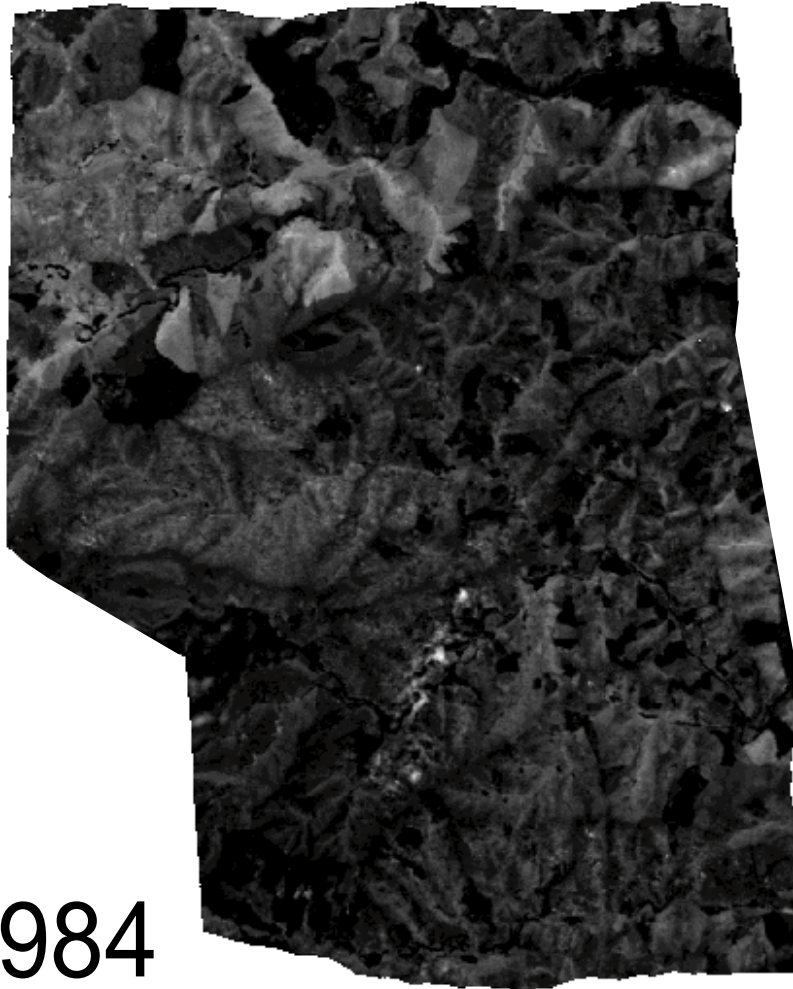


2 km





各年度のDCM作成結果

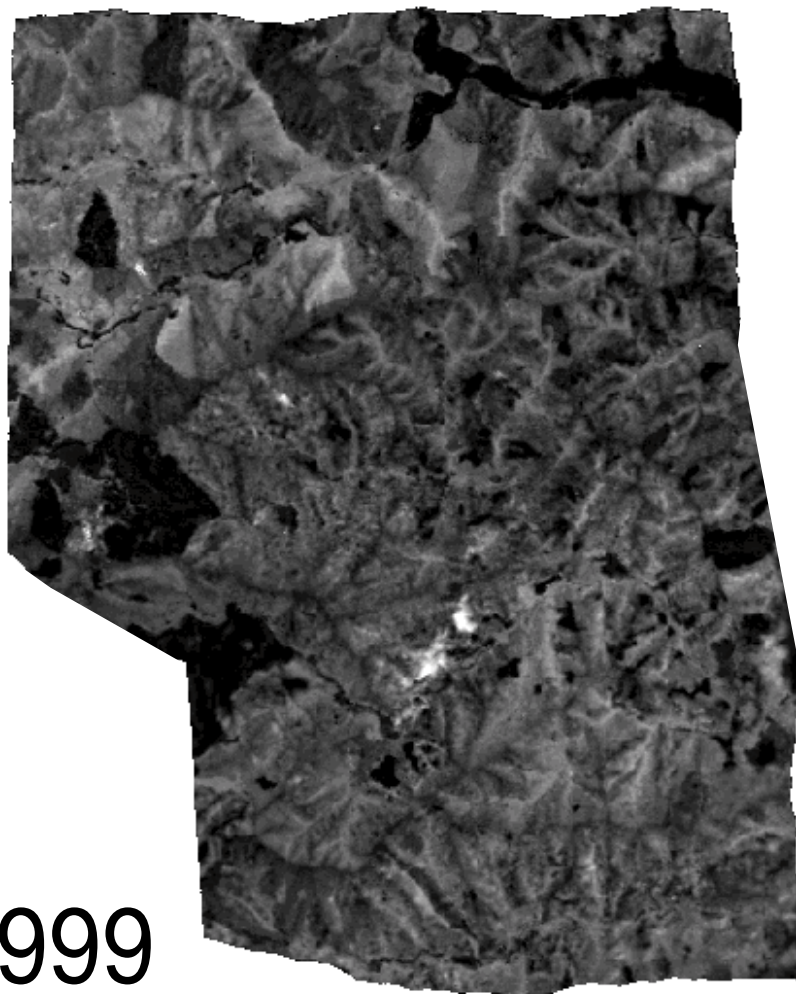


2 km

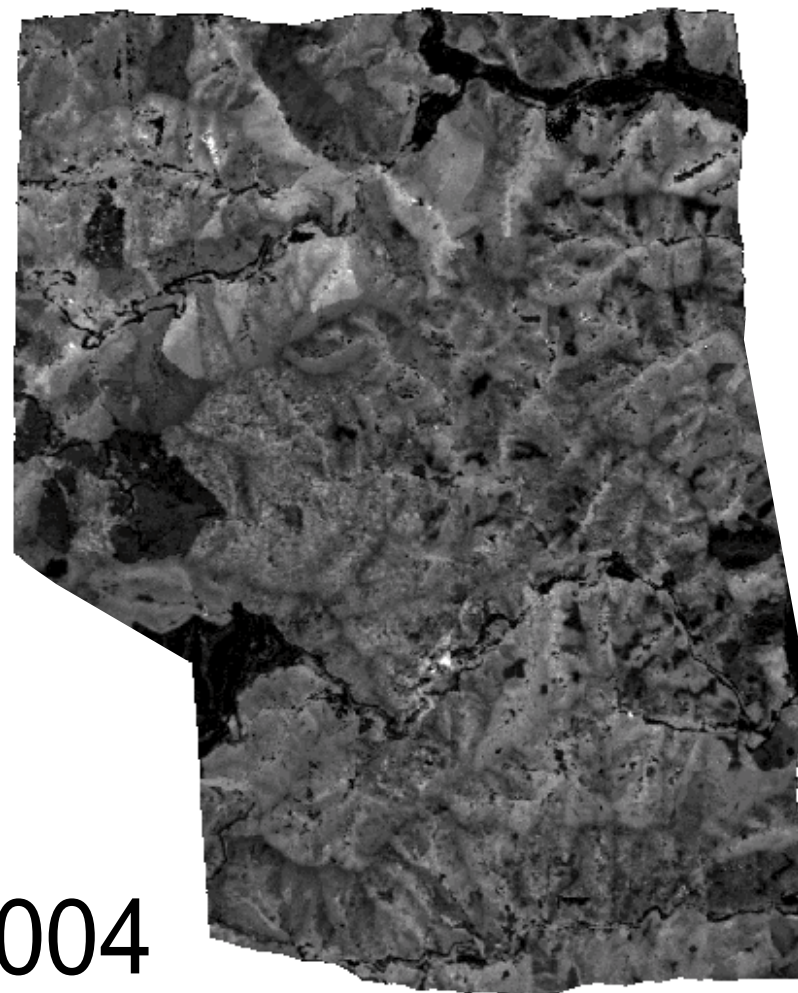




各年度のDCM作成結果



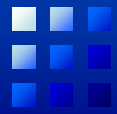
1999



2004

2 km





DCMの一覧



1964



1969



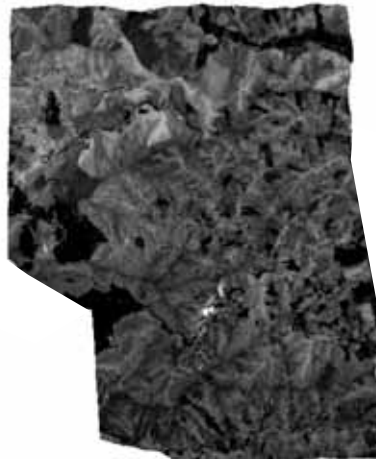
1974



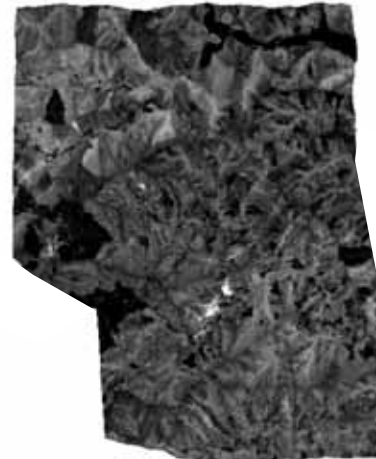
1979



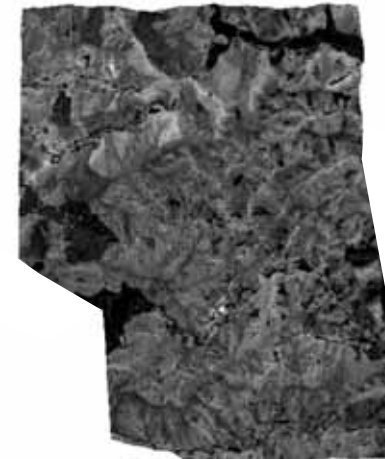
1984



1994



1999

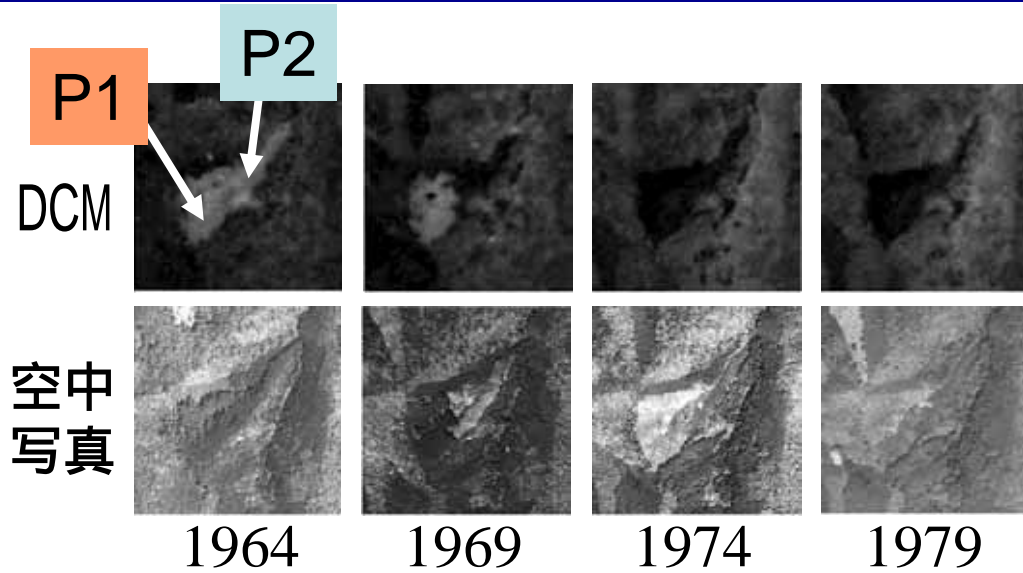


2004

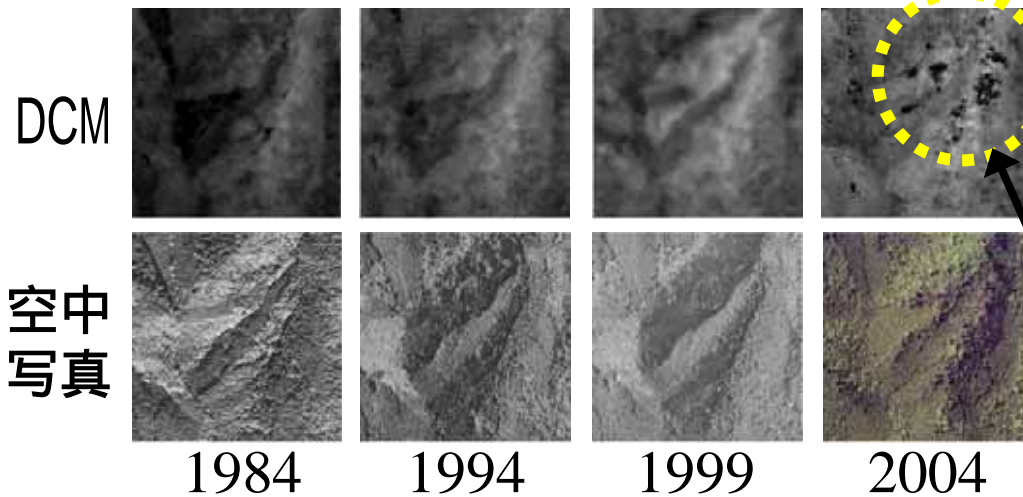




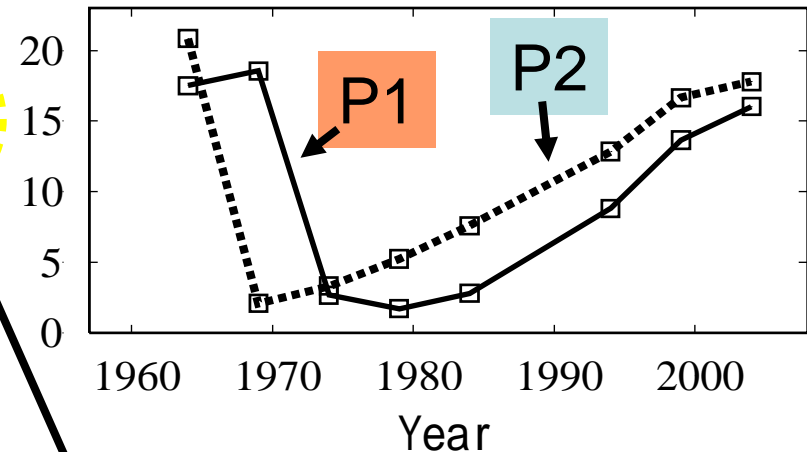
伐採と成長段階のDCMの変化



- 64～69年に林分の半分が伐採 (P2), 74年までにさらに半分が伐採 (P1)
- 79年までに植林されて, 皆伐されずに成長
- 伐採によるDCMの低下, 樹高成長を確認



DCMのプロファイル

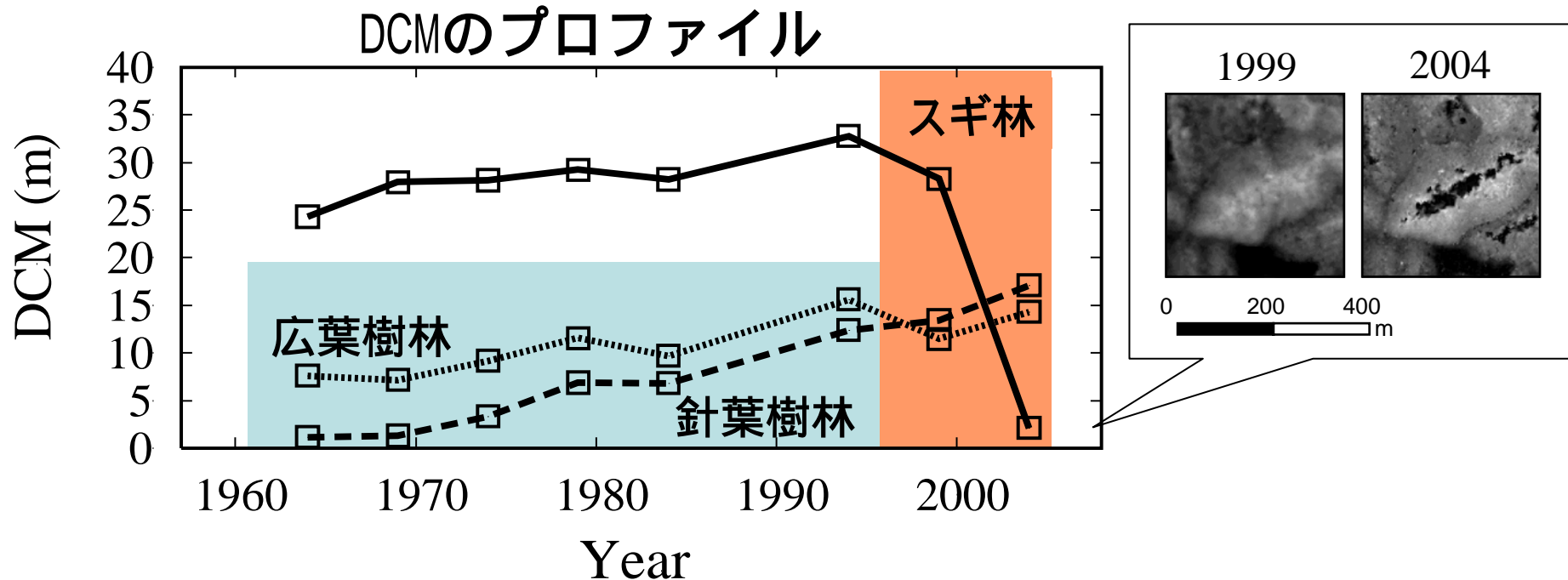


- 冠雪害によるギャップ (倒木域) を確認



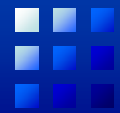


倒木箇所のDCM，林種による成長の違い



- 針葉樹の樹高成長が広葉樹林に追いついた
- 一般的に（林分収穫表）
広葉樹の樹高成長：緩やか
針葉樹の樹高成長：早い
 - 林種による樹高成長の違いが表現された可能性

- 比較的高齢な林分で，冠雪害により倒木
 - 高齢林であることから，樹高成長は緩やかだった
 - 冠雪害による倒木により，DCMは0m付近となった



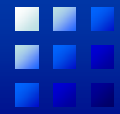
DCMのエラーについて

- LiDAR DCMと空中写真DCMのRMSEが3.16m
 - 樹高成長が早いスギの若齢林でも，10年で最大で5m程度の成長（岐阜県林分収穫表より）
 - 伐採や倒木では無いのに，DCMが減少してしまう場合があり得る
- エラーの要因
 - 空中三角測量におけるエラー 系統的
 - マッチング時のエラー 局所的
- 多時期に渡ってDCMを作成し，変化の傾向から判断することが望ましい



まとめ

- 1960年代から撮影されている空中写真を用いて，市販のデジタル写真測量ソフトから，DSMおよびDCMを時系列に作成
- DCMの値の変化から，施業，成長，倒木(攪乱)が把握できることを確認
- 既存の空中写真から，森林の成長過程の把握や，過去から現在までのバイオマス量および変動量の把握に発展できる可能性がある
- 今後の課題
 - エラー軽減手法の検討
 - 施業，成長，倒木等の変化の(半)自動検出手法の開発



ありがとうございました。



tagchan@iis.u-tokyo.ac.jp



<http://www.tagchan.net/>