

# 天然林樹冠部ロボットカメラの長期連続運用

藤原章雄\*

## Long-term Continual Use of the Natural Forest Crown Robot Camera

Akio FUJIWARA\*

### I. はじめに

長い時間をかけて変化する森林環境を客観的に長期記録し、多目的な森林情報基盤として提供するための、既存の記録方法として、樹木の胸高直径の毎木調査、気象観測、樹木位置図、など様々な方法が用いられてきた<sup>5)</sup>。それらは、実際の調査を実行できる可能性、データの客観性、およびデータ処理技術の水準を考慮して、森林の持つ複雑な情報のうち利用可能なものを記録し利用している。一方、ビデオ記録による森林環境の記録は、現地での直接目視では困難な観察（連日観察、動物の観察、危険な場所の観察など）において目視観察に替わる手法として利用されたり<sup>2), 7), 8)</sup>、現地でしか得ることが難しい感性情報（映像、音、空間知覚<sup>9)</sup>）を記録できることから、ハンディカメラなどによって他の方法による記録の補助的な情報として記録が行われてきた。しかし、蓄積したビデオ記録を、他の情報と関連を持たせながら検索し提示する作業は、ビデオテープ媒体では困難であり、森林環境の長期記録を多目的な森林情報基盤として提供するための記録方法として、ビデオ記録は、多くの情報を残せるという利点が大いにもかかわらず、今までは利用するのが困難であった。ところが近年、マルチメディア情報処理技術の発達によりパソコンでビデオ記録（映像、音）を蓄積、表示、転送などを行うことが可能となり、データの処理技術水準の面で状況が変化している。

こうした状況の下、森林環境を長期記録し多目的な森林情報基盤として、ビデオ記録を提供することができると考え、著者らは、森林のビデオ記録をシステム化する森林映像記録ロボットカメラを開発した<sup>3), 4)</sup>。森林映像記録ロボットカメラは、発電機によって電源の無い場所で稼働可能であり、無人で自動的に毎日、複数のカメラ方向とズーム率でビデオ記録を行うことが特徴である。電源の無い場所で稼働可能であることは、森林を対象とするシステムでは設置場所を自由に選べるという重要な利点である。同様のシステムとして、環境省が整備しデータ公開している全国の自然公園に設置した定点カメラシステムがあるが、これは電源のある場所での手動による静止画記録である<sup>6)</sup>。電源のない場所での自動ビデオ記録では、静岡大学上阿多古演習林のシステム<sup>1)</sup>がある。しかしながら、森林環境を長期記録するシステムとしての実用性を確認するための、長期運用試験を行った例は未だ報告されていない。

そこで本研究では、著者らの開発した森林映像記録ロボットカメラの1つである天然林樹冠部

\* 東京大学大学院農学生命科学研究科附属科学の森教育研究センター秩父演習林

\* University Forest in Chichibu, University Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.

ロボットカメラについて、長期連続運用試験を行い、その6年間の試験結果から欠測の発生状況を分析することで長期連続運用を実現するための問題点を明らかにし、解決策について検討し、本システムの長期連続運用のための技術開発を行うことを目的とした。

## II. 天然林樹冠部ロボットカメラ

### 1. 設置場所

天然林樹冠部ロボットカメラ（本論文ではロボットカメラと略す）は東京大学秩父演習林28林班ろ1小班の天然林内に設置した（北緯35°56′ 東経138°48′，標高1220m，南西向斜面，2001年の平均気温は8.4℃，最寒月（1月）の平均気温は-3.9℃，最暖月（7月）の平均気温は21.2℃）（図-1）。設置場所は演習林の林道沿いで、電力会社の電源供給，および携帯電話以外の

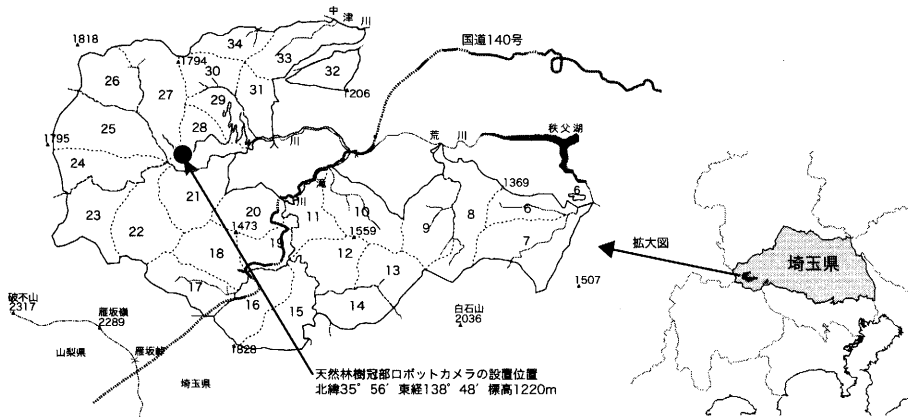


図-1 天然林樹冠部ロボットカメラの設置位置

Fig. 1. Location of the natural forest crown robot camera.

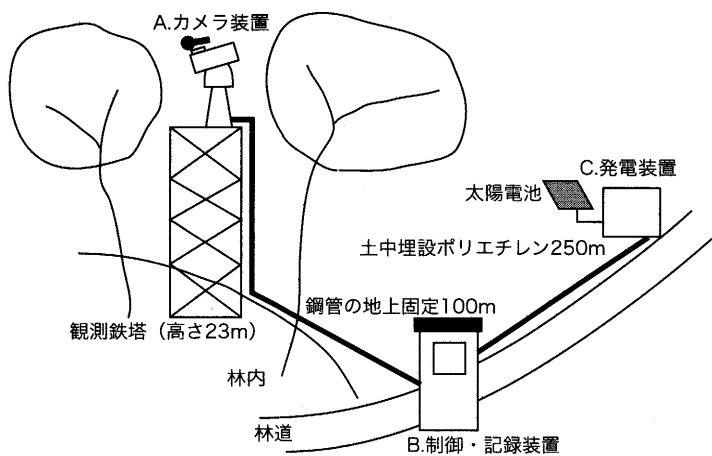


図-2 天然林樹冠部ロボットカメラの配置図

Fig. 2. Arrangement of the natural forest crown robot camera.

電話線などの通信設備はない。

## 2. システム構成

ロボットカメラのシステム構成は、A. カメラ装置、B. 制御・記録装置、C. 発電装置から成る

表-1 ロボットカメラシステムを構成する装置詳細  
Table 1. The device details which form the robot camera system.

装置名	型番	機能
<b>(A) カメラ装置</b>		
マイク	SONY, F-115 防滴ダイナミックマイク (電源不要)	2本のマイクでステレオ収録する
CCD カメラ	"池上通信機(株), ICD-700AC 1/2 インチ CCD, 33 万画素	業務用監視カメラシステム用カラー CCD カメラ
電動ズームレンズ	Canon, PH10X8REA-IA-II w/pot ズーム, フォーカス位置検出ポテンシ ョメーター	プリセット制御器からズーム, フォーカスを制御
カメラハウジング	池上通信機(株), TY-522DWP ヒータ, デフロスタ, ワイパー	カメラを収納する屋外用ケース
旋回台	池上通信機(株), SU-61-P 位置検出ポテンシメーター	プリセット制御器からカメラ方向を 制御
<b>(B) 制御・記録装置</b>		
マイクアンプ	YAMAHA, MLA7	マイク信号を VTR へ入力するための アンプ
ビデオタイマ	池上通信機(株), TD-85B	ビデオ画面に日付けと時刻を合成す る
モニタ	SONY, KV-10PR1	VTR への入力をモニタする家庭用テ レビ
VTR (ビデオテーブ レコーダー)	SONY, DSR-11 DVCAM フォーマット	VTR コントロールインターフェース にて録画, 停止等を制御
プリセット制御器	池上通信機(株), PC-400	旋回台の向きとズームレンズのズー ム, フォーカス位置を 40 セット記憶 して, 記憶位置へ制御
VTR コントロール インターフェース	SONY, VBoxII CI-1100	パソコンと VTR を接続する制御用イ ンターフェース
サージフィルタ付き 電源タップ	サンワサプライ, TAP-3601NF	屋外配線の電源線からの雷由来の サージ電流を防ぐ
インテリジェント 電源タップ	Sophisticated Circuits, Inc., PowerKeyPro200	パソコンから電源タップの口毎に ON/OFF を制御
パソコン	Apple, Macintosh IIci	機器へ制御信号を送り, スケジュー ルどおりに機器を制御し, 自動録画 する
<b>(C) 発電装置</b>		
発電機	HONDA, EX-3000 改 2.7 VA 50 Hz, 242 cc, 連続運転 7.6 Hr	ガソリンエンジン発電機セルモー ター付き
発電ロボ	優光社, HU-CII-T 改	タイマーによって自動的に発電機の セルモーターを回し, 発電機を起動 する装置
バッテリー	Panasonic, 85D26	発電機のガソリンエンジン用バッテ リー. セルを回す電力にも使用
太陽電池	Campbell Sci., Inc., MSX20R 12 V, 20 W	ガソリンエンジンが発電していない 間, バッテリーを充電

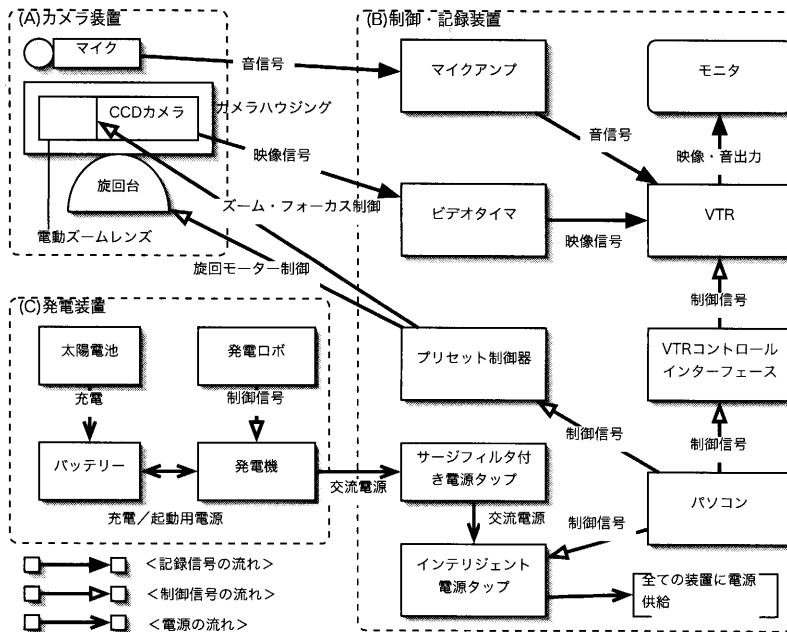


図-3 ロボットカメラシステム構成図  
Fig. 3. The Robot system configuration figure.

(図-2)。図-2に示すように、カメラ装置(A)は天然林の樹冠部を至近距離から撮影するため既設の23mの高さの観測鉄塔上部に設置した。また、制御・記録装置(B)は、林内に大きな装置を設置できないことと機器のメンテナンス時の利便性から林道脇に小屋を設置して収納した。さらに、発電装置(C)は稼働時には騒音を発し、カメラ装置に設置したマイクに音が入ってしまうことを防ぐためカメラ装置から300m程度離れた林道脇に設置した。以上のように、A.カメラ装置、B.制御・記録装置、C.発電装置をそれぞれ離して設置する必要が生じたため、お互いの間に電線を敷設した。林内では地上に固定した鋼管パイプ内に電線を通し、林道沿いでは波付硬質ポリエチレン管を土中埋設し管内に電線を通した。

図-2中のそれぞれの装置の詳細を表-1に示す。機器のみの価格は総額約400万円であるが、運用試験の過程で修理や交換費用、消耗品費用が別に必要であった。

システム構成を<記録信号の流れ><制御信号の流れ><電源の流れ>に分けて説明する(図-3)。

<記録信号の流れ>マイク、CCDカメラからの音・映像信号にビデオタイマで日付け時刻を合成してVTRへ記録する。

<制御信号の流れ>VTRの録画停止などの動作を、著者開発によるプログラムによってパソコンから自動制御する。カメラの向きと撮影画角、フォーカスは、プリセット制御器に40個の設定が保存される。パソコンからプリセット制御器に信号を送るとプリセット制御器が旋回台、ズームレンズを制御し、カメラ向きと画角とフォーカスが設定の位置へと移動する。インテリジェント電源タップはパソコンから制御し、各機器のON/OFFを行う。

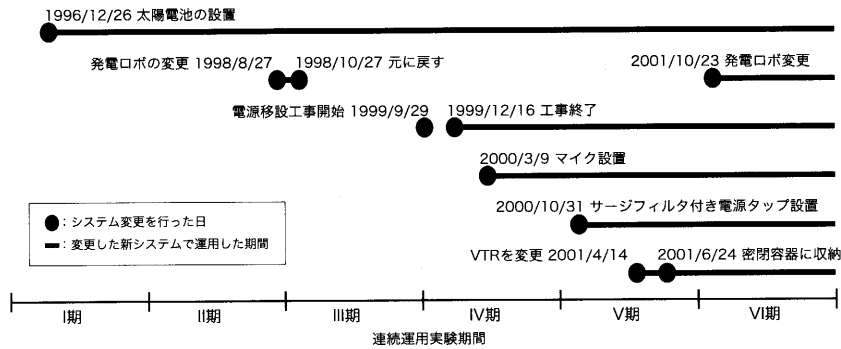


図-4 システム変更の履歴

Fig. 4. Log of system modification.

<電源の流れ> 発電機は発電ロボのタイマーによって任意の時間に毎日自動起動する。セルモータを回す電源をバッテリーから供給し、バッテリーは太陽電池によって充電する。電源線を屋外に敷設したので、雷由来のサージ電流を防ぐためにサージフィルタ付き電源タップを通して機器に電源を供給する。

### 3. システムの機器構成変更

連続運用試験開始（1996年9月19日）時点のシステムの機器構成から何回かのシステム変更を経て、図-2、図-3、表-1で示した最終的なシステム構成となった。連続運用試験期間中のシステムの機器構成変更の内容と時期を図-4に示す。それぞれの変更内容については、結果と考察で触れるのでここでは詳しく述べない。

### 4. システム設定

発電ロボのタイマー設定は毎日11:30起動、12:05停止とした（週間クオートタイマー発電ロボへの変更前は11:30起動、12:00停止）。稼働時間は、太陽高度の低い時間帯ではカメラ方向によっては、逆光になってしまうため正午近くを選んだ。1日35分の発電で、ロボットカメラの消費ガソリンは約200l/年であった。

ロボットカメラは起動すると、カメラをあらかじめ設定した向きと画角へ移動して停止し、15秒間ビデオテープに音と映像を記録する。記録が終わると、次のカメラ向きと画角へと移動し、停止後再び15秒間ビデオテープ記録を行う。同様にして、40個のあらかじめ設定したカメラ向きと画角を巡回してビデオテープに記録するように設定した（図-5）。それぞれのカメラ向きと画角で記録した15秒の記録をショット (shot) と呼ぶが、ロボットカメラは、1日に40ショット10分間の記録を行い、1年間では184分のDVCAMビデオテープ（販売されている最大の記録長）を使用して、約20本分の記録を行ったことになる。運用中は至近距離を撮影する設定のショットでは、年々の樹木の成長により撮影される対象が大きく動いていくので、適宜ショットの設定（向き、画角、フォーカス）を新しい対象にかえたり、フォーカスを調整するなどの調整の必要があった。離れた場所を撮影するショットでは運用試験期間を通して固定したショットで撮影した。

運用試験中はビデオテープの交換とガソリンの補給を定期的に行う必要があったが、基本的に著者1人で十分実行可能であったので、機器の調整や故障対応などを除いてメンテナンスに必要

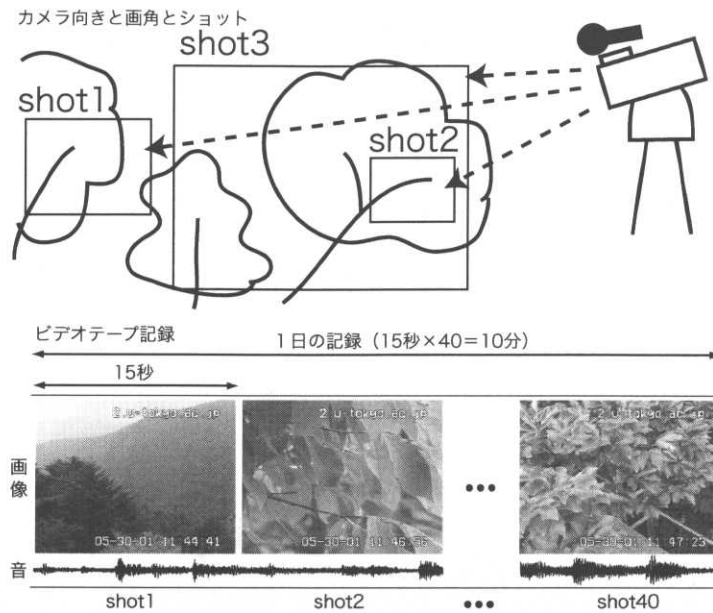


図-5 ショットとビデオテープ記録内容の図解

Fig. 5. Diagram of shot and contents of videotape record.

だった人工数は約 20 人日/年であった。

### III. 結果と考察

ロボットカメラが正常に稼働し 1 日に撮影する 40 ショット全部がビデオテープに記録できていた日を「稼働日」、何らかの原因でロボットカメラが正常に稼働せず、40 ショットのうち一部または全部のショットが記録できなかったなど完全には記録できなかったことを「欠測」と呼び、欠測の起こった日を「欠測日」とした (表-2)。ロボットカメラの連続運用試験期間 (1996 年 9 月 19 日～2002 年 9 月 18 日) を 1 年ごとに 6 つに区切りそれぞれを I 期から VI 期とし、連続

表-2 稼働日、欠測日の定義

Table 2. The definition of the days in which the system worked and measurement failure arose.

記録状況	備考	稼働日
稼働日	40 ショット全て記録された	
欠測日	一部ショットが記録されなかった	VTR の故障や発電機不調などの理由により記録途中で映像が著しく乱れた、もしくは途中で記録が終了した日
	映像が記録されなかった、もしくは音が記録されなかった	音記録開始 (2000 年 3 月 10 日) 以降で VTR の故障などにより一部の音もしくは映像が記録されていない日
	40 ショット全て記録されなかった	発電機が起動しない、VTR が動作しない、システムを停止しているなどの理由によって記録されていない日

表-3 稼働日数と欠測日数および稼働率 (=稼働日数/(稼働日数+欠測日数))

Table 3. The operation rate based on the number of days in which the system worked and measurement failure arose.

連続運用試験期間		稼働日数 (日)	欠測日数 (日)	稼働率 (%)
I 期	(1996年9月19日~1997年9月18日: 365日)	262	103	72
II 期	(1997年9月19日~1998年9月18日: 365日)	300	65	82
III 期	(1998年9月19日~1999年9月18日: 365日)	281	84	77
IV 期	(1999年9月19日~2000年9月18日: 366日)	243	123	66
V 期	(2000年9月19日~2001年9月18日: 365日)	263	102	72
VI 期	(2001年9月19日~2002年9月18日: 365日)	354	11	97
計	(2191日)	1703	488	78

表-4 欠測原因の分類

Table 4. Categories of measurement failure causes.

分類	摘要	欠測原因項目
1. システム不備	実際に運用して初めて明らかになったロボットカメラシステムの不備による欠測	1-1. 起動バッテリー充電不足 (太陽電池未設置) 1-2. 雪による充電不良 (太陽電池に積雪) 1-3. VTR の結露
2. 人為的ミス	システム操作時の誤りや作業の遅れによる欠測	2-1. ビデオテープ交換遅れ 2-2. ビデオテープ紛失 2-3. コンセント挿し忘れ 2-4. スイッチ入れ忘れ 2-5. プリセット制御器ケーブル挿し忘れ
3. 故障	不測の機器故障による欠測	3-1. VTR 故障 3-2. パソコン故障 3-3. インテリジェント電源タップ故障 3-4. プリセット制御器故障 3-5. VTR コントロールインターフェース故障
4. システム変更	システムの変更の際, システム停止から通常の稼働状態になるまでの期間, 発生した欠測	4-1. 発電ロボの更新 4-2. 発電機の移設 4-3. プリセット変更
5. 不明	ビデオテープ記録に欠測が生じていたが, 機器の異常などの原因が分からなかったもの	5-1. 不明

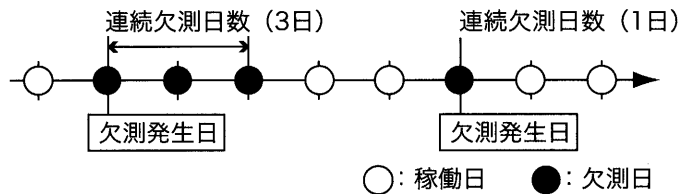


図-6 欠測発生日と連続欠測日数

Fig. 6. The date of measurement failure happened and number of continual days measurement failure occurred.





表-5 つづき  
Table 5. Continued

欠測発生日	欠測原因項目														期毎小計			
	1. システム不備			2. 人為的ミス					3. 故障					4. システム変更		5. 不明		
	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	4-1		4-2	4-3	5-1
2001/7/23 2001/9/8													11					102
VI期 2001/10/2 2001/12/11 2002/1/21 2002/2/6 2002/4/9				3	2	4	1									1		11
欠測日数合計			81					95					188			108	16	488

■は、連続した欠測が2つの期に分かれていることを示す

運用試験で得られたビデオテープ記録を再生確認することで、各期ごとの稼働日数、欠測日数を集計し、稼働率（＝稼働日数/（稼働日数+欠測日数））を得た（表-3）。稼働率の推移を見ると、I期からII期にかけ改善し82%の稼働率となったが、その後III期からV期ではいったん稼働率は低下し、IV期では66%まで落ち込んだ。そして、VI期に大きな改善が見られ97%の稼働率を達成した。

稼働率の変化の原因を探るため欠測が起こった原因を、連続運用試験の作業記録を調べて特定した。欠測原因はさらに内容によって表-4のとおり5つに分類した。連続した欠測が発生した最初の日を欠測発生日、欠測発生日から最初の稼働日の前日までの日数を連続欠測日数とし（図-6）、発生した欠測毎に欠測発生日、連続欠測日数を原因別に示した（表-5）。その結果、欠測原因の分類毎に欠測発生の傾向が異なっていることがわかった。そこで次に欠測原因の分類ごとにさらに詳細な特徴について分析した。

1. システム不備

「システム不備」に分類された欠測原因は「太陽電池未設置」「積雪」「結露」であった。欠測の発生状況と対策の詳細を表-6に示す。これらの欠測原因は、事前には想定していなかった事であったために即座には欠測原因が分からずに対策ができないまま繰り返し欠測が発生した（表-5）。

(1) 太陽電池未設置と積雪

発電機の管理は、1日のうち何時に何分間発電機が起動するか、発電機にかかる負荷はどの程度か、それに伴ってバッテリーへの充電はどの程度になるか、太陽電池の設置場所や気候によって変わる充電量、また気温によるバッテリーの能力の変化など数多くの要因に影響されることから、運用試験で実際に試しながら管理方法を決定して行く過程が必要であった。運用試験の結果、初期段階（I期）の欠測（表-6中a.）に対応して太陽電池の設置を行い、その後II, III, IV期と発電機に関する問題は発生しなかったが（表-5）、V期での積雪による欠測発生（表-6中b.）によって積雪時の太陽電池の除雪に注意することが必要であることが明らかになった。そこで、発電機の管理に関して以下の作業を行うこととした。

表-6 「システム不備」に分類される欠測に関する詳細

Table 6. Details of measurement failure which is sorted "defects of the robot camera system".

欠測原因	欠測発生前の状況	欠測の発生状況	行った対策と結果
1-1. 太陽電池未設置	a. 1996年9月19日のシステム運用試験開始時点では、発電機の給電時間中(30分間)に行われるバッテリーへの充電で翌日にセルモーターを回すための起電力が十分得られと考え、太陽電池など他の充電手段は未設置。	1996年11月8日から断続的に3回に渡り計46日の欠測が発生。バッテリーの電圧不足により発電機が起動しなかったことによる。	1996年12月26日太陽電池を新設し発電機給電時以外もバッテリーの充電を行うようシステムを改良。その後2001年の積雪時まではバッテリーの電圧不足は発生しなかった。
1-2. 積雪	b. 太陽電池は発電機近くの法面に設置。積雪時も特に除雪は行っていないかった。	2001年1月4日から断続的に6回、計9日の欠測が発生。ビデオテープ記録から積雪の多かった日か、その翌日に記録が乱れる、もしくは記録がないという傾向があることが分かった。積雪で太陽電池が覆われて充電が十分に行われなかったのではないかと推測した。	太陽電池の設置位置を雪の積もりにくい位置(法面の上方)へ移動する対策をとり、降雪時はすぐに除雪を行うようにすることで、2002年の積雪時には同様の欠測は生じなかった。
1-3. 結露	c. 2001年4月14日にVTRを画質改善のためCVD-1000(Sony, Hi8方式)からDSR-11(Sony, DVCAM方式)へ変更。	2001年5月3日より断続的に欠測が発生した。結露によってVTRの自己防護機能が働き作動できない状態になっていたことが原因であった。	VTRを密閉容器(ラストロタッパー(商品名))に、ゲル状になる塩化カルシウム除湿剤を入れて収納する改良を行った。その後結露によるVTRの停止は起こっていない。なお、除湿剤は状態を見て交換する必要がある。

・不測のバッテリー電圧不足を未然に防ぐため、ビデオテープ交換時に毎回バッテリー電圧を測定し、電圧の降下(12V以下)が見られたら充電済みのバッテリーと交換する。

・発電機の状態を良好に保つため、通常のカソリンエンジンの定期点検と同様のメンテナンス作業(発電機本体の清掃、点火プラグの清掃、オイルのチェック)をビデオテープ交換時に毎回行い、エンジンオイルを年2回交換する。

・雪が降った時は、できるだけ早く現地を確認し、太陽電池廻りをこまめに除雪する。

2001年の積雪はシステムの運用試験期間中最大の積雪深(秩父市の最深積雪の記録は1997年13cm, 1998年48cm, 1999年4cm, 2000年3cm, 2001年53cm, 2002年33cm)を記録しており、対策後の2002年の積雪時には問題が起きなかったが、将来2001年と同様の積雪があれば、除雪が追い付かず再び欠測が発生する可能性はあると考えられる。

## (2) 結露

V期になって初めてVTRの結露による欠測が発生したが(表-5)、これはVTRを異なる機種に変更したために発生した問題であった(表-6中c.)。機種によって現場の気候条件や使用条件

下で使用可能かどうか異なるので、機器を初めて現場に持って行ったときは現場の条件に適合するかどうかを確かめる期間が必要であった。つまり、2001年4月14日の機器交換は現行機器の故障にともなう交換であったので実行できなかったが、新規機器を導入する際は、現行機器と新規機器とを2重化して1年間（気候条件の1サイクル）運用することでこの種の欠測は避けることができると考えられる。

これら「システム不備」による欠測については、原因を明らかにし、対応を行った後は、同じ原因による欠測の再発は起こっていない。稀に起こる特別な気象現象などによる問題が新規に発生する可能性は残されているが、この連続運用試験によって、実用上のシステムの不備は顕在化されて対策が完了したと考えられる。

## 2. 人為的ミス

人為的ミスによる欠測の発生傾向を見ると、ビデオテープ交換遅れ以外の原因によるIII期までに発生が集中している初期グループと、2001年9月8日から連続して発生しているビデオテープ交換遅れのグループの大きく分けて2つのグループに分かれていることが分かる（表-5）。

表-7 ビデオテープの交換手順  
Table 7. Exchange procedure of videotape.

手順詳細	備考	
手順A (1999年8月4日以前)	交換時にはシステム全体を起動せずに、VTRの電源のみを発電機給電のコンセントから交換時に乗ってきた自動車から給電するコンセントに切り替えてVTRのみ電源を入れて、ビデオテープの取り出し交換作業を行う。	給電もとの切り替えは、コンセントの抜き差しによる方法から途中で切り替えスイッチによる方法へと修正したが、どちらの場合でも切り替え忘れのミスが生じた。
手順B (1999年8月5日以降)	発電機を手動で起動し、システム全体に給電し、自動的に起動させ、自動撮影を開始させる。その後パソコンを操作して自動撮影を中断し、電源が入ったままのVTRからビデオテープを交換する。	発電機起動からシステムの起動、VTRへの録画まで、システムが正常に稼働することを、ビデオテープ交換作業の際、現場で目視によって確認できるという利点がある。

表-8 ビデオテープ交換遅れによる欠測の詳細  
Table 8. Details of the measurement failure due to videotape exchange being behind schedule.

欠測原因	欠測発生の状況	ビデオテープ交換スケジュール
2-1. ビデオテープ交換遅れ	著者の突発的な都合で交換に行けなくなるなどにより、ビデオテープ交換の遅れが3回発生した（1997年7月24日、11月10日、2000年3月2日発生）。ビデオテープ交換の手順は著者しか理解しておらず、交換を依頼できる人は準備していなかった。ビデオテープの残量を間違える単純ミスと、積雪で現地に到達できなかったことによって、2001年9月8日から繰り返し5回に渡ってテープ交換遅れによる欠測が計17日生じた。	著者は、東京都文京区に住んでおり、ビデオテープの交換は秩父へ電車で移動して行う必要があったため、交換のスケジュールは前もって決めていた。  著者は、秩父市内勤務となり、比較的自由に現地へ行けるようになった。そこで、交換スケジュールは特に定めず、現地に行った時に随時交換を行った。

### (1) I期からIV期

初期グループの欠測は主にビデオテープ交換の手順を誤ったことによる欠測であった。ビデオテープの交換手順の詳細を表-7に示す。1998年7月5日ビデオテープ交換作業の際の不注意でコンセントの挿し忘れが発生し欠測が生じた。そこで、挿し替えしないでいように切り替えスイッチを設置したが、今度はビデオテープ交換後スイッチを切り替えるのを忘れてしまった(1999年2月26日, 7月24日発生)。対策として、通常のビデオテープ交換の際の手順をシステムの配線を変更しない手順Bに変更した(表-7)。新しい手順Bに変更してからは同様の原因による欠測は生じていない。

### (2) V期からVI期

テープ交換遅れによる欠測の詳細を表-8に示す。表-8から、交換スケジュールを定めないことによる単純ミスと、ビデオテープのコストを考慮して残量ぎりぎりまで記録しようとするのが、主たる欠測発生の原因であると考え、ビデオテープに記録できる最大日数の18日周期ではなく、回収スケジュールを決めやすい2週間(14日)を回収周期として数カ月先まで回収スケジュールを前もって定めておくことにした。

人為的ミスを防ぐためには、正確に交換作業を行えるように手順を簡素化し、スケジュールを前もって決定しておき、確実に交換作業を行うことが重要である。この対策の結果2002年2月6日以降、人為的ミスによる欠測は発生しなかった。

## 3. 故障

機器の故障は連続運用試験期間を通して様々な機器についてばらばらに発生しておりとくに傾向は見られず、偶発的なものであると考えられた(表-5)。雷や不安定な電源によって機器へのダメージを与える場合があると考え、2000年10月31日に落雷によるサージ電流を防ぐための市販のサージフィルタ電源タップを導入し、さらに2001年10月23日に発電機の安定運用のための回路の見直しを行った結果、最終的に安定した電源が供給できるようになった(図-4)。この対策以降、連続運用試験期間中、機器の故障は発生しなかったが、故障の原因が全て電源からのダメージであったかどうかは明らかではない。故障の発生が偶発的なものであり、今後も避けられないと考え、故障に関しての対応は、早期の故障の発見、故障箇所の切り分け作業と故障箇所の確定そして、迅速な故障機器の交換もしくは修理による対応が重要となる。連続運用試験期間中に発生した故障それぞれについて、故障の発見、故障箇所の切り分け作業と故障箇所の確定そして対応がどのように行われたか表-9に詳細にまとめた。

### (1) 異常の発見

ビデオテープの交換手順がVTRのみ電源を入れる手順(手順A:表-7)であった時の欠測c.(表-9)に比べて、システム全体を起動させた上でビデオテープの交換を行う手順(手順B:表-7)に変更した後の欠測e.f.(表-9)では、欠測発生から発見までの日数が大幅に短縮された。欠測a.b.d.(表-9)に関しては現地でのシステム交換時には異常がわからない故障であったため、手順の変更に関わらず回収したビデオテープ記録の確認によって異常が発見された。つまり、ビデオテープ交換手順の変更によって異常の発見を早めることができたが、現地での異常発見ができない種類の故障に関しては、異常の発見を早めるためには、回収したビデオテープ記録の確認をできる限り早く行うことが必要である。

表-9 「故障」に分類される欠測に関する詳細  
Table 9. Details of measurement failure which is sorted "breakdown".

欠測原因	欠測の発生状況	故障の発見	故障箇所の切り分けと対応
3-1. VTR 故障	<p>a. 1997年2月9日から、4回に渡り計33日の欠測が生じた。ビデオ交換時は正常だったが、自動録画の際VTRが全く動作しない日があったため。</p> <p>b. 2001年3月7日より稼働日を2日挟んで計36日の欠測が生じた。ビデオテープは走行し、音は正常に記録されるが、映像記録が著しく乱れる、もしくは全く映像が記録されない不具合が生じたことによる。</p>	<p>欠測のあった期間中2回のテープ交換があったが、VTRのみ電源を入れる交換手順であり、その時VTRは正常動作したので異常に気付かず。回収したビデオテープ記録の確認により異常を発見。(欠測発生から発見まで51日要した)</p> <p>ビデオテープ交換時はシステムに異常が見られないことから、欠測のあった期間中1回のテープ交換があったが異常に気付かず。回収したビデオテープ記録を確認して異常を発見。(欠測発生から発見まで38日要した)</p>	<p>現場での動作チェックでは全ての機器が正常に動作することを確認したので、とりあえずVTRを同型のVTRと交換した。以降は問題なく動作したので、VTRの故障であったと確定した。(発見から交換まで0日要した)</p> <p>モニターでは映像、音ともに確認することができたので、VTRの故障であると確定した。画質向上のため購入し交換を予定していたVTR (Sony DSR-11)へ急ぎ変更した。(発見から交換まで0日要した)</p>
3-2. パソコン故障	<p>c. 1998年4月15日から欠測が24日生じた。パソコンのハードディスク上にあったコントロールプログラムのファイルが破損したことによる。</p>	<p>欠測のあった期間中1回のテープ交換があったが、VTRのみ電源を入れる交換手順であったため、異常に気付かず。2回めのビデオテープ交換時に回収したビデオテープがまったく走行していなかったことにより異常を発見。(欠測発生から発見まで20日要した)</p>	<p>現場での動作チェックで、コントロールプログラムが起動しないことが分かり、ファイルが壊れていることを確認。今後ハードディスクの問題が発生しても簡単に交換できるようにするために、外付けハードディスクを増設し、そちらへOS、コントロールプログラムとも移動した。(発見から交換まで4日要した)</p>
3-3. インテリジェント電源タップ故障	<p>d. 2000年6月23日より欠測が稼働日を1日挟んで26日生じた。インテリジェント電源タップによりパソコンを起動する機能が故障により動作しなくなり、システムが稼働しなかったため。</p>	<p>ビデオテープ交換時にシステム全てを起動させる手順に変更しており、欠測のあった期間中1回のテープ交換があったが、その時はパソコンが起動したことから異常に気付かず。2回目のビデオテープ交換時に回収したビデオテープがほとんど走行していなかったことにより異常を発見。(欠測発生から発見まで27日要した)</p>	<p>現場での動作チェックで、パソコンが起動しないことが分かり、パソコンの電源を発電機の給電コンセントから直接取ると起動することから、インテリジェント電源タップの故障であると確定した。所有していた同型機器と交換した。(発見から交換まで0日要した)</p>

## (2) 故障箇所の切り分け

ほぼすべての場合において、現地で動作テストを行うことですぐに故障箇所を確定することが

表-9 つづき  
Table 9. Continued

欠測原因	欠測の発生状況	故障の発見	故障箇所の切り分けと対応
3-4. プリセット制御器故障	e. 2000年8月5日より欠測が58日生じた。プリセット制御器が故障により電源が入らなくなったため。	ビデオテープ交換時にプリセット制御器の電源が入らないことが分かり、異常を発見。(欠測発生から発見まで17日要した)	プリセット制御器への電源をON/OFFするインテリジェント電源タップか、ON/OFFの制御信号を送るパソコンのポートが故障していると考え、現地より持ち帰った。パソコンは故障していなかったのでインテリジェント電源タップを同型のものとの交換し、現地に持って行ったが、プリセット制御器の電源が入らず、ここで初めてプリセット制御器の故障であると確定。同型機器と交換した。(発見から交換まで41日要した)
3-5. VTRコントロールインターフェース故障	f. 2001年7月23日より欠測が11日生じた。VTRコントロールインターフェースが故障し、パソコンからVTRの制御ができなくなったため。	ビデオテープ交換時にVTRのコントロールが働いていないことが分かり、異常を発見。(欠測発生から発見まで6日要した)	現地で正常なVTRコントロールインターフェースと交換してみると正常に稼働したことから、VTRコントロールインターフェースの故障であると確定。同型機器と交換した。(発見から交換まで5日要した)

できた。しかし、欠測 e. (表-9) においてのみ故障箇所の確定に手間どり多くの日数を要したが、これは、現地で故障箇所を確定できないまま、疑いのある機器を持ち帰ったが実際は違う機器が故障しており、日数を費やしてしまったことによる。現地で故障箇所を正しく見極めていれば欠測日数を大幅に短縮できたと考えられる。

### (3) 故障機器の交換

故障機器を即座に交換することに関して、連続運用試験期間中に発生した故障については交換できる機器を保有しており即座に対応できた(表-9)。実際に本試験で故障した機器は、一般消費者向けのパソコンとパソコンの周辺機器であるインテリジェント電源タップとVTRコントロールインターフェースである。一方、業務用の製品であるCCDカメラ、旋回台、プリセット制御器、ビデオタイマ、マイクアンプでは、プリセット制御器を除いて、故障が発生しておらず業務用機器の信頼性が、ロボットカメラシステムの長期の連続運用に貢献しているといえる。また、マイク、パソコン、インテリジェント電源タップ、VTRコントロールインターフェースは、同じ製品の販売やサポートが終了し、交換できる同等の製品もないことから、保有している機器が全て故障してしまう前にシステム構成を見直して、別の機器で構成できるようシステムの再開発が必要となった。

今後も、機器の故障による長期の欠測が発生してしまう可能性を想定した上でシステムの運用をしなくてはならない。連続運用試験で明らかになった故障発生傾向と実際の対応の現状から、故障による欠測日数をなるべく減らすためには、定期的に目視でシステムが稼働していることを確認すること、異常発見時には現地で故障原因を特定するようにすること、システムを

構成する機器は、なるべく業務用機器が選べるものは業務用機器を利用し、業務用機器を利用できない場合には長期に入手が容易だと予想される普及している一般的な機器を選択することが必要である。

#### 4. システム変更

欠測が発生したシステム変更作業は、「発電ロボの更新」「発電機の移設」「プリセットの変更」であった(表-10)。システムの変更作業を行った場合、正常な運用を行えるようになるまで実際に運用を試し、調整する期間が必要になる。そこで欠測を発生しないようにするには、変更後できるだけ早く動作確認を終わらせて、毎日の自動記録を開始するようにしなくてはならない。実際のシステム変更作業による欠測の a. c. (表-10) では変更後の十分な動作確認を行っておらず、欠測が発生した。しかし、欠測 d. (表-10) では翌日に動作確認を行ったことで早期にシステムを正常に修正することができた。システム変更は突発的な作業ではなく計画して行う作業であるので、効率良く作業を行うことと変更後の動作テストを確実にを行うよう計画することが、システム停止期間を短縮するために重要である。

#### 5. 不明

原因不明に分類した欠測は後日ビデオテープを確認した際、記録できていない日を確認するこ

表-10 「システム変更」に分類される欠測に関する詳細  
Table 10. Details of measurement failure which is sorted "changing system".

欠測原因	行ったシステム変更	欠測の発生状況	備考
4-1. 発電ロボの更新	a. 1日1回の起動しか設定できない旧発電ロボから1日8回の起動ができる新発電ロボへ1998年8月27日に変更した。	1998年8月27日から2日の稼働日を挟んで欠測は59日間発生した。取り付けた新発電ロボが現地で正常動作しなかったことによる。ビデオテープの確認で異常に気が付き、旧発電ロボに戻すことで復旧した。	更新後、新発電ロボの手動ボタンによる発電機の起動テストは行ったのだが、タイマーによる自動起動が動作しないことに気付かなかった。
4-2. 発電機の移設	b. 発電機移設は、ビデオカメラにマイクを増設して音の記録も開始する(2000年3月9日)ことに先立って騒音を発生する発電機の設置位置をカメラからの距離約100mの旧位置から、距離約300mでカメラから尾根を隔てた新位置へ移動した。	1999年9月29日から13日と1999年11月11日から35日の期間、工事ともないシステムを停止させ、欠測となった。	林道脇に電源線を約250m埋設する工事は秩父演習林でも経験のない作業であり、工事期間のシステム停止はやむを得なかったものと考えられる。
4-3. プリセットの変更	c. 2002年4月8日に一部ショットの撮影方向(プリセット)を変更する作業を行った。	2002年4月9日の1日のみ欠測となった。プリセット変更の際プログラム中の数値入力を間違えており、ショット39以降が記録できなかった。	翌日の動作チェックでその不具合に気が付き、プログラムを修正したので1日だけの欠測に収めることができた。

表-11 ロボットカメラシステム運用チェックリスト  
Table 11. Check list for robot camera system field work.

チェックする時期	チェック項目
ビデオテープ交換時 (2週間間隔)	<input type="checkbox"/> 起動用バッテリーの電圧チェック（電圧が12Vを下回る場合充電済みバッテリーと交換） <input type="checkbox"/> ガソリンの残量を確認し、通常の消費量であるか確認 <input type="checkbox"/> ガソリンの補給 <input type="checkbox"/> 発電機エンジンのメンテナンス（スパークプラグ掃除、エンジンオイルチェック、清掃） <input type="checkbox"/> 発電機を手動で起動し、ロボットカメラシステムが正常に起動することをモニタなどを見て確認 <input type="checkbox"/> VTRを収納している密閉容器内の除湿剤の状態をチェックし、必要に応じて交換 <input type="checkbox"/> 回収したビデオテープはすぐに再生し、欠測がないか確認
年に2回（4月、10月頃）	<input type="checkbox"/> 発電機エンジンのオイル交換
降雪時（随時）	<input type="checkbox"/> 降雪時、太陽電池上に積もった雪を即座に除雪 <input type="checkbox"/> 起動用バッテリーの電圧チェック（電圧が12Vを下回る場合充電済みバッテリーと交換）
異常を発見したら	<input type="checkbox"/> 持ち帰って故障などの確認をする前に、できる限り現地で異常の原因箇所を確実に確定する
故障などによる機器交換時	<input type="checkbox"/> 変更後自動運転をさせ、確実に動作テストを行う <input type="checkbox"/> 変更の翌日にビデオテープの記録状況を確認

とによって、見つけた欠測であり、現地での機器動作確認では異常が認められず、欠測原因は特定できなかった。

それぞれの欠測原因の対策として導入したロボットカメラの維持管理の定期チェック項目を、チェックリストの形で表-11にまとめた。

これらの項目のチェックの実行によりVI期の高い稼働率が達成されたと考えられる。

#### IV. おわりに

システムの長期運用試験期間中III期からV期の低い稼働率は、「システム不備」、「故障」、「人為的ミス」、「システム変更」を原因とする欠測それぞれが、時期を異にして発生したことによって見えた目の上で連続したものであった。「システム不備」、「人為的ミス」については、発生後適切な対策を講じており、対策の後同じ原因による欠測は発生しておらず、今後も発生する可能性も低いと思われる。「システム変更」については、今後のシステム変更の内容によって停止期間が必要になる場合も考えられるが、変更後動作チェックを確実にを行い、システム変更による不測の欠測を防ぐことが可能である。機器の故障は依然として不確定な要素として残るが、故障を早期に発見することと、できる限り代替機器を準備して故障発生時に迅速に対応できるようにすることで、欠測を最小限に抑えることができると考えられる。

以上の結果からロボットカメラの長期運用における予測される問題と解決のための必要事項を以下の通りまとめた。

- ・システム構築後実際に季節を通した運用を行い、運用して初めて現れる諸問題を洗い出し、シ



ステム改良を計る必要がある。

- ・システムの変更は、新規に機器の現地運用テストを行うことになり、必然的に欠測発生の可能性は高くなる。可能な限り現行システムと変更後のシステムを二重化して季節をとおした運用試験をすることが望ましい。

- ・ビデオテープの交換手順を簡略化するとともに、交換スケジュールを前もって余裕を持って設定し、交換手順の単純ミスと交換の不測の遅れに備える必要がある。

- ・機器の故障は避けられないので、欠測期間を短く抑えるために故障を早期に発見するとともに代替機器をできる限り用意し、迅速な対応に備える必要がある。

本研究によって、天然林樹冠部ロボットカメラの長期連続運用の実現に必要な技術開発について明らかにした。今後、欠測日数をさらに短くするためには、システムに発生した問題を早期に発見して迅速に対応するための、システム稼働状態を毎日チェックできる機器の追加を検討する必要がある。気象観測用データロガーなどで実用化されている携帯電話によるデータのリアルタイム転送を利用してロボットカメラの稼働状況をモニタリングすることを検討している。また、VTRに代わるビデオ記録方法としてハードディスクやDVDによる方法が実用化されているが、ハードディスクやDVDに比べて、VTRは機器トラブルによるデータ喪失の危険性が少ない(テープにひとたび記録されれば保存についての信頼性が高い)。信頼性を高めた業務用途のハードディスクやDVDによるビデオ記録システムも徐々に開発されてきているが非常に高価であり、ロボットカメラシステムに導入するのはまだしばらく難しいと考えている。最後に、発電装置に関しては風力と太陽電池によるハイブリッド発電装置や燃料電池など技術開発が急速に進んでおり、安全で安定した電源供給のために積極的に導入可能性を検討すべき課題であると考えている。

本研究を遂行するにあたり、東京大学秩父演習林の山中隆平技官をはじめ、職員の皆様には多大なる支援をいただいた。また、東京大学斎藤 馨助教授にご指導いただいた。厚くお礼申し上げます。なお本研究は、平成7～平成14年度秩父演習林自然環境調査、および科学研究費補助金(課題番号07556034,09556006(研究代表者:熊谷洋一),11876005(研究代表者:斎藤 馨))の一部を使用して行われたものである。

## 要 旨

著者らの開発による天然林樹冠部ロボットカメラを継続して改良しながら、連続運用することによって得られたシステムの長期連続運用試験結果をとりまとめた。自動記録が出来なかった欠測日数を集計し、その原因をとりまとめ分析した。ロボットカメラの長期運用における予測される問題と解決のための必要事項を以下の通りまとめた。システム構築後、実際に季節を通した運用を行い、運用して初めて現れる諸問題を明らかにし、システム改良を図る必要がある。システムの変更は、新規に機器の現地運用テストを行うことになり、必然的に欠測発生の可能性は高くなる。可能な限り現行システムと変更後のシステムを二重化して、季節をとおした運用試験をすることが望ましい。ビデオテープの交換手順を簡略化するとともに、交換スケジュールを前もって余裕を持って設定し、交換手順の単純ミスと交換の不測の遅れに備える必要がある。機器の故障はどうしても発生するので、欠測期間を短く抑えるために、故障を早期に発見するとともに代

替機器をできる限り用意し、迅速な対応に備える必要がある。

**キーワード:** 森林, ビデオ, 長期記録, ロボットカメラ, 技術開発

### 引用文献

- 1) 藤本征司 (1997) 静岡大学上阿多古演習林におけるフェノロジー調査. (森林地域における地球環境モニタリング第4回研究会. 川那辺三郎編, 80 pp, 全国大学演習林協議会地球環境モニタリング研究分科会): 9-17.
- 2) 藤原章雄 (2003) ロボットカメラの定点映像で捉えたイヌブナエナブナ林の樹木フェノロジー. 日本林学会大会学術講演集 **114**.
- 3) 藤原章雄・斎藤馨 (1998) 映像情報のデジタル化によるランドスケープ情報の共有に関する研究. 日本造園学会誌ランドスケープ研究 **61(5)**: 601-604.
- 4) 藤原章雄・斎藤馨・熊谷洋一 (1996) 森林モニタリングビデオシステムの開発. 日本林学会論文集 **107**: 103-104.
- 5) 梶 幹男 (1997) 大面積プロットによる秩父地方山地帯天然林生態系の解明, 127 pp, 平成6年度～平成8年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書(研究課題番号06454089)
- 6) 環境省 (2001) インターネット自然研究所. <http://www.sizenken.biodic.go.jp/>
- 7) 高野 馨・石戸忠五郎・開美智也・関 伸一・山下理博 (1993) シジュウカラの巣箱内で何が起きたか—ビデオ装置による調査方法—. 日本林学会関東支部大会発表論文集 **44**: 133-134.
- 8) 寺本行芳・永田 治・地頭蘭隆・下川悦郎 (1996) 雲仙普賢岳湯江川および赤松谷川における土石流観測. 日本林学会九州支部研究論文集 **49**: 173-174.
- 9) 辻 三郎 (1997) 感性の科学—感性情報処理へのアプローチ—. 217 pp, サイエンス社, 東京.

(2003年7月4日受付)

(2003年11月10日受理)

### Summary

While developing and improving the natural forest crown robot camera, long-term continual operational tests of the system were undertaken. The total days of measuring failure were measured and the cause of failure analyzed. Over the study period, the problems which occurred had to be forecast and the items necessary for the solution of these problems collected. After construction of the system, it was necessary to clarify the problems which appeared for the first time when the system was used and to improve the system. Modification of the system made it necessary to undertake local operational tests of the equipment so, inevitably, the possibility of measurement failure became high. The system, both the current one and the modified one, had to be duplicated and it was desirable to carry out usage tests over an entire season. It was necessary to simplify procedures for changing videotapes and to configure the exchange schedules in advance in order to avoid simple mistakes of in the exchange procedure and unexpected lags of exchange. Because breakdown of the equipment was the result of a number of causes, and in order to hold down the period of measurement failure to a minimum, it was necessary to discover breakdowns early and to prepare an alternative device as soon as possible in order to prepare for quick change-over.

**Key words:** forest, video, long-term recording, robot camera, engineering development

# Studies on the Conservation of Cultural Landscapes

## Case Study in Shirakawa-mura, Ogimachi

Nobu KURODA

Through a case study on Shirakawa-mura, Ogimachi, “what is conservation of cultural landscape” is looked at from four points of view, (1) prehistory of conservation, (2) an alteration of physical landscapes, (3) landscape perception, and (4) current conservation systems. Preservation of Gassho-style houses and conservation of landscapes made people focus on houses, and caused mixing of cultural landscapes. Concentration on Gassho-style houses gave rise to changes in the original relationship between houses and other elements. Then new relations concerned with tourism came to the fore. Most conservation systems derive from architectural preservation methods for cultural properties, but these are not enough for cultural landscape conservation and should be thought as just one of many solutions to conservation.

# Long-term Continual Use of the Natural Forest

## Crown Robot Camera

Akio FUJIWARA

While improving the natural forest crown robot camera the results of long-term continual operational tests of the system were analyzed. The number of days of measuring failure were measured and reasons analyzed. In the long-term use of the robot camera, the problems and necessary items for their solution was made clarified.