

マルチメディア森林研究情報基盤
「サイバーフォレスト」の概念構築と
有効性の実証的研究

藤 原 章 雄

目次

第 1 章 はじめに	1
1.1 研究の背景と目的	1
1.2 研究の方法	4
第 2 章 サイバーフォレストの概念構築	6
2.1 感性情報とマルチメディア	6
2.1.1 感性情報	6
2.1.2 マルチメディア	6
2.1.3 情報環境としてのマルチメディア	8
2.2 サイバースペース	9
2.2.1 偶然型コミュニケーション	10
2.2.2 実時間通信と蓄積型通信の融合	12
2.2.3 情報の可視化表現の拡張	13
2.2.4 実世界像と仮想世界像の融合	13
2.2.5 インターネット	14
2.3 サイバーフォレスト	15
2.3.1 サイバーフォレストの必要性	16
2.3.2 サイバーフォレストの構成	20
2.3.2.1 現地デジタル化技術	21
2.3.2.2 感性情報	24
2.3.2.3 メタデータ	25
2.3.2.4 データの追加更新	26
2.3.2.5 サイバースペース	26
2.3.3 サイバーフォレストの効果	27
2.3.3.1 森林情報の高度活用	27

2.3.3.2 多目的利用が可能なリアルな森林のアーカイブ	29
2.3.3.3 オープンな森林研究情報基盤	29
2.3.3.4 森林情報を一般に伝える新しいメディア	30
2.3.3.5 サイバースペースにおける森林との関わりの創出.	30
第3章 森林情報のデジタル化とネットワーク 共有	32
3.1 インターネットによるマルチメディア情報公 開の検討	32
3.1.1 インターネット	32
3.1.2 World Wide Web.....	34
3.2 ケーススタディ（1）World Wide Web によ る森林情報の公開	35
3.2.1 材料	35
3.2.2 マルチメディアデータ化.....	35
3.2.2.1 データ入力とフォーマット	35
3.2.2.2 HTML によるハイパーテキストの作成.....	36
3.2.3 HTTP サーバの構築	37
3.2.4 HTTP サーバの運用結果.....	41
3.2.4.1 リクエスト数	41
3.2.4.2 ファイルごとのアクセス集計	45
3.2.5 考察	45
3.2.5.1 情報の収集と加工について	45
3.2.5.2 ハイパーテキスト化について	47
3.2.5.3 サーバ管理上の事故防止技術について	47
3.2.5.4 出版物とマルチメディアデータについて	47
3.2.5.5 まとめ	48
3.3 ケーススタディ（2）現地研究者のコンテン ツ作成環境の構築	48

3.3.1 秩父演習林からインターネットへのアクセス ..	49
3.3.2 秩父演習林 HTTP サーバとコンテンツ作成ネットワーク環境の構築 ..	50
3.3.3 秩父演習林コンテンツの作成 ..	52
3.3.4 秩父演習林情報公開へのアクセス環境の整備 ..	54
3.3.5 考察 ..	56
第 4 章 感性情報（映像と音響）の現地デジタル化システムの開発 ..	57
4.1 ロボットカメラシステムの開発 ..	58
4.1.1 天然林樹冠部ロボットカメラ ..	58
4.1.1.1 設置場所 ..	58
4.1.1.2 システム構成 ..	59
4.1.1.3 システムの機器構成変更 ..	63
4.1.1.4 システム設定 ..	63
4.1.2 森林景観記録ロボットカメラ ..	66
4.1.2.1 システム ..	66
4.1.2.2 景観カメラの映像解析によるシステム改良の検討 ..	68
4.1.2.3 ステレオ録音機能の開発 ..	71
4.1.2.4 画質精度の検討 ..	73
4.2 長期運用試験 ..	74
4.2.1 欠測原因の分析 ..	76
4.2.1.1 システム不備 ..	76
4.2.1.2 人為的ミス ..	82
4.2.1.3 故障 ..	83
4.2.1.4 システム変更 ..	89
4.2.1.5 不明 ..	89
4.2.1.6 まとめ ..	89
4.2.3 考察 ..	92

第 5 章 感性情報（映像と音響）記録の有効性 ..	94
.....	94
5.1 ブナのフェノロジー観察.....	94
5.1.1 材料と方法.....	94
5.1.2 結果と考察.....	95
5.1.2.1 開芽期	95
5.1.2.2 黄葉・落葉期	98
5.1.2.3 堅果の落下	99
5.1.2.4 まとめ	103
5.2 環境音記録による環境モニタリング.....	104
5.2.1 対象と方法.....	104
5.2.1.1 対象	104
5.2.1.2 方法	104
5.2.2 結果	105
5.2.2.1 映像・音記録の特徴	105
5.2.3 考察	107
第 6 章 結論.....	114
参考文献	116

第1章 はじめに

1.1 研究の背景と目的

現在、日本では国家的な森林情報システムとして、「森林基本図」と「森林簿」の整備や「森林資源モニタリング調査」などが実施されており研究の基盤情報として利用可能である。この他に、研究機関、大学、民間などが擁している収穫試験地や長期継続調査地などの時系列情報や多様な目的で行われる各種調査のデータなどの森林情報がある。これらの森林情報はそれぞれの団体や個人の下に分散している。しかし、深刻な地球環境問題を背景にして、森林に関する知見の総合化が必要であり、多様で大量の情報を収集し管理・利用するための森林情報システム、あるいは異なる分野・組織の間で相互に情報の利用を可能とするネットワークを構築することは、今後の森林情報基盤の構築のために不可欠である。

多様で大量の情報を収集・管理・利用し、異なる分野・組織の間で相互に情報を利用できる情報基盤の構築を目指したシステムの例として、生態学的データを蓄積・公開しているアメリカ合衆国長期生態学研究（U.S.LTER）のプロジェクトが挙げられる（William 2001）。LTERのネットワークオフィスでは、データの集中管理、公開、相互利用のためのメタデータ作成およびシステム構築が積極的に行われている。LTERの構築している情報システムにおいては、森林情報が時空間情報であることからGISを導入し大量の情報を効率よく管理、利用できるようしている。日本における森林基本図、森林簿のシステムも近年急速にGISによるシステム化が進んできている。

一方情報技術の急速な進歩により、情報システムの扱える情

報にあらたに映像、音響データが加わり、さらにマルチメディアと呼ばれる複数のメディアで表現される情報を組み合わせることにより従来では通信し、表現することができなかつたような、人間の感性に働きかける情報である感性情報を扱うことができるようになってきた。従来から森林情報には、現地の複雑な空間構造と複雑な構成要素、現地で感覚的に把握する森林の様々な属性などの多くの情報を記録する技術が欠けており、森林情報システムから対象の森林について多くの情報を得てもなお現地に赴いて五感で森林そのものを探索することが重要視されている。ここに近年進歩したマルチメディア技術を応用することで、今まで、情報システムでは扱ってこなかつた感性情報を取り扱うシステムを作り上げることの有効性があると考えられる。

本研究で新たに構築する森林情報基盤のあり方を示した概念「サイバーフォレスト」は、従来の森林情報システムで取り扱ってきた文字、数値を中心とした記述、測定したデータをもとにした森林情報だけでなく、マルチメディアを活用して現地で五感によって直接得る感性情報を取り扱う情報基盤である。マルチメディアを活用し、感性情報をも収集し管理・利用する事によって、サイバーフォレストは既存の情報システムにはないサイバースペースの持つコミュニケーション支援機能を有することが可能となる。従来の文字、数値の情報に加えてマルチメディアデータをも扱うことできさらに多様で大量の情報を取り扱うことになるが、このサイバースペースのもつコミュニケーション支援機能により効率よく人間が情報探索、活用ができるとかんがえられる（図 I-1）。

本研究では、「サイバーフォレスト」の概念を構築し、「サイバーフォレスト」が多様で大量の情報を収集し管理・利用し異

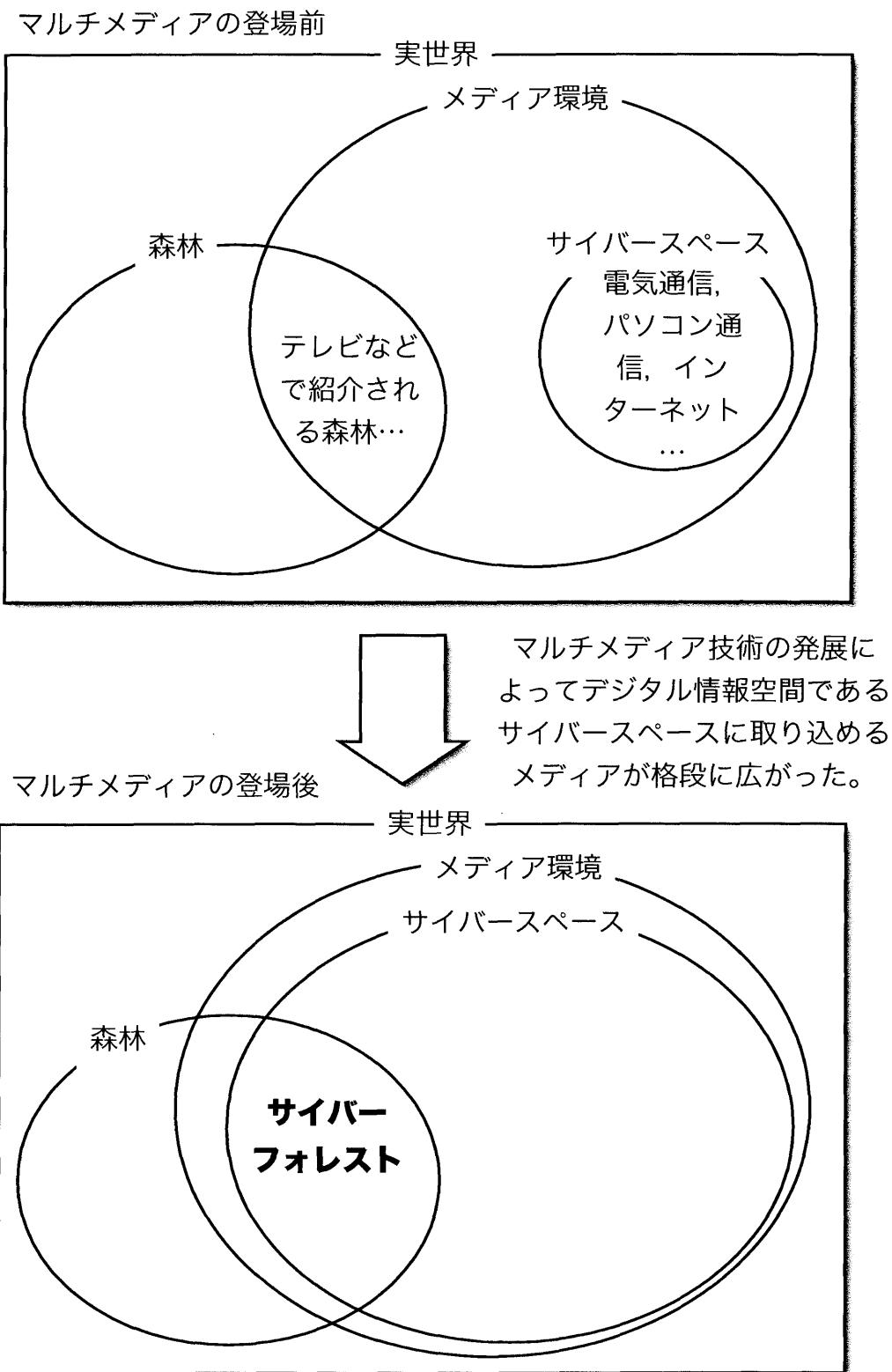


図 I-1 マルチメディアとメディア環境, サイバー
スペース, サイバーフォレストの関係

なる分野・組織の間で相互に情報を利用することにおける有効性について実証的な試験をもとに明らかにすることを目的とする。

1.2 研究の方法

以下の構成で本研究を行った。

まず第2章で、新しい森林情報基盤のあり方を示す概念「サイバーフォレスト」を構築した。そして以降の章で、サイバーフォレストを構成するおのの要素技術について、実際の森林情報用いて応用試験を行い実行可能性や、サイバーフォレストの考え方の妥当性を評価した。

第3章では、サイバーフォレストを構築する要素技術のうちの情報システムのネットワーク部分を担うシステムとしてWorld Wide Webを取り上げ、実際にシステムを立ち上げ、実際の森林情報を用いて運用試験を行った。情報システムへのデータの入力と運用とその効果について得られた結果を考察した。

第4章ではサイバーフォレストを構築する要素技術のうち感性情報のデータコレクション技術を担うシステムとして森林映像記録ロボットカメラシステムを開発し、実際にシステムを森林内で稼働させ、長期連続の運用試験を行った。森林映像記録ロボットカメラシステムの開発と実用稼働を行い、実際の森林の記録を長期連続して取得蓄積することで、サイバーフォレストの特徴である映像と音響データの取得と蓄積および公開の実証的な検証が可能となった。

サイバーフォレストでは、取得蓄積した映像と音響データによって知識情報と感性情報の両方を含む多岐にわたる森林情報

の直接的な記録をねらっている。その実用的な効果を評価するために、第5章では、実際に森林映像記録ロボットカメラによって取得蓄積した映像と音響データから、ブナのフェノロジー観察に関するデータの抽出と従来方法の観察との比較、音による環境モニタリングに関するデータの抽出と評価を行った。

第2章 サイバーフォレストの概念構築

本章では、サイバーフォレストの概念を明らかにする。サイバーフォレスト概念を構築するにあたって、まずはサイバーフォレスト概念の基礎となる感性情報、マルチメディア、サイバースペースの概念について説明し、その後、サイバーフォレストの概念について述べる。

2.1 感性情報とマルチメディア

2.1.1 感性情報

感性情報とは、「人間の感性に働きかける情報」と定義され、感性情報は表 II-1 のとおりいろいろな表現形式をとる。画像・音響などのイメージ情報を媒体とする表現のほかに、我々人間自身が作る表情や身振りによるコミュニケーション情報、さらにダンス・能などの芸術活動も含まれる。文字での記述にも論理情報だけでなく、心に訴える感性情報が含まれる。環境の知覚、さらに嗅覚、触覚、味覚などに関わるたような感性情報がある。

感性情報を運ぶメディアのうち、現在工学的なシステムで実用化されているのは、視覚、聴覚、触覚にかかる物理的なインターフェースに限られている。いわゆるマルチメディアとは、このうち視覚と聴覚によるものが中心であり、触覚については、人工現実感システムなど実験的なシステムで導入されるにとどまっている。

2.1.2 マルチメディア

マルチメディアは広く人間の五感で感じる情報を、音声や文

表 II-1 感性情報 (辻 1997一部改)

-
- (1) イメージ情報：画像，アニメーション，絵画
 - (2) 音響情報：音楽，音声，環境音
 - (3) 文字情報：文字，文章，詩
 - (4) 身体情報：表情，身振り，舞踊
 - (5) 造形情報：デザイン
 - (6) 空間情報：空間知覚，仮想現実感
 - (7) 嗅覚，触覚，味覚：香り，手ざわり
-

字、図、絵画、映画など、種々の媒体によって表現し、これを種々のメディアを介して送り、利用者に提供するものである。そしてこれらの異なったメディアを複合的に組み合わせて最も大きな効果を作り出して利用者に提示し、また利用者がこれに対して反応することが自由にできるといった環境をねらっている。マルチメディアのシステムを通じて送ることのできる情報としては、情報の核となる論理情報のほかに、感性情報があるが、これまでの情報伝達のシステムでは後者を無視して前者の情報のみを送っていた。しかし技術の発展によって、後者の情報の伝達を特に重視することによって豊富な情報、あるいはリアリティの高い情報が送れるようになってきた。ものごとを十分に理解するためには、伝達情報のエッセンスである文字・文章の情報だけでなく、それにまつわる種々の感性情報、その背後にある状況的な情報や知識といったものが特に重要となり、これはマルチメディア環境によってはじめて取り扱いが可能となる。

2.1.3 情報環境としてのマルチメディア

マルチメディアは、種々の情報形態で、少なくとも視覚と聴覚という複数の感覚モダリティでの情報の送受を行うことができる。したがって、従来の単一メディアに比べてはるかに我々の感性を多様に刺激することが可能である。コンピュータグラフィックスなどを用いて我々の五感にインタラクティブに反応するマルチメディアによる仮想空間の研究が行われている。これらの多くは両眼立体視による人工現実感を中心としたものである。感性や芸術に対して、情報処理技術を適用する基礎研究や、マルチメディア技術を取り込んだ新しい芸術の試みも行われている。人工現実感技術は、コンピュータの発達と画像、音響、

触感などに関する要素技術の発展に伴って具体化してきたものであり発達途上の技術であるが、その目標の一つは、五感のすべてをマンマシンインターフェースのチャンネルとして解放することである。五感のすべてから情報を入出力するということは、情報機械としての我々の肉体を外界から切り離して、別の環境へ接続するのに等しい。存在しないものにふれ、見えないものをみる。今の現実の世界から他の世界へ行く、という、従来は人間の想像力や夢を見る感性的な能力だけがなし得たことが実現する。

2.2 サイバースペース

物理空間は我々の人間関係を拘束し、生産性を左右する最大の要因と考えられてきた。近代になって、電話、FAX、TV会議、電子メール等の電気通信手段が発明され、物理的なオフィスを持たず、電気通信手段だけで集団活動を実施し、組織を運営していく例も多数実現されている。また、電子掲示板等により、不特定多数の集団への同報や集団的討論が効率的に実施できることを利用し、通常のオフィス内の情報処理のかなりの部分を電気通信手段に代替することにより、設計、製造、販売、保守等の各部門が場所や企業をこえてフレキシブルに連携して共同作業するバーチャルコーポレーションの概念も想定されている。さらに、CG、ビデオ、音声等のマルチメディア処理を適用したコンピュータ通信により、現実には存在しない仮想的な空間を通信網上に生成し、そこに多数の人間が集まってコミュニケーションや情報交換を行うと言う概念が考えられる。このような通信網とコンピュータを活用して創出される多人数参加仮想空間は、通信網の上に創造された新たな電子社会空間とも言えるものであり、サイバースペース(cyberspace)と呼ばれる。

「サイバースペース」という名称は SF 小説（ギブソン 1986）に描かれた、脳とつながった電子ネットワーク上に生成された仮想的なコミュニケーション空間の概念に由来するものである。SF 小説が創造したサイバースペースにおいては、電子ネットワークにつながった多数の利用者が仮想空間の中を高速で自由に動き回り、情報を自在に散策し、他人と巡り会い、対話し、自由に人間関係を拡張しながら様々な社会活動を行う。まさに、電子ネットワーク上に多数の人間が集う、新たな仮想都市を創造するという概念である。

サイバースペースの概念は、社会活動におけるオフィス、ビル、広場、町等の物理環境、およびテレビ、新聞、書籍等のメディア環境の役割の根源を抽出し、抽象化した情報空間として実現しようとするものである。社会的活動に対し環境として必要とされる機能を抽象化し、物理的制約のない、電子的な情報通信環境を生成する仮想空間とも言えよう。

コミュニケーション環境という視点から見ると、サイバースペースの概念は、電話、テレビ電話、FAXなどの既存の個別コミュニケーションツールにはない、以下の新しいコミュニケーション支援機能を提起している

2.2.1 偶然型コミュニケーション

人間の様々なコミュニケーション活動は計画性の大きさとインタラクション（相互作用）の大きさに着目すると、4種類に分類できる。a. 通常の会議や面談は日時、場所、話題を決めた形態で行われ、計画性もインタラクションもともに大きい。b. 一方廊下で偶然他人の顔を見かけて用事を思い出したり、偶然出会って話し手いるうちに重要な情報を手に入れることも多い。この場合は計画性は小さいがインタラクションは大きい。c. ま

た大部屋のオフィスではお互いの情報活動の様子や同僚の会話が偶然聞こえたり、偶然一部が見えたりすることにより、計画的なインタラクションが大きくなくても知らず知らずのうちに気配や情報が伝わる。このような大部屋における偶然型コミュニケーションは円滑な協調活動のためには重要な効用がある。

d. 何人かでおののの仕事の分担を決め、一斉に黙々と各分担の作業をしているような場合は、計画性は高いが、おののの分担が分かれているためインタラクションは少ない。

このようにコミュニケーションには多様な形態があるが、従来は会議や分担作業等の計画性の高いコミュニケーションの支援に注目し、電話やテレビ会議等の電子的手段の検討が進展してきた。計画的でない、偶然的なコミュニケーションについては付加的なものと考えられていたため、大きな費用をかけて支援することまでは考えられてこなかった。偶発型コミュニケーションの効用は対面対話の場合だけでなく、情報検索においても同様である。計画的に情報を探索している場合以外においても、ブラブラ何気なく見ている際に偶然重要な情報を見つけることは多い。

実在する物理空間に近接して共存している場合、我々はこのような計画型と偶然型のコミュニケーションを自在に利用している。しかし、遠隔地に離れている人同士の場合には、偶然型の出会いやコミュニケーションは起こらない。電話やテレビ電話は相手や用件を決めてからコミュニケーションが開始される計画型のコミュニケーションツールであり、廊下や広場で他人と出会い、顔を見てから用件を思い出し、思いがけない話題に進むような偶然型のコミュニケーションを支援することはできない。サテライトオフィス実験に置いても偶然型のコミュニケーションが欠落するため、組織全体の気配や状況が伝わら

ず、利用者に大きな孤独感を生じさせる。

サイバースペースは、利用者全員が仮想空間に共存し、共有された情報空間の中を各人が自由に動き回り、他者の気配の知覚、他者と出会う機会の生成が支援されることにより、計画型と偶然型の両方の情報活動のモードを切れ目なく実現することをねらいとしている。偶然型コミュニケーションの出会いの機会を実空間以上に強化できれば、集団的な人間活動においては実空間での共存以上の効用を期待できる。

2.2.2 実時間通信と蓄積型通信の融合

実空間における人間同士のコミュニケーションにおいては、実時間の対面対話活動（人物情報活動）と、紙や書籍等を介した蓄積型の情報活動（話題情報活動）とが同じ実空間の中で切れ目なく融合的に行われている。一方、現在の電気通信を用いたコミュニケーション環境では、電話やテレビ電話等の実時間対面対話を支援するツールと電子メールやデータベース等の蓄積通信を支援するツールとが別々に分かれており、情報活動のモードを切り替えるごとにツールも切り替えなければならない。このようなツールの切り替えは人間の知的活動の効率や円滑さに対する妨害感を生じさせていると考えられる。

サイバースペースでは人間との出会いと情報との出会いとは、どちらも仮想空間の中を利用者が動き回るという統一的インターフェースで実現できる。人間との対話および情報の取得と探索を一つの統合されたコミュニケーション環境として切れ目を感じさせずにアクセスできるよう支援できれば、人間の記憶、学習、連想、発想等の高度な知的活動を円滑化し活性化する上で大きな効用が期待できる。

2.2.3 情報の可視化表現の拡張

サイバースペースにおいては仮想世界を構成する情報は全てコンピュータを介して生成される。したがって、仮想世界をどのように表現し、どのような法則を導入するかは自由に設計可能である。サイバースペースを新たな電子化社会空間として構築する場合、その設計方針として次の二種類の目標概念が考えられる。一つは現実の空間を模擬すると言う概念である。遠隔地にいながら現実の空間に同席しているのと同等の臨場感、現実の空間と同等のインタラクション機能を実現しようとする設計方針である。もう一つは、現実の物理空間を超越した、新たな機能を持つ電子空間を創造する概念である。現実の空間にはできないような、電子空間に特有の新たな機能を創造することにより、現実の空間で同席している以上の、強化されたコミュニケーション機能を実現しようとする設計方針である。前者の臨場感機能は遠隔地の状況把握が重要となる遠隔監視、遠隔保守等のタスクに対して大きな効用が期待できる。後者のコミュニケーション強化機能は設計、企画、教育等の人間同士の知的な共同作業そのものの効率化が必要なタスクに対して効用が期待できる。

2.2.4 実世界像と仮想世界像の融合

サイバースペースが提供する仮想的な電子化社会空間と物理的な実空間とのインターフェースに関して、これら二つの世界を別種のものとして切り離す案と、両者の融合を前提とする案が考えられる。二つの世界を切り離し、実社会と関係を持たないサイバースペースはゲームや気分転換用との世界になるとを考えられる。実世界と別の人間になって別の生活をする形態である。

電話やテレビ電話等の従来のコミュニケーションツールは、自分の現実の音声や状況、現実の姿をそのまま生の情報として切り出して相手に伝達するものであり、伝わった情報は部分的ではあっても、相手の現実の状況を表すものである。これにより、電話での会話はまぎれもない現実の一部として社会活動に組み込まれて活用されている。

サイバースペースが既存の物理世界でのビジネスや商品販売等の社会活動を支援し、コミュニケーション機能を強化するという役目を果たすために、現実の人間の姿や声、実物の様子、紙や印刷物情報の表示等、現実の状況を表す映像情報を構成要素として仮想空間に融合して取り込み、実世界の活動と仮想世界での活動を一体的に処理できるようにすることが重要と考えられる。

2.2.5 インターネット

情報通信環境の近年の技術的、社会的な進歩により、コンピュータネットワーク同士の相互接続の技術から始まったインターネット技術が全ての情報通信環境を取り込み、世界中のあらゆる種類の情報通信端末が世界で一つのネットワークであるインターネットの端末になりつつある。このことで、情報通信の上に存在する情報空間概念であるサイバースペース (cyber-space) は、全世界の人がインターネットを介して参加するひとつながりの情報空間の総体として具体的に姿を現している。この実在のサイバースペースには、実世界における既存のメディア環境が次々に取り込まれており、実世界においてすでに個別の情報通信システムによって行っていた社会活動、たとえば、商品の発注、お金の決済、新聞やテレビを購読視聴すること、電話、ファックスなどの通信、各種行政サービスの手続きなど

はサイバースペースの中で実行可能になっている。この例は前節で述べた実世界とサイバースペースとが融合し、取り込まれ一体化している例であるが、実際のサイバースペースには、匿名の掲示板、チャットルーム、ネットワークゲーム、匿名のWebサイトなど実社会との明確な結合を持たない、もしくは隠匿して、実世界から切り離された情報空間も混在し、混沌とした状況にあるといえる。サイバースペースの目標概念が実際のインターネット上のサイバースペースにおいてどのように実現されていくのかは、サイバースペースを形作る情報技術の進歩はもとより、サイバースペースを取り巻く社会状況（政治的、経済的、社会的な要請など）によって大きく変わっていくものである。

2.3 サイバーフォレスト

森林環境を様々な側面から継続記録蓄積し、様々なレベル、分野の情報を統合的に扱えるシステムによって、将来の森林の変化を捕らえたり、森林のダイナミクスを分析したり、共通の観測項目を多地点で比較し差異を検出したり、森林の現況を広域に把握したり、行政や市民が森林を把握し将来について考えるための情報源とするなど、多目的に活用できる森林情報の基盤を整備しようという取り組みが始まっている。そこで目指している森林情報の基盤は、ネットワーク化された森林情報であり、インターネットによって広く公開することを目指している。つまり、インターネット上に実在するサイバースペースの情報空間が作り出す情報環境に森林情報を組み込もうとしていることに他ならない。インターネットを使うことで、分散した森林情報を統合するシステムを構築し、インターネットを介してどこからでもアクセスできる、つまり、サイバースペース上に既

存のデータベースシステムを展開するということを実現するだけでも、この森林情報基盤は大きな効果を生み出すと考えられる。しかし、森林情報の基盤整備に、サイバースペースの概念に含まれる「偶然型コミュニケーション」「実時間通信と蓄積型通信の融合」「情報の可視化表現の拡張」「実世界像と仮想世界像の融合」というコミュニケーション支援機能を持たせることを目指すことによって、この森林情報基盤を舞台に森林に関する様々な分野の専門家の間のコミュニケーションはもとより一般の人や行政との新しいコミュニケーションを生みだし、さらにはサイバースペースの情報空間の設計を工夫することで実空間では行えないようなコミュニケーションの強化を図ることが可能なのではないかと考えられる。

この考えを具体的に実現するために、サイバースペースの概念を森林情報基盤の整備に応用した概念を「サイバーフォレスト」と名付け、以下でサイバーフォレストの詳細について述べる。

2.3.1 サイバーフォレストの必要性

森林に関しての情報は複数の段階に分けて考える必要がある。森林から直接測定記録した「1次データ」、1次データを整理分析することによって得られた解釈などの「知見」、そこから一般化し調査対象森林以外でも適応可能にした「法則」、得られた法則を利用して現実の問題の解決に役立てる「応用」の4つの段階が考えられる。「知見」「法則」「応用」に関しては従来からのアカデミズムにおいても、これらを文章として書籍、論文として発表し世に問う、人々の議論の俎上にのることで、人類の共通の知識財産として活用されてきた。しかし、「1次データ」の扱いに関しては様々な扱いがバラバラに存在して

いる。1次データを作成した調査主体の方針や考え方などによって、公開データベースになっているものから、研究者が所有したまま公開していないもの、「知見」になって発表された後は管理されることなく消えていったものまで様々である。このことは、差し迫る地球環境問題を解決するための人類の知恵としての森林情報を最大限に發揮することを目指す上で、効率が悪い状況であるといえる。1次データに関しても、統一的な指針に則り、スムーズに調査主体から公開にむけてデータが移行され、衆目の下吟味され、さまざまに解釈されて有意義な知見を引き出す機会を多くの研究者に与えることが望まれる。

ここで、1次データを公開することについての調査主体のインセンティブの維持の問題が指摘される。1次データは知的財産と考えられ、これを公開しないで専有することによって、所有者は1次データから得られる利益を専有することができる。このことは1次データを公開しない動機となる。しかし、少ない人数で1次データを専有することによって1次データに対して行われ得る知的活動の機会は著しく小さくなってしまい人間の知的財産としては非効率な状態にあるといえる。しかしながら、1次データを取得するためには様々な努力とコストが掛かっているので、そのコストに十分報いられるような社会的な仕組みを構築することが求められる。この問題に関する議論は、アメリカにおける生態学的情報の共有公開を押し進めているLTERにおける公開ポリシーの問題として議論されており、またコンピュータソフトウェアの分野を中心にさまざまなモデルが考案されている。ここでは、そのような調査主体のインセンティブをいかに維持するかという問題があるということを指摘するだけに留めておく。

今まで取ってきた「1次データ」「知見」「法則」「応用」をそのままインターネット上で公開することだけでは、多様で大量の情報を収集し管理・利用し異なる分野・組織の間で相互に情報を利用する目的において、問題がある。現地調査を行い1次データの作成を行いそのデータについて分析を行おうとする研究者を「現地研究者」、インターネットを介して「1次データ」を取得しそのデータについて分析しようとする研究者を「遠隔研究者」としてその問題について説明する。現地研究者も遠隔研究者も同じ分量の1次データを使用して分析が行える。しかし、1次データを分析することに関係があると思われる情報であるが、現地研究者に比べて遠隔研究者が得ることが難しい情報として以下の4つの情報を挙げることができる。森林とのインタラクション、データ取得時の詳しい条件、精度など、調査対象でない現地のデータ、現地で五感によって得られる感性情報である（表 II-2）。表では4つの項目ごとに現地研究者と遠隔研究者がどのようにして項目で挙げた情報を得ることができるか説明している。この表でしめした遠隔研究者がどのようにして現地研究者の得る情報に近づくかということを実際に解決するためには、サイバースペースに関する技術的研究で取り組まれているようなサイバースペースの持つべきコミュニケーション支援機能が有効である。森林とのインタラクションについては、実世界像と仮想世界像の融合、仮想現実感の技術に深く関係がある。データ取得時の詳しい条件、精度などについては実時間通信と蓄積型通信の融合と偶然型コミュニケーションが有効である。現地研究者が記述した様々なドキュメントに当たったり、直接現地研究者とコミュニケーションを取ることで情報を得る事ができる。調査対象でない現地のデータに関しては、偶然型コミュニケーションが有効である、対象森林に関する

表 II-2 現地研究者と遠隔研究者の間で得る情報が異なる項目

	現地研究者	遠隔研究者
森林とのインタラクション	手で触れる、穴を掘る、林内を歩くなど	遠隔操作車両で観察、遠隔マニュピュレータなどの装置などによる遠隔作業
データ取得時の詳しい条件、精度など	調査を行った当事者なので、よく知っている	見地研究者の詳細な説明、記録などから知り得る。現地研究者の作成するメタデータが重要。
調査対象でない現地のデータ	調査時の周りの様子を記憶していれば、ある程度は推測可能。	現地で行われた別の調査データを参照する。該当の調査がない場合は知ることは不可能。
現地で五感によって得られる感性情報	調査時の周りの様子から感じた感覚を記憶していれば、頭の中の記述から読みとることができ再現可能だが、当人の興味の対象や知識によって感じたり記憶したりする事は異なる。	現地研究者が文章などで表現し感覚を記憶していれば、頭の中の記述から読みとることができ再現可能だが、表現次第で伝わる感性は異なる。現地研究者が現地で得た五感の感覚入力をそのまま再現すれば、追体験が可能。

る調査データのすべてを検索表示するだけでは莫大な量のデータを一度に目にすることになり遠隔研究者はそれらの情報をから興味のある情報へ到達することが難しい。しかし、偶然型コミュニケーションを有効に支援するシステムがあると、現地研究者が調査の合間に無意識に周りの景色から自分の興味に関係のある情報を入手していることと同様に、大量の情報空間から何気なく情報に巡りあうことが可能になる。その他の現地の様子など感性情報に関しては、まさにサイバースペースのコミュニケーション支援機能のすべてと関係がある。現地研究者が現地で得た感性情報は、調査時以外の時の現地の様子に関する記憶や、周辺の関連情報、現地での五感による知覚など様々な情報資源が複合されて感性に働きかけるものであるから、遠隔研究者が、現地研究者とコミュニケーションしたり、過去の記録を参照したり、莫大な量の関連データのなかから興味に応じて何気なく情報に巡り会ったり、現地での五感による知覚を遠隔地で仮想体験したりする複合的な情報資源の働きかけが重要である。今まで、遠隔研究者は現地研究者にくらべて手にすることができる情報資源が貧弱であることは当たり前だと考えられてきたが、マルチメディア技術が実用段階に近づいてきている近年では、森林情報に関する様々なマルチメディア技術を確実な目標をさだめて統合し、応用し、実用化していく試みが重要になっている。

2.3.2 サイバーフォレストの構成

研究対象である森林フィールド、フィールド研究者が収集した、対象の森林についての一次データを可能な限り網羅するよう、感性情報も含めてマルチメディア技術を活用して記録デジタル化し、さらにインターネット上の情報システムによって

全てネットワーク化することで、インターネットを利用するあらゆる人々が、ある森林フィールドについてデジタル化された全ての情報を得ることができる。また、マルチメディア情報を含む多様で大量の情報を効率よく探索し活用するためにサイバースペースの概念を応用した情報システムを構築する。このインターネット上の情報システムによってネットワーク化された森林情報をサイバーフォレストと呼ぶ。

ある森林を対象としたサイバーフォレストから情報を得ることで、対象森林を研究する現地研究者と全ての情報を共有し、同じ情報資源を持ち合って議論を行うことを可能とすることを目指している。

サイバーフォレストを構成する情報システムは図 II-1 のように 5 つの層に分けられ、それぞれの要素技術について考察することができる。以下では、特にサイバーフォレストに特徴的な要素技術を取り上げ、5 層の情報システムモデルに即して説明する。

2.3.2.1 現地デジタル化技術

現地でデータを記録している現地研究者が森林から直接得ている一次情報、視覚、聴覚、触覚、嗅覚を記録し、遠隔研究者とネットワークで共有しようとする場合、現地研究者が自分のフィールドワークの目的としている情報を得ること以外に情報を記録しておくという余分な作業が発生することとなる。これが、現地研究者にとって負担となるようであれば、せっかくのデジタイザとしての現地研究者が森林に入っていても、一次データはその人の体験として蓄積されるだけでデジタル化して共有できる資源とはならない。つまり、いかにして負担にならないように自動的に、得ている一次データを記録しデジタル化

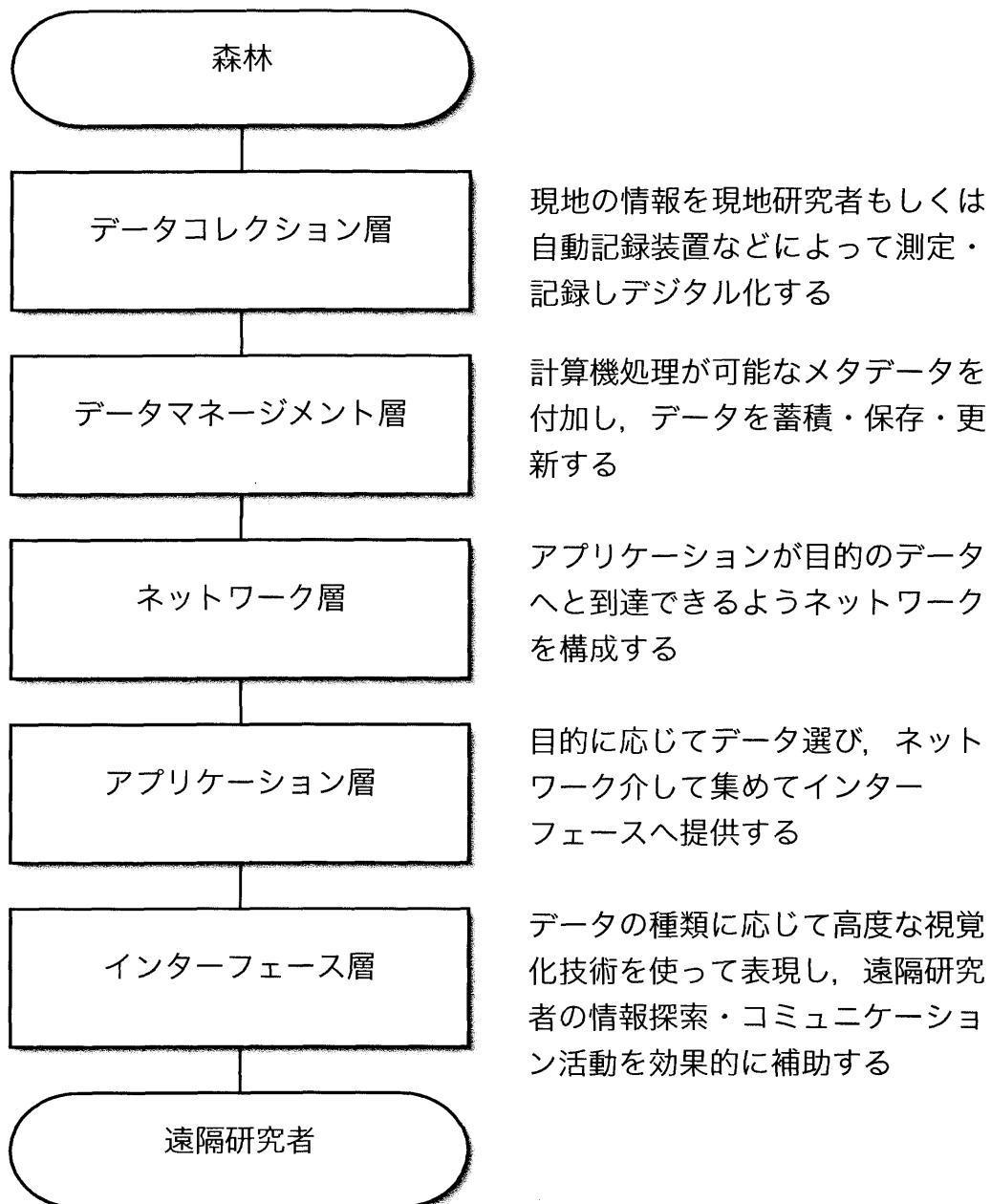


図 II-1 サイバーフォレストの情報システムモデル

してメタデータを付加し共有できるデータにしていく仕組みが非常に重要である。それは、自分の体験したことを書き綴ったりカメラで撮ったり、ビデオで撮ったりしたものを整理して公開することが自分の評価を高めることにつながる、もしくは分野のために非常に役に立つという動機を強調することであるかもしれない。または、GPS カメラや、アイマークカメラ、レコーダー、電子野帳、デジタル化した測定器具でフィールドワークと同時にそのデータはデジタル化され時間と場所のメタデータが付加されてすぐにネットワークにのせることができるようにデータになっているような装置を活用することであるかもしれない。また、別のアプローチとして、森林に無人自動の記録装置を設置してそこで現地研究者が行う測定、体験するであろう情報を自動的に無人に定期的に記録しておくという装置も考えられる。現地研究者は自分の調査記録に専念していれば、自動装置がそこでの一次データを自動的に継続して記録してくれている。必要な時に必要な場所、時刻のデータを取り出せばよいという仕組みである。

3つのアプローチを挙げたが、どれかだけが適しているというわけではなく、それぞれにメリットデメリットがある。現地研究者自身が一次データを文章化し写真をとったりビデオをとって整理して情報化する方法は、入力情報の全てを記録するわけではなくそこに取捨選択があるわけだが、その選択を現地研究者自身が行うことで非常に意味のある情報を記録することができるが、現地研究者の内面的主観的なフィルタの影響を大きく受けるだろう。2番めのアプローチは現地研究者が持ち歩いている装置が自動的にいろいろと記録してくれる装置で、フィールドワーカーは自分の目的の情報を得るために調査をしている間に、せっせと取得できたデータを記録していくという

装置を利用する方法である。この方法は装置が簡単なもので持ち運びも容易であれば現地研究者に負担にならず有効な手法であると考えられる。3番目の無人の自動記録装置を用いる方法は、自動的に継続した記録がえられるので、そのデータを分析に用いるばあいなどは、客観的なサンプリングであると考えられることから都合がよい。しかし、現地研究者が実際に得た知覚ではないことから、現地研究者の得た1次情報を共有するのとは少し違っている。無人の自動取得データであるので、現地研究者も遠隔研究者もまったく同列に、どちらがよりデータについて情報を持っているということもなく利用できるデータであることがこの方法の特徴である。

2.3.2.2 感性情報

森林からフィールド研究者が得ている情報は大きく分けて知識情報と感性情報に分けられる。知識情報は、測定したDBH、立木位置、気温、記録観察した樹種名、動物の行動などを指し、数値、文字で表現され、論理的客観的に取り扱うことができる。一方感性情報は、映像、音響、匂い、手触り、空間知覚などを指し、完全な記録、論理的な記述が難しい情報である。ある森林のサイバーフォレストから情報を得ることで、その森林を研究するフィールド研究者の得ているその森林に関する全ての情報を共有するためには、この知識情報とともに感性情報を伝えることができる情報を記録、デジタル化する必要がある。

知識情報、感性情報を効率良く記録デジタル化する方法として、本研究では動画像と音響記録に注目した。従来から知識情報を得るためのセンサーとしての動画像記録、音響録音の利用は行われてきた。たとえば動物の行動観察記録や鳥相モニタリングなどが挙げられる。このように視覚聴覚を用いて観測され

る知識情報の記録として動画像、音響記録は利用できる。一方感性情報を得るためにセンサーとしても従来からランドスケープの分野ではシーケンス景観の分析、サウンドスケープの分析などに供するデータとして動画像、音響記録が利用されている。このように知識情報、感性情報の双方の情報を提供できる記録であるという特徴が挙げられ、サイバーフォレストのための森林を記録する手法として有効であると考えられる。さらに、動画像、音響記録は、システム開発によって無人の自動記録が可能で、時間密度の濃く、空間的な広がりをもつ対象を記録可能であることが他の記録方法と比べて大きな特徴である。動画像、音響記録は、従来フィールド研究者が知覚してはいても記録しつくすことの出来なかった知識情報、感性情報を拾い上げ記録することができるとともに、フィールド研究者でも実行が困難な危険箇所での記録や長期継続した時間密度の記録を記録することが可能となる。

2.3.2.3 メタデータ

ある対象の森林から得たデジタル情報は利用者にその森林について記録した物であることがわかるように関連付けられ表示されなくてはならない。具体的には情報本体に加えて機械可読なメタデータ（情報の情報）を作成し、データに付加する作業が必要である。このことによって情報について作成者が手取り足取り説明しなくても、自動的にコンピュータによって適切に情報を処理し利用者に表示し提供することができる。メタデータは、サイバーフォレストで公開されたデジタルデータを誰もが自由に参照し活用するために欠かせない情報である。またメタデータの記述方法を選ぶ際、データ内容の処理にあったものを選ぶことは当然として、さらにその方法が標準化され仕様が

公開され誰もが自由に利用でき、その記述方法を解釈できるソフトウェアが普及しているメタデータの記述方法を選ぶことが有効である。サイバーフォレストでは文字、写真、動画像、音響データを同時に扱うことのできるHTMLを用いた実装を中心検討した。XMLをベースに生態情報の記録に合わせて開発されたEMLや動画像を中心にして他の数値、文字情報を同期して扱うことができるSMILなどを使うことにより、より高度なデータの取り扱いを行うことも可能である。

2.3.2.4 データの追加更新

デジタル化したファイルの関連付けを行いサイバーフォレストへ新しい情報を付加する作業は、インターネット上のどの端末からも行える。これは、まず第一に森林を記録する人は多岐に渡り、対象の森林で研究活動を行っている者もいれば、その場所をたまたま見学して写真を取っただけの者もいるだろう。また、何らかの装置によって自動的に森林から情報を記録しデジタル化する場合もある。そういうたデータを全てできる限り迅速にサイバーフォレストに取り込むためには全ての端末から入力可能であることが効果的である。

2.3.2.5 サイバースペース

デジタル化した情報は全てインターネットによってネットワーク化することができる。つまり、実空間に対して概念的な情報空間ではなく、実際にその中を移動し探索することができるひとつながりの情報空間--the Cyberspaceとして実在している。サイバーフォレストは、実空間内の対象森林のサイバースペースへの写像ととらえることができる。ここで言うサイバースペースとは、ネットワークを共通のプロトコルによって

相互接続することによってできた世界最大のネットワーク、インターネット (The Internet) の作り出した情報空間を指し、個別のネットワーク上の情報による情報空間で、インターネット上のプロトコルによってアドレスを特定できないものはこのサイバースペースには含まない。このことによって、ある特定の森林についてのサイバーフォレストは唯一無二の存在となる。ある森林に対して複数のサイバーフォレストは存在し得ない。実世界の森林とサイバーフォレストの1対1の関係は、森林から収集した情報の散逸や、分野ごとの情報の断絶を緩和することに有効に働くと考えられ、また利用する側から見ても、ある森林についての情報を得るために、複数の情報空間にアクセスする必要がなく、ある森林についての情報はサイバーフォレストにアクセスすればよい。

ここまで挙げてきたサイバーフォレストを構成する要素技術について図 II-2 に全体像をまとめた。

2.3.3 サイバーフォレストの効果

サイバーフォレストの実現による社会に及ぼす影響として、実用化が進んでいるマルチメディア技術として映像と音響について実際に情報基盤に取り込まれたサイバーフォレストが実現した場合を想定すると、以下で述べる影響が期待される。

2.3.3.1 森林情報の高度活用

対象の森林についての調査データをすべてデジタル化してネットワーク上ですべて到達可能にし、メタデータの付加によって、データの秩序付けを行うことで、全てのデータから関連するデータへつながることが可能となる。全ての関連するデータが表示されるので、いろんな分野の情報へ、分野横断的

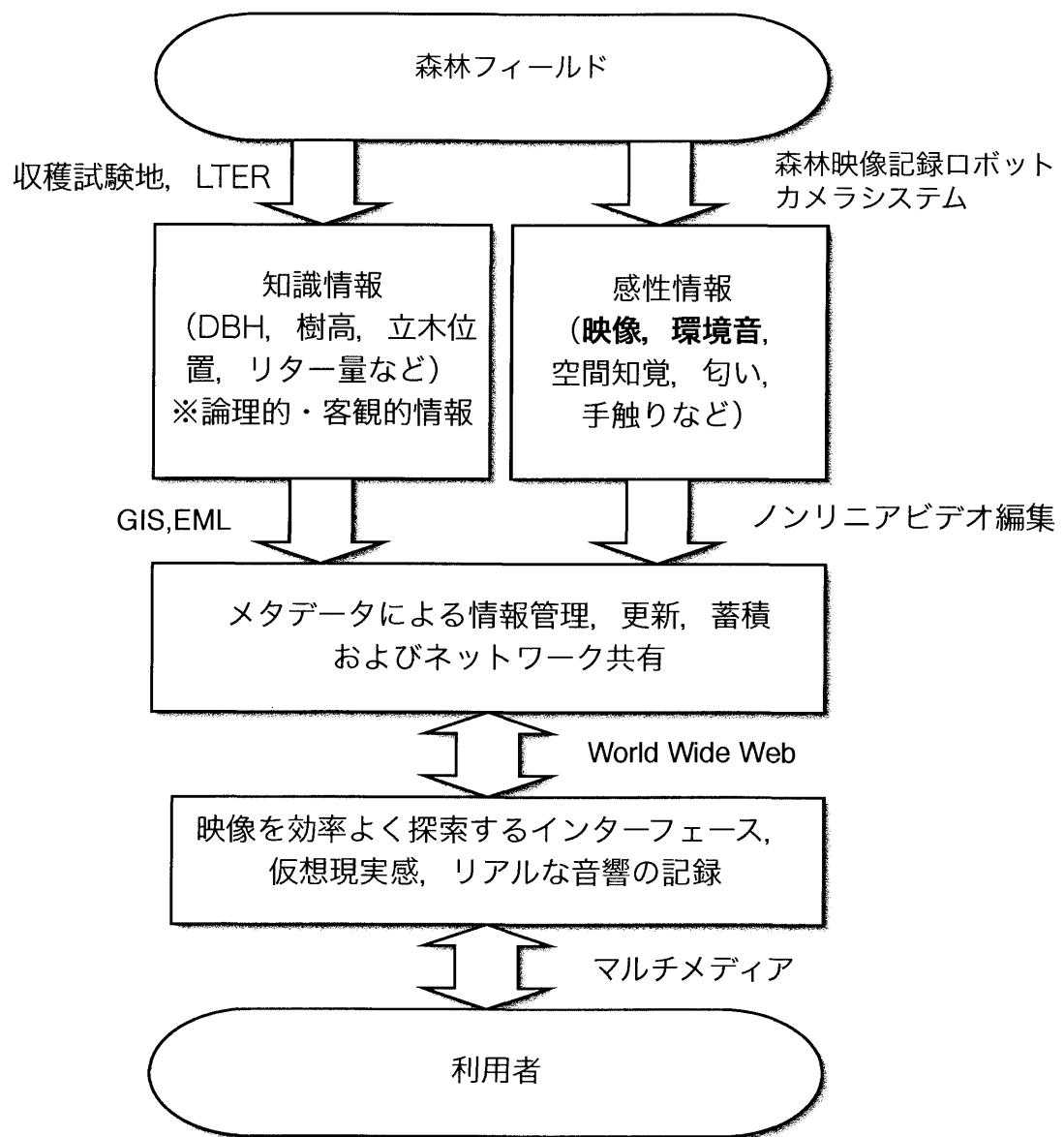


図 II-2. サイバーフォレストを構成する要素技術

にアクセスすることができるようになる。関連するデータにつながっていることで偶然問題解決の糸口となるようなデータを見つける可能性も高まる。その際、実際どんな森林に関するデータなのかという映像と音による情報があれば、直感的な把握によって森林の大まかな理解が可能となり、他分野の情報であっても理解の手がかりを得ることができ、幅広い情報活用が可能となる。

2.3.3.2 多目的利用が可能なリアルな森林のアーカイブ

森林は常に短い時間スケールでも長い時間スケールでもそれぞれのレベルで変化しており、二度と同じ森林を調べることは出来ない。全ての調査されたデータをアーカイブすることで、あとから時間をさかのぼって、その森林の過去の様子を伺い知ることができる。そして従来対象としてこなかった（これはマルチメディア技術によって一緒に取り扱いネットワークで利用できるようになったものである）映像と音による記録によって、現地での視覚、聴覚による森林の観察そのものを記録し再現することができる。

2.3.3.3 オープンな森林研究情報基盤

全てのデータをネットワークから到達可能にすることで、すべての研究者に得られるデータという観点で平等な環境を提供できる。このことは、今まで森林の研究に関わってこなかった人々にも、森林を専門に研究している最先端の研究者と同じ情報資源を与えることになり、多くの人々に森林研究へ参画する機会を広く提供することとなる。現地で森林を直接見ている現地研究者と、そうでない研究者との間で議論を行うために

は、現地研究者が現地で得ている情報を可能な限りすべてネットワークで提供できなくてはならない。その際映像と音は有効なデータとなる。

2.3.3.4 森林情報を一般に伝える新しいメディア

従来メディアは紙面の都合や番組編成の都合などで大量の情報を掲載することは出来なかった。サイバースペースの登場により、メディアの紙面や映像のタイムスケジュールととは無縁の膨大な情報空間を得た。このサイバースペース上にあたらしく成立したメディアであるサイバーフォレストによって、従来にない新しいメディア体験を提供する。サイバーフォレストは直接一次データまでたどり着けるメディアであり、利用者に一次データの解釈をする自由を与えることができ、情報に信頼性が付加される。また、実際に森林で体験する視聴覚体験を再現するメディアであり、都市生活者がますます体験することが少なくなった森林の体験情報を補完することができる。

2.3.3.5 サイバースペースにおける森林との関わりの創出

ありとあらゆる情報化された社会活動がサイバースペースで実行可能になってきている。本や辞書で調べるかわりに、検索サイトで検索したり、ネットショッピングモールで買い物をしたり、掲示板やチャットで人とコミュニケーション（会話）したり、テレビを見たり新聞を読んだり、各種手続きなどの行政サービスを受けたり、社会生活の多くの活動をサイバースペース上で行うことができるようになった。また、端末やソフトの要素技術が整えば、人々の生活のありとあらゆるメディア環境

とのやりとりがサイバースペース上で行われるようになり、テレビや新聞を通して世界を感じるのと同じように、サイバースペースを通して世界を見るようになる。実世界のありとあらゆるもののがサイバースペースに接続（ワイヤード）され、サイバースペースは実世界のパラレルワールドになる。しかしそのパラレルワールドは実世界の写像では有るが、情報化しやすい部分、実世界の中でもワイヤードが可能なものに偏重した世界となる。例えばさまざまな個人がblogを通して個人の考え方や生活の様子、ちょっとした知識などをサイバースペース上の情報資源として提供するようになり、サイバースペースでの個人の知識の結合や活用が起こっているが、それは、個人にパソコンとネットワークが普及している地域や階級の人々の考え方や意見だけで構成されており、そうでない人々の考え方や生活の様子はいくらサイバースペース上を探しまわっても見つけることは出来ないのである。

このようなサイバースペースに森林をワイヤードにするということは、サイバースペース内での社会活動に対して好ましい変化を与えることができると考えられる。サイバースペースが網羅できる範囲内の生活に、実在の森林の存在を感じる機会を与えるということが、社会的に少なからず良い影響をあたえる、例えば、癒しによる生産性の向上、地球環境問題への関心の喚起などが想定できる。

第3章 森林情報のデジタル化とネットワーク共有

森林科学における情報科学の応用は、数値処理はもちろんテキスト、画像などをデジタル化しコンピュータで処理することにより行われている。筆者は、研究活動の課程で得られる森林の諸要素を記述する、さまざまな情報のデジタル化と、デジタル化された情報をネットワークを用いて交換することで、森林科学における情報公開や共同研究が一層適切に、合理的に遂行できるようになると考えた。森林を説明する上で、視覚資料が数値やテキストと同様に重要な役割を果たすことから、画像を含む情報化が重要だととも考えた。

この章では、サイバーフォレストを構築する要素技術のうちの情報システムのネットワーク部分を担うシステムとしてWorld Wide Webを取り上げ、実際にシステムを立ち上げ、実際の森林情報を用いて運用試験を行った。情報システムへのデータの入力と運用とその効果について得られた結果を考察した。

3.1 インターネットによるマルチメディア情報公開の検討

3.1.1 インターネット

インターネットは、エンドツーエンドの相互通信ができるようすに相互接続されたコンピュータネットワークのネットワークである。現在世界中の数千のネットワークを接続する世界最大の地球的規模のコンピュータネットワークである。

インターネットのもたらした社会的なインパクトについて、「情報通信技術の発展」「電子メールを中心とした新しい情報共同体の形成」「新たなサービスの可能性」「人間の相互理解を助ける」が指摘されている（横河ディジタルコンピュータ株式会社 SI 事業本部 1993）。森林科学におけるインパクトを考えてみると、森林環境探査にリモートセンシング技術が活用されてきたように、いまや新しい衛星通信技術により世界中の森林のフィールドとの通信が可能となり、ネットワークを使った情報共有により広域な共同研究が可能となり、森林環境の各種情報サービスが期待でき、これによって森林環境についての理解を助けると期待される。

これまで、ネットワークを活用した研究システムでは、例えば斎藤ら (1988) は、CG(Computer Graphisc) を応用して開発した景観予測システム開発で、カラーグラフィックス用周辺機器が安価なパソコンで 2 次元 CG 处理とグラフィックス表示を行い、パソコンでの処理が困難な 3 次元 CG 計算処理をワークステーションで処理する構成を用い、計算機相互は現在のネットワークで標準に使われているイーサーネットによるネットワーク接続によりデジタルデータを高速転送交換した。転送には FTP を用いる。同じく斎藤ら (1993) の森林景観シミュレーションシステムの開発・応用では、東京大学とフランス CIRAD とがインターネットによるネットワーク接続を活用し、電子メールを使ってデータ処理やシステム応用について意見交換を行い、必要な地形・植生・画像データ等を FTP により転送交換して共同研究を進めた。前者は、同一機関内のネットワークでの情報共有で、システム運用は個人や同一グループで行われ、説明を要しないデジタルデータがコンピュータ間を移動している。後者は、異なる機関で、かつコミュニケーションが取

りににくい距離にある個人・グループ同士が、電子メールというコミュニケーション手段を使って、研究計画・方法から具体的なデータの説明や処理指示・意見交換を行い、かつデジタルデータを交換することで、システム開発が進んだ。両者に共通なのは、研究プロジェクトについて熟知し、デジタルデータの中身についても電子メールでの文章による説明以上の詳しい説明を必要としない状況でネットワークを活用している点にある。また扱っているデジタルデータは、数値、テキスト、画像であるが、それぞれ個別のファイルである。

3.1.2 World Wide Web

近年注目されているインターネット上の技術に WWW(World Wide Web) がある。WWW で扱う情報は、デジタル化されたテキスト、図表、画像、音声、動画等のデータで、それぞれは個別ファイルであっても、それを閲覧する時は、見た目に一体化されている。(西垣 1994) のいう「デジタルな融合のテクノロジー」とはこれを指す。これまでのメディアに例えるならば文章、図表、写真からなる書籍に近い。書籍は、あることがらについて記述され、読者は文字が読めるならば、図表や写真等の付帯資料を見ながら、その内容の理解を深める。断片的な文章や、図、表、写真も個別に脈絡無く提示されても、それは書籍とは言えず、理解も容易では無いだろう。つまりマルチメディアの出現は、先の FTP や電子メールでの研究例で示したように、情報処理が扱う対象、個別で専門的で部分的な処理のためのデジタルデータを、書物のように誰もが見て理解できるまとまりに拡張したとも言える。

WWW で扱う情報が、音声、映像を含み、しかもインターネットによる情報交換を活用することで、書籍や研究雑誌、さらに

は新聞や放送のような最新情報の配信や双方向の情報交換や議論など、森林情報のネットワークシステムとして多種多様な活用ができると考えられるので、サイバーフォレストを構成するネットワーク層の要素技術として取り上げ、実際にシステムを構築し運用試験を行うこととした。

3.2 ケーススタディ（1）World Wide Web による森林情報の公開

3.2.1 材料

World Wide Web を使った森林情報のネットワーク公開のケーススタディを行うために、使用する森林情報として「東京大学農学部附属演習林概要 1994」を使用した。東京大学農学部附属演習林は、1994 年の創立 100 周年記念事業の中で、和文英文併記のカラー印刷による「東京大学農学部附属演習林概要 1994」を発行することになった。印刷物作成の作業は 1994 年 2 月より始めた。その際、印刷と同時に WWW を使った情報公開するために、東大演習林の各地方演習林や研究部、事務部への原稿依頼に際しては、文章についてはフロッピー原稿による入稿を行い、写真をなるべく多く用い、必ず写真にはタイトルと数行に渡るキャプションをつけるよう依頼した。

3.2.2 マルチメディアデータ化

3.2.2.1 データ入力とフォーマット

テキストデータは MS-DOS テキスト形式のフロッピー原稿で収集したものを、そのまま個別のファイルのままコピーした。

全角・半角や句読点等のフォーマットの差異を統一するように適切な変換を加えた。各演習林ごとに、和文英文それぞれで1つのファイルを作成した。また演習林全体に関する概要と研究部・事務部に関しては和文英文1つずつのファイルにまとめてインデックスとした。

画像フォーマットとして、WWWで先行して普及したブラウザMosaicがGIF形式をサポートしていたため、WWWの画像の事実上標準形式となっていたことから、GIF形式でデジタル化を行うこととした。収集した写真原稿のうち、紙焼プリント写真是、スキャナでデジタル化し、モニター上での可読性を考慮して色の調整を行いGIF形式のファイルに保存する作業をパソコン上の画像処理ソフトウェア(Photoshop)を用いて行った。退色してしまった古い写真的画像修正もパソコンで行った。またスライド原稿は、フォトCDサービスでデジタル化し、色調については同様な処理を行った。これらの画像ファイルは、写真1枚につき1つの画像ファイルに対応させて入力を進めた。一つの画像ファイルに対して必ず和文英文それぞれ1つのキャプションのテキストファイルを作成した。

このほか、表とグラフの原稿が存在したが、ともに写真同様に画像としてデジタル化し、個別のファイルにした。

3.2.2.2 HTMLによるハイパーテキストの作成

個別のファイルとして用意したテキストファイル(日、英、各演習林・研究部事務部ごと)、画像ファイル(写真や図表ごと1ファイル)を、ブラウザで表示する際の、ページ配置やページ内位置、さらにハイパーリンク構造を設定するために、ハイパーテキスト化を行った。ハイパーテキストの構造はHTML(Hyper Text Markup Language)を使って記述する

が、具体的にはエディタを用いて、テキスト中に直接手作業で HTML タグを埋め込み、適宜ブラウザーで表示を確認しながら作業を行った（図 III- 1）。

ハイパーテキスト化に際しては、出版物に近いレイアウトを取りながら、ハイパーテキストの特徴を生かし、かつコンピュータの画面上で見ることを考慮し、写真とそのキャプションを中心に入リンクを辿って見ていくこともできるように制作した

最終的に HTTP サーバ上に構築されたデータ（東京大学演習林概要マルチメディアデータ）は 5.5Mbyte の量になった。ファイルの構成は図 III- 2 の通りであり、演習林のホームページやコンテンツのブラウズ例を図 III- 3 に示す。すべての作業は、パソコン上で行った。

3.2.3 HTTP サーバの構築

デジタルデータに加工し、ハイパーテキストによりマルチメディアデータ化したファイル群を、公開するために HTTP サーバを、研究部のワークステーションにインストールした。

HTTP サーバはワークステーション (Sun SPARCstation IPX,Sun-OS4.1.3) を使用した。学内 LAN(UT-net) が学外のインターネットとも接続しているので、学内 LAN に接続したコンピュータはすべてインターネットに接続していることになる。HTTP サーバソフトウェアは NCSA HTTPd を使用した。NCSA HTTPd は無料で配布されており、先行する CERN による HTTPd に比べてドキュメントが充実していたことと、ユーザが多く存在し、ネットワークでソフトウェアに関する情報が得やすかったことから NCSA HTTPd を選択した。WWW サーバソフトウェアの特徴として一般的に使用されているコンピュータに特別なハードウェアやソフトウェアを追加すること

レイアウト イメージの挿入

東京大学農学部附属演習林
The Tokyo University Forests

東京大学農学部附属演習林 HomePage

ようこそ東京大学農学部附属演習林WWWサーバへ
このサーバは試験運用中です。どうぞ、誤字脱字、ご意見ご感想などございましたら
藤原章雄 (akio@fr.a.u-tokyo.ac.jp)までご連絡ください。
Here is English Page.

地方演習林のページ

トヨタ演習林 new

桃又演習林 new

HOT! 新着情報

地学と森林・林業に関する世界の情報

address

```

<TITLE>The Tokyo University Forests</TITLE>
<IMG SRC = "HomePageTitle.gif" >
<H1>東京大学農学部附属演習林 HomePage </ H1 >
ようこそ<A href = "http://www.u-tokyo.ac.jp/index-j.html">東京大学</A> 農学部附属演習林<A href = "http://www.ntt.jp/SQUARE/howto.html">WWW</A> サーバへ。<br>
このサーバは試験運用中です。エラー、誤字脱字、ご意見ご感想などございましたら  
藤原章雄 (akio@fr.a.u-tokyo.ac.jp)までご連絡ください。
<br>
<strong><A href = "homepage.html">Here is English Page.</A></strong>
H3 <A href = "http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/Tour/TourHomeJ.html"><IMG SRC = "TourIcon.gif" />～みる～</A><A href = "http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/detailsJ.html"><IMG SRC = "Doc.gif" />～よむ～</A>
</H3>


---


H3 <a href = "http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/whatsnew/whatsnewJ.shtml"><IMG SRC = "whatsnew.gif" />新着情報 </a></H3>
H3 <A href = "http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/others/othersJ.html">林学と森林・林業に関する世界の情報</A></H3>


---


<address><a href = "http://keirill.fr.a.u-tokyo.ac.jp/~akio/">Akio Fujiwara</a></address>

```

図 III-1 ブラウザで見た演習林 HomePage (左) とそのHTML表記による実際のファイルの内容 (右)

Fig.III-1 . The Tokyo University Forests HomePage by browser view (left). The source of this document described in HTML

右の<...>で囲まれた部分がタグであり、ブラウザによって解釈され、レイアウト、イメージファイルとのリンク及び文中への挿入、他ドキュメントへのハイパーリンクが行われる。

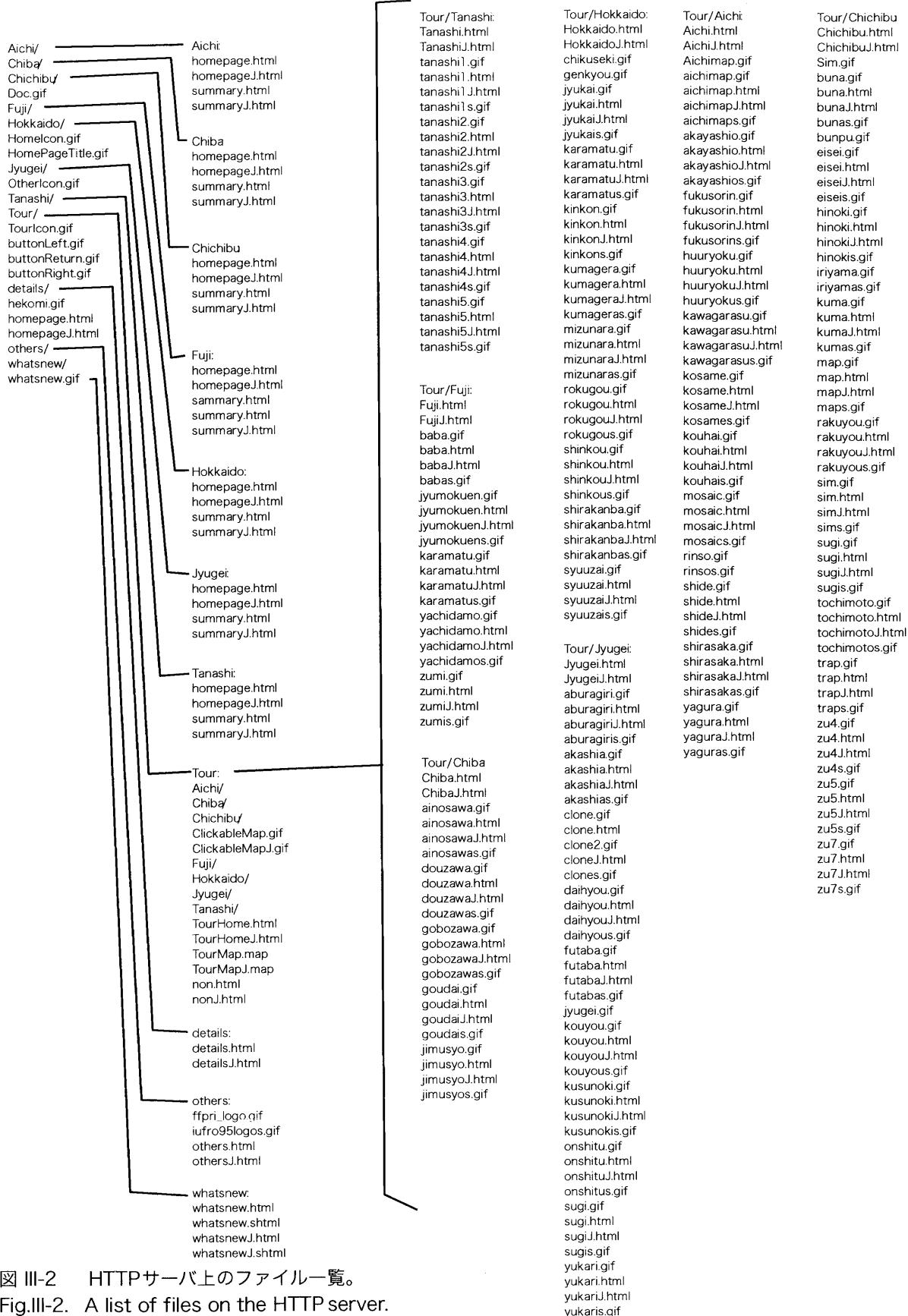


図 III-2 HTTPサーバ上のファイル一覧。

Fig.III-2. A list of files on the HTTP server.

.htmlで終わるファイルはHTMLで書かれたテキストファイル。
.gifで終わるファイルは画像ファイル。



図 III-3 演習林概要 HTTPサーバ上上のコンテンツ

Fig. III-3. The contents of the Tokyo University Forests HTTP server.

WWW上ではテキストの要素や挿入された画像に他のデータがリンクしている。このような構造のドキュメントをハイパーテキストという。マウス操作のみでこのリンクをたどって目的の情報を得る。画像を中心見ていけるようなリンクと、概要の文章を集めたリンクがある。文章中にも関連する画像へのリンクを作成した。

なく使用することができるので、安価なシステムで運用するこ
とが可能であった。

HTTP サーバで公開する情報ディレクトリを指定し、作成し
た演習林概要マルチメディアデータをコピーした。こうして、
インターネットに接続したコンピュータと WWW ブラウザー
を使用すれば、世界中のどこからでも東京大学演習林概要を閲
覧することができるようとした。

3.2.4 HTTP サーバの運用結果

1994 年 8 月より、運用を開始した。HTTP サーバはすべて
のアクセスをログファイルとして記録している。アクセスのロ
グファイルを解析することで、毎日のリクエスト数、時間毎の
リクエスト数、国別リクエスト数、ホスト毎のリクエスト数、
ファイル毎のリクエスト数を把握できる。解析には wwwstat
というスクリプトを利用し集計を行った。

3.2.4.1 リクエスト数

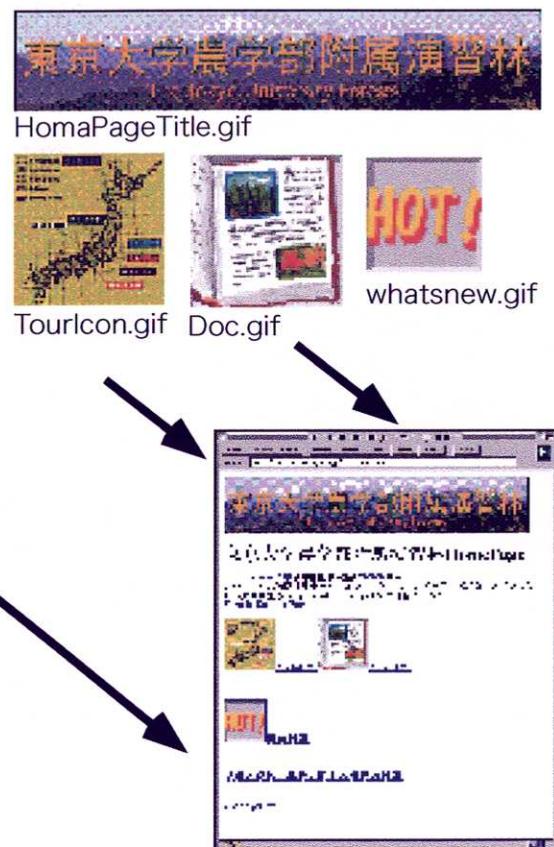
この場合リクエスト数とはブラウザソフトからサーバに対し
て行われたリクエストをカウントしたものであり、たとえばブ
ラウザに東大演習林 HomePage を表示する際にサーバの受け
るリクエストは図 III-4 に示すように 6 回から成っている。一
日あたり受けたリクエスト数は徐々に伸びていた（図 III-5）。
96 年 6 月 10 日から 10 月 22 日の平均リクエスト数は 497/ 日
である。ドメイン別のリクエスト総数を見ると圧倒的に国内か
らが多いが、ドメイン名から導き出される国の総数は 52 カ国
に達している（図 III-6）。このグラフに見られる欠損はサーバ
管理上のトラブルで 1996 年 6 月 10 日以前のログファイルを
失ったことによる。

```

<TITLE>The Tokyo University Forests</TITLE>
<IMG SRC="HomePageTitle.gif">
<H1>東京大学農学部附属演習林</H1>
ようこそ<A HREF="http://www.u-tokyo.ac.jp/index-j.html">東京大学</A> 農学部附属演習林<A HREF="http://www.ntt.jp/SQUARE/howto.html">WWW</A> サーバへ。
<br>
このサーバは試験運用中です。エラー、 誤字脱字、 ご意見ご感想などございましたら
藤原章雄 (akio@fr.a.u-tokyo.ac.jp) までご連絡ください。<br>
<strong><A HREF="homepage.html">Here is English Page.</A></strong>
<H3><A HREF="http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/Tour/TourHomeJ.html"><IMG SRC="TourIcon.gif">~みる~</A>
<A HREF="http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/details/detailsJ.html"><IMG SRC="Doc.gif">~よむ~</A></H3>
<H3><a href="http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/whatsnew/whatsnewJ.shtml"><IMG SRC="whatsnew.gif">新着情報</a></H3>
<H3><A HREF="http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/others/othersJ.html">林学と森林・林業に関する世界の情報</A></H3>
<h3>
<address><a href="http://keiril11.fr.a.u-tokyo.ac.jp/~akio/">Akio Fujiwara</a></address>

```

homepageJ.html



keiril0.fr.a.u-tokyo.ac.jp[31/Jan/1996:10:35:00 +0900] "GET / homepageJ.html	HTTP/1.0" 200 1093
keiril0.fr.a.u-tokyo.ac.jp[31/Jan/1996:10:35:02 +0900] "GET / Doc.gif	HTTP/1.0" 200 3540
keiril0.fr.a.u-tokyo.ac.jp[31/Jan/1996:10:35:02 +0900] "GET / TourIcon.gif	HTTP/1.0" 200 4202
keiril0.fr.a.u-tokyo.ac.jp[31/Jan/1996:10:35:02 +0900] "GET / whatsnew.gif	HTTP/1.0" 200 1724
keiril0.fr.a.u-tokyo.ac.jp[31/Jan/1996:10:35:04 +0900] "GET / HomePageTitle.gif	HTTP/1.0" 200 16808

ログファイル

図III-4 ログファイルの記録する内容

Fig.III-4. What is recorded by the server on a log file.

WWWサーバへのファイルのリクエストは上図のように、 HTMLで記述されたテキストファイル、埋め込まれているイメージファイルをそれぞれについて行われる。利用者のコンピュータ上のブラウザでそれらのファイルが再構成され左下図のように表示される。ログファイル（一番上）には、 それぞれのファイルへのリクエストが記録される。

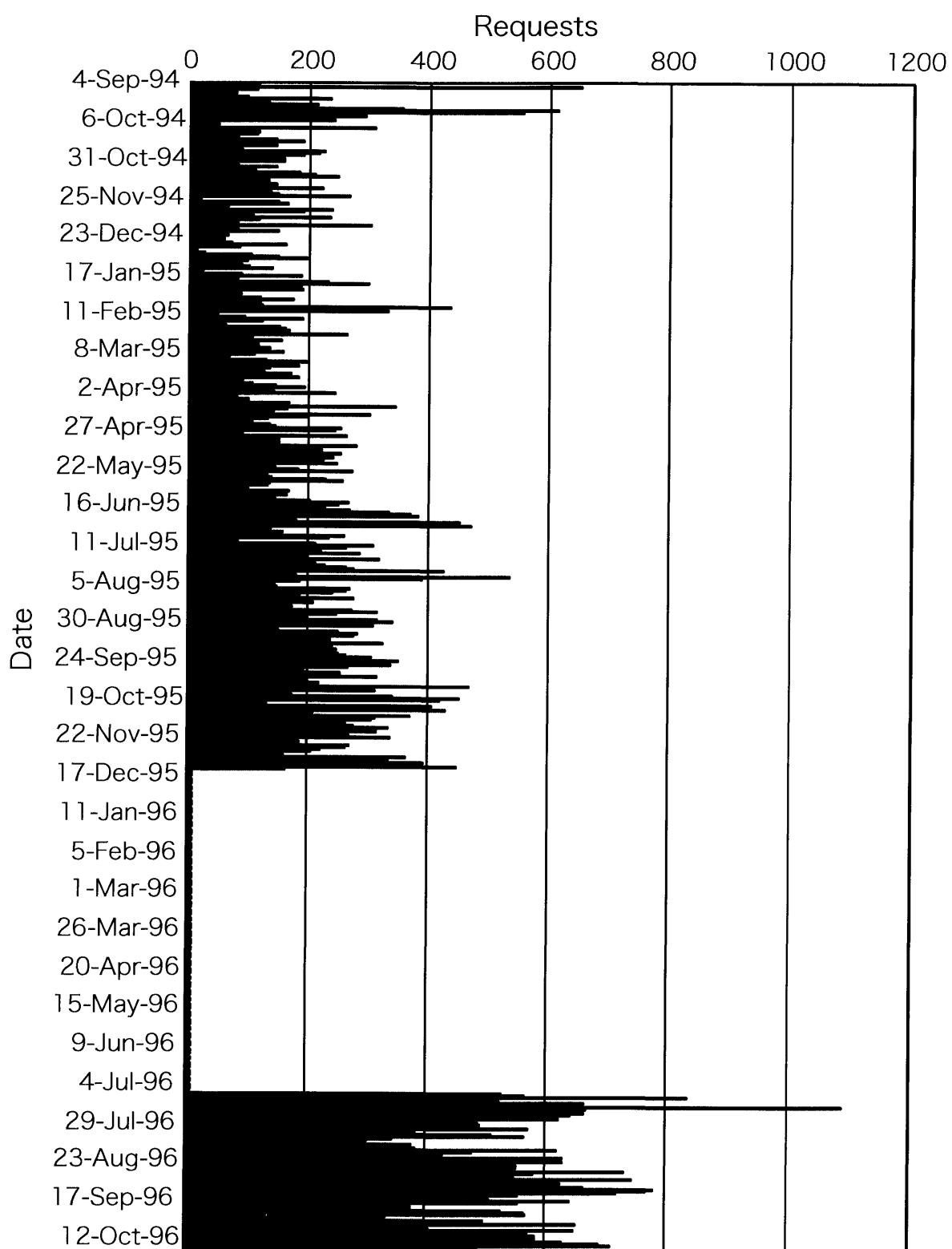


図 III-5 研究部 HTTPサーバへの日毎リクエスト数の推移

Fig.III-5. Daily requests for HTTP server in the head office

サーバ立ち上げ時から増加傾向にある。11,Dec.,1995からの欠損はサーバ
管理上のトラブルによる。

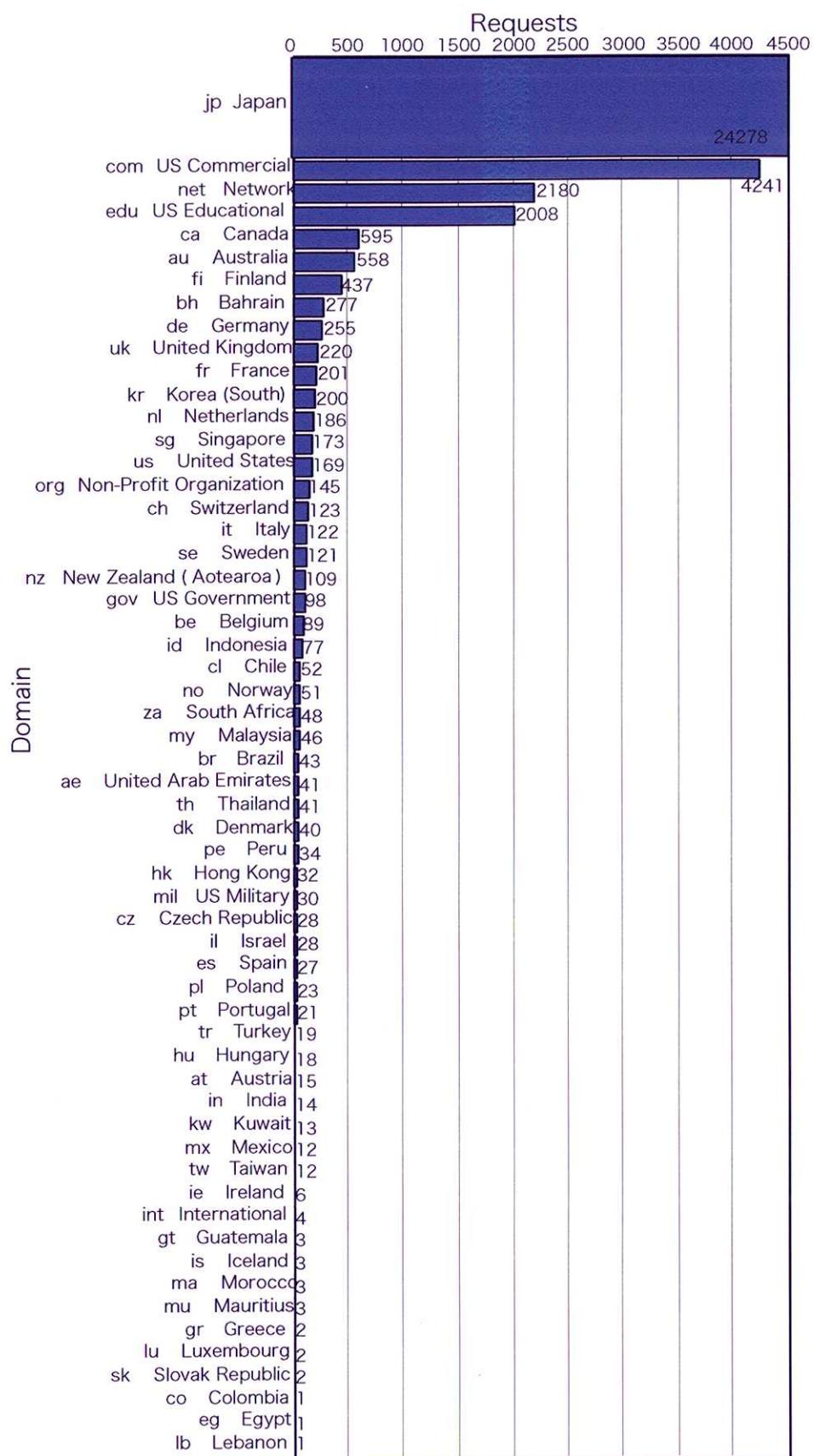


図 III-6 ドメインごとの総リクエスト数 (1996年6月10日～10月22日)
Fig.III-6. Total requests from each domain (10 July 1996 -22 October)

3.2.4.2 ファイルごとのアクセス集計

サーバに登録したファイルごとのアクセス数を前述欠損日以降について累計した（図 III-7）。タイトルとなる HomePage のアクセスに比べると、各地方演習林の詳しい写真や文章による解説などのページへのアクセスは極端に少ない。また大きな傾向としてテキストのみのページよりグラフィック中心のページへのアクセスが多い。多くの利用者はタイトルのページを見て、さらに詳しい情報へと掘り進むことなくこのサーバを去っている事が分かる。詳しく見る利用者でも画像が中心のアクセスをしている。このことは、WWW による情報提供の限界であるとともに、今後改良していく上でどのような形の情報が WWW システムに適しているか示唆している。

3.2.5 考察

一連のケーススタディから以下の点が明らかになった。

3.2.5.1 情報の収集と加工について

情報源となる文章と写真の内容をできるだけ損なわないよう、かつ共通の形式で収集しデジタル化するには、データ作成の段階で守るべき指針を明確に提示し、収集後の変換作業を最小限にすることが重要である。例えば、テキスト入力時に、互換性のない外字を使わない、各行末改行は禁止し段落の区切りで改行する、文字の位置合わせにスペースを用いない、写真是印刷されたものでなくオリジナルのプリントもしくはフォト CD で提出する、などがデジタル化の作業量に影響することが分かった。

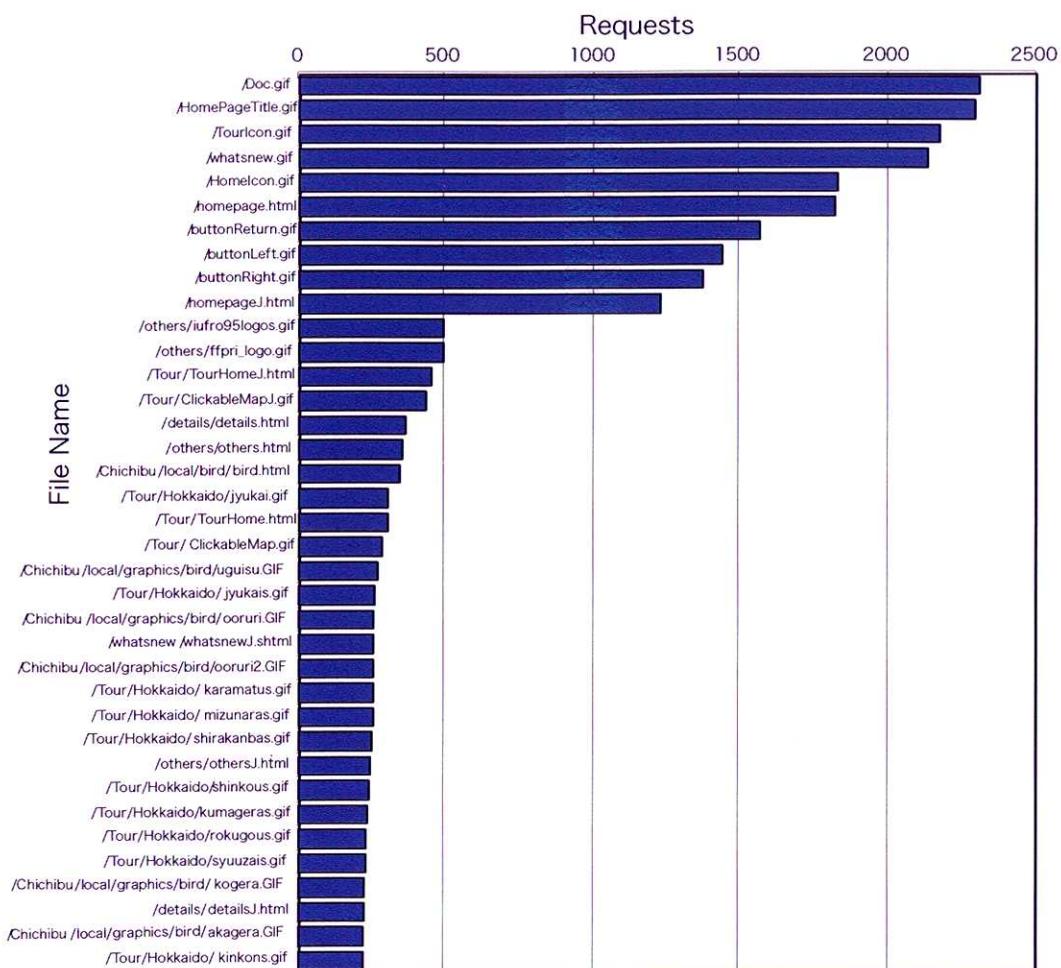


図 III-7 各ファイルごとのリクエスト総数 (1996年6月10日～10月22日)

Fig.III-7. The Amount of requests per each archives(10 July 1996-22 October)

HomePage に付随するファイルのリクエスト数に比べてリンクをたどっていかなければならないファイルへのリクエスト数は少なく、大きな差が生じている。また、画像ファイル (.gif) についている)へのリクエストが多いことが分かる。

3.2.5.2 ハイパーテキスト化について

エディタを使って HTML のマークアップ作業を手作業で行つたことによる、煩雑で手間のかかる作業性が問題にされた。しかし、ワープロや DTP ソフトでレイアウトしたファイルそのまま HTML による記述に変換するツールや、ブラウザそのものがハイパーテキストのエディット機能を含むもの等が開発され、ハイパーテキスト化作業量は減少している。むしろ各種データベースと連動したインターフェースを記述したり (CGI プログラミング), ユーザの操作に合わせて動的にマルチメディア情報を提示することができる Java や VRML に代表される各種の新しい WWW 技術への対応が重要になってきている。

3.2.5.3 サーバ管理上の事故防止技術について

コンピュータを使用したシステムに関しては、常にデータの亡失及び機器の故障の可能性を考慮したシステム構築が必要である。危険回避のための作業としてシステムのモニタリング、ファイル及び機器のバックアップが挙げられる。しかし、いずれの作業も、煩雑で地味な作業であり軽視されがちで、実際、東大演習林 HTTP サーバにおいても機器の故障とデータの亡失がおこり、サーバの立ち上げ当初に MO にコピーしていたファイルを復帰することで事なきを得たが、サーバ管理体制の困難が明らかになった。計画的なファイルのバックアップ、システムのモニタリングを行うことで事故の被害を最小限にとどめることができるが、実行には人的予算的なコストがかかる。

3.2.5.4 出版物とマルチメディアデータについて

出版された東京大学農学部附属演習林概要 1994 は、当初
-47-

3000部（1994年10月）であった。印刷物は、発行部数という制限があるため、無制限に配布することはできない。一方、印刷物とほぼ同様な内容からなる演習林概要マルチメディアデータは、インターネットを通じてファイルをコピーしているに過ぎない。不特定多数の人が、何回でも閲覧し、必要であればコピーを各自の手元に置くこともできる情報なのである。

アクセスログの解析でも示したように、出版配布とは異なった経路で閲覧されていることが分かった。従ってその効果も異なるが、少なくとも情報の伝わる量と距離において、出版物とは比較できない可能性を持っていることが明らかになった。

3.2.5.5 まとめ

以上から、マルチメディアデータの作成、HTTPサーバの運用には特殊な情報科学について、すなわち、テキストおよび画像のフォーマットやワークステーション管理に関する知識など、の実践的で多岐に渡る知識を必要とするが、ネットワークコミュニケーションのプラットフォームとして有効であると考えられた。複雑な情報処理技術ではあるが、扱いやすいソフトウェアの普及したことにより、このケーススタディから数年後にはインターネット上の情報システムとして標準的な位置を占めるまでに一般化した。

3.3 ケーススタディ（2）現地研究者のコンテンツ作成環境の構築

東大演習林は、研究部事務部が東京都文京区弥生に、その他全国7ヶ所に地方演習林が設置されている。各地方演習林は、公衆デジタル回線ISDNによって東京大学農学部とネットワーク接続されていた。ケーススタディ1では、研究部に設置した

常時インターネットに接続されているワークステーションを使っての情報公開であった。ケーススタディ 2 では、常時ネットワーク接続が困難であった遠隔施設からのコンテンツ作成のための環境構築について研究を行った。

3.3.1 秩父演習林からインターネットへのアクセス

秩父演習林内の LAN に接続されている複数のコンピュータから、それぞれ適宜インターネットに接続されている様々な HTTP サーバにアクセスして、公開情報を閲覧しようとした場合、大きな問題点が 2 つあった。

1 つは、World Wide Web を閲覧する際に用いられる HTTP というプロトコルの仕組みとして、ブラウザーが表示する段階でその内容となるファイルを逐次サーバから転送する、ということによる問題である。つまり秩父演習林 LAN 上で複数の人や、複数回、同じサーバの同一ファイルにアクセスした場合、同じファイルをその都度何度も要求のある度に転送することになり不必要なネットワーク間トラフィックが生じる。公衆回線を用いたネットワーク間接続の場合、従量制であるためそのまま使用料金が増える。

次に、インターネット上のリソースを示すアドレスである URL が、基本的に数字表記の IP アドレスではなくアルファベット表記のホスト名を用いていることによる問題である。秩父演習林では、上記の公衆回線の使用料金の制限から、不要なネットワーク間トラフィックが生じるのを防ぐために、ホスト名から IP アドレスを導き出す DNS サーバを参照しない設定をしている。このためホスト名表記の URL を参照することができず、その結果 WWW ブラウザは目的のファイルを転送してくるこ

とができない。

以上 2 点の問題の回避のため、開発中の汎用プロトコル中継サーバである DeleGate の HTTP Proxy およびそのキャッシングの機能を使用した。秩父演習林 LAN 内の WWW ブラウザはすべてのファイル要求を秩父演習林 LAN 内のワークステーション上の DeleGate（以後秩父 DeleGate とする）に対して行った。さらにこの秩父 DeleGate は農学部弥生キャンパスの UTnet に接続したワークステーション上の DeleGate（以後弥生 DeleGate）にファイル要求を行い、最終的に目的の HTTP サーバへの接続はこの弥生 DeleGate が行った。弥生 DeleGate は、サーバから転送してくるファイルを取得し、逆に DeleGate のリレーをたどって WWW ブラウザまでファイルを届けた（図 III-8）。こうして DNS の問題は解決した。さらに秩父 DeleGate は一度アクセスのあったファイルのコピー（これをキャッシングという）を一定期間保持し、同じファイルへのアクセスがあった場合は外部ヘリクエストを出す代わりにコピーを返した。こうして外部へのアクセスを必要最小限にとどめることができ、1 つめのネットワーク間トラフィック問題を回避できた。

3.3.2 秩父演習林 HTTP サーバとコンテンツ作成ネットワーク環境の構築

ケーススタディ 1 のコンテンツ作成は、各演習林に関する資料をフロッピー及び写真で集め、まとめて著者が入力する方法を行った。しかし、地方演習林に関するコンテンツの場合は、地方演習林が独自に作成し、そのコンテンツの管理（作成後の追加・修正など）を行った方が、より地方に密着した詳細なマルチメディアデータの作成と、最新情報の公開が期待できる。

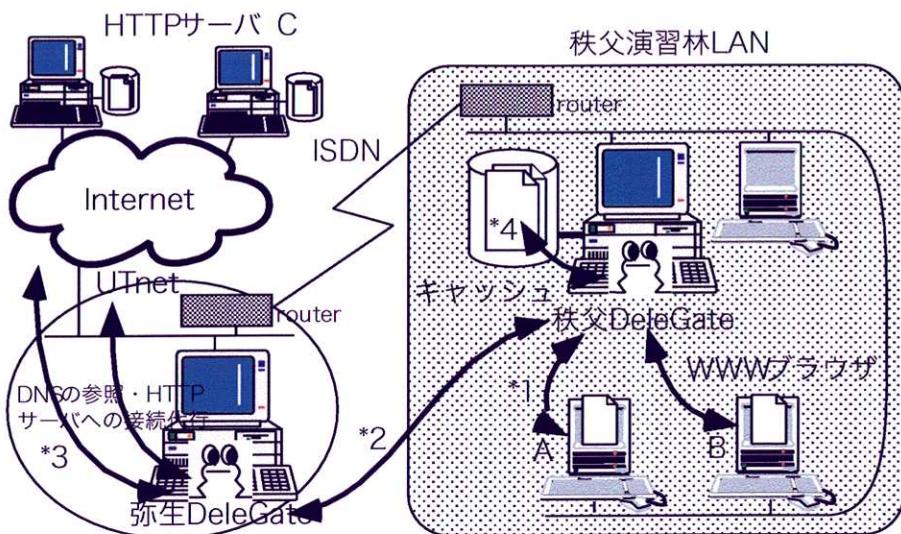


図 III-8 DeleGateを使ったHTTPプロキシサーバシステム構成

Fig.III-8. The system of HTTP proxy servers implemented by DeleGate

WWWブラウザAがHTTPサーバCのコンテンツにアクセスする場合、まずAは秩父DeleGateに対して接続要求を出す。秩父 DeleGateは弥生 DeleGateにその要求をリレーして、弥生 DeleGateが最終的にサーバCに対してのファイル要求を代行する。そして、サーバCから送られるファイルは逆に弥生 DeleGate→秩父 DeleGate→Aの順に送られる。その際秩父 DeleGateは転送したファイルのコピーをディスク上に保持する。その後、Bが同じくCのコンテンツを見ようとすると、秩父DeleGateは要求をリレーせずにコピーしてあったファイルをBに送る。こうして、同じファイルにたいするアクセスの場合、秩父 -UTnet間は1回の通信ですむことになる。

そこで、秩父演習林が独自のコンテンツ作成を行い、かつ秩父演習林事務所内に HTTP サーバを設置しコンテンツの管理を行なうシステム運用を構築した。

秩父演習林におけるコンテンツ作成は、演習林概要の場合と同じくパソコン (Macintosh) によって行なうこととした。パソコンで作成したファイルを UNIX ワークステーションへ移す作業は FTP によるコンピュータ間のファイル転送アプリケーションを使うのが一般的であるが、その設定や運用にはワークステーション管理の技術が必要となる。全ての地方演習林にワークステーション管理技術者を配置することは現実的ではない。また、コンテンツを作成する者すべてにネットワークやワークステーションの知識を期待するのも困難である。そこで、ワークステーションのファイルシステムを、ネットワークで繋がった Macintosh から、Macintosh のファイルシステムとして使用できるようにするソフトウェアパッケージ CAP(Columbia AppleTalk Package for Unix) を導入することとした (図 III-9)。

コンテンツは Macintosh のアプリケーションで作成しそのまま保存するだけでよい。このようにネットワーク環境をパソコンによる操作中心に整えることでパソコンのアプリケーションを使うだけで、特別なネットワークや UNIX ワークステーションの知識を学ぶことなく、容易にコンテンツ作成が行える。このことは複雑な情報技術に詳しいわけではない現地研究者が独自にコンテンツを作成するためには重要なことである。

3.3.3 秩父演習林コンテンツの作成

秩父演習林独自の情報作成について、そのデジタル化と HTML によるハイパーテキスト化を含むマルチメディアデータ

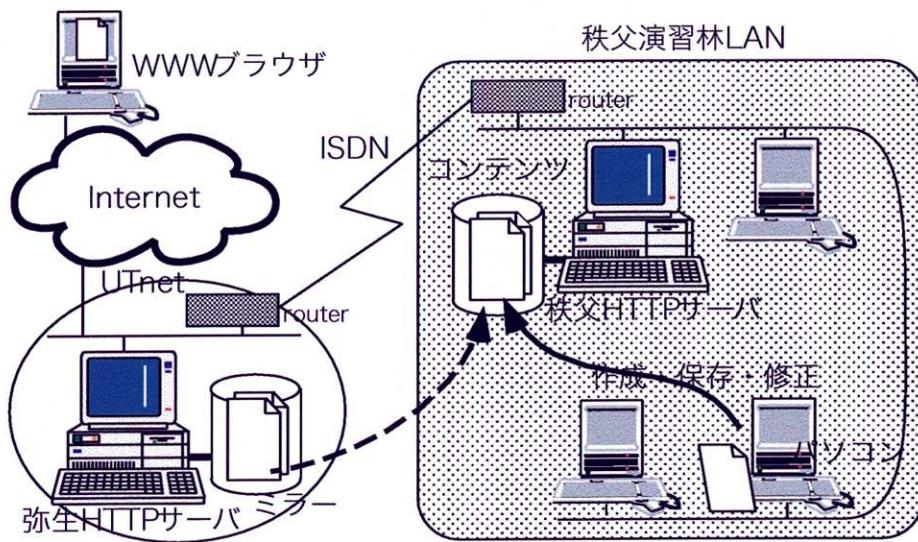


図 III-9 コンテンツ作成のためのネットワーク環境およびコンテンツのミラー構成

Fig.III-9. The computer network environment for making contents and the structure of mirroring contents.

秩父演習林HTTPサーバ（秩父HTTPサーバ）に導入したCAP（Columbia AppleTalk Package for Unix）によって、秩父演習林LAN内の MacintoshはHTTPサーバのディスクへ直接ファイルをセーブすることができる。さらに秩父演習林HTTPサーバに置かれたファイルの最新のコピーを演習林研究部 HTTPサーバ（弥生HTTPサーバ）に置くようにした。Internetからのアクセスはこの弥生HTTPサーバに対してのみ行われる。

化は、ほぼケーススタディ 1 の方法に等しいので、省略する。ただ演習林概要とは異なるのは、テキストと画像データの他に、音声データをデジタル化したことである（図 III-10）。

3.3.4 秩父演習林情報公開へのアクセス環境の整備

秩父演習林の LAN は ISDN を用いて農学部弥生キャンパスネットワークと接続されていた。しかし、弥生キャンパスネットワークおよび、それと接続するインターネットに接続された世界中のコンピュータから秩父演習林のワークステーションへの接続要求は拒絶されていた。なぜなら、拒絶しない場合、弥生側から発呼する秩父演習林への公衆回線使用料金は農学部が負担するので、実際の接続要求をしたのが弥生キャンパスネットワーク上のコンピュータでない農学部とは無関係のコンピュータの場合でも、農学部が料金を負担しなければならない問題が発生するからである。秩父演習林側から弥生キャンパスネットワークへの接続要求が発生した時のみネットワークがつながる設定になっており、完全に双方向のネットワークとして利用することはできなかった。秩父演習林の事務所（埼玉県秩父市）内に HTTP サーバを設置し、秩父演習林独自の情報を公開したが、そのままの設定では秩父演習林内のネットワークからだけ HTTP サーバのコンテンツを見ることができるにすぎない。

そこで、演習林研究部（東京都文京区弥生）の HTTP サーバに、秩父演習林 HTTP サーバ上のファイルのコピーを作成し（これをミラーと呼んでいる）、実際にインターネットから参照するのは研究部のサーバ上のミラーになるように設定した。ミラーの更新は秩父演習林側から、必要に応じて行うようにした。作

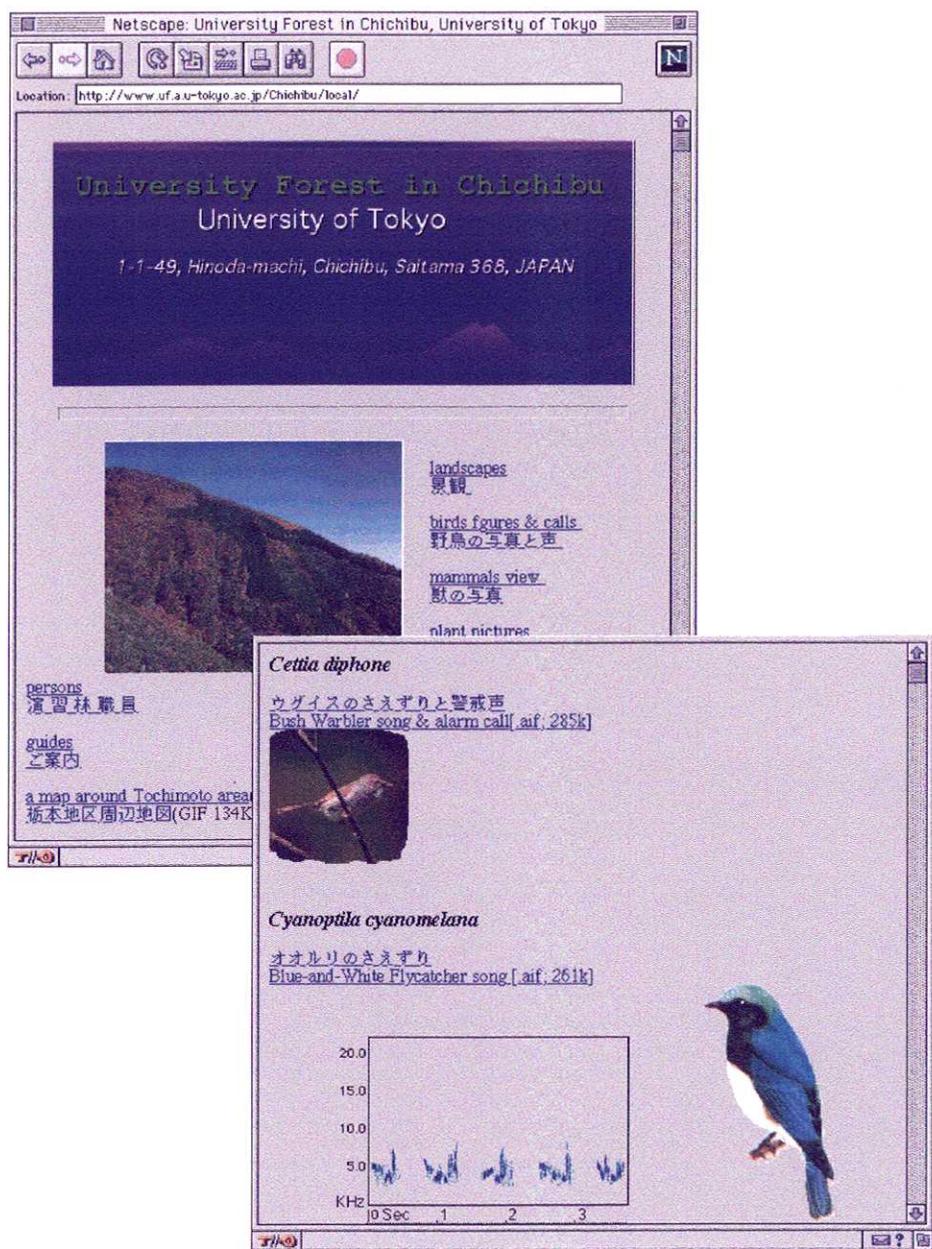


図 III-10 秩父演習林 HTTPサーバ上のコンテンツ
 Fig.III-10. The contents served on the HTTP server of University forest in Chichibu.
 秩父演習林で作成したコンテンツ。秩父で録音した野鳥の音声ファイル、その他野生動物の写真および解説文が豊富。

業は秩父のサーバ上で、コマンドを実行するだけで、特別なワークステーションの知識を必要とせずに簡単に更新が可能な手法とした。以上の仕組みによって地方演習林から直接情報を公開することが可能となり、現地でなくては得ることのできないような情報を素早く HTTP サーバに入力することができた。

3.3.5 考察

WWW の特徴として、情報発信者が情報受信者に渡る内容を直接コントロールできることが挙げられ、秩父演習林におけるシステムはその特徴を失うことなく遠隔施設の WWW 利用を可能とした。本システムの構成は 1996 年 5 月より段階的に整備してきたもので、正常に機能しており一応の効果をあげた。このシステム構成はブロードバンド接続が普及した現状においても、山間地における携帯電話などによるダイアルアップネットワークを構築する際には応用できる技術である。さらには、ケーススタディでは人間の作業によるコンテンツ制作であったが、無人自動システムによる自動記録装置に応用することで森林内の装置から即座にインターネット上にデータを公開する技術への応用も考えることができる。

第4章 感性情報（映像と音響）の現地デジタル化システムの開発

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（梶 1997）。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（高野 1993, 寺本 1996, 藤原 2003）、現地でしか得ることが難しい感性情報（映像、音、空間知覚）（辻 1997）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と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きいにもかかわらず、今まで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。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（環境省 2001）。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（藤本 1997）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。

そこでこの章では、まず、森林映像記録ロボットカメラの開発について述べる。そして、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について述べる。

4.1 ロボットカメラシステムの開発

森林映像記録ロボットカメラは東京大学秩父演習林内の2カ所に設置して開発を進めた。以下で開発について述べる。

4.1.1 天然林樹冠部ロボットカメラ

4.1.1.1 設置場所

天然林樹冠部ロボットカメラ（樹冠部カメラと略す）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°C, 最寒月（1 月）の平均気温は -3.9°C, 最暖月（7 月）の平均気温は 21.2°C）（図 IV-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電話線などの通信設備はない。

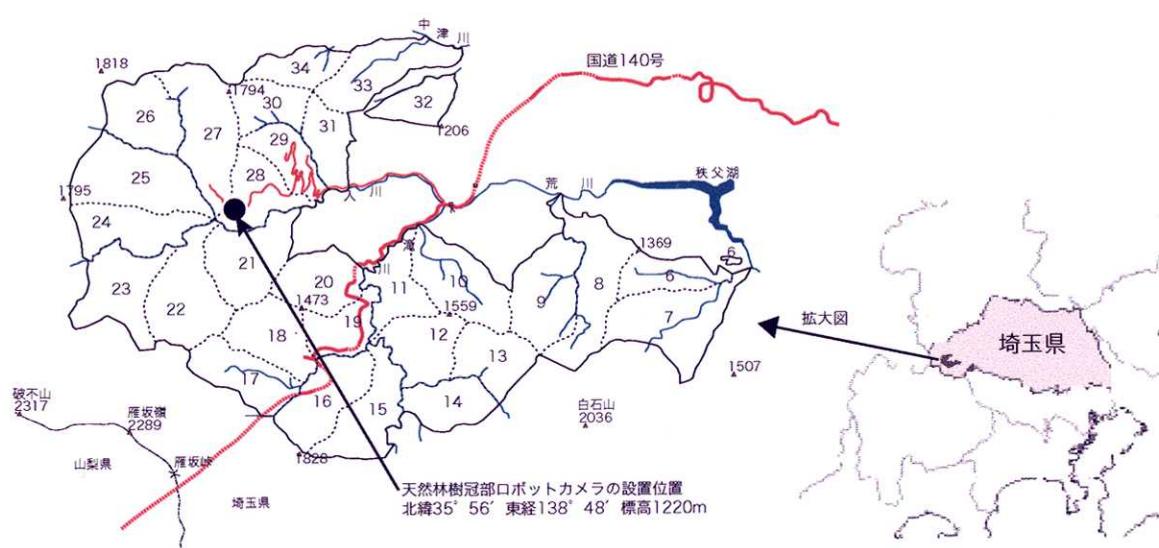
4.1.1.2 システム構成

樹冠部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（図 IV-2）。図 IV-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 IV-2 中のそれぞれの装置の詳細を表 IV-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 III-3）。

＜記録信号の流れ＞マイク、CCD カメラからの音・映像信号



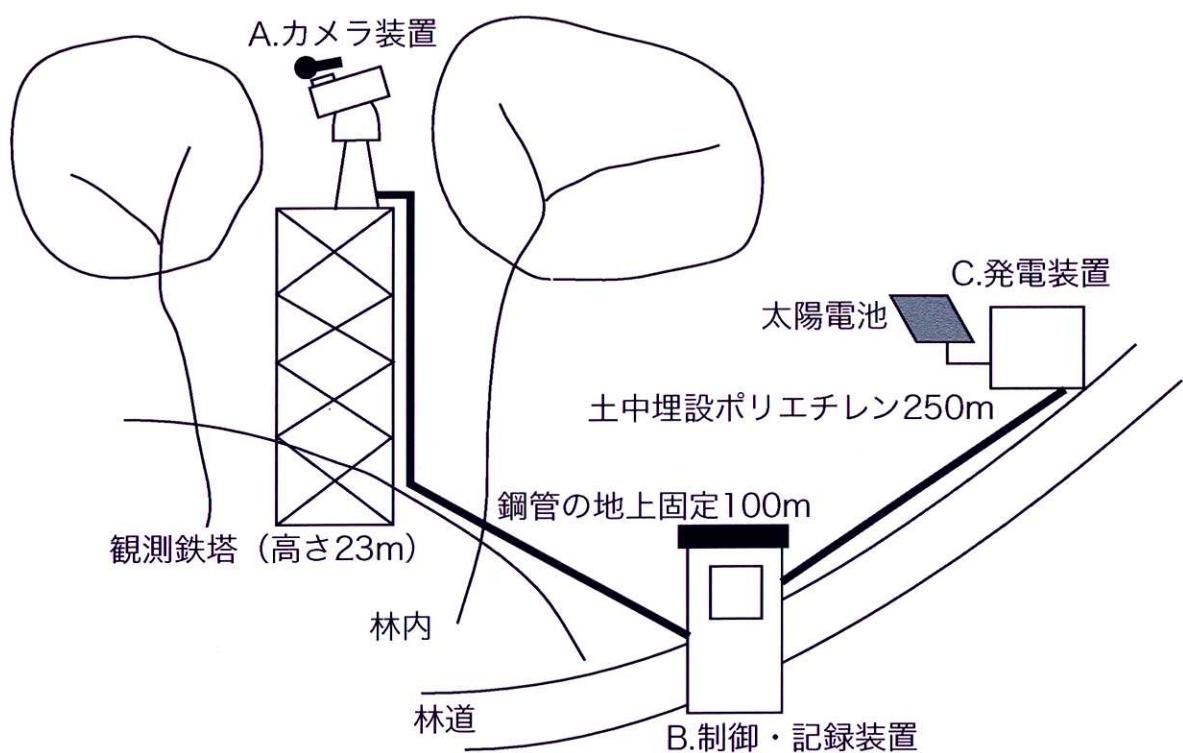


図 IV-2. 天然林樹冠部ロボットカメラの配置図

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

表IV-1 ロボットカメラシステムを構成する装置詳細

Table IV-1 The device details which form the robot camera system

装置名	型番	機能
(A)カメラ装置		
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音する
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、デフロスター、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 位置検出ポテンショメーター	プリセット制御器からカメラ方向を制御
(B)制御・記録装置		
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（ビデオテープレコーダー）	SONY,DSR-11 DVCAFM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
(C)発電装置		
発電機	HONDA,EX-3000改 2.7VA50Hz,242cc,連続運転7.6Hr	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 12V,20W	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

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。

＜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。

4.1.1.3 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 VI-2、図 IV-3、表 IV-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 IV-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。

4.1.1.4 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（週間クオーツ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

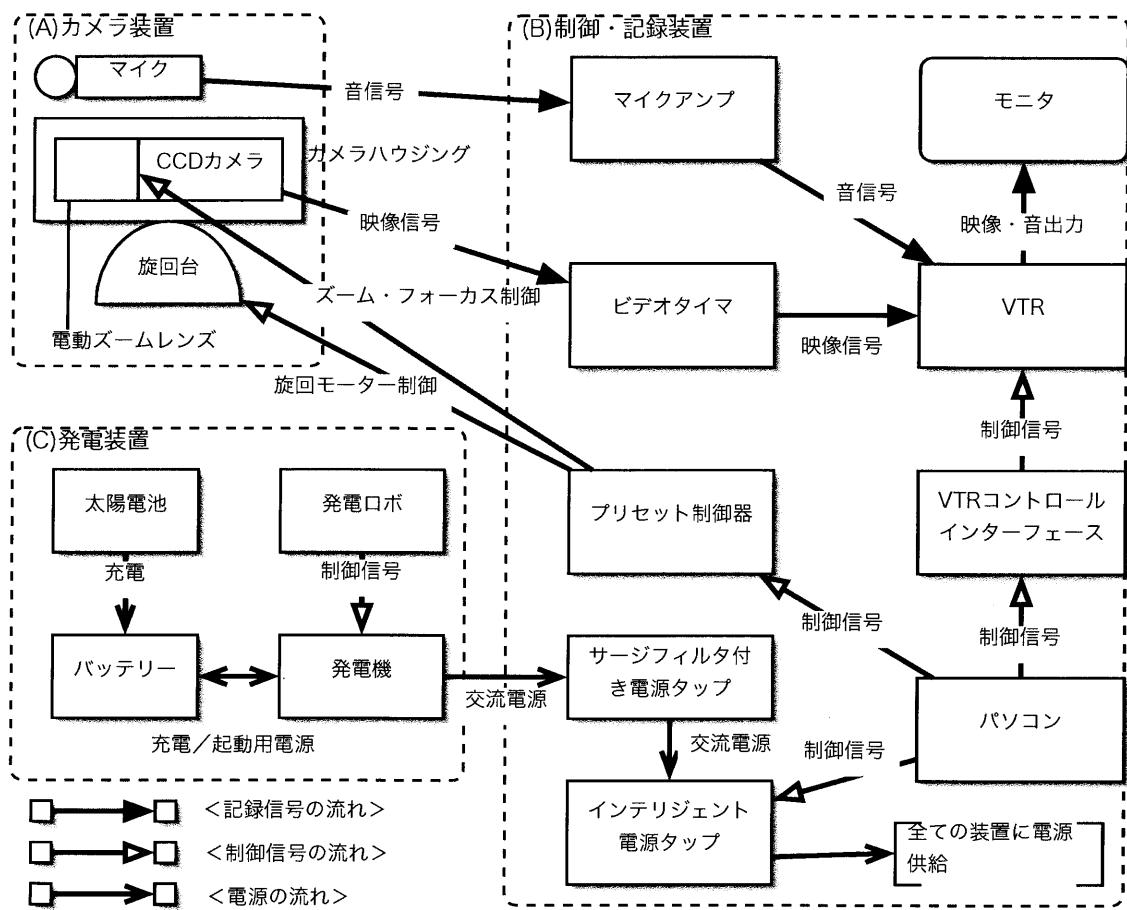
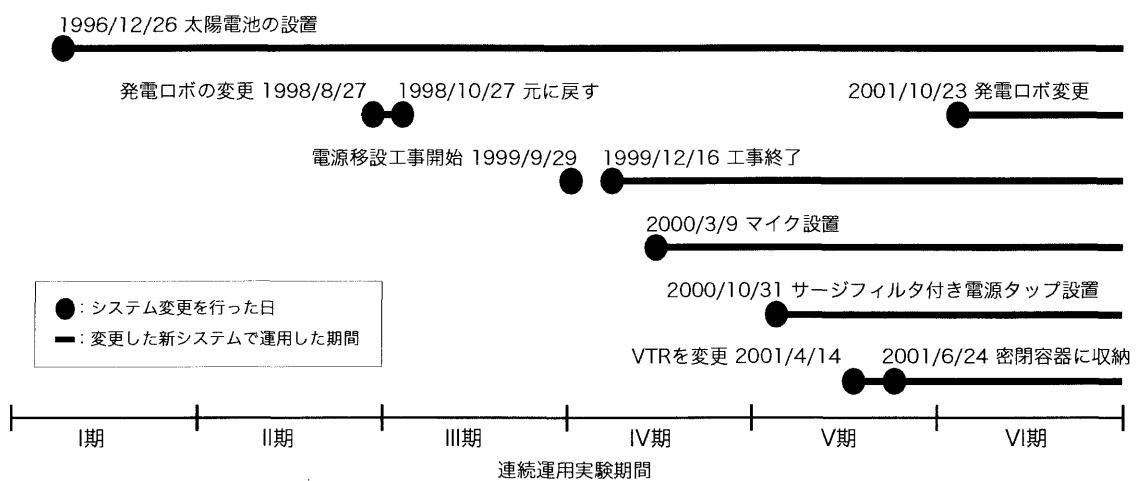


図 IV-3 ロボットカメラシステム構成図

Fig IV-3 The Robot camera system configuration figure



図IV-4 システム変更の履歴
Fig IV-4 Log of system modification

日 35 分の発電で、樹冠部カメラの消費ガソリンは約 200l/ 年であった。

樹冠部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 IV-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、樹冠部カメラは、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）を新しい対象に替えたり、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だった人工数は約 20 人日／年であった。

4.1.2 森林景観記録ロボットカメラ

4.1.2.1 システム

システム構成およびシステム設定は樹冠部カメラと同様の構成で開発を行った。森林景観記録ロボットカメラ（以下「景観

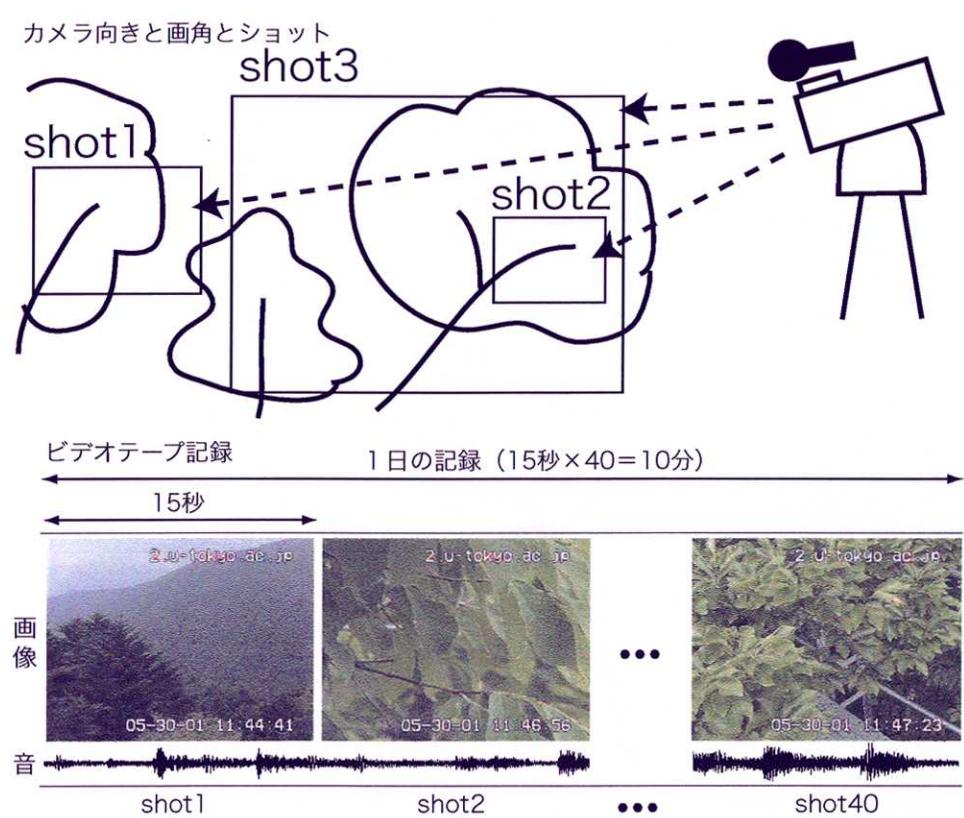


図 IV-5 ショットとビデオテープ記録内容の図解
Fig IV-5 Diagram of shot and contents of videotape record

カメラ」)は、人工林・二次林／原生林からなる中遠景の森林景観を記録している。環境の総合指標としての景観記録を目指している。設置場所は29林班い6小班。図IV-6のようにカメラ装置と制御・記録装置は至近距離に設置した。樹冠部カメラと同様にシステム設置当初はマイクは設置しておらず、映像のみの記録であった。またシステム構成も設置当初はVTRはHi-8方式のものを使用していた(以下「初期景観カメラ」)。発電装置はその後のマイクの設置と同時に樹冠部カメラと同様にマイクにエンジン音が入るのを防ぐために200m程度はなれた場所に設置した。樹冠部カメラのシステムの機器構成変更と同様に途中でVTRの変更と発電ロボの変更を行った。以下で景観カメラのシステムの機器構成変更について述べる。

4.1.2.2 景観カメラの映像解析によるシステム改良の検討

初期景観カメラで記録された映像を用いて、森林景観の時系列変化が観察できるように同一ショットについての映像を時系列に並べた編集作品を作成して、一般人(森林科学と無関係な学生や一般の人)や専門家(森林科学関連の研究者や学生)に提示して反応を観察し、その後感想や意見を得た。

<一般人>一般人への映像提示では、数分で映像に興味を示さなくなることが観察された。定点定時記録という景観カメラの趣旨を理解している場合でも、淡々と進む映像に興味を持ち続けることは困難であることが分かった。提示される映像はフィールドでの観察に比べて情報量が少ないため、内容について一定の知識や興味がないと、見続けることが出来ないが、一般的のビデオカメラ(マイク内蔵)で撮影した映像は、再生時には映像と音が再生されていて暫くは視聴できる。また一般人を景

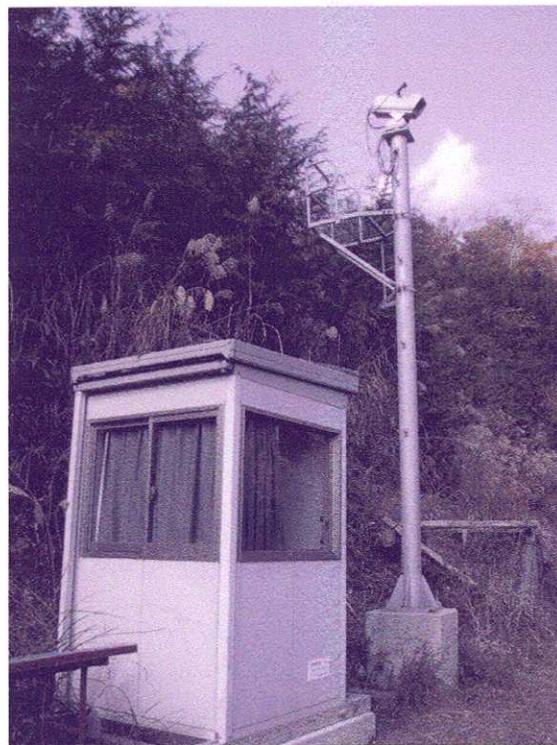


図 IV-6 森林景観ロボットカメラ
全景

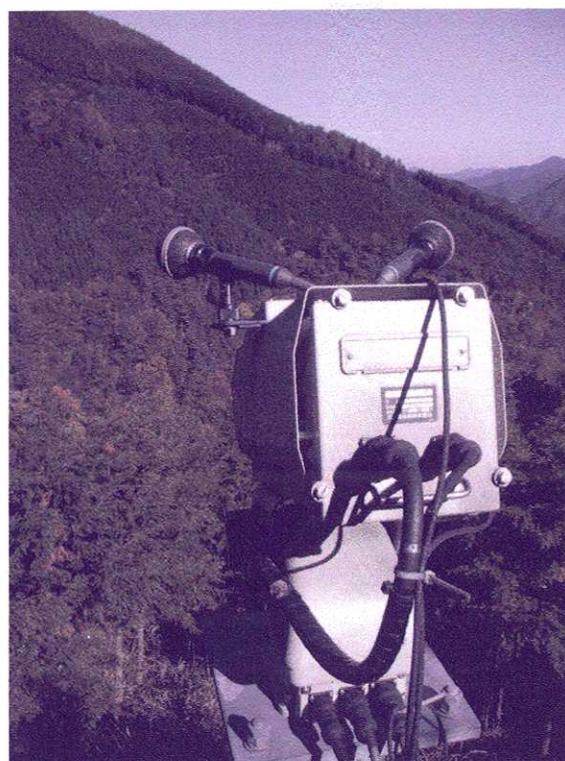


図 IV-7 ステレオマイクを
取り付けた野外カメラ

観カメラ設置地点に案内すると、各自が様々に興味を持ってフィールドに接していることが観察できた。興味が統けば知識も増え、フィールドを離れたあとに景観カメラの記録映像を提示すると、フィールドを訪れる前よりも興味を持って見ることが観察された。

＜専門家＞専門家は映像を興味を持って見ながら、各自の森林に関する知識と関連した情報を引き出そうとする。たとえば映像のなかの森林について、自分の判断を確かめるために樹種構成などを質問したり、映像記録システムの運用や応用についての質問や意見を出す。特に映像をより詳細観察したいという要求について、ズーム率を変えた複数ショットによって対応しているが、これだけでは専門家の解析対象として不十分と指摘された。初期カメラでは中景域の森林景観を映像記録していて、画像の動きは、木々が風で揺れる程度の動きしかなく、森林景観を構成するテクスチャーなど、詳細な景観構成要素の画像記録には課題があった。

景観カメラによる記録映像を提示や現地での比較を中心とした定性的なヒアリングやから、景観カメラには音を記録する機能の付加と、画質の向上が必要だと考えた。新たな情報源の追加となる音については、筆者らも何度もフィールド調査での現地の感覚と映像記録とを比較していくうちに景観カメラには音を記録することが必要だと考えるようになっていたこと。景観と音について、例えば今田(1942)は『風景は見るばかりでなく聞くべきときもある。・・聴く風景は見る風景に無形の雰囲気をあたへている。・・風は景色に動きを与えるほか、音を伴うのが常で、地上の風の音は樹と甚だ関係が深い』と指摘していることからも、重要な記録対象であると考え開発を行った。

4.1.2.3 ステレオ録音機能の開発

A 環境音

映像については画質の問題はあるが継続的に記録されているので、先ず新たに音を記録する機能の開発を進めることにした。記録する音については、環境モニタリングという目的の場合、音源を特定して録音するのではなく、景観カメラに届く周辺の音、つまりフィールドに立って聞いている環境音を可能な限りそのまま記録し再生できる録音方式を想定して検討を進めた。

B 録音方式

原音に忠実な集音再生方式としてバイノーラル（両耳受聴）がある（後藤 1989）。そこで録音方法としてバイノーラル録音と、そのほかマイク形式2種類と録音チャンネル数2種類の組み合わせによる4方式を加えた5方式を選定し、現地での試験録音を行い、録音中のフィールドの環境音の印象と、室内での再生視聴とを比較した。2チャンネルステレオよりも4チャンネル録音の方が、再生時の音環境への没入感があり、臨場感が高い。ダイナミックマイクの方が、コンデンサーマイクに比べて現場での受聴に近いと判断した。野外での通年運用のため防水型マイクを採用し、かつロボットカメラへの装着容易性や録音記録の再生時条件などを含めて検討した結果、ダイナミックマイクによる2チャンネルステレオ録音を採用することにした（表 IV-2）。

C マイクの設置

景観カメラは小屋のなかに室内タイプの監視カメラを設置しており、野外の音を収録するには不適であった。そこで野外用カメラハウジングに収納し、カメラポール最上部に移設した。

表 IV-2 録音方式の検討と評価

名称	チャンネル数	マイク形式	野外カメラへのマイク取付適否判断	再生機材の特徴と適否判断
4チャンネル・ダイナミック	4	D	難：カメラハウジングに防水マイク4本は取付スペース、重量とも困難。マイク4本は配線が錯綜しやすい。	難：4チャンネルの再生機器は一般的でない。視聴ポイントが限定され、同時受聴人数は少ない。
4チャンネル・コンデンサー	4	C1	やや難：防水マイクは小さいので取付スペース・重量とも問題ない。マイク4本は配線が錯綜しやすい。	
2チャンネル・ダイナミック	2	D	容易：カメラハウジングに2本の防水マイクなら、スペース・重量とも問題なし。	容易：通常のステレオテレビで再生できる。同時受聴人数は4チャンネルよりも多い。
2チャンネル・コンデンサー	2	C1	最も容易：カメラハウジングに2本のマイクなら、スペース・重量とも問題なし。	
バイノーラル	2	C2	難：ダミーヘッドを取り付けることは難しい。	難：ヘッドホーンで受聴するが普及していない。

<チャンネル数> 4チャンネル録音では2チャンネルステレオ録音に比べ音による没入感が高く、臨場感が高い。

<マイク形式>

D : Sony製エレクトレットコンデンサーネットレスマイクロホンECM-MS957
周波数特性 (50~18,000Hz) 、正面感度 (-42dB)

C1 : Sony製ダニミックマイクロホンF-115、
周波数特性 (40~12,000Hz) 、正面感度 (-74dB)

C2 : コンデンサーマイク (試験性能無)

コンデンサーマイクはダイナミックマイクに比べ感度が高く、周波数特性も広いので環境音の記録に最適と予想したが、現場では聞き取れないような小さな音まで拾っていて、現場での聴覚感覚と異なった。

<バイノーラル>原音に近い集音再生方式

またガソリン発電機を主電源としていて、カメラ稼働時にエンジン音が録音されてしまうので、マイク設置位置から 250 m ほど離れて録音に支障の無い地点に移設した。野外カメラ用ハウジング上部にステレオアームを接着し、2本の防水マイクを取り付け、録音システム側にマイクラインアンプを設置し、ビデオデッキ音声端子と接続した（図 IV-7）1998 年 10 月から稼働したが、氷点下になる冬を越えても支障なく稼働した。

4.1.2.4 画質精度の検討

A 初期景観カメラの画質

これまでの撮影記録を解析した結果、画質精度を向上させるには、より詳細なフォーカスや適正露出、ホワイトバランス調節により改善できる「システム調整」と、映像システム全体を最新の機器に変更する「システム更新」によって対応できる。前者は、既にカメラ本体の自動露出、自動ホワイトバランスによって運用しており、逆光補正についても標準構図による調整を行っており、標高 1000m を越える無電源地で無人で野外カメラを制御している現状では、当面改善のめどはないと考え、後者について検討を進めた。

B 画像精度のシステム機能変更の検討

機材設備を変更することによる画質向上の可能性については(1) 撮像素子を 1CCD から 3CCD に変更、(2) 録画方式を Hi8 から業務用企画に変更の 2 点を検討した。(1)については、3CCD カメラが高価であること、またカメラポールに設置したカメラを変更するにはカメラハウジングやパンチルト台の変更が必要で新設に近い労力が必要であり、現状では現実的でないと考えた。(2)については、業務用規格 β カムがあるが、やは

り高価であり、室内スタジオとは温湿度環境の異なる野外で稼働させるには無理がある。しかし近年、デジタル衛星放送局やインターネット放送局の普及とともに、デジタルビデオの普及が進み、森林カメラに応用可能で安価な製品が出てきたため、録画方式の変更を検討した。

C 録画システムの変更

業務用デジタル録画方式の1つであるDVCAMを用いた比較的コンパクトで低価格のVTRデッキ（Sony製DSR-20定価40万円）が発売された。デッキ自体の交換労力は容易であったことから2000年10月にVTRデッキの変更を行った。2001年4月にはさらに低価格でコンパクトな製品（Sony製DSR-11:25万円）が販売されたので2001年6月に再度変更した。

4.2 長期運用試験

樹冠部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」、何らかの原因で樹冠部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つたなど完全には記録できなかつたことを「欠測」と呼び、欠測の起こつた日を「欠測日」とした（表IV-3）。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つに区切りそれをI期からVI期とし、連続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IV-4）。稼働率の推移を見ると、I期からII期にかけ改善し82%の稼働率となつたが、その後III期か

表 IV-3 稼働日、欠測日の定義

Table IV-3 The definition of the days in which the system worked and measurement failure arose

記録状況	備考
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

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。

4.2.1 欠測原因の分析

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 IV-5 の通り 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、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 IV-6）。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分かった。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。

4.2.1.1 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 IV-7 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 IV-6）。

A 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

表 IV-4 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 IV-4 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 IV-5 欠測原因の分類

Table IV-5 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.発電口ボの更新 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

表 IV-6 欠測原因項目ごとに集計した各欠測ごとの連続欠測日数

Table IV-6 Number of days in which continual measurement failure arose in each cause of the mesurment failure

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		
I期	1996.11.8	5																	
	1996.11.14	1																	
	1996.11.16	40							11										
	1997.2.9							8											
	1997.2.26							4											
	1997.3.8							10											
	1997.3.14				1														
	1997.7.24				17														
	1997.8.4																6		
	1997.8.21																103		
II期	1997.11.10				1														
	1998.4.25				17						24								
	1998.7.5																23		
	1998.8.27																65		
III期	1998.10.22													31					
	1998.10.29				14									5			7		
	1999.2.26				15														
	1999.7.9				12												84		
	1999.7.24																		
IV期	1999.9.29										13								
	1999.11.11				1									35					
	2000.3.2							1									1		
	2000.4.11																1		
	2000.6.1										11						1		
	2000.6.16							15									1		
	2000.6.23										45						123		
	2000.7.5							13											
	2000.8.5				7						11						102		
V期	2001.1.4				1						25								
	2001.1.14				7						11								
	2001.1.27				1														
	2001.2.5				4														
	2001.2.14				1														
VI期	2001.3.4				1														
	2001.3.7																		
	2001.3.20																		
	2001.5.3				7														
	2001.5.24				1														
VII期	2001.5.31				7														
	2001.6.13				11														
	2001.7.23										11								
	2001.9.8				7												11		
VIII期	2001.10.2				3														
	2001.12.11				2														
	2002.1.21				4												1		
	2002.2.6				1												16		
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

表 IV-7 「システム不備」に分類される欠測に関する詳細

Table IV-7 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ると考え、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、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つ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くする位置（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、DVCA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。

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IV-7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IV-6）、V期での積雪による欠測発生（表IV-7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。

- 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、通常のガ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つたが、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。

B 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IV-7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が異なるので、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つたが、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。

4.2.1.2 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IV-6）。

AⅠ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 IV-8）。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。

B V 期から VI 期

テープ交換遅れによる欠測の詳細を表 IV-9 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えて残量ぎりぎりまで記録しようとすることが、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。

4.2.1.3 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 IV-6）。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 IV-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

表 IV-8 ビデオテープの交換手順

Table IV-8 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替へと修正する。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、自動撮影を開始する。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 IV-9 ビデオテープ交換遅れによる欠測の詳細

Table IV-9 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ことなどにより、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。	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ていた。
	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、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つた。そこで、交換スケジュールは特に定めず、現地に行った時に隨時交換を行つた。

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ると、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 IV-9 に詳細にまとめた。

A 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 IV-10) 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 IV-10) 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 IV-10) 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出来たが、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。

B 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できた。しかし、欠測 e. (表 IV-10) 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

表 IV-10 「故障」に分類される欠測に関する詳細

Table IV-10 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	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め。	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）	現場での動作チェックでは全ての機器を確認したので、とりあえずVTRと交換した。以降は問題なく動作した障であったと確定した。（発見から交換まで）
	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。	ビデオテープ交換時はシステムに異常がないことから、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）	モニターでは映像、音ともに確認するで、VTRの故障であると確定した。取り交換を予定していたVTR（Sony）を変更した。（発見から交換まで0）
3-2.パソコン故障	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。	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い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）	現場での動作チェックで、コントローラー起動しないことが分かり、ファイルが確認。今後ハードディスクの問題が交換できるようにするために、外付けを増設し、そちらへOS、コントローラーも移動した。（発見から交換まで4）
3-3.インテリジェント電源タップ	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。	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い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）	現場での動作チェックで、パソコンが分かり、パソコンの電源を発電機のから直接取ると起動することから、イ電源タップの故障であると確定した。型機器と交換した。（発見から交換まで）
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ジェント電源タップか、ON/OFFの制御器のポートが故障していると考え帰った。パソコンは故障していなかっジェント電源タップを同型のものと交持って行ったが、プリセット制御器のここで初めてプリセット制御器の故障同型機器と交換した。（発見から交換まで）

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。

C 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 IV-10）。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、樹冠部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つた。

D まとめ

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の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。

4.2.1.4 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 IV-11）。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 IV-11）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 IV-11）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。

4.2.1.5 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。

4.2.1.6 まとめ

それぞれの欠測原因の対策として導入した樹冠部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 IV-12 にまとめた。

表 IV-11 「システム変更」に分類される欠測に関する詳細

Table IV-11 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.発電口ボの更新	a. 1日1回の起動しか設定でき ない旧発電口ボから1日8回 挟んで欠測は59日間発生した。取り の起動が設定できる新発電口 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 付けた新発電口ボが現地で正常動作し 確認で異常に気が付き、旧発電口ボに 戻すことで復旧した。	更新後、新発電口ボの手動ボタン による発電機の起動テストは行つ 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、旧発電口ボに かかった。
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、工事にと 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 IV-12 ロボットカメラシステム運用チェックリスト
Table IV-12 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（隨時）	<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

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。

4.3 考察

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が、時期を異にして発生したことによって見た目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。

以上の結果から樹冠部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。

本章では、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。

第5章 感性情報（映像と音響）記録の有効性

サイバーフォレストでは、取得蓄積した映像と音響データによって知識情報と感性情報の両方を含む多岐にわたる森林情報の直接的な記録をねらっているのだが、その実用的な効果を評価するために、本章では、実際に森林映像記録ロボットカメラによって取得蓄積した映像と音響データから、ブナのフェノロジー観察に関するデータの抽出と従来方法の観察との比較、音による環境モニタリングに関するデータの抽出と評価を行った。

5.1 ブナのフェノロジー観察

ロボットカメラによって取得したブナ天然林樹冠部の定点長期連日ビデオを用いて、開芽、黄葉、落葉、堅果の落下についてビデオ記録から観察できる情報を分析し、樹木フェノロジー観察に関する定点長期連日ビデオの応用可能性について検討した。

5.1.1 材料と方法

東京大学大学院農学生命科学研究科附属秩父演習林に設置して自動運転による連続運用試験を行った天然林樹冠部ロボットカメラ（藤原ら, 1996, 1998）によって得られたビデオ記録に関して分析を行った。ロボットカメラはあらかじめ設定した複数のカメラ方向と画角（ショットと呼ぶ）を、毎日定時に自動撮影した。1ショット当たり約15秒の長さで1日あたり40ショット計約10分の映像記録を、システム設置時から継続して蓄積した。

ロボットカメラによる定点長期連日ビデオの応用可能性を明らかにするため、ブナのフェノロジー観察におけるビデオ記録の特性を分析した。そのために、40ショット7年間のビデオ記録の中から、(1) シュートの変化が画面で観察できうる画角のショットで(2) システムのトラブルによる欠測が少なく(3) ブナの豊作年、凶作年両方の結実の様子が観察できる年である1997年と2000年のショット7を分析に用いることとした(図V-1)。シードトラップによるブナ堅果落下数調査により1997年はブナの凶作年、2000年は豊作年であることが確認されている(梶ら,2001)。ビデオテープによって保管したビデオ記録から、分析に用いる日付けのショット7が記録されている部分のみをビデオ編集アプリケーションソフト(Apple Final Cut Pro,iMovie)を用いてパソコンに取り込んで、ビデオ記録をデジタルファイル化し、パソコンの画面上で自由に再生したり、静止画にして表示したり、印刷できるように処理した。ブナの開芽期、黄葉・落葉期、堅果の落下をフェノロジー観察の具体例として取り上げ、上記処理を行ったビデオ記録による観察を行い、ブナのフェノロジー観察におけるロボットカメラによる定点長期連日ビデオの特性を分析した。

5.1.2 結果と考察

5.1.2.1 開芽期

1997年5月1日から5月13日、2000年4月19日から5月17日のビデオ記録からブナ開芽フェノロジーの読み取りを行った。ビデオ記録から判別した開芽度(梶 1996)とそのほか観察できたフェノロジーを図V-2にまとめた。1997年2000年ともに数日間で開芽度が0.5から4へと変化している



図 V-1. 天然林樹冠部ロボットカメラshot7の撮影範囲

日付	Apr.25	26	27	28	29	30	May1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
記録映像																	
開芽度							0			0.5	1	2	2	3		4	
花の観察							花芽はない										
記録映像																	
開芽度	0			0.5						1		2	2	3	3	4	
花の観察		●4/26雨の零が滴る			5/3雄花の下垂が見られる●					5/8果柄が伸びて果実が見える●							

開芽度	0	0.5	1	2	3
1997					
日付	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7
2000					
日付	2/25	4/26	5/3	5/5	5/8
					5/10

図 V-2. 開芽期の映像

ことが観察できた。2000年では、ビデオに写っている芽のほとんどが葉と花を同一芽内に含む混芽であり、花を包む銀色の毛が芽鱗の間から見えるようになる様子や雄花が下垂する様子など段階を追って変化する混芽の様子が捉えられた。

主に、ビデオ記録のデジタルファイルから作成した静止画を見ること（静止画観察）によって上記フェノロジーの読み取りを行った。雄花の下垂に関しては静止画観察のみでは確認が難しかったが、不規則で背景に溶け込み識別しにくい物体でも背景と異なる動きが見えると急にはつきりと識別できるという特長をもつ（Gibson,1985）ビデオの動く画像を参照すること（動画観察）で、はつきりと確認することができた。ある特定の芽に注目して連続する日付けの画像を比較する場合、静止画観察では風などによって注目対象は画面上のさまざまな位置に移動しており枝の大きさや形をたよりに注目対象を画面内で探索する必要があるが、動画観察では芽や葉や枝などの3次元的な位置関係が動きによって知覚されることから注目対象を比較的容易に見つけることができた。また、動画観察によって葉や雄花が風に揺れる様子、雨の雫が芽から滴り落ちる様子といった、現場で直接観察していれば当然見ることができたことであるが、静止画では知覚することができない「そこで起こっていたこと」を見ることが可能であった。

ブナの開芽フェノロジーの観察において、ロボットカメラの定点長期連日ビデオ記録の持つ毎日自動撮影、映像による視覚記録保存、動画記録という特性が有効に働いていることが分かった。

5.1.2.2 黄葉・落葉期

1997年と2000年の10月2日から11月30日のビデオ記

録を用いブナ黄葉・落葉フェノロジーの読み取りを行った。黄葉・落葉の初期、盛期、終期の判定は、梶（1996）の基準を参考に調査木の樹冠当たりという部分をビデオの画面当たりに置き換えることでビデオ記録の観察のための判定基準を作成しビデオ記録から作成した静止画を画面上で目視して行った。ビデオ記録の目視判定結果とビデオカメラ周辺林分の35個のリタートラップによって測定されたブナ落葉の累積落葉乾燥重量割合（調査期間の総量を100%としたその時点までの累積落葉乾燥重量の割合）（東京大学秩父演習林、未発表資料）の推移とを図V-3に示す。ビデオ記録は画角で切り取ったごく局所的な観測であり、一方リタートラップのデータは調査林分全体を対象にした観測であるので、簡単に比較して論じることはできないが1997年2000年ともに似通った傾向で両者時期は同調していることが分かった。

同一のショットで連続する日付けの画像を瞬時に切り替えて観察できることは、前後の画像に対しての変化が捉えやすく、黄葉初期、落葉初期の判断に有効だった。画面に占める黄葉の割合については、天候条件によってビデオ画像の色は異なり、さらに晴天下では日陰部分とハイライト部分では色や形を判断することも困難であった。前後の日付けの画像を参照することでおおまかに黄葉盛期、終期は判断した。

5.1.2.3 堅果の落下

堅果に着目した映像観察より、殻斗が未だ割っていない状態（未割）、殻斗が割れて堅果が露出した状態（堅果露出）、堅果が脱落して殻斗のみになった状態（堅果脱落）を判別することが出来た（図V-4）。図V-5は豊作年であった2000年の10月2日から11月22日の静止画観察から画像上で状態を判別

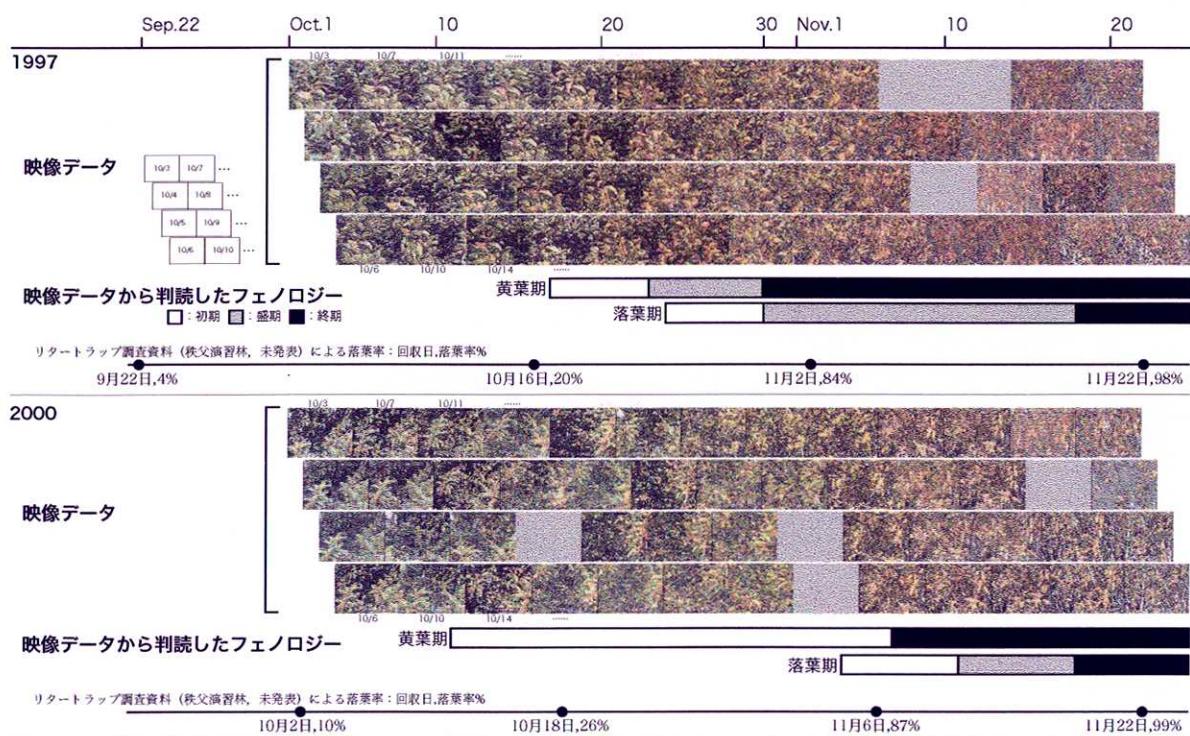
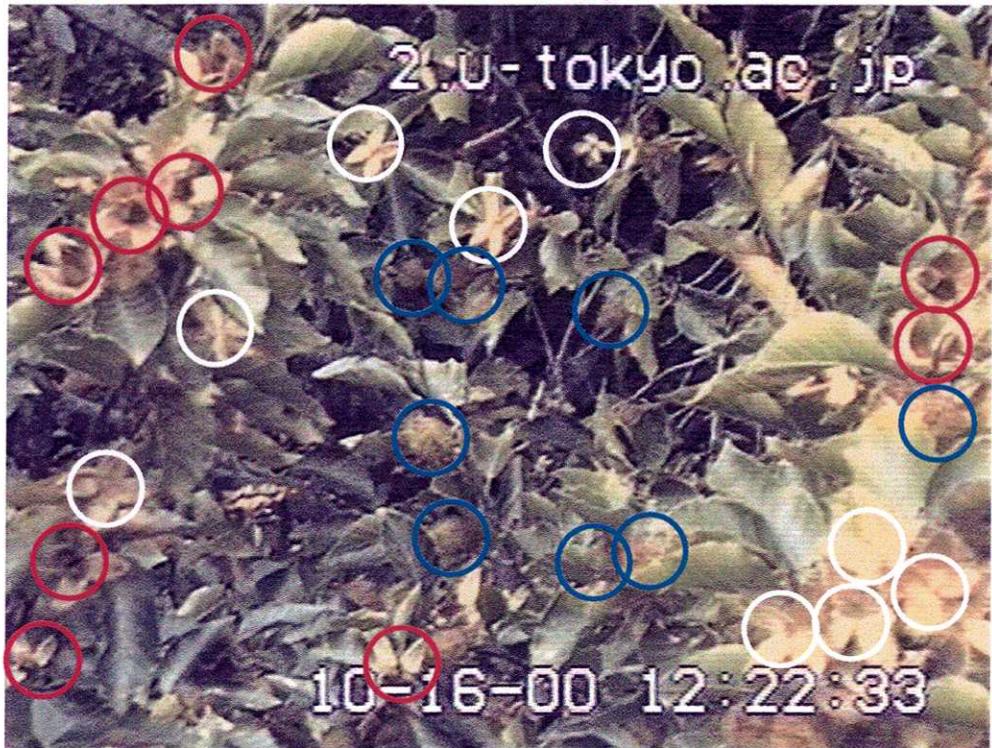


図 V-3. 黄葉期の映像



○：未割 ○：堅果露出 ◎：堅果脱落

図 V-4. 肝斗の状態を判別した画像の例 (2000年10月16日)

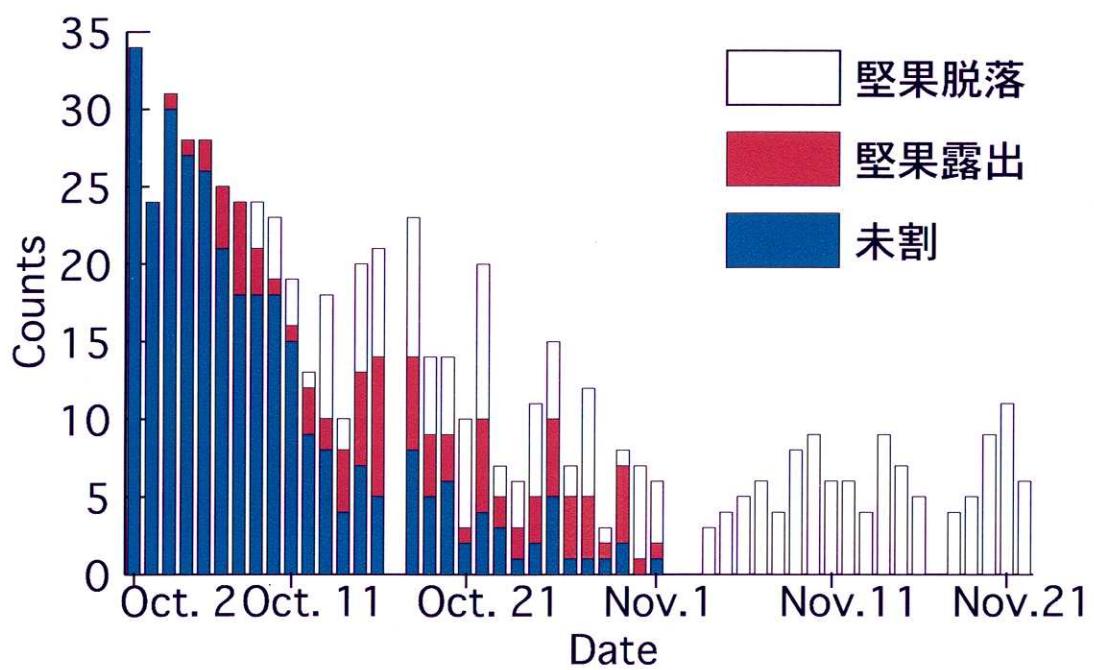


図 V-5. 画像で確認できる状態別殻斗の個数（縦軸：殻斗の個数、横軸：日付）

できる殻斗の個数を数え上げて「未割」、「堅果露出」、「堅果脱落」に分けて示したものである。固定ショットの画像を記録することにより現地の目視観測では実行困難な一日間隔で決まった範囲の数量を数え上げるという手法が容易に行えた。静止画観察で状態が分かりにくい殻斗でも動画観察することで判別できることがあった。風により枝が動くこと、雨の重さによって枝が下方に曲がること、落葉によって枝が軽くなり上方に上がること、落葉により葉で隠れていた殻斗が新たに見えるようになること、また晴天時は日陰部分が判別困難であること等により、毎日の映像で見える殻斗は同一のものではないが、樹冠を母集団として一定のカメラ画角によってサンプリングした観測データであるとみなすことができる。図 V-5 から、堅果の落下は 10 月 3 日から 11 月 1 日にかけて起こっており、「未割」と「堅果露出」の状態にある殻斗数の減少傾向を見ると、10 月 16 日前後でその傾きの大きさが最大すなわち日堅果落下数の極大となることが分かった。シードトラップによる落下数の観測では分からなかった一日単位での堅果の落下のピーク期間が測れることが示された。堅果の落下が終わったと考えられる 11 月 4 日以降殻斗の数は安定傾向を示しており全体の 2 割程度の殻斗が堅果落下後も枝に着いたまま残っていることが数値によって確認できた。毎日自動で樹冠の映像を固定ショットで直接記録するというロボットカメラの定点長期連日ビデオの特性によって、堅果の落下の時期を日単位で数値データによって評価することができた。

5.1.2.4 まとめ

天然林樹冠部ロボットカメラの定点長期連日ビデオを用いてブナのフェノロジー観測（開芽、黄葉、落葉）を 1 日単位で行

うことが出来た。映像記録であることにより、写り込んでいる一般的なフェノロジー観測項目でない現象をも記録を見ることで観察することが出来た。ビデオによる動画記録であることで細かい構造が判別しやすく、また、「そこで起こっていたこと」を直接視覚情報によって記録観察することができる事が示された。さらに現地での目視観察では実行困難な樹冠部の堅果落下数の観測についても、至近距離で固定ショットで記録するという特性が有効であることが分かった。

5.2 環境音記録による環境モニタリング

森林情報基盤の基礎情報として、映像と音響による環境記録が、過去の環境を記録するよりよい方法であることを、環境音記録による環境モニタリング手法の実証的な試験により明らかにする。

5.2.1 対象と方法

5.2.1.1 対象

秩父演習林に設置した2つの森林映像記録ロボットカメラの1つである景観カメラによる記録映像を用いた。景観カメラは、人工林・二次林／原生林からなる中遠景の森林景観を記録して、環境の総合指標としての景観記録を目指している。

5.2.1.2 方法

記録された映像・音響記録から抽出できる環境情報を分析検討した。同時に専門家として鳥類研究者に映像・音響記録を提示し、ヒアリングにより、映像／音記録による新たな環境記録を示した。記録される映像・音データの活用方法について考察

した。

5.2.2 結果

景観カメラによる映像・音響記録は 2000 年 11 月 7 日から運用を開始した（これ以前は映像のみの記録であった）。途中自動運転システムの故障などで欠測日があるが、2001 年 7 月末までで 209 日記録した（表 V-1）。

5.2.2.1 映像・音記録の特徴

ステレオ音による映像・音記録データを再生視聴し、映像・音データに記録された環境情報の内容について分析した。

A 音に関する環境情報：音が付加された記録

音響の記録のある映像が、映像のみの記録と異なる点は、映像を視聴する際に、目的無しに視聴を続けられる点にある。複数の第 3 者に両者を比較して提示して印象を聞いたが、同様な回答を得た。音源が映像に映っていて視認できるものは僅かで、映像にはないが録音によって認識できるものは野鳥昆虫や雨風などがあげられる（表 V-2）。人は森林では視覚とともに聴覚によってその環境を把握していることが分かる。森林環境のモニタリングにおいては録音も重要なことが明らかになった。

B 記録音からの情報抽出

音から認識できるものでもっとも多いものが鳥類である。そこで表 2 の全撮影日から特定 2 ショットを各 7 秒づつ取り出して連続編集して 48 分 18 秒の試験資料映像（以下「映像音 1」と記す）を作成した。映像音 1 を鳥類研究の専門家石田健氏（東京大学助教授）に提示し、音と映像から抽出できる主に鳥類についてヒアリングによる分析を行った。石田氏は秩父演習林に

表 V-1 改良森林景観口ホットカメラ稼働日

日付	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
2000年11										○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
2001年1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
2	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
6	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
7	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○：稼働日 ×：非稼働日（主に自動システムトラブルやデッキ結露による）

勤務した経歴を持ち、現地での鳥類調査も行っている。記録音から確認した鳥類について出現日数順に整理したものが表 V-3 である。26 種延べ 252 日の出現が確認された。この内上位 5 種について、月別の出現頻度(%)を求めたものが表 V-4 である。午前 11 時 30 分頃の 2 ショット合計 14 秒間の音記録データは、鳥類のセンサス調査という目的で記録されたものでないが、そこから抽出されることは、鳥の鳴き声について「1,2,3 月は全般的に少ない」「4,5,6,7 月にカラ類やウグイスが多い」ことがわかる。

石田氏へのヒアリングの中で、1 ショット 7 秒は鳥の鳴き声を同定するには短いと指摘された。またモノラルよりもステレオ録音の方が判定しやすいという指摘も得た。そこで景観ロボットカメラの 1 ショットの最大約 15 秒の映像・音を再生し、音から把握できる環境要素の抽出を行った。2001 年 5 月 25 日 午前 11 時 31 分ころのショット 8 (図 V-6) の分析例を示す。音から把握された項目は図 V-7 のダイヤグラムに示した 7 項目である。分析はソナグラムを作成し、何度も繰り返して試聴して進めた。ソナグラムの一部を図 V-8 に示した。これにより、約 4KHz より低い周波数帯に飛行機音、沢の水音、ウグイスとセミの鳴き声が、約 4KHz より高い周波数帯にヒガラやホオジロの鳴き声が分布しているのが分かる。

5.2.3 考察

ステレオマイクによる環境音の記録により、音によって記録され分析することのできる環境情報が多く存在することが示された。映像に加えて環境音を記録することが、今後の環境モニタリングの基盤情報となると考えられる。音を環境モニタリングに応用する可能性に関しては、自然の音を扱う生物音響学分

表 V-2 森林景観ロボットカメラの音記録項目と映像の関係

	対象	音	映像
自然要素	鳥	鳴き声 ドラミング	△ 希に飛翔姿 鳥生態の撮影設定無
	昆虫	鳴き声 飛翔音	△ 希に飛翔姿
	動物	鳴き声 足音・踏み分け音	✗ 動物生態撮影設定無
	雨	雨音 マイクに当たる雨音	○ 大粒の雨、霧雨、霧
	風	風音 風に揺れる枝葉 葉擦れ音 マイクの風切音	✗ 風に揺れる木々や草 ○ 風音の方が揺れる映像より風の様子を感じやすい。
	沢水	沢の水音	✗ 撮影設定無
人工要素	航空機	ジェット機などの音	✗ 撮影設定無
	機械音	車、モノレール等 チェーンソ・刈払機等	✗ 撮影設定無 ✗
	人間	話し声 足音	✗ 撮影設定無

○：写る △：希に写る ✗：写らない

表 V-3 音記録から確
認した鳥類種と日数

種名	日 数 *2
カラ類*1	84
ホオジロ	82
ウグイス	67
カケス	21
ヒヨドリ	19
ハシブトガラス	8
センダイクイムシ	8
メジロ	7
マヒワ	7
ソウシチョウ	7
ヒワ	6
ベニマシコ	4
アカゲラ	4
エナガ	2
ホトトギス	2
カワラヒバ	2
ツグミ	1
ウソ	1
コルリ	1
アオゲラ	1
コゲラ	1
キツツキ	1

*1カラ類とはシジュウカラ、
ヒガラ、コガラ、ヤマガラ、
ゴジュウカラ

*2日数は全記録209日に対す
る出現確認日数

表 V-4 鳥類上位5種の月別出現頻度

月	11	12	1	2	3	4	5	6	7
記録日数	22	31	23	17	24	30	30	12	20
カラ類	41	19	9	29	42	67	57	50	45
ホオジロ	55	58	34	6	21	33	50	67	25
ウグイス	0	3	0	6	4	57	73	58	90
カケス	0	16	13	2	8	3	10	8	20
ヒヨドリ	14	29	0	0	4	10	3	17	0

数字は月ごとの記録日数に対する出現日数頻度(%)



図 V-6 映像記録2001年5月25日ショット8
(Y20010525-8) からの静止画像

野においても研究されている（大庭 1999）。録音は時間軸での記録であり、動画映像と併せて記録することで、現地での観察に近い環境記録情報となり、日々蓄積することで、過去に遡って現場で確かめるに近い解析対象となる。つまり後から気づいたことを、過去に戻ってフィールドワーク調査を行うような利用方法もある。解析中であるが「映像音1」の解析では「エゾハルゼミ」や「エゾゼミ」の鳴き声が記録されているが、過去の映像・音記録を再度試聴することで、昆虫季節という観点から、再度現場を体験的に調査できることになる。そして昆虫季節と気象との関係を関連づけて解析するように、景観カメラが捉えているブナ、イヌブナ、ミズナラ、ウラジロモミなどの樹木フェノロジーとの関連も、過去に遡って解析できる。異分野の研究者が個別に調査していた対象を時間と場所で関連づけて解析したり、説明したり、理解したりする際に有用な情報となる。さらに映像・音記録に鳴いている鳥の種などの記載が付与されることで、環境に関する調べ学習の素材としても活用が期待できるだろう。

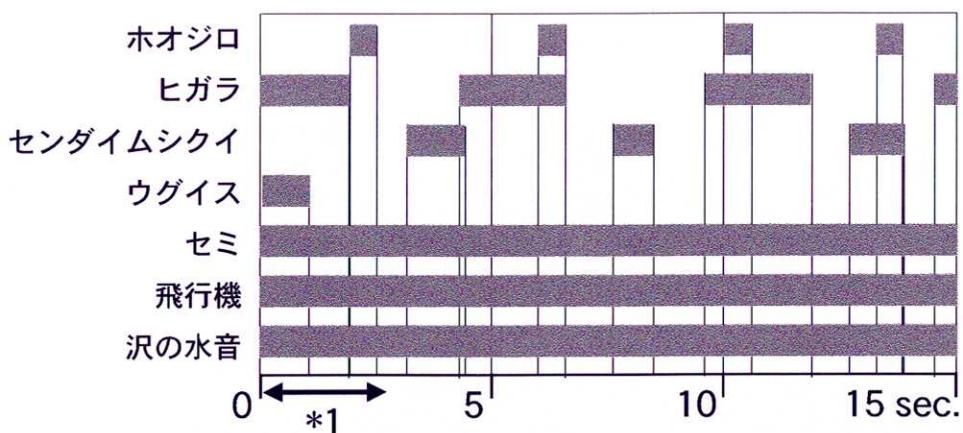


図 V-7 Y20010525-8ショットの
音記録解析結果ダイアグラム

*1：図 3 にこの部分のソナグラムを示す

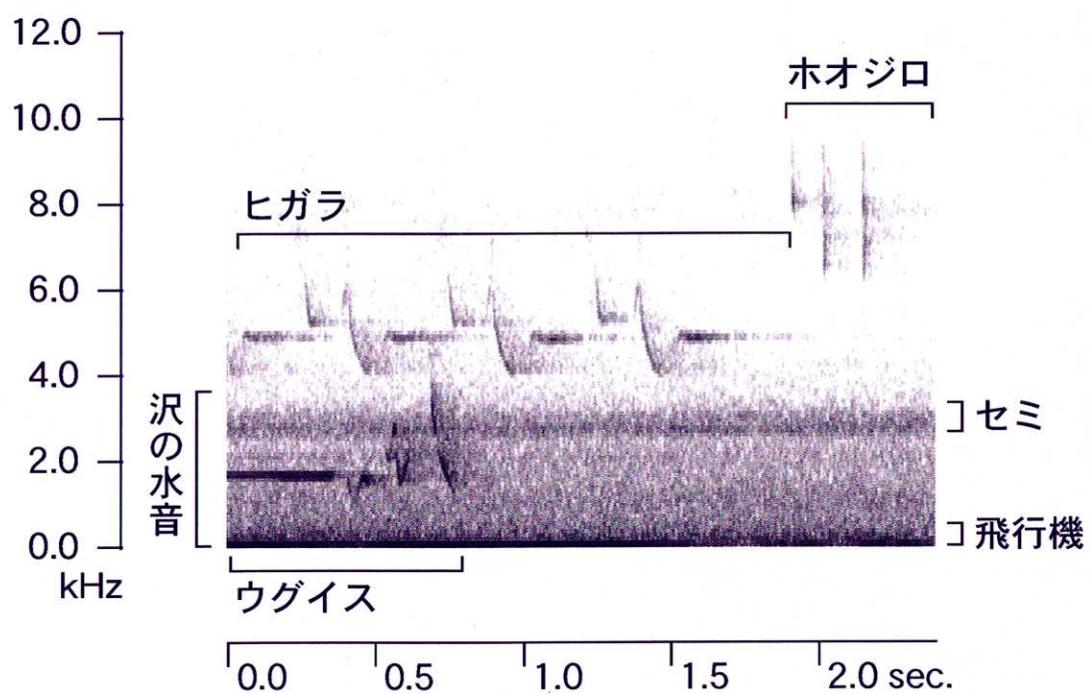


図 V-8 Y20010525-8ショット中のソナグラム
(図 2 中の*1部分)

第6章 結論

本研究の結論について述べる。

1. 新しい森林情報基盤のあり方を示す概念「サイバーフォレスト」を構築した。

具体的には、サイバーフォレストとは、サイバースペースの概念に含まれるコミュニケーション支援機能を持つ情報システム上に構築され、感性情報も含めた森林情報をマルチメディア技術を活用して記録、デジタル化し、あらゆる人々がすべての情報を効率よく探し活用できるようにインターネット上の情報システムを活用してネットワーク化された森林情報である。

2. サイバーフォレストを構築するためのデータコレクション層の要素技術として、実用化の進んでいるマルチメディア技術で扱うことのできる映像、音響データを記録蓄積する技術の開発が必要であることを指摘した。

3. サイバーフォレストに森林情報を搭載しネットワークで公開するネットワーク層の要素技術としてのWorld Wide Webの応用可能性について、実際にシステムを運用する実証試験を行い有効であることを示した。ネットワークが十分に整備されていない地方からの利用でも、情報の搭載から公開までWorld Wide Webを有効に活用できる技術の応用について実際に運用試験を行い実用可能であることを明らかにした。

4. 映像・音響情報を記録蓄積するための現地デジタル化技術として森林映像記録ロボットカメラシステムを開発した。長期運用に成功するいたった技術開発について明らかにした。

5. 森林映像記録ロボットカメラシステムを、実際に長期連続運用しサイバーフォレスト概念の妥当性を実証するための映像・音響記録を蓄積するとともに、ロボットカメラシステムの長期連続運用に関する実用化の技術的知見を得た。

6. ロボットカメラシステムによって実際に記録蓄積した映像・音響データによって、記録された情報をブナのフェノロジー観察という側面と、音による環境モニタリングという側面の2つの側面に関して分析を行い、従来方法では記録が困難な、継続した記録情報が得られることを明らかにした。また、記録された過去の映像・音響データから、新たに分析テーマを決めて情報抽出することにより記録時には想定できなかったような調査項目に関しても過去にさかのぼって連続データを解析できるという利点も明らかになった。

参考文献

- Apple Computer, Inc. (1990) HyperCard Stack Design Guidelines (日本語版). 242pp, アジソン・ウエスレイ, 東京
- Apple Computer, Inc. (1991) HyperCard Script Language Gide (日本語版). 534pp, アジソン・ウエスレイ, 東京
- C. Malamud 著 後藤 滋樹・村上 健一郎・野島 久雄 訳 (1994) インターネット縦横無尽. 260pp, 共立出版株式会社, 東京
- ED Krol 著 村井 純 監訳 (1994) インターネットユーザーズガイド. 568pp, オーム社, 東京
- James J. Gibson 小崎敬・小崎愛子・辻敬一郎・村瀬晏 (1985): ギブソン 生態学的視覚論—ヒトの視覚世界を探るー: 360pp. サイエンス社, 東京
- Larry Wall, Randal L. Schwartz (1993) Perl プログラミング. 633pp, ソフトバンク, 東京
- M. マクルーハン 栗原裕・河本仲聖 共訳 (1987): メディア論 人間拡張の諸相: 381pp. みすず書房, 東京
- Peter Jerram, Michael Gosney (1995): Macintosh Multimedia バイブル: 株式会社アスキー, 620pp.
- Richard A. Bolt 著 鶴岡 雄二 訳 (1986) マンマシン・インターフェース進化論. 162pp, パーソナルメディア株式会社, 東京
- William K. MICHENER, James W. BRUNT, 堀真人, Kristin L. VANDERBILT (2001): 生態学インフォマティクス: Long-Term Ecological Research における展望: 日本生態学会誌 51, 291-303.
- 赤堀侃司 (1993): 学校教育とコンピュータ: 219pp. 日本放送出版協会, 東京
- 池田光男 (1988): 眼は何を見ているか—視覚系の情報処理: 289pp. 平凡社, 東京
- 石黒広昭 (2001): AV 機器をもってフィールドへ 保育・教育・社会的実践の理解と研究のために: 199pp. 新曜社, 東京
- 今田敬一 (1942): 風景と音: 風景 9(2), 56-58
- ウイリアム・ギブソン 黒丸尚 訳 (1986): ニューロマンサー: 451pp. 早川書房, 東京
- 大庭照代 (1999): 環境モニタリングへの生物音響学的アプローチ, 千葉中央博自然誌研究報告, 5(2), 115-126
- 大橋力 (1989) 情報環境学. 300pp, 朝倉書店, 東京
- 大山正 (2000): 視覚心理学への招待—見えの世界へのアプローチ: 251pp. サイエンス社,

東京

海保博之・加藤隆 (1999) : 認知研究の技法 : 205pp. 福村出版, 東京

梶幹男・澤田晴雄・五十嵐勇治・蒲谷肇・仁多見俊夫 (2001) 秩父山地のイヌブナ・ブナ林における 17 年間のブナ類堅果落下状況. 東大演報 106:1-16.

梶幹男 (1996) 森林樹木のフェノロジー. (森林地域における酸性雨等地球環境モニタリング体制の確立, 05506001 平成 5 ~ 7 年度科学技術研究費補助金試験研究 (A) 研究成果報告書) :203-213.

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, 127pp, 平成 6 年度~平成 8 年度科学技術研究費補助金 (基盤研究 (B)(2)) 研究成果報告書 (研究課題番号 06454089)

環境省 (2001) インターネット自然研究所. <http://www.sizenken.biodic.go.jp/>

木村 孝 (1993) コンピュータ・マルチメディアと法律. 425pp, トライエックス株式会社, 東京

児玉春男 (1993) : ハイパーメディアと知的所有権 : 140pp. 信山社, 盛岡

後藤敏幸 (1989) : 音場の再生 : 音の科学, 朝倉書店, 16-35

斎藤馨, 熊谷洋一, 本條毅, 石田裕樹, Ren e LECOUSTR, Philippe de REFYE (1993) : リアルな森林景観シミュレーション - G I S と植物モデリングの応用-. 日本コンピュータグラフィックス協会第 9 回論文コンテスト論文集 226-236.

斎藤馨, 熊谷洋一 (1988) : カラーコンピュータグラフィックス (CCG) による景観予測手法の開発に関する研究. 造園雑誌 51(5) 257-262,

斎藤馨・藤原章雄・熊谷洋一 (1998) ランドスケープ情報基盤構築のための景観モニタリング手法. 日本造園学会誌ランドスケープ研究 61(5):597-600,

斎藤馨・藤原章雄 (2002) 森林景観ロボットカメラの新機能開発と環境音記録に関する研究. 日本造園学会誌ランドスケープ研究 65(5):689-692.

酒井徹朗, 菅原哲二 (1996) : フェノロジー調査の画像処理について : 京大演報 29, 95-100.

佐々木潔州・大畑茂・山中隆平・千嶋武・斎藤俊浩・田代八郎 (1993) : 産地の異なるブナの開芽期比較 : 平成 4 年度試験研究会議報告 (東京大学演習林), 71-75

佐々木正人 (1994) : アフォーダンス—新しい認知の理論, 岩波科学ライブラリー 12 : 117pp. 岩波書店, 東京

情報サービス産業協会 (1994) 情報サービス産業白書 1994. 313pp, コンピュータ・エージ社, 東京

鈴木元 (1995) : ネットワークとマルチメディア—サイバースペースの展望— : 日本機会学会誌

98(919), 13-16.

鈴木元, 菅原昌平, 外村佳伸(1992) : サイバースペースの展望: テレビジョン学会技術報告
16(80), 31-36.

ソニー株式会社 (1992) : VISCA デベロッパーズマニュアル: ソニー株式会社, 151pp.

高阪宏行・岡部篤行 (1996) : GIS ソースブックデータ・ソフトウェア・応用事例一:
365pp. 古今書院, 東京

高田敏弘 (1994) : World Wide Web. <http://www.brl.ntt.co.jp/~takada/docs/www-intro/>

高野肇・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.

竹村裕夫 (1997) : CCD カメラ技術入門: 207pp. コロナ社, 東京

田中健太, 堀真人 (2001) : 日本における開かれた野外研究体制の整備にむけて: 日本生態学会
誌 51, 253-259.

田中茂良 (1995) : マイクロホン・スピーカ談義: 628pp. 兼六館出版, 東京

辻三郎 (1997) 感性の科学--感性情報処理へのアプローチ--. 217pp, サイエンス社, 東京.

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.

東京大学社会情報研究所 (1999) : 社会情報学 I システム: 193pp. 東京大学出版会, 東京

東京大学社会情報研究所 (1999) : 社会情報学 II メディア: 223pp. 東京大学出版会, 東京

長尾真・安西祐一郎・神岡太郎・橋本周司 (1999) : マルチメディア情報学の基礎: 240pp. 岩
波書店, 東京

中島義明 (1996) : 映像の心理学--マルチメディアの基礎--: 270pp. サイエンス社, 東京

ニコラス・ネグロポンテ (1995) : ビーイング・デジタルービットの時代: 343pp. アスキー,
東京

西垣通 (1994) マルチメディア, 221pp, 岩波書店, 東京

日本シスコシステムズ(株)編著 村井 純・吉村 伸 監修 (1994) インターネット用語集.
129pp, 共立出版, 東京

ノーバート・ウィーナー 鎮目恭夫・池原正戈夫 (1979) : 人間機械論第2版人間の人間的な利用:
206pp. みすず書房, 東京

平山哲雄 (1994) : 新・ビデオ技術ハンドブック: 202pp. 電波新聞社, 東京

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、80pp、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.

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：ランドスケープ研究 6(5), 601-604

藤原章雄、斎藤馨、石田健(1995)：マルチメディアを利用した森林情報の公開(I) -World Wide Web サーバ運用の実際-. 日本林学会論文集 106 139-140

藤原章雄、斎藤馨(1995)：マルチメディアを利用した森林情報の公開(II) -インターネットによる情報サービス-. 46回日林関東支論 25-26,

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.

藤原章雄・斎藤馨・石田健(1997)：インターネットによる東京大学農学部附属演習林マルチメディア情報の公開と課題：東京大学農学部演習林報告 97号, 157-177

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.

藤原章雄・斎藤馨(2002) 定点定時のビデオ映像による気象モニタリングの有効性について .54 回日林関東支論: 71-72.

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ー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 :

マルチメディアソフト振興協会(1993) マルチメディア白書 1993. 353pp, マルチメディアソフト振興協会, 東京

村井純(1995)：インターネット 岩波新書(新赤版) 419. 岩波書店, 東京 p2,

山中速人(1993)：ビデオで社会学しませんか: 339pp. 有斐閣, 東京

山本和明・小嶋隆一・阿部千春(1993)：マルチメディアの専門知識－対話型マルチメディアの技術と理論: 255pp. 技術評論社, 東京

山本哲、菊池時夫(1998)：インターネットによる霧情報収集の試み: 天気 45(5), 23-29.

横河デジタルコンピュータ株式会社 SI事業本部(1993) インターネット商用化に向けて(CIX) : アメリカではいま. 142pp, トッパン, 東京

吉見俊哉・水越伸(2001)：メディア論 放送大学教材 83428-1-0111: 199pp. 放送大学教育振興会, 東京

- 球環境モニタリング第4回研究会、川那辺三郎編、80pp、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.
- 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：ランドスケープ研究 6(5), 601-604
- 藤原章雄、斎藤馨、石田健(1995)：マルチメディアを利用した森林情報の公開(I)－World Wide Web サーバ運用の実際－、日本林学会論文集 106 139-140
- 藤原章雄、斎藤馨(1995)：マルチメディアを利用した森林情報の公開(II)－インターネットによる情報サービス－、46回日林関東支論 25-26,
- 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.
- 藤原章雄・斎藤馨・石田健(1997)：インターネットによる東京大学農学部附属演習林マルチメディア情報の公開と課題：東京大学農学部演習林報告 97号, 157-177
- 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.
- 藤原章雄・斎藤馨(2002) 定点定時のビデオ映像による気象モニタリングの有効性について .54 回日林関東支論 :71-72.
- 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ー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 :
- マルチメディアソフト振興協会(1993) マルチメディア白書 1993. 353pp、マルチメディアソフト振興協会、東京
- 村井純(1995)：インターネット 岩波新書(新赤版) 419. 岩波書店、東京 p2,
- 山中速人(1993)：ビデオで社会学しませんか：339pp. 有斐閣、東京
- 山本和明・小嶋隆一・阿部千春(1993)：マルチメディアの専門知識－対話型マルチメディアの技術と理論：255pp. 技術評論社、東京
- 山本哲、菊池時夫(1998)：インターネットによる霧情報収集の試み：天気 45(5), 23-29.
- 横河デジタルコンピュータ株式会社 SI事業本部(1993) インターネット商用化に向けて(CIX)：アメリカではいま。142pp, トッパン、東京
- 吉見俊哉・水越伸(2001)：メディア論 放送大学教材 83428-1-0111 : 199pp. 放送大学教育振興会、東京