

インターネット上での動画音声配信技術を
活用した研究公開手法の開発
- 高大間双方向遠隔授業の実践 -

An application of video-audio broadcasting technology on the
internet to opening science research to the public

- A report of interactive remote lectures connecting a high school with an university -

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

惑星物理学研究室

中神 雄一

Yuichi Nakagami

2003/02/07

要旨

2002年10月23, 24, 25, 26日の4日間、北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻と岡山県立鴨方高等学校とをインターネットで結んだ高大間双方向遠隔授業実験を実施した。映像の送受信には DV 規格の高品質な画像, 音声を伝達できる DVTS (Digital Video Transport System) を導入した。中継には JGN (Japan Gigabit Network) を専用利用し十分な帯域を確保し, 通信には IPv6 を使用した。実際の授業では上記専攻の教官が講師を務め, 地球惑星科学の研究成果を主題とした講義を行った。

本実験では遠隔授業にふさわしい授業システム構築, 教材の開発に重点が置かれた。授業システムは, 映像と音声を個別に入力し処理を行うことでそれぞれの調整を可能にした。特に音声については, 講師の声を確実に集音出来るようワイヤレスマイクを導入し, さらに双方向の音声伝送環境で発生するエコーを抑制する対策を講じることで, スムースにコミュニケーションできる対話的な環境実現を試みた。又, 講師の視線を考慮した位置にカメラを設置することで, 生徒に臨場感のある映像を伝送できるよう工夫した。教材の開発では, 遠隔授業の様々な制約を踏まえつつ生徒の知的好奇心を刺激し, 自然科学に対する興味を喚起させるような授業内容, 資料を準備した。

遠隔授業を通じて得られた経験から, システム運用及び授業の準備に必要な方法, 手順の整備を進めた。これらは同様な試みにおいて有用な手引となることが期待される。

目次

1	序論	4
I	背景	4
1	これまでの学術研究公開	4
2	動画像・音声メディアの特徴	5
3	インターネットの広帯域化と動画像伝送技術	5
4	理科教育の現状	6
II	実験の概要	10
1	講師, 運営スタッフ	12
2	協力機関	13
3	実験実施までの経過	13
III	研究の意義と目的	15
1	研究意義	15
2	研究の目的	15
2	授業システムの開発	17
I	システムの概要	17
1	設計ポリシー	17
2	システム概説	18
3	使用機材リスト	23
4	機材コスト	28
II	DVTS の構築	28
1	DVTS の概要	28
2	DVTS の導入	31
III	ネットワーク接続	32
1	JGN	32
2	回線経路	33

目次		2
	3 IPv6	34
IV	AV 環境整備	39
	1 映像入力	39
	2 音声入力	40
	3 映像モニター, 記録	42
V	会場設営	45
3	教材の開発	48
I	教材を開発する意義	48
II	授業概要	48
	1 授業までの経過	48
	2 製作した教材	50
III	開発手順	51
	1 解決すべき課題	51
	2 授業シナリオ, プレゼンテーション資料作成	51
	3 授業後アンケート	55
	4 参考 Web 資料	55
IV	円滑な授業進行のために	56
	1 発言しやすい雰囲気を作るための工夫	56
	2 トラブルへの対応	57
4	授業評価	59
I	調査の概要	59
II	集計結果	62
	1 授業環境	62
	2 分りやすさ・興味・関心	66
	3 授業内容	70
	4 遠隔授業全体について	74
5	運営体制	77
I	運営状況	77
II	学生主体の利点	77
III	高校側の体制	78

目次		3
6	課題	79
I	実施時のコスト	79
1	人的コスト	79
2	時間的コスト	79
II	システムの維持管理	80
1	現在の管理体制	80
2	新たな管理体制の提案	80
7	まとめ	81
8	参考文献	83
9	謝辞	85

第1章 序論

I 背景

1 これまでの学術研究公開

これまでの学術研究成果の公開は専ら学会発表，論文出版によって行われてきた。これらの方法は同じ知識を共有する研究者コミュニティ内での情報伝達手段としては有効に機能してきた。しかしながら，学会発表には時間と場所に制約が存在し，論文には同じ分野の研究者を対象に冗長性を排除し厳選された内容のみが掲載されるため，他分野の研究者との成果の共有は困難である。

近年 インターネットの普及によって，誰もが時間的，場所的制約を受けることなく情報を受信でき，かつ情報発信を特別な専門技術を用いず低コストに行えるという，機会平等的な情報伝達環境が実現した。研究者がインターネットを通じて最先端の研究成果を直接社会に向けて公開することも可能になった。

この新たな手段を用いた学術研究公開は，多くの場合 Web 上で文字や図を用いて行われている。ここで研究者の価値観，その分野の背景や思考のパターン，実験や観測であれば現場の雰囲気や状況を伝えることができれば，受信者の正確な理解と知識の共有に極めて有益であることは言うまでもない。しかしながら，人間の思考やそれまでの経緯，雰囲気などの感性的情報は一般に記号化されにくい。したがって，Web 上での文字や図を用いた研究公開では全ての情報は伝わらず，他分野の研究者との知識の共有や一般社会への成果還元には中々結び付かない。

情報媒体の観点で言えば，論文であれ Web であれ期待する購読対象は異なるにせよ，文字媒体に変換することによって欠落してしまう情報がある。ここにおいてインターネットは，電子化された情報の伝達手段を提供しているに過ぎず，論文を紙面で公開することと，Web に掲載することに本質的な違いはない。結果，このような媒体で公開された研究成果は，一部の研究者コミュニティに享受されるにとどまり，分野を越えた知的財産にはなっていない。こうした状況を打開するためには，音声や動画像などの媒体を有効に利

用した新たな研究公開方法の開発が必要である。

2 動画像・音声メディアの特徴

文字等の記号化された媒体と比較して、動画像・音声媒体は人間の感覚に馴染みやすい。これらの媒体を用いることにより、文字による伝達では欠落していた情報も伝達できる。特徴を以下に示す。

1. 時間, 空間を越えた再現性

動画像・音声媒体によって伝達できる情報量の大きさに起因している。現象はさまざまな情報によって特徴付けられが、動画像・音声媒体は視覚と聴覚を通じて得られる情報の全てを時間, 空間を越えて伝達できる。貴重な現象の記録を半永久的に保存することも可能であるし、距離を隔てた場所とも瞬時に情報を共有することが出来る。こうして受信される情報は、あくまでも仮想的ではあるが他の媒体では得られない現実性を持って再現される。

2. 他の表現との親和性

これらの媒体が時間軸上に記録されるという点に依るところが大きい。時間軸をキーにして、その状況にふさわしい解説, 図, BGM, CG 等さまざまな表現を編集し織り込むことが出来る。又、時間変化する現象の記録から新たな研究が生まれる可能性もある。

3. 対話性

動画像・音声は双方向にやりとりされる場合に実現可能である。人の表情, その場の雰囲気, 言葉のニュアンス等の感性的情報も同時に伝達出来るため、違和感の無い対話的なコミュニケーション環境を構築することが出来る。受信者の求めに応じた確に情報を提供し、解釈するのに必要な解説を加えることで、研究に対する理解は深まり知識の共有が促進される。

3 インターネットの広帯域化と動画像伝送技術

動画像をインターネットを通じて伝送するには一般に広帯域が必要である。実際に動画像を送受信する際には、使用する回線の帯域に応じた圧縮形式を選択しなければならない。以下に現在普及している回線の帯域と、動画像のデータ量を示す(図 1.1),(図 1.2)。

表 1.1: 回線別帯域の比較

モデム	28 - 56 kbps
ISDN	64 - 128 kbps
ADSL	1.5 -12 Mbps
FTTH	～ 100 Mbps
LAN	10 - 100 Mbp

表 1.2: 動画像圧縮形式の帯域

ストリーミング	数十 - 数百 kbps
MPEG 1	1.5 Mbps
MPEG 2	4 - 9 Mbps
DV 画像	30 Mbps

現状では デジタルビデオ (DV) 品質の画像を伝送するには FTTH 又は LAN 程度の帯域が必要となる。可能であれば、回線の使用状態によらず帯域が保証される専用線が望ましい。一般家庭に普及しつつある ADSL 等の回線を使用できるのであれば、数 Mbps 程度に圧縮された MPEG による動画像の伝送が可能である。受信者の回線状態に左右されない、動画像伝送方法としては、データ量の少ないストリーミングが現実的である。

ストリーミングシステムは、動画像圧縮を行うエンコーダ、動画像の保管および配信を行うサーバ、受信した動画像データを伸張するデコーダからなる。ライブ中継と受信者の要求に応じて配信するオンデマンドの二種類の配信形態がある。圧縮したファイルサイズは一時間の動画像当たり百数十バイトで市販のハードディスクでも保管、管理が可能である。様々な帯域に応じた圧縮率の動画像を配信できる点が、他の動画像伝送方式と比較して優れている。しかし、一般に動画像のサイズが小さく、圧縮にはフレーム間差分を用いているため、被写体が大きな動きをする場合には画質が低下する。また、ライブ中継では伝送遅延のため双方向のコミュニケーションには適さない。

4 理科教育の現状

「理科離れ」が叫ばれるようになって久しいが、ここではまず初等中等教育の理科教育の現状について触れることにする。以下に示す資料は、国際教育到達度評価学会 (IEA) によって 1995 年に実施された、第 3 回国際数学・理科教育調査 (The Third International

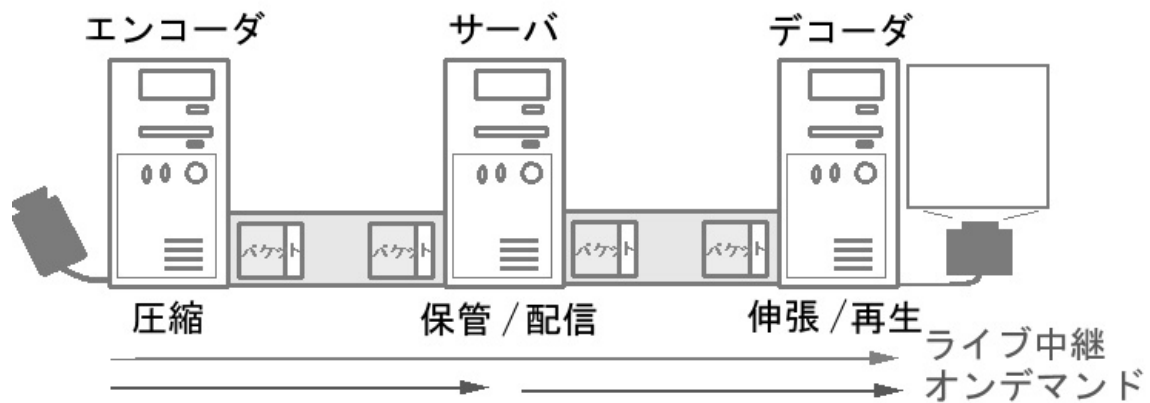


図 1.1: ストリーミングの概要

表 1.3: 各国の理科の成績. 上位 10 カ国を抜粋.
(国立教育政策研究所/編, 2001, 数学教育・理科教育の国際比較, p 88)

第 3 回 TIMSS 1995 年		第 3 回 TIMSS-R 1999 年	
国 / 地域 (全 41 カ国)	平均得点	国 / 地域 (全 39 カ国)	平均得点
シンガポール	607 点	台湾	569 点
チェコ	574	シンガポール	568
日本	571	ハンガリー	552
韓国	565	日本	550
ブルガリア	565	韓国	549
オランダ	560	オランダ	545
スロベニア	560	オーストラリア	540
オーストリア	558	チェコ	539
ハンガリー	554	イギリス	538
イギリス	552	フィンランド	535

注 1 ; 得点は全生徒の平均値が 500 点, 標準偏差が 100 点となるように算出.

注 2 ; イングランドはイギリスとして示す.

Mathematics and Science Study : 略称 TIMSS) および, 1999 年に実施された第 3 回国際数学・理科教育調査 第 2 段階調査 (The Third International Mathematics and Science Study - Repeat : 略称 TIMSS-R) から得られた結果である. 調査は第 8 学年 (日本では中学 2 年生) を対象に行われた.

表 1.4: 理科に対する意識の日本と国際平均との比較.

1999年調査は、国立教育政策研究所/編, 2001, 数学教育・理科教育の国際比較, p 88,
 その他は、国立教育研究所/編 小・中学生の算数・数学, 理科の成績, p167

	理科は好きだ (1999年調査)	理科の勉強 は楽しい	理科は 退屈だ	理科はや さしい	理科は生活 の中で大切	将来, 科学 を使う仕事 がしたい
日本	55 %	53 %	33 %	15 %	48 %	20 %
世界平均値	79 %	73 %	31 %	43 %	79 %	47 %

注 1 ; 「強くそう思う」, 「そう思う」, 「そう思わない」, 「全くそう思わない」のうち
 強くそう思う」, 「そう思う」の割合

注 2 ; 国際平均値は 1995 年は 41 カ国, 1999 年は 39 カ国から求めた.

日本の中学生の理科の成績は、世界的に見て最高水準であることが確認されている (表 1.3). 一方, 理科に対する興味, 関心はほとんどの項目で世界平均値よりも低いことが分かる (表 1.4). これらの値は、いずれも世界最低水準である. 以上から, 理科について世界で比較すると日本の中学生は、学力は優れているが興味関心は低いと言える. この傾向は中学生に限らず高等教育機関の学生においても同様に社会問題にもなっている.

驚くべき事に約半数の日本の学生が、科学技術に立脚した先進的な生活を送っているにもかかわらず、日常生活において科学が果たしている役割を意識していない (表 1.4 「理科は生活の中で大切」に対する解答). このことは日本の理科教育がこれまで言われているように、身の回りの自然の理解であるとか、生活には直接結び付かない類の知識の詰め込みに終始していることに一因があるものと思われる.

そもそも科学とは自然界を理解する様々な論理的思考のプロセスであり、哲学にも通ずるものがある. そして、それらのプロセスから得られた知識は体系的に蓄積されている. したがって理科教育は、結果としての知識の記憶だけではなく、背景やそれぞれの知識のつながりを理解し、それらが学習者の意識の中で論理的に体系化されるように進められるのが望ましい. このようにして定着した知識体系は、学習者に幅広い自然観, 価値観を提供し日常生活を豊かにするものと思われる. ここに理科の興味深さ, 面白さがあるのではなかろうか.

近年, 教育の現場で自然科学研究の最新成果を教材として用いて, 学校で扱っている理

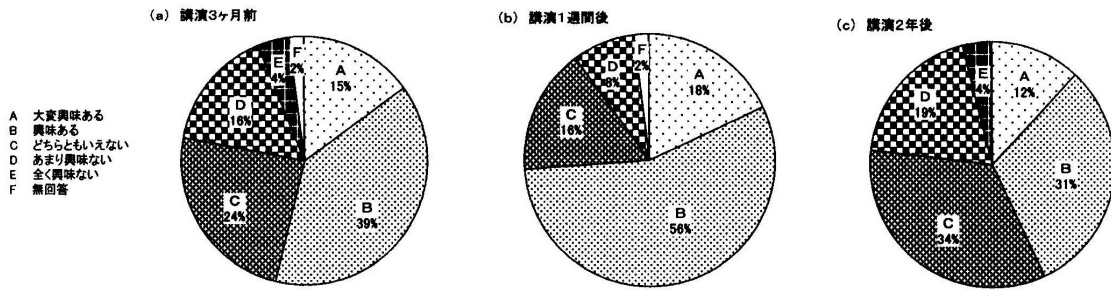


図 1.2: 宇宙に関する興味・関心の変化. 縣ら (2002)

科がどのように先端研究で活かされているかを示し、生徒の知的好奇心を刺激することで、科学への興味を喚起させるきっかけを与えようという試みが実施されている。図 1.2 に 縣ら (2002) による宇宙飛行士による講演の前後に、受講中学 1 年生に対し実施した、宇宙開発への知識や興味に関するアンケート調査結果を示す。講演直後には興味が大きく増加するものの、2 年後には講演前以下まで減少していることがわかる。このことから 縣ら (2002) は、講演などの一時的な刺激だけではなく、事前事後指導として専門家が継続して学校教育を支援していく重要性を指摘している。

II 実験の概要

本研究では、2002年10月23日、24日(第一週)、30日、31日(第二週)の計4回、北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻(以下、北大)と岡山県立鴨方高等学校を超高速ネットワーク回線JGN (Japan Gigabit Network) で結んだ高大間双方向遠隔授業実験を行った。実施に際して以下の準備を行った。

- **対話的な授業環境の構築**

双方向性を活かしスムーズに対話できる授業環境実現のため様々な模索を高校側、大学側双方で行った。画像配信には、DV画像を伝送できるDVTS (Digital Video Transport System) を導入した。伝送遅延、画質劣化を防ぐため、JGNを専用に利用し帯域を確保した。使用したプロトコルはIPv6である。又、普段の授業との違和感を出来得る限り少なくするため撮影機材の配置や音声の調整等に配慮し使いやすいAVシステムを設計した。北大スタッフには事前にリハーサルを行いシステム運用に習熟してもらった。

- **遠隔授業用教材の開発**

遠隔地、限られた授業時間(50分×2コマ)という条件の下でいかに教育的に価値ある内容を授業で扱うことができるのか模索し、高校と大学が共同で教材開発を行った。生徒に最先端の研究成果や、研究者の科学的思考に触れる機会を提供し、生徒の知的好奇心や学ぶ意欲を喚起させるような内容を吟味した。又、授業後生徒に授業環境、授業内容についてのアンケート調査を実施し実験の評価を行った。

- **授業の実施**

授業では北大の倉本 圭 助教授、小高 正嗣 助手が講師を務めた。両講師のテーマは、倉本 助教授が月の起源と進化を取り上げた『月の科学』、小高 助手が惑星の気象を比較した『惑星気象学』である。第一週の授業では、現地での司会、不測の事態に対応するために北大側の学生を派遣した。第二週の司会は現地担当教諭が務めた。



図 1.3: 鴨方高校外観

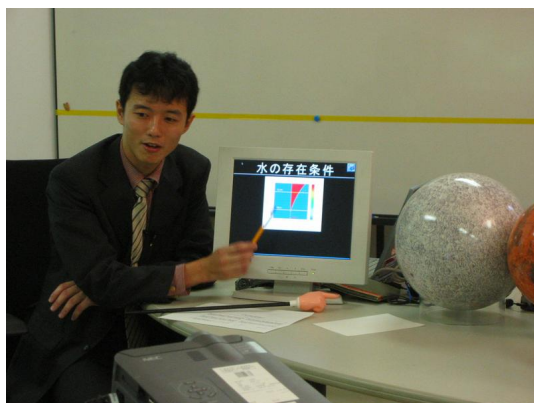


図 1.4: 遠隔授業の様子

1 講師, 運営スタッフ

本実験は表 1.5, 表 1.6 に挙げる, 計 14 名の講師, 運営スタッフによって実施された. 北大側の運営は学生有志主体で行われた.

表 1.5: 北海道大学側人員

氏名	担当	所属
倉本 圭	講師	理学研究科・地球惑星科学専攻 助教授
小高 正嗣	講師	同専攻 助手
杉山 耕一朗	総括	同専攻 博士課程 2 年
中神 雄一	マネージャー	同専攻 修士課程 2 年
千葉 ゆきこ	授業プラン	同専攻 修士課程 2 年
鈴木 悠介	授業システム運用	理学研究科・地球惑星科学専攻 修士課程 1 年
江川 晋子	授業資料校正	地球環境科学研究科 博士課程 2 年
塩野 義	アンケート作成	理学研究科・地球惑星科学専攻 修士課程 1 年
高山 歌織	授業スタジオ設計	同専攻 博士課程 1 年
石井 浩之	DVTS 設定	理学部・地球科学科 3 年
足立 洋輔	DVTS 設定	同上

表 1.6: 鴨方高校側人員

氏名	担当	所属
大島 修	総括	岡山県立鴨方高等学校
川端 善仁	DVTS 設定・教室整備	同上
佐藤 光一郎	DVTS 設定・教室整備	同上

2 協力機関

以下の関係機関に協力して頂いた。

倉敷芸術科学大学 産業科学技術学部 小林和真研究室

笠岡放送株式会社

株式会社 ネクステック

北海道大学大学院工学研究科 高井昌彰研究室

北海道大学大型計算機センター

株式会社 日立製作所

北海道地域ネットワーク競技会 (NORTH)

3 実験実施までの経過

双方向遠隔授業実施までのスケジュールを表 1.7 に示す。本実験実施のきっかけは、鴨方高校大島教諭が 2001 年度の日本惑星科学会秋期講演会にて大学との教材開発を呼びかけられたことによる。システムの立案、設計までに要した期間は約 3 ヶ月、システム構築、運用試験に 1 ヶ月を費した。一方、授業案作成、教材製作には立案から完成まで約 4 ヶ月を要した。システム、教材全てが揃った段階でのリハーサルを通じて、授業環境の細かい調整、最終的な授業内容の検討が行われた。

表 1.7: 実験実施までの経過

2001 年	10 月	鴨方高校大島教諭が大学との教材開発の呼びかけ (日本惑星科学会秋期講演会)
2002 年	2 月	北大側が遠隔授業を提案
	5 月	8 日 遠隔授業 ML 開設
		中旬 北大 JGN アクセス点 (北大大型計算機センター) までの経路設定開始 AV システムの検討開始
	6 月	7 日 人員の役割分担
		28 日 JGN アクセス点までの経路設定完了
	7 月	初旬 授業原案, 教材作成開始.
		16 日 JGN 研究計画書を TAO (通信・放送機構) へ提出
		18 日 鴨方高校とビデオ会議にて授業内容について打合せ
		下旬 DVTS のインストール完了
	8 月	7 日 鴨方高校 アクセス点までの経路設定完了
		下旬 AV システム設計確定, 発注
	9 月	6 日 DVTS, AV システム学内運用試験開始
		8 日 『月の科学』 アンケート完成, 鴨方高校に配布
		中旬 具体的な授業内容検討, 資料作成開始
		23 日 DVTS IPv6 化完了
		30 日 DVTS, AV システム完成
	10 月	4 日 DVTS 機に IPv6 アドレス交付されるが鴨方との接続は IPv6 申請 の承認待ち
		8 日 授業日程が決定
		中旬 授業資料, Web がほぼ完成 『月の科学』アンケート集計
		16 日 DVTS を使用した学内遠隔ゼミ実施
		19 日 スタジオ設営, 最終リハーサル
		22 日 北大, 鴨方高校間の画像伝送に成功
		23 日 倉本 助教授 『月の科学』
		24 日 小高 助手 『惑星気象学』
		30 日 小高 助手 『惑星気象学』
		31 日 倉本 助教授 『月の科学』

III 研究の意義と目的

1 研究意義

本研究の特徴は、情報工学の専門家ではなく、理学研究を専門とする研究者の手によって主体的に行われたということである。高大間双方向遠隔授業実験の結果は、特別な専門知識を持たない者でも、必要な技術を習得し十分な成果を挙げることが可能であることを示した。自然科学の最先端の研究者が、このような技術を研究公開や情報共有の方法として気軽に利用できるようになることは、以下に示すように大きな意義があると思われる。

- **研究者間交流の促進**

遠隔地で行われる学会や研究会にも現地に行かなくとも参加出来るようになる。又、高品質な画像、音声の双方向のやりとりから十分な情報が得られるため、すでに医療現場等で実践されているように、現場に居合わせなくとも高度な判断が出来るようになる。遠隔地の実験装置を利用した共同研究も可能になる。

- **研究の向上**

動画像、音声の双方向伝達環境では、これまでの方法では伝達が困難であった各研究分野のパラダイムを研究者自身が直接説明することが可能になる。これによって異分野間交流が促進され、知見の相互比較から研究成果の再評価が行われるものと予想される。このようなプロセスから研究はさらに向上するものと思われる。

- **研究成果の社会還元への促進**

人の感覚に馴染みやすい情報伝達手段を用いることによって、科学を専門としない一般の人々に、分かりやすく研究成果を公開することが出来る。又、遠隔授業などで研究者と直接会話することによって、生徒に研究者の思考や自然観に触れる機会を提供し、大学や研究機関を身近な存在ととらえるきっかけを与えるものと思われる。このようにして研究成果は社会に還元され、知的財産としての有効活用が促進されるものと期待される。

2 研究の目的

本研究の目的は、高大間双方向遠隔授業実験で我々が用いた技術や手順、実際の経験から得られる様々な工夫の蓄積、整備を行い、今後の同様な試みへの実践的なモデルを提示

し、解決されるべき課題を明らかにすることである。次に示す具体的な目標を設定し研究を進めた。

- DVTS, AV 機器運用技術の習得
- 対話的な授業環境構築
- 遠隔授業にふさわしい教材の開発

本論文では、情報や教育について専門知識を有しない研究者が、低コストで今回の実験と同様な環境を再現し確実に成果を得ることが出来るよう実践的な解説を行った。2章は遠隔中継を行うのに必要な技術についての解説である。配信ソフト DVTS, 中継に使用した JGN, 最後に遠隔授業を実施するのに使いやすい機器の配線, 配置について触れた。3章では、遠隔授業用の教材作成について触れた。普段とは異なる環境でも教育効果が得られる教材の開発, 高校と大学の共同作業について説明する。4章では、授業後生徒に実施したアンケートから、授業環境, 教育効果について分析する。5章では、本研究の運営体制について解説する。必要な人的コスト, 学生を主体とする体制の有効性について議論する。6章では、本研究で明らかになった様々な課題を提示し実用化に必要な解決策を検討する。

第2章 授業システムの開発

高大間双方向遠隔授業実験を可能とした技術的背景としては、専門知識を要せずとも高品質な映像、音声を伝送出来る DVTS (Digital Video Transport System) の公開と、北海道大学と鴨方高校までの広帯域を安定して確保できる JGN (Japan Gigabit Network) によるところが大きい。本実験ではこれらの技術を基盤として、対話的な授業環境の構築を試みた。本章では技術の導入方法そして、対話的な授業環境をどのように構築するかということについて主に北大側の授業システム構築を例として解説する。

I システムの概要

1 設計ポリシー

- 対話性

生徒との質疑応答や議論等、双方向遠隔授業において対話がスムーズにできることは非常に重要である。講師、生徒がストレス無く音声をやりとり出来るような機材の導入、調整を行った。

- 臨場感

授業を画面越しで行うことによって生じる臨場感の喪失を抑え、生徒が違和感なく受講できるよう機材の配置などを工夫した。

- 低コスト

このようなシステムが廉価に構築可能となれば利用価値は高くなる。出来る限り既存の汎用機材を使用しコストを抑えた。

2 システム概説

図 2.8 に本実験で使用した実験機器構成を示す。北海道大学, 鴨方高校とも送信, 受信を一組とするシステムからなる。撮影機器, 音声収録機器に若干の違いはあるが, その他の機器についてはおおよそ同じである。本節では, システム構成する DV 信号伝送, ネットワーク, 映像入力, 音声入力, 受信信号出力, のそれぞれ部分について概説する。

● DV 信号伝送

DV 信号伝送には, DVTS (Disital Video Transport System) を使用する。DVTS は送信機 (dvsend), 受信機 (dvrecv) を一組として北大, 鴨方高に 2 台つづ計 4 台準備した。DVTS は, インターネットを利用して DV データを送受信するアプリケーションで, IEEE1394 インターフェースを通じて AV 機器と DV 信号の入出力を行う。双方向の伝送で 40Mbps 弱の帯域を必要とする。受信するには dvsend, 送信するには dvrecv のコマンドを発効する。

送信側では映像, 音声のアナログ信号を DV メディアコンバータで DV 信号に変換し IEEE1394 ケーブルを通じて DVTS に入力した。受信側では, IEEE1394 ケーブルを通じて DV デッキに出力しアナログ信号に変換を行い, 映像, 音声機器に出力した。同時に, DV デッキで受信映像を録画した。尚, 北大では DV メディアコンバータのアナログ出力に VHS ビデオデッキを接続し, 授業の同時録画も行った。



図 2.1: DVTS 送信機 (左) と, DVTS 受信機 (右).

● ネットワーク

北大, 鴨方高間で DV 信号の品質を劣化させることなく伝送するために, JGN (Japan



図 2.2: DV デッキ VICTOR HR-DVS3 (左) と, VHS ビデオデッキ Panasonic SU-AV505Z(右).

Gigabit Network) を利用し 100Mbps の帯域を確保した. JGN アクセス点までの回線は北大は学内 LAN, 鴨方高は岡山情報ハイウェイ (OKIX) を利用した. プロトコルは IPv6 を使用し, それぞれの DV データの伝送は IPv6 アドレスで行った.

● 映像入力

北大, 鴨方高双方とも市販の DV カメラを使用した. 北大側は, 講師撮影用と PC モニターに投影したプレゼンテーション撮影用の 2 台のカメラを用意し, 授業の進行に合わせスタッフが, セレクターでどちらかの映像を切替えた. 鴨方高側は 1 台のカメラで教室全体, 生徒の顔を撮影した. カメラからの出力は DV 端子ではなくアナログ出力を使用し, 映像信号だけを DV メディアコンバータに送出した (DV カメラのマイクで集音した音声は使用しない).



図 2.3: DV カメラ. SONY DCR TRV-20(左) と, VHS ビデオデッキ Panasonic NV-MX3000 (右).



図 2.4: AV セレクター VICTOR JX-31 (左), DV メディアコンバータ canopus ADCV-100.

● 音声入力

スムーズな対話を実現するために、カメラの内蔵マイクは使用せず北大側ではワイヤレスマイク、鴨方側では卓上マイクを用意した。音声信号は DV メディアコンバータで映像信号と同期し DV データ として DVTS に送られる。尚、複数本のマイクからの入力に対応するために北大ではミキサーを利用した。又、音声スピーカー、マイクを通して北大、鴨方間でループするのを防ぐために アンチフィードバックを導入した。



図 2.5: ワイヤレスマイク. 送信機 SONY WRT-805 (左), 受信機 SONY WRR-805 (右).

● 受信信号出力

DVTS で受信した DV 信号は DV デッキでアナログに変換され、映像はプロジェクターへ、音声はスピーカーに出力される。北大側では教室備え付けのアンプを通じて、



図 2.6: 音声システムラック (左). ミキサー (レクサ RMX-6000) は上から 2 段目. アンチフィードバック Roland AF-70 (右).

天井スピーカから音声を出力した. 鴨方側では可動式のスピーカを使用した.

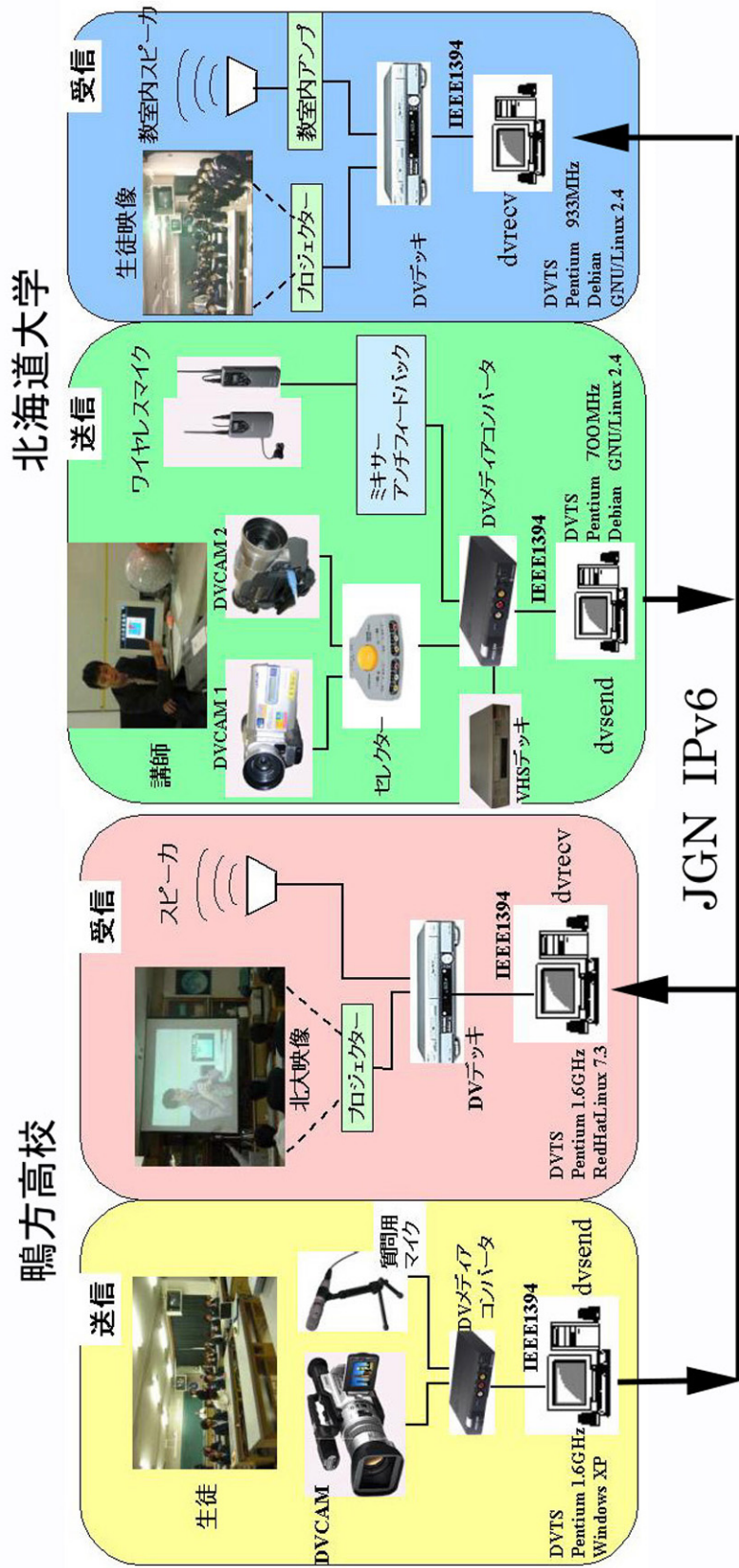


図 2.7: 高大間双方向遠隔授業実験における実験機器構成

3 使用機材リスト

今回の実験で使用した北大側の機材を以下に示す.

● DVTS マシン機材

機器名	メーカー	型番	数量
モニタ	Logitech	LCM-T151AS	2 (各 1)
筐体	テクノバード	ATX-601B	2 (各 1)
マザーボード	ASUS	P3B-F	2 (各 1)
CPU	Intel	Pentium III 700MHz	1 (送信機)
CPU	Intel	Pentium III 933MHz	1 (受信機)
SDRAM	GREEN HOUSE	GH-SD100/138ML2	2 (各 1)
SDRAM	TRANSCEND JAPAN	TS16MLS64V8W2 128MB	4 (各 2)
HDD	Seagate	HARD DRIVE 6GB	2 (各 1)
FDD	TEAC	FD-235HD-A304	2 (各 1)
CD-ROM ドライブ	ASUS	40x max	2 (各 1)
IEEE1394 PCI Board	Ratoc	REX-PFW2W	2 (各 1)
ビデオカード	ATI	XPERT 98	2 (各 1)
サウンドカード	CREATIVE	Sound BLASTER	2 (各 1)
ネットワークカード	PCI	FNW-9800-T	2 (各 1)
キーボード	NMB	RT2258TWJP	2 (各 1)
マウス	Logitech		2 (各 1)

※ 数量は送受信機の合計



図 2.8: Ratoc REX-PFW2W

- 撮像機器

機器名	メーカー	型番	数量
DV ビデオカメラ	SONY	DCR TRV-20	1
DV ビデオカメラ	Panasonic	NV-MX3000	1
AV セレクタ	VICTOR	JX-31	1
SONY 三脚	SONY	VCT-870RM	1
Panasonic 三脚	Panasonic	VZ-CT55	1

- 音声収録機器

機器名	メーカー	型番	数量
ワイヤレスマイク	SONY	WRT-805	1 (送信機)
ワイヤレスマイク	SONY	WRR-805	1 (受信機)
卓上マイク	Seide	pro-30s	2 (予備)
ミキサー	レクサ	RMX-6000	1
アンチフィードバック	Roland	AF-70	4

- その他の AV 機器

機器名	用途	メーカー	型番	数量
DV メディアコンバータ	A/D 変換	canopus	ADVC-100	1
VHS ビデオデッキ	同時録画用	Panasonic	NV-SX550	1
DV デッキ	D/A 変換, 同時録画	VICTOR	HR-DVS3	1
アンプ	音声増幅	Panasonic	SU-AV505Z	1
テレビモニター	送信画像モニタ	TOSHIBA	J-14VF1	1
液晶プロジェクタ	映像投影	EPSON	ELP-710	
		NEC	LT150Z	3
		Panasonic	TH-L797J	

● 配線ケーブル

名称	詳細	接続	数量
IEEE1394 ケーブル	6ピン-6ピン 6ピン-4ピン	① DV メディコン - DVTS ② DVTS - DV デッキ	1 1
映像ケーブル	黄色 - 黄色	③ AV セレクタ - DV メディコン ④ DV メディコン - VHS ビデオデッキ ⑤ VHS ビデオデッキ - プロジェクタ ⑥ VHS ビデオデッキ - モニタ ⑦ DV デッキ - プロジェクタ ⑧ DV デッキ - プロジェクタ	6
音声ケーブル	赤白 - 赤白 5m	⑨ DV デッキ - アンプ	1
	ミニプラグ (メス) - 標準 (オス)	⑩ ビデオ音声 - ミキサ ⑪ ワイヤレスマイク接続	2
	標準 (メス) - キャノン (オス)	⑫ ワイヤレス-ミキサ	1
プラグアダプター	赤白 (メス) - ピンプラグ	⑬ ビデオ音声 - ミキサ	

● スタジオ用機器

機器名	用途	メーカー	型番	数量
PC モニタ	授業資料投影用	Logitec	LCM-T151AS	1
大スクリーン	見学者用			1 (教室備え付け)
小スクリーン	鴨方高映像投影用	MITSUBISHI	SCR-K60B	1
照明	スタジオ照明	LPL	VL-501	1
ホワイトボード	板書用			1 (教室備品)

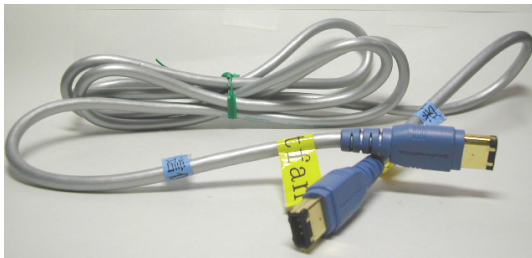


図 2.9: IEEE1394 ケーブル 6 ピン- 6 ピン (左)

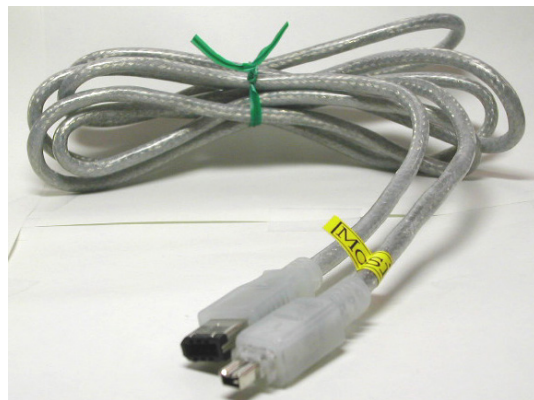


図 2.10: IEEE1394 ケーブル 4 ピン- 6 ピン (右)



図 2.11: 映像ケーブル (左)



図 2.12: 音声ケーブル 5m (右)



図 2.13: ミニプラグ (メス) - 標準プラグ (オス) (左)



図 2.14: 標準プラグ (メス) - キャンオンプラグ (オス) (右)



図 2.15: プラグアダプター

4 機材コスト

本実験で使用した機材の整備費用の概算を以下に示す。ただし、借用した学内の備品は除く。

表 2.1: 機材コストの概算

DVTS マシン (送受信機)	¥	400,000
撮影機器	¥	350,000
音声収録機器	¥	450,000
その他の AV 機器 (アンプ, プロジェクター, テレビを除く)	¥	200,000
配線ケーブル	¥	20,000
合計	¥	~ 1,500,000

II DVTS の構築

1 DVTS の概要

DVTS (Digital Video Transport System) は、インターネットにおいてデジタルビデオ (DV 規格) 動画像をリアルタイムで伝送するシステムである。1998 年に WIDE プロジェクトの小林克志氏らによって基盤となるシステムが開発された。使用する帯域は 40Mbps 弱で、DVD 等で使われている数 Mbps 帯域の MPEG 2 を用いた映像よりも高品質な動画像の伝送が可能である。1 対 1 (point-to-point) の伝送だけでなく、IP マルチキャストを用いた 1 対 多 (point-to-multipoint) の伝送も可能である。又、IPv4 だけでなく IPv6 にも対応している。

DVTS 動画像伝送は図 2.16 に示す通り、DV 規格でデジタル化した動画像を送信機に入力し、受信側で NTSC 信号に変換しテレビモニター等で投影するというものである。動画像のデジタル化や NTSC¹ 信号への変換には、市販の DV ビデオカメラや DV ビデオデッキを利用できる。市販品を用いることによって動画像伝送を安価に実現することが可能である。

¹日本やアメリカで採用されているテレビ信号の方式。

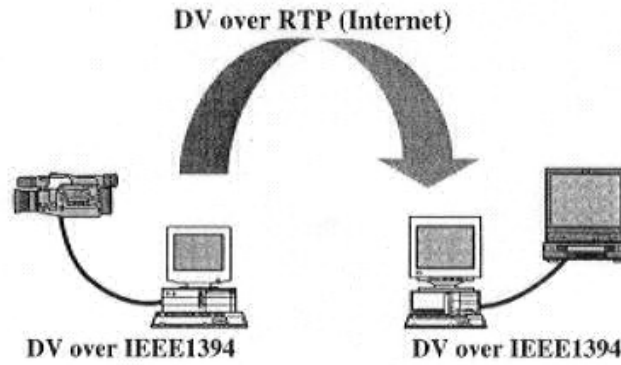


図 2.16: DVTS の構成, 山口 (2000).

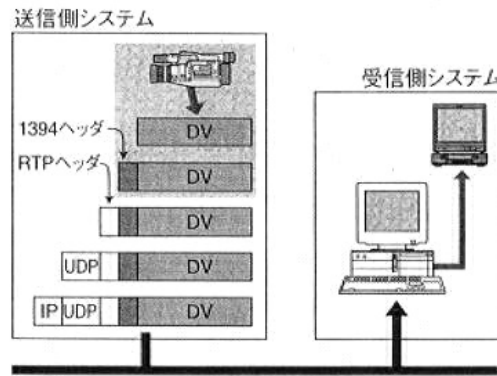


図 2.17: DVTSでのパケット伝送 山口 (2000).

DVTS の基本的な機能は送信の `dvsend` と、受信の `dvrecv` からなる。送信側システムでは、IEEE1394 インターフェースから取り込んだ DV データを RTP パケットでカプセル化しネットワークに送出する。受信側システムでは、受け取った RTP パケットから DV データを取り出し、IEEE1394 インターフェースに書き出している (図 2.17)。

IEEE1394

コンピュータと DV ビデオカメラ、ビデオデッキ間の DV データの伝送には IEEE1394 インターフェースが用いられている。このインターフェースは、DV カメラ/デッキでは DV 端子² 呼ばれている (図 2.18)。又、コンピュータとの接続には IEEE1394 インターフェースカードが必要である。IEEE1394 は、Apple が開発した FireWire を IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) が標準化したもので、最高帯域 400Mbps、ケーブルの最大長 4.2m のシリアルバスインターフェースである。

²ソニーでは、i.Link と呼んでいる。

交換されるデータはフレームに分割され IEEE1394 で定義されるヘッダを付加して転送される。



図 2.18: DV 端子 (VICTOR HR-DVS3)

RTP

RTP (Real-time Transport Protocol) は, IETF (The Internet Engineering Task Force) で標準化された汎用の実時間マルチメディア通信に適したトランスポート層プロトコルである. RTP の基本仕様は RFC1889 で定義されている. RTP は次のような機能を提供している.

- データ識別方法
- パケットのタイムスタンプの付け方の定義
- 伝送状況のモニタリング

通常 RTP はセッション層プロトコルとして機能し, トランスポート層プロトコルには UDP を利用する.

2 DVTS の導入

本実験でを使用した DVTS の導入について解説する.

- マシンスペック

- 北海道大学

	CPU	Memory	IEEE card	OS
送信機	Pentiumu III 700MHz	384 MB	Ratoc REX-PFW2W	Debian GNU/Linux 2.4
受信機	Pentiumu III 933MHz	384 MB	Ratoc REX-PFW2W	Debian GNU/Linux 2.4

- 鴨方高校

	CPU	Memory	IEEE card	OS
送信機	Pentiumu IV 1.6GHz	512 MB	Ratoc REX-PFW2W	Windows XP
受信機	Pentiumu IV 1.6GHz	512 MB	Tecram TR-1394W	RedHatLinux 7.3

- マシンの設定

DVTS インストールまでの概要を示す. 但し, 計算機環境は北大側マシンに準ずる. 尚, 詳細な設定については付録を参照.

1. IEEE1394 ドライバのインストール

IEEE1394 ドライバをカーネルに組み込む為に, カーネルの再構築を行う. 以下の項目を有効にする.

```
[IEEE1394(FireWire support (EXPERIMENTAL)
IEEE1394(FireWire support (EXPERIMENTAL)
OHCI-1394 support
OHCI-1394 Video support
Raw IEEE1394 I/O support
```

2. DVTS のインストール

ソフトウェアは以下から入手する.

<http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/>

現在 DVTS は, FreeBSD, MacOS, NetBSD, Linux 2.4, windows 2000, windows XP に対応している. 2003/01/31 現在の最新版は `dvts-0.9b07.tar.gz` である. Linux 2.4 版をダウンロードしインストールする.

```
$ gzip -d -c dvts-0.9b07.tar.gz — tar xfv -  
$ cd dvts-0.9b07  
$ ./configure  
$ make  
# make install
```

3. 送受信方法

- IPv6 の場合 ([IPv6 アドレス] = xxx) .
(送信側) \$ `dvsend -h xxx -option (引数)`
(受信側) \$ `derecv`
- IPv4 の場合 ([IPv4 アドレス] = yyy) .
(送信側) \$ `dvsend -4 -h yyy -option (引数)`
(受信側) \$ `derecv -4`
- option
-F : パケットロスの監視 (引数無し)
-r : 引数 s を指定するとパケットの送出手が 1/s になる
-f : 引数 t を指定すると送出フレームが 1/t になる

III ネットワーク接続

1 JGN

本実験では通信回線として JGN を利用した. JGN とは, Japan Gigabit Network の略であり, 正式名称は「研究開発用ギガビットネットワーク」である. JGN は, 超高速ネットワーク技術や高度アプリケーション技術等, 通信・放送機構 (以下, 「TAO」) が整備し 1999 年度に運用が開始された. 2001 年 10 月からは, 次世代インターネットの通信規約

である IPv6 (Internet Protocol Version 6) にも対応し, JGN IPv6 ネットワークとして運用を開始した. JGN では, レイヤ 1 (物理層) は光ファイバ, レイヤ 2 (データリンク層) は ATM (Asynchronous Transfer Mode), レイヤ 3 (ネットワーク層) には IP (Internet Protocol) を実装している.

図 2.22 に JGN の経路図を示す. 幹線区間は, 2.4Gbps のバックボーンを有し, その他の区間は 150Mbps を中心として 50Mbps ~ 600Mbps までの容量となっている. 又, JGN の ATM ネットワークの構成は 図 2.23 のようになっている. 又, JGN IPv6 ネットワークも基本的に JGN の ATM ネットワークを利用して構築されている (図 2.24).

本実験は, TAO の定める「一般利用による研究」の利用形態に則った形で実施された. 一般利用による研究とは, JGN の利用を希望する者が TAO との共同研究契約を締結した上で, ギガビットネットワーク通信回線を利用して, 研究開発を行うものである (本研究のプロジェクト番号は, JGN-G14022). なお, ギガビットネットワーク通信回線の利用については無料であるが, アクセスポイントまでの足回り回線については, 利用者側が費用を負担することになっている.

2 回線経路

JGN

本実験で使用した北大と鴨方高校の回線経路を図 2.19 に示す. 北大側は, 北海道大学大型計算機センター (以後, 大計センター) の北海道 -2 から JGN に接続した. 大計センターに設置されているルータにて, IPv6 パケットを ATM でカプセル化し大阪大学 (以後, 阪大) の近畿 -4 まで ATM 網を利用した (図 2.23). 阪大から倉敷芸術科学大学の中国 -3 までは IPv6 網を利用した (図 2.24). 中国 -3 からは岡山情報ハイウェイ (OKIX ; OKayama Internet eXchange) に接続した.

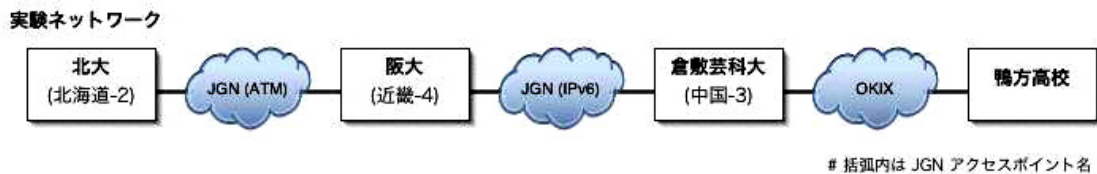


図 2.19: 北大 - 鴨方伝回線経路概念図, <http://www.north.ad.jp/7661wg/kamogata/ra.html> のネットワーク・機器構成を改変

北大側の足回り回線

北大側の足回り回線は以下の通りである.

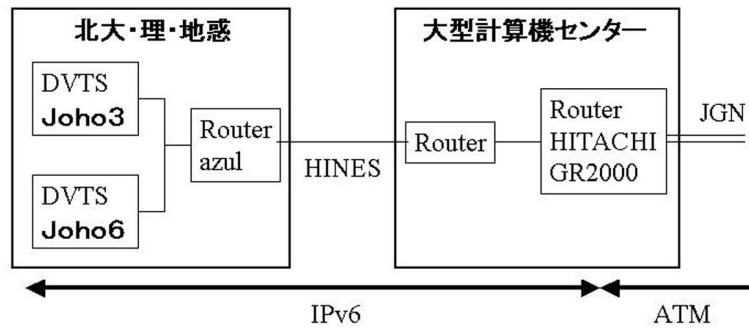


図 2.20: 北大足回り回線概念図

3 IPv6

本実験では、通信プロトコルとして IPv6 を使用した. IPv6 の特徴を以下に示す.

IPv6 の特徴

- 膨大なアドレス空間
128bit というアドレス数で、IPv4 アドレス枯渇問題にも十分なアドレス空間を提供する.
- プラグ & プレイによる簡単な設定
ネットワークインターフェースは、ルータからのネットワーク情報と自分のインターフェース ID からアドレスを自動生成する.
- 暗号化機能
インターネットのプロトコルレベルでのセキュリティーサポートを実現 (IPsec).

IPv6 アドレス

本実験での IPv6 アドレスは、WIDE プロジェクトの pTLA アドレスブロック中の、NLA アドレス 3ffe:516::/32 から使用した. pTLA とは、pseudo Top Level Aggregation の略称で、1996 年から割り振りが行われている実験用の IPv6 アドレスである. 16 進数表記で「3ffe」で表されている.

IPv6 アドレスの上位 64 bit は、ネットワークトポロジに対応した階層構造をしている (図 2.21). TLA (Top Level Aggregator) とは、最上位階層集約と呼ばれ 128 bit

の IPv6 アドレスのうち最初の 16 bit までを指し、最上位で経路を集約する組織に割り当てられる。NLA (Next Level Aggergator) は次階層集約と呼ばれ TLA 以降 48 bit までを指し中小の ISP に割り当てられる。残りの 24 bit は、SLA (Site Level Aggregator) サイト階層集約と呼ばれ、エンドユーザーに割り当てられる。

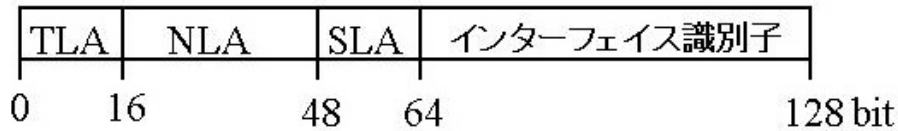


図 2.21: IPv6 アドレスの階層構造

IPv6 の実装

これまで Linux における IPv6 の実装, 展開は WIDE の USAGI (UniverSAl play-Ground for Ipv6) プロジェクトによって行われてきた。本実験で使用する DVTS マシンの IPv6 化には、USAGI プロジェクトによって開発された資源を利用した。

- USAGI Project

<http://www.linux-ipv6.org/>

IPv6 化に必要な設定の概要を以下に示す (詳細は付録を参照)。

1. ソースの入手

以下のパッケージを入手した。

kernel-source-2.4.18 パッケージ

kernel-patch-usagi パッケージ

2. カーネルの再構築

IPv6 の設定としての項目を有効にした。

The IPv6 protocol

IPv6: drop packets with fake ipv4-mapped address

IPv6: allow default route when forwarding is enabled

IPv6: disable optimization MLD6 Done message

IPv6: enable Node Information Queries

Japan Gigabit Network 構成図

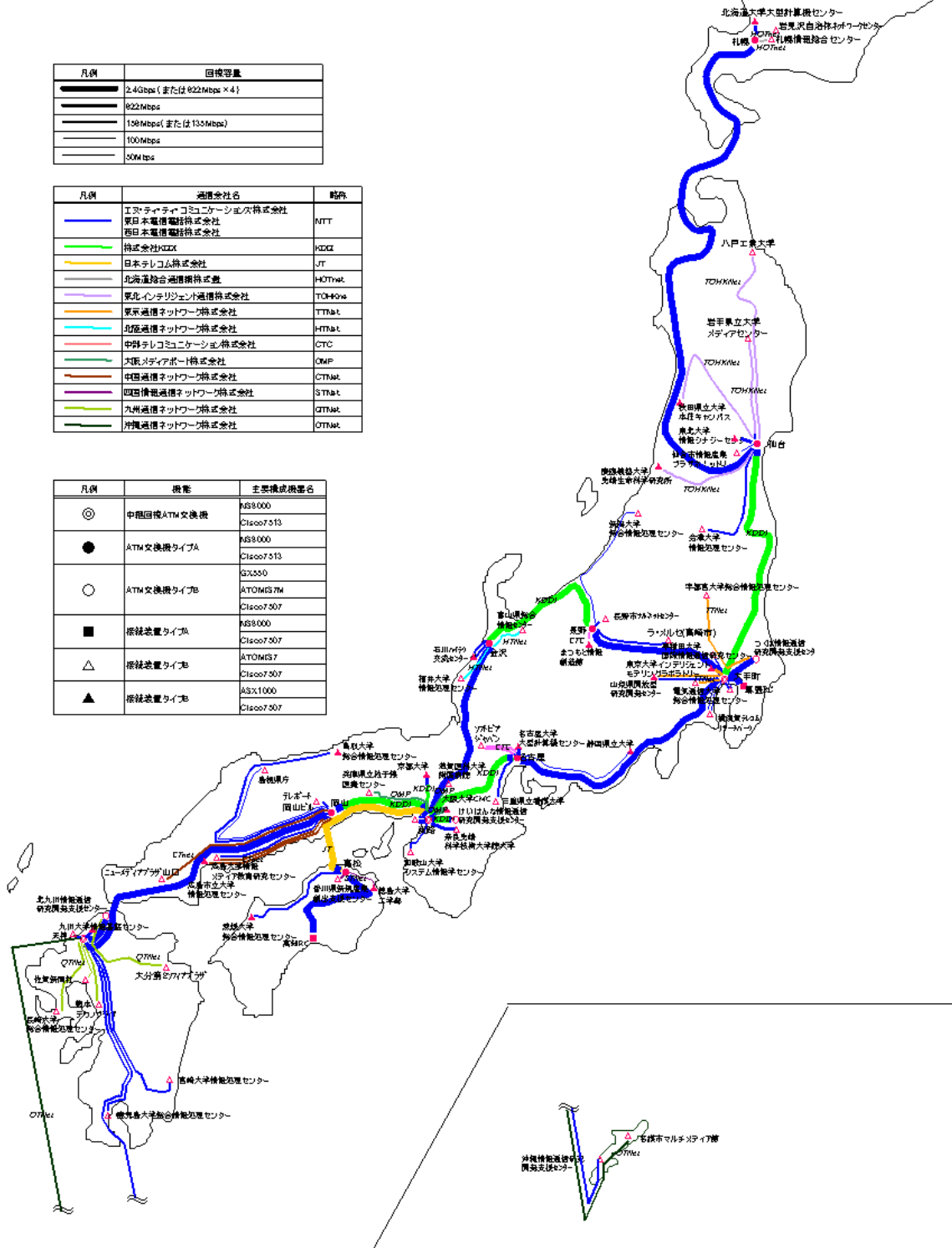


図 2.22: Japan Gigabit Network 経路図, http://www.jgn.tao.go.jp/org_tec/kaisen_rootzu.html より引用

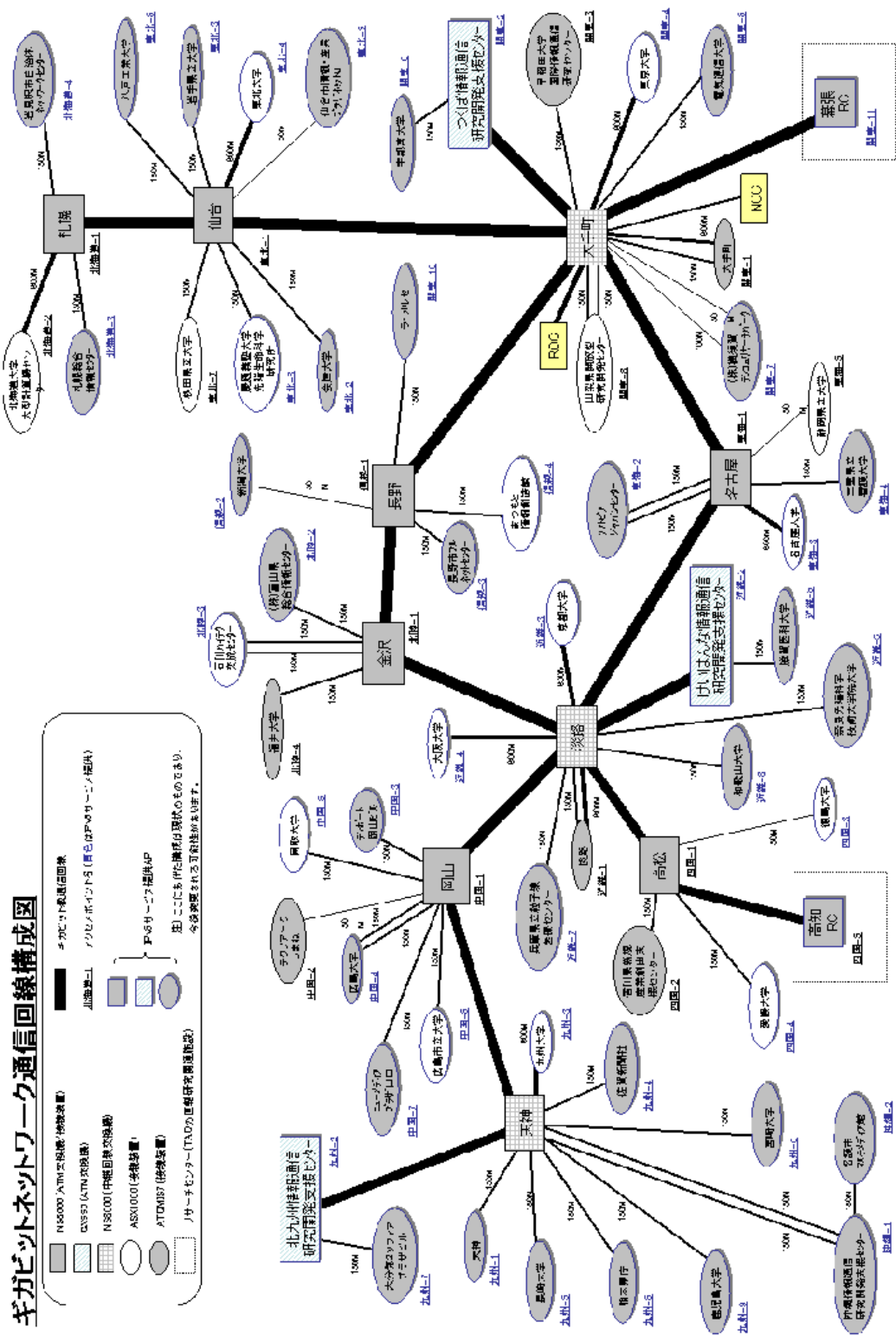


図 2.23: ギガビットネットワーク通信回線構成図, http://www.jgn.tao.go.jp/org_tec/kousei_map.html より引用

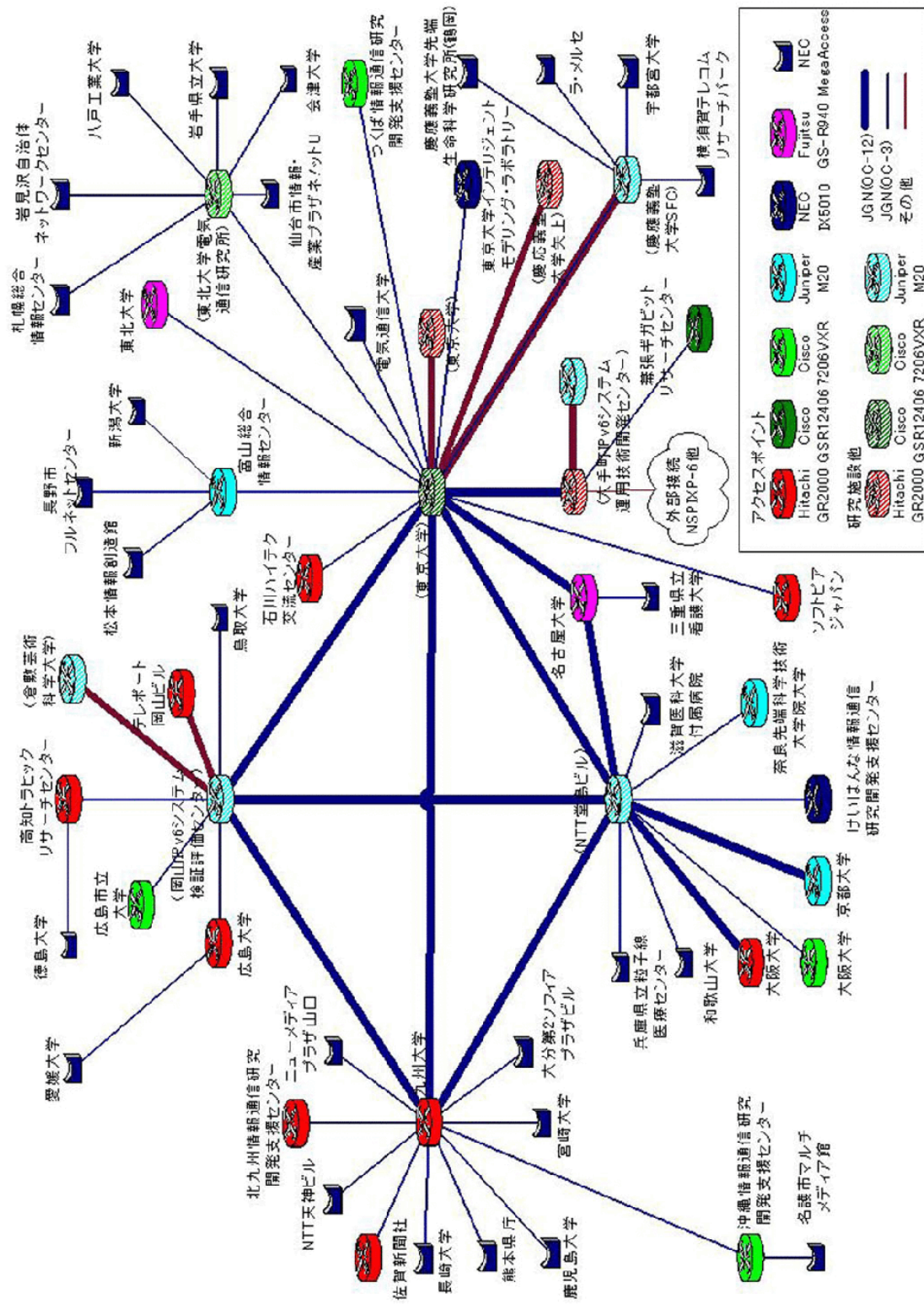


図 2.24: JGN IPv6 ネットワークの接続構成, http://www.jgn.tao.go.jp/org_tec/kousei_map_v6.html より引用

IV AV 環境整備

DVTS の整備と北大鴨方高校間のネットワーク経路設定によって、図 2.16 に示すような DV カメラとデッキを DVTS に IEEE1394 で直接接続する形式での映像・音声の伝送が可能となる。しかしながら、この形式のシステムで双方向遠隔授業を実施した場合、以下に示すいくつかの問題が生じる。

- カメラ内臓のマイクでは講師や生徒の声を十分集音できず、対話的な環境となりにくい。
- 映像、音声を双方向でやりとりする環境では、スピーカからの相手の音声を直接マイクが拾うことによってエコーが発生する。さらにエコーを双方のマイクが拾い合うことで音声がループし音質は著しく低下する。
- 一台のカメラで講師と授業プレゼンテーション資料を撮影しようとするすると映像の動きが大きくなり生徒に疲労感を与える。

そこで本実験ではこれらの問題点を踏まえ遠隔授業に適した映像システム、音声システムを整備した。図 2.27、図 2.28 に北大側の配線図を示す。本システムにおける基本的な設計思想は以下の通りである。

- DVTS への DV 信号の入出力は DV メディアコンバータ (以下、メディコン)、DV ビデオ等から行いカメラは接続しない。
- 送信側では映像と音声を分けて DV メディアコンバータへアナログ入力する。

以上から映像、音声について環境に応じた細かい調整を行うことが可能となる。

1 映像入力

2 系統からの映像入力

本実験では講師が卓上の PC モニタにプレゼンテーション資料を投影しながら授業が進められた。そこで、講師撮影用 (図 2.27 ではカメラ 2) と PC モニタ撮影用 (図 2.27 ではカメラ 1) の 2 台のカメラを用意し、担当者が授業の進行に合わせて、講師または PC モニタの映像のどちらかを AV セレクタで切替えてメディコンに出力した (図 2.25)。尚、DV カメラからの映像・音声の出力には付属の AV 接続ケーブルを使用し、AV セレクタへは映像端子のみを接続する。



図 2.25: PC モニターの映像 (左) と, 講師映像 (右).

DV テープからの映像資料再生

『月の科学』の講義では, 巨大衝突からの月形成に関するビデオを再生し DVTS で伝送した. そこで, 再生用ビデオデッキの変わりにカメラ 1 を DV テープ再生機として代用した. 再生時には, カメラ 1 のモードを撮影から再生に切替え, 講師の合図に合わせて再生を開始し, AV セレクタを通じてメディコンに送出した. 尚, 再生するテープの BGM を講師の声と共存させて伝送するために, 再生機からの音声出力をミキサーに入力し (図 2.27 経路 ①, ③), 講師の声との音量を調節した上でメディコンに出力した. 操作の詳細は付録を参照.

2 音声入力

音声ストレスなく送受信できることは, 遠隔授業を進める上で最も重要な要素である. 音声正常に伝送可能であれば, 映像が多少コマ落ちしても授業の進行に障りはない. 本実験では対話的な授業環境を構築するために以下の点について注意した.

講師の声の高音質伝送

カメラの内臓マイクでは講師の声が小さいばかりか, 周囲の雑音も拾ってしまう. 一般に内臓マイクは広指向性であるため, スピーカーからの受信音も拾いエコーの原因にもなりかねない. このようなことから, 音質の向上には講師の声を狭指向性のマイクで出来る限り近くから集音する必要がある. 本実験では, 手持ちの有線マイクとワイヤレスマイクを用意した. どちらも音声に大きな違いは無かったが, 講演のしやすさの点では, 両手の使えるワイヤレスマイクが優れている.

エコーキャンセル

双方向で音声の伝送を行う際, 両方の中継点でスピーカからの受信音がマイクに直

接入力することによって音声のループ生ずる。このエコーを防止するには、この音声のループを機械的に又は、電氣的に断ち切ってやる必要がある。以下にその方法のいくつかを示す。

1. 講師がイヤホンをする。

音声のループを常に断ち切る事ができるので、最も手軽でかつ有効な方法と言える。遠隔授業においては、授業の進行に応じて技術スタッフが臨機応変に対応しなければならないので、イヤホンは複数用意する必要がある。そのため、人数が多いとこの方法は現実的ではない。

2. 高校側のマイクをまめに ON, OFF する。

遠隔授業においては、生徒からの質問より講師が講演している時間の方が遥かに長い。そこで、生徒の質問が無い間は高校側のマイクを OFF にしておく。又、生徒が質問をする際にもマイクをスピーカに向けないよう配慮してもらう。この方法は、遠隔授業の特徴をうまく利用していると言える。しかしながら、生徒にマイクを渡す手間がかかり質問を躊躇してしまうこともあり得る。また、中継を介して活発に議論が行われる場などでは使えない。対話性という点においては 1 と比べて劣っていると言える。

3. エコーキャンセラーを導入する。

エコーキャンセラーは、エコーが発生した周波数帯の音量レベルを自動的に下げ、電氣的にループを断ち切る装置である。一般に送信側と受信側双方に設置する必要がある。この方法は、講師と生徒の双方に普段の授業と全く変わらない音声環境を提供する点で大変優れている。エコーキャンセラーは一般に高価で導入については、使用頻度などを考慮する必要がある。

本実験では最終的に 2 の方法で対処した。北大側にはエコーキャンセラー(アンチフィードバック)を設置していたが、鴨方高校側には設置されなかったためである。エコーキャンセラーは、出力と入力で同一音量レベルの周波数帯の音量を下げる仕組みになっているため、送信側の声と受信側の音の重なった入力に対してはエコーを検知できない。したがって、北大側のエコーキャンセラーだけではエコーを防ぐ事が出来なかった。

3 映像モニター, 記録

映像モニター

北大の映像モニターは講師用, 見学者用あわせて 4 箇所を設置した. 図 2.26 に, 講師用モニターと見学者用モニターを示す. 尚, 映像出力機器の名称は図 2.28, 図 2.27 を参照.

映像出力機器	出力映像	投影場所
講師用モニター	北大送出映像 (講師確認用)	講師正面左下テレビモニター
プロジェクタ 1	受信映像 (講師用)	講師正面小スクリーン
プロジェクタ 2	受信映像 (見学者用)	教室正面大スクリーン上半分
プロジェクタ 3	北大送出映像 (見学者用)	教室正面大スクリーン下半分



図 2.26: PC 講師席から見た北大送出映像 (左下のテレビ) と受信映像 (正面小スクリーン)(左). 見学者用モニター映像 (上が受信映像, 下が送出映像)(右).

記録

北大では送出映像を VHS で, 受信映像を DV で同時録画をした (図 2.27, 図 2.28).

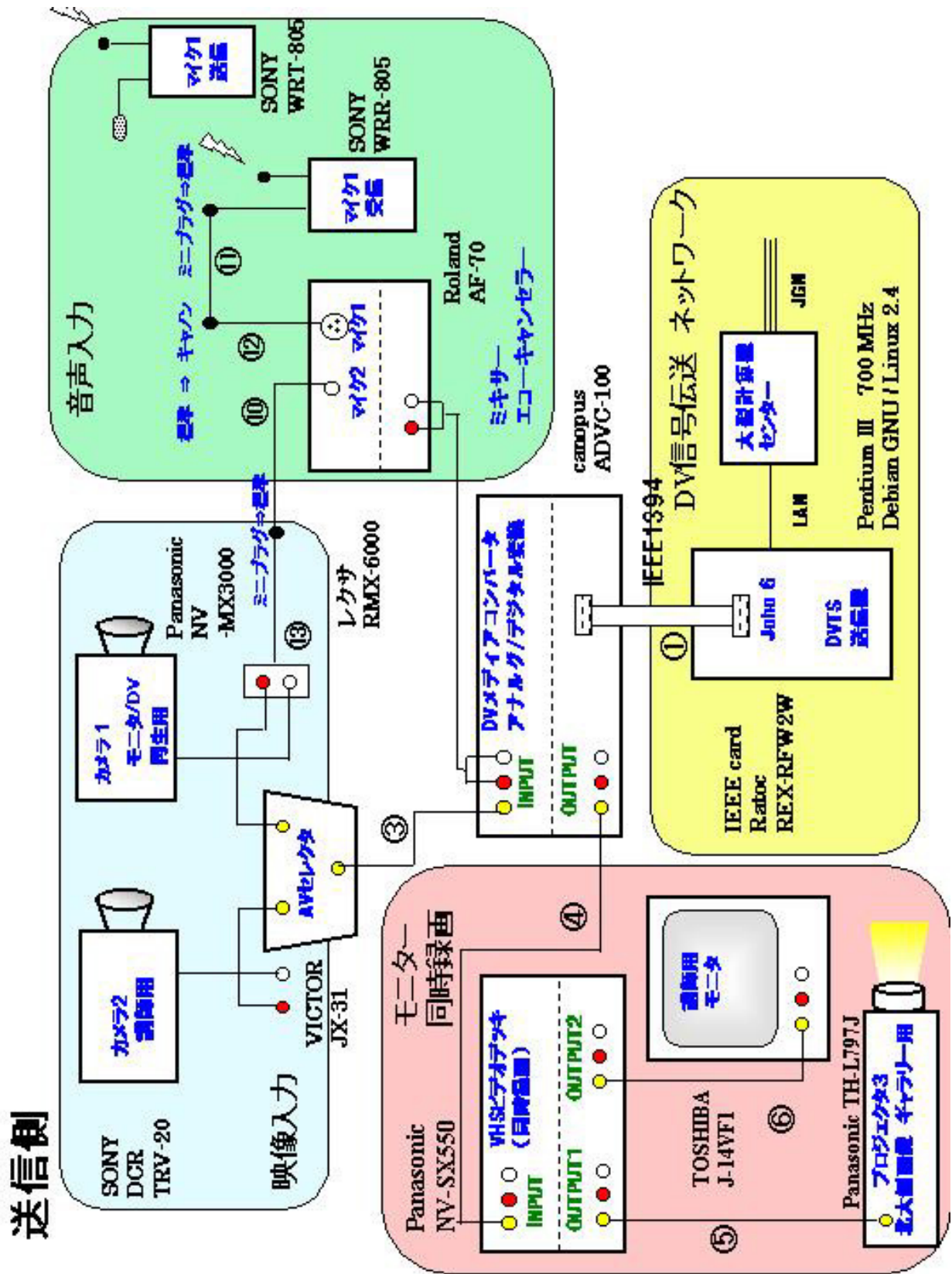


図 2.27: 北大送信システム配線図

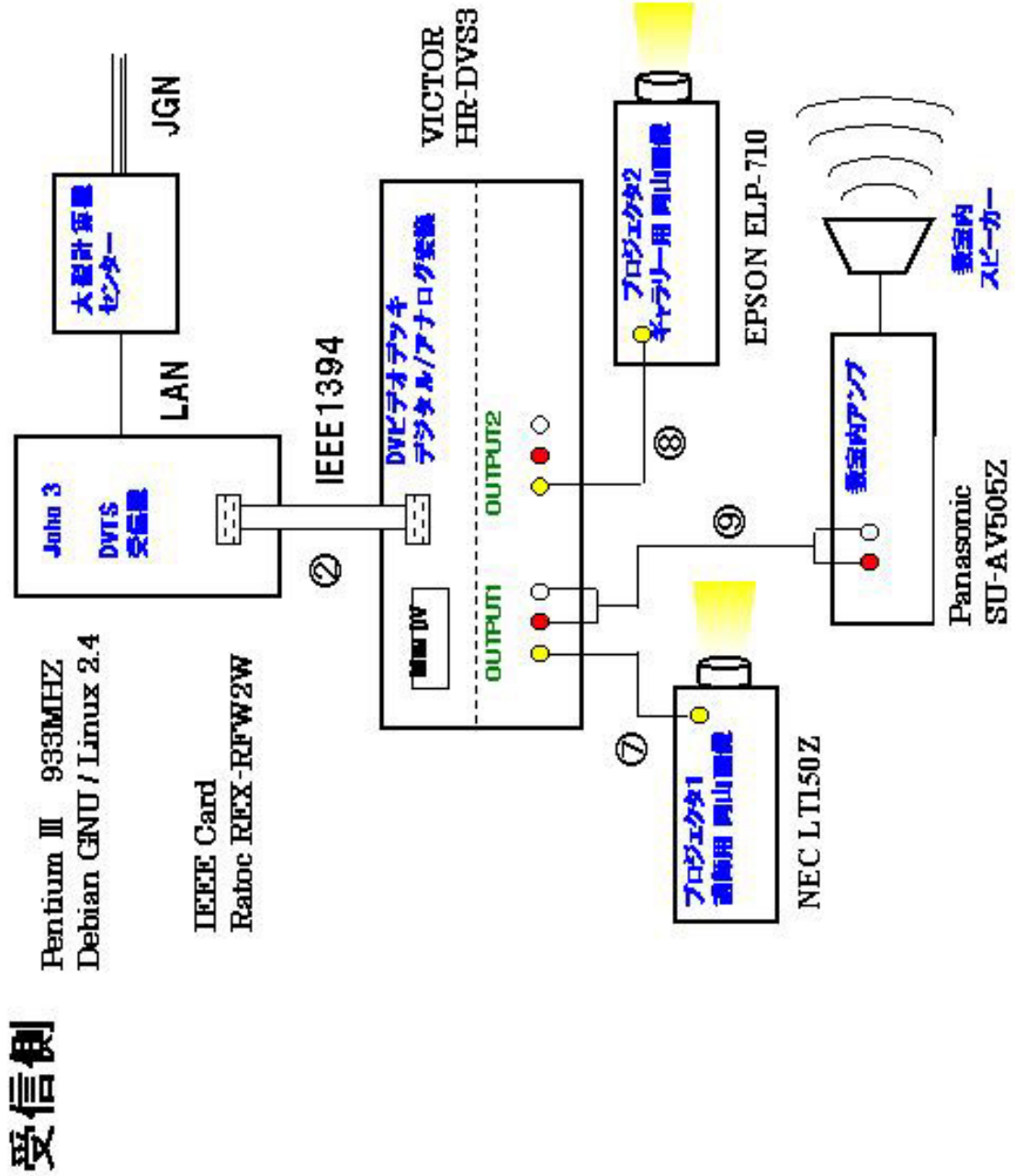


図 2.28: 北大受信システム配線図

V 会場設営

北海道大学

遠隔授業専用の仮設スタジオを設営し授業を行った。スタジオの配置図を図 2.29 に示す。設営において次の点について考慮した。

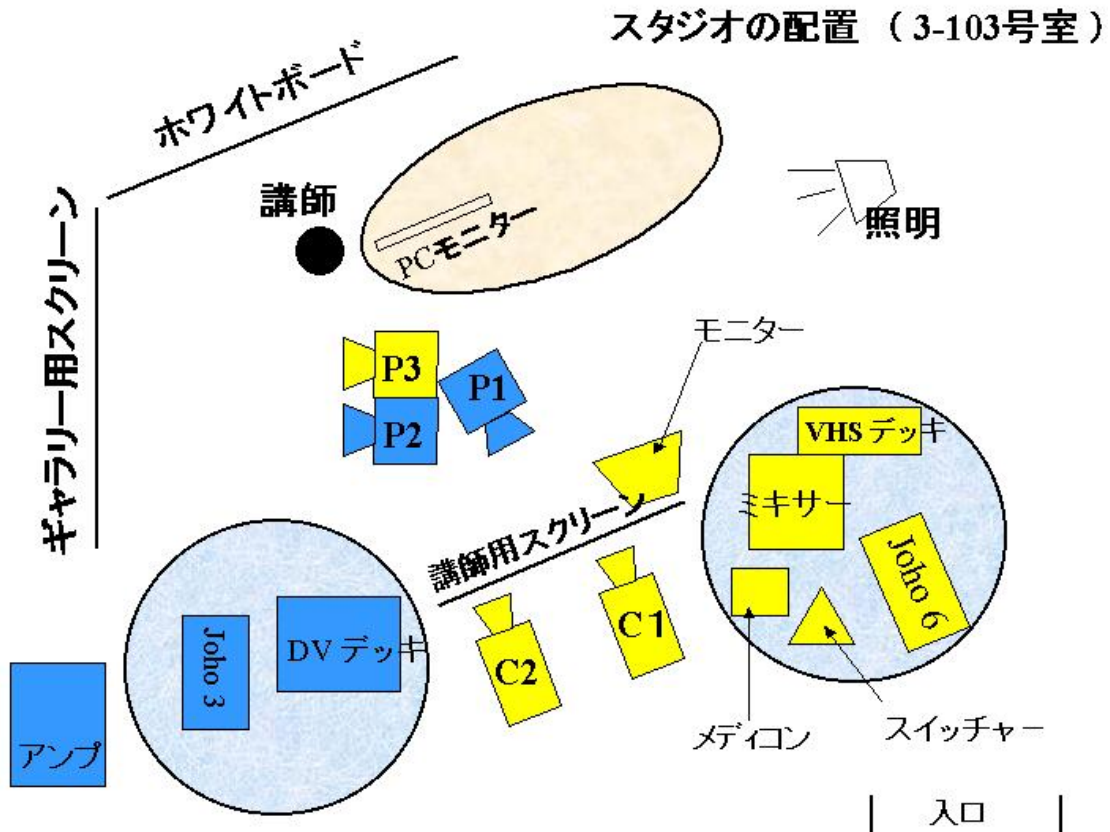


図 2.29: 北大スタジオ配置図

- 講師の視線

授業を画面を隔てて行うことによる臨場感の喪失を少なくするために、講師と生徒の視線がずれないように、機材の配置を工夫した。図 2.31 に示すように、講師席の正面に受信映像を投影する小スクリーンを設置。そのスクリーンの上に 2 台のカメラをならべた。このようにすることで、講師が小スクリーンを見るとき生徒と画面越しに視線が合うようにした。

- 授業資料のみやすさ

授業用のプレゼンテーションは、講師卓上の液晶 PC モニターに投影し、DV カメラで撮影した (図 2.25)。こうすることで、生徒は鮮明な映像で資料を見るこ



図 2.30: 北大スタジオの概観



図 2.31: 北大スタジオ撮影風景 (左) と, 鴨方側の受信映像 (右).

とができるようになる. 色の変化や, 細部の構造を損なうことなく伝送された映像によって, 生徒の授業に対する意欲は高まり理解を促進する効果が期待できる.

- 簡便性

スタジオを簡便に設営するために既存の設備を活用した. 図 2.30 にスタジオの

概観を示す。スタジオ設営に必要な条件は、

- LAN が利用出来ること
- 電源が豊富にあること

である。このほかに、教室内スピーカ、アンプ、スクリーン、ホワイトボード等があると都合がよい。

鴨方高校

- 画面の大きさ

大きなスクリーンに講師の映像を投影することで臨場感が失われないよう配慮した (図 1.4)。

第3章 教材の開発

本章では、高大間双方向遠隔授業という新たな授業環境に適した授業内容、資料をどのように準備したらよいか、本実験で得られた経験を基にして解説する。実際に授業を行ったところ、講師が教室で行う授業と比べて、遠隔授業はやはり制約の多いものとなる。こうした遠隔授業特有の制約を講師が踏まえ、画面の向うの生徒にも分かる意義深い授業をいかに展開出来るかが、遠隔授業の成否を決すと言っても過言ではない。

I 教材を開発する意義

今回高校生を対象とした教材製作に大学が参加する意義として次の2点を定めた。

1. 生徒の知的好奇心や学習意欲を喚起する教材の提供 (理科離れへの抑止力)
2. 地球惑星科学の視点からの我々の住む地球環境について知る機会の提供

II 授業概要

1 授業までの経過

本実験のきっかけは、2001年10月の惑星科学会秋期講演会にて岡山県立鴨方高等学校の大島教諭が、天文学分野の教材の研究者との共同開発を呼びかけられそれに応じる形で、2月に北大側が高大間の双方向遠隔授業実験を提案したことによる。

鴨方高等学校は、国立天文台岡山天体物理観測所が設置されている岡山県鴨方町にある生徒数600名の総合学科の高校である。カリキュラムは、英語以外に中国語、ハングル、スペイン語などがある外国語、情報系、スポーツ系、福祉系など100余りある選択科目から、生徒が主体的に選べるよう工夫されている。今回、双方向遠隔授業実験を行った『宇宙の科学』の時間も、大島教諭が開講を申請し県教育委員会の承認を得て設置された選択科目である。『宇宙の科学』は3年生を対象に毎週水曜日、木曜日の3,4時限目に2クラス開講されている。授業内容は生徒の科学的宇宙観の形成を目的として、天文学の全分野を網羅している。

表 3.1: 授業の概要

	月の科学	惑星気象学
担当講師	倉本 圭 助教授	小高 正継 助手
実施日時	2002/10/23,31	2002/10/24,30
授業時間	3,4 限目 (50分×2)	3,4 限目 (50分×2)
授業内容	月の誕生とその後の進化について、最新の研究成果を織り混ぜながら解説。前半で示した現在の月の様々な特徴をもとに、後半で4つの月誕生説を検証し現在有力視されている巨大衝突説を紹介。巨大衝突から月形成までのCGも視聴。	地球型惑星のうち大気が存在が確認されている地球、金星、火星の大気現象、地表面環境の比較。それぞれの相違点を明らかにし、その原因を追究。大気のある惑星の気候、気象といったものがどのようなメカニズムによって形成されているのか概説。
授業資料	プレゼンテーション用資料 月のスケッチ課題 (事前配布) 月に関するアンケート (事前配布) 参考 Web 資料 授業後アンケート	プレゼンテーション用資料 参考 Web 資料 授業後アンケート
授業の進行	生徒との対話を重視。授業資料中に質問を用意し生徒を指名して答えてもらった。生徒の解答を軸に議論を進めた。	
教材の提示方法	プレゼンテーション用ソフトウェアで資料を作成し、それを PC モニター上に投影し解説を行った。必要に応じてホワイトボードに板書した。	
高校側の司会進行	23日：北大大学院生 (2名) 31日：大島教諭	24日：北大大学院生 (2名) 30日：大島教諭

表 3.1に授業の概要を示す。今回、『月の科学』と『惑星気象学』という2種類の授業を用意し、生徒には2週間で両方受講して頂いた。『月の科学』の講師は、北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻の倉本 圭 助教授、『惑星気象学』の講師は同専攻の小高 正嗣 助手がそれぞれ務めた。テーマはどちらも『宇宙の科学』の内容との関連性のあるものを選択したが、授業内容は最先端の研究成果を取り入れた発展的な内容になっている。どちらも生徒との対話を重視した形態で授業を進めた。又、授業の進行のしやすさ、生徒の反応を比較するために『月の科学』だけに、月のスケッチ、月に関するアンケートを事前に実施。集計した資料を参考にして授業を行った。第一週の10/23,24は北大から大学院生を鴨方高校に派遣し、授業中の司会進行、講師との掛け合い役を務めた。

2 製作した教材

以下に今回の授業のために準備した教材の内容と、製作に要した時間、作業人数を示す。尚、製作には課外時間を当てている。

表 3.2: 教材リスト

教材	製作にあたって	担当	製作時間
授業シナリオ	与えられた時間の中で結論までどのような展開で話を進めて行くのか、高校側に高校生の興味、理解力を確認しながら製作。教材を製作する上での基本方針となるので、生徒に見せる画像等も出来る限り具体的に示しておくが良い。	担当講師	約 1ヵ月
プレゼンテーション資料	授業で提示する資料。PowerPoint 等で製作した。製作段階でも Web 上に UP して高校側と意見交換しながら進めた。PC モニターをカメラで撮影する都合、文字を大きくした。スライドは 50 分の講義で 20 枚が目安。	担当講師	約 2 週間
事前アンケート (付録参照)	生徒の興味関心、知識を直接確認した。『月の科学』で実施。大学で用意したアンケートを高校に郵送し、回答を送り届けてもらう。集計した結果は、授業シナリオ、プレゼンテーション資料にフィードバックさせた。	授業プラン 担当	作成、配布、集計で 1ヵ月
授業後アンケート (付録参照)	授業終了直後に生徒、教員を対象に毎回実施。音声、映像等の環境面と授業内容について質問した。1 週目の回答から改善点を洗い出し 2 週目の授業に活かした。2 週目は 1 週目と同様の設問に改善点についての設問を加えた。	アンケート 作成担当	作成 1 週間 集計 1 週間
参考 Web 資料	意欲のある学生向けに発展的な内容を扱った資料を Web で公開した。最新の研究結果を素材にして、分りやすい解説を心がけた。	『惑星』: 小高助手 『月』: 有志学生	1~2 ヵ月

III 開発手順

前節で示した教材製作の手順について、本実験を基に具体的に説明する。

1 解決すべき課題

遠隔授業を実施するにあたって一般に次のような課題を解決する必要があると思われる。これらの課題について授業展開や資料を通じてどのように対応していくかが、教材開発における重要なポイントとなる。

1. 生徒についての情報が無い

有意義な授業を行うためには、授業に直接かかわるものから教室の設備に至るまで様々な情報を、早い段階で高校から伺っておく必要がある。画面を通した初対面同士の授業であればこそ、大学と高校は緊密に情報交換するべきである。そうすることによって、生徒の緊張感は和らぎ活発な発言も期待できる。

2. 授業時間が限られている

大抵の場合、遠隔授業は時間が限られる上に一度きりである。したがって、生徒の情報をもとに授業内容は、授業の核心を損なわないよう十分に注意しながら厳選する必要がある。

3. 臨場感をいかに補うか？

高品質の動画像、音声を受信できる環境であっても講師が教壇に立った生の授業には及ばない。遠隔授業はあくまでも次善の策である。ちょっとした工夫で臨場感は向上する。

4. 不測の事態にどう対応するか？

双方向遠隔授業は、送受信機器はもちろんネットワーク上の中継機器が全てうまく動作して始めて授業する環境が整う。特に、ネットワーク中継の不具合は授業の関係者では対応できず、授業にならない場合もあり得る。このような場合に備え、授業進行に余裕をもたせる、高校側にもプレゼンテーション資料を用意しておく、万が一の事態に対応できるよう人員を確保しておくなどの対策を講じておく必要がある。

2 授業シナリオ、プレゼンテーション資料作成

1. 情報収集

本実験では6月に以下の項目について高校側に問い合わせを行った。表3.3に問い

合わせた内容とその回答を示す.

表 3.3: 『宇宙の科学』に関する情報

問い合わせ内容	高校からの回答
受講学年	3 年生
人数	水曜日 19 人 (男 7 / 女 12), 木曜日 22 人 (男 11 / 女 11)
使用教室	地学教室, スクリーン有
生徒の関心	選択して受講しているので全体的に関心は高い
学力レベル	大学に進学する者は少ない
基礎知識	ほとんどが文型で, 物理, 化学の基礎知識は無い.
カリキュラム	太陽系の天体: 4 ~ 5 回 太陽: 4 回 恒星の世界: 4 回 恒星の進化: 2 回 HOU 実習: 5 回 銀河系と銀河: 4 回 宇宙論: 2 回 宇宙における生命: 4 回
遠隔授業実施までに授業で扱う内容	太陽系天体の概要 地球型惑星と木星型惑星の違い 微小天体について 惑星の気象については扱っていない.

注 ; HOU (Hands On Universe) カリフォルニア大学バークレー校の天文研究者と教育者が共同で開発した教育プログラム, <http://jahou.riken.go.jp>, <http://hou.lbl.gov/> 参照

2. 授業目標の設定

生徒の興味関心や学力レベル, 時間の制限, 授業環境を考慮して, 授業目標を設定した.

- 授業の双方向性に心がける

生徒との質疑応答や会話を多く取り入れ生徒の声を授業に反映させる. 生徒に考える時間を与え, 生徒が発言する機会を作る.

- 達成目標は設定しない

達成目標とは通常の授業では単元毎に設定されており, 生徒の定着度を確認するために試験が実施される. 本実験では授業を, 最先端の研究や論理的思考に

触れる機会と位置付け、あえて達成目標は設けなかった。

- **生徒の興味を喚起する授業を心がける**

興味引かれる話題や視覚に訴える資料を多く集め、全ての生徒に印象に残る情報を提供する。

3. シナリオ、プレゼンテーション資料作成

今回準備した『月の科学』、『惑星気象学』の2つの授業は、今後の参考にするためあえて趣向を変えた。まず始めに全体構成で共通する点をしめす。

- いくつかのセクションに分け授業を展開する(今回は前半、後半2部構成)。
- セクション毎に確認ポイント、まとめを設ける。
- 画像、動画など視覚的に理解できる素材を利用する。
- これまでの授業の内容とうまくリンクさせる。
- プレゼンテーション資料の中に予め質問のスライドを設けておく。
- 生徒にも分りやすい質問を心がける。

どちらも講師と担当の学生の間で密接に話し合いを持ち、学生の意見を取り入れる方向で製作された。

月の科学

- **授業のねらい**

身近な月を科学的視点から捉え直し生徒の知的好奇心を喚起する。

- **事前調査**

月のスケッチ課題、月に関する基礎知識を確認する簡単なアンケートを作成し生徒に回答してもらった。集計結果を授業内容に反映させた。

月のスケッチ

月を注意深く見てもらい、海と高地の存在、見た目の違いについて生徒自身に気が付いてもらう事を目的に実施。眼視観測、双眼鏡、望遠鏡の使用は特に指定しなかった(付録を参照)。

月に関するアンケート

授業内容に直接関係する話題について選択式のアンケートを実施。内容は

月の起源説, 海と陸の特徴に関する質問, 月の大きさ, 月までの距離, 月探査計画について (付録参照). これらの質問を通じて事前に授業の内容を生徒に把握しておいてもらう意図もあった.

- **シナリオ, プレゼンテーション資料作成**

シナリオは以下の通り.

- **前半 (3 限目)**

月の特徴 : 月と他の衛星の違い, 海と陸, 月の岩石サンプル, 内部構造

- **後半 (4 限目)**

月の起源説検証 : 捕獲説, 共生説, 分裂説, 巨大衝突説, CGビデオ, 月探査

『月の科学』でのシナリオ, プレゼンテーション資料作成は講師のアイデアをもとにして, 学生が必要な素材を整備するという形で進められた. プレゼンテーション資料には, 月のスケッチやアンケートの集計結果を紹介するスライドを設け生徒との会話のきっかけとした.

惑星気象学

- **授業のねらい**

大学教養レベルで取り上げる内容を分りやすく解説し, 高校で学習する基礎知識が研究においてどのように応用されているのか紹介する.

- **事前調査**

実施しなかった.

- **シナリオ, プレゼンテーション資料作成**

シナリオは以下の通り. 2 週目の講義は 1 週目の授業後アンケートをもとに修正を加えた.

- **1 週目 前半 (3 限目)**

惑星の比較 : 太陽系の惑星, 地球型惑星と木星型惑星の違い, 気象衛星, 大気成分の違い

- **1 週目 後半 (4 限目)**

地球型惑星の気象比較 : 地球, 火星 (ダストストーム), 金星, 惑星探査

- **2 週目 前半 (3 限目)**

地球型惑星の気象比較：大気成分比較, 地表面気温の違い, 地球の大気の流れ, 火星のダストストーム, 金星の雲

2 週目 後半 (4 限目)

生命の存在条件：水の存在条件, 温室効果, 昔の火星, 昔の金星

『惑星気象学』は高校の授業では扱っていないため, 講師が関係する話題を広く取り扱った参考 Web 資料 (後述) を作成. この資料は地球, 火星, 金星の大気現象を概観する部分と, それぞれの現象を物理的に解説した部分からなる. 授業で取り上げる内容は, 参考 Web 資料の大気現象概観の部分から高校生の理解力, 話題性を高校教員, 講師, 担当の学生が話し合い厳選した. そして, 授業で生徒へ質問しながら自然に展開できるように, 話題の順番を検討し授業シナリオを作成した.

4. リハーサル

本番形式のリハーサルを行い, 再度シナリオの構成を確認するとともに撮影された映像を見ながらプレゼンテーション上の細かな点を修正する. 以下の点を特に注意した.

- スライドの文字の大きさ, 画像の見やすさ.
- 誤解を与えない指示棒の指し方
- 言葉使い

3 授業後アンケート

音声, 画像等の授業環境, 授業内容の理解度, 遠隔授業の印象, 満足度について質問した. 質問の詳細, 集計結果については次章で解説する.

4 参考 Web 資料

事後学習用資料として参考資料を Web 上に作成した. 意欲の高い生徒に知的な刺激を与えられるよう, 授業では扱わなかった発展的な内容も含めた. 作成するのに参考とした資料, 画像等の出典も記載し, 生徒の自習の手引となるよう配慮した. 以下を参照.

- 月の科学 “ The Moon ”

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/mosir/work/2002/kamokata/lecture/moon/moon.html/index.html>

- 惑星気象学 “ 惑星の気象学 ”

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/mosir/work/2002/kamokata/lecture/atmos/note/index.html>

IV 円滑な授業進行のために

遠隔地との授業では臨場感が不足する分、システムの双方向性を十分に活かした授業進行が求められる。しかしながら、講師と生徒は初対面であるため対話性を重視した教材であっても、授業の中でうまく会話が成立するとは限らない。又、回線のトラブルなどで音声、画像が途切れがちになる、あるいは授業が成り立たなくなる場合もありうる。以下では、授業を円滑に進めるために注意すべき点について言及する。

1 発言しやすい雰囲気を作るための工夫

1. 教室側に司会進行役を置く

映像からでは分からない教室の雰囲気も授業を円滑に進める上では重要な要素である。又、音声も全て集音される訳ではないので生徒からの自発的な質問等に反応出来ない場合もある。これら講師側からでは把握できない情報に対応するためには、教室に司会進行役を置くとよい。本実験でも、第1週には担当の大学院生2名が、第2週には大島教諭が鴨方高校で司会進行を勤めた。

司会進行役としては、授業の内容を良く理解し、講師と面識のある人が望ましい。このように教室側に掛け合い役を置くことで、講師も話がしやすくなり、難しい内容でも講師と司会進行役が解説を補い合うことで分りやすい授業を展開できる。

2. 挨拶、自己紹介

お互い初対面であるため、授業開始前に自己紹介を兼ねた挨拶をする時間を確保しておくことは重要である。又、生徒に双方向の環境に馴染んでもらうことも必要である。授業に入る前に生徒と会話しておくことは大変有効である。

本実験では、初雪が降った大学構内の様子を撮影したビデオを放映したが、大変好評だった。授業後アンケートにも「遠隔地と接続している実感がわいた」というコメントがあった。

3. 生徒座席表

生徒を直接指名して質問に答えてもらうことで、より臨場感のある授業が可能となる。さらに、普段の生徒の様子なども高校側から伺っておくと指名しやすくなる。又、事前アンケートの集計を一人一人について行っておく事で議論を深めやすくなる。

4. 板書, 小道具

画面越しの授業となるため単調な PC モニターの映像では生徒も飽きてしまう。幸い DVTS の画像はホワイトボード上の文字も鮮明に伝送できる。適宜、板書で図解するなどして動きのある授業に心がけると良い。又、模型などを用いた解説も効果的である。本実験では、地球儀、月球儀、火星儀を用いた。指示棒なども用意すると、生徒が集中できて良い。

5. 見学者の参加型授業

授業アンケートで、北大側の見学者の雰囲気や教室に伝わることで、発言しやすくなる、緊張が和らぐなどのコメントがあった。生徒の発言に対して大学側の見学者が反応(拍手, 歓声)することで、高校と大学の一体感が深まり、話しやすくなる効果が望まれる。一方で遠隔授業初日の 10/23, 鴨方高校には大勢の報道関係者が取材に訪れたが、多くの生徒が緊張していた様子であった。

2 トラブルへの対応

双方向遠隔授業におけるトラブルは多くの場合、中継回線の不都合による映像、音声のノイズ、コマ落ちなどである。本実験中においても第一週目の両日、鴨方高校のスイッチハブの設定が原因¹による映像、音声のノイズが発生した。このような技術的問題を授業時間中に解決するのは困難であり、講師を始めとする授業関係者の臨機応変な対応が不可欠である。以下では本実験で発生したトラブルを取り上げ対応策を議論する。

● トラブルの状況

10/23, 24 の両日、授業開始 10 分前位から映像、音声にノイズが入り始めた。鴨方高校で受信する北大側の映像は時々途切れ、音声は講師の発言の語尾に耳障りなノイズが入る程度。一方北大側の状況はひどく、鴨方高側からの受信映像はブロックノイズと呼ばれるモザイク状のノイズが入り、音声はノイズで聞き分けることが困難な状態だった。原因がつかめなかつたが、幸い北大側の映像、音声は授業に耐え得るレベルであったので、そのままの状態での授業を開始した。

¹第 2 章 を参照

- 対応策

北大側では鴨方高側からの音声聞き取れず、双方向のコミュニケーションは不可能であったため、携帯電話を利用した音声伝送を試みた。これによって、北大側で受信する鴨方高校の映像は乱れていたものの、講師と生徒の対話が可能となり、授業を行うことが出来た。

- 議論

双方向のコミュニケーションにおいては映像よりも、音声確保を優先するべきである。遠隔授業などのように教育効果を必要とする企画に関しては、音声回線は DVTS 以外にもう 1 系統確保しておく必要がある。今回は携帯電話で対応したが、遠距離になるほどコストがかさむ。音声だけであれば、必要とする帯域も数十 Kbps と通常の回線でも十分伝送可能であるので、IP 電話を用いるのが有効であると思われる。今回、幸いにも鴨方高校で受信する北大側の映像、音声の乱れが少なく授業を行うことができたが、もしこの状態が北大と鴨方高で逆であったら授業は不可能となる。このような場合には、高校側のスタッフに授業を任せざるを得ない。したがって、授業用のプレゼンテーション資料は予め Web など大学、高校双方で共有し、代行授業ができるスタッフを準備しておく必要があるだろう。本実験でも、第一週で派遣されたスタッフが予備の資料を準備し授業に望んだ。

第4章 授業評価

I 調査の概要

1. 目的

- 遠隔授業の有効性の検証
- 課題提示
- 調査方法の検証

2. 対象

本遠隔授業を受講した全生徒および見学に訪れた高校職員。又、選択式の質問では生徒の回答のみを集計した。以下に、各回の回答者数を示す。

実施日	曜日	授業テーマ	回答者数
10月23日	水曜日	『月の科学』	15名
24日	木曜日	『惑星気象学』	23名
10月30日	水曜日	『惑星気象学』	16名
31日	木曜日	『月の科学』	20名

3. 実施方法

2 限目終了前 10 分程前に調査用紙を配布し、その場で記名、回答してもらった。

4. 内容

以下に示す 4 項目についてそれぞれ選択式 (5 段階), 記入式の設問を用意した (調査用紙は付録を参照)。

- 授業環境に関する質問
- 授業のわかりやすさ, 興味, 関心に関する質問
- 授業内容に関する質問
- 遠隔授業全体に関する質問

1 週目, 2 週目とも概ね同様の内容であるが, 2 週目は 1 週目と比較する設問, 1,2 週を通しての設問を追加した. 尚, 選択式の問題の回答は以下の様式にしたがった.

(1・2・3・4・5) の順に

(強くそう思う・そう思う・どちらとも言えない・そうは思わない・強くそう思わない)

表 4.1: 質問事項

■ 授業環境に関する質問

- (1) 音声は聞きやすかった. (1 2 3 4 5)
- (2-1) スライドの映像は見やすかった. (1 2 3 4 5)
- (2-2) 月形成のビデオは見やすかった (月の科学のみ). (1 2 3 4 5)
- (2-3) ホワイトボードにかかれた字は見やすかった. (1 2 3 4 5)
- (3) カメラワークは適切だった. (1 2 3 4 5)

(一週目)

- (4) 講師がスクリーンの中にいることに臨場感を感じた. (1 2 3 4 5)
- (5) 講師がスクリーンの中にいることに違和感を感じた. (1 2 3 4 5)

(二週目)

- (4') 講師とのコミュニケーションはスクリーン越しにスムーズにできる. (1 2 3 4 5)
- (5') 先週とくらべて臨場感がさらによくなった. (1 2 3 4 5)

- (6) 「遠隔授業だからこそよかった！」と思うことがあれば書いて下さい. 記述式
- (7) これか遠隔授業をされによくするには何が改善されると良いでしょうか? 記述式

■ 授業の分りやすさ・興味・関心に関する質問

- (8) この授業はおもしろかった. (1 2 3 4 5)
- (9) この授業は分りやすかった. (1 2 3 4 5)
- (10) 月や火星, 金星を見上げるとき, いままでより身近に感じられそう. (1 2 3 4 5)
- (11) 今回の授業で新しく知ったことがあれば, 書いて下さい 記述式
- (12) もっと知りたいこと, 自分で調べてみたいことはありましたか? 記述式

■ 授業の内容に関する質問

(月の科学, 一週目/二週目)

(13) 月に関する今回の授業で興味をなされたところはどこですか? (複数選択)

・ 月と他の衛星の違い・海と陸・岩石・内部構造・捕獲説・共成説・分裂説・巨大衝突説・CGビデオ・月探査・その他

(14) 良く分らなかったところはどこですか? (複数選択)

選択肢は(13)と同様

(惑星気象学, 一週目)

(13') 惑星気象に関する今回の授業で興味ひかれたところはどこですか? (複数選択)

・ 太陽系の惑星・地球型惑星と木星型惑星の違い・気象衛星・大気成分の違い・地球の気象・火星の気象・ダストストーム・金星の気象・惑星探査・その他

(14') よくわからなかったところはどこですか? (複数選択)

選択肢は(13')と同様

(惑星気象学, 二週目)

(13'') 惑星の気候に関する今回の授業で興味ひかれたところはどこですか? (複数選択)

・ 大気成分の違い・惑星の気温の違い・地球大気の流れ・火星のダストストーム・金星の雲・水の存在条件・温室効果・昔の火星・昔の金星・その他

(14'') 今回の授業でよくわからなかったところはどこですか? (複数回答)

選択肢は(13'')と同様

■ 遠隔授業全体に関する質問

(15) 遠隔授業には満足できましたか?

(期待以上に, まあ期待よりは, 期待通り, 期待ほどには, 期待以下)

(二週目間通しての質問)

(16) 今後, 定期的に遠隔授業があるとすればどのくらいの回数あると良いですか?

(月1回位, 学期に1回位, 年1回位, 在校中に1回位, なくてよい)

(17) 遠隔授業は, 1時限だけよりも2時限続きの方が良い. (1 2 3 4 5)

(18) 遠隔授業形式の授業は好きだ (1 2 3 4 5)

(19) 最後に, 授業への感想・意見, 講師へのメッセージをどうぞ. (記述式)

II 集計結果

1 授業環境

図 4.1, 4.2 に示した, 遠隔授業第一週における臨場感, 違和感についての集計結果によると, 約 8 割の生徒が臨場感があると答え, その一方で違和感があると答えたのは 4 割程度と, 臨場感のある馴染みやすい授業環境であったことがわかる. 音声ノイズが改善した二週目ではこの傾向はさらに大きくなるものと予想される. そこで二週目の講師とのコミュニケーションのしやすさについての回答では, 約 8 割の生徒がスムーズにコミュニケーションできたと答えている.

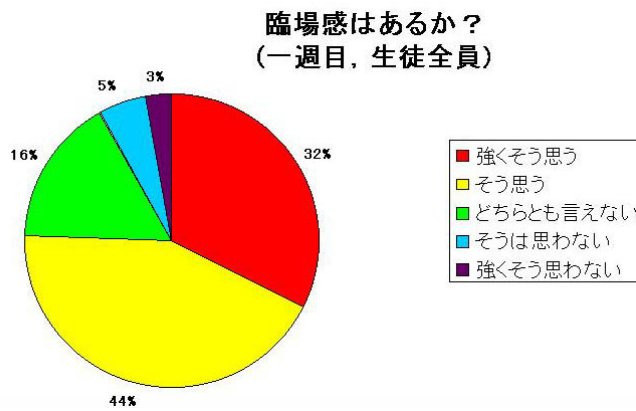


図 4.1: 臨場感はあるか

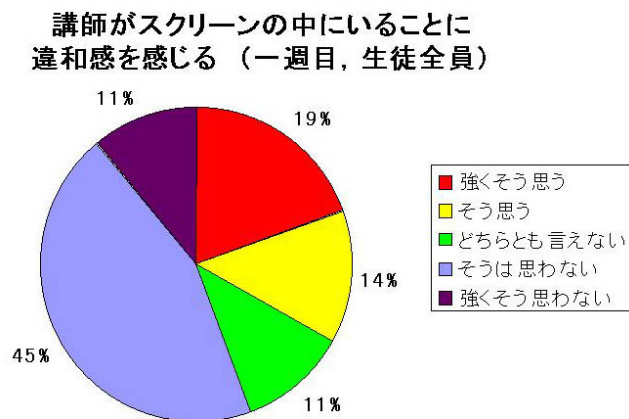


図 4.2: 違和感はあるか

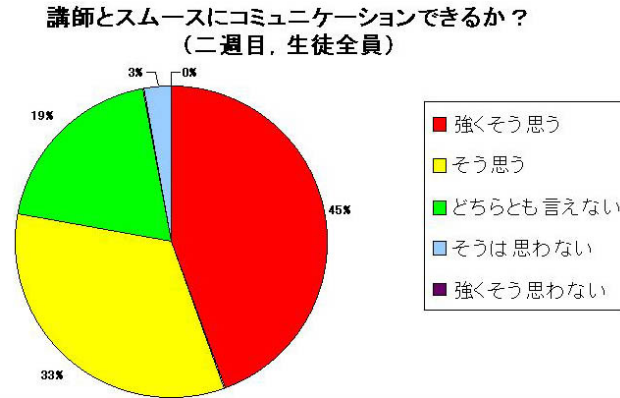


図 4.3: 講師とのコミュニケーションのしやすさ

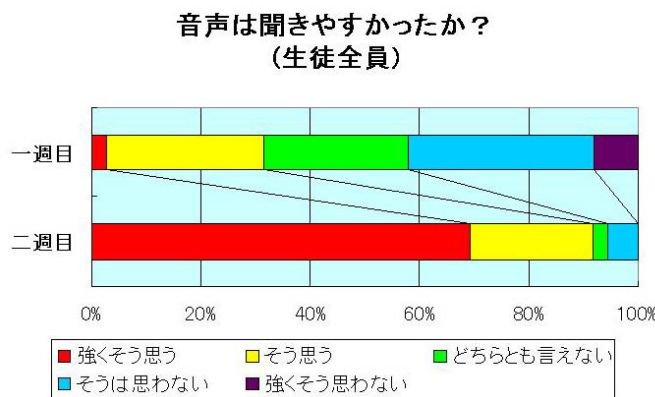


図 4.4: 音声の聞きやすさ

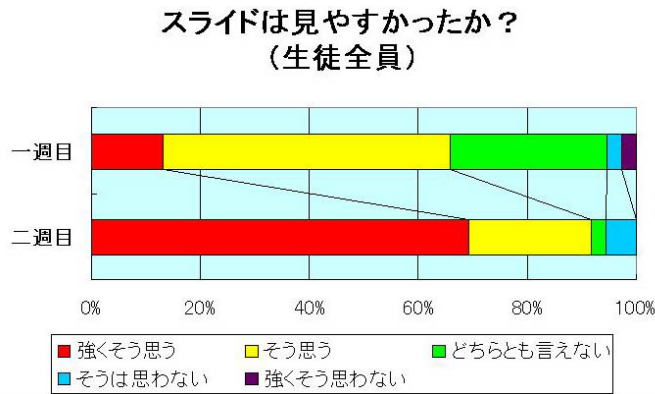


図 4.5: スライドの見やすさ

授業環境に影響を及ぼすと思われる、音声、映像についての結果を示す。音声の聞きやすさについての回答 (図 4.4) によると、回線上の PACKET ロスの改善によって 1 週目から 2 週目にかけて大幅に聞き取りやすくなったことがわかる。スライド、ビデオ、ホワイトボード等も 2 週目の方が 1 週目に比べ見やすくなったという回答が多くなっている (図 4.5~4.8).

月形成ビデオは見やすかったか？

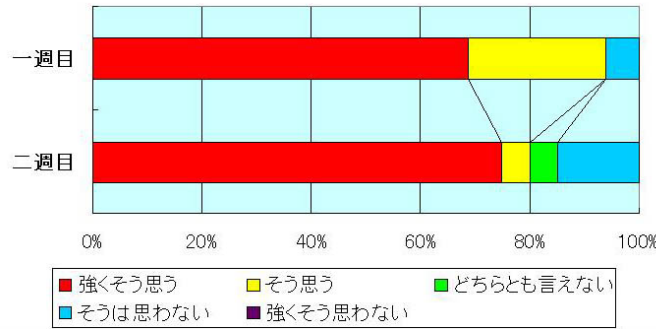


図 4.6: ビデオの見やすさ

ホワイトボードは見やすかったか？
(生徒全員)

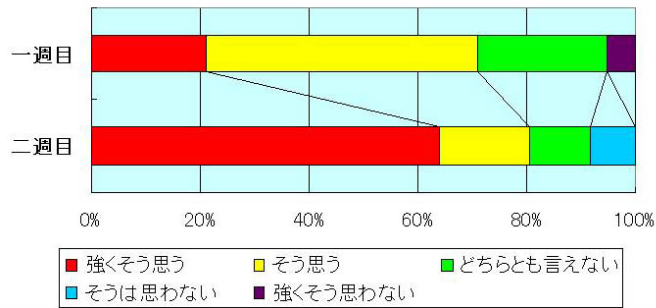


図 4.7: ホワイトボードの見やすさ

カメラワークは適切だったか？
(生徒全員)

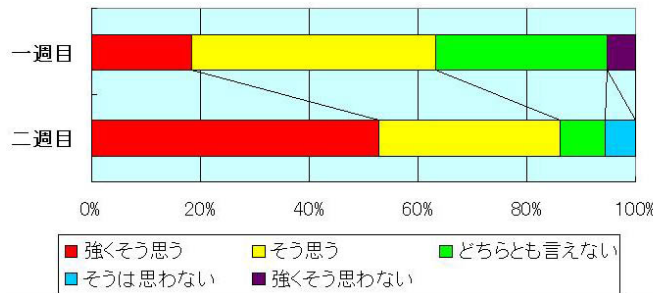


図 4.8: カメラワークは適切か？

著者も1週目は鴨方高校で北大側の映像、音声を受信した。映像については授業を受けるには問題は無い程度であったが、音声は講師の声の語尾に強いノイズが入り聞き取りにくい状態であった。後程、鴨方高校で受信2週目に受信したVTRを確認したところ、音声については著しい改善があったものの、映像についてはそれほどの変化はなかった。このことから、図4.5~4.8が示す見えやすさの改善という結果は、音声と映像の間に存在す

る何らかの心理的相関に起因するものと考えられる。

図 4.9 によると、一週目と比較して臨場感が良くなったと答えた生徒が 7 割を越え、音声
が臨場感に大きな影響を与えることが確認された。

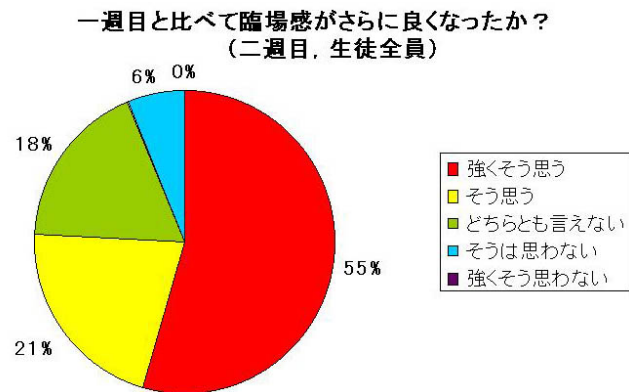


図 4.9: 一週目と二週目の臨場感比較

2 分りやすさ・興味・関心

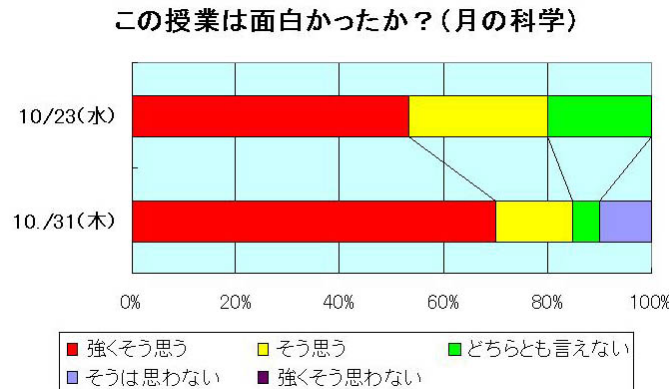


図 4.10: 面白さの比較 1 (月の科学, 1,2 週)

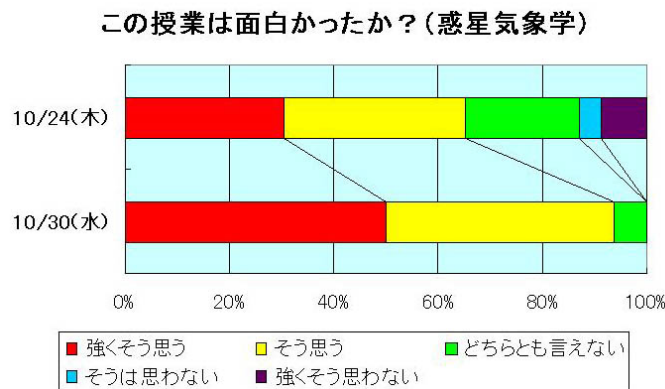


図 4.11: 面白さの比較 2 (惑星気象学 1,2 週)

図 4.10, 4.11 によると、月の科学では 10/23 と 10/31 に実施したどちらのクラスの生徒も 8 割近くが面白かったと回答し又、惑星気象学においても面白かったと答えた生徒が 10/30 には 9 割を越えた。このことから、今回の授業は生徒の興味・関心を多いに集めることができたと言える。

惑星気象学の回答で、「強くそう思う」「そう思う」の割合が 10/24 の約 7 割から、10/30 に 9 割と増加した背景には、1 週目の生徒アンケート、鴨方高校職員のアドバイス、学生スタッフのアイデア提供を基にして授業内容を大幅に変更したことがあげられる。惑星大気の温度、大気組成等の解説を感覚的な表現を用いることで、生徒が感覚的に理解出来るよう配慮した。

月の科学と惑星気象学について面白さを比較した図 4.12 では、「強くそう思う」「そう思う」と答えた生徒の割合に大きな違いはないものの、月の科学の方が「強くそう思う」

と答えた生徒が多かった。月の科学では月の誕生についてのコンピュータシミュレーション結果をもとにしたCGを放映し生徒に大変好評であった(図4.19)。このことが、図4.12の結果に影響しているのではないと思われる。

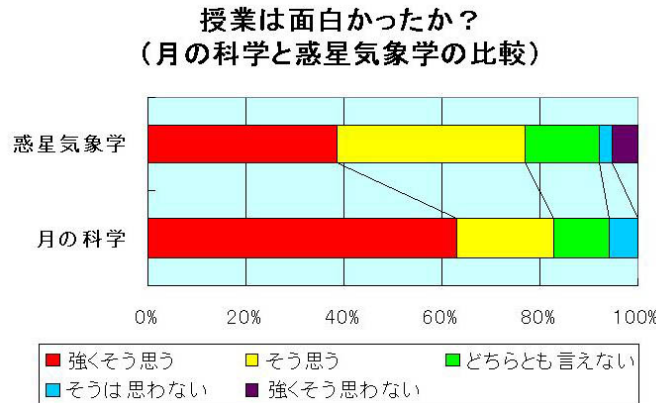


図 4.12: 面白さの比較 3 (月の科学, 惑星気象学)

月の科学の分りやすさについての結果(図4.13)では、10/23,30 のどちらも8割の生徒が分りやすかったと答えた。に月の科学は両日とも同一の内容で行なれた。このような条件において、10/30日に「強くそう思う」と答えた生徒の割合が10/23のほぼ倍となっているのは、生徒が異なるのでいちがいには比較出来ないが、音声の改善、10/24日の惑星気象学の授業内容との比較に基づく評価など様々な要因があるものと思われる。

惑星気象学では、10/30に「強くそう思う」「そう思う」と答えた生徒の割合が、10/24に比べ約2割も増加した(図4.14)。音声の改善、授業内容の変更に起因するものと予想される。又、図4.11との比較では、授業の分りやすさと面白さには強い相関があるものと考えられる。

月の科学、惑星気象学の分りやすさについて受講生全体で比較すると(図4.15)、双方とも8割の生徒が分りやすかったと回答している。このことから、遠隔地においても分りやすい授業を行うことが可能であると言える。

又、生徒の興味・関心の変化につて調べた図4.16~4.18では、6割から8割の生徒が、今までよりも月や惑星を身近に感じられると答えている。

授業は分かりやすかったか？（月の科学）

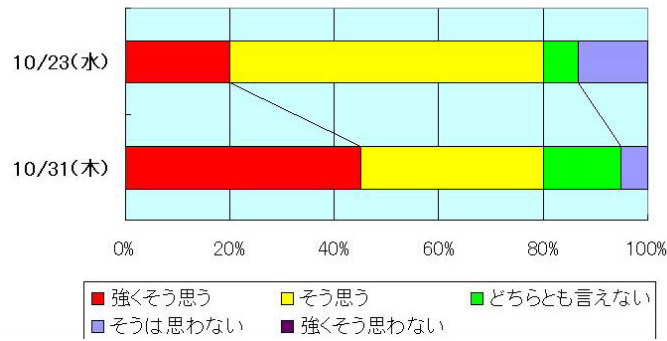


図 4.13: 分りやすさの比較 1 (月の科学 1,2 週)

授業はわかりやすかったか？（惑星気象学）

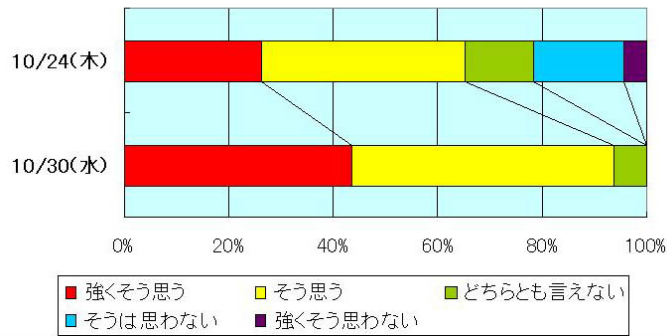


図 4.14: 分りやすさの比較 2 (惑星気象学 1,2 週)

授業は分かり易かったか？
（月の科学と惑星気象学の比較）

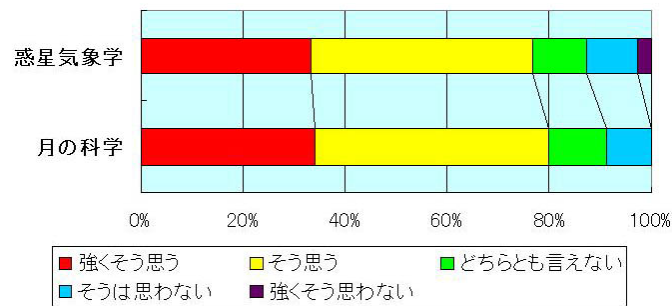


図 4.15: 分りやすさの比較 3 (月の科学, 惑星気象学)

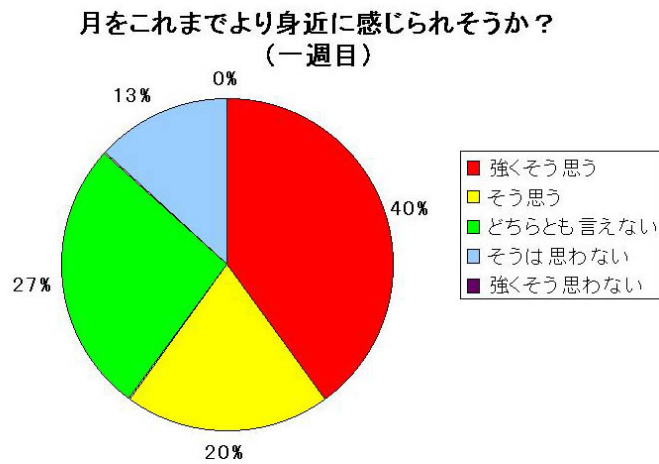


図 4.16: 月を身近に感じられるようになったか？(一週目)

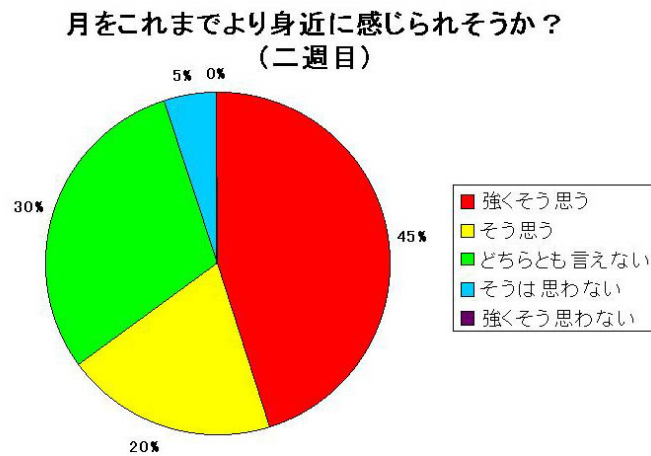


図 4.17: 月を身近に感じられるようになったか？(二週目)

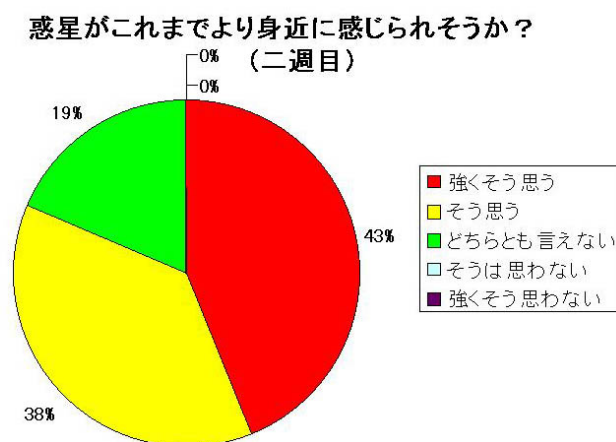


図 4.18: 惑星を身近に感じられるようになったか？(二週目)

3 授業内容

生徒の興味、理解度について授業内容を項目に分け調査した。図 4.19 によるとやはり CG を用いて解説した、巨大衝突説と CG ビデオに多くの生徒が興味を持ったと答えている。高校生向けの授業には、視覚に訴える教材を用意することが有効であると言える。又、事前課題として実施して月のスケッチを利用した海と陸の解説等にも興味を示していることがわかる。生徒参加型の授業展開が、生徒の興味を喚起するには重要であることがわかる。

一方で、内部構造や捕獲説等は良く分らなかったと回答した生徒が他と比較して多かった。これらの解説には、地震波による解析や重力の概念を取り入れた天体運動論を用いて行った。文系の生徒が大半を占めていたので、理解するのに困難が伴ったものと予想される。

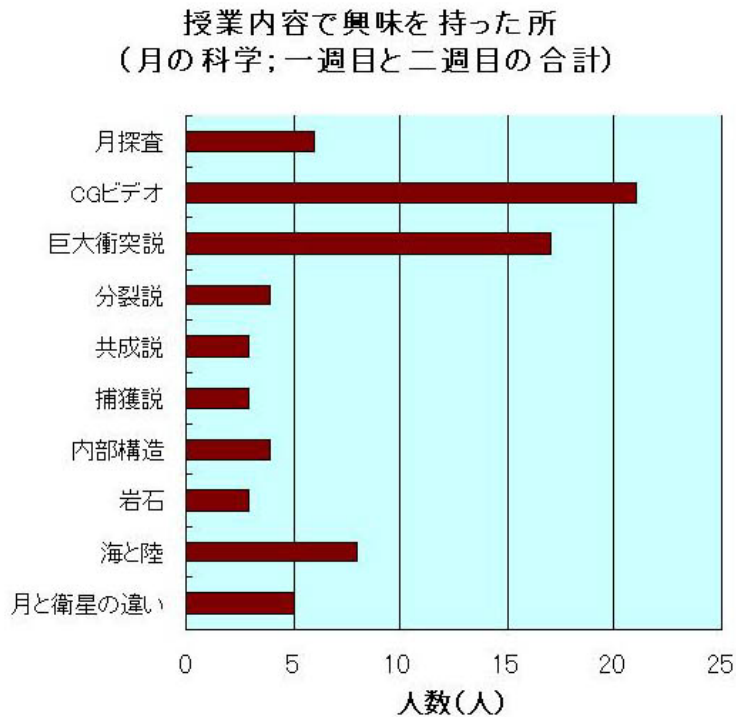


図 4.19: 『月の科学』で興味を持った点 (1,2 週合計)

次に惑星気象学について、項目別の調査結果を示す(図 4.21~ 図 4.24)。授業内容の変更に伴い 1 週目, 2 週目で授業項目が異なっている。1 週目で生徒の興味を集めた項目は、火星の気象, ダストストーム, 金星の気象であった。具体的な現象を取り上げたことから理解しやすかったためと思われる(図 4.21)。その一方で良く分らなかった点として、ダストストームを上げた生徒も多かった(図 4.22)。この傾向は 2 週目の結果にも現れており興味

授業内容でよく分からなかったところ
(月の科学: 一週目と二週目の合計)

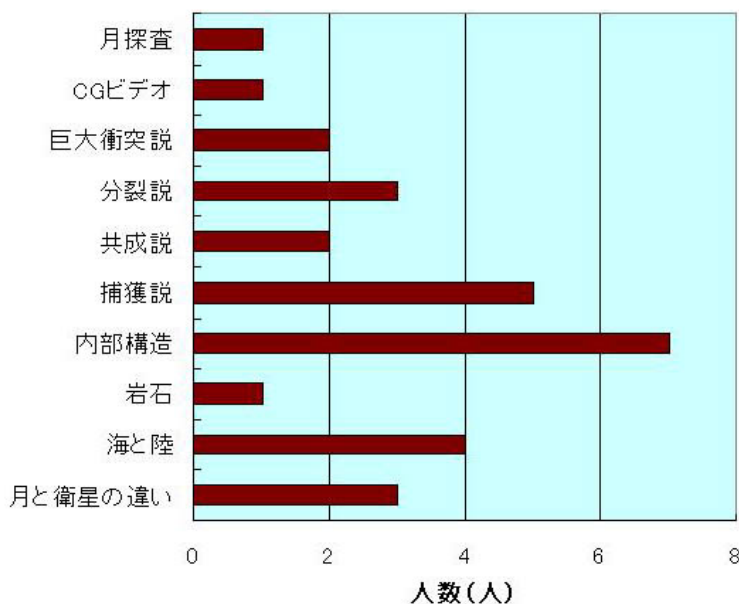


図 4.20: 『月の科学』で良く分からなかった点 (1,2週合計)

深い (図??, 図 4.24). 今回の調査結果からは断定出来ないものの, 生徒はダストストームという現象に強い興味を持ったものの, その現象を自ら解釈出来ない, あるいは十分な解説がなされなかったことが原因ではないかと思われる. 今後このような点について詳細に調査し原因を明らかにすることで, 生徒の興味, 関心に的確に対応した授業を展開することも可能となるであろう.

又, 図 4.21 において基礎的事項のおさらいとして行った, 太陽系の惑星, 地球型惑星と木星型惑星の違いの項目に興味を持った生徒は少なかった. この二つの分野は普段の授業から扱っており, 遠隔授業の場で解説を行っても教科書的な説明となってしまう, 生徒は関心を持たなかったのかもしれない.

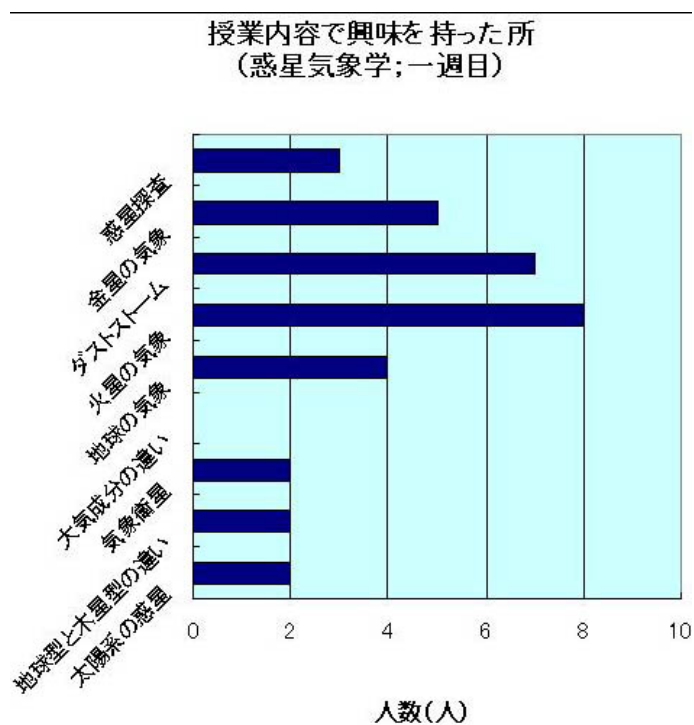


図 4.21: 『惑星気象学』で興味を持った点 (1 週目)

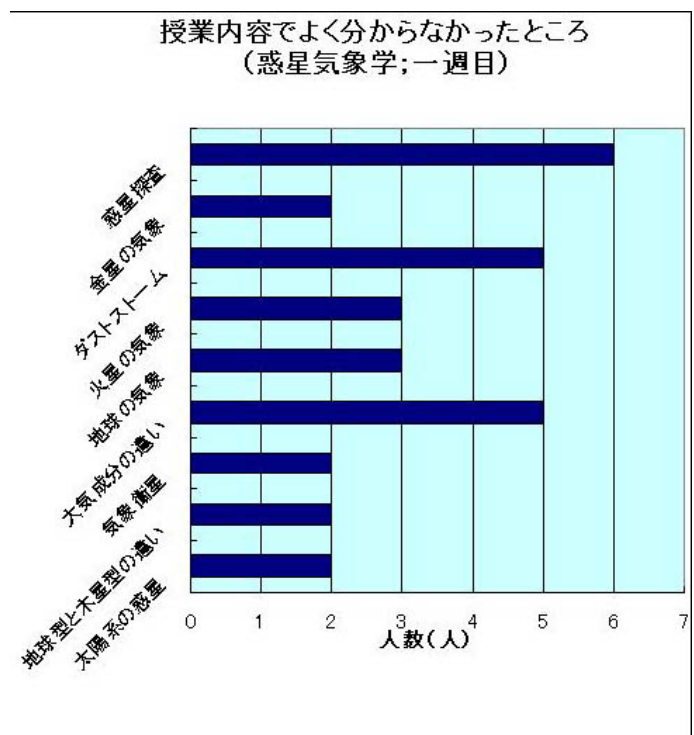


図 4.22: 『惑星気象学』で良く分からなかった点 (1 週目)

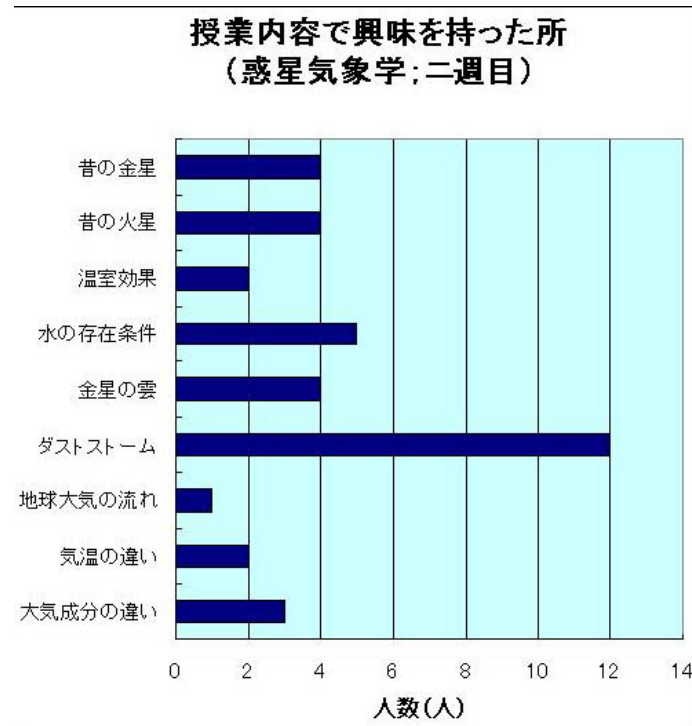


図 4.23: 『惑星気象学』で興味を持った点 (2 週目)

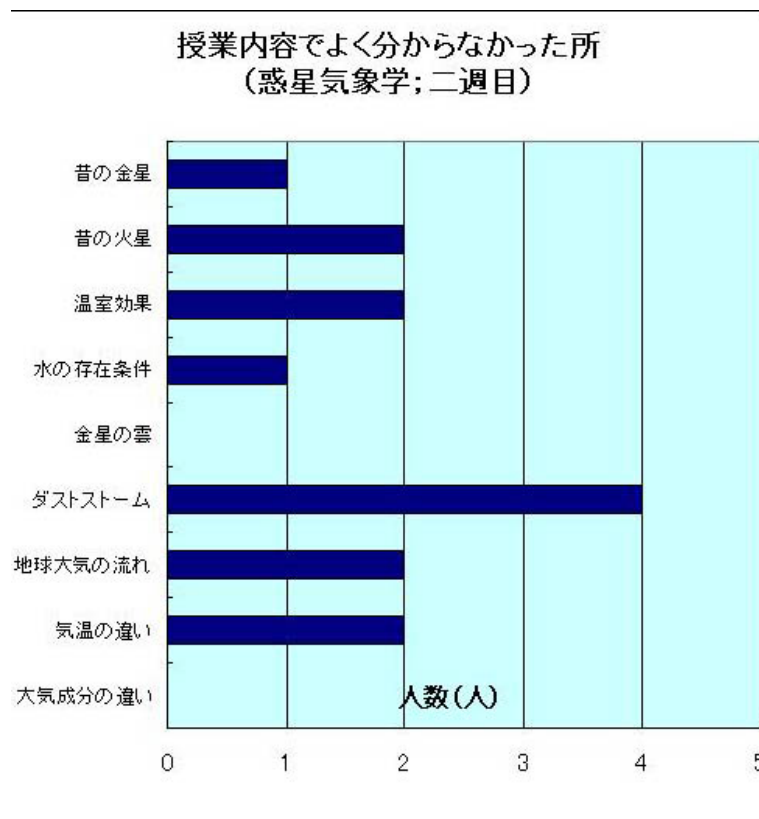


図 4.24: 『惑星気象学』で良く分からなかった点 (2 週目)

4 遠隔授業全体について

遠隔授業全体を通じての満足度の結果を以下に示す(図 4.25, 図 4.26). 満足度は, 授業環境および授業内容を総合した遠隔授業全体の評価の指標になり得ると考えられる. 「期待通り」, 「まあ期待よりは」, 「期待以上」と答えた生徒の割合は, 1 週目, 2 週目を問わず又, 月の科学, 惑星気象学のどちらも 9 割を越えている.

2 週目に見られる増加傾向は, 音声の改善, 授業内容の変更等の要因によるものと思われる. 又, 月の科学の満足度の割合が惑星気象学に比べて高いレベル程大きい要因としては, 月のスケッチ, 事前アンケートなどを用いた生徒の声を授業に取り入れる努力や, CG 等のビジュアル教材の使用がその一因となっていると考えられる.

以上の結果から, 本実験で開発したシステム, 教材は高校生向けの教育環境として十分にその機能を果たし, 生徒の興味, 関心を喚起する場を提供可能であると言える.

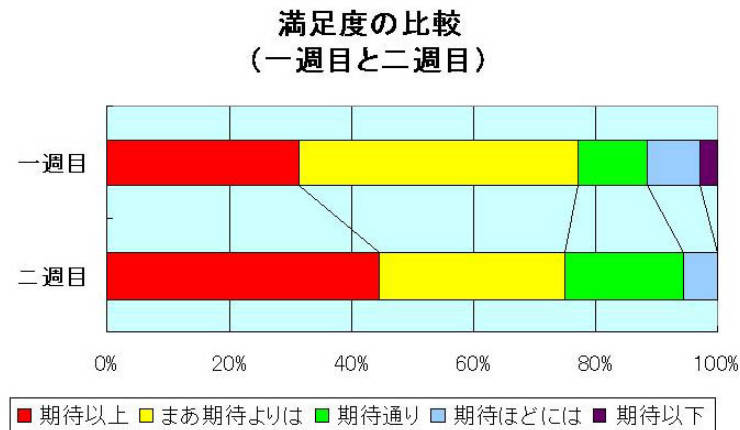


図 4.25: 満足度の比較 1 (1,2 週目)

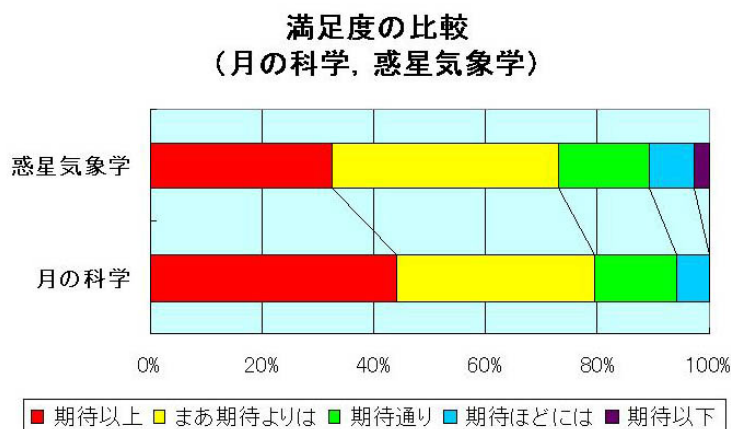


図 4.26: 満足度の比較 2 (月の科学, 惑星気象学)

図 4.27, 図 4.28 に, 今後も遠隔授業を続けて行く上で参考となる, ふさわしいと思われる授業頻度, 授業時間の長さについての調査結果を示す. 授業頻度では月一回以上という回答が約半数を占めたが, 大学側の負担, 高校側の授業進度等を考慮しつつ検討するべきである. 又, 授業時間についても約半数が 2 時間続きが良いと回答しているが, 長時間画面を見続けることによる疲労度などの調査も必要である.

図 4.29 によると現時点では約 6 割の生徒が遠隔形式の授業が好きと答えている. 一方で, 約 4 割の生徒が「どちらとも言えない」あるいは否定的な回答をしている. もし, 学校教育として正規に遠隔授業を取り入れる場合は当然配慮されるべき問題である. 否定的な見解の理由を明らかにして行かなければならないだろう.

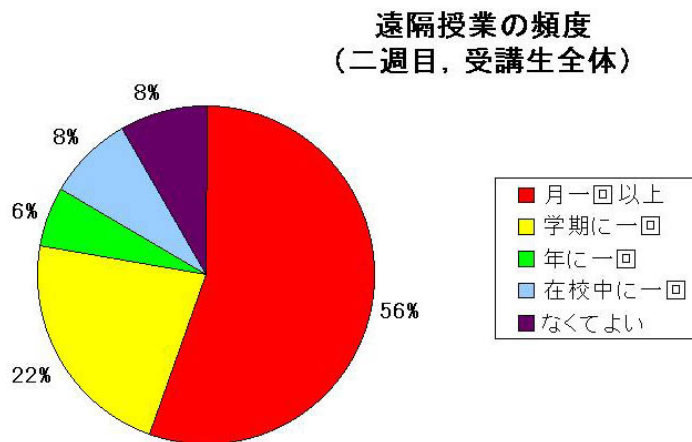


図 4.27: ふさわしい授業頻度

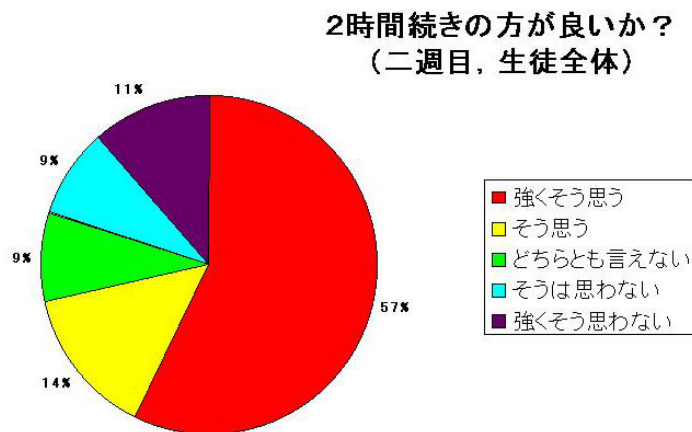


図 4.28: ふさわしい授業時間の長さ

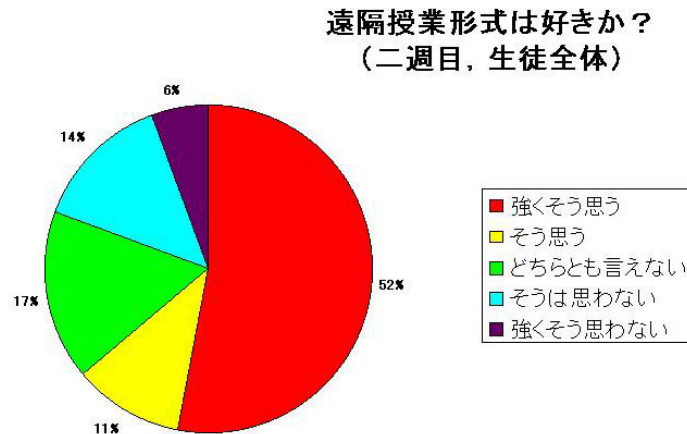


図 4.29: 遠隔授業は好きか？

本研究の評価, 分析は高々 4 度の遠隔授業の調査結果を基に行われているため音声, 映像, 教材などの個々の要素が, 遠隔授業全体の評価にどのように影響を与えているのかは明らかではない。

今後このような形式の授業を, 実際の教育の現場で実用化していくためには, これらの要素の関係について統計的方法によって分析を進めていく必要がある。

第5章 運営体制

本実験は DVTS, JGN という技術的な背景と, 高大連携で開発された教材とを融合することによって, 新たな授業環境を提示した. このような前例の無い試みを実施するにあたり本実験では, 高校と大学が密接に連携した運営体制で臨んだ. 今後, 高大間双方向遠隔授業を新たな授業方法, 研究公開手段として実用化していくためには, 組織の枠にとられない連携を推進していくことが重要である. 本章では, 本実験での運営体制に言及し高大連携の具体例の一つとして示す.

I 運営状況

本実験は表 1.5, 表 1.6 に示す 14 名のスタッフにより運営された. 注目すべき点は, 実験の提案, 企画, システムの開発, 教材開発, 授業進行など全てにおいて, 大学院生を中心とする北大の学生有志が主体となって運営を行ったということである. したがって, 本実験における高大連携は実質, 大学教官, 高校職員そして学生という三者の協力関係の上に成り立っていたと言える. 各々の役割は以下の通りである. 学生は実働部隊であると同

大学教官	本実験の承認, 資金の援助, 授業資料作成
有志学生	実験の企画/立案, 高校からの情報収集, システムの設計/構築, 授業案作成, 教材作成
高校職員	大学への情報提供, システム構築, 教材作成

時に高校側の情報の窓口となり, 高校職員と大学教官のパイプ役としての役割を果たした. 又, 授業資料作成時には高校生に近い立場から教官をサポートした. さらに新たな試み故の, 様々な問題にも新しい提案を持って柔軟に対応した.

II 学生主体の利点

このような高大連携の新たな試みを, 学生主体の運営で行う利点を以下に示す.

- **高大間の情報交換の円滑化**

時間的制約の多い教官に代り、学生が高大間のパイプ役の機能を果たすことにより情報交換は円滑になり、授業において十分な成果をあげることが期待できる。

- **高校生に近い立場からの提案**

高校から提供される生徒についての情報がどのように授業に活かされるかということは、それを受け取る大学側の担当者が持つ高校生に対する認識によって大きく異なる。学生が運営にかかわることによって、高校生に近い立場から柔軟な提案が生まれ、より分りやすい授業を実施することが出来る。

- **自らも研究公開，理科教育に主体的にかかわりを持つ**

次世代を担う学生がこのような機会を通じて、研究公開や理科教育に主体的にかかわりを持つことで意識が高まり、研究成果の社会還元が促されるものと期待される。

III 高校側の体制

密接な高大連携を進めるためには、高大間の活発な情報交換もさることながら、高校側の体制にも大きく左右される。鴨方高校の体制について触れておく。

- **総合学科である**

本実験で授業を行った『宇宙の科学』は大島 修教諭が設置した選択科目であるため、比較的自由に授業を展開することができた。

- **情報の専任講師を設置している**

DVTS の導入、IPv6 化等も高校側で全て対応することができた。

- **教員が熱心である**

大島 教諭を始めとして熱心な方が多く、高大対等な関係を維持することができた。

第6章 課題

本実験のシステムは既存の機器で構成されているため廉価ではあるが、使用時に機器の配線等で手間がかかる、運搬に困難が伴う等、実用に耐え得るものではない。しかしながら、DVTS とその周辺機器が提供する対話的環境は、学術研究の各分野においても有効な情報伝達手段としての活用が期待できる。より多くの人を手軽にこのシステムを利用できるようになることで、情報の共有は促進され、システムの利用価値は益々高まるであろう。本章ではシステムの実用化に向けた手がかりとなるよう、現システムの課題を提示し、その解決策を検討する。

I 実施時のコスト

1 人的コスト

現システムで遠隔授業形式の配信を行うのに必要な最低人員は、カメラ、音声/映像切替え、講師補佐の3人(講師を除く)である。但し、人員に研修期間として2,3日を要する。又、機材の展開、撤収にはさらに2~3人の人員が必要である。カメラを1台にして、音声入力を1系統にするなどの簡素化を行えば、必要な技術スタッフは1人でも配信可能である。

2 時間的成本

現システムを運用するのに必要な時間は、今回の実験で使用した部屋で経験のあるスタッフが機材を設置するのに約90分である。現在は、機材を持ち込んで準備しているが、専用ラックにシステムを格納すれば、運搬、配線の手間が省け大幅な時間短縮になる。ラックを稼働式にすれば、電源がありLAN等に接続できる環境ならどこからでも伝送可能になる。ただし、IPアドレスを事前に取得しておく必要がある。

II システムの維持管理

現システムでの運用実績は、鴨方高校との遠隔授業を含めると計 6 回である。いずれもイベントによる利用で、運用スタッフは遠隔授業スタッフに依存してきた。しかしながら、このような運用形態では新たな運用スタッフは育たないばかりか負担が一部に集中してしまうことになりかねない。だれもがこのシステムの利用価値を理解し、簡単に操作できるシステムの構築と、技術の伝承を並行して行う必要がある。

1 現在の管理体制

現在、システムの維持管理は開発元の一研究室に担われている。維持管理に割り当てることのできる人員は限定され、運用に必要なスタッフの確保も困難であるため、実際の運用の回数は少なくなってしまう。このような状況では維持管理に必要な技術伝承は進まず、このシステムを有効に活用することが出来ない。そこで、本システムが理学研究を専門とする研究者共有の新たな研究公開、情報共有手段として根付くような、システム操作の簡略化、管理体制の構築が望まれる。

2 新たな管理体制の提案

研究者共有の有効な情報伝達手段として本システムを今後も利用していくためには、持続可能な管理体制を構築する必要がある。注意すべき点を以下に示す。

1. コスト意識の共有

利用者は本システムによる対話的な環境構築に要するコストについて、共通の認識を持っておく必要がある。

2. 用途に応じた簡便なシステムの整備

現在のシステムでは配線を自ら行わなくてはならず、それが本システムの普及、維持管理の分散化が進まない原因になってきたと思われる。本システムを研究者の共有財として、研究者コミュニティでどのように利用していくのかという方針に基づいて、誰もが利用できる簡便で実用的なシステム整備をすすめるべきである。

3. 定常的な運用

技術の普及、伝承を進めるために授業などでの定常的な運用が望まれる。

第7章 まとめ

本論文は、北海道大学理学研究科地球惑星科学専攻と岡山県立鴨方高校とをインターネットで結んだ高大間双方向遠隔授業実験で得られた、システム運用及び教材の開発に必要な手順、方法をまとめた。

DV 画質の動画、音声を伝送可能な DVTS を導入し、JGN を専用利用して必要な帯域を確保した。対話的な授業環境構築のために、音声環境を重視した音声システムを構築した。教材の開発では、遠隔授業に適した授業内容、資料を準備した。実験は、高校と大学が密接に連携をとりながら進められた。高校と大学の連携において学生主体の運営体制が有効であることが確かめられた。開発したシステムを研究者用に有効活用するにあたり、コストの問題、維持管理の問題を提示し、解決策の検討を行った。

1. 授業システムの開発

WIDE プロジェクトが開発した、DV 画質の動画、音声を伝送できるソフトウェア DVTS (Digital Video Transport System) を基盤とした遠隔授業用のシステムの開発を行った。機材は汎用のものを使用し、廉価に簡便に構築することを目指した。

北大側送信システムの DVTS マシンへの映像、音声の入力は、映像系統と音声系統それぞれ別々の処理を行った後に、DV メディアコンバータでデジタル化し、IEEE1394 インターフェイスを通じて DVTS に入力された。このように別処理を行うことで、2 台のカメラからの映像の切替え、音声の調節が可能となった。

対話的な授業環境構築には音声環境が重要である。講師にはワイヤレスマイクを使用して確実に集音出来るよう配慮した。又、双方向の音声伝送で発生するエコーについては、鴨方高校側のマイクをこまめに off にすることによって回避した。

臨場感のある授業を行うために、スクリーン越しでも講師の目線が生徒からずれないように機材の配置を工夫した。

2. 教材の開発

2002/10/23,24,30,31 の計 4 日間、鴨方高校『宇宙の科学』の授業時間にて『月の科学』、『惑星気象学』の授業を 2 週目に曜日を切替えて実施した。教材として、授業

シナリオ, プレゼンテーション資料, 事前アンケート授業後アンケート, 参考 Web 資料を作成した. 教材作成上解決しなければならない課題を提示し教材開発を進めた. 実際の授業を通じて, 円滑な授業進行には, 教室側に司会進行役を置くことが有効であること等が確かめられた.

3. 運営体制

本実験は高大連携して進められたが, 北大側では有志の学生が主体となって運営にあたった. 大学教官と高校職員とのパイプ役として重要な役割を果たした. 又, 新たな形式の授業を構築するにあたって様々な局面で, 学生の柔軟なアイデアが活かされた.

4. 課題

本実験で構築した授業システムは, 実用段階には到達しておらず, それゆえ運用に必要な人的, 時間的コストはまだまだ大きい. 本システムが理学研究を専門とする研究者の情報共有, 研究成果公開の新たな方法として定着するためには, 持続可能な維持管理体制の構築が必要である.

第8章 参考文献

- 縣秀彦・山本泰士・田辺康夫・渡辺裕, 2002, 専門家による講演が生徒の興味・関心に与える影響について - 宇宙飛行士による講演活動を事例として -, 地学教育 55 卷 3 号, 81-87.
- 国立教育政策研究所編, 2001, 数学教育・理科教育の国際比較, 第 3 回 国際数学・理科教育調査の第 2 段階調査報告書, 88, 124.
- 国立教育研究所, 1996, 小・中学生の算数・数学, 理科の成績, 第 3 回国際数学・理科教育調査国内中間報告書, 167.
- 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, 2-59.
- 山口英, 2000, インターネット上のマルチメディア通信 (6) DVTS, UNIX MAGAGINE, 9月号, 56-62.
- 岡村耕二, 2000, Linux でデジタルビデオ その 1, Software Design, 9月号, 166-168.
- 岡村耕二, 2000, Linux でデジタルビデオ その 2, Software Design, 10月号, 156-160.
- 岡村耕二, 2000, Linux でデジタルビデオ その 3, Software Design, 11月号, 168-172.
- 岡村耕二, 2001, Linux マルチメディア研究所 マルチメディア処理の基礎知識, Software Design, 7月号, 116-121.
- 岡村耕二, 2002, Linux マルチメディア研究所 IEEE 1394 デバイスを使う, Software Design, 1月号, 120-124.
- 岡村耕二, 2002, Linux マルチメディア研究所 Linux でデジタルビデオ, Software Design, 2月号, 134-139.
- 齋藤忠夫, 2002, JGN (Japan Gigabit Network) の概要, 情報処理, 43 卷 11 号
- 齋藤忠夫, 2002, JGN (Japan Gigabit Network) の概要, 情報処理, 43 卷 11 号.

小林和真, 勝野聡, 美甘幸路, 江崎浩, 情報処理, 43 卷, 11 号.

藤崎智宏, 2002, IPv6 入門, Internet Week 2002 実行委員会.

森出茂樹, 渡辺敦, 2002, ストリーミングシステム (1) プロトコルとオーサリング, Internet Week 2002 実行委員会.

第9章 謝辞

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻 倉本圭 助教授には、理学研究としては異質の本研究に対する理念を示して下さい、研究を進める上での動機と方向性を与えて頂きました。同専攻の小高正嗣助手にも、日頃から Mosir プロジェクトをサポートして頂き、また本研究ではご多忙にもかかわらず講師役を引き受けて頂きました。同専攻地球流体力学研究室の杉山耕一朗さんには、私が学部 4 年の頃から Mosir プロジェクトで御指導を頂きその上、本研究においては、立ち上げ時から授業当日まで本当にお世話になりました。又、同専攻の林祥介教授、渡部重十教授には常に Mosir プロジェクトの活動をバックアップして頂きました。

岡山県立鴨方高等学校の大島修教諭には、本研究に非常な情熱をもって臨んで頂き、大変励まされ勇気づけられました。同高校の川端善仁さん、佐藤光一郎さんにはスタッフとして遠隔授業を支えて頂きました。

授業プラン作成を担当した、千葉ゆきこさんには自身の研究があるにもかかわらず、熱心に取り組んで頂きました。至らない私をいろいろとサポートして頂きました。授業プランに関しては安心していました。鈴木悠介君には、素晴らしい月の Web の 製作や、授業当日のスタジオの指揮で活躍して頂きました。江川晋子さん、塩野義さん、高山歌織さんには、授業資料、アンケート作成、授業当日の作業等でお世話になりました。石井浩之君、足立洋輔君には DVTS の構築を手伝ってもらいました。本研究がこのような成果をあげることが出来たのは、実働部隊である Mosir プロジェクトのメンバーが主体的にかつ創造的にこの前例の無いプロジェクトに挑戦してくれたおかげです。皆様に心より感謝致します。

又、いつもネットワーク基盤を提供して頂いている、EPnetFaN の皆様にもこの場を借りてお礼申し上げます。

株式会社ネクステックには、北大-鴨方高校の経路設定を行って頂いた。又、倉敷芸術科学大学産業科学技術学部小林和真研究室ならびに、小林和真助教授には、岡山側の経路設定や DVTS についていろいろと勉強させて頂きました。

北大と鴨方高校との回線の整備には、北海道大学大型計算機センター、北海道大学大学院工学研究科 高井昌彰研究室、日立株式会社、笠岡放送株式会社に御協力を頂いた。