



自分の能力を高める必要がある。

筆者は、2001年3月に定年になるまで、東京工業大学で遠隔教育に関する仕事に従事してきた。そこで、本論文では、遠隔教育に関する研究をまとめてみたい。

## 2. キャンパス間を結ぶTV講義

1981年に東京工業大学では、東京都の大岡山キャンパスと横浜市の長津田キャンパスを光ファイバケーブルで結び、2つのキャンパス間の光通信ネットワークによってキャンパス内の情報交換を可能にした。東急電鉄の田園都市線の線路沿いに光ファイバケーブルを布設した。図1a、1bはこのシステムの概要を示している。

### (1) システムの特徴

光ファイバケーブルによって、教授の講義を一

方のキャンパスから他のキャンパスに伝送することは、1980年代には例がなかった。2つのキャンパスの講義室は2チャンネル双方向の回線を利用した。一方の講義室における講義の様子を2台のビデオカメラで撮影し、25km離れた遠隔講義室の大型ビデオスクリーンに投影し、同時に遠隔講義室の学生の様子は2台のカメラで撮影して、講義をしている教授の机のモニターに表示した。そのため、学生が質問したいと望めば、教授はすぐにわかる。したがって、この遠隔教育システムでは合計でテレビ4チャンネルを用いている。光通信技術によって初めて、このような複数チャンネルのテレビ伝送による新しい講義ができるようになった。

### (2) システムの評価

遠隔地を結ぶテレビ講義システムの評価によって、興味深い結果が得られた。一般に、新しいシ

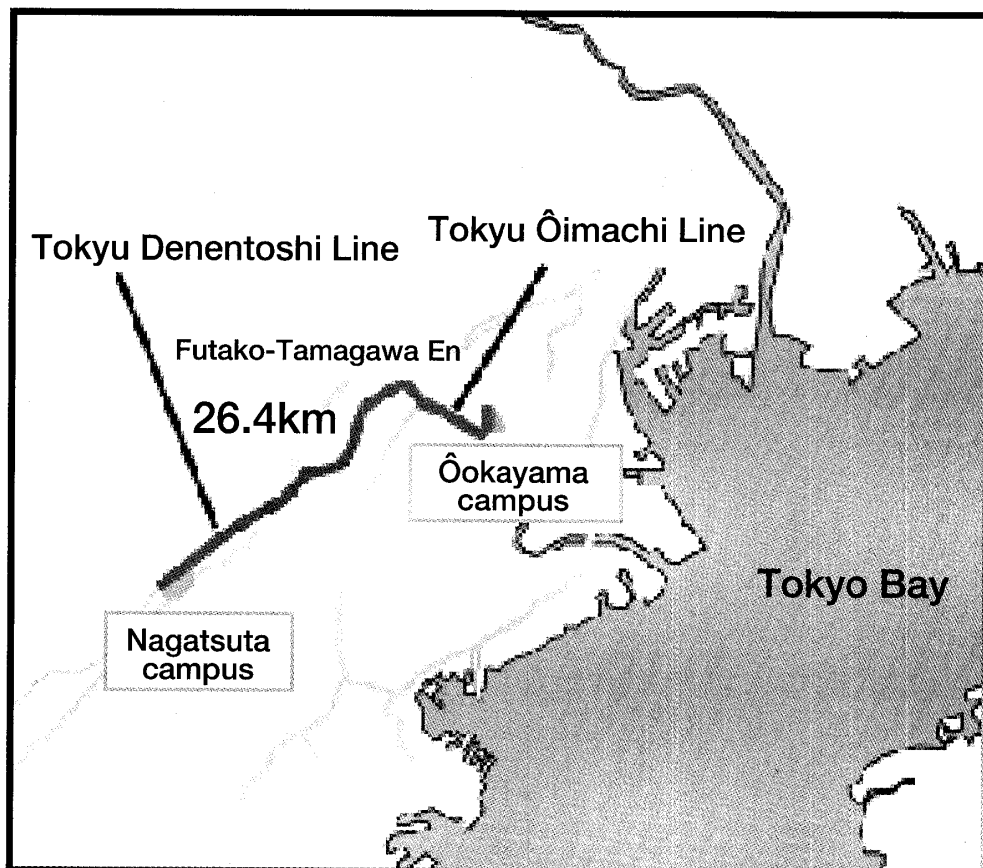


図1a. キャンパス間を光ファイバケーブルで結ぶテレビ講義システム

## Tokyo Institute of Technology Academic Network(Titanet)

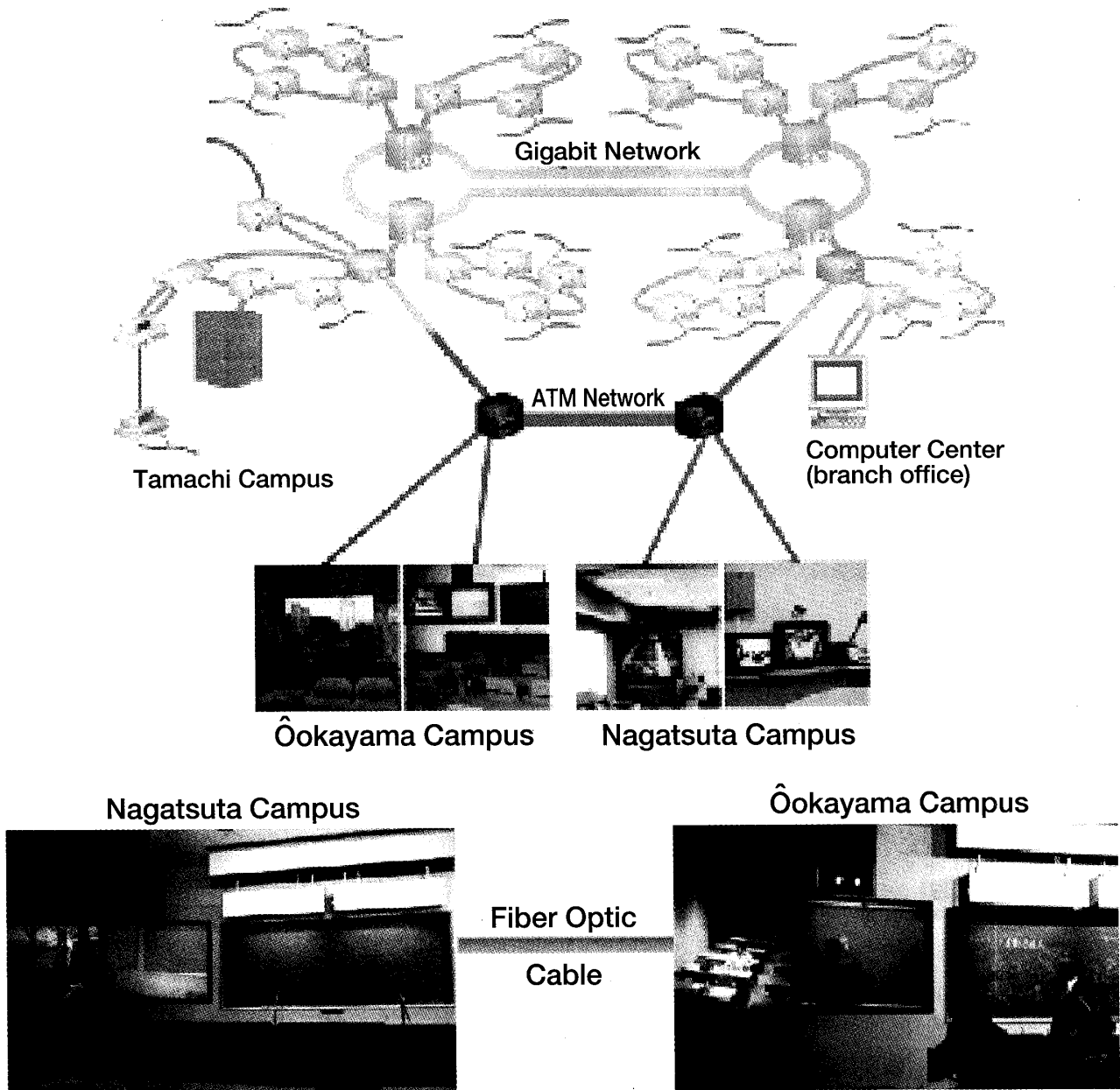


図1b. キャンパス間を光ファイバケーブルで結ぶテレビ講義システム

システムが導入されると、新しさの点から高い評価を与える傾向がある。これは、図2に示すようにホーン効果と呼ばれている。したがって、初めて経験する人の評価は、長期に利用した場合の評価とは同じではない。そこで、26項目による5段階評価を、学期の初めと終り（6ヶ月後）の2回実施した。その評価を因子分析した結果、(1)画像品質、(2)講義の雰囲気、(3)音の質と大きさ、(4)スクリーンの位置の4つの因子が抽出された。

図3は、その評価結果を示す。この図から分かるように、画像品質の評価点は学期末に有意（有意水準1%以下）に減少した。しかし、その他の因子については、有意な差はなかった。また、システムの総合的な評価と各因子得点との相関係数を求めた結果、画像品質と講義の雰囲気の因子と相関が高く、これら2つの因子が総合的な評価を高めていることがわかった。

また、総合的な評価として、多くの学生(85%)

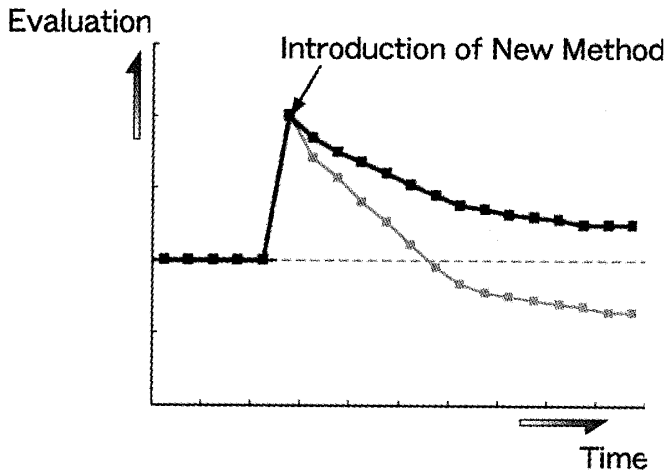


図2. ホーソン効果

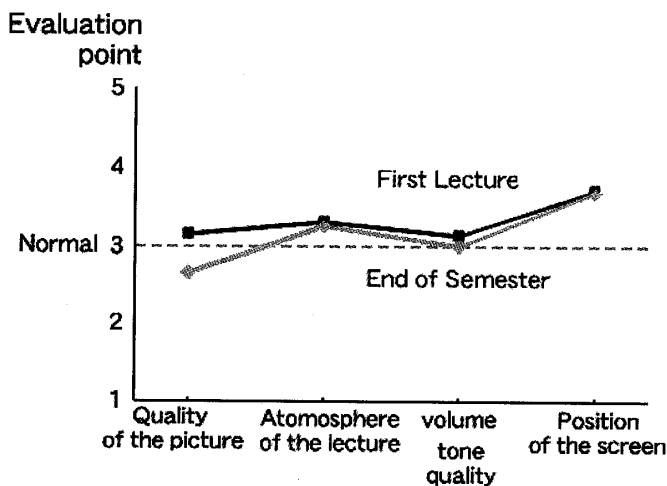


図3. 遠隔講義の評価

が遠隔キャンパスから送られるテレビ講義を受けることを望み、わずか5%の学生がテレビ受講ではなく教授の授業を直接受講するために遠隔地まで行くと回答した。ただし、東京工業大学の場合、大岡山キャンパスと長津田キャンパスでは異なる環境であるため、大岡山キャンパスの学生は長津田キャンパスまで受講のために移動すると回答した学生はいなかった。このような学習環境の違いが、遠隔教育システムを総合的に評価する際に考慮する必要があることがわかった。いずれにしても、この遠隔教育システムは往復2時間の移動の時間をなくすることができるため、学生にとって高く評価されている。しかし、このシステムを利用する講師のメリットが明確でないため、多くの教授が利用するまでには至っていない。

### (3) 高精細テレビによる講義の評価

東京工業大学では、前述のように、光ファイバケーブルによって大岡山キャンパスと長津田キャンパスを結ぶ遠隔教育を実施しており、1つの講義にテレビ4チャンネル(2チャンネル双方向)を用いて、高い評価が得られている。しかし、このシステムは普通のNTSC方式のテレビを用いているために、より高品質な画像が必要であるとの評価結果が出ていた。また、この評価結果によれば、遠隔テレビ講義の雰囲気や講義の内容に関する評価は高いが、このシステムによって継続的に講義を実施すると、画像品質に対する評価が低下することが示めされていた。これは、黒板に書かれた文字や提示カメラのパターンが鮮明でないためである。そのため高精細テレビであるハイビジョンによる講義システムによって、これらの点が解決されたと考えた。

高精細テレビは、より鮮明な画像が提示できるため、実用化が進み、さまざまな応用が検討されていた。そこで、高精細テレビの教育訓練の効果を研究するために、いくつかの企業の協力を得て、2つのキャンパス間を結んで高精細テレビを用いた遠隔講義の実験を行った。そして、このプロジェクトの評価を行った。

まず、普通のNTSC方式のテレビによるテレビ講義と比較することは興味深い。幸い普通のテレビシステムによる評価は行われていたので、高精細テレビシステムの評価と比較した。しかし、普通のテレビシステムによる評価は、大学院生だけによって行ったので、高精細テレビの評価も大学生による評価として比較した。

図4は、4つの因子に対する調査結果の平均値である。tテストによって検定した結果、講義の雰囲気の因子は10%有意差で、画像品質の因子は1%有意差で、高精細テレビによる講義の方が高く評価されていることがわかった。ただし、音の質と大きさ、スクリーンの位置の因子については有意な差が現われていない。

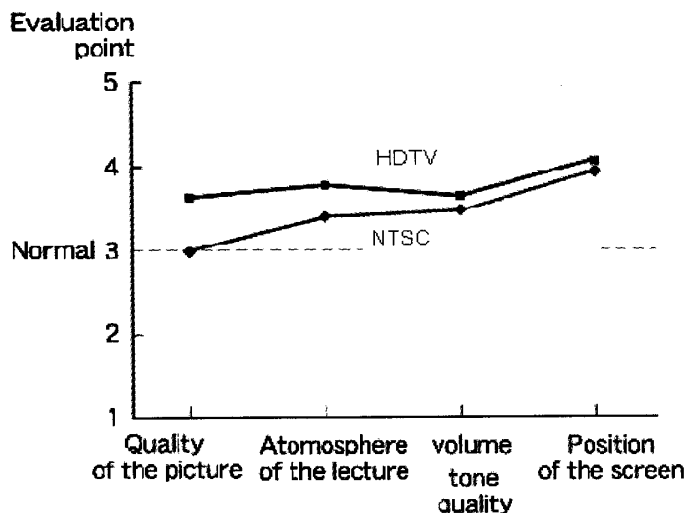


図4. 高精細テレビの評価とNTSC方式との比較

### 3. 衛星通信による遠隔教育

通信衛星を用いた遠隔教育の可能性を評価するために以下に示す実験を行った。

#### (1) 単発衛星教育実験

筆者は東京工業大学の教授に加えて、1992年～1995年の間放送教育開発センター（現在のメディア教育開発センター）の教授を併任し、通信衛星を利用した3回の実験をセンターのプロジェクトとして実施した。そして、我が国のすべての通信衛星（スーパーバード、JCSAT 1、JCSAT 2）を用いて、多くの企業の技術者が参加して評価できるようにした。

第1回実験（1992年11月5日）では、末松安晴東京工業大学学長（当時）と西澤潤一東北大学学長（当時）の講義を全国に配信した。両者の講義は45分で、通信衛星によって7ヶ所の講義室を双方向通信によって接続した。このようなマルチメディアシステムによって、7つの教育機関との間で質疑応答を可能にした。そして、参加者に対するアンケートを実施して、4,051の回答が得られた。

第2回実験は、1993年1月19日に実施し、江崎玲於奈筑波大学学長（当時）と福井謙一基礎化学研究所長に講演を依頼した。この実験では、2ヶ所に離れた2人の間を通信衛星で結んで討論を行

った。そして、2,011のアンケート結果が得られた。

第1回と第2回の実験の調査票を分析した結果、音声、臨場感、満足感、講演内容、時間の節約の5つの因子が抽出された。図5は、これら2回の実験の評価の一例である。

第3回実験は、東京大学の先端科学技術研究センターを主会場として、1993年12月1～3日に行なわれた。講義は通信衛星によって、全国各地の多数の受信サイトに送られた。また、4大学の参加者の映像は低速度の64kbpsのデジタル伝送によって質問ができるようにした。先端研の教授15名が3日間続けて講義を送信し、参加者の反応が調査票によって評価された。

第4回実験は、1994年12月13～14日に東京工業大学大学院の6名の教授と助教授の講義が全国の企業と大学に配信された。また、通信衛星によって10ヶ所が接続された。マルチメディア通信衛星を利用して大学学長、学部長、高専の校長、企業の代表、並びに文部省の課長による討論会が開かれた。

#### (2) 国際衛星による教育実験

通信衛星を利用したりフレッシュ教育の在り方に関する研究として、ディベート中心の授業を米国ボストンを双方向通信で結んで実施した。ハーバード大学ビジネススクールのジェームズ・ヘスケルト教授に、東京工業大学の講義室の学生を対象にして、ディベート中心の授業をしていただいた。ハーバード大学ビジネススクールを卒業した

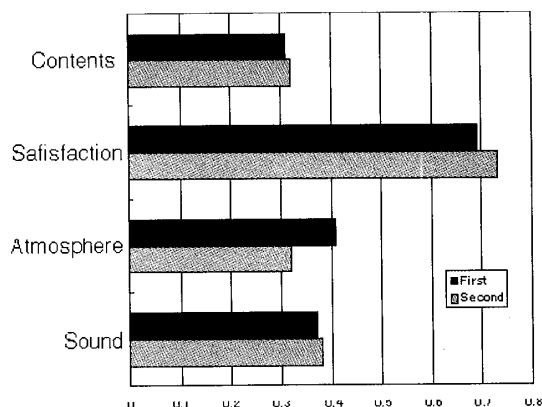


図5. 2つの衛星通信教育実験の評価

企業人7名がマルチメディア教育の学生として参加した。授業は英語で行なわれた。

また、このディベート授業は図6に示すように、国内の通信衛星(スーパーバードB、JCSAT I号機とII号機)によって、同時に全国に配信された。

図7は、この時の評価結果として得られた好ましい授業の形態である。この図から分かるように、ディベート型の授業は遠隔教育において高く評価されている。

(3) 総合システムの評価

遠隔教育では、できるだけ普通の授業に近づけるべきであるという考え方がある。しかし、新しい技術を応用した場合には、普通の授業を越えた遠隔教育が実現できるという考え方もある。後者は、今後の遠隔教育のためには特に重要である。

そこで、通信衛星による遠隔教育による受講とCAI学習を融合したシステムによる学習者と、普通の対面の集合教育による学習者の学習成績を比較した。電子開発学園のPINE-NETによって情報処理に関する衛星講義について、学習効果を分析

した結果を以下に示す。

情報処理に関する10科目について、通信衛星とCAIを融合したコースに対してテストによって成績の評価を行った。そして、通信衛星PINE-NETの学生と普通の集合による学生の成績を比較した。科目の授業15回の内、第1回の授業、中間の授業、最終回の授業について、授業前のプリテスト、授業後のポストテストを実施した。また、科目全体の内容に対するプリテストと全ての科目授業を終了した後のプリテストも行った。衛星通信PINE-NETの学生と集合教育の学生に対するこれらの問題は全く同じである。得られたテストの

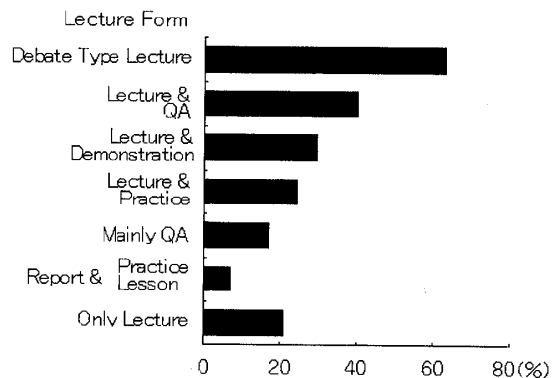


図7. 良い授業形態に関する遠隔教育の評価

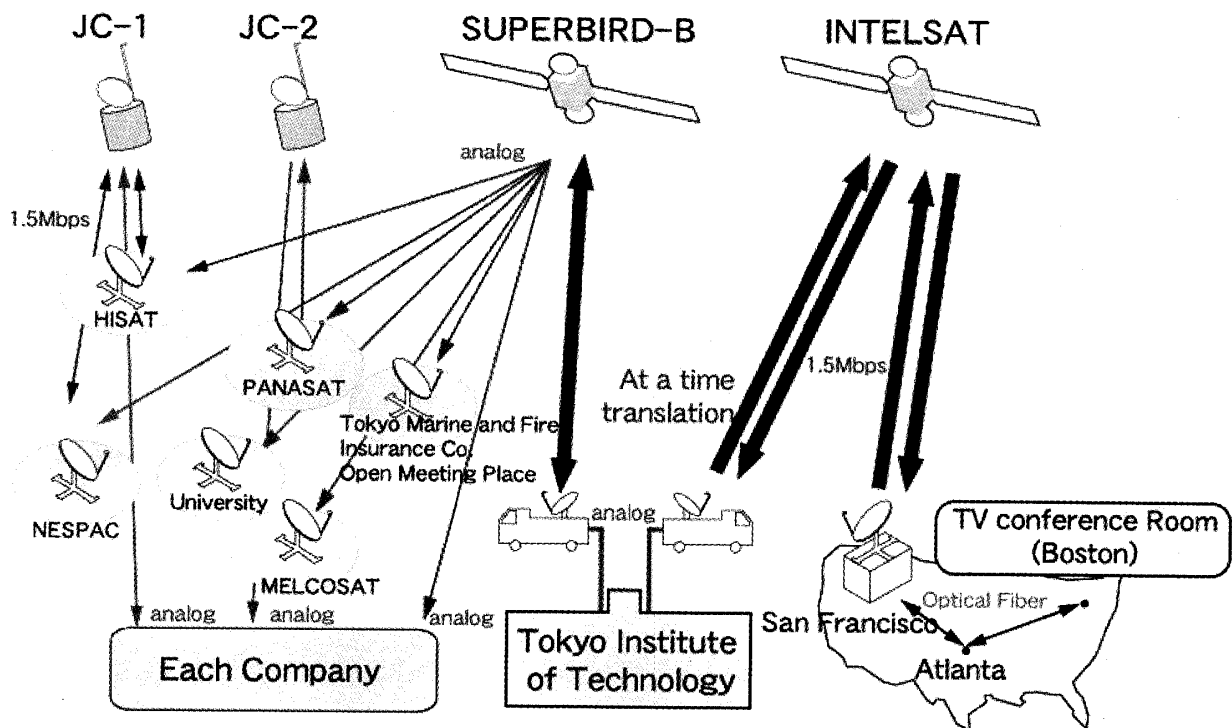


図6. ボストンと東京を結ぶ実験ネットワーク

解答は、衛星通信PINE-NETの学生が2,368名、普通の集合教育の学生が5,554名、合計で7,942名の学生から得られた。

プリテストとポストテストによる学習効果は、テストの成績によって評価された。しかし、プリテストとポストテストの単純の差で評価すると、プリテストで高い点を取った者は、ポストテストではわずかしこ向上することはできないことになるので、ここでは回帰成就値によって評価した。

分析結果は、図8に示すように、衛星通信PINE-NET群の学生の方が通常の集合教育群の学生よりも成績が高い。統計的検定を行った結果、第1回授業、中間の授業、最終回の授業、並びに科目全体について、1%水準で有意で差があることがわかった。ただし、科目毎に分析した結果、10科目の内2つの科目で有意差が現われない場合があった。これらの結果について、授業を担当した講師と自由討論を行った。その結果、PINE-NETによる授業の内容を普通の授業より

もかなり多くした授業については、PINE-NETによる学習効果が得られていないことがわかった。この結果は、メディアの特性を生かして単位時間当たりの指導内容を増やすことはよい考えであるとはいえ、教育内容の量が多すぎると逆に生徒は十分理解できないことを示している。

#### (4) 画像品質の違い

遠隔教育による授業における画像品質として、通常のテレビと1.5Mbpsデジタル準動画との違いを評価した。ただし、いずれの場合でも、遠隔教育の授業としては効果的である内容についてである。図10に示すように、画像品質の違いが講義の評価に影響することがわかった。

#### (5) 東京工業大学におけるANDES

東京工業大学教育工学開発センターでは、1996年に衛星通信を利用した遠隔教育システムを構築した。このシステムは衛星通信遠隔教育学術ネットワークANDESと呼ばれている。このANDESでは、東京工業大学と一橋大学との間で交換授業を実施している。東京工業大学の大岡山キャンパスと一橋大学との間は、MPEG2方式の6.3Mbpsデジタルの双方向衛星通信によって交換授業を可能とした。この実用化システムでは、通常のテレビと全く同等の品質の映像が伝送できる。このシステムによって、2大学では2つの授業科目を交換している。一橋大学からは「近代企業経営」、東京工業大学からの「現代の科学技術」である。

ところで、遠隔教育では、遠隔地の学生の受講の様子をいかに教授が把握するかが最も重要である。そこで、ANDESでは、受講学生をモニターで見ることができるコントロールシステムがある。そして、もし学生が教授に質問した場合には、教授は遠隔地からビデオカメラをコントロールして、その学生をクローズアップして、フォーカスを合わせることができる。また、学生からのレスポンスシステムは、無線式のキーパッドを学生が押すことによって、その結果を教授が知ることができる。

Electronic Development College (10schools 15subjects)

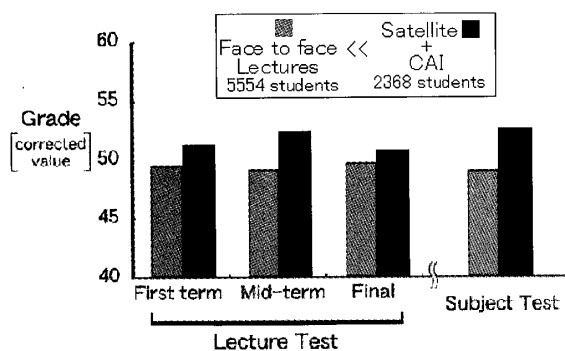


図8. 統合型遠隔教育の評価

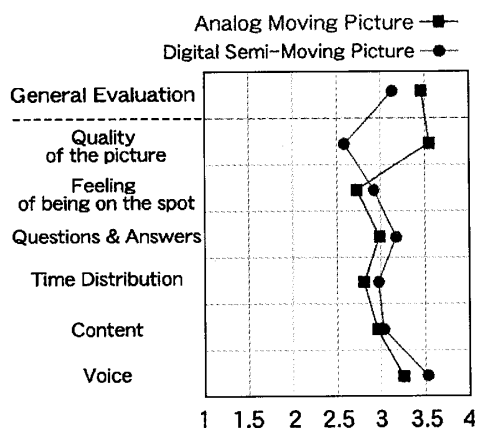


図9. 画像品質の違いによる評価

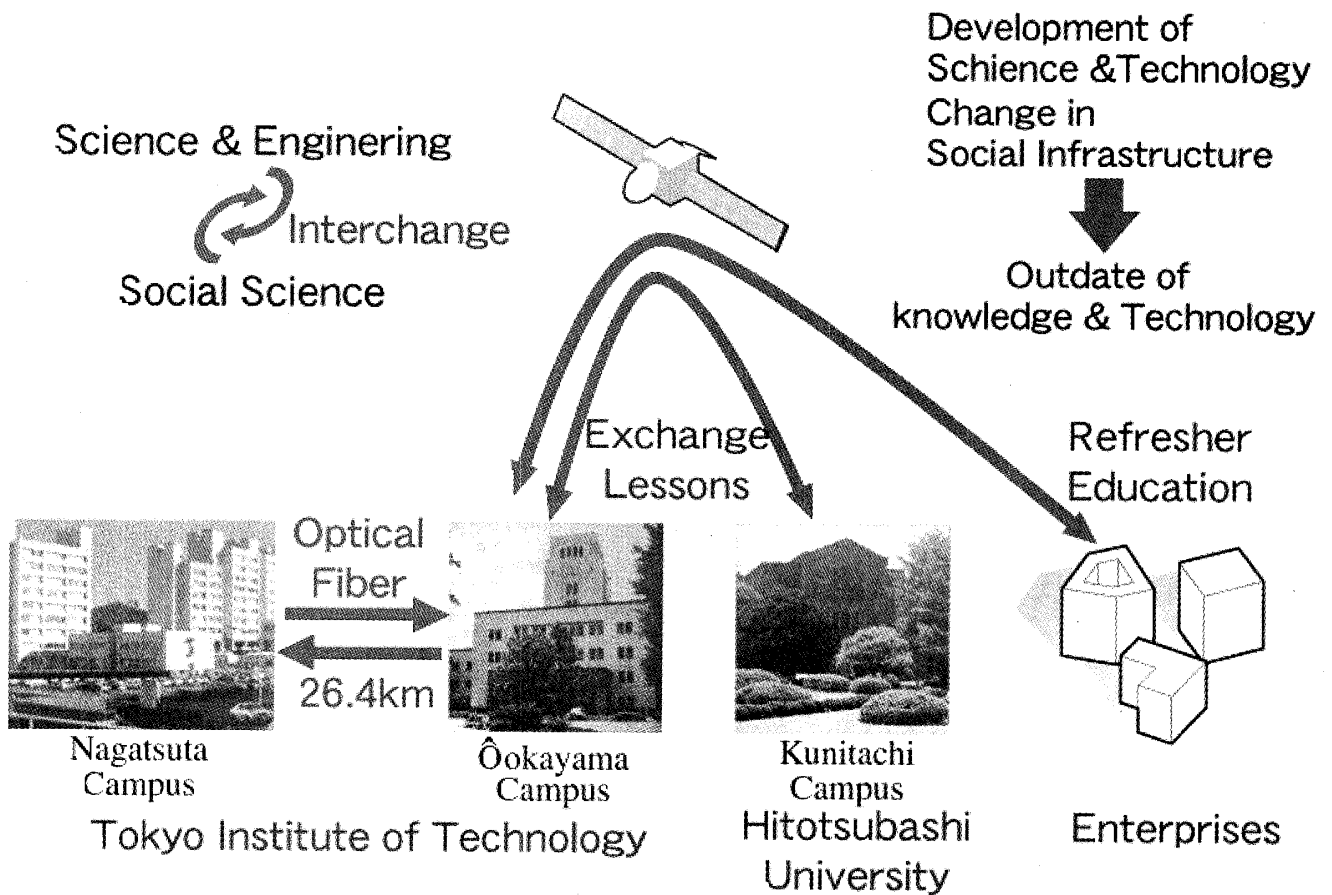


図10. 東京工業大学のANDES

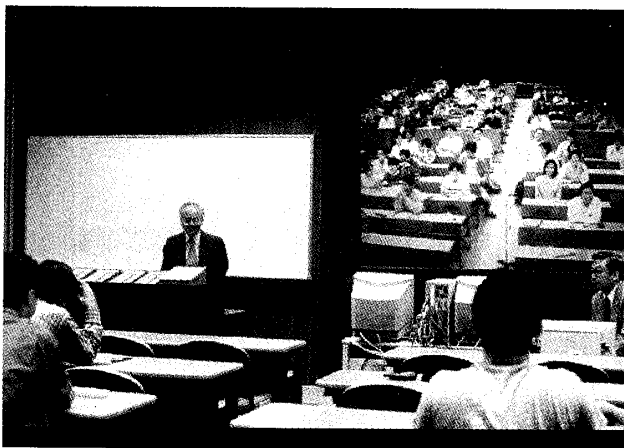


図11. ANDESの衛星講義室

#### 4. まとめ

遠隔教育では、学習者の希望に合わせて受講に対するインセンティブを高めることが重要である。また、何らかの学習を求めている学習者を集めるある種の機関が必要である。

さらに、より効果的な学習環境による先進的な総合システムの構築が必要である。例えば、学習者個人個人にパソコンが必要であり、全ての学習センターに高速インターネット環境が必要である。

#### 謝 辞

この遠隔教育に関する研究を進めるに当たり、協力いただいた、前迫孝憲教授、中山実助教授、並びに大学院生に感謝する。

#### 参考文献

- (1) Yasutaka Shimizu and Takanori Maesako, "Description and Educational Evaluation of a TV Lecture System Between Two Campuses Connected by Optical Fiber", IEEE Transactions on Education, Vol.31, No.3, pp.201-207, 1988
- (2) 清水康敬、城間真、"ハイビジョンによる遠隔講義実験の評価"、テレビジョン学会誌, Vol.44, No.12,



pp.1717-1722, 1990.

(3) 清水康敬, “通信衛星を利用した社会人技術者リフレッシュ教育実験”, 電子情報通信学会誌, Vol.76, No.7, pp.767-770, 1993.

(4) 中山実、清水康敬, “通信衛星による講義とCAIを併用する遠隔教育システム(PINE-NET)の学習成績による評価”, 日本教育工学会論文誌, Vol.17, No 2, pp.85-92, 1993.

(5) 宇井修, 中山実, 清水康敬, “衛星通信講座における講義形態と学習者評価の関係”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.4, pp.892-899, 1997.

(6) Yasutaka Shimizu, “Toward a New Distance Education System (Invited)”, Proceedings of International Conference on Computers in Education, Vol. 1, pp.69-75, 1999