

高精細動画を用いた多地点接続による中学校間日韓遠隔授業の実践と評価[†]

藤木卓^{*1}・森田裕介^{*1}・全炳徳^{*1}・李相秀^{*2}・渡辺健次^{*3}

下川俊彦^{*4}・柳生大輔^{*5}・上藺恒太郎^{*1}・中村千秋^{*1}

長崎大学教育学部^{*1}・釜山大学教育学部^{*2}・佐賀大学理工学部^{*3}

九州産業大学情報科学部^{*4}・長崎大学情報メディア基盤センター^{*5}

日韓の中学校間において生徒同士の討論を含む授業を行うために、インターネット上で高精細動画の伝送が可能なツールを用いて、2箇所の授業会場と司会・通訳会場の3地点を結ぶ遠隔授業を実践した。この授業では、交流授業の後「海を越えてエネルギーの未来を考えよう」をテーマに、電気エネルギーの利用や夢の発電に関する討論を行った。そして、授業及びトラフィックと伝送画質、対話支援環境、遅延の影響を検討し、以下の結論を得た。日韓間の中学校において、高精細動画と翻訳チャット、Web-GIS教材を用いた遠隔授業が実践できた。主観評価から、学習者、教師、参観学生にとって有用性の高い授業であったことが分かった。トラフィック評価から、福岡-長崎間では安定した通信ができたが、福岡-光州間では十分な帯域が確保できなかった。伝送画質評価から、福岡-長崎間の対面型の画質はPQR2.4~3.4、福岡-光州間はPQR9.1~13.5を示した。翻訳チャットやWeb-GIS教材の利用は、授業中の対話支援に有用であった。遅延の影響は、通訳や発言調整により目立たなかった。

キーワード: DVTS, 遠隔授業, 日韓, 中学校, 翻訳チャット, Web-GIS, PQR

1. はじめに

ネットワーク回線の広帯域化により、民生用のデジタルビデオカメラ（以下、DVカメラと略す）の映像を用いた高精細な動画による遠隔講義が可能になって

きている。特に、DVカメラの映像をIEEE1394インターフェイス経由でネットワーク伝送を可能にするソフトウェアであるDVTS (Digital Video Transport System) (WIDE PROJECT 2000) を用いることで、高精細な動画配信による双方向での遠隔コミュニケーション（渡辺ほか 2001, 松岡ほか 2003）が容易に可能となる。

海外との接続による遠隔交流や講義実践としては、慶應義塾大学と奈良先端科学技術大学院大学、米Wisconsin 大学とを結んで行われた合同授業の研究（WIDE PROJECT 2000）や、京都大学と米国カリフォルニア大学ロサンゼルス校（以下、UCLA）を接続して行われた遠隔講義（村上ほか 2001）、さらに、大阪大学とアフガニスタン間を衛星携帯電話で接続して、双方向の遠隔講義を行うとともに、その講義を多様なメディアを用いて国際配信した研究（松河ほか 2003）がある。しかし、帯域確保の困難さから、DVTSを用いて小中学校間を対象とした海外の学校との遠隔授業は見かけない。また、伝送画質の評価についての詳細な記述は見当たらないため、受講者が見た動画の品質がどの程度であったかは不明である。

ところで、対面型の遠隔コミュニケーションでは、

2005年2月21日受理

[†] Takashi FUJIKI^{*1}, Yusuke MORITA^{*1}, Byungdug JUN^{*1}, Sangsoo LEE^{*2}, Kenzi WATANABE^{*3}, Toshihiko SHIMOKAWA^{*4}, Daisuke YAGYU^{*5}, Kohtaro KAMIZONO^{*1} and Chiaki NAKAMURA^{*1}: Practice and Evaluation about Distance Classes using High Quality Video/Audio Stream with Multi Point Connection between Japanese and Korean Middle Schools

^{*1} Faculty of Education, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo, Nagasaki, 852-8521 Japan

^{*2} College of Education, Pusan National University, 30 Jangjeon-dong, Geumjeong-gu, Busan, 609-735, South Korea

^{*3} Faculty of Science and Engineering, Saga University, 1 Honjo, Saga, 840-8502 Japan

^{*4} Faculty of Information Science, Kyushu Sangyo University, 2-3-1 Matsukadai, Higashi-ku, Fukuoka, 813-8503 Japan

^{*5} Information Media Center, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo, Nagasaki, 852-8521 Japan

交流だけではなく、共同での授業が可能である。小中学校を対象としてこれまでに実践された共同での授業としては、同一県内の離島と郡部の小学校間で実施された道徳に関する遠隔授業（藤木ほか 1999）や、携帯電話によるグループ別での話し合いを含む、多地点接続での小学校道徳授業（藤木ほか 2002）がある。これらの遠隔授業の特徴は、児童に対してその日初めて提示したテーマについて討論がなされた点である。その場合、提示された質問や意見に対する自らの考えをその場でまとめ、分りやすく発表することが求められる。一方、交流授業を主体とした遠隔教育では、自他の文化的な背景の理解を中心テーマに、相互での発表形式となることが多く、事前の調査が欠かせない。その場合、本番の発表では、調べた内容をいかに分りやすく発表できるかという点が中心となる。

本研究では、日韓での中学生による遠隔共同授業を実践した。これは、国の壁を超えた共通の課題である地球環境問題について、電気エネルギーの生成の視点から討論を組織すること及び、その日初めて聞いたテーマに対してその場で自らの考えをまとめて発表させることがねらいであった。そのために、DV カメラの映像による高精細な動画を利用した3地点間での対面型遠隔コミュニケーションを実現させた。すなわち本研究の目的は、高精細な動画を用いた多地点接続環境で、日韓の中学生同士が国際的な視点から地球環境問題について討論する共同授業を実践し評価するとともに、伝送動画の品質評価を行うことである。本論文では、そのための遠隔授業環境と教材等の提示方法、得られた討論、学習者と教師並びに参観学生の主観評価、伝送路と伝送画質の評価、対話支援環境、そして遅延の影響について述べる。

2. 遠隔授業の方法

2.1. 授業の内容

本研究における遠隔授業は、日韓の中学校同士を対象にして、事前の交流授業の後で実施した。授業内容は、電気エネルギーの生成に関わる問題や未来の発電を考えさせる内容とした。それは、次のような理由からである。地球環境問題は国を問わず共通の課題であり、学校教育の中でも取り上げるべき内容である。そして、電気エネルギーはクリーンなエネルギーであるけれども、発電には化石燃料が用いられることが多く、資源の枯渇や二酸化炭素排出による地球温暖化等の問題として認識されている。また、電気エネルギーは学習者にとつ

表1 交流授業の展開概要

- 1)挨拶（全南大、附設中学校長）
- 2)学校紹介（長崎大、附属中学校、全南大、附設中学校の順）
- 3)Q&A（両校それぞれ6グループに別れ、翻訳チャットを用いてグループ単位でQ&Aを行う）
- 4)挨拶（長崎大、附属中学校長）

表2 共同授業の展開概要

- ◎目標
石炭と電気のつながりについて考えを深めることで、化石燃料を使う発電の問題点や、発電電力量の構成比から見た国レベルの問題点を知り、国の壁を越えて知恵を出し合いながら、未来のエネルギーを見つけ出そうとする意欲と態度を育てる。
- ◎授業展開（教師の主な発問のみ示す）
- T.（実物の石炭提示）今日は、石炭と電気について考える。
 - T.（発電電力量構成比の提示 ※表3、図6参照）
いくつかの国の発電について何が分る？
 - T.韓国と日本に共通することは何？
 - T.化石燃料の割合が高い韓国と日本での問題は？
 - T.未来の発電（夢の発電）のアイデアは？
＜グループ討論＞（結果を、翻訳チャットで入力）
 - T.各班から発表
 - E.専門家から未来の発電に関するコメント

表3 提示教材（一部）

発電電力量構成比 [単位：%] (2000年、中国は1999年)				
	フランス	日本	韓国	中国
石炭	5.8	23.5	43.2	77.3
石油	1.4	14.7	8.4	3.9
天然ガス	2.1	22.1	9.6	1.4
原子力	77.5	29.8	37.3	1.2
水力	12.5	8.1	1.4	16.1
その他	0.7	1.8	0.2	0.2

((財)エネルギー総合工学研究所 2003)

て非常に身近なエネルギーである。さらに、発電の種類による電力量の比が日韓で近似しており、共通の問題という意識を持たせやすい。その上、未来の発電に関する夢を膨らませやすい。そこで、「海を越えてエネルギーの未来を考えよう！」を授業のテーマとした。

授業の対象は、長崎側は長崎大学教育学部附属中学校（以下、長崎附属と略す）2年生51名（総合的な学習の時間「生活環境」）、韓国光州側は全南(Chonnam)大学校師範大学(教育学部)附設中学校（以下、全南附属と略す）1～3年生33名（特設クラス）であった。

事前の交流授業は、遠隔授業に参加する両校の学習者のコミュニケーションを促進する目的で、遠隔授業前日に「海を越える友達の手」と題し、実施した。所

要時間は60分を設定した。交流授業の展開概要を表1に示す。表の3)Q&Aでは、翻訳チャットの簡単な操作説明を行った後、それをを用いてグループ単位で質問と回答を出し合わせた。その際のグループは長崎附属、全南附属(学年混合)ともに6班構成とし、それぞれ対応する班同士でQ&Aを行わせた。また、共同授業の展開概要を表2に示す。表の指導過程では、主教師(T)の主な発問だけ挙げた。さらに、この展開で用いた主要な提示教材を表3に示す。これは、日本、韓国、中国、フランスの発電電力量構成比に関する情報であった。なお、この情報は、表に加えてグラフでも提示した。そして、共同授業の最後には、電気の専門家によって学習者の意見に関するコメントをつけた。

2.2. 授業環境の構成

今回の遠隔授業の概念図を図1に示す。図の長崎会場からは長崎附属が、韓国の光州会場からは全南附属が、そして、福岡会場からは長崎大学教育学部の教員2名(主教師と通訳)と電力会社の専門家が参加し、仮想的な教室を構成した。

遠隔地間で行う交流授業や共同授業では、発表の順序や発表/発言者の指名、話題の展開等、授業の円滑な進行を担当する者が必要である。この場合、2学校間の遠隔授業では、進行担当を置くどちらかの学校が主導的に進めることになる。予め発表順序が決定できる交流授業の場合では、司会教師の学校が主導的に進行しても問題はない。しかし、共同授業では、司会と同室の学校の発言が取り上げられ易い。そのため、発言機会の平等性確保が難しくなる。本遠隔授業では、

日韓での討論が中心的課題であるので、学習者が位置する2つの学校とは別の第3の地点に、進行担当の教員を配置した。本遠隔授業が多地点接続になったのは、この理由からである。

2.3. システム環境

3会場のネットワーク接続の概念図を図2に示す。この図から、長崎会場はJGN(Japan Gigabit Network)(TAO2004)に、福岡会場はQGPOP(Kyushu GigaPOP Project)(QGPOP2002)に、そして光州会場はKOREN(Korean advanced REsearch Network)(KOREN2004)に接続されたことが分かる。そしてQGPOPとKORENはGenkai(Genkai2002)により接続されたことが分かる。これらのネットワークを介することで、長崎-福岡-光州間が100Mbpsで接続された。

DVTSは、DVカメラの映像をネットワーク配信することが可能であるが、フルフレームでの配信には30Mbps程度の帯域を必要とする。2地点間では1会場60Mbpsの総帯域で済むところ、3地点間の完全な双方向配信の実現には各地点ともに双方向で120Mbpsの総帯域が必要となり、図2のネットワーク環境では実現が不可能である。そこで、図3に示す動画伝送の構成をとった。光州会場と長崎会場の各動画を福岡会場へ伝送し、福岡会場で自会場の動画を含む3動画をビデオミキサで選択/合成した。そして、この選択/合成した動画を光州会場と長崎会場へ送り返す構成をとった。さらに、福岡会場では、他の2会場からの動画を完全にモニタリングすると同時に、受信動画、送信動画の全てをVTRへ記録した。

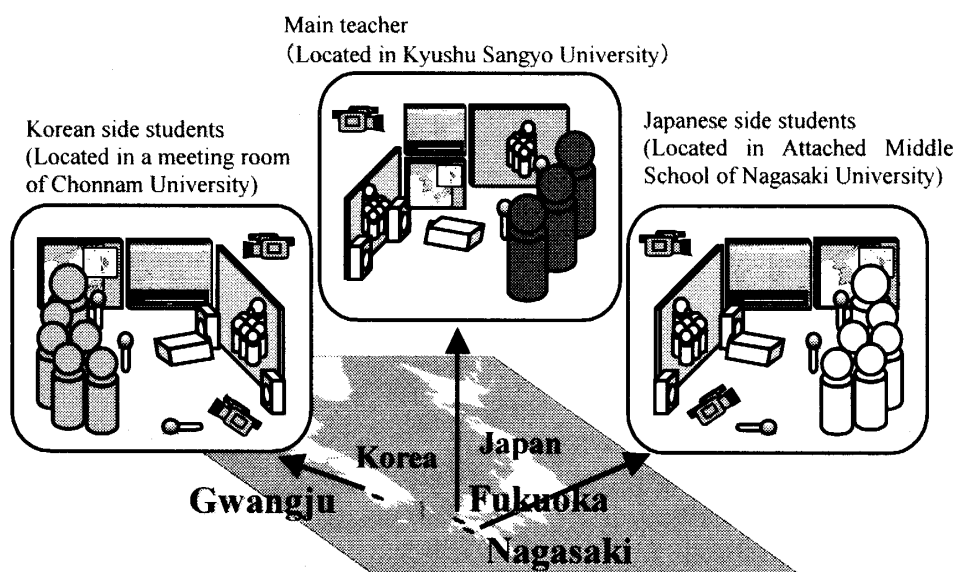


図1 日韓遠隔授業の概念図

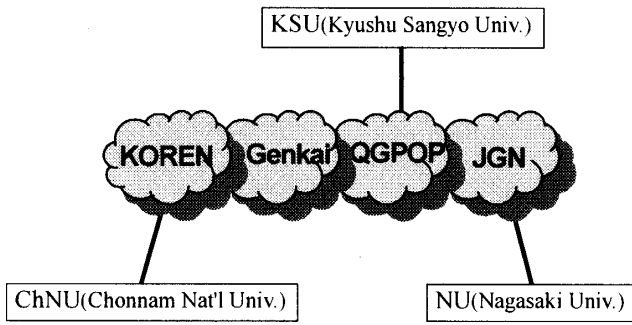


図2 ネットワーク接続の概念図

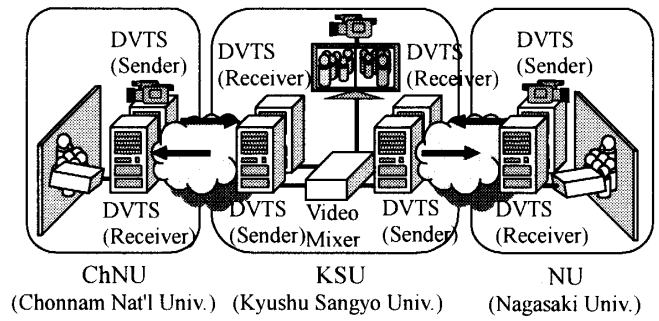


図3 動画伝送の構成

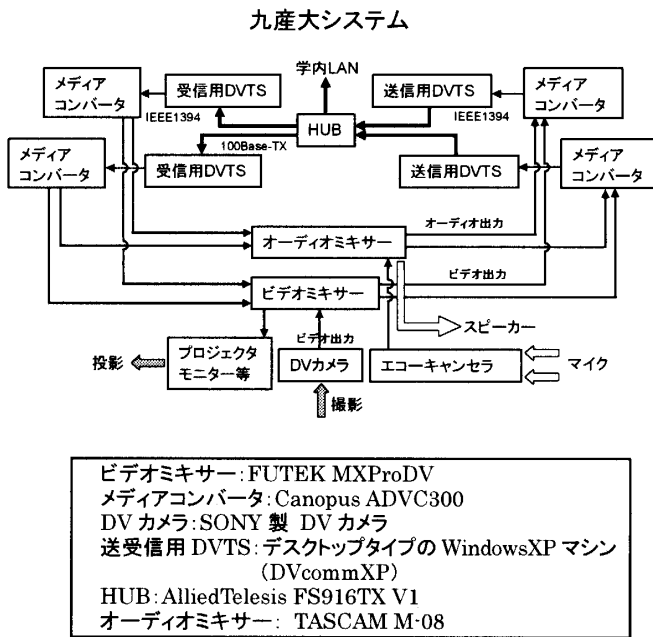


図4a システム構成 (福岡会場)

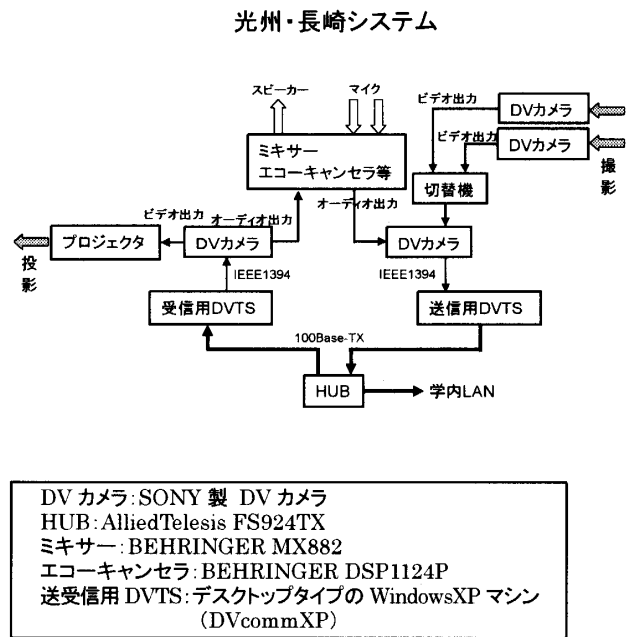


図4b システム構成 (長崎, 光州会場)

また福岡会場では、動画送信にはDVカメラ1台を用いた。そして、マイクは主教師/専門家用、通訳用に2本を、表示用モニターとしては4台(両会場用、翻訳チャット用、Web-GIS教材用、スタッフ間打合せIRC用)を準備した。一方長崎会場、光州会場では、動画送信用DVカメラ2台、マイク1本、提示用スクリーン3台(DVTS用、翻訳チャット用、Web-GIS教材用)と、スタッフ間打ち合わせIRC用モニターを準備した。

ここで、福岡会場のシステム構成を図4aに、長崎会場と光州会場の構成を図4bに示す。両図ともに、枠内の機材は主なものだけを示した。

2.4. 対話支援環境

授業中の対話は、通訳を中心に、日韓での自動翻訳が可能なチャットシステムと英語表記のWeb-GISによる提示教材を用いた。

通訳は、授業内容に関する知識を持ち、かつ日常的

な研究教育に従事する韓国籍の長崎大学教育学部教員を充てた。ここでの通訳には、言語の変換だけではなく、授業中の指示や指名、情報提示、進行を担当する進行担当教員との密な連携が必要であった。そのため、福岡会場へ配置した。

次に翻訳チャットは、板書的な情報提示と学習者によるグループ討論の結果提示、そして事前の交流授業での簡単な対話に用いた。翻訳チャットは、その場での発言と他国語変換が実時間で可能であるため、対話支援環境の一つとして用いた。翻訳チャットの画面の例を図5に示す。

さらに、英語表記のWeb-GISによる提示教材は、日韓両国における各種発電電力量の比とそのグラフ表示に関する情報共有のために用いた。両国へ等しい情報を提示するために、英語表記にした。ただし、石炭や石油等の簡単な日本語は、韓国の学習者も読めること

を確認した上で、若干の説明に用いた。提示教材の例を図6に示す。

なお、光州会場には、日本語の分かる学習者がいたため、授業前の交流学习における韓国からの発言は、韓国語と日本語の両方で行われた。また、両国の学習者には、相手の母国語で名前を記入した画用紙大の名札を持たせ、対話を支援した。

2.5. 評価

遠隔授業の評価としては、授業そのものの評価に加えて授業媒体となった伝送動画の評価及び用いた教材等の評価が必要となる。そのため本研究では、授業部分の評価は参加者の主観評価を用い、伝送画質の評価は主観評価による見た目の印象評価に加えて客観的評価値 PQR (Tektronix, Inc.2000) による評価及びトラフィック測定による伝送路の評価を行った。また翻訳チャットやWeb-GIS 教材等の対話支援環境の評価は、主観評価で参加者の印象を問うとともに、著者らによる観察と関係者へのインタビューを行った。さらに、遅延の影響については、授業中の発言間の待ち時間を調べて検討した。

質問紙による主観評価は、「役立つ」「印象」「行いたい」の有用性に関する3項目の他、翻訳チャットに関する項目、「発言ししやすい」「発言ずれ」の発言し易さに関する2項目、「音質」「音画ずれ」の音質に関する2項目、「画質」「動き」の画質に関する2項目、及び遠隔授業の効率化を問う「効率化」に関する項目の全11項目について、4段階で評価させた。これは、長崎会場についてだけ実施した。

次に、ビットレート測定によるトラフィック評価では、福岡会場と長崎会場についてtcpdumpによるDVTSデータパケットのヘッダ情報を記録し、そのログを分析して授業中のビットレートの変化を調べた。これにより、特に福岡会場での対長崎、光州会場間のトラフィック変動の詳細を把握することが可能となった。

さらにテスト動画伝送による伝送画質の評価は、授業直後に、授業時と同じ伝送形態でテスト用動画を伝送し、受信側で録画した動画のPQR (藤木ら 2005) を測定することで行った。このテスト用動画は、藤木らの研究で使用されたものから、対面講義タイプ (以下、対面型と呼ぶ) の1動画 (1分55秒) とプレゼンソフト講義タイプ (以下、プレゼン型と呼ぶ) の1動画 (2分5秒) を使用した。

このPQRは画質に関する心理物理評価値であり、0を基準とした比例尺度を持つ。そのため、PQRの値が

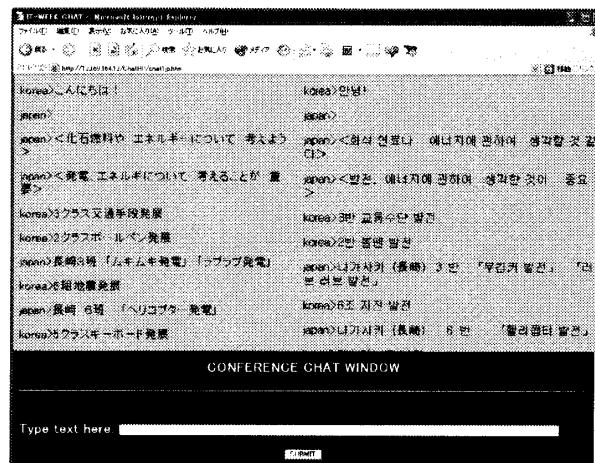


図5 翻訳チャット

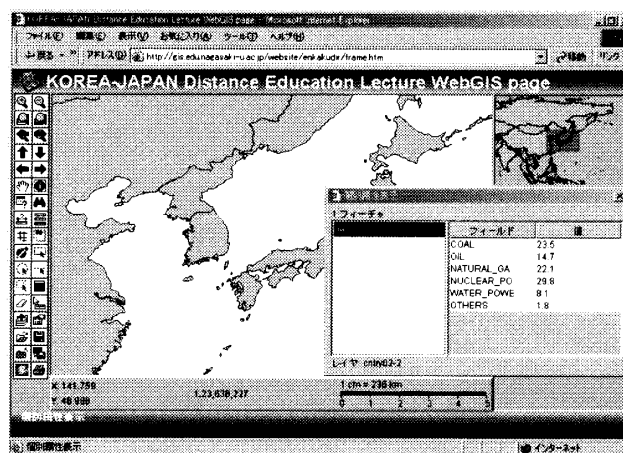


図6 英語表記のWeb-GISによる提示教材

ら高い精度で主観評価値の推定が可能である。またPQRの値は、動画の劣化が進むほど大きな値をとる。そして、PQRの値が示す劣化の程度は、次のように規定 (Tektronix, Inc. 1998) されている。すなわち、PQR1は1個の小さなノイズが観察される劣化であり、PQR3はほとんどいつも観察されるがひどくはない劣化、PQR10は明らかに観察される劣化である。

伝送動画の遅延を調べるために、授業の録画ビデオから発言待ち時間 (発言終了から次の発言者の発言開始までの時間) を抽出した。すなわち、主教師 (または通訳) ー長崎生徒間及び通訳ー光州生徒間の発言待ち時間を調べた。これらの発言待ち時間には、ネットワークの遅延時間に加えてDVカメラ内での遅延や福岡会場のビデオミキサーによる遅延、発言の間合い等を含むため、純粋な伝送動画の遅延時間を表している訳ではないが、授業時の体感的な遅延の影響を調べるには妥当であると判断した。また、発言の間合いは、長崎生徒ー主教師間及び光州生徒ー通訳間の発言待ち時間を調べた。

表4 討論部分の発言記録（日本，韓国，中国，フランスの発電電力量構成比とそのグラフから分ること）

<p>（前略---日本，韓国，中国，フランスの発電電力量構成比のグラフを提示して）</p> <p>T：グラフから何が分かる？</p> <p>J1：フランスは原子力に頼っている。中国は石炭が異常に多い。</p> <p>K1：韓国と日本は燃料の使われ方が似ている。フランスは原子力を使っており，大気汚染等の汚染問題は深刻に受け止めているのではないか。</p> <p>J2：韓国も日本も海に囲まれているのに，水力発電の割合が低い。</p> <p>K2：中国は開発途上国として石炭を安い燃料としてたくさん使っている。フランスは，汚染を考えて原子力を使っている。</p> <p>J3：中国は石炭に頼っているが，そろそろ石炭はなくなるので対策が必要。</p> <p>K3：韓国は化石燃料を多く使っていて，なおかつ，それを輸入しているので，経済的にはよくない。フランスは，環境にも良い原子力を使っている，経済的にも良い環境にある。</p> <p>J4：原子力は，使った後の廃棄物の処理が大変なので，環境には良くない。</p> <p>K4：韓国と日本は，原子力と天然ガスの比率が似ている。中国は石炭に頼りすぎ。原子力は廃棄物での環境問題があるが，技術が発達すれば問題も解決するのでは。ある話では，自然から出る放射線よりも，処理したものから出る放射線が少ない。これからは，原子力に力を入れて環境問題を考えるべき。</p>	<p>T：主教師 J1～J4：長崎側学習者 K1～K4：光州側学習者</p>
---	--

3. 結果及び考察

3.1. 授業内容

共同授業では，各国の発電電力量構成比（表3参照）から分ることや，構成比中で日韓での化石燃料依存率が共に60%であること等の討論がなされた。表4に前者の討論部分の発言記録を示す。ここでのTは福岡側主教師，J1～J4は長崎側学習者，K1～K4は光州側学習者の発言である。また，学習者の発言は要約した。その際，韓国側の発言は，通訳されたものを用いた。

提示された情報からすぐ分る発言 J1「フランスは原子力に頼っている。中国は石炭が異常に多い」の他に，学習者自身の知識との比較から捉えた発言 J2「韓国も日本も海に囲まれているのに，水力発電の割合が低い」や，K2「中国は開発途上国として石炭を安い燃料としてたくさん使っている。フランスは，汚染を考えて原子力を使っている」が見られた。それが討論の最後には，将来的な改善策や方向性を示す発言 J3「中国は石炭に頼っているが，そろそろ石炭はなくなるので対策が必要」や，K4「韓国と日本は，原子力と天然ガスの比率が似ている。中国は石炭に頼りすぎ。原子力は廃棄物での環境問題があるが，技術が発達すれば問題も解決するのでは。ある話では，自然から出る放射線よりも，処理したものから出る放射線が少ない。これからは，原子力に力を入れて環境問題を考えるべき」へ発展したことが分る。

以上の討論は，日韓による遠隔授業であっても共通のテーマによる，共同授業が可能であることを示している。

3.2. 主観評価

主観評価の結果を図7に示す。ここでは，調査用紙が回収できた学習者44名と，教師及び教育学部学生 of 参観者計5名についての集計結果を示す。学習者の他

に教師及び教育学部学生 of 参観者を対象に加えたのは，授業を受ける立場とつくる立場の参加者から見た多面的な結果の取得を考えたからである。

図から，「役立つ」の項目で，学習者3.9，教師+学生4の評価を得ていることが分かる。また，「印象」項目では学習者3.7，教師+学生3.8，「行いたい」項目では学習者3.5，教師+学生3.3である。これら有用性に関する3項目を平均すると，学習者3.7，教師+学生3.6となった。このことから，本遠隔授業では有用性において，学習者，教師+学生ともに高い評価を得たことが分かる。また，画質に関する項目「画質」「動き」の平均値は，学習者で2.7，教師+学生で2.8の評価を示した。これらは，4段階評価の中央の値2.5よりは大きい，評価項目中では最も低い評価を示した。これは，光州会場からの動画の伝送が中断したことと，伝送動画にブロックノイズが観察されたこと，そしてプレー

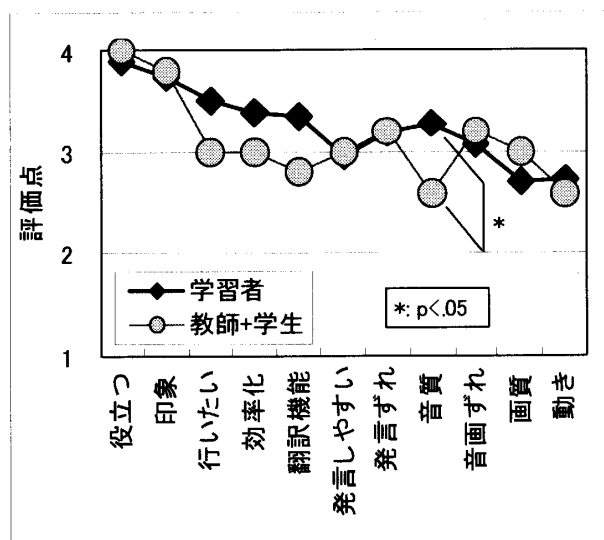


図7 主観評価の結果

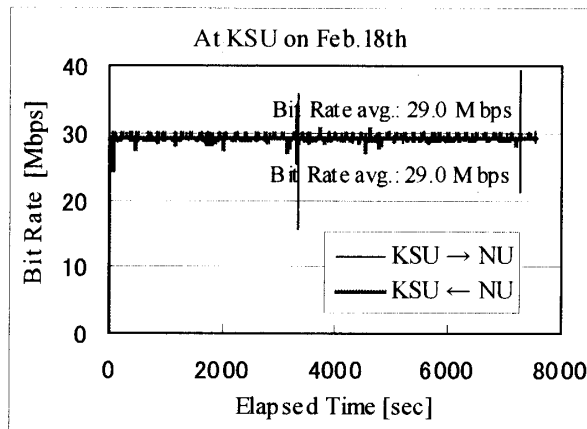


図 8a ビットレートの変化 (福岡-長崎)

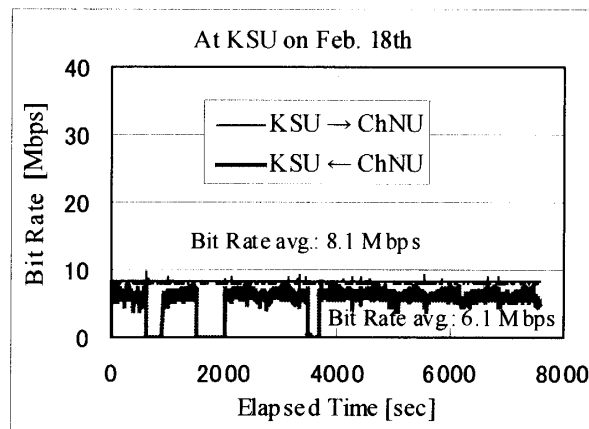


図 8b ビットレートの変化 (福岡-光州)



図 9a 伝送動画の例 (長崎会場)



図 9b 伝送動画の例 (光州会場)

ムレートが低く滑らかな動画ではなかったことが、その原因であると考えられる。しかし、この問題は技術的な問題であり、ネットワーク技術の進展の速さから考えると、近い将来改善できるものと予測される。

次に、学習者と教師+学生の差については、「音質」項目についてのみ、差がみられた。すなわち、「音質」の項目では、学習者で3.3、教師+学生で2.6を示し、学習者が教師+学生より有意に高い評価を下したことが分かる (* $p < .05$)。本授業実践の場合、音声の劣化はエコーがあった金属的な響きを伴うものであった。これは DVTS 特有のノイズであり、この音質の低下を教師+学生は冷静に判断したものと考えられる。しかし学習者は、直接行ったコミュニケーションへの印象の良さから、教師+学生より高い評価を下したものと考えられる。

3.3. トラフィック評価

tcpdump によるビットレートの測定結果を図 8a, b に示す。ここでは、完全に記録できた交流授業の分について示した。図 8a は、福岡会場で測定した福岡-

長崎間のトラフィックの変化を示している。図中 KSU は九州産業大学を、NU は長崎大学を意味している。

この図から、3317秒、7281秒経過後に KSU から NU 方向へ大きなビットレート変動が見られるものの短時間であり、福岡-長崎間では 29Mbps で安定した通信が行われたことが分かる。

一方、図 8b は、福岡会場で測定した福岡-光州間のトラフィックの変化を示している。図中 ChNU は全南大学を意味している。この図から、福岡-光州間ではビットレートが 10Mbps 以下であったことが分かる。それでも、KSU から ChNU 方向へは、8.1Mbps で安定した通信が行われたことが分かるが、ChNU から KSU 方向へは安定部分でも 6.1Mbps のビットレートを示しており、3回の大きな中断が生じたことが明らかである。福岡-光州間の通信不調の原因は、全南大学内におけるネットワーク環境の不具合であったと考えられる。それは、事前に全南大学内の情報センターと福岡間での通信実験時は、DVTS によるフルフレームでの通信が可能であったことと、全南大学での学生のオン

ライン履修登録の時期と本遠隔授業の時間帯が重複したことからである。なお、共同授業の場合の完全なトラフィックデータが取得できていないため、正確な判断はできないが、伝送された動画の状態から考えると、共同授業の場合もここで示した交流授業と同様のトラフィックの状態であったと推測される。

ここで、実際に伝送された動画の例を図9a, bに示す。これらの画像は、長崎会場と光州会場を受信した伝送動画からフレーム単位で切り出したものである。なお、図中の人物が掲げた紙片には氏名が記入されていたため、個人情報保護の観点から著者が塗りつぶした。図9aは長崎会場での受信動画、図9bは光州会場での受信動画である。また、図9bは、福岡会場でのビデオミキサーで合成した動画を光州会場を受信した動画である。これらの伝送動画では、ビットレート変動や、フレームレートの差は確認できない。これは、光州会場でのビットレート低下は顕著であったが、これに対応するためにフレームレートを下げたことで、単一フレームの画像としては、ほぼ完成されたものになったと考えられる。このことは、3.2節の主観評価において、中断やフレームレートの低下があったにも関わらず、画質に関する項目の評価が評価基準の中央の値2.5以上を示していることとも一致する。

3.4. 伝送画質評価

伝送動画の画質評価は、完全に受信したテスト用動画について、藤木ほか(2005)と同様に得られたPQRの平均値を求めることにより行った。得られたPQRを表5に示す。

表5から、福岡(KSU)から長崎(NU)への伝送動画では、対面型でPQR2.4、プレゼン型でPQR2.3であることが分かる。また、長崎(NU)から福岡(KSU)への伝送動画では、対面型でPQR3.4、プレゼン型でPQR2.9であることが分かる。藤木ほか(2005)の研究によると、PQRの値は、PQR3.7で4段階の主観評価2.5が推定できること、画質が低下するほど大きな値をとることが分かっている。そのため、プレゼン型よりは対面型が画質の劣化はやや大きいこと、福岡-長崎間の伝送動画の画質は、4段階の主観評価で2.5以上の評価が推定できることが分かる。

ところが、表5の福岡(KSU)から光州(ChNU)への伝送動画では、対面型でPQR9.1、プレゼン型で6.4を示していることが分かる。また、光州(ChNU)から福岡(KSU)への伝送動画では、対面型でPQR13.5、プレゼン型で9.7と、最も画質が低下していることが分かる。

表5 伝送動画の講義タイプとPQR

講義タイプ	対面	プレゼン
KSU → NU	2.4	2.3
NU → KSU	3.4	2.9
KSU → ChNU	9.1	6.4
ChNU → KSU	13.5	9.7

以上の結果から、福岡-長崎間の伝送動画は遠隔授業に十分な画質であったことが明らかである。このことは、3.3節のトラフィック評価の結果で、福岡-長崎間では安定した29Mbpsの通信が行われたこととも一致する。ところが、光州-福岡間の伝送動画は、トラフィック評価の結果と同様十分な画質が得られなかったことが明らかである。3.2節の主観評価における画質と動きの平均的な評価は、以上の画質評価を被験者が総合的に判断したものと考えられる。

3.5. 対話支援環境

本授業実践における通訳は、福岡会場の主教師の傍に配置したことで長崎と光州の両会場への通訳のタイミングが図りやすく、主教師の授業展開を助けた。また、通訳が本学部教員であったことで事前の綿密な打合せが可能であったほか、地球環境問題に関する知識を備えるとともに中学校での授業経験を有していたため、中学生対象の授業にもとまどうことがなかった。次に翻訳チャットでは、主教師の発問や学習者の発表をスタッフが入力することで、長崎と光州の学習者へ授業展開を伝えるのに効果的であった。また、グループでの話し合いの場面では、相談がまとまった班から発表内容を入力させたことで、遠隔授業におけるグループ活動の支援ツールとして有用であった。入力に際しては、会話調の文章は誤変換となる場合が見られたことから、単語や文節毎にスペースで区切るなどの工夫を行った。さらに、Web-GISによる教材の提示は、主教師の指示するタイミングで長崎、光州両会場でのデータ提示を可能とした。このことは、両会場の学習者の討論に関する平等性を保持する上でも有効であった。また、日韓の地図とそれをクリックすることで表示させた数値データやグラフの表示方法は、学習者のデータ把握を容易にした。翻訳チャットやWeb-GISによる情報提示は、伝送動画とは異なるスクリーンに投影されたため、ネットワークの切断やパケット損失による映像劣化の影響を受けることなく、授業の進行に有用であった。また、翻訳チャットやWeb-GISによる情報提示を行ったことで、DVTSによる動画伝送は教

室内の様子の伝送に特化させることが可能となった。

3.6. 遅延の影響

主教師（または通訳）－長崎生徒間の発言待ち時間は1.7秒、通訳－光州生徒間は1.9秒を示した。また、発言の間合いは、長崎生徒－主教師間で0.8秒、光州生徒－通訳間で0.8秒を示した。これらの結果から、主教師（または通訳）－長崎生徒間及び通訳－光州生徒間のネットワークを経由する動画伝送の遅延は片方向1秒程度であることが分かる。文献によると、双方向での遅延が0.5秒になると会話が難しくなることが分かっている（iSiD 2005）が、図7の主観評価結果では画質・音質部分の評価は中程度であった。これは、1秒程度の遅延が発生したけれども通訳を挟む異言語間の授業であったことや、主教師による日韓間の発言調整により対面での会話とはタイミングが異なっていたことにより、遅延の影響が目立たなかったからであると考えられる。

4. ま と め

高精細動画を用いて、日韓の3地点を結ぶ遠隔授業を実践し、授業及びトラフィックと伝送画質、対話支援環境、遅延の影響について検討を行った。その結果、次のことが明らかとなった。

- 日韓間の中学校において、高精細動画と翻訳チャット、Web-GIS教材を用いた遠隔授業が実践できた。
- 主観評価から、本遠隔授業は学習者、教師、参観者である学生にとって、有用性の高い授業であった。
- トラフィック評価から、福岡－長崎間では29Mbpsの安定した通信が確保できたが、福岡－光州間では十分な帯域が確保できず、伝送動画のビットレートは6～8Mbpsとなった。
- 伝送画質評価から、福岡－長崎間の伝送動画の画質は対面型でPQR2.4～3.4、プレゼン型でPQR2.3～2.9を示し、福岡－光州間では対面型でPQR9.1～13.5、プレゼン型でPQR6.4～9.7を示した。
- 翻訳チャットやWeb-GISによる教材の利用は、授業中の対話を支援する情報提示の方法として有用であった。
- 片方向1秒程度の遅延発生がみられたが、通訳を挟む異言語間の授業であったことや3地点間で発言順序の調整が行われたことで、遅延の影響は目立たなかった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、九州大学情報基盤センター岡村耕二助教授をはじめ、QGPOP、玄海プロジェ

クトの各メンバーの方々に支援いただいた。また、長崎大学教育学部附属中学校の西山敏明教諭、岡野利男教諭、全南国立大学校師範大学附設中学校の尹景夏教諭、宋炳林教諭、姜昇求教諭に協力いただいた。この紙面を借りてお礼申し上げる。なお、本研究は、総務省 e!プロジェクト並びに日本学術振興会拠点大学事業の援助を受けた。また、通信・放送機構並びに JGN、KOREN の支援を受けた。

参 考 文 献

- (財)エネルギー総合工学研究所 (2003) 「?を!にする エネルギー講座」
<http://www.iae.or.jp/energyinfo/energydata/data1017.html>
- 藤木卓, 鶴正人, 池永全志, 中村千秋, 蒲原新一, 黒田英夫 (1999) 小学校道徳における ISDN と PHS を用いた遠隔授業の実践と評価. 教育システム情報学会誌 実践速報, 15(4) : 328-333
- 藤木卓, 森田裕介, 中村千秋 (2002) 携帯電話によるグループ別遠隔交流と多地点接続を用いた小学校道徳授業の実践. 日本教育工学会誌, 26(Suppl.) : 249-253
- 藤木卓, 室田真男, 清水康敬 (2005) 画質の客観的評価値を用いた DV 動画による遠隔講義環境の検討. 教育システム情報学会誌, 22(2) : 89-99
- Genkai (2002) <http://www.genkai.info/>
- iSiD (2005) QuallImage/Quatre
<http://www.isid.co.jp/QuallImage/quatre.html>
- KOREN (2004) <http://www.koren21.net/eng/>
- 松河秀哉, 重田勝介, 吉田健, 前迫孝憲, 景平義文, 関嘉寛, 内海成治, 中村安秀, 下條真司, 井上聡一郎, 中村一彦, 下山富男, 吉田雅巳 (2003) アフガニスタン－大阪間の遠隔講義の国際配信. 日本教育工学会論文誌, 27(Suppl.) : 189-192
- 松岡輝, 森田裕介, 藤木卓, 蒲原弘貴 (2003) 高品質動画伝送システムを用いた遠隔授業参観と遠隔授業反省会の実践. 日本教育工学会論文誌, 27(Suppl.) : 221-224
- 村上正行, 田口真奈, 溝上慎一 (2001) 日米間遠隔一斉講義における講師・受講生の評価変容の分析. 日本教育工学会論文誌, 25(3) : 199-206
- QGPOP (2002) <http://www.qgpop.net/en/>
- Tektronix, Inc. (1998) Comparing Objective and Subjective Picture Quality Measurements. Tektronix

Technical Brief (1998)

Tektronix, Inc. (2000) A guide to maintaining video quality of service for digital television programs,

<http://www.broadcastpapers.com/tvtran/tvtran.htm>

TAO (2004) <http://jgn.nict.go.jp> (現在は JGN2)

渡辺健次, 大谷誠, 田中久治, 飯盛義徳, 近藤弘樹 (2001)

ギガビットネットワークによる高精細映像を用いた遠隔講義の実践 映像と音声の品質とパケットロスの関係. 日本教育工学雑誌, 25(Suppl):149-154

WIDE PROJECT (2002) DVTS :

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

Summary

In this paper, distance classes were practiced in order to realize a collaborative class which included discussions between middle schools of Japan and South Korea. For the sake of these classes, three venues which were two points for each students and the chair man/translator's point were connected using DVTS which enabled high quality video/audio transmission. In these classes, after the exchange type class the collaborative class was executed through the discussion about using the electric power energy and dreaming electric power generation as the theme "Let's think about the future energy beyond the sea". Then the collaborative class, the network traffic, the quality of transmitted movie, the environment for

assisting communication and the transmission delay were evaluated. Consequently, the following results were obtained.

Firstly, distance class was practiced using the high quality movie and the translation chat system, the Web-GIS material between middle schools of Japan and South Korea. About the subjective evaluation, this class work was obtained high score of the availability by learners and teachers, observation students. Then between Fukuoka and Nagasaki, stable connection was enabled but the network band width was not acquired enough between Fukuoka and Gwangju. About picture quality evaluation for the face-to-face type, the value of PQR was from 2.4 to 3.4 between Fukuoka and Nagasaki, and the value of PQR was from 9.1 to 13.5 between Fukuoka and Gwangju. Additionally, the translation chat system and the Web-GIS material were effective for this class. Lastly, influence of the transmission delay was without particular distinction because of using the translator and the arrangement of speaking.

KEY WORDS: DVTS(DIGITAL VIDEO TRANSPORT SYSTEM), DISTANCE LEARNING, JAPAN AND KOREA, MIDDLE SCHOOL, TRANSLATION CHAT, WEB-GIS, PQR(PICTURE QUALITY RATING)

(Received February 21, 2005)