

## 早稲田大学の異文化交流授業(CCDL)における ネットワーク回線の通信品質とその影響について

中澤 真†	小泉 大城‡	近藤 悠介*	中野 美知子**	平澤 茂一***
会津大学† 短期大学部	サイバー大学‡ IT 総合学部	早稲田大学* オープン教育センター	早稲田大学** 教育・総合科学学術院	早稲田大学*** 理工学研究所

### 1. はじめに

早稲田大学における異文化交流授業(Cross-Cultural Distance Learning)は、ビデオ会議システムやチャットシステムを用いて外国の大学とリアルタイムに異文化交流を可能とする授業である。海外の学生とリアルタイムでの英会話をする機会を設けることで、学生の外国語能力の向上はもちろん、学生自身の内発的な学習意欲を高めることを意図している。

現在の授業運営では、早稲田と海外の提携大学それぞれ 10~30 名の学生がおおよそ 4 人対 4 人のグループに分かれ、LiveOn サーバ上の電子会議室で音声、カメラ映像、文字情報を用いて交流するスタイルとなっている(図 1 参照)。これらの情報はインターネット回線を介して通信することになり、相手大学あるいは相手国のインフラ事情や海外までのネットワークの経路などによっては十分な通信品質が確保できずチャットのみでの交流となってしまう可能性もある。

そこで本研究では、海外の各大学との通信品質(QoS)を測定し、これらがリアルタイム性を要求される CCDL の授業環境に与える影響について、受講学生に対するアンケートによる主観評価を用いて明らかにする。

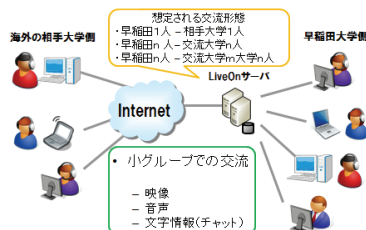


図 1: CCDL 授業のネットワーク概念図

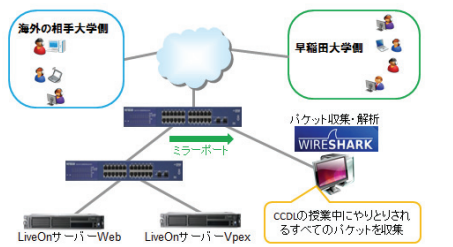


図 2: パケット収集・解析のためのネットワーク構成

### 2. パケット解析による通信品質測定と授業アンケートによる主観評価

#### 2.1 実験方法

本研究では表 1 に示した 6 つの海外大学との CCDL 授業において、実際に流れたすべてのパケットをフリーのネットワークアナライザソフトウェア「Wireshark<sup>1</sup>」を用いて収集・解析した<sup>2</sup>。CCDL 授業で流れるパケットは LiveOn サーバを経由するため、図 2 に示すようにレイヤー 3 スイッチでミラーポートを設定し、すべてのパケットの複製が Wireshark をインストールした PC へと送信されるようにしている。これらの収集したパケットを解析し、早大と海外大学側との通信品質としてスループット、遅延、消失、ジッタを測定した。ここで遅延時間は TCP の ACK に注目し、この応答確認に要する RTT (Round Trip Time) を用いて遅延時間としている。また、パケット消失は重複 ACK が 3 回以上連続した事象の回数により評価した。

これらの通信品質が授業へ及ぼす影響については、早稲田側の受講学生に対するアンケート結果により評価した。音声の品質については聞きやすさ、遅延、エラーの発生、カメラ映像についてはブロックノイズや遅延・停止の発生について MOS<sup>3</sup> を用いた 5 段階評価で回答を求めた。また、その他に気付いた点を指摘してもらうための自由記述欄も設けた。

#### 2.2 実験結果

まず、早大一大連外語大間で測定したスループットの経過時間による推移変化を図 3 に示す。これは授業時間内で最もパケット流量の多い 5 分間の時間帯を抽出した結果であり、帯域的には安定した通信ができてることが確認できる。これは他の時間帯や、他の海外相手大学でも同様の傾向が示された。

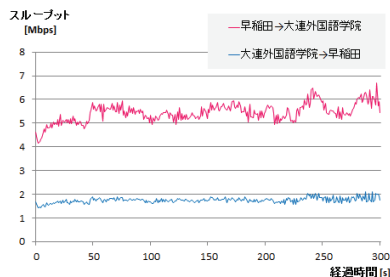


図 3: スループットの推移(早稲田⇄大連外語大)

The Influence of Network QoS on Cross-Cultural Distance Learning (CCDL) of Waseda University

† Makoto Nakazawa, University of Aizu.

‡ Daiki Koizumi, Cyber University.

\* Yusuke Kondo, Waseda University.

\*\* Michiko Nakano, Waseda University.

\*\*\* Shigeichi Hirasawa, Waseda University.

<sup>1</sup> <http://www.wireshark.org>

<sup>2</sup> パケットキャプチャの機能は WinPcap を使用

<sup>3</sup> Mean Opinion Score

この5分間の平均スループットを相手大学別にまとめた結果が表1である。相手大学から早大側へ流れるパケットの流量に対して、逆向きの相手大学に向けて流れるパケットの流量はおよそ3倍から4倍になっていることが示されている。これは今回のシステムが音声やカメラ映像のデータを、P2PではなくLiveOnサーバへ集約後にユニキャストで各クライアントへ送信していることに起因している。現行の授業では一会議室あたりの海外側学生の参加人数が3から4人であるため、音声・映像データの一つのパケットからこの人数分の複製が作られ、上り下りの流量の差異を生じさせている。

表1: 実験の実施概要とスループットの測定結果 [Mbps]

相手大学	早稲田側参加者数	相手大学参加者数	参加者総数	海外→早稲田	早稲田→海外
大連外国語学院(中国)	15	25	40	1.8	5.4
大連交通大(中国)	16	23	39	1.7	6.0
淡江大(台湾)	20	28	48	2.0	7.4
南台科技大(台湾)	7	28	35	2.2	7.1
高麗大(韓国)	9	15	24	1.4	4.4
延世大(韓国)	14	18	32	1.6	4.7

次にパケットの遅延、消失、ジッタについて測定した結果と、音声品質に関するアンケート結果の平均評価値をまとめたものを表2に示す。通信遅延が大きい大連外語大、平均遅延は小さいがパケットの消失やジッタの発生が多い高麗大は、音声品質に関するアンケートでもやや悪い評価となっており、関係性が現れている。特に、音声品質の平均評価値との強い相関を示したのが連続3回以上の重複ACK回数である。図4に示したように強い負の相関が示され、相関係数は-0.94となった。この傾向はアンケートの自由記述にも現れ、重複ACK回数が多かった上位3大学のみ、音声品質の問題点を指摘する記述が存在した。

表2: ネットワーク QoS と音声品質の関係

相手大学	RTT 平均 [ms]	RTT 最大 [ms]	連続3回以上の重複ACK回数	到着順序の乱れ [回数]	音声の聞き易さ	音声の遅れ	音声のエコー	平均評価値の合計
大連外国語学院(中国)	272	86992	1528	291	2.9	3.6	3.5	10.1
大連交通大(中国)	74.2	1159	1316	340	3.3	3.3	4.1	10.7
淡江大(台湾)	60.4	601	878	253	3.2	3.8	4.2	11.2
南台科技大(台湾)	50.7	502	252	64	3.3	3.8	4.8	12.0
高麗大(韓国)	43.8	3078	2048	782	3.0	3.6	3.1	9.8
延世大(韓国)	29.1	257	263	333	3.9	4.4	4.8	13.2

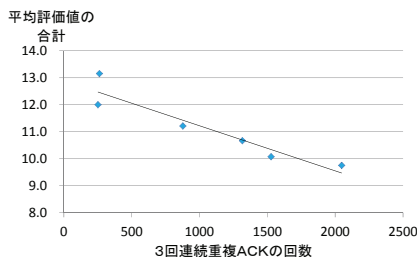


図4: 連続重複ACKの回数と音声品質の相関

動画の品質への影響についても音声と同様の傾向が示され、表3に示した平均評価値の合計と最も強い相関を示した通信パラメータは重複ACKの回数であり、こ

ちらの相関係数は-0.80であった。

表3: ネットワーク QoS と動画品質の関係

相手大学	動画のモザイク	動画の途切れ	平均評価値の合計
大連外国語学院(中国)	4.4	3.9	8.3
大連交通大(中国)	4.1	4.3	8.3
淡江大(台湾)	4.6	4.4	9.1
南台科技大(台湾)	5.0	4.8	9.8
高麗大(韓国)	4.6	4.1	8.8
延世大(韓国)	4.7	4.7	9.4

### 3. 考察

表1や図3の測定結果からは、帯域が原因となる輻輳は確認されなかった。しかし、一会議室あたりの参加人数が増えると、それがそのまま早大側から相手大学向けのパケット流量の増加に直結してしまうため、会議室の参加人数は現行程度にとどめるべきである。また、一会議室の人数が多すぎることは、学生一人あたりの発言回数の低下にもつながり、CCDLの授業目的の上からも望ましくない。

一方、授業全体での参加者数に注目した場合、早大側の参加者数や参加者総数とスループットには弱い相関しか示されなかったが、相手大学の参加者数と相手大学から早大へ流れるパケットのスループットの相関係数は0.94、逆向きのスループットとの相関係数は0.92となり、いずれも強い相関関係が示された。この結果は一会議室の参加人数を抑制するだけでなく、海外大学側の参加学生の総数にも運用上注意を払う必要があることを示唆している。現行の30人程度の海外学生数では実用上問題ないことが確認できたが、これが倍の人数となると早稲田から相手大学向けのパケット流量も15Mbps程度となり、経路途中で狭帯域があるような相手先では輻輳のリスクが高くなってしまいうからである。

帯域以外の通信パラメータとしては、連続3回以上の重複ACK回数が音声や動画の品質に強い影響を及ぼしていることが示された。この事象は輻輳回避アルゴリズムにおけるパケットの消失判定に用いられているものであり、パケット消失の兆候をカウントしていることに他ならない。このため、新たな接続先大学との事前検証や授業環境整備に際しては、この値についての十分な計測と検討をすることが肝要である。

### 4. まとめ

QoS、特に帯域と遅延時間の現状は、おおむね授業運営上大きな問題にはならないと判断できる。ただし、パケット損失は音声・動画の品質の変化をもたらすことがわかる。今後、抽出したパラメータを定期的に測定することにより、学生に良い授業環境を常に提供できる仕組みを作ることが大切である。

### 謝辞

本研究の調査にあたり、多大なご協力をいただいた早稲田大学CCDL授業御担当の先生方、および早稲田総研インターナショナルの職員の皆様へ厚く御礼申し上げます。なお、本研究の一部は日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)24320109の助成による。