

# 博士論文概要

## 論文題目

映像通信の品質推定法に関する研究  
Quality Estimation Methodology for Video  
Communication

申請者

山岸	和久
Kazuhisa	YAMAGISHI

2013年5月

(受理申請する部科主任会開催年月を記入)

ネットワーク回線の広帯域化や映像コーデックの高圧縮化が進み、IP 網を介した映像通信サービス（例：テレビ電話や IPTV）が普及してきた。映像通信の品質は符号化方式（例：MPEG-2、H.264）、コーデックの実装、ネットワークの状態、受信端末に実装される PLC（Packet-loss concealment）やディスプレイ表示技術に依存する。そのため、ユーザに高い品質の映像通信サービスを提供するためには、これら品質要因を加味しサービス品質を適切に設計することが重要である。具体的には、サービス品質を設計するためには、アプリケーション品質パラメータ（例：解像度、フレームレート、ビットレート）およびネットワーク品質パラメータ（例：パケット損失、遅延）と品質の関係を定式化した品質設計技術を確立し、その設計技術に基づき、サービス品質を設計することが基本である。次に、上記品質設計がされたサービスを提供した後、サービス提供中の品質をリアルタイムに監視（インサービス品質監視）し、サービス品質が一定以上を確保できていることをサービス提供者が確認できる仕組みを構築することが重要である。このインサービス品質監視は、サービス提供側（IPTV におけるヘッドエンド）の品質を監視するヘッドエンド品質監視、ネットワーク内の品質を監視するネットワーク品質監視、エンドユーザの体感する品質を監視するエンドユーザ品質監視に大別される。これら 3 つの品質監視を実施し、サービスの安定運用を実現すること、サービス品質低下時に品質劣化原因の究明を早期に実施することが重要である。符号化直後の品質低下はサービスを享受するユーザすべてに影響を与えるため、そのインパクトも甚大である。ヘッドエンドにはしばしば、無圧縮の原映像が存在するため、Full reference 型のメディアレイヤモデルに基づき画素レベルで劣化を検知し、符号化直後の品質を監視することが適している。これに対しネットワーク品質監視においては、ネットワークに多数の映像通信ストリームが流れるため、一つ一つのストリームを詳細に監視していくことはネットワーク機器の計算コストの観点で非常に困難である。そのため、ネットワーク品質パラメータを監視し、ネットワークの正常性を監視することが適している。エンドユーザ品質監視においては、最終的にユーザが体感している品質を監視するという観点で非常に重要である。しかしながら、ユーザが体感している品質を監視するためには、ユーザ端末に品質監視技術を組み込み、品質を監視する必要があるが、必要以上の計算コストをかけることは困難である。そのため、計算量の観点からメディア信号や符号化情報が示されるビットストリーム情報を用いることなく、エンドユーザ端末が受信するパケットヘッダ情報のみに基づいて品質を推定していくことが適している。そこで、本論文では、テレビ電話サービスを一例にした品質設計技術、3D 映像サービスを一例にしたヘッドエンド品質監視技術、IPTV サービスを一例にしたエンドユーザ品質監視技術について検討した。各章の概要は次の通りである。

第 1 章「はじめに」は序論である。

第 2 章「テレビ電話サービスに対する品質設計法」では、1 対 1 のテレビ電話サービスの映像品質設計を目的に、映像ビットレート、フレームレート、パケット損失率が映像品質に与える影響を主観品質評価特性から導出し、それら品質評価特性をモデル化した映像品質推定技術について検討した。まず、映像品質はビットレートに対し最適なフレームレートを持つことを主観品質評価特性より解明し、符号化に対する映像品質を推定する技術を確立した。次に、パケット損失発生時の映像品質は、パケット損失の増加に伴い低下するのみだけではなく、ビットレートやフレームレートにも依存することを解明し、映像品質設計技術を確立した。本映像品質設計技術により推定された映像品質と主観品質評価値の関係から品質推定誤差が主観品質評価値の統計的信頼幅と同等なレベルになることを示した。これより、テレビ電話サービスの映像品質を適切に設計できることを示した。なお、本映像品質設計技術の有効性が ITU-T に認められ、ITU-T 勧告 G.1070 として標準化された。

第 3 章「3D 映像サービスに対するヘッドエンド品質監視法」では、3D 映像サービスのヘッドエンド品質監視を目的に、3D 映像を構成する左右眼の 2D 映像品質から 3D 映像品質を推定する技術について検討した。3D 映像サービスは、現行の 2D 映像サービスのシステムをできるだけ利用できるよう、左右眼の 2D 映像を水平方向に半分に圧縮し、1 枚の 2D 映像として符号化・伝送し、デコーダが水平方向に拡大・表示する方式（方式 A）、左右眼の 2D 映像を独立のエンコーダにて符号化・伝送し、独立して受信した左右眼の 2D 映像の同期を取り表示する方式（方式 B）、左右眼の 2D 映像を左右眼の 2D 映像の冗長性を加味し一つのストリームとして符号化・伝送し、受信したストリームをデコードし表示する方式（方式 C）に大別される。方式 A では、左右眼の 2D 映像を水平方向に半分に圧縮し、デコーダが拡大表示するため水平方向の精細度が失われるが、左右眼の 2D 映像品質はほぼ同等である特徴がある。これに対し、方式 B および C では、左右眼の 2D 映像を水平方向に圧縮・拡大しないため水平方向の品質劣化はないが、実装の異なるエンコーダや異なるビットレートで左右眼の 2D 映像を符号化するため左右眼の 2D 映像品質に差が生じる。2D 映像の品質を推定する技術に関しては従来多数検討されていることに加え、標準化技術も存在するため、上記方式の違いによる 3D 映像品質の主観評価特性を導出し、3D 映像品質を左右眼の 2D 映像品質から推定可能な技術を構築した。具体的には、左右眼の 2D 映像のうち高い映像品質と、左右眼の 2D 映像品質の差分値に 3D 映像品質は影響を受けることを解明し、本品質評価特性をモデル化した。左右眼の 2D 映像品質の平均値を用いて 3D 映像品質を推定する従来技術においては、左右眼の 2D 映像品質差が大きくなると品質推定精度が低下するが、提案技術は左右眼の 2D 映像品質差の

大小にかかわらず、良好な精度で 3D 映像品質を推定できることを示した。これより、既に技術開発が進んでいる 2D 映像品質推定技術と組み合わせることで、3D 映像品質を監視可能になる。

第 4 章「パケット損失パターンを考慮した IPTV エンドユーザ品質監視法」では、IPTV サービスのエンドユーザ品質監視を目的に、パケットのヘッダ情報から映像品質を推定する技術について検討した。パケットのヘッダが示す情報はサービス提供者により異なるため、本章ではパケットのヘッダ内に映像フレームの区切りを示すマーカが存在しない場合に適用可能なエンドユーザ品質監視法を検討した。映像フレームの区切りを示すマーカがないパケットを対象とした映像品質監視技術では、符号化に対する映像品質をビットレートに基づき推定した。パケット損失に対する映像品質推定の多くはパケット損失率に基づいた推定が一般的だが、パケット損失率のみでは、パケット損失時に 1 つのパケットが複数回損失したか、一度に複数個のパケットが損失したかを加味できない。そこで、パケットが連続して損失したことを示すバーストパケット損失長とパケット損失回数が映像品質に与える影響を解明し、バーストパケット長が映像フレームを構成するパケット数よりも十分に少ない場合、バーストパケット長によらずパケット損失回数のみで映像品質が影響されることを解明した。これら品質評価特性に基づき、映像品質をビットレートとパケット損失回数に基づき推定する映像品質監視技術を構築し、主観品質評価値を実用上十分な精度で推定できることを示した。なお、本映像品質監視技術は、ITU-T 勧告 P.1201.1 の一部の技術として標準化された。

第 5 章「映像フレームを用いた IPTV エンドユーザ品質監視法」では、IPTV サービスのエンドユーザ品質監視を目的に、映像フレームの区切りを示すマーカがあるパケットを対象とした映像品質監視技術について検討した。従来、符号化に対する映像品質の推定はビットレートに基づくものが多く、パケット損失時の映像品質の推定は映像フレーム種別を加味し劣化が時間方向へ伝搬した映像フレーム数を加味した映像品質推定で実現されていた。しかしながら、ビットレートのみを用いた映像品質推定では映像品質へのコンテンツ依存性を加味できないため、I フレームのビット量に着目した映像品質推定を実施した。また、パケット損失発生時の映像品質推定においても、映像内の物体の動き量によって品質劣化の見え方が異なるため、こちらも I フレームのビット量を考慮し映像品質の推定を実施した。これにより、ビットレートと劣化映像フレーム数のみに着目した従来法と比較して、提案法は品質推定精度を大幅に改善することができ、エンドユーザ品質監視に十分適用可能なことを示した。

第 6 章「まとめ」では、本論文の結論を述べている。

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 山岸 和久 印

(2013年 4月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
○論文	1. Subjective Quality Metric for 3D Video Services、 IEICE Transactions on Communications、 Feb. 2013、 <u>K. Yamagishi</u> , T. Kawano, T. Hayashi, and J. Katto
○論文	2. No Reference Video-Quality-Assessment Model for Monitoring Video Quality of IPTV Services、 IEICE Transactions on Communications、 Feb. 2012、 <u>K. Yamagishi</u> , J. Okamoto, T. Hayashi, and A. Takahashi
○論文	3. Non-intrusive packet-layer model for monitoring video quality of IPTV services、 IEICE Transactions on Fundamentals、 Dec. 2009、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
○論文	4. Video-Quality Planning Model for Videophone Services、 ITE Journals、 July 2008、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
○国際学会	1. Effect of Difference in 2D Video Quality for Left and Right Views on Overall 3D Video Quality、 Proc. of IEEE ICIP2012、 Sept. 2012、 <u>K. Yamagishi</u> , T. Kawano, and T. Hayashi
○国際学会	2. Parametric Packet-Layer Model for Monitoring Video Quality of IPTV Services、 IEEE ICC 2008、 May 2008、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
○国際学会	3. Opinion Model for Estimating Video Quality of Videophone Services、 IEEE GLOBECOM 2006、 Nov. 2006、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
○国際学会	4. Verification of Video Quality Opinion Model for Videophone Services、 2nd ISCA Tutorial & Research Workshop on Perceptual Quality of Systems、 Sept. 2006、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	1. IMAGE QUALITY ESTIMATION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、 EP02229001、 2012/08/29、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	2. IMAGE QUALITY ESTIMATION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、 CN: ZL200880123599.0、 2012/08/29、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	3. IMAGE QUALITY ESTIMATION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、 KR 01064220、 2011/09/05、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	4. VIDEO QUALITY ESTIMATING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、 CA2604053、 2012/07/10、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	5. VIDEO QUALITY ESTIMATING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、 US08154602、 2012/04/10、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	6. VIDEO QUALITY ESTIMATING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、 US07965203、 2011/06/21、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	7. VIDEO QUALITY ESTIMATING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、 CN: ZL200680009898.2、 2010/06/16、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	8. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4490483 号、2010/04/09、 <u>山岸和久</u> , 林孝典
特許	9. Video Quality Estimation Apparatus, Method, and Computer-Readable Recording Medium for Recording Program、 KR0935650、 2009/12/29、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
特許	10. VIDEO QUALITY ESTIMATING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、KR0933509、2009/12/15、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
特許	11. VIDEO QUALITY ESTIMATING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、CN: ZL200680009878.5、2009/12/09、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
	以下、本学位論文に直接関係のないもの
論文	1. 映像配信サービスを対象としたマルチメディア品質推定モデル、信学論(B)、Jan. 2011、富永聡子、 <u>山岸和久</u> 、林孝典、高橋玲
論文	2. Opinion Model using Psychological Factors for Interactive Multimodal Services、IEICE Transactions on Communications、Feb 2006、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
国際学会	1. Performance Comparison of Subjective Assessment Methods for 3D Video Quality、The fourth International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)、July 2012、T. Kawano、 <u>K. Yamagishi</u> 、and T. Hayashi
国際学会	2. Subjective Characteristics for Stereoscopic High Definition Video、The third International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)、Sept. 2011、 <u>K. Yamagishi</u> 、L. Karam、J. Okamoto、and T. Hayashi
国際学会	3. No Reference Video-Quality-Assessment Model for Video Streaming Services、The 18th International Packet Video Workshop (PV2010)、Dec. 2010、T. Kawano、 <u>K. Yamagishi</u> 、K. Watanabe、and J. Okamoto
国際学会	4. Hybrid video-quality-estimation model for IPTV services、IEEE GLOBECOM 2009、Nov. 2009、 <u>K. Yamagishi</u> 、T. Kawano、and T. Hayashi
国際学会	5. Multimedia Quality Assessment Method for IPTV Services、The Third International Workshop on Image Media Quality and its Applications 2008 (IMQA '08)、Sept. 2008、T. Tominaga、 <u>K. Yamagishi</u> 、and T. Hayashi
国際学会	6. Proposal of new QOE assessment approach for quality management of IPTV services、Proc. of IEEE ICIP2008、Oct. 2008、K. Watanabe、 <u>K. Yamagishi</u> 、J. Okamoto、and A. Takahashi
国際学会	7. Multimedia Quality Integration Function for Videophone Services、IEEE GLOBECOM 2007、Nov. 2007、T. Hayashi、 <u>K. Yamagishi</u> 、T. Tominaga and A. Takahashi
国際学会	8. Perceptual QoS Evaluation Model for Audiovisual Communication Services、World Telecommunications Congress 2006 (WTC' 06)、May 2006、T. Hayashi、 <u>K. Yamagishi</u> 、and Hideaki Yoshino
国際学会	9. State of the Art of Multimedia Quality Assessment Methods、ITU-T Workshop on Video and Image Coding and Applications (VICA)、July 2005、T. Hayashi and <u>K. Yamagishi</u>
国際学会	10. Analysis of psychological factors for quality assessment of interactive multimodal service、Electronic Imaging 2005、Jan. 2005、 <u>K. Yamagishi</u> and T. Hayashi
国際学会	11. A Study on Motion Compensated Prediction in DCT Domain with Multiple Mode Selection、Picture Coding Symposium、Apr. 2003、 <u>K. Yamagishi</u> 、J. Katto、and Y. Yasuda

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
特許	1. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4913893 号、2012/01/27、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	2. 品質推定方法、品質推定システム、ユーザ端末、品質管理端末およびプログラム、特許第 4914400 号、2012/01/27、 <u>山岸和久</u> 、林孝典、牛木一成
特許	3. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4861371 号、2011/11/11、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	4. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4802200 号、2011/08/12、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	5. 映像品質推定方法、装置およびプログラム、特許第 4802209 号、2011/08/12、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	6. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4796019 号、2011/08/05、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	7. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4787303 号、2011/07/22、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	8. 映像品質推定方法、装置、およびプログラム、特許第 4787210 号、2011/07/22、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	9. ネットワークコミュニケーションサービス満足度推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4745721 号、2011/05/20、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	10. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4740967 号、2011/05/13、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	11. 双方向マルチモーダルサービス品質推定装置および方法、特許第 4510583 号、2010/05/14、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	12. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4451856 号、2010/02/05、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	13. 映像品質パラメータ推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4451857 号、2010/02/05、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	14. 映像品質推定装置、方法、およびプログラム、特許第 4408120 号、2009/11/20、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	15. 双方向通信サービスシステムにおける品質推定方法および品質推定装置、特許第 4365291 号、2009/08/28、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	16. 映像品質推定装置、方法およびプログラム、特許第 4317540 号、2009/05/29、 <u>山岸和久</u> 、林孝典
特許	17. VIDEO COMMUNICATION QUALITY ESTIMATION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM, CA 2617893、2011/05/03、T. Hayashi and <u>K. Yamagishi</u>
特許	18. VIDEO COMMUNICATION QUALITY ESTIMATION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、CN ZL200680030787.X、2010/06/16、T. Hayashi and <u>K. Yamagishi</u>
特許	19. VIDEO COMMUNICATION QUALITY ESTIMATION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM、KR 0947275、2010/03/05、T. Hayashi and <u>K. Yamagishi</u>
	その他：国内大会 33 件、国内研究会 18 件、標準化寄書 38 件、NTT 紀行論文 11 件、ITU ジャーナル 10 件