

JJ-201.01

IP 電話の通話品質評価法

A Method for Speech Quality Assessment
of IP Telephony

第 5 版

2008 年 8 月 25 日制定

社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、（社）情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を（社）情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、
転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目 次

1. 用語と定義	8
2. 関連する勧告・規定など	10
3. 規定範囲	13
4. 対象ネットワークと前提条件	14
4.1 レファレンス接続系	14
4.2 接続パターン	14
5. E-Model概要	16
6. R値の評価方法	19
6.1 R値パラメータの分類と要規定項目	19
6.2 各パラメータの評価方法	21
6.2.1 音質パラメータ (qdu, Ie, Bpl, Ppl)	21
6.2.2 エコー評価法 (TELR)	24
6.2.3 遅延評価法 (T, Ta, Tr)	25
6.3 パラメータの測定条件	25
6.3.1 測定日、測定時間帯	26
6.3.2 測定サンプル時間	27
6.3.3 測定周期	28
7. R値の解釈ガイドライン	29
8. R値を補完するパラメータとその評価方法	30
8.1 遅延	30
8.2 エコー	30
8.3 音質	31
8.3.1 評価方法	31
8.3.2 R値に対応した所要受聴MOS値	33
9. インサービス品質管理	33
9.1 ダイナミックオペレーションモード (モードA)	35
9.2 スタティックオペレーションモード (モードB)	37
付録Ⅰ (参考) 欧米と日本のMOS値の違い	38
付録Ⅱ (参考) エコーリタンロスの測定法	39
付録Ⅲ (参考) パケット長とコーデックのパケット損失耐性の関係	42
付録Ⅴ (参考) レファレンス条件を基準にした評価値の変換	56
付録Ⅵ (参考) 無線LANを用いたIP電話の通話品質評価に関する留意事項	58
付録Ⅶ (参考) ソフトフォンを用いたIP電話の通話品質評価に関する留意事項	62
付録Ⅷ (参考) 相互接続環境における通話品質評価に関する留意事項	64
付録Ⅸ (参考) 広帯域IP電話サービスの通話品質評価法	66
付録Ⅹ (参考) IP電話の通話品質評価におけるNW品質値の扱いに関する留意事項	73
付録Ⅺ (参考) 参照端末を想定したIP電話の通話品質の評価例	77

参考文献	78
------------	----

<参考>

1. 国際勧告などとの関連

2. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1版	2003年4月23日	制定
第2版	2005年6月2日	・パケット長とコーデックのパケット損失耐性の適用範囲の拡充 ・無線 LAN を用いた IP 電話の通話品質評価に関する留意事項の追加 (TS-1010 仕様の盛り込み) ・ソフトフォンを用いた IP 電話の通話品質評価に関する留意事項の追加 ・相互接続環境における IP 電話の通話品質評価に関する留意事項の追加
第3版	2006年6月1日	・PESQ アプリケーションガイド (ITU-T 勧告 P.862.3) に対応したガイダンスの追加 ・ITU-T 勧告 G.107 改版に伴う記述の修正
第4版	2007年3月15日	・広帯域 IP 電話サービスの通話品質評価法の追記
第5版	2008年8月25日	・インサービス品質管理に関する記述追加 ・IP 電話の通話品質評価における NW 品質値の扱いに関する留意事項の追加

3. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTC ホームページで御覧になれます。

4. 参照している勧告、標準など

[1] ITU-T G.107 (03/2005)

The E-model, a computational model for use in transmission planning

G.107 Erratum (07/2001)

Erratum to Recommendation ITU-T G.107(07/2000).

Amendment 1: New Appendix II – Provisional impairment factor framework for wideband speech transmission (06/2006)

JT-G.107 E-model 伝送計画のための計算モデル, 2003 年 4 月

[2] ITU-T G.177 (09/1999)

Transmission planning for voiceband services over hybrid Internet/PSTN connections

[3] ETSI TR 101 329-1 (01/2002)

End-to-end Quality of Service in TIPPHON systems; Part 1: General aspects of Quality of Service (QoS)

[4] ITU-T G.109 (09/1999)

Definition of categories of speech transmission quality

[5] ITU-T P.76 (11/1988)

Determination of loudness ratings; fundamental principles

[6] ITU-T P.79 (09/1999)

Calculation of loudness ratings for telephone sets

P.79 Erratum (05/2000)

Erratum to Recommendation ITU-T P.79 (09/1999).

[7] ITU-T G.711 (11/1988)

Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies

G.711 Appendix I (09/1999)

A high quality low-complexity algorithm for packet loss concealment with G.711

[8] ITU-T G.113 (05/2002)

Transmission impairments due to speech processing

JT-G.113 音声信号処理による伝送劣化, 2003 年 4 月

[9] ITU-T P.833 (02/2001)

Methodology for derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests

[10] ITU-T P.834 (07/2002 (Pre-Published))

A methodology for the derivation of equipment impairment factors from instrumental models

[11] ITU-T P.862 (02/2001 (Pre-Published))

Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs

[12] ETSI TS 101 329-5 (11/2000)

End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part5: Quality of service (QoS) measurement methodologies

[13] ETSI TR 101 329-7 (02/2002)

End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part 7: Design guide for elements of TIPHON connection from an end-to-end speech transmission performance point of view

[14] ITU-T G.122 (03/1993)

Influence of national systems on stability and talker echo in international connections

[15] ITU-T G.131 (08/1996)

Control of talker echo

[16] ITU-T G.165 (03/1993)

Echo cancellers

JT-G.165 エコーキャンセラ, 2003 年 4 月

[17] ITU-T G.168 (04/2000)

Digital network echo cancellers

[18] ITU-T P.310 (05/2000)

Transmission characteristics for telephone-band (300-3400 Hz) digital telephones

[19] ETSI TR 101 329-6 (02/2002)

End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 6: Actual measurements of network and terminal characteristics and performance parameters in TIPHON networks and their influence on voice quality

[20] ETSI TS 101 329-2 (01/2002)

End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part2: Definition of speech Quality of Service (QoS) classes

[21] ITU-T E.500 (11/1998)

Traffic intensity measurement principles

[22] ETSI EG 201 769 (10/2000)

QoS parameter definitions and measurements; Parameters for voice telephony service required under the ONP voice telephony directive

[23] ITU-T Y.1541 (05/2002 (Pre-Published))

Network performance objectives for IP-Based services

JT-Y1541 インターネットプロトコル通信サービス –IP 性能目標, 2002 年 5 月

[24] ITU-T P.800 (08/1996)

Methods for subjective determination of transmission quality

[25] ITU-T G.114 (05/2000)
One-way transmission time

[26] ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition
Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications

[27] IEEE Std 802.11b-1999 (Supplement to ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition)
Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band

[28] IEEE Std 802.11a-1999 (Supplement to IEEE Std 802.11-1999)
Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band

[29] IEEE Std 802.11gTM-2003 [Amendment to IEEE Std 802.11TM, 1999 Edition (Reaff 2003) as amended by IEEE Stds 802.11aTM-1999, 802.11bTM-1999, 802.11bTM-1999/Cor 1-2001, and 802.11dTM-2001]
Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band

[30] ARIB STD-T71 2.0 版(06/2003)
Broadband Mobile Access Communication System (CSMA)
広帯域移動アクセスシステム (CSMA)

[31] ITU-T P.862.1 (11/2003)
Mapping function for transforming P.862 raw result scores to MOS-LQO

[32] ITU-T P.862.3 (11/2005)
Application guide for objective quality measurement based on Recommendations P.862, P.862.1 and P.862.2

[33] ITU-T P.830 (02/1996)
Subjective performance assessment of telephone-band and wideband digital codecs

[34] ITU-T Recommendation P.862.2 (11/2005)
Wideband extension to Recommendation P.862 for the assessment of wideband telephone networks and speech codecs

[35] ITU-T Recommendation P.564 (7/2006)
Conformance testing for narrowband voice over IP transmission quality assessment models

[36] IETF RFC3611 (11/2003)
RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR)

[37] ITU-T Y.1540 (12/2002)
Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters
JT-Y1540 インターネットプロトコルデータ通信サービス - IP パケット転送性能パラメータと可用性パラメータ, 2001 年 11 月

[38] ITU-T P.1010 (07/2004)
Fundamental voice transmission objectives for VoIP terminals and gateways

5. 標準作成部門

網管理専門委員会

1. 用語と定義

ACR(Absolute Category Rating)法

絶対範疇尺度法。主観評価試験において被験者に対して「非常に良い」「普通」「非常に悪い」などの絶対的なオピニオン判断を求める試験法。

Combined loss (ACOM)

エコーキャンセラに入力されたエコーの元となる信号と、エコーキャンセラによって減少させられたエコー信号とのレベル差（減衰量：単位 dB）。詳しくは、ITU-T 勧告 G.165（2.1 項）[16]、G.168（3.3 項）[17] 参照。

IP 電話

音声信号を IP パケットに変換して伝送する VoIP(Voice over IP)技術による電話サービスの総称。

IP 電話端末

IP ネットワークと接続可能な電話端末。電話機自体が IP ネットワークとのインタフェースを有する場合に加えて、VoIP-TA のようにアナログ電話機と組み合わせることにより電話端末として機能する端末を含む。

MOS(Mean Opinion Score)

予め通話品質に関する評価語に点数を割り当て、複数の被験者が受聴あるいは会話試験に基づいてオピニオン判断した結果の平均値を求めたもの。受聴試験により定義される受聴 MOS や、会話試験により定義される会話 MOS などがある。

PSTN(Public Switched Telephone Network)

既存電話網。従来の回線交換技術による加入電話網。

TCLw(Weighted Terminal Coupling Loss)

端末の送話-受話部分の音響的、電氣的、振動的結合により結合による損失量を周波数重み付けした値 (ITU-T 勧告 P.30、P.310 参照)。

VoIP-TA(Voice over IP Terminal Adapter)

IP ネットワークから提供された音声信号をアナログ電話機を接続するために必要なフォーマットに変換する、及びその逆を行う装置。

エコーキャンセラ

ITU-T 勧告 G.165（2.1 項）[16]、G.168（3.8 項）[17]に示されるような、エコー信号を減少させる仕組みの一種。

エコーリタンロス

4 線受信端から端末に入力された信号が、エコーとなって 4 線送信端から出力される時の、入力信号とエコ

一信号とのレベル差（減衰量：単位 dB）。

メディアゲートウェイ(MG)

あるネットワークから提供されたメディアを他のネットワークから要求されるフォーマットに変換するゲートウェイ装置。特に、本標準においては、IP ネットワークから提供された音声信号を PSTN から要求されるフォーマットに変換する、及びその逆を行う装置を指す。

揺らぎ吸収バッファモデル

音声パケットの到着間隔と音声の再生タイミングの差を吸収するために IP 電話装置に実装されている揺らぎ吸収バッファのバッファサイズや動作をモデル化したもの。バッファサイズには、固定サイズ、最小／最大バッファサイズ、平均サイズなどが考えられる。

CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

IEEE802.11 標準の無線 LAN において、同一の無線周波数チャネルを複数端末で共用するために適用されるアクセス制御方式であり、フレーム（パケット）の衝突を回避するために、通信端末が無線周波数チャネルの利用状況を確認した後、通信可能と判断した場合にのみ通信を開始する。

データの送信の成否については、受信側からの ACK(Acknowledgement)信号の到着有無で判断し、ACK 信号が到着しない場合にはデータ送信失敗と判断し、データの再送を行う。

背景トラヒック

評価対象とする時間に、評価対象とするトラヒックのルートと重なって流れ、評価対象トラヒックの性能・品質に影響を及ぼすトラヒックを量的、質的、方向性などの各種性質を総合的に捉えて「背景トラヒック (background traffic)」と呼ぶ。背景負荷とも呼ばれる。

ソフトフォン

PC や PDA など汎用コンピュータにインストールして使用する VoIP ソフトウェア

UNI(User Network Interface)

ネットワーク事業者設備とユーザ設備の分界点

NNI(Network Network Interface)

相互接続されるネットワーク事業者設備の分界点

参照端末

エンドエンド通話品質を評価する際に、ネットワークサービス提供事業者が参照する仮想的な端末。処理遅延、揺らぎ吸収バッファサイズ、codec 種別などの特性を参照する。

2. 関連する勧告・規定など

- [1] ITU-T G.107 (03/2005)
The E-model, a computational model for use in transmission planning
G.107 Erratum (07/2001)
Erratum to Recommendation ITU-T G.107(07/2000).
Amendment 1: New Appendix II – Provisional impairment factor framework for wideband speech transmission (06/2006)
JT-G.107 E-model 伝送計画のための計算モデル, 2003 年 4 月
- [2] ITU-T G.177 (09/1999)
Transmission planning for voiceband services over hybrid Internet/PSTN connections
- [3] ETSI TR 101 329-1 (01/2002)
End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 1: General aspects of Quality of Service (QoS)
- [4] ITU-T G.109 (09/1999)
Definition of categories of speech transmission quality
- [5] ITU-T P.76 (11/1988)
Determination of loudness ratings; fundamental principles
- [6] ITU-T P.79 (09/1999)
Calculation of loudness ratings for telephone sets
P.79 Erratum (05/2000)
Erratum to Recommendation ITU-T P.79 (09/1999).
- [7] ITU-T G.711 (11/1988)
Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies
G.711 Appendix I (09/1999)
A high quality low-complexity algorithm for packet loss concealment with G.711
- [8] ITU-T G.113 (05/2002)
Transmission impairments due to speech processing
JT-G.113 音声信号処理による伝送劣化, 2003 年 4 月
- [9] ITU-T P.833 (02/2001)
Methodology for derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests
- [10] ITU-T P.834 (07/2002 (Pre-Published))
A methodology for the derivation of equipment impairment factors from instrumental models
- [11] ITU-T P.862 (02/2001 (Pre-Published))
Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs
- [12] ETSI TS 101 329-5 (11/2000)
End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part5: Quality of service (QoS) measurement methodologies
- [13] ETSI TR 101 329-7 (02/2002)
End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part 7: Design guide for elements of TIPHON connection from an end-to-end speech transmission performance point of view
- [14] ITU-T G.122 (03/1993)
Influence of national systems on stability and talker echo in international connections
- [15] ITU-T G.131 (08/1996)
Control of talker echo
- [16] ITU-T G.165 (03/1993)
Echo cancellers
JT-G.165 エコーキャンセラ, 2003 年 4 月
- [17] ITU-T G.168 (04/2000)

Digital network echo cancellers

[18] ITU-T P.310 (05/2000)

Transmission characteristics for telephone-band (300-3400 Hz) digital telephones

[19] ETSI TR 101 329-6 (02/2002)

End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 6: Actual measurements of network and terminal characteristics and performance parameters in TIPHON networks and their influence on voice quality

[20] ETSI TS 101 329-2 (01/2002)

End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part2: Definition of speech Quality of Service (QoS) classes

[21] ITU-T E.500 (11/1998)

Traffic intensity measurement principles

[22] ETSI EG 201 769 (10/2000)

QoS parameter definitions and measurements; Parameters for voice telephony service required under the ONP voice telephony directive

[23] ITU-T Y.1541 (05/2002 (Pre-Published))

Network performance objectives for IP-Based services

JT-Y1541 インターネットプロトコル通信サービス –IP 性能目標, 2002 年 5 月

[24] ITU-T P.800 (08/1996)

Methods for subjective determination of transmission quality

[25] ITU-T G.114 (05/2000)

One-way transmission time

[26] ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition

Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications

[27] IEEE Std 802.11b-1999 (Supplement to ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition)

Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band

[28] IEEE Std 802.11a-1999 (Supplement to IEEE Std 802.11-1999)

Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band

[29] IEEE Std 802.11g™-2003 [Amendment to IEEE Std 802.11™, 1999 Edition (Reaff 2003) as amended by IEEE Std 802.11a™-1999, 802.11b™-1999, 802.11b™-1999/Cor 1-2001, and 802.11d™-2001]

Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band

[30] ARIB STD-T71 2.0 版(06/2003)

Broadband Mobile Access Communication System (CSMA)

広帯域移動アクセスシステム (CSMA)

[31] ITU-T P.862.1 (11/2003)

Mapping function for transforming P.862 raw result scores to MOS-LQO

[32] ITU-T P.862.3 (11/2005)

Application guide for objective quality measurement based on Recommendations P.862, P.862.1 and P.862.2

[33] ITU-T P.830 (02/1996)

Subjective performance assessment of telephone-band and wideband digital codecs

[34] ITU-T (11/2005)

Wideband extension to Recommendation P.862 for the assessment of wideband telephone networks and speech codecs

[35] ITU-T Recommendation P.564 (7/2006)

Conformance testing for narrowband voice over IP transmission quality assessment models

[36] IETF RFC3611 (11/2003)

RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR)

[37] ITU-T Y.1540 (12/2002)

Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters

JT-Y1540 インターネットプロトコルデータ通信サービス - I P パケット転送性能パラメータと可用性パラメータ, 2001 年 11 月

[38] ITU-T P.1010 (07/2004)

Fundamental voice transmission objectives for VoIP terminals and gateways

3. 規定範囲

本標準では、IP 電話サービスの総合品質指標として ITU-T 勧告 G.107[1]に準拠した R 値を用いることを前提として、この算出のためにサービス提供事業者が考慮すべき品質パラメータを特定し、その評価法を規定する。品質パラメータや評価法に関しては、該当する ITU-T 勧告に準拠することを基本とし、国際標準化との整合を図ることとする。

本標準ではIP電話サービスの品質に関する評価を対象とし、既存電話サービスは評価対象としていない¹。着目する品質要因は通話品質のみであり、サービス機能等の評価はもとより、接続品質や安定品質の評価は本標準の規定範囲外である。

IP 電話サービスの品質評価においては、サービス提供前の品質把握に加えて、サービス運用中の定常的な品質管理が重要であり、本標準はこれらの目的に供するものである。

本標準が対象とするIP電話サービスの端末形態は「ハンドセット」であり、音声信号の周波数帯域は300-3400Hzである²。

本標準では、R 値による品質表示を、日本の国内事情を鑑みて適切に解釈するためのガイドラインを示す。さらに、本標準では、ITU-T 勧告 G.107[1]が考慮していない品質要因がある点、R 値と主観品質の対応関係に関する検証が必ずしも十分でない点を鑑み、R 値を補完する品質パラメータ及びその評価方法も規定する。

¹ 但し、IP 電話サービスと既存電話サービスの相互接続は対象とする。

² 本標準で前提とする ITU-T 勧告 G.107 “E-model”は狭帯域(300-3400Hz)ハンドセット通話を前提としたオピニオンモデルであり、ハンズフリー端末等による通話品質評価への適用領域の拡大については ITU-T SG12 において継続的に検討中である。

4. 対象ネットワークと前提条件

4.1 レファレンス接続系

IP 電話サービスの品質評価にあたっては、評価の公平性を確保することが必要であるため、標準系、限界系と呼ぶレファレンス接続系を設定することとする。

IP 網に閉じた系や PSTN 網との相互接続を考慮し、それぞれについて以下の系を設定することが考えられる。

IP 網：IP 電話サービスを提供する IP 網において、以下の 2 種類の系

標準系：距離、ルータ段数、回線速度、トラヒック量などを考慮し、遅延やパケットロスが平均的な 2 点間

限界系：距離（例えば最遠区間、サービスエリアの対角区間など）、ルータ段数、回線速度、トラヒック量などを考慮し、遅延やパケットロスが限界値に近い 2 点間

PSTN 網との相互接続

標準系／限界系ともに、IP 網と PSTN 網との相互接続点を考慮し、上記 IP 網と同様に 2 点間を設定する。ここで PSTN 網側は、相互接続点がカバーする接続エリア内の距離を考慮した地点を端点とする。上記、標準系／限界系に対して IP 網内の 2 端末間、IP 網から PSTN 網へと相互接続された 2 端末間について品質を評価することとする。また、選定した対地が妥当である根拠を示すことが必要である。

サービス運用中に、大幅なネットワークの再編、輻輳制御の変更、GW 設備におけるコーデックの変更、等を実施する場合には、上記観点でレファレンス接続系を再定義する必要がある。

他社 IP 網との相互接続時や、PSTN 網を介しての事業者間相互接続においても同様に、端末と相互接続点間の標準系や限界系を考慮すること等で標準系／限界系を設定することとする。（相互接続環境におけるレファレンス接続系の設定方法に関する留意事項を付録Ⅷに示す。また、アクセス系に無線 LAN を用いた場合のレファレンス接続系の設定方法に関する留意事項を付録Ⅵに示す）

なお、端末の品質を規定するためのレファレンスとなる接続系は、上記の接続系が事業者依存で異なるため特に規定しない。

4.2 接続パターン

端末とネットワークの接続パターンについては、以下の 5 種が考えられる（ITU-T G.177[2] 5 章、ETSI TR 101 329-1 5 章[3]）。ここでは、IP 電話端末として I/F が IP である端末（一般電話+VoIP-TA、H.323/SIP 端末、PC ホン、メディアゲートウェイなど）を想定する。本標準では、(1)～(5)のパターンを品質の規定対象とする。

各接続パターンの品質評価にあたっては両端ユーザの評価が必要であり、また(1)については端末機種が異なる場合も想定されるため、両方向の品質を評価する。(3)のパターンは(2)と対称なため、(2)における両方向の評価に包含される。

(1) IP 電話端末 - IP 網 - IP 電話端末

(2) IP 電話端末 - IP 網 - PSTN 網 - 一般電話

(3) 一般電話 - PSTN 網 - IP 網 - IP 電話端末 : (2)と対称

(4) 一般電話 - PSTN 網 - IP 網 - PSTN 網 - 一般電話

(5) IP 電話端末 - IP 網 - PSTN 網 - IP 網 - IP 電話端末

IP 網における事業者間の相互接続を考慮すると、例えば（１）の形態については、

IP 電話端末 - 自 IP 網 - 相互接続先 IP 網 - IP 電話端末

となり、相互接続点ではルータによる IP 網接続や、メディアゲートウェイのバックトゥバック接続などとなる。これは（２）～（５）の IP 網についても同様である。

5. E-Model概要

E-Model は ITU-T 勧告 G.107[1]で規定された計算モデルである。E-Model は、ハンドセットを使用する電話サービスの会話品質に影響を与える様々なパラメータの複合効果を推定するため、伝送計画ツールとして有用である。この計算モデルの出力は R 値であり、これは通話品質評価値の一つである会話 MOS 値に対応づけられる。従って、対象とするネットワークによりサービスを提供した場合の通話品質に対するユーザの意見（満足度）をサービス提供に先立って評価することができる。

E-Model では、通話品質に影響を与える品質要因（下記参照）が、心理尺度上で相加されることを仮定しており、R 値はこれらの品質要因に対する評価値に基づいて以下のように定義される。

$$R = R_o - I_s - I_d - I_{e,eff} + A$$

ここで、各項目は次の意味をもつ。

R_o (Basic signal-to-noise ratio)：回線雑音、送/受話室内騒音、加入者線雑音による主観品質劣化

I_s (Simultaneous impairment factor)：OLR(ラウドネス)、側音、量子化歪による主観品質劣化

I_d (Delay impairment factor)：送話者エコー、受話者エコー、絶対遅延による主観品質劣化

I_{e,eff} (Equipment impairment factor)：低ビットレート符号化、パケット/セル損失などによる主観品質劣化

A (Advantage factor)：モバイル通信などの利便性が主観品質（満足度）に与える影響を補完

上記項目を計算するには次のパラメータを使用する。

略号	名称	概要	単位	範囲とデフォルト (カッコ内)
SLR	Send Loudness Rating	電話機を含めた送話ラウドネスを表す。値が小さいほど音量は大きい。	dB	0 ... +18 (+8)
RLR	Receive Loudness Rating	電話機を含めた受話ラウドネスを表す。値が小さいほど音量は大きい。	dB	-5 ... +14 (+2)
STMR	Sidetone Masking Rating	電話機の送話側音量を表す。値が小さいほど側音は大きい。	dB	10 ... 20 (15)
LSTR	Listener Sidetone Rating	電話機の受話側音量を表す。値が小さいほど側音は大きい。	dB	13 ... 23 (18)
Ds	D-Value of Telephone, Send Side	送話側電話機の D ファクタ。受話側音と送話側音に対する感度差。		-3 ... +3 (3)
Dr	D-Value of Telephone Receive Side	受話側電話機の D ファクタ。受話側音と送話側音に対する感度差。		-3 ... +3 (3)
TELR	Talker Echo Loudness Rating	送話者エコー経路のラウドネスを表す。	dB	5 ... 65 (65)
WEPL	Weighted Echo Path Loss	受話者エコー経路のラウドネスを	dB	5 ... 110 (110)

		表す。		
T	Mean one-way Delay of the Echo Path	エコー経路の平均片道遅延	msec	0 ... 500 (0)
Tr	Round Trip Delay of the Echo Path	4 線ループ区間の往復伝送遅延	msec	0 ... 1000 (0)
Ta	Absolute Delay in echo-free Connections	エンド・エンド片道遅延	msec	0 ... 500 (0)
qdu	Number of Quantization Distortion Units	PCM 系コーデックの量子化歪単位。64kbps PCM コーデック 1 段で 1qdu の歪量		1 ... 14 (1)
Ie	Equipment Impairment Factor	低ビットレートコーデックによる符号化歪主観品質劣化。		0 ... 40 (0)
Bpl	Packet-loss Robustness Factor	コーデックのパケット損失耐性をあらわす係数		1 ... 40 (1)
Ppl	Random Packet-loss Probability	ランダムパケット損失率	%	0 ... 20 (0)
BurstR	Burst Ratio	パケット損失パタンのバースト性		1 ... 2 (1)
Nc	Circuit Noise referred to 0 dBr-point	回線雑音量	dBm0p	-80 ... -40 (-70)
Nfor	Noise Floor at the Receive Side	加入者線への誘導雑音量	dBmp	TBD (-64)
Ps	Room Noise at the Send Side	送話側の室内騒音量	dB(A)	35 ... 85 (35)
Pr	Room Noise at the Receive Side	受話側の室内騒音量	dB(A)	35 ... 85 (35)
A	Advantage Factor	利便性などによるユーザ評価向上を見込む補正項。暫定的値が G.107 のテーブルに例として記述されている。		0 ... 20 (0)

上記パラメータを図で示すと以下の通り。(G.107[1]より転載)

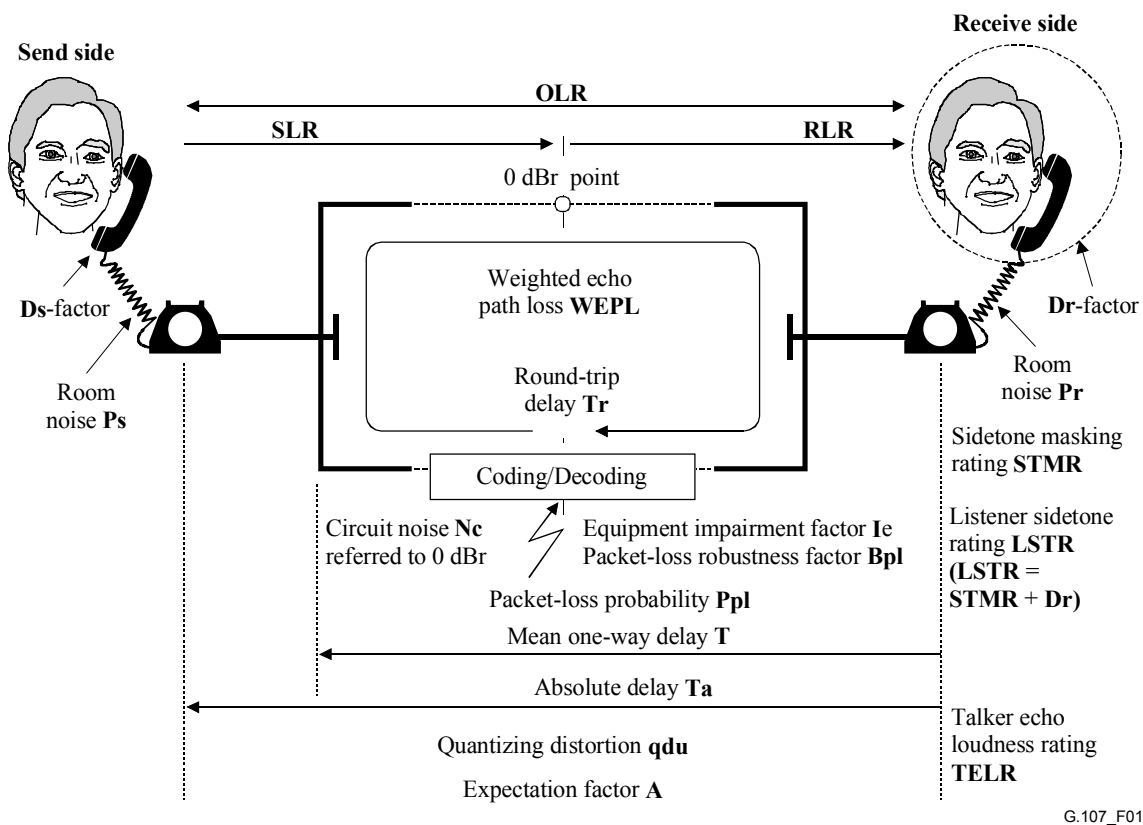


図 5 - 1 / JJ-201.01 <E-Model のパラメータ>

(ITU-T G.107)

また、G.109[4]では次のように音声伝送品質のカテゴリ定義がなされている。

表 5 - 1 / JJ-201.01 <音声伝送品質のカテゴリ>

(ITU-T G.109)

R 値範囲	音声伝送品質カテゴリ	ユーザ満足度
$90 \leq R < 100$	Best	Very satisfied
$80 \leq R < 90$	High	Satisfied
$70 \leq R < 80$	Medium	Some users dissatisfied
$60 \leq R < 70$	Low	Many users dissatisfied
$50 \leq R < 60$	Poor	Nearly all users dissatisfied

6. R値の評価方法

6.1 R値パラメータの分類と要規定項目

E-model には入力パラメータが 21 あるが、これらは以下の通り分類できる：

- A) アナログ伝送における通話品質パラメータなど、現在は影響がないと解釈
 - $N_c = -70\text{dBm0p}$, $N_{for} = -64\text{dBm0p}$, $WEPL = 110\text{dB}$
- B) 適用指針が不明確であり、現時点では適用が不適切
 - $A = 0$, $BurstR = 1$
- C) 環境要因であり、制御不可能であるため、特定の環境を想定
 - $P_s = P_r = 35\text{dB(A)}$
- D) 端末の設計パラメータであり、標準的特性を想定³
 - $SLR = 8\text{dB}$, $RLR = 2\text{dB}$, $STMR = 15\text{dB}$, $LSTR = 18\text{dB}$, $Dr = Ds = 3$, $TELR$ (端末エコー) $= 65\text{dB}$
- E) IP 電話サービスの設計パラメータであり、R 値導出の際に評価が必要
 - 音質: q_{du} , I_e , B_{pl} , P_{pl}
 - エコー: $TELR$ (PSTN エコー)
 - 遅延: T , T_a , T_r

項目 A から C については、全ての評価において共通的に用いるパラメータ値 (ITU-T 勧告 G.107[1]におけるデフォルト値)を示している。

項目 D は、標準的なハンドセット端末の特性を表すパラメータであり、端末機器 (アナログ電話機を IP 網に接続するための VoIP-TA を含む) を提供する際には上記のような特性 (ITU-T 勧告 G.107[1]におけるデフォルト値)を実現することが望まれる。

音量設計は既存電話網及び他の IP 電話網との相互接続における過大/過小音量を回避するためにも重要なパラメータであり⁴、これらのパラメータの評価法は ITU-T 勧告 P.76[5]及び P.79[6]に規定されている。

エコー品質パラメータである $TELR$ は、IP 電話端末において生じるエコーを表現する場合と、PSTN との相互接続時に既存電話網の加入者交換機において生じるエコーを表現する場合の 2 通りがある。前者については項目 D に含まれるが、後者についてはネットワークの設計パラメータであり、項目 E に含まれる。

項目 D で想定している $TELR = 65\text{dB}$ は、特に 2W/4W 変換を含む VoIP-TA タイプの端末においては、エコーキャンセラなどのエコー制御機構を備えていなければ実現困難な値である点に注意が必要である。

項目 E は、本標準で評価法を規定するパラメータである。

³本標準ではハンドセットタイプの電話端末 (VoIP ゲートウェイとアナログ電話端末の組み合わせを含む) を想定しており、ハンズフリー端末、PC+ラウドスピーカ・マイクロフォンなどの端末を接続した場合の品質は評価対象外である。E-model のこれら端末への適用は、現在 ITU-T SG12 において検討中である。なお、ハンドセットあるいはヘッドセットを用いたソフトフォンは評価対象である。これらの場合の通話品質を評価する際の留意事項を付録Ⅷに示す。

⁴ ネットワーク区間における音量損失/利得はないものと想定している。

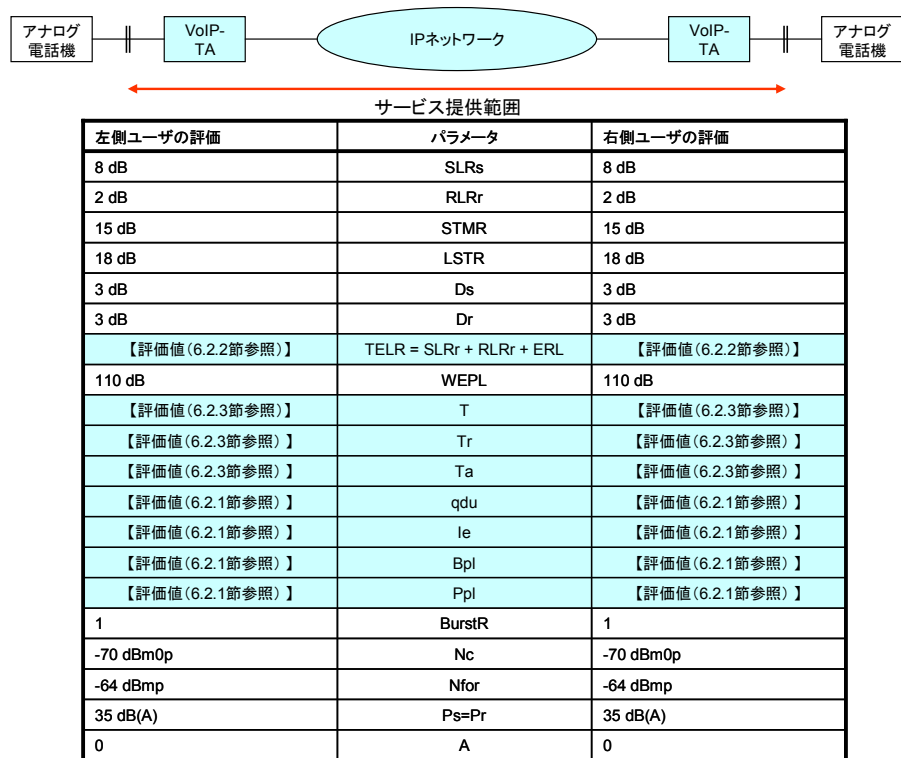


図 6 - 1 / JJ-201.01 <パラメータの設定例 (VoIP-TA ユーザ同士の通話の場合) >

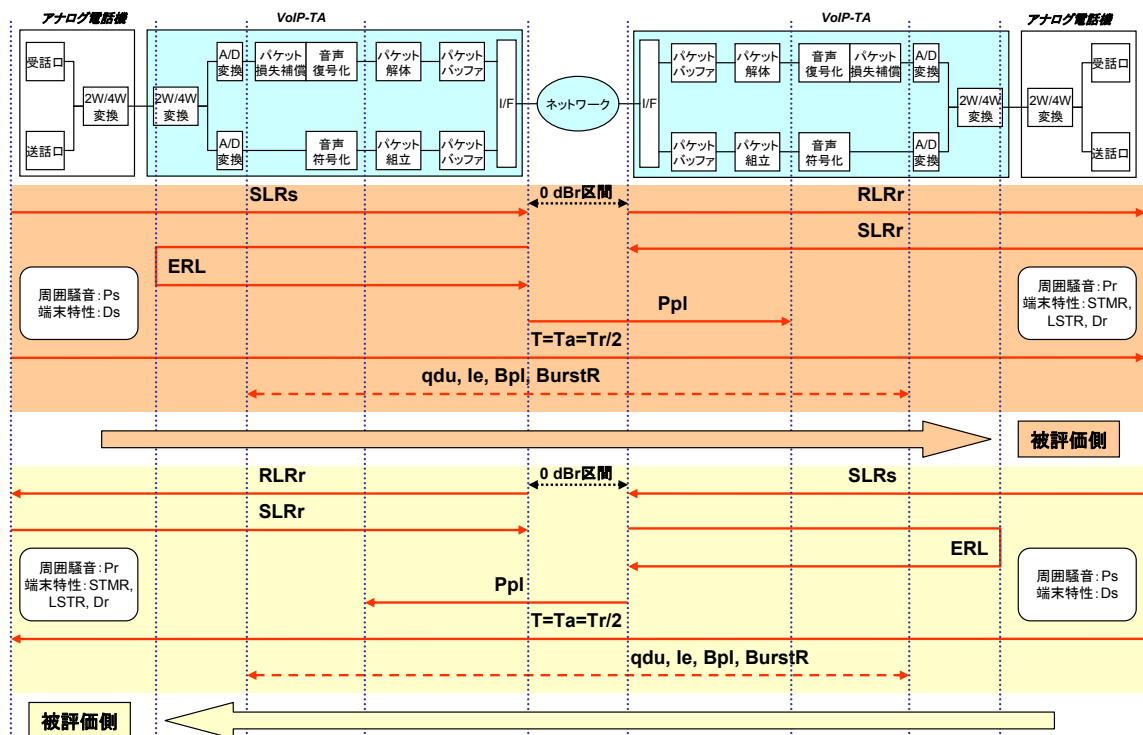


図 6 - 2 / JJ-201.01 <主要な R 値パラメータの規定点(VoIP-TA ユーザ同士の通話の場合)>

6.2 各パラメータの評価方法

図6-1に、VoIP-TA ユーザ同士の通話を例に、パラメータの設定の考え方を示す。また、このときの主要なパラメータ規定点を図6-2に示す。

以下、項目Eのパラメータ評価法について述べる。

6.2.1 音質パラメータ (qdu, Ie, Bpl, Ppl)

音質を支配する要因には、音声符号化による符号化歪、ネットワークにおけるパケット損失、パケット到着揺らぎ吸収バッファにおけるパケット損失が挙げられる。E-modelにおいては、符号化歪はIe値によって、パケット損失は当該CODECのパケット損失耐性(Bpl)とパケット損失率(Ppl)によって表現される（但し、ITU-T勧告G.711[7]によるPCM符号化歪だけはIeではなく、qduとして扱われる⁵⁾）。

CODEC の Ie 値及び Bpl 値を決定する方法には以下の3通りが ITU-T において標準化されている：

- A) ITU-T 勧告 G.113 Appendix I[8]に示される、符号化方式に対応して予め主観評価試験により求められた Ie 値及び Bpl 値を用いる方法
- B) ITU-T 勧告 P.833[9]に規定される方法に準じて、主観評価試験から Ie 値及び Bpl 値を決定する方法
- C) ITU-T 勧告 P.834[10]に規定される方法に準じて、客観評価試験(例えば、ITU-T 勧告 P.862[11])から Ie 値及び Bpl 値を決定する方法

方法 B、C は、新たな符号化方式について方法 A のデータを充実する目的で勧告化されたもので、ラボ環境でのフルデジタル処理による音声信号を対象とした主観／客観評価に基づいて当該 CODEC の Ie 値及び Bpl 値を求める方法であり、実系を介して収録した音声サンプルから Ie 値及び Bpl 値を求めることはできない。

ここで、方法 C は ITU-T 勧告上パケット損失による品質劣化の定量化には適用しないこととなっており、当該劣化を独自に定量化するためには ITU-T 勧告 P.833[9]に準拠した主観評価（方法 B）が必要となる点に注意が必要である。

従って、本標準では、方法A（勧告G.113 Appendix I[8]のデータベース方式）を基本とし、必要なデータが提供されていない場合は当該 CODECのIe値及びBpl値を勧告P.833[9]あるいは勧告P.834[10]に従って導出することとする⁶⁾。

勧告G.113 Appendix Iに提供されるBpl値は、特定のパケット長（G.729A：20 バイト，G.723.1（6.3kb/sモード）：24 バイト，G.711/G.711PLC：80 バイト）を想定して決定されているが、G.729Aでは20～100 バイト、G.723.1（6.3kb/sモード）では24～96 バイト、G.711PLCでは80～320 バイトの範囲で適用可能とする⁷⁾。

⁵⁾ qdu は PCM 量子化段数であるため、規定点間に含まれる PCM コーデック (ITU-T 勧告 G.711[7]) の数で定義され、測定に基づいて決定する値ではなく、機器構成により決定する値である。E-model における qdu 値の最小値は1である。

⁶⁾ 勧告 G.113 Appendix I[8]に記載されている Bpl 値は、パケット損失パターンとしてランダム損失を想定している。勧告 G.107[1]では、バースト損失を想定した場合には BurstR 値を 1（ランダム）～2 の間で変化させてバースト性に起因する品質劣化を反映することとしているが、その妥当性については更なる検証が必要であるとの判断から、本標準では常にランダムパケット損失を想定した評価を行うこととする。

⁷⁾ 根拠を付録Ⅲに示す

4.2 節に示した各接続形態における相互接続品質評価において、方法 A を用いて評価可能な条件と評価の考え方は以下の通りである：

(1) IP 電話端末 - IP 網 - IP 電話端末

本接続形態においては、片道音声伝送における符・復号化処理は 1 回であり、中継部分の IP 網は複数の事業者に跨る場合もあるが、この際に音声の符・復号化処理は伴わないこととする。この場合には、用いられる音声 CODEC に応じて I_e , B_{pl} を決定する。エンドエンドパケット損失率 P_{pl} は、各 IP 網区間におけるパケット損失が独立であると仮定し、計算する。一例として、(IP 電話端末を含めた) 区間 A と (IP 電話端末を含めた) 区間 B に分割して評価する場合、各区間におけるパケット損失率が $p\%$ 、 $q\%$ としてエンドエンドのパケット損失率 P_{pl} は $p+q-p*q/100$ である。 q_{du} 値は E-model への最小入力値である” 1 ” とする。

(2) IP 電話端末 - IP 網 - PSTN 網 - 一般電話

(3) 一般電話 - PSTN 網 - IP 網 - IP 電話端末 : (2) と対称

(4) 一般電話 - PSTN 網 - IP 網 - PSTN 網 - 一般電話

IP 区間の I_e , B_{pl} , P_{pl} の決定法は上記(1)に準拠する。PSTN 網が用いている音声 CODEC は G.711 であり、音質劣化は $q_{du}=1$ とすることで考慮できる。

(5) IP 電話端末 - IP 網 - PSTN 網 - IP 網 - IP 電話端末

当接続形態については表 6-1 に示す評価条件についてのみ評価可能とする⁸。IP 区間の I_e , B_{pl} , P_{pl} の決定法は上記(1)に準拠する。PSTN 網が用いている音声 CODEC は G.711 であり、音質劣化は $q_{du}=1$ とすることで考慮できる。

⁸低ビットレート CODEC (例えば, G.729 と G.723.1) のタンデム接続による符号化劣化量(I_e)を各 CODEC の I_e 値の和で表現する方法, 及び復号化処理を介した複数区間がパケット損失を被った場合の劣化を各区間の $I_{e,eff}$ 値の和で表現する方法については, ITU-T 勧告 G.107 Annex A において「評価が悲観的になる傾向がある」などの問題点が指摘されており, このような評価手法を推奨しない。

IP区間A		PSTN区間	IP区間B	
CODEC	PLR	CODEC	CODEC	PLR
G.711 or G.711PLC	0%	G.711	G.711	0 - 20%
			G.711PLC	0 - 20%
			G.729	0 - 20%
			G.723.1@6.3kb/s	0 - 20%
			GSM-EFR	0 - 20%
G.711 or G.711PLC	0 - 20%		G.711 or G.711PLC	0 - 20%

次に、パケット損失率の定義と評価方法について述べる。

パケット損失率(Ppl)は

$$Ppl = 100 * (\text{送信パケット数} - \text{受信パケット数}) / \text{送信パケット数}$$

で定義される。ここで注意すべき点は、受信側パケット到着揺らぎ吸収バッファにおけるパケット損失も加味する必要があるという点である⁹。つまり、

$$Ppl = \text{ネットワークパケット損失率}(Ppl_N) + \text{揺らぎ吸収バッファにおけるパケット損失率}(Ppl_B)$$

となる。

ネットワークパケット損失率(Ppl_N)は、

$$Ppl_N = 100 * (\text{NW に送信されたパケット数} - \text{NW から受信したパケット数}) / \text{NW に送信されたパケット数}$$

であり、ネットワーク上のパケット数をカウントして算出する。

カウント対象とするパケットについては、i)利用する IP 電話端末/MG が生成するパケット、ii)利用する IP 電話端末/MG が生成するパケットを擬似 (RTP/UDP などのプロトコル、TOS 設定の有無、パケットサイズ、パケット生成間隔などを考慮) したものとする (詳細は文献[ETSI TS 101 329-5, Annex C[12]]参照)。

揺らぎ吸収バッファにおけるパケット損失率(Ppl_B)は、

$$Ppl_B = 100 * (\text{NW から受信したパケット数} - \text{揺らぎ吸収バッファ以降で受信されたパケット数}) / \text{NW に送信されたパケット数}$$

$$= 100 * \text{揺らぎ吸収バッファで廃棄されたパケット数} / \text{NW に送信されたパケット数}$$

と定義され、それぞれのパケット数をカウントして算出する。

揺らぎ吸収バッファで廃棄されたパケット数は、i)IP電話端末/MGのカウント値から算出、あるいはii)NWで受信されたパケットの到着間隔と揺らぎ吸収バッファモデルから推定¹⁰することとする。

特定の揺らぎ吸収バッファを想定できない場合には、文献[ETSI TR 101 329-7 [13]]に記載されているモデル

⁹受信側パケット到着揺らぎ吸収バッファにおけるバッファオーバーフローを測定するための標準的手法はない。従って、G.113 Appendix I[8]を用いてI_{eff}値を決定する際には、VoIPゲートウェイ装置のバッファ設計とネットワークのパケット到着揺らぎ特性からバッファオーバーフローを推定する、あるいはVoIPゲートウェイ装置のログによりバッファオーバーフローを決定するなどの配慮が必要である。

¹⁰ 例えば、文献[101]などの検討がある。

を用いることとする。

6.2.2 エコー評価法 (TELR)

TELR は以下の式で定義される。

$$\text{TELR} = \text{SLR}_r + \text{ERL} + \text{RLR}_r$$

ここで、 SLR_r 及び RLR_r は受話側（被評価側）のSLR及びRLRを表す。ERL(Echo Return Loss)はITU-T 勧告G.122[14]に規定されるエコーロスを意味する¹¹。

本標準では、6.1 節に記した通り、IP電話端末において生じるエコーについては理想的な値（TELR=65dB、つまり ERL=55 dB）を想定する¹²。本項では、既存電話網との相互接続時の評価において既存電話網側のエコー特性¹³を評価する際に用いるTELR値について述べる。

既存電話網との接続に際しては、加入者交換機のERLが平均 20dB¹⁴である点、加入者交換機の実話側に 8dB の損失が挿入されている点を考慮し、IP電話側のSLR及びRLRから以下の式でTELRを計算する。

$$\text{TELR} = \text{SLR} + 8\text{dB}(\text{加入者交換機受話損失}) + 20\text{dB}(\text{ERL}) + \text{RLR} = 38\text{dB}$$

従って、既存電話網との相互接続時の IP 電話端末側の通話品質評価においては、既存電話網側のエコーに対応したエコーキャンセラ等のエコー対策がなされていない場合には、TELR=38dBを用いることとする。ITU-T勧告G.131[15]においては、エコー経路の片道遅延時間に対応した所要TELR値を勧告しており、これによるとTELR=38 dBを想定した場合にエコー品質の観点から許容される遅延時間は約 40msecである。つまり、音声符号化やパケット化・揺らぎ吸収バッファに必要な処理遅延時間を考慮すると、ほとんどのIP電話サービスにおいて、既存電話網との相互接続時には、IP網側に既存電話網側のエコーに対応したエコーキャンセラの挿入が必要である¹⁵。

既存電話網との相互接続を実現するためのメディアゲートウェイ等において、既存電話網側のエコーに対応したエコーキャンセラ等のエコー制御機構が施されている場合¹⁶には、このエコー消去特性をTELRに加味する必要がある。エコーキャンセラの特性測定法に関してはITU-T勧告G.165[16]、G.168[17]がある。但し、エコーキャンセラの特性測定が困難である場合には、暫定的にTELR値として 65dBを用いることとする。

¹¹ 2W/4W 変換を含まない 4W 電話機等においても、受話口と送話口の音響結合などによりエコーが生じる。これによるエコー量は TCLw(weighted Terminal Coupling Loss)により定量化される (ITU-T 勧告 P.310[18]) が、IP 電話品質評価においていかに TCLw を考慮するかについては今後の検討課題とする。

¹² IP 電話端末のエコー特性(ERL)測定法に関しては現在 ITU-T や CIAJ において標準化を検討中である。

¹³ このエコーの影響を受けるのは IP 電話端末側のユーザである。

¹⁴ 既存電話網の加入者交換機に 800 型アナログ電話機を接続した場合の値であり、文献[102]に記述されているもの。文献[102]以外の事業者との相互接続においては当該事業者に対応した特性を用いる必要がある。

¹⁵ 既存電話網の伝播遅延時間に関しては参考値が文献[102]に記述されている。文献[102]以外の事業者との相互接続においては当該事業者に対応した特性を用いる必要がある。

¹⁶ 既存電話網側にエコーキャンセラが適用されている場合には、エコーキャンセラがタンデムに接続されることによる品質劣化の恐れがある点に注意が必要である (ITU-T 勧告 G.168[17]の I.6.4 参照)。タンデム接続時のエコーキャンセラの動作性能に関しては ITU-T にて検討中である。IP 電話ネットワークの相互接続においてもその通話経路上（端末を含む）にエコーキャンセラがタンデムに接続される可能性があり、既存電話網との相互接続同様、エコー品質設計に際しては注意が必要である。

6.2.3 遅延評価法 (T, Ta, Tr)

遅延時間の測定に際しては、揺らぎ吸収バッファ長及び音声パケット長をサービス提供時の設定にあわせることが重要である。

Ta は送信側送話口から受信側受話口までの音声伝送遅延時間である。厳密には、T は送信側送話口と遠端の 2W/4W 変換点間で、Tr は近端と遠端の 2W/4W 変換点間で定義されるが、2W/4W 変換点から 2W 側に接続された端末までの伝送遅延時間が十分短いと想定できる場合には、両パラメータを Ta の測定結果から以下の式で定義することとする。

$$T = Tr/2 = Ta$$

Ta は、エンドエンドの片道遅延時間を測定した結果で決定する、あるいはエンドエンドの往復遅延時間を測定した結果の 1/2 により決定することとする。

端末までエンドエンドでサービスを提供する場合には、利用する IP 電話端末/MG を用いて Ta を実測する。測定に用いる信号については、文献[ETSI TS 101 329-5, Annex B[12]]を参照。また遅延測定例については文献[ETSI TR 101 329-6, Section 5.4[19]]参照のこと。

端末を提供しないネットワークサービスとして提供する場合は、ネットワークにおけるパケット転送遅延を測定し、標準端末特性を加味してエンドエンド遅延を推定する（文献[ETSI TR 101 329-7[13]]参照）。

6.3 パラメータの測定条件

本節では、6.1 節 E 項に示した R 値パラメータのうち時間的および空間的な変動要素のあるパケット損失率とエンドエンド遅延に関する測定条件を規定する。IP 網においては、一定の品質を保つことが困難であり、その特性は固定電話網と比較して変動が大きいため、平均特性のみで評価することは適切ではない。したがって、ここでは[TIPHON TS 101 329-2 4 章[20]]の規定に従い、『95%確率で品質を保証するための考え方』も合わせて示す。

図 6-3 にエンドエンド遅延の測定サンプルを例示する。測定値は、端末間距離やルータ段数等による空間的な変動要素と、測定日時による時間的な変動要素により、同図のサンプル空間上に分布する。95%確率で品質を保証するためには、例示した全サンプル空間に渡る測定を実施することが本来望ましいが、測定のための稼働などから現実的ではない。特に、空間的な変動要素（図中の横軸）全般に渡りサンプルを測定することは困難である。

そこで、空間的な変動要素に対しては、標準系、限界系のサンプル測定とし、時間的な変動要素の観点から平均特性および 95%値を規定することとする。ここで、限界系における時間的な変動要素は、IP 網全体の変動要因の影響を受けるため、その分散が大きくなる（分布の裾が長くなる）ことが想定される。このため、限界系における 95%値を統計的に有意な値とするためには、数多くのサンプル測定が必要となる。

以上より、95%値算出には標準系の測定データを用いることとする¹⁷。なお、最悪値の参考値として限界系の平均特性または分布特性を評価することが望ましい。

¹⁷ 限界系における 95%値で有意な値が測定可能な場合については、これを用いても良い。

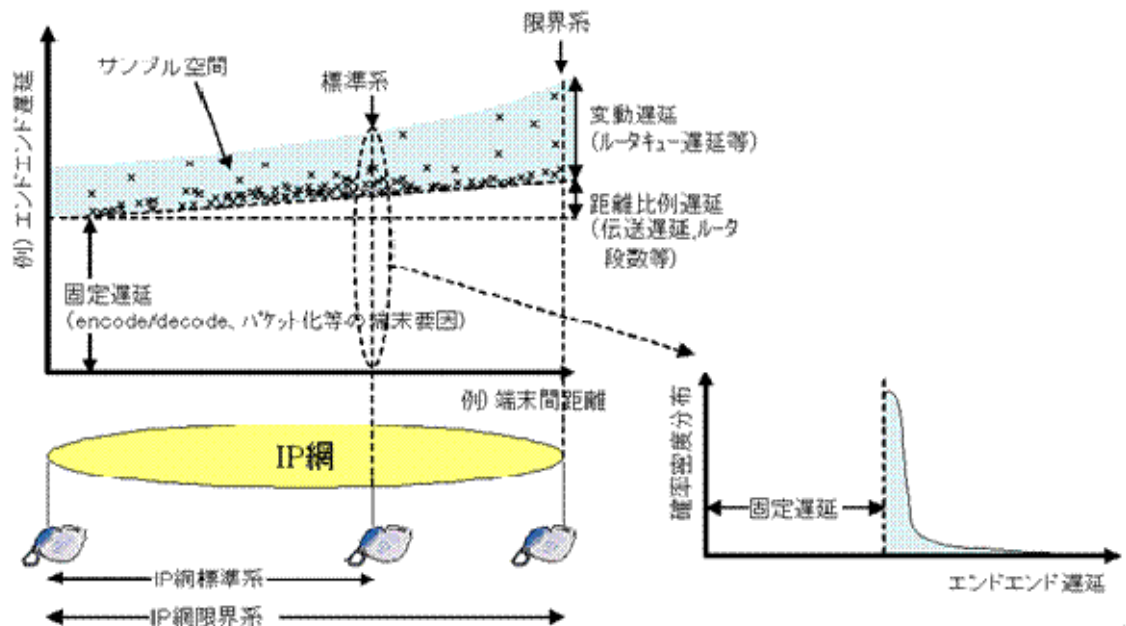


図 6 - 3 / JJ-201.01 <エンドエンド遅延の測定サンプル>

PSTN 網と相互接続する際のエンドエンドのレファレンス系については、例えば文献[102]などに示されている情報を用いて PSTN 網内の標準系／限界系の端点から相互接続点までの距離に対応する遅延時間を求め、これと IP 網内の標準系／限界系の端点から相互接続点までの区間に対する測定データとの和により標準系、限界系の遅延時間を見積もる。

他社 IP 網との相互接続においては、エンドエンドのレファレンス接続系を設定し、端末から相互接続点までの測定条件を合わせた上で、両者の評価結果を統合してエンドエンドの端末間のパラメータ値を決定する。

6.3.1 測定日、測定時間帯

例えば電話サービスの通話トラヒックは、以下の主たる変動要素が考えられる。

- 1) 評価日による違い（例えば休日と平日）
- 2) 1 日における通話時間帯による違い
- 3) 住宅用サービスまたは事務用サービスの違い

これらの通話トラヒック変動要素により、IP 網における音声/音声帯域信号転送用パケットトラヒックが変動し、パケット転送遅延、転送間隔ジッタ、さらにはパケット損失といった、IP 網における各種伝送パラメータ量の変動を引き起こす。これらのパラメータ量変動は、いずれも IP 電話サービスの音声品質に少なからず影響を与える。

これらの要因を考慮し、測定日と測定時間帯を選定する。

評価日の選定（ITU-T 勧告 E.500 5.2.3 章[21]など参照）：

電話や IP 網のトラヒックの変動を考慮し評価日を選定することとする。

時間帯の選定：

トラヒック状況の時間変動を考慮し、24 時間に渡った代表値を測定する。例えば、

- ・ 24 時間全ての測定

- ・トラフィック量が大小などの時間帯について 1～2 時間程度サンプル測定
当時間帯の選定根拠（例えば 24 時間のトラフィック変動特性など）が必要
→ITU-T 勧告 E.500[21], ETSI EG 201 769[22]などを参照に測定条件を明示

上記の選定例を踏まえ、適切な評価日、評価時間を選定し、その妥当性を明示することとする。

なお、サービス運用中の評価に関しては、特に再評価を行う周期は定めないが、定期的にトラフィック特性を分析し、上記観点で測定日、測定時間帯を適宜見直す必要がある。

6.3.2 測定サンプル時間

測定サンプル時間は、評価パラメータの特性、電話の保留時間、監視周期などを考慮する必要がある。

IP 電話を考慮した評価サンプル時間は暫定的に 1 分とするが、おおむね 1～10 分程度であることが望ましい（ITU-T 勧告 Y.1541[23] 5.3.2 項参照）。用いた評価サンプル時間（x 分測定、x 秒測定 など）については明示することとする。

・パケット損失率

前述の評価サンプル時間におけるパケット損失率

例えばパケット送信間隔 20ms(50pps)で 1 分(60sec)評価した際のパケット損失率は、

$$\begin{aligned}\text{パケット損失率} &= 100 * (\text{送信パケット数} - \text{受信パケット数}) / \text{送信パケット数} \\ &= 100 * (50 * 60 - \text{受信パケット数}) / (50 * 60)\end{aligned}$$

・エンドエンド遅延

評価サンプル時間 1 分間におけるエンドエンド遅延とは、1 分間にサンプル測定した遅延の平均値である。

例えば、

- ・ 数秒の音源を送出して受信音と比較し、最も相関が高い遅延時間を測定値とする方法
- ・ パケット毎のネットワーク転送遅延に符号化遅延などの想定される遅延（実測値、設計値、標準端末特性値など）を加えた値をエンドエンド遅延とし平均値を算出する方法などがある。

上記を踏まえ、適切な評価サンプル時間を選定し、その妥当性を明示することが必要である。

6.3.3 測定周期

評価周期、評価サンプル数は、それぞれの変動パラメータの特性を反映したものである必要がある。

- ・測定周期

例えば定間隔、ランダム間隔など適切な周期を選定

- ・評価サンプル数

測定値の平均や分散、測定値に求める精度などから、測定すべきサンプル数を決定する（ETSI EG 201 769 Annex D[22]など参照）。

- ・評価指標

平均値、95%値などの評価指標を選定

（測定サンプルから 95%値を求める方法は、ETSI EG 201 769 Annex B[22]など参照）

上記を踏まえ、適切な測定周期、サンプル数を選定し、その妥当性を明示することが必要である。

7. R値の解釈ガイドライン

通話品質評価の基本は、人間が評価対象系を介して会話をした際に感じる品質（主観品質）であり、その評価法は ITU-T 勧告 P.800 Annex A[24]に規定される会話オピニオン評価である。会話オピニオン評価によって得られる評価値は MOS 値（特に、後述する受聴 MOS 値と区別するために会話 MOS 値と呼ぶことがある）であり、1～5 の範囲で定義される。

一方、E-modelが与えるR値は、0～100 の範囲で与えられ¹⁸、ITU-T勧告G.107 Annex B[1]ではR値と会話MOS値の対応関係を提示している¹⁹。

しかし、一般に欧米と日本のMOS値は直接比較できない²⁰ことが知られており、上記対応関係を用いて得られるMOS値を日本国内における評価として捉えるのは問題である。

本標準では、欧米のMOS値(MOSw)を日本のMOS値(MOSj)に整合させるために、以下の変換を施すこととする²¹。

$$\text{MOSj} = 0.8681 * \text{MOSw} + 0.0271$$

一般に、R 値=80 に対応する MOSj=3.5 は「90%の人が（日常電話を利用する立場から）当該品質は普通以上である」と判断、R 値=70 に対応する MOSj=3.1 は「80%の人が当該品質は普通以上である」と判断、R 値=50 に対応する MOSj=2.3 は「40%の人が当該品質は普通以上である」と判断する品質であると言われている[103]（オピニオン評価の評価語については ITU-T 勧告 P.800[24]参照）。

¹⁸ アルゴリズム上は負の値もととり得る。また、最大値は 93.2 である。

¹⁹ ITU-T 勧告 G.107[1]に記述されている通り、プランニングツールである E-model は厳密な意味での MOS 値を推定可能なわけではない。E-model と実測 MOS 値の対応関係に関する問題点は ITU-T 勧告 G.107[1]等に記述されており、この点を十分理解する必要がある。

²⁰ 同一評価条件であっても、言語の違いに起因する音声特徴量の違いが低ビットレート符号化等による音質劣化に影響を与えること、オピニオン評価における評価語の意味が言語によって微妙に異なること、国民性の違いにより各評価語への投票傾向が異なることなどが原因として考えられる。

²¹ 本変換式の根拠データを付録 I に示す。

8. R値を補完するパラメータとその評価方法

ITU-T 勧告 G.107[1]は、当初回線交換技術に基づいた電話サービスを対象に開発されたモデルであり、昨今の IP 電話の普及に伴い、E-model に IP 電話品質要因（主にパケット損失による品質劣化）を取り込む検討が行われている状況である。従って、E-model では評価できない品質要因も存在する。

例えば、パケット損失のバースト性が通話品質に与える影響は **BurstR** というパラメータを変化させることにより反映可能としているが、6.2.1 項に記述した通り、その妥当性については更なる検証が必要であるとの判断から、本標準ではバーストパケット損失が品質に与える影響の評価は R 値による評価の適用範囲外としている。

また、ITU-T 勧告 G.107[1]は音質に関わる品質劣化を、コーデックとそのパケット損失耐性、及びエンドエンドのパケット損失率で規定しており、同じコーデックを用いた場合には常に同じ評価値となる。しかし、一般に IP 電話品質には機器の実装に依存したばらつきがあり、評価の厳密性・公平性という観点からはこの点を考慮する必要がある。

さらに、ITU-T 勧告 G.107[1]による主観品質推定精度に関しての検証は必ずしも十分ではなく、特に、音質・遅延・エコーなどの劣化の相加則についての定量的な検討例は少ない。従って、算出された R 値に基づいて IP 電話サービスを評価した結果が必ずしもユーザが享受する品質と対応しない恐れもある。

上記のような点を考慮すると、E-model による総合通話品質指標（R 値）を補完する意味で、個別の品質要因に対する評価を行うことが望ましい。

考慮すべき主な品質要因は「遅延」「エコー」「音質」であり、本章では、これらの品質要因に対する評価の必要性について記述する。通話品質は端末を含めたエンドエンドで評価することが基本であり、特定の端末を想定したサービス提供にあたっては端末特性まで含めた評価が重要である。

8.1 遅延

遅延は本標準 6.2.2 項に示す方法で測定でき、得られた結果が主観品質に与える影響については ITU-T 勧告 G.114[25]に示されている。

8.2 エコー

エコーによる品質劣化はエコー経路の音量（TEL_R）及びエコー経路の遅延時間（2*T）に依存する。つまり、同じ TEL_R であっても、T が十分短ければエコーは電話機側音と同様に感じられ妨害感は少ないが、T が長くなるに従いエコーとして知覚されるようになり妨害感が増す。

TEL_R の算出に必要なエコーリターンロス(ERL)の評価法は ITU-T 勧告 G.122[14]に規定されているが、IP インタフェースを有する端末のエコーリターンロスの具体的な測定法は ITU-T において検討中である。IP インタフェースを有する端末のエコーリターンロスの測定法について付録Ⅱに参考情報を掲載する。

TEL_Rと片道伝送遅延時間(T)をパラメータとした主観評価試験結果に基づいて、Tに対応した所要TEL_R（平均値）を求めた例がITU-T勧告G.131(Figure 1/G.131)[15]に示されている²²。ITU-Tは当該勧告の“許容

²² ここでは、TEL_R の標準偏差を電話交換機を対象とした測定データから決定している。今後は、VoIP-TA における TEL_R の標準偏差について実態値を把握した上で、適切な値の設定が必要である。

(Acceptable)特性²³⁾の適用を推奨している。つまり、TELR値が、片道伝送遅延時間(T)を上述の“許容特性”に照らして導出される所要TELR値以上であることが望ましい。所要TELR値を満足できない場合には、エコーキャンセラを適用するなどの対応が必要である²⁴⁾。

8.3 音質

方式の実装依存性やパケット損失パターンの影響を含めた実サービス品質をチェックする観点からは、実系に対する主観／客観評価試験のいずれかを実施し、受聴 MOS 値（音声を受聴したときの音質にのみ着目した評価を受聴オピニオン試験とよび、これにより得られる MOS 値を、会話 MOS 値に対して受聴 MOS 値と呼ぶ）を求めることが望ましい。

8.3.1 評価方法

以下の評価の規定点は、6 章に示した Ie 規定点に準ずる。但し、測定上の都合（例えば、8.3.1.2 に記す客観評価の測定上の問題点の回避のため）により、これ以外の規定点で測定する場合もあるが、この場合は規定点の違いが評価値に影響を与えないよう配慮が必要である。特に、ネットワーク区間のみで品質を測定する際には、音声 CODEC や揺らぎ吸収バッファのモデル化など、端末における品質劣化が適切に評価値に反映されるように配慮する必要がある。

8.3.1.1 主観評価試験によるMOSの測定

主観評価試験により MOS 値を測定する具体的な方法として、ITU-T 勧告 P.800 Annex B に規定される ACR 法を用いることができる。

主観評価値である MOS 値は、試験の枠組み（試験に用いる音声サンプルの品質バランスなど）の影響を受けるため、同一の評価条件であっても、異なる試験の枠組みで評価された MOS 値を直接比較することは必ずしも妥当でない。

上記オピニオン評価の問題点を回避するため、主観評価試験によって得られるMOS値を以下の手順で正規化することができる²⁵⁾：

(1) 主観評価試験には、評価対象とする音声処理条件に加えて、ITU-T勧告P.810 で規定されるレファレンス条件（MNRU条件）を含める²⁶⁾。MNRUのQ値は0～40dBの範囲で最低 5 段階とし、極力等間隔に設定する。（この主観評価試験により得られるMOS値をMOS_{tmp}と定義する）

(2) MNRU 条件に対する主観評価結果（MOS_{tmp}）を Sigmoid 関数で近似し、以下の関係式を得る。

$$\text{MOS}_{\text{tmp}} = f_1(Q) \quad (1)$$

(3) MNRU 条件の共通的な評価特性として以下の式を用い、これにより得られる MOS_{ref} と MOS_{tmp} の関係を定式化する。

$$\text{MOS}_{\text{ref}} = (0.834 \cdot 4.460) / (1 + \exp((Q - 16.57) / 6.043)) + 4.460 \quad (2)$$

²³⁾ 許容特性は、TELR の変動を考慮して、オピニオン評価において「非常に悪い(1)」と評価するユーザの確率を 1%に抑えるために必要な特性である。

²⁴⁾ エコーキャンセラの要求条件については ITU-T 勧告 G.165[16]，G.168[17]に規定されている。

²⁵⁾ 主観評価値の普遍性を確保する手法としては ITU-T 勧告 P.830 に記述されている「等価 Q 値換算法」がある。本標準に示した MOS 値変換法は、本質的に等価 Q 値換算法と同じであり、Q 値を付録 V に示す Q vs. MOS 特性により MOS 軸上で表現したものである。

²⁶⁾ ITU-T 勧告 P.810 に準拠した MNRU 条件を実現するソフトウェアは ITU-T 勧告 G.191 により提供される。

$$\text{MOS}_{\text{ref}} = f_2(\text{MOS}_{\text{tmp}}) \quad (3)$$

(4) 上記のように得られた関係式に基づいて、当該試験により得られた MOS を変換する。

$$\text{MOS} = f_2(\text{MOS}_{\text{tmp}}) \quad (4)$$

8.3.1.2 客観評価試験によるMOSの推定

8.3.1.1 に示した音質に関する主観評価値（MOS値）を主観評価試験を行うことなく物理測定から推定する方法（客観評価法）を用いることもできる。客観評価法としては、ITU-T勧告P.862 “PESQ”が国際標準化されている²⁷。

PESQによる音質（受聴MOS）推定精度は、ITU-T SG12 において数多くの主観品質データベースを対象として検証されており、符号化歪やパケット損失による劣化²⁸など、IP電話における音質劣化要因の評価に適用可能である。

PESQ の適用に際しては、PESQ アプリケーションガイドである ITU-T 勧告 P.862.3[32]に記述されている内容を十分理解する必要がある。なお、PESQ の概要と P.862.3 のポイントを付録 IV にまとめるので参照されたい。

PESQ の評価においては、ITU-T 勧告 P.862.3 に記述されている通り、少なくとも男女各 2 名の発声した音声サンプル（つまり、4 サンプル）を用いることとし、評価結果はこれらサンプルに対する評価値の平均値で定義する。なお、この平均操作に先立ち、ITU-T 勧告 P.862.1 に則り、PESQ 値を MOS と線形な関係が期待できる尺度である MOS-LQO に変換する必要がある。特にパケット損失のように時間離散的に発生する劣化の評価においては、同一条件を複数回繰り返して評価（つまり、上記 4 音声サンプルを複数回用いる）し、それらの平均によって評価結果を表現することが望ましい。

PESQ のアルゴリズムは、ITU-T 勧告 P.862 に添付されているレファレンスソフトウェアで厳密に規定されており、同添付のテストベクトルによってソフトウェア実装の妥当性を検証することもできる。従って、ソフトウェアレベルでの実装依存性はなく、評価の再現性は確保されている。

一方、実端末との電氣的なインタフェースを介したPESQ測定に際しては、測定対象との電氣的なインタフェースにおいて生じる測定ノイズが評価値に無視できない影響を与えることが知られており [106]、測定にあたってはノイズの影響を極力回避する必要がある（このための留意事項を付録IVに示す）²⁹。

音声信号と測定ノイズの音声対雑音比(SNR)は 40dB 以上確保することとし、わずかでも測定ノイズが含まれる測定環境（つまり、アナログ部分を含むハードウェア測定環境）においては、勧告 P.862.3 に規定されるノイズフロアを原音声信号に印加する必要がある。具体的には図 8－1 に示す手順で、原音声信号(Source speech)に SNR=40dB でホワイトノイズを印加した参照信号(Reference speech)を PESQ 評価に用いることとす

²⁷ 従来 ITU-T 勧告 P.861 “PSQM”による客観評価が用いられていたが、この方法はパケット損失の生じた音声の評価に適用できないという問題点があり、現在はITU-T 勧告 P.862 “PESQ”により置き換えられている。

²⁸ PCM 符号化（例えば、ITU-T 勧告 G.711）音声のパケット損失による劣化の評価への適用可能性は十分に調べられておらず、勧告上のスコープからはこの評価が除外されているが、PLC 機能を有する G.711CODEC については PESQ の推定精度が十分であるという報告もある[108]。

²⁹ これは PESQ アルゴリズムを規定する ITU-T 勧告 P.862 の方式的な問題点ではなく、測定装置の実装上の課題である。

る。

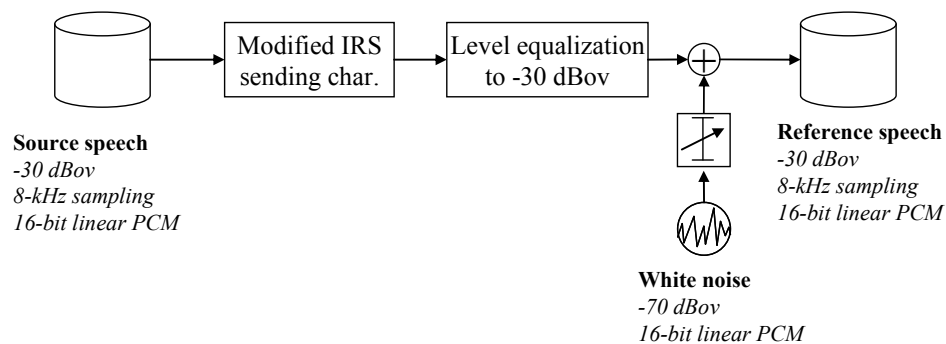


図 8－1 /JJ.201-01 <ノイズフロア印加方法>

8.3.2 R値に対応した所要受聴MOS値

R 値に対応する会話 MOS 値は、遅延・エコー・音量などの会話要因を含めた評価値であり、前項に規定する音質のみに着目した受聴 MOS 値とは定義が異なる。しかし、所要の会話 MOS 値を実現するにはそれと同等以上の受聴 MOS 値を実現することが必要条件であるとの想定から、代表的な R 値に対応する受聴 MOS 値、及びこれを実現するための所要 PESQ 値（付録 V 参照）を表 8－2 に示す。

表 8－2 /JJ.201-01 <代表的な R 値に対応した所要受聴 MOS 値>

(A)所要R値	(B)Aに対応する欧 米の会話MOS値	(C)Bに対応する日 本の会話MOS値	(D)所要受聴 MOS値(注1)	(E)所要 PESQ値(注2)	(F)所要MOS- LQO値(注3)
80	4.0	3.5	3.5	3.4	3.4
70	3.6	3.1	3.1	3.1	3.0
50	2.6	2.3	2.3	2.5	2.1

注1) 本表(D)の「所要受聴MOS値」とは、「所要会話MOS値を実現するためにはそれと同等以上の受聴MOS値が必要である」との想定から決定した値であり、主観評価試験に基づいて決められた値ではない。

注2) 本表(E)の「所要PESQ値」とは、レファレンス(MNRU)条件のみからなる主観・客観評価試験におけるPESQと受聴MOSの関係から決定した値であり、この関係は主観評価試験の枠組みの影響を受けるため、あらゆる主観評価試験結果に適用できる値ではない。

注3) 本表の「(F)所要MOS-LQO値」とは、「(E)所要PESQ値」を勧告P.862.1のマッピング関数によりMOS軸上にマッピングした値を表す。

9. インサービ品質管理

本標準で評価への適用を前提としている R 値（つまり、ITU-T 勧告 G.107 による評価）はネットワークプランニングツールであるが、本標準ではその適用領域を拡張しており、6.2 節及び 6.3 節に記述されたパラメータの測定・評価方法に準拠することでインサービス状態における総合通話品質評価にも適用可能としている。

6.2 節及び 6.3 節に述べた方法は「95%確率で品質を保証する」ことを前提としているため、インサービス品質管理への適用を考えた場合も、統計的に有意となる測定サンプル数を確保する必要がある。このような管理を本標準では「マクロ管理」と呼ぶ。一方、インサービス品質管理の適用シーンとして、例えばユーザーからクレームがあった際に、その特定ユーザーの品質を確認する場合がある。この場合は上述のマクロ管理と

異なり、通常、測定は1回もしくは数回であり、確率的品質ではなく、決定的な品質を評価する必要がある。このような管理を本標準では「マイクロ管理」と呼ぶ。

マイクロ管理に適用可能な具体的な品質評価法としては、受聴品質を対象としたITU-T勧告P.564がある³⁰。P.564は特定の品質推定モデルを勧告しておらず、モデルの性能（主観品質の推定精度）に関する要求貢献を規定している。つまり、この要求条件を満足するモデルであれば全て「P.564 準拠」と判断される。本標準でも、上述のようなP.564の考え方に則り、特定の品質推定モデルを前提としないこととする。

P.564には以下の3つの動作モードが規定されている³¹。

- Dynamic operation (モード A) 図 9－1 / JJ-201.01
- Static operation (モード B) 図 9－2 / JJ-201.01
- Embedded operation (モード C) 図 9－3 / JJ-201.01

本標準では、端末への P.564 アルゴリズムの実装が進展していない点を鑑み、モード A 及び B による品質管理を想定する。

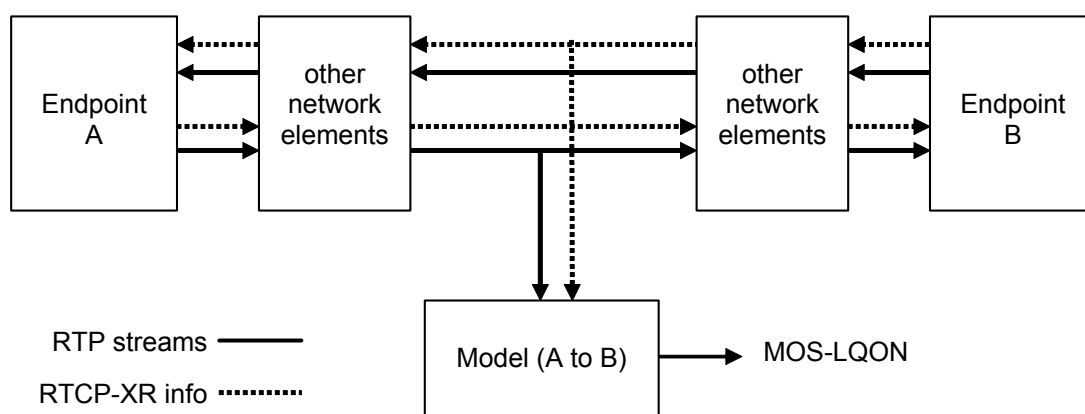
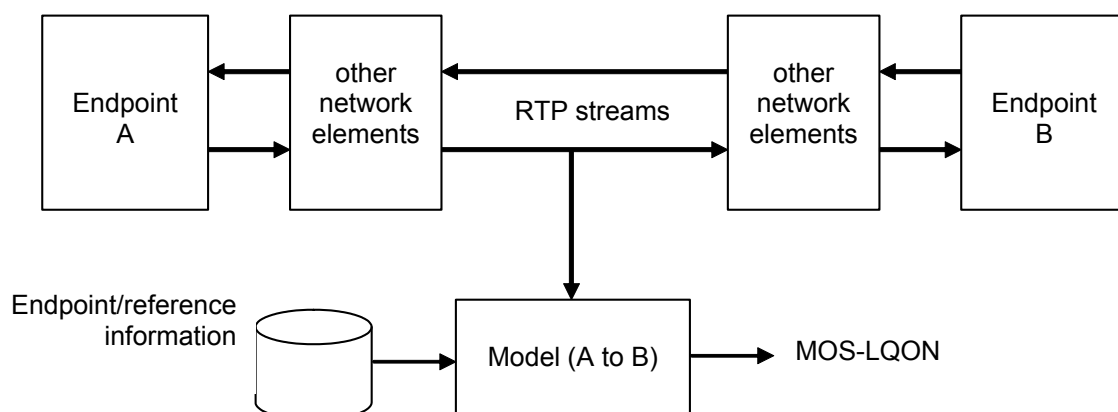


図 9－1 / JJ-201.01 (Figure 2/P.564 – Mode A, Dynamic Operation)



³⁰ 会話品質を推定するモデルの標準化も検討されているが、本標準では既に国際標準化の完了している P.564 を前提とする。

³¹ 図中の MOS-LQON は ITU-T 勧告 P.800 に規定される電話帯域音声の推定 MOS 値。

図 9 – 2 / JJ-201.01 (Figure 3/P.564 – Mode B, Static Operation)

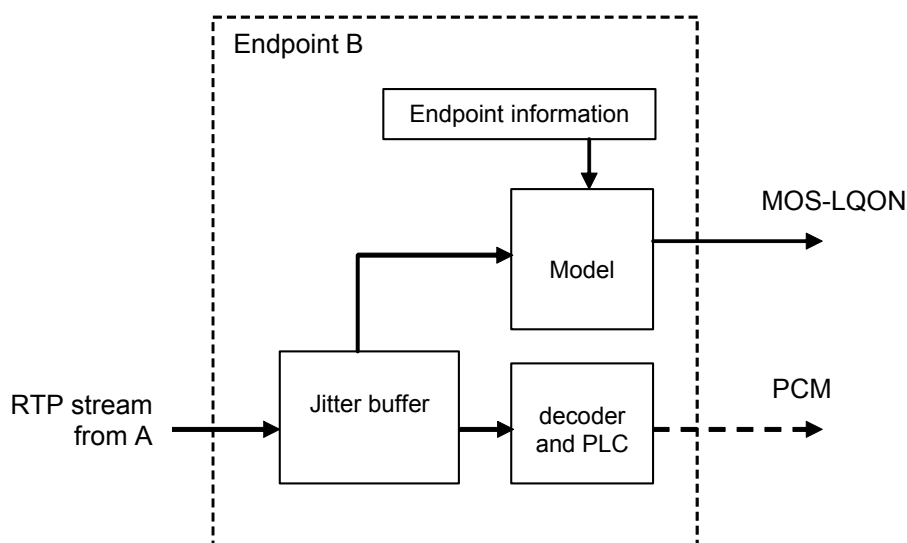


図 9 – 3 / JJ-201.01 (Figure 4/P.564 – Mode C, Embedded Operation)

9.1 ダイナミックオペレーションモード (モード A)

モード A は IETF 標準 RFC3611 (RTCP-XR) によってレポートされる品質情報を入力として受聴 MOS を推定するモデルである。RTCP-XR は端末間での情報交換のプロトコルであるため、例えばセンタ側で RTCP-XR の情報を P.564 モデルに入力することで品質を推定する場合、RTCP-XR パケットを何らかの手段で収集する必要がある。本標準では、このような手法を特に限定はしないが、例えば、端末で収集した RTCP-XR パケットを一時的に保存し、SNMP などのプロトコルを使ってこの情報を収集することも考えられる。あるいは、センタ側のオペレータが対象となる端末に発呼し、相手側の品質を確認することも考えられる。

RTCP-XR によって収集可能な品質情報のうち、品質推定に不可欠な情報(mandatory)とそれ以外の情報(optional)を表 9 – 1 / JJ-201.01～表 9 – 4 / JJ-201.01 に示す。

表 9 – 1 / JJ-201.01 <RTCP-XR のレポート構成と必須条件>

項番	レポート名	説明	必須／オプション
1	Loss RLE Report	RTP パケットの損失／受信に関するラン レングスレポート	オプション
2	Duplicate RLE Report	RTP パケットの重複受信に関するランレ ングスレポート	オプション
3	Packet Times Report	受信 RTP パケットのタイムスタンプ情報	オプション
4	Receiver Reference Time Report	受信側の時刻情報	オプション
5	DLRR Report	往復転送遅延(RTT)情報	オプション
6	Statistics Summary Report	RTP パケットの統計情報	必須

7	VoIP Metrics Report	VoIP 通信の監視情報	必須
---	---------------------	--------------	----

表 9－2／JJ-201.01 <Statistics Summary Report の構成と必須条件>

項目名	説明	必須／オプション
begin_seq	測定開始パケット番号	必須
end_seq	測定終了パケット番号	必須
lost_packets	損失パケット数	必須
dup_packets	複製パケット数	必須
min_jitter	ジッタ(最小)	必須
max_jitter	ジッタ(最大)	必須
mean_jitter	ジッタ(平均)	必須
dev_jitter	ジッタ(標準偏差)	必須
min_ttl_or_hl	ホップ数(最小)	オプション
max_ttl_or_hl	ホップ数(最大)	オプション
mean_ttl_or_hl	ホップ数(平均)	オプション
dev_ttl_or_hl	ホップ数(標準偏差)	オプション

表 9－3／JJ-201.01 <VoIP Metrics Report の構成と必須条件>

項目名	説明	必須／オプション
loss rate	パケット損失率	必須
discard rate	ジッタバッファ上のパケット損失率	必須
bursty density	バースト損失に関する尺度	オプション
gap density	バースト損失に関する尺度	オプション
burst duration	バースト損失に関する尺度	オプション
gap duration	バースト損失に関する尺度	オプション
round trip delay	往復パケット転送遅延	必須
end system delay	エンド端末遅延	必須
signal level	音量(音声区間の過大／過小の評価)	必須
noise level	雑音量(無音区間)	必須
RERL	エコーリターンロス	必須
Gmin	パケット損失パターン判定基準	オプション
R factor	R 値	オプション
ext. R factor	R 値(IP 網以外のネットワークと通信した場合)	オプション
MOS-LQ	受聴 MOS	オプション
MOS-CQ	会話 MOS	オプション
RX config(PLC/JBA/JB rate)	受信端末の設定項目(PLC の有無／ジッタバッファの種別／バッファ調整量値)	必須
JB nominal	ジッタバッファ遅延の公称値	必須
JB maximum	ジッタバッファ遅延の最大値	必須

JB abs max	ジッタバッファ遅延の最大設定値	必須
------------	-----------------	----

表 9－4／JJ-201.01 <RTCP-XR に存在しないが収集が必要な情報>

項目	説明	
CODEC	音声コーデック種別	
発信／着信の識別	発信者／着信者情報	

9.2 スタティックオペレーションモード（モード B）

モード B は RTP ストリームそのものをモデルへの入力とする．ここで，遅延揺らぎと揺らぎ吸収バッファ溢れの関係は端末の揺らぎ吸収バッファの特性に依存するため，この特性を先見情報としてモデルに与える必要がある（図 9－2／JJ-201.01 中の Endpoint/reference information）．RTP ストリームを伝送路上から取得する方法は本標準の規定範囲外であるが，例えばルータのミラーリング機能などを持ちいることが考えられる．

付録 I （参考）欧米と日本のMOS値の違い

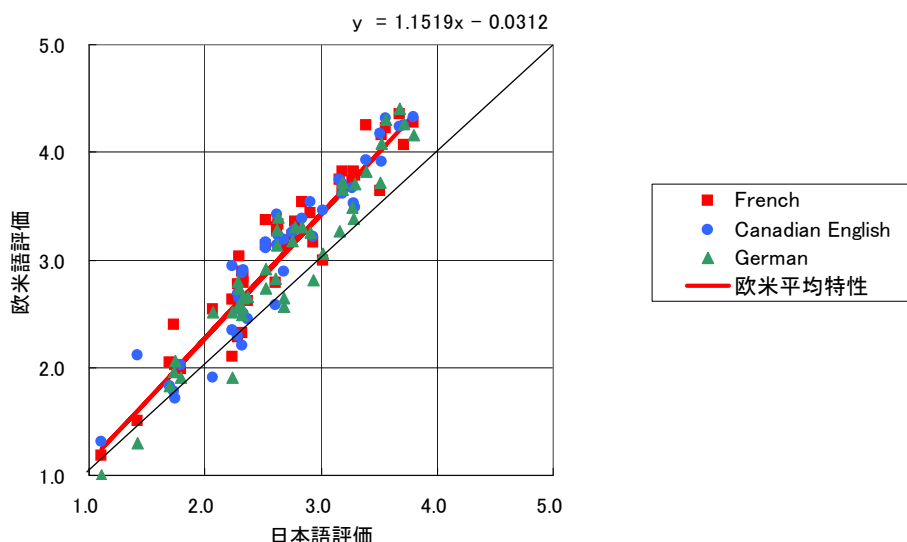
（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

本付録は、欧米と日本における MOS 値の違いを、ITU-T における国際主観品質評価試験結果に基づいて分析し、両者の関係を定式化する。具体的には、8kb/s において音声を符号化する CODEC に関する国際標準である ITU-T 勧告 G.729 の標準化の過程において行われた特性規定フェーズ試験(Characterization Phase Tests)の評価結果[104][105]を用いた。

当該試験は 3 つの試験から構成されており、本付録では試験 1（音声符号化方式のタンデム接続品質の評価）におけるデータを用いた³²。

同一符号化条件に対する欧米の MOS 値と日本の MOS 値の関係をプロットした図を付図 I-1 に示す。これによると、欧米の MOS 値(MOSw)は日本の MOS 値(MOSj)より高くなることが多く、平均的には両者の関係は以下の式で近似される。

$$\text{MOSj} = 0.8681 * \text{MOSw} + 0.0271$$



付図 I-1 / JJ-201.01 <欧米と日本のMOS値の違い>

³² 試験 2 は CCR 法 (ITU-T 勧告 P.800 参照) による評価結果であり、評価結果は一般的な MOS 値ではない。また、試験 3 は入力音声として背景騒音重畳音声を用いており、本標準における評価条件とは前提が異なる。

付録Ⅱ （参考）エコーリターンロスの測定法

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

本付録は、IP 電話端末機器（アナログ電話機を IP 網に接続するための VoIP-TA を含む）のエコーリターンロスの測定方法を例示する。

TEL_R は以下の式で定義される。

$$\text{TEL}_R = \text{SLR}_r + \text{ERL} + \text{RLR}_r$$

ここで、SL_R _r 及びRL_R _r は受話側（被評価側）のSL_R及びRL_Rを表す。ERL(Echo Return Loss)はITU-T 勧告G.122 に規定されるエコーロスを意味する³³が、本付録では端末にエコーキャンセラが使用されることを前提とし³⁴、エコーキャンセラによる減衰量も含めてERLと定義する。このため、ERLの測定方法（信号種別、レベル等）に関してはITU-T勧告G.165 を参考とする。

TEL_Rの測定について、以下に3通りの方法を示す。

<測定法1>

SL_R _r 及びRL_R _r は標準的特性を用い、各々SL_R _r =8dB、RL_R _r =2dB とする。ERLの測定は、付図Ⅱ－1の系を用いて実施する。

信号発生器から、電話帯域（300Hz～3400Hz）に制限されたホワイトノイズを発生させる。信号レベルは-18dBmとする。信号を発生してから 10 秒以上経過後³⁵、レベル測定を開始する。測定結果を受信レベルとし、ERLを以下のように計算する。

$$\text{ERL} [\text{dB}] = -18 [\text{dBm}] - \text{受信レベル}[\text{dBm}]$$

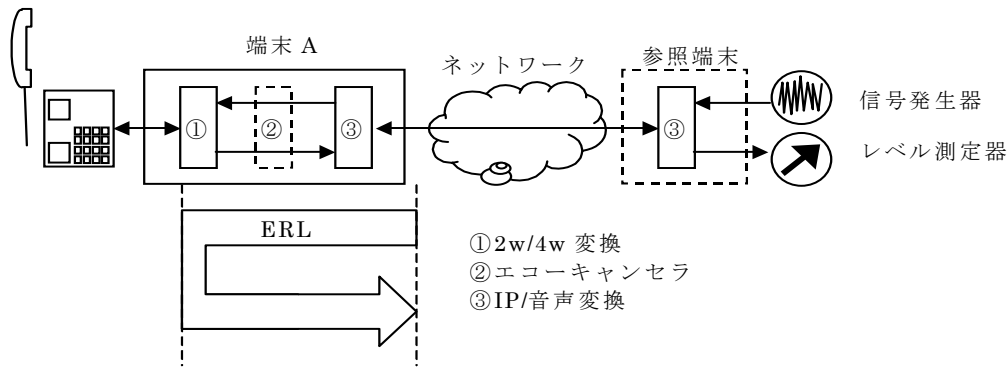
測定に際しては、下記点に留意すること。

- 1) 参照端末は、入力信号及び被測定信号と IP パケットデータとの変換をする機能のみを有し、その実現方法は問わない。参照端末内での信号レベル変化はないものとし、また、[dBm] = [dBm₀] となるように調整すること。
- 2) 端末 A から出た 2w の先は 600Ω 終端とし、かつ端末 A に対して 2w からの音声等の信号が入力されないことを保証すること。
- 3) ネットワークは理想的なものとし、揺らぎ、パケットロスがないことを保証すること。

³³ 2W/4W 変換を含まない 4W 電話機等においても、受話口と送話口の音響結合などによりエコーが生じる。これによるエコー量は TCL_w(weighted Terminal Coupling Loss)により定量化される (ITU-T 勧告 P.310 参照) が、IP 電話品質評価においていかに TCL_w を考慮するかについては今後の検討課題とする。

³⁴ エコーキャンセラを使用しない場合でも、本付録による測定方法を用いても良い。

³⁵ 端末 A にエコーキャンセラが搭載されていることを鑑み、エコーキャンセラが十分収束するのを待つ。



付図Ⅱ－１／JJ-201.01 ＜ERL 測定系＞

＜測定法 2＞

TEL_R を、付図Ⅱ－２の系を用いて以下のように測定する。

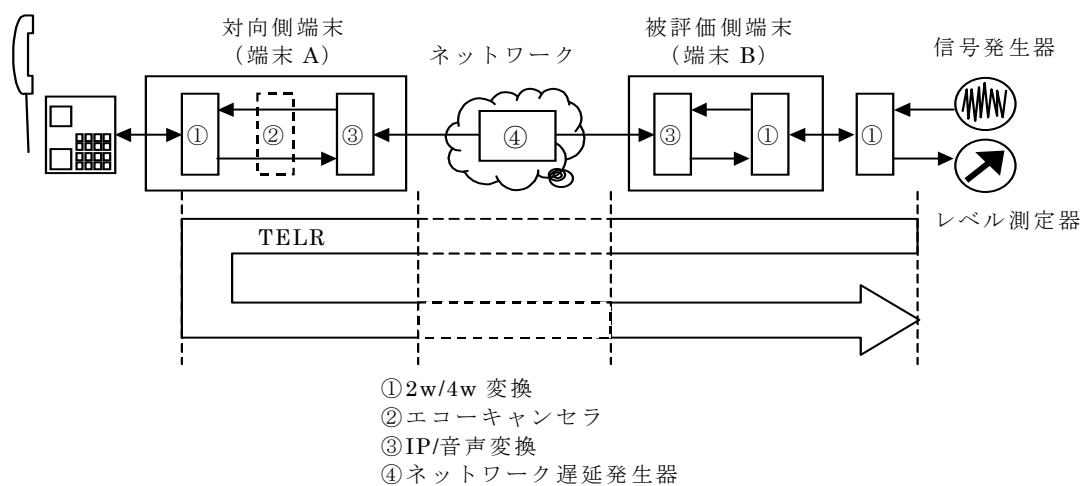
信号発生器から、電話帯域（300Hz～3400Hz）に制限されたホワイトノイズを発生させる。信号レベルは -10dBm とする。ネットワーク遅延発生装置は、片方向 5 秒の遅延を発生させるものとする。信号を発生してから 20 秒以上経過後停止する。信号停止と同時にレベル測定を開始する³⁶。測定結果を受信レベルとし、TEL_R を以下のように計算する。

$$\text{TEL}_R [\text{dB}] = -10 [\text{dBm}] - \text{受信レベル}[\text{dBm}]$$

測定に際しては、下記点に留意すること。

- 1) 端末 A から出た 2w の先は 600Ω 終端とし、かつ端末 A に対して 2w からの音声等の信号が入力されないことを保証すること。
- 2) ネットワークは理想的なものとし、意図的に入れた遅延以外の揺らぎ、パケットロスがないことを保証すること。

³⁶側音の影響を排除するため、測定用信号を停止した状態で被測定信号を計測する。往復 10 秒の遅延があることと、エコーキャンセラが十分収束する時間 10 秒を考慮すると、有効測定時間は 10 秒となる。



付図Ⅱ-2/JJ-201.01 <TEL R 測定系>

<測定法 3>

対向側端末にエコーキャンセラが搭載されている場合は、TEL R を次のように求めても良い。

$$\begin{aligned} \text{TEL R} [\text{dB}] &\approx \text{SLR}_r + \text{RLR}_r + \text{SLR}_s + \text{RLR}_s + \text{ACOM} \\ &= 8 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 8 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + \text{ACOM} \end{aligned}$$

ここで、SLR_r 及び RLR_r は受話側(被評価側)の SLR 及び RLR を表し、標準的特性を用いて各々 SLR_r=8dB、RLR_r=2dB とする。SLR_s 及び RLR_s は対向側の SLR 及び RLR を表し、標準的特性を用いて各々 SLR_s=8dB、RLR_s=2dB とする。ACOM は ITU-T 勧告 G.165 Test No.1 に従って測定した当該エコーキャンセラの Combined loss (ACOM) とする(入力信号レベル・20dBm0 時)。

付録Ⅲ （参考） パケット長とコーデックのパケット損失耐性の関係

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

本付録では、G.729、G.723.1 及び G.711PLC のパケット長がパケット損失耐性に与える影響を評価した結果を述べる。

Ⅲ. 1 G. 729 及び G. 723. 1 のパケット損失耐性

Ⅲ. 1. 1 実験条件

実験における符号化条件を付表Ⅲ-1 に示す。音声符号化方式として、G.729 及び G.723.1 に加え、PHS に用いられている ITU-T 勧告 G.726 32 kbit/s ADPCM 方式と国内携帯電話に用いられている ARIB 勧告 RCR-STD27G 3.45 kbit/s PSI-CELP 方式[109]（以下、PDC-HR と呼ぶ）を加えた。また、レファレンス条件として ITU-T 勧告 P.810 に規定される MNRU (Modulated Noise Reference Unit)の Q 値を 4 段階変化させた条件を加えた。

付表Ⅲ-1/JJ-201.01 <符号化条件>

Cond. #	CODEC	packet length[byte]	loss rate
1	G.729	10	1%
2			3%
3			5%
4			10%
5		20	1%
6			3%
7			5%
8			10%
9		50	1%
10			3%
11			5%
12			10%
13		100	1%
14			3%
15			5%
16			10%
17	G.723.1	24	1%
18			3%
19			5%
20			10%
21		48	1%
22			3%
23			5%
24			10%
25		72	1%
26			3%
27			5%
28			10%
29		96	1%
30			3%
31			5%
32			10%
33	G.729	N.A.	N.A
34	G.723.1	N.A.	N.A
35	G.726	N.A.	N.A
36	PDC-HR	N.A.	N.A
37	MNRU (Q=5)	N.A.	N.A
38	MNRU (Q=15)	N.A.	N.A
39	MNRU (Q=25)	N.A.	N.A
40	MNRU (Q=35)	N.A.	N.A

Ⅲ.1.1.1 パケット損失

Ⅲ.1.1.1.1 パケット組立法

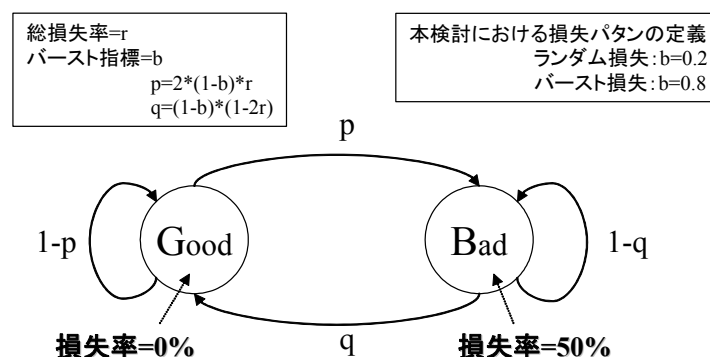
本検討で対象とした音声符号化方式に用いられるパケット損失補償法は音声符号化フレーム単位（G.729 では 10 msec = 10 byte, G.723.1 では 30 msec = 24 byte. 以下、「フレーム」はこの音声符号化フレームの意）に動作するため、この整数倍をパケット長とした。具体的には、G.729 では 10, 20, 50, 100 byte, G.723.1 では 24, 48, 72, 96 byte とした。

Ⅲ.1.1.1.2 パケット損失率

パケット損失率は送出された総パケットに占める損失パケットの割合で定義した。ここでは固定ビットレート符号化を対象としているので、この割合は送出された総ビットに占める損失ビットの割合に等しい。損失率 10% 以上の場合には音声の明瞭性・了解性に着目した評価が必要な品質領域であると判断し、本検討においては具体的な損失率を、各符号化方式・パケット長条件に対して 1, 3, 5, 10 % とした。

Ⅲ.1.1.1.3 パケット損失パターン

パケット損失による音声品質劣化は、パケット損失のパターン（例えば、ランダム／バースト）に依存することが知られている。本検討では、伝送路劣化のシミュレーションに多く用いられ、ITU-T 勧告 G.191 “Software Tools for speech and audio coding standardization” に採用されている “Discrete Gilbert Elliot Channel Model”（付図Ⅲ-1 参照）を用いて損失パターンを生成した。



付図Ⅲ-1/JJ-201.01 <Discrete Gilbert Elliot Channel Model>

このモデルは、2 状態のマルコフモデルであり、“good” state では損失は全く起きないが、“bad” state では損失が起きるか否か全くわからない、つまり損失率 50%とする。状態遷移確率を p, q とすると、これらと総損失率 r, バースト性指標 b の関係は付図Ⅲ-1 に示す通りとなる。バースト性指標 b は 0 ～ 1 の間の値であり、この値が大きいほど損失はバースト的に発生する。本検討においては、バースト性指標 b として 0.2, 0.8 の 2 値を用いた（それぞれ、ランダム及びバースト損失と呼ぶ）。

本検討では、付表Ⅲ-1 に示す各符号化条件に対して、ランダム及びバースト各 20 パターンの損失パターンを用意し、男女各 2 名の話者に 5 パターンずつ割り当てた。

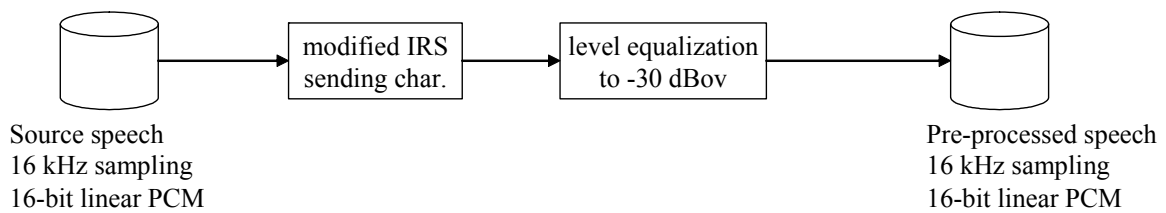
Ⅲ.1.1.2 音声信号処理

Ⅲ.1.1.2.1 原音声信号

原音声信号としては、多言語音声データベース[110]に収録されている日本語文章音声を用いた。本検討においては時間離散的に発生するパケット損失による劣化の評価を目的としており、音声の継続時間長が短い場合には、評価対象音声中に極わずかな損失しか含まれないために適切な品質評価ができない危険性があると考えた。そこで、上述のデータベースにより提供される単文章（無音区間を含めた継続時間長が4秒）の前後に500 msecの無音を付与し、これらを8文章連結することにより30秒長の連結音声サンプルを作成し、これを「原音声信号」とした。これにより、各原音声信号の有音率（信号全体に含まれる音声区間の時間率）は約40%となり、一般に言われている通話の1チャンネル（片方向）の有音率に近くなる。つまり、本検討で用いた音声信号にパケット損失が生じたときに、それが音声区間である確率が、実会話の場合とほぼ等しい。

Ⅲ.1.1.2.2 前処理

音声信号の前処理のブロック構成図を付図Ⅲ-2に示す。前項に述べた原音声信号(Source speech)に平均的な商用電話機の送話周波数特性である「修正 IRS 送話特性」を加え、平均音声レベルを-30 dBov（16-bit linear PCM 表現のオーバーロード値からの減衰量のデシベル表示）に調整した。この信号を「前処理音声(Pre-processed speech)」と呼ぶ。



付図Ⅲ-2/JJ-201.01 <音声信号の前処理>

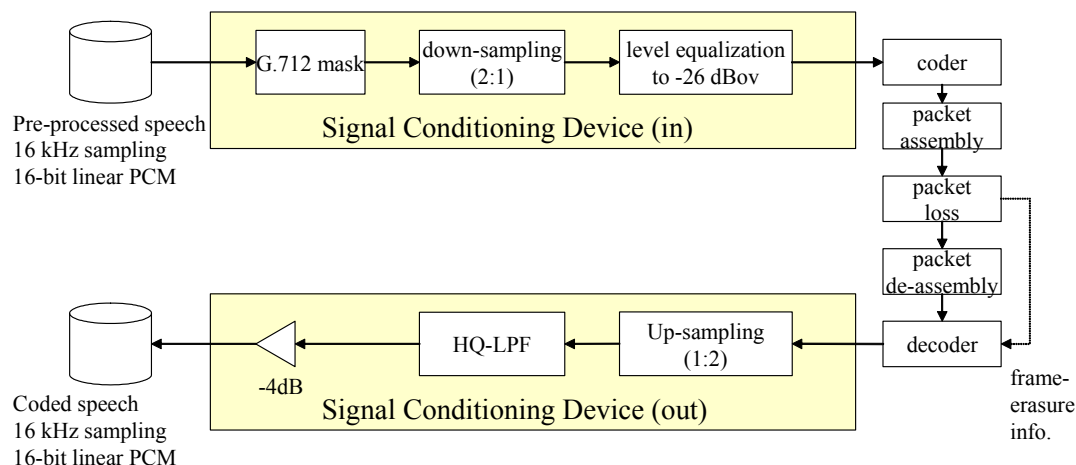
Ⅲ.1.1.2.3 符号化処理

符・復号化処理のブロック構成図を付図Ⅲ-3 に示す。まず、前処理音声を、ITU-T 勧告 G.712 に規定されている特性のフィルタに通し、8 kHz にダウンサンプリングした。この信号の平均音声レベルを-26 dBov に調整し、符号器(coder)への入力とした。

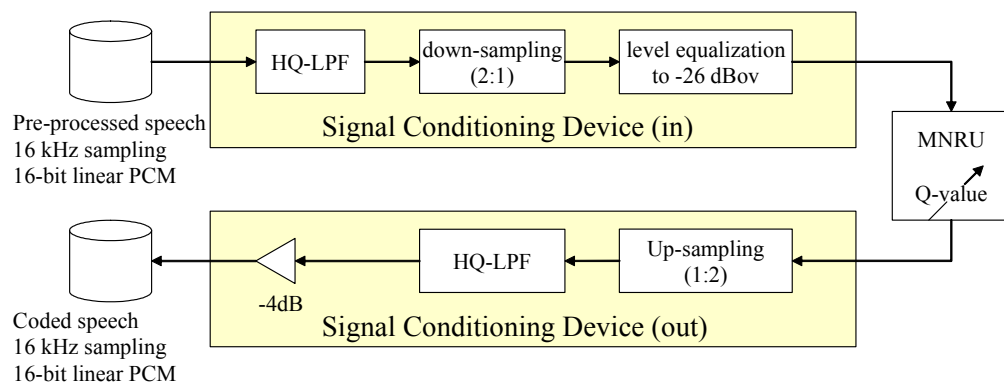
そして、Ⅲ-1-1 に述べた条件で出力ビット列をパケット化し、各損失条件でパケット損失を発生させた。損失したパケットに含まれるフレームを識別する情報を復号器(decoder)に与え、各符号化方式の勧告に規定される損失補償法を適用して損失フレームを復号化した。

復号化された信号を 16 kHz にアップサンプリングし、ITU-T 勧告 G.191 に規定される”High-quality low-pass filter”に通すことにより折り返し成分を除去した。そして、平均音声レベルを-30 dBov に戻すために-4 dB の増幅器に通した。

なお、付表Ⅲ-1 中の条件 33～36 については、付表Ⅲ-3 中の coder の出力を直接 decoder に入力することにより実現した。また、MNRU 条件（条件 37～40）は付図Ⅲ-4 に示す系により実現した。



付図Ⅲ-3/JJ-201.01 <符号化処理>



付図Ⅲ-4/JJ-201.01 <MNRU 音声処理>

Ⅲ.1.1.3 主観評価

付表Ⅲ-2に主観評価実験の諸元を示す。

付表Ⅲ-2/JJ-201.01 <主観評価実験の諸元>

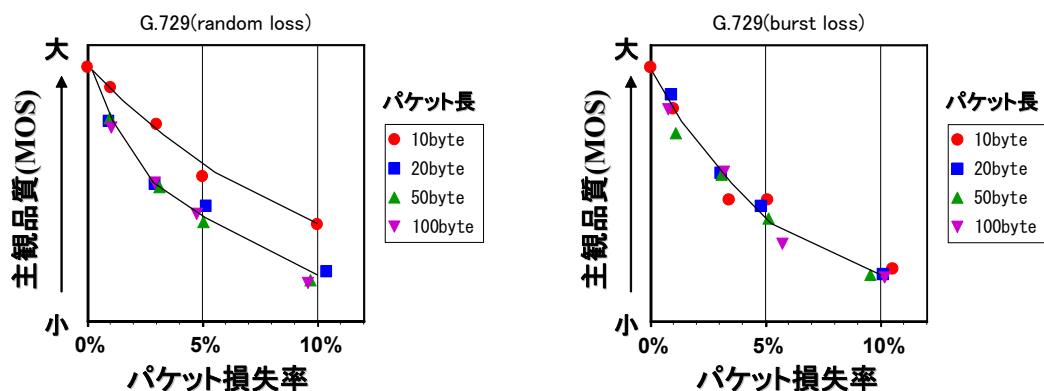
被験者	一般ユーザ40名(男女各20名)
受聴レベル	-15dBPa
受聴機器	IRS電話機(modified IRS受話特性)
受話側背景騒音	Hoth noise@35dB(A)

損失パターンを各被験者に割り当てるために、まず、被験者を20名ずつの2グループ(A/B)に分け、Aグループの被験者は話者女性1、男性1のランダム損失パターンと、話者女性2、男性2のバースト損失パターンを評価することとした(Bグループでは逆の組み合わせ)。

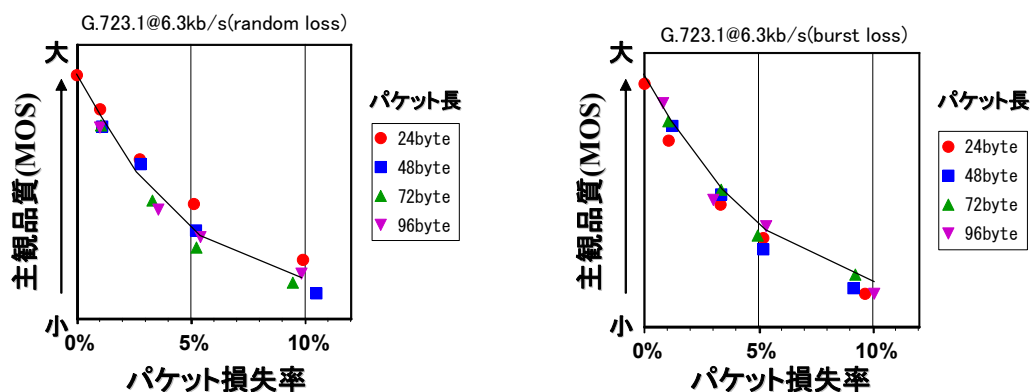
そして、各グループをさらに5サブグループに分け、各サブグループに異なる乱数により生成した損失パターンを割り当てた。これにより、各符号化条件について、ランダム・バースト損失各80回(4話者×5サブグループ×4被験者)評価されることになる。

Ⅲ. 1. 2 実験結果

付図Ⅲ-5, 6 に、パケット損失率と主観品質の関係を符号化方式・損失パターン（ランダム／バースト）毎に示す。



付図Ⅲ-5/JJ-201.01 <パケット損失による品質劣化特性（G.729 符号化）>



付図Ⅲ-6/JJ-201.01 <パケット損失による品質劣化特性（G.723.1 符号化）>

付図Ⅲ-5によると、G.729 符号化を用いた場合、パケット長を 10 byte（つまり、フレーム長に同じ）とした時のランダム損失条件（図 3.1 の左図の●印）では、他のパケット長条件に比べて損失による品質劣化が少ないが、この条件（G.729 のパケット長 10 byte）を除き、G.729, G.723.1 共に、主観品質はパケット長によらずパケット損失パターン（ランダム／バースト）と損失率により決まると言える。

Ⅲ. 2 G. 711PLC のパケット損失耐性

Ⅲ. 2. 1 実験条件

実験における G. 711PLC 符号化方式のパケット損失条件を付表Ⅲ-3 に示す。パケット長条件は 10, 20, 40, 100msec であり、各パケット長条件に対して 4 種類のパケット損失率条件 (1, 3, 5, 10%) を適用した。

本実験ではこの他に G. 729 符号化方式、広帯域音声符号化方式 (Wideband PCM, G. 722 (64kb/s), G. 722. 1 (32kb/s)) を加え、これらについてもパケット損失条件の評価を行った。また、レファレンス条件として ITU-T 勧告 P. 810 に規定される MNRU (Modulated Noise Reference Unit) の Q 値を電話帯域／広帯域ともに 5 段階変化させた条件を加えた。

付表Ⅲ-3/JJ-201.01 <G.711PLC パケット損失条件>

Cond. #	CODEC	Packet length [msec]	loss rate
1	G.711PLC	10	1%
2			3%
3			5%
4			10%
5		20	1%
6			3%
7			5%
8			10%
9		40	1%
10			3%
11			5%
12			10%
13		100	1%
14			3%
15			5%
16			10%

Ⅲ. 2. 1 パケット損失

Ⅲ. 2. 1. 1 パケット組立法

本検討で対象とした G.711PLC 音声符号化方式は 10 msec = 80byte 単位で動作するため、この整数倍をパケット長とした。具体的には、10, 20, 40, 100 msec とした。

Ⅲ. 2. 1. 2 パケット損失率

パケット損失率の定義等はⅢ.1 節に準じ、本検討においては具体的な損失率を、各パケット長条件に対して 1, 3, 5, 10 % とした。

Ⅲ.2.1.3 パケット損失パターン

パケット損失のパターンは、付図 3-1 に示した”Discrete Gilbert Elliot Channel Model”を用いて、Ⅲ.1 節と同様に生成した。Ⅲ.1 節と同様、バースト性指標 b が 0.2 の場合をランダム損失、0.8 の場合をバースト損失と呼ぶ。

本検討では、付表Ⅲ-3 に示す各パケット損失条件に対して、ランダム及びバースト各 4 パターンの損失パターンを用意し、男女各 2 名の話者にそれぞれ割り当てた。

Ⅲ.2.2 音声信号処理

Ⅲ.2.2.1 原音声信号

原音声信号としては、多言語音声データベース[110]に収録されている日本語文章音声を用いた。上述のデータベースにより提供される短文章（無音区間を含めた継続時間長が 4 秒）の前後に無音を付与し、これらを 3 文章連結することにより 16 秒長の連結音声サンプルを作成し、これを「原音声信号」とした。各原音声信号の有音率（信号全体に含まれる音声区間の時間率）は約 40%となる。

Ⅲ.2.2.2 符号化处理

符号化处理はⅢ.1.1.2.3 項に準ずる

Ⅲ.2.3 主観評価

付表Ⅲ-4 に主観評価実験の諸元を示す。

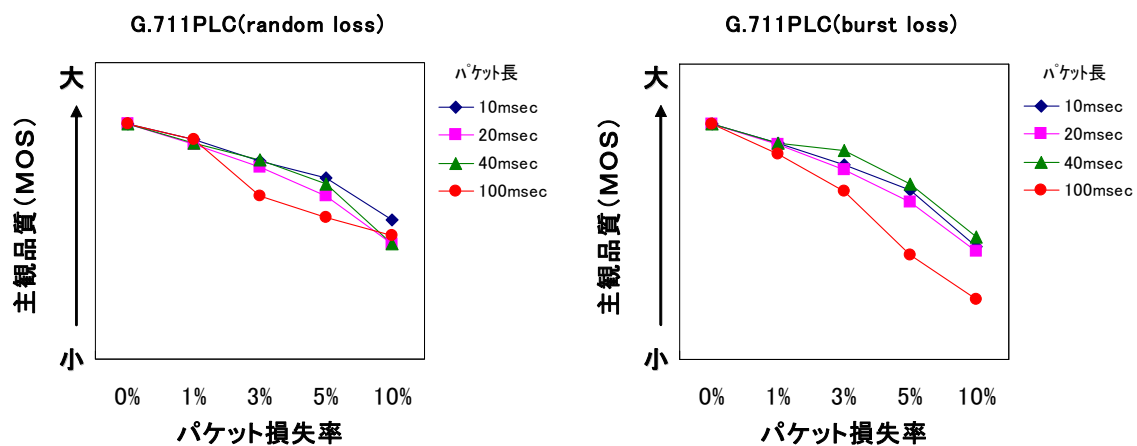
主観評価法としては、ITU-T 勧告 P.800 に準拠した受聴オピニオン評価（「非常に良い」～「非常に悪い」の 5 段階評価）を用いた。

付表Ⅲ-4/JJ-201.01 <主観評価実験の諸元>

被験者	一般ユーザ48名(男女各24名)
受聴レベル	-15dBPa
受聴機器	ヘッドフォン(ITU-R BS.1116準拠)による両耳受聴
受聴側背景騒音	なし

Ⅲ.3 実験結果

付図Ⅲ-7に、本実験でのパケット損失率と主観品質の相対的な関係を損失パターン（ランダム／バースト）毎に示す。これによると、パケット長が 100msec でのランダム損失およびバースト損失条件(付図Ⅲ-7 の●印)では、他のパケット長条件に比べて損失による品質の劣化が顕著に見られるが、この条件を除き、主観品質はパケット長によらずパケット損失パターン(ランダム／バースト)と損失率により決まるといえる。



付図Ⅲ-7/JJ-201.01

<パケット損失による品質劣化特性 (G. 711PLC符号化) >

付録Ⅳ （参考） PESQ の概要とアプリケーションガイドの要点

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

Ⅳ. 1 PESQ の概要

PESQ は電話帯域音声の受聴品質を推定する客観品質評価技術であり、対象とする品質要因は、音声符号化歪、遅延の変動による時間構造歪、パケット／セル損失歪などである。 詳細は次節（１）項及び ITU-T 勧告 P.862 を参照されたい。

PESQ は、参照信号と劣化信号を比較し、人間の聴覚の周波数分解能に対応したバークスペクトル領域での歪を算出し、これを主観的な音量感度に対応するラウドネス領域において表現する方式である。

Ⅳ. 2 PESQ アプリケーションガイド（勧告 P. 862. 3）の要点

本節では勧告 P.862.3 の要点を記述する。詳細については当該勧告自体を参照されたい。

Ⅳ. 2. 1 一般的事項

（１）評価対象とする品質要因

PESQ が評価可能な評価項目、評価不可能な評価項目、評価の妥当性が未確認である評価項目を付表 IV-1～3 に示す。

付表 IV-1／JJ-201.01

<PESQ を適用可能な評価項目>

品質要因
Codecへの音声入力レベル
伝送路エラー
パケット損失及びCELPタイプ符号化のパケット損失隠蔽処理(PLC)
ビットレート（当該Codecが複数のビットレートモードを有する場合）
Codecのタンデム接続
送話側周囲騒音（注参照）
受聴試験における遅延変動
短区間の時間構造歪
長区間の時間構造歪
符号化技術
波形符号化codecs （例：G.711; G.726; G.727）
CELPやハイブリッドCodec ≥ 4 kbit/s （例：G.728, G.729, G.723.1）
その他，以下のCodec：GSM-FR, GSM-HR, GSM-EFR, GSM-AMR, CDMA-EVRC, TDMA-ACELP,
アプリケーション
Codec評価
Codec選定
デジタルあるいはアナログ接続による実網評価
擬似網やプロトタイプ網の評価
注：周囲騒音のある条件で評価を行う場合、PESQの参照信号として周囲騒音を含まないCleanな音声信号を、劣化信号として周囲騒音を含む音声信号を用いる。

付表IV-2/JJ-201.01 <PESQによる評価が適切でない評価項目>

品質要因
受聴音量レベル（注参照）
音量損失
会話試験における遅延劣化
送話者エコー
側音
符号化技術
音声区間の25%以上を無音区間で置き換えてしまうような極端な時間クリッピング
アプリケーション
インサースビス非侵入型評価
双方向通話品質
注：PESQは受聴音量レベルとして標準的な79dB SPLを想定しており、入力音声信号のレベルはこれに合わせて正規化する。従って、主観評価における受聴音量レベルが最適受聴音量レベルと異なることによる品質劣化は考慮されない。

付表 IV-3/JJ-201.01 <PESQ の適用の妥当性が未確認である評価項目>

品質要因
PCMタイプCodecのパケット損失及びパケット損失隠蔽処理（注1参照）
時間的クリッピング（注1参照）
振幅クリッピング（注2参照）
話者依存性
複数話者による同時発話
符号器と復号器のビットレートミスマッチ
網情報信号に対する符号化性能
擬似音声信号に対する符号化性能
楽音に対する符号化性能
受話者エコー
エコーキャンセラによる品質劣化
雑音抑圧アルゴリズムによる品質劣化
符号化技術
CELP及びハイブリッドCodec <4 kbit/s
MPEG4 HVXC
アプリケーション
HATSを用いた端末音響測定
注1 PESQは話頭の時間的クリッピング（特に単語の欠落などが生じた場合）に対して主観評価より過敏になる傾向がある。逆に、話中や話尾の時間的クリッピングに対しては主観評価より感度が悪い。 注2 振幅クリッピングに対するPESQの適用可能性を示唆する報告もあるが、検証データが十分ではない。

PESQ は、基本的にパケット損失の生じた音声の評価に適用可能であるが、パケット損失の生じた PCM 符号化 (G.711 等) 音声の評価への適用可能性については十分な検証がされておらず、ITU-T において継続的に検証中である。ただし、PCM 符号化 (G.711PLC) への適用可能性を示唆する報告もある[108]。

雑音抑圧技術を含む系の評価は、推奨されない。また、電話帯域より狭い帯域への帯域制限処理の評価には適用できない。

(2) 適用シナリオ

PESQ は、実験室環境における評価や計算機シミュレーションによる評価に加え、実網(Live network)評価にも適用可能である。但し、実網評価では同一条件での複数測定が困難である場合があり、その際には品質推定結果の信頼性が低下する点に注意が必要である。

IV.3.2 参照信号

(1) 信号時間長

音声サンプルの継続時間長は 8～30 秒とする。但し、実網を用いた評価において(移動体網など)網の品質特性の時間変動が激しい場合には最小で 3.2 秒長の音声サンプルを用いることができる。

(2) 有音率

ITU-T 勧告 P.56 に規定される音声区間の割合(有音率)は 40～80%とする。従って、8 秒長音声の場合には、最低でも有音区間が 3.2 秒必要となる。

(3) 時間構造

参照信号の音声時間構造は、自然な発話の特性を備えている必要がある。具体的な例としては、ITU-T 勧告 P-series Supplement 23 に収録されている音声サンプル(2 短文章の連結であり、継続時間長は 8 秒)がある。逆に、「数字カウント」のような短い発話の集合などは用いるべきではない。

(4) 音声実効レベル

参照信号をデジタル信号として記録する際には、クリッピング等の劣化を避けるため、ITU-T 勧告 P.56 に規定される音声区間の信号レベルを-30dBov とする必要がある。但し、評価対象系への入力レベルは、系への標準的な入力レベルとなるように適切に調整されなければならない。

(5) 擬似音声の適用

ITU-T 勧告 P.50 に規定されるような擬似音声信号の利用は現時点では推奨されない。

(6) 音声サンプル録音の要求条件

音声サンプルの録音に際してのガイダンスは ITU-T 勧告 P.800 及び P.830 に規定されている。但し、雑音対策の一環として(10)項に述べる背景雑音を印加する必要がある。

(7) 話者と文章のバリエーション

話者や音声サンプルの違いに起因する評価値のばらつきを回避するため、ITU-T 勧告 P.501 Annex B に収録

されている音声サンプルを用いることが望ましい。

評価は最低でも男女各 2 名が発話した音声サンプル（計 4 サンプル）を用いて行い、評価結果はこれらサンプルに対する評価値の平均値で定義される。但し、実網評価においてはこれよりも少ない音声サンプルで評価することも可とするが、その際には品質推定精度が低下する点に注意が必要である。

（８） 先頭及び末尾の無音区間長

音声サンプルの先頭及び末尾には最低 0.5 秒、最大 2 秒の無音区間が必要である。

（９） プレフィルタ

PESQ は、参照信号及び劣化信号共に電話機の送話周波数特性を加味していることを前提としているため、測定に先立ってこれら信号に適切なフィルタリング処理を施す必要がある。ITU-T 勧告 P.862 では、ITU-T 勧告 P.830[33]に規定される Modified IRS sending 特性の利用を推奨している。

但し、音声入力点の特性によって、参照信号に付加すべきフィルタ特性は変化する点に注意が必要である。

（１０） 背景雑音

参照信号に含まれる背景雑音は（６）項に述べたとおり、十分小さく抑えられるべきである。但し、測定経路において（評価対象とすべきでない、測定系のみに起因した）雑音（以下、測定雑音と呼ぶ）が重畳される場合には、参照信号に -70dBov の意図的な白色雑音を印加する必要がある（結果的に SNR は 40dB）。この意図的な背景雑音のスペクトル及びレベルは 0-4000Hz で定義する。この手法により、測定雑音の SNR が 40dB までであれば、測定雑音による PESQ 評価値への影響を回避した評価が可能となる。（本文 8.3.1.2 参照）

以下、測定ノイズを抑制するために考慮すべき点を記述する。

a) インピーダンス不整合

インピーダンスの不整合は減衰の要因となりスコアの悪化に繋がる。日本の電話機のインピーダンスは 600 オームであるため、測定端末のアナログポートに接続する測定機は 600 オームのものを使用する。

b) アース、ノイズ

測定時のノイズ発生の可能性を抑えるため、測定端末の電源ケーブルはグラウンドピンをもつことが望ましい。電源ケーブルが 2 ピンであっても、本体のグラウンド端子を測定機のグラウンドと接続することでノイズが低減できる場合がある。また、AC 電源は適切な接地がなされている必要があり、モーター等ノイズ発生源となるような機器が接続されていない系統のものを使用する。

IV.3.3 劣化信号

(1) 参照音声と劣化音声の音声区間長の差分

ITU-T 勧告 P.56 に規定される音声区間の長さを参照音声と劣化音声について測定した結果の差が 25%以下でなければならない。

(2) 音声実効レベル

劣化信号をデジタル信号として記録する際には、クリッピング等の劣化を避けるため、ITU-T 勧告 P.56 に規定される音声区間の信号レベルを-30dBov とする必要がある。

(3) 参照音声と劣化音声の先頭及び末尾の無音区間長の差分

参照音声と劣化音声の継続時間長（無音区間を含む）の差が 20%以下でなければならない。

IV.3.4 評価結果の分析

評価結果は異なる音声サンプル（最低でも男女各 2 名）に対する評価結果の平均値で示す。但し、平均操作をする前に、P.862 に基づく PESQ 評価値を、勧告 P.862.1 に規定されるマッピング関数によって推定 MOS 値(MOS-LQO)に変換する必要がある。さらにこの値を日本人の評価特性に合わせるためには、本標準付録 I に示す変換関数を適用し、MOS_j に変換する必要がある。

付録V （参考）レファレンス条件を基準にした評価値の変換

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

絶対評価値である平均オピニオン評点(MOS: Mean Opinion Score)」は、主観評価試験において評価される音声サンプルセットの品質バランス、被験者の国民性、被験者集団の違い、被験者へのインストラクションの与え方等、「試験の枠組み」の影響を受けやすく、異なる試験結果を直接比較することは困難である場合が多い。

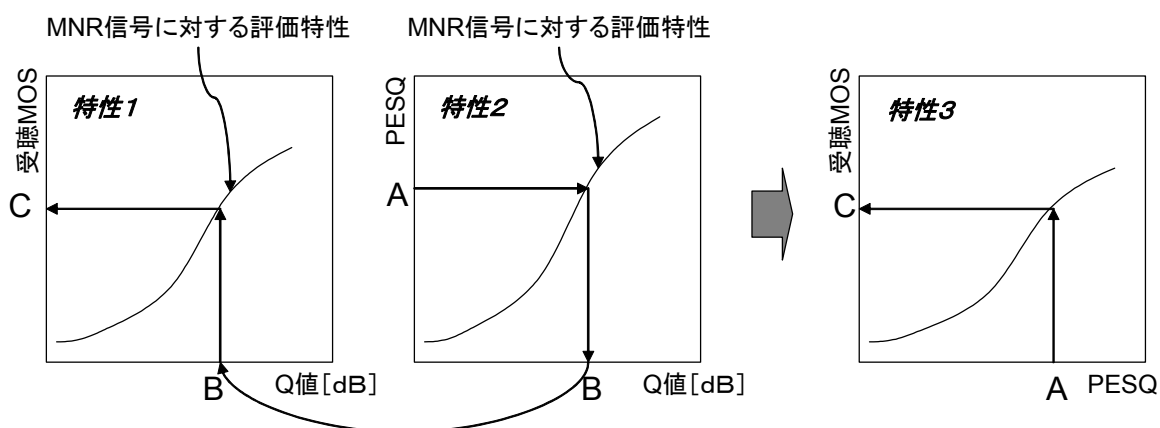
このような主観評価の問題点を解決する方法として、評価対象となる音声の品質を、これと MOS 値が等しくなるレファレンス信号の物理量で表す方法が用いられている (ITU-T 勧告 P.830[33]参照)。このときにレファレンス信号として用いられるのが、音声に振幅相関雑音を付加した MNR 信号 (ITU-T 勧告 P.810 参照) であり、MNR 信号の品質は S/N 比 (これを Q 値と呼ぶ) により制御される。

具体的には、各主観評価試験において得られる Q 値と MOS 値の関係に基づいて、評価対象音声に対する MOS 値と同じ MOS 値を与える MNR 信号の Q 値を求め (この値を「等価 Q 値」と呼ぶ)、これをその音声の評価値とする。この方法によれば、試験の枠組みの違いにより同一の評価対象音声に対する MOS 値が変動する場合にも、評価対象音声とレファレンス信号の品質の相対関係は保存されることが期待できることから、試験の枠組みの影響を回避した評価が可能となる[107]。

客観評価の場合にも、評価対象となる符号化音声と客観評価値が等しくなる MNR 信号の Q 値を求めることにより等価 Q 値を定義できる。しかし、等価 Q 値による品質表現は R 値による品質表現と直接対応付けができないため、ここでは等価 Q 値の考え方をベースとしつつ、MOS 値による品質表現を試みる。

具体的には、「Q 値と受聴 MOS 値の関係【特性 1】」を主観評価試験により定式化すると共に、「Q 値と客観評価値(PESQ)の関係【特性 2】」を客観評価試験により定式化する。これらの関係から「客観評価値(PESQ)と受聴 MOS 値の関係【特性 3】」を決定する。

この関係を付図 V-1 に示す。例えば、評価対象音声に対する PESQ 値が A であるとき、客観評価から定義される等価 Q 値は B[dB]である。これに対応する受聴 MOS 値は C である。これらの関係を予め求めておけば、等価 Q 値を介さずに、PESQ 値から直接受聴 MOS 値を決定することができる。



付図V-1 / JJ-201.01 < PESQ 値と受聴 MOS 値の関係の定式化 >

本方法は、本質的には等価 Q 値により品質を表現することと等価であるが、その評価値が MOS 尺度で得られる点異なる。

このようにレファレンス信号に対する評価特性により評価値を正規化するためには、レファレンス信号に対する客観／主観評価特性の対応関係と評価対象信号に対するそれとが一致していることが前提となる。低ビットレート符号化による劣化やパケット損失による劣化は、雑音付加音声である MNR 信号の劣化とは聴感上の性質が異なるため、客観／主観評価特性の対応関係が異なることが危惧されるが、文献[108]における試験結果は PESQ がこれらを統一的に評価可能であることを示している。

本手法で与えられる受聴 MOS 値は、一定の音声レベルで音声を受聴した場合の品質に関する指標であり、音量・遅延・エコー等の要因を含めた総合評価値としての会話 MOS とは異なる。

Q 値と MOS 値の関係を導出するために行った主観評価試験の諸元を付表 V－1 に示す。

付表 V－1 / JJ-201.01 <主観評価試験諸元>

Subjects	80 subjects/sample
Ambient noise at receiving side	Hoth noise at 35 dB(A)
Listening level	-15 dBPa
Speech sample	8 Japanese sentence-pairs (8 s long each)
Q-value	2 – 38 dB (step: 2 dB) & 99dB
Input/output acoustic characteristics	ITU-T Rec. P.830 modified IRS

また、上記主観評価試験に用いた MNR 信号を PESQ により客観評価した。

これらの結果【特性 1、2】から、PESQ 値と受聴 MOS 値の関係【特性 3】を導出し、以下のような対応関係を得た。

受聴 MOS 値	PESQ 値
3.5	3.4
3.1	3.1
2.3	2.5

付録VI （参考）無線LANを用いたIP電話の通話品質評価に関する留意事項

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

VI.1 基本的な考え方

本標準による通話品質評価法は、ネットワーク上の伝送品質特性ならびに端末上の送受話特性を反映してエンド・ツー・エンドの通話品質を評価する方法を提供するものである。

本標準による通話品質評価対象となるネットワーク上の特性は、パケット損失率や遅延時間などの伝送品質パラメータとして表現されるものであり、ネットワークの有線/無線に依存するものではない。

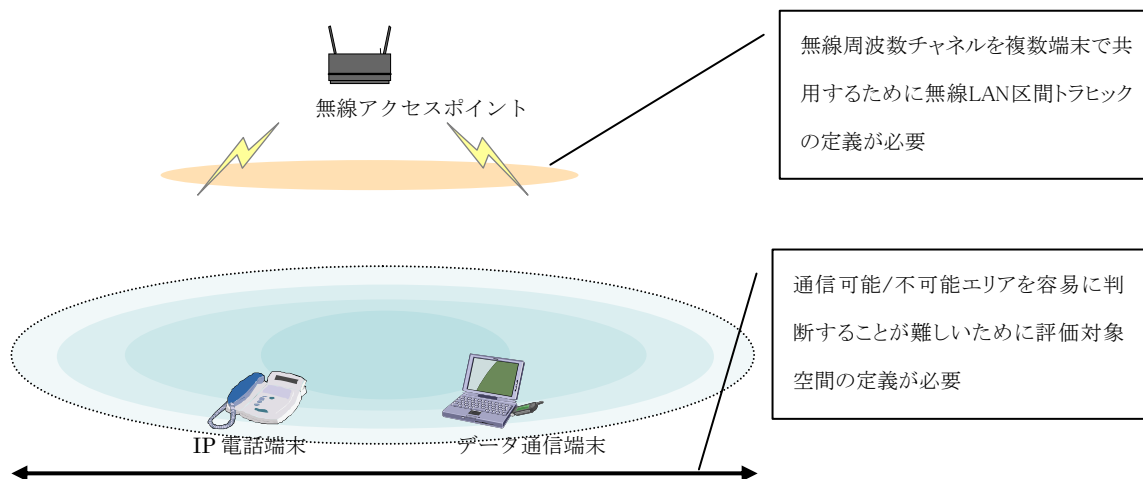
しかしながら、ネットワークに無線を利用した環境では、無線通信固有の特性が上記の伝送品質パラメータに与える影響を考慮して品質評価を実施する必要がある。特に、ネットワークのアクセス系に無線を適用した際には、無線がカバーするエリア条件や周波数の共用に伴うトラヒック条件など、品質評価にあたっての条件を明確にする必要がある。

本付録は、アクセス系に無線 LAN を適用した際の IP 電話に対する通話品質評価の条件を明確にし、JJ-201.01 にて規定した IP 電話の通話品質評価を実施するにあたっての留意事項を示すものである。

無線を用いたアクセス系通信方式には様々なものが存在しているが、本付録では無線通信方式として、近年、技術の進展が目覚ましい IEEE 標準 802.11a/b/g 方式無線 LAN を対象とする。よって、本仕様書において、無線ネットワークおよび無線区間とは無線 LAN を想定している。尚、今後の技術進展に合わせ、他の通信方式に関しても本付録の内容で対応可能かどうかを継続して検討してゆく予定である。

VI.2 標準系・限界系条件設定時の留意点

無線 LAN を用いた IP 電話の通話品質評価においては、無線 LAN 通信固有の特性がパケット損失率や遅延時間などの伝送品質パラメータに及ぼす影響を考慮することが必要である。無線 LAN 通信固有の特性としては、通信可能/不可能エリアを容易に判断することが難しいこと、及び、有線系アクセス回線に比べ比較的狭帯域となる無線周波数チャネルを複数端末で共用することが挙げられる。そのために、標準系・限界系条件設定時には、評価対象空間の定義、及び無線周波数チャネル共用による影響を考慮した、無線区間トラヒックの定義が必要である。



付図VI— 1 /JJ-201.01 無線通信固有の特性

VI.2.1 評価対象空間の定義

評価対象空間を定義するための指標には、評価対象 IP 電話端末性能に依存せず、同一条件の下においては伝送品質パラメータへの影響が異なることが必要である。

想定される無線区間の評価対象空間を定義する指標としては、IP 電話端末の受信入力レベルを使用することが望ましい。

評価対象空間を定義するための指標としては、受信入力レベル、電界強度、無線アクセスポイントからの距離、無線アクセスポイントと無線端末間の伝送リンク速度等が考えられるが、電界強度、無線アクセスポイントからの距離については、評価対象 IP 電話端末性能に依存し、同一条件の下においても IP 電話端末個々に伝送品質パラメータへの影響が異なることが想定されるため、指標としては適切ではない。尚、これらに加え、電界強度、無線アクセスポイントからの距離については、無線 LAN ^(*) では基準となる値が定義されていないこと、無線アクセスポイントからの距離については建物や周囲形状・環境より、遮蔽、回折などの影響を受けるために客観的な指標としての定義が困難であることなどの問題もある。

また、無線アクセスポイントと無線端末間の伝送リンク速度については、同一条件の下においてもパケット損失率が異なる等伝送品質パラメータへの影響が異なることが想定されるため、指標としては適切ではない。従って、無線区間における評価対象空間を定義するための指標としては IP 電話端末における受信入力レベルを適用することが適当である。評価対象 IP 電話端末での受信入力レベル（評価対象空間における受信最小入力レベルが何 dBm か）により評価対象空間の範囲を定めた上で、バックボーン・ネットワークの条件などを加味してエンド・ツー・エンドでの標準系および限界系の条件を決めることが望ましい。

また、品質評価時の評価対象IP電話端末は無線区間の標準規格³⁷に準拠した受信入力レベルを満足するものとする。

尚、品質評価時の評価対象 IP 電話端末受信入力レベルについては妥当である根拠（準拠している標準規格と方式の提示など）を示すことが必要である。

品質評価時の評価対象 IP 電話端末の受信入力レベルを直接測定することが困難な場合は、標準アンテナの利用等により受信入力レベルを測定し、標準アンテナと評価対象 IP 電話端末の差異を換算し、評価を行うなどの手法をとることが望ましい。尚、その際には換算した受信入力レベルが妥当である根拠（換算方法など）を示すことが必要である。

VI. 2. 2 無線区間トラヒックの定義

(1) 同時接続 IP 電話端末数

無線区間のトラヒック条件を明確化するための指標として、IEEE802.11 標準無線 LAN 通信方式の CSMA/CA 方式による無線周波数チャネルの共用処理が品質評価パラメータへ与える影響を考慮し、評価対象空間における同時接続 IP 電話端末数を考慮することが必要である。

尚、品質評価時の同時接続 IP 電話端末数については、妥当である根拠（評価対象空間において想定されるサービス条件から考慮した IP 電話端末の最大提供同時接続数など）を示すことが必要である。

(2) 背景トラヒック量³⁸

無線区間のトラヒック条件を明確化するための指標として、通信可能端末の無線周波数チャネルの占有時間、及び無線アクセスポイントにおけるパケットのバッファ等が品質評価パラメータへ与える影響を考慮し、評価対象空間における品質評価対象トラヒック以外のトラヒック量（背景トラヒック量）を考慮することが必要である。

尚、品質評価時の背景トラヒック量については、妥当である根拠（評価対象空間で許容される背景トラヒックの最大トラヒック量とその根拠である方式や使用上の制限事項など）を示すことが必要である。

尚、評価対象空間において IP 電話サービスのみを提供する場合は、（１）の同時接続 IP 電話端末数を考慮すれば（２）の背景トラヒック量の要素も含まれる。しかし、IP 電話サービスのほかにデータ通信サービスも混在する場合は、（１）の同時接続 IP 電話端末数と共にデータ通信も含む（２）の背景トラヒック量を考慮する必要がある。

VI. 3. 通話品質評価時の留意点

無線 LAN を用いた IP 電話の品質評価時には、前述 4. 標準系・限界系条件設定時の留意点に従い標準系・限界系を設定した上で、下記のサービス提供条件を考慮し通話品質評価を実施する必要がある。

(1) IP 電話端末の通話動作中における移動の有無

IP 電話端末の移動が可能である場合には、許容される移動速度、端末のハンドオーバー、ローミングなど、通話品質パラメータに影響を与えることが想定される条件がある。

従って、端末の移動を許容する場合、サービス提供時に想定される端末の移動条件に従った環境での評価を

³⁷無線区間の標準規格に IEEE802.11 標準/ARIB 標準を用いる場合の受信入力レベルを例示として付録VI.5 に示す。

³⁸ 「背景トラヒック」の定義は、1. 用語と定義に示す。

行うことが望ましい。

(2) 無線区間セキュリティ対策（暗号化機能使用など）の有無

無線区間にセキュリティ対策を施す場合には、無線区間の暗号化など、暗号化の仕様によっては通話品質パラメータに影響を与えることが想定される条件がある。

従って、無線区間にセキュリティ対策を実施する場合、サービス提供時に想定されるセキュリティ対策条件に従った環境での評価を行うことが望ましい。

VI.4 通話品質以外の課題事項の明確化について

- ・ 無線 LAN を用いた IP 電話端末では、利用者による通信可能/不可能エリアを容易に判断することが難しいことから、IP 電話端末への通信可能/不可能エリアの表示を行うことが望ましい。
- ・ 通話品質評価時に決定したサービス提供条件については、IP 電話端末利用者への周知の徹底を行うことが望ましい。

VI.5 受信入力レベル

本項では、VI2.1 評価対象空間の定義時における参照情報の一例として、IEEE802.11 標準/ARIB 標準として受信機に求められている条件を一覧表にしたものを示す。

付表VI-1/JJ-201.01 IEEE802.11 標準/ARIB 標準による受信入力レベル一覧表

項目	802.11b (DSSS 及び CCK)		802.11a		802.11g (OFDM)	
パケットサイズ条件	1024byte		1000byte		1000byte	
エラーレート	8×10 ⁻² FER 以下		10×10 ⁻² FER 以下		10×10 ⁻² FER 以下	
受信最小入力 レベル及び伝送リンク速度	Mbps	dBm	Mbps	dBm	Mbps	dBm
	2	-80	6	-82	6	-82
	11	-76	9	-81	9	-81
			12	-79	12	-79
			18	-77	18	-77
			24	-74	24	-74
			36	-70	36	-70
			48	-66	48	-66
受信最大入力 レベル及び伝送リンク速度	2	-4	全て	-30	全て	-20
	11	-10				

付録Ⅶ （参考）ソフトフォンを用いたIP電話の通話品質評価に関する留意事項

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

本付録では、ソフトフォンを利用する IP 電話の通話品質を評価する際の留意事項を示す。

基本的な留意事項

Ⅶ.1 仕様条件の明確化

(1) 推奨するコンピュータの仕様条件を明確にする

- ・必要とする処理性能条件

(2) 実装するソフトフォンの仕様条件を明確にする

- ① 音声符号化方式（CODEC）仕様
- ② 音声パケットサイズ
- ③ 暗号化の有無
- ④ AGC（Automatic Gain Control）機能の有無
- ⑤ サウンドカード等の条件
- ⑥ エコーキャンセル機能の有無と仕様条件

回線エコーと音響エコーの値が明確になる場合は提示することが望ましい。

- ⑦ R 値を算出するためのパラメータのうち、測定せずに想定したパラメータ

Ⅶ.2 品質評価環境条件の明確化

(1) 使用するコンピュータの設定条件

- ・測定する PC は極力同じ条件にする（処理能力、実装 A P、映像利用の有無など）使用する

(2) ソフトフォンの設定条件

- ・基本的に、ハンドセットを利用すべき

注）ヘッドセットとマイクを利用する場合は、ハンドセットに準じ、音量レベルを同一に維持して評価すること。ただし、スピーカとマイクなどハンズフリー環境の評価については、国際標準が確立していないため、今後の継続検討課題とする。

(3) 評価環境条件

① 通話における音響環境

1. 音量調整は同一の音量レベルを維持して測定する
2. ヘッドセットとマイクを利用するときは、基準機器を決め口との距離なども固定化すること
3. ヘッドセットを用いる場合、ヘッドセット側で周辺ノイズの除去等を行う機能を有することがある。その場合は、当該機能の有無を明確にすること

② 接続条件

4. ソフトフォン以外の IP 電話機やゲートウェイを介した電話機、公衆回線を介した外線との通話の評価を行う場合は、交換機やゲートウェイにおける音量レベル・ダイアグラムの条件を明確にしておくことが望ましい。
5. コンピュータが接続しているアクセスネットワーク環境の条件を明確しておくこと（無線 LAN 等）

注) ソフトフォンの場合、汎用コンピュータに実装して用いられるため、コンピュータが複数のアクセスネットワーク環境を持つ場合、接続されているネットワークが明示的にわからないことがある。そこで、評価者は接続されているネットワークインタフェースを意識しておく必要がある。

Ⅶ. 3 品質評価法上の留意点

- (1) 端末へのユーザインタフェースからの入出力条件（入出力音声の大きさ等）を決めておき、その入出力条件の元で、ソフトフォン端末（パソコン等）とネットワーク間の入出力条件が一定の条件を満たすようにする。
- (2) 「(標準的な設定における) NW への送出音量 (SLR)」と「基準受信信号を受信した際の受話音量 (RLR)」を遵守すること。

ただし、AGC (Automatic Gain Control) 機能の ON/OFF により、評価結果に影響が考えられるため、評価時に AGC を ON とするか、OFF とするかの考慮が必要である。

Ⅶ. 4 おわりに

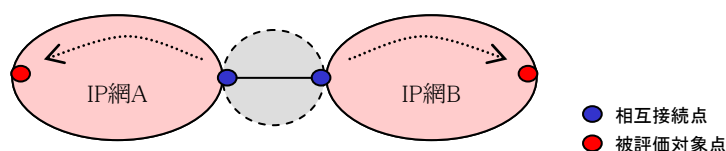
ソフトフォンの通話品質評価については、国際標準がまだ確定していない。よって、現時点では評価の上では明確にすべき端末やネットワーク仕様、評価環境の情報を提示し、同一環境の上での比較をすることが望ましい。本付録では、明確にすべき項目の情報を明らかにした。今後、実用的な環境での評価結果を基に国際標準化活動に貢献し、その結果から適切な標準の見直しを図ってゆく予定である。

付録Ⅷ （参考）相互接続環境における通話品質評価に関する留意事項

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

本付録は、異なる IP 網を相互接続する環境において、通話品質を評価する際のレファレンス接続系設定の考え方および品質評価時の留意事項を示す。

Ⅷ.1 相互接続点が単一の場合



付図Ⅷ-1/JJ-201.01 <相互接続点が単一の IP 網の接続モデル>

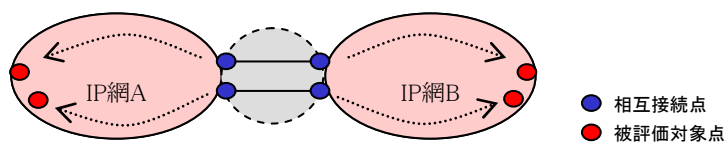
① 被評価対象点の設定

IP 網間の相互接続点を考慮して、相互接続環境下におけるリファレンス接続系（標準系／限界系）を定める。具体的には、各々の相互接続点から各々の IP 網に対して、距離（相互接続点からの最遠区間など）、ルータ段数、回線速度、トラヒック量などを考慮し、遅延やパケットロスが限界値に近い地点を限界系の被評価対象点に設定する。また、標準系の被評価対象点も同様な考え方で、遅延やパケットロスが平均的な地点に設定する。

② リファレンス接続系の設定

各々の IP 網に対して、上記①で定めた限界系および標準系の被評価対象点の2点間をそれぞれ相互接続環境におけるレファレンス接続系（限界系および標準系）とする。

Ⅷ.2 相互接続点が複数存在する場合



付図Ⅷ-2/JJ-201.01 <相互接続点が複数存在する IP 網の接続モデル>

① 被評価対象点の設定

相互接続点が単一の場合と同じ方法を用いて、相互接続点毎に限界系および標準系の被評価対象点を設定する。

② リファレンス接続系の設定

各々の IP 網に対して、上記①で定めた限界系および標準系の被評価対象点の全ての組み合わせ（但し、限界系の被評価対象点と標準系の被評価対象点の組み合わせは除く）をレファレンス接続系（限界系および標準系）とする。

VIII.3 品質評価時の留意事項

- ① 品質評価項目は、基本的に JJ-201.01 に規定された内容に準拠すること。
- ② 相互接続点間及び相互接続対象 IP 網内の時間的変動要素を考慮し（トラヒック変動特性などの差異を踏まえ、適切な評価日、評価時間を設定する等）、95%値を算出できるよう十分なサンプル測定を行うこと。
- ③ 相互接続点にメディアゲートウェイのバックトゥバック接続や PSTN 網が入る場合は、コーデック変換による影響を考慮すること。
- ④ 評価を行う際の基準となる端末は、各々の IP 網であらかじめ設定し、評価条件を明示すること。

付録IX （参考）広帯域IP電話サービスの通話品質評価法

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

本付録では、音声周波数帯域が 50—7000Hz である広帯域 IP 電話サービスの通話品質の評価法を規定する。

IX.1 まえがき

本標準本文が規定する通話品質評価法は、音声信号の周波数帯域が電話帯域(300—3400Hz)である IP 電話サービスを対象としている。本付録では、近年注目されている広帯域(50—7000Hz) IP 電話サービスを対象として、本標準の適用領域を拡張する。

広帯域音声の品質評価法に関しては、ITU-T において、①広帯域音声信号の物理測定に基づく客観品質評価法が勧告 P. 862. 2 (広帯域 PESQ) [34] として、及び②総合品質指標 R 値を算出するオピニオンモデルである勧告 G. 107 (E-model) を広帯域音声に対応させる拡張が G. 107 Appendix II [1] として標準化された。

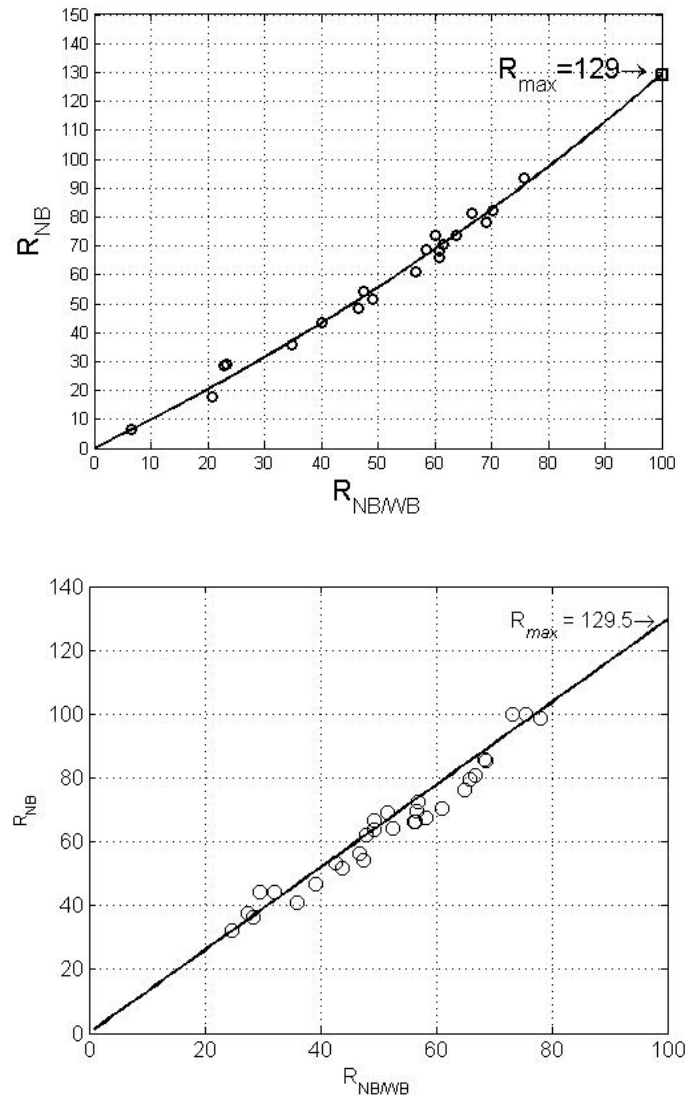
本付録では、これら国際標準を用いて具体的に広帯域 IP 電話サービスの通話品質を評価する方法を規定する。

広帯域音声の総合通話品質を評価するためには、広帯域音声の LR (ラウドネス定格) やエコー品質評価特性等を適切に反映した評価法を確立する必要があるが、現在の G. 107 Appendix II ではこれらの点は十分に加味されておらず、本付録においてもこれら品質要因の評価は適用範囲外とする。つまり、本付録を用いて評価できる品質要因は、符号化歪、パケット損失歪、遅延のみである。評価に際しては、コーデック種別、パケット損失率と遅延時間が必要となるが、後者の測定法は 6.2 節に準ずる。

IX.2 広帯域 E-model

IX.2.1 R 値の拡張

G. 107 Appendix II では、音声周波数帯域の拡張による品質向上効果を、電話帯域音声のみを用いた主観評価実験 (NB 試験) より求められた " R_{NB} " と電話帯域／広帯域音声を用いた主観評価実験 (NB/WB 試験) より求められた " $R_{NB/WB}$ " の関係に基づいて示している。両実験で共通する条件の R_{NB} 値と $R_{NB/WB}$ 値から両者の関係を求めた結果を付図 IX-1 (G. 107 Appendix II より転載) に示す。付図 IX-1 には異なる 2 つの実験結果を示している。図中の $R_{NB/WB}$ 値が 100 であるときの R_{NB} 値が劣化のない広帯域音声の R 値 (最大値) に対応する。図より、最大値はほぼ $R_{max} = 129$ であることがわかる。



付図 IX-1 NB コンテキストと NB/WB 混合コンテキスト試験から導出される R 値の比較

(G.107 Appendix II より転載)

IX.2.2 アルゴリズム概要

広帯域 E-model は、E-model における音質評価に用いるパラメータ ($I_{e, eff}$) を広帯域音声コーデックに対応させたものであり、以下の式で定義される。音質パラメータである $I_{e, eff}$ 以外のパラメータ (R_0 , I_s , I_d , A) の定義は従来の電話帯域 E-model と変わらない。ただし、音声周波数帯域の拡張による品質向上効果を反映するため、R 値の最大値を従来の 93 より 129 とするために両者の差分値(36)を加えている。また、 $I_{e, eff}$ の定義式は、R 値の最大値が 129 に変更されたことを反映し、従来の $I_{e, eff}$ の定義式に修正を加えている。

$$R = R_0 + 36 - I_s - I_d - I_{e, eff, wb} + A$$

$$I_{e, eff, wb} = I_{e, wb} + (129 - I_{e, wb}) \times \frac{Ppl}{Ppl + Bpl}$$

ここで、 $I_{e, eff, wb}$ は、広帯域 E-model を前提にした場合に適用する音質劣化量を示し、 $I_{e, wb}$ はその場合

の符号化歪量を表す。

IX.2.3 従来の I_e 値との関係

広帯域 E-model では、広帯域音声だけでなく、電話帯域音声も同一の品質指標 (R 値) で統一的に評価する。このために必要な電話帯域音声コーデックの I_e, wb 値も規定されている。従来の I_e 値との関係は以下の式で定義される。

$$I_{e, wb} = I_e + 36$$

電話帯域音声の評価を行う場合、従来の I_e 値を用いて E-model により算出される R 値は、 $I_{e, wb}$ 値を用いて広帯域 E-model により算出される R 値と同一となる。

広帯域音声コーデック及び電話帯域音声コーデックに対する $I_{e, wb}$ 値を付表 IX-1, 2(勧告 G.113 Appendix IV[8]より転載)に示す。

付表 IX-1 広帯域音声コーデックの $I_{e,wb}$ 値 (G.113 Appendix IV より転載)

Codec type	Reference	Operating rate kbit/s	$I_{e,wb}$ value
ADPCM	G.722	64	13
		56	20
		48	31
Modified Lapped Transform Coding	G.722.1	32	13
		24	19
CELP	G.722.2	23.85	8
		23.05	1
		19.85	3
		18.25	5
		15.85	7
		14.25	10
		12.65	13
		8.85	26
		6.6	41

付表 IX-2 電話帯域音声コーデックの $I_{e,wb}$ 値 (G.113 Appendix IV より転載)

Codec type	Reference	Operating rate kbit/s	$I_{e,wb}$ value
PCM	G.711	64	36
ADPCM	G.726, G.727	40	38
	G.721(1988), G.726, G.727	32	43
	G.726, G.727	24	61
	G.726, G.727	16	86
LD-CELP	G.728	16	43
		12.8	56
CS-ACELP	G.729	8	46
	G.729-A + VAD	8	47
VSELP	IS-54	8	56
ACELP	IS-641	7.4	46
QCELP	IS-96a	8	57
RCELP	IS-127	8	42
VSELP	Japanese PDC	6.7	60
RPE-LTP	GSM 06.10, Full-rate	13	56
VSELP	GSM 06.20, Half-rate	5.6	59
ACELP	GSM 06.60, Enhanced Full Rate	12.2	41
ACELP	G.723.1	5.3	55
MP-MLQ	G.723.1	6.3	51

IX. 2. 4 広帯域音声コーデックのパケット損失耐性(Bpl 値)

広帯域 E-model においては、E-model 同様、符号化歪は I_e, wb 値によって、パケット損失は当該コーデックのパケット損失耐性(Bpl)とパケット損失率(Pp1)によって表現される。

現在のところ、国際的に標準化された広帯域音声コーデックの Bpl 値は存在しないが、日本語音声に対する広帯域音声コーデックの Bpl 値が提案されている[111]。本付録では、文献[111]に提供されている広帯域音声コーデックの Bpl 値を用いる(付表 IX-3 参照)。

付表 IX-3 広帯域音声コーデックの Bpl 値(文献[111]より転載)

<i>Codec</i>	<i>Bpl</i>
G.722 (64)	4.5
G.722.1 (32)	11.0
G.722.1 (24)	12.0
G.722.2 (6.6)	12.8
G.722.2 (8.85)	13.5
G.722.2 (12.65)	13.0
G.722.2 (14.25)	14.1
G.722.2 (15.85)	13.1
G.722.2 (18.25)	12.5
G.722.2 (19.85)	12.3
G.722.2 (23.05)	13.0
G.722.2 (23.85)	12.2

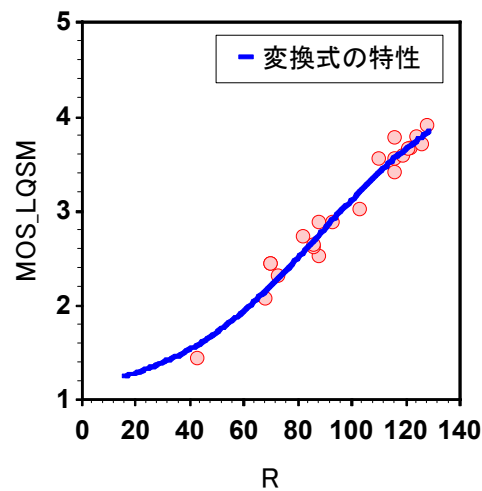
IX. 2. 5 MOS との対応関係

従来のR値は0～100の範囲で与えられ、ITU-T勧告G. 107 Annex BではR値と会話MOSの対応関係を規定している。しかし、広帯域E-modelによるR値の最大値は129であり、G. 107 Annex Bの対応関係を用いることができない。広帯域R値に対応したR値と会話MOSの対応関係は未だ国際標準化されていないが、本付録では文献[112]に示される主観評価実験データに基づき、以下の変換式を定義する。ただし、変換式の導出には、文献[112]の主観品質結果のうち、パケット損失がない符号化条件(タンデム接続条件を除く)の実験結果のみを用いた³⁹。

$$MOS_{CQEM} = \frac{1 - 4.50}{1 + \exp\left(\frac{R - 88.40}{27.99}\right)} + 4.50$$

R 値と実測主観 MOS の対応関係を付図 IX-2 に示す。

³⁹広帯域 E-model による R 値の算出では、音声符号化条件以外のパラメータはデフォルト値を用いた(遅延時間 0ms, TELR=65dB など)。



付図 IX-2 広帯域 E-model の算出する R 値と MOS 値の対応関係

IX.3 R 値を補完するパラメータ

電話帯域音声の評価においては、R 値による評価を補完する目的で以下の要因に関して個別の評価を推奨している（8 章参照）：

- 遅延
- エコー
- 音質

広帯域音声の評価においても同様の補完パラメータが必要である。遅延に関しては、広帯域化による影響はないと考えられるため、8.1 節に準ずる。エコーに関しては、広帯域音声のエコー評価特性が必ずしも明確でない点を考慮し、今後の検討課題とする。音質に関しては、電話帯域音声に対応した勧告 P. 862 (PESQ) を広帯域音声の評価に拡張した勧告 P. 862.2（広帯域 PESQ）が国際標準化されており、本章では広帯域 PESQ を用いた音質評価方法を規定する。

IX.3.1 広帯域 PESQ

IX.3.1.1 広帯域 PESQ の性能

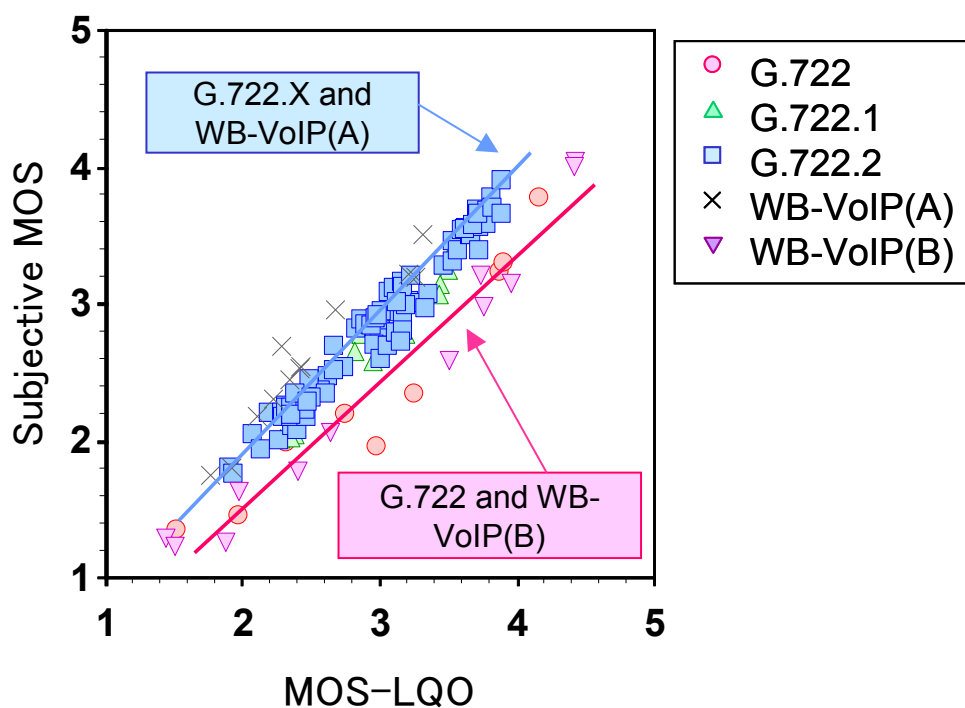
広帯域 PESQ による音質(受聴 MOS)推定精度は、ITU-T SG12 においていくつかの主観品質データベースを対象に検討されており、符号化歪やパケット損失歪など、広帯域 IP 電話における音質劣化要因の評価に適用可能であることが検証されている。ただし、言語によっては広帯域音声コーデックに依存して広帯域 PESQ 値と主観 MOS 値の関係にバイアスが生じることがわかっており、この点は勧告 P. 862.2 に明記されている。具体的には、韓国語と日本語については、一部の広帯域音声コーデックの評価が楽観的になることが指摘されている[34]。

IX.3.1.2 コーデック依存性の回避法

前節で述べた日本語音声の評価における広帯域 PESQ のコーデック依存性については文献[113]に示されている。付図 IX-3 に広帯域 PESQ (MOS-LQ0) と主観 MOS の対応関係を示す。このことは、同一コーデックに対する評価値の比較は行えるが、異なるコーデックに対する評価値の相互比較ができないことを意味し、サービス品質の実態把握の観点からは問題がある。そこで、本付録では、広帯域音声コーデックごとに主観 MOS 値と広帯域 PESQ 値 (ITU-T 勧告 P. 862. 2 に添付されているレファレンスソフトウェアが出力する値) との関係性を線形回帰式で補正することとする。これにより、評価値のコーデック依存性を回避し、コーデック相互の品質を比較することができる。

$$MOS_{LQ0-jwb} = a \times \text{広帯域PESQ} + b$$

ここで、係数 a 及び b は広帯域音声コーデックごとに予め決められた値であり、付表 IX-3 により与えられる。



付図 IX-3 広帯域 PESQ (MOS-LQ0) と主観 MOS の対応関係

付表 IX-3 広帯域音声コーデックごとの係数

音声コーデック	a	b
G. 722 (64kbit/s)	0. 911	-0. 31
G. 722. 1	1. 0832	-0. 522
G. 722. 2	1. 0457	-0. 2873

付録X（参考）IP電話の通話品質評価におけるNW品質値の扱いに関する留意事項

（本付録は参考資料であり、仕様ではない。）

X.1 基本的な考え方

本標準による通話品質評価法は、IP 電話サービスの総合通話品質を表す指標として TTC 標準 JT-G.107[1]に準拠した R 値を用いることを前提とし、サービス提供事業者が考慮すべき品質パラメータを特定し、その評価法を規定している。従って、端末を含むエンドエンドで IP 電話サービスを提供する場合には、本標準に従い端末特性も考慮して通話品質を評価することが望ましい。

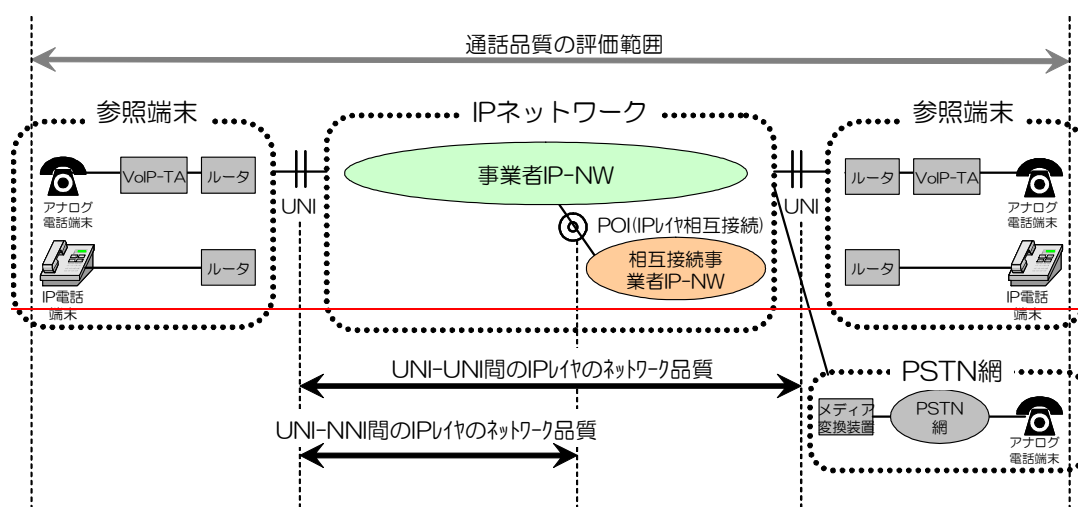
一方、UNI-UNI あるいは UNI-NNI 間のネットワークサービスを提供する事業者の場合には、個々の端末特性を考慮したエンドエンド品質設計・管理が困難となる。事業者間のネットワーク相互接続が推進されている状況や、宅内／企業内で様々な端末機器が接続される状況を鑑みると、エンドエンド通話品質を考慮しつつも、ネットワーク品質（つまり UNI-UNI 及び UNI-NNI 区間の品質）の評価に基づいて、サービスを設計・管理することも重要である。

本付録では、ネットワークサービス提供事業者が、仮想的に端末（以下、参照端末と呼ぶ）や他事業者のネットワーク特性を想定して、適切なエンドエンド通話品質を確保できるネットワーク品質を実現するための留意事項を示す。

X.2 参照評価系

ネットワーク品質の評価においては、付図 X-1 に示す参照評価系を考える。つまり、ネットワークサービス提供事業者においては、ネットワーク品質（UNI-UNI 及び UNI-NNI 区間の品質）の評価に参照端末特性を加味することで、エンドエンドの通話品質を評価することとする。

なお、参考として、参照端末特性の想定例を付録に示す。



※) 次世代IPネットワーク推進フォーラム 技術基準
検討WG 報告書(平成18年10月)より引用、加筆

付図 X-1 / JJ-201.01 < 参照評価系 >

X.3 ネットワーク品質規定項目

通話品質を評価する上で必要な IP レイヤのネットワーク品質の規定項目としては、E-model 概要（5 章）に示すように、

Id (Delay impairment factor)：送話者エコー，絶対遅延による主観品質劣化

Ie,eff (Equipment impairment factor)：低ビットレート符号化，パケット損失などによる主観品質劣化に関連するものがある．具体的には，R 値の評価方法（6 章）において、

(1) 遅延評価法に関連する要因として，パケット転送遅延（6.2.3 章 参照）

(2) 音質パラメータ（Ie, Bpl, Ppl）に関連する要因として，ネットワークにおけるパケット損失率，パケット到着揺らぎ吸収バッファにおけるパケット損失（6.2.1 章 参照）

の評価が推奨されている．

つまり，ネットワーク品質パラメータとして以下の 3 項目を評価する必要がある．

①パケット転送遅延

②パケット遅延変動

③パケット損失率

これらの品質項目の定義については，IP ネットワークの品質規定に関する TTC 標準 JT-Y.1540[37]，JT-Y.1541[23]に準拠することとする．

付表 X－1 / JJ-201.01 <TTC 標準におけるネットワーク性能パラメータ>

IP packet transfer delay (IPTD)	IP パケット転送遅延
IP packet delay variation (IPDV)	IP パケット遅延変動
IP packet loss ratio (IPLR)	IP パケット損失率

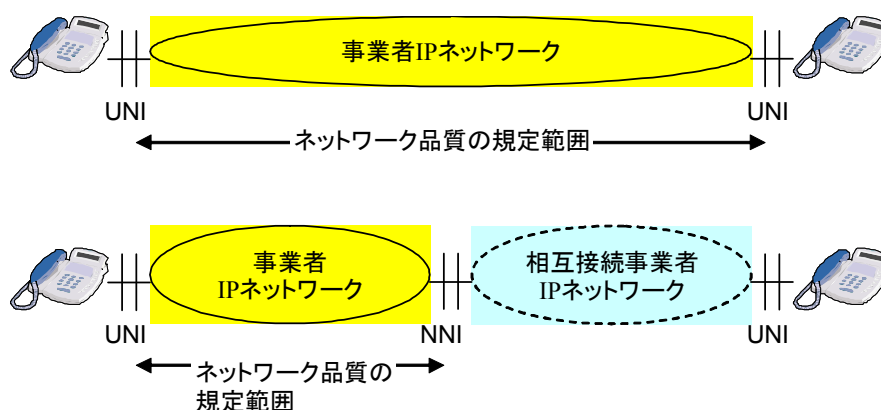
X.4 ネットワーク品質を規定する範囲

ネットワーク品質を規定する範囲は、下記の2項目とする。

(1) 単独事業者でサービスを提供する場合：UNI－UNI

(2) 事業者が相互接続する場合：UNI－NNI

従って、IPネットワークの品質項目を規定するための測定点は、ネットワーク事業者設備とユーザ設備の分界点となるUNIならびに、相互接続環境においては事業者分界点のNNIとする。



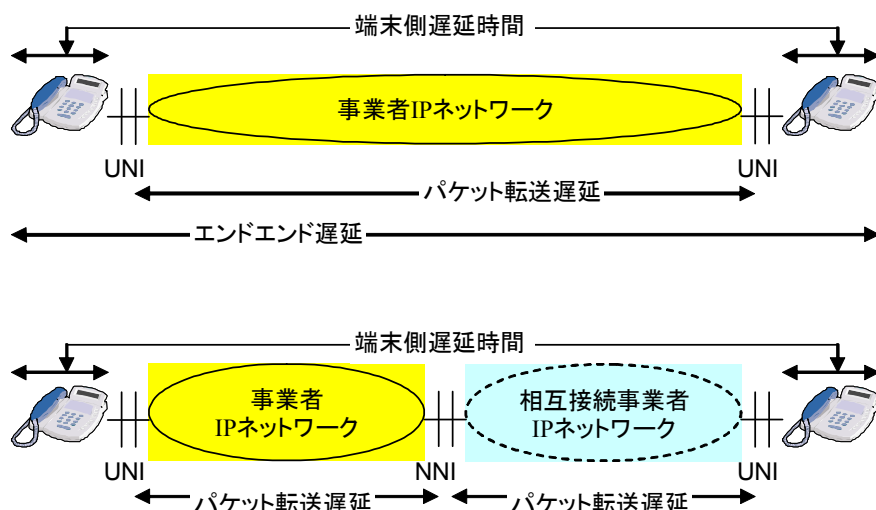
付図X－1／JJ-201.01 <品質規定範囲>

X.5 UNI－UNI／UNI－NNI品質規定を考慮した通話品質評価

エンドエンドの通話品質を評価するためには、規定したネットワーク品質と合わせて端末特性を想定する必要がある。典型的な端末特性としては、例えばITU-T 勧告 P.1010[38]などを参照して決定する。参照端末のコーデックについては、例えば一般的なものとして“G.711 μ -law (パケット化周期 20ms)”を想定する。(参照端末の例を付録XIに示す)

X.5.1 遅延評価法

標準的な端末モデルにおける端末側遅延時間(送信端末の遅延：符号化、パケット化など+受信端末の遅延：受信バッファ遅延、復号化など)としては、例えばITU-T 勧告 G.114[25]、P.1010[38]およびTTC 標準 JT-Y.1541[23]の付録を参考値とする。これにUNI－UNIにおけるパケット転送遅延を加味してエンドエンド遅延を評価する。UNI－NNIについては、相互接続されるネットワークのNNI－UNIと端末側遅延時間を加味して評価を実施する。(付図X－3／JJ-201.01 参照)

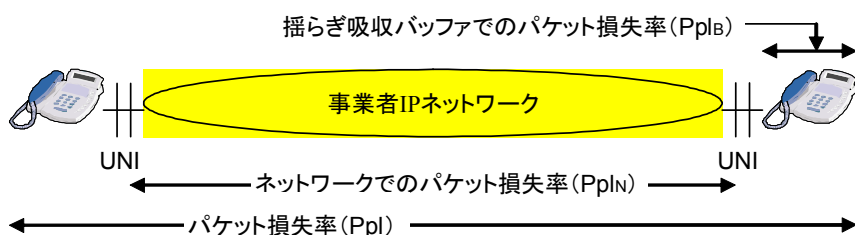


付図X－3／JJ-201.01 ＜遅延時間の関係＞

X.5.2 パケット損失率 (Ppl) の評価法

パケット損失率 (Ppl) については、ネットワーク品質として規定したパケット損失率 (PplN) と、パケット到着揺らぎ吸収バッファにおけるパケット損失率 (PplB) の和になる。揺らぎ吸収バッファにおけるパケット損失率 (PplB) については、想定する揺らぎ吸収バッファサイズとパケット遅延変動から推定する。例えば、ネットワーク品質として規定したパケット遅延変動（例えばパケット転送遅延の 99.9% 値と最小値の差と定義[23]）が 20ms、揺らぎ吸収バッファが 20ms とすると、揺らぎ吸収バッファにおける損失率 (PplB) は 0.1% となる。

UNI－NNI については、相互接続されるそれぞれのネットワークのパケット損失率／パケット遅延変動を考慮して、UNI－UNI のパケット転送遅延揺らぎから評価する。



付図X－3／JJ-201.01 ＜パケット損失率の関係＞

X.5.3 品質規定値の測定条件

規定した品質項目の測定条件については、本標準 JJ-201.01 に準拠する（6.3 章パラメータの測定条件）。

付録XI (参考) 参照端末を想定したIP電話の通話品質の評価例

(本付録は参考情報であり、仕様ではない。)

本付録では、参考として、付録 X に記したネットワーク品質に基づいた IP 電話の通話品質の評価例を示す。

参照端末として、

コーデック “G.711 μ -law (PLC 有り, パケット化周期 20ms)”

端末遅延 (符号化, パケット化, 揺らぎ吸収バッファ 20ms, 復号化など) 80m s

UNI－UNI のネットワーク品質として、

①パケット転送遅延 70m s

②パケット遅延変動 20m s

③パケット損失率 0.1%

とすると、

遅延の評価

$$T=Ta=\text{端末遅延}+\text{パケット転送遅延}$$

$$=80\text{m s}+70\text{m s}=150\text{m s}$$

パケット損失率 (Ppl) の評価

$$Ppl=PplN+PplB$$

$$=0.1\%+0.1\%=0.2\%$$

端末の他のパラメータについては標準特性を想定し、R 値を計算すると、88.8 となる。

同様に、

UNI－NNI のネットワーク品質として、

①パケット転送遅延 50m s

②パケット遅延変動 10m s

③パケット損失率 0.05%

とし、同じ UNI-NNI 品質のネットワークが相互接続すると、

遅延の評価

$$T=Ta=\text{端末遅延}+\text{パケット転送遅延}$$

$$=80\text{m s}+50\text{m s}+50\text{ms}=180\text{m s}$$

(但し、遅延の平均値にて評価した場合、95%値で評価した場合には、単純な合計にはならない。正確には、遅延や遅延揺らぎの分布特性を考慮した計算が必要である)

パケット損失率 (Ppl) の評価

$$Ppl=PplN+PplB$$

$$=0.05\%+0.05\%+0.1\%以下=0.2\%以下$$

(パケット遅延変動が 10m s のネットワークを相互接続した際の揺らぎについては正確な評価は難しいが、10m s+10m s=20m s よりは小さな値となり、揺らぎ吸収バッファでの損失率は 0.1%以下と想定される)

端末の他のパラメータについては標準特性を想定し、R 値を計算すると、87.1 以上となる。

参考文献

- [101] M. Masuda, K. Ori, "Network Performance Metrics in Estimating the Speech Quality of VoIP," IEICE APSITT2001, pp.333-337, Nov. 2001.
 - [102] 技術参考資料「電話サービスのインタフェース 第5版」, 日本電信電話株式会社.
 - [103] 浅谷編著, 「通信ネットワークの品質設計」, 電子情報通信学会発行, 1993.
 - [104] ITU-T SG12 SQ-46.95R3, "Subjective Test Plan for Characterization of an 8 kbit/s Speech Codec," Sep. 1995.
 - [105] ITU-T SG15 TD-66, "Results and Preliminary Analyses of Experiments to Characterize the Subjective Performance of Proposed Rec. G.729," Nov. 1995.
 - [106] 高橋, 増田, 「音声品質客観評価における測定ノイズの影響の評価」, 信学会ソサイエティ大会 B-11-19, 2002年9月.
 - [107] ITU-T Contribution COM12-74, "Review of Validation Tests for Objective Speech Quality Measures (NTT)," May 1996.
 - [108] A. Takahashi, "Performance Evaluation of Objective Quality Measure, ITU-T Recommendation P.862 PESQ," Proc. of CQR2002, May 2002.
 - [109] RCR-STD27G, "デジタル方式自動車電話システム", 1998年5月.
 - [110] "Multi-Lingual Speech Database for Telephonometry 1994," NTTアドバンステクノロジー株式会社, 1994年6月
 - [111] ITU-T SG12 COM12-D151, "Towards a Wideband E-model: R-Scale Extension and Impairment Factors for Wideband Speech Codecs," June 2006.
 - [112] 高橋, 倉島, 青木, 吉野, 「広帯域音声通信サービスの総合通話品質推定のための音質定量化に関する検討」, 信学技法 CQ2005-62, Sep. 2005.
 - [113] ITU-T SG12 COM12-D67, "Performance evaluation of wideband extension of P.862," Oct. 2005.
-