

電話機通話品質標準規格ガイドライン

広帯域IP電話端末（ハンドセット）

測定法

C E S - Q 0 0 4 M - 1

2 0 0 8 年 3 月 3 1 日

情報通信ネットワーク産業協会

目次

1.本規格の目的	1
2.適用範囲	1
3.参照規格・勧告.....	1
4.インターフェース	2
(1) 機能・構成.....	2
(2) 各部の特性.....	3
5.測定信号、擬似口、擬似耳	4
5.1 測定信号	4
5.2 擬似口.....	5
5.3 擬似耳.....	6
6.ラウドネス定格.....	6
7. 遅延時間	7
7.1 送話遅延時間	7
7.2 受話遅延時間.....	7
8.エコー特性.....	8
8.1. T C L w測定.....	9
9. 無通話時雑音	9
9.1 送話(Nc).....	9
9.2 受話(Nfor)	9
10 . 総合通話品質.....	9
10.1 測定法.....	9

(1) 送話.....	9
(2) 受話.....	11
(3) 出力マッピング.....	11
10.2 測定にあたっての注意事項.....	12
(1) 電氣的信号の入出力方法.....	12
(2) 信号対雑音比.....	12
11. IP 負荷の特性.....	12
11.1. 遅延揺らぎ.....	12
11.2 パケット損失.....	13

1. 本規格の目的

平成19年4月1日付けで、電話機通話品質標準規格広帯域 IP 電話端末（ハンドセット）を制定した。これを運用するにあたり、この規格に規定された特性値をどのように測定するかを規定したものが本規格であり、特性規格の規定と表裏一体をなすものである。

2. 適用範囲

現在、VoIP には次の2種類の端末がある。

- ・ 一つは、IP フォンと呼ばれるもので、IP ネットワークに直接接続出来るタイプである。
- ・ 一つは、アナログ電話機を接続出来るアダプタ（変換器）でターミナルアダプタ（TA）あるいは、宅内ゲートウエー（GW）と呼ばれているタイプである。

この規格は、IP フォンでの測定法を述べる。

ハンドセットを使用しない、いわゆるハンズフリー端末については、今後の検討課題であり、この規格の適用外である。

本規格で対象とする広帯域端末とは、ITU-T 勧告 P.311 に従い、150 Hz～7 KHz の帯域を持つものを言い、コーデックの規格に含まれる 100Hz 未満の帯域は対象としない。

3. 参照規格・勧告

- [1] CIAJ 電話機通話品質標準規格 IP 電話端末（ハンドセット） CES-Q003-2
- [2] CIAJ 電話機通話品質標準規格 広帯域 IP 電話端末（ハンドセット） CES-Q004-1
- [3] ITU-T 勧告 G.107 The E-Model, a computational model for use in transmission planning
- [4] ITU-T 勧告 G.122 Influence of national systems on stability and talker echo in international connections
- [5] ITU-T 勧告 G.711 Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies
- [6] ITU-T 勧告 G.311 Transmission characteristics for wideband(150-7000 Hz) digital handset telephones
- [6] ITU-T 勧告 P.50 Artificial voices
- [6] ITU-T 勧告 P.51 Artificial mouth
- [7] ITU-T 勧告 P.53 Psophometer for use on telephone-type circuits
- [8] ITU-T 勧告 P.57 Artificial ears
- [9] ITU-T 勧告 P.64 Determination of sensitivity/frequency characteristics of local telephone systems
- [10] ITU-T 勧告 P.79 Calculation of loudness ratings for telephone sets
- [11] ITU-T 勧告 P.310 Transmission characteristics for telephone band (300-3400 Hz) digital telephones
- [12] ITU-T 勧告 P.800 Methods for subjective determination of transmission quality
- [13] ITU-T 勧告 P.833 Methodology for derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests

- [14] ITU-T 勧告 P.834 Methodology for derivation of equipment impairment factors from instrumental models
- [15] ITU-T 勧告 P.862 Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrowband telephone networks and speech codecs
- [16] ITU-T 勧告 P.862.1 Mapping function for transforming P.862 raw result scores to MOS-LQO
- [17] ITU-T 勧告 P.1010 Fundamental voice transmission objectives for VoIP terminals and gateways
- [18] ITU-T 勧告 Y.1541 Network performance objectives for IP-based services

4. インターフェース

ITU-T 勧告 P.311 の Electrical interface Specifications における、Direct approach と Reference Codec Approach のいずれかの方法に従う。

(1) 機能・構成

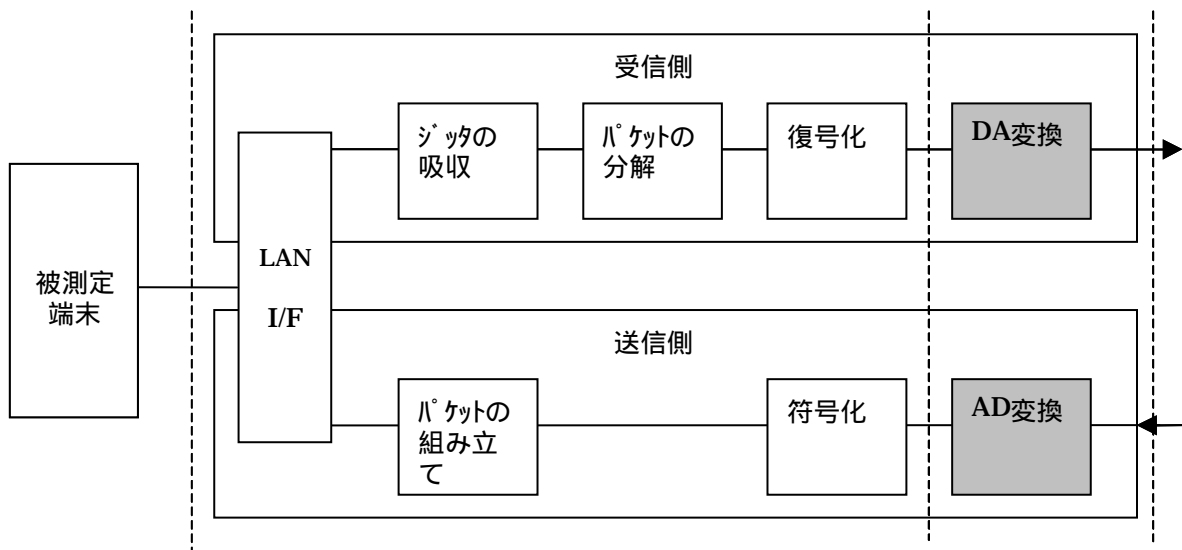


図 1 / CES-Q004M 被測定端末(DUT)に対するインターフェースユニットの構成(~ あるいは、 ~ の区間)

注) AD, DA 変換は必須ではない。

外部測定器を のデジタルインターフェース、あるいは のアナログインターフェースにおいて接続する。

この図では、被測定端末との間で呼を確立(通信状態と)する機能は、省略してある。

測定器は符号化則として G.722 の Mode 1 で通信出来ることを前提とする。これ以外の符号化方式を標準とする場合であっても、何らかの手段により、G.722 の Mode 1 に切り替えられるものとする。

他の符号化方式の場合の信号レベルは、過負荷点を G.722 符号化方式と同一の +9 dBm0 であるとみなすこととする。

(2) 各部の特性ⁱ⁾

【送信部】伝搬遅延のジッタ：±10ms 以下であること

周波数特性： から 、あるいは から までの周波数特性は、図 2 に示す ITU-T 勧告 P.311 Fig. B3/P.311 の範囲内にあること。

【受信部】伝搬遅延のジッタ：±20ms 以下であること

周波数特性： から 、あるいは から までの周波数特性は、図 2 に示す ITU-T

図 2 /311 で示す範囲内にあること。

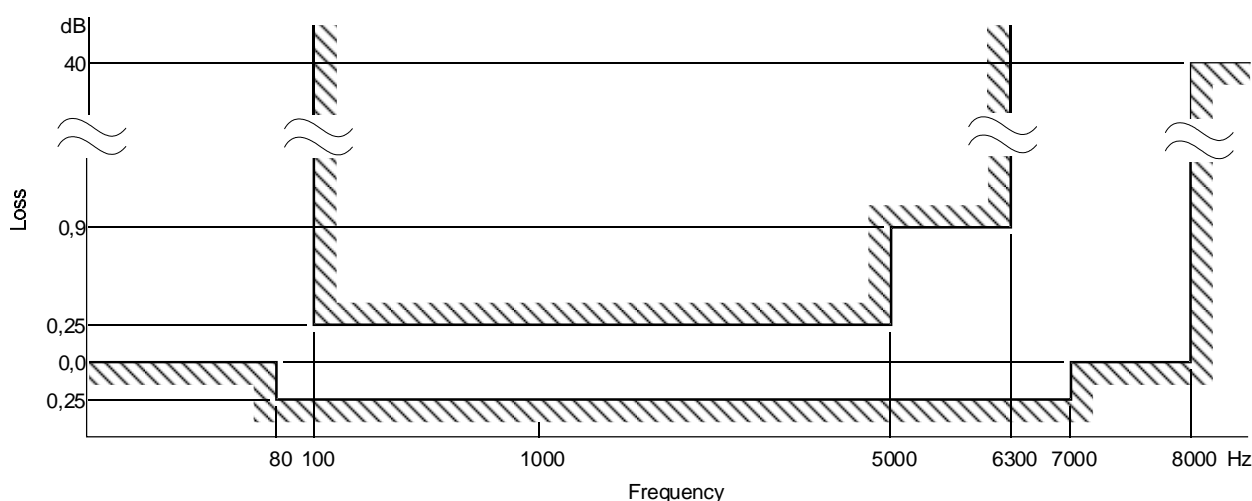


図 2 受信部周波数特性の許容範囲 / CES-Q004M

i) 符号化歪み

送話側の符号化歪みや、送出されるパケットストリームのジッタは、現状の技術で測定結果に影響を与えない程度に押えることが出来る。一方、受信側においては、ジッタ吸収バッファの制御が不適切であるとパケット損失を生じ、その結果、再生された信号の歪みとなって現れる。音声の符号化や、パケット損失によって起こる歪みの影響は ITU-T 勧告 P.862.2 の Wideband PESQ アルゴリズムで評価出来る。

このため、受話側についてのみ要求条件を規定する。

Wideband PESQ で評価するにあたっては、 を入力点とし、 あるいは、 を出力点とする。

ネットワークシミュレータでパケット送出の試験用端末とインターフェースユニットの間にジッタを付加した時、測定された Wideband PESQ の値が図 3 の許容範囲にあること。

注) 検証を行うにあたって試験用端末としては、送出パケットのジッタが無視出来るものを用いること。

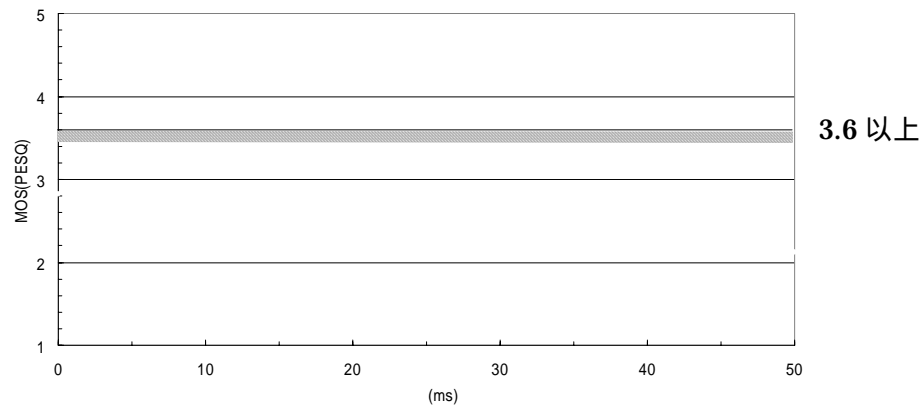


図 3 / CES-Q004M インターフェースユニット受信部の遅延揺らぎに対する PESQ 許容範囲

ii) レベル精度

ITU-T 勧告 G.722 符号化を用いた場合においては G.711 Table1a~2b の Note 1 に示された関係をもってデジタル符号とアナログ信号レベル(dBm)が関係づけられる(変換される) ものとする。

その他の符号化則においては、過負荷(最大振幅) 点が G.722 符号の場合と一致するように関係づけるものとする。

アナログ信号レベルの精度は、 ± 0.3 dB 以内とする。 ii

インターフェースユニットの伝搬遅延の絶対値は問わない。(インターフェースユニット固有の遅延時間が明確であれば、被測定端末と対向させて測定したオーバーオール遅延時間から、この固有の時間を差し引けば、被測定端末の遅延時間が求められるため)

ITU-T Rec. G.722 での過負荷レベルの許容範囲に従っている

5. 測定信号、擬似口、擬似耳

5.1 測定信号

ITU-T 勧告 P.50 に準拠した擬似音声(信号 1)あるいは P.800 に従って録音された 8 秒程度の実音声(信号 2)を使用すること。

5.1.1 擬似音声(信号 1)を使用する場合

勧告 P.50 には、男声と女声を模擬した異なる 2 種類の擬似音声(信号 1)が定義されている。これらの継続時間はそれぞれ 10 秒である。

これらの原信号から以下の操作を施し、測定信号を生成する。

- ・ 短時間パワー包絡波形が収束し、個々の音韻の途中とはならない点で分割し、2,500ms(± 400ms)の4つ以上の偶数個の短区間(図4の Seg.N)に分割する。
- ・ 男声の偶数番短区間を女声の対応する短区間と置き換える。(女性の偶数番短区間を男声の対応する短区間で置き換える方法でもよい)
- ・ すべての短区間の境界に 700ms 程度 (± 150ms) の無音区間を挿入する。

ITU-T 勧告 P.50 では擬似音声の周波数特性は 100 ~ 8000Hz で定義されている。

男声擬似音声



女声擬似音声

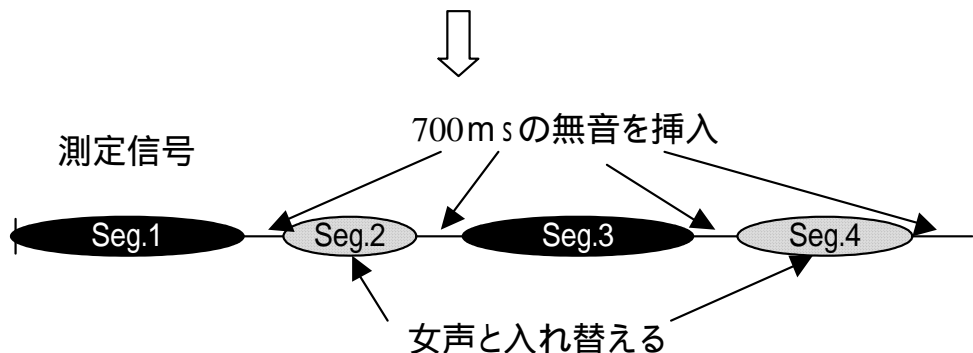


図4 / CES-Q003M 測定信号の生成法

5.1.2 実音声 (信号 2) を使用する場合

実音声を使用する場合は、少なくとも男女各 2 名以上の異なった発声者による音声サンプルを使用すること。感度、WB-PESQ を算出する場合は、これら複数の試験信号で測定された平均値を最終的な測定値とする。

実音声 (信号 2) の周波数帯域は少なくとも 100Hz ~ 7kHz とする。

5.2 擬似口

ITU-T 勧告 P.51 に準拠した擬似口を使用すること。

M R P 点での疑似音声スペクトルは、ITU-T 勧告 P.50 で示された許容範囲であること

5.3 擬似耳

ITU-T 勧告 P.57 に準拠した擬似耳のうち、Type 3.2 の low leak version を使用すること。ITU-T 勧告 P.57 では Type 3.2 の擬似耳の周波数特性は 100 ~ 8000Hz で定義されている。

5.3.1 ERP-DRP 変換

この擬似耳は DRP の音圧を測定しているため、ラウドネス定格や WB-PESQ を計算する場合は ERP に変換してから行うこと。変換係数は ITU-T 勧告 P.57 の Table 2a/P.57

5.3.2 漏洩に関する注意事項

ITU-T 勧告 P.57 に準拠した擬似耳のうち、Type 3.2 の low leak version を使用する場合には以下の注意が必要である。

ラウドネス定格を計算する場合は漏洩補正は行わない。

擬似耳の背面が開放であるため擬似耳内に周囲騒音が漏入する可能性があるため周囲騒音には注意すること。

側音を測定する場合は擬似口の音が擬似耳背面から漏入して側音として測定されてしまう。このため、次のような手順で側音特性を求める。

漏洩のない TYPE1 擬似耳あるいは、P.57 Type 3.2 擬似耳で漏洩の無い状態で測定をおこなう。

受話特性を、このような漏洩の無い擬似耳と、漏洩のある P.57 Type 3.2 擬似耳で測定し、両者の差分を出す。

側音特性に及ぼす擬似耳の影響は、受話と同じなので、 で測定された特性を で求められた差分で補正する。

さらに、DRP-ERP の補正をおこなう。

なお、DRP-ERP 変換は従来通りおこなう。

なお、TYPE1 や、漏洩のない Type 3.2 擬似耳を用いても、受話口結合部での遮音は完全とはならないため、側音減衰量が大きい場合の測定には限界がある

6. ラウドネス定格

IP 負荷条件は “ 0 ” (無し) として測定する。5 章で記述した信号を使用する。ITU-T 勧告 P.64 のデジタル電話機と同様な方法で感度を測定する。

送話の場合の MRP でのパワー平均音圧レベルは-4.7dBPa* (±3dB) とする。

広帯域の音声符号化方式として、一般的に用いられている ITU-T 勧告 G.722 シリーズでは、過負荷点を + 9 dBm0、標準信号レベルを - 15 dBm0 とする。

狭帯域の標準的音声符号化である ITU-T 勧告 G.711 の拡張版で、G.711 と同じ過負荷点をとる方式では、過負荷点を + 3 . 1 7 dBm0、標準信号レベルを - 15 dBm0 とする。測定された感度を用い、勧告 P.79 のアルゴリズムに従いラウドネス定格を算出する。

7. 遅延時間

5 章で記述した信号を使用する。

遅延時間は入力と出力信号の間の短時間相互相関から求める。PESQ アルゴリズム (ITU-T 勧告 P.862) における時刻合わせの手法は、広帯域 IP 電話端末の場合も適用出来る。

送話遅延時間の測定においては、MRP 点の音響信号を入力信号、インターフェースユニット受信部の あるいは の点の信号を出力信号とする。測定された遅延時間には求めようとする DUT の値とともに付加したインターフェースユニットの遅延時間が含まれる。測定された遅延時間からインターフェースユニットの遅延時間を差し引くことにより、DUT の遅延時間が求められる。

この操作を信号の累積時間長が 3 分間以上になるように繰り返して測定をおこない、各回の測定値の平均値を測定結果とする。

測定に先だって、被測定端末の内部状態を初期化しておくこと。(リセットボタンなどが筐体外部に無い場合は、電源を OFF することによって初期化されたものと見なす)

7.1 送話遅延時間

IP 負荷条件は “ 0 ” (負荷無し) とする。

入力信号は、MRP での音響信号 (5 章で記載の ITU-T 勧告 P.51 準拠の擬似口前方にハンドセットを置かない状態) を 1/2 インチコンデンサマイクを置いて測定する。従って、MRP と、被試験端末送話口の位置の違いによる伝搬遅延時間の差は無視する。

送話出力信号は、インターフェースユニットで復号化された図 1 の (デジタル信号) あるいは、 (アナログ信号) で取得する。

注) DUT から出力されるパケットはネットワーク負荷が無くとも多少のジッタをとまなうので、入出力信号の波形上の対応する 1 時点のみの差を持って遅延時間とすると不正確な測定となる恐れがある。

7.2 受話遅延時間

IP 負荷を規格 CES-Q004-1 に従って設定する。

CES-Q004-1 で定義されている負荷条件を表 7.1 に示す。

* ITU-T 勧告 P.50

表 7.1

負荷要因	IP 網負荷条件
平均遅延時間 T (ms)	70
最小遅延時間 T_a (ms)	67.1
遅延時間ゆらぎ T の最大値 t_{max} (ms)	20
遅延時間ゆらぎ平均値 t_{ave} (ms)	2.9
パケット損失率 (%) Ppl	0.1

- ・遅延時間揺らぎ：網の瞬間的な遅延時間が T_a から $T_a + T$ の範囲で変化することをいう。
- ・ T の生起確率：指数分布とし、 T がパケット送出周期より大きい場合は、パケットの入れ替わりが発生する。遅延時間ゆらぎ T の最大値 t_{max} までの発生確率は 99.9% とする。
- ・ Ppl の生起確率：一様分布（ランダム損失）とし、パースト損失については今後の検討事項とする。

遅延 70 msec で遅延揺らぎが指数分布で揺らぎ幅 20 msec とした場合の遅延時間の確率分布は、11章を参照。

すなわち、遅延時間 70 ms とした場合、絶対遅延時間（揺らぎ“無し”の遅延時間）と遅延揺らぎの平均値の和を意味する。（測定される“遅延時間”は“平均値”であり、“揺らぎ”は、この値の周りの変動であるからである

入力信号は、インターフェースユニットの図1の の端子(デジタル形式)あるいは、の端子（アナログ形式）から符号化器へ入力する。

出力信号は、5章で記載の ITU-T 勧告 P.57 の Type3.2 準拠の擬似耳を受話器に結合した時、擬似耳の基準点（ERP）で検出される音声(電気)信号とする。従って、端末受話器から擬似耳マイクロフォンまでの空間伝播、マイクロフォンの電気音響変換の時間は無視する。

注) DUT への入力パケットはジッタをとまなうこと、一般的に DUT はの揺らぎを吸収する機構を備えているが、完全にこの揺らぎを吸収するとは限らないので、入出力信号の対応する 1 時点のみの差を持って遅延時間としてはならない。

8. エコー特性

端末結合損失は、DUT の自らのハンドセットに組み込まれている受話器から送話器までの音響損失を含んだ損失である。IP フォンのような端末においては、ハイブリッド回路のような電氣的回り込みを生ずる要素がないのでエコー損失は端末の音響結合損失に依って決まるからである。

TELR は TCLw と SLR、RLR の総和である

8.1 T C L w測定

ITU-T 勧告 G.122 Annex A に準拠した方法で測定する。ただし、測定信号は 5

章で記述された信号を使用する。また、周波数的に G.122 Annex B . 4 に示される 1/f 荷重をかけて損失とする

損失は、ハンドセットを ITU-T 勧告 P.310 Fig.B8/P.310 で示されるように自由空間内に設置した状態で、DUT の受話入力端子から、送話出力端子間で定義される。図 1 のインターフェースユニットを使用する場合は、送話側は端子 (デジタル) あるいは、 (アナログ)、出力側は端子 (デジタル) あるいは (アナログ) とする。

注) 狭帯域の規定であるが、広帯域での規定がないため、本勧告で近似値として使用する

9. 無通話時雑音

9.1 送話(Nc)

DUT を静かな環境において (騒音レベル 30dBA 以下)、DUT から送出されるパケットのペーロードに含まれる無通話信号の A 荷重パワーレベルを測定する。

9.2 受話(Nfor)

DUT に対して IP 網側から G.711 符号化の信号レベル 0 (μ 則) のデジタル符号を入力した状態において、受話器に結合された ITU-T P.57 Type 1 準拠擬似耳で検出される無通話時雑音の A 荷重音圧レベル (dBPa(A)) を測定する。A 荷重は IEC60651 標準で示される。

10 . 総合通話品質

従来の電話帯域においては、総合通話品質の指標として “ R 値 ” が用いられているが、広帯域通話については I T U - T での規定が未定であるため、I T U - T 勧告 P . 8 6 2 . 2 で示された Wide Band PESQ (WB - PESQ) を用いて広帯域の MOS を算出する。

10.1 測定法

P . 8 6 2 . 2 で示された WB - PESQ を測定する。

測定は End-to-End 音響入出力測定条件で送話、受話を測定する。

被測定端末の入出力信号は以下のようにする。

(1) 送話

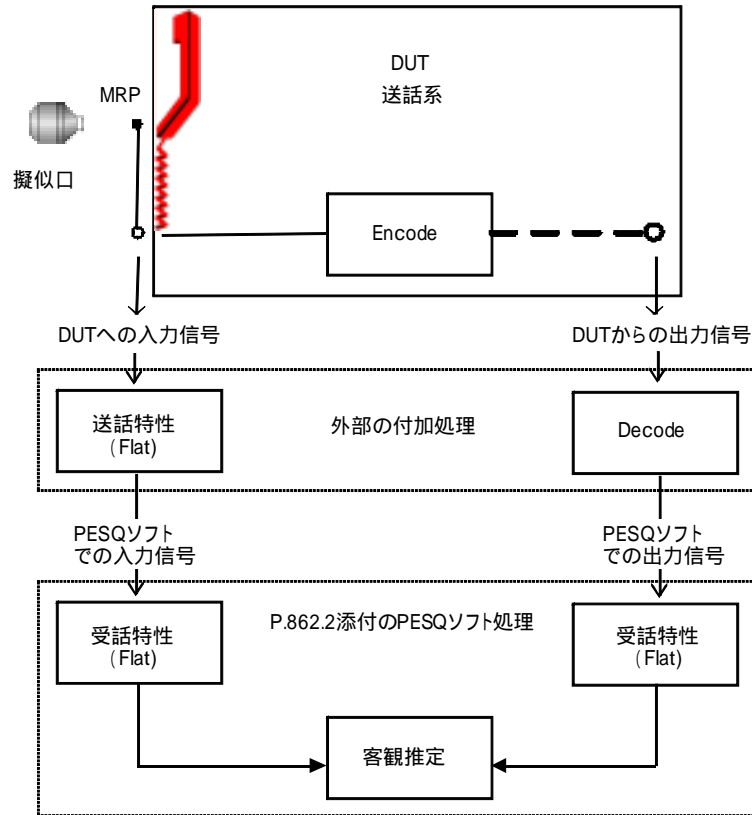
入力信号：擬似口前方の MRP に置かれたマイクロフォン出力信号

出力信号：インターフェースユニットで復号化されたデジタル信号 (図 1 の受話側の) あるいはアナログ信号 (の点)¹

¹ 注) ITU-T 勧告 P.862.2 に添付のソフトでは、Flat な受話特性がソフト内部に組み込まれ、入出力信号に付加される

図 5 / CES-Q004M 送話 MOS 特性推定時の入出力信号の取得点と WB-PESQ を求めるためのフロー

(太破線は IP 区間)



(2) 受話

入力信号：インターフェースユニットの符号化器へ入力するデジタル信号

出力信号：受話器に結合された擬似耳の出力信号²

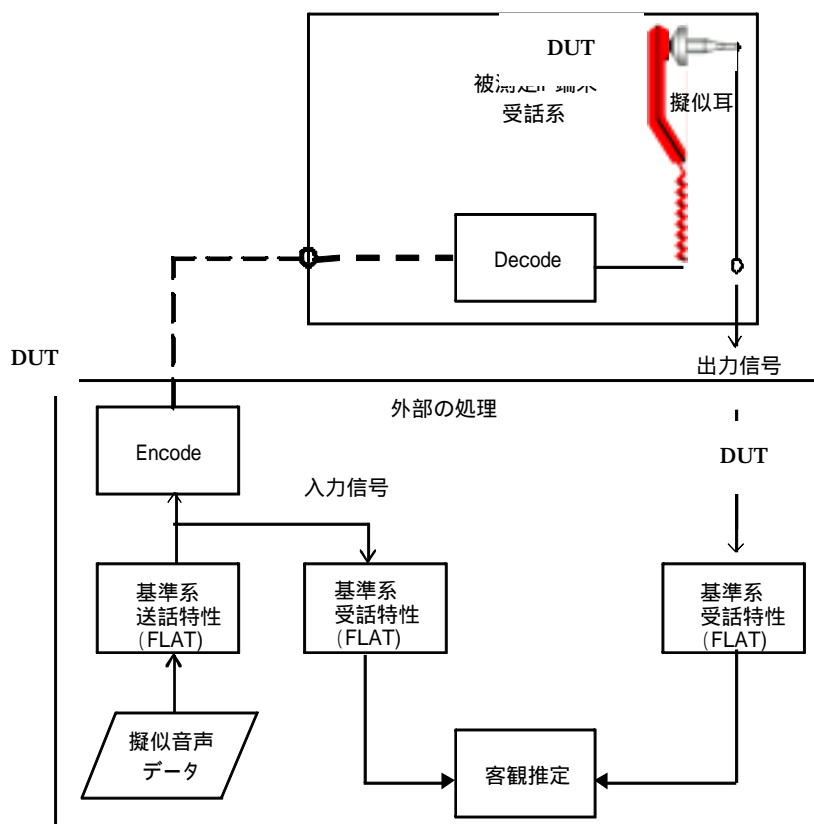


図 6 / CES-Q005M 受話 MOS 特性推定時の入出力信号の取得点と PESQ を適用して MOS を求めるフロー（太破線は IP 区間）

(3) 出力マッピング

ITU-T 勧告 P.862 に対する広帯域拡張は、50-7000Hz のオーディオ帯域幅を備えた広帯域通話を含む主観評価から生じた MOS 値との比較ができる様に以下のマッピング関数を含んでいる。

$$y = 0.999 + \frac{4.999 - 0.999}{1 + e^{-1.3669 \times x + 3.8224}}$$

ここで

X は WB-PESQ の値

² 基準系受話特性 (Flat)はソフト内部に組み込まれており、入出力信号に付加される。出力信号に付加された DUT の受話特性は、基準系受話特性が FLAT なので電話帯域のように、特に、改造の必要はない。

このマッピング関数を使用して MOS 値を算出する。

10.2 測定にあたっての注意事項

(1) 電気的信号の入出力方法

i) 測定を電気的入出力で行う場合

以下の条件を満たす場合、ハンドセット端子（モジュラーコネクタ）を利用し入出力する方法を暫定的に認める。

- ・ 入力信号源のインピーダンス、信号レベルが送話器を使用した場合と同等であること。
- ・ 出力終端インピーダンスが受話器を使用した場合と同等であること

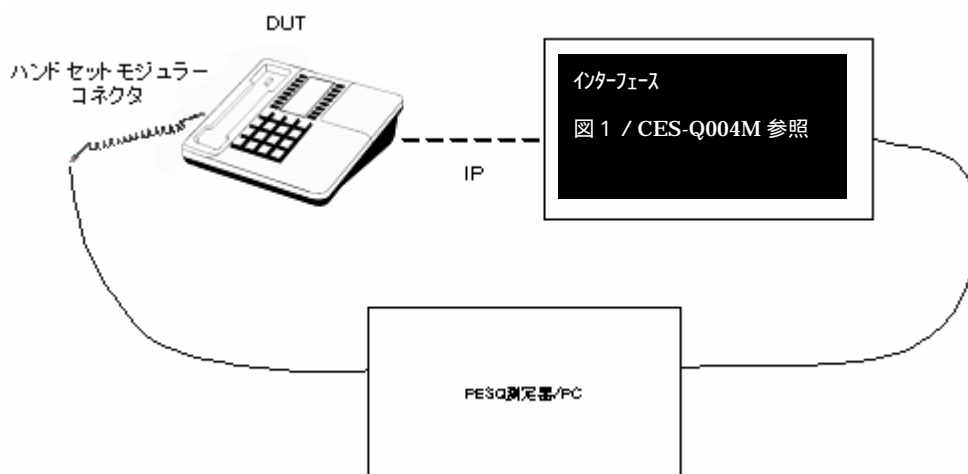


図7 / CES-Q005M DUT のハンドセットモジュラーコネクタから電気的に信号を入出力して測定する方法

(2) 信号対雑音比

信号対雑音比が、電話周波数帯域内で、規定したレベルの（擬似）音声信号を入力した時、30 dB 以上であること。

11. IP 負荷の特性

11.1 遅延揺らぎ

生起確率は次の指数分布に従うものとする。

確率密度分布関数 $f(x)$ は、

$$f(x) = e^{-x} \quad x \geq 0$$

$$f(x) = 0 \quad x < 0$$

ここで λ は生起確立を決めるパラメータである。

この規格でいう“遅延揺らぎ幅”とは、ITU-T 勧告 Y.1541 Appendix II で定義される IPDV であり、 1×10^{-3} の生起確率に相当する“揺らぎ幅”である。

例えば、IPDV を 50 ms とすると、指数分布の累積確率

$$P(x < x_0) = \int_0^{x_0} f(x) dx = 1 - e^{-\lambda x}$$

から、 λ は 0.1382 となる。

参考までに、指数分布の平均値は、 $1/\lambda$ なので、このときの遅延揺らぎの平均値は 7.238 ms となる。

表 2 に、各負荷条件に対する λ の値を示す。

表 2 / CES-Q003M IP 網負荷遅延揺らぎの設定値と許容誤差

条件番号	0	1
遅延揺らぎ幅 (規定値 ; 累積確率 99.9%点 ms)	-	20
上記許容誤差 (ms)	-	±4
遅延揺らぎ幅平均値 (ms)	-	2.90
上記許容誤差 (ms)	-	±0.4
	-	0.3454

注) 100,000 以上のパケットにおいて適合度を確認するものとする。

11.2 パケット損失

生起確率はランダムな一様分布とし、バースト的な生起は無いものとする。

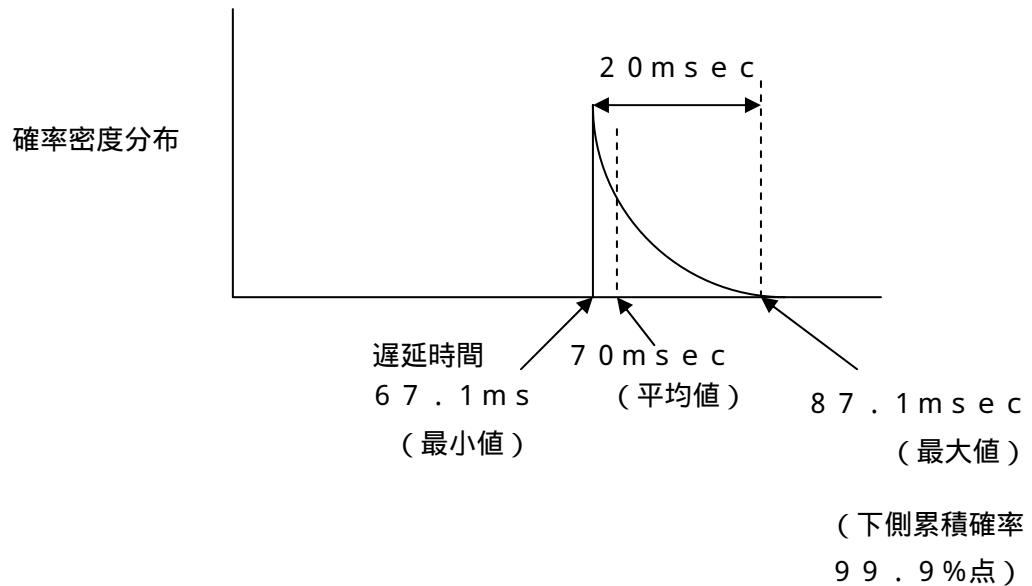
表 3 / CES-Q003M IP 網負荷パケット損失の設定値と許容誤差

条件番号	0	1
損失率 (%)	-	0.1
上記許容誤差 (%)	-	±0.01

注) 100,000 以上のパケットにおいて適合度を確認するものとする。

*) 広帯域 IP 電話に適用する端末の場合に、この条件を含める。

遅延 70 msec で遅延揺らぎが指数分布で揺らぎ幅 20 msec とした場合の遅延時間の確率分布は以下の図のようになる。



すなわち、遅延時間 70 ms とした場合、絶対遅延時間（揺らぎ“無し”の遅延時間）と遅延揺らぎの平均値の和を意味する。（測定される“遅延時間”は“平均値”であり、“揺らぎ”は、この値の周りの変動であるからである

ⁱ インターフェースユニットの伝搬遅延の絶対値は問わない。（インターフェースユニット固有の遅延時間が明確であれば、被測定端末と対向させて測定したオーバーオールの遅延時間から、この固有の時間を差し引けば、被測定端末の遅延時間が求められるため）
ⁱⁱ ITU-T Rec. G.722 での過負荷レベルの許容範囲に従っている