

民放連技術規準T032 「テレビ放送における音声レベル運用規準」



運用ガイドライン



びっくりするほど大きかったり…

何を言っているかわからないほど小さかったり…

テレビから出てくる音がバラバラだと落ち着いて楽しむことができません

テレビがこれからも視聴者に愛されるように

「視聴者にやさしい放送」をお届けできるように、本ガイドラインをご活用ください

2020. 6. 1 版

日本民間放送連盟

まえがき

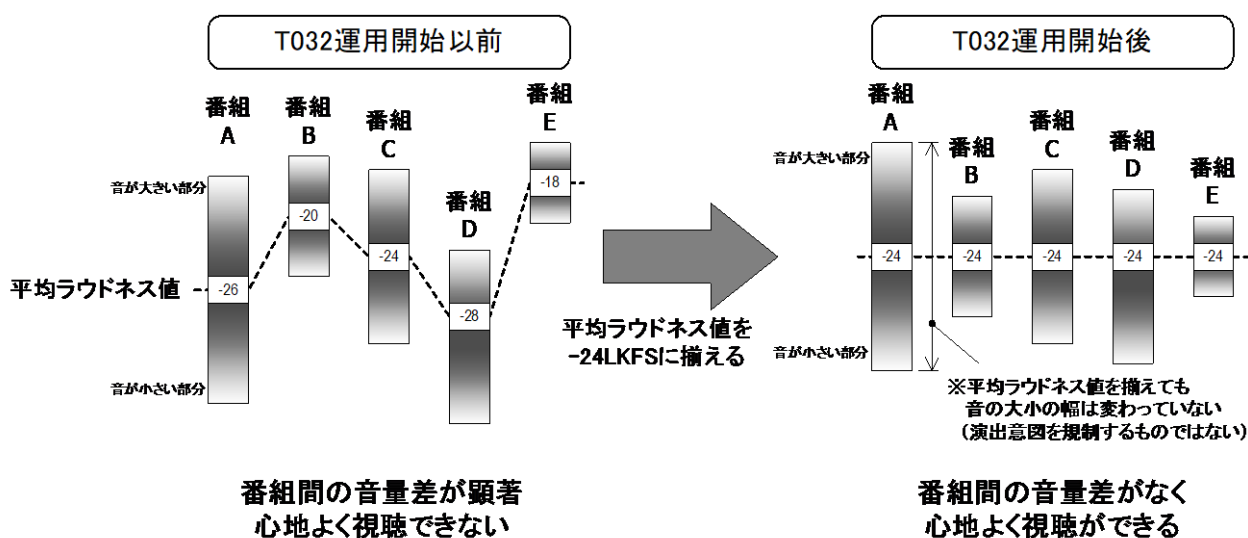
本ガイドラインは、民放連技術規準 T032-2020「テレビ放送における音声レベル運用規準」（以降、T032と表記する）を番組素材の制作・搬入・送出・交換に正しく適用するため、運用者に求められる必要な情報と音声制作における具体的な手順を解説したものである。

テレビ放送の音声レベルは一定ではなく、時間経過とともに絶えず変化している。従来音声レベルの確認に使用してきたVU計は、音声レベルの“瞬時値”を指針の振れで示すが、その指示値の大小は周波数特性を持つヒトの聴覚とは必ずしも一致しない。このため、同じような指針の振れ方で制作しても同じような音量感にならない場合もあり、結果として番組素材間に大きな差が生じることとなった。

テレビ放送の音声に関する新しいルールであるT032では“ラウドネス”という新しい“ものさし”を採用し、番組の音声レベルを瞬時値ではなく平均値で扱うこととした。この平均値を番組の「平均ラウドネス値」といい、1つの番組につき1つの明確な数値が算出され、客観性が保たれる。単位はLKFS（エルケーエフエス）を用いる。

T032が目指すのは、番組やCMの音声レベルの平均値を-24LKFSで揃えることによりテレビ放送における音声レベルのバラツキを解消し、“視聴者にやさしい放送”を実現することである。（下図参照）

本ガイドラインが積極的に活用され、規準の目的とする“適正な音量・音質で視聴者にやさしい放送”が、当然の社会になることを願ってやまない。



目次

第1章 ラウドネスと民放連技術規準T032

1.1	T032で用いる音声レベルの要素	1
1.1.1	平均ラウドネス値： L	2
1.1.2	トゥルーピーク値： TP	2
1.1.3	ダイナミックレンジ： DR	2
1.2	T032の規定内容と解説	2
1.2.1	ラウドネスの主観的な確認	3
1.2.2	平均ラウドネス値による規定	3
1.2.3	ピークレベルに関する規定	6
1.2.4	ダイナミックレンジに関する規定	7
1.3	平均ラウドネス値の測定方法	9
1.3.1	ラウドネスメータについて	9
1.3.2	平均ラウドネス値の測定系統について	9
1.3.3	音声モードと平均ラウドネス値の測定系統について	10
1.3.4	平均ラウドネス値の測定区間について	11

第2章 測定ワークフロー

2.1	T032の適用範囲と実際のワークフロー	14
2.2	平均ラウドネス値とモーメンタリラウドネス値、ショートタームラウドネス値	15
2.3	測定ワークフロー（制作編）	16
2.3.1	生放送の場合	16
2.3.2	時差送出編集の場合	17
2.3.3	MAの場合	17
2.3.4	編集室作業の場合	17
2.3.5	国際配信の場合	18
2.4	測定ワークフロー（納品～放送編）	18
2.4.1	納品検査	18
2.4.2	マスター（主調整室）で準備・送出する素材の音声レベル管理	19
2.4.3	マスター（主調整室）での送出監視	19
2.4.4	送出段における音声レベルの管理	20

第3章 ラウドネス管理による音声制作

3.1	T032リファレンス音源	22
3.1.1	“T032リファレンス音源”とは？	22
3.1.2	リファレンス音源とその活用	22
3.2	時間経過と平均ラウドネス値の特徴	23
3.3	「ターゲットラウドネス値」にまつわる“誤解”と実際の番組制作例	24
3.3.1	番組ジャンル別の例 ①（トーク番組・ニュース番組など）	25
3.3.2	番組ジャンル別の例 ②（ドラマ・音楽番組など）	25
3.3.3	番組ジャンル別の例 ③（スポーツ番組など）	26
3.4	平均ラウドネス値による規定のメリットー豊かな低音の再現性	27
3.5	平均ラウドネス値の“つじつま合せ”は要注意！	27

3.5.1	レベルの調整後に品質を損なう例	27
3.5.2	視聴環境における環境騒音の影響	28
3.5.3	再生音量と聴覚の周波数特性	29
3.6	「特記事項なしで納品可能な範囲」について	30
	(参考)ステレオ、5.1chサラウンドをモノヘダウンミックスする際の注意事項	31

第4章 Q&A	33
--------------------	----

第5章 T032をより理解するための資料

5.1.	ラウドネスに関する技術的な基礎知識	35
5.1.1	ラウドネスとは？	35
5.1.2	等価騒音レベル	35
5.1.3	音源のラウドネス値	36
5.1.4	ラウドネスの単位	37
5.1.5	なぜ“ラウドネス”による規定なのか？	38
5.2.	ARIB TR-B32のラウドネス測定アルゴリズムと測定誤差	39
5.2.1	K特性フィルタ	40
5.2.2	二乗平均	41
5.2.3	チャンネル重み係数	41
5.2.4	ラウドネス値算出の基本式と単位	41
5.2.5	ゲーティング関数を適用した平均ラウドネス値の計算	42
5.2.6	平均ラウドネス値の算出手順	43
5.3.	測定誤差について	44
5.4.	相対ゲーティングについて	46
5.4.1	相対ゲーティングとは？	46
5.4.2	相対ゲーティングに起因する特有の現象	47
5.5	5.1chサラウンドを超えるチャンネル数のラウドネス測定	48
5.5.1	5.1chサラウンドを超えるチャンネル数の 音響システムに対するラウドネス測定アルゴリズム	48
5.5.2	チャンネル重み係数	49
5.6	ラウドネスに関する歴史	51
5.6.1	ヒトが感じる音に関する研究 心理音響技術	51
5.6.2	放送における音量測定の歴史と国際標準化	51
5.6.3	ITU-R BS.1770、BS.1771、BS.1864、BS.1770-2 ラウドネス関連勧告のまとめ	52
5.6.4	アメリカの動向（ATSC A85、CALM法案制定）	53
5.6.5	EBUの動向（EBU R128、TECH3341～3344制定の経緯など）	53
5.6.6	日本国内では ARIB TR-B32制定の経緯など	54
5.7	短時間計測モード（リアルタイムラウドネスメータ）	54
5.7.1	モーメンタリラウドネス値の測定	55
5.7.2	ショートタームラウドネス値の測定	56
5.7.3	モーメンタリラウドネスメータとショートタームラウドネスメータの特徴	57

第1章 ラウドネスと民放連技術規準 T032

「LOUDNESS」とは、ヒトが感じる“音の大きさ”を示す心理量であり、“音の高さ”“音色”とならぶ聴覚の基本要素である。

テレビ放送の音声に関する新しいルールであるT032は“LOUDNESS”という新しい“ものさし”を導入したが、その内容はLOUDNESSに関する記述に留まらない。本章では、T032の内容をもう少し掘り下げて解説する。

1.1 T032で用いる音声レベルの要素

テレビ放送における音声レベルは、定常的なものではなく時間経過とともに絶えず変化しているが、T032では以下に示す3つの要素を用いて記述している。(図1-1)

平均ラウドネス値 : L
 ダイナミックレンジ : DR
 ツールピーク値 : TP

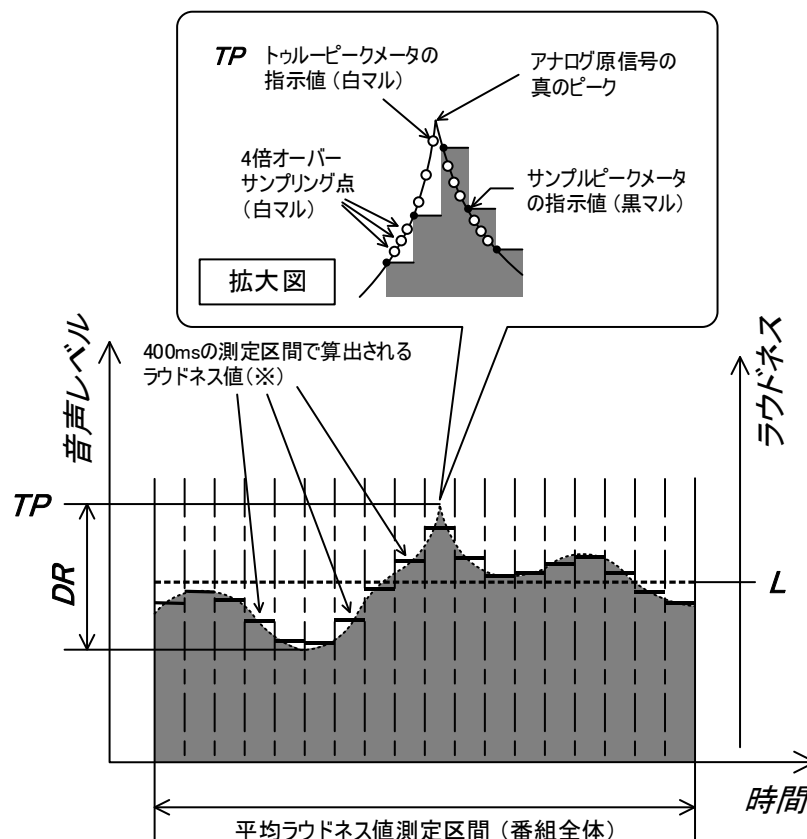


図1-1 T032が取り扱う音声レベルに関する3要素の概念図

※ ラウドネス値：デジタル録音レベルからラウドネス測定アルゴリズムに基づいて算出したラウドネスの計算値に対する一般名称

1.1.1 平均ラウドネス値： L

平均ラウドネス値とは、ある一定区間のラウドネス（ヒトが感じる音の大きさ）を数値化したものであり、その値が大きい音源ほど、ヒトは“音が大きい”と認識する。

平均ラウドネス値はARIB TR-B32に準拠したラウドネスメータによる測定において、モノ、ステレオ、5.1chサラウンド、7.1マルチチャンネル音響、22.2マルチチャンネル音響などの音声モードに関わらず、1つの区間につき1つの値として算出される。単位は、LKFS（Loudness, K-weighting, Full Scale）を使用する。なお、LKFS単位において、1dBのレベル増減は1LKFSのラウドネス値増減と同等である。

この平均ラウドネス値の算出方法には、等価騒音レベル（図1-2）の考え方が採用されており、測定区間を定めて算出している。T032が定める「番組の平均ラウドネス値」とは、番組の開始から終了までを測定区間とした値である。（詳細は1.3.4項参照）

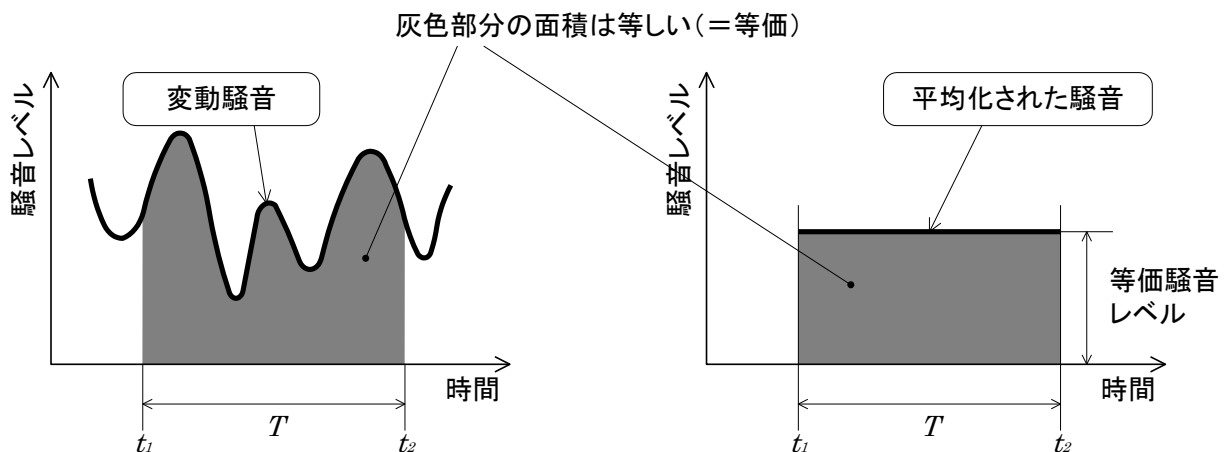


図1-2 平均ラウドネス値と等価騒音レベルの考え方

1.1.2 ツールピーク値： TP

通常のサンプルピークメータでは測定できないアナログ信号の真のピークを、ツールピークという。ARIB TR-B32による算出アルゴリズム（4倍オーバーサンプリングによる処理）に準拠したツールピークメータによって測定される指示値（ツールピークの近似値）をツールピーク値という。単位はdBTP（deci-Bells True Peak）を使用する。

1.1.3 ダイナミックレンジ： DR

一般的には、再生時に識別可能な信号の最小値と最大値の比率を指すものであるが、T032およびガイドラインでは、「番組におけるダイナミックレンジ」として取り扱い、番組内の音声信号の最小値と最大値の差を指すものとしている。

1.2 T032の規定内容と解説

T032では番組の音声レベルについて、平均ラウドネス値・ピークレベル・ダイナミックレンジの3要素を用いて規定をしている。以下、規定内容についてT032の本文を引用して解説する。

1.2.1 ラウドネスの主観的な確認

“番組音声の制作においては、ターゲットラウドネス値 (-24.0LKFS) で制作した「T032リファレンス音源」と番組音声双方のラウドネスに大きな隔たりが生じないように注意して作業にあたること。”

ラウドネスメータによる正確な測定も必要であるが、T032は不快な音量差・音質差を感じない放送を視聴者に届けることが最も大切であると考え。そのためには、聴感上の差異ができるだけ少なくなるように制作をするための“拠り所”となるべき音声素材が必要であると考え。

また、テレビ特有の要素として、視覚からの心理的影響も考慮する必要がある。例えば、ささやくシーンの映像に対する“ささやき声”の音量が大きければヒトは違和感を覚える。メータの数値にヒトの心理は反映されないので、“演出意図を理解する”部分においては、メータの数値よりも人間の感性を重視すべきだと考える。

音声制作の作業にあたっては、主観（心理的要素が含まれる）的な確認の手助けとなる「T032リファレンス音源」を活用し、作業環境におけるモニターレベルの調整にも利用するとともに、ターゲットレベル (-24.0LKFS) の音量感を自身の聴覚で確認し、制作される作品の音量と差異がないよう努める。

1.2.2 平均ラウドネス値による規定

“番組制作時に目標とする平均ラウドネス値を、ターゲットラウドネス値と呼ぶ。その値はARIB TR-B32に準拠し、すべての音声モードにおいて-24.0LKFSとする。

運用上の許容範囲として±1dBを設けるが、あくまでもターゲットラウドネス値を目標として制作すべきであり、この許容範囲を見込んだ番組制作を行ってはならない。”

図1-3がT032の定めるラウドネス運用イメージである。T032制定の最大の目的は、番組やCMの音量感のばらつきを最小限に抑えた“視聴者にやさしい放送”の実現である。ターゲットラウドネス値=-24.0LKFSは、民放連技術規準T032、ARIB TR-B32のみならず、国連の下部組織であるITUでも勧告されており (Rec. ITU-R BS.1864)、日本国内のみならず国際番組交換においても指標となる値である。

2016年5月には、BS.1864が改訂され、5.1chサラウンドを超える、22.2マルチチャンネル音響方式までの全ての音響方式において、ターゲットラウドネス値を-24.0LKFSとすることが、勧告された。

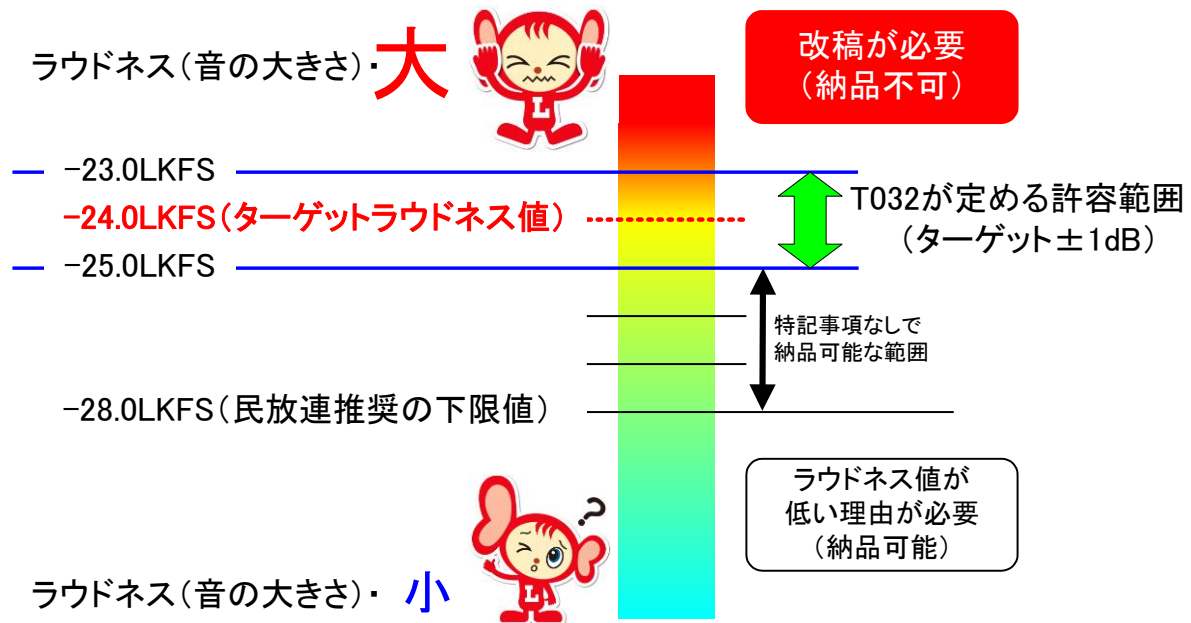


図1-3 T032におけるラウドネス運用イメージ

“番組素材の納品者は、ARIB TR-B32で規定されているラウドネス測定アルゴリズムに準拠したラウドネスメータを用いて番組の平均ラウドネス値を測定し、測定値を小数点以下1位まで納品テープなどの交換媒体の添付書類に記入すること。”

T032の運用においては、ARIB TR-B32 (Rec. ITU-R BS.1770-3) 準拠のラウドネスメータが必要である。番組の平均ラウドネス値の測定では区間を指定しなければならないので、従来のメータにはなかった「START」「PAUSE」「STOP」などの操作が必要となる。ARIB TR-B32準拠のラウドネスメータでは測定結果が小数点以下1位まで表示されるので、運用者は測定結果をそのまま記載すればよい。

交換媒体に添付する書類の例：

VTRなどの番組交換媒体に添付する書類には、平均ラウドネス値を記載する欄を設けること。次項の図1-4に添付書類の一例を示すが、書式は放送局などの納品先に委ねる。

VTR 記録票
テープ番号：
番組名：
ロール番号：
放送日：
プロデューサー名：
平均ラウドネス値：
その他、特記事項：

図1-4 交換媒体の添付書類の一例

“受け入れ側の納品検査において、番組の平均ラウドネス値が、運用上の許容範囲の上限を超えている場合は、納品者側の責任において改稿が必要となる。”

マスター（主調整室）、番組バンク、CMバンクなど、放送局で番組納品を受け付ける部署では納品検査を実施し、実際の測定値が素材の添付書類に記載された平均ラウドネス値と相違なく、T032の規定内容に適合しているか確認する。（納品検査に関する詳細は第2章2.4.1参照）

また、T032では以下の例外規定が設けられている。

“「創造的な制作要求」が最優先される番組の場合は、ターゲットラウドネス値を下回る値を目標として制作することができる。しかし、実際の放送において番組間の平均ラウドネス値の差が大きいと視聴者に不快感を与えかねないので、民放連としては-28.0LKFS以上で制作することを推奨する。納品する番組の平均ラウドネス値が-28.0LKFSを下回る場合は、その理由を明記すること。”

音量感の不連続のことをレベルジャンプ（ラウドネスジャンプ）という。EBU（欧州放送連合）からは、「ある基準となる音に対してラウドネスレベルが3dB増加もしくは6dB減少した場合は聴取者の50%が、5dB増加もしくは8dB減少した場合は聴取者の95%が音量、すなわちボリュームを調整した」という実験結果が報告されている。T032がテレビ放送用番組の平均ラウドネス値を-28.0LKFS以上で制作することを推奨しているのは、各番組の平均ラウドネス値をターゲットラウドネス値（-24.0LKFS）から-4dBの範囲内に収めることによって、視聴者が不快に感じるレベルジャンプを緩和するためである。

同様のことがチャンネルを切り替える場合についても言える。各放送局が自局の番組の平均ラウドネス値をターゲットラウドネス値に揃えることにより、他局との間で発生するレベルジャンプも解消され、テレビ放送全体の音量感の統一が可能となる。

1.2.3 ピークレベルに関する規定

“ピークレベルをトゥルーピーク値で規定する。各音声チャンネルにおいて-1dBpを上限とする。トゥルーピークメータによる測定が出来ない場合は、サンプルピークメータの指示値で-3dBFSを上限とする。これらの上限を超えた場合、受信機側で放送音声が歪む恐れがあるので注意を要する。”

※ トゥルーピーク値は、ARIB TR-B32で規定されたトゥルーピーク測定アルゴリズム（4倍オーバーサンプリング）に沿ったトゥルーピークメータで測定する。

デジタルテレビ放送ではダイナミックレンジの広い高品質な伝送が可能である反面、制作者側で番組音声のピーク管理をしないと、受信機側で放送音声が歪むおそれがある。

ピーク値の上限を超えた場合でも改稿の対象になるわけではないが、受信機側で放送音声が歪むと視聴者に不快感を与えかねないので、制作時にはピーク値の管理を怠らないこと。

トゥルーピークとサンプルピークメータの指示値の差：

従来使用しているピークメータ（サンプルピークメータ）は、その動作原理上、入力された信号の真のピーク値を正確に表示しているわけではない。（図1-5）

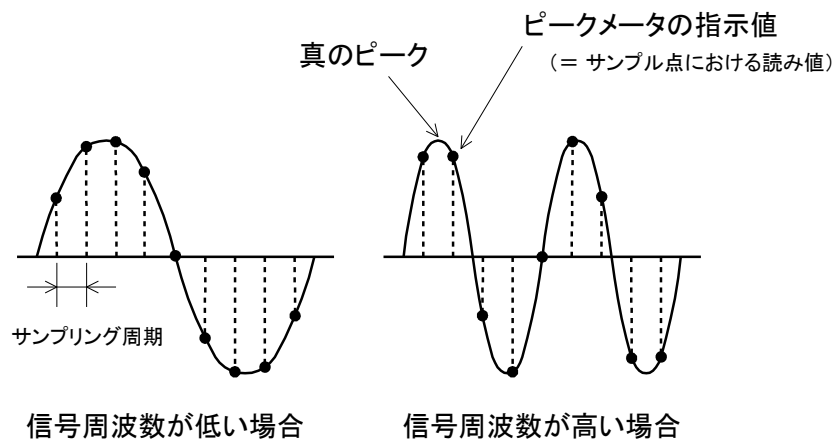


図1-5 サンプルピークメータの指示値と信号の真のピークの関係

また、被測定信号がサンプリング周波数と整数分の1倍の関係にある場合に、その読み取り誤差は大きくなる。

連続した正弦波の場合、入力信号の周波数とサンプリング周波数の関係から導かれる最大読み取り誤差は以下の計算式で求められる。表1-1に、サンプリング周波数48kHzにおける被測定周波数と最大誤差の関係を示す。

最大誤差 [dB] = $20 \log \{ \cos((f_n/f_s) \cdot \pi) \}$ … サンプリング周波数と偶数倍関係にある場合

最大誤差 [dB] = $20 \log \{ \cos((f_n/f_s) \cdot \pi/2) \}$ … サンプリング周波数と奇数倍関係にある場合

f_n : 被測定周波数、 f_s : サンプリング周波数

表1-1 被測定周波数とサンプルピークメータの指示値の最大誤差 ($f_s=48\text{kHz}$)

被測定周波数	f_s との倍数	最大誤差
16kHz	1/3	1.2494dB
12kHz	1/4	3.0103dB
9.6kHz	1/5	0.4359dB
8kHz	1/6	1.2494dB
6.857kHz	1/7	0.2205dB

表1-1より、サンプリング周波数の1/4倍である12kHzでの誤差（約3dB）が最大値となる。よって、通常のサンプルピークメータにおいて、その指示値が-3dBFS以下になるように制作すれば受信機でのオーバーロードによる歪みを防ぐことが可能となる。

オーバーサンプリングとトゥルーピークメータの測定原理：

図1-6からも判るように、サンプリング周波数が高ければ真のピークとの誤差はより少なくなる。ARIB TR-B32準拠のトゥルーピークメータは、4倍オーバーサンプリング（ $f_s=48\text{kHz}$ の場合、192kHz）処理により測定を実施しており、指示値とトゥルーピークの読み取り誤差は、被測定周波数が20kHzの時に最大（0.474dB）となる。このため、トゥルーピークメータで測定したピーク値の規定を-1dBTPとした。

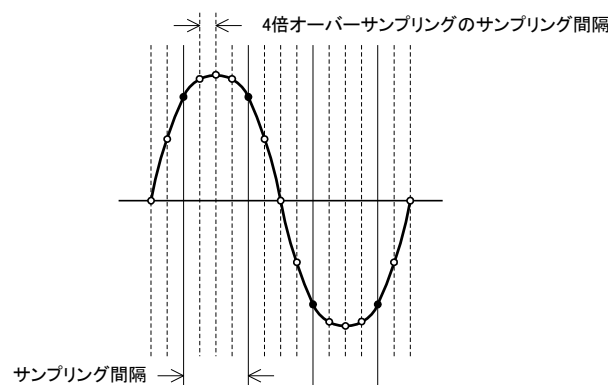


図1-6 サンプルング間隔と被測定信号の真のピークの関係

1.2.4 ダイナミックレンジに関する規定

“平均ラウドネス値が本規準の4.2.1項の内容を満たしていても、番組のダイナミックレンジが広すぎる場合は、視聴者に不快感を与えかねない。このため、VU計を併用するなどして、適切な範囲に収まるよう調整すること。”（※T032 4.2.1項は平均ラウドネス値に関する規定）

テレビという媒体は、生活音など騒音源の多い環境で視聴されることがほとんどであるため、環境騒音よりも小さい音声レベルで再生された部分は視聴者には聴こえない。テレビ放送用の音声は、このような家庭での視聴環境を十分考慮して制作にあたる必要がある。ホール、劇場などの比較的静か

な環境での再生を考慮して制作された作品は、そのまま使用するのではなく、テレビ放送用として最適化することが望ましい。(図1-7)

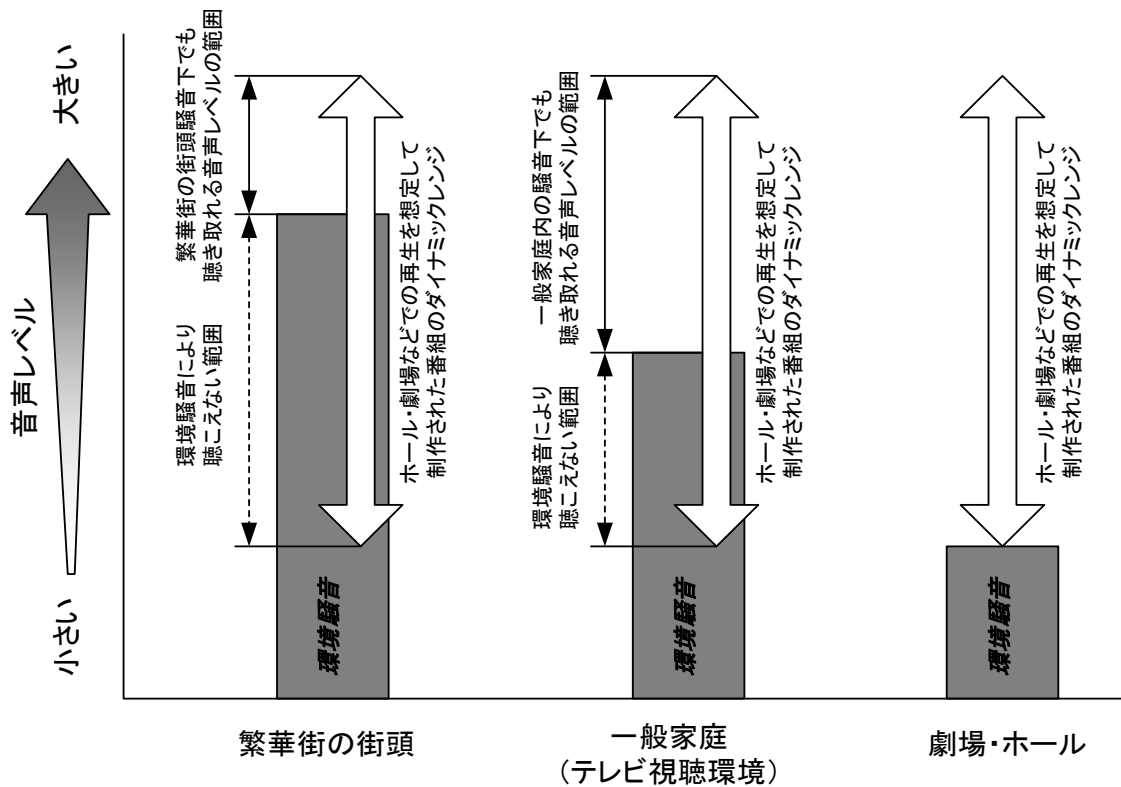


図1-7 環境騒音と可聴範囲の関係

テレビ放送用の番組を制作する場合、従来のVU計を活用し全体で適切なダイナミックレンジに収まるよう調整する。VU計の指針がほとんど振れないような信号レベルは、家庭環境では聞こえづらいので、創造的制作用により小さな音声レベルで番組制作を行う場合は特に注意を要する。

図1-8にダイアログ（対話などのしゃべり声）を中心に構成される番組での推奨範囲を示す。ニュース読みなどの通常レベルのアナウンスコメントについては0VUを上限とする範囲に調整すること。実際の番組においては、文節間に存在する“間”（≒無音に近い状態）などにより振れの下限は推奨範囲を下回ることもある。また、番組音声にはダイアログ以外の要素も含まれる。平均ラウドネス値が本規準を満たしていても、+3VUを上回るような大音量は視聴者に不快感を与えることがあるので注意を要する。

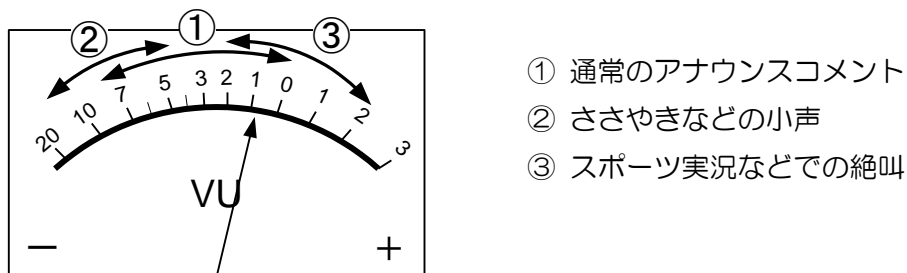


図1-8 ダイアログを中心に構成される番組における指針の振れの推奨範囲

1.3 平均ラウドネス値の測定方法

1.3.1 ラウドネスメータについて

T032の運用に必要なARIB TR-B32準拠のラウドネスメータは、形態、扱える信号の種類などにより様々なタイプの物が存在するが、大きく分けてライブ測定型メータとファイルベース型メータがある。(表1-2)

表1-2 ラウドネスメータの特徴

	メータの形態	入力信号	使用場所	使用法
ライブ測定型メータ	単体 (ハードウェア)	AES/EBU HD-SDI	送出スタジオ 生放送スタジオ プレビュー室	番組を流しながら MIXしながら 送出時など
	ソフトウェア メータ	オーディオインター フェースによる	マスター 編集室など	
ファイルベース型メータ	ソフトウェア メータ	WAVファイルなど	MAスタジオなど	完パケ制作後
	DAW上で 動作するメータ	DAWで 扱うファイル		

ライブ測定型メータ：

ライブ測定型のラウドネスメータは、AES/EBUなどのデジタル音声信号や、音声信号が多重されたHD-SDI信号などを入力し測定を行う。デジタル音声卓やVTRからの信号を直接入力して、リアルタイムで測定が可能なので、生放送はもちろん、VTRから番組バンクへの登録などの用途にも使用できる。平均ラウドネス値の測定には、START、PAUSE、STOPなどの操作が必要になるが、外部制御により自動化が可能なものも存在する。測定には素材の実時間が必要となる。

平均ラウドネス値はデジタル信号から直接算出されるものである。一部製品には使用者の利便性を考慮してアナログ音声信号が入力できるものも存在するが、A/D変換レベルの整合性がとれていないと正確な測定ができなくなるので注意を要する。(参考までに、-20dBFSの1kHzステレオ信号の平均ラウドネス値は-20LKFSとなる)

ファイルベース型メータ：

ファイルベース型のラウドネスメータには、単体の測定プログラムとして動作するものの他に、コンピュータ上で動作するDAW (Digital Audio Workstation) の機能拡張ソフト (Plug-inソフト) として供給されるものもある。いずれも、WAVファイルなどのコンピュータ上のデータファイルを扱うので、生放送などの用途には向かない。しかし、測定に必要な時間は、使用するコンピュータの性能にもよるが実時間よりも短い。

1.3.2 平均ラウドネス値の測定系統について

平均ラウドネス値の測定は、ARIB TR-B32に準拠したラウドネスメータを使用し、次段へ信号を受け渡す最終段に挿入して測定する。システムを構成する装置にリミッタなどの音量調整器が存在す

る場合は平均ラウドネス値が変化するので、それら全ての処理後にラウドネスメータを配置し測定しなければならない。(図1-9)

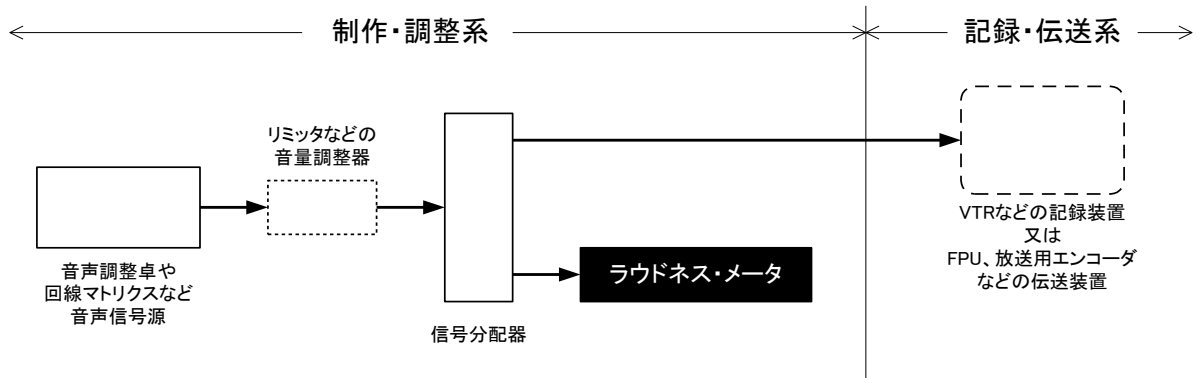


図1-9 平均ラウドネス値測定システムの概要

1.3.3 音声モードと平均ラウドネス値の測定システムについて

ステレオ以外の音声モードの番組を測定する場合は、下記のような注意を要する。なお、デュアルモノ、デュアルステレオ、5.1ch+Sなど2音声以上を伴う番組の場合は、それぞれの音声について個別に測定を行い、測定結果も個別に明記すること。

モノの場合：

ラウドネスメータの1ch/2ch (Lch/Rch) に同じ内容・レベル・位相の信号を入力し、2チャンネルの音声として扱い測定を行う。(図1-10)

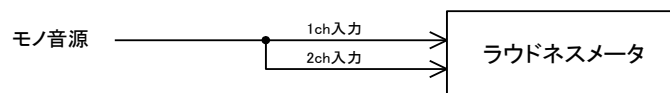


図1-10 モノの測定（概念図）

デュアルモノの場合：

主音声、副音声それぞれをモノの場合と同様に測定し、それぞれの音声について測定結果を明記する。(図1-11)

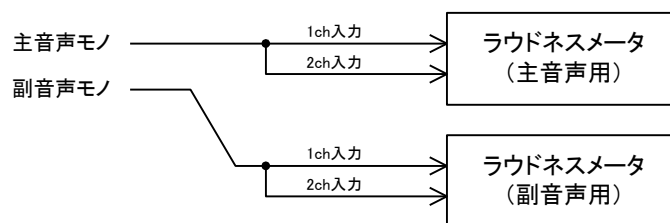


図1-11 デュアルモノの測定（概念図）

デュアルステレオの場合：

主音声、副音声それぞれを個別に測定し、それぞれの音声について測定結果を明記する。

5.1chサラウンドの場合：

ダウンミックスステレオを測定するのではなく、ARIB TR-B32に準拠しLFEチャンネルを除く全てのチャンネルを対象にして測定する。使用するラウドネスメータは、マルチチャンネル入力に対応したものが必要になる。

5.1ch+Sの場合：

デュアルステレオの場合同様、主音声5.1chサラウンド、副音声Sそれぞれを個別に測定し、それぞれの音声について測定結果を明記する。

1.3.4 平均ラウドネス値の測定区間について

平均ラウドネス値の測定には測定区間を明確にする必要があるが、T032では以下のように記載されている。

“測定区間は、番組本編の総尺（図1-12の斜線区間）とし、調整用信号（収録媒体の最初に記録される1kHz正弦波）など番組本編以外の部分を含めないこと。但し、納品形態が複数の記録媒体に及ぶ長尺番組で、総尺での測定が困難な場合は、記録媒体ごとに測定を行ってもよい。この場合、媒体ごとに測定結果を明記すること。

ARIB TR-B32準拠のラウドネスメータを用いた測定においては、-70LKFS以下の区間は測定対象から自動的に除外されるため、複数ロールに分かれる番組において、ロール間（中間リーダー）が無音（-70LKFS以下）であれば総尺を一括して測定できる。無音でない場合は測定される平均ラウドネス値に誤差を生じるので、中間リーダー区間を測定対象から除くなどの処置が必要になる。”

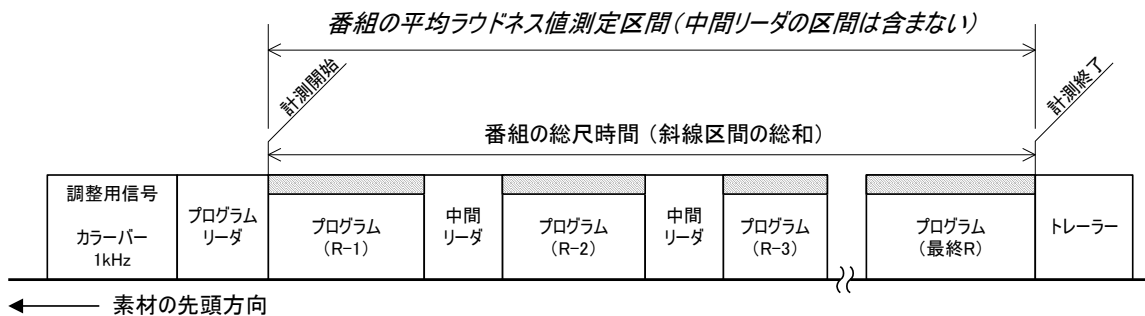


図1-12 番組の総尺と平均ラウドネス値測定区間

本ガイドラインでは、もう少し掘り下げて以下の場合について具体例を述べる。

CM素材の場合：

民放連営業委員会が定める「テレビCM素材搬入基準」では、CM本編の冒頭ならびに最後には0.5秒間の無音を付加する旨の記載がある。CM素材を測定する場合は、これら前後の無音部分をCM総尺に含めて測定する。総尺15秒のCMにおける、平均ラウドネス値の測定区間を図1-13に示す。

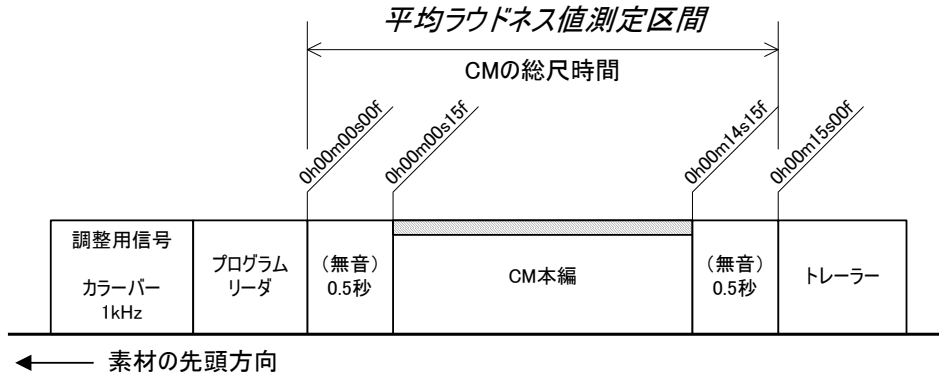


図1-13 CMにおける平均ラウドネス値測定区間（15秒CMの場合）

ロール間が無音ではない場合：

CM素材の測定同様、ARIB TR-B32準拠のラウドネスメータは無音部分を測定対象から自動的に除外するため、ロール間（中間リーダ）が無音であれば、一括して測定ができる。しかし、この部分に-70.0LKFSを超えるレベルの不要な信号が存在する場合は測定結果に誤差が生じるので、測定対象から取り除く作業が必要になる。（図1-14）

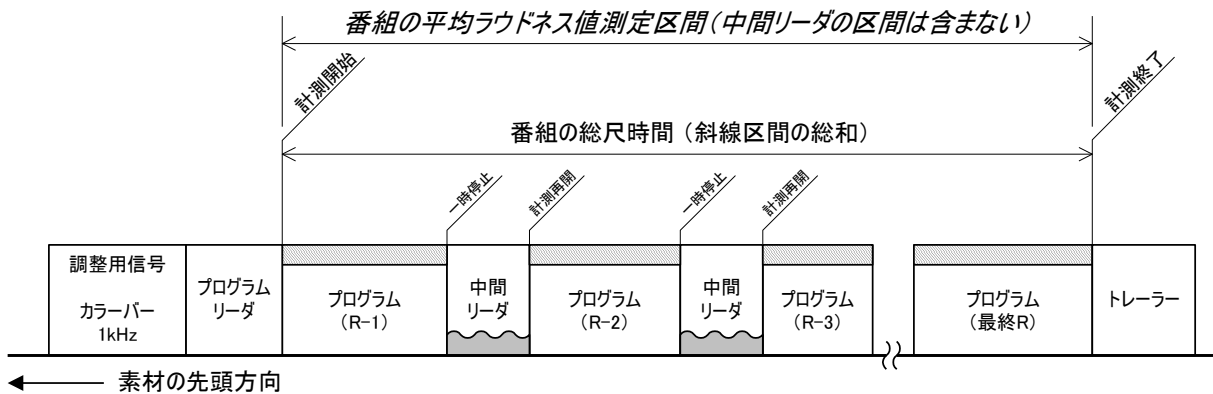


図1-14 中間リーダが無音でない（-70LKFSを超える）場合の測定方法

ここで注意すべきは、各ロールの平均ラウドネス値を別々に測定し、それらの数値を単純に平均しただけ（図1-15の事例1）では、正確な番組全体の平均ラウドネス値にはならないということである。T032ならびにガイドラインが示す作業（計測の一時停止、再開）は、図1-15の事例2に相当する。

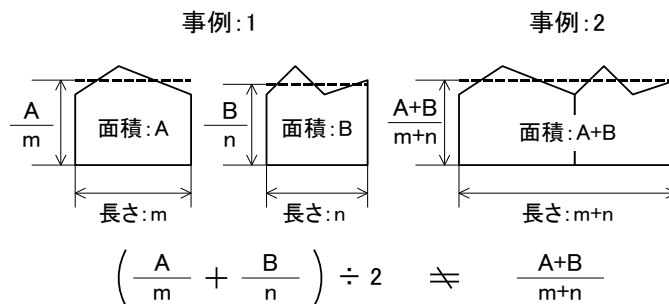


図1-15 測定方法の違いにより平均ラウドネス値の結果が異なる概念図

複数の記録媒体に分かれる長尺番組の場合：

番組の交換、搬入に使用する記録媒体の単体容量を超えるような長尺番組の場合、複数の媒体に分けて納品することになる。(図1-16)

今、この長尺番組の平均ラウドネス値を測定したところ、

- ・ 番組全体の平均ラウドネス値： L_t
- ・ 前半部分の平均ラウドネス値： L_a
- ・ 後半部分の平均ラウドネス値： L_b

という結果が得られたとする。この場合、納品媒体の添付書類に記入する「平均ラウドネス値」は、次のどちらかを選択すること。

選択肢①：番組全体で測定した値を両方の媒体に記入する

前半部分が収録された媒体の添付書類に明記する平均ラウドネス値： L_t

後半部分が収録された媒体の添付書類に明記する平均ラウドネス値： L_t

選択肢②：媒体ごとに測定した値をそれぞれの媒体に記載する

前半部分が収録された媒体の添付書類に明記する平均ラウドネス値： L_a

後半部分が収録された媒体の添付書類に明記する平均ラウドネス値： L_b

納品検査における測定方法を納品者側の測定方法とそろえるために、添付書類には平均ラウドネス値とともに測定方法（一括または媒体ごと）を記載する。

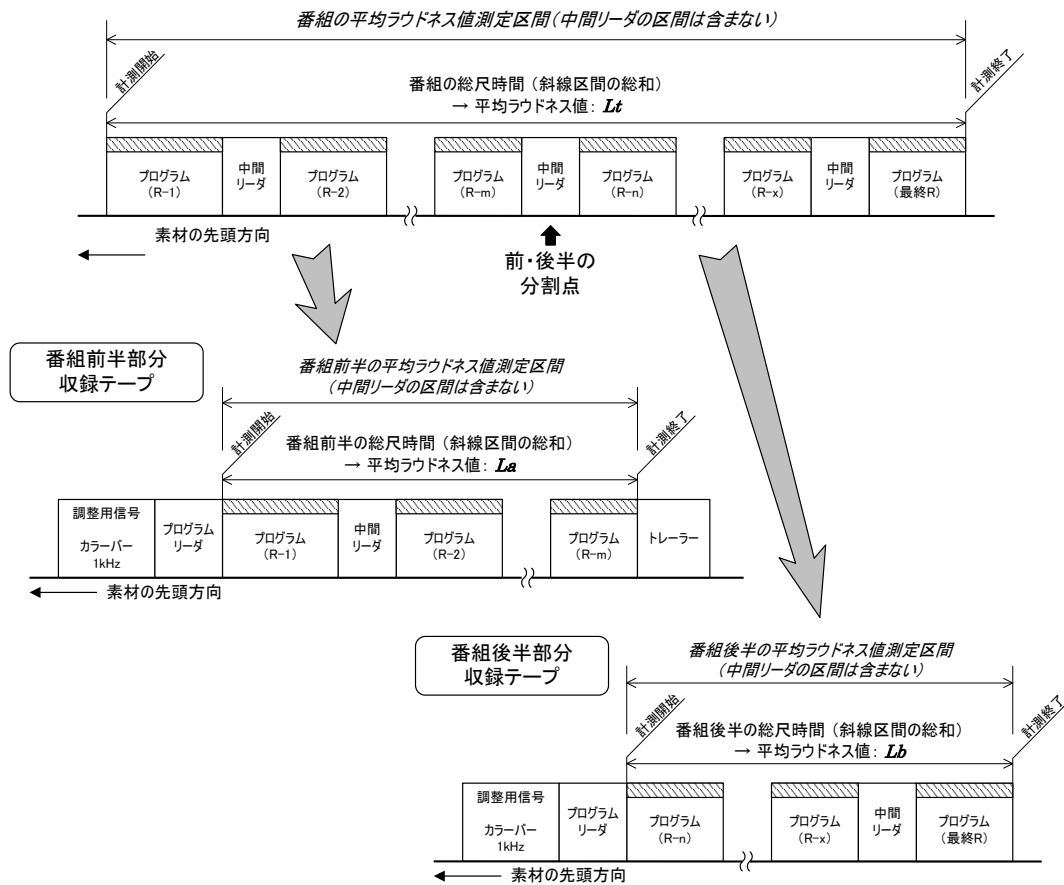


図1-16 複数テープ（記録媒体）に分ける場合の測定方法

第2章 測定ワークフロー

2.1 T032の適用範囲と実際のワークフロー

新しいルールであるT032では“平均ラウドネス値”という新しい“ものさし”が採用され、ラウドネスメータという計器が新たに必要になるが、誰がどのような作業を実際に行えばよいのか？また、皆が皆、ラウドネスメータという新しい設備を導入しなければいけないのか？といった疑問も生じるだろう。その答えはT032の適用範囲にある。T032では、“本規準は、テレビ放送において制作・搬入・送出・交換するすべての完成番組の音声信号に適用する。なお、番組とは一般番組やCMを指すものとする。”と適用範囲を明記している。

ここで着目すべきは“完成番組”という表現である。完成番組とは、「放送に直接使用される状態にある番組」なので、番組制作工程（ワークフロー）のどこにラウドネスメータが必要になるか理解できる。図2-1、図2-2に代表的な番組制作のワークフローと、ラウドネスメータが必要な場所を示す。

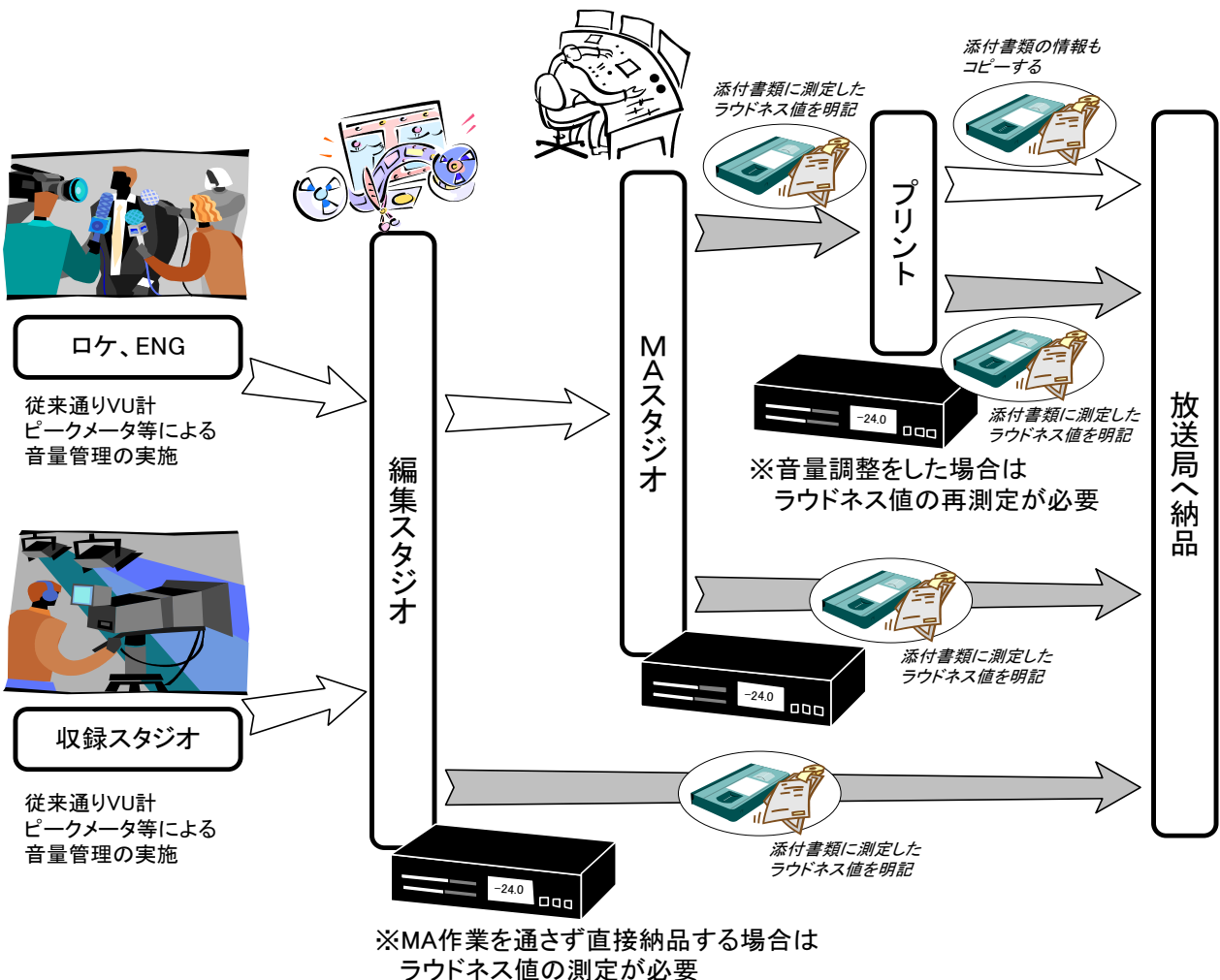


図2-1 ラウドネス測定のワークフロー（プロダクション側）

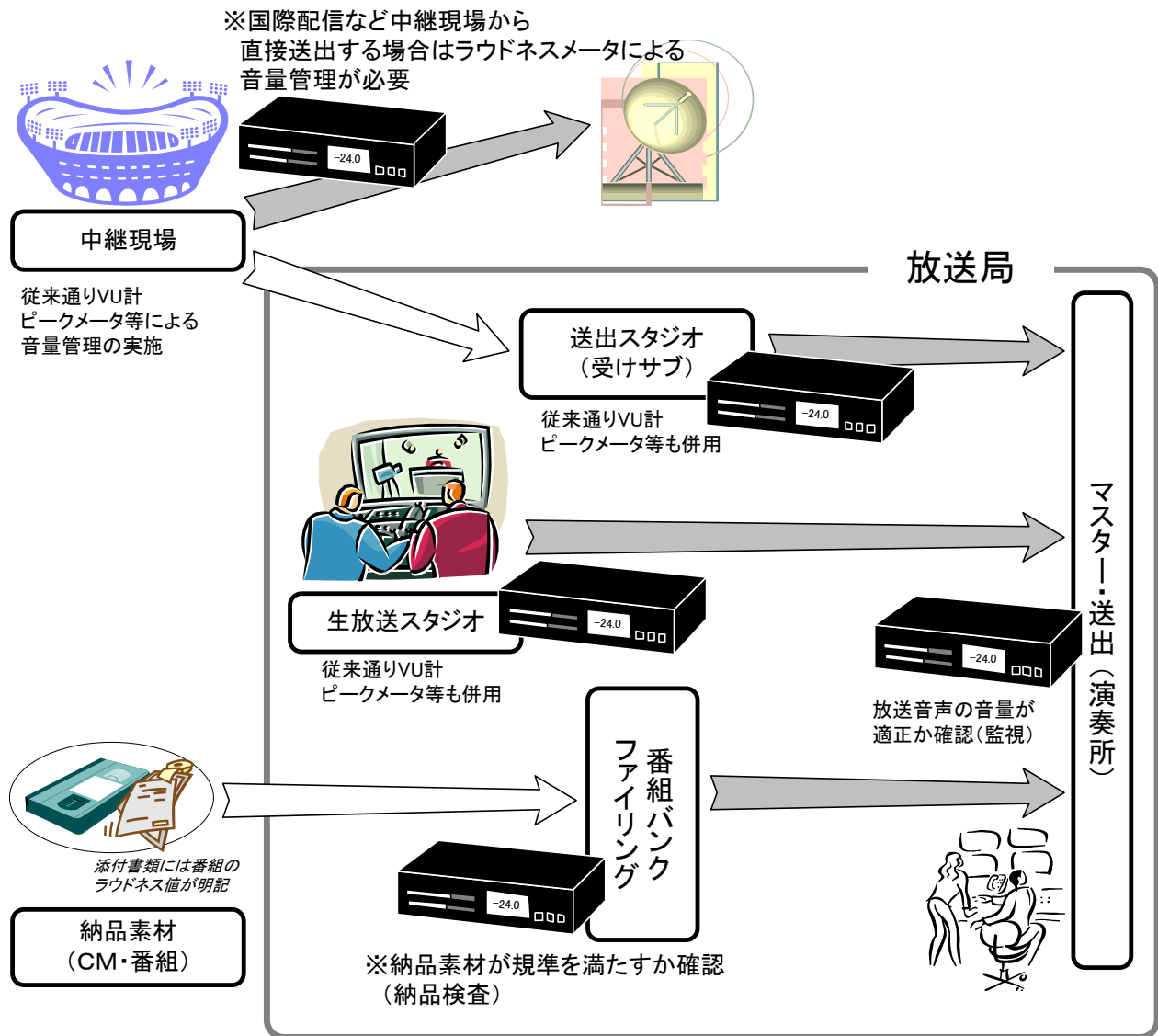


図2-2 ラウドネス測定のワークフロー（放送局側）

これらのワークフローからも判るとおり、ロケ取材や収録スタジオなどの中間素材制作時は、ラウドネスメータによる音量管理は必須ではない。しかし、従来通り主観による確認とともにVU計やピークメータによる管理を怠ってはいけな。T032適用以前と同様に、十分な制作時間がない、作り直す時間がない、といった要因は音量管理を怠ってよい理由にはならない。

T032による運用の原則は、納品前に規準を満たすということである。

2.2 平均ラウドネス値とモーメンタリラウドネス値、ショートタームラウドネス値

2012年、ITU-R Rec. BS.1771-1において、モーメンタリラウドネス値とショートタームラウドネス値をリアルタイムに測定するアルゴリズムが勧告され、それらのラウドネス値を測定できる製品も登場した。本ガイドラインでも、平均ラウドネス値に加えてこれらの表現を使用する。

- ▶ 平均ラウドネス値 …… ある時間からある時間までの期間を定め、ゲーティング処理を含めたラウドネス測定アルゴリズムに基づいて算出されるラウドネス値。ロングタームラウドネス値、インテグレートラウドネス値と表現することもある。

また、番組の平均ラウドネス値と表現したときは、番組の最初から最後までを測定期間として算出したラウドネス値を指す。
- ▶ モーメンタリラウドネス値 …… ラウドネス測定アルゴリズムに基づいて算出される二乗値を時定数400msの1次IIRローパスフィルタで処理した値。メータの処理能力を考慮し、ダウンサンプルを用いて算出する処理を含む。ゲーティング処理は含まれない。
- ▶ ショートタームラウドネス値 …… ラウドネス測定アルゴリズムに基づいて算出する期間を3secと定め、移動平均しながら求められるラウドネス値。ゲーティング処理は含まれない。

T032では平均ラウドネス値のみについて数値規定が設けられており、モーメンタリラウドネス値、ショートタームラウドネス値については言及されていない。しかし、平均ラウドネス値は、その性質上番組が終了しないと確定しないので、音声制作においては従来通り主観による確認とともにVU計やピークメータに加えて、モーメンタリラウドネスメータやショートタームラウドネスメータを参照すればよりよいレベル管理が可能となる。

2.3 測定ワークフロー（制作編）

放送局に搬入納品されるすべての素材は、前項にも記載の通り納品者側の責任でT032の規準を満たすように制作されたものでなければならない。

また、各過程すべてにおいて留意すべきは、ラウドネスメータの指示値の大小はヒトの聴覚に概ね一致するが、万能ではないことである。番組の平均ラウドネス値は-24.0LKFSを目標に制作すべきではあるが、最終的に音量感を知覚するのはヒトであるので、制作者が感覚的にターゲットラウドネスの音量感を把握し、音声制作することが重要である。「T032リファレンス音源」を利用して、モニター環境の点検やプログラム音声との聞き比べを随時行うことを推奨する。

2.3.1 生放送の場合

生放送の場合、ミキシング担当者はラウドネスメータをVU計などと併用し、最終的に番組全体の平均ラウドネス値が規準を満たすように制作する。測定対象は番組本編のみである。

平均ラウドネス値が判明するのは生放送終了後となるが、終了後に調整ができない生放送ゆえ、番組冒頭から充分注意しつつ番組制作を進めることが、平均ラウドネス値を規定の範囲に収めるために重要である。

生放送ではスタジオトークの他にVTR素材や中継などの素材を使用する。それぞれの素材がT032に適合するように管理されている事が望ましいが、最終的な管理は生放送のミキシング担当者が行う。

2.3.2 時差送出編集の場合

スポーツ中継などの制作において運用される時差送出（ゴルフや野球などの中継映像を編集しながら放送すること）は、完成形の納品形態によって以下の場合に分けられる。いずれの場合も担当者の配置状況に応じてラウドネス管理をする担当を明確にする必要がある。下記にそれぞれの場合の担当者例を示す。

時差編集後にサブから生送出する場合

送出サブのミキシング担当者がラウドネスメータを併用して平均ラウドネス値を管理する。

編集室から生送出する場合

編集担当者がラウドネスメータを併用して平均ラウドネス値を管理する。

時差編集後にメディアをマスターに搬入する場合

編集担当者がラウドネスメータを併用して平均ラウドネス値を管理し、完成した番組の平均ラウドネス値を測定して、納品テープなどの交換媒体の添付書類に記入する。

中継現場からの信号をそのまま収録して送出する場合

中継現場の担当者がラウドネスメータを併用して平均ラウドネス値を管理する。

編集作業により番組の平均ラウドネス値は変化するが、放送に向けた編集後の調整が容易となるよう、中継現場においてもラウドネスメータでの音声レベル管理を行う事を推奨する。

2.3.3 MAの場合

MA作業の場合においては、MA担当者が完成した番組をラウドネスメータで測定し、測定値を納品テープなどの交換媒体の添付書類に記入する。

MA作業では様々な種類の音源を選択的に組み合わせているが、音源の種類によって平均ラウドネス値と主観ラウドネスが異なることがあるので注意が必要である。例えばダイアログ中心の番組の場合は平均ラウドネス値よりも主観ラウドネスの方が大きくなる傾向がある。ターゲットラウドネス値で制作するためには、組み合わせる音源の種類が主観ラウドネスにどの程度影響を与えるかを知っておくべきである。したがって、リファレンス音源を適宜聞きながら主観ラウドネスとあまり差異がないようにMA作業を行うことが必要である。

MA作業の結果が許容範囲を逸脱した場合は、顕著に逸脱した部分の音声レベルを調整して再度MA作業を行うか、全体のレベルを調整して、再度全体の平均ラウドネス値を測定する。

番組の一部差し替えがあった場合は、全体の平均ラウドネス値が変わることがあるので注意が必要である。

2.3.4 編集室作業の場合

編集室にて編集され、MA等の工程を通らずにそのまま納品される番組においては、編集作業が最終工程となるため、編集担当者がラウドネスメータで平均ラウドネス値を管理する。

各素材を完成番組においてT032に準拠するようにレベル調整しながら編集するとともに、完成した番組をラウドネスメータで測定し、平均ラウドネス値を納品テープなどの交換媒体の添付書類に記入する。

また、番組販売に伴うメディアのプリント作業時にT032に適合するためにレベル調整を行う場合は、レベル調整後の平均ラウドネス値を測定し、プリント先のメディアに測定値を記載する。

2.3.5 国際配信の場合

ワールドカップなど国際的なイベントにおける信号配信において、T032に準拠して番組制作をおこなえば、ITU-Rが勧告するBS.1864の規定を満たすことになるため、この場合でも平均ラウドネス値を測定し、基準を満たすように管理することが望ましい。

中継現場から直接国際配信を行う場合は、音声レベルの管理を中継現場で行う事になるため、中継現場にもラウドネスメータが必要となる。

2.4 測定ワークフロー（納品～放送編）

2.4.1 納品検査

放送局に納品された番組は、受入担当者により、納品媒体の添付書類に平均ラウドネス値が記載されていることの確認が行われる。記載されていない場合は一旦納品者に返却し、納品者が平均ラウドネス値を測定、記載した後に改めて納品されることを原則とする。

また、納品媒体のプレビューチェックや送出システムへのファイリングのために番組の全編再生が行われる際には、担当者は番組本編の平均ラウドネス値を測定し、その数値が規準に沿っていることと、納品媒体の添付書類に記載された数値と相違ないことを確認する。ここで確認された数値がT032に沿わない場合は、一旦納品者に返却し、納品者が改稿を行った後に改めて納品されることを原則とする。

【注意事項】

- ・ ラウドネスメータによる平均ラウドネス値の測定においては、ゲーティングブロックの位置のずれにより、測定値に若干の誤差が生じることが分かっている。許容範囲の上限ギリギリで制作すると、納品検査で測定される平均ラウドネス値がT032の規定を満たさず、その番組が改稿の対象となる場合があるため、番組制作の際にはターゲットラウドネス値の-24.0LKFSを目標とする。また、5秒スポット、15秒CMなどの短時間番組、CMに関しては、ラウドネスメータのスタート、ストップのタイミングにより誤差を生じる事があるので、何度か、再測定することを推奨する。
- ・ 番組の中間リーダ区間が無音（-70LKFS以下）でない場合は、平均ラウドネス値の測定時にその区間を除外すること。（第1章 1.3.4 平均ラウドネス値の測定区間について を参照）
- ・ 複数の媒体に分割して納品された番組では、添付書類に記載された平均ラウドネス値の測定方法（一括測定か媒体ごとの測定か）を確認し、同じ方法で検査を行う。一括測定された番組の場合は、図2-7で示す手順で納品検査を行う。

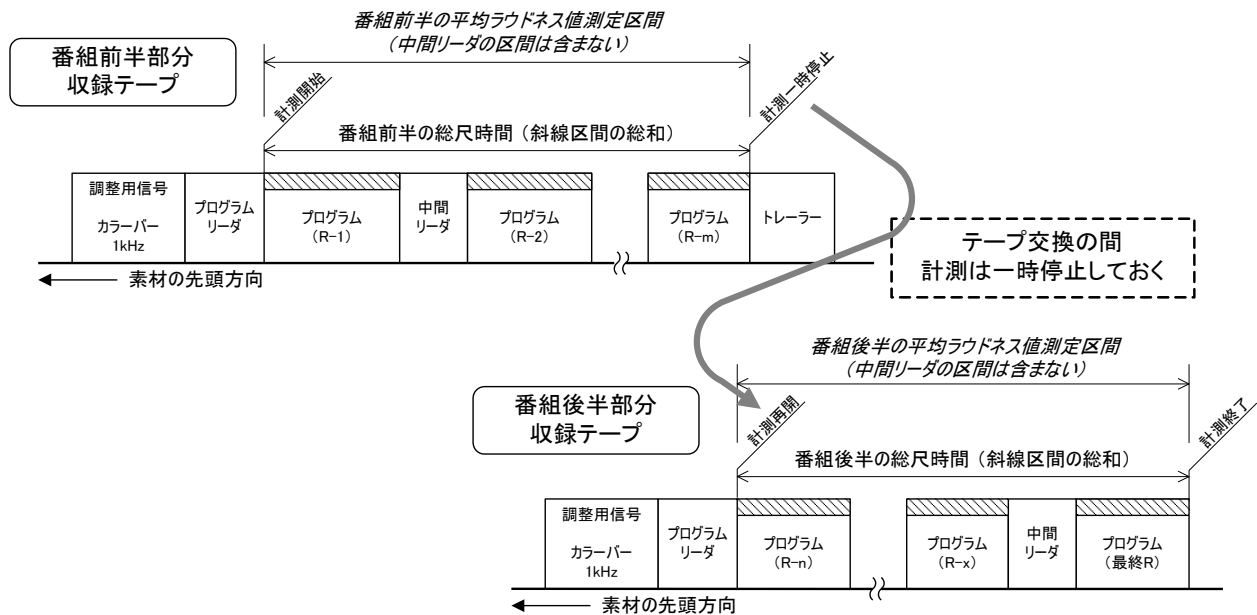


図2-7 複数テープ（記録媒体）に分かれた番組の納品検査方法

- ・ 本規準T032適用以前に放送された番組（レガシー番組）が放送局に再納品される際には、納品者の責任においてT032に沿っているか確認・調整した後に納品されることを原則とする。また、放送局で保存されたレガシー番組については、放送局の送出準備作業において平均ラウドネス値を測定し、送出時に規準に沿うように調整する。
- ・ 平均ラウドネス値を規準に沿うよう調整する際に、番組全体のレベルを不用意に上げると、ピークレベルが-1dBTP（サンプルピークメータによる計測の場合は-3dBFS）を超えてしまう可能性があるので注意を要する。

2.4.2 マスター（主調整室）で準備・送出する素材の音声レベル管理

提供アナウンスコメントや速報チャイム等の音声は「完成番組」ではなく「素材」であり、T032による平均ラウドネス値の規定対象には含まれない。しかし、これらの素材が送出される際に視聴者に違和感を与えることがないよう、各々の素材の役割に応じた適正なレベルで送出されるべきである。

これらの素材の送出レベルの目安を得るために、ショートタームラウドネス、モーメンタリラウドネスの活用も考えられるが、T032リファレンス音源と比較試聴することも有効である。T032リファレンス音源は全て、平均ラウドネス値が-24.0LKFSとなるよう作成されているが、「ナレーション+BGM」音源のナレーション部分の音声レベルは、「ナレーションのみ」音源の音声レベルと等しくなるよう調整されており、音量バランスを決める上で、ひとつの参考になる。

2.4.3 マスター（主調整室）での送出監視

各番組の平均ラウドネス値がT032に沿っていれば、それらを放送する局の送出音声の平均ラウドネス値がT032に沿うことは自明であるので、各放送局が自局の各サービスの平均ラウドネス値をターゲットラウドネス値に近づけるための努力は、専ら番組制作段階と送出準備段階でなされるべきである。とは言い、生放送番組や放送直前に納品される番組など、事前に平均ラウドネス値を検査する

ことができない番組も存在するため、VU計等で送出音声レベルを監視するのと同様に、主調整室にラウドネスメータを設置して自局が送出中の番組のラウドネス値を常に確認できるようにすることは、放送における平均ラウドネス値の平準化に取り組む上で有用である。

民放局は一般番組とCMを交互に切り替えて（番組内に別の番組を挿入して）放送し、且つ音声モードは番組単位で設定されるので、主調整室で番組ごとの平均ラウドネス値をリアルタイムで正確に把握するためには、ラウドネスメータへの音声モードの通知と、頻繁な「START」「PAUSE」「STOP」「RESET」等の制御が必要である。これにはマスター設備全般にわたるシステム構築が必要となることから、現在運用中の設備に追加するには困難が伴う。しかし、送出中の番組のモーメンタリラウドネス値やショートタームラウドネス値が確認できれば、その番組の平均ラウドネス値がターゲットラウドネス値に近い範囲に収まっているかどうかの目安を得ることはできる。また、番組の境界によらない一定周期（たとえば1時間ごと）の平均ラウドネス値を測定して記録することは、送出におけるラウドネスの実態を把握するために役立つ。併せて、記録データから過去の指定区間の平均ラウドネス値を算出する機能を持つメータを設備すれば、放送済み番組のラウドネス値についての検証作業や、番組制作スタッフへのフィードバックが容易になる。

2.4.4 送出段における音声レベルの管理

視聴者にとって音量感の揃った放送を実現するためには、局間のレベル差についても十分に配慮する必要がある。番組が規準に沿った平均ラウドネス値で制作され、番組間の音量が揃ったとしても、送出段や伝送経路にコンプレッサなど音声レベルを非線形に扱う機器が存在する場合、放送局間で音量差が発生する可能性がある。これらの機器は使用しないことが望ましいが、やむを得ず使用しなければならない事情がある場合は、その機器の後段で測定する平均ラウドネス値がT032の規定を逸脱することがないように設定を調整する。

補足

平均ラウドネス値は、番組音量を示す優れた指標であるが、現在規定されているアルゴリズムではヒトの主観評価と全く同一の心理量を測定することはできない。多くの番組で問題となるような平均ラウドネス値と主観評価値との乖離は発生しないが、ヒトの耳による判定に勝るものがないことも事実で、ヒトの感覚で-25.0LKFSの方が、より標準音源に近い音量だと感じたら、-24.0LKFSに変更する必要は無い。例えば、穏やかな台詞が多く、全体的に静かなシーンを多用したドラマの場合、平均ラウドネス値が低めに計算される結果、-24.0LKFSにノーマライズすると台詞が大きくなりすぎてしまうことがある。この場合は、ヒトの耳で判断し、その結果、平均ラウドネス値が小さくても変更せずに納品すれば良い。もし、台詞音量が十分なレベルで聞こえていて、かつ平均ラウドネス値が許容値を下回った場合には、その旨を添付書類に記入すれば良い。

T032では、平均ラウドネス値がターゲットラウドネス値+1 dB以上となる番組の放送や納品を禁じているが、音声レベルが小さい場合の許容範囲は広く、理由があればさらに音声レベルの小さい番組の納品、放送が可能である。

また、ダイナミックレンジの広いドラマや映画などにおいても、平均ラウドネス値とヒトの主観評価とが若干乖離する場合がある。台詞の平均レベルに比べて所作音が非常に大きい映画などでは、ゲーティング処理によって台詞成分まで除外され、平均ラウドネス値が実情より大きく計算される結果、

-24.0LKFSにノーマライズするとテレビでは台詞が聞こえないくらい小さくなってしまふことがある。この場合は、T032の制限から音声レベルを大きくすることはできないので、テレビ放送に適応した整音やコンプレッションを施すなど、何らかの音声処理が必要である。

これら極端なケースは、まれにしか発生しないが、ターゲットラウドネス値に合わせて終わりというのではなく、視聴者に望まれる音声とするために、色々な角度から音量を検討することもテレビ放送の音声レベル管理に携わる者の使命である。

第3章 ラウドネス管理による音声制作

従来のVU計を用いたミキシング作業と、T032適用後のLOUDNESSメータを併用したミキシング作業は大きく異なるのだろうか？番組の内容、演出意図などにより答えはYes/Noでは決まらないが、VU計の指示値が第1章1.2.4の図1-8で示す適正な範囲内にあり、過度なコンプレッションや極端に“中高域”を強調するようなイコライジングをしなければ、従来通りのミキシング作業の結果得られる平均LOUDNESS値は、ターゲットLOUDNESS値を大幅に逸脱することはない。本章は、T032適用後にミキシング作業を行う際に参考となる情報をまとめた。

3.1 T032 リファレンス音源

3.1.1 “T032リファレンス音源”とは？

「LOUDNESS」という、ヒトが感じる“音の大きさ”を示す心理量を用いて一般番組やCMを制作・放送するにあたり、

「ターゲットレベルである“-24.0LKFS”とは実際にはどの位の音量なのか？」

「参考とすべき音質はどのような感じなのか？」

を容易に体感できる必要がある。LOUDNESSメータによる正確な測定も必要だが、T032は不快な音量差・音質差を感じない放送を視聴者に届けることが最も大切であると考えて制定された。そのためには、聴き比べて差異ができるだけ少ないように制作をするための“拠り所”となるべき音声素材が必要であると考え、民放連「テレビ音声レベルWG」（当時）では“T032リファレンス音源”を制作し、提供することとした。この音源を各現場のモニター音量調整、番組制作におけるリファレンスとして活用することを推奨する。

3.1.2 リファレンス音源とその活用

“T032リファレンス音源（fs=48kHz、ステレオWAVファイル）”には以下の内容があり、民放連webサイト『「LOUDNESS関連」』のページ（<http://www.j-ba.or.jp/category/t032>）からダウンロードして入手することが可能である。

- ① リファレンス音源 ナレーションのみ
- ② リファレンス音源 ナレーションとBGM
- ③ リファレンス音源 街頭インタビュー

T032リファレンス音源はヒトのしゃべりを中心に構成した素材であり、①は男女アナウンサーのしゃべりのみ、②はこのしゃべりにBGMを加えたものである。

ヒトが感じる音量感、ヒトの話し声や歌声の音量要素にかなりの部分を支配される傾向がある。①と②に含まれる話し声は同一音量で制作されているが、ここに“あるレベル”のBGMを加えても平均LOUDNESS値が同じ-24.0LKFSになる場合が生じるのは、ゲーティング処理を含むARIB TR-B32アルゴリズムの特徴といえる。（ゲーティング処理など平均LOUDNESS値の算出アルゴリズムの

詳細については第5章参照)

③の音源は、アンビエンスや効果音などを入れ、実際の番組素材により近いものとなるよう制作した。これらのリファレンス音源を活用し、必要に応じて聴感比較をしながら番組制作をすることにより、ラウドネスメータを常時直視しなくても、結果的に作品が $-24.0\text{LKFS} \pm 1\text{dB}$ に収まるものとして完成する、というワークフローが確立されることを期待している。

この「T032リファレンス音源」は音学的に好条件の下で録音・制作されたものである。実際のテレビ番組音声は、この様な好条件下で制作されるとは限らず、音声の明瞭度が本音源より劣る場合もあると思われるので、利用にあたってはそれらの点なども十分に考慮していただきたい。

3.2 時間経過と平均ラウドネス値の特徴

番組の平均ラウドネス値の測定区間は「番組開始から終了まで」とあるので、測定値が判明するのは番組を完成させるための全ての作業が終了した後（生番組ならば放送終了後）となる。そのため、作業途中におけるラウドネスメータの平均ラウドネス値表示は作業中の目安として考える。

また、平均ラウドネス値は時間経過とともにある値に収束する特徴を持つ。(図3-1) この収束した値が、測定終了後に表示される平均ラウドネス値に他ならない。ラウドネスメータ(平均ラウドネス値)だけを見てミキシング作業をしても、番組後半、しかも長時間番組になればなるほど、指示値の変化量が鈍ってきてしまうため、リアルタイムでのオペレーションの指針としては不十分である。したがって、実際の作業においてはラウドネスメータのみならず、従来のVU計などのメータと併用して作業を行う必要がある。

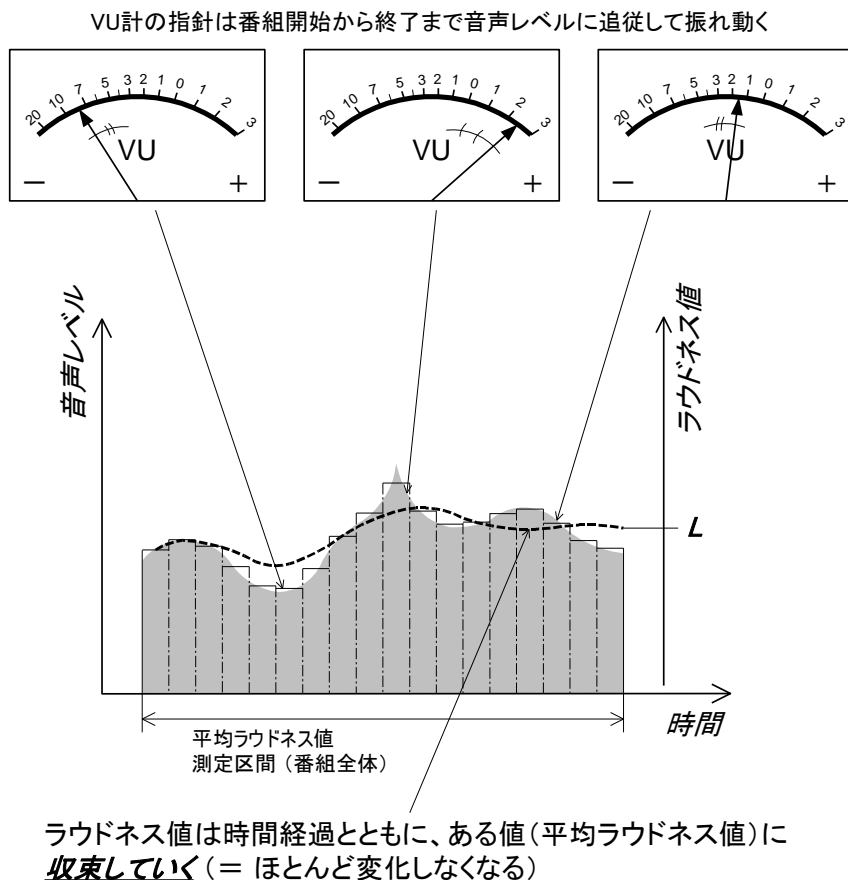


図3-1 時間経過とVU計、ラウドネスメータの指示値の変化

3.3. 「ターゲットラウドネス値」にまつわる“誤解”と実際の番組制作例

T032では“番組制作時に目標とする平均ラウドネス値を、ターゲットラウドネス値と呼ぶ。その値はARIB TR-B32に準拠し、すべての音声モードにおいて-24.0LKFSとする。”と規定しているが、“-24.0LKFS”という数値にこだわって、番組の冒頭から末尾までを同じ音量でそろえることを意図しているわけではない。時間経過と共に変化する番組音声の瞬時値は、平均ラウドネス値を超える時もあるし、下回る時もあるがそれが自然な姿である。

測定区間における全体の平均値としての数値が規準を超えないこと、テレビ放送の視聴環境を考慮した適切なダイナミックレンジで制作すること、を満たせばよいのである。

第1章で述べたとおり、平均ラウドネス値の算出には等価騒音レベルの考え方が採用されており、測定区間内で時間経過とともに変動する信号レベルを平均化して求めている。図3-2に示す事例1～4では灰色部分の形状は様々(=時間経過とともに変動している)であるが100個の小さな正方形の集まりなので、その面積はいずれも100である。横軸(測定区間)は、いずれも20なので縦軸(平均ラウドネス値)は、

$$\text{面積}(100) \div \text{測定区間}(20) = 5$$

と同じ値になる。この計算で導かれた“5”と言う値が、平均ラウドネス値といえる。事例2～4のいずれも平均ラウドネス値を超える部分もあれば下回る部分も存在していることからわかるように、時間経過とともに変動する音声レベルがターゲットラウドネス値を超える部分があっても、作業終了後の平均ラウドネス値をT032の定める運用範囲内に収めることができる。

事例5では大きな凸凹はないが○印のついた四角が20個あるので面積は120であり、平均ラウドネス値は6と大きくなる。事例6では、面積は80しかないので平均ラウドネス値は4と小さくなり適合と考えられるが、とても大きな山と非常にレベルが低い谷の部分があるので、テレビ放送の視聴環境を考慮した適切なダイナミックレンジとは言えない。また、大きな山の部分では、視聴者に不快感を与える様な大音量である可能性が高く、視聴者保護の立場からも注意が必要である。

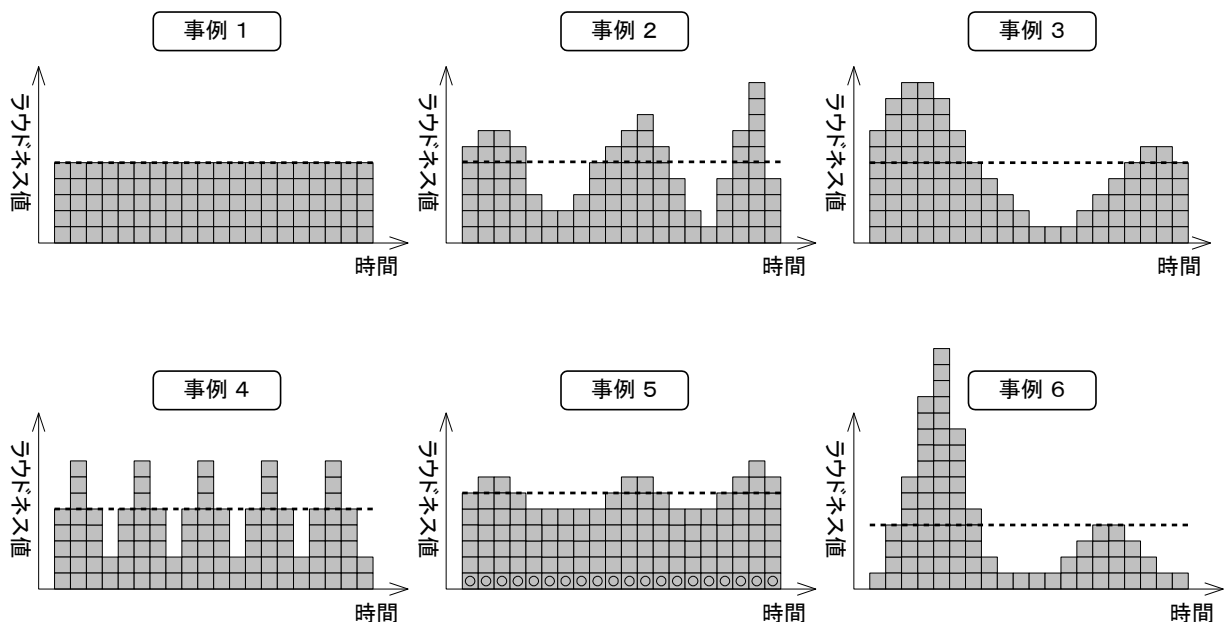


図3-2 時間的な音量の変化と平均ラウドネス値

ここでT032の規定にならって、例えば「平均ラウドネス値を“5以下”とすること」と考えてみると、図3-2の事例のなかで規定に適合しているものは事例1のみならず、事例5以外の全てが適合しているといえる。(事例1は1kHzトーン信号のような定常的な音源に近い状態と想像できる)

逆に、事例5は時間経過に伴った音量の変化は比較的少ないが、規定をオーバーしている。

以下に、実際の番組における音声制作の例をあげる。

3.3.1 番組ジャンル別の例①（トーク番組・ニュース番組など）

番組の最初から最後まで音の要素が主に会話・人の声であり、ダイナミックレンジも比較的小さい番組の場合、ラウドネスメータの指示値には先述の図3-1で述べたような特徴があるものの、制作途中に表示される過渡的な平均ラウドネス値がターゲットラウドネス値から大きく外れないよう、番組冒頭から注意しつつ番組制作を進めることが、測定終了時に判明する平均ラウドネス値を規定の範囲に収める一つの方法と言える。

使用するラウドネスメータにモーメンタリラウドネスもしくはショートタームラウドネスの表示機能がある場合は、それを活用し、指示値が-24.0LKFS前後で推移するようミキシング作業を行えば、番組全体の平均ラウドネス値は-24.0LKFSから大きく逸脱するようなことはない。(図3-3)

この方法は生放送のニュース番組などで特に有効であると考えられる。もしモーメンタリやショートタームを表示する機能がない場合は、民放連配布のリファレンス音源を作業前などに聴取して、ターゲットラウドネスを確認する。

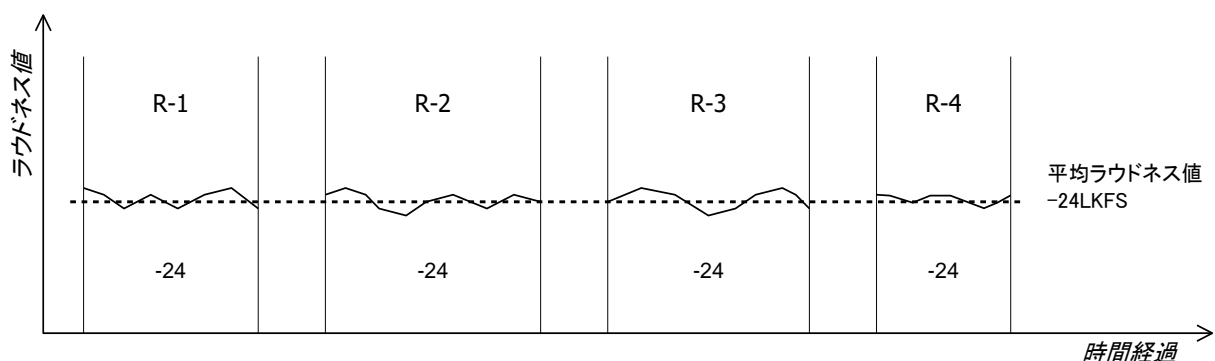


図3-3 音声レベルの時間的变化と平均ラウドネス値（トーク番組・ニュース番組などの例）

3.3.2 番組ジャンル別の例②（ドラマ・音楽番組など）

ダイナミックレンジは、演出意図に沿って適宜確保されるべきである。ドラマは特に、シーン毎、ロール毎に音量の大小が生じることが多く、ラウドネス値が異なるのは当然である。音楽番組においては楽曲部分のラウドネス値がMC部分より若干高くなったとしても、数値に囚われず聴感上の音量感を重視した方が番組全体として自然な統一感を保てる。必要以上に「値」にこだわって画一化する必要はなく、演出意図を大切にすべきである(図3-4、3-5)。

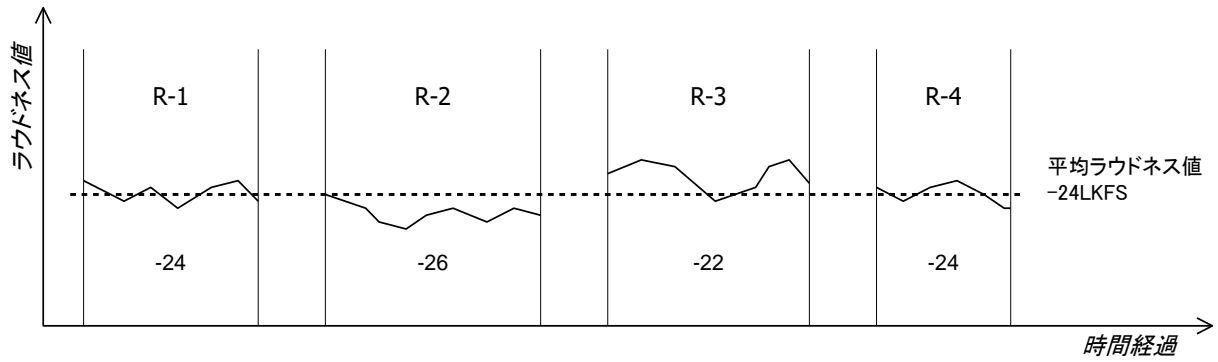


図3-4 音声レベルの時間的変化と平均ラウドネス値（ドラマの例）

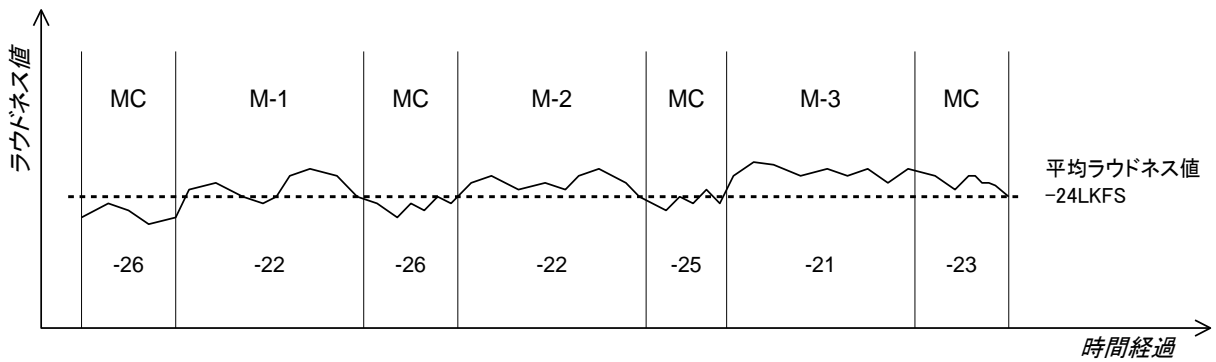


図3-5 音声レベルの時間的変化と平均ラウドネス値（音楽番組の例）

3.3.3 番組ジャンル別の例③（スポーツ番組など）

スポーツ中継の生放送などでは、突発的に音量の大小が生じる。しかし、あらかじめ音が大きくなるシチュエーションの予想がつく場合、それ以外の場面の音量を抑えることによって、最も盛り上がる場面での音量が大きなミックスをしても、全体の平均ラウドネス値を規準内に収めることができる。

(図3-6)

実際の作業においては、平均ラウドネス値のみならず、トゥルーピークの最大値、最大+3VUの範囲を守ることに留意する。

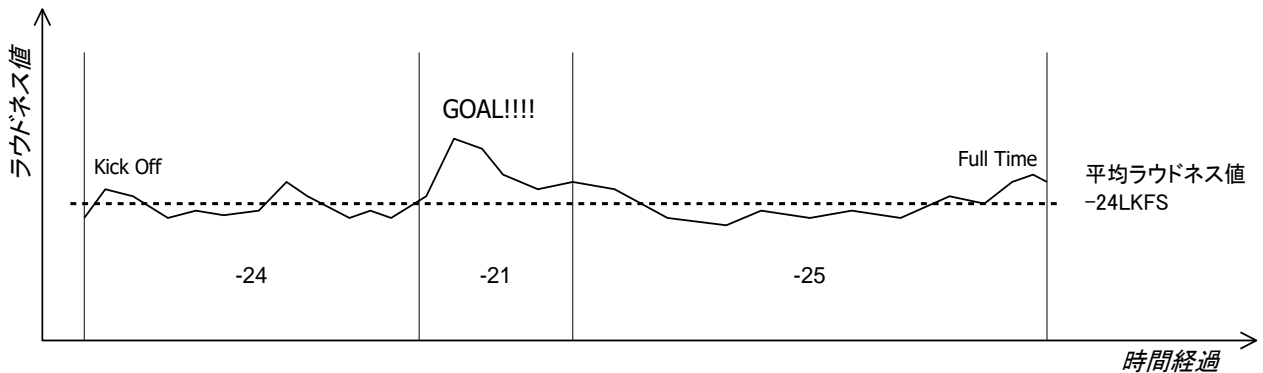


図3-6 音声レベルの時間的変化と平均ラウドネス値（サッカー中継の例）

3.4 平均ラウドネス値による規定のメリットー豊かな低音の再現性

T032が採用した平均ラウドネス値による規定により、逆に自由な音声表現が可能になる点がある。音楽番組を例に、低音楽器の再現性について考察してみる。

図3-7は、ラウドネス値の算出アルゴリズムで使用されるK特性フィルタの周波数特性を表したものである。

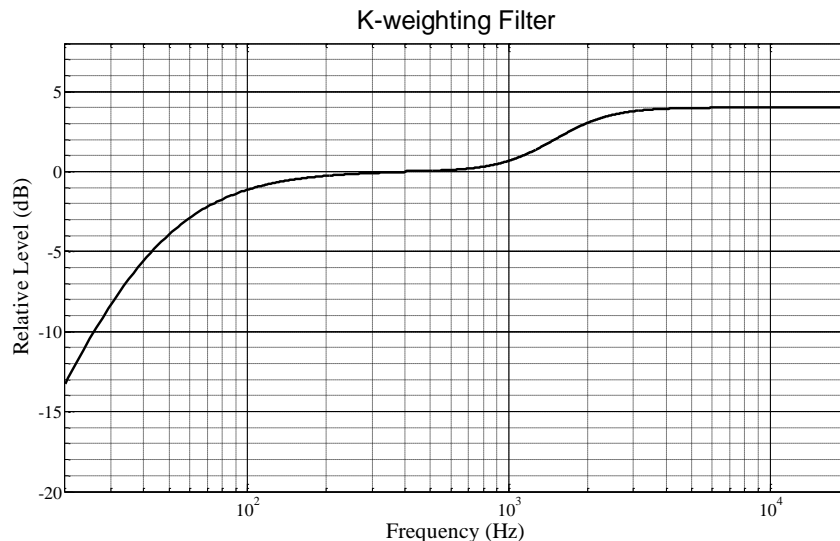


図3-7 K-weighting特性の周波数応答特性

これを見ると「低音域」といわれる100Hz以下は数値が低く、ヒトの耳につきやすい1 kHz以上の数値が高いことがわかる。つまり、従来のVU計では振れすぎてしまうために大きく聴かせることが難しかった低音楽器などを、ラウドネス規準の範囲内で従来よりも大きくミックスすることが可能になる。最大+3VUは守らなければならないが、エンジニアは今までよりもVU計にとらわれることなく、中音・高音楽器とのバランスを重視して周波数帯域の広いミキシングを心がければ、ターゲットラウドネス値から逸脱することなく、豊かな低音表現が可能になる。

3.5 平均ラウドネス値の“つじつま合せ”は要注意！

平均ラウドネス値による音量管理に慣れるには、ある程度の時間と経験の積み重ねが必要だと考える。慣れるまでは、納品前に測定した平均ラウドネス値が規準の範囲を超えてしまい「全編修正する時間も無い。さあ、困った！」となる状況も発生するだろう。そこで思い出して頂きたいのが、

“LKFS単位において、1 dBのレベル増減は1 LKFSのラウドネス値増減と同等である”

という平均ラウドネス値の特徴である。つまり、超過分だけ全体のレベルを下げれば、つじつまを合わせることは可能である。しかし、ターゲットラウドネス値にあわせるためにミキシング後に全体の音量レベルを調整してあわせこむ方法については注意すべき点がある。

3.5.1 レベルの調整後に品質を損なう例

ここにイコライザやコンプレッサを多用して、ダイナミックレンジを狭く、音質を堅くして、結果

的にVU計の振れを大きくせず、明瞭度を上げて大きく聴こえるように加工した素材がある。このような素材はヒトが音の大きさを感じやすい周波数帯に成分が集中するため、平均ラウドネス値は大きくなり、規定の範囲を超える可能性が高い。この場合、平均ラウドネス値の超過分だけ全体の音声レベルを下げれば、規準に適合させて納品することができるが、結果的に明瞭度が下がり、抑揚が乏しい印象になることもあるため、注意が必要である。(図3-8)

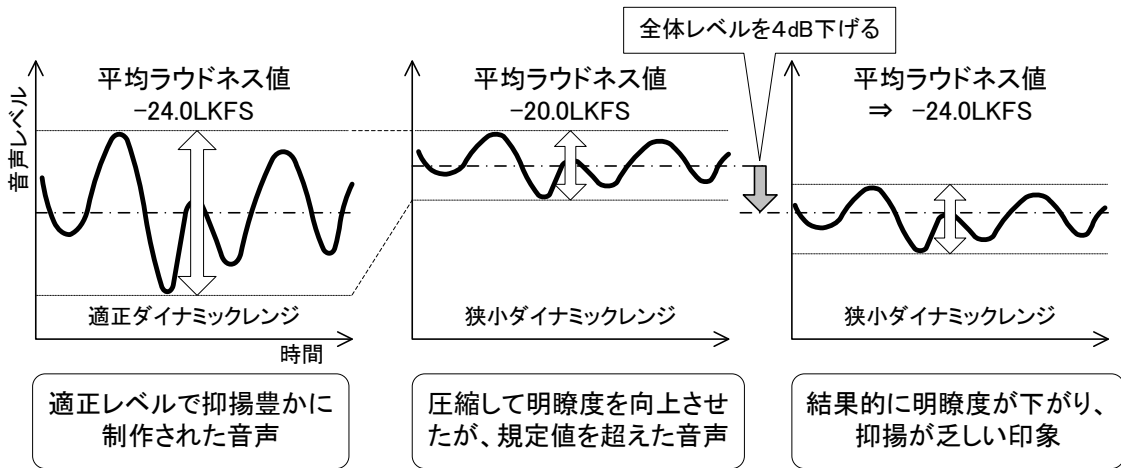


図3-8 規定値に適合させることで品質を損なってしまう例

3.5.2 視聴環境における環境騒音の影響

平均ラウドネス値の大きすぎる番組を規準内で納品するには、超過分だけ全体の音声レベルを下げれば適合させることができるが、音量を調整することによって生じる環境音との関係にも注意が必要である。一旦出来上がった素材の全体レベルを下げてターゲットラウドネス値へ適合させると、もともと小さい部分は更に小さく再生される。そのため、その部分が環境騒音に埋もれて聴こえなくなり演出意図を損ねることもあるので注意を要する。その様な事態にならないよう、最初からターゲットラウドネス値を目標にした音声制作を心がけるべきである。また、平均ラウドネス値が規定を超えている過去素材を規準に適合させる場合も、同様の注意が必要である。(図3-9)

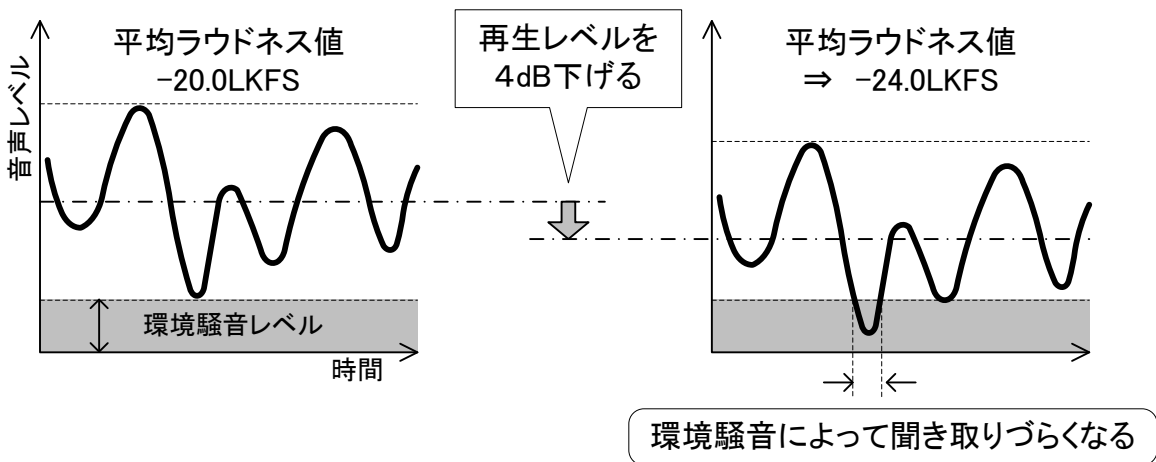


図3-9 基準値に適合させるために全体の音声レベルを下げた場合の環境騒音の影響

3.5.3 再生音量と聴覚の周波数特性

図3-10の「等ラウドネス曲線」は音の周波数を変化させたときに等しいラウドネスになる音圧レベルを測定し、等高線として結んだものである。このグラフからわかるように、再生音量の違いによって周波数特性は変化し、特に低音域に対する感度が変化する。

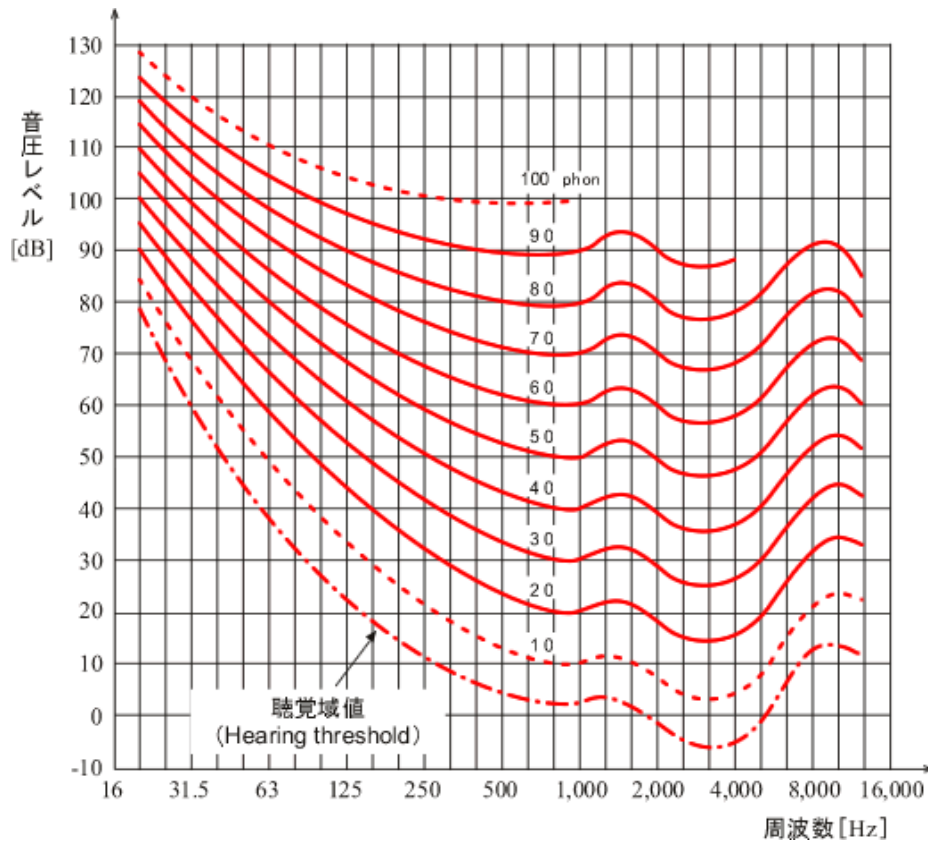


図3-10 等ラウドネス曲線（国際規格ISO226-2003）

今ここで、80phon（街頭程度の騒がしさと同じぐらい）の音量でミキシングをする場合、4kHzの音と同じぐらいに聞こえるように125Hzの音を聞かせようとする、125Hzの音は物理量として音圧レベルを10dB程度大きくミックスすれば等音量となるが、このようにしてバランスをとった作品を60phon（話し声程度の音量）で再生するとどうなるだろうか？

60phonでの等ラウドネス曲線では、125Hzの音が4kHzの音と同じ音量に聞こえるためには、15dB以上も大きい音圧でないと等音量に聞こえないということが示されている。つまり、このままでは60phonで聞いた場合、125Hzの音が単純計算で5dBほど足りなくなり、「低音不足」の印象になってしまう。グラフの例を持ち出すまでもなく、同じ音楽を聴いていても、再生音量を小さくするとまず低音の楽器が聞こえにくくなるという経験は誰にでもあるのではないだろうか。つまり、規準の範囲を超えた作品を作ってしまう、後から全体のレベルを下げてターゲットラウドネスにあわせる、という手法を取るとミキシング時のエンジニアの意図に反し、再生時に低音域が失われた作品になってしまう。

トーク番組などで、ヒトの耳につきやすい中音域を強調し、なおかつVUメータの針を大きく振らせてミキシングした場合、番組のラウドネス値は大きくなりやすい。そこで、ターゲットラウドネス

を逸脱してしまったからといって全体を下げるという安易な解決方法に頼ると、制作者の意図に反した音量バランス・音質の番組を視聴者に届けることになってしまう。トーク番組においては下図3-11「ダイアログ（対話などのしゃべり声）を中心に構成される番組での推奨範囲」を参考に、ミキシング段階での適切なレベルコントロールに留意して制作にあたることが望ましい。（図3-11はガイドライン第1章1.2.4「ダイナミックレンジに関する規定」にも掲載しているので参照のこと）

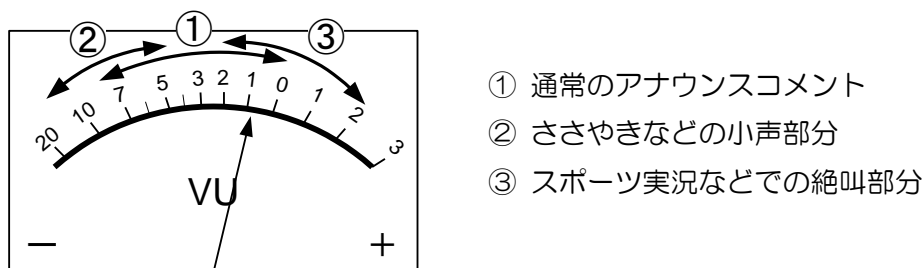


図3-11 ダイアログを中心に構成される番組での推奨範囲

3.6 「特記事項なしで納品可能な範囲」について

T032の規準では、「創造的な制作要求」が最優先される番組の場合でも、民放連としては-28.0LKFS以上で制作することを推奨している。この“-28.0”という数値の根拠は、E B U(欧州放送連合)での実験結果（第1章1.2.2参照）によるもので、平均ラウドネス値が-28.0LKFS以上であれば、ターゲットラウドネス値(-24.0LKFS)に満たない番組でも、とりわけレベルジャンプを感じさせないので、視聴者の不利益にはならないと考えるからである。

では、どのような番組がいわば「低めの値」でもよいのだろうか？

例として、静かなシーンが多いドラマ、ゴルフ中継、コメントの無いB G Vの様な番組などがこれにあたるだろう。ドラマなどのささやくようなセリフに対して、平均ラウドネス値が低いからといって規準値内に収めるためだけにむやみに上げてしまうと、演出意図を損なうことになりかねない。無理に-24.0LKFSにするために全体の音量を上げた結果、作品全体の音声バランスを崩してしまうよりも、低い値のままのほうが良い結果を生むと考える。

この他にもテレビ特有の要素として、映像との関連性を考慮する必要がある。叫んでいる場面に大きい音量の声が当てられているのと、ささやいている場面に大きい音量の声が当てられているのは、たとえ両者が同じ音量であっても場面の違いによって、ヒトは心理的に違和感を感じる。しかし、メータの数値はヒトの心理量までは測れない。このような“演出意図を理解する”部分においては、メータの数値よりもヒトの感性を重視すべきである。

ミキシング担当者は-24.0LKFSというターゲットラウドネス値のみにこだわるのではなく、主観ラウドネスを大切にすべきである。番組本編とCM(=規準に適合した平均ラウドネス値を持つ素材)が違和感なく繋がるように、今まで以上にミキシング担当者の主観による音量管理が重要となる。

テレビ放送は番組それぞれの独立した「点」ではなく、時間経過に沿っていろいろな番組やCMが流れていく「線」であるということを念頭におき、視聴者にやさしい放送を常に心がけたい。

■（参考）ステレオ、5.1chサラウンドをモノヘダウンミックスする際の注意事項

2ESでステレオ+ステレオ、もしくは5.1chサラウンド+ステレオ放送を行い、1セグで2モノの放送を行う際に、素材を単純に-3dBでダウンミックスしモノ音声を作成した場合、ラウドネス運用規定オーバーとなるケースが多く、ARIBに検討依頼をしていた。ARIBで検討した結果、望ましいダウンミックス計算式がTR-B30に記述された。以下、ARIB TR-B30の抜粋である。

モノ音声には複数チャンネル間のステレオ効果がないため、本来は別途モノミックスによって番組を制作することが望ましい。しかし放送局ではステレオ番組や5.1chサラウンド番組を元に、モノ音声を同時に制作する必要がある場合など、これをダウンミックスにより行うことがある。

そのようにして生成したモノ（番組・信号）についてもARIB TR-B32の規定を遵守する事が望ましい。

(1) ステレオからモノへの簡易変換式

ステレオ番組の左右チャンネル音声信号をそれぞれL,Rとし、モノ番組の音声信号をMとする。

またステレオ視聴環境にてモノ番組が再生される場合は、ARIB STD-B21の規定に従って左右のスピーカ両方からレベルダウンなしに再生されるとする。(L=M, R=M) このとき「ステレオをモノに変換する簡易な計算式」としては、 $M=(L+R)/2$ が推奨される。

(2) ステレオからモノへの簡易変換式の特徴

音源や機器の性質より、本変換式の特徴をまとめると以下の通りである。

利点：

- ・ ダイアログなど、重要なセンター定位成分の音量は全く変化しない。
- ・ デジタル信号処理において、2で割る動作は2進数に対して極めて単純であるため演算負荷は極少であり、またこれによる歪みの発生も極少である。
- ・ デジタル信号処理において、割り算を先に行えば、モノ変換によるレベルオーバー（クリッピング）の可能性はない。

問題点A：

- ・ 全体音量（パワー、平均ラウドネス値）が減少する。

問題点B（単純な除算や加算による方式共通）：

- ・ ステレオ音源（成分）にはコムフィルタ効果が生じる場合が多くあり、その場合一般的に音質が変化する。
- ・ モノ音源をパンポットなどにより左右不均等なバランスにした成分は、センター定位成分と比べて音量が最大約3dB減少する。
- ・ ステレオ音源と、モノ音源をパンポットなどにより左右不均等なバランスにした成分は、ともにセンター定位したモノ音源（成分）と比べて音量が減少するため、ミックスバランスに変化を生じる。

(3) ステレオからモノへの簡易変換まとめ

(2)より、特にダイアログやアナウンスなどのセンター定位モノ音源（成分）の多い一般的な放

送番組では、本変換方式には有利な点が多いと判断できる。またこの場合、番組の平均ラウドネス値は一般的にやや低下するが、元となるミックスの重要成分のパワーや音質がそのまま保持される事は「創造的な制作要求」を最優先する事と等しいと解釈できる。したがって $M=(L+R)/2$ を、最も簡易な変換方式の計算式とする事が望ましい。

(4) 5.1chサラウンドからモノへの簡易変換式

5.1chサラウンドへの適用は、前述の変換式にダウンミックスステレオ2chのLt/Rt (Ltotal/Rtotal) を代入して行う。したがって「5.1chサラウンドをモノに変換する簡易な計算式」としては、 $M=(Lt+Rt)/2=\{L+R+(\sqrt{2}) * C+k(Ls+Rs)\}/2$ ($k=1/\sqrt{2}, 1/2, 1/2\sqrt{2}, 0$) が推奨される。

本変換式の特徴をまとめると以下の通りである。

利点：

- ・ ダイアログなど、ハードセンターやファントムセンターとした重要なフロントセンター成分の音量は全く変化しない。

問題点：

- ・ 変換によるレベルオーバー（クリッピング）の可能性がある。
- ・ 全体音量（パワー、平均ラウドネス値）が変化する。
- ・ ステレオ音源（成分）、5.1ch サラウンド音源（成分）にはコムフィルタ効果が生じる場合が多くあり、その場合一般的に音質が変化する。
- ・ C チャンネル及びL, R チャンネルに、左右対称に分配したモノ音源（成分）は、ハードセンターやファントムセンター（通常のフロントセンター定位成分）と比べて音量が増加するため、ミックスバランスに変化を生じる。
- ・ ステレオ音源（成分）と、モノ音源をパンポットなどによりLR2チャンネル間において左右不均等なバランスにした成分は、ともにセンター定位したモノ音源（成分）と比べて音量が減少するため、ミックスバランスに変化を生じる。

このように、5.1ch サラウンドからモノへのダウンミックスを行う場合は、レベルオーバーを防止する方法について考慮し、リミッターを使用するなど、対策を別途検討することが必要である。しかし元となるミックスの重要成分のパワーや音質がそのまま保持される特徴を持つため、 $M=\{L+R+(\sqrt{2}) * C+k(Ls+Rs)\}/2$ を、最も簡易な変換方式の計算式とする事が望ましい。

第4章 Q&A

Q1：新規準適用は、なぜ必要なのですか？

A：今までのVUメーターのみの測定では、ヒトの感じる音の大きさと必ずしも一致しないため、番組とCM、CMとCMとの間などでの聴感上のレベル差が問題となっていました。このため、このレベル差を揃えることを可能とする、人の感じる音の大きさを数値で表す、ラウドネス値による新規準を適用することになりました。

Q2：ラウドネスを導入することで、レベルが統一化される以外に、メリットがありますか？

A：チャンネル・番組・CM間の音量差が改善されることで、視聴者に不便や不快感を与えなくなること、また、音声レベルが1つの数字で管理されるため、音声制作を行う上での目標が明確になります。

Q3：行政の指導のようなものがあるのですか？

A：行政指導はありませんが、世界的な音声技術の流れであり、国連専門機関であるITUの勧告に準拠しています。

Q4：許容範囲の上限をオーバーした場合はどうすればよいのですか？

A：そのままでは納品できません。受け入れ側の納品検査においてT032の定める許容範囲を超えた場合、納品者側の責任において改稿となり、再度ミキシングをし直すか、全体のレベルをオーバー分下げてダビングし直すかの作業が必要となります。1dBのレベル増減は1LKFSのラウドネス値増減に相当しますので、仮に-22.0LKFSだった場合、全体を2dB下げることにより-24.0LKFSになります。

Q5：番組・CMを受け取った放送局側でも平均ラウドネス値を確認するのですか？

A：添付書類の数値確認と共に、納品検査においても再測定を行います。

Q6：オンエア間際になって一部差し替えが発生した場合でも、再度全編のラウドネスを測定しなければいけないのですか？

A：番組の一部を差し替えた場合、番組全体の平均ラウドネス値の再測定が原則ですが、場合により各局の対応が異なりますので各局の運用ルールに従ってください。（各局にお問い合わせ下さい。）

Q7：提供ベース部分は送出時にBGレベルに下げられるのでレベルを下げずに収録しているが、この場合の番組の平均ラウドネス値はどうなるのですか？

A：放送時に提供ベース部分がマスターで例えば約10dB下がり、提供コメントが付加されたとしても、番組の平均ラウドネス値が大きく変わることはありません。

Q8：納品作品はステレオですが、3.4chに編集用の音声が入っている場合はどうすればいいですか？

A：完成番組の1.2chのみの平均ラウドネス値を測定してください。

Q9：ラウドネス管理をする時間も人員も割けないので、放送局の送出段に自動的にラウドネス値を調整する装置を導入したいのですが、どうでしょうか？

A：生放送部分の安定化などを目的に、送出段にレベルコントローラなどの機器を挿入することは、局それぞれの異なる事情を考慮すれば、やむを得ない選択肢かもしれません。しかしどれ程技術が発達しようと、オートレベルコントローラは宿命的に原信号を何らかの形で歪める機器、演出意図を正しく伝えられない機器だと言えます。基本はあくまでも規準を守るよう制作し、納品することです。

Q10：過去素材の番販物はどのようにラウドネスを運用するのですか？

A：系列や、局独自のルールを設け履行することをお勧めします。例えば、「著作権を有する放送局側で-24.0LKFSになるようプリントし（し直し）、番販対象社へ提供する」、「著作権を有する放送局側で測定値を記入して番販対象社へ提供し、対象社側で適正值に修正する」などが考えられます。

Q11：ネット配信やモバイル配信、DVD等のパッケージメディア、海外に番組を売る場合には、T032は適用されるのでしょうか？

A：T032は民放連加盟社に対しての規準であり、あくまでも民放事業者のオンエアの音量が揃うことが目的です。T032、ARIB TR-B32はITU勧告に準拠しています。海外に番組販売を行う場合に、ITU勧告の-24.0LKFSターゲットで制作し、納品しても問題ありません。

Q12：国際配信などでコメントが無い場合（通常のISの場合）は、-24.0LKFSでよいのか？

A：T032は完成番組に適用されるため、ISのみの音声には適用されません。

Q13：基準信号1kHzを測定するとどうなりますか？

A：1kHz/-20.0dBFSのステレオ信号を測定すると-20.0LKFSとなります。ターゲットラウドネス値とは異なります。

Q14：演出意図で静かな番組を作りたいのですが？

A：-28.0LKFS以上であれば特記事項なく納品可能です。-28.0LKFSを下回った場合でも、理由が明記されていれば納品可能です。

Q15：T032適用開始以前に放送された番組を再放送納品の為に平均ラウドネス値を測定したら-27.0LKFSでした。ターゲットラウドネス値をかなり下回っているのですが、-24.0LKFSに調整して搬入した方が良いでしょうか？

A：過去に実際に放送局からオンエアされ、その時点で音量上の問題が特に指摘されていない素材であれば、T032適用開始後も聴感上の問題は発生しないと考えられます。念の為に、T032リファレンス音源と聴き比べて、特に音量感に違いを感じなければそのまま放送しても問題はありません。音量感に違いを感じた場合には調整する必要がありますが、必ずしも-24.0LKFSに揃えることで最良の結果になるとは限らないので、できるだけ聴感によってレベル調整をしてください。

第5章 T032をより理解するための資料

5.1 ラウドネスに関する技術的な基礎知識

5.1.1 ラウドネスとは？

「ラウドネス」とは、ヒトが感じる“音の大きさ”を示す心理量であり、“音の高さ”“音色”とならび聴覚系により知覚認識される情報の中で最も基本的な構成要素である。ラウドネスは、物理的な音の強さ（音波による微細な気圧の変化）と密接な関係があり、音の強さ以外の条件が同じならば強い音ほど感覚的にも大きな音として感じられる。しかし、ラウドネスは音の強さのみに関連付けられたものではなく、音の強さが同じであっても音の周波数スペクトルが異なれば異なったラウドネスとして知覚される。これは、ヒトの聴覚が周波数特性を持つことにも関係がある。

ヒトの聴覚が感じる音の正体は、空気の振動であり微細な気圧の変化と捉えることができるので Pa（パスカル）という単位を用いて、“音の大きさ”を物理量として扱うことができる。正常な聴覚を有するヒトの1kHz純音（＝正弦波）に対する最小可聴値といわれる $20\mu\text{Pa}$ （マイクロパスカル）という物理量を基準として“音の強さ”を表したものを、音圧レベル（Sound Pressure Level）といいdB（deci-Bell）という単位を用いる。（ $20\mu\text{Pa}=0\text{dB}$ という関係）

5.1.2 等価騒音レベル

“騒音”とはヒトが不快に感じる音であり、日常の生活においても大なり小なり絶えず存在している。音の正体である空気の振動は、時には建物の壁や床などを透過して伝わるため、ヒトは絶えず騒音に囲まれて生活しているといっても過言ではない。建物の壁や床などがどれだけ騒音を抑えるかを測定する場合、測定の対象となる壁面の片方で実際に音を鳴らし（＝音波による空気振動を作り出す）、反対側に「騒音計」（音圧レベルを測る測定器）を配置して行う方法がとられる。

また、騒音のレベルは時間経過と共に不規則かつ大幅に変動することがほとんどである。そこで、ある時間内で変動する騒音レベルのエネルギーに着目して時間平均値を算出する方法が考案され騒音評価の重要な指標となった。この時間平均値で算出された値を等価騒音レベル（*Leq*: equivalent continuous sound pressure Level）といい、国際標準化機構 ISO（International Organization for Standardization）では、ISO 1996（環境騒音の記述と測定）に等価騒音レベルに基づく騒音測定法として規定されている。

等価騒音レベルは、図5-1aに示すように、ある測定時間内で時間とともに騒音レベルが大きく変動する多数の測定値が得られたとき、図5-1bのように時間変動のない一定の騒音レベルで代表させたらどの程度の数値に相当するかを考え、測定時間内での騒音のエネルギーが両者で等しく（＝等価）なるように導いた定常音の騒音レベルであり、式5-1により導かれる。

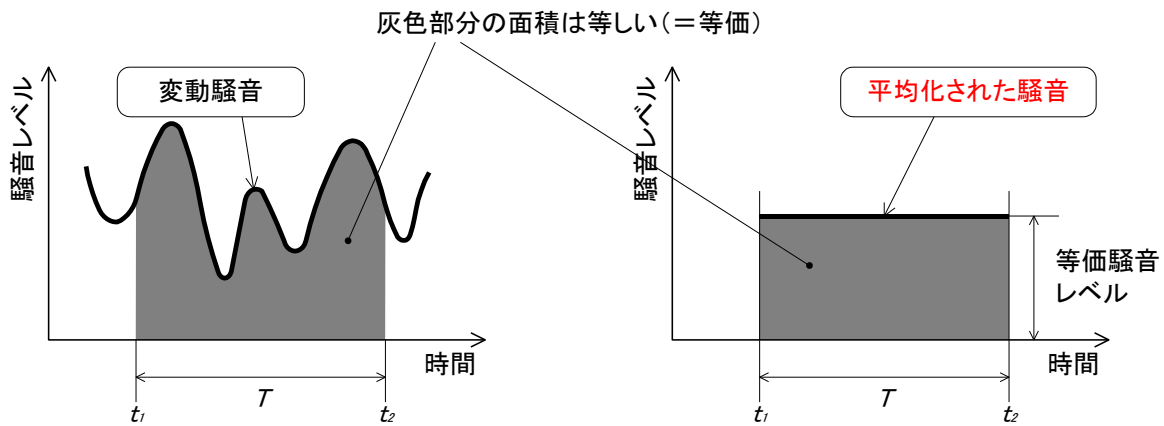


図5-1a 時間経過とともに変動する騒音

図5-1b 時間経過に依存しない定常的な騒音

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P(t)^2}{P_0^2} dt \right) [\text{dB}]$$

t_1, t_2 : 測定開始、終了の時刻 T : 測定期間
 $P(t)$: 測定された音圧 P_0 : 基準音圧 (=20 μ Pa)

式5-1 等価騒音レベルの計算式

図5-1、式5-1からも判るとおり、等価騒音レベルは測定時間内における騒音エネルギーによる積分値（灰色部分の面積に相当）を時間で除した値だといえる。また、変動騒音に対するヒトの生理・心理的反応との対応も比較的よいため、環境騒音を評価するための評価量として採用されている。

5.1.3 音源のラウドネス値

等価騒音レベルは、ヒトの生理・心理的反応との対応が比較的良く、テレビ番組等のラウドネスの測定に用いても優れた性能を有するものと考えられる。しかし、ISO 1996で規定され等価騒音レベルの測定方法を用いると、再生される音の強さの絶対値を計測するので、同じ音源を用いても再生音量が異なると計測値に違いが生じる。つまり、音源そのものの等価騒音レベルを計測しているわけではない。

ヒトの聴覚は再生時の音量により周波数特性が異なる性質を持つ（図5-2）ため、再生時の音量が異なるとヒトが感じる印象も異なる。図5-2のグラフは「等ラウドネス曲線」と呼ばれており、ヒトが同じ大きさと感じる音の周波数と音源の物理量の関係を表している。ヒトが1kHzの純音と同じ大きさに聞こえる音圧レベルをプロットしたもので、単位はphon（フォン）である。

このグラフから、ヒトの聴覚では2kHz～4kHzの中間周波数の感度が高く、100Hzなど低い周波数の感度が低い、再生音量が大きいほうが周波数特性は平坦に近づく、ということがわかる。

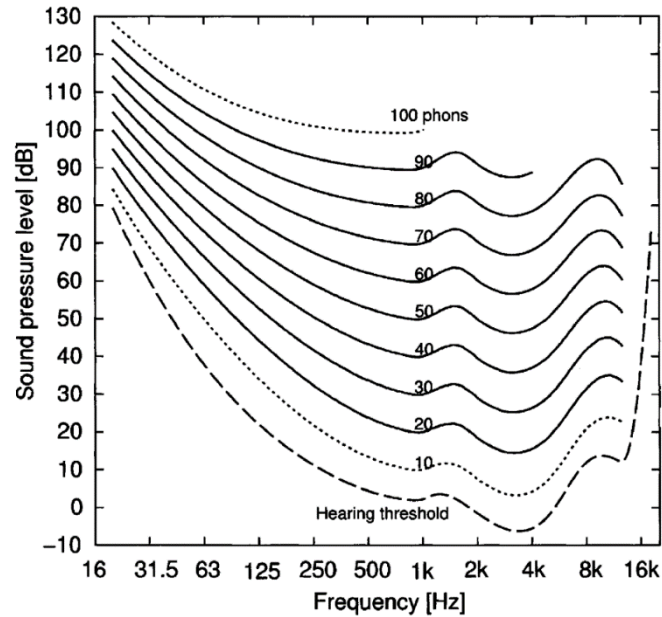


図5-2 国際規格ISO226-2003「等ラウドネス曲線」

テレビ番組の音声制作現場の作業環境を考えた場合、その再生音量は作業にあたるミキシングエンジニアの裁量によるところが多く、統一されているとはいえない。大きな再生音量で作業をするエンジニアもいれば、小音量で作業をするエンジニアもいるので、聴感によって音源そのもののラウドネスの統一を図ることも困難である。

このため、T032では、信号処理により電気信号から直接ラウドネス値を測定する手法を採用している。さらに、ラウドネス値を測定する信号処理方法の中でも、ARIB TR-B32の計算アルゴリズムにより定義されている、デジタル録音レベルの平均ラウドネス値を導く方法に準じることとした。(その計算アルゴリズムには、等価騒音レベルの計算式同様“二乗平均”の考え方が取り入れられている) この信号処理により算出される平均ラウドネス値は、実際に音を鳴らして(=空気の振動に変換して)測定する必要がないので、測定結果の統一性が担保される。算出されたラウドネス値にはLKFS (Loudness, K-weighting, Full Scale) という単位を用いる。

ただし、聴取者において再生される音量は様々であるため、AとBの音源を聴き比べた場合、ある聴取者はAの方が大きいと感じても、別の聴取者は反対に感じることもあり得ることを心に留めておいて欲しい。

5.1.4 ラウドネスの単位

音響学では、定常音の音の大きさ(ラウドネス)の単位は、本ガイドラインで扱うラウドネスの単位と異なり、sone(ソーン)で示される。音圧レベルが40dBの1kHz純音の音の大きさを 1 soneと定義し、これと同じに聞こえる音の大きさを 1 sone、2倍に聞こえる音の大きさを 2 sone、半分に聞こえる音の大きさを 0.5 soneと表す。

また、等ラウドネス曲線で使用されるラウドネスレベル(音の大きさのレベル)は、任意の純音が、その音の大きさと同じ音の大きさに聞こえる1kHzの純音の音圧レベルとして定義されており、

単位はphon（フォン）で示される。ある純音が40dBの1kHz純音と同じ音の大きさに聞こえる音の大きさのレベルは40phonとなる。phonとsoneの関係は次式で示され、40phon = 1soneとなる。

音の大きさのレベルL（phon）と音の大きさS（sone）の関係は、Sが1sone以上（このとき、Lは40～120phon）の場合には次式で表される。

$$L = 40 + 10\log_2 S$$

この関係は、音の大きさのレベルが10phon増加すると、音の大きさが2倍になることを表している。

（例えば、L = 50phonのとき、S = 2soneとなる）。

なお、Sが1sone未満（このとき、Lは40phon未満）の場合には次式で表される。

$$L = 40(S + 0.0005)^{0.35}$$

5.1.5 なぜ“ラウドネス”による規定なのか？

T032が制定される以前は、番組交換時（納品、搬入を含む）の音量に関する規定はVU計（Volume Unit meter）を用いた表現であった。VU計は交流電圧計の一種であり、その周波数特性も平坦である。

しかし、ヒトの聴覚は、先述の「等ラウドネス曲線」（図5-2）から判るとおり、再生音量によって程度が異なるものの、低い周波数や高い周波数は感度が低く中間周波数は感度が高いという性質を持つ。

この特性を利用すると、VU計の指針の触れ幅を小さく保ったままヒトの耳には大きいと感じる音声制作が可能となり、その結果番組素材間に許容しがたい音量感の差が生じる。（図5-3）

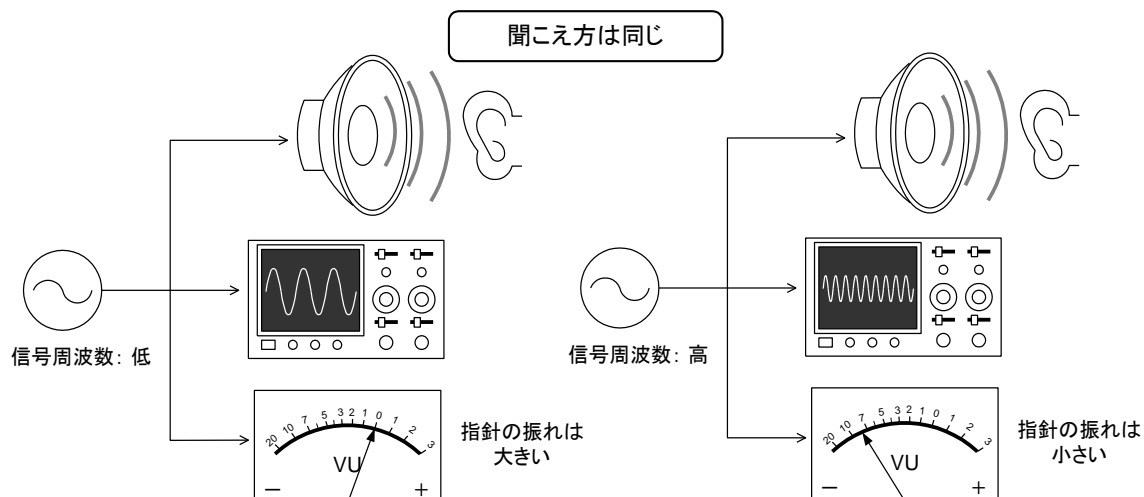


図5-3 VU計とヒトの聴覚の周波数特性

2011年7月(東北3県では2012年3月)まで続いたアナログ放送においては、送信時、映像信号に影響を与えないよう変調度に上限が設けられていた。これを遵守するために送信リミッタ（音

量制限器)が設置され、音声レベル(ピークレベル)が高い部分が送信リミッタですべて制限された結果、音量感のばらつきが軽減されていた。

デジタル放送では、音声信号も一つのデジタルデータとして扱われるため、信号変調時に映像信号に影響を及ぼすことがなくなり、アナログ放送時には必要だった“送信リミッタ”が不要になる。

その結果、素材間に存在する音量感の差がそのまま放送に直結することになり、アナログ放送では軽減されていた音量感のばらつきが、性能が良くなったはずのデジタル放送では拡大したため、視聴者に絶えずリモコンでの音量調整を強いてしまっているという問題が顕在化し、VU計以外の指標によりヒトの感覚量である“音量感”で制御(運用)する必要性が生じた。

また、従来のVU計を用いた手法では、揺れ動く指針の指示値の読みは、観測者の主観によるばらつきが含まれるため客観性に欠けるという問題もあった。

これらの問題点を是正するため、T032ではVU計を用いた表現に替わってARIB TR-B32に準拠したラウドネスメータの指示値、その中でも「平均ラウドネス値」により音量を規定することとした。

電気信号から算出された平均ラウドネス値は、再生音量に測定値が左右されることがなく、測定結果は一つの数値で表示されるため、値を読む際の客観性も担保されており理想に近い形となっている。

5.2 ARIB TR-B32のラウドネス測定アルゴリズムと測定誤差

ARIB TR-B32に準拠したデジタル信号のラウドネス測定アルゴリズムは、等価騒音レベルの測定アルゴリズムに類似している。図5-4にラウドネス測定アルゴリズムのブロックダイアグラムを示す。

本測定アルゴリズムは、最大5チャンネルの入力信号のラウドネス測定が可能で、チャンネル数が5チャンネル未満の場合、それらの入力は無使用となる。またLFEチャンネルは測定に含めない。

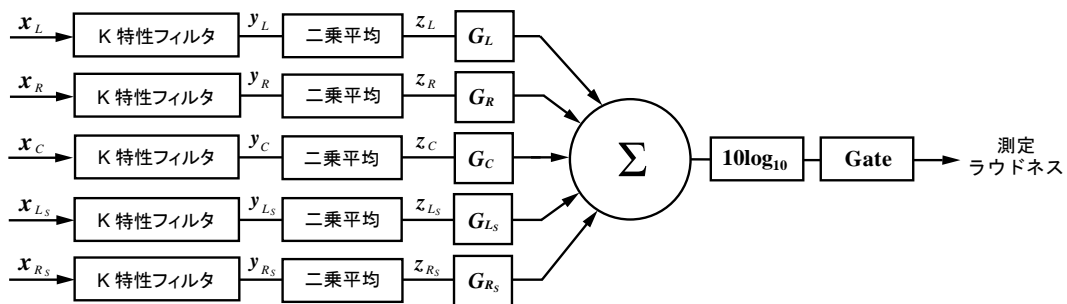


図5-4 ラウドネス測定アルゴリズムのブロックダイアグラム

ラウドネス測定アルゴリズムは、ブロックダイアグラムに示した様に4つの要素を持つ。

- ① K特性フィルタ(周波数重み付け)
- ② 二乗平均算出
- ③ 各チャンネルのレベル重み付けと合算
- ④ ゲーティング関数を適用したラウドネス値の算出

- オーバーラップ法を用いた入力信号の分割（ブロック化）
- 2段階の閾値によるゲーティング

5.2.1 K特性フィルタ

入力信号の最初に、K特性フィルタと呼ぶプリフィルタを適用する。このプリフィルタは、耳に達する音について、頭部の影響を受けて周波数特性が変化する音響効果をシミュレートした特性と、かつて騒音測定に用いられていたB特性を修正したRLB特性を組み合わせた周波数応答特性を持つ。図5-5にその周波数応答特性を示す。

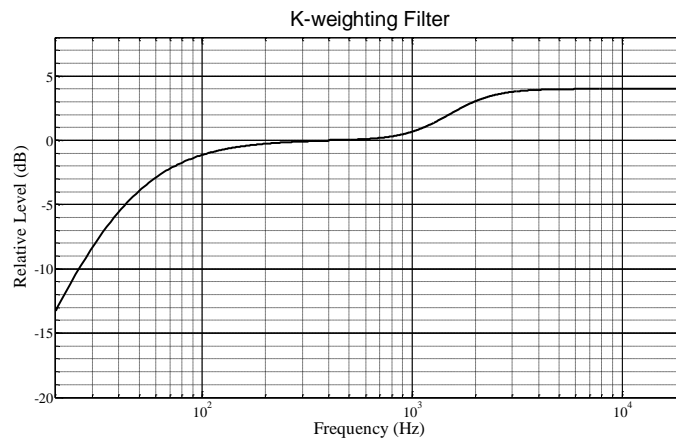


図5-5 K-weighting特性の周波数応答特性

このプリフィルタは、図5-6に示した2段の2次IIRフィルタとして定義され、各段のフィルタ係数は、表5-1、表5-2で示される。

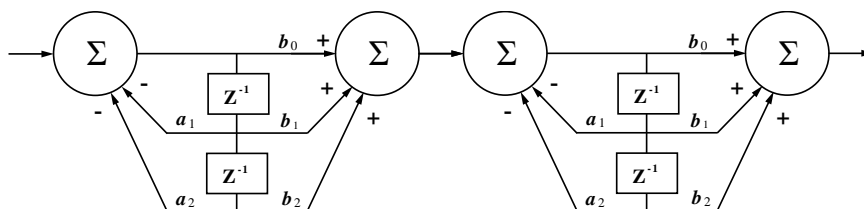


図5-6 2次IIRフィルタの信号フロー図

表5-1 第1段目のフィルタ係数

-	-	b_0	1.53512485958697
a_1	-1.69065929318241	b_1	-2.69169618940638
a_2	0.73248077421585	b_2	1.19839281085285

表5-2 第2段目のフィルタ係数

-	-	b_0	1.0
a_1	-1.99004745483398	b_1	-2.0
a_2	0.99007225036621	b_2	1.0

なお、表5-1と表5-2のフィルタ係数は、サンプリング周波数が48kHzのときの値であり、小数点以下14桁の係数は、ハードウェアの演算精度に応じて有効桁数を切り下げる。

5.2.2 二乗平均

信号のパワーを求めるために、チャンネル毎にK特性フィルタ処理後の信号を二乗平均する。二乗平均は測定開始から終了までの測定区間を T とすれば次式で定義される。

$$z_i = \frac{1}{T} \int_0^T y_i^2 dt \dots\dots\dots(5.2.1)$$

但し $i \in I$ 、 $I = \{L, R, C, Ls, Rs\}$

(y_i はK特性フィルタ処理信号で、 i は L, R, C, Ls, Rs のいずれかの入力チャンネルを示す)

5.2.3 チャンネル重み係数

ヒトが聴取する音は、耳に対する音の到来方向によって、耳殻、頭部、肩などの影響によって聴取音量が変化する。サラウンド聴取では後方チャンネルのラウドネスが若干大きく感じられることが知られており、チャンネル毎の二乗平均値に、表5-3のチャンネル毎重み係数を乗じて補正する。

表5-3 各チャンネルの重み係数

チャンネル	重み係数、 G_i
レフト (G_L)	1.0 (0 dB)
ライト (G_R)	1.0 (0 dB)
センタ (G_C)	1.0 (0 dB)
レフトサラウンド (G_{Ls})	1.41 (約 +1.5 dB)
ライトサラウンド (G_{Rs})	1.41 (約 +1.5 dB)

5.2.4 ラウドネス値算出の基本式と単位

前項で算出した、チャンネル重み付け後の二乗平均値を合算し、デシベルスケールに変換してラウドネス値を求める。測定区間 T のラウドネス値算出の基本式は次式で定義される。

$$\text{ラウドネス値} , L_K = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_i \text{ LKFS} \dots\dots\dots(5.2.2)$$

定数-0.691はプリフィルタの利得を補正する値で、この補正後L、R、Cのいずれか一つのチャンネルに入力した1kHz正弦波信号のピーク値 (dBFS) とラウドネス値 (LKFS) には「ピーク値-3.01=ラウドネス値」という関係が成り立つ。例えば-20dBFSの1kHz正弦波を、L、R、Cのいずれか一つのチャンネルに入力した場合、ラウドネス値は-23.01LKFSとなる。また、L、R、Cのうち二つのチャンネルに入力した場合のラウドネス値は-20LKFSとなる。

ラウドネス値の単位に用いるLKFSは、ラウドネス (Loudness)、K特性フィルタ、フルスケー

ル（FS：デジタルで表現できる最大値を0としたスケール）から定められている。LKFS単位での1dBのレベル増減は、1LKFSのラウドネス値増減と同等である。

5.2.5 ゲーティング関数を適用した平均ラウドネス値の計算

実際の平均ラウドネス計算にあたって、適正なラウドネス値の計算が可能となるように、以下の4要素からなるゲーティング関数を用いて算出する。

- ① ゲーティングブロック : 入力信号を時系列上で一定時間ごとに分割した測定区間
- ② オーバーラップ法 : 測定区間を重複させながら分割する手法
- ③ 絶対ゲーティング : 無音と見なせる部分の除去
- ④ 相対ゲーティング : 小音量と見なせる部分の除去

① ゲーティングブロックとゲーティングブロックラウドネス値

ゲーティング計算を行うために信号の全測定区間 T (ms)を、長さ T_g ごとのブロックに分割する。このブロックをゲーティングブロックと呼び、ゲーティングブロック長を $T_g = 400\text{ms}$ とする。この400msは種々の主観評価実験から経験的に決められた値である。なお、ゲーティングブロックの各々のラウドネス値をゲーティングブロックラウドネス値と呼ぶ。

② オーバーラップ法

ブロックへの分割を行うとき、ゲーティングによる測定誤差を少なくするために、隣接するブロックを、互いに重複（オーバーラップ）させながら分割する。この手法をオーバーラップ法と呼び、オーバーラップ量を75%と規定する。（計算式では割合で示し $overlap = 0.75$ とする。）

また、隣接するゲーティングブロックへの移動量をスライド幅 T_s と呼ぶ。（計算式では $step = 1 - overlap = 0.25$ とする。）

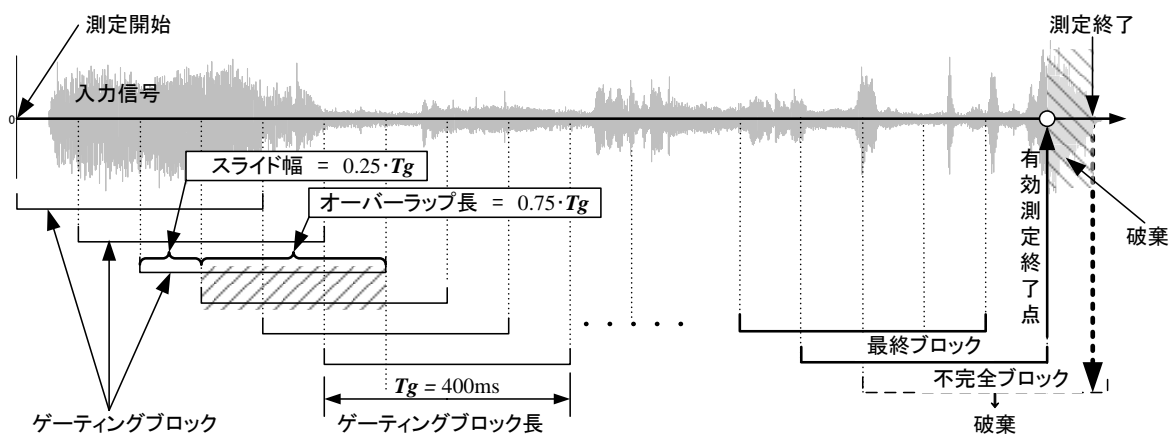


図5-8 オーバーラップ法の概念図

言い換えれば、図5-8のように、入力信号を100ms毎に400msの長さのゲーティングブロックとしてサンプルしていくことに等しい。なお、測定終了時（ストップ割り込みやファイルエンド）に400msに満たないゲーティングブロックは計算から除外する。

③ 絶対ゲーティング

無音に近いゲーティングブロックは、ヒトが感じる音の大きさとラウドネス計算値の誤差を大きくするため除去する。この処理を絶対ゲーティングと呼ぶ。絶対閾値を-70LKFSとし、ゲーティングブロックラウドネス値が絶対閾値以下となるゲーティングブロックを除去する。

④ 相対ゲーティング

測定区間内に含まれる比較的音量の小さい部分を除去すると、ヒトが感じる音の大きさと測定したラウドネス値との直線性が改善する。そこで、絶対ゲーティング後に残ったゲーティングブロックの平均ラウドネス値から相対的に10dB低い閾値（これを相対閾値、あるいはG10と略号で呼ぶ）以下のゲーティングブロックを除去する。この処理を相対ゲーティングと呼ぶ。

5.2.6 平均ラウドネス値の算出手順

全測定区間 T のゲーティングブロックの総数は $\frac{T-T_g}{T_g \cdot step} + 1 = \frac{T}{100} - 3$ 個となり、チャンネル i の j 番目のゲーティングブロックの二乗平均値は次式で示される。

$$z_{ij} = \frac{1}{T_g} \cdot \int_{T_g \cdot j \cdot step}^{T_g \cdot (j \cdot step + 1)} y_i^2 dt \quad \text{ただし、} j \in \left\{ 0, 1, 2, \dots, \frac{T-T_g}{T_g \cdot step} \right\} \quad (5.2.3)$$

したがって、 j 番目のゲーティングブロックラウドネス値は次式となる。

$$l_j = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_{ij} \quad \dots\dots\dots (5.2.4)$$

一方、ゲーティングブロックラウドネス値が閾値 Γ 以上のブロック集合 J_g を $J_g = \{j : l_j > \Gamma\}$ 、及び、 J_g の要素数を $|J_g|$ で示せば、絶対ゲーティングの閾値 Γ_a は、次式で表される。

$$\Gamma_a = -70 \text{ LKFS} \quad \dots\dots\dots (5.2.5)$$

絶対ゲーティング後のラウドネス値は、 $J_{ga} = \{j : l_j > \Gamma_a\}$ の要素の平均で、次式で示される。

$$\text{Absolute Gated loudness level, } L_{KGA} = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot \left(\frac{1}{|J_{ga}|} \cdot \sum_{J_{ga}} z_{ij} \right) \text{ LKFS} \quad \dots\dots\dots (5.2.6)$$

$$\text{ただし } J_{ga} = \{j : l_j > \Gamma_a\}, \Gamma_a = -70 \text{ LKFS}$$

また、相対ゲーティングの閾値 Γ_r は、 L_{KGA} より10dB小さい値で、次式で示される。

$$\Gamma_r = L_{KGA} - 10 = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot \left(\frac{1}{|J_{ga}|} \cdot \sum_{J_{ga}} z_{ij} \right) - 10 \text{ LKFS} \quad \dots\dots (5.2.7)$$

$$\text{ただし } J_{ga} = \{j : l_j > \Gamma_a\}, \Gamma_a = -70 \text{ LKFS}$$

このとき、相対ゲーティング後のラウドネス値 (Gated loudness level) は、 $J_g = \{j : l_j > \Gamma_r\}$ の要素の平均で、次式で示される。

$$\text{Gated loudness level, } L_{KG} = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot \left(\frac{1}{|J_g|} \cdot \sum_{j \in J_g} z_{ij} \right) \text{ LKFS} \cdots \cdots (5.2.8)$$

$$\text{ただし } J_g = \{j : l_j > \Gamma_r\}$$

この相対ゲーティング後のラウドネス値は、全測定区間 T の最終的な平均ラウドネス値となる。

5.3 測定誤差について

本アルゴリズムは、ゲーティングブロック化と相対ゲートの持つ性質から、若干の測定誤差が発生する。その主な原因は、通常の測定において、入力される音声信号とゲーティングブロック化のタイミングの間に、同期する機構がないためである。そのため、同じ信号でも測定する度に異なる位置で分割化され、個々のゲーティングブロックラウドネス値も異なる値をとる。

ゲーティングブロックの数は通常はかなり大きい個数となり、絶対ゲーティング後の平均ラウドネス値が、ブロック化のタイミング変化によって影響を受けることはほとんど無いと考えられるが、個々のゲーティングブロックラウドネス値は相当変化する場合がある。図5-8-1は、ある音声信号のあるブロック化タイミングによるゲーティングブロックラウドネス値と相対ゲーティング閾値、ゲーティング対象となるゲーティングブロックの関係を示したものである。

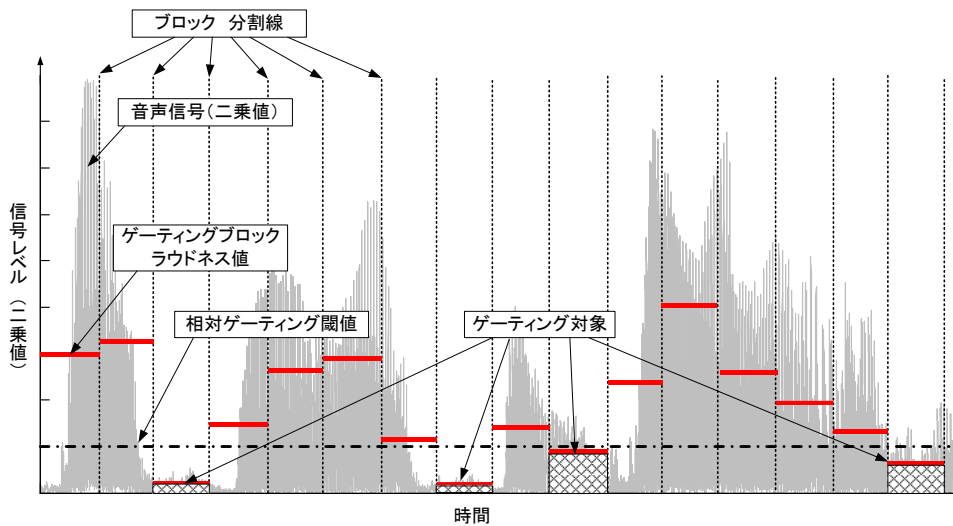


図5-8-1 あるブロック化タイミングのゲーティングブロックラウドネス値と相対ゲート閾値の関係 [概念図]

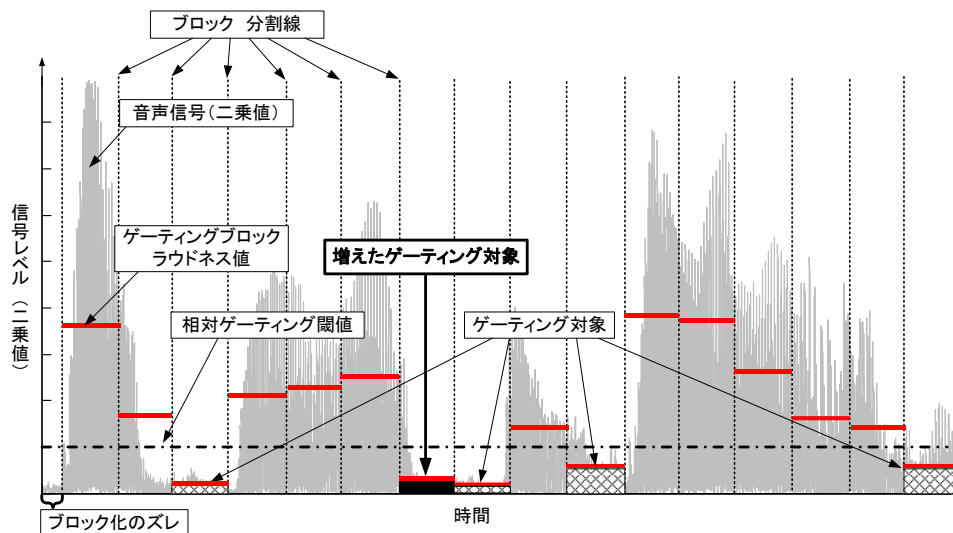


図5-8-2 ブロック化タイミングにズレが生じた場合の
ゲATINGブロックラウドネス値と相対ゲATING閾値の関係〔概念図〕

図5-8-2は、同じ信号をブロック化する時にズレが生じた場合について、同様に示したものである。若干位置のずれたゲATINGブロックのラウドネス値が変化している様子と、その内1個が相対ゲATING閾値を下回って新たにゲATING対象となった様子を示している。

すなわち、ほぼ同じ位置にあるゲATINGブロックが、ブロック化のタイミング変化によってゲATINGされたりされなかったりするため、誤差を生じさせる原因となる。このような誤差は、ほとんど無音の場所で収録したナレーションにおいて、文節間の「間(＝無音)」が多く見られる場合や、ダイナミックレンジが広くてゲATINGされる箇所が広範囲に、しかもバラバラに生じるような場合に大きくなる傾向がある。

しかし、意図的にブロック化の位置変化によってゲATINGされたりされなかったりする音の組み合わせを、ブロック長の整数倍の長さで繰り返すなどの操作をしない限り、通常、ゲATINGされるゲATINGブロックがある箇所が発生した場合、他の箇所でもゲATINGされていたゲATINGブロックが復活したりして平均化され、大きな誤差にはならないものである。

注意しなければならないのは、5秒以下の素材など、全長の短い番組では一個のゲATINGブロックの有無が割合大きく影響することである。実際に3秒の番組において測定する度に数値が0.5dB異なる音源があったことを確認している。この平均ラウドネス値の変化は確率的な要因をはらんでいるため、絶対に、とは言えないが、通常3秒素材で最大0.5dB程度、15秒素材では0.1dB以下となる。従って15秒以上の尺長の番組についてはあまり気にする必要はない。

全長の短い番組を制作する場合、複数回測定して異なる平均ラウドネス値が測定されるなら、大きい方の数値をその番組の平均ラウドネス値として音声運用規準に照らし合わせることや、また納品を受けた者は、短い番組の検品で規定値を超える平均ラウドネスの番組に遭遇した場合、何度か測定してみて異なる値が観測されないかどうか確認し、小さい値が出た場合は、小さい値で運用を行うことによって、番組の受け渡し時のトラブルを避けるように努めるべきである。

しかしながら、それより以前に、許容範囲はこのような誤差も見込んで設けた範囲であり、ターゲ

ットラウドネス値で納入すればもとよりこのような疑義は生じない。

5.4 相対ゲーティングについて

5.4.1 相対ゲーティングとは？

ARIB TR-B32準拠のラウドネスメータが採用する、ラウドネス計測アルゴリズムの詳細は第5章5.2で解説しているが、“絶対ゲーティング”と“相対ゲーティング”という2つのゲーティング処理を伴っている。この内の“絶対ゲーティング”については無音部分の除去ということで、理解に苦しむことはないと思うが、“相対ゲーティング”とは何だろうか？

相対ゲーティングとは、計測終了で確定する有効総ゲーティングブロックを絶対ゲーティングで仕分け、残ったゲーティングブロックのラウドネス値の平均から10LKFS低い値を閾値とし（G10と示される）、それに満たないゲーティングブロックをさらに除外して残ったゲーティングブロックから最終的な平均ラウドネス値を求めるという処理である。以下に、簡単な例をあげて絶対ゲーティング、相対ゲーティングを解説する。

計測終了後の有効ゲーティングブロックが、

-76,-23,-24,-30,-25,-56,-47,-33,-72,-23,-20,-25,-36,-26,-24,-25,-23,-72,-80,-80

の20個ある状況を考える。まず、これらの20ゲーティングブロックから絶対ゲーティングの閾値である-70LKFSを下回るゲーティングブロックを除外する。

残った15個のゲーティングブロック、

-23,-24,-30,-25,-56,-47,-33,-23,-20,-25,-36,-26,-24,-25,-23

から平均値(※)を算出すると、-25.1LKFSという値が得られる。この値から10LKFS低い値は-35.1LKFSとなるが、この値が相対ゲーティングの閾値となる。上記15ゲーティングブロックの中で、-56,-47,-36は閾値である-35.1を下回るので除外される。その結果、残った12ゲーティングブロック

-23,-24,-30,-25,-33,-23,-20,-25,-26,-24,-25,-23

で改めて平均値を算出すると、-24.1LKFSとなる。この-24.1LKFSという値がゲーティング処理を伴うARIB TR-B32準拠のラウドネスメータによる計測結果となる。

ヒトの聴覚には“過渡特性”とよばれる特徴がある。破裂音など大きな音の直後にある比較的小さな音は認識しづらいという経験は誰でもあると思う。相対ゲーティング処理は、ヒトの聴覚がもつ過渡特性のように、ある瞬間においてその前後と比べて小さい値の音（ゲーティングブロック）を除外することで、平均ラウドネス値が低く算出されヒトの主観と乖離することを防ぐ役割をしていると考えられる。

※ 平均はこれら数値の算術平均ではなく、LKFS値を真数に直してから計算する必要がある

5.4.2 相対ゲーティングに起因する特有の現象

前述の通り、「絶対ゲーティング」「相対ゲーティング」は、よりヒトの聴感覚に近づけたラウドネス測定を行う為にITUで検討され、Rec. ITU-R BS. 1770-2で追加された機能である。「相対ゲーティング」の閾値は当初EBUから「G8」が提案され、他に「G12」「G15」を提案する国もあったが、様々な角度からの検討の結果、最終的に「G10」で合意し、国際照会を経て勧告化された。(民放連からもG12までは許容できると意見入力を行った)

但し、「相対ゲーティング」はその原理上、下記の様な特有の現象が生じるため、番組制作においてはその点に充分留意する必要がある。

- ・ BGMやベース音などのSEのレベルを上げた結果、平均ラウドネス値が下降
- ・ BGMやベース音などのSEのレベルを下げた結果、平均ラウドネス値が上昇

ちなみに第3章3.1で紹介したT032リファレンス音源は、ナレーションのみの平均ラウドネス値と、同レベルのナレーションにBGMを加えたものが同じ-24.0LKFSとなるよう留意して制作した。

図を利用して、この特有の現象を解説する。

図5-9 a, bとも縦軸にゲーティングブロックの平均ラウドネス値、横軸にその出現頻度をとった分布図であり、aとb両者はBGMのレベルのみが異なる。(aと比べてbの方がBGMのレベルが大きい)

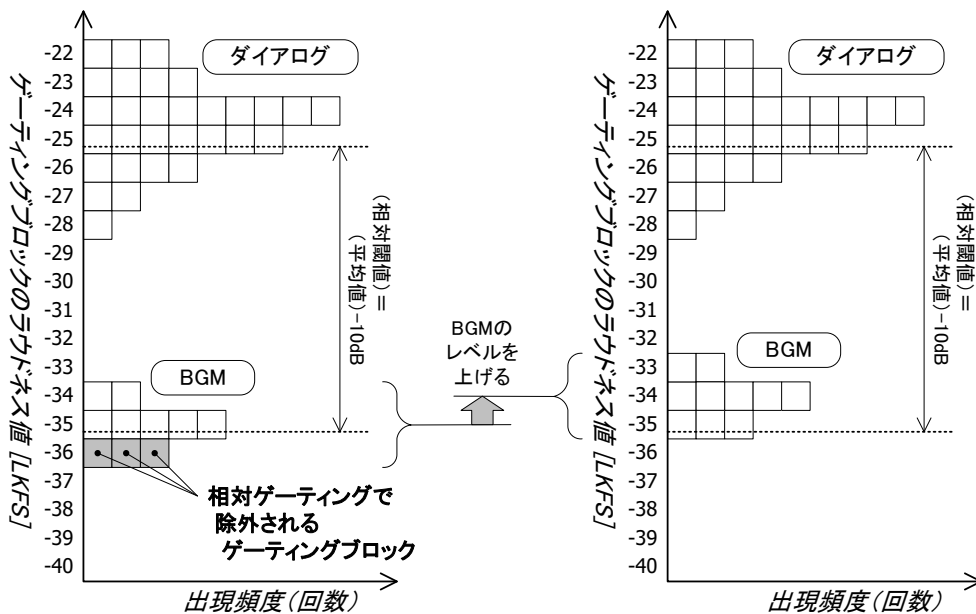


図5-9a BGMレベルが低めの場合

図5-9b BGMレベルが高めの場合

ここで、図5-9aの相対ゲーティングの閾値を算出してみよう。40個のゲーティングブロックのラウドネス値と度数から平均値を導くと、

$$10 \times \log_{10} \left(\frac{10^{\frac{-22}{10}} \times 3 + 10^{\frac{-23}{10}} \times 4 + 10^{\frac{-24}{10}} \times 9 + \dots + 10^{\frac{-35}{10}} \times 5 + 10^{\frac{-36}{10}} \times 3}{40} \right) = -25.4\text{LKFS}$$

となるので、相対ゲーティングの閾値は10LKFS低い、-35.4LKFSとなる。よって、-36LKFSというラウドネス値を持つ3個のゲーティングブロックは除外される。改めて、この3個を除いた37個のゲーティングブロックのラウドネス値と度数から平均値を導くと、

$$10 \times \log_{10} \left(\frac{10^{\frac{-22}{10}} \times 3 + 10^{\frac{-23}{10}} \times 4 + 10^{\frac{-24}{10}} \times 9 + \dots + 10^{\frac{-35}{10}} \times 5}{37} \right) = -25.1\text{LKFS}$$

となり、この値がラウドネスメータの示す平均ラウドネス値となる。

同様に図5-9bについても計算してみると、相対ゲーティングの閾値は-35.4LKFSとなるが、BGMの全てのゲーティングブロックはそれよりも大きな値を持つので除外されず、ラウドネスメータは-25.4LKFSという値を示す。

つまり、ゲーティングによって削除されていたゲーティングブロックが、BGMのゲインを1dB上げたために復活し、しかもBGMはコメントより小さいので、復活したゲーティングブロックが平均値を押し下げて、-25.1LKFSから-25.4LKFSへと変化した、ということである。

この結果から判るとおり、ゲーティングによって削除されていたゲーティングブロックが、BGM等を足したために復活するため、しかもBGMはコメントより通常小さいので、復活したゲーティングブロックが平均値を押し下げる方向に働き、「BGMやベース音などのSEのレベルを上げた結果、平均ラウドネス値が下降」という現象が発生する可能性がある事をご理解いただけるだろう。

実際にはBGMのレベルや長さやフォアグラウンド（コメントなど中心となる音：BGの対語）の関連性は複雑で、BGMを加えたからといっていつも平均ラウドネス値が下がる訳ではない。重要なのは、台詞等によってレベルの組み立てが終わった後で、BGM等によって平均ラウドネス値が下がった場合、平均ラウドネス値が下がったからといって、そのことだけを理由に番組の全体レベルを上げない事である。

よりヒトの感覚に近づけるため、国際的に議論され追加された相対ゲーティングではあるが、以上の様な現象が発生する場合もあるため、実際の作業においては平均ラウドネス値に捕らわれ過ぎることなく、自分の耳に忠実にオペレーションし、豊かな感性で芸術性の高い作品を制作することを推奨する。

5.5 5.1ch サラウンドを超えるチャンネル数のラウドネス測定

5.5.1 5.1chサラウンドを超えるチャンネル数の音響システムに対するラウドネス測定アルゴリズム

本ラウドネス測定アルゴリズムは、各チャンネルについて二乗平均した値に重み係数を乗じ、合算することで番組全体のラウドネス値を算出する手法であるため、各チャンネルの重み係数を規定することで、5.1ch サラウンドを超えるチャンネル数の音響システムにおけるラウドネス値を算出することが可能である。

図 5-10 に N チャンネルのラウドネス測定アルゴリズムのブロックダイアグラムを示す。ここ

では、最大 N チャンネルの入力信号 ($x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_N$) のラウドネス測定が可能となっている。入力信号数 N は、完成番組で同時に再生されるチャンネル数である。ただし、LFE チャンネルは測定に含めない。

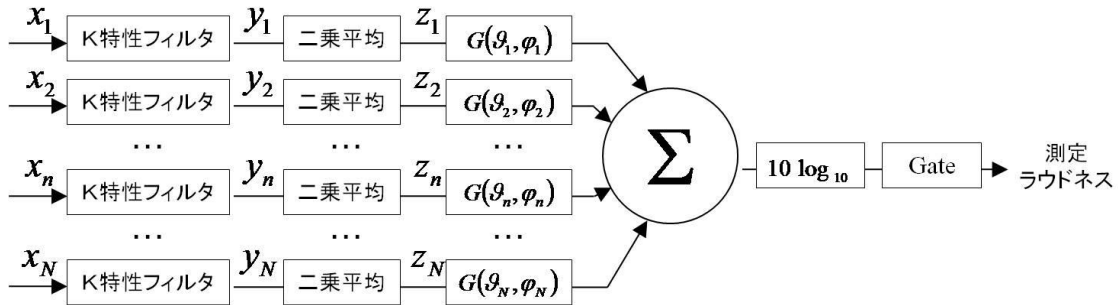


図5-10 Nチャンネルのラウドネス測定アルゴリズムのブロックダイアグラム

5.5.2 チャンネル重み係数

任意のスピーカー配置の音響システムにおけるラウドネス値を測定するために、各チャンネルの重み係数は想定される再生スピーカーの位置に応じて、表 5-4 に示すように方位角 (θ) と仰角 (ϕ) で規定される。

表 5-4 想定される再生スピーカー位置に対する重み係数

仰角 (ϕ)	方位角 (θ)		
	$ \theta < 60^\circ$	$60^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$	$120^\circ < \theta \leq 180^\circ$
$ \phi < 30^\circ$	1.0 (± 0 dB)	1.41 (約 +1.5 dB)	1.0 (± 0 dB)
上記以外	1.0 (± 0 dB)		

表 5-4 に従うと、Rec.ITU-R BS.2051 で規定されるスピーカー配置の中で日本の放送に採用された音響システムにおける各チャンネルの重み係数は表 5-5 となり、5.1ch サラウンドの重み係数とも合致し、下位互換が担保されている。

※新4K8K衛星放送 (2018年12月開始) において、C (7.1マルチチャンネル音響方式)、H (2.2.2マルチチャンネル音響方式) の2つの三次元マルチチャンネル音響方式が放送可能となる。この2方式は、2014年にITU-R BS.2051で勧告され、ARIB STD-B59で標準規格化されている。

表 5-5 日本の放送における音響システムの各チャンネル名称とその重み係数

スピーカー ラベル	重み係数	音響システム			
		A ステレオ	B 5.1ch サラウンド	C 7.1 マルチ チャンネル音響*1	H 22.2 マルチ チャンネル音響*1
M+000	1.00 (±0 dB)		C	C	FC
M+030	1.00 (±0 dB)	L	L	L	FLc
M-030	1.00 (±0 dB)	R	R	R	FRc
M+060	1.41 (約+1.5 dB)				FL
M-060	1.41 (約+1.5 dB)				FR
M+090	1.41 (約+1.5 dB)				SiL
M-090	1.41 (約+1.5 dB)				SiR
M+110	1.41 (約+1.5 dB)		Ls	Ls	
M-110	1.41 (約+1.5 dB)		Rs	Rs	
M+135	1.00 (±0 dB)				BL
M-135	1.00 (±0 dB)				BR
M+180	1.00 (±0 dB)				BC
U+000	1.00 (±0 dB)				TpFC
U+030	1.00 (±0 dB)			Ltf	
U-030	1.00 (±0 dB)			Rtf	
U+045	1.00 (±0 dB)				TpFL
U-045	1.00 (±0 dB)				TpFR
U+090	1.00 (±0 dB)				TpSiL
U-090	1.00 (±0 dB)				TpSiR
U+135	1.00 (±0 dB)				TpBL
U-135	1.00 (±0 dB)				TpBR
U+180	1.00 (±0 dB)				TpBC
T+000	1.00 (±0 dB)				TpC
B+000	1.00 (±0 dB)				BtFC
B+045	1.00 (±0 dB)				BtFL
B-045	1.00 (±0 dB)				BtFR

5.6 ラウドネスに関する歴史

5.6.1 ヒトが感じる音に関する研究 心理音響技術

音質評価の基盤となっている「心理音響技術」は、工学（音はどのように伝わるのか：音響工学）、医学（音はどのように聞こえるのか：聴覚生理学）、心理学（音をどのように感じるのか：音響心理学）などの広い分野を駆使したものであり、音をヒトの聴感覚合わせて定量的に解析する技術である。

学問としての心理音響技術の歴史は古く、1930年代から様々な先人達により研究されており、ドイツのミュンヘン工科大学E.Zwicker教授により今のラウドネスにまで玉成された。1975年には定常音の「ラウドネス」がISO 532として規格化され、自動車業界、家電機器業界、事務機器業界などで、定量的な評価量として幅広く使われている。

- 1930年代 : 純音ラウドネスの測定 / H.Fletcher, W.A.Munson
- 1940年代 : ラウドネスへの時間効果の測定 / W.R.Garner
- 1950年代 : 聴覚の生理学的研究の開始 / G.Bekeesy
- : 純音ラウドネスの再測定 / D.W.Robinson, R.S.Dadson
- : ラウドネスの計算方法 / L.L.Beranek
- 1960年代 : ラウドネスの計算方法 / S.S.Stevens
- : ラウドネスとマスクング、ラウドネスに及ぼす時間構造の影響 / E Zwicker
- 1970年代 : ラウドネスの計算方法 / E.Zwicker

5.6.2 放送における音量測定の歴史と国際標準化

放送において、音量を目で見るメータとして最初に世に出てきたのはVUメータ（Volume Unit meter）だと思われる。

それ以前は、Volume Indicatorの名称でデシベル目盛（0から60dB：レファレンス30±2dB）のメータだった。現在まで一般的に使用されているVUメータは、1936年New Volume Indicatorとしてベル研究所、CBC、NBCにより電話機の基準レベルを監視するために開発したものであり、I.R.E.（現：IEEE）に1940年1月「A New Volume Indicator and Reference Level」として発表されている。これを見ると既に音量を聴感覚として捉えることを考慮し開発されたことが解る。

それ以降も、音量を目で見るメータとしては、VUメータと主にヨーロッパで録音機器のレベル監視として広まったクワジピークメータの2種しかない。

しかし、近年音声制作環境がアナログからデジタルへと技術革新が進み、音量の電氣的レベルと聴感レベルが著しく乖離するようになって来た。このことは、特に放送分野において番組等のコンテンツ間において音量差となって現れ、問題が顕在化してきた。そこで電氣的レベルでなくヒトの聴感感覚を考慮した音量計の開発が求められ、聴感覚を取り入れた音量計であるラウドネスメータの開発が始まった。

日本におけるラウドネスメータ開発の歴史を振り返る。基本的な開発構想は、放送、楽音で使用できるリアル性のあるメータとして開発が進められた。

- 1997年 : NHKにて聴感心理モデルを採用したラウドネスメータ開発開始

ISO532Bに基づき聴感の時間特性など、放送用としての動特性を付加したメータをソフトウェアで開発

- 1998年 : NHK/ヤマキ電気(株)が評価用試作機を共同開発(2U-halfサイズ)
- 2000年 9月: ITU-Rにて「ラウドネスの揃った番組を交換・配信するために使用するメータ」の勧告化に向けた活動開始
- 2001年12月: NHK/ヤマキ電気(株)が共同開発で製品化(1U-halfサイズ)
- 2003年 4月: ITU-Rにてモノ音声ラウドネスの客観測定法に関する提案の呼びかけ開始
- 2003年 8月: ITU-Rモントリオールにて世界7社(NHK/Yamaki, Dolby, TC Electronic, Durrough, Pinguin, Opticom, DAG 2000)より各種ラウドネスメータが提案され、客観的評価を実施したが、有意差が無く検討継続とし勧告に至らず

当時は、モノ音声信号に対するラウドネスを評価対象としていたが、その後、ステレオ音声、5.1chサラウンド音声に対するラウドネス算出が求められ、NHK技研でも研究開発が進められた。

現在のITU-R BS.1770-2の等価騒音レベルを基にした方式は、カナダCRC (Communications Research Center: Pre-Filter + RLB(Revised Low-frequency B curve)から提案されたものである。

- 2006年 7月: CRC案を基に、測定アルゴリズム、メータ仕様がITU-R BS.1770/1771として勧告
- 2011年 3月: EBUで研究されていた、ゲーティング、オーバーラップ法を取り入れて追加記載したITU-R BS.1770-2が勧告
- 2011年 3月: 日本国内にてもITU-R BS.1770-2、1864に基づいたARIB TR-B32「デジタルテレビ番組におけるラウドネス運用規定」を制定

5.6.3 ITU-R BS.1770、BS.1771、BS.1864、BS.1770-2 ラウドネス関連勧告のまとめ

上記のように、国際連合の下部組織であるITU-Rで、2000年9月から「ラウドネスの揃った番組を交換・配信するために使用するメータ」の勧告化に向けた検討が開始され、約6年にわたる検討の結果、2006年7月に

- Rec ITU-R BS.1770「音声番組のラウドネスとトゥルーピークレベルの測定アルゴリズム」
- Rec ITU-R BS.1771「ラウドネスメータとトゥルーピークメータの要求要件」

として勧告され、国際的に放送における「ラウドネス」の幕が切って落とされた。

また、Rec ITU-R BS.1770ラウドネス測定アルゴリズムに沿った運用ルールが2010年3月に、

- Rec ITU-R BS.1864「デジタルテレビ番組の国際交換におけるラウドネス運用規準」

として勧告され、国際的にラウドネス運用への機運が一気に高まった。

2010年10月のITU-R会合において、EBUから「ゲーティング」、「オーバーラップ法」を加えた「よりヒトの感覚に近い測定アルゴリズム」がSG6 WP6C会合に提案され、2011年3月末に

- Rec ITU-R BS.1770-2

として勧告された。

2012年1月、「モーメンタリラウドネス」、「ショートタームラウドネス」の測定アルゴリズムが加えられ

- Rec ITU-R BS.1771-1

として勧告された

2012年8月、トゥルーピークの測定法が改訂（明確化）され

- Rec ITU-R BS.1770-3

として勧告された。

2014年2月、Rec ITU-R BS.2051「番組制作における高度音響システム」で、5.1chサラウンドを超える22.2chまでのスピーカー配置が勧告された。

これを受けて、2015年10月に、5.1chを超えるチャンネル数のラウドネス測定アルゴリズムが追加され、

- Rec ITU-R BS.1770-4

として勧告された。

2016年5月、22.2chまでの全ての音響システムにおけるターゲットラウドネス値を-24.0LKFSとすることが、勧告された。（Rec ITU-R BS.1864の文言の一部改訂）

5.6.4 アメリカの動向（ATSC A85、CALM法案制定）

北米でも、テレビ放送における番組間の音量感の相違が問題視され、ATSC（Advanced Television System Committee）で検討され、

- 2009年11月：ATSC A85「デジタルテレビ放送のラウドネス運用方法」を制定

ATSC A85は、ラウドネスの測定方法及び運用方法、メタデータによるラウドネスコントロール、メタデータによるダイナミックレンジコントロールなどが記述されている。

- 2010年12月：CALM法案「CMの音量規制法案」にオバマ大統領が調印

ATSCでは、CALM法案成立を受けて、A85に「デジタルテレビ放送のCMのラウドネスを確立し、維持するための要件」を追加した。

5.6.5 EBUの動向（EBU R128、TECH3341～3344制定の経緯など）

EBUは、放送局員を中心にメーターメーカーの技術者なども加え150人以上が参加したラウドネス研究チーム“PLOUD（座長はオーストリア放送協会のFlorian Camerer氏）”を立ち上げ、検討を開始し、下記基準書、技術レポートを策定した。

2010年 9月：R128 “Loudness Recommendation”

2010年12月：Tech3341 “Metering specification”

：Tech3342 “Loudness Range descriptor”

2011年 2月：Tech3343 “Production Guidelines”

2011年 4月：Tech3344 “Distribution Guidelines”

EBUでは、ラウドネスによる運用を“An Audio Levelling Revolution!”と位置付けており、2012年9月より、順次、運用開始している。

5.6.6 日本国内では ARIB TR-B32制定の経緯など

民放連・技術委員会では、2009年7月に「テレビ音声レベルWG」を設置し、「視聴者にやさしい放送をお届けする」を合言葉に、ラウドネスをベースにして「テレビ放送における音声レベル運用ルール」を検討した（注：2018年6月設置終了）。

「テレビ音声レベルWG」では、①全ての放送素材の音量感の統一、②全ての放送局間の音量感の統一を目指した。「視聴者にやさしい放送をお届けする」ことが最終目標なので、②の「全ての放送局」にNHKも含めるべく、連携を模索した。その中で②の実現には国内統一基準が必要だという結論に至り、2010年6月に、ARIB「スタジオ音声作業班」に国内のデジタルテレビ放送におけるラウドネス運用のための技術資料の策定を提案した。同年8月にスタジオ音声作業班に「ラウドネス運用基準作成PG」を立ち上げて、ドラフトを開始、2011年3月28日のARIB規格会議に提案、承認され

▶ ARIB TR-B32「デジタルテレビ番組におけるラウドネス運用規定」
として制定された。

2013年3月には、1.1版としてラウドネスメータのチェック信号が追記された。

2013年12月には、1.2版としてRec ITU-R BS.1770、1771の改訂を受けて、トゥルーピーク値測定アルゴリズムの修正、及び、ラウドネス短時間計測モード（モーメンタリラウドネスメータ、ショートタームラウドネスメータ）の特性が追記された。民放連では、ARIB TR-B32の制定を受けて、民放連技術規準T032「テレビ放送における音声レベル運用規準」を2011年5月19日に制定し、2012年10月1日より、運用を開始した。

民放連技術規準T032を運用する際には、ラウドネスメータが必須であるが、適用開始当初はラウドネスメータの整備ができない場合も考えられたため、民放連が無料配布した「T032適合判定ソフト」での納品も可能とした。「T032適合判定ソフト」は、制作した番組の音声レベルがT032に適合しているか否かの簡易判定ができるコンピュータ用ソフトウェアであり、「J-LMA（日本ラウドネスメータ協議会）」の協力により制作し、民放連WEBサイトの「ラウドネス関連のページ」より入手可能としていたが、2013年9月末日をもって、このダウンロードサービスは終了した。2017年1月の民放連技術規準T032改正により、ラウドネスメータによる測定が困難な場合の「T032適合判定ソフト」による判定結果での納品は、当事者間の合意によって行う規定となった。

2013年4月より、NHKもARIB TR-B32に準拠した運用を開始している。

2014年3月には、ARIB STD-B59:三次元マルチチャンネル音響方式スタジオ規格が制定され、2015年12月には、ARIB TR-B32 1.4版として5.1chサラウンドを超えるチャンネル数に対する拡張アルゴリズムが追記された。これに伴い、民放連技術規準T032も2017年1月に改正を行った。

2013年3月に、ARIB STD-B21: デジタル放送用受信装置（望ましい仕様）が改定され、5.1chサラウンド音声のダウンミックス全体係数 $1/\sqrt{2}$ が撤廃された。民放連技術規準T032では2017年1月の改正で、国内放送における5.1chサラウンド音声について「ターゲットラウドネス値+2 dB」を最大許容値とする暫定措置を存置しつつ、新規格の受信機の普及にあわせて撤廃する旨を申し送っていた。ダウンミックス全体係数の撤廃から約7年が経過した2020年6月に、T032は申し送りに沿った軽微な改正を行い、暫定措置を撤廃した。本ガイドラインにおいても、暫定措置に係る記載の削除等を行った。

5.7 短時間計測モード（リアルタイムラウドネスメータ）

2012年1月にRec ITU-R BS.1771-1 Annex2でショートタームラウドネス、モーメンタリラウドネスの記述が追加されたのを受けて、2013年12月にARIB TR-B32(1.2版)に「参考資料2 ラウドネス短時間計測モードについて」が記載されたので、本ガイドラインでも紹介する。

ラウドネスメータには、番組全体の平均ラウドネス値を計測するモードと、時々刻々と変化するラウドネス値を読み取るための短時間計測モードがある。

平均ラウドネス値は1つの番組に1つの数値として計測され、番組終了後に確定する。従って、平均ラウドネス値だけでは、ターゲットラウドネス値を目指すミキシングオペレーションは困難である。

そのため、番組制作時にリアルタイムに参照できる、リアルタイムラウドネスメータが考案された。リアルタイムラウドネスメータには、モーメンタリラウドネスメータとショートタームラウドネスメータがあり、これらメータの使用により、番組の平均ラウドネス値をより容易にターゲットラウドネス値へ近づけることが可能となる。

5.7.1 モーメンタリラウドネス値の測定

モーメンタリラウドネス値の測定は、Rec. ITU-R BS.1771-1 Annex 2に準拠したアルゴリズムを使用して行う。一般にターゲットラウドネス値をOLUとする相対値によって表示され、モーメンタリラウドネスメータがOLUを指針する純音(1kHz)の平均ラウドネス値は、 -24.0LKFS である。

モーメンタリラウドネスは、1サンプルブロック毎に(5.2.2)式に従ったゲーティング無しラウドネス値を算出し、さらに図5-11で示す、400msの時定数に相当するフィルタ係数を適用した、1次ローパスフィルタで濾過することにより生成される。

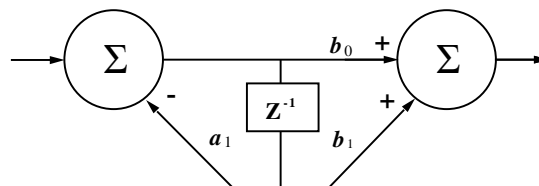


図 5-11 1次IIRフィルタの信号フロー図

サンプルブロック毎平均を用いたデータ間引きによってフィルタ演算量を軽減することができる。データ間引き率は任意でかまわないが、サンプルブロック数は1秒あたり10個以上となるように考慮されねばならない。表5-6は、1秒あたり320サンプルブロックとなるように間引いた場合のフィルタ係数である。それ以外の場合は、データ間引きの度合いに応じて、時定数が400msとなるように、フィルタ係数とゲインを設定し直さなければならない。

図5-12に、グレーで表示する測定信号の2乗値、モーメンタリラウドネス用に設定されたサンプルブロックと実線で示すサンプルブロック平均値、丸印及び細曲線で表示するフィルタ濾過後のサンプルブロック平均値の関係を示した。

最終的には、フィルタ濾過後のサンプルブロック平均値をデシベルに変換しメータ表示器を駆動することになる。

詳細は、ITU-R BS.2103-1レポートを参照のこと。

表 5-6 $T = 400 \text{ ms}$ の 1 次ローパスフィルタの係数

Sample rate	320/s	Gain	$2.556465999e + 02$
—	—	b_0	1
a_1	-0.9921767002	b_1	1

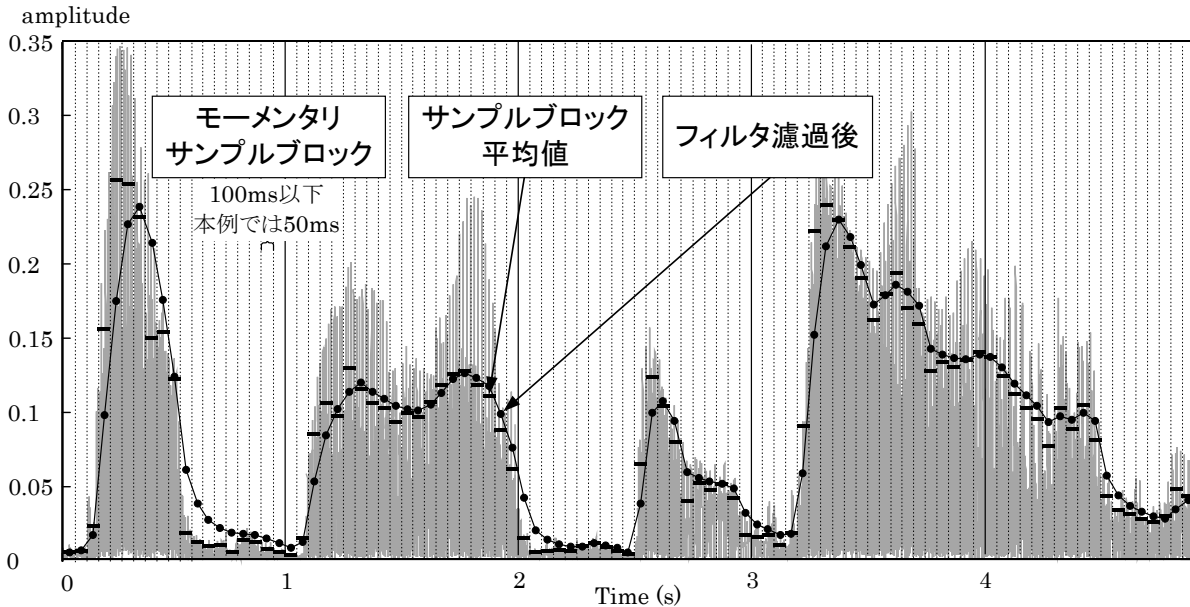


図 5-12 モーメンタリラウドネスの信号概念図

5.7.2 ショートタームラウドネス値の測定

ショートタームラウドネス値の測定は、Rec. ITU-R BS.1771-1 Annex 2に準拠したアルゴリズムを使用して行う。一般にターゲットラウドネス値をOLUとする相対値によって表示され、ショートタームラウドネスメータがOLUを指針する純音（1kHz）の平均ラウドネス値は、 -24.0LKFS である。

ショートタームラウドネスは、(5.2.2)式に従ったゲーティング無しラウドネス値を、積分期間3秒と定めた、移動平均値として生成される。図5-13に、グレーで表示する測定信号の2乗値、細曲線で示すモーメンタリラウドネスの推移、ショートタームラウドネス用に設定されたブロック区間、丸印及び太曲線で示すショートタームブロック平均値の関係を示した。グリッドは再表示タイミング（図ではグリッド間隔は0.125秒であるが、後述のように0.1秒以下とすることが求められている。）を示す。図からも判るように、測定開始直後の3秒は計測できない。メータによっては、測定後3秒までは、その時点における測定時間での平均値を示している。

最終的には、移動平均後のショートタームブロック平均値をデシベルに変換しメータ表示器を駆動する。

モーメンタリラウドネス、ショートタームラウドネス共に、表示間隔は任意であるが、少なくとも1秒に10回以上、再計算、再表示されることが望ましい。

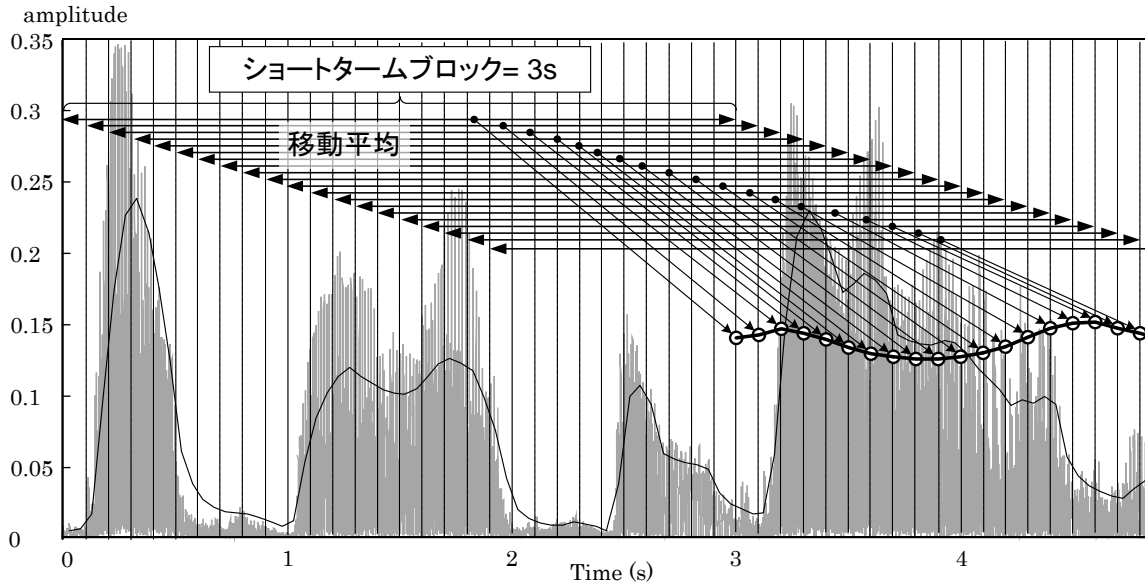


図 5-13 ショートタームラウドネスの信号概念図

5.7.3 モーメンタリラウドネスメータとショートタームラウドネスメータの特徴

モーメンタリラウドネスメータとショートタームラウドネスメータの特徴は、Kフィルタによる重み付けを行った上で、メータの表示時定数が400ミリ秒と3秒（3秒は指数減衰を持つ時定数回路ではなく、移動平均で得られる時定数カーブとなる。）で、かつdBで表示されるメータである。

そのため、平均ラウドネス値との親和性に優れる利点がある。つまりOLUがターゲットラウドネス値となるので、たとえばショートタームラウドネスメータを用いて平均的なアナウンスコメントが0 LU (= -24.0LKFS) 程度となるようにミキシングすると、番組の平均ラウドネス値をターゲットラウドネス値 (= -24.0LKFS) に調整するための目安とすることができる。

しかし、測定値がログ変換されてdBスケールで表示されることにより、VU計の振れ方とは感覚的に異なった振れ方となる。その結果、VU計の時定数は300msで、モーメンタリラウドネスメータと同程度の時定数にもかかわらず、モーメンタリラウドネスメータの動作の方が遅く感じられる。ショートタームラウドネスメータは、3秒間の移動平均を用いるため、さらに遅く感じられる。

VU計の時定数300msでは、針のスピードが割合早く、常に揺れ動くため、数値として読み取ることが難しく、測定者による読み取り誤差も大きくなるが、3秒幅の移動平均を用いるショートタームラウドネスメータでは、その動作は非常に緩やかで、数値として読み取っても、測定者による読み取り誤差が比較的少ない。モーメンタリラウドネスメータは、両者の中間的な性質を持つ。

最新情報は

民放連webサイト「『ラウドネス関連』のページ」

(<http://www.j-ba.or.jp/category/t032>)で

チェックしてください！



日本民間放送連盟 技術委員会