

計測コラム emm139 号用

音の測定事例 — 第 5 回「FFT 分析とオクターブバンド分析（その 1）」

騒音計が表示する騒音レベルは、周波数の重み付け特性 A をかけた瞬時音圧から算出した値で、すべての周波数帯域（普通騒音計であれば 20 Hz ～ 8 kHz、精密騒音計であれば 10 Hz ～ 20 kHz）の信号成分が含まれます。

騒音対策をおこなう場合、騒音の周波数によって対策方法が異なるため、騒音の周波数分析が必要になります。周波数分析の手法の 1 つに JIS C 1513:2002「音響・振動用オクターブ及び 1/3 オクターブバンド分析器」に定められたオクターブバンド分析があります。

JIS C 1513 に準拠したオクターブバンド分析器がない場合、FFT アナライザにより FFT 分析をおこない、FFT 分析結果をオクターブバンドごとに束ねてオクターブバンド分析データを算出すること（いわゆる束ねオクターブ）があります。

定常的な信号であれば、オクターブバンド分析の結果と FFT 分析による束ねオクターブの結果は一致しますが、信号に変動があれば一致しません。計測コラムでは今回と次回（2013 年 6 月）にわたり、それぞれの分析方法と実測データの分析結果をご紹介します。

● オクターブバンド分析

オクターブバンド分析とは、ある周波数帯域幅を持った複数のバンドについて、それぞれのバンドを通過する信号のレベルを分析します。1/1 オクターブ分析では 1 オクターブのバンド幅をもつフィルタを使用します（図 1）。1 kHz バンド ($f_m = 1000$ Hz) の場合、 $f_1 = 707.11$ Hz、 $f_2 = 1414.2$ Hz になります。

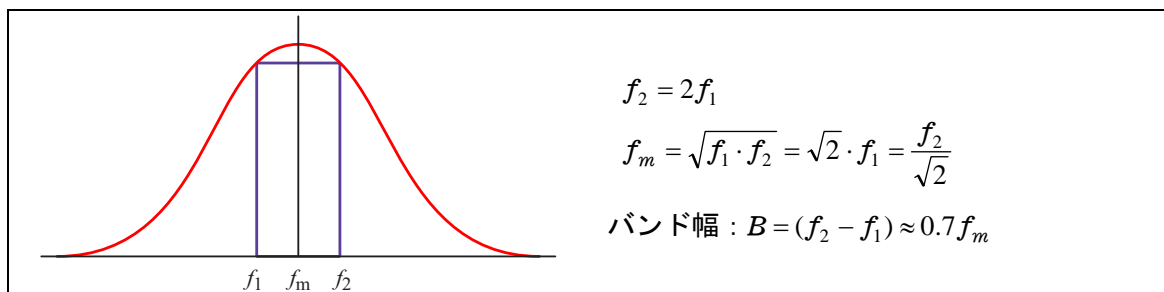


図 1 1/1 オクターブバンドフィルタ

1/3 オクターブ分析では 1/3 オクターブのバンド幅をもつフィルタを使用します(図 2)。1 kHz バンド ($f_m = 1000$ Hz) の場合、 $f_1 = 890.90$ Hz、 $f_2 = 1122.5$ Hz になります。

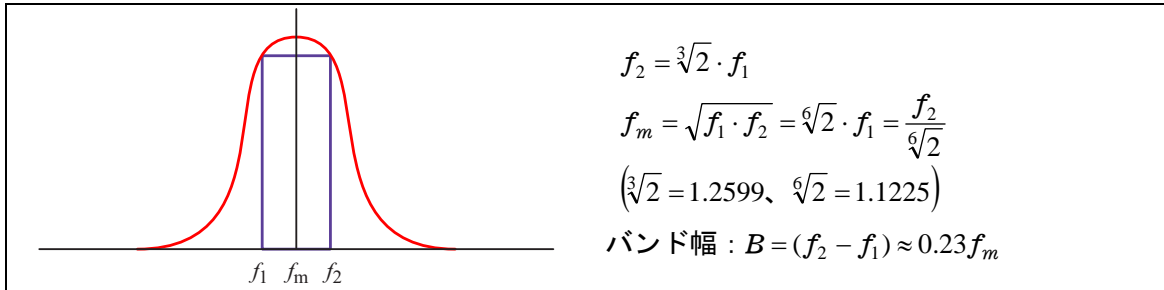


図 2 1/3 オクターブバンドフィルタ

1/3 オクターブバンド分析の結果(例)を図 3 に示します。25 Hz バンドから 20 kHz バンドまでの 30 バンドについて、それぞれのバンドフィルタを通過した信号のレベルに周波数重み付け A 特性をかけた値を表示しています。Overall は 25 Hz バンドから 20 kHz バンドまでのレベルに A 特性をかけて総和をとった値です。AllPass はバンドフィルタを通さずに全周波数帯域の信号をレベル化した値です。AllPass は FLAT 特性 (A 特性をかけていない) の値であるため、Overall より約 3 dB 大きい値になっています。また、元データに 18.75 kHz を超える成分が含まれていないため、20 kHz バンドは -400 dB と表示されています。

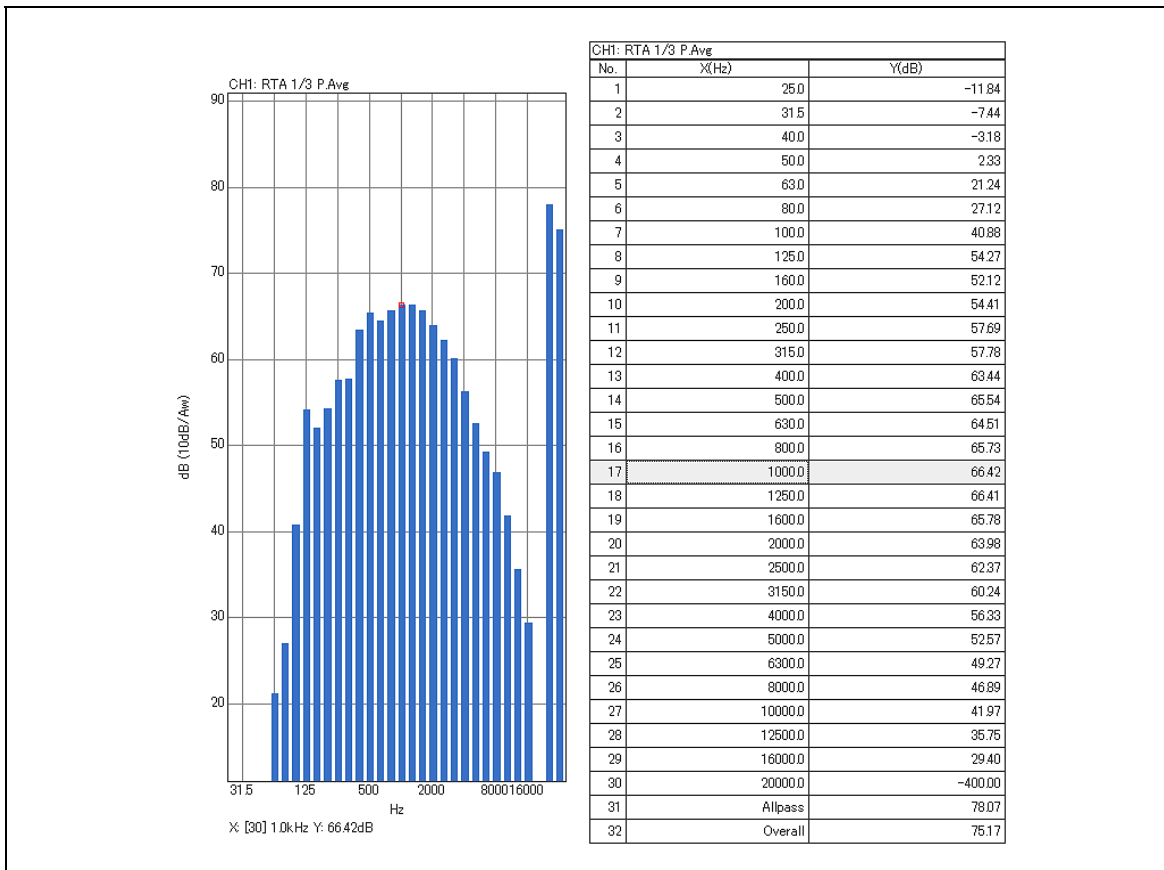


図 3 1/3 オクターブバンド分析結果(例)

● オクターブバンド分析器

時間重み付けサウンドレベルメータとオクターブバンド分析器のブロック図(一例)を図4、図5に示します。サウンドレベルメータ(騒音計)のうち、時間重み付けサウンドレベルを測定できるものを時間重み付けサウンドレベルメータと呼び、図4のように実効値検波・時間重み付け回路(動特性回路)や、対数演算回路を持ちます。なお、動特性という用語は騒音計旧規格(JIS C1502, C1505)でのものであり、新規格(JIS C1509)では時間重み付け特性と呼ばれております。

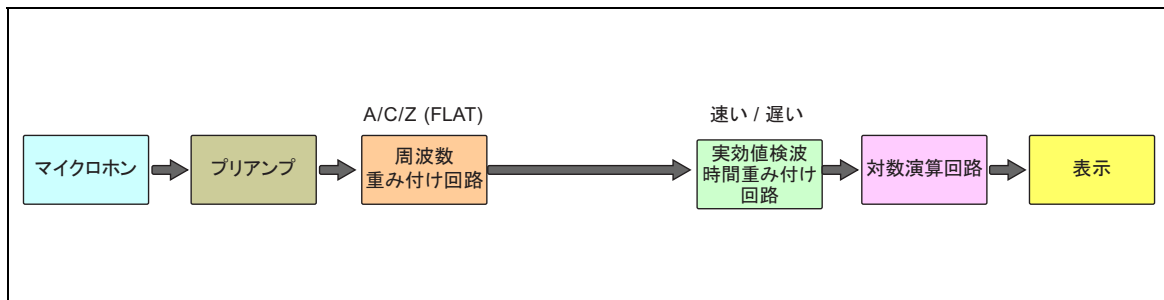


図4 時間重み付けサウンドレベルメータのブロック図(例)

図5に示すオクターブバンド分析器(音響用)のブロック図は、サウンドレベルメータとほぼ同じですが、あいだにオクターブバンドのバンドパスフィルタが入ります。また、通常、周波数補正はおこなわず、平坦特性(FLAT)を用います。このタイプの分析器は1度に1つのオクターブバンドしか分析できません。

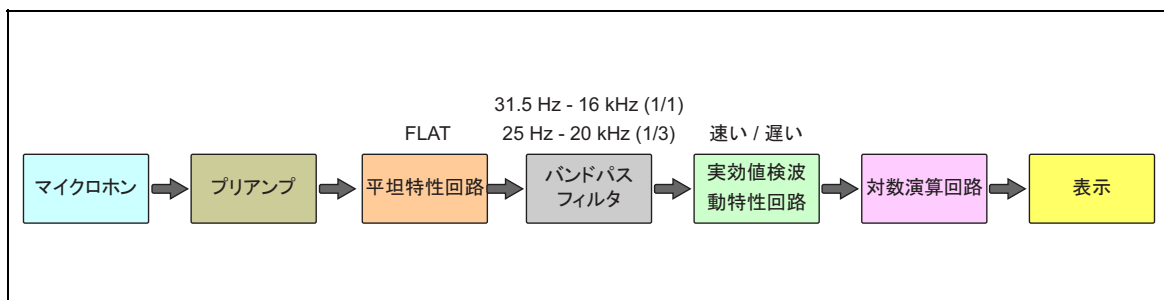


図5 オクターブバンド分析器のブロック図(例)

同時に複数のオクターブバンドの分析をおこなう分析器をリアルタイムオクターブ分析器と呼びます(図6)。1/1オクターブ分析で31.5 Hzから16 kHzまで分析する場合は10個のオクターブバンドフィルタと実効値検波・動特性回路、対数演算回路が必要です。1/3オクターブ分析で25 Hzから20 kHzまで分析する場合は30個必要です。そのほかに、バンドフィルタを通さずに全周波数帯域の信号をレベル化したAllPass値を分析する回路を持ちます。

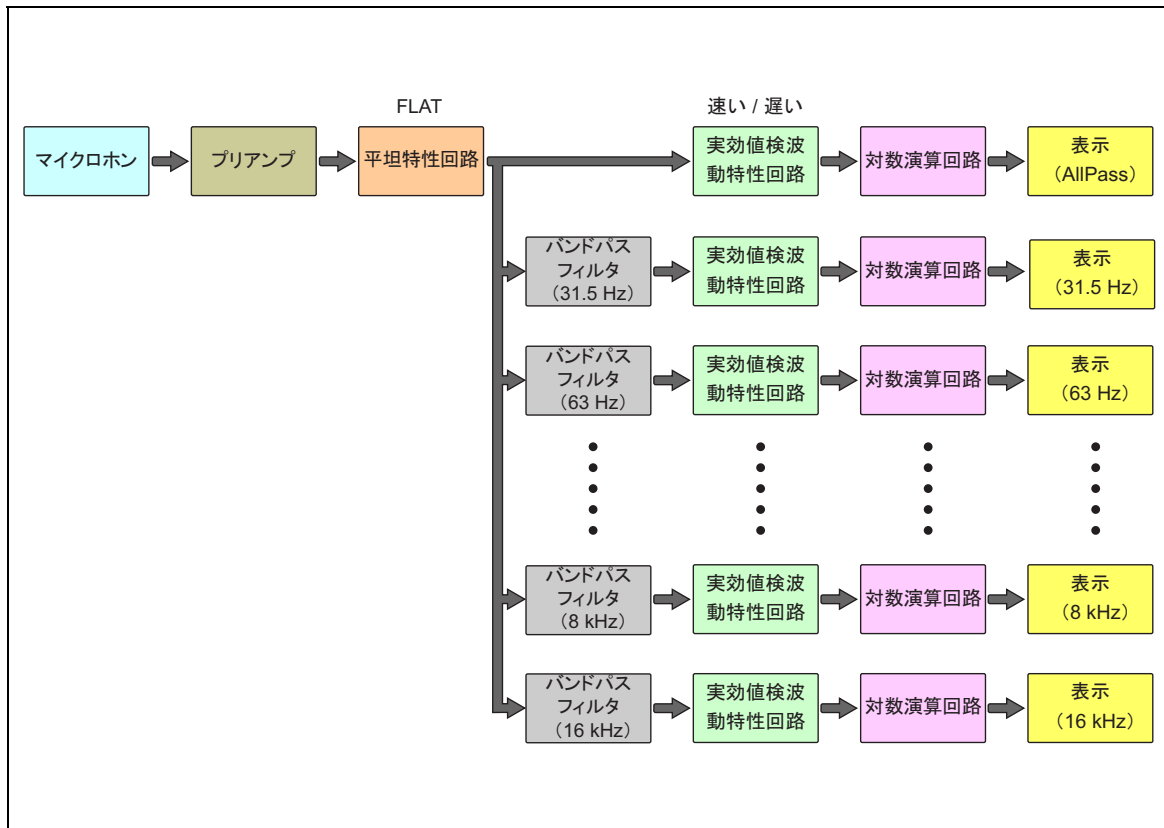


図6 リアルタイムオクターブ分析器のブロック図 (例)

● FFT 分析器 (FFT アナライザ)

FFT アナライザは FFT 分析をおこなう装置です。例えば、周波数レンジ：20 kHz、サンプル点数：16,384 点の場合、周波数分解能は 3.125 Hz 刻みになりますので、0 Hz から 20 kHz まで、3.125 Hz きざみの計 6,401 ライン (0 Hz を含む) のパワースペクトルが得られます。

1/3 オクターブバンドの 1 kHz バンドは、 $f_1 = 890.90 \text{ Hz}$ 、 $f_2 = 1122.5 \text{ Hz}$ ですので、このパワースペクトルの 890.625 Hz から 1121.875 Hz までの成分を合成すれば、パワースペクトルから 1 kHz バンドの信号レベルが算出できます^(※)。このようにして、FFT 分析で得られたパワースペクトルから各オクターブバンドの信号レベルを計算したデータを東ねオクターブと呼んでいます。

※ 実際には、 f_1 未満や、 f_2 を超える周波数成分を無視するのではなく、オクターブフィルタの広がり (図1、図2の赤線で示した特性) を加味して合成します。

● リアルタイムオクターブ分析と FFT 分析の東ねオクターブの比較

4 kHz の繰り返しトーンバースト信号（音圧レベル：91 dB、継続時間：200 ms、繰り返し周期：2 s）を 1/3 オクターブ分析した結果を図 7、図 8 に示します。リアルタイムオクターブ分析の動特性（時間重み付け特性）は速い（125 ms）としました。FFT 分析は周波数レンジ：20 kHz、サンプル点数：16,384 点、窓関数：ハニングでおこないました。このときの FFT フレーム時間長は 0.32 秒になります。

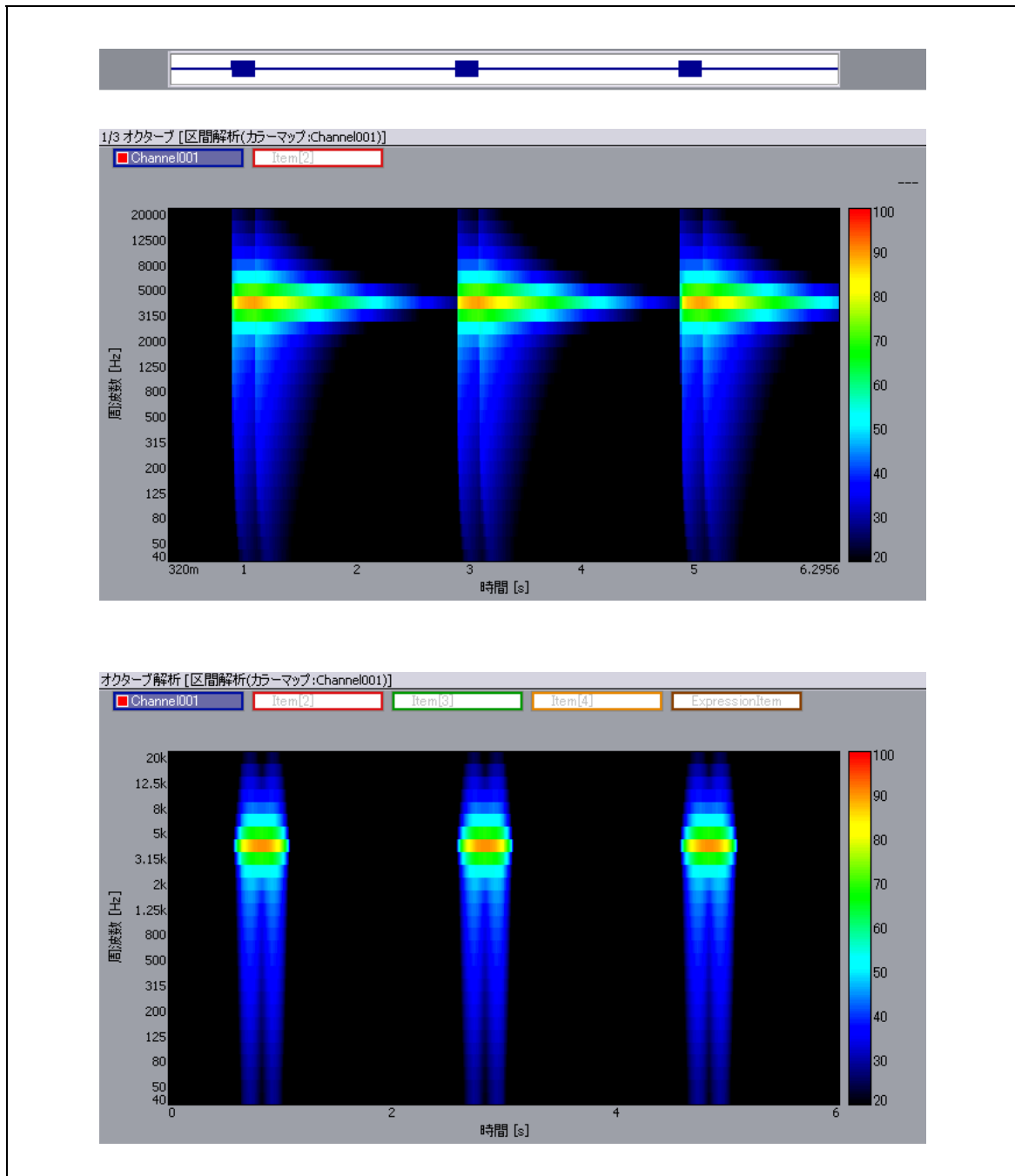


図 7 リアルタイムオクターブ分析（上）と FFT 分析の東ねオクターブ（下）のカラーマップ図

リアルタイムオクターブ分析結果では、バースト信号が途切れると、動特性の影響を受けオーバーオール値や各オクターブバンドの値が 125 ms で約 -4.3 dB の傾きで減少していきます。他方、FFT 分析結果ですが、フレーム時間長は 0.32 秒ですので、バースト信号が途切れた 0.32 秒後には信号レベルは 0 (デシベル値はマイナス無限大) になってしまいます。

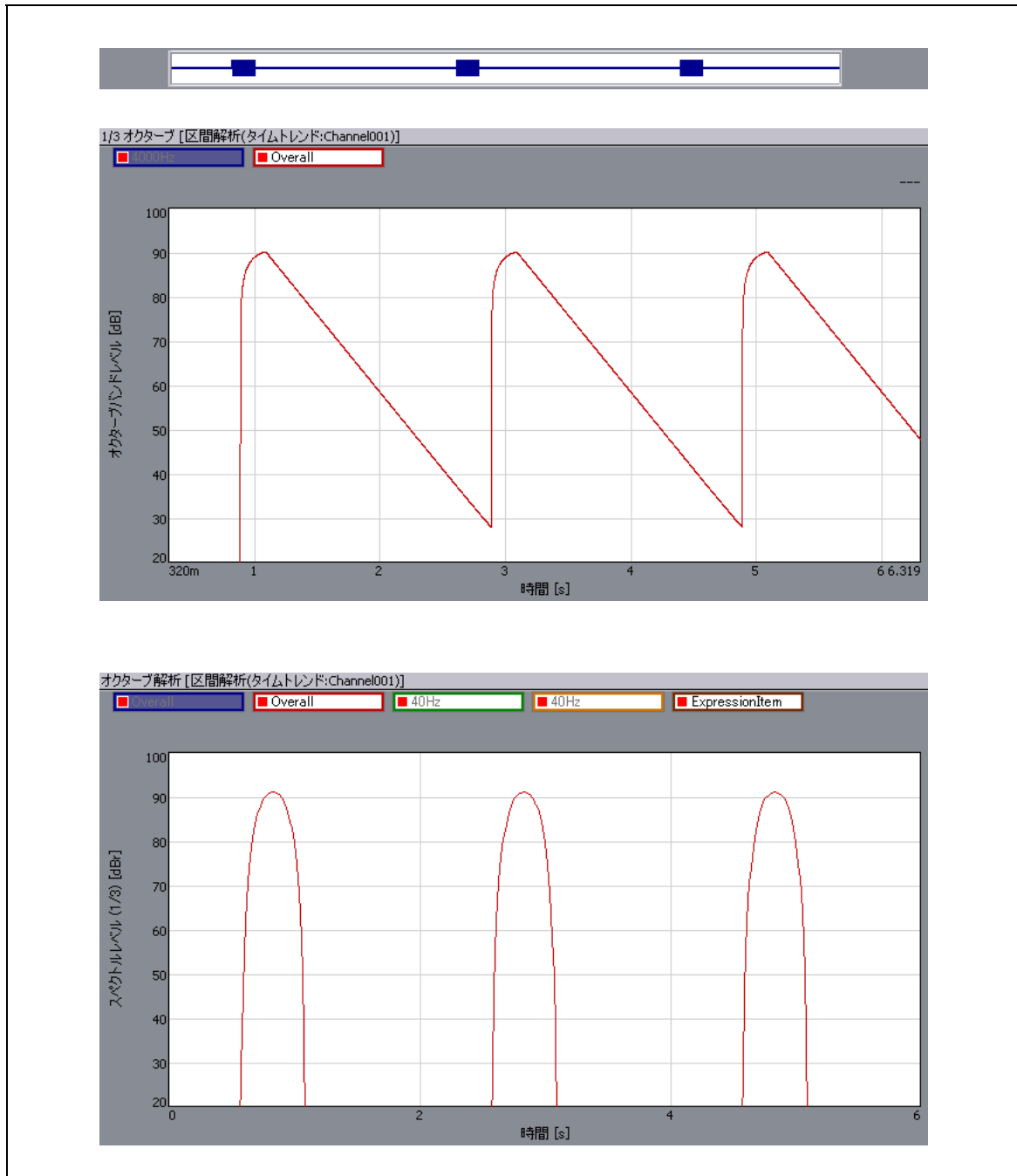


図 8 リアルタイムオクターブ分析（上）と FFT 分析の束ねオクターブ（下）のオーバーオール値のタイムトレンド図

リアルタイムオクターブ分析結果でのオーバーオール値の最大値は 90.0 dB で、トーンバースト信号の音圧レベル 91.0 dB よりも 1.0 dB 小さくなっています。他方、FFT 分析結果は約 91.0 dB であり、分析方法により約 1.0 dB の差が出ました。また、タイムトレンドのグラフも大きく異なります。

● まとめ

今回はオクターブバンド分析と FFT 分析による東ねオクターブの分析方法の概要を紹介しました。また、繰り返しトーンバースト信号の分析結果を紹介し、2つの分析結果に差がでる事をしめしました。次回（2013 年 6 月）には、さらにいくつかの分析結果を紹介する予定です。

- JIS C 1509-1:2005 サウンドレベルメータ（騒音計） - 第 1 部：仕様
- JIS C 1513:2002 音響・振動用オクターブ及び 1/3 オクターブバンド分析器
- JIS C 1514:2002 オクターブ及び 1/N オクターブバンドフィルター

以上

(YK)