

ファン及びダクトの発生音に関する実験的検討

(その2) 天井裏設置における低減対策の効果

EXPERIMENTAL STUDY ABOUT GENERATED NOISE FROM FAN AND DUCT

PART2 Reduction When Installed On The Ceiling

土屋 裕 造*¹, 山内 崇*², 佐脇 真 平*²

Yuzo TSUCHIYA, Takashi YAMAUCHI and Shimpei Sawaki

The ventilation equipment of the building to need a big amount of ventilation is installed in the ceiling of the living room. The generated noise from fan and duct often becomes the problem in the living room through the ceiling. In this case the measures that I went for are not appropriate and may not decrease to the volume of sound to expect.

Then, we report the property of the generated noise and the effect of surface specifications from fan and duct installed in the ceiling of the room by the experiment. As the result, we understood next.

1. The room has effect of the mode about a low range and influences the sound pressure level.
2. The medium and high range frequencies decreased by adding sound insulation materials to the heat insulator of the duct.
3. The measures to load a ceiling with granular materials are effective in the vibration restraint of the ceiling, but there are few effects of the sound pressure level reduction.

Keywords : Fan, Duct, Generated Noise, Vibratory Acceleration, Particle Velocity, Installed in the ceiling

ファン, ダクト, 発生音, 振動加速度, 粒子速度, 天井裏設置

1. はじめに

工場や病院などでは、大きな換気量を有する換気設備が天井裏に設置されることがあり、しばしばその発生音が天井下の居室で問題になることがある。

これまで筆者らはファン及びダクトからの放射音に関してその低減を目的に、放射性状や騒音低減対策の効果について無響室の実験により検証してきた¹⁾⁴⁾。今回はRC造建物の矩形室の天井にファン及びダクトを施工して、ファン及びダクトの発生音低減で従来から考えられている対策を行い実験した結果を報告する。

既報¹⁾に示す通りであり、今回既報で使用したループ状のファン及びダクトを室の天井スラブに吊り固定した。この際一般的な施工に従いファンのみ防振吊りとし、ダクトは防振吊りとししない施工とした。実験対象室は6面がコンクリートで囲まれており、天井にボードを張った場合の受音側室を一般的な居室の響き相当となるよう吸音を施した。受音室の状況を写真-1、残響時間を図-2に示す。

2. 実験概要及び設定条件

実験対象室とファン及びダクトの位置、寸法、測定点を図-1に示す。ファン及びダクトの仕様、寸法は

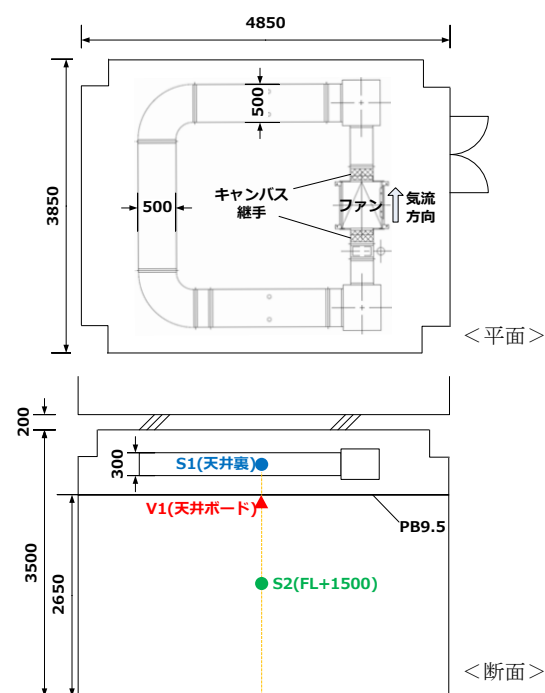
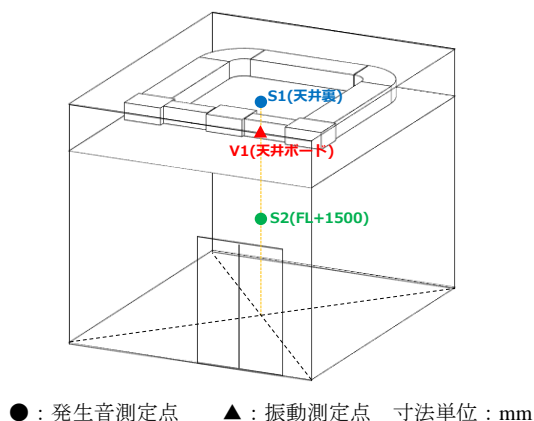


図-1 実験対象室とファン及びダクトの位置、寸法と測定点

*1 戸田建設株式会社技術開発センター

Research and Development Center, TODA CORPORATION

*2 戸田建設株式会社技術開発センター 修士 (工学)

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

実験を行ったファン及びダクトの発生音低減対策仕様を表-1に示す。case1はループ状のファン、ダクトが天井に吊られ、室内で露出している。case2は一般的な居室の状態、case1に天井を張ることによりファン、ダクトを天井裏に隠蔽している。case3及びcase4はcase2の天井の上に対策を施すものであり、case3はグラスウール、case4は表-2に示す粒状材を敷設している。case5及びcase6はキャンバス継ぎ手部分も含めファン、ダクトの表面全体に対策を施すものである。case5はグラスウール保温材を巻いた上から鉛シートを巻き、保温材と鉛シートは接着していない。case6はファン、ダクト表面に直接鉛シートを接着している。ファン及びダクト、発生音低減対

策の施工状況を写真-2に示す。

実験は、ファンの回転数をインバータで制御し、インバータ周波数60Hz、ヴォリュームダンパ0°（全開）としてその風量（case1で3,264 m³/h）が安定状態になったところで、音圧レベル、振動加速度レベル、近傍粒子速度レベルを測定した。音圧レベルは図-1に示す天井裏中央S1と受音室中央S2の2箇所、振動加速度レベルは天井受音室側中央1箇所を測定し、それぞれ1/3オクターブバンド周波数25~5k HzのL_{eq}を分析した。粒子速度レベルは測定に粒子速度センサー⁵⁾を用い、ファン及びダクト上面の30mm上をスキヤニングし、その粒子速度レベル分布を分析してコンターマップで示した。



写真-1 受音室の状況

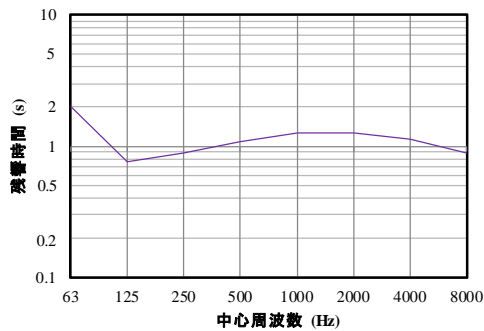


図-2 受音室の残響時間

表-1 発生音低減対策仕様

| 条件 | 天井 | ファン・ダクト |
|-------|--|--|
| case1 | なし | 対策なし |
| case2 | GB-R 9.5 mm | 対策なし |
| case3 | GB-R 9.5 mm+GW 24kg/m ³ , 50 mm 敷設 | 対策なし |
| case4 | GB-R 9.5 mm+粒状材 6.4 kg/m ² 敷設 | 対策なし |
| case5 | GB-R 9.5 mm | 保温材 GW24kg/m ³ , 25 mm 巻+鉛 0.5 mm 巻 |
| case6 | GB-R 9.5 mm | 鉛 0.5 mm 貼り |

GB-R : 石こうボード

GW : グラスウール

表-2 粒状材の諸元

| | |
|-----|------------------|
| 材料 | 再生樹脂 |
| 粒径 | 10 mm 以下 |
| 袋材 | ポリエチレン製 0.1 mm 厚 |
| 袋寸法 | 450 mm×450 mm |
| 嵩比重 | 約 0.5 |
| 重量 | 4.0 kg/袋 |



写真-2 ファン及びダクト、発生音低減対策の施工状況

3. 実験結果及び考察

3.1 近傍音圧レベル

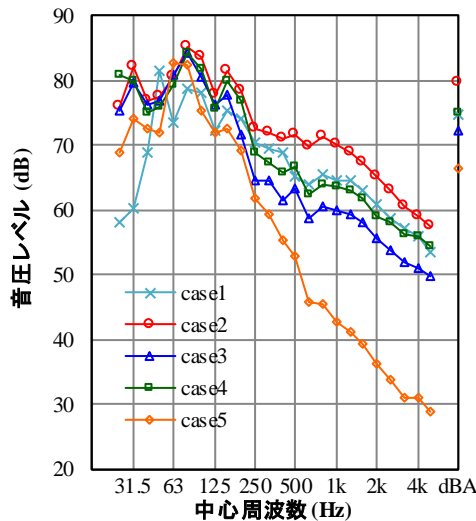
図-3(a)に S1 (天井裏), 図-3(b)に S2 (受音室) の音圧レベルを示す. 図-3(a)をみると, case1 (天井なし) の周波数特性が天井裏で囲まれた case2~4 と異なり, 空間の大きさの違いによる影響が表れている. 図-3(b)をみると, case1 に対して case2~6 の天井ありは 40 Hz 以上で減衰しており天井による遮音の効果が表れているが, case2~4 における 25, 31.5 Hz の逆転, 及び全 case における 50 Hz の大きな落ち込みは天井による遮音以外の囲まれた空間によるモードの影響が考えられる.

図-4 に図-3(b)から算出した case1 に対する case2~4 の低減量を示す. 63 Hz から周波数の増加に伴い低減量は概ね増加する傾向がみられ, 特に case3 (GW 積載) は高音域で大きな低減効果を示している. 低音域はいずれも低減量の差が小さく, その中で case4 (粒

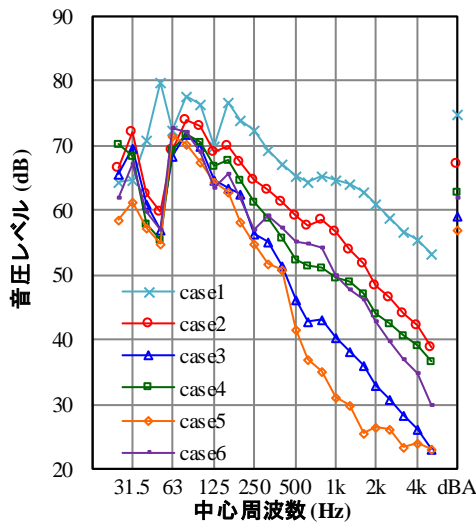
状材積載) は粒状材の天井制振効果が表れているが, その効果はわずかである.

図-5 に各条件における S1 (図-3(a)) から S2 (図-3(b)) を引いた音圧レベル差を示す. case2 と case4 は全帯域で同程度のレベル差となっており, 図-4 にみられるような差は確認されなかった.

図-6 に図-3(b)から算出した case2 に対する case5, 6 の低減量を示す. case5 (ファン, ダクトに GW 及び鉛巻き) は 315 Hz 以上の低減効果が顕著である. case6 (ファン, ダクトに鉛貼り) はいずれの帯域も 10 dB 以下の低減量となっている.



(a) S1 (天井裏)



(b) S2 (受音室)

図-3 音圧レベル

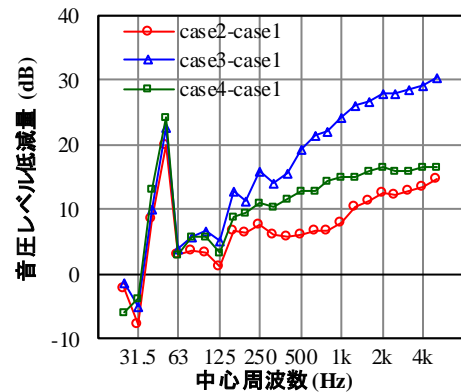


図-4 音圧レベル低減量 case1 に対して

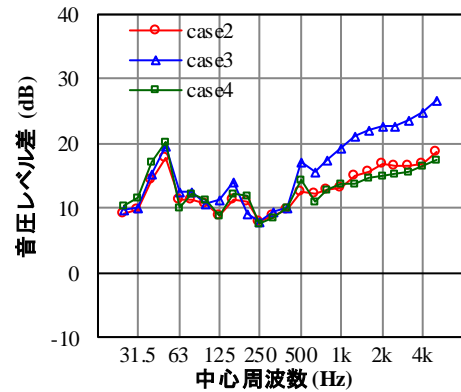


図-5 天井裏-受音室の音圧レベル差 (S1-S2)

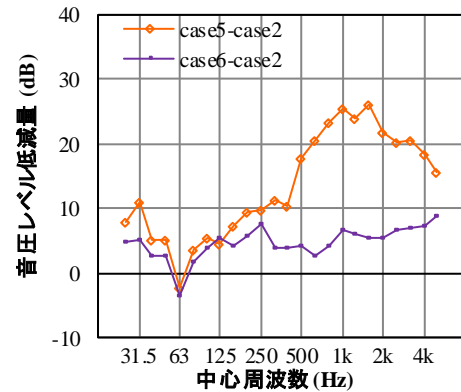


図-6 音圧レベル低減量 case2 に対して

3.2 振動加速度レベル

図-7 に case2~6 の天井中央における振動加速度レベルを示す。概ね図-3(b)の音圧レベルと対応するが、音圧レベルにみられるような 50 Hz の落ち込みはなく、振動では室のモードの影響はみられない。case4 (粒状材積載) の 50 Hz 以下のレベルが他と比べて大きく低減している。これは図-8 の case2 に対する振動加速度レベル低減量をみても顕著に表れており、粒状材は天井を制振することにより低音域の振動に関して大きな低減効果を発揮していると考えられる。case5 は音圧レベルと同様に高音域で大きな低減がみられ、天井の振動抑制にも効果があることが確認できた。

3.3 粒子速度レベル分布

case1~6 における 1/3 オクターブバンド周波数 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k Hz の粒子速度レベル分布を図-9 に示す。床から天井を見上げ、4 分割して測定したものを合成した図となっている。今回測定位置の粒子速度はダクトや天井表面の振動と対応している。

天井面の粒子速度レベル分布を示した case2~6 をみると、室におけるモードの発生により壁際の粒子速度レベルが小さくなる傾向が表れている。500 Hz で特に顕著であるが、点検口周囲で粒子速度レベルが大きくなっており、点検口隙間からの音漏れが確認できる。

case1 をみると、250 Hz 以上の周波数でファン付近の粒子速度レベルが大きくなっており、その部分の音の放射が大きくなっていることがわかる。それに対して 63, 125 Hz はダクト部分、特にファン吹き出し側の粒子速度レベルが大きく、低音域は気流による振動発生の影響が考えられる。500 Hz は既報¹⁴⁾の無響室測定ではダクト部分のレベルが小さくなっているのに対し、今回の天井設置測定ではファン、ダク

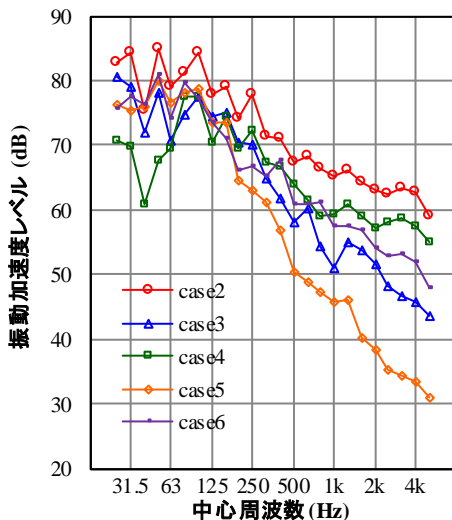


図-7 振動加速度レベル (V1)

ト全体にレベルが大きくなるといった違いが表れており、室の影響を受けているものと考えられる。

case2~6 の粒子速度レベルは、case1 に対して全体に下がっていることが確認できる。case3, case5 は case2 と比べて高音域になるほどレベルが小さくなり、この傾向は音圧レベル、振動加速度レベルと同様である。case4 は 63 Hz のレベルが大きく低減しており、振動加速度レベルと同様、粒状材の制振効果が表れた結果となっている。

4. おわりに

室の天井に設置されたファン及びダクトの発生音低減対策の効果について、実際の室の天井に施工して実験を行い、次の結論を得た。

1. 室は低音域に関してモードの影響があり、音圧レベルにも影響し、天井の遮音で低減できない周波数帯域が発生する可能性がある。
2. ダクトの保温材に遮音材を付加する対策は、中高音域の低減に有効である。
3. 天井に粒状材を積載する対策は天井の振動抑制に効果があるが、音圧レベル低減の効果は限定的であり、低音域はいずれの対策も発生音低減の効果小さい。居室の場合は音圧と振動が対応関係にないことが原因と考えられる。

今後、効果的な騒音低減対策について検討していきたい。

参考文献

- 1) 土屋,山内, ファン及びダクトの発生音に関する研究, ASJ2017 秋季研究発表会講演論文集, 2017
- 2) 土屋,山内, ファン及びダクトの発生音に関する実験的検討 その1 -無響室床置の騒音発生性状-, AIJ 大会学術講演梗概, 2017
- 3) 山内,土屋, ファン及びダクトの発生音に関する実験的検討 その2 -騒音低減対策の効果-, AIJ 大会学術講演梗概, 2017
- 4) 土屋,山内, ファン及びダクトの発生音に関する実験的検討, 戸田建設技術研究報告集 43 号, 2017.11
- 5) <http://www.toyo.co.jp/microflowm>

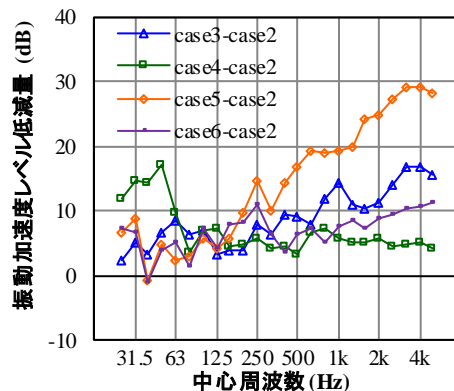


図-8 振動加速度レベル低減量 case2 に対して

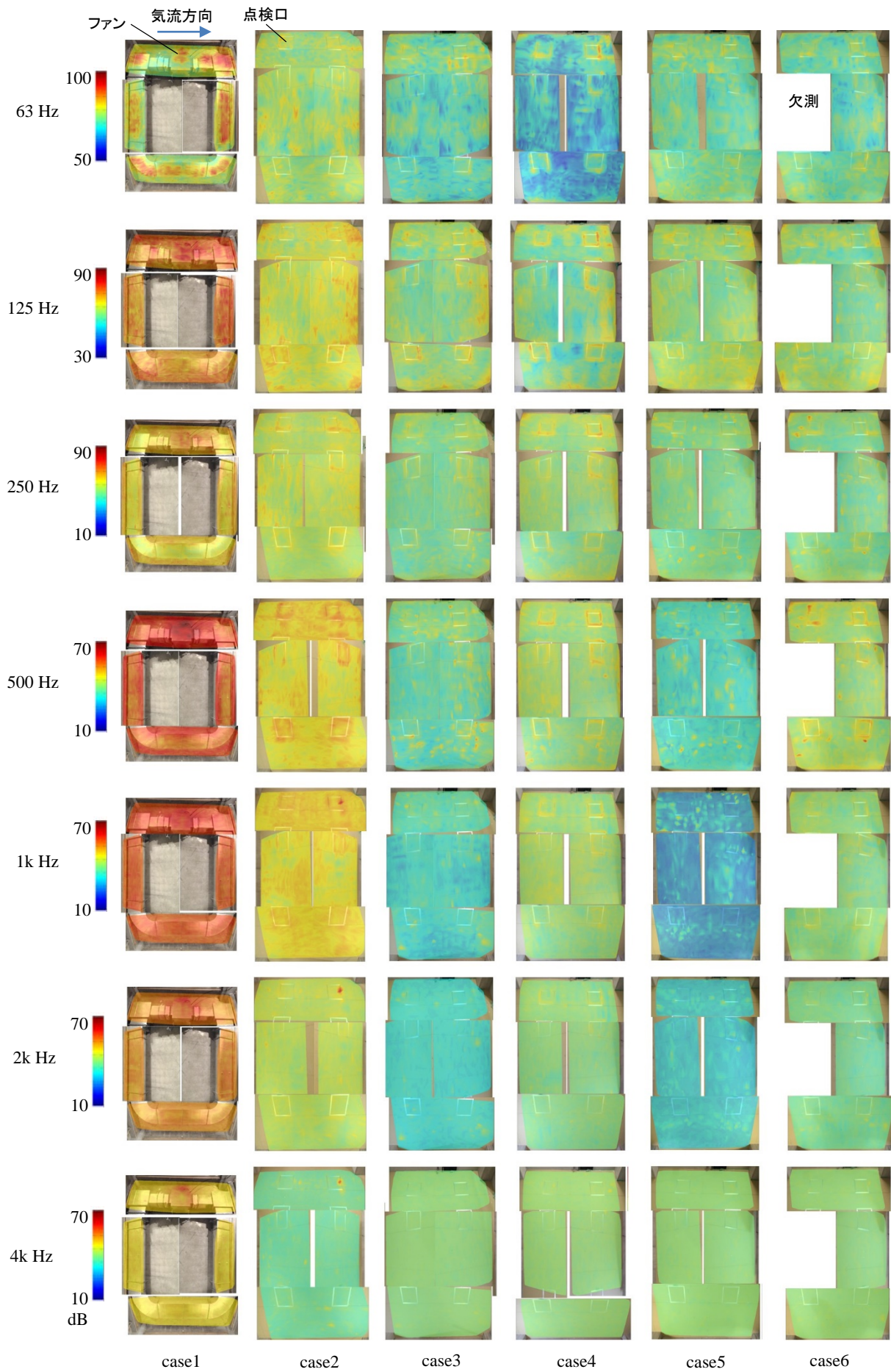


図-9 粒子速度レベル分布