

オフィス空間へのサウンドマスキングの適用に関する研究

Study on Application of Sound Masking Technique to Office Space

小林 秀彰 HIDEAKI KOBAYASHI

嶋田 泰 YASUSHI SHIMADA

赤尾 伸一 SHIN-ICHI AKAO

周囲に聞かれない会話や気になる音に、スピーカーから再生した音をかぶせることで聞こえにくくするサウンドマスキングをオフィス空間に適用するために、実際のオフィスの会議室と打合せスペースで聴感実験を行った。その結果、透過する会話の周波数特性の主帯域でのマスキング音とのレベル関係がマスキング効果に寄与することが示唆された。また会議室と打合せスペースでは透過する会話の傾向が異なるため、それぞれに適したマスキング音を検討する必要があることが分かった。

キーワード：サウンドマスキング，スピーチプライバシー，遮音性能，S/N

To apply the sound masking technique to the office space hearing impression examination was conducted in conference rooms and meeting space of actual office building. As a result, it was suggested that the level relation by a main band of the frequency response of the penetrating conversation contributes in the effect of masking. Because the tendency to the penetrating conversation in the conference room is different from that of in the meeting space, it is necessary to examine the masking sound that is appropriate for the place.

Key Words: Sound Masking, Speech Privacy, Sound Insulation Performance, Signal to Noise Ratio

1. はじめに

オフィスの音環境に関する要求として、会議や打合せの会話の内容を周辺の執務者に聞かれないといったスピーチプライバシーに関する要求と、周囲の音が気になって仕事に集中できないといった知的生産性に関する要求がある。これらは建築側で適切な遮音設計をすることが一般的であるが、制御したい音にスピーカーから再生した音をかぶせることで聞こえにくくするサウンドマスキングという手法も考えられる。このサウンドマスキングを会議室や打合せスペースに適用するには、マスキング効果が得られることに加えて、マスキング音自体が不快でないことの両面からの検討が必要になる。既往の研究^{1),2),3),4)}においては、実験室などを用いたシミュレーション空間による聴感実験が行われているが、実際の会議室や打合せスペースでの検討報告例は少ない。

本稿では、隣り合う空間から透過してくる会話に対するマスキングを考え、実際のオフィスの会議室と打合せスペースでマスキング音の付加によるマスキング効果と、マスキング音についての気になりやすさと好ましさ

について聴感実験を行った結果を報告する。

2. 会議室でのサウンドマスキング実験

(1) 実験条件

実験を行った会議室を図-1に示す。隣り合った2つの会議室の一方を音源室とし、会議における会話を想定して、マスキ（透過してくる会話）として男性アナウンスをスピーカー再生した。もう一方の受信室では2台のスピーカーからマスキ（マスキング音）を室内でほぼ均質になるように再生した。

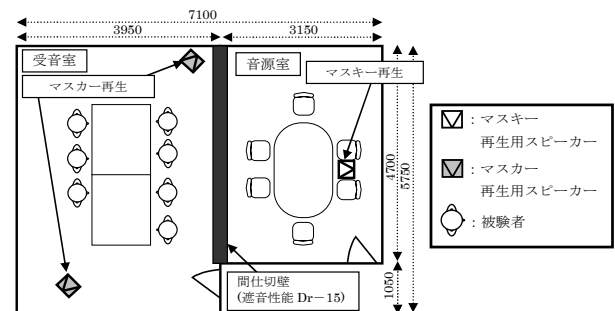


図-1 実験を行った会議室の条件

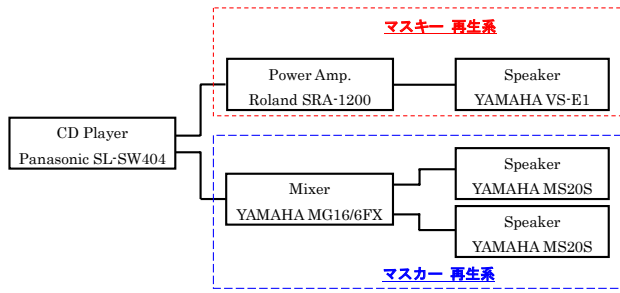


図-2 音場再生ブロックダイアグラム

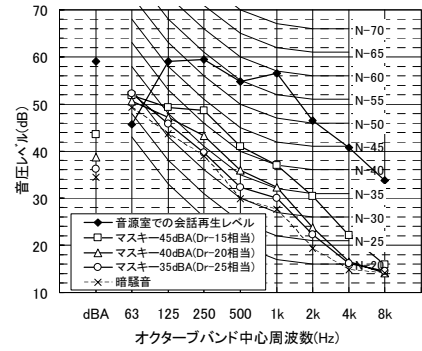


図-3 マスキ어의周波数特性(会議室実験)

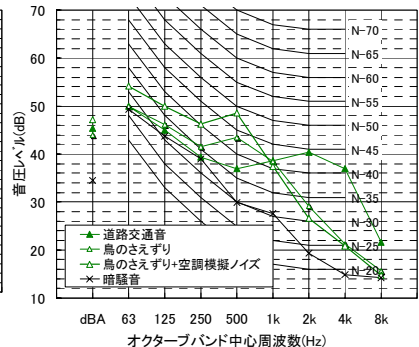
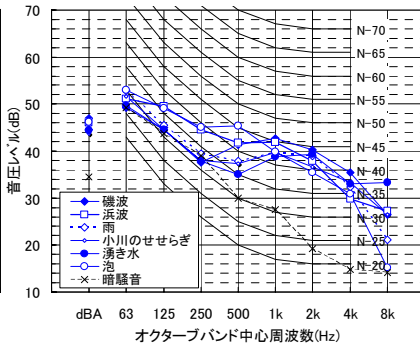
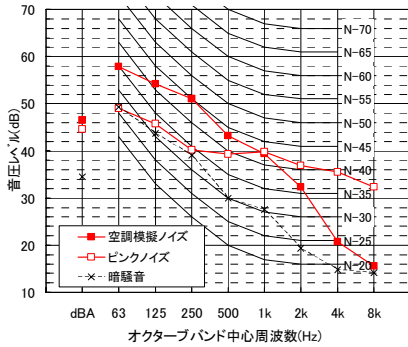


図-4 マスキ어의周波数特性

図-2 に音場再生ブロックダイアグラムを示す。マスクーとマスカーを、CD Player の Lch と Rch から同時に再生した。またマスカーは、2 つのスピーカーからモノラル再生した。

マスクーの提示レベルとしては、音源室での再生レベルを 5dBA ごとに変えることで、受音室内の被験者の位置で 35dBA, 40dBA, 45dBA (5 秒間の等価騒音レベル) の 3 パターンとなるように調整した。これは例えば音源室での会話が 60dBA の場合に、会議室間の遮音性能がそれぞれ Dr-25, Dr-20, Dr-15 程度の時の透過音レベルに相当する。図-3 に受音室内に透過してくるマスクーの周波数特性を示す。

図-4 にマスカーの周波数特性を示す。マスカーは、マスカーなしを含めて 12 種類とし、再生レベルは被験者の位置で 45dBA (5 秒間の等価騒音レベル) となるように調整した。なお会議室の暗騒音は 35dBA であった。

評価方法は評定尺度法を用いて、会議を行っている場面を想定して評価してもらった。マスクーの聞き取りにくさの評価は、音の提示時間を 30 秒とし、表-1 に示すとおり 5 段階で評価してもらった。マスカーの気になりやすさと好ましさの評価は、音の提示時間を 1 分間とし、表-2 に示すとおり 7 段階で評価してもらった。被験者は正常な聴力をもつ 20~40 代の会議経験のある社会人 7 名 (男性 6 名・女性 1 名) である。

実験パターンを表-3 に示す。

表-1 聞き取りにくさの評価用紙

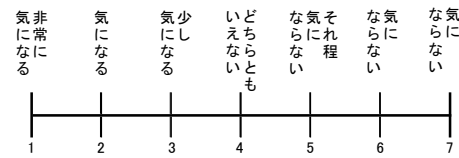
隣の部屋から男性の話声が漏れてきます。漏れてくる話し声の内容が、どの程度聞こえるかを下記に示すように、「1. 完全に会話が聞き取れ、理解できる」~「5. 会話をしていること自体、気が付かない」の5つのカテゴリで判断し、その該当する数字に○をつけてください。

- 完全に会話が聞き取れ、理解できる
- ほとんどの会話が聞き取れ、理解できる
- 会話中の単語が聞き取れる場合があるが、文全体は理解できない
- 会話をしているのはわかるが、単語が聞き取れない
- 会話をしていること自体、気が付かない

表-2 気になりやすさと好ましさの評価用紙

スピーカーからさまざまな音をお聞かせします。会議中、打合せ中を想定して、1つ1つの音についての印象を下記に示すように、7つのカテゴリで判断し、その該当する数字に○をつけてください。音の提示は約1分間です。15秒の間隔をおいて、次の音が流れます。その間に○をつけて下さい。評価は首尾一貫する必要はありません。

1つ1つの音についての「気になりやすさ」について下記に示すように、「1. 非常に気になる」~「7. 全く気にならない」の7つのカテゴリで判断し、その該当する数字に○をつけてください。



1つ1つの音についての「好ましさ」について下記に示すように、「1. 非常に好ましくない」~「7. 非常に好ましい」の7つのカテゴリで判断し、その該当する数字に○をつけてください。

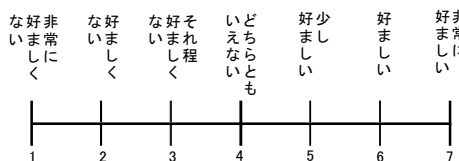


表-3 会議室での実験パターン

マスカー		マスカー
35dBA	Dr-25 相当	マスカー無し/空調模擬ノイズ/ピンクノイズ
40dBA	Dr-20 相当	磯波/浜波/雨/小川のせせらぎ/湧き水/泡
45dBA	Dr-15 相当	道路交通音/鳥のさえずり/鳥のさえずり+空調模擬ノイズ

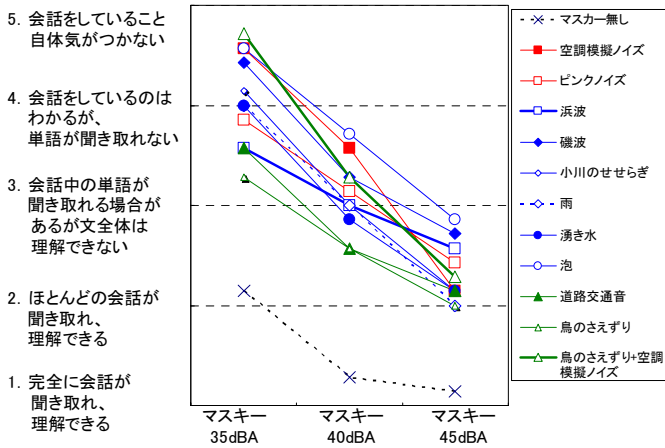


図-5 聞き取りにくさの評価結果

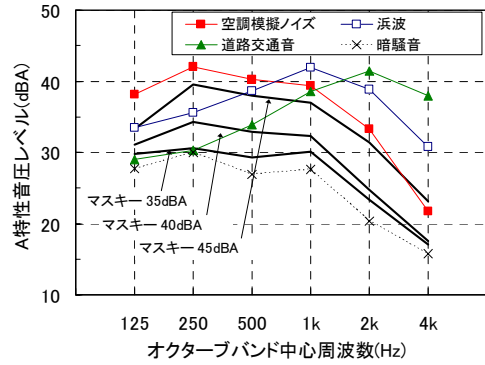


図-6 マスキーとマスカーの周波数帯域別 A 特性音圧レベルとの関係 (会議室の実験)

表-4 各周波数の S/N と評価結果との相関係数

相関係数 r	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
相関係数 r	-0.6	-0.69	-0.81	-0.85	-0.64	-0.49

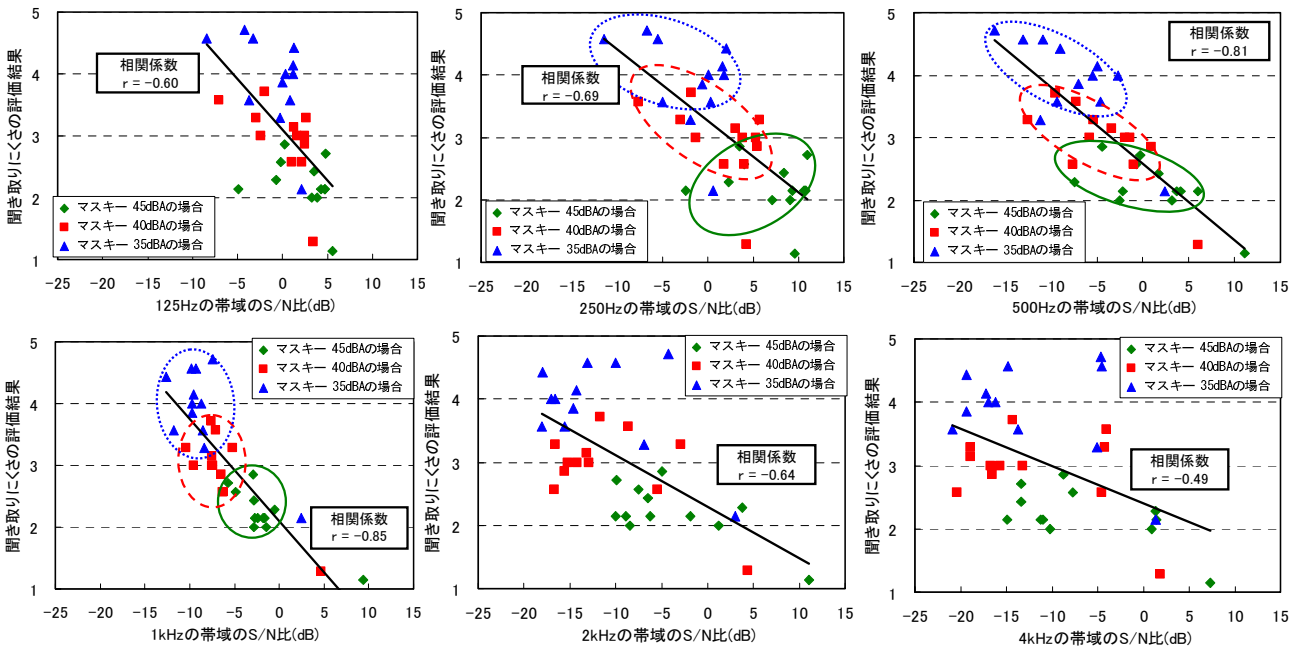


図-7 周波数帯域別の S/N と評価結果の相関関係

(2) 実験結果

a) 聞き取りにくさの評価

聞き取りにくさの評価結果を図-5 に示す。マスカーなしに比べて、マスカーを提示することで、評価が 1~2 ランク程度向上している。マスカーなしの場合でマスキーが 40 dBA, 45dBA では、「完全に会話聞き取れ、理解できる」と評価されるが、マスカーを提示した場合は評価の改善が見られることから、比較的遮音性能が低く、マスカーが大きい空間においても、サウンドマスキングの有効性が示唆された。また、マスカーの違いにより、マスキング効果に 1 ランク程度の幅があった。

聞き取りにくさの評価に与える影響因子を調べるために、マスキーとマスカーの周波数特性に着目し、周波数

帯域別 A 特性音圧レベルの関係の例を図-6 に示す。マスキーとマスカーのレベル差 (以降 S/N=【マスキー】-【マスカー】) に着目すると、マスキーの主帯域である 250Hz~1kHz において、評価の高い空調模擬ノイズや浜波は、評価の低い道路交通音よりも S/N が低い傾向にある。そこで周波数帯域ごとに、S/N と聞き取りにくさの評価との相関係数を算出した結果を表-4 と図-7 に示す。1kHz はマスカーの種類による S/N の差が小さいため判断はできないが、250Hz と 500Hz を見ると、全体的にはマスカーの種類による S/N が低いほど評価が高くなる傾向が見られることから、透過してくるマスキーの主帯域に対する S/N が、評価に寄与していることが示唆される。

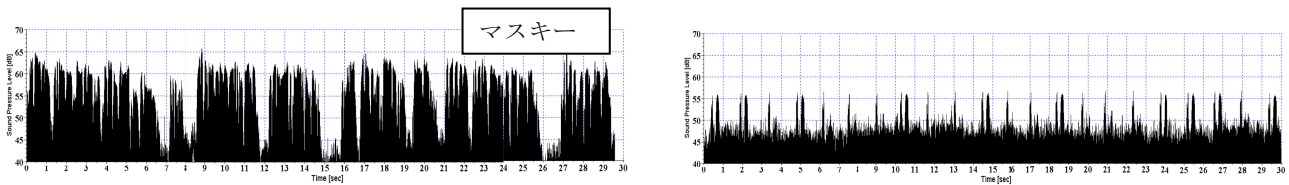


図-8 マスキーと鳥のさえずりの時間波形

次にマスキーとマスキューの時間軸上での関係性に着目し、マスキューの時間波形とマスキューの中で一番聞き取りにくさの評価が低かった鳥のさえずりの時間波形を図-8に示す。鳥のさえずりは他のマスキューと比較して間欠的なマスキューであり、マスキューの主帯域の S/N がある程度小さいにも関わらず、他のマスキューよりも聞き取りにくさの評価が低い。この原因として、マスキューを間欠的にしかマスキューできていないということが考えられる。

b) 気になりやすさ、好ましさの評価

マスキューの気になりやすさの評価結果を図-9に、好ましさの評価結果を図-10に示す。マスキューの種類によって、評価に2ランク程度の幅がある結果となった。

評価に関係する要因を探るために、時間上のレベル変動が定常的であり、同じ無意味騒音である空調模擬ノイズとピンクノイズを比較した結果、評価に差が生じている。この評価の差は、周波数特性(図-4)が異なることによるものと考えられる。

次に、周波数特性(図-4)がほぼ同程度である浜波と泡の2つを比較すると、評価に1ランク程度の差が生じている。このことから、評価には時間的なレベル変動や提示される時間間隔などの時間的な要素とも関係があることが考えられる。

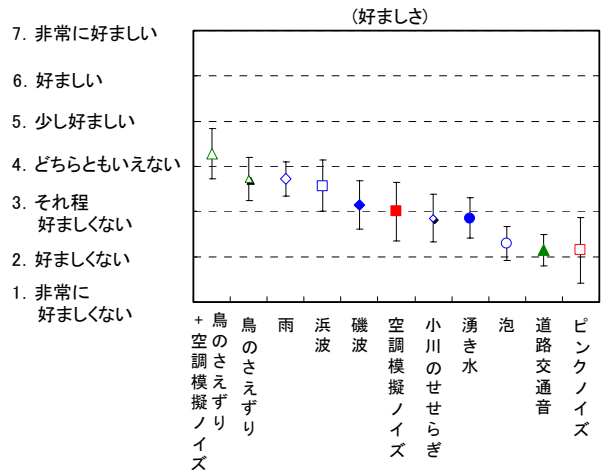


図-9 マスキューの気になりやすさの評価結果

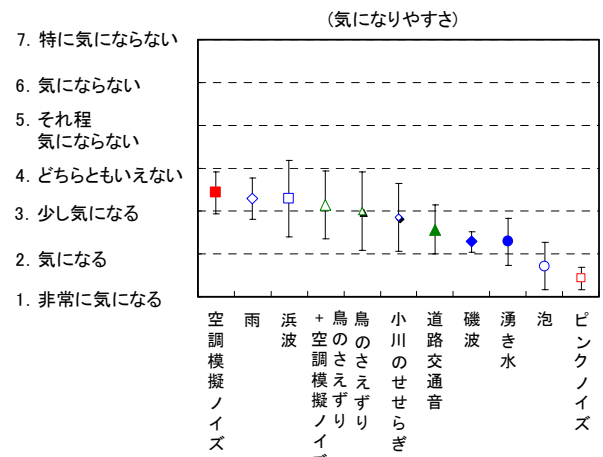


図-10 マスキューの好ましさの評価結果

3. 打合せコーナーでのサウンドマスキュー実験

(1) 実験条件

実験を行った打合せスペースの条件を図-11に示す。高さ1,500mmのパーティション越しに会話が聞こえてくるという想定で、マスキューとして男性アナウンスをスピーカーから提示した。マスキューとマスキューの再生方法と再生ブロックダイアグラムは、会議室での実験と同様である。

マスキューの提示レベルは、打合せを想定した会話のレベルの予備測定の結果から、スピーカーから1m離れて50dBA(5秒間の等価騒音レベル)に調整し、その結果、被験者の位置で40dBA(5秒間の等価騒音レベル)であった。マスキューの種類としてはマスキューなしを含めて5種類とし、それぞれ45dBA(5秒間の等価騒音レベル)に調整した。なお実験時の暗騒音は35dBAであった。評価方法は会議室での実験と同様で、マスキューの間

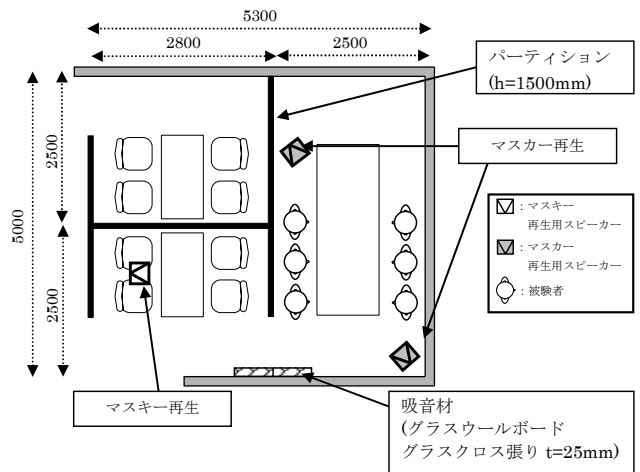


図-11 実験を行った打合せスペースの条件

聞き取りにくさを評価してもらった。被験者は正常な聴力をもつ20～50代の社会人12名（男性9名・女性3名）である。実験パターンを表-5に示す。

(2) 実験結果

a) 聞き取りにくさの評価

聞き取りにくさの評価結果を図-12に示す。マスキングを付加することで最大1ランクの評価の向上が見られた。また図-13で会議室での評価結果と比較したが、同じマスキングでも会議室と打合せスペースではマスキング効果が異なる結果となった。この原因を調べるために図-14に、打合せスペースと会議室でのマスキングとマスキングの周波数帯域別A特性音圧レベルの関係を示す。また周波数ごとのS/Nと評価との相関を算出した結果を表-6に示す。打合せスペースにおいて、マスキングの周波数特性は会議室に比べ、1kHz～4kHzのレベルもある程度大きくなっているが、その帯域でのS/Nが評価と相関が高い傾向にある。

このことから、透過してくるマスキングの主帯域に対するS/Nが評価に寄与していることが示唆され、前述の会議室での実験で得られた知見と同様であった。

4. まとめ

透過してくる会話の周波数特性に応じて、それぞれの主帯域でのマスキング音とのレベル関係が、マスキング効果に寄与することが示唆された。また、透過してくる会話に対するマスキング音の提示される時間幅や時間間隔などの時間軸上での関係も重要であることが考えられる。

また、マスキング音の気になりやすさと好ましさにについては、マスキング音の周波数特性、時間的なレベル変動、提示される時間間隔などの時間的な要素と関係すると考えられる。

本検討結果から、会議室とパーティションによる打合せスペースでは、透過してくる会話の傾向が異なることから、サウンドマスキングを導入する際には、それぞれに適したマスキング音の検討が必要であることが分かった。

表-5 打合せスペースでの実験パターン

マスキング	マスキング
40dB	マスキング無し/空調模擬ノイズ/磯波/浜波/小川のせせらぎ

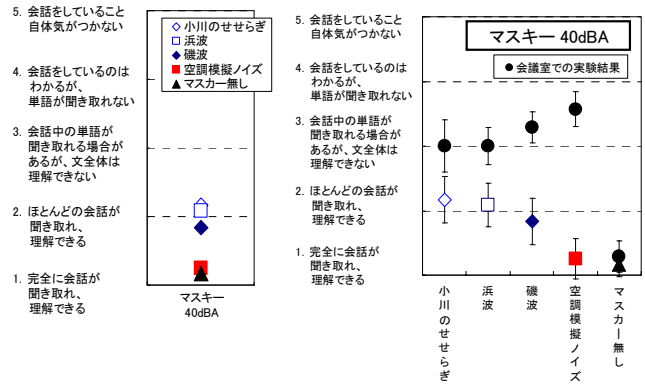


図-12 打合せスペースでの評価結果 図-13 打合せスペースと会議室の結果比較

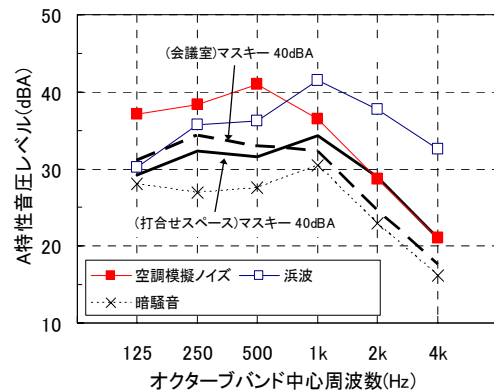


図-14 マスキングとマスキングの周波数帯域別A特性音圧レベルとの関係(打合せスペースの実験)

表-6 各周波数のS/Nと評価結果との相関(打合せスペース)

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
相関係数 r	0.5	-0.12	-0.02	-0.87	-0.92	-0.95

参考文献

- 1) 李ほか：マスキング効果における音響伝搬特性の影響に関する一検討 - 二つの室条件の比較 -, 騒音・振動研究会資料, 2009, N-2009-58
- 2) 小山ほか：調剤薬局におけるスピーチプライバシーの保護, 第66回音シンポジウム資料, 2009, pp.23-31
- 3) 井上ほか：オフィス空間におけるマスキングサウンドの評価に関する研究-その1 単音節明瞭度試験によるマスキング効果の調査-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993年9月, pp.269-270
- 4) 井上ほか：オフィス空間におけるマスキング・サウンドの評価に関する研究-その2 音環境制御手段としてのゆらぎ雑音の利用-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1994年9月, pp.1679-1680