3次元空間における評価点の移動を考慮した能動的音響制御*

池田 生馬^{*1}, 雫本 信哉^{*2}, 松田 浩一^{*2}
木庭 洋介^{*3}, 東 周彦^{*4}

Active Noise Control Assuming Quiet Zone Move

Ikuma IKEDA^{*5}, Shinya KIJIMOTO, Koichi MATSUDA,
Yosuke KOBAYASHI and Toshihiko HIGASHI^{*5} Department of Intelligent Machinery and Systems, Kyushu University,
744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 819-0395 Japan

Active noise control (ANC) in 3-dimensional sound field, e.g. an office room, is investigated in this paper. Since the size of the controlled area normally depends on the wave length of the target noise, it is difficult to control in the whole room using ANC technique. Instead, around-head-control is investigated in this paper. To realize the around-head-control, an evaluation point is required to correspond with the head movement while controlling. However, the evaluation point movement while controlling has not been considered in a conventional ANC. Against this problem, the new algorithm is proposed in this paper. The algorithm calculates filters as function of position by using a Time-Delay filter and a Distance-Attenuation coefficient. The Time-Delay filter and the Distance-Attenuation coefficient are calculated from the position of the evaluation point. Computer simulations with acoustic characteristics in an anechoic chamber and an ordinary room are carried out. The validity of the proposed algorithm is shown from these simulations.

Key Words: Noise Control, Adaptive Control, Digital Control, Filter, Identification, Direct Adaptive Algorithm, Moving Evaluation Point, Time-Delay, Distance-Attenuation

1. 緒 言

騒音は代表的な公害であり低減のための研究が多くなされている。騒音を低減させる手法として消音器や防音材などを用い騒音を減衰させる受動的音響制御と、音の干渉を利用し騒音を打ち消す能動的音響制御(Active Noise Control, ANC)がある。受動的音響制御は主に中・高音域、ANCは主に低音域において効果を発揮する⁽¹⁾。さらにANCは任意点における騒音低減が可能であるという特徴を持っている。しかし3次元空間内におけるANCでは、簡易な機器構成で空間全体を制御することは困難である。そこで人の近傍に誤差マイクを設置しその周囲を消音することを考える。

ANCの適応アルゴリズムとしてFiltered- x LMSアルゴリズム⁽²⁾が広く一般に用いられている。このアルゴリズムは簡単で非常に安定性が高く有用である。しかし制御音源から誤差マイクまでの音響特性(二次経路特性)を事前に同定し制御器内に組み込む必要があ

ることと、モデル化した二次経路特性を時不変として扱うため二次経路特性が変化しモデル化誤差が大きくなると制御が行えなくなるという実用上の問題がある。二次経路特性の変化を考慮していないので、人(評価点)が移動する場合にはFiltered- x LMSアルゴリズムでは制御を評価点の移動に追従させることができない。

佐野らによって提案された適応アルゴリズムである直接法(Direct Adaptive Algorithm, DAA)⁽³⁾は制御と同時に二次経路特性を適応的に同定する手法であり、評価点が移動する場合の二次経路特性の変化に追従することができる。ただしDAA内の適応フィルタの更新はLMSアルゴリズムで行われているため、LMSアルゴリズムの適応速度が高速ではないことにより移動中には制御効果が劣化し、移動終了後も適応に時間がかかるという問題があり、著者らはこの問題に取り組んでいる⁽⁴⁾。

評価点の移動に伴う制御効果の劣化に関して、飯田らによって1次元音場におけるANCで評価点が移動する場合に、時間遅れ分離法によってフィルタの更新を時間遅れ特性と主特性に分けて行うことで制御効果を出せることが報告されている⁽⁵⁾。同じく1次元音場におけるANCにおいて評価点が移動する場合に、松

* 原稿受付 2007年10月19日。

^{*1} 准員, 九州大学大学院工学府(☎ 819-0395 福岡市西区元岡744)。^{*2} 正員, 九州大学大学院工学府。^{*3} 正員, 九州大学大学院工学府。^{*4} 正員, (株)日立製作所(☎ 243-8510 厚木市恩名4-7-1)。

E-mail: ikuma@sky.mech.kyushu-u.ac.jp

久らによって伝達関数補間法が提案されており⁽⁶⁾, 制御効果を出すことに成功している. しかし時間遅れ分離法および伝達関数補間法はともに1次元音場についての検討であり, さらに事前の音響特性測定を必要とするので適用に制限がある.

そこで本論文では直接法と時間遅れ分離法を利用し, 3次元音場におけるANCにおいて評価点が移動する場合について検討を行う. 時間遅れ・距離減衰をフィルタの更新に用いることによって制御効果の劣化を抑制する方法を提案する. 直接法をベースにしているので, 本論文による手法は事前に二次経路特性を同定する必要がない. ただし評価点の位置情報が必要となるので, カメラ等の位置情報を取得するためのデバイスが必要となる.

2. 記号表

a_d	Distance-Attenuation coefficient
C	Adaptive filter in DAA
C_{opt}	Optimal filter coefficients of C
C_s	Enough convergent filter C at move start point
D	Adaptive filter in DAA
D_{opt}	Optimal filter coefficients of D
D_s	Enough convergent filter of D at move start point
e	Error signal
e_y	Control sound
e_1, e_2	Virtual error signal in DAA
EE	Estimation error
G	Secondary path characteristics
h	Time-Delay filter
k	Sampling time
K	Adaptive filter in DAA
K_{opt}	Optimal filter coefficients of K
K_s	Enough convergent filter of K at move start point
l	Distance between the evaluation point and the position of 2nd sound source
l_s	Distance between the move start point and the position of 2nd sound source
r	Reference signal vector
s	Output signal from adaptive filter K
V	Sound velocity
W	Primary path characteristics

W_{ref}	Acoustic characteristics from primary sound source to reference microphone
(x, y)	Position of the evaluation point
(x_s, y_s)	Position of the move start point
γ	Normalized step size parameter
μ	Weight coefficient

3. 直接法

図1に直接法のブロック線図を示す. 直接法は制御器内の仮想誤差信号 e_1, e_2 を最小にするように3つの適応フィルタ C, D, K をLMS アルゴリズムで更新することで実際の誤差信号 e_k を最小にするアルゴリズムである. K が制御中に二次経路特性 G を同定するので事前同定の必要がないという点で非常に有用である. G が変化する場合にも K が適応的に更新されるのでその変化に追従することができ, 制御を継続することができる.

しかし3つの適応フィルタがLMS アルゴリズムで更新されるため更新速度がそれほど高速ではないことから, G が比較的高速で変化する場合には制御効果が劣化するという問題がある. つまり人の近傍に誤差マ

Fig. 1 Block diagram of Direct Adaptive Algorithm

Fig. 2 Measuring arrangement in anechoic chamber

イクを設置し人の周辺を消音するシステムにおいて、人が移動を行う場合には移動中に制御効果が劣化するということになる。この問題を解決するために、音響特性測定を行い、その後測定した音響特性から最適なフィルタを同定する。そして最適フィルタの特徴から評価点が移動する際に用いる妥当な更新方法を検討する。

4. 音響特性測定および最適フィルタ同定

4.1 無響室における測定および同定 無響室内に図2のように機器を配置し音響特性測定を行う。図中には座標系の設定も記載した。0.4m×0.4mの対象領域内において0.02m間隔の格子状に測定点を21×21点設定する。各測定点において一次音源から測定点までの音響特性(一次経路特性)、二次経路特性をFIRフィルタとして近似し、適応同定により測定する。測定条件を表1に示す。その後、評価点が移動する場合にどのような更新を行うことが妥当であるかを検討するために制御系の最適な特性 C_{opt} 、 D_{opt} 、 K_{opt} を同定する。この最適特性の同定は測定した音響特性を用いた制御シミュレーションを行うことで実施する。シミュレーション条件を表2に示す。表2中のDAA-SAMとは第5章で述べるステップサイズ自動調整法を適用した直接法を指す。

Table 1 Conditions of identifying acoustic characteristics

Temperature [K]	297 ~ 300
Used algorithm	Normalized LMS
Step size [-]	0.01
Sampling frequency [kHz]	10
Filter length [-]	512
Measuring time [s]	30
Input signal	white noise
Position of identified point [m]	(0.02m 0.02n), $m, n = 0, 1, \dots, 20$

Table 2 Conditions of identifying optimal controller characteristics

Temperature [K]	297
Step size of DAA-SAM [-]	100
Sampling frequency [kHz]	10
Filter length of adaptive filters [-]	256
Identifying time [s]	15
Input signal	white noise (up to 4 kHz)

一次経路特性 W 、二次経路特性 G 、最適な制御系の特性 C_{opt} 、 D_{opt} 、 K_{opt} の例を図3～図7に示す。ただし W および G は512長、 C_{opt} 、 D_{opt} 、 K_{opt} は256長で測定・同定を行ったが、100サンプル以降は比較的振幅も小さく、各測定点における差異もほぼ見られない

Fig. 3 A result of measuring primary path characteristics W in an anechoic chamber

Fig. 4 A result of measuring secondary path characteristics G in an anechoic chamber

Fig. 5 A result of identifying optimal controller characteristics C_{opt} in an anechoic chamber

ので100サンプルまで表示している。 C_{opt} , D_{opt} , K_{opt} の同定結果から測定点の座標が変化すると、時間遅れと振幅の変化が見られることが分かる。これは W , G に、測定点が変化することによる時間遅れと減衰の影響が現れるためである。この時間遅れと減衰は音源からの距離によって幾何学的に決まる時間遅れと距離減衰に由来するものであると考えられる。

4.2 一般的な部屋における測定および同定 無響室での測定・同定によって得られた時間遅れと距離減衰の特徴が一般的な室内でどの程度見られるかを確認するために、無響室で行ったのと同様に一般的な室内での音響特性測定および制御系の最適特性同定を行う。幅3.5m×奥行き6.2m×高さ2.6mの室内において机の上に0.4m×0.4mの測定領域を設定し測定を行った。配置図を図8に示し、測定時の写真を図9に示す。測定条件および制御系の最適特性同定の条件は、表1および表2と同様にする。

一般的な部屋における一次経路特性 W 、二次経路特性 G 、制御系の最適な特性 C_{opt} , D_{opt} , K_{opt} の例を図

10～図14に示す。ただし無響室におけるものと同様、100サンプルまでの表示にしている。残響のある一般的な部屋における W , G は自由音場と見なせる無響室におけるものと違い、フィルタ係数の高次にまで比較的大きな値が見られる。しかし測定・同定結果には無響室における結果と同様に時間遅れと減衰がある程度見られる。適応フィルタの更新にこれらの特徴を利用するために時間遅れと距離減衰を考慮する方法を提案する。

Fig. 8 Measuring arrangement in an ordinary room [m]

Fig. 6 A result of identifying optimal controller characteristics D_{opt} in an anechoic chamber

Fig. 7 A result of identifying optimal controller characteristics K_{opt} in an anechoic chamber

Fig. 9 Measurement in an ordinary room

Fig. 10 A result of measuring primary path characteristics W in an ordinary room

5. 幾何学的調整法

DAAの各フィルタの更新に用いられているLMSアルゴリズムは定常な状態を前提として導出されているので⁽⁷⁾, 評価点が移動する場合に十分な追従性を発揮することができないものと考えられる。

Fig. 11 A result of measuring secondary path characteristics G in an ordinary room

Fig. 12 A result of identifying optimal controller characteristics C_{opt} in an ordinary room

Fig. 13 A result of identifying optimal controller characteristics D_{opt} in an ordinary room

そこで4章であげた音響特性の特徴である距離減衰と時間遅れの変化を利用した更新を行うことを考える。時間遅れと距離減衰を各音源, 参照マイク, 移動開始点, 評価点それぞれの位置から幾何学的に求める。式(1)に幾何学的調整法のフィルタ更新式を示す。右辺第一項は位置の関数であり, 移動開始点で十分に収束しているフィルタ C_s, D_s, K_s に移動開始点と評価点の間の時間遅れ差から計算される時間遅れフィルタ h によって時間遅れを表現し, 距離減衰から計算される距離減衰係数 a_d を掛けることによって距離減衰を表現する。右辺第二項は時間の関数であり, DAAの更新式である。式(1)において γ はステップサイズパラメータ, e_1, e_2 はともに仮想誤差信号, s はフィルタ K の出力ベクトル, r は入力信号ベクトル, u は制御出力ベクトルである。

$$\left. \begin{aligned} C_{k+1} &= a_{dC}(x, y) (C_s * h_{C(x, y)}) - 2\gamma C_k e_{2k} s_k \\ D_{k+1} &= a_{dD}(x, y) (D_s * h_{D(x, y)}) - 2\gamma D_k e_{1k} r_k \\ K_{k+1} &= a_{dK}(x, y) (K_s * h_{K(x, y)}) + 2\gamma K_k e_{1k} u_k \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ただしステップサイズは著者らが提案する式(2)で表されるステップサイズ自動調整法 (Step-Size Auto-Adjust Method, SAM) によって求める⁽⁸⁾。ここで, μ は重み係数であり任意の定数である。

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{Ck} &= \frac{\mu_C}{\|r_k\|^2 + \mu_C \|s_k\|^2} \\ \gamma_{Dk} &= \frac{\mu_D}{\|r_k\|^2 + \mu_D \|r_k\|^2 + \mu_K \|u_k\|^2} \\ \gamma_{Kk} &= \frac{\mu_K}{\|r_k\|^2 + \mu_D \|r_k\|^2 + \mu_K \|u_k\|^2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

以下の5.1節および5.2節で, 3つの適応フィルタに

Fig. 14 A result of identifying optimal controller characteristics K_{opt} in an ordinary room

適用する時間遅れフィルタと距離減衰による係数を求める方法について述べる。時間遅れと距離減衰の算出にあたって、騒音は音源が比較的遠方にあることから、簡単のため x 方向に進行する平面波と仮定し、制御音は比較的近傍にあるので球面波とする。さらに二次音源座標を (x_2, y_2) 、評価点座標を (x, y) とする。

5.1 距離減衰係数 移動開始点から評価点までの距離減衰による係数 a_d を求める。騒音は平面波を仮定しているため距離減衰は考慮する必要がなく、制御音は球面波を仮定しているため距離減衰は逆2乗則に従うものとする⁽⁹⁾。制御音源から移動開始点までの距離 l_s と制御音源から評価点までの距離 l を求めるとそれぞれ式 (3)、式 (4) となる。

$$l_s = \sqrt{(x_s - x_2)^2 + (y_s - y_2)^2} \quad (3)$$

$$l = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \quad (4)$$

DAA のブロック線図 (図 1) から 3 つの適応フィルタの最適値 C_{opt} , D_{opt} , K_{opt} は式 (5) である。

$$\left. \begin{aligned} C_{opt} &= -\frac{W}{W_{ref}G} \\ D_{opt} &= -\frac{W}{W_{ref}} \\ K_{opt} &= G \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式 (3)~(5) から、それぞれのフィルタに考慮する距離減衰による係数は式 (6) で求められる。

$$\left. \begin{aligned} a_{dC} &= \frac{l}{l_s} \\ a_{dD} &= 1 \\ a_{dK} &= \frac{l_s}{l} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

5.2 時間遅れフィルタ 移動開始点で十分収束したフィルタに、移動開始点と評価点の時間遅れ差を畳み込むことで時間遅れの変化を表現する。 W と G および W_{ref} の幾何学的時間遅れを t_1, t_2, t_{ref} とすると C_{opt} , D_{opt} , K_{opt} の時間遅れ t_C, t_D, t_K は式 (5) から、式 (7) で表される。

$$\left. \begin{aligned} t_C &= (t_1 - t_{ref}) - t_2 \\ t_D &= (t_1 - t_{ref}) \\ t_K &= t_2 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

移動開始点と評価点の時間遅れの差をとり、音速 V を用いると時間遅れ差は式 (8) となる。

$$\left. \begin{aligned} \Delta t_C &= \frac{(x - x_s) - (l - l_s)}{V} \\ \Delta t_D &= \frac{x - x_s}{V} \\ \Delta t_K &= \frac{l - l_s}{V} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

式 (8) から時間遅れ差の算出には参照マイクと一次音源の座標に依存しないことが分かる。これは騒音を平面波と仮定しているためである。この時間遅れの差から移動開始点でのフィルタに畳み込む時間遅れフィルタを式 (9) で求める。

$$\left. \begin{aligned} h_C &= IFFT\{\exp(-j\omega\Delta t_C)\} \\ h_D &= IFFT\{\exp(-j\omega\Delta t_D)\} \\ h_K &= IFFT\{\exp(-j\omega\Delta t_K)\} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

6. 移動シミュレーション

6.1 幾何学的調整法による制御 評価点が移動する場合における幾何学的調整法の有効性をシミュレーションによって確認する。シミュレーション条件を表 3 に示す。評価点の移動は、制御対象者が座った姿勢で頭部を動かす程度の動きを想定する。そこで評価点の移動を図 15 に示すように、シミュレーション開始から 10 秒経過後に点 (0.0 0.2) から点 (0.4 0.2) へ 0.2m/s で 1 次元的に移動するものとした。制御効果を表す指標

Table 3 Conditions of ANC simulations

Temperature [K]	297
Step size of DAA-SAM [-]	100
Sampling frequency [kHz]	10
Filter length of adaptive filters [-]	256
Input signal	white noise (up to 4 kHz)

Fig. 15 A condition of movement

として

$$EE = 10 \log_{10} \left(\frac{e_k^2}{y_k^2} \right) \quad (10)$$

で表される推定誤差を用いている。ここで e_k は誤差信号、 y_k は所望信号である。また平滑化のために e_k^2 と y_k^2 のそれぞれの 512 点平均から推定誤差を算出している。

シミュレーション結果を図 16 に示す。比較対象として DAA-SAM による制御結果も示している。図 16 から、DAA-SAM では移動開始直後に制御効果が大きく劣化しているが、幾何学的調整法による制御では制御効果の劣化を抑制できていることが分かる。これはこの方法の妥当性を示している。しかし移動中に徐々に制御効果が劣化することも確認できる。これは時間遅れと距離減衰だけでは徐々に誤差が大きくなっていくことが原因だと考えられる。移動終了後には DAA-SAM では収束までに時間がかかっているが、幾何学的調整法では高速に収束していることが分かる。この理由として DAA-SAM による更新よりも幾何学的調整法による更新では、移動終了後に 3 つの適応フィルタが最適値により近くなっていることが考えられる。

以上のことから評価点が移動する場合に、フィルタの更新に幾何学的特徴を考慮することで制御効果の劣化を抑制できることが分かった。しかし移動開始点から評価点が離れるにつれて徐々に劣化を抑制できなくなることが問題である。原因としてゲイン特性の調整が距離減衰を考慮するだけでは十分でないことが考えられる。これを解決するために移動に伴って徐々に精度を高めていくシステムが必要となる。

Fig. 16 Comparison of simulation results controlled by DAA-SAM, Geometrical-Adjustment or Filter-Map in anechoic chamber

6.2 フィルタマップによる制御 時間遅れと距離減衰を考慮するだけでは、評価点の移動中に制御効果を維持することが難しいことが 6.1 節のシミュレーション結果で示された。そこでゲイン特性の精度を徐々に高めていく方法を提案する。対象領域を格子状に分割し、格子点におけるフィルタを幾何学的調整法を用いて更新・保存する。評価点が移動する際には、評価点近傍の 4 点に保存してあるフィルタを線形補間することによって評価点位置でのフィルタを計算し制御を行う。このフィルタマップの更新を適切に行うことでマップの精度を高めることができる。

フィルタマップによる制御の有効性をシミュレーションで確認する。シミュレーション条件はフィルタ更新の条件以外は表 3 と同様にする。格子点 (m, n) のフィルタは式 (11) で更新される。

$$\left. \begin{aligned} C_{(m, n)} &= a_{dC} (C_k * h_C) \\ D_{(m, n)} &= a_{dD} (D_k * h_D) \\ K_{(m, n)} &= a_{dK} (K_k * h_K) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

ここでは対象領域を 0.02m 間隔の格子状に分割しフィルタマップを作成した。

図 16 にシミュレーション結果を示す。1 回の移動では、幾何学的調整法と同じ効果を得られることが分かる。適切にフィルタマップを更新することによってさらに制御効果を向上させることが出来るものと考えられる。

6.3 通常の部屋への適用 幾何学的調整法およびフィルタマップによる制御を一般的な部屋における ANC に適用した場合の制御効果をシミュレーションによって確認する。結果を図 17 に示す。ただし音響特性以外の条件は表 3 と同一とした。全体的に制御効果が低いのは、一般的な部屋では参照マイク信号と誤差マイク信号のコヒーレンスが良くないためである。コヒーレンス悪化の原因は空調から発生する音などの外乱による影響と考えられる。

無響室でのシミュレーション結果と同じく、幾何学的調整法およびフィルタマップによる制御では評価点の移動開始直後の制御効果の著しい劣化を抑制できていることが分かる。しかし移動終了直前には騒音が悪化するという結果になっている。この原因として通常の部屋では無響室よりも音の反射などの影響で大きく音響特性が変化することが考えられる。この問題に対して、フィルタマップをうまく更新すれば移動中にも制御効果を維持できる可能性がある。

ただしフィルタマップによる制御方法を適用する際

の問題点として、評価点の位置を取得するためのデバイスが必要であること、“フィルタ長×保存するフィルタ数×節点数”のメモリを確保すること、マップをサンプリング時間内に更新することが必要になることがあげられる。特にメモリと計算時間の問題のために、このままでは広い空間を対象とした実装が困難であることが予想される。今後、使用メモリ量と計算量を軽減するための方法を検討する必要がある。

7. 結 言

本論文では直接法による3次元空間内の能動的音響制御において、評価点が移動する場合に制御効果の劣化を抑制するための手法を検討した。

まずフィルタの適切な更新方法を検討するために無響室内および一般的な室内で $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ の対象領域の音響特性を詳細に測定した。その後、各測定点における最適なフィルタをシミュレーションによって同定した。これらの結果から、フィルタの更新に、騒音と制御音の時間遅れおよび距離減衰の変化を考慮することが妥当であることを示した。

次に、評価点位置を取得できるという前提で距離減衰と時間遅れを考慮したフィルタの更新式を定式化し、この幾何学的調整法を適用したシミュレーションを行った。その結果、幾何学的調整法は評価点の移動による制御効果の劣化を抑制できていることが分かった。一方で、評価点が移動開始点から離れるにしたがって制御効果の劣化が見られることも明らかになった。この傾向は一般的な室内において顕著であった。この原因は時間遅れと距離減衰を考慮するだけでは誤差が徐々

に大きくなっていくためであると考えられる。

この問題に対して、移動に伴い徐々に精度を高める方法としてフィルタマップによる制御方法を提案した。1回の移動では、無響室と一般的な室内の双方において、幾何学的調整法と同等の効果を得ることができることがシミュレーションによって確認された。

今後、フィルタマップの更新方法について検討を行う。また現在の方法ではフィルタマップにフィルタ係数自体を保存しているために、対象領域が広範囲になるとメモリの使用量と計算時間が増大することが予想される。これらの問題に関して、さらに検討を行う必要がある。

文 献

- (1) Committee of Techniques and Lows for Pollution Prevention, “New Techniques and Lows for Pollution Prevention 2007 [Noise and Vibration] (in Japanese)”, Japan Environmental Management Association For Industry, Maruzen Publishing Division, 2007
- (2) Simon Haykin, “Adaptive Filter Theory”, Prentice-Hall, Inc. A Simon & Scuster Company, 1996
- (3) Khono, T., Ohta, Y. and Sano, A., “Adaptive Active Noise Control Algorithm without Explicit Identification of Secondary Path Dynamics”, *The Transactions of The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers A*, vol. J86-A, No. 1, pp. 9–18, 2003
- (4) Ikeda, I., Kanemitsu, Y., Kijimoto, S., Matsuda, K., Higashi, T. and Koba, Y., “Simulations for Speeding Up the Adaptive Algorithm on Active Noise Control”, *Proceedings of 12th Asia Pacific Vibration Conference*, G17-3-4 CD-ROM, 2007
- (5) Iida, H., Nakazawa, M., and Koike, S., “Active Noise Control of a Moving Evaluation Point in One Dimensional Acoustic Field (3rd Report, Proposal of Time-delay Separation Method in the Secondary Path Identification)”, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. C*, 72-714 (2006-2), pp. 402–408, 2006
- (6) Tomonao, O., Hiroshi, M., Hideo, U. and Jeong Gyu, P., “Active Noise Control for a Moving Evaluation Point Using Transfer Function Interpolation”, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. C*, 71-710 (2005-10), pp. 2904–2911, 2005
- (7) Iiguni, Y., “Adaptive Signal Processing Algorithm (in Japanese)”, Baifukan, 2000
- (8) Koba, Y., Kijimoto, S., Ikeda, I., Koichi, M. and Higashi, T., “Active Noise Control Using Step Size Auto Adjust Method”, *Dynamics and Design Conference 2007*, No.319 CD-ROM, 2007
- (9) Suzuki, S., Nishimura, M., Kijimoto, S. and Minorikawa, G., “Mechanical Acoustical Engineering (in Japanese)”, CORONA PUBLISHING CO., LTD., 2004

Fig. 17 Comparison of simulation results controlled by DAA-SAM, Geometrical-Adjustment or Filter-Map in ordinary room