

演奏音の最適残響レベル：無響室録音音源と電子残響を用いた、音源信号の特徴量と、残響の最適ミキシングレベルの関係の考察

入交，英雄

<https://doi.org/10.15017/1398377>

出版情報：九州大学，2013，博士（芸術工学），課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済



氏名・(本籍・国籍)	いりまじり ひでお 入 交 英 雄 (奈良県)
学位の種類	博士(芸術工学)
学位記番号	芸博甲第154号
学位授与の日付	平成25年7月31日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 芸術工学府 芸術工学専攻
学位論文題目	演奏音の最適残響レベル —無響室録音音源と電子残響を用いた、音源信号の特徴量と、残響の最適ミキシング レベルの関係の考察—
論文調査委員	(主 査) 教 授 岩 宮 眞一郎 (副 査) 教 授 白 石 君 男 准教授 尾 本 章

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、最適な残響とは何かというテーマにおいて、録音における残響の最適ミキシングレベルを明らかにすることを目的とした。

録音における、良い残響とは、録音家や演奏家に委ねられた主観的要素だけで決まると考えられていたが、最適な残響の量は、楽曲の特徴と、残響時間、再生音量との間に、普遍的な関係があり、それらは、残響量の決定に関わる客観的要素であることが判ってきた。それら要素の関係を調べるため、無響室録音のオーケストラ楽曲音源、独奏器楽曲音源、小さなアンサンブル楽曲音源などの音源について、残響時間、音源の再生レベルを変えながら、録音エンジニアと学生中心の一般聴取者の2群の実験参加者に対し、残響音を調整法によって、最も適していると感じるレベルに調整させた。最適と感じる残響音のレベルを残響の最適ミキシングレベルと定義し、各要素との関係を調べた結果、残響の物理的な要素である、残響時間、刺激音源の再生レベルに加え、楽曲に起因する音の性質が変化すると、残響の最適ミキシングレベルも変化することが判った。

残響の最適ミキシングレベルに影響する楽曲の特徴を調べたところ、音量変化の激しい楽曲ほど残響を感じやすい傾向が示された。楽曲の演奏中に、楽曲自らの音が、自らの楽曲に付帯している残響音をマスクするために残響の聴こえが変化するという、D. Griesinger の唱えた動的残響のラウドネスが、楽曲によって異なることに原因があると考えられる。

ある音響信号の音量変化部分に着目し、その信号に残響を附加すると、信号成分の音量が急激に小さくなる部分では、残響音の音量は残響時間に応じた勾配で減衰するため、元の信号に対して相対的に残響音のラウドネスが増え、残響音が聴こえやすくなる。つまり、楽曲の信号エンベロープと、楽曲の信号へ残響に相当する減衰を適用した、仮想残響エンベロープとの差分が、マスクングされずに残余した残響成分に該当し、この例では残余残響成分が大きいと考えられる。

そこで、楽曲音源の信号パワーと、楽曲音源の信号へ仮想残響エンベロープを適用した仮想残響の信号パワーとの比を、楽曲音源の特徴量、すなわちエンベロープ指数 (E 値) として定義した。種々の無響室録音のオーケストラ楽曲に電子残響を付加する条件で、E 値と残響の最適ミキシングレベルとの関係を調査した結果、両者には高い相関関係が認められた。しかし、この関係は同種楽曲の時、すなわち同じオーケストラ楽曲間や同じソロ楽器間の時に成立するが、異種楽曲間では成立しないことも判った。

異種楽曲間の特徴は、スペクトル構造にあると考え、楽曲信号の $1/12\text{oct.}$ バンドパワーを求め、その標準偏差をスペクトル標準偏差と定義したところ、この特徴量により楽曲種が分離できた。そこで、E 値とスペクトル標準偏差の積の対数を ES 値として定義したところ、異種楽曲音源を含む場合でも ES 値と残響の最適ミキシングレベルに大きな相関関係が認められた。一方、残響音の物

理的側面を考察すると、異なる残響時間の残響を付加して、残響音を最も好ましいレベルにミキシングするとき、残響時間が2倍になる度に、残響の最適ミキシングレベルが約6dBずつ減少することが判った。これは、残響のパワーの平方根と残響時間の対数は、負の比例関係を持つことを意味する。また、再生レベルが、残響の最適ミキシングレベルに影響を与えることが判った。その影響度は、聴取者が、録音エンジニアと一般聴取者との場合で異なるが、再生レベル1dBの変化に対し、残響の最適ミキシングレベルが、およそ0.1~0.4dB程度、変化することが判った。

これらを総合すると、残響の最適ミキシングレベルは、残響時間、再生レベル、E値、スペクトル標準偏差の各々に負の相関を持ち、電子残響プログラムの残響時間、楽曲の無響室録音に相当するE値、及びスペクトル標準偏差を知ることができれば、残響の最適ミキシングレベルは次式で推定できるものと考えられる。

$$L_{pm} = A - \beta \cdot \log_{10}(E_2(20) \times s_{spectrum}) - \gamma \cdot \log_{10}(Tr) + \delta \cdot L_{rp} \quad (\text{dB})$$

但し	L_{pm}	: 残響の最適ミキシングレベル
	$E_2(20)$: 仮想残響時間2秒、算出用セグメント長20msのときのE値
	$s_{spectrum}$: スペクトル標準偏差 100~12.5kHzの1/12oct.バンド分析による バンドレベルの標準偏差
	Tr	: 残響時間
	L_{rp}	: 基準再生レベルに対する再生レベルの差
	A, β, γ, δ	: 実験によって求められる常数

以上より、残響の最適ミキシングレベルは、楽曲の特徴量としてE値とスペクトル標準偏差を導入することにより、楽曲毎に残響時間と再生レベルの関数で表せることが示唆された。

論文審査の結果の要旨

本論文では、最適な残響録音の条件を求めるために、まったく残響が含まれていない無響室録音の音楽再生音に対して、電子的に残響を加える量を自ら調整して合わせるという実験結果に基づき、最適な残響レベルを予測可能なモデルの構築を行っている。本研究を遂行するにあたっては、適切な研究指導を行った。

無響室録音のオーケストラ楽曲音源、独奏器楽曲音源、小さなアンサンブル楽曲などについて、残響時間、音源の再生レベルを変化させ、残響音を調整法によって、最も適していると感じるレベルに調整させた。最適と感じる残響音のレベルを測定し、残響時間、刺激音源の再生レベルに加え、楽曲の特徴に起因する音響特性音の性質が残響の最適ミキシングレベルに影響することが示された。

残響の最適ミキシングレベルに影響する楽曲の特徴を調べたところ、音量変化の激しい楽曲ほど残響を感じやすい傾向が示された。演奏音自体が付加した残響音をマスクするために残響の聴こえが変化するという、D. Griesingerの唱えた動的残響のラウドネスが、楽曲によって異なることに原因があると考えられる。そこで、楽曲音源の信号パワーと、楽曲音源の信号へ仮想残響エンベロープを適用した仮想残響の信号パワーとの比を、楽曲音源の特徴量、すなわちエンベロープ指数(E値)が残響の最適ミキシングレベルと関連すると考えた。種々の無響室録音のオーケストラ楽曲に電子残響を付加する条件で、E値と残響の最適ミキシングレベルとの関係を調査した結果、両者には高い相関関係が認められた。しかし、この関係は同種楽曲の時、すなわち同じオーケストラ楽曲間や同じソロ楽器間の時に成立するが、異種楽曲間では成立しないことも判った。

異種楽曲間の特徴は、スペクトル構造にあると考え、楽曲信号の1/12oct.バンドパワーを求め、そ

の標準偏差をスペクトル標準偏差と定義したところ、この特徴量により楽曲の違いが分離できた。そこで、E 値とスペクトル標準偏差の積の対数をES 値として定義したところ、異種楽曲音源を含む場合でもES 値と残響の最適ミキシングレベルに大きな相関関係が認められた。

さらに、残響音時間を変化させて残響の最適ミキシングレベル測定実験を行い、残響時間が2 倍になる度に、残響の最適ミキシングレベルが約6dB ずつ減少することを示した。これは、残響のパワーの平方根と残響時間の対数は、負の比例関係を持つことを意味する。

また、再生音圧レベルを変化させて残響の最適ミキシングレベル測定実験を行い、再生音圧レベルが残響の最適ミキシングレベルに影響を与えることを示した。その影響度は、聴取者が、再生レベル1dB の変化に対し、残響の最適ミキシングレベルが、およそ0.1~0.4dB 程度変化する程度である。

これらの知見を総合すると、残響の最適ミキシングレベルは、残響時間、再生音圧レベル、E 値、スペクトル標準偏差の影響を受ける。残響時間、再生音圧レベル、楽曲の無響室録音に相当するE値、及びスペクトル標準偏差を知ることができれば、残響の最適ミキシングレベルを推定できる。本研究では、結論として、残響の最適ミキシングレベルを推定を提案している。

本研究において、残響の最適ミキシングレベルに関して体系的な知見を示せたことは、音楽演奏に対する人間の嗜好を解明する上で有意義であり、録音の実務にも活かしうるものと期待される。学位審査を厳正に実施した結果、本論文が博士（芸術工学）の学位授与に値するものと認める。