

# メインマイクの物理的な設置パラメータと音質の関係について

## *Relation between Physical Parameter of a Main Microphone and Sound Quality*

長江 和哉 *Kazuya Nagae*  
(音楽学部)

### 要約

オーケストラ収録における、程よい響きと演奏のニュアンスを表現する A-B 方式におけるメインマイクの物理的な設置パラメータを検討するために、数種類のメインマイクを設置して同一の演奏をマルチトラック収録し、マイクと音源の位置関係と、再生音場における音源の定位や音質との関係を一対比較による主観評価実験によって検証した。

主観評価実験の結果は「シェッフエの一対比較法」を用いて、メインマイクの物理的設定と聴取者の音楽に対する印象：「明瞭感」「硬さ」「定位感」「好み」との関係性を分析した。

実験からそれぞれのメインマイクの評価語ごとの平均尺度値の比較を行った結果、A-B 方式の 2 本マイク間の距離を大きくしたほうが、明瞭度は下がり、音質が柔らかくなるが、定位は良くなる傾向が認められた。この結果は、再生信号の L-R 間の位相 (Correlation) との対応関係が見られた。また、マイクの開き角は、開いた方の明瞭度が高くなり、音質が硬くなり、さらに定位が良くなる傾向にあった。この結果は、再生信号の周波数特性 (FFT Analysis) との対応関係が見られた。

### 1. はじめに

#### 1.1 本研究の目的

本研究は、ステレオ収録におけるメインマイクの中で、個々の楽器の場所や、空間の状態を鮮明に捕えることができる A-B 方式 [1] について、マイク間距離、マイク開き角、マイク高さ (以下メインマイクの設置パラメータと呼ぶ) が、人の聴こえ方にどのような影響を与えるかを解明することを目的とする。

A-B 方式は、2 本の無指向性マイクを使用し、ステレオ再生時の音源定位は、音源より発せられる音波が 2 本のマイクへ到着する際に生ずる時間差によって得られる。再生音の音質について、音源の距離感や広がり感の表現は良い反面、定位は不安定 [2] であるため、実際の収録では A-B 方式のメインマイクだけではなく、各楽器の定位や質感を補強するスポットマイクを付加することが多い。

本研究は、A-B 方式におけるメインマイクの設置パラメータと、メインマイクと音源の位置関係が、ステレオ再生時の音源定位や音質に与える影響について検証し、オーケストラのステレオ録音を行うための基礎資料とすることを目的としている。

## 2. 収録実験

### 2.1 収録実験の概要

オーケストラ収録におけるメインマイクの役割は、各楽器の響きや、定位感、距離感など、適切な演奏空間を収録することにある。

メインマイクの位置を検討するにあたり、メインマイクの設置パラメータの要素が多くなりすぎないように、メインマイクの位置はオーケストラのフロントラインから 1m 後方の指揮者頭上とし、比較する設置パラメータはマイク間隔・マイク開き角・マイク高さとした。

収録は、実験 A、B、C の音源用に 3 回に分けて行い、オーケストラのライブ収録のリハーサル時にメインマイクの各々の設置パラメータを一つに限定し収録した。

実験 A) マイク間距離を変化させた収録実験  
2011 年 4 月 23 日 中部フィルハーモニー交響楽団  
小牧市市民会館 大ホール

実験 B) マイク開き角を変化させた収録実験  
2011 年 1 月 23 日 飛騨高山ヴィルトーゾオーケストラ  
飛騨・世界生活文化センター 飛騨芸術堂

実験 C) マイク高さを変化させた収録実験  
2010 年 10 月 28 日 名古屋芸術大学オーケストラ  
愛知芸術文化センター・コンサートホール

### 2.2 マイクアレンジについて

メインマイクは、オーケストラ録音に頻繁に用いられる DPA4006 に統一した。また、メインマイクのみでの評価だけではなく、完成された録音作品についても評価できるよう、弦楽、木管、打楽器のスポットマイクと、アンビエンスマイクを加え合計 24 トラックを 96kHz/24bit でマルチ収録した。

### 2.3 無指向性マイクの高域の指向性について

無指向性マイクは、実際の製品に可聴周波数全てに無指向性となるものは無く、多くの製品で 5kHz 以上の高域に指向性があり、その特性が各製品の個性となっている。Fig2.1 は、DPA4006 の指向性である。

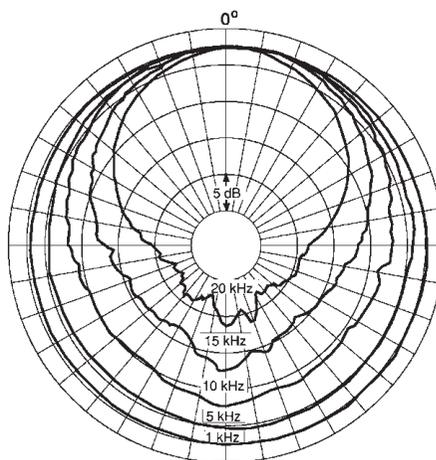


Fig2.1 Directional characteristics of DPA 4006 (DD0251)

本実験ではマイクの開き角についても検証を行うため、DPA4006 の高域の指向性についてピンクノイズ音源による 0° 45° 90° 135° 180° の各角度における周波数特性を測定した。また、音源からの距離の違いによる周波数特性の変化を調べるために音源からの距離  $x$  を 1m・2m・3m に変化させ測定した。尚、測定場所は名古屋芸術大学スタジオ 1、ピンクノイズ音源の再生スピーカーには GENELEC1030 を用い、測定地点で 85db SPL になるよう調整した。(Fig2.2、Photo 2.1)

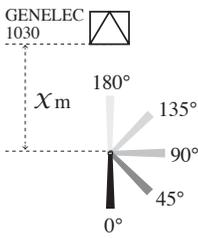


Fig.2.2 Polar Experiment



Photo2.1 4006 & 1030

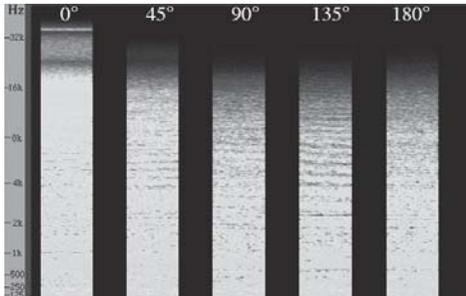


Fig.2.3 Frequency response of DPA4006  $X=1m$

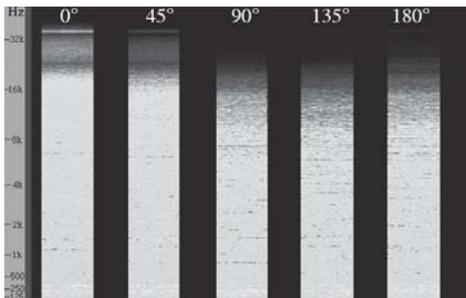


Fig.2.4 Frequency response of DPA4006  $X= 2m$

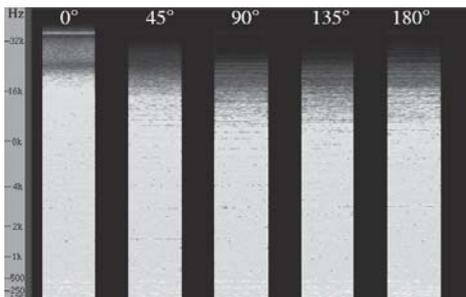


Fig.2.5 Frequency response of DPA4006  $X= 3m$   
(濃色ほどレベルが高く、薄色ほどレベルが低い)

測定の結果Fig.2.3～2.5のとおりDPA4006には8kHz以上の高域に、明確な指向性を持っていることが確認できた。また、音源からの距離が異なる場合も指向性は同様の傾向であった。

このことから本実験のメインマイクは、オーケストラの中で重要な役割を担う弦楽器の音色の明るさを表す10kHz周辺帯域を全方向について均一に収録できるようにするため、2本のマイクの合成指向性をもっとも円に近くなるよう、開き角をFig.2.6に示すように90°とした。

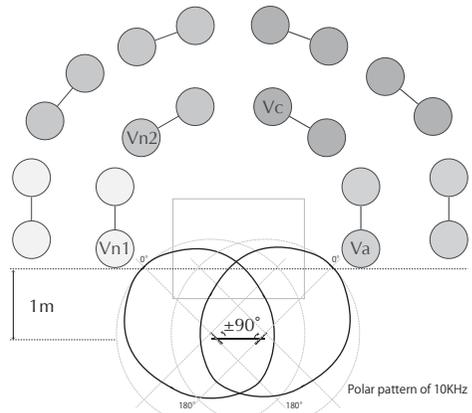


Fig.2.6 Layout of Main Microphone

### 3. 収録実験の詳細

実験 A) メインマイクの設置パラメータのうちマイク間距離を変化させた収録実験

#### 3.1.1 収録場所

収録は愛知県小牧市に立地する小牧市市民会館で行った。(Photo.3.1) このホールは1971年に開館した舞台幅19m、奥行き14.4m、収容定員1334名の多目的ホールである。2009年に拡散効果を重視した室内音響改修を行い、コンサートホールに近

い音環境となった。残響は客席空席時 2.1 秒、客席満席時 1.6 秒である。[3]



Photo3.1 Komaki City Hall

### 3.1.2 演奏と収録曲

2011 年 4 月 23 日 (日) に行われた、秋山和慶氏指揮・中部フィルハーモニー交響楽団 設立 10 周年記念「第 21 回定期演奏会」のリハーサル時に収録を行った。収録曲は以下であった。

- ・交響曲第 1 番 ハ短調 作品 68 ブラームス  
Symphony No. 1, in C minor Op. 68 Johannes Brahms

主観評価実験に用いた部分は四楽章のエンディング 24 小節間であり、Tutti でフォルテシモの部分であった。

### 3.1.3 楽器配置

Fig3.1 は収録時の楽器配置図である。編成は弦楽 14/12/8/7/6、Fl.2/Ob.2/Cl.2/Fg.3/Hn.4/Tp.2/Tb.3/Timp であった。

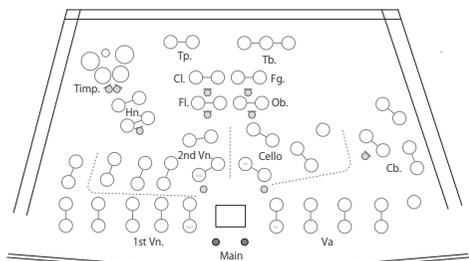


Fig3.1 Stage Layout of Experiment A

### 3.1.4 メインマイク

Fig3.2 はメインマイクの配置図である。オーケストラのフロントラインから 1m、高さ 300cm に、マイク間距離 30cm、60cm、100cm の 3 種類のメインマイクを設置した。

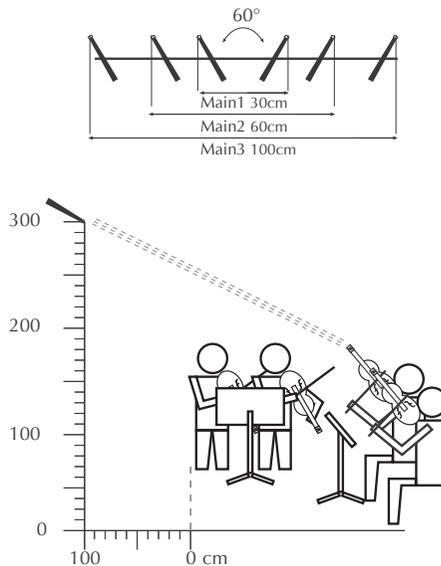


Fig3.2 Main microphone layout of Experiment A

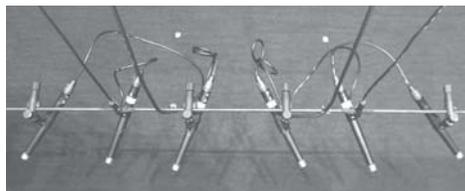


Photo3.2 Main microphone of Experiment A



Photo3.3 Main microphone layout of Experiment A

実験 B) メインマイクの設置パラメータのうちマイク開き角を変化させた収録実験

3.2.1 収録場所

収録は岐阜県高山市に立地する飛騨・世界生活文化センター・飛騨芸術堂で行った。(Photo3.4) このホールは2001年に開館した舞台幅13m、奥行き11m 収容定員500名の多目的ホールである。木をふんだんに用いた内装により、柔らかめに響く反響音を得られる空間である。



Photo3.4 Hida Geijutsudou

3.2.2 演奏と収録曲

2011年1月23日(日)に行われた、飛騨高山ヴィルトーゾオーケストラコンサート2011のリハーサル時に収録を行った。収録曲は以下であった。

・ 展覧会の絵 ムソルグスキー 編曲 / 酒井格  
 Pictures at an Exhibition Modest Mussorgsky  
 arranged by Itaru Sakai

この曲は、ムソルグスキーの「展覧会の絵」を酒井格氏が飛騨高山ヴィルトーゾオーケストラのために新たに編曲した楽曲である。小編成ながら、打楽器を大胆に取り入れた斬新なアレンジであり、色彩豊かな表情を持ったすばらしい編曲であった。

主観評価実験に用いた部分は、弦楽とウッドブロックによる「卵の殻をつけた雛の踊り」の部分であった。

3.2.3 楽器配置

Fig3.3は収録時の楽器配置図である。編成は弦楽 3/3/2/2/1 と Fl1/Ob1/Cl1/Fgl/Hn2/Tp2/Tb1/Tuba1/Per4であった。

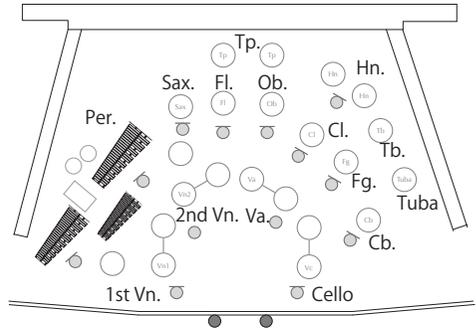


Fig3.3 Stage Layout of Experiment B

3.2.4 メインマイク

Fig3.4はメインマイクの配置図である。オーケストラのフロントラインから1m、高さ300cmに3種類のメインマイクを設置した。また、マイクの開き角は、0°、90°、140°とした。マイクの軸は90°の位置のみ弦楽器に向けた。

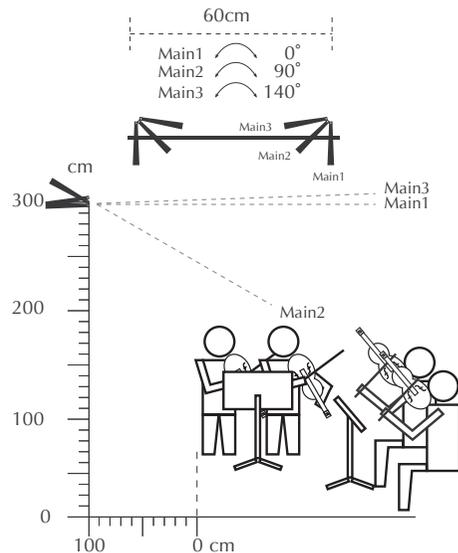


Fig3.4 Main microphone layout of Experiment B



バランスよく収録できるように、2nd Vn. と Vla. の第一プラトを狙った。

Photo3.8 は実際のメインマイクの設定である。

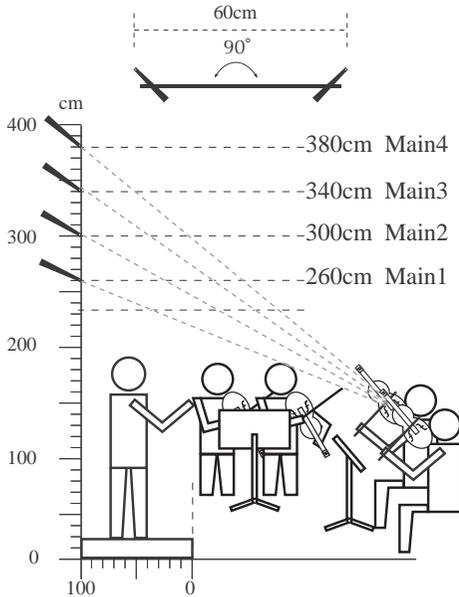


Fig3.6 Main microphone layout of Experiment C



Photo3.8 Main microphone layout of Experiment C

## 4. 主観評価実験

### 4.1 主観評価実験について

各メインマイクによって録音された音源が試聴者にどのような心理印象を想起させるかを調査するため、2011年8月から9月にかけて主観評価実験を行った。

### 4.2 音刺激

実験に用いた音刺激は、各々の実験について3個ずつで、それぞれマイク間距離、マイク開き角、マイク高さのパラメータを3段階に変えた。また、各音源の長さは、約20秒とした。

実験 A) マイク間距離	30cm	60cm	100cm
実験 B) マイク開き角	0°	90°	140°
実験 C) マイク高さ	260cm	300cm	340cm

### 4.3 手法

実験の分析には、「シェッフエ(H. Scheffé)の対比較法、浦の変法」を用いた。また、本実験は一人ずつステレオスピーカに正対して行った。

### 4.4 評価に用いた形容詞対

各実験とも以下の4つの評価語について評価させた。

1. 明瞭さ
2. 固さ
3. 定位感
4. 好み

被験者には、次の教示を与えた。

- この聴き比べでは、1 間につき 2 つの音を聴いて頂き、1 つ目に聴いた音に対して、2 つ目に聴いた音の印象がどうかをお答え頂きます。各問いに対して、あてはまる語句を○で囲んで下さい。
- 最初に聴いた音にくらべ後の音の方が、
    - 2 明瞭でない
    - 1 やや明瞭でない
    - 0 どちらともいえない
    - 1 やや明瞭である
    - 2 明瞭である
  - 最初に聴いた音にくらべ後の音の方が、
    - 2 柔らかい
    - 1 やや柔らかい
    - 0 どちらともいえない
    - 1 やや硬い
    - 2 硬い
  - 最初に聴いた音にくらべ後の音の方が、楽器の位置が
    - 2 はっきりしていない
    - 1 ややはっきりしていない
    - 0 どちらともいえない
    - 1 ややはっきりしている
    - 2 はっきりしている=2
  - 最初に聴いた音にくらべ後の音の方が、(好み)
    - 2 好ましくない
    - 1 やや好ましくない
    - 0 どちらともいえない
    - 1 やや好ましい
    - 2 好ましい

#### 4.5 再生環境

実験は、名古屋芸術大学音楽学部スタジオの 2 つのコントロールルームで行った。スピーカーと試聴者の設置パラメータは、L-R スピーカー間 1.8m を底辺とした正三角形とし、スピーカーは 60° 内振りとした。また、再生する際のスピーカー音量は、ピンクノイズ -20dBFS=0VU=80dB SPL/ch となるようアンプの音量を調整した。使用したスピーカーは以下であった。

名古屋芸術大学 Studio CR1 GENELEC 1030  
 名古屋芸術大学 Studio CR2 KRK VXT4

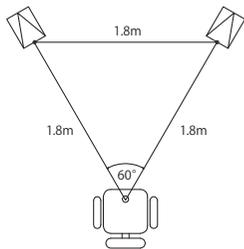


Fig 4.1 Loudspeaker set up

#### 4.6 被験者

被験者は、計 15 人、年齢は、19 歳から 44 歳(平均 26 歳)、男女比は 10 対 5 であった。尚、被験者の内訳は、音楽大学でクラシック音楽の演奏を学んだ方が 6 名と、学生 9 人であった。

#### 5. 実験結果

実験で得られた結果から、評価語ごとの平均尺度値を図に示す。(縦棒は 95% 信頼区間、緑丸は有意差のあったペアを表す。)

##### 5.1.1 実験 A メインマイクの設置パラメータ マイク間距離 実験結果

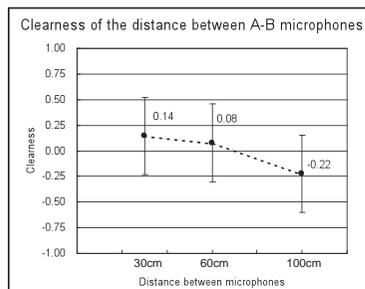


Fig 5.1 マイク間距離と明瞭度の尺度値の関係

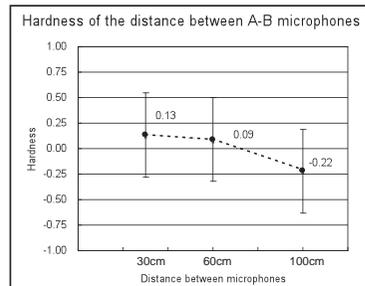


Fig 5.2 マイク間距離と硬さの尺度値の関係

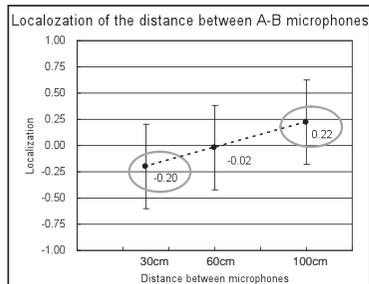


Fig 5.3 マイク間距離と定位感の尺度値の関係

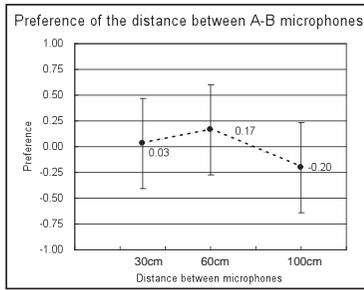


Fig 5.4 マイク間距離と好みの尺度値の関係

### 5.1.2 実験 A 分析結果

マイク間距離 30cm と 100cm の場合についてのみ、100cm の方の定位が良いという結果が 5% 危険率で認められた。他の場合には有意差は認められなかったが、下記の傾向があった。

- ・明瞭度はマイク間距離が近い程、良い傾向となる。
- ・音の硬さはマイク間距離が近い程、硬い傾向となる。
- ・マイク間距離 100cm の明瞭度は低い音質は柔らかく評価された。
- ・定位はマイク間距離が近い程、良い傾向となる。
- ・嗜好度はマイク間距離 60cm が好まれる傾向となる

### 5.2.1 実験 B メインマイクの設置パラメータ マイク開き角実験結果

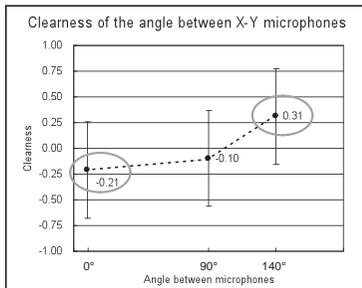


Fig 5.5 マイク開き角と明瞭度の尺度値の関係

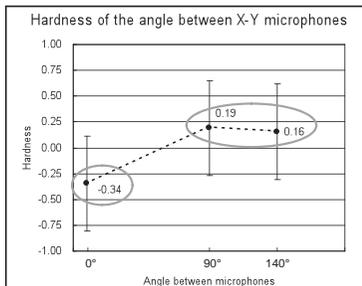


Fig 5.6 マイク開き角と硬さの尺度値の関係

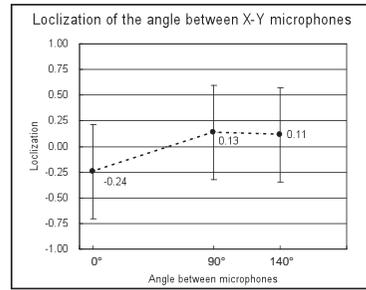


Fig 5.7 マイク開き角と定位感の尺度値の関係

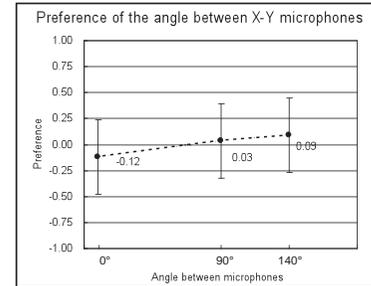


Fig 5.8 マイク開き角と好みの尺度値の関係

### 5.2.2 実験 B 分析結果

マイク間開き角が 140° とそれ以外の場合、140° の方の明瞭度が高い。マイク間開き角が 0° とそれ以外の場合、0° の方が音の硬さが硬くないという結果が 5% 危険率で認められた。他の場合には有意差は認められなかったが、下記の傾向があった。

- ・マイク間開き角が 0° の方が定位が悪い傾向にある。
- ・嗜好度は開き角による有意差がなかった。

### 5.3.1 実験 C メインマイクの設置パラメータ マイク高さ実験結果

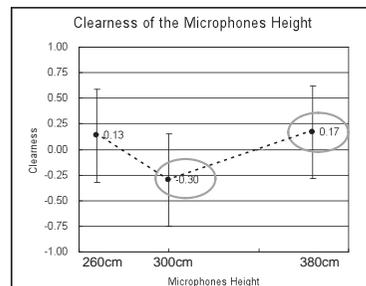


Fig 5.9 マイク高さと同瞭度の尺度値の関係

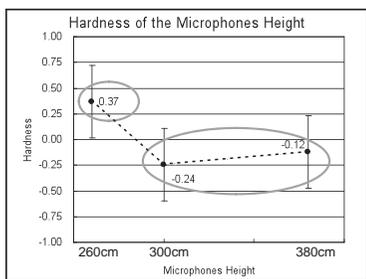


Fig 5.10 マイク高さと硬さの尺度値の関係

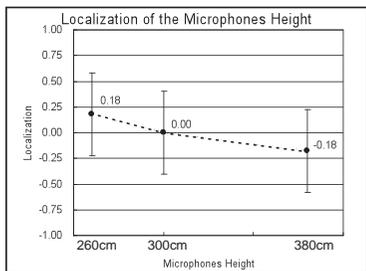


Fig 5.11 マイク高さと定位の尺度値の関係

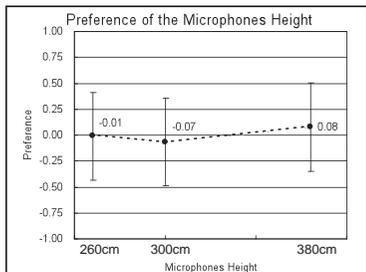


Fig 5.12 マイク高さと好みの尺度値の関係

### 5.3.2 実験 C 分析結果

マイク高さが 300cm のとき、それ以外の場合よりも明瞭度が悪く、マイク高さが 260cm のとき、それ以外の場合よりも音が硬くないという結果が 5% 危険率で認められた。他の場合には有意差は認められなかったが、下記の傾向があった。

- ・ 定位はマイク高さが低い方が良い傾向にある。
- ・ 嗜好度はマイク高さによる有意差がなかった。
- ・ 明瞭度は 260cm と 380cm の評価が高くマイクの高さは、高いほど明瞭度が低いと想像していたので意外であった。
- ・ 音質も同様に 260cm が固く、次いで 380cm が固く評価された。

## 5.4 考察

### 1) マイク間距離について

マイク間距離を大きくしたほうが、明瞭度は下がり、音質が柔らかくなるが、定位は良くなる傾向が認められた。

3つの中では 60cm の嗜好度が高く、マイク間距離は大きすぎても小さすぎても適当でないことが示唆された。

嗜好度では、60cm の評価が高く、100cm の評価が低かったと判断されているが、一般にマイク間距離を離しすぎると再生時のステレオ空間が表現できなくなり、いわゆる中抜けという現象を引き起こすことが知られており、ちょうど良いマイク間距離が存在すると考えらおり、その影響が嗜好度の判断に現れると推察される。

Fig4.5 は、主観評価実験に用いた音源のフォルテシモの強拍部分の位相を計測したものである。

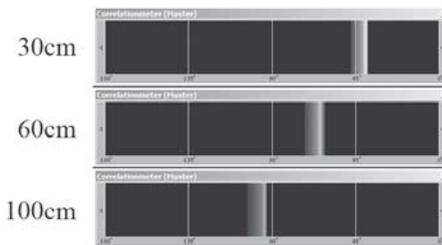


Fig5.13 Correlations of Experiment A

Fig 5.13 は、インジケータが右に表示される方がステレオ音声信号の LR が同相に近いことを示している。マイク間距離が狭いほど同位相成分が多いことがわかる。

しかしながらマイク間距離が 100cm のときに、定位が良いと評価され、嗜好度と対応しない結果が示された。その理由は「楽器の位置がはっきりしていることを定位が

良い」という教示であったことが影響していると考えられ、楽器の位置がはっきりしていることと、ステレオ空間におけるちょうど良い定位とは異なる可能性が有る。

従って主観評価を、より具体的な質問、例えば「CDの仕上がりとして考えた時、ステージの楽器の位置が狭く感じる・ちょうどよい・広がりすぎている」のように教示すべきであったと考える。あるいは、明らかに中抜けとなってステレオ空間が表現できなくなるマイク間距離（2 m以上）を音刺激に加える必要があった。

## 2) マイク開き角について

マイク間開き角は、開いた方が明瞭度が高くなり、音質が硬くなり、さらに定位が良くなる傾向にある。嗜好度は殆ど変化しないので、収録の目的によって開き角を変えればよいと考えられる。

Fig5.14 ~ 16 は、主観評価実験に用いた音源の強拍部分の 3 秒間平均の周波数特性であると、各角度の位相である。

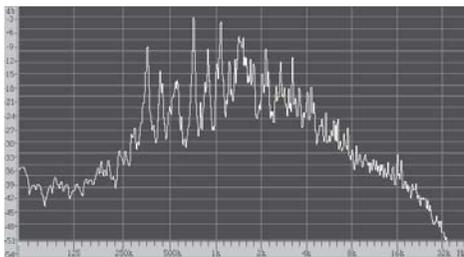


Fig5.14 Angle 0 degree of FFT analysis of Experiment B

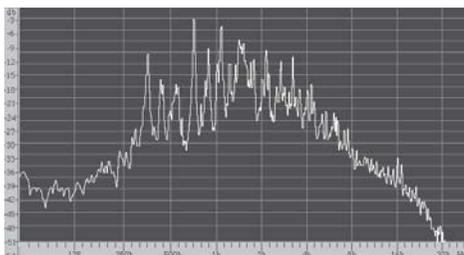


Fig5.15 Angle 90 degrees of FFT analysis of Experiment B

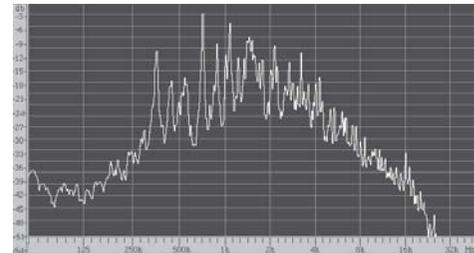


Fig5.16 Angle 140 degrees of FFT analysis of Experiment B

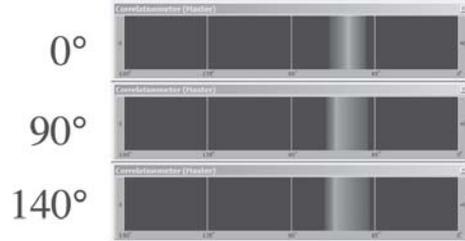


Fig5.17 Correlations of Experiment B

いずれの開き角においても 5kHz まではほぼ同一特性であるが、Fig 5.14 ~ 16 からはマイク開き角が広いほど高域の下がり方が急峻になる傾向が判る。

また、Fig 5.17 から位相は、開き角が広い方が若干、逆相成分が増しているが、明確な違いはなかった。

Fig 5.14 ~ 16 からマイク間開き角が広い方が、高域の周波数特性が伸びていないにもかかわらず、明瞭度が高く、音が硬いと判断されたこととなり、一般的に考えられる高域特性の良い方が高明瞭度となることと矛盾するため、この実験における明瞭度の判断要因は周波数特性ではないと考えられる。

その一方で、マイクの開き角が大きいほうが、定位が良いと判断する被験者が多く、定位と明瞭度に関係があるのではないかと推測する。

## 3) マイク高さについて

マイク高さについては、明瞭度が高くない高さが有るものと考えられ、今回実験した

300cm は明瞭度が低いと判断されている。

音の硬さについてはマイク高さが低い方が硬いと判断され、定位はマイク高さが低い方が良いと判断されている。

嗜好度は高さによる違いが殆ど無いので、マイク高さについても収録の目的によって高さを変えればよいと考えられる。

明瞭度の評価がマイク高さとの間に単純増減の関係が無かった点については、今回主観評価した音楽が、すべての楽器が同時に演奏される Tutti の部分であったため、楽器の音放射特性と相互に影響し合い、例えば 260cm は弦楽器に対して明瞭感があり、380cm は金管楽器に対して明瞭感があったことに起因すると推測する。

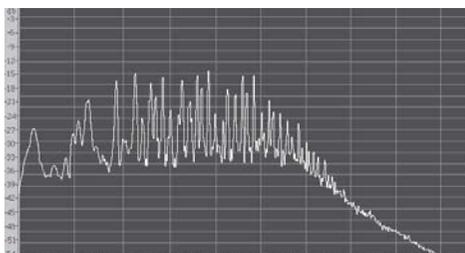


Fig5.18 Angle 0 degree of FFT analysis of Experiment C

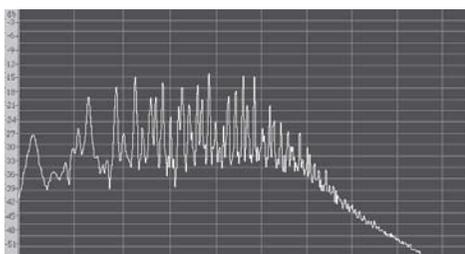


Fig5.19 Angle 0 degree of FFT analysis of Experiment C

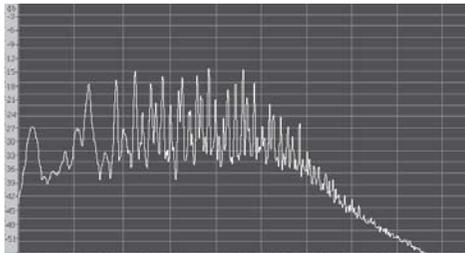


Fig5.20 Angle 0 degree of FFT analysis of Experiment C

Fig5.18 ~ 20 は、主観評価の際に用いた音楽における、すべての楽器が演奏している強拍の部分の周波数特性である。高さの違いにおける周波数特性と各評価との明確な相関性を見いだすことは出来なかった。

## 6. まとめと今後の検討課題

今回の主観評価実験から、被験者がアンサンブルの中の何の楽器を聴いて、また音楽の時間変化のどの部分を聴いて明瞭感や音の固さについて判断するかについても検討しなければならないことが明らかとなった。

また、いずれの実験でも、3つのマイク設置パラメータを使用して主観評価を行ったが、相関の傾向を調べるためには、より小さい方向のパラメータと、高い方向のパラメータを加え、5つのパラメータの評価をする必要がある。

今回は、各実験とも一つの会場における一つの楽曲を用いたが、楽曲の内容や、時代性、編成の規模で求められるオーケストラ録音の音質や響きが異なることが判ってきたので、メインマイクの物理的なパラメータ設定以外に、楽曲や、ホールを変えての実験を行う必要がある。

## 7. 謝辞

本研究は、オーケストラの皆様の様々な協力によって実現できました。また、主観評価実験では、株式会社毎日放送 放送運営局 送出部 マネージャー 入交英雄氏に多大な協力を頂きました。紙面をお借りして御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] Microphone-University Stereo techniques  
A-B Stereo DPA microphones  
[http://www.dpamicrophones.com/en/  
Microphone-University/StereoTechniques/](http://www.dpamicrophones.com/en/Microphone-University/StereoTechniques/)
- [2] Overview of Stereophonic Recording  
Techniques SCHOEPS Mikrofone  
[http://www.schoeps.de/en/products/  
categories/stereo](http://www.schoeps.de/en/products/categories/stereo)
- [3] 小牧市市民会館 ホール改修にともなう室内  
音響設計  
千葉朝子（森本浪花音響計画）、浪花克治  
（森本浪花音響計画）