JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	音楽的音高知覚に関わる時間情報の優位性に関する研究
Author(s)	長谷川，勝巳
Citation	
Issue Date	2002-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1540
Rights	
Description	Supervisor:赤木 正人，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

音楽的音高知覚に関わる
時間情報の優位性に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報処理学専攻

長谷川 勝巳

2002 年 3 月

修 士 論 文

音楽的音高知覚に関わる時間情報の優位性に関する研究

指導教官　赤木 正人 教授

審査委員主査　赤木 正人 教授
審査委員　　党 建武 助教授
審査委員　宮原 誠　教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報処理学専攻

010086 長谷川 勝巳

提出年月: 2002 年 2 月

Copyright © 2002 by Hasegawa Katsumi

概 要

人間が音の高さを知覚するとき、場所情報 (基底膜振動のピーク位置) と時間情報 (聴神経発火の周期性) の両情報が関わってくる。音楽的な音の高さは、Height(周波数と共に連続的に変化する 1 次元的な特性) と Chroma(オクターブ関係にある音に共通に感じられる音楽的性質) で説明されており、その音楽的な音の高さを知覚すると きにもまた両情報が関わってくる。音の高さを知覚するときに関わる両情報が、音楽的音高を知覚するときにはどちちらが優位であるかどうかは解明されていない。

そこで本稿では、音楽的音高知覚には時間情報が優位であるという仮説を立て、旋律を用いた聴取実験を元に仮説の検証を行った。時間情報が優位となるデータは得られたが、場所情報が優位となるデータも得られ、音楽的音高知覚には時間情報が優位であるという仮説は検証できなかった。

目 次

第 1 章　はじめに **1**
1.1　音の高さの知覚 1
1.2　音楽的音高 1
1.3　本研究の背景 2
1.3.1　藤崎・柏野研究 2
1.4　本研究の目的 3

第 2 章　実験準備 **4**
2.1　刺激音 4
2.1.1　狭帯域雑音 4
2.1.2　反復リプル雑音 6
2.2　実験機器について 8

第 3 章　聴取実験 **12**
3.1　単音を用いた実験 12
3.1.1　実験結果 15
3.2　旋律を用いた実験 23
3.2.1　実験結果 26
3.3　旋律、単音の実験結果の比較 34
3.3.1　考察 42

第 4 章　おわりに **43**
4.1　結論 43
4.1.1　刺激音 43
4.1.2　被験者 43
4.1.3　実験方法 44
4.1.4　仮説を立てる段階 44
4.2　今後の展望 44

図 目 次

1.1 ピッチの単純螺旋 2

2.1 狭帯域雑音の波形とスペクトル 5
2.2 反復リプル雑音のブロック図 6
2.3 反復リプル雑音の波形とスペクトル - 加算回数 512 回 7
2.4 実験系 :DATLINK→D/A Converter→Headphone Amp→Headphone→ 被験者 11

3.1 旋律を構成する単音の組分け 13
3.2 間隔尺度 14
3.3 被験者 1 の実験結果 16
3.4 被験者 2 の実験結果 17
3.5 被験者 3 の実験結果 18
3.6 被験者 4 の実験結果 19
3.7 被験者 5 の実験結果 20
3.8 被験者 6 の実験結果 21
3.9 被験者 7 の実験結果 22
3.10 旋律 1 24
3.11 旋律 2 24
3.12 間隔尺度 25
3.13 被験者 1 の実験結果 27
3.14 被験者 2 の実験結果 28
3.15 被験者 3 の実験結果 29
3.16 被験者 4 の実験結果 30
3.17 被験者 5 の実験結果 31
3.18 被験者 6 の実験結果 32
3.19 被験者 7 の実験結果 33
3.20 被験者 1 の実験結果 35
3.21 被験者 2 の実験結果 36
3.22 被験者 3 の実験結果 37
3.23 被験者 4 の実験結果 38

3.24 被験者 5 の実験結果 39
3.25 被験者 6 の実験結果 40
3.26 被験者 7 の実験結果 41

表 目 次

3.1　呈示する刺激音の音圧レベル表 14
3.2　呈示する旋律の音圧レベル表 25

第1章　はじめに

音には、高さ (pitch), 大きさ (loudness), 音色 (timbre, tone color) という３つの属性がある。音の高さの知覚には、基底膜振動のピーク位置 (場所情報 (周波数情報)) と聴神経における発火の周期性 (時間情報) という両情報が関わっているといわれている。単音における音楽的音高は、ピッチに対応するもの (height) とオクターブごとに循環する同一音名 (chroma) で説明されており、音楽的音高の知覚にも場所情報と時間情報が利用されている。それでは、単音ではなく、旋律を知覚する場合、人が両情報をどのように利用するかということや、単音を知覚するときとは知覚の仕方が異なるかどうかは明らかにされていない。そこで本研究では、旋律の音楽的音高の知覚には時間情報が場所情報よりも優位であるという仮説をたて、聴取実験により検証することを目的とする。

1.1　音の高さの知覚

音の高さを知覚する際に、場所情報と時間情報の両情報が関わってくる。耳に刺激音が入ってくると、内耳の蝸牛にある基底膜が振動する。その刺激音が持つ周波数によって、基底膜が最も振動する場所が異なる。この基底膜上の場所に基づくという意味で場所情報と呼ぶ。時間情報とは聴神経発火の周期性のことを言う。聴神経の発火は、刺激音に含まれる純音成分の特定の位相に同期する傾向にある。このことを位相固定と言うが、この位相固定は 5 [kHz] 以上では見られないので、非常に高い周波数については時間情報では対応できなくなるが、普段、楽器や人の話し声など、日常耳にする大部分の音の基本周波数はすべてこの範囲より低いので特に問題はない。

1.2　音楽的音高

音の高さには 2 面性がある。周波数と共に連続的に変化する一次元的な特性 (Height) とオクターブ関係にある音に共通に感じられる音楽的性質 (Chroma) である。Height は周波数に対応するので周波数が高くなれば Height も高くなると単純に考えることができる。Chroma は 1 オクターブごとに循環するので、1 オクターブで元の位置に戻るように円を描く。今、Height を平面に垂直になるよう上向きに取り、Chroma を平面上の円として描くようにすると図 1.1 のような螺旋を描くことになる。このようにして、音楽的音高は Height, Chroma により説明することができる。

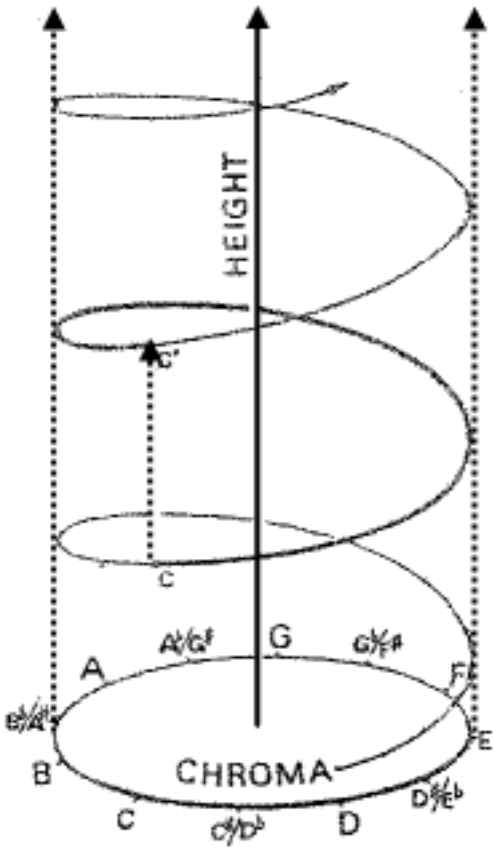


図 1.1: ピッチの単純螺旋

1.3 本研究の背景

1.3.1 藤崎・柏野研究

藤崎・柏野は音楽経験や絶対音感の有無により場所情報、時間情報の利用に違いがみられるかを、それぞれの情報を操作した刺激音を用いて検討した。被験者を絶対音感群、非絶対音感群のグループに分け、絶対音感群に対し、各刺激音で作成した C2(65.4 [Hz]) ~ B6(1975 [Hz]) の 5 オクターブ 60 音との絶対音高課題を行った。非絶対音感群に対し、ターゲット音を呈示する前に中央の C(261.6 [Hz]) を基準として与える相対音高同定課題を行った。 同定課題の実験により、絶対音感保持者の Chroma の同定課題には場所情報よりも時間情報が優位であることが示されている。Height の判断には、絶対音感保持者の場合も、非保持者の場合も場所情報が重要であることを示した。

また、宮崎は「音楽とは音高の相対的関係の上に成り立っており、旋律や和声においては相対音感が重要である」と言っている。

1.4　本研究の目的

藤崎・柏野の意図が正しいならば、旋律の音楽的音高知覚には時間情報が場所情報よりも優位となる可能性がある。旋律ならば、必要なのは相対音感であるため絶対音感保持者でなくても、旋律の音楽的音高知覚ができると考えられる。

そこで本研究では、単音と旋律を用いた聴取実験を行い、得られた結果を比較分析することによりこの仮説を検証する。

第2章　実験準備

2.1　刺激音

ここでは、実験で用いる刺激音について述べる。刺激音の高さは 12 平均律[1]に従っており、C (261.63 $[Hz]$), D (293.66 $[Hz]$), E (329.63 $[Hz]$), F (349.23 $[Hz]$), G (392.00 $[Hz]$), A (440.00 $[Hz]$), B (493.88 $[Hz]$) という西洋音楽に基づいたそれぞれの音名に相当する。

2.1.1　狭帯域雑音

場所情報は明確であるが、時間情報が曖昧である刺激音として狭帯域雑音 (Narrow Band Noise:NBN) を用いた。帯域幅は、それぞれの音名に対応する周波数 (A ならば 440 $[Hz]$) を中心に 50 $[cent]$ [2]とした。以下に狭帯域雑音の作成方法を示す。

$$x(t) = \sum_{m=lf}^{hf} sin(2\pi mt + \theta(m)) \tag{2.1}$$

$$\theta(m) = \pi m(m-1)/(hf - lf + 1) \tag{2.2}$$

2.1 式の hf, lf は帯域幅の上限、下限の周波数を示している。図 2.1 は 440 $[Hz]$ を中心に 50 $[cent]$ で帯域制限したものである。周波数で考えると、約 434Hz〜446Hz で帯域制限することになる。刺激音の継続時間は 1 $[s]$、サンプリング周波数は 48 $[kHz]$ とした。刺激音の立ち上がり、立ち下がりに 10 [ms] の taper をかけた。この刺激音は周波数が近いもの同士を足しあわせているため、振幅変調が生じてしまう。振幅包絡をなるべく平らに抑え、音色の変化をあまり感じさせないようにすることがこの刺激音を作成する上で重要となる。そこで、振幅包絡をある程度平らに抑えることができる *Schroeder* 位相を取り入れた。

[1]鍵盤楽器に適用されている音律の 1 つであり、オクターブを対数的に 12 等分することをいう。12 という数は 1 オクターブに含まれる鍵盤の半音に相当する。

[2]cent とは $2^{\frac{1}{1200}}$ の音程のことである。つまり、12 平均律の半音を対数的に 100 等分したものとなる。よって、半音は 100 $[cents]$、1 オクターブは 1200 $[cents]$ となる。

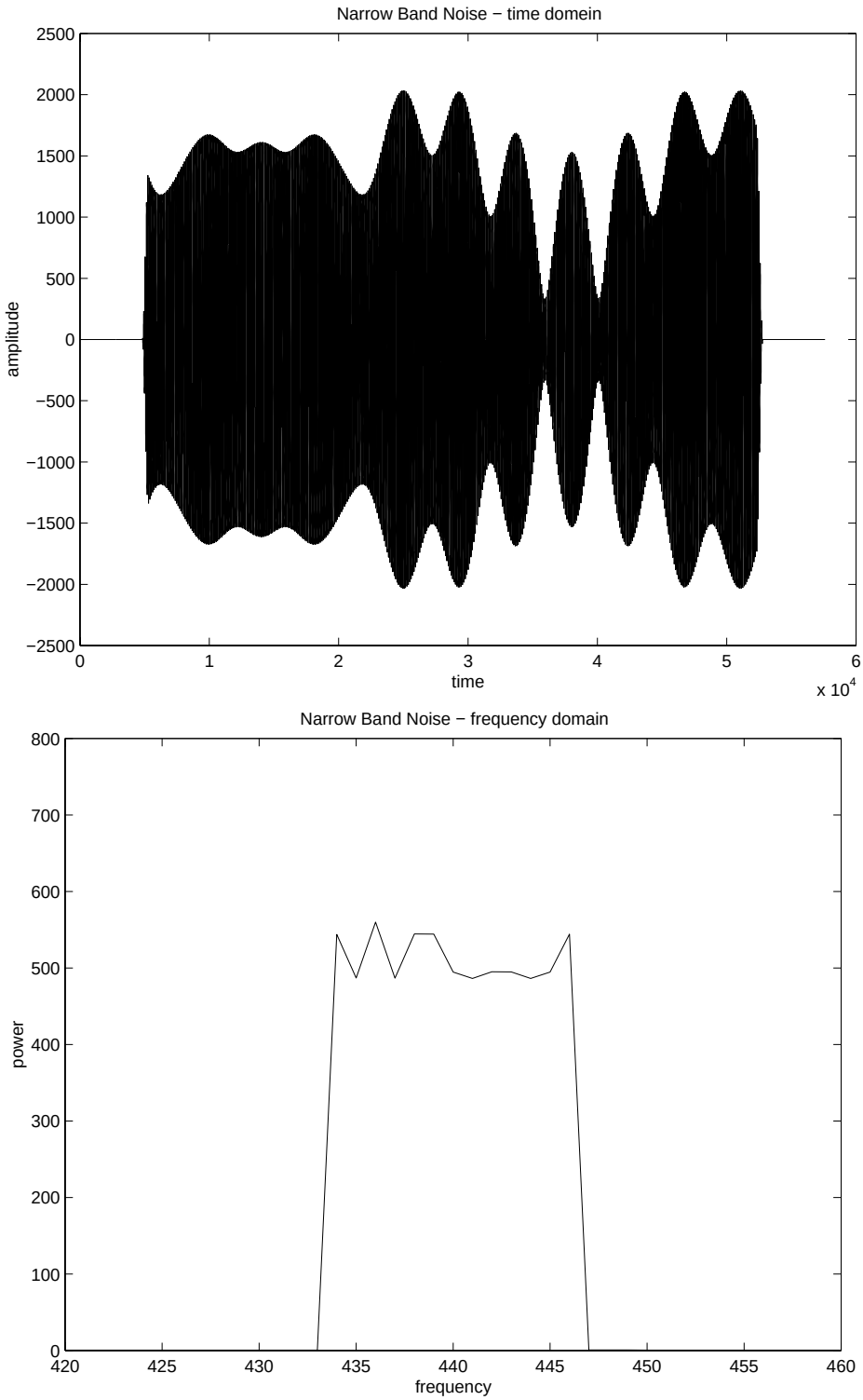


図 2.1: 狭帯域雑音の波形とスペクトル

2.1.2 反復リプル雑音

時間情報のみ利用可能な刺激音として、反復リプル雑音 (Iterated Rippled Noise:IRN) を用いた。リプル雑音とは、ある帯域雑音を d [ms] 遅延させたものを元雑音に重ねることで作成される。反復リプル雑音はこの作業を繰り返すことで作成される。また、反復リプル雑音には、毎回元の雑音を加算していく方法 (Add -Original Network) と反復された雑音自身を加算していく方法があるが、今回は前者を用いた。以下に反復リプル雑音の作成方法を示す。まず、2.3 式を用いて、帯域幅 3000 $[Hz]$(2000 $\sim$ 5000 $[Hz]$) の帯域雑音を作成した。遅延 d $[ms]$ ごとに帯域雑音を加算した。図 2.3 での加算回数は 512 回である。この遅延 d は刺激音の高さに対応する周波数 f の逆数、すなわち $d = 1/f$ と表すことができる。A (440.00 $[Hz]$) の反復リプル雑音を作成するのであれば d は約 2.3 $[ms]$ となる。d 利得 g は $g = 1.0$ とした。刺激音の継続時間は 1 $[s]$、サンプリング周波数は 48 $[kHz]$ とした。刺激音の立ち上がり、に 10 [ms] の taper をかけた。図 2.3 のスペクトルを見てもわかるとおり、反復リプル雑音は、基本周波数の高次倍音群しか存在しないが、基本音の高さが聞こえるという聴覚の特性 (レジデューの高さ、residuepitch) を利用した刺激音である。レジデューの高さが知覚されるためには、同じような高さの純音に対する反応が最大となるような基底膜上の位置での活動は必要ない。つまり、反復リプル雑音には場所情報が存在しないことになる。また、加算回数が増加すると、高次倍音群付近の周波数帯域が狭くなり、高次倍音群がはっきり表れる。

$$x(t) = \sum_{m=2000}^{5000} \{sin2\pi(mt+\theta) + cos2\pi(mt+\theta)\} \tag{2.3}$$

(θは $(0.0, 1.0)$ の一様乱数を使用)

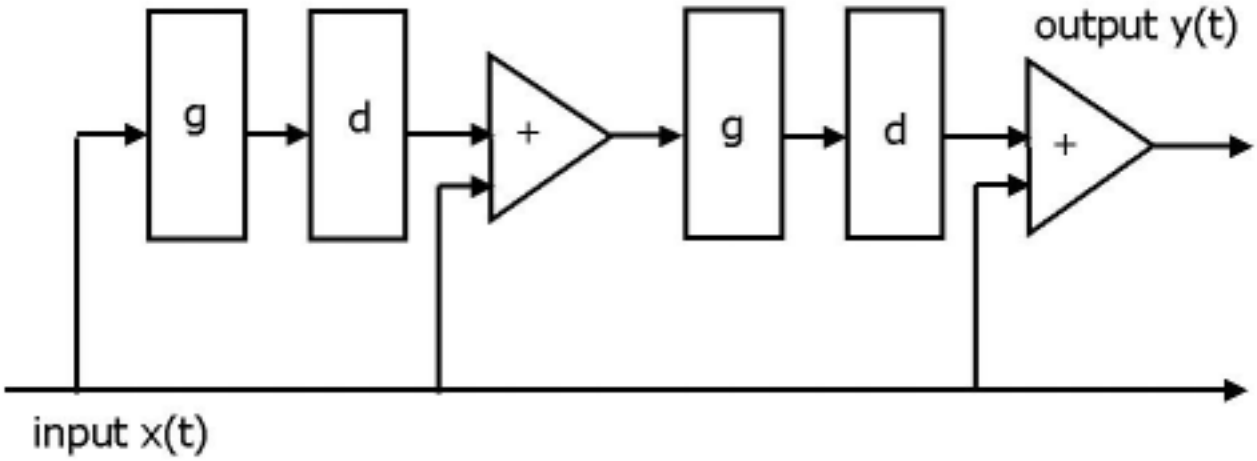


図 2.2: 反復リプル雑音のブロック図

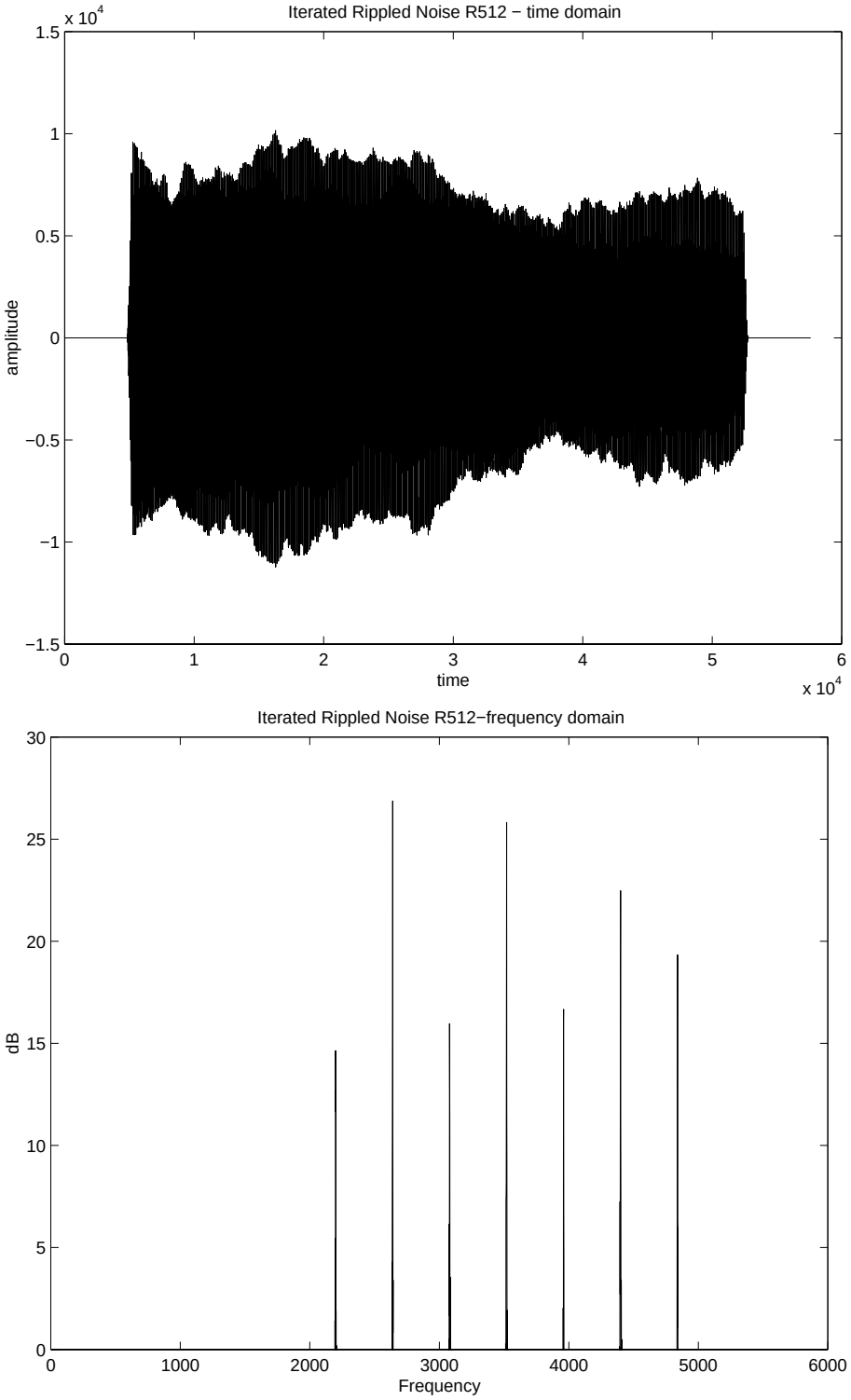


図 2.3: 反復リプル雑音の波形とスペクトル - 加算回数 512 回

2.2 実験機器について

ヘッドホン

聴感実験に理想的なヘッドホンとは、実権者の意図する通りの刺激音を被験者に呈示出来るものであり、その基本的な条件として、

- 周波数特性が平坦であること
- 歪み率が低いこと
- ダイナミックレンジが広いこと
- クロストークが少ないこと

があげられ、また、実験の再現性を保証するために必要な条件として、

- ヘッドホンの個体差が少ないこと
- 装着状態による特性変化が少ないこと
- 物理的、電気的に堅牢であること

があげられる。しかし、現実的にはこのような条件を満たすヘッドホンは無い。特に可聴帯域 (20Hz〜20kHz) 全域にわたって平坦な周波数特性を持つヘッドホンは無い。従って、ヘッドホンの特性を承知した上で使用することになる。そこで、本聴感実験では実用帯域の周波数特性が比較的平坦であり、人間の外耳・中耳での周波数特性が加味されているヘッドホン、Lambda Nova(STAX) を使用した。

- Lambda Nova(STAX), SRM-1/MK-2 P.P.(STAX)

  Lambda Nova はコンデンサ型[3]・耳覆い式・開放型のヘッドホンで、元来は音楽鑑賞用であるが聴覚実験にも用いられている。成極電圧は 580V/DC、耳当ては実耳装着性を向上させるために平板ではない。ヘッドホンアンプとして、音量調整用ボリュームをステップアッテネータに交換した SRM-1/MK-2 P.P. を使用する。

ヘッドホン音量は、予め、人工耳音響カップラと騒音計を用いて基準音 (calibration 音) が 80dB(SPL) になるようにセットした。

[3]薄い振動体 (膜) で直流電圧を加えておき、それを挟んだ 2 枚の電極に音楽信号を供給することで起きる静電気力で、振動体 (膜) を駆動する。

人工耳音響カップラ

- B&K4153

  IEC318 に規定される耳覆い型イヤホンの広い周波数範囲の校正用カップラで、使用周波数範囲は 20Hz〜10kHz。

騒音計

- B&K2231

  IEC651 に規定される Sound Level Meter で、使用周波数は 1Hz〜70kHz。B&K Microphone 4134 と共に使用する。

マイク、マイクロホンプリアンプ、マイクロホンパワーサプライ

- B&K4134

  1/2 インチの音圧型コンデンサマイクロホン[4]で、拡散音場あるいは密閉空洞およびカップラ内の測定用として設計されている。周波数範囲 4Hz〜20kHz(±2dB)、ダイナミックレンジ 21〜160dB、成極電圧 200V/DC。

DAT

- TCD-D10PRO2(SONY)

  ポータブルタイプのディジタルオーディオレコーダー。DC 駆動のため、他の機器からノイズの影響を受けない。

DA コンバーター

- DAC-TALENT BD(STAX)

  2 組のバッテリーを持ち、一方が DA プロセッサーに電源を供給している間、もう一方のバッテリーが充電を行うため、AC と DC を完全に切り離すことができる。

安定化電源

- HYPERSINE REGULATOR HSR-510(SINANO)

[4]振動膜とこれに対抗して配置された固定電極で形成され、音圧に応じて振動膜が振動することによる両者の間の静電容量の変化により電気出力信号を取り出す。構造が簡単で、安定性が高いことから音響計測に適している。

音響映像機器専用電源で、外来より混入するノイズや波形歪み、負荷機器から発生する高周波ノイズ等も瞬時波形制御方式の高速波形コントロールにより、常に最適なサイン波を負荷機器に供給する。また、出力高安定化回路により、電源入力に不安定な電圧や周波数が入力されても、出力には安定した電力を供給する。

防音室

刺激音の音圧レベルを測定、聴取実験に暗騒音約 35 $[dB(SPL)]$ の防音室を使用した。

図 2.4 に、以上の機器により構成される、非定常機械騒音を用いたノイジネス測定のための官能評価実験における実験系を示す。

被験者

予め実施した聴覚検査により正常聴力を有すると認められる被験者 7 名が実験に参加した。

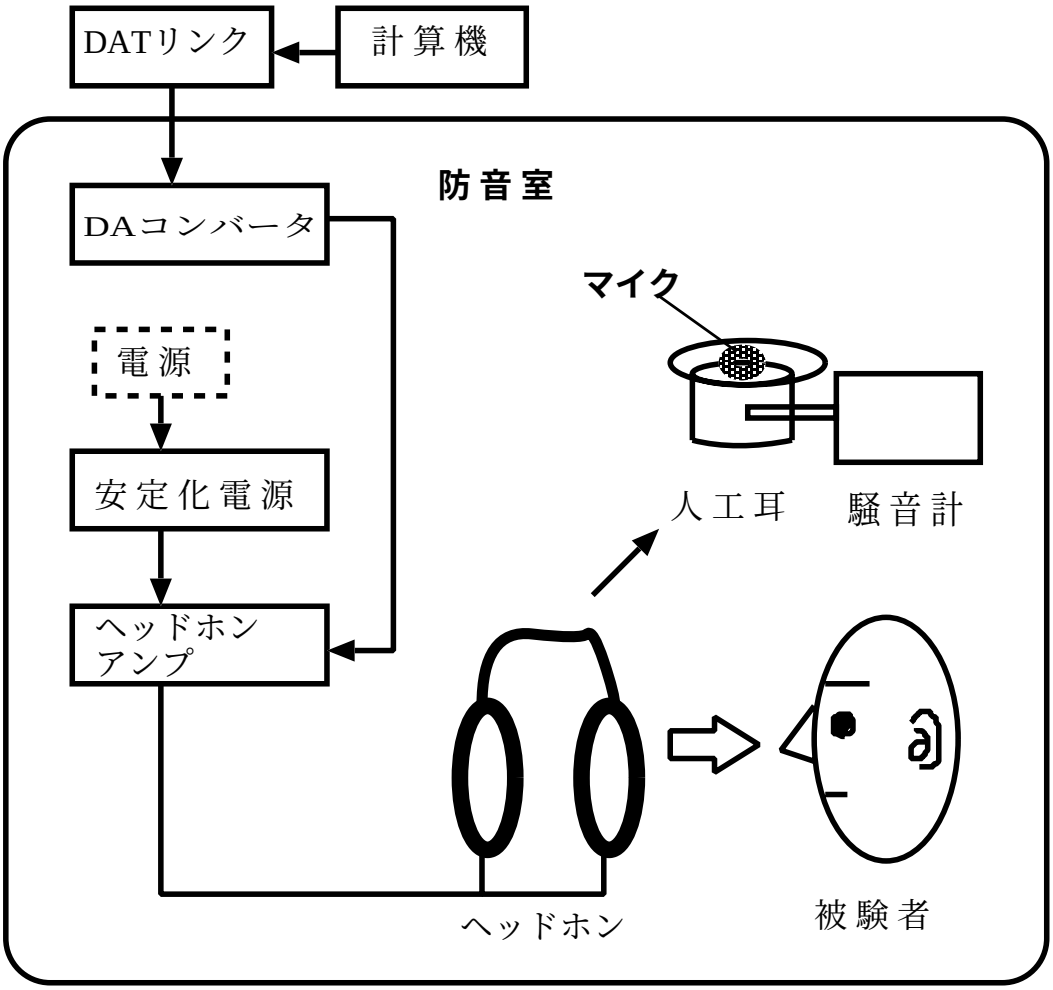


図 2.4: 実験系 :DATLINK→D/A Converter→Headphone Amp→Headphone→ 被験者

第3章　聴取実験

単音、旋律を用いた実験を行い、各被験者の実験結果をグラフに表す。単音の実験で得られたグラフと旋律の実験で得られたグラフを照合し、グラフの位置関係により、旋律の音楽的音高知覚に優位となる情報を確認することを目的とする。

3.1　単音を用いた実験

刺激音

主に場所情報に音高知覚が生じ、時間情報が曖昧である狭帯域雑音と、時間情報のみ利用可能な反復リプル雑音を用いる。狭帯域雑音は音の高さが音楽的音名に基づくものを中心とする 50 $[cent]$ の帯域幅である (A ならば 440 $[Hz]$ を中心に 50 $[cent]$ の帯域幅、つまり約 434 $[Hz] \sim 446$ $[Hz]$)。反復リプル雑音の帯域幅は 2000 $[Hz] \sim 5000$ $[Hz]$ の 3000 $[Hz]$ であり、加算回数を 512 回とした。刺激音の継続時間は共に 1 $[s]$ とし、サンプリング周波数は 48 $[kHz]$ とする。

方法

被験者

正常聴力を有する大学院生 7 名。被験者には音楽経験[1]は問わなかった。

実験方法

図 3.1 で見られるように 2 種類の旋律を作成した。音楽経験を問わずに被験者を集めたので、実験の参加のしやすさ、被験者への負担の軽減を考慮して、容易に判断できるような短めかつ音数の少ない旋律にした。その旋律を構成する単音の組、(低音, 高音) = $(D(293.66\,[Hz]), B(493.88\,[Hz])), (E(329.63\,[Hz]), A(440.00\,[Hz])), (F(249.23\,[Hz]), G(392.00\,[Hz]))$ にそれぞれ分けたものを単音の実験で用いた。音圧による知覚の差が生じないよう、表 3.1 に見られるように音圧レベルを操作した。(D, B) の組を用いて表 3.1 を説明する。まず、$No.1 \sim 7$ は低音の音 D を反復リプル雑音 (IRN)、高音の音 B を狭帯域雑音 (NBN) と

[1]幼児期での音楽教育 (音楽教室) や、クラブ活動などによる楽器演奏歴

している。NBN は音圧レベルを 42 $[dB]$ ∼ 60 $[dB]$ を 3 $[dB]$ 刻み 7 段階変化させたいずれかのものを、IRN は 7 段階の中央にあたる 51 $[dB]$ を同時に呈示する。$No.8 \sim 14$ は刺激音をそのままにし、音圧レベルを動かすものと固定するものとを反対にしたものである。$No.15 \sim 21$ は、$No.1 \sim 7$ の刺激音を反対にしたもの、$No.22 \sim 28$ は $No.8 \sim 14$ を反対にした者である。この 4 パターンと実験結果のグラフ (a),(b),(c),(d) が対応している。呈示する刺激音の数は表 3.1 に見られる 28 音を 3 回繰り返し、1 組計 84 音となる。刺激音の呈示時間は 1 $[s]$、呈示する間隔は前に呈示された音をなるべく忘れさせるために、5 $[s]$ とした。呈示する順序はランダムである。(E, A)、(F, G) の組も同様である。この実験を 1 組につき 3 セット行う。被験者は、どちらの刺激音がよく聞こえたかを図 3.2 の感覚的に等間隔とされる 7 段階の間隔尺度を用いて解答してもらった。平均したスコアを実験結果として以下に載せる。

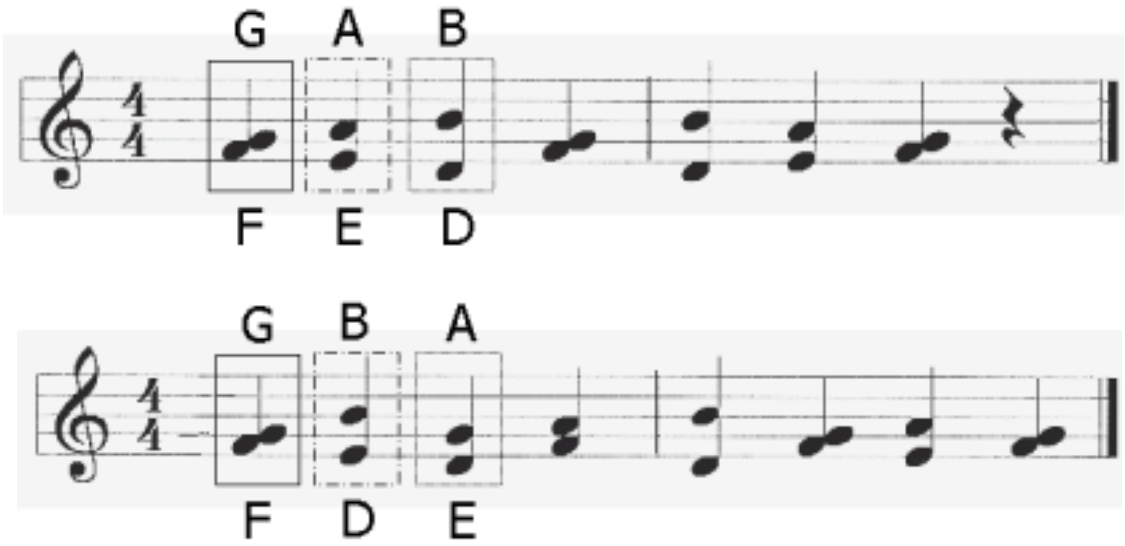


図 3.1: 旋律を構成する単音の組分け

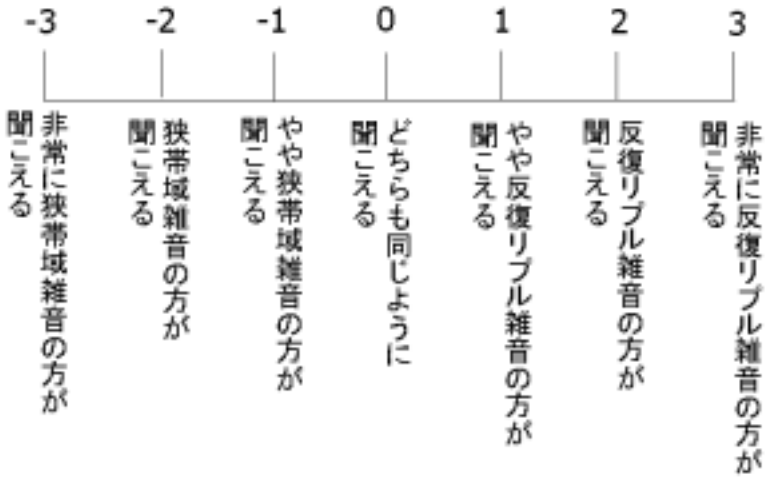


図 3.2: 間隔尺度

No	note:D, E, F	note:B, A, G
1	IRN - 51 [dB]	NBN - 42 [dB]
2	IRN - 51 [dB]	NBN - 45 [dB]
3	IRN - 51 [dB]	NBN - 48 [dB]
4	IRN - 51 [dB]	NBN - 51 [dB]
5	IRN - 51 [dB]	NBN - 54 [dB]
6	IRN - 51 [dB]	NBN - 57 [dB]
7	IRN - 51 [dB]	NBN - 60 [dB]
8	IRN - 42 [dB]	NBN - 51 [dB]
9	IRN - 45 [dB]	NBN - 51 [dB]
10	IRN - 48 [dB]	NBN - 51 [dB]
11	IRN - 51 [dB]	NBN - 51 [dB]
12	IRN - 54 [dB]	NBN - 51 [dB]
13	IRN - 57 [dB]	NBN - 51 [dB]
14	IRN - 60 [dB]	NBN - 51 [dB]

No	note:D, E, F	note:B, A, G
15	NBN - 51 [dB]	IRN - 42 [dB]
16	NBN - 51 [dB]	IRN - 45 [dB]
17	NBN - 51 [dB]	IRN - 48 [dB]
18	NBN - 51 [dB]	IRN - 51 [dB]
19	NBN - 51 [dB]	IRN - 54 [dB]
20	NBN - 51 [dB]	IRN - 57 [dB]
21	NBN - 51 [dB]	IRN - 60 [dB]
22	NBN - 42 [dB]	IRN - 51 [dB]
23	NBN - 45 [dB]	IRN - 51 [dB]
24	NBN - 48 [dB]	IRN - 51 [dB]
25	NBN - 51 [dB]	IRN - 51 [dB]
26	NBN - 54 [dB]	IRN - 51 [dB]
27	NBN - 57 [dB]	IRN - 51 [dB]
28	NBN - 60 [dB]	IRN - 51 [dB]

表 3.1: 呈示する刺激音の音圧レベル表

3.1.1 実験結果

図 3.3〜3.9 は被験者 7 人の実験結果を被験者ごとに平均を取り折れ線グラフで表したものである。縦軸は刺激音の評価点数であり、同時に呈示された刺激音のうち、反復リプル雑音が明瞭に聞こえたのであれば+側の点数、狭帯域雑音が明瞭に聞こえたのであれば-側の点数をつける。横軸は (a), (b),(c), (d) の 4 パターンで音圧レベルを動かすことになっている刺激音の音圧レベルを示している。

(a) は単音の組の低音 (D-B 組の D, E-A 組の A, F-G 組の F) を IRN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。高音 (D-B 組の B, E-A 組の A, F-G 組の G) を NBN にし、42 $\sim$ 60 $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。

(b) は単音の組の低音 (D-B 組の D, E-A 組の A, F-G 組の F) を IRN にし、音圧レベルを 42 $\sim$ 60 $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。高音 (D-B 組の B, E-A 組の A, F-G 組の G) を NBN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。

(c) は単音の組の低音 (D-B 組の D, E-A 組の A, F-G 組の F) を NBN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。高音 (D-B 組の B, E-A 組の A, F-G 組の G) を IRN にし、42 $\sim$ 60 $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。

(d) は単音の組の低音 (D-B 組の D, E-A 組の A, F-G 組の F) を NBN にし、音圧レベルを 42 $\sim$ 60 $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。高音 (D-B 組の B, E-A 組の A, F-G 組の G) を NBN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。

グラフのポイントが菱形なのは D-B 組、正方形は E-A 組、正三角形は F-G 組を表している。

全体的に見て、D-B のように音程差があると高音が聞きやすくなる傾向が見られた。グラフの傾きが被験者全員同じ方向であった ((a), (d) は右下がり、(b),(c) は右上がり)。実験の試行回数が少ないため、データのばらつきがみられた。

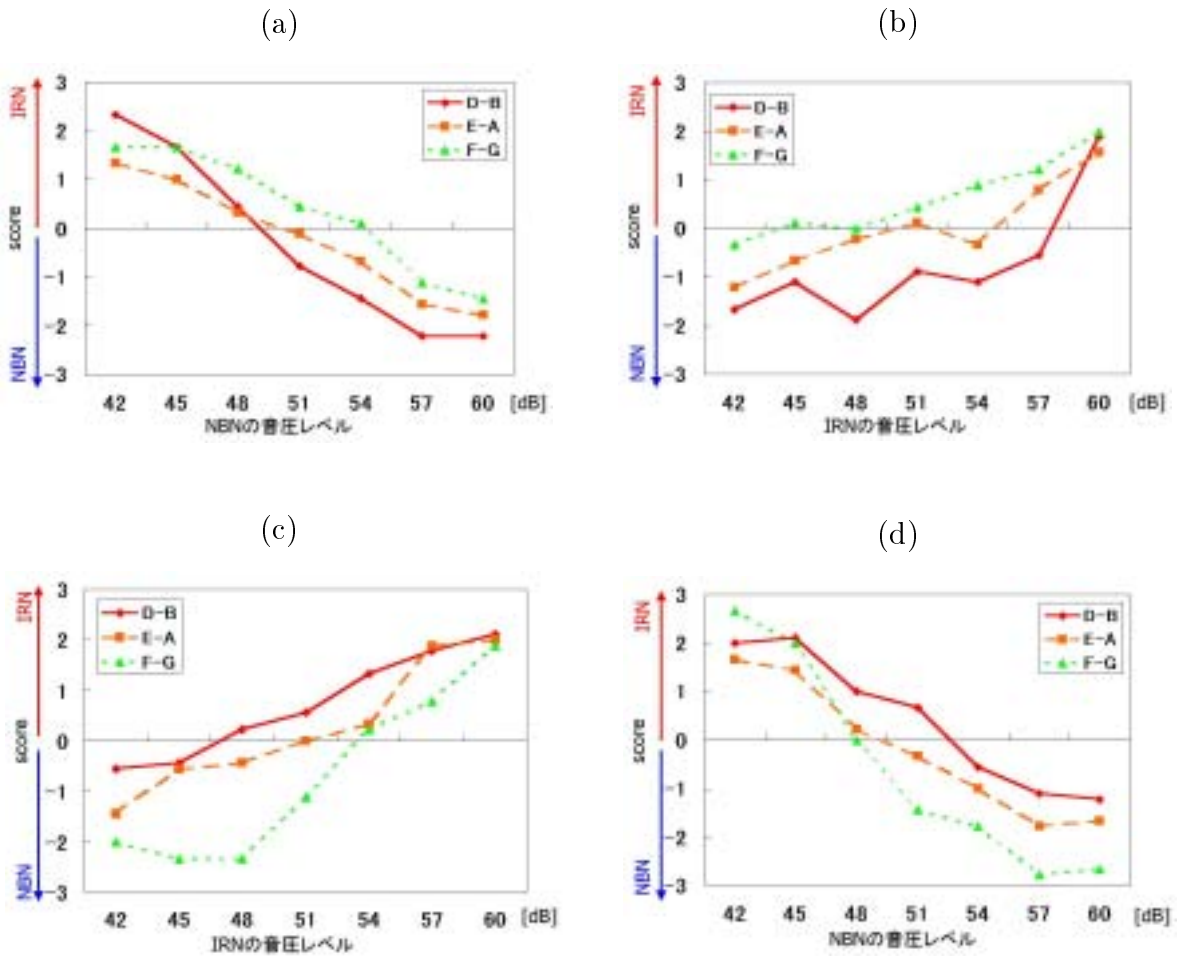


図 3.3: 被験者 1 の実験結果

- (a) では、NBN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが他のグラフよりも早目に NBN 側に寄っている。D-B のように音程差がある組だと、高い音が聞きやすくなることが考えられる。

- (b) では、IRN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが極端に NBN 側に寄っている。やはり、高い音が聞きやすいためか、低音である IRN の音圧レベルを上げてもなかなか聞こえてこないことが言える。

- (c) では、IRN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが他のグラフよりも早目に IRN 側に寄っているので、やはり高い音が聞きやすいことが言える。F-G のグラフが極端に NBN 側に寄っているということは、IRN が聞こえていない可能性が考えられる。

- (d) では、NBN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。E-A, F-G のグラフが早目に NBN 側によっているということは、この被験者にとって NBN が低音であるにも関わらず、NBN の方が聞きやすいと言うことが考えられる。

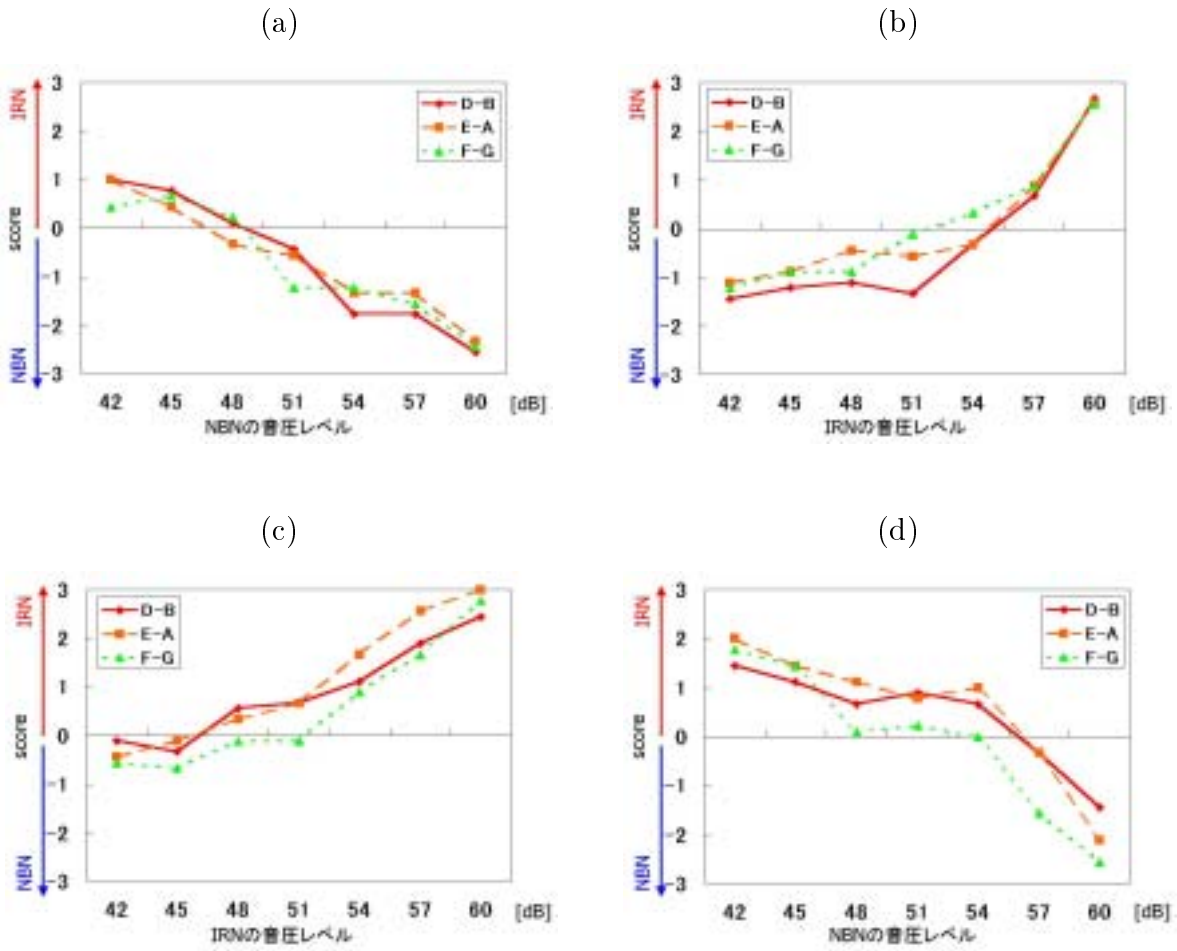


図 3.4: 被験者 2 の実験結果

- (a) では、NBN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。単音のグラフが近接しているということは、この被験者にとっては音の高さや音程差に影響されること無く、大体同じ明瞭さとして知覚している可能性があると考えられる。

- (b) では、IRN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(a) と同様にグラフが近接している。D-B のグラフが IRN 側に寄るのがやや遅いことから、高音である NBN が、多少音圧レベルが小さくても聞きやすいことが言える。

- (c) では、IRN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。F-G のグラフが他のグラフに比べて IRN 側に寄るのが遅いということは、周波数が近い音同士だと同じくらいの音圧レベルで明瞭さが拮抗することが考えられる。また、高い音の方が聞きやすいのか IRN 側に寄るのが早い。

- (d) では、NBN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(c) と同様なことが言える。また、(c), (d) 共通に見られることで、この被験者は IRN が高音のときには、IRN がよく聞こえていることが考えられる。

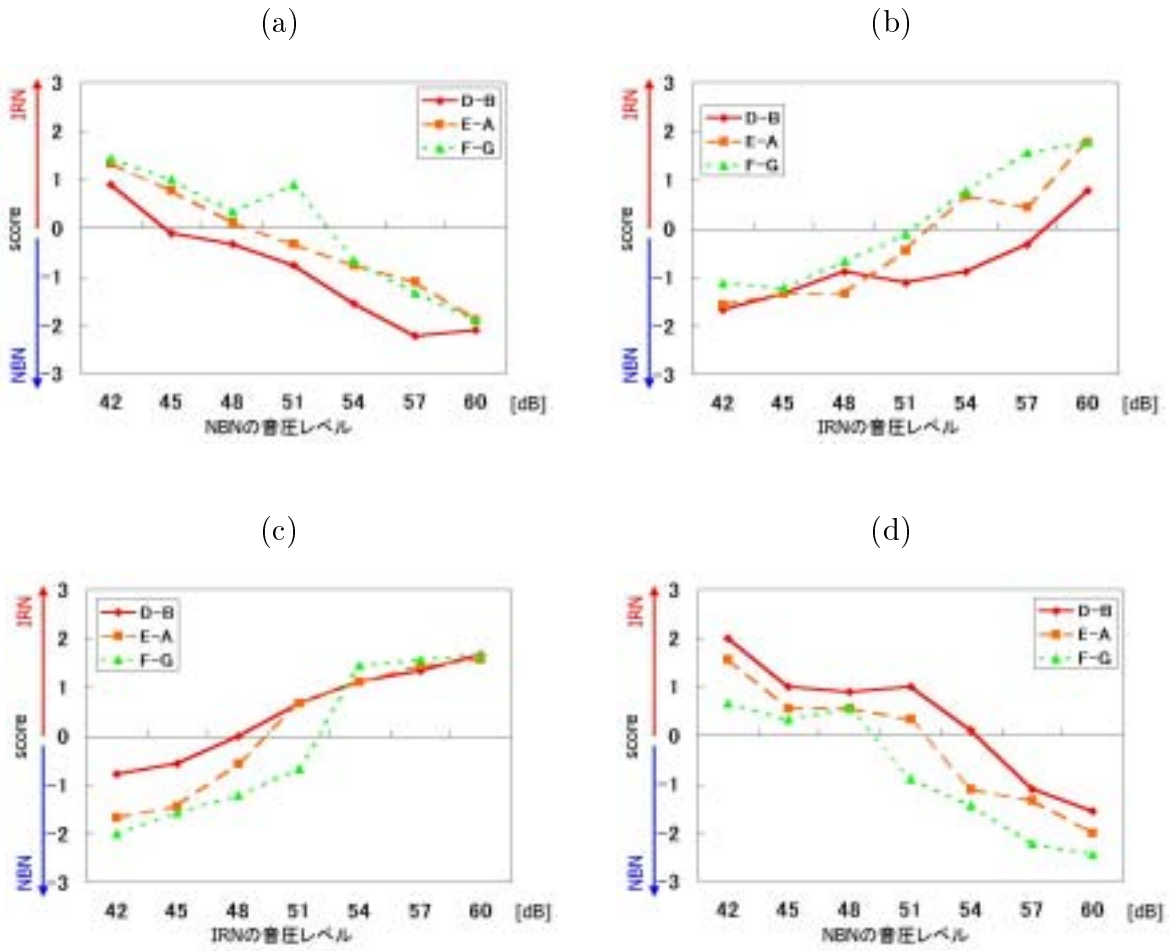


図 3.5: 被験者 3 の実験結果

- (a) では、NBN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが早目に NBN 側に寄っている。音程差があり、高い音であるほど聞きやすくなることが言える。F-G の 51 $[dB]$ 付近で一旦グラフが盛り上がるが、これは試行回数の少なさによって生じたデータのばらつきであることが考えられる。

- (b) では、IRN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが IRN 側になかなか寄らないということは、低音である IRN の音圧レベルをかなり上げないと IRN が聞こえないことが言える。

- (c) では、IRN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが早目によっていることから、高音が聞きやすいことが考えられる。

- (d) では、NBN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが NBN 側に寄るのが遅いことから、高音が聞きやすいことが言える。また、F-G のグラフが早目に NBN 側に寄っているということは、音の高低というより、NBN 自体が聞きやすい可能性が考えられる。

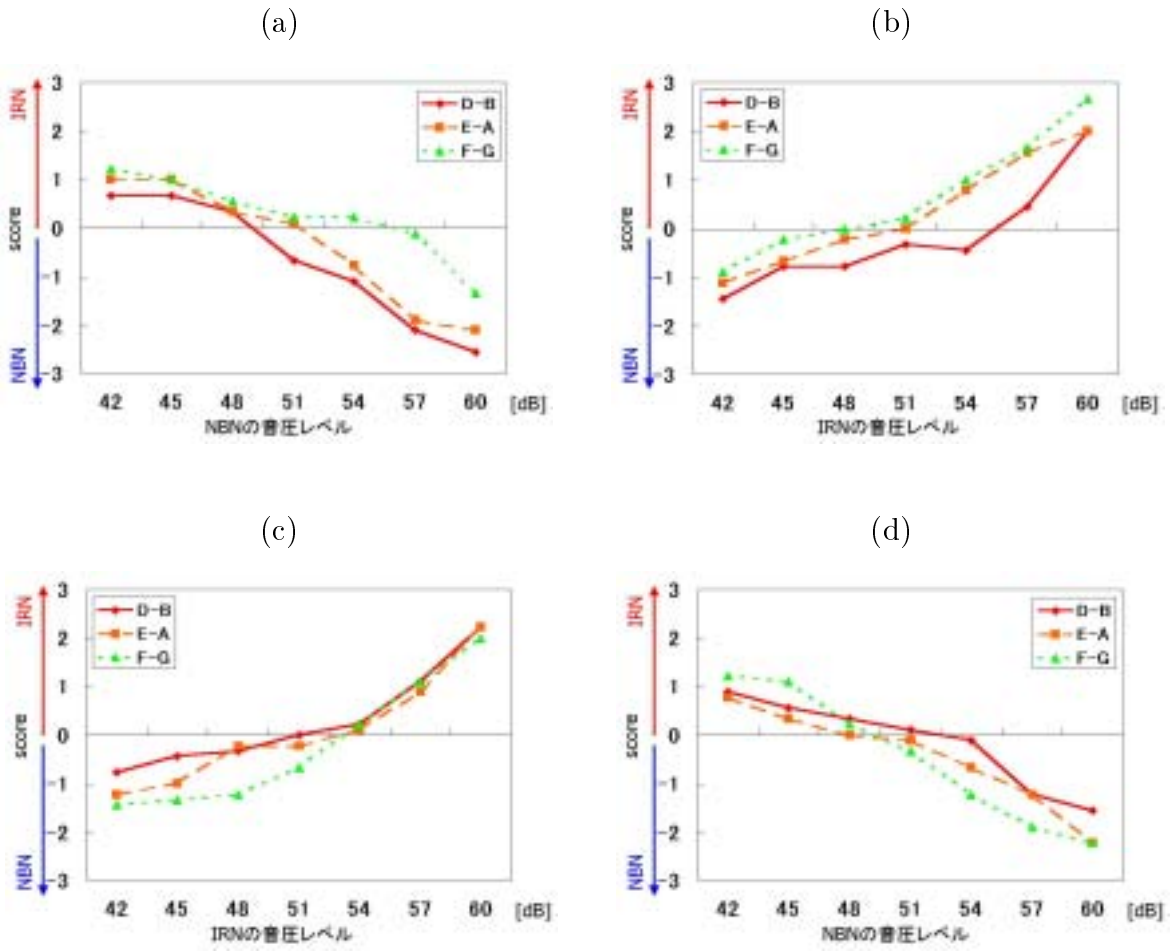


図 3.6: 被験者 4 の実験結果

- (a) では、NBN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。F-G のグラフが NBN 側の方に寄るのが遅い。この被験者にとって IRN が低音であるにも関わらず聞こえやすいことを意味する。または、周波数が近い音同士であるため、明瞭であった音がどちらであったかという判断を誤ってしまっている可能性も考えられる。

- (b) では、IRN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが IRN 側に寄るのが遅いので、高音が聞きやすいことが考えられる。また、E-A や F-G は同等の音圧レベルで明瞭さ拮抗することが言える。

- (c) では、IRN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。すべてのグラフにおいて、同等の音圧レベルで明瞭さが拮抗することが言える。

- (d) では、NBN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(c) と同様なことが言える。

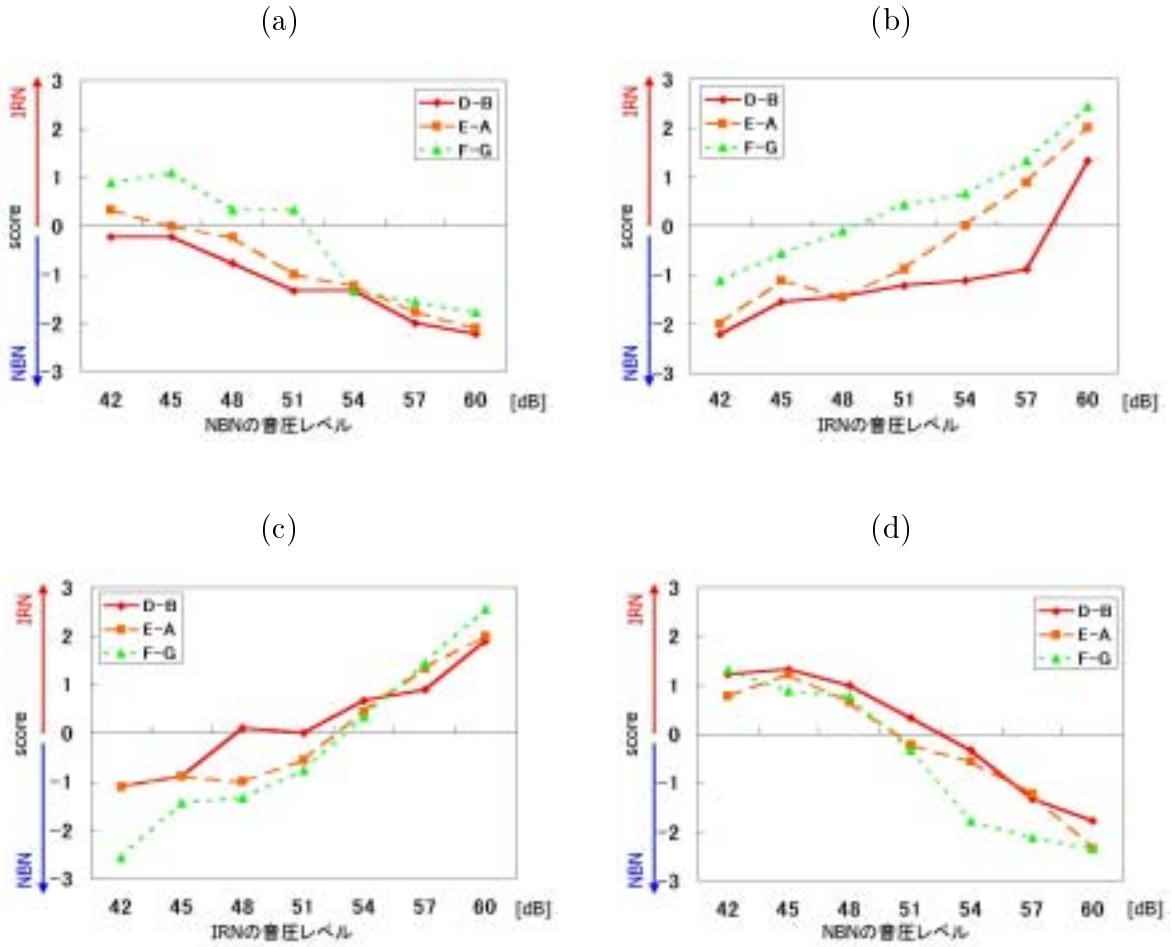


図 3.7: 被験者 5 の実験結果

- (a) では、NBN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが 42 $[dB]$ のところですでに NBN 側に寄っている。E-A のグラフもかなり早目に NBN 側に寄っていることから、極端に高音がよく聞こえていることが考えられる。もしくは NBN が聞きやすいということも考えられる。

- (b) では、IRN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。音程差があるほど高音が聞きやくなるということがグラフから読み取れる。

- (c) では、IRN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。IRN が高音であるにも関わらず、ぐらふが IRN 側に寄るのが遅いことから、この被験者にとっては音の高低に関係なく、NBN 自体が聞きやすいという可能性が考えられる。

- (d) では、NBN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。どのグラフも 51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっているということは、同等の音圧レベルで明瞭さが拮抗することが考えられる。

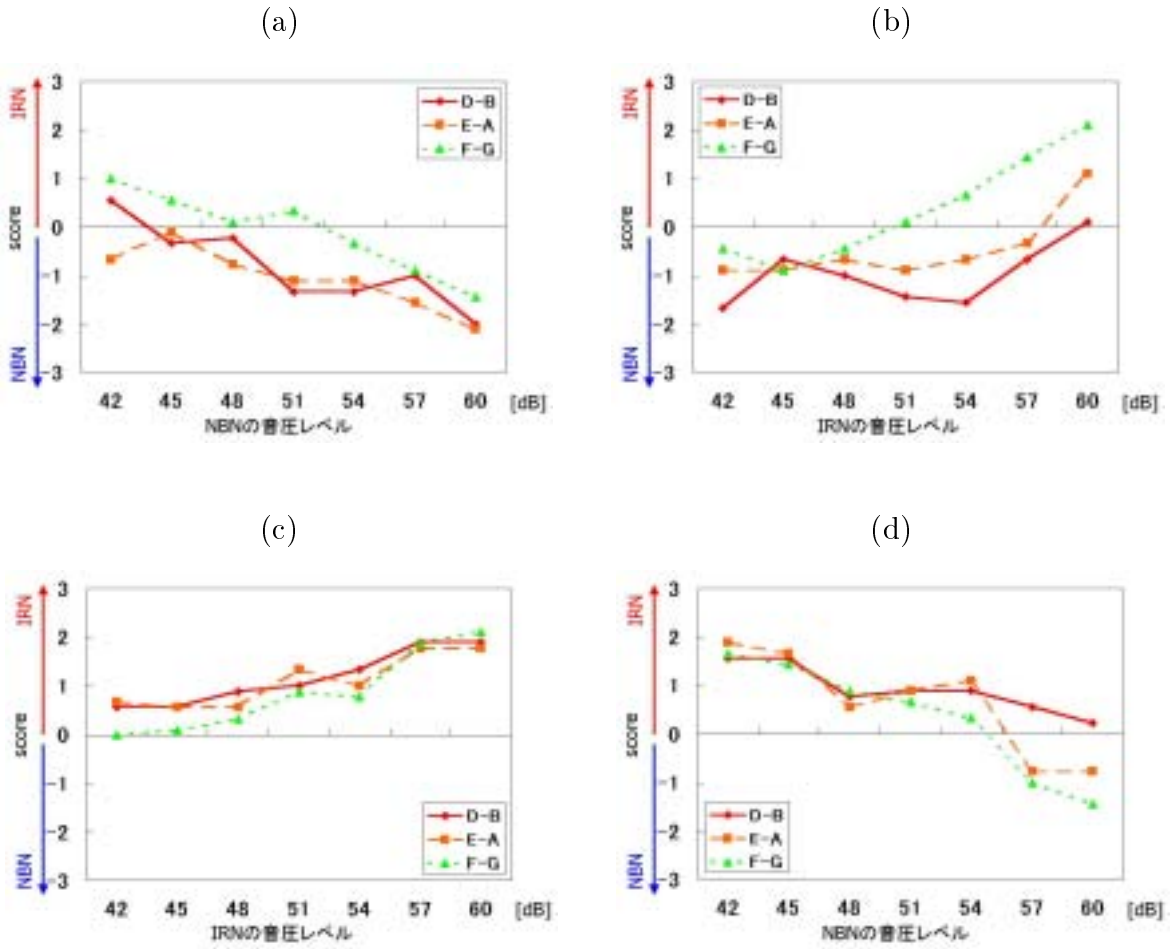


図 3.8: 被験者 6 の実験結果

- (a) では、NBN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフは 42 $[dB]$ ですでに NBN 側に寄っており、D-B のグラフはかなり早目に NBN 側に寄っていることから、この被験者は高音が特によく聞こえるのか、もしくは、音の高低ではなく NBN 自体が聞きやすいという可能性が考えられる。

- (b) では、IRN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(a) と同様なことが考えられる。

- (c) では、IRN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。すべてのグラフが 42 $[dB]$ ですでに IRN 側に寄っていることから、この被験者にとって NBN が聞きやすいのではなくて、高音が聞きやすいということが言える。

- (d) では、NBN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。グラフからも分かるとおり、この被験者にとって、高音がかなり聞きやすいことが言える。

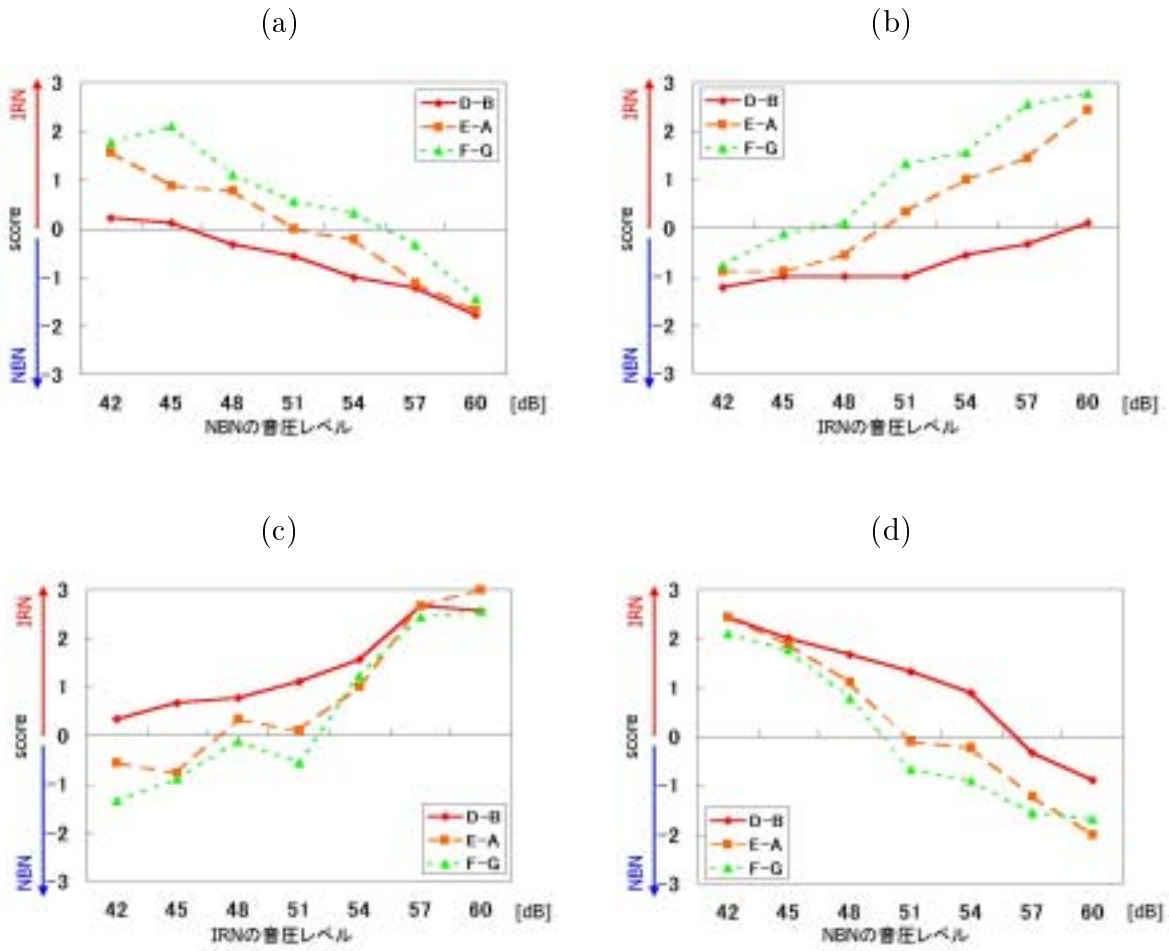


図 3.9: 被験者 7 の実験結果

- (a) では、NBN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが早目に NBN 側に寄っていることから、高音が聞きやすいことが考えられる。それとは対照的に、F-G のように音程差がなくなると、低音である IRN のほうが聞きやすいということがグラフより読み取れる。

- (b) では、IRN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(a) と全く対照的なグラフになっている。つまり、D-B のグラフはなかなか IRN 側に寄らないので、高音が聞きやすいことが言え、F-G のグラフは早目に IRN 側に寄っているので、この被験者にとって音程差がなくなると IRN 自体が聞きやすくなる可能性が考えられる。

- (c) では、IRN が高音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。D-B のグラフが 42 $[dB]$ ですでに IRN 側に寄っていることから、音程差があると、その単音の組の高音がよく聞こえるということが言える。

- (d) では、NBN が低音で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。E-A や F-G のグラフは音圧レベルが同程度で、明瞭さが拮抗するようである。D-B のグラフがなかなか NBN 側に寄らないことから、高音がかなり聞きやすいということが言える。

3.2 旋律を用いた実験

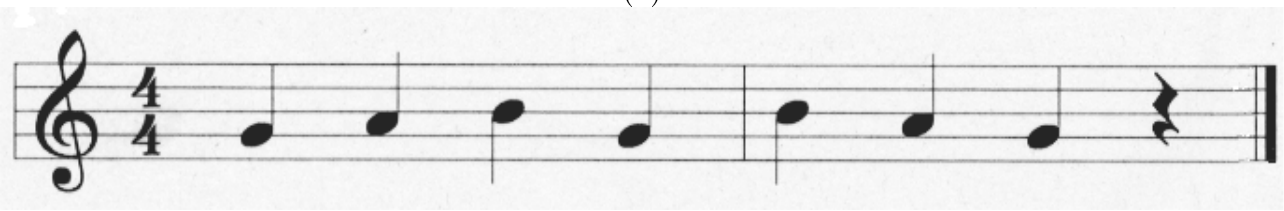
刺激音

単音の実験に用いた単音の組を使って 2 組の旋律を作成した。図??, ??で見られる上の旋律 (a) と下の旋律 (b) が交差しないように旋律を作成している。つまり、上の旋律の最低音は下の旋律の最高音よりも高いということである。刺激音の呈示時間は 1 つの音符につき 250 $[ms]$、2 小節分の旋律なので全体では約 2 $[s]$ になる。刺激音間の間隔は 5 $[s]$ とした。

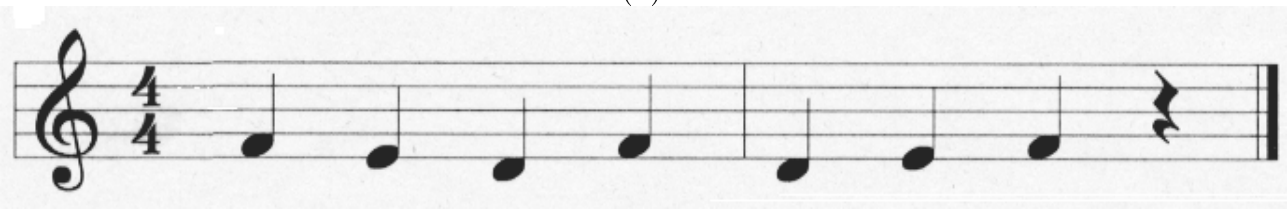
実験方法

図 3.11, 3.11 に示した旋律 (a) を狭帯域雑音、(b) に示した旋律を反復リプル雑音で作成して重ねたものが (c) となる。この重ねた旋律を被験者に呈示し、どちらの刺激音で作成した旋律がよく聞こえたかを図 3.12 の間隔尺度を用いて解答してもらう。被験者には、旋律全体を聞いて判断するよう教示した。集計のときは、単音の場合と同じように反復リプル雑音を+側、狭帯域雑音を-側にして集計を行った。呈示する旋律の音圧レベルは、表 3.2 に示したように、$No.1 \sim 7$ では音の低い方の旋律を反復リプル雑音、高い方の旋律を狭帯域雑音で作成し、狭帯域雑音の方は旋律全体を 42 $[dB]$ $\sim$ 60 $[dB], 3$ $[dB]$ 刻み 7 段階のいずれかのにして呈示する。もう一方は 7 段階の中央にあたる 51 $[dB]$ で固定した。$No.8 \sim 14$ は刺激音をそのままにし、音圧レベルを動かすものと固定するものとを反対にしたものである。$No.15 \sim 21$、$No.1 \sim 7$ の刺激音を反対にしたもの、$No.22 \sim 28$ は $No.8 \sim 14$ を反対にした者である。刺激音の呈示数は単音と同様の $28 \times 3 = 84$ 回、3 セット。刺激音の呈示の順序はランダムである。平均したスコアを実験結果として以下に載せる。

(a)



(b)



(c)

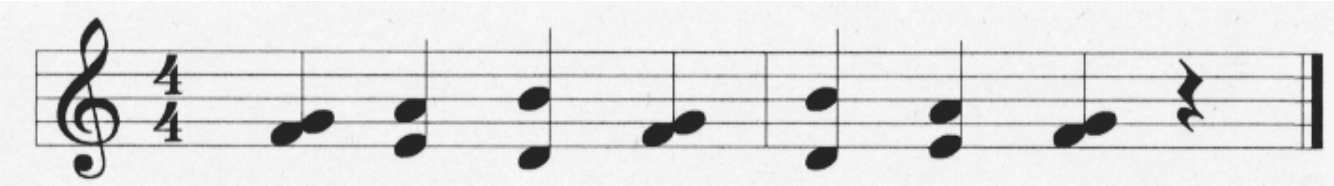
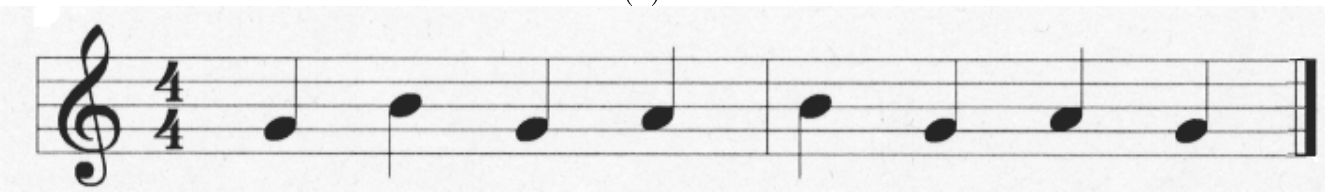
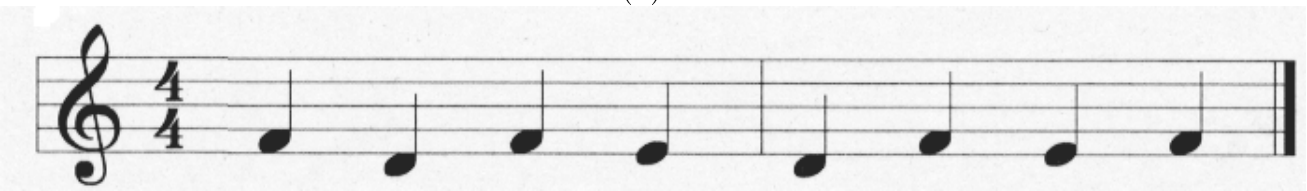


図 3.10: 旋律 1

(a)



(b)



(c)

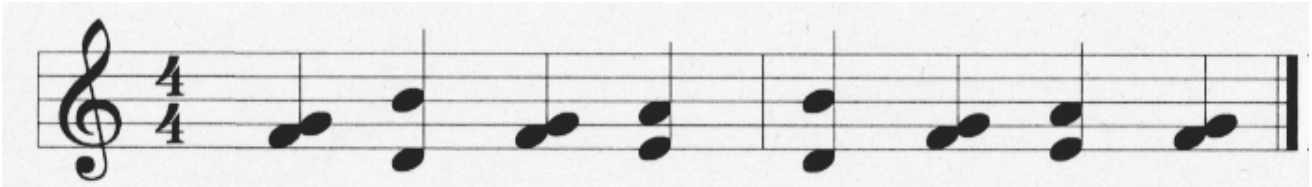


図 3.11: 旋律 2

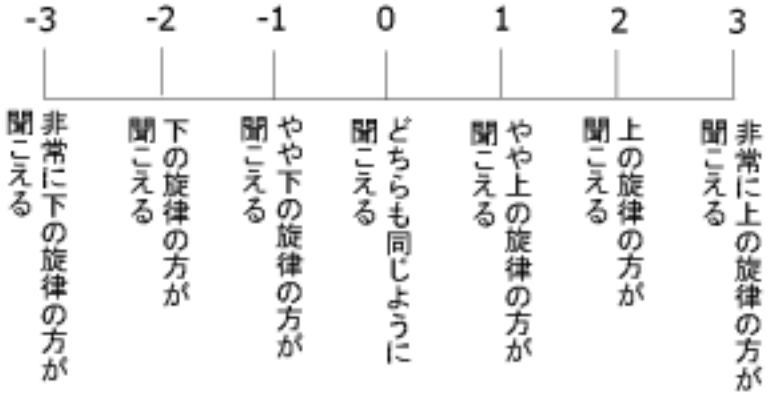


図 3.12: 間隔尺度

No	下の旋律	上の旋律
1	IRN - 51 [dB]	NBN - 42 [dB]
2	IRN - 51 [dB]	NBN - 45 [dB]
3	IRN - 51 [dB]	NBN - 48 [dB]
4	IRN - 51 [dB]	NBN - 51 [dB]
5	IRN - 51 [dB]	NBN - 54 [dB]
6	IRN - 51 [dB]	NBN - 57 [dB]
7	IRN - 51 [dB]	NBN - 60 [dB]
8	IRN - 42 [dB]	NBN - 51 [dB]
9	IRN - 45 [dB]	NBN - 51 [dB]
10	IRN - 48 [dB]	NBN - 51 [dB]
11	IRN - 51 [dB]	NBN - 51 [dB]
12	IRN - 54 [dB]	NBN - 51 [dB]
13	IRN - 57 [dB]	NBN - 51 [dB]
14	IRN - 60 [dB]	NBN - 51 [dB]

No	下の旋律	上の旋律
15	NBN - 51 [dB]	IRN - 42 [dB]
16	NBN - 51 [dB]	IRN - 45 [dB]
17	NBN - 51 [dB]	IRN - 48 [dB]
18	NBN - 51 [dB]	IRN - 51 [dB]
19	NBN - 51 [dB]	IRN - 54 [dB]
20	NBN - 51 [dB]	IRN - 57 [dB]
21	NBN - 51 [dB]	IRN - 60 [dB]
22	NBN - 42 [dB]	IRN - 51 [dB]
23	NBN - 45 [dB]	IRN - 51 [dB]
24	NBN - 48 [dB]	IRN - 51 [dB]
25	NBN - 51 [dB]	IRN - 51 [dB]
26	NBN - 54 [dB]	IRN - 51 [dB]
27	NBN - 57 [dB]	IRN - 51 [dB]
28	NBN - 60 [dB]	IRN - 51 [dB]

表 3.2: 呈示する旋律の音圧レベル表

3.2.1 実験結果

図 3.13〜3.19 は被験者 7 人の実験結果を被験者ごとに平均を取り折れ線グラフで表したものである。縦軸は刺激音の評価点数であり、同時に呈示された旋律のうち、上の旋律が明瞭に聞こえたのであれば+側の点数、下の旋律が明瞭に聞こえたのであれば-側の点数をつける。集計するときに、反復リプル雑音で作成された旋律が明瞭であれば+側、狭帯域雑音で作成された刺激音が明瞭であれば-側という風に差し換えた。もし、被験者に刺激音名で解答させたとすると、旋律全体を聞くのではなく、旋律の一部のみを聞いて明瞭さを判断する可能性がある。これでは、単音の実験と変わらない。したがって、そのことを事前に防ぐために図??のような間隔尺度を設けたわけである。横軸は (a), (b), (c), (d) の 4 パターンで音圧レベルを動かすことになっている刺激音の音圧レベルを示している。

(a) は下の旋律を IRN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。上の旋律は NBN にし、$42 \sim 60$ $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。

(b) は下の旋律を IRN にし、音圧レベルを $42 \sim 60$ $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。上の旋律は NBN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。

(c) は下の旋律を NBN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。上の旋律は IRN にし、$42 \sim 60$ $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。

(d) は下の旋律を NBN にし、音圧レベルを $42 \sim 60$ $[dB]$ まで 3 $[dB]$ 刻みで変化させた。上の旋律は NBN にし、音圧レベルを 51 $[dB]$ で固定した。

グラフのポイントが×印なのは旋律 1、米印は旋律 2 を表している。

全体的に見て、共通点となるものは特に見られなかった。被験者各人では、旋律が異なった形状をしていてもグラフに大きな差が無かったことから、被験者各人で旋律の聞き方が統一されているものと考えられる。旋律の明瞭さが拮抗する音圧レベルだが、確かに見られる被験者もいたが、どちらか一方に寄っているので拮抗点が表れないことになる。つまり、旋律を知覚するときに、どちらかの情報が優位となることが考えられる。

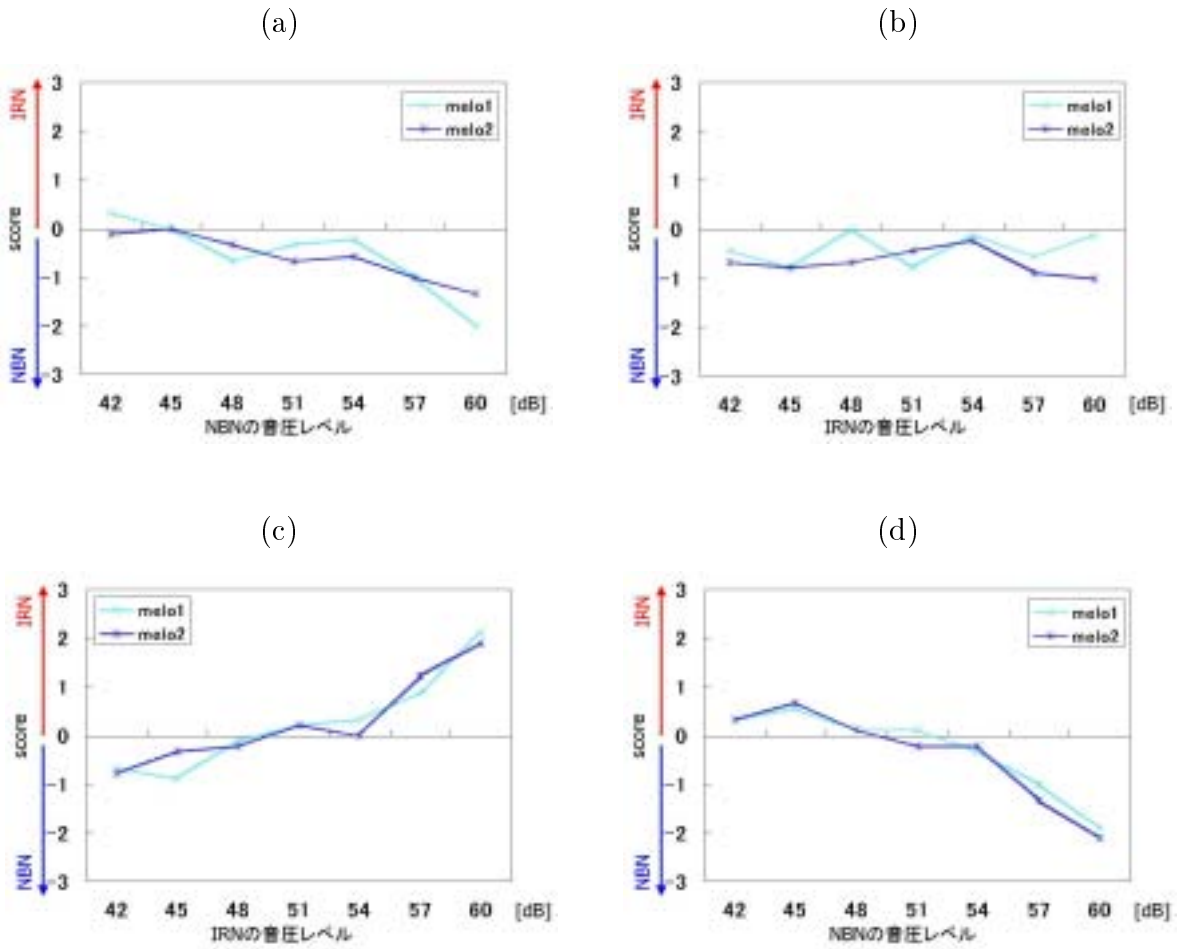


図 3.13: 被験者 1 の実験結果

- (a) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 1 のグラフは NBN 側に早くから寄っており、旋律 2 だと 42 $[dB]$ の段階で NBN 側に寄っている。このことから、上の旋律の方がよく聞こえていることが考えられる。もしくは NBN で作成された旋律がよく聞こえるという可能性も考えられる。

- (b) では、IRN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。どちらの旋律も IRN 側に寄らないことから、IRN で作成された旋律はあまり聞こえてないことが考えられる。また、旋律 1 のグラフが上下に振れているのは試行回数の少ないために、結果が安定しないことが考えられる。

- (c) では、IRN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。グラフで見られるとおり、同等の音圧レベルで上下の旋律の明瞭さが拮抗している。

- (a) では、NBN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(c) と同様で、同等の音圧レベルで上下の旋律明瞭さが拮抗している。

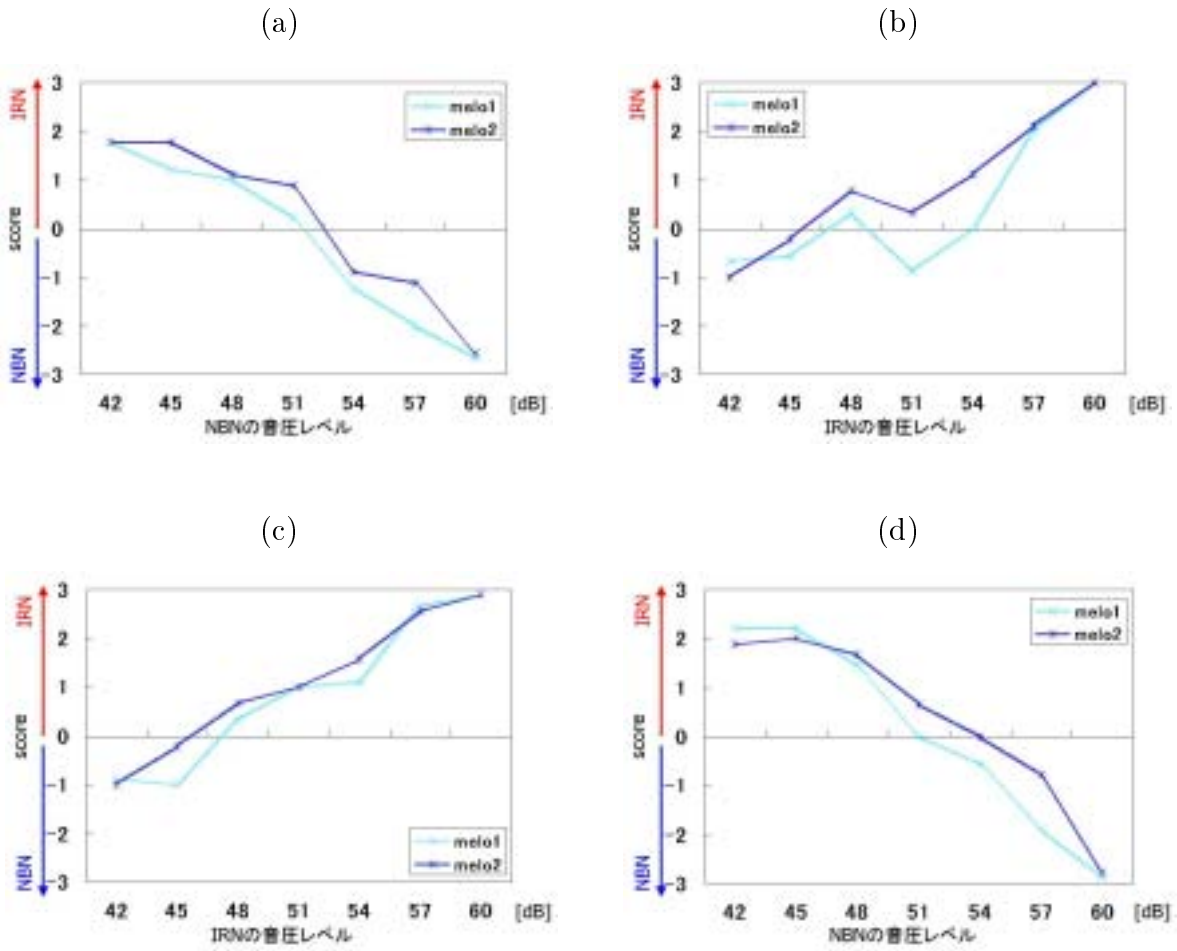


図 3.14: 被験者 2 の実験結果

- (a) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。IRN が下の旋律であるにも関わらず、多少ではあるがどちらのグラフも IRN 側に寄っている。つまり IRN の旋律は NBN よりも小さい音圧レベルで明瞭さが拮抗することになる。

- (b) では、IRN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 2 のグラフが早目に IRN 側に寄っている。やはり、この被験者にとって、下の旋律であるにも関わらず小さな音圧レベルでも聞きやすいことが考えられる。

- (c) では、IRN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。どちらのグラフも早目に IRN 側に寄っていることから、上の旋律だから聞きやすいと言うだけでなく、むしろ IRN の旋律が聞きやすいということが考えられる。

- (d) では、NBN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 2 は NBN 側に寄るのが遅いため、IRN の旋律が聞きやすいということが言える。旋律 1 は上下の旋律が同等の音圧レベルで拮抗することが言える。

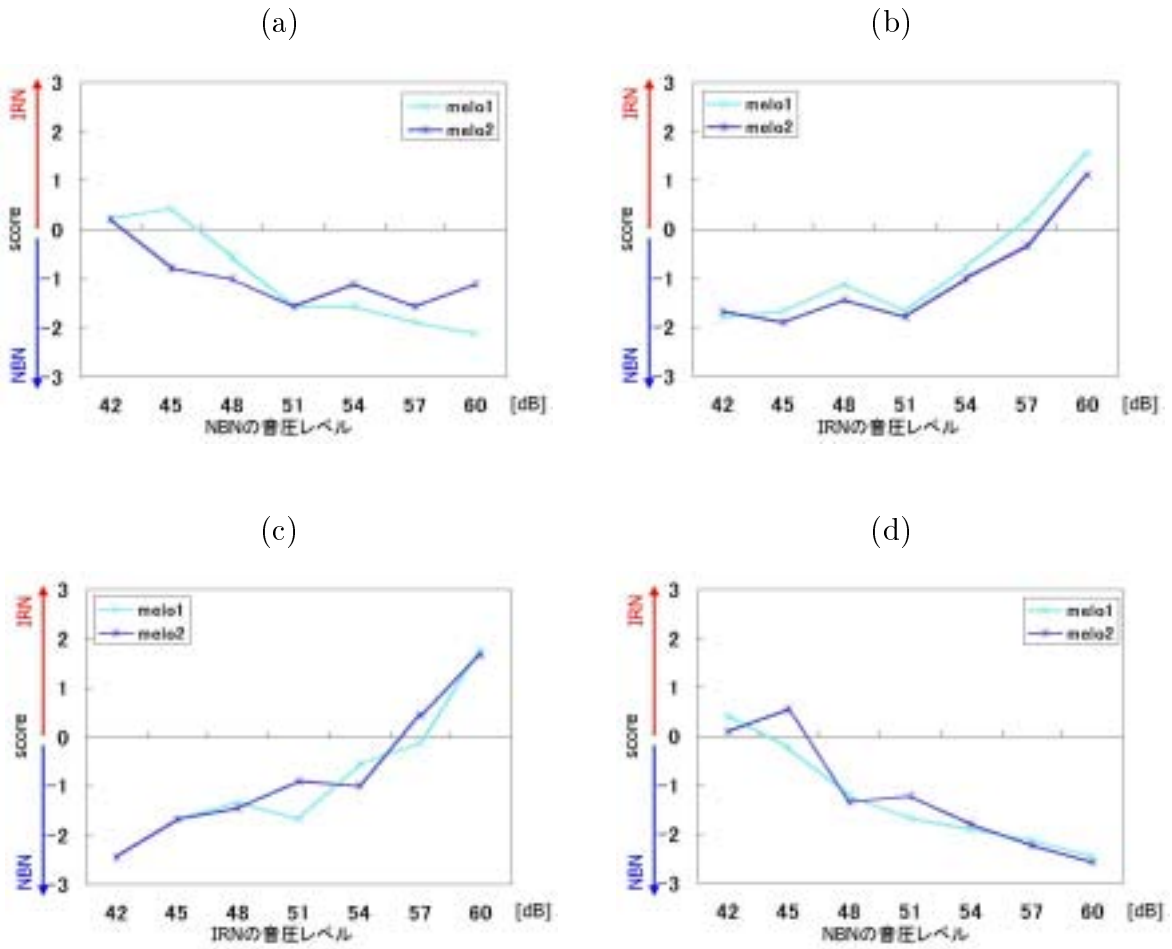


図 3.15: 被験者 3 の実験結果

- (a) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。どちらの旋律の旋律のグラフも早目に NBN 側に寄っていることから、上の旋律が良く聞こえているということが言える。また、旋律の上下ではなく、NBN で作成された旋律がよく聞こえているという可能性も考えられる。

- (b) では、IRN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(a) と同様、NBN 側に寄っているので、上の旋律がよく聞こえている、もしくは、NBN で作成された旋律がよく聞こえているということが考えられる。

- (c) では、IRN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。NBN の旋律が下であるにも関わらずよく聞こえているということは、せんりつの上下ではなく、NBN で作成された旋律がよく聞こえているということが言える。

- (d) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(c) と同様、NBN で作成された旋律がよく聞こえていると言える。

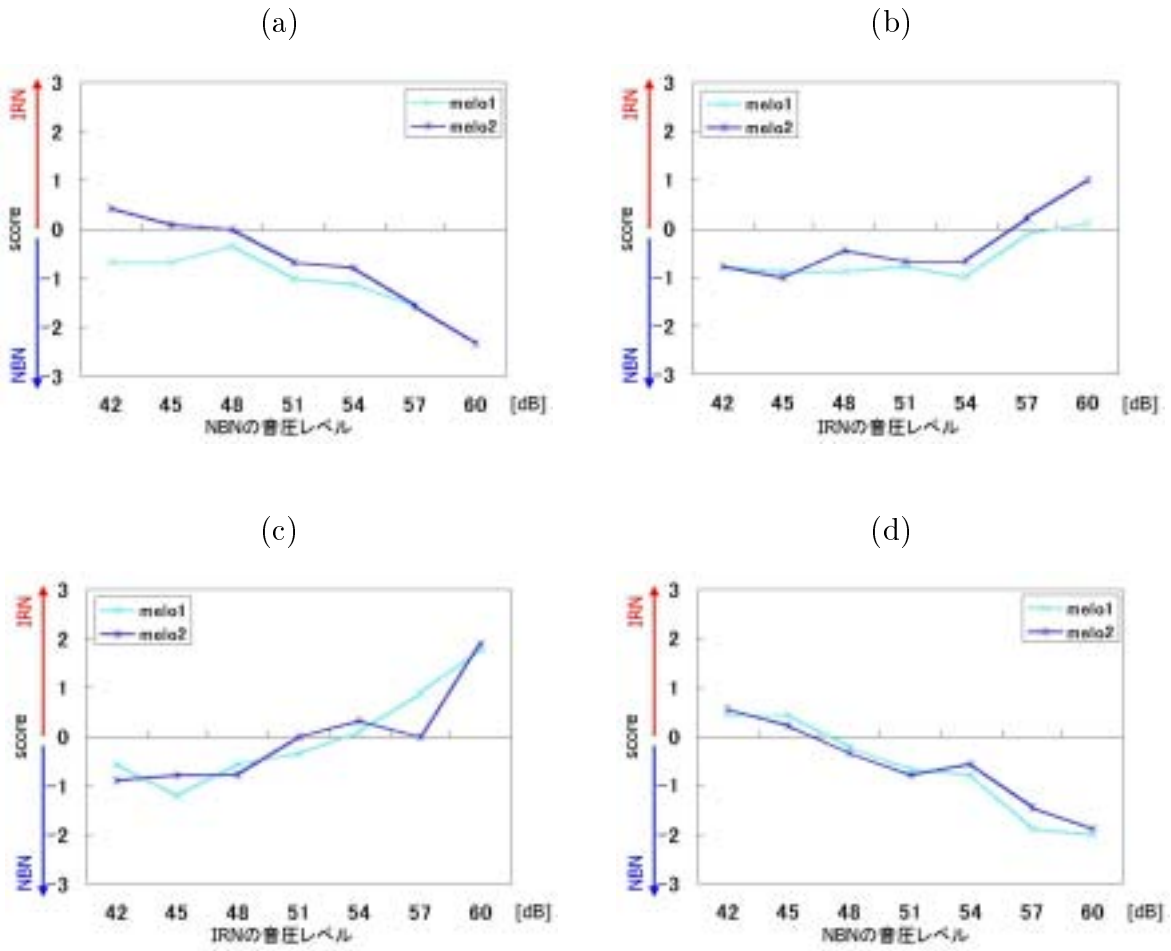


図 3.16: 被験者 4 の実験結果

- (a) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 2 のグラフが NBN 側に寄るのも早いが、旋律 1 のグラフは 42 $[dB]$ で NBN 側に寄っている。これは、上の旋律がよく聞こえている、もしくは、NBN で作成された旋律がよく聞こえるということが考えられる。

- (b) では、IRN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。2 つの旋律のグラフがなかなか IRN 側に寄らないということは、上の旋律がよく聞こえている、もしくは、NBN で作成された旋律がよく聞こえるということが考えられる。

- (c) では、IRN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。2 つの旋律のグラフが 51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっているということは、上下の旋律が同等の音圧レベルで明瞭さが拮抗するということが言える。

- (d) では、NBN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。NBN が下の旋律であるにも関わらず早目に NBN 側に寄るということは、NBN で作成された旋律がよく聞こえるということが考えられる。

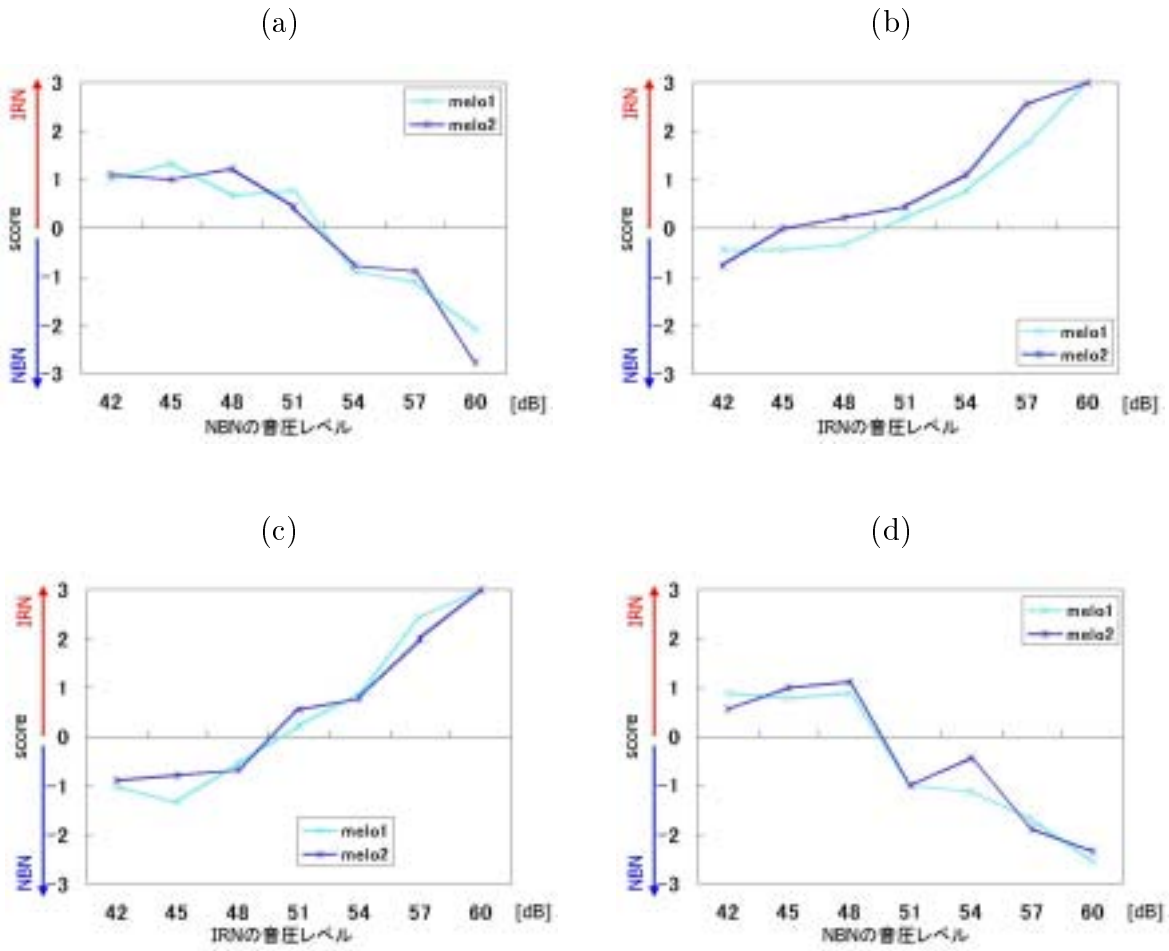


図 3.17: 被験者 5 の実験結果

- (a) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。どちらの旋律のグラフもややIRN 側に寄っているように見えるが、51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっているので、上下の旋律が同等の音圧レベルのもとで明瞭さが拮抗することが考えられる。

- (b) では、IRN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。早目に IRN 側に寄っているのが見られるので、IRN で作成された旋律がよく聞こえていることが言える。また、下の旋律がよく聞こえるということも考えられる。

- (c) では、IRN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。どちらのグラフも IRN 側に早目に寄っているので、IRN で作成された旋律がよく聞こえるということが考えられる。

- (d) では、NBN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。2 つのグラフが多少 NBN 側に寄っているが、51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっているので、上下の旋律が同等の音圧レベルのもとで明瞭さが拮抗することが考えられる。

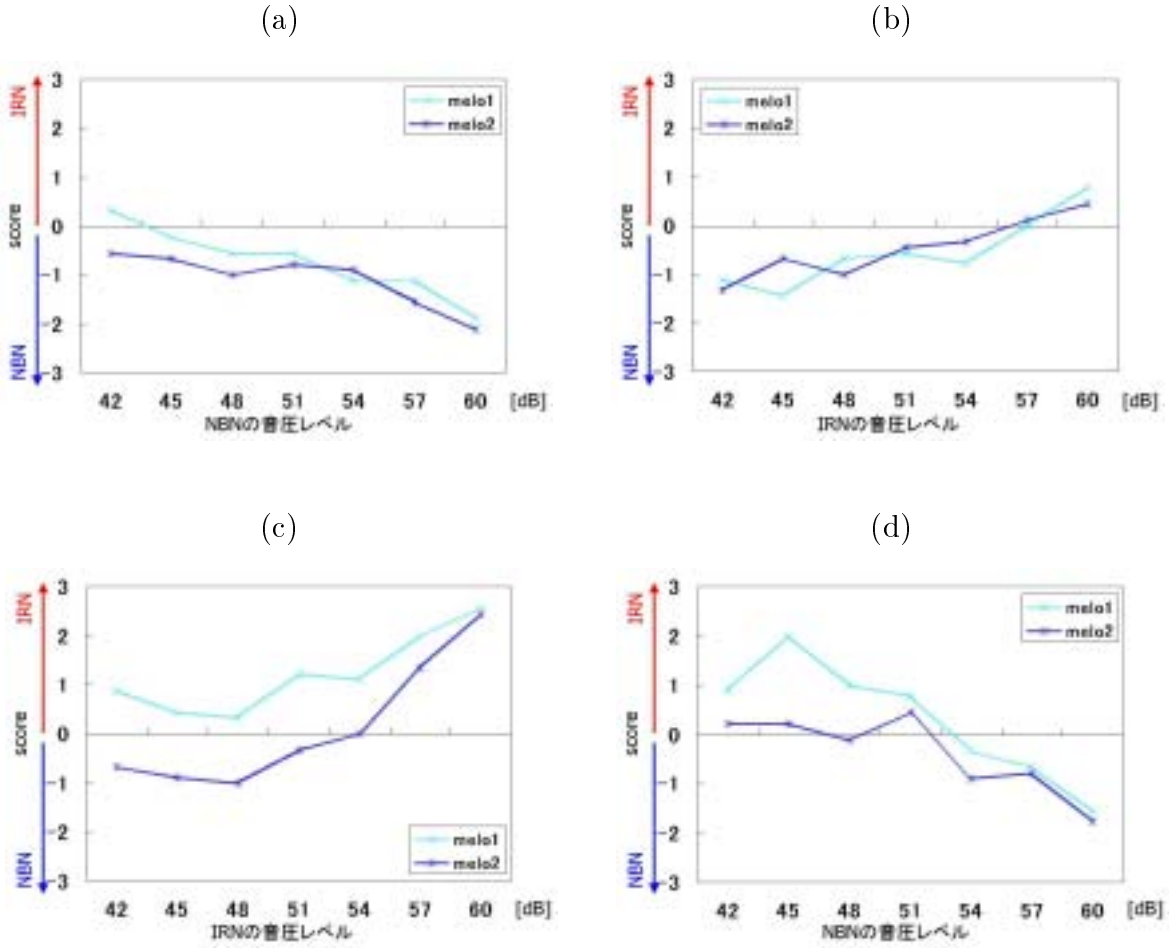


図 3.18: 被験者 6 の実験結果

- (a) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 1 のグラフはかなり早目に NBN 側に寄っており、旋律 2 のグラフは 42 $[dB]$ ですでに NBN 側に寄っている。よって、上の旋律我欲聞こえるのか、もしくは、NBN で作成された旋律がよく聞こえるのかということが考えられる。

- (b) では、IRN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。IRN 側になかなか寄らないことから、上の旋律は音圧レベルが小さくても聞こえるということが考えられる。また、NBN で作成された旋律が聞きやすいという可能性も考えられる。

- (c) では、IRN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 1 は 42 $[dB]$ からすでに IRN 側に寄っているので、(a), (b) から考えてみても上の旋律がよく聞こえることが考えられる。しかし旋律 2 のグラフは、NBN が下の旋律であるにも関わらず NBN 側に寄っているので、NBN で作成された旋律がよく聞こえるということが考えられる。

- (d) では、NBN が下の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 1 は多少は IRN 側に寄っているのが、旋律 2 と同様にして 51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっているので、上下の旋律は同等の音圧レベルのもとで明瞭さが拮抗する。

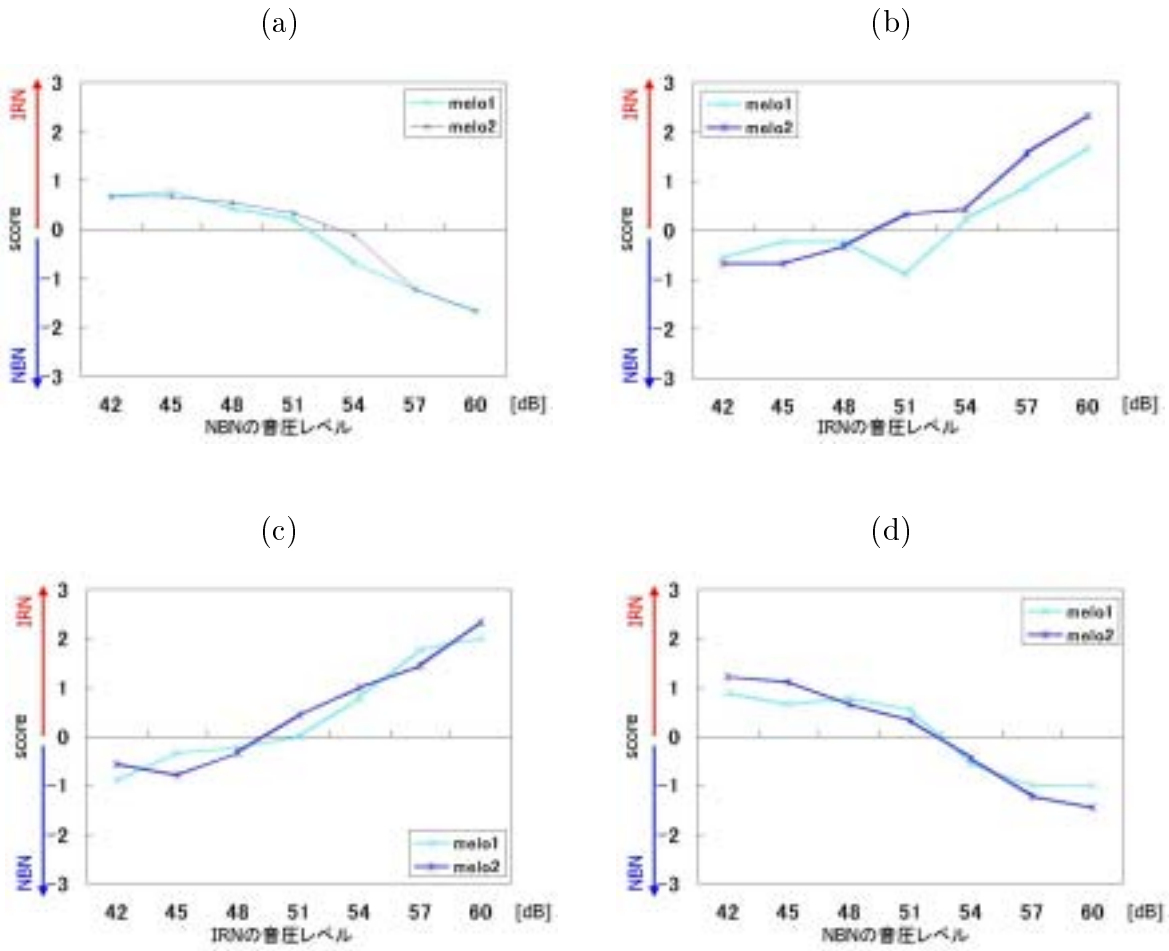


図 3.19: 被験者 7 の実験結果

- (a) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 1 は 51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっていることから上下の旋律は同等の音圧レベルのもとで明瞭さが拮抗すると考えられる。また、旋律 2 のグラフは IRN が下の旋律であるにも関わらず、IRN 側に寄っているということは、下の旋律がよく聞こえる、もしくは NBN で作成された旋律がよく聞こえるということが考えられる。

- (b) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。旋律 1 のグラフは多少ではあるが NBN 側に寄っているので上の旋律もしくは NBN で作成された旋律がよく聞こえていることが考えられる。また旋律 2 のグラフは 51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっていることから上下の旋律は同等の音圧レベルのもとで明瞭さが拮抗すると考えられる。

- (c) では、IRN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。どちらのグラフも 51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっていることから上下の旋律は同等の音圧レベルのもとで明瞭さが拮抗すると考えられる。

- (d) では、NBN が上の旋律で、音圧レベルを 7 段階動かすことになっている。(c) 同様にして、どちらのグラフも 51 $[dB]$ 付近で score が 0 になっていることから上下の旋律は同等の音圧レベルのもとで明瞭さが拮抗すると考えられる。

3.3 旋律、単音の実験結果の比較

目的

ここでは、単音の実験で得られたグラフに旋律の実験で得られたグラフを照らし合わせ、旋律のグラフがどこに位置するかで、旋律の音楽的音高知覚に優位となる情報を調べるのが目的である。旋律のグラフが単音のグラフよりも IRN 側に位置していれば、旋律の音楽的音高知覚には時間情報が優位となる可能性があることが考えられる。また、旋律のグラフが単音のグラフよりも NBN 側に位置していれば、旋律の音楽的音高知覚には場所情報が優位となる可能性があることが考えられる。旋律のグラフが単音と同じところに位置した場合は、旋律だからといって特にどちらかの情報が優位となることはないということが考えられる。

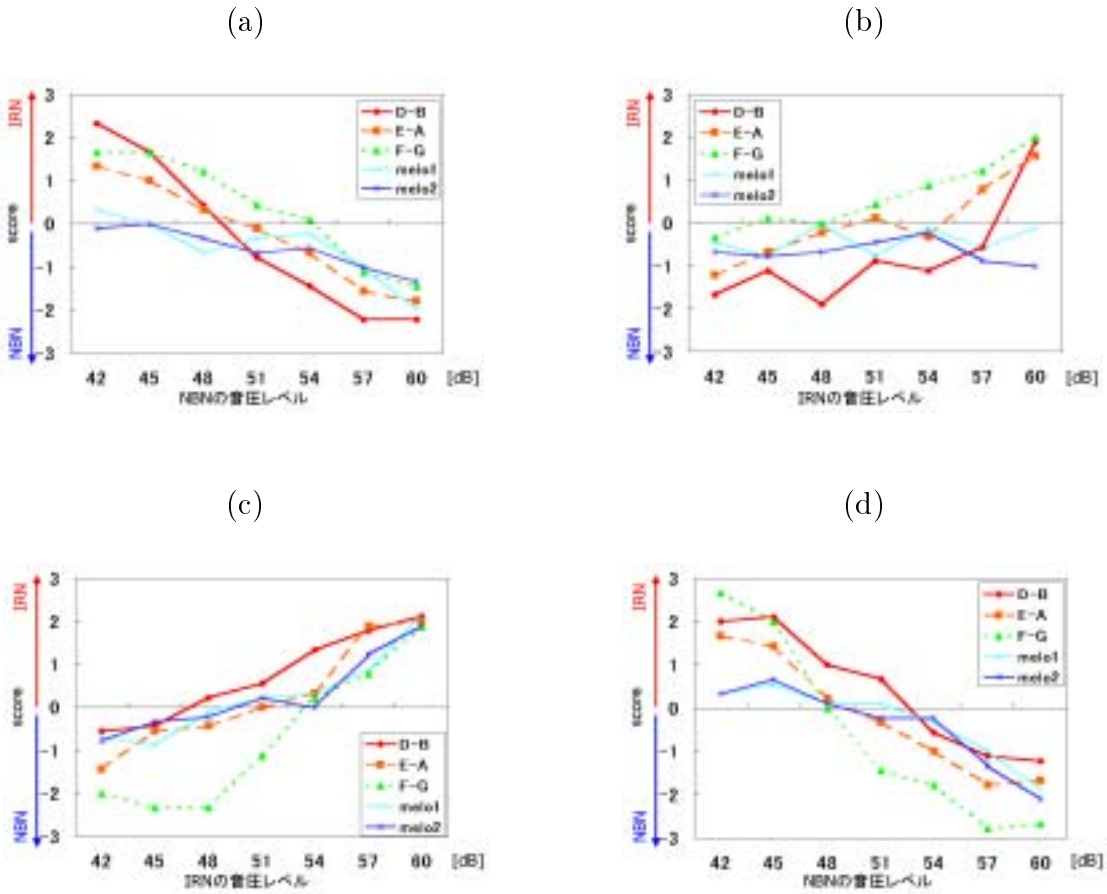


図 3.20: 被験者 1 の実験結果

- (a) では、42 ～ 48 $[dB]$ 付近で旋律のグラフが単音よりも NBN 側にあるが、それ以降は単音のグラフと同じところに位置している。
- (b) では、ほぼ旋律のグラフが単音のグラフと同じところに位置している。57 ～ 60 $[dB]$ では旋律のグラフが単音よりも NBN 側に位置している。
- (c) では、旋律のグラフが単音のグラフと同じところに位置している。
- (d) では、(c) と同様にして、旋律のグラフが単音のグラフと同じところに位置している。

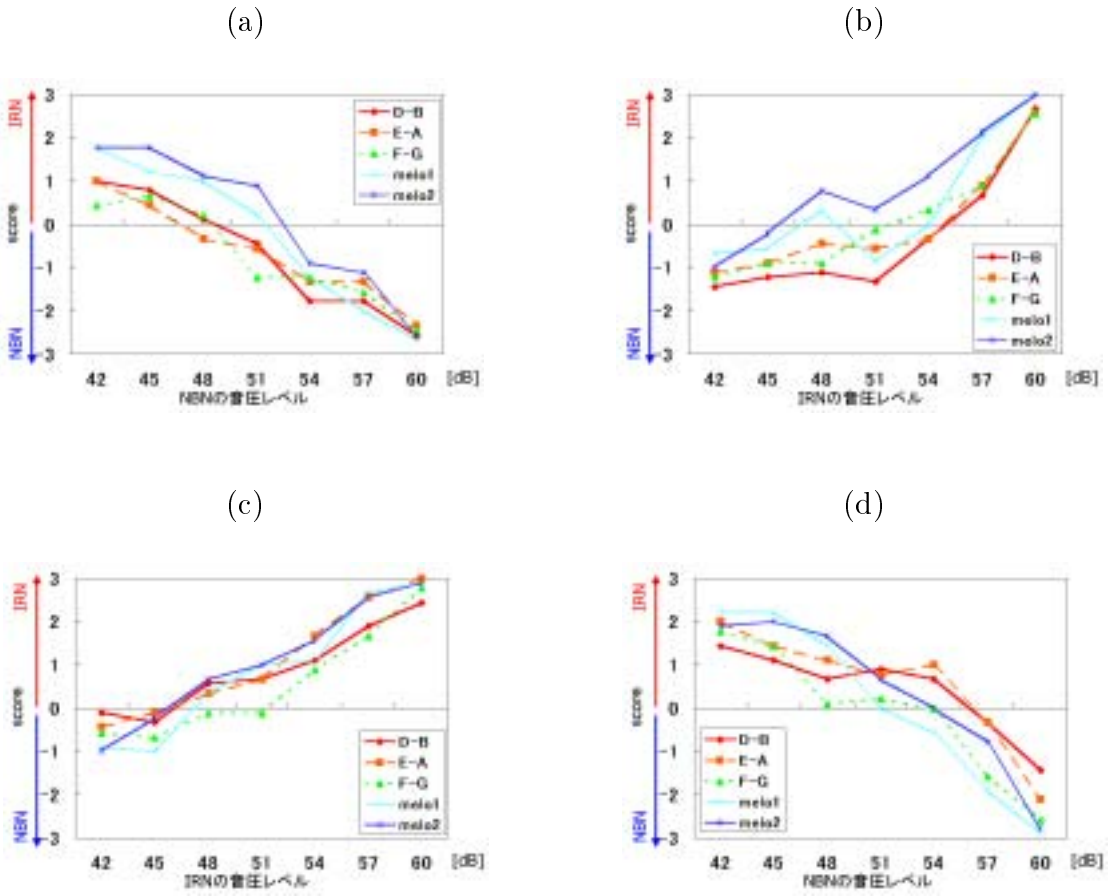


図 3.21: 被験者 2 の実験結果

- (a) では、旋律のグラフが単音よりも IRN 側に位置している。
- (b) では、旋律 2 のグラフが顕著に単音よりも IRN 側に寄っている。旋律 1 も確かにばらつきはみられるが、単音よりも IRN 側に寄っている。
- (c) では、旋律のグラフと単音のグラフがほぼ同じところに位置している。ただ、単音のグラフ自体がすでに IRN 側に寄っているということもあって、単音にしても旋律にしても、IRN がよく聞こえていることが言える。
- (d) では、旋律のグラフが単音のグラフとほぼ同じところに位置している。

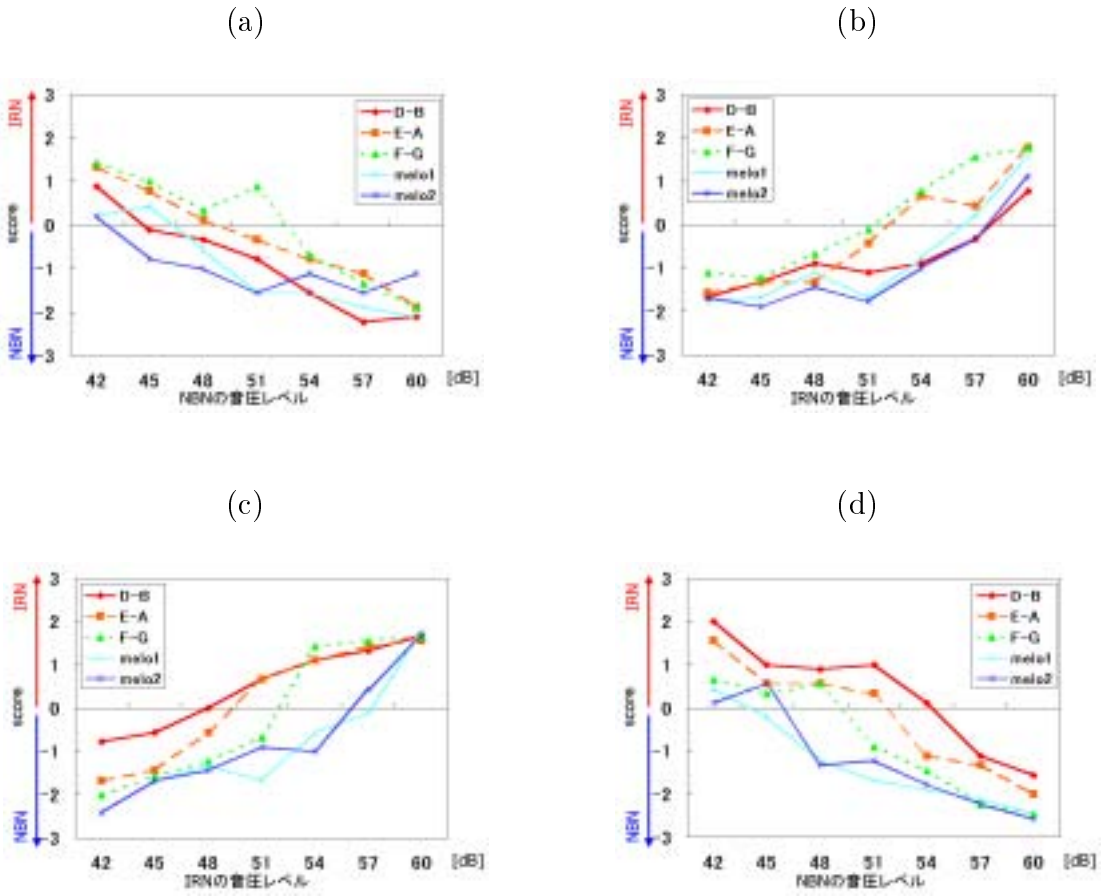


図 3.22: 被験者 3 の実験結果

- (a) では、旋律のグラフが単音よりもやや NBN 側に寄っている。
- (b) では、(a) と同様、旋律のグラフが単音よりもやや NBN 側に寄っている。
- (c) では、旋律のグラフが顕著に単音よりも NBN 側に寄っているのが見られる。
- (d) では、(c) と同様旋律のグラフが顕著に単音よりも NBN 側に寄っているのが見られる。

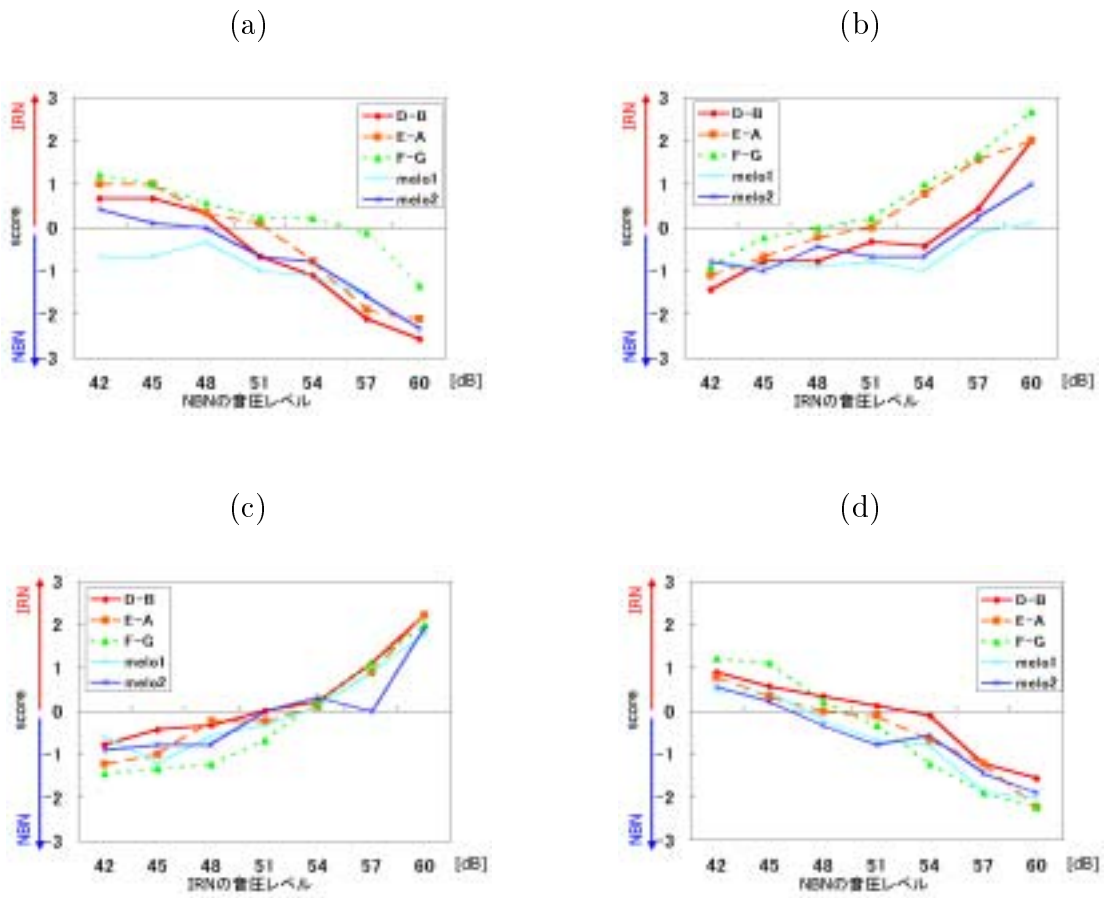


図 3.23: 被験者 4 の実験結果

- (a) では、旋律のグラフがやや単音よりも NBN 側に寄っている。
- (b) では、(a) と同様、旋律のグラフがやや単音よりも NBN 側に寄っている。
- (c) では、旋律のグラフが単音のグラフとほぼ同じところに位置している。
- (d) では、(a), (b) 同様、旋律のグラフがやや単音よりも NBN 側に寄っている。

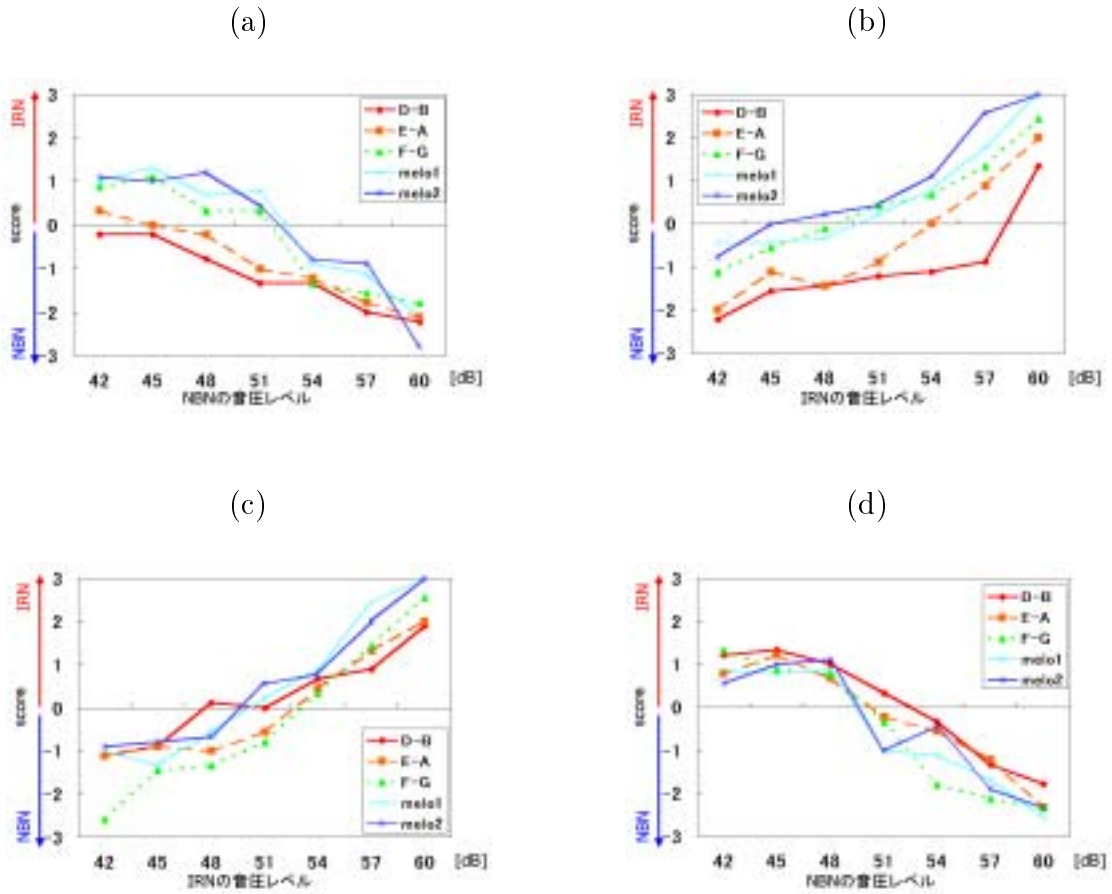


図 3.24: 被験者 5 の実験結果

- (a) では、単音のグラフの 1 つ (F-G) が同じような位置にはいるが、旋律のグラフは単音よりも IRN 側に寄っているのが見られる。
- (b) では、(a) と同様な傾向が見られる。
- (c) では、旋律のグラフが単音のグラフとほぼ同じところに位置しているものの、やや旋律のグラフが IRN 寄っている。
- (d) では、旋律のグラフが単音のグラフとほぼ同じところに位置している。が、旋律のグラフがやや NBN 寄りにも見える

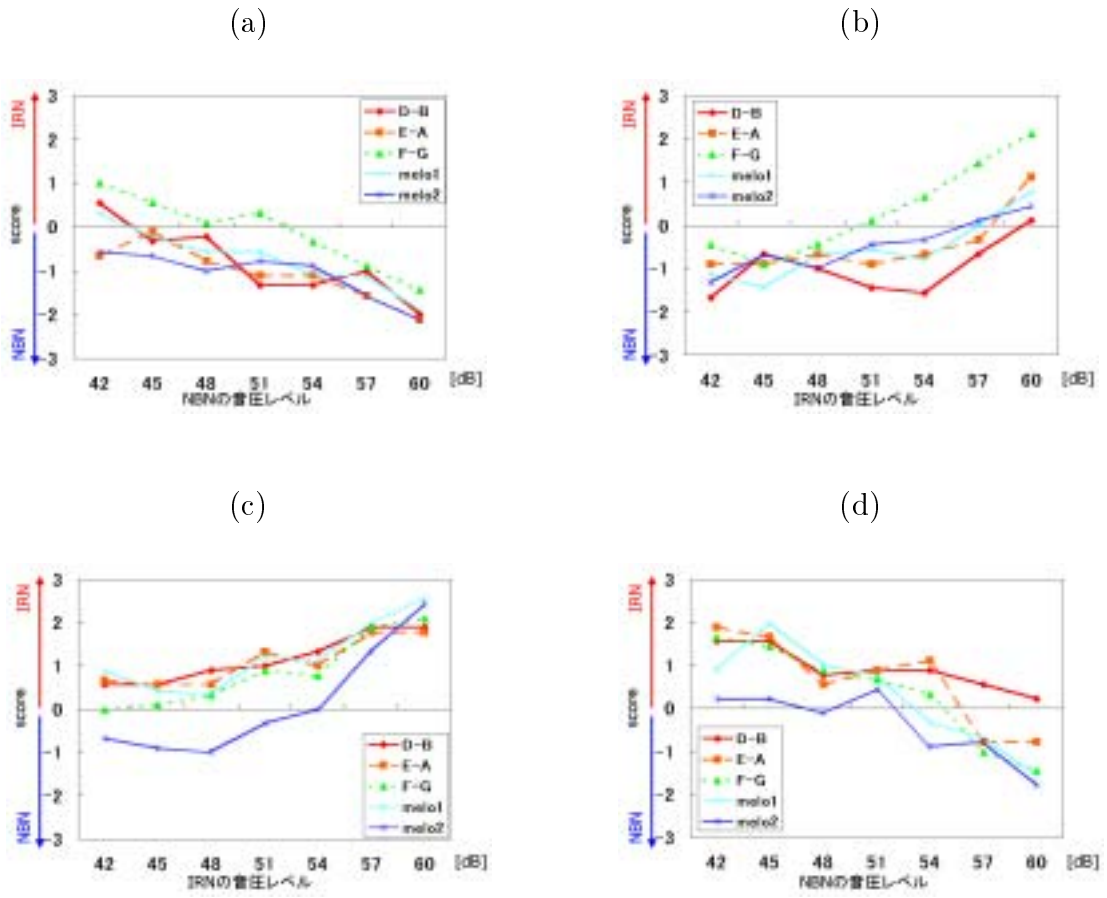


図 3.25: 被験者 6 の実験結果

- (a) では、旋律のグラフが単音のグラフとほぼ同じところに位置している。
- (b) では、(a) と同様で、旋律のグラフが単音のグラフとほぼ同じところに位置している。
- (c) では、旋律 1 のグラフは単音のグラフとほぼ同じところに位置している。また、旋律 2 のグラフが NBN 側に寄っているのが見られる。
- (d) では、(c) と同様の傾向が見られる。

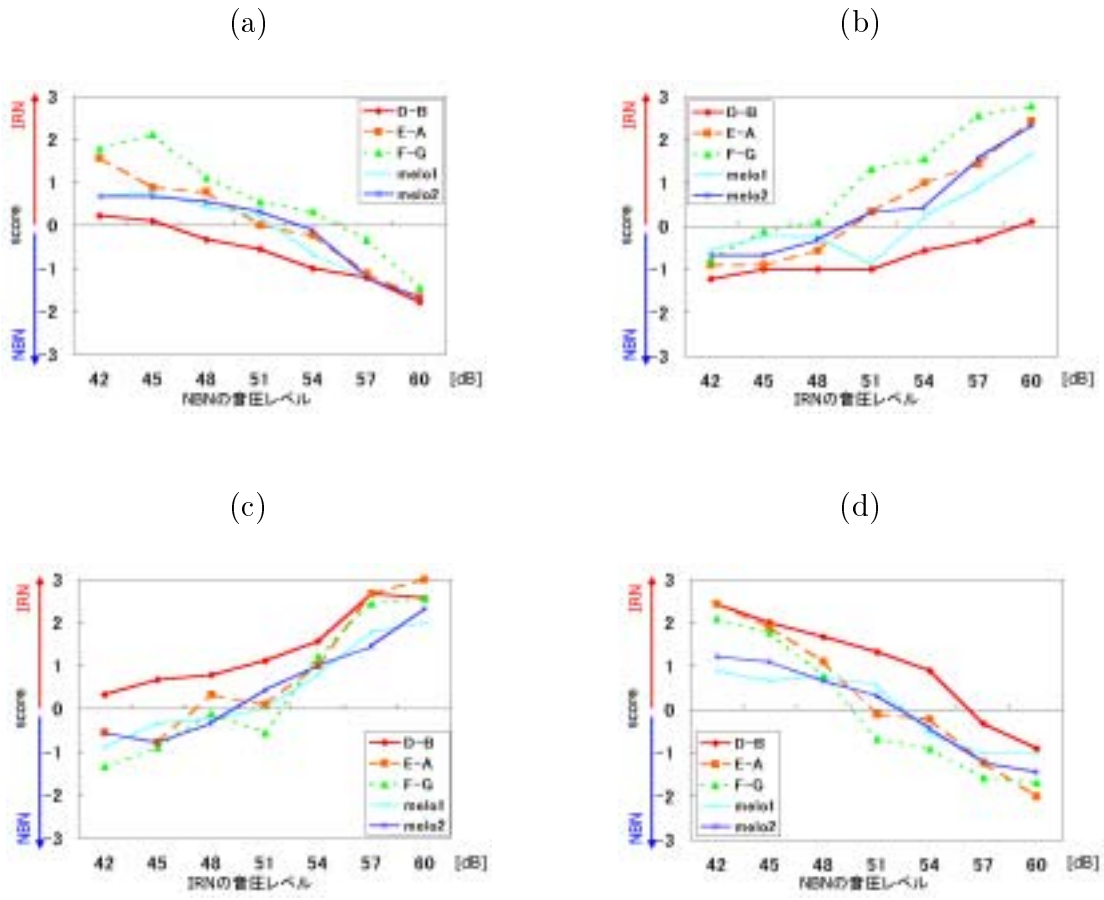


図 3.26: 被験者 7 の実験結果

- (a) ～ (d) の呈示パターンすべてにおいて旋律のグラフが単音のグラフとほぼ同じところに位置している。

3.3.1 考察

刺激音の高さや音圧レベルにかかわらず、旋律のグラフが単音のグラフよりも反復リプル雑音側、あるいは狭帯域雑音側に動いた被験者がいた。反復リプル雑音側にグラフが動いた被験者は、旋律を聞くときには単音を聞くときよりも時間情報をよく利用している可能性があることと考えられる (被験者 2, 5。以下、この被験者群を時間情報群とする)。また、狭帯域雑音側にグラフが動いた被験者は、単音のときよりも場所情報を利用する可能性があると考えられる (被験者 3, 4。以下、この被験者群を場所情報群とする)。旋律のグラフが単音のグラフと同じ場所に位置した被験者は、旋律を聞くときに、単音のときよりもどちらかの情報をより利用しようとすることはないということが考えられる (被験者 1, 6, 7。以下、この被験者群を無変化群とする)。

仮説通りの結果が得られた時間情報群の被験者の特徴は、他群よりも幼児期での音楽教育を受けた期間が長いということや、楽器 (特に、鍵盤楽器や弦楽器など、音階がはっきり存在する楽器) 経験が豊富なことである。藤崎・柏野は、絶対音感保持者の chroma の同定には時間情報が主要な役割を担っていることを示唆しており、音楽経験の豊富さが時間情報の利用に大いに関わってくることが考えられる。また、絶対音感保持者は、音の高さを音楽的音名に当てはめることが可能であり、時間情報と音名の対応付けが密接な関係にあることが考えられる。従って、本実験での時間情報群の被験者が旋律を聞くときには、音の高低を追うだけでなく、旋律を構成する書く単音を音楽的音名に当てはめようとしている可能性があると考えられる。また、藤崎・柏野は、絶対音感非保持者の相対音高同定課題において、時間情報だけでは chroma の同定は困難で、場所情報、時間情報の両情報が使用できることが必要であることを示唆している。height の同定課題において、反復リプル雑音を用いたときの正答数が、狭帯域雑音、純音よりも低かったことから、height の同定には場所情報が重要であることを報告している。よって、本実験での場所情報群の被験者が旋律を聞くときには、特に音の高低を追おうとしていることが考えられる。

無変化群の被験者が旋律を聞くときには、旋律全体を聞いて音の動きをとらえているのではなく、旋律を構成する各単音を聞いているために、旋律も単音と同じ聞き方をしているのではないかと考えられる。

第4章　おわりに

4.1　結論

本研究の目的は、旋律の音楽的音高知覚には場所情報よりも時間情報が優位であるという仮説を立て、聴取実験を元にその仮説を検証することであった。聴取実験により、時間情報が優位となるデータは得られたが、場所情報が優位となるデータも得られたため、この仮説を検証することはできなかった。検証できなかった原因として以下の点が挙げられる。

- 実験 (刺激音、被験者、実験方法)
- 仮説を立てる段階

4.1.1　刺激音

音の高さを知覚する上で、場所情報、時間情報の両情報が関わってくる。どちらが優位であるかを調べるために、主に場所情報に音高知覚が生じ時間情報が曖昧である刺激音 (狭帯域雑音)、時間情報に特化した刺激音 (反復リプル雑音) を同時に呈示し、どちらが明瞭に聞こえたかを、被験者に刺激音名で解答してもらうことを考えた。被験者が解答した刺激音は、場所情報、時間情報のどちらかに特化しているものなので、被験者は刺激音の明瞭さを知覚する際に、どちか一方の情報を利用するであろうと考えた。ただ、狭帯域雑音は、曖昧ではあるが時間情報も存在するので、被験者が「狭帯域雑音の方が明瞭である」と解答した場合、その被験者は狭帯域雑音に含まれる場所情報だけでなく、時間情報も利用している可能性も考えられる。よって、刺激音にはまだ改良の余地があると考えられる。

4.1.2　被験者

聴取実験により、被験者が 3 群に分かれた。仮説通りの結果であった被験者群は、他群よりも音楽経験が豊富であることが確認された。よって、どんな被験者でも仮説通りの結果を得られるわけではなく、音楽経験が豊富な被験者であれば得られる可能性があると考えられる。

藤崎・柏野が絶対音感テストにより被験者をグループ分けしたように、客観的評価で被験者をグループ分けすることで、各グループ特有の特徴をおさえておく必要があると考えられる。そうすることで、各グループでの情報利用の仕方の違いがより明確になることが考えられる。

また、被験者 7 名が、時間情報 2 名、場所情報群 2 名、無変化群 3 名に分けられたために有意差が見られないので、被験者の人数を増やす必要がある。

4.1.3 実験方法

被験者に音楽経験を問わなかったので、被験者の負担や課題のしやすさを考慮して、使用する音数を少なくし、旋律の形を単純にした。試行回数や実験に費やされた日数が多くないため、データにばらつきが生じ、再現性にも欠けること考えられる。よって、試行回数や実験に費やす日数を増やす必要がある。

4.1.4 仮説を立てる段階

絶対音感保持者であれば、単音の音楽的音高を知覚することはできるが、絶対音感非保持者は、音の高低、つまり height は知覚することができるが、chroma を知覚することは困難である。しかし、旋律のように各単音に相対的関係が見られるものであれば、単音のときよりも chroma が知覚しやすくなることが考えられる。宮崎が言うように、旋律の音楽的音高知覚に必要なのは相対音感であるため、被験者が絶対音感保持者である必要はないと考えた。そこで、藤崎・柏野の意図が正しいとするならば、旋律の音楽的音高知覚には時間情報が場所情報よりも優位となる可能性があると考えた。

音の相対的関係を識別する能力である相対音感というものは、誰もがもっているものであり、幼児期の音楽教育や楽器演奏の訓練などにより洗練されるようである。実際、音楽経験が豊富な被験者が仮説通りの結果を示しており、相対音感が洗練されなければ、旋律も単音と同じく height が主に知覚されることが考えられる。

よって、旋律の音楽的音高知覚には時間情報が場所情報よりも優位となることは、音楽的音高の chroma が知覚されることが考えられ、この仮説は誰にでも当てはまるものではなく、音楽経験に依存するということが言える。

4.2 今後の展望

データのばらつきがあまり無く、再現性のあるデータを得るために、試行回数、実験に費やす日数を増やす。また、被験者群の有意差を見るためにも、多くの被験者に対して実験を行う。そのときには、藤崎・柏野がグループ分けで行ったような客観的評価により被験者をグループ分けする。

今回の実験で仮説を検証できるような結果を示した被験者は、音楽経験が豊富な者だったので、客観的評価でよい成績を得たグループにその仮説が当てはまるかどうかを確かめる。

今回の実験では、旋律の形の複雑さや音数の多さによる有意差は示せなかったので、旋律の形を複雑にし、音数を増やすことで有意差が表れるかを確かめる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、日頃から数多くの貴重な御助言、御指導頂きました、北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 赤木 正人教授、党 建武助教授、鵜木 祐史助手、並びに本学教官の皆様に深く感謝致します。また御多忙の中、御助言や御討論頂き、また、聴取実験に御協力頂いた赤木・党研究室の皆様に感謝致します。

最後に、研究を進めるにあたり日頃からあたたかく見守って下さった家族や友人、そして、入学当初から公私共に支えて下さった、北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 博士前期過程 須藤 隆氏、長谷川 信氏に深く感謝致します。

関連図書

[1] 藤崎和香, 柏野牧夫, 絶対音感保持者の音高知覚特性, 日本音響学会誌, Vol.57, No.12, pp.759-767, 2001.

[2] 藤崎和香, 柏野牧夫, 絶対音感保持者のピッチ知覚特性, 日本音響学会講演論文集, 1-10-9, pp.387-388, 2000.

[3] Waka FUJISAKI, Makio KASHINO, THE DIVERSITY OF MUSICAL PITCH PERCEPTION, The Seventh Western Pacific Regional Acoustics Conference, pp.653-656, 2000.

[4] 藤崎和香, 柏野牧夫, ピッチ知覚における絶対音感保持者の場所情報, 時間情報の利用, 日本音響学会講演論文集, 2-5-10, pp.479-480, 2001.

[5] 藤崎和香, 柏野牧夫, 絶対音感保持者の基礎的聴覚能力, 日本音響学会講演論文集, 2-4-8, pp.565-566, 1999.

[6] 宮崎謙一, 音楽的高さの問題をめぐって, 聴覚研究会資料, H-89-50, 1989.

[7] 宮崎謙一, 絶対音感保有者によるメロディーの知覚, 聴覚研究会資料, H-91-46.

[8] 宮崎謙一, 絶対音感と相対音感 -移調された音程とメロディの再認- , 聴覚研究会資料, H-92-70.

[9] Roy D. Patterson, Stephen Handel, William A. Yost, A. jaysurya Datta, The relative strength of the tone and noise components in iterated reppled noise, J. Acoust. Soc. Am, Vol.100, No.5, 3286-3294, 1996.

[10] William A. Yost, Roy Patterson, Stanley Sheft, Atime domain description for the pitch strength of iterated rippled noise, J. Acoust. Soc. Am, Vol.99, No.2, 1996.

[11] William A. Yost, Pitch of iterated rippled noise, J. Acoust. Soc. Am, Vol.100, No.1, 1996.

[12] B. C. J. ムーア 著, 大串健吾 監訳, 聴覚心理学概論, 誠信書房, 1994.

[13] 甘利俊一 監修 / 中川聖一, 鹿野樹清宏, 東倉洋一 共著 音声・聴覚と神経回路網モデル, オーム社, 1990.

[14] 三浦種敏 監修, 新版 聴覚と音声, 社団法人 電子情報通信学会, 1980.

[15] 境久雄 編著, 中山剛 共著, 聴覚と音響心理, コロナ社, 1978.