



# 演奏家とその聴覚

人間情報学講座 饗庭絵里子

2015.9.11, 脳科学ライフサポートセンター セミナー

# 自己紹介

- 饗庭絵里子（あいば えりこ）
  - 京都市立芸術大学 ピアノ科卒業
  - 同大学大学院 修士課程 音楽学修了
  - 同大学大学院 博士課程 音楽学修了 博士（音楽学）
  - 関西学院大学 理工学部 長田研究室 博士研究員
  - 日本学術振興会特別研究員（従事機関：産業技術総合研究所 健康工学研究部門 くらい情報工学研究グループ）
  - 電気通信大学大学院情報システム学研究科 人間情報学講座 助教



# Table of Contents

- ピアニストと聴覚心理学
  - なぜピアニストから研究者になったのか？
    - ピアニストになるまでの過程
    - そこで生じた聴覚心理学にかかわる問いの紹介
- 聴覚心理学の研究
  - これまでに行った演奏家の聴覚に焦点をあてた研究の紹介
    - 聴覚心理学的アプローチ
    - 聴覚生理学的アプローチ
- 演奏技能の研究
  - 演奏家ごとの演奏方略の違い
  - 演奏中の呼吸

# ピアニストと聴覚心理学

# ピアニストと聴覚心理学（1）

- 演奏技能を獲得するために
  - 自分の演奏音を注意深く聞く
  - 運動の修正を行う



## ▪ 練習量（私の場合）

- 幼稚園：30分／日×300日×1.5年＝225時間
- 小学生（低）：60分／日×300日×3年＝900時間
- 小学生（高）：120分／日×300日×3年＝1800時間
- 中学生：180分／日×300日×3年＝2700時間
- 高校生：270分／日×300日×3年＝4050時間
- 大学生：300分／日×300日×4年＝6000時間

## 累計

225時間  
1,125時間  
2,925時間  
5,625時間  
9,675時間  
15,675時間

20.5年間  
合計約15,675時間

## ピアニストと聴覚心理学 (2)

8歳  
(525)



- 4歳 ピアノに出会う, 歌にはまる



- 5歳 ピアノを習い始める

- 幼稚園の先生から, 「お嬢さんがピアノから離れず, 話を聞かない」と両親に苦情...
- 中古のアップライトピアノを買ってもらう

9歳  
(975)



- 10歳 グランドピアノを買ってもらう

- 少し上手になってきた
- 新しいピアノの先生に習い始める
  - これまではヴァイオリンの先生にピアノを習っていたため基礎ができておらず, 全て一からやり直しを宣告される

14歳  
(4725)



- 12歳 ドイツ人の先生に習い始める

- 即興演奏が得意



- 楽譜を読めるようになる
- 楽譜に書かれている音高とリズム通りに弾けるようになる
- **弾き間違えたら不合格, 新しい曲に進めない**
- もっと滑らかに, もっとはっきりと, 音のつづを揃える, 和音を揃える
- もっと表情豊かに, もっと広がりをもって
- **楽譜通りに間違えずに弾けるだけでは, 合格をもらえない**
- もっと跳躍感を出して, もっと深く, もっと歌って
- 指使いを全て決めなさい, 楽曲全体の構造を把握しなさい, その作品が書かれた前後の作品も勉強しなさい
- **演奏している部分だけではなく, 楽曲全体としての構造やバランス, 楽譜に書かれていないことも知る必要がある**

## ピアニストと聴覚心理学 (3)



- 16歳 芸大の先生につく
  - ドイツで長く教鞭をとっておられた先生
  - 恐ろしく厳格
- 16歳 某大音楽学部の模擬試験を受け、和音は種類によって響きが異なることを知る
  - 芸大の試験は和音に含まれる音を全て回答する
  - 某大の試験は和音の種類を回答する
- 和音の中の浮き立たせたい音を非同時と分からない程度に他の音に比べて僅かに早く演奏する
- 指のエクササイズをしなさい、自分の意のままに指をコントロールするための練習をしなさい
- **楽曲に加え、指や全身の運動制御を正確にするための練習も必要**
- 音楽理論において、和音の種類は、主に和音を構成する音の間隔によって決定され、和音の種類が異なれば印象も異なり、同じであれば印象も同じであるとされている
- 絶対音感のせいで、和音の種類が同じであれば同じ印象になることに気が付いていなかった
- **和音は単なる音の積み重ねではなく、和音の種類に応じた響きがある**

# 和音の種類

長3度+短3度	短3度+長3度	長3度+長3度	短3度+短3度

ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド

長三和音			
短三和音			
増三和音			
減三和音			



# 和音の種類

長3度+短3度	短3度+長3度	長3度+長3度	短3度+短3度

$F\#$ レ $\flat$	$E\#$ ミ $\flat$	$F\#$ ファ	$G\#$ ソ $\flat$	$A\#$ ラ $\flat$	$B$ シ	$C$ ド
ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ

長三和音	
短三和音	
増三和音	
減三和音	

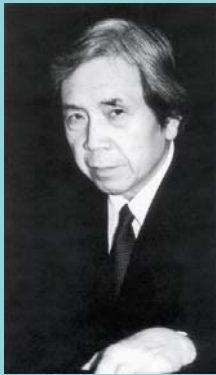
# 和音の種類

長3度+短3度	短3度+長3度	長3度+長3度	短3度+短3度

C ド	D レ	E ミ	F ファ	G ソ	A ラ	B シ	D ド

長三和音	
短三和音	
増三和音	
減三和音	

## ピアニストと聴覚心理学（2）



- 16歳 芸大の先生につく
  - ドイツで長く教鞭をとっておられた先生
  - 恐ろしく厳格
- 16歳 某大音楽学部の模擬試験を受け、和音は種類によって響きが異なることを知る
  - 芸大の試験は和音に含まれる音を全て回答する
  - 某大の試験は和音の種類を回答する
- 和音の中の浮き立たせたい音を非同時と分からない程度に他の音に比べて僅かに早く演奏する
- 指のエクササイズをしなさい、自分の意のままに指をコントロールするための練習をしなさい
- **楽曲に加え、指や全身の運動制御を正確にするための練習も必要**
- 音楽理論において、和音の種類は、主に和音を構成する音の間隔によって決定され、和音の種類が異なれば印象も異なり、同じであれば印象も同じであるとされている
- 絶対音感のせいで、和音の種類が同じであれば同じ印象になることに気が付いていなかった
- **和音は単なる音の積み重ねではなく、和音の種類に応じた響きがある**

## ピアニストと聴覚心理学（3）

- 17歳 若い芸大の先生につく
  - フランスに留学されていた先生
  - 繊細で感性的



- もっと音楽を感じて，色彩感を出して
- 他人の真似ではなく自分の音楽として表現しなさい
- **自分にしかない音楽を表現することが必要**

# ピアニストと聴覚心理学（４）

- B1 芸大に入学
  - 音楽心理学と音響心理学の授業を受ける
- B2 音楽心理学の先生に弟子入り志願
  - 大串健吾教授：音響物理
- これまで受けてきた指摘のいくつかが実験的に説明されている！
  - レガート（滑らかに）、跳躍感 etc...
- 和音の聞こえは絶対音感の有無で変わるのか？

# ピアニストと聴覚心理学（5）



2002年

## ▪ B3 聴取実験

- 和音の聞こえ方がヒトによって違うということに気が付いたときの衝撃を何とか実験で示したい

## ▪ M1 音楽学専攻に入学

- 津崎実教授：聴覚心理学
- 「和音の中の浮き立たせたい音を非同時と分からない程度に他の音に比べて僅かに早く演奏する」ことは本当に効果があるのか？



2010年

- 絶対音感があるヒトは、和音の種類判別が不得意なのでは？
  - 和音の種類を即座に回答していくという課題
  - 絶対音感保持者の方が和音の種類判別の正答率が低い
- Rasch(1978) : The perception of simultaneous notes such as in polyphonic music
  - 2音のオンセットが30 msずれている場合、先行する音の検出閾値は後続音より60 dB下がる

## 心理的な同時，物理的な同時，聴覚末梢系の同時（1）

- 和音の中の浮き立たせたい音を非同時と分からない程度に他の音に比べて僅かに早く演奏することで，浮き立たせたい音の検出閾が上昇
- アンサンブルなどにおいて，楽譜上で同時に演奏するように指示されている場合でも，実際の各楽器のオンセットは30-50msほどずれており，この非同時が自分の出した音かどうかを分離するためにも役立っている（Rasch, 1978）
  - 複数のメロディラインがあるような曲で必要とされる技術
  - ただし，これ以上の非同時は，ミスとして判断される可能性がある
- 物理的に完全に同時に演奏すると，複数の音が存在していたとしても，一つの音であるかのように融合して知覚されやすくなる
  - 主に和音で構成されている曲などは，和音が少しでもずれるとごちゃごちゃとした印象になるので，できるだけ物理的に同時に演奏することを目指す
- ピアニストは，音のオンセットの同時性に対して，細心の注意を払って日々訓練を重ねている
  - 手の形を固定して，手全体を同時に押し下げ，音のフィードバックを使って確認するという訓練を繰り返す

## 心理的な同時，物理的な同時，聴覚末梢系の同時（2）

- しかしながら，音の物理的な同時性は，聴覚末梢系のレベルで既に崩されてしまっている
  - 蝸牛基底膜の物理的な特性によって生じる「蝸牛遅延」が原因
- 心理的な同時と，物理的な同時，聴覚末梢系にとっての同時は異なっている
  - これらの関係性はいったいどうなっているのか？
  - われわれが同時だと思っているものは，本当に同時なのか？
  - ピアニストの僅かな時間差に対するこだわりは報われているのか？
- 心理物理実験：同時性判断の精度を推定
- 生理計測：聴性脳幹反応の計測
  - それぞれ，演奏家／アマチュア演奏家／非演奏家で比較



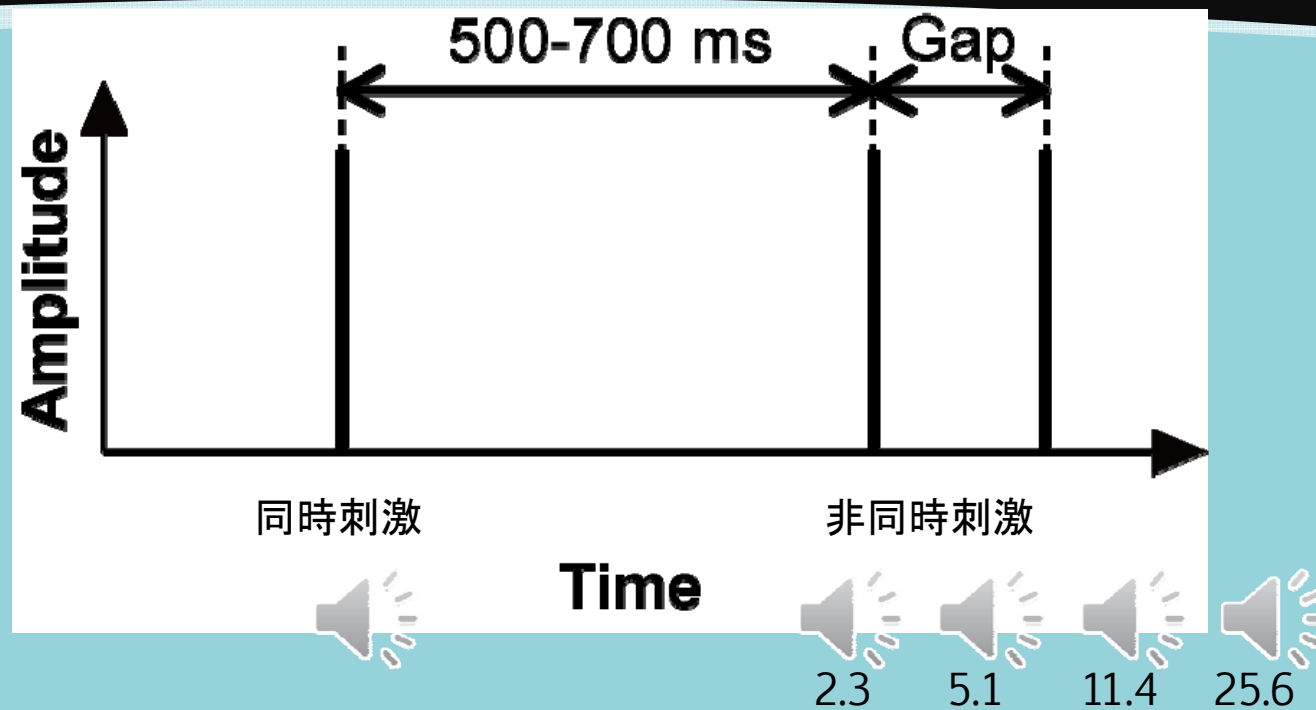
# 心理物理実験

同時性判断の精度を推定

# 目的

- 同時性判断の精度は、演奏訓練（繰り返し注意深く聞くこと）によって向上するのかどうかを明らかにする
- 心理物理実験だけではなく生理計測を行うことによって、神経活動にも変化が生じているのかどうかを明らかにする

## 実験手順（心理物理実験）



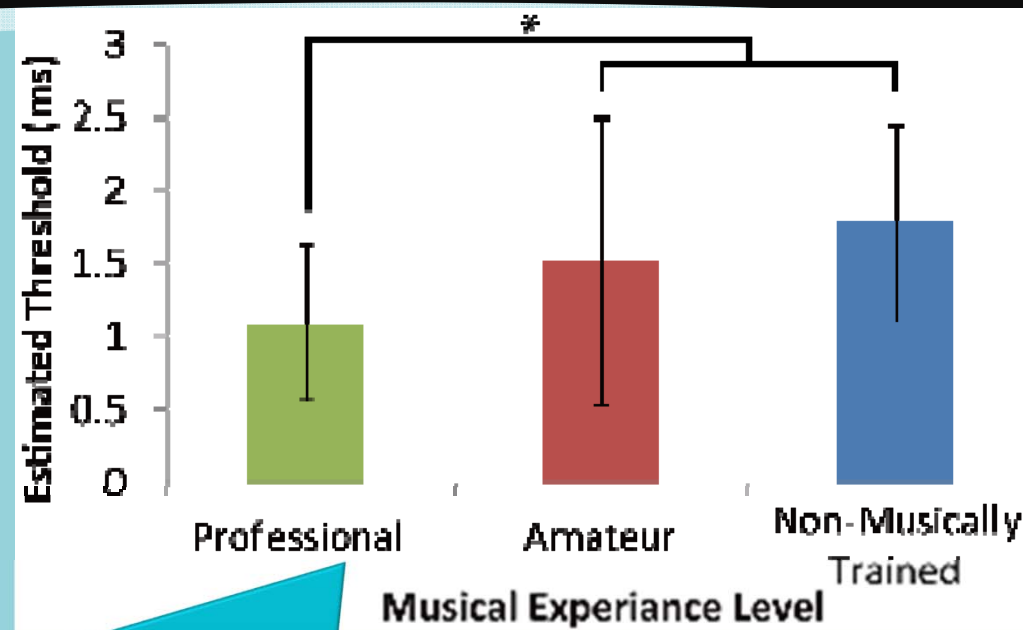
- Gap: 0.2, 0.4, 1.0, 2.3, 5.1, 11.4, 25.6 ms

どちらが「同時」でしたか？⇒同時性判断の精度の推定

# Participants

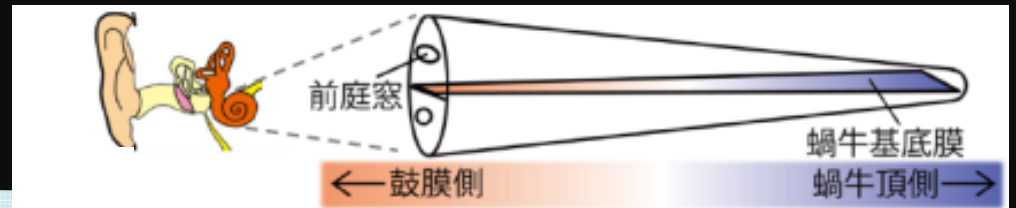
- プロ演奏家6名（演奏訓練期間：25.0 ± 5.5))
- アマチュア演奏家7名（演奏訓練期間：9.1 ± 6.2)
- 非演奏家4名（演奏訓練期間：0 ± 0)

# Result

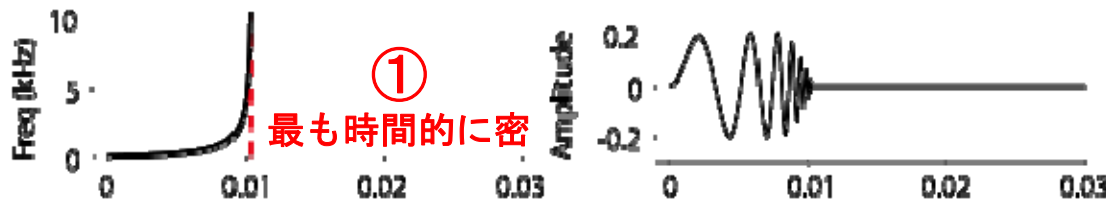


演奏経験が長いほど同時性判断の精度が有意に高い  
→継続的に注意深く聞き続けることによって知覚  
精度が高まることを示唆

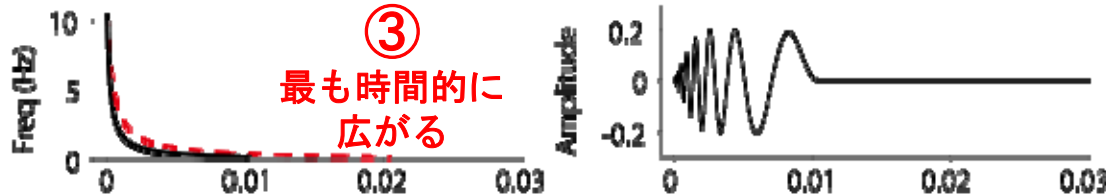
# Experimental Stimuli



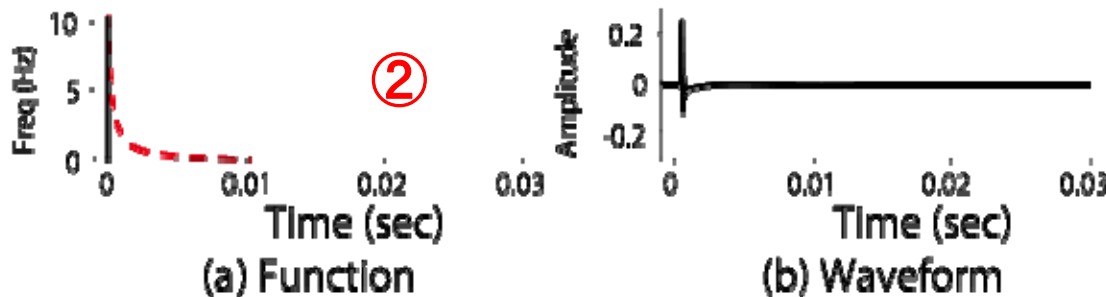
## Compensated Delay Chirp



## Enhanced Delay Chirp



## Pulse



### 遅延補正タイプ\*

100-10400 Hzまで、蝸牛遅延を補正するよう周波数を増加させた刺激



### 遅延増長タイプ

10400-100 Hzまで、蝸牛遅延を増長するよう周波数を減少させた刺激



### 通常(パルス)タイプ

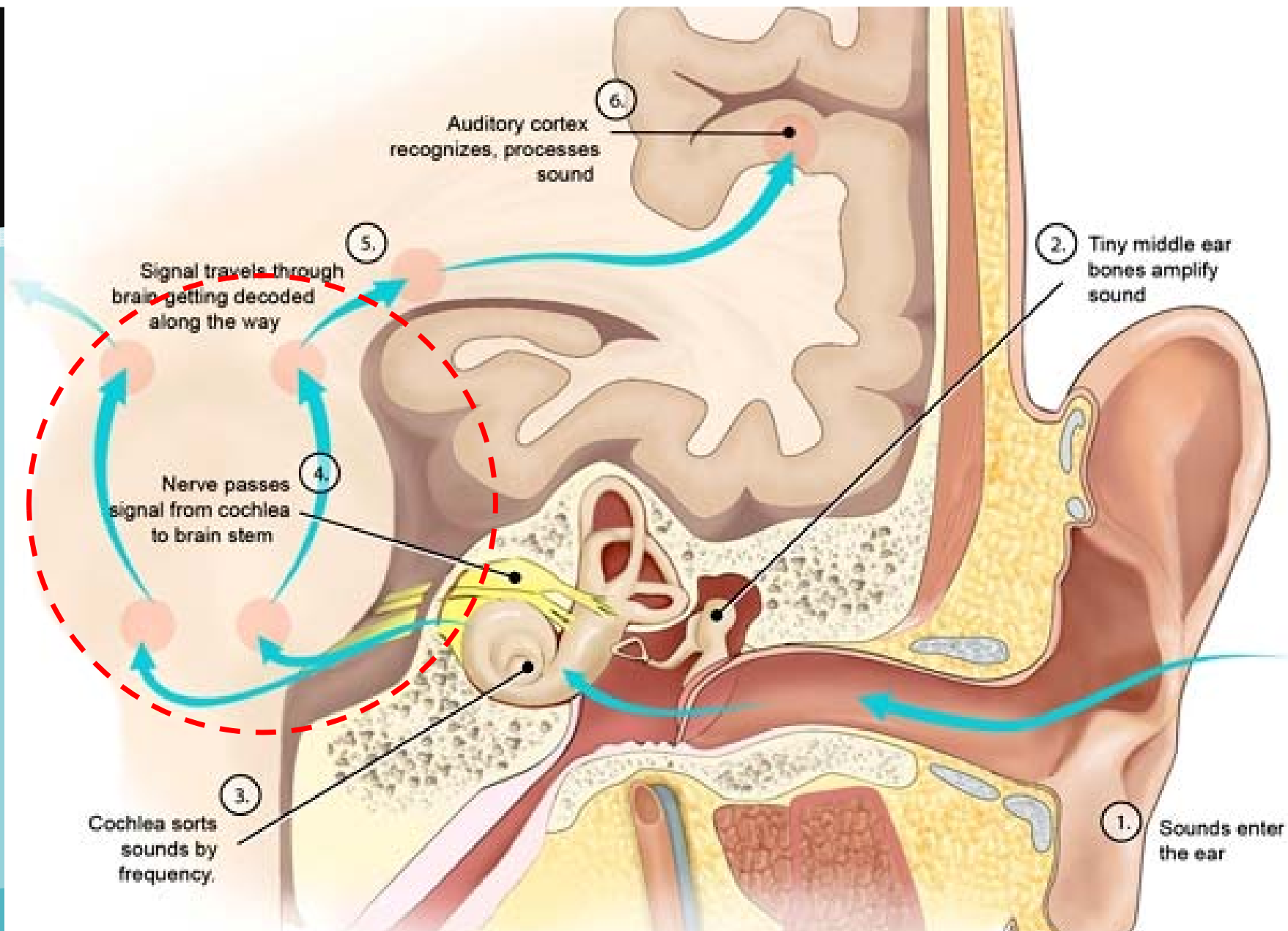
100-10400 Hzまで、周波数成分が物理的に同時に始まり、普段生じている蝸牛遅延が生じる刺激



\*Dau et al.(2000)

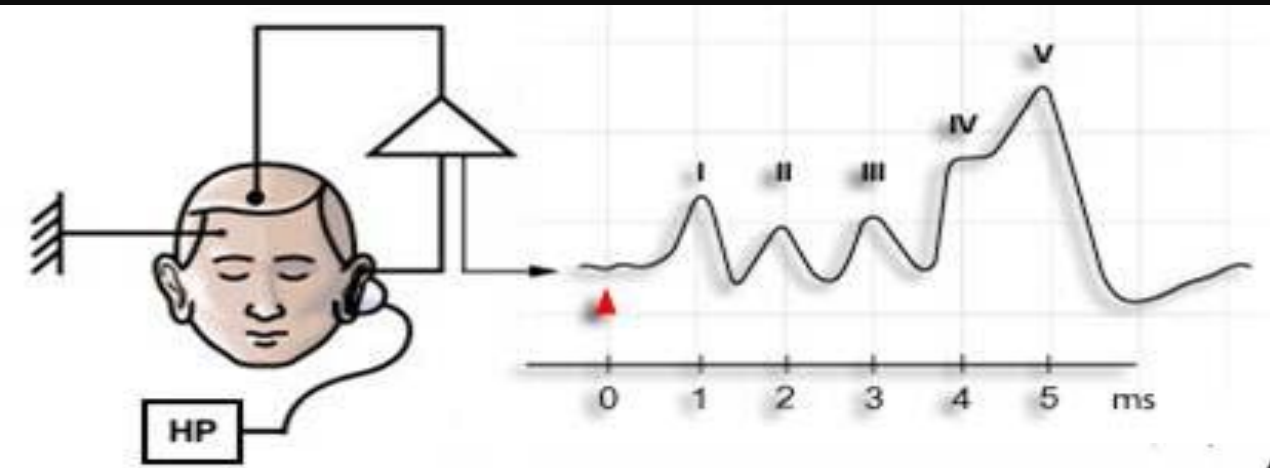
# 生理計測

聴性脳幹反応の計測





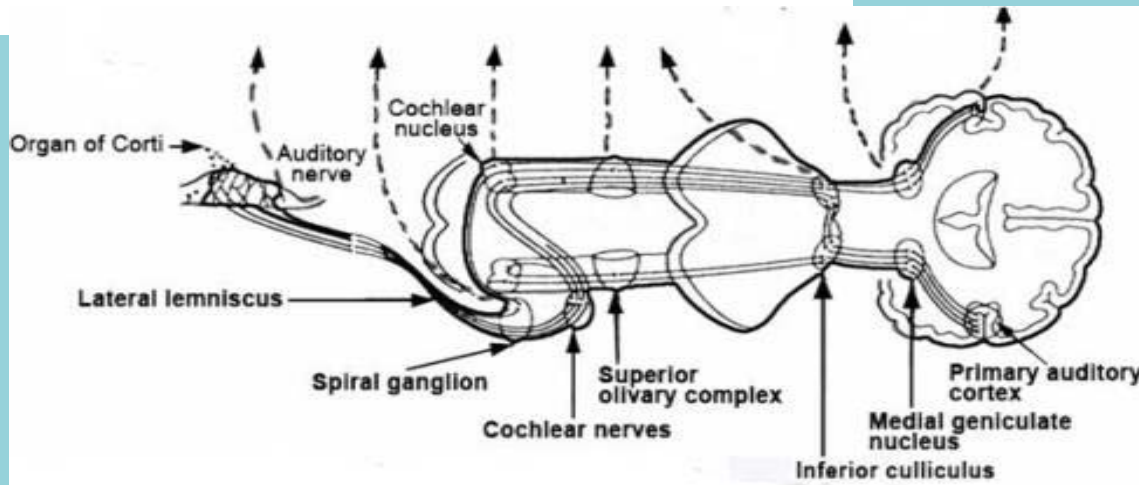
# Auditory Brainstem Response / 聴性脳幹反応



刺激： 心理物理実験で使用したのと同じ  
4,000回加算平均



記録電極：頭頂部  
基準電極：耳朶など  
接地電極：前額部

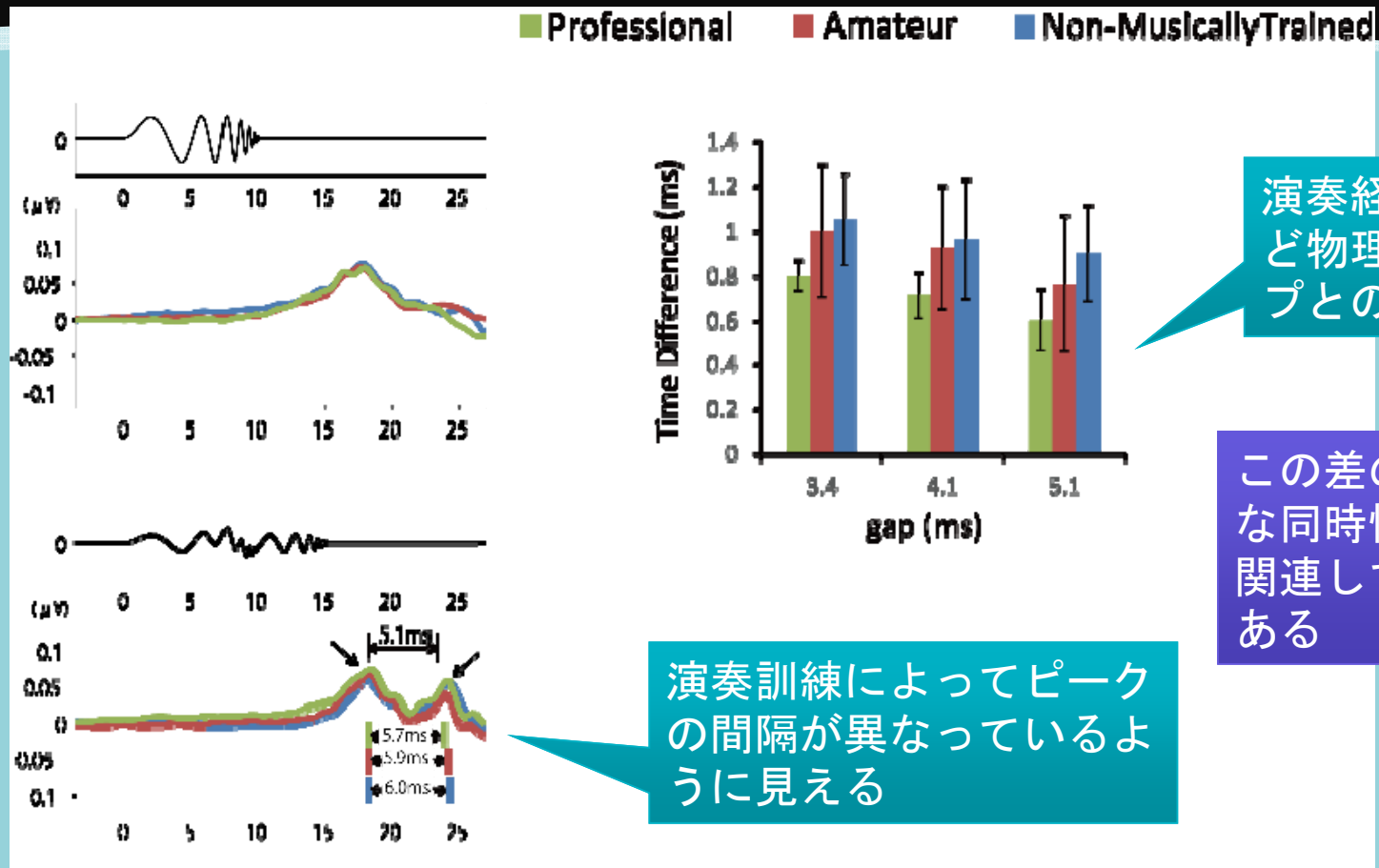


I：蝸牛神経  
II：蝸牛神経核  
III：上オリーブ核  
IV：外側毛帯  
V：下丘

# Participants

- プロ演奏家4名（演奏訓練期間：25.2 ± 7.0))
- アマチュア演奏家4名（演奏訓練期間：9.1 ± 6.2)
- 非演奏家4名（演奏訓練期間：0 ± 0)

# Physiological measurements Results



演奏経験が長いほど物理的なギャップとの差が小さい

この差の大小が知覚的な同時性判断の精度に関連している可能性がある

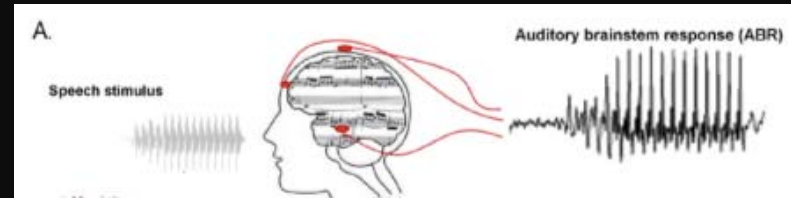
演奏訓練によってピークの間隔が異なっているように見える

# The development and maturation of neurocognitive markers of musicianship

Dana Strait and Nina Kraus

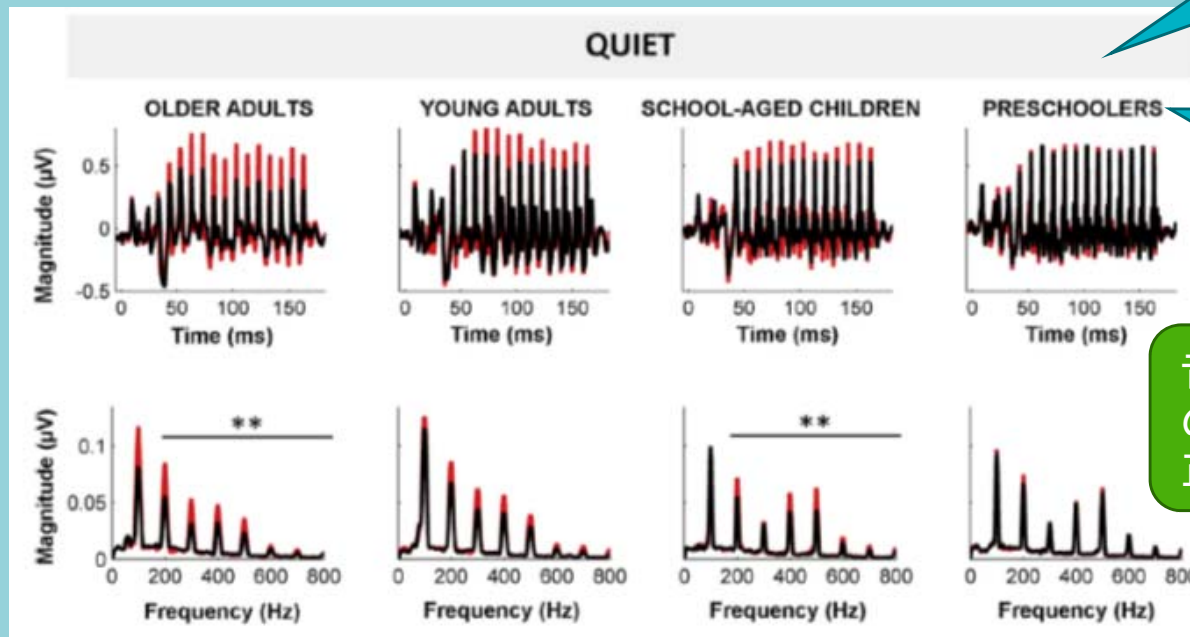
- 音楽家は、日々の訓練によって聴覚を鍛えている
- 学習や経験に依存して変化する聴覚系の処理を研究する上で大変良いモデル
- 音楽家と非音楽家とを様々な生理計測と行動実験の結果から比較

# cABR (/da/)



四世代

音楽家— / 非音楽家—

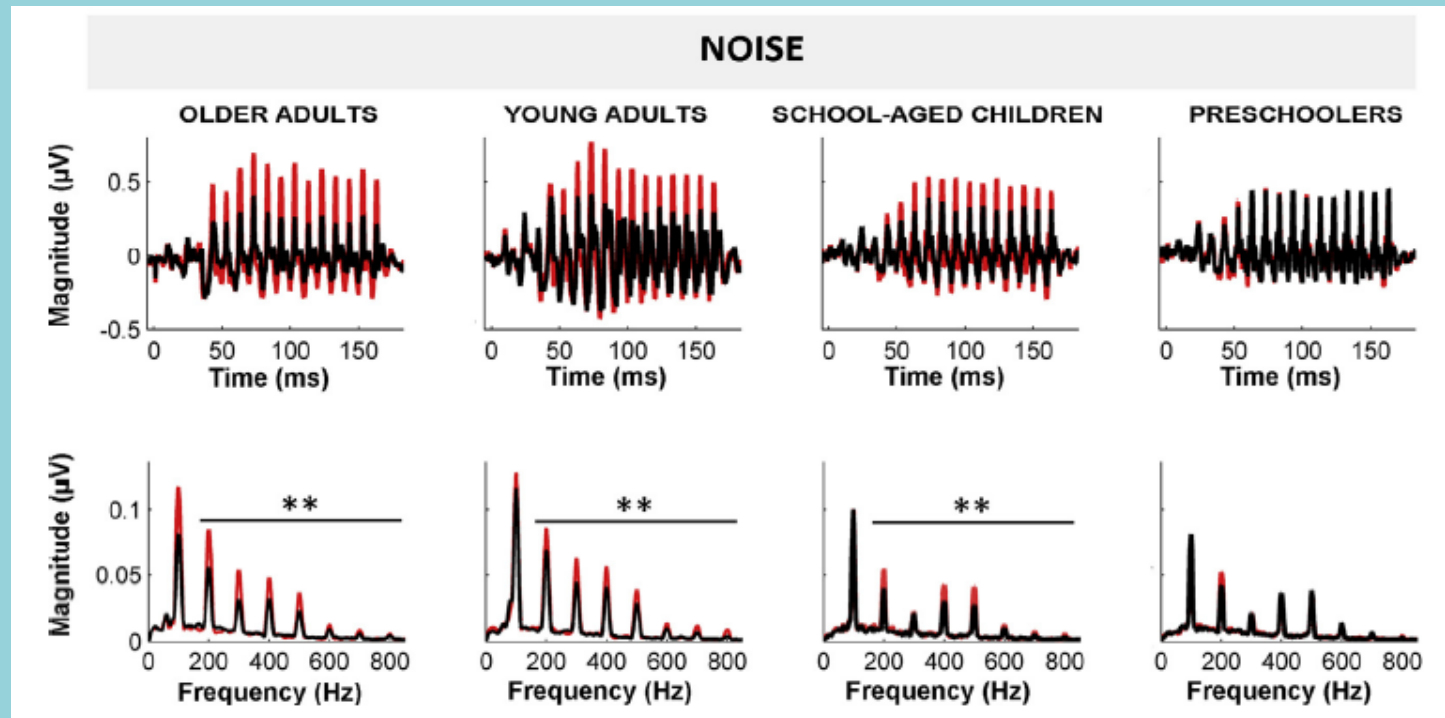
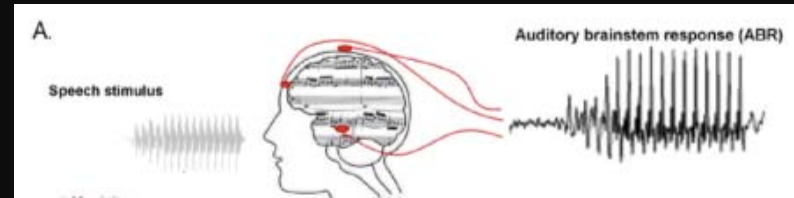


音楽家の方が振幅  
が大きい

年代が上がるごと  
に差が大きくなる

音楽家の脳幹の方が音  
の細かい時間的変化を  
正確に捉えられている

# cABR (/da/)



# まとめ

- 同時性判断の精度は、演奏訓練（繰り返し注意深く聞くこと）によって向上するのかどうかを明らかにする
  - 向上する、音の微細な時間的变化を検出する能力が高まっている可能性
- 心理物理実験だけではなく生理計測を行うことによって、神経活動にも変化が生じているのかどうかを明らかにする
  - 変化が生じている、音の微細な時間的变化を表現する精度が高まっている可能性

# 演奏家ごとの演奏方略の違い

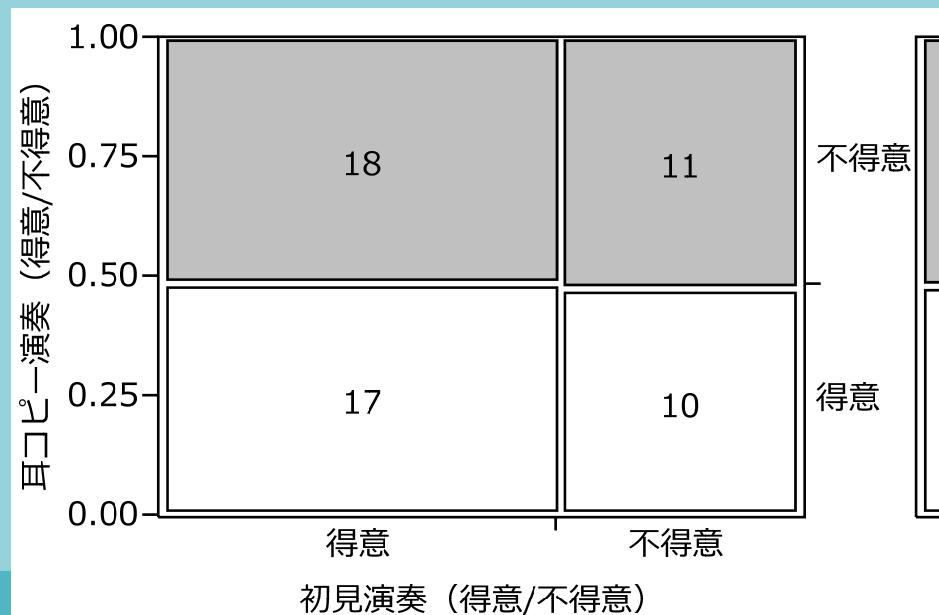


# 演奏家に重要な能力：初見演奏のスキル

- 演奏家になると依頼を受けて演奏をする
  - 一曲を仕上げるまでの時間が長いと稼ぎにならない
    - 特にピアニストは伴奏者として多くの楽曲を一時に抱えていることが多い
  - 出演予定者の体調不良などで急に仕事の依頼がくることもある
- いかに早く曲を仕上げられるかが重要
  - 初見演奏能力
  - 効率のよい練習
  - 上手く誤魔化す能力

# 初見演奏の得意・不得意

- 演奏家のタイプ
  - 聞いた音楽を即座に演奏すること（耳コピー演奏）が得意なタイプ
  - 楽譜を読んで即座に演奏すること（初見演奏）が得意なタイプ
- 両方が得意なタイプもいるが、どちらかが極端に得意だったり不得意だったりする演奏家もいる
- 視覚・聴覚の使い方に個人差があるのでは？



# 先行研究: 初見演奏スキル

- Sloboda (1974)
  - 演奏中の音符と演奏者が見ている音符の時間差があるほど初見能力が高い
- Lehmann & Ericsson (1993, 1996)
  - 初見演奏の精度は、アンサンブルピアニストがソロピアニストより上
  - 伴奏経験の累積量とレパートリー量が、初見能力と関連
- Waters et al. (1998)
  - 和音のパターン認識タスクの成績が初見能力と強い相関
- Kopiez & Lee (2008)
  - トリルの演奏速度、15歳までに獲得した初見能力、情報処理能力、内的聴取能力が、現時点の初見能力を説明
  
- 普段の演奏に必要な諸要素と関係
- 過去の経験の影響を受ける

# 先行研究: 耳コピー演奏スキル

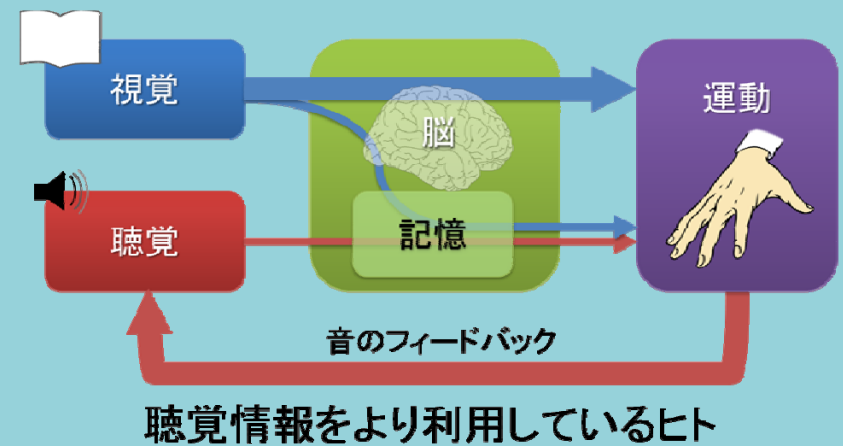
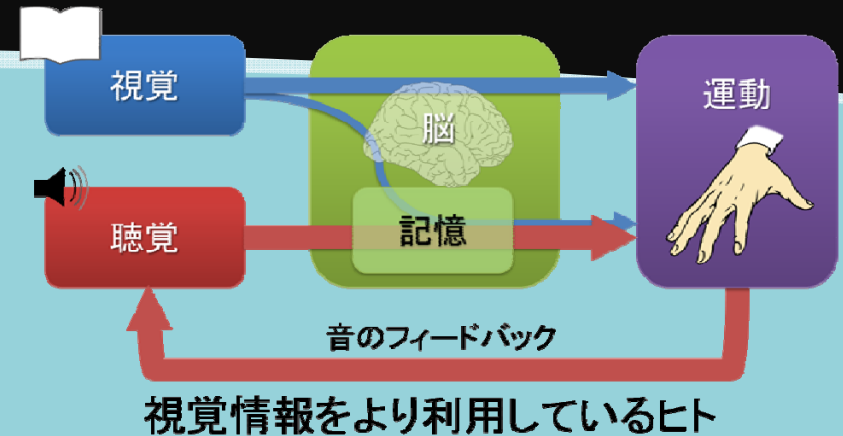
- 演奏での聴覚の役割: 聴覚フィードバック研究が多い
  - Finney & Palmer (2003)
    - 演奏動作の学習中の聴覚フィードバックは後の記憶検索を向上
  - Highben & Palmer (2004)
    - 聴覚スキルの高いピアニストは、聴覚フィードバックなし練習で楽曲の記憶成績低下
  - Drai-Zerbib et al. (2012)
    - 運指の難しい課題では、曲の聴取で楽譜の注視時間が短縮
- 聴覚は楽器操作のフィードバックとして重要
- ピアノ演奏の練習・記憶の方略に影響

# 初見演奏・耳コピー演奏 両スキルと演奏スキル全体の関係

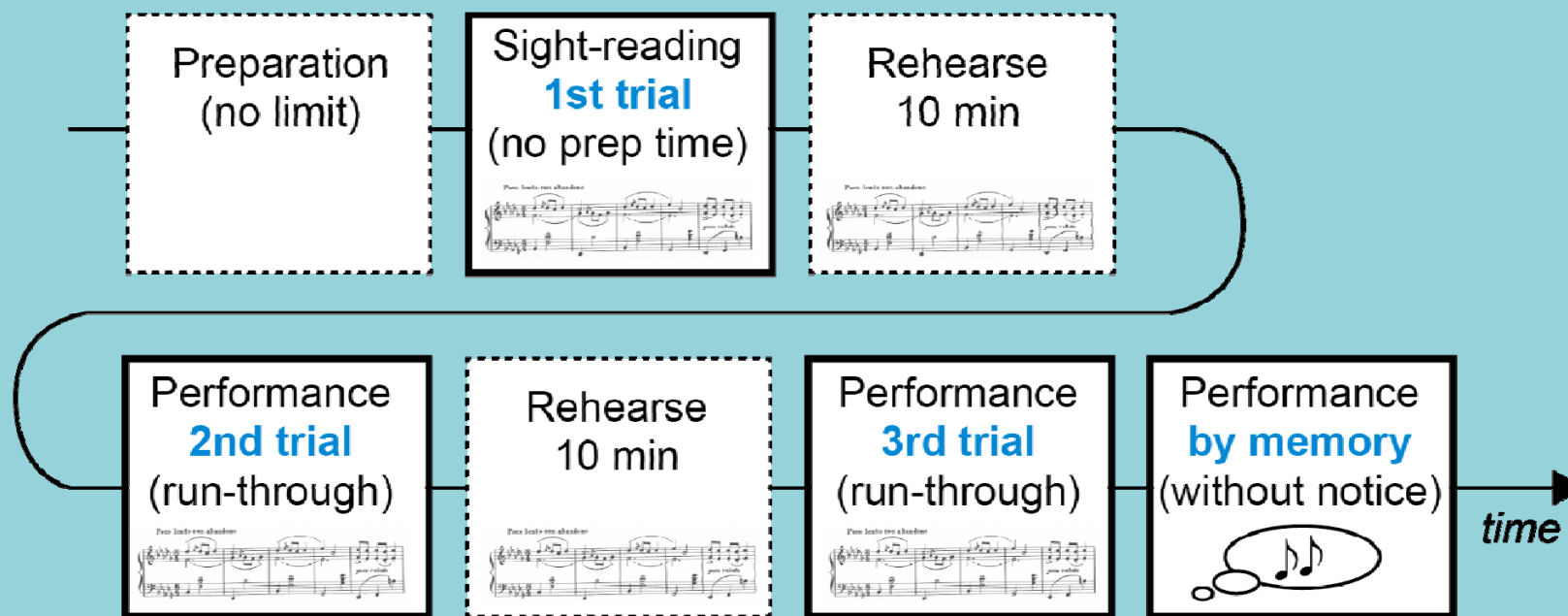
- 視覚・聴覚は、ピアノ演奏上で異なる役割
- 疑問点
  - 視覚・聴覚の使い方に個人差があるのでは？
  - 視覚と聴覚の使い方の個人差が、異なる演奏方略、ひいては異なる傾向の演奏を生み出す可能性はないだろうか？

# 目的

- 短時間である楽曲を完成させるまでの行動を観察し、ピアニストによってその方略に違いがあるかどうかを考察
  - 初見演奏の精度
    - 視覚情報を優先する人の方が精度が高い？
  - 視線の方向
    - 視覚情報を優先する人は楽譜を注視する時間が長い？
  - 暗譜の精度
    - 聴覚情報を優先する人の方が早く暗譜できる？



# 実験手順 (1)



## 実験手順（２）

- 視線方向の計測
  - 演奏中のビデオ画像から、フレームごとに手動で分類
- 演奏音の収録
  - WAV(16 bit, 48 kHz)およびMIDI
- 課題曲
  - ‘Mazurka’ from *Escenas Romanticas* by Granados
- 実験参加者
  - ピアニスト 6名



楽譜を見ている場合



鍵盤を見ている場合



# 結果（１）

楽譜

鍵盤



初見演奏で音の間違いが少ない

- 楽譜から目を離す頻度が低い



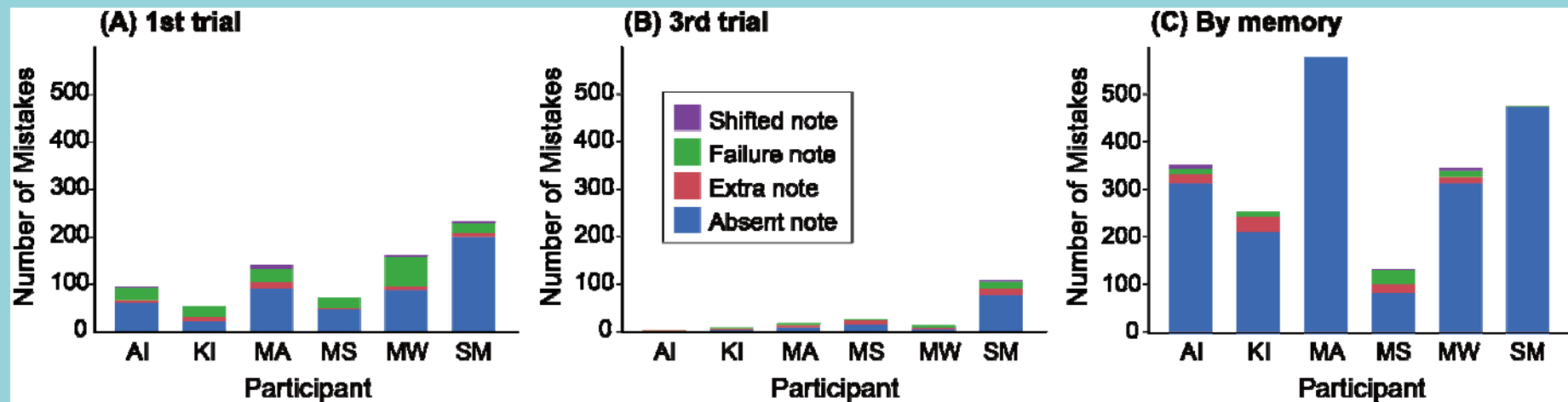
初見演奏で音の間違が多い

- 楽譜から目を離す頻度が高い



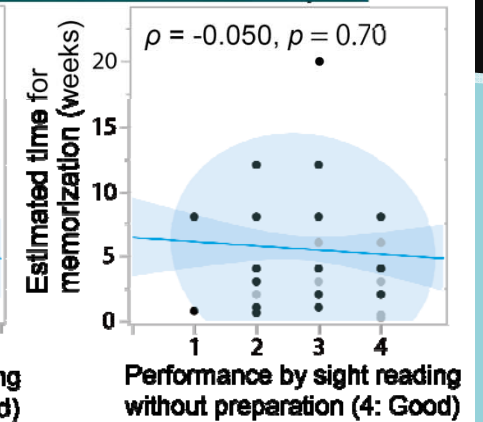
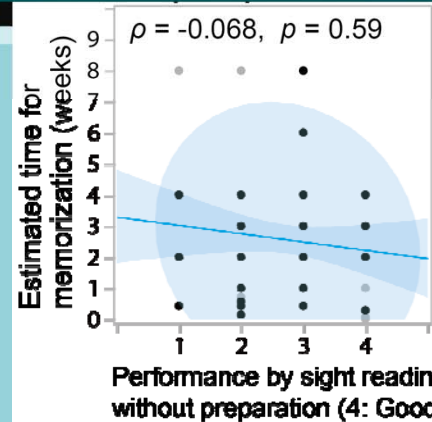
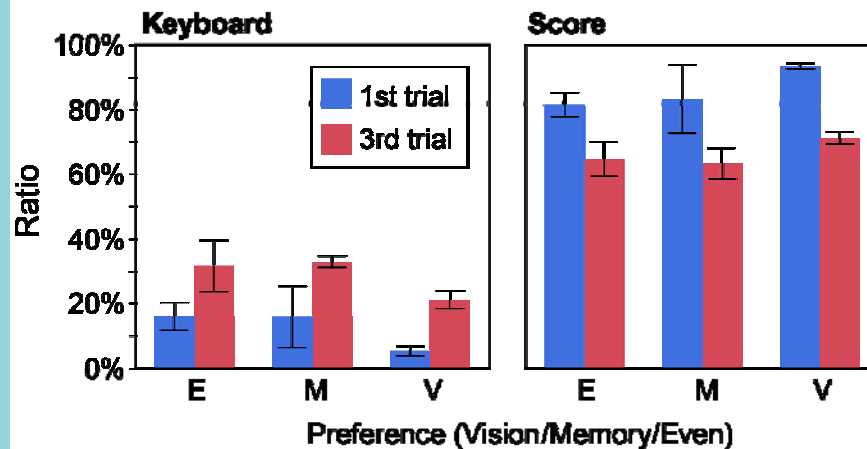
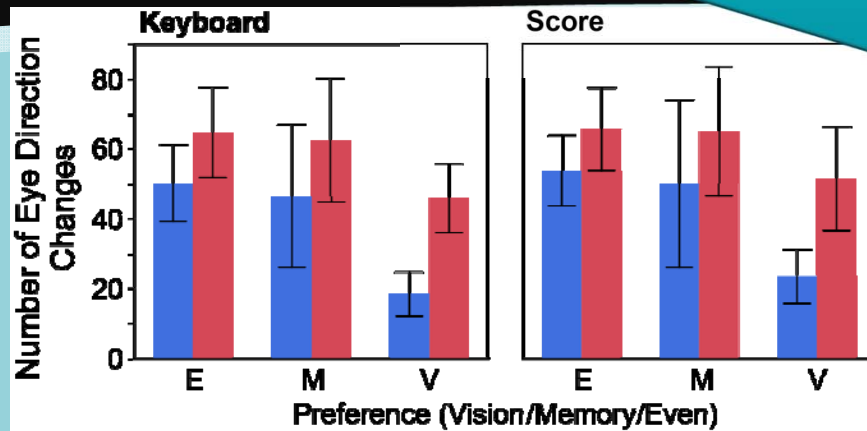
## 結果（２）

- 演奏できるようになった段階で暗譜が完了している人もいれば、全く覚えていない人もいる
- 同じ時間を使って練習しても、短時間で曲を完成させるための方略は異なっている可能性
  - 現段階ではサンプルが少ないことや、耳コピー演奏のスキルを計測する実験にはなっていないため（準備中）、情報処理過程の違いにまで言及することはできない
  - 運動記憶を考慮する必要もある

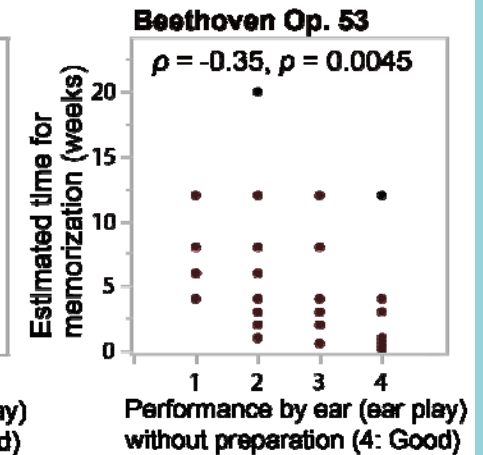
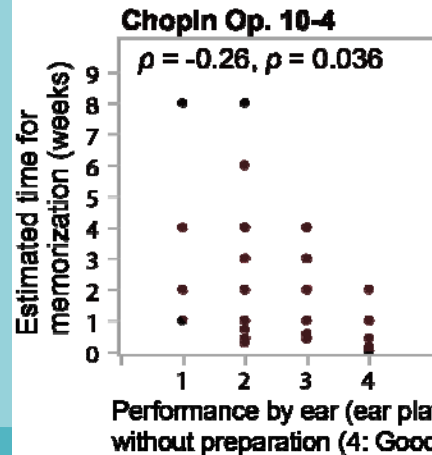


# 結果 (3)

主観評価による分類では、初見の得意・不得意や耳コピーの得意・不得意と暗譜との関係が観察できる



## Correlation between ear play and memory



## 最後に . . .

- ピアノの訓練を続ける中で、たくさんの研究の種に出会うことが出来た
  - 心理, 聴覚, 視覚, 運動制御 etc...
- 演奏家は、どうすれば自分の理想の演奏に近づけられるのか、また、どうすれば指導者の言葉による助言や演奏による手本を実際に自分で演奏することができるようになるのか疑問に思いながらも、ひたすら繰り返し訓練することで体得していることが多い
- 当然のことながら、道半ばで諦めてしまう人もたくさんいる
- 感覚情報がどのように演奏技能の獲得や遂行に役立てられているのかは、個人によるところが大きいとは思いますが、そのメカニズムを明らかにすることで、各人に最適な訓練方法の提案などにもつながるよう努めたい