

疑似楽器音のスペクトルの違いがピッチ弁別に与える影響*

☆松元綾乃, 荒井隆行 (上智大・理工)

1 はじめに

日常において、私たちは混ざり合った音の中から必要な情報を聞き分け、それをもとにコミュニケーションをとることができる。複数の音源から成る音波が混ざり合っただけで耳に到達しても、それらを音事象に分類し、同じ性質を持つもので再構築することによって、音源ごとに知覚することができる。このような聴覚の能力に対する概念として提唱された聴覚情景分析 (Auditory scene analysis : A.S. Bregman, 1990) [1] に関して、これまで多くの研究が行われてきた。音を知覚する際の手がかりの一つであるピッチ情報に関しては、僅かな音高の違いを検知する能力を測定するためのピッチ弁別課題により JND (Just Noticeable Difference) が推定される。純音、もしくは基本周波数やそれに対する倍音成分から成る複合音を用いた場合、ピッチ弁別の JND が周波数スペクトルや倍音構造の違いによって影響を受けることが多くの研究で報告されている[2]。このことから、楽器音に関しても音色の違いによりピッチ弁別の能力に差が生じることが予想される。また、これらの研究は主に健聴者を対象として行われた実験であったため、加齢に伴う聴覚特性の劣化がみられる高齢者の場合、ピッチ弁別の成績になんらかの影響がみられることが予想される。

高度・重度聴覚障害者を対象に MIDI 音源を用いた研究では、音色の違いによるピッチ弁別への影響が示された[3]。しかし、提示した刺激の基準音と比較音のピッチの差は全音と半音であり、音色の違いを要因として検討をするためには弁別するための 2 音のピッチの差をより小さくする必要があると思われる。

本研究では、高齢者を対象として疑似楽器音を用いたピッチ弁別課題による JND を測定し、音色の違いによるピッチ弁別への影響を調査した。

2 実験

2.1 実験参加者と聴覚特性の測定

男性 4 名, 女性 5 名の高齢者 9 名 (年齢 63-81 歳, 平均年齢 68.1 歳) に対して実験を行った。全参加者に対し、実験開始前に最小可聴値と聴覚フィルタ帯域幅の測定を行った。測定には簡易聴覚フィルタ測定システム HD-AF (リオン株式会社製) [4] を用い、最小可聴値が低い側の耳で測定した。測定周波数帯域は中心周波数を 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz とし、呈示レベルは感覚レベル 30 dB とした。なお、S3, S7, S8 については 250 Hz のフィルタは測定不可能であった。

2.2 刺激

音楽・オーディオ制作用のソフトウェア Pro Tools 11 により、以下の条件で刺激を作成した。全刺激はサンプリング周波数を 32 kHz, 量子化ビットを 16 bit として音声ファイルに出力した。各刺激の持続時間は 300 ms とした。

- i) 音色条件 : Pro Tools 11 に付属するソフトウェア・シンセサイザー Xpand!2 より、下記 9 種類の楽器音源を使用した ; ピアノ (Natural Grand Piano), トランペット (Studio Trumpet), フルート (Flute), クラリネット (Clarinet), オルガン (Beside The Organist), ホルン (French Horns), グロッケンシュピール (Glockenspiel), オーボエ (Oboe), 弦楽器 (Faster Attack Strings)。
- ii) ピッチ条件 : ピッチ弁別課題において呈示する刺激として、各音色に対し基準音と比較音を作成した。基準音のピッチは C4 とした。比較音は基準音に対して 1 cent 高い音から 100 cent (半音) 高い音まで 1 cent 刻みで合計 100 刺激を作成した。

* The influence of difference in spectrum of pseudo instruments on the pitch discrimination, by MATSUMOTO, Ayano and ARAI, Takayuki (Faculty of Science and Technology, Sophia University).

	Pf	Org	Str	Fl	Ob	Cl	Tp	Hr	Glo
Pf		0.78	0.56	0.67	0.56	0.78	0.78	0.56	0.67
Org	0.11		0.44	0.33	0.11	0.11	0.22	0.11	0.22
Str	0.33	0.56		0.56	0.44	0.44	0.44	0.56	0.44
Fl	0.33	0.44	0.44		0.56	0.56	0.67	0.33	0.67
Ob	0.33	0.56	0.44	0.33		0.22	0.44	0.11	0.44
Cl	0.22	0.78	0.56	0.56	0.78		0.67	0.33	0.44
Tp	0.11	0.67	0.44	0.22	0.56	0.33		0.22	0.33
Hr	0.44	0.78	0.44	0.56	0.78	0.67	0.78		0.56
Glo	0.33	0.67	0.56	0.33	0.56	0.56	0.56	0.44	

Table 1 異なる楽器を比較した際の大小関係

2.3 実験手順

刺激は PC の MATLAB (ver.R2012b) を介して出力され、USB オーディオデバイス (Roland UA-25EX) を経由し、ヘッドホン (SENNHEISER HDA200) を通して参加者へ呈示された。2up-1down 法を用いて 3 区間 3 肢強制選択 three-interval three-alternative forced-choice: 3I-3AFC) により JND を測定した。3 区間はそれぞれ 300 ms の刺激を 300 ms の間隔で隔てて経時的に呈示した。3 区間のうち、2 区間は基準音を含み、他の 1 区間は基準音よりピッチの高い比較音を含んだ。実験参加者は呈示された 3 区間のうち、何回目に比較音が流れたかをタッチパネルディスプレイ上で選択した。正解/不正解のフィードバックは参加者の回答後に毎回表示された。

全参加者に対し、基準音と比較音の差(Δf)は 50 cent を初期値とした。その後 2 回目に誤答するまでを 10 cent, 4 回目に誤答するまでを 3 cent, それ以降を 1 cent とした。

全参加者に対し、全 9 種類の音色のピッチ弁別を各 1 回ずつ、合計 9 セッション行った。学習効果の影響を避けるため、各音色の呈示順はランダムとした。各セッションにおいて、 Δf が最小ステップ幅の 1 cent になった地点から 40 回まで試行させた。全試行のうち測定終了地点から遡って 9 回目までの Δf の中央値をとり最終的な弁別閾とした。

実験はすべて防音室内で行った。刺激は平均音圧レベル約 65 dB で呈示した。実験は間に休憩をはさみ、聴覚特性の測定を含み全体で約 90 分を要した。

3 結果と考察

高齢者 9 名に対し測定した音色ごとのピッチ弁別の JND を Fig. 1 に示す。音色ごとに参加者全員の JND 平均をとり音色を要因とした一要因の分散分析を行った結果、有意差は認められなかった。

全参加者に対して、各音色における JND を一対ずつ比較し、JND の大小関係を調査した。結果を Table. 1 に示す。表中の数値は、参加者 9 名において、各行の楽器の JND 各列の楽器の JND よりも高い結果となった人数の割合を表す。なお、JND の閾値が等しかった場合は換算しなかった。例えば、ピアノが弦楽器よりも大きかった人数は 5 名、等しかった人数は 1 名であったため、 $5/9 = 0.56$ が 1 行 3 列目に表示されている。

Table 1 のうち、割合の数値が 0.5 以上であった大小関係をまとめると、弦楽器を除いた 8 種類の音色について次のような関係になった；ピアノ>ホルン>フルート>グロッケンシュピール>クラリネット>トランペット>オーボエ>オルガン。なお、弦楽器においてはクラリネット>弦楽器、グロッケンシュピール>弦楽器において上記と矛盾するため、大小関係からは除いた。

全 36 組の大小関係のうち、ピアノが 0.5 以上の割合で他のどの楽器よりも JND が大きいことがわかった。一方、オルガンにおいては同様に 0.5 以上の割合で JND が低い結果となった。

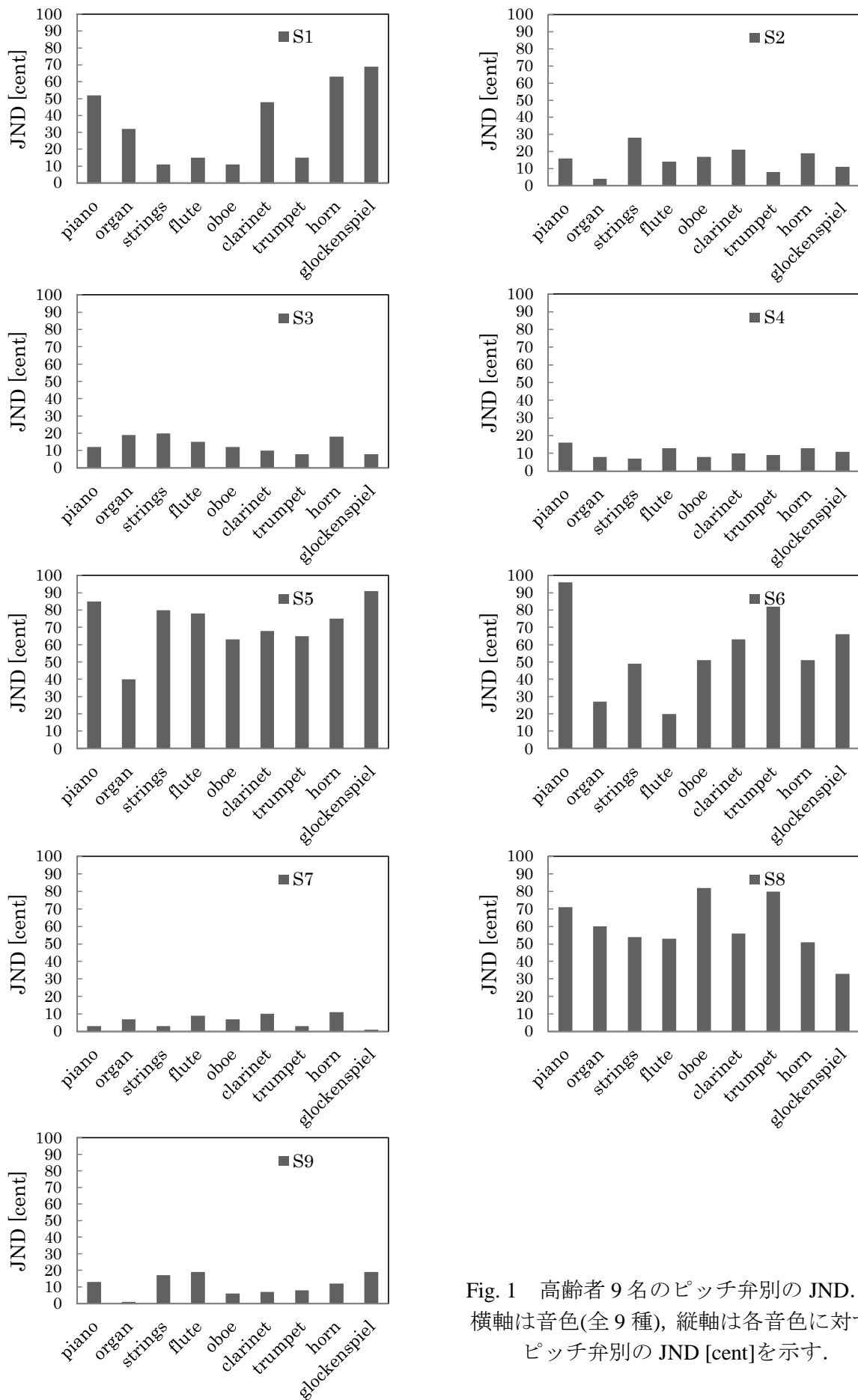


Fig. 1 高齢者 9 名のピッチ弁別の JND. 横軸は音色(全 9 種), 縦軸は各音色に対するピッチ弁別の JND [cent]を示す.

ピアノとオルガンの時間波形と周波数スペクトルを Fig. 2 に示す. 刺激作成の際, 各音色に対して楽器を鳴らし続ける時間を 300 ms とした. 従って, 電子楽器において制御されるパラメータ ADSR のうち, ピッチ弁別課題における刺激の呈示は, Attack から Release までの時間が 300 ms, Release から次の音が再生されるまでの時間が 300 ms となる. ピアノが Attack から減衰し続けているのに対しオルガンは比較的定常的であることが, ピアノと比較してオルガンの JND が良かった原因のひとつとして考えられる. また, 周波数スペクトルに着目すると, ピアノに比べてオルガンに非倍音成分が多く, 低次の成分が含まれる割合が強くみられる. 過去の研究においてピッチ弁別の改善に低次成分が重要であることが示されており, また, 低次の聴覚上分離できる倍音を含んだ複合音において, 高次の倍音の存在は弁別能力の向上に貢献しないことが明らかにされている[2]. 本実験においても, 周波数の低い成分が多く含まれることがオルガンの JND を良くする要因のひとつとなったと考えられる.

4 まとめ

高齢者 9 名を対象として, 9 種類の疑似楽

器音の音色に対するピッチ弁別の JND を測定した. 参加者全体の JND の平均をとり音色を要因とした一要因の分散分析を行った結果, 有意差は認められなかった.

全参加者に対して, JND を一対ずつ比較し, 音色における JND の大小関係を調査した. 全 36 組の大小関係のうち, 実験参加者の半数以上が同一であったものまとめた結果, 弦楽器を除いた 8 種類の音色について大小関係が示された.

謝辞

本研究に長時間の実験にご協力いただいた実験参加者の皆様, 実験場所を提供くださった吉畑博代先生をはじめ上智大学言語聴覚研究センターの方々に御礼申し上げます.

参考文献

- [1] A. S. Bregman, Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound, MIT Press, Cambridge, MA, 1990.
- [2] 西村他, 電子情報通信学会技術研究報告, 94(266), 9-16, 1994.
- [3] 緒方他, 心身障害学研究, 24, 63-73, 2000.
- [4] 中市他, 音講論(秋), 62 (3), 214-223, 2006.

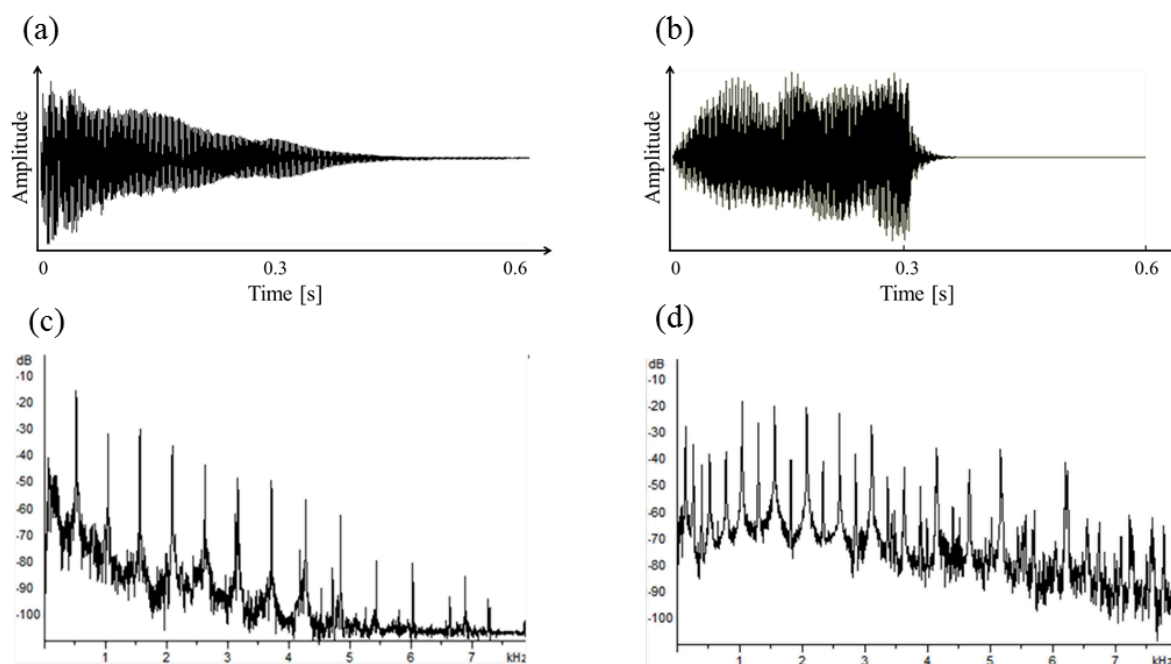


Fig. 2 (a) ピアノの時間波形 (b) オルガンの時間波形
(c) ピアノの周波数スペクトル (d) オルガンの周波数スペクトル