

音楽心理学におけるコンピュータ利用
—演奏音の分析と聴取実験—

中村 敏枝

大阪大学教養部心理学第2研究室

コンピュータを用いて行なってきた音楽心理学研究の中から若干の事例を報告する。1) トリル演奏における運指時間の測定をコンピュータで行ない、異なる指の動きの滑らかさの違い、訓練の効果を調べた。2) 演奏音の聴取においてみられる“クレッシェンド感の優勢”の現象を確かめるためにコンピュータで刺激音を作成して実験を行なった。3) 長調と短調の違いなど、調の性格について検討するために心理実験を行ない、膨大なデータの処理にコンピュータを用いた。4) 演奏音における“間”の時間測定をコンピュータで行なうと共に、コンピュータによる自動演奏音を用いて実験を行ない、聴取者にとって丁度よいと感じられる“間”を測定した。

COMPUTER IN THE PSYCHOLOGY OF MUSIC :
SCORE, PERFORMANCE AND PERCEPTION

Toshie Nakamura

Department of Psychology, College of General Education, Osaka University

Machikaneyama, Toyonaka, Osaka 560, Japan

Some examples of investigations on the psychology of music performed using the computer are reported as follows ; 1) The effect of training in the playing of trill. 2) The dominance of crescendo in listening, that is, the phenomenon that crescendo is easier to recognize than decrescendo. 3) The psychological differences between using the name of a key and the actual sound of the key. 4) The time perception called "Ma" in Japanese, that is, the optimum interval in a sound stream such as in music or speech.

1. はじめに

音楽心理学におけるコンピュータ利用として、次の諸点を挙げるができる。

1. 研究の道具としての利用

データ収集: 実験材料や質問紙などの作成、実験の自動制御 (刺激呈示、被験者の反応記録)、刺激の物理測定

データ解析: 統計処理、作表・作図

モデル構成: 情報処理モデル、コンピュータ・シミュレーション

その他: 文献検索、論文作成、研究者間コミュニケーションなど

2. 教育の道具としての利用

コンピュータによる音楽学習・音楽訓練の支援

3. 応用上の道具としての利用

コンピュータによる音源作成、自動演奏、作曲支援

音楽心理学研究の道具としての利用に限っていても、コンピュータを利用することの利点は極めて多い。データ処理の精度と能率の向上のほか、例えば、実験にコンピュータを用いると、実験精度を高める、刺激呈示や反応記録の誤りを防ぐ、手動では不可能な実験が可能になる、実験者効果を排除できる、被験者の反応結果を実験の進行と同時に処理してフィードバックできる、などの利点がある。

大型コンピュータの共同利用制度が始まった20年ほど前から、筆者も調査の回答の分類や、因子分析など統計的データ解析のために大いに利用した。その後、マイクロコンピュータが登場して、筆者のコンピュータ利用の拡大が進んだ。筆者が今までに行ってきた研究におけるコンピュータ利用について、若干の事例を報告する。

2. トリル演奏における訓練効果

マイクロコンピュータの時代となって、まず、ワンボード・マイコンが登場した。筆者も1977年にパナファコム LKIT-16を組立て、実験装置の一部とし

て活用した。主として被験者の反応記録の自動化に役立った。特に、心理学実験においてしばしば測定される反応時間の計測のためには、画期的な道具であった。運指速度や聴覚トラッキングの研究など、従来の時計による測定では不可能な研究を行なうことができた。研究の一例を挙げる。

2.1 目的

ピアノのトリル演奏では、どの指の組み合わせでも滑らかに演奏することが要求される。本実験では、トリル演奏時の運指に要する時間の測定を行ない、指の動かし易さの一般的な傾向を明らかにすると共に、ピアノ演奏の経験による効果を調べた。

2.2 方法

手続き 被験者は隣り合う2本の指を交互に連続的にできるだけ速く正確に動かして、反応盤のキーを押した。実験条件は、右手の隣り合う2本の指の組み合わせが4種類、並びに、親指で1つのキーを押し続ける第1指固定の状態、他の2本の指を交互に動かす条件が3種類、合計7条件。

装置 反応盤はマイクロコンピュータ (パナファコム LKIT-16) に接続されており、ここで、運指時間 (打鍵時間間隔) がミリ秒単位で測定され、連続的に100回分メモリーされた。

被験者 ピアノ演奏経験の異なる、20~30歳代の女性4名。A) 現在に至るまで10余年間ピアノの練習を続けている。B) キャリアとしてはAと同様であるが現在はあまり練習を行っていない。C) 小学生の時練習したが、その後10年近く全く練習していない。D) ピアノ練習の経験が全くない。

2.3 結果と考察

トリルの練習経験のない被験者Dの場合、指の種類によって動かし易さの程度が著しく異なる。Fig.1に示すように、2-3指の組み合わせの場合に最も速く滑らかに動き、4-5指の組み合わせの場合は運指速度は極めて遅く不正確であった。第1指固定の条件でも同じ傾向であるが、全般的により動きが遅く

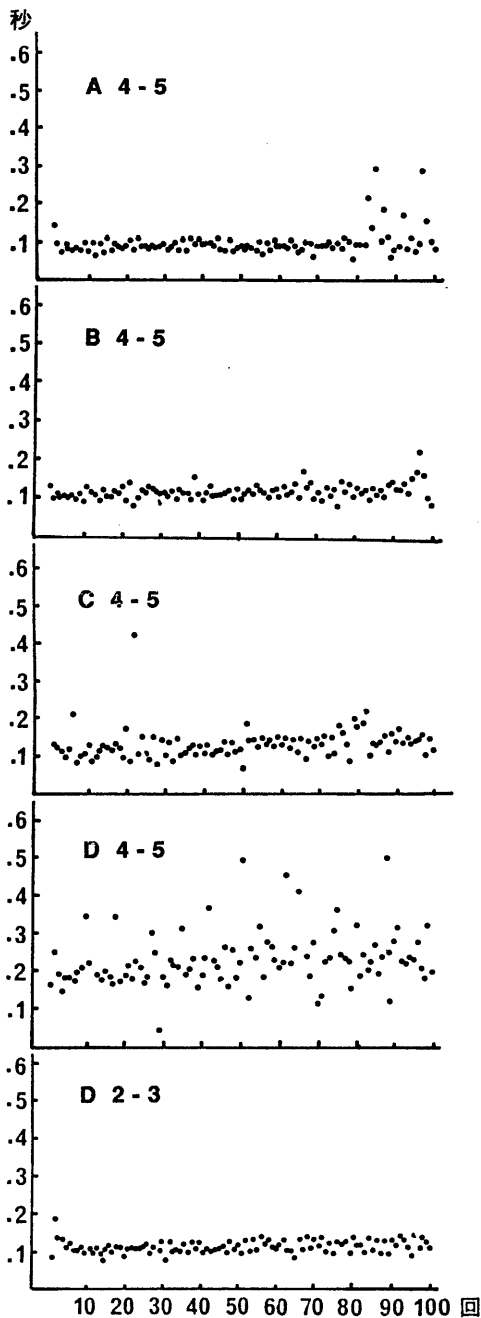


Fig. 1 トリルの運指速度

不正確であった。ところが、4名のうちピアノ練習を最もよく積んだ被験者Aでは、図に示すように、4-5指の組み合わせの場合もなめらかに速く動き、練習効果の著しいことが示された(80回目以後の乱れは指の疲れによると思われる)。被験者Aに次いでB、Cとピアノ練習の経験の豊かさに応じてトリルの速さや正確さに相違のあることがわかると共に、Cのように長い間のブランクがあっても、過去の練習効果がかなりよく保持されていることがわかった。

3. クレッシェンド感の優勢

次に購入した SHARP MZ-80B を用いて、聴覚実験の自動化を実現した。実験に用いる音刺激の作成、呈示、被験者の反収集からデータ処理・グラフ化までを一貫して行なえるシステムを作成した。これを用いて行なった研究の一例を報告する。

3.1 目的

プロの演奏家(バイオリン、リコーダ、オーボエ)による演奏音を用いて聴取実験を行ない、演奏者の意図が聴取者に如何に伝わるかを調べた際(Nakamura, 1986)、クレッシェンド(<)の方がデクレッシェンド(>)よりもうまく伝わるとの結果を得た。また、演奏音のレベルがほぼ一定の箇所でも<と感じられる場合が多かった(Table 1に一例を示す)。この“クレッシェンド感の優勢”の現象を確かめるために次の実験を行なった。

Table 1
Relationship Between Intensity Changes
in Performance and Listeners' Perceptions

Listeners' Judgment	Intensity Change in Performance		
	Increasing	Constant	Decreasing
≡	290(76.3%)	152(57.1%)	89(29.3%)
—	75(19.7%)	81(30.5%)	127(41.8%)
≡	9(2.4%)	31(11.7%)	82(27.0%)
Other	6(1.6%)	2(0.7%)	6(1.9%)

3.2 方法

刺激 純音を用いて、持続時間4~50秒のレベル一定音12種類とレベル変化音12種類を作成した。

装置 刺激作成から被験者の反応記録に至るまでの全過程をマイクロコンピュータを用いたシステムによって行なった。このシステムは電圧制御アッテネータ、デジタル電圧発生装置、マイクロコンピュータ、並びに、反応盤で構成され、音圧レベルに関しては0.1dB単位、時間に関しては1msec単位で刺激音を変化させることができる。被験者は防音室でヘッドホンの片側から出る音を聴いた。

被験者 聴力検査の結果、異常のない男子学生15名。

3.3 結果と考察

レベル一定音に対する判断比率をFig. 2に示す。音の持続時間が長くなるにしたがって「増大」判断が多くなる。持続時間が10秒以上になると、物理的にはレベルが一定であるにも拘わらず、「増大」判断が「変化なし」判断よりも多くなる。

演奏音の聴取においてのみならず、物理的に厳密にコントロールされた人工音においても、クレッシェンド感の優勢が見出された。これは聴覚の一般

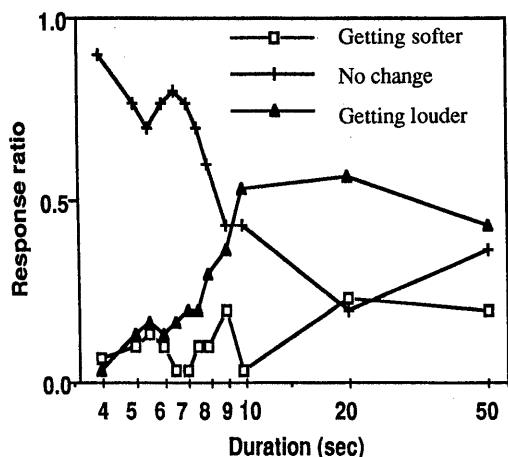


Fig. 2 レベル一定の持続音に対する判断

的な特性と考えることができる。演奏において、>の方が難しいと一般に言われるのは、テクニック上の難しさに加え、この聴覚の特性によるものであろう。

4. 長調と短調の性格

音楽心理学において、意見や態度、好みや、印象について研究する場合、多人数のデータが必要となる。その膨大なデータをコンピュータにキー入力するのは大変な作業である。そこで、実験時の回答記入用紙をマークカードにして、マークカード・リーダーによって、コンピュータへのデータ・インプットを行なえるようにした。このシステムを用いた実験例を次に述べる。

4.1 目的

調には特有の性格があるのであろうか。一般に、長調は明るく、短調は暗いと言われている。しかし、実際に演奏を聞いて、調に特有の性格が感じられるであろうか。下記の3実験によってこの問題を検討した。

4.2 方法

[実験1 種々の調に対するイメージ]

長調と短調合わせて24の調について、概念として持っているイメージを、24の形容詞対を用いて評定させた(SD法)。被験者は音楽専攻の大学生41名。被験者は自分の評定結果をマークカードに記入した。

[実験2 調の異なる演奏音に対する印象]

4種類の曲(シューマン「眠る子供」、同「異国から」、ツェルニー「こがね虫」、同「エレベータ」)をそれぞれ6通りに移調し、24種類の演奏音を用意した。演奏音を聴いて受ける印象を上記と同様に形容詞対を用いて評定させた。被験者は、実験1に参加した音楽専攻生に加え、特別の音楽的訓練を受けたことのない一般学生を合わせて94名。

[実験3 演奏音の調の判断]

実験2で用いた演奏音の調をどの程度正しく判断できるかを調べた。被験者は音楽専攻生41名。

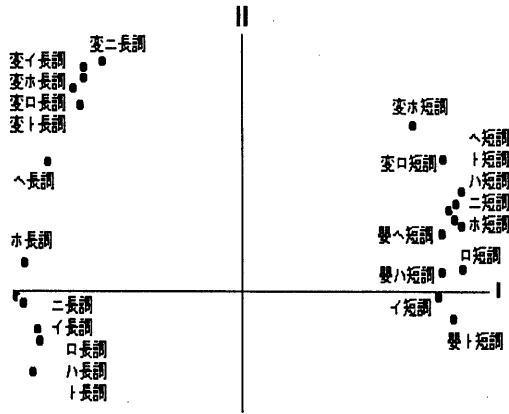
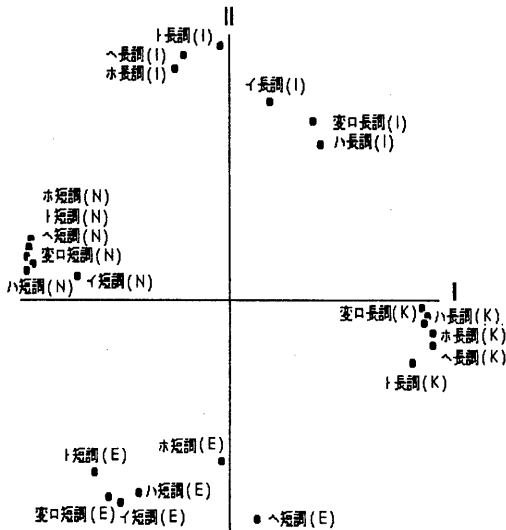


Fig. 3 調のイメージの空間位置
— I 因子と II 因子



I: 異国から E: エレベータ
N: 眠る子供 K: こがねむし
Fig. 4 演奏音の印象の空間位置
— I 因子と II 因子

4.3 結果と考察

実験1と2の評定値(全部で76032)をマークカードリーダーでコンピュータに入力し、因子分析を行った。各実験において3つの因子が得られた(結果の一部を Fig. 3 と Fig. 4 に示す)。

結果をまとめると次の通りである。

1) 概念としての調のイメージは、かなり分化している。特に、長調と短調の別は明白であり、長調は明るく、短調は暗いという固定的なイメージを持っている。

2) 演奏音を聞いて受ける印象は、曲によって著しく異なるが、調による差は明白でない。長調と短調の別ですら明らかでない。移調に伴う演奏ピッチの変化の影響は若干見られる。また、音楽専攻生群の結果には調の影響があるかに思えたが、実験3の結果により、音楽専攻生は演奏音を聞いてその調をかなり正しく判断することができるため(正答82.3%)、概念としての調のイメージが結果に影響を及ぼしていることがわかった。

調に対する伝統的な考えは根強く残っているが、実際の演奏では各々の調に特定の性格が感じられるとはいえない。

5. 音楽における“間(ま)”

現在、筆者の研究室における主役コンピュータは Macintosh (以下Macと記す) である。音楽心理学の研究のために、音楽関係のソフトの豊富な本装置を購入して以来、研究・教育に活用している。例えば、プロによる演奏音を物理分析する。楽譜を書いて自動演奏させ、実験に用いる。実験データ(被験者の反応)を統計処理し、作表・作図する。結果をまとめて論文にする。というように、測定器、実験装置、計算機、ワープロの仕事を、この1台でこなすことができる。情報の出し入れをせずにすむことの利点は大きい。Macを用いて行なった研究の一例を次に記す。

5.1 目的

「間を合わせる」、「間が抜ける」、「絶妙の間を取る」など、「間(ま)」に関する多くの言葉があるように、「間(ま)」は我々の生活全般において重要である。日本の文化は、とりわけ「間」を重視してきた。建築、絵画にみられる空間的な「間」と共に、時間的な「間」の取り方の重要性は日本の伝統文化について語られる時、必ず言及される。舞踊にみられる視覚的な「間」、謡や落語の聴覚的な「間」、剣道や相撲の立ち合いにおける運動的な「間」等々、挙げていくと限りがない。芸談、文芸論、芸術論、武芸談として、「間」は定性的にしばしば論じられてきた。しかし、定量的には全く論じられていない。そこで、どれ位の長さの「間」ととると丁度よいのか、「間」にはどのような法則性があるのかについて調べる実験を行ない、時間的な

「間」の取り方について、心理学的な立場から科学的に検討することを試みた。

5.2 実験1 演奏における「間」

能「石橋」における長い「間」、Bachの toccata における、Rachmaninoffの prelude や Feschの sonata の長い音符における演奏の時間長を測定した。測定装置として Mac を使用した。結果の一部を図に示す (Fig. 5、Fig. 6)。

5.3 実験2 聴取における「間」

Table 2 に示す刺激を使用した。音楽はミュージックコンピュータ (YAMAHA CX7M/128) を用いて自動演奏させた。各刺激に関し、音源、テンポ等の条件を変え、全部で 30 条件の実験を行った。Fig. 7 に示すように□の部分に 6~7 種類の長さに変えた刺

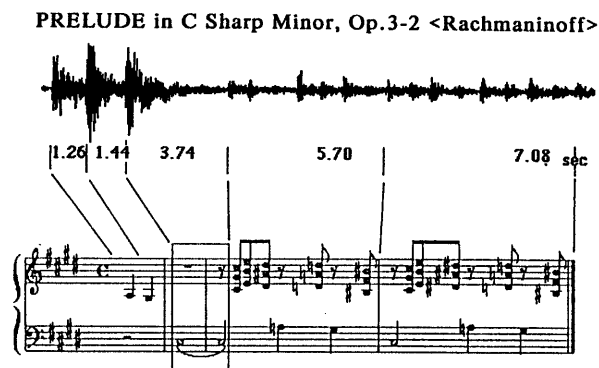


Fig. 5 ラフマニノフ自演における演奏時間

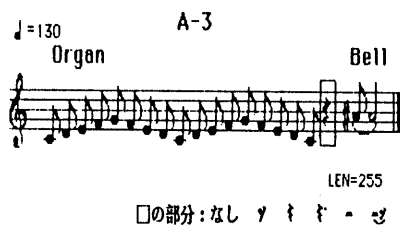


Fig. 7 刺激の一例

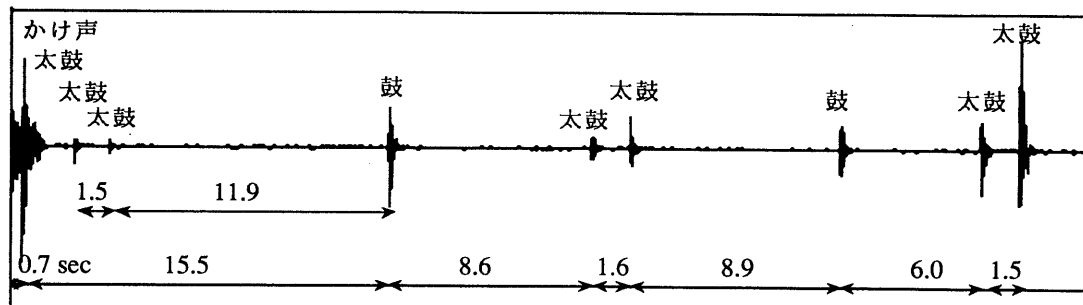


Fig. 6 能「石橋」において取られる「間(ま)」

激を作成し、ランダム順に呈示した。被験者は刺激を聴き、□の部分短すぎるか、丁度よいか、長すぎるかを判断し、マークカードに記入した。被験者に楽譜は見せない。被験者総数は301名。内、音楽専攻生は125名、一般学生は176名。刺激として用いた曲を以前に聞いたことがあると答えた者を除外した人数である。

5.4 結果と考察

全実験における判断総数21882に基づき、刺激条件別に恒常法処理で算出した“丁度よい長さ”をTable 2に示す。

1) 刺激条件が一定であれば、丁度よいと感じられる“間”の長さは常に一定しており、“間”の感じ方の一般性を示している。被験者は呈示された曲を知らず、楽譜を見るのでもないため、“丁度よい長さ”には無数の可能性があるにもかかわらず、結果の一致が見られることは、“間”のとり方に一般的な法則性があり、“間”を規定する要因を追求し示唆するものと考えられる。

2) 本実験結果はまた、長い音符や休符の演奏において感じられる“丁度よい長さ”が、拍子によって決定されるものではないことを示す。なぜなら、

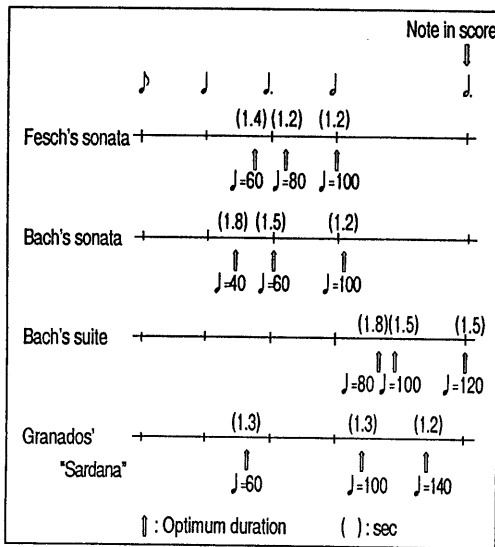


Fig. 8 聴取上丁度よいと感じられる時間長

Table 2
丁度よい長さ—長めの“間”

刺激	条件	丁度よい長さ (sec)		備考
		条件	丁度よい長さ (sec)	
Fesch sonata	J= 60	1.4	オルガン (発音率100%)	
	J= 80	1.2		
	J= 100	1.2		
Bach sonata	J= 40	1.8	オルガン (発音率100%)	
	J= 60	1.5		
	J= 100	1.2		
Bach suite	J= 80	1.8	オルガン (発音率100%)	
	J= 100	1.5		
	J= 120	1.5		
Granados 'Sardana'	J= 60	1.3	オルガン (発音率100%)	
	J= 100	1.3		
	J= 140	1.2		
朗読	TC: 長	1.5	TC: 時間的文脈	
	TC: 短	1.4		
謡	TC: 長	1.5		
	TC: 短	1.3		
S2(句点)	3.33w/sec	1.2	50-250msec	
	4.33w/sec	1.1	50-250msec	
平均		1.4	秒	

丁度よい長さ—中位の“間”

刺激	条件	丁度よい長さ (sec)		備考
		条件	丁度よい長さ (sec)	
A	J= 180	0.6	ピアノ	
	J= 130	0.7		
	J= 130	0.8		
B	J= 130	0.5	ピアノ	
	J= 130	0.5		
	J= 80	0.8		
C	J= 120	0.5	ピアノ	
	J= 130	0.6		
S1 (読点)	3.33w/sec	0.8	50-250msec	
	4.33w/sec	0.7	50-250msec	
平均		0.7	秒	

丁度よい長さ—短い“間”

刺激	条件	丁度よい長さ (sec)	
		条件	丁度よい長さ (sec)
天気予報	被験者群 1	0.3	
	被験者群 2	0.4	
平均		0.35	秒

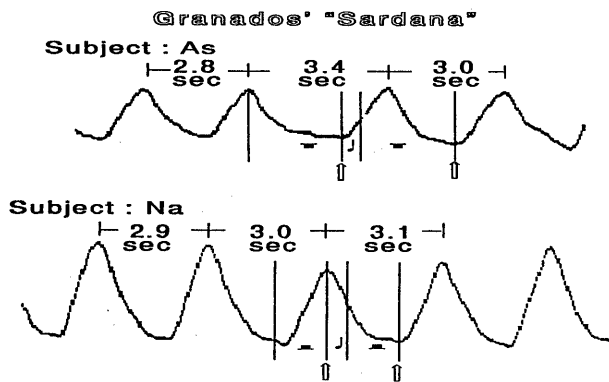


Fig. 9 “間”と呼吸の同期

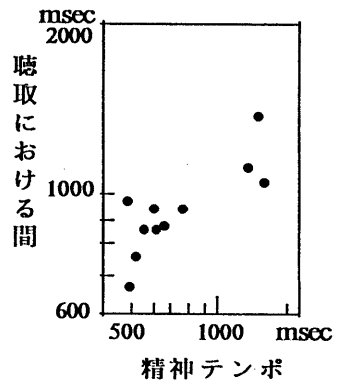


Fig. 10 精神テンポと“間”の関係

Fig.8 に見られるように、テンポの異なる演奏に対する実験結果は音符では一致していない。むしろ時間長で一致する傾向がみられる。もっとも、演奏のテンポに伴って、時間長にも若干の差がある。その差には法則性がみられ、テンポが速いほど時間長が短くなる傾向がある。朗読や謡においても同様で、時間的文脈を変えると、結果は予想される方向に若干変化する。

3) “間”の持つ意味(例えば、句点、読点)によって、短い“間”から長い“間”まで何段階も考えられる。本実験において得られた“間”の長さは、Table 2 に示すように1.4秒前後、0.7秒前後、0.35秒前後の3つに分類することができる。これらの値は呼吸との関連を示唆するものである。

後の実験で、聴取中の呼吸を測定したところ、音楽聴取時の一呼吸は約3秒との結果を得、“間”と呼吸が同期する傾向が見られた(Fig. 9)。前述の能「石橋」において取られる“間”は、ほぼ3の倍数(約数)のみである。このように演奏時にも聴取時にも、呼吸が“間”を決定する重要な要因であることが明らかになった。また、個人にとって速くも遅くもない丁度よいと思えるテンポ(精神テンポ)を測定した結果、“間”と精神テンポの間に相関関係があった。すなわち、精神テンポの速い被験者ほど、丁度よいと感じる“間”が短い傾向がみられた(Fig. 10)。

謝辞: 本研究室のコンピュータ利用システムの作成に貢献していただいた竹松 昇氏、堀内 毅氏に感謝いたします。

- 文献: 1) 中村敏枝・難波精一郎 トリルの正確さと運指条件の関係について—マイクロコンピュータを用いた予備実験—、音楽心理学懇話会(1978).
 2) 中村敏枝ほか: 音響心理学実験の自動化—マイクロコンピュータとvoltage control attenuator (VCA)並びにdigital voltage generator (DVG)を用いて—、PLANET No.1(1983)、32-33.
 3) 中村敏枝 調の性格に関する音楽心理学的研究、大阪大学教養部研究集録、第33輯(1985).
 4) Toshie Nakamura The communication of dynamics between musicians and listeners through musical performance. Perception & Psychophysics, 41 (1987).
 5) 中村敏枝 音楽、音声における“間”について、日本音響学会音楽音響研究会資料、MA88-22(1989).
 6) 中村敏枝 音楽聴取時の呼吸—“間”の知覚との関連—、心理学会論文集(1989).
 7) Toshie Nakamura Performed time duration for a note with a remarkably long time value at the end of a phrase; the relation with time perception for an interval. The first International Conference on Music Perception and Cognition(1989).
 8) Toshie Nakamura Duration of notes in music : score, performance, perception, and breathing 22nd International Congress of Applied Psychology(1990).