

大学院入学試験参考問題（日本語・英語）

Sample Questions of the Graduate School Entrance Examination

(Japanese / English)

九州大学

大学院芸術工学府芸術工学専攻

音響設計コース

Acoustic Design Course

Department of Design, Graduate School of Design

Kyushu University

2021年7月

July 2021

音響設計コース  
Acoustic Design Course

目次  
Contents

専門科目  
Specialized Fields

聴覚心理学	Auditory Psychology	pp. 3 - 11
音響環境評価	Acoustic Environment Assessments	pp. 12 - 17
音響工学・信号処理	Acoustic Engineering/ Signal Processing	pp. 18 - 30
音文化	Sound Culture	pp. 31 - 36

听觉心理学

Auditory Psychology

聴覚心理学

（ 4 枚中 1 枚目 ）

注意：指定された解答紙を使用すること。

問題 I

以下の文章には、聴覚についての記述がなされている。この内容について、下記の設問に答えよ。図解を交えてもよいが、筋の通った日本語で記述のなされていることを求める。アスタリスク (\*) のついた単語の意味については、下の註を参照すること。なお、英文中の“...”は、原文の一部が省略されていることを示す。

There is no direct relationship between the physical sound level (in dB SPL) and the sensation of loudness. There are many reasons for this, but an important one is that loudness depends heavily on the frequency content of the sound. ... The basic concept of equal loudness contours is that two pure tones with different frequencies, but with levels that fall on the same loudness contour, have the same loudness. For instance, ..., a pure tone with a frequency of 1 kHz and a level of 40 dB SPL has the same loudness as a pure tone with a frequency of 100 Hz and a level of about 64 dB SPL; in other words, a 100-Hz tone has to be 24 dB higher in level than a 40-dB SPL 1-kHz tone in order to be perceived as being equally loud. The equal loudness contours are incorporated into an international standard (ISO 226) that was initially established in 1961 and was last revised in 2003.

(A) These equal loudness contours have been derived several times from \*painstaking psychophysical measurements, not always with identical outcomes... Although the actual measurements are difficult, and the results somewhat \*contentious, there are many practical uses for the equal loudness contours. For instance, in issues of community noise annoyance from rock concerts or airports, it is more useful to know about the perceived loudness of the sounds in question, rather than just their physical level. For this reason, an approximation of the 40-phon equal loudness contour is built into most modern sound level meters and is referred to as the "A-weighted" curve. ...

(B) Equal loudness contours and phons tell us about the relationship between loudness and frequency. They do not, however, tell us about the relationship between loudness and sound level. For instance, the phon, based as it is on the decibel scale at 1 kHz, says nothing about how much louder a 60-dB SPL tone is than a 30-dB SPL tone. The answer, according to numerous studies of loudness, is not twice as loud.

註 painstaking: 骨の折れる; contentious: 議論を呼ぶ

出典 Oxenham, A.J. (2013). The Perception of Musical Tones. In D. Deutsch (ed.), *The Psychology of Music* (Third Edition). New York: Academic Press, pp. 5-6. (出題のために改変を加えた。)

聴覚心理学

（ 4 枚中 2 枚目 ）

- 
- 問 I-1 下線部 (A) によれば, 音の大きさの等感曲線 (equal loudness contours) は精神物理学的測定によって得られたという。大きさの等感曲線が得られるような測定方法を二つあげ, それぞれについて詳しく記述せよ。(30 点)
- 問 I-2 下線部 (B) によれば, 音の大きさの等感曲線とフォンとの関係からは, 音の大きさと音のレベル (音圧レベル) との関係についてはわからないと述べられている。なぜそう言えるのかを説明し, さらに, 音の大きさと音のレベル (音圧レベル) との関係について, 現在までに知られていることについて説明せよ。(20 点)

聴覚心理学

（ 4 枚中 3 枚目 ）

注意：指定された解答紙を使用すること。

## 問題 II

次の六つの設問から三つを選び、答えよ。図解を交えてもよいが、筋の通った日本語で記述のなされていることを求める。選んだ設問の番号を明記すること。（ $30 \times 3 = 90$  点）

- (1) 聴覚におけるマスキング (masking) について、時間領域と周波数領域のそれぞれにおける特徴を説明せよ。
- (2) 同じ文を二人の人が別々に発話したとき、これら二人の話者の音声を区別するのに、どのような知覚の手がかりを用いていると考えられるか。考えられる手がかりをすべてあげよ。
- (3) 「音の高さは、その高低によって直線上に並べることのできる性質である」と断言して良いか。根拠とともに説明せよ。
- (4) 正中面内において、実験参加者の耳から等しい距離に二つの音源があるとする。これらの音源のうち一方が実験参加者の前方、正面にあり、もう一方は 180 度反対側つまり後方にあるとする。このとき、この二つの音源の方向を弁別することは、水平面内の左右に 180 度違う方向にある二つの音源の方向を弁別することと比べて容易かどうかを述べ、さらにその理由を説明せよ。
- (5) 音脈分凝において、「良き連続」の原理が働いていると考えられる具体的な例をあげ、説明せよ。
- (6) 「精神物理学的同調曲線 (psychophysical tuning curve)」とは何かを説明し、それが基底膜のどのような特性と関係しているのかを説明せよ。

聴覚心理学

（ 4 枚中 4 枚目 ）

注意：指定された解答紙を使用すること。

### 問題 III

以下の十二の用語から六つを選び、数行程度で意味を説明せよ。図解を交えてもよいが、筋の通った日本語による説明を重視する。選んだ用語を、各々の解答の最初に記すこと。（ $10 \times 6 = 60$  点）

- (1) 協和 consonance
- (2) 統計的検定 statistical test
- (3) フォルマント formant
- (4) 先行音効果 precedence effect
- (5) リクルートメント現象 recruitment
- (6) 結合音 combination tone
- (7) 現象観察 phenomenological observation
- (8) 弁別閾 difference threshold [just noticeable difference (JND)]
- (9) (音声知覚における) 不変性 invariance in speech perception
- (10) 近接の原理 (近接の要因) principle of proximity (proximity factor)
- (11) マスキングの上方拡散 upward spread of masking
- (12) 混同の円錐 cone of confusion

# Auditory Psychology

1 / 4

---

Note: Use only the specified answer sheets.

## Question I

The following descriptions are concerned with auditory functions. You should answer the following specific questions. You are allowed to draw figures for explanations, however, the main part of your answer should be logical explanations in English. The “...” parts signifies omitted parts from the original.

There is no direct relationship between the physical sound level (in dB SPL) and the sensation of loudness. There are many reasons for this, but an important one is that loudness depends heavily on the frequency content of the sound. ... The basic concept of equal loudness contours is that two pure tones with different frequencies, but with levels that fall on the same loudness contour, have the same loudness. For instance, ..., a pure tone with a frequency of 1 kHz and a level of 40 dB SPL has the same loudness as a pure tone with a frequency of 100 Hz and a level of about 64 dB SPL; in other words, a 100-Hz tone has to be 24 dB higher in level than a 40-dB SPL 1-kHz tone in order to be perceived as being equally loud. The equal loudness contours are incorporated into an international standard (ISO 226) that was initially established in 1961 and was last revised in 2003.

(A) These equal loudness contours have been derived several times from \*painstaking psychophysical measurements, not always with identical outcomes... Although the actual measurements are difficult, and the results somewhat \*contentious, there are many practical uses for the equal loudness contours. For instance, in issues of community noise annoyance from rock concerts or airports, it is more useful to know about the perceived loudness of the sounds in question, rather than just their physical level. For this reason, an approximation of the 40-phon equal loudness contour is built into most modern sound level meters and is referred to as the "A-weighted" curve. ...

(B) Equal loudness contours and phons tell us about the relationship between loudness and frequency. They do not, however, tell us about the relationship between loudness and sound level. For instance, the phon, based as it is on the decibel scale at 1 kHz, says nothing about how much louder a 60-dB SPL tone is than a 30-dB SPL tone. The answer, according to numerous studies of loudness, is not twice as loud.

Modified from Oxenham, A.J. (2013). The Perception of Musical Tones. In D. Deutsch (ed.), *The Psychology of Music* (Third Edition). New York: Academic Press, pp. 5–6.



## Auditory Psychology

2 / 4

---

Question I-1 According to the underlined sentence following (A), equal loudness contours have been derived from psychophysical measurements. Describe in detail two measurement methods with which equal loudness contours can be obtained. (30 points)

Question I-2 According to the underlined sentences following (B), equal loudness contours and phons do not tell us about the relationship between loudness and sound (pressure) level. Please explain this, and explain what we know now about the relationship between loudness and sound (pressure) level. (20 points)

# Auditory Psychology

3 / 4

---

Note: Use only the specified answer sheets.

## Question II

Choose three out of the following six questions and answer. You are allowed to draw figures for explanations, however, the main part of your answer should be logical explanations in English. Specify the number of questions of your choice. (90 points; 30 points for each question)

- (1) Explain features of auditory masking both in the time domain and in the frequency domain.
- (2) Point out every possible perceptual cue that can be used by a listener, who would like to distinguish two talkers talking the same sentence at the same time.
- (3) Do you agree with the notion, "Pitch is an attribute that can be aligned on a linear scale extending from low to high."? Explain your opinion with proper grounds.
- (4) Suppose there are two sound sources, of which are at the same distance from a participant and both are on his/her sagittal plane. One of the sources is at the front of the participant, whereas the other one is at the back of the participant, at the 180-degrees opposite direction from the one in front. Answer whether it is easier to distinguish the directions of the two sources than to distinguish the directions of the two sources on the horizontal plane, of which are at 180-degrees different directions. Explain also the ground(s) for your answer.
- (5) Explain a specific example in which the principle of "good continuation" works in auditory stream segregation.
- (6) Explain what is a "psychophysical tuning curve," and then explain which properties in the basilar membrane relate to the features of the curve.

# Auditory Psychology

4 / 4

---

Note: Use only the specified answer sheets.

## Question III

Choose six terms from the list of 12 terms, and explain the meaning of the terms in several lines for each. You are allowed to draw figures for explanations, however, the main part of your answer should be logical explanations in English. Specify the term you choose at the beginning of each answer. (60 points; 10 points for each question)

- (1) consonance
- (2) statistical test
- (3) formant
- (4) precedence effect
- (5) recruitment
- (6) combination tone
- (7) phenomenological observation
- (8) difference threshold [just noticeable difference (JND)]
- (9) invariance in speech perception
- (10) principle of proximity (proximity factor)
- (11) upward spread of masking
- (12) cone of confusion

音響環境評価

Acoustic Environment Assessments

問題 I (15 点)

(1) ラウドネスについて、以下の用語を用いながら説明せよ。

用語：音の強さ、臨界帯域、マスキング、国際規格

Explain the perceived loudness using the following terms.

Terms: Sound intensity, Auditory filter, Masking, International standard

(2) 以下の文はラウドネスレベルについて説明したものである。文中の(a)から(e)の部分に当てはまる用語や数値を答えよ。

The following sentences describe loudness level. Answer the terms and numerical values that apply to the parts (a) to (e) in the sentences.

- ・ラウドネスレベルの尺度水準は (a) \_\_\_\_\_ 尺度である。
- ・ラウドネスレベルの単位は (b) \_\_\_\_\_ である。
- ・音圧レベルが 40 dB の 1kHz の純音の場合、ラウドネスレベルの値は (c) \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_ であ。さらに、この音の音圧レベルが 10dB 増加すると、 (d) \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_ となる。
- ・人間が聞き取れる範囲のラウドネスレベルは (e) \_\_\_\_\_ として整理され、国際標準化されている。
- ・ The scale level of loudness level is an (a) \_\_\_\_\_ scale.
- ・ The unit of loudness level is (b) \_\_\_\_\_ .
- ・ For 1kHz pure tone with 40 dB SPL, the loudness level value is (c) \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_ . Furthermore, when the sound pressure level of this sound is increased by 10 dB, the loudness level value becomes (d) \_\_\_\_\_ (b) \_\_\_\_\_ .
- ・ The loudness level within the human audible range is organized as (e) \_\_\_\_\_ , and is internationally standardized.

問題 II (15 点)

以下の文章によって定義される音響用語について答えよ。

Answer the acoustic terms defined by the following sentences.

「ある指定された周波数帯域内において、音源が放射する単位時間 (1 s) あたりの音響エネルギーを  $P$  としたとき、基準となるパワー  $P_0$  との比の対数の 10 倍によって定義される量。」

“Ten times the logarithm to the base 10 of the ratio of the sound energy  $P$  to the reference power  $P_0$ .  $P$  is given as the total sound energy radiated by the source in a specified frequency band over a certain interval”.

(1) この音響用語は何か、答えよ。

What is the acoustic term of this?

(2) この用語で示される量の単位を答えよ。

What is the unit of this term?

(3)  $P$  および  $P_0$  を用いて定義式を記述せよ。

Describe the definition equation using  $P$  and  $P_0$ .

問題Ⅲ (30 点)

音質評価指標のひとつとして sharpness が提案されている。Zwicker による sharpness のモデルは次式で表される。

$$S = \frac{0.11 \int_0^{24} N'(z)g(z) z dz}{\int_0^{24} N'(z) dz}$$

ここで  $N'(z)$  は臨界帯域ごとのラウドネス、 $z$  は臨界帯域番号、 $g(z)$  は重みである。

Sharpness is one of the sound quality metrics. Zwicker proposed the sharpness model as follows:

$$S = \frac{0.11 \int_0^{24} N'(z)g(z) z dz}{\int_0^{24} N'(z) dz}$$

where  $N'(z)$  is the loudness for each critical band,  $z$  is the critical band rate, and  $g(z)$  is the weighing for sharpness.

(1) Zwicker によって提案されている sharpness の単位を答えよ。

Answer the unit of sharpness proposed by Zwicker.

(2) sharpness とは、どのような心理的性質で、sharpness が高い音はどのような印象の音なのかを述べよ。

Describe what kind of psychological property sharpness is, and what kind of impression a sound with high sharpness gives.

(3) 周波数スペクトルの包絡線 (エンベロープ) が直線である広帯域雑音について、包絡線と sharpness の関係について述べよ。

Explain the relationship between the spectral envelope and sharpness of the broad-band noise with the linear spectral envelope.

(4) (3)の広帯域雑音を、包絡線が直線である離散的なスペクトル構造を持つ音に置き換えた場合、sharpness はどのように変化するか述べよ。

Explain how sharpness will change when the broad-band noise in (3) is replaced with a sound having a discrete spectral structure with a linear spectral envelope.

(5) 音の大きさ (loudness) と sharpness の関係を説明せよ。

Explain the relationship between loudness and sharpness.

問題IV (30点)

音の3属性とは、主観的な性質として音が有する三つの属性である「大きさ」「高さ」「音色」のことである。この中の「音色」という性質の特徴について、「大きさ」「高さ」と対比して論ぜよ。その中で、「音色の多次元性」「音色と物理量との対応関係」「音色の二面性」の三つの観点を示すこと。

The three attributes of sound mean the three perceptual aspects of sound: "magnitude," "pitch," and "timbre." Explain the characteristic of the perceptual aspect of "timbre" by comparing it with "magnitude" and "pitch". The description should include three perspectives: "multidimensionality of timbre", "relationship between timbre and physical parameters", and "two-sides of timbre".

問題V (20点)

S.S.スティーブンスは、人間の感覚を数値化する尺度として、四つの水準を提案している。その四つの尺度水準の名称と、各尺度水準がどのような性質を有しているのかを、実例を交えて説明せよ。

S.S. Stevens proposed four levels as a measure to quantify human sensation. Explain the names of the four scale levels and the properties of each scale level with actual examples.

問題VI (30点)

カナダの作曲家 R・マリー・シェーファーが提唱したサウンドスケープ (soundscape) の概念に関する以下の問に答えよ。

Answer the following questions on the concept of soundscape, which was proposed by Canadian composer R. Murray Schafer.

(1) シェーファーは、サウンドスケープの特徴の分析法について、環境の音を「基調音」「信号音」「サウンドマーク (標識音)」に分類することを提唱している。これら「基調音」「信号音」「サウンドマーク」が、それぞれどういった特徴を持つ音かを述べるとともに、それぞれに該当する音の具体例を挙げよ。

Schafer proposed to classify environmental sounds into "keynote sounds," "sound signals," and "soundmark" as a method for analyzing the characteristics of soundscapes. Describe the characteristics of each of these "keynote sounds," "sound signals," and "soundmark," and give specific examples of the sounds that correspond to each.

(2) 一方、サウンドスケープの特徴の分析においては、場のコンテクストを考慮しながら音を捉えることが重視される。この分析法によると、環境の音は大きく二つに分類されるが、それぞれ何と呼ばれるか答えよ。また、それぞれどのような音か特徴を説明せよ。

On the other hand, when analyzing the characteristics of soundscapes, it is important to capture the sound while considering the context of the field. The methodology of this analysis states that the sounds of the environment can be roughly classified into two types. Answer what they are called. Also, explain the characteristics of each sound.

問題Ⅶ (30 点)

日本における「航空機騒音に係る環境基準」の評価量として、以前は加重等価継続感覚騒音レベル WECPNL が用いられてきたが、平成 19 年 12 月の環境基準の改正に伴い、時間帯補正等価騒音レベル  $L_{den}$  が採用された。このことについて以下の問に答えよ。

Previously, the weighted equivalent continuous perceived noise level WECPNL had been used as the evaluation parameter in "Environmental quality standards for aircraft noise in Japan", but with the revision of the standard in December 2007, the day-evening-night-weighted sound pressure level  $L_{den}$  was adopted. Answer the following questions about this story.

- (1) 上記のように環境基準の改正に伴い評価量が WECPNL から  $L_{den}$  に変更されたが、その背景となった要因について知るところを述べよ。

As mentioned above, the evaluation parameter was altered from WECPNL to  $L_{den}$  with the revision of the environmental quality standard. Describe what you know about the factors behind this alteration.

- (2)  $L_{den}$  の算出方法について、式を用いながら説明せよ。

Explain the calculation method of  $L_{den}$  with equations.

- (3) ある空港で航空機騒音の  $L_{den}$  の値を 1 年間にわたって測定したところ、各測定日の測定値は 65 dB であった。測定期間全体 (1 年間) の  $L_{den}$  の値を求めよ。

$L_{den}$  of aircraft noise was measured at an airport for one year. The result revealed that the measured value on each measurement day was 65 dB. Calculate the value of  $L_{den}$  for the entire measurement period (1 year).

問題Ⅷ (30 点)

ある工場からの騒音が問題となり、騒音測定と評価を行うことになった。これについて、以下の問に答えよ。

Noise from a factory became a problem for the residents, and we decided to measure and evaluate the noise. Answer the following questions regarding this issue.

- (1) 工場の騒音に対策を行うためには、まずその騒音を評価する必要がある。工場から発せられる騒音を評価する際の振り所となるのは「騒音規制法」であるが、発生する騒音の特徴によって評価法が異なる。ア) からウ) の特徴を持つ騒音の評価法を説明せよ。

In order to take measures against factory noise, it is first necessary to evaluate the noise. Factory noise is evaluated based on the "Noise regulation law in Japan", but the evaluation method differs depending on the characteristics of the generated noise. Explain the noise evaluation method with the characteristics of a) to c).

ア) 定常騒音

a) Stationary noise

イ) 間欠騒音

b) Intermittent noise

裏面には解答しないこと。裏面に解答しても採点しません。



ウ) 変動騒音

c) Fluctuating noise

- (2) ある時間帯に工場の敷地境界で騒音測定を行ったところ、継続時間が1秒以内、かつ単発騒音暴露レベルが75 dBの騒音が10秒に1回発生していた。測定時間中、それ以外の騒音は無視できる程度に低かった。騒音規制法に従って評価する場合の評価値を示せ。

Noise was measured at the boundary of the factory site during a certain period of time. The result showed that noise with a duration of less than 1 second and a single event sound exposure level  $L_{AE}$  of 75 dB was generated once every 10 seconds. Other noises were negligibly low during the measurement time. Show the evaluation value when evaluating in accordance with Japanese noise regulation law.

- (3) (2) の状況が1時間続いた場合の等価騒音レベルを求めよ。

Calculate the equivalent continuous A-weighted sound pressure level  $L_{Aeq}$  when the situation (2) continues for 1 hour.

音響工学・信号処理

Acoustic Engineering/ Signal Processing

## 音響工学・信号処理

( 6 枚中 1 枚目 )

注意：問題 I, II, III は必答問題。さらに選択問題 IV, V, VI から 2 問を選択すること。

なお、解答用紙の裏面には解答しないこと。裏面に解答しても採点しません。また各問題ごとに解答用紙を別にすること。

## 〔必答問題〕

## 問題 I

1 自由度振動系の強制振動方程式は、以下のように表すことができる。

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + R \frac{dx}{dt} + Kx = \operatorname{Re}[F \exp(j\omega t)]$$

ここで、 $x$  は振動変位、 $M$  は質量、 $R$  は抵抗係数、 $K$  はバネ定数、 $F$  は加振力の振幅、 $\omega$  は加振力の角振動数、 $t$  は時間、 $j$  は虚数単位である。また、 $\operatorname{Re}[\ ]$  は実数部分を取り出す演算子である。以下の問いに答えよ。

(1)  $x$  の定常解を、複素振幅  $D$  を用いて以下のように表したとする。

$$x = \operatorname{Re}[D \exp(j\omega t)]$$

$D$  を、 $M$ ,  $R$ ,  $K$ ,  $F$ ,  $\omega$ ,  $j$  の中から必要なものを用いて示せ。

(2)  $x$  の定常解を、複素数を使用せず、実数のみを用いて以下のように表したとする。

$$x = A \cos(\omega t + \phi)$$

$A$ ,  $\cos \phi$ ,  $\sin \phi$  を、 $M$ ,  $R$ ,  $K$ ,  $F$ ,  $\omega$ ,  $j$  の中から必要なものを用いて示せ。

(3) 機械インピーダンス  $Z(\omega)$  は、加振力の振幅を振動速度の複素振幅で割った量として定義される。 $Z(\omega)$  を、 $M$ ,  $R$ ,  $K$ ,  $F$ ,  $\omega$ ,  $j$  の中から必要なものを用いて示せ。

(4)  $\omega$  を 0 から無限大まで変化させたときの  $Z(\omega)$  の軌跡を、複素平面上に図示せよ。

(5) 1 自由度振動系が共振するときの  $\omega$  の位置を、 $Z(\omega)$  の軌跡の上に  $\circ$  を使って示せ。また、なぜその位置が共振するときの位置であるのかを、簡潔に説明せよ。

音響工学・信号処理

( 6 枚中 2 枚目 )

注意：問題 I, II, III は必答問題。さらに選択問題 IV, V, VI から 2 問を選択すること。

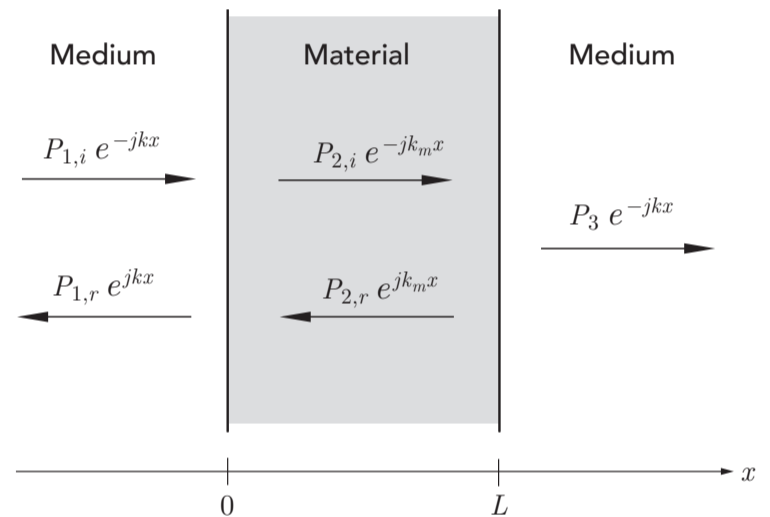
なお、解答用紙の裏面には解答しないこと。裏面に解答しても採点しません。また各問題ごとに解答用紙を別にすること。

〔必答問題〕

問題 II

図に示すように、特性インピーダンスが  $Z_0$  の媒質中の  $x = 0$  の位置に、厚さが  $L$  の均質な音響材料が存在する。この材料の特性インピーダンスは  $Z_m$  であり、また  $x$  軸に垂直な方向の大きさは無限とみなせるほど十分に大きいものとする。

この材料に対して、音圧が  $P_{1,i} e^{-jkx} e^{j\omega t}$  で表される正弦平面音波が垂直に入射している定常状態を考える。ここに  $P_{1,i}$  は実数の振幅、 $\omega$  は角周波数、 $k$  は波数である。それぞれの領域において、 $x$  の正の方向に進む波、反射により負の方向に進む波は、時間依存項  $e^{j\omega t}$  を省略して、図中に示すような形式で表すことができる。ここに、いずれも振幅は実数であり、 $k_m$  は材料中を伝搬する音波の波数である。



- (1) 特性インピーダンスという用語の定義を示し、単位を [MKS] 系で示せ。
- (2) 媒質として空気を想定した場合、一般的な音響材料であれば、 $Z_0$  と  $Z_m$  の大小関係はどのようになるか、理由とともに示せ。
- (3)  $x = 0$  における材料の垂直入射吸収率  $\alpha_0$  を  $P_{1,i}$ 、 $P_{1,r}$  を用いて示せ。また  $\alpha_0$  を測定する方法について、知るところを述べよ（演算で示す必要はない）。
- (4) 媒質の  $x < 0$  の領域、および音響材料中での粒子速度を示せ。ただし、音圧の振幅と特性インピーダンスを用いること。
- (5)  $x = 0$  において成立する連続条件を全て示せ。
- (6) この音響材料のエネルギー透過率  $\tau$  の定義を、図中の音圧振幅の中から必要なものを用いて表せ。
- (7)  $\alpha_0$  と  $\tau$  を何らかの方法で測定した場合、両者の大小関係はどのようになるか、理由とともに示せ。

注意：問題 I, II, III は必答問題。さらに選択問題 IV, V, VI から 2 問を選択すること。

なお、解答用紙の裏面には解答しないこと。裏面に解答しても採点しません。また各問題ごとに解答用紙を別にする。

〔必答問題〕

問題 III

数列  $x(n)$  の  $z$  変換を  $X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)z^{-n}$ ,  $x(n)$  と  $y(n)$  の畳み込みを  $x(n) * y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)y(n-k)$  とする。また,  $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha^n = \frac{1}{1-\alpha}$  である ( $|\alpha| < 1$ )。

(1) インパルス応答  $h(n)$  の線形時不変システムに単位ステップ数列  $u(n)$  を入力した時の出力を  $s(n)$  とする。  
 $h(n)$  を用いて  $s(n)$  を表せ。

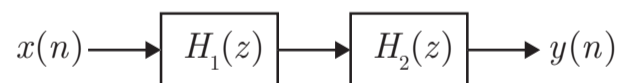
(2) 線形時不変システムのステップ応答  $s(n)$  を以下に示す ( $0 < |a| < 1$ )。

$$s(n) = \frac{1 - a^{n+1}}{1 - a} u(n)$$

このシステムのインパルス応答  $h(n)$  を示せ。

(3) さらに, システム関数  $H(z)$ , 極, 零点および収束領域を求めよ。

(4) 上問 (3) と同じシステム関数で表される 2 個のサブシステム  $H_1(z)$ ,  $H_2(z)$  を, 下図のように接続した。 $H_1(z)$  のパラメータを  $a_1$ ,  $H_2(z)$  のパラメータを  $a_2$  として, 全システムのシステム関数を求めよ。



音響工学・信号処理

( 6 枚中 4 枚目 )

注意：問題 I, II, III は必答問題。さらに選択問題 IV, V, VI から 2 問を選択すること。

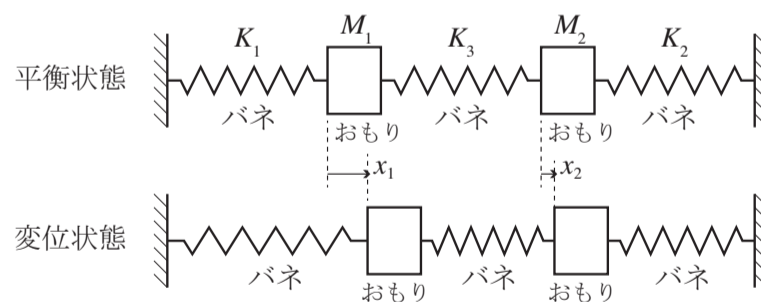
なお、解答用紙の裏面には解答しないこと。裏面に解答しても採点しません。また各問題ごとに解答用紙を別にする。

〔選択問題〕

問題 IV

下図に示すような 2 自由度の機械振動系について、以下の問いに答えよ。なお、バネの質量、振動に伴う減衰、縦方向の運動はないものとする。おもりの質量、バネのバネ定数は、下図に示すとおりである。

- (1) 左側のおもりの平衡位置からの変位を  $x_1$  [m] (右向きを正とする)、右側のおもりの平衡位置からの変位を  $x_2$  [m] (右向きを正とする) として、それぞれの運動方程式を示せ。
- (2) この機械振動系には、2 つの固有モードがあり、それぞれの固有モードに対応した、2 つの固有角振動数  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  がある。 $\omega_1$ ,  $\omega_2$  を得るために、まず、 $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \phi)$ ,  $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \phi)$  と置く。 $A_1 \neq 0$ ,  $A_2 \neq 0$  となるような  $x_1$ ,  $x_2$  が得られるときに、 $\omega$  が満たすべき条件式を示せ。
- (3)  $M_1 = M_2 = M$ ,  $K_1 = K_2 = K$  のとき、 $\omega_1$ ,  $\omega_2$  を、 $M$ ,  $K$ ,  $K_3$  を用いて示せ。ただし、 $\omega_1 < \omega_2$  とする。
- (4)  $M_1 = 2M$ ,  $M_2 = M$ ,  $K_1 = 2K$ ,  $K_2 = K$  のとき、 $\omega_1$ ,  $\omega_2$  を、 $M$ ,  $K$ ,  $K_3$  を用いて示せ。
- (5) (4) のとき、 $A_1$  と  $A_2$  の間には、どのような関係式が成り成つか。 $\omega_1$ ,  $\omega_2$  のそれぞれの場合について、示せ。



音響工学・信号処理

( 6 枚中 5 枚目 )

注意：問題 I, II, III は必答問題。さらに選択問題 IV, V, VI から 2 問を選択すること。

なお、解答用紙の裏面には解答しないこと。裏面に解答しても採点しません。また各問題ごとに解答用紙を別にする。

〔選択問題〕

問題 V

建築音響学に関する下記の文章には、それぞれ間違いがある。それを訂正し、訂正の内容を説明せよ。

- (1) 残響時間は、音源を停止した直後から室内のエネルギー密度が百万分の一になるまでの時間であり、音圧レベルで測定すれば、30 dB 減衰するまでの時間である。
- (2) 室内の平均吸音率とは、様々な吸音率を持つ材料が存在する場合、それらの面積を吸音率 0.5 の材料の面積に置き換えるものである。
- (3) 室内の等価吸音面積の算出には、一般的に材料の垂直入射吸音率が用いられる。
- (4) 材料の垂直入射吸音率は、無響室内で測定する方法が JIS で規格化されている。
- (5) 音線法とは、エネルギーを持った音線の軌跡を求めることで音の伝搬をシミュレーションする方法であり、原理的に任意に設定した受音点におけるインパルス応答を精度よく求めることができる。
- (6) 鏡像法とは、壁面での反射を鏡像音源からの寄与として考えるものであり、室内で反射を考慮すべき面は、細かければ細かいほど精度が高くなる。
- (7) 拡散音場とは、その中の全ての点における音圧レベルが等しいことで定義されるため、単一方向に進む平面波音場はその典型的な例である。
- (8) Sabine の残響公式は、室内の吸音がある程度大きい場合に精度が良い。
- (9) Eyring の残響公式で、室内の面積が大きい場合の近似を行うと、Sabine の残響公式が得られる。
- (10) 音の波動的な振る舞いを考慮して音場を解析する際、剛な境界においては音圧が極端に小さくなる条件を適用する。

音響工学・信号処理

( 6 枚中 6 枚目 )

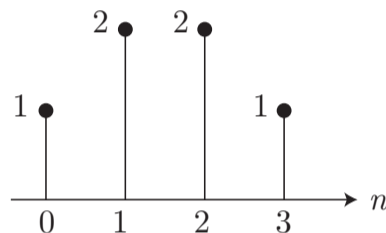
注意：問題 I, II, III は必答問題。さらに選択問題 IV, V, VI から 2 問を選択すること。

なお、解答用紙の裏面には解答しないこと。裏面に解答しても採点しません。また各問題ごとに解答用紙を別にする事。

〔選択問題〕

問題 VI

下図に、線形時不変システムのインパルス応答を示す。



- (1) 単位サンプル数列  $\delta(n)$  を用いてインパルス応答を表し、さらにシステム関数、極、零点を求めよ。
- (2) システムの差分方程式を求め、基本素子（加算器、定数倍する乗算器、単位遅延素子）を用いてシステムのブロック図表現を示せ。
- (3) システムの周波数応答を  $H(\Omega) = A(\Omega)e^{j\theta(\Omega)}$  の形で表し、 $\Omega = \frac{2}{3}\pi$  で  $A(\Omega) = 0$  であることを示せ。さらに、 $\Omega = \frac{2}{3}\pi$  を除いて  $\theta(\Omega)$  は  $\Omega$  の線形関数であることを示せ。
- (4)  $x_1(n)$ ,  $x_2(n)$  をシステムに入力したとき、振幅が何倍されるかそれぞれ答えよ。解答には三角関数が含まれても良い。

(A)  $x_1(n) = 1$

(B)  $x_2(n) = \cos\left(\frac{\pi}{3}n\right)$



**Notes:** Answering questions I, II, and III is mandatory. In addition, you must select and answer two questions from among the elective questions IV, V, and VI. Do not write your answers on the back of the answer sheet. Answers on the back of the answer sheet will not be graded. Use a separate answer sheet for each question.

### [Mandatory]

#### Question I

The equation of motion of a forced, single-degree-of-freedom vibration system is given by

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + R \frac{dx}{dt} = \text{Re}[F \exp(j\omega t)],$$

where,  $x$  is the displacement,  $M$  the mass,  $R$  the resistance,  $K$  the stiffness,  $F$  the driving force amplitude,  $\omega$  the angular frequency,  $t$  the time, and  $j = \sqrt{-1}$ .  $\text{Re}[\ ]$  stands for the “real part of.” Answer the following.

- (1) In the steady state, let us express the displacement  $x$  using the complex amplitude  $D$ , as follows:

$$x = \text{Re}[D \exp(j\omega t)]$$

Write down the expression of  $D$ , using necessary variables among  $M$ ,  $R$ ,  $K$ ,  $F$ ,  $\omega$ , and  $j$ .

- (2) In the steady state, let us express the displacement  $x$  using only the real numbers  $A$  and  $\phi$ , as follows:

$$x = A \cos(\omega t + \phi)$$

Write down the expressions of  $A$ ,  $\cos \phi$ , and  $\sin \phi$ , using necessary variables among  $M$ ,  $R$ ,  $K$ ,  $F$ ,  $\omega$ , and  $j$ .

- (3) The impedance  $Z(\omega)$  is the driving force amplitude  $F$  divided by the complex amplitude for the velocity.

Write down the expression of  $Z(\omega)$ , using necessary variables among  $M$ ,  $R$ ,  $K$ ,  $F$ ,  $\omega$ , and  $j$ .

- (4) Illustrate the locus of  $Z(\omega)$  for  $\omega$  from 0 to infinity, in the complex plane.

- (5) Indicate the position of  $\omega$  where the resonance will occur in the locus of  $Z(\omega)$  in the complex plane. In addition, describe the reason why the position refers to the resonance.

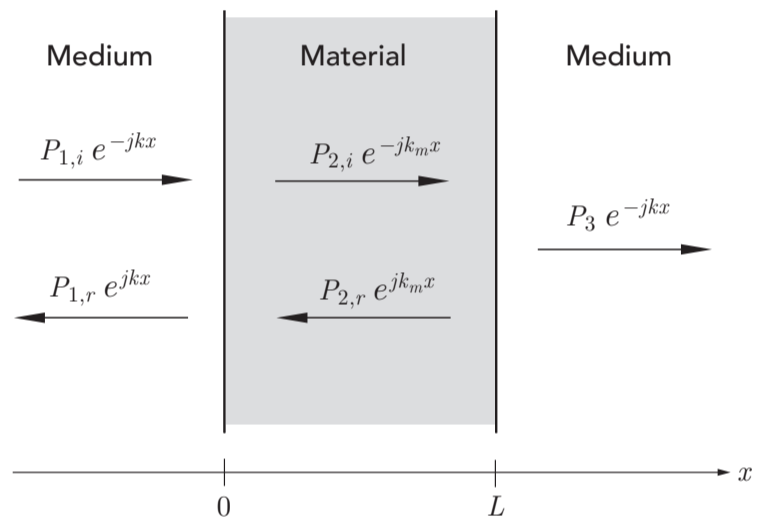
**Notes:** Answering questions I, II, and III is mandatory. In addition, you must select and answer two questions from among the elective questions IV, V, and VI. Do not write your answers on the back of the answer sheet. Answers on the back of the answer sheet will not be graded. Use a separate answer sheet for each question.

### [Mandatory]

#### Question II

As shown in the figure, there is a homogeneous acoustic material with thickness  $L$  at  $x = 0$  in a medium with characteristic impedance  $Z_0$ . The characteristic impedance of this material is  $Z_m$ , and its size in the direction perpendicular to the  $x$ -axis is sufficiently large to be considered infinite.

Consider the steady state of a perpendicularly incident sinusoidal plane sound wave whose sound pressure is expressed as  $P_{1,i} e^{-jkx} e^{j\omega t}$ . Here  $P_{1,i}$  is the real amplitude,  $\omega$  is the angular frequency, and  $k$  is the wavenumber. In each region, the wave traveling in the positive direction of  $x$  and the wave traveling in the negative direction due to reflection can be expressed in the form shown in the figure, omitting the time-dependent term  $e^{j\omega t}$ . Here, the amplitudes are real in both cases, and  $k_m$  is the wavenumber of the sound wave propagating through the material.



- (1) Show a definition of the term characteristic impedance and indicate the units in the [MKS] system.
- (2) Assuming air as the medium, what is the relationship between  $Z_0$  and  $Z_m$  in terms of magnitude for common acoustic materials, and describe the reasons.
- (3) Show the normal incident sound absorption coefficient  $\alpha_0$  of the material at  $x = 0$  using  $P_{1,i}$ ,  $P_{1,r}$ . Also describe about the method of measuring  $\alpha_0$  (no need to show by arithmetic).
- (4) Show the particle velocity in the  $x < 0$  region of the medium and in the acoustic material. However, use the amplitude of the sound pressure and the characteristic impedance.
- (5) Show all the conditions of continuity that hold at  $x = 0$ .
- (6) Express the definition of the transmission ratio  $\tau$  for this acoustic material using the appropriate sound pressure amplitude from the figure.
- (7) If  $\alpha_0$  and  $\tau$  are measured in some way, show how they are large or small (e.g., which is larger) with reasons.

**Notes:** Answering questions I, II, and III is mandatory. In addition, you must select and answer two questions from among the elective questions IV, V, and VI. Do not write your answers on the back of the answer sheet. Answers on the back of the answer sheet will not be graded. Use a separate answer sheet for each question.

### [Mandatory]

#### Question III

The z-transform of a signal  $x(n)$  is defined as  $X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)z^{-n}$  and the convolution of signals  $x(n)$  and  $y(n)$  is defined as  $x(n) * y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)y(n-k)$ . In addition, we have the relation  $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha^n = \frac{1}{1-\alpha}$ , where  $|\alpha| < 1$ .

(1) Suppose that the output from a linear time-invariant system is  $s(n)$  when the input signal is the unit step sequence and the impulse response of the system is  $h(n)$ . Express  $s(n)$  in terms of  $h(n)$ .

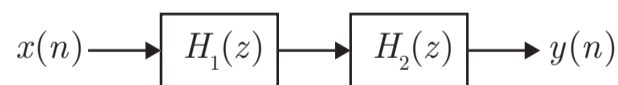
(2) Show the impulse response of a linear time-invariant system when the step response of the system is given as

$$s(n) = \frac{1 - a^{n+1}}{1 - a} u(n),$$

where  $0 < |a| < 1$ .

(3) Show the system function, zeros, poles, and the region of convergence for the system in (2).

(4) Two systems are connected in cascade as shown in the block diagram. Suppose that the system function of each system is given in (3), where the parameter is  $a_1$  for  $H_1(z)$  and  $a_2$  for  $H_2(z)$ . Show the system function for the entire system.



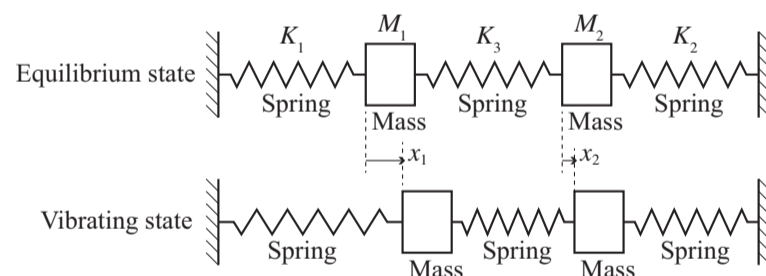
**Notes:** Answering questions I, II, and III is mandatory. In addition, you must select and answer two questions from among the elective questions IV, V, and VI. Do not write your answers on the back of the answer sheet. Answers on the back of the answer sheet will not be graded. Use a separate answer sheet for each question.

**[Elective]**

**Question IV**

Let us consider the two-degree-of-freedom vibration system shown in a figure below. The mass of spring, damping, and transverse displacement are negligible. Answer the following.

- (1) Suppose displacements  $x_1$  and  $x_2$  of the left mass and the right mass, respectively. Deduce the coupled equations of motion on  $x_1$  and  $x_2$ .
- (2) This vibration system has two vibration modes; each mode has a mode frequency. To find mode angular frequencies  $\omega_1$  and  $\omega_2$ , suppose  $x_1 = A_1 \cos(\omega t + \phi)$ ,  $x_2 = A_2 \cos(\omega t + \phi)$ . When  $A_1 \neq 0$  and  $A_2 \neq 0$ , derive the equation that  $\omega$  must satisfy.
- (3) When  $M_1 = M_2 = M$ ,  $K_1 = K_2 = K$ , write down the expressions of  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ , using  $M$ ,  $K$ , and  $K_3$ .
- (4) When  $M_1 = 2M$ ,  $M_2 = M$ ,  $K_1 = 2K$ ,  $K_2 = K$  write down the expressions of  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ , using  $M$ ,  $K$ , and  $K_3$ .
- (5) When (4), find the amplitude ratio  $A_2/A_1$  for  $\omega_1$  and that for  $\omega_2$ .



---

**Notes:** Answering questions I, II, and III is mandatory. In addition, you must select and answer two questions from among the elective questions IV, V, and VI. Do not write your answers on the back of the answer sheet. Answers on the back of the answer sheet will not be graded. Use a separate answer sheet for each question.

**[Elective]**

Question V

Each of the following sentences about architectural acoustics contains an error. Correct them and explain the corrections.

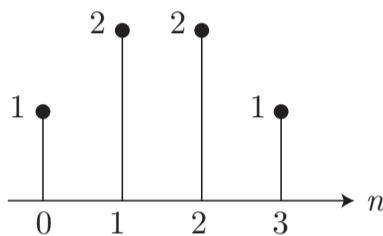
- (1) The reverberation time is defined by the time for the energy density in a room decreases by a factor of one million immediately after the sound source is stopped; measured in sound pressure levels, it is time it takes for the sound to decay by 30 dB.
- (2) The average sound absorption coefficient of a room is the replacement of the area of materials with various sound absorption coefficients by the materials with a sound absorption coefficient of 0.5.
- (3) The normal incidence sound absorption coefficient of a material is generally used to calculate the equivalent sound absorption area of a room.
- (4) The method of measuring the normal incidence sound absorption coefficient of a material in an anechoic chamber is standardized in JIS.
- (5) The sound ray tracing method simulates the propagation of sound by determining the trajectory of energetic sound lines, and in principle, it can accurately determine the impulse response at arbitrarily set sound receiving points.
- (6) The mirror image method considers the reflection on the wall as the contribution from the mirror image source. Due to its principle, the finer the surface construction in the room, the higher the accuracy.
- (7) A diffuse sound field is defined by equal sound pressure levels at all points within it, so a plane wave sound field traveling in a single direction is a typical example.
- (8) Sabine's reverberation formula is accurate when the sound absorption in the room is somewhat significant.
- (9) Sabine's reverberation formula is obtained by approximating the infinitely large room areas in Eyring's reverberation formula
- (10) When analyzing a sound field considering the wave-based method, apply the condition that the sound pressure becomes extremely small at rigid boundaries.

**Notes:** Answering questions I, II, and III is mandatory. In addition, you must select and answer two questions from among the elective questions IV, V, and VI. Do not write your answers on the back of the answer sheet. Answers on the back of the answer sheet will not be graded. Use a separate answer sheet for each question.

**[Elective]**

Question VI

The figure shows the impulse response of a linear time-invariant system.



- (1) Express the impulse response of the system in terms of the unit impulse sequence  $\delta(n)$ . In addition, show the system function, poles, and zeros of the system.
- (2) Show the difference equation of the system. In addition, draw the block diagram of the system.
- (3) Express the frequency response of the system in terms of the magnitude response  $A(\Omega)$  and phase response  $\theta(\Omega)$ . Show that  $A(\Omega) = 0$  for  $\Omega = \frac{2}{3}\pi$ . In addition, show that  $\theta(\Omega)$  is a linear function of  $\Omega$ .
- (4) Show how the magnitude of a signal will be when  $x_1(n)$  is input to the system and when  $x_2(n)$  is input to the system.

(A)  $x_1(n) = 1$

(B)  $x_2(n) = \cos\left(\frac{\pi}{3}n\right)$

音文化

Sound Culture

## 音文化参考問題

**【必答問題】** 問題 1 と問題 2 に答えよ。[Obligatory questions] Answer Q1 and Q2.

### 問題 1 Q1

音や音楽と、記録メディア（楽譜や CD など）との関係について、3 つの具体例を挙げて、メディア論ないし音楽史の観点から、それぞれの特徴について論ぜよ。その際、下記の 5 つのキーワードから、少なくとも 3 つのキーワードを使うこと。必要に応じて図を用いてもかまわない。

Explain the relationship between sound/music and recording media (for exmaple, scores or CDs) from the viewpoints of media theory or music history. Give three specific examples and discuss the chatacteristics of each. Use at least three keywords from the following. You may use graphics if needed.

キーワード 1：記譜法	keyword 1: notation
キーワード 2：演奏・上演	keyword 2: performance
キーワード 3：複製技術	keyword 3: reproduction
キーワード 4：フォーマット	keyword 4: format
キーワード 5：デジタル	keyword 5: digital



## 問題 2 Q2

下記のキーワードから 4 つ選び、聴覚文化論、メディアアート、音楽理論、音楽史、音楽文化論、作曲のいずれかの観点からその特徴と意義を説明せよ。必要に応じて図を用いてもかまわない。

Choose four keywords from the following and explain the characteristics and significance of each from the viewpoints of sound studies or media art or music theory or music history or cultural studies of music or composition. You may use graphics if needed.

- (1) グレゴリオ聖歌 Gregorian chant
- (2) 標題音楽と絶対音楽 program music and absolute music
- (3) 通奏低音 basso continuo / thorough bass
- (4) セリー音楽 serialism
- (5) エクトール・ベルリオズ Hector Berlioz
- (6) シェンカー分析 Schenkerian analysis
- (7) スペクトル楽派 spectralism
- (8) ニューヨーク楽派 New York School
- (9) 特殊奏法 extended techniques
- (10) サイレンス silence
- (11) フィールド・レコーディング field recording
- (12) 現代邦楽 gendai hōgaku
- (13) フォノグラフ phonograph
- (14) スペキュラティブデザイン speculative design
- (15) サンプリング sampling
- (16) MIDI
- (17) アルスエレクトロニカ ARS Electronica
- (18) クリエイティブ・コモンズ creative commons

**【選択問題】** 問題 3~8 から 2 つ選択して答えよ。 [Multiple-choice questions] Select two questions from Q3-Q8 and answer them.

**問題 3 Q3**

下記の図はいずれもデータを物理化するための装置を示したものである。各装置の名称を記し、各々のデータを加工する仕組みを適宜図を用い説明せよ。(解答欄に、(A) (B) (C)として記入)。

The following figures show devices used to physicalize data. Write the name of each device and explain how it processes the data. You may use diagrams if needed. (Write your answers as (A), (B), and (C) in the answer column.)

(A)

(B)

(C)



**問題 4 Q4**

以下の 2 つの図はいずれもオーケストラの録音風景である。矢印で示されている装置の役割を考察し、それぞれの録音の特徴と、それらの演奏への影響を記述せよ。

The following two figures are both of orchestral recordings. Consider the role of the equipment indicated by the arrows and describe the characteristics of each recording and their influence on the performance.



画像出典 [http://www.charm.rhul.ac.uk/history/p20\\_4\\_1.html](http://www.charm.rhul.ac.uk/history/p20_4_1.html) (left), <http://www.stokowski.org/> (right)

### 問題 5 Q5

楽器の改良・進化や新楽器が音楽作品に与える影響について、作曲と聴取の面から、複数の時代の事例を挙げ、その音楽史的意義を説明せよ。その際、下記の 3 つのキーワードから、少なくとも 2 つのキーワードを使うこと。必要に応じて図を用いてもかまわない。

Explain how improvement of instruments and new instruments have influenced musical works from the viewpoints of composition and listening. Give several examples from different periods. Use at least two keywords from the following. You may use graphics if needed.

キーワード 1 : ヴァルヴ	keyword 1: valve
キーワード 2 : ノイズ	keyword 2: noise
キーワード 3 : フォルテピアノ	keyword 3: fortepiano

### 問題 6 Q6

公開演奏会における演奏者と聴衆の関係の変遷について、音楽史および音楽マネジメントの観点から、複数の時代・地域を挙げて説明せよ。その際、下記の 3 つのキーワードから、少なくとも 2 つのキーワードを使うこと。必要に応じて図を用いてもかまわない。

Explain the development of the relationship between performers and audiences in public concerts from the viewpoints of music history and music management. Give several examples from different periods and places. Use at least two keywords from the following. You may use graphics if needed.

キーワード 1 : パトロネージ	keyword 1: patronage
キーワード 2 : 公共空間	keyword 2: public space
キーワード 3 : 市民社会	keyword 3: civil society

### 問題 7 Q7

現代音楽が社会や社会制度とどのように相互作用しているかについて、少なくとも 3 つの異なる具体的な例を参照しながら論ぜよ。例の 1 つは、当人の音楽作品（または予想される将来の作品）が社会的および政治的問題とどのように相互作用するかを述べ、残りの例は、当人と直接関係のない音楽家または組織の例を挙げること。

How does contemporary music interact with society and social systems? In your answer, refer to at least 3 distinct concrete examples. One of those examples should address how your own musical work (or expected future works) interact with social and political issues. At least two examples should be of musicians or organisations not directly connected with you personally.

## 問題 8 Q8

以下は 4 つの作曲訓練である。この中から 1 つの訓練を選び、作曲せよ。

- (a) 7-10 音符の定旋律 (Cantus Firmus) を作る。そして、その定旋律による 3 声第 5 種対位法を作る。
- (b) 音列 (12 音でなくてよい) を作る。そして、その音列による曲を作る。長さは最低 10 小節とする。  
編成は 3 つの西洋または日本の楽器とし、その際、少なくとも 2 つの楽器属を使用せよ (例えば、弦楽器三重奏は使用できない)。編成・楽器を必ず指定すること (自由な編成は認めない)。
- (c) 自由に、ピアノソロのための曲、または箏ソロのための曲を作る。長さは最低 12 小節とする。
- (d) 自由に、小さい即興音楽アンサンブルのためのテキストスコアや図形楽譜を作る。

Complete one of four compositional exercises.

- (a) Write a 7-10 note Cantus Firmus. Then write a three-part fifth-species counterpoint on that Cantus Firmus.
- (b) Write a tone row (does not have to be 12-tones), then write a minimum 10-measure piece utilising the row. The instrumentation should be for three Japanese or Western instruments of at least two different instrumental families (ie, NOT a string trio), of your choice. You must specify specific instruments, and not write from 'free instrumentation'.
- (c) Free composition for piano OR koto, minimum 12 measures.
- (d) Freely write a text score or graphic score for a small group of improvising musicians.