

は紺青なれども次第に變じて綠色を帯ぶるに至る晝間  
是を見れば小き黒點なれども夜間是を望めば點々と輝  
きて晴夜に空の星を見るが如し。第一種の發光器に比  
して色白く光力稍劣る。

以上三種の發光器は其構造分布作用を異にする由な  
り。尙述ぶべきは前述の基脚の先端に存する黒色の瘤な  
り。佛國のジューバン英國のホイル氏等の鳥賊専門の學  
者が何故に之を螢鳥賊屬唯一の特徴と認めながら其發  
光器たるに一向氣附かざりしやと言ふに。死したる鳥  
賊或は死に瀕したる鳥賊にて發光作用が既に止みし後  
の事なる故に光を見る事能はず。又死したる時に見る  
と其發光器の全面は殆ど黒色の色素を有する細胞を以  
て包圍され居るが故にこは發光器なる事は到底想像に  
も及ばざるなり。凡て眼又は發光器の如き光線の出入  
を司る器械は其一部が必ず無色透明なる組織より成立  
つを要す。然に其外面は黒き色素にて覆はれ居るが故  
に誰も是を發光器と考へ[能はざるは當然の事なるべし。  
この發光器は發光の場合には此の色素細胞は一齊に收  
縮し甚だ小き黒點に化し其中より麗しき光を盛んに射  
出す。光を出さぬ時には色素細胞は再び伸張して發光  
器の外面を掩ひて發光器は一二個の黒瘤に化するなり。

以上は動物の光の中の一、二例を擧げしなり。

要するに動植物の光の差異とも申すべきは動物の光に  
於てはかの螢の如く明滅の度が度々反復さる即ち一時  
的なり。然に植物の光は永久的なり即ち略一定の光力  
を以て平靜に光を放つなり。(小澤きよ)

## 音響學の理論と實際

一部四年 宮本ふゆ

一、音響の研究に必要な條件

1. 聽覺の練習 眼の練習は自然に行はるゝが故に光  
に關する感覺は鋭敏なれども、耳に關する感覺は然らず  
例へば形態の釣合不釣合は普通人も尙よく其判別をな  
しうれ共音に關しては其釣合の如何を判別なしうる人  
少きが如し。故に音響に關する多くの現象を精密に觀  
察せんには耳の特別なる練習を要す。

2. 音樂の素養 音響學に於ては樂音を研究し、噪音を  
度外視する故に音樂に關係する處大なり。西洋にては  
音樂に關する一般原理は普通教育にて授けられ其教ふ  
所の音響學の大部は音樂の物理的原理を説くものと  
いふ事をうれ共我が國にて音樂の修養なくして西洋の  
音響學を其まゝ教ふるは誤れる事なり。音樂の素養な  
くしては到底倍音、音の調和などを了解せらるゝものに



あらず。

## 二、音響學の理論と實際

音響に關係する現象の物理的解釋と實際に聽く音響との間には著しき差異を存す。其原因は耳の構造及び感覺と刺戟との性質の差異に歸す。

抑々音響は之を三種に區別す。

1. 純客觀的の現象にて外部に起る物理的の音響。
2. 耳の構造に起因する生理的の音響、物理的音響は生理的音響に變せざれば感覺とならず。
3. 聽神經により分析的に傳へられ神經中樞に於て再び結合せられたる時生ずる心理的音響、總ての音響は結局之に化せらる。

此三者は全く平行せる現象にあらず。唸り結合音倍音・音色等の現象は物理的に論せられたる儘にては實際とは甚だしき差異を生ず。音の調和・音階などの問題は全然物理的音響に屬せず。

かくの如く物理的に解釋せらるゝ音響が實際の現象と異なる事は音響を困難ならしむる一原因をなす。

## 三、音響學の學習困難に對する救濟法

1. 耳の練習の不足を補ふ爲めに音樂の素養を十分ならしむること。
2. 物理的音響と實際の音響との區別を明らかにし

音の調和・音階の問題には物理的説明を避け實際の音響其ものに就き研究して音響學を單に振動の學問とせぬ事。

## 四、音響學の實地教授に就いて

當時の學生には相當なる音樂の素養あるにも拘らず今日の教授は之と無關係なる甚しきは非音樂的なる實驗をすら爲す事あり。故に音響學を極めて抽象的なる實際に縁遠き無用のものとして學ぶことゝなるなり。此弊を除くために多少説明法を變更する必要あり。先づ音の性質現象より初めて次に樂器の理論をなし音の調和・音階の如きは之を後にするを可とす。

## 五、音の性質 音には樂音と噪音との二種あり。

1. 樂音 物體の振動比較的簡單且規則正しきもの。
2. 噪音 樂音以外の音の總稱
3. 區別 樂音は聽きて快、噪音は不快といふものに非ず、音樂にも噪音を用ふ、砲聲・拍子木・落雷は噪音なれ共快し、電車の軋りは樂音なれ共不快なり。二者の別は全く物理上の問題なり。

## 六、噪音

1. 隨伴音・噪音 主に言語に附隨してあらはる即ち子音は其要素たる父音と母音との結合によりて成れ共、父音は噪音、母音は樂音なり。



2. 連続的の噪音 振動が著しく複雑になりし結果殆ど不規則的振動になりし場合

3. 一時的噪音 一個又は二個の波動より起り來るもの神経索が振動數による性質を知らざるが爲めに明確なる音の高さを判別する事を得ず且つ最初の一二振動に於て神経は完全に共鳴する事をえず鼓膜中耳骨の調節も未だ完全になり居らざれば此振動を感得すること甚だ不完全なるなり。

4. 生理的並に心理的に發生したる真噪音ともいふべきもの又は蝸牛殻以外の部分を通じて入りくるもの。生徒に噪音を説明する時は「樂音に入らぬ他の音」となすが尙深く入りては物理的説明を止めて生理的・心理的に之を説明すべし。

七、樂音 一定の強さ、一定の高さ、一定の音色を有す。之らの性質と振動の規則正しき事との間には關係あり。

1. 音の強弱 物理的にはエネルギーに比例する量なれば振幅の自乗に比例する筈なれ共生理・心理的音響は然らずして振幅が同じ時に低ければ弱く高くなるほど強くなり更に又弱くなり振動數三萬以上になれば消失す。故に音の強さなる語は振動數の多少によるといふ丈けにて振幅の自乗に比例することは云はぬ方よし。もし振幅をいふならば音のエネルギーとなし音の強さ

といはぬを可とす。

2. 音の高低 世俗にては大きいと高いと小さいと低いとを混同す。物理的には振動數の多少に關係すれ共感覺には一定の範圍ありて振動數三十乃至三萬を我國人平均の聴きうる範圍とす。

3. 音色 物理學上にては振動形の差異を理由とす。然れ共單弦運動をなす發音體に於ても音色の差を生ず。こは耳中の共鳴索のダンピングによるなり。

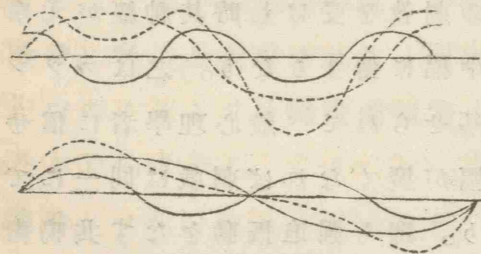
抑々神経が感覺を傳ふるといふは刺戟それ自身を傳ふるにあらず或特種の刺戟を受けし時其神経が元來有し居る固有の性質を中樞に傳ふるなり。之はスツンプ氏の特殊勢力の説と稱せられて一般心理學者に信せらる。故に共鳴曲線の幅が廣くなれば刺戟は同一にても感ずる音響は異なるなり。即ち強迫振動をなす共鳴索の振動數は與へられたる音と同一にてもそれと連結せる聽神経は之と異なる音を中樞に傳ふるなり。故に此幅が廣き程音は不明瞭に濁る。要するに二つの單音は高低強弱によりて異なる以外に「明瞭の度合」といふ事ありて一音に獨特なる音色を生ず。

○複音色 普通の教科書には唯之のみを音色として取扱ふ。物理的に云へば振動の形の相違より生ずる現象なり。然し之だけにては事實上種々の困難を生ず。殊



に學生の疑は一複音を組立つる組成音の位相の差より生ずる影響如何といふ點に注がるべし。

音が耳に入る時は共鳴索は夫々各倍音に相當するだけ別々に共鳴し神經中樞は之を集めてこゝに或特種の音色を生ず。此作用は純心理作用に屬しまだ解せられざるなり。今各組成音の間に位相の差ある時物理的に考ふれば合成音の音色に關係せざるべからざるなり。今二音波同時に來る時は合成波は異なる形をとるべきなり。振動の形によりて音色の差を生ずるならば次の圖



示による二形は勿論音色の差を生ずべき理なり。然し實際此場合異なる音色を生ぜず。之れ合成音は

分解せられて兩音波に相當する共鳴索が別々に振動して中樞に傳ふる故なり。此時中樞に於ける結びつき方を物理的に解釋すれば分解せられし二音を傳へて中樞に到るに時間の差ある故中樞にて結合する時位相の差の影響が生ずる筈なりとの疑を生ず。然し此中樞の作用は物理的なりや否や不明なり。然れ共二音が波長の二倍以上異りて中樞に到る時は其影響を認め得る事は事實なるが如し。

位相の差が音色に影響するか否かはヘルムホルツ・ヘルマン等が實驗せしが判然せざりき。要するに位相の差は音色に影響せずと云ふ方宜し。かく音色は難かしき問題にて單に振動の形の相違より生ずるものに非ず故に此の説明は耳の説明の後に提出するを適當と考へらる。

#### 八共鳴強迫振動との區別

今日中等程度の物理教科書には此區別曖昧にて相等しき振動數を有する甲乙二個の音叉を取り甲を鳴らせば暫くして乙も亦弱き音を發す此現象を共鳴といふと定義を下し其理由を説明して後實例として樂器に附屬する共鳴箱の事及び耳の鼓膜の働を掲げ居れり。共鳴を廣義に解し二彈性體が或連絡を有する時一方が振動し他方が其のエネルギーの一部を受けてそれと同週期の振動をなす現象を指すものとすれば共鳴箱鼓膜も亦共鳴の作用をなせ共其狹義の意味に於ける[相等しき固有振動數を有する二彈性體間に振動が傳はるもの]とすれば鼓膜共鳴箱は或一音より外には共鳴しえざることゝなる。然るに相等しき振動數を有せざる二彈性體間に振動が傳はることをうるは事實にて之は強迫振動に依るものなる事は明かなり。

強迫振動は甲の振動を受けて振動すべき物體が極め



てダンピングの多き場合に起る現象にて耳や鼓膜や共鳴箱が共鳴なしうるは實に此ダンピングが大なる故なり。

九、鼓膜が凡ての音に一樣に共鳴しうる理由に關する三説

1. 鼓膜自身の振動数が非常に大なれば通常耳に入り來る音響は自身の振動數に對して共鳴をなさず一樣なる共鳴をなす。

2. 鼓膜の固有振動數が甚だ小なる故耳に入る音響は自身の振動數に對して共鳴をなさず一樣なる共鳴をなす。

3. 其固有振動數は通常の音の範圍内にあれ共鼓膜のダンピング餘り強スギるが爲めに夫れ自身固有振動數を失ひ居ると同様なり。其理由は中耳骨が附着し居るが故なるが如し。なほ鼓膜の弛み及び其性質にも幾分よるものと考へらる。

十、鼓膜の共鳴範圍

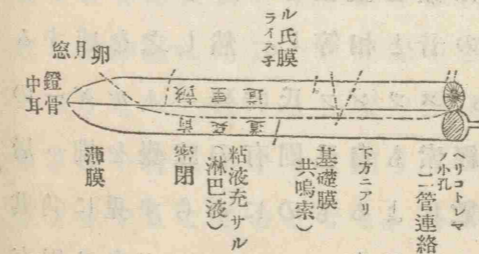
振動數三十乃至三萬と書きたる書物あれ共實際は此範圍を超えて共鳴をなす事をう。吾人が此範圍以外の音をきく能はざるは蝸牛殻中の共鳴索が一定數に限られ居る故なり。

十一、音響は如何にして耳中に傳はるか

耳の構造は物理學習の前に生理學にて講ずる故只構造の説明に止り作用に迄及ばざれ共中學校にても簡單に共鳴索に於ける共鳴分析の仕方を説明する事を希望す。高等の學校にては共鳴分析の結果如何にして振動が神經に傳はるかの説明を要す。  
十二、共鳴索の作用(生理的説明は略す)

今外部より音波來れば耳殻にて反射の後集りて外聽道に入る。こゝは管形なるを以て一種の固有なる共鳴音を發すれ共非常に高く且弱き故音波を鼓膜に傳ふる妨をなさず。音波鼓膜にあたれば其ダンピング強きため之を音波と同じ振動數に振動せしむ。鼓膜の振動は中耳骨に傳はり卵圓窓に到り其膜を管の方向に壓する故殻内の淋巴液内に壓力の變化起る。此變化は前庭を傳はりて鼓室道を経ライスネル氏膜を通じて其中の液に傳へられコルチ氏器管に到る。此處にて共鳴なすも

(蝸牛殻の模型圖)

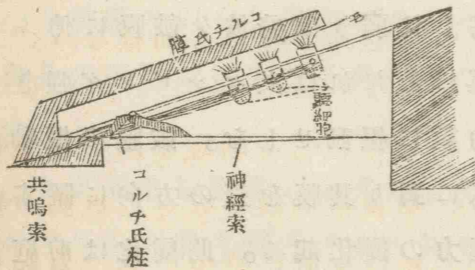


のはゼンの説によれば基礎膜を組織せる細き纖維の共鳴索なり。共鳴索の數は一萬三千四百本より二萬四千本あり。コルチ氏柱の内側のものは共鳴索の端に觸れ外側のものは



其途中に觸れ居る故共鳴索が上下振動すれば柱の内側のものは其下端不動外側のものは下端上下振動をなす故内側柱の下端を中心として垂直面内を上下に弧状を描きて振動す従つて柱に續く聽細胞は柱の上端が斜に動くために斜に振動す。即ち細胞は上に昇ると同時に左右に動きて上端の毛はコルチ氏膜を横に撫づ。之は神經索の末端に働かれたる刺戟にして全然物理的器械

共鳴索模型圖



的作用なり。此刺戟によりて神經索が一種の感覺を中樞まで傳ふる途中の作用は未不明なれ共一種の化覺作用なりと考

ふる人多し。

抑々共鳴索が外部より來りし音波に共鳴する働は所謂狭義の共鳴か若しくは強迫振動なり。孰れにせよ共鳴索の振動週期は外部の音と相等し。然し之を感じる神經索に於ては然らず。スツンプ氏特殊エネルギーの説によれば如何なる神經索も自己固有の感覺を備へ居りて之を刺戟する速さ數によるものにあらず兎に角其神經索の末端が或方法にて刺戟さへさるれば自己固有の感覺を生ずとなす。之によれば聽細胞の毛がコルチ

氏膜を撫づる同數如何に拘らず之に連絡する神經索は自己固有の音を傳ふるなり。故に外部より一音來れば之に共鳴する共鳴索は唯一本にあらずして之に接近せる或數の共鳴索が同時に強迫振動をなし共鳴曲線を得此中に在る共鳴索は皆同一振動數を以て振動し居るなれば之に連結せる聽細胞の毛も亦同様にコルチ氏膜を撫づ。それにも拘らず之に連結せる各神經索は各自己有の夫々多少異りし音と同時に中樞に傳ふるなり。單音色は此理によりて生づ。唸りの現象も同様なり。十二唸りの現象

唸りは音響感覺上の語なるに恰も物理學的の現象の如く取扱はれ居るなり。勿論振動數の近き二振動が同時に起りて空中に波動の傳はる時は空中の或一質點の振幅は一定時間を隔て、強弱を繰り返す。音響學は此振幅の變化丈けを取扱へ共コハ我らに毫も唸りの感を與ふるものにあらず。蝸牛殻内の共鳴索に振幅の變化起る時神經は此爲めに感覺の強さが變ずる故唸りがきこゆるなり。唸りと振幅の變化とは混同すべからず。兩者の平行は必ずしも期すべからず屢々著しく異なる現象を生ずることあるなり。外界に起る質點の周期的振幅の變化は之を生ずる二音の振動數の差が連續的に増しゆく時に連續的に變化を生ずれ共此場合我らのきく



唸りは連続的に變化せず。例へば合成音の振動数は二音の平均數なるも音の高さは高低何れかに偏する唸りをきく或は二音以外に第三音が中間に唸るをきく。要するに唸りの感を與ふる現象は外界の質點の週期的振幅の變化とは異なるなり。

十三、唸りの感の起因

1. 倍音を伴はぬ二單音間の唸り。

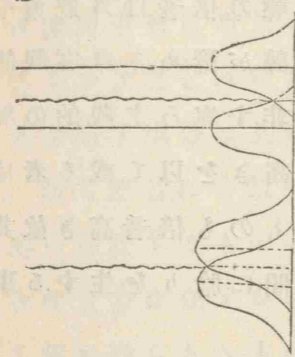
今二音が共鳴索に於て共鳴分析をされたる時此兩振幅曲線は接近して一部分重なる時此部の共鳴索は兩者の振動數に等しき振動をなす故合運動をなし週期的振幅變化が行はるゝなり故に兩者が接近するも兩振幅曲線が重複せざれば外氣鼓膜中耳骨にて週期的振幅變化はありても心理的には唸りを生せず。

唸りは音の高さが一定にして強さが週期的に變化し居るをいふなり然るに實際之を聽くに同時に其高さが同週期にて少しく變化するなり。ヘルムホルツ曰く「強さが極大の時は高さは兩音の中間強さが極小の時は何れか一方の強音の外に出づ」

抑々二音が一音に聞ゆるには一定の制限あり即ち兩原音の音程が短三倍以内なるを要す。二音の差半音なる時三音をきく即ち兩音の中間に唸りをきく也之れ共鳴曲線が重なり居る故にて重なりし強迫振動によりて

兩原音の振動の合運動をなす故中間に唸りを生ずるなり。

唸りの高さ



甲 元來神經は刺戟を與ふる時は暫時之を持続する故に連續せる刺戟を與ふれば神經は直ちに弱るなり。斷続的の刺戟を與ふれば神經がもとに戻りてエネルギーを回復する故次の刺戟を強く

感ず故に音を引張るよりも振はしたるものゝ方が強く頭腦に響くなり。二音が半音より接近する時は中間の唸り唯一つとなる。之れ兩原音に最も強く共鳴すべき共鳴索も亦接近して唸りを生すべき範圍の中に入る故に一樣に唸りをきくなり。

十四、唸りの感の起因

2. 複音に於ける唸り。

複音とは即ち倍音を伴ふ音をいふ。複音に於ては兩原音の差が制限を超えて原音間には唸りを生ぜざる音程となりても倍音の間に唸りを生じうるなり。一複音に於てもそが多くの倍音を含み居る場合には一倍音間に唸りを生じ音色の上に著しき現象を生ずピアノの如きは倍音は六倍位なれば唸りを生ぜざれ共八九倍とな



れば唸りを生ず人聲は高き倍音を強く含む故唸り著く合唱の如きは不快の感を與ふ。合唱を美とするは他の美が此不快を蔽ふが故なり。人聲の倍音は外聴道や耳殻の働きによるものゝ如し。女聲が澄めるは客觀的に純粹にて倍音を含まぬといふに非ず寧ろ主觀的の現象なり即ち女聲に含まるゝ倍音は高きを以て或る者は共鳴索の外部に出づ又索内に在るものも倍音高き故共鳴範圍少くして鋭敏なれば各倍音間に唸りを生ずる事も少き故なり。

之を要するに吾人のきく唸りは外部に起る週期的振幅變化と大いに性質を異にするものなり。

十五合成音斷續音變音は興味深く且つ大切なるものなれ共各音についての實驗は稍困難にて相當の設備と熟練とを要する故一般中學校に望むは無理なり。

1. 合成音の成立 振動數の異なる二音を同時に發するとき兩端の振動數の差に等しき振動數を有する一音がきこゆ。ヴァイオリンにては聞かれざれ共オルガンにてきく事を得。ヘルムホルツは之を差音と命名せり。

抑々合成音は之を生せしむる事甚だ困難なるものなり。差音を實驗するには二ケのオルガン管を同壓にて吹き鳴らす(可成強い壓)。音又にては聞えず我國にてはオルガンは一ケあるに過ぎず俗間のオルガンと云ふ



はアメリカオルガン又は等オルガンにて玩具の域を遠ざかる僅少なるものなり。オルガンにて差音を出す場合には豫め差音にあたる音に最もよく共鳴すべき共鳴音を作りおき之を耳に當つ然るに二ケのオルガンを離して音を出す場合は共鳴器を用ゆるも用ゐざるも同様なり。即ち差音に客觀的に存在するものと主觀的或は生理的に存在するものとの二種あるなり。

2. 合成音の存在する理由は次の如し。合成音は共鳴器にて強め得らるゝものと然らざるものとの二種あり前者にありては其存在外界にあり。同一樂器の二ケ所より音を發する場合なり。異なる二個の樂器より音の出づる場合にはそこより出づる合成音は共鳴音にて強められず吾人の耳中が或は神經中樞にて起りしなり。ヘルムホルツは鼓膜及び中耳骨が非對稱的なる故起ると説明せしが鼓膜中耳骨の無き不具者も尙合成音をきくことを得たりとの近來の實驗あるを以てヘ氏の説も亦未だ眞理と認められず要するにこは内耳中に起りしものゝ如く必ずしも中樞の作用に歸せしむる必要なし。

ヘルムホルツが音響學の研究に確固たる生理的の基礎を置きてより音響學は急激に進歩せり。氏が殘したる研究題目の中にて最も目覺しき活動を今日與へ居るものは蓋し結合音の問題ならむ。しかし氏の指摘せざ



りし方面に於て今日音響學者の一大問題と成りて現はれ來りしは變音 Variationston 及び斷讀音 Intermittenzton の研究なり。此の現象は物理的よりも寧ろ生理心理上研究せらるれば興味あり且つ頗る重要な多くの教訓を興ふべし此の點に於て兩種の音が今日學者の問題となり居るなり。

今或一定の振動數を有する音を出し或方法にて其強さを週期的に變化し或は週期的に斷讀する。此の週期的變化が緩漫なる間に宛かも唸りの如く聞こゆ。

週期的變化が急激になれば唸りの感起らず。新しき音を聞く之れ即ち變音なり。新音の外に原音が残ることもあるかくの如く振幅の週期的變化の同數に相當したる一つの新音を斷讀と云ふ。

#### 十六 變音斷讀音の實驗

音叉を鳴らして耳の傍にもち行き其間に周圍に大小の孔週期的に並列せる圓板をはさむ。之を速かに回轉する時は耳の前に週期的に大小の孔が通過する故音叉の音の強さが週期的に増減せらる。此の場合には客觀的に存する音響に非らずして心理的又は生理的にのみ存するなり。

次に音叉を鳴らして耳の傍にもち行き速かに回轉せしむる時は斷續的の音をきくを通常回轉音と云ふ變音

斷續音の一變形なり(音叉の兩枝が振動する方向と之と直角の方向とに於ては音は強くきこゆれ共中間の四十五度の方向にては音波の干涉によりて殆んど聞き得ず)音叉の場合は客觀的に回轉音は外界に存するなり何となれば共鳴器にて之を強むる事を得る故なり。

#### 十七 變音及斷續音成立の理由

斷續音は一つの音の振幅を週期的に變化して生ずる唸りが回轉數が多くなりしたため一つの新音に化したものなりと説く人もありされど之れはオームの法則にもとる振幅の變化せしむることは共鳴索の生理作用より考へて仰ぐべき事にあらず。

#### 活動寫眞ニツキテ

門 田 あ き

高 木 由

家 壽 田 静 子

居ナガラニシテ古今ノ人ノ姿勢形容ヲ觀遠キ外國ノ狀況時々ノ出來事マデ目前ニ見得ルハ寫眞ノ力ニ依テ爲シ得ベキモ、物体ノ動作變移ヲモ精密ニ觀察シ得ルハ須ク活動寫眞ニ俟タザルベカラズ。然ルニ我國ノ活動寫眞ハ興行物ナルカ左無クバ玩具トシテ知ラル、ノミ