

c o n c e r n i n g s o u n d a s a p h y s i c a l
物理振動としての音、そしてその信号伝送システムに関して

concept & text by 佐藤実-m/s, 1998

音とは、物理学の論理に沿うところの波動振動現象の1つとして定義される。それは、物質的な波動振動現象を意味し、波動方程式が記述するところの運動に準じるものである。しかしまた、波動振動現象とは、波動方程式が示す運動現象全般を意味するため、全ての波動振動現象を音と呼称することは困難であるかもしれない。特に音とは、空气中を伝搬する波動現象としての一般的な呼称である。そしてまた聴覚上の制限、つまり可聴周波数域の範囲内における波動現象という制限を、その呼称の中に含むものである。物理学上の定義にしる、聴覚という生理学上の定義にしる、このような論理は、ある種の約束と看做し得る。しかしまた、生理学上の定義は、物理学上の定義と比較した場合、音という境界設定の基準が、いささか曖昧であると言わざるを得ない。少なくとも、聴覚と他の感覚器官による波動振動現象の感知を厳密に区別することは、困難である。また、空気振動以外にも音響となる波動振動現象を見出すことが、可能であろう。その意味で先ず、物理学上の定義が、最も一般性の高い、音に関する約束と言える。

さて、以上のように定義される音に関して、より可搬性の高い全く別の現象に翻訳し、時間的或は空間的に分離した状況のもとで再現することを目的としたシステムがある。オーディオシステムとそのテクノロジーである。そこでは、音は再現可能性或いは可搬性に優れた別の現象、そして別の存在に置き換えられる。そして、物理学により保持された音という概念は、この翻訳において消失する。つまり、この過程において、音は厳密には音ではなくなるのである。また、その過程を通じて、再生される音は、ある種の限定された再現となる。それが再現と言えるかどうかは、また別の次元での問題を提起するであろう。しかし、再現における限定自体に関しては、やはり物理的現象の視点より論じる事は可能である。これらのことを考慮して、物理的波動としての音とオーディオシステム及びそのテクノロジーの関係を再度考察する。

例えば、物理学の視点より、マイクロフォンからオーディオアンプを経てスピーカーで再現される過程を考察してみよう。つまり、マイクロフォンが空気振動を電気信号へと変換し、その電気信号を増幅し、スピーカーのコーン紙の運動へと結び付ける過程を取上げれば、次のようになる。空气中を進行する3次元の波動が、ある特定の位置—マイクロフォンのダイアフラム面—で1次元振動に写像される。つまり、位置を特定し、その位置を中心に、波動の進行方向に1次元の軸を置き、他の2つの次元をその1次元と直行するように決定した場合、3次元波動を1次元波動として観測可能である、という概念をもとに写像される。この次元の集約により、ダイアフラム上の1次元物理振動が、1次元の電圧振幅へと変換されるものである。ここで、この空气中を伝わる波動にせよ、ダイアフラム上での面の振動にせよ、何れも波動方程式という物理概念で掌握できる現象であるが、電磁誘導を経て電圧振動となった音声信号では、この概念を用いることは出来ない。つまり、現象的視点に立てば空気振動と電圧振動は明らかに異なる概念の上に成り立つ現象なのである。そして、これらの過程と全く逆向きの過程を経て、スピーカーより空气中へ3次元波動として出力される。

これらの過程において、再現としての精度の問題も生じてくる。つまり、もしこの過程を伝送という単称概念の持続として線形的に仮定するならば、それは効率の問題であろう。空気中を波動が伝搬する時に起こるエネルギー欠損、例えば熱エネルギーとしての発散や媒質の粘性に関わる抵抗などのように、伝搬中に起こる様々なエネルギー欠損を理想的な気体（空気中）における伝搬との比率により、その効率を定義できるであろう。しかしこの場合、媒質間の境界面における進行波の屈折/反射/回折のような非連続条件や、元来波動現象とはならない電気伝導現象は考慮されず、一連の伝送システム系全体における効率性の中に丸め込まれることになる。

反対に、先の過程を非連続的な作用場として考えるならば、言い換えるならば翻訳システムとして考えるのであれば、再現性としての精度の問題は、翻訳自体の問題に含まれる。まさにこの場合の精度とは、翻訳に施された制限と看做し得る。一般的によく知られた制限として、電気振動に関する周波数の上限下限が設定されている。この設定は、厳密には翻訳に施された制限と言うより、生理学上から導入された規格と言えるであろう。このような便宜的な規格はもとより、再現性としての精度の問題は、物理学上の作用に関係している。つまり、空気中の波動現象からマイクロフォンのダイアフラム面での振動現象への写像のような境界面上での非連続条件は、物理学上の波動方程式における境界条件の設定に深く関与している。この境界条件の設定には、波動・振動概念のみならず、物性の問題や力学的な問題を考慮する必要があり、特定の物理概念に沿った連続条件という概念では解決され得ない。同様に、電気回路上の電気伝導現象においては電磁誘導の概念を考慮しなければならず、伝送システムとして以上に電磁気学的な作用場のシステムとして定義されなければならない。これらは何れも単称現象としての連続性からは導出不可能な摂動要素である。これが、まさに精度の問題そのものと言える。そして、この摂動要素によって現象に関する根本的な概念の非連続性が明示される。少なくとも発見できた摂動要素に応じた数だけ、相応する概念が存在し、それら概念の上で伝送システムは存立するのである。この意味で、相違する概念を関連づけることが翻訳となる。そして、概念を関連づける条件、つまりそれぞれの翻訳に施された制限が、1つの伝送システムの上で輸送されるのである。

この意味において、オーディオ伝送システムとは、現象の相似性として音響と成り得る波動振動現象の変化率の受け渡しに集約される。便宜的に次元が減らされ、別の概念の現象に受け渡されるものとは、正しく現象でも概念でもなく、まして内容などと言った非制限的な予断として論じることが、最早困難である。便宜的且つ一時的な変化率の保存という翻訳上の制限以外の何者でもないのである。この場合、現象の相似性という抽象的な伝送システムが、変化率の保存という最も具体的な制限の輸送として存在しているのである。

よって、今回の私たちのプロジェクトでは、オーディオ伝送システムを音響とは分離した、ある種の翻訳システムとして扱う。そこでは、音声信号の挙動を再度波動振動現象との相似性/相違性から、或いは翻訳としての伝送システムにおける制限の輸送性から翻訳システムを論じること、変化率が如何に支持されているかが、明示されるであろう。

さて、個々の作品を基に、より具体的に論じていくことにしよう。

角田俊也の作品は、周波数カウンターを用いることにより、空気中の粗密振動が如何に電圧上の振動としてカウンティング可能な現象として翻訳されるかを扱っている。

元来、物理振動とは、ある基準状態の周期的な変位として考えられる。特に状態を特定の1つの物事に限定可能であるなら、その状態の固有性として、何等かの明確な境界条件を発見することが可能である。例えば、弦の振動や気柱の振動のような1次元上での波動として限定して考えられる場合、そこで起こり得る振動現象は、正しく弦や気柱の空間的な広がりつまり長さ、両端での境界条件に依存することが、速やかに理解できる。ここで生じる現象が、振動の定在状態を形成し、そこで必要な境界条件こそが状態の固有性として論じられる。そしてこの境界条件によって支えられた振動現象が正弦運動として具体的な形を与えられる。つまり、物質的な観点より見れば正弦運動とは、正に固有性として具体的な境界条件によって、経験的に生み出された概念といえる。一方で、正弦関数の概念は、幾何学的な三角関数の数学的な展開により、波動方程式の解となる一般性を帯びた周期関数として理解される。そのため波動方程式を満たす具体的な解は、線形結合された無限級数となる。

これら2つの側面より考えられる物理振動上の正弦運動は、1つの周波数として独立した計測を行うことが本来不可能なものである。つまり、カウンティング可能な周波数という概念に結びつくためには、波動現象の概念上で純粋に理解されるのではなく、その根底に、ある特定の周期に関する翻訳上の制限を規定している事が判明する。それは、物理科学上の波動振動現象における境界条件という物質的且つ具体的な状態に依存しない。カウンティングするための電圧振動へと翻訳される正弦運動は、物質的且つ具体的な境界条件から独立した便宜的且つ一時的な計測条件として存在する。つまり、電圧振動がカウンティング可能になるためには、本来の波動振動現象とは独立した、非線型な矩形の連なりとして翻訳されるのである。無論矩形波形は、波動振動現象における正弦運動の重ね合わせによって形成可能である。しかし、波動振動現象が正弦運動を基本構造とする重ね合わせという概念により支持される現象であるのに対して、周波数のカウンティングとは、矩形として粒子と同様の計量可能な運動を基本構造とする概念により支持されている事が理解できる。

更に彼の作品においては、CDとしての便宜的な規格による翻訳の制限が顕著化する。つまり、彼の作品において矩形波であった周波数カウンターの信号も、CD化に伴う翻訳により、その波形が大きく制限されることになる。CD規格の44.1kHzサンプリング周波数上では、5000Hz以上の矩形波を正確に表現することが不可能であり、10000Hz以上の矩形波形に関しては、ほぼ正弦波として表現されてしまう。そこで彼は、3500Hz周辺と8000Hz周辺の2つの種類の音源による作品をここに収録することによって、CD化に伴う翻訳制限も明示している。

飯田博之の作品では、オーディオ伝送システムにおいて最も中心となる機能であるところのオーディオアンプに着目している。アナログ電子回路の概念に沿って構成される音声信号の増幅は、基本的にはある種の演算概念を具体化するものである。しかし、増幅といった演算手続きを達成するためには、回路を構成する素子単位毎に独立した加算/乗算等の基本演算が保証されなければならない。つまり、各素子単位が演算処理を施すための論理命題と集合を厳密に保証する必要がある。取り扱う信号をデジタル情報として論理的に処理可能な演算の場合は、各々素子単位毎にその論理命題と集合が決定されていると考えて支障がないと判断できるかもしれない。しかし、アナログ電子回路においては、音声

信号を具体的な電圧/電流値変化として物理的に増幅しなくてはならない。そのため各素子単位の論理命題と集合を厳密に決定することは困難になる。本来それは、各素子単位毎の演算処理としてだけでなく、回路全体の電磁気学的な作用場として定義されなければならないものである。つまり、基本演算を定義された素子が各々形成する電磁気学的場による摂動要素をも考慮しなければならない。また、各素子単位毎の物理的な性質の線形性が保証される範囲内、つまり摂動要素がある特定の範囲に収まるように演算処理全体が構成されなければならない。つまり、演算は明らかに素子の物性に依存し、そこでは各素子単位毎に適用範囲が制限されている。更に現実のアナログ回路では、これら摂動要素を調整するための素子が演算処理の中に加えられている。つまり、機能としてのオーディオアンプでは、これら摂動要素の問題は、基本的には増幅回路の効率性に丸め込まれることになる。

飯田博之は、この増幅回路を再度演算処理の視点より、音声信号に施される制限を扱う。通常のオーディオアンプでは、入力された電圧振幅の変化率をある範囲内で線形に増幅する。その範囲を超えるような場合は、制限範囲内に収まるように丸め込まれるのだが、彼の演算処理では、決して制限範囲を超えないように設定されている。彼は、任意のレベル範囲を設定し、その範囲を超えて制限範囲の限界に近づく入力信号に対して、逆向きの変化率増幅を施すことにより、非線型の反転増幅を行うように演算する。そこでは、任意のレベル範囲を電圧振幅が超えるたびに、その半波長を2分割し、周波数を倍増していく事になる。この非線型反転増幅は、音声信号に対する制限を変えることで、より翻訳システムとしてのオーディオ伝送を際立たせることになる。

志水児王の作品は、波動振動を記述する上で必然的に設定される媒質の状態の基準値に関して、考慮したものである。物理学上の波動振動現象を記述する場合、その状態の基準値とは、波動振動を伝える媒質の変位に関して、周期的な復元力が生じていない状態の変位を意味する。つまり基準値とは、何ら波動振動現象が生じていない時の媒質の状態値を示す。これは、波動振動現象を他の現象と分離するために、物理学上の要請から生まれた概念と言える。例えば、空気中を伝わる音波に関して説明するなら、それは空気中を進行する周期的な気圧変化とすることが出来る。この場合基準値は、観測点となる場所の気圧と一致する。この気圧を基準にして、周期的な気圧変位を振幅とする波動振動現象が、音波として定義可能になる。勿論、一般的に音波とは呼称されない長い周期の気圧変化も存在する。しかし、ここでは音波の発生が一般的な気圧変化とは異なる原因に依属しているものと見做され、音波が気圧と分離可能な現象として扱われる。これは同時に、このような分離可能性を提唱しなければ、我々はある出来事を1つの対象として見做す事さえ出来ないことを意味する。

このように物理振動波動現象における基準値は、その現象の存立条件にまで関与するものであるのに対して、反対に翻訳として電気処理により形成される音声信号では、その基準値は任意に設定可能となる。例えばオーディオ伝送系では、音声信号は通常ある一定の電圧ゲインを掛けられて輸送されている。このゲイン値が基準となり電氣的振動を表現するのである。そして、その音声信号の再生時には、スピーカーのコーン紙が±0mVを基準とする極性変化を伴う電気振幅により駆動される。

志水は、皿をテーブル上で回転させ静止するまでの音を電気信号レベルで加工し、それがスピーカー上で物理的振動

現象として表出する時の基準値を作品として扱った。電気信号を物理振動に翻訳する際、空気の疎密変化は、スピーカーが静止した時の気圧値を基準にとる。そこで、電氣的に加工された音声信号が、再生時の±0mVの基準線を横断した時、つまり空気の疎密値がスピーカー静止時の気圧と一致した時、トリガーパルスを生成するように設定する。1Hzで振動する音声信号の場合、1秒間に2回基準値を横断する事になるため、2回のトリガーパルスを生成する。また、音声信号が±0mVの基準値の状態が続く場合はトリガーパルスは連続生成され、音声となる電圧振動は得られない。

ここでは、皿の運動が静止するまでの周波数が次第に変化する電氣的に加工された音声信号を片チャンネルに用い、もう片チャンネルをその信号によるトリガーパルスとすることにより、物理的波動振動現象の存立条件にまで関与する基準値の問題を、翻訳された電気信号によって明確に提示することになる。

私がここで提示する作品は、電圧振動を温度振動・光度振動を経て電圧振動へ戻す、変化率の輸送性のモデルである。オーディオ伝送システムを翻訳システムとして見做す時、輸送される制限について考える必要がある。先にも述べてきた通り、オーディオ伝送システムで扱われる音響は、物理現象としての音響とは全く別の現象である。それでは私たちは何をオーディオ伝送システム上で輸送しようとするのか？この素朴な疑問が、最も困難な命題へと繋がる。ある人はそれを情報と呼ぶかもしれない。情報理論から論じる事を試みれば、次のように考えることが可能であろう。先ず情報元となる現象の持つ意味作用、また情報となる計量化された意味作用、そして情報の受容における意味作用の3つの意味作用が考えられる。この内情報理論により扱うことが可能な意味作用は、2つ目の計量化可能な意味作用である。つまり、私たちは物理現象が持つ意味作用の全てを情報化し輸送するための厳密な論理を、残念ながら持ちあわせていないことになる。しかし、情報理論から導かれる回答は、非常に有益と言える。それは、現象から唯一計量化可能な物理量を情報として翻訳可能にすることを明言する。勿論オーディオ伝送システムとは、そのような情報理論の技術を基に展開してきたものである。この意味においてオーディオ伝送システム上で輸送され得るものとは、計量された振幅変化と言える。さて、もう少し深く情報理論から言及するなら、情報化された物理量は無限の方法により輸送可能となると同時に、その輸送システムは再現性という輸送の要求の側面より便宜的な規格にシステムが限定される。言い換えるならば、情報のための輸送システムは、物理的かつ制度的に制限されなければならない。このことは、情報とその輸送システムの分離不可能性を意味し、この意味で、情報とは輸送システムに依存するものであり、システムの決定の上でしか意味を成さないものである。つまり、オーディオ伝送システムを論じる上で、そこで輸送されるものを情報と呼ぶこと自体が同語反復となる。

この同語反復による問題の迂回を回避するためにも、オーディオ伝送システム上で輸送されるものは、翻訳としての波動現象の振幅変化率という制限であることを私は主張する。物理科学の視点から見れば、この変化率も計量可能な存在として様々な摂動概念から分離するための明確な境界設定を行わねばならず、そのための制限が必要となる。このような制限は現象が依属する概念の上で分離可能になるものである。例えば、波動振動現象は摂動要因となるその他の運動現象を境界条件に反映することで、また電気回路における電圧振動は電磁気学的な場ではなく因果関係が遡及可能な演算概念に依属する事で分離可能となり、また翻訳可能となる。つまり、制限が明確になりさえすれば、その条件を満たすあらゆる翻訳が可能となるのである。私は、この作品において摂動概念から分離するための境界設定が論理的に可

能であると想定される物理現象を用いて、変化率を翻訳する。ここでの翻訳は、変化率を受け渡す場合の現象の相似性にのみ関係し、そこでは変化率の受け渡しの精度も問われる必要はない。波動現象の振幅変化率を電圧変化、熱変化そして光度変化という、様々な物理現象とその概念の上を輸送することで、翻訳というある制限—この場合は変化率—に基づいた現象の相似性と、制限により獲得される輸送性の高さが、提示されるであろう。

補足：

全体的な補足をしておくと、翻訳とは、境界設定となる制限上で計量化された量が、その制限と共に輸送されることである。この時、境界設定の依拠するところの約束*1)についての正当性とは無関係に、一時的かつ便宜的な設定として、厳密な境界が設定される。これは物質的な境界である。この約束の是非に依らない—一時的且つ便宜的な境界設定が保たれる間は、その制限に基づいて計量化された量の輸送が行われる。つまり翻訳における境界設定が依拠するところの約束の是非は、翻訳先の依属する物理的な概念と、輸送の目的となる翻訳前の依属する物理的な概念との関係の制限によってのみ、反省される。故に、翻訳を計量化された量の輸送として素朴に言及することは困難と言える。つまり計量化された量の輸送のみならず、関係を表す境界とその関係より生じる摂動を含めた上での境界設定、つまり制限をも輸送されるのである。

*1)この論のはじめに言及した音に関する約束のことを指す。