

都市と人間の音環境のための

大橋 力

ATR人間情報通信研究所感性脳機能特別研究室長・千葉工業大学教授

われわれの日々の暮らしの中には、さまざまな音があふれている。朝起きたときから夜眠るときまで(眠っているときでさえも)、いつときたりとも音のない時空間はない。

音は目に見えない。しかし、われわれは無意識のうちに音を感じている。

いまの都市をめぐる音環境はどうなっているのか。

人間にとって根源的に適合性のある音環境とはどういうものか。

前衛的な取り組みで知られる合唱団「芸能山城組」総組頭・山城祥二の別名を持ち、「音の料理人」を自認する大橋力氏に聞く。



大橋 力 ● おおはし つとむ

1933年、栃木県生まれ。東北大学卒。農学博士。現在、ATR人間情報通信研究所感性脳機能特別研究室室長、千葉工業大学教授。学際領域「情報環境学」を提唱。聞こえない高周波の感性効果(ハイパーソニックエフェクト)を発見。専攻は環境情報学、感性科学、分子生物学、人工生命など他分野にわたる。著書「情報環境学」「人間と社会環境」など。芸能山城組組頭・山城祥二として、作曲、指揮、演出、催事プロデュース活動を展開。アニメ映画「アキラ」の音楽、国楽花と緑の博覧会協会催事「ランドスケープオペラ“ガイア”」など作品多数。

■都市の「音」と人間との適合性を調べる

私がいま取り組んでいる仕事は、都市の「音」と「人間」との関係性を、これまでよりも厳密に、生命科学的な裏付けのあるかたちで調べていこうということだといえるかもしれません。現在のそれは、人間との適合性に問題があるのではないかと懸念されるのです。

私はもともとは音についての研究者ではなく、出身は分子生物学で、物質科学的なアプローチで生命の問題を考えていく研究を出発点にしています。やがて、人間という生物のすこやかな生存のためには、「物質・エネルギー環境」と同時に「情報環境」がきわめて重要な意義を持つという観点から、音環境についての研究に関心を持つようになりました。

たとえば後でお話するように、いまの「都市の中の音」は、人為のあまり及んでいない「自然の中の音」ととても違った物理構造を持つようになっています。本当にそれでいいのだろうか。何が人間にとって「いい音」「悪い音」なのか、人間はどの

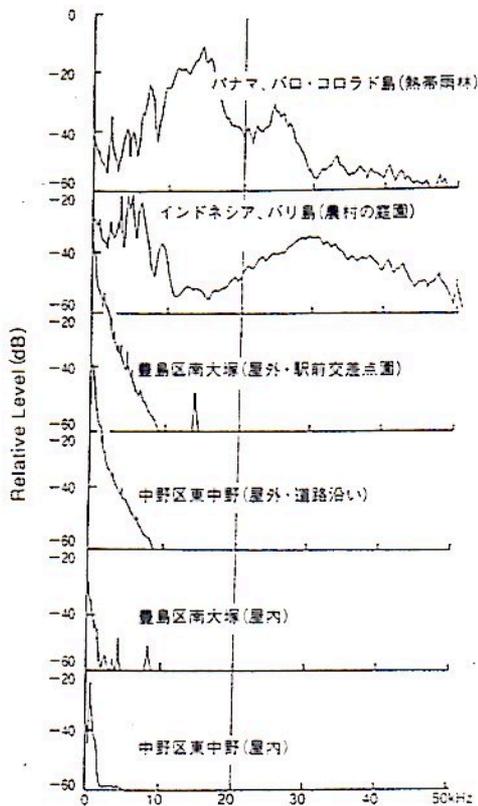
ような音に、どんなふうに囲まれていけばいいのかといったことを、最終的には物質科学のレベルで検討していく必要があるのではないかと考えるようになりました。そして、音環境と人間にかかわる問題を見つけるだけではなく、問題解決、つまり都市の音環境をさまざまな方法によって人間にとってより望ましい方向につくり直していく段階まで視野に入れて研究を進めています。そのために、都市工学出身のスタッフも私たちの研究グループに加わっています。

ところで、いまのところ、音の快・不快、あるいは人間への適・不適を調べる、つまり音環境を評価するための研究のアプローチには、人間の「心」に聞いてみようとするものが圧倒的に多いといえます。つまり、言葉をなかだちにして、たとえば「どんな感じがしましたか?」「快適ですか?」「不快ですか?」というふうに乗ねていって、各人が心の中に描いている反応を聞き取る。そして、そうして得られたデータを統計的に処理することによって、その中に一般則を見つけていく。これによって、どんな音が好まれるか、嫌われるかと

いった人間の心理的な反応を捉えることができます。

また、最近話題になっているサウンドスケープ研究のように、文化として音を捉えるという、ある意味で文化人類学的なアプローチも発達してきました。たとえば、文献調査や、地域に暮らす人々への詳細なインタビュー調査を行って、人々の記憶の中にある好ましい音のイメージを抽出したり、それとの比較によって現在の音環境の持つ問題点を指摘したり、あるいは音環境をデザインをしていくための知見や材料を求めていく。

そうしたやり方はすでに大きな効果をあげているわけですが、もう一歩踏み込んで考えてみると、「人間はどうして音に対して気持ちがいいとか、不快だとか感じるのか?」という基本的で重要なことからは、必ずしもそこでは問題になっていないようです。現在の音環境への取り組みの大部分は、「あまりひどい音は困るからもうちょっといい音にしよう」といった現状に対する問題意識から始まっています。そして、それから先に行くと「やはり昔ながらの自然の音がいい」「伝統に培わ



さまざまな環境音の周波数分布。自然性の高い環境音には、可聴域上限(20kHz)をはるかに超える高周波成分が豊富に含まれることが、超広帯域環境音収録分析システムによってわかった。都市騒音の周波数は約8kHz以下に限られ、遮音性の高い室内にはほとんど音が無い。

れた、人間との適合性で実績のあるような音がいい」というような議論になっていく。こうしたアプローチは正当性があり、重要であることはいうまでもありません。しかしながらいまの社会をより強く動かす力というのは、合理的な説明であり、科学的な裏付けを持った数値的なデータです。特に人間のすこやかな生存とのかかわりにおいては、それは非常に重要になってきます。

そういう視点から見ると、人間に「聞こえる」「見える」「感じる」情報については、物質的なもの、たとえば食品、薬品、大気などとは違って、現時点では体との関係が科学的にちゃんと捉えられていないことが気になってきます。食品や薬品などの「物質」については、その安全性や健康影響が厳密に検討されているのに、音をはじめとする「情報」は、人体影響を検討することを事実上免除されています。はたしてそれで大丈夫だという保証があるのでしょうか。

■情報としての「音」

物質と情報との違い、あるいは両者の共通性について、私が本格的に検討するようになったのは筑波大学環境科学研究科

で研究をしているときのことで、ここでは、研究と教育の中で環境科学という研究領域そのものを見直していくような作業に携わりました。村上陽一郎先生や小田晋先生たちと一緒に、「情報」という環境を環境科学の対象領域に位置づけ、それに対するアプローチ法を情報科学と生命科学とを基礎にして確立していこうという狙いの仕事でした。その成果が、「情報環境」という概念、あるいは「情報環境学」という学際領域にまとまっていったわけです。

そんな中で、私が積極的に関心を持ったのが「筑波病」の研究です。ご記憶の方もあると思いますが、1970年代から80年代の前半にかけて、筑波研究学園都市の研究機関に勤務する人々、あるいはその都市に住む研究者の間に自殺が多発して問題になりました。その多くは[国家公務員]でしたが、その自殺率の高さは、日本の国家公務員の自殺率の3倍以上に及びました。しかしそれは、筑波研究学園都市の新住民に限られていた、つまり、わが国の環境問題の原点のひとつとなった木保病が、木保という地域の固有な環境との結びつきのもとに発生した病気を表しているように、筑波病もまさに筑波研究学園

都市に固有の環境から発生したという性格を持つと考えられます。

ところが、筑波研究学園都市は、高度成長を背景として、世界でも屈指の科学技術研究機関を集積した人工頭脳都市を建設するというコンセプトを持ち、いわばわが国の威信をかけてまちづくりが行われました。この都市の建設にあたっては、未来の都市のモデルとしてふさわしい、理想的な環境をつくるのが重要な課題のひとつとされていたわけです。事実、健康・安全・利便・快適などについては、WHOの基準から見ても日本では前例がないほど理想に近い、いたれりつくせりの環境が整えられました。にもかかわらず、その環境で異常に高い頻度で自殺が発生した。これは、私たちがこれまでまったく見落としてしていた環境問題の存在を示唆する環境不適合症候群ではないか、と考えたわけです。

一方、そのころ、かつてまったく謎とされていた鬱病や分裂病などの精神病の病因が、脳の中の物質代謝の異常によって起こるということがだんだんわかってきました。そのために、実験動物にさまざまな方法で人工的に精神病の症状を起こさせて、そのときの脳内の状態を調べる研究が盛んになったのです。その過程で、精神病の実験動物をつくるうえで、「見えるもの」「聞こえるもの」「感じるもの」を減らしてしまう、つまり「情報」を削減することがきわめて有効だということが発見されました。たとえば、サルなどの群れ型動物を群れから隔離し、外部からの視聴覚情報を高度に遮断して長期間飼育すると、分裂病や自閉症によく似た異常行動をするようになります。そうなった実験動物の脳を調べると、いわゆるモノアミン系の神経伝達物質の代謝状態が偏っていることがわかり、それによって鬱病や分裂病の症状が起こることが解明されたのです。しかも、モノアミン系神経伝達物質の代謝を改善する化学物質を投与すると、こうした症状は改善されます。これによって、現在、精神病に対する薬物療法が可能になってきました。

これらは実験動物を使った医学的な研究ですが、人間を対象にした研究が東西の冷戦構造を背景としてかなり本格的に

虫、鳥、カエルなどの小動物の鳴き声、水のせせらぎ、風でさやぐ木の葉の音……熱帯雨林の音環境は、実にリッチです。音にはすべて美しいエコーがかかり、見事な音環境が構成されています。

行われた時期があります。いわゆる感覚遮断実験はそのひとつです。人間を、人体と同じ比重、同じ温度の液体に浸し、重力を感じないようにしたうえで、ゴーグルのついたヘルメットをかぶせて、光を遮り、音も遮断する。つまり、視覚、聴覚、触覚など、外界からの感覚入力を実質ゼロになるようなオペレーションをするわけです。このような状態に置かれるとだれでも、だいたい40分くらいで末期の精神分裂病患者と同じような幻覚・幻聴に悩まされ、錯乱状態に陥ります。これは余談ですが、そうしたときに、「神のお告げ」や「〇〇思想」などを聞かされると、信じ込んでしまう。いわゆる「洗脳」ができてしまうわけです。

つまり、人間はもとよりある程度進化した脳を持った動物にとっては、ある種の情報が遮断されて入力されない状態というのは、ほとんど耐えられない異常な状態であることはまず間違いない事実でしょう。たとえば、音が高度に遮断された無響室や音楽スタジオに入ると、だれもが不快感や不安感を覚えることはよく知られていますが、これは、情報欠乏状態に対する人間の自然な反応だと思えます。私は、山城祥二というもうひとつの名前で作曲家・指揮者としても活動していましたので、特にこうした「音環境」が人間に及ぼす影響については強い関心があり、いろいろな体験を持っていました。これは、これまで空白だった領域に研究を広げていくうえで非常に有効だったと思います。

こうして見ると、「音がない」という状態は「よくない音がありすぎる」という状態と同じように、人間の感覚系あるいは体そのものにとって適合できない異常な情報環境なのかもしれない、と考えることができます。人間はある組成の大気中でなければ生きられませんし、温度・湿度についても最適条件や適応の限界があります。このように人間が生きられる物質・エネルギー環境に一定の制約があるように、情報環境についても、最適条件があるかもしれない。これが情報環境学の基本的な視座のひとつになりました。

■熱帯雨林の音環境

私は、情報環境のひとつの要因として、「音

環境」に注目するようになりました。環境問題として音を見てみると、現在、法律的にも制度的にも音楽以外の音は全部「騒音」と位置づけられています。極端なことをいえば、川のせせらぎや虫の声などの自然環境音も、すべてノイズとして取り扱われている。そして公式的にいえば、騒音というのは、「ないほうがよい音」です。騒音レベルを事実上唯一の環境評価尺度とする現在の音環境の評価法からすると、環境の中に音はなければいほどよい、ということになります。たしかに、自動車騒音や工場騒音は問題です。しかし、「静けさ」を求めるあまり、人間の脳にとって必要な音までが失われているということはないだろうか、という疑問も同時に出てきます。

それでは、人間にとって最適条件を満たす音環境の手がかりはどこにあるのでしょうか。この問題を考えていくうえで、分子生物学や生態人類学の知見がよいモデルを提供してくれます。つまり、生物のすべてを基本的に規定している遺伝子は、その生物が誕生した環境にもっとも適合するような基本設計を持っているという考え方が、現在、分子生物学を背景とする生物学の領域で強い主張力を持つようになってきました。この立場に立つと、脳がかさどる快・不快感覚は、周囲の環境がわれわれに適合した環境であるかどうかを示す一種の制御回路として機能していると解釈できます。したがって、人類の基本設計に合致した最適な音環境の中に置かれれば、快感は最大、不快感は最低になると考えられる。

現生人類、つまりホモサピエンスが誕生したのは、いまからおよそ35,000年ほど前、アフリカの熱帯雨林だといわれています。そこで、私たちは、高精度・高忠実度の録音システムを開発して、南米大陸、東南アジアなどに広がる、まだ開発の及んでいない熱帯雨林にシステムを持参して、そうした熱帯雨林の音環境の計測・分析を行いました。

その結果明らかになったことは、人類が地球上で海流に打ち勝って定着したと思われるこうした熱帯雨林の環境というのは、実に音がリッチだということです。虫、鳥、カエルなどの小動物の鳴き声、水

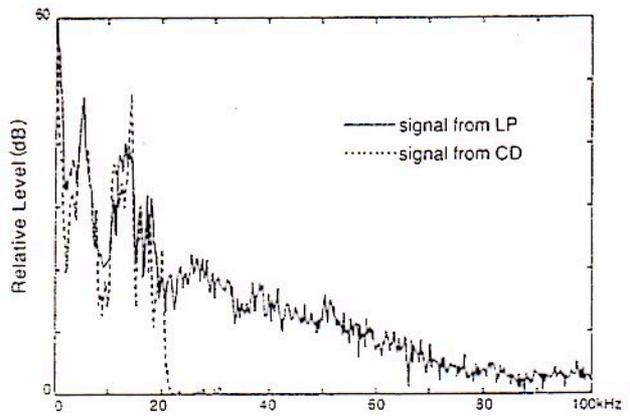
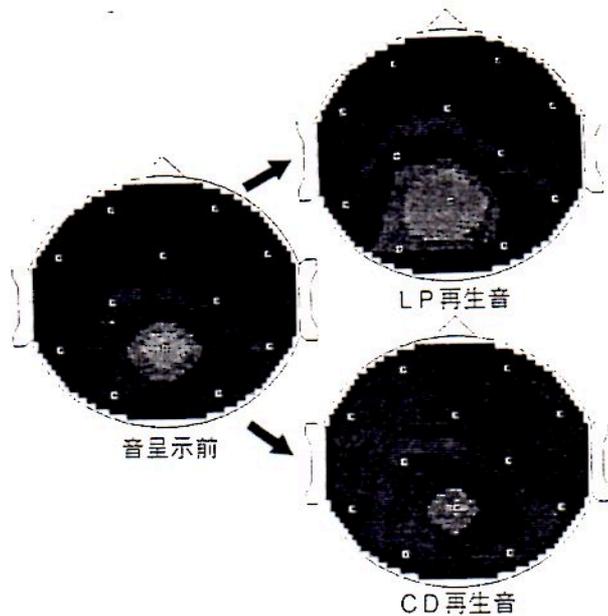
のせせらぎ、風でさやぐ木の葉の音……そういったものがお互いに影響し合って複雑な音環境を構成しています。その印象は静寂感にあふれていながら、騒音計で計測すると、都市騒音としては規制対象となる50ホンを上回ることは珍しくありません。極相に達した熱帯雨林はきわめて清潔で、数十メートルの木々が林立し、樹冠がすっぽりと森を覆っていますが、下草は意外に少なく、まるでゴシック様式の教会の中にあるような音響空間になっています。ですから、音にはすべて美しいエコーがかかり、見事な音環境が構成されています。これが人間にとっては根元的な音環境なんだろうと感性的にも納得できるような美しさです。さらに、そうした音の物理構造を分析してみると、人間の耳に音として聞こえる周波数の上限をはるかに超える高周波成分や時間的にマイクロなゆらぎ構造が豊富に含まれていることがわかりました。

一方、まったく同じ録音・分析システムで、私たちが暮らしている都市の環境音を録音して分析してみると、高周波もゆらぎもほとんど見られません。私たちが住む都市の音環境は、熱帯雨林の音環境と大きく隔たっていることがわかりました。

■音を生理的指標で評価する

この問題を次のステップに結びつけていくうえで重要なのは、どのような音が人間にとって必要であり、どのような音があるてはならないのか、という問題に科学的あるいは生物学的にアプローチしていく方法論だと思います。環境科学の立場からいうと、環境と人間との適合・不適合は、生物の生理的反応として表れると考えられます。では、どのようにしたら、音環境と人間との適合性を生理的に捉えることができるのだろうか？

実はそのための方法論は、私がそうした関心を持ち始めた当時は、まだほとんど確立はしていませんでした。そこで、私は、初めは心理学的な実験を行いながら、人間を取り囲んでいる音環境の物理的な特徴の違いを何らかの生理的な指標、つまりプラス・マイナスの評価に結びつけることができるような物差し＝生理的指標に反映できないかという問題に取り組み



左図：音程提示後の8名の被験者の脳波α波パワー。LP再生音では、快適性の指標といわれる脳波α波ポテンシャルが統計的に有意に高まるが、CD再生音ではα波ポテンシャルは有意に低下する。心理学的実験でも、これを裏づける結果が得られている。
 上図：同じアナログ・マスターテープからつくられたLPとCDの再生音の周波数分布。バリ島の鈴“ゲントラック”の音を含む同箇所を比較。LPには100kHzにおよぶ高周波が再生可能な状態で記録されていた。CDからは20.05kHzまでの音しか再生されない。

始めました。

その中で、とてもおもしろい問題として出てきたのは、人間に音としては聞こえない高周波の問題です。人間に聞こえる音の周波数上限は、20キロヘルツです。一方、人類のゆりかごといわれる熱帯雨林の環境音には、この20キロヘルツを超える高周波が豊富に含まれていることを先にお話ししました。しかし、聞こえない音が知覚に影響を及ぼしたり生理的な影響を持つというようなことは、まず普通は考えられないですね。

ところが、作曲家・山城洋二としての体験からいうと、実際にLPをつくるときには、50キロヘルツとか70キロヘルツといった音としてはまったく聞こえない高周波帯域の成分にエンファシス(強調)をかけると、音がとても妖しげな魅力を持ってくる場合があります。高周波イコライジングによって神秘的な効果をつくり出すこともできる。これは、私の「音の料理人」としての体験の中では、首をかけてもいい事実だったのです。高周波イコライジングの効果は、聞こえる周波数帯域のイコライジングや加工・修飾というものとは、効果の本質が違うものと自覚していました。ところが、LPからCDへの過渡期に、CDの音の加工をしてみると、高周波イコライジングの効果はまったく表れない。ご存知のようにCDには、22.05キロヘルツまでの周波数帯域の音しか記録できないわけですから、高周波による音質改善効果はCDでは意味をなさなかった

わけです。

そこで、聞こえない高周波が人間に何らかの影響を与えるのかどうかということ、実験的に調べてみることにしました。アーティストとしての結論はすでに出ていて、高周波そのものは聞こえないけれども、高周波の有無によって音の質は違って感じるという確信は持っていました。ところが、これについて国際的に権威のある音質比較の方法を使って比べてみると、高周波のあるなしによる違いは出てこない。同じに聞こえて、区別がつかないという結果が出てしまいます。したがって、高周波の効果などというのは気のせいだ、というのが学会の定説だったわけです。

しかし、生命現象というものはとても複雑ですから、モデルの組み方が悪いと人間の主観のほうが間違えるということも珍しくありません。おそらく実験モデルに何らかの問題があるのかもしれないと私は考えました。そして、これまでの「心に聞く」という間接的な方法だけでなく、より直接的に「体に聞く」あるいは「脳に聞く」という方法についていろいろと試してみたところ、「脳波」という比較的平凡な指標が意外に鋭敏に反応を示すことがわかってきました。

しかも、当時は解析用のワークステーションの性能が一挙に上がり、脳波計測・分析が急速に高度化した時期でもありました。それ以前は、脳波は不安定きわまりない指標として信頼性が低かったのですが、状況が画期的に改善されたわけです。

また、不安定な指標だ、ということは鋭敏な指標だということでもあります。コンピュータの性能が上がることによって、鋭敏性を強調して不安定性を圧縮するという作戦が可能になったわけです。

■高周波が脳を揺さぶる

そして、まず、脳波の中でもα波といわれる帯域の脳波が、高周波の有無と明確に対応する指標であることがわかってきました。α波は、人間が不快を感じているときには出てこない成分の脳波として有名ですね。高周波成分を豊富に含んでいる自然の音——たとえばバリ島のガムラン音楽などの、人工的にはうまくつくれない環境音——を特別の広帯域録音システムで録音し、高精度のスピーカーで再生します。これを聞かせると、聞いている人のα波が増大していきます。ところが、その音からもともと含まれている高周波をカットしてしまうと、α波のパワーが低くなってしまいます。ただし、注目していたきたいことは、高周波があるとα波が増えるというよりも、音に本来含まれている高周波を取り除くと脳にとってはネガティブな効果につながると解釈するほうが妥当である、ということです。

その後、私たちの使う生理学的指標もだんだん高度化して、現在ではPET(ポジトロン断層法)という、短寿命の放射性同位元素を血液に入れて、脳の中の血流の変化を3次元マッピングするという実験が決定的なステップになっています。これ

快適性の高い自然の音源を都市の中に確保することです、これには都市計画全体の見直しが必要です。都市生活者であっても、自然環境音を時間空間的に至近距離でたっぷり味わうことが可能なような賢沢なデザインが必要です。

は現在のところ、私たちの研究にとってもっとも信頼性が高い方法です。PETで得られた脳の血流を表す画像とMRI(核磁気共鳴画像法)で得られた脳の断面図とを合成してみると、高周波をカットしない音を聞いたときと高周波をカットした音を聞いたときとで、脳のアクティビティに差を生ずる部位が2か所ぐらい、脳の奥のほうに特定できるところまで仕事は進んできています。

現在、PETでわかってきた高周波に反応を示す部分というのは、脳幹と視床という古い脳で、脳の中の快感の回路にきわめて直接的に関連があるところです。脳幹は生命維持に直結する臓器で、イギリスなどでは脳死の判定の際にポイントにしている部分であり、脳の活動全体を集約して体に結びつけている関所の役割を果たしている重要な場所です。このように大事なところが、高周波で揺さぶられると活性化するというのは、とても興味深いことです。それから、視床は嗅覚以外のすべての感覚が一度そこに集まって、脳のほかの部分に分配されて、解析されていきます。また反対に、脳の働きを一度全部そこでまとめて、ホルモン代謝に翻訳して伝達していく。つまり、いわば心の働きを体の働きにつなぐターミナルにもなっている。最近、成人病の多くがホルモンによって制御されて発症するというメカニズムを持つことが解明されつつありますが、そういう生理的な面から見ても注目すべき現象です。

いずれにせよ、私たちは常に空気振動に囲まれているわけです。そして、その空気振動の一部分は人間に音として聞こえ、それより周波数が上の帯域、下の帯域は聞こえない。しかし、それらを含めてある種の条件を満足させるような空気振動に囲まれているとき、われわれの脳は正常な状態を保てます。ですが、聞こえないからといって高周波を取り除いてしまった場合に、意識ではまったくわからない場合もあるにもかかわらず、生理的には歴然たる違いが出てくる。たとえば、現在のCDの規格では、LPには含まれていた高周波がすべてカットされています。ですから、LPとCDというのは実は同じレコードでありながら、聞いているうちに人間の

脳の中では異なる反応が起こってくる場合があります。

■都市の音をどうしていくか

先ほど述べたように、都市の環境音には聞こえない高周波がほとんど含まれていません。これが人間の脳にどのようなネガティブな影響を及ぼすかは、これまでの実験結果からある程度予想することができます。しかし、かといって、熱帯雨林の音環境をいまま都市に実現することは難しい。

一時的には、音楽とか人工的な音響装置でこれを補っていくということもいいかもしれません。しかしより本格的な対応が必要ではないかと私は考えています。自然の高周波がベースラインとして常に確保されている情報環境が重要だということは、生理的な裏付けを持った事実といえます。しかし、そういうものに対応して都市の音環境をデザインすることについては、これまで私たちはまったく経験がないといっている。だからこそ、私たちが先に立ってやっつけていかなくてはならない、と思っています。

方法はいくつか考えられます。そのひとつは、快適性の高い自然の音源を都市の中に確保することです。これには都市計画全体の見直しが必要です。私たちの研究結果から見ると、それは、これまでのような都市の中に大きな森をつくっておいで、そこへ行けば浴びるほど自然の音を味わえるようにする、というモデルとは全然違います。たとえば、自然環境音とは常に至近距離で接していなければ意味はないでしょう。高周波が脳に及ぼす影響は20秒~30秒で出てきますし、おそらく生理的指標は1時間たったら変わってしまいます。したがって、都市生活者であっても、自然環境音を時間空間的に至近距離でたっぷり味わうことが可能なような賢沢なデザインが必要だと思います。そのためには、都市計画から建築技術のディテールにいたるまでの見直しが必要です。自然を居住空間の中に取り込む技術が求められるわけですから、いろいろな試行錯誤が必要で、時間をかけなければそういう技術は完成しないでしょう。いろいろな虫が増えるのと同時に刺されるとかゆ

い虫も増えたり、いろいろな失敗をしながらだんだん方法を確立していかなければならないと思います。

しかし、その間、ただ待っているわけにもいきませんから、当面、私たちの音環境を補完してくれる電子情報技術にも期待しなければなりません。広帯域の音響を記録・再生する技術では日本は国際的にもトップにありますから、実現可能性も高いといえます。特に、自然音を資源として利用する方法は、合成音によるよりも安全性は高いと思います。そうしたハードウェア、ソフトウェアについては、潜在的には着々と準備は整いつつあります。

ただ、人間の脳が音に対してどういう反応をするかについては、さらに確かめなければならないことがたくさんありますから、駒の進め方には慎重を要します。とりわけ、民生用のデジタル音響の規格は、できるだけ早期に改善したほうがよいと思いますし、公共空間などのこれからの音環境の設計については、従来のいろいろな経験に加えて、脳への負担をいかに小さくするかという観点を早急に取り入れていく必要があります。そのために、生理的な評価の実験的データにもとづくデザインを基本として優先し、それをより磨き上げるうえでいろいろな工夫を加える、という姿勢が有効でしょう。現状は、人間の生理といった基礎よりも、美学的な応用あるいは装飾的な開発が肥大しているような感じがして、すこし心許ないのです。

近現代の建築やアート、デザイン領域では、人々がどのようなものを好み選択するかは各人の主観によって千差万別だ、というような任意性を重視する考え方が根強くあります。しかし、最新の脳科学は、人間の感性が、人間という生物の生理と密接にかかわっており、人体の活性と一致した感性がもっとも普遍性や安全性を持つこと、すなわち任意性の原則は必ずしも人間の実体に適合しないことを示し始めています。将来的には、アートやデザイン領域の中に、人間の感性について脳とのかかわりの中で捉え、それにもとづいて仕事をしていくような新しい方向性が出てくることは確実だと思います。そうした変化のきざしが、いま見え始めています。