

近年、集合住宅等で最も多い苦情は、騒音に関するものであるとしばしば耳にする。建築における種々の騒音に関する問題は、身の回りにある物体の寸法と音の波長が同程度であることや、構造体中の伝搬音の予測が困難であるために悩ましいものである。一方、音楽ホール等の音響設計も、内部の音場の非常に複雑さ故に、形状の設計に当たっては困難がつきまとう。それ故、音波は波動であるにもかかわらず、これまでは簡単なエネルギー的な扱いが主であった。しかし、このような扱いでは解決できない問題も数多い。

本研究室では、波動論的な立場から、建築における騒音制御とホール音響をテーマに、基礎と応用の研究を進めている。研究内容としては、音場予測における種々の問題に対して、境界要素法 (BEM) あるいは境界積分方程式法と呼ばれる数値的な音場解析手法の開発がメインである。

### 室内音場予測

室内の音場を目的に応じて適切に予測することは、音響設計を行う上で重要な課題である。音場を精度良く予測できれば、音響設計上必要なあるいは目安となる各種音響指標の算出や、室の明瞭度の予測が可能となり、また、設計段階でこれから建設されるホールの音を予め聴くことが可能となれば、音響設計の信頼性は大きく向上するであろう。

音場予測のための手法はこれまでも多く提案されているが、多くは波動性を考慮しない幾何音響学的な虚像法や音線法により予測するもので、複雑な形状をもつ音楽ホールでは、得られた応答結果に対する信頼性は乏しいものと言わざるを得ない。近年のコンピュータの発達により、精度の高い波動論的な予測法である有限要素法や差分法も多く使われるようになってから数値解析法は大幅な進展をみたが、これらの方法は、考慮している領域全体で節点をとる必要があり、必然的に解くべき方程式が多くなる。

これに対し、われわれの用いている方法 (境界要素法) は、領域の境界のみを考慮すればよく、節点数は大幅に減少させることが可能である。室内音響で重要な指標となる過渡音圧応答を求めめるために、数値計算上安定性が高いと言われる法線微分型積分方程式に焦点を当てて研究を進めている。また、ホール音響に関しては、座席列上を伝搬する音波の挙動や、舞台上部に吊るされた反射板「浮雲」の反射特性等の検討を行っている。

### 騒音伝搬予測

騒音問題は、道路交通騒音のように音源から出た音が空气中を伝わったのち、窓や壁を透過して室内に到達する空気伝搬音と、建物

内での靴音、ドアの開閉音など、建物構造体中を伝搬し、励振された壁面から室内に再放射される固体伝搬音に分けられる。

現在取り組んでいるのは、主に空気伝搬音に関するもので、以下のテーマである。

**障壁の遮音効果:** 従来あまり用いられていない法線微分型積分方程式によるフレキシブルな解析法の提案で、湾曲した扉など任意形状の遮音計算が可能。

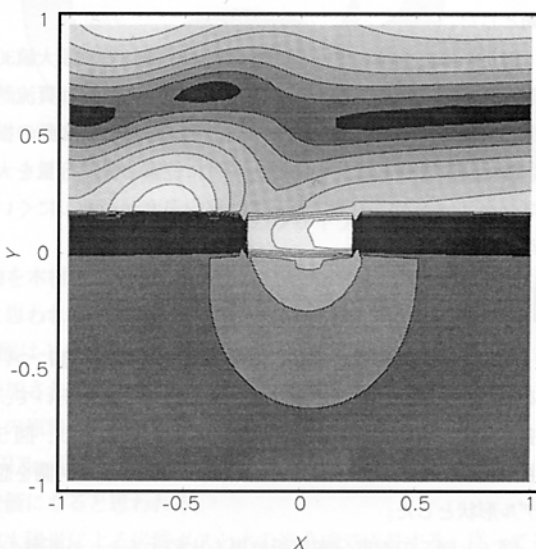
**掘割道路からの騒音伝搬:** 部分領域分割法の採用と基本解の工夫による新しいエレガントな解析法の提案で、解析対象領域が掘割部分に限定できる利点がある。

**開放窓を經由する側路伝搬音:** これまで理論的に扱われていなかった側路伝搬音の予測と減衰チャートの作成。

**換気口の遮音性:** 遮音上のウイークポイントである換気口の換気性能を維持しながら遮音性能の向上をはかる研究。

**二重窓の音響透過:** 音響振動連成系として連立積分方程式による音響透過の予測計算で、ガラスの曲げ振動も考慮した予測法を開発中。

二重窓近傍の音圧分布の計算例を図に示す。



二重窓を透過する音波の解析例

(左上方45°より250Hzの平面波が入射した場合の音圧分布で、明るいほど音圧が大)

**吸音材の面積効果:** 吸音面が小さくなるほど、吸音率が上昇するという現象であるが、これまでにない新しい算定法で、音響設計の各方面で有用。

\*

以上、最近の研究内容について簡単に説明させて頂きました。内容について興味をお持ちで詳しくお知りになりたい方は、下記までご連絡頂ければ、何かお役に立つことができるかも知れません。

### ●研究室のひととき

水琴窟用の素焼きの甕を購入してその響きを解析しています。

日本庭園に設置された水琴窟も良いものですが、実験室で聴くボンという微かな響きも心を和ませてくれます。

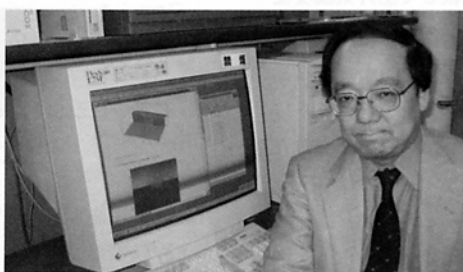
連絡先

吹田市山手町3-3-35

Tel: 06-6368-1121

http://kaiwaka.arch.kansai-u.ac.jp/1ken13.htm

E-mail: kawai@ipc.ku.kansai-u.ac.jp



河井康人助教授

### ●研究スタッフ

河井康人 / 1950年生まれ

・専攻 / 建築・環境音響学

・著書 / 共著に「室内音場予測手法—理論と応用—」日本建築学会編、丸善

“Boundary Element Methods in Acoustics,” CMP-Elsevier など

光環境には日当たりや日影の制御といった建築物や配置計画にかかわるいわゆる日照制御に関するものから、室内を対象とした、在室者にとって良質な作業空間を提供するための視環境計画さらには雰囲気形成に関するものまでテーマは多岐にわたっている。ものを見るためには光が必須であり、目的に応じた光の効果的な配分は日常生活に欠かすことのできない重要なテーマである。

本研究室での一連の研究は、現実起こり得る光環境の下での人の視覚特性に基づいた視環境設計法の確立を最終の目標としている。

## 視覚特性に基づいた視環境設計法の追求

### ■作業対象物の視認性に関する研究

眼球光学系での散乱を考慮した網膜への実効的な刺激を実効輝度と定義し、この実効輝度を視覚系への入力とすることで、視対象の大きさや形状による視認性の差異を合理的に解明することが可能となった。視認性に関する既往研究は、視野の輝度分布が一様な実験空間において得られたものが大半であり、グレアのような輝度分布が不均一な空間での視認性に関しては、個別の実験的研究は存在するものの、理論はいまだ確立されていない。均一視野における視認問題の解明にその有用性を確認した実効輝度の概念を、一般の不均一視野における視認性の解明に拡張し、任意の視野における視対象物の視認性を統一的に解釈できる理論の構築を目指している。

### ■視野の順応輝度の定量化に関する研究

人の視覚特性はその場の明るさに左右されるため、視環境設計に当たっては、人が順応している明るさのレベル(順応輝度)の把握が必須となる。均一な輝度分布を有する実験空間の場合はその背景輝度がすなわち順応輝度と考えられるが、種々の物体が混在する現実空間に対する順応輝度の決定法はいまだ確立されていない。

本研究では、任意の空間における視対象物の視認閾測定結果を均一視野(実験空間)下での視認閾測定結果と関連づけることにより当該空間に対する順応輝度を特定しようとするものである。

### ■視野輝度変動が作業性に及ぼす影響に関する研究

時刻とともにその強さや分布が複雑に変化する昼間の光環境における作業性の系統的な研究は未開拓の分野である。昼光の変動実態に関しては、データが皆無に近い秒単位での昼光照射度の実測を継続し、その実態を把握することを試みている。また、視野の輝度変動が視作業性に及ぼす影響に関しては、任意の変動パターンを与え得る視野装置の作製とそれを用いた主観評価実験に取り組んでいる。

### ●研究室のひととき

研究室の雰囲気は、野口先生の人柄が滲み出ているかのように和やかで、いろんな個性を持つ人が集まりながらも和気あいあいとしています。助手の原さんもゼミでは真剣ですが、お酒が入ると良い兄貴分といった感じで、非常に居心地のいいところです。(院生OB談)

連絡先

吹田市山手町3-3-35

Phone:06-6368-1121 Fax:06-6339-7720

<http://kaiwaka.arch.kansai-u.ac.jp/kankyo2-5.htm>

### ■有彩色視対象の視認性に関する研究

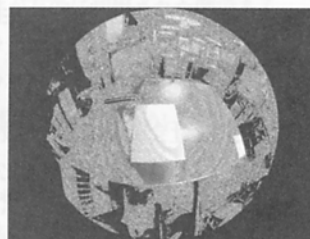
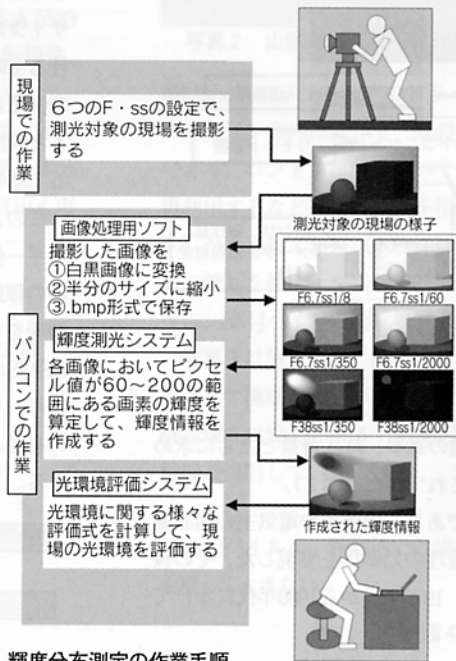
光には色が必ず付随する。視環境計画に当たっては色の影響は避けて通れないものであるが、解析の際の要因数が膨大となることから、視認性への影響に関する知見は不十分である。種々の有彩色視対象を用いた読みやすさ評価を、多くの知見が存在する無彩色視対象物の評価と対応づける方向で基礎データの収集に取り組んでいる。

### ■各種材料の光学反射特性に関する研究

視野内輝度分布と視対象・光・空間の構成要素の諸要因との関係を明らかにするためには、対象空間の表面を構成する各種材料の光学反射特性を知る必要がある。必要とされる反射特性は材料面に対する光の入射方向の方位角と高度、反射方向の方位角と高度の4変数で規定される輝度反射率であり、その特性の把握が煩雑なことから十分に検討されなかった経緯がある。この特性を実測し材料特性に対応付けた簡易計算法を確立することで視対象・光環境から視野内輝度分布をより正確に算出するための資料が得られると考えている。

### ■視野の輝度分布測定法の開発に関する研究

視環境評価の基本測光量は空間の輝度の分布であるが、市販の輝度計を用いた逐点測光によって詳細な分布情報を取得するのは非常に煩雑な作業となる。このため、従来一部で用いられていた写真測光による輝度測定法の電子化を試みた。当初はビデオカメラの画像をデジタル化することを試みたが、近年のデジタルスチルカメラの急速な普及に伴い、デジタルカメラを用いて作業の簡易化と精度向上を図っている。当研究室で開発したシステムはデジタルカメラに魚眼レンズを装着することにより前方180度の視野の輝度分布が短時間に高精度で把握が可能である。実空間の視環境評価に当たっての強力なツールになるものと考えている。



室内輝度分布の測定結果を記録した輝度情報図の例  
(6枚の画像から算定した各画素位置の輝度を記録したもので、画素の色と輝度の値とを対応づけている)



野口太郎教授(前列中央)、原直也助手(その左)と研究室

### ●研究スタッフ

野口太郎/1943年生まれ

- 専攻/建築環境工学・光環境計画
- 研究テーマ/実効輝度を用いた視認性解析とその視環境設計への応用、光環境の現場評価技法の開発

原直也/1970年生まれ

- 専攻/建築環境工学・視環境計画
- 研究テーマ/有彩色文書の明視性、輝度の経時変動状態での主観評価