

【第2回通常総会特別講演】

第2回通常総会特別講演

1998年3月24日、第2回通常総会の特別講演として、VR空間における音楽の実験的試みとなる、「VRオペラコンサート」が開催されました。会場は、東京大学 工学部 1号館15号講義室。残念ながら、実際の音をお聞かせすることは出来ませんが、会場の雰囲気を感じ取っていただければ幸いです。



VR空間オペラコンサート

秋葉京子・梅沢直子・山崎芳男

山崎：ご案内にもありますように今日は総会の特別講演として、世界的オペラ歌手、メゾソプラノ歌手の秋葉京子さん。それからいつも御一緒にピアノ伴奏をしてくださる梅沢直子さんにお越し頂きました。これは音のVRというものを応用して、このような、オペラを歌うには何と云っても響きが足りないような場所で、オペラハウスのような音場を作ってしまうという試みです。まずごく簡単にどんな仕掛けでやろうとしているかという話をさせていただきます。そして後程、バーチャルリアリティといいながらやはり歌手は本物の方がいいということで、本物に登場して頂こうと思います。

音というのはバーチャルリアリティに限らず映像やコンピュータの情報に比べると、かなりやり尽くされた学問分野、研究分野であると捕らえられがちです。しかし、やってみると音の難しさが分かってくる。先だってMPEGの会合が東京で行われていましたが、映像については目途が付いたけれど音は難しい、まだまだやる必要があるということで、衣食足りてという感じで音の重要性が再認識されつつあります。

簡単に三次元の音空間を伝送、記録するという方式を考えてみますと、良く知られています様にいわゆるバイノーラル伝送ということになる。人間は2つの耳で三次元の空間の距離や方向を驚くほどの正確さで捕らえています。人形の両耳の位置にマイクロホンをおいて、丁度同じ大きさでヘッドホンで再生してやればそこにいるような感じを得ることができるということです。これは1920年代にす



でにアメリカでは実験が行われていました。たいへん古い技術で、ただ厳密なことを言うとかマイクロホンを入りにくくおくのか鼓膜の位置におくのかとか色々やっかいな問題も出てきますが。人形ですが面白いのは、人間の顔を少し誇張したような、鼻を高く、後ろは髪の毛に相当するので柔らかくして、耳たぶを少し誇張したようなものをつけると、人間とは似ても似つかぬ顔をした簡単な”人形”でも人が歩いている距離や方向を正確に把握することができます。たとえば傑作だったのは座布団を2つに折って少し細工したものを髪の毛の代わりにしたこともあります。

ヘッドホンの装着というのはやはり負担になるということでこれをスピーカーで再生するシステムを考えます。スピーカーで再生すると、顔の存在による頭部伝達関数が、ヘッドホンをつけた場合と違い、反対のスピーカーからの

音が反対の耳に聞こえてしまうということ、これらをあらかじめキャンセルする回路を用意してやればヘッドホンで聞くと同じ音が得られます。ただこれはあくまで耳の点2点の伝送であって空間の伝送というわけにはいきません。しかし目的によってはかなり正確で有用な伝送法となります。特に最近ではパーソナルコンピュータ、ワークステーションを使う場面を考えますと画面の前に座っているということで位置が固定されますので、このシステムがたいへん有効となります。

ただバーチャルリアリティという観点から言えば個人用のシステムとしては有用でも、今日のように広い空間でVRを実現することはできません。そこでキルヒホッフの積分公式に基づいた伝送方式が考えられます。例えばこの部屋の壁のように、我々を囲む境界面の音圧と法線方向の粒子速度、この二つさえ知ることが出来、さらにこの部屋の中に音源がないという条件を満たせば、たとえばオペラハウスに行って自分の席の回りの空間を伝送してやるという命題に対しては、境界面上の音圧と法線方向の粒子速度を目的の音場と一致させてやればその音場を再現できます。これが空間全体を面に帰着できるたいへん有効なキルヒホッフの積分公式と言われるものです。具体的にはマイクロホン二つ置いてやれば粒子速度と音圧を知ることができます。通常のマイクロホンを使ってそういうことができる。ただ音波の波長を考えると、ここには若い方からお年を召された方までいらっしゃいますが20kHzまで、100kHzまで必要だと色々議論はありますが、まあ20kHzまで必要ということにしましょう。20kHzは音波がスピード340m/sくらいですから1.7cmくらい、高域がそれを、サンプリング定理を満たすには約1cm、8.5mm間隔くらいでスピーカを用意するということが理論上必要になります。これは現実には不可能、ただこれも最近の半導体技術のようなものを使って丁度平面ディスプレイと同じようにそういったスピーカを作ろうといったことも一部では試み



られています。

そこで波面合成と最近我々は呼んでいるのですが、1cm間隔で計算するとおそらく億単位になるチャンネル数を、現実的な数十個程度のチャンネルで何とか伝送してやれないかということで、おおよその波面を合成してやろうということを考えます。音源の数が数学的に考えるとこのスピーカ伝送チャンネル数分、正確に言いますとチャンネル数マイナス1であれば正確に表現できるのですが、ちょっと響きのあるオペラハウスやコンサートホールで実際に測定しますと、音源の数というのはおびただしい数になります。例えばこれは大阪にできました日本で最初の本格的コンサートホール、ザ・シンフォニーホールで、我々が近接4点法と称している手法で測定したものです。1000個くらいの音源が簡単な測定で計算されています。近接4点法というのは、マイクロホン4つを使ってそれぞれのマイクロホンに入ってくるわずかな時間情報の違いから地震の震源探査と同じようなテクニックで音源位置を計算する手法です。測定された位置に全部スピーカを持って行って再生してやれば元の音場はできるのですが、実際にこの実験をしにいくということで、昔スキー場でリフトが止まったあと、沢山スピーカを持ってかなり広範囲で実験してみましたけどかなりおもしろい音場が出来ました。スキー場は理想的な無響環境なのでこのような実験には適しています。

チャンネル数の削減はなかなか難しい問題で、オペラハウスだとかコンサートホールをこの場で実現しようと致しますとある程度の割り切りをしなければいけないということになります。その辺の研究を進めています。

今日は本物のオペラ歌手とピアニストに歌って頂いて、VR、或はオペラ、芸術と技術の関わりについて、この場、それからこのあとの懇親会で互いに親しく語り合ってくださいと思います。実際には、先ほど触れました近接4点法で

測定しました色々なホールのデータを使い、スーパーコンピュータ並の演算を実時間でこなす畳み込み装置を使って、畳み込み演算をします。スピーカを4つ部屋の隅に設置してあります。用意しました音場データは、日本のものと、それから今年は日本におけるフランス年なのでフランスのものを持ってきました。

今日は、こういうことをプロにお願いするのはたいへん失礼なのですが敢えてお願いして、歌っている間に幾つかの音場をとっかえひっかえさせていただきます。

まず幾つかの音場を紹介します。

まず東京駅。これは東京駅の丸の内南口です。これはNHKの番組用に丁度私鉄のストライキの朝に測定したデータです。これで私の声と一緒に駅で収録してノイズでも出しますと実際に東京駅にいるような感じになります。

次に伊豆の天城トンネル。トンネルというのは三次元じゃなくて入り口と出口が空いてる。これは響きの質としてだいぶ違うのですが、結構、4つだけのスピーカでもその感じが出る。これはまあ、ここで歌って頂くのはちょっと失礼かとは思いますが、場合によっては使わせて頂くかも知れません。

次に高知県の鍾乳洞龍河洞。昭和になってから発見されたものです。洞窟だと結構響きがありそうなのですが、実は音響的には石灰質の穴が多い多孔質なので響きはとても快適です。ここは弥生時代から人が住んでた跡があるような、湿度はあっても快適な場所です。

次が愛知の芸術文化センター内のコンサートホール。音響設計は安岡先生を委員長に私も検討委員の一翼を担わせて頂いて造った、名古屋市にできた愛知県のホールで、設計に携わった者としてはかなり綿密な測定をさせてもらいました。

あとは、フランスブルボン王朝の歴代の墓のあるロワイヨール修道院、グルニエの旧オペラ座と、それからバスターニユに革命200年を記念して作られた新オペラ座。

オペラの音場を再現するのは難しいですね。大道具とかの無いところで音をとることはほとんど意味がないので。

先ほどもご紹介しましたように、秋葉京子さんは芸大を出られてそのあとずっとドイツでご活躍で、メゾソプラノを歌ってらっしゃいますが、日本人としてはじめてカル



秋葉京子さん

メンのタイトロールを歌われ、絶賛を博しました。日本に3年前帰られてからは第9を歌われたりオペラ忠臣蔵であてやかな姿を拝見したりしてご存じの方も非常に多いと思います。それから、ピアニストの梅沢直子さんです。プロのピアニストに失礼ですが、敢えて、今日は電子ピアノで弾いて頂きます。かつて、東京プリンスホテルの大きな会場で何千人が入ってしまうところでオペラを歌われるショーがありまして、そのときに、じゅうたんは敷き詰めてあるし、カーテンはあるので、そこで私共が今日と同じ機械を持ち込みました。普通オペラは拡声をしないんですが敢えて拡声器を入れて御一緒したのが2年前のことです。それから何かある度をお願いしてるんですが、今日は本当に、ご無理を承知で来て頂きました。

秋葉：こんにちは秋葉です。私もとうとう東大の教壇に立つかと。私は東京芸術大学という、上野動物園のとなり、大学院も含めて7年いました。東大というのは私にとってまるっきり、恐いところと言うか。昨日も良く眠れなかったんですが。

さきほど山崎先生が言われたように、東京プリンスホテルのおよそ1500人くらいのところで歌うという話がありました。皆さんご存じのように大宴会場というのは床は長い毛のじゅうたんが敷き詰められておりまして横にだだっ広いんです。そして天井が低い。そして壁は布張りです。これは我々、そして楽器演奏者に対してまるっきり音を響かせるなど言っているような悪条件です。その話を、私の日本のオペラ界でめんどろ見てください先生にしましたら、そういう場合はプロの音楽家は絶対生で歌ってはいけない、と。生でそういうところで歌って、音響の助けがまるっきりないところで評価されてはいけないと。そして、そういうところで歌うんだったら一つの条件として、拡声器と言うのではなく、コンサートホールの持っているべきものを全て抹殺してしまった事を補える人たちに助けても



らいなさいと。そういう条件付きで歌うことが許されますと言われました。それで私は山崎先生にご相談してご無理を言って非常に高い装置を貸して頂きまして、歌わせて頂きました。そのときに私は非常に感激致しました。というのは、今まで、私たち肉声で勝負している、それでお金をもらってるプロにとってはマイクを持って歌うということは恥であるという風にたたき込まれていたわけなんです。でも、そのときにマイクを使ったのは、自分の声を、小さい声を大きくして聞こえるようにするというのではなく、ホールの持っているなければならない条件が全部ないときにそれを元に戻して正常な条件にするというためにマイクを使うというためでした。それで結局非常に理想的な響きが入ったことに感動したわけです。非常にすばらしい響きで、まさにコンサートホールで歌わせて頂いたという体験をさせて頂きました。非常に自然で、そして歌いやすかった。

山崎：ありがとうございます。それでは次にアベマリアを色々なホールで歌って頂きます。ホールの写真がOHPに写っているときにはその響きが畳み込まれています。中央にマイクを置かせて頂いています。それでは、歌っている途中に響きが変わりますが、よろしくお願いします。

(歌：アベマリア)

山崎：ありがとうございます。このままずっと聞いていたのですがこれは今度はどこか無響音室で取って頂いたものを用意して、何度も実際に歌って頂かなくても体験して頂ける様子を学会のスペシャルセッションでやりたいと思います。では次にカルメンから。音場はバステューの新オペラ座。92年にフランス革命200年を記念して作られたパリのオペラ座で測定した、これはワーグナーのオペラ用に舞台設定ができている状態でデータを取りましたので、少なくとも大道具のある状態での実際に近い音

場になっていると思います。1番はこの東京大学の講義室。2番でバステューで歌って頂きます。それでは、よろしくお願いします。

(歌：カルメン)

山崎：ありがとうございました。大変貴重な体験をさせて頂きました。それではお二方から一言ずつ、感想等頂けませんでしょうか。今日は梅沢さんにこういう電子ピアノを弾いて頂いて申し訳ありませんでした。ただこれには我々側の理由がありまして、電子ピアノだと電気信号がすぐ取り出せるので畳み込み機にもっていくのに好都合だったのでご無理言ったという次第です。それでは、今日のピアノを弾いて頂いた梅沢直子さんです。

梅沢：こんな素晴らしい場所でこんな高いところから感想を申し上げます。実ははじめ、ある意味でこういうことってちょっと邪道じゃないかしらって思っていました。体験させて頂きまして感じましたのはずいぶんいろんな音が聞こえるんだという、人間の耳で本当にそんなちょっとした繊細なことが分かるのかしらって思いました。本当にちょっとした差なんですか？、それでずいぶん響き方が違っていろんな風に人間の耳で感じるができるんだなど物凄く思いました。それから、家にも夜勉強するように電子ピアノを置いておりますが、とても情けない音しか出ませんで、夜、暗譜をしたりというだけにして使っておりましたけれど、こういう風にセットをして頂くときすっかり大ホールで気持良く弾いているような気分にならせて頂きました。音響学って言うのはこんなに進んでいるんだなって、ある意味で私は原始人だったんじゃないかしらって思うくらい、すごい体験をさせて頂くことができ本当にありがとうございました。

山崎：それでは館会長から一言。

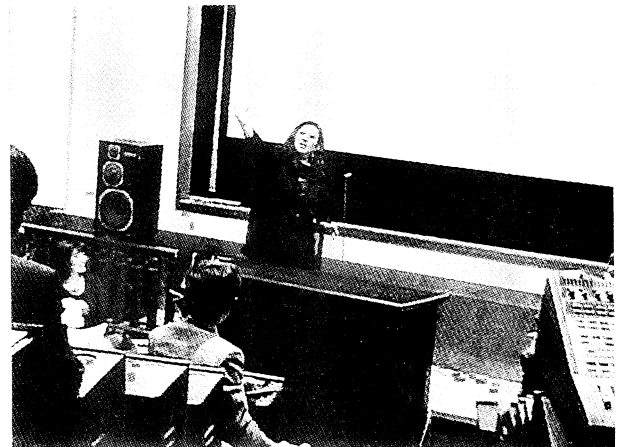
館：ありがとうございました。バーチャルリアリティー学会というのは変わった学会でありまして、色々な分野の人が同じ体験を分かち合うことによって大きな広がりがあるのでは、ということで色々企画しております。今回は山崎先生にお願いしまして、こういう非常に、東京大学としては立派な講義室の部類なんですけれども、歌う環境としては非常に貧しい中で歌って頂いて、ありがとうございました。聞く人は非常に熱心に聞いておりますのでその点でご勘弁頂ければ。また今後もこういうことをやっていきたいと思っておりますのでぜひこれに懲りずに来て頂ければ。どうもありがとうございました。

質問：ちょっと質問させて頂いていいでしょうか。お歌いになっているときに耳からの音というのがありますけど私はどちらかというと絵のほうの専門家なんですけれど、ホールの絵を変えるなんてことと雰囲気っていうのはどうなんでしょうか。やはり音の方が遥かに効いてくるものですか。大きなテレビで例えばバステューユの絵を映しましたらまたやはり変わるんでしょうか。

秋葉：絵に限らず視覚的な観点から申し上げますと、非常に歌いやすいホールというのは、今までの体験から申しますと、縦に長い、そしてあまり迫ってなくて奥行きが感じられるものです。歌い手は自分の息をいかに前に流せるかの勝負をしているものですから、そこを壁でもって塞がれると自分の想像力が絶ち切られてしまう。音の流れが悪くなる。それから考えますと、非常に、例えば青空で非常に奥行きが感じられるよう、太陽がさんさんと照るような絵を飾って頂くと、「Climb every mountain ♪」というような感じになってしまいます。それから私ケルンの音楽大学にいましたときにこういった階段状のものがコンクリートできておまして、一番下に演奏する者がいると、一番下にいる者にとっては非常に迫ってくるような威圧感があって非常に歌いにくかったですね。それからその隣に、それを大きくしたような馬鹿でかいコンクリのコンサートホールを作ったんですよ。それを見たときに私は、これは人間性に対する否定ではないかと。私は良く分からないんですけど何でこの講義室が木できてくるかという、肌、温もり、暖かさ、それから木って呼吸してますね、そういうものが大事。結局ホールっていうのは楽器で私が発信。ホールと一緒に共鳴して一体になったときに音楽ができるんじゃないかって、そういう風に思うものですからそういう、視覚的なもの、それから肌に触る空気、そういった色々なものが一体になる、非常に複雑な世界にいるのではないかと思います。私ที่บ้านで練習するのに、自分の部屋が非常に狭い。それで大きな絵を買いました。青い海の絵で、閉じた絵ではなくて前に広がって外に出ていくような広がりのある絵を見て歌っています。

安岡：新国立劇場は今のお話で行くと割合客席が1階のところから急傾斜であがっていきますね。ですから聞く人にとっては直接音も来るし視覚的にもたいへんいいのですが、今のお話ですと響き渡るといふ間合いがもしかすと取りにくいかなという感じがしますが。

秋葉：新国立劇場のオペラ部門はまだ歌っていないので分からないんですけど。別の所で塔のように高い、奥



行きもあるところで歌ったことがあります。非常にいい音響なんですけれど、例えば針を一本落した音が非常に良く聞こえます。そこで小沢さんとマタイを歌ったのですが、非常に柔らかな空間という気がするんですけど、音の通りが今一つ自分で分からない。向こうに伝わっていったらどうかということが。客席に座っているとかがえてしまうような怖いホールで、ということは歌い手にとってちょっとしたミスが全部分かってしまう、怖いホールだなと感じたことがあります。

安岡：たしかに、そういうホールは聴視者にとっても緊張感を強いられるんですね。例えばプログラムの紙がありますね、あれをめくるのは非常に悪い音を出すんですけど、あれを私は和紙で刷れというのが特論なんですけれどもまあそういった意味で空間をお互いに共有しているという感じが強いホールは、やはり歌手の方と同時に聴視者も非常に緊張感を強いられる。

秋葉：私一回あったんですけど、お腹が空いてお腹がなったんですよ。そしたら演奏者の声より大きく響いちゃって。

山崎：日本に帰ってこられて色々な違いを感じられると思いますけれど差し支えなければ、音楽関係のことも、それから少し文化的なことでも伺えたらと思いますが。

秋葉：ドイツでは仕事の時だけ帰ってくる非常に忙しい往復をしたもんで良く分からないんですが、22年おましてそのあいだ学生でいたとき以外は専属で24時間拘束されていました。准国家公務員みたいな感じで。自分の劇場から離れる場合30km以上離れるときは許可があるので。その許可をもらうのも非常に大変で、そのせい

で日本の色々な仕事も全部お受けすることができなかつたんですが、ドイツも日本も半々に分かってくるようになったつもりです。向うに行って最初3年間くらいはいいところしか見えないし日本の悪いところしか見えない。ま、そういうことも22年もおりますとどっちも平均的に分かってくる。一つ私が日本と比べて羨ましいと思ったのは、自然が残っている、自然を残す努力をしているということです。自然と共存している生物を非常に大切にしている。テレビの環境保全のコマーシャルで、「人間は自然を必要としている。しかし自然は人間を必ずしも必要としない」と言っておりましたが、考えてみると非常に恐ろしい。我々の側で一生懸命努力しなければ我々はなくなってしまう存在であるということだと思います。それは別にしても、一本の木を切るにしても非常に日本では安易に行われている気がする。それからさっき申しましたコンクリートのホールに戻るんですけど、あれが衝撃だったのはドイツの非常に大きな伝統を壊すようなことをドイツがしているということにショックだったわけです。それで日本に帰ってきますとホールはとても木の温もりのあるホールがたくさんある。

安岡：日本では消防法等のために木はあまり使えないんですよ。それで第二国立劇場ではわざわざ燃焼試験までして木を使ったりしましたけれど、ですからコンクリートの上に表面だけ木を貼るというようなことをするんです。ただ愛知は本当にノリを沢山つけて貼ってもらいましたのでそういう意味ではしっかりとしている。

山崎：今日は朝からここでスタッフと準備をしていて、やはり天井は高いし、先ほど秋葉さんが仰ったように木とかそういった何気ないものですが、これはやっぱり非常に快適なんですね。せっかくの高い天井を低くしたり化粧をされたりされているようですが、ある程度はやむを得ないでしょうが、外野から勝手を言わせていただければ、最近東大でも古いビルディングを生かして、せっかくだったら昔のまま残してほしい。暖房の効率とかそういったことがあるんでしょうけれど、もっとも古い建物をそのまましておく方がずっとお金がかかる。それからドイツと日本を比べると日本の方がずっと緯度が低いですから、割合木なんてすぐ生えてくるんで、人間がそんなに多くない内は何をしても戻っていたんですね。あちらは一度切ってしまったらなかなか元に戻らない。かなり緯度の差というのは、気温はあまり変わらないですけどあるんじゃないかと思いますが。

秋葉：それで愛知では底力のある音が生まれたわけで

すね。最近の日本では、子供たちが全く自然を知らないで無機質の中で生まれて育っているということが非常に残念だと思うわけです。我々の年代だとまだ道は土で雑草が生えてたりだとか、その雑草の力強さとか、弱さとかいうものから色んなことを感じ取ったわけという気がするんですね。私がドイツに行ったのも色んな詩人が詩を書いているあのドイツの自然に実際に触れたかったから。それからヒットラー、ああいう自然の中でなぜああいうものが蔓延っていったのか、非常に子供の頃に本を読んでショックだったものですから。日本は自然の良さって言うものを残していく努力をしていかなければならないのではないかと。バーチャルリアリティーのもっている、本質を見極めるということが一つの答えなのかなという気が致します。

安岡：今秋葉さんに、バーチャルリアリティーの本質をちょっと突かれたような気がするんですけど

館：まさにその通りで、何が本質かということをしっかり見極めるということがバーチャルリアリティーの神髄なわけです。

山崎：学会の会員になって頂けると嬉しいのですが(笑)。それでは、お二方には失礼がたくさんありましたことを重ね重ねお詫び致しますが、おかげさまでVR学会総会の特別講演として大変素晴らしいVR空間オペラコンサートを催すことができました大変ありがとうございました。

安岡：会場のみなさんにどの音場が一番良かったか聞いてもう一度歌って頂けませんか？ 順番に手をあげてもらえばいかがでしょうか？

(愛知が選ばれる)

(歌：カルメン)

山崎：本当に今日はありがとうございました。

■略歴

山崎芳男 (やまざき よしお)

1968年早大・理工・通信卒。1970年同大学院修士課程了。以降、早大理工学研究所、千葉工大情報工学科、早大理工学総合研究センターにおいて音響学、デジタル信号処理、建築音響、バーチャルリアリティー等に関する研究に従事。現在、千葉工大情報工学科、早大理工学総合研究センター教授、1984、1990年日本音響学会佐藤論文賞受賞。工博(早大)。日本音響学会、日本バーチャルリアリティー学会理事。