

音空間の伝送・記録・再生

音空間の産地直送

1996年11月21日

早稲田大学理工学総合研究センター 山崎芳男

1. まえがき

人間にとって当然視覚は重要な情報摂取手段である、しかし目で据えられる範囲は前方に限られ、それ程広いものではない。したがって人間は元来後ろからの情報摂取は多くは聴覚、気配というものに頼っている。実際聴覚は後ろに対して驚くほど鋭い識別能力を持っている。特に後ろからの音場の伝送を考えた場合情報が大切であるということを常に認識する必要がある。

我々が行った実験においても制御点の数が同じ場合、その配置は常に前方よりも後ろの数が多い場合に自然に感ずるという結果が得られている⁽¹⁾。実際これは簡単な定位の実験をすれば明らかである。すなわち眼をつぶって前方に人が立ってしゃべった場合定位は比較的曖昧であるが、後ろの方で人間に喋ってもらえば非常に的確に位置や距離を判断できる。

いずれにしても人間はたった2つの耳で様々な方向から来る音を聞き分けている。信じられないことであり、また1本のマイクロホンがあれば原理的にもあり得ないことであるが、人間は方耳でも慣れればかなり正確な定位が可能である。これは永い経験で人間が方向別の伝送特性を正確に記憶しているからであろう。

人間の聴覚能力は驚くべきものである。

2. 蓄音機・電話・ラジオとVR

レコード再生装置は古くは蓄音機と呼ばれ文字どおり音を蓄えることを目的としていた。昭和初期は単にポータブルといえば蓄音機のことであったように1950年代はハイファイ(HiFi)がレコード再生装置のあるいは高級ラジオの呼称として定着していた。HiFiはHigh Fidelity 高忠実度の略であって、何に対して忠実かは多少議論があるが、演奏会場の音をそのまま自宅に持ち込もうという願望の込められた的確な呼称である。

1958年に45/45ステレオレコードが登場すると音響時代を迎えHiFiステレオ、ステレオが音響再生装置の一般名称になったことは皆様よく御存知の通りである。

ステレオの登場とともに臨場感という言葉が盛んに使われはじめた。この臨場感こそVRを最も的確に据えた日本語表現と言えるのではないか。レコードの歴史はまさにバーチャルリアリティ(VR)を追及してきたとみることができよう。

電話もまたTelephoneが示すとおりテレグジスタンス(tele-existence)を志向したシステムであることは間違いない。現在の電話の通話品質は決して高いものではないが電話を多くの人々がそれをVRと意識するかいなかは別として自然にテレグジスタンスの道具として利用している。

ところで人間の耳が二つあることに着目した電話回線を使った遠距離立体音響再生、すなわち音場の移動に関する研究はアメリカのベル研究所を中心に1920年代から既に始められていた。1933年4月27日ワシントンとフィラデルフィア間を電話線で結んでストコフスキー指揮フィラデルフィア交響楽団の演奏などを使った有名な3チャンネル立体音響の実験が音響物理学者らによって行われた。この実験によりステレオ再生やバーチャルリアリティに通じる貴重な数々の成果が得られている⁽²⁾⁻⁽⁷⁾。

日本においても伊藤毅、牧田康雄らにより立体再生の詳細な理論検討や実験が行われている^{(8),(9)}。当時の立体音響再生こそ音空間の移動技術すなわちVRそのものといえる。

放送における立体音響再生の歴史も古くアメリカでは日本で放送が開始された1925年にコネチカット州ニューヘブンにおいてAM放送2局による実験放送が行われた記録がある。

日本でも1952年12月5,6,7の三日間通常放送の終了後ラジオNHK東京第1,第2放送を使ってステレオの試験放送が行われた。翌年から全国ネットの実験が何度が行われ1954年4月から日曜昼の提示番組に「立体音楽堂」が登場した。さらにFENを含めた3チャンネルステレオの実験すら行われている。

また1954年には東京の民放3局ラジオ東京、文化放送、ニッポン放送による三次元ステレオの実験が行われた。

その後、東京、大阪、福岡、札幌などで民間放送によるステレオの定時番組も定着した。東京地区では1958年9月から分化放送とニッポン放送によるイブニングステレオは平日の夕刻、毎日15分づつ放送されていた。家庭用音響再生装置にはAMラジオが2組組み込まれると言う時代が数年続いた。

一方FM放送では1958年頃からクロスビー（FM - FM）方式のステレオ放送が実験され、1988年アメリカでは現行のパイロットーン方式がFCCの標準方式として決定され、日本では1963年12月24日日本放送が開始された。FMステレオ放送の本格化とともにラジオ放送のステレオはFMに移行した。

1波によるAMステレオ放送についてもアメリカでは古くから研究が行われていた。日本でも1962年にTBSに実験局の免許があり実験放送を行なった。その後紆余曲折があり1991年AMステレオ放送が開始されたが、今となっては2波によるAMステレオ放送をご存じの方はほとんど無いのではないかと。

一方テレビジョンの音声多重放送も1960年代から研究が行われ1982年12月7日から本放送が開始され、現在ではほとんどの局がステレオ化されている。また1984年5月12日から直接衛星放送DBS（Direct Broadcasting Satellite）の実験放送が開始された。DBSの音声放送はAB2モードがあるが、両モードともデジタル放送であるがBモードでは2チャンネルAモードでは4チャンネルステレオ放送が可能である。

3. 音空間の伝送

図-1に示すダミーヘッドホン收音・ヘッドホン受聴あるいはトランスオーラル系によるスピーカ再生はいずれも原音場の空間情報は伝えることができる。しかしこれらは空間でなく2点のみの制御であり人の移軌、頭の回転には対応できない。

現行のステレオシステムでは例えチャンネル数を増やしても正確な三次元音空間の伝送は到底不可能である。

正確に伝送するには図-2に示すキルヒホフ積分に基づく方法しかない。しかし膨大な数の收音伝送再生系を必要とし実現は不可能である。

図-3に示すように波面合成の理論に基づき数十点で收音・伝送し、同じ波面合成理論により数十個のスピーカにより再生する方法が検討されている⁽¹⁰⁾。実現可能な数の收音・伝送再生系で実用上十分な三次元音空間の伝送が可能である。

特に図-4に示すように音源が片側に偏在する遠隔会

議などの場合には制御する面が1面ですむので特に有効である。

さらに遠隔会議や講演のように音源の数が一つあるいは少数の場合には図-5に示すように近接4点法で音源位置を実時間で算出することにより、音源の数だけの伝走路と音源位置情報だけで空間音情報の收音・伝送が可能となる。再生は前述の方法と同様の方法、すなわち波面合成により現実的な数の制御系・スピーカで三次元音空間を再構築することが可能である⁽¹¹⁾。

なお近接4点法とは著者らが開発した同一平面上にない近接して配置したマイクロホンで收音し、その4つの信号の時間構造の違いに着目し地震の震源探査や三角測量と同様な原理で直接音および反射音の位置を把握する音空間測定法である⁽¹²⁾。

4. 情報の産直

映画やテレビの映像には監督やプロデューサなどの制作者の意思が反映されており、それが価値をもっているのに対して、VRネットワークによる空間伝送ではむしろ監督やプロデューサなどの意思ではなく自分の意思で見たいものを見、聴きたいものを聴くことに意味があるといえるのではないかと。

いわば情報の産地直送である。例えばオペラハウスの何箇所かにオペラグラスのようなビデオカメラとバイノーラル收音装置を設置すれば、オペラハウスの好きな席でオペラグラスをとおして鑑賞するのとほぼ同等の体験をすることを現在の技術でも十分可能である。

ユネスコは世界遺産条約に基づいて、現在94カ国411個所が遺産リストに指定している。日本でも姫路城と法隆寺地域の仏教建造物が文化遺産に屋久島と白神山地が自然遺産が1993年登録された。遺産指定によって、特に自然遺産は人が押し寄せて破壊されるといった新たな懸念も生じている。

そこで遺産の自然や景観を損なわない範囲で、カメラ、マイクロホン、温度、風のセンサ等を設置することにより電話や衛星回線を通していながらにして、遺跡や動植物の観察が可能となる。現在ユネスコや各国の大学、研究機関と協力してVRによる世界遺産の体験システムの構築の検討を始めている。

世界遺産に限らず、例えばシャンゼリゼや銀座通り、世界各地の海岸やスキー場、幹線道路や駅等を結ぶネットワークを構築すれば各種の情報サービスに頼ることなく、自分の目と耳で的確な情報を把握することが可能となろう。

文献

- (1) 白石吾朗, 鮫島俊哉, 恵群, 伊勢史郎, 山崎芳男, “キルヒホフの積分公式に基づいた頭部周辺の音場制御” 日音講論, pp.465-466 (1994.3).
- (2) "Symposium on Wire Transmission of Music and Reproduction in Auditory Perspective," E.F., Vol. 53, 1934.
- (3) H.Fletcher, "Basic Requirement," pp.9-11,
- (4) J.C.Steinberg and W.Snow, "Physical Factors," pp.12-17.
- (5) E.C.Wente and A.L.Thuras, "Loudspeakers and Microphones," pp.17-24.
- (6) E.O.Scriven, "Amplifiers," pp.25-28.
- (7) H.F.Afel, R.W. Cjesnut and R.F.Mills, "Transmission Lines," pp.216-219.
- (8) 伊藤毅, “音響工学原論(下),” コロナ社
- (9) Y.Makita, "On the Direction Localization of sound in a Stereophonic sound field," European Broadcasting Union Review, Vol.37A, pp.102-108, June 1962.
- (10) A.J.Berkhout, "Acoustic control by wave field synthesis," J.Acoust. Soc. Am. Vol.93, Soc.36, pp.979-995 (1988).
- (11) 工藤修二, 及川靖広, 山崎芳男, 片桐竜二, “近接4点法により求められた反射音位置に基づく波面合成,” 日本音響学会講演論文集 pp.803-804, (1996.3)
- (12) Y. Yamasaki and T. Itow, "Measurement of spatial information of sound fields by closely located four point microphone method," J. Acoust. Soc. Jpn. (E) 10, 2, pp.101-109 (1989).

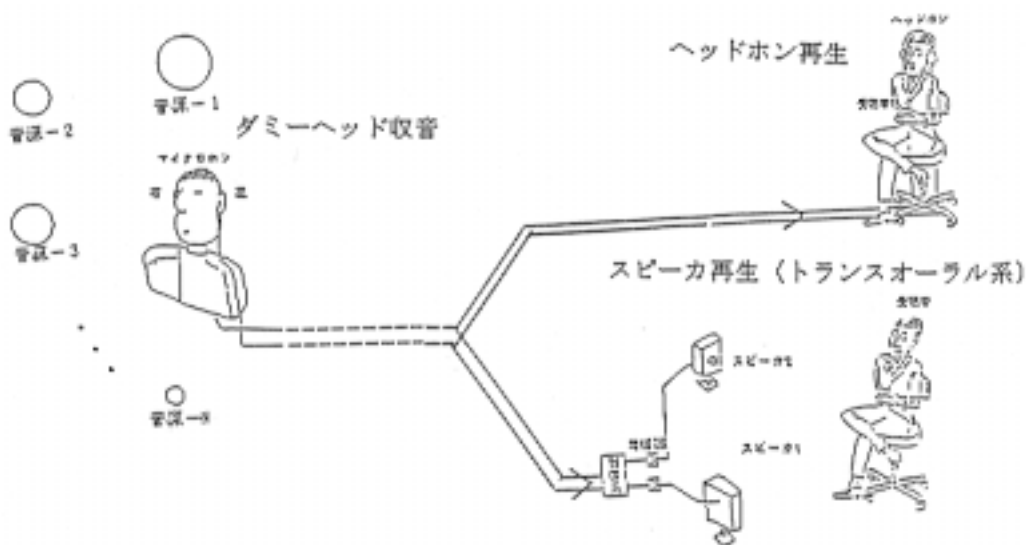


図 - 1 バイノーラルとトランスオーラルシステム

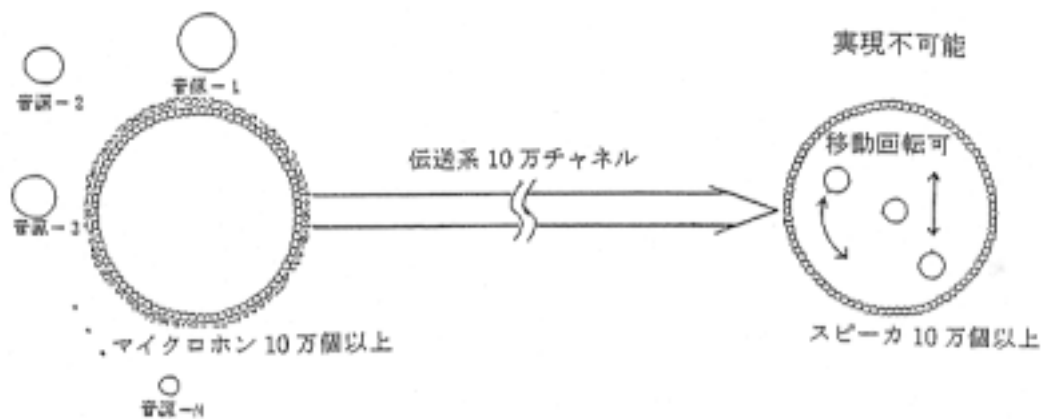


図 - 2 キルヒホフ積分

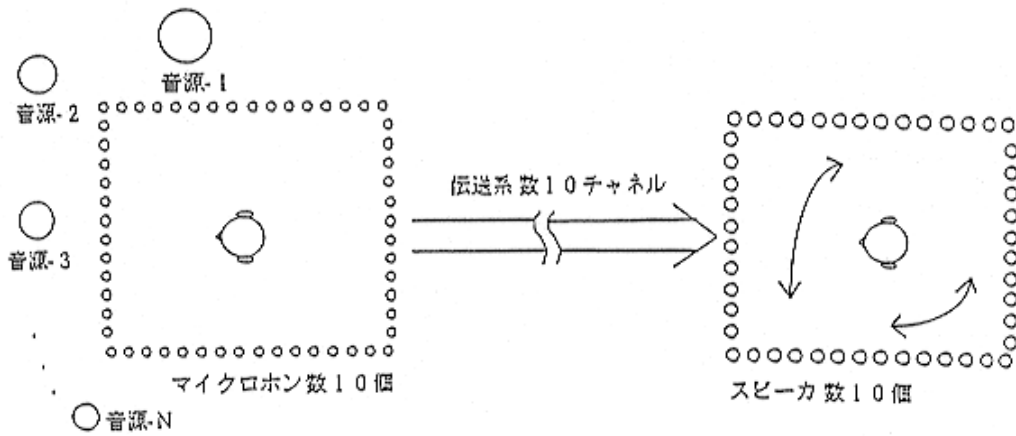


図 - 3 キルヒホフ積分 + 波面合成

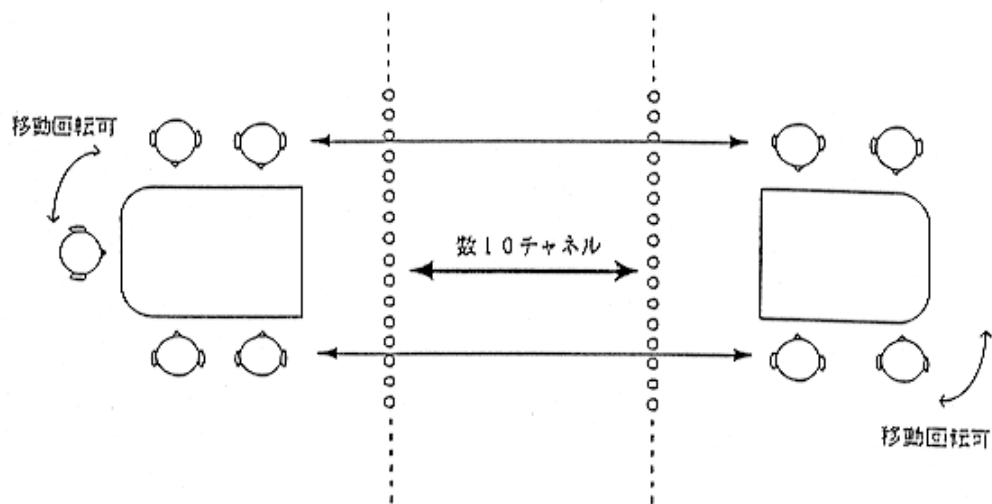


図 - 4 波面合成 (1面) による遠隔会議

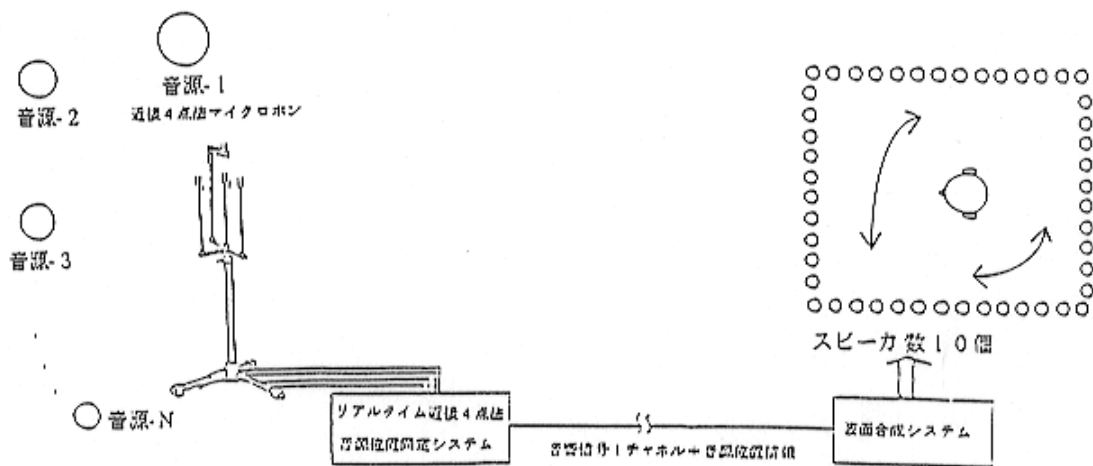


図 - 5 近接4点法 + 波面合成