

〔非公開〕

TR-C-0012

臨場感通信会議システム  
に関する一考察

石橋 聡                      秋山 健二                      小林 幸雄  
SATOSHI ISHIBASHI      KENJI AKIYAMA      YUKIO KOBAYASHI

1988. 8. 22.

A T R 通信システム研究所

臨場感通信会議システムに関する一考察

昭和63年8月

知能処理研究室

石橋 聡

秋山 健二

小林 幸雄

## 1 まえがき

モールス符号のやりとりに始まった電気通信において、その利用する媒体は符号→文字→音声→画像へと変遷してきた。これは離れた場所同士でお互いの状況を、あるがままに、より自然に伝え合おうとするための変遷ととらえることができる。換言すれば、電気通信の一つの流れは、臨場感の追求にあると言える。現在、画像通信技術の進歩によって、お互いの顔や室内風景を見ながら交信できるようになった。しかしながら、お互いが実際に面談しているような感覚が得られるには至っておらず、より臨場感のある画像通信即ち臨場感通信の実現が望まれている。

臨場感通信とは、

「あたかも自分がその場にいるような、すなわち、そこに存在するがごとく、聞き、見、さらには触れることのできる環境を利用者に提供する臨場性のある通信」  
のことであり、通信会議や模擬体験などへの適用が考えられる。

本稿では、臨場感を第一とし、さらには従来のTV会議方式の欠点を克服すべく多対地間通信、設備の小型化をねらって、以下のコンセプトに基づいて臨場感通信会議システムの構成法、技術課題について述べる。

- ・ 実際に臨場しているような効果が得られる。
- ・ 複数の場所の相手と同時に通信できる。
- ・ ターミナル（ワークステーション）を使う感覚で通信できる。

また、付録Aでは、現在のTV会議方式の将来形態として位置づけられる実空間での臨場感通信会議の構成実験について述べる。付録Bでは、現在のTV会議方式とは異なる新しい形態の仮想空間での臨場感通信方式の構想について述べる。

## 2 臨場感通信会議の位置づけ

通常、通信会議において利用者の存在する空間は、

第1空間……自分が現在居る環境 と、

第2空間……相手が現在居る環境

しかない。現状のTV会議では、自分のTV会議室が第1空間、相手のTV会議室が第2空間であり、モニターを通して第2空間を垣間見ていることになる。

『自分と相手が実際に対面して会話している感覚』を臨場感の一つの要素（必要条件）とすれば、自分と相手が同一空間内に存在しているかのごとき環境を作り出すことが必須である。第1空間内の小さなモニターに映し出される第2空間の映像は、利用者にとって明らかに別世界のものとしてしか認識されないだろう。

同一空間に存在する感覚を作り出すには2つの方式が考えられる。

(実空間方式) 第1空間と第2空間を融合する。

(仮想空間方式) 第1でも第2でもない別空間へ自分と相手を写像する。

実空間方式では、図1に示す通信会議の例のように、双方で全く同一な環境（調度、背景など）を用意し、実物大で映すことのできるモニタスクリーンにお互いの空間を映しだして会話する。スクリーンを境にして第1空間と第2空間を結合しただけであるが、大きさ、調度、背景などを統一してあるため、利用者は自分と相手が同じ部屋にいるかのごとき感覚を得ることができる。

一方、仮想空間方式では、お互いの空間を調整・統一するのではなく、仮想的に作り出した共有の空間へ自分と相手の像を映し込むことにより、同一空間内に居る感覚をもたらそうとするものである。図2に示すように、自分の環境でも、相手の環境でもなく、かつ、お互いに共通な環境がCG等で創成され、そこに自分の像と相手の像が合成される。注視するモニタ内の空間が相手の空間ではなく、両者に共通の空間であるため、利用者は自分と相手が同じ部屋にいるかのごとき感覚を得ることができる。

実空間方式は現在のTV会議方式の将来形態として位置づけられる。仮想空間方式は新しい形態の通信方式として位置づけられる。

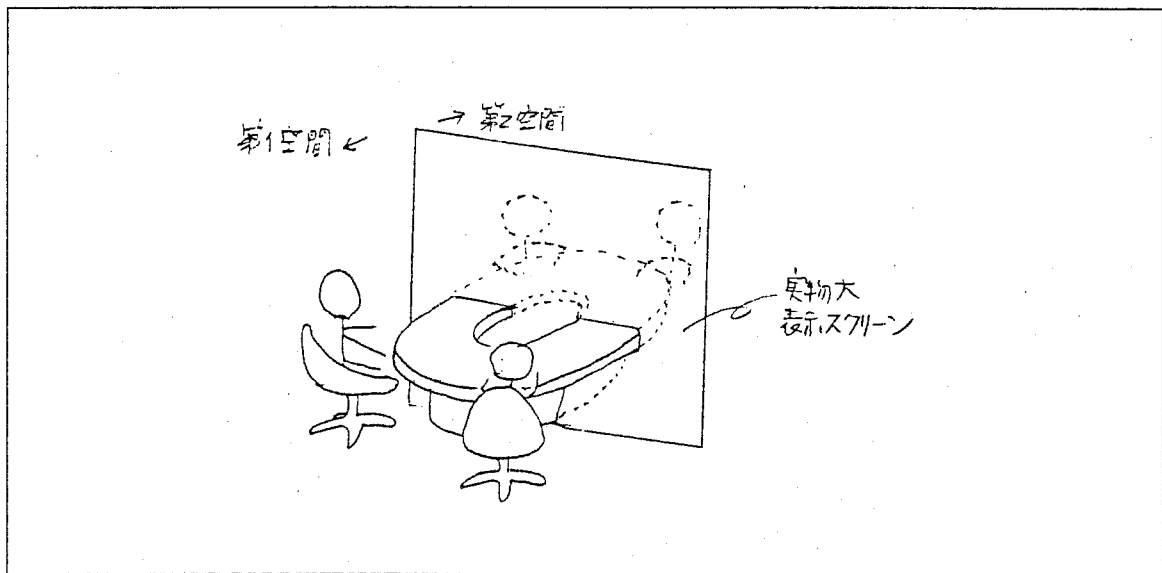
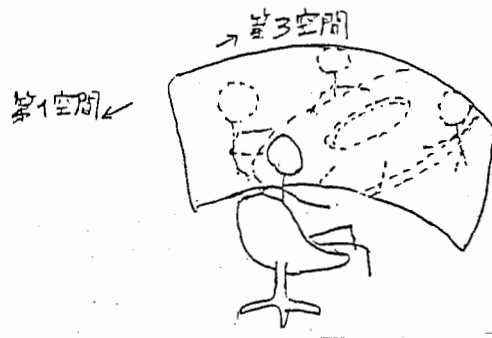
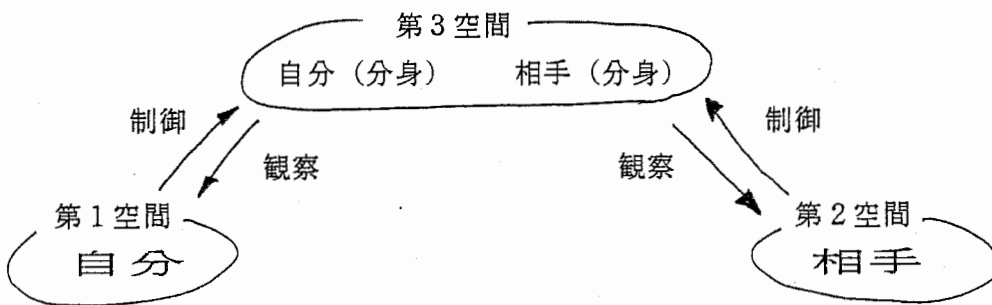


図1 実空間方式の概念図



仮想空間方式における第1でも第2でもない空間を第3空間と呼ぶことにする。  
 第3空間……仮想的に創成した環境であり、自分の分身と相手の分身が同居する。



交信者は自分の側の映像をダイレクトに相手に送るのではなく、共通の空間として創成された第3空間へ自分自身の映像のみを写像する。相手自身の映像も同様に写像される。これらをそれぞれの分身と呼ぶ。自分および相手は第3空間内での自分と相手の分身の振舞いをモニタを通して観察し、あるいは分身の振舞い方を制御することで交信を行なう。

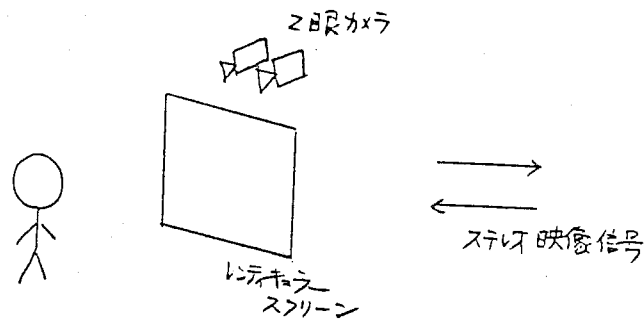
図2 仮想空間方式の概念図

### 3 臨場感通信会議の実現方式

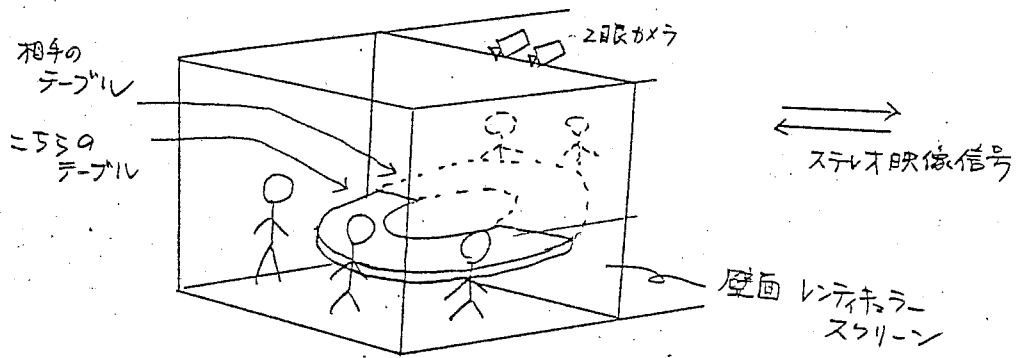
図3に実空間方式の構成図を示す。実空間方式は現在のTV会議方式をベースにして、会議室の統一、実物大表示、さらには立体表示、視線の一致を図る。図4に仮想空間方式の構成図を示す。仮想空間方式は架空の共通会議室の映像をソフト的に創成し、そこに出席者の映像を合成表示する。また、表1に臨場感通信会議の実現方式の比較を示す。両方式を比較するため、はじめに掲げたコンセプトにしたがい、以下の7点を評価項目とした。

- (1) 実在感があること
- (2) 立体感があること
- (3) お互いの視線が一致すること
- (4) 視野が広いこと
- (5) 多対地で同時に会議ができること
- (6) 電話のように手軽な感覚で扱えること
- (7) 一般的な方式として普及可能な規模・コストであること

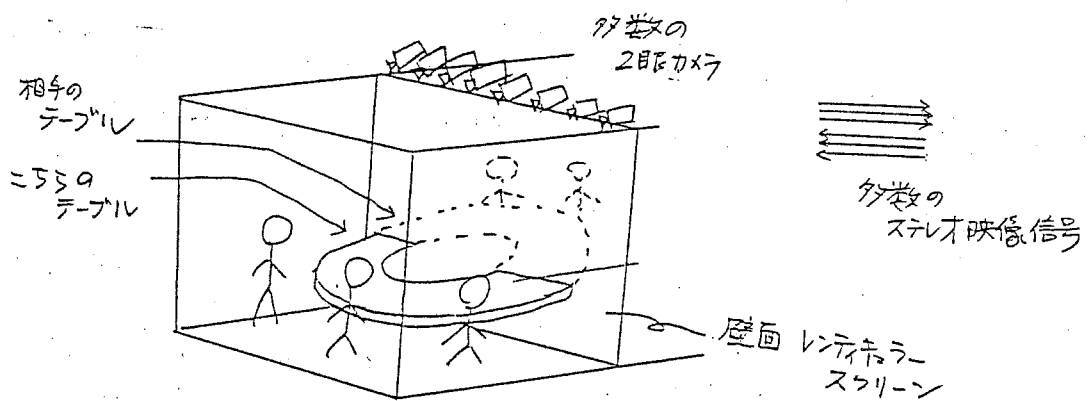
仮想空間方式に比べ実空間方式は従来のTV会議方式をベースにして構成できるため技術的に実現が容易である。ただし、同一の環境をお互いに用意する必要があるため、不特定の相手との交信に向かないことや設備が大がかりになるという欠点がある。一方、仮想空間方式はCGや映像合成など新たに検討すべき技術的課題が多いものの、コンパクトで多対地での会議も構成しやすく、また模擬体験、アニメ作成等、通信会議システム以外への応範囲な応用が考えられる。



(a) 実1 従来TV会議方式の立体映像化



(b) 実2 会議室の統一と映像の実物大化



(c) 実3 会議室の統一と映像の立体実物大化と視線の一致

図3 実空間方式の構成図

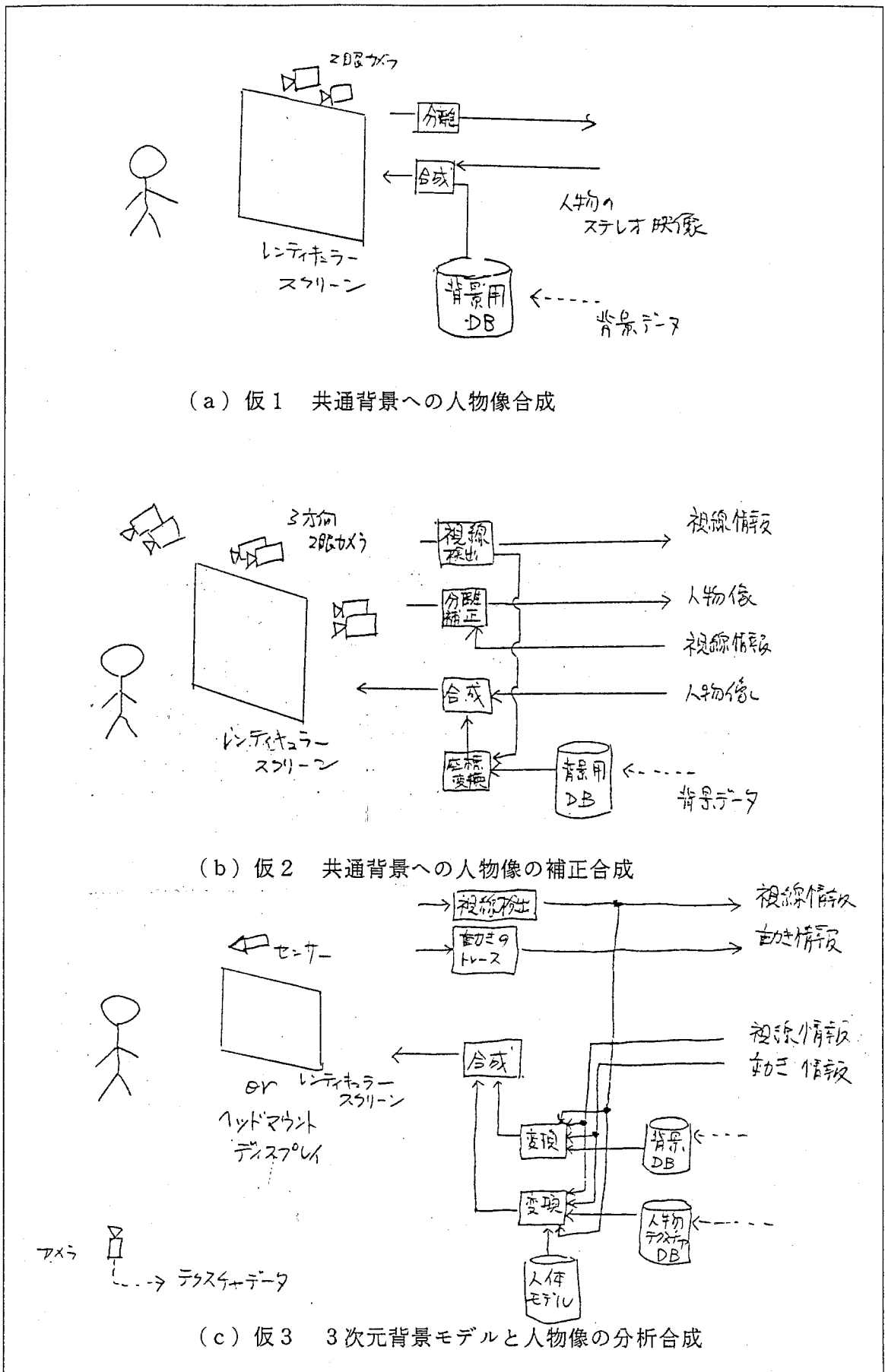


図4 仮想空間方式の構成図



表 1 臨場感通信会議の実現方式とその比較

方式	概要	入力	処理	出力	実在感 *1	立体感	視線一致	広視野	多対地	会議室 *2	実現性 *3
実 1	従来のTV会議の3D化	2眼カメラ	ステレオ画像の伝送	メガネレス立体	×	○	×	△	△	×	◎
実 2	壁面スクリーン 会議室統一	〃	〃	〃	◎	○	×	△	△	×	△
実 3	壁面スクリーン 会議室統一 視線の一致	多数の2眼カメラ	多数のステレオ画像の伝送	〃	◎	○	○	△	×	×	×
仮 1	共通背景 人物像合成	2眼カメラ	人物像分離 合成	〃	○	○	×	△	○	○	△
仮 2	CG背景創成 人物像合成 視線一致	2眼カメラ	人物像分離 合成 視線検出	視線制御 2次元/ 立体	○	○	○	○	○	○	○
仮 3	CG背景創成 人物像認識 CG合成	1眼カメラ (センサ)	人物像認識	視線制御 メガネレス立体	○	○	○	○	○	○	○

\*1: 同一会議室にいる感覚    \*2: 通信会議室の必要性, そこに行く必要性    \*3: コスト

4 臨場間通信会議の技術課題

表2に臨場感通信会議方式における技術課題を示す。

表2 臨場感通信会議に必要な技術

分類	機能	所要技術	実実実			仮仮仮			
			1	2	3	1	2	3	
入力	<ul style="list-style-type: none"> <li>人物像の入力</li> <li>動きの入力</li> <li>表情の入力</li> <li>視線の入力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人物像の切り出し</li> <li>人物像テクスチャ入力</li> </ul>	-	-	-	○	○	-	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>動作の認識</li> </ul>	-	-	-	-	-	○	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>分析合成符号化</li> </ul>	-	-	-	-	-	○	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>視線検出</li> </ul>	-	-	○	-	○	○	○
処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>人間のモデル化</li> <li>背景の創成</li> <li>背景と人物の合成</li> <li>背景, 人物データの蓄積</li> <li>高能率な伝送</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元人体モデル化, レンダリング</li> <li>マニピュレート (アニメーション)</li> </ul>	-	-	-	-	-	○	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元空間モデル化, レンダリング</li> </ul>	-	-	-	○	○	○	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>クロマキー</li> </ul>	-	-	-	○	-	-	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>CG</li> </ul>	-	-	-	-	-	○	○
		<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dデータベース</li> <li>符号化</li> </ul>	-	-	-	○	○	○	○
出力	<ul style="list-style-type: none"> <li>視線に合わせた表示</li> <li>表示形式/品質の制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>座標変換</li> </ul>	-	-	-	-	○	○	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>精度, 速度, 2D/3Dの選択制御</li> </ul>	○	○	○	○	○	○	
I F	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然なI F</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無装着での各種検出</li> </ul>	-	-	○	-	○	○	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>言語, 画像の統合インタフェース</li> </ul>	-	-	-	○	○	○	

臨場感通信方式の一つとして、通信会議システムの構成法、技術課題について述べた。『自分と相手が実際に対面して会話している感覚』を臨場感の重要な要素の一つと考え、これを実空間で実現する方式（実空間方式）とソフト的に創成する仮想的な空間で実現する方式（仮想空間方式）を挙げ、それらについて検討を行なった。

実空間方式は従来のTV会議方式の延長線上に位置づけられる。一方、仮想空間方式は“第3の空間へお互いが出かけて行って会話する”という従来の通信会議には無かった新しい会議形態として位置づけられる。したがって実用方式においてはアプリケーションに応じて両者を使い分ける必要がある。ただし、通信会議システムとして両者を機能面から比較した場合、実空間方式は以下の点で限界があり、

- ・専用の通信環境（会議室）を用意し、そこへ出かけなくてはならない。
  - ・通信環境を利用者の意志・好みに合わせて変更できない。
  - ・多対地での交信や、不特定多数の交信者間での通信が実現しづらい。
  - ・交信者の意志に合わせた視点の自由な移動ができない。
  - ・意志伝達のための様々な効果的内容操作（誇張、隠匿、非現実的動作など）を行えない。
- 臨場感通信会議においてこれらの機能を実現するには、仮想空間方式を用いる必要がある。

## 付録 A

### 実空間での臨場感通信会議の実験

第3章で述べた実空間方式を構成するための基礎実験を行なった。既存の装置類を用い、実物大表示、立体表示が可能な実験系を構成し、同一の会議卓を使用して模擬会議を行い、臨場性の評価、問題点の抽出を行なった。

#### A 1 実験方法

図A 1に示す実験系を用い、撮影側と投影側に会議出席者を配置し、投影側で臨場感の評価を行なった。図A 2に会議風景を示す。

##### A 1. 1 撮影側の条件

- (1) 無限遠の位置にある物体が重なるように収斂角を調整する。
- (2) カメラの高さ  $h = 127\text{cm}$
- (3) カメラ間隔  $= 6.5\text{cm}$
- (4)  $f = 14\text{mm}$
- (5) カメラ・被写体距離  $= 340\text{cm}$

##### A 1. 2 投影側の条件

- (1) スクリーンに投影された映像と実物の大きさを一致させる。
- (2) プロジェクタの高さ  $h = 148\text{cm}$
- (3) スクリーン上の左右像間隔  $= 6.5\text{cm}$  (偏向メガネの間隔と同じ)
- (4) プロジェクタレンズ  $f = 140\text{mm}$
- (5) スクリーン・プロジェクタ距離  $= 830\text{cm}$  (スクリーンに近いハーフミラーからスクリーンまで)

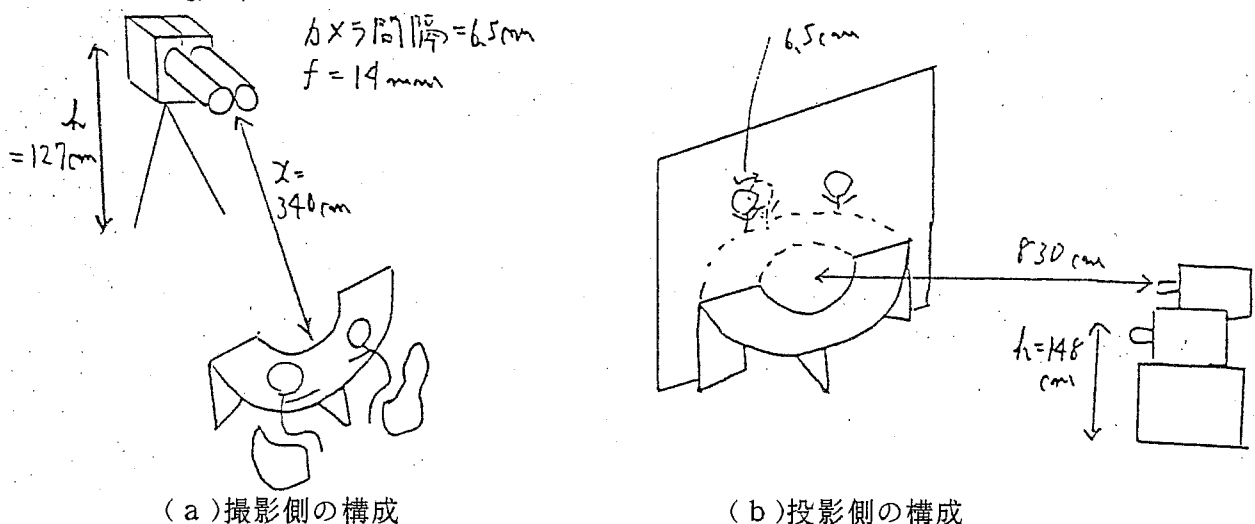


図 A 1 実験系



図A 2 会議風景（写真撮影のため表示は2次元）

## A 2. 実験結果

### A 2. 1 臨場性について

- (1) 3D表示は、2D表示に比べて大きな臨場感が得られる。
- (2) 正面投影のためスクリーン上に観察者の影ができる。
- (3) 目の高さ、カメラの高さ、プロジェクタの高さが異なるため円テーブルの変形が生じる。
- (4) TVカメラの解像度不足、左右カメラの色ずれ等が生じた。
- (5) 表示側のテーブルの有無は臨場感に大きく影響する。
- (6) 大きな臨場感を得るには音声も必要である。

### A 2. 2 臨場感の評価

#### (1) 臨場感の因子

- ・実物感
- ・色彩が自然
- ・疲れない
- ・視野が広い
- ・相手の環境と自分の回りの環境との連続性がある
- ・視線の一致ができる
- ・相手の表情が分かる
- ・自分が見たいところが見える

### A 2. 3 実験装置の改善

- (1) 投影側は、背面投影とすべきである

背面投影とすればカメラの高さ，プロジェクタの高さ，目の高さを同じにできる。さらに，観察者の影の問題も解決できる利点がある。

(2) 2眼カメラベンチの改善

収斂角，カメラ間隔等を精度良く合わせられない，ちょっとした振動で設定が変動する等の問題がある。

(3) カメラ・ミクサー

カメラ間距離・収斂角を調節できるように，カメラの解像度・色ずれをなくすため。また，2眼カメラの方向を正確に合わせるため。

## 付録 B

### 仮想空間を用いる通信会議（仮想空間通信方式）の構想

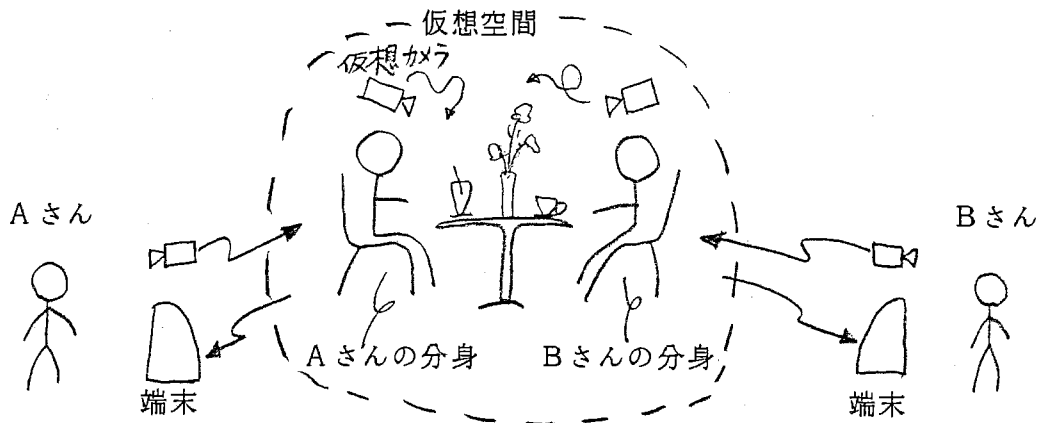
仮想空間方式は“第3の空間へお互いが出かけて行って会話する”という従来の通信会議には無かった新しい会議形態を提供するものであり、臨場感の重要な要素の一つである実在感を満たすだけでなく、第5章で述べたように実空間方式では実現困難な、会議環境の自由なレイアウトや視点の任意移動等の機能をも実現するものである。また、実際に会えないもの（過去／未来、危険な場所、著名人等）との交信や、実際に会ったのではできない交信（無責任、冷静、隠匿等の効果）を可能にし、単なる面談会議の代替えであった通信会議を越える応用が考えられる。

ここでは、第3章で述べた仮想空間方式についてさらに詳しく考察する。（本方式を仮想空間通信方式と呼ぶことにする。）

#### B 1 仮想空間通信の概要

##### B 1. 1 仮想空間通信の概念

図B 1に仮想空間通信の概念を示す。



図B 1 仮想空間通信の概念

第3章で述べたように、仮想空間通信方式とは、交信者と交信者の間に仮想的な共有空間を創成し、その空間に交信者の“分身”を送り込み、“分身”に交信者の意図（動作・意志）を肩代りさせることにより相互の交信を行なう通信方式のことである。

図B 1では、離れた所に居るAさんとBさんの間に仮想的な空間を創成する。この空間は、お互いに知っているコーヒョップであつてもよいし、Aさんのリビングルームであつてもよい。ただし、あくまでも映像上で存在する仮想的な空間であり、本人が実際に

そこへ出かけて行くのではない。そのかわり、自分の映像をそこへ送り込む（写し込む）。これを“分身”と呼ぶ。Aさんは自分の分身をまるで操り人形のように動かしてBさん（Bさんの分身）と交信する。Aさんの分身の振舞い方を制御できるのはもちろんAさんのみである。Aさんの分身はAさん本人の動きのとおり動作するよう制御されてもよいし、Aさんの実際の動きとは別に、Aさんの命令に従って動作するよう制御されてもよい。Aさんは自分の分身の動作の制御とは別に、仮想空間を映すための仮想カメラを制御することができる。通常仮想カメラの位置はAさんの分身の目にあつて、本人があたかもその空間内に居るかのようにBさんや周囲を見ることができる。さらに、カメラ位置は分身の目に固定されるのではなく、仮想空間内のどの位置へも動かすことができる。したがって、TV番組出演者がモニターで自分の姿を見るかのように、第3者の視点位置から自分とBさんの分身の姿を見ながら交信することもできる。このように、仮想空間通信では、分身を通して相手に自分の意志を伝達し、仮想カメラを通して相手の意志や周囲あるいは自分自身の状況を把握することで、お互いが同一の空間内にいる感覚を持ちながら交信を行なう。

### B 1. 2 仮想空間通信の効果

仮想空間通信方式を用いることにより以下のような効果が得られる。

- ・実在感……本文で述べたように、端末のモニターに映る空間は相手の空間ではなく、相手と自分が同居する共通な空間であるため、臨場感をもたらす重要な要素の一つである実在感を与えることができる。
- ・会合場所の自由な設定／変更……物理的な会議スペースを用いず、映像のみを創成するため、好みに応じて会合場所を自由に設定したり、会議途中で会議場所を変更したりできる。会議端末もワークステーション程度に小型化できる。
- ・視点の自由な設定／移動……物理的な空間を撮影するのではなく映像を創成するため、視点（カメラ位置）を自由に移動できる。本人の目から見た映像だけでなく、第3者の目から見た映像も見ることができるので、自分の振舞い方を冷静に判断しながら交信できる。
- ・面談会議では得られない効果……本人同士が直接的に対面するのではなく、分身を経由するため、実際に会えないもの（過去／未来、危険な場所、著名人等）との交信や、実際に会ったのではできない交信（無責任さ、安心感、隠匿等の効果）が可能になる。自分の像をそのまま分身に写すのではなく、アイドルやマスコットに転嫁したり、空を飛ぶなど現実では有り得ない動作をさせたりすることもできる。
- ・多彩なサービスへの応用……面談会議の代用となるだけでなく、多対地間での同時通信や、明確な通信相手が無い通信、即ち、おしゃべり広場のような仮想空間へ出かけて行って、そこに偶然居合わせた人と会話するなど、多彩なサービスへの応用が考えられる。また、人間同士の交信だけでなく、マシンとの会話にも適用できる

### B 2 仮想空間通信の構成方法

仮想空間通信を構成する上で重要となるのは、①仮想空間の観察方法、②分身の制御方法、③仮想空間の創成方法である。また、システム化に際しては、ヒューマンインタフェース、表示方法、伝送方法、蓄積方法、セキュリティなども必要となる。ここでは①～③



について考察する。

### B 2. 1 仮想空間の観察方法

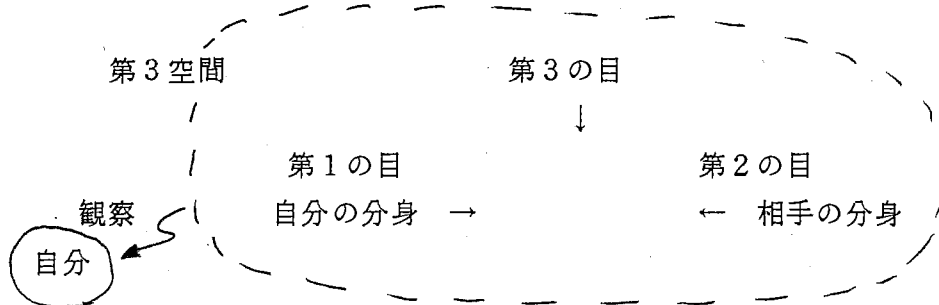
仮想空間を観察するには次の3つの視点が考えられる。図B 2にその概念図を示す。

第1の目（視点）……自分の分身から見た仮想空間の光景

第2の目（視点）……相手の分身から見た仮想空間の光景

第3の目（視点）……自分でも相手でもない視点（例えばモニタカメラ）から見た仮想空間の光景

従来のTV電話等の画像通信方式では、第1の視点と第2の視点しかありえなかったが、仮想的な第3空間を創成することで、第3の視点からの観察が可能となる。第3の目から見た映像を使うことにより自分と相手が同一空間に居る感覚を作り出すことができる。



図B 2 仮想空間を観察する視点の概念

### B 2. 2 分身の制御方法

仮想空間内の自分の分身を制御する手法は次の2つに分けられる。

- ・受動的手法……カメラ・センサ等で自分の映像を姿・動きを検出し、分身にトレースさせる
- ・能動的手法……マウスなどの指示入力装置を使い分身の動きを自分の意志に沿って操作する

受動的手法は制御のための指示操作の煩わしさはないが、分身は自分の動きの通りにしか動かない。これに対し、能動的方法は指示操作を必要とするが、実際（第1空間）とは違った誇張した動き等が可能となる。制御のための指示情報となる人間の動きをとらえる技術も重要である。

### B 2. 3 仮想空間の創成方法

仮想空間を創成する手法としては、

- ・あらかじめ対象となる空間の映像を様々な視点から撮影し蓄積しておき、必要に応じて検索し取り出す、
- ・CGで用いられる3次元モデルとして空間を記述しておき、指定された視点からの光景を逐次映像化する、

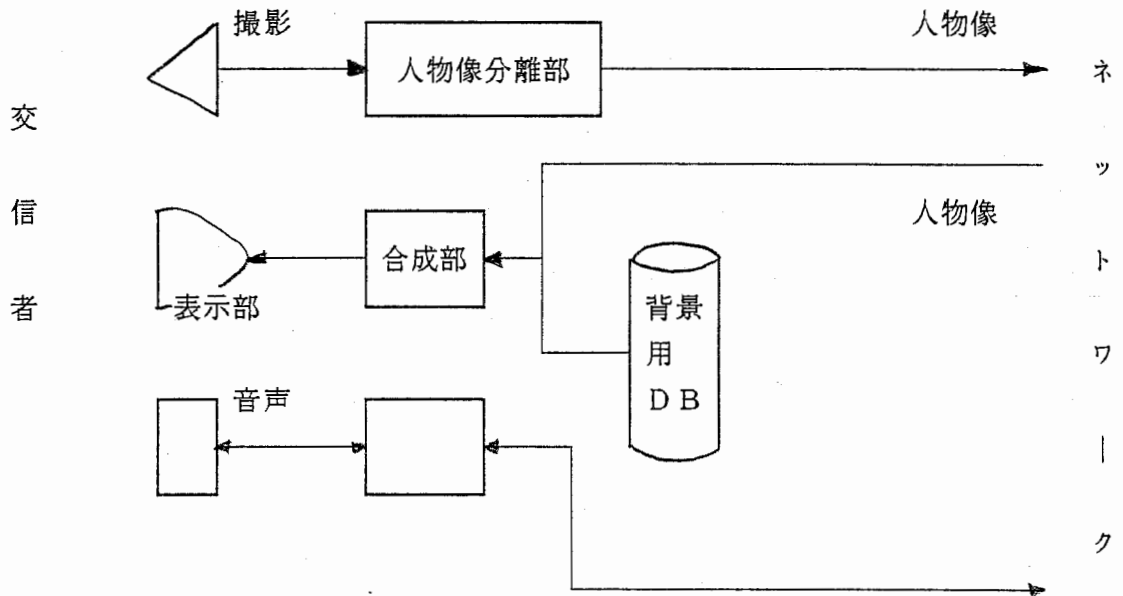
ことが考えられる。前者は技術的に実現が容易であるが、移動可能な視点位置に制限がある。後者はその制限はないが、映像の品質や実時間性に問題がある。

### B3 仮想空間通信へ到達するまでのSTEP

仮想空間通信を実現するためには解決すべき技術課題が多く、長期の研究を要する技術も含まれる。そこで、最終目標に達するまでにいくつかの実現方式の段階を設けて順次検討を進める必要があると考える。ここでは以下の3つのSTEPを設ける。

#### (1) STEP 1

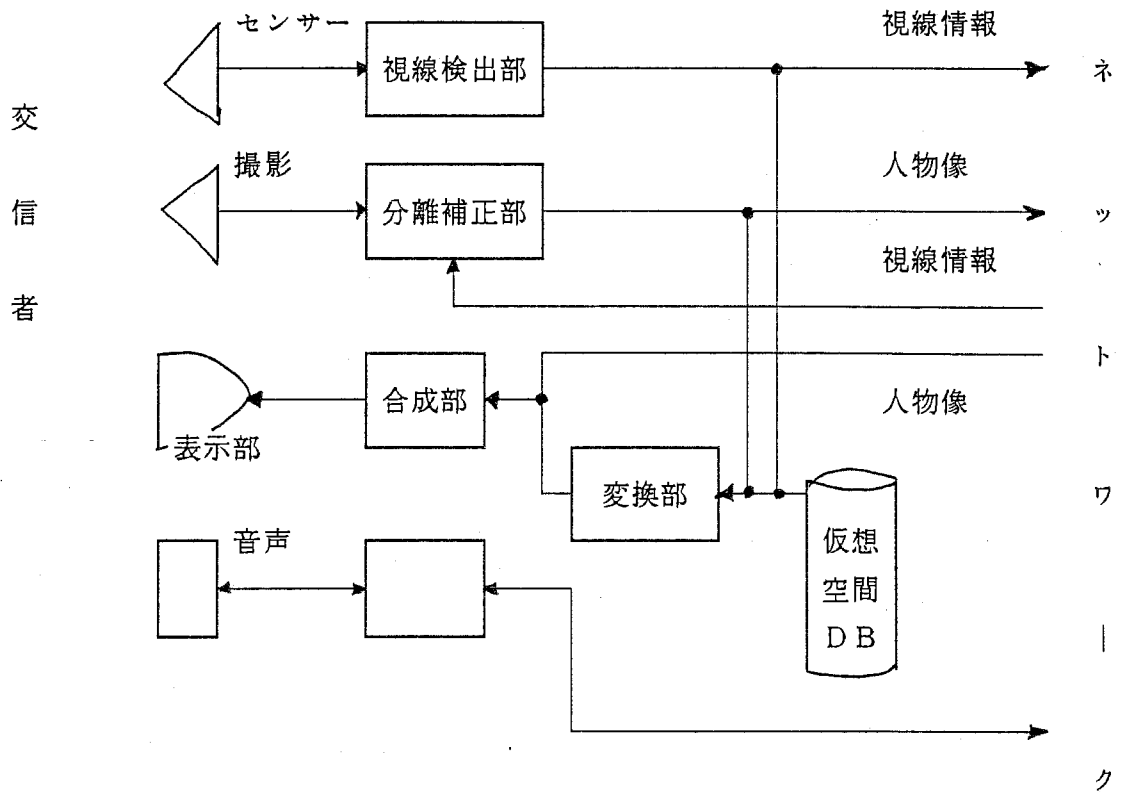
- ・共通背景に人物像を信号処理で合成する
- ・人物像の背景分離がkeyとなる。
- ・視点位置：固定



図B3 STEP 1方式の概念図

(2) STEP 2

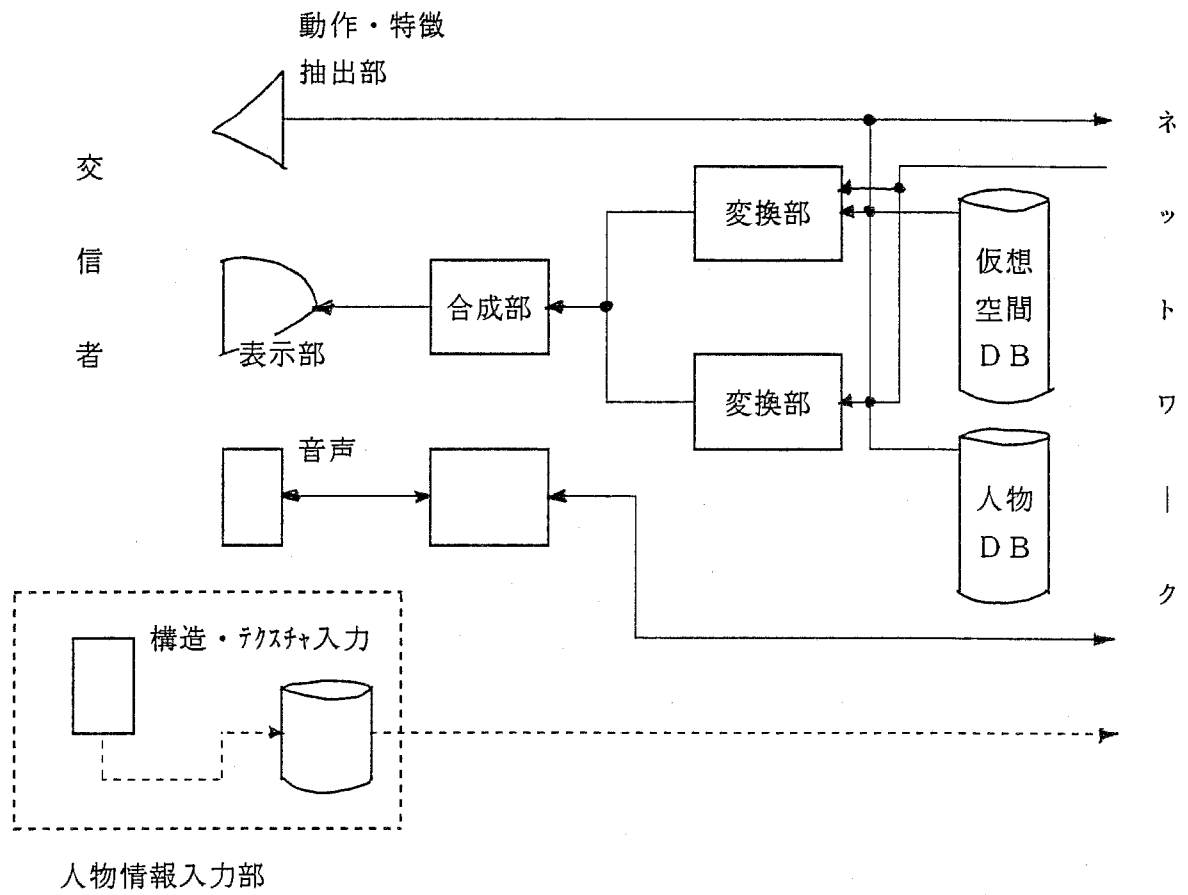
- ・CGで創成した背景に，複数方向からの像をもとに任意方向の人物像を変換・合成する。
- ・視線方向の一致を図る。
- ・視線制御と人物像変換がkeyとなる。
- ・視点位置：ある程度自由



図B4 STEP 2方式の概念図

(3) STEP 3

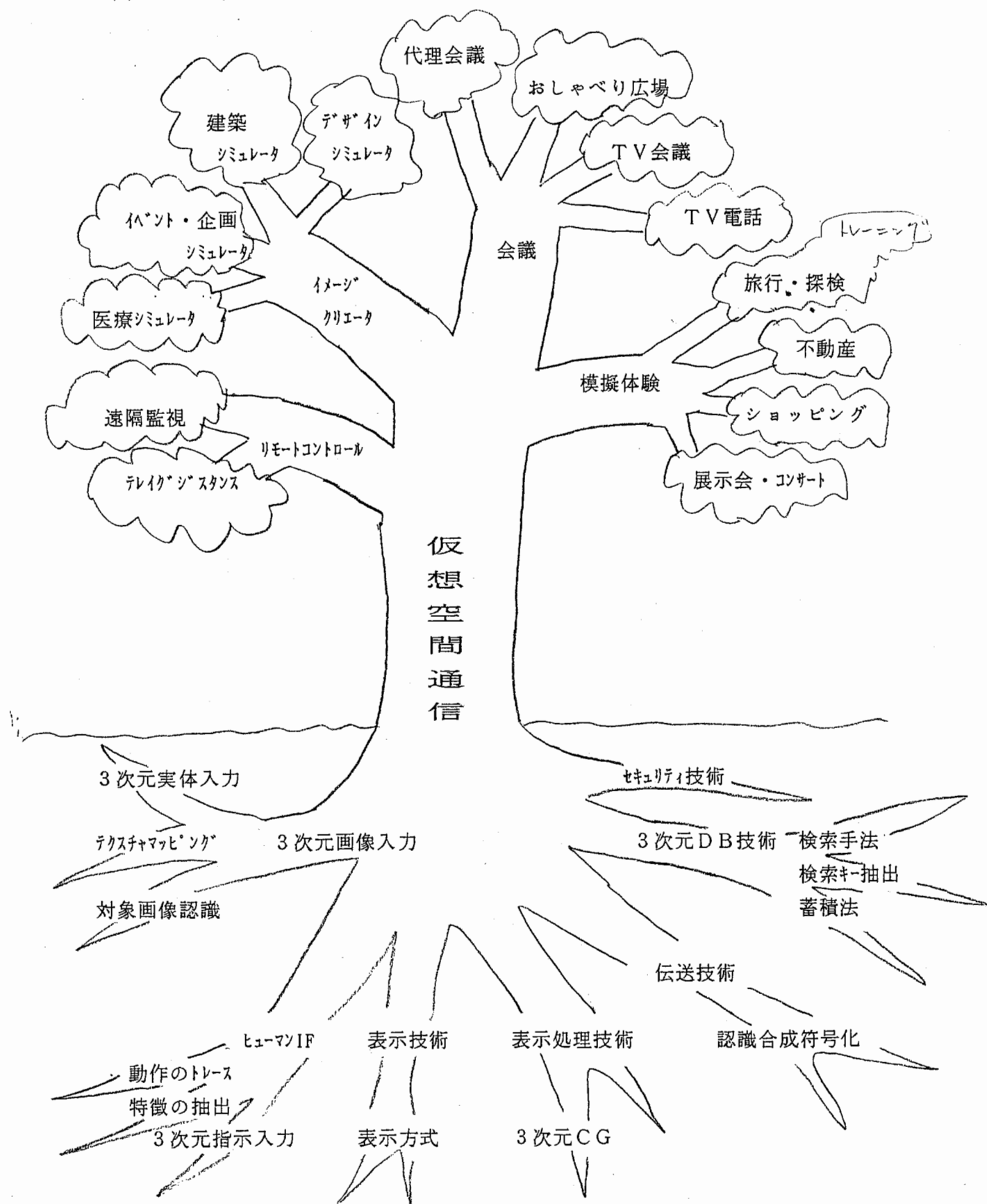
- 空間および人物の3次元モデルから任意方向の映像を実時間で作成する。
- 人物像認識と実時間合成処理がkeyとなる。
- 視点位置：自由



図B5 STEP 3方式の概念図

B5 まとめ（仮想空間通信方式の所要技術とアプリケーション）

図B6に仮想空間通信方式の所要技術とアプリケーションを示す。



図B6 仮想空間通信の木（所要技術とアプリケーション）