

城間祥之（札幌市立高専），嘉数侑昇（北大工学部）

### 1. はじめに

近年、仮想現実感（VR：Virtual Reality）の技術が社会の関心を集めている。この技術とは、コンピュータ内に構築された合成情報（：仮想世界）を人間の感覚器官に直接表示することにより、仮想世界を疑似的に体験させることを目的とする技術である。それ故、各種シミュレーション問題への適用が期待されている。しかし、VR用ハードウェア/ソフトウェア技術に関しては、先駆的開発はすでに行われているものの実用化にはまだ問題があり、これが設計・生産技術者等の実用ツールとして定着するのは今世紀末ごろになるものと予測されているのが現状である。その時代の到来までに解決すべき問題は数多くあるが、その中でも触感覚情報抽出問題は重要な課題の一つである。触感覚情報の抽出・合成技術は、例えば、熟練技術者が加工物表面の手触りから加工のでき具合を判断する感覚的作業をコンピュータ上でシミュレーションする場合に必須となる。そこで本研究では触感覚情報抽出・合成手法の確立を最終目標として、ここではソリッドモデルから触感覚情報を抽出する問題について議論する。

### 2. 仮想現実感実現化への課題

仮想現実感を実現するためには、以下の問題を解決することが必須である<sup>1),2)</sup>（図1参照）。すなわち、

- (A) 人間の動作入力問題
- (B) 感覚情報合成問題
- (C) 仮想世界の記述問題

上記問題（A）は、人間が仮想世界と相互作用を行うための入力手法の確立及びその手法に基づくデバイス開発。特に、人間の動作を実時間で3次元計測するセンサ開発が中心課題となる。（B）は、仮想世界の情報を人間の感覚器官に表示する手法及びそのデバイス開発問題である。この場合、合成される感覚情報から現実感を得ることができるか否かがポイントとなるので感覚器官への表示手法の開発に当たっては生理学、心理学、人間工学的見地から十分考察することが要求される。問題（C）は、入力された動作とそれに対応しコンピュータから人間にフィードバックされる感覚情報との因果関係（：物理法則、行動形態等）を適切

に記述することが課題となる。次節以降では、上記3問題を触感覚抽出問題を通して具体的に検討する。

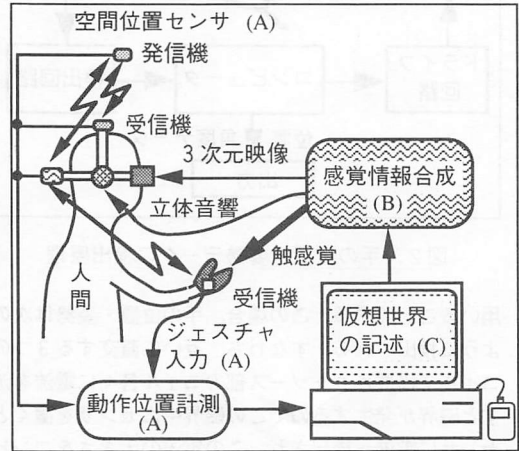


図1. 仮想現実感生成システム

### 3. 手の位置・姿勢入力

一般に、触感覚は対象物と直接接触することにより得られる感覚である。触感覚を受容する皮膚の感覚神経は全身に分布しているが、全身を対象として動作入力を行うのは技術的観点から非常に困難である。そこで本研究では、手（手のひら、指先）の触感覚問題に限定して議論を進める。さて、人間が手を介して仮想世界とインタラクションを行うためには、(i)手の動きをそのままコンピュータに入力する、いわゆる、ジェスチャ入力装置と、(ii)手の位置・姿勢を検出し、入力するためのセンシング装置が必要となる（図1参照）。ジェスチャ入力装置としては手袋形式のものが数社から発売されている<sup>3)</sup>が触感覚受容機能が装備されてなくしかもたいへん高価である。また、ジェスチャ入力部分は仮想世界と手との触感覚情報を抽出する部分と分けて処理することが可能なので本研究ではこの部分は当面对象外とする。

3次元空間における手の位置・姿勢検出センサとしては、磁気式、光学式、及び超音波センサ<sup>1),2),3)</sup>等がすでに発売されているが本研究では、計測精度の良い磁気センサ（：米国VPL社製3SPACE Isotrak）を

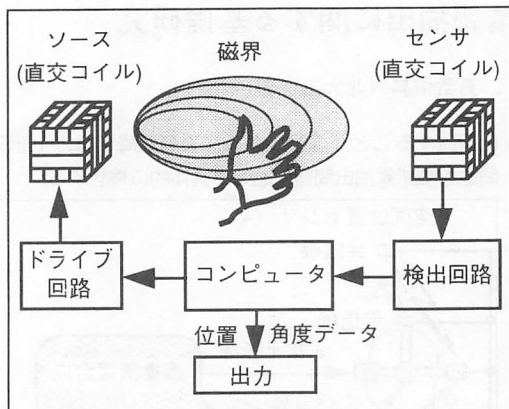


図2. 手の位置・姿勢データの検出原理

用いることにする。この場合、手の位置・姿勢は次のように検出される。すなわち、互いに直交する3つのコイルで構成されたソース部のコイル各々に電流を流すと磁界が発生するのでこの磁界中にセンサを置くとセンサに電流が誘起され、この電流の大きさをコンピュータで処理することにより手の位置・姿勢（角度）データが出力される（図2参照）。特定の指先をスタイラス・ペンでピックするとその指定点の位置・姿勢データが得られる。この装置では、位置3mm、角度 $0.8^\circ$ の精度が保証される。本研究では、この位置・姿勢データを仮想世界と手との接触状態を判別する数値計算に使用するが、指先一本当たり9点をサンプリングする（図3参照）。

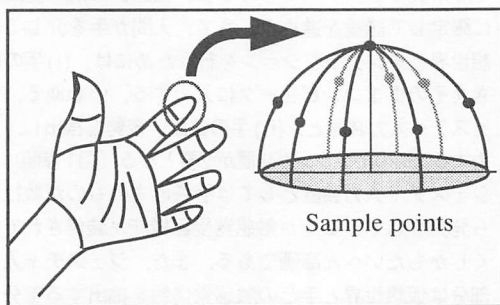


図3. 接触状態判別用の指先測定点モデル

#### 4. 触覚情報抽出

人間が物体と物理的に接触する場合に感じる感覚には、皮膚感覚（触圧覚・温覚・冷覚・痛覚）と深部感覚（運動覚・位置覚・深部圧覚・深部痛覚）がある<sup>1)</sup>。

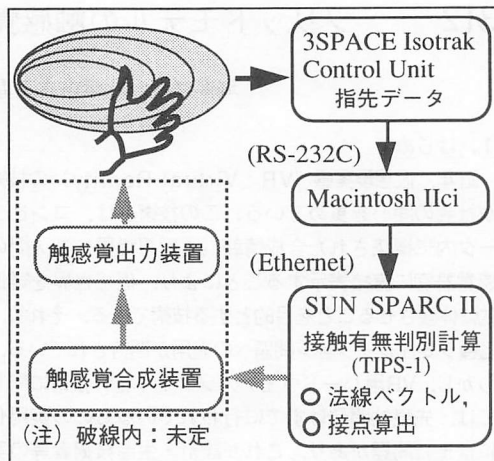


図4. 触覚抽出システムの処理フロー

これらの感覚をもたらす要因には、物体のもつ(a)幾何特性（：曲面、稜線、頂点等）、(b)材質特性（：金属・木材・大理石等の質感・肌触り）、及び物体に加えられた(c)物理・化学的処理等がある。ここでは、幾何特性に起因する触圧覚の合成を目的として、ソリッド・モデルから触覚情報抽出を次の手順で行う（図4参照）。まず、スタイラス・ペンで指定された指先測定点の位置・姿勢データを3SPACE Isotrakの制御装置からパソコン（：Macintosh IIfx）へ取り込む。このデータはイーサネットを介してEWS（：SUN SPARC II）上のソリッド・モデル（TIPS-1）へ渡される。この場合、仮想世界（：ソリッド・モデル）と指先測定点の接触有無判別計算は、TIPS-1におけるペナルティ値計算<sup>4)</sup>に帰着する。すなわち、今、測定点の直交座標を $X=(x,y,z)$ とし、ソリッド形状を表す関数を $f(X)$ とする。関数 $f(X)$ は、形状表面上の点に対してはゼロ、内・外部の点に対してそれぞれ正・負値をとるように設定されるので測定点に対する関数 $f(X)$ の値を算出すると接触状態の有無が自動的に判別される。このとき、接触点と判定された場合には接触相手曲面の法線ベクトルを算出するが、これは触覚合成用のプローブとして使用するためである。

#### 参考文献

1. 岩田洋夫：人工現実感生成技術，日本機械学会誌，Vol. 95, No. 883 (1992)。
2. 廣瀬通孝：広がる人工現実感の技術，精密工学会誌，Vol. 57, No. 8 (1991)。
3. 廣瀬通孝：バーチャル・リアリティ応用戦略，オーム社，(1992)。
4. 沖野教郎ほか2名：自動設計プロセサTIPS-1の設計，精密機械，Vol. 42, No. 10 (1976)。