

次世代マルチメディアによる遠隔制御システム

5C-04

井上陽 加藤清敬
東京理科大学工学研究科

1 はじめに

近年のインターネットの普及などにより、多くの人が様々な情報を得ることができ、また世界中の人とコミュニケーションすることが可能となった。そして、情報がリアルに体感できるような環境が整ってきた。このようにネットワークとマルチメディアの融合により、娯楽・福祉・医療などへの応用が研究されてきている。ただし従来取り入れられてきたものは、目で見たり、耳で聞いたりといった人間の五感の中で言えば視覚と聴覚によるものがほとんどであり、残りの3つである触覚・嗅覚・味覚についてはあまり研究が進んでいない。

従来のシステムに触覚を融合した遠隔制御システム概念図は図1のようになると考える。このシステムはネットワークでつながっている2点間において、遠隔のコンピュータ周辺の物体をカメラなどで映し出し、ネットワークを通じてもう一方のコンピュータにそれと同様な仮想空間を表示し、その操作者がヒューマンインターフェイスを用いて、その仮想空間上の物体をつかむと、その物体をつかんだ時の様々な感覚を操作者に提示するシステムである。仮想オブジェクトは遠隔の物体と一対一に対応し、形状や材質などの情報が属性として付加されていれば、操作者は間接的に遠隔の物体を仮想空間にスーパーインポーズした物体を見ながら、体感できるようになる。もちろん、遠隔部分を除いて仮想モデルのみのシステムも考えられることはいうまでもない。このようなシステムで考えた場合、リモートにおける時間遅れを緩和できる。

この遠隔制御システムを実現するには、様々な形の触感を提供するために、力覚の合成技術が必要となるが、安価に実現でき、需要が増えれば、

- ① ゲーム機などでの力覚のフィードバック
- ② 動物に触れた時の感覚

- ③ 通信販売の商品に触れる
 - ④ 商品の材料の質感
 - ⑤ 旅行先決定前の擬似体験
- などの分野に、臨場感を与えることが可能となる。

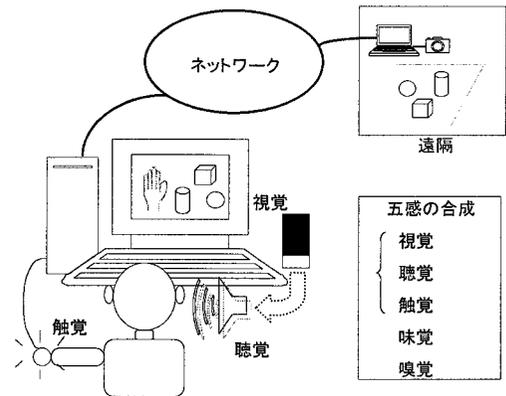


図1：遠隔制御システム概念図

従来の力覚を伝えるためのヒューマンインターフェイスとしては、HRP 遠隔操作プラットフォーム[1]の把持操作把持力提示装置がある。これは、操作者の手首に把持操作把持力提示装置を装備し、ワイヤの張力を利用して把持力の提示を行う。操作者の親指と人差し指の動作範囲全域において把持のための開閉動作を指示できるようになっている。

また、操作者の指に糸を張ったリングをはめ、その糸の他端をモーターにとりつけて糸の張力の制御で力覚を提示する「糸式」の力覚提示装置[2]もある。

しかし、これらに共通する欠点はグローブや糸を操作者が直接装着しなければならないことであり、装置が大掛かりで高価である。

音の合成・画像の合成などの次にくるマルチメディアとして力覚の合成を行い、触覚機能を付加するマルチメディアを安価な方法で提供することが必要とされる。本研究では、力覚を提供するヒューマンインターフェイスにおいて、従来技術の短所である

装着といったわずらわしさを解決するための手段に風を用い、その風力を制御し、それぞれの物体の属性を表現する触覚提示装置を考え、風量制御により人間の体感がどのようになるかということについて実験し、いくつかの結果が得られたので報告する。

2 力覚提示装置

図2は本研究の実施システムの概観図である。1章で述べたように、仮想モデルでシステムを構成している。仮想空間に仮想オブジェクトを表示し、操作者の手の位置をカメラにより認識し、仮想空間に操作者の分身として仮想の手を表示する。この仮想空間上で、仮想の手と仮想オブジェクトが接触していない場合には送風装置は動作しないが、接触している場合には各オブジェクトの送風制御関数により送風装置を制御し、操作者にオブジェクトごとに異なる触感を風によって提示するものである。

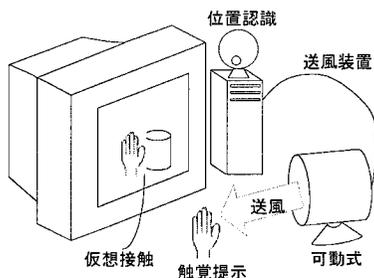


図2：力覚提示装置

3 実証システム

このような力覚提示方法の可能性を探るために図3のような構成で送風制御を行う。

3.1 距離検出

今回は手の位置情報の認識に、図2のシステムのようにカメラを用いず、簡易的な計測方法として、距離センサを用いた。距離センサは手の位置を感知し、送信部からの超音波が手に当たってはね返り、受信部が受け取るまでの時間から距離を計算する。その計測値をコンピュータ内に手の位置情報として取り込む。

3.2 仮想物体の表示

操作者が視覚的に物体を感じ取るために、仮想空間

を表示する必要がある。最低限必要なものとしてディスプレイ上に仮想オブジェクトおよび仮想の手を表示し配置する。今回は距離センサを使用しているため、手とセンサの距離情報しか取り込んでいないので、仮想空間上で手は前後の動きだけ表現する。

操作者の手は現在の入力した位置情報をもとに、操作者の手の動きに応じて仮想の手の位置データを更新する。この位置データの更新により仮想空間上の手も更新され、画面上を前後に動く。

また、仮想オブジェクトはオブジェクトデータから、それぞれの物体にあらかじめ与えており、仮想空間上に表示されている。

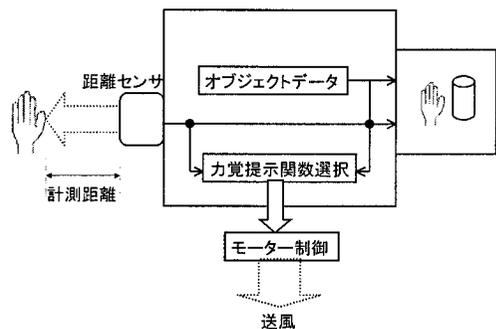


図3：送風制御構成図

3.3 送風制御

手を動かすことにより、対象となる物体に触れた場合、位置情報とオブジェクトデータから、接触・非接触を判断する。この時、力覚提示関数が選択され、その関数が指示したようにモーターを制御し、送風装置がそれぞれの特徴を持った風を送る。距離状態に応じて変化する関数もあるので、位置情報は常に更新されていく。

次章では実験に用いた各種関数について述べる。

4 実験に用いた関数

4.1 硬い物体・柔らかい物体

硬い物体の場合、仮想の手と仮想オブジェクトが接触する位置に来るとモーターを駆動し、次にその物体の幾何情報により図4(a)のようにその位置で急激に出力値が上がる。これは硬い物体に触れて、手にその感覚を与えたことを意図している。

反対に柔らかい物体の場合、図 4 (b)のように接触位置までは硬い物体と同じであるが、その接触した位置から徐々に出力値を変化させる。この変化は柔らかい物体の弾力を表現するために使用する。

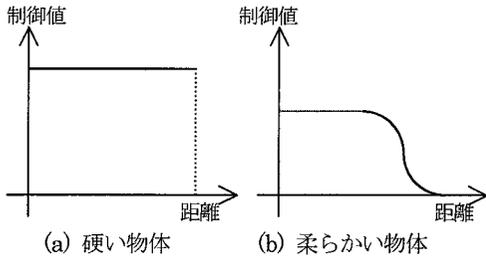


図 4 : 硬い・柔らかい物体の関数

4.2 重い物体・軽い物体

次に重い物体の場合、実際に重さは変わらないはずであるが、物体に触れて移動距離が徐々に増えることによって操作者に重いといったことを示すために、図 5 (a)のように触れてから移動するにつれ、少しずつ風量を増やす。その後、一度手を開放すると、物体は移動した考え、接触位置が移動したもののみならず。したがって、図 5 (b)のように初期状態に比べて、移動後は接触位置が操作者から遠くなっている。

反対に軽い物体の場合、図 5 (c)のように風を微量に送風する。例えば風船を持っている場合には、実際人間は物に触れているといった程度のもので、この様な関数で軽い物体として表現できる。

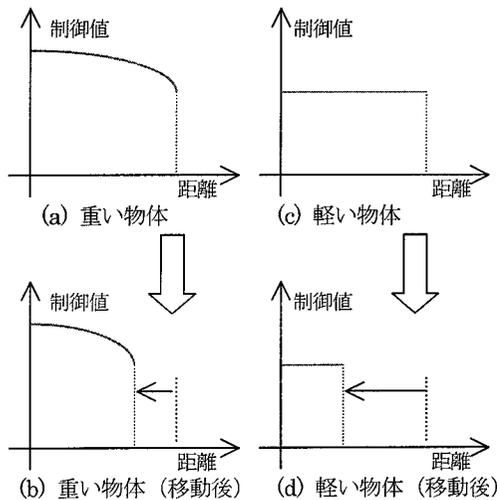


図 5 : 重い・軽い物体の関数

この場合も物体の移動を考慮し、軽い物体は重い物体に比べて移動しやすいため、接触位置は重い物体よりも操作者から離れている。

4.3 凹凸感を持った物体

この物体の場合、仮想の手と仮想オブジェクトが接触すると、今までのように距離による風量変化ではなく(接触中での微妙な位置関係)、接触後の時間的な風量変化を表す関数である。図のように微小な時間の経過と共に送風量を大幅に変化させ、凹凸感を表現する。

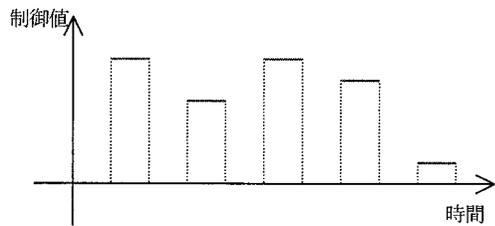


図 6 : 凹凸感を持った物体

5 実験結果

4の関数より次に述べるような感覚が得られた。

5.1 硬い・柔らかい物体

硬い物体の場合、接触位置で急激な風圧を感じることができたため、硬いといった感覚を得ることができた。

柔らかい物体の場合、接触位置から徐々に風圧が増加していき、距離による弾性力の変化をうまく表現でき、満足のいく結果が得られた。

5.2 重い・軽い物体

重い物体の場合、風圧として重いという感覚を与えることはできるが、強い風圧をかけている間に風量を変化させても、人間はその変化をあまり感じとれなかった。また、接触位置の移動に関しては、風の吹く位置の移動が実現できたが、空間上の移動のため、操作者が意図してゆっくりと手を移動させなければ、どこが接触位置なのか分からなくなった。

軽い物体の場合にも同様で、空間上での移動のため、接触位置のあいまいさが生じた。

5.3 凹凸感を持った物体

この物体の場合、風量を急激に変化させることに

よって、凹凸感やザラザラ感を表現しようと考えたが、制御値を急激に変化させても、変化が速いと、操作者は風圧の変化を感じ取れず、材質感を操作者に提供することはできなかった。

6 結論

ネットワークと融合した次世代マルチメディアにおいては、触覚機能の付加が必要であると考えられる。そこで、距離センサを用いて、手までの距離を計測し、仮想空間上で触った物体の属性により、それぞれの触感を表現するような関数を作成し、風量を変化させるように力覚提示装置に指示を与え、操作者に触覚を与えるという実験を行った。その結果、下に述べるような効果が得られた。

- ・本研究を通して、力覚提示装置を用いて、風量を制御することによって様々な風を生み出すことができ、操作者に様々な触感を与えることができる。
 - ・強い風圧を与えた場合、操作者に物体の存在をはっきりと示すことができた。柔らかい物体を表現した場合、手の位置が変わるたびにしっかりと、受ける風量が変わっているのが分かり、弾力性を表現できた。
- また、次のような問題点があることが分かった。
- ・柔らかい物体に用いたような比較的弱風の場合には風量が増えるのをしっかりと感じとれたが、強風の場合、風量の変化をあまり感じられなかった。これは人間の感覚特性によるものと考えられる。
 - ・重い物体・軽い物体の場合に、接触位置の移動は可能であったが、接触位置で完全に遮るものがなく、空間上を動かすため、明確な圧力を与えられず、操作者は接触位置が移動したという意識を持つ必要がある。
 - ・風圧を大幅に振動的に変化させた場合、操作者は感覚的に風圧の変化を感じることができなかった。
 - ・送風装置の制御にモーターを用いていたため、風量の変化時にモーター音の変化が生じ、音による感じ方の影響も否定できない。

7 考察と今後の展望

- ・風に変化を与えた場合、風量が強い場合よりも弱い場合、短時間での変化よりも長時間の変化の方が風圧の変化を感じやすいことが分かった。
 - ・触覚といった立場とは別の見方になってしまうが、モーター音により感じ方に違いが出るが、逆に音や画像を組み合わせると、触覚のみで感覚を受けた場合よりも、より臨場感を表現できることがわかった。
 - ・本システムでは、冷風のみで送風していたため、温風を使うことによって、もっと幅広く触感を提示できる、と考えられる。
- 今回、位置情報の認識手段として簡易的な距離センサを用いたが、3次元的に認識するために図2のようにカメラを用いるようにする。また、それに連動して、送風装置自体が可動式なものにし、3次元情報に対応させ、操作者の手を追従するシステムを構築する他、仮想オブジェクトの充実やネットワークとの融合も行っていく。

8, 参考文献

- [1] 舘すすむ, 小森谷清, 澤田一哉, 井床利之, 井上幸三, “HRP 遠隔操作プラットフォーム” 日本ロボット学会誌, vol.19, pp16-27, 2001
- [2] 佐藤, 平田, 河原 “空間インターフェイス装置 SPIDAR の提案”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.J74-D-II, No.7, pp.887-894, 1991.
- [3] 藤井輝夫, “情報ネットワークにおける物理メディアとしてのロボット”, 日本ロボット学会誌, vol.17, pp462-466, 1999
- [4] 比留川博久, “テレロボティクスからネットワークロボティクスへ”, 日本ロボット学会誌, vol.17, pp458-461, 1999
- [5] Sayers, Remote Control Robotics, 1999 springer