

立体視 HMD を用いた遠隔情報伝送システムの 開発とその医療応用

神野 剛 司^{†1} 神原 利彦^{†1} 久保 恒明^{†2}

仮想現実感技術を医療に応用した例は多い。その多くは患部の治療の支援・促進を目的とする。一方、医師は患部の治療だけでなく患者の精神的なケアを行う方法も求めている。例えば、長期の入院患者が感じる孤独感や死への恐怖感などの精神的な負担が問題視されているが、これを解消するために仮想現実感技術を適用した医療例はほとんど無い。そこで、本研究ではこの精神的な負担を軽減するための仮想現実感システムを構築し、実際に患者とその家族の間でシステムを利用してもらうことで、その有効性を確認する。

Development of Tele-existance System with a Stereo HMD and Application for Medical Care

TSUYOSHI KAMINO,^{†1} TOSHIHIKO KANBARA^{†1}
and KOUMEI KUBO^{†2}

In the field of virtual reality(VR), many medical applications were proposed. The goal of them is to take medical care of patient directly. In other way, many doctor require medical methods of psychological care. For example, a patient feels alone in the long term hospital life. Another patient may be afraid of a death. Though these psychological pressures are treated as problems, there is no VR application for solving them. So, we propose a new VR method of solving them and try to implement the method. By communicating between some patients and their family through this VR system in experiments, we verify the validity of our method.

^{†1} 八戸工業大学
Hachinohe Institute of Technology

^{†2} 青森県立中央病院

1. はじめに

近年、仮想現実感 (VR) 技術を医療に応用した例が数多く報告されている。だが、その多くは患部の治療の支援・促進を目的としている。例えば、手術の際にモニタ上で、医師の操作を支援する情報を CG などて提示する VR 技術などが挙げられる。他にも、大きなモニタ上で CG を表示して単調になりがちな患者のリハビリ訓練を積極的に行わせている研究例もある。マネキンの人体ボディを曲面を持つスクリーンとしてプロジェクターから内臓の CG をその曲面スクリーンに投影して医学生の教育に用いている例もある。これらのいずれもが患部の治療の支援・促進を目的としている。

その一方で、医師は患部の治療だけでなく患者の精神的なケアを行う方法も求めている。例えば、長期の入院患者が感じる孤独感や死への恐怖感などの精神的な負担が問題視されているが、これを解消するために VR 技術を適用した医療例はほとんど無い。五味ら¹⁾の研究は、入院患者の QOL(Quality of Life:生活の質)を改善するために、HMD(Head Mount Display)を患者に装着させて、患者に映像を提示する手法として VR 技術を用いた例である。この研究例¹⁾において HMD を用いた理由は、背骨などを損傷していて普通に半身を起こしてテレビを見ることのできない患者でも、HMD を使えばテレビ映像を見ることができるようになるからという手段としての選択理由であった。したがって、VR ならではの効果を患者に求めて HMD を使用したわけではない。

そこで、本研究では上記の精神的な負担を軽減するための VR システムを提案する。患者が抱く孤独感や恐怖感のような精神的な負担を軽減するためには、患者の家族の協力が不可欠である。患者とその家族との頻繁なコミュニケーションをよりリアルな形で実装することが効果的であると考えられる。そのリアルさを大きくするための手段として VR 技術を使用する方法を提案する。直接家族が病院まで面会しに来るという手段もあるが、時間と費用の関係から頻繁なコミュニケーションは不可能である。VR 技術を使えば、患者が病院にいながらあたかも自分が自宅にいるかのような感覚を得ることができ、ネットワーク回線を使うことで頻繁なコミュニケーションも可能になる。そこで、本研究では上記の VR システムを開発・構築し、実際に患者とその家族の間で VR システムを利用してもらい、利用後の聞き取りアンケートなどから、提案手法の有効性を確認する。

本研究では、既存の VR の手法をこれまで適用されていなかった医療分野に適用するこ

Aomori Prefecture Hospital

とを主目的としている。研究の独創性は、手法の新規性ではなく適用の新規性にある。

2. 手 法

2.1 患者と家族のコミュニケーション手段

前述のように、患者の感じる孤独感や恐怖感を解消するためには、家族が患者と頻繁にコミュニケーションをとり、家族が患者を励ましたりして患者の精神的な支えになることが有効である。だが、様々な状況が頻繁なコミュニケーションを許さない。例えば、病院と患者宅が遠く離れている場合には交通費がかかり頻繁に面会することもできない。電話によるコミュニケーションは音声だけの相互作用なので、言葉の限界もあり相互に意思をうまく伝達し切れないことも多い。そこで、音声だけではなくテレビ電話を使う手段が検討された。近年はノート型のパソコンに Web カメラを搭載したのも数多く生産・販売されているので、そのような機種を使えば手軽にテレビ電話システムを構築できる。現に、入院患者と患者の自宅にそのようなパソコンを持ち込み、家族とのコミュニケーションをとっている事例が存在する。この手段は確かに、音声だけでなく動画を相手に伝達できる機能が加わっているので、音声電話と比較すると伝達できる情報量が格段に増えたといえる。だが、パソコンという機械に向かって話しかける、またはカメラという機械に向かって何かを見せるという操作では、家族との間に隔たりを感じる。機械の手前側に自分は居て家族は機械の向こう側にいて隔たっていると感じる。つまり、家族の輪の中に加わっているような感覚は得られない。病院に居ながらにして、あたかも家族の輪の中に居るかのような「没入感」はテレビ電話では得られない。このような没入感を得るために使われる手段が VR (仮想現実感) システムである。

2.2 VR の手法

ある場所にいながら、あたかも別の場所に居るかのような没入感を得られる VR システムの研究は数多く提案されており、テレグジスタンスという学術分野でさかんに研究されている。よく使われるのが HMD と呼ばれる装置である。図 1 に示したように、被験者が頭部に装着してその両眼の眼前に小型の液晶ディスプレイが配置されるようにした装置のことを指す。

筆者らは、水平方向 360° 垂直方向 180° の広い視野を撮影した全天球画像をテレグジスタンスに応用する研究²⁾ を提案した。この手法では、HMD を装着した被験者が首を振れば、その首の傾き角度を 3 次元ジャイロセンサが計測し、その計測値に基づいて、人間の視線の先に見えるはずの画像」を全天球画像から部分的に切り出して HMD の液晶ディス



図 1 HMD を装着した被験者
Fig. 1 A Human with HMD

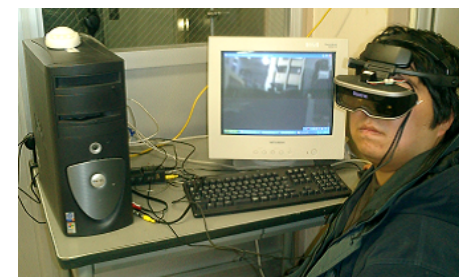


図 2 全天球画像をテレグジスタンスに応用した研究例
Fig. 2 An Example of Tele-existence Application
from a Spherical Image

レイへと提示している。こうすることで、あたかも自分はその全天球画像が撮影された場所に居るかのような感覚を得ることができる。図 2 にその実験風景を示す。

また、この全天球画像を動画として撮影するシステム³⁾ も提案している。26 台のカメラすべてのレンズ中心が唯一の点に一致するように放射状に配置して各カメラで動画を撮影する。それらの動画をその唯一のレンズ中心を中心とする球面に投影し貼り合わせることで全天球動画を撮影することが可能である。だが、高解像度でなおかつ視野が広いために、1 枚の全天球画像のデータ量が膨大なものになるという欠点がある。後述する実験を行うにあたって問題になるのが、患者宅と病院を結ぶネットワークの仕様である。ネットワークの仕様を満たすように実験方法を選ばなければならない。

以上は、視覚で没入感を感じさせる VR の手法であるが、視覚以外にも聴覚や触覚を使う手法がある。聴覚には、マイクで音声を記録してスピーカーで音声を提示する手法がある。

触覚には、力覚デバイスと呼ばれる装置を使って力を記録したり、力を発生させる手法がある。

2.3 立体視

比較的低速なネットワークであっても、実現可能な手法として立体視を選択した。これは、患者宅にステレオカメラを設置して、その映像情報をネットワーク経由で病院に伝送して、入院中の患者が HMD でその映像を立体的に見る手法である。焦点距離などの仕様を同じにしたカメラを水平方向に並べて設置したカメラはステレオカメラと呼ばれており、左カメラと右カメラでそれぞれ撮影した動画像には視差 (disparity) が発生する。人間の眼が、この視差から奥行距離を知覚することは一般的に知られている。当然ながら、左カメラで撮影した動画像は HMD の左眼ディスプレイに、右カメラで撮影した動画像は HMD の右眼ディスプレイに提示しなければならない。したがって、左眼用の動画像と右眼用の動画像とをネットワークの 2 回線で伝送する。

単に立体視だけを実現するのであれば、偏光眼鏡と 3D ディスプレイを使う手法もあるが、没入感の悪さから立体視 HMD を使用する。

2.4 聴覚を使った VR

音響工学の分野では、マイクで記録したときの音場を正確に再現するためのサラウンドスピーカーやその配置方法などが研究されている。一般に、音場の再現のためには複数のマイクで記録した位置とまったく同じ位置と向きにスピーカーを配置することで、オウム返しのような音場が生成されることが知られている。本研究でも、その原理を応用して考案した配置を図 3 に示す。左側が患者宅側で、右側が病院側を表す。図は人間を上から見たものである。人間を中心にそれを囲むように、左前マイクと左後マイクをステレオマイクとして設置する。同様に、右前マイクと右後マイクをステレオマイクとして設置する。これらのマイクが記録した音声情報はネットワーク経由で病院に伝送されて、4 つのスピーカーで再生される。病院側の 4 つのスピーカーも患者を囲むように設置する。このようにして、患者宅側と病院側の音場を同一にして患者が没入感を得る。

3. 実験

3.1 予備実験

患者に実際に適用する前に、VR システムを構築して仕様を確認する実験を行った。大学内の有線ネットワーク (100BASE-TX:100Mbps) を用いた。

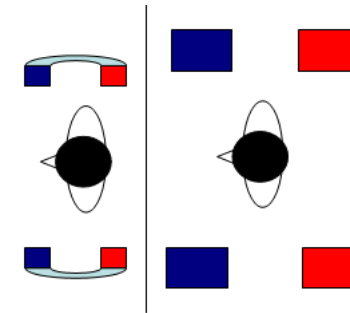


図 3 マイクとスピーカーの配置 (左: 患者宅、右: 病院)
Fig. 3 Arrangement of Mikes and Speakers
(Left: Mikes in the family, Right: Speakers in the hospital)

3.1.1 実験装置

PC には Aopen 製 A2661-S (Celeron 2.8GHz, RAM 2G) と A3661-S (Celeron 2.4GHz, RAM 2G) を用いた。Web カメラとして Princeton 製 PWC-30IS と Buffalo 製 BWC-30 を用いた。HMD には Trivisio 製 AR-Vision 3D を用いた。情報伝送用ソフトウェアには、Skype 3.8.0.188 を用いた。

3.1.2 ステレオカメラの構築

2 つの Web カメラを水平方向に並べてステレオカメラを構築した。それらを片方の PC に USB 経由で接続した。構築したステレオカメラを図 4 に示す。まず、それらのステレオ画像を HMD に直接提示して、それを見た被験者が立体感を感じることを確認した。

3.1.3 伝送実験

2 つの PC でテレビ電話ソフトウェアの Skype をそれぞれ 2 ユーザで起動しログインした。そして、ネットワーク経由で Web カメラの動画を 2 系統伝送する実験を行った。

Skype 以外にも、Windows Live Messenger や Yahoo Messenger などでも試したが、動画像の圧縮に時間がかかり、コマ落ちが多数発生した。Logicool Vid はコマ落ちはしなかったが、フルスクリーンでの表示ができないという問題点があった。そこで、圧縮に時間のかからない Skype を使用した。大学内のネットワーク (100BASE-TX:100Mbps) で Skype を使うことによってコマ落ちは発生しなくなったが、解像度の粗さ (320x240) が目立った。これは、HMD の液晶ディスプレイの仕様が両眼とも 800x600 の解像度のために人間の眼には粗い解像度に感じられたと思われる。また、コマ落ちこそ無かったものの、動画を伝

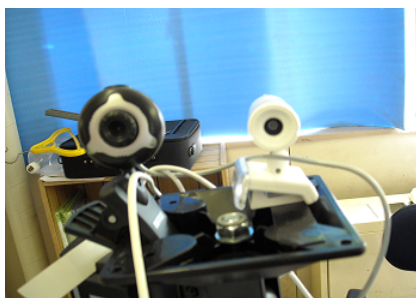


図 4 ステレオカメラ
Fig. 4 Stereo Camera



図 5 無菌室
Fig. 5 Clean Room

送中は CPU の負荷が常に 100 % になり続けており、CPU 速度にも改善が必要なことがわかった。

3.2 本実験の準備

青森県立中央病院の協力により、血液内科で骨髄移植を行う入院患者を対象として本システムを適用した実験を準備している。中央病院は、県内における中核病院としての役割を果たしているため、県内各地から患者が集まる。したがって患者宅は病院から離れている場合が多い。入院患者は、骨髄移植の途中過程で一時的に白血球が作れない状態となり、わずかな病原菌でもすぐに感染する非常に危険な状態になる。そのため、感染症を防ぐための「無菌室」と呼ばれる特別に閉鎖された病室で日常生活のすべてを過ごすことになる。図 5 に無菌室内の様子を示す。

この室内には、ネットワーク環境が存在しないが、室内で携帯電話は使えるので、NTT ドコモ製のデータ通信カード L-07A をノート PC に装着することでネットワーク回線を使用可能にした。データ通信カードを使用して発生する電波が医療機器へ悪影響を与えることが心配されたが、医師は医療機器を無菌室から離して配置しているため安全であると判断した。過去にデータ通信カードを無菌室に持ち込んで使用した患者もいた。

ステレオカメラの解像度が粗いという問題点が、予備実験で明らかになったので、改善を試みた。Web カメラを「High Quality Video」という Logicool 社の提唱する規格に適合するものに変更する。同様に予備実験で明らかになった CPU の処理速度や負荷の問題を改善するために、ノート PC も CPU が Core2 Duo 2.4GHz のものに変更する。

予備実験では、100BASE-TX 規格の有線ネットワークを使用した。本実験では無線ネッ

トワークを使用するので、データ伝送速度が遅くなる可能性が大きい。また、通信速度が時間帯に応じて変動するので、患者の自宅付近の電波状況の似た場所でデータ伝送速度を計測する実験を行っている。ある患者宅付近の伝送速度は平均して約 1.5Mbps であった。

患者の実験協力の同意（治験同意書）を得るなどの医療的な手続を経た後に、2009 年の 12 月中旬～2010 年 2 月の間に、3 名の患者を対象とした実験を予定している。実験期間終了後にアンケートによる聞き取り調査で、本システムの効果を確認する予定である。

4. おわりに

入院患者の持つ恐怖感や孤独感といった精神的な負担を軽減するために、患者の家族と頻繁にコミュニケーションをとる手段として VR を使う手法を提案した。視覚として立体視という手法を聴覚として同一音場を生成する手法を使うことを提案した。立体視のシステムを構築し、予備実験で立体的に感じることを確認した。青森県立中央病院の医師と協力し、入院患者に本システムを適用する準備を進めている。

準備を完了し、患者に本システムを適用することを今後の課題とする。実験では無線接続となったが、より高速で、より大容量の通信を行うために次世代無線 LAN 規格の LTE での接続や、有線だが JGN2+ などの実験専用ネットワークでの接続を今後の課題とする。

謝辞 本研究における情報通信実験のため、(株)NTT ドコモさまより無線データ通信カード L-07A を無償で貸与いただき、通信料も約 2 ヶ月の間無料にいただいた。ご協力に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 五味雄一ほか：HMD による入院生活の QOL 改善に関する研究，情報処理学会研究報告，2009-HCI-131, (2009).
- 2) 神原利彦：HMD 表示のための球面テクスチャマッピング、日本バーチャルリアリティ学会第 10 回大会論文集,pp. 80-81,(2005)
- 3) 神原利彦ほか：複数台のカメラすべてのレンズ中心を一致させた全天球動画画像撮影システムの開発、日本バーチャルリアリティ学会第 14 回大会論文集,(2009)