

移動型テレヘッド*

○ 平原達也、塚田孝充、吉崎大輔（富山県立大学・工学部）、
森川大輔（JAIST）、本吉達郎（富山県立大学・工学部）

1 はじめに

テレヘッド (TeleHead) は、受聴者の頭部運動に高速かつ静粛に追従運動するダミーヘッド (擬似頭) である。これまでテレヘッドは、主として、音像定位における頭部運動の効果を探る実験道具として利用されてきたが^[1,2,3]、テレヘッドをインターネット経由で接続することにより、遠隔地にいる受聴者がテレヘッドを置いた場所の立体音を能動的に聴くテレプレゼンス/テレイグジステンシステムとしても利用できる^[4]。しかし、従来のテレヘッドは固定され、移動することはできなかったために、テレプレゼンス/テレイグジステンシステムとしての機能は限定されていた。本稿では、受聴者が遠隔操作によってテレヘッドを移動できる、移動型テレヘッドを構築した結果について述べる。

2 いかにしてテレヘッドを動かすか？

2.1 テレヘッドは重い

現有のテレヘッド IV 号機は 1 自由度のテレヘッドで、ダミーヘッドを回転させるとともにバイノーラル信号を出力するダミーヘッド側のテレヘッドシステム (回転機構部、サーボアンプ、制御用 PC、マイクロホン、マイクロホンアンプ) と、頭部運動を測るとともにバイノーラル信号を再生する受聴者側のシステム (モーションセンサ、ヘッドホンアンプ、ヘッドホン) で構成される。移動型テレヘッドは、ダミーヘッド側のシステムを移動させるものである。

ダミーヘッドを回転させる回転機構部は、機構的な安定性を高め、防振・防音対策を施しており、IV 号機の重量は約 41 kg である。そのため、ダミーヘッド側のテレヘッドシステムの総重量は 60 kg を超える。また、これらを搭載するのに必要な床面積は 0.5 m² である。

2.2 移動プラットフォーム

大人と同じ重さのテレヘッドを移動させるプラットフォームとしては、電動車椅子、電気自動車、移動型ロボットなどが考えられる。今回は、大学の建物の内部を、ヒトの歩行速度程度で、できるだけ静音にテレヘッドを移動できるプラットフォームとして、4 輪駆動の移動型ロボット BlackShip (Segway) を採用した。その馬力は 0.3 Ps、最大積載量は 40 kg、積載面積は 0.3 m²、最高速度は 1 m/s、自重は 20 kg である。なお、BlackShip は、最大積載量を超えた体重 68 kg の大人を乗せた場合でも、短時間であれば問題なく動作した。

2.3 電源

テレヘッドは固定して使用することを前提としているために、商用電源を利用している。テレヘッドシステムの総負荷電流は 1 A 以下であるために、DC-AC インバータを利用することにより、12 V のバッテリーから電源を供給できる。ただし、インバータによるノイズの有無については確認する必要がある。

2.4 ワイヤレス制御

テレヘッド IV 号機は、頭部回転角度情報を RS-232C 経由で受け、2 チャンネルのバイノーラル信号をアナログ出力する。RS-232C 信号は IP ネットワーク経由でシリアル通信を実現するデバイスサーバー (UDS2100, Lantronix) を、バイノーラル信号は低遅延音声コーデック (WorldCast Astral, APT) を利用して、インターネット経由で送受できる [8]。ネットワーク伝送の遅延時間は、インターネット経由で用いる場合数十 ms 以上になるが、LAN 内で用いる場合は数 ms 以下である。無線 LAN を用いることにより、ワイヤレス化も可能である。

なお、移動プラットフォームに採用した BlackShip の制御コマンドも RS-232C 経由で送ることができる。

* Mobile TeleHead, by HIRAHARA Tatsuya, TSUKADA Takamitsu, YOSHISAKI Daisuke (Toyama Pref. Univ.), MORIKAWA Daisuke (JAIST), MOTOYOSHI Tatsuo (Toyama Pref. Univ.)

3 移動型テレヘッド

3.1 牽引方式

BlackShip にテレヘッドシステム全体を搭載することは重量的にも面積的にも困難である。そこで、Fig. 1 に示すように、BlackShip がテレヘッド IV の全システムを搭載した台車を牽引する、移動型テレヘッドを構築した。この牽引方式の移動型テレヘッドは従来のテレヘッドの機能を保ったまま遠隔操作で学内の廊下を移動できた。しかし、回転半径が大きいために、遠隔移動操作が困難であった。

3.2 搭載方式

次に、テレヘッド IV 全システムではなく、ダミーヘッドだけを BlackShip に搭載した移動型テレヘッドを構築した。この搭載方式の移動型テレヘッドは、頭部運動に追従してダミーヘッドを高速に回転できない。しかし、BlackShip は左右のタイヤを逆回転させて、移動することなく車体の向きを変える超信地旋回ができるために、毎秒 1 回転程度である頭部運動の追従は可能である。

3.3 電源と無線通信

これらの移動型テレヘッドの電源は、12V-17Ah のバッテリー (PE12V17, GS Yuasa) と 300W の DC-AC インバータ (S300-112, Cotek) から供給した。無線通信は、ワイヤレス LAN (IEEE802.11 n/g/b) をブリッジ・モードで用いた。移動型テレヘッドの遠隔操作は、学内の廊下で約 100 m の距離まで可能であった。一方、コーデックを介したバイノーラル信号は約 80 m の距離まで再生できた。なお、音声コーデックとワイヤレス LAN ではなくワイヤレスヘッドホン (RS220, Sennheiser) でバイノーラル信号を送受信した場合の最大通信距離は約 50 m であった。



3.4 動作騒音

牽引方式の移動型テレヘッドでは、ダミーヘッドの傍に置いたサーボアンプと制御用 PC の排気ファンの騒音が大きかった。一方、搭載方式の移動型テレヘッドを幅 2.13 m、高さ 2.5 m の P タイル貼りの廊下の中央に置いて、ヘッドホン (HDA200, Sennheiser) で再生された音を IEC60711 カプラで測定した騒音スペクトルは Fig.3 に示すとおりである。BlackShip の電源を投入すると最大 15 dB、0.5 m/s で前進走行させると 20~30 dB 騒音スペクトルレベルが増加する。走行時の最大騒音スペクトルレベルは $L_p=46$ dB であった。

4 まとめ

牽引方式の移動型テレヘッドはもちろんのこと、搭載方式の移動型テレヘッドでも、受聴者は立体的な音が聴こえたと報告した。定量的な評価をどのように行うかは今後の課題である。

参考文献

- [1] I. Toshima, H. Uematsu, T. Hirahara, "A steerable dummy head that tracks three-dimensional head movement: *TeleHead*," *Acoust. Sci. and Tech.*, 24(5), 327-329, 2003.
- [2] I. Toshima, S. Aoki, T. Hirahara, "Sound Localization Using an Acoustical Tele-presence Robot: *TeleHead II*," *Presence* 17(4), 365-375, 2008.
- [3] T. Hirahara *et.al.*, "Impact of dynamic binaural signal associated with listener's voluntary movement in auditory spatial perception," *Proc. ICA Montréal*, 2013.
- [4] 平原達也, 森川大輔, 今井悠貴, 吉崎大輔, 岩谷幸雄, "テレヘッドを用いた音響テレプレゼンスシステム," 平成 24 年度電気関係学会北陸支部連合大会 講演論文集, G11, 2012.

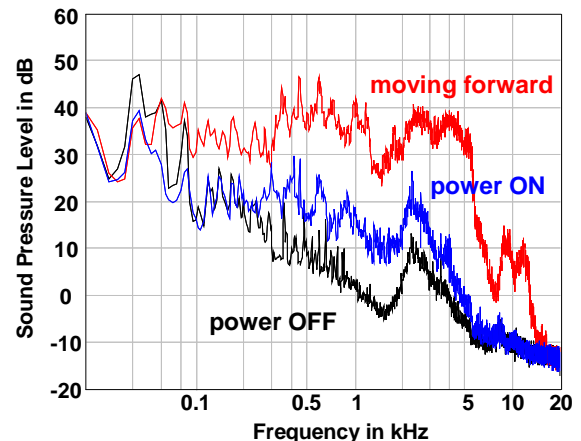


Fig.1 牽引方式移動型テレヘッド Fig.2 搭載方式移動型テレヘッド Fig.3 搭載方式移動型テレヘッドの騒音スペクトル