

年に増えてきている^{4), 5), 6)}。特に身体（頭部）の動きと画面が連動するVR視聴は現実空間の視聴に近いものの、動きと画面のタイムラグなどが原因となり、違和感（VR酔い）を感じることも報告されている⁴⁾。



図 1-1 HMDの装着例

(左) ゴーグル型 (SONY製HMZ-T1)
(右) メガネ型 (EPSON製MOVERIO BT-300)

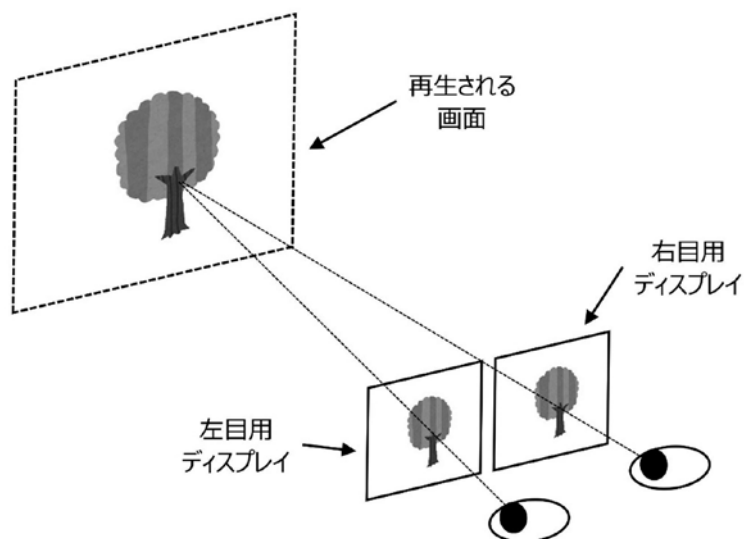


図 1-2 両眼型HMDの仕組み

1-3 3D視聴

人間の視覚系で対象物を立体的に認識する情報としては、単眼立体情報と両眼立体情報に分けられる。単眼立体情報では、隠蔽（手前の対象が奥の対象を隠す状態）、相対的サイズ（既知もしくは比較対象物とのサイズの違い）、運動透視（視点移動の際に生じる視野内での移動速度

ソースとなる映像撮影においては、左右のカメラ間隔、輻輳角（内側に傾ける角度）、画角、焦点距離といったパラメータがある（図1-5）。カメラ間隔は人間の瞳孔間隔と同じ6cm程度が用いられることが多いが、近距離（4m以内）の被写体では3D映像が見えづらくなる。3cm程度のカメラ間隔だと1.5m以上離れていれば、見やすい3D映像となる。輻輳角は1度程度が最適とされている⁹⁾。

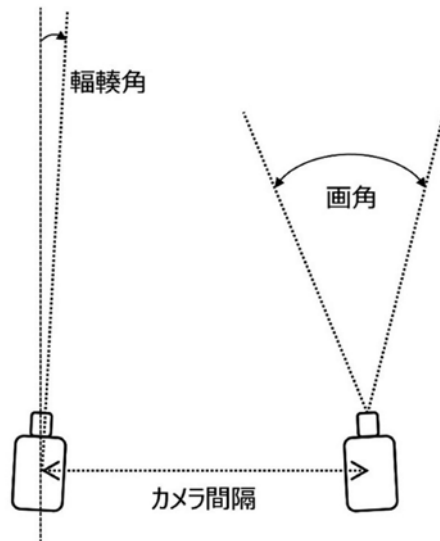


図1-5 3D映像撮影時のパラメータ

輻輳角：カメラが内側に傾いている角度

画角：1台のカメラの撮影範囲

カメラ間隔：左右2つのカメラの間隔

1-4 高高度映像の3D視聴

前述の通り、ドローンが急速に普及し様々な用途で使われている中、全天球（360度）カメラによる撮影例はあるが、ドローンに複数のカメラを搭載した3D映像撮影をおこなった事例は見られない。これには①複数カメラを搭載することによる重量増、②遠方映像の3D効果が少ない、といった理由が考えられる。前者については、アクションカメラなど小型かつ高画質なカメラが普及しつつあることから、ハードルが下がっているといえる。後者についてだが、遠方映像の場合、必然的に左右の映像の差異（画像視差）が少なくなり、通常のカメラ映像（2D）と体感的にあまり変わらないことから、研究や実証が少ないものと思われる。ただ、災害時の利用や高所での点検など、今後のドローンの用途を考慮すると、高高度映像での3D視聴特性を明らかにすることは重要であると思われる。また遠距離の場合はカメラ間隔を広くすることで、左右のカメラ画像の差異を明確にし、より立体感のある3D映像を視聴できる可能性がある。

そこで、今回はドローンに2台のビデオカメラを取り付け、高高度からの3D映像を撮影し、HMDにて視聴するシステムの作成を試みた。

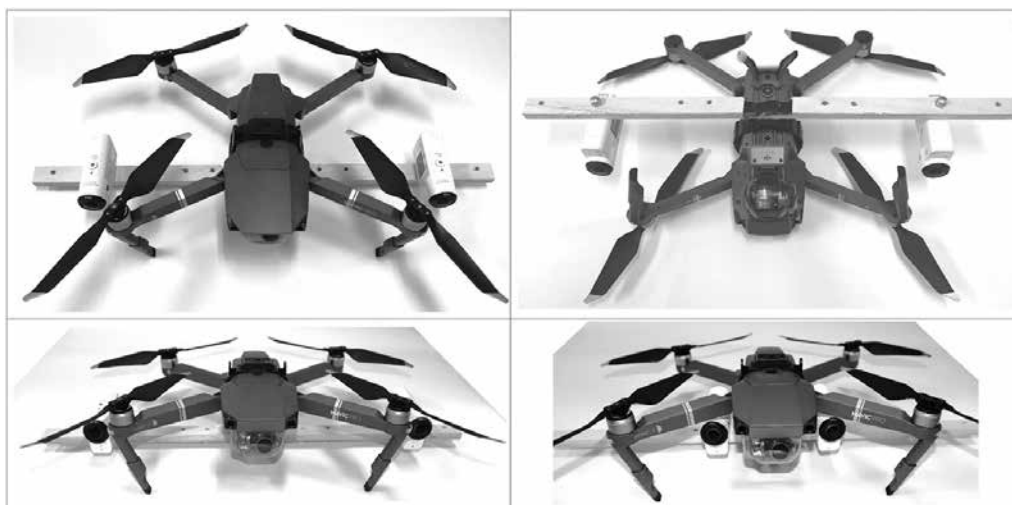


図 2-2 ドローンへのカメラ固定

- (左上) 上部から見た取り付け例 (カメラ幅 360mm)
 (右上) 下部から見た取り付け例 (カメラ幅 360mm)
 (左下) 前部から見た取り付け例 (カメラ幅 360mm)
 (右下) 前部から見た取り付け例 (カメラ幅 120mm)

表 撮影機材重量

項目	重量 (g)
ドローン本体	734
ランディングギア	68
カメラ固定キット	26
カメラ固定バー (取付ネジ含む)	50
カメラ本体 (2 台分)	228
合計重量	1,106



図 2-3 カメラ取付時の飛行の様子

3D 映像の視聴では左右の映像にタイムラグが生じると、違和感を感じたり、立体映像には見えないこともある。そこで、撮影時は 2 つのカメラが同期するように、スマートフォン用アプリ（SONY 製 PlayMemories Mobile）のマルチカメラコントロール機能を用い、録画開始時間を同期させた。

4 段階のカメラ間隔、2 段階のカメラ撮影画角の合計 8 種類、それぞれ 10 分程度の撮影をおこなった。最高で 50m の高度まで上昇し、15 ～ 30m の高度からの撮影を中心におこなった。

人口密集地におけるドローンの飛行は小型無人機等飛行禁止法によって規制があり、特定の条件下に限られている。そこで撮影は 2019 年 2 月から同年 4 月の晴天時に人口密集地外である鹿児島市花尾町の無人の広場にておこなった。

2-2 映像処理

今回は後述する HMD にて 3D 視聴が可能なサイドバイサイド方式の映像フォーマットを作成した。2 台のカメラにて撮影された HD 画像（MP4 形式）をパソコンに取り込んだ後、動画編集のソフトウェアである Dual Screen Video Maker（AuDane Software 社）にて、2 つの動画を左右に並べた 2560 × 720 ピクセルの動画に変換し（図 2-4）、さらに動画形式を修正するソフトウェア HandBrake（The HandBrake Team によるフリーソフト）にて横方向を圧縮した 1280 × 720 ピクセルの MPEG4 形式の動画（図 2-5）に変換をおこなった。

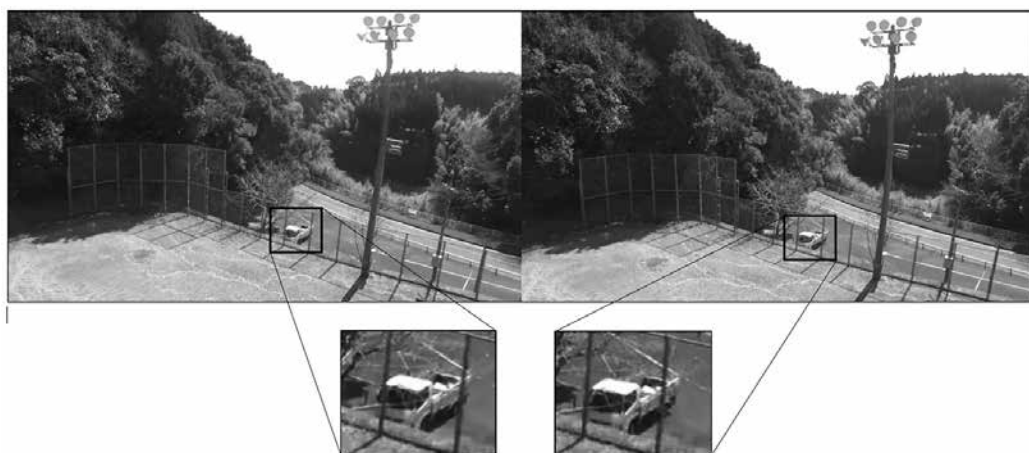


図 2-4 左右カメラ合成画像

拡大部（下）を見ると左右カメラの画像視差が分かりやすい

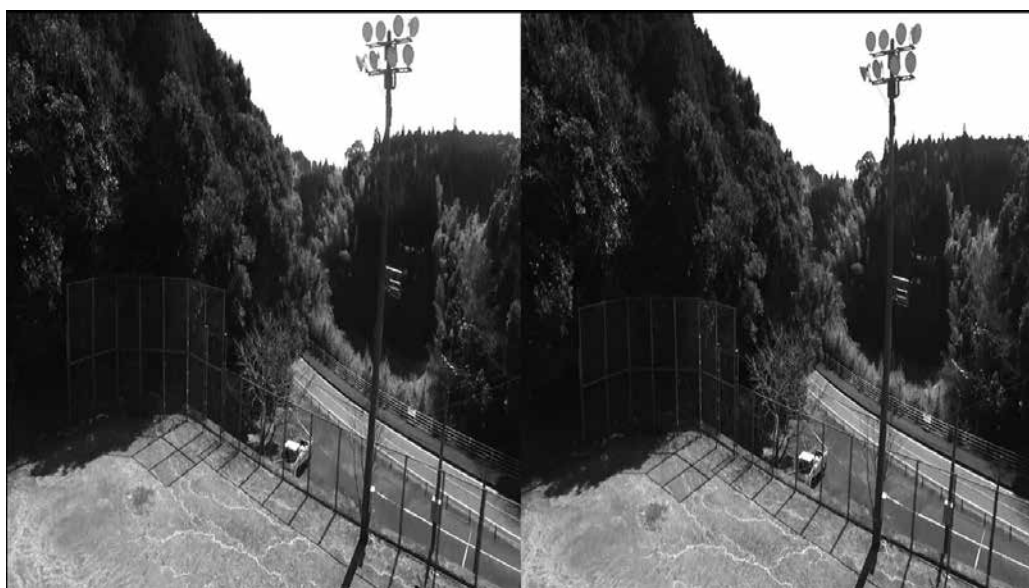


図 2-5 サイドバイサイド方式による3D視聴用の画像

図 2-4 の画像を横方向に圧縮した画像

2-3 視聴システム（HMD）

今回は2種類のHMDを使用し、3D動画の視聴をおこなった。一つ目はゴーグル型のSONY製HMZ-T1（図 1-1 左）である。ゴーグルの内側には左眼用、右眼用に2つの小型の有機ELパネル（解像度 1280×720 ピクセル）が内蔵されている。視野角は約45度であり、20m先に750インチの画面が仮想的に見えるようになっている。もう一つはメガネ型のEPSON製MOVERIO BT-

