

# トレイグジスタンスの研究（第73報） —ミニチュア・ドールハウスの世界を体験するための視覚伝送系設計—

## Study on Telexistence LXXIII

- Vision transfer system design for telexistence experience to the miniature and dollhouse world -

○学 新井 瑛子（慶應大）                      正 古川 正紘（慶應大）  
正 南澤 孝太（慶應大）                      正 舘 暲（慶應大）

Akiko ARAI, Keio University, akiko.arai@kmd.keio.ac.jp  
Masahiro FURUKAWA, Keio University  
Kouta MINAMIZAWA, Keio University  
Susumu TACHI, Keio University

The world of dollhouse has beautiful and attractive philosophy. Because doll house creators try to represent their own fictional world, doll house is high-detailed and tempts people to have desire to visit this world. If it is possible to visit and experience the world exactly and feel the world's atmosphere, it must be amazing experience that no one ever might have gotten. In this paper, we suggest the concept of "Doll House Trip", which realizes the experience by using a small telexistence robot. We prototyped the visual system, evaluated it and reported the result.

**Key Words:** Robot, Telexistence, Master-Slave System, Doll House Trip

### 1. 緒言

ドールハウスは、作家が思い描く美しく魅力的な世界観を持つ。作家は自身が思い描く想像の世界をミニチュアで表現しようとするため、ドールハウスは細部にわたり作り込まれており、実際に訪れてみたいと思わせるほどの魅力を持っている。

ドールハウス基本的な楽しみ方は、ドールハウスそのものを鑑賞したり、家具の配置を変えたりすることである。しかし、もし様々なドールハウスの世界を実際に訪れ、作者の描く世界観の空気感や雰囲気を実寸大の目線で味わうことができたとしたら、それはおそらく今までにはない素晴らしい体験になるだろう。しかし、ドールハウスの世界に入り、その世界を実寸大の大きさで楽しめるような手法はまだ開発されていない。

そこで本研究では、小型のロボットを介してドールハウスの世界を自由に見渡し体験することができる Doll House Trip という概念を提案する。

#### 1.1 関連研究

ロボットを介してミニチュア空間を等身大の空間のように観察する先行研究はいくつか提案されている。その1つとして、建築計画、都市計画のために小型カメラを操作しながら模型空間を自由に歩き回る、知覚行動直結型ビジュアルシミュレータが挙げられる[1]。これは模型空間によって現実の建物完成イメージを得ることを目的として作られたものであり、CGでのイメージ画像と比較し、より現実感がある画像をリアルタイムに得ることができる。

トレイグジスタンスとは、現在いる場所とは別の離れた場所に自分が存在しているような高い没入感・臨場感を与える概念である[2][3]。これを実現するために、体験者の頭部運動に対応する映像を Head-Mounted Display (HMD) で提示する手法が提案されている[4]。

#### 1.2 研究の目的

本研究では、小型トレイグジスタンスロボットに乗り込み、ドールハウスの世界を自由に見渡し体験することができる Doll House Trip の概念を提案する。さらに、本ロボットの試作を行い、基本的な体験の実現可能性について検討する。

### 2. Doll House Trip

人間が普段生活している空間よりも非常に小さいスケールであるドールハウスの世界を、小型のロボットを介して実寸大の目線で体験することを Doll House Trip と定義する。

ユーザーは、世界中のドールハウス作家がそれぞれ独自に思い描く千差万別なドールハウスの世界を、トレイグジスタンスロボットを介して体験することが出来る。それゆえ、これまでは世界の外から眺めることしかできなかったが、トレイグジスタンスロボットを介することで、中からその世界を体験することが可能となる。

これは、新しいエンタテインメントや価値観を提供できる可能性を持っているといえる。つまり、ドールハウスの世界を作り体験するというを通して、ユーザーの想像力を更に広げ、クリエイティビティを大きく掻き立てる場を提供できると考えられる。このとき、ドールハウスの世界を創造できる作家は、プロの作家とは限らず、ユーザーが自ら創造した世界を自分で体験することもできる。

### 3. ロボットの設計

#### 3.1 システム構成

Doll House Trip は2つの要素から構成される。まず Doll House Trip の対象であるドールハウスの世界、そしてその世界を体験するためのコックピットとトレイグジスタンスロボットである。

Doll House Trip におけるロボットは、ドールハウスの世界と同等のスケールをもつ小型のものとする。入手の容易さから、シルバニアファミリー（株式会社エポック社）を縮尺の基準とし、シルバニアファミリー世界の住人である ヒツジのお父さん（株式会社エポック社）を用いる。

#### 3.2 頭部設計

高い臨場感・没入感を得るために、ロボットの頭部の動きは体験者の頭部の動きに追従し、ロボットに搭載するカメラから送られる映像は、HMD を通して体験者に伝送される。このとき、奥行き感を得られることが望ましく、両眼カメラを用いた両眼立体視を行う。さらに、作りこまれたドールハウスの世界を細部に渡り鑑賞し体験するためには、高解像度の視覚提示が求められる。

柳田らの研究によると、両眼カメラ間の距離がより狭い場合、体験者は小人になったかのような体験が生じることが指摘されている[5]。このことから、ミニチュアの縮尺に対応した眼間距離が計算できる。

#### 4. 試作

本稿では、ミニチュア空間を等身大の空間として感じるために十分な両眼立体視が可能かについて確認した。2つのカメラを平行法を用い、それぞれの光軸が平行でかつ高さが等しくなるようにカメラを固定した。カメラ間の距離は、最終的にカメラを入れる予定である、ヒツジのお父さんの眼間距離と同様の14mmとした。

両眼カメラ映像は計算機のディスプレイに表示され、そのディスプレイをHMDにミラーリングすることによって、HMDを通してカメラの映像を観察した。

カメラモジュールは e-CAM52\_5640\_MOD (e-con Systems) でありドライバモジュール e-CAM51\_USB(同社)と併用している。HMDはHMZ-T1(ソニー株式会社)を使用した。カメラはCMOS 1/4インチのセンサモジュールを持ち、8.5x8.5mmと小型であり、F値2.8、対角60度、水平視野角38度である。HMDの水平視野角は45度である。

### 5. 検証実験

#### 5.1 実験環境と手順

被写体として、図1のような簡易的なドールハウスの世界を作成した。使用しているミニチュアはシルバニアファミリーのドレッサーセット(株式会社エポック社)で、縮尺の比較対象として飲料水の缶を隣に置いている。そこで図2に示したような方法で簡易的なドールハウスの世界がHMDを通して立体的に鑑賞できるかを確認した。カメラ側の解像度をVGA(640x480 pixel)、更新周期30fpsとして実験を行った。



Fig. 1 Experimental Setup



Fig.2 Experience

#### 5.2 主観的大きさ

実験の結果、試作システムを体験することで自分が小さくなったかのような感覚を得られる可能性が示唆された。これは、主観的な大きさについて、被験者から次の報告を得たことによる。つまり、ミニチュアを見た後に飲料水の缶を見ると、飲料水の缶が非常に大きく感じる、というものである。

#### 5.3 オーバラップ率

両眼で見える範囲であるオーバラップ率は水平方向約54%と狭く、多くの被験者が両眼の重なっていない範囲に黒い帯が見えたと報告した。また被験者によって、黒い帯の見える位置が異なったことから、視野の交差していない範囲で視野錯綜が生じていると考えられる。

図3がHMDに出力されている画面であり、サイドバイサイド方式で出力している。図4が実際のカメラとミニチュアの位置関係であるが、カメラとミニチュアの距離は約47mmである。実測の結果、この距離付近に最短焦点距離を持つことがわかった。

#### 5.4 アスペクト比

ミニチュア空間を観察しながら、飲料水の缶を横に回転させると、縦に置いていた場合と比較し長く感じ視空間が歪んでいることがわかった。この現象はカメラとHMDのアスペクト比の調整が不十分であることによるものと考えられる。カメラのアスペクト比を適切に調整することで、歪みのない視空間を得ることができると考えられる。



Fig.3 Display



Fig.4 Position

#### 5.5 自己定位

カメラが実際にある位置と、自分がそこにいると感じられる位置に差異があるように感じられることが分かった。そこで5名の被験者に対して、視距離の主観的等価点を求める実験を行った。カメラをミニチュアから10cmの位置に固定した上で、自分がどの位置にいるように感じるかを写真上に記入させた。結果は表1の通りである。

Table 1 distance to the miniature

被験者 1	2.4cm
被験者 2	2.9cm
被験者 3	3.4cm
被験者 4	4.8cm
被験者 5	2.8cm

いずれの結果も、被写体からのカメラ設置距離である10cmと比較し、大幅に短い距離にいると回答されている。柳田らの結果[5]によると、カメラとHMDとの間で眼間距離と視野角が異なる場合、知覚される物体までの距離が実際と異なることがわかっている。今回の結果は、カメラおよびHMDの視野角不整合により距離感の不一致が生じたと推測される。

### 6. まとめ

本稿では、ミニチュア空間を等身大の空間として感じるために十分な立体視が可能かについて、実験を通し課題点を明らかにした。今後はアスペクト比や距離感の問題を解決しつつ、ロボットの頭部に追従性を持たせる。また全ての機構を人形の中に実装できるよう設計と試作を行っていく。

#### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 23240017 の支援を受けて行われた。

#### 文献

- [1] 瀬田 恵之, 松本 直司, 岡島 達雄, 河野 俊樹, 神谷 彰伸, 山内 比呂史, "知覚行動直結型ビジュアルシミュレータの開発", 日本建築学会技術報告集, No.4, pp.92-96 (1997).
- [2] Susumu Tachi, "Telexistence", World Scientific, 2010.
- [3] 舘 暲, 阿部 稔, "トレイグジスタンスの研究 第1報 - 視覚ディスプレイの設計 -", 第21回SICE学術講演会, 1980.
- [4] 前田 太郎, 荒井 裕彦, 舘 暲, "頭部運動追従型両眼視覚提示装置の設計と評価", 日本ロボット学会誌, Vol.10, No.5, pp.655-665, 1992.
- [5] 柳田 康幸, 舘 暲, "HMD型トレイグジスタンスシステムの頭部運動時における視野角不整合の影響", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌(TVRSJ), Vol.7, No.1, pp.69-78, 2002.