

# 物理空間と仮想空間の相互利用による電子台本制作

藤重想<sup>†1,a)</sup> 島田光基<sup>†1,b)</sup> 岡田謙一<sup>†2,c)</sup>

**概要**：文化芸術活動の一環として演劇活動が広く行われており、演劇団体は本読み・立ち稽古・舞台稽古によって舞台創作を行なっていく。これらの稽古は台本を中心に行われており、従来の台本には台詞・ト書きのみから構成されている。実際の演劇では、これら以外に役者の位置や動き、タイミングなどといった演出家による演出が重要になるが、従来の台本ではこれらの要素を把握することは難しい。本研究では、役者の移動や頭の向きといった舞台の空間情報とそれらのタイミングを表す時間情報が付加された新たな『電子台本』を提案し、電子台本を制作するための要件を『物理空間と仮想空間』を相互的に利用することによって実現する。また、電子台本制作プラットフォームを実装し、電子台本の制作の一連の流れを実現した。評価実験を行い、本研究の有用性を確認した。

**キーワード**：演劇，演出，電子台本

## Digital-Script Creation Using Physical and Virtual Environment Mutually

SO FUJISHIGE<sup>†1</sup> MITSUKI SHIMADA<sup>†1</sup>  
KENICHI OKADA<sup>†2</sup>

### 1. はじめに

文化芸術の創造活動の一つとして演劇活動が世界でも広く行われており、それに伴い演劇支援の研究も広く行われている。演劇団体では、役者が台本をもとに、本読み・立ち稽古・舞台稽古を行うことによって、演劇が作り上げられている[1]。現在、演劇団体に用いられている台本は台詞、ト書きのみで構成されているため、そこから演劇全体の大きな流れをつかむのみにとどまっている。演劇において、重要となる点として、位置・頭の向き・体の動き、タイミング、台詞回しが後安らの研究[2]によって報告されている。しかし、これらの点は従来の台本では表現されておらず、一連の練習の中での演出家の指導を受けることでしか役者は習得することができない。

本研究では、このような演劇において重要な演出を台本の中に組み込む「演出の台本化」を提案し、「物理空間・仮想空間」という2つの環境を相互的に利用することによって実現する。演出の台本化をすることによって、それぞれの演出家固有の演出がされた題目を一つの演出台本として記録することもできる。このような、台本を制作するためには、従来の台本には無かった位置・頭の向きといった演出を台本に付加しなければならない。位置を付加するためには舞

台全体を把握する必要があるため、物理空間を用いる。また、頭の向きを付加するためには舞台空間内から舞台空間を把握する必要があるため、仮想空間を用いる。本研究では、このような提案を実現するための電子台本制作プラットフォームを実装し、評価実験によって、電子台本制作において有用であることを確認した。

### 2. 演劇支援

これまでも演劇・舞踏を支援する研究が広く行われてきている。Improv[3]は、演劇の舞台・他役者をCGで描いた仮想空間で表現し、舞台進行中の他役者の顔の表現・体の動きを確認することができる。Shakespeare Karaoke[4]は、シェイクスピア劇のシーンをCGを用いて再現し、ユーザはそれを見ながら演劇の練習を行うことができる。The Choreographer's Notebook[5]は、振付師が舞踏のビデオに字幕・インク注釈を加えることにより、実演者が振付師の指示を反映した自主練習を行うことができる。

HMDを利用した演劇支援の研究として、AR Karaoke[6]やAR Façade[7]といった、HMD上で演劇のシュミレーションを行う研究もある。大がかりなシステムを用いた研究として、Slaterらの研究[8]では、CAVEシステム上に遠隔地にいる他役者の位置関係を反映した映像を投影することによって、遠隔地での演劇のリハーサルを再現している。Mikeらの研究[9]では、PCディスプレイ、スクリーン、全方位ディスプレイ、テーブルトップディスプレイの4つのインタフェースでビデオを再生し、その時の視聴者の反応を評価している。また、舞台空間の制作支援の研究として、

†1 慶應義塾大学大学院理工学研究科  
Graduate School Science and Technology, Keio University

†2 慶應義塾大学理工学部  
Faculty of Science and Technology, Keio University

a) [fujishige@mos.ics.keio.ac.jp](mailto:fujishige@mos.ics.keio.ac.jp)

b) [shimada@mos.ics.keio.ac.jp](mailto:shimada@mos.ics.keio.ac.jp)

c) [okadak@keio.jp](mailto:okadak@keio.jp)

BowenVirtual Theatre[10]という PC 画面上に舞台の基本的な環境を構築する研究や、Horiuchi らのテーブルトップインタフェースを用いて舞台設計を行う研究[11]などがある。しかし、これまでは演出に着目し、台本を制作する研究は少なかった。

### 3. 提案

#### 3.1 演出の台本化

これまで、演劇団体で用いられている台本には、各役者の台詞、ト書きのみが記述されているだけであった。各役者は従来の台本から台詞を読み取ることによって、物語の流れを把握することが可能である。しかし、実際の演劇においては、台詞だけでなく、演出家が指導を行う演出が非常に重要なる。ここでいう演出とは、舞台の空間情報（役者の位置・移動、頭の向き、舞台装置）とそれらの時間情報（それぞれの要素がどのタイミングで行われるのか）である。これらの情報は後安らの研究によっても、演劇指導において重要であることが明らかにされている。

本研究では、台詞、ト書きのみで構成された従来の台本に、舞台の空間情報と時間情報という演出の要素を加えた新たな電子台本を提案し、空間情報を付加することを演出の台本化と定義する。この電子台本を新たに用いることによって、これまでは演出家が全体練習で指示をしていた演出を、電子台本から把握することが可能になる。また、演劇では、同じ題目であっても演出家によってそれぞれ異なった演出が行われ、全く違う舞台になるということが多々ある。電子台本を用いることによって、それぞれの演出家特有の演出が加えられた台本として記録していくことも可能になる。この記録された電子台本を用いることで、これまでは場所や費用の問題で指導を受けることができなかった演出家の演出や指導を反映した練習を行うことが可能になることで、演劇のさらなる発展に貢献することが期待できる。

#### 3.2 演出の台本化における要件

演出を台本化していくにあたって、従来の台本に新たに役者の移動・視線方向の情報を付加する必要がある。ここでは、移動を付加するための要件、頭の向きを付加するための要件をそれぞれ述べる。

##### (1) 移動情報付加における要件

役者の移動の情報を付加するためには、舞台全体を把握することによって、役者同士の位置関係や距離などを考慮する必要がある。そのため、舞台全体を俯瞰的に把握できる環境を利用する。また、移動動作を付加する場合には、役者の移動の速度や経路なども表現しなければならない。そのために、実際の物体を用いて、それに触れ、移動させることにより、直感的に役者の移動の情報を付加することができる。役者の移動の情報を付加を行うためには、これらの要件を満たす必要がある。

##### (2) 頭の向き付加における要件

役者の頭の向きを付加するためには、実際の舞台空間内における、舞台装置や他役者の位置、方向などを考慮する必要がある。そのために、舞台空間内に没入し、舞台空間内に存在する役者の視点から舞台を確認することができる環境を利用する。また、舞台空間内を自由に確認をしたり、見るべき方向を付加するには、舞台空間内に没入するだけでなく、その空間内での視線方向も没入させる必要がある。そのため、実際の使用者の頭の向きと舞台空間内での視線方向を連動させる。役者の頭の向きの付加を行うためには、これらの要件を満たす必要がある。

移動情報付加、頭の向き付加の要件を満たすそれぞれの環境では、舞台の空間情報と時間情報を共有している必要がある。そうすることで、舞台の全体像の把握と舞台空間内からの情報を違和感なく、把握することが可能になる。そのため、それぞれの環境を相互的に利用することで演出の台本化を実現することができる。

## 4. 電子台本制作

### 4.1 電子台本制作プラットフォーム

電子台本制作プラットフォームは電子台本データベースを中心に構成されており、そのプラットフォーム全体の概要を図1に示す。

電子台本制作は、文字台本や3Dコンテンツ作成プラットフォームであるUnityを用いての電子台本の下地制作と電子台本編集システムによる演出の電子台本化の2つの流れに分類することができる。文字台本の電子台本化では、文字で記述された台本から、電子台本を制作するための下地を制作し、Unityを用いて舞台を構築する。電子台本編集システムによる編集では、先に制作された電子台本の下地に対して、物理空間と仮想空間を利用し、位置・頭の向きといった演出を付加していく。物理空間は移動情報付加の要件を満たした環境であり、仮想空間は頭の向き付加の要件を満たした環境である。このような流れで、演出が付加された電子台本が完成する。これらの2つの流れを次で詳しく説明する。

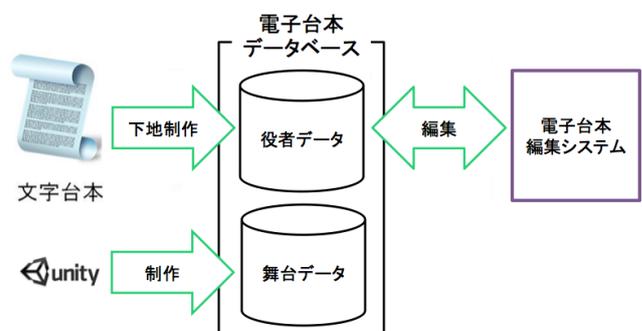


図1 電子台本制作プラットフォーム

#### 4.2 電子台本データベース

電子台本データベースは MySQL を用いて構成されている。電子台本データベース内にシーンデータが蓄積されており、各シーンデータ内に演劇的一幕相当のデータが含まれる。シーンデータの構成図を図 2 に示す。シーンデータの中には、役者の演技を表す役者データと舞台空間の情報を表す舞台データがある。役者データには、移動情報を表す MOVE データ、頭の向きを表す SEE データ、台詞情報を表す SAY データが含まれている。また、舞台データには舞台設計を表す舞台装置、照明、音響といったが含まれおり、これらは Unity 上で構築していく。

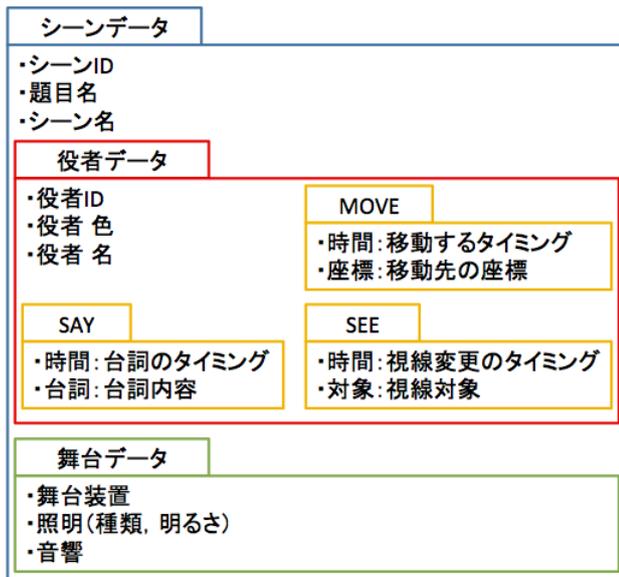


図 2 シーンデータ構成図

#### 4.3 電子台本の下地制作

電子台本に演出を付加する前に、文字で書かれた台本から電子台本の下地を制作しなければならない。この際、まず文字で書かれた台本を図 3 のように、タイミング(秒単位)、役者名、台詞を CSV ファイル形式で記述する。電子台本制作プラットフォームでは、この CSV 形式ファイルを電子台本データベースが読み取ることが可能な SQL 形式ファイルへと変換し、電子台本データベースへ挿入していく。これにより、台詞・タイミングのみで構成される電子台本の下地が完成する。この際、タイミングが SAY データの時間、役者名が役者データ内の役者名、動作が SAY データのセリフへ挿入される。

タイミング	役者名	台詞
69	強盗	肉まんはいらないんだよ！金出せ！！
73	アルバイト	店長ー、なんでもいませーん、ちょっと来て下さい
76	強盗	おどなく出せ！！
79	店長	本当頼むよ～、僕今裏でET見てるんだから～
82	強盗	仕事しろよ！！
83	アルバイト	ホントすいません
86	店長	ETが人差し指出したところで停止しちゃってるよ。
89	店長	もう次の展開分かつちゃうよ～
91	アルバイト	人差し指で合わせるんですよ
92	店長	そうそう。んで光るの

図 3 台本の CSV ファイル

#### 4.4 電子台本編集システムによる演出の台本化

図 5 に物理空間・仮想空間を実現するハードウェア構成を示す。

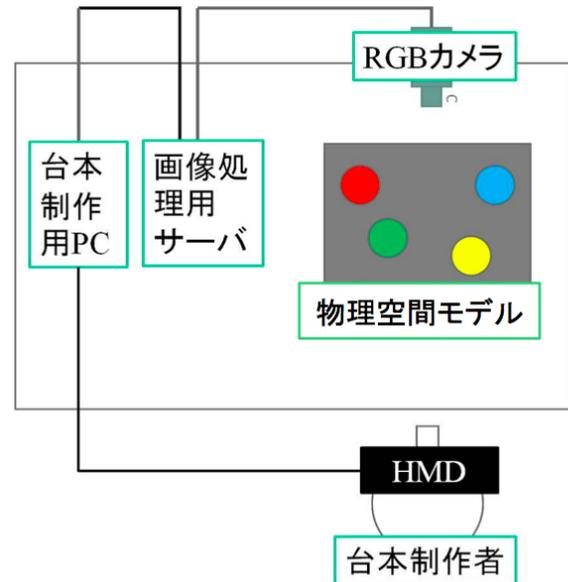


図 5 ハードウェア構成

物理空間モデルは舞台を表す土台と役者を表すコマからなっており、移動動作付加の要件を満たした物理空間を実現する。画像処理用サーバでは、物理空間モデル上のコマの位置を RGB カメラの情報を元にリアルタイムで検出している。

台本編集用 PC では物理空間での位置情報、HMD での頭の向きの情報などを元に電子台本データベースに編集を加え、演出の台本化を行う。

台本制作中、使用者は常に HMD を装着する。今回は Oculus Rift[12]を利用した。また、HMD 上には深度センサが設置されており、台本制作のための使用者のジェスチャを常に認識している。

仮想空間は 3DCG で表現された舞台空間となっている。この仮想空間内では物理空間で選択されたコマの視点から舞台空間内を確認することができる。図 6 は HMD に提示される仮想空間である。

この HMD を通じて、使用者は物理空間、仮想空間を確認しながら、演出の台本化を行っていく。使用者が下方を見ている場合には、HMD には物理空間が表示されており、使用者は物理空間上のコマを移動することによって、役者の位置などを操作していく。また、使用者が水平方向を向くと、仮想空間内に没入することができる。この時、机を見下ろすような角度を閾値と設定することで、使用者は物理空間と仮想空間を違和感なく、行き来することが可能になる。仮想空間内での見ている方向は、使用者の頭の向きと連動しているため、頭の向きを変えることで、見たい方向を自由に確認できる。



図 6 仮想空間

#### 4.5 制作手順

ここでは、使用者が実際にどのように台本制作を行うのかをユーザ視点で説明する。図 7 は演出の台本化に必要な行動のフロー図であり、使用者に必要な行動別に色分けされている。台本制作を行う場合、まず電子台本データベースから編集を行うシーンデータを読み込む。次に、腕を深度センサの前で水平スワイプすることで動作を付加するタイミングを選択する。付加するタイミングを決定した後、物理空間上でコマを選択することによって、動作を付加する役者を選択する。また、仮想空間内での視点もこの時に選択した役者からの視点となる。移動を付加する場合は、再度コマに手をかぶせることによって、付加開始の合図音が鳴る。合図音が鳴ると、コマを移動し、付加する役者の移動動作を表現する。移動が終わると、コマの移動停止をシステムが検知し、電子台本データベースに移動動作が付加される。頭の向きを付加する場合は、仮想空間に没入し、付加したい方向を向きながら深度センサの前で腕を水平スワイプすることによって、電子台本データベースに頭の向きが付加される。また、電子台本制作の途中で、深度センサの前で腕を上スワイプすることによって台本編集の UNDO、下スワイプすることによって REDO を行うことができる。このような一連の流れを繰り返し行うことによって、演出の台本

化を行っていく。

### 5. 評価実験

#### 5.1 実験手順

本実験では、提案システムである物理空間及び仮想空間を相互利用した電子台本制作の有用性を次の項目から評価する。評価項目は MOVE・SAY 動作の正確性、制作時間等の効率性、被験者のアンケート結果とし、本実験は大学生・院生 7 名を対象に行った。

本実験の手順は次の通りである。

1. 被験者が制作の目標とする、完成された電子台本(以下、完成品)を、実験者が準備。
2. 完成品を 3DCG で表現したものを被験者に一度見せる。
3. 被験者に移動情報、頭の向きが付加されていない電子台本(以下、未完成品)及び完成品になるためのタスクの一覧を与える。
4. 被験者は本システムのチュートリアルを受けた後、移動動作及び視線方向を付加するタスクを行う形で、未完成品を完成品に近づけるよう制作する。
5. 被験者が制作した電子台本を 3DCG で表現したものを被験者に見せ、アンケートを取る。

本実験で被験者に課すタスクの動作は移動動作 4 つ、頭の向き 4 つの 8 つからなりなる。表 1 は台詞一覧であり、台詞の順序と役者の色、それぞれの台詞を示している。表 2 はタスク一覧を表しており、タスク、付加する役者とタイミングが示している。図 8 は MOVE 動作の移動経路を矢印で表しており、と SEE 動作の頭の向きの対象を星で表している。

#### 5.2 評価項目

本実験の評価項目は移動・頭の向きの正確性、時間、アンケートの 3 つとした。移動の正確性は制作された移動経路と完成品の移動経路の誤差を次の計算式で測定する。

$$Error = \frac{\sum_{i=0}^n d(p_i, q_i)}{n}$$

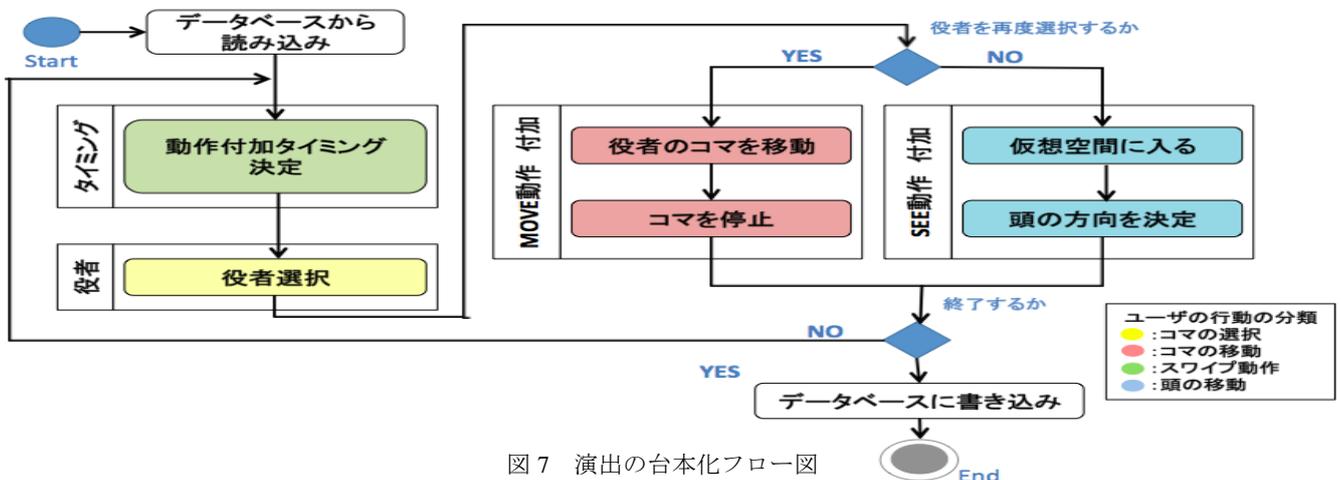


図 7 演出の台本化フロー図

移動動作は一定距離ごとに座標点をサンプリングしており、分母  $n$  は移動動作に含まれるサンプリングした点の総数となっている。この時、図 7 での舞台を縦 20 マス、横 26 マスとしている。分子の式は被験者の制作の座標(=p)と完成品の座標(=q)のユークリッド距離の総和を表す。視線方向は制作された台本と完成品との誤差を測定する。時間はタスクにかかった時間、回数は各タスクにどれだけやりなおしたかを測定する。

アンケートは本システムが被験者にとってどれだけの負荷がかかったかを測定するために、NASA-TLX の設問を利用したアンケートを実施した。

表 1 台詞一覧

順序	役者	台詞
1	緑	やあ、いらっしやい
2	青	よお、青
3	青	なにか儲け話は見つけてきたか
4	赤	うんにゃ。見つからん
5	赤	この街には何も残ってないようだ
6	青	ああ。この街ともおさらばするか
7	緑	旦那。実は良い話がありますぜ
8	赤	何？
9	青	(上同タイミングで) 何？
10	緑	いやね、最近洞窟から宝が出たとか
11	緑	怪物が出たとかのウワサでさ
12	青	面白そうだな。行ってみようぜ
13	赤	そんな！さっき怪物が出るって・・・
14	青	バカ。金目があるとことには危険がつきものだ
15	青	お宝を頂戴してこの街からおさらばしようぜ
16	赤	えー・・・
17	赤	うーん
18	赤	よし、いってみるか！
19	青	そうこなくっちゃな！

図 2 タスク一覧

タスク	役者	タイミング (表 1 の順序)
MOVE1	赤	4
SEE1	青	6
SEE2	赤	8
SEE3	青	9
MOVE2	緑	10
MOVE3	青	14
SEE4	青	15
MOVE4	赤	17

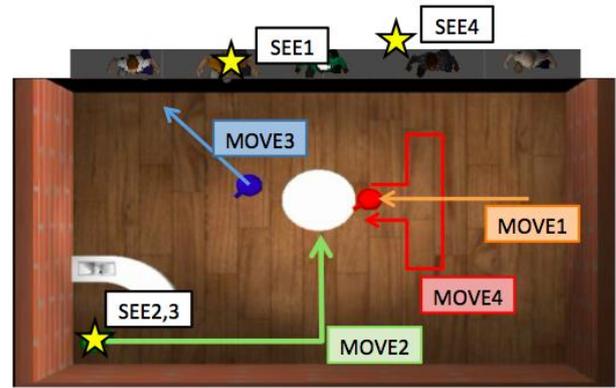


図 8 移動経路及び頭の向きの対象物

### 5.3 結果・考察

移動・頭の向きの正確性を表 3, 表 4 に示す。

表 3 移動動作の誤差

タスク	誤差 (マス)
MOVE1	0.2
MOVE2	1.2
MOVE3	1.7
MOVE4	1.9
平均	1.3

表 4 頭の向きの誤差

タスク	誤差 (度)
SEE1	1.0
SEE2	2.2
SEE3	0.6
SEE4	3.5
平均	2.0

移動動作の誤差は平均 1.30 マス含まれることが確認できた。この値は舞台全体のマスを考えると、舞台空間内での移動を把握するには十分小さい値であった。

この値から、MOVE4 のような複雑な移動経路であっても経路の概要を十分に認識することができた。これらの結果から、MOVE 動作を付加する場合、実際にコマ動かすことで正確な移動経路を決定することができることを確認した。

SEE 動作の誤差は平均 2.02 度含まれることが確認できた。この値は、役者の頭の向きの対象物を指定するにあたり、十分小さい値であった。誤差が小さくなった理由として、被験者が仮想舞台の中で実際に対象物を見ることができたこと、頭の角度を利用することで安定して角度を決定することができたこと、仮想空間の映像の中心に照準を重畳することで、被験者により正確な位置で頭の角度を決定することができるようになったことが挙げられる。

各タスクを実行するのににかかった時間は図 9 の結果となった。この結果から、移動・頭の向き共に制作時間及びやり直し回数が少ないことが確認できた。特に、台本制作の際

に制作者が行う行動が手を動かさず等直感的かつ簡単であるため、操作の時間に時間がかからなかったからであると考察する。MOVE1・MOVE3のように時間がかかってしまっている動作もあるが、これらはタイミングの決定に時間がかかってしまっているためであり、動作付加自体は迅速に行っていた。頭の向きの付加については、仮想空間内で頭の向きの対象物を探すのに時間がかかるケースが発生したが、発見後に方向を決定する行動は迅速に行っていた。

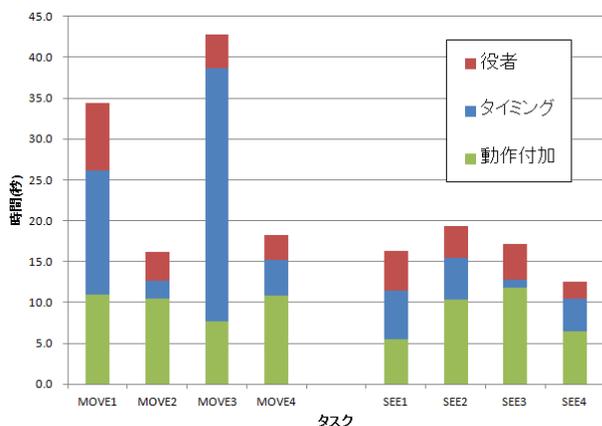


図9 各タスクの測定時間(s)

やり直し回数は移動付加では0.5回、頭の向き付加では0.04回となった。この結果から、被験者は自分の思い通りの操作を実現できたと判断できる。

アンケート結果を表5に示し、自由記述の結果と合わせて考察する。アンケート結果では、5を「全く感じなかった」、1を「大いに感じた」とする。フラストレーションの項目では1を「不安・ストレスを感じた」、5を「満足・楽しさを感じた」とする。

表5 アンケート結果

質問	評価
どの程度の知的・知覚的負荷(考える、きおくする、見る)を感じたか	4.17
どの程度の身体的負荷(頭・手の移動)を感じたか	3.33
仕事のペースや問題が発生する頻度のために感じる時間的切迫感を感じたか	4.87
被験者制作の電子台本の3DCGで表現したものと完成品に差異を感じたか	4.17
タスクを実行するのに努力を感じたか	4.17
作業中に、ストレス、不安感などを感じたか。逆に安心感、楽しさを感じたか	3.50

操作に負荷をほとんど感じない被験者が多数見られた。今回ほとんどの操作が容易かつ直感的であったため、知的・知覚的負荷は少なく、4.17という結果が得られた。また、手を動かさず、頭を動かさず等簡単な動きで操作できるため、身

体的負荷も小さく、3.33という結果が得られた。ただ、HMDを長く身につけることに負担を感じる被験者が多く、完全に負荷を感じない結果とはならなかった。また視線方向動作を決定する際、場合によっては上を見たり、後ろを振り向かなければならない場合があるため、そこに身体的負荷を感じる被験者も少なくなかった。だがそれらの負荷は許容範囲内であるとの回答は得られている。

以上の実験結果から、本システムは電子台本を制作するにあたり、正確性及び効率性において有用であると確認した。

## 6. おわりに

文化芸術活動の一環として、演劇が広く行われており。こうした状況の中で、演劇団体では、本読み・立ち稽古・舞台稽古を通して、演劇を作り上げるべく、日々練習に励んでいる。これらの練習は台本を中心に行われており、現在演劇団体に用いられている台本は、台詞、ト書きのみで構成されている。しかし、実際の演劇においては、台詞、ト書きでは表しきれない演出が非常に重要となっている。

本研究では演出において重要な舞台の空間情報と時間情報を付加した電子台本を提案し、物理空間と仮想空間を相互的に利用することによって、電子台本の制作を実現した。また、評価実験を行い、本研究が電子台本制作において有効であることを確認した。

## 参考文献

- 1) 長野県松本文化会館舞台課：高校で役立つ舞台の言葉 <http://w1.avis.ne.jp/~n-koubun/butaiyogo2013%29.pdf>
- 2) 後安 美紀, 辻田 勝吉: 演劇創作におけるシステムダイナミクス, Vol.14, No.4, pp.509-531, (2007)
- 3) Perlin, Ken and Goldberg, Athomas: Improv: a system for scripting interactive actors in virtual worlds, SIGGRAPH '96, pp.205-206(1996)
- 4) Cairco, Lauren and Babu, Sabarish and Ulinski, Amy and Zambaka, Catherine and Hodges, Larry F.: Shakespearean karaoke, VRST '07, pp.239-240(2007)
- 5) Singh, Vikash and Latulipe, Celine and Carroll, Erin and Lottridge, Danielle: The choreographer's notebook: a video annotation system for dancers and choreographers, C&C '11, pp.197-206(2011)
- 6) Gandy, Maribeth and MacIntyre, Blair and Presti, Peter and Dow, Steven and Bolter, Jay David and Yarbrough, Brandon and O'Rear, Nigel: AR Karaoke: Acting in Your Favorite Scenes., IN ISMAR, pp.114-117(2005)
- 7) Dow, Steven and Mehta, Manish and MacIntyre, Blair and Mateas, Michael: AR facade: an augmented reality interactive drama, VRST '07, pp.215-216(2007)
- 8) Slater, M. and Howell, J. and Steed, A. and Pertaub, D-P. and Garau, M.: Acting in virtual reality, CVE '00, pp.103-110(2000)
- 9) Craven, Mike and Taylor, Ian and Drozd, Adam and Purbrick, Jim and Greenhalgh, Chris and Benford, Steve and Fraser, Mike and Bowers, John and Jaa-Aro, Kai-Mikael and Lintermann, Bernd and Hoch, Michael: Exploiting Interactivity, Influence, Space and Time to Explore Non-linear Drama in Virtual Worlds, CHI '01, pp.30-37(2001)
- 10) Lewis, Matthew: Bowen Virtual Theater, SIGGRAPH '03, pp.1-1(2003)
- 11) Horiuchi, Yosuke and Inoue, Tomoo and Okada, Ken-ichi: Virtual Stage Linked with a Physical Miniature Stage to Support

Multiple Users in Planning Theatrical Productions, IUI '12,  
pp.109-118(2012)  
12) Oculus Rift  
<https://www.oculus.com/ja/>