

Refereed Conference paper

DiamondTouch における 複数実物体の方向付き認識手法

堀内 陽 介^{†1} 西濱 大 貴^{†1}
井上 智 雄^{†2} 岡田 謙 一^{†1}

本稿では、操作者の識別が可能なテーブルトップインタフェースである DiamondTouch における実物体の方向付き認識手法を提案する。我々は DiamondTouch を用いて協調作業を支援することを目的として研究を進めてきた。先行研究において提案した演劇における演出プランニング作業を支援するシステムでは、識別できる実物体が 2 種類のみであり、実際の舞台をイメージするためにより多くの実物体を識別する必要があったことが明らかとなった。そこで本研究では、先行システムで用いたテーブルトップインタフェースである DiamondTouch 上で複数の実物体をその方向も含めて識別可能なアルゴリズムを構築する。先行システムは、提案手法を導入することで識別可能な実物体数を増加しさらにそれぞれの方向も特定することが出来るようになったため、より具体的な舞台状況をイメージ出来る環境となった。

A Multiple Objects Recognition Method with Direction Detection for DiamondTouch

YOSUKE HORUCHI,^{†1} DAIKI NISHIHAMA,^{†1}
TOMOO INOUE^{†2} and KEN-ICHI OKADA^{†1}

In this paper, we propose a multiple objects recognition method with direction detection for DiamondTouch, which is the tabletop interface that identifies the user touching to the tabletop. We've studied how to support a cooperative work through using the DiamondTouch. In previous study, we proposed the system to support planning theater production. The previous system, however, has the problem that the system doesn't allow to use more than two tangible objects. This reveals the occasion to compose the method allowing to use more tangible objects to imagine the actual theater stage. Then, we create a new method of objects recognition. Achieving this method, the system became the environment which increases the number of objects which can be identified on the tabletop and specifies the direction of the object.

1. はじめに

我々は操作者の識別が可能なテーブルトップインタフェースである DiamondTouch を用いて協調作業を支援することを目的に研究を進めてきた。支援対象として選択した演劇創作活動は、音響や役者の演技、衣装など様々な表現を用いて協調的に創作する必要がある協調作業である。演劇創作活動では、中でも特に音響や照明の演出プランニングにおいて、それぞれの演出イメージを頭に思い描きながら作業を進めていくのは困難であるという課題があった。先行研究では、DiamondTouch と呼ばれるテーブルトップインタフェースを用いて、ユーザの舞台状況のイメージ把握を容易にして音響や照明の演出のプランニング作業を支援するシステムを提案した。しかし先行システムが識別できる実物体は 2 種類のみであり実際の舞台状況を再現するには乏しかったため、DiamondTouch 上で複数実物体を識別する手法を新たに確立する必要性が明らかとなった。そこで本研究では、DiamondTouch の特徴である電流検知による入力認識を活かした実物体認識アルゴリズムを提案する。形状やサイズの異なる銅板を二層構造で実物体に取り付けテーブルに接地する銅板の面積を各実物体ごとに変えることで電流の流れる範囲を調整して、操作の際入力範囲を検証することで実物体の識別や方向特定を行う。本アルゴリズムにより、DiamondTouch 上で識別できる実物体数は増加しそれぞれの方向も特定できるようになったため、より具体的な舞台状況をイメージ出来るシステムとなった。また手操作と実物体操作の間での誤認識も軽減したため、システムの操作性も向上することが出来たと考える。

2. 演劇創作

創作とは作家の主體的創造力によって芸術作品を創り出すことである。日常生活の中では学校行事や部活動、趣味、職業など多岐にわたり様々な創作活動に触れ合う機会があり、個性や感動する心、多様な表現力を培うことができる。本研究では創作活動のなかでも特に演劇における作業に注目する。

^{†1} 慶應義塾大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{†2} 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科

Graduate School of Library, Information and Media Studies
University of Tsukuba

2.1 演劇創作活動

演劇は、音響や役者の演技、衣装など様々な表現を用いて協調的に創作される芸術作品であり、人と人との繋がりを深め、コミュニティの共通の基盤を形成することが出来る¹⁾。演劇創作活動において用いられる芸術表現は実に多岐にわたるため、本番の公演にいたるまでには様々な作業が行われる。本研究では、様々な作業の中でも演出家や音響・照明担当などが行う演出のプランニング作業に着目する。ここで演出のプランニングとは、舞台上で用いられる演出を考え決定する作業であるとする。一般に、演出のプランニングにおいては照明や音響の各担当者など3人程度が議論を重ねて演出を決定する²⁾。例えば、演出家と照明担当スタッフは、芝居中のどのシーンでどんな明かりをつけるか、役者にスポットをあてるのか、ということと共に考えながら作業していく。このように舞台演出は、各スタッフが他者とコミュニケーションしながら情報を共有することで、決定されていくといえる。

本研究ではこうした演出のプランニングに着目し、その支援方法について考えていく。

2.2 演出プランニングにおける問題点

演出家や各スタッフが舞台演出をプランニングする作業において、以下のような問題点があると考えられる。

- 舞台演出のイメージが困難
- ユーザ同士で演出イメージの共有が困難
- CUEシート（音響や照明等の演出が変わるタイミングや効果を書き連ねた表）を書き起こすのは煩雑で経験も必要

まず、舞台セットの整っていない環境で演出をプランニングする際、特に演劇経験の乏しい者にとって照明や音響などの演出を含めた舞台を頭の中で思い描くのは難しい。例えば照明に関しては、実践演劇講座03 舞台照明01³⁾の中で、経験もなく相応の勉強をしなければ照明プランの考えようもないと指摘されている。また演出をプランニングする場合、実際の劇場を借りられる時間は限定されるため、稽古場や会議室での話し合いでは各スタッフが互いの演出イメージを共有しながら共に作業するのは困難である。さらに、実際の演劇でも用いるCUEシートの作成は非常に煩雑な作業である。

2.3 従来研究

これまで、情報システムを用いた創作活動を支援する様々なシステムが研究されてきた。物語創作の支援を目的としてKatoらは、絵に描かれた人物や物の情報からシナリオを自動的に作成するシステムを提案している⁴⁾。また、Raffleらは子供向けのシステムとして、描画時に音声統合できるツールを提案している⁵⁾。こうした絵の作成・シナリオ生成など、

2次元で表現される創作活動を支援するシステムは数多く報告されているが、演劇やダンスなど3次元の創作活動の支援については十分に研究がなされていない。

演劇における劇場の舞台を表現する情報システムとしては、コンピュータグラフィックス(CG)で描いた仮想空間を用いた研究が報告されている。デスクトップPCの画面上にCGを用いて舞台装置や照明を表現するシステム⁶⁾や、役者のリハーサルを支援するシステム⁷⁾など、舞台演出に着目した研究も行われている。また、舞台演出のプランニング支援を目的とした様々な市販のソフトウェアが存在する。CAST社⁸⁾のWYSIWYGは舞台演出の中でも照明のプランニングを支援するためのソフトウェアであり、音響に関してもMeyer Sound社⁹⁾のMatrix3などの支援システムがある。しかし、こうした市販のソフトウェアは演出の専門家向けに作成されているため、知識がないユーザが利用するには使いこなすまでに時間がかかるという問題点がある。

上述のシステムは全てPCを用いて基本的にユーザの個人作業を目的として設計されており、複数の作業者が協調的に作業を行う状況を想定していないと言える。複数人に対する舞台演出支援システムとしてAvatar¹⁰⁾が挙げられるが、Avatarは遠隔地にいる複数の作業者間で共同作業を行うシステムであり、作業者が対面環境で作業空間を共有しながら舞台演出を考えることのできるシステムは殆ど研究されていない。

2.4 先行研究：演劇創作活動を支援するテーブルトップインタフェース

2次元的な創作活動を支援するシステムが多い中、我々は先行研究として演劇創作活動を支援するテーブルトップインタフェースを提案した¹¹⁾。

このシステムは、テーブル上での複数ユーザによる操作をユーザごとに識別できる（操作者識別）DiamondTouch¹²⁾をテーブルトップインタフェースとして用いている。DiamondTouchのテーブル下には、2次元格子状に5mm間隔で電極が配置されている。システムにつながれたシートに座ったユーザがテーブル表面に触れると、電極・ユーザの身体・シート間の静電容量結合により微弱な電流が流れる。そのため、縦方向と横方向で反応した電極の位置を照らし合わせることでテーブル上での接触位置を認識し、その際操作がどのシートに座っているユーザのものであるかを特定できる。先行システムは、DiamondTouchのテーブル上に役者に見立てた人形や小型の舞台セットを配置することによって演劇の舞台をテーブル上に再現する（図1,2）。

この環境でユーザは、テーブル上に表示される音響や照明などの各役割の操作パネルを用いて小型の舞台空間にそれらの演出を再現し、システムに保存することが出来る。また、人形をテーブル上で操作することによってその位置情報をシステムに認識させることも可能で

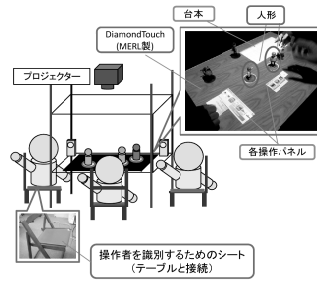


図 1 システム構成
Fig. 1 System architecture.

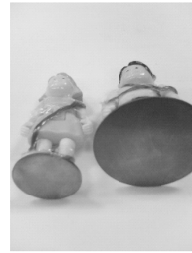


図 2 先行研究における人形に接着された銅板
Fig. 2 The plates for objects recognition in previous study.

ある。先行システムではこれらの機能により、ユーザが舞台状況を容易に把握出来る環境を提供して演出プランニング作業を支援する。

2.4.1 先行研究での実物体認識における問題点

先行システムでは、DiamondTouch の電流を用いた入力認識方法を活かして、実物体に銅板を接着することでシステム上での実物体を利用したインタラクションを可能にした。DiamondTouch のタッチパネルの表面には 2 次元格子状に 5mm の間隔で電極が埋め込まれている。ユーザは付属のシートに座ってテーブル上での操作を行い、シートは同軸ケーブルによってタッチパネルの接触検出装置に接続されている。ユーザがテーブル表面に触れると、その場所に配置された電極・ユーザの身体・シート間の静電容量結合により微弱な電流がながれ、これによりユーザ識別と接触位置を特定することができる(図 3)。先行システムでは、実物体は図 2 のようにそれぞれ大きさの異なる銅板に接着され、胴体にはその銅板と繋がった銅線が巻きつけられている。上述したように DiamondTouch では電流を用いた入力認識を行うため、ユーザがテーブル上で銅線が巻きつけられた実物体に触れるとシステムとの接地面である銅板全体から電流が流れる。その際に反応した電極数をもとに、使用した銅板の大きさを割り出し操作に用いた実物体を特定する。

しかし、このような実物体の認識方法では以下のような問題点が見受けられる。

- テーブル上で識別できる実物体数に乏しい
- 指での操作と実物体での操作を間違えて認識してしまう

まず、このように実物体に接着する銅板の大きさの違いを用いた識別方法では、実物体を増

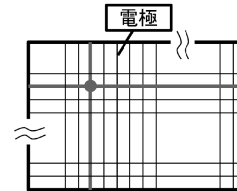


図 3 DiamondTouch のテーブル表面における接触認識の仕組み。赤丸はユーザの接触を表し、赤線は反応した電極を示す。

Fig. 3 The method of touch recognition in DiamondTouch. The red circle means the touch to the table by user.

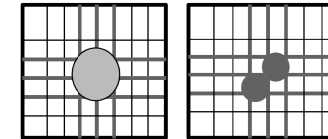


図 4 先行システムにおける誤認識発生の様子。左図は銅板による接触、右図は複数本の指による接触が銅板と同じ範囲の接触と認識されている様子を示す。

Fig. 4 The aspect of false recognition in previous system. The left figure shows the input through the metallic plate, and the right one shows the input by 2 fingers.

やすにつれ接着させる銅板として大きなサイズのものが必要となるためテーブル上という限られたスペースで用いる識別手段として有効でない。そのため先行システムでは、識別できる実物体数は 2 体のみである。さらに実物体識別の際には電流が流れた電極の数が判断基準となるため、例えば図 4 に示すように、複数の指でテーブルに接触すると検出される入力範囲が銅板による入力範囲と似るために実物体を用いた操作であると誤認識されてしまう場合がある。

3. 提 案

本研究では以上のような問題点を解決するために、新しい実物体認識アルゴリズムを構築する。複数人での協調作業が可能なテーブルトップインタフェースの中でも操作をユーザごとに識別できる DiamondTouch を引き続き用いるとともに、さらに実際に物体に触れる操作を取り入れることで、ユーザに対して直感的な操作方法を提供する。

それでは、我々が今回新たに導入した実物体認識アルゴリズムについて以下で説明する。

3.1 複数実物体認識アルゴリズムの構築

近年、実態を持つデバイスに物理的に触れることで直感的な操作が可能なタンジブルインタフェース¹³⁾に関する様々な研究報告がされている^{14),15)}が、DiamondTouch を用いたタンジブルインタフェースに関する研究はほとんどなされていない。Nakakoji らが開発したシステム¹⁵⁾では、ユーザは実物の筆を持ちテーブル上でなぞることによりその筆跡をシス

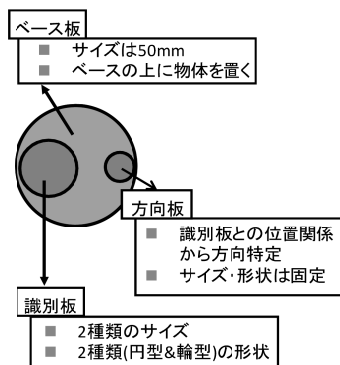


図5 二層構造銅円板

Fig. 5 Two layers structure of metallic plates.

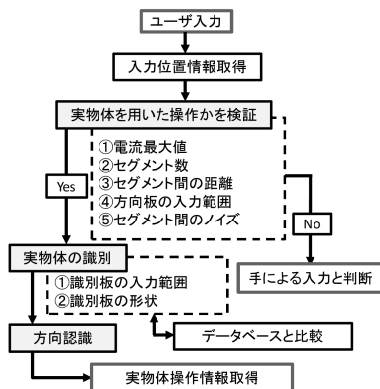


図6 複数実物体認識アルゴリズム

Fig. 6 The algorithm of real object recognition.

テムに認識させる。また先行研究では実物体に銅板を接着し、その大きさの違いを用いて実物体識別を行う。しかしこれらのシステムには依然として上述したような問題点がある。

そこで本研究では、DiamondTouch 上で実物体の操作を可能とする複数実物体認識アルゴリズムを構築した。前述した DiamondTouch での電流を利用する入力認識方法を踏まえ、複数の実物体を識別させるために二層構造の銅円板 (図5) を用いる。本研究において円形の銅板を用いたのは、銅板がどの方向を向いても縦軸・横軸で入力範囲に差異が生じないため識別の際に支障をきたさないからである。

図5のように二層構造銅円板は3枚の銅円板 (厚さ1mm) から構成される。銅円板をテーブル上で用いる際には方向板と識別板と名付けた2種類の銅板が接地面となり、ベース板上に用いたい実物体を置く。実物体の下部に導電性塗料をスプレーすることで、その部分にユーザが触れると銅板に電流が伝わるようになっていく。識別板は複数の実物体を区別するための銅板である。一方、方向板は、物体の向きを認識する際に用いる銅板である。方向板の形状・サイズは一定 (直径8mm) とし、識別板の形状・サイズを各々変えることで物体を区別する。また、ユーザが銅板をテーブル表面で触った際に現れる電流の波形を分析し、識別板と方向板の位置関係から方向を特定する。

図6に示されている本研究における複数実物体認識アルゴリズムは、大きく分けて以下

の2つのステップに分類される。

- (1) 操作が実物体によるものか否かを判別
- (2) どの実物体を操作しているのかを特定し、その方向を識別

ユーザによる DiamondTouch への入力となされた際、誤認識を防ぐためにその操作が実物体によるものか否かを厳密に判別する必要がある。そして入力が実物体の操作によるものであると判別された場合のみ、操作物の特定と方向識別を行う。

以下に、図6に沿って実物体の情報取得過程について説明する。まず操作が実物体によるものであるかを判別するために以下の項目で判定を行う。

電流最大値 電流値が規定値よりも低い値か。

銅板を介した入力の場合、指によるテーブル表面への直接接触時より電流値が全体的にさがら。DiamondTouch が検出する最大電流値は255であり、電流の値が規定値 (250) 以下かどうかを判別し、規定値を超えた場合はユーザが直接テーブル表面に触っていると判断する。

セグメント数 検出されるセグメント数が縦横共に“1”か“2”であるかどうか。

二層構造銅円板の接地面は2つの銅板となっているため、実物体を操作した場合は横軸・縦軸で反応した電極の塊の数が“1”または“2”となり、さらに少なくとも縦軸か横軸どちらかでは2つの塊が検出される。この電極の塊のことをセグメントと呼ぶ。

セグメント間の距離 セグメント間の距離が2つの銅板の距離に相当するか。

ある軸においてセグメント数が“2”の入力が存在した場合、2つのセグメント間の距離が方向板と識別板の距離に相当する値であるかを判別する。セグメント数が“2”であってもそれぞれの距離が離れすぎている場合 (5cm 以上) は手や指で多点入力を行ったと判断する。

方向板の入力範囲 方向板の入力範囲を持つセグメントが検出されるか。

検出されたセグメントの中に、直径8mmである方向板に相当する入力範囲 (電極数が“1”または“2”) のものがない場合は、手や指による入力であると判断する。

セグメント間のノイズ セグメント間にノイズが発生しているか。

二層構造銅円板を用いた入力の場合ベース板はテーブル表面に接地することはないが、銅板の厚みが1mmと薄いためベース板を通っている電流がテーブル表面の電極と反応し、手や指で2点を抑えた場合と比較して2つのセグメント間にノイズが生じる (図7の赤丸)。そこで本アルゴリズムではこのノイズを活かして、DiamondTouch の入力スレッシュホールド (図7の赤線) とは別に銅板ノイズスレッシュホールド (図7の黄線) を

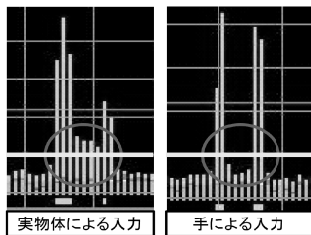


図 7 セグメント間に発生するノイズ
Fig. 7 The noises between two segments.

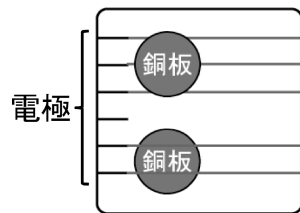


図 8 銅板の配置場所により異なる反応電極数
Fig. 8 The number of reacted electrodes differs according to the position of metallic plate.

50 と定義し、セグメント間の電流値がこの閾値を超えた場合に銅板に触れていると判断する。

以上の過程を通して入力が実物体の操作によるものであると判断された場合、次に、どの実物体を用いているかを識別するために以下の項目で判定を行う。

識別板の入力範囲 セグメント中にどちらの識別板に相当する入力範囲があるか。

本研究では、識別板の大きさとして電極の数が“3”もしくは“4”の銅板と“5”もしくは“6”の銅板との2種類を用いる。このようにそれぞれの識別板のサイズが電極2本ごとに遷移していくのは、電極と銅板の位置関係によって反応する電極数が変わるからである。図8は、1cmの銅板をテーブル上に置いた際に反応する電極数が異なるケースを表している。前述したとおり電極はテーブル上に5mm間隔で2次元格子状に配置されている。そのため例えば1cmの銅板を扱う場合、図8上のように多くの電極に触れるように置くと3本の電極が反応するが、図8下のようにずらして配置すると反応する電極数は2本になる。以上の理由から各サイズに対して2本ずつ割り当てられた電極数と入力範囲を比較してどちらのサイズの識別板を用いているかを判定する。

識別板の形状 電極が検出する電流値がどちらの形状を通ったパターンと一致するか。

本研究では、識別板の形状として円状の銅板とリング状の銅板の2種類(図9)を用いる。識別板が円状であれば、図9左のように出力波形は山型となるが、リング状の場合中心が空洞であるため波形が谷型(図9中)となる。また、リング状の銅板でも電極との位置関係によって波形が谷型とならないことがあるが、その場合はテーブルと銅板の

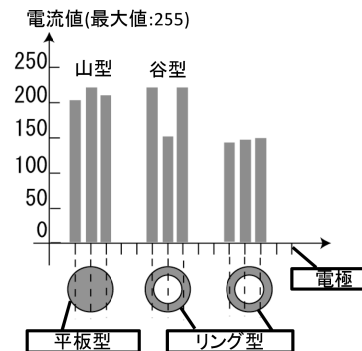


図 9 識別板の形状
Fig. 9 The shape of the identification plate.

接地面が少ないため全体の電流値が円状の銅板より低くなる(図9右)。

このように出力波形を分析することで識別板の形状を特定する。

なお、銅板のサイズを大きくするほどテーブルに認識させることが出来る実物体数も増える。上述したように複数のサイズの識別板を用いる場合、電極2本分、つまり1cmずつサイズをずらして識別板を追加する必要がある。そのため、本研究で用いたDiamondTouchのテーブルのサイズが640mm×480mmであることを考慮すると、テーブル上に実物体を敷き詰めた場合理論上では20種類をシステムで同時に識別することが可能である。しかし、実物体をテーブル上で動かしながら作業することを想定すると、主観的な判断となるが実際にテーブル上で扱うことが可能な実物体数は10種類程度であると考えられる。

以上のような判断基準により操作している実物体を識別した後、その方向を特定する。

まずテーブル上の縦方向と横方向それぞれで検出されるセグメント数を確認する。図10は、2つの実物体が上と右上を向いている際のシステムによる認識の様子を表している。物体が斜めを向いている際は識別板と方向板が斜めの位置関係となるので、図10(c)のようにシステムによって認識されるセグメントは縦横それぞれ“2”となる。しかし、物体が上を向いている場合は方向板と識別板が縦方向に並んでいるため、図10(d)で示されているように、縦方向のみセグメント数が“2”となり水平方向のセグメント数は“1”となる。

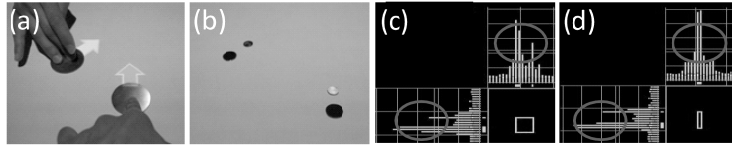


図 10 上と右上を向いている実物体の方向識別 (a) システムによる方向の表示 (b) 方向板と識別板の位置関係 (c) 右上を向いた実物体を操作した際の電極の様子 (d) 上を向いた実物を操作した際の電極の様子
Fig.10 Specifying the direction of objects.(a)Displaying the direction by the system.(b)Positional relation of two plates under the base plate.(c)The reacted antennas when touching a doll pointing upper right.(d)The reacted antennas when touching a doll pointing up.

以上のようにして縦横方向それぞれにおけるセグメント数を確認した後に、それぞれのセグメントが方向板と識別板のどちらを介した入力によるものであるかを判別する。

前述したように、方向板のサイズは反応する電極が“1”か“2”、識別板のサイズは“3”か“4”、そして“5”か“6”の2種類となっている。そのためセグメントが含む電極数を検証することで、それぞれのセグメントがどちらの銅板を通した入力であるかを判別出来る。

以上の手順により方向板と識別板の位置関係を利用して、実物体の向きを8方向まで識別する。

この認識手法を用いて先行システムにおいて8方向まで識別可能な人形を4体扱うことを可能にし、より舞台状況をイメージしやすい環境を構築した。また、実物体を扱っているか否かを特定するための検証を行うことで指と実物体による操作の間での誤認識が先行研究時より減少し、効率的に作業できる環境になったと考える。

4. 結 論

我々は DiamondTouch を用いて協調作業を支援することを目的として研究を進めてきた。先行研究において提案した演劇における演出プランニング作業を支援するシステムでは、識別できる実物体が2種類のみであり、実際の舞台をイメージするためにより多くの実物体を識別する必要があることが明らかとなった。そこで本研究では、先行システムで用いたテーブルトップインタフェースである DiamondTouch 上で複数の実物体をその方向も含めて識別可能なアルゴリズムを構築した。さらに認識の過程で実物体を扱っていることを厳密に確認することで、手操作と実物体操作における誤認識も軽減した。先行システムは、提案手法を導入することで識別可能な実物体数を増加しさらにそれぞれの方向も特定することが出

来るようになったため、より具体的な舞台状況をイメージ出来る環境となった。

謝辞 DiamondTouch ディスプレイは、Mitsubishi Electric Research Laboratories の提供による。

また、本研究の一部は科研費基盤研究 (A) の支援のもと行われた。

参 考 文 献

- 1) 文化審議会文化政策部会：今後の舞台芸術創造活動の支援方策について（提言）、文部科学省、2004。
- 2) 伊藤弘成：ザ・スタッフ舞台監督の仕事、晩成書房、1994。
- 3) 飯島光孝：実践演劇講座 03 舞台照明 01, p.5, 門土社, 1997。
- 4) Shigeru Kato, Takehisa Onisawa. : The Support System for Story Creation using Pictures, the 2006 International Conference on Game research and development CyberGames, pp.141-148, 2006.
- 5) H. Raffle., C. Vaucele., R. Wang., H. Ishii. : Jabberstamp:embedding sound and voice in traditional drawings, the 6th international conference on IDC '07, pp.137-144.
- 6) Lewis, M. : Bowen Virtual Theatre, SIGGRAPH '03 conference on Web graphics.
- 7) Slater, M.,Howell, J., Steed, A., Pertaub, D-P, Gaurau, M. : Acting in Virtual Reality, Proceedings of the third international conference on Collaborative virtual environments, (San Francisco, CA, September 2000), pp.103-110.
- 8) Cast Group of Companies Inc. <http://www.castlighting.com/>.
- 9) Meyer Sound Laboratories Inc. <http://www.meyersound.com/>.
- 10) Dompierre, C. and Laurendeau, D. : Avatar: a virtual reality based tool for collaborative production of theater shows, CRV '06, IEEE Press, pp.35-41.
- 11) 石堂遼子, 竹内達史, 渡辺晃一郎, 井上智雄, 岡田謙一：演劇創作活動を支援する実世界指向環境 DiamondTheater の提案, 情報処理学会研究報告,2008-GN-67, Vol.2008, No.31, pp.103-108(2008).
- 12) Dietz, P., Leigh, D. : DiamondTouch:A Multi-User Touch Technology, ACM Symposium on UIST '01, pp.219-226.
- 13) H, Ishii. and B, Ullmer. : Tangible Bits:Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, CHI '97, pp.234-241.
- 14) J. Patten and H. Ishii. : Mechanical Constraints as Computational Constraints in Tabletop Tangible Interfaces, CHI '07, pp.809-818.
- 15) Kumiyo Nakakoji, Kazuhiro Jo, Yasuhiro Yamamoto, Yoshiyuki Nishinaka, and Mitsuhiro Asada. : Reproducing and re-experiencing the writing process in japanese calligraphy. IEEE Tabletop Workshop 2007, pp.75-78.