

## 未来の電話「t-Room」のための開発支援システムの提案

清水 康史<sup>†1</sup> 片桐 滋<sup>†1</sup> 大崎 美穂<sup>†1</sup>  
梶 克彦<sup>†2</sup> 原田 康徳<sup>†2</sup> 平田 圭二<sup>†2</sup>

遠隔利用者どうしが抱く同室感の向上によって遠隔コラボレーションの支援を目指す未来の電話「t-Room」の有用性が示されつつある。t-Room は、多数のコンピュータや視聴覚機器から構成されるコンピュータ支援メディア空間であり、高い機能性を実現している。しかし、その規模の大きさや構成の複雑さ等に起因して、その操作は開発に関わる技術者にとってさえも必ずしも簡便とはいえない。操作における使い勝手の悪さを軽減するなんらかの支援システム、即ちユーザ・インターフェースが必要である。本稿は、そうしたユーザ・インターフェース実現の一環として、特に映像通信の操作を容易にするためのユーザ・インターフェースを開発し、ユーザ評価試験を通してその有効性を報告するものである。

### An Operation Assistant System for Future Telephone “t-Room”

KOJI SHIMIZU,<sup>†1</sup> SHIGERU KATAGIRI,<sup>†1</sup> MIHO OHSAKI,<sup>†1</sup>  
KATSUHIKO KAJI,<sup>†2</sup> KEIJI HARADA<sup>†2</sup> and KEIJI HIRATA<sup>†2</sup>

The utility of t-Room, which aims to support distant collaboration by increasing the “sense of being in the same room”, is demonstrated. t-Room is a computer-supported media space that consists of a variety of computers and audiovisual equipment. It is highly functional, but its complicated operations are often a burden even to its development engineers. Any assistant system clearly must alleviate such difficulty in operation. In this paper, we propose a new assistant system for the operation of t-Room’s video communication, and report its effectiveness through user assessment tests.

### 1. はじめに

電話の登場は、遠隔の人どうしがあたかも対面している様に話すことを可能にした。以来、通信システムと視聴覚機器の著しい進歩と共に、音声通信に映像通信が加えられ、電話は視聴覚マルチ・メディア通信手段であるテレビ電話やテレビ会議システムに成長してきた。こうした発展の先にはどのような未来の電話があるのであろうか。その答えの1つとして「t-Room」が提案され、その研究開発が精力的に行われている<sup>1),2)</sup>。

電話は音声伝えるシステムであり、テレビ電話は音声と映像を伝えるシステムであった。こうした観点に立つとき、t-Room は、遠隔にいる利用者どうしがあたかも同室にいるような感覚、即ち同室感を伝えるシステムと定義される。同室感達成の基本は音や映像などのメディアの対称性の確保による。離れた t-Room にいる利用者どうしが、大きさや方向感、音質、画質などに関して同等のメディア信号を知覚できる時、メディアは対称となる。しかし、例えば3次元映像の十分な表示が困難なように、現状の技術水準において達成できる同室感と真の同室において得られる同室感との間には埋めがたい隔りがある。この困難に対して、t-Room は、不可避の隔りによる価値のマイナスを補い得る大きなプラスの実現を目指す。即ち、真の同室に居ては得られない、t-Room に居るからこそ得られる付加的価値を創出することによって対処する。t-Room は、多数の視聴覚機器とそれらを管理するコンピュータ群から構成される、多機能な通信手段であり、また豊かな表現手段である。この表現能力を駆使することによって、t-Room は、使い勝手の向上と使う楽しさの創造とを目指している。

t-Room は、カメラとディスプレイ、マイクロホン、スピーカ、そしてそれらを制御するコンピュータ群とから構成される壁、モノリスによって部屋を構成するハードウェアである。その制御は、やはり t-Room と呼ばれるミドルウェア（以後、ミドルウェアの t-Room は *t-Room* と表記する。）によって行われている。t-Room は、既に大画面映像で部屋を構成する全く新しい通信を実現してはいるものの、多数の機器によって編み出されるその潜在的能力のほとんどは未知のままである。コンピュータの進化の歴史になぞらえば、t-Room はまさに今、ハードウェアと基本オペレーティング・システム備えて、そこで走る優れたアプ

<sup>†1</sup> 同志社大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Doshisha University

<sup>†2</sup> 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

NTT Communication Science Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation

リケーション・ソフトウェアの登場を待つ黎明期にあると見做すことができる。

コンピュータの成長と同様に、t-Room を上手に育てる鍵は優れたユーザ・インターフェースの実現がにぎっている<sup>4)</sup>。ユーザの操作負荷を単に低減させるだけのインターフェースに留まらず、ユーザの新たな活動や思考を促すようなインターフェースを実現することによって、またユーザと t-Room 自体とのコミュニケーションを可能とするようなインターフェースを実現することによって、t-Room は、成長し、物理的な同室における同室感を越える t-Room の同室感を生み出し、その利用価値を高めることができる。

上記のような観点に立ち、本稿では、ユーザの t-Room 操作を支援するアプリケーション・ソフトウェア“ tRstudio ”の提案を行う。tRstudio は、t-Room 上で、ユーザが t-Room を操作し、あるいはコミュニケーションをとるためのコミュニケーターでもある。想定されるユーザは t-Room の一般利用者も含む。しかし、まだ研究段階にある t-Room には一般ユーザはなく、現段階におけるユーザは開発に携る技術者である。こうした事情を反映し、本稿で紹介する tRstudio は技術者向けに作成した第 1 版である。今後、tRstudio も、t-Room の成長とともに成長させなければならない。

tRstudio 第 1 版は、特に t-Room の表現手段の中でも中心的な役割を果たす映像表示に焦点を合わせ、それを直感的に操作するものとして開発する。これまでの t-Room においては、映像表示の操作は XML ファイルに書かれたコード（数値や文字列）を媒介して行われてきた。ディスプレイと表示映像のフレームをつなぐものはこのコードだけであり、ユーザにとってこの無味乾燥なコードはほとんど直感に訴えない。従って、この問題を解決するために、tRstudio は、WYSIWYG (= What You See Is What You Get) の原理に沿ったユーザ・インターフェースを採用する。

以下のページでは、まず t-Room の概要と tRstudio の詳細を紹介する。続いて、t-Room の開発従事者（現段階におけるユーザ）を想定した tRstudio の評価試験とその結果を報告し、そして今後の課題等を考察する。

## 2. t-Room の概要

### 2.1 全体構成

t-Room とは、遠隔地にある部屋空間にメディアの対称性を実現させることによって、その利用者実際に 1 つの部屋にいるような感覚、同室感を提供することを目指す、遠隔コラボレーション支援システム、あるいはコンピュータ支援マルチ・メディア空間である。t-Room のハードウェア構成における基本要件は、モノリスと呼ばれるマルチ・メディア対応の壁で



図 1 t-Room の設置例  
Fig. 1 An example of t-Room installation

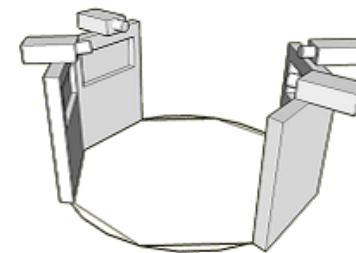


図 2 t-Room におけるモニリスとカメラ及びディスプレイの配置  
Fig. 2 Configuration of camera and display on t-Room's monolith

部屋を構成することであり、その実装には材質や大きさなどに関して自由度がある。図 1 に t-Room の設置例を示す。この事例では、1 台の横長の大型ディスプレイ（40 インチ）を上半部に据え、残りの壁面は厚手の布で構成している。これは、ディスプレイの上下方向の移動を可能にするためのものであり、他の設置例においては木製パネルで壁面を固定しているものや 100 インチ縦置き的大型ディスプレイで壁全体を映像表示面としているものもある<sup>5)</sup>。このような自由度はあるものの、モノリスは、図 2 に図解しているように、その上部にカメラを置き（図では省略しているが）壁の背面上部にマイクロホンを、また背面中間位置にスピーカを持っている。

従来のテレビ電話やテレビ会議システムと比較するとき、こうした t-Room が持つメディアの対称性の効果は明らかである。従来の方式の場合、遠隔地の別々の空間は、ディスプレイ面を共通の“窓”として半分に区切られた部分のみがつながり合わされる。結果的に、利用者の位置はディスプレイあるいはカメラの前に固定化され、しかも利用者どうしは不可避免的に対峙させられる。一方、この t-Room においては、同じ構造の t-Room の空間全体が分割されることなく重ねられる。結果的に、別々の空間にいる利用者は、あたかも 1 つの部屋に共にいるような状況に置かれ、またカメラ位置などに拘束されることなく部屋内を自由に移動することもできる。

### 2.2 仮想共有面

モノリスの作り方には自由度があることを述べた。また、ディスプレイやモノリスの大きさが変われば、部屋を構成するために必要となる壁としてのモノリスの数も変動する。カメ

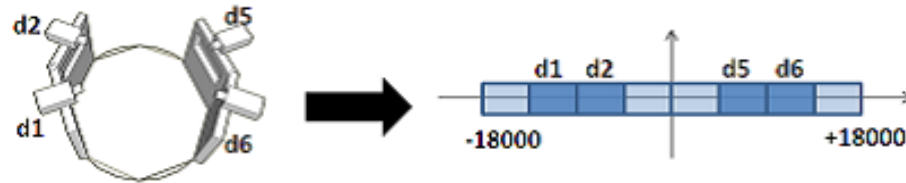


図3 図2の t-Room で使用されている仮想共有面  
Fig.3 Virtual image plane for t-Room of Fig. 2

ラやディスプレイの解像度などの属性によっても、映像表示法は変動し得る。一方、多数のディスプレイを隣りあわせて設置することによって、t-Room の壁全体を1枚の大きな仮想的ディスプレイとして機能させることができるようになる。物理的に実在するディスプレイの1枚1枚の大きさに制約されずに複数枚のディスプレイにまたがる映像の表示も可能となるし、様々な映像レイアウトも可能となる。こうした点を考えれば、t-Room が実在のディスプレイ面と切り離された仮想的な映像表示面を持つことは自然である。仮想共有面の上では、映像データのみならず、それら入出力する映像機器も実際の属性（配置情報や解像度などの性能）とは切り離されたオブジェクトとして扱われる。

こうして、t-Room にはこの仮想的映像面として仮想共有面が組み込まれている<sup>3)</sup>。まず、t-Room の壁面（側面）全体を円柱によって近似する円柱座標系を定義する。この円柱座標系を平面に展開したものが仮想共有面である。図2のモノリス構成に対応する仮想共有面の例を図3に図解する。ここでは、部屋の壁面全体は8枚のモノリスで構成される正八角形として表されている。仮想共有面の横軸は角度を100倍した量で構成される。従って、横軸の左端座標値は-18,000で、右端座標値は+18,000である。なお、図2の設置例ではモノリスは4枚しか実装されていない。図3の仮想共有面においては、その実装されたd1とd2、d4、d5に対応する4枚の面が色分けによって区別されている。また、仮想共有面の縦軸は比較的自由に設定されており、その原点は設置されたt-Roomの利用者のおおよその目の高さに合わせている。

### 3. 映像表示操作におけるユーザ・インターフェースの必要性

仮想共有面が映像表示操作にかかわる基盤的な役割を果たしていることを先に述べた。映像入力を制御するカメラ・サーバも映像出力を制御するディスプレイ・サーバも、その動作に必要な情報はXMLファイル形式で書かれた制御情報ファイルから読み取っている。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE camsvr2-calibration>
<camsvr2-calibration version="1.0">
  <display
    vp-left="2000"    vp-top="-3000"
    vp-width="4000"  vp-height="3000"/>
</camsvr2-calibration>
```

図4 t-Room で使用される仮想共有面指定用のXML  
Fig.4 XML for assigning virtual plane

図4にその制御情報ファイルの例を示す。図中の映像表示位置の設定に直接関わる部分（display ... /）

は、映像表示用の4角形フレームの左下端の横軸座標が2,000で、その縦軸座標が-3,000、そしてフレーム幅が4,000、フレーム縦長が3,000であることを示している。

映像表示の操作には、これらの制御情報を理解した上で、そこに示された数字と図3の右図に示される2次元座標の仮想共有面との、テキストと画像という2つの性質の違う情報を結びつける必要がある。明らかに、この操作は、ユーザの作業の流れを阻害するだけでなく、大きな負担を強いることになる。

この問題を軽減するための解は、ユーザの文脈に沿ったユーザ・インターフェースを組み込むことである。XMLや特に座標軸情報などの共有面に関する詳細情報（獲得も記憶も負担になり易い情報）を直接操作することなく、思ったままに映像表示を操作できる環境を作ることが望まれる。

## 4. ユーザ・インターフェース tRstudio

### 4.1 概要

前節において述べたような操作に伴う知識の獲得等が不要で、ユーザに思ったままの操作を可能とさせるユーザ・インターフェースとして、tRstudioを提案する。その開発は、当然ながらWYSIWYGの原理に従う。

1節でふれたように、t-Roomのユーザ・インターフェースの開発はまだ初期段階にあり、今後様々な機能の追加が行われるものと思われる。本稿における開発では、特に、前節で指摘した映像表示フレームの指定操作に着目して、その操作を容易に行えるようなインターフェースの開発を行った。ここで用いられる映像は、基本的にカメラで撮影された映像である。しかし、より豊かな映像表示においては、単にカメラ映像を表示するだけでなく、その

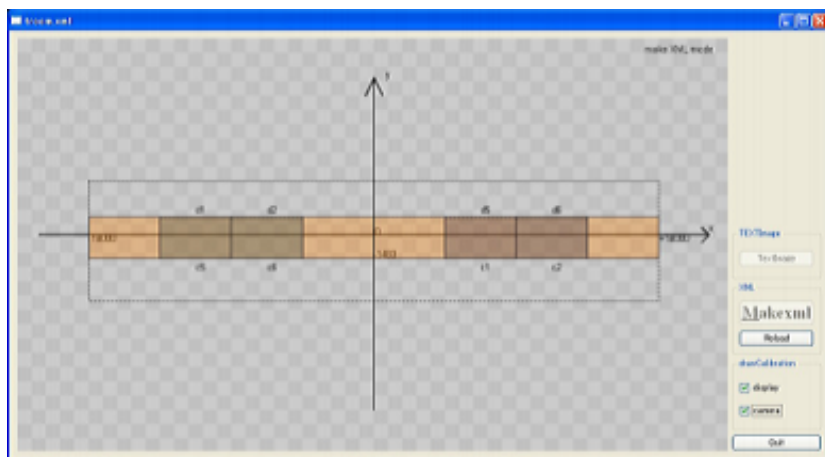


図 5 tRstudio における仮想共有面描画機能の動作確認  
Fig. 5 An example of virtual plane operation in tRstudio

映像に対するアノテーション情報として文字情報などの付加も行われる．そうした状況も想定し，tRstudio には文字画像の表示機能も付け加えた．

tRstudio の主な機能は以下の通りである．

- 指定された t-Room の設定ファイルをもとに座標系を描画
- プロセスによって使用されている仮想共有面の描画
- マウス操作による拡大・縮小，座標系の移動
- 画像を t-Room 上の任意の位置に表示する命令ファイルを作成
- 任意の文字画像を作成

#### 4.2 tRstudio の動作

図 5 に開発した tRstudio の動作画面例を示す．tRstudio が起動されると，初めに，これから操作する対象である t-Room を指定するためのダイアログが現れる．そこで t-Room 名を指定すると，tRstudio は指定された t-Room に対応する仮想共有面の座標系を GUI 上に描画する．前小節に記した tRstudio の各機能は全てこの図 5 にある GUI 上で実現される．ユーザは，この図解された仮想共有面上でマウスを操作することによって映像表示フレームの位置や大きさを指定することができる．指定された情報は，自動的に XML 形式の制御情報ファイルとして作成され，出力される．このファイルは，実際に映像表示を行う t-Room 内のプログラムであるディスプレイ・サーバ及びカメラ・サーバが利用する．ユー

ザはまた，テロップ表示やアノテーション付加等に用いる文字画像の作成とその表示や任意の画像の表示を行うこともできる．

以下に，tRstudio の動作の要点を示す．まず，図 2 のように，実装された t-Room は，仮想共有面の全てを用いているとは限らない．限られた数のモニタによって構成されるなど，種々の制約によって，仮想共有面はその一部のみが撮影や映像表示に供される．tRstudio は，対象の t-Room に付随する情報ファイルを読むことによって，その t-Room が実際に用いている面上の範囲を表示することができる．また tRstudio は，下記に示す MakeXmlMode と ImageMode，FileTransfer の 3 つのモードを持つ．

**MakeXmlMode** … 仮想共有面の画像上のマウス操作によって表示映像フレームの位置と大きさを指定し，その結果をディスプレイ・サーバ及びカメラ・サーバが用いる XML 形式の制御情報ファイルとして自動的に出力する．この制御情報ファイルは，tRstudio の作成以前にユーザが直接編集せざるを得なかったファイルである．

**ImageMode** … アノテーション等に用いる文字画像を作成し，さらにここで作成された画像データやコンピュータ上の任意の画像データを表示させる制御情報ファイルを作成する．画像データの表示位置の設定は，仮想共有面の画像上におけるマウス操作によって行う．設定に関する制御情報は自動的に XML 制御情報ファイルとして出力される．

**FileTransfer** … 実験に用いた t-Room (t-Room ver. 2.0) の制約上，出力される XML 制御情報ファイルや画像データを 1 部屋の t-Room を構成する全てのコンピュータに配信する必要がある．このモードでは，予め登録されているコンピュータ名を用いて同時配信する．なお，本モードは，tRstudio とは独立したアプリケーション・プログラムとして準備した．いずれ，この独立プログラムは tRstudio の一部に組み込む予定である．

## 5. 評価実験

### 5.1 実験の概要

t-Room の開発技術者をユーザと想定して，tRstudio の利用効果を評価した．

評価は，指定された映像の表示にかかった時間（与えられたタスクが終了するまでの時間）と，ユーザとして実験に参加した実験参加者のアンケート回答とに基づいて行った．

また，比較のために，tRstudio を用いて表示を行う実験と tRstudio を用いずに表示を行う実験との 2 種の実験を行った．この比較条件については，全参加者ともに，初めに tRstudio を用いた実験を行い，その後で tRstudio を用いない実験を行った．これは tRstudio を用いない実験を先行させることによる参加者間の習得知識のばらつきを回避するためである．

実験参加者は 10 名の情報学分野の大学生であった。参加者は、t-Room 開発技術者と同等の必要知識を習得するために、実験に先立ち t-Room に関する 30 分程度の説明を受講した。また、実験中には、仮想共有面のテンプレートを記述した配布資料 (図 6) が配布され、作業を進める思考過程においてそれに自由に書き込むなどの利用をすることを許可された。

実験参加者が実施した実験的作業は、実験 I と実験 II との 2 種であった。実験 I は、制御情報の設定が為されていないためにカメラ映像のディスプレイ表示ができていないモニタに対して、この情報設定を行って新たにカメラ映像の表示が行えるようにする作業課題であった。一方、実験 II は、実際のディスプレイ上で指定された場所に予め作成されていた文字画像を正確に表示する課題であった。

5.2 実験手順の詳細

実験 I 既にモニタはあるものの、制御情報ファイルの設定が為されていないためにカメラ映像の表示が出来なくなっている状態を仮定し、新たにその制御情報ファイルを作成することによってディスプレイとカメラを稼働させる作業である。XML 形式の制御情報ファイルが正しく作成され、カメラが撮影するローカル映像 (遠隔 t-Room ではなく、実験参加者が居る t-Room において撮影される映像) が表示されればタスク終了とする。

作業を始める前の状況として、4 面のディスプレイのうちの 2 面が利用できない状態を設定した (図 7)。但し、実験開始時には、参加者は、どの 2 面が利用できない状態、即ち自分で利用できるように設定しなくてはならない面がどの 2 面なのかの情報は伏せられていた。従って、実験の最初の作業は、カメラで撮影しているローカル映像を全てのディスプレイ・サーバに送信し、映像表示の結果を確認して、作業対象であるディスプレイ面を探し出すことであった。

参加者は、引き続き、tRstudio を用いて XML 制御情報ファイルを作成し、そのファイルが正しくできているかどうかを実際に映像を表示することによって確認した。正しく表示されるまでは作業を繰り返し、最終的に正しく表示することができた段階でタスクは終了する。また、tRstudio を用いない場合においても、用いた場合と同様に、正しく表示を終えるまで作業を繰り返し、表示の正確さを確認した段階でタスクを終了する。

実験 II t-Room 内のディスプレイ上の指定された枠内 (900 ドット x 300 ドット) に予め作成されていた文字画像 (600 ドット x 200 ドット) を表示させるための XML 制御情報ファイルを作成する課題であった (図 8 参照)。

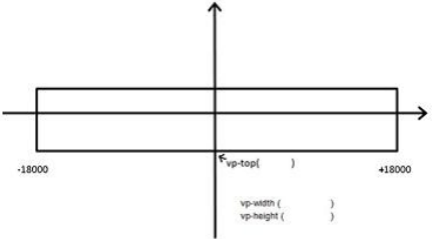


図 6 実験で使った配布資料  
Fig. 6 Handout used in Task

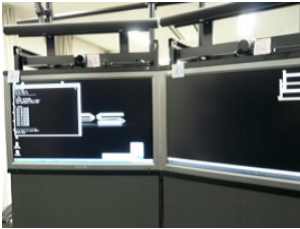


図 7 実験 I の実験環境  
Fig. 7 Experiment environment of Task I

ディスプレイ上には 2 つの枠が予め配置されており、参加者は、その 2 つの中から指定された枠を選択し、その中に文字画像が納まるように XML 制御情報ファイルを作成した。正しく枠内に納まるまでは作業を繰り返し、正しく納まった段階でタスクを終了した (成功例: 図 8, 失敗例: 図 9)。

本実験では、タスク終了までの時間と同時に試行回数も計測し、評価の基準として付け加えた。

6. 実験結果と考察

図 10 に、2 種の異なる作業課題からなる実験 I と実験 II とのそれぞれについて、tRstudio 利用の有無の両条件下におけるタスク終了時間の平均値を示す。また、参考のために、上記の大学生ではなく、t-Room 開発に豊富な経験を有し、またその操作に熟練した研究者が実験に参加した場合のタスク所要時間も計測し、その結果を表 1 にまとめている。



図 8 実験 II の目指す表示の成功例  
Fig. 8 An example of successful operation in Task II

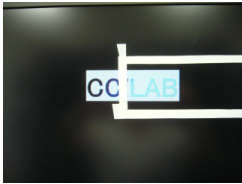


図 9 実験 II における失敗例  
Fig. 9 An example of failed operation in Task II

図 10 から、実験 I と実験 II のいずれにおいても、tRstudio の利用がそれを用いない場合所要時間を半分に以下に短縮していることがわかる。tRstudio を用いない実験が 2 度目に行われたことによる多少の慣れの効果があることも考慮すれば、この短縮効果は極めて明確である。またこの結果は、熟練の研究者が tRstudio を用いずに課題に取り組んだ際の所要時間を下回っていてもいる (表 1)。これらの結果は、tRstudio を用いることである程度の t-Room 操作知識を持つユーザが熟練の研究者と同等水準の操作技術を獲得できていることを示している。

次に図 11 には、実験 II におけるタスク終了までの試行回数を図示している。tRstudio の有無に対する、参加者全体の平均試行回数は、それぞれ 1.8 回と 3.7 回であった。また、熟練研究者の試行回数は、tRstudio を用いた場合に 1 回で、用いない場合には 3 回であった。図 11 からは、tRstudio を用いた場合には全参加者が、熟練者が tRstudio を用いないで課題を完了するまでにかかった回数である 3 回以内に課題を完了することが出来たことと、中には熟練者と同様にたったの 1 回で課題を完了した参加者もいたことがわかる。一方、tRstudio を用いない場合は、少なくとも 2 回、即ち最低 1 度のやり直しが必要であった。最も多くの参加者は 4 回の試行を必要としていたこともわかる。これらの結果から、ここでもまた tRstudio の利用効果が大きいことを読み取ることができる。

実験では、tRstudio のユーザ支援システムとしての完成度を見る指標として、点数 (0~100 点) をつけていただいた。その結果、参加者の平均点数は 86.3 点であった。また、感想等の記述式のアンケート回答では、「座標系を見たまに直感的に操作できるのがよかった」などの肯定的な意見が大半であり、tRstudio は開発が目指した WYSIWYG の概念を適切に実現したものと解釈できる。

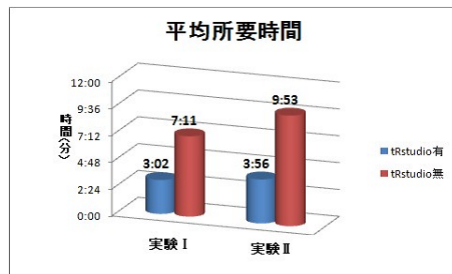


図 10 タスク終了までの平均所要時間  
Fig. 10 Average time needed to complete tasks.

表 1 熟練者による各タスクにおける所要時間  
Table 1 Time needed for a true t-Room research engineer to complete tasks.

	所要時間 (分)
実験 I (tRstudio 有)	4 : 3 8
実験 I (tRstudio 無)	5 : 5 7
実験 II (tRstudio 有)	3 : 3 8
実験 II (tRstudio 無)	5 : 1 3

## 7. おわりに

本稿では、t-Room の利用価値を高めることを目指して、ユーザ・インターフェース tRstudio の提案と、その第 1 版の実装、評価実験を通して明らかとなったその有効性を報告した。t-Room は未知の大きな潜在力を持っており、それを引き出すために種々の優れたユーザ・インターフェースの開発を試みる必要があると考えている。

謝辞 本研究で開発した tRstudio のファイル転送モード FileTransfer は、同志社大学理工学部情報システムデザイン学科の 2008 年度 4 年生であった倉内浩太氏が作成したプログラムを利用している。著者一同、感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) Keiji Hirata, Yasunori Harada, Takehiko Ohno, Tatsumi Yamada, Junji Yamato, and Yutaka Yanagisawa: t-Room: Telecollaborative Room for Everyday Interaction, 情報処理学会第 66 回全国大会予稿集, 4B-3, pp. 4-97-4-98 (2004. 3).
- 2) Keiji Hirata, Yasunori Harada, Toshihiro Takada, Shigemi Aoyagi, Yoshinari Shirai, Naomi Yamashita, and Junji Yamato: The t-Room: Toward the Future Phone, NTT Technical Review, Vol. 4, No. 12, pp. 26-33 (2006).
- 3) 平田圭二, 原田康徳, 高田敏弘, 青柳滋己, 白井良成, 山下直美, 大和淳司, 梶克彦: 遠隔ビデオコミュニケーションシステムのための仮想共有面の実装方式, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2007, pp.119-124.
- 4) Alan Key: Computer Software, Scientific American, Vol. 251, No. 3, pp. 41-47 (1984. 9), (浜野保樹 (監修), 鶴岡雄二 (翻訳): アラン・ケイ, アスキー出版局 (1992)).
- 5) <http://www.mirainodenwa.com/index.html>

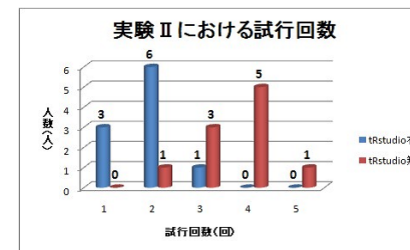


図 11 実験 II におけるタスク終了までの試行回数  
Fig. 11 Number of trials for Task II.