

日本バーチャルリアリティ学会研究報告

The 2nd Workshop on Telexistence

第 2 回テレイグジスタンス研究会

2013年7月5日

日本バーチャルリアリティ学会

日本バーチャルリアリティ学会研究報告目次

CONTENTS

[テレイグジスタンス研究委員会]

[Special Interest Group on Telexistence]

7月5日 (金)

- TX01-1 Design Considerations of a Master-Slave System that Transfers Human Body Schema in Telexistence
Charith Lasantha FERNANDO, MHD Yamen SARAIJI,
Masahiro FURUKAWA, Kouta MINAMIZAWA,
and Susumu TACHI (Keio University)..... 1
- TX01-2 なぞり動作時における振動刺激を用いた外形提示手法
橋本 悠希 (筑波大学), 飯塚 博幸, 安藤 英由樹,
前田 太郎 (大阪大学) 5
- TX01-3 ヒトの脳活動からの感覚知覚情報の複合化
宮脇 陽一 (電気通信大学) 9
- TX01-4 LiveMask: 立体顔ディスプレイを用いた
非言語コミュニケーション支援システムの開発
三澤 加奈, 暦本 純一 (東京大学) 11
- TX01-5 Substitutional Reality:
実世界とヴァーチャル世界を接続する方法論として
脇坂 崇平 (理化学研究所) 13
- TX01-6 リアルな接触感覚を生み出す
携帯型遠隔握手デバイスの開発
田中 一晶, 中西 英之 (大阪大学) 15
- TX01-7 超高齢社会とテレイグジスタンス技術
檜山 敦, 廣瀬 通孝 (東京大学) 17

Design Considerations of a Master-Slave System that Transfers Human Body Schema in Telexistence

Charith Lasantha FERNANDO¹⁾, MHD Yamen SARAJI¹⁾,
Masahiro FURUKAWA¹⁾, Kouta MINAMIZAWA¹⁾, and Susumu TACHI¹⁾

1) Graduate School of Media Design, Keio University

(〒223-8526, 4-1-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-city, {charith, yamen, m.furukawa, kouta, tachi}@tachilab.org)

Abstract: We have achieved full upper body telexistence experience with highest control fidelity in a teleoperation through visual, auditory, fingertip haptic and kinesthetic sensation provided to the operator. However to feel the remote existence over time, operators body schema and robot's body schemas unity is important. In this paper, we report important design considerations of designing a master-slave system that transfers human body schema in Telexistence. With this design considerations we developed "TELESAR V" where user can experience the sensation of transferring body schema in full upper body through visual, fingertip haptic and kinesthetic sensation while performing remote tasks using head, arm and hand. Furthermore the effective of this implementation has been evaluated through several experiments.

Key Words: *Telexistence, Haptic Telexistence, Body Schema, Robotics, Kinematics*

1. INTRODUCTION

Humans experience their presence, which is known as the sense of being at some place everyday. Human brain and senses provide this experience of presence in terms of actuation and sensations like colors, sounds, movement, texture, feelings etc. However until recently humans only experience the actual presence, but the concept of virtual presence has developed over the past decade to be considered by many researchers as the essence of any experience in a virtual environments. Advanced human-centered virtual reality interactions would provide users with a sense of being there, close to if not equivalent to the experience of actual presence.

As one of the advanced virtual reality technologies, Telexistence enables a human to have a real-time sensation of being somewhere else and to interact remotely with real or virtual environments [1]. Telexistence in real world experience was shown in 1988, an exoskeleton type master-slave system called TELESAR I [2]; 2005, a mutual telexistence master-slave system called TELESAR II [3]. These multi-DOF systems have human-like head, arm and hand movement and functionality to perform conventional bi-directional verbal communication with a remote participant as well as nonverbal gestures such as handshaking. However, the operator needs training to perform manipulation using these systems due to the difference

dynamics between once own body and the robot body. Furthermore, it is difficult to perceive that the body that he sees is his own due to the inconsistencies of the motion unity. As shown in Fig.1, a user will be able to use his tiny finger movements to perform precise manipulations, but when it comes to use a remote robot for manipulation it needs lot of training. In this paper, we discuss about how to overcome these differences of dynamics and body perception through building and transferring "Body Schema" to a remote robot.

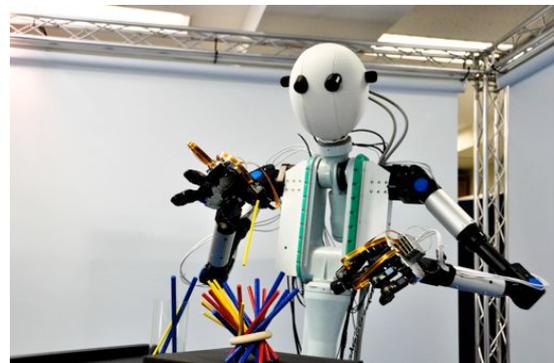


Fig.1. TELESAR V, picking up a 3mm diameter stick

The "Body Schema" allow us to keep an up-to-date representation of the positions of the different body parts in

space [4]. This can be further divided in to “postural schema” [5, 6], the awareness we have of our bodies position in space, and “surface schema”, our capacity to locate stimuli on the surface of the skin. These two functional elements used by humans to understand and perform actions with the awareness of a body’s position at any given moment.

Being able to perceive the hand, fingers that he sees, the head that he moves he will understand that the hand that he sees is his own. If the awareness is kept continuously throughout the teleoperation, users will no need any rehearsal to perform tasks remotely. He can use his muscle memories, previous memories or even try things for the first time with confidence. Finally it will be a new experience that he will not have gained in teleoperations so far. This design has been applied in the latest Telexistence work “TELESAR V”. [7, 8]

2. BODY SCHEMA

2.1 Modeling Body Schema

In order to build the body schema we have to maintain the postural schema as well as surface schema. The postural schema can be achieved if the robot body is moving exactly the same way at every joint synchronized with the user. Surface schema can be achieved by providing the same haptic sensation, which the operator would expect during a teleoperation at the right place of the body. Ideally to model the body schema, it is necessary to consider the entire body. But this will be impossible at today’s technology as not all the sensory can be artificially created and reproduced on human body.

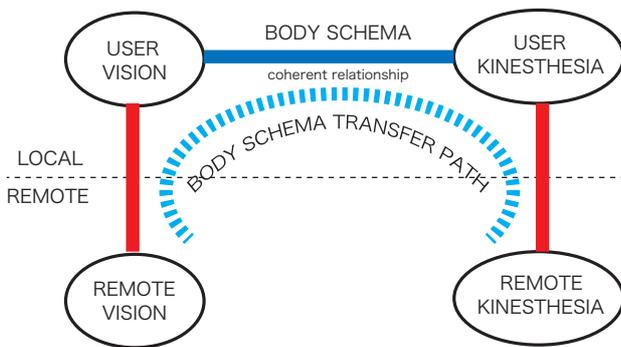


Fig.2. Body Schema Transfer Model

However, if we define the required manipulation type, it is possible to consider only that environment and model a body schema transfer model. Body schema transfer model directly associates with the sensory being used in the manipulation. For Ex: As shown in Fig. 2, if the operator is viewing the manipulation, visual-kinesthetic sensation has to be modeled.

This can be achieved by transferring the user kinesthesia to the robot as joint movement, and the result of the remote environment should be feedback to the user as visual sensation.

User will then perceive the Body Schema in his brain if the coherent relationship between visual and kinesthetic being kept along the time. This can be called as visual-kinesthetic temporal unity. If the user does not need to see the entire operation, he should see the body schema is same at a given time. This can be called as visual-kinesthetic spatial unity. Thus a spatial and temporal unity has to be kept between the sensations associated with the manipulation task.

Let’s consider a typical remote manipulation task where the user has to feel the sensation of body schema.

1. Operator will be watching the operation from his eyes where he can control the head, neck, spinal movements to have greater visual feedback or move independently as he wish to explore 3D space and perceive the same vision sensation as he would experience naturally.
2. Operator should be able to move his arm and fingers for object manipulation and at any given time, user should be able to see his hand and forearm at space where exactly he perceives his real hand through kinesthetic sensation.
3. Finally when he touches remote objects, he should be able to perceive the same haptic sensation, as he would experience naturally.

In above manipulation task 1, 2 belong to postural schema and 2, 3 belong to surface schema. Let’s look at each schema separately.

2.2 Postural Schema

Ideally to build the postural scheme for associated sensations, we would have to model the respective posture. However, since the operator does not see his body, upper arms or head it does not matter how some parts move or the shape. For Ex: chest, upper arms etc. Thus the postural model can be simplified as below.

As shown in Fig. 3, the most important condition in a teleoperation is to have the users to eye-target vector mapped to slave robots eye-target ($T_{EYE(u)} - T_{TARGET}$) all the time. This way user will see the robot hand coordination same to your kinesthesia. A robot being able to the torso at a 6 DOF and a separate 3 DOF freedom in Head motion provides even more great possibilities such as using natural spinal movements (extension, flexion, lateral flexion, and axial rotation), individual head rotations etc. With multiple body parts moving, it is a challenge to keep the spatial and temporal unity w.r.t operator’s kinesthesia. Thus a rule based set of priority driven algorithms are used to model the posture as described below.

First, the users spinal vector ($T_{SP(u)} - T_{SH(u)}$) is calculated. Then a secondary tracker keeps tracking the head motion of the user and generates the users shoulder to head ($T_{SH(u)} - T_{EYE(u)}$) vector. Next, the users arms are tracked at the palm of each

hand. From this calculated user vectors head/eye position ($T_{EYE}^{(u)} - T_{TARGET}^{(u)}$) will be determined and robots eye will exactly follow the users eye. Thus, any spinal or head movements that the user does will reflect in the robot's head and spinal movements. This can result in slightly different spinal movements due to robot size and dexterity. However the arms are directly attached to the shoulders, thus a compensation is necessary to correct the error generated by the shoulder. To solve this issue, using the tracking data we real-time generate the ($T_{EYE}^{(r)} - T_{SH}^{(r)}$) for the robot and shared with the arm kinematics.

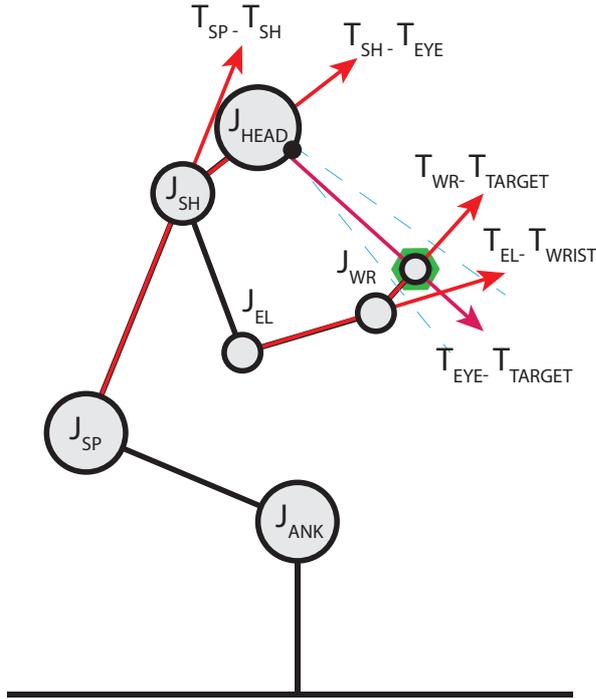


Fig.3. Postural Schema Model

Secondly, since the $T_{EYE}^{(u)} - T_{TARGET}^{(u)}$ should be equal to $T_{EYE}^{(r)} - T_{TARGET}^{(r)}$, with the help of $T_{EYE}^{(r)} - T_{SH}^{(r)}$ required robot vector $T_{SH}^{(r)} - T_{TARGET}^{(r)}$ is generated. This will input to the arm kinematics. But there needs to be few more conditions to feel the actual visual-kinesthetic effect. The parts that user can see forearm arm, wrist should be with the same posture of the users'. Thus, $T_{EL} - T_{WRIST}$, $T_{WRIST} - T_{TARGET}$ has to match with the users and robots. In order to do this, we use the remaining extra DOF of spine and upper arm to compensate for any error.

In the above method explained for compensation, it is important to nearly match the master torso and slave torso posture. If the posture is different, due to the mechanical limitations of joints, the level of dexterity will reduce and resulting a very narrow space constrain to the operator. We solve this issue by measuring the shoulder rotation (roll, pitch, yaw) of master and model a close possible upper body match.

This method was really effective when the operator tries to rotate his spine clockwise and counter clockwise. With this setup, we have achieved a high level of dexterity and less complexity in object manipulation.

Once the body posture is mapped, next most important task is modeling grasping that is the most important feature in remote manipulation. Even though the robot can reach the target accurately, if it is not possible to grasp manipulations with grasping cannot be done. Thumb, index finger and the abduction is mostly used in grasping because they have the highest Dexterity in human hand. It is very difficult to implement the same dexterity in a robot hand due to the complexity of the mechanics and the smaller size. Thus we focus on increasing the Index, Thumb finger dexterity while giving the ability to control the abduction. As shown in Fig. 4 (Right), we use a custom-designed 15 DOF human sized anthropomorphic robot hand. It's Thumb has 5 DOF, Index finger 3, all other fingers 2 DOF, and the abduction. This gives great flexibility to move fingers independently on the robot side and grasp many objects.



Fig.4. Master Hand vs. 15 DOF Robot Hand Posture

However, capturing finger movements on the user side was very the challenging part, as it has to be done with a non mechanical constrained way to overcome the temporary conflicts which might occur at visual and/or kinesthetic sensation. After many considerations, we use an optical bend based finger tracking system (SDT 14 Data Glove), which captures each finger with 2 DOF accuracy and the abduction. In addition it can track Thumb movements with 3 DOF accuracy. Since, the dexterity is not enough to map to the slave robot, we added 1 additional optical bend sensor and increase the capturing accuracy. As shown in the Fig. 4 (Left), the Data Glove is very small, wearable and lightweight, so that the user do not feel any mechanical constrains.

2.3 Surface Schema

It is obvious that the ultimate requirement is to mimic the exact human sensation. However today's technology isn't enough to produce same hand haptic sensation. But in a teleoperation it is not necessary to have lot of feedback, but what is important is to produce the same sensation that the user would expect. For example, force sensation is very important

when the user picks objects, needs to handle delicate or fragile objects. This also allows the user to understand the objects and hard or soft by squeezing. Also when force is very minimum, stroking, gentle touch, it is necessary to understand the tactile sensation. With tactile feedback, user can understand if the touched surface is rough or smooth. Finally thermal sensation is necessary to understand the touched object is cold or hot.

Thus, In TELESAR V, this surface schema is build based on the force, tactile and temperature sensations. More details of this implementation have been discussed in previous papers. [8, 9, 10]. Remote robot contains the sensors to detect the force, tactile and temperature information and that information is reproduce using haptic displays on the operator's fingertips.

3. BODY SCHEMA EXPERIENCE

In "TELESAR V" user can experience the combination of postural and surface schema and experience the sensation of transferring body schema in full upper body through visual, fingertip haptic and kinesthetic sensation while performing remote tasks using head, arm and hand.

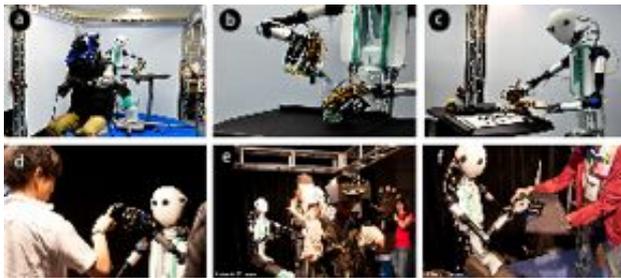


Fig.5. Body Schema Experience

As shown in Fig. 5 the operator can mimic any gesture when interacting with opponents as well as perform complex tasks without even have to practice. The unique experience and novelty has been demonstrated to general public several times including internationally at Siggraph Emerging Technologies 2012.

ACKNOWLEDGEMENT

This project is supported by JST-CREST Haptic Media Project.

REFERENCES

- [1] S. Tachi, *Telexistence*. World Scientific, 2010.
- [2] S. Tachi, H. Arai, and T. Maeda, "Tele-existence master-slave system for remote manipulation," in *Proceedings. IROS '90. IEEE International Workshop on*, jul 1990, pp. 343–348 vol.1.
- [3] S. Tachi, H. Arai, and T. Maeda, "Tele-existence master-slave system for remote manipulation," in *Proceedings. IROS '90. IEEE International Workshop on*, jul 1990, pp. 343–348 vol.1.
- [4] Giuseppe Riva. *From Communication to Presence: Cognition, Emotions, and Culture Towards the Ultimate Communicative Experience: Festschrift in Honor of Luigi Anolli*, volume 9. Ios PressInc, 2006.
- [5] Henry Head and Gordon Holmes. Sensory disturbances from cerebral lesions. *Brain*, 34(2-3):102–254, 1911.
- [6] Giuseppe Vallar and Gilles Rode. Commentary on bonnier p. lasch'ematie. *rev neurol (paris)* 1905; 13: 605–9. *Epilepsy and Behavior*, 16(3):397, 2009.
- [7] C. L. Fernando, M. Furukawa, T. Kurogi, K. Hirota, S. Kamuro, K. Sato, K. Minamizawa, S. Tachi "TELESAR V: TELExistence Surrogate Anthropomorphic Robot", In *ACM SIGGRAPH 2012, Emerging Technologies*, pp.23:1-23:2, Aug. 2012.
- [8] C. L. Fernando, M. Furukawa, T. Kurogi, S. Kamuro, K. Sato, K. Minamizawa, S. Tachi "Design of TELESAR V for transferring bodily consciousness in telexistence" *Intelligent Robots and Systems (IROS), IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.5112-5118, Oct. 2012.
- [9] K. Sato, K. Minamizawa, N. Kawakami, and S. Tachi, "Haptic telexistence," in *ACM SIGGRAPH 2007 emerging technologies*, ser. SIGGRAPH '07. New York, NY, USA: ACM, 2007.
- [10] K. Minamizawa, S. Kamuro, S. Fukamachi, N. Kawakami, and S. Tachi, "Ghostglove: haptic existence of the virtual world," in *ACM SIGGRAPH 2008 new tech demos*, ser. SIGGRAPH '08. New York, NY, USA: ACM, 2008, pp. 18:1–18:1.

なぞり動作時における振動刺激を用いた外形提示手法

A design method of vibration waveforms to present geometric surface shape while tracing a flat surface

橋本悠希¹⁾, 飯塚博幸²⁾, 安藤英由樹²⁾, 前田太郎²⁾

Yuki HASHIMOTO, Hiroyuki IIZUKA, Hideyuki ANDO and Taro MAEDA

1) 筑波大学 システム情報系

(〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, hashimoto@iit.tsukuba.ac.jp)

2) 大阪大学 大学院情報科学研究科

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1, {iizuka, hide, t_maeda}@ist.osaka-u.ac.jp)

Abstract: An undulating sensation arises when the finger receives a vibration while tracing a flat surface. We have developed nail-mounted tactile display by using this tactile illusion to present not only boundaries but also several textures on a smooth surface. In order to expand the function of our display, we considered to present geometric surface shape by vibration from nail while tracing. In this paper, we proposed and evaluated a new design method of vibration waveforms based on perceptual quantity. Our experiments clarified the validity of our method in exact presentation of geometric surface shape by verifying that it satisfies additivity.

Key Words: *Nail-mounted tactile display, Active touch, Perceptual quantity, Weber-Fechner law*

1. はじめに

iPad やタブレット PC, ファブレットなど, 大型のタッチパネルインタフェースが近年大きく普及し, 広い画面をなぞり動作によって操作する場面が劇的に増加している。しかしながら, なぞり動作による探索の手がかりとして触覚によるフィードバックが無く, 操作感に欠けるという問題がある。この問題に対し, 近年タッチパネルに触覚情報を付与する装置が数多く提案されている[1][2][3]。これらは押下時の反力や表面形状を提示することに成功している一方で, 専用のタッチパネルデバイスもしくはタッチパネルデバイス側に追加の装置が必要であり, 大型パネルに対応するにはシステム全体の大型化, 重量増加が避けられない。よって, 利便性の上では必ずしも実用的とは言えないという現状がある。

これに対して我々は, 爪上装着型の振動提示装置による凹凸覚の重量提示を行ってきた[4]。本手法では, 指の爪上に小型の振動子を装着し, 指に直接凹凸覚を提示する。小型の振動子を爪上に装着するという簡便な構成でエッジ, テクスチャといった表面形状や押下感表現など可能である。本デバイスは爪上に対してのみ振動を提示するため, 装置はパネルのサイズによらず小型・軽量を維持でき, 携帯性を保ちながら既存の端末に触覚情報を付加可能であるという利点が存在する。

本研究では, 本装置の利点を生かし, タッチパネル上で多様な触覚情報をフィードバックすることを目指す。具体的には, これまで注力してきた振動周波数や振動パターンに起因する表面形状のみならず, 高さ方向の情報が必要とな

る三次元形状(以下外形と記述)の提示まで実現することを目指とする。本稿では, 正確な外形提示のための新たな振動波形設計手法を提案し, その有効性を尺度水準との比較によって検証する。

2. 触覚による外形提示

従来, 外形のような凹凸情報は, 力覚情報として扱われてきた[6]。よって, 知覚の上で振動を力覚に変換できれば, 振動による外形を提示することは可能であると考えられる。反力を直接提示せず, 剪断方向の力覚提示によって外形の勾配を反力として提示する手法は Minsky など多くの研究者が提案しており[7][8], 嵯峨らはこの手法をタッチパネルへ応用する試みを行っている[9]。振動による剪断力の提示手法については, 昆陽らが既に提案している[5]。その方法とは, 振動刺激による摩擦感手法[10]を用い, 提示する摩擦感の制御によって接線力の疑似感覚を知覚させるというものである。昆陽らはこの方法を用い, 触運動中に徐々に摩擦感を増大させることで指に加わる疑似剪断力を増大させ, スロープ形状の提示を試みている。しかしながら, 実験では高さ知覚に対する定性的な議論に留まっており, 外形の物理的な尺度を再現するという視点で検証されていない。また, 視覚刺激も同時に提示していることから, 触覚のみによる知覚応答では無い。

本稿では, 後述する実験において提案手法との比較対象として昆陽らの先行研究を取り上げる。

3. 予備実験

まず, どのような波形を設計すれば意図通りの外形を知覚するのかを考察するため, 予備実験として, なぞり動作

を行い、その際に3種類の刺激パターンを爪上振動刺激装置によって提示し、イメージした板の外形イメージをスケッチするという実験を行った。

3.1. 実験装置

実験装置は、アクリル板、指の位置を計測するためのレーザー距離計(キーエンス, LK-G500)、振動子、PCから構成されている。レーザー距離計はPCと接続されており、リアルタイムで位置情報を振動波形の振幅に反映可能である(更新周波数は4kHz)。振動波形はPCからインターフェースボード(Interface, PCI-360116)とアンプを介して爪上の振動子(NEC-Tokin, Type11N)へ出力した。アクリル板には長さ20cmのセロハンテープが貼られており、セロハンテープ領域内でのみ爪上振動提示を行った。これは、振動刺激の始点と終点を実際の段差によってマスクし、刺激に対する違和感を軽減するためである。

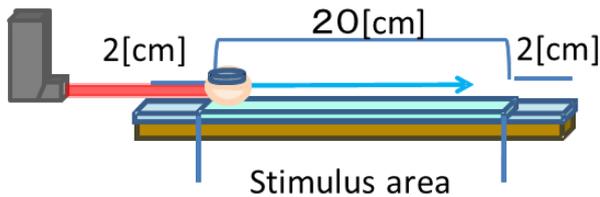


図 1. 実験装置

3.2. 実験刺激条件

昆陽らによる摩擦感提示[10]では stick-srip 運動近似モデルを用いていたが、爪上振動提示手法ではアクリル板を直接なぞるため、stick-srip から生じる摩擦感が既に得られている。よって、重畳する振動刺激波形には stick-srip 運動近似モデルを用いず、130Hzの正弦波を用いた。振幅制御は、刺激幅を R N, 係数を $k=0.014$ N/cm, 倍率変数を a , 位置を X cm, オフセット刺激量を $C=0.28$ N と置き, $R=kaX+C$ (式1)を用いて行った。これは、先行研究[10]とほぼ同じ波形設計手法である。振動波形は、 $a=2.0$ (振幅短調増加), 0 (振幅変化なし), -2.0 (振幅単調減少)の3条件とし、ランダムに各5回ずつ計15回試行した。

被験者はアイマスク・ヘッドホン(ホワイトノイズ提示)を用いて視聴覚を遮断し、爪上振動子を右手人差し指に装着した状態で、以下の手順に沿って実験を行った。

被験者は成人3名(20代男性=2, 女性=1)だった。

3.3. 結果

結果を表1は、各条件におけるスケッチを正規化して重ね合わせたものである。

結果から、振動刺激無し条件の場合は全ての被験者でほぼ変化のない水平線を描いた。一方、 $a=2.0, -2.0$ 条件では、線形なスロープ形状を描いた例の他に、振動刺激無し条件と同じような水平線、途中から傾斜角が発生するなど幾つか傾向が見られた。このことから、振動刺激によって必ずしも線形なスロープ形状を知覚しているわけではないと考えられる。

表 1. スケッチの結果(各5回分を重ね合わせ)

Stimulus	$a=2.0$	$a=-2.0$	触覚刺激無し
A			
B			
C			

3.4. 考察

上記の結果となった理由を考える中で、ヒトの感覚量が対数に比例するというヴェーバー・フェヒナーの法則(以下WF則)とスケッチの傾向が近いことに着目した。表1における $a=2.0$ 条件において、被験者Aは後半に振動のような波形を知覚するのみで傾斜面を知覚していない。被験者Bは最後の部分で急峻な山をスケッチしたが、これは刺激の終点でエッジのようなものを知覚したものと考えられる。よって、被験者A,Bはそもそも斜面を知覚していない。被験者Cは斜面を描いていたが、途中で水平になる場面も存在した。これは、WF則に照らし合わせると、後半に行くほど刺激の変化を知覚できず水平を知覚してしまったものと考えられる。 $a=-2.0$ 条件において、被験者Bは斜面を知覚せず、被験者A,Cは斜面を知覚したものの、後半から傾斜を描く場面が存在した。これは、WF則に照らし合わせると、この条件が徐々に刺激強度が弱くなるため、強度差が知覚しやすくなっていったためだと考えられる。

以上から、刺激波形を設計する際、WF則を考慮して位置に対して刺激強度を対数的に変化させることで、より正確な外形提示を実現できる可能性がある。

4. 提案する波形設計手法

予備実験を基に、我々は、WF則を用いた外形提示のための振動波形設計手法を提案する。提案手法では、感覚量 E と刺激量 R は、係数を k , オフセット刺激量を C とおき, $E=k\log(R+C)$ (式2)を用いて行う。本手法によって設計される波形と推定される知覚の対応を図3に示す($C=0$ の場合, 総移動距離= A , 実際の移動距離= a とおくと, $a < A/2 \dots x=a, a \geq A/2 \dots x=A-a$)。

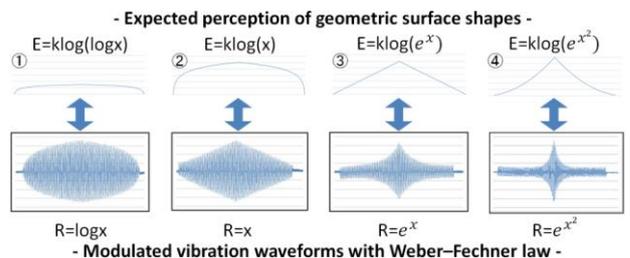


図 2. 提案手法による波形設計の例

5. 提案手法の検証実験

提案手法が、どの程度外形知覚に寄与するのかを検証するため、スケッチによる図示実験を行った。

5.1. 実験内容

本実験では、3章と同様の実験装置を用いた。ただし、刺激区間は10cmとした。

提示する外形としては、線形に上昇し、頂点に到達したら線形に下降するという三角形を選定した。この外形に対し、先行研究と同様の波形設計による刺激(以下、刺激条件1)、提案する波形設計による刺激(以下、刺激条件2)をそれぞれ刺激として使用した。このとき、刺激条件1は $R=x$ となり、刺激条件2では $R=e^x$ となる。

なぞり動作を行わず提示目標である三角形のグラフを目視した後にスケッチするという条件も、control 条件として用いた。なお、オフセット刺激量は $C=0.28\text{ N}$ とし、 k は振動子の最大刺激量である 0.56 N となるよう適宜設定した。なお、位置 x は、実際の移動距離 $=a$ とおくと、 $a < 5\text{ cm}$ の場合に $x=a$ 、 $a \geq 5\text{ cm}$ の場合に $x=10-a$ とした。

被験者はアイマスク・ヘッドホン(ホワイトノイズ提示)を用いて視聴覚を遮断し、爪上振動子を右手人差し指に装着した状態で、以下の手順に沿って実験を行った。

1. 押付力が 20 g となるよう電子秤を用いて練習する。
2. なぞり速度が約 4.8 cm/sec となるよう練習する。
3. アクリル板をなぞる(左→右)。外形のイメージが出来るまで何度でも可能。
4. 解答用紙にイメージした外形を図示。
5. 3,4を繰り返す。

実験は、刺激波形毎に5回、計15回試行された。その際、まず2つの刺激条件をランダムに試行し、その後control 条件を行った。なお、control 条件の際は爪上振動子を装着しなかった。回答の際、なぞり幅と横幅が等しい用紙を用いた(図3)。



図3. 実験で用いた解答用紙

この用紙には原点となる0の破線、上下に等距離を置いた破線が描かれており、刺激の開始点の高さを0、高さの上限を上部破線、高さの下限を下部破線に合わせるよう指示した。つまり、横幅のスケールは物理的な刺激区間に合わせ、上下の高さ知覚の幅は被験者自身に正規化させた。被験者は成人3名(20代、男性=2、女性=1)であった。

5.2. 実験結果

実験の結果得られたスケッチを表2以下に示す。表2より、刺激条件1と比較して刺激条件2の方がcontrol 条件と近い外形を描いていることが分かる。また、刺激条件

1は、図2における②の目標外形に近い。よって、提案手法は目標外形の知覚を生起していると考えられる。

被験者別に見ると、被験者Aは刺激条件2においてのこぎり型の図形が一度のみ描かれた以外は提案手法での目的外形と同じ外形を描いた。被験者Bは中央付近に急峻な山を知覚することが多かった。これは、被験者Bにとって振動刺激の強度が不十分であったため知覚閾値を超えたのが中央付近であったことが考えられる。被験者Cは、刺激条件2において被験者Bと同様の傾向を示した場面も存在するものの、提案手法の目標形状と一致する図形を描く場合の方が多かった。

表2. スケッチの結果(各5回分を重ね合わせ)

条件	刺激条件1	刺激条件2	Control条件
Stimulus	$R=x$	$R=\log x$	look
A			
B			
C			

以上から、ユーザによって基準となる刺激強度、最大刺激強度を調整する必要はあるものの、提案手法は意図した外形を明確に知覚させる可能性が高いと考えられる。

ここで、振動刺激によって物理的な外形を再現するために必要な要素を考える。振動刺激によって物理的に正確な外形を再現するには、同一性・順序性・加法性・等比性を満たす、比率尺度が適用可能である必要がある。これに対し、提案手法は表2のスケッチより同一性、順序性を満たしているものと考えられる。そこで次に、加法性についても検証した。

5.3. 加法性の検証

加法性について、描かれたスケッチの線に対して微小領域の傾きを微分によって求め、その値の分散をcontrol 条件と比較した。具体的には、“書き始め”の 0.5 cm 、“折り返し”の前後 0.5 cm “書き終わり”の 0.5 cm を除いた部分における 1 cm あたりの高さ変化の標準偏差を算出した。

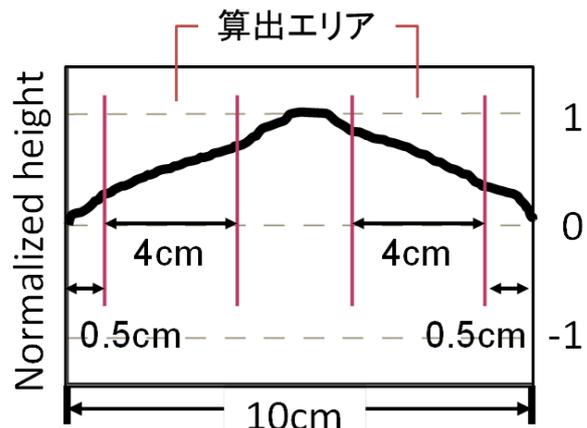


図4. 実験で用いた解答用紙

結果を表 3 に示す。刺激条件 2 は control 条件の分散値に近く、control 条件よりも小さくなる場合もあった。一方、刺激条件 1 は control 条件と比較して分散値が全ての場合で一桁以上大きく、control 条件を下回することはなかった。以上から、提案手法の方が加法性を満たす可能性が高いことが示された。

表 3. 傾きの分散値

	試行番号	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
A	刺激条件1	9.38E-07	1.05E-06	1.09E-06	9.48E-07	2.25E-06
	刺激条件2	1.06E-07	5.16E-08	9.41E-07	1.00E-07	3.34E-08
	control条件	2.39E-08				
B	刺激条件1	7.30E-07	8.85E-06	9.61E-07	6.50E-07	5.45E-07
	刺激条件2	7.53E-06	5.81E-06	3.57E-06	4.77E-06	9.13E-06
	control条件	4.32E-08				
C	刺激条件1	1.23E-06	1.39E-06	1.28E-06	1.25E-06	1.07E-07
	刺激条件2	5.13E-08	4.81E-08	1.11E-07	6.24E-06	5.61E-06
	control条件	5.25E-08				

6. おわりに

本研究で我々は、爪上振動提示手法を拡張し、高さ方向の情報が必要となる外形提示のための WF 則を用いた振動波形設計手法を提案した。

提案手法と従来手法を比較した結果、提案手法の方が意図した外形をより正確に認識させることが可能であることを示した。また、加法性を満たす可能性を見だし、正確な形の認識までが可能な間隔尺度での波形設計実現への道が見えてきた。

今後は、振幅の調節や接線力の設計手法の改善を土屋らの提案手法[11]などを参考に行ない、加法性を十分に満たせるよう提案手法を成熟させる。また、等比性の可能性を検証し、提案手法が絶対原点を基準にした波形設計まで対応可能かを明らかにする。

参考文献

- [1] M. Takasaki, R. Tamon, H. Kotani & T. Mizuno. Pen Tablet Type Surface Acoustic Wave Tactile Display Integrated with Visual Information. IEEE ICMA, pp. 364-367, 2008.
- [2] S. Tsuchiya, M. Konyo, H. Yamada, T. Yamauchi, S. Okamoto & S. Tadokoro. Virtual Active Touch II: Vibrotactile representation of friction and a new approach to surface shape display. IROS 2009, pp. 3184-3189, 2009.
- [3] 牧野, 佐伯, 前野. 二重振動刺激によるモバイルタッチパネル機器への触感提示. 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会論文集, 2010.
- [4] 安藤, 渡邊, 稲見, 杉本, 前田. Augmented Reality のための爪装着型触覚ディスプレイの研究. 子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J87-D-II No. 11, pp. 2025-2033, 2004.
- [5] 土屋, 昆陽, 山田, 山内, 岡本, 田所. VibTouch: 指先による仮想能動触を利用した触力覚インタラクション第 1 報: 皮膚刺激による運動錯覚を用いた 3 次

元形状の呈示. Proceedings of the 2009 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 2009.

- [6] L. A. Jones and S. J. Lederman, Human Hand Function, New York: Oxford University Press, 2006.
- [7] Margaret R. Minsky, Ming Ouh young, Oliver Steele, Jr. Frederick P. Brooks & Max Behensky. Feeling and Seeing: Issues in Force Display. In Proceedings of the 1990 symposium on Interactive 3D graphics, 1990.
- [8] Vincent. L & Vincent. H. Experimental evidence of lateral skin strain during tactile exploration. In Proceedings of Eurohaptics, 2003.
- [9] 嵯峨, 出口. タッチパネルインタフェースにおける剪断力による 2.5 次元触覚提示についての検討. 力触覚の提示と計算研究委員会第 5 回研究会, 2010.
- [10] M. Konyo, H. Yamada, S. Okamoto and S. Tadokoro, Alternative Display of Friction Represented by Tactile Stimulation without Tangential Force, Proc. of EUROHAPTICS 2008, pp. 619-629, 2008.
- [11] S. Tsuchiya et al., Vib-Touch: Virtual Active Touch Interface for Handheld Devices, IEEE RO-MAN2009, pp. 12-17, 2009.

ヒト脳活動からの感覚知覚情報の復号化

Neural Decoding of Sensory and Perceptual Information from the human brain activity

宮脇陽一¹⁾

Yoichi MIYAWAKI

1) 電気通信大学先端領域教育研究センター

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, yoichi.miyawaki@uec.ac.jp)

Abstract:

The human brain encodes sensory and perceptual information as patterns of neural activity. Neural decoding is a technique to read out, or “decode,” sensory and perceptual information from the neural activity patterns. Using this technique, we have succeeded in reconstructing visual images that a person sees from the brain activity patterns measured by functional magnetic resonance imaging. The technique could be applied to predict higher and complex perceptual contents. This article introduces the technical basics and recent progresses of neural decoding technique, and discusses further application in the field of Teleexistence.

Key Words: Sensation, Perception, Human brain, Neural decoding, functional magnetic resonance imaging

1. はじめに

ヒト(を含む動物)の内部で生じる感覚や知覚は、本質的にプライベートなものであり、他人の感覚や知覚を推し量ることは難しい。さらに言えば、自分の感覚や知覚でさえも、他人に正確に伝えることは実のところ難しい。テレグジスタンス技術の開発においては、体験者にどのような感覚や知覚が生じているのかを正確に把握することが重要であるが、感覚知覚のプライベート性により、これが困難になるときがある。では、このプライベートな感覚や知覚を、分かりやすい形で白日のもとにさらけ出すことはできないだろうか？その結果、感覚や知覚の客観的な評価は可能になるのだろうか？またこの技術により、テレグジスタンス技術の開発は飛躍的にすすむのだろうか？

これらの疑問に答えるためのひとつの足がかりとして、本稿では“脳情報デコーディング(Neural decoding)”技術について紹介する。ヒトが何かを見たり、聞いたり、触ったりしたときには、その感覚刺激の内容に応じた特定の脳活動パターンが発生する。すなわち脳活動には、ヒトが受け取っている感覚刺激の情報が表現されていると考えることができる。情報論的表現を用いれば、脳活動は感覚刺激の情報を表現した“コード(符号)”であるともいえよう。したがって、このコードをうまく解読(“デコード”)できれば、脳活動からヒトが見ている映像、聴いている音、触っている物体などを読み取ることができるはずである。このような概念に基づき、脳活動から感覚知覚の内容を解読する技術のことを、脳情報デコーディングという。ここでは話を単純化するために、感覚知覚内容のデコードに話題を限定するが、運動意図や思考の内容などに対象を置き換えて考えることも可能である。

2. 脳情報デコーディング技術の基礎

脳情報デコーディングを行うためには、脳活動の計測と、脳活動の解析、という二つのステップが必要である。

脳活動の計測には、侵襲型と非侵襲型がある。侵襲型の計測では、神経電極を脳実質に挿入したり、神経活動に伴う脳表面の吸光度変化や蛍光変化を画像として観察したりする。S/N比の高い信号計測が可能だが、頭部の外科的手術が必要なため、健常ヒト被験者に適用することは通常困難である。

一方、非侵襲型は外科的手術を必要とせず、頭皮外から脳活動を計測する方法である。代表例として、神経活動の電磁気的変化を反映した脳波(EEG)や脳磁場(MEG)を計測する方法と、神経活動変化によって二次的に生じる脳内の血流変化を捉える機能的磁気共鳴画像法(fMRI)がある。前者は、電磁気的信号変化を介するため時間分解能は高いが、空間分解能は一般的に低い。一方後者は、血流変化を介するため時間分解能は低い、非侵襲脳活動計測法の中では最も高い空間分解能を持つ。これらの方法は、実験において時間分解能と空間分解能のどちらが重要かに依存して、使い分けられるべきである。

脳活動の解析には、機械学習がよく用いられる。ここでは簡単に2つのチャンネルだけで計測された脳活動の信号強度から、二種類の視覚刺激のうちどちらを見ていたかを線形モデルで判別する例題を考えてみよう。それぞれの刺激に対応する脳活動パターンは、2つのチャンネルによって張られる二次元空間上の一点として表現できる(図1)。もし、刺激に応じて生じる脳活動パターンの分布に偏りがあれば、実験を繰り返すことにより、この二次元空間上のどこに境界を設ければ刺激を判別で

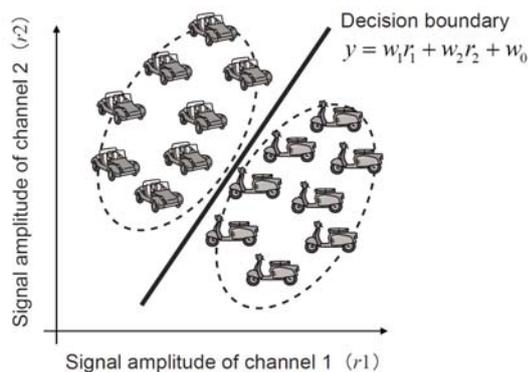


図 1 脳情報デコーディングの概念図. 線形判別モデルを用いた場合.

きるかが分かるだろう. すなわち, この例の場合, 各チャンネルに対する係数値と定数項の3つのパラメータを決めればよいということになる. パラメータは, サポートベクタマシン等の機械学習アルゴリズムで求めることができる. パラメータを決めたのち, 新しい脳活動データに対して, それが判別境界のどちら側に属したかを調べることで, 対応する刺激が予測可能になる.

3. 視覚像再構成への応用

このような脳情報デコーディングの研究は, 2000 年代初頭から大きく進展した. 特に, ヒト視覚野の fMRI 信号から視覚刺激の内容を読み取る視覚デコーディングの研究は, 最も盛んな研究分野のひとつである. ヒトが見ている物体の種類[1], 刺激の線分方位[2]など, 多様な視覚刺激が脳活動から判別できることがこれまで示されている.

しかしながら, これらの研究はいずれも有限個の予め決められた視覚刺激の中から一つを選ぶという多肢選択問題を解いているのみであり, デコーダの予測はカテゴリー的な記号に過ぎない. そこで我々は, この限界を乗り越え, 任意の視覚刺激を脳活動から予測することを目指し, ヒトが見ている画像そのものを脳活動から再構成する“視覚像再構成”に取り組んだ.

画像は, ピクセル階調のピクセル数乗分のバリエーションをもつ高次元データである. このバリエーションを, 多肢選択問題の枠組みで扱うことは不可能である(全ての画像種に対する脳活動を計測することは現実的に困難なため). そこで我々は, 画像を小領域に分割し, その小領域の状態を脳活動から並列に予測し, その予測値を組み合わせることで画像を再構成する“モジュラ・デコーディング法”を開発した. この手法により, わずか数 100 パターンの画像に対する脳活動を計測しておくだけで, 1億通り以上の画像を高精度で脳活動から予測できることを示した[3]. また, fMRI の単一データサンプルを逐次的に解析することにより, ヒトが見ている映像を動画として再生することにも成功している.

4. 考察と将来展望

脳活動計測と機械学習の組み合わせにより, 脳活動からヒトが見ている任意画像の予測が可能になった. しかしながら, 現段階で画像として再構成できているのは, ヒトが見ている視覚

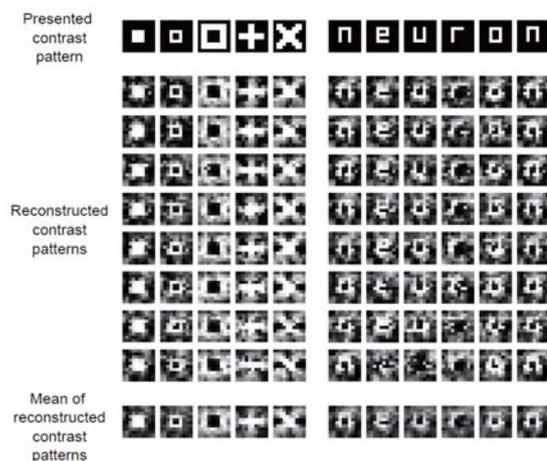


図 2 ヒト脳活動からの視覚像再構成結果.

“刺激”であり, 心の中で生じているプライベートな感覚知覚が再構成できているとは言い切れない点に注意が必要である. 主観的な感覚知覚体験の高精度な画像化に成功した例は, 現時点で存在せず, 今後の大きな課題である. 画像化までには至っていないが, 主観的な知覚の代表格である夢見の内容を脳活動から予測することには部分的に成功しており[4], 今後の発展が期待できる.

脳情報デコーディングは, テレイグジスタンス技術の発展に寄与できるだろうか? 主観的な知覚世界をそのまま画像化するにはしばらく時間がかかるだろう. ただし, fMRI 装置の中で使用できるような, 小型の感覚提示デバイスが生起する感覚の種類を脳活動から予測することならば, 現状の技術でも可能かもしれない.

従来困難であると考えられていた感覚知覚内容の客観的評価は, まだまだ不十分な点があるとはいえ, 一昔前とは質的に異なるレベルで, 現実味を帯びてきている. 脳神経科学とのよりタイトなコラボレーションが, テレイグジスタンス技術の発展のキーのひとつなのかもしれない.

参考文献

- [1] Haxby JV, Gobbini MI, Furey ML, Ishai A, Schouten JL, Pietrini P: Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex, *Science*, Vol. 293, No. 5539, pp.2425-30, 2001.
- [2] Kamitani Y, Tong F: Decoding the visual and subjective contents of the human brain, *Nat Neurosci*, Vol. 8, No.5, pp.679-85, 2005.
- [3] Miyawaki Y, Uchida H, Yamashita O, Sato MA, Morito Y, Tanabe HC, Sadato N, Kamitani Y.: Visual image reconstruction from human brain activity using a combination of multiscale local image decoders, *Neuron*, Vol.60, No.5, pp. 915-29, 2008.
- [4] Horikawa T, Tamaki M, Miyawaki Y, Kamitani Y.: Neural decoding of visual imagery during sleep, *Science*, Vol.340, No.6132, pp. 639-42, 2013.

LiveMask: 立体顔ディスプレイを用いた 非言語コミュニケーション支援システムの開発

Instructions for Preparation of Camera-ready Manuscripts
for the Proceedings of the Special Interest Group on Telexistence

三澤加奈¹⁾, 暦本純一²⁾

Kana MISAWA and Jun REKIMOTO

1) 東京大学, 電通

(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, kana.misawa@gmail.com)

2) 東京大学, Sony コンピュータサイエンス研究所

(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, rekimoto@acm.org)

Abstract : We propose a telepresence system with a real human face-shaped screen. This system tracks the remote user's face and extracts the head motion and the face image. The face-shaped screen moves along three degree-of-freedom (DOF) by reflecting the user's head gestures. We expect this system can accurately convey the user's non-verbal information in remote communication. In the result, it could transmit the user's gaze direction in the 3D space that was not correctly transmitted by using a 2D screen, which is known as "the Mona Lisa effect". LiveMask solves the Mona Lisa effect problem even when screen size is reduced.

Key Words: *Telepresence, nonverbal information, eye gaze*

1. はじめに

遠隔地にいるひととより豊かなコミュニケーションをとるため、さまざまなテレプレゼンスシステムが開発されている。しかし、依然として直接会って会話をする需要は高い。それは、会話における臨場感や人物の存在感を感じとれないことが問題として考えられる。そこで、我々はより豊かなコミュニケーションを実現する方法として、非言語情報の伝達に注目している。非言語情報は、言葉以外の表情、視線、人の仕草などを指し、コミュニケーションにおいて必要な役割を果たすと言われている [1]。従来のテレビ会議システムでは、ユーザの外見や音声を伝達することはできたが、空間的な位置把握を必要とする人物の仕草や視線は読み取りにくい問題点があった。

2. LiveMask

テレプレゼンスシステムは、大きく三つに分類できると考えている。一つは、画面越しに会話をするテレビ会議型システムである。二つ目は、利用者が HMD などの機器を装着して、高臨場感や没入感を得る装着型システムである。三つ目は、我々の開発する LiveMask [2] などアバター操作型システムである。ユーザはプロジェクタやマイクを搭載した自身のアバターを遠隔操作し存在感を提示する。LiveMask



図 1: LiveMask と話す様子

では、実際の会話でしているような非言語情報である、首の動作と視線方向を伝達を目指した。本システムは、遠隔話者の顔をリアルタイムでトラッキングし、頭部運動と顔領域を抽出する。そして、仕草を表現するために頭部運動に応じて 3DOF (Degree of Freedom) で動く機構を搭載し、遠隔話者本人と完全に同じ形状の顔型立体スクリーン (以降、顔スクリーン) に本人の顔映像を投影することで、正確な視線方向の伝達を目指した。顔スクリーンに話者の顔映像を投影するプロジェクトに Talking Heads がある [3]。しかし、テレプレゼンスシステムとしてディスプレイが平面ではなく立体である時に顔の印象が及ぼす効果や、優位性は明らかに

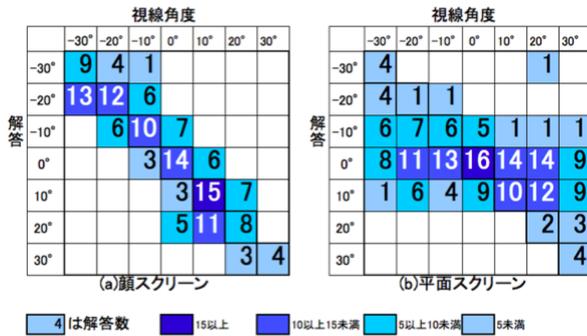


図 2: 視線の認識:横軸に画像中の視線角度, 縦軸に被験者が視線が合ったと答えた画像中の視線角度をとった。顔スクリーンでは結果が対角線上に分布し, 平面スクリーンは 0° 周辺に帯状に分布した。

されていないため評価を行った。

3. 平面スクリーンと顔スクリーンの視線伝達

視線は, 会話において意志を伝達するなどさまざまな機能を持っている。スクリーンの形状比較による視線伝達について評価を行った。

実験目的: 平面スクリーンと顔スクリーンで視線伝達に違いが生じるか調べる。

実験方法: 予め, -30°~30° まで 10° 刻みに視線を移動させた 7 枚の写真を用意し, LiveMask のスクリーンを, 平面スクリーンと顔スクリーンに切り替え写真を投影する。1 カ所あたり 7 枚の写真投影を計 7 カ所で行い (1 セット), 各スクリーンで 2 セットずつ実施する。

実験手順: (1) 被験者は LiveMask から 110cm 離れた-30°の位置で目線の高さが合うように椅子を調節する。(2) 被験者は 7 枚の写真を順次見て視線が合うか答え, 終了後時計回りに 10° ずれた位置で解答する。(3) 上記手順を 30° まで繰り返し, もう 1 セット行った後, オペレータは平面スクリーンに替え, 同様にテストを行う。

実験結果: 結果を, 表 1 に示した。顔スクリーンを使用したときの正答率は 75.9% に対し, 平面スクリーンは 36.6% と低かった。また, 各視線画像のうち, 図 2 に示すように顔スクリーンでは解答結果が対角線上に分布しているのに対し, 平面スクリーンは 0° 付近に帯状に分布している。これは, 顔スクリーンでは視線方向が被験者に伝わっていることに対し, 平面スクリーンは正面を向いた画像 (0°) がどの角度から見ても視線が合いやすいことを示している。

表 1: 視線の認識

	正答率	標準偏差
i) 平面スクリーン	36.6 %	0.30
ii) 顔スクリーン	75.9 %	0.17

正答率: 全問題 (14) 中の正解数の割合

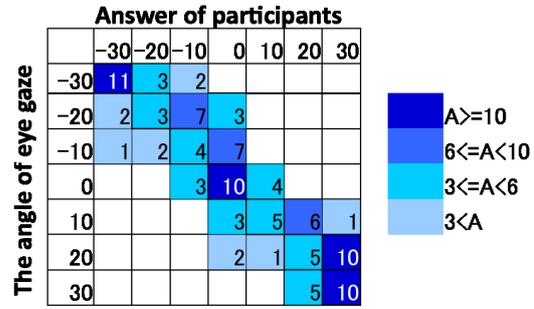


図 3: スクリーンを小型化した実験の結果: 図 2 と同様, 顔スクリーンは, 視線伝達ができていることがわかる。

4. 考察

平面スクリーンに投影された人物の正面顔は, どこから見ても視線が合う現象が生じた。これは, モナリザエフェクトという [4]。一方, 顔スクリーンに投影すると視線方向の伝達が高い精度で伝達できることが分かった。顔スクリーンを小型化したときも, その機能が持続するか興味を持ち, 1/14 サイズの顔スクリーンで同様の評価を行ったところ, 小型化しても視線の伝達ができることが確認できた (図 3)。

5. まとめ

我々は, 立体的な顔スクリーンを持つテレプレゼンスシステムを提案する。このシステムは, 遠隔話者の顔をトラッキングして頭部運動と顔領域を抽出する。頭部運動に応じて三軸で動く機構を持ち, 遠隔話者本人と完全に同じ形状の顔スクリーンに本人の顔映像を投影する。顔スクリーンを用いると, 正確に視線方向を伝えることができ, モナリザエフェクトを解消することが分かった。また, スクリーンのサイズを小型化してもその機能は持続した。

参考文献

[1] マジョリー・F・ヴァーガス: 非言語コミュニケーション. 新潮選書, 1987.

[2] Kana Misawa, Yoshio Ishiguro, Jun Rekimoto: LiveMask: A Telepresence Surrogate System with a Face-Shaped Screen for Supporting Nonverbal Communication, Journal of information processing, 21(2), 295-303 (2013-04-15), 1882-6652

[3] Talking Heads projection
http://www.naimark.net/projects/head.html.

[4] Jens Edlund, Samer Al Moubayed and Jonas Beskow: The Mona Lisa Gaze Effect as an Objective Metric for Perceived Cospatality. IVA '11, 439-440, 2011

Substitutional Reality: 実世界とヴァーチャル世界を接続する方法論として

Substitutional Reality: As a Methodology to Smoothly Connect Real and Virtual Worlds

脇坂崇平
Sohei WAKISAKA

(独) 理化学研究所脳科学総合研究センター
(〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1, wakisaka@brain.riken.jp)

Abstract: We developed Substitutional Reality (SR) System, an immersive human interface in which users experience 1) real-time scenes happening in their surrounding environment and 2) pre-recorded ones in indistinguishable manner. In this presentation we introduce various kinds of virtual scenes, in addition to pre-recorded ones.

Key Words: Panoramic Video Camera, Head mounted Display, Virtual Reality

1. Substitutional Reality とは

(物理的に目の前で生じている) ライブシーンと、そうではないヴァーチャルなシーンが主観的に区別できないかたちで体験者に呈示され、さらにはそれらのシーン内イベント・登場人物と(ある程度の)インタラクションも可能である状況を考えよう。ヴァーチャルであるということを知らずにそのような状況にいるならば、体験者は主観的には、<今・ここ>の現実の中にいるままとなる。

また例えば体験シーンがヴァーチャルである可能性を体験者が知っていたとしても、ライブとの区別ができない限りは、それをライブシーンと思わせることは可能である。様々な映画や SF 小説でプロットとして用いられてきたこのような状況及び実現手法を、我々は Substitutional Reality (SR) と呼んでいる[1][2]。

2. パノラマビデオ映像ベースの SR 実装

「現実をこっそりと操作する」というアイデアは、新しい認知心理実験パラダイムとして展開可能である。その目的の為、我々は主にヘッドマウントディスプレイ (HMD) とパノラマビデオ映像を組み合わせて、SR の一実装を作成した。本稿で「SR システム」と呼ぶ場合、このパノラマビデオベースの実装及びその拡張を指す。SR システムは、実験装置としてだけでなくアートパフォーマンスやデジタルサイネージ用の技術としての応用もされている。2012 年度 VRSJ 年会での発表[3]以降に大幅なソフトウェアの改良を行った(表1)。

2.1 仕組み

表 1 ソフトウェア新旧比較・主な相違点

	旧	新
パノラマ動画形式	Point Grey Research 社 pgr 形式のみ	汎用動画形式
フレームレート	16fps	~25fps
画質	-	大幅に向上
リアルタイム画像フィルタ	なし	各種実装

基本的な構成と仕組みは以下の通りである。

- ・間接的ライブシーン体験：体験ユニット (HMD・ヘッドホン等で構成。図1) を通しての映像音声体験。HMD 上ライブカメラ、マイクから取得されるリアルタイム映像音声呈示される。カメラは HMD 前部、両目の中心にあたる場所に設置されており、体験者は周囲を自由に見渡せる。

- ・記録シーン体験：同じく体験ユニットを介した映像音声体験だが、呈示される刺激は前もって撮影・編集されたビデオ映像音声である。パノラマビデオカメラを用いて全周映像を撮影しておき、それと体験ユニット内蔵の頭部方向検出センサーとを組み合わせることにより、記録シーンの中でもライブシーンの場合と同様に自由に周りを見渡すことができる仕組みである。基本的に体験場所と記録場所は一致させておき(例：同じ部屋の同じ場所)、シー



図 1 体験ユニット。モニター部：SONY 社製 HMZ シリーズに準拠。前部カメラ：IDS 社製 USB ボードカメラ LE4021。そのほか方位センサー、ヘッドホン、視線計測装置を内蔵。

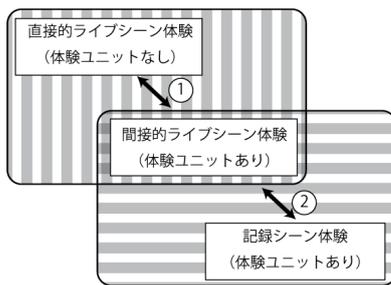


図 2 ①：「直接的ライブシーン体験」（生の現実体験）と、体験ユニットを装着しての「間接的ライブシーン体験」は、共に「ライブシーン体験」である点で連続的。②：「間接的ライブシーン体験」と「記録シーン体験」は、体験の質が同等、という点で連続的。このようにして、3種の体験が主観的に区別できず連続的につながる状況が実現される。

ンの構図がライブ、記録シーンで同じになる様にしておく。

・シーン間切り替え：あらかじめ指定されたタイミング、もしくはオペレータの判断に基づきライブシーンが記録シーンに切り替えられる（その逆もあり）。シーン間の接続をスムーズにすることで、切替え自体を体験者に気付かれないようにすることができる。その場合体験者は、その場で実際に生じているイベントを体験していると信じたまま、そうではないイベントに没入することになる（図2）。体験者がシステムの仕組みを知っていても、少なくともライブと記録の区別なく体験させることは可能である。

・制限：記録シーンに差し替えることが可能なのは、基本的にはシーンを事前にパノラマビデオカメラで撮影した場所に体験者がいる場合である。シーンの構図がずれれば、当然ながら体験者が差し替えに気づく可能性が高くなる。ただしクロマキー技術等を利用することにより、場所の移動にもある程度対応することはできる。体験場所の

3D モデリングをベースとしたリアルタイムレンダリング CG 映像を用いるならばこのような制限はないが、その場合はライブカメラに映るシーンと区別できない CG シーンを作成する必要がある。パノラマ記録映像、CG 映像どちらを使う場合も、リアルタイムで柔軟なインタラクションを実現するためには様々な制限が存在する。音声・触覚に絞り、SR を実現しつつかつ柔軟なインタラクションを実現する試みとしては、RJ システム[3]がある。

3. 様々なヴァーチャル世界との接続手法として

「(ビデオカメラを使用してはいるものの) 映像そのものは未加工なままである」と体験者に思わせたい場合、ライブシーン・記録シーンの加工は画質パラメータ調整程度にとどめる必要がある。ただし加工していると体験者に気づかれてもよいならば、パノラマ記録シーンで構成される世界だけでなく、多種多様な世界を導入することができる。

例えば CG 生成シーンで構成された世界の場合を考えよう。ライブと区別できない CG 映像を作ることは難しいのであれば、ライブシーンの方にリアルタイム画像フィルタを適用して CG に近づけることを試みる。とにかく、区別ができなければよい、という発想である。アニメーション(ラインアート)の世界を SR システムに導入する場合は、ラインアート化画像フィルタ(例：ロトスコープ)を適用する。CG・アニメ化していても、自然な会話や事物との接触が可能であるため、ライブシーンであることには変わらず、図2の図式は依然として成立するのである。

このように、ヴァーチャル世界の方を実世界の方に近づけるだけでなく、実世界の方もヴァーチャルに近づけることによって現実の差し替えを実現する、というのが SR の基本的方法論である。本発表では CG・アニメーション以外の例も交えつつ、より詳しく議論を展開する予定である。

参考文献

[1] Keisuke Suzuki, Sohei Wakisaka and Naotaka Fujii : Substitutional Reality System: A Novel Experimental Platform for Experiencing Alternative Reality, Scientific Reports, vol.2, Article Number 459, 2012.

[2] 脇坂崇平, 石黒祥生, 上野道彦, 樋口啓太, Szu-Wen FAN, 泉秀幸, 南澤孝太, 杉浦裕太, 稲見昌彦, 藤井直敬: 第二世代 SR システム, バーチャルリアリティ学会年会予稿集, 2012

[3] Szu-Wen Fan, Hideyuki Izumi, Yuta Sugiura, Kouta Minamizawa, Sohei Wakisaka, Masahiko Inami, Naotaka Fujii and Susumu Tachi: To Confuse the Perception of Reality through Mixing the Past with Audio and Haptic Feedback, in Proc. the annual meeting of VRSJ 2011

リアルな接触感覚を生み出す 携帯型遠隔握手デバイスの開発

Development of the Mobile Tele-handshake Device Generating Realistic Sense of Touch

田中一晶^{1), 2)}, 中西英之¹⁾

Kazuaki TANAKA and Hideyuki NAKANISHI

1) 大阪大学工学研究科 知能・機能創成工学専攻

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1, {tanaka, nakanishi}@ams.eng.osaka-u.ac.jp)

2) 科学技術振興機構, CREST

Abstract: Cell-phones enabled people to enjoy voice and video chats at any time and any place. However, audio-only communication has a problem in that social telepresence, which is the sense of resembling face-to-face interaction, decreases. Furthermore, it is known that a small-size video of the conversational partner decreases social telepresence. We thought that users would feel higher social telepresence if cell-phones could reproduce body contact with their conversational partners. This paper shows the concept and prototype of the mobile tele-handshake device, and the experimental design clarifying the factors generating higher social telepresence of a conversational partner.

Key Words: Robot hand, handshake, haptic device, social telepresence

1. はじめに

携帯電話の普及により、いつでもどこでも離れた場所にいる人と対話できるようになった。しかし、音声のみで行う対話はソーシャルテレプレゼンス（対面で会話している感覚）が希薄であり、携帯電話では相手の存在を身近に感じられないという問題がある。本研究では、対面環境で相手と触れ合うことで得られる触感を再現する方法を用いて音声対話の改善を試みる。

我々の先行研究[5]では、等身大で表示した対話相手の映像を見ながら、人の手のような握力・温度・柔らかさを持つロボットハンドで擬似的に握手を行うと、単に対話相手の映像を見ながら対話するビデオチャットよりも、ソーシャルテレプレゼンスが高くなることが分かった。したがって、携帯電話でも相手と触れ合っている感覚をリアルに再現することができれば、相手の存在を身近に感じながら対話できる可能性がある。本研究では、先行研究で開発した遠隔握手用ロボットハンドを携帯電話に応用し、相手と手を握り合っている感覚を再現する携帯型デバイスを開発する。

2. 関連研究

遠隔会議において対話相手の存在感を強化する方法は多くの研究で提案されてきた。等身大で相手の映像を提示する方法や[3]、対話相手とのアイコンタクトが成立するようにカメラとディスプレイを配置する方法[1]など、視

覚効果を利用するものが一般的である。しかし、携帯端末のような小さな画面に縮小表示された相手の映像はソーシャルテレプレゼンスを低下させることが知られており[2]、携帯環境での視覚効果の利用には限界があると考えられる。そこで、本研究では、遠隔地にいる対話相手との接触感覚を携帯端末で再現する方法を用いる。

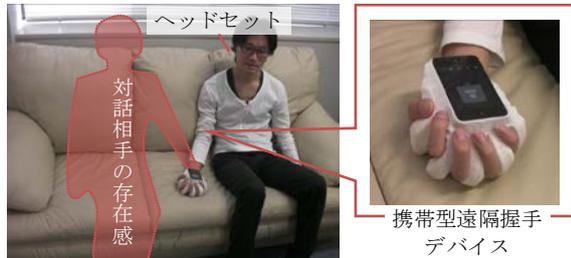
既存研究では、遠隔地間での接触感覚を再現する様々なデバイスが提案されており、携帯環境での使用を目的としたものも開発されている[3]。しかし、それらのデバイスを使用することによるソーシャルテレプレゼンスへの効果はほとんど検証されていない。本研究では、対話相手とのリアルな接触感覚を生み出す携帯デバイスを試作し、携帯デバイスにおいて高いソーシャルテレプレゼンスを生み出す要因を実験的に明らかにすることを旨とする。

3. 携帯型遠隔接触デバイス

本研究で提案する携帯型遠隔接触デバイスは、先行研究で開発した遠隔握手用のロボットハンド[5]を携帯デバイスに応用するものである。図1にその使用場面を示す。ユーザはお互いにデバイスの背面のディスプレイに表示した相手の映像を見ながら対話することができる(a)。また、デバイスを握りながらヘッドセットを介して遠隔地の相手と音声対話を行うこともできる(b)。これにより、対話相手の映像が無くても対話相手の存在を隣に感じられる可能性がある。



(a) 相手の映像を見ながら対話



(b) ヘッドセットを介して音声のみで対話

図1 携帯型遠隔握手デバイスの使用場面

我々は、リアルな接触感覚を生み出す要因を明らかにするため携帯型遠隔握手デバイスを試作した(図2)。この試作では、対話相手と手を握り合った際の握力、体温、人肌のような柔軟性を再現する。その再現方法を以下で述べる。

握力: 指の根本の関節間に配置した圧力センサによって取得し、各指の上下のワイヤをサーボモータで引くことで再現する(図3)。下のワイヤとモータは引きバネで接続されており、そのバネの伸びをモータで調整することで握力を一定に保つ。後述の実験では、デバイスを軽量化するため、モータはデバイスの外に設置し、蛇管を通してワイヤの張力を伝える方法を取る。

体温: 各指と掌に配置したフィルムヒータで、後述の人肌ゲルシートを加熱することで再現する。

柔軟性: ゴム硬度0の素材(人肌ゲルシート)でロボットハンドの表面を覆うことで再現する。

4. 実験方法の検討

図1に示した通り、試作したデバイスはこれら2通りの使用方法がある。(a)は対話相手の映像を見ることができ、前述の通り、縮小表示した相手の映像は効果的ではない。また、我々の先行研究において、身体接触を再現するロボットアームでビデオチャットにおけるソーシャルテレプレゼンスを強化する場合、映像内の対話相手の腕とロボットアームが繋がっているように見せることが効果的であることが分かっているが[5]、携帯端末においてそのような工夫は困難である。したがって、携帯環境では、(b)のように映像を用いずに音声のみで対話の方が身体接触の再現が効果的に働く可能性がある。この仮説を明らかにするため、接触要因と映像要因に分けて下記の4つの条件で実験を行う予定である。

音声条件(接触なし、音声のみ): 通常の携帯電話と同様

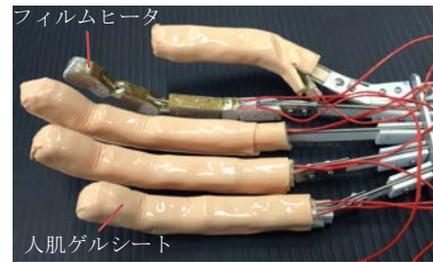


図2 携帯型遠隔握手デバイスの試作

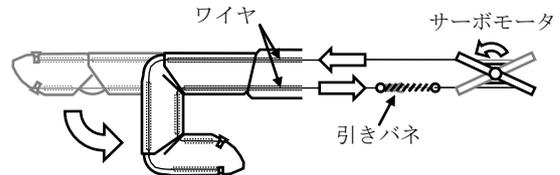


図3 指を屈伸させる構造

に、音声のみで対話。

接触音声条件(接触あり、音声のみ): (b)の方法で対話。

映像条件(接触なし、映像あり): 対話相手の映像を見ながら対話する。

接触映像条件(接触あり、映像あり): (a)の方法で対話。

謝辞 本研究は、JST CREST「人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発(研究領域:共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築)」、グローバルCOEプログラム「認知脳理解に基づく未来工学創成」からの支援を受けた。

参考文献

- [1] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.: Determinants of Social Presence in Videoconferencing, Proc. AVI2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access, pp. 1-9, 2004.
- [2] Nguyen, D.T. and Canny, J.: More than Face-to-Face: Empathy Effects of Video Framing, Proc. CHI 2009, pp. 423-432, 2009.
- [3] Park, Y., Baek, K., Nam, T.: The Roles of Touch during Phone Conversations: Long-Distance Couples' Use of POKE in Their Homes, Proc. CHI 2013, 2013.
- [4] Prussog, A., Muhlbach, L. and Bocker, M.: Telepresence in Videocommunications, Proc. Annual Meeting of Human Factors and Ergonomics Society, pp. 180-184, 1994.
- [5] 塩崎恭平, 田中一品, 中西英之: ビデオチャットを指相撲ロボットハンドによって拡張したシステムのデザインがソーシャルテレプレゼンスに与える影響, JSAI 2013, 1G5-2in, 2013.
- [6] 和田侑也, 田中一品, 中西英之: 遠隔握手用ロボットハンドによる会話相手の存在感の向上, JSAI 2012, 3L2-R-12-2, 2012.

超高齢社会とテレグジスタンス技術

Hyper-aged Society and Teleexistence Technology

檜山 敦, 廣瀬通孝

Atsushi HIYAMA and Michitaka HIROSE

東京大学大学院 情報理工学系研究科

(〒113 東京都文京区本郷 7-3-1, {atsushi, hirose}@cyber.t.u-tokyo.ac.jp)

Abstract: In this paper we describe the importance of teleexistence technology in hyper-aged society, which is one of the major issues that Japan is facing. Teleexistence technology has a capability to provide chances engage into working society for senior citizens in the way that is suitable for their lifestyle after retirement. We introduce teleexistence systems that are designed in accordance with application needs in potential fields.

Key Words: Hyper-aged society, Teleexistence, Telework, Human-Robot Interaction.

1. はじめに

我が国は65歳以上の人口の比率が2013年に25%を超え、超高齢社会のトップを独走している[1]。超高齢社会が必然的に抱える、労働人口の不足・社会保障・医療福祉などの課題はすでに固定した人口構成に従った回避できないものである。超高齢社会という、ともすると制度的側面では社会保障、科学技術的側面では医療福祉の議論に固執しがちである。しかしながら、今日の60歳以上の89.8%は日常生活において不自由のない元気高齢者である[2]。身体年齢の面においても、70歳は10年前の60歳と同程度であるという報告もある[3]。超高齢社会の議論が社会保障や福祉に固執している限りにおいては、根本的に解決は不可能である。それに対し、我々の研究グループでは、この元気高齢者層を社会のオーバーヘッドではなく活力であるととらえ、むしろ、情報技術で元気高齢者の活躍の場を創出することで、さらなる経済成長を促進し逆に心身ともに健康でいられる生活につながり、社会保障の削減効果も期待できると考えている[4]。この考えは、総務省における情報通信技術を用いた超高齢社会の課題解決に関する方針にも取り入れられ、高齢者の新しい社会参加の形態として、遠隔就労・テレワークがキーワードの一つとなっている[5]。本稿では、我々の研究グループにおける一連の取り組みを通じて、テレグジスタンス技術の持つ可能性について議論する。

2. 遠隔からの社会参加を支援する関連技術

2.1 海外における市場の誕生

米国を中心に、いち早くテレプレゼンスロボットが市場に登場している[6, 7, 8]。実際に、米 Willow Garage 社でのテレワークでの活用[9]。通学・医療現場での活用など、

各種現場でのニーズに応える形でシステムがデザインされ、展開が始まっている[10, 11]。

2.2 日本国内における動向

日本では、関連技術として、災害時・後における安全確保のための無人化施工技術の活用が進んでいる[12]。しかし、一般ユーザ向けの市場では、前述のようにテレワークのニーズは高まってきているものの、海外とは反対にテレプレゼンス・テレグジスタンスをキーワードとしたロボットシステムは未だ市場に製品が投入されていない。このことは、ロボット業界における完全自律ロボット主義やロボットを利用する空間の狭さという問題が要因として挙げられる。結果として、社会のニーズとロボット開発との間に断絶が生じているといえる。前述のように、高齢者が目的に応じたテレグジスタンス技術を活用して、現役時代とは異なり、時間的・空間的拘束から解放される形で社会参加を支援することには社会的意義がある。特に、若年層への知識や経験の伝達というアプリケーションについては、企業や教育の現場において必要とされるものである。高齢者ユーザと上記アプリケーションを考慮した場合、その本質的課題は、利用環境やアプリケーションのニーズに応じたインタフェース設計にあると考える。特に、人とロボット要素とのほどよい融合点を見出すことで、ロボットの遠隔操作ではなく、人との遠隔コミュニケーションに集中でき、知識伝達の効果を最大限に発揮しうると考える。

3. コミュニケーションを補足する自律機能

高齢者の知識・経験を活用するフィールドとして、教育現場やミュージアムなどの環境での遠隔からの講義やディスカッションへの参加が挙げられる。利用環境における制約を最も受けやすいのは、遠隔地で高齢者によって行

動するロボット要素がどれだけ許容されるかである。大まかに、最大限の存在感がある独立して行動をとることができるロボット、限られた空間での活動を意識し、行動範囲を限定した、現場の人と一体化したロボット、それから最小限の存在感を伝達する3つの形態が挙げられる。それぞれについて、最初の2つに関しては、主にミュージアムでの教育活動をアプリケーションに据えた、本研究グループにおけるこれまでの取り組みを紹介する。残りの一つについては、いわゆる一般的なテレワーク環境における空間共有感覚を強化することを目的に、現在進行中の研究の概要をまとめる。

4. 独立型トレイグジスタンス

4.1 遠隔ギャラリートークロボット

本システムでは、映像重畳の持つ豊かな表現力を生かしつつ人が介在せずとも可能な事は自動化し、解説を遠隔地から行えるようにすることで解説者の時空間的制約を軽減し、ギャラリートークの持つ高い学習効果を楽しむ機会を増やすことを狙った。このシステムでの重要なポイントは、解説者の負担を可能な限り軽減できるような簡単な遠隔ロボット操作である。ロボットの行動操作と解説操作に分け、行動操作の負担を除去することを目指した。具体的には、図1に示すように、解説したい展示物を選択するなどの目的を指示するのみで、ロボットは自身が存在する環境の状況、つまりロボット・展示物・来館者の位置を把握し、適切な空間配置を自動的に行わせるものである。



図 1: 遠隔ギャラリートークイメージ

4.2 ロボットの空間移動の自律的判断

本システムでは遠隔地の解説者が解説対象を指示するだけでロボットの移動操縦を可能にする。検出された見学者とロボットの位置に基づき展示物まで自律移動することで、見学者の安全性を確保したまま半自動の移動操縦が可能になる。展示への意識を妨げないために安全性だけでなく、ロボットが見学者に心理的圧迫を与えない距離を保つため、人類学者 E・T・ホールが提唱した近接学におけるパーソナルスペースという空間利用の概念をロボットの空間利用に適用した。さらに、展示物と見学者の位置から適切な映像重畳投影の位置を求めするためにロボットの位置取りの評価関数を設け、目的地点を設定しロボットの経

路を A*アルゴリズムにより自動生成させた (図 2)。

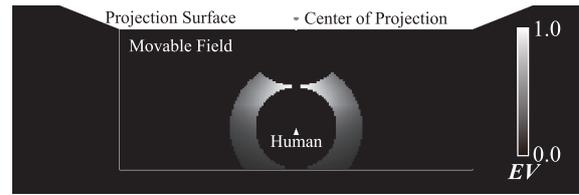


図 2: ロボットの位置取りの評価

4.3 遠隔展示解説

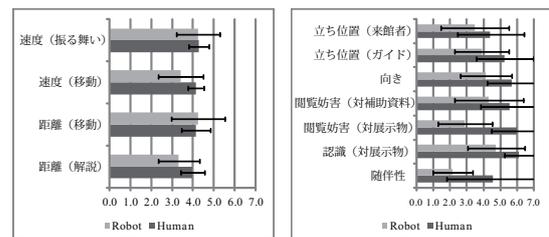
解説者はロボットに搭載した高画角のカメラを見ながら見学者の動きに注意し、遠隔解説を行う。画面上の展示物のアイコンを選択することにより、ロボットが前述の方法により目的の展示物付近で位置取りを行う。移動後、解説者は図3のように、ロボットのカメラからの映像に対してペンでアノテーションを書き込みつつ、展示解説を行う。



図 3: 遠隔解説の様子

4.4 実験結果

図4はロボットの行動に関する印象評価の結果である。速度と距離感に関する印象評価は、距離感に関しては1点が近く7点が遠いで、速度に関しては1点が遅く7点が速いである。人によるもの、ロボットを介したものはどちらも3.3~4.3までの中に収まっている。その他の印象評価は、ギャラリートークにおいては点数が高いほど好ましい結果である質問項目を集めたものである。閲覧妨害(対展示物)には3点以上、随伴性が2点以上の差があった。



(a) 距離感と速度

(b) その他の評価

図 4: 印象評価

- 博物館および研究関係者からの様々な意見を列記する。
- ・ギャラリートーク時における解説員の負担軽減の可能性
 - ・解説者が書き込んだ内容が反映されることの面白さ
 - ・半自動の移動によって解説に専念できる
 - ・補足資料が投影できることは効果的
 - ・機能だけのロボットであり、どこを向いているかわからないためにコミュニケーションがとりづらい
 - ・子供の来館者も多く、安全面での心配

ミュージアム関係者の意見から映像の重畳や補足資料の提示における有効性を確認することができた。解説者からは、半自動的なロボットの移動制御は解説対象を指示するだけで、個々のロボットの動きを意識しなくて良いという意見があった。しかし、遠隔からの制御のユーザインタフェースとしては、ロボットが現在どの状態なのかが判りにくかったという不満点が挙げられた。また、ビデオ記録からは静止しての解説時には見学者はロボットに近づき、動き出すと距離を置くという様子が良く見られた。これは見学者が注意する対象がロボットの静止時には展示物へ、移動時ではロボット本体へと異なるために静止時には自分からロボットに近づくことによると考えられる。

5. 一体型トレイグジスタンス

5.1 拡張現実感ビークル

次に、ロボットが独立して存在することに対して制約のある環境を対象とした、一体型トレイグジスタンスを紹介する。図5に提案する遠隔ミュージアム展示解説システムのコンセプトを示す。本システムではビークルに搭載された回転型プロジェクタを通じて、遠隔から鑑賞者の誘導・解説を行う。ビークルの移動そのものの操作については見学者に委ねられる。したがって、遠隔地から音声のみで誘導すると、目的地への誘導や展示物への視点誘導も必要であるため、誘導指示すべきことが多く非常に煩雑になる。さらに、解説情報を重畳するプロジェクタと展示物との位置関係が最適化されていないと、展示物と重畳情報が視覚的に理解しやすい形で提示することができない。当然のことながら、解説者側で現場の状況を把握できないと、解説を開始するタイミングを見計り、見学者に適切な誘導指示を行うことができないことが問題となる。

以下、この誘導の問題を解決する手法について述べる。



図 5: 遠隔ギャラリートークイメージ

5.2 空間誘導と視線誘導

目標展示物までのスムーズな誘導を実現するためには、目的地への空間誘導と目標展示物への視点誘導の二つの種類の誘導について考慮しなければならない。床から壁への投影の切替えのタイミングを決定するために、ビークルによる鑑賞時の視点計測を行った。被験者(理工系学生5人)に対し、ウェアラブル視線計測器を装着した状態で5

か所の展示ポイントへビークル(segway PT)で移動するよう遠隔指示を行った。横方向に展示物がある条件で、移動距離に応じて8.0, 18.0~20.0, 32.0[m]で分類した結果を図6に示す。どの展示ポイントに関しても、速度に関わらず6.0~7.0[m]の間で視点を展示方向へ向けることが明らかになった。本システムでは、雲台が床から壁への移動までに2.0[sec]かかるため、その時間遅れも考慮に入れ誘導を移行する展示物までの距離を設定した。また、視点を展示方向へ向ける時、頭部運動も観察された。したがって、壁への投影角度は注視安定視野(頭部運動と眼球運動で無理なく注視が可能な視野)±30 [deg]に設定した。

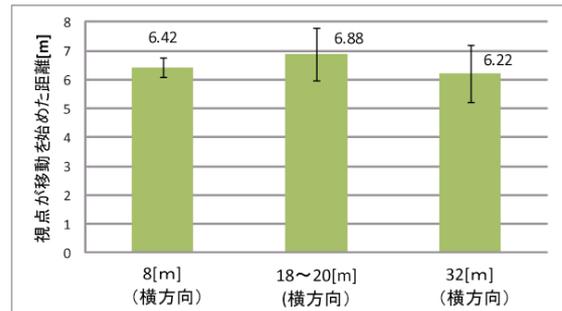


図 6: 視線を展示物に向ける距離

5.3 遠隔展示解説

提案したシステムの運用実験を鉄道博物館にて実施した(図7)。実験では遠隔地と設定されたブースから、解説者が提案システムを利用し3つの展示物についてギャラリートークを行った。解説の流れは以下ようになる。解説者より「誘導モード」で誘導指示が出されると、まずは矢印と展示物名称が床に投影され、見学者はそれに従い目的地へ移動を始める。空間誘導が完了すると、壁への投影に移行し、視点誘導が行われる。見学者が指定の方向を向くと、解説を開始すると表示した映像が投影され、解説側のインタフェースは「解説モード」に移行し、映像投影やビークルに搭載したカメラからの画像に情報を書き込むことで解説を行うことができるようになる。



図 7: 遠隔解説の様子

5.4 実験結果

実験の被験者は1回ギャラリートークにつき1名、計7人(理工系学生5人, 人文系学生1人, 博物館員1人)に対して実験を行った。評価関数によって計算された、展示物に対して映像投影可能な範囲である2.5[m]以内に誘導できているか検証するために、見学者の位置および姿勢情報のログを取った。解説時における展示物と見学者の位置

関係についてまとめた結果を図8に示す。展示点に対する平均距離は0.5~2.0[m]の間であり、また展示物とビークルのなす平均角度は±40 [deg]以内で誘導視野内であったことから、展示物、投影映像両方が鑑賞できる位置角度に誘導ができたと言える。

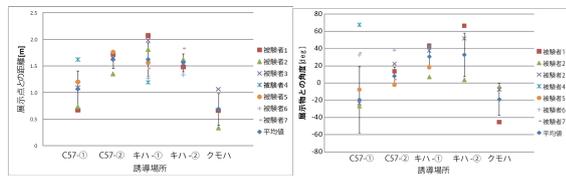


図 8: 誘導結果：展示物との距離(左)と角度(右)

6. バーチャル型テレグジスタンス

最後により一般的な遠隔就労形態であるテレワークに対して、テレグジスタンス技術の活用について現在進行形で取り組んでいる研究を紹介する。株式会社テレワークマネジメントでは、テレワーク就労者とのつながりを意識できるようにすることで協調作業を効率化すべく、仮想オフィス空間上に就労者の活動を可視化するシステムを商品化している[13]。テレワーク業界においては、業務がコミュニケーションを必要としないデスクワークの範疇から拡張が難しいことの原因について、遠隔就労者との一体感のなさを問題意識として持っている。テレワークのようなマイクロな業務における遠隔就労者の存在感提示において、既存の実世界情報提示技術は未成熟である。現時点の技術で実世界にアバターを浮かび上がらせたり、ヒューマノイドを構成したりしようとすると、大がかりなシステムとならざるを得ない上、表現力自身も発達途上のものであるためかえって遠隔コミュニケーションを阻害する要因となってしまう。そこで現在、人の存在感の輪郭だけを提示することで、視覚的には見えないもののあたかも見えない人と場を共有している感覚を生じさせることができると考え、その基礎的な検証に取り組んでいる。タイピング音・椅子の軋み・テーブルや床に体が触れる音などの遠隔地の人の実世界とのインタラクションの際に生じる変化のみを検出し、それを対応する現場の実世界に反映させるというものである(図9)。



図 9: 遠隔作業者の実世界とのインタラクションと連動して協調作業の現場においてその情報を提示し、空間共有感覚を喚起する

7. おわりに

本稿では、超高齢社会におけるテレグジスタンス技術に対するニーズとして遠隔就労アプリケーションに注目することの意義をまとめた。さらに、遠隔就労関連の国内外の動向を紹介し、一般ユーザが利用しやすいインタフェースシステム研究のフィールドにおける実験展開、および既存のテレワークへの応用への展望について紹介した。

謝辞 本研究の一部は(独)科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業【戦略的イノベーション創出推進プログラム】(S-イノベ)の支援によって行われた。

参考文献

- [1]平成 24 年版 情報通信白書 総務省
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc112120.html>
- [2]平成 23 年版 高齢社会白書 内閣府
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2011/zenbun/23/pdf_index.html
- [3]鈴木隆雄他「日本人高齢者における 身体機能の縦断的・横断的变化に関する研究」(2006 年 4 月 第 53 巻 第 4 号「厚生」の指標)
- [4]檜山 敦, 佐野 雅規, 小林 正朋, 廣瀬 通孝, “高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするための ICT 基盤「高齢者クラウド」の研究開発,” 日本バーチャルリアリティ学会第 17 回大会, 2012. 9, 慶応義塾大学 日吉キャンパス
- [5]ICT 超高齢社会構想会議報告書ー『スマートプラチナ社会』の実現ー 総務省
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu02_02000069.html
- [6]Suitable Technologies. <https://www.suitabletech.com/>
- [7]VGO. <http://www.vgocom.com/>
- [8]Anybots
<https://www.anybots.com/>
- [9]Texai Remote Presence System
<http://www.willowgarage.com/pages/texai/overview>
- [10] Texas Student Attends School as a Robot – A Sign of Things to Come
<http://singularityhub.com/2011/02/02/texas-student-attends-school-as-a-robot-a-sign-of-things-to-come-video/>
- [11] iRobot’s RP-Vita Telepresence Robots Start Work At Seven Hospitals
<http://singularityhub.com/2013/05/18/irobots-rp-vita-telepresence-robots-start-work-at-seven-hospitals/>
- [12] 建設無人化施工協会
<http://www.kenmukyuu.gr.jp/>
- [13] Sococo Team Space
<http://www.telework-management.co.jp/sococo.htm>

日本バーチャルリアリティ学会研究報告

VR 学研報 Vol.18, No. TX01

第 2 回テレイグジスタンス研究会

©2013 by the Virtual Reality Society of Japan (VRSJ)

発行者 日本バーチャルリアリティ学会
〒113-0033 東京都文京区本郷 2-28-3 山越ビル 301
TEL 03-5840-8777 / FAX 03-5840-8766
e-mail office@vrsj.org

The Virtual Reality Society of Japan
Yamakoshi Bld. #301, 2-28-3 Hongo, Bunkyo-ku,
Tokyo, 113-0033 Japan

禁無断転写・転載