



VR を利用した心理実験室の動向と 心理学の未来

茅原拓朗
東京大学



北崎充晃
豊橋技術科学大学



1. はじめに

心理学実験, 特に知覚の心理物理実験で用いられる刺激は, 外界情報のエッセンスを何らかの形でシミュレートしたものであるという意味で, 心理学者は最も初期からのバーチャルリアリティ (VR) ユーザであったと言える。しかし, より包括的・直接的な VR の利用について最近になって二つの対照的な事例が報告されたので, それらを紹介しながら, VR 技術がもたらす心理学の未来について語ってみたいと思う。二つの事例とは, 日本における MVL(multimedia virtual laboratory) プロジェクトと, 米国における VENLab(virtual environment navigation laboratory) プロジェクトである。前者は, 筆者らも研究開発に携わったので, これを利用して実際に得られた心理学的知見も含めて詳しく紹介する。

最近日本 VR 学会のなかに VR 心理学研究委員会という分科会が立ち上がった。VR 心理学とは「VR を利用した心理学」ではなく VR と心理学が融合した新しい研究領域の創出を企図して付けられた名前である。本論で語ろうとしている心理学の未来は VR 心理学の一つの姿として筆者らが考察したものである。

2. MVL 心理学研究室

MVL とは, 広帯域の回線で離れたところにある研究施設, 研究情報, 研究者をつなぎ, あたかも同じ研究室にしているかのようにコラボレーションを行うことを可能にする新しい研究室の概念である。具体的には総務省の特殊法人である通信・放送機構の直轄研究として, 平成 11 年度

から平成 14 年度までの 4 年間にわたり研究開発が行われた [1]。このプロジェクトが目指したコラボレーション形態の大きな特徴は, 研究情報のみの共有やテレビ会議ではなく, IPT(immersive projection technology) を利用して研究室としての仮想空間を構築してコミュニケーションのメディアとした点である。アバタ技術 [2][3], オブジェクト符号化技術 [4], データベースインターフェイス技術 [5] など研究者や研究対象, 研究情報を仮想空間中に登場させる技術, 仮想空間内でのウィンドウマネージメント [6], 3 次元音響シミュレーション [7] や触覚情報提示 [8] などのマルチモーダル情報技術, 研究情報を生成するためのシミュレーション・可視化技術 [9], などについて研究が行われた。

2.1 システム構成

MVL 心理学研究室は, これらの要素技術を実際に利用して構築されたプロトタイプの一つである。システムの構成を図 1 に示す。主な構成要素は, 東京大学インテリジェント・モデリング・ラボラトリー (IML) と岐阜県の岐阜テクノプラザに設置された IPT(それぞれ CABIN と COSMOS) とそれらを結ぶ広帯域通信回線 (ギガビットネットワーク (JGN) および岐阜県情報スーパーハイウェイ), ビデオ・アバタ, データベース, および PDA を用いた実験制御と回答のためのインターフェイスである。このシステムにおいて実際に通信して実験教示を行っている様子を図 2 に示す。

CABIN は一辺 2.5[m] の正方形のスクリーンを 5 面, COSMOS は一辺 3.0[m] のスクリーンを 6 面, それぞれ立方体状に配置した IPT である。どちらも描画は SGI 社

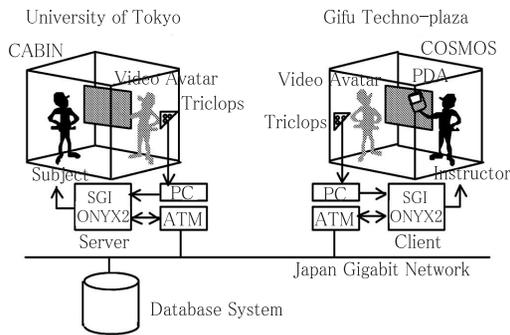


図1 MVL心理実験システムの構成

のグラフィックス・ワークステーション ONYX2 によって行い、映像はスクリーンの背面から CRT プロジェクタによって投影される。位置センサ (Polhemus) を備えた液晶シャッター眼鏡 (CrystalEyes) によって、視点を考慮した両眼立体視が可能である。また、これらのシステムは、ギガビットネットワーク (JGN) および岐阜県情報スーパーハイウェイによって広帯域で接続されている。

ビデオアバターは、仮想空間内の人物を表現するアバター (化身) にビデオ映像を用いたものであり、協調作業における非言語的コミュニケーションに特に有用であると考えられている。本システムではビデオアバターによって実験者と被験者を IPT 内に提示し、実験手続きの教示など実験に必要なコミュニケーションを行う。ビデオアバターの撮影には、3眼のステレオカメラ (TriClops) を用い、2.5次元のアバタを生成する。

MVL に欠かせない技術要素の一つに仮想空間における情報アクセス・共有機能がある。本システムではデータベースにアクセスし、画像や動画、3次元モデル、あるいは実験データなどを共有仮想空間に取り込んで扱うことを可能にする CCBASE (Cyber Communication dataBASE) を組み込んで、CABIN 及び COSMOS から教示に必要な資料などへのアクセスを可能にした。

実験の制御及び被験者による回答は、仮想空間内で、しかも少ない負担で行われる必要がある。また、被験者名や条件を入力する、あるいは回答を複数のアイコンから選択する、というように、映像や言語情報を扱うことが可能でなければならない。そこで、本システムでは PDA (personal digital (data) assistants) を用いた実験制御・回答のためのインターフェイスを開発した。PDA は無線で LAN に接続されており、仮想空間内を自由に動き回りながら操作が可能である。このインターフェイスは HTML をベースに構築されているため、PDA の機種や基本システムに対する依存性が小さい。



図2 実験教示の様子

2.2 基礎実験の例

筆者等は、2002年春に、MVL心理学実験室の有効性を検証するための基礎実験を行った [10]。ここでは、視覚性自己運動感覚が空間認識に及ぼす影響を調べた心理実験 [11] を IPT 技術を用いて検証することを主目的とし、同時に実験者と被験者とのコミュニケーションに遠隔地間 VR 通信が利用可能かを調べた。被験者は東京の CABIN に、実験者は岐阜の COSMOS に存在し、実験空間は両 IPT に VR 空間として生成された。被験者の課題は、テーブルの上の物体の配置 (レイアウト) を記憶し、しばらくの保持の後、レイアウトの変化を検出することであった。最初に部屋とテーブル、その上の物体群が3秒間表示され、すぐにテーブル上面はカーテンによって7秒間隠された。この間に、テーブルあるいは部屋が47度回転した。その後、カーテンが開けられ、被験者は最初のレイアウトから移動した物体を同定した。部屋もテーブルも回転しない場合には、網膜像が変化しないので課題は容易であった。テーブルが回転すると、脳内でレイアウトを回転させる必要が生じるために成績は低下した。しかし、部屋の回転が与えられると、結果は逆転し、テーブルが回転している場合の方が、認識成績が良かった (図3)。これは、網膜像が同じ場合の方が、違う場合よりも成績が低下するという点で矛盾しているように思われるが、「部屋の回転」が視覚的に「観察者の視点移動」をシミュレートしていることを考慮すれば、部屋の回転時にはテーブルも回転している方が、現実環境ではより適切である。つまり、部屋の回転が自己運動知覚を喚起し、それによって、脳内の物体配置表象が視点移動にあわせて更新されたと考えられる。人間は普段歩き回る動物であるから、机の上に置いたものを、椅子から立ち上がって歩いた途端にどこに置いたか分からなくなってしまうのは困るのである。本実験は、人間の空間認識が自己運動と視点の情報を適切にかつ自動的に利用していることを実証したと言える。

まとめると、MVL 心理学実験室の適用可能性として基礎実験を行い、通信環境下において遠隔地でも被験者が実験を遂行できることを示し、実際に歩くのではなく IPT を用いた視覚情報からの自己運動知覚が空間認識を向上させることを示した。したがって、MVL により心理実験が遠隔地間で実行可能となり、実験遂行の時空間的制約がゆるめられることが示唆された。また、IPT による MVL が観察者の視点移動を含む認識空間を VR 技術によって提供可能であり、実証的心理実験のための刺激の統制に十分利用可能なことが示唆された。今後は、本実験を拡張し、遠隔地に散らばった複数の被験者が同一の VR 空間を共有している場合の空間認識の研究に適用することを計画している。

3. VENLab.

IPT をベースにした MVL とは対照的な構成の VR 環境を構築し、行動科学において成果を上げているのが米国ブラウン大学の VENLab(virtual environment navigation laboratory) [12] である。図 4 に示すのが VENLab の外観である。広い部屋の天井には超音波方式の位置センサが張り巡らされており、HMD(Head Mounted Display) を通じて提示される映像は被験者の位置に応じて更新される。この環境を利用して、空間中の移動におけるランドマークや光流動の影響 [13]、および体性感覚情報の影響 [14] などについて研究が進められている。

4. 二つの VR システムの比較：構成と心理学への適用

前節までで紹介した二つのシステムは、VR の直接的かつ実験デザインにも関わる包括的な利用という意味では世界でほぼ初めてのものと言える。さらに、これらが奇しくも IPT と HMD という対照的な映像提示手法をベースとして構築されている点は非常に興味深い。それぞれの特徴を比較することで、心理学研究ツールとしての VR の具体的な姿がそこから垣間見えてくるからである。

最初に指摘しなければならない際だった違いは、被験者の移動が可能な範囲である。VENLab はその名前が示すとおり、ナビゲーションの行動研究を目的に作られているため図 4 に見られるような大きな部屋の全体を歩き回ることができるのに対し MVL の場合は CABIN において 2.5×2.5[m]、COSMOS においても 3.0×3.0[m] の範囲でしか移動ができない。移動における体性感覚の影響を検討したい場合、後者は見回し程度の移動を含む実験設定には十分対応できるものの、ナビゲーションと呼べるような広範囲の移動には対応できない。つまり、VENLab は、広い空間を実際に歩き回る観察者に対して視覚情報のみ

をシミュレートしていると言えるだろう。

一方、MVL が採用している IPT には、視覚的な空間の広がりについて圧倒的な利点がある。IPT がほぼ全視野をカバーするのに対して、現在の HMD では、せいぜい 60deg 程度の限られた視野にしか情報を提示できない。したがって、観察者の実際の移動は限られるにしても、視覚性の自己運動情報がそれを代替可能である。筆者等の基礎実験 [10] [15] は、この事実を確認したとも言える。

また、MVL は仮想空間を介した遠隔地間汎用コラボレーションツールを企図して設計されており、通信が不可欠の要素となっている。各技術要素が全て通信を前提にしており、またこれが一定以上の性能で実装されている点はやはり高く評価されるべきだろう。そして MVL の技術要素のうち心理学における新しい可能性という意

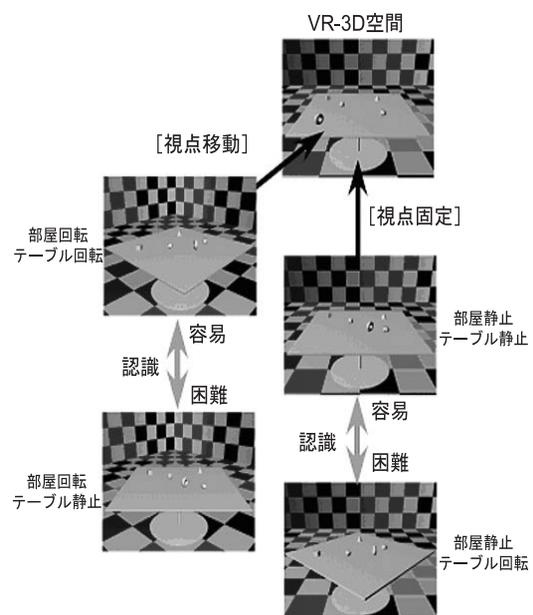


図 3 空間認識の実験結果



図 4 VENLab の外観

(From Fig. 1, Tarr and Warren(2002) [12] p.1090(c) Nature publishing Group, 2002. reprinted with permission)

味でもやはり通信要素は注目されるべきである。それによって、MVL心理学実験室は、VENLabのようにナビゲーションのみを研究対象にするのではなく、また知覚心理学のみを対象にするのでもなく、より広い範囲の心理学を対象とすることを目指している。例えばビデオアバターは仮想空間を有人化すると同時に、仮想空間内のコミュニケーションについてリアリティのある記録と操作を可能にする。これは、実験的統制の難しい社会心理学実験の方法と分析の可能性を広げるだろう。

そして、現在、通信の急激な技術進歩そのものが心理学にとっては非常に大きな問題を提起している。我々の空間認識は通信のマルチメディア化、広帯域化において常に影響を被ってきたはずであるが、通信によって変化した我々の空間認識についてはまだ全く理解されていないからである。このような観点は、個の内部の問題としての知覚心理学と個の間の問題としての社会心理学という従来のディシプリンを越える必然性を要求する。

5. VR がもたらすものの本質

前節までに見たように、現状のVRシステムはまず実験的操作あるいは実験遂行上の時空間的制約の面で革新をもたらしつつあり、まずはこれらがもたらす知見を着実に積み上げることが今後の研究の主要な流れとなるだろう。一方、現状では夢のような話でもVRがもたらすものの本質についても考察しておくことが必要である。それこそが真の意味でのパラダイムシフトをもたらすものだからである。

5.1 究極のVR

VRがもたらすものの本質はその究極形態においてよく理解されるだろう。ここでVRを外在するリアルな(だと思える)人工環境だと仮定すると、それは物理的に実在する必要はなく感覚入力レベルで再現されているか(これが現在のVRである)、物理的な実在がもたらすのと同じ活動パターンを脳内に再現すればよい。そして、脳が認識の基礎となっているというコンセンサスからすれば、VRの究極形態は必然的に脳への直接刺激とも呼べる後者の方式ということになるだろう。そして、この形態が示す現実のあり方が、VRがもたらすものの本質を示唆するはずである。

SFにおけるイメージ注1)としても既にポピュラーなものとなっている脳への直接刺激は、ある思考実験の設定としてもたびたび登場してきた[16][17]。これらの思考実験で問われているのは、シミュレーションによって脳に直接再現された「外界」と物理的な実在が感覚入力を通じてもたらす

外界を区別できるだろうか、というものである。実現可能性についての議論は置くとして、実現した場合の答えは明白であり、これらの現実には区別できないのである。シミュレーションによってだまされている脳は、物理的な実在があることさえ、つまり騙されていることさえ知り得ない。というよりこの場合、何が真の現実となるのだろうか?ここでは物理的な実在による「真の」現実と、シミュレーションによるそのリアリティの比較という我々が慣れ親しんだ問題設定が無効となってしまう。以下では、脳への直接刺激という究極形態によって理解されるこのような現実のあり方を、VRがもたらすものの本質ととらえて話を進めていく。

5.2 VR心理学へ向けて

ところで、なぜ脳への直接刺激においてある現実とは別の現実から区別できないのだろうか。それは、我々がある現実の内部に居て、そこから出ることができないからである。比較のためには対象の外部に出て(というより外部にあるからこそ対象になりうるのだが)それらと必要な距離を確保する必要がある。

このことは、「いかに現実と似せるか」という従来の設問における議論をしているうちは、VRが現実を超えて我々を取り囲む真の現実となる日は決して来ないことを意味している。なぜなら、これまでの議論では真の現実とシミュレーションによる現実が比較可能であること、すなわち我々がVRの外部に居続けることがこの議論の前提となっているからである。

もちろん「いかに現実と似せるか」という議論が、我々の認識についての基礎的知見およびその技術的応用にもたらす貢献は非常に大きい。しかし、VRが現実とは重ならない(観察可能である)ことを前提にしている以上、それは真の意味でのリアリティの議論(=「我々にとって現実とは何か?」)とはなり得ないはずである。なぜなら脳への直接刺激が示すように、本来リアリティとは我々がその中にいて観測出来ないものだからである。したがって真の意味でリアリティを議論するために、我々は問い方を変える必要があるのだ。

新しい問いをたてるときに、我々の現実に対する確信が一つの出発点となるだろう。我々が住まうこの現実が真の現実であることは確かめようがないのに(この現実が夢ではないと誰が言えよう)、我々はこの現実を真の現実と確信して安心していられる。ここで問いとして可能になるのは、なぜ我々はそのような確信を持つに至るのか、つまり現実はいかようにして成立するのか、という問題である。そして、このように問いを変えた時、リアリティ

の議論は解像度と速度だけの議論からそのスコープを一挙に広げ、そこでこそVR心理学と呼べるような領域が初めて必要とされるのである。例えば、我々はリアリティを時空間的な精度に依ってのみ感じるのではない。我々の日常の体験が雄弁に物語るようにチープであってもハマる(没入する)ときはハマるのである(ゲームやアバターチャットはやはりリアルなものだと考えなければならないだろう。そもそも、現実がVRよりリッチであると言い切れるのだろうか?)。そして、新しいメディアの導入(メディアによる認識の変更については[18][19])や我々自身のサイボーグ化(例えば人工内耳については[20])による現実そのものの変更という問題に「現実といかに似せるか」というアプローチは対処できないのである。

我々にとって現実とは何か、何かが存在するとはいかなることなのかという問題の考察については現象学に至る哲学的伝統がある。そして脳への直接刺激の思考実験が示した現実のありようは、まさに現象学のエッセンスと重なるのである。すなわち、フッサールは客観性を保証することの不可能性を発見し[21]、唯一問うことができるのは客観性に対する我々の「確信」がいかに成立するかについてだけなのだとしたが[22](異なる言い方をすればフッサールは存在の問題を形而上学から実証可能なものへと引き上げたのだ)、客観性を現実と読みかえればフッサールの設問はそのままVRの問題となることが分かる。論理演算装置が認知科学の道具(あるいはメタファー)となったように、VRは実証的には手つかずの現象学の問題を科学的に検討するための道具となり得るのだ。

そしてこの問題が格別重要なのは、心理学あるいは神経科学自体が「あるシステム(例えば脳)はシステム自身を知り得るか」という問題を孕んでいるからなのであり、これはアインシュタインとボーアの論争から始まって常に最先端の問題であり続けている科学における観察の問題と接続する(最近では内部観測論[23]がこの問題を直接扱っている)。また面白いことに通信メディアの発達によって物理学における観察者の理論がヒューマンスケールにおいて適用可能になりつつあることも指摘されている[24]。

こうしてざっと見ただけでも、VR心理学が異分野の最大級のトピックの幾つかを同じ土俵のうちに射程にとらえ得ることが見て取れよう。

6. VRが明らかにする倫理の問題

究極のVRが示す現実のありようは、またなにより我々に倫理の問題を提起する。VRに関わる倫理の問題は、遺伝子操作における倫理と同様、VRが倫理そのものの枠組

み或いは存在基盤を揺るがすものである。外在する対象となりやすい遺伝子と違い、我々自身でもあり現実そのものでもある認識は対象としてとらえにくい(とらえられない?)だけに事態はより厄介である(メディアが認識に与える影響を対象化することの困難さについては[18])。

例えば、ある人間・文化の過去や現在(の認識)を置き換えてしまうことはどのような罪なのだろうか。置き換えを特定する術はあるのだろうか。また電子的な人格は早晚チューリングテストには易々と合格するようになるであろうし、その個性性は増す一方であろうが、その時人格のコピーはクローニングと同じだろうか。消去は殺人と同じだろうか。さらに、VR空間に生成した自分のアバターを殺した場合、そこに罪はあるのか。無限に生成した自分のアバターを殺し続けることは、許されるのか。遠い将来のことではなく、部分的には現在すでに起こりつつあることとして倫理問題への対処が必要となるだろう。

7. おわりに

本稿は、VRシステムを本質とする心理学実験室とその適用例の紹介から始まり、VRを利用した心理学の可能性、VRがもたらす本質的問題と倫理問題を論じた。その中でも特に強調したいのは、リアリティの問題が存在論や認識論という形で扱われてきた哲学的問題と直接つながっているということである。我々は、従来は思弁的にしか考察されてこなかった(科学は「存在」の問題に蓋をしてきた)この哲学的問題が、VRシステムと脳の科学としての心理学・神経生理学の手法をもってすれば、実証的に解明可能だと信じている(現象学の功績は存在論を我々が実証的に問い得る形に転回したことだったはずだ)。それはVR心理学の名に値する全く新しい問題領域となるのみならず、科学における認識の問題というギリギリ最先端の問題とも切り結ぶ熱い議論の場となるだろう。

注1)近年の作品でここで特に記しておきたいのは『攻殻機動隊』[25]である。脳への直接刺激・異脳間通信(by ウィリアム・バロウズ)やそれらがもたらす認識論的、倫理的な問題について断片的にはあるが具体的にイメージ化されており示唆に富む。しかし、脳への直接刺激が原理的に可能なかどうかはそろそろ本気で考えるべきだろう。それが可能な時、我々は脳の表象とメカニズムの全てを知っていなければならないのだが、自分自身の全てを知っている脳が見る現実とはどのようなものなのだろうか。

文献

- [1] 広田光一, 廣瀬通孝 (2003) マルチメディアバーチャルラボラトリ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 8(1),57-65
- [2] Ogi, T., Yamada, T., Kano, M. and Hirose, M.(2001) Immersive telecommunication using stereo video avatar, Proc. IEEE-VR2001, 45-51
- [3] 井原雅行, 服部陽一 (2001) 没入型ディスプレイ環境を想定した写実的顔アバタのリアルタイム制御, 3次元画像コンファレンス予稿集, 133-136
- [4] 栗田裕二, 國枝和雄 (2003) 多視点カメラシステムによる3次元形状復元とネットワーク伝送システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 8(1),27-36
- [5] 小木哲朗, 山本浩路, 山内正, 廣瀬通孝 (印刷中) 没入仮想空間における情報アクセスインターフェイス, ヒューマンインターフェイス学会論文誌
- [6] Tateyama, Y., Ogi, T. and Hirose, M. (2001) pwm: Using 2-Dimensional applications in an immersive multiscreen display, Proc. ICAT2001, 185-190
- [7] 小木哲朗, 茅原拓朗, 加藤允文, 浅山宏, 廣瀬通孝 (2003) 没入型多面ディスプレイのためのインタラクティブ高臨場感音場提示手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 8(1), 75-84
- [8] Hirose, M., Hirota, K., Ogi, T., Yano, H., Kakehi, N., Saito, M. and Nakashige, M. (2001) HapticGEAR: The development of a wearable force display system for immersive projection displays, Proc. IEEE-VR2001, 123-129
- [9] 小木哲朗, 渡辺浩志, 廣瀬通孝 (2000) 並列冗長予測法によるインタラクティブ・ビジュアルライゼーション, 日本機械学会論文集 (C編), 66(647), 225-232
- [10] 茅原拓朗, 小木哲朗, 北崎充晃, 吉野知也・廣瀬通孝 (2003) マルチメディア・バーチャル・ラボラトリによる遠隔知覚・認知心理学実験システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 8(1), 57-64.
- [11] Kitazaki, M. and Yoshino, T. (under review), Visually-induced self-motion sensation facilitates automatic updating of scene representation.
- [12] Tarr, M. J. and Warren, W. H. (2002) Virtual reality in behavioral neuroscience and beyond, Nature Neuroscience, 5, 1089-1092
- [13] Warren, W. H., Kay, B. A., Zosh, W. D., Duchon, A. P. and Sahuc, S. (2001) Optic flow is used to control human walking, Nature Neuroscience, 4, 213-216
- [14] Kearns, M. J., Warren, W. H., Duchon, A. P. and Tarr, M. J. (2002) Path integration from optic flow and body senses in a homing task, Perception, 31, 349-347
- [15] Kitazaki, M. and Sato, T. (2003), Attentional modulation of self-motion perception, Perception, 32, 475-484.
- [16] Putnum (1981) Reason, truthy history, Cambridge University Press
- [17] 下條信輔 (1994) 「桶の中の脳」は未来の夢を見るか In 仮想現実学への序曲 (原島博, 廣瀬通孝, 下條信輔編), 共立出版
- [18] Ong, W. J. (1982) Orality and literacy, Methuen (桜井直文, 林正寛, 糟谷啓介訳『声の文化と文字の文化』, 藤原書店, 1991)
- [19] Kittler, F. (1986) Grammophon film typewriter, Brinkmann& Bose (石光泰夫, 石光輝子訳『グラモフォン フィルム タイプライター』, 筑摩書房, 1999)
- [20] Moore, B. C. J. (2003) Coding of sounds in the auditory system and its relevance to signal processing and coding in cochlear implants, Otology and Neurotology, 24(2), 243-254
- [21] Husserl, E. (1913) IDEEN: Zu einer reinen phänomenologie und phänomenologischen philosophie, (渡辺二郎, 立松弘孝訳『イデー I, II』, みすず書房, 2001)
- [22] Husserl, E. (1931) Cartesianische meditationen (浜渦辰二訳『デカルトの省察』, 岩波書店, 2001)
- [23] 郡司 = ペギオ幸夫, 松野孝一郎, オットー・レスラー (1997) 内部観測, 青土社
- [24] Virilio, P. (1990) L'inertie polaire, Christian Bourgois (土屋進訳『瞬間の君臨』, 新評論, 2003)
- [25] 土郎正宗 (1991) 攻殻機動隊, 講談社

【略歴】

茅原拓朗 (KAYAHARA Takuro)

1992年東京都立大学人文学部心理学専攻卒業。1997年同大学院博士課程退学。同年東京大学インテリジェントモデリングラボラトリー (IML) COE 研究員。2000年通信・放送機構ぎふ MVL リサーチセンター国内招聘研究員。2002年東京大学 IML 講師。人間の聴覚および視覚情報処理, 仮想現実感の研究に従事。博士 (心理学)。

北崎充晃 (KITAZAKI Michiteru)

1992年東京大学文学部心理学専修課程卒業。1994年東京大学大学院人文科学研究科心理学専攻修士課程修了。1997年東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了。同年東京大学大学院人文社会系研究科助手, 2000年豊橋技術科学大学知識情報工学系講師, 2003年同助教授。認知心理学, バーチャルリアリティの心理学に関する研究に従事。博士 (学術)。