

基礎論文

認知モデルに基づいた情報提示方法発見の新原理

――擬似立体視への応用――

森川治、福井幸男、山下樹里、持丸正明、山内康司

New Direction of Presentation based on a Human Cognitive Model
--- Applying Pseudo Three Dimensional Display ---

Osamu Morikawa, Yukio Fukui, Juli Yamashita, Masaaki Mochimaru and Yasushi Yamauchi

Abstract: To increase the reality feeling, most researches tried to increase presentation information approaching real world. In this paper we propose a new approach of this problem. Human beings understand the real world combining many information of it. We presume the cognitive process using a human cognitive model. Then we improve the method of presenting information on the virtual world to increase the reality feeling. We will show an applying example of this approach on pseudo three dimensional display problem.

Keywords: Human Cognitive Model, Virtual Experiment, Pseudo Three Dimensional Display

1. はじめに

バーチャルリアリティにおいて、リアリティの高い仮想世界を生成する事は研究の重要な一要素である。そのために多くの研究が、現実世界から我々が受け取る情報に近い情報を、仮想環境でも提示しようといった工学的視点で行われてきている。例えば、天野らは[1]は、複数のスピーカを使うことにより、2つの音源を仮想空間の任意の位置に音像定位させ、定位させた位置に音源があるのと同様な音空間を再現するシステムを開発した。また、ヘッドマウントディスプレイ装置を装着し、位置センサーによって、顔の向きと位置を検出し、その状況で見えるはずの映像を表示することにより、リアリティの向上を目指した研究もある。ヘッドマウントディスプレイの代わりに、周囲をスクリーンにして、リアリティを上げる没入型システム(CABIN) [2]の研究もある。その他にも、力覚フィードバックを付加して、仮想環境の事物に触れた場合のリアリティ向上を目指したシステム[3]もある。

しかし我々は、これらとは異なる視点による研究方向を提案する(表1)。すなわち、「人間の認知モデル

を用い、仮想世界の人間の解釈・理解過程を推定し、それに基づき、仮想世界の情報の提示方法を改良し、リアリティの高い情報提示手法を構築する」という新原理である。本報告では、疑似立体映像提示方法を題材にして、新原理の適用方法について述べる。

2. リアリティとは

そもそも人間は、現実世界から多種多様な情報を受け取り、個々人毎に多種多様な方法でその情報を加工し、取捨選択して世界を認識している。しかし、多くの人が同じ環境から同じ情報を受け取っているように見える。それは、現実世界から得られる多種多様な情報に冗長性があるためである。そのため取捨選択された様々な方法に依らず、同一の結論が導かれる。つまり現実世界から得られる多種多様な情報は、元々一つの実体をいろいろな角度から観察し知覚した情報であるから、そこに冗長性があるのは当然である。

さらに人間は、入手できなかった情報に対し、他の情報によってそれを補完して解釈する能力にも長けている。言い換えれば、人が外界を知覚する場合の多くは、認識しているというよりむしろ、再認していると言った方が適切である。

一方、人工物では、その人工物が伝えたい内容・実

体の極く一部の情報しか人間に提示していない。そのため、人工物の設計時に想定した通りの情報が利用者により取捨選択されるのであれば、問題はない。しかし、人工物が発するその他の情報からは、人工物が伝えたい内容とは異なる、意図していない情報が利用者に伝わってしまう事になる。すると人間は、人工物が意図した情報と意図していない情報の双方を受け取る事となり、これが人工物提示のリアリティ低下を招く結果になる。すなわちリアリティとは、人間の情報取捨選択の多様性に対する解釈内容の安定度である、と言える側面がある。

とすると、リアリティを向上させる為には、利用者が取捨選択する範囲で、意図した情報が人工物から利用者に伝わるようにする事が一つの解決策である。天野ら[1]の例では、利用者の頭が移動することにより変化する音の違いを再現することにより、提示情報を増やし、目的を達成している。

しかし、本論文で提案する解決策（新原理）は、これとは全く異なる。人工物が意図した情報ではない情報（例えば頭の移動による音の変化等）を加工するのではなく、人間がそのリアリティを減少させている情報を使わない様に誘導する、あるいは使ったとしても効果が薄れるように誘導することにより、リアリティを向上させるという方法である（表1）。「現実」という手本があって、それに近づけるという従来のアプローチとは根本的に異なる。

本論文で提案する新しいリアリティ創設のための新原理の適用には、まず人間がどのような情報処理を行っているかを推定する必要がある（第3章、第4章）。そして、その推定した人間の情報処理を用いて、人工物の提示内容を変動させた場合の人間の感覚を予測（第5章）し、リアリティの高い提示方法を設計（第6章）する。

3. 人間の認知モデル

仮想世界の人間の解釈・理解過程を推定するために、まず認知過程をモデル化する。なお、モデルというのは、興味対象である現象を簡潔に説明し、観測結果を満たし、しかも未観測状況での興味対象の振る舞いを予想する一つの手法である。ここで扱うモデルは定性的な性質を予測するために用いるのであって、定量的な具体的な値を予測するものではない。解の存在を確認するための道具であって、具体的にどのような入力群を設定すれば望んだ解に到達するかを教えてくれるものでもない。

人間は五感を用いて多くの情報を常に取得しながら活動している。それらは意識的に利用しているばかり

表1、従来の原理と提案する新原理の対比

★従来のリアリティ向上のためのシステム開発原理

- step 1: リアリティ欠如
- step 2: 現実世界との差異の検出
- step 3: その差異を軽減する情報の提示方法を設計

★提案するリアリティ向上のためのシステム開発原理

- step 1: リアリティ欠如
- step 2: リアリティ欠如を生み出す人間の情報処理プロセスを推定
- step 3: リアリティ欠如を生み出す情報の無活性化を模索
- step 4: リアリティを感じる脳内状態を設定
- step 5: 設定した脳内状態になる情報の提示方法を設計

注)「リアリティを感じる脳内状態」には、「現実世界に接したときの脳内状態」が含まれる。

でなく、無意識的にも利用している。そして、各感覚器官から得た各種情報を並列的に処理し、ある程度処理がまとまった時点で、過去の経験や知識を組合わせて安定性のある適切な解釈を得ている。さらに人間の各種の情報処理能力にはそれぞれ限界がある[4]。

すなわち、言葉を変えれば、我々が事物を理解してある解釈を選択する場合、その解釈を肯定する情報だけではなく、それ以外の解釈を否定するような情報も、有効に使用していると考える。この後者の視点の導入が、本報告で提案する新原理の重要なアイデアのひとつである。

一方、Thagard[5]は、我々が矛盾を含む多くの情報をどのように処理して、そこから首尾一貫した結論を導くかについて定式化し、その首尾一貫性を求める手法について5種類のアルゴリズムを提案し比較検討している。本報告ではその中の一つであるコネクショニスト・アルゴリズムを用いて、人間の情報処理特性について論じる。これは、各種概念（解釈）に対応するユニットを用意し、各ユニット間には概念間の関係に応じたリンクを用意したニューラル・ネットワークである。人間の首尾一貫した結論を導く様を、このニューラル・ネットワーク上の各ユニットの活動量の相互作用による推移過程としてモデル化している。

具体的な動きは以下の通りである。先ず初期状態として各概念の信憑性を、対応する各ユニットの活動量として与える。各ユニットの活動量は、それに接続されているリンクを介して、他のユニットの活動量に影響を与える。このような活動量の相互作用を繰り返すことにより、ある安定状態に至るとする。この安定状

表2、3次元知覚に利用する手がかり情報

単眼の手がかり情報：

- 1:比較対象事物との相対的な大きさ、重なり合い
- 2:網膜像の大きさと対象事物の元の大きさ
- 3:大気遠近法(遠方物体の彩度・明度の低下)
- 4:陰影、陽影
- 5:テクスチャのきめの細かさ
- 6:運動視差
- 7:水晶体の焦点調節

両眼の手がかり情報：

- 8:両眼視差
- 9:輻輳

態が、その初期状態（矛盾を多く含む情報）に置かれた場合、我々人間が思考して到達する「首尾一貫した結論」に対応する思考状態（各ユニットの活動量に対応する概念の信憑性の強弱の状態）であるとする。

なお本報告では、このコネクションリスト・アルゴリズムを適用するために、人間の情報処理を次のように単純化する。人間の情報処理の内容は、生理神経レベルというハードウェアで高速に独立に処理をする部分と、それらの処理結果を取捨選択して総合判断を下す部分の、2段階からなるとする。総合判断処理部は意志の影響を受ける部分とし、この部分での処理をコネクションリスト・アルゴリズムを用いて記述する。

4. 距離感・立体感の知覚

本報告では、立体映像提示方法を題材にリアリティ向上の新原理を説明する。そこで、まず立体映像認識に関する人間の情報処理モデルにおける、総合判断処理部の入力系（ニューラル・ネットワーク内の各ユニットの初期状態を決定する入力系）の決定を行う。

我々は、奥行きや物体の3次元の形状を知覚するとき、典型的な立体表示装置で用いられている両眼視差情報だけを利用しているわけではない。表1に述べるような多種の視覚的情報のほか、対象事物の形状やそれまでの距離という既有知識も使用している[6]。

これらの情報には、それぞれ精度や得意とする距離範囲があり、それらを適切に組み合わせて、距離感や立体感を得ている。例えば、水晶体の焦点調節では、おおむね10m以内の事物までの距離に対して知覚することができるが、遠方のビルや山までの距離の知覚には寄与しない。一方、遠方の区別に有効な大気遠近法（遠方物体の彩度・明度の低下具合から距離を知覚）は、近傍には無力であるといった具合である。かとい

って、すべてが排他的に適正領域を分割しているわけでもなく、30cm程度の手元距離の場合、水晶体の焦点調節、両眼視差、輻輳、いずれもが距離感の知覚に有効に利用されている。ここでは、表2にあげた9種の情報と、既有知識を入力系として定義する。

5. 人間の解釈・理解過程の推定例

総合判断処理部として、ここでは単純に、立体知覚と平面知覚の2つの解釈の二者択一の処理を行うものとする。ここでの具体的な解釈（ニューラル・ネットワークのユニット）は、事物の各点の存在位置（観察者からの距離）および、各点の位置関係から導かれる上位概念（平面知覚、立体知覚等）である。以下の事例により、人間の情報処理モデル上での挙動（ニューラル・ネットワーク上での発火パターンの推移）と人間の思考活動との対応を述べる。なお、ニューラル・ネットワークの全ユニットを記述すると煩雑になるので、以下の事例では一部のユニットだけを用いて説明する。

事例1（予想）：観察距離と提示内容の意味的距離の葛藤

風景画等の写真を提示する。写真までの観察距離が知覚されると、その知覚距離と、メディアが提示しようとしている本来の距離との間で葛藤が生じる。この葛藤の様子はモデル上では以下の様に記述される。

水晶体の焦点調節からは、写真までの観察距離が知覚され、「観察距離に相当するユニット」を活性化する。また、両眼視差からは、写真上のすべての事物の映像が同一距離にあることから、「平面に相当するユニット」を活性化する。その結果、それらユニットとリンクがつながっている具体的解釈例のユニットが活性化される（図1）。一方、比較対象事物との相対的な大きさと重なり合いの情報からは、写真が提示しようとしている立体構造や、本来の大きさが知覚され、さらにその撮影事物の大きさと視野角からは、別の距離（これを「距離1」と呼ぼう）が知覚される。すなわち「距離1に相当するユニット」が活性化される。当然、1つの事物に対し複数の距離が感じられるというのは不自然であることから両者の概念は排他的関係にあるはずである。モデル上では、「距離1に相当するユニット」と「観察距離に相当するユニット」間に抑制的リンクを張ることにより表現している。同様に、写真上の別の事物に注目した場合を考える。この新たな対象事物本来の大きさ、およびその映像の占める網膜上の視野角の比較により、距離1や観察距離とは別

の、新たな距離（これを「距離2」と呼ぼう）が知覚される。これも、「観察距離に相当するユニット」とは抑制的リンクで結合されることになる。

さて、このモデルによって人間が写真を見る場合の認知的行動の予測を試みる。残念ながら、認知的行動は人間の頭の中で行われる行動であるため一般に観測は困難である。したがって、何らかの観測可能な行動に結びつく事例から、その行動を引き起こしている認知的行動を推測し、それがモデルでの認知行動と矛盾しないことを示す事によってのみ、予測の正当性、厳密には観測事象とモデルからの予想との間の無矛盾性が示される。ここでは、人間が写真に描かれている内容を一旦理解した後、再度、距離1の事物に注目した場合を考える。

注目しようとした時点では、対象事物の意味距離の予備知識により「距離1に相当するユニット」が活性化される。それにあわせた物理的行動（この場合は水晶体の焦点調節と両眼の輻輳角の調整）が行われながら対象事物の映像を視野に入れる。すると、当然な事ながら焦点のボケた映像が知覚されることになる。焦点調節と輻輳角の調節をして対象事物の映像が正しく見えるように調整する。と同時に我々は、写真までの観察距離を知覚してしまい、それに対応して「観察距離に相当するユニット」を活性化させる。その後、最終的に、どちらのユニットが勝ち残るかは不明であるが、この直後に活性化された2つのユニットの間で葛藤が起る。

一方、武田[7]によれば、水晶体の焦点距離を3次元オプトメータを用いて計測したところ、絵画に描かれている遠景部と近景部を交互に注目して鑑賞する課題において、モデルで予想した通りの現象が観測されたという報告がある。すなわち、遠景部を注目しようとすると同時に、被験者は焦点距離を遠景に調節し、遠景部を注視中に焦点距離を、観察距離に再調整している事が確認されている。

事例2（予想）：両眼視差と既有知識との葛藤

人物像など、既知の事物のステレオ写真の左右の画像を入れ換えて提示する。すると、両眼視差からは凹凸の完全に反転した事物を知覚するはずだが、そのようには知覚されない場合がある[8]。事例1と同様、ステレオ写真の映像は、奥行きを持った3次元事物である。そして、陰影等の手がかり情報も、3次元の解

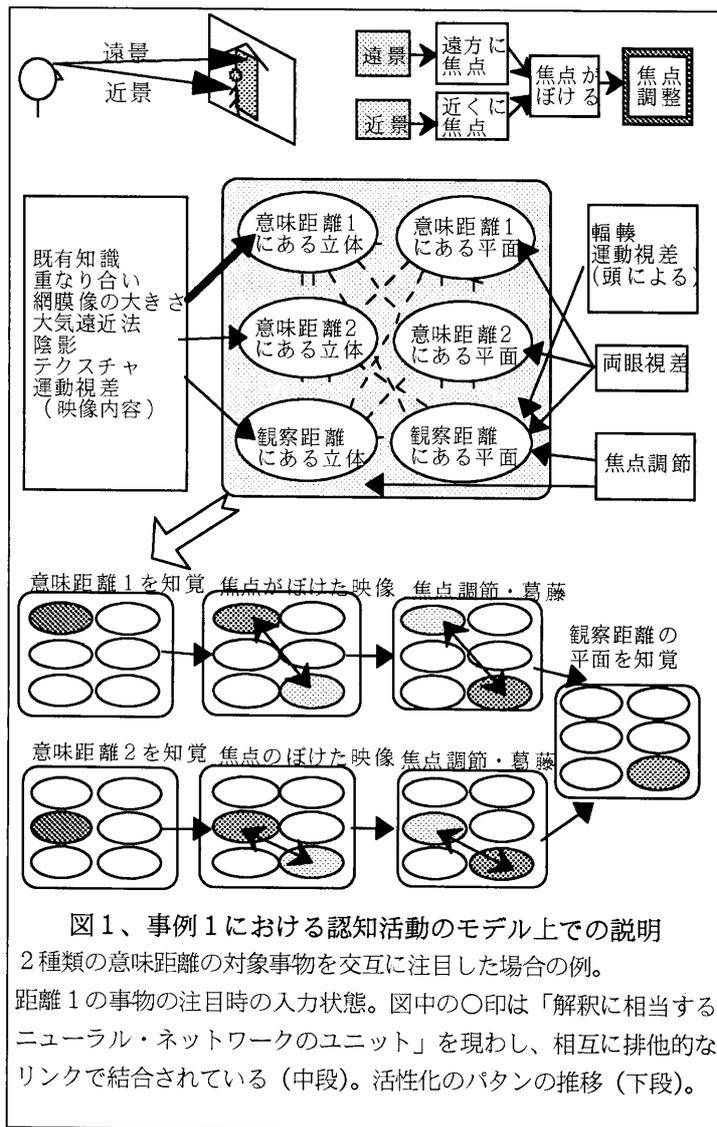


図1、事例1における認知活動のモデル上での説明
2種類の意味距離の対象事物を交互に注目した場合の例。
距離1の事物の注目時の入力状態。図中の○印は「解釈に相当するニューラル・ネットワークのユニット」を現わし、相互に排他的なリンクで結合されている（中段）。活性化のバタンの推移（下段）。

釈を支持する。一方、両眼視差からは、凹凸の逆転した距離感・奥行き感が知覚される。この矛盾した解釈のうち、両眼視差が優先されれば、凹凸逆転した事物が知覚され、逆に既有知識が優先されれば、通常の事物が知覚される。

なお、両眼視差の知覚が無視され正像が知覚される場合でも、両眼視差の情報が完全に無視されるという訳ではない。両眼視差から得られる情報を、「凹凸の

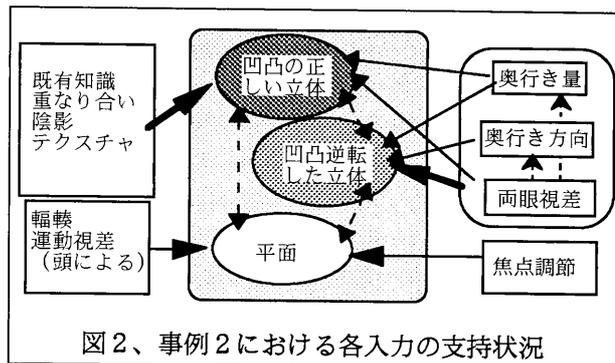


図2、事例2における各入力の支持状況

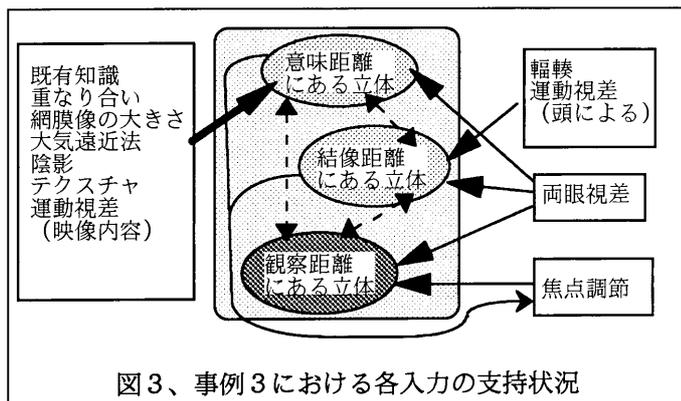


図3、事例3における各入力の支持状況

程度」と「凹凸の方向」に分離すると、後者だけを無視する事で正像の解釈が導かれる（図2）。

事例3（予想）：両眼視差と輻輳、焦点調節、運動視差との葛藤

両眼視差を利用した立体テレビを提示する。輻輳、両眼視差および映像内容からは、3次元事物の形状、奥行きが知覚され、焦点距離からは表示面が知覚される（図3）。もし、輻輳および両眼視差から得られる3次元事物の形状が、映像内容と一致する、あるいは誤差が少ない場合には、立体感が得られる。しかし、写真の事例と同様、焦点距離の調整が無意識下で行われる為、疲労を伴うこともある[9]。さらに輻輳角によっては、認識された映像内容の事物の大きさと視覚系の認識結果の間で葛藤が生じ、疲労感、不自然さの原因にもなる[10]。

同様に、頭を動かした場合には、対象物体との相対位置関係の変換に伴う運動視差が生じるはずであるが、

立体テレビではそれが再現されない。このために、対象物の位置が不安定に感じたり、実在感を低下させることになる[11]。

6. 適用事例

前章で述べた3つの事例は、それぞれ心理学や生理学により、人間の反応が確認されている現象である。このコネクショニスト・アルゴリズムを用いた人間の理解過程モデルから、モデルの入力として表1で定義した9種の知覚情報と既有知識の変化と、それに伴う人間の理解過程の変化との対応付けが予測できる。すなわち、ある環境を想定すると、その環境においての具体的な入力に対し、どのような経緯をたどってどのような安定状態に落ち着くかといった決定論的な解は得られないが、実現可能な経緯および安定状態を含む集合を知ることは可能である。本論文で提案する新原理の情報提示方法発見への応用は、まさに具体的なある環境を想定して、その環境で実現可能な経緯および安定状態の集合を求め、その中から、工学的に望ましい状態を発見し、その状態を目標に具体的な入力を設計することである。

6.1. 環境の設計

ここでは、仮想空間表示への応用を考え、立体表示について考える。事例1で述べたように、写真や絵画のような平面映像であっても、その意味内容である立体をも知覚している。しかし、最終的に平面であると結論つけて認識しているということは、言葉を変えれば、写真というメディアが、我々人間の情報取捨選択行為を、平面であると結論付ける様な情報の取捨選択方向に誘導していると言える。幸いなことに、事例1に対する傍証となる報告[7]では、遠景の映像を見ようとした時点では遠景の意味距離が写真までの観察距離よりも勝っている。しかし、両眼視差および焦点調節からの入力により観察距離に軍配が上がってしまう。そして、最終的にすべての事物が観察距離にあるという認識に落ちてしまっている。すなわち、この誘導を阻止し、立体知覚を安定状態とするような具体的環境を設計できれば、立体表示が可能になる。

そこで、輻輳と焦点調節による観察距離知覚の葛藤を生むような具体的環境を想定してみた。この環境設定のアイデアは、平面知覚対立体知覚が例えば「6：4」で平面知覚が優勢になる状況を、平面知覚を排他的関係にある複数の平面知覚に分散し、「3：3：4」として立体知覚に軍配を上げさせようというもの。「毒を以って毒を

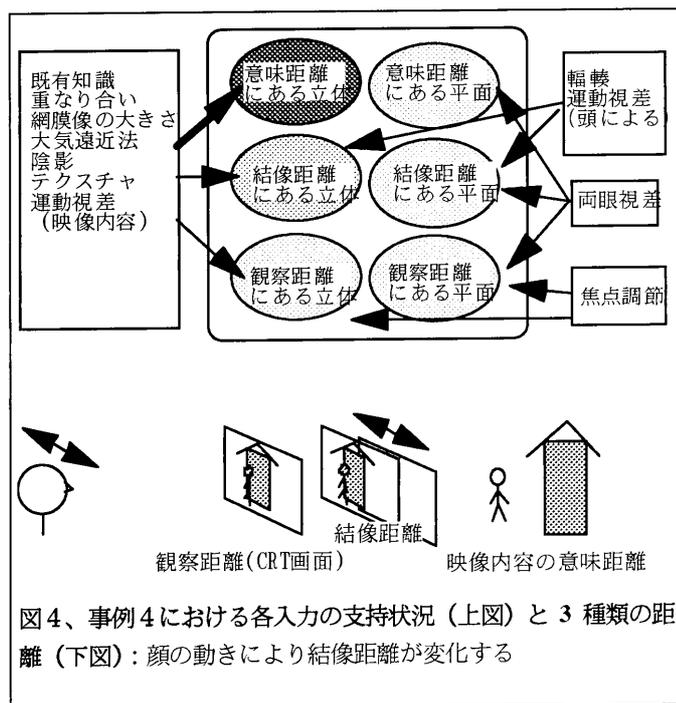
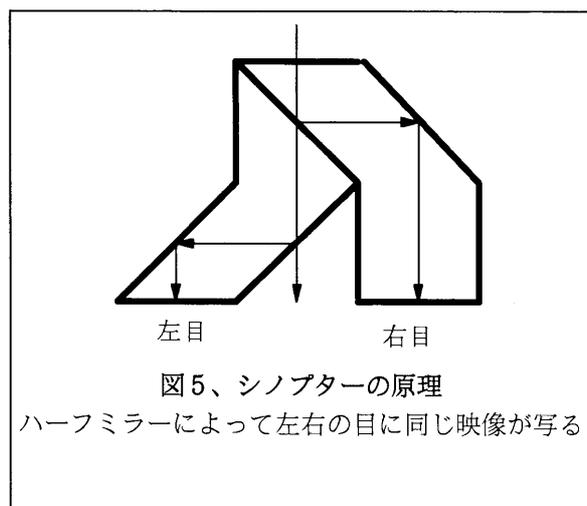


図4、事例4における各入力の支持状況（上図）と3種類の距離（下図）：顔の動きにより結像距離が変化する



制す」方式とも言える。

事例4 (予想): 輻輳と焦点調節による観察距離知覚の葛藤

同一映像の表示位置を左右にずらすことにより、輻輳角を変化させ観察距離とは異なる位置に像を提示する。焦点調節からは観察距離が、輻輳角からは設定された別の距離が知覚される(図4)。同時に、両眼視差からは平面映像が、映像内容からは、既知の距離、形状が知覚される。さらに、顔を動かすことにより、結像位置も移動する。このように、平面映像を導く知覚がお互いに葛藤し、確固たる位置にある平面を知覚しにくくなる。逆に、複数の奥行き感があるという事が、既有知識の形状を否定しなくなる。そのため、写真と同程度の情報であるにも関わらず、立体的に感じる。

実際この現象を利用した立体視のビューアーが Carl Zeiss(1907)によって発明され、特許がとられている。またこの原理に基いて作成されたシノプター(図5)を使用した静止画の立体感の計測が Koenderink ら[12]によって行われ、両眼立体視と同程度の復元能力があることが示されている。

6.2. 入力の設定

さて事例4を満たす環境では「単眼で撮影した映像だけで立体感を知覚する状態」が存在する可能性を、モデルにより確認できた。そこで、いよいよ、この状態が安定状態となるような入力を設定することになる。しかし、初期状態が「6:4」であったとしても分散が「1:5:4」のような場合には、「5」に相当する平面知覚に安定してしまうことになり、立体知覚を勝利させることはできない。また初期状態が「6:4」でなく「8:2」であった場合には、いくら平面知覚の分散の工夫をしても立体知覚は得られない。すなわ

ち、これら各解釈に相当するユニットの発火強度のバランスを予測しながら、具体的な入力を設計する必要がある。もちろん、ここでの「6:4」や「8:2」というのは説明の為の数値であって、測定値ではない。

そこでまず、初期状態として立体知覚が平面知覚を分散させることにより勝ち残ることのできる程度に十分強度がある(「6:4」に相当する)入力環境として、我々は、「自然風景の動画像」を入力映像として選択した。次に、立体知覚が勝利するように平面知覚を分散させる環境(「3:3:4」の分散に相当する)として、「液晶シャッター付き眼鏡を使用したビデオディスプレイ装置で、画面奥に結像する条件」を選択した。ここで設定した入力環境が、設計した脳内状態(ニューラル・ネットワーク内のユニットの発火パターン)を生み出す事を確認するために、以下の心理実験を行った。

6.3. 実証実験

使用したビデオディスプレイ装置は、120HzでNTSCレベルの映像が表示できるもので、液晶シャッター眼鏡を装着することにより、左右の目に60Hzで異なる映像を提示することができるものである。

約1分間の同一内容のビデオ映像を、輻輳角を与えディスプレイ奥に像を提示させる条件(輻輳加工条件)と、ディスプレイ上に像を提示させる条件(テレビ条件)の2条件で提示する。その後、立体視の心理要因である立体感・奥行き感・実在感・圧力感・一体感・自然らしさの7項目に、乗り物酔いに似た感じがあるかどうかを加えた8項目について、4段階(非常に強く感じられる, 強く感じられる, やや感じられる, 感じられない)で評価させる。

表3、評価結果

	テレビ条件		輻輳加工条件		有意差
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
立体感	1.250	.786	1.400	1.188	
奥行き感	1.400	.883	1.750	1.070	*
実在感	1.200	.696	1.400	1.095	
圧力感	.350	.587	.700	1.031	*
一体感	.600	.681	.800	.894	
自然らしさ	1.350	.933	.950	.945	*
好ましき	1.300	.657	.950	.945	*
酔うかどうか	.100	.308	.700	.923	**

* 10%水準で有意差あり、 ** 5%水準で有意差あり

被験者は、視覚や立体感覚に病的障害を持たない健康成人20名である。ビデオ映像は、市販の野草や自然の風景を遠景、近景で撮影したものを利用した。これらは画面内部でオブジェクトが高速で動き回るような映像ではない。どちらの条件の映像を先に見せるかは、被験者ごとにランダムに設定した。

6. 4. 実験結果と考察

4段階の評価結果を、3点(非常に強く感じられる)～0点(感じられない)で得点化した結果は、表2の通りである。平均得点の立体提示法間の差を、対応ありのt検定で調べた。立体感、実在感、一体感については、有意な差は認められなかったが、奥行き感、圧力感、自然らしさ、好ましきについては、10%水準で有意差が認められ、酔うかどうかについては、5%水準で有意差が認められた。奥行き感、圧力感については、輻輳加工条件の方が強く感じ、自然らしさ、好ましきなどでは、テレビ条件の方がまさっていた。奥行き感を感じ、立体感を感じないということから、輻輳加工条件では、「映像内の対象物の厚みはそれほど感じないものの、映像全体に奥行きを持った感じがする」という特性を持っていることが確かめられた。

この結果は、設計した脳内状態(ニューラル・ネットワーク内のユニットの発火パターン)を支持する内容である。

7. おわりに

人間の理解過程を推定することにより、人間の潜在能力を生かした効果的なリアリティ向上の手法を発見するという新原理について述べた。「現実」という具体的目標があって、それに人工物の提示情報を近付けるというのではなく、人間の情報処理モデルを用いて「リアリティを感じる脳内状態」を設定し、その状態を目標にして人工物の提示情報を設計する新原理である。そして、疑似立体映像提示方法を題材にして、両眼視差を用いない疑似3次元映像提示方式の存在と、その応用の可能性を心理実験により確認した。なお本論文では触れなかったが、提案した新原理のこの他の応用事例として、遠隔会議システムの対話相手の存在感を向上させる手法[13]もあるので参考にして欲しい。

今回のモデルにおける理解過程の推定では、あえて考慮しなかったが、テレビ電話における受話器の影響[14](受話器を与えると、映像を対話に利用しなくなる現象)のように、人間は状況を把握して、その状況・場面に相応しい情報を取捨選択する能力・特性を持っている。また今回の心理実験では、この「場の影響」が比較した2つの表示方式間で差が出ないように配慮

して実験を行った。しかし、実用の場面では、逆に、場の影響を積極的に活用して、「平面映像では無い」という事を演出することも可能である。

当然の事ながら、実証実験で述べた事例が有効なのは、対象事物の立体構造が利用者に既知である場合に限る。さらに、その知識が事例1のように意味距離への焦点調節が行われる程度の強度が必要である(6章の説明での「6:4」の比に相当)。そして、この方式で得られる立体感は、利用者の知識の中にある立体感である。利用者がその映像を認識して立体感を得ているというより、再認により立体感を得ていると言える。言葉を変えれば「平面である」という「立体を否定する情報」の欠落によるものであり、その瞬間瞬間の映像からは、正確な距離感とは得られるものではない。我々の別の実験[15]では、Koenderinkら[12]とは異なり物理的な立体視性能に関しては、単眼視の映像との有意差は検出されず、両眼視差を用いた方式に及ばないことが示された。従って、「立体感が得られる」という事を、「物理的な立体視性能が向上した」事と誤解しない自覚、あるいは誤解は悪影響を与えない利用形態を考慮する必要がある。

本提案の新原理が多くのバーチャルリアリティの研究に活かされる事を期待したい。

参考文献

- [1] 天野克巳他:マルチスピーカ方式による2音源立体音像制御、日本バーチャルリアリティ学会論文誌,Vol.3-1(1998)
- [2] 廣瀬他:多面全天周ディスプレイ(CABIN)の開発とその特性評価、信学論 D-II,Vol.J81-D-II,No.5,pp888-896(1998)
- [3] 蔡、福井、山下、下条:広範囲操作対応型力覚インタフェース:6DFMシステム、日本バーチャルリアリティ学会論文誌,Vol.3-3,pp.65-74(1998)
- [4] 森川治:対話へのメディアの影響説明用の人間情報処理モデル、情報処理学会 HI 研究会資料 HI60-6,pp.41-47(1995)
- [5] Thagard, P., & Verbeugt, K. (1998). Coherence as constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 22: 1-24.
- [6] 泉武博:3次元映像の基礎、NHK放送技術研究所編集、オーム社、(1995)
- [7] 武田常広、3次元オプトメータ、第35回日本人間工学会、pp.82-83(1994)
- [8] 佐藤、大久保、繁樹:人間の顔はなぜでっぼって見えるのか?—反転視差錯視の実験的検討—、*Human Interface News and Report*,Vol.12,pp.231-238(1997)
- [9] 前迫、小池、中村、永塚、清水:視覚誘発電位からみた

立体テレビ、日本教育工学第8回大会論文集、(1992)

- [10] 前迫、岩崎、清水：2眼式立体テレビ用視差可変付加装置を用いた誘像範囲の測定に関する一検討、TV学会誌、Vol.4-3,pp.329-331(1990)
- [11] S.Nagata: Visual effects in multidimensional stereoscopic images, Proc.Int.Symp. 3D Image and Arts,6-3,pp.137-145(1992)
- [12] Koenderink,J.J., Doorn,A.J.van. & Kappers, A.M.L., On so-called paradoxical monocular stereoscopy. Perception, 23,583-594(1994)
- [13] 森川治：自己像の表示による対話相手の存在感への影響、日本認知科学会第14回論文集、pp.240-241(1997)
- [14] 原田悦子：認知工学から見た通信メディア：対話という認知的課題、情報処理学会情報メディア研究会資料16-2,pp.9-16(1994)
- [15] 持丸正明 他：BiVIS 式立体内視鏡および2D、3D内視鏡の立体視特性比較、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol.3-4,pp.207-212(1998)

(1998年10月16日受付)