

### 3次元視研究のまとめ（2022年）

#### 1. 両眼立体視の研究

(1) Gillam(2022)と共同研究者は両眼視における生態学的アプローチ (ecological approach) に関して環境に起因する最近の両眼視に関する研究をレビューした。特に J. ギブソンとそれに続く研究の内、単眼による奥行の勾配、および全体的立体視 (global stereoscopic) と局所的両眼視間の多義的問題を取り上げ、両眼の視覚は生態的に適切に働く単眼視の領域を伴うことを示した。単眼視領域は知覚した空間の配列で抑制や視野闘争をするのではなく二つの領域の間のギャップがあっても、単眼視の領域が両眼視でも生態学的意味だけを知覚していないとし、これらの研究から視知覚では生態学的なアプローチが重要なことを示す。

(2) Levi (2022) は霊長類の両眼視とステレオプシスの神経生理の基礎を概観し問題点を論述した。とくにステレオプシスのテストの限界およびその典型的発達限界、さらにステレオ視の欠陥とステレオブラインドの原因を検討し、最後にステレオ視を回復あるいは改善する研究を両眼視とステレオプシスの神経生理、両眼視とステレオプシス、ステレオ視の欠陥と不自由、ステレオ視能力の測定のチャレンジ、両眼視とステレオプシスの発達を阻害する要因、両眼視とステレオプシスを阻害する要因、神経型のステレオ視の改善、最近のステレオプシスの改善のストラテジーの問題について、神経タイプとステレオ視の障害をもつ人の改善と回復のいくつかのアプローチをレビューし、それを改善するいくつかの方法を紹介した。

(3) 両眼視差による対象の知覚には奥行距離が変わると体系的に形状が歪むことがとくにバーチャルな刺激について知られる。しかしこの奥行恒常性は奥行距離の判断が正確ではなく、したがってバーチャルな環境については未だ明確にされていない。Hartle & Wilcox (2022)は、バーチャル環境での観察距離変化による奥行距離の評価とそのバーチャルな対応物について実験して検討した。そのために単眼視と両眼視条件でバーチャルなシリンダーとそれと同一の3次元にプリントしたもの (図 1.9 のステレオグラム) で知覚した奥行距離が測定された。両眼立体視 (Stereoscopic) の奥行恒常性の有無のために各グループ条件での近距離と遠距離の奥行関数と切片をしらべたところ、この奥行恒常性は試行順序最初の被験者での実環境条件でのみ妥当するが、バーチャルの2条件では該当しなかった。恒常性は奥行手がかりが豊富な環境では成立するが、バーチャルな環境では輻輳と調節の手がかりがないので成立しないし、さらにバーチャルな環境および実環境とも先行経験が強く奥行知覚に影響する。

(4) ステレオ立体視は視覚的注意に導かれた結果である。視覚的探索は対象が固有の奥行にある場合に効果的となり、一方奥行面の異なる対象にそれぞれ分けて探索するのは自然な注意作用にはみえない。このような事実は刺激に駆動される奥行プレーンの知覚、すなわちボトムアップの作用と考えられる。Zou et al. (2022)は、特定の奥行プレーンにボトムアップの注意を向ける能力をしらべるために実験して検討した。実験の結果、ターゲットに最も近接したドットのセントロイド評価 (0.86) が最も高く、それ以外のドットの評価値 (0.05 以下) 小さかった。これはターゲット奥行にないデストラクタードットはほとんど影響していないことを指す。実験2の結果、反応時間はセットの大きさに探索にほぼ比例して大きくなり視覚探索の手がかり (色) の効果はなかった。したがって、観察者が特定の奥行に注目していても

それを可能にはできないことを示した。その結果、奥行プレーンが2箇所条件ではターゲットがある場合も無い場合有意に反応時間が縮小された。すべての刺激が一つの奥行プレーンにある場合と比較すると、反応時間と視的検索効果はターゲットの有る無しに関わらず2つの奥行に分割した方が改善した。これらの結果、注意作用は奥行のプレーンに直接向けられるが、この作用は視覚探索を簡単にはしないこと、また視覚探索における奥行は比較的粗いとみられ特定の奥行のプレーンを注目させる手がかりは少ないと考えられる。結局、この実験からステレオ立体視でのトップダウンの見方は可能であるが、しかし立体視における対象検索としては難しいと言える。

(5) ステレオ立体視の両眼手がかりは3D面の方向を識別するために重要、近距離では特に重要である。Oluk, et al. (2022)はテクスチャのあるプラナーの周囲から濃密なテクスチャプラナーのテスト面の識別を検討する。ここでは人間とモデル観察者を参照としたスラントおよび両眼への対応しないノイズを提示した条件でスラント識別の閾値を測定した。実験と考察の結果、ステレオスラントの弁別結果の成績が両眼視差手がかりに基づいてテクスチャ面が正確にレンダーされた状態で測定された。そこで人間の結果とモデル(PM と LPM)を比較した結果、人間のスラント弁別の閾値のパターンは3つのモデルに等しく予測されていることを明らかにした。しかしながら、LFMモデルは最も簡単で単純であるけれどもLPMモデルの方ではスラント弁別が実質的に良好だった。これらのモデルをもっと互いに精細にすることが求められる。

(6) 地面を知覚するためのステレオ立体視は重要であるが、単眼と両眼視条件間で地面のレリーフを知覚する奥行手がかりの役割を、Hartle et al. (2022)は両眼立体視した草原を模した地形(グランド)の中央にさまざまな高さのマウンド(凸状)あるいは深さの凹みを付けた自然シーンをシミュレートし、この地面の奥行弁別課題を実験・分析した。その結果、地面の凹凸知覚の奥行手がかりについて照射条件(強、弱)を変えてその効果をしらべたところ、陰影手がかりは平面の凹凸状態で凹状を強く抑制して凸状に視るバイアスがあることを示し、地面を視るとき凸状を仮定するという個人差の傾向が有意に高いこと、この傾向は実生活でも凹凸判断に影響しているが奥行手がかりが十分な環境では影響がないこと、などを明らかにした。

(7) ステレオ視が不可能な人は両眼視差を3次元視の手がかりに用いることができないし、他の手がかりに変えて知覚するのかは不明である。Yang et al. (2022)は、ステレオブランド(ステレオ視不能者)と可能者でスラント面の弁別と評定課題を両眼視と単眼視条件を用いてその可能性を実験した。その結果、ステレオノーマル群の知覚ゲインは両眼視条件ではスラント知覚は実際の傾斜に近似した。他の条件群は知覚ゲインは前面に近く知覚される場合低く、そしてシミュレートした傾斜面に知覚する場合は増大した。ステレオノーマル群はスラントと観察条件間に有意差があり、各シミュレートスラントの知覚ゲインも両眼視条件で高く、スラントの傾斜が大きくなるとゲインの差は小さくなることが示された。また、ステレオブランド群では知覚ゲインは両眼視条件のスラントでのみ高かった。これらの分析から、ステレオブランド群とノーマル群を比較すると、両眼視条件はスラント傾斜角度を正確に知覚し、ブランド群はスラントの傾斜角を過大に知覚するが示された。ステレオブランド群はノーマル群よりテクスチャの手がかりからの知覚ゲインが大きいことが明らかにされ、ステレオブランド

者はスラントの知覚において両眼視差の手がかりが利用可能できるが、両眼視にすることでスラント知覚が利されている。

## 2. 運動による奥行視

(1) 多義的な視覚の入力に接したとき、観察者は同一の刺激事態で解釈が異なる経験をもち、解釈が何回も非意図的に交替する。この安定した知覚現象は一つには高度の認知機能にもとづくトップダウン理論で、もう一つには経験による情報処理と視覚系の順応に低位のレベルにもとづくボトムアップで説明されている。Zhang & Brascamp (2022) は、トップダウン過程に照準を当て多義的な事態を観察した時の明瞭な知識の影響を検討した。多義的に解釈できる事態での交替反転する能力は明瞭な知識を必要とし、観察者に多義的な対象そのものと対象の知覚の間を連想させることが介在すると考えられた。この課題で測定する主要な測度は単位時間あたりの知覚反転の回数であり、またその知覚内容の初発持続時間値である。また、球体のスクリーンの4コマ欄ごとの方向変化と知覚した回転方向の反転数をしらべた。回転する多義的な球体を観察し連続して対象の回転方向の報告に与える被験者の実験前と実験後の知識の知覚反転への影響をしらべた。その結果、最初の知覚反転の時間には有意な知識の影響が無いけれども、その後は知覚反転に影響が有意に示された。実験では、知識を教示されていた実験群は非教示群より有意に知覚反転し、明確な知識の反転交替の促進があることが示唆された。しかしこの知識の有無の効果は知覚反転に限定的であった。多義的な刺激を知覚する場合にトップダウンとボトムアップの両過程が知覚に関わると考えられる。

(2) 視覚システムの重要な働きは3次元構造を2次元の網膜像から構成することである。観察者が移動すると網膜に投影されたイメージも動いて潜在的奥行手がかり、運動視差となる。しかし、シーンに関して対象が動けば運動視差による奥行の計算がイメージの動きの要素が加わるために複雑になる。従来の運動視差理論では対象が動くことを想定していなかったため、対象の動きと観察者の移動を考慮する必要がある。そこで、French & DeAngelis (2022) によって実験では対象がいろいろな速度で静止あるいは運動している場合について注視点からの奥行距離が求められた。そこですべての被験者のPSE値を算定すると、SOSの増大につれて単調に増大し、単眼視条件の場合には大きさの手がかりが存在するのに、シーン内の対象が動くときイメージモーションを奥行判断時に追うことができなくなる。両眼視条件の場合ではディスパリティ、運動視差、大きさの手がかりが利用可能であるが、多くの被験者は両眼視条件で対象が自己と同方向に動くとき「遠い」バイアスを、反対方向に動くとき「近い」バイアスを示したが、そのバイアスの程度は単眼視条件の10倍以上になった。両眼視条件のPSE（奥行閾値）とSOS（対象標識速度）の関係をみるとシーン内の対象のモーションは多くの被験者に奥行判断のバイアスを組織的に両眼ディスパリティが存在しても与えていた。しかし、両眼視条件のバイアスはより小さく、網膜のモーションのみからの予測された奥行量ほどである。さらに眼球追跡ゲインと輻輳角度を分析してみるとシーン内の対象運動による奥行知覚に関してのバイアスには何らの影響が無いことが示された。したがって、この実験ではシーン関連の対象の運動は観察者の自己運動がある間は奥行知覚判断を惑わせるといえる。

(3) Xing & Saunders (2022) は、対象観察中の頭部方向と独立に動く対象の知覚間の相関について二重課題パラダイム（個人が2つのタスクを同時に実行することを要求する）で対象運動の

判断が頭部方向の知覚とバイアスが共に同一の条件で一致し、また試行毎も一致しているかをしらべた。ヘッドイングの知覚の変数を試行ごとに変えて対象運動の判断のバイアスをしらべた。観察者が動くとき網膜上では自己の運動と対象の運動が組み合わされたオプティクスのフローができる。このとき動く対象を捉えるには、視覚システムは自己運動ではない網膜上の動きを識別しなければならない。ヘッドイング知覚と対象運動の知覚は、両知覚が視野の中心方向のバイアス傾向、視覚と非視覚の手がかりはそれらを組合せて用いること、そしてヘッドイングエラーは対象運動の判断に試行毎に予測的に変わると仮定した。そこで実験1では、被験者には中心から±15°自身が動くシミュレーションを観察させてヘッドイング方向、および対象のみが左または右方向に動くかを判断させ、実験2では、被験者には視覚と身体の自己運動の手がかりがコンフリクトにある状態でVRの中を歩かせて対象運動を判断させた。実験の結果、ヘッドイング知覚と対象運動の知覚は、両知覚が視野の中心方向のバイアス傾向、視覚と非視覚の手がかりはそれらを組合せて用いること、そしてヘッドイングエラーは対象運動の判断に試行毎に予測的に変わることが結論された。これらの結果から自己運動と対象運動の知覚は共通する過程があると示唆される。

### 3. 奥行距離の知覚

- (1) Dukes et al. (2022) は、精細に環境文脈（インドア、アウトドア、暗室）を変えて、観察者から対象までの知覚距離（絶対奥行距離）を測定した。実験1の目的は視的環境文脈を変えた条件での奥行距離知覚の変容を、実験2では単眼と両眼視の可能な効果を考察した。これは両眼視差が明室環境より暗室環境の方が奥行知覚に効果が大きく、また単眼視条件の暗室環境では手がかりが少ないと考えられたためである。しかし視差以外には多くの手がかりがあり、その場合には視差は重要な手がかりでは無いと考えられる。実験は各環境条件で2等分割法（bisection task）で被験者（4人）に自分のいる位置からターゲット（ポール）までの奥行距離を等分に2分割する位置を実験者に指示したインドア条件は実験室、アウトドア条件は草地、暗室条件は暗い部屋とし、両眼視と単眼視でランダムに実施し、初めのポールは8mの位置に置いた。実験の結果、奥行知覚の正確さと精密さは環境文脈や両眼視差とリニアパースペクティブの手がかりによって変容する。
- (2) 知覚した大きさは2次元あるいは3次元という空間的文脈だけではなく網膜の投影像と知覚した奥行距離に影響されるが、その要因はいまだ解明されていない。そこでWu & Chen(2022)は、投影された大きさに対する知覚奥行距離とその背景要素の大きさの文脈の効果について両眼視差を変化させてステレオスコープで実験した。実験では知覚するターゲットの大きさを知覚奥行距離と空間条件をそれぞれ設定して提示、標準刺激をテクスチャのある背景に置き比較刺激をブランクの背景に置いてどちらが大きいか2刺激強制選択法で答えさせて測定した。ターゲットの知覚的大きさは背景要素が大きくなると減少し、視差が大きくなると増大することが示され、この結果に基づいて計算機的モデルによる説明が検討された。そのモデルは視差によって変調したいくつかの大きさ選択チャンネルを統合している。各チャンネルのターゲットからの反応は空間文脈情報からの明瞭なシグナルを受けるので、知覚した大きさはそれらチャンネルからの加重平均値で決定される。このモデルに基づくと得られた平均のデータは91%以上の可変性があり、したがって知覚する奥行距離とコンテキストに影響された対象の大きさと

もに異なるメカニズムで担われ、したがって知覚した奥行距離とターゲットの知覚的大きさは、視差に変調された背景刺激の大きさによる抑止の相互作用を受けて決まると考えられる。

(3) ものに手を届くためには単眼あるいは両眼視条件ともにオプティカルなテクスチャが対象を支える面上にある場合は、それらを利用しすばやくそして正確にできる。Bingham et al. (2022)は、観察者からの奥行距離を知覚するためにオプティカルテクスチャのどの要素（イメージの幅、高さ、形状など）が用いられるのかしらべた。実験では、左側にテクスチャ面が提示され、右側に提示したターゲット距離に手を用いて届くように求め、どのテクスチャ面で被験者のゆらぎが起きるかを識別し、また被験者はバーチャルな条件と同等な実際の環境で実験1と同等にリーチを実施した。結果、ターゲットの奥行距離は面の高さによって有意差があるが、テクスチャの大きさに有意差はなかった。リーチの奥行距離は左右側の面の高さが変わると漸進的に減少した。また、リーチの平均距離は面の各高さの予測値（回帰値）と一致した。結局、テクスチャ面からの光学的要素が単眼視においてターゲットと観察者の間の奥行距離を手のリーチ方法で測定した結果、リーチによる奥行距離の知覚は観察事態の幾何学で予測でき、イメージの大きさ、高さや形状によっては異なること、実験2の結果でも同様なことが示され、視覚運動リーチングのモデルが妥当することが示された。

### 3. 絵画的要因の3次元視

(1) Rogers, B (2022)は錯視がどのように起きるかについてこれまでの研究成果のもとづいて考察した。これまでの見解は現実と知覚したことのミスマッチと理解されていた。しかしその考え方は適切ではない。それは第1に錯視 (illusion) を真実 (veridical) のことにしたこと、第2には錯視事態が眼に投影されたもう一つの現実的事態のコピー (facsimiles) と見なしたこと（これでは現実事態をしらべて類似したものを検討できなくなる）、第3に線分、ドット、格子パターン (grating pattern) などを不十分で適切でない方法、例えばタキストスコープ、制限視野、2次元絵画、隔離手がかり、そして暗視野などの制限された事態ではリアルな知覚特性はほとんど得られない。従って Rogers, Bは、恒常性、閾値、順応のような特定される知覚のように十分な説明をすれば錯視と言わず知覚システムの結果といえるようになると論じている。

(2) Schofield (2022)は、水平-垂直錯視(HVI)が階段状パターンの知覚高さを増すと転倒の原因になると考えた、Toe clearanceのために描画を変えることを提案した。輝度コントラストの高い垂トライブは錯視効果を増すために接合部のTジャンクションに隣接する水平エッジの輝度による階段の高さを高めるために置かれるのが通常である。そこで、いくつかのHVI錯視の図形が考えられ、輝度グレーティング(L)、第2順位のコントラスト変化(CM)、空間周波数(FM)と方向(OM)として錯視量が操作され測定した。実験では被験者には面矩形、調整してない矩形や線形矩形で輝度やパターンのグレーティングを変え、その視かけの高さを比較することを求めた。実験の結果、第2順位のモジュレーションから構成された垂直グレーティングテクスチャは、模様のない面をもつ矩形あるいは線形だけの階段の図形では錯視が誘導されるが、輝度グレーティングの条件では強くあるいは信頼できる錯視は誘導されないことが示された。コントラストモジュレーションの第2順位の手がかりがこの錯視にはもっとも強い。方向のモジュレーションは、錯視を生じることが、しかしこれは第2順位のためかあるいは第1順位のためかはさらに検討がいる。階段状の図形

では垂直線分と明るいT線分箇所間の薄い線分は錯視を妨げた。矩形と階段図形の錯視はそれぞれ別のメカニズムかもしれないと示唆された。

(3) バーチャルリアリティ (VR) のデバイスは急速に開発されているが、そのために多次元のデータは大量となり豊富で大きな経験を生み出す。鮮明な VR の世界を構成するためには高度の解像度の内容が必要となる。ハードウェアには限界もあるので効果的なデータの圧縮がこの現代に生み出された装置のディレンマを解決する一つの手段である。Shen, et. al (2022) はこれに対応する手段として視知覚に対して圧縮の仮説、すなわち固定視点からのビデオの内容を提示し、その主観的評価を説明する仮説を立てた。実験にあたっての仮説は、大量の視知覚内容を圧縮できる視覚特性の重要性を評価し、豊富な環境にある知覚の特質を探るために連続して遂行するビデオシリーズを作成することであり、そのために提案する仮説のひとつは奥行知覚に関するもので、他の一つは中心視に関するものである。すべてのテストの結果は主観的な質に関係する視覚的に意味のある領域は中心窩の感受性のある領域でぼけの歪みは一貫して主観的な質を損なう。従ってビデオの質を高くするためには人間の知覚における能力を考慮し、ヒューリスティックな圧縮が効果的である。そのため、検証した仮説にもとづいた簡単な圧縮技法の手順を示し実験して効果を検証した。中心窩仮説と奥行仮説のどちらかに基づいた豊富な内容のビデオに関しては圧縮の最初に低減フィルター (low-pass filter) をかける。このフィルターでは、ボケは知覚の質に影響しないのでその歪みを中心視から離す、あるいは奥行マップを規定する背景を強調する。さらに便利なビデオ圧縮ソフト、例えば High Efficiency Video Coding (HEVC) でビットレートを縮小する。実際にこの技法でビットレートを圧縮したビデオで検証実験をした結果、主観的な質を犠牲にしないで有意に維持することが示された。

#### 4. その他の研究

(1) Galusca, et al (2022) は、多数の顔認識の認知過程を「太った顔の錯視 (fat face illusion)」の効果 (顔パターンが大きく見える) を用いてしらべた。顔認識では個人、人種、社会的属性の違いなどによる研究がなされているが、視覚システムの認知のしくみはまだほとんど明らかにされていない。そこで、そのしくみを2つの顔パターンを縦に提示する方法で視覚順応させて実験し分析した。使われた顔パターンの人種は男女を含むアジア系とコーカサス系で人種に固有な情報を取り除くために卵型の枠で囲み顔のみとした。上下に配された顔の大きさ知覚は顔の種の属性とジェンダ-属性に影響されないこと、そして両眼視の奥行知覚における役割が重要で視覚システムは縦方向に提示された場合には遠くに知覚する刺激が大きく見える錯視が起きることが明らかにされた。

(2) Tanrikulu et al. (2022) は、知覚的に相対的奥行を決定する事態での輪郭による凸面効果とテクスチャの「現れる/隠れる」効果を手がかりに変化させ、その総合した役割をしらべた。実験では輪郭の幾何的手がかりとテクスチャの「現れる/隠れる」要因を両方操作し、それらの手がかりが隣接する面の相対的奥行を決めるか否かを検討した。実験の結果、テクスチャ面の「現れる/隠れる」の強い反応が凸状態の弱い条件でも増大することを、また凸刺激が知覚の決定因となることを示した。特に (i) 凸状態が強まると前面で回転する知覚が生起することが高まる、(ii) テクスチャの密度と面の運動速度が増大するとテクスチャ面が背後で知覚されやすくなる、(iii) 両方の手がかりが存在すると凸状態の出現が支配的に出現することなどが

示された。従って輪郭線の幾何効果はテクスチャ面の「現れる/隠れる」効果およびダイナミックな知覚体制に影響しないこと、またテクスチャ面の「現れる/隠れる」効果より凸状態の知覚が優勢であることが示された。これらの結果から、刺激パターンが運動することが輪郭効果より知覚体制について重要な要因で再考する必要があると示唆された。

#### 4. バーチャルリアリティの奥行知覚研究

(1) David et al. (2022)はバーチャルリアリティの中心視あるいは周辺視を除去した注視条件の実験を2次元面および360度のシーンの探索に限定して視覚—運動のバイアスを特定する研究を行った。この研究の目的は注視位置からの予測モデル、例えばシーン内容の圧縮やストリーミングに応用するため、観察者が刺激を探索するために頭部をどのように用いたら良いかに応用するためである。バーチャルリアリティの注視を条件としたパラダイムにおいて人工的に視野喪失をシミュレートして、観察者が全方向の自然シーンを自由に見えるように設定した。ここでのプロトコルは80度以上の視野の視覚喪失をシミュレートし、観察者の頭部の注意の働きを研究した。全方向の刺激を座位で自由に観察するように教示した。実験の手続きを確認後、被験者には56個の刺激をランダムに20秒間観察させ、全方向の内容は試行最初の頭部回転によって経度が相殺されるので、被験者はすべて同一の経度をはじめに観察することになる。被験者には一度だけ刺激をランダムな順序で提示されるマスキング条件すべて(各条件56試行)で観察を求めた。眼球運動はアイトラッカーで、頭部運動はHMDからのトラッキングデータで観測した。眼球運動の軌跡は3Dの眼球運動に2次元データから変換した。実験の結果、VRTでの注視とサッケードの絶対的と相対的方向はスクリーン用いた場合とほぼ同じことが示されたが、ただ一つの違いは被験者のスタート時の注視が長いこと、およびサッケードが小さいことだった。その他に頭部運動は視野が広いので水平方向に注視を広げまたシーンを探索することが多くなることであった。注視に条件付けられた環境では眼球運動が環境刺激に強く影響され、一方頭部運動はマスクに邪魔されずに目標を探索するように働くことであった。

#### 5. 手がかりの統合

(1) 視覚システムは単一の奥行手がかりの特性のみではバイアスを伴わずに知覚することができない、両眼視差と運動視差からは奥行マップをバイアス無く構成できるとされる。これらの二つの手がかりを統合すること(intrinsic constraint)によって3次元世界を構成できるとする。このモデルは優加的なために奥行手がかりの統合をICモデルで予想、あるいはベイズの確立で手がかりを評価してフラットな環境のバイアス、さらに観察者の奥行判断の誇張によるバイアス、あるいは人工的でバーチャルなディスプレイの使用のために正確に奥行マップをよみだすことができない。Campagnoli et al. (2022)は、ICモデルのよる加算モデルが実世界の3次元を予測しているかを被験者に物理的対象を交互に提示し判断させて検討した。実験ではカード型の2枚のプリズムを設置してディスプレイ、モーション、フォーカスの手がかりによる対象の3D形状の奥行知覚量を手がかり条件ごとにマッチングさせた。対象の3D知覚では、実験中、対象の手によるグリップの大きさテストも用いて奥行知覚量を測定した(Maximum Grip Aperture)。Campagnoliらは、ICモデルのよる加算モデルが実世界の3次元を予測しているかを被験者に物理的対象を交互に判断させ

て測定し検討した。実験ではカード型の2枚のプリズムを設置してディスペリティ、モーション、フォーカスの手がかりによる対象の3D形状の奥行知覚量を手がかり条件ごとにマッチングさせた。対象の3D知覚では、実験中、対象の手によるグリップの大きさテストも用いて奥行知覚量を測定した。実験の結果、マニュアル評価値 (Manual Estimation、ME) と最大のグリップの大きさ (Maximum Grip Aperture MGA) の最小値はともに手がかり統合条件でICモデルと一致した。これは、奥行情報が統合され3D形状情報の感受性を最大にしていることを示した。また、マッチングによる知覚実験と手指による大きさによる実験の間の一致は明瞭な事態と明瞭で無い事態と同等で、有意な差は認められなかった。これは手がかりの組合せが実験で得られた評価値の間に有意差があり、手がかりが多くなるほど被験者の評価は大きくなることを示した。明瞭な事態と明瞭で無い事態での手がかりの統合の結果は優加法的ICモデルにしたがって検証すると、各被験者の各課題の条件で物理的サイズの大きさに対する大きさ評定の精神物理的関数のスロープは両事態で合致した。これらの結果、実対象を用いた優加法的モデルの検証で明瞭な事態) と明瞭では無い事態事態の両方でICモデルが妥当なことが実証され、奥行の手がかりが優加法的に利用されて3次元対象が知覚されていることを示した。