

2020年の研究成果のまとめ

1. 視野闘争

(1)Hwang & Schütz(2020)は、透明な運動刺激による視野闘争とその運動刺激事態の偏好知覚の関係をしらべた。実験の結果、透明な運動知覚における特有な偏好が示されたが、コントラスト比による偏好は弱かった。逆に、視野闘争では運動方向知覚の偏好は弱くコントラスト比による強い偏好が示された。視野闘争での方向の知覚偏好が弱いことは、他の多義的なタイプの刺激と対照的である。これらの結果は、運動方向知覚の視覚特性における個人的特有な偏好が視覚情報処理過程の異なる段階で分離して処理されていると示唆される。

(2)Brascamp et al. (2020)は、ローカルな刺激要素からなるグローバルなゲシタルト形状が視野闘争を抑制することを検討した。各眼に提示した刺激要素がゲシタルトを形成する実験の結果から、非局所的コンフリクトは眼球間の抑制を強めることが示されたが、局所的特徴による眼球間コンフリクトが必要ではなく、反対にグローバル面のコンフリクト（反対方向の運動条件、両眼視条件）を強めることでローカルな刺激による眼球間コンフリクトを除き知覚的抑制を除去していると考えられる。これらの結果は、両眼視野闘争がローカルに異なるイメージ要素を抑制することから生じるが、この抑制はこれらの要素からなるグローバルなゲシタルトによって生起すると結論できる。

2. 両眼立体視

(1)Allison & Wilcox (2021) は、両眼立体視での知覚恒常性の研究のうち、自己を中心とした対象の3次元位置の奥行距離要因ばかりでなく方向要因を考慮した研究をレビューした。その結果、対象の面の方向ホロプターの形を考慮し、また奥行を計算するには視差からの距離とともに方向要因で修正する必要があると結論した。

(2) Ding & Levi (2021)は、両眼視融合と広範囲の奥行知覚に関する新たなモデル(sensory fusion model)を提唱した。実験ではモデルの広範囲にわたって検証され、DSKL（最初の段階のフィルターの両眼の出力コントラストを標準化するDSKL回路）による2段階の処理過程、眼球間相互作用、さらには第1段階での各空間周波数帯域でのEN（エネルギーの標準化）の過程を通過させると、 D_{min} と D_{max} の両方をよく説明できることが示された。このモデルのシミュレーションの結果からこの統合モデルは閾値以上の奥行知覚を論理的に予測できると考えられる。

(3) Chen et al. (2021)は、既存の視差のエネルギーモデルに輝度コントラストが考慮されていないので、それを含めた新たな視差モデルを提唱した。このモデルでは視差の処理過程にコントラスト要因をニューラルなレベルで標準化してエネルギーモデルに組み込み、コントラスト要因が視差による奥行の知覚に依存することを説明できることを提示した。このモデルを検証した結果、コントラストと視差の変化に対して知覚された奥行量を90%レベルでこのモデルが予測することが示された。コントラストのgain controlのメカニズムは輝度コントラストの変化に対応して知覚された奥行量を捉え、視差平均化機能は遠近両方の範囲の知覚された奥行と視差の間に逆U型の関係になることを説明して、このモデルは視差から知覚した奥行量に影響する輝度コントラストがどのように働くかを説明している。

(4) 両眼間でコントラスト逆転の RDS では視野の中心で奥行の逆転は起こらないと考えられていたが、Zhaoping(2021)は、左右眼のステレオグラムのドットのコントラストを6通りに変えた RDS を考案してこれを実験的に検証した。実験の結果、noisy RDS に contrast-reversed dots が付加したステレオグラムの中心領域では 視えの奥行が増強あるいは減じること、奥行に関する知覚の増強は reverse な奥行シグナルと同一の視差が報告されたノーマルな奥行シグナル、そして観察時間に関わりなく生起し、奥行に関する知覚の減少は奥行のシグナルが reversed および normal な条件が相互に incongruent な場合および RDS の観察時間が短いときに生じた。このことは視覚処理の中枢でおきる視覚的推測のためのフィードフォワードな過程 (Feedforward-Feedback-Verify-and-reWeight (FFVW)) を反映すると考えられ、高次中枢から低次中枢への強力なトップダウン型のフィードバックで視野の中心領域と周辺領域を二分し、ノイズの曖昧な入力の多義性を無くす役割をする。RDS の観察時間が短くフィードバックが小さいとき、増強と減衰はコントラストが逆のドットから reversed な奥行シグナルをフィードフォワードでノーマルな奥行シグナルに追加することによって作動、また十分に観察時間が長い場合、フィードバックは incongruent で reversed 奥行シグナルを拒否し不完全な reversed 奥行シグナルを合成と分析の計算によって修正あるいは十全なものにすると考えられる。

(5) 3次元形状の知覚では視刺激が基本的に多義的なことが問題となるので、ここでは2つの可能な情報源である両眼視差と両側シンメトリの知覚的効果について、それらが知覚形状を相互に束縛する程度を3D形状の正確度から分析する。両眼視差によるパターンは3次元の構造のもっとも強力な情報源であるが、しかし観察者は対象の視差のスケール問題を精確には解決できない。というのも、両眼視差による対象の視えの奥行的広がりや観察距離によって拡大あるいは収縮するからである。Yu, Todd, & Petrov(2021)の研究によると本当の形状の情報源には両側のシンメトリがあり、対象の一面は他の半分の形状の構造を補足的に用いられるので、シンメトリあるいはシンメトリをもつ構造からの形状復元はシンメトリが他の側の構造を反復するためにコンピュータビジョンでも利用される。そこで、両側性シンメトリをもつ多角図形を視線方向に提示し、ステレオ視させてその観察距離を変えて形状を判断させる実験で検討した。その結果、妥当な方向にある複雑な形状の知覚は、意外な方向にある対象と同じように観察距離が増すと組織的に圧縮される、またこれらの知覚判断が標準および比較刺激の視えの拡大として生じているのではなく、それらの対象は異なるサイズをもつのでその補償の正規化が求められると、考えられた。3D形状を簡単なアルゴリズムで正確に計算して再現することは可能でも、人間はそのようなアルゴリズムに従っていないことを結果は示した。

(6) 3次元物体の奥行に関する知覚においては運動視差と両眼視差の手がかりが役立っている。しかし、両手がかりが利いても手がかりのコンフリクトのためにしばしば知覚ミスが起きる。Hartle & Wilcox(2021)は、ディスプレイ上に提示した手がかりのコンフリクト事態で手がかりの統合を物理的とバーチャルな対象の奥行知覚の比較を通じて分析した。実験の結果、運動視差と両眼視差の組合せ条件はバーチャルと物理的事態の大幅な視差範囲では奥行判断を改善しないことが示された。そこで実験データにもっとも適合する奥行手がかり (両眼視差、運動視差およびそれらの結合した手がかり) の統合モデルを決めるために、(1)線形(linear)、(2)拒否(veto)、(3)相関結合(correlated combination)の各モデルを比較した。各被験者の実験による心理測定関数と最適なモデル予測とを比較するために、観察者のベイズの心理測定関数を3条件の手がかりについて計算した。手がかりの組合せ条件における被験者モデルと予測モデルの間のベイズ理論による基準値

(BIC、Bayesian information criterion) がリニア、拒否あるいは連携のモデル条件ごとにバーチャルと物理的事態で計算された。これらの結果から運動視差は両眼視差と組み合わせて働いても両眼視下でも奥行評価を助けないことを示したが、これは手がかり加重モデルの予測に反している。その代わりに、運動視差と両眼視差が使える条件では被験者は運動視差からの情報を拒否し、両眼視差からの情報に基づいて判断した。統合モデルの比較結果から、確率的モデルでは手がかりがリニアに効果的に働くモデルは物理的あるいはバーチャル事態で適合しないこと、一方、個人間差はあるものの運動視差などのあまり信頼できない手がかりを除いてすべての事態で拒否モデルが妥当することが予測された。

(7) Scarfe & Glennerster (2021) は、2つの目的、すなわち第1の目的は自由に動き回る観察者が視方向を物理的手がかりとテクスチャ手がかりの加重平均で予測できるか否か、第2は距離と方向の判断は相互には別々と考えられるか否かを検討した。豊富なバーチャル環境で手がかりの統制を通してこれらの仮説を実験した結果、全体的に2つの手がかりを変えると、多数の被験者は視方向を過小評価、過大評価傾向は少数の被験者であった。そこでこのモデルに依拠してテクスチャ手がかりベースと物理的ベースの加重および両手がかりの共変の各条件にもとづいて視方向と知覚距離について予測し、視方向と知覚距離についてはリニアモデルが予測値と観察値が有意にフィットすることが、また対象までの視方向と知覚距離の評価はそれぞれ別々なので相互に一致しないことが示された。そこで、モデルの比較を4つのモデル、すなわちモデル1は距離と方向間の異なる加重とバイアスを認める(4個のフリーパラメータ)、モデル2は異なる手がかりの加重を認めるがバイアスを一定の要素(3個のフリーパラメータ)に限る、モデル3は異なる手がかりバイアスを認めるが加重するものを限る(3個のフリーパラメータ)、モデル4は加重とバイアスを一定のものに限る(2個のフリーパラメータ)で実施した。その結果、モデル1はモデル2より90%、モデル3より80%、モデル4より100%の適合を示した。結局、2つの手がかりの1つを固定、他を変えた条件の奥行知覚感度は両手がかりを変えた条件に較べて予測が正確なことが示された。視方向の判断とその知覚距離を比較すると方向と距離の知覚は相互に異なることも示された。

(8) Goutcher & Wilcox(2021)は、視差で規定された不連続のある面においてステレオ視力が隣接する面の構造にどのように影響されるか、またその神経生理過程を検討した結果、相対視差がステレオ視力に及ぼす影響については相対視差の変化である2階微分におけるゼロ交差を求める不連続の弁別モデルが提案された。実験で検証した結果、前額平行面と傾斜面の間の相対的視差の変化の違いが不連続面の等価な視差において、前額平行面は2階微分するとゼロ交差が生起するが対抗する傾斜面ではそれが生じないこと、また、ゼロ交差は同一の傾斜面と傾斜にたいして直角な不連続事態でも生起することが注目された。これを踏まえて、この実験結果がガボールフィルターの奇関数をもつ視差の2階微分差に相関するモデルに当てはまり、これらのことから、不連続の感受性は、ローカルな絶対視差と相対視差の両方の処理過程が関係し、相対視差のローカルな差の符号化に基づいた不連続面の弁別モデルで説明できると考えられた。

(9) Harrold & Grove(2021)は、輻輳ホロプターは注視点が近いと狭く、離心が大きいと広くなると考え、輻輳ホロプターが水平と垂直線にそつての変化をしらべるために、パナムの融合領域が離心につれて増大するか否かを実験1で確かめた。実験の結果、被験者の輻輳眼球運動の視差範囲は注視点から離心点が大きくなると増大すると予測されたが、実験の結果は水平と垂直の両注視面で輻輳ホロプターは離心距離あるいは高さ距離が増しても大きくならずに比較的安定していることが示

された。とくに、水平プレーンにおける輻輳ホロプターの中点はスクリーンの中心にあるようにみえ、ホロプターが湾曲していないことを示した。これはパナムの融合領域より輻輳ホロプターが融合領域より固定した領域をもつと考えられる。そこで実験2で、輻輳ホロプターとパナムの領域間の関係を同一の離心と高さ距離で測定した。そのために、斜方向のプレーンで注視点の上・下の位置にあるパナムの融合領域を測定した。実験2の結果、水平のプレーンにおいて輻輳ホロプターはパナムの融合範囲内に中心的に位置し、垂直のプレーンにおいて輻輳ホロプターは対応する融合範囲よりやや傾いた。2つの実験を通して、輻輳ホロプターは離心距離で変わらず、また水平プレーンのパナムの融合範囲の中心に重なり、対応する融合範囲から傾いていないことが示された。これらの結果は水平方向の輻輳運動の初動が中心と周辺の間の変化で起こるのではないことを示した。眼球の輻輳運動が視差に対する動きで直接観察されることから、この運動は融合のメカニズムを解析するために有効に利用できると思われる。

(10) 頭足類のイカを対象にアナグリフ・グラスを装着させて両眼立体視可能か否かが、Feord et al. (2020)によって実験された。実験でアナグリフ立体鏡をイカに装着し、餌を正確に獲れるかを試した。視差は-1 から 3cm まで変えられた結果、これらの視差に応じて反応し、視差 0 条件で餌までの距離知覚が有意に正確なことが示された。これはイカが両眼視差を手がかりにして奥行距離を知覚できることを示した。また、視差の変化によって触覚先端の餌までの到達距離も変化することも確認された。さらに餌であるエビが歩いたり泳いだりしている 3 次元刺激でも対応できた。ステレオ視には両眼の輻輳・開散が必要になる。被験体の両眼の動きを解析した結果、餌反応の初期には両眼間の輻輳が少なく有意に個別に動いていたが、餌取りの近くでは差がなくなった。これらの実験の結果、イカは両眼視差を手がかりとして、餌までの距離と時間を縮小し餌獲り（ハンティング）に効率的に利用していると思われる。

(11) 二つの基本的手がかり、すなわち両眼間の速度差および両眼視差は、基本的には3次元の運動知覚に関わっているが、手がかりが交叉しているために手がかりの時一空的構造が明確ではない。前者の3D運動による手がかりは網膜に投影される対象の両眼間速度差であり、後者は両眼間の視差で運動に伴う変化をさす。そこで、Whitner et al. (2021)は速度ベースと視差ベースの手がかりの時間的統合のメカニズムを純粹に手がかりを分離して直接測定する実験を試みた。手がかり統合の時間要因に関する実験の結果、速度ベース条件での手がかり感度は200msまでに飽和し、一方、視差ベース手がかり条件での感度は持続時間とともに増大を示した。単変量解析の結果、3D知覚における手がかりの単独の時間効果は、個人差があるものの速度要因の効果は視差効果より2倍速く機能していることが示された。3D知覚の手がかり統合の空間要因に関する実験では、手がかりを分離するために刺激の大きさを操作することで3Dの運動方向の弁別の精度を測定した。この種の手がかりの空間的統合では、分離した手がかりが刺激の大きさを増大することで刺激弁別が類似の漸進的増大を示し、刺激がMT領域に近づくと2つの両眼手がかりが共通する神経基礎のために平均化すると仮定した。実験の結果、正確な知覚反応は刺激の面積が増大すると増し、180°で飽和することを示し、これまでの空間に関する3Dの方向知覚のMTの大きさ受容野の見解がこれと一致した。これらの結果から、速度ベースによる判断は、はじめに急速に感覚過程として機能し、その後視差ベースの感覚過程が続き3Dの方向知覚が成立する。空間知覚の手がかり統合はMT領域の受容野で同様な過程が起きていると思われる。

(12) 両眼加算のしくみについての MAX(S+S) と呼ぶモデルでは、両眼間の加算は両眼加算 (S+) および各眼の個別シグナルである差 (S) を計算するチャンネルに担われ、これらの (S+と S) シグナルは個々のノイズに妨げられるが個々のゲインをもち、MAX ルールにもとづく検出に対応すると提唱されている。Kingdom & Woessner (2021)は、(MAX {S+S-}) のモデル理論の立場を維持しつつ、精神物理学的そして電気生理学的に検証を試みた。その結果、実験で得られたモデルの検証結果が両眼からのシグナルが片方からの条件 (MAX (LR)) および両眼からのシグナルが単独のチャンネルからの条件 (B+) と比較され、MAX(S+S) モデルは他の二つのモデルと同等の成績であり、かつ、広範囲の両眼行動を支える個々のゲインで制御された (S+) と (S) のシグナルが関与されていることが明らかにされ、したがって MAX(S+S) は両眼の加算の実行可能なモデルと考えられる。

(13) プルフリッチ錯視が起きるのはほとんどが、明るさ減少によって視覚中枢が経験する情報の伝達差による両眼視差か、あるいは両眼間の網膜輝度差から生じる情報の速度差によっているが、錯視が生ずる最少の輝度濃度はまだ明らかにされていない。これをしらべるために Durai et al. (2021)は反対方向に運動する2つのランダムなフィールドの両眼間に提示する明るさに差を設定して錯視を誘導し、その閾値を24人の健常眼をもつ被験者で実験した結果、自然条件では、プルフリッチ錯視を出現させるためには両眼間輝度差が非常に大きくしなければならないこと、網膜照明が中程度のレベル（ベースラインから40-45%の差）が錯視を起こすのに必要なこと、したがって一方の眼に対して照明を多大に減衰する必要があること、網膜照明と瞳孔サイズは密接に関連し、両眼間網膜輝度差が閾値に到達していると最少瞳孔不同が2-3 mmあると錯視が起きることが示された。これらのことから、プルフリッチ錯視は眼球間の網膜輝度差の診断的測度として適切ではないと言える。この錯視は眼科的病理あるいは光学的問題から引き起こされた眼球間の網膜輝度差によって生じるが、健常な眼球間の変性では生起しないこと、またこのような錯視の経験による個人差も重要な要因と示唆される。

3. 運動要因の3次元視

(1) Fulvio et al. (2021)は、今までの実験室の研究では頭部はチンレストで固定されているのが通常なので頭部が非随意的に少し動き、位置が変わることがもたらす感覚手がかりが考慮されていないとして、観察者にヘッドマウントを装着させバーチャルな運動対象をゆっくり頭部で追従することを求めた事態で3次元的に動く対象の位置と方向を判断させた。実験の結果、(1)ターゲットに正しく接触するパーセンテージは頭部非追跡条件に比較して追跡条件の方が多くなること、(2)とくにターゲットが被験者に接近あるいは後退する条件 (90° と 270° 方向の近辺) でターゲット接触回数が増大すること、(3)目立つ奥行方向の誤った判断も少数ながら起きたが水平と奥行方向では正確な方向判断がほとんどであった。しかし頭部追跡条件では、(4)そのような誤判断が縮小すること、(5)奥行方運動のターゲット方向に対する感度をみると頭部追従がある条件で増大すること、(6)対象が奥行運動する場合の知覚バイアスは頭部追従がある条件で減少すること、などが示された。これらの結果は、頭部運動の追跡がある場合に奥行方向に動く対象の方向の知覚感度を高めたといえる。また、自然な観察事態での小さな非随意的な頭部運動では頭部ジッターは、3次元の総移動距離が11.7 mm、水平、垂直、奥行の各移動距離は5.8, 3.1, 6.2 mmで、ターゲットの運動方向と観察者の頭部運動の間は何らの関係が見いだされなかった。頭部ジッターを分析すると、頭部ジッター

が随意的ではなく生理的なノイズであることから、観察者がこの頭部ジッターを随意的に利用していないと考えられる。頭部運動によるディスプレイの書き換えを行わない場合も同様にターゲットの方向知覚に影響を与えないことも示された。これは頭部ジッターの動きを抑制し手がかりを抑えてしまうからである。これらの結果をまとめると、頭部ジッターが対象の運動方向の知覚においてその感度と知覚バイアスの点から重要な機能を果たすと考えられる。

4. 3次元視の絵画的手がかり

(1) 大きさの恒常性を視覚システムが維持するためには、対象までの観察距離に基づいて普段にその大きさを知覚的に再計算する必要がある、そのためには奥行手がかりをいくつも用いている。絵画的手がかりであるパースペクティブとテクスチャ勾配の要因は奥行を知覚判断する有力なものであり、この2要因は、2次元面でも有力な奥行を表示し、それらを利用してポンゾー錯視と廊下錯視が作成される。Yildiz et al. (2021)は、V1の両眼を担う領域には他の高次中枢からの情報フィードバックがあるのでポンゾー錯視と廊下錯視に高次中枢が大きく関与していると考え、各眼に錯視の構成要素の投影を別々にして眼球間転移を完全にする条件で、高次中枢の関与があるか否かを検討した。もし網膜と外側膝状体 (LGN) がこれらの錯視を担うならば、大きさ知覚の知覚再計算に V1の関与は小さく、この場合には各眼への錯視図形の異なる要素を別々に提示する条件では両眼にすべての構成要素を同時に提示する条件よりの錯視は小さくなると予測される。そこで、眼球間の転移のパラダイムで錯視の大きさについての知覚再計算をしらべた。パースペクティブとテクスチャの両手がかりで構成し錯視効果を強化した図形の対象の大きさが、片眼から他眼へ錯視図形とテスト刺激を別々に提示した場合に、その知覚的大きさが変わるか否か（低次中枢あるいは高次中枢が関与か）、実験 2 では、パースペクティブ手がかりのみのポンゾー錯視を提示した場合あるいは背景に何も無い統制条件で、それぞれ対象の知覚的大きさの再計算を実験した（この再計算はポンゾー錯視でもその効果が同様か否か）を検討した。その結果、絵画的奥行手がかりの大きさ錯視効果が観察条件によって知覚的再計算の上で有意に異なることを示し、一方、テクスチャ手がかりは単眼視と両眼分離観察条件でほぼ等しい錯視効果が示され、テクスチャにも眼球間の転移があることが示された。さらにリニアパースペクティブの背景で描写されたポンゾー錯視は、標準刺激が上方と下方に配置された場合ともに知覚的大きさに強い錯視効果があり、その効果は単眼眼視観察と両眼分離観察条件で同等であった。これは両眼間にリニアパースペクティブ手がかりの転移があることを示した。これらの結果から、両眼からの神経処理過程をうけもつ視覚野の高次段階で、廊下錯視に較べてリニアパースペクティブ手がかりのあるポンゾー錯視の大きさに関する知覚的再計算が行われていると結論される。

(2) Takao et al. (2021)はエビングハウス錯視のターゲットの背景の図形を動かすと、ターゲットが静止条件の2倍に錯視量が強まるかについてエビングハウス錯視に加えて方向対比錯視図形とミュウラーリエル錯視図形で、静止条件とダイナミック条件で錯視量を測定したところ、ダイナミック条件でエビングハウス錯視は錯視量が減少したが、しかし方向対比錯視図形では錯視量は変わらないことが示された。ダイナミック提示条件で錯視量が減じるのはエビングハウス錯視のみであるのは、この錯視の周辺刺激を運動させることによってターゲットと誘導刺激の間に奥行効果が生じたためと考えられた。

(3) Cavanagh et al. (2021)は、陰影にもとづく奥行知覚の2つのモデル、ひとつは一般的陰影奥行モデル (GSD、Generic shadow-to-Depth)、およびベイズモデル (Bayesian estimation) を実験的に検討した。一般的陰影奥行モデルでは、視覚システムはオフセットと対象面の傾斜のすべてに同一の包括的な傾斜を仮定するため、この結果では傾斜は各方向の種類オフセット条件で同一、また陰影のオフセットは対象と背景間の分離値において一定の比率、すなわちオフセットが増すと分離値も増大することが示される。奥行値は陰影のオフセットで線形の変化が示され、またオフセットが0でも奥行は無とならないが、一方ベイズモデルでは、観察者は照明方向とそれに対応する奥行が不確かなので奥行の評価は特定の照射源を仮定しないで二乗誤差の期待値を最小化するように働いた。そのために、視覚システムは観察した変数(陰影オフセット)のなかの奥行変数に関わる事後の事象分布を計算するので、奥行値の中の確率は陰影オフセットの尤度に比例し事後の奥行値の確率を得ることになる。このモデルで不確定な事象は、評価した陰影オフセットのノイズと光源のスラントである。ベイズによるモデルでは光源は特定せず、すべての範囲の光源を仮定し、陰影のノイズについては事前値はフラットかわずかに厚みを仮定する。実験結果に基づき GSD モデルとベイズモデルを比較するために陰影オフセットと知覚された奥行値の関係をプロットすると、両モデルはよく一致することがわかった。被験者の奥行判断値を陰影オフセットの変数の数量変化から判断すると両モデルは等しい予測をする。しかしこれには個人差もかなりあることも指摘された。

5. バーチャルリアリティ

(1) David et al. (2021)は周辺視と中心視の知覚役割をバーチャルリアリティ事態、とくに熟視条件で実験した。実験では、被験者にはコントロールマスクと中心的マスク、周辺のマスク、および刺激では部屋にあるものの妥当と非妥当ターゲット条件に差が出るか否かを、5つの測度、探索始動時間、走査時間、確認時間 (verification times)、探索時間、ターゲットの再注視時間で検証した。実験の結果、シーン内で妥当な配置に無い対象は探索の測度が劣り、また探索遂行が拡散するのは中心視が失われた条件であった。とくに中心マスク条件はターゲットが部屋の状況に対して妥当であると対象確認を行わないことが示された。これらの結果から、中心視の自然シーンで対象を同定する役割は小さく、周辺視の処理過程の役割の方が高いと考えられる。

6. その他の3次元視研究

(1) Cesanek et al. (2021)は、視覚に導かれた運動からの感覚フィードバックが3D形状の知覚精度について運動制御における手がかり効果の再加重が情報処理の上で知覚的再加重の結果であり、そしてこの知覚的加重が持続的な体系的運動エラーの原因で生起するかを確かめる実験を試みた。ここでの実験仮説は、視覚システムが3D形状条件では視覚運動を把握し、視覚的手がかりと連携する処理過程で視覚運動の間に受け取るエラー信号に感受性をもち、知覚判断における奥行手がかり効果の加重の変化の把握遂行にどのように対応しているかであった。前テストと後テストをステレオセッティング条件で知覚手がかりの加重値を比較するとハプティックテクスチャ条件の後テストテクスチャ加重値は0.308(テストより0.270アップ)、ステレオ条件のそれは0.259(前テストより0.263の減少)となり、これらの手がかり加重値の変化は有意にフィードバック条件でもみられた。これはハプティックステレオ条件より手がかり効果が知覚でも視覚運動においても高いことを意味する。この結果は順応における個人間の知覚変化、および運動の制御にも対応していた。こ

これらの実験結果から、知覚と行動の相互作用では知覚が直接行動を導き、また行動が運動や知覚学習のエラー信号を出していると考えられる。

(2) Peng et al. (2021)はトラランス空間理論 (tolerance space theory) を用いてドットパターンなどについてのゲシタルト近接性の計算モデルを考えた。このモデルではドットパターンが拡張トラランススペース (ETS) で表されることを仮定した1と2の背伸び方法 (one- and two-reach methods) が提案され、ETSとこの背伸び方法は近隣グラフ比 (RANG、ratio neighborhood graph) を作成する方法として用いられた。これは、ダイアグラムからトラランスを計算、さらに新たなRANGを計算、これに基づき新たなRANGからつながりのある構造を再構築する方法である。ゲシタルト心理学では近接、類似、閉鎖、良い連続、そして共通運命が知覚の体制化法則として提示された。ゲシタルト近接性モデルの検証実験は、10人の被験者のドットパターン各種10個で実施された。被験者にはドットパターンと近接性グラフを同時に提出し、そのグラフの余分な線分をカットし連続した形の線分にするように教示した。被験者の結果はモデルとの整合性をチェックするグラウンドトリス (ground truth) とした。実験およびその結果の質的評価によると、提案したモデルが連続した構造の再構築を近接性、類似性原理からシミュレーションし、イメージの切り出しを行い、知覚のグルーピングとコンピュータビジョンを可能にしたといえる。