

作品名：みせかけブラックホール

草野 勉（立教大学現代心理学部・神奈川大学人間科学部）

白井 述（立教大学現代心理学部）

氏家 悠太（立教大学現代心理学部）

連絡先：kusano<at mark>rikkyo.ac.jp（草野）

なにが錯視なのか

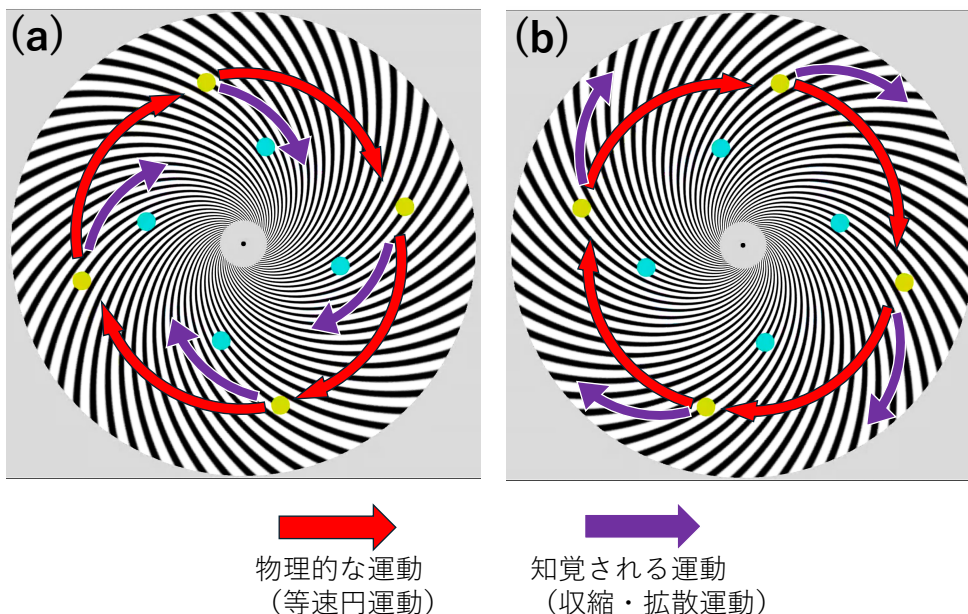
物理的には等速円運動をしている4個の黄色い点の見かけの運動方向が、背景に対数螺旋状の縞模様が提示されると、円運動の方向と縞模様の向きとの組み合わせによって、円周の中心に吸い寄せられたり（収縮）、中心から遠ざかったり（拡散）する方向に湾曲して見える、という運動方向の錯視です（Figure 1）。具体的には、螺旋状の縞模様の線分の方位に沿うように、運動方向が円軌道から逸脱するように見えます。また、物理的には円軌道上を移動しているため中心に到達したり（収縮の場合）、画面の枠から消えてしまったり（拡散の場合）することはないことから、持続的な観察を行うと、タイミングはランダムですが「不意に」もとの軌道に引き戻される印象も得られます（決して吸い込まれないので「みせかけ」のブラックホールに見立てての命名です）。

なお、4個の黄色い点よりもさらに内側の円軌道上にある緑の点（黄色と逆方向に等速円運動する）では運動方向の錯視は生じにくいかもしれませんが、ひとによっては黄色い点とは逆向きの運動方向の錯視が見えるかもしれません。また緑の点を呈示することで、外周上の黄色い点の錯視を強調することに役立つため、同時に提示しています。

提出した動画の最後には、この錯視の生起要因と考えられる「残像の運動」を模した運動パターンを提示しています（後述）。

Figure 1

錯視動画の物理的運動および知覚される運動の模式図



注) パネル (a)は動画の1番目の収縮錯視, パネル (b)は動画の2番目の拡散錯視を表している。黄色い点の運動方向は両者とも時計回りであるのに対して、背景の螺旋の方向は反転している。

錯視の最適条件と生起要因について

私たちは、下記リンク先にあるような p5.js で作成したパターン群を使い、この錯視が強く生起する最適条件を探索しました（ぜひアクセスして操作してみてください）。

https://www2.rikkyo.ac.jp/web/5069712/sakushi25_1.html

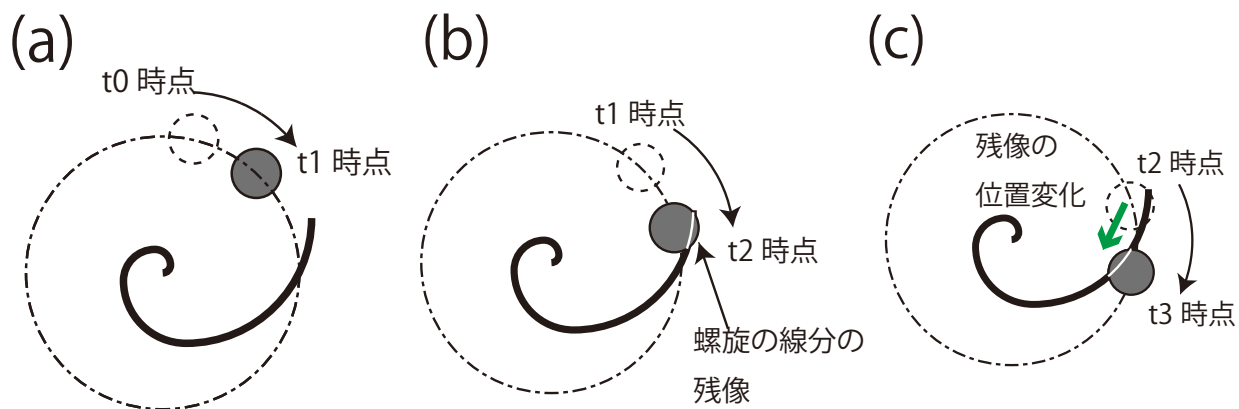
その結果、下記の傾向を発見しました。

1. 螺旋の角度（中心からの半直線と接線とのなす角）が 45 度付近のときに最も錯視が強くなる
2. 黄色い点の不透明度（アルファ）が小さい（半透明に見える）とき、錯視が弱くなる
3. 螺旋の輝度コントラストが高いほど錯視が生起しやすい
4. 回転速度が大きくなると、錯視が小さくなる
5. 縞模様が点の大きさに対して太すぎたり細すぎたりすると錯覚が弱まる
6. 黄色い点の輝度が低いとき（点が黒く見える）は錯視が弱くなる

これらの傾向から、この錯視の生起には「黄色い点の上に発生する螺旋の縞模様の『残像の運動』」が重要な役割を持つ、と考えました。以下では、この考えを、螺旋を簡略化した Figure 2 を用いて説明します。Figure 2 (a) は、黄色い点が円周上を移動する様子を、円周を一点鎖線、t0 時点の黄色い点の位置を破線の円、その後の t1 時点の位置を灰色の円、螺旋模様を太線で表したものです。さらに Figure 2 (b) は、その後の黄色い点の移動を表したもので、t1 時点の位置が破線の円、t2 時点の位置を灰色の円で表しています。t2 時点では、黄色い点は螺旋模様を覆うように表示されます。このとき、それまで螺旋模様が提示されていた網膜部位から螺旋模様が消えるため、黄色い点上に残像が発生すると考えられます。その残像を灰色の円上の白い曲線で模式的に表しています。このとき、残像は灰色の円上で、円軌道の中心から離れた位置にあることに注意してください。最後に、Figure 2 (c) は、さらにその後の黄色い点の移動を表したもので、t2 時点の位置が破線の円、t3 時点の位置を灰色の円で表しています。t3 時点では t2 時点とは螺旋模様の異なる部位を覆うため、灰色の円上における残像の位置が、t2 時点よりもより円軌道の内側に変化することが見て取れます。つまり、黄色い点上にできる螺旋模様の残像の位置は、点の運動とともに、螺旋模様の線分に沿って内側に移動します（緑の矢印）。この移動が、黄色い点自体の運動として知覚されたものが、今回発見された運動方向の錯視ではないかと考えます。

Figure 2

想定される生起要因の模式図



注) パネル (a) - (c) は、時間経過順を表している。

上述の「最適条件」は、この「残像の移動方向が黄色い点自体の運動方向として知覚された」ことの傍証として考えることが可能です。まず、1 の螺旋の角度については、黄色い点の回転運動の接線方向に平行でも直行していても残像の位置変化は小さくなり、ちょうど 45 度の周囲でこの移動の回転中心に向かう成分が大きくなると考えられます（厳密な考証はおこなっていません...）。また、2~4 については、いずれも螺旋の残像が強く生起する条件と考えることが可能です。5 については、線分が細かすぎると周辺視野の空間解像度の低さから線分としての知覚が成立しづらくなること、および、線分が太すぎると黄色い点の幅を超えてしまい、やはり線分としての知覚が成立しない（フリッカーになってしまう）ことから、やはり残像が追跡可能な線分として見えていることの重要性を示すものと考えられます。最後に、6 の黄色い点自体の輝度については、輝度が低くなると黄色いパッチの輪郭（およびその運動方向）が明瞭になり、残像の運動方向に影響されにくくなることを示すものと考えられます（もっとも、組織的な実験的検討を行ったわけではないので「確証バイアス」の影響を多分に受けた考察なので、「もっと良い説明がある」という方はぜひご教示よろしくお願いいたします...）。

この「残像の運動が知覚される黄色い点の運動軌跡に影響する」ことのもう一つの傍証として、この「残像」と同様のパターンになると想定される、螺旋模様上の「窓」を回転させた動画を、作品の最後に提示しています。黄色い点の上に現れる残像は、いわば螺旋模様を部分的に切り出したものと考えられますので、明示的に螺旋模様を切り出した「窓」が回転する動画を作成した場合でも、外側の軌道上を等速円運動する「窓」は円運動から逸脱して見えると予想しました。観察していただくと、たしかに円運動から逸脱して（動画の例では拡散方向に）みえるかと思います（ただし、この「窓」パターンと冒頭の運動パターンとが全く異なるメカニズムによるものである可能性ももちろんあるのですが）。なお、これと類似する錯視として、ガボールパッチの移動の軌跡が搬送波の位相変化によって影響を受ける「無限後退錯視」(infinite regress illusion, IRI)があります(Tse & Hsieh, 2006)。IRI と本作品の最後の動画との間には、ガボールパッチであるか螺旋模様の一部を提示した窓であるか、といった違いはあるにせよ、窓の中を線分様のパターンが移動することで窓自体の運動軌跡の知覚に影響される点で、両者は同種の運動錯視であると考えられます。このように考えると、「みせかけブラックホール」は、「残像無限後退錯視」と表現できるかもしれません。

引用文献

Tse, P. U., & Hsieh, P. J. (2006). The infinite regress illusion reveals faulty integration of local and global motion signals. *Vision Research*, 46, 3881–3885, doi:10.1016/j.visres.2006.06.010.