■講演要旨（VISION Vol. 16, No. 4, 231–234, 2004）

Kanizsa の主観的図形とサッカードによる視野圧縮
誘導図形間の距離の効果の検討

十河 宏行・苧阪 直行

京都大学大学院 文学研究科
〒606–8501 京都市左京区吉田本町

1. 目　　的

サッカードを行う直前の眼球が動き出す数十 ms 以内に縦線を瞬間提示すると，サッカードの目標点に向かって視野が圧縮されたかのように誤った位置に知覚される[1]．以下，この現象を「（サッカードによる）視野圧縮」と呼ぶ．現時点ではサッカードによる視野圧縮が起こる原因は不明だが，視覚情報と眼球運動の情報の統合時に発生する現象であると考えられており，サルの頭頂葉で発見されているようなサッカード実行時に予測的に視覚刺激への受容野が移動する神経細胞[2]が関与している可能性が示唆されている[3]．

サッカードによる視野圧縮について Matsumiya らは，水平方向のサッカードを開始する 33~0 ms 前に図 1A~D に示すような図形を 16 ms 提示すると，図形の横幅がどのように知覚されるかを検討している[4]．サッカードの振幅は 20 度，図形の横幅は図形によって異なるが約 10~20 度とされ，図形の中心位置がサッカードの目標点と一致するように提示された．実験の結果，図 1A と図 1D の幅は狭く知覚されるが，図 1B と図 1C の幅は狭く知覚されないことが示された．以上の結果から，Matsumiya らは以下のように結論した．第一に，サッカードの目標点に提示された図形の形状知覚過程はサッカードによる視野圧縮の影響を受けない．第二に，「図形」は図 1B のような単純なものである必要はなく，図 1C のように「全体として単一の図形として知覚される」ような図形要素の集合でもよい．これらの結論は，形状知覚の過程が空間知覚の過程から独立している可能性を示唆しており，脳による視覚情報処理の仕組を考えるうえで大変興味深い．しかし，「全体として単一の図形として知覚される」という条件は詳細に検討する必要がある．図 1C，図 1D の結果から予想されるのは，近接性の要因によってまとまって知覚される図形は，視野圧縮に対して「単一の図形」として振舞うであろうということのみである．では，近接性以外の要因によって起こる知覚的群化や補完は，視野圧縮に対してどのように振舞うのであろうか．

この疑問を検証するため，今回は Kanizsa 型

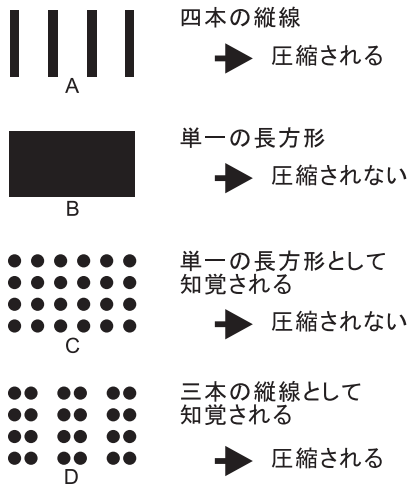

図 1　単一の図形（A）や，全体として単一の図形として知覚される集合（C）は視野圧縮の影響を受けないが，複数の図形として知覚される集合（B および D）は視野圧縮の影響を受ける[4]．

2004 年夏季大会（7 月 22 日）一般講演

の主観的輪郭を持つ図形が視野圧縮の影響を受けるか否かを検討した．視野圧縮の効果は水平方向に大きな刺激ほど確認が容易なため，刺激として幅 20 度の長方形を用いた．このように大きな刺激では，誘導図形の間隔が広すぎて主観的輪郭が強く知覚されない可能性があるため，誘導図形間の水平方向の距離が異なる刺激を複数用意し，その影響も検討した．

2. 方　　法

2.1 実験装置と刺激

実験は暗室内で行われた．被験者の頭部運動をあご台で制限し，DC-EOG を用いて被験者の両眼の水平方向の運動を測定した．被験者の正面 25 cm の距離に CRT（画面の広さ 68×56 度，リフレッシュレート 100 Hz）を設置し，**図 2** に示す刺激を提示した．**図 2** 上は刺激の配置を示している．図中の F は各試行の最初に被験者が固視する点で，G はサッカードの目標点である．G の位置に上下左右の中心が一致するように，幅 20 度，高さ 12 度のターゲットを提示した．ただし，常に幅 20 度の刺激のみを用いると，刺激の幅が一定であることに被験者が気づく可能性が高いため，これを防ぐために全試行のうち 16%の試行では 16 度または 24 度幅のターゲットを提示した．**図 2** 下は実験に用いたターゲットの種類を示している．“Illusory Contour” は Kanizsa 型の主観的輪郭を持つ図形で，誘導図形の列数が 2 列から 6 列まで計 5 種類の刺激を用意した．“Real Contour” は実際の輪郭線を持つ図形，“Disks” は主観的輪郭を誘導しない図形で，“Illusory Contour” と同様にそれぞれ 5 種類の刺激を用意した．CRT 画面の輝度は 14 cd/m^2，刺激の輝度は F，G，ターゲットともすべて 0.5 cd/m^2 とした．

2.2 手続き

各試行の最初に F が 1~1.5 秒提示され，F が消えると同時に G が 2 kHz のビープ音とともに 20 ミリ秒提示された．被験者は G が提示されると直ちに G の位置に向かってサッカードを行った．被験者のサッカード開始時刻の前後に

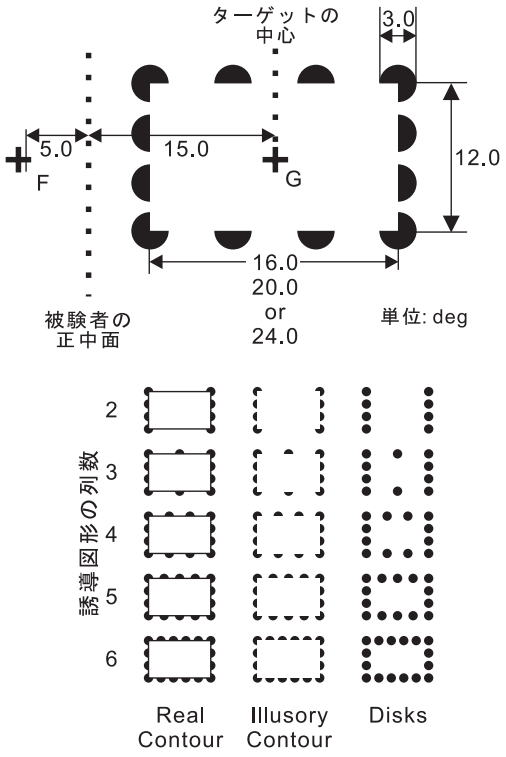

図 2　実験に用いた刺激

合わせて，**図 2** 右に示したターゲットのいずれかが 10 ミリ秒提示された．約 1.5 秒後にプローブが提示され，被験者はジョイスティックを用いて先に提示されたターゲットの見かけの位置および幅と一致するようにプローブの幅と位置を調節した．プローブの形状はターゲットが “Illusory Contour” および “Real Contour” のときには “Illusory Contour” の誘導図形が 2 列のものと同じとし，“Disks” のときには “Disks” の円盤が 2 列のものと同じとした．プローブの初期の幅および位置は試行ごとにランダムに変更した．1 回のセッションで 24 回の試行を続けて行った．

2.3 被験者

23~31 歳の男性 3 名が実験に参加した．いずれの被験者も，眼球運動及び実験距離での視力に異常はなかった．

3. 結　　果

サッカード開始とターゲットのオンセットの

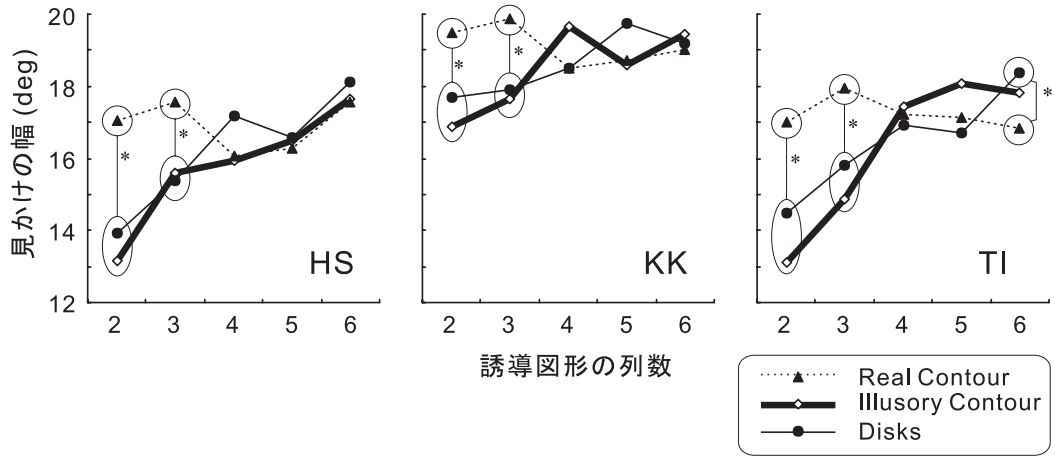

図 3　サッカード開始とターゲットのオンセットの時間差が ±10 ms 以内であった試行における，ターゲットの見かけの幅．アスタリスクは円で囲んだ条件間の差が有意であったことを示している（$p<0.05$）．ただし，図の簡略化のために，誘導図形の列数が異なるものの間に見られた有意差は省略している．

時間差が ±10 ms 以内であった試行を選び出し，それらの試行におけるターゲットの見かけの幅の平均値を計算した（**図 3**）．**図 3** より，“Illusory Contour” の見かけの幅は，今回テストしたすべての誘導図形間隔において “Disks” の見かけの幅とほとんど差がないことがわかる．また，誘導図形の間隔が広いとき，“Illusory Contour” と “Disks” の幅は “Real Contour” の幅より狭く知覚されていることがわかる．被験者別に二元配置の分散分析を行った結果，すべての被験者において刺激の種類と誘導図形の列数の交互作用が有意であった．下位検定の結果，すべての被験者において，誘導図形の数が 2 および 3 のときに “Illusory Contour” と “Disks” の見かけの幅は “Real Contour” の見かけの幅よりも有意に狭かったことが示された．以上の結果より，今回検討したいずれの誘導図形間の距離においても Kanizsa 型の主観的輪郭がサッカードによる視野圧縮を抑えることを示す証拠を得られなかった．

4. 考　　察

サッカードによる視野圧縮が起こる原因は未だ不明であり，現時点ではなぜ Kanizsa 型の主観的輪郭がサッカードによる視野圧縮を抑える効果を持たないのかを説明するのは困難である．ここでは二つの仮説を挙げておきたい．

第一の仮説は，Kanizsa 型の主観的輪郭の知覚には，近接性による群化や誘導図形の空間定位より時間がかかるというものである．この仮説を支持する証拠として，まず，近接性による群化は視覚情報処理の早い段階で処理され[5]，類似性による群化と比べて非常に速く成立することが知られている[6]．対して，Kanizsa 型の主観的輪郭の知覚には多くの領野が複雑に関与しており，近接性による群化と比べると成立までに時間がかかることが示唆されている[7–12]．この仮説の問題点は，現時点では誘導図形の空間定位に要する時間を直接的に示すデータがないことである．

第二の仮説は，誘導図形の空間定位の処理過程において，Kanizsa 型の主観的輪郭の表現が完成しているにもかかわらず全く利用されないというものである．このような仮説が成立するためには，視覚情報処理の過程において実際の輪郭と主観的輪郭の表現が明瞭に分離していることが必要であろう．この点について，最近の報告によると，サルの V1 神経細胞の主観的輪郭への方位選択性は V2 神経細胞のそれとは非常に異なっており，両者を組み合わせると容易

に実際の輪郭と主観的輪郭を同一視したり区別したりすることが可能であるという[13]．したがって，主観的輪郭の表現が完成しているにもかかわらず利用されないという可能性も十分に検討する余地がある．

いずれにせよ，どちらの仮説が妥当であるか，他に有力な仮説はあるかといった議論を展開するためには，さらなる実験が不可欠である．例えば，主観的輪郭の形成が間に合わないことが圧縮の原因であるならば，サッカード開始に対する刺激提示のタイミングを調節することによって，主観的輪郭図形が圧縮されない状況を作ることができる可能性がある．また，今回の研究の原点である「図 1C の刺激が圧縮されず，図 1D の刺激が圧縮される」という現象を，円同士の水平方向の距離といった，より単純な変数で説明できないかという点も検討されるべきである．これらの問題は今後の課題としたい．

文　献

1) J. Ross, M. C. Morrone and D. C. Burr: Compression of visual space before saccades. *Nature*, **386**, 598–601, 1997.
2) J. R. Duhamel, C. L. Colby and M. E. Goldberg: The updating of the representation of visual space in parietal cortex by intended eye movements. *Science*, **255**, 90–92, 1992.
3) J. Ross, M. C. Morrone, M. E. Goldberg and D. C. Burr: Changes in visual perception at the time of saccades. *Trends in Neuroscience*, **24**, 113–121, 2001.
4) K. Matsumiya and K. Uchikawa: Apparent size of an object remains uncompressed during presaccadic compression of visual space. *Vision Research*, **41**, 3039–3050, 2001.
5) S. Han, Y. Song, Y. Ding, E. W. Yund and D. L. Woods: Neural substrates for visual perceptual grouping in humans. *Psychophysiology*, **38**, 926–935, 2001.
6) S. Han, G. W. Humphreys and L. Chen: Uniform connectedness and classical Gestalt principles of perceptual grouping. *Perception and Psychophysics*, **61**, 661–674, 1999.
7) D. Brandeis and D. Lehmann: Segments of event-related potential map series reveal landscape changes with visual attention and subjective contours. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **73**, 507–519, 1989.
8) J. Larsson, K. Amunts, B. Gulyas, A. Malikovic, K. Zilles and P. E. Roland: Neuronal correlates of real and illusory contour perception: functional anatomy with PET. *European Journal of Neuroscience*, **11**, 4024–4036, 1999.
9) J. D. Mendola, A. M. Dale, B. Fischl, A. K. Liu and R. B. Tootell: The representation of illusory and real contours in human cortical visual areas revealed by functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, **19**, 8560–8572, 1999.
10) M. M. Murray, G. R. Wylie, B. A. Higgins, D. C. Javitt, C. E. Schroeder and J. J. Foxe: The spatiotemporal dynamics of illusory contour processing: combined high-density electrical mapping, source analysis, and functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, **22**, 5055–5073, 2002.
11) S. E. Guttman and P. J. Kellman: Contour interpolation revealed by a dot localization paradigm. *Vision Research*, **44**, 1799–1815, 2004.
12) D. L. Ringach and R. Shapley: Spatial and temporal properties of illusory contours and amodal boundary completion. *Vision Research*, **36**, 3037–3050, 1996.
13) B. M. Ramsden, C. P. Hung and A. W. Roe: Real and illusory contour processing in area V1 of the primate: a cortical balancing act. *Cerebral Cortex*, **11**, 648–665, 2001.