

高速連続呈示刺激における対称性の知覚

新美亮輔
渡邊克己
横澤一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
独立行政法人産業技術総合研究所
東京大学大学院人文社会系研究科

Temporal characteristic of perception of visual bilateral symmetry was investigated. Many symmetric dot patterns were sequentially presented like RSVP stimuli (dynamic symmetry). In experiment 1, duration of stimuli was 853 ms and temporal frequency was varied among 1.2 - 75.0 Hz (i.e. patterns per second). The task was to judge whether axis of symmetry was right- or left-oblique. The performance was improved when temporal frequency of the dynamic symmetry was high. Dynamic symmetry also resulted better performance than static symmetry of same duration. Experiment 2 showed that such better performance for dynamic symmetry of high frequency was reduced when only 2 - 4 patterns were repeatedly presented, implying that temporal summation of sequentially presented variant patterns was occurred in perception of dynamic symmetry.

Keywords: vision, symmetry perception, dynamic symmetry, dot pattern

問題・目的

線対称な図形を刺激として用いた多くの実験研究から、対称性はきわめて効率的に知覚される視覚的特徴であることが知られている。たとえば、100msの短時間呈示でも対称性は容易に検出される (Barlow & Reeves, 1979)。さらにJulesz (1971) は、多数の左右対称ランダムドット刺激が20Hzの時間周波数 (毎秒20パターン) で連続呈示されても対称性が知覚されたことを指摘している。すなわち、1パターンあたり50msの呈示で対称性は検出可能だった。このような短時間で対称性が検出されることから、軸をはさんだ個々のドットの対応を逐次調べることなく対称性を検出する何らかのメカニズムがあることが想定されている。しかし、もしこのメカニズムが連続呈示されるパターンを個々に処理し対称性を検出しているならば、連続呈示において時間周波数を上げてゆくと対称性が検出されなくなると考えられる。逆に、もし対称パターンを個別に処理する必要はなく高速に連続呈示される複数のパターンを時間的に加重して処理できるならば、時間周波数を上げて対称性の検出は可能だと考えられる。そこで、本研究ではJulesz (1971) と類似した高速連続呈示刺激を用い、対称性知覚のメカニズムをその時間的特性から検討した。

方法

刺激は直径が視覚2.9度の対称なドットパターン (ドット数80) で、リフレッシュレート75HzのCRT画面上に呈示された。個々には異なる多数のパターンが連続して継時的に呈示され、呈示時間は853msだった。時間周波数は1.2, 2.3, 4.7, 9.4, 18.8, 37.5, 75.0Hzの7水準に変化させた (1.2Hzの場合は1パターンのみが853ms呈示され、75.0Hzの場合には全て異なる64パターンが1パターンあたり13.3ms呈示された)。対称軸は鉛直方位から右45度または左45度で、被験者の課題は対称軸が左右どちらに傾いているかを2肢強制選択でキー

押し回答することだった。また、1パターンのうち対称になっているドットの比率を100, 75, 50, 25%の4水準に変化させた。この比率は1試行853msの呈示中では一定とした。時間周波数と対称ドット比率はともにブロック内要因とし、試行ごとにランダムに変化した。実験1では、1試行中に呈示されるドットパターンは全て異なるものとした。1名の被験者が練習試行168試行および本試行1680試行を行った。

実験2では、実験1と同じ課題で1試行中に呈示されるドットパターンの種類を操作した。2つの異なるパターンが交互に呈示される2パターン条件、3つの異なるパターンが繰り返し呈示される3パターン条件、同様に4パターンが繰り返し呈示される4パターン条件、そして実験1と同様にすべて異なるパターンがランダムに呈示されるランダム条件を設け (ブロック間要因)、各条件684試行を行った。時間周波数は3.6 ~ 75.0Hzの間でランダムに変化させた。対称ドット比率は50%で一定とした。

結果

実験1の結果をFigure.1に示した。対称ドット比率ごとに、時間周波数による対称軸方位弁別課題の正答率の変化が示されている。チャンスレベルは50%である。

実験1の結果では、まず対称ドット比率の効果が見られ、対称ドット比率が高いほど正答率は高かった。左右対称なドットパターンを刺激として用いた先行研究 (Barlow & Reeves, 1979) でも全ドットのうち40%のみが対称 (残り60%はランダム) でも $d' = 1$ 程度の検出が可能なが報告されており、1パターンのみが呈示される1.2Hz条件の結果は先行研究と一致するものと言える。正答率は時間周波数によっても大きく変化し、周波数が高くなるにつれて正答率が上昇し、18.8 ~ 37.5Hzで最も高くなった。特に対称ドット比率25%、50%の条件では急激に成績が上昇しており、連続呈示によって対称軸の方位弁別が容易になっていた。

実験2の結果をFigure.2に示した。パターン数の条件ごとに、時間周波数による対称軸方位弁別課題の正答

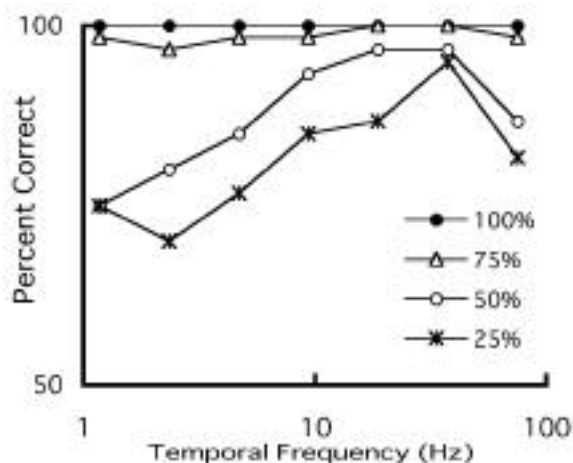


Figure 1. Result of experiment 1. Percent correct of discriminating axis-orientation of symmetric dynamic dot patterns as a function of temporal frequency. Symbols represent ratio of number of symmetric dots among random dots.

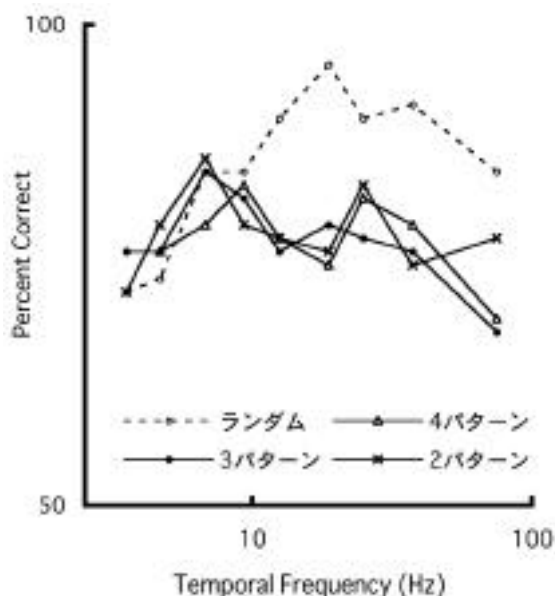


Figure 2. Result of experiment 2. Solid lines indicate result of repetitive stimuli, whereas dotted line indicates result of non-repetitive stimuli (same as experiment 1).

率の変化が示されている。実験1と同様にチャンスレベルは50%である。

実験1と同様の刺激であるランダム条件では高い周波数で成績が向上していた。しかし同じパターンが繰り返し呈示される残りの3条件では高周波数での成績向上が見られず、およそ10Hz以上の周波数でランダム条件より成績が低くなっていた。

考察

連続呈示される刺激で時間周波数を上げてても対称性知覚は妨げられず、むしろ促進された。このことは、

対称性知覚のメカニズムが必ずしも個々のパターンを個別に処理する必要がなく、ある程度の時間的加重を許容していることを意味している。高い時間周波数では対称ドット比率が25%という通常では対称性の知覚が困難な刺激ですら対称軸の方位弁別課題の成績が非常に高くなっていて、対称性知覚のメカニズムにおいて行われている時間的加重が、単に対称性知覚の時間解像度が低いため複数のパターンが重なってしまっているのではなく、何らかの情報の加重であるということを示唆している。最も高い周波数(75.0Hz)では成績が減少に転ずる傾向も見られることから、そのような加重には最適な周波数があることも示唆される。

実験2では同パターンの繰り返し呈示によって高周波数での成績が低下したことから、実験1で見られた高周波数での成績向上が複数パターンの情報の加重によっていたという仮説をさらに支持する。およそ10Hz以上の周波数でランダム条件より成績が低下していることから、そのような情報の加重が行われる時間間隔およそ100msであると推測される。10Hzより高い周波数では100msの間に同じパターンが反復されるため、複数のパターンを加重して処理することによる利得が少なくなり、成績が低下したと考えられる。逆に10Hzより低い周波数ではランダム条件と他の3条件との間に成績の差がなくなっており、情報の加重的処理は行われていないと考えられる。1パターンあたりの呈示時間が100ms以上になるため、個々のパターンを1つずつ知覚して対称性を検出していたのだと考えられる。

以上の考察より、対称性知覚のメカニズムが異なる複数のパターンの情報を加重して処理することにより同じ時間に多い種類のパターンが出現する高い空間周波数条件で成績が向上したのだと考えられる。

結論

以上の結果より、およそ100ms程度の時間で情報を加重して処理するという対称性知覚の時間的特性が明らかとなった。高い時間周波数で対称性知覚が促進されることは、低い空間周波数での場合とは異なるメカニズムにより対称性知覚がなされていることを示唆しており、Tyler et al. (1995) はじめ多くの先行研究が示唆してきたような対称性知覚には複数のメカニズムが存在するという仮説とも一致する結果だったと言えるだろう。

引用文献

Barlow, H. B., Reeves, B. C. (1979). The versatility and absolute efficiency of detecting mirror symmetry in random dot displays. *Vision Research*, 19, 783-793

Julesz, B. (1971). *Foundation of cyclopean perception*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Tyler, C. W., Hardage, L., & Miller, R. T. (1995). Multiple mechanisms for the detection of mirror symmetry. *Spatial Vision*, 9, 79-100.