

原著論文

## 平面図形の配置角度の差による見えの大きさへの影響

### — プロポーションを変えた幾何学的図形について —

木下 武志, 福田 弓恵, 三宅 宏明, 長 篤志, 松田 憲

山口大学大学院理工学研究科

## Effect of Layout Angle Difference of Plane Figures on Apparent Size

### — On Geometric Forms that Changed Proportion —

Takeshi KINOSHITA, Yumie FUKUDA, Hiroaki MIYAKE, Atsushi OSA and Ken MATSUDA

Graduate School of Science and Engineering Yamaguchi University, 2-16-1 Tokiwadai, Ube, Yamaguchi 755-8611, Japan

**Abstract :** In visual communication media, various symbol-logo marks as plane figures are often presented to viewers. It has been reported appearance of plane figures is varied by psychological influence depending on these layout angles in a field of vision, and the subjective geometric relations of figures are different from the objective relations. In our previous research, we have examined about relationship between the apparent size of a basic geometric form and its layout angle. When vertexes of a square were close to vertical or horizontal lines, the apparent size of the square tended to be larger than these of the other layout angles. In this study, we examined how apparent sizes of various geometric forms changed proportion were influenced by difference of the layout angle. Results show that there are some regularities on the relationship between the apparent size and its layout angle.

**Keywords :** Apparent size, Layout angle, Geometric form

## 1. はじめに

### 1.1 背景

現在、我々が日常生活で目にする様々な視覚メディア（新聞、ポスター、Webサイトなど）のコンテンツの構成要素は、主に文字・画像（写真やイラストなど）である。これらを紙面上やディスプレイ上に配置する場合、構成要素の可読性や視認性を高めるために構成要素の大きさや配置角度を変えたり、構成要素間の間隔を調整するスペーシングを行ったり、アイソレーション [1] を設定したりする等の視覚調整が行われることが多い。また、構成要素の中でもシンボルマークやロゴマークは、記号化され単純化した形態と色での視覚表現により、見る側に平面図形に近い印象を与えると考えられる。この平面図形が紙面上やディスプレイ上に配置される場合に、その配置条件により視野内で多大な心理的影響を受け、図形の長さや面積等の幾何学的関係が、定規で測る等の物理的な関係と、著しくくいちがって見えると報告されている [2]。

### 1.2 先行研究

金ら [3] は数種類の幾何学的形態の面積を同じにして、見えの大きさについて比較を行った。その結果、大きく見えた順から、正三角形、逆正三角形、菱形、正五角形、正円、正方形、縦方向の矩形、横方向の矩形となった。正三角形と逆正三角形、正方形と菱形及び縦方向と横方向の矩形は見えの大きさに差が生じている。つまり、図形の配置角度を変えると大きさが異なって見える可能性があることが示唆され

た。マッハ [4] は正方形の一辺を底として提示するときと45°傾けて角を頂点として提示するときでは、図形自体に変化がなく網膜像の形に変化がなくてもその見え方が異なると指摘している。すなわち、45°傾けた正方形（菱形）は傾けない正方形より大きく見えることを示唆した。しかし、菱形となる45°以外に正方形を傾けた場合の見えの大きさについては明らかになっていない。

そこで拙稿 [5] において、基本的な幾何学的形態を対象とし、各図形の配置角度を段階的に傾けた場合の見えの大きさの影響について調べた。正三角形は10°、正方形は15°、正五角形は12°、弧成卵形は30°毎、配置角度を変えた（図1）。

大きさの比較は一対比較法とマグニチュード推定法を用いた。一対比較法では、同じ形態の刺激の全ての組み合わせについて大きさを比較し、大きいと感じた方を選ばせた。2つの刺激は画面の中央に左右に並べて提示し、刺激毎の選択率から大きさの尺度値を求めた。配置角度を要因とする一要因分散分析を行った結果、正三角形、正方形、弧成卵形では要因が有意であった ( $p < .01$ )。マグニチュード推定法では、基本刺激の大きさを100として、比較刺激（配置角度を変化

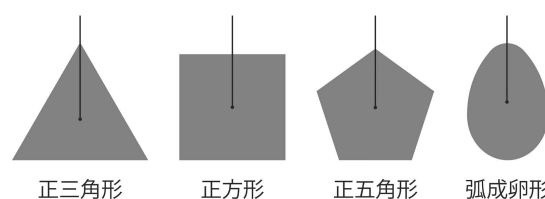


図1 各図形の基準刺激（図形中央の点は回転の中心を示す。）

させた図形) が半分の大きさであると感じれば50, 2倍であれば200というように見えの大きさに比例した数値を答えるよう教示した。ディスプレイ中央の左側に基本刺激, 右側に比較刺激を並べて提示し, 同じ刺激に対して4回評価を行った。観察者毎の値を平均し, 見えの大きさの推定値とした。大きさの推定値を用いて分散分析を行った結果, 正三角形, 正方形では要因(配置角度)が有意であった ( $p < .01$ )。

正三角形, 正方形, 弧成卵形においては配置角度によって見えの大きさが変化することが明らかとなった。その中でも正方形が他の図形と比べ, 見えの大きさの変化が大きく, 2本の対角線が垂直・水平に近い配置角度ほど見えの大きさが大きくなる結果が得られた。正三角形は, 視空間座標上の上半分に図形の面積が偏っている場合や, 一辺が垂直のときに大きく見える傾向が示された。弧成卵形は, 長軸が垂直となる配置角度の図形が上位となっていた。

### 1.3 目的

そこで本研究では, 拙稿 [5] で用いた正三角形と正方形のプロポーションを変え, これまで対象としていなかった幾何学的形態である正六角形と滴形を刺激とした。図形の配置角度の差による見えの大きさへの影響と, その影響を及ぼす図形の形態的特徴について検討を行った。

## 2. 方法

### 2.1 刺激

使用したのは黄金三角形, 直角三角形,  $\sqrt{2}$  矩形, 黄金矩形,  $\sqrt{4}$  矩形, 正六角形, 滴形の7種類であった。図形の面積を一定とし ( $1565.5\text{mm}^2$ ), 基準刺激を設定した(図2)。配置角度が $0^\circ$ である基準刺激から, 段階的に配置角度を変えた図形を比較刺激とした(図3)。各図形の配置角度は, 2種類の三角形と滴形では, 上下が逆になる配置角度をとるように $30^\circ$ と $45^\circ$ 毎に設定した。また, 3種類の矩形では, 斜め方向( $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ )となる配置角度と上下が逆の配置角度となるように $15^\circ$ 毎, 正六角形では $10^\circ$ 毎とした。刺激の数は, 全83刺激とした。図形の色は中灰色とし, ディスプレイカラーアナライザ(KONICA MINOLTA CA-310)で測色を行った(測色値:  $x=0.29, y=0.29, L_v=19.02$ )。背景は白色とした。

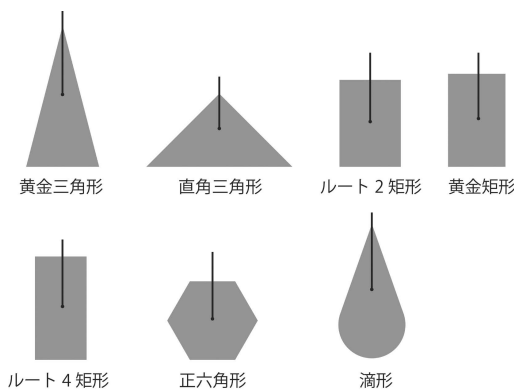


図2 各図形の基準刺激

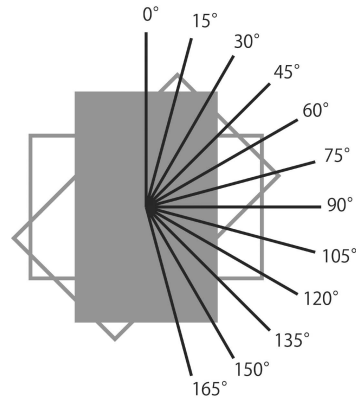


図3 刺激の配置角度 ( $\sqrt{2}$  矩形)

### 2.2 手続き

刺激の提示には, 17インチカラー液晶ディスプレイ(ナオ EIZO FlexScan L557-RBK)を使用した。解像度は $1280 \times 1024$ ピクセルであった。刺激の観察は, 顎台によって目の高さが液晶ディスプレイの中央になるように調節し, 視距離は約60cmとした。画面の中程に基準刺激と, 明らかに面積が大きいかまたは小さい比較刺激を提示し, 基準刺激と同じ大きさに見えるように比較刺激の大きさの調節を行う, 調整法を用いた(図4)。キーボードにある右の矢印キーを押すと, 提示している比較刺激の縦と横の幅が1ピクセル大きくなり, 左の矢印キーを押すと1ピクセル小さくなるようにした。調節の回数は制限しなかった。刺激は図形の種類毎に提示し, 順序効果の影響を避けるため, 実験参加者ごとに順番を入れ替えた。また, 比較刺激の提示順と, 画面上での左右の位置はランダムに変更した。全刺激の半分が終わったところで休憩時間を約10分取り, 実験参加者は自らの判断で自由に休憩をとるように指示した。

### 2.3 実験参加者

20~24歳(平均年齢22.3歳)の大学生, 合計40名が参加した(男性20名, 女性20名)。

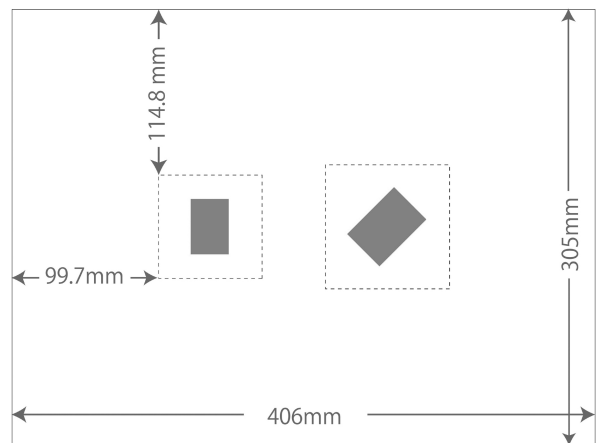


図4 刺激の画面配置(刺激の周りの点線は大きさを計測するための基となる正方形を示す。)

平面図形の配置角度の差による見えの大きさへの影響

3. 結果

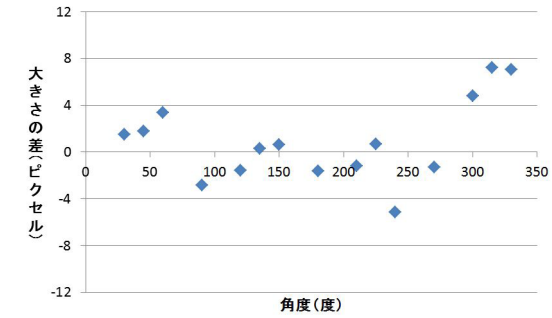
3.1 計測方法

刺激の大きさの計測の仕方は、図4のように刺激図形を含む正方形の枠を設定し、計測対象とした。しかし、この枠は画面上に表示されないように設定した。枠を拡大・縮小すると同じ比率で中の図形の大きさも拡大・縮小される。この正

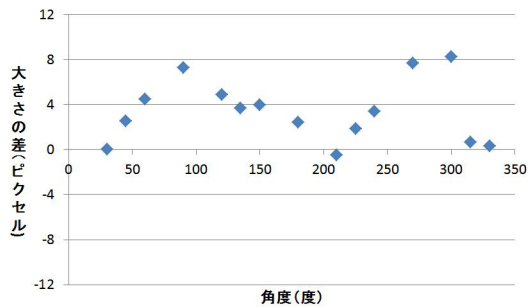
方形の一辺の長さをピクセル単位で計測し、得られた値を基に図形の大きさを判断した。

3.2 分散分析

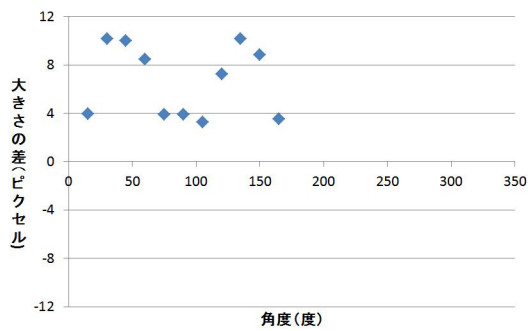
すべての参加者が調整した画像の大きさを角度毎に集計し、基準刺激の画像の大きさとの差の平均を求めた(図5(a)~(g))。また、大きく見えた角度から順に、刺激を左から



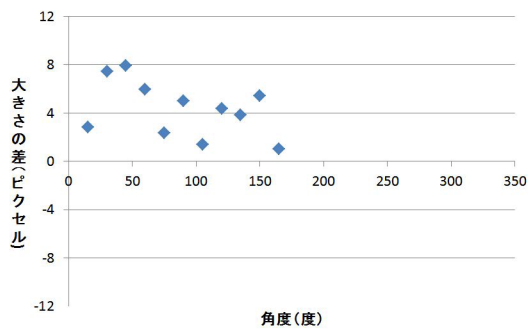
(a) 黄金三角形



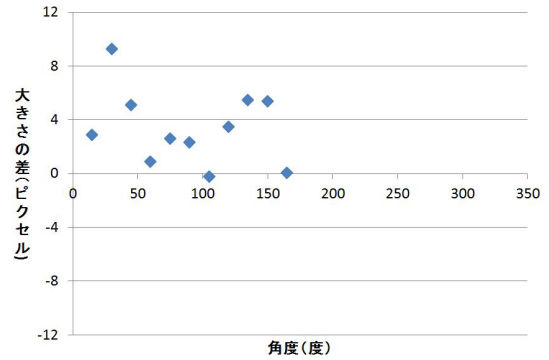
(b) 直角三角形



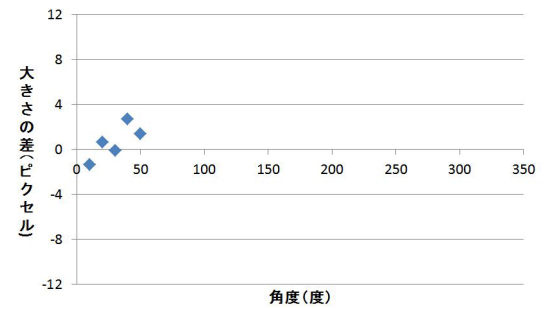
(c)  $\sqrt{2}$  矩形



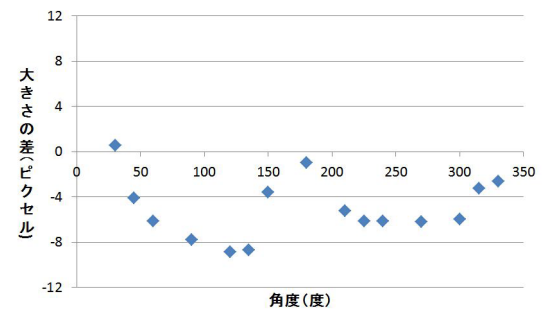
(d) 黄金矩形



(e)  $\sqrt{4}$  矩形



(f) 正六角形



(g) 滴形

図5 基準刺激と比較刺激の一辺の長さの差の平均

右へ並べて示した。(図6(a)~(g), 刺激数が多く1列に並べられない場合は2列としている)。配置角度を要因とした一要因分散分析を行い、各図形の見えの大きさに関して以下の結果が得られた。

黄金三角形では分析の結果、要因の主効果は有意でなかった( $F(14, 546) = 1.027$ )。図5(a)より、 $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $300^\circ$ ,  $315^\circ$ ,  $330^\circ$ では、配置角度が変わると基準刺激よりも大きく見えた。大きく見えた上位半分の配置角度は $315^\circ$ ,  $330^\circ$ ,  $300^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $30^\circ$ であった。

直角三角形では配置角度要因の主効果が有意であった( $F(14, 546) = 3.527$  ( $p < .001$ ))。図5(b)より、 $30^\circ$ ,  $210^\circ$ を除いて、配置角度が変わると、基準刺激よりも大きく見えた。特に $300^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $90^\circ$ が大きく見えており、それらに近い配置角度ほど大きく見えていた。黄金三角形と直角三角形では $300^\circ$ や $60^\circ$ の配置角度が共通して上位であった。

$\sqrt{2}$  矩形では配置角度要因の主効果が有意であった( $F(10, 390) = 2.875$  ( $p < .005$ ))。図5(c)より、いずれも配置角度が変わると基準刺激よりも大きく見えた。その中で特に大きく見えた角度は $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ であった。

黄金矩形では配置角度要因の主効果が有意であった( $F(10, 390) = 2.315$  ( $p < .05$ ))。図5(d)より、 $45^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $150^\circ$ が上位であった。

$\sqrt{4}$  矩形では配置角度要因の主効果が有意でなかった( $F(10, 390) = 1.470$ )。図5(e)より、 $30^\circ$ ,  $150^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $45^\circ$ の配置角度では大きく見えている。

正六角形は角度による見えの大きさの変化が小さく、分散分析の結果、配置角度要因の主効果は有意でなかった( $F(4, 156) = 0.848$ )。図5(f)より、大きい順に $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $20^\circ$ という順になった。

滴形では分散分析を行なった結果、配置角度要因の主効果が有意でなかった( $F(14, 546) = 1.224$ )。図5(g)より、配置角度が大きくなると、ほとんどの刺激の見えの大きさが小さくなる傾向がみられた。見えの大きさが基準刺激に近いのは、 $30^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $330^\circ$ などの配置角度であった。しかし有意差はなく、配置角度による影響を受けにくい傾向が見られた。

#### 4. 考察

3種類の矩形では、大きく見えた図形の配置角度は図形の長軸が垂直方向近くに配置されたものが多く、小さく見えたのは長軸が水平方向に近いものが多かった。これにより、図形の長軸が垂直方向に近い程、見えの大きさが大きいことが示唆された。この要因として、幾何学的錯視である垂直水平錯視[6]による垂直方向への過大視が影響したと考えられる。また、図形の各頂点から外部へ指向する方向(以下、指向性角度と記す。)[注1]の4つの角度が垂直に近いことが認められるので、この頂点から外部へ指向する方向の角度が要因であると考えられる。3種類の矩形の見えの大きさの変化が大きい順は、 $\sqrt{2}$  矩形, 黄金矩形,  $\sqrt{4}$  矩形の順となった。アスペクト比はこの順に大きくなっていくことから、アスペ

クト比が小さい程、すなわち正方形に近い程、見えの大きさの変化の配置角度依存性が大きいと考えられる。

黄金三角形では、鋭角な内角を持つ頂点が左上もしくは右上に向いているときに見えの大きさが大きく、左下や右下及び水平のとき小さく見えていた。それぞれの配置角度の差における見えの大きさの変化は、拙稿[5]における正三角形の結果と逆となった。正三角形においては逆正三角形の配置角度に近い程大きく見えるという結果が得られており、視野空間内の上半分に占める図形の面積が見えの大きさの要因となるのではないかと考察した。しかし、黄金三角形という二等辺三角形では、視野空間内の上半分に占める図形の面積が小さいにも関わらず、大きく見えるという結果となっている。これは、矩形の場合と同じように、黄金三角形の内角で一番角度が狭い頂点から外部への指向性の方向が影響していると考えられる。

直角三角形では、2つの鋭角の頂点からの指向性の方向が垂直方向に近いほど大きく見え、水平な図形ほど小さく見えていた。この結果から、図形の方向性に大きく影響すると思われる一番長い辺の方向や、指向性の方向が垂直に近いことが見えの大きさに影響していると考えられる。また、黄金三角形は配置角度が大きくなっても基準刺激とほぼ同じ大きさに見える刺激が多いが、直角三角形では逆に小さくなった。同じ三角形であっても辺の比率や内角が異なると、配置角度を変えたときの見えの大きさの変化の仕方が異なる可能性が考えられる。

正六角形は、内角が $120^\circ$ であり、刺激とした図形の中で最も内角が広い。拙稿[5]でも正三角形, 正方形, 正五角形を比較したときに正五角形の変化が小さいという傾向があった。これは、頂点の数が多し正多角形は角度の差をつけても形態の印象が変わらなくなることや、内角が大きくなると図形の各頂点からの内角の図形の頂点から外部へ指向する力が弱く、配置角度による見えの大きさの変化が起きにくいと考えられる。

滴形では、他の図形とは傾向が異なり、配置角度が変わると見えの大きさが小さくなった。この要因として、頂点の数の影響が考えられる。これは、武井[7]が著書の中で紹介している「シュバヌク(空間勢力)」や片山[8]が著書の中で述べている「空間力」と関連付けられる(本稿では、空間力と記す)。この図形の内部の空間力が及ぼす影響により、頂点への図形内部から拡大視が起きると、円弧の場合は図形の外形線から内側へ過小視が起こることが推測され[9]、1つの頂点と円弧を持つ滴形は過小視が起き易いと思われる。図6(g)では基準刺激と同じ大きさに見えた図形と基準刺激に共通する特徴として、頂点と中心を通る線(軸線)が垂直あるいは垂直に近い傾向があり、垂直水平錯視の影響を受けていると考えられる。

対象とした図形の頂点の数では、三角形と矩形が配置角度の影響が大きかった。また、頂点の数が多し正六角形や、頂点の数が少ない滴形では配置角度の統計的に有意な影響が見られなかった。よって、本論文で対象とした図形の範囲では、

平面図形の配置角度の差による見えの大きさへの影響

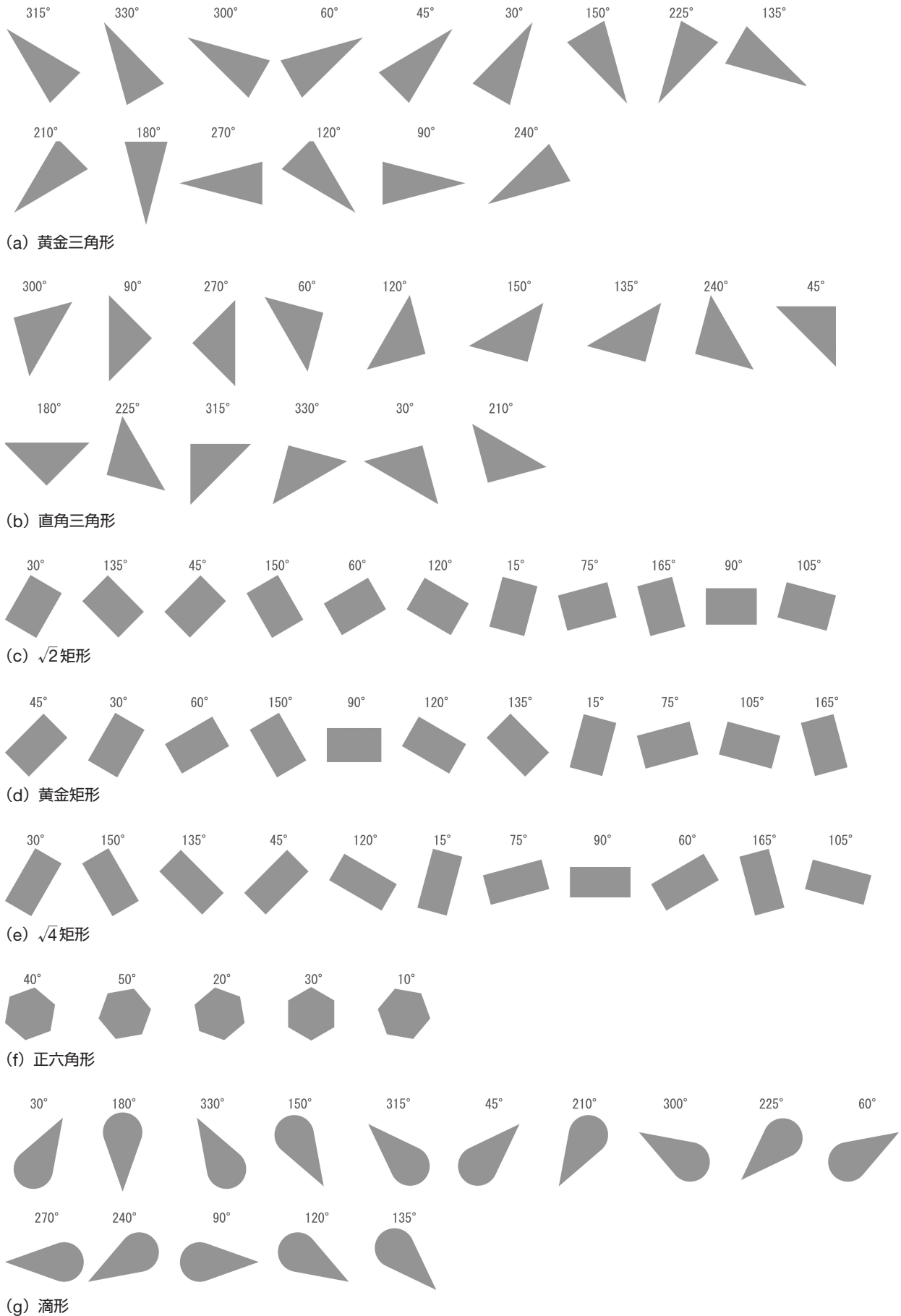


図6 刺激の見えの大きさ順とその配置角度 (大→小)

図形毎に配置角度の影響は異なり、頂点数の影響は、矩形の4個で大きく、次に3個で、5個以上や滴形のように1個の頂点と1個の円弧を持つ図形は影響が少ないと考えられる。

## 5. ま と め

本研究では、マークなどの平面図形をレイアウトする場合の視覚調整に応用できる感性基礎データを得ることを目的として、幾何学的図形の配置角度の差が見えの大きさへ与える影響、また、この要因となる図形毎の形態的特徴について検討を行った。その結果として、黄金三角形、 $\sqrt{2}$  矩形、黄金矩形において基準刺激と比較した図形の配置角度毎の見えの大きさの感覚量を明らかにした。これらの成果より、構成要素をデザインする場合や、画面上に視覚的バランスがとれた配置を可能とすることに応用できると考えられる。

今後の取り組みとしては、刺激とする幾何学的図形の色を変えてみることや、図形の内角を大きさと空間力との関連性について検討していく必要がある。

## 謝 辞

本研究は、科学研究費補助金(基盤(C), 課題番号: 23611017)「平面図形のシュバヌクに関する基礎研究—視覚効果の定量的評価」の一部として行ったものである。

## 注

[注1] 図形の各頂点から外部へ向かう方向とは、頂点の内角の2等分線の外部方向への方向と定義した。

## 参 考 文 献

- [1] 原田進: CIデザインング, 実務教育出版, p.216, 1989.
- [2] 今井省吾: 錯視図形 見え方の心理学, サイエンス社, p.4, 1984.
- [3] 金頭静, 野口薫, 日比野治雄: 幾何学図形の面積知覚に及ぼす形と視覚の効果, 感性工学研究論文, Vol.1, No.1, pp.1-6, 2006.
- [4] エルンスト・マッハ: 感覚の分析, 法政大学出版局, pp.90-91, 1971.
- [5] 福田弓恵, 木下武志: 平面図形の配置角度の差による見えの大きさへの影響—基本的な幾何学的図形及び弧成卵形について, 芸術工学会誌 第59号 (掲載予定).
- [6] 後藤倬男, 田中平八: 視覚の科学ハンドブック, p.16, 東京大学出版会, 2005.
- [7] 川喜田煉七郎, 武井勝男: 構成教育大全, 学校美術協会出版部, pp.14-38, 1934.
- [8] 片山哲夫: 色と形, マニュアルハウス, pp.54-66, 2007.
- [9] 片山哲夫: 色と形, マニュアルハウス, p.52, 2007.



木下 武志 (正会員)

1999年 神戸芸術工科大学大学院芸術工学研究科博士課程修了。博士(芸術工学)。現在、山口大学大学院理工学研究科准教授。武蔵野美術大学造形学部芸術デザイン学科卒業後、(株)白組に入社。TVCM等の映像制作(ディレクション、デザイン)に従事。視覚心理、基礎デザイン教育、広告表現、CG表現などデザイン学に関する研究を行っている。日本デザイン学会、芸術工学会各会員。



福田 弓恵 (学生会員)

2011年 山口大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。修士(工学)。現在、山口大学大学院理工学研究科博士後期課程在学中。視覚心理、基礎デザイン教育などデザイン学に関する研究を行っている。日本デザイン学会、芸術工学会各会員。



三宅 宏明 (非会員)

2012年 山口大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。修士(工学)。現在、山口大学大学院理工学研究科博士後期課程在学中。視覚心理、基礎デザイン教育などデザイン学に関する研究を行っている。日本デザイン学会会員。



長 篤志 (非会員)

1997年 山口大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。同年、山口大学工学部感性デザイン工学科助手。現在、山口大学大学院准教授。博士(工学)。動画像処理、コンピュータグラフィックス、デザイン工学、視覚心理学に関する研究に従事。情報処理学会、日本心理学会、日本映像学会、芸術科学会、IEEE各会員。



松田 憲 (正会員)

2005年 京都大学大学院教育学研究科博士後期課程修了。現在、山口大学大学院理工学研究科講師。博士(教育学)。心理学の実験手法を用いて、単純接触効果や概念形成、リスク認知、広告効果、ノスタルジアの研究を行っている。日本心理学会、日本認知科学会、日本認知心理学会、Cognitive Science Society各会員。