

〈一般研究課題〉 誘導灯の点滅特性が誘目性に及ぼす影響  
についての検討

助成研究者 大同大学 岡本 洋輔



## 誘導灯の点滅特性が誘目性に及ぼす影響 についての検討

岡本 洋輔  
(大同大学)

### The effect of flickering properties of visual targets on attracting attention

Yosuke Okamoto  
(Daido University)

#### Abstract :

This study aimed to examine attentional effects of flickering properties of light. Subjects performed two different visual search tasks; the luminance of distractors were identical in the experiment 1 but not identical in the experiment 2. In the experiment 1, the luminance of a target was steady (non-flickering) or temporally modulated at 20 Hz. Results showed that averaged detection time for the target decreased with increasing luminance of the target in both conditions. However, the luminance of target in the flickering condition was much lower than that in the steady condition when detection times in the two conditions were equal to each other. In the experiment 2, the luminance of visual target was steady or temporally modulated at 20 or 1 Hz. Results showed that averaged detection time for flickering target decreased, compared with that for steady target, with increasing luminance of the target. This tendency was observed more clearly for 20 Hz flickering target. The results of these experiments suggest that the attractiveness of the visual target improves when the target is flickering. Furthermore, it is considered that the attentional effect can be obtained for flickering target with a high temporal frequency even when the luminance change is relatively small.

## 1. はじめに

誘導灯は、非常時に滞在者が避難経路を正確に認識し迅速な行動をとることができるようにするために重要な役割を果たしている。従って誘導灯には視認性・誘目性・可読性について高い性能が要求されている。しかし、現在の日本には建物内の広告設置に対する規制がないため、不要なサインが建物内に存在しており、これらが避難経路を探す際の妨げとなることで瞬時に避難経路を見つけれないという危険性が指摘されている[1]。このことから、誘導灯の誘目性をより高めることは重要であると考えられる。

視対象の誘目性の向上には様々な物理的特性が寄与することが知られている[2]。そのうちのひとつとして、点滅(明るさの時間的な変動)する視対象は、点滅しない(明るさが時間的に変化しない)視対象と比較して誘目性が高いことが知られており[3]、一般の生活環境においても、視覚的注意を促したい対象に点滅が使用されている場合がある。また最近では、誘目性向上を目的として点滅機能を付加した避難口誘導灯の設置も進んでいる[4]。

しかしながら、点滅の物理的特性とその誘目効果の程度との関係については不明な点も多い。そこで本研究は、視対象の点滅特性による誘目効果の程度を明らかにすることを目的とする。実験では複数の妨害刺激の中から探索対象となる目標刺激を見つけ出すという課題を使用し、目標刺激を見つけるまでに要する時間を、目標刺激が点滅している場合と点滅していない場合とで比較することによって誘目効果の程度を検討した。実験1として妨害刺激の輝度が定常かつ均一な状態で目標刺激を見つける課題を、実験2として妨害刺激の輝度が定常であるが不均一な状態で目標刺激を見つける課題を使用した結果について述べる。

## 2. 実験 1

### 2.1. 実験方法

#### 2.1.1. 視覚刺激

被験者の眼前に配置した液晶ディスプレイ上に、1個の目標刺激と15個の妨害刺激を呈示した。妨害刺激群の輝度は同一で時間的に変化しないものとし、目標刺激が点滅する条件(点滅条件)と点滅しない条件(定常条件)の2条件を設定した。各妨害刺激の輝度は $70 \text{ cd/m}^2$ に固定した。点滅条件での目標刺激は、輝度が時間的に変動し、その時間周波数を $20 \text{ Hz}$ 、平均輝度を $70 \text{ cd/m}^2$ とし、最大輝度を5条件で変化させた。定常条件においても、最大輝度を5条件設定し変化させた。いずれの条件においても、目標刺激の呈示位置は課題の試行ごとにランダムに変化させた。視覚刺激の色は白黒とし、形は正方形に統一したが、大きさはランダムに変化させた。図1に呈示した刺激の例を示す。



図1. 目標刺激及び妨害刺激の呈示例

#### 2.1.2. 実験手順

被験者には、ディスプレイ中央に呈示された固視点を注視するように依頼し、目標刺激及び妨害刺激が呈示されたら目標刺激を探索し、見つけたらできるだけ早くボタンを押して回答するように

指示した。回答の制限時間は10秒とした。点滅条件と定常条件において、それぞれの輝度条件での試行を50回繰り返した。点滅条件と定常条件及び各輝度条件の実験順は、被験者間で変化させた。また実験前に、点滅条件と定常条件のそれぞれにおいて、最大輝度が最も低い条件と最も高い条件とで練習を行ってもらった。

各輝度条件での実験が終わるごとに主観評価アンケートを行い、「目標刺激の気づきやすさ」と「目の疲れ」について5段階で回答してもらった。

### 2.1.3. 被験者

被験者は男性6名、女性4名の計10名で、全被験者の視力は0.8以上(視力矯正有)とした。

## 2.2. 結果

### 2.2.1. 探索時間

点滅条件と定常条件のそれぞれにおいて、各輝度条件で目標刺激を見つけるまでの時間(探索時間)を全被験者間で平均した。点滅条件での結果と定常条件での結果を図2に示す。点滅条件では、目標刺激の最大輝度が高くなるにつれて探索時間が短くなった。一元配置分散分析と多重比較の結果、最大輝度が高い2条件と低い2条件の間で探索時間に有意な差が見られた( $p < 0.01$ )。また、定常条件においても、最大輝度が高くなるにつれて探索時間が短くなった。一元配置分散分析と多重比較の結果、最大輝度が最も高い条件とその他の条件間で探索時間に有意な差が見られた( $p < 0.01$ )。

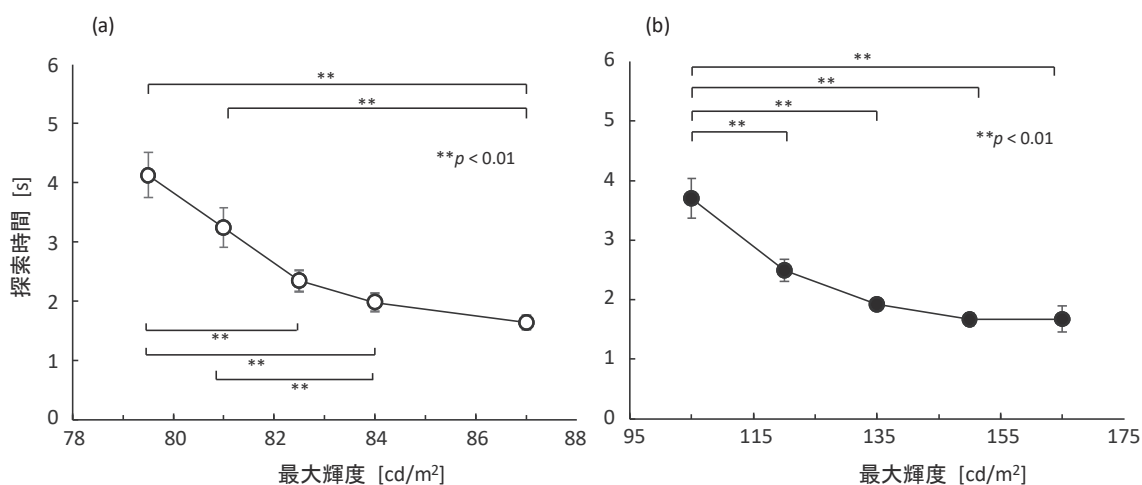


図2. 点滅条件(a)と定常条件(b)での探索時間の平均値 (\*\* $p < 0.01$ )

### 2.2.2. 正答率

各輝度条件において、目標刺激を制限時間以内に正しく回答できた場合を正解とし、実験条件ごとに正答率を算出した。その結果、点滅条件と定常条件のそれぞれで、最大輝度が最も低い条件以外では、正答率が95%以上となった。分散分析と多重比較の結果、最も輝度が低い条件では正答率が有意に低くなった( $p < 0.01$ )。

### 2.2.3. 主観評価

点滅と定常の各条件において、各輝度条件での目標刺激の気づきやすさについての回答を全被験者間で平均した。いずれの条件でも、最大輝度が高くなるにつれて気づきやすくなっており、分散

分析と多重比較の結果，最大輝度が最も高い2条件では，最も低い輝度より有意に気づきやすさが高くなっていた( $p < 0.05$ )．一方，目の疲れに関しては，点滅条件と定常条件による差は見られなかった．

### 3. 実験2

#### 3.1. 実験方法

##### 3.1.1. 視覚刺激

被験者の眼前に配置したディスプレイ上に1個の目標刺激と15個の妨害刺激を呈示した．目標刺激と妨害刺激群の形はいずれも正方形とし，その中に1本の線が描かれているが，目標刺激中の線は垂直とし，妨害刺激中の線には傾きを持たせた．妨害刺激の輝度は時間的に一定とし，20から120  $\text{cd}/\text{m}^2$  の間でランダムに変化させた．目標刺激の輝度は時間的に変動させ，その点滅周波数は20 Hzと1 Hzの2条件を設定した．平均輝度は妨害刺激と同様に20から120  $\text{cd}/\text{m}^2$  の間でランダムに変化させた．また点滅時の輝度変化については，各平均輝度からの変化幅を0から7.5 %間で6段階に変化させた．平均輝度からの輝度変化幅が0 %の場合は点滅しておらず定常であることを意味し，輝度変化幅が大きいほど，点滅時の輝度変化が大きいことを示す．また，目標刺激の呈示位置は試行ごとにランダムに変化させた．視覚刺激の色は白黒とし，正方形の大きさはランダムに変化させた．図3に呈示した刺激の例を示す．

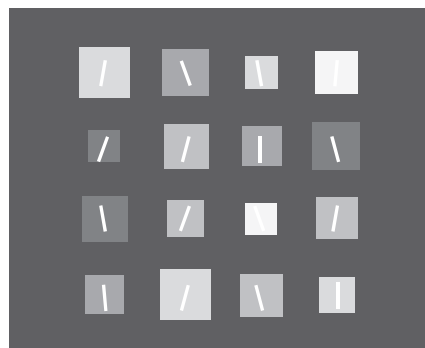


図3. 目標刺激及び妨害刺激の呈示例

##### 3.1.2. 実験手順

被験者には，ディスプレイ中央に呈示された固視点を注視するように依頼し，目標刺激及び妨害刺激が呈示されたら目標刺激を探索し，見つけたらできるだけ早くボタンを押して回答するように指示した．回答の制限時間は10秒とした．各輝度変化幅条件をランダムに呈示し，各条件での呈示回数が40回になるまで試行を繰り返した．また実験前に，輝度変化幅が最も小さい条件と最も大きい条件とで練習を行ってもらった．

各点滅周波数での全試行終了後に，主観評価アンケートを行い，「目標刺激の気づきやすさ」と「目の疲れ」について5段階で回答してもらった．

##### 3.1.3. 被験者

被験者は男性10名，女性2名(20歳～22歳)の計12名で，全被験者の視力は1.0以上(視力矯正あり)とした．

### 3.2. 結果

#### 3.2.1. 探索時間

各点滅周波数条件において，各輝度変化幅条件での探索時間を全被験者間で平均した．点滅周波数が20 Hz条件での結果を図4に，1 Hz条件での結果を図5に示す．点滅周波数が20 Hzの条件では，目標刺激の輝度変化幅が0%(つまり目標刺激の輝度が定常)の場合に，最も探索時間が長く，点滅の輝度変化幅が大きくなるほど探索時間が短くなる傾向がみられた．一元配置分散分析と多重比較

の結果、ほぼ全ての輝度変化幅間で有意差がみられたが( $p < 0.01$ )、輝度変化幅が0と1.5%の間および6と7.5%の間には有意差は見られなかった。また、点滅周波数が1 Hzの条件では、輝度変化幅が0%の場合に最も探索時間が長く、点滅の輝度変化幅が大きくなるほど探索時間が緩やかに短くなる傾向が見られた。一元配置分散分析と多重比較の結果、輝度変化幅が0%と6および7.5%の間( $p < 0.01$ )と1.5と7.5%の間( $p < 0.05$ )で探索時間の有意な変化が見られた。

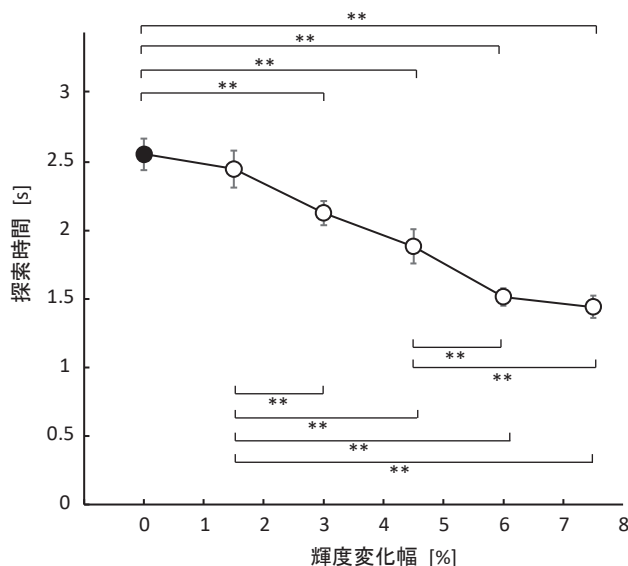


図4. 点滅周波数が20 Hzでの探索時間の平均値(\* $p < 0.01$ )

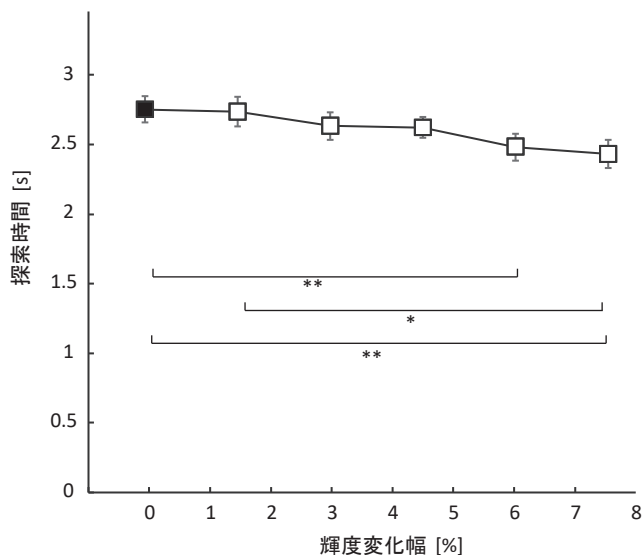


図5. 点滅周波数が1 Hzでの探索時間の平均値(\*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ )

### 3.2.2. 正答率

各輝度条件において、目標刺激を制限時間以内に正しく回答できた場合を正解とし、実験条件ごとに正答率を算出し、全被験者間での平均を求めた。その結果、全ての点滅周波数および輝度変化幅条件で正答率は97%以上であった。各点滅周波数条件において、一元配置分散分析を行った結果、いずれも輝度変化幅による正答率の有意な変化は見られなかった。

### 3.2.3. 主観評価

各点滅周波数条件での実験後に得られた、目標刺激の気づきやすさについての回答を全被験者間で平均した結果を図6に示す。一元配置分散分析の結果、目標刺激の点滅周波数が1 Hzと比較して20 Hzの方が有意に気づきやすさの評価値が高くなった ( $p < 0.01$ )。一方、目の疲れに関しては、目標刺激の点滅周波数が20 Hzの方が主観的目疲労度は高くなる傾向がみられるものの、有意な差はなかった。

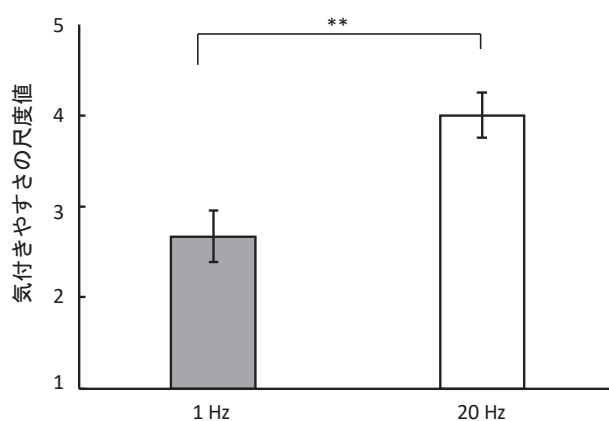


図6. 各点滅周波数条件での目標刺激の気づきやすさ (\*\* $p < 0.01$ )

## 4. 考察

### 4.1. 妨害刺激の輝度が均一な条件での検討

探索対象である目標刺激の輝度が定常な場合と点滅している場合の両方において、目標刺激の最大輝度が高くなるほど探索時間は短くなった。これは妨害刺激に対して目標刺激の輝度が相対的に高くなるほど、目標を早く見つけることができることを示している。しかしながら、探索に必要な時間が同程度の場合の目標刺激と妨害刺激の輝度差に、点滅と定常の両条件間で大きな違いがあることが分かる。両条件とも妨害刺激の輝度は70 cd/m<sup>2</sup>としているが、例えば探索に要する時間を2.0秒とした場合、目標刺激の最大輝度は、点滅条件では82.7 cd/m<sup>2</sup>必要であるのに対し、定常条件では130.8 cd/m<sup>2</sup>が必要となる。このことは、周囲の視覚刺激の輝度が均一なときに、視対象が点滅する場合には、点滅しない場合と比較して、輝度差がそれ程大きくなくても視対象を見つけ出すことができることを示している。

また主観評価測定では、点滅条件と定常条件の最も高い輝度では、ほぼ同程度の気づきやすさと評価されており、また両者の探索時間もほぼ等しかった。この様に探索時間と気づきやすさの主観結果が対応していることは、本実験で取得した探索時間はうまく視対象の気づきやすさを反映できていると考えられる。

点滅と定常の両条件とも、最大輝度の最も低い条件で他の条件よりも正答率が有意に低くなった。これは、目標刺激と妨害刺激の輝度差が小さく、目標刺激を見つけることが他の条件と比べて非常に難しかったためだと考えられる。また、両条件とも、最大輝度の高い2条件間で反応時間の差があまり見られなかったことから、ディスプレイに刺激が呈示されてから輝度あるいは点滅の違いを探し出し、ボタンを押すまでの時間が最低でも1秒程度は必要であったと思われる。

### 4.2. 妨害刺激の輝度が不均一な条件での検討

目標刺激の点滅周波数が20 Hzの場合には、点滅の輝度変化幅によって探索時間が有意に変化した。この結果は、本実験では妨害刺激の輝度および目標刺激の平均輝度はランダムに変化するため、目標刺激の探索に妨害刺激からの輝度差を手がかりとして使用できないが、目標刺激が点滅することで気づきやすさが異なることを示している。目標刺激が点滅していない場合(輝度変化幅が0%)と比較して、輝度変化幅1.5%の場合には探索時間の有意な差はみられなかったが、輝度変化



幅が3 % 以上の場合には探索時間が有意に短くなった。例えば目標刺激の点滅輝度変化幅が3 % の場合には、点滅していない場合よりも探索時間が約0.4秒短くなった。また輝度変化幅が大きくなるほど探索時間が短くなった。これらの結果は、平均輝度に関わらず目標刺激が比較的早い周期で点滅している場合にはその刺激を見つけやすくなることを示しており、さらに点滅の輝度変化が大きいほど見つけやすいことを示している。しかしながら、点滅の輝度変化幅が6 と7.5 % の間に探索時間の有意な差が見られなかったことについては、輝度の異なる刺激群の中から目標刺激を探し出しボタンを押すまでに、目標刺激の平均輝度間で異なると思われるが、平均すると1.5秒程度は必要であったためだと考えられる。

また、目標刺激の点滅周波数が1 Hzの場合にも、探索時間に対する点滅の輝度変化幅の効果が有意であった。しかしながら、目標刺激が点滅していない場合と比較して、点滅の輝度変化幅が6 % 以上の場合にのみ探索時間が有意に短くなった。このことは、比較的遅い周期であっても、目標刺激が点滅している場合には見つけやすくなるが、誘目効果を得るには早い周期での点滅と比べて輝度変化幅が大きい必要があることを示している。また、目標刺激の気づきやすさの主観評価においても、点滅周波数が20 Hzの方が1 Hzの場合よりも有意に高くなった。これらのことから、目標刺激が点滅していない場合よりも点滅している場合の方が目標刺激の誘目性が高まるが、点滅の周波数が比較的高い方が誘目効果は大きいと考えられる。

#### 4.3. 総合的考察

実験1では、妨害刺激の輝度が定常かつ均一な条件で目標刺激を見つけ出す課題を用いて実験を行った。本実験結果からは、周辺の妨害刺激からの輝度差を手がかりに目標刺激を見つけ出そうとする場合、目標刺激の輝度に時間変動を加えることで、小さい輝度差でも誘目効果が得られることが示された。また、実験2では、妨害刺激の輝度が定常かつ不均一な条件で目標刺激を見つけ出す課題を用いて実験を行った。本結果からは、目標刺激の探索の手がかりに周辺からの輝度差が使えない状況であっても、目標刺激に輝度の時間的変動が含まれることで誘目性が高まることを示された。いずれの実験結果も、探索対象に輝度の時間的変動が含まれることによって、その視対象の誘目性が高まることを示している。さらに、点滅周波数が高い場合には、点滅の輝度変化幅の増加に伴って誘目性が大きく変化するが、比較的小さい輝度変化範囲でも誘目効果が得られると考えられる。

#### 参考文献

- [1] 秋月有紀他, 立体角投射率を用いた避難経路のサイン設置状況の把握 円滑な避難誘導のための視環境計画に関する研究 その1, 日本建築学会環境系論文集, 第74巻, pp. 767-773 (2009).
- [2] 小松由佳, LED防災照明器具(屋内), 照明学会誌, 第101巻, pp. 450-453 (2017).
- [3] Cass, J., Van der Burg, E., and Alais, D. Finding flicker: critical differences in temporal frequency capture attention. *Frontiers in Psychology* 2, 320 (2011).
- [4] Franconeri, S. L., and Simons, D. J. Moving and looming stimuli capture attention. *Perception & Psychophysics* 65, 999-1010 (2003).

