

視覚情報量の算定とその応用

5F-1

小林富士男 坪井始 田中始男 美咲隆吉

福山大学 工学部

1. まえがき

ある視対象に対する確定的視覚情報量を算定する理論を提案する。次にそれを具体的な漢字指標に適用して、文字の大きさ、漢字の字画、文字のコントラスト、照度、観測距離などが視覚情報量に及ぼす影響を計算機シミュレーションによって求め、その結果について考察を行う。

2. 視覚情報量

視覚の最も基本となるのは、網膜上へ結像した像の濃度分布とそれに対する視細胞の応答である。視力 V は空間的に分離して知覚できる最小の視角 θ の逆数で与えられ、次式のように表される。

$$V = \frac{1}{\theta} \quad (1)$$

ただし、 θ の単位は分である。

$$\text{網膜上で分離して知覚できる最小距離 } \delta \text{ は、眼の結節点から網膜までの距離を } l \text{ とすると、} \\ \delta = l \cdot \theta \quad (2)$$

となる。視力1.0は $\theta = 1.0 \text{ (min)} = 2.91 \times 10^{-4} \text{ (rad)}$ であるから、 $l = 17 \text{ (mm)}$ とすると、 $\delta = 4.95 \text{ (}\mu\text{m)}$ となる。

視標画像の濃度値を $f(x, y)$ とし、網膜上で得られる画像の濃度分布を $g(x, y)$ とすると、それらの関係は次式のように表すことができる。

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x-\xi, y-\eta) \cdot f(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad (3)$$

ただし、 $h(x, y)$ は点広がり関数（ぼけを表す関数）で、一般にはガウス分布になることが多く、次式のように表される。

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \text{EXP} \left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right) \quad (4)$$

ここで、 σ は標準偏差である。

受容野の感度分布はガウス分布の差としてDOG関数で記述されるので、網膜から出力される画像の濃度分布 $Z(x, y)$ は、

$$Z(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} D(x-\xi, y-\eta) \cdot g(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad (5)$$

となる。ここで、DOG関数は次のように表される。

$$D(x, y) = \frac{K_1}{2\pi\sigma_1^2} \text{EXP} \left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2} \right) - \frac{K_2}{2\pi\sigma_2^2} \text{EXP} \left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2} \right) \quad (6)$$

ただし、 σ_1, σ_2 は興奮性領域および抑制領域の広がりを表すガウス分布の標準偏差であり、 K_1, K_2 はその強さを表す。

いま、出力画像の濃度分布 $Z(x, y)$ 上に、離散的な番地記号 (x_i, y_j) を付け隣接画素の濃

Calculation of the Amount of Visual Information and its Applications

Fujio Kobayashi, Hajime Tsuboi, Motoo Tanaka and Takayoshi Misaki

Faculty of Engineering, Fukuyama University

1 Banchi, Gakuen-cho, Fukuyama-shi, Hiroshima, 729-02, Japan

度差の絶対値から濃度差識別段階数を求め、その総和を計算すれば、複雑な図形に対しては大きな値となる。その総和値 S は次式で求められる。

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^n F_M [| Z(x_{i+1}, y_j) - Z(x_i, y_j) |] + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n-1} F_M [| Z(x_i, y_{j+1}) - Z(x_i, y_j) |] \quad (7)$$

ここで、 n は出力画像濃度値の番地の最大値である。 $F_M []$ は濃度差の絶対値から識別し得る濃度段階数への変換を表し、次式で与えられる。

$$F_M = \frac{M}{0.0123(0.808 + M^{1/2})^2} \quad (8)$$

ただし、 M は眼の順応光束発散度 (rdx) である。

なお、 S の代わりに 2 を底とする対数をとれば、情報理論における情報の単位 (bit) となり、それを視覚情報量と定義し H で表す。

$$H = \log_2 S \quad (9)$$

さらに、濃度差識別段階数の総和の代わりに、自乗和の平方根を視覚情報量 H_2 と定義すれば、次式のようになる。

$$H_2 = [\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^n \{ F_M [| Z(x_{i+1}, y_j) - Z(x_i, y_j) |] \}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n-1} \{ F_M [| Z(x_i, y_{j+1}) - Z(x_i, y_j) |] \}^2]^{1/2} \quad (10)$$

3. 文字の視覚情報量

印刷漢字の読み易さを比較してみると、大きい文字、高いコントラストの文字、字画の少ない文字を近い距離から明るい状態で観察する方が、小さい文字、低いコントラストの文字、字画の多い文字を遠い距離から暗い状態で観察するより容易である。わが国の出版物で使用されている活字の中では、8ポイントのものが最も多い。図1は、8ポイントの明朝体の印刷漢字を様々な視力の観測者が十分な明るさの下で、観測距離30 (cm) にて見た場合、それぞれに得られる視覚情報量 H_2 の値を示したものである。

4. むすび

人間の眼の明るさに対する視力と濃度差識別特性を模擬した網膜中心くぼみのモデルを仮定し、網膜の出力の差分値に重点を置いた視覚情報量を定義した。応用例として、明朝体の漢字についての電子計算機シミュレーションを行った。本研究で提案した視覚情報量は確率論的な情報量とは異なり、視対象および観測条件が定まれば確定的に得られる。また、この視覚情報量は視覚の経験則とも一致するので、視覚に関する評価、設計問題等の応用に役立つものと思われる。

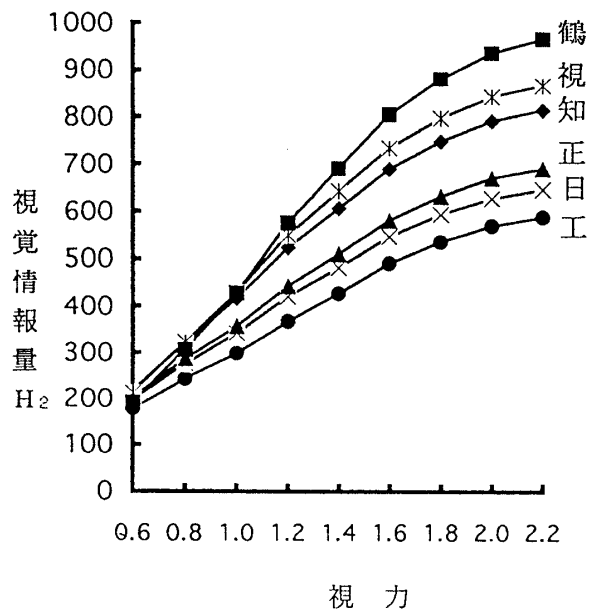


図1 視力と視覚情報量との関係