

確率的誘導探索モデルによる 視覚的注意の移動メカニズムの研究

小池 耕彦¹
齋木 潤^{2,1}

1 京都大学大学院 情報学研究科

E-mail: {koike,saiki}@cog.ist.i.kyoto-u.ac.jp

2 科学技術振興事業団 (JST)

URL: <http://www.cog.ist.i.kyoto-u.ac.jp/>

Some models dealt with the mechanism of attentional shift, and they could well simulate the characteristics of human performance in simple visual search tasks, e.g. pop-out search and conjunction search. However, these earlier models do not seem to be able to explain why search asymmetry in visual search occurs. Search asymmetry is likely to reflect changes in relative saliency between a target and distractors, but the earlier models with a deterministic WTA ignore relative saliency because they always shift the focus of attention solely based on the rank-order of the saliency. We proposed a stochastic saliency model, and the model well simulated the search asymmetries in visual search task. In this study, we show that the model also well simulates the triple-conjunction search task. This result suggests that our visual system may achieve high-speed information processing in exchange for rough and stochastic processing.

Keywords: Spatial visual attention, Saliency map, Triple conjunction search, Stochastic saliency map model

はじめに

網膜を通して外界から得る膨大な視覚情報の中から必要な物だけを取捨選択するために、我々の視覚メカニズムには“視覚的注意”と呼ばれるメカニズムがあると考えられている。

我々は視覚的注意が空間上を移動するメカニズムを説明するモデルとして、先行研究(Itti & Koch, 2001)を改良した確率的誘導探索モデルを提案した(Koike & Saiki, 2002)。モデルはポップアウト探索および結合探索、さらに特徴欠如による探索非対称性(Treisman & Gormican, 1988)を良く説明する事ができた。

本論文では、モデルに3重結合探索課題における探索効率の変化をシミュレーションさせ、モデルが視覚探索課題における種々の探索特性を説明できる可能性がある事を示す。

確率的誘導探索モデル

確率的誘導探索モデルは大きく分けて、顕著性マップと確率的WTA(Winner-Take-All network)の2つのモジュールの組み合わせにより構成される。

顕著性マップは、視覚環境内に存在するオブジェクトの顕著性をコードするモジュールであり、種々の初期視覚特徴をコードしている特徴マップを線形和する事により構成される。本研究では10種類の特徴マップを用意した。脳内でどのような情報が視覚特徴としてコードされているかについては、議論の必要がある(Itti et al., 2001)。

確率的誘導探索モデルでは、各々の特徴マップは、特徴内競合および特徴間競合という2種類の競合を経た後に顕著性マップへと線形和される。顕著性マップは各々が特定の位置をコードするユニットの配列で構成され、各ユニットはその位置での顕著性の値に比例した発火頻度で、ランダムなタイミングでパルスを生

成する。このパルスは、確率的WTAを構成する、同じ位置をコードしているニューロンへと送られる。

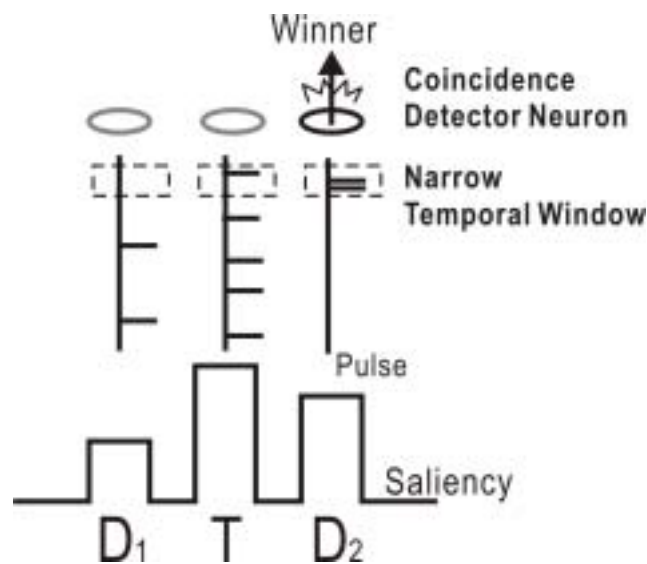


図1. 確率的誘導探索モデルの概念図。

確率的WTAはON-center-OFF-surroundに結合したニューロン群からなり、各々のニューロンは特定の空間位置をコードしている。また各ニューロンは同位置をコードする顕著性マップのユニットからの結合を持つ。この構造は先行研究(Itti et al., 2001)において利用されている決定論的WTAと同様である。

しかしながらWTAニューロンの入力に対する時定数が異なる為、その働きにおいては、決定論的WTAと確率的WTAとは大きく異なる。確率的WTAの概念図を図1に示す。WTAニューロンは、顕著性マップからの入力パルスに対して比較的狭い時間窓を持っており、同時的なパルスを検出した位置を勝者とする。すなわち、WTAニューロンはパルスの同時性検出器として働く。

前述のように，WTAへ入力されるパルスの頻度は，その位置に存在するオブジェクトの顕著性に比例しているが，その生成タイミングはランダムである．よって，顕著性の最も高い位置は同時的なパルスを生成して勝者となる確率が高い．しかし最も顕著性の高い位置が必ず，最初に勝者となる訳ではない．

先行研究で仮定されている決定論的なWTAでは，最初に勝者となる位置は必ず，最も顕著性の高い位置である．すなわち，注意の焦点の向けられる順序は顕著性の順の情報によって制御される．

これに対して確率的なWTAを利用したメカニズムでは，顕著性の順序ではなく，顕著性の大きさの情報によって注意の焦点を向ける位置が制御される事となる．

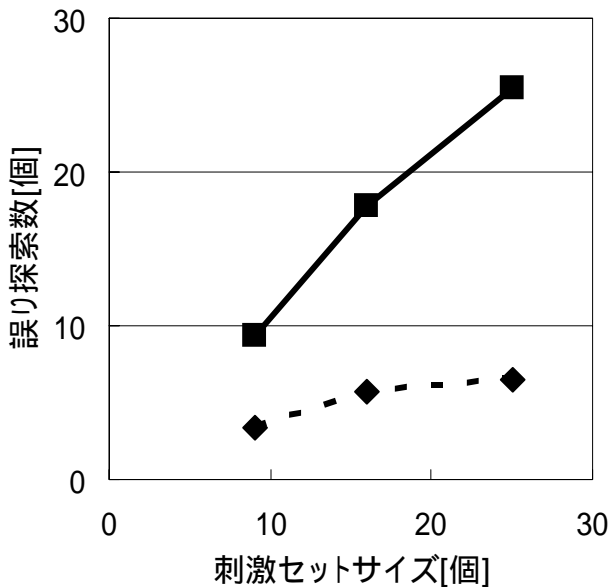


図 2. シミュレーション実験の結果．実線は 3-1 結合探索刺激，点線は 3-2 結合探索刺激を提示した場合の探索特性．

シミュレーション実験

本研究ではモデルに3重結合探索課題を行わせた．モデルに提示した刺激は，3-1結合探索刺激と3-2結合探索刺激である．3-1結合探索刺激とは，3つの特徴の組み合わせからなる刺激セットにおいて，ターゲットとディストラクタとが1つの特徴において異なるような刺激セットである．同様に3-2結合探索刺激では，ターゲットとディストラクタが2つの特徴によって異なる．先行研究によれば，3-1結合探索刺激での視覚探索では非効率的な探索特性が観察され，3-2結合探索課題では効率的な探索特性が観察される(Quinlan & Humphreys, 1987)．またこの2つの刺激が顕著性マップを構成する時には，3-2結合探索刺激の方がターゲットとディストラクタ刺激との顕著性の差が大きくなる

事がDecoらの研究で示されている(Deco, Polatos, & Zihl, 2002)．すなわち確率的顕著性マップモデルが顕著性の差の情報を反映した探索効率を常に示すのであれば，モデルは2種類の3重結合探索課題をシミュレートする事ができるはずである．

シミュレーション結果を図2に示す．実線が3-1結合探索刺激を提示した場合，破線が3-2結合探索刺激を提示した場合である．横軸は刺激セットサイズ，縦軸は誤り探索数を示す．探索効率は，誤り探索の数で定義される．

3-1結合探索刺激を提示した場合には，誤り探索の数はセットサイズとの相関を示した．すなわち探索は非効率的な探索と呼ばれる特性を示した．

これに対して3-2結合探索刺激を提示した場合には，誤り探索の数はセットサイズにほぼ依存しなかった．すなわち探索は効率的な探索であった．

これらの結果は，心理実験において得られている結果と定性的に一致するものである．確率的誘導探索モデルは3重結合探索課題における探索非対称性をシミュレートする事ができたとと言える．

結論

確率的誘導探索モデルは，ターゲットとディストラクタの持つ顕著性の差を利用したメカニズムにより，視覚的注意が空間上を移動する仕組みを説明する．このモデルは視覚探索課題において観察されている特定の探索特性を説明するだけでなく，多くの探索特性を説明するモデルとして一般化する事が可能である．

この事は，我々の視覚的注意のメカニズムが高速な情報処理を行う為に，同時性発火検出ネットワークを利用した確率的なメカニズムを利用している可能性を示しているのかも知れない．

引用文献

- Deco, G., Polatos, O., & Zihl, J. 2002 The time course of selective visual attention: theory and experiments. *Vision Research*, 42, 2925-2942
- Itti, L., & Koch, C. 2001 Computational Modeling of Visual Attention. *Nature Neuroscience Review*, 2, 194-204
- Koike, T., & Saiki, J. 2002 Stochastic Guided Search Model for Search Asymmetries in Visual Search Tasks. *Lecture Notes in Computer Science*, 2525, 465-478.
- Quinlan, P. T., & Humphreys, G. T. 1987 Visual search for targets defined by combinations of color, shape and size: An examination of the task constraints on feature and conjunction search. *Perception & Psychophysics*, 41, no.5, 455-472