

シーン認識の個人間変異の遺伝的基盤に関する 認知遺伝学的研究

菊野 雄一郎
松永 哲郎
齋木 潤

京都大学大学院 人間・環境学研究科

京都大学大学院 農学研究科食の未来戦略講座(味の素寄付講座)

京都大学大学院 人間・環境学研究科

If we see a picture of “Mountain” or “Highway”, we can categorize it as “Natural” or “Man-Made”. Even though there was an individual difference in the scene categorization task, many researchers have considered it as experimental errors. In order to investigate the individual difference, the present research examined the relationship between scene categorization performance and target genetic polymorphisms (CHRNA4). In a behavioral task, participants had to judge whether a presented picture was “Natural” or “Man-Made” as quickly and accurately as possible. CHRNA4 was divided into CC/CT/TT. The results showed there was greater accuracy of Natural scene categorization as more T allele was consisted (TT /CT >CC). Therefore, the present research suggested that the individual difference of scene categorization could be affected by CHRNA4.

Keywords: Scene Categorization, Individual Difference, Gene Polymorphisms

問題・目的

ヒトの行動には個人差がある。その個人差は、遺伝要因、環境要因の両者によって規定される。本研究では、その中でも遺伝要因に着目する。近年では、我々の認知機能に重要な役割を果たす神経伝達物質、アセチルコリンに関わる遺伝子、CHRNA4が報告されている。CHRNA4はニコチン受容体のサブユニットの神経活動を変異させる遺伝子である。過去の研究では、Parasuraman, Greenwood, Kumar & Fossella (2005)が、対象に注意を向けることによる反応促進の効果とCHRNA4の関連を指摘した。では、CHRNA4は注意だけに関連しているのだろうか。

本研究では、3個の注意関連課題(Attention Network Test、視覚探索×2)、2個の注意が関連しているか否か議論のある課題(Crowding、シーンカテゴリ認識)を選択し、CHRNA4との関連を検討した。今回は、その中でも、注意が関連しているか否か議論のあるシーンカテゴリ認識で得た興味深い結果を報告する。実験は、シーン研究で伝統的に用いられているシーンカテゴリ認識課題を採用した(Loscky et al., 2007)。具体的には、協力者に数十ミリ秒呈示されたシーン画像が自然風景の写ったNatural画像であったか、ヒトによって作られたものが写ったMan-made画像であったかのカテゴリ判断をさせた。そして、正答率をCHRNA4多型間で比較した。

方法

実験協力者 実験に参加したのは、100名の大学生・大学院生で、実験前に京都大学大学院人間・環境学研究科倫理委員会規則に基づきインフォームドコンセントが行われた。協力者全員が正常な裸眼もしくは矯正視力を有していた。

刺激 シーン画像はOliva & Torralba (2001)のデータベースから、432枚のシーン画像を抽出した。シーン

画像は、Beach・Mountain・Highway・City Centerが写った画像から構成されていた。BeachとMountainはNaturalカテゴリ、HighwayとCity-CenterはMan-Madeカテゴリに属していた(Figure 1:Top)。

マスク画像は、シーン画像と同様のデータベースから抽出した432枚の画像を高速フーリエ変換後、位相をランダム化した画像を逆フーリエ変換して得られた画像をマスク画像とした。

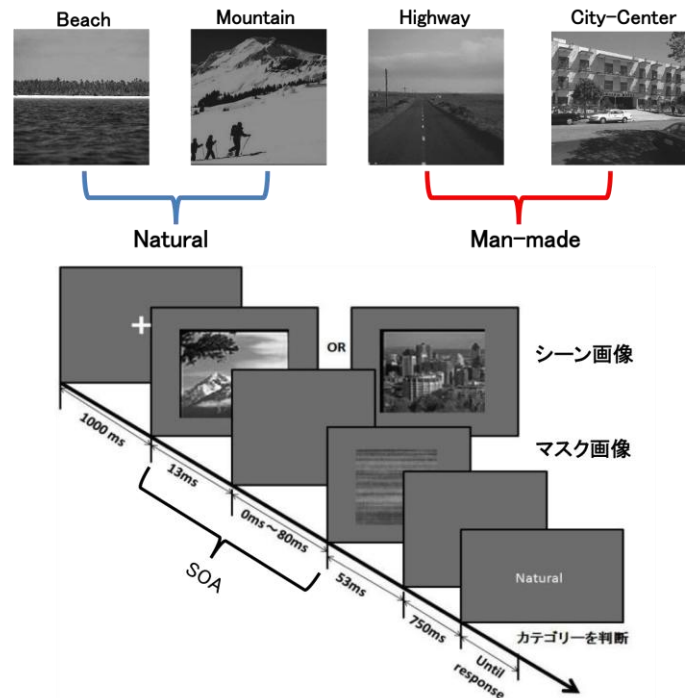
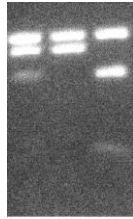


Figure 1.Top: Scene stimulus used (left: Natural, right: Man-made). Bottom: The timeline for scene categorization task.

手続き Figure 1 下部に実験の流れを示す。各試行では、十字の注視点が1000ms呈示された。その後、

NaturalかMan-Made画像が13ms呈示された。その後、ブランク画面が0ms・27ms・54ms・80ms (SOA(シーン画像~ブランク画面)=13ms・40ms・67ms・93ms)呈示され、マスク画像が53ms呈示された。次に750msのブランク画面を挟んで、反応画面では、画面中央にカテゴリ(“Natural”・“Man-Made”)の文字が画面上に呈示された。協力者は、呈示された文字のカテゴリがシーン画像のカテゴリと一致していたか不一致だったかをできるだけ早く、且つ正確に答えた。

遺伝子多型 本研究では、口腔細胞から遺伝子を取得し、Polymer Chain Reaction (PCR)によりCHRNA4のrs1044396の塩基配列を増幅した。そして、CHRNA4は塩基配列が1カ所だけ違う一塩基配列(SNP)から3つの多型(CC/CT/TT)に分類された(Figure2)。CCは48名、CTは47名、TTは5名だった。



CT TT CC

Figure2: PCR bands

結果

遺伝子多型の分布頻度が世代を重ねても一定の値が保たれていることを証明できるHardy-Weinberg's平衡は成立していた($p>.5$)。この検定は、本研究の遺伝子多型の分類が正確に行われたということを示す。

また、カテゴリ、SOA、遺伝子多型を要因とする3要因の分散分析を行ったところ、カテゴリとSOAにおいて主効果がみられた(カテゴリ: $F(1, 97) = 114.72$, SOA: $F(3, 97) = 156.56$, $p<.001$)。しかしながら、遺伝子多型において主効果はみられなかった。また、3要因の交互作用が有意であったため($F(6, 291) = 3.02$, $p<.05$)、下位検定を行った。その結果、SOAが93msでNatural画像が呈示された時、CCとTTの多型間、CTとCC多型間では有意差があったが($p<.05$)、CTとTT多型間では有意差がなかった。そのため、CTとTT多型を組み合わせた。しかしながら、この結果ではシーン認識のどの側面がCHRNA4と関連しているか分からないため、Busey & Loftus (1994)のパラメータ推定を行った。この推定では、Asymptote (視覚情報を取り込む量)、Exponential growth constant (視覚情報を取り込む速さ)、Latency (正答率がチャンスレベルになるSOA)を求めることができる。ここでは、パラメータを協力者ごとに推定し、平均値を多型間で比較した。その結果(Figure 3)、Natural画像を認識した時、CT/TT多型はCC多型に比べて有意に高いAsymptoteを示した($p<.05$)。一方、Man-made画像認識の場合は、いずれのパラメータにおいても有意差はなかった。

考察

本研究では、CHRNA4とシーン認識のパフォーマンスの関連性について検討した。その結果、Natural画像を認識した時、CT/TT多型はCC多型に比べて有意に高いAsymptote(視覚情報を取り込む量)を示した。これにより、CT/TT多型はCC多型に比べて多くの視覚情報を取り込めることを示した。

では、Natural画像認識とCHRNA4の多型間で有意差がみられたことについて考察する。この結果が生じ

た理由として考えられるのは、前脳基底部のニコチン受容体の働きである。Goard & Dan (2009)は、ラットの前納基底核のニコチン受容体の活動がNatural画像に対する視覚野の反応と関連していることを指摘した。また、ニコチン受容体を構成する $\alpha 4$ サブユニットは、細胞外カルシウムと受容体の反応を下げ、アセチルコリン感受性を亢進させることが知られている(Rodrigues-Pinguet, et al., 2003)。このような報告から、シナプスチャネルの働きがCHRNA4のサブユニットの働きを変異させ、シーン認識へ影響を与えている可能性が考えられる。本研究から、CHRNA4は注意課題のみならず、シーン認識にも関連していることが分かった。

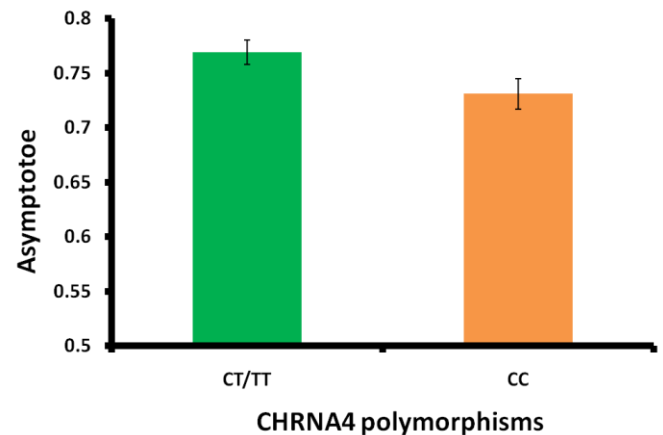


Figure3: Effect of polymorphisms in the CHRNA4 gene on the asymptote of natural scene categorization.

引用文献

- Busey T. & Loftus G. R. (1994). Sensory and Cognitive Components of Visual Information Acquisition. *Psychological Review*, 101 (3), 446-466.
- Goard, M., and Dan, Y. (2009). Basal forebrain activation enhances cortical coding of natural scenes. *Nature Review of Neuroscience*, 12, 1440-1445.
- Loschky, L. C., Sethi, A., Simons, D. J., Pydimarri, T. N., Ochs, D., and Corbeille, J. L. (2007). The importance of information localization in scene gist recognition. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception & Performance*, 33, 1431-1450.
- Oliva, A., and Torralba, A., (2001). Modeling the shape of the scene: A holistic representation of the spatial envelope. *International Journal of Computer Vision*, vol.42, 145-175.
- Parasuraman, R., Greenwood, P. M., Kumar, R., & Fossella, J. (2005). Beyond heritability: Neurotransmitter genes differentially modulate visuospatial attention and working memory. *Psychological Science*, 16, 200-207.
- Rodrigues-Pinguet N, Jia L, Li M, Figl A, Klaassen A, Truong A, Lester H.A, and Cohen B.N. (2003) Five ADNFLE mutations reduce the Ca²⁺ dependence of the $\alpha 4 \beta 2$ acetylcholine response. *J Physiol (London)*, 550:11-24.