

Tsutsui, K. I., Jiang, M., Yara, K., Sakata, H., & Taira, M. (2001). Integration of perspective and disparity cues in surface-orientation-selective neurons of area CIP. *Journal of Neurophysiology*, **86**, 2856-2867.

先行研究 (Taira et al., 2000 *Journal of Neurophysiology*, **83**, 3140-3146.) によって, 頭頂連合野のなかの, 頭頂間溝外側壁の後方部 (のちに CIP 野と命名) に, 両眼視差の手がかりを用いて平面の三次元的な方位を表現しているニューロンが見つかった。本研究では, ディスプレーの上に両眼視差のついたコンピュータグラフィックスを呈示しながら, それを見ているサルから単一ニューロン活動を記録する実験を行って, CIP 野が単眼性の奥行き手がかりの情報処理にも関わっているかどうかを調べた。まず, それらのニューロンが線遠近法の手がかりに感受性があるかを調べるために, 両眼視差の手がかりを含まず, 線遠近法だけによって三次元的な傾きが規定された平面に対する反応を調べた。記録して反応を調べたニューロンのうち, 約半数以上が単眼性の手がかりだけによって規定された面の傾きに選択的に反応した。さらに, それらの刺激に両眼視差の手がかりを加えてみると, 多くにおいて反応が増強するという現象が見られ, 両眼視差の手がかりにも感受性があることが明らかになった。したがって, CIP 野において, 両眼視差の手がかりと, 単眼性の手がかりの情報が統合されて, 複数の奥行き手がかりに基づいた, より一般性の高い平面方位の表現が形成されている可能性が示唆された。

Tsutsui, K. I., Sakata, H., Naganuma, T., & Taira, M. (2002). Neural correlates for perception of 3D surface orientation from texture gradient. *Science*, **298**, 409-412.

前年の Tsutsui et al. (2001) の論文によって、CIP野のニューロン群が、両眼視差の手がかりと単眼性の手がかりの情報を統合することによって、複数の手がかりの情報に基づいた、一般的な三次元的平面方位の表現を構築している可能性が示唆された。その可能性を検証するため、本研究では、両眼視差だけによって三次元的傾きが規定された平面と、単眼性手がかりの一つであるきめの勾配だけによって三次元的傾きが規定された平面の刺激を使って、CIP野のニューロン群の活動を調べた。その結果、CIP野の多くのニューロンが、両眼視差ときめの勾配の両方の手がかりに感受性を示すことが明らかになった。さらに、両眼視差の手がかりによって規定された三次元平面に対する方位選択性と、きめの勾配の手がかりによって規定された三次元平面に対する方位選択性を、各ニューロンについて比較したところ、高い一致度を示し、27個のニューロンについて、両者の相関を計算したところ、高い相関が認められた。このように、全く性質の異なる二つの奥行き手がかりによって規定された平面に対して、共通の傾き選択性を示すことは、偶然には起こりえず、したがって、CIP野において、異なる種類の奥行き手がかりに由来する奥行き情報が、奥行き手がかりの違いを超えた一般的な三次元平面方位の表現を形成するために統合されていることが強く示唆された。本研究は、世界的に大きな注目を集め、論文が掲載され

た *Science* 298 号の Perspective 欄に CE Connor による解説記事が掲載されたほか，*Trends in Neurosciences* 26 号の Research Focus 欄には，IP Howard による解説記事に，筒井の先行研究と合わせてその中心的な題材として引用されるなどした。

Tsutsui, K. I., Jiang, M., Sakata, H., & Taira, M. (2003). Short-term memory and perceptual decision for three-dimensional visual features in the caudal intraparietal sulcus (Area CIP). *Journal of Neuroscience*, **23**, 5486-5495.

先行研究 (Tsutsui et al., 2001, 2002) によって，頭頂連合野の CIP 野のニューロン群が，複数の奥行き手がかりの統合による三次元的平面方位の表現を構築していることが明らかにされた。本研究は，そのような高次視覚野としての性質をもつ CIP 野が，三次元的視覚情報の短期記憶や，異同判断などの，認知的な過程にかかわっているかどうかを調べたものである。三次元視覚情報を心的イメージとして短期記憶に保持したり，その心的イメージを操作したりすることによって複数の刺激の異同判断をすることは，あらゆる構成行為の基盤となる，重要な認知能力であり，その生理心理学的背景を調べることは，きわめて重要である。遅延期間をはさんで呈示される二つの三次元平面刺激の傾きの異同判断をする課題をサルに訓練し，課題の遂行中に CIP 野からニューロン活動の記録を行った。その結果，多くのニューロンが遅延期間中に持続的な活動を示しており，また，その活動が，その直前の視覚反応と同じ選択性を示していたので，これらのニューロンが，三次

元平面の短期記憶の保持に重要な役割を果たしていることが示唆された。また，二つ目の刺激が呈示されたときの反応を分析したところ，それが一つ目に呈示された刺激と同じであるときに，そうでないときに比べて強い反応を示すなど，異同判断における文脈によって視覚反応が変化していたため，これらのニューロンが刺激の異同判断にも重要な役割を果たしていることが示唆された。当該研究によって，以上に示したように，CIP野が，三次元平面方位に関する bottom-up な知覚過程に加えて，top-down な認知過程にも深くかかわっていることが示唆された。

Fujiwara, J., Tobler, P. N., Taira, M., Iijima, T., & Tsutsui, K. I. (2008). Personality-dependent dissociation of absolute and relative loss in orbitofrontal cortex. *Eur J Neurosci*, **27**, 1547-1552.

同じ報酬や罰をうけても，その感じ方は人それぞれである。本研究では，人による報酬や罰の感じ方の違いが，脳のどの領域の活動から生じているのかを，機能的MRI法を用いて調べることを目的とした。MRIスキャン中に実験参加者に行わせた課題は，呈示された二つの裏返されたカードの表に記された金額（-800円から+800円）を予想して，より利得の大きい（あるいは損失の少ない）と思ったカードを選ぶというものであった。その詳細は次の通りである。毎試行，二つのカードが裏返されて呈示されるので，実験参加者はそのうちの一つを選択する。数秒の遅延ののち，選んだカードに記された金額が明らかにされる。さらに数秒の遅延ののち，選ばなかったカードに記された金額が明らかにされ

る。選んだカードに記された金額そのものが、その試行における実験参加者の利得あるいは損失となる（絶対的損得）が、その絶対的な損得とは独立して、相対的により良いカードを選んだのか、悪いカードを選んだのか（相対的損得）ということが、選ばなかったカードに記された金額を見た時点で明らかになる。記録した脳活動データの分析においては、選んだカードの金額が開示されたときの脳活動と、選ばなかったカードの金額が開示されたときの脳活動について、それぞれ、絶対的および相対的損得の金額との関係を調べた。その結果、絶対的あるいは相対的な損得に関係して、帯状皮質や前頭連合野の諸領域が特に活動していることが明らかになった。そして、それらの領域における脳活動と、モーズレイ性格検査の結果との関係を調べたところ、特に、前頭眼窩皮質外側部に見られる損失に特異的な脳活動が、神経質指標や内向性指標が高い実験参加者ほど強くなっていることが明らかになった。したがって、前頭眼窩皮質外側部の活動が、性格による罰に対する感受性の違いを生じさせている可能性が示唆された。

Fujiwara, J., Tobler, P. N., Taira, M., Iijima, T., & Tsutsui, K. I. (2009). A parametric relief signal in human ventrolateral prefrontal cortex. *Neuroimage*, **44**, 1163-1170.

報酬や罰に伴って生じる陽性感情や陰性感情には様々なものがあることが知られている。たとえば、陽性感情には、比較的単純な感情である“喜び(joy)”のほかに、“あのときもし・・・していれば・・・だった”というような、反実仮想的思考に伴って生じ

る高次な感情である“安堵 (relief)”があるとされている。一方で、陰性感情にも同様に、比較的単純な感情である“落胆 (disappointment)”のほかに、反実仮想的思考に伴う高次感情である“後悔 (regret)”があるとされている。本研究では、金銭的な報酬や罰を用いて、単純な喜びや落胆、および、安堵や後悔を生じさせ、その背景となる脳活動を調べることを目的として、先行して発表した Fujiwara et al. (2008) と同じ実験から得られたデータの分析を行った。その結果、前頭連合野をはじめとするいくつかの領域で、絶対的価値が明らかになったことによって生じる喜びや落胆とは関係なく、相対的価値が明らかになったことによって生じた安堵あるいは後悔に関係して賦活する領域があることが明らかになった。そのうち、安堵に関係していた領域は、前頭前野腹外側部、後悔に関係していた領域は、前頭前野背外側部、および、前部帯状皮質や前頭眼窩部の一部であった。これらの結果から、脳内では、反実仮想に伴う高次感情は、単純な感情とは別の領域で生じている可能性が示唆された。