

真骨魚類の視覚上行路

萩尾華子

主論文の要約

視覚は脊椎動物が生きていくために重要な感覚の 1 つであり、中枢視覚神経回路に関する形態学的観点からの知見は脊椎動物の生態や行動を理解するための土台となる。水産業に携わる漁師も魚の色覚や擬餌の形の認識力について高い関心をもっている。魚の視覚を理解するためには、まず網膜から大脳（終脳）にいたる視覚上行路の解明が重要である。哺乳類などほとんどの脊椎動物では網膜から大脳にいたる視覚上行路は 2 つ存在することが知られている。網膜から間脳を介して大脳にいたる視覚上行路は膝状体系と呼ばれ、一方網膜から中脳を介してさらに間脳で中継されて大脳にいたる視覚上行路は非膝状体系と呼ばれている。真骨魚類では、コイとキンギョは 2 つの視覚上行路をもつが、進化的に新しいイットウダイでは 1 つの視覚上行路しか見つかっていない。これまで視覚上行路が調べられた魚種は少なく、イットウダイ類が出現した後すぐ分岐したスズキ系魚類には多くの重要な漁業対象魚が含まれているものの、視覚上行路の研究はほとんど皆無である。そこで、本論文ではスズキ系魚類の中でも早い段階で分岐したマハゼとメダカを対象として、トレーサー物質を用いた神経路追跡法によって視覚上行路を明らかにした。本論文は、以下の 3 つの研究から構成されている。

1) マハゼの視覚上行路

【緒言】棘鱗上目のイットウダイは膝状体系に相当する視覚上行路を失っていると報告されている。イットウダイのみが特異的に 1 つの視覚上行路をもつような進化を経験したのか、それともイットウダイ以降に出現したスズキ系魚類でも視覚上行路は 1 つなのか不明である。そこで、イットウダイ類の出現した後すぐ分岐したスズキ系魚類に属するマハゼに着目した。マハゼの非膝状体系に相当する視覚上行路を調べるため、視神経、中脳の視蓋、終脳背側野にトレーサーを注入して線維連絡を調べた。また、視神経と終脳背側野へのトレーサー注入実験の結果に基づいて、膝状体系に相当する視覚上行路の有無を調べた。

【結果】マハゼの網膜から視蓋、さらに間脳の前視床核を介して終脳背側野にいたる視覚上行路の存在が明らかとなり、おそらく哺乳類の非膝状体系に相当する。一方、哺乳類の膝状体系に相当する視覚上行路は確認されなかった。

【考察】本研究により、棘鱗上目の共通祖先で膝状体系に相当する視覚上行路が失われ、イットウダイ類およびその後に分岐したマハゼは非膝状体系に相当する視覚上行路だけをもつようになったことが示唆された。漁業重要種の大半

はイトウダイ類以降に分岐したスズキ系魚類に含まれる。マハゼの視覚上行路が1つであることからこの形質はスズキ系魚類全体にも引き継がれ、漁業対象魚も1つである可能性が高いと考えられる。

2) マハゼの前視床核の線維連絡

【緒言】1)の研究によって、マハゼの前視床核が視蓋からの投射を受け、終脳背側野に軸索を伸ばしていることがわかったが、視蓋は視覚情報の他にも側線感覚や聴覚などの入力も受けるため、視蓋から前視床核への投射は実際に視覚情報を送っているのか調べる必要がある。また、1)では終脳背側野の広範な領域へのトレーサー注入実験を行ったため、前視床核からの投射が終脳背側野のどの区画に到達するのか不明である。そこで、マハゼの前視床核に直接トレーサー物質を注入して、前視床核の線維連絡を詳細に調べた。

【結果】マハゼの前視床核に投射する視蓋のニューロンの多くは、細胞体が脳室周囲層にあり、樹状突起を視神経線維層および浅線維灰白層、すなわち網膜投射を大量に受ける層に伸ばしていた。これらのニューロンは Meek & Schellart (1978) の type XIV ニューロンに相当する。視蓋から前視床核への投射は局所対応性をもつことも示唆された。前視床核は終脳背側野の8つの区画に投射し、特に終脳背側野外側部の2つの区画(D16とD17)に高密度の標識終末が見られた。また、マハゼの前視床核の内側領域と外側領域は終脳背側野の異なる区画および領域に投射することがわかった。さらに、小脳尾側葉から前視床核にいたる線維の投射経路が明らかになり、それらの線維が両側の前視床核の尾側領域に大量に終末することが確認された。

【考察】視覚情報を受け取る視蓋ニューロンが前視床核へ投射していることが明らかになった。すなわち前視床核は実際に視覚情報を中継することがわかった。前視床核の異なる領域が終脳背側野の異なる区画および領域に投射するのと同様の投射パターンは、哺乳類の非膝状体系の投射パターンにも見られる特徴である。小脳から非膝状体系の間脳視覚中継核への投射も哺乳類に存在する回路である。このように魚類であるマハゼと哺乳類の視覚上行路にかなりの共通性があることは注目に価する。

3) メダカの視覚上行路

【緒言】膝状体系の欠失はイトウダイ類とハゼ類だけに特異的な表現系である可能性も残されている。このため、ハゼ類よりも後に分岐した他のスズキ系魚類の視覚上行路を調べることも重要である。また、非膝状体系に相当する視覚上行路だけしかもたないマハゼなどでは膝状体系の機能は失われたのか、それとも非膝状体系に相当する視覚上行路が膝状体系の機能も担うようになった

のかなど、1つの視覚上行路の機能について今後調べる必要がある。本研究ではハゼ類よりも後に分岐した魚種としてメダカに着目した。モデル動物であるメダカは今後の研究を展開していく上で有望な魚種でもある。上記の理由によって、本研究ではトレーサー注入実験によりメダカの視覚上行路を調べた。

【結果】メダカの網膜から視蓋、そして前視床核を介して終脳背側野に至る視覚上行路の存在が明らかになった。一方、膝状体系に相当する視覚上行路は確認されなかった。また、マハゼと同様に小脳から前視床核への投射も確認された。

【考察】メダカも非膝状体系に相当する視覚上行路だけをもつことが明らかになり、マハゼよりも後に分岐した他のスズキ系魚類も1つの視覚上行路だけをもつ可能性がさらに高まった。今後、分子遺伝学的実験を用いた非膝状体系に相当する視覚上行路の機能に関する研究を進めるための土台となる重要な知見が得られたと言える。

本論文により、マハゼとメダカは非膝状体系に相当する視覚上行路だけをもつということが明らかになったことから、2種の後に分岐したスズキ系魚類に属する多くの漁業重要種にもこの形質が受け継がれている可能性が高い。したがって、マハゼは漁業対象魚の視覚を研究するモデル動物となりうる。さらに、分子遺伝学的実験が可能なメダカの視覚上行路も明らかにしたことは、漁業対象魚の視覚系だけでなく魚類一般の視覚路の機能についての研究を発展させていく土台となり、魚類の視覚についての理解が進歩することに寄与することが期待される。