

眼内水晶体の光透過率や瞳孔径の年齢差と光の非視覚および視覚的作用の関係性

江藤, 太亮

<https://hdl.handle.net/2324/4475203>

出版情報 : Kyushu University, 2020, 博士 (感性学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 江藤 太亮

論 文 名 : 眼内水晶体の光透過率や瞳孔径の年齢差と光の非視覚および視覚的作用
の関係性

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

眼から入射した光は網膜に存在する視細胞を介して、明るさや色を知覚させる視覚的作用や、概日リズムの光同調やメラトニン分泌の抑制といった非視覚的作用を引き起こす。光の入力部である眼の光学特性は加齢に伴い変化することが知られており、その代表的なものに水晶体の光透過率の低下と瞳孔径の縮小がある。こうした眼光学特性の加齢変化は視覚および非視覚的な機能に影響を及ぼすと考えられており、両者の関係性を明らかにすることは、様々な年代の人々それぞれにとって適切な光環境を提供する上で重要であると考えられる。しかしながら、これらの関係性を定量的に示した研究はこれまで報告されていない。この理由として、生体水晶体の分光透過率を測定することが困難であったことが挙げられる。そこで本論文では、眼光学系の加齢変化が光の視覚的および非視覚的作用に及ぼす影響を明らかにするために、はじめに水晶体の分光透過率を *in vivo* で測定できるシステムの開発を行った。続いて、水晶体や瞳孔といった眼光学系の年齢差と非視覚的および視覚的機能との関係性を、開発システムを用いて評価し、光生理反応への眼光学特性の寄与を明らかにするとともに、開発システムで得られる水晶体に関する情報の有用性について検討した。

第1実験(主論文第2章)では、開発したシステム(Purkinje image-based system)によって得られた水晶体の分光透過率の信頼性を確認するために、様々な年齢の参加者を対象に測定実験を行った。参加者は年齢に応じて、若年群、中年群、高齢群の3群に分けられた。測定された水晶体の分光透過率はいずれの群においても短波長領域で低下することが確認され、先行研究で報告されている水晶体の分光透過特性と一致していた。さらに、若年群、中年群、高齢群と加齢が進むにつれて分光透過率が減衰し、特に短波長光領域でその減衰が顕著であるという水晶体の加齢変化も捉えることができていた。これらの結果から、Purkinje image-based systemによって得られる水晶体の分光透過率は信頼性が高いと結論付けた。

第2実験(主論文第3章)では、小学生の子どもと大人における光の非視覚的作用の年齢差が、水晶体の光透過率や瞳孔径の年齢差によって説明できるかどうかを、メラトニン分泌の抑制率を指標として検証した。測定項目は唾液中メラトニン、Purkinje image-based systemにより得られた水晶体の光透過率、光曝露中の瞳孔径であり、測定された水晶体の光透過率と瞳孔径から非視覚的な光受容量(Non-visual photoreception)を推定し、Non-visual photoreceptionとメラトニン抑制率の年齢差を比較した。Non-visual photoreceptionは子どもの方が有意に大きく($P < 0.001$)、実験終了時刻におけるメラトニン抑制率も子どもの方が有意に大きかった($P = 0.016$)。子どもにおけるNon-visual photoreceptionは大人の1.48倍の大きさであり、メラトニン抑制率における同様の比率(1.52倍)と概ね一致していた。これらの結果は、眼光学特性の年齢差がメラトニン抑制率の年齢差に影響していることを示唆するものであった。

第3実験（主論文第4章）では、眼光学特性の年齢差が視覚的機能に及ぼす影響を調査するために、透過率が高く、瞳孔径が大きい子どもは大人や高齢者に比べて低照度環境下でも明るく快適に感じ、視認性の確保ができているという仮説を立て、これを検証するための実験を実施した。この時、明暗感が水晶体の光透過率の影響を受けているかどうかについても、両者の関連性を調査することで明らかにした。参加者は3つの照度条件（10 lx, 100 lx, 1000 lx）において、それぞれ「明暗感」「好み」「快適感」「黒の見やすさ」を7段階尺度法で主観的に回答した。子どもは、100 lxや10 lxといった低照度環境下においても大人や高齢者と比較して「明るい」「好む」「快適」「黒が見やすい」と回答しており、仮説を支持する結果が得られた。また、主観的明暗感と水晶体の光透過率の関連性について、各照度条件において年齢で補正した偏相関解析を実施した結果、10 lxと100 lx環境下においては有意な相関関係は認められなかったが（10 lx: $P=0.70$, 100 lx: $P=0.91$ ）、1000 lx環境下においては有意な正の相関関係が認められた（ $P<0.05$ ）。これらの結果は、水晶体の光透過率が主観的明暗感という視覚的機能にも影響を及ぼし、その程度が照度条件によって変化する可能性を示唆するものであった。

以上を総括すると、本論文の結果は、水晶体の光透過率や瞳孔径といった眼光学特性の加齢変化が、光の非視覚的作用や視覚的作用の年齢差と関わっている可能性を示唆するものであった。また、Purkinje image-based systemによって得られた個人の水晶体の光透過率の情報が、新たな知見を生み出すという点で非視覚および視覚的作用に関する研究において有用であることも示された。