

プロジェクトリーダー (企業責任者)	株式会社 Frontier Vision 代表取締役 市頭 教治
研究責任者	国立大学法人鳥取大学医学部附属病院 次世代高度医療推進センター 特任教授 飽浦 淳介
参加機関	株式会社 Frontier Vision 株式会社クニムネ 鳥取大学医学部附属病院 次世代高度医療推進センター 宮崎大学農学部附属動物病院
研究開発課題	すべての人類に発症する老視を克服する調節眼内レンズの開発

1. 研究開発の目的

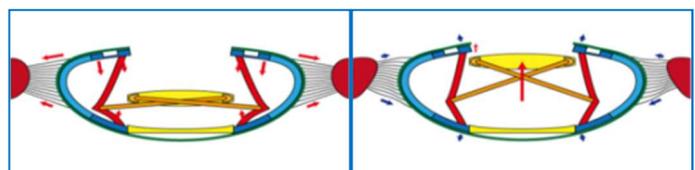
硬くなって動かなくなった水晶体の中身を吸引して透明な袋だけにした水晶体嚢の中で動いて、遠くから近くまで自由に焦点を合わせることのできる眼内レンズ (調節眼内レンズと呼ぶ) を開発する。

2. 研究開発の概要

調節眼内レンズが水晶体嚢の中で動くためには、①チン小帯に適度な緊張が保たれて、毛様体筋の動きが精度よく水晶体嚢に伝わる、②後発白内障 (水晶体上皮細胞の再増殖) が抑制されていて、水晶体嚢が透明性と柔軟性を保って動くことが出来る、③焦点調節による水晶体嚢の小さな動きが、レンズが大きく前後移動するか曲率を変える動きに転換する増幅機能がある、以上の 3 つの条件を兼ね備える必要がある。

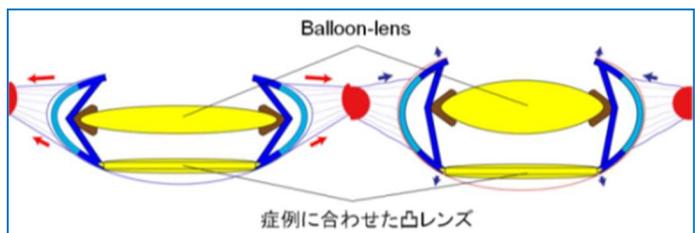
本件事業では、上記 3 つの条件をすべて満たす構造をもつ眼内レンズを開発する。この眼内レンズは、水晶体嚢を拡張し水晶体嚢の動きを受けて動く M-ring と M-ring の中で動く X-lens または Balloon-lens で構成されている。

X-lens は、支持部の先端と付け根が光学部をはさんで反対側にあり、テコの原理で水晶体嚢の小さな動きでレンズ光学部が大きく前後移動して焦点調節力を発揮する。



M-ring と X-lens のリンク体

Balloon-lens は、シリコン製の薄膜の中にシリコンオイルが入った液体レンズであり、凸レンズとして光学特性よく変形するための規制構造 (3 つの特許出願中) をもつ。



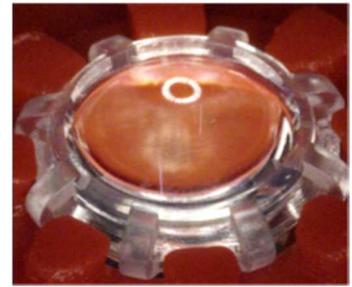
M-ring と Balloon-lens のリンク体

M-ring の支持部に押されて液体レンズの曲率が変わり焦点調節力を発揮する。

3. 研究開発の成果（平成 27 年度）

（1）Balloon-lens と X-lens 作製と機能評価モデル眼装置の作製【株式会社 Frontier Vision】

右の写真は Balloon-lens 試作 3 号機である。シリコン製の規制リングとシリコンの薄膜とシリコンオイルで構成された液体レンズ部で出来ている。



Balloon-lens 試作 3 号機

X-lens は眼内で動かすには毛様体筋の力を越えた強い力が必要だと判断して開発をストップした。

人工の水晶体嚢とチン小帯があり、この水晶体嚢内に M-ring・Balloon-lens の組合せ体を設置して、チン小帯をひっぱりゆるめたりして、下からのカメラで Balloon-lens を通して映る格子状パターンを記録する装置を開発した。

格子状パターンが拡大したり縮小したりしており、Balloon-lens 光学部が焦点調節機能を発揮していることが映像として観察した。

（2）M-ring の試作品作製【株式会社クニムネ】

鳥取大学や宮崎大学で行なった、機能評価の結果を受けて、バネ力とデザインを適正化しながら、試作第 2 号機から 4 号機までをアクリル金型の液状シリコンの注型で作製した。

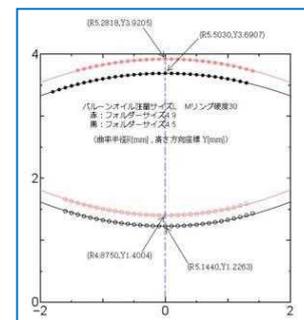


M-ring 試作 4 号機

（3）試作品の基本設計と予備機能評価【鳥取大学】

多くの基本アイデアの中からコンピューターシミュレーションによる構造解析でアイデアを絞り、M-ring と X-lens リンク体及び M-ring と Balloon-lens リンク体の基本設計を行なった。

水晶体嚢の遠方視状態と近方視状態を模した治具のなかに M-ring・Balloon-lens の組合せ体を入れ、レーザー形状測定装置を使って各々の状態の Balloon-lens 光学部の断面形状を測定し、その曲率半径からレンズの屈折力の変化を計算し、1.16D の焦点調節力が発現していることを見出した。

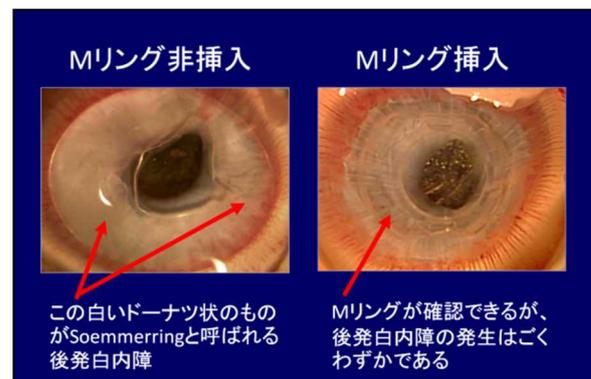


レーザー形状解析装置で測定した Balloon-lens の断面形状

（4）試作品の動物実験による機能安全評価【宮崎大学】

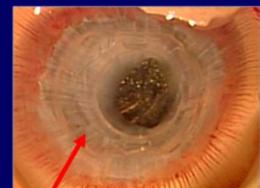
M-ring と Balloon-lens を既存のインジェクターで 3.5mm 切開から豚眼水晶体嚢内に容易に挿入し、水晶体嚢の中で安全容易に組み立てることができた。

生体の家兎に白内障手術を行い、後発白内障の発生実験を行い、M-ring を挿入した 2 眼には後発白内障の発生はほとんどなかった。



Mリング非挿入

Mリング挿入



この白いドーナツ状のものが Soemmerring と呼ばれる後発白内障

Mリングが確認できるが、後発白内障の発生はごくわずかである

後発白内障の観察実験