

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 26 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21246043

研究課題名(和文)非侵襲ダイナミックアクティブセンシングによる生体眼の構造剛性と眼圧剛性の分離

研究課題名(英文)Decomposition between cornea stiffness and eye pressure based stiffness through non-invasive dynamic active sensing

研究代表者

金子 真 (KANEKO, MAKOTO)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70224607

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,700,000円、(間接経費) 10,410,000円

研究成果の概要(和文)：角膜に空気噴流を印加し、そのときの眼剛性を高速カメラを用いて非侵襲的に計測し、眼の柔らかさが眼圧値との相関について詳細に調べた。5年間の研究により、以下の点を明らかにした。(1)眼圧値が同じであれば、眼の変形は高齢者の方が若者よりも大きくなる傾向を示す。(2)眼圧値が同じであれば、眼の最大曲率は高齢者の方が若者よりも大きくなる傾向を示す。(3)眼球内硝子体を除去する手術後、空気噴流印加時の眼球形状は楕円形状になる。(4)強制眼圧上昇実験を通じて緑内障患者の網膜部は健常者のそれに比べて硬くなる。(5)コンタクトレンズ装着時の眼圧計測はコンタクトレンズの形状を考慮することで補正できる。

研究成果の概要(英文)：By measuring the deformation of cornea surface during the impartment of air-puff to eye, the correlation of the eye stiffness and eye pressure was evaluated. Through five-years-research, the following points were made clear. (1) The deformation under the air-puff becomes larger for senior subjects rather than young ones. (2) The curvature under an air-puff becomes larger for senior subjects rather than young ones. (3) After vitreous surgery, the eye ball deforms ellipsoidal when an air-puff is given to eye. (4) The stiffness of retina of glaucoma patient becomes higher than that of normal subject. (5) The eye pressure under contact lens is predictable by considering the shape of the lens.

研究分野：機械工学

科研費の分科・細目：知能機械学・機械システム

キーワード：非接触センシング 非侵襲 ダイナミックセンシング 眼計測 緑内障 眼剛性

1. 研究開始当初の背景

眼圧計測値には純粋な眼圧成分以外に角膜等の構造剛性に起因する圧力成分が介入している。これまでの眼圧計測は両者を混在したものを計測していた。そのため同じ眼圧値であっても、角膜が硬い場合と柔らかい場合で真の眼圧値は異なり、柔らかい角膜の場合には眼圧は過小評価されてしまう。そのため、本来、眼球内圧がすでに高眼圧(20mmHg以上)に達している場合でも、計器は20mmHg以下という値を示す危険性を秘めており、眼圧上昇によって引き起こされる緑内障候補者を見逃がしてしまう可能性があった。このような測定ミスを防止し、質の高い眼圧計測を行うためには、構造剛性を評価する必要がある。

2. 研究の目的

(1)構造剛性を評価して、眼圧評価を向上させるというのが本研究の主目的である。

(2)構造剛性のエージング効果、眼剛性と眼疾患との相関等について幅広く調べ、眼疾患の事前予知に繋がる臨床データを得ることも視野に入れる。

3. 研究の方法

(1)非侵襲ダイナミックアクティブセンシング：空気噴流を眼球にあて、高速カメラで角膜変形を追跡する非侵襲ダイナミックアクティブセンシングを世界ではじめて採用した。この方法の利点は、眼球に直接触れないため、安全性が高いだけでなく、刺激印加後、50ミリ秒後にはじまる瞬目動作以前に終了する眼のダイナミックな変位応答が捕えられることである。

(2)広島大学眼科、大阪大学眼科、東北大学眼科の協力を得て各被験者に対して承諾書をとった上で、健常者、高眼圧緑内障患者、正常眼圧緑内障患者、強度近視患者、さらに硝子体手術あるいは白内障手術前後の患者に対して空気噴流印加時の角膜変形特性を調べ、どのような特徴的な変形特性が見られるかについて臨床実験を行う。

4. 研究成果

(1)眼圧値が同じであれば、眼の変形は高齢者の方が若者よりも大きくなる傾向を示すことを明らかにした。

(2)眼圧値が同じであれば、眼の最大曲率は高齢者の方が若者よりも大きくなる傾向を示すことを明らかにした。図1は空気印加時の眼の3D画像の一例である。

(3)眼球内硝子体を除去する手術後、空気噴流印加時の眼球形状は楕円形状になることを示した。

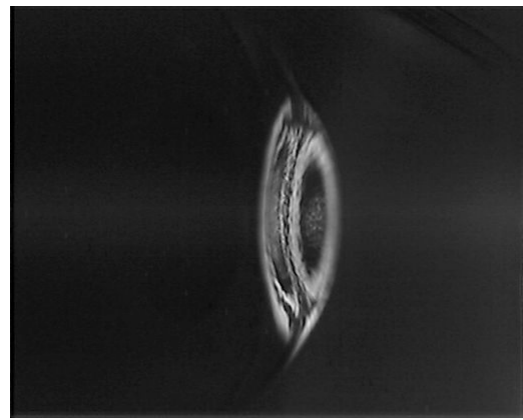


図1 空気噴流印加時の眼の3D変形

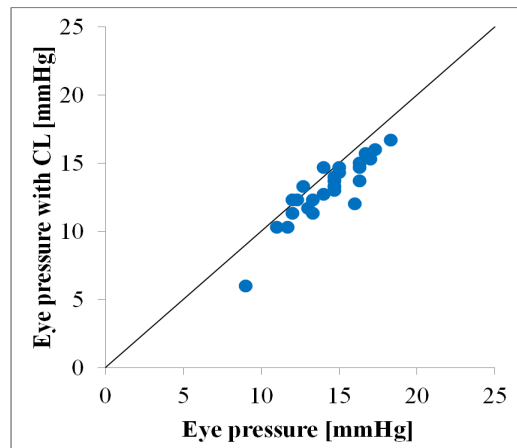


図2 コンタクトレンズ補正前

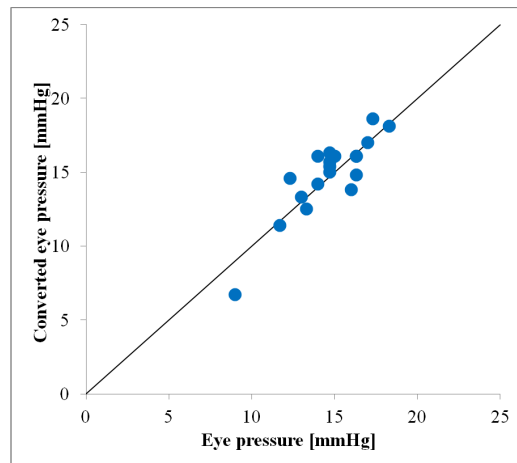


図3 コンタクトレンズ補正後

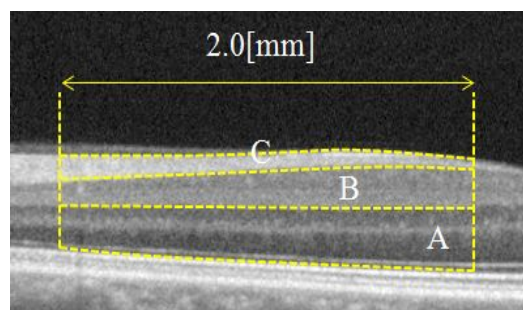


図4 網膜のOCT画像

(4)コンタクトレンズ装着時の眼圧計測はコンタクトレンズの形状を考慮することで補正できることを示した。図2, 図3はそれぞれ補正前の結果及び補正後の結果の一例である。補正前は全体的に真値より低めに出ているのに対し, 補正後はほぼコンタクトレンズ無装着の場合とほぼ一致していることがわかる。

(5)強制眼圧上昇実験を通じて緑内障患者の網膜部は健常者のそれに比べて信号伝達層が薄くなることを確認した。図4は網膜のOCT画像の一例である。

重要な点は若者よりも高齢者に対して, 空気噴流印加時の角膜変形は大きくなる, つまり見かけ上眼は柔らかくなってくることがわかった。このことは, 緑内障発生確率が上がる高齢者に対して, 現在の眼圧計は眼圧を過小評価してしまうことを意味している。さらに眼球内手術によって, 眼球のダイナミック特性も後半部において特に大きく変化することを突き止めた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

Rimayanti U., Kuchi Y., Umemura S., Takenaka J., Mochizuki H., and Kaneko M., Ocular Surface Displacement with and without Contact Lenses during Non-Contact Tonometry, PLOS ONE, 2014, (Accepted). DOI:10.1371/journal.pone.0096066

Shirane M., Kiuchi Y., Otani K., Kaneko M., and Takenaka J., Influence of Ocular Stiffness on Intraocular Pressure Estimation Using Goldmann Applanation Tonometry, Journal of Medical and Biological Engineering, vol.33, 2013, pp293-300. DOI:10.5405/jmbe.1381

Nakakura S., Kiuchi Y., Kaneko M., Mochizuki H., Yamada K., Kimura Y., Tabuchi H., Evaluation of Cornea Displacement using High-Speed Photography at the Early and Late Phases of Noncontact Tonometry, Investigative Ophthalmology and Visual Science, vol.54, 2013, pp2474-2481. DOI:10.1167/ivos.12-11424

眼球内力学特性評価のための新しい力学的指標, 木村 洋介, 金子 真, 相澤 奈帆子, 田中 佑治, 國方 彦志, 中澤 徹, 日本機械学会論文集, vol.79, 2013, pp450-458.

コンタクトレンズ装着による眼圧計測ファントム現象の考察, 木村 洋介, 金子 真, 山田 憲嗣, 木内 良明, Imin KAO, vol.79,

2013, pp459-466.

Yoshiaki Kiuchi, Makoto Kaneko, Hideki Mochizuki, Joji Takenaka, Kenji Yamada, Junko Tanaka, Corneal Displacement during Tonometry with a Noncontact Tonometer, Jpn J Ophthalmol, Published online, 27 March 2012.

C. Tsai, I. Kao, M. Higashimori, and M. Kaneko: Modeling, Sensing and Interpretation of Viscoelastic Contact Interface, Journal of Advanced Robotics, vol. 26, no. 11-12, 2012, pp 1393-1418. (ISSN: 0169-1864, SCI)

五所卓巳, 山田憲嗣, 東森充, 金子真, 竹中文二, 木内良明, 戸田良太郎, 西田幸二, 空気噴流印加時の曲率に着目した角膜剛性のエイジング評価, 生体医工学, vol.49, no.3, 2011, pp.469-475.

Nobuyuki Tanaka, Mitsuru Higashimori, Makoto Kaneko, and Imin Kao, Noncontact Active Sensing for Viscoelastic Parameters of Tissue with Coupling Effect, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.58, no.4, 2011, pp.509-520.

Tomohiro Kawahara, Yoshihiro Miyata, Koichi Akayama, Masazumi Okajima, and Makoto Kaneko, Design of Noncontact Tumor Imager for Video-Assisted Thoracic Surgery, IEEE Transactions on Mechatronics, vol.15, no.6, 2010, pp.838-846.

〔雑誌論文〕(計 11 件)

〔学会発表〕(計 7 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

<https://sites.google.com/site/osakaubio marker/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

金子 真 (KANEKO, Makoto)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 70224607

(2)研究分担者

東森 充 (HIGASHIMORI, Mitsuru)
大阪大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：30346522

(3)研究分担者

山田憲嗣 (YAMADA, Kenji)
大阪大学・大学院医学研究科・准教授
研究者番号：70364114

(4)連携研究者

木内良明 (KIUCHI Yoshiaki)
広島大学・大学院医歯薬学研究科・教授
研究者番号：40214738