

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 16 日現在

機関番号：33303

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21592249

研究課題名（和文）

マネキン型紫外線測定器による眼部紫外線被曝の測定と眼部 UV インデックスの提唱

研究課題名（英文）

Measurement of ocular ultraviolet radiation (UVR) exposure by dummy-type mannequin dosimetry system for proposing ocular UV index

研究代表者

佐々木 洋（SASAKI HIROSHI）

金沢医科大学・医学部・教授

研究者番号：60260840

研究成果の概要（和文）：

マネキン型紫外線測定器により眼部への UV-AB および UV-B の被曝量を計測し、UV インデックス (UVI) との関係を検討した。UVI は頭頂部の UV-B 被曝量と良く相関した。太陽正面での眼部 UV-B 被曝量は UV-AB 被曝量の 8%～16% 程度であり、太陽高度が低い朝夕の時間帯に比べ、太陽高度の高い正午頃に UV-B 被曝量の比率が高かった。UV-B の眼部被曝量は太陽を背面とした時は、朝夕で正面被曝強度の約 1/4、正午頃では約 60% であり、散乱特性の高い UV-B においては、正午頃でも被曝量が少なくないと言える。UVI と頭頂部センサーで測定される UV-B 被曝は良い相関があった。UVI 高値では頭頂に対する眼部被曝率は低く、UVI 低値では眼部被曝率は高くなり、UVI と眼部被曝には有意な関連がなく眼部被曝量の指標となる眼部 UVI が必要であることが改めて確認された。同一 UVI であっても雪面における眼部 UV-B 被曝量はアスファルト面の数倍以上であり、眼部 UVI は周囲環境からの反射の影響がきわめて大きい。通常環境での眼部 UVI に加え、最も反射率が高い雪面での眼部 UVI、さらにはその中間である水面での眼部 UVI については別途呈示が必要である。紫外線防御アイテムはサングラス>眼鏡>帽子>日傘の順に効果が高いが、形状、色の影響が大きく、UVI および太陽高度により効果が異なることが確認された。同一太陽高度であれば、緯度の異なる地域であっても眼部紫外線被曝量には差がないことも確認できた。

研究成果の概要（英文）：

Ocular ultraviolet (UV) exposure was measured by a mannequin dosimetry system and its correlation with UV index (UVI) was examined. There was good correlation between UVI and UV exposure to the top of head. When facing toward the sun, ocular UV-B exposure was 8-16% of ocular UV-AB exposure. The ratio of UV-B to UV-AB was relatively low in the morning and the evening, and was highest at noon. When facing away from the sun, the intensity of ocular UV-B exposure was one fourth of that when facing towards the sun in the morning and the evening, and 60% of that at noon. Since UV-B radiation has high scattering property, UV-B exposure is high even at noon. UV-B exposure measured by UV sensor at the top of the head and UVI showed good correlation. However, ocular UV exposure was relatively low when UVI was high, and when UVI was low, ocular exposure was relatively high, showing no significant relationship between the UVI and UV exposure to eyes and the need for ocular UVI to refer to ocular UV exposure. Ocular UV-B exposure when on a snow covered surface was several fold that when on asphalt despite UVI being the same. Since ocular UV exposure is greatly affected by reflected light in the ambient environment, the ocular UVI should be modified to reflect the surface environment such as snow, water and sand. Ocular UV protection in order of effectiveness was: sunglasses > eyeglasses > hat > sunshade Umbrella. In addition, the shape and color of a protector affected its efficacy, and its

effectiveness depended on UVI and solar altitude. There was no difference in ocular UV exposure between different latitudes under the same solar altitude.

#### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・眼科学

キーワード：疫学・紫外線・白内障・紫外線暴露

#### 1. 研究開始当初の背景

紫外線情報としては UV インデックス (UVI) があり、インターネットなどでその情報をリアルタイムに知ることができるが、眼部への紫外線被曝量に関する情報はない。申請者らはこれまで、紫外線センサーを付けたマネキンモデルで、眼部への紫外線被曝量を計測し、皮膚と眼では被曝する紫外線量が異なることを報告している。1 日の被曝量は皮膚では 10 時から 14 時が最も多いが、春から秋にかけては眼が浴びる紫外線は昼に比べ朝夕で多いことを見出している。国内外をみても同様の研究はなく、特に、眼部紫外線被曝に着目した研究は我々が知る限り行われていない。

長期間の眼部紫外線曝露により生じる疾患として、皮膚白内障と翼状片が知られている。特に翼状片は紫外線が主な要因であるため、眼部への紫外線曝露対策により一次予防が可能な疾患である。申請者らの行った眼疫学調査では 50 歳以上の翼状片有所見率は農村部である石川県門前町が 7.2%、鹿児島県奄美地区が 27.3%、中国遼寧省瀋陽市で 15.9%、山西省太原市で 18.8%、海南省三亜市で 71.7%であり、都市部でアイスランドのレイキャビク市が 0.2%、シンガポールが 10.2%であった。天空紫外線量の多い地区、特に農村部での翼状片有所見率は極めて高く、我々の疫学調査の結果からも一般住民において十分な紫外線対策が行われていないことは容易に予想できる。アイスランド人での有所見率が極めて低く、同じ白人でも紫外線量の強い地域では翼状片の有所見率は高いことから、アイスランド人と同じレベルの眼部紫外線被曝量であれば、翼状片の有所見率を 1%以下まで抑えることも可能になるかも

しれない。

眼部紫外線被曝量をアイスランドレベルまで下げるためには、アイスランドあるいは類似の気象条件下での眼部紫外線被曝量を測定し、アイスランド人での曝露量を知る必要がある。紫外線レベルの高い地域においても、帽子やサングラスを使用することで、アイスランドでの眼部被曝量程度にすることが可能なはずである。紫外線対策としては帽子、サングラス、眼鏡、日傘などがあるが、それぞれのアイテムによる眼部紫外線カット効果の詳細は不明である。翼状片が 71.7%でみられた中国三亜地区の住民の 90%以上がつばの長い帽子を使用していたことから、紫外線の強い地域では帽子のみでは十分な眼部紫外線の予防効果がないと考えてよい。

#### 2. 研究の目的

マネキン型紫外線測定器を用い眼部紫外線被曝の測定を行う。測定は主に申請者の大学施設がある石川県における快晴時の眼部紫外線被曝 (UVA-B 領域、UVB 領域) の日内変動を測定する。太陽方向との関係が重要であるため、太陽正面、側面、背面での眼部被曝量を測定し、日常生活における平均眼部と紫外線被曝量を推定する。当初、快晴時の UVI、太陽高度と平均眼部紫外線被曝量の関連を明らかにし、UVA-B 領域および UVB 単独の眼部被曝量から『眼部 UV インデックス (眼部 UVI)』を算出することを目的とした。頭頂部における UV-B センサーでの測定値と UVI にはある程度の相関があることは確認しており、今回の研究期間内に両者の相関を確認する。一方、UVI に関しては気象庁の発表するものを使用し検討したが、眼部 UVI 出すためにはリアルタイムに現場で UVI の計測が必要となる。本研究では UVI および頭頂部 UV-B

被曝量と眼部UV-B被曝量の関係から眼部UVIを検討した。

天空紫外線レベルの異なる地域で（沖縄県、アイスランド）眼部紫外線被曝量を測定する。石川県との比較を行い、翼状片発症率の大きく異なる地域での眼部UVIの測定を行い、高い発症率を検証する。また、眼部紫外線被曝は周囲環境に大きく影響されるため、雪面、水面での眼部紫外線被曝量の測定を行う。さらに様々な太陽高度および反射率の異なる周囲環境下での紫外線予防アイテムの効果を検討する。サングラス、眼鏡、帽子、日傘の形状と色による眼部紫外線被曝量についても検討する。

### 3. 研究の方法

- (1) 金沢医科大学の屋上（設置面ウレタン加工、紫外線反射率 10%未満、周囲に紫外線を遮断、反射物なし）において快晴時の眼部紫外線被曝の日内変動を測定する。測定はUVA-B測定器およびUVB単独測定器の2つのマネキンシステムで行い、日の出から日没まで1秒ごとに2方向（正面、背面）の計測を行う。その間、一定間隔でマネキンを45度回転して側方からの被曝も計測し、8方向の被曝量から日常生活における平均眼部紫外線被曝量をUV-ABとUV-Bセンサーで計測する。
- (2) 測定は夏至、秋分、冬至、春分前後に行い、快晴時のUVI、頭頂部の紫外線被曝量、太陽高度、平均眼部紫外線被曝量（UVA-BおよびUVB単独）の関係を明らかにする。
- (3) 眼部紫外線被曝は周囲環境に大きく影響されるため、雪面（石川県白峰地区のスキー場）などの周囲環境の異なる場所での眼部紫外線被曝量の測定を行う
- (4) サングラス、眼鏡、帽子、日傘の形状と色による眼部紫外線被曝量の測定。それぞれの組み合わせによる眼部紫外線被曝量の測定を行い、周囲環境の違いによる、最適な眼部紫外線防御アイテムを明らかにする。
- (5) 天空紫外線レベルの異なる地域での眼部紫外線被曝量を測定する。石川県との比較として、国内では紫外線が最も強い沖縄県と疫学調査により翼状片発症がほとんどないことが明らかになっているアイスランドでの眼部紫外線測定を行う。異なる地域における太陽高度と眼部紫外線被曝量の関連を比較検討する。

### 4. 研究成果

有害紫外線（UV）の眼部被曝については詳

細な情報は少ないため、申請者らはこれまでマネキン型のUV-ABセンサーを用いて眼部被曝量について検討してきた。本研究では人体に特に有害なUV-Bの眼部被曝も同時測定し、眼部被曝を予防するための適切な情報（指標）を提示することを目的としている。

初年度は、屋外環境での計測に耐えノイズの少ないALGaNセンサーを用い、マネキン頭部の16箇所（眼部は各眼3箇所）にセンサーを埋め込んだUV-Bマネキンシステムを完成させた（図1）。

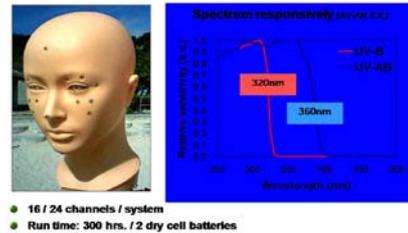


図1

試験計測（2009.7.1-11）、データ較正を行い、本計測は2009年8月中旬より晴天の日を狙って金沢医科大学臨床研究棟10階屋上（設置面：UV反射率約10%）で開始した。UV-ABとUV-B被曝を同時に測定するため、UVA-B測定器およびUVB単独測定器の2つのマネキンシステムを背中合わせに設置し、360度回転することで8方向での紫外線被曝量計測した（図2）。

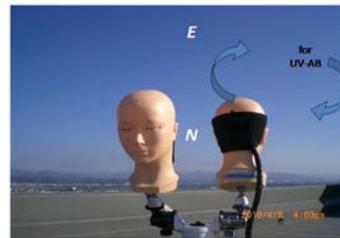


図2

UV-B強度の日内変動もUV-A同様、太陽を正面とした場合、朝夕の時間帯の眼部被曝強度が南中時（正午前後）より高い傾向を示したが、UV-Aほどの日内変動はなかった（図3）。

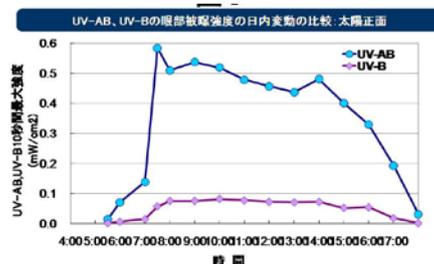


図3

UV-AとUV-Bの強度比の日内変動からみると、太陽正面では朝夕のUV-B強度の割合はUV-A

の約8-10%、10-14時では約16%でほぼ一定であった(図4)。UV-Aは太陽高度の上昇とともに

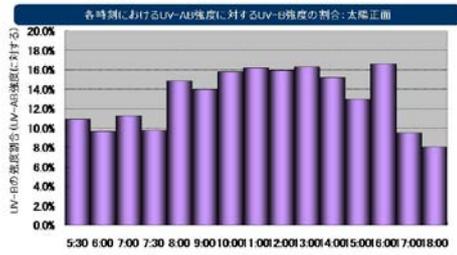


図4

眼部への直達光が少なくなり被曝強度が低下したが、UV-Bは散乱特性が高いため正午頃の被曝強度はUV-Aほど低下しない可能性があり、正午頃のUV-Bによる眼障害の危険性は一概に低くなっているとは言えないことが明らかになった。これまでの研究では、太陽が正面にある状態では朝夕の眼部被曝量が強く、眼に対する紫外線対策は朝夕が特に重要であることを報告してきたが、眼部被曝におけるUV-AとUV-Bの比で考えた場合、より細胞障害性の強いUV-Bが昼に大きいことが確認できた。また、UV-Bの眼部被曝量は太陽を背面とした時は、朝夕で正面被曝強度の約1/4、正午頃では約60%であり、この結果からも散乱特性の高いUV-Bにおいては、正午頃でも被曝量が少なくないと言える(図5)。

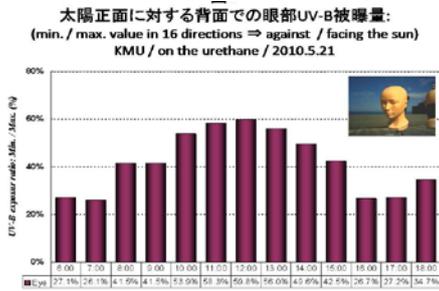


図5

頭頂部のUV-ABおよびUV-B被曝量とUVIの関係を図6に示す。頭頂部のUV-B被曝量とUVIには有意な相関があることがわかる。一方、UV-ABに関してもUVIとの相関がみられたがUV-Bに比較し相関はやや弱い。

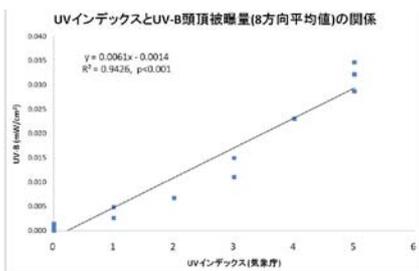


図6

UVIおよび頭頂のUV-B被曝量と眼部のUV-B

被曝量の関係についての計測は金沢医科大学屋上(北緯36° 66′、東経 136° 65′、標高 50m)で随時行った。秋分の日および冬至のデータでは、頭頂の各時間における8方向平均UV-B被曝量は太陽高度とともに増加し、9月では南中時(太陽高度52度)に0.035mW/cm²であるのに対し、12月(高度30度)では0.005mW/cm²となった。同日の気象庁が発表したUVI(南中時)は9月がUVI=5、12月がUVI=2で頭頂での測定値との相関も高かった。頭頂に対する眼部被曝量の割合は、太陽高度52度(UVI=5)では、8方向平均で約10%、太陽正面で約20%であった(図7)。太陽高度30度(UVI=2)では、9月・12月ともに8方向平均で約40%、太陽正面で約60%であった(図8)。

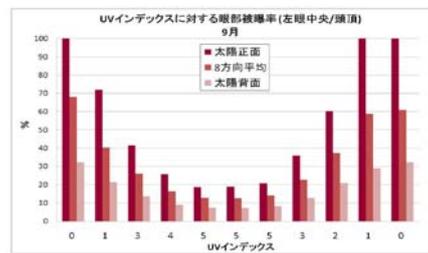


図7

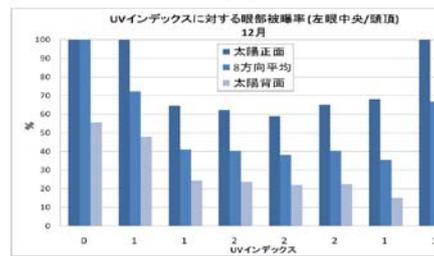


図8

UVIと頭頂被曝量は良く相関するが、UVI高値では頭頂に対する眼部被曝率は低く、UVI低値では眼部被曝率は高くなることが明らかになった。眼部被曝量とUVIの関係については、UVI測定専用のセンサーを使用しリアルタイムに計測することが必要ではあるが、本研究によりUVIが低いときの眼部被曝量は相対的に大きくなり、UVI高値では逆に相対的に小さくなると考えて良い。UVIと眼部被曝量の相関は強くないため、眼部被曝量の指標となる眼部UVIが必要であることが改めて確認されたと言える。周囲環境の眼部UVIへの影響評価については、2012/3/16および3/21に雪面で測定実験を行った。3/29に金沢医大屋上で計測を行い同一UVIであっても雪面における眼部UV-B被曝量はアスファルト面の数倍以上であった(図9)。

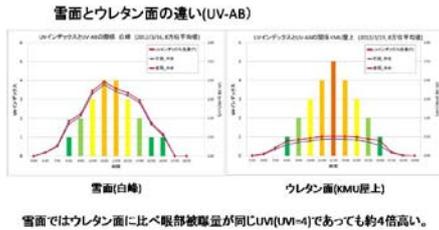


図9

本研究から眼部被曝の指標となる眼部UVI に関しては、周囲環境からの反射の影響がきわめて大きいことが明らかになった。眼部UVI に関しては周囲環境別の指標提示が必要であり、通常環境での眼部UVIに加え、最も反射率が高い雪面での眼部UVI、さらにはその中間であることが予想される水面での眼部UVIが必要である。水面での眼部被曝については、2010年7月に船にマネキン型紫外線センサーを載せ、海からの反射の影響を調査するための測定実験を行ったが、波と潮風の影響でセンサーが故障し、結果的には全てのセンサーを取り換える結果となったためデータは得られなかった。今後は人工的な環境を作成し、水面での調査を行う予定である。

紫外線防御に有効であるとされるサングラス、眼鏡、帽子、日傘などについて、その有効性を検討した。全て形状および顔面骨格との関係により眼部被曝量は大きく異なるため、現時点ではあくまでも参考値としてのデータとなる。図10はサングラス、帽子、日傘

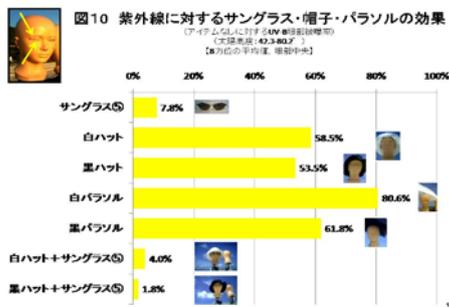


図10

使用下の眼部UV-B被曝量である。サングラスが最も有効であり、このようにゴーグルタイプでは90%以上の紫外線カット効果を持つものが多い。しかし、レンズの小さいものや顔面との隙間が大きいものでは効果は低く50%程度のカット率になるものもある。帽子は形状やかぶり方にも左右される。深くかぶると70%程度のカット率が期待できるが、通常のかぶり方では紫外線カット率は50%前後であることが多い。日傘は効果が少ない。眼部の紫外線カット率は約20~40%程度である。白い日傘は日傘内面からの反射が強く眼部被曝量は増える。内面の色は紫外線を吸収する黒

が有効である。眼鏡も紫外線防御アイテムとして有効であるが、形状により効果は大きく異なってくる。紫外線カット率は眼部中央で70%前後が多い。テンプレの太さは重要で太いものは効果が強く、90%程度の紫外線カットが得られるものもある(図11)。一般的に使用されることが多いメタルフレームのものは

非着用時に対する右眼(UV400クリアレンズ)の被曝率

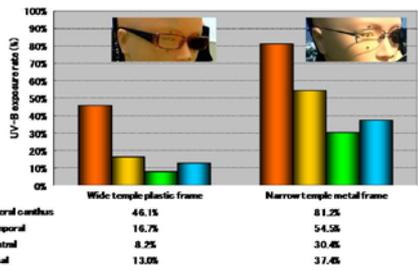


図11

テンプレが細く、眼球耳側における紫外線カット率は50%以下であり、紫外線防御効果は十分ではない。眼鏡は日常生活で屈折矯正用に使用される頻度が高いが、適切なものを選ぶことで極めて有用な紫外線防御アイテムとなる。

眼部紫外線被曝量は太陽高度に影響されることが、今回の研究でも明らかになった。キャップ型の帽子の眼部紫外線被曝に対する効果と太陽高度の関係をみたのが図12である。

図12 太陽高度とキャップの効果



図12

キャップは太陽高度が高いときに比べ、低いときの方が効果は大きい。太陽高度が低い場合は直射紫外線が眼に到達するが、高い場合は前頭部などで遮断され眼に入射するのはほとんどが散乱紫外線になる。キャップではつばの部分で直射紫外線をカットするため、太陽高度が低い時間帯や季節では、キャップの効果は大きくなる。一方、頬部皮膚はつばでの直射紫外線遮断効果が低いため、太陽高度とは関係なく被曝する。このように、紫外線防御アイテムについても、その効果は太陽高度やUVIにより異なるため、今後さらに詳細な検討が必要である。

最終年度は沖縄およびアイスランドでの調

査を予定していたが、紫外線センサーの故障および較正費により、旅費として使用する予算が計上できなかったため現地での調査を行えなかったが、平成22年度に紫外線レベルの強い台湾での計測を行うことができた。この調査により地域が異なっているにもかかわらず、太陽高度および周囲からの反射が同じであれば紫外線被曝量はほぼ同等であることが確認された。

眼部への紫外線被曝の指標となる眼部UVIは天候、周囲環境に大きく影響される。今後は計測環境のモデル化と眼部被曝との関係を追及し、様々な条件における眼部UVIについて検討することが必要であると考え。また、眼部UVIと急性眼障害である紫外線性角結膜炎の発症の関係についても検討が必要である。両者の関係が明確になれば、眼部UVIは適切な眼部紫外線対策を行うための重要な指標として活用されるはずである。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

1. H. Sasaki, Y. Sakamoto, C. Schnider, N. Fujita, N. Hatusakasa, DH. Sliney, K. Sasaki : UV-B Exposure to the Eye Depending on solar Altitude. Eye & Contact Lens. 査読有. 37:191-195, 2011
2. 初坂奈津子, 佐々木洋 : 293. 核白内障と水晶体屈折力. あたらしい眼科. 査読無. 28:77-78, 2011
3. 佐々木洋 : 3.5 眼の光線防御. からだと光の事典. 査読無. 247-252, 2010
4. 赤木好男, 佐々木洋 : 基礎研究を活用した白内障診療. 日本白内障学会誌. 査読無. 22:77-78, 2010
5. 佐々木洋 : 白内障の疫学と予防. 眼科. 査読無. 52:655-668, 2010
6. 佐々木洋 : 紫外線春こそ注意 4月から急に強く対策、夏からでは手遅れ. アクタス. 査読無. 237:26-27, 2009.
7. 佐々木洋 : 眼と紫外線. 日本の眼科. 査読無. 80:163-164, 2009
8. 佐々木洋, 松島博之 : 白内障の予防. 日本白内障学会誌. 査読無. 21:23-24, 2009

[学会発表] (計 8 件)

1. 柴田奈央子, 初坂奈津子, 田村美華, 三田哲大, 渋谷恵理, 猪又由紀, 岡本綾子, 河合淳至, 坂本保夫, 佐々木一之, 佐々木洋 : 中学生を対象とした紫外線蛍光撮影法による瞼裂斑の検討. 第 65 回日本臨床眼科学会. (東京, '11. 10. 07)
2. 柴田伸亮, 初坂奈津子, 猪又由紀, 佐々木麻衣, 高橋 舞, 柴田奈央子, 坂本保夫, 佐々木一之, 佐々木洋 : 都市部在住のオフ

イスワーカーにおける瞼裂斑. 第 65 回日本臨床眼科学会. (東京, '11. 10. 07)

3. 佐々木洋: 白内障と紫外線. 第 64 回日本臨床眼科学会. (神戸, '10. 11. 11)

4. 佐々木洋: 白内障. 第 4 回眼抗加齢医学研究会講習会. (東京, '10. 11. 05)

5. 藤田信之, 坂本保夫, 初坂奈津子, 曲静涛, 山代陽子, 柴田奈央子, 佐々木洋: 冬の雪山と夏のビーチでの眼部紫外線被曝量比較. 第 114 回日本眼科学会総会. (名古屋, '10. 04. 15)

6. Y. Sakamoto, H. Sasaki: Solar UV exposure to the ocular surface and UV reflection on snow-covered ground. 2010 Workshop on Ocular changes Induced by Electromagnetic Waves. (Uchinada, '10. 03. 07)

7. 坂本保夫, 藤田信之, 佐々木洋, 曲静涛, 初坂奈津子: 気象・環境の差と眼部紫外線被曝量～冬のスキー場と夏の砂浜～. 第 50 回福井県眼科集談会. (福井, '10. 02. 07)

8. 佐々木洋: 太陽紫外線と眼疾患. 第 99 回沖縄眼科集談会. (那覇, '09. 09. 07)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐々木 洋 (SASAKI HIROSHI)

金沢医科大学・医学部・教授

研究者番号：6 0 2 6 0 8 4 0

### (2) 研究分担者

初坂 奈津子 (HATSUSAKA NATSUKO)

金沢医科大学・医学部・助教

研究者番号：5 0 5 0 5 3 5 2

(H23)

研究分担者

坂本 保夫 (SAKAMOTO YASUO)

東北文化学園大学・医療福祉部・教授

研究者番号：6 0 4 1 0 3 0 4

(H23：連携研究者)