

2012 年度卒業論文

山田正雄ゼミナール

——ブルーライトの危険性——

—青色光網膜傷害および

サーカディアンリズムへの影響に関する考察—

日本大学法学部 政治経済学科 4年

学籍番号：0920088

飛鳥川 英樹

はじめに

近年、情報処理を中心とした技術革新により、ICT化が急速に進んでいる。IPv6への移行、スマートフォンおよびタブレットPCの普及など、私たちのインターネットの使用環境は快適なものとなり、いつでもどこでもインターネットに接続できるようになった。また、HTML5の登場、各ブラウザの機能向上によりブラウザ上で様々な作業を行えるようになったことで接続の機会も増えた。スマートフォン、タブレットPC向けのアプリケーションが充実してきたことでオフラインでも便利な機能を使うことができるようになっている。このように私たちの周囲にはテクノロジーの発展によって生み出された優れたサービスが溢れ、それらにアクセスするためのデバイスも充実してきた。こういった状況が私たちの生活をより良い方向に導いているように思える。しかしながら、インターネットに接続しやすくなったこと、便利なサービスが増えてきたこと、それにアクセスするための機器が増えてきたことで生じる悪い影響も残念ながら数多く存在している。その中でも私が取り上げたいのは私たち人間の体に対する影響である。インターネットに接続する、アプリケーションを利用するなどの行動をとる際に用いられるデバイスはそのほとんどが液晶ディスプレイを備えたものである。その便利さから使用頻度が高くなり、接触時間も増えている。一日のうちにこれほど長い時間光を受け続けたことは人類の歴史上なかったことである。したがって私たち人間の体にどのような影響を与えるかははっきりとは分かっていない。

そのような現状で近年注目を浴びているのがブルーライトの存在である。このブルーライトという言葉は、眼鏡メーカーの展開するPC用眼鏡の広告に使われ注目された。光の中に含まれるブルーライトは、人体に悪影響を与えるといわれる紫外線に最も近い成分でありながら、紫外線と異なり私たちの網膜や水晶体を透過してしまうので、ブルーライトをカットする眼鏡をつけましょうというものであった。

前半部ではそういった光の特性、私たち人間の眼球の働きから、光が人間の眼に対してどのような影響を与えるのかについてブルーライトの影響を中心に考えていく。そして後半部では眼だけでなく、人体の持つサーカディアンリズム、いわゆる体内リズムが光とどのような関係を持ち、光を受け続ける現代の生活パターンにおいてどのような影響を受けるのかを考えていきたい。最終的にはまとめとして、ブルーライト無害説を交えながら今後の展望を述べていきたい。

こうして考察していくことで、ディスプレイ機器と私たちの今後の付き合い方や、光を受け続けることで私たちの身体に将来どのような影響が現れるのかを予測することができ、ブルーライトについてただ商品売るための言葉としてではなく、説得力をもってその危険性を示すことができるのではないだろうか。

- 目次 -

はじめに

1 光について

1.1 ブルーライトとは

2 LED の普及

2.1 液晶ディスプレイ

2.1.1 液晶について

2.1.2 液晶ディスプレイに含まれるブルーライト

2.1.3 LED バックライト液晶ディスプレイの普及

2.2 照明用 LED の普及

3 光による人体への影響

3.1 光による生体への作用

3.1.1 紫外線について

3.1.2 青色光網膜傷害のメカニズム

3.2 サーカディアンリズム

3.2.1 サーカディアンリズムとは

3.2.2 光とサーカディアンリズムの関係

おわりに

参考文献・URL

1 光について

人間の生活環境である地球上の重要構成要素の一つに光がある。私たちは光が無くては生きていくことができない。地球上においてこの光は、太陽などの自然光源および各種の人工光源により環境に放射されている。環境におけるこれらの光は、元来人間の視覚や、視作業を支援することを第一義としているので、太陽をはじめとする各種の光源から放射されている光は、可視光線が主な構成要素になっているが、実際に環境におけるすべての光が可視光線だけで構成されていることは無く、視覚支援には全く寄与しない紫外線や、赤外線が不可分的に構成要素の一部となっている。

1.1 ブルーライトとは

図1：光のスペクトル

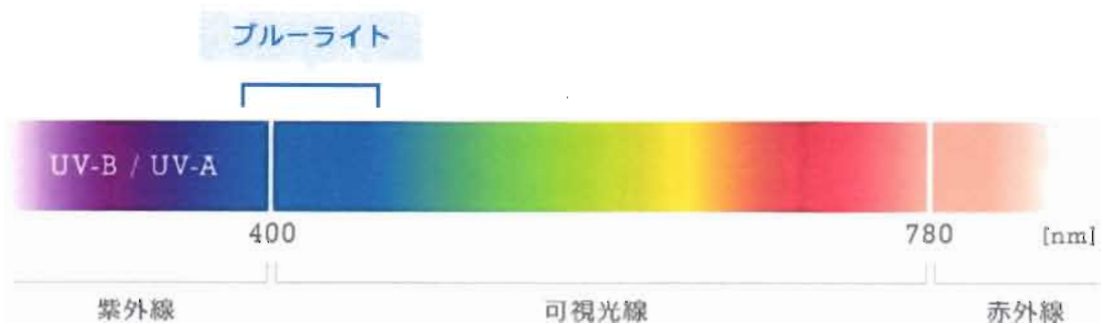


図1を見ていただきたい。ブルーライトとは可視光線の中で、380nm~495nm（ナノメートル）の青色光のことである。可視光線とは、電磁波のなかで人の眼が見ることのできる波長のものを言い、およそ400nm程度から800nm程度の光をさす。人の眼の角膜や水晶体はおよそ350nm~800nmの波長を通過させるが、それより外側の電磁波は通過できない。

光は波長が短いほど高いエネルギーを持つとされる。つまり紫外線に最も近いエネルギーを持ちながら、角膜や水晶体で吸収されずに網膜まで届く光が「ブルーライト」ということになる。

第2章ではこのブルーライトが現在私たちの使用する機器にどの程度含まれているのかを見ていく。

2 LEDの普及

2.1 液晶ディスプレイ

2.1.1 液晶について

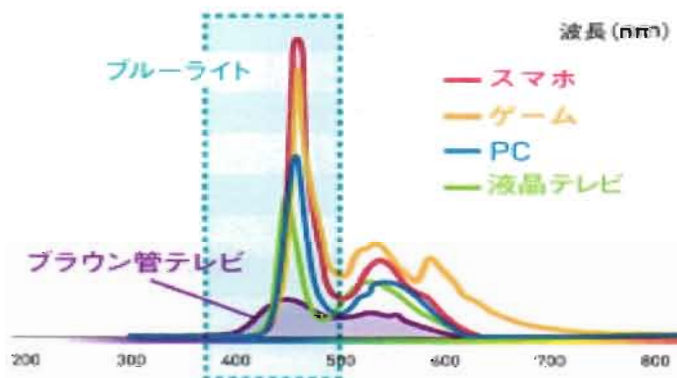
液晶は液体と固体の両方の性質を持つ物質である。液晶に電圧を印加すると結晶化している分子が動いて向きがそろい、一定方向にしか光を通さないフィルターの役目を果たすようになる。しかし、電圧を印加していないとき、分子はバラバラの方向を向いているためフィルターの役割を果たさなくなる。この性質を利用して液晶ディスプレイは映像を映し出すことができるのである。すなわち液晶は単なるフィルターの役割しか持たず、自ら光を発することはできないので、液晶ディスプレイには光源（バックライト）が必要となってくる。液晶ディスプレイにとってバックライトは最も重要な存在となる。

バックライトには CCFL（冷陰極管）がもともと使用されていたが、さまざまな場面で液晶ディスプレイが使用されるようになり、液晶ディスプレイはより見やすく、より明るく、より使いやすくなる必要が出てきた。したがって色の再現域が高く、消費電力を抑えられる LED（発光ダイオード）が台頭してきた。現在ノートパソコンや、スマートフォンを含む携帯電話に使用される液晶ディスプレイのほとんどが、バックライトに LED を使用しているものである。

2.1.2 液晶ディスプレイに含まれるブルーライト

では、日ごろ私たちが使用している液晶ディスプレイにはどの程度のブルーライトが含まれているのだろうか。図1を見ていただきたい。

図1：ディスプレイに含まれるブルーライトの比較



ここでは、旧来のブラウン管テレビに対して現在私たちが使用する液晶ディスプレイを備えた機器が発するブルーライトの量が非常に多いことが示されている。原因は光源に使われる LED と、ブラウン管を含む CCFL の光の特性にある。

図 2 : LED バックライト液晶ディスプレイの光のスペクトル

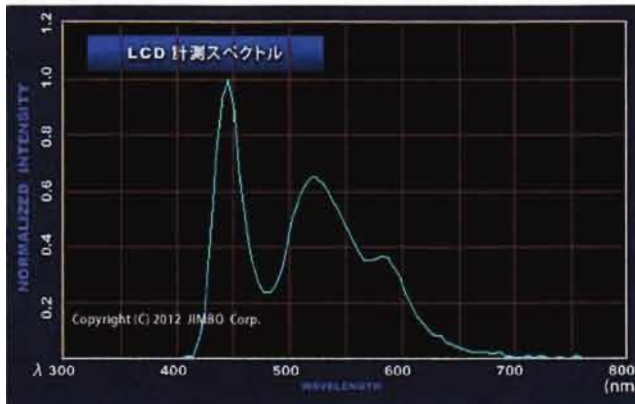


図 3 : CCFL バックライト液晶ディスプレイの光のスペクトル

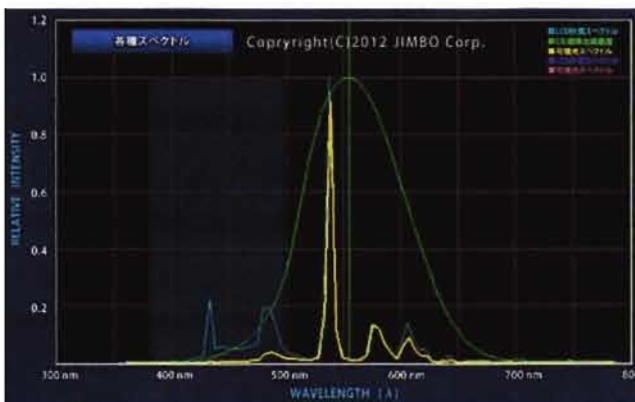
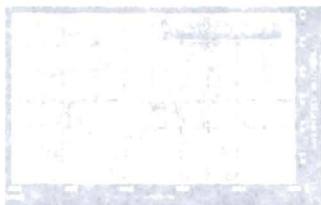


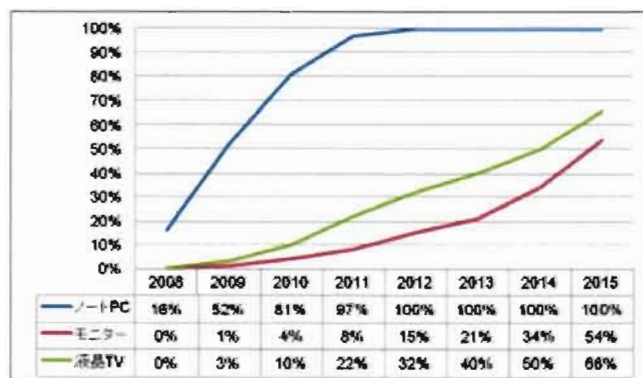
図 2 は LED を光源としたディスプレイの光のスペクトル分布図である。それに対し図 3 は CCFL を光源としたディスプレイの光のスペクトル分布図であり、380nm~495nm のブルーライトの分布が全く異なっている。近年主流となっている LED を光源とするディスプレイは、このように多くのブルーライトを含んでいることが分かる。なぜ LED にはこれほど多くのブルーライトが含まれるのだろうか。その答えは現在主流の LED 製品の製造方法にある。LED が製品に使われ始めた当初は、赤、緑、青の三色の LED を発光して白い光を作り出す、いわゆる光の三原色を応用した方法を用いていた。しかしこの方法は光の表現力に乏しく、何より三種類の LED を使用するためコストがかかっていた。現在は主に 460nm の波長を持つ青色 LED を光源として、青い光に黄色などの蛍光色素を反応させて白い光を生み出している。上記の方法よりも効率の良さは劣るが、光の表現力、コスト面でも改善が図られているという。すなわち LED 製品からブルーライトが多く出ているというよりも、バックライトである LED がそもそもブルーライトを光源に利用しているものである。



2.1.3 LED バックライトディスプレイの普及

前節では LED に多くのブルーライトが含まれていることが分かった。それでは、LED はどの程度普及しているかを見ていながら、私たちの周りにブルーライトがどの程度広まっているかを考えていきたい。しかしながら LED は現在様々な用途に使用され、すべてを把握することは難しい。したがって今回の調査では ICT 化により急速に普及してきたノートパソコン、およびスマートフォンを含む携帯電話について考察していきたい。現在 LED バックライトは中・小型の液晶ディスプレイのすべてで使用されており、モバイル PC での搭載率はほぼ 100%となっている(図 4)。中・小型の液晶ディスプレイを備えたデバイスであるノートパソコン、スマートフォンを含む携帯電話はブルーライトを多く含んだ光源を使用している。その使用時間と普及率から考察していく。

図 4 : LED バックライトを使用した液晶ディスプレイの割合

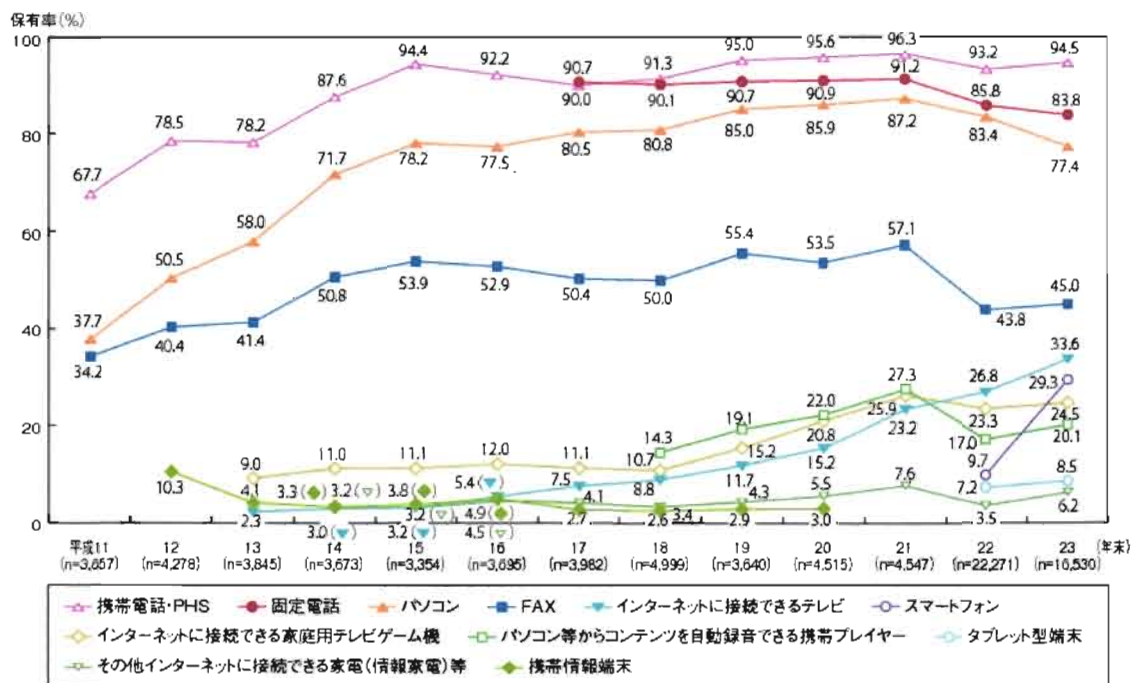


ノートパソコン、スマートフォンを含む携帯電話の使用状況については以下の通りである。

調査会社のマイボイスコム調査によるとノートパソコンの利用目的は、メール:94.8%、ウェブサイト閲覧:94.4%、ネットショッピング:74.1%、ネットバンキング:58.3%と、上位4つがインターネットに接続して利用するサービスが占めている。したがってインターネットの利用時間がノートパソコンの利用時間に等しいと言ってよいだろう。また、2010年の情報通信ネットワーク産業協会の調査によれば、旧来の携帯電話(いわゆるガラパゴスケータイ)の利用目的は、メール:92.0%、インターネットで調べる:63.5%と、インターネットの利用が多いことが分かった。スマートフォン利用者についてもその利用目的で最も多かったのがインターネット利用、ウェブ閲覧であった。これらのことから、ノートパソコン、スマートフォンを含む携帯電話への接触時間はインターネットへの接触時間から導き出されると考えた。

普及率については図5を見ていただきたい。

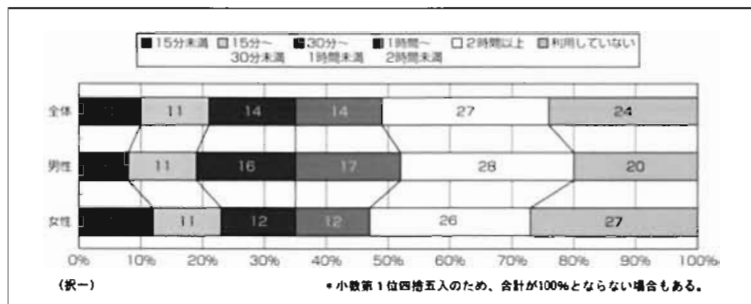
図5：情報通信端末の世帯保有率の推移



携帯電話・PHSは94.5%、パソコンは77.4%と、それぞれ世帯保有率は高い数字となっている。注目していただきたいのはスマートフォンである。9.7%から29.3%と急速に普及していることが分かる。携帯電話会社の製品ラインナップを見ても、スマートフォンの数は増えており、今後もスマートフォンは普及していくと考えられる。

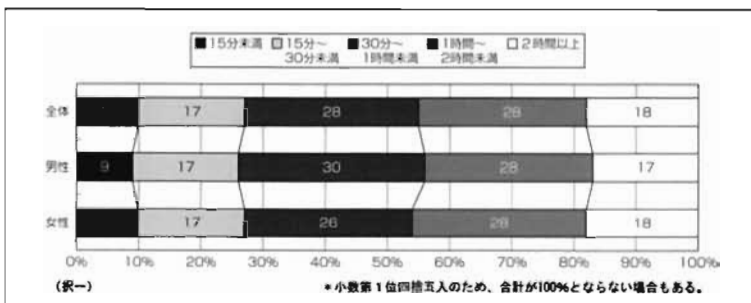
次に利用時間について見ていく。先ほども述べたとおりパソコン、スマートフォンを含む携帯電話の利用者がインターネットを主とした利用目的としているため、利用時間についてはインターネットの利用時間から推測していきたい。次の図は2012年7月に行われた調査結果である。インターネット利用者の男女別利用時間であり、一日の利用時間を示したものである。図6は業務、学業におけるインターネット利用時間を示している。

図 6：業務、学業におけるインターネット利用時間（男女別）



次に個人でのインターネット利用時間について見ていく。

図 7：個人的なインターネット利用時間(男女別)



業務、学業におけるインターネット利用時間に比べるとやはり 1 時間以上の利用の割合が高くなっている。しかし、興味深いのは年度別の調査結果である。

図8：業務、学業におけるインターネット利用時間（年度別）

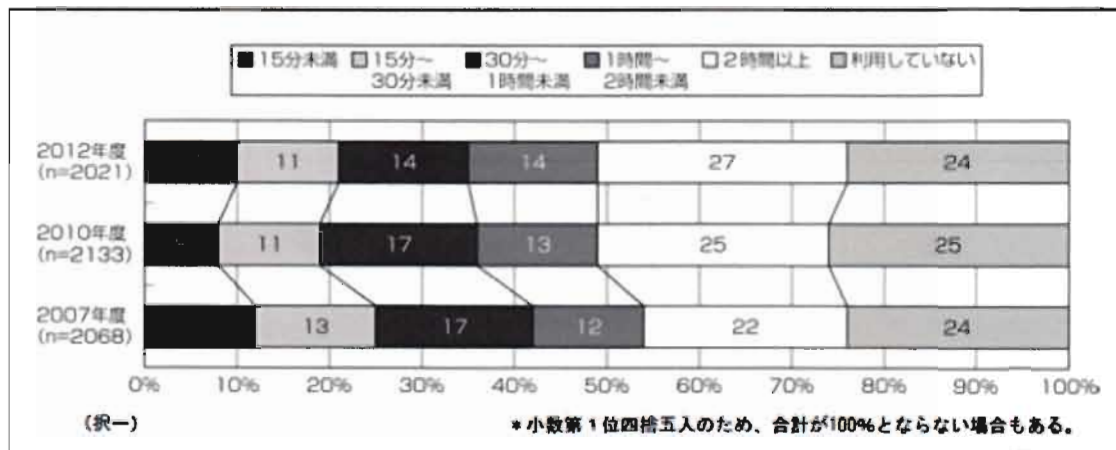
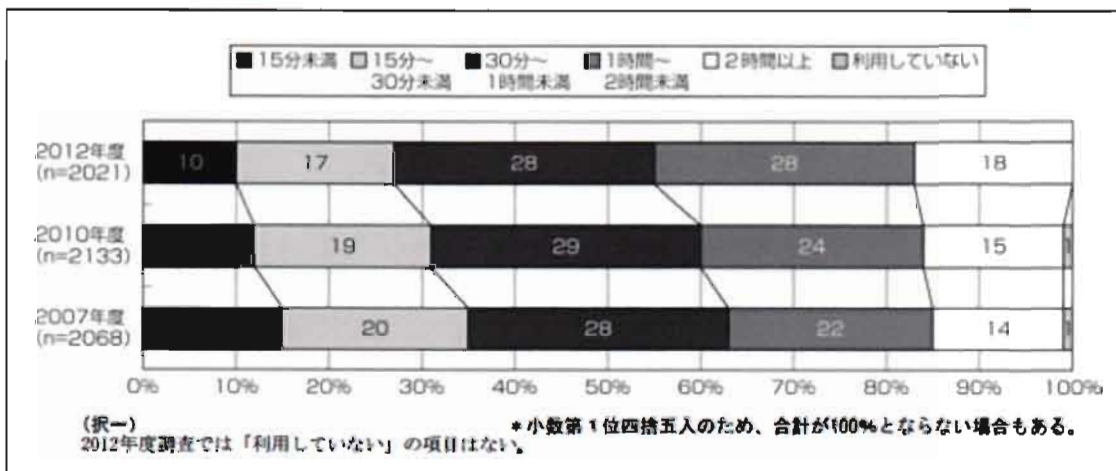


図9：個人的なインターネット利用時間(年度別)



業務、学業におけるインターネット利用時間と、個人的なインターネット利用時間ともに1時間以上利用する人の割合は年々増えており、今後も増えていくことが予想される。

これらの調査結果から、ブルーライトを多く含む中・小型の液晶ディスプレイを備えた機器の普及が進んでおり、またそれらの機器の使用時間も増えていることが分かった。

ここまではLEDをディスプレイのバックライトとして使用している機器について見てきた。しかしLEDはディスプレイのバックライトだけに使われているわけではない。電力使用制限、省エネの観点から近年注目の集まっているLED照明も液晶ディスプレイに使われるものと変わらないので、ブルーライトを多く含んでいることになる。ただし今回は、急速なICT化によって普及が進んだ情報通信端末に含まれるブルーライトを扱う。したがって照明用LEDについては考察をしない。しかし今後需要が伸び、普及していく可能性がある。その場合には液晶ディスプレイに使われるLEDと同じように人体への影響に注意する必要があるだろう。

3. 光による人体への影響

紫外線の人体への影響はすでに認められ、その危険性についてもすでに知られているところである。紫外線に最も近い性質のブルーライトも同様に、長時間接した場合には網膜に変性が起こる可能性が考えられる。それではまず、光の生体への作用にはどのようなものがあるのかを見ていく。

3.1 光による生体への作用

光の生体への作用には以下の8つの作用が国際照明委員会によって定義されている。

①紫外性眼炎：光放射（紫外放射）の照射により、人間の眼の角膜または結膜急性の炎症を生じ、光過敏（眼を開けていられなくなる状態）、流涙、霧視などが起こり、一時的に視機能が低下すること。

②殺菌：光放射を照射して、殺菌や微生物を死滅させたり、増殖しないように不活性化させること。

③紅斑：光放射の照射により、表皮中の毛細血管が炎症的に拡張し、皮膚の色調が赤色（紅色）へと変化すること。

④ビタミンD生成：光放射の照射により、体内のエルゴステロールをビタミンDに変換すること。

⑤直接色素沈着：光放射の照射により、表皮や、真皮内にメラニン色素が生成・沈着され、皮膚の色が褐色味を帯びて見えるようになること。上記の紅斑に引き続いて、色素沈着が生じるが、こちらは「第二次色素沈着」と呼んで区別する。紅斑+色素沈着をまとめて日焼けということが多い。

⑥青色光網膜傷害：輝度の高い短波長可視放射源を直視したときに生じる網膜の光化学的傷害。過度の場合網膜剥離の原因となる。

⑦視覚：光放射により、人間の視作業（視器官を通じての情報収集など）の円滑な推進を支援すること。

⑧温熱感：光放射の照射によって温熱間隔が得られること。

もともと光には人間の視覚や視作業を支援するという重要な機能がある。この場合、光は視器官である眼の水晶体という光学機器（レンズ）を通じて網膜上に焦点を合わせて投影される。視野内に（たとえば裸で点灯している光源のような）特に輝度の高い部分があると、それが投影された網膜上の部分に、特に照度の高い部分ができることになり、この部分の網膜に傷害が生じる可能性が出てくる。（スポット的な光源でなくても広い面積の赤外放射源を長時間見ており、網膜上に投影し続けるような場合でも網膜傷害が生じる可能性がある。）

これが光による網膜への傷害的作用であり、青色光網膜傷害はその代表的な一例である。

3.1.1 紫外線について

1章で、ブルーライトが紫外線に近いエネルギー、性質を持っていることを述べた。ここでは、すでにその危険性が認められている紫外線についてまとめたい。

紫外線はその波長によりA領域(UV-A波長315~400nm)B領域(UV-B波長280~315nm)C領域(UV-C波長100~280nm)に分けられる。太陽から地球に到達した紫外線は、大気に入る前はその強度を保っているが、大気を進む間に成層圏オゾンによる吸収や空気分子、エアロゾル(大気中に浮遊する液体や固体の微粒子)による散乱などを受けて次第に減衰する。UV-Cは酸素やオゾンに完全に吸収され、地上では全く観測されない。

図1: 紫外線と青色光

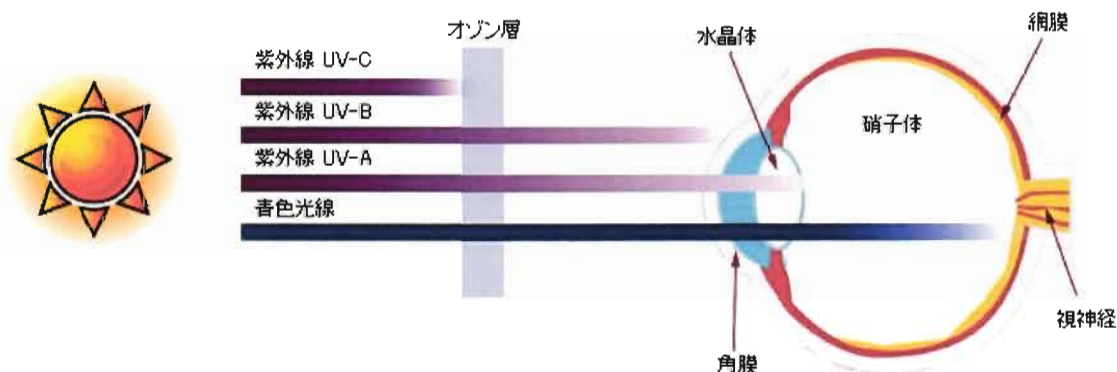


図1のように、紫外線にはその波長の長さによって(エネルギーの強さによって)特徴が異なる。

UV-A (サンタン)

皮膚の老化を早め、しわやたるみの原因とされている。長い年月の間に水晶体に吸収され、白内障の原因の一つである。

UV-B (サンバーン)

シミになる日焼けの原因となり、引き続いて皮膚がんを引き起こす要因となる。角膜の炎症の原因の一つである。

UV-C

オゾン層で吸収され、地表には届かない。

このように紫外線は人体に対して有害なものであるが、網膜に届くことはない。しかし、1章で述べたとおり、ブルーライトは紫外線に近い強いエネルギーを持ちながら網膜に届いてしまう(図1)。

3.1.2 青色光網膜傷害のメカニズム

では、ブルーライトが網膜に届くとなぜ眼に悪いのだろうか。そのメカニズムをここでは説明したい。

網膜傷害を引き起こすメカニズムは眼の光受容体（光を刺激として吸収する物質）による光吸収によって引き起こされる。光が光受容体に照射される通常の状態では、その細胞が白濁すると、視覚のヴィジュアルサイクルと呼ばれる代謝過程を通して光受容体としての機能が回復する。しかしながら、紫外線に近い強いエネルギーをもつブルーライトを多く吸収した場合は、細胞が白濁してから機能回復する前に再び悪化するプロセスを引き起こす事が報告されている。この事は網膜細胞の損傷の可能性を大きく増加させている。このメカニズムによって、皮膚のような生物学組織、目のレンズ、特に網膜については、それほど強くないレベルの紫外線放射や短波長光であっても、長期間暴露すると元に戻らなくなるほどの変化を引き起こすことを示している可能性がある。

青色発光ダイオードの光毒性として2001年に行われたサル眼を用いた実験があるのでここで紹介したい。成熟したオスのアカゲザル 6 匹に対し、中心波長 460 nm、照射パワー 1.2mW の青色 LED を使用。集光レンズを用いて網膜黄斑部にそれぞれ 12 分、23 分、34 分、40 分、45 分、90 分間青色光を照射した実験である。照射後 30 日後に屠殺し病理組織を蛍光眼底造影（静脈から蛍光色素を注射し、眼底カメラで網膜の毛細血管を観察する方法）で見ている。この結果として、23 分以内の照射では異常が見られず、34 分照射したサルでは蛍光眼底造影でわずかな過蛍光を認めた。蛍光眼底造影で過蛍光が認められるということは、網膜の黄斑部に異常がみられるということである。そして 40 分以上照射したサルは蛍光眼底造影で過蛍光が認められ、組織学的検査の結果視細胞外節が崩壊、網膜色素細胞がほぼ壊死に陥っていたということである。集光レンズを用いて眼に対して直接照射するようなことは私たちの生活の中であり得ることではないが、少なくともこの実験から、ブルーライトを長時間眼に浴び続けることの危険性が分かるのではないだろうか。

3.2 サーカディアンリズムへの影響

ブルーライトを多く含むディスプレイを見続けることが私たちの眼にとって危険であることはここまでで説明してきた。しかし、ブルーライトの危険性は眼に対するものだけではない。私たちのサーカディアンリズム（概日リズム）にも影響を与えることになることが分かっている。ここからは光が、私たちのサーカディアンリズムにどのような影響を与えるのかを見ていきたい。

3.2.1 サーカディアンリズムとは

飛行機で海外へ渡航した際、疲労や睡眠不足を感じたことがあるだろうか。時差のある地域間を短時間で移動した際に身体に不調が現れる。私たちはそれを時差ぼけと呼んでいる。これは周囲で発生している外因性リズムと身体に刻まれている内因性リズムにズレが生じるために起こる。ここでいう内因性リズムをサーカディアンリズムと呼び、動物、植物、藻類、菌類など、ほとんどの生物には約 24 時間周期で変動するサーカディアンリズムが存在する。

サーカディアンリズムは以下の三つの基準で定義される。

- ① そのリズムが恒常的な状態（例えば恒暗状態）でも約 24 時間の周期を持続する。
- ② そのリズムの周期が光パルスや暗パルスによってリセットされる。
- ③ そのリズムが温度補償性を持っている、つまり一定範囲内の温度において周期が変わらない。

時計が無くても大体の時間が分かるのはこのサーカディアンリズムによるものである。ブルーライトが人のサーカディアンリズムにどのように影響しているかを知るためには、光と私たちのサーカディアンリズムの関係について知る必要がある。

3.2.2 光とサーカディアンリズムの関係

もともとヒトは昼行性の哺乳類であり、日の出とともに起床して、日中活動し、日が沈むと休息をとるという生活が生物としての本来の姿である。ヒトの生体リズムは 24 時間より長い周期を持っているが、脳にある生物時計がこの周期を外界の 24 時間の環境変化に同調させる働きをしている。外界の 24 時間の環境変化とは、主に昼夜の明暗環境の変化で、目から入った光信号は生物時計へ伝達され、昼間の明るい環境および夜間の暗い環境が正常な睡眠・覚醒リズムを保つ上で必須の条件となっている。ヒトは今でこそ夜にも活動できるが、人間は本来、昼行性の動物である。夜には目も良く見えず、えさも取れず、収穫もできないので、その期間に体を休め、睡眠に充てていたという生物学的背景があるのであろう。人の生体リズムは多くの動物と同じように生物時計によって駆動され、約 25 時間の周期（概日リズム）で活動と休息のリズム信号を出しているが、地球の自転により 24 時間周期で変化する外部環境とは約 1 時間のズレが生じる。生物時計はこのズレを修正し、概日リズムを 24 時間の環境変化に同調させる機能も持つ。通常、起床直後に太陽光が目から入ると、その光信号は視交叉上核、上頸神経節を経由して、松果体にたどり着く。すると、食事で摂取して血液中にあるトリプトファンというアミノ酸が分解されてセロトニン

が生成され、メラトニンがつくられる。このとき、N-アセチルトランスフェラーゼという酵素が活性化されてはじめてメラトニンが生合成されるのであるが、N-アセチルトランスフェラーゼは光があると活性が抑えられ、この代謝が行われなくなっている。したがって、外界が暗くなったときに、N-アセチルトランスフェラーゼが活性化されて、メラトニンができるのである（図1、図2）

図1 生物時計

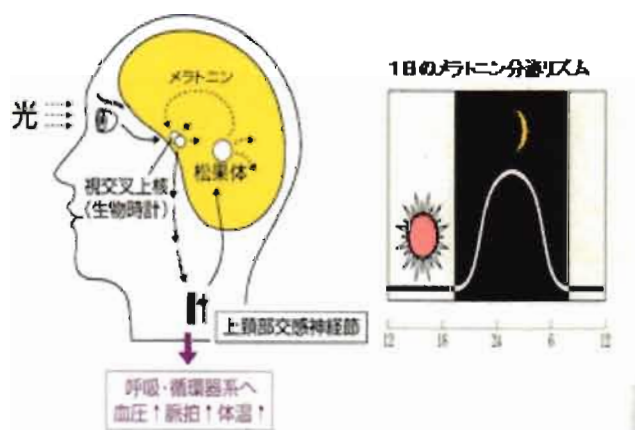
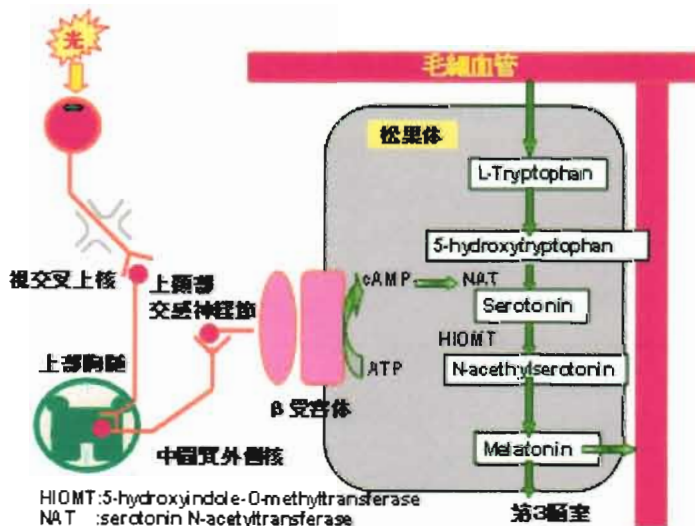


図2 メラトニン分泌と光の制御



こうして生物時計によってリセットされた時刻から 10～12 時間は代謝が高められ、血圧・体温も高めに保持され、覚醒して活動するのに適した状態になる。これが朝の光を浴びてから 13 時間くらい経過すると、松果体からメラトニンの分泌が始まり、手足の末端からの放熱も盛んになる。こうした放熱により深部体温が低下してくると、1～2 時間のうちに自然な眠気が出現する。つまり、太陽光に対する生物時計のリセット機能により、朝起床して太陽光を最初に浴びた時刻に応じて夜に眠気が出現し、自然に眠くなる時刻が決定されるのである。朝の起床時に十分な太陽光を浴びなかったり、暗い部屋で昼過ぎまで眠っていると、こうした概日リズムのリセットが適切に行われず、その日の入眠時刻が遅くなる。一方、夕方から夜の時間帯に強い光を浴びると、昼の時間が延長することになり、



10

)

)

休息への準備が遅れ、結果的に入眠時刻が遅れることになる。本来朝に太陽の光を浴びて目覚め、夕方から夜にかけて眠ろうとする身体のリズムを、エネルギーの強いブルーライトを多く含む光を浴びることで、適切な時間にリセットされる身体のリズムを妨げてしまうことになる。したがって、ブルーライトを長時間浴びる生活は私たちのサーカディアンリズムを狂わせ、睡眠障害を恒常的に引き起こしかねないのである。

おわりに

今後、ブルーライトによる青色光網膜傷害、サーカディアンリズムへの影響についての研究が進む中で、ブルーライトの危険性は理解されていくだろう。しかしながらブルーライトという言葉が世に出てきたことのきっかけはブルーライトをカットすることを謳うPC用メガネの広告であった。ブルーライトの危険性について研究しながらも、ブルーライトという言葉はものを売るために広められた言葉であり、それほど気にする必要のない言葉なのではないかという考えにも至ることがあった。実際、ブルーライトを無害とする説もある。PC用メガネを販売するメーカーはLEDバックライト液晶が眼に悪いことを証拠づけるデータを発表しているが、ブルーライトだけでなくそのほかの色についてもブラウン管と比べると大量の光を出していることから、単に今までよりもディスプレイが発する光の量が多くなっただけであり、輝度を調節すればなんら問題ないというものである。また、ディスプレイの光を根本的な原因とした症例も未だ報告されていない。さらにブルーライトにはよい面もあることが分かっている。3章2節のサーカディアンリズムへの影響でも触れたが、光には身体の一日のリズムをリセットし、整える効果がある。また、青い光には精神を落ち着かせ、冷静にさせる効果もある。街中を歩いているとき、踏切近くに青い光を見たことはないだろうか。それは自殺防止のために設置されたものである。今回の研究でブルーライトが人体にとって危険なものであることは確かだということは明らかになった。しかし青い光を今すぐ遠ざけなければならないというわけでもない。液晶ディスプレイを長時間見続ける生活はまだ始まったばかりである。今後、私たちは少なからぬ危険性を持ったブルーライトとうまく付き合っていく方法を模索していかなければならないだろう。

参考文献・URL

<参考文献>

- ・ テーミス編集部 『青色発光ダイオード』
テーミス出版 2004.3 初版発行
- ・ 潮秀樹 『よくわかる光学とレーザーの基本と仕組みー光の性質とその応用』
秀和システム 2005.10 初版発行
- ・ 中西孝子 小出良平 Dawson.W.W 『青色発光ダイオード光による網膜傷害』
日本眼科学会雑誌 Vol.105 No.10
- ・ 植田俊彦 『青色光による網膜光傷害』 IOL RS 17 巻 3 号

<URL>

- ・ http://www.m-bsys.com/knowledge/pc-glasses_kwsk/、
ブルーライトの正体と PC メガネの効果、MIURAN BUSINESS SYSTEMS
- ・ http://www.tsujiden.co.jp/company/tech_01.html、液晶とは、株式会社ツジデン
- ・ <http://www.olympusmicro.com/primer/lightandcolor/lightsourcesintro.html>、sources
of visible light、Olympus Microscopy Resource Center
- ・ <http://wired.jp/2012/06/27/blue-light-hazard/>、
あなたの目を「青い有害習慣」が蝕んでいる、WIRED.jp
- ・ http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/07091111/007.htm、
健康な暮らしに寄与する光、文部科学省
- ・ <http://blue-light.biz/>、ブルーライト研究会ホームページ、ブルーライト研究会
- ・ <http://www.jins-jp.com/>、JINS ホームページ 株式会社ジェイアイエヌ