

ライフウェーブ臨床データ 日本人

抽象

人体は文字通り光っている。体から放射される光の強度は、私たちの肉眼の感度よりも1000倍低いです。超音速光子放出は、エネルギー代謝の変化を通じて光として放出されるエネルギーとして知られている。我々は、超低温電荷結合素子(CCD)カメラを使用して改良された高感度イメージングシステムを用いて、この超極光子放射の日変化を画像化することに成功した。人体は直接的かつリズムカルに光を発することがわかりました。光子放出における日周変化は、エネルギー代謝の変化と関連している可能性がある。

数字

引用: 小林 M、菊池 D、岡村 H(2009) 日周リズムを表示する人体から自然極微弱光子放射の画像。PLoS ONE 4(7):e6256。 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006256>

編集者: Joseph Najbauer、ホープメディカルセンター、アメリカ合衆国

受信: 2009年3月4日。 **受諾:** 2009年6月11日。 **公開日:** 2009年7月16日

Copyright: ©2009 Kobayashi et al. これは、元の著者と出典がクレジットされていれば、いかなる媒体でも無制限の使用、配布、複製を許可するクリエイティブコモンズのアトリビューションライセンスの条項の下で配布されるオープンアクセスの記事です。

資金調達: 本研究は、文部科学省科学研究費補助金(HO)、科学研究費補助金(HO)によって一部支援されました。資金提供者は、研究デザイン、データの収集と分析、出版の決定、または原稿の作成に何の役割も持たなかった。

競合する利益: 競合する持分が存在しないことを著者は宣言している。

前書き

弱いが見える生物発光は、アデノシン三リン酸を必要とする特殊な酵素反応の結果として、ホタルやクラゲなどの生きている生物で産生されることがあります。しかし、事実上すべての生きている生物は、外光励起なしに自発的に非常に弱い光を発する[1]。このバイオフィトン放出は、生物発光とは異なる発光現象に分類され、活性酸素種を含む生体エネルギープロセスから励起分子が生成される生化学反応の副産物であると考えられている[1]、[2]。裸眼の1/1000倍の強度よりも弱い光で人体はぼやけている[3]、[4]。

以前は、画像を得るために、取得に1時間以上かかりましたが、これは生理学的に関連するバイオフィトン放出の分析には事実上不可能です。CCDカメラとレンズシステムを改良することで、生理現象の解析に匹敵する短い露光時間で鮮明な画像を得ることに成功しました。代謝率は概日

的に変化することが知られているので[5]、[6]、健康な人体から日中の生体光子放出の時間変化を調べた。

結果と考察

低速走査モード読み出しで-120℃で動作する冷却 CCD カメラを、特別に設計されたハイスループットレンズシステムと共に使用した。カメラは完全な暗闇の中で遮光の部屋に置かれた(実験装置の概略図は図 1A に示されている)。5 人の健康な男性ボランティアは、20 代で通常の明暗条件に曝され、0:00~7:00 に眠ることができました。光子イメージングの日に、ボランティアは、暗室に隣接する部屋(400 ルクス)に保持された。撮像目的のために、体表面を拭き取り、被験者を暗室に暗順応のために 15 分間放置し、その後座位の裸の被験者を CCD カメラに 20 分間暴露した。測定は 10:00~22:00 の 3 時間ごとに行い、3 日間続けた。測定の直前および直後に、表面体(サーモグラフィー)および口内温度が測定された。内因性の概日リズムのバイオマーカーとしてのコルチゾールレベルの分析のために、光子測定後に唾液を採取した。顔と体の強さを抽出した画像データから、光子放出強度の時間変化を計算した。

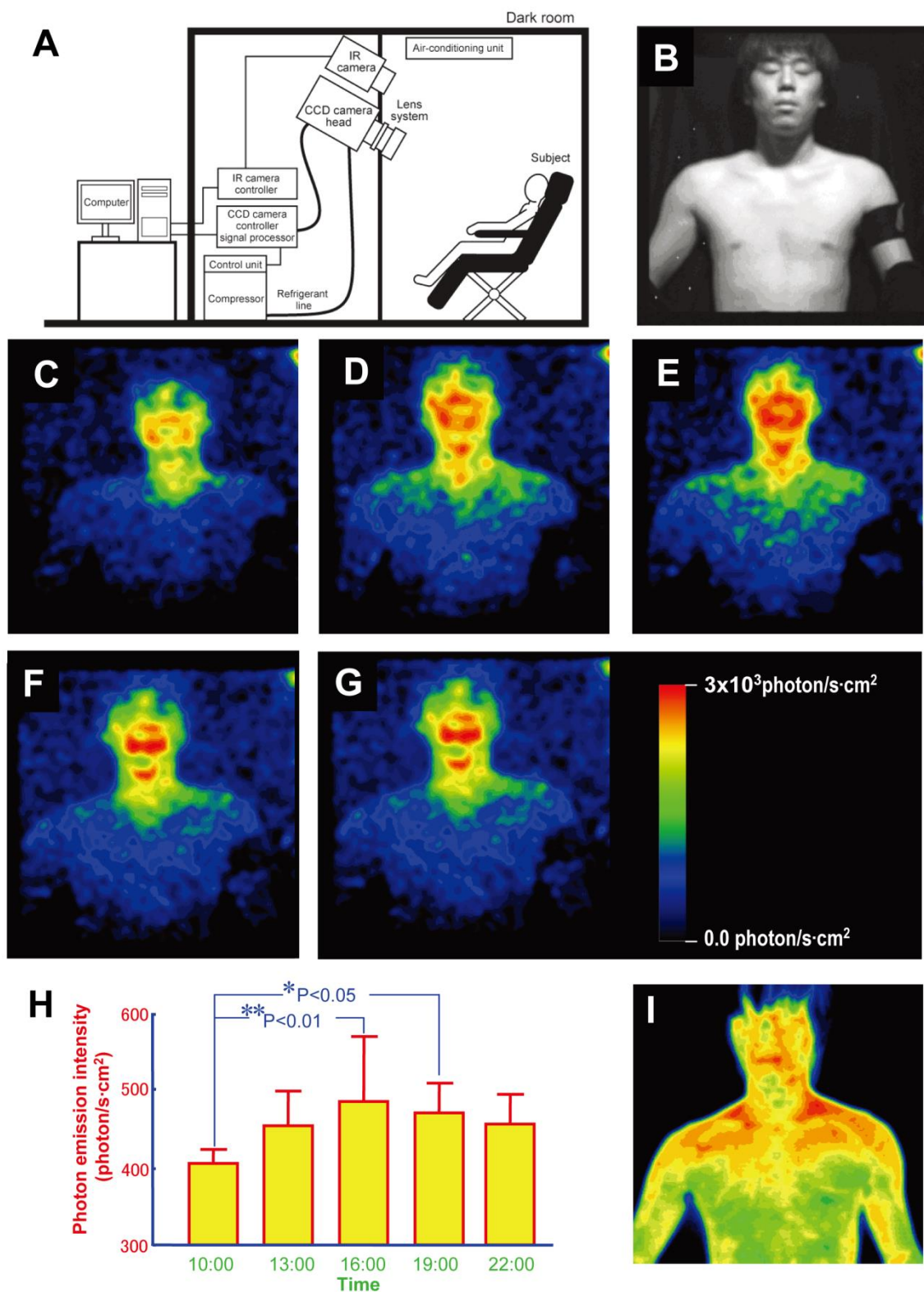


図 1。

A.実験セットアップの概略図。B-F。人体からの極超光子放射の画像。B.照明下の被写体の画像。C. 10:10 の画像。D. 13:10 の画像。E. 16:10 の画像。F. 19:10 の画像。

G. Image 22:10 に、皮膚表面の単位当たりの単位時間当たりの光子数で表される推定放射線強度を示す較正バーを有する。H. 5 人のボランティアからの顔および身体からの光子放出の毎日のリズム。10:00 AM (n = 15、平均±SD; ** P <0.01、* P <0.05) での光子放出との有意差。I. [図 1B-G](#) の被検体の典型的なサーモグラフィー像。

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006256.g001>

光子放射の毎日の変化を [図 1B~G](#) に示す。すべての画像において、顔面からの光子放出強度は体内よりも高かった。さらに、顔からの光子放出強度は均質ではなく、口および頬の周りの中央領域は側方領域および軌道よりも高かった。さらに、顔および上体の光子放出強度は時間依存変化を示すように見えた。5 人のボランティア全体で平均化された身体全体と時間に対面した総光子放出強度をプロットした ([図 1H](#))。光子放出は午前中に弱く、午後に増加し、午後遅く (約 16:00) にピークに達した (一元配置 ANOVA、 $F_{4,74} = 4.10$ 、 $P < 0.005$)。これらのデータは、人体からの光子放出の昼間のリズムがあることを強く示唆している。この結論をさらに支持するために、以前の実験の終了直後に、3 人のボランティアを軽い (400 ルクス) 環境で起きさせ、光子放出を 1:00、4:00 および 7:00 AM で測定した (補足図 S1)。光子放出は、昼間の午後にピークを形成し、その後、徐々に減少し、常に露光された光条件 (400 ルクス) で 1:00~7:00 に低く留まり、光子の日内リズムが内因性の日周期機構によって引き起こされる可能性があることを示した。00 AM (補足図 S1)。光子放出は、昼間の午後にピークを形成し、その後、徐々に減少し、常に露光された光条件 (400 ルクス) で 1:00~7:00 に低く留まり、光子の日内リズムが内因性の日周期機構によって引き起こされる可能性があることを示した。00 AM (補足図 S1)。光子放出は、昼間の午後にピークを形成し、その後、徐々に減少し、常に露光された光条件 (400 ルクス) で 1:00~7:00 に低く留まり、光子の日内リズムが内因性の日周期機構によって引き起こされる可能性があることを示した。

Ultrawek の生物光子放出は、表面温度を示すサーモグラフィー画像とは全く異なっていた ([図 1I](#))。胸部からは高い光子放射が検出され、その後、上頸部と額が検出され、一方、光子放出が低い鎖骨上の側頸部領域では高温が検出された。頬では、最高放射レベルは 16:00 に $3000 \text{ 光子} / \text{s} \cdot \text{cm}^2$ に達し、10:00 の値の約 2 倍です。

次に、フォトン放出と日内変動を示すことが知られている他の生理学的パラメータとの相関を調べた。[図 1B-G](#) の主題では、光子放出の増加とは反対に、朝から夕方までコルチゾールの一時的な減少を見出した ([図 2A](#))。コルチゾール濃度は、明日のリズムを示し、朝にピークに達し、光子放出強度と負の相関があった ($p < 0.002$; 5 人のボラ

ンティアから; 図 2B)。夜間にピークに達する毎日のリズムを示す別のパラメータは、光子放出と有意な相関を示さない(補足図 S2)。

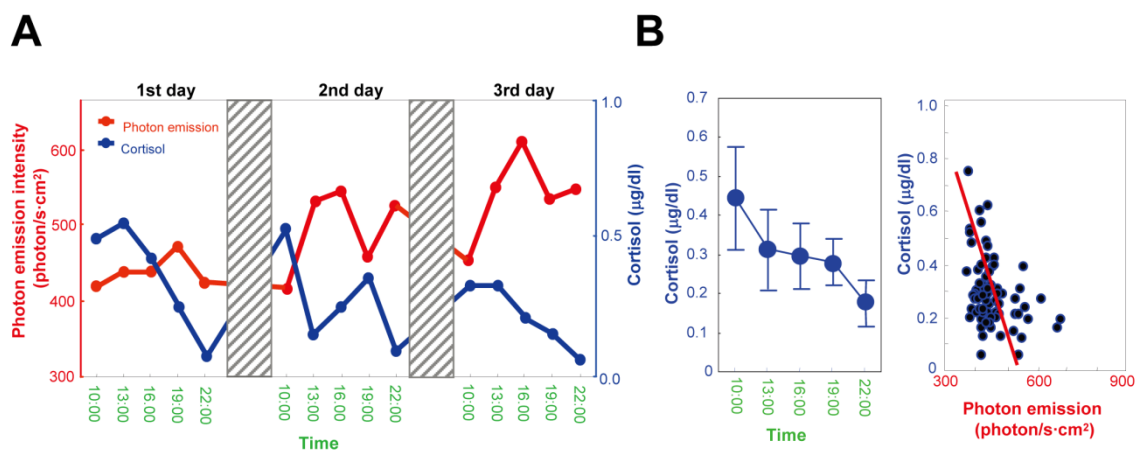


図 2

A. 3 日間観察された唾液中の生物発光発光強度とコルチゾール濃度の経時変化の比較。網掛け領域は睡眠時間を示す。被験者は図 1B~G のものである。B.コルチゾール分泌の日々の変化(左; n = 15、平均±SD)および光子放出強度との相関(右)。負の相関が見られた($r = -0.3074$, $P < 0.002$)。

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006256.g002>

光子放出メカニズムは、エネルギー代謝プロセスにおけるフリーラジカルの発生に起因すると考えられている。手のひら皮膚から検出された光子放射のスペクトルは、500~700nm に及んでおり、それぞれ 630~670nm および 520~580nm に第 1 および第 2 の発光ピークを有する[7]。フリーラジカルは、その後、脂質やタンパク質と反応して、副生成物として電子的に励起された種を生成する[1]。脂質過酸化から励起された三重項状態のカルボニル基または励起チロシンまたはトリプトファンを含むタンパク質などの励起分子は、エネルギー移動によってさらにフルオロフォアと反応し、光子放出につながる[8]、[9]。

毎日の光子強度と温度の有意な相関は見られず、光子放出と熱画像との間の相違は、光子放出の日周リズムが温度または微小循環の変化の結果ではないことを示唆している。さらに、光子放出の時間変化とコルチゾールとの明確な負の相関は、光子放出の日周リズムが、概日時計の制御下での細胞代謝過程の変化を反映することを示唆し得る。概日リズムは、転写/翻訳フィードバックループにインターロックされた時計遺伝子によって駆動され、体全体のほとんどの細胞で生成される[11]、[12]。最近

のクロノバイオロジーの進歩により、細胞の酸化還元状態が概日遺伝子発現を制御し、[時計振動の代謝信号の重要性を示している](#)[6]、[13]、[14]。実際に、酸素消費を伴うグルコース利用は、主要な哺乳動物の概日センターで強いリズムを示す[5]。活性酸素を生成する細胞呼吸鎖の制御によって、励起状態が生体光を発するタンパク質、脂質、フルオロフォアなどの分子と反応する[1]、[8]、[9]、[10]、人体の輝き概日時計のリズムまで [酸素摂取を伴い、哺乳類の概日中心部で頑強なリズムを示す](#)[5]。活性酸素を生成する細胞呼吸鎖の調節によって、励起状態が生体光を放出するタンパク質、脂質およびフルオロフォアを含む分子と反応する[1]、[8]、[9]、[10]、人体の輝き概日時計のリズムまで [酸素摂取を伴い、哺乳類の概日中心部で頑強なリズムを示す](#)[5]。活性酸素を生成する細胞呼吸鎖の制御によって、励起状態が生体光を発するタンパク質、脂質、フルオロフォアなどの分子と反応する[1]、[8]、[9]、[10]、人体の輝き概日時計のリズムまで

材料および方法

CCD カメラシステム

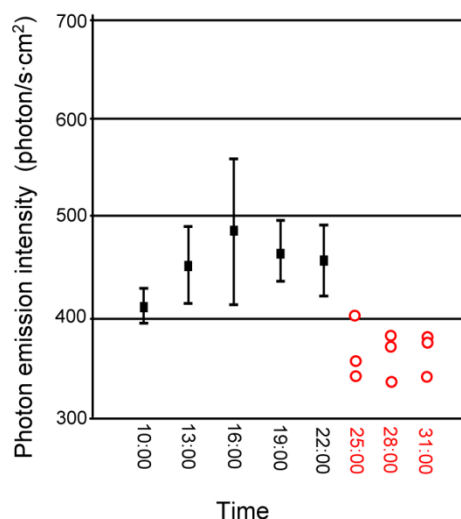
Spectral Instruments 600 シリーズ CCD カメラシステム (Spectral Instruments, Inc., AZ, USA) を使用した。2048×2048 画素の解像度と 13.5×13.5 μm の画素サイズを有するバックライト付きフルフレーム操作 CCD である CCD42-40 (e2v technologies Ltd., Essex, UK) を搭載。カメラシステムには、閉サイクルの機械的極低温装置を使用して CCD を -120°C に維持する冷却ヘッドが装備されています。これらの条件下で、量子効率は一ピクセル波長で 75% である。暗電流は 0.65 電子/ピクセル/h であり、低速走査モードでの読み出しノイズは 4.5 電子 rms 未満である。CCD カメラヘッドは、集光効率 (検出器側のレンズ系の開口数 (NA) は 0.5、レンズ枚数は 7 枚に制限されている) を最大にするように設計された特別に設計されたレンズ系を有する。レンズ系の倍率は 1/20 であり、被写体の集光効率は 1.0×10^{-3} である。この実験では、CCD は 8×8 ビニングモードで動作し、実際のピクセル数は 256×256 であった。集光効率と同様に暗電流と CCD の読み出しノイズによって決まる検出限界を考慮すると、各ピクセルの最小検出可能光子数は、表面上で約 100 $\text{photon} / \text{s} / \text{cm}^2$ と推定されます被験者は測定条件の下にある。

測定手順

すべての試験参加者は、20 代の健康な男性であり、皮膚疾患または経口薬を伴わずにいた。睡眠開始の平均時間は 23:30 時間 (23:00 から 01:00 時)、覚醒時は 06:15 時間 (06:00 から 07:00 時) でした。研究前に研究参加者の睡眠習慣を同期させる試み

はなかった。実験の1週間前から、被験者は規則的な睡眠時間を維持するように制御された条件下であった。被験者はアフターシェーブローションを含む化粧品を使用することができなかった。ボランティアは12:30の昼食と18:30の夕食をしました。参加者の裁量で食事の間に軽食と冷たい飲み物を許可した。身体イメージングの間、参加者はウエストから裸だった。ぬるま湯で軽く拭いた後、被験者は暗室に1人ずつ招待され、リラックスチェアが提供されました。光子放出測定の前に、被験者を暗室に15分間放置して暗順応させた。暗順応の間、身体の表面温度をチェックするためのサーモグラフと、弱い照明の下でピントを合わせるための画像が撮影される。バイオフィトン放出測定は、CCDカメラによって連続的に20分間行われる。測定中、快適な音楽がリラクゼーションのために提供されたが、睡眠は許されなかった。測定の終わりに、弱い照明下でサーモグラフと画像を口腔温度と共に再び採取する。顔および上体からの光子放出強度を画像データから計算した。唾液中コルチゾールレベルをラジオイムノアッセイにより測定した。統計分析のために、一方向ANOVAに続いてボンフェローニ/ダンの多重比較を適用した。上記の実験は、神戸大学大学院医学系研究科倫理委員会の承認を受けています。

サポート情報



睡眠不足のボランティアでの光子放出。3人の志願者が睡眠なしで一定の光環境（400ルクス）を維持し、25:00（1:00 AM）、28:00（4:00 AM）および31:00（7:00 AM）（赤い点）。これら

の時点での光子放出のレベルは、夕方値よりもはるかに低いことに注意してください。 [図 1H](#)からは 10 : 00 ~ 22 : 00 の値が採用されている (n = 15、Mean±SD)。

図 S1

睡眠不足のボランティアでの光子放出。3 人の志願者が睡眠のない一定の光環境 (400 ルクス) を維持し、25:00 (1:00 AM)、28:00 (4:00 AM) および 31:00 (7:00 AM) (赤い点)。これらの時点での光子放出のレベルは、夕方値よりもはるかに低いことに注意してください。 [図 1H](#)からは 10:00 ~ 22:00 の値が採用されている (n = 15、Mean±SD)。

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006256.s001>

(5.65 MB TIF)

図 S2。

毎日の口腔温度の変化 (左、n = 15、平均±SD) (a)、および光子放出強度との相関 (b)。光子放出と口腔温度との間に有意な相関はなかった (r = 0.1630、p = 0.1682)。

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006256.s002>

(7.76 MB TIF)

謝辞

私たちは Drs に感謝します。M. Fustin と M. Okawa は原稿の批評を読んだ。

著者寄稿

実験を構想し、設計した: MK HO。実験を行った: MK DK HO。分析データ: MK DK。貢献した試薬/材料/分析ツール: MK。論文を書いた: MK HO。

参考文献

1. Popp FA、et al。(1988) 'Biophoton emission'の複数著者によるレビュー。Experientia 44:543-600.FA Popp1988'Biophoton Emission'複数著者によるレビュー.Experientia44543600
 - [記事を見る](#)

- [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
2. 2。Kobayashi M、et al。(1999)ラットの脳からの自発的超極小光子放出のインビボイメージングは、脳のエネルギー代謝および酸化ストレスと関連した。Neurosci Res 34: 103-113、M。Kobayashi1999 ラットの脳からの自発的超極光子放出のインビボイメージングは、脳のエネルギー代謝および酸化ストレスと関連していた。Neurosci Res34103113
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
3. 3。Kobayashi M(2003)生物の自発的な超光子放出 - 生体光子現象 - 生物学的情報を抽出するための検出技術。Photochem の動向。Photobiol 10: 111-135、M。Kobayashi2003 潜在的に生きている生物の光子放出 - 生物光子現象と生物学的情報を抽出するための検出技術。Photochem.Photobiol10111135 の動向
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
4. 4。【請求項 2】請求項 1 に記載の抗酸化剤を含有することを特徴とする皮膚外用剤。Methods Enzymol 300:419-428.G。SauermannWP MeiU。HoppeF。Stab1999 ヒト皮膚のインビボでの光線放出:ヒトの皮膚への局所適用抗酸化剤の影響。
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
5. 5。Schwartz WJ、Gainer H(1977)上交核:14C 標識デオキシグルコース取り込みの機能マーカーとしての使用。Science 97:89-91.WJ SchwartzH。Gainer1977 視交叉核:機能マーカーとしての 14 C 標識デオキシグルコース取り込みの使用。Science978991
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
6. 6。Morrow M、Roenneberg T(2001)概日時計:レドックスを使います。Cell 106:141-143、M。MorrowT。Roenneberg2001Circadian 時計:レドックスで走る。Cell106141143
- [記事を見る](#)

- [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
7. 7. 宇佐 M(1991)生体の生理状態と生体光子放出。In: Inaba H、編集者 Inaba Biophoton Project の最終報告書: Res. 開発する。日本。pp.239-277、M. 生体の生理状態と生体光放出。Inaba Biophoton Project のレポート: Res. 開発する。株式会社日本国特許第 2939277 号。(日本語)。
8. 8. Cadenas E(1984)Biological Chemiluminescence。Photochem Photobiol 40: 823-830.E. Cadenas1984Biological Chemiluminescence.Photochem Photobiol40823830
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
9. 9. Nakano M(1989)脂質過酸化および酵素反応中の低レベル化学発光。J Biolum Chemilum 4: 231-240、M. Nakano1989 脂質過酸化および酵素反応中の低レベル化学発光.J Biolum Chemilum4231240
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
10. 10. Teuchner K、et al。(1999)メラニンのフェムト秒二光子励起蛍光。Photochem Photobiol 70: 146-151.K. Teuchner1999 フェムト秒 2 光子励起メラニン蛍光。Photochem Photobiol70146151
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
11. 11. Okamura H(2004)細胞時計における時計遺伝子:役割、行動、謎。J. Biol. Rhythms 19: 388-399.H. 細胞時計における Okamura2004Clock 遺伝子:役割、行動、謎 Biol.リズム 19388399
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
12. 12. Yamaguchi S、Isejima H、Matsuo T、Okura R、Yagita K、et al。(2003)視交叉上核における細胞時計の同期化。Science 302: 1408-1412.S. Yamaguchi、伊勢島。MatsuoR. OkuraK. Yagita2003 視交叉上核における細胞時計の同期化.Science30214081412
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)

- [Google Scholar](#)
13. **13.** Schibler U、Rippeyger JA、Brown SA (2001) 概日リズム。クロノバイオロジ
ーを減らす時間。Science 293:437-438.U. SchiblerJA RippeygerSA
Brown2001 サバイバルリズム。Chronobiology-reducing
time.Science293437438
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)
14. **14.** Reick M、Garcia JA、Dudley C、McKnight SL (2001) NPAS2: 哺乳動物の
前脳内で作動する時計のアナログ。Science293:506-510、M. ReickJA
GarciaC。DudleySL McKnight2001NPAS2: 哺乳類の前脳で作動する時計の
アナログ.Science293506510
- [記事を見る](#)
 - [PubMed / NCBI](#)
 - [Google Scholar](#)