

居眠り運転発生の生理的メカニズム

林 光緒*

居眠り運転の主要な原因は、睡眠不足と生体リズムである。眠気は、24時間、12時間、2時間の生体リズムの影響を受けており、特に早朝と午後に眠気が強くなる。この強い眠気によって緩徐眼球運動や瞬眠が生じ、居眠り運転へとつながっていく。居眠り運転防止には、普段から規則正しい生活習慣を心がけ、睡眠不足が蓄積しないよう、じゅうぶん睡眠をとること、居眠り事故が起こりやすい時間帯に注意することが必要である。眠気の防止法の一つとして短時間仮眠の効果が注目されている。

Physiological Mechanisms of Nodding Off at the Wheel

Mitsuo HAYASHI*

The major causes of nodding off at the wheel are insufficient sleep and biological rhythms. Sleepiness is affected by 24-, 12-, and 2-hour biological rhythms, so that traffic accidents due to drowsy driving often occur in the early morning and mid-afternoon. Such excessive sleepiness causes slow eye movement and micro-sleep during driving, resulting in nodding off at the wheel. To prevent drowsy driving, the driver must have regular life patterns and get sufficient nocturnal sleep, avoid accumulation of sleep loss, and pay keen attention to the times of day when drowsy driving tends to occur. The effects of a short nap deserve note as one of the countermeasures of drowsy driving.

1. 2012年に発生した居眠り事故

2012年4月29日、群馬県藤岡市の関越自動車道上り線で起きた高速ツアーバスの事故は記憶に新しい。当日、運転士は眠気を抱えたまま運転を続け、午前4時40分頃、居眠り運転によってバスは時速約90kmでガードレールに接触後、防音壁に衝突、大破した。この事故により乗客45名のうち7名が死亡、38名が重軽傷を負った。

また、その6日前、4月23日に京都府亀山市で起きた無免許運転者による暴走事故も社会的に大きな

問題となった。この車を運転していた18歳の少年は、前日未明から約5時間の休憩をはさんで約30時間運転を続けた。強い眠気を覚えながらも運転を続けた結果、居眠りし、23日午前7時58分、車は集団登校中の小学生の列に衝突した。この事故で女児2名と引率していた保護者1名の計3名が死亡、児童7名が重軽傷を負った。

このような居眠り運転による事故は、枚挙にいとまがない。12年の1年間に掲載された新聞記事だけでも、以下のような事故が発生している¹⁾。4月12日午前6時頃、神奈川県大磯町でワンボックスカーの運転士が原付バイクをひき逃げし、バイクを運転していた男性が死亡した。5月7日午後2時15分頃、静岡市で保冷車の運転士が居眠り運転し、自転車と歩行者を巻き込み、自転車に乗っていた2名と歩行

* 広島大学大学院総合科学研究科教授
Professor, Graduate School of Integrated Arts and Sciences,
Hiroshima University.
原稿受理 2013年2月18日

者1名が重軽傷を負った。7月6日午前0時20分頃、大阪府高槻市で信号待ちの軽乗用車に居眠り運転のトラックが追突、2名が死亡した。8月2日午前4時過ぎ、宮城県白石市の東北自動車道で高速ツアーバスの運転士が居眠りしトラックに衝突、乗客24名が重軽傷を負った。9月27日午前4時半頃、札幌市でミニバトカーを運転していた警察官が居眠り運転により自転車に衝突、自転車に乗っていた女性が重傷を負った。11月2日午前7時20分頃、千葉市で信号待ちの車列に居眠り運転のトラックが突入、車8台を巻き込む多重事故となった。

これら8件の事故には共通性が存在する。それは、いずれもよく似た時刻で発生していることである。そのほとんどが早朝に発生し、少数が昼過ぎに発生していることが分かる。

2. 居眠り事故の発生時刻と眠気のリズム

2-1 居眠り事故の発生時刻

Fig.1は、居眠り事故の発生率とその時刻を示したものである²⁾。実線が居眠り運転事故、点線が運転事故全体を示している。運転事故は日中の中でも朝と夕方のラッシュ時に多い。これに対して居眠り事故は交通量の少ない時間帯に多発しており、二つの山が見て取れる。一つは夜半から早朝にかけてのピークであり、もう一つが午後2時から4時のピークである。これと同様の結果は、英国³⁾、イタリア⁴⁾、米国⁵⁾においても報告されている。1994年の米国睡眠障害研究委員会の報告によれば、午前2時～7時と午後2時～5時に発生した交通事故の数は、事故全体の41.6%を占めており、死亡事故の発生件数も全体の36.1%を占めていた⁶⁾。

前述の2012年に発生した居眠り事故もこれらの時間帯にほぼ相当しており、居眠り事故が発生しやすい時間帯が存在することが分かる。これらの時間帯は、眠気が発生しやすい時刻である。

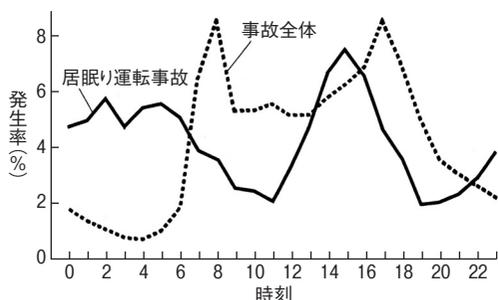


Fig. 1 居眠り運転事故の発生率²⁾

2-2 24時間リズムの眠気

現在のところ、眠気の発生には三つの生体リズムが関与していると考えられている⁷⁾。

一つは、1日周期のサーカディアンリズム (circadian rhythm : circa=約, dian=day, または概日リズム) である。ヒトにおけるサーカディアンリズムの代表例が体温リズムと睡眠覚醒リズムである。体温は1日の中で変動しており、夕方6～8時頃に最高となり、早朝3～5時頃に最低となる。夜になると眠くなるのは、体温が低下していくからである。最高体温と最低体温の中間程度まで体温が低下した頃、われわれは就床し、夜間睡眠の半ばで最低体温を迎え、最低体温から2～3時間経過したところで起床する。起床時には体温が上昇しているため、目覚まし時計を使わなくても、おおよそ決まった時刻に起きることができる。ただし、後述するように、日本人は世界的に見て睡眠時間が短い⁸⁾。睡眠不足の場合は定刻に起きることが困難になり、目覚まし時計を使う人が多くなる。

このように夜間は体温が低下していくとともに眠気が増大していく。早朝の最低体温付近では眠気が最も強く、したがって居眠り事故もこの時間帯に多発することになる。朝を迎え、体温が十分上昇すると覚醒レベルも上昇するため、午前9時以降は居眠り事故が起こりにくい。しかし、午後になると再び眠気が生じやすくなる。

2-3 12時間リズムの眠気

午後の眠気は、昼食が原因であると考えられる人は多く、トラック運転士などの職業運転士の中には、午後の眠気を防止するため昼食は少なめにするという人もいる。確かに昼食の内容が午後の眠気に影響することが確かめられている。Harnishらによれば、食物を咀嚼しただけで吐き出した場合では眠気は高まらなかったが、食物を咀嚼してそのまま飲み込んだ場合は45分後に眠気が高まった⁹⁾。このことは、胃内に食物が入ったことが眠気を高めたことを示している。しかし、どのような内容の食物でも眠気を高めるわけではない。Orrらは、流動食や水を摂取した場合は眠気は高まらず、固形食を摂取したときに眠気が高まったことを報告している¹⁰⁾。またWellsらによれば、高脂肪または低脂肪の食事をとると、その1.5時間後に眠気が強くなった¹¹⁾。ドライビングシミュレーターを使った最近の研究でも、922kcalの重い昼食をとると、305kcalの軽食をとったときより眠気が高まり、走行中の車線はみ出しが増

加した¹²⁾。

しかし、その一方で、午後の眠気は昼食とは無関係に生じることも報告されている。Stahlらは、昼食を2時間早めた場合でも、昼食を抜いた場合でも午後には眠気が生じ、普通に昼食をとった場合と変わらなかったことを報告している¹³⁾。また、Carskadon & Dementは、食事の直接的な影響だけでなく、時計や運動による影響を取り除いた条件で日中の眠気を測定した。時計や窓のない寝室のベッドに1日中寝転んでもらい、1時間ごとに少量の食事を分散してとってもらった。このように食事が特定の時刻に集中していなかったにもかかわらず、午後に眠気が発生した¹⁴⁾。

さらに、睡眠不足でなくても午後の眠気が生じることも明らかにされている。Carskadonらは、種々の年齢層で日中の眠気を2時間ごとに測定したところ、前夜の睡眠時間が8時間の場合でも10時間に延長した場合でも同様に、午後に眠気が発生したことを明らかにしている¹⁵⁾。

このように、昼食や睡眠不足は眠気を引き起こす要因の一つといえるが、これらの要因を取り除いても午後には眠気が生じることから、午後の眠気はヒトに備わった生体リズムを反映していると考えられている。しかし、午後は体温が高いため、早朝のような体温低下が眠気発生の原因とは考えにくい。午後の眠気は、最低体温の時刻からおよそ半日後に生じることから、半日周期のサーカセミアンリズム(circasemidian rhythm: semi=半分)の影響を受けている可能性が指摘されている¹⁶⁾。しかし、現在のところ、なぜこのような半日リズムが存在するのか、その理由や生理学的メカニズムは明らかにはなっていない。

2-4 2時間リズムの眠気

眠気の発生に関与する三つ目の生体リズムとして、2時間周期のウルトラディアンリズム(ultradian rhythm)が挙げられる。ウルトラディアンリズムは、1日よりも周期の短いリズムをいう。運転中の眠気に関する調査¹⁷⁾によれば、トラックや一般の運転士では、Fig.1と同様、午後と早朝に眠気のピークが認められた。しかし、バス運転士では、トラックや一般の運転士とは異なり、午前10時、12時、午後2時と、2時間ごとに眠気のピークが認められた。これらの時刻は、朝夕のラッシュ時に比べると交通量の少ない時間帯であり、さらに同じ路線を走行している路線バスの運転士にとっては慣れた道路であり、

単調な作業になりやすい。さらに、バス運行中に眠気が生じても、バス運行中には眠気覚ましの行動をとることが難しい。

ヒトは単調な環境下に置かれると、覚醒レベルが数時間周期で変動する¹⁸⁾。バス運転士における2時間周期の眠気は、単調環境下におけるウルトラディアンリズムの発生を反映したものであると考えることができる。ただし、眠気におけるウルトラディアンリズムは比較的弱いリズムであり、作業への動機付けが高い場合や、環境要因が変化することによって眠気を感じることは少なくなる¹⁹⁾。しかし、完全に消失するわけではなく、単調環境下に置かれると再び眠気が数時間周期で出現する。このことから、これは環境要因の変化による見かけのリズム消失であり、この現象はマスキング効果と呼ばれている²⁰⁾。

眠気のウルトラディアンリズムはマスキングされやすいため、居眠り事故につながることは少ないが、眠気の高まりとともに反応速度が遅くなり事故につながりやすいことから、高速道路など比較的単調な道路を長時間運転する場合は、定期的に休憩をとるなど注意が必要である。

3. 睡眠不足と眠気

3-1 睡眠時間と眠気

眠気はもちろん、睡眠不足時にも強くなる。日中の眠気は、前夜の睡眠時間が短くなるほど強くなり、逆に、睡眠時間が長くなるほど弱くなる²¹⁾。

運転時における睡眠不足の危険性は、アルコール摂取時の眠気を比較した研究結果からも明らかである。Roehrsらは、睡眠潜時反復検査(Multiple sleep latency test)を用いて、睡眠不足時とアルコール摂取時の眠気を調べた。普段の睡眠時間を2時間短縮すると入眠潜時が6.9分となり、過剰な眠気があると判定された。これは、体重1kg当たり0.54gのアルコール(350ml缶のビール2~3本に相当)を摂取した場合と同程度の眠気のレベルであった²²⁾。この実験は米国で実施されたため、日本人の場合、2時間の睡眠短縮がどの程度のアルコール摂取量に相当するのか明らかではないが、睡眠時間の短縮が強い眠気を招くことは明らかである。

さらに、日中の覚醒レベルは、前夜だけでなく、毎日の睡眠時間の影響も受ける。毎日の睡眠時間が短いと睡眠不足が日々蓄積し、その蓄積量に応じて覚醒レベルが低下する²³⁾。

3-2 日本人の睡眠時間

睡眠不足の蓄積は、睡眠時間が短い日本において特に深刻である。経済協力開発機構(OECD)が09年に報告した先進18カ国の平均睡眠時間の結果によれば、韓国と日本の睡眠時間は、それぞれ7時間49分、7時間50分と、18カ国の中で最も短く、18カ国の平均睡眠時間である8時間21分と比べ、約30分短かった⁸⁾。しかし、日本人の睡眠時間はもともとこのように短かったわけではない。総理府および総務省が1976年から5年ごとに実施している社会生活基本調査によれば、1976年から2011年までの35年間で日本人の平均睡眠時間は約30分短くなった^{24,25)}。さらに、NHKが1960年から5年ごとに実施している国民生活時間調査によると、1960年から2010年の50年間の間に、日本人の平均睡眠時間は1時間減少した^{26,27)}。

日本人全体の睡眠時間が減少している中、20歳代から40歳代にかけての働き盛りの年齢層の睡眠不足が特に深刻である。厚生労働省が09年に実施した国民健康・栄養調査によれば、これらの年齢層の中で男性では30歳代で45.1%、女性では40歳代で45.4%の人の睡眠時間が6時間未満であった。睡眠で休養が「まったくとれていない」または「あまりとれていない」と回答した者は、男性全体で18.6%、女性全体で18.3%であったが、30歳代男性で32.8%、40歳代女性で27.4%と、睡眠時間が最も短い年齢層で睡眠休養充足度が特に低かった²⁸⁾。

東京に勤務する20~59歳のホワイトカラー、4,722人を対象とした調査では、男性の7.2%、女性の13.3%に過剰な眠気があると判定された²⁹⁾。このように過剰な眠気を抱える者は起きていなければならない場面でもしばしば居眠りが起こるため、いつ居眠り運転を起こしても不思議ではない。このような過剰な眠気の原因は、単に睡眠時間が短いことばかりではない。平日と週末で睡眠時間の差があり、週末に寝だめしていることや、生活習慣が不規則で、睡眠時間が日によって大きく異なることも、過剰な眠気の原因として特定されている²⁹⁾。

3-3 居眠り運転の発生率

以上のように、睡眠不足と生体リズムの影響によって生じた過剰な眠気が居眠り運転を招く。居眠り運転の発生率を調べた報告によれば、年間当たり一般運転者の4~8%が居眠り運転をしているが、居眠り事故の発生率は1%未満である。これに対して年間10万km以上を走行する長距離トラックの運転

士では25~36%が居眠り運転の経験を持ち、11%が居眠り事故を起こしたことがあるという³⁰⁾。Horne & Reynerによれば、交通事故のうち、睡眠不足や疲労が原因で起こる事故は事故全体の16~23%³¹⁾、Garbarinoらによれば21.9%を占めていた⁴⁾。本邦における海上交通事故も34%は居眠りが原因とされている³¹⁾。

4. 居眠りの心理生理学的特徴

4-1 断眠の影響

眠気が強いとき、どのようにして居眠りが生じるのであろうか。極端な睡眠不足の例として、数日間まったく眠らないで過ごす断眠がある。

断眠中は徐々に覚醒レベルが低下していくが、断眠中でも体温は24時間周期で変動することから、体温が低下する夜半から早朝にかけて覚醒レベルが著しく低下し、強い眠気が生じる³²⁾。しかし、第1夜では、眠気は強くても自発的で主体性のある行動がとれる。第2夜になると居眠りが頻発するようになる。無気力で無関心な態度が現れ、感情のコントロールも悪化する。第3夜になると一人で起き続けることはほとんど困難になり、起き続けるためには立ったままの状態を続けたり、体を動かしたり、飲食しなければならなくなる。そして瞬眠(microsleep)が頻発する。瞬眠は数秒感の居眠りであり、本人には眠ったという自覚はない。瞬眠は、しばしば目を開けた状態でも起こる。しかし、脳波を測定すると睡眠脳波が出現しており、明らかに覚醒レベルが低下している。さらに3日間断眠を続けると断眠性の幻覚が出現し、黒色で書かれた文字がさまざまな色に見えたり、直線が曲線に見えたり、蜘蛛の巣状の物が見えたりする。3夜で断眠を断念する人が大半であるが、第4夜まで続けると知覚障害のほか、妄想が現れたりする³³⁾。

瞬眠は、第2夜でなくても過剰な眠気があれば生じ、これが居眠り運転の直接の原因となる。

4-2 瞬眠の特徴

Fig.2は、睡眠段階1の最中の20秒間の睡眠ポリグラムを示したものである。睡眠は睡眠段階1から4のノンレム睡眠と、レム睡眠に分類できる。通常、睡眠は睡眠段階1から始まり、順に睡眠段階4まで続いた後、睡眠段階1が出現し始めておよそ1時間経過した頃にレム睡眠が現れるようになる。また、睡眠ポリグラム記録とは、睡眠中に脳波のほか、眼球の動きや筋肉活動の状態を記録する眼電図や筋電

図など複数(ポリ)の図(グラム)を同時に測定したものを指す。ノンレム睡眠は、脳波によって分類できるが、レム睡眠中の脳波は睡眠段階1の脳波と酷似しているため、脳波だけでは睡眠段階1とレム睡眠を区別することが困難である。しかし、レム睡眠中は急速眼球運動(Rapid eye movement: REM = レム)が現れること、骨格筋と体の姿勢を保つ抗重力筋の筋緊張が著しく低下することから、眼電図と筋電図を測定すれば、睡眠段階1とレム睡眠を識別することができる。そこで、睡眠段階を判定するためには、脳波、眼電図、筋電図の三つを測定することが必須となっている。

瞬眼は睡眠段階として最も浅い睡眠段階1であり、Fig.2の状態である。睡眠段階1が覚醒中と大きく異なる点は二つある。一つは脳波である。覚醒中は目を閉じていると1秒間に10個程度の律動的で規則的な脳波であるアルファ波が連続して現れるが、睡眠段階1ではアルファ波が消失する。二つ目の違いは目の動きである。睡眠段階1の最中には、Fig.2に見られるようなゆっくりとした目の動き(slow eye movement: SEM = 緩徐眼球運動)が現れるようになる。緩徐眼球運動は睡眠段階2になると停止する。

この緩徐眼球運動は、睡眠段階1になる直前から出現し始める。読書中、非常に眠くなったとき、目の焦点が合わなくなることをわれわれはしばしば体験するが、これは緩徐眼球運動が生じているために起こる。しかし、緩徐眼球運動が生じていても、われわれはこれに気付くことはない。つまり、眠気が強いときは、瞬眼が起こる前から危険運転が生じていることになる。さらに、瞬眼が生じ、睡眠段階1の状態になっても、われわれは寝入った状態であることに気付きにくい。

「眠っていた」という感覚のことを睡眠感と呼ぶが、Webbは睡眠段階1～4までの各睡眠段階で実験参加者を起こし、睡眠感を調べた。睡眠段階1では、44%の者が「眠っていた」と回答し、残りの56%が「目が覚めていた」と回答した³⁴⁾。このように眠りかかった状態でも睡眠感は乏しく、運転中に瞬眼が起こってもこれに気付かず、運転を継続してしまうことになる。

さらに問題は、このように半ば居眠りしているような状態でも運転できてしまうことにある。深夜に

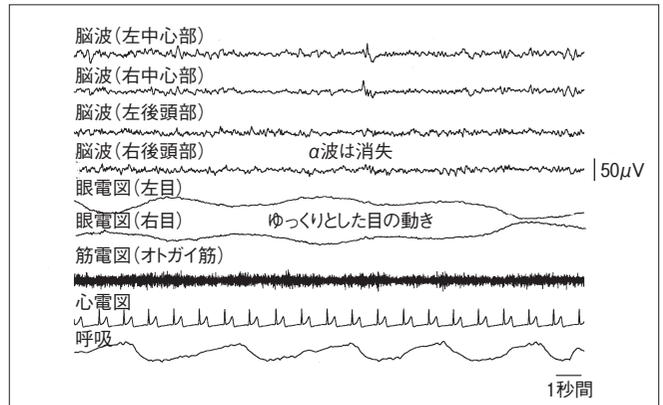


Fig. 2 睡眠段階1の睡眠ポリグラム

おける高速道路走行中の脳波と眼球運動を計測した研究によれば、運転士は瞬きもなく、ほとんど居眠りしかかった状態で高速道路を時速100km以上の速度で約20分間走行していたという³⁵⁾。このことは、単純な動作だけであれば、半ば居眠りしかかった状態でも運転できることを示している。実際、2種類の音に対して一方の音が鳴ったらボタンを押すという課題を実施すると、睡眠段階1の最中には、ほぼ90%応答することができる³⁶⁾。

このように、居眠りの自覚もなく運転できてしまうが故に、眠気や疲労を感じても運転を中止することが一層困難になる。

4-3 居眠り運転のメカニズム

以上をまとめると、居眠り運転が生じるメカニズムは以下のとおりである。

まず、睡眠不足と生体リズムによって早朝と午後強い眠気が生じる。この強い眠気によって緩徐眼球運動や瞬眼が生じる。このような状態では、いつ事故が起こってもおかしくはないが、これに気付くことはほとんどなく、しかもある程度は運転が可能であるため、運転を中止することが困難である。やがて瞬眼のように数秒間で覚醒に戻るようなことはなくなり、睡眠が持続する。こうして居眠り運転が生じることになる。

5. 居眠り事故の予防と対策

5-1 眠気対策

居眠り運転を防止するためには、瞬眼を防止することが重要となる。しかし、運転士は緩徐眼球運動や瞬眼に気付くことはほとんどない。この状態では、運転士自らが居眠りを防止することは非常に困難であるため、外的な居眠り検知システムを導入するほ

かない。

運転士自身が注意すべきことは、眠気と生体リズムである。眠気が生じにくいよう、普段からじゅうぶん睡眠をとり、睡眠不足が蓄積しないよう規則正しい生活習慣を心がけることが大切である。また、居眠り事故が起りやすい時間帯に十分注意する必要がある。運転士は、自身の眠気には気付いているため³⁷⁾、運転中に眠くなった場合は、すぐ運転を中止すべきである。

眠気を覚ますには、大きく分けて三つの方法がある。

- (1) 明るい光を照射したり、興奮的な音楽を聴いたり、冷風に当たったり、洗顔するなど、覚醒刺激を与える
- (2) カフェインやニコチンなどの覚醒効果のある物質を摂取する
そして、
- (3) 仮眠

覚醒刺激や覚醒物質は、覚醒レベルを上げるものの、睡眠欲求そのものを除去する方法ではないため、近年、睡眠欲求を満たす方法である仮眠法が注目を浴びている³⁸⁾。

5-2 仮眠の効果

車両で仮眠をとる際の留意点は、仮眠時間である。日中に運転する場合は、仮眠時間は20分以内にすべきである³⁸⁾。仮眠時間が30分を超えると、ノンレム睡眠中、深い睡眠段階である睡眠段階3、あるいは最も深い睡眠段階4に達する。この段階に達してしまうと起床しにくく、目覚めた直後はかえって眠気や疲労が増大する。この現象を睡眠慣性と呼ぶ。さらに日中に30分を超える仮眠をとると、その夜、寝つきが悪くなり、睡眠不足を助長することになる。睡眠段階3や4は、1日の中で出現する時間がほぼ一定であるため、日中に深く眠ってしまうと、その分、夜間睡眠中の深い睡眠が減少するためである。車両シートで仮眠をとる場合は、シートをできるだけ倒したほうが効果が高く³⁹⁾、20分間の時間があれば十分な改善効果を得ることができる⁴⁰⁾。

夜間に運転する場合は、夜間に仮眠をとるだけでなく、午後の眠気が発生する午後2時頃から5時頃までに十分な仮眠をとっておくことも一つである。夕方5時以降では体温が最高点に達するため眠りにくく、予防的な仮眠をとることが困難だからである。Macchiらは、長距離トラックのドライバーに午後2時～5時に3時間の仮眠をとってもらったところ、

実質、2時間17分眠ることができ、夜間の覚醒水準や作業成績が午前7時30分まで維持できたことを報告している⁴¹⁾。

一方、夜間に仮眠をとる場合、夜間全体を通して覚醒レベルを維持するには、夜間前半では2時間以上、夜間後半では60分程度の長さの仮眠が必要であることが指摘されている⁴²⁾。午前0時から3時の間に20～30分程度の短時間の仮眠をとった場合でも眠気の改善に有効であったことが報告されているものの、起床後30分間は睡眠慣性が強い⁴⁰⁾、起床直後の運転は控え、覚醒レベルが十分に回復してから運転を再開すべきである。

6. おわりに

睡眠不足と生体リズムによる眠気の発生は、居眠り運転だけでなく、種々の産業事故や医療事故の原因にもなっている。Legerの試算によれば、眠気による米国の経済的損失は、1988年の1年間で432億ドル、人的損失は24,318名であったという⁶⁾。Moore-Edeは、睡眠不足と疲労による事故の損失額は、米国だけで年間160億ドル、全世界では800億ドル以上に達するとしている⁴³⁾。本邦では内山が眠気による経済的損失を試算したところ、作業効率低下が3兆665億円、欠勤、遅刻、早退による給与損失が1,616億円、眠気による交通事故の保険金支払額が2,413億円であった。これらを合計すると、年間3兆4,693億8,756万円もの経済的損失があると推定された⁴⁴⁾。このように眠気による人的、経済的損害は莫大なのであるといえる。

睡眠に関するマスコミ報道や書籍は多数あるものの、睡眠時間が短い日本において、睡眠不足や生体リズムによる危険性については、あまり認識されていないのが現状である。今後より一層の啓蒙活動を行う必要があるだろう。

参考文献

- 1) 朝日新聞社『聞蔵Ⅱビジュアル・フォーライブラリー』
- 2) 西田泰「科学警察研究所交通安全教室研究資料」『睡眠学 眠りの科学・医歯薬学・社会学』高橋清久編、じほう、p.138、2003年
- 3) Horne, J. A., Reyner, L. A.: Sleep related vehicle accidents, British Medical Journal, 6979, pp.565-567, 1995
- 4) Garbarino, S., Nobili, L., Beelke, M., Phy, F. D. C,

- Ferrillo, F. : The contributing role of sleepiness in highway vehicle accidents, *Sleep*, 24, pp.203-206, 2001
- 5) Pack, A. I., Pack, A. M., Rodgman, E., Cucchiara, A., Dinges, D. F. : Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep, *Accident Analysis and Prevention*, 6, pp.769-775, 1995
 - 6) Leger, D. : The cost of sleep-related accidents: a report for the National Commission on Sleep Disorders Research, *Sleep*, 17, pp.84-93, 1994
 - 7) 林光緒「日中の眠気」『睡眠心理学』堀忠雄編、北大路書房、pp. 267-278、2008年
 - 8) Organization for Economic Co-operation and Development : Society at a Glance 2009: OECD Social Indicators, 2009
 - 9) Harnish, M. J., Greenleaf, S. R., Orr, W. C. : A comparison of feeding to cephalic stimulation on postprandial sleepiness, *Physiology & Behavior*, 64, pp.93-96, 1998
 - 10) Orr, W. C., Shadid, G., Harnish, M. J., Elsenbruch, S. : Meal composition and its effect on postprandial sleepiness, *Physiology & Behavior*, 62, pp.709-712, 1997
 - 11) Wells, A. S., Read, N. W., Idzikowski, C., Jones, J. : Effects of meals on objective and subjective measures of daytime sleepiness, *Journal of Applied Physiology*, 84, pp.507-515, 1998
 - 12) Reyner, L. A., Wells, S. J., Mortlock, V., Horne, J. : 'Post-lunch' sleepiness during prolonged, monotonous driving—effects of meal size, *Physiology & Behavior*, 105, pp.1088-1091, 2012
 - 13) Stahl, M. L., Orr, W. C., Bollinger, C. : Postprandial sleepiness : objective documentation via polysomnography, *Sleep*, 6, pp.29-35, 1983
 - 14) Carskadon, M. A., Dement, W. C. : Multiple sleep latency tests during the constant routine, *Sleep*, 15, pp.396-399, 1992
 - 15) Carskadon, M. A. : Ontogeny of human sleepiness as measured by sleep latency, In: *Sleep and alertness: chronobiological, behavioral, and medical aspects of napping*, D. F. Dinges, R. J. Broughton, Eds., Raven Press, pp.53-69, 1989
 - 16) Broughton, R. J. : Sleep attacks, naps, and sleepiness in medical sleep disorders, In: *Sleep and alertness: chronobiological, behavioral and medical aspects of napping*, D. F. Dinges, R. J. Broughton, Eds., Raven Press, pp.267-298, 1989
 - 17) 丸山康則「交通事故の周期性」『時間生物学ハンドブック』千葉喜彦、高橋清久編、朝倉書店、pp.470-478、1991年
 - 18) Hayashi, M., Sato, K., Hori, T. : Ultradian rhythms in task performance, self-evaluation and EEG activity, *Perceptual and Motor Skills*, 79, pp.791-800, 1994
 - 19) Hayashi, M., Minami, S., Hori, T. : The masking effect of motivation on ultradian rhythm, *Perceptual and Motor Skills*, 86, pp.127-136, 1998
 - 20) Lavie, P. : Ultradian rhythms in arousal—the problem of masking, *Chronobiology International*, 6, pp.21-28, 1989
 - 21) Carskadon, M. A., Dement, W. C. : Nocturnal determinants of daytime sleepiness, *Sleep*, 5, pp.S73-S81, 1982
 - 22) Roehrs, T., Burduvali, E., Bonahoom, A., Drake, C., Roth, T. : Ethanol and sleep loss: A “dose” comparison of impairing effects, *Sleep*, 8, pp.981-985, 2003
 - 23) Van Dongen, H. P. A., Maislin, G., Mullington, J. M., Dinges, D. F. : The cumulative cost of additional wakefulness: dose—response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and sleep deprivation, *Sleep*, 26, pp.117-126, 2003
 - 24) 総理府統計局『社会生活基本調査報告 昭和51年全国 I 行動時間編』1978年
 - 25) 総務省統計局『平成23年社会生活基本調査』2012年
 - 26) 日本放送協会放送文化研究所『国民生活時間調査 昭和35年調査』大空社、1990年
 - 27) NHK放送文化研究所『データブック国民生活時間調査2010』2011年
 - 28) 厚生労働省『平成21年国民健康・栄養調査報告』2011年
 - 29) Doi, Y., Minowa, M. : Gender differences in excessive daytime sleepiness among Japanese workers, *Social Science & Medicine*, 56, pp.883-894, 2003
 - 30) 林光緒「睡眠と事故」『Clinical Neuroscience』Vol.22、pp.89-91、2004年
 - 31) 堀忠雄「交通事故と睡眠障害」『睡眠学』高橋

- 清久編、じほう、pp.137-150、2003年
- 32) Van Dongen, H. P. A., Belenky, G. : Individual differences in vulnerability to sleep loss in the work environment, *Industrial Health*, 47, pp.518-526, 2009
- 33) Borbély, A. A. : *Das Geheimnis des Schlafs: Neue Wege und Erkenntnisse der Forschung*, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, 1984
- 34) Webb, W. B. : The natural onset of sleep, In: L. Popoviciu, B. Açıgan, G. Badiu, Eds., *Sleep*, 1978, Fourth European Congress on Sleep Research, Tîrgu Mureş, Basel: S. Karger, pp.19-23, 1980
- 35) Coren, S. : *Sleep Thieves*, Simon & Schuster, 1996
- 36) Williams, H. L. : The problem of defining depth of sleep, In: *Sleep and altered states of consciousness*, S. S. Kety, E. V. Evarts, H. L. Williams, Eds., Williams & Wilkins, pp.277-287, 1967
- 37) Horne, J. A., Baulk, S. D. : Awareness of sleepiness when driving, *Psychophysiology*, 41, pp.161-165, 2004
- 38) 林光緒「短時間仮眠法」『眠気の科学』井上雄一、林光緒編、朝倉書店、pp.107-114、2011年
- 39) Hayashi, M., Abe, A. : Short daytime naps in a car seat to counteract daytime sleepiness: the effect of backrest angle, *Sleep and Biological Rhythms*, 6, pp. 34-41, 2008
- 40) 林光緒「予防的仮眠の効果」『Clinical Neuroscience』vol.27、pp.150-151、2009年
- 41) Macchi, M. M., Boulos, Z., Ranney, T., Simmons, L., Campbell, S. S. : Effects of an afternoon nap on night time alertness and performance in long-haul drivers, *Accident Analysis and Prevention*, 34, pp.825-834, 2002
- 42) 松本俊「夜勤時の覚醒水準維持に必要な仮眠の取得時間と時刻条件」『労働科学』vol.79、pp. 139-146、2003年
- 43) Moore-Ede, M. : *The Twenty-Four-hour society*, Assison-Wesley Publishing, 1993
- 44) 内山真、朝日新聞・読売新聞・毎日新聞 2006年6月8日朝刊