

頻繁な昼夜遷移が生じない交代制勤務による
看護職員の心身への影響に関する調査
報告書

【業務委託先】

令和6年12月11日

株式会社 S' UIMIN

取締役 CSO 研究支援本部長

小久保利雄

目次

1. はじめに.....	3
1) 調査の背景と目的.....	3
2) 研究の意義.....	3
3) 調査の体制.....	3
2. 方法.....	4
1) 研究対象者の選定方法.....	4
(1) 募集方法.....	4
(2) 選択基準.....	4
(3) 除外基準.....	4
(4) 中止基準.....	4
2) シフトの作成基準.....	5
(1) 通常シフトの作成基準.....	5
(2) 検証シフトの作成基準.....	5
3) 調査の方法.....	7
(1) 研究デザインと具体的方法.....	7
(2) 初期調査項目.....	7
(3) 客観調査項目.....	8
(4) 主観調査項目.....	9
(5) 調査項目の一次解析.....	10
(6) 調査項目の二次／三次解析.....	11
3. 結果.....	18
1) 研究対象者.....	18
2) 深部体温の変動.....	18
3) 睡眠／勤務日誌の作成.....	19
4) 活動量（消費カロリーおよび歩数）変動.....	20
5) 睡眠評価レポート.....	21
6) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠の質の違い.....	21
7) 通常シフトと検証シフトにおける深部体温の最低温度時刻および日内変動温度差の違い.....	27
8) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠中央時刻の変化および変化量の違い.....	30
9) 通常シフトと検証シフトにおける概日リズムと睡眠リズムとの脱同調（位相角差）の違い.....	31
10) 通常シフトと検証シフトにおけるストレス指標の違い.....	34
11) 通常シフトと検証シフトにおけるデルタパワーの違い.....	37
12) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠の主観評価の違い.....	38
13) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠障害のリスクや日中の眠気の主観評価の違い.....	42
14) 通常シフトと検証シフトの睡眠以外の主観評価の比較.....	42

15) 疲労感を考慮した通常シフトと検証シフトの睡眠の質の比較	46
16) 仮眠の睡眠計測	48
4. 考察	49
1) 研究対象者（看護師）の睡眠の特徴	49
2) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠の質の違い.....	49
3) 通常シフトと検証シフトにおける深部体温の変動リズム（概日リズム）の違い	49
4) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠リズムの違い.....	50
5) 通常シフトと検証シフトにおける概日リズムと睡眠リズムとの脱同調（位相角差）の違い	50
6) 通常シフトと検証シフトにおけるストレス指標の違い	50
7) 通常シフトと検証シフトにおけるデルタパワーの違い	51
8) 通常シフトと検証シフトにおける主観的睡眠評価の違い.....	51
9) 通常シフトと検証シフトにおける種々の主観評価の違い.....	51
10) 疲労感を考慮した通常シフトと検証シフトの睡眠の質の比較	52
11) 仮眠の長さについて	52
12) 研究設計の妥当性および適切性について	52
5. 引用文献	53
6. 資料	53

1. はじめに

1) 調査の背景と目的

日本看護協会は2021年、就業継続が可能な看護職の働き方の実現を掲げ、その一環として「頻繁な昼夜遷移が生じない交代制勤務」を提案した。日勤帯の勤務と夜勤帯の勤務が繰り返されると、概日リズム（サーカディアンリズム）と睡眠リズムにずれが生じる。日勤・夜勤の継続勤務期間が1週間であると、概日リズムを調整する時間が充分でないため、パフォーマンスが低下する可能性がある（NIOSH, 2020）。さらに、体内時計すなわち概日リズムが適応し始める頃にシフトが変わると概日リズムがリセットされてしまうので、最も混乱するシフトといわれている（HSE, 2006）。一方で日勤・夜勤の継続勤務期間が2週間以上であると、概日リズムが昼夜の変化に適応する時間があるので、米国の一部の研究者は、2週間あるいはそれ以上の期間で変化する緩やかなローテーションを提案している（Garde et al., 2020）。先行研究から、日勤と夜勤が一定期間で繰り返されることが概日リズムの乱れに繋がり、さらに健康に影響を及ぼすことが示唆されるものの、昼夜遷移（日勤帯と夜勤帯の入れ替わり）の頻度と健康への影響の関連を明確に示すエビデンスはない。

そこで、同じ週内に頻繁に昼夜遷移する通常シフト¹⁾と、頻繁な昼夜遷移の回数を少なくして日勤から徐々に夜勤へ正循環で移行していく検証シフト²⁾を比較して、睡眠の量や質、リズムにどのような違いがあるか、概日リズムに与える影響に違いがあるか、概日リズムと睡眠リズムとの脱同調³⁾に違いがあるか等について調査することとした。昼夜遷移の頻度が少ない検証シフトでは、ストレスの蓄積を避けて自律神経への影響を軽減できることも期待し、これについても検証することとした。

¹⁾通常シフト：対象病院で現在定められている勤務計画表作成基準に基づき編成されている勤務計画表を指す。

²⁾検証シフト：本調査に際して、検証シフト作成条件に基づき、日本看護協会と対象病院の看護部が作成した勤務計画表を指す。なお、検証シフトは、日勤・夜勤が休日を含みながら、日勤帯あるいは夜勤帯が2週間以上継続して勤務編成されている。

³⁾脱同調：睡眠覚醒リズムが体温リズム等の概日リズムとの間に位相関係の乱れを生じる場合があり、これを脱同調という。

2) 研究の意義

昼夜遷移の頻度と健康への関連を示す科学的根拠がなく、今後、日本看護協会が看護職の心身の負担の少ない夜勤交代制勤務のあり方の提案に向けて、本研究は貴重なデータを取得する重要な研究となる。

3) 調査の体制

本調査は、日本看護協会の看護労働委員会の監修のもと、日本看護協会から株式会社 S' UIMIN

へ委託されたものであるが、日本看護協会、筑波大学の国際統合睡眠医科学研究機構（IIIS）およびシステム情報系との共同研究として実施された。

<共同研究者>

筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構 機構長・教授 柳沢正史
筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構 ハイクラス・リサーチ・アドミニストレーター
小久保利雄
筑波大学システム情報系 系長・教授 吉瀬章子
筑波大学システム情報系 教授 繁野麻衣子

2. 方法

1) 研究対象者の選定方法

(1) 募集方法

本研究では、病棟、繁忙、人員構成等の統制条件に基づいて、労働科学、睡眠科学、医療従事者等で構成される日本看護協会 2022 年度看護労働委員会の助言を受けて、X 病院の A 病棟と B 病棟、及び Y 病院の C 病棟と D 病棟を調査対象として選定した。これらの病棟に所属する看護師を対象に、対象者本人の自由意思の方法で参加を募り、この研究の説明を口頭及び文書で行った。文書にて同意を得られ、かつ以下の選択基準に合致し、除外基準に抵触しない方を研究対象者とした。

(2) 選択基準

- ① 看護師経験年数や対象病棟の所属年数は問わないが、対象病棟師長より夜勤業務に従事できる実践能力があると判断された看護師であること。
- ② 調査に対する参加の同意を取得した時点で、対象病院での夜勤・交代制勤務に従事していること。

(3) 除外基準

- ① 時短勤務、固定勤務（日勤専従者、夜勤専従者等）を行っている者
- ② 睡眠薬を常時服用する必要がある者
- ③ 医師の判断により心身の健康上の理由で、夜勤・交代制勤務を行うことができない者
- ④ その他、対象病院の看護管理者等が本調査を安全に実施するのに不相当と判断した者

(4) 中止基準

- ① 研究対象者から研究参加の辞退の申し出や同意の撤回があった場合
- ② 睡眠の妨げや電極かぶれなどの有害事象により試験の継続が困難な場合
- ③ 医師が研究を中止することが適当と判断した場合
- ④ その他、対象病院の看護管理者等が本研究を安全に実施するのに不相当と判断した場合

2) シフトの作成基準

(1) 通常シフトの作成基準

各対象病院で定める勤務計画表作成基準を遵守する。

なお、通常シフトの X 病院の勤務帯および勤務時間は表 1、Y 病院の勤務時間は表 2 の通りである。

表 1. X 病院の通常シフトの勤務時間表

	勤務時間	実働時間	拘束時間	休憩時間
日勤	8 : 30 ~ 17 : 00	7 時間 30 分	8 時間 30 分	1 時間
長日勤	8 : 30 ~ 20 : 45	11 時間 15 分	12 時間 15 分	1 時間
夜勤	20 : 30 ~ 8 : 45	11 時間 15 分	12 時間 15 分	1 時間 (仮眠 2 時間・勤務に含む)

表 2. Y 病院の通常シフトの勤務時間表

	勤務時間	実働時間	拘束時間	休憩時間
日勤	8 : 30 ~ 17 : 30	8 時間	9 時間	1 時間
夜勤	16 : 00 ~ 9 : 00	15 時間	17 時間	2 時間 (仮眠は休憩時間内に任意)

(2) 検証シフトの作成基準

検証シフトは、以下の事項を全て満たすものとした。なお、検証シフト作成にあたっては、X 病院の勤務帯および勤務時間は表 3、Y 病院の勤務時間は表 4 とする。

- ① 日本看護協会が提案する、検証シフト作成基準 (表 5) の基準 a を遵守する。なお、本研究では、日勤・夜勤の勤務継続期間は 2 週間以上 3 週間未満とした。
- ② 検証シフトは研究期間前の一時点における通常シフトと比較して、基準 b ~ n (表 5) の遵守状況が通常シフトと同等もしくは、改善しているシフトとする。
- ③ 検証シフトの作成にあたっては、数理モデルによる検証シフト作成の実現可能性に

ついて、筑波大学システム情報系と検討を行った（別紙1）。

表 3. X 病院の検証シフトの勤務時間表

	勤務時間	実働時間	拘束時間	休憩時間
早出	7：00～15：30	7時間30分	8時間30分	1時間
日勤	8：30～17：00	7時間30分	8時間30分	1時間
中日勤	12：15～20：45	7時間30分	8時間30分	1時間
夜勤	20：30～8：45	11時間15分	12時間15分	1時間 (仮眠2時間・勤務に含む)

表 4. Y 病院の検証シフトの勤務時間表

	勤務時間	実働時間	拘束時間	休憩時間
日勤	8：30～17：00	8時間	9時間	1時間
中日勤	10：30～20：00	8時間30分	9時間30分	1時間
夜勤	19：00～9：30	12時間30分	14時間30分	2時間 (仮眠は休憩時間内に任意)

表 5. 検証シフト作成基準

遵守する項目	
a	日勤・夜勤の勤務継続期間は、約2週間以上とする。
通常シフトと比較し、同等もしくは改善する項目	
b	1ヵ月あたりの休日を10日以上確保する。
c	連続勤務日数は5日以内とする。
d	夜勤の連続回数は2連続（2回）までとする。
e	勤務拘束時間は、13時間以内とする。
f	勤務と勤務の間隔は11時間以上あける。
g	夜勤の休息について、2回連続夜勤後にはおおむね48時間以上を確保する。
h	1回の夜勤後についてもおおむね24時間以上を確保することが望ましい。
i	夜勤回数は、3交代制勤務は月8回以内を基本とし、それ以外の交代制勤務は労働時間などに応じた回数とする。
j	休憩時間は、夜勤の途中で1時間以上、日勤時は労働時間の長さや労働負荷に応じた時間数を確保する。
k	夜勤の途中で連続した仮眠時間を設定する。
l	少なくとも1ヵ月に1回は土曜・日曜ともに前後に夜勤のない休日をつくる。
m	交代の方向は正循環の交代周期とする。
n	夜勤・交代制勤務者の早出の始業時刻は7時より前を避ける。

3) 調査の方法

(1) 研究デザインと具体的方法

本研究では、各病院の2つの対象病棟を、第1クール（8-9月期）に検証シフト（介入群）を第2クール（10-11月期）に通常シフト（対照群）を実施するグループと、第1クールに通常シフト（対照群）を第2クールに検証シフト（介入群）を実施するグループに、無作為に割り付けた。それぞれの対象病棟において研究対象者を選定し、睡眠や概日リズム、活動量や自律神経活動等の客観的評価と主観的評価を各クールのデータ収集期間（2ヵ月目）に実施するクロスオーバーデザインによる介入研究とした（図1）。

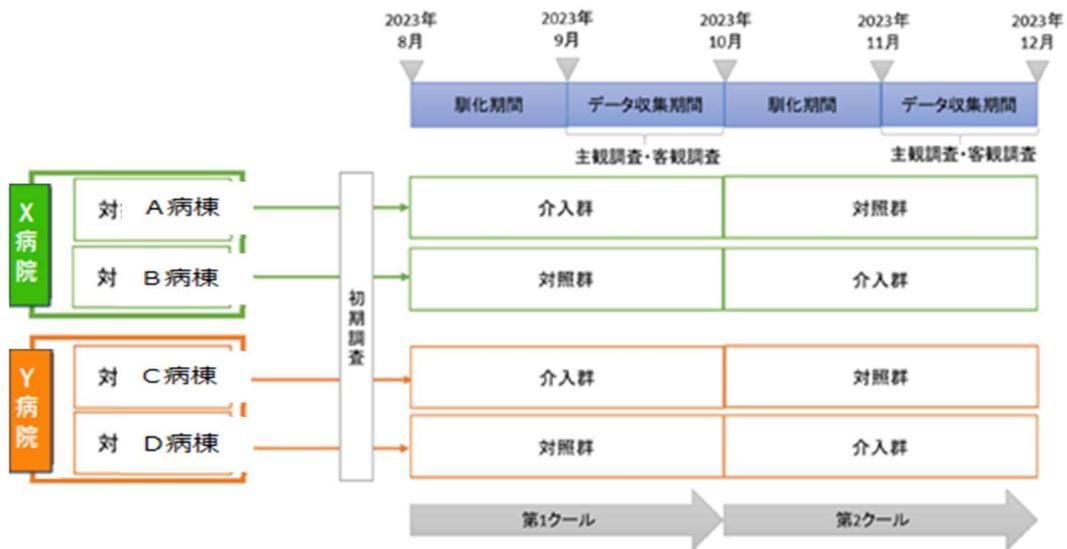


図1. 研究デザインとスケジュール

(2) 初期調査項目

以下の項目について、調査開始前に研究対象者へ電子媒体を用いた調査票による初期調査を実施した。

初期調査項目	得られるデータ
個人属性	年齢、性別、婚姻の有無、子供の有無、未就学児の人数、介護の有無
身体情報	身長、体重、BMI、既往歴、服薬状況
看護師経験	看護師経験年数、対象病棟での看護師経験年数、夜勤・交代制勤務の経験年数
仕事	通勤時間
睡眠	調査前の平均睡眠時間

(3) 客観調査項目

客観的評価は、深部体温計による概日リズム測定、活動量・脈波計による活動量および心拍変動（RRI）測定、脳波測定デバイスによる睡眠計測等を実施した。また、可能な限り、研究対象者の負担を軽減するため、下記の計測機器、データ取得方法とした。

客観調査項目	計測機器	得られるデータ
概日リズム	深部体温計	概日リズム
睡眠・覚醒リズム	活動量・脈波計	入眠時間、最終覚醒時間、総睡眠時間、中途覚醒時間
睡眠の質	睡眠脳波計	入眠潜時、レム潜時、深睡眠の割合、レム睡眠割合、 δ パワー
日中活動量	活動量・脈波計	消費エネルギー量、歩数
ストレス	活動量・脈波計	安静時（就寝時）LF/HF（交感神経の活性度）

深部体温計と活動量・脈波計の測定は、データ収集期間の全日連続して実施した。睡眠脳波計の測定は、原則として、次の通りに実施した。

- ・ 日勤日の夜の測定は、日勤の継続する日の2日目に実施
- ・ 遅出日勤日（中勤日）の夜の測定は、遅出日勤が継続する日の2日目以降に実施
- ・ 夜勤明け（夜勤後の休日）の日は、その日の最も長い主たる睡眠で実施
- ・ 夜勤の後に明け（休日）がなく、夜勤が連続する場合は2日目の夜勤を開始する前
の日中の睡眠で実施
- ・ 早出日勤がある場合、日勤に準じた扱いとする
- ・ 希望がある場合、夜勤勤務中の仮眠時の脳波測定を実施

【調査に用いた測定機器】

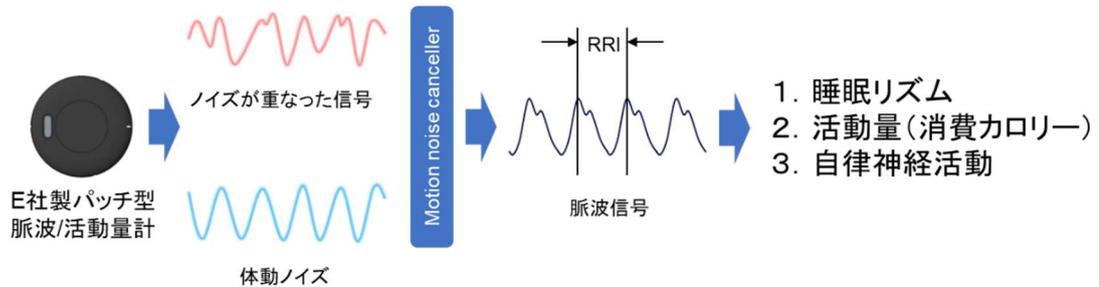
① ウェアラブル脳波測定デバイス（S' UIMIN 製 InSomnograf）

夜間の睡眠を妨げることなく睡眠時の脳波等生体電位測定を行うことができる電極分離式のウェアラブル脳波測定デバイスであり、研究対象者に、額と左右の耳の後ろにシール式のディスプレイ電極を貼って就寝してもらう。現在の睡眠検査の標準法である睡眠ポリグラフ（PSG）検査とほぼ同等の精度で睡眠中の脳波等を測定することができ、睡眠を精度よく解析できる。



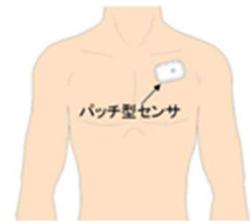
② パッチ型活動量・脈波計（セイコーエプソン製 Macaron）

上腕部等に貼ってもらい、内臓の加速センサーにより活動量を、フォトダイオードによる脈センサーで血流の脈波を測定する。一般的な活動量（歩数、消費熱量）に加え、交感・副交感神経の活性度がモニターできる。



③ パッチ型深部体温計（村田製作所製パッチ型センサ）

胸部に貼ってもらい、温度センサーや熱流束センサーにより深部体温を測定する。深部体温は概日リズムによって変化するため、深部体温をモニターすることによって簡単に概日リズムの変化を掴むことができる。



(4) 主観調査項目

データ収集期間毎に下記の調査票による主観調査を実施した。主観調査はグーグルフォームによって作成された質問票（Web アンケート）にスマートフォンで回答してもらった。

主観調査項目	尺度、調査指標	得られるデータ
仕事満足度 生活満足度 健康状態	WLB インデックス調査	仕事と生活のバランス
ストレス状態	K6 質問表	心理的ストレスを含む何らかの精神的な問題の程度
睡眠習慣 睡眠状態	ピッツバーグ睡眠調査票	睡眠習慣や状況
眠気	エプワース眠気尺度調査票	日中の眠気の強さ
疲労感（就寝前）	疲労感 VAS 検査	現在感じている疲労感

また、データ収集期間中の睡眠脳波測定に合わせて下記の調査票による主観調査を実施した。

就寝前調査票および起床時睡眠感調査票 (OSA-MA) は、それぞれ睡眠脳波計測定日の脳波測定の前および後に、グーグルフォームによって作成された質問票 (Web アンケート) にスマートフォンで回答してもらった。

就寝前・ 起床後主観調査項目	尺度、調査指標	得られるデータ
昼間の行動 (就寝前)	就寝前調査票	昼間や就寝前の睡眠へ影響を与える行動の有無
起床時の状態 (起床後)	起床時睡眠感調査票 (OSA-MA)	睡眠の主観的評価

(5) 調査項目の一次解析

① 深部体温変動の可視化

深部体温データは、Wi-Fi システムによりペアリングされた Android スマートフォンへ転送され、さらに村田製作所の通信／解析アプリによりサーバーへ転送されて集積される。これをデータ収集期間後に PC へ CSV データとしてダウンロードし、Excel を使用してデータのクリーニングや整理を行った後、各研究対象者の 9 月および 11 月の深部体温データを月ごとに折れ線グラフにし、深部体温の経時的な変化を可視化した。

② 睡眠の量およびリズムの可視化および解析

体動および脈波データは、Wi-Fi システムによりペアリングされた Android スマートフォンへ転送され、さらにエプソンの解析アプリによりサーバーへ転送後に、各研究対象者の睡眠／覚醒状態の変動や消費カロリー、歩数データへ自動的に変換されて蓄積される。睡眠／覚醒状態の変動データをデータ収集期間後に PC へダウンロードし、Microsoft Office VBA を使用して各研究対象者の 9 月および 11 月の睡眠／覚醒状態に関する情報から睡眠変数「入眠潜時」、「睡眠時間」、「覚醒から起床までの時間」、「睡眠中央時刻」を算定し、Excel で睡眠日誌の形に可視化した。

③ 活動量 (消費カロリーおよび歩数) 変動の可視化

各研究対象者の消費カロリーおよび歩数データをデータ収集期間後に PC へダウンロードして、Excel を使用してデータのクリーニングや総消費カロリーの計算 (安静時消費カロリー + 運動時消費カロリー) を行った後、9 月および 11 月の消費カロリーおよび歩数を月ごとに二重折れ線グラフにまとめ、これにより消費カロリーおよび歩数の経時的な変化を可視化した。

④ 睡眠脳波データの解析

睡眠脳波データは、測定終了後内蔵の 4G-LTE 通信モジュールおよび SIM カードによって最寄りの基地局を経て AWS クラウドサーバーへ転送され、深層学習解析モデル (AI) によって解析されて睡眠段階データとして蓄積される。デバイスが研究対象者から S' UIMIN へ回収されると、これらの睡眠段階データは臨床検査技師の品質管理チェックを経て確定され、これから表 6 に示す 16 種の睡眠変数を算定した。

表 6. 睡眠段階データから算定される睡眠変数

睡眠変数	定義
N1時間	ノンレム睡眠N1の総時間
N1出現率	総睡眠時間中のノンレム睡眠N1の割合
N2時間	ノンレム睡眠N2の総時間
N2出現率	総睡眠時間中のノンレム睡眠N2の割合
N3時間	ノンレム睡眠N3の総時間 (深睡眠の長さ)
N3出現率	総睡眠時間中のノンレム睡眠N3の割合 (深睡眠の割合)
REM時間	レム睡眠の総時間 (レム睡眠の長さ)
REM出現率	総睡眠時間中のレム睡眠の割合
入眠潜時	消灯から入眠までの時間
総睡眠時間	入眠から最終覚醒までの時間から中途覚醒を除いた時間 (正味の睡眠時間)
睡眠効率	総睡眠時間 / 消灯から点灯 (起床) までの時間 (正味の睡眠時間の割合)
REM潜時	入眠から最初のレム睡眠までの時間
入眠後覚醒	睡眠時間内における覚醒時間の総和 (中途覚醒の時間)
睡眠段階遷移回数	入眠から最終覚醒までの睡眠段階の遷移数
1時間当たりの遷移回数	入眠から最終覚醒までの1時間当たりの睡眠段階の遷移数
睡眠スコア	入眠潜時、総睡眠時間、入眠後覚醒、N3出現率、睡眠の規則性等から算定したスコア

⑤ 主観調査の集計

各種主観調査のデータは、データ収集期間後にデータを PC にダウンロードして、各質問票の内容を点数化し、その後、それぞれの総得点を算出した。

(6) 調査項目の二次／三次解析

① 睡眠専門医による睡眠の質の評価

各研究対象者の日勤後の睡眠について、睡眠、睡眠習慣、昼間の眠気等に関する主観調査および睡眠脳波測定による睡眠の質等の客観評価の結果に基づいて、睡眠専門医によって評価した。評価結果と評価理由や睡眠改善のための助言を詳しく説明した睡眠評価レポートを作成し、各研究対象者へ提供した。(別紙 2)

② 通常シフトと検証シフトにおける睡眠の質の違い

睡眠脳波測定結果から得られた睡眠段階データから算定された睡眠の質を示す各種睡眠変数の散布図を作成し、異常値の検討を行った。明らかに計測不良が原因と思われるデータは異常値として除外した。16 種の睡眠変数を通常シフトでの睡眠と検証シフトでの睡眠で比較して、シフトの違いが睡眠の質に与える影響を統計的に解析

した。

睡眠の質は就寝前の業務や活動、時刻等の条件から大きな影響を受けるため、X病院のケースでは、日勤後の睡眠、中勤後の睡眠、夜勤後の睡眠の3つに分け、それぞれの睡眠において通常シフトと検証シフトを比較した。Y病院のケースでは、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤後の睡眠と夜勤後の睡眠の2つに分け、それぞれの睡眠において通常シフトと検証シフトを比較した。

統計解析は、通常シフトと検証シフトの各睡眠変数の平均値の差の比較について、対応のある t 検定を用いて解析した。

- ③ 概日リズムの評価を目的とする深部体温の最低温度時刻および日内変動温度差の推定
深部体温の時間変化のデータはノイズや欠損が多かったため、体温範囲を外れるデータを除外するとともに、補完可能な欠損部分は補完したが、各睡眠の睡眠中央時刻を中心とする1日（24時間）のうち有効データが40%未満のものは、2次解析の対象から除外した。

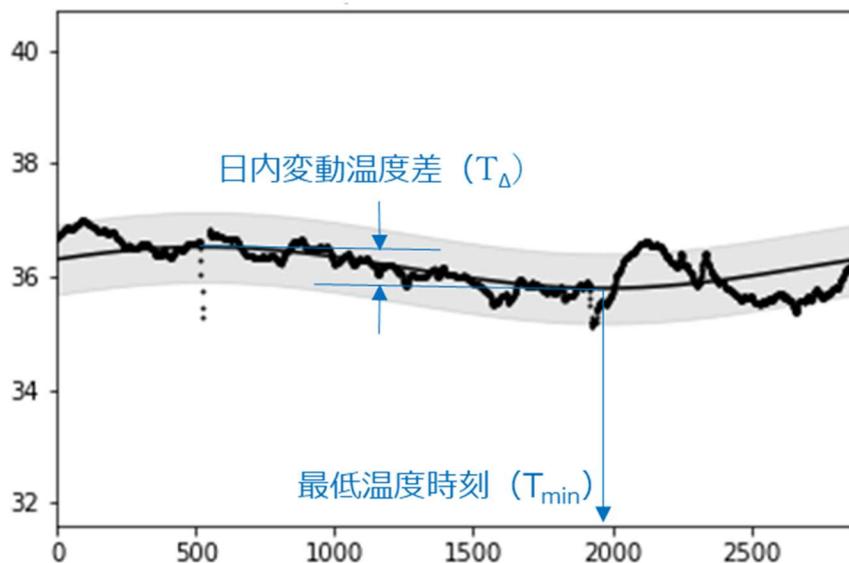


図2. 深部体温の時間変化の Cosigner 法による解析

概日リズムを解析するため、上記のデータクリーニング後の深部体温変化データを対象に Cosinor¹法による余弦関数回帰のデータ処理を行い、深部体温が最も低下する時刻（最低温度時刻： T_{min} ）および最高深部体温と最低深部体温との差（日内変動温度差： T_{Δ} ）を推定した（図2）。

各勤務に就いた日（含休日）における T_{min} の平均値やバラつき（標準偏差）を比較することによって、勤務時間の変動が概日リズムの時間的変動にどのような影響を与

¹ 生体リズムの存在をモデルで評価する方法の中で余弦関数回帰の Cosinor 法 (Halberg et al. (1967) The Cellular Aspects of Biorhythm. Springer, 20-48) が最もよく用いられる

えているか、また、 T_{Δ} の平均値を各勤務に就いた日で比較することによって、勤務時間の変動が概日リズムの強弱にどのような影響を与えているか検討した。さらに、それらを通常シフトと検証シフト間で比較することによって、シフトの変更による概日リズムへの影響を評価した。

X 病院のケースでは、日勤、中勤、夜勤、休日の各勤務に分けて比較したが、夜勤直後に昼間に就寝した日と夜勤明けで昼間には仮眠のみで夜間に主たる睡眠をとった日があったので、これらを分けて、5 勤務形態のそれぞれについて T_{\min} の平均および標準偏差、 T_{Δ} の平均を通常シフトと検証シフトで比較した。Y 病院のケースでは、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤、休日、直後に昼間に睡眠をとった夜勤、夜間に睡眠をとった夜勤明けの 4 勤務形態に分けて、それぞれの日の T_{\min} の平均および標準偏差、 T_{Δ} の平均を通常シフトと検証シフトで比較した。

④ 睡眠リズムの評価を目的とする睡眠中央時刻の変化および変化量の解析

睡眠リズムの変動を解析するために、入眠時刻と最終覚醒時刻の中間時刻を睡眠中央時刻 (T_{mid}) と定義し、睡眠中央時刻の経日変化量の絶対値 (時間) を評価した。すなわち、各研究対象者の 1 ヶ月間の T_{mid} の経日変化量 (絶対値) の合計値を睡眠リズムの変動の大きさを示す指標とした。経日変化量の合計が小さい方が、睡眠リズムの変動が小さいと考える。

また、各勤務後の睡眠のリズムを T_{mid} の平均および標準偏差で評価した。X 病院のケースでは、日勤後の睡眠、中勤後の睡眠、夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠、休日の睡眠の 5 つに分け、それぞれの睡眠の睡眠中央時刻の平均および標準偏差において通常シフトと検証シフトを比較した。Y 病院のケースでは、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤後の睡眠と夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠、休日の睡眠の 4 つに分け、それぞれの睡眠の T_{mid} の平均および標準偏差において通常シフトと検証シフトを比較した。

⑤ 概日リズムと睡眠リズムとの脱同調の評価

概日リズムと睡眠リズムとの脱同調を評価するために、概日リズムの指標となる最低温度時刻 (T_{min}) と睡眠リズムの指標となる睡眠中央時刻 (T_{mid}) との時間差の絶対値を、概日リズムと睡眠リズムとの位相角差 (ΔT) と定義して、脱同調の指標とした。

$$\text{概日リズムと睡眠リズムとの脱同調 (位相角差)} : \Delta T = | T_{min} - T_{mid} |$$

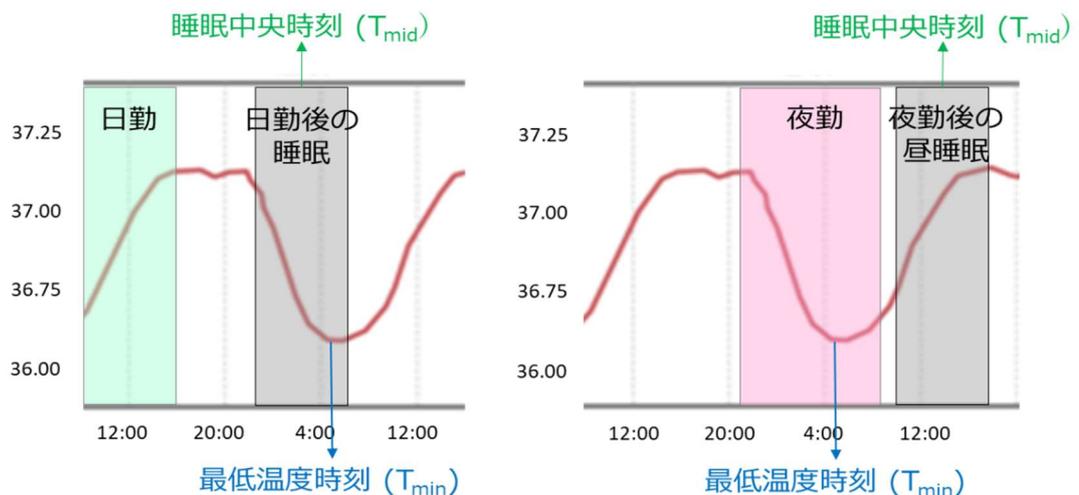


図3. 最低温度時刻と睡眠中央時刻との時間差による概日リズムと睡眠リズムとの脱同調の評価

各勤務日 (含休日) における脱同調 (位相格差) を ΔT の平均で評価した。X病院のケースでは、日勤、中勤、直後に昼間に睡眠をとった夜勤、夜間に睡眠をとった夜勤明け、休日の5つに分け、それぞれの ΔT の平均を比較した。同様の比較を、通常シフトと検証シフトで実施し、概日リズムと睡眠リズムとの同調性にシフトの変更がどのような影響を与えたか検討した。Y病院のケースでは、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤、直後に昼間に睡眠をとった夜勤、夜間に睡眠をとった夜勤明け、休日の4つに分け、それぞれの ΔT の平均を比較し、さらに通常シフトと検証シフトの違いを検討した。

⑥ 就寝前のストレスおよび睡眠によるストレス軽減の評価を目的とする心拍変動の解析

交感神経と副交感神経の活動バランスは、ストレス状態の良い指標となる。交感神経が緊張状態にあれば「ストレス状態」、反対に、副交感神経が緊張状態にあれば「リラックス状態」と評価される。1日の活動や状況に応じてこの活動バランスは変動しており、これが心拍変動へ反映される。

これまでの研究から、心拍変動 (脈波変動) の時系列データのパワースペクトル密度を計算し、高周波成分 (HF 成分強度) と低周波成分 (LF 成分強度) を抽出し、両者の比 (LF/HF 比率) を算定すると、交感神経の活性度のよい指標となることが知られ

ている。これはストレス指標とも呼ばれ、高いほど、ストレス状態や活動中など交感神経が活発に働いている状態で、低いほど、リラックスした状態や副交感神経が優位な状態を示唆する。

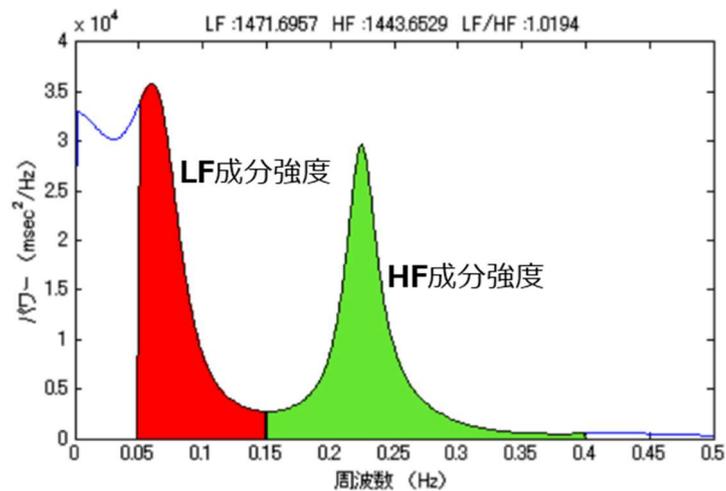


図4. 心拍変動データのパワースペクトル密度解析

各研究対象者の全ての測定期間における毎日の就寝前30分および起床後30分の時間帯を特定し、就寝前の30分間および起床後の30分間の交感神経活動(LF/HF比率)を脈波データから算定した。就寝前のLF/HF比率によりどれくらい入眠しにくいストレス状態にあったかを評価し、就寝前と起床後のLF/HF比率の変化から睡眠によってどれくらいストレスが低減されたかを評価した。

また、就寝前のLF/HF比率および就寝前と起床後のLF/HF比率の差を、各勤務後の睡眠毎に評価した。X病院のケースでは、日勤後の睡眠、中勤後の睡眠、夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠、休日の睡眠の5つに分け、それぞれの睡眠の就寝前のLF/HF比率を通常シフトと検証シフトで比較した。同様に、就寝前と起床後のLF/HF比率の差も通常シフトと検証シフトで比較した。

Y病院のケースでは、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤後の睡眠と夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠、休日の睡眠の4つに分け、それぞれの睡眠の就寝前のLF/HF比率を通常シフトと検証シフトで比較した。同様に、就寝前と起床後のLF/HF比率の差も通常シフトと検証シフトで比較した。

⑦ 睡眠要求度や要求解消度の評価を目的とするデルタパワー解析

睡眠脳波の解析による睡眠ステージ判定を実施し、得られたヒプノグラムから16種の睡眠変数を算定して、通常シフトと検証シフトでの睡眠の質に違いがないか検討したが、残念ながら大きな違いが見られなかった。そこで、睡眠脳波のδ波(0.5~4 Hzの帯域のノンレム睡眠第3段階で顕著に大きくなる脳波)のパワースペクトル(デルタパワー)解析を追加して実施した。デルタパワーの入眠から最終覚醒までの最大

ピーク値を睡眠要求度（どれだけ睡眠が要求されているか）の指標とし、積分値（総量）を睡眠要求の解消度（どれだけ睡眠が充足されたか）の指標として、各勤務後の睡眠毎に評価した。

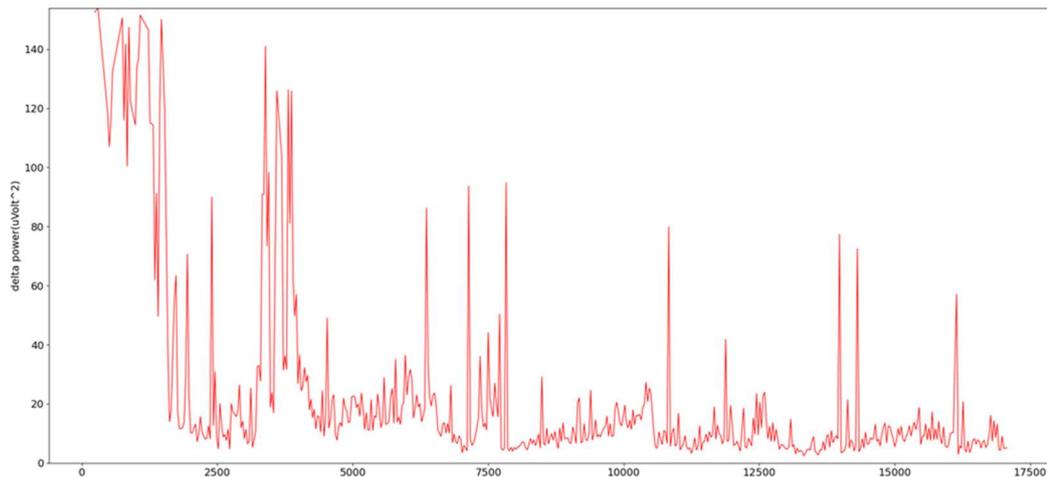


図5. 睡眠脳波の δ 波パワースペクトル（デルタパワー）解析例

X病院のケースでは、日勤後の睡眠、中勤後の睡眠、夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠の4つに分け、それぞれの睡眠のデルタパワー最大ピーク値および総量を通常シフトと検証シフトで比較した。

Y病院のケースでは、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤後の睡眠と夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠の3つに分け、それぞれの睡眠のデルタパワー最大ピーク値および総量を通常シフトと検証シフトで比較した。

⑧ 通常シフトと検証シフトにおける睡眠、睡眠習慣、昼間の眠気等の主観評価の違い

睡眠脳波を測定した睡眠から覚醒／起床後にその睡眠を主観的に評価してもらう調査票(OSA-MA版)の結果を、通常シフトでの睡眠と検証シフトでの睡眠で比較して、シフトの違いが睡眠の主観評価に与える影響を統計的に解析した。

同様に、データ収集期間の最後に睡眠の状況や習慣、昼間の眠気を主観的に評価してもらう調査票の結果を、通常シフトと検証シフトで比較してシフトの違いが与える影響を統計的に解析した。

統計解析は、通常シフトと検証シフトの各睡眠因子、睡眠状況および眠気得点の平均値の差の比較について、対応のあるt検定を用いて解析した。

⑨ 通常シフトと検証シフトにおける心理的ストレス、疲労感、健康状態、仕事満足度、生活満足度等の主観評価の違い

データ収集期間の最後に心理的ストレスや疲労感、健康状態、仕事満足度、生活満足度を主観的に評価してもらう調査票の結果を、通常シフトと検証シフトで比較してシフトの違いが与える影響を統計的に解析した。

統計解析は対応のある t 検定を用いて通常シフトと検証シフトの各調査票結果得点の平均値の差を比較した。

⑩ 睡眠脳波検査による睡眠変数（睡眠の質）の疲労感による層別解析

睡眠脳波の解析による睡眠ステージ判定を実施し、得られたヒプノグラムから 16 種の睡眠変数を算定して、通常シフトと検証シフトでの睡眠の質に違いがないか検討したが、残念ながら大きな違いが見られなかった。疲労感の高い研究対象者の場合、シフト変更の影響が睡眠の質により大きく反映される可能性があると考え、各睡眠変数のシフト間の比較を疲労感で層別解析した。

上記の⑨で用いた疲労感を主観的に評価する調査票は、図 6 に示した疲労感 VAS 検査で、疲労感を視覚的に評価するスケールである直線上にマークを付けることで、主観的な疲労感を測定する。本検査の中央値を用いて、研究対象者を疲労感の高群と低群に分類して、層別解析を行った。

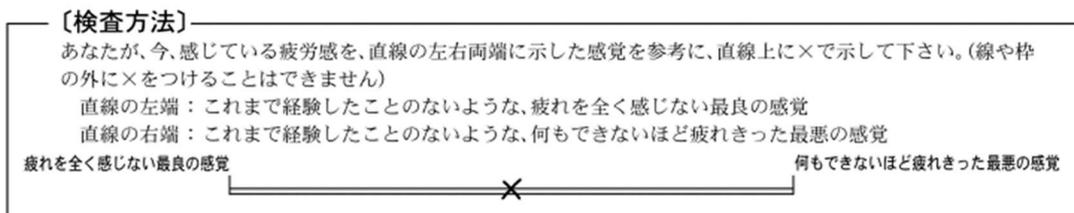


図 6．疲労感 VAS 検査の例

3. 結果

1) 研究対象者

X病院のA病棟とB病棟からそれぞれ20名ずつと、Y病院のC病棟とD病棟からそれぞれ10名ずつの計60名が本研究に参加した。研究対象者の属性は、表7に示す通りで、平均年齢が27.1歳で女性が80%であった。

表7. 研究対象者の属性

所属	人数 (人)	年齢 (年)			性別 (人; %)	
		平均±SD	最小値	最大値	男性	女性
X病院	40	26.0±4.9	21	48	6 (15%)	34 (85%)
Y病院	20	29.4±10.1	23	64	6 (30%)	14 (70%)
計	60	27.1±7.1	21	64	12 (20%)	48 (80%)

2) 深部体温の変動

各研究対象者のデータ収集期間における深部体温の変動を可視化した。一例を図7に示す。9月1日から30日までの1人の研究対象者の深部体温の変化を示している。粘着性の両面テープで胸部にパッチ型深部体温計を固定しているが、汗のために接着が弱くなることや、体動のために接触が変化して、ノイズの大きい測定結果となった。入浴時は外してもらったため、ほぼ毎日測定が中断されており、また、深部体温計とスマートフォンとのデータ転送不調等のためにデータが欠損している日や時間がある。そのため、この生データから一日のうちで深部体温が最も下がる時刻 (T_{\min}) や最高温度と最低温度の差 (T_{Δ}) を読み取るのは困難であった。

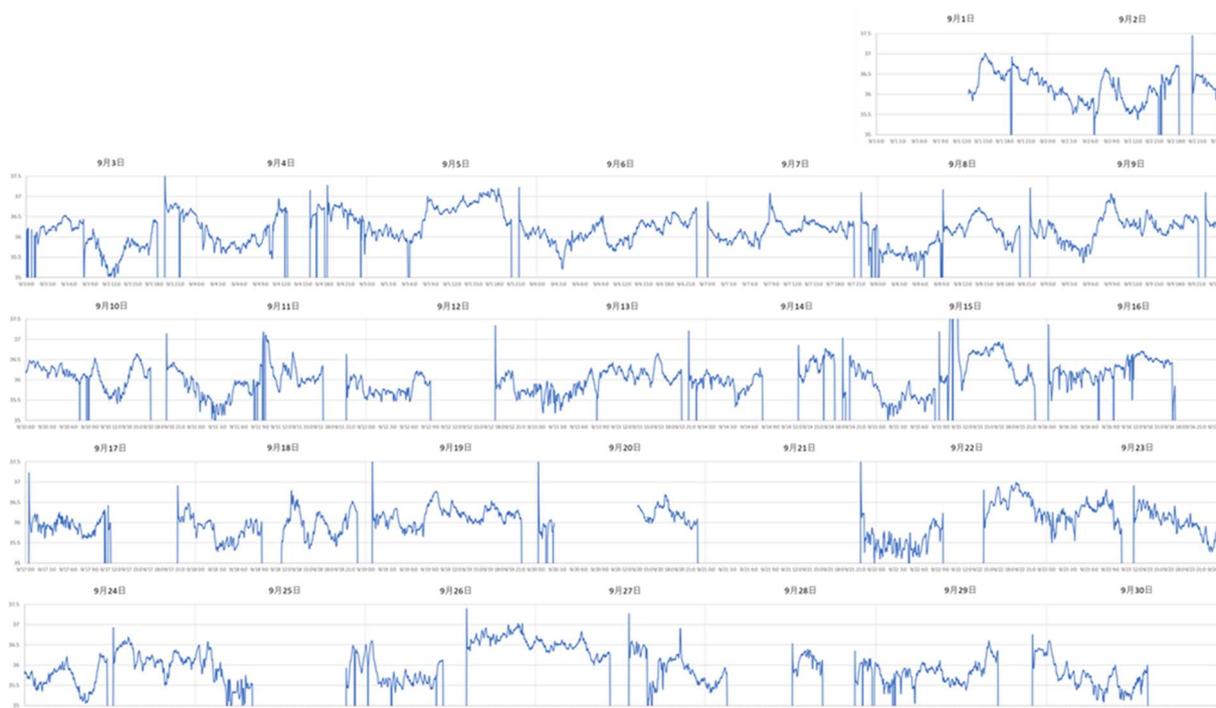


図7. 研究対象者の一カ月間の深部体温測定結果

3) 睡眠／勤務日誌の作成

活動量・脈波計で収集された体動および脈波データから推定された覚醒／睡眠段階の時間変化をグラフ化することによって、図 8 のような、各研究対象者の睡眠日誌を作成した。縦軸は 9 月 1 日から 30 日までの日の経過を、横軸は午前 0 時から 24 時間の経過時間を表しており、緑色のバーが睡眠状態を表している。緑色のバーの左に示された薄緑色のバーが就寝から入眠までの状態を、緑色のバーの右側の水色のバーは覚醒から起床までの状態を示している。緑色のバーの上に並行して示されている黄色のバーは、研究対象者が勤務状態にあることを示している。黄色のバーと緑色のバーが同一日で重なっている部分は、勤務中の仮眠に相当する。図 8 では黄色のバーの位置が 1 ヶ月の期間内に 3 段階で右方へ移動しているが、日勤から中勤そして夜勤へ 1 ヶ月の周期で勤務時間が変化したことを示しており、検証シフトの特徴が可視化されている。

一方、図 9 は通常シフトでの睡眠／勤務日誌であり、黄色のバーの位置の頻繁な変化から、勤務時間が 1 ヶ月の期間内に頻繁に変化し、それにともない、緑色のバーの位置も頻繁に変化したことが示されている。

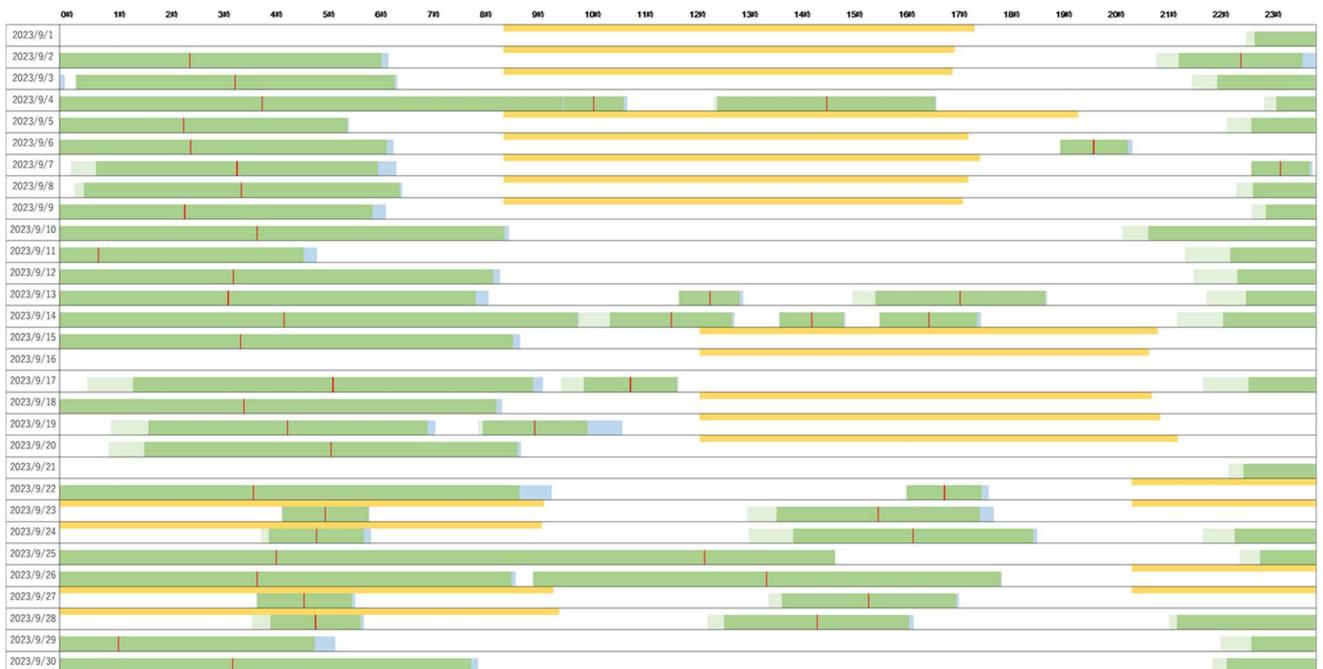


図 8. 検証シフトにおける睡眠／勤務日誌の例

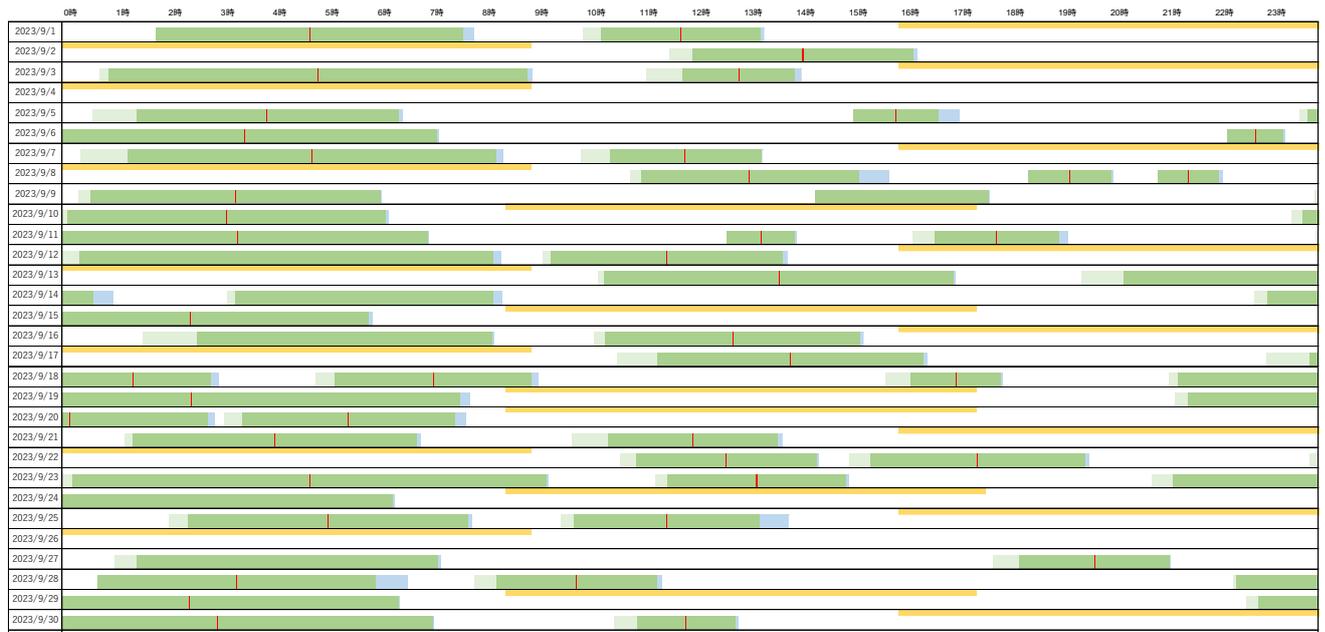


図 9. 通常シフトにおける睡眠／勤務日誌の例

4) 活動量（消費カロリーおよび歩数）変動

活動量・脈波計で収集された体動および脈波データから推定された消費カロリーおよび歩数の時間変化をグラフ化することによって、図 10 のような、各研究対象者の活動記録を作成した。

この活動記録は、活動量が勤務日と休日では大きく異なる事を明確に示している。



図 10. 研究対象者の活動記録の例

5) 睡眠評価レポート

各研究対象者の第1クールおよび第2クールの日勤後の睡眠を対象に、睡眠評価レポートを作成して提供した（睡眠評価レポートの例は別紙2を参照）。睡眠の総合評価がP. 2にA~Eの5段階で示されており、また、5点満点でポイント化された6つの主たる睡眠指標のパイチャートと、注意や対応を要する睡眠トラブルが記載されている。P. 3には主な睡眠指標の評価を表す帯グラフが、P. 4には睡眠調査票による検査結果、P. 5には睡眠トラブルのリスク評価、P. 6には医師の評価理由等のコメントと改善のための助言、P. 7~8には睡眠調査票への回答、P. 10には睡眠遷移図（ヒプノグラム）が示されている。

6) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠の質の違い

睡眠脳波測定結果から得られた睡眠段階データから算定された睡眠の質を示す各種睡眠変数の散布図を作成して、異常値の検討を行った。16種の睡眠変数のうち、代表例として4種の散布図を図11に示す。

図11から今回の研究対象者の睡眠は、平均的な傾向として、入眠は非常に速く、中途覚醒は短く、睡眠効率が高く、睡眠構築の1サイクルの周期はおよそ1時間でやや短いものの、良好なものであると言える。ただし、図11のレム潜時の散布図に赤枠で示したように、一定の割合で入眠後15分以内にレム睡眠を示す入眠時レム睡眠（SOREM）が見られることが分かった。

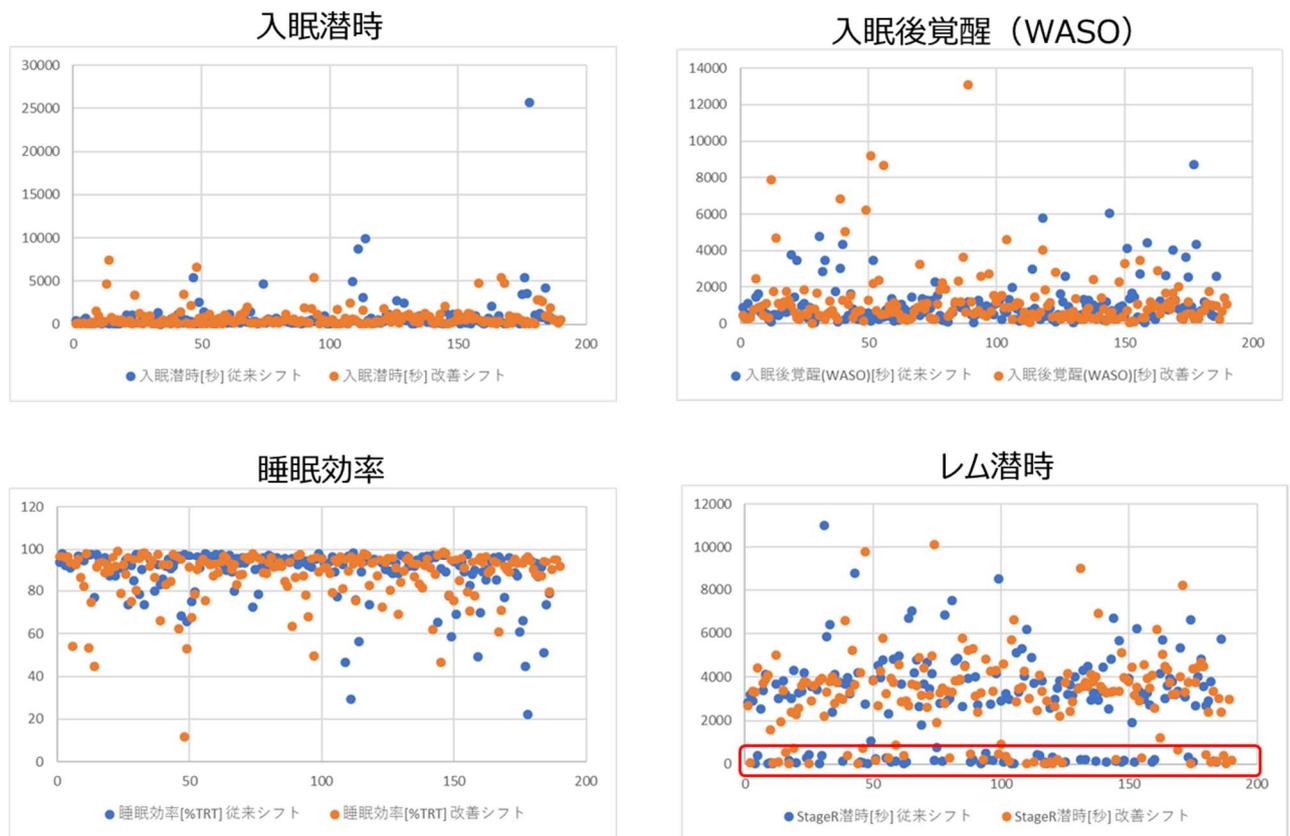


図11. 4種の睡眠変数の散布図

明らかに計測不良と思われる異常値のみを除外して、16種の睡眠変数について、通常シフトでの睡眠と検証シフトでの睡眠で比較して、シフトの違いが睡眠の質に与える影響を統計的に解析した。

X病院の研究対象者の日勤後の睡眠の16種の睡眠変数を、通常シフトと検証シフトで比較した結果を図12に示す。レム睡眠の時間および出現率、睡眠効率が検証シフトで低下することが示されたが、その変化はそれぞれ10.5%および7.5%、1.3%であった。また、1時間毎の睡眠段階遷移回数が検証シフトで9.1%増加することが示された。

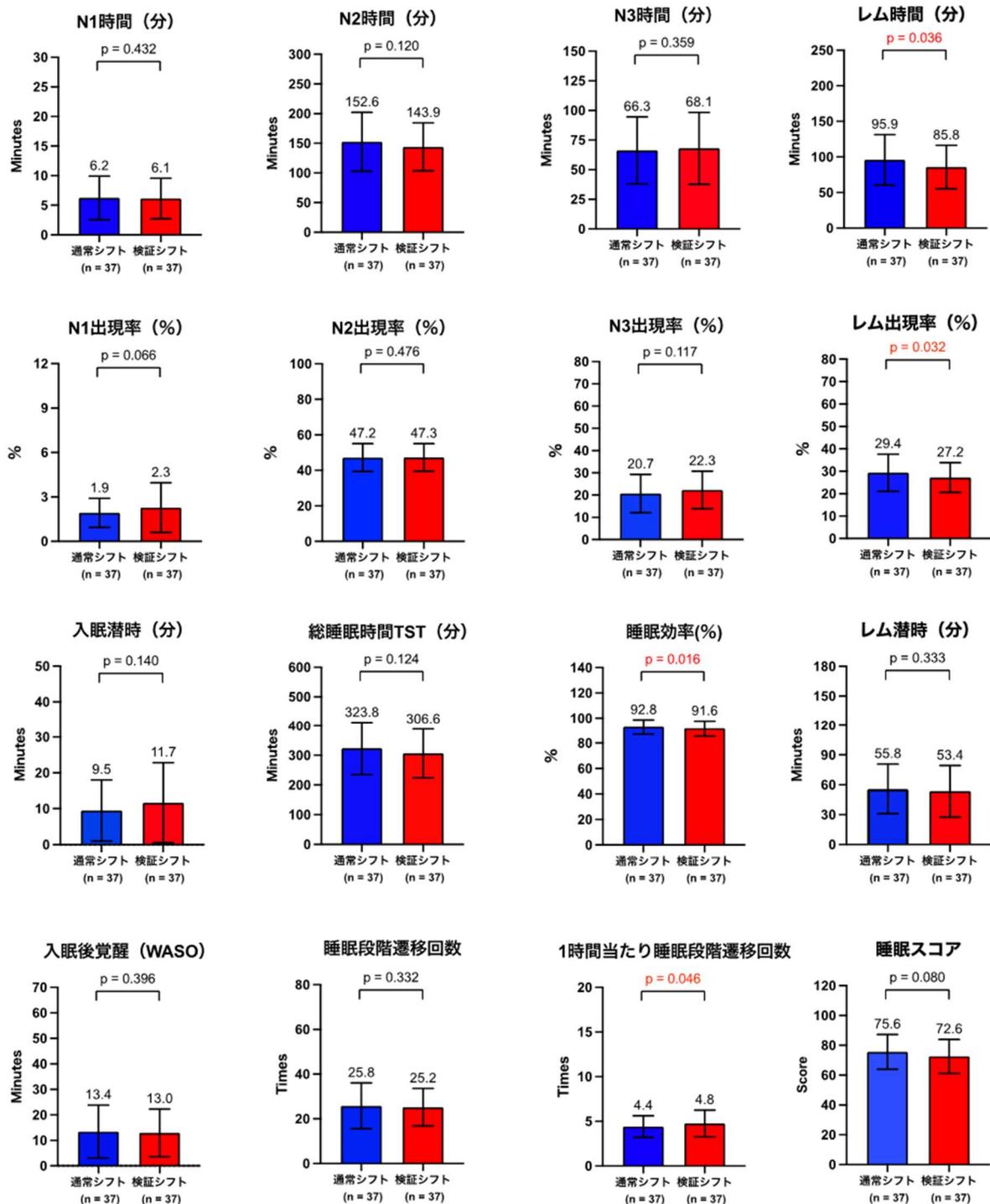


図12. X病院の研究対象者の日勤後の睡眠変数

X病院の研究対象者の中勤後の睡眠の16種の睡眠変数を、通常シフトと検証シフトで比較した結果を図13に示す。レム睡眠の時間および出現率が検証シフトで、それぞれ17.4%および15.7%減少し、ノンレム睡眠2の出現率が10.0%増加した。

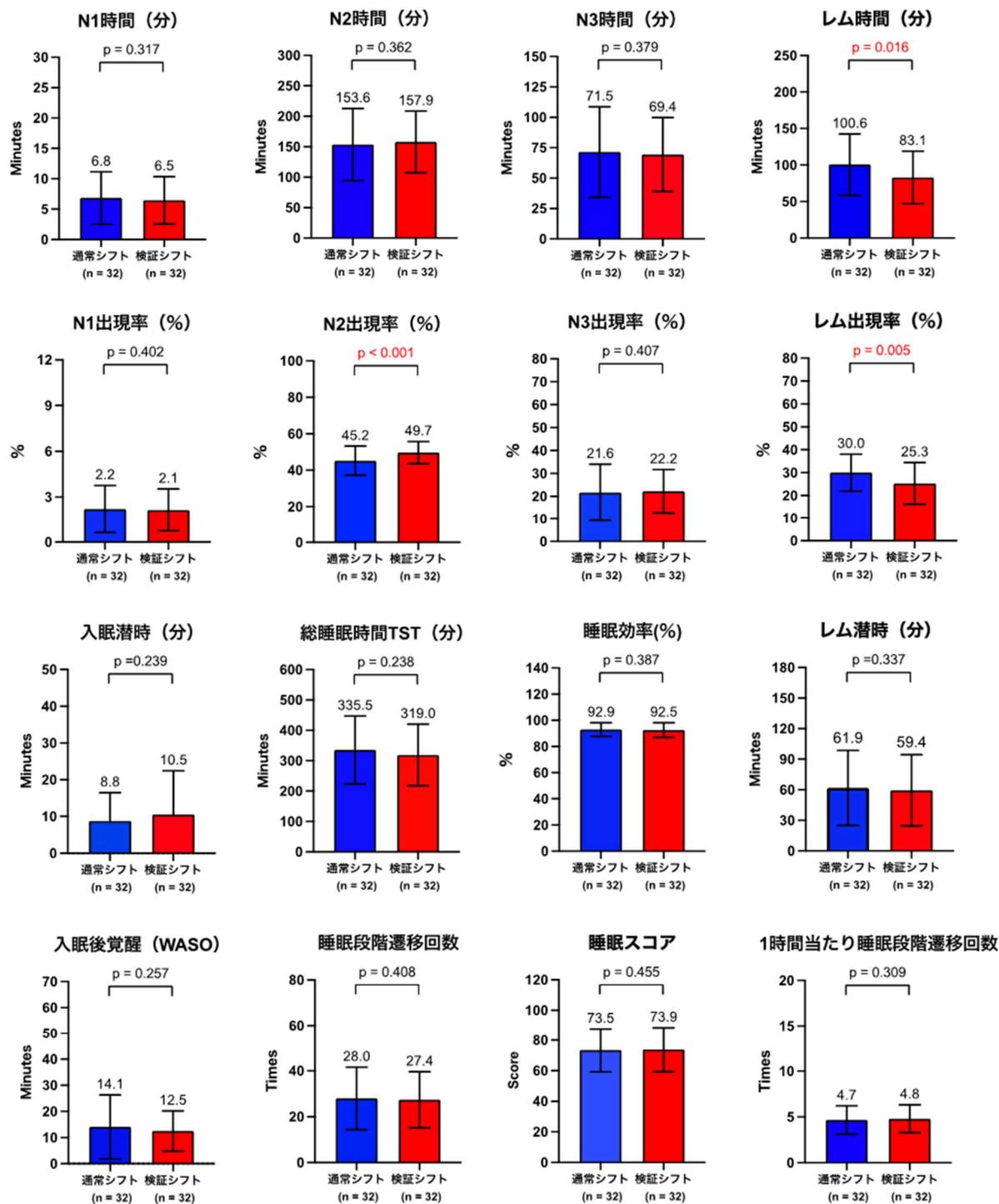


図13. X病院の研究対象者の中勤後の睡眠変数

X病院の研究対象者の夜勤後の睡眠の16種の睡眠変数を、通常シフトと検証シフトで比較した結果を図14に示す。検証シフトで入眠潜時が35.1%増加し、睡眠効率が3.1%低下することが示されたが、その変化は小さかった。

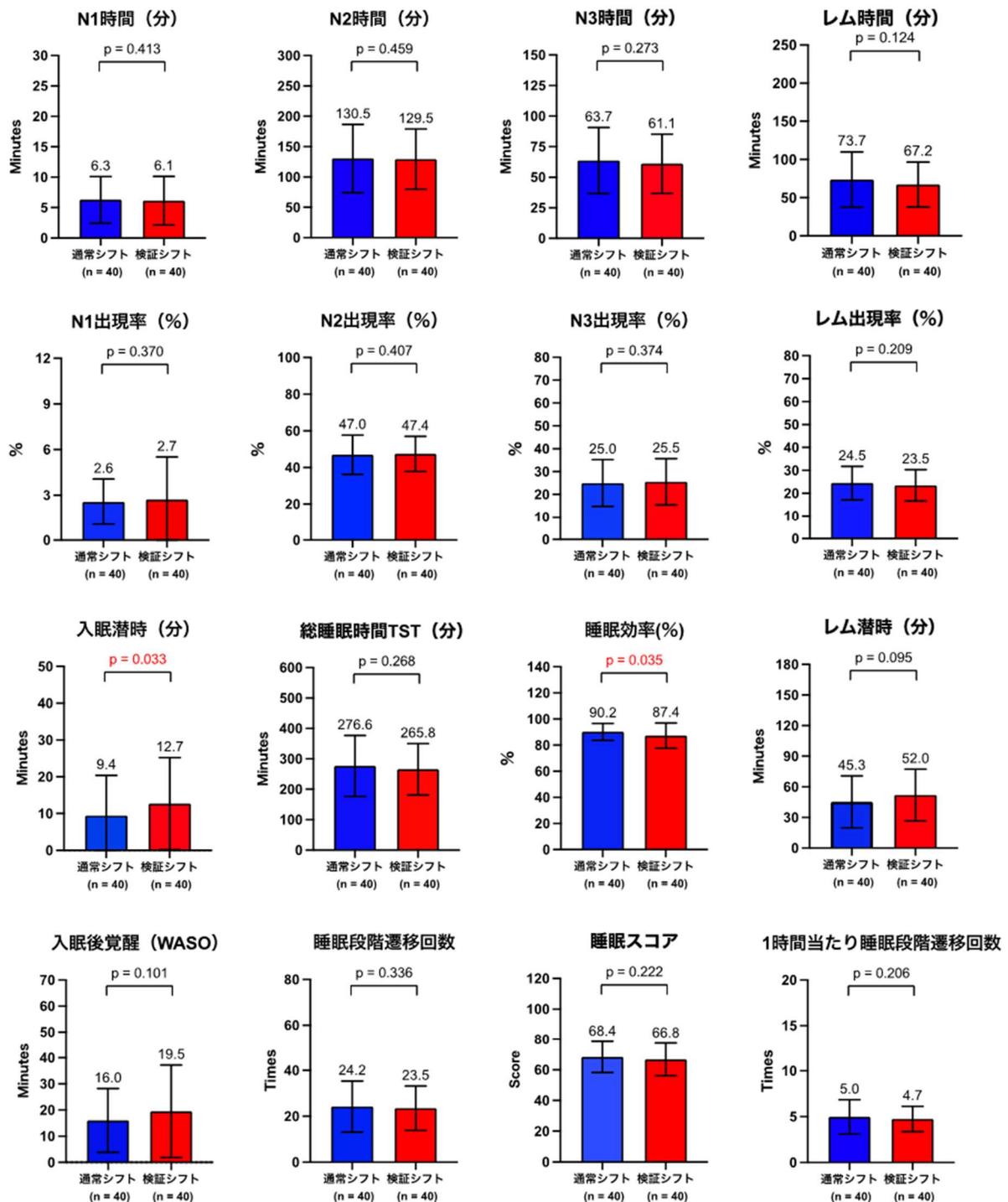


図14. X病院の研究対象者の夜勤後の睡眠変数

Y病院の研究対象者の日勤後の睡眠の16種の睡眠変数を、通常シフトと検証シフトで比較した結果を図15に示す。全ての変数で有意な差が見られなかった。

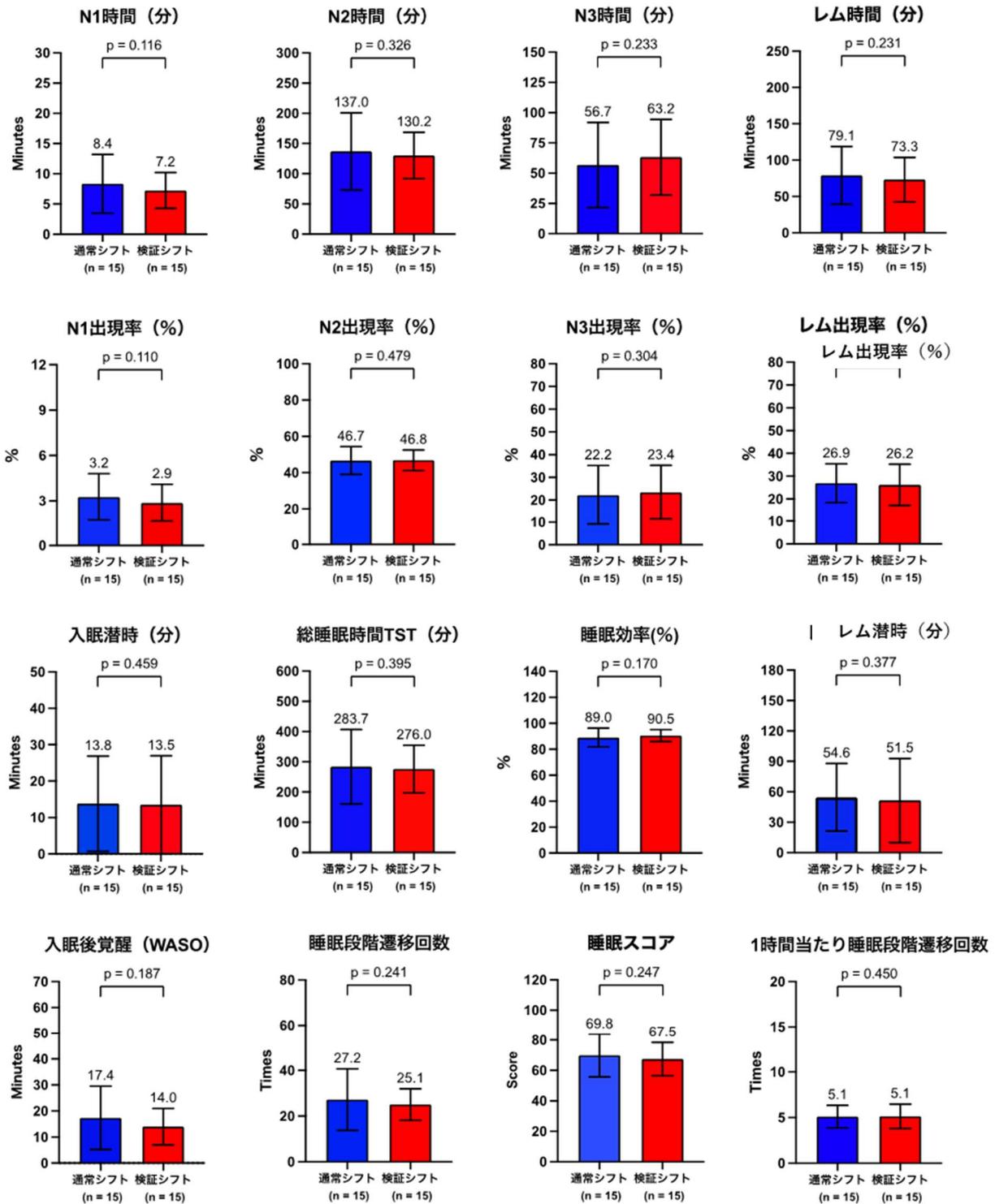


図15. Y病院の研究対象者の日勤後の睡眠変数

Y病院の研究対象者の夜勤後の睡眠の16種の睡眠変数を、通常シフトと検証シフトで比較した結果を図16に示す。日勤後の睡眠と同様に全ての変数で有意な差が無かった。

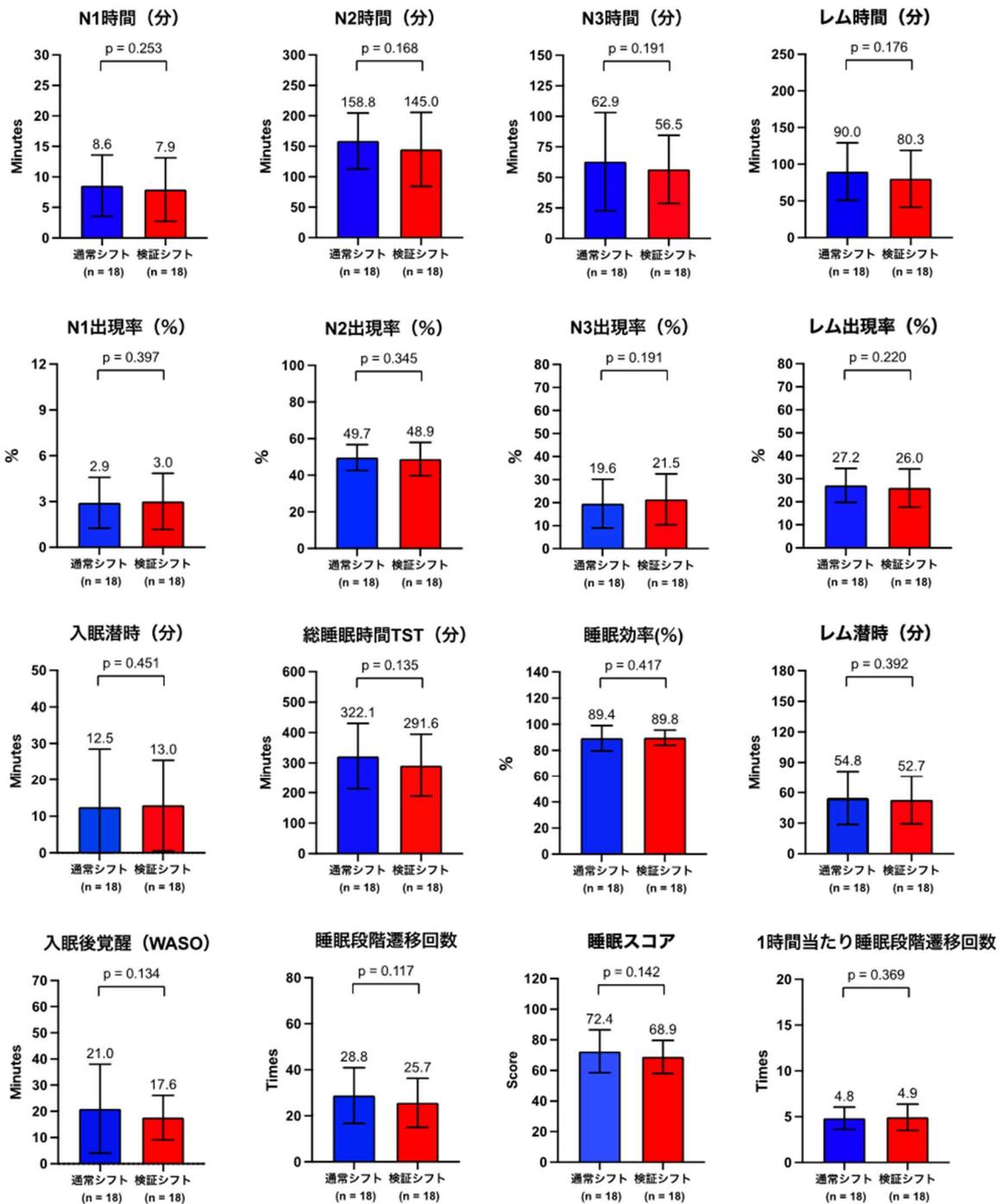


図16. Y病院の研究対象者の夜勤後の睡眠変数

7) 通常シフトと検証シフトにおける深部体温の最低温度時刻および日内変動温度差の違い

シフトの変更によって概日リズムがどの程度影響されているかを評価するため、X 病院の研究対象者の各勤務日における深部体温の最低温度時刻 (T_{min}) を、通常シフトと検証シフトで比較した(図 1 7)。検証シフトのほうが勤務時間の変化に概日リズムが追随しやすいことを期待したが、通常シフトと検証シフトとの間に有意な差はなかった。夜勤直後に昼間に睡眠をとった日や夜勤明けに夜間に睡眠をとった日において、バラつきが大きいため有意差はないものの、検証シフト(赤丸)の方が T_{min} が遅れる傾向が見られた。検証シフトでは、夜勤のために概日リズムが後退する傾向が通常シフトより強まったと思われる。

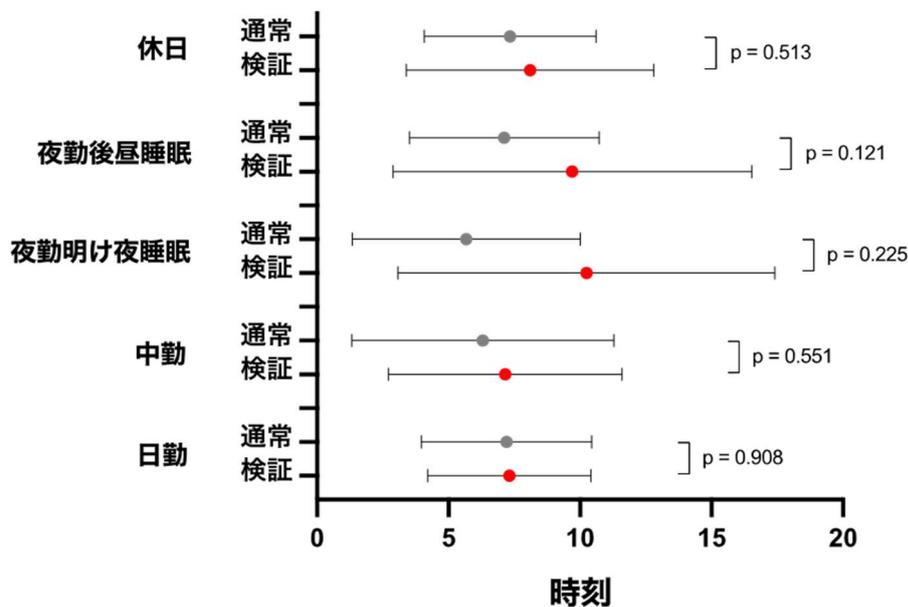


図 1 7. X 病院の研究対象者の各勤務後の深部体温の最低温度時刻の比較 (平均値±標準偏差)

同様の最低温度時刻の比較を Y 病院の研究対象者で行ったが、Y 病院の通常シフトは日勤と夜勤しかないため(表 4)、日勤、直後に昼間に睡眠をとった夜勤、夜間に睡眠をとった夜勤明け、休日の 4 勤務形態の日の T_{min} の平均および標準偏差を通常シフトと検証シフトで比較した(図 1 8)。両シフトで夜勤時に若干 T_{min} が遅れる傾向があるが、通常シフトと検証シフトに差は見られなかった。

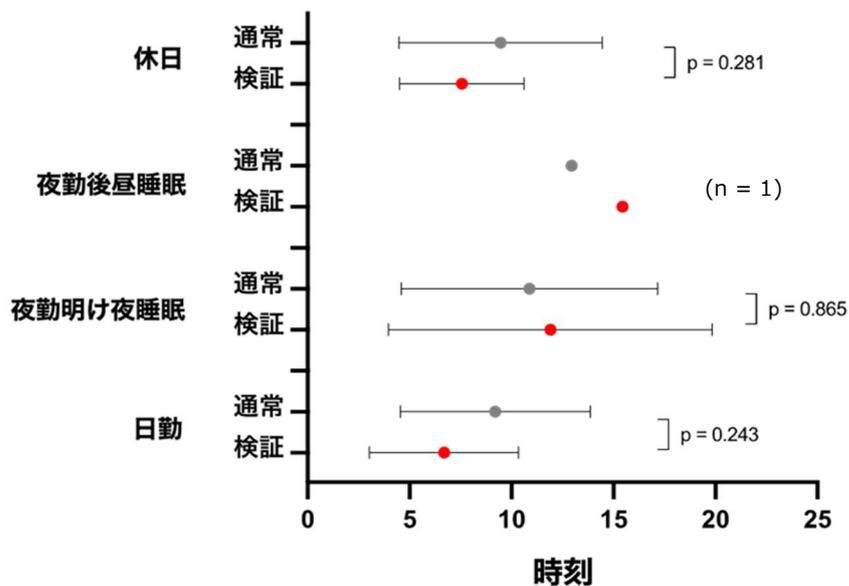


図 1 8 . Y 病院の研究対象者の各勤務後の深部体温の最低温度時刻の比較 (平均値±標準偏差)

日内変動温度差を同様に比較して、勤務時間の概日リズムの強度に与える影響や、その影響が通常シフトと検証シフトで異なるかどうか、検討した。図 1 9 に、X 病院の研究対象者の各勤務日における深部体温の日内変動温度差 (T_{Δ}) を、通常シフトと検証シフトで比較した結果を示す。 T_{Δ} は勤務において明確な変化は示さず、また、通常シフトと検証シフトの間で有意な変化はなかった。

Y 病院の研究対象者の各勤務日における T_{Δ} を通常シフトと検証シフトで比較した結果を図 2 0 に示す。Y 病院の通常シフトは日勤と夜勤しかないため (表 4)、日勤、直後に昼間に睡眠をとった夜勤、夜間に睡眠をとった夜勤明け、休日の 4 勤務形態の日の T_{Δ} を比較したが、勤務間での明確な差はなく、また、通常シフトと検証シフトの間でも明確な差は見られなかった。

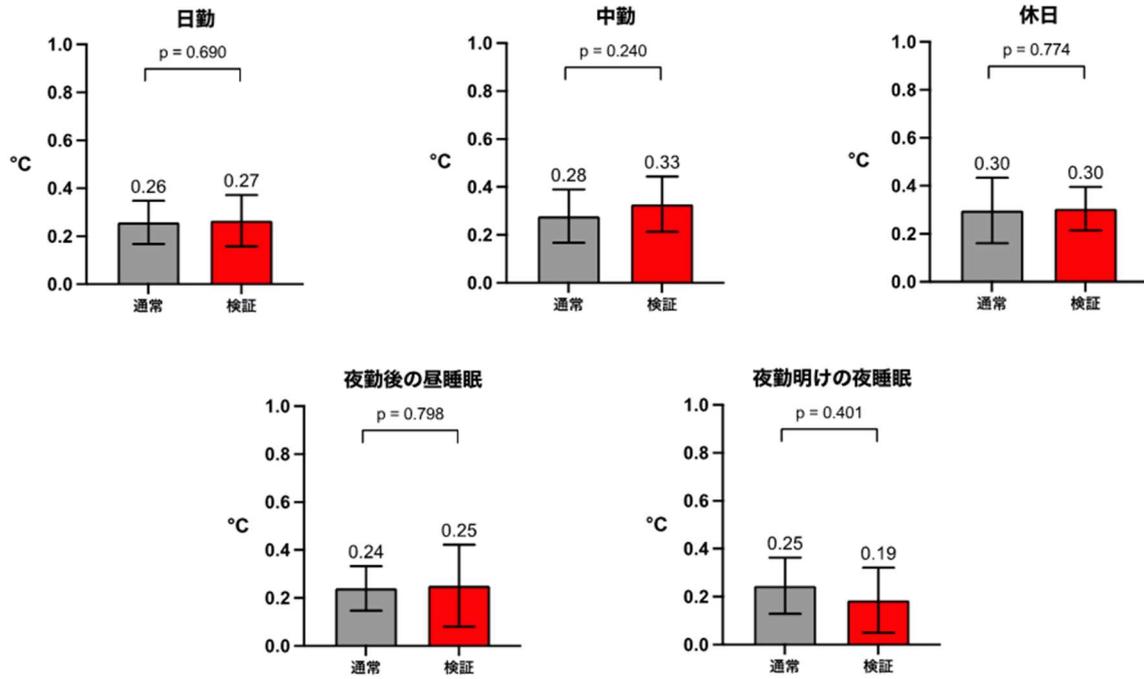


図 19. X 病院の研究対象者の各勤務後の深部体温の日内変動温度差の比較

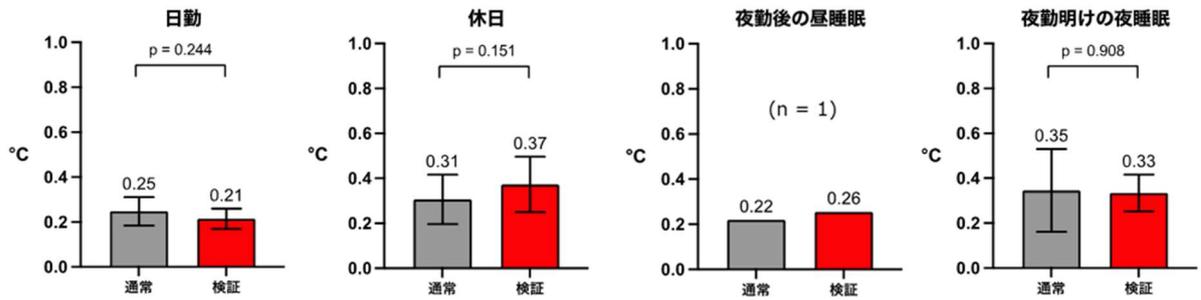


図 20. Y 病院の研究対象者の各勤務後の深部体温の日内変動温度差の比較

8) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠中央時刻の変化および変化量の違い

シフトの変更によって睡眠リズムがどの程度影響されているかを評価するため、睡眠中央時刻 (T_{mid}) の変化に注目し、日毎の睡眠中央時刻の変化量 (絶対値) の1ヵ月間の平均値 (累積値/日数) を、通常シフトと検証シフトの間で比較した (図2 1)。

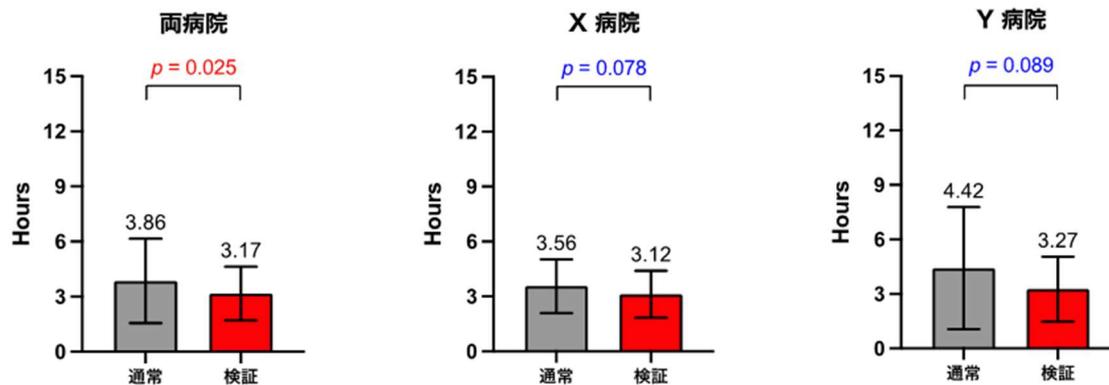


図2 1. 1ヵ月間の睡眠中央時刻の変化量の累積値の比較

X病院の研究対象者もY病院の研究対象者も検証シフトの方が通常シフトより変化量累積値が小さい傾向 (p 値 < 0.1) があることが判明した。さらに、両病院の結果を統合すると、検証シフトと通常シフトの差は統計的に有意であることが示された。すなわち、検証シフトの方が睡眠リズムへの影響が小さいことが有意差をもって示された。

各勤務 (含休日) 後の睡眠リズムを、 T_{mid} の平均および標準偏差を指標として比較すると、夜勤直後の昼の睡眠リズムのみが他の勤務日の睡眠リズムから大きくずれていることが示された。X病院のケースでは、日勤後の睡眠、中勤後の睡眠、夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠、休日の睡眠の5つに分けて T_{mid} の平均値を比較した (図2 2)。夜勤後の昼間の睡眠では、 T_{mid} が午後3時近くであるのに対し、他の勤務後の睡眠では午前3~5時であり10時間以上の違いがあることが示された。通常シフトと検証シフト間での T_{mid} の比較から、休日における睡眠や中勤後の睡眠では、検証シフトの方が有意に遅れることが分かった。

Y病院のケースでは、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤後の睡眠、夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠、休日の睡眠の4つに分けて T_{mid} の平均値を比較した (図2 3)。Y病院では、夜勤後に昼間に睡眠をとる事例が少なかった ($n = 1$) ため、睡眠リズムのずれについて結論は出せないが、X病院と同様の傾向があると思われる。通常シフトと検証シフト間での T_{mid} の比較から、休日における睡眠では、検証シフトの方が有意に遅れることが示された。

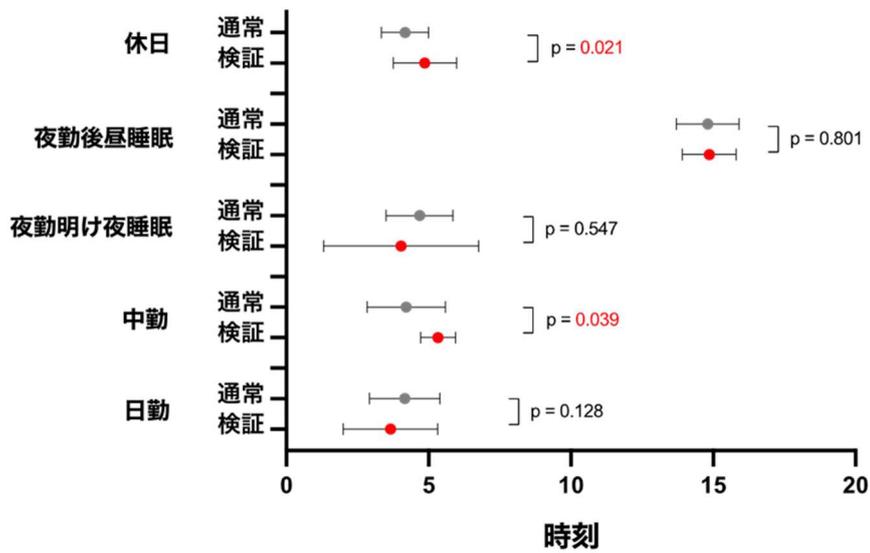


図 2 2. X病院の各勤務後の睡眠の睡眠中央時刻の比較 (平均値±標準偏差)

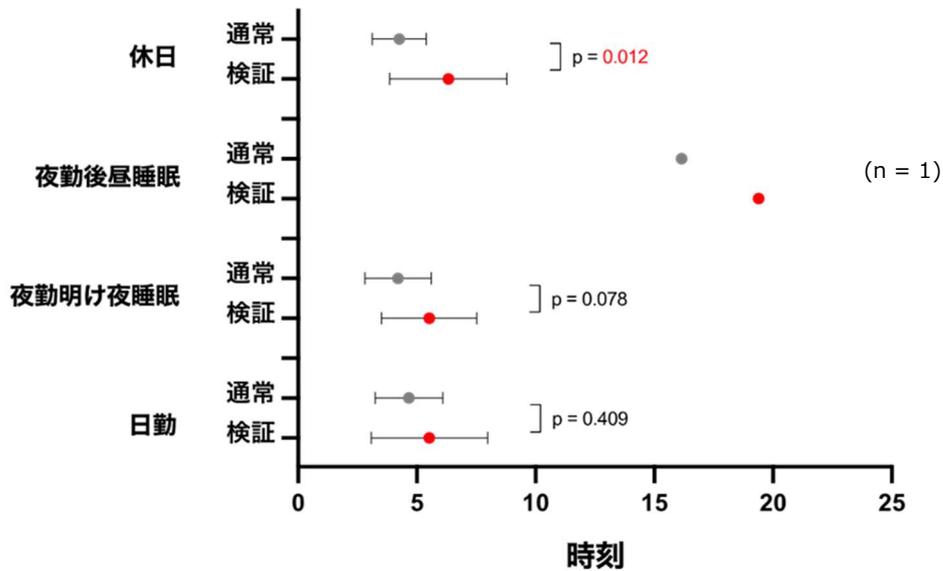


図 2 3. Y病院の各勤務後の睡眠の睡眠中央時刻の比較 (平均値±標準偏差)

9) 通常シフトと検証シフトにおける概日リズムと睡眠リズムとの脱同調 (位相角差) の違い

通常シフトと検証シフトのそれぞれにおいて、概日リズムの指標 T_{min} と睡眠リズムの指標 T_{mid} との差 ΔT (脱同調 (位相角差)) の平均値を、X病院の各勤務日毎に求めたところ、図 2 4 のような結果となった。夜勤後に昼睡眠をとった日の T_{mid} が有意に遅れるのに対して、 T_{min} の変化は限られているため、 ΔT は有意に大きくなることが示された。この結果は、通常シフトにおいても検証シフトにおいても同様で、分散分析においてそれぞれ有意な差であることが示された。

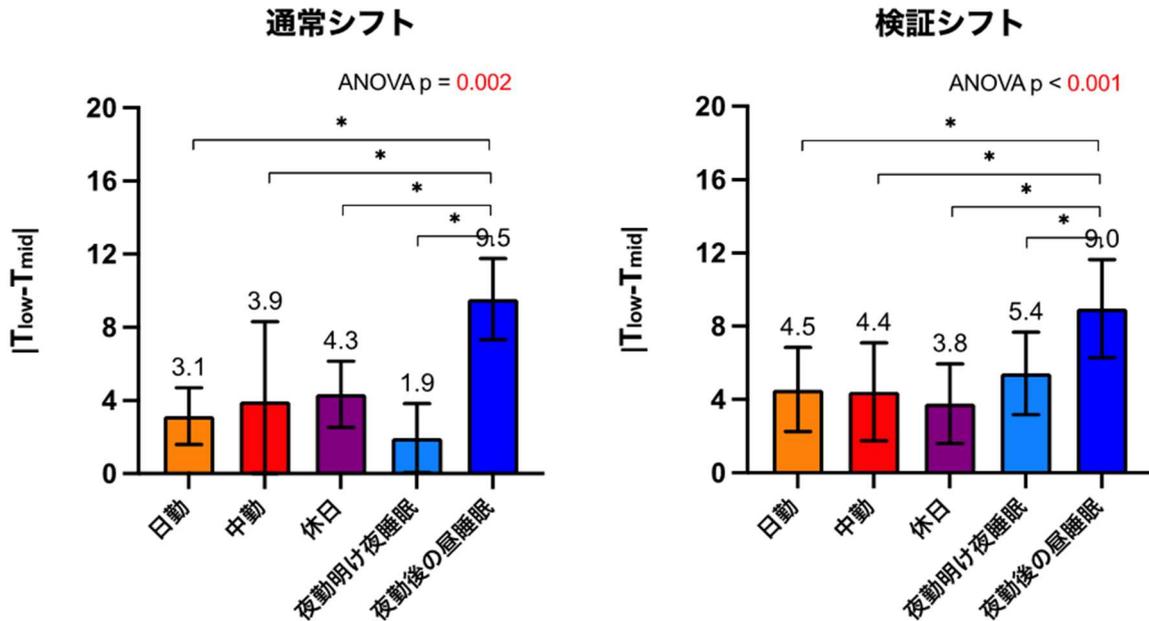


図 2 4. X 病院の各勤務日の位相角差の比較

各勤務日毎に、通常シフトと検証シフトにおける ΔT の平均値を比較すると図 2 5 に示したような結果となる。夜勤明けに夜間に睡眠をとった日には、通常シフトで ΔT が低くなる傾向があることが示されたが、他の勤務の日では通常シフトと検証シフトの間に差は見られなかった。

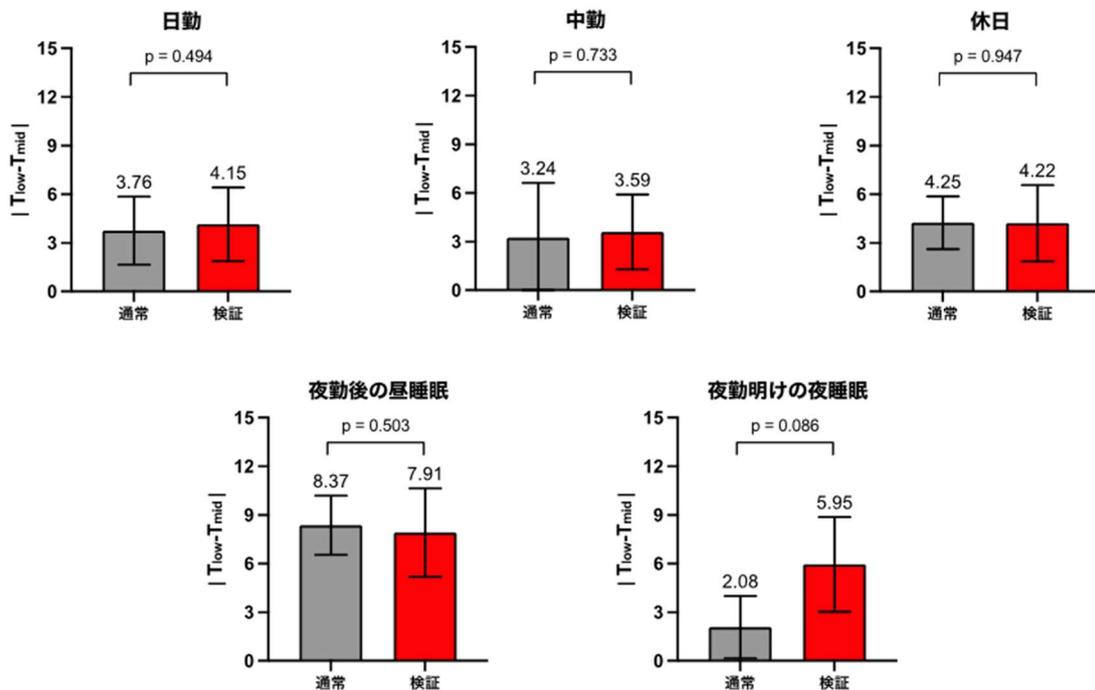


図 2 5. X 病院の各勤務日の位相角差の通常シフトと検証シフトでの比較

Y病院の各勤務日における ΔT の平均値を算定したが、夜勤直後に昼間に睡眠をとる事例は少なかった ($n = 1$) ため平均値を算定できなかった (図26)。日勤日、休日、夜間に睡眠をとった夜勤明けの位相角差を比較すると、通常シフトではほとんど差が無かったが、検証シフトでは休日で若干低下する傾向が示唆された。各勤務日毎に、通常シフトと検証シフトにおける ΔT の平均値を比較すると図27に示したような結果となった。通常シフトと検証シフトの間に差は見られなかった。

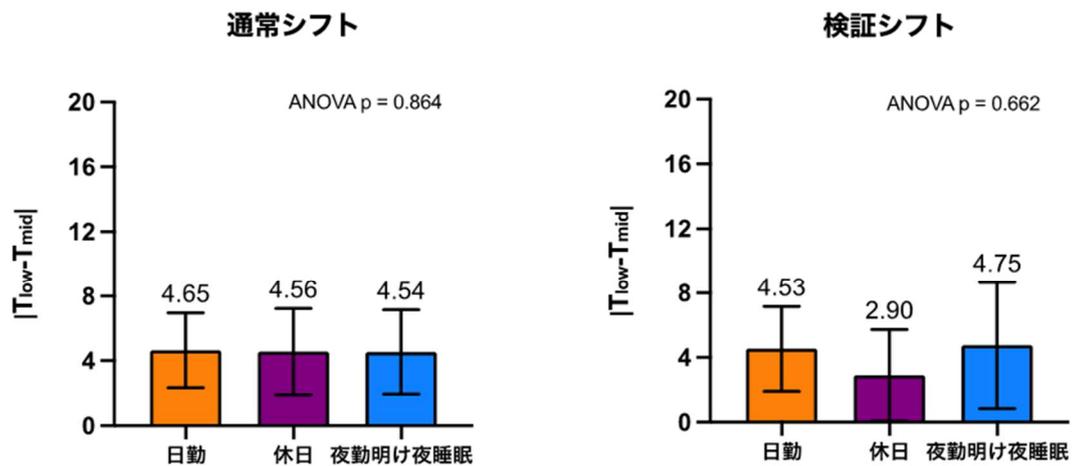


図26. Y病院の各勤務日の位相角差の比較

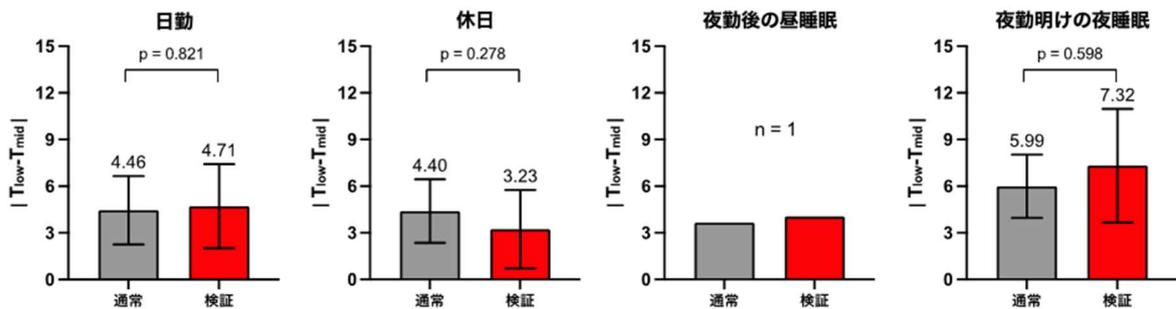


図27. Y病院の各勤務日の位相角差の通常シフトと検証シフトでの比較

10) 通常シフトと検証シフトにおけるストレス指標の違い

睡眠による自律神経活動への影響を見るために、まず、各勤務後の睡眠の就寝前30分と起床後30分のLF/HF比率（ストレス指標）を比較した。図28に示したX病院の検証シフトのケースでは、日勤および中勤後の睡眠、休日の睡眠では、起床後は就寝前よりLF/HF比率が統計的に有意に下がることが示され、睡眠によってストレスが軽減されたと思われる。一方、夜勤後の昼睡眠や夜勤明けの夜睡眠では有意な差がなく、睡眠によるストレス軽減効果が小さいことが示唆される。

次に、X病院のケースで各勤務後の睡眠の就寝前30分のLF/HF比率を、通常シフトと検証シフト間で比較した（図29）。勤務時間の違いによって就寝前のストレス状態が異なる（例えば夜勤後の睡眠の前では、交感神経活動が過度に亢進している）ことを懸念して、各勤務間で就寝前のストレス指標に差があるか検討したが、意外にも、ほとんど差がなかった。また、通常シフトと検証シフト間でも差が無かったが、夜勤明けの夜間睡眠の就寝前のストレス指標のみが、通常シフトと検証シフトで若干異なる傾向があった。

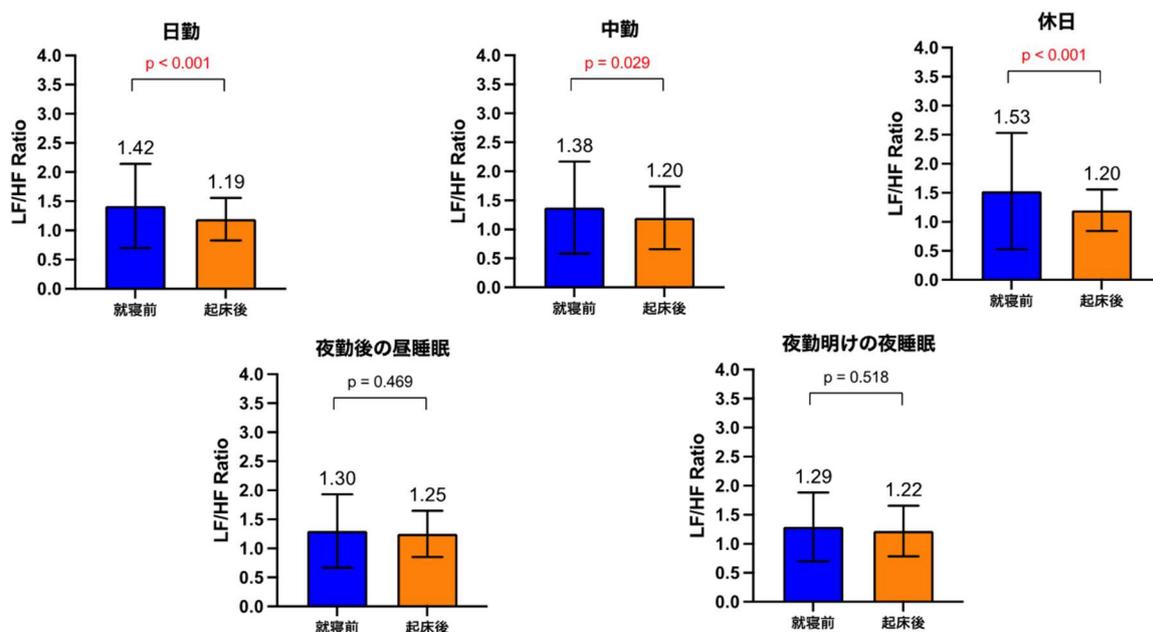


図28. X病院の各勤務後の睡眠の前後のLF/HF比率の比較

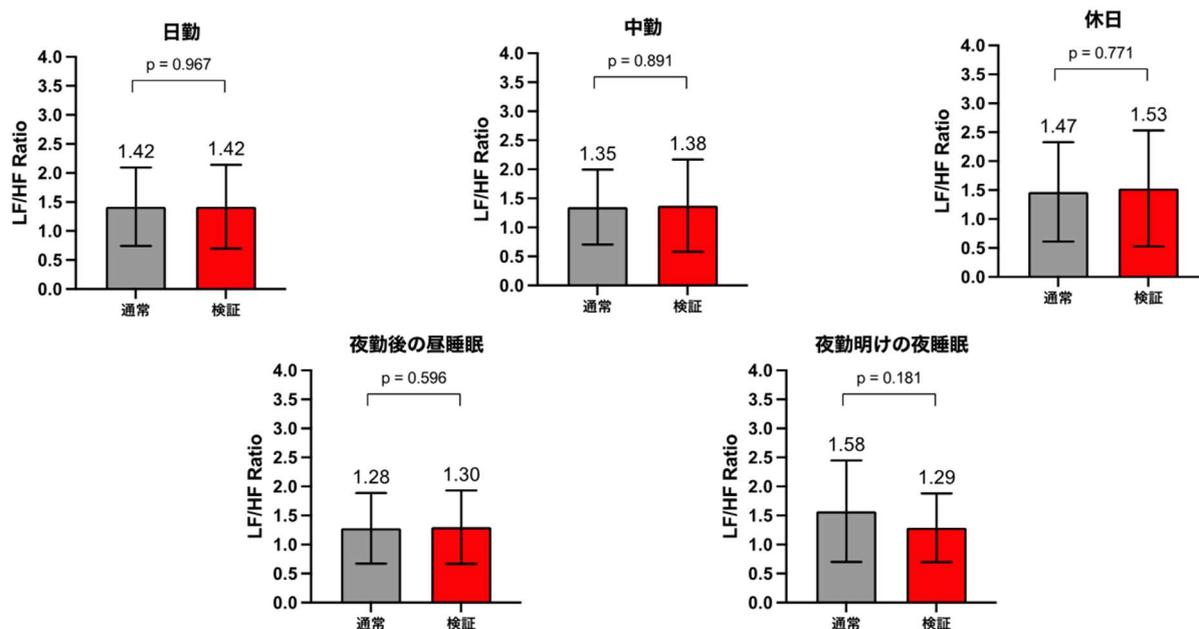


図 29. X病院の各勤務後の睡眠の就寝前の LF/HF 比率の比較

各勤務後の睡眠の就寝前と起床後の LF/HF 比率の差を、通常シフトと検証シフトで比較すると図 30 のような結果となった。図 28 でも示したように、日勤後および中勤後の睡眠や休日の睡眠では差が明確である（ストレス指標が明らかに低下している）のに対し、夜勤後の昼間の睡眠や夜勤明けの夜間の睡眠では、差が小さかった。また、通常シフトと検証シフトの間の違いはなかった。ただし、通常シフトにおける夜勤明けの夜間睡眠では、明確な差が認められた。

同様に、Y 病院のケースで各勤務後の睡眠の就寝前 30 分の LF/HF 比率を、通常シフトと検証シフト間で比較した（図 31）。やはり、勤務時間の明確な影響はなく、また、通常シフトと検証シフトの間でも大きな差はなかった。

各勤務後の睡眠の就寝前と起床後の LF/HF 比率の差を通常シフトと検証シフトで比較すると図 32 のような結果となった。Y 病院のケースでは、勤務間でもシフト間でも特に明確な傾向は見られなかった。

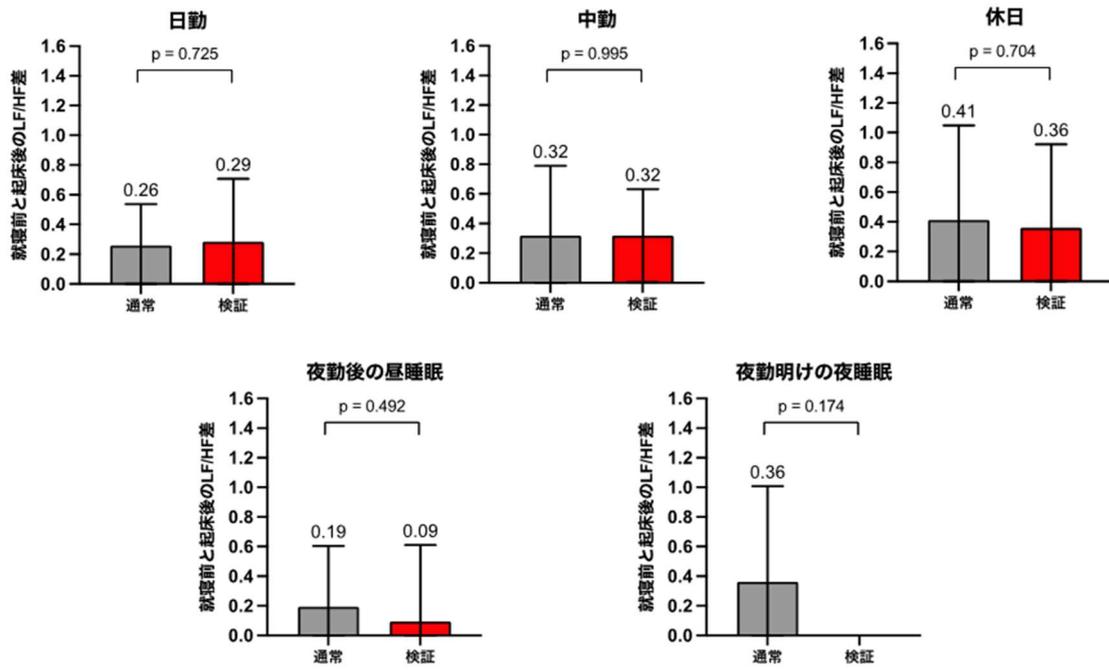


図 30. X 病院の各勤務後の睡眠の就寝前と起床後の LF/HF 比較の差の比較

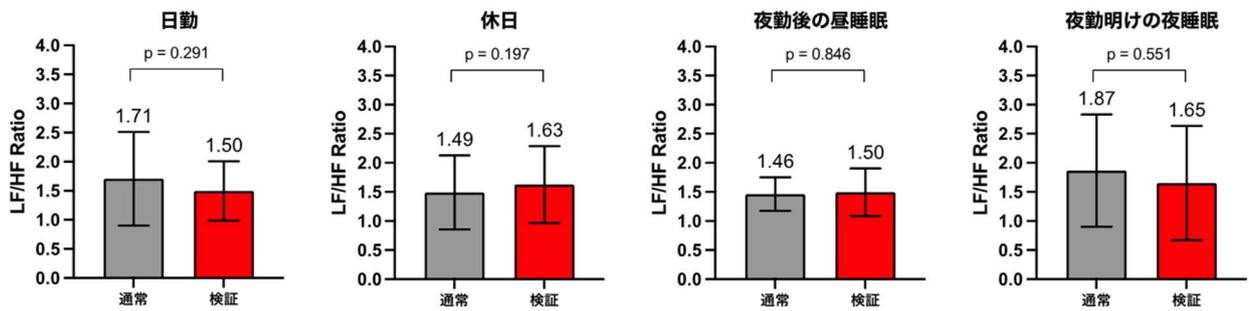


図 31. Y 病院の各勤務後の睡眠の就寝前の LF/HF 比較の比較

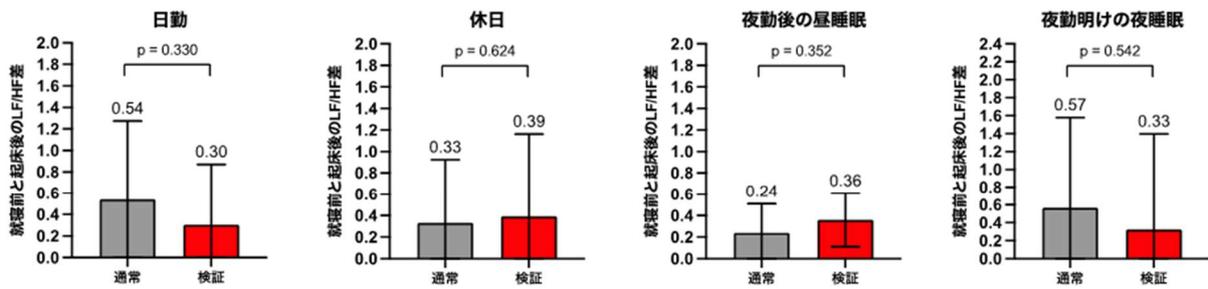


図 32. Y 病院の各勤務後の睡眠の就寝前と起床後の LF/HF 比較の差の比較

11) 通常シフトと検証シフトにおけるデルタパワーの違い

デルタパワーの入眠から最終覚醒までの最大ピーク値と積分値（総量）を、それぞれ睡眠要求度と睡眠要求の解消度の指標とし、各勤務後の睡眠毎に通常シフトと検証シフトを比較した。

X 病院のケースで、最大ピーク値を勤務毎に通常シフトと検証シフトで比較すると図 3 3 のような結果となった。夜勤直後の昼間の睡眠の睡眠要求度が高い傾向が、従来シフトでも検証シフトでも見られたが、従来シフトと検証シフトの間では明確な差は見られなかった。

入眠から最終覚醒までの積分値を勤務毎に通常シフトと検証シフトで比較すると図 3 4 のような結果が得られた。通常シフトにおいては、夜勤明けの夜間睡眠における睡眠要求解消度がやや高い傾向が見られたが、検証シフトでは勤務間で大きな変化は見られなかった。その結果、夜勤明けの夜間睡眠で、通常シフトと検証シフト間の差がやや大きい傾向が見られた。同様に、Y 病院のケースで、最大ピーク値を勤務毎に通常シフトと検証シフトで比較すると図 3 5 のような結果となった。Y 病院では、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤後の睡眠、夜勤直後の昼間の睡眠、夜勤明けの夜間睡眠のデルタパワー最大ピーク値を比較した（図 3 5）。Y 病院のケースでは、睡眠要求度に勤務時間の明確な影響が見られなかった。

入眠から最終覚醒までのデルタパワー積分値を勤務毎に通常シフトと検証シフトで比較すると図 3 6 のような結果が得られた。睡眠要求解消度にも睡眠時間の明確な影響は見られなかった。

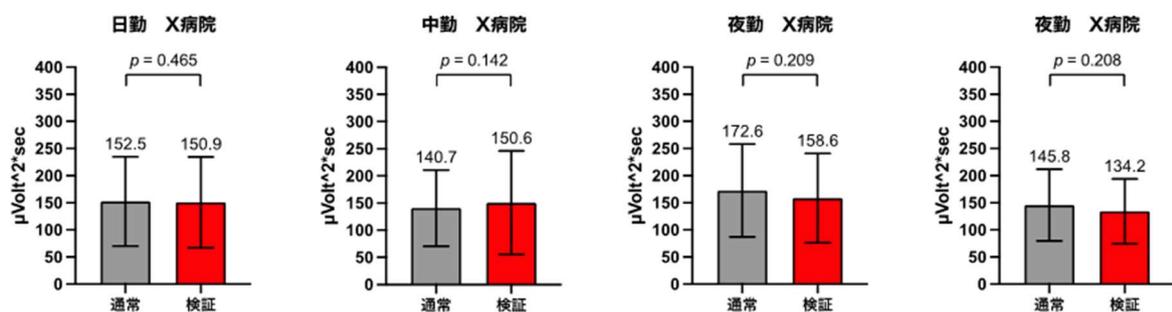


図 3 3. X 病院の各勤務後の睡眠の入眠から最終覚醒までのデルタパワー最大ピーク値の比較

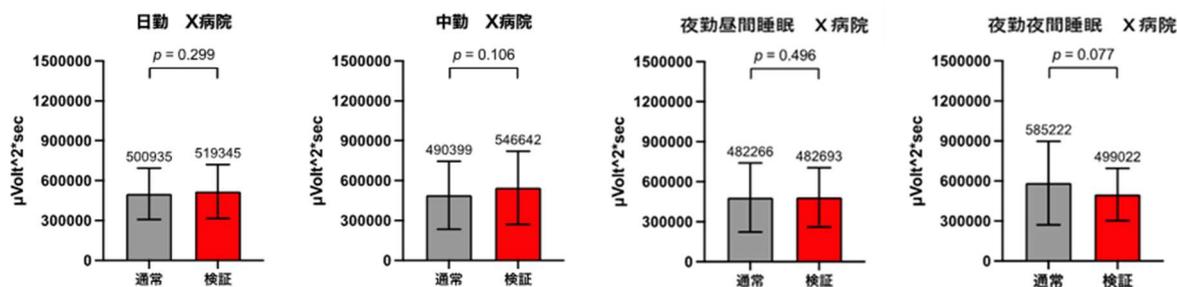


図 3 4. X 病院の各勤務後の睡眠の入眠から最終覚醒までのデルタパワー積分値の比較

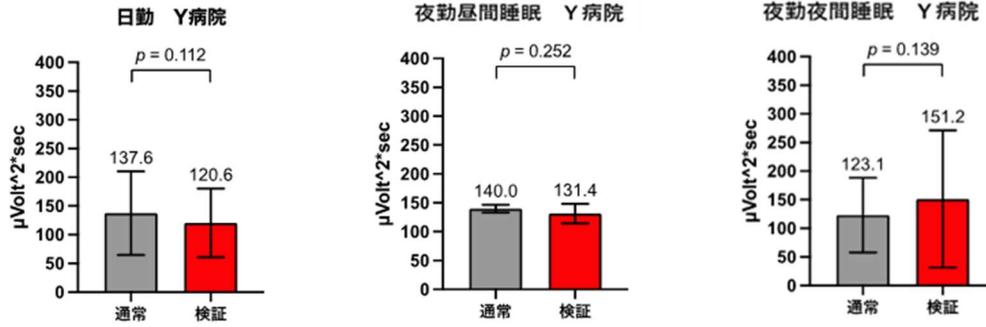


図 3 5. Y 病院の各勤務後の睡眠の入眠から最終覚醒までのデルタパワー最大ピーク値の比較

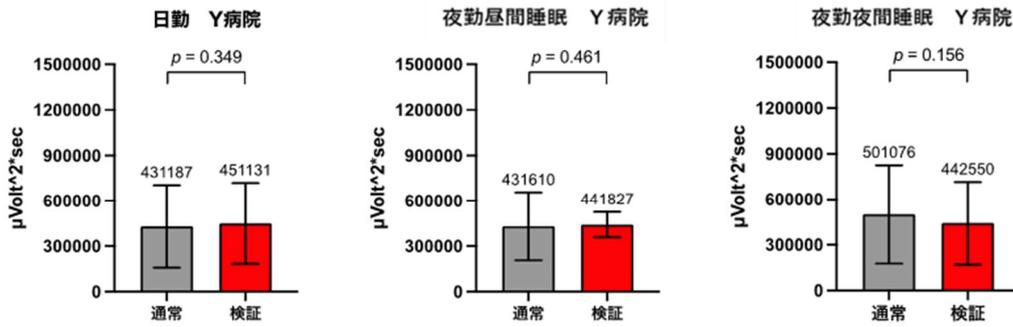


図 3 6. Y 病院の各勤務後の睡眠の入眠から最終覚醒までのデルタパワー積分値の比較

12) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠の主観評価の違い

X 病院の研究対象者の、日勤後の睡眠を主観的に評価してもらった調査票 (OSA-MA 版) のスコアを、通常シフトでの睡眠と検証シフトでの睡眠とを比較した結果を図 3 7 に示す。OSA-MA の 5 つの評価項目のうち「夢み」と 5 項目の総得点が、検証シフトで有意に低いという結果を得たが、その差はそれぞれ 6.6%と 4.2%であり大きなものではなかった。

X 病院の研究対象者の、中勤後の睡眠を主観的に評価してもらった調査票 (OSA-MA 版) のスコアを、通常シフトと検証シフトで比較した結果を図 3 8 に示す。OSA-MA の五つの評価項目のうち「入眠と睡眠維持」の得点が、検証シフトで有意に低いという結果を得たが、その差は 8.3%であった。

X 病院の研究対象者の、夜勤後の睡眠を主観的に評価してもらった調査票 (OSA-MA 版) のスコアを、通常シフトと検証シフトで比較した結果を図 3 9 に示す。五つの評価項目および 5 項目の総得点の全てで有意な差は見られなかった。

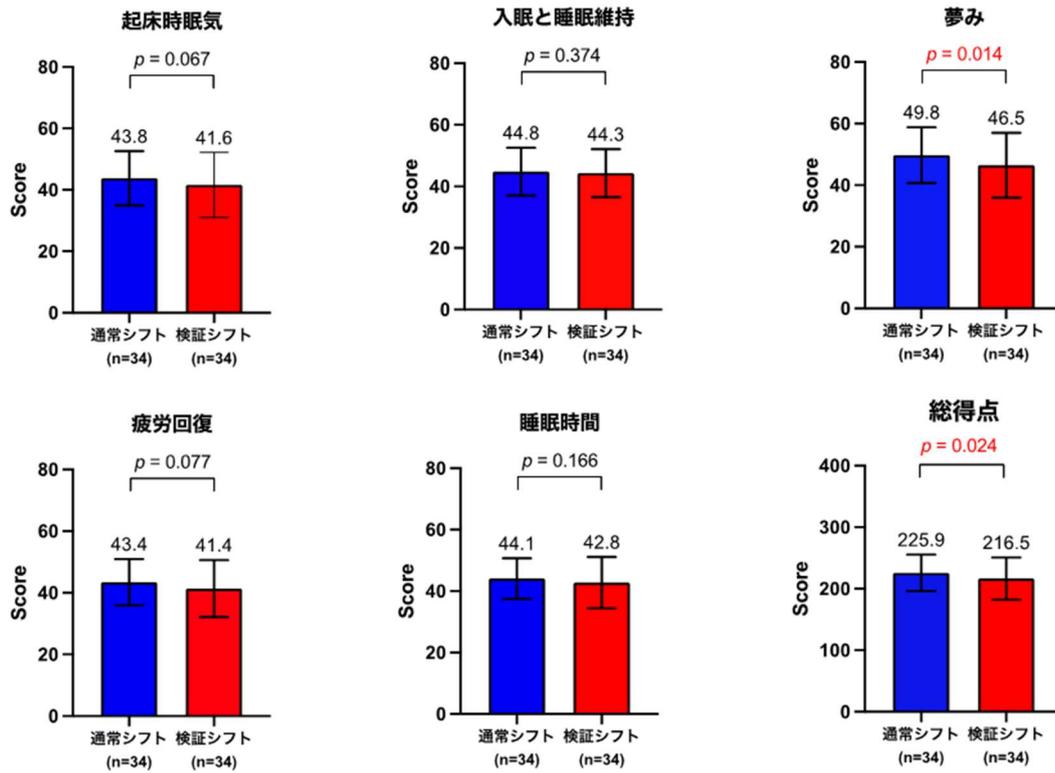


図 3.7. X 病院の研究対象者の日勤後の睡眠の主観評価

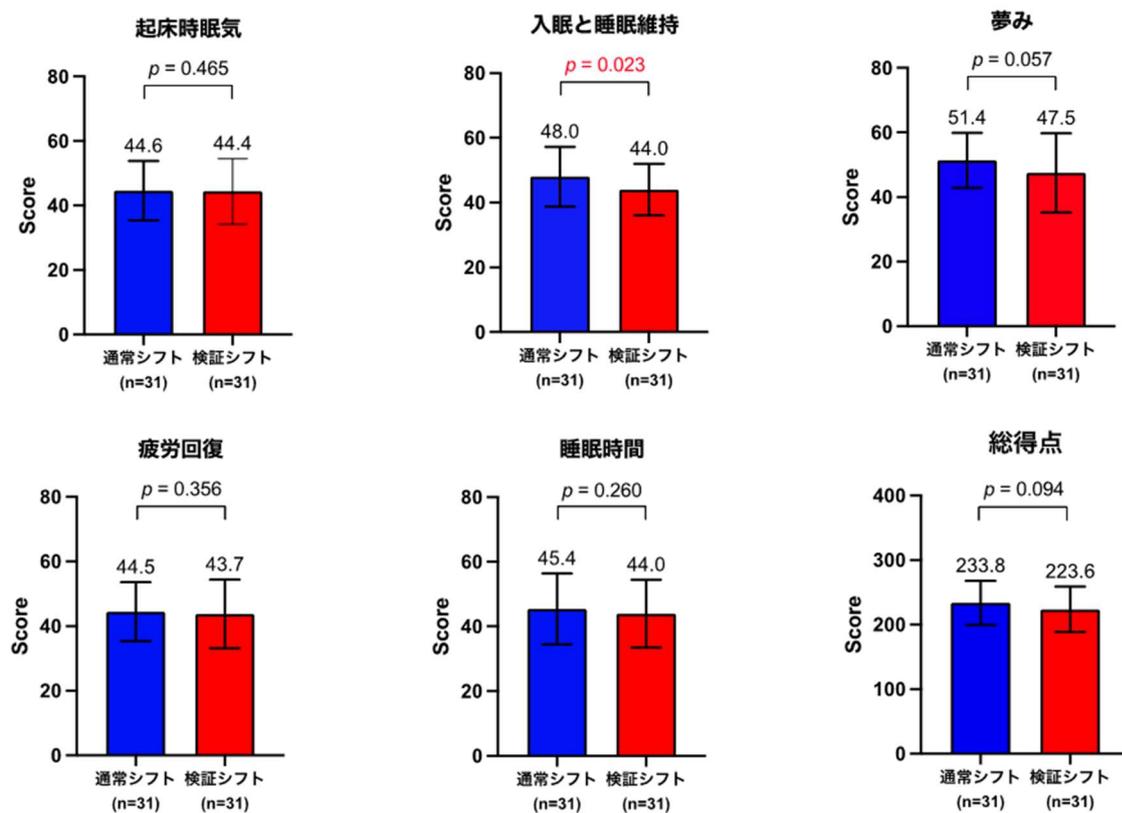


図 3.8. X 病院の研究対象者の中勤後の睡眠の主観評価

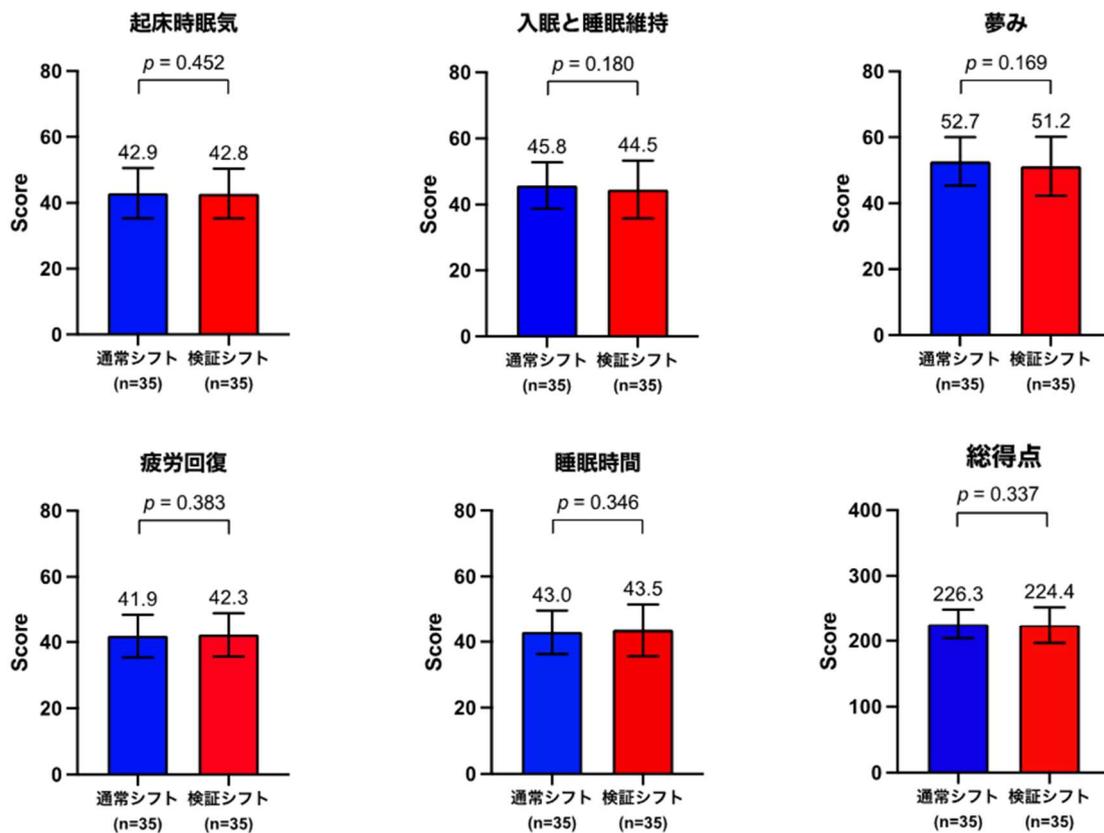


図 3 9. X 病院の研究対象者の夜勤後の睡眠の主観評価

Y 病院の研究対象者の、日勤後の睡眠を主観的に評価してもらった調査票 (OSA-MA 版) のスコアを、通常シフトでの睡眠と検証シフトでの睡眠とを比較した結果を図 4 0 に示す。OSA-MA の五つの評価項目のうち「起床時眠気」と「疲労回復」、「(主観的) 睡眠時間」および 5 項目の総得点が、検証シフトで有意に低いという結果を得た。それぞれの差は、12.1%と 10.2%、12.3%および 6.2%であった。

Y 病院の研究対象者の、夜勤後の睡眠を主観的に評価してもらった調査票 (OSA-MA 版) のスコアを、通常シフトでの睡眠と検証シフトでの睡眠とを比較した結果を図 4 1 に示す。OSA-MA の五つの評価項目のうち「入眠と睡眠維持」および「(主観的) 睡眠時間」が、検証シフトで有意に低いという結果を得た。それぞれの差は、10.7%および 10.7%であった。

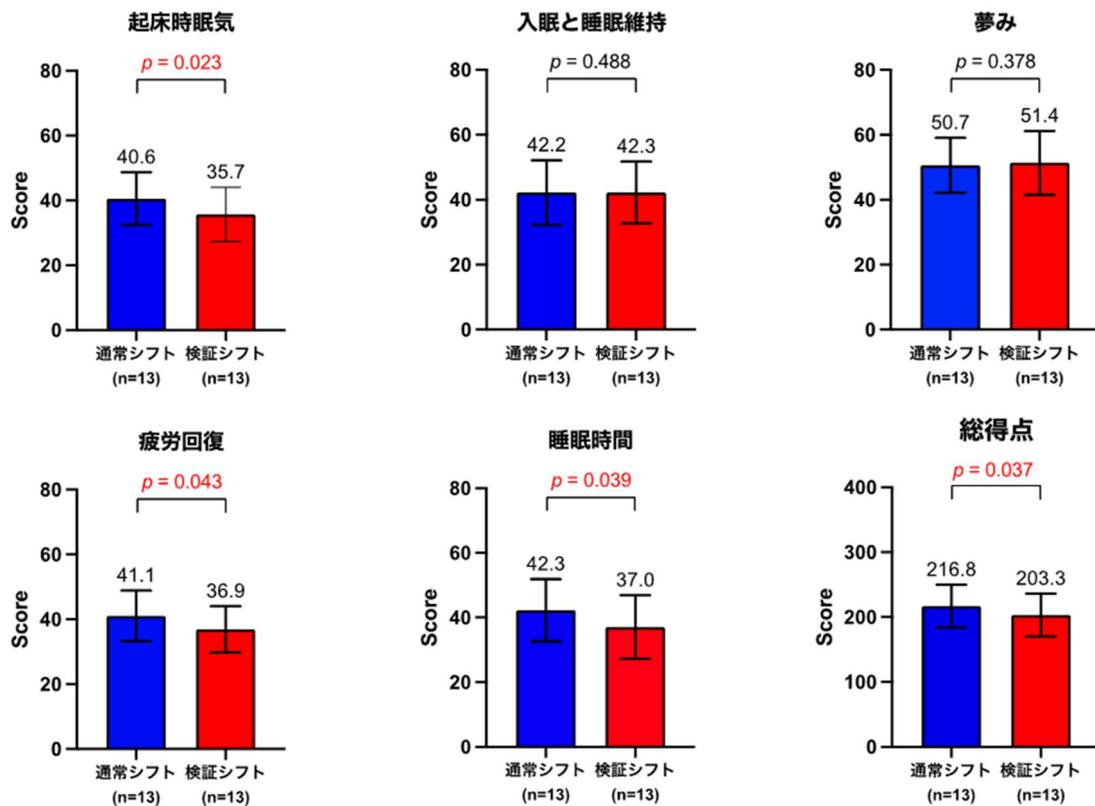


図 4 0. Y 病院の研究対象者の日勤後の睡眠の主観評価

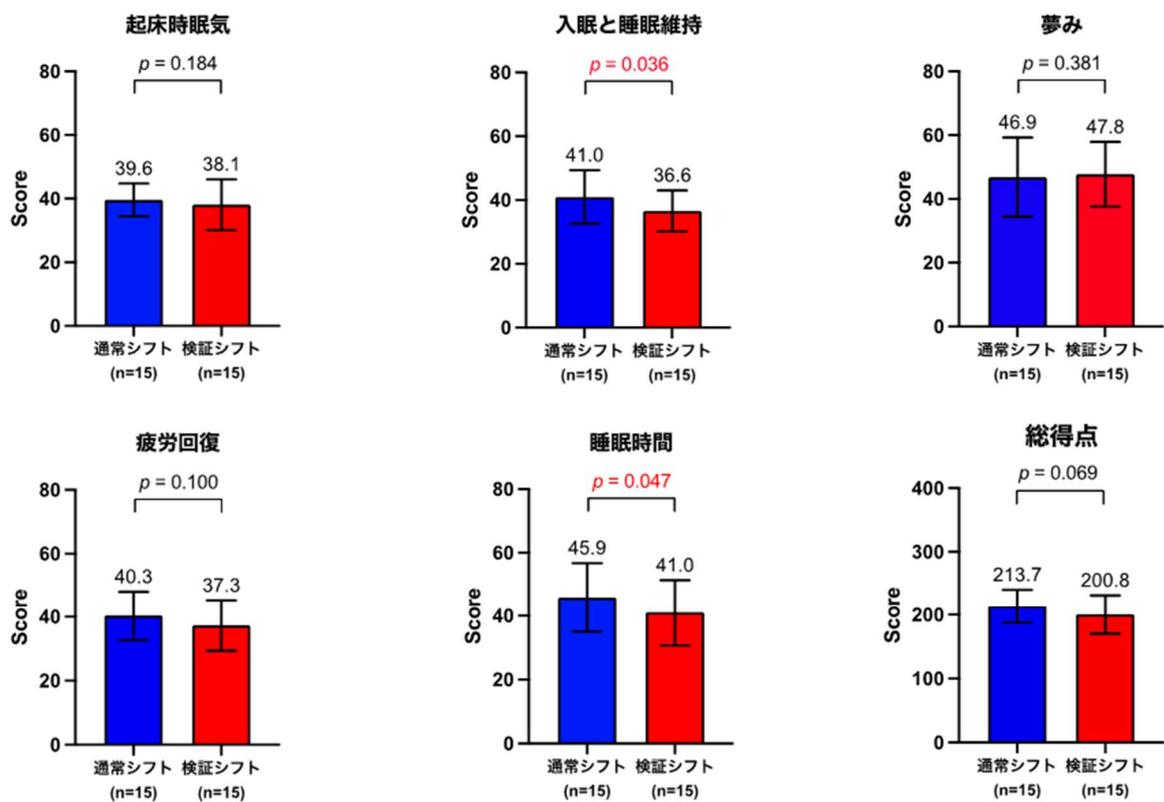


図 4 1. Y 病院の研究対象者の夜勤後の睡眠の主観評価

13) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠障害のリスクや日中の眠気の主観評価の違い

X 病院および Y 病院の研究対象者の睡眠の状況／習慣、日中の眠気を、それぞれピッツバーグ睡眠質問票およびエプワース眠気調査票で各データ収集期間の最後に主観的に評価してもらい、そのスコアを通常シフトと検証シフトで比較した結果を図 4 2 に示す。ピッツバーグ睡眠質問票の総得点による睡眠障害のリスクの高さやエプワース眠気調査票による日中の眠気において、両病院とも通常シフトと検証シフトの間に有意な差は見られなかった。

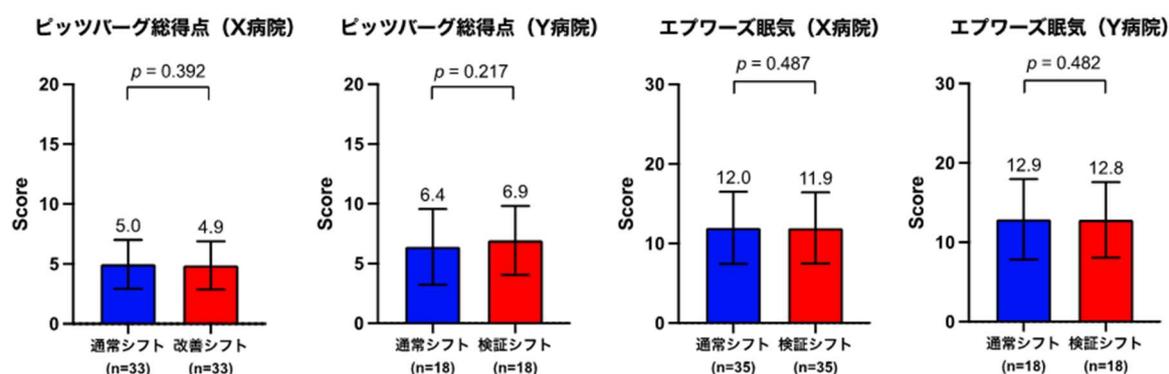


図 4 2. 研究対象者の通常シフトと検証シフトにおける睡眠の状況や習慣の主観評価

14) 通常シフトと検証シフトの睡眠以外の主観評価の比較

X 病院および Y 病院の研究対象者のうつ病や不安障害などの精神疾患のリスクを、K6 質問票で各データ収集期間の最後に評価してもらい、そのスコアを通常シフトと検証シフトで比較した結果を図 4 3 に示す。両病院とも通常シフトと検証シフトの間に有意な差は見られなかった。X 病院の研究対象者のスコア平均値は 5 点未満で問題の無い範囲であったが、Y 病院のスコア平均値は 5～10 点未満の「要観察」の領域であった。両病院とも 10 点以上の「要注意」の範囲の研究対象者が数名見られたため、フォローアップが望まれる。

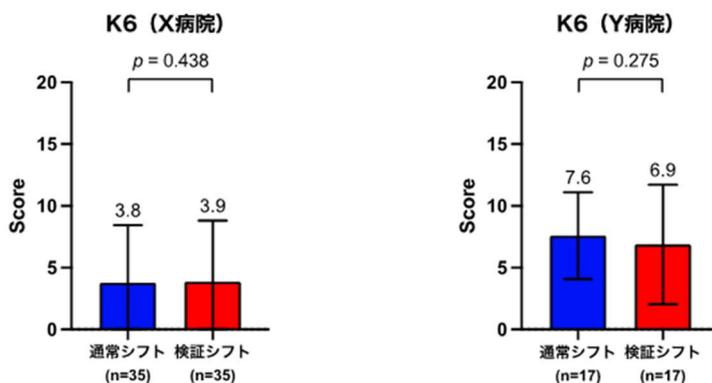


図 4 3. 研究対象者の通常シフトと検証シフトにおける不安障害のリスクの主観評価

X 病院および Y 病院の研究対象者に、睡眠脳波を測定する睡眠の就寝前に疲労感 VAS 検査に回

答してもらい、そのスコア（100点満点）を就寝前の勤務シフト別に集計して通常シフトと検証シフトで比較した結果を図4.4に示す。X病院の日勤後の就寝前において、検証シフトの方が有意に高いという結果であった。

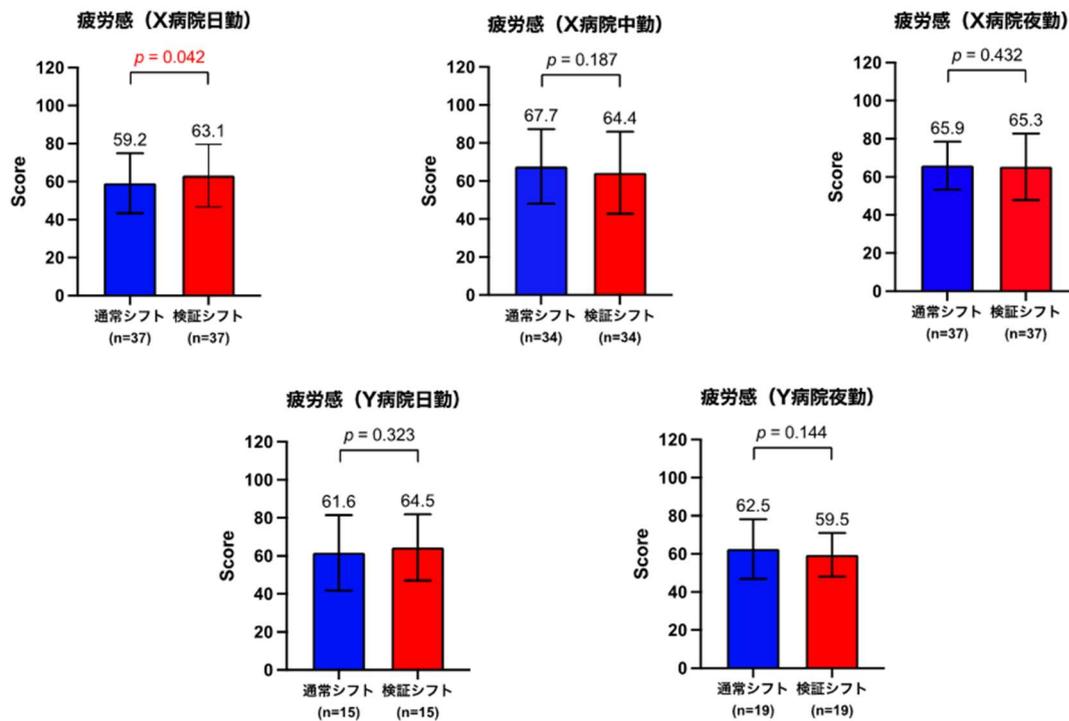


図4.4. 研究対象者の通常シフトと検証シフトにおける疲労感の主観評価

X病院の研究対象者に、各データ収集期間の最後に、健康状態、仕事満足度、生活満足度に関するアンケートに回答してもらい、そのスコアを通常シフトと検証シフトで比較した結果を図45に示す。「現在の働き方に満足しているか？」という設問に対しては検証シフトの方が有意に低い得点であったが、他の設問への回答では差がなかった。

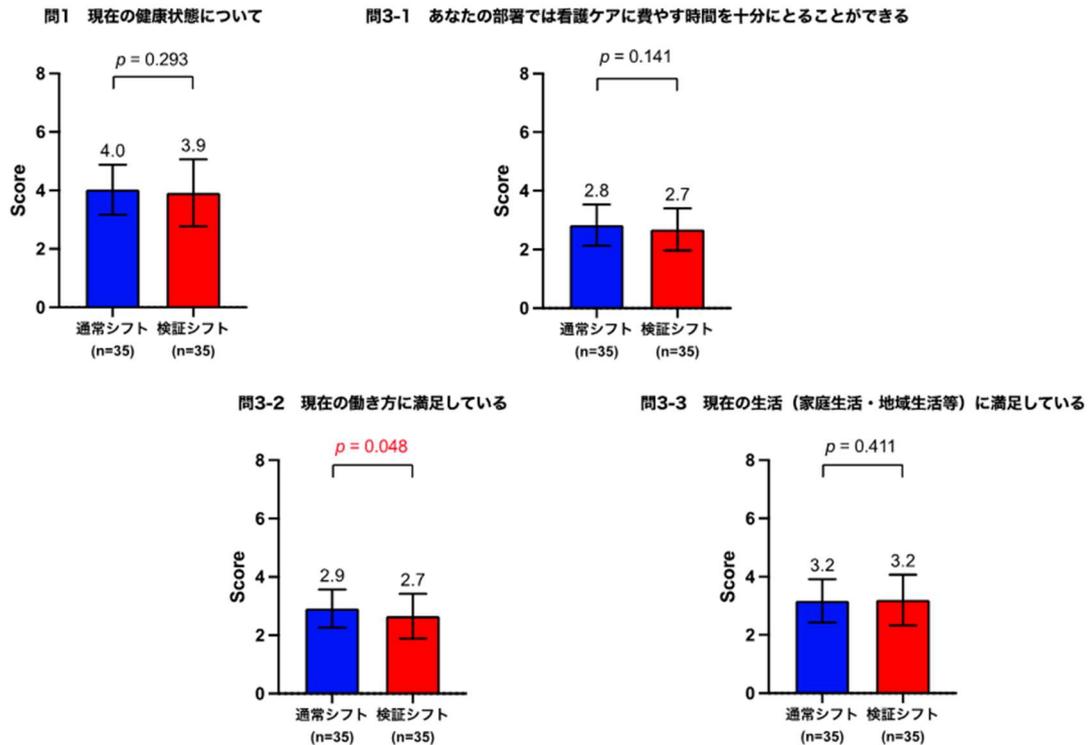


図45. X病院の研究対象者の通常シフトと検証シフトにおける主観評価

Y病院の研究対象者に、各データ収集期間の最後に、健康状態、仕事満足度、生活満足度に関するアンケートに回答してもらい、そのスコアを通常シフトと検証シフトで比較した結果を図46に示す。X病院と同様に、「現在の働き方に満足しているか？」という設問に対しては検証シフトの方が有意に低い得点であったが、他の設問への回答では差がなかった。

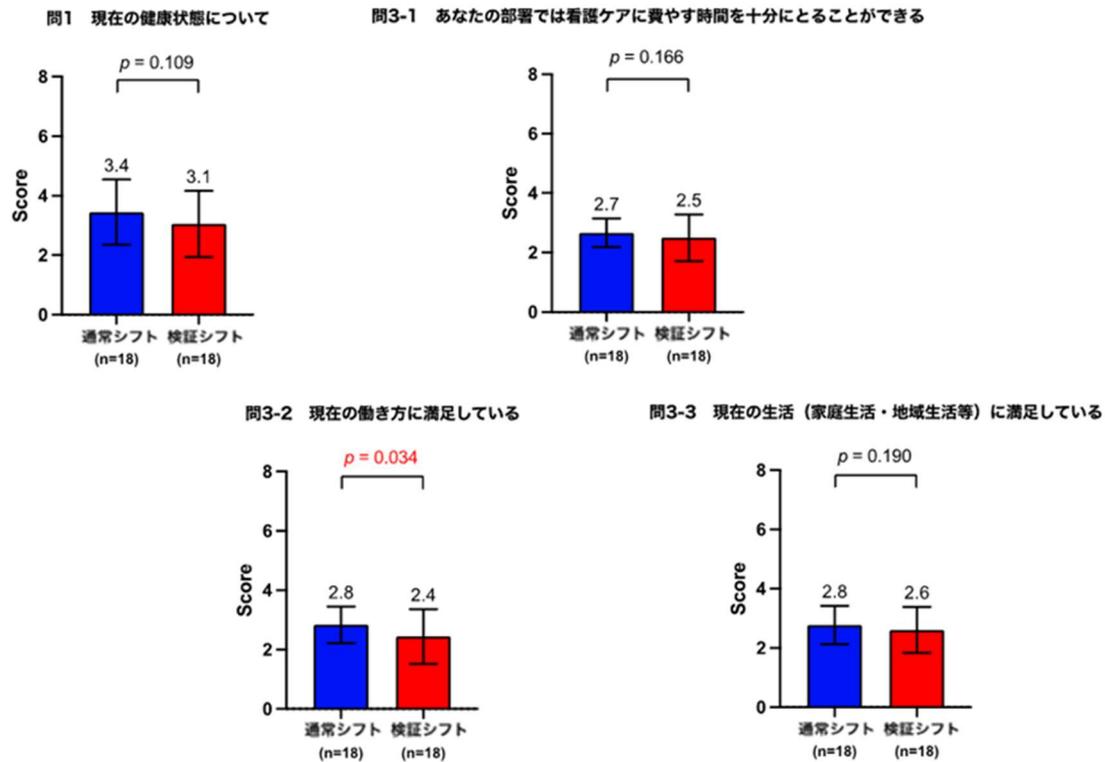


図46. Y病院の研究対象者の通常シフトと検証シフトにおける主観評価

15) 疲労感を考慮した通常シフトと検証シフトの睡眠の質の比較

疲労感による個人差を考慮し、シフトの変更が異なる疲労レベルの被検者の睡眠にどのような影響を与えるか検討するため、睡眠脳波測定に基づいて算定した睡眠変数を疲労感で層別解析を行った。

X病院の研究対象者を疲労感の低群と高群の2つに分類して、高群の睡眠変数15種を各勤務後の睡眠毎に通常シフトと検証シフトで比較した結果は、表8に示した通りである。検証シフトによる睡眠の質の改善を期待したが、一部の変数を除いて差が認められず、残念ながら睡眠の質への影響は少ないと思われる。差が見られた変数のうち、日勤の睡眠段階遷移回数は検証シフトのほうが良かったが、他の変数では、変化量は小さいものの、検証シフトにおいて悪化する方向の変化が認められた。

低疲労感群の睡眠変数15種を各勤務後の睡眠毎に通常シフトと検証シフトで比較した結果は、表9に示した通りである。やはり、一部の変数を除いて差が認められず、睡眠の質への影響は少ないと思われる。差が見られた変数のうち、中勤のN2出現率と夜勤の1時間当たりの睡眠段階遷移回数は検証シフトのほうが良かったが、他の変数では、変化量は小さいものの、検証シフトにおいて悪化する方向の変化が認められた。

表8. X病院の研究対象者の高疲労感群の睡眠変数の通常シフトと検証シフト間の比較

睡眠変数	日勤後の睡眠			中勤後の睡眠			夜勤後の睡眠		
	通常シフト	検証シフト	p値	通常シフト	検証シフト	p値	通常シフト	検証シフト	p値
N1時間(分)	6.2	5.8	0.283	7.4	7.0	0.390	6.5	6.0	0.328
N1出現率(%)	1.9	2.1	0.290	2.1	2.1	0.458	2.4	3.2	0.178
N2時間(分)	153.9	141.4	0.127	174.8	164.9	0.295	135.6	120.2	0.141
N2出現率(%)	46.2	46.2	0.486	46.2	50.9	0.004	45.6	45.2	0.432
N3時間(分)	74.5	78.8	0.236	81.6	68.8	0.167	69.5	62.8	0.074
N3出現率(%)	23.1	25.8	0.065	20.3	23.7	0.201	26.6	28.1	0.248
レム時間(分)	94.4	84.0	0.122	117.3	79.4	0.001	74.7	62.5	0.045
レム出現率(%)	28.0	25.2	0.066	30.7	22.8	0.009	24.6	22.8	0.166
入眠潜時(分)	10.6	13.5	0.133	7.9	14.7	0.061	8.5	11.9	0.095
入眠後覚醒(分)	14.7	13.8	0.392	14.5	13.0	0.368	16.5	14.6	0.276
総睡眠時間(分)	331.8	312.4	0.182	383.6	322.0	0.050	288.7	253.4	0.063
睡眠効率(%)	91.8	90.7	0.085	94.2	90.5	0.020	90.9	87.3	0.073
レム潜時(分)	65.0	54.8	0.089	62.8	68.7	0.322	50.8	56.5	0.258
睡眠段階遷移回数	26.4	23.5	0.028	30.4	25.1	0.122	23.6	21.8	0.267
睡眠段階遷移回数/時	4.4	4.4	0.467	4.4	4.2	0.260	4.4	4.8	0.172

表 9. X 病院の研究対象者の低疲労感群の睡眠変数の通常シフトと検証シフト間の比較

睡眠変数	日勤後の睡眠			中勤後の睡眠			夜勤後の睡眠		
	通常シフト	検証シフト	p値	通常シフト	検証シフト	p値	通常シフト	検証シフト	p値
N1時間 (分)	6.3	6.5	0.377	6.3	5.9	0.346	6.1	6.3	0.403
N1出現率 (%)	2.0	2.5	0.053	2.3	2.1	0.296	2.7	2.3	0.147
N2時間 (分)	151.1	146.6	0.328	134.9	151.6	0.150	125.4	138.7	0.169
N2出現率 (%)	48.2	48.4	0.455	44.3	48.7	0.011	48.4	49.6	0.338
N3時間 (分)	57.7	56.7	0.450	62.6	69.9	0.096	57.9	59.3	0.428
N3出現率 (%)	18.2	18.6	0.423	22.7	20.9	0.252	23.4	23.0	0.439
レム時間 (分)	97.5	87.6	0.085	85.9	86.3	0.487	72.6	71.8	0.464
レム出現率 (%)	30.8	29.4	0.155	29.4	27.4	0.144	24.4	24.1	0.449
入眠潜時 (分)	8.3	9.7	0.330	9.5	6.8	0.129	10.3	13.4	0.107
入眠後覚醒 (分)	12.1	12.0	0.482	13.6	12.1	0.250	15.5	24.4	0.020
総睡眠時間 (分)	315.4	300.5	0.245	293.1	316.3	0.206	264.5	278.2	0.303
睡眠効率 (%)	93.9	92.6	0.055	91.7	94.3	0.054	89.5	87.4	0.150
レム潜時 (分)	46.1	51.9	0.245	56.3	55.3	0.436	39.8	47.4	0.083
睡眠段階遷移回数	25.2	27.0	0.233	25.9	29.4	0.097	24.9	25.2	0.427
睡眠段階遷移回数/時	4.4	5.1	0.015	4.9	5.3	0.149	5.5	4.7	0.047

Y 病院の研究対象者を疲労感の低群と高群の 2 つに分類して、高群の睡眠変数 15 種を各勤務後の睡眠毎に通常シフトと検証シフトで比較した結果は、表 10 に示した通りである。Y 病院では、通常シフトが日勤と夜勤しかないため、日勤後の睡眠と夜勤後の睡眠のそれぞれで比較した。検証シフトによる睡眠の質の改善を期待したが、一部の変数を除いて差が認められず、残念ながら睡眠の質への影響は少ないと思われる。変化が認められた睡眠変数では、変化量は小さいものの、検証シフトにおいて悪化する方向の変化が認められた。

表 10. Y 病院の研究対象者の高疲労感群の睡眠変数の通常シフトと検証シフト間の比較

睡眠変数	日勤後の睡眠			夜勤後の睡眠		
	通常シフト	検証シフト	p値	通常シフト	検証シフト	p値
N1時間 (分)	6.2	6.5	0.325	6.9	5.7	0.119
N1出現率 (%)	2.7	2.4	0.297	2.1	2.3	0.321
N2時間 (分)	133.7	133.8	0.498	175.4	137.7	0.035
N2出現率 (%)	43.7	47.1	0.102	51.0	48.8	0.278
N3時間 (分)	66.3	70.1	0.368	70.1	61.9	0.232
N3出現率 (%)	29.4	26.6	0.096	21.4	24.4	0.153
レム時間 (分)	70.9	64.4	0.336	96.4	72.1	0.065
レム出現率 (%)	23.0	23.1	0.491	24.9	24.0	0.312
入眠潜時 (分)	12.5	9.1	0.291	10.0	11.2	0.084
入眠後覚醒 (分)	16.4	16.6	0.485	16.8	16.4	0.419
総睡眠時間 (分)	280.0	276.8	0.476	350.6	279.1	0.051
睡眠効率 (%)	88.2	91.3	0.147	91.2	89.8	0.048
レム潜時 (分)	50.4	53.9	0.369	60.0	46.2	0.137
睡眠段階遷移回数	26.0	26.0	0.500	29.2	24.5	0.141
睡眠段階遷移回数/時	4.9	5.2	0.173	4.6	5.0	0.237

低疲労感群の睡眠変数 15 種を各勤務後の睡眠毎に通常シフトと検証シフトで比較した結果は、表 1 1 に示した通りである。全ての睡眠変数で差が認められず、睡眠の質への影響が認められなかった。

表 1 1 . Y 病院の研究対象者の低疲労感群の睡眠変数の通常シフトと検証シフト間の比較

睡眠変数	日勤後の睡眠			夜勤後の睡眠		
	通常シフト	検証シフト	p値	通常シフト	検証シフト	p値
N1時間 (分)	10.3	7.9	0.072	10.7	10.7	0.498
N1出現率 (%)	3.7	3.2	0.105	3.9	3.9	0.486
N2時間 (分)	139.9	127.0	0.221	137.9	154.1	0.185
N2出現率 (%)	49.4	46.6	0.166	48.2	49.0	0.323
N3時間 (分)	48.3	57.2	0.272	53.8	49.9	0.340
N3出現率 (%)	15.8	20.5	0.119	17.2	17.8	0.438
レム時間 (分)	86.3	81.0	0.268	81.9	90.7	0.228
レム出現率 (%)	30.4	28.8	0.353	29.9	28.6	0.290
入眠潜時 (分)	15.0	17.3	0.227	15.6	15.2	0.487
入眠後覚醒 (分)	18.2	11.6	0.120	26.3	19.1	0.145
総睡眠時間 (分)	287.0	275.4	0.366	286.4	307.4	0.236
睡眠効率 (%)	89.7	89.9	0.463	87.2	89.8	0.265
レム潜時 (分)	58.4	49.3	0.304	48.4	60.8	0.065
睡眠段階遷移回数	28.3	24.2	0.114	28.3	27.1	0.335
睡眠段階遷移回数/時	5.3	5.0	0.339	5.0	4.9	0.381

16) 仮眠の睡眠計測

希望者を対象に夜勤中の仮眠の睡眠計測を脳波測定により実施した。サンプル数が不十分なため、通常シフトと検証シフトで仮眠を比較することはできないが、計測に協力をいただいた研究対象者に仮眠だけを評価するレポートを提供して、仮眠の量（長さ）や質について報告した。

4. 考察

1) 研究対象者（看護師）の睡眠の特徴

X 病院の研究対象者の総睡眠時間の平均は、日勤後の睡眠で 324 分、中勤後の睡眠で 336 分、夜勤後の睡眠で 277 分であった。Y 病院の研究対象者の総睡眠時間の平均は、日勤後の睡眠で 283 分、夜勤後の睡眠で 322 分であったが、これらは日本人の平均睡眠時間 378 分と比較してかなり短いことが確認された。特に、Y 病院の研究対象者のエプワース眠気調査票のスコアの平均は日中の強い眠気を示す 11 点を越えており、睡眠不足の看護師が多いことを示している。

一方で、入眠潜時や中途覚醒時間が短いいため睡眠効率が高く、深睡眠の割合も十分あるので、睡眠の質としては良好と評価される。

ただし、多くの研究対象者が入眠時レム睡眠 (SOREM) を示している事には留意すべきであろう。SOREM は、寝不足の交代制勤務者の睡眠の特徴である。SOREM は、ナルコレプシー等の過眠症や、うつによる不眠傾向の人の特徴でもある。今回は過眠傾向も不眠傾向も見られないため、その懸念は小さい。ただし、Y 病院の研究対象者の K6 質問票の得点が高い傾向があるため注意すべきと思われる。

2) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠の質の違い

通常シフトと検証シフトとの間で、全般的に睡眠の質に明確な違いは見られなかったが、限られた睡眠変数において、検証シフトで若干悪化するものが散見された。睡眠脳波の測定結果から算定される睡眠変数のうち、睡眠の量的な評価で重視されるものは、入眠潜時、入眠後覚醒 (WASO)、総睡眠時間、睡眠効率等であるが、検証シフトで入眠潜時や睡眠効率が若干悪化する例 (X 病院の夜勤後の睡眠等) があつた点が懸念される。理由については、今後のさらなる検討が必要であるが、検証シフトに慣れていなかった (検証シフトへの馴化期間が 1 ヶ月のために十分でなかった) のが一因と推測される。また、検証シフトで夜勤が連続しても夜勤の間の休日の昼間に活動することや、夜勤明けに夜間に主たる睡眠をとって日勤と同様の生活リズムへ戻って睡眠リズムが乱れることが、検証シフトの効果を減じていると推測される。

3) 通常シフトと検証シフトにおける深部体温の変動リズム (概日リズム) の違い

通常シフトより検証シフトの方が深部体温の変動リズムが勤務時間の変化に追従しやすいことを期待したが、大きな違いは見られなかった。夜勤の日に、特に検証シフトにおいて、最低温度時刻 (T_{\min}) が若干遅れる傾向が見られたのは、睡眠中央時刻 (T_{mid}) の遅れ (睡眠リズムの遅れ) に追従した概日リズムの対応である可能性があるが、今回のシフトでは夜勤が 3 日以上続かないため、概日リズムの変化は限られていたと思われる。ただし、 T_{\min} の標準偏差は非常に大きいいため個人差や経日変化が激しいと思われる。

深部体温の日内変動温度差 (T_{Δ}) を概日リズムの強さの指標として各勤務日で比較したが、明確な差はなく、また、通常シフトと検証シフトの間でも違いはなかった。

4) 通常シフトと検証シフトにおける睡眠リズムの違い

睡眠リズムの指標として睡眠中央時刻 (T_{mid}) に注目して、日毎の T_{mid} の変化量 (絶対値) の 1 ヶ月間の累積値を通常シフトと検証シフトで比較すると、X 病院も Y 病院も検証シフトの方が小さい傾向 (p 値 < 0.1) が示された。さらに、両病院の結果を統合すると、この差は統計的に有意であることが示され、検証シフトの方が睡眠リズムのずれや変化が小さいことが確認された。研究対象者 (看護師) の睡眠リズムの変動による負担を小さくすることを意図した検証シフトの作成基準は、目的を達成できていることが確認された。

各勤務 (含休日) 後の睡眠の T_{mid} の平均差を比較すると、X 病院のケースでは、日勤および中勤後の睡眠、休日の睡眠、夜勤明けの夜間の睡眠では午前 3~5 時で、大きな差は無いのに対し、夜勤直後の昼間の睡眠では午後 3 時近くで、大きく異なることが示された。この夜勤直後の昼間の睡眠の、通常の睡眠リズムからの逸脱は、通常シフトでも検証シフトでも同様であった。通常シフトと検証シフト間で T_{mid} を比較すると、中勤後の睡眠と休日の睡眠において、検証シフトで T_{mid} が有意に遅れることが示されたが、理由は不明である。

Y 病院のケースでは、同様に夜勤直後の昼間の睡眠で大きく睡眠リズムがずれ、他の勤務後の睡眠や休日の睡眠では T_{mid} の大きな変化はなかった。通常シフトと検証シフト間で T_{mid} を比較すると、休日の睡眠において、検証シフトで T_{mid} が有意に遅れることが示されたが、理由は不明である。

X 病院のシフトでは、夜勤が 2 日続く (最初の夜勤後は昼間に就寝せざるを得ない) 場合が多く見られるのに対し、Y 病院のシフトでは、夜勤が続く場合は間に夜勤明けの休日を挟む (夜勤明けには昼間に仮眠をとって夜間に主たる睡眠をとることが可能な) ことが慣習となっており、この違いは睡眠リズムへの影響の観点から大きな違いと思われる。

5) 通常シフトと検証シフトにおける概日リズムと睡眠リズムとの脱同調 (位相角差) の違い

概日リズムの指標である最低温度時刻 (T_{min}) は勤務時間によってそれほど大きな違いがなかったのに対して、睡眠リズムの指標である睡眠中央時刻 (T_{mid}) は夜勤直後の昼間の睡眠で大きく遅れるため、位相角差 ($\Delta T = |T_{min} - T_{mid}|$) は夜勤直後の昼間の睡眠で著しく大きくなる。この睡眠リズムは勤務時間 (外的要因) に強制的に合わせたもので、内的脱同調とは異なるが、夜勤明けの直後に昼間に就寝した日や夜勤明けに夜間に就寝した日に T_{min} が若干遅れる傾向が見られた結果 (図 17) は、体温変動リズムが睡眠リズムに一部追随した結果と思われる。

シフトの改善の目的の 1 つは、概日リズムと睡眠リズムとの脱同調を最小に抑制することであるので、脱同調が大きくなる夜勤直後の昼間の睡眠をできるだけ避けることができるように (夜勤直後は昼間に短い仮眠をとってその晩に主たる睡眠がとれるように) 2 日連続の夜勤を避けることが、1 つの解決法であると思われる。これは、前述のように、既に Y 病院では慣習的に実施されている方法であり、十分実施可能な方法と思われる。

6) 通常シフトと検証シフトにおけるストレス指標の違い

睡眠の生理的な機能として、疲労回復、記憶の定着、ストレスの軽減、脳内代謝物の排出等が

知られている。脈波変動解析からストレス指標とも呼ばれる LF/HF 比率を算定し、就寝前 30 分と起床後 30 分の LF/HF 比率を比較すると、確かに X 病院のケースでは、日勤後や中勤後の睡眠や休日の睡眠の場合に LF/HF 比率が有意に低下していることが示され、ストレスの軽減という睡眠の機能を確認することができた。しかし、夜勤後の睡眠では LF/HF 比率の減少（差）は小さくなってしまい、睡眠の生理的機能が弱くなっていると推測される。

勤務時間の変化が就寝前のストレス状態に影響を与える可能性を検討するために、各勤務後の睡眠の就寝前の LF/HF 比率を比較したが、大きな違いは見られなかった。また、通常シフトと検証シフトの比較でも大きな差はなく、ストレス状態への影響は小さいと思われる。

Y 病院のケースでは、各勤務後の睡眠の就寝前の LF/HF 比率の比較でも、就寝前と起床後の LF/HF 比率の差の比較でも、勤務間で明確な違いは見られなかった、また、通常シフトと検証シフトとの比較でも明確な傾向は見られなかった。

7) 通常シフトと検証シフトにおけるデルタパワーの違い

X 病院のケースでは、睡眠要求度の指標となるデルタパワーの入眠から最終覚醒までの最大ピーク値は、夜勤直後の昼睡眠でやや高い傾向が見られた。夜勤の前の睡眠から、夜勤のために長時間の覚醒が続いた後の睡眠であるため、合理的な結果と思われる。

また、睡眠要求解消度の指標となるデルタパワーの入眠から最終覚醒までの積分値は、通常シフトにおける夜勤明けの夜間睡眠でやや高くなる傾向が見られた。検証シフトでは勤務時間による影響は見られなかったため、通常シフトでの夜勤明けの夜間睡眠に、睡眠要求の解消度に関して何か特別な要因があるように見えるが、不明である。

一方で、Y 病院のケースでは、ピーク値に関しても積分値に関しても、あまり明確な変化は見られなかった。X 病院と Y 病院の結果の違いの理由についても不明である。

8) 通常シフトと検証シフトにおける主観的睡眠評価の違い

X 病院の研究対象者の各勤務後の睡眠の主観評価を通常シフトと検証シフトで比較したが、一般的に明確な違いは見られなかったが、限られた評価因子において、検証シフトで悪化するものが散見された。理由については、今後の検討が必要であるが、検証シフトに慣れていなかったために抵抗感があった（検証シフトへの馴化期間が 1 ヶ月のために十分でなかった）のが一因と推測される。

Y 病院の研究対象者の各勤務後の睡眠の主観評価についても同様の結果であったが、検証シフトで悪化する評価要因は、X 病院のケースよりも多かった。

9) 通常シフトと検証シフトにおける種々の主観評価の違い

ピッツバーグ睡眠質問票やエプワース眠気調査票、K6、健康状態や仕事満足度、生活満足度に関するアンケートを使った種々の主観評価を、1 ヶ月の通常シフト勤務後および 1 ヶ月の検証シフト勤務後に実施して比較したが、ほとんどの評価で差が見られなかった。差が見られたのは、唯一、仕事満足度に関するアンケートの「現在の働き方に満足しているか」という設問のみで、残念ながら両病院とも検証シフトの得点が有意に低かった。この結果についても、慣れているか慣れていないか、の違いが理由である可能性があるが、明確な理由は不明である。

各勤務後に回答してもらった疲労感 VAS 検査の結果の通常シフトと検証シフトとの比較では、X 病院の日勤後の就寝前において、検証シフトの方が有意に疲労感が高かった。Y 病院の日勤後の就寝前の疲労感 VAS 検査においても、有意差はないものの、検証シフトの方が高かった。検証シフトでは、日勤が比較的長く連続する機会が多いため、疲労感が高くなるのではないかとと思われる。

10) 疲労感を考慮した通常シフトと検証シフトの睡眠の質の比較

疲労感 VAS 検査の中央値を用いて X 病院の研究対象者を疲労感の高群と低群に分けて、睡眠脳波測定結果から算定した睡眠変数を通常シフトと検証シフトで比較した。多くの睡眠変数で差がなかったが、高疲労度群の中勤後の睡眠で睡眠効率が検証シフトで有意に低くなり、低疲労感群では夜勤後の睡眠で入眠後覚醒が検証シフトで有意に長くなる等、いくつかの睡眠変数で検証シフトの方が睡眠の質が悪いことを示す結果となった。

Y 病院の研究対象者を高疲労感群と低疲労感群の 2 群に分けた睡眠変数の層別解析では、やはり、一部の変数を除いて差が認められなかった。差が認められた変数では、高疲労群の夜勤後の睡眠で睡眠効率が検証シフトの方が有意に低い等、期待とは逆の結果であった。

11) 仮眠の長さについて

休憩時間の時間制限（2 時間）から睡眠構築の 2 回目のサイクルの深睡眠の途中で起床する例も見られた。深睡眠の途中で起床は、睡眠慣性のために眠気や気だるさが強く残り、頭はぼんやりして、疲労回復感がないことがあると言われており、仮眠の効果を減じてしまう恐れがある。睡眠構築の 1 回目のサイクルの終わりのレム睡眠やノンレム睡眠の浅い段階で（深睡眠へ入る前に）起床してもらう方がむしろ仮眠の効果が大きいと思われる。今回の睡眠脳波測定からレム睡眠潜時（睡眠構築の 1 回目のサイクルの終わりのレム睡眠に到達するまでの時間）の平均値（SOREM を除く平均値）はおよそ 1 時間であった（図 11 レム潜時散布図参照）ため、入眠潜時も考慮して仮眠時間を 1.5 時間程度に少し短縮することを検討してもよいのではないかとと思われる。

12) 研究設計の妥当性および適切性について

通常シフトと検証シフトにおける睡眠の量や質を多くの観点から比較したが、検証シフトは睡眠リズムへの影響が小さくなるようにデザインされていることが睡眠中央時刻（睡眠リズムの指標）の変化量から確認されたにもかかわらず、残念ながら、検証シフトの睡眠の量や質が通常シフトのそれらより勝っているという証拠は得られなかった。むしろ、限られた睡眠変数や主観評価項目からではあるが、通常シフトの方が良い睡眠であることが示唆された。

この予想外の結果になった理由は不明であるが、2つの可能性が考えられよう。1つは、通常シフトの方は長年慣れ親しんだ方法であるので抵抗感が無いのに対して、検証シフトは 1 ヶ月間の馴化期間を設けたものの慣れない方法であったために抵抗感があり、適応が容易でなかった可能性があると思われる。馴化期間が短過ぎたという研究設計の問題があった可能性を否定できないと思われる。

もう1つは、疲労感VAS検査の結果等から示唆されるもので、検証シフトでは日勤（あるいは夜勤）が比較的長く連続するため、疲労感が蓄積しやすく、睡眠の量や質へ影響が出やすかったという可能性である。仕事満足度に関するアンケートの「現在の働き方に満足しているか」という設問で、検証シフトの得点が有意に低かったことがこの可能性を示唆している。

今回、2つの病院が研究に参加してくれたが、それぞれの通常シフトがかなり異なった勤務時間表（表1および表2）を採用しており、X病院では日勤、長日勤（中勤）、夜勤の3構成、Y病院は日勤と夜勤の2構成であったため、通常シフトと検証シフトとの比較が複雑になってしまった。また、睡眠リズムの検討のところでも述べたように、X病院のシフトでは、夜勤が2日続く（最初の夜勤後は昼間に就寝せざるを得ない）場合が多く見られるのに対し、Y病院のシフトでは、夜勤が続く場合は間に夜勤明けの休日を挟む（夜勤明けには昼間に仮眠をとって夜間に主たる睡眠をとることが可能な）ことが慣習となっており、この違いも比較や解析を複雑にしたと思われる。研究に協力してもらった病院の選択は、種々の条件や制約があることであろうが、通常シフトの勤務時間表の構成や夜勤の入れた方等の重要な条件についてはそろえることができるように、病院の選択に際して留意することを提案したい。

5. 引用文献

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2020) Training for Nurses on Shift Work and Long Work Hours. CDC. <https://www.cdc.gov/niosh/work-hour-training-for-nurses/longhours/mod5/04.html>

Health and Safety Executive (HSE). (2006). Managing shift work. HSE. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg256.pdf>

Garde et al. (2020). How to schedule night shift work in order to reduce health and safety risks. Scand J Work Environ Health.

6. 資料

別紙1：最適化モデルによる検証シフトの作成

別紙2：睡眠評価レポートの例

最適化モデルによる検証シフトの作成

筑波大学情報システム系 吉瀬 章子

1. 目的

近年、健康を考慮した看護職のシフト設計の一環として、「頻繁に昼夜遷移の少ない勤務」が掲げられている。本研究では、この勤務形態の有効性を検証するために、通常のシフトに「頻繁に昼夜のシフトが切り替わらない」という条件を追加した「検証シフト」を作成する。既存のスケジューラーソフトであるセルヴィス¹では、発見的解法の1つである遺伝的アルゴリズムに基づいているため高速にシフトを作成できる一方、すべての必要な要件を満たしたシフトを作成することを理論的に保証することができない。一方勤務形態の有効性を科学的に比較しようとする場合には、「検証シフト」が必要となる要件を確実に満たしている必要がある。本研究では、数理的アプローチを用いて、必要となる全ての要件を遵守した最適な「検証シフト」の作成ができるモデルの開発を行なった。

下記でも言及しているが、本報告書には、

付録1_モデルの記述.doc：作成したモデルの数式による記述

付録2_シフト結果（制約チェック関数付）.xlsx：各要件のチェック関数付きシフト算出結果が付されている。

2. 方法

本研究では、混合整数計画法（MIP: Mixed-Integer Programming）を用いて定式化し、ソルバーによって解を求めた。本章では、定式化の際に使用した使用データと定式化の詳細について述べる。

(2.1) 使用データ

最適化のモデルの入力に使用されるデータは、以下の(a)から(d)の4種類に大別される。項目ごとに使用したデータを説明する。

(a) 基本情報：各病院のシフトの種類やスケジューリング期間などの基本的な情報。

「★1002_勤務帯ごとの配置数一覧.docx」

スケジューリング期間	30日間(2023年9月)
人員	31人(30人+看護師長)ラダー1から5にスキル別に大別
シフトタイプ	変則2交代 <ul style="list-style-type: none"> - 日勤 08:30-17:30 - 中勤 13:00-21:30 - 夜勤 21:00-09:00

¹ [看護師勤務表作成システム セルヴィス EX-システムバンク株式会社](#)

カバレッジ情報：各日各シフト（各スキルレベル）で必要な人数。

「★1002_勤務帯ごとの配置数一覧.docx」

勤務帯	平日	土	日	
日勤	10人	9名	8名	*土曜日は半日勤務含む場合あり
中勤	5人	4名	3名	うちラダー3以上を1名以上配置
夜勤	3人	3名	3名	うちラダー3以上を1名以上配置

(b) 制約条件：看護師の勤務時間や休日の制約条件。

「★1002_モデル病棟の勤務表の作成条件.docx」や「★補足_勤務表作成の条件について」を参照。

(2.2 に詳細を掲載しているため、ここでは省略)

(c) 看護師個人の情報：各看護師の希望シフトや希望休日等の個人情報

【4W 希望表.pdf】2023年9月

		看護師勤務割当表																													(2023/09/01 ~ 2023/09/30)				
番号	氏名	9																														夜 数	早 出	日 勤	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
		金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	祝	火	水	木	金	祝	日	月	火	水	木	金	土				
看護	1																															0	0	0	
看護	2																																0	0	0
看護	3																																0	0	0
看護	4																																0	0	0

(2.2) 定式化

作成したモデルは、目的関数と制約から構成されている。

今回の目的は、各シフトの必要人数を満たすことであり、目的関数を、必要人数からの逸脱数（シフト違反数）と定め、このシフト違反数を最小化するモデルとなっている。

制約は、先ほど説明した(c)の項目のデータを使用した。この節では、要件に基づく制約をどのようにモデルに反映したかを、以下の表1で説明する。本来は数式で記述されているが、本報告書では省略し、付録1に具体的な数式をまとめている。

	項目	作成モデルに採用した制約
日本看護協会制約	①日勤・夜勤の勤務継続期間は、約 2 週間以上とする。	日勤帯と夜勤帯の勤務の遷移回数を 2 回以内
	②1 ヶ月あたりの休日を 10 日以上確保する。	1 ヶ月あたりの休日を 10 日以上
	③連続勤務日数は 5 日以内とする。	連続勤務日数は 5 日以内 (同勤務の連続勤務は 4 日以内)
	④夜勤の連続回数は 2 連続 (2 回) までとする。	夜勤の連続回数は 2 回以内
	⑤勤務拘束時間は、13 時間以内とする。	
	⑥勤務と勤務の間隔は 11 時間以上あける。	勤務と勤務の間隔が 11 時間未満の組み合わせを禁止
	⑦夜勤の休息について、2 回連続夜勤後にはおおむね 48 時間以上を確保する。	2 回連続夜勤後の夜勤の休息が 48 時間未満の組み合わせを禁止
	⑧1 回の夜勤後についてもおおむね 24 時間以上を確保することが望ましい。	1 回夜勤後の夜勤の休息が 24 時間未満の組み合わせを禁止
	⑨夜勤回数は、3 交代制勤務は月 8 回以内を基本とし、それ以外の交代制勤務は労働時間などに応じた回数とする。	1 ヶ月の夜勤を 6 回以内
	⑩休憩時間は、夜勤の途中で 1 時間以上、日勤時は労働時間の長さや労働負荷に応じた時間数を確保する。	
	⑪夜勤の途中で連続した仮眠時間を設定する。	
	⑫少なくとも 1 ヶ月に 1 回は土曜・日曜ともに前後に夜勤のない休日をつくる。	土曜・日曜ともに前後に夜勤のない休日が月に一回以上
	⑬交代の方向は正循環の交代周期とする。	完全な正循環以外の組み合わせを禁止 (日-中-夜の順番を実現)
	⑭夜勤・交代制勤務者の早出の始業時刻は 7 時より前を避ける。	
労働時間	⑮週の労働所定時間は 38.5 時間以内とする	週の労働時間を 38.5 時間以内
追加制約	⑯カバレッジ要件を満たす。	作成シフトの各シフト配置人数 \geq 各シフト必要人数
	⑰個人のシフト希望を満たす。	前半 2 つの希望シフトを必ず採用
	⑱スキルミックス絶対禁止事項を満たす。	ラダー1 の人数 \leq ラダー2 の人数 + ラダー3 の人数
	⑲スキルミックス相対的禁止事項を満たす。	ラダー1 の人数 + ラダー2 の人数 > 1
	⑳各人において、月間の各勤務シフト数を同等の人数にする	各勤務シフト数の差を一定の数以下

表 1. 実際に採用した制約一覧

3. 結果

前節で述べた制約をもとに、[Gurobi](#) という数理最適化ソルバーを用いて求解した。その結果、おおよそ 20 分で完全に遵守したシフトを作成することができた。以下の表 2 は、実験の結果をまとめたものである。(※実験環境はプロセッサ: 2.9GHz Intel Core i7 メモリ: 16GB ソルバー: Gurobi9.5.2.)

シフト違反数 (目的関数値)	求解時間(s)
0	1513

表 2. 要件遵守モデルの実験結果

また、以下の図は実際に作成したスケジュールである。日勤と夜勤が頻繁に遷移していないスケジュールになっている(図 3 に示されている夜勤継続数によれば、おおよそ 10 日間の期間である)。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	
1 看護師長	日	休	休	日	日	日	日	日	休	休	日	日	日	日	日	休	休	日	日	日	日	日	休	休	日	日	日	日	日	休	
2 ラダー5	休	夜	明	夜	夜	明	休	休	日	日	日	日	休	日	日	休	休	日	日	日	休	休	日	休	中	休	中	中	中	中	
3 ラダー5	日	日	日	日	休	日	日	日	休	休	休	休	日	日	休	日	日	日	休	休	日	日	休	日	日	日	日	日	日	日	
4 ラダー5	休	日	日	日	休	日	日	日	休	休	日	日	休	休	中	中	中	中	休	休	日	日	夜	明	休	休	夜	明	休	日	
5 ラダー5	中	中	中	休	中	中	休	夜	夜	明	休	夜	明	休	日	日	日	休	日	日	日	休	休	夜	明	休	休	日	日	日	
6 ラダー4	中	中	中	休	夜	夜	明	休	休	夜	明	休	日	日	日	日	休	日	日	日	日	休	休	休	日	日	中	中	休	休	
7 ラダー4	日	休	休	休	休	日	日	中	中	中	休	中	中	休	夜	明	夜	夜	明	休	休	日	日	日	日	日	休	日	日	日	
8 ラダー4	日	休	日	休	休	日	日	日	休	日	日	日	日	休	休	休	休	日	日	日	日	中	中	中	休	夜	夜	明	休	明	
9 ラダー4	中	休	夜	明	休	夜	夜	明	休	夜	明	休	日	日	日	休	休	休	休	日	日	日	休	日	日	中	中	中	中	休	
10 ラダー4	日	休	休	中	中	休	夜	夜	明	休	休	夜	明	休	日	日	日	休	休	日	日	日	休	中	中	中	休	休	中	休	夜
11 ラダー4	夜	夜	明	休	休	日	休	日	日	日	休	休	休	休	日	日	日	休	日	日	中	中	中	休	休	中	休	休	中	休	夜
12 ラダー4	日	日	休	休	休	日	日	日	日	休	日	日	日	日	日	日	休	日	日	日	日	日	休	日	日	日	日	日	日	日	
13 ラダー4	休	休	日	中	中	休	中	中	中	休	夜	明	夜	夜	明	休	休	休	夜	明	休	日	日	日	休	日	日	日	日	日	
14 ラダー4	日	休	休	日	日	休	休	日	日	日	日	日	休	休	日	休	日	中	中	中	休	中	休	中	休	夜	明	夜	夜	明	
15 ラダー4	休	日	日	日	日	休	日	日	休	休	中	休	中	中	休	夜	明	休	休	夜	夜	明	休	休	夜	夜	明	休	日	日	
16 ラダー3	休	日	日	中	中	中	中	中	中	休	夜	明	夜	夜	明	休	休	休	休	日	日	日	日	中	休	休	休	日	日	日	
17 ラダー3	夜	明	夜	夜	明	休	休	日	日	日	休	日	日	日	休	休	日	日	日	日	日	中	休	休	休	中	中	中	休	中	
18 ラダー3	休	休	休	日	休	日	中	中	休	中	中	中	休	休	夜	明	夜	明	夜	明	休	日	日	日	日	日	休	休	日	日	
19 ラダー3	日	休	休	日	日	休	休	休	日	日	休	日	日	中	中	中	中	中	中	休	休	夜	夜	明	休	休	夜	明	休	日	
20 ラダー3	日	休	休	日	日	休	休	日	日	中	中	中	中	中	休	休	休	休	夜	夜	明	休	休	日	日	日	日	日	日		
21 ラダー2	中	中	休	休	中	中	中	休	夜	明	夜	明	夜	明	休	日	休	日	休	日	日	日	休	休	日	日	日	日	日	日	
22 ラダー2	休	休	休	日	日	休	中	休	中	中	中	中	休	夜	明	夜	明	夜	夜	明	休	休	日	日	日	日	日	休	日	日	
23 ラダー2	明	休	夜	明	休	日	日	日	休	日	日	休	日	日	休	休	休	日	休	休	日	中	中	中	休	中	中	休	夜	夜	
24 ラダー2	休	日	日	日	日	休	日	休	日	休	中	中	中	休	中	休	休	夜	明	夜	夜	明	休	休	休	休	日	日	日	日	
25 ラダー2	夜	明	休	夜	夜	明	休	休	休	日	日	休	中	休	休	休	夜	明	休	日	日	日	休	日	日	休	日	日	中	中	
26 ラダー1	日	日	休	中	休	夜	夜	明	休	休	休	休	日	日	休	日	日	日	日	休	中	中	中	休	中	休	休	休	休	夜	
27 ラダー1	休	日	休	日	日	休	日	休	休	日	日	日	日	休	休	休	休	中	中	中	中	休	中	休	夜	明	夜	夜	明	休	
28 ラダー1	明	夜	明	休	日	日	日	日	休	休	日	日	中	休	中	休	中	休	中	中	休	夜	夜	明	休	休	休	休	休	日	
29 ラダー1	中	休	休	休	中	中	休	中	休	夜	明	夜	明	休	夜	夜	明	休	休	日	日	休	日	日	日	日	休	休	日	中	
30 ラダー1	日	日	日	休	日	日	日	日	休	休	日	日	中	休	中	中	休	中	中	休	休	夜	明	休	夜	夜	明	休	休	日	
31 ラダー1	休	中	中	中	休	中	休	夜	夜	明	休	休	休	休	日	日	日	休	日	日	日	日	休	休	日	中	休	夜	明	休	

図 1. 作成シフトの結果

上のシフトが制約を満たしているか確認するためにシフト結果を確認できるエクセルファイルを作成した。付録 2 に実際に作成したシフトをまとめた。以下は、付録 2 のエクセルファイル内で与えられている、制約をチェックする関数で計算した結果である。

【シフト制約(各シフトの必要人数を満たす制約)】

各シフトの必要人数を満たしていないとき、赤文字等の色で確認できるようになっている。下図は、すべて黒であるため、各シフトでの必要人数を満たしたシフトであることがわかる。

日	ラダー4	6	4	5	4	3	5	6	5	5	4	5	4	5	6	8	6	5	5	7	5	4	7	4	3	4	4	6	5	3	4
	ラダー3	2	1	1	3	2	1	0	1	3	3	0	2	2	1	0	0	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	3	3	3
	ラダー2	0	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0	2	0	2	3	1	2	2	2	4	3	2	3	0	
	ラダー1	2	3	1	1	3	3	2	3	0	0	3	3	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	0	0	1	2	
	合計	10	9	8	10	10	10	10	10	9	8	10	10	10	10	10	9	8	10	10	10	10	10	10	9	8	10	10	10	10	9
中	ラダー4	3	2	2	2	3	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	2	3	1	2	3	2	3	4	3	2	
	ラダー3	0	0	0	1	0	1	2	2	1	1	2	2	0	2	2	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	
	ラダー2	1	1	0	0	1	1	2	0	1	1	2	2	1	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	
	ラダー1	1	1	1	2	1	2	0	1	0	0	0	2	0	2	1	1	2	3	2	2	1	2	0	1	1	0	0	0	1	
	合計	5	4	3	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	4	
夜	ラダー4	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	
	ラダー3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
	ラダー2	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	ラダー1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	0	
	合計	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

図 2. 各シフトの人数の結果

【看護師制約(各看護師についての制約)】

各看護師の日本看護協会制約と個人の希望制約がみたされているか確認できる表になっている。一人でも違反する人がいた場合、×が表示される仕組みになっている。下の図は、全て◎なので主要な制約がすべて満たされていることがわかる。

	日本看護協会制約									希望シフト	夜勤継続数	
	1.休日数	2.通勤数	3.夜勤の連続回数	4.勤務間隔	5.2回の夜勤後の休息	6.1回の夜勤後の休息	7.夜勤回数	8.土日休日	9.正循環			
1 看護師長	9		5	0	15	0	0	0	4	1	0	0
2 ラダー5	10		4	2	12	95.5	36	3	1	1	0	8
3 ラダー5	11		4	0	15	0	0	0	1	1	0	0
4 ラダー5	11		4	2	12	108	71.5	3	1	1	0	9
5 ラダー5	10		4	2	12	84	71.5	3	1	1	0	8
6 ラダー4	10		4	2	12	108	71.5	3	1	1	0	9
7 ラダー4	10		5	2	12	95.5	36	3	1	1	0	8
8 ラダー4	10		4	2	12	84	84	3	1	1	0	7
9 ラダー4	10		5	2	12	84	71.5	4	1	1	0	11
10 ラダー4	13		3	2	12	108	71.5	3	1	1	0	9
11 ラダー4	12		4	2	12	95.5	95.5	3	1	1	0	5
12 ラダー4	12		4	0	15	0	0	0	1	1	0	0
13 ラダー4	10		4	2	12	132	36	4	1	1	0	12
14 ラダー4	11		4	2	12	0	36	3	1	1	0	6
15 ラダー4	10		4	2	12	84	71.5	4	1	1	0	12
16 ラダー3	10		4	2	12	95.5	36	3	1	1	0	8
17 ラダー3	10		5	2	12	95.5	36	3	1	1	0	7
18 ラダー3	10		4	1	15	0	36	3	1	1	0	9
19 ラダー3	12		4	2	12	108	71.5	3	1	1	0	10
20 ラダー3	11		4	2	12	84	71.5	3	1	1	0	10
21 ラダー2	10		3	1	15	0	36	3	1	1	0	8
22 ラダー2	10		4	2	12	95.5	36	4	1	1	0	10
23 ラダー2	10		4	2	12	0	71.5	3	1	1	0	5
24 ラダー2	10		4	2	12	119.5	36	3	1	1	0	9
25 ラダー2	11		5	2	12	143.5	71.5	4	1	1	0	10
26 ラダー1	13		4	2	12	143.5	143.5	3	1	1	0	8
27 ラダー1	11		4	2	12	0	36	3	2	1	0	7
28 ラダー1	12		4	2	12	143.5	71.5	3	1	1	0	9
29 ラダー1	11		4	2	12	95.5	36	4	1	1	0	11
30 ラダー1	10		4	2	12	95.5	84	3	1	1	0	10
31 ラダー1	12		4	2	12	143.5	39	3	1	1	0	8
ラダー4	◎		◎		◎		◎		◎		◎	
ラダー3		◎		◎		◎		◎		◎		◎

図 3.制約の遵守状況の結果

4. 考察

① 「頻繁な昼夜遷移が生じない勤務」を組むために、どういう条件設定をすればよいか

1. 頻繁な昼夜遷移が生じるパターンを禁止する

一般的なスケジューラーに、パターン禁止が搭載されているため、そちらを利用する。例えば、「日-夜-明-休-日-夜-明」のような、一週間で日勤と夜勤の遷移が3回あるようなパターンは禁止すると、制約を加えてあげることによって頻繁な昼夜遷移のスケジュールを防ぐことが期待できる。

2. 夜勤連勤縛りや夜勤のパターンを限定する

夜勤のパターンのみを予め決め、そのパターンを必ず取るようにする。(ex1.夜勤を行う看護師は、「夜-夜-明-休-休-夜-明-休」を必ず含む等)

3. 夜勤遷移回数の制約を加える(今回の手法)

スケジューラーによって、日勤帯から夜勤の遷移回数を定義できるのであれば、日勤帯から夜勤の遷移回数を指定の数以下にすることで、頻繁な昼夜遷移のスケジュールを防ぐことが期待できる。

② 検証シフト作成条件をクリアした勤務表を作成する過程での苦労した点と解決方法

1. パラメーター調整(特に制約②の月間休暇数)

細かなパラメーターを変えることで、検証シフトの解が得られない場合があった。特に、休暇数の制約は、以下の表3に示されるように、休暇数によって最適解が得られないことが分かった。休暇数が10回以下の場合、最適な解が得られるが、11回以上になると不足シフトが発生するスケジュールしか得られなかった。これは、モデルの組み方に起因するのではなく、シフトの合計必要休暇数が最低休暇数×人数を超えるからである。例えば、休暇数が12回の場合、 $12 \times 30 = 360$ 回休暇が必要だが、シフトには296~358個(明けの日数によって変動)の休みしかない。したがって、休暇数の制約を確実に満たすことができない。しかし、休暇数が11回の場合、 $11 \times 30 = 330$ 回であり、最大の休みより少ないため最適解が得られる。それでも、暫定解が出ておらず、実際に正循環制約を削除すると、休暇数が11回の場合には最適解が得られた。ただし、休暇数が少なすぎる(例えば9回)と、逆に探索範囲が広がり、計算時間が増加することが分かった。このため、パラメーター設定がちょうどよい状態で計算することが重要である。スケジューラーで計算する際には、休暇数が適切な数が事前に通知される機能があると、より効果的になると考えられる。

		解	不足シフト数 (目的関数値)	時間(s)
休日数	9	最適解	0	7119
	10	最適解	0	1513
	11	暫定解	5	10000
	12	暫定解	28	10000
正循環制約	あり	最適解	0	1513
	なし	最適解	0	104
週末休暇制約	あり	最適解	0	1513
	なし	最適解	0	1517

表 3.感度分析の結果(各シフト結果は付録 2 に掲載)

2. 正循環制約をどのように加えるか

今回の要件として、完全な正循環（日勤→中勤→夜勤の順番）にする必要があった。解決方法として、正循環にならないすべてのパターンを禁止する制約を加えた。しかし、それぞれの勤務形態の間の休みも考慮する必要があったため、制約の数が非常に多くなった。結果、表 3 に示されるように、制約を加えない場合と比較して約 10 倍の計算時間がかかり、大きな影響を及ぼしている。すべてのパターンを禁止するのではなく、ある程度許容することで、計算時間の短縮が見込まれるかもしれない。

5. まとめ

本研究では、数理的なアプローチによる検証シフトの作成に取り組んだ。今回は、「頻繁に昼夜遷移がない」シフトを「昼夜の遷移回数」に注目することで、すべての条件を遵守したシフトを作成することができた。しかし、完全な正循環制約などの他の制約条件を見直すことで、計算時間が 10 倍以上に増加することが示された。これにより、制約条件の適切な設定と調整が、シフト作成の効率と精度に大きな影響を与えることが確認された。実データから適切なパラメーターを予測できれば、さらに実用に向けたシフト作成が見込まれる。

付録 1.定式化詳細

以下に、定式化の詳細を記述する。まずは、定式化に使用される記号の詳細について述べ、その後具体的な式について記述されている。

【記法】

- x_{nds} : 看護師 n が日付 d でシフト s を選択する場合は 1, それ以外の場合は 0,
- s_{nd} : 看護師 n が日付 d でのシフト遷移を表すバイナリ変数,
- N : 看護師の集合,
- D : 日付の集合,
- S : シフトの集合,
- h_s : シフト s の勤務時間,
- I_g : グループ g の看護師の集合,
- P_s^{11} : シフト s で 11 時間未満の間隔を持つシフトの集合,
- P^{48} : 48 時間未満の休息を持つシフトの集合,
- P^{24} : 24 時間未満の休息を持つシフトの集合,
- $c_{gds}^{lb}, c_{gds}^{ub}$: シフト s に対するグループ g の下限と上限の人数,
- $\alpha_{gds}^{lb}, \alpha_{gds}^{ub}$: シフト s に対するグループ g の下限と上限の緩和変数,
- F_{ns} : 看護師 n が必ず希望するシフト s の日付集合,
- b_s : シフト s の勤務シフト数の差の上限,
- y_{nw} : 看護師 n の週 w における夜勤のない休日のバイナリ変数.
- $f_{休}$: 休みの最大連続数

【制約式】

1. 日勤帯と夜勤帯の勤務の遷移回数を 2 回以内

$$\sum_{d \in D} s_{nd} \leq 2, \quad \forall n \in N$$

$$s_{nd} \geq x_{nd} \text{夜} + x_{n(d+k)} \text{日} + x_{n(d+k)} \text{中} + x_{n(d+1)} \text{明} + \sum_{i=1}^k x_{n(d+i)} \text{休} - k,$$

$$\forall n \in N, \forall d \in D, \forall k \in \{2 \dots f_{\text{休}}\}$$

$$s_{nd} \geq x_{nd} \text{日} + x_{nd} \text{中} + x_{n(d+k)} \text{夜} + \sum_{i=1}^k \sum_{s \in \{\text{休}, \text{明}\}} x_{n(d+i)s} - k,$$

$$\forall n \in N, \forall d \in D, \forall k \in \{2 \dots k_{\text{max}}\}$$

2. 1ヵ月あたりの休日を 10 日以上

$$\sum_{d \in D} x_{nd} \text{休} \geq 10, \quad \forall n \in N$$

3. 連続勤務日数は 5 日以内 (同勤務の連続勤務は 4 日以内)

$$\sum_{j=d}^{d+5} \sum_{s \in S \setminus \{\text{休}\}} x_{njs} \leq 5, \quad \forall n \in N, \forall d \in D$$

$$\sum_{j=d}^{d+4} x_{njs} \leq 4, \quad \forall n \in N, \forall d \in D, \forall s \in S$$

4. 夜勤の連続回数は 2 回以内

$$\sum_{j=d}^{d+2} x_{nj} \text{夜} \leq 2, \quad \forall n \in N, \forall d \in D$$

5. 勤務と勤務の間隔が 11 時間未満の組み合わせを禁止

$$x_{nds} + x_{n(d+1)p} \leq 1, \quad \forall n \in N, \forall d \in D, \forall s \in S, \forall p \in P_s^{11}$$

6. 2 回連続夜勤後の夜勤の休息が 48 時間未満の組み合わせを禁止

$$x_{nd} \text{夜} + x_{n(d+1)} \text{夜} + \sum_{k=1}^t x_{n(d+k+1)p_k} \leq 1,$$

$$\forall n \in N, \forall d \in D, \forall \{p_1, \dots, p_t\} \in P^{48}$$

7. 1 回夜勤後の夜勤の休息が 24 時間未満の組み合わせを禁止

$$x_{nd} \text{夜} + \sum_{k=1}^t x_{n(d+k)p_k} \leq 1,$$

$$\forall n \in N, \forall d \in D, \forall \{p_1, \dots, p_t\} \in P^{24}$$

8. 1ヶ月の夜勤を6回以内

$$\sum_{d \in D} x_{nd \text{夜}} \leq 6, \quad \forall n \in N$$

9. 土曜・日曜ともに前後に夜勤のない休日が月に一回以上

$$4y_{nw} \leq x_{n(7w-2) \text{夜}} + x_{n(7w-1) \text{休}}, \\ + x_{n(7w) \text{休}} + x_{n(7w+1) \text{夜}} \leq y_{nw} + 3, \\ \forall n \in N, \forall w \in W$$

$$y_{nw} \geq 1, \forall n \in N, \forall w \in W$$

10. 完全な正循環

$$x_{nds} + f(k) \sum_{t=1}^{k-1} x_{n(d+t) \text{休}} + \sum_{r \in R_s} x_{n(d+k)r} \leq k,$$

$$\forall s \in S, \forall n \in N, \forall d \in D, \forall k \in \{1, \dots, f_{\text{休}}\}$$

11. 週の労働時間を38.5時間以内

$$\sum_{d \in D} \sum_{s \in S} h_s x_{nds} \leq 38.5, \quad \forall n \in N$$

12. 作成シフトの各シフト配置人数が各シフト必要人数以上

$$c_{gds}^{\text{lb}} - \alpha_{gds}^{\text{lb}} \leq \sum_{n \in I_g} x_{nds} \leq c_{gds}^{\text{ub}} + \alpha_{gds}^{\text{ub}}, \quad \forall g \in G, \forall d \in D, \forall s \in S$$

13. 希望シフトを必ず採用

$$x_{nds} = 1, \quad \forall d \in F_{ns}, \forall n \in N, \forall s \in S$$

14. ラダー1の人数がラダー2の人数+ラダー3の人数以下

$$\sum_{n \in I_{\text{ラダー-1}}} x_{nds} \leq \sum_{n \in I_{\text{ラダー-2}}} x_{nds} + \sum_{n \in I_{\text{ラダー-3}}} x_{nds}, \quad \forall d \in D, \forall s \in S$$

15. ラダー1の人数+ラダー2の人数が1以上

$$\sum_{n \in I_{\text{ラダー-1}}} x_{nds} + \sum_{n \in I_{\text{ラダー-2}}} x_{nds} \geq 1, \quad \forall d \in D, \forall s \in S$$

16. 各勤務シフト数の差を一定の数以下

$$\left| \sum_{n \in N} x_{nds} - \sum_{n \in N} x_{nd's} \right| \leq b_s, \quad \forall d, d' \in D, \forall s \in S$$

S'UIMIN

AAA 病院 BBB 健診センター

睡眠評価レポート

ID 105

氏名 睡眠 太郎

計測期間 2020/09/24 ~
2020/09/29



REPORT

睡眠評価レポート

REPORT 01

睡眠評価レポート

ID 105

検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

総合評価



睡眠の改善が必要です。

コメントを参考に改善に取り組みましょう。

【評価の目安】

- A: 健やかな睡眠です。睡眠障害を疑う所見はありません。
- B: 大きな問題はありませんが、生活・睡眠習慣に注意しましょう。
- C: 睡眠の改善が必要です。コメントを参考に改善に取り組みましょう。
- D: 睡眠障害が疑われます。医療機関の受診をお勧めします。
- E: その他(コメントをご確認ください)。

評価理由

睡眠時無呼吸に該当する可能性があります。自助努力による改善も期待できますが、経過を見ながら医療機関への相談を検討してください。

さらに詳しく >>> P7

睡眠トラブルの疑い

【早急な対応を要する睡眠トラブル】

- ・なし

【該当する疑いがある睡眠トラブル】

- ・睡眠時無呼吸症候群

【留意すべき睡眠トラブル】

- ・睡眠不足症候群 ・リズム障害

さらに詳しく >>> P6

おもな睡眠指標

5が年代別の理想で、4以上であれば良好です。



さらに詳しく >>> P4

< 睡眠総合評価について >

InSomnografの睡眠測定は、睡眠時脳波の解析結果とアンケート回答をあわせ、睡眠トラブルの疑いも考慮したうえで、睡眠の専門医があなたの睡眠を総合的に評価しています。睡眠の指標が良好でも、重大な睡眠トラブルの疑いが認められればA~Dの総合評価は低くなる場合があります。

< 睡眠トラブルの疑いについて >

睡眠トラブルの疑いは、確認された所見についての見解であり、確定的な診断とは異なります。計測中に症状や所見がでなかった睡眠トラブル等については検出が困難なこともあり、レポート内容はそれぞれの睡眠トラブルの有無を保証するものではありません。

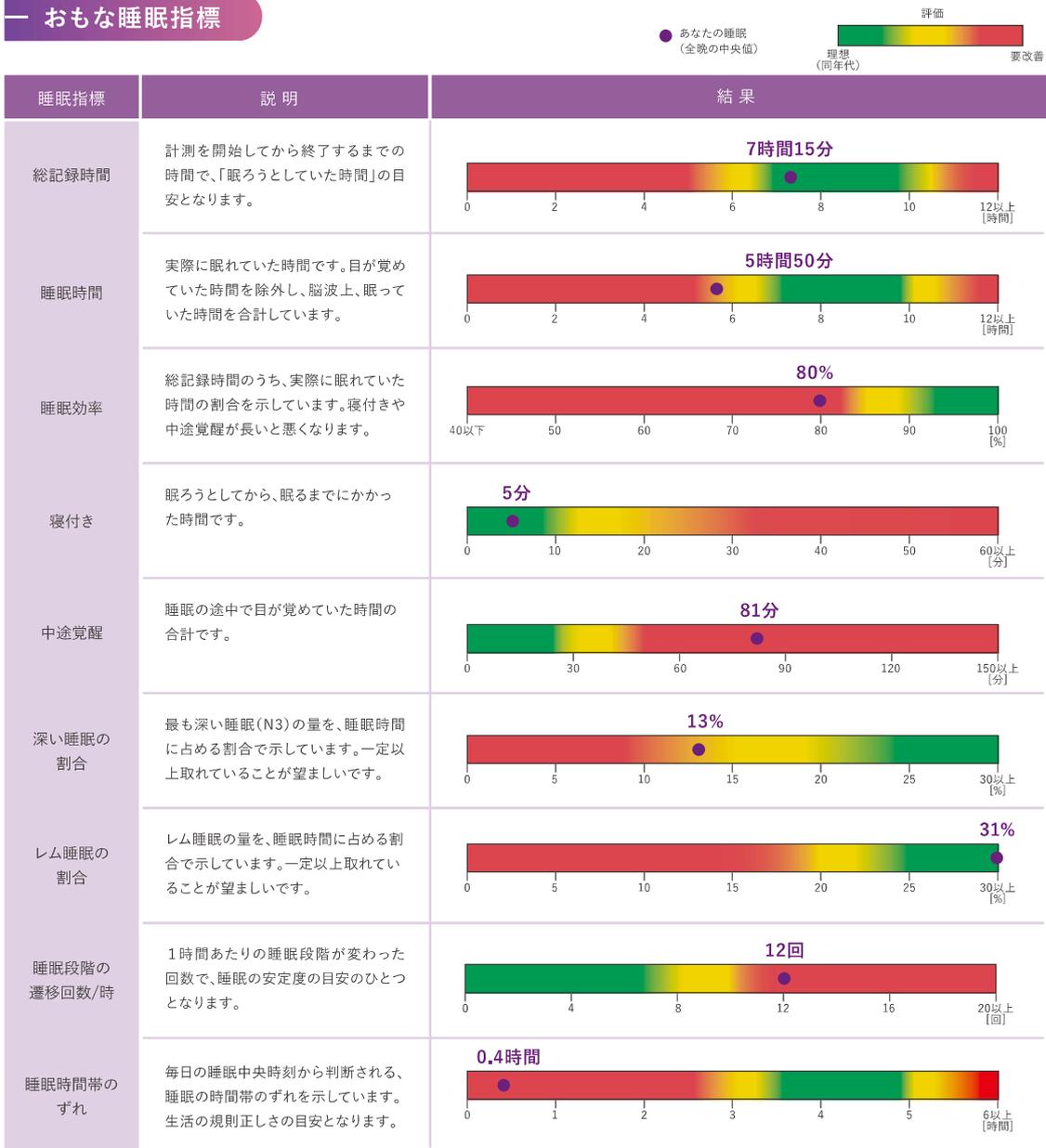
REPORT 02

睡眠評価レポート

ID 105

検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

おもな睡眠指標



< おもな睡眠指標の評価について >

理想的な睡眠時間や睡眠の内容には個人差があり、たとえば5時間の睡眠で十分な人も、8時間の睡眠で不十分な人もいます。本ページの指標の評価はあくまでひとつの目安ととらえ、具体的な睡眠改善のポイントは、主観的に感じている眠気なども加味しながら、担当医のコメントを参照してください。

ID 105

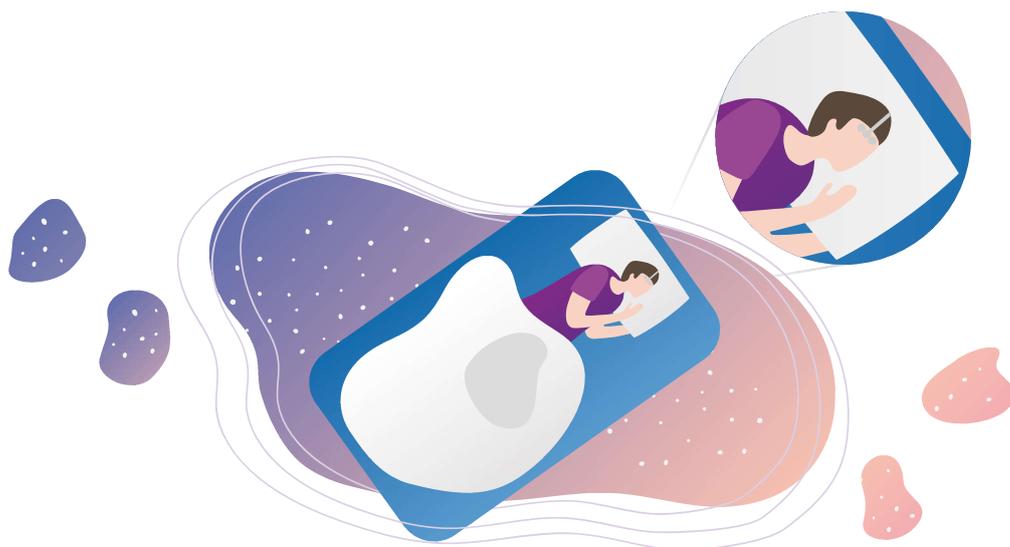
検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

その他の検査結果

	説明	あなたの数値	評価の目安
アテネ 不眠尺度	睡眠状態を主観的に評価する国際的な尺度で、点数が高いときには不眠症を疑います。InSomnografの睡眠アンケート内の回答を集計しています。 *回答結果は「詳細データ」参照	8点	5点以上で不眠症の存在を疑う目安になります。 1点~3点:不眠症の心配はありません。 4点~5点:不眠症の疑いが少しあります。 6点以上:不眠症などの睡眠障害の疑いがあります。
エプワース 眠気尺度	日中の眠気を主観的に評価する国際的な尺度で、点数が高いときには睡眠時無呼吸症候群や過眠症(ナルコレプシーなど)を疑います。InSomnografの睡眠アンケート内の回答を集計しています。 *回答結果は「詳細データ」参照	5点	点数が高いほど日中の眠気が強いこととなります。 10点以下:睡眠障害を強く疑うほどではありませんが、点数が高いほど日中の眠気が強いことを示しています。 11点以上:「病的な眠気」があるとされ、睡眠時無呼吸などの睡眠障害の存在を強く疑います。

< 評価の目安について >

基準となる値とその評価についてはあくまで目安であり、あなたの数値が当てはまる評価内容があなたの睡眠トラブルの有無を確実に示すものではありません。



REPORT 04

睡眠評価レポート

ID 105

検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

睡眠トラブルスクリーニング

あなたの睡眠脳波とアンケート回答を元に、それぞれの睡眠トラブルの疑いをスクリーニングしました。

睡眠時間、睡眠不足

良好 不足気味の可能性あり 睡眠不足の疑いあり 早めの対応が必要

毎日の睡眠時間が十分に足りているかを総合的に評価します。睡眠不足は、日中の眠気や倦怠感につながり、脳や身体の働きを鈍らせます。眠ろうとしている時間が少ないことや、不眠の影響などが要因として考えられます。

睡眠効率、不眠(入眠困難、中途覚醒、早朝覚醒)

良好 不眠の傾向あり 早めの対応が必要

なかなか寝付けなかったり、夜中に目が覚めて眠れなくなったりする不眠と、その日中の影響について、睡眠計測による客観的なデータと、アンケートによるご本人の主観を照らし合わせて評価します。

生活リズム、概日リズム障害

良好 不規則生活の傾向あり 早めの対応が必要

生活のために望ましい時間帯に、規則正しく眠ることができているかを総合的に評価します。体内時計の顕著な乱れが考えられる場合は、概日リズム障害の存在を疑います。

睡眠の質、熟眠障害

良好 浅眠化の傾向あり 早めの対応が必要

眠れている時間の睡眠の質を、おもに脳波計測の結果から総合的に評価します。睡眠の質が著しく悪い場合は、熟眠障害の存在や、その他の睡眠障害の影響を受けている可能性を疑います。

睡眠中の呼吸の状態、睡眠時無呼吸

異常を疑う材料なし 注意の必要あり 早めの対応が必要

睡眠中に呼吸が止まってしまう「睡眠時無呼吸」の有無や影響の大きさを評価します。睡眠時無呼吸は日中の強い眠気を誘発し、重大事故や将来の重大疾患のリスクを高めるため、早急な対策が必要になることがあります。

その他の睡眠トラブル

異常を疑う材料なし 注意の必要あり

四肢の不快感や動かしたい衝動が入眠を妨げる「むずむず脚症候群」や、夢の内容に反応して現実で身体を激しく動かす「レム睡眠行動障害」、日中に発作的な過度の眠気が生じる「過眠症(ナルコレプシー等)」などの睡眠トラブルについてアンケートを中心に評価します。

< 睡眠トラブルのスクリーニングの考え方 >

睡眠トラブルの疑いは、睡眠脳波の解析結果とアンケート回答を元に、医師が総合的に判定しています。ただし、確定的な診断とは異なり、それぞれの睡眠トラブルの有無を保証するものではありません。睡眠トラブルを有していても検査で明確な所見が十分に認められない「偽陰性」や、当該睡眠トラブル以外の原因によって関連する所見が認められる「偽陽性」の可能性をあることをご了承ください。また、睡眠トラブルのスクリーニングに十分な睡眠脳波やアンケート回答が得られない場合は、一部またはすべての睡眠トラブルのスクリーニングの判定がされないことがあります。

ID 105

検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

一 医師によるコメント・アドバイス



睡眠時無呼吸に該当する可能性があります。自助努力による改善も期待できますが、3か月程度で「いびき」などに改善が見られなければ精査・治療のために医療機関への早めの相談を検討してください。

脳波計測では短時間の覚醒や浅い睡眠(N1)を頻繁に繰り返す時間が散見され、特に第3、5夜で顕著でした。この時間帯に一致して血中の酸素飽和度が1時間あたり10回程度、3%以上低下しており、アンケートによると「いびき」の自覚もあるようで睡眠時無呼吸の存在が疑われます。

睡眠時無呼吸は、日中の強い眠気や倦怠感の原因となり、重大事故や脳卒中などのリスクも高めます。まずは早急な医療機関への早急な相談をお勧めします。並行して、仰向け以外(横向け、うつ伏せなど)の姿勢で眠る、適正体重を維持する、ストレス軽減に取り組む一などの自助努力も試してみてください。

第1夜は午前5時ごろから長い中途覚醒があり、睡眠効率が大きく低下していました。可能性のひとつとして、睡眠時無呼吸がこのような中途覚醒の原因となっていることも考えられます。第1夜のように夜中に覚醒して数十分以内になかなか再入眠できない時は、一度布団から出てしまっリラックスして再度眠くなるのを待つのも一つの手です。

全体としては、一定以上の睡眠時間を毎日規則正しく確保できています。入眠も概ねスムーズで、特に睡眠の前半は質が高い睡眠を取れています。一番深い睡眠がまとまってよく見られ、レム睡眠とノンレム睡眠が良いサイクルで繰り返していました。第2夜は特に安定した睡眠でしたので、その前日の行動等も良い睡眠を安定して取るためのヒントになるかもしれません。

The image features a white background with several large, overlapping, organic shapes in shades of purple, blue, and pink. A thin, light-colored rectangular border is positioned around the central area. In the center-left, there is a horizontal bar with a purple-to-pink gradient, divided into two sections. The top section is darker purple and contains the word "DATA" in white. The bottom section is a lighter pink and contains the Japanese text "詳細データ" (Detailed Data) in white.

DATA

詳細データ

ID

105

検査日

2020/9/24 ~ 2020/9/29

睡眠に関する質問への回答結果

基本情報

身長(cm)	173	体重(kg)	72	BMI	24.1
睡眠計測サービスを利用する興味や期待、目的は、どんなことですか？(複数回答可)	睡眠に大きな問題は感じていないが、自分の睡眠を詳しく確認したい / よく眠れないと感じているので、客観的に確認したい / 睡眠時無呼吸症候群が心配なので確認したい / さまざまな睡眠障害の可能性をチェックしたい / 睡眠を改善するためのアドバイスがほしい / 日中の活力やパフォーマンス向上のために、良い睡眠を取りたい / 心身の健康や他の疾患の予防・改善のために、良い睡眠を取りたい / 睡眠が脳波によって測定・データ化されるのを体験してみたい / 腕時計型などで簡易計測を体験し、もっと詳しく睡眠を知りたくなった				
ご自身の睡眠に関して、気になること、心配なこと、知りたいこと、具体的な症状などがあれば教えてください。	いびきを家族に指摘されている				

睡眠状況について(アテネ不眠尺度)

最近数ヶ月の間に、次のようなことがありましたか？週3回以上経験したものを選んでください。					
1	寝床についてから眠るまでに、どのくらい時間がかかりましたか？	すぐに眠れた	少し時間がかかった	かなり時間がかかった	とても時間がかかった、全く眠れなかった
2	睡眠の途中で目が覚めて困ることはありましたか？	困ることはなかった	少し困った	かなり困った	深刻だった、あるいは全く眠れなかった
3	希望する起床時間より早く目覚めて、それ以降、眠れないことはありましたか？	特になかった	少し早く目覚めた	かなり早く目覚めた	とても早く目覚めた、あるいは全く眠れなかった
4	全体的な睡眠の質について、どのように感じていますか？	満足している	少し不満である	かなり不満である	とても不満である、あるいは全く眠れなかった
5	睡眠時間(眠れた時間)は足りていますか？	十分である	少し足りない	かなり足りない	全く足りない、あるいは全く眠れなかった
6	日中は、気分良く過ごすことができているですか？	問題なかった	少し気分が悪かった	かなり気分が悪かった	とても気分が悪かった
7	日中の身体や精神の調子はいかがですか？	問題なかった	少し悪かった	かなり悪かった	とても悪かった
8	日中の眠気はありましたか？	感じなかった	少し感じた	かなり感じた	激しく感じた

日中の眠気について(エプワース眠気尺度)

最近の生活の中で、以下のような状況になるとしたら、どのくらいとうとする(数秒~数分眠ってしまう)と思いますか？ 以下の状況になったことがなくても、その状況になればどうなるかを想像してお答えください。					
1	座って読書をしているとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い
2	座ってテレビを見ているとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い
3	人の大勢いる場所(会議・映画館・劇場など)で、座って何もしないとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い
4	他の人の運転する車に、1時間以上休憩なしで乗っているとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い
5	午後に、横になって休憩をとっているとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い
6	座って人と話しているとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い
7	飲酒をせずに昼食後、座って静かにしているとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い
8	自分で車を運転中に、渋滞や信号で数分間止まっているとき	眠ってしまうことはない	ときに眠くなる	しばしば眠くなる	眠くなることが多い

ID 105

検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

睡眠の悩みについて

ここ数ヶ月の睡眠などについて、心当たりがある項目をすべて選び、該当する頻度にチェックを入れてください。						
1	通勤中や日中に居眠りをする	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
2	アラームや家族などに起こされ、まだかなり眠いのを我慢して起床する	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
3	仕事や学校のスケジュールに合わせた時間に起きようとしても、起きられない	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
4	睡眠時間は十分はずなのに、車の運転や会話などの社会活動中に強い眠気を感じたり、突然眠ったりする	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
5	睡眠中のいびきを自覚した、もしくは指摘された	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
6	睡眠中の一時的な呼吸の停止や息苦しさを自覚した、もしくは指摘された	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
7	入眠前や睡眠中に、脚の不快感や、脚を動かしたい衝動が繰り返したり、手足がピクピクと反動して動いたりする	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
8	睡眠中の歯ぐきや指摘された、もしくは起床時に頭痛や顎の疲れを感じた	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
9	睡眠中の夢に現実の身体が反応し、大きな声を出したり激しく手足を動かしたりした	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
10	寝付く時や寝起きに、金縛りを経験したり、「人や動物が部屋にいたり、体に触れたりする」「体が宙に浮く」など現実感のある夢を鮮明に見た	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
11	日中にろれつが回らなくなったり、不自然に脱力することがあり、そのほとんどが感情が動いた(笑った・驚いたなど)ときに起こる	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
12	日中に食欲不振を感じたり、趣味が楽しめなくなったり、興味が薄れたりした	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
13	睡眠薬や精神安定剤を服用した	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
14	睡眠疾患が心配になったり、発症を感じたりする	該当しない	週1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎日
15	休日等に、朝寝や昼寝で、平日と比べて計120分以上長く眠ることがありますか？	該当しない	月1回未満	週1~2回	週3回以上	ほぼ毎週、もしくは 休日の半分以上で該当

*「該当しない」には「無回答」も含まれます。

睡眠に関する問題の治療状況

1	睡眠に関する問題でクリニックや病院に通院して治療中、もしくは治療したことがありますか？	現在も治療中	過去に治療したことがある	治療したことはない	
2	前の質問で「現在も治療中」「過去に治療したことがある」と答えた方は、疾患(問題)や治療に関して分かる範囲で具体的に記入ください。 寝付けないことが多く、ソルビデム(マイスリー®)を内服中。				

睡眠経過図の見方

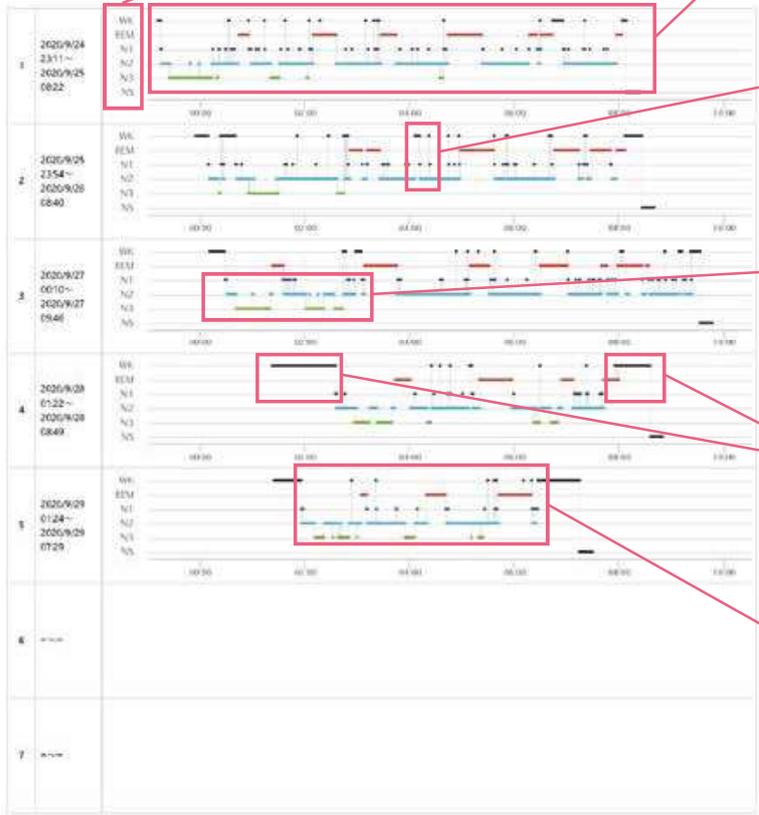
詳細な睡眠経過

毎晩の就寝から起床までの詳細な睡眠経過です。一番上は覚醒状態で、上から2段目がレム睡眠、3～5段目以降はノンレム睡眠で、下へいくほど睡眠が深い状態です。

< 記号の意味 >

- 覚醒(WK): 目覚めている状態
- レム睡眠(REM): 夢を見る睡眠
- ノンレム睡眠1(N1): 浅い睡眠
- ノンレム睡眠2(N2): 中程度の睡眠
- ノンレム睡眠3(N3): 深い睡眠
- ノンスコア(NS): 睡眠状態が判定不能

良い睡眠は、ノンレム睡眠とレム睡眠が交互にバランスよく現れます。睡眠後半はレム睡眠が多くなります。



記憶には残らないごく短い覚醒反応が、寝返りの時などに記録されます。極端に頻繁に繰り返す場合は、睡眠時無呼吸などを疑います(参考事例①)。

最も深い睡眠(N3)がどれだけ取れているかも、睡眠の質を見る重要な指標になります。

寝付きに時間がかかっていたり、夜間や早朝に目が覚めて眠れなくなったりすることが多いようであれば、不眠症を疑う材料になります(参考事例②)。

睡眠時間が短い場合にも注意が必要です。このような睡眠が続けば「睡眠不足」に陥っている可能性があります。

< 参考事例① > 睡眠時無呼吸症候群の疑い

深い眠りの最中に、ごく短い覚醒段階を何度も繰り返しています。

< 参考事例② > 不眠症の疑い

寝付きに時間がかかり、十分に眠れないまま目が覚めて眠れなくなってしまっています。

DATA 03

詳細データ

ID

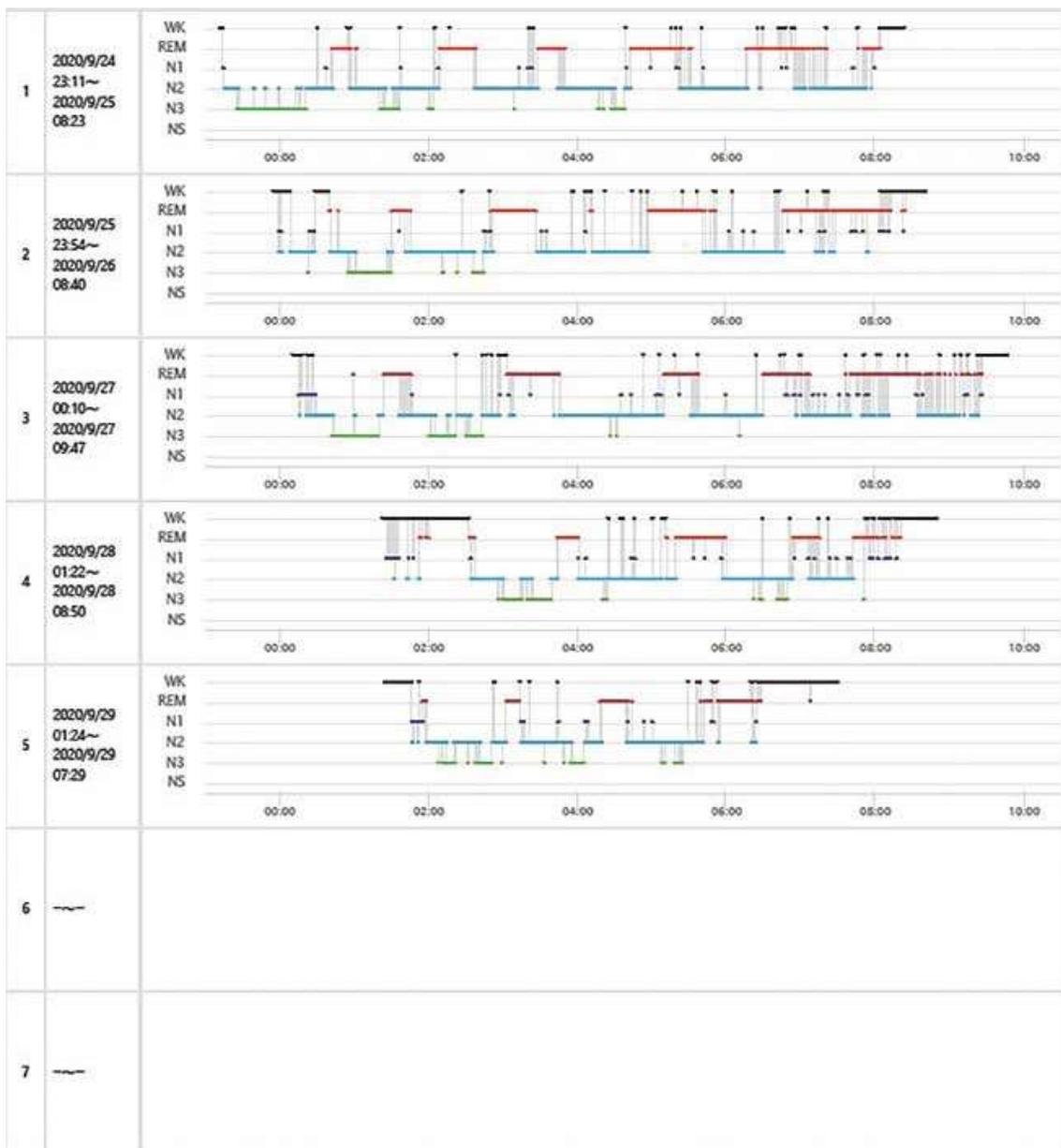
105

検査日

2020/9/24 ~ 2020/9/29

睡眠経過図

各測定日にて取得された脳波データをもとにした睡眠の経過を示しています(覚醒[WK]、レム睡眠[REM]、ノンレム睡眠 1[N1]、ノンレム睡眠 2[N2]、ノンレム睡眠 3[N3])。※装着不良等により生体信号が取得できなかった日は未表示



< 記号の意味 >

- 覚醒(WK):目覚めている状態
- レム睡眠(REM):夢を見る睡眠
- ノンレム睡眠 1(N1):浅い睡眠
- ノンレム睡眠 2(N2):中程度の睡眠
- ノンレム睡眠 3(N3):深い睡眠
- ノンスコア(NS):睡眠状態が判定不能

DATA 04

詳細データ

ID 105

検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

測定夜ごとの睡眠変数

検査晩数	1	2	3	4	5	6	7
検査日	2020/9/24 2020/9/25	2020/9/25 2020/9/26	2020/9/26 2020/9/27	2020/9/27 2020/9/28	2020/9/28 2020/9/29		
消灯時刻	23:11	23:54	0:10	1:22	1:24		
点灯時刻	8:08	8:25	9:32	8:35	7:14		
総記録時間(TRT)(分)	537(8h57m)	511(8h31m)	562(9h22m)	433(7h13m)	351(5h51m)		
入眠時刻	23:13	23:58	0:15	1:25	1:46		
入眠潜時(分)	3	4	5	4	22		
睡眠中央時刻	3:41	4:12	4:54	5:00	4:30		
最終覚醒時刻	8:04	8:24	9:26	8:20	7:07		
最終覚醒後床上時間(分)	4	2	6	15	7		
中途覚醒時間(分)	19	48	30	91	57		
総睡眠時間(TST)(分)	516(8h36m)	460(7h40m)	527(8h47m)	339(5h39m)	272(4h32m)		
睡眠効率(%TRT)	96%	90%	94%	78%	77%		
覚醒反応指数	-	-	-	-	-		
睡眠段階の 総時間(分)	REM	155	168	161	100	72	
	N1	10	16	25	19	14	
	N2	277	236	277	176	148	
	N3	75	41	65	44	39	
睡眠段階の 出現率 (%TST)	REM	29.9%	36.5%	30.5%	29.5%	26.5%	
	N1	1.9%	3.4%	4.7%	5.6%	5.0%	
	N2	53.6%	51.3%	52.5%	51.8%	54.3%	
	N3	14.5%	8.9%	12.3%	13.0%	14.2%	
レム潜時(分)	88	41	44	27	8		
睡眠段階の遷移回数	61	63	74	70	49		
睡眠段階の遷移回数/TRT(時)	6.8	7.4	7.9	9.7	8.4		



ADVICE

あなたへの睡眠改善アドバイス

ID 105

検査日 2020/9/24 ~ 2020/9/29

— あなたへの睡眠改善アドバイス

より良い睡眠を得るためのアドバイスや睡眠の基礎情報についてご紹介します。
別冊「睡眠改善アドバイス集」のうち、今回の睡眠計測結果から特にあなたに読んでほしい内容に印がついています。「睡眠改善アドバイス集」を開き、自分専用のアドバイスを確認して睡眠改善に役立ててください。



睡眠改善
アドバイス集 ▶

あなた専用アドバイス

睡眠の基礎知識

- なぜ、睡眠は重要なのか? ----- P.3
- 睡眠と年齢の関係 ----- P.4
- レム睡眠とノンレム睡眠、浅い睡眠と深い睡眠 P.5
- 睡眠の量と質の関係 ----- P.6
- 睡眠改善のアプローチ ----- P.7

睡眠の課題と原因の整理

- あなたの睡眠不足の原因は? ----- P.8
- 眠れない、睡眠が浅い・不安定の原因 ----- P.9
- 眠れているのに不満 ----- P.10

睡眠改善

- 睡眠時間を確保しよう ----- P.11
- 日中の仮眠の上手な取り方 ----- P.12
- 適正睡眠時間を確かめよう ----- P.13
- 良い眠りの準備は日中から ----- P.14
- コーヒーやお酒の影響を確かめよう ----- P.15
- 就寝環境をチェックしよう ----- P.16
- 眠る前に目が覚めることしてませんか? -- P.17
- 「眠れない」そんなときは? ----- P.18
- 夢を見ることに不安を感じる方へ ----- P.19
- 睡眠の追及は適度に ----- P.20

あなた専用アドバイス

睡眠障害の基礎知識

- 睡眠不足症候群について ----- P.21
- 睡眠時無呼吸症候群について ----- P.22
- 過眠症(ナルコレプシー等)について ----- P.23
- むずむず足症候群について ----- P.24
- レム睡眠行動障害について ----- P.25
- 不眠症について ----- P.26
- 概日リズム障害について ----- P.27

睡眠とその他のトラブルの関係

- 生活習慣病と睡眠 ----- P.28
- 生活習慣病と睡眠時無呼吸症候群の関係 -- P.29
- 肥満と睡眠の関係 ----- P.30
- ダイエット成功の鍵を握る睡眠 ----- P.31
- 血管の病気、心疾患と睡眠 ----- P.32
- 脳の病気、認知症と睡眠 ----- P.33
- 肌のトラブルと睡眠 ----- P.34
- 月経前の睡眠トラブル・更年期の睡眠 -- P.35



AAA 病院 BBB 健診センター
睡眠評価レポート