

入院患者が入眠，熟睡しやすい病室の音・光・温熱環境

Sound, Light, Thermal Environment to Improve Sleeping Environment in Hospital

権 藤 尚 坂 田 克 彦 矢 入 幹 記
 浜 野 拓 微¹⁾ 星 野 大 道¹⁾ 星 裕 樹¹⁾

I. はじめに

「睡眠」は人間の活動の中でも最も重要な行為であり，医学的な面からは生理学，生物学，臨床医学，臨床検査学，心理学，看護学など多彩な分野に関する研究が成されている。睡眠に関する室内環境としては音環境・光環境・温熱環境が重要といわれており，例えば，パナソニック社が睡眠センサーの情報を元に音・照明・空調を制御する「寝室環境システム」を開発しホテル向けに展開，ダイキン社が住宅用エアコンにおいて睡眠センサーの動作を反映させる機器を開発など，住宅製業や家電・寝具メーカーなどによる取り組みが成されている。しかし，「病院」という用途においてはホテル・住宅の睡眠環境とは異なった制約条件があり，その中で睡眠向上に関する取り組みは成されていない状況であった。

当社では，病院において入院患者が良好な睡眠を得られる室内環境の構築を目的として，研究を進めている。入院生活をおくる患者にとって病室は日常生活の場となるが，生活環境の変化により不眠を訴える患者は少なくない。自宅で過ごすような室内環境を病室に整えることで，患者は良質な睡眠をとることができ，それにより生体リズムが安定し，より良い療養生活を送ることが期待できる。合わせて，夜間看護師の呼出しが減ることでの負担軽減など病院側にとってのメリットも期待できる。この研究では，まず，多床室の環境特性と患者個々の睡眠状態の実態調査を実施し，「温熱」・「音」・「光」の三要素に関する課題の把握を行った¹⁾。その後，「温熱」・「音」・「光」環境が睡眠に与える影響を検証する被験者実験を行い，物理的な環境だけでなく，人間の生理面・心理面から見て，より良い睡眠が得られる環境を構築する技術を確立した²⁻⁶⁾。開発した睡眠環境向上技術は「あけぼの病院」の病院・病室環境設計に適用した⁷⁾。

II. 病院環境の実態調査

1. 調査方法

病室の室内環境の実態調査と患者の睡眠状況の把握及び両者の関連性に関する検討を行った。都内T大学病院の5階病棟南北の病室 (Fig. 1) を対象に窓・廊下側ベッド頭部で照度・騒音レベル・温湿度を2013年7月24～27日の間測定した。照度・温湿度はT&D社製TR-74Ui，騒音レベルはリオン社製NA28を用いて測定した。患者5名 (内科または皮膚科，40～50代，男性3名，女性2名) の睡眠状況は非接触型の睡眠センサー (オムロンヘルスケア社製 HSL-102M) により測定した。なお，本測定はT大学看護学部倫理審査委員会及びT大学病院倫理委員会の承認を得て実施した。

2. 音環境

病室における日中の騒音レベルは40～60dBA程度と高い場合があったが，就寝時は35～45dBA程度と病室の騒音レベル²⁾として妥当であった (Fig. 2)。また，同じ患者の就寝中の騒音レベルと睡眠状況の関連を見ると，暗騒音レベルが低い方が中途覚醒の多い傾向があり (Fig. 3～4)，ある程度の暗騒音のある方が中途覚醒は少ない可能性が示唆された。

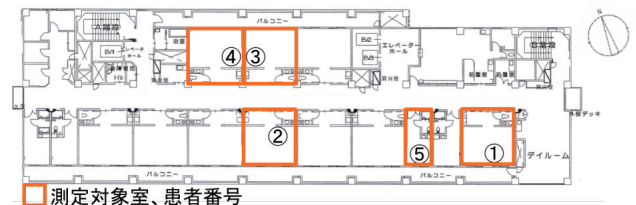


Fig. 1 測定対象建屋平面図
(Plan of the Measured Building)

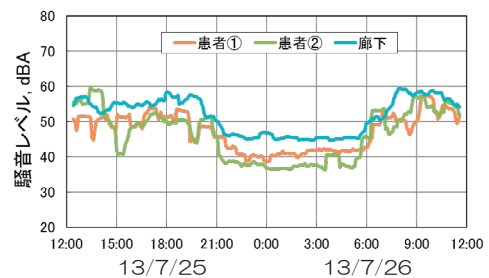


Fig. 2 各患者頭部位置の騒音レベル
(A-weighted Sound Pressure Level at Each Patient's Head)

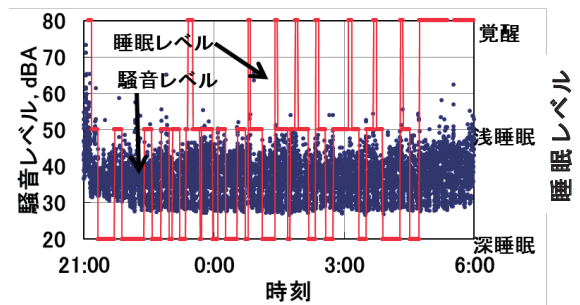


Fig. 3 騒音レベルと睡眠状況の関係 (暗騒音が低い場合)
(Relationship between the Noise Level and Sleep When the Background Noise is Low)

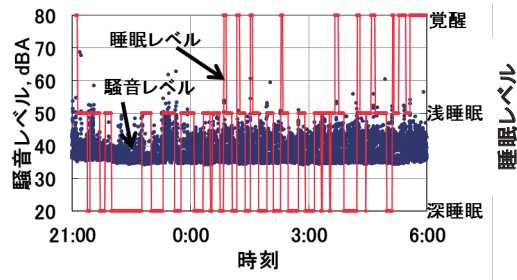


Fig.4 騒音レベルと睡眠状況の関係 (暗騒音が高い場合)
(Relationship between the Noise Level and Sleep
When the Background Noise is High)

3. 光環境

4床室の照明は、部屋中央に照明があるほかベッド毎に処置灯及び読書灯がある。4床病室内はベッド毎にカーテンで仕切られているため、窓側は100~1700lx、廊下側は100~250lx程度と顕著な差があった(Fig. 5)。光環境と睡眠状況の関係について検討した結果、6~9時の暴露照度と睡眠時間中の体動がない時間の割合(以下、「ぐっすり率」と)の間に相関が見られ(Fig. 6)、暴露照度の大きいほどぐっすり率が高くなる傾向が見られた。

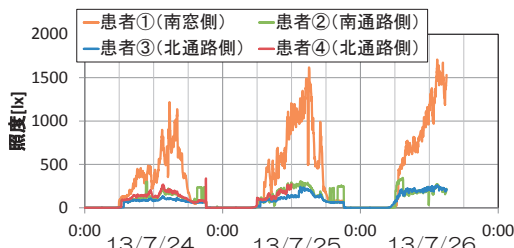


Fig.5 各患者頭部の照度
(Illuminance at Each Patient's Head)

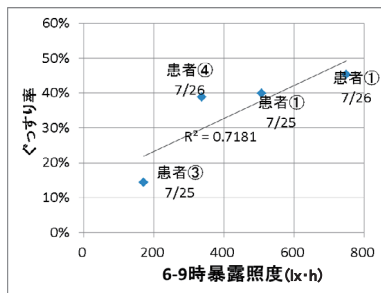


Fig.6 照度と睡眠の関係
(Relationship between Illumination and Sleep)

4. 温熱環境

病室における就寝時(21~6時)の温湿度は23~26℃, 65~73%(Fig. 7)。病室の夏季設計値26℃50%に対して温度は低め・湿度は高めであった。温湿度環境と睡眠状況の間には相関は見られなかった。蒸し暑くなると睡眠への影響は大きいと言われているが測定を行った病院では24時間空調を行っているため、比較的良好な環境にあることが確認された。その一方で、患者へのヒアリングからは4床室において個人の好みに応じた温度設定ができずに不満があるとの意見があった。

5. 睡眠状況

睡眠センサーにより測定した各患者の睡眠効率(睡眠時間/就床時間)は63~94%, ほぼ80%以上であった。

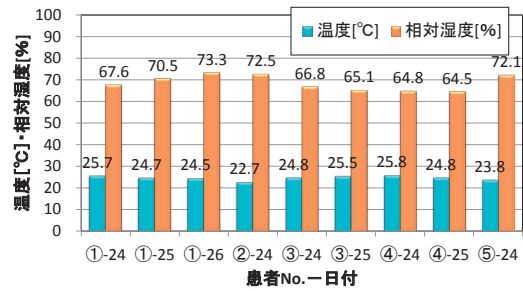


Fig.7 各患者就寝時の温湿度
(Temperature and Humidity while Sleeping for Each Patient)

III. 被験者実験

1. 音環境に関する調査方法

廊下から漏れ伝わる会話などにより、病室では住宅のような静寂環境を得ることは困難である。そこで、ある程度の会話騒音が存在することを前提に、「入眠時にブラウンノイズ(-6 dB/octの定常雑音)を意図的に提示することで、会話騒音を不明瞭にし、入眠のしにくさを低減できる」という仮説を立て、これを検証した。

入眠のしにくさを計測する心理実験及び入眠時の脳波を計測する生理実験を行った。心理実験には評定尺度法を用いた。被験者14名は、実験室のベッドに横たわり、スピーカから音刺激を提示することで形成される音環境を1.5分間体験した。その音環境で就寝することを想定した場合の入眠のしにくさを5段階で評価した。音刺激は26~56 dBAの9水準の会話音声と3水準のブラウンノイズ(0, 35, 45 dBA)の組合せで構成した。生理実験では、入眠時について測定を行った。被験者5名を30分間就寝させ、脳波計(プロアシストZA)を用いて脳波を計測した。音刺激は38 dBAの会話音声と上記ブラウンノイズの組合せで構成した。

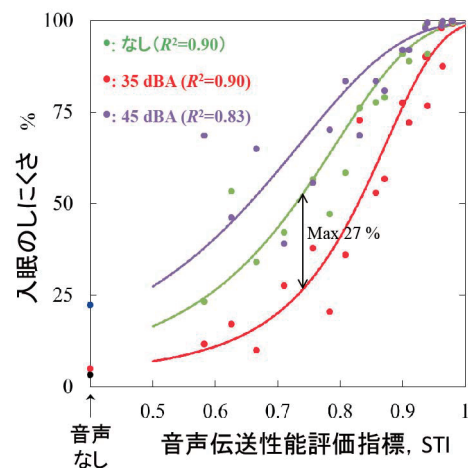


Fig.8 音声伝送性能評価指標と入眠しにくさ
(Sleeping Difficulty as a Function of STI)

2. 音環境に関する調査結果

心理実験は系列範疇法を用いて分析し、入眠しにくいと感じる確率で評価した。適度な音量(35 dBA)のブラウンノイズは61%のヒトに対して入眠のしにくさを緩和する効果があること、中程度の音量の会話音声に対して効果が大きく、最大で27%入眠のしにくさが

低減すること (Fig. 8) などを明らかにした。心理実験の結果は仮説「会話騒音のある病室において、入眠時に適度な音量のブラウンノイズを提示することで、入眠のしにくさを低減できる」を支持している。

3. 光環境に関する調査方法

人工拡散光による模擬窓照明をベッド近傍の壁に設置し、その照明環境におけるサーカディアンリズムの位相について検討を行った。実験は、病室を模擬した住宅居室において2014年5月~7月に実施した。実験室の空調は温度を一定とし、日光を遮蔽し、天井照明に加えて人工拡散光による模擬窓を設置し、それらの点灯・消灯・調光のスケジュールをタイマーにより制御した。照明スケジュール (Fig. 9) は、①低照度一定 (約300lx)、②高照度朝集中 (6~9時: 約1200lx, 9時以降: 約100lx)、③高照度夜集中 (19~22時: 約1200lx, 19時以前: 約100lx) の3条件とし、24時間の積算暴露照度を同一とした。被験者3名は3条件それぞれについて、2泊3日で実験室に滞在し、その間外出せず、22時就寝6時起床を繰り返した。実験中、カプセルを用いた深部体温計測装置 (VitalSense) を用いて深部体温を計測した。各条件の深部体温変動について、カーブフィッティングにより位相を算出した。

4. 光環境に関する調査結果

高照度朝集中の位相は、低照度一定に比べて平均して43分前進、高照度夜集中の位相は、低照度一定に比べて平均して13分後退していた (Fig. 10)。朝の光環境暴露による位相前進は、従来の知見を追従するものであるが、今回、人工拡散光による模擬窓を用いた場合においても位相への影響を認めることができた。以上から、病院においては暗くなりがちな廊下側の病床において朝明るくすること、そのために人工拡散光を活用することに効果があるといえる。

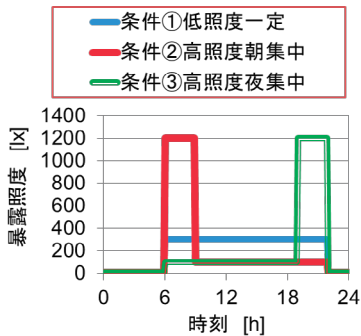


Fig. 9 光環境実験 照度スケジュール

(Illuminance Schedule of Light Environment Experiment)

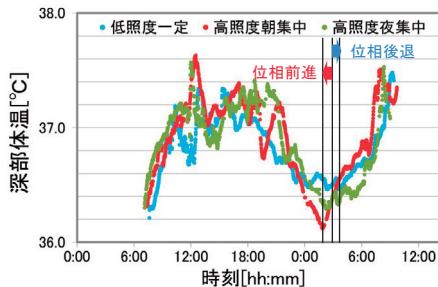


Fig. 10 深部体温変動

(Deep Body Temperature Fluctuation)

5. 温熱環境に関する実験方法

夏季の多床病室において患者毎に好み異なる温熱環境を調節するために、個別に送風を行う方式が睡眠に及ぼす効果について検証した。鹿島技術研究所内の人工気象室において、入院患者として多い高齢者 (60~70代の健康な男性5人) を被験者とし、送風に関する条件を変更した実験を行った。ベッド周りの送風の条件として a. 無対策, b. 室内送風の二条件を設定した (Table 1)。物理環境として室内・敷き布団上温湿度 (日置社製 HA3641, 1分間隔測定) と室内風速を測定した。温熱環境に関してアンケートによる主観評価 (就寝前, 入眠時, 就寝中, 起床後) と睡眠状況の測定を行った。睡眠状況は脳波センサ ZA (プロアシスト社製) により測定した。13:30頃に人工気象室内に入室後、パジャマに着替えて30分着座して安静に過ごした後、14:00頃ベッドに入り90分の仮眠をとった。人工気象室は被験者が入室するまで27°C60%で運転を行った。入室後は空調騒音と吹出気流による温熱環境への影響を避けるため空調運転を停止した。したがって、約120分の間、室内温湿度は成行きとなるがほぼ±2°C, ±5%の範囲に収まっていた。なお、被験者には事前に実験の概要を説明し、実験への参加の同意を得てから、実験を実施した。また、実験内容は医師の監修の元、決定した。

6. 温熱環境に関する実験結果

(1) 物理環境

就寝中90分の背中での温湿度及び絶対湿度の被験者5人の平均値は、a. 無対策 34.2°C68.8% (23.7g/kg'), b. 室内送風 34.2°C64.2% (21.9g/kg')であった。ベッド上50mmで測定した風速は a. 無対策では0.02~0.03m/s, b. 室内送風では0.02~0.56m/sであった。足下のベッド上の風速が速い状況であった。

Table 1 温熱環境実験ケース (Thermal Environment Experiment Case)

ケース	内容
a. 無対策	送風なし。
b. 室内送風	室内天井近傍に吸込口とファンを設け、ベッド頭部に吹出口を設置。吹出口からの気流が顔・掛布団上部を流れる。

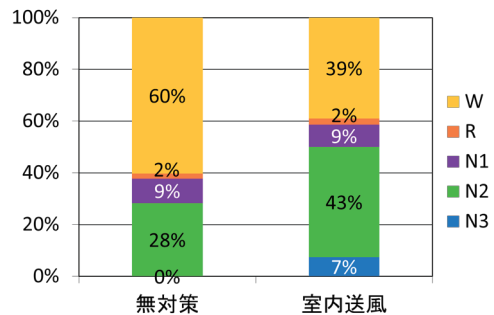


Fig. 11 睡眠ステージ (Sleep Stage)

(2) 主観評価

実験時に被験者が記入した温熱感に関するアンケート調査より、温熱感 (寒いから暑いまでの7段階) の被験者5人の申告を数値化して平均した。a. 無対策では「やや暖かい」の申告になるのに対し

てb.室内送風では若干中立的な評価となった。

(3) 睡眠状況

測定に用いた脳波計より判定した睡眠の各ステージ (W : 覚醒, R : REM, N1 : 睡眠深さ1, N2 : 睡眠深さ2, N3 : 睡眠深さ3) における被験者の平均値を Fig. 11 に示す。無対策に比べて、室内送風では、睡眠深さ2・睡眠深さ3の値が大きくなっており、より深い睡眠がとれていた。

IV. 「あけぼの病院」への適用

2015年7月竣工の「あけぼの病院」において上述の研究成果を踏まえた設計を行った。病棟計画において、採光が必要な病室の窓面確保のために、廊下などの共用部は人工照明となっている事例が多いが、その場合、低照度一定や場合によっては夜間の暴露照度が高くなり、サーカディアンリズムの位相が後退する環境となることが懸念される。あけぼの病院においては、東西南北の4方からの自然採光を確保することで廊下とスタッフステーションを含む中央のホール、食堂での高照度暴露が可能な病棟を実現し、日中に患者や看護師が過ごす病棟の廊下やホールなどの共用部において自然採光を利用して昼間の暴露照度を十分に確保できる病棟計画とした (Fig. 12)。なお、ブラウンノイズによるマスキング効果の検証は本物件に間に合わなかったため、適用できなかった。

1. 高照度暴露を目的とした病室

一般的な多床室では外部窓側のカーテンに加え、ベッド毎の間仕切りカーテンにより、特に廊下側のベッドで過ごす患者への採光を確保することが難しい。この課題を解決するために欄間付横連窓にライトシェルフを用いた病室とした。横連窓とすることで各ベッドの間仕切りカーテンを閉めている状況でも病室中央部への採光を確保できると同時に、窓のカーテン使用時でも遮光されない欄間部分からの採光がライトシェルフによって天井面を照らすことで廊下側ベッドの照度を高くしている (Fig. 13)。

2. 送風による温熱環境の調整

24時間空調されている病棟・病室では、その温湿度は比較的快適に保たれ、課題となるのは患者毎の好みの差異と思われる。個室では、その好みに応じて調節が可能だが、多床室での対応は難しい。この課題に対して完全な個別空調までのコストをかけず、個別送風設備を設けることで解決する方法を試みた (Fig. 13)。

VI. まとめ

病院において、患者の回復促進につながるとともに、患者が夜間トイレに行く際の転倒・転落などの事故リスクを低減させ、夜間看護師の呼出しが減ることでの負担軽減など病院側にとってのメリットも期待できることを意図して、睡眠環境向上技術の開発を行った。被験者実験により音・光・温熱環境に関して睡眠の良くなる方法についてエビデンスを得ることができた。今後、病院における睡眠環境を向上する技術として展開する。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、ご指導いただいた東北大学医学部尾崎章子教授、スリープクリニック遠藤拓郎理事長、末永医師に対して謝意を表します。また、温熱環境に関する被験者実験において協力

いただいた、岡村製作所および東邦大学病院・あけぼの病院関係各位にも謝意を表します。



Fig. 12 あけぼの病院平面図 (Akebono Hospital Plan)

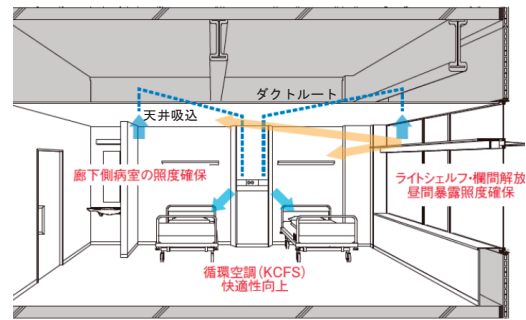


Fig. 13 あけぼの病院適用技術 (Applied Technologies to Akebono Hospital)

参考文献

- 1) 筆者ら；入院患者の睡眠に配慮した病院環境に関する建築的検討—夏季室内環境と睡眠に関する調査事例—, 日本睡眠学会第39回定期学術集会, 2014. 7, p. 209.
- 2) 筆者ら；睡眠におよぼす病室環境の影響—音環境 (入眠時におけるブラウンノイズの効果)—, 日本睡眠学会第40回定期学術集会, 2015. 7, p. 253.
- 3) 筆者ら；睡眠におよぼす病室環境の影響—光環境 (模擬窓を用いた光暴露の影響)—, 日本睡眠学会第40回定期学術集会, 2015. 7, p. 253.
- 4) 筆者ら；入院患者の睡眠に配慮した病院環境に関する建築的検討—夏季室内環境と睡眠に関する調査事例—, 日本睡眠学会第40回定期学術集会, 2015. 7, p. 253.
- 5) 筆者ら；病院の睡眠環境に関する研究 送風による温熱環境改善に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 環境工学II, 2015. 9, pp. 337-338.
- 6) 筆者ら；睡眠環境向上方病室の研究と展開2, 病院設備, 2015. 11, p. 157.
- 7) 筆者ら；睡眠環境向上方病室の研究と展開3, 病院設備, 2015. 11, p. 158.