

病室の睡眠環境向上技術に関する研究

A Study of Technologies to Improve Sleeping Environments in Hospitals

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

要 約

病院において入院患者が良好な睡眠の得られる室内環境を構築することは重要である。また、患者が夜間に良好な睡眠をとることで病院スタッフの負担減少が期待される。本研究は、病院において入院患者が良好な睡眠を得られる環境の構築を目的としている。病院の多床室において室内環境と患者の睡眠状態について調査を行った結果を基に、音環境・光環境・温熱環境に関してより良い睡眠となるための環境について被験者による効果検証実験を行った。その結果を踏まえて「あけぼの病院」において睡眠環境向上技術を適用した。

目 次

- I. はじめに
- II. 病院環境の実態調査
- III. 音環境に関する被験者実験
- IV. 光環境に関する被験者実験
- V. 温熱環境に関する被験者実験
- VI. 「あけぼの病院」への適用
- VII. まとめ

I. はじめに

病院において患者のサーカディアンリズムを整え、睡眠環境を向上させることは、患者の快復促進につながるとともに、患者が夜間にトイレへ行く際の転倒・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。本研究は、病院において入院患者が良好な睡眠を得られる環境の構築を目的としている。まず、病院の室内環境と患者の睡眠状態について調査を行った。次に、音環境・光環境・温熱環境に関してよりよい睡眠となるための環境について被験者実験により検討を行った。エビデンスの得られた睡眠環境向上技術を「あけぼの病院」に適用した。

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¹⁾。都内T大学病院の5階病棟南北の病室 (Fig.1~2) を対象に窓・廊下側ベッド頭部で照度・騒音・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 (オムロンヘルステック社製 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.3)。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.4~5)、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。

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たため、窓側は100~1700lx、廊下側は100~250lx程度と顕著な差があった (Fig.6)。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.7)、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。

4. 温熱環境

空調は室内機の吹出口が4床室の中央にあり、外調機の吹出がベリメーター側にある。病室における就寝時 (21~6時) の温湿度は23~26℃、65~73% (Fig.8)。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

1) 建築設計本部 Architectural Design Division

キーワード: 病院, 睡眠, 建築環境, 音環境, 光環境, 温熱環境

Keywords: hospital, sleep, building environment, sound environment, light environment, thermal environment

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.9）。ぐっすり率（深い眠りの時間／睡眠時間）は 14～48%とばらついた。

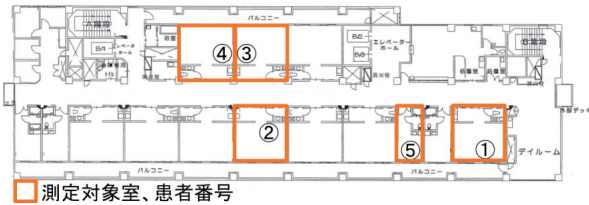


Fig.1 測定対象建屋平面図

(Plan of the Measurement Object Building)

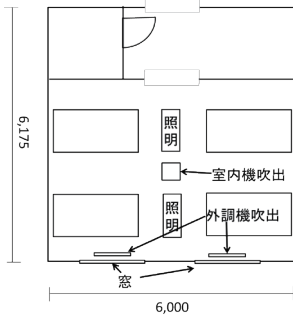


Fig.2 測定対象病室平面図

(Plan of the Measurement Object Hospital Room)

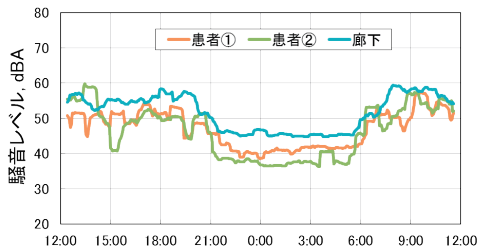


Fig.3 各患者頭部の騒音レベル

(A-weighted Sound Pressure Level at Each Patient's Head)

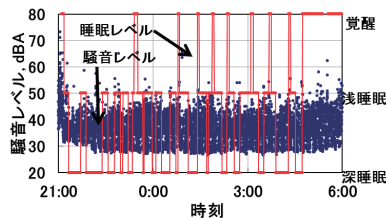


Fig.4 騒音レベルと睡眠状況の関係 (暗騒音が低い場合)

(Relationship between the Noise Level and Sleep when the Background Noise is Low)

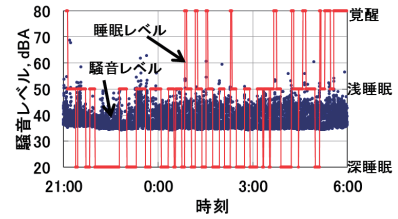


Fig.5 騒音レベルと睡眠状況の関係 (暗騒音が高い場合)

(Relationship between the Noise Level and Sleep when the Background Noise is High)

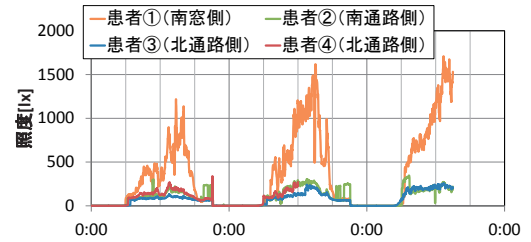


Fig.6 各患者頭部の照度

(Illuminance at Each Patient's Head)

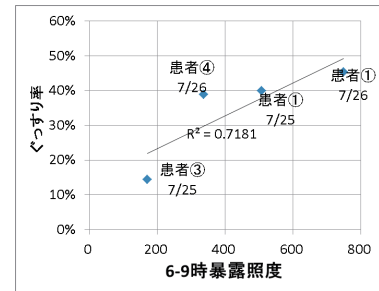


Fig.7 照度と睡眠の関係

(Relationship between Illumination and Sleep)

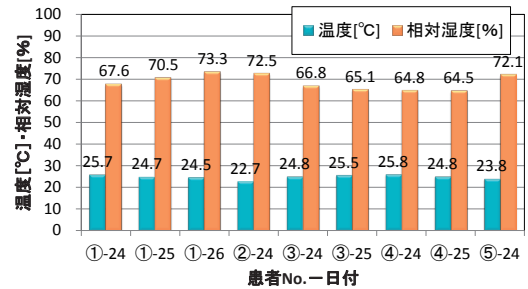


Fig.8 各患者就寝時の温湿度

(Temperature and Humidity while Sleeping for Each Patient)

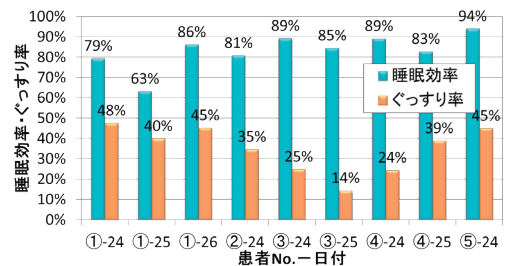


Fig.9 各患者の睡眠状況

(Sleep Efficiency of Each Patient)

Ⅲ. 音環境に関する被験者実験

1. 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。

2. 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(Fig.10)、中程度の音量の会話音声に対して効果が高く、最大で 27% 入眠のしにくさが低減すること(Fig.11)などを明らかにした。生理実験は脳波から得た各被験者の時系列 α パワー及び睡眠判定の平均値で評価した。35 dBA のブラウンノイズが存在する音環境の方が、会話音声のみの環境よりも α パワーの減衰及び覚醒確率の減少が急峻であること(Fig.12)が示された。

心理及び生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。

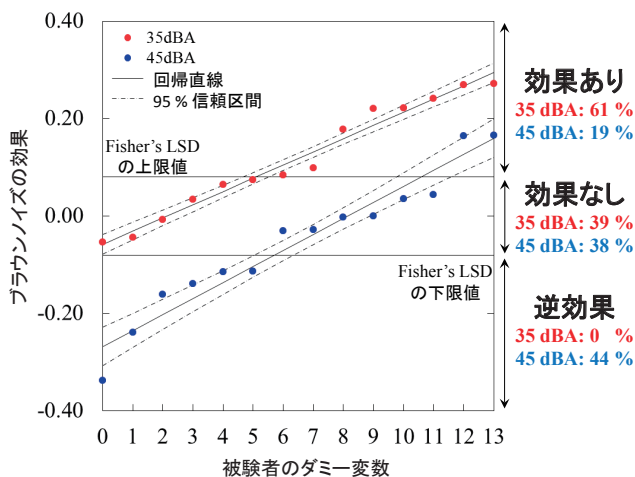


Fig.10 ブラウンノイズと入眠しにくさ (Effect of Brown Noise on Sleeping Difficulty)

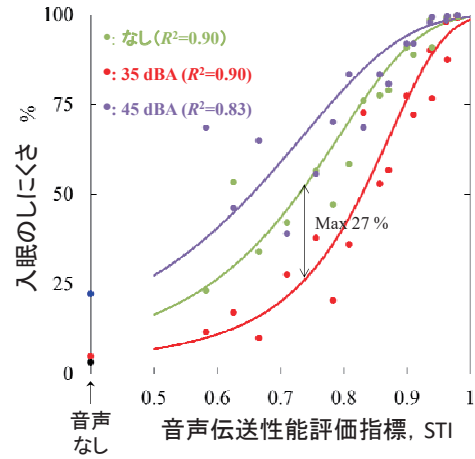


Fig.11 音声伝送性能評価指標と入眠しにくさ (Sleeping Difficulty as a Function of STI)

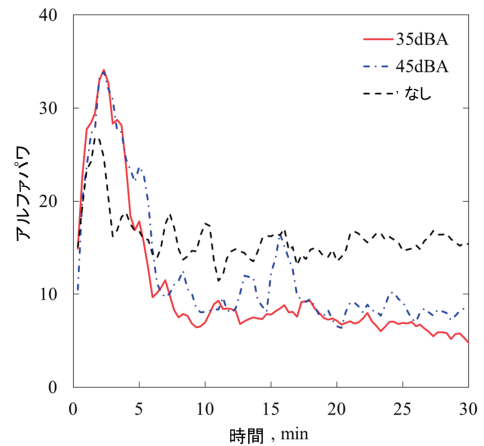


Fig.12 α パワーの変動 (Alpha Power Fluctuation)

Ⅳ. 光環境に関する被験者実験

1. 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(ここではおよそ 24 時間周期の深部体温の最低値の時刻)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、昼光を遮蔽し、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.13)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。

2. 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.14)。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。

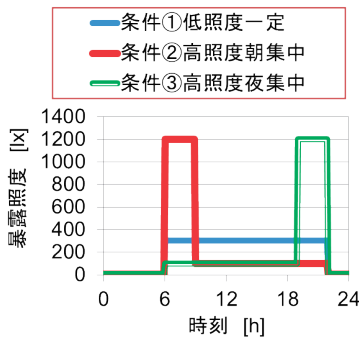


Fig.13 光環境実験 照度スケジュール

(Illuminance Schedule of Light Environment Experiment)

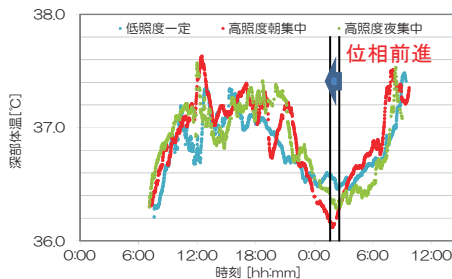


Fig.14 深部体温変動

(Deep Body Temperature Fluctuation)

V. 温熱環境に関する被験者実験

1. 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) を被験者として送風に関する条件を変更した実験を行った。風量は固定とした。室内温湿度は設定温度を上げて送風により満足感が得られれば省エネになることを狙い、病院の多床室における夏季の夜間睡眠時の実測データ (25°C70%) を元に温度を少し高め (27°C60%) として実験を行った。ベッド周りの送風の条件として a.無対策, b.室内送風, c.マット送風の三条件を設定した (Table 1)。被験者の着衣は上下の下着の上に長袖薄手パジャマとした。寝具は敷布団・掛布団とも病院で夏季に用いられる寝具とした。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。脳波の解析は専門家に依頼した。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。温熱環境に関するアンケートは安静時に就寝前の状態を記入し、入眠時・就寝中・起床時については起床後に記入した。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。

2. 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/kg³), b.室内送風 34.2°C64.2%(21.9g/kg³), c.マット送風 33.0°C50.2%(17.8g/kg³) であった (Fig.15)。マット送風の場合に温度と湿度が顕著に低下しており、快適と言われている寝具内気候 33°C50%³⁾ になっていた。ベッド上 50mm で測定した風速の場所を Fig.16 に、測定結果を Table 2~3 に示す。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。また、頭部近傍の騒音レベルは暗騒音が 35dBA, 頭部近傍に吹出口がある室内送風の運転時には 37~40dBA, 37~40dBA であった。

(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 (Fig.17)。a.無対策では「やや暖かい」の申告になるのに対して b.室内送風と c.マット送風では若干中立的な評価となった。また、快不快感を数値化して平均した (Fig.18)。a.無対策ではやや不快に近いが、b.室内送風と c.マット送風は快適に近くなり、わずかではあるが主観評価は室内送風とマット送風の方がよい結果が得られた。

(3) 睡眠状況 測定に用いた脳波計より、睡眠効率 (睡眠時間 / 就床時間) を算出し被験者の平均値と標準偏差を Fig.19 に示す。睡眠効率は a.無対策 40%, b.室内送風 61%, c.マット送風 52% となり、無対策に比べると室内送風・マット送風の方が高い睡眠効率が得られた。脳波測定結果より睡眠の各ステージ (W: 覚醒, R: REM, N1: 睡眠深さ 1, N2: 睡眠深さ 2, N3: 睡眠深さ 3) を判定し被験者の平均値を Fig.20 に示す。無対策に比べて、室内送風とマット送風では、より深い睡眠である睡眠深さ 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。

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、壁のベット頭部側に吹出口を設置した。吹出口からの気流が顔・掛布団上部を流れる。
c.マット送風	通気性のあるマットにファンを接続し、マット内に送風。

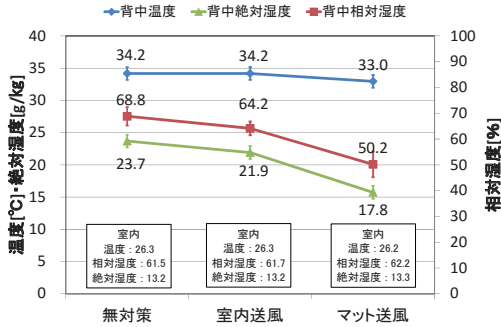


Fig.15 就寝中の背中の中の温湿度平均値

(Temperature and Humidity on the Mattress While Sleeping)

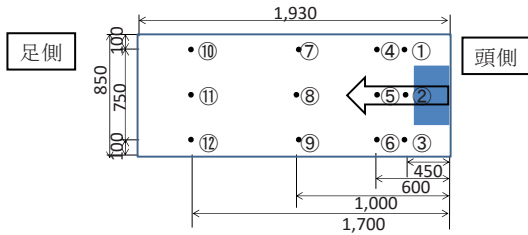


Fig.16 ベッド上部の風速測定点

(Wind Velocity Measurement Points of the Bed Top)



Picture.1 室内送風 (Indoor Blow)

Table 2 無対策時の風速

(Wind Velocity without Personal Fan)

⑩	0.03	⑦	0.03	④	0.03	①	0.02
⑪	0.03	⑧	0.03	⑤	0.02	②	0.02
⑫	0.03	⑨	0.03	⑥	0.03	③	0.03

[m/s]

Table 3 室内送風時の風速

(Wind Velocity with Personal Fan)

⑩	0.34	⑦	0.27	④	0.06	①	0.02
⑪	0.46	⑧	0.56	⑤	0.31	②	0.22
⑫	0.28	⑨	0.26	⑥	0.05	③	0.03

[m/s]

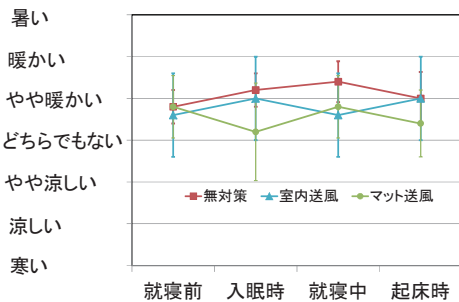


Fig.17 温熱環境主観評価

(Thermal Sensation Subjective Evaluation)

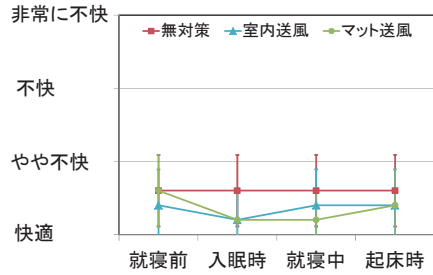


Fig.18 温熱環境快不快主観評価

(Comfort Sensation Subjective Evaluation)

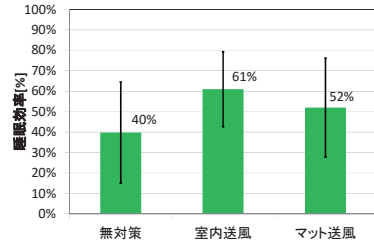


Fig.19 睡眠効率

(Sleep Efficiency)

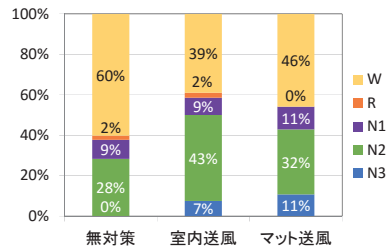


Fig.20 睡眠ステージ

(Sleep Stage)

VI. 「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。

昼間暴露照度を確保する病棟の計画では、必ず採光が必要な病室の窓面確保のために、廊下等の共用部は人工照明の光環境となっている事例が多い。こうした人工照明の光環境では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。日中に患者や看護師が過ごす病棟の廊下やホール等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を行った。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る病棟を実現した。竣工後の環境と患者の睡眠状況については、今後測定を行う予定である。

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を計画した。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。

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。送風口の向きは上下に変えることが可能で夏季はベッドに向けて送風することで涼感を得、冬季は下方に向けて送風することで室内高さ方向の温度ムラをなくし、底冷えを妨げる効果がある。



Fig.21 あけぼの病院平面図
(Akebono Hospital Plan)

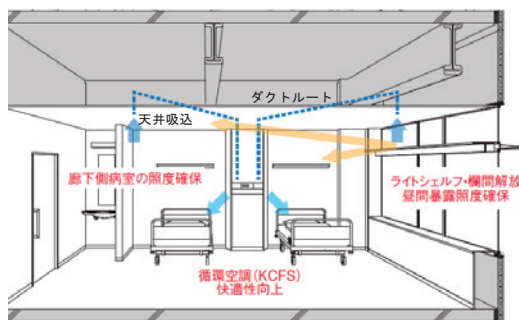


Fig.22 あけぼの病院適用技術
(Applied Technologies to Akebono Hospital)

VI. まとめ

病院において、患者の回復促進につながることも、患者が夜間トイレに行く際の転倒・転落等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出来た。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、末永医師に記して謝意を表します。温熱環境に関する被験者実験においては岡村製作所の協力を得ました。記して謝意を表します。また、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。

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.

A Study of Technologies to Improve Sleeping Environments in Hospitals

Takashi Gondo, Katsuhiko Sakata, Motoki Yairi, Takubi Hamano¹⁾ and Hiromichi Hoshino¹⁾

The provision of suitable indoor sleeping environments for hospital patients is of great importance, and good sleep for patients at night also helps to lighten the workload of hospital staff. The authors carried out a survey on the effect of the indoor environment on the sleep states of patients in a multibed room in a hospital and conducted experiments to determine the effect on the sleep of individual patients of sound, light, and temperature. They then applied technologies based on the results to improve sleeping environments at Akebono Hospital.