解　説

ウェアラブル計測による健常者とうつ病患者の睡眠の比較

三 輪 洋 靖[1†]，笹 原 信一朗[2]
[1] 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター，
[2] 筑波大学大学院 人間総合科学研究科 生命システム医学専攻

要旨　近年，メンタルヘルスの低下，特にうつ病患者の増加が社会問題となっている．そこで，本稿では，うつ病の代表的な症状の一つである睡眠障害に着目し，健常者およびうつ病患者の睡眠状態の比較を目的とした．そして，加速度計を用いて睡眠中の寝返りを検出し，寝返りの頻度より睡眠深度を 2 段階に分類した．さらに，睡眠状態を比較する指標として，睡眠の質得点 (SQS)，短時間睡眠の質得点 (S-SQS)，標準 SQS 変動率の 3 つの指標を提案した．最後に，健常者およびうつ病患者に対して，提案指標の長期連続計測実験を行った結果，両者間に有意な差が確認され，継続的なうつ状態が，睡眠深度を浅くし，睡眠の質得点や標準 SQS 変動率の低下をもたらしたことが示唆された．

キーワード：睡眠，ウェアラブルセンサ，うつ病

1. はじめに

われわれが健康的な日常生活を送るためには，健康な肉体と健康な心の両方を維持する必要がある．しかし，近年では心の健康，つまり，メンタルヘルスの低下が社会問題となっている．特にうつ病患者の増加が著しく，政治や経済など社会文化的な要因の影響を受けてはいるものの，世界的規模でのうつ病患者の増加が報告されている [1]．日本でも潜在的な患者数の増加に加え，精神科受診に対する社会的抵抗感や偏見の減少から，2008 年にはうつ病の受診者数は 100 万人を越え，10 年前の 2 倍以上となった（図 1）[2]．また，一般人を対象にしたスクリーニングテストではうつ病の罹

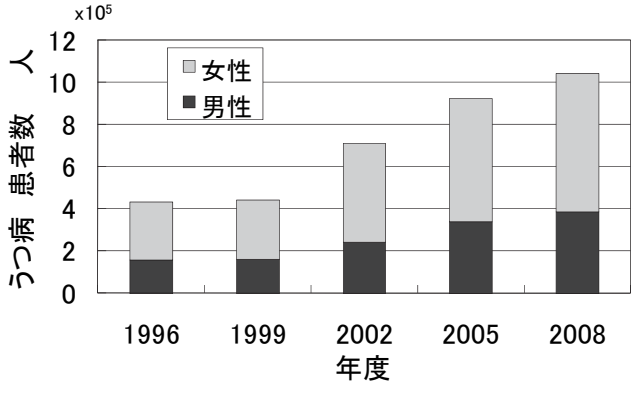


図 1　日本におけるうつ病患者数の推移

患率は男性 2 ～ 3 %，女性 5 ～ 9 % との報告 [3] や，2030 年には HIV 感染症に次いで 2 番目に障害調整生存年数 (DALY, Disability Adjusted Life-Year) が大きな疾患になるという世界保健機関の報告 [4] などから，今後もうつ病患者の増加が予想される．さらに，国立社会保障・人口問題研究所によると，自殺やうつ病がなくなった場合の日本における経済便益は年間 2.7 兆円と試算されており [5]，社会・経済的にも大きな問題となっている．

一般に，うつ病は日常生活におけるストレスや環境的要因によって引き起こされる脳機能の疾患と言われているが，その発症メカニズムは未だ解明されていない．また，新型うつ病と称されるように，従来のうつ病とは症状が異なる事例も報告されている．現在は適切な治療を受けることで症状を和らげることができるが，未治療のまま長期間のうつ状態が継続すると，患者の心身に大きな負担となるだけでなく，自殺の危険性をももたらす．したがって，早期発見に基づく早期治療が，うつ病に対する有効の対処方法のひとつといえる．

うつ病の診断基準は American Psychiatric Association の DSM-IV が標準となっている．DSM-IV では連続したうつ状態や意欲の低下，睡眠障害など 9 つの主要な症状のうち 5 つ以上が 2 週間以上継続した場合にうつ病と診断され [3]，通常は DSM-IV の判断基準に加え，医師による問診や観察を加えた総合的な判断によって診断がなされる．一方，自分自身で行える簡易診断方法としては，Beck's Depression Inventory (BDI) や Center for Epidemiological Studies Depression Scale (CES-D) など，自記式の評価手法がある [6]．BDI の場合，うつ状態に関する 21 問の選択式質問で構成され，回答ごとに得点が設定されており，その合計点でうつ状態を判定する [7]．しかし，自記式の評価手法の場合，患者の主観や経験に強く依存し，虚偽申告に弱いため，自覚症状が小さい初期段階では正確な判定は困難である．

これに対し，脳機能計測や生理信号，身体動作計測など定量的な計測によって，うつ病の病態解明を行う研究が

2010 年 10 月 17 日受付
† 〒 135-0064 東京都江東区青海 2-3-26
産業技術総合研究所臨海副都心センター本館 3 階
三輪　洋靖
Tel: 03-3599-8201　Fax: 03-5530-2066
E-mail: h.miwa@aist.go.jp

行われている．岡本らは fMRI を用い，言語流暢性課題や GO/NOGO 課題などの脳賦活課題におけるうつ病患者の脳機能計測や，うつ病の臨床症状に関連した脳賦活課題の作成を行っている [8]．また，鈴木らは身体動作，特に両手を左右に反復開閉する動作とポジティブ・ネガティブな気分状態の関連性を明らかにしている [9]．

われわれも，全身のホメオスタシスを司る脳機能の変化は生理信号や運動などに影響を与え，うつ病のようなメンタルヘルスの低下は生理信号の変化として現れると考えている．そして，図 2 のように，うつ病の代表的症状である自律神経障害，睡眠障害，気力低下について，症状から生理信号へと段階的に細分化することで，生理信号からうつ病を推定するモデルを提案してきた [10-12]．本論文では，うつ病の代表的な症状の一つである睡眠障害に着目し，健常者およびうつ病患者の睡眠について，その比較手法と長期計測による比較結果について報告する．以下，第 2 章で睡眠の質の計測，第 3 章で睡眠深度の計測，第 4 章で睡眠の質の長期計測実験について述べる．第 5 章はまとめである．

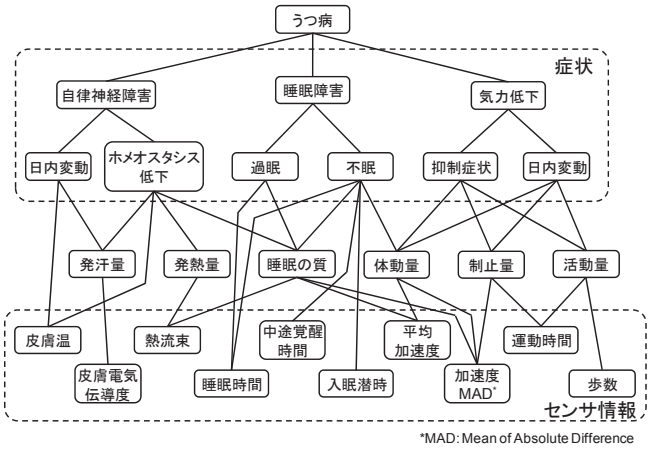


図 2　うつ病モデル

2. 睡眠の質の計測

2.1 睡眠の質得点

ヒトにとって睡眠は心身の休息と疲労回復のために必須の生理機能である．また，日常における睡眠管理において，単純な睡眠時間の長短だけではなく，その内容も重要な要素と考えている．しかし，睡眠中は無意識状態であるため，自身で睡眠状態を認知することは難しい．

ヒトの睡眠は，大きくノンレム睡眠とレム睡眠に分類され，ノンレム睡眠はさらに 4 段階の睡眠深度で表現される．通常，入眠後すぐに最も深い睡眠状態に入り，その後レム睡眠とノンレム睡眠を約 90 分周期で交互に繰り返す [13]．睡眠状態の定量的な計測手法としては終夜睡眠ポリグラフ検査 (PSG) が標準となっている [14]．PSG では脳波や心電図，呼吸波形など複数の生理信号を同時に計測し，睡眠中の脳活動から睡眠深度などを計測する．計測精度は高いが，大がかりな計測装置と専門家の補助が必要で，容易な計測手法とは言えない．さらに，体中に電極やセンサを付ける，専用の計測室での睡眠と，普段と同様の睡眠を取ることは困難である．より簡易な計測手法としては，アクチグラフによる睡眠の検出 [15,16] や，睡眠中の体動計測による睡眠深度の推定 [17]，睡眠中の脈波状態による睡眠状態の推定 [18] に関する研究が行われている．

われわれは，深いノンレム睡眠は心身の疲労回復に強く寄与し，レム睡眠は記憶の固定に寄与し，ノンレム睡眠とレム睡眠の比率は適当な比率になることが望ましいと考えている．また，うつ病ではレム睡眠の時間が増加することが知られている [19]．そこで，本研究では，全睡眠時間に対する深いノンレム睡眠時間の割合を睡眠の質と定義し，式 (1) に示すように，睡眠の質得点 (SQS: Sleep Quality Score) Q で表した．

$$Q = \frac{S_D}{S} \tag{1}$$

Q: 睡眠の質得点 (SQS)
S: 全睡眠時間 min
S_D: 深い睡眠時間 min

2.2 短時間睡眠の質得点

前節で提案した SQS は睡眠全体に対する質を評価した．しかし，図 3 のように，睡眠深度の変化が全く異なる場合でも SQS は等しくなってしまうため，睡眠状態を正確に表せない場合もある．そこで，睡眠中に生じる睡眠状態の変化を評価するため，図 4 のように，睡眠を一定時間ごと (本研究では 90 min に設定) の睡眠セクションに分割した．そして，各セクションにおける睡眠の質を短時間睡眠の質得点 (S-SQS: Short-time Sleep Quality Score) と名付け，式 (2) によって算出し，入眠から覚醒までの睡眠状態の変化を評価可能とした．

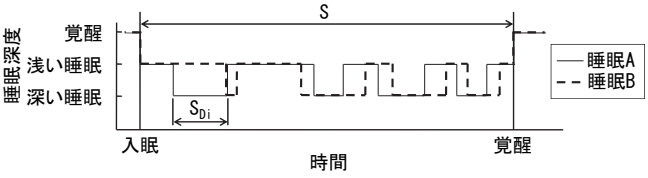


図 3　睡眠の質得点 (SQS) と睡眠深度の関係

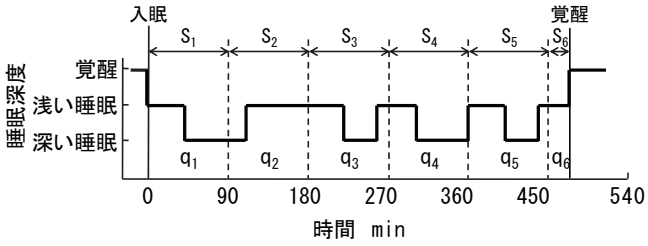
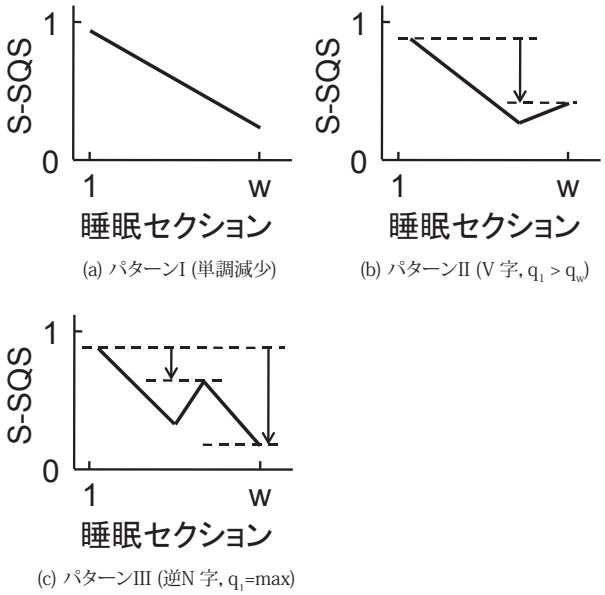


図 4　睡眠セクションが 90 min n場合の短時間睡眠の質得点 (S-SQS)

$$q_i = \frac{s_{Di}}{s_i}$$
$$w = \frac{S}{d} \qquad (2)$$

q_i: 睡眠セクション i の短時間睡眠の質得点
s_{Di}: 睡眠セクション i の深い睡眠時間 min
s_i: 睡眠セクション i の睡眠時間 min
i: 睡眠セクション番号 (i = 0, 1, 2..., w-1, w)
w: 睡眠セクション数
S: 全体の睡眠時間 min
d: 睡眠セクションの時間 (d = 90 min)

一般的なヒトの睡眠の場合，覚醒に向けて浅い睡眠の割合が増えていくため，S-SQS は入眠直後が高く，覚醒に向けて徐々に低下していくことと考えられる．しかし，入眠障害の場合，入眠直後の S-SQS の低下が，中途覚醒では睡眠中盤での S-SQS の低下が予想される．そこで，S-SQS の変化から，睡眠状態を評価できると考え，図 5 のように S-SQS が減少傾向をとなる 3 種類のパターンを標準 SQS 変動パターンと名付け，標準 SQS 変動パターンを示した睡眠の割合を標準 SQS 変動率と定義した．



(a) パターンI (単調減少)　(b) パターンII (V 字, $q_1 > q_w$)

(c) パターンIII (逆N 字, q_1=max)

図 5　標準 SQS 変動パターン

3. 睡眠深度の計測

3.1 睡眠深度の計測

SQS および S-SQS の算出に必要な睡眠深度の計測は，前節でも紹介した PSG による計測が主流である [14]．しかし，新美らによると，睡眠中の時間当たりの体動量は睡眠深度が深くなるにつれて増加することが報告されている [20]．また，城らは赤外線モーションセンサを用いて睡眠中の体動を計測し，体動間隔から睡眠の浅い深いを推定する方法を提案している [17]．

そこで，簡易的に深い睡眠を検出する方法として，本研究では睡眠中の体動の一種である「寝返り動作」に着目し，その頻度から深い睡眠を検出している．具体的には，寝返りと寝返りの時間間隔を算出し，式 (3) のように，その時間間隔が閾値以上の場合を深い睡眠，閾値未満の場合を浅い睡眠 (レム睡眠を含む) とした．本研究では閾値を T_1 = 20 と設定した．図 6 に入眠から覚醒までの寝返りと睡眠深度の変化の例を示す．

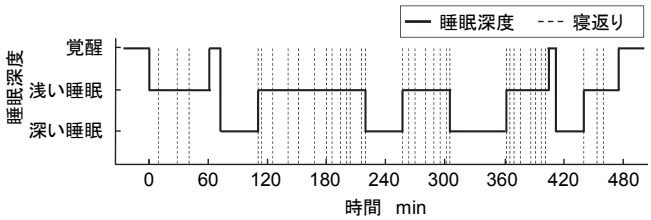


図 6　寝返りの間隔による睡眠深度の推定

$$Deep\ Sleep: R_i - R_{i-1} \geq T_1$$
$$Light\ Sleep: R_i - R_{i-1} < T_1 \qquad (3)$$

R_i: 寝返り時刻 (i > 1)
T_1: 閾値 (T_1 = 20 min)

3.2 寝返りの検出

寝返りとは睡眠中の無意識な体動であり，上肢の回転を含むことが多い．同一箇所の圧迫によるうっ血の防止，痛みの緩和，寝床内の温湿度調節のため，1 晩の睡眠中に 20 ～ 30 回生じる [13]．本研究では，寝返りを睡眠中に体幹が静止した状態から回旋し，再度静止するまでの一連の動きと定義し，四肢のみの動作，例えば，腕の振り上げ，脚の曲げ伸ばしなどは寝返りとはみなさないことにした．

すると，寝返りは体幹の回旋運動と並進運動からなり，回旋運動の方が支配的となる．そこで，本研究では，2 軸加速度計を右上腕部に装着し，上腕の接線方向，すなわち，横断面内正面方向の横断軸 (Transverse 軸) と，肩から指先に向かう回旋軸 (Longitudinal 軸) の加速度を計測した．そして，平均加速度および加速度 MAD (Mean of Absolute Difference：加速度の絶対変化量の平均値) を算出した．睡眠中は安静状態が長時間継続するため，平均加速度における体動の影響は相対的に小さく，体の向きによる重力加速度の変化を計測できる．一方，加速度 MAD は運動強度の指標としても用いられ，瞬間的な運動の大きさを計測できる．

寝返りの検出には，回旋方向の体動量を示す指標として式 (4) のように時刻 t における平均加速度 A_T，A_L から求められる姿勢変化量 P と加速度 MAD (2 軸) を用い，式 (5) のように，これらの指標が閾値を同時に越えた場合に寝返りと判定した．なお，寝返りは睡眠中の現象であるため，中途覚醒や輾転反側の影響を避けるため，睡眠状態の時間のみを検出対象とした．

$$P_t = \left(A_{Tt} - A_{Tt-1}\right)^2 + \left(A_{Lt} - A_{Lt-1}\right)^2 \quad (4)$$

$$\begin{cases} P_t > T_2 \\ M_{Tt} > T_3 \\ M_{Lt} > T_4 \end{cases} \quad (5)$$

P: 姿勢変化量
A_T: 横断軸平均加速度
A_L: 回旋軸平均加速度
M_T: 横断軸平均加速度 MAD
M_L: 回旋軸平均加速度 MAD
T_i: 閾値 (i = 2, 3, 4)

4. 睡眠の質の長期計測

4.1 計測装置

うつ病のように周期が長い精神状態の変化を計測するためには，長期間にわたる日常的な計測が望ましい．したがって，身体の拘束度が低く，非侵襲で身体的・精神的負荷が小さい，かつ，日常生活を制限しない計測方法が求められる．この要求を満たす計測方法として，われわれはウェアラブルセンサによる計測が最適と考え，本研究では図 7(a) に示した SenseWear Pro3 Armband (BodyMedia Inc.，以下 SenseWear) を使用した．



(a) センサ全体図



(b) 右上腕部への装着と座標系

図 7　SenseWear Pro3 Armband の外観と座標系

SenseWear は図 7(b) のように右上腕部に巻き付けるようにして装着する非侵襲・無拘束のウェアラブルセンサで，加速度 (2 軸)，皮膚表面温度，皮膚周辺温度，熱流束，皮膚電気伝導度を同時に計測・記録できる．記録したデータはオフラインで PC に取り込み，消費エネルギー，歩数，臥位・睡眠・運動の有無が算出される [21-23]．各センサのサンプリング周波数は 32 Hz であるが，長時間の信号記録のため，信号の記録周期は SenseWear の標準値である 1 min とした．

4.2 睡眠の質得点の長期連続計測

うつ状態による SQS の変化を確認するため，健常者と大うつ病患者 (MDD, Major Depressive Disorder) の SQS の長期計測実験を行った．実験には健常者 3 名 (実験参加者 A-C，男性，平均年齢 31.0 歳)，うつ病患者 2 名 (実験参加者 D, E，男性，平均年齢 41.5 歳) が参加した．実験期間は同一の 4 ヶ月間で，実験参加者は SenseWear を装着して睡眠を取った．実験期間中，生活の制限は加えず，睡眠中にセンサが外れるなどによって正確な計測が行えなかった場合は計測結果から削除した．本実験は産業技術総合研究所人間工学実験委員会で審査，承認され，いずれの実験参加者に対しても実験の主旨を説明し，実験に同意を得た上で実施した．実験の結果，86 ～ 106 日分の有効な計測データが得られた．実験参加者の平均睡眠時間は 378 min で，平均睡眠時間が最短であった実験参加者 B と最長であった実験参加者 D の間にのみ，t 検定で有意水準 1 % の有意差が確認された (図 8)．しかし，実験参加者 B-D 間以外に有意差はなく，実験参加者の平均睡眠時間はほぼ同一であったといえる．これ

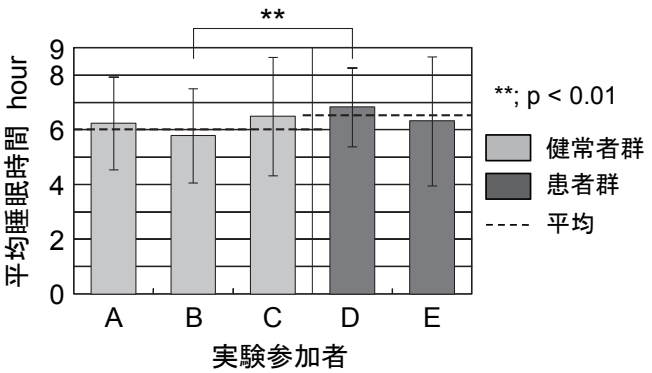


図 8　実験結果：SQS の長期連続計測における平均睡眠時間の比較

に対し，SQS の全実験参加者の平均値は 0.57，健常者群の平均値が 0.63，患者群の平均値が 0.49 であった．各実験参加者間で平均 SQS を比較すると，健常者群は平均 SQS の高低により 2 群に分類されたが，健常者群に対して，患者群の平均 SQS は t 検定の有意水準 1% で有意に低いことが確認された (図 9).

睡眠の質の低下の要因としては，健常者群 - 患者群間の年齢差，すなわち，加齢による深い睡眠時間の減少も考えられるが，同一参加者，同一年齢であっても睡眠の質

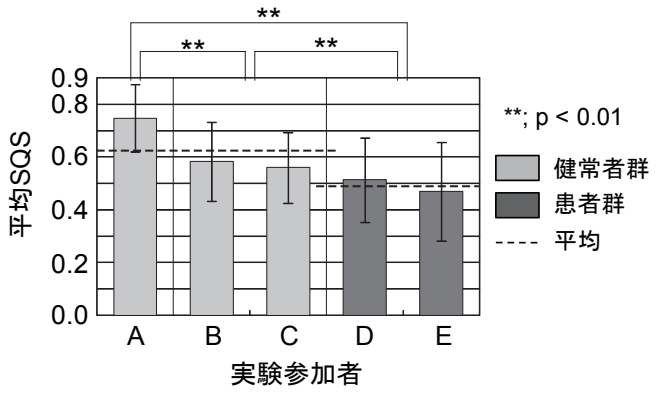


図 9　実験結果：SQS の長期計測実験における平均 SQS の比較

は変化するため，加齢による影響よりも心身の状態による影響の方が大きいと考える．したがって，うつ病，すなわち，継続的なうつ状態が，睡眠深度を浅くし，睡眠の質を低下させたと考えられる．一方，健常者間においても，実験参加者 A の平均 SQS は実験参加者 B，C よりも有意に高く，何らかの心身の状態の差異が現れた可能性が考えられる．しかし，本実験の計測結果からはその原因を特定するには至らなかった．

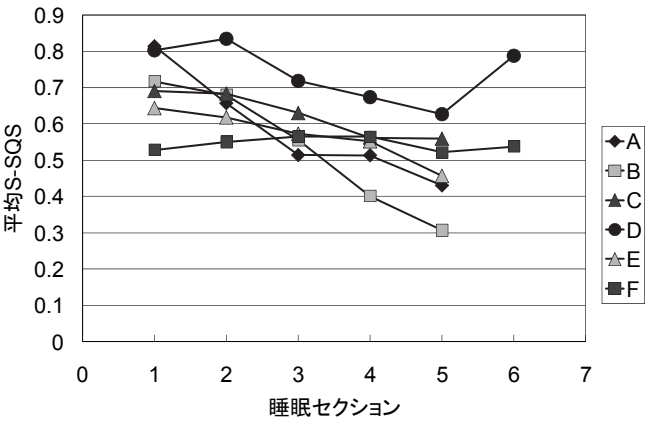
4.3 短時間睡眠の質得点の長期連続計測

うつ状態が標準 SQS 変動率に与える影響を調査するため，健常者およびうつ病患者の睡眠の質を長期連続計測した．実験には健常者 6 名 (実験参加者 A-F，男性，平均年齢 40 歳)，うつ病患者 2 名 (実験参加者 G,H，男性，平均年齢 42 歳)，躁うつ病患者 1 名 (実験参加者 I，男性，年齢 38 歳) が参加した．前節の実験同様，実験参加者は SenseWear を装着して睡眠を取った．計測は 50 ～ 875 日間行い，正確な計測が行えなかったデータは削除した．また，実験参加者 G，I は実験期間中に病状が変化したため，うつ状態が回復した非うつ期 (G_N，I_N) と，うつ状態が継続しているうつ期 (G_D，I_D) に分けて解析を行った．本実験も産業技術総合研究所人間工学実験委員会で審査，承認され，いずれの実験参加者に対しても実験の主旨を説明し，実験に同意を得た上で実施した．

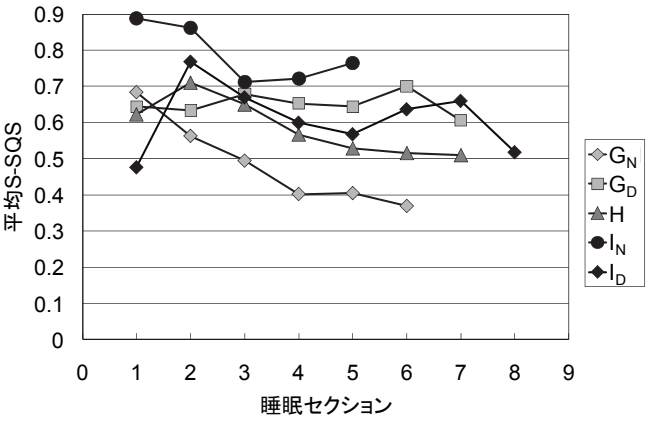
表 1　実験結果：S-SQS の長期連続計測における平均睡眠時間

実験参加者	状態	実験期間	睡眠時間 min	
			平均	SD
A	健常	178	354	126
B		820	355	100
C		261	380	116
D		630	360	91
E		341	423	64
F		250	384	128
G_N	大うつ病（非うつ期）	176	407	99
G_D	大うつ病 (うつ期)	117	465	163
H		408	435	163
I_N	躁うつ病 (非うつ期)	27	324	109
I_D	躁うつ病（うつ期）	21	623	167

各実験参加者の平均睡眠時間を表 1 に示す．個人内の睡眠時間のばらつきを統制するため，各実験参加者の平均睡眠時間 ± 1 標準偏差を解析対象とした．その結果，図 10 に示す通り，各実験参加者の睡眠セクションごとの平均 S-SQS は，実験参加者 E を除く健常者群では減少傾向を示し，平均 S-SQS は入眠直後に高く，覚醒直前に低くなった．これに対し，患者群では，平均 S-SQS のセクションごとの変化は小さく，実験参加者 G_D は平坦な傾向を，実験参加者 H はわずかな減少傾向を，実験参加者 I_D は M 字型の傾向を示した．また，患者群であっても非うつ期の実験参加者 G_N，I_N の S-SQS は減少傾向を示しており，うつ期よりも健常者群に近い傾向を示した．



(a) 健常者群



(b) 患者群

図 10　実験結果：S-SQS の長期連続計測における平均 S-SQS

睡眠セクションごとに S-SQS を比較すると，入眠直後である第 1 睡眠セクションにおいて，健常者群の平均 S-SQS は患者群よりも有意に高かった (t 検定，$p < .01$)．しかし，覚醒直前の睡眠セクションでは，一部の実験参加者間に有意差が認められるものの，健常者の方が高い場合と低い場合が混在し，全体として有意差があるとは認められなかった．

そして，健常者群とうつ病患者群の標準 SQS 変動率は，健常者群の平均値が 39.4 %，患者群の平均値は 23.0 % であり，健常者群の標準 SQS 変動率の方が 1.7 倍高くなった (図 11)．また，実験参加者 G に関して，非うつ期 (G_N) の標準

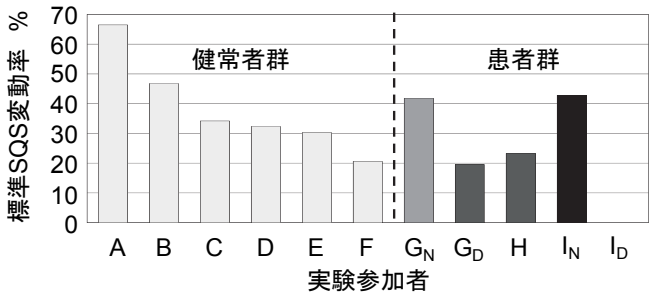


図 11　S-SQS の長期連続計測による標準 SQS 変動率

SQS 変動率の方がうつ期 (G_D) より 2.1 倍高く，健常者群 - 患者群間と同様の傾向が確認された．

以上より，うつ状態は，特に入眠直後の深い睡眠を抑制しており，その結果として，健常者では時間とともに減少傾向であった S-SQS がうつ病患者では平坦な傾向になり，うつ病患者群の標準 SQS 変動率が低下したと考えられる．

5. まとめ

本論文では，患者数の増加が社会問題化しているうつ病について，その代表的な症状の一つである睡眠障害に着目し，健常者およびうつ病患者の睡眠状態の比較を行った．具体的には，全睡眠時間に対する深い睡眠時間が占める割合を睡眠の質得点 (SQS) として提案した．さらに，睡眠を 90 min ごとの睡眠セクションに分割し，セクションごとの睡眠の質を短時間睡眠の質得点 (S-SQS) とし，S-SQS が入眠から覚醒に向けて減少傾向となる睡眠の割合を標準 SQS 変動率として提案した．そして，健常者 3 名，うつ病患者 2 名に対して，4 ヶ月間の SQS の計測を行い，健常者群の平均 SQS が患者群よりも有意に高いことを確認した．また，健常者 6 名，うつ病患者 2 名，躁うつ病患者 1 名に対して最大 875 日間の標準 SQS 変動率の計測を行い，健常者群の標準 SQS 変動率が患者群よりも 1.7 倍高いことを確認した．以上の結果より，継続的なうつ状態が，睡眠深度を浅くし，睡眠の質得点や標準 SQS 変動率の低下をもたらしたことが示唆された．

本稿では，健常者群とうつ病患者群の睡眠状態を比較したに留まっているが，将来的には，本研究をうつ病の早期発見技術やメンタルヘルス管理技術へ展開したいと考えている．そのためには，より多人数を対象とした検証実験によって，提案指標の検証を行う予定である．さらに，健常者群と患者群の関係だけではなく，個人内における精神状態と睡眠の質の関係を明らかにするとともに，自律神経系や気力低下など睡眠以外の要素に関するモデル化と計測方法を確立し，多指標による評価システムの構築を目指したいと考えている．

謝　辞

本研究は平成 19 年度，平成 20 年度科学研究費補助金 (課題番号：19700558) の支援のもと行われました．また，研究指導，長期計測実験のご協力を頂きました梅田忠敬先生 (筑波大学)，実験参加者の皆様に感謝の意を表します．

参考文献

1) Cross-National Collaborative Group: The changing rate of major depression. Cross-national comparisons, JAMA, 268 (21), 3098-3105, (1992).
2) 厚生労働省 : 平成 17 年患者調査 , 厚生労働省統計表データベース , http://wwwdbtk.mhlw.go.jp/toukei/index.html (accessed January 28, 2008).
3) American Psychiatric Association: DSM-IV-TR 精神疾患の分類と診断の手引 (高橋 三郎 , 大野 裕 , 染矢 俊幸訳), 339-365, 医学書院 , (2005).
4) Mathers, Colin D., Loncar, Dejan: Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030, PLoS Medicine, 3 (11), 2011-2030, (2006).
5) 厚生労働省 : 自殺・うつ対策の経済的便益（自殺やうつによる社会的損失）, プレスリリース , (2010).
6) 大庭 さよ，増田 智美，島 悟 : うつ病 自己評価尺度 , 臨床精神医学 , 増刊号 , 233-241, (2004).
7) Beck, A.T., Ward, C.H., Mendelson, M., Mock, J., Erbaugh, J.: An inventory for measuring depression, Archives of General Psychiatry, 4, 561-571, (1961).
8) 岡本 泰昌 , 岡田 剛 , 上田 一貴 , et al.: 情動・行動の脳内機構に関する fMRI 研究 －うつ病の病態解明に向けて－ , 心身医学 , 45 (6), 439-447, (2005).
9) 鈴木 平 , 春木 豊 : 気分状態と関連性がみられた手の動作の特徴 , 感情心理学研究 , 8 (1), 1-13, (2001).
10) Miwa, H.: Sleep quality measurement of healthy people and patients with depressive disorders, Proceedings of First International Symposium on Quality of Life Technology, (2009).
11) Miwa, H., Sasahara, S., Matsui, T.; Roll-over Detection and Sleep Quality Measurement using a Wearable Sensor, Proceedings of 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1507-1510, (2007).
12) Miwa, H, Sasahara, S., Matsui, T.: New Mental Health Index based on Physiological Signals at Transition between Arousal and Sleeping State, 6th International Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine 2007 Proceedings, 205-208, (2007).
13) 野崎 真奈美 : 高齢者における寝返り動作の分類と身体特性による推奨パターンの予測 , 23, 早稲田大学人間科学学術院 , (2005).
14) Colman, A. M.: A Dictionary Psychology, 585 and 648, Oxford University Press, (2006).
15) Cole, R.J., Kripke, D.F., Gruen, W., et at.: Automatic Sleep/Wake Identification From Wrist Activity, Sleep, 15 (5),

461-469, (1992).
16) Sadeh , A., Sharkey, K.M., Carkadon, M.A.: Activity-Based Sleep-Wake Identification: An Empirical Test of Methodological Issues, Sleep, 17 (3), 201-207, (1994).
17) 城 和男 , 萩原 哲 : 赤外線モーションセンサを用いた睡眠時体動の評価 , 生体医工学 , 47 (1), 7-14, (2009).
18) 森屋 彰久 , 鈴木 琢治 , 大内 一成 , 亀山 研一 : 脈派情報を用いた睡眠状態推定とその応用 , ヒューマンインターフェース学会論文誌 , 10 (2), 207-214, (2008).
19) Benca, R.M.: SLEEP IN PSYCHIATRIC DISORDERS, Neurologic Clinics, 14 (4), 739-764, (1996).
20) 新美 良純 , 堀 忠夫 : 睡眠 - その生理心理学 -, 123, 培風館 , (1974).
21) Sunseri, M., Liden, C.B., Farringdon, J., et al.: The SenseWear Armband as a Sleep Detection Device, BodyMedia internal white paper.
22) Andre, D., Teller, A.: Health. Care. Anywhere. Today., Future of Health Technology-2, 1-23, (2005).
23) Teller, A.: A platform for wearable physiological computing, Interacting with Computers, 16 (5), 917-937, (2004).



三輪　洋靖（みわ　ひろやす）
1999 年 3 月早稲田大学理工学部機械工学科卒業．2001 年同大学大学院理工学研究科博士前期課程修了．2004 年 9 月学位取得．博士（工学）．早稲田大学理工学部機械工学科助手，早稲田大学先端科学・健康医療融合研究機構客員研究助手を経て，2005 年 4 月産業技術総合研究所入所．デジタルヒューマン工学研究センター研究員として，ウェアラブルセンサによるストレス計測に関する研究等に従事．

笹原　信一朗（ささはら　しんいちろう）
1999 年 3 月筑波大学医学専門学群卒業．2003 年 3 月同大学大学院医学研究科博士課程修了，博士（医学）．筑波大学大学院医学研究科博士特別研究員，筑波大学大学院人間総合科学研究科講師，医療法人清風会ホスピタル坂東健診部長を経て，2008 年 4 月筑波大学大学院人間総合科学研究科講師．生命システム医学専攻小野寺記念明日佳 長寿医学寄付講座講師として、ウェアラブルセンサによるストレス計測に関する研究はじめ予防医学研究に従事．