

# 快適な居住環境を実現するための ICT 活用方法に関する調査研究（その1）

手首型心拍数計の信頼度に関する報告及び

自然光や LED 照明を用いて目覚めを促した場合の起床時睡眠感・心拍数に関する報告

木村文雄<sup>\*1</sup>・太田周彰<sup>\*2</sup>・田中佑奈<sup>\*3</sup>

## 要旨

日中における心拍変動と睡眠時における心拍変動との関係が睡眠にどのように影響を与えるのか、また睡眠の質がその後の心拍変動にどのような影響を与えるのかを把握するための調査にて利用することを踏まえ、手首型の心拍計による心拍データと一般医療機器クラス I の体動センサーとして登録されている非接触型体動センサーによって取得される心拍データの相関関係を把握し、2種類の機器データを用いて調査分析に利用することが可能であるかの検討を行った結果、非接触型体動センサーによって得られたデータを移動平均によって数字を丸めることで、一定の相関が見られることが把握された。

この非接触型の体動センサーおよび手首型の心拍計を利用して、起床時に人工照明を照射することで目覚めを促した場合とカーテンを自動的に開けて自然光を取り入れることで目覚めを促した場合での起床時の自己申告睡眠感や心拍数に有意な違いが見られるかどうかを確認したところ、今回の調査対象者に関しては寝室における窓とベッドの位置関係に関わらず起床時の自己申告睡眠感について、覚醒の促し方による有意な差は認められなかった。

## I 序論

現在、住宅設計において就寝に関する最適な環境についての公な基準などはなく、設計者各々の判断に委ねられている。今回の調査においては、特に寝室における目覚めの心理的快適性とその後の日常の活動に与える影響に焦点をあてて、より良い就寝状況の再現可能性についての最初の調査を行った。

従来からあるホルター心拍計を用いて日中の心拍を計測するためには被験者が身体に接触型の電極センサーを付けての生活が必要となり、日中の激しい運動時には機器自体が障害となる場合があった。現代においては手首型の心拍計が普及し、従来の大掛かりな接触型センサーを用いずともその傾向が把握することが可能となっている。この手首型の心拍数計が示す傾向データが利用可能であることが認められれば、従来よりも被験者に負担をかけることなく日中の心拍数データを参考とすることが可能となる。今回の調査は日中における心拍数の変動が如何に睡眠に影響を与えるのか、睡眠中の心拍数の変動と関連があるのかを明確にするための予備調査と位置づけている。

更に、起床時に照明の光を徐々に浴びて目が覚めると、主観的な眠気が少なくなることが報告されている<sup>1)</sup>が、今回の調査では自然光を浴びて目が覚めた場合と人工照明による光を浴びて目が覚めた場合とで、主観的な眠気に有意な差が生じるかの調査を行いその差異の有無を確認した。主観的な眠気の評価には、山本ら(1999)の開発した OSA 睡眠調査票 MA 版<sup>2)</sup>を用いて評価する。今後、主観的な睡眠感とは心拍変動データにより推定を可能とした谷田(2010)による研究報告<sup>3)</sup>を参考として心拍データによる確認を行う予定としている。

## II 調査の方法および分析の方法

### 1. 被験者

本調査では、自覚する睡眠障害がなく、呼吸循環器疾患などの既往歴のない健康成人を被験者の条件として被験者を募集した。調査協力を得た 20 代の男女各 1 名から、分析可能な手首型心拍計データセットと非接触型体動センサーデータセット各 1 夜分を得て、20 代の男性 3 名、女性 2 名から、分析可能な非接触型体動センサーデータセット及び主観的な睡眠感調査票データ 10 夜分を得た。

### 2. データ収集・処理方法

データ収集は、各個人の寝室において行った。被験者には、実験当日の飲酒状況やカフェイン摂取状況などをアンケートにより回答を得ていて、分析に利用したデータセットには適切な状況の被験者データを利用している。就寝前に非接触型体動センサー(aams,バイオシルバー社製)をベッドマットの下に設置し記録を開始、日中より装着したままの手首型の心拍計(A370,Polar 社製)を引き続き装着した状態でそれ以外はなるべく普段と変わらない状態での就寝とした。翌朝は、被験者の希望起床時間の 30 分前から徐々に LED 照明が明るくなるパターンと、希望起床時間に自動でカーテンが開くパターンで起床し、OSA 睡眠調査票を用いて起床時の主観的睡眠感を評価した。

#### 1)体動センサーの心拍データ及び手首型の心拍計データ

非接触型体動センサーは 0.5 秒毎にデータ取得が行われる。手首型の心拍計は約 2 ~ 3 分毎のデータ取得が行われている。このため両者の相関を検討する際に、非接触型体動センサーのデータを 200 区分の移動平均データも使用している。

#### 2)主観的睡眠感

OSA 睡眠調査票を用いた主観的睡眠感の内、第 1 因子である「眠気」を「起床時の自己申告睡眠感」とした。調査票は自己記入式で、16 項目全てに回答した上で、第 1 因子に該当する項目の点数のみを抽出した。得点が高い方を眠気が強くなるように処理し、カーテンが開くことにより入る自然光を取り入れた際の目覚め 5 夜分と、人工照明(Hue White ambiance,Philips 社製)により徐々に明るくなった際の目覚め 5 夜分との比較を行った。

#### 3)統計処理

本調査では、非接触型体動センサーの時刻別の心拍数の固有値と同時刻の手首型の心拍データとの相関をみるため、単相関係数によって母集団の無相関の検定を行った。また、手首型の心拍計データから体動センサーの心拍データを予想することができるかどうかを判断するため、回帰分析の決定係数を用いている。

主観的睡眠感で得られた、起床時の自己申告睡眠感を元に起床時に人工照明を照らすことで目覚めを促した場合とカーテンを自動的に開けて自然光を取り入れる場合の相関比を用い、母集団の相関費が 0 でないかどうかの検定を行った。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. 体動センサーの心拍データ及び手首型の心拍計データの相関

得られた2セットのデータを用いて、両機器の測定データの相関の確認と無相関の検定を行った。結果を表 1,2 に示す。

表 1 体動センサーの心拍データ及び手首型の心拍計データの基本統計量

		体動センサーRaw	体動センサー 200区分移動平均	手首型Raw	手首型 Raw -20BPM
被験者A	平均値	54.7	55.1	72.5	52.4
	標準偏差	10.5	6.4	5.1	5.1
被験者B	平均値	68.4	67.7	84.7	64.7
	標準偏差	9.5	6.3	5.3	5.3

表 2 体動センサーの心拍データ及び手首型の心拍計データの無相関検定サマリー

		体動センサーRaw 手首型Raw	体動センサー200区分移動平均 手首型Raw	体動センサー200区分移動平均 手首型Raw -20BPM
被験者 A	単相関係数	0.27	0.54	0.52
	自由度	148	148	148
	検定統計量t	3.411	7.805	7.406
	p値	0.000833485	9.9431E-13	9.13811E-12
		帰無仮説を棄却	帰無仮説を棄却	帰無仮説を棄却
	R <sup>2</sup>	-15.41	-0.811	0.099
		予想するのは困難	予想するのは困難	予想するのは困難
被験者 B	単相関係数	0.42	0.63	0.64
	自由度	330	330	330
	検定統計量t	8.407	14.737	15.131
	p値	1.27759E-15	4.02983E-38	1.18428E-39
		帰無仮説を棄却	帰無仮説を棄却	帰無仮説を棄却
	R <sup>2</sup>	-3.11	-0.344	-1.474
		予想するのは困難	予想するのは困難	予想するのは困難

※有意水準 0.05 帰無仮説：母相関係数が 0 である

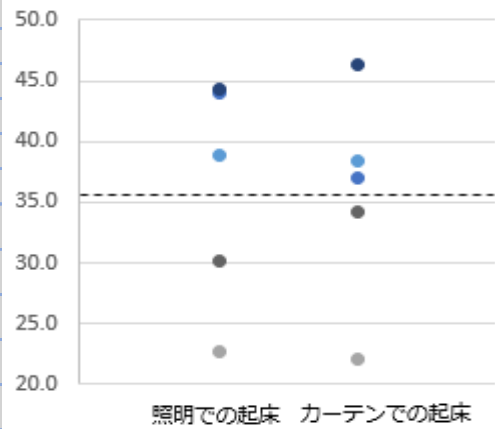
以上から手首型の心拍データは体動センサーによる心拍データに比べて、バラツキが小さい(添付)。これは機器精度としては高くないことを示していると考えられるが、体動センサーにより得たデータと同じ計測間隔程度に移動平均をとると、弱い相関が見てとれることからその心拍数の変移の傾向を見る程度には信頼できると考えられる。回帰分析による決定係数の低さから考えると、手首型の心拍データを用いて、高い精度の心拍数の予想は困難であると考えられる。

次に、起床時の自己申告睡眠感と起床時に人工照明を照らすことで目覚めを促した場合、カーテンを自動的に開けて自然光を取り入れる場合の相関比の検定結果を表 3 に示す。

表 3 起床要因と自己申告睡眠感の相関比

被験者番号	照明での起床	カーテンでの起床	
K-1	43.9	37.0	
K-2	22.7	22.0	
K-3	38.9	38.5	
K-4	44.3	46.3	
K-10	30.2	34.3	
Ave.	36.0	35.6	35.8
級内変動	2050.6	1767.3	3817.8
級間変動	2		
相関比	0.00052		

図 1 被験者毎の睡眠感の平均値分布



※被験者毎の数字は 5 日間の平均値だが、相関比の算出には全ての日のデータを使用している (付録)

以上から、起床時に人工照明を照らすことで目覚めを促した場合とカーテンを自動的に開けて自然光を取り入れる場合の目覚め方の違いによる自己申告睡眠感には殆ど差が無いことが分かった。さらにこの相関比を用いて、相関比の検定を行った結果を表 4 に示す。

表 4 起床要因と自己申告睡眠感の相関比の検定

変数	睡眠感
相関比 $\eta^2$	0.0005
F 値	0.0251
自由度1	1
自由度2	48
P 値	0.8747

有意水準 0.05 とすると、目覚め方の違いによる自己申告睡眠感との母集団における相関比は 0 では無いとは言えないことが分かった。

## IV まとめ

今回の予備調査によって、手首型の心拍データを用いて日中の心拍数の傾向をみる程度には体動センサーとの相関があることが確かめられた。夜間の詳細な調査には手首型の心拍計では詳細な状態を把握することが困難であるため、引き続き体動センサーによる心拍データの取得が有効であることが分かった。

起床時の目覚めに人工照明を利用することと、昼光照明を利用することによる自己申告睡眠感においては、今回の被験者について有意な差があるとは言えず、母集団においても相関比が0である可能性も伺えた。しかしながら今回の予備実験での被験者が20代の健康な男女に限られたこと、及びそれぞれの寝室環境も異なったことから分析結果に偏りが出たことは否めない。今後、実験環境を合わせると共に被験者を高齢者まで拡張して実験を行うことで、有意な差があるか否か明らかにしていく必要がある。

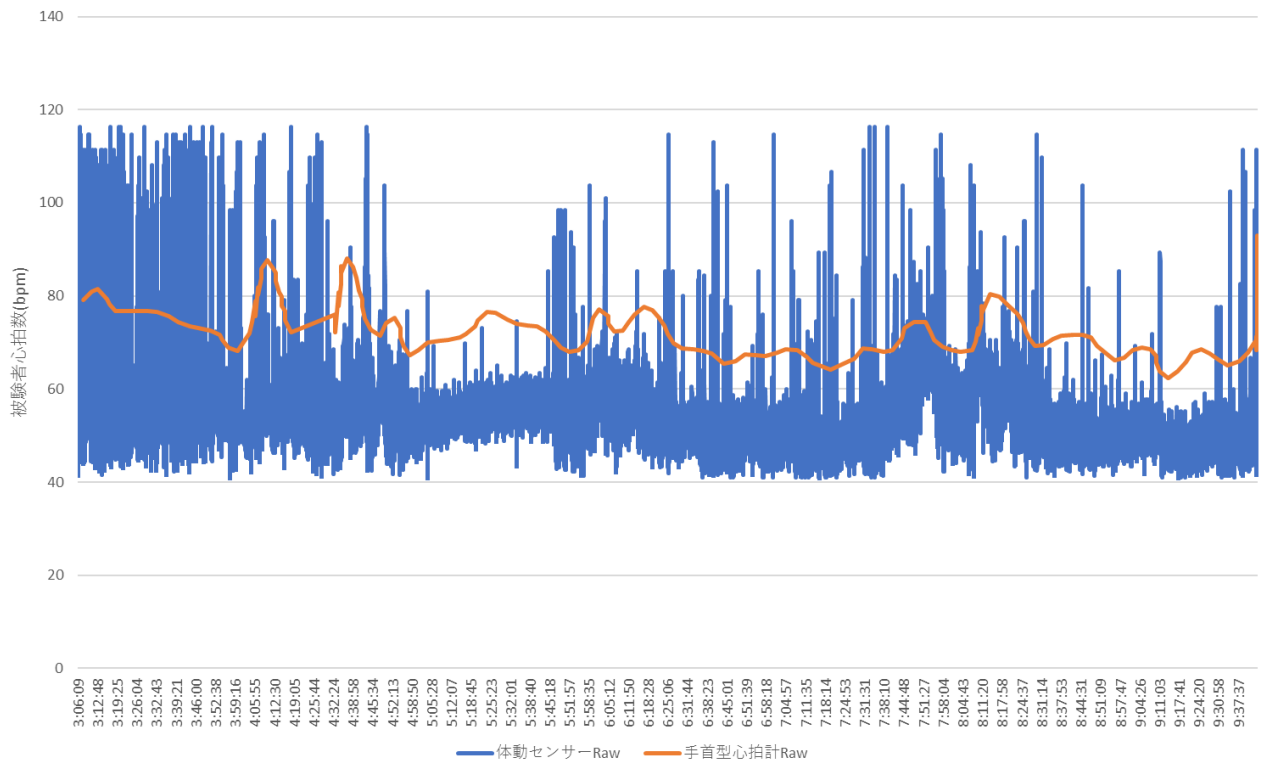
また今後、体動センサーを利用したパワースペクトルによる分析手法などを用いて、この申告と生態的な反応が一致しているのかを確かめる必要がある。

### 参考文献

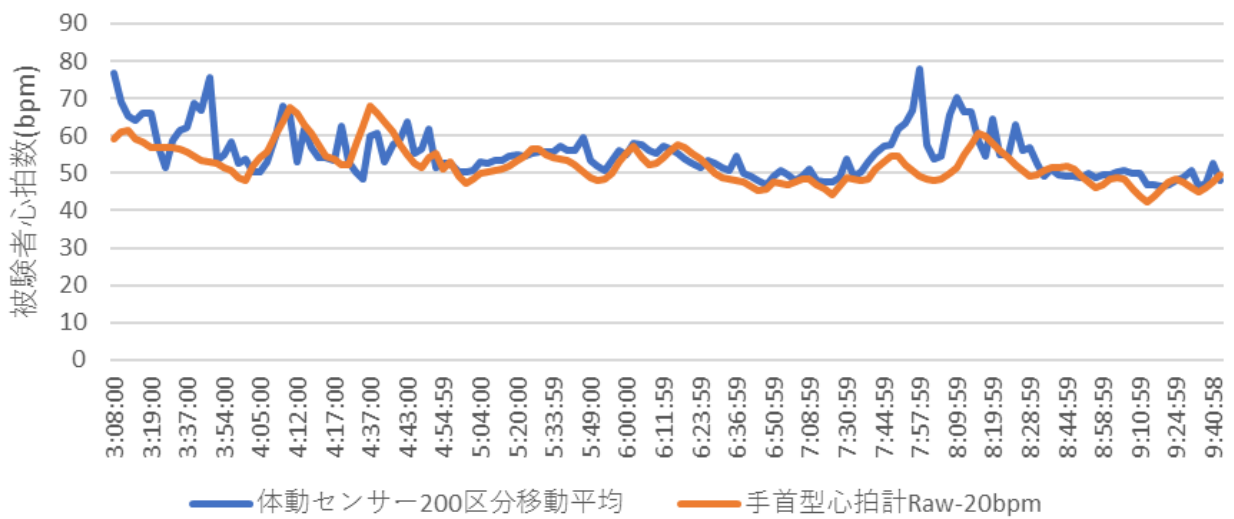
- 1) M. V. Werken, M. C. Gimenez, B. D. Vries, D. G. Beersma, E. J. Van Someren, and M. C. Gordijn. Effects of artificial dawn on sleep inertia, skin temperature, and the awakening cortisol response. *J Sleep Res*, 2010.
- 2) 山本由華吏, 田中秀樹, 高瀬美紀, 他(1999): 中高年・高齢者を対象としたOSA睡眠調査票(MA版)の開発と標準化, 脳と精神の医学, 10, 401-409.
- 3) 谷田恵子: OSA睡眠調査票による睡眠感と睡眠中の心拍変動パワースペクトル指標との関連, 日本看護技術学会誌 Vol.9, No.3  
野口公喜, 白川修一郎, 駒田陽子, 阪口敏彦: 起床前漸増光照射の目覚めへの影響-光応用による心地よい目覚めの現実-, 平成12年度照明学会第33回全国大会  
小山 恵美, 澤井 浩子: 光環境と睡眠, 公益社団法人空気調和・衛生工学会近畿支部 環境工学研究会 2015, 10  
Matsuyama, Ayaka, Study on Sleeping Improvement by the Daily Cycle Control of Illumination Lamp Irradiation, *ELCAS Journal* (2017), 2: 18-20  
西野精治: スタンフォード式 最高の睡眠, サンマーク出版

# 付録

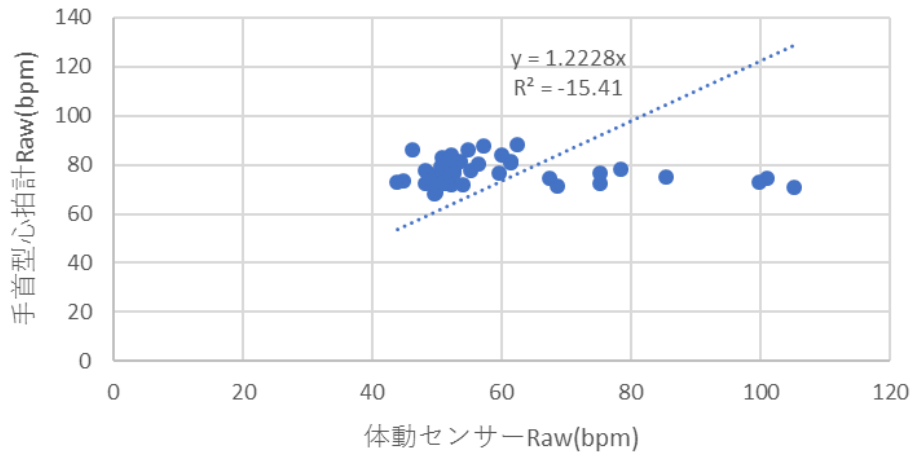
## 被験者A睡眠時心拍数



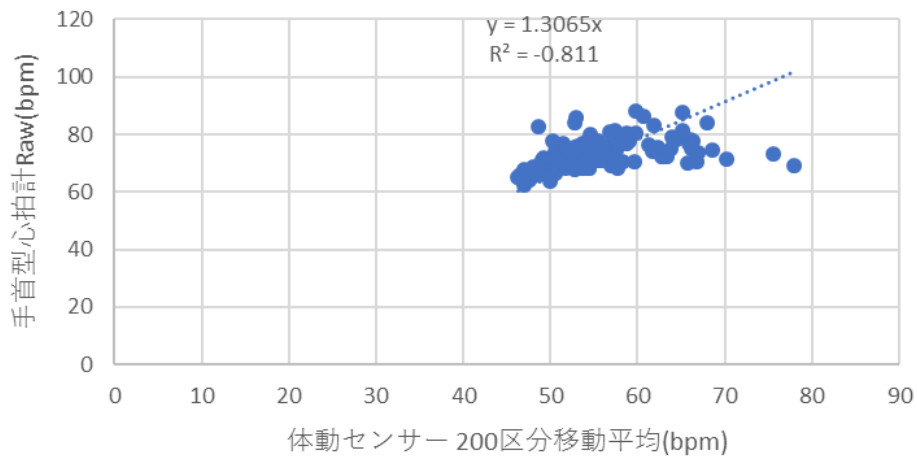
## 被験者Aの睡眠時心拍変動



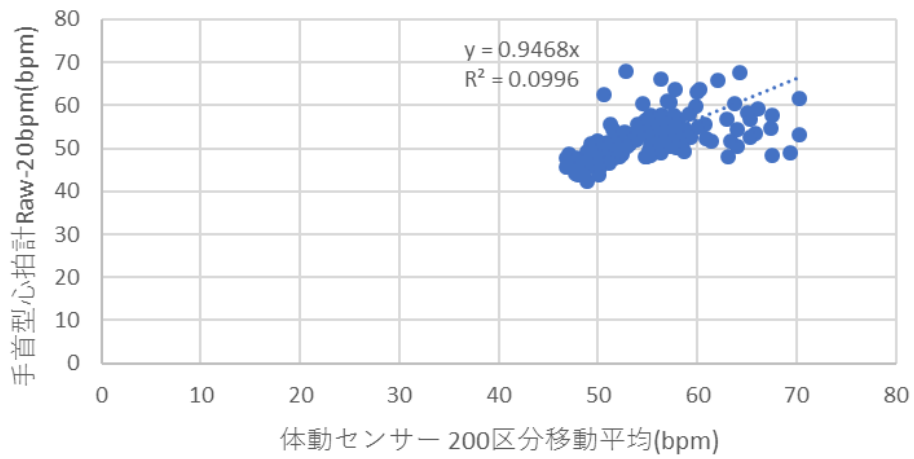
被験者A睡眠時心拍数



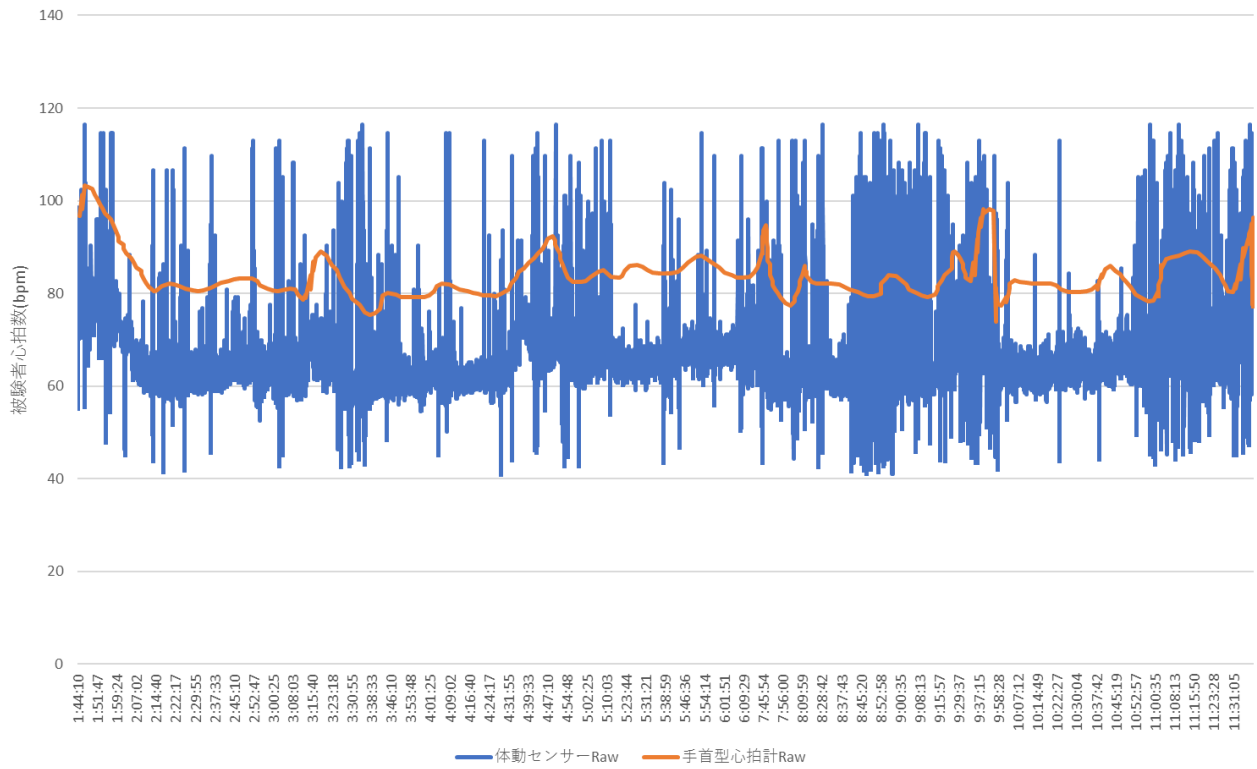
被験者A睡眠時心拍数



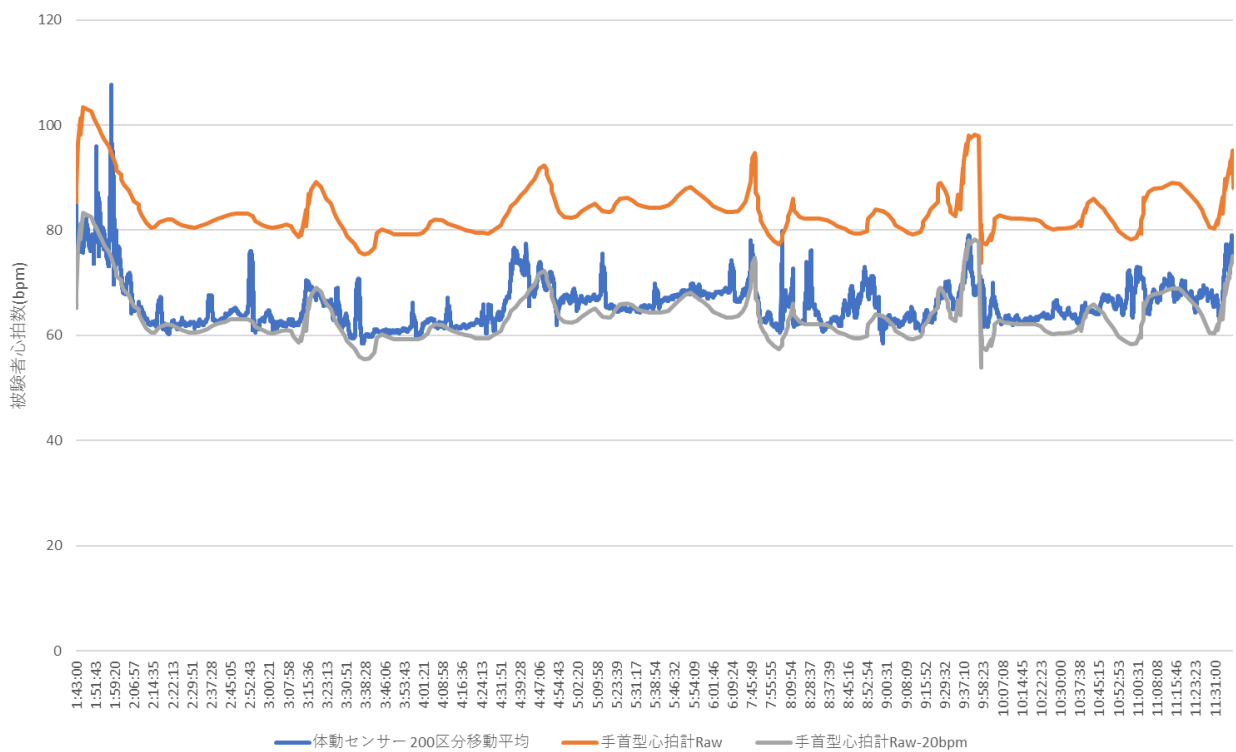
被験者A睡眠時心拍数



被験者B睡眠時心拍数

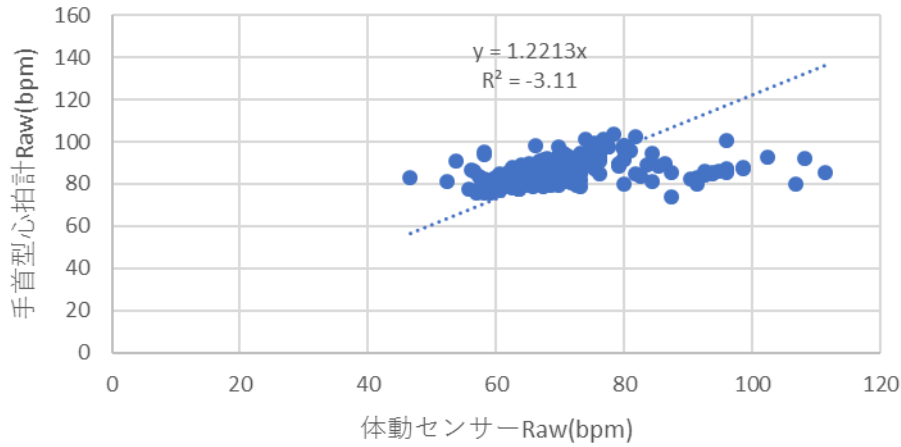


被験者B睡眠時心拍数

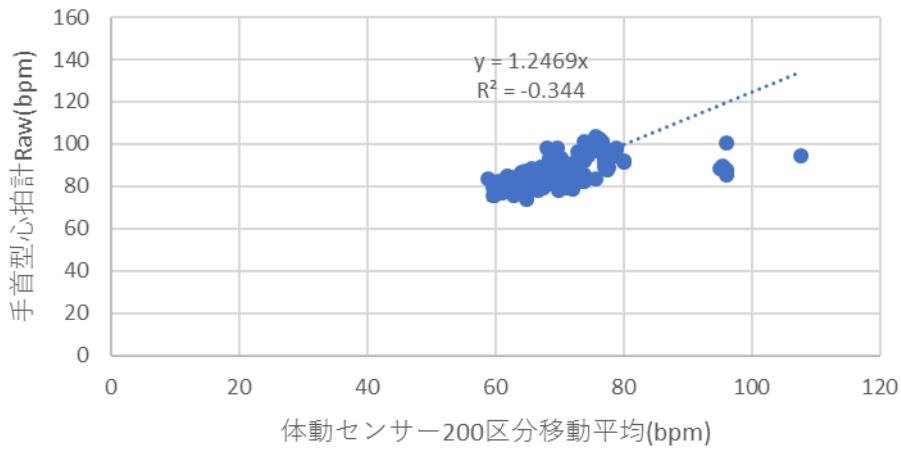




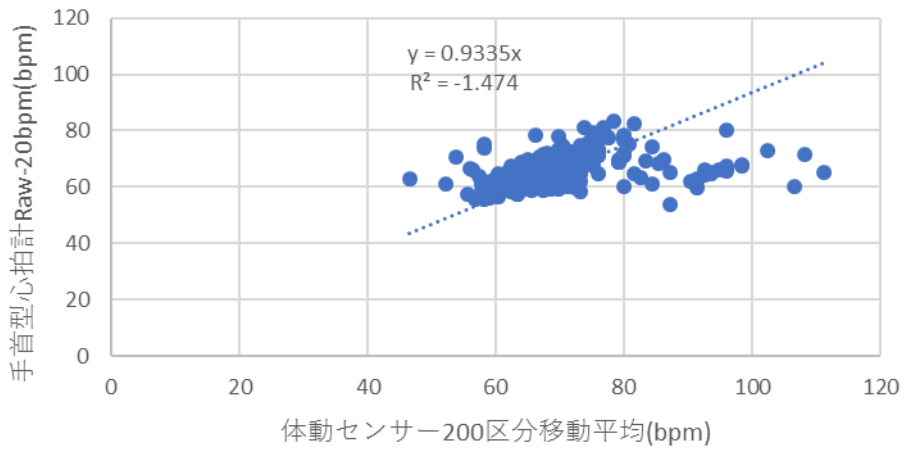
被験者B睡眠時心拍数



被験者B睡眠時心拍数



被験者B睡眠時心拍数



## 被験者の全期間の自己申告睡眠感の値

被験者番号	照明での起床	カーテンでの起床
K-1	52.7	36.3
K-1	49.3	36.3
K-1	39.0	39.7
K-1	42.3	36.3
K-1	36.3	36.3
K-2	22.0	22.0
K-2	25.7	22.0
K-2	22.0	22.0
K-2	22.0	22.0
K-2	22.0	22.0
K-3	36.3	36.3
K-3	43.0	39.0
K-3	36.3	39.0
K-3	36.3	39.0
K-3	42.3	39.0
K-4	42.3	45.7
K-4	42.3	45.7
K-4	45.7	49.0
K-4	45.7	45.7
K-4	45.7	45.7
K-10	29.7	29.7
K-10	33.0	46.0
K-10	25.7	29.7
K-10	29.7	33.0
K-10	33.0	33.0
Ave.	36.0	35.6

## 著者

\*1：近畿大学建築学部教授 \*2：近畿大学建築学部非常勤講師 \*3：近畿大学理工学部大学院