

脈波と体動による睡眠指標の定義と 睡眠段階の推定

法政大学工学部システム制御工学科
渡辺嘉二郎

1. はじめに



睡眠は疲労を回復し、心身の健康を維持するために必要不可欠

夜間の活動の増加
ストレス(自律神経失調症など)



睡眠障害による外来患者の数が1993年には1984年の約2.3倍 [平成9年度厚生白書]

睡眠による休養が不十分(23.1%) [平成9年度厚生白書]

睡眠時間が減少 8時間13分(1960年) 7時間23分(2000年) [国民の生活時間2000 NHK放送文化研究所・編]

国民の約5人に1人が不眠に悩まされている

日常の睡眠状態をモニタリングする必要がある

1. はじめに

R&K法 (国際睡眠段階判定基準)

脳波計での計測



睡眠段階は

1. 脳波
2. アゴ筋電
3. 眼球運動

により判定

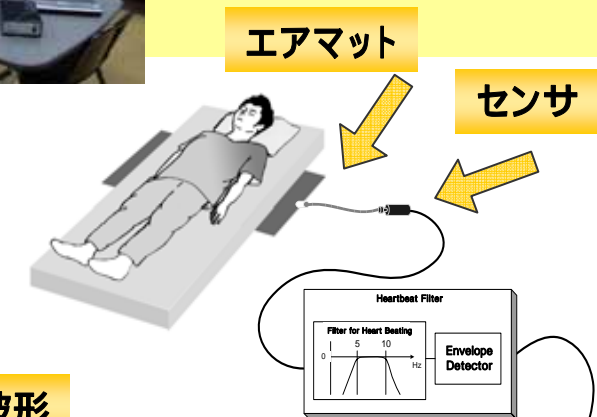
- ・ 拘束性が高い
- ・ 電極 9 個以上装着
- ・ 機器が高価
- ・ 脳波計は数百万 ~ 数千万円
- ・ 専門家の判定
- ・ 医師や技師の判断

空気圧式生体計測システム

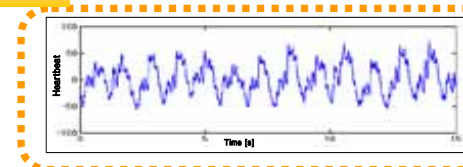


計測風景

エアマットの圧力変化で
心拍を計測



心拍波形



在宅での使用は困難



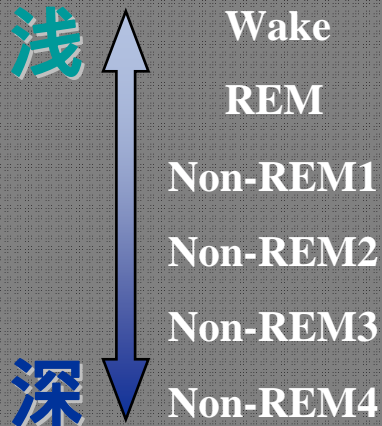
在宅で無拘束に生体情報を
計測可能

2. 睡眠指標と睡眠年齢

睡眠指標 “Sleep Index” の提案

心拍と睡眠の関係

6つの睡眠段階



眠りの深さ	心拍 (心拍数)	体動
浅い (Wake,REM,NR1)	高い、律動的	大きい、頻発
深い (NR2,NR3,NR4)	低い、周期的	小さい、偶発

睡眠学ハンドブックより

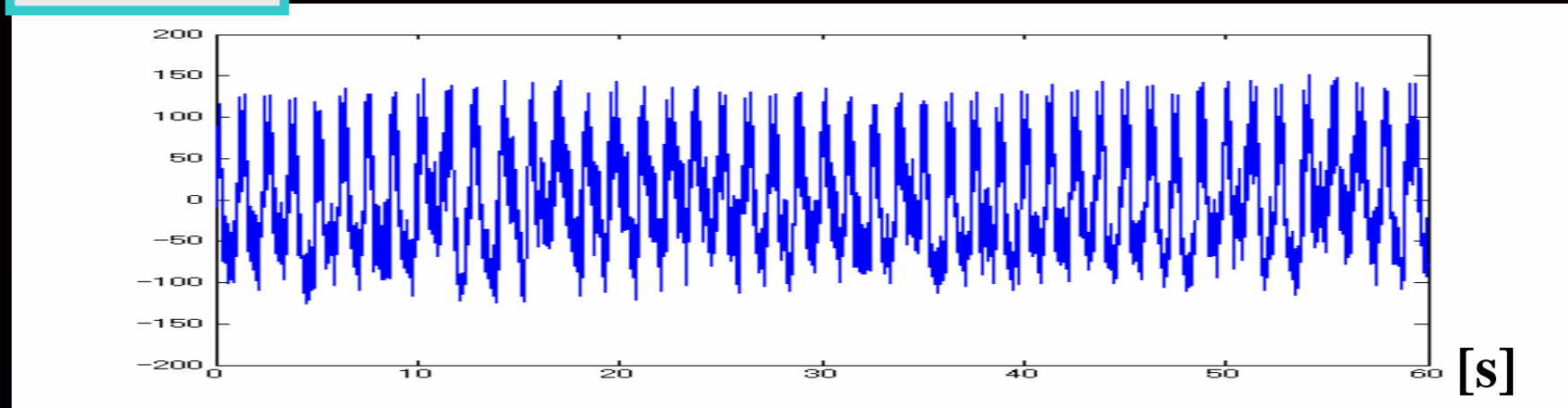
心拍・体動と睡眠の深さには関係がある

2. 睡眠指標と睡眠年齢

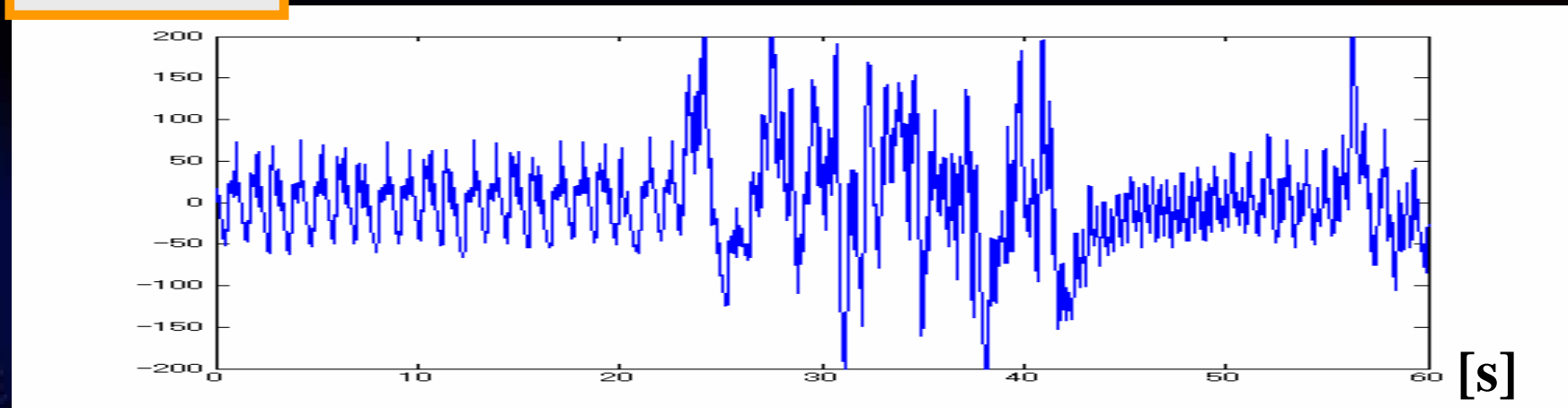
睡眠指標 “Sleep Index” の提案

心拍波形の比較

体動なし



体動あり

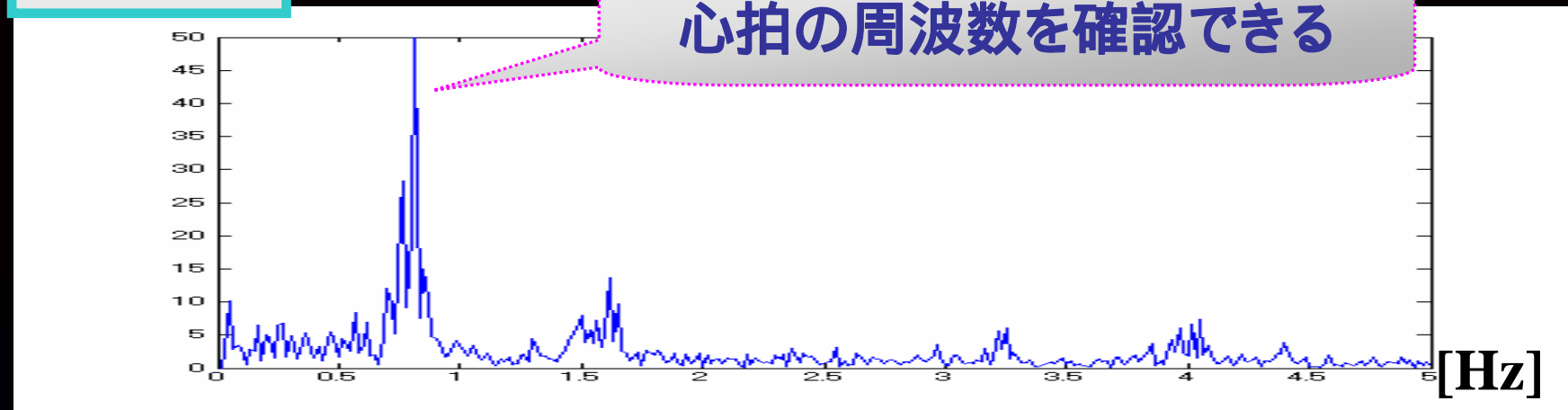


2. 睡眠指標と睡眠年齢

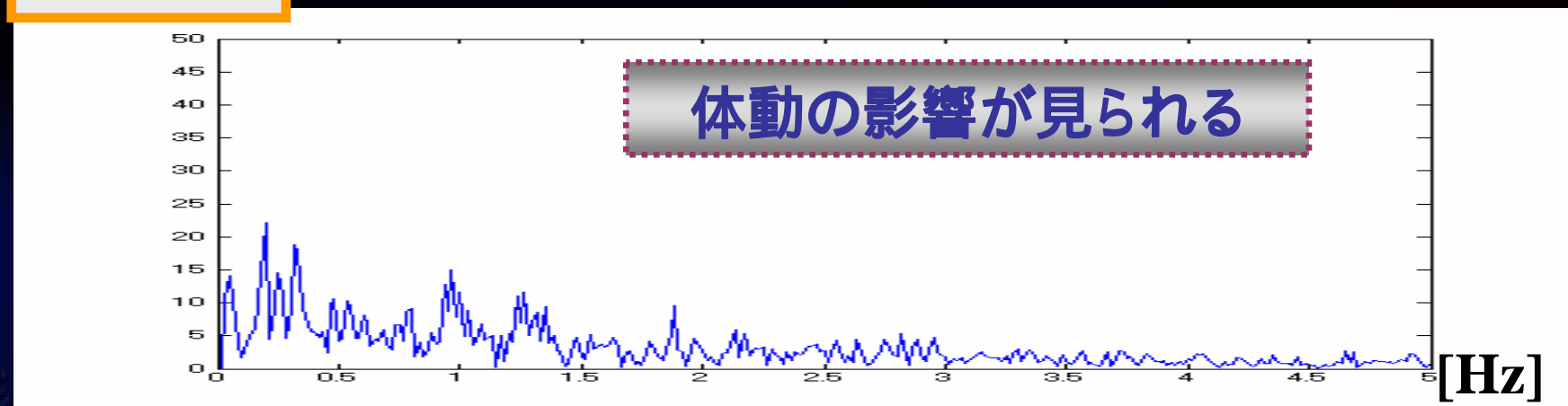
睡眠指標 “Sleep Index” の提案

心拍波形の比較

体動なし

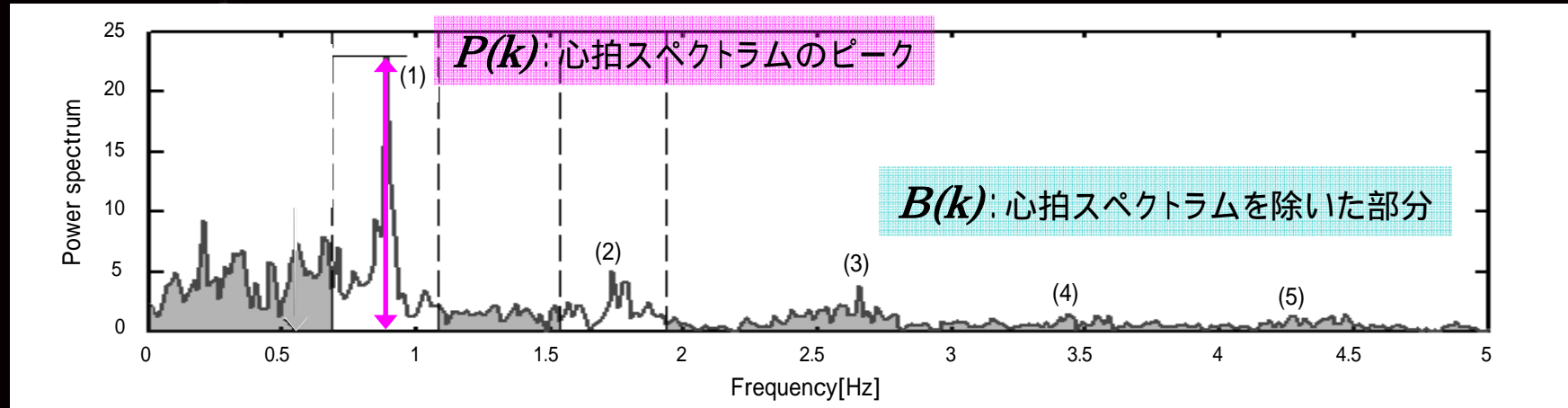


体動あり



2. 睡眠指標と睡眠年齢

睡眠指標 “Sleep Index” の提案



計測した心拍のスペクトラム

(1) 基本スペクトラム

(2) - (5) 高調波スペクトラム

睡眠指標の提案

$$\text{Sleep Index} : S(k) = -20 \log_{10} \frac{P(k)}{B(k)}$$

2. 睡眠指標と睡眠年齢

睡眠指標 “Sleep Index” の提案

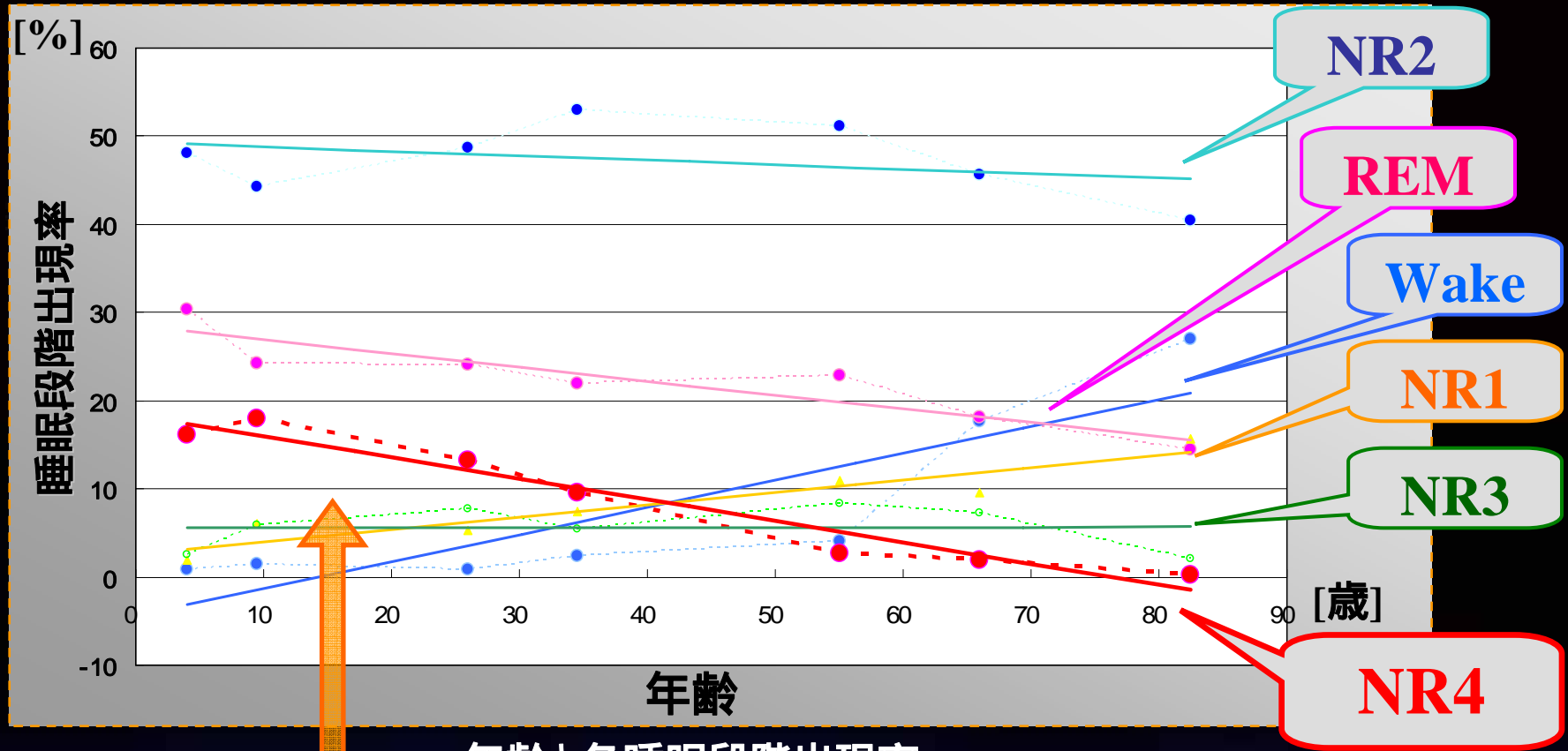
睡眠指標と睡眠の深さ関係

眠りの深さ	心拍 (心拍数)	体動	Sleep Index
浅い (Wake,REM,NR1)	高い、律動的	大きい、頻発	大きい
深い (NR2,NR3,NR4)	低い、周期的	小さい、偶発	小さい

睡眠の深さに比例する指標を提案できた

2. 睡眠指標と睡眠年齢

睡眠年齢の提案

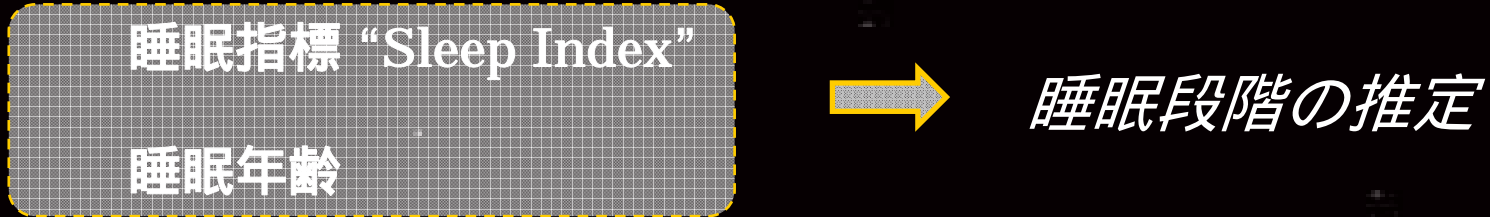


年齢と各睡眠段階出現率

睡眠学ハンドブックより

赤線が示す年齢を“睡眠年齢”とする

3. 問題の記述



問題

(P1) 睡眠指標から睡眠年齢を推定する

⇒ と の関係を求める

(P2) 推定した睡眠年齢より睡眠段階を推定

⇒ 推定アルゴリズムを構築

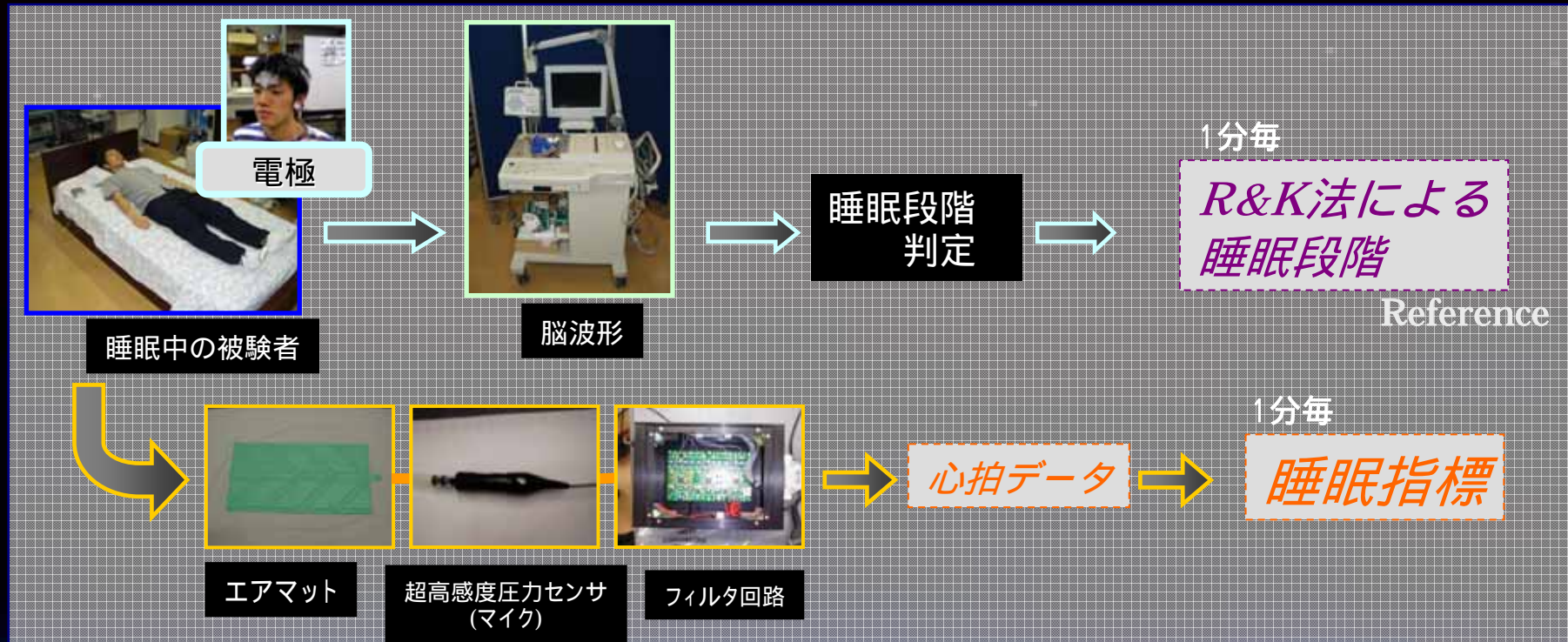
(P3) 提案した睡眠段階推定方法を検証する

⇒ 提案法を検証

4. 睡眠指標と睡眠年齢

(P1) 睡眠指標から睡眠年齢を推定する

睡眠データ計測

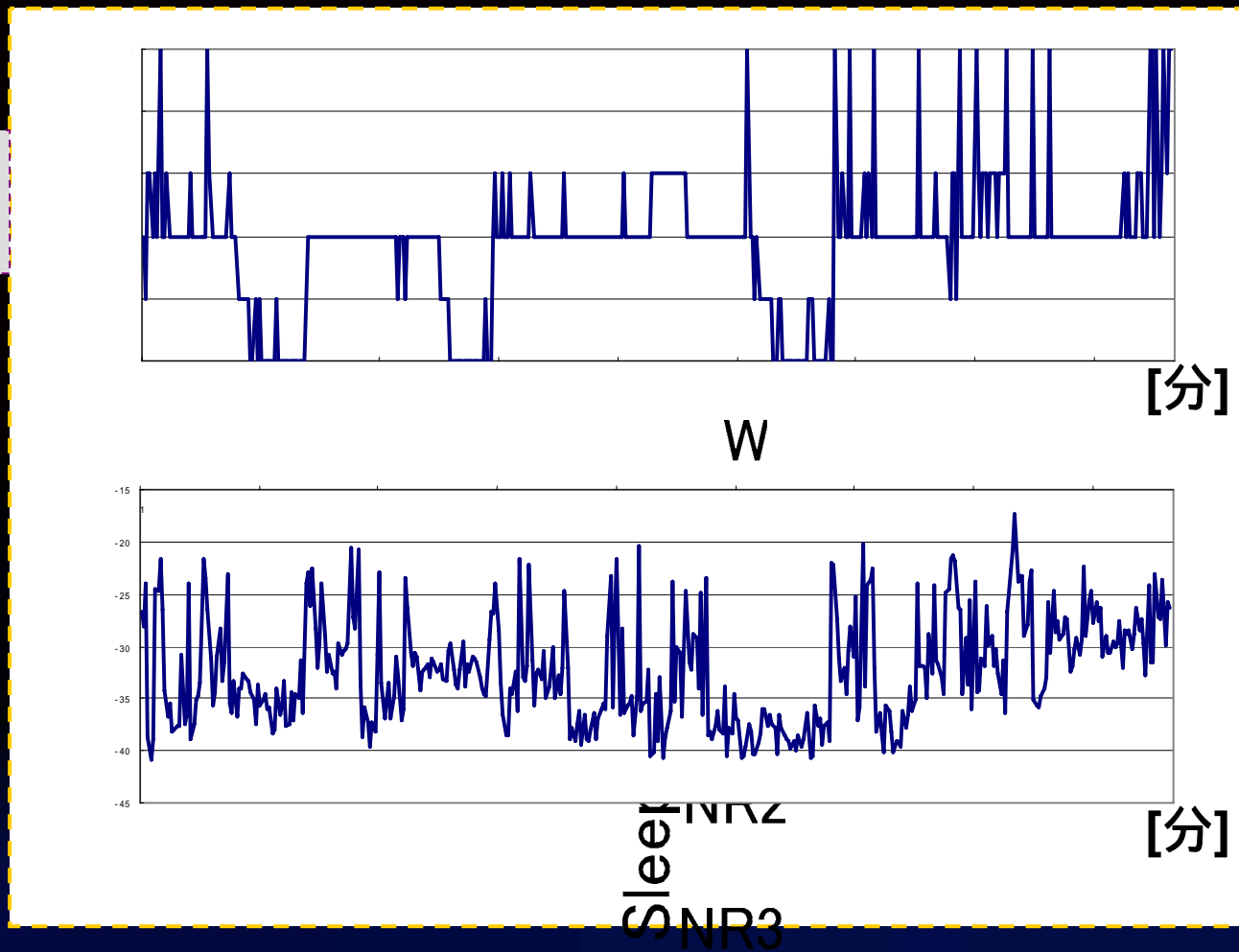


Sleep Sign(睡眠段階判定ソフト)を使用

4. 睡眠指標と睡眠年齢

(P1) 睡眠指標から睡眠年齢を推定する

R&K法による
睡眠段階



睡眠指標

➡ Non-REM4の出現率とSleep Indexの標準偏差を12データ分比較

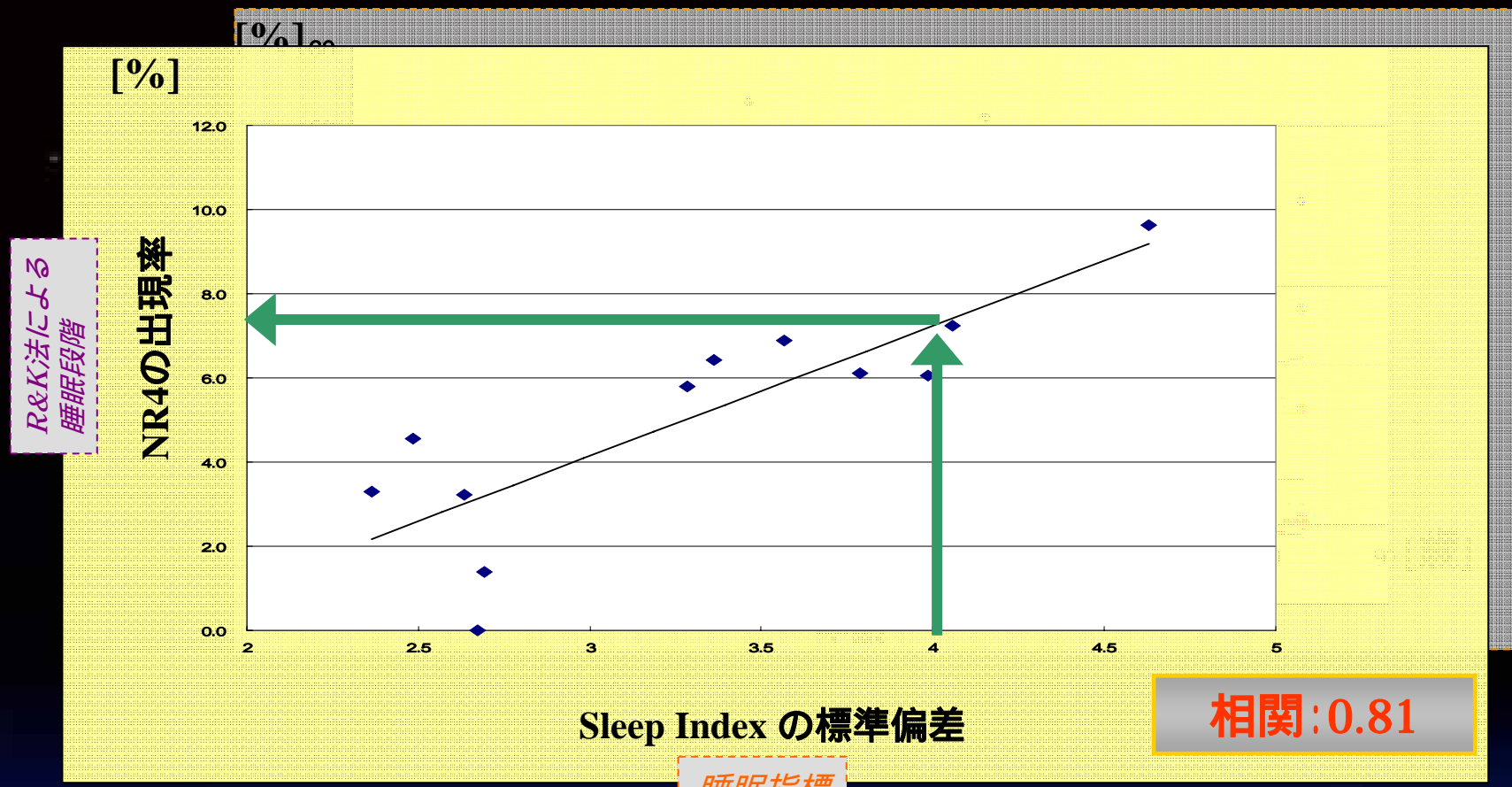
NR4

0

100

4. 睡眠指標と睡眠年齢

(P1) 睡眠指標から睡眠年齢を推定する

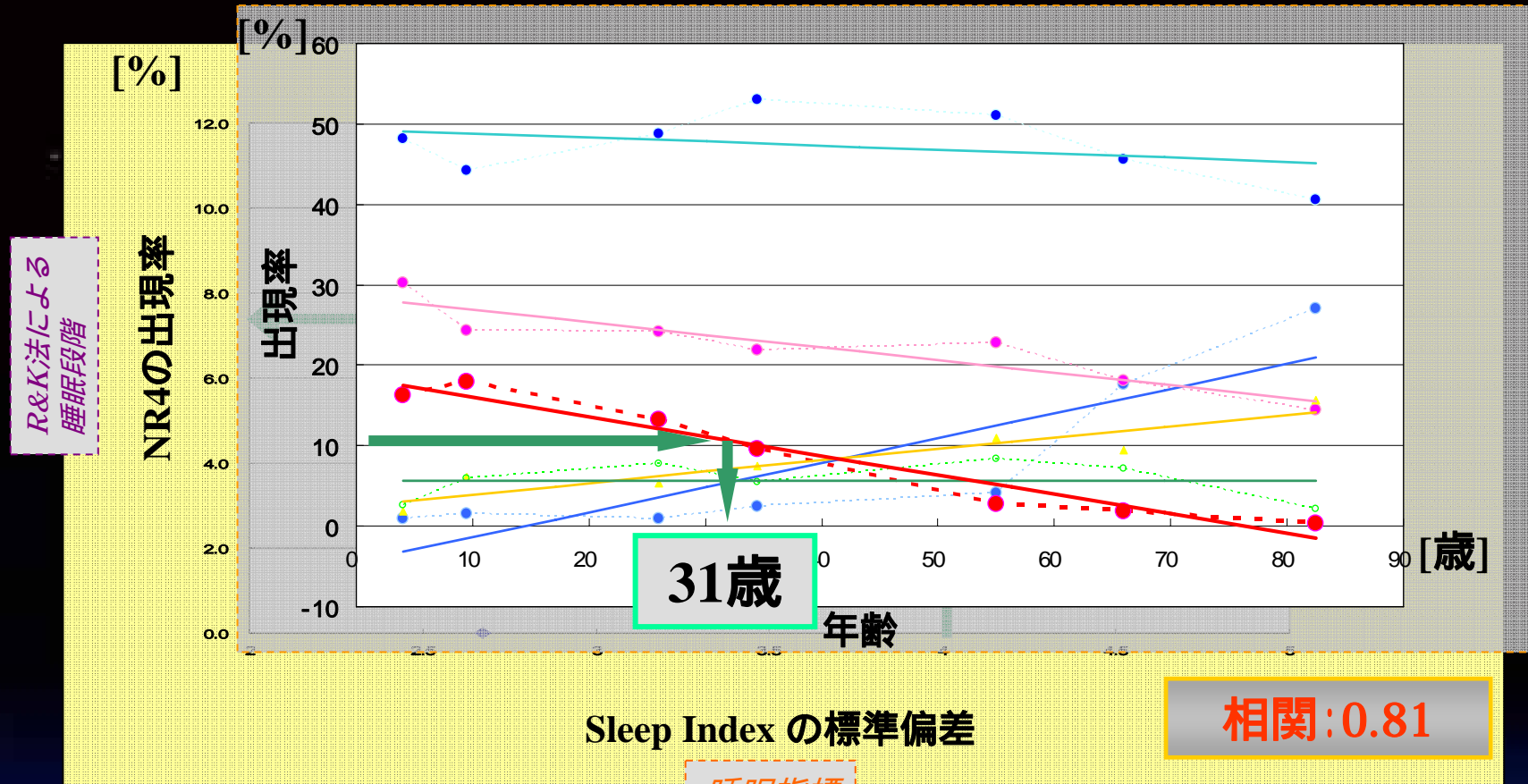


睡眠指標

Sleep Indexの標準偏差とNR4の出現率

4. 睡眠指標と睡眠年齢

(P1) 睡眠指標から睡眠年齢を推定する



R&K法による睡眠段階

NR4の出現率

31歳

相関: 0.81

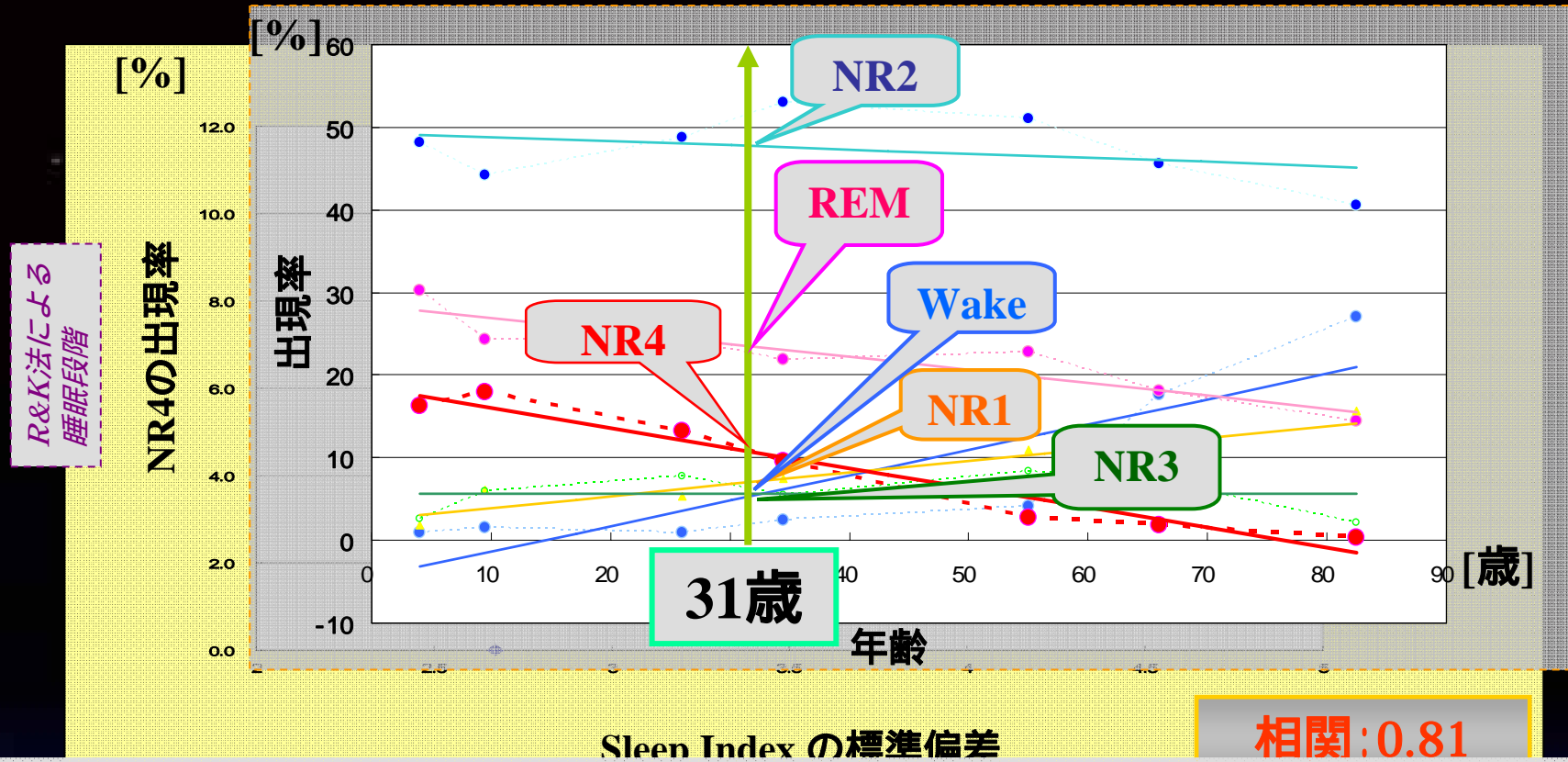
Sleep Indexの標準偏差

睡眠指標

Sleep Indexの標準偏差とNR4の出現率

4. 睡眠指標と睡眠年齢

(P1) 睡眠指標から睡眠年齢を推定する



睡眠指標より、各睡眠段階の出現率が求まった。

5. 睡眠段階推定アルゴリズム

(P2) 推定した睡眠年齢より睡眠段階を推定する

Sleep Index

睡眠段階出現率

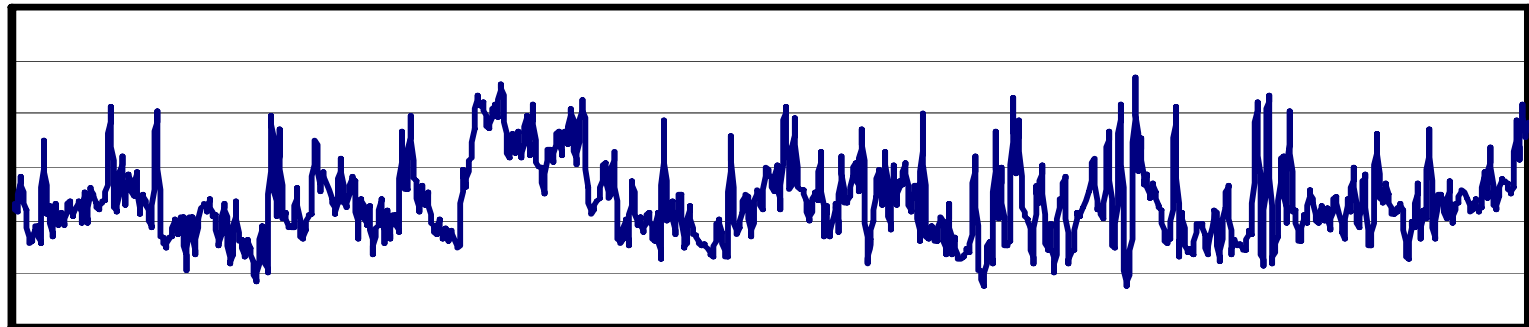


睡眠段階を推定

浅



深



睡眠指標を
降順にソート



5. 睡眠段階推定アルゴリズム

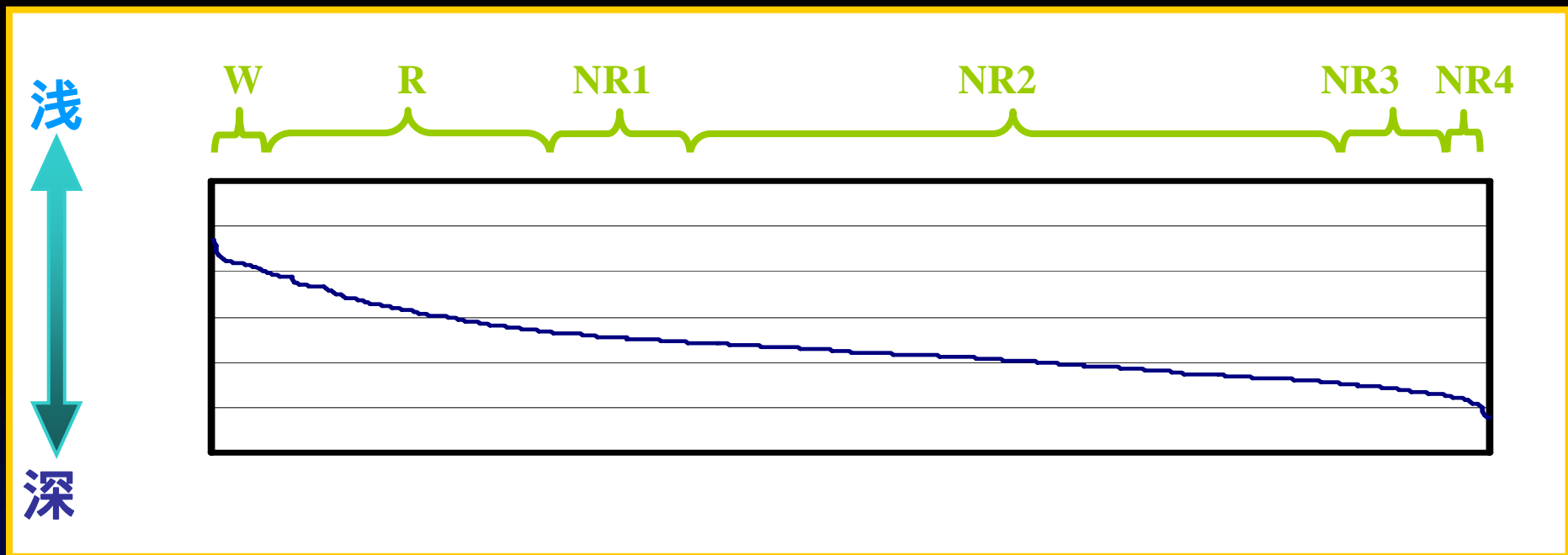
(P2) 推定した睡眠年齢より睡眠段階を推定する

Sleep Index

睡眠段階出現率



睡眠段階を推定



睡眠指標を
降順にソート



出現率を
割り当てる

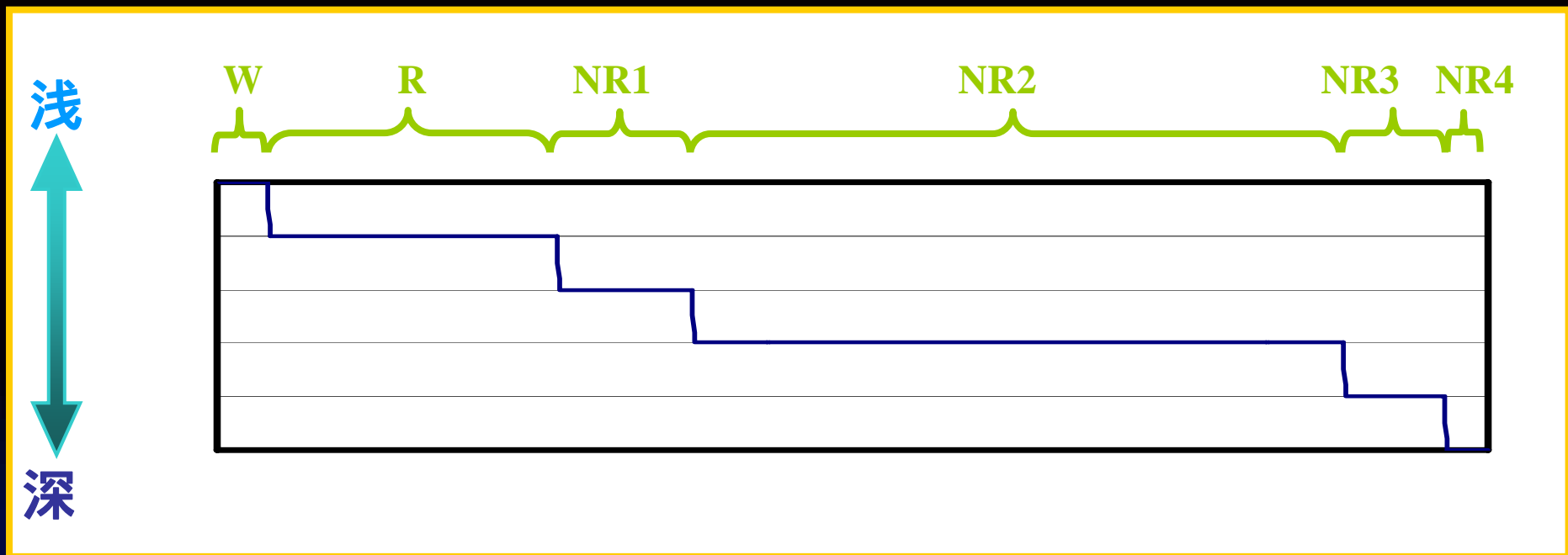


5. 睡眠段階推定アルゴリズム

(P2) 推定した睡眠年齢より睡眠段階を推定する



睡眠段階を推定



睡眠指標を
降順にソート



出現率を
割り当てる



6段階に
クラス分け



元の時系列に
ソート

5. 睡眠段階推定アルゴリズム

(P2) 推定した睡眠年齢より睡眠段階を推定する



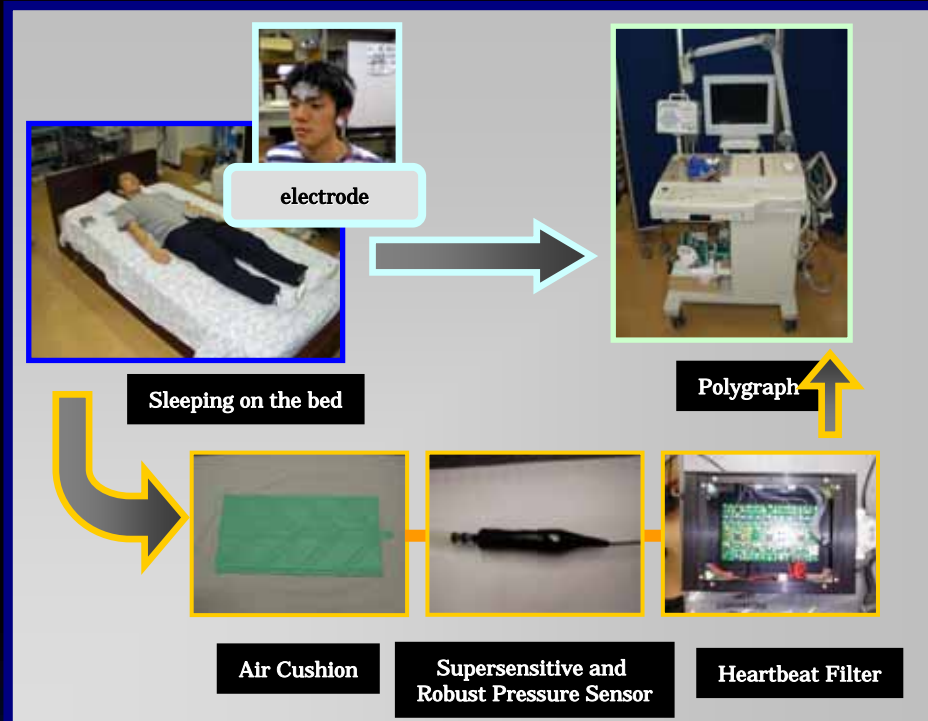
睡眠段階を推定



睡眠段階推定アルゴリズムを構築できた

6. 実験による検証

(P3) 提案した睡眠段階推定方法を検証する



・左のシステムにより計測

・6晩(5名)のデータ

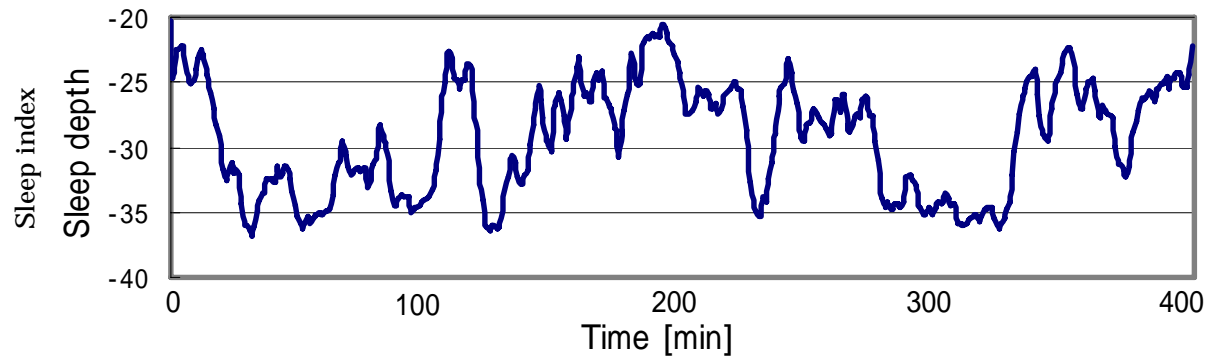
・R&K法による判定 と推定した睡眠段階を比較

Sleep Sign(睡眠段階判定ソフト)を使用

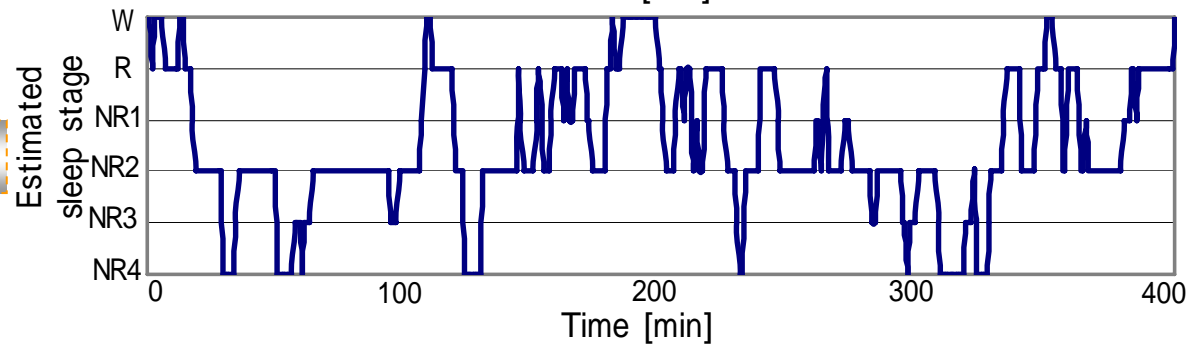
6. 実験による検証

(P3) 提案した睡眠段階推定方法を検証する

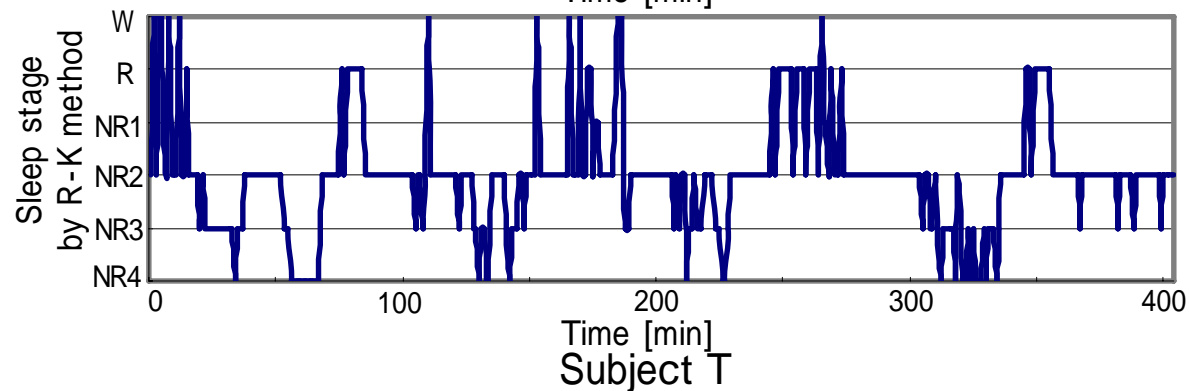
睡眠指標



推定睡眠段階



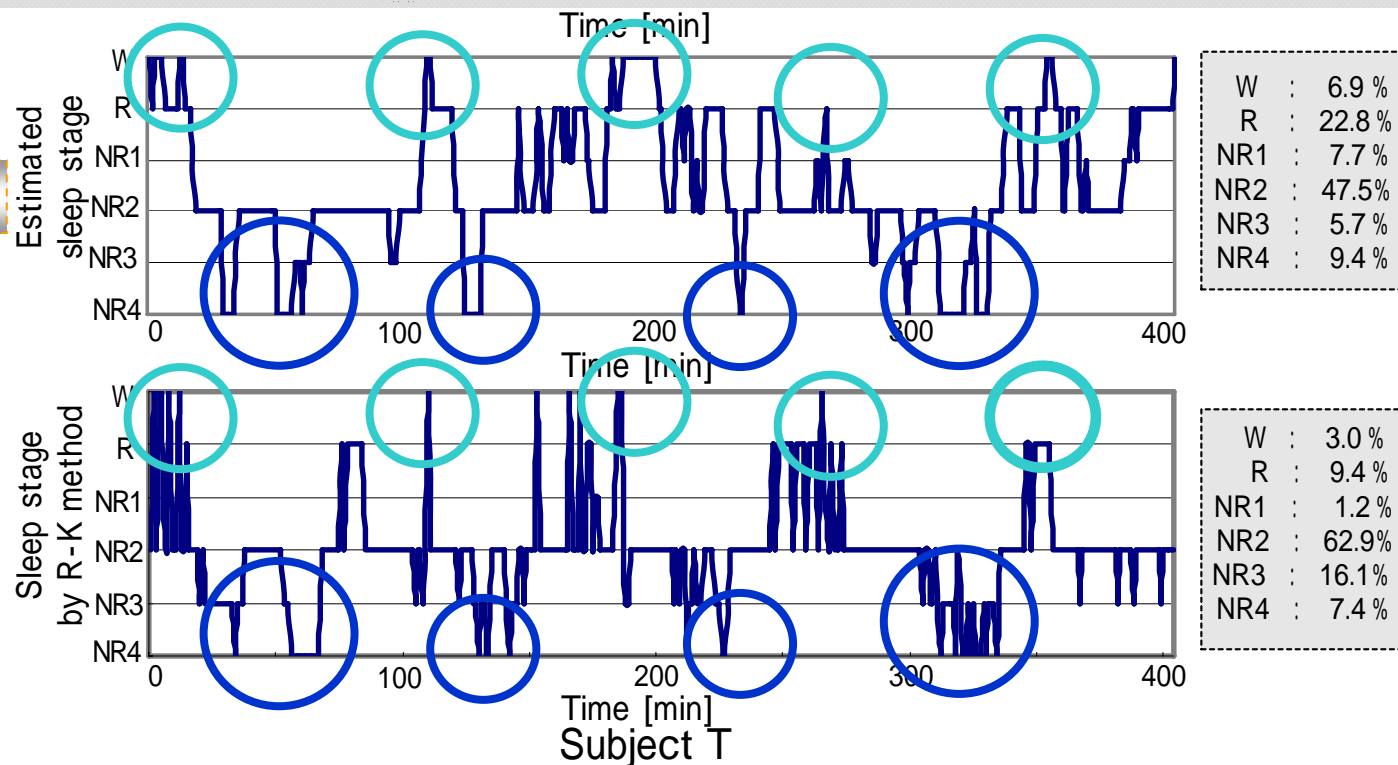
R&K法



6. 実験による検証

(P3) 提案した睡眠段階推定方法を検証する

- 平均一致率は 37.3%
- 平均誤差は 1.08段階
- 大局的なリズムがわかる



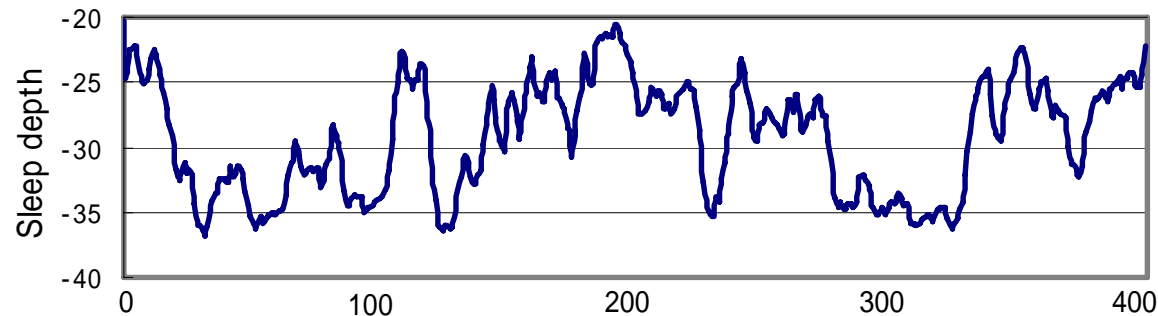
推定睡眠段階

R&K法

6. 実験による検証

(P3) 提案した睡眠段階推定方法を検証する

睡眠指標

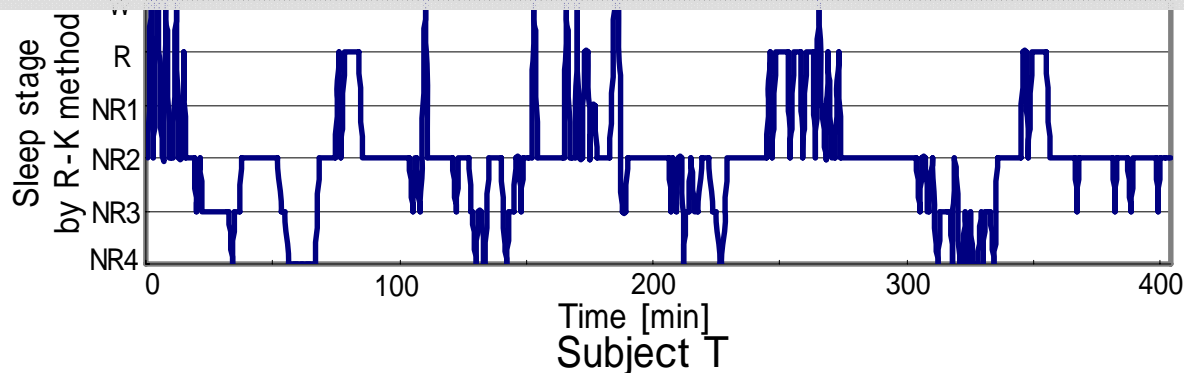


・ 被験者や寝具によらず、**睡眠指標の取る値の範囲がほぼ一定**あることから、本指標の有効性が読み取れる。

医師(精神科)の評価

・ R&K法が1968年に作成されて以来改定されていないことを考慮すると、**睡眠指標のみで睡眠を評価**することもできるのではないか。

R&K法



7. まとめと今後の課題

- ・ 無拘束な状態で生体情報を計測し、睡眠段階を推定する方法を提案した。
- ・ その結果、入眠時間やウルトラディアンリズム(約90分周期)など大局的なリズムがわかった。



在宅用には十分な精度

今後……

睡眠指標

被験者や寝具によらず、**指標のばらつく範囲がほぼ決まっている**ことより、本指標が有効であることがわかった



指標についてさらに**精緻に調べる**

- ・ Non-REM4 以外の段階との比較
- ・ 計測データを増やす