

# 人間の感覚と影響要因の定量化

白戸 宏明

人間科学研究部(人間工学 主任研究員)



しろと ひろあき

## はじめに

私たちが担当している人間工学の分野においては、計測する対象は文字通り人間という場合もあれば、人間に影響を及ぼしている周辺環境という場合もあります。人間の感覚には、いわゆる五感と呼ばれる、視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚があります。これら人間の感覚の中には、照度、騒音、加速度、温度などのように人間の感覚に対応する環境が計測器で測れるものもあります。しかし、計測値が同じでも、人間の感覚は周囲の環境や体調、心理状態によって同じではありません。また、複合的な感覚、例えば満足感とか疲労感を測れる計測器はありません。このような、計測器で測れない人間の感覚の定量化(物事を数量で表すこと)、影響する要因の計測と定量化、そして影響の大きい要因を特定する方法について紹介します。

## 人間の感覚を測る

人間の感覚は、体にセンサーを取り付けて簡単に測れる訳ではありません。もちろん、生理反応として、血圧、心拍、筋電などを測ることは可能ですが、これらの生理反応と感覚とを対応付けるのは簡単ではありません。それは、血圧や心拍が変化する原因は一つではないことや、特に意識しなくても血圧や心拍は変化することがあるからです。また、統計的処理が可能な数の生理反応データを収集することも容易ではありません。そのため、人間の感覚を測るためには、アンケートなどによって主観的評価を収集する方法が多く用いられています。

前述のように、人間の感覚に対応するものの中には、計測器で測れるものがありますが、このような場合は比較的容易に、人間の感覚と計測値を対応付けることができます。例えば、ある温度を体感(指で触るなど)してもらい、その評価を「冷たい」「どちらでもない」「暑い」の3段階で評価してもらったとします。この場合には、「冷たい」と感

じる温度は何℃以下で、「暑い」と感じる温度は何℃以上かという対応を求めることが可能です。更に、評価を3段階よりも細分化すれば、ある程度詳細な対応を求めることも可能になります。しかし、同じ温度でも、部屋の温度の場合には、評価に使用する言葉は「寒い」「暑い」になります。また、室温の体感評価は、温度の他に湿度の影響も受けますので、少なくとも温度と湿度の2つの要因をうまく制御する必要があります。この他にも、風速や室内の色などの要因についても、うまく制御しないと良い結果が得られない可能性があります。このように、人間の感覚を定量化すると言っても、容易なものもあれば難しいものもあります。

## 影響要因を測る

人間の感覚を測ることに比べ、人間の感覚に影響しそうな要因(以下、影響要因という)を測ることはそれほど難しくありません。計測には汎用の計測器類が利用できますが、影響要因は多岐にわたるため、その全てを計測することは現実的ではありません。そのため事前調査により計測する対象を絞り込む必要があります。また、アンケート調査を同時に実施する場合は、アンケートの内容に対応した要因を、アンケート調査実施箇所の近くで計測しておく必要があります。例えば、振動について質問する場合は振動を、騒音について質問する場合は騒音を計測しておく必要があります。また、営業列車内で実施するアンケート調査では、1列車あたりの調査所要時間が1時間程度のため、1日4列車程度の調査を行う場合が多く、計測器類の設置と撤去は手際よく行うことが必要になったり、AC電源が確保できず、電池駆動の計測器類を使用することが必要になったりします。このように、調査対象によって様々な制約条件を考慮して最適な計測器類を選定しなければいけないことや、同じ条件での計測機会は一度限りということが多いことから、計測にはある程度のスキルが要求されます。

## 車内快適性に関する調査

具体例として、鉄道総研で行った車内快適性に関するアンケート調査について説明します。アンケート調査と言っても車内快適性の実態を把握するための調査ではありません。車内快適性はいくつかの要因の組み合わせによって決まっているという仮説に基づき、多くの影響要因の中から特に影響の大きい要因を見つけ出すための調査です。具体的な調査手法としては、図1のように調査員が営業列車内で旅客に対するアンケートを配布し、記入済みのアンケートを回収するのですが、肝心なのはアンケートの内容です。最も直接的な質問は、「車内快適性に何が影響すると思いますか」というものですが、通常はこのような直接的な質問は用いません。直接的な質問では、回答者が自覚していない要因を抽出できないからです。アンケート調査では、図2のように、調査したい項目である「車内快適性」と影響要因の候補である「振動」「騒音」などについて同時に回答してもらう形式が一般的です。このような回答結果から回答者が自覚していない要因を抽出するためには、多



図1 調査員による車内アンケート調査の様子

変量解析（多様な要因に関するデータから要因間の相互関連を分析する手法）という分析手法を用います。図3がこの調査で得られた、車内快適性に影響する要因です。これらの要因の中で「車両外観」は、「車内快適性を考える上で重要な項目は何か」という質問では、重要視されていませ

B. 今回のご利用についておたずねします。あなたは、次に挙げる各項目についてどの程度満足していますか。該当する選択肢を一つ選んで、目盛りに○をつけて下さい。

	非常に満足している	かなり満足している	やや満足している	ふつう	やや不満である	かなり不満である	非常に不満である
例. 車内の通路の幅				○			
1. 車内の振動							
2. 加速・減速時の揺れ							
3. 車内騒音（車両の走行音）							

図2 車内快適性に関するアンケート（一部抜粋）

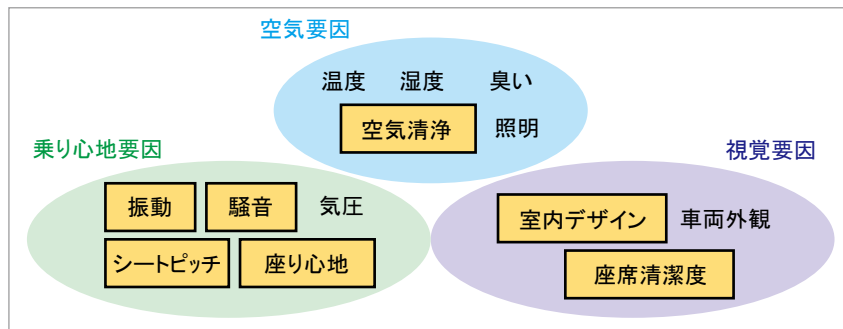


図3 車内の快適性を構成する3要素

（四角枠で囲まれた要因は、個人差が比較的小なく、車内の快適性の予測式を作成する際に有用）

ん。このように、主観的には重要視されなかった要因でも、影響が大きい要因としてピックアップすることが可能です。

振動や騒音など計測可能な要因はアンケート調査と同時にデータを採取することで、影響の程度を数値化することが可能です。車内快適性に関する調査における計測項目と計測器を表1に示します。実際の計測器類の設置状況は図4のように、1席分を占有する程度です。また、床面には図5のように振動計測用の加速度計と車体傾斜計測用のジャイロを設置します。ただし、温度と湿度は他の項目に比較し変化が小さいことから、調査開始時と終了時のみ記録します。図4と図5の計測器類は全て電池で動作する汎用品で、電池での連続動作時間は1時間以上のものを使用しています。これらの計測器類は乗車して10分程度で設置を完了し、アンケートの回収終了まで計測を行い、降車時刻までには収納します。

表1 計測項目と計測器

計測項目	計測器
加速度	歪ゲージ式3軸加速度変換器
車体傾斜	1軸光ファイバジャイロ
騒音	普通騒音計
温度・湿度	温湿度記録計
データ記録	PCカード型データロガ

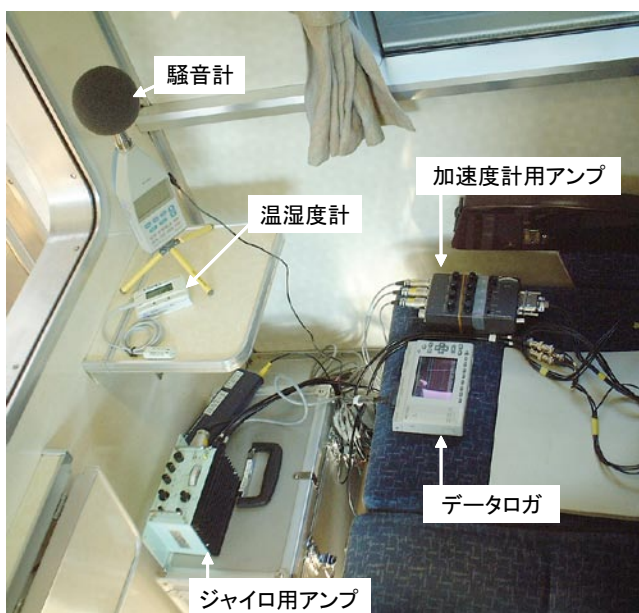


図4 車内に設置した計測器類

## 列車酔いに関する調査

もう一つの具体例として、列車酔いに関するアンケート調査について説明します。鉄道は船舶と比較すれば、酔いの発生は低い乗り物ですが、線路形状などの要因で酔いが発生することがあります。酔いについての検討は、船舶分野で研究が進んでおり、上下方向の振動の周波数0.16Hz付近の影響が大きいことが分かっていますが、鉄道にそのまま適用できるのかどうかは確認が必要です。振動と酔いの関係を調査することは、加振装置に被験者を乗せて試験することでも可能ですが、最近の酔い発生の実態が把握されていないことから、筆者らは酔いの発生が多いと言われている線区の営業列車内でアンケート調査を実施することにしました。アンケート調査は、車内の快適性に関する調査(図2)に類似した形で実施し、その中に図6のような乗り物酔いに関する質問を加えました。このように、回答者に調査目的を意識させないような手法は、ネガティブな事柄の調査などでは有効です。

列車酔いに関する調査では、船舶分野の研究成果の適用の可否と列車酔い特有の要因の検討をするため、表1の中の「振動」と「車体傾斜」のみ計測することにしました。「振動」と「車体傾斜」は車内快適性に関する調査と同じ計測項目ですが、影響要因としてそれらを定量化する方法は、車内快適性に関する調査とは全く異なります。

## 影響要因の定量化と特定

前述のようにアンケート調査では多変量解析という分析手法を用いますが、このためにはアンケートの内容が多変

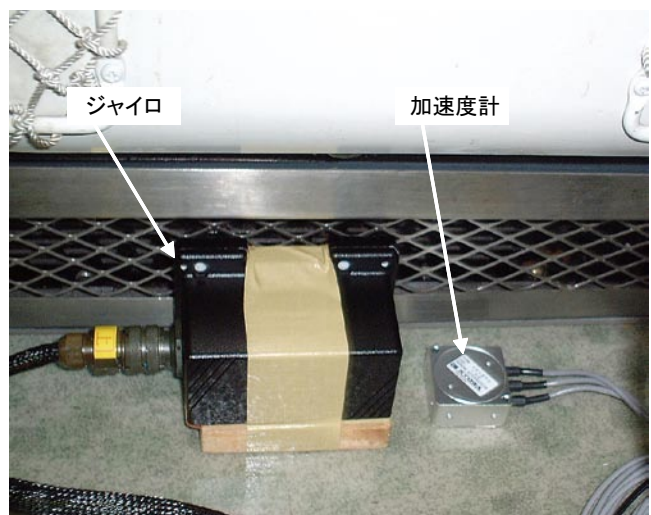


図5 床面へ設置した加速度計およびジャイロ

量解析を行うことを前提として構成されている必要があります。例えば、選択肢が順序よく並んでいることや、隣の選択肢と副詞(「やや」「かなり」「きわめて」など)の距離が等しくなっていることなどの基本的なことを満たしている必要があります。また、過去の調査と比較する場合には、過去の調査と質問の内容を同じにすることも必要です。更に、アンケート調査の結果を、振動などの影響要因と関連付けて分析するためには、回答をコード化することが必要です。例えば、図2のような7つの選択肢がある回答なら、選択肢に1~7という数値を割り振ることがコード化です。

採取してきた振動などのデータは、そのままでは数値の羅列に過ぎません。採取してきたデータから影響要因の候補として、特定の意味を持った値を算出し、それが人間の感覚に影響を及ぼすものかどうか判定することが重要です。この特定の意味を持った値には、「平均値」「最大値」「実効値」などの単純なものから「周波数加重」などの複雑なものまで様々なものがありますが、影響要因の候補は多ければ多いほど、漏れがなくなることは確かです。ただし、一方から他方が簡単に導き出せるような関係にある候補は入れるべきではありません。前述の列車酔いに関する調査で採取した振動データは、振動周波数成分毎に酔いとどの程度関係があるのか分析しました。その結果図7のような関係にあることが分かりました。この結果から、列車酔いは船酔いと違い左右方向の0.25Hz付近の影響が大きいことが分かります。また、上下方向はほとんど影響が無いこと、前後方向は周波数が低くなるほど影響が大きくなる傾向にあることも分かります。更に、この結果をまとめたものが「列車の乗り物酔い評価指標の計測方法及びその装置」という特許にもなっています。

### おわりに

出来るだけ多くの乗客が鉄道を快適に利用できるようにするためには、人間の感覚に影響する要因を適切に制御することが必要です。しかし、人間工学の分野では、人間の感覚をうまく説明できるような要因を特定する過程において、その要因が制御可能かどうかを考慮することはほとんど

- A. 乗り物酔いに関して、今のご気分はいかがですか  
(該当する番号に○をつけて下さい)
- ① まったく問題ない
  - ② やや気分が悪い
  - ③ かなり気分が悪い
  - ④ きわめて気分が悪い
- B. あなたは乗り物に酔いやすい方ですか  
(該当する番号に○をつけて下さい)
- ① 酔いやすい
  - ② たまに酔うことがある
  - ③ めったに酔うことはない
- ①または②を選んだ方のみおたずねします  
酔ったことのある乗り物は主にどれですか(いくつ選んでも結構です)
- ①自動車
  - ②バス
  - ③船舶
  - ④鉄道
  - ⑤飛行機
  - ⑥その他( )
- C. 子供の頃、乗り物酔いをしやすい方でしたか
- ① 酔いやすかった
  - ② たまに酔うことがあった
  - ③ めったに酔うことはなかった

図6 乗り物酔いに関するアンケート(一部抜粋)

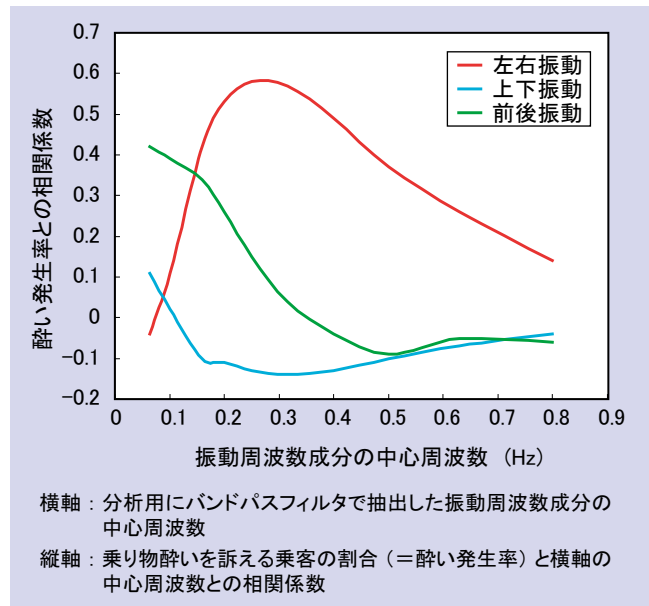


図7 振動周波数成分と列車酔い発生率との相関

どありません。そのため、何をどうしたら快適になるのかは、直ぐには分かり難い場合もあります。しかし、10年ほど前に提案した、振り子式車両の乗り心地と制御方法のように、要因の算出方法と、人間の感覚との関係式さえ分かっていたら、後から要因の制御方法が開発されることもあります。人間の感覚、特に満足感などの複合的な感覚は不変ではありません。制御技術が進歩すれば人間の感覚も変わるということを忘れずに、研究開発を継続していくことが必要です。RRR