

「機械・人間・感性をつなぐ 統合的動力学解析」で見つける ものづくりの新たな可能性

上智大学 理工学部 機能創造理工学科
教授 竹原 昭一郎

31th August 2021

竹原研究室の研究領域

「機械・人間・感性をつなぐ統合的動力学解析」

学問領域



研究対象



竹原研究室の研究領域

「機械・人間・感性をつなぐ統合的動力学解析」

研究テーマ

乗り物の研究



- ・ 自動運転時の制動の評価
- ・ 乗車中の人体の姿勢制御
- ・ 自転車に関する筋負担解析
- ・ 人体・車両の連成解析
- ・ 小径自転車の安定性解析

ケーブルの研究



- ・ 柔軟体・剛体系連成解析
- ・ 制御系システムの提案
- ・ エレベータの巻き取り制御

スポーツの研究



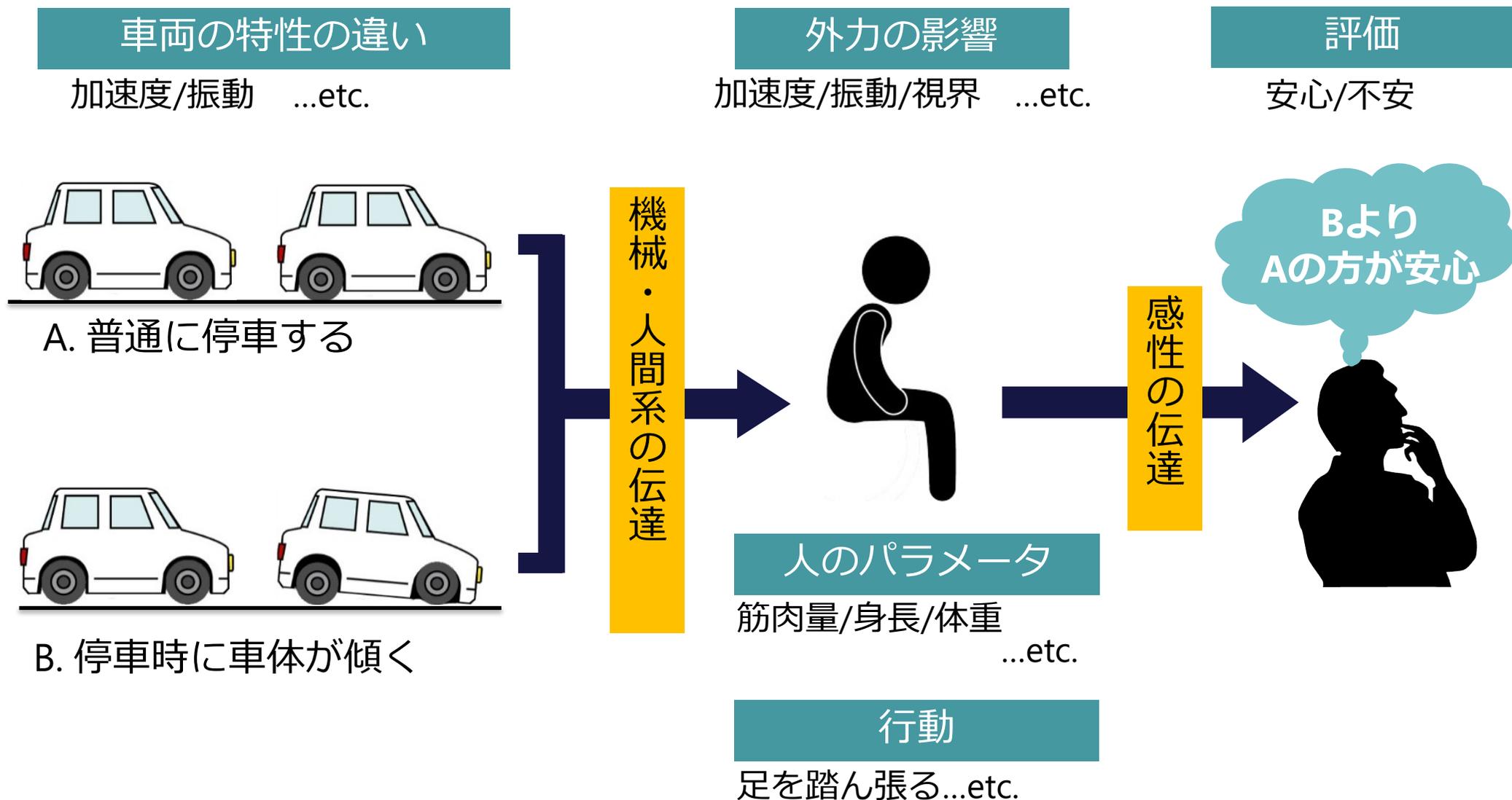
- ・ 道具と運動のマッチング
- ・ キックモーション (サッカー)
- ・ 跳躍運動 (バスケット)

心理評価の研究



- ・ 自動車座席の快適性
- ・ スポーツ用具の使い心地
- ・ 快適なランドセルの開発

機械・人間・感性をつなぐ統合的動力学解析



機械・人間・感性をつなぐ統合的動力学解析

道具の特性の違い

重さ/大きさ ...etc.

外力の影響

腕の角速度/衝撃力 ...etc.

評価

使いやすさ



ラケット A



ラケット B

機械・人間系の伝達



人のパラメータ

筋肉量/身長/体重/スキル ...etc.

感性の伝達

AよりBの方が
打ちやすい



行動

早く振る/大きく振る
...etc.

これまでの「製品の評価」

- 人が使用する製品に対する評価は、任意のワードを選んだアンケートの評点のみで行うことが多い。
- その評価をもとに製品開発を行っていることが多い。
 - 任意のワードが適切であるか。
 - 平均値での評価となってしまう。



評価指標を構築し、製品を客観的に評価

- アンケートで用いるワードの選定に評価の構造を利用する。
- 人間の行動も調査し、その結果から評価指標を構築することで客観的な評価を行える。
- 効果をマルチボディ・ダイナミクスを用いた力学シミュレーションで確認を行える。





研究事例

-提案解析手法を用いた成功例

「子どもにとって快適なランドセル」を製品化

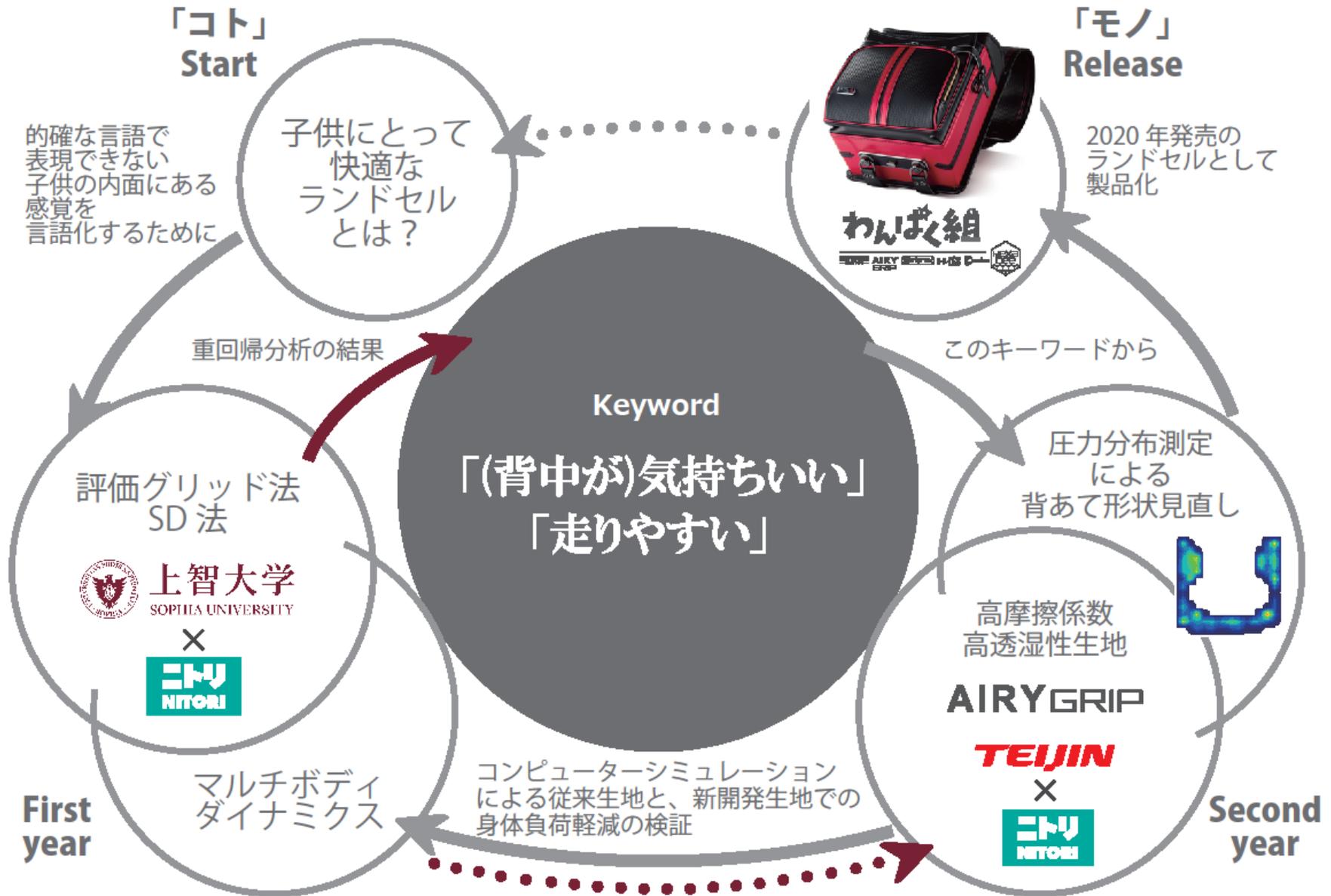
-評価グリット法の有用性

自動運転時の制動に関する評価指標の構築

-客観的指標の見える化

ラケットとのマッチングに関する研究

「子どもにとって快適なランドセル」を製品化

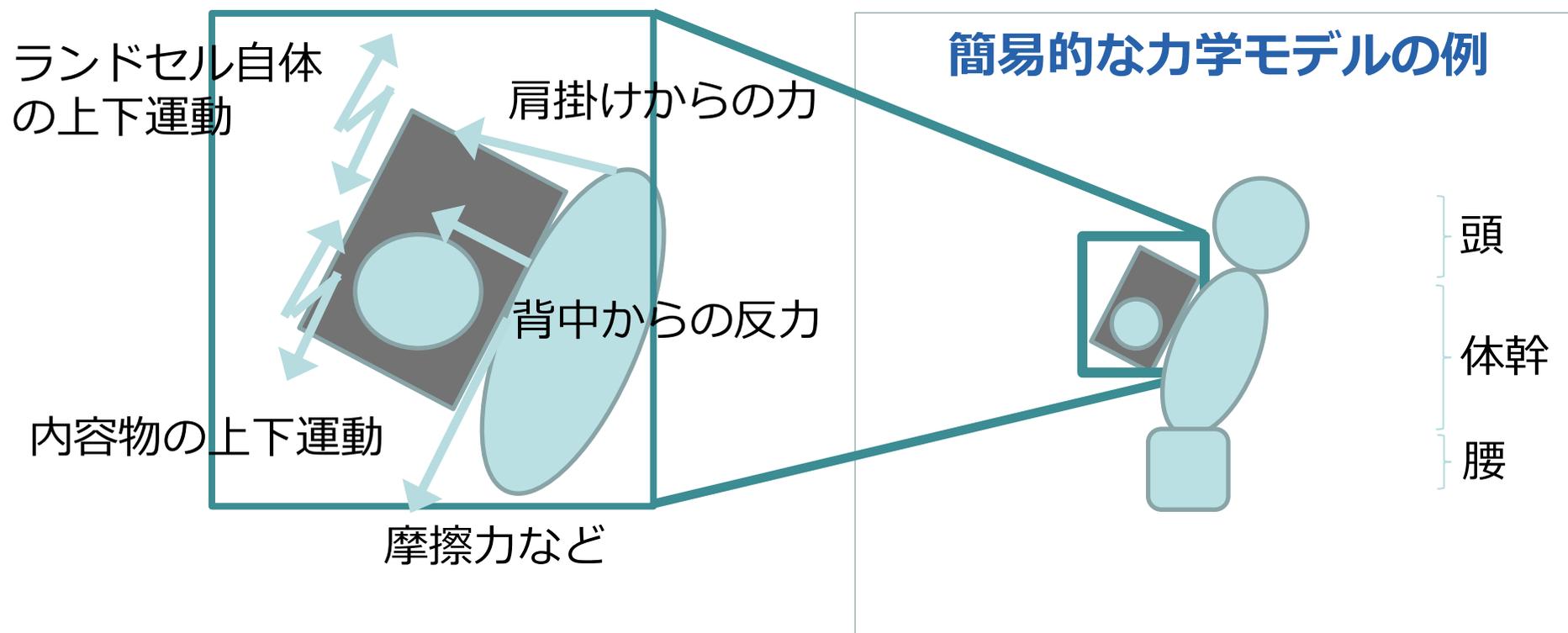


「子どもにとって快適なランドセル」を製品化

簡易的な力学モデル案

3ボディ（体幹部、ランドセル、ランドセルの内容物）のモデルを用いて、検討を行う。

反力や肩掛けからの力などはばね・ダンパ要素で作成する。



自動運転時の制動に関する評価指標の構築

研究背景

自動運転技術の研究・開発の活発化
コンピュータによる車両制御技術の高度化

制動操作は個人差が大きく不安になりやすい
不安を取り除き、自動運転の快適性の向上

個人の感性を把握し、
より快適な自動運転時の制動の開発に貢献

自動運転時の制動に関する評価指標の構築

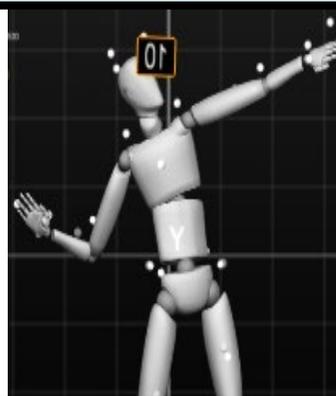
研究背景

心理分析



心理評価傾向からグループに分類
提案システムの嗜好性の検討

行動分析



身体挙動から人の個性を理解
類型化への定量的アプローチ

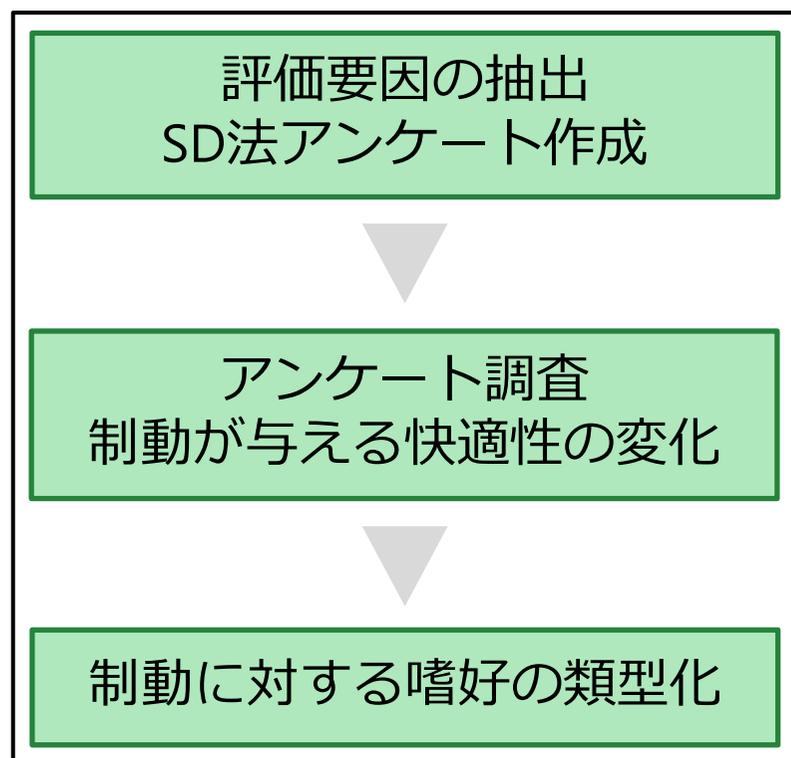
<https://www.optitrack.jp/products/camera/primex13w.html>

自動運転時の制動を対象として心理・行動分析を実施
人の感性を類型化し、グループの特徴を定量化

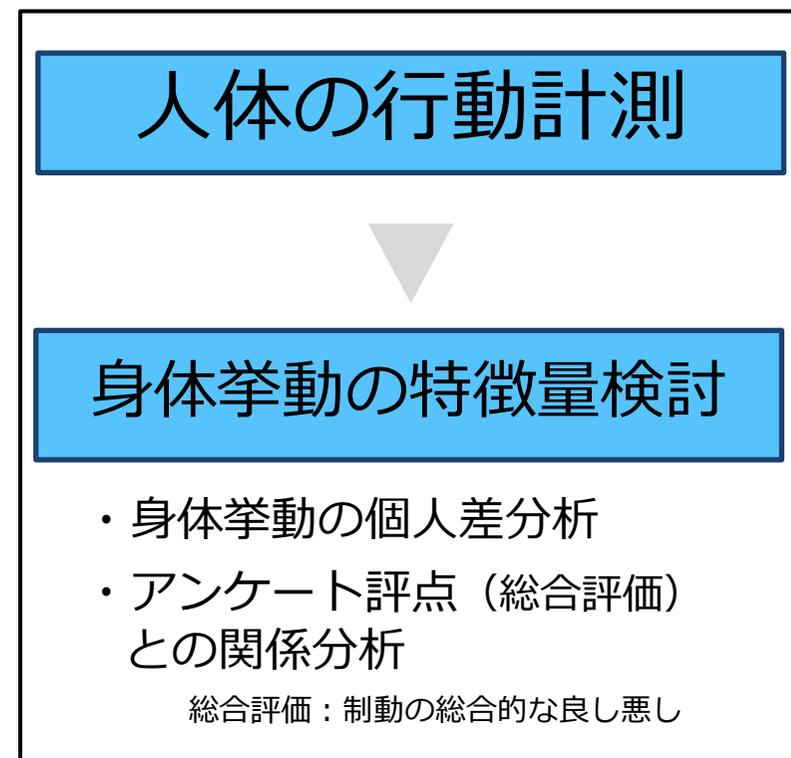
自動運転時の制動に関する評価指標の構築

研究構想・目的

心理分析



行動分析

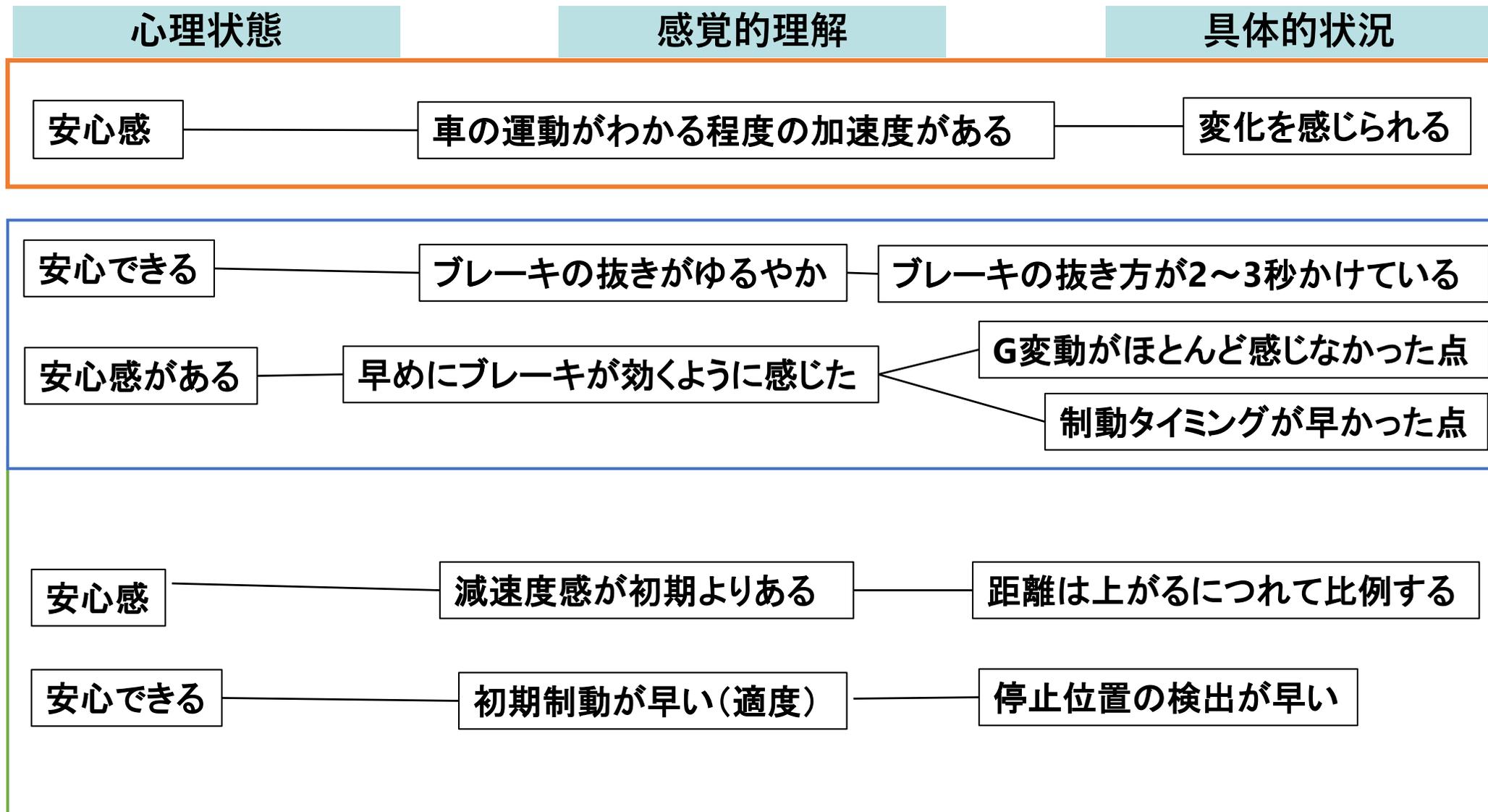


心理と行動の統合的分析

制動に対する嗜好の類型化結果と身体挙動との関係分析

自動運転時の制動に関する評価指標の構築

評価構造図例



自動運転時の制動に関する評価指標の構築

研究手法 SD法アンケート

全質問項目（計31項目）

1. 良い⇔悪い
2. 心地良い⇔心地悪い
3. 疲れにくい⇔疲れやすい
4. 酔いにくい⇔酔いやすい
5. 不快にならない⇔不快になる
6. 止まると予想できる⇔止まるとできない
7. 不安を感じない⇔不安を感じる
8. 安心感がある⇔安心感がない
9. 楽⇔苦しい
10. 前のめりにならない⇔前のめりになる
11. ブレーキ時に身構えない⇔ブレーキ時に身構える
12. 頭が動かない⇔頭が動く
13. 首が動かない⇔首が動く
14. 上半身が動かない⇔上半身が動く
15. 下半身が動かない⇔下半身が動く
16. 足に力が入らない⇔足に力が入る
17. 視線がぶれない⇔視線がぶれる
18. 上半身の姿勢を保つために力がいらない⇔上半身の姿勢を保つために力がある
19. いつ開始したか分かる⇔いつ開始したか分からない
20. 減速していることを感じる⇔減速していると感じない
21. 掛け方にメリハリがある⇔掛け方にメリハリがない
22. 滑らかに感じる⇔粗く感じる
23. 普段の制動の掛け方に近い⇔普段の制動の掛け方から遠い
24. 制動の開始タイミングが早い⇔制動の開始タイミングが遅い
25. 制動の効き始めが緩やか⇔制動の効き始めが急
26. 最大減速度が高い⇔最大減速度が低い
27. 停止前の減速の抜け方が緩やか⇔停止前の減速の抜け方が急
28. 停止時のショック(揺り返し)が大きい⇔停止時のショック(揺り返し)が小さい
29. フロントの沈み込み量が多い⇔フロントの沈み込み量が少ない
30. ターゲットとの停止距離が近い⇔ターゲットとの停止距離が遠い
31. 制動開始から停車までの時間が長い⇔制動開始から停車までの時間が短い

自動運転時の制動に関する評価指標の構築

実験結果・考察

実験協力者24名の各制動条件の平均点
総合評価D>C>B>A



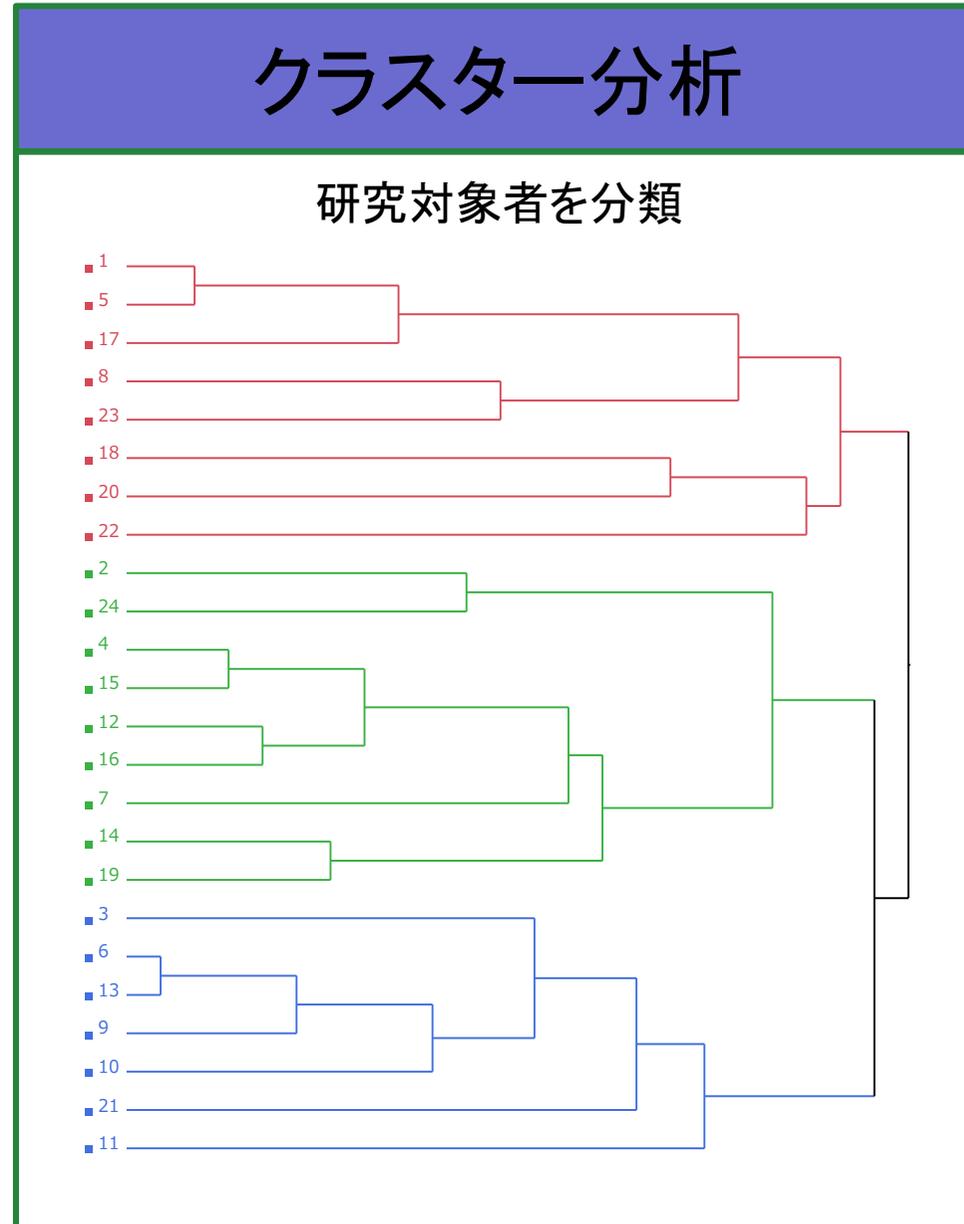
総合評価の順位において
個人の順位と全体平均と一致:4名

残り20名の実験協力者は
制動条件が緩い順に評価せず
全体の傾向とは不一致

研究対象者全体での**1つの傾向を示すのは困難**

自動運転時の制動に関する評価指標の構築

嗜好の群分け



自動運転時の制動に関する評価指標の構築

I 群(8名)の好みの特徴

初期のジャークとある程度高い最大減速度から止まれる安心感を得て、評価高緩やかすぎる制動では不安感が生まれる傾向

II 群(9名)の好みの特徴

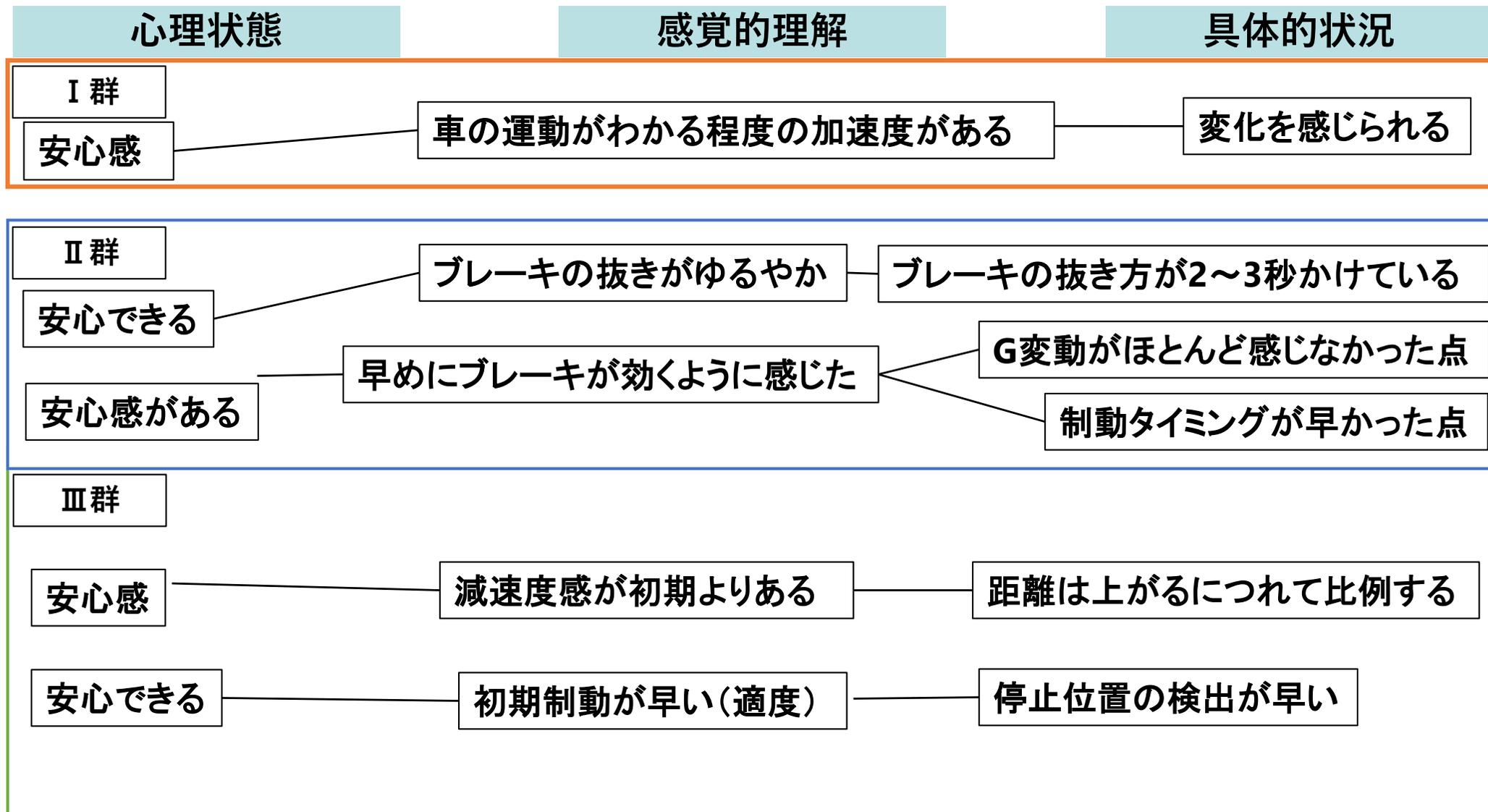
ある程度緩やかな制動であれば高評価、制動C,Dそれぞれを好む嗜好性が存在する可能性、初期ジャークと最大減速度が許容できないと制動評価が著しく低下

III 群(7名)の好みの特徴

制動に対する評価が厳しい姿勢保持(主に上半身)をなるべくさせず、初期ジャークや減速度を抑えた制動であると評価高

自動運転時の制動に関する評価指標の構築

評価構造図例



客観的指標の見える化

ラケットとのマッチングに関する研究



客観的指標の見える化

バドミントンラケットにおける心理的評価の導出

SD法アンケートの 質問項目と例

質問項目（26項目）

気持ちよく打てる⇔気持ちよく打てない
 打感がよい⇔打感が悪い
 スマッシュを打ちやすい⇔スマッシュを打ちにくい
 スマッシュに威力が出やすい⇔スマッシュに威力が出にくい
 球に角度がつきやすい⇔球に角度がつきにくい
 狙ったところに打ちやすい⇔狙ったところに打ちにくい
 振りやすい⇔振りにくい
 振り抜きやすい⇔振り抜きにくい
 軽く振れる⇔軽く振れない
 力を球にのせやすい⇔力を球にのせにくい
 球を飛ばすのに力がいらぬ⇔球を飛ばすのに力がある
 ラケットを動かしやすい⇔ラケットを動かすにくい
 腕に負担がない⇔腕に負担がある
 面がぶれない⇔面がぶれる
 面のどこに球が当たったかわかる⇔面のどこに球が当たったかわからない
 面が遅れない⇔面が遅れる
 反動が手に伝わる⇔反動が手に伝わらない
 持ち心地が良い⇔持ち心地が悪い
 空気抵抗が少ない⇔空気抵抗が多い
 グリップの太さが良い⇔グリップの太さが良くない
 グリップ側を重く感じる⇔グリップ側を軽く感じる
 ラケット全体が重い⇔ラケット全体が軽い
 ラケットの先端を重く感じる⇔ラケットの先端を軽く感じる
 シャフトが柔らかい⇔シャフトが固い
 シャフトがしなる⇔シャフトがしならない
 デザインが良い⇔デザインが悪い

バドミントンラケットにおける心理的評価の導出

比較例

アンケート結果

表1 各ラケットの評価値

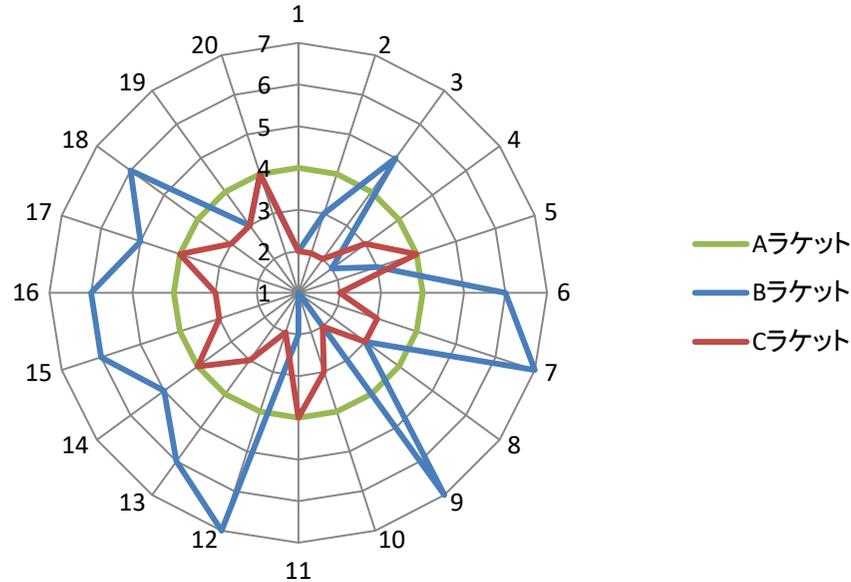


図1 ラケットごとの嗜好のチャート

人体計測結果

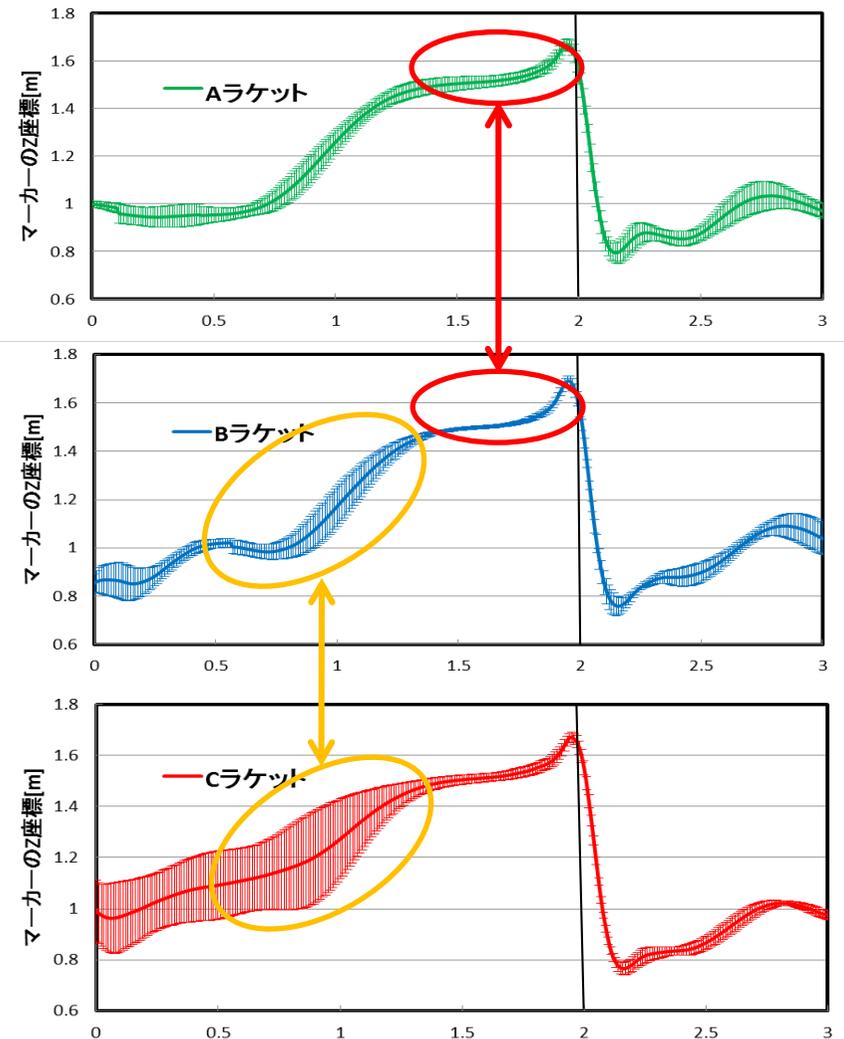


図2 手首位置座標の標準偏差(垂直方向)

機械・人間・感性をつなぐ統合的動力学解析を 応用できるもの

- 人が使う道具や機械全般に応用可能
- とくにメリットが大きいもの
 - 客観的な評価指標に基づく
使う人にとって快適な製品の開発
 - 既存商品のリニューアルで、
より改善効果が高いポイントの調査
 - ユーザー評価の根拠が不明なもの
(人気の秘密がわからないもの等) の評価
 - コストダウンできる余地の調査
オーバースペックの見極め



こんな悩みはありませんか？

使う人の動きが
予想できない

負荷の違いが
みえない



せっかくなつけた
機能の効果が
よくわからない

人の体の動きや
筋肉の動きが
わからない

人体や筋肉のモデルで 解決できるかもしれません

人の姿勢や動きを
シミュレーション



機能の効果を
数字で見て評価

設定を変えた場合の
負荷の違いを数値化

人体の動きや
筋負荷を見える化

こんな悩みはありませんか？

使い心地の
評価指標がない

もっと
省エネにしたい



アンケートを
開発に活かさない

機能をつけすぎて
コストがかかる

評価グリッド法を用いたアンケートで 解決できるかもしれません



根拠に基づいた
使いやすさ

開発のヒントになる
アンケート

無駄な機能を省いて
省エネ性能向上

評価を下げずに
不要なスペックを
はずす

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : スポーツ打具判定システム及びスポーツ打具判定方法
- 出願番号 : 特願2016-160231
- 出願人 : 学校法人上智学院
- 発明者 : 竹原昭一郎、他2名



お問い合わせ先

- 上智大学 研究推進センター
- TEL 03-3238-3173
- FAX 03-3238-4116
- e-mail g_rant-co@sophia.ac.jp

