

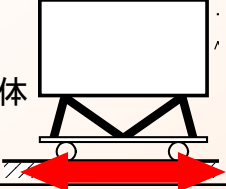

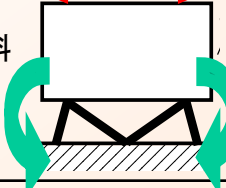

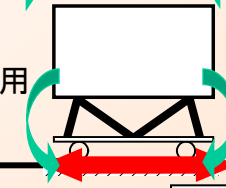

視覚と振動の関係に着目した 鉄道車両の乗り心地官能評価実験

Sensory Evaluation of Ride Focused on Relation between Sight and Motion on Railway Vehicle

シミュレータを用いた鉄道車両の快適性評価(1)

(曲線部高速走行を含む)走行時の鉄道車両車内を模擬する
乗客快適性評価実験プラットフォームの構築

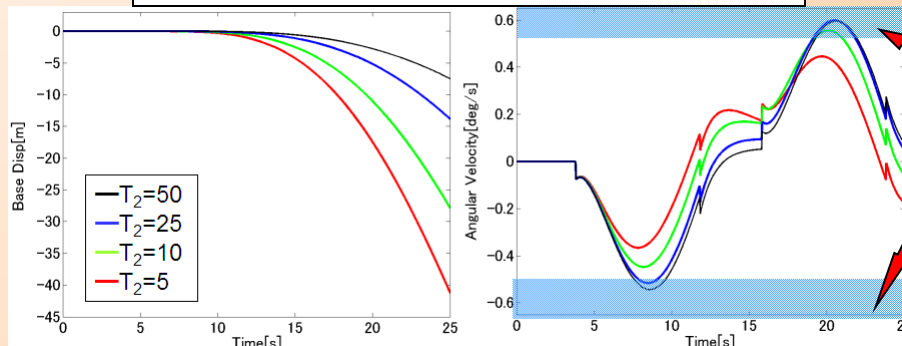
シミュレータ動作方式に関する考察

方式	特徴
A. 並動装置主体 	原理的には忠実に 体感加速度を再現可能 走行条件によっては巨大な装置が必要 
B. キャビン傾斜 (並動装置がない場合) 	低周波成分はキャビン傾斜で模擬 緩和曲線通過時の過渡特性に課題 (ロール角速度が閾値を越えやすい) 
C. 並動傾斜併用 	各々の単独利用の得失を補完できる 現実的な装置運用として優れた方式 

座席を搭載した3次元空間体運動模擬装置



C.の方式での併動装置変位(左)と角速度(右)

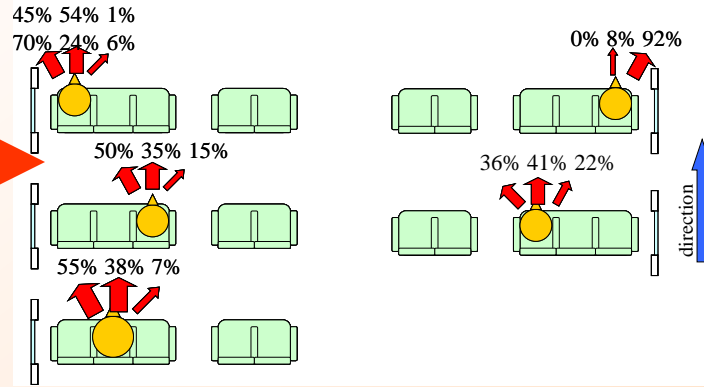


シミュレータを用いた鉄道車両の快適性評価(2)

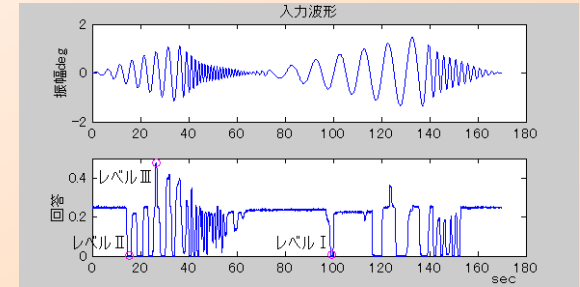
走行試験車内
乗客アイマーク計測実験



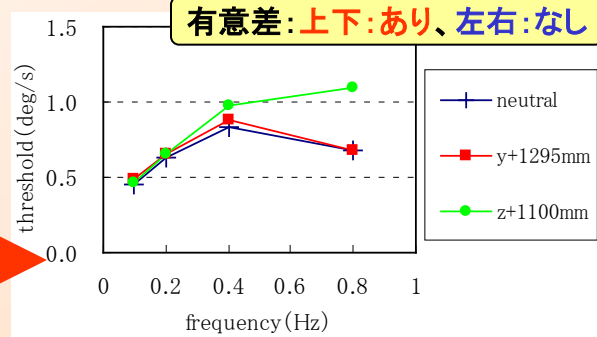
窓席車窓シナリオ作成の提案



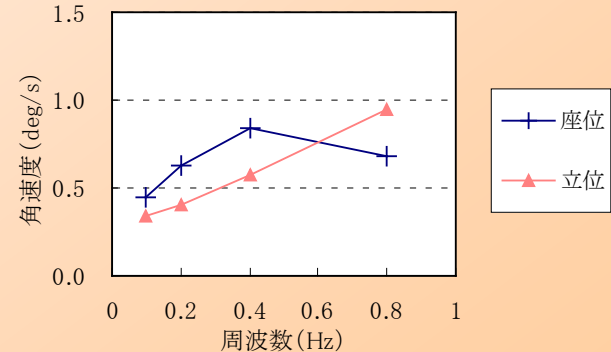
入力波形



実験条件の違いによる
閾値の比較



姿勢による違い



回答方式による違い



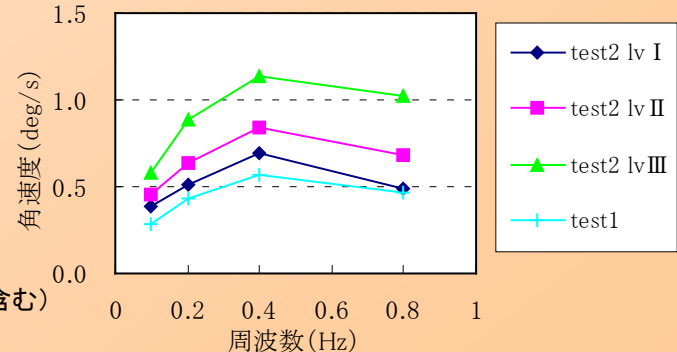
test1: 押しボタン回答

test2: レバー回答

Level I: 何らかの反応(入力と合わない場合を含む)

Level II: 入力と同じ周波数の回答(方向が合わない場合を含む)

Level III: 方向まで含めて、正しい回答

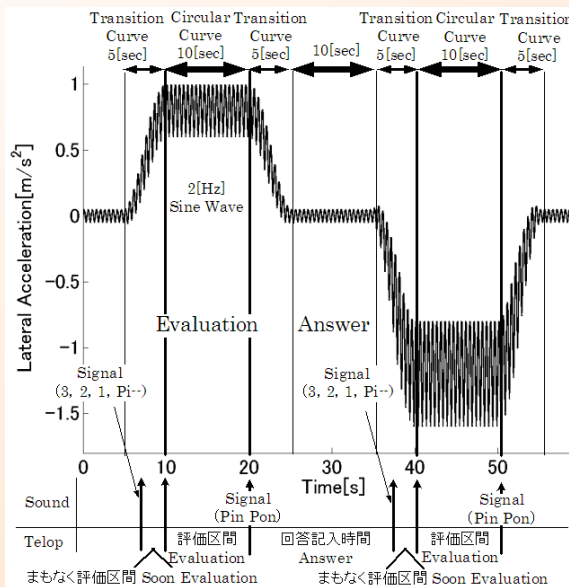


シミュレータを用いた鉄道車両の快適性評価(3)

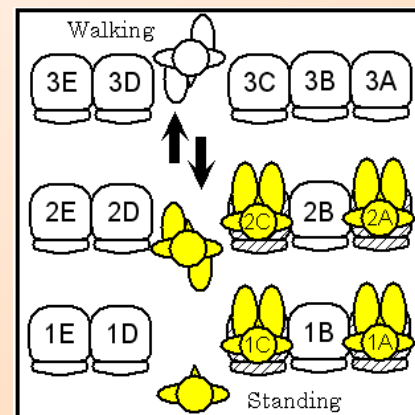
シミュレータを用いた, 実用的・信頼性の高い快適性評価実験を行うための手法についての検討



JR東海 車両運動総合シミュレータ



実験波形



被験者配置

Factor	Value[unit]
Order of Acceleration	Ascending Order, Random
Vibratory Acceleration	0.1, 0.2, 0.4 [m/s ²] (2Hz)
Constant Acceleration	0.8, 1.0, 1.2 [m/s ²]
Body Posture	Sitting, Standing, Walking

許容限度 Limit	わるい ← 評価 (乗り心地) → よい Bad ← Ride Comfort → Good						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
許せる OK	<input checked="" type="checkbox"/>						
許せない No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

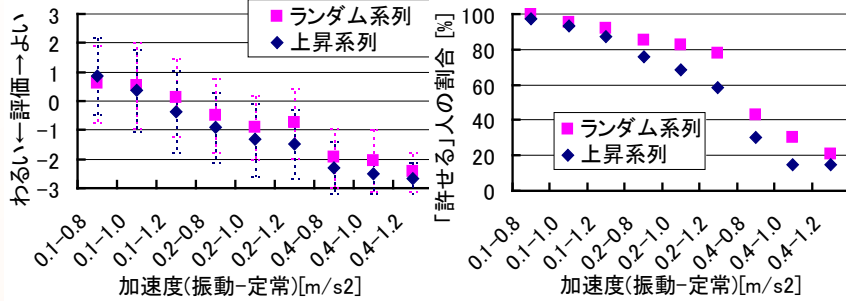
実験パラメータと回答用紙

振動加速度 (2[Hz]) [m/s ²]	定常加速度 [m/s ²]	0.8	1.0	1.2
		0.1	⑩=①	②
0.2		②	③	
0.4		⑨		⑨

提示した加速度 青: 上昇系列 赤: ランダム系列

シミュレータを用いた鉄道車両の快適性評価(4)

1. 加速度の提示順序による回答傾向の差

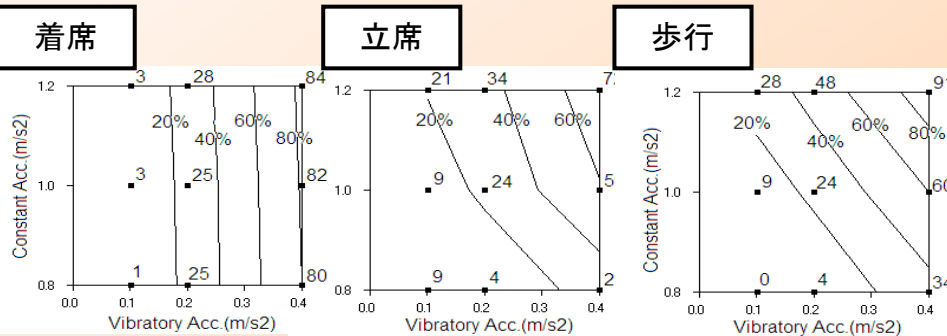


現車試験: 線路条件が一定, 次の曲線が予測可能
シミュレータ実験: 実験条件をランダム順で実施可能

シミュレータ=先入観の入らない実験が可能

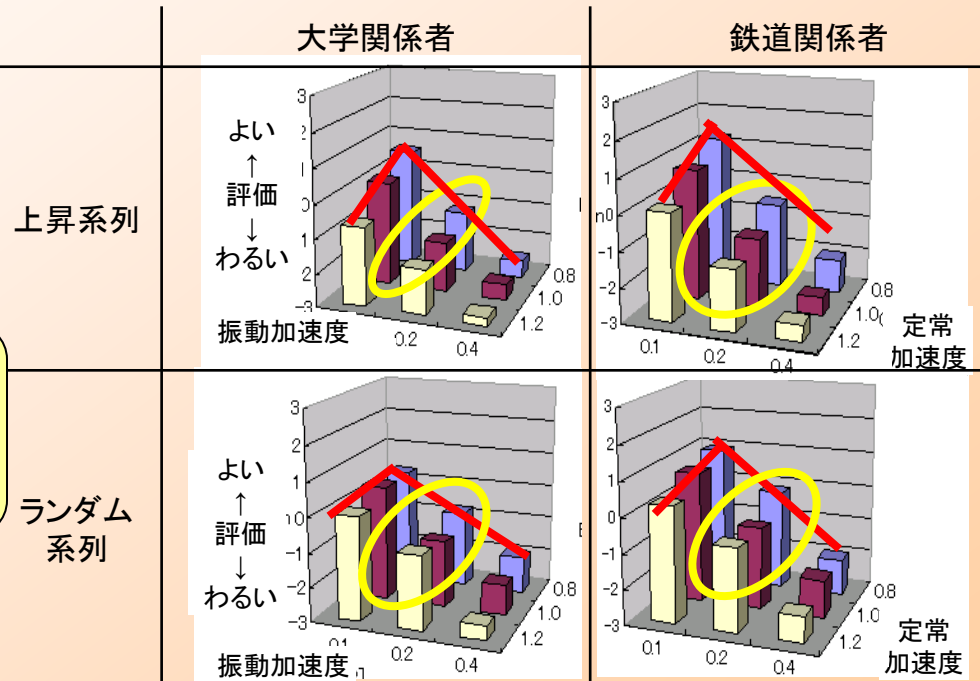
2. 姿勢の違いによる回答傾向の差

「許せない」とした人の割合



提示した加速度の値が大きいほど厳しい評定となるが, その傾向は姿勢によって異なる

3. 被験者の属性による回答傾向の差



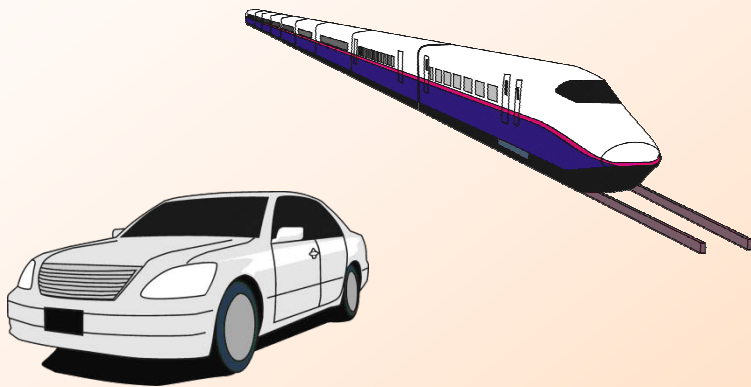
被験者の属性により, 回答の傾向が異なってくる

以上により, シミュレータを実験に用いた
快適性評価手法の有効性を示した

本研究の背景

鉄道車両や乗用車の振動乗り心地の評価

ISO2631(全身振動暴露に関する評価指針)などの国際基準に
準拠して実施



・技術開発進展 ・国際基準改定
→ 乗り心地評価の継続的な見直し

振動のほかに視覚は乗り心地の重要な評価項目か

視覚と振動の関係に着目

モーションシミュレータを用いた乗り心地の官能評価実験の実施

シミュレータを用いた被験者官能評価実験

- 新幹線列車や在来線列車の
車窓(視覚)と振動の様々な組み合わせ
- 乗用車の車窓映像と振動データも利用
- 被験者は快適性や乗り心地などを評価



モーションシミュレータ

実験用データの事前採取

振動加速度データと車窓映像を

新幹線と在来線の計4列車と乗用車の高速道路走行時で採取



*1 <http://www.jreast.co.jp> *2 <http://www.nozomi.iis.u-tokyo.ac.jp/>

実験シナリオ

鉄道車両, 乗用車の振動と車窓映像の組み合わせ

		映像					
		新幹線	在来線振り子車両	在来線一般車両	乗用車		
振動	COMBINATION						
	CATEGORY	IMAGE					
		I1	I2	I3	I4	I5	
	振動なし	M0	○	○	○	—	—
	新幹線	M1	○	—	—	○★	○
	在来線 振り子車両	M2	—	○	—	—	—
		M3	—	—	○	—	○★
		M4	○	○	—	○	—
	在来線一般車両	M5	—	—	—	—	○
	乗用車	M6	—	○	—	—	—
M7		—	—	○	—	—	
M8		○★	—	—	○	—	

乗用車振動振幅1.5倍

★:再現性確認のため2回試行

評価項目

被験者は快適性や乗り心地など以下の項目を5段階で評価

①「振動と車窓映像の間の違和感はどのくらいですか」

違和感が非常にある:5 ←→ 全然ない:1

②「快適の程度はどのくらいですか」

非常に快適:5 ←→ 全然快適でない:1

③「酔いの程度はどのくらいですか」

非常に酔いそう:5 ←→ 全然酔わない:1

④「乗り心地の程度はどのくらいですか」

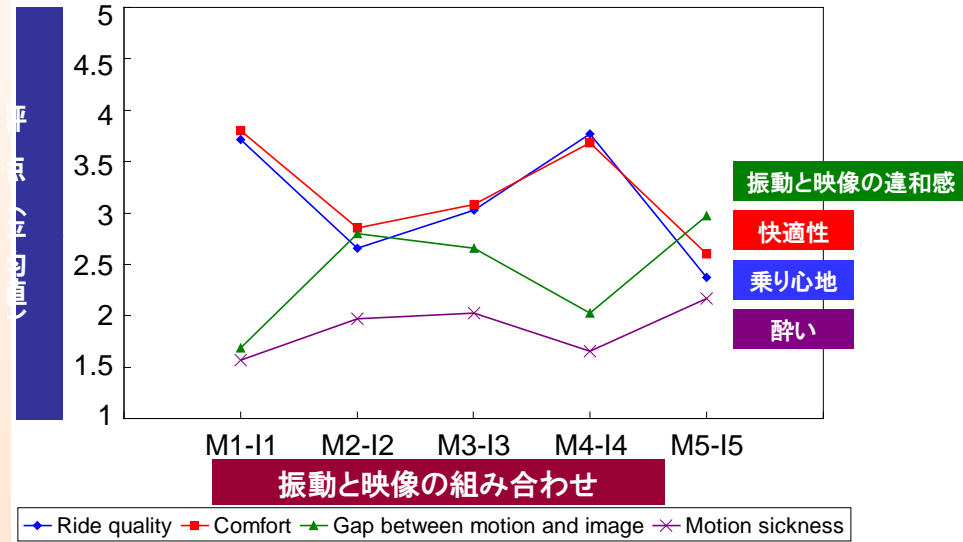
非常によい:5 ←→ 非常に悪い:1



実験結果

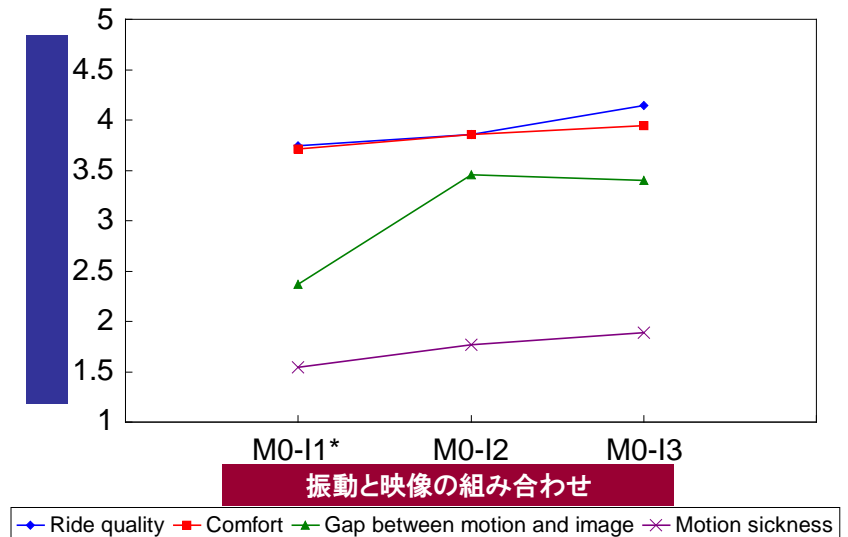
(a) 振動と車窓映像(視覚)が一致する場合

M1-I1, M4-I4では乗り心地及び快適性の評価が高く、振動と映像の間の違和感はない、酔わないとの評価



(b) 振動なしの場合

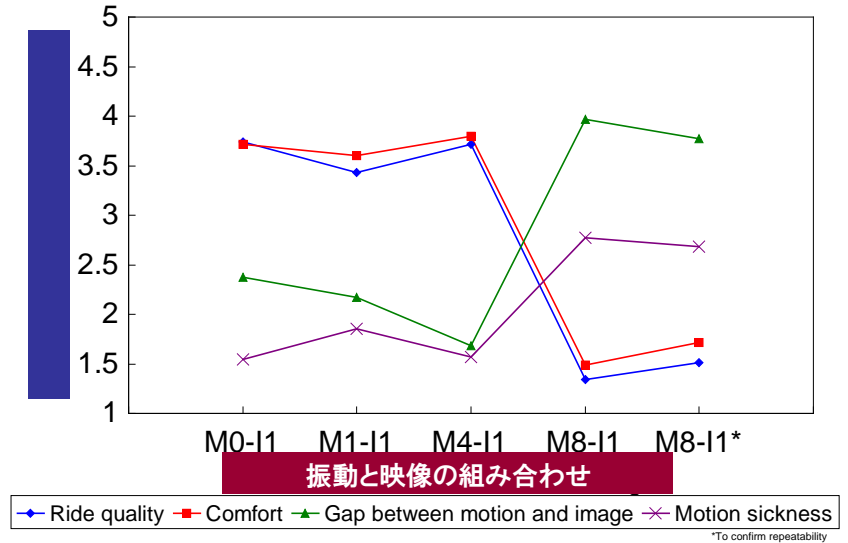
乗り心地, 快適性, 酔いの各評価の変化は比較的小さいが、振動と映像の間の違和感には新幹線(I1)よりも振り子車両(I2, I3)の方にあるとの評価



実験結果

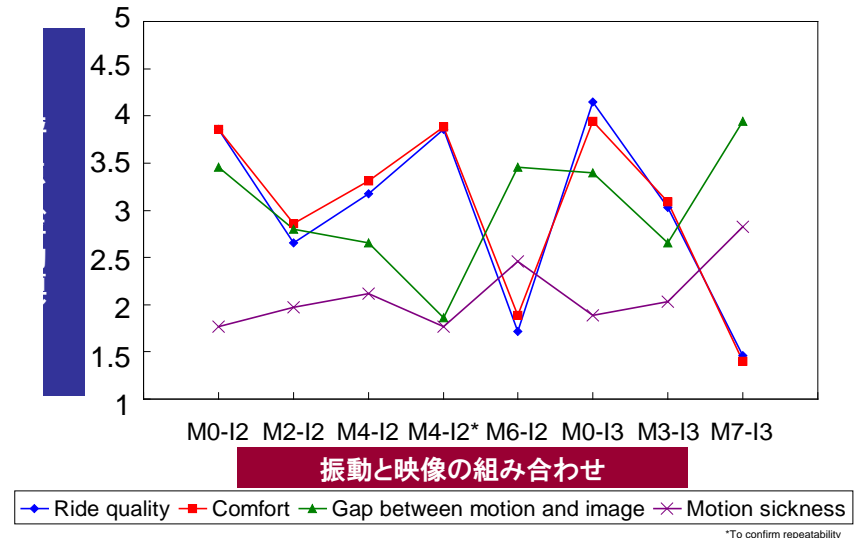
(c) 車窓映像が新幹線の場合

新幹線の車窓は上下変動が小さく、振動なしのM0, 振動の小さいM1, 傾斜動のないM4では乗り心地及び快適性の評価が高く、振動と映像の間の違和感はない、酔わないとの評価



(d) 車窓映像が振り子車両の場合

車窓の上下変動及び振動が大きいM2-I2, M6-I2, M3-I3, M7-I3では乗り心地及び快適性の評価が低く, M6-I2とM7-I3では振動と映像の間の違和感があるとの評価



因子分析

A

全体的に「違和感がなく, 酔いにくい」に評価が集まっている

B

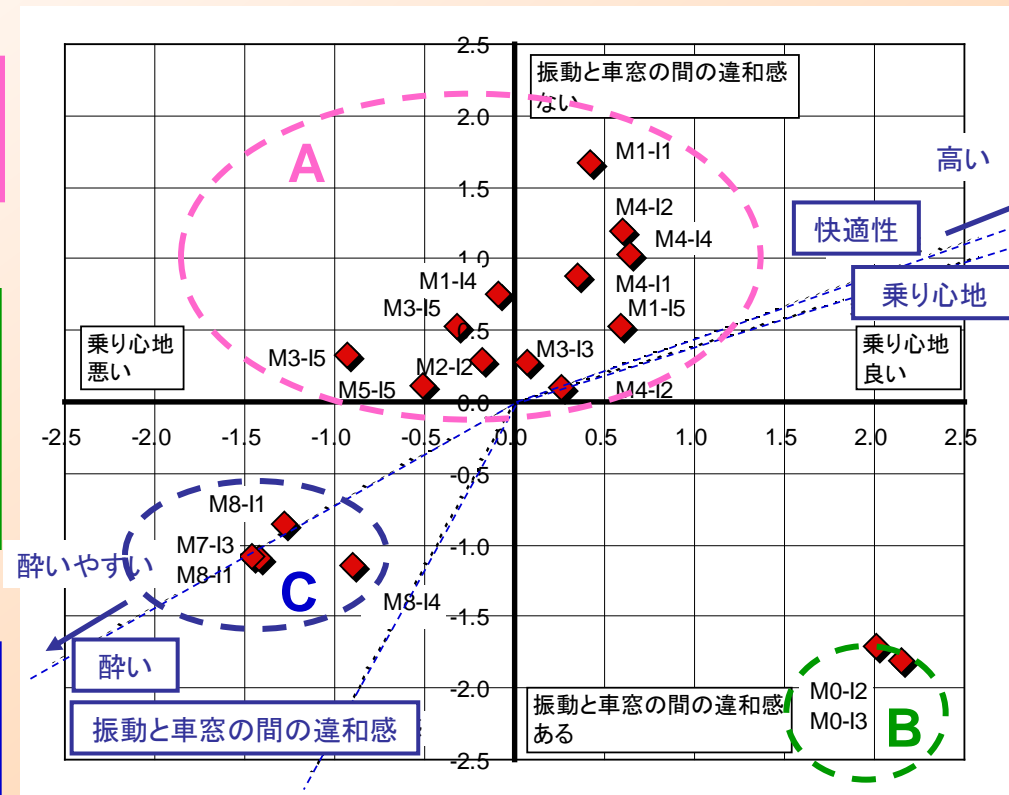
振動のないM0と映像がI2(振り子車両A)及びI3(振り子車両B)のとき

- ・乗り心地はよい(揺れないため)
- ・違和感を強く感じる

C

振動を増幅させたM7(振り子車両B)とM8(乗用車), 映像がI1(新幹線), I3(振り子車両B), I4(一般車両)のとき

- ・乗り心地が悪い(揺れが大きい)
- ・酔いやすい
- ・違和感もある



青点線は因子分析を行ったときの評価項目ごとの単位方向ベクトルを表す

考察

- 映像と振動が一致している場合は両者の間の違和感はない、一致していない場合はあるとの評価傾向にある。多くの被験者は両者の追従関係を違和感の評価の基準にしており、バランスが崩れると違和感を覚える
- 映像と振動が一致していても振り子車両の場合は乗り心地及び快適性の評価は低い傾向にある。車窓の上下変動、振動ともに大きいことから、視覚的要因と振動の大きさが乗り心地及び快適性の評価に影響を及ぼしている
- 因子分析の結果から、振動なしや振動を増幅した組み合わせにおいて「違和感」や「酔い」で評価の傾向が分かれており、振動と車窓の景色の動きの一致度合いを考慮している被験者と考慮していない被験者がいる

まとめ

- 車窓映像と振動のパターンを様々に組み合わせた鉄道車両の乗り心地官能評価実験を提案した。また鉄道車両と乗用車の評価を比較するため、乗用車の車窓と振動も組み合わせに採り入れ、モーションシミュレータを用いて実験を行った
- 環境心理学の解析手法として因子分析を用い、「乗り心地」と「車窓と映像の間の違和感」を評価軸とする解析結果を得た