

救急車の振動等に関する研究

—Study of the Effects of Vibration in Ambulances—

脇 賢*
中西正浩*
佐々木 一治*

概 要

高規格救急車の振動等による影響を調査・研究するため、一般道を走行してデータを集録し分析を行った。その結果は次のとおりである。

(1) 救急車の振動等が心電図測定に及ぼす影響について

ア 除細動器は、救急車の通常走行の振動の影響を受けずに正規の機能が確保できる。

イ 定速走行(60km/h)では、発進、停止、右折等の時より被験者の心電図の乱れ発生率が少ない傾向が見られる。

(2) 救急車の振動特性について

ア 床面上の加速度を比較すると、前後方向及び左右方向では、A車、B車及びC車の3車種とも1Hz以下の周波数に振動の第1ピークが存在しているが上下方向についてB車は0.5Hz付近、A車とC車は2～3Hzの間の周波数範囲となっている。

イ A車、B車及びC車の防振架台作動時を比較すると、C車に装備された防振架台は、A車及びB車の防振架台に比べて加速度レベルが小さくなっている。

In order to study the effects of vibration in ambulances, data were collected during cruising in the city area. The findings were as follows.

1. The performance of the difibrillator was not affected by the vibration.
2. The disorder of the electrocardiogram appeared less during 60 km/h cruising than at the time of start, stop, right turn, etc..
3. With respect to the acceleration on the floor, the predominant frequencies in longitudinal and transversal directions were 1 Hz or less in three models. But the predominant frequencies in vertical direction were around 0.5 Hz in B model and 2 through 3 Hz in A and B models.
4. With respect to the stretcher supporting and vibration absorbing device, the device in C model absorbed more vibration than those in A and B models.

1 はじめに

救急業務の高度化に伴い、救急車も平成3年度から高規格救急車(以下「救急車」という。)が消防署所に配置され、平成8年度までには200台(予備車を含む)の救急車が更新されるといわれている。

これらの救急車の導入に際し、救急車の構造等に関する資料を入手しているところであるが、振動特性等の資料は、メーカー各社の秘密事項であり、ユーザー側には入手できない状況にある。

また、救急隊員が取り扱う救急資器材も高度救急処置

用のものに整備され運用されているところであるが、傷病者の安全に配慮して心電図測定も振動等の少ない救急現場や停車した救急車内で行っている状況にある。しかし、高度救急処置の導入等を背景にして、より迅速な救急活動を行うため、走行途上での心電図測定が可能か、また可能ならしめる方法があるかを検討する必要がある。

これらを踏まえて、一般道路を走行する救急車の振動特性を分析・把握するとともに、その振動及びサイレン音が心電図測定に及ぼす影響について調査・研究したのである。

2 実験の目的

- (1) 救急車の振動等が心電図測定に及ぼす影響を調査・研究する。

*第三研究室

ア 走行時に心電図が乱れたときのストレッチャー上の加速度を測定する。

イ サイレンを吹鳴させたときの救急車内の騒音を測定するとともに、心電図への影響を調査する。

(2) 救急車の振動特性（周波数に対する加速度）を調査研究する。

ア 救急車の床面の性能特性と、防振架台固定時及び防振架台作動時の性能特性を把握する。

イ 現在導入が進められている3車種の救急車の性能特性を比較する。

3 実験期間等

(1) 実験期間 平成5年11月10日、16日、17日

(2) 実験場所

消防科学研究所敷地内及び同研究所からJ R線原宿駅付近までの一般道路（井の頭通り）

(3) 天候等

11月10日 晴れ 気温15.2℃ 湿度49%

風位風速 北東2.9m/s

11月16日 快晴 気温19.2℃ 湿度48%

風位風速 東 1.8m/s

11月17日 晴れ 気温17.1℃ 湿度61%

風位風速 北東1.8m/s



上から写真1、写真2



写真3

4 実験資器材等

(1) 供試資器材

ア 使用車両

現在導入されているベンツ、ニッサン及びトヨタの救急車を各1台使用する。【写真1～3参照】

イ 前アの防振措置の機構

A車—スプリング、油圧ダンパー及びリンク機構

B車—上下方向は油圧シリンダー及びショックアブソーバー機構、遠心力の吸収にはローリング装置で左右に約7度自動的に傾斜

C車—上下方向はエアースプリング及びショックアブソーバー機構、前後及び左右方向は多段積層ゴム、左右の傾斜はスタビライザー機構

ウ 半自動式除細動器（以下「除細動器」という。）

米国・フィジオコントロール社製

「ライフバック300」【写真4参照】

(406 (W)×370 (D)×135 (H) mm)

紙送り速度：2.5cm/sec

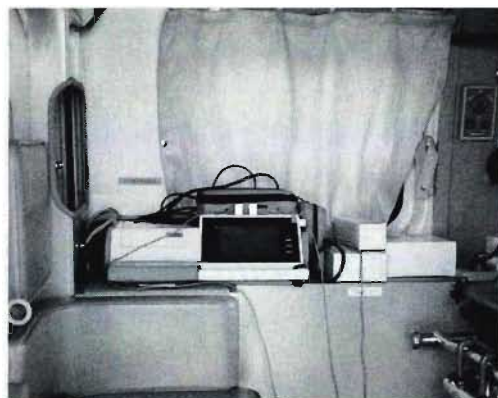


写真4 半自動式除細動器

エ 人体シミュレータ（以下「シミュレータ」という。）

【写真5参照】

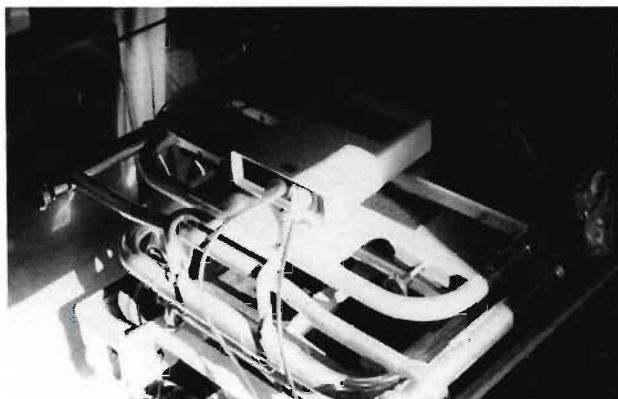


写真5 人体シミュレータ

(2) 計測機材

ア 加速度変換器

共和電業：AS-1GB、2GB

イ データレコーダ

TEAC：XR-5000

ウ データアナライザ

共和電業：DAA-110A

エ 精密騒音計

リオン製：NA-60

(3) 被験者等

ア 被験者

被験者	年 齢	身 長	体 重	健康状態
A	35歳	174cm	58kg	異常なし
B	32歳	165cm	60kg	異常なし
C	27歳	177cm	70kg	異常なし
D	45歳	172cm	75kg	異常なし

〔注：被験者A及びCは全車に乗車、被験者BはA車及びB車に乗車、被験者DはC車にのみ乗車する。〕

イ 乗車人員 6名

(4) 計測機材の集録条件

ア データレコーダ

(ア) 入力レンジ：2 V

振動計測時

- ・ 1ch～3ch： 床面上の加速度入力
- ・ 4ch～6ch： 除細動器上の加速度入力
- ・ 7ch～9ch： 防振架台上の加速度入力
- ・ 10ch～12ch： ストレッチャー上の加速度入力

(イ) 出力レンジ：2 V

(ウ) テープ速度：2.4cm/sec

イ データアナライザ

(ア) サンプリング周期：10ms

(イ) 測定周波数：DC～50Hz

(ウ) 入力レンジ：2 V

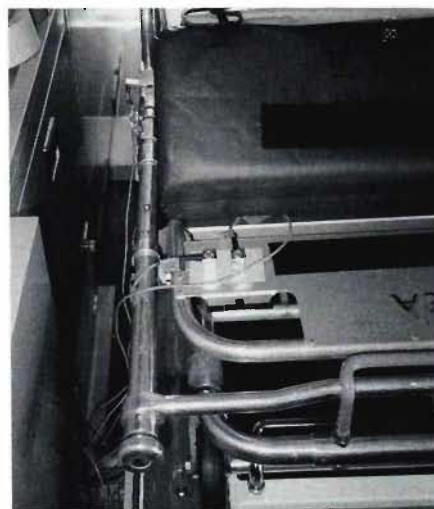


写真6 加速度変換器の設定状況



写真7 測定機材の設定状況

5 計測方法

(1) 心電図測定

心電図の測定は、除細動器の細動ケーブルの電極をFAST-PACHに接続し、そのFAST-PACHを被験者の胸部に貼り付けたとき、或いは除細動ケーブルの電極をシミュレータに接続したときの心電図の変化について除細動器の記録紙に出力する。



写真8 データ集録状況

(2) 加速度測定

加速度測定は、各救急車の後部室内床面・除細動器・防振架台及びストレッチャーに加速度変換器をそれぞれ3個ずつ（上下・前後・左右方向）合計12個取付け、各種実験条件下の加速度の変化をデータレコーダに記録する。

6 実験条件

(1) 走行時

走行途上の振動が救急車内の除細動器の測定に与える影響等を確認するためストレッチャー上に被験者等を仰臥させるなどして、一般道路（井の頭通り）を各救急車ごと被験者3名及びシミュレータに対し合計4往復を走行する。

往路は、それぞれの救急車の防振架台を固定し消防科学研究所を出発して東側の一般道路を東北沢駅（小田急線）方行に向かい途中、大山交差点を左折する。

左折後、井の頭通りを経て原宿駅（JR線）付近を右折し、Uターンする。復路はUターン後、救急車の防振架台を作動（フローティング）し同じ道路を折り返し走行して消防科学研究所に帰所する。その間に次に示した走行条件で実験項目を測定する。

条件1：普通発進、普通停止（以下「発進」、「停止」という。）

条件2：右折、左折走行

条件3：坂道走行

条件4：毎時60kmの定速走行（以下「定速走行」という。）

以上はできるだけ一般的な救急車の走行を意識して行う。そのため使用するデータとして抽出したものは走行条件によってその数（母数）が異なっている。（ただし、心電図に乱れが生じた走行は、すべて抽出する。）

条件5：急発進から急停止（消防科学研究所の敷地内を走行する。）

(2) 停車時

消防科学研究所の総合実験室前（屋外）に救急車を停車させ次に示した条件で実験項目を測定する。

条件6：エンジンは、アイドリングを安定させた状態とする。

条件7：サイレンの吹鳴は、3秒間とする。

7 分析項目

(1) 救急車の振動等が心電図測定に及ぼす影響について

ア 走行条件（発進、停止、右折、左折、上り坂、下り坂、定速走行、急発進、急停止）を走行中に心電

図が乱れたときのストレッチャー上の加速度を測定し防振架台固定時と防振架台作動時に分けて、一覧化する。（ストレッチャー上に設置した加速度変換器の集録データを使用する。）

イ 走行条件ごとに心電図の乱れの回数をもとめ、全数に対する心電図乱れの発生率を算出する。

ウ 救急車を停車させ、アイドリング状態でサイレンを吹鳴する。このとき、救急車内の騒音を測定するとともに心電図の乱れの有無を確認する。

(2) 救急車の振動特性について

（床面上及び防振架台上に設置した加速度変換器の集録データを使用する。）

ア 床面上、防振架台固定時及び防振架台作動時の振動特性

各救急車が、走行条件（発進、停止、右折、左折、上り坂、下り坂、定速走行）で走行中に床面上、防振架台固定時及び防振架台作動時の振動を振動方向（上下方向・前後方向・左右方向）ごとに周波数分析を行い、同じ走行条件の複数のデータを平均してグラフを作成し比較する。

（例：A車が右折する際の、床面上の上下方向・防振架台を固定して走行したときの防振架台上の上下方向・防振架台を作動して走行したときの防振架台上の上下方向の周波数に対する加速度を1枚のグラフにする。）

イ 各救急車の振動特性による比較

前アで作成したデータを同一条件ごとにA車、B車及びC車をひとつのグラフにまとめ、3車種の救急車について比較を行う。（例：発進する際の、A車の床面上の左右方向・B車の床面上の左右方向・C車の床面上の左右方向の周波数に対する加速度を1枚のグラフにする。）



写真9 防振架台とストレッチャー

8 実験結果及び分析結果

(1) 被験者等の平常時の心電図と乱れが生じた心電図は

- 図1に示すとおりである。(各被験者等ごとに、一例ずつのみ掲載)
- (2) 防振架台を固定或いは作動させて心電図が乱れたときのストレッチャー上の加速度は、表2～4に示すとおりである。(加速度の時間波形の例を図2に示す)
- (3) 走行条件ごとの心電図の乱れの発生率は、表5及び図9に示すとおりである。
- (4) アイドリング状態(暗騒音)及びサイレン吹鳴中における騒音の測定結果は、表1に示すとおりである。

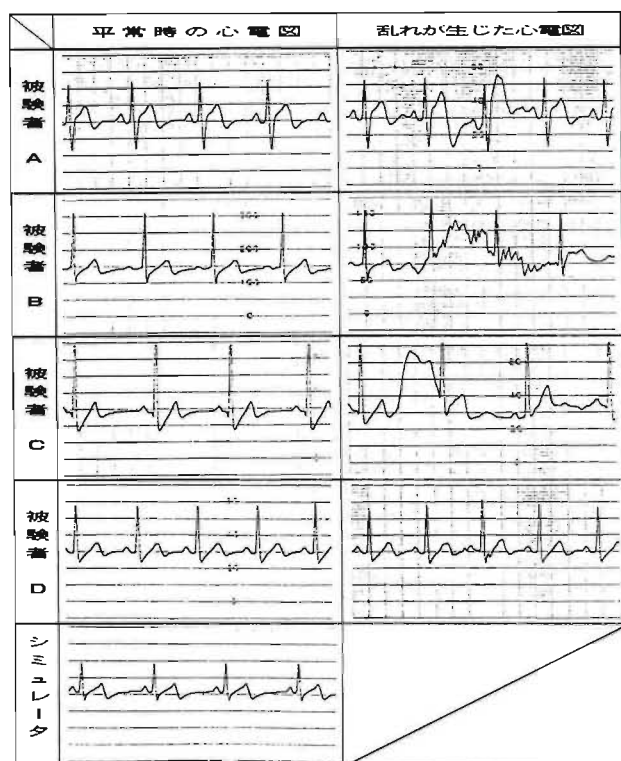


図1 平常時の心電図と乱れが生じた心電図

表1 騒音の測定結果

			A 車	B 車	C 車
アイドリング状態	被験者	A	50～51	56～57	52
		B	51～52	56～57	—
		C	50～51	58	53.5
		D	—	—	53
	シミュレータ	50～51	56～57	54	
サイレン吹鳴の騒音	被験者	A	74～76	74～76	75～79
		B	74～75	76～78	—
		C	75～76	79～80	76～77
		D	—	—	76～82
	シミュレータ	75～78	75～78	82	

単位: dB(A特性)

- (5) 床面上、防振架台固定時及び防振架台作動時の周波数に対する加速度の比較は図11～19に示すとおりである。(全体63図のうち27図を掲載)
- (6) A車、B車及びC車各救急車の周波数に対する加速度の比較は図20～26に示すとおりである。(全体63図のうち21図を掲載)

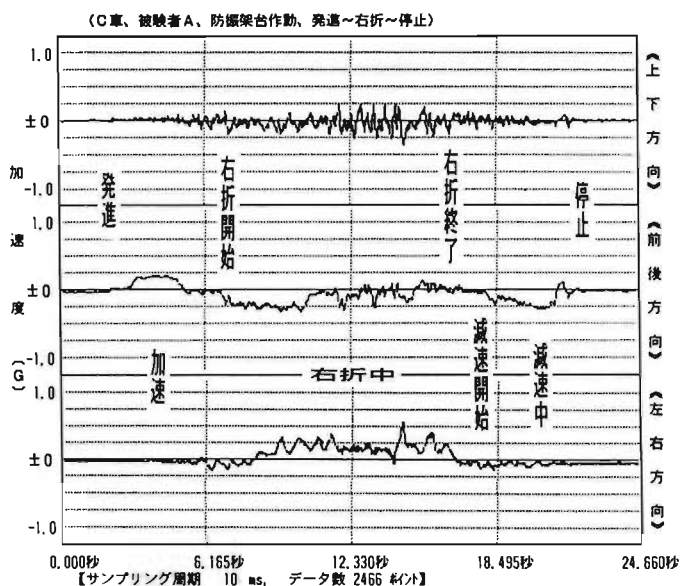


図2 加速度の時間波形

9 考察

- (1) 救急車の振動等が心電図測定に及ぼす影響について
上大静脈が右心房に入ったところに洞結節とよばれる特殊な部位があり、この洞結節は心臓の拍動のもとになる電気的興奮が最初に発生するところである。

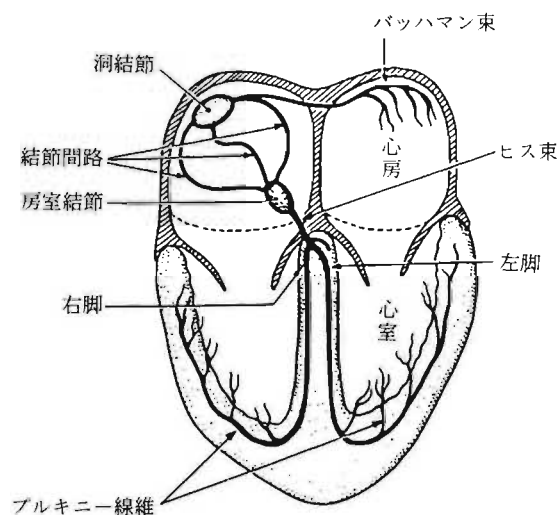
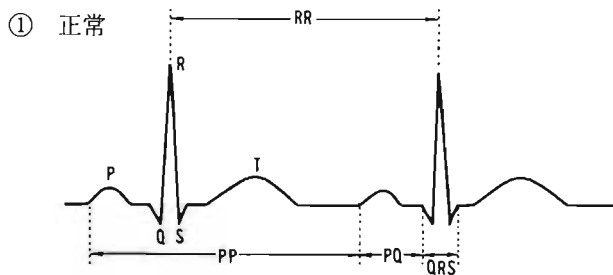


図3 心臓の刺激伝導系

洞結節に発生した電気的興奮が刺激伝導系を伝わる過程を体表から記録したのが心電図である。正常な心

電図は、図4-①に示すようにP波、QRS波、T波が規則正しく繰り返されており、P波は右心房、左心房の電氣的興奮を示し、QRS波は心室の興奮を意味しておりT波は心室の興奮の回復過程を示している。



② 心静止（心停止）



③ 心室細動

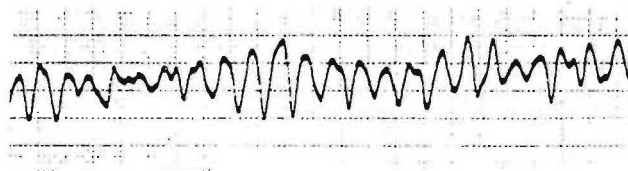


図4 平常時、心停止、心室細動の心電図

心静止（心停止）は、図4-②のように全く波がみられず平坦で、死亡している場合の心電図である。

心室細動は、図4-③のような心電図であり、この場合心臓からは全く血液が送り出されておらず、放置すれば致命的な状態で、直ちに除細動を行う必要があるとされている。



図5 筋電図

傷病者の状態が異常ではなく次に示す状態のとき

- 傷病者が緊張しているとき
- 傷病者が安静を保てない体位のとき
- 緊縛されている部位があるとき

心電図は、図5に示すように振幅、周期の不規則な信号が基線に重なっている筋電図が生じることが文献資料「救急隊員標準過程テキスト（監修自治省消防庁救

急救助課、発行者長谷川恒夫）へるす出版」に記載されている。

これらを参考にするとともに救急部から専門的意見及び助言を基にして走行途上等で測定した心電図について考察を進める。

ア 心電図が乱れたときの加速度の測定

救急車が同じ走行条件を走行しても道路の路面状態や時間帯で交通事情が異なるため、その加速度も異なり絶対的な評価をすることは困難である。そこで走行条件別、例えば、発進ごとに心電図が乱れたときの加速度の最大値、最小値をデータから抽出して平均化し、その値で考察を進める。

発進以外の走行条件についても加速度の最大値、最小値を抽出し平均化して同様に進行。

【表2～4、図6～8参照】

(ア) 救急車が防振架台を固定した状態で発進するとき心電図が乱れた平均の加速度は、上下方向0.34G、前後方向0.25G、左右方向0.25Gである。また、防振架台を作動した状態で発進するとき、その加速度は上下方向0.24G、前後方向0.26G、左右方向0.25Gである。

【表2～4参照】

発進するときは、防振架台を固定又は、作動した状態で前後方向、左右方向のその加速度にあまり変化が見られない。しかし、上下方向では、防振架台を作動した状態で発進するとき、その加速度は固定した状態のときより小さい値で心電図に乱れが見られる。

(イ) 救急車が防振架台を固定した状態で停止するとき心電図が乱れた平均の加速度は、上下方向0.25G、前後方向0.23G、左右方向0.21Gである。また、防振架台を作動した状態で停止すると、その加速度は上下方向0.31G、前後方向0.30G、左右方向0.22Gである。

【表2～4参照】

防振架台を作動した状態で停止するとその加速度は、固定した状態のときより大きい値で心電図に乱れが見られる。従って、停止するとき防振架台を作動した状態の方が心電図が乱れにくいと考えられる。

(ウ) 前(イ)から救急車が防振架台を固定した状態で発進するとき、停止するときよりその加速度は大きい値で心電図に乱れが見られる。また、防振架台を作動した状態で発進するときは、停止するときよりその加速度は小さい値で心電図に乱れが見られる。従って、防振架台を固定した状態で発進するときは停止するときより、心電図は乱れにくいと考えられる。しかし防振架台を作動した状態で発進するときは、停止するときより心電図が乱れやすいと考えられる。（左右方向を除く）

表2 心電図が乱れたときの上下方向の加速度(ストレッチャー上)

		防振架台：固定 (単位：G)								防振架台：作動 (単位：G)							
車種	走行条件	発進	停止	右折	左折	上り	下り	定速	Uタ	発進	停止	右折	左折	上り	下り	定速	急発
A車	最大	0.39	0.51	0.45	0.24	0.52	0.63	0.57	0.31	0.36	0.40	0.30	0.72	0.68	0.41	0.40	1.23
	最小	0.39	0.18	0.45	0.24	0.39	0.51	0.57	0.31	0.20	0.29	0.28	0.72	0.40	0.41	0.40	1.23
	平均	0.39	0.33	0.45	0.24	0.45	0.57	0.57	0.31	0.28	0.34	0.29	0.72	0.54	0.41	0.40	1.23
B車	最大	0.34	0.26	0.41	0.33	0.33	0.52	0.51	0.22	0.25	0.30	0.21	0.37	0.34	0.31	0.50	0.84
	最小	0.28	0.19	0.41	0.22	0.27	0.52	0.33	0.22	0.25	0.30	0.21	0.30	0.34	0.31	0.50	0.84
	平均	0.31	0.21	0.41	0.26	0.30	0.52	0.40	0.22	0.25	0.30	0.21	0.33	0.34	0.31	0.50	0.84
C車	最大	0.31	0.29	0.24	0.17	0.32	心電図の 乱れなし			0.23	0.31	0.23	0.57	0.53	0.21	0.25	0.79
	最小	0.31	0.14	0.24	0.16	0.32				0.15	0.26	0.23	0.57	0.53	0.21	0.25	0.79
	平均	0.31	0.21	0.24	0.17	0.32				0.19	0.29	0.23	0.57	0.53	0.21	0.25	0.79
平均	最大	0.35	0.35	0.37	0.25	0.39	0.58	0.54	0.27	0.28	0.34	0.25	0.55	0.52	0.31	0.38	0.95
	最小	0.33	0.17	0.37	0.21	0.33	0.52	0.45	0.27	0.20	0.28	0.24	0.53	0.42	0.31	0.38	0.95
	平均	0.34	0.25	0.37	0.22	0.36	0.55	0.49	0.27	0.24	0.31	0.24	0.54	0.47	0.31	0.38	0.95
備考		上り：上り坂、下り：下り坂、定速：定速走行、Uタ：Uターン、急発：急発進、急停止															

表3 心電図が乱れたときの前後方向の加速度(ストレッチャー上)

		防振架台：固定 (単位：G)								防振架台：作動 (単位：G)							
車種	走行条件	発進	停止	右折	左折	上り	下り	定速	Uタ	発進	停止	右折	左折	上り	下り	定速	急発
A車	最大	0.24	0.31	0.30	0.24	0.34	0.34	0.27	0.27	0.30	0.34	0.27	0.45	0.39	0.27	0.41	1.42
	最小	0.24	0.16	0.30	0.24	0.32	0.29	0.27	0.27	0.21	0.26	0.25	0.45	0.34	0.27	0.41	1.42
	平均	0.24	0.24	0.30	0.24	0.33	0.31	0.27	0.27	0.27	0.30	0.26	0.45	0.37	0.27	0.41	1.42
B車	最大	0.28	0.26	0.35	0.26	0.25	0.40	0.30	0.23	0.28	0.28	0.27	0.32	0.28	0.28	0.32	0.69
	最小	0.27	0.16	0.35	0.23	0.24	0.40	0.23	0.23	0.25	0.28	0.27	0.32	0.28	0.28	0.32	0.69
	平均	0.28	0.21	0.35	0.24	0.24	0.40	0.25	0.23	0.26	0.28	0.27	0.32	0.28	0.28	0.32	0.69
C車	最大	0.24	0.28	0.24	0.24	0.16	心電図の 乱れなし			0.29	0.32	0.17	0.32	0.22	0.30	0.21	1.01
	最小	0.24	0.18	0.24	0.14	0.16				0.23	0.32	0.17	0.32	0.22	0.30	0.21	1.01
	平均	0.24	0.23	0.24	0.19	0.16				0.26	0.32	0.17	0.32	0.22	0.30	0.21	1.01
平均	最大	0.25	0.28	0.30	0.25	0.25	0.37	0.29	0.25	0.29	0.31	0.24	0.36	0.30	0.28	0.31	1.04
	最小	0.25	0.17	0.30	0.20	0.24	0.35	0.25	0.25	0.23	0.29	0.23	0.36	0.28	0.28	0.31	1.04
	平均	0.25	0.23	0.30	0.22	0.24	0.36	0.26	0.25	0.26	0.30	0.23	0.36	0.29	0.28	0.31	1.04
備考		上り：上り坂、下り：下り坂、定速：定速走行、Uタ：Uターン、急発：急発進、急停止															

表4 心電図が乱れたときの左右方向の加速度(ストレッチャー上)

		防振架台：固定 (単位：G)								防振架台：作動 (単位：G)							
車種	走行条件	発進	停止	右折	左折	上り	下り	定速	Uタ	発進	停止	右折	左折	上り	下り	定速	急発
A車	最大	0.23	0.36	0.36	0.15	0.33	0.32	0.25	0.43	0.28	0.39	0.31	0.58	0.40	0.32	0.26	0.57
	最小	0.23	0.14	0.36	0.15	0.28	0.29	0.25	0.43	0.16	0.19	0.26	0.58	0.33	0.32	0.26	0.57
	平均	0.23	0.26	0.36	0.15	0.31	0.31	0.25	0.43	0.23	0.30	0.29	0.58	0.36	0.32	0.26	0.57
B車	最大	0.35	0.27	0.32	0.36	0.44	0.53	0.54	0.42	0.35	0.24	0.35	0.41	0.62	0.22	0.43	0.52
	最小	0.30	0.14	0.32	0.31	0.38	0.53	0.45	0.42	0.26	0.24	0.35	0.30	0.62	0.22	0.43	0.52
	平均	0.32	0.19	0.32	0.33	0.41	0.53	0.50	0.42	0.31	0.24	0.35	0.36	0.62	0.22	0.43	0.52
C車	最大	0.19	0.26	0.32	0.26	0.28	心電図の 乱れなし			0.30	0.13	0.23	0.32	0.22	0.16	0.08	0.29
	最小	0.19	0.12	0.32	0.20	0.28				0.09	0.09	0.23	0.32	0.22	0.16	0.08	0.29
	平均	0.19	0.19	0.32	0.23	0.28				0.20	0.11	0.23	0.32	0.22	0.16	0.08	0.29
平均	最大	0.26	0.30	0.33	0.26	0.35	0.43	0.40	0.43	0.31	0.25	0.30	0.44	0.41	0.23	0.26	0.46
	最小	0.24	0.13	0.33	0.22	0.31	0.41	0.35	0.43	0.17	0.17	0.28	0.40	0.39	0.23	0.26	0.46
	平均	0.25	0.21	0.33	0.24	0.33	0.42	0.38	0.43	0.25	0.22	0.29	0.42	0.40	0.23	0.26	0.46
備考		上り：上り坂、下り：下り坂、定速：定速走行、Uタ：Uターン、急発：急発進、急停止															

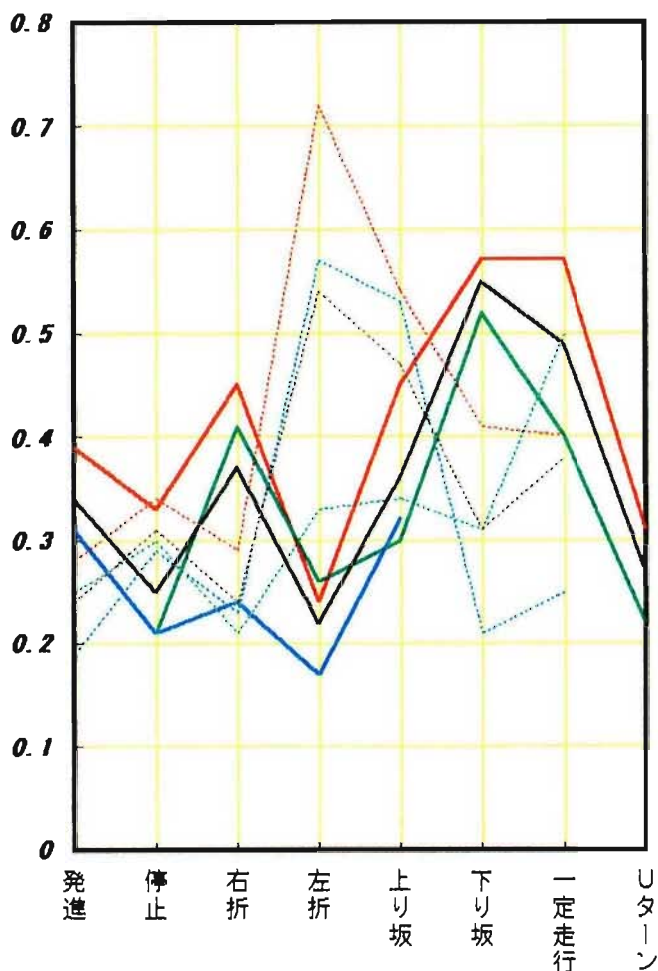


図 6 ストレッチャー上の上下方向

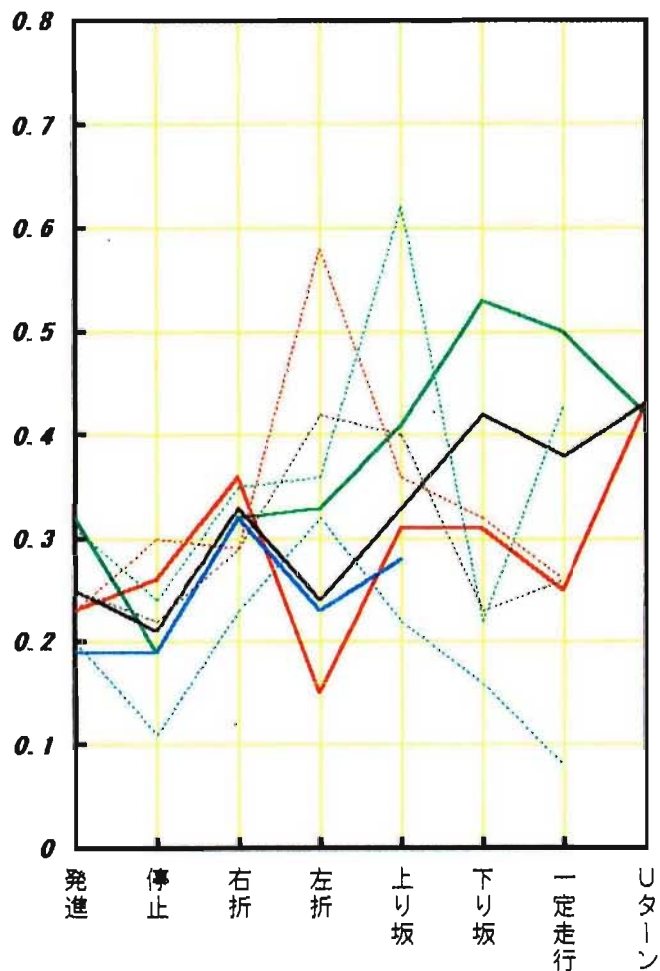


図 8 ストレッチャー上の左右方向

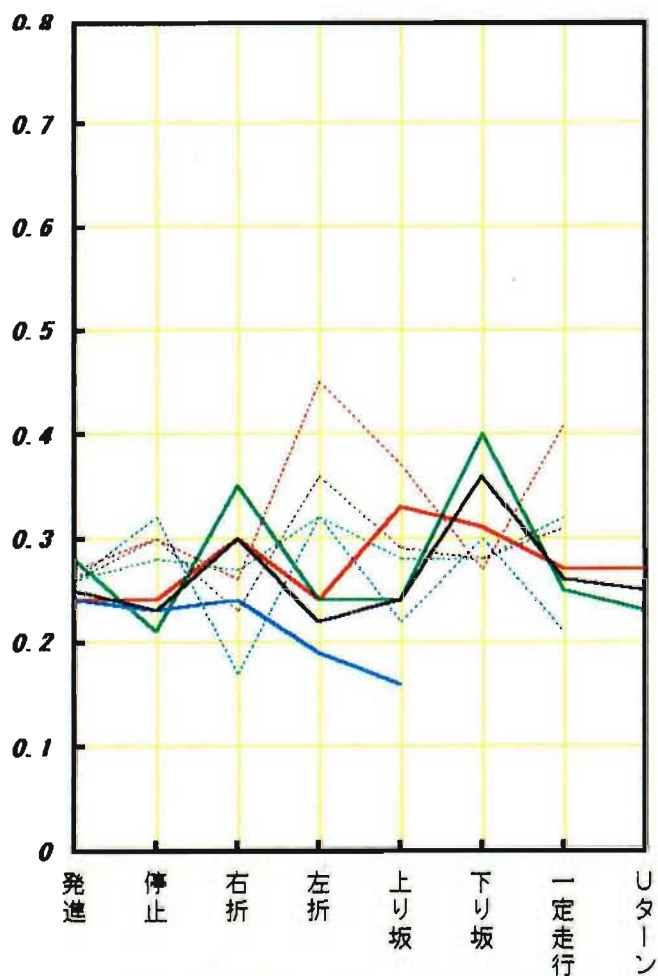


図 7 ストレッチャー上の前後方向 (116)

縦軸：加速度〔G〕

凡例



表5 各測定項目別・車種別波形乱れ発生回数

(防振架台固定時+防振架台動作時)

被験者	測定項目	A 車		B 車		C 車		合 計		
		発生数	全数	%	発生数	全数	%	発生数	全数	%
A	発 進	12	36	33.3	6	18	33.3	10	24	41.7
	停 止	13	36	36.1	9	18	50.0	7	24	29.2
	右 折	2	7	28.6	4	6	66.7	2	5	40.0
	左 折	2	4	50.0	3	5	60.0	0	3	0.0
	上り坂	4	8	50.0	4	6	66.7	0	6	0.0
	下り坂	4	8	50.0	4	7	57.1	1	7	14.3
	一定速	1	2	50.0	0	2	0.0	1	2	50.0
B	発 進	6	29	20.7	6	23	26.1	—	—	—
	停 止	10	30	33.3	7	23	30.4	—	—	—
	右 折	3	6	50.0	3	5	60.0	—	—	—
	左 折	2	4	50.0	3	3	100.0	—	—	—
	上り坂	1	7	14.3	0	6	0.0	—	—	—
	下り坂	2	6	33.3	1	7	14.3	—	—	—
	一定速	0	4	0.0	0	2	0.0	—	—	—
C	発 進	3	22	13.6	9	27	33.3	4	25	16.0
	停 止	5	24	20.8	12	27	44.4	12	26	46.2
	右 折	3	5	60.0	3	5	60.0	2	5	40.0
	左 折	1	5	20.0	3	4	75.0	3	4	75.0
	上り坂	1	6	16.7	6	7	85.7	0	6	0.0
	下り坂	1	7	14.3	3	7	42.9	2	7	28.6
	一定速	1	4	25.0	0	4	0.0	1	4	25.0
D	発 進	—	—	—	—	—	—	4	25	16.0
	停 止	—	—	—	—	—	—	5	25	20.0
	右 折	—	—	—	—	—	—	1	5	20.0
	左 折	—	—	—	—	—	—	0	3	0.0
	上り坂	—	—	—	—	—	—	2	6	33.3
	下り坂	—	—	—	—	—	—	2	7	28.6
	一定速	—	—	—	—	—	—	0	3	0.0
計	発 進	21	87	24.1	21	68	30.9	18	74	24.3
	停 止	28	90	31.1	28	68	41.2	24	75	32.0
	右 折	8	18	44.4	10	16	62.5	5	15	33.3
	左 折	5	13	38.5	9	12	75.0	3	10	30.0
	上り坂	6	21	28.6	10	19	52.6	2	18	11.1
	下り坂	7	21	33.3	8	21	38.1	5	21	23.8
	一定速	2	10	20.0	0	8	0.0	2	9	22.2

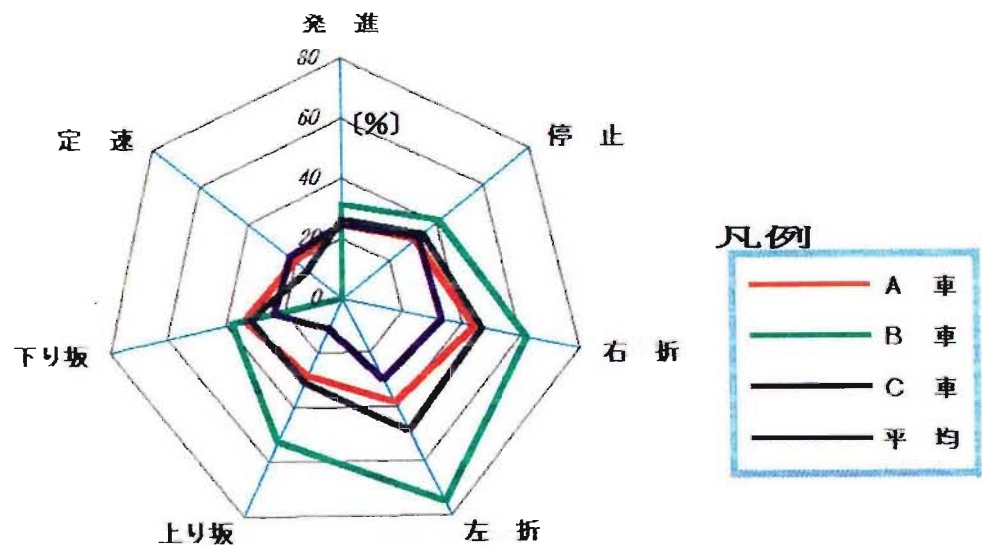


図9 心電図の乱れ発生率

(ニ) 救急車が防振架台を固定した状態で右折するとき心電図が乱れた平均の加速度は、上下方向0.37G、前後方向0.30G、左右方向0.33Gである。

また、防振架台を作動した状態で右折すると、その加速度は上下方向0.24G、前後方向0.23G、左右方向0.29Gである。【表2～4 参照】

防振架台を作動した状態で右折すると、その加速度は小さい値で心電図に乱れが見られる。従って、防振架台を作動した状態で右折するときのほうが心電図が乱れやすいと考えられる。

(ホ) 救急車が防振架台を固定した状態で左折するとき心電図が乱れた平均の加速度は、上下方向0.22G、前後方向0.22G、左右方向0.24Gである。また、防振架台を作動した状態で左折すると、その加速度は上下方向0.54G、前後方向0.36G、左右方向0.42Gである。【表2～4 参照】

防振架台を作動した状態で左折すると、その加速度は大きい値で心電図に乱れが見られる。従って、防振架台を作動した状態で左折するときの方が心電図が乱れにくいと考えられる。

(ヘ) 救急車が防振架台を固定した状態で上り坂を走行するとき心電図が乱れた平均の加速度は、上下方向0.36G、前後方向0.24G、左右方向0.33Gである。また、防振架台を作動した状態で上り坂を走行すると、その加速度は上下方向0.47G、前後方向0.29G、左右方向0.40Gである。【表2～4 参照】

防振架台を作動した状態で上り坂を走行するとその加速度は、大きい値で心電図に乱れが見られる。従って、防振架台を作動した状態で上り坂を走行するときの方が心電図が乱れにくいと考えられる。

(ヘ) 救急車が防振架台を固定した状態で下り坂を走行するとき心電図が乱れた平均の加速度は、上下方向0.55G、前後方向0.36G、左右方向0.42Gである。また、防振架台を作動した状態で下り坂を走行すると、その加速度は上下方向0.31G、前後方向0.28G、左右方向0.23Gである。【表2～4 参照】

防振架台を作動した状態で下り坂を走行するとその加速度は、小さい値で心電図に乱れが見られる。従って、防振架台を作動した状態で下り坂を走行するときの方が心電図が乱れやすいと考えられる。

(コ) 救急車が防振架台を固定した状態で定速走行をするとき、心電図が乱れた平均の加速度は上下方向0.49G、前後方向0.26G、左右方向0.38Gである。

また、防振架台を作動した状態で定速走行をするとき、その加速度は上下方向0.38G、前後方向0.31G、左右方向0.26Gである。【表2～4 参照】

防振架台を作動した状態で定速走行すると、前後

方向のその加速度は大きい値で心電図に乱れが見られる。しかし、上下方向、左右方向のその加速度は逆に小さい値で心電図に乱れが見られる。従って、定速走行では防振架台を作動した状態より防振架台を固定した方が心電図が乱れにくいと考えられる。

イ 心電図の測定

4人の被験者で心電図の測定結果を統計的に表現するには、サンプル数が少ない。しかし、表5の走行条件別・車種別の心電図の乱れ発生回数は、発進の総数229回、停止の総数233回などその総数が多いため、この発生回数の総数をベースにして統計的に考察する。

各走行条件別・車種別の心電図の乱れ発生率バランスグラフは、図9に示す通りである。

なお、シミュレータによる心電図測定は、次の(キ)、(ク)のとおりであり加速度で影響を受けない。

(ケ) 心電図を測定した被験者は、いずれも外見上、健康で問題がない者であるが、救急車が走行条件を走行するとき、その体位が変わるなどして心電図が平常時の心電図と異なっている。【図5 参照】

(キ) 救急車が信号機で停止している間、実験者（救急救命士）が被験者に声をかけ手を握らせたり、上半身に力を入れさせたり、体位を若干変えさせたり強要したときの心電図は、平常時の心電図と異なっている。

(ク) 救急車が定速走行するときは、発進、停止、右折等をするときより被験者の心電図の乱れ発生率が少ない傾向が見られる。【表5、図9 参照】

(コ) 救急車が急発進、急停止すると被験者の心電図は平常時の心電図と全く異なっている。

(カ) 救急車が右折或いは左折するとき、心電図の乱れた回数は、発進、停止等に比べて多い傾向が見られる。【表5 参照】

(カ) 救急車が右折するときと左折するときでは、心電図の乱れた回数に余り変化が見られない。【表5 参照】

(キ) 救急車が走行条件を走行してもシミュレータの心電図は、平常時の心電図と同じであり、変化が見られない。

(ク) 救急車の防振架台を固定或いは作動して走行条件を走行してもシミュレータの心電図は、平常時の心電図と同じであり、変化が見られない。

ウ 停車時の場合

(ケ) アイドリング状態（暗騒音）の心電図

アイドリング状態の心電図は、各被験者及びシミュレータともに平常時の心電図と同じであり、変化が見られない。

(イ) サイレン吹鳴中の心電図

- a サイレン吹鳴中、一部の被験者の心電図は、平常時の心電図と異なっており、変化が見られる。
- b サイレン吹鳴中、シミュレータの心電図は、平常時の心電図と同じであり、変化が見られない。

(2) 救急車の振動特性について

ア 振動が人体に与える影響等について

イ 人体振動とは、人体に生じる機械的振動の影響として定義されており、これを便宜的に「全身振動」と「局所振動」とに分類している。

全身振動とは全身がゆすられる振動であり、例えばバスに乗車しているときの床や座席から全身に伝わるような振動である。一方、局所振動とは、手・足・背中・頭等が部分的にゆすられる振動であり、例えばチェーンソーを使用しているときの手や腕に伝わるような振動である。

救急車内のストレッチャー上に仰臥して搬送される状況はまさに全身振動を受けている状況である。よって、以後の考察は全身振動に限定して進めていく。

振動が人体に与える影響を考えると、多くの複雑な因子が相互に影響を及ぼしながら働いていると考えられている。次に掲げるものがそれらの因子の主だったものである。

- a 振動の振幅
- b 振動の周波数
- c 振動の方向（垂直・水平・回転等）
- d 振動の波形（連続・非連続）
- e 振動の暴露時間
- f 人体の姿勢（立位・座位・傾斜位・臥位等）
- g 振動印加点の状態（クッションの有無等）

この中で、aについては、心電図に乱れが生じたときのストレッチャー上の加速度として一部ふれている。

「救急車の振動特性」では、救急車とそれに設置されている防振架台について振動の周波数と方向（上下・前後・左右方向）に着目して分析を進めた。

(イ) 振動の周波数

人体に対する振動の周波数については、0.01～1000Hzの間を次の3つに分割して論じられている。

- a 超低周波振動（0.01～1Hz）
- b 全身振動（1～100Hz）
- c 局所振動（8～1000Hz）

超低周波振動は、船やバス等に乗ったときに発生することのある乗物酔い、いわゆる動揺病を引き起こす振動である。今回の分析結果の中でも、この周

波数域にピークを持った走行が見られたので、それについても後述する。

全身振動の周波数範囲内で人体は軟らかい弾性体であり、振動を受けると特定の周波数で共振する。共振周波数は身体各部で異なり、またその時の姿勢によっても異なる。表6は、臥位における振動方向と共振周波数を表したものである。

表6 臥位における振動方向と共振周波数

部 位	振動方向	共振周波数 (Hz)
足	X	16～31
膝	X	4～8
腹 部	X	4～8
胸 部	X	6～12
頭 部	X	50～70
足	Y	0.8～3
腹 部	Y	0.8～4
頭 部	Y	0.6～4
足	Z	1～3
腹 部	Z	1.5～6
頭 部	Z	1～4
備 考	共振点で各臓器は強く揺さぶられダメージも大きい。表の値は外表部での観測であり、厳密な意味での共振ではない。	

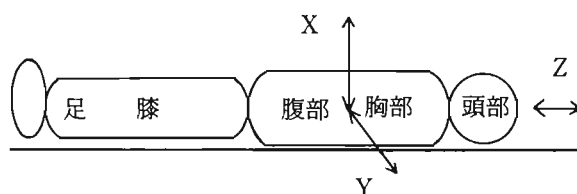


図10 全身振動の方向 (ISO 2631)

30Hzを超えともはや全身にわたる振動としてよりも、腰部及び臀部に振動が局在するように感じられ、80Hz以上では臀部の皮膚のみの感じとなる。

文献によって多少異なっているが、総合すると全身振動としては、1～40Hz程度の周波数範囲が人体内部に大きく影響を及ぼすのである。

これらのことから、今回の分析ではサンプリング周期を10msとして、測定周波数をDC～50Hzに設定した。

(ウ) ISO規格に定められた全身振動暴露について

ISO2631では全身振動の影響を、種々の状況下で振動を評価できるように次に掲げる3つの判定条件を示している。

- a 作業能率の保護（疲労・能率減退境界）

b 健康や安全の保護（暴露限界）

c 快適性の保護（快感減退境界）

わが国においても日本産業衛生学会がこれらをもとに職業上の許容基準を定めている。これらの基準は、健常者を対象とした公害振動という考えかたであるため、傷病者を搬送する救急車にそのまま当てはめることはできない。今後の医学的な解明を待つ必要がある。

なお、前(ア)・(イ)・(ウ)に当てはめる加速度値を求める場合、表7に示す補正係数を乗じ振幅を表現するようにISOでは提唱している。（重み付け）

表7 全身振動（振動加速度）の補正係数（ISO 2631）

1/3オクターブバンド 中心周波数	補 正 係 数	
	Z（前後）方向	X、Y方向
1.0	0.50＝－6dB	1.00＝0dB
1.25	0.56＝－5dB	1.00＝0dB
1.6	0.63＝－4dB	1.00＝0dB
2.0	0.71＝－3dB	1.00＝0dB
2.5	0.80＝－2dB	0.80＝－2dB
3.15	0.90＝－1dB	0.63＝－4dB
4.0	1.00＝0dB	0.50＝－6dB
5.0	1.00＝0dB	0.40＝－8dB
6.3	1.00＝0dB	0.32＝－10dB
8.0	1.00＝0dB	0.25＝－12dB
10.0	0.80＝－2dB	0.20＝－14dB
12.5	0.63＝－4dB	0.16＝－16dB
16.0	0.50＝－6dB	0.13＝－18dB
20.0	0.40＝－8dB	0.10＝－20dB
25.0	0.32＝－10dB	0.08＝－22dB
31.5	0.25＝－12dB	0.06＝－24dB
40.0	0.20＝－14dB	0.05＝－26dB
50.0Hz	0.16＝－16dB	0.04＝－28dB

周波数ごとに表の補正係数を乗じて評価する。

この表から分かるようにZ（前後）方向とそれに垂直なX・Y方向では、補正係数は異なっている。

Z方向振動については、4～8Hzは加速度値そのままで、この範囲よりも遠ざかるほど同じ加速度値でも小さく評価するという考え方である。

つまり人体は、Z方向において4～8Hzの周波数範囲の振動に最も敏感となり、X・Y方向では1～2Hzの周波数範囲で最も敏感に応答するのである。

イ 床面上、防振架台固定時及び防振架台架台作動時の振動特性について

(ア) A車の特徴について 【図11～13参照】

a 上下方向の振動

(a) 発進時は25Hz以上、停止時は26Hz以上で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており防振架台作動の効果が表れているが、それより下の周波数域では防振架台を作動させたときのほうが加速度レベルが大きくなっている。 【図11－①参照】

(b) 右折では2Hz以下及び7～11Hzの間を除き防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており防振架台作動の効果が表れている。 【図12－①参照】

(c) 上り坂は42Hz以下のほとんどの周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動の効果が表れていない。

(d) 下り坂はほとんどの周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており明確に防振架台作動の効果が表れている。

(e) 定速走行は26Hz以上の周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており防振架台作動の効果が表れている。また、防振架台作動は床面及び防振架台固定に比べて第1ピーク付近の周波数範囲が広く、加速度レベルも大きくなっている。

【図13－①参照】

b 前後方向の振動

(a) 発進と停止は5～10Hzの間及び24Hz以上の周波数で床面・防振架台固定及び防振架台作動の有意差がほとんど見られない。それ以外の部分では防振架台作動が防振架台固定より加速度レベルが大きくなっている。 【図11－②参照】

(b) 右折は11～41Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより、防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

【図12－②参照】

(c) 上り坂は8～22Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動の効果が表れていない。

(d) 下り坂は1～6Hzの間を除き、防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が大きく表れている。

(e) 定速走行は12～18Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動の効果が表れてい

ない。 【図13-②参照】

c 左右方向の振動

- (a) 第1ピークの加速度レベルは、上下方向及び前後方向のそれより右折及び左折を除き小さくなっている。 【図11-13参照】

右折と左折を比較したとき、回転半径が大きいはずの右折のほうが加速度レベルが大きくなっているが、これは左折時より右折時の走行速度が大きいためであると考えられる。

- (b) 右折は8～30Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。 【図12-③参照】

- (c) 左折は1～30Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより、防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動の効果が表れていない。

(イ) B車の特徴について 【図14-16参照】

a 上下方向の振動

- (a) 発進は30Hz付近の一部の周波数域を除きほとんどの周波数において防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。 【図14-①参照】

- (b) 停止はほとんど全ての周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

- (c) 右折では1Hz以下の部分を除いて床面の加速度レベルが、防振架台固定及び作動の加速度レベルよりも小さくなっている。 【図15-①参照】

- (d) 上り坂は10～25Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

- (e) 下り坂は8～50Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより、防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

b 前後方向の振動

- (a) 下り坂以外の走行条件ではいずれも床面上、防振架台上の加速度レベルの差が、上下方向及び左右方向に比べて小さくなっている。 【図14-16参照】

- (b) 停止の第1ピークのレベルは他の走行条件と比べ最も大きくなっている。

- (c) 右折は、わずかではあるが13～42Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速

度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。 【図15-②参照】

- (d) 左折は3Hz以上の周波数で床面上と防振架台固定の加速度にほとんど有意差はない。

- (e) 下り坂は8～50Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより、防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

c 左右方向の振動

- (a) 左折と下り坂を除き、25Hz以上での床面、防振架台固定及び防振架台作動の3波形にほとんど有意差はない。 【図14-16参照】

- (b) 発進は全周波数にわたって防振架台固定の加速度レベルより、防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。 【図14-③参照】

- (c) 停止は25Hz以下のほとんどの周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

- (d) 右折は7Hz以下の周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動の効果が表れていない。

とくに第1ピークの加速度レベルは他の走行条件に比べ最も大きくなっている。

【図15-③参照】

- (e) 上り坂は7～25Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより、防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

- (f) 下り坂はほとんどの周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

- (g) 定速走行は10～18Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。 【図16-③参照】

(ウ) C車の特徴について 【図17-19参照】

a 上下方向の振動

- (a) すべての走行条件において、32～50Hzの間の防振架台上（防振架台固定・作動とも）の加速度レベルが床面の加速度レベルに比べて大きくなっている。 【図17-①、18-①、19-①参照】

- (b) 発進と定速走行では3Hz以下の周波数を除き、防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動

の効果があまり見られない。

【図17-①、19-①参照】

(c) 停止はごく一部の周波数を除き、防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

(d) 右折と左折では1～2Hz付近(第1ピーク)で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動の効果があまり見られない。【図18-①参照】

(e) 定速走行は3 Hz以下の部分を除き、防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、防振架台作動の効果があまり見られない。【図19-①参照】

b 前後方向の振動

(a) 上り坂を除く走行条件では1 Hz以下の部分に大きな第1ピークがある。

【図17-②、18-②、19-②参照】

(b) 全ての走行条件で20Hz以上の床面、防振架台固定及び防振架台作動の3波形にほとんど有意差はない。【図17-②、18-②、19-②参照】

(c) 発進は9～20Hzの間で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

【図17-②参照】

(d) 停止は6Hz以上の周波数で床面、防振架台固定及び防振架台作動の3波形にほとんど有意差はない。

(e) 右折は5 Hz以下の部分でのみ防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。【図18-②参照】

(f) 左折は全ての周波数で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており、ほとんど防振架台作動の効果が見られない。

(g) 上り坂は、他の走行条件に共通する1 Hz以下の第1ピークが存在していない。

c 左右方向の振動

(a) ほとんどの走行条件で1 Hz以下に第1ピークがあるが、上り坂ではピークが明確でなく定速走行の防振架台固定だけは1 Hzを超えたところにピークが存在する。

【図17-③、18-③、19-③参照】

(b) 発進・停止は5 Hz以下の周波数を除き床面、防振架台固定及び防振架台作動の3波形とも非常に小さい加速度レベルを示している。

【図17-③参照】

(c) 右折・左折は5 Hz以下の部分で、他の走行条件に比べ大きな加速度が表れている。それ以外の周波数における床面、防振架台固定及び防振架台作動の3波形にはほとんど有意差がない。

【図18-③参照】

(d) 下り坂は10Hz以上の部分で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルがわずかながら小さくなっており、防振架台作動の効果が表れている。

(e) 定速走行は第1ピークの加速度レベルが他の走行条件(ピークが明確でない上り坂を除く)の中で最も小さくなっている。【図19-③参照】

ウ A車、B車及びC車の性能特性による比較

【別図20～26参照】

ア 床面上における特徴について

a 上下方向の振動

(a) 全ての走行条件においてB車の第1ピークは3車種(A車・B車・C車)の中で最も低い0.5Hz付近にあり、他車は2～3 Hzの間である。

【図20-①参照】

(b) 全ての走行条件においてA車は15Hz付近に明確な第2ピークが存在している。

【図20-①参照】

(c) 全ての走行条件において5及び18Hz付近ではB車の加速度レベルがA車及びC車に比べて小さくなっている。【図20-①参照】

(d) 発進では、28Hz以上の周波数でC車の加速度レベルがA車及びB車に比べて明確に小さくなっている。

(e) 停止と右折では2 Hz以上の周波数でA車の加速度レベルがB車及びC車に比べて大きくなっている。【図20-①参照】

(f) 右折は3～7 Hzの間においてB車の加速度レベルがA車及びC車に比べて明確に小さくなっている。

(g) 左折は1～6 Hzの間でB車の加速度レベルがA車及びC車に比べて大幅に小さくなっている。

(h) 下り坂は2～3 Hz及び18Hz以上でA車の加速度レベルがB車及びC車に比べ、際だって大きくなっている。

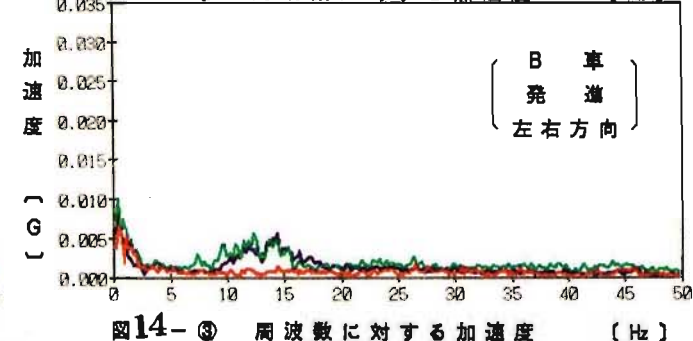
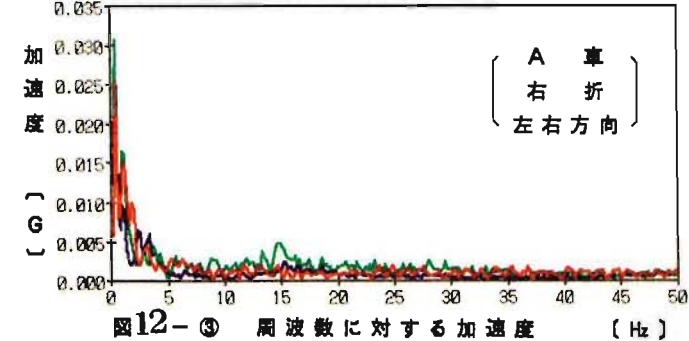
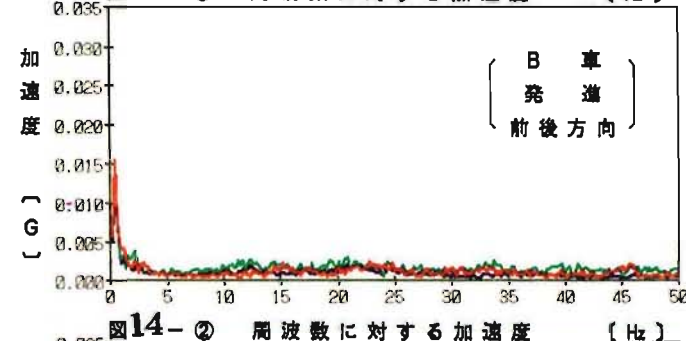
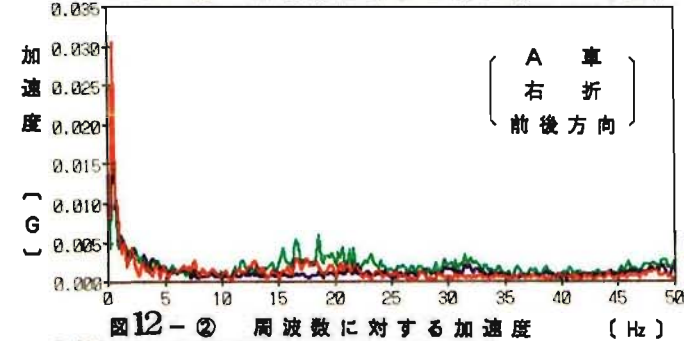
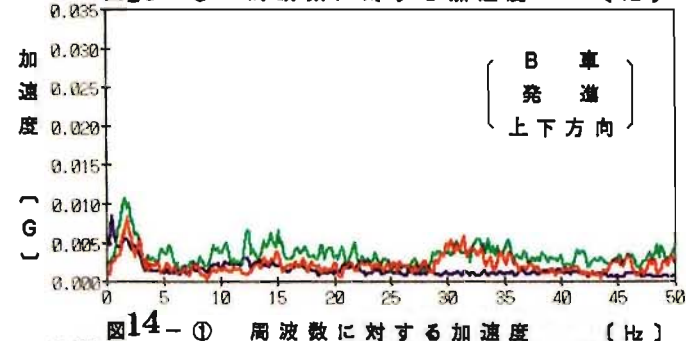
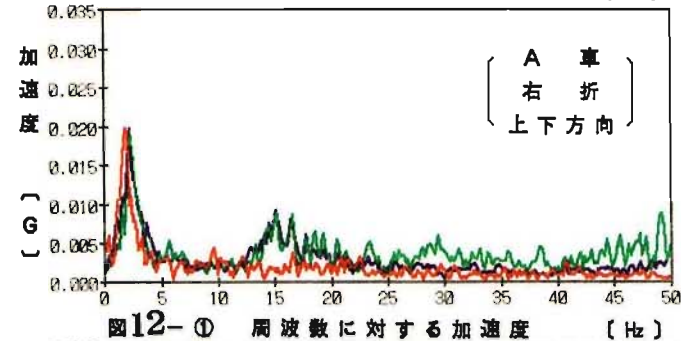
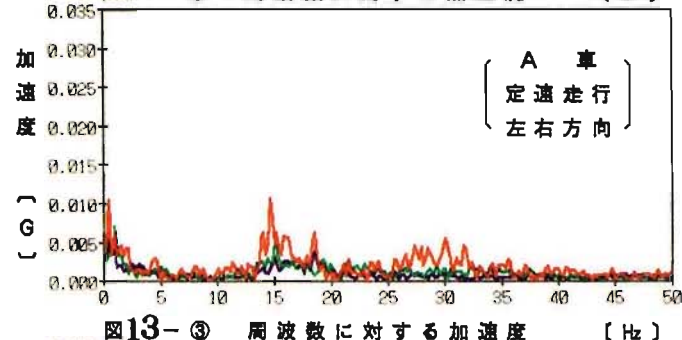
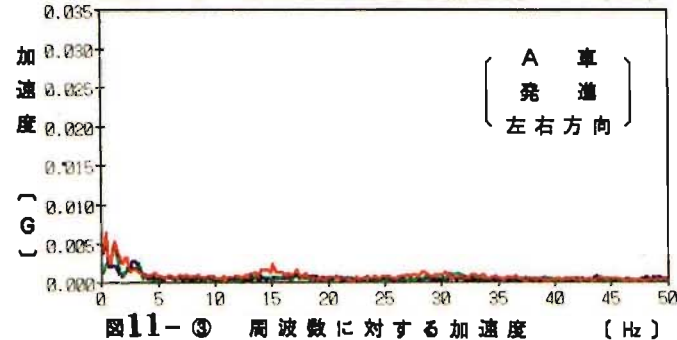
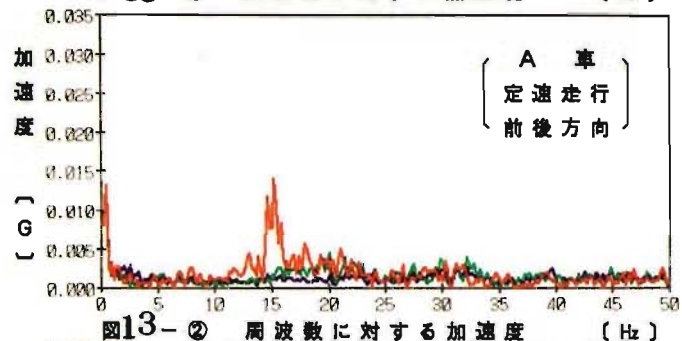
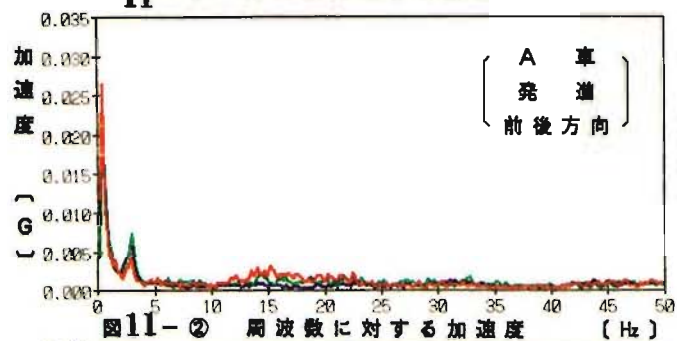
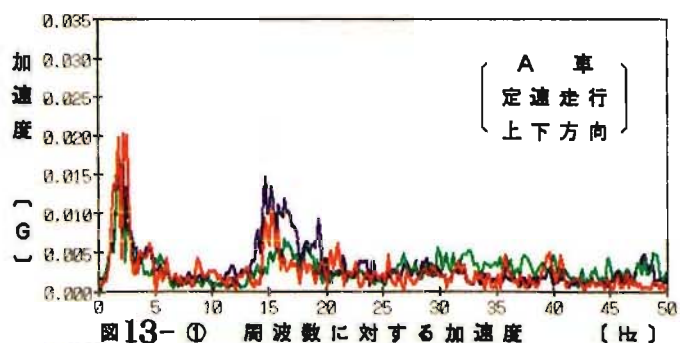
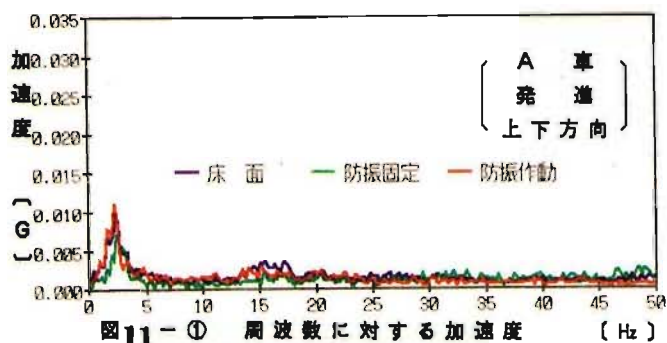
(i) 定速走行は14Hz以上でA車の加速度レベルがB車及びC車に比べ際だって大きくなっている。

b 前後方向の振動

(a) 全ての走行条件において1 Hz以下の周波数にA車・B車及びC車の第1ピークが存在している。

【図20-②参照】

(b) 停止は25Hz以上の周波数でA車の加速度レベ



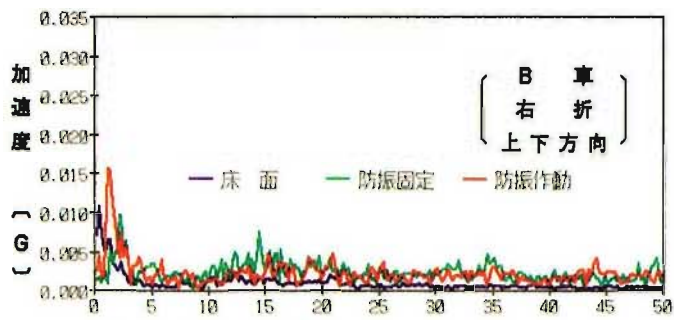


図15-① 周波数に対する加速度 (Hz)

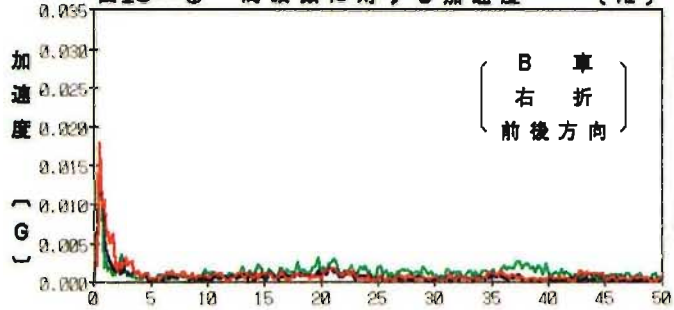


図15-② 周波数に対する加速度 (Hz)

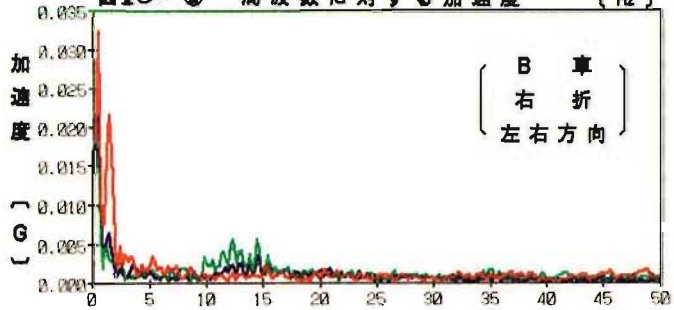


図15-③ 周波数に対する加速度 (Hz)

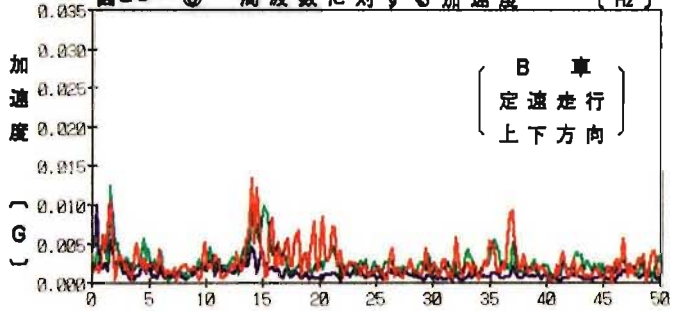


図16-① 周波数に対する加速度 (Hz)

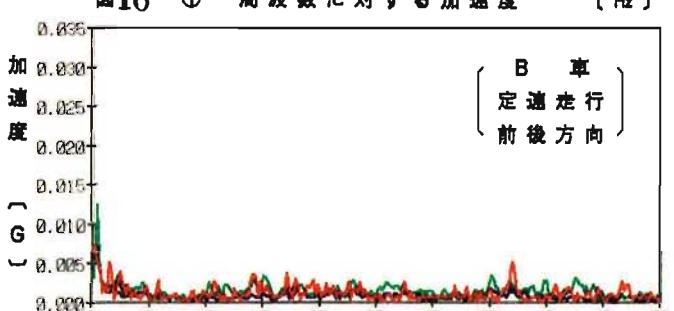


図16-② 周波数に対する加速度 (Hz)

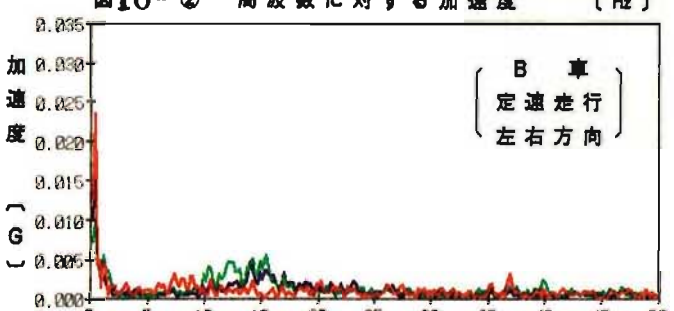


図16-③ 周波数に対する加速度 (Hz)

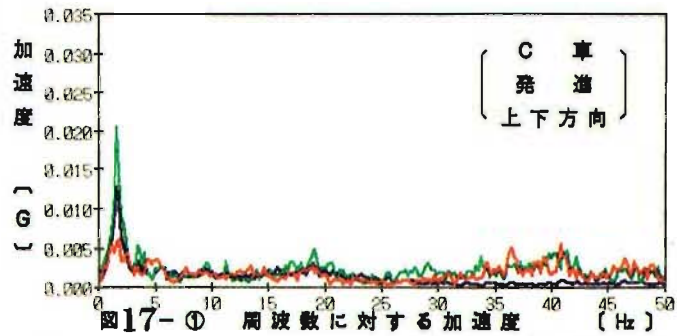


図17-① 周波数に対する加速度 (Hz)

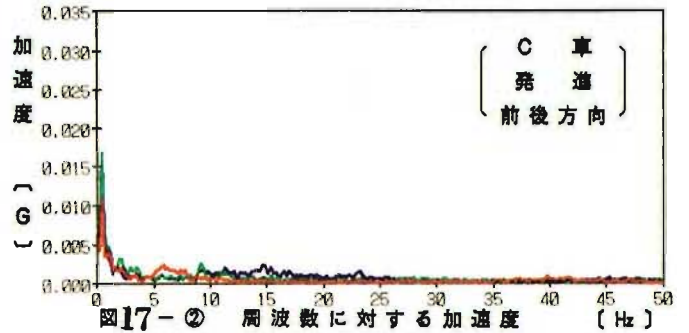


図17-② 周波数に対する加速度 (Hz)

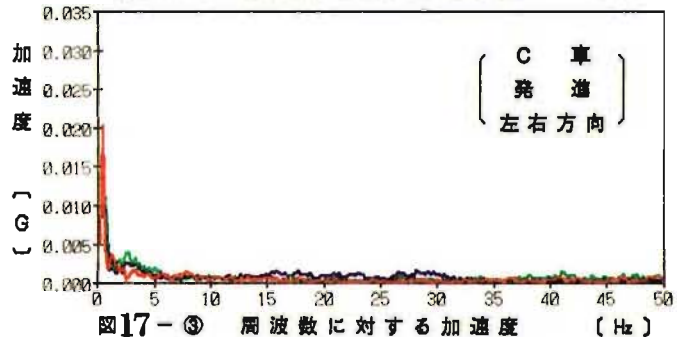


図17-③ 周波数に対する加速度 (Hz)

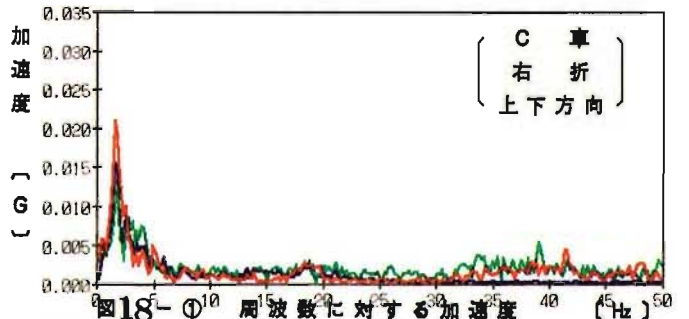


図18-① 周波数に対する加速度 (Hz)

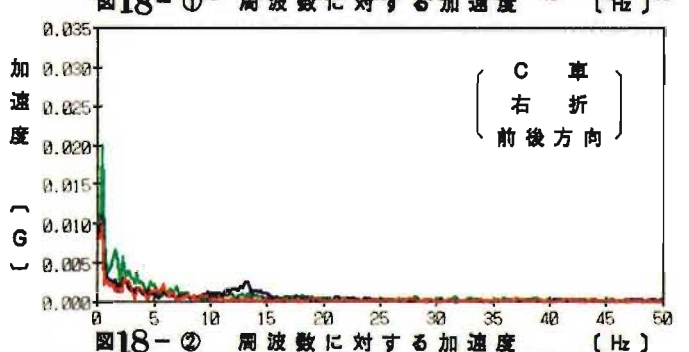


図18-② 周波数に対する加速度 (Hz)

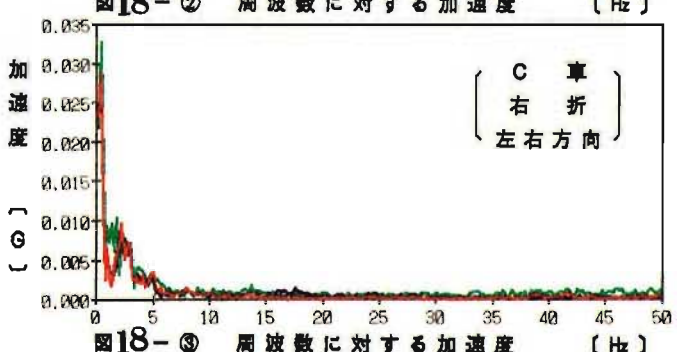
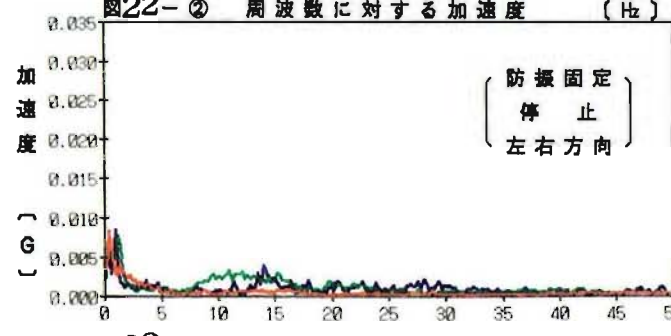
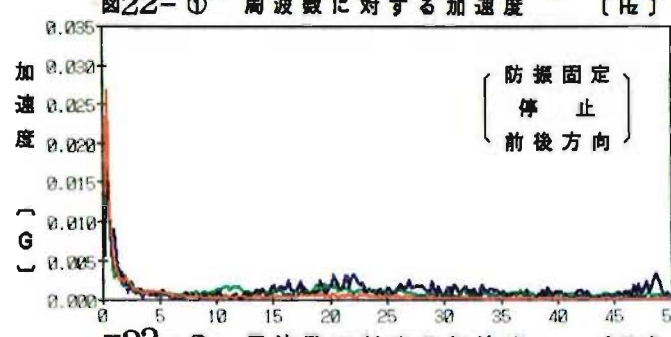
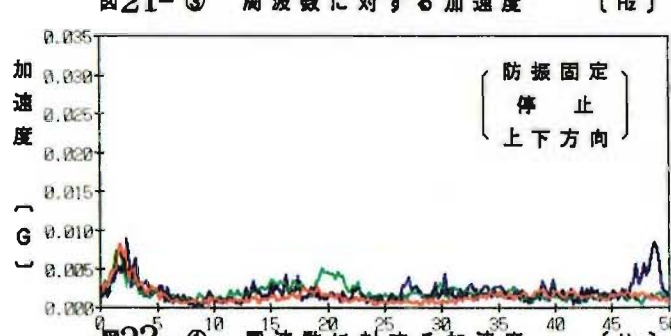
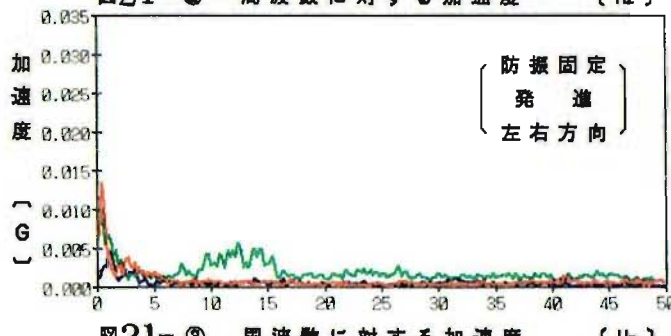
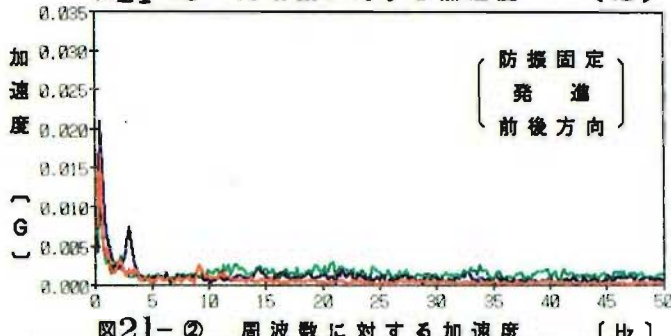
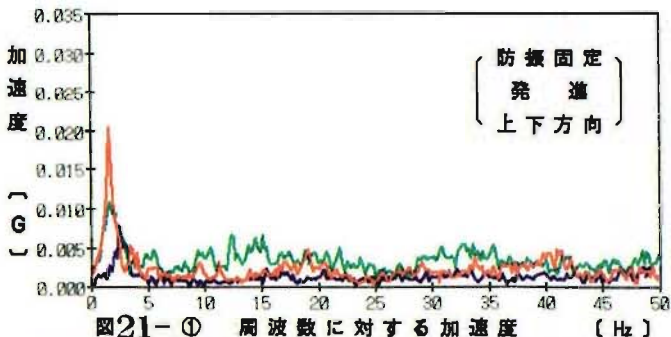
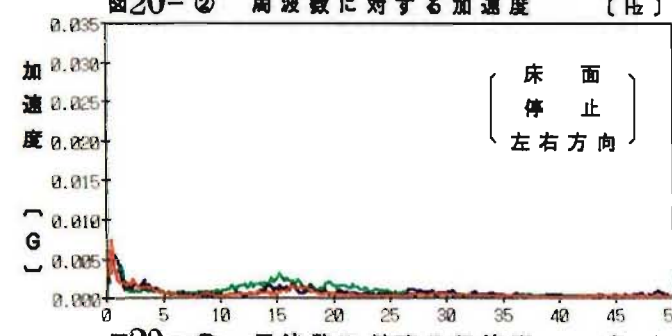
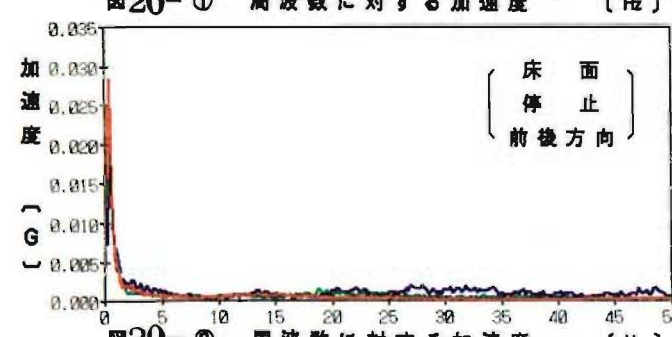
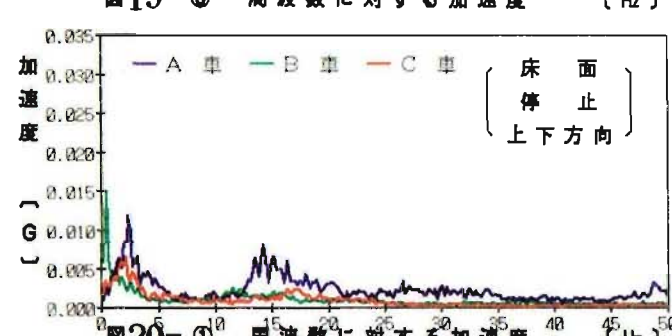
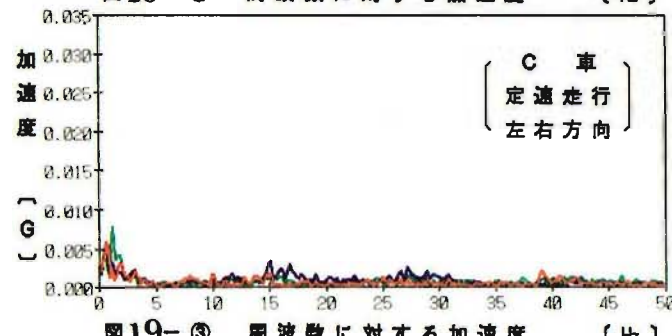
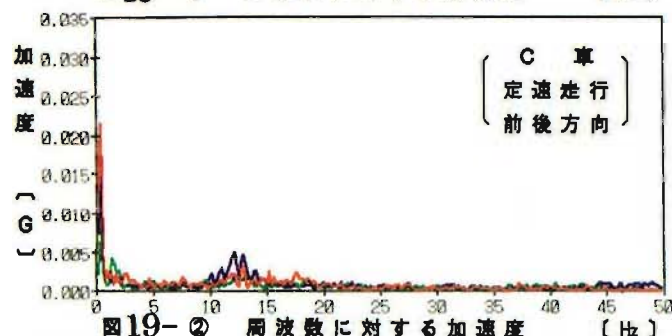
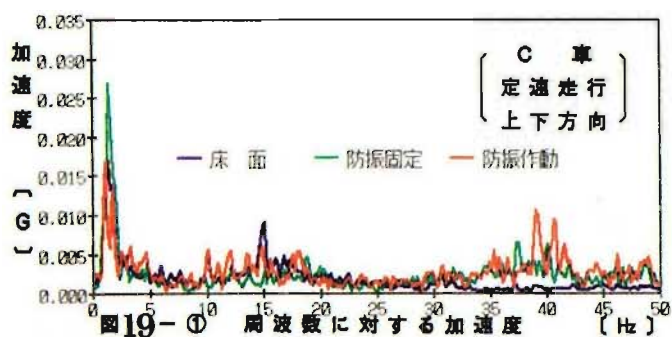
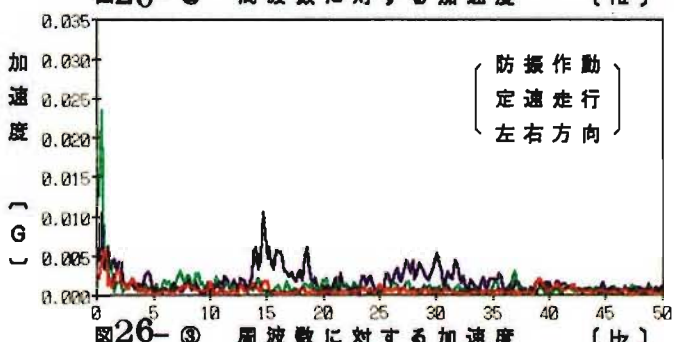
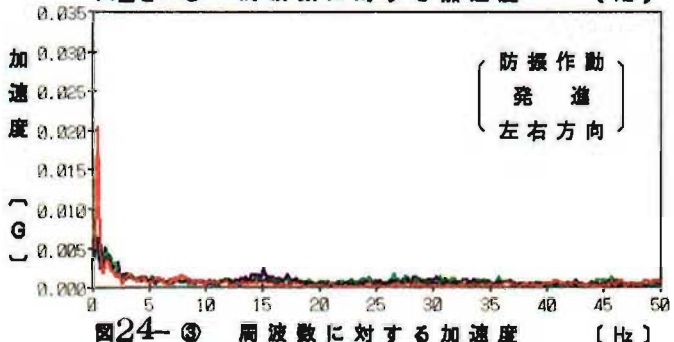
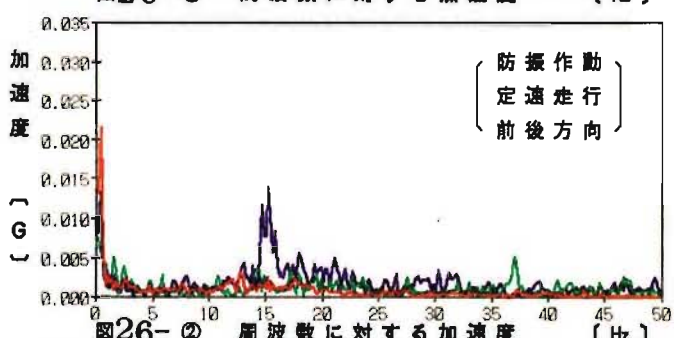
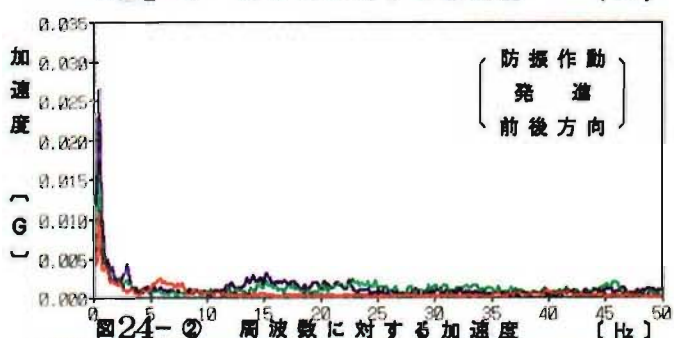
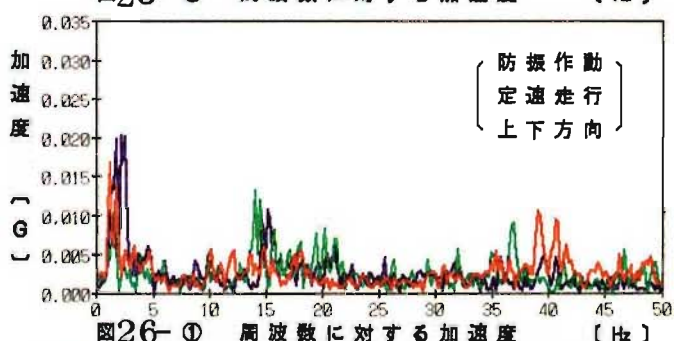
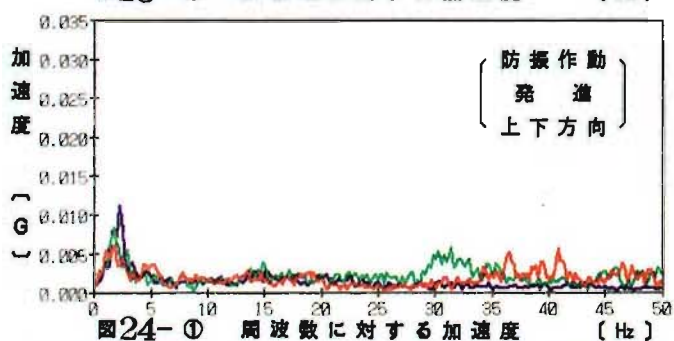
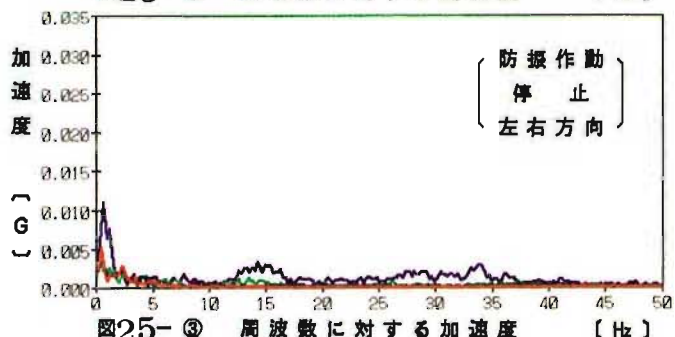
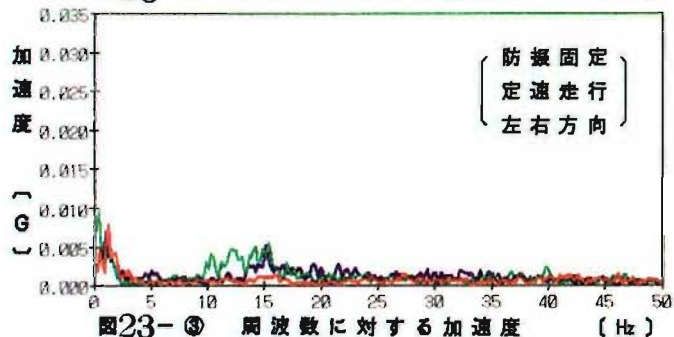
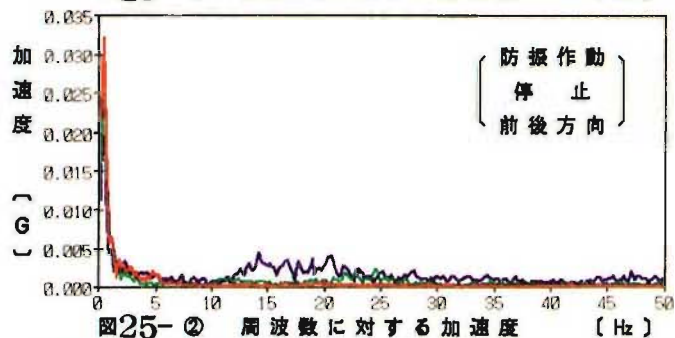
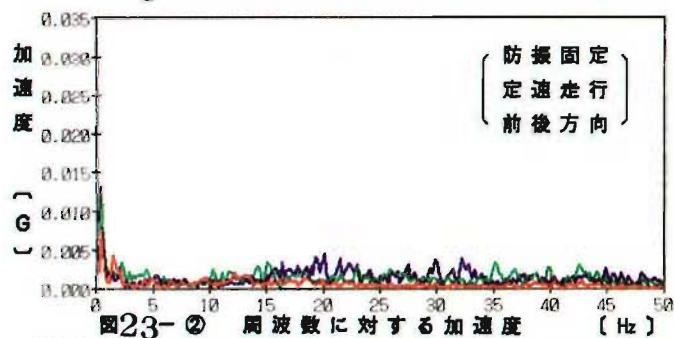
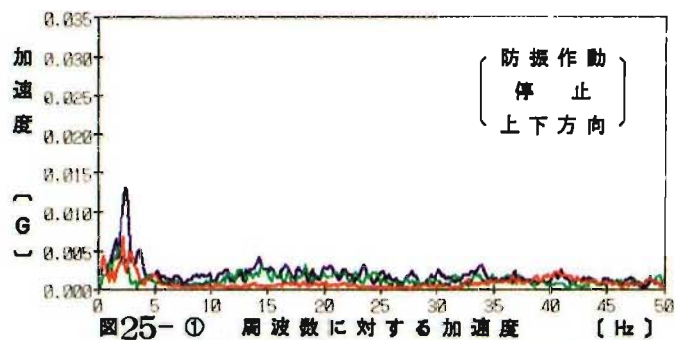
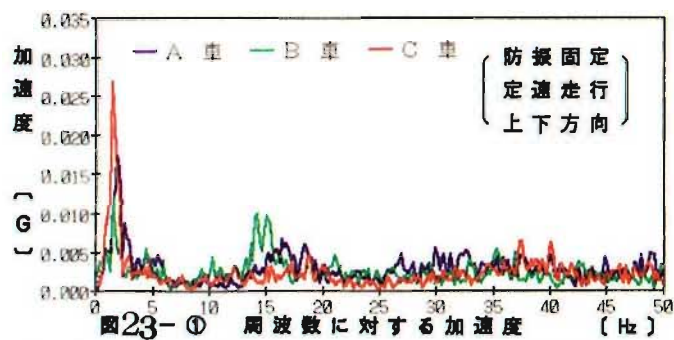


図18-③ 周波数に対する加速度 (Hz)





ルがB車及びC車に比べて大きくなっている。

【図20-②参照】

- (c) 右折は24Hz以上の周波数で、A車の加速度レベルがB車及びC車に比べてやや大きくなっている。
- (d) 左折は第1ピークの加速度レベルが他の走行条件と比べて最も大きくなっている。
- (e) 上り坂は第1ピークの加速度レベルが他の走行条件と比べて最も小さくなっている。
- (f) 下り坂は18~42Hzの間でC車の加速度レベルがA車及びB車に比べて小さくなっているが、第1ピークの加速度レベルはC車が最大である。
- (g) 定速走行はC車の第2ピーク(10~15Hz)がA車及びB車に比べて、際だって大きくなっている。

c 左右方向の振動

- (a) ほとんどの走行条件(上り坂のC車を除く)において1Hz以下の周波数にA車、B車及びC車の加速度レベルの第1ピークが存在している。

【図20-③参照】

- (b) 全ての走行条件においてB車は15Hz付近に明確な第2ピークが存在している。

【図20-③参照】

- (c) 全ての走行条件において35Hz以上のA車、B車及びC車の3波形は、ほとんど有意差はない。

【図20-③参照】

- (d) 発進は3~31Hzの周波数でA車の加速度レベルがB車及びC車に比べ最も小さくなっている。
- (e) 右折は他の走行条件と比べて第1ピークの加速度レベルが最も大きくなっている。
- (f) 左折は5Hz以下の周波数でA車及びB車に比べて、C車の加速度レベルが大きく、B車の加速度レベルが小さくなっている。

- (g) 下り坂は10~25Hzの間を除きA車、B車及びC車の3波形に、ほとんど有意差はない。

- (h) 定速走行はB車の第1ピークの加速度レベルがA車及びC車に比べて、3倍以上の値になっている。

(イ) 防振架台を固定したときの特徴について

a 上下方向の振動

- (a) 全ての走行条件において1~3Hzの間にA車、B車及びC車の3波形の第1ピークが存在している。(床面上ではB車が0.5Hz付近に第1ピークをもっていたが、防振架台上には存在していない。)

【図21-①、22-①、23-①参照】

- (b) 全ての走行条件において17~20Hzの間にC車の第2ピークが存在している。

【図21-①、22-①、23-①参照】

- (c) 発進はごく一部の周波数を除きA車の加速度レ

ベルがB車及びC車に比べて最も小さくなっている。

【図21-①参照】

- (d) 停止は第1ピークの加速度レベルが他の走行条件に比べて最も小さくなっている。

【図22-①参照】

- (e) 右折は45~50HzにA車の第3ピークが存在している。
- (f) 下り坂は11~17及び20~37Hzの周波数でA車及びB車に比べC車の加速度レベルが小さくなっている。
- (g) 定速走行は、C車の第1ピークの加速度レベルがA車及びB車に比べて大きくなっている。

【図23-①参照】

b 前後方向の振動

- (a) ほとんどの走行条件(上り坂のB車を除く)で1Hz以下の周波数にA車、B車及びC車の第1ピークが存在している。

【図21-②、22-②、23-②参照】

- (b) 全ての走行条件において12Hz以上のほとんどの周波数でC車の加速度レベルがA車及びB車に比較して小さくなっている。

【図21-②、22-②、23-②参照】

- (c) 左折は他の走行条件に比べて第1ピークの加速度レベルが最も大きくなっている。

c 左右方向の振動

- (a) 全ての走行条件において9~16Hzの間にB車の第2ピークが存在している。

【図21-③、22-③、23-③参照】

- (b) 発進は6Hz以上の周波数でB車の加速度レベルがA車及びC車に比べて大きくなっている。

【図21-③参照】

- (c) 右折は他の走行条件に比べて第1ピークの加速度レベルが大きくなっている。

- (d) 下り坂は第1ピークでC車が最大であるがそれ以外のほとんどの周波数でA車及びB車より小さくなっている。

- (e) 定速走行において13~24Hzの間でC車はA車及びB車に比べて加速度レベルが小さくなっている。

【図23-③参照】

(ウ) 防振架台を作動させたときの特徴について

a 上下方向の振動

- (a) 全ての走行条件において1~3Hzの間にA車、B車及びC車の第1ピークが存在している。

【図24-①、25-①、26-①参照】

- (b) 全ての走行条件において、C車の33Hz以上の周波数では10~33Hzの間の加速度レベルより大き

くなっている。

【図24-①、25-①、26-①参照】

(c) 発進は30Hz以上のほとんどの周波数でA車の加速度レベルがB車及びC車に比べて小さくなっている。【図24-①参照】

(d) 停止は6～30Hzの周波数でC車の加速度レベルがA車及びB車に比べて小さくなっている。

【図25-①参照】

(e) 右折は20～31Hzの周波数でC車、33Hz以上の周波数でA車の加速度レベルがそれぞれ他車に比べて小さくなっている。

(f) 左折は35Hz前後のC車の第2ピークが大きく表れている。

(g) 定速走行は母数が少ないため全ての周波数にわたり変動が大きくなっている。【図26-①参照】

b 前後方向の振動

(a) 全ての走行条件において1Hz以下の周波数にA車、B車及びC車の第1ピークが存在している。

【図24-②、25-②、26-②参照】

(b) 全ての走行条件における14Hz以上のほとんどの周波数でC車の加速度レベルがA車及びB車に比べ小さくなっている。

【図24-②、25-②、26-②参照】

(c) 停止は他の走行条件と比べて第1ピークの加速度レベルが最大となっている。【図25-②参照】

(d) 左折はC車の第1ピークの加速度レベルがA車及びB車の数倍になっている。

(e) 下り坂は10Hz以下のほとんどの周波数でC車の加速度レベルがA車及びB車と比べて大きくなっている。

c 左右方向の振動

(a) 全ての走行条件において2Hz以下にA車・B車及びC車の第1ピークが存在している。

【図24-③、25-③、26-③参照】

(b) 全ての走行条件において12～18・25～36Hzの間で、A車の加速度レベルがそれ以外の周波数部分の加速度レベルより大きくなっている。

【図24-③、25-③、26-③参照】

(c) 全ての走行条件において第1ピークを除きC車の加速度レベルがA車及びB車の加速度レベルに比べ、全般に小さくなっている。

【図24-③、25-③、26-③参照】

(d) 発進は3Hz以上の周波数でA車、B車及びC車の3波形に、ほとんど有意差は見られない。

【図24-③参照】

(e) 停止は第1ピークの加速度レベルが他の走行条件と比べて最も小さくなっている。

【図25-③参照】

(f) 右折は第1ピークの加速度レベルが他の走行条件と比べて最も大きくなっている。

(g) 下り坂は第1ピークの付近を除きC車とB車の加速度レベルにほとんど有意差はない。

(h) 定速走行は38Hz以上の周波数においてA車・B車及びC車の3波形にほとんど有意差はない。

【図26-③参照】

エ ISO規格に基づく実験結果の考察

前ア(i)のなかに示した1～40Hzという人体内部に大きく影響を及ぼす周波数を、救急車に関しては今回の実験結果からもっと範囲を狭めて防振対策を検討することができると考えられる。

前ア(ii)の加速度補正(重み付け)を今回の実験結果にあてはめてみると、第1ピークは全て3Hz以下であり、表7「全身振動の補正係数」を見ても重要視しなければならない範囲である。

次に第2ピークは10～20Hzの間の周波数にあり、補正係数を見ると、前後方向で0.8～0.4、上下方向及び左右方向では0.2～0.1となっている。

上下方向では第1ピークと同程度の加速度レベルを持った第2ピークが存在しているが補正係数を乗ずることによって大きく減衰する。

前後方向の第2ピークの加速度レベルは、いずれの条件でも第1ピークに比べてかなり小さい値となっており、補正係数が0.8でもあまり問題にはならないと考えられる。

具体的には15Hz以下の振動を減衰させることで救急車に収容された傷病者の負担を大きく軽減できると考えられる。

10 まとめ

(1) 救急車の振動等が心電図測定に及ぼす影響

ア 除細動器は、救急車の通常走行の振動及びサイレン音の影響を受けずに正規の機能が確保できる。

イ 健常者を被験者として救急車の振動等により受ける影響は、次にとおりである。

(i) 発進するとき、防振架台を固定した状態と作動した状態で心電図が乱れたときの加速度を比べるとあまり変化が見られない。

(ii) 停止するとき、防振架台を固定した状態と作動した状態で心電図が乱れたときの加速度を比べると、作動した状態の方がその加速度は大きい。従って、防振架台を作動した状態で停止の方が心電図が乱れにくいと見られる。

(iii) 右折するとき、防振架台を固定した状態と作動し

た状態で心電図が乱れたときの加速度を比べると、作動した状態の方がその加速度は小さい。従って、防振架台を作動した状態で右折する方が心電図が乱れやすいと見られる。

- (エ) 左折するとき、防振架台を固定した状態と作動した状態で心電図が乱れたときの加速度を比べると、作動した状態の方がその加速度は大きい。従って、防振架台を作動した状態で左折する方が心電図が乱れにくいと見られる。
 - (オ) 上り坂を走行するとき、防振架台を固定した状態と作動した状態で心電図が乱れたときの加速度を比べると、作動した状態の方がその加速度は大きい。従って、防振架台を作動した状態で上り坂を走行する方が心電図が乱れにくいと見られる。
 - (カ) 下り坂を走行するとき、防振架台を固定した状態と作動した状態で心電図が乱れたときの加速度を比べると、作動した状態の方がその加速度は小さい。従って、防振架台を作動した状態で下り坂を走行する方が心電図が乱れやすいと見られる。
 - (キ) 定速走行では、防振架台を固定した状態と作動した状態で心電図が乱れたときの加速度を比べると、作動した状態の方がその加速度は小さい。従って、防振架台を作動した状態で定速走行する方が心電図が乱れやすいと見られる。
 - (ク) 定速走行するときは、発進、停止、右折等のときより被験者の心電図の乱れ発生率が少ない傾向が見られる。
 - (ケ) 急発進、急停止するとき被験者の心電図は、平常時の心電図と全く異なっている。
 - (コ) 右折或いは左折するとき心電図の乱れた回数は、発進、停止等に比べて多い傾向が見られる。
 - (カ) 発進、停止するとき被験者の心電図は、防振架台を固定したときに比べ防振架台を作動した状態の方が乱れた回数が少ない傾向が見られる。
- なお、留意点として次の点について記録しておく。
- 今回、心電図を測定した被験者は、いずれも健康上で問題のない者であり実際の救急現場で扱う傷病者とは体調、症状等が異なっている。走行途上の救急車の振動が実際の傷病者の心電図測定に影響を及ぼすかについては、専門的な立場からの判断が必要と思われる。

このため、今回の測定結果は、関係課等で検討するときの基礎的な参考資料として活用することがのぞましい。

(2) 救急車の振動特性について

ア 床面上、防振架台固定時及び防振架台作動時の性能特性について

(イ) 床面上での振動は、方向によって周波数特性が異

なっていることがわかった。

前後方向及び左右方向では、A車、B車及びC車の3車種とも1 Hz以下の周波数に振動の第1ピークが存在しているが上下方向についてB車は0.5 Hz付近、A車とC車は2～3 Hzの間の周波数範囲となっている。

- (イ) A車は、右折及び下り坂以外の走行条件で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっており防振架台作動の効果がほとんど表れていない。
 - (ウ) B車は、各走行条件で防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが小さくなっており、おおむね防振架台作動の効果が表れている。
 - (エ) C車は、車体自体の振動が比較的小さく、防振架台作動の効果も表れている。しかし、定速走行の上下方向は、防振架台作動の効果が表れていない。
- イ A車、B車及びC車の性能特性の比較について
- (イ) A車、B車及びC車の防振架台作動時を比較すると、C車に装備された防振架台は、A車及びB車の防振架台に比べて、加速度レベルが小さくなっている。
 - (イ) A車、B車及びC車の各車種とも、発進と停止の周波数分布はよく似ているが、前後方向の第1ピークの加速度レベルは停止のほうが発進のときよりも大きくなっている。
 - (ウ) A車、B車及びC車の各車種とも、右折と左折の周波数分布はよく似ている。左右方向で第1ピークの加速度レベルは右折のほうが左折のときよりも大きくなっている。
 - (エ) A車、B車及びC車の各車種とも、上り坂と下り坂及び定速走行の周波数分布はよく似ている。

今回の走行経路で抽出した上り坂及び下り坂は幹線道路のなかであり、極端な斜度を持っていなかった。そのため、明確な坂道の特性が表れにくい状況であったことが考えられる。

そのなかでも、前後方向の第1ピークの加速度レベルは、下り坂が上り坂及び定速走行と比べて最も大きくなっていることが特徴として見られる。

- (イ) A車、B車及びC車の各車種とも、防振架台を固定したときの周波数分布と防振架台を作動させたときの周波数分布を比較すると、走行条件と振動方向及び周波数によって防振架台作動の効果が異なっている。顕著に防振効果が表れているものがある反面、防振架台固定の加速度レベルより防振架台作動の加速度レベルが大きくなっている状況も少なからず見受けられる。
- (ウ) 防振架台作動時で、A車、B車及びC車を比較す

ると、発進以外の走行条件でA車は、加速度レベルが大きくなっている。

(※) 床面上の加速度で、A車、B車及びC車を比較すると、発進以外の走行条件でA車は、加速度レベルが大きくなっている。

(参考文献)

- | | |
|-----------------------------|--|
| (1) 安全工学講座 6 「健康障害」 安全工学協会編 | (2) 安全工学講座 9 「騒音・振動」 安全工学協会編 |
| | (3) 「人間の許容限界ハンドブック」
関邦博、坂本和義、山崎昌廣 |
| | (4) I S O 2631 |
| | (5) 救急医療の基本と実際11 「熱傷・環境障害・溺水」
東京消防庁救急部他 |
| | (6) 新訂「騒音と振動のシステム計測」北村恒二 |
| | (7) 「人体振動」ブリューエル&ケアー社 |