

大型ダンプトラック運転時における危険情報呈示に関する研究

○福井翔太*, 高田一**, 松浦慶総**

(*横浜国立大学大学院 工学府, **横浜国立大学大学院 工学研究院)

A study of the alarm at the time of dump truck operation

Shota Fukui*, Hajime Takada**, Yoshifusa Matsuura**

(*Graduate School of Engineering, Yokohama National University,

**Faculty of Engineering, Yokohama National University)

1. はじめに

資源採取や土地開発のために広大な鉱山の中で 24 時間 365 日様々な大型鉱山用機械が稼働している。鉱山には整備された工事用道路はあるものの、一般道路のような交通システムは存在しないため危険因子が多く存在している。また事故が起きた場合、大型鉱山用機械が高価という理由や稼働効率が落ちてしまう理由から損失が大きいものになってしまう。以上の危険因子が多いことや事故が起きた際の損失が大きいことから事故を未然に防ぐための危険伝達が重要である¹⁾。普通自動車における危険伝達の研究は多くなされているが、大型鉱山用機械における危険伝達の研究発表は未だ少ない。そこで特に接触事故や衝突事故の多い大型ダンプトラックに対しての危険伝達に着目した。本研究は大型ダンプトラック運転時の効果的な危険伝達の構築を目的としている。危険伝達として警告音と LED に注目し、反応時間と心拍変動で評価した結果を報告する。

2. 実験方法

本実験では、5 名の被験者にドライビング・シミュレータを操作させ、夜間運転を模擬して実験コースを走行させる。Fig.1 にドライビング・シミュレータの構造を示す。実際のダンプトラックの運転と同様に走行中は被験者にアクセル・ペダルを全開で踏み続けてもらう。そして危険を認識した際は即座にブレーキ・ペダルを停止するまで踏んでもらった。走行中の最高速度をダンプトラックの仕様に基づいて 50km/h に設定した。走行距離は約 3km となっている。ドライビング・シミュレータの操作中に警告音や LED を発生させると同時にスクリーン上に危険を発生させる。運転操作中は常に運転操作の記録、心電図の測定そして CCD カメラによる顔の録画が行われる。Table1 に実験で扱う警告音の詳細を示した。実験状況として室内(背景音)の音圧は約 50db(A)となっており、警告音の音圧が背景音より 15db(A)以上大きいので背景音に埋もれる心配はない¹⁾。LED は周辺視野で気づきやすい黄色に点滅する。また点滅周波数は 8Hz とした。

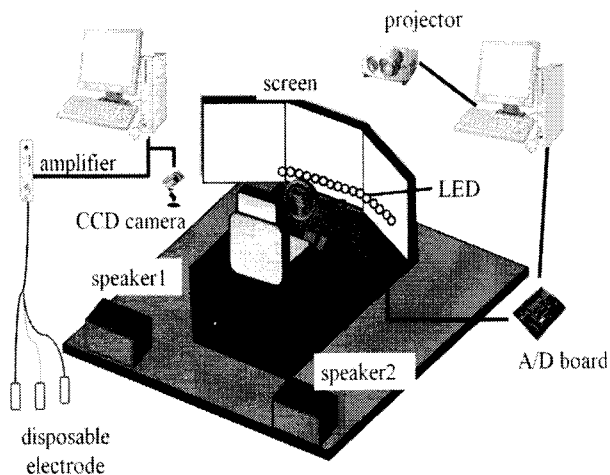


Fig.1 Layout sketch of driving simulator

Table1 Alarm sound specifications

Frequency	1000Hz, 4000Hz
Wave shape	Sine curve
Sound interval	1/2sec, 1/16sec
A-weighted sound pressure level	65db(A)

警告音の吹鳴時間は 1/2sec, 1/16sec を使用する。吹鳴時間と無音時間は等しく、警告時間は音と LED 共に 4 秒間とした。

スクリーン上に現れる危険を 4 種類用意した。その内 3 種類は被験者が運転するダンプトラックの 50m 先に危険が発生するものである。3 種類の危険発生パターンを Fig.2 に示す。さらに見えない位置(死角)で人間が発生するパターンを用意した。

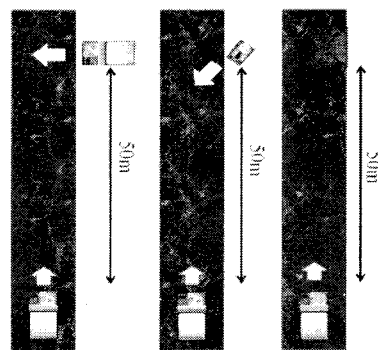


Fig.2 Conditions of dangers

3. 評価指標

3-1. 反応時間

ダンプトラックの運転において、緊急時は常にブレーキを踏んで停止することが最優先される。そのためより早いブレーキが求められる。今研究では危険発生からアクセル・ペダルを離す時間までを認知時間とし、危険発生からブレーキ・ペダルを踏む時間までをブレーキ反応時間とした。Fig.3 に認知時間とブレーキ反応時間のモデル図を載せる。

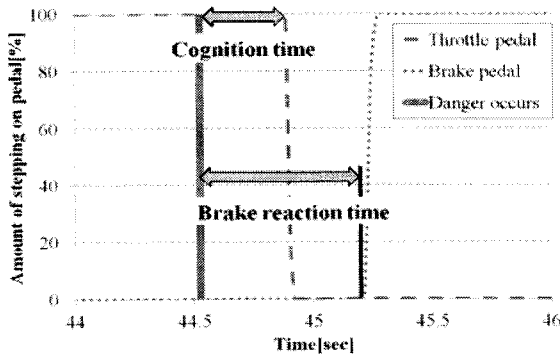


Fig.3 Reaction time

3-2. 心電図

危険発生時には、緊張感をもって対処しなければならない²⁾。またオペレータに危険があることを認識させるために切迫感が必要である。今研究では危険情報呈示時の切迫感を見るために心電図の平均 RRI 値の差分値を使う。平均 RRI の差分値とは平均 RRI 値から安静時の RRI 値を引いた値である。平均 RRI 値として4つの平均値を用意した。危険呈示から6秒後、8秒後、10秒後、12秒後を平均範囲の開始時間とし、開始時間から4秒間の平均値を平均 RRI 値とした。

4. 実験結果

4-1. 警告音の実験

平均 RRI の差分値を警告音間で比較した。平均 RRI の差分値を Table2 に示す。

Table2 RRI difference from rest

Subject A	1000Hz-1/2	1000Hz-1/16	4000Hz-1/2	4000Hz-1/16
6 seconds lag	-0.0613	-0.0517	-0.0363	-0.0417
8 seconds lag	-0.0247	-0.0070	-0.0446	-0.0440
10 seconds lag	-0.0123	0.0137	-0.0437	-0.0297
12 seconds lag	-0.0083	-0.0037	-0.0477	-0.0153
Subject B	1000Hz-1/2	1000Hz-1/16	4000Hz-1/2	4000Hz-1/16
6 seconds lag	0.0172	-0.0520	-0.0727	-0.0647
8 seconds lag	-0.0897	-0.0300	-0.0728	-0.0540
10 seconds lag	-0.1517	-0.0347	-0.0796	-0.0612
12 seconds lag	-0.1244	-0.0517	-0.1347	-0.0776
Subject D	1000Hz-1/2	1000Hz-1/16	4000Hz-1/2	4000Hz-1/16
6 seconds lag	-0.0946	-0.1098	-0.1240	-0.1117
8 seconds lag	-0.0946	-0.1300	-0.1358	-0.1069
10 seconds lag	-0.0931	-0.1306	-0.1349	-0.0969
12 seconds lag	-0.1000	-0.1233	-0.0900	-0.0863
Subject E	1000Hz-1/2	1000Hz-1/16	4000Hz-1/2	4000Hz-1/16
6 seconds lag	-0.0607	-0.1069	-0.0400	-0.0403
8 seconds lag	-0.0627	-0.1383	-0.0743	-0.0773
10 seconds lag	-0.0483	-0.1240	-0.1086	-0.0843
12 seconds lag	-0.0507	-0.1273	-0.1103	-0.0843
Subject F	1000Hz-1/2	1000Hz-1/16	4000Hz-1/2	4000Hz-1/16
6 seconds lag	-0.0403	-0.0367	0.0013	-0.0173
8 seconds lag	-0.0250	-0.0511	-0.0570	-0.0183
10 seconds lag	0.0308	-0.0834	-0.0320	-0.0237
12 seconds lag	0.0337	-0.0889	0.0203	-0.0430

Table2 から負の値が多く見られ、警告音を聞くことで被験者は切迫感を感じていることが分かる。しかし平均 RRI の差分値を警告音間で多重比較しても有意差は見られなかった。緊張感がある警告音としてアンケートを取った結果、4000Hz-1/16 の警告音が最も緊張感があることが分かった。今後警告音として 4000Hz-1/16 を使用する。

4-2. LED と警告音の比較実験

次に LED による危険呈示と警告音による危険呈示方法を反応時間で比較する。

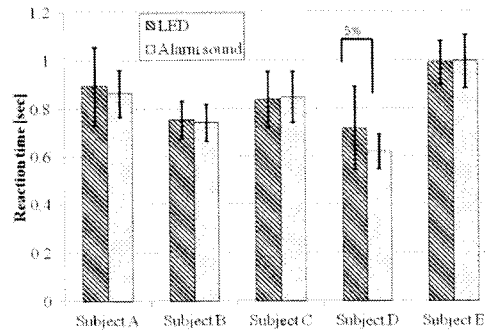


Fig.4 Brake reaction time

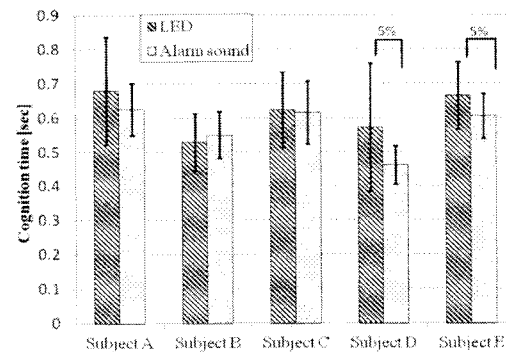


Fig.5 Cognition time

Fig.4, 5 から LED で危険情報呈示した時の反応時間が長い傾向があった。特に認知時間で比較した場合、5人中4人の平均値が警告音よりも LED による認知時間が長かった。警告音と LED2 標本の t 検定を行った結果、ブレーキ反応時間においては1名、認知時間においては2名に有意差が見られた。これは LED の点灯が認識しづらいと考えられる。警告音を反応時間、緊張具合から選定することは難しい。しかし警告音は LED よりも被験者に危険を認識させやすいことが分かった。

参考文献

- 1) 飯盛洋:「建設機械の安全対策に関する研究事例」, 建設の施工企画, P23, 2007
- 2) 桑野園子:「警告音信号の心理評価」, 騒音制御 Vol. 25, P3-7, 2001

[連絡先]

福井翔大

横浜国立大学大学院工学府

〒240-0067 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1

e-mail : shota-fukui-sk@ynu.ac.jp

ダンプトラック運転時における危険情報呈示に関する研究