

# 運転中の音楽に変化を与え眠気を気付かせるシステム

阿部賢人<sup>1,a)</sup> 北原鉄朗<sup>1,b)</sup>

**概要:** 近年の交通事故件数は様々な運転支援システムが実装されて減少傾向にある。その中で脇見運転、漫然運転による事故が相対的に増加傾向にある。運転支援のアプローチとして様々な覚醒刺激システムが開発されているが、運転者や同乗者に不快感を募らせるものも少なくない。本研究では新たに音を加えるのではなく、車内で再生中の音楽の周波数を変化させることにより運転者へ自身の眠気を通知するシステムを提案する。眠くなりやすい環境をつくり、ドライブシミュレータを用いて障害物を回避する実験を行ったところ、運転者が自身の眠気に気付くまでの時間は警告音を再生するものと大きな差がみられなかった。主観評価からも大きな差がみられた評価は少なかったが9人中4人が提案手法の方が「快」と答えた。

## 1. はじめに

自動車は人々の生活に必要な不可欠な存在になりつつある。自動車は人々の暮らしを便利にする一方で、大きな事故の要因ともなっている。しかし近年は、先進安全自動車の普及、道路交通法の強化、交通安全主導の強化などによって減少している傾向がみられるが、安全支援装置の普及とインフラ整備によって車の設備・道路が起因となる事故が減少し、相対的に人が起因となる事故が増加していると考えられる。警察庁が発表した平成29年中の法令違反別の交通事故件数 [1] で上位3つは上から順に安全不確認、脇見運転、漫然運転となっている。

交通事故を減らすことを目的として運転支援システムの開発が盛んに行われている。運転支援システムの例として、前方にある対向車、歩行者、障害物などをカメラやレーダーで監視して、衝突の危険があれば音や表示で知らせてくれる「衝突軽減ブレーキ」 [2]、高速道路や自動車専用道路などでアクセルを踏まなくても一定の速度で走行してくれる「ACC (アダプティブクルーズコントロール)」 [3]、自動でステアリング (ハンドル) 操作をしてくれる「車線維持支援システム」 [4] などがある。パナソニック社の「眠気制御技術」 [5] では、カメラ画像から測定した瞬きや表情などを人工知能技術により検出する。

運転支援のアプローチとして、ブレーキなどの操作の支援だけでなく、眠気を気付かせたり覚醒させることも重要である。これは、眠気は重大な事故を引き起こす原因になりうるからである。従来の覚醒刺激システムはビープ音 [6]

や振動 [7] などを用いている。特にビープ音は覚醒に効果的であると思われるが、大きな音を出すことは運転者だけではなく同乗者の不快感の原因にもつながる。

本研究では、音圧を上げられないことを前提とし、車内で再生中の音楽を変化させることで運転者に自身の眠気を気付かせる方法を提案する。この方法は、新たな音を加えるわけではないので、警告音のような別の音を再生するの異なり、車内の音圧の向上を避けることができる。また、警告音などに比べて、運転者や同乗者に対する不快感も少なくなると期待される。

## 2. 実現上の課題と本研究における方針

### 2.1 眠気検出方法

運転者の眠気の検出方法は、大きく分けて2つの方法がある。運転の操作情報を利用して検出する方法と運転者の生体情報を利用して検出する方法である。眠気の検出において眠気そのものを検出することは非常に難しく、多くの場合眠気と相関のある物理量を計測し眠気を検出している。操作情報を利用した検出では、ハンドル操作の情報もしくは単調度を測る方法 [8] が一般的である。生体情報を利用した検出では、心拍数・心拍変動 [9]、眼球運動、閉眼時間 [10] などが挙げられる。ほかには主観評価になるが第三者による顔表情判定などがある [11]。この中でもっとも利用されているのが顔表情判定となるが、第三者による動画の主観評価のため評価者の訓練が必要となる。また、あくまで主観評価のため生体情報に比べて眠気の誤認証も多くなるであろう。一方心拍計や脳波計測は大掛かりな機器が必要かつ装着する煩わしさがある。

本研究では、比較的煩わしさが少なく安価なデバイスで

<sup>1</sup> 日本大学文理学部

<sup>a)</sup> abe@kthrlab.jp

<sup>b)</sup> kitahara@chs.nihon-u.ac.jp

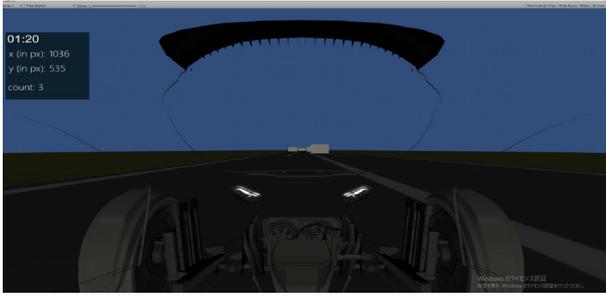


図 1 ゲーム画面 UI

取得可能な「閉眼時間」を用いる。

## 2.2 運転者への眠気の通知方法

既存の研究では眠気を検知した際にエアコンの温度調節，アラーム音やカーナビからのアナウンス，アップテンポな楽曲を優先的に選曲して再生，振動等さまざまなシステムの実装がされている。その中には，アラーム音など不快に感じるものが多い。また，振動は運転操作の障害となり事故につながるリスクがあると考えられる。音による通知の中で運転者に危険を感じさせるのに最適な音は，警報や機械の操作エラー時に鳴る警告音だと考えられる。そして，音圧レベルの高い音がより運転者が気付きやすいことも容易に考えられる。本研究では車内で子供が寝ているなどの理由から，音圧を上げられない状況を想定する。

本研究では警告音を使わず，また音圧レベルを上げず運転者に眠気を気付かせる方法として，運転者が車内で再生している音楽に対して周波数を変化させることにより運転者に異変を感じさせる。

## 3. システム概要

本研究では，ドライブシミュレータを用いて実験を行うため，眠気の検出機能および運転者への通知機能はドライブシミュレータに統合する形で実装した。実装には，ユニティ・テクノロジー社が提供するゲーム開発プラットフォーム「Unity」を利用した。

### 3.1 ドライブシミュレータの機能

ドライブシミュレータの画面を図 1 に示す。操作の上手さが実験に影響しないよう，できるだけ単純な操作とするため，車両は自動で前進し，左右の動きはユーザのキーボード操作により行うものとした。障害物は無作為に生成されるので，ユーザは左右キーで車両を左右に動かすことで回避する。ゲーム画面は運転者の視点，眠気と共に運転することが多いであろう夜を想定し暗くした。1 フレームごとにゲーム開始からの経過時間，目線情報，操作情報，障害物の当たり判定，眠気の判定を csv ファイルに書き出す。



図 2 Tobii Eye Tracker 4C[12]

### 3.2 眠気の検出方法

目線情報の取得には，「Tobii Eye Tracker 4C」を使用する(図 2)。本機器は主にゲームでプレイヤーの視点を画面に表示するために利用される。本研究では，運転者の目線及び閉眼時間を取得するのに用いる。EyeTracker で得られる情報は左右それぞれの目線ではなく，目線を一点として取得する。閉眼時は閉眼直前の座標が継続して取得される。

この Eye Tracker で得られる目線情報は小刻みに変動してしまうため，EyeTracker で得た目線情報とそれを平滑化したものの差を求めることで，眠気を判定する指標とする(現在の実装では， $T=60$ )。いま，目線情報を  $y(t)$  とし，それに対して移動平均により平滑化を行ったものを  $\bar{y}(t) = \frac{1}{T} \sum_{\tau=0}^{T-1} y(t+\tau)$  とする。両者の差  $\delta(t) = \bar{y}(t) - y(t)$  に対して， $s = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\delta(t+1) - \delta(t))^2$  を求め， $s$  が閾値以下になる時間が一定時間(現在の実装では 1.5 秒)継続することにより眠気判定をしている。

### 3.3 音高の変化による運転者への通知

再生中の音楽に対する周波数の変化は 0.5 秒刻みに交互に 2 倍，1/2 倍とする。また周波数は眠気判定をしてから目線情報が再び変化する(開眼)または最大 4 秒で元の値に戻る。運転者が周波数の変化を感じるにより，自身の眠気に気付くことを目的としている。

## 4. 実験

実際の運転環境で実験するのは安全上問題があるため，3.1 節で述べたドライブシミュレータを用いて実験を実施した。

### 4.1 実験条件

実験開始時間は，一般的に眠気に襲われることの多い昼食後 30~60 分後に行う。また眠気を誘発する方法として，実験は実験開始時の室温を上げた(25℃程度)防音室で行い，室温が下がらないよう指示はマイクを通して行った。各手法を扱う前に 7 分間リラックス効果のある音楽を被験者に聞かせる。楽曲は『究極に眠れる CD Rumors

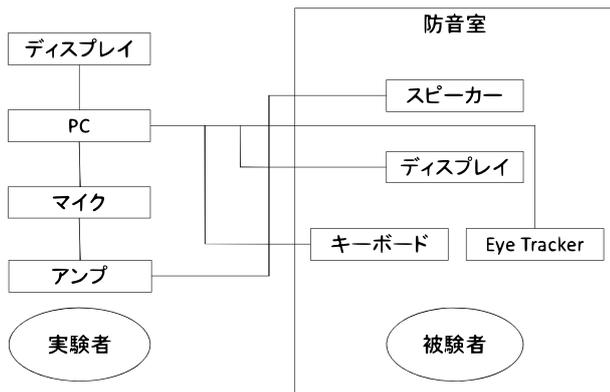


図 3 実験器具

Ambient Project』に収録されている「深き眠りへ・・・」を使用した。本研究では音圧レベルを一定にすることを前提に進めているため、日常会話で発している音圧と同じ60dBで統一した。実験では日本人の多くの人が運転中に聞いている音楽はJ-POPであろうと推測し、楽曲はRWC研究用データベース[13]:ポピュラー音楽No.33~48に収録されている『はじまり/森元康介』を使用した。被験者は19~22歳の大学生男女9名である。実験では、運転者への通知を以下の2つの手法で行った。

手法1 眼気を検知したら、警告音[14]を再生する。警告音は0.5秒の音源を最長4秒間(8回)繰り返す仕様。

手法2 本研究で提案している周波数を0.5秒刻みに交互に1/2倍,2倍に変化させ,最長4秒間繰り返す仕様。

順番での不公平が出ないように被験者ごとに順番を入れ替えて行った。

手法別アンケートは以下の項目を1~7の7段階で評価してもらった(表2)。

Q1:システム利用中,眠気はどれくらいありましたか。(7が最も「眠い」を表す)

Q2:音楽の変化または警告音で自分の眠気に気づきましたか。(7が最も「気付く」を表す)

Q3:音楽の変化または警告音に対する不快感はいかがでしたか。(7が最も「快」を表す)

実験後アンケートも以下の項目を同様に7段階で評価してもらった。

Q4:ゲームの難易度はいかがでしたか。(7が最も「難しい」を表す)

Q5:音が変わるもしくは警告音が鳴るタイミングは適切でしたか。(7が最も「適切」を表す)

#### 4.2 考察

実験中に取得した情報から,各被験者それぞれの手法で実験を行った時の目線情報から眠気を検出して音の変化を開始もしくは警告音を再生し始めてから,再び目線が動き始める時間を被験者ごとに集計した。ヒストグラムの観察により正規性が見られなかったことからマン・ホイット

表 1 実験結果

	手法1(警告音)			手法2(Pitch)			P 値
	n	中央値	四分位範囲	n	中央値	四分位範囲	
A	9	0.908	0.727	21	0.398	0.624	0.074
B	39	0.792	1.749	23	0.821	1.306	0.242
C	35	0.465	1.298	70	1.183	1.613	0.030
D	13	0.642	0.845	45	0.474	1.189	0.375
E	39	0.614	0.797	22	1.152	1.218	0.021
F	25	1.115	1.930	27	0.279	0.783	0.020
G	2	0.552	0.043	6	0.125	0.356	0.202
H	2	0.314	0.234	4	0.507	0.244	0.124
I	0	—	—	4	0.225	0.172	—

n:警告音が再生されたまたは周波数が変化した回数

表 2 手法別アンケート

	Q1		Q2		Q3	
	手法1	手法2	手法1	手法2	手法1	手法2
A	6	5	5	5	4	4
B	7	7	7	4	2	3
C	5	5	2	3	2	6
D	4	4	5	5	3	5
E	5	6	3	6	3	2
F	5	6	6	6	4	3
G	5	3	6	5	6	7
H	5	5	5	5	5	4
I	4	5	4	5	5	5
ave	5.00	5.22	5.00	4.78	3.77	4.33

ニーのU検定を行った。結果が表1である。

客観評価である実験結果(表1)から手法1の方が早く気付くグループ,手法2の方が早く気付くグループ,両手法間で明確な差がなかったグループに分かれた。被験者C,Eは手法1の方が気付くまでの時間の中央値が短く,また有意水準5%(以下,同様)で有意差があった。一方,被験者Fは手法2の方が気付くまでの時間の中央値が短く,有意差があった。被験者Aも手法2の方が気付くまでの時間の中央値が短かったが,有意差は見られなかった。これは,手法1において警告音が再生される(閉眼が検知される)回数が9回と少なかったからと考えられる。被験者Bは気付くまでの時間の中央値は手法1の方が短いものの,有意差はなかった。被験者Dは気付くまでの時間の中央値は手法2の方が短いものの,有意差はなかった。被験者G,Hは手法1において警告音が再生される回数,手法2において周波数が変化した回数が少なかったため,有意差がみられなかった。被験者Iは手法1において一度も警告音が再生されなかった。

主観評価である手法別アンケート表2のQ2からは,被験者Bは手法1の方が気付きやすかったと答えた。被験者Eは手法2の方が気付いたと答えた。被験者C,Iは手法2の方が気付いたと答えたが,大きな差はなかった。被験者A,D,F,Hは両手法の間に差がないと答えた。Q3については,被験者E,F,Hは手法1の方が「快」と答え

たが、大きな差はなかった。被験者 C, D は手法 2 の方が「快」と答えた。被験者 B, G は手法 2 の方が「快」と答えたが、大きな差はなかった。被験者 A は両手法の間に差がないと答えた。

実験後アンケートから各質問に対する平均は、Q4 は 1.67, Q5 は 5.33 であった。Q4 からゲームの難易度は簡単であることがわかった。このことから眠気を誘発する、単純な操作とするための実験環境づくりが適切だったことがわかった。Q5 では、眠気を判定する基準が適切であることがわかった。

## 5. おわりに

本研究では、運転者が車内で音楽を再生している状況を前提とし、運転者の眠気を検出して、再生中の音楽の周波数を変化させることで自身の眠気を気付かせるシステムを提案した。警告音を再生するものと比較した結果、客観評価では 2 つの手法に大きな差はなかったが、被験者の主観評価で、9 人中 4 人に本研究で提案した手法の方が不快感が少ないといえる結果がみられた。この 2 つの結果から、少なくとも一部のユーザには、本研究の目的である「運転者や同乗者の不快感を少なく、運転者に眠気を気付かせること」が達成された。

今後は、現在の被験者数では十分な情報を得られなかったので実験条件を見直したうえで、被験者を増やしたい。また、被験者の操作情報など他の情報についても分析していきたい。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費< 17H00749 >から支援を受けた。

## 参考文献

- [1] 警察庁交通局, 平成 29 年中の交通事故の発生状況, <https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/H29zennjiko.pdf>
- [2] 島高志, 藤村武志, 結城俊男, 下田和貴, 高橋正一, 林田宜浩二, 衝突被害軽減ブレーキの開発, 自動車技術, 63, 12, 65-69, 2009
- [3] 大前学, 自動車の車間距離制御システムの研究動向, 交通運輸情報プロジェクトレビュー, 23, 28-33, 2014
- [4] 本田技研工業(株), LKAS〈車線維持支援システム〉, <https://www.honda.co.jp/hondasensing/feature/lkas/>
- [5] 武井慎一, 砂川未佳, 楠亀弘一, 望月誠, 北島洋樹, 下村義弘, 眠気検知・予測技術に基づくドライバーモニタシステム, Panasonic Technical Journal, 64, 2, 2018
- [6] 國分志郎, 植野彰規, 内川義則, ビープ音刺激の音圧が覚醒効果に及ぼす影響—サッカードと脳波の解析に基づく定量評価—, 計測自動制御学会論文集, 44, 11, 871-877, 2008
- [7] 小西建斗, 萩原啓, 体感振動刺激が及ぼす生体反応と単調作業課題への影響, モバイル学会誌, 5, 2, 49-55, 2015
- [8] 山本恵一, 運転注意力モニタのヒューマンインターフェース, 自動車技術, 56, 74-8, 2002
- [9] 柳平雅俊, 安土光男, 眠気予測技術の開発, D & R PIO-NEER, 17, 1, 2007
- [10] 杉本大樹, 高野博史, 中村清実, 眠気度推定のための瞬き特徴解析 (ME とバイオサイバネティックス), 電子情報通信学会技術研究報告, 114, 51, 49-52, 2014
- [11] 大見拓寛, 運転者の居眠り状態評価の画像センサ, 人工臓器, 42, 1, 2013
- [12] Tobii Eye Tracker 4C, [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/616oAttDV-L..SL1500\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/616oAttDV-L..SL1500_.jpg)
- [13] RWC 研究用音楽データベース, <https://staff.aist.go.jp/m.goto/RWC-MDB/index-j.html>
- [14] 効果音素材試聴, Track1, <https://dova-s.jp/se/download910.html>