

AIを用いた事業用自動車ドライバ向け 居眠り予測システムの開発に向けた 基礎的調査

田中 信壽
環境研究部

講演内容

1. 研究の背景と目的
2. AIを用いた事業用自動車ドライバ向け居眠り予測システム
3. 眠気によるワーキングメモリの容量変化に関する被験者実験
4. まとめ

1. 研究の背景と目的(その1)

国土交通省物流・自動車局では、平成26年6月、同省道路局及び警察庁とも協力し、各分野の専門家から構成される「**事業用自動車事故調査委員会**」を設置し、**事業用自動車**の**重大事故**について**事故要因の調査分析**を行っている。

<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/jikochousa/report1.html>

特別重要調査：社会的影響が大きく、事故調査委員会による特別な調査、要因分析及び再発防止策の提言が必要なもの
重要調査：特別重要調査対象事故以外の事故であって、事故調査委員会による要因分析及び再発防止策の提言が必要なもの

1. 研究の背景と目的(その2)

事業用自動車事故調査委員会設置後5年間で、最も多く調査対象とされた事故が、過労運転による居眠り事故であった(11件)。

パターン	類型化			国交省の取組	
	件数	特重	重要	制度改正	通知
I: 過労運転による居眠り事故	11	2	9	12	8
II: 体調急変や体調不良による事故	4	3	1	7	5
III: 前方不注意(脇見運転)による事故	6	0	6	8	3
IV: 速度超過状態で走行するセミトレーラの横転事故	4	0	4	2	0
V: 周囲の状況や積荷に合わせた適切な運転操作ができなかったため発生した事故	10	2	8	22	10
その他: 車両故障、飲酒	2	1	1	5	4
計	37	8	29	56	30

事業用自動車事故調査委員会5年総括(概要)より抜粋(令和2年8月28日)

https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha02_hh_000422.html



1. 研究の背景と目的(その3)

< 事故事例 (特別重要調査) >

平成29年8月に徳島県で発生。大型トラックが走行中、**路側帯に車両故障のため駐車していたマイクロバスに衝突**し、その衝撃でマイクロバスは道路左側のガードレールを乗り越え、**約6m下の法面に転落**した。この事故により、マイクロバスの**乗客1名と運転者の2名が亡くなった。**

原因：運転者の疲労蓄積による居眠り運転

事業用自動車事故調査委員会：中型トラックの追突事故【概要版】

<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/jikochousa/pdf/1783101-outline.pdf>



意識の欠落から減速なしの衝突が起こり、重大化しやすい

1. 研究の背景と目的(その4)

一般旅客自動車運送事業者には**道路運送法第27条**、また**一般貨物自動車運送事業者**には**貨物自動車運送事業法第15条**により、**運行の安全を確保するための措置**を講じる**義務**が課せられている。

この措置の一環として、**点呼**の実施が位置づけられている。点呼には、**乗務前**及び**乗務後**点呼、並びに乗務前後の実施が困難な場合等、特定の条件下で実施される**中間点呼**の3種類が存在する。

1. 研究の背景と目的(その5)

<乗務前の対策>

乗務前点呼

運転者が乗務を開始する前に、安全な運行が可能かをチェックする。

乗務前点呼の厳しいチェックをパスしたドライバーでも居眠り事故を起こしている。

確認項目	内容
酒気帯びの有無	アルコール検知器を使用し、飲酒の影響がないことを確認する。
疲労・睡眠不足・疾病の有無	ドライバの体調を確認し、安全運転が可能な状態であるかを判断する。
運転免許証の有効期限・適性	運転免許証を確認し、有効期限切れや適性違反がないことを確認する。
車両の日常点検の実施状況	ドライバが日常点検を実施したかを確認し、車両に異常がないことを確認する。
運行経路・目的地の確認	運行経路、目的地、休憩地点などを明確にし、安全な運行計画を確認する。
天候・道路状況の確認	当日の天候や道路状況に応じた注意喚起を行い、安全運行を指示する。
運行に関する指示の伝達	安全運転の留意点、休憩指示、速度管理などをドライバに指示する。



1. 研究の背景と目的(その6)

<乗務中の対策>

<居眠り>

居眠り運転事故の実態については、長時間の完全睡眠に入るケースよりも、15秒以下の短期間の睡眠、いわゆる**マイクロスリープ**が事故の直接的な原因となるケースが大半であることが、複数の実証研究によって明らかにされている。

<ドライバモニタリングシステム:DMS>

車内カメラでドライバの顔や姿勢を監視し、**まばたきや視線、頭部の動きなどから眠気の兆候を検知**して注意喚起を行うことで、居眠り運転を未然に防ぐ安全支援システム



Driver Drowsiness and Attention Warning (DDAW) systems (DMSの一機能) としてWP29で基準化の議論が進んでいる。

1. 研究の背景と目的(その7)

【乗務前点呼の欠点】

出庫時点の健康・覚醒状態は確認できるが、長時間乗務中の疲労蓄積や体調悪化、眠気の発生など、**その後の状態変化までは継続的に把握できない。**

【DMSの欠点】

主に、まばたきや視線、姿勢などの兆候(＝眠気の出表)が現れてから検知する仕組みのため、**居眠り発生直前まで検知が難しく、予測という意味では利用しにくい。**

人が人と対面で話す時、受け答えや様子から**相手の眠気に何となく気づく**ことは**多々**ある。
これを**AI**を用いて**点呼**に取り込み、乗務前だけでなく**適切なタイミング**で行う**「動的」な点呼**として実現できれば、**居眠り(マイクロスリープ)**の発生を**予測**できるのではないかな？



具体的には、AIを用いて**「事業用自動車ドライバ向け居眠り予測システム」**の開発を目指す。

- ・覚醒度低下による**発話能力**及び**特徴の変化**を検出し、**居眠りの発生を予測**
- ・**眠気行動**や**抗眠行動**の検知による現状の覚醒度評価**補助**及び実施を促す**タイミングの決定補助**

2. AIを用いた事業用自動車ドライバ向け居眠り予測システム(その1)

まず始めに、居眠り予測のベースとなる**現状の覚醒度の特定を発話能力変化**から実現する手法の開発を目指す。

現在、開発中の覚醒度評価機能

- ・ **短期記憶テスト**
(記憶して復唱できる文字数を評価)
- ・ **流暢度テスト**
(音読した音声の特徴分析)

【テスト結果による覚醒度定量化の比較指標】

- ・ **主観評価** (カロリンスカ／スタンフォード眠気尺度)
- ・ **Psychomotor vigilance test** (アプリ同時開発)
(精神運動覚醒テスト：反応速度を評価)
- ・ **脳波** (解析アプリ開発中)

2. AIを用いた事業用自動車ドライバ向け居眠り予測システム(その2)

眠気行動や抗眠行動の検知から現状の覚醒度の評価補助、加えて、これらの行動の初期行動の検知に注力し、動的に行う覚醒度評価(「動的」な点呼)の実施を促すタイミングの決定補助などを行うDMSの開発も検討。

3. 眠気によるワーキングメモリの容量変化に関する被験者実験(その1)

<文献調査>

本研究ではまず文献調査を行い、その中から「眠気によってワーキングメモリ(作業記憶)の容量の低下が引き起こされ、会話中の情報を適切に処理する能力が減退する」という論説に注目することとした。

<数字記憶テスト>

被験者と試験官との間で互いに**0～9までの任意の数字を言い合う**。但し、数字を言う前には、それまでに**お互いが言い合った数字を順番にすべて復唱**する。被験者が復唱を間違ったところでテスト終了(試験官はメモを取りながら実施。被験者は連続して同じ数字を言うことが禁じられている)。

この時に復唱できた文字数でワーキングメモリの容量を評価。

<被験者>

人数:4名(男性:2名、女性2名)、年齢:平均 37.25歳

黒字:被験者読み上げ数字
赤字:試験官読み上げ数字



3. 眠気によるワーキングメモリの容量変化に関する被験者実験(その2)

<テスト内容>

赤字の時間帯に**数字記憶テスト**を実施。

1) 各テストの時間帯では、まず始めに**カロリンスカ眠気尺度**を用いた眠気の主観評価を行う。

2) その後、数字記憶テストを**3回**実施。

各テストの間の時間は、トラックの**運転ゲーム**を行わせた。

<スケジュール>

16:00 ① インフォームドコンセント(30分)開始
16:30 ② **数字記憶テスト1回目**(1時間)開始
17:30 ③ ゲーム(2時間)開始
19:30 ④ **数字記憶テスト2回目**(30分)開始
20:00 ⑤ **食事休憩(1時間)**開始
21:00 ⑥ ゲーム(2時間)開始
23:00 ⑦ **数字記憶テスト3回目**(30分)開始
23:30 ⑧ ゲーム(2時間)開始
01:30 ⑨ **数字記憶テスト4回目**(30分)開始
02:00 ⑩ **食事休憩(30分)**開始
02:30 ⑪ ゲーム(1時間)開始
03:30 ⑫ **数字記憶テスト5回目**(30分)開始
04:00 ⑬ ゲーム(1時間)開始
05:00 ⑭ **数字記憶テスト6回目**(30分)開始
05:30 ⑮ **仮眠(1.5時間)**開始
07:00 ⑯ **数字記憶テスト7回目**(30分)開始
07:30 ⑰ ラップアップ(30分)開始
08:00 ⑱ 被験者退場

※テストの時間帯は、終了次第休憩

※ゲームの時間帯は、任意のタイミングで10分以下の休憩をとることが可能。(取得するかどうかも任意)

本実験は、当研究所の「**人間を対象とする実験に関する倫理規定**」に基づいて事前に**審査**が行われ、その**承認**のもとに実施した。

3. 眠気によるワーキングメモリの容量変化に関する被験者実験(その3)

カロリンスカ眠気尺度

1. 非常にはっきり目覚めている
2. はっきり目覚めている
3. 目覚めている
4. やや目覚めている
5. どちらでもない
6. 眠気の兆候がある
7. 眠いが、努力なく起きていられる
8. 眠い、起きているための努力をしている
9. とても眠い、起きているために大変な努力をして眠気と戦っている

3. 眠気によるワーキングメモリの容量変化に関する被験者実験(その4)

< 結果 >

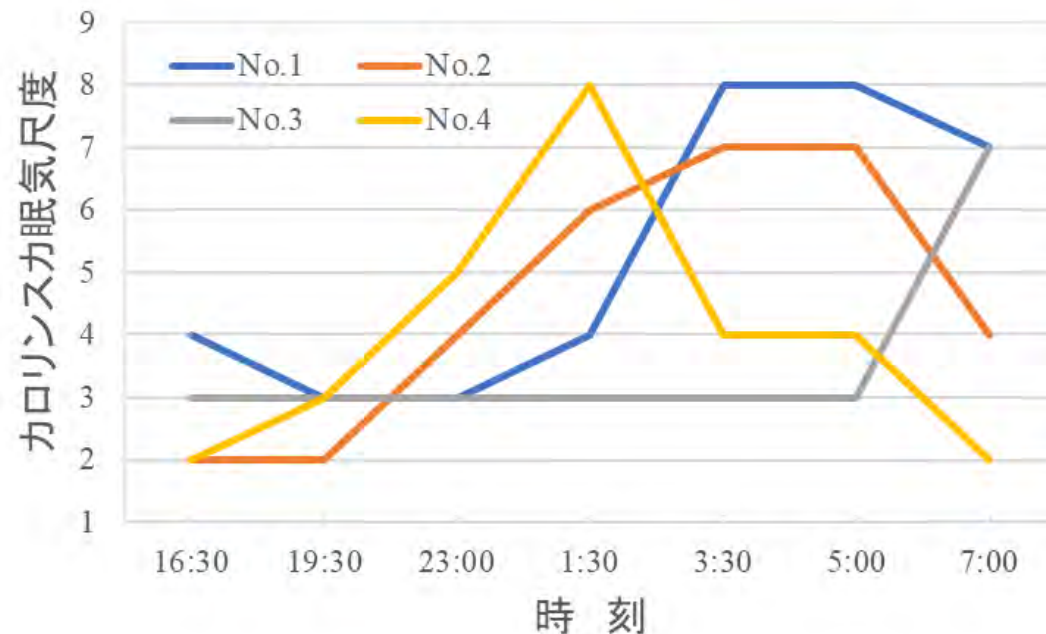


図 眠気(カロリンスカ眠気尺度)の時間変化

表 復唱文字数の時間変化

試験回	被験者No.							
	1		2		3		4	
	カロリンスカ眠気尺度	復唱文字数の平均	カロリンスカ眠気尺度	復唱文字数の平均	カロリンスカ眠気尺度	復唱文字数の平均	カロリンスカ眠気尺度	復唱文字数の平均
1	4	8.00	2	7.33	3	7.33	2	9.33
2	3	6.67	2	6.67	3	6.67	3	10.67
3	3	7.33	4	7.33	3	7.33	5	10.67
4	4	6.00	6	7.33	3	8.00	8	8.00
5	8	6.00	7	6.67	3	6.00	4	8.67
6	8	6.67	7	6.67	3	6.67	4	10.00
7	7	8.00	4	7.33	7	6.67	2	14.67

赤字：眠気尺度の最高値 青字：復唱文字数の平均の最小値

- 被験者No.1、2及び4は、時間経過とともに眠気が高まり、その後低下する傾向を示した。一方、No.3は仮眠後に眠気が最も高まった。
- 被験者No.1、2及び4は、眠気の上昇とともに数字記憶テストの復唱文字数が減少したが、No.3では関連性がみられなかった。ただし、被験者No.3は明け方3:30に復唱文字数が最も少なく、眠気を自覚しないまま認知機能が低下していた可能性がある。

4. まとめ

- ①本報告では、現在開発を進めている「**AIを用いた事業用自動車ドライバ向け居眠り予測システム**」について紹介し、本システムによって**動的な点呼の実現**を目指していることを説明した。
- ②次いで、この開発に先立って行った被験者実験の結果について示した。眠気を検出する上で評価すべき会話中の発話能力としては、**ワーキングメモリの容量変化**が有力である可能性が確認された。

今後の課題

- ・眠気の発生メカニズムや神経機序を考慮した覚醒度の検出能力が高い試験方法及び評価指標の特定、並びにこれを実現するアプリケーションの開発
- ・AIを用いた眠気行動及び抗眠行動を検出するDMS機能の開発
- ・現状の覚醒度評価結果から居眠りの発生を予測する手法とこれを実現するアプリケーションの開発