

事業用自動車のドライバを対象とするAIを用いたマイクロスリープ注意喚起システムの開発のための基礎的調査

※田中 信壽
環境研究部

新国 哲也

講演内容

- 1 . 研究の背景と目的
- 2 . 事業用自動車の事故分析
- 3 . 運行管理に関する法規と点呼について
- 4 . AIを用いたマイクロスリープ注意喚起システム
- 5 . 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
- 6 . まとめ
- 7 . 研究の現状

1. 研究の背景と目的

<事故の現状>

運転中に発生するマイクロスリープ（3～15秒間の睡眠状態、極短時間の居眠り）は、注意と覚醒が一時的に断絶される状態であり、車線逸脱や追突など深刻な事故に直結する。特に事業用自動車では、乗客や物流の安全性を確保する上で重大な問題となりうる。

- 1) H. Kumagai, T. Shiomi (Hiroshima univ.) et al., "Dashcam video footage-based analysis of **microsleep**-related behaviors in truck collisions attributed to falling asleep at the wheel," **Accident Analysis & Prevention**, vol. **187**, Article **107070**, 2023.

<技術的背景>

昨今、**AIの急速な技術革新**により、AIと人との間で**自然言語による**会話が可能になりつつある。これにより近年車載された音声UIは、単なる音声コマンドの実行を超え、生成AI（大規模言語モデル（LLM））の活用により、**高度で自由な対話を実現**しつつある。

人が人と話す時、その受け答えから**相手の眠気に何となく気づく**ことは多々ある。本研究では、これを**AIを用いて**実現し、適切なタイミング（業務中の再乗車のタイミング等）で**マイクロスリープの発生を注意喚起する対話型システム**の開発を**最終的に**目指している。

2. 事業用自動車の事故分析（その1）

国土交通省物流・自動車局では、平成26年6月、「交通事故総合分析センター」を事務局として、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。

事業用自動車事故調査委員会では、発生した重大事故の調査を**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）及び**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）に分け分析し、結果を報告している。

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）。

2. 事業用自動車の事故分析（その2）

< 事故事例 1（特別重要調査） >

平成 28 年 3 月に広島県の山陽自動車道下り線八本松トンネルにおいて発生。中型トラックが片側 2 車線の第 1 通行帯を走行中、**渋滞で停止中の車列に追突**し、合計**12**台の車両が関係する多重追突事故が発生するとともに、この中型トラックを含む 5 台の車両に**火災が発生**した。この事故により、相手車両の**運転者 2 名が亡くなり**、他の**運転者 3 名**及び**同乗者 1 名**の計 4 名が**軽傷**を負った。この事故の調査報告では、原因は運転者が事故発生日までの**連続する乗務疲れからきた居眠り運転**とされている。



**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**

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/1644104-outline.pdf>

3. 運行管理に関する法規と点呼について（その1）

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に実施する**中間点呼**の3種類が存在する。これらの**点呼**は、**旅客自動車運送事業運輸規則第24条**及び**貨物自動車運送事業輸送安全規則第7条**により、事業者
に実施が**義務**付けられている。

3. 運行管理に関する法規と点呼について（その2）

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。

乗務前点呼は事故防止の重要な手段だが、**通過したドライバが居眠り事故を起こしている現状がある。**

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。



4. AIを用いたマイクロスリープ注意喚起システム（その1）

< 技術的背景 >

昨今、**AIの急速な技術革新**により、AIと人との間で**自然言語による**会話が可能になりつつある。これにより近年車載された音声UIは、単なる音声コマンドの実行を超え、生成AI（大規模言語モデル（LLM））の活用により、**高度で自由な対話を実現**しつつある。

- ・メルセデス・ベンツの「MBUX」は、**ChatGPT**を統合することで従来の音声操作機能を拡張し、自然な対話形式による情報検索や車内操作を可能としている。
- ・フォルクスワーゲンの「IDA」は、Cerence社の「Cerence Chat Pro」を基盤に**ChatGPT**を統合。ナビ設定や空調調整に加え、一般的な知識に関する質問にも自然な対話で応じる。
- ・プジョー、オペル、ボクスホールは、「SoundHound Chat AI」を採用し、天気予報やエンターテインメント情報など、幅広いトピックに対応している。

人が人と話す時、その受け答えから**相手の眠気に何となく気づく**ことは**多々**ある。これ**AI**を用いれば可能では？ 延いては**マイクロスリープ**の発生を**予見**できるようになるのでは？ → **「動的」な点呼**へ



4. AIを用いたマイクロスリープ注意喚起システム（その2）

将来的な車載を想定しつつ、**携帯端末に搭載されたAIエージェントが優秀な運行管理者となり、ドライバとの会話**の中からドライバの眠気を見抜き、マイクロスリープの発生を予見し、注意喚起できるようなシステムの開発を目指している。

< 現状の研究の取組 >

① **人の発話能力**のうちどのような能力が、**眠気**によって影響を受けて変化した結果、**相手の眠気を感じることができるのか**を明らかにする。

② ①を実現する方法を開発する。

最終的には、**自然な会話の中から眠気を評価すること**を考えているが、**現状①が明確ではない**ので、まずは、**確実に評価できる方法**で検討する必要があると考えている。

5. 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」という知見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



5. 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）

<試験スケジュール>

右記の赤字の時間帯に試験時間を設定した。各試験の時間帯では、まず始めにカロリンス力眠気尺度を用いた眠気の主観評価を実施。その後、数字記憶テストを3回実施した。各試験の時間帯までの間は、トラックの運転ゲームを行わせた。

- 16:00 ① 被験者来場、インフォームド Consent (30分) 開始
- 16:30 ② インフォームド Consent 終了、**発話能力テスト1回目** (1時間) 開始
- 17:30 ③ 発話能力テスト1回目終了、ゲーム (2時間) 開始
- 19:30 ④ ゲーム終了、**発話能力テスト2回目** (30分) 開始
- 20:00 ⑤ 発話能力テスト2回目終了、**食事休憩 (1時間)** 開始
- 21:00 ⑥ 食事休憩終了、ゲーム (2時間) 開始
- 23:00 ⑦ ゲーム終了、**発話能力テスト3回目** (30分) 開始
- 23:30 ⑧ 発話能力テスト3回目終了、ゲーム (2時間) 開始
- 01:30 ⑨ ゲーム終了、**発話能力テスト4回目** (30分) 開始
- 02:00 ⑩ 発話能力テスト4回目終了、**食事休憩 (30分)** 開始
- 02:30 ⑪ 食事休憩終了、ゲーム (1時間) 開始
- 03:30 ⑫ ゲーム終了、**発話能力テスト5回目** (30分) 開始
- 04:00 ⑬ 発話能力テスト5回目終了、ゲーム (1時間) 開始
- 05:00 ⑭ ゲーム終了、**発話能力テスト6回目** (30分) 開始
- 05:30 ⑮ 発話能力テスト6回目終了、**仮眠 (1.5時間)** 開始
- 07:00 ⑯ 仮眠終了、**発話能力テスト7回目** (30分) 開始
- 07:30 ⑰ 発話能力テスト7回目終了、ラップアップ (30分) 開始
- 08:00 ⑱ ラップアップ (アンケートの回答含むヒアリング) 終了、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）

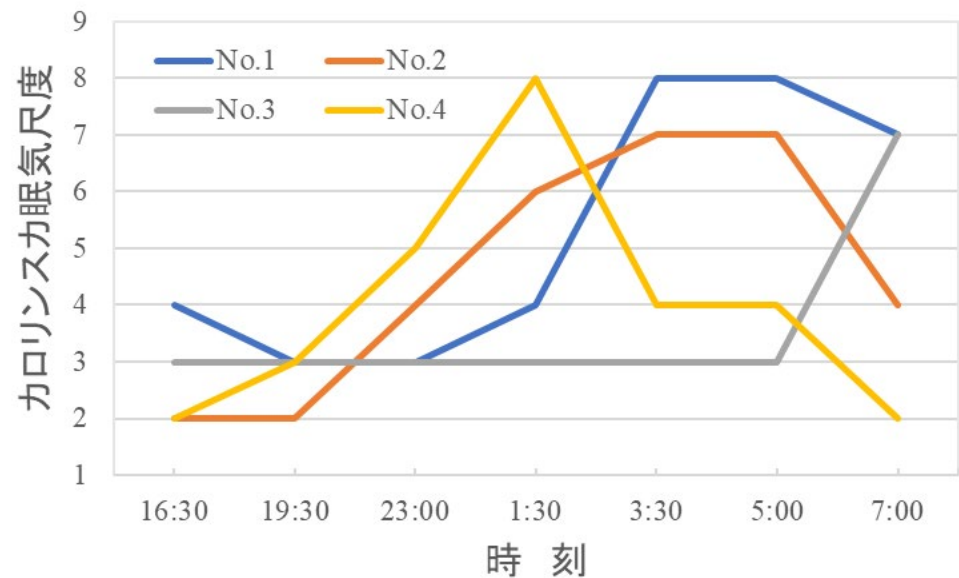
本実験は、当研究所の「人間を対象とする実験に関する倫理規定」に基づいて事前に審査が行われ、その承認のもとに実施した。

5. 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

5. 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）



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

< 結果 >

眠気(カロリンスカ眠気尺度)の時間変化

- 被験者No.1、2、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。
- No.1、2、4で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、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。

6. まとめ

- ①本報告では、事業用自動車の事故実態、ドライバの点呼の現状を関連法規と合わせて総括しつつ、マイクロスリープの発生を注意喚起するシステムの開発の一部として行った被験者実験の結果について示した。
- ②現状、本システムで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

今後は、**眠気が生まれるメカニズムや神経機序**も考慮し、マイクロスリープの発生の予見において有効な**指標の選定**に注力し、検証を深めていくことで、居眠り事故を防ぐ**乗務前から乗務中に至るまでの「動的な」点呼**に資する**マイクロスリープ注意喚起システム**の開発を進めていく予定である。