

地下道路における覚醒水準と運転挙動

屋井研究室 03_22502 増田 智志

1. 背景・目的

高密度化された都市内において道路整備が検討される際、用地確保の問題や周辺環境への影響等から地下構造が計画されることが多い。その際、大深度地下の利用の増加、トンネル掘削技術の向上等もあり、地下道路は長大化の傾向にある。しかしながらトンネル内の走行はその低視認性や空間的圧迫感等から負担を受けるだけでなく、都市内地下道路では、多交通量による長時間低速走行を強いられることも考えられ、トンネル内走行時に特徴的な視覚刺激の単調性等も併せドライバーの覚醒水準低下が起こる可能性が指摘されている。また地下道路という閉塞空間では事故被害が甚大となるため、単独事故のみならず多重衝突事故の防止対策を十分に検討する必要がある。

そこで本研究では、地下道路における多重衝突事故に関して、特に覚醒水準低下の影響を考察し、水準低下の防止システム開発に向けた基礎的実験を行いその効果検証を目的とする。

2. MOVIC-T4 による地下道路走行実験

地下道路における多重衝突事故の発生メカニズムの分析のために、独自に開発したドライビングシミュレーター(以後 DS)MOVIC-T4 を用いて、走行実験を行った。前後車両挙動の相互作用を考慮したデータを得るために、DS を 2 台用いて被験者 2 名が同じ VR 道路空間を同時走行する実験を行った。なお、本研究における有効サンプル数は学生 56 名、高齢者 54 名である。

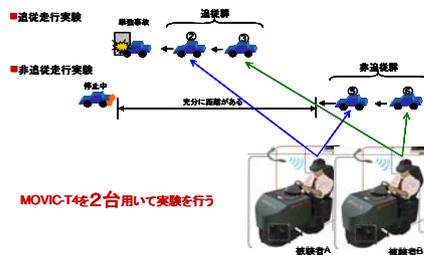


図.1 MOVIC-T4 の外観と実験イメージ

実験の走行パターンは、前方トラック(AI 制御)追従、前方小型車(被験者運転者)追従、前方車なし(指定速度

走行)の 3 パターンである。各走行とも走行終盤にインシデントを発生させており、インシデントに対する運転挙動データを取得している。実験結果として追従走行事故データを載せる。(図.2)

| 多重衝突事故 (3台以上が関与事故) | | | 追突事故 (2台が関与事故) | | 無事故 | 全事故件数 | 多重衝突事故 |
|-----------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------|
| 衝突-非衝突 | 非衝突-衝突 | 非衝突-衝突 | 衝突-非衝突 | 非衝突-非衝突 | | | |
| 66/143組 (46.2%) | 12/143組 (8.4%) | 3/143組 (2.1%) | 33/143組 (23.1%) | 29/143組 (20.1%) | 114/143組 (79.7%) | 78/143組 (54.5%) | |

図.2 追従走行実験結果

3. 地下道路における覚醒水準の推移

走行中の覚醒水準の指標には皮膚電位水準(SPL)を用いた。SPLの値が高いほど覚醒水準が高いことを示す。また分析では、計測中の最大値を 1、最小値を 0 とする基準化を行っている。

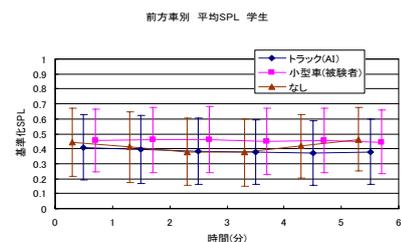


図.3 走行中の基準化 SPL 値の推移(学生)

例として学生の各走行時 SPL の平均推移を図.3 に示す。なお、走行全体の傾向評価のために、基準化した SPL を 1 分間毎に平均化した値を用いている。さらに各 1 分間の平均値に対して、平均値の差の検定を行うことで変化の起こりやすい時間帯を比較する。(表.1)

表.1 各分の平均値の差の検定結果

| 検定した時間帯の対 | | 0-1min | 1-2min | 2-3min | 3-4min | 4-5min | |
|---------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| | | 1-2min | 2-3min | 3-4min | 4-5min | 5-6min | |
| 有意確率 (片側) | 学生 (前方車別) | トラック | 0.06 | 0.12 | 0.14 | 0.24 | 0.20 |
| | 小型車 | 0.40 | 0.43 | 0.07 | 0.25 | 0.20 | |
| | なし | 0.01 | 0.01 | 0.39 | 0.02 | 0.02 | |
| 高齢者 (前方車別) | トラック | 0.43 | 0.36 | 0.01 | 0.02 | 0.31 | |
| | 小型車 | 0.11 | 0.01 | 0.21 | 0.44 | 0.25 | |
| | なし | 0.04 | 0.30 | 0.17 | 0.49 | 0.02 | |

一部は上昇に有意である。検定の結果から属性間及び前方車という交通環境によって、低下時間帯に違いがあることが示された。顕著な傾向として、前方車なしの場合、学生高齢者ともに開始初期から低下が有意であるが、学生は後に上昇に有意である一方、高齢者は

上昇することなく再び低下する傾向にある。これは前方車のいない安心感から水準低下し、高齢者に比べ学生は視覚変化に敏感であり、カーブ等に反応して水準上昇傾向となるためと考えられる。また学生は前方車がある場合全体傾向に有意な時間帯が見られず、被験者毎に低下時間帯が異なるものと考えられる。

4. 運転挙動への影響

覚醒水準が運転挙動に与える影響分析として、インシデント発生時の前方車ブレーキランプに対する反応時間を従属変数とした重回帰分析を行った。複数回目の走行データ及び HMD の性能上の問題から、車間距離が 130m 以上の被験者データを除外している。

学生を対象とした分析結果を表.2 に示す。車間距離や車両速度に加え、覚醒水準指標として SPL 値を基に算出した低覚醒水準がしばらく継続していたかどうかを示すダミー変数が統計的に有意な説明変数であることがわかった。なお、低水準域及び高水準域の閾値には 0.4 を採用している。分析結果より、SPL 値そのものではなく、低覚醒水準を継続することが反応時間延長を引き起こし、事故につながりやすいことが示唆された。

表.2 反応時間に対する重回帰分析結果(学生)

| 従属変数: 反応時間 | R ² | |
|------------|----------------|-------|
| | 標準化係数β | t値 |
| (定数) | | 2.91 |
| 車間距離 | 0.562 | 5.27 |
| 反応時走行速度 | -0.250 | -2.41 |
| 低覚醒継続ダミー | 0.220 | 2.07 |

高齢者については、有意な結果は得られていない。年齢層に幅があり運動能力の差が大きかったことが原因と考えられる。

5. バイオフィードバック実験

覚醒水準低下を防止する方法として、SPL をバイオフィードバック(以下 BF)する方法についてその効果を検証すべく以下の実験を行った。

被験者に単純な作業(地下道路走行画面の観賞)をさせ、BF なし、ありの場合について比較する。実験被験者数は学生 5 名。BF の方法として、図.5 のような画面を被験者に呈示した。①には現在の SPL 値、②には 3 段階の閾値に対応した警告、③にはそれまでの SPL 値推移が表示される。なお呈示する SPL 値には基準化値を用いており、閾値 0.6, 0.4, 0.2 に対し、グラフ色の変化(順に緑黄赤)及び警告ランプが点灯する。

一被験者の実験結果を図.6 に示す。この被験者に見られるように、閾値に達した際の SPL 値維持が 4 人中 4

人で見られた。また低下の傾きに違いが見られ、BF 実験において小さくなっている。これはこの被験者含め、開始時から警告域にいた 2 名について見られる傾向で、覚醒意図によるものだと考えられる。しかしながら、閾値に対する水準維持は見られたものの警告に対して水準上昇が見られた被験者は 0 名であった。また維持時間にも個人差があり、これらに関して閾値による違い及び訓練による効果の違いを検証することが今後の課題と言える。

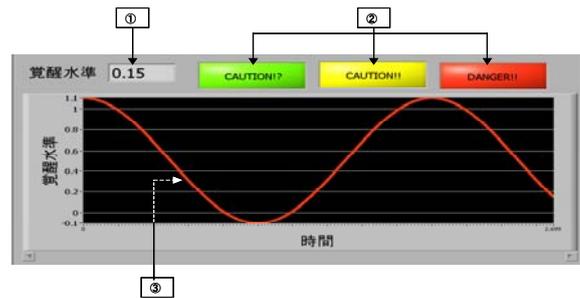


図.5 バイオフィードバック呈示画面

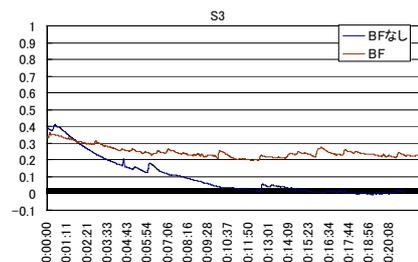


図.6 被験者 S3 作業中の基準化 SPL の推移

6. 終わりに

本研究では地下道路における多重衝突事故の防止対策の検討を目的に、特に覚醒水準の低下特性の違いを明らかにし、覚醒水準がインシデントに対する反応時間に与える影響について分析した。また、BF 手法を用いて覚醒水準低下を防ぐシステムについて実験を行い、その有効性を示すとともに課題を抽出した。

今後の課題として、覚醒水準指標としての SPL の評価方法を改良し、同一被験者内における覚醒水準が運転挙動へ与える影響を検証すること、及び BF システムの実用化に向けた改良が挙げられる。

参考文献

- 1) 馬原ら: MOVIC-T4 を活用した都市内地下道路の走行安全性分析, 屋井研究室, 平成 16 年度修士論文
- 2) 荒木ら: バイオフィードバックによる居眠り防止方法の評価, 土木計画学研究・講演集, vol.29
- 3) 宮田洋 (監修)・藤沢清, 柿木昇治, 山崎勝男 (編集): 新生理心理学<1 巻>生理心理学の基礎, 北大路書房, 1998.