

# 車両挙動を用いた記憶機能，注意機能，遂行機能，処理速度 いずれかの低下を伴う軽度認知障害の検出

小川 義人<sup>†</sup> 小淵 達也<sup>†</sup>

トヨタ自動車株式会社 先進モビリティシステム開発部<sup>†</sup>

## 1. はじめに

近年，軽度認知障害（Mild Cognitive Impairment, MCI）高齢ドライバーの安全対策が課題となっている．MCI は健常と認知症の中間状態であり，認知機能の低下は見られるものの自立した日常生活が維持できている状態と定義されている[1]．MCI は早期の検出と適切な介入によって健常までの回復も有りうるとされており[2]，MCI の早期検出は交通安全上重要である．

これに対し，小川らは運転時の車両挙動を用いて遂行機能の低下を伴う MCI を検出する手法を提案している[3]．しかし，運転に重要な認知機能は遂行機能以外にも存在し，遂行機能以外の機能のみが低下することもあり得る．

そこで，本論文では遂行機能に記憶機能，注意機能，処理速度を加えた 4 認知機能の低下を車両挙動より検出する手法の構築を目的とした．この手法により，さらに早期の MCI 検出が期待できる．なお，小川らと同様に，本論文では MCI ラベル付き運転データセットを対象とし，本論文の内容は国立長寿医療研究センター倫理・利益相反委員会の承認の下で実施された．

## 2. 検出に用いる運転シーン

本論文では認知機能低下の影響が現れやすい運転シーンと考えられる直進発進，直進停止，左折，右折を対象とする．各シーンの定義を表 1 に示す．左折，右折シーンは交差点形状の影響を受けにくい後半部分のみを用いる．以降ではヨーレートの時間積分値を旋回角<sup>‡</sup>と表記する．

## 3. 各認知機能低下ドライバーの挙動傾向

ここでは各認知機能の低下したドライバーの挙動傾向を探索した．初めに各シーンの挙動を直進発進，直進停止では進行 2.0 [m] 毎，左折，右折では旋回角 2.5 [°] 毎の区間に分割した．

次に各区間における車速，前後加速度，前後ジャーク，左右加速度，左右ジャーク，ヨーレート，ヨーレート 1 階，2 階微分値，サンプル点出現数について平均と標準偏差を算出した．その後，平均と標準偏差について，各認知機能非低下高齢ドライバーと低下高齢ドライバー間の有意差有無を分散分析にて検定した．左折，右折については認知機能状態と発生交差点の 2 要因とし，認知機能状態に主効果が見られるかを求めた．最後に有意差，有意傾向や差の正負より各シーンにおける傾向を解釈した．

要求される認知機能が多岐にわたると考えられる右折シーンにおける傾向を表 2 に示す．結果として，全ての認知機能，運転シーンの組み合わせでいずれかの特徴量に有意差が見られた．

## 4. MCI 検出手法

挙動に傾向が見られたことから，挙動を入力，認知機能低下らしさを出力とする機械学習モデルを MCI 検出手法とした．有意差，有意傾向の見られる特徴量を検討済みのため，それらに多重共線性による選別のみを追加して入力特徴量とした．モデルは多層パーセプトロンを用い，認知機能毎，シーン毎に別個のモデルとした．

本論文では交差検証にて精度検証を行った．精度はトリップ単位で算出することとし，トリップ内で出現した各挙動の認知機能低下らしさから予め設定された代表値を算出してトリップの認知機能低下らしさとした．対象認知機能非低下高齢ドライバーによるトリップ群と低下高齢ドライバーによるトリップ群で認知機能低下らしさより AUC を算出し，精度指標とした．

図 1 に算出された AUC の値を示す．また，認知機能毎，シーン毎にマン・ホイットニーの U 検定を実施したところ，全ての組み合わせにおいて有意水準 0.05 で有意差が見られた．この結果より，提案手法が 4 認知機能の低下をそれぞれ検出し得ることが示唆された．また，認知機能によって検出精度の高いシーンが異なっており，これは要求される認知機能の異なりを反映しているものと考えられる．

Detection of mild cognitive impairment with reduced memory function, attention function, executive function or processing speed using vehicle behavior

Yoshito Ogawa<sup>†</sup>, Tatsuya Obuchi<sup>†</sup>

Advanced Mobility System Development Div., TOYOTA MOTOR CORPORATION<sup>†</sup>

<sup>‡</sup>: センサーの誤差等により実際の旋回角とは異なる

表1 検出に用いる運転シーンの定義

運転シーン	定義
直進発進	発進後、累積左右加速度の絶対値が1 [m/s] 未満かつ累積ヨーレートの絶対値が15 [°] 未満であるまま20 [m] 以上進行する挙動の冒頭20 [m] 部分
直進停止	ある地点からの累積左右加速度の絶対値が1 [m/s] 未満かつ累積ヨーレートの絶対値が10 [°] 未満であるまま20 [m] 以上進行し、その後停止する挙動の末尾20 [m] 部分
左折	2つの直進挙動に挟まれた左旋回角85 [°] 以上の部分を左折とし、その部分の末尾旋回角75 [°] に当たる部分
右折	2つの直進挙動に挟まれた右旋回角累積値53 [°] 以上の部分を右折とし、その部分の末尾旋回角50 [°] に当たる部分

表2 各認知機能が低下したドライバーの右折シーンにおける傾向

認知機能	健常高齢ドライバーと比較した際の認知機能低下ドライバーの車両挙動傾向
記憶機能	健常高齢ドライバーの残旋回角50-22.5 [°] で見られる左右ジャーク区間内標準偏差の減少が見られない。右折が進行しても旋回を安定させられていないものと考えられる。
注意機能	残旋回角12.5-7.5 [°] でヨーレート1階微分値、2階微分値の区間内標準偏差が大きい。また、有意差、有意傾向は見られないものの、ヨーレート1階微分値では12.5-10 [°] で右旋回方向に偏り、10-7.5 [°] で左旋回方向に偏る、ヨーレートでは50-10 [°] で旋回が緩い傾向がある。挙動が全体的に大回りとなり、曲がりきれない分を12.5-10 [°] 区間で修正し、過度に修正した分を10-7.5 [°] 区間でさらに修正しているものと考えられる。
遂行機能	残旋回角45-35 [°] で前後加速度が加速方向に大きく、32.5-27.5、15-7.5 [°] で前後ジャークが減速方向に偏る。直進への遷移に向けた加速が急となり、その後加速度を緩めて車速を調整しているものと考えられる。
処理速度	残旋回角30-22.5 [°] で前後ジャーク平均値が減速方向に偏る。また、有意差、有意傾向は見られないものの、健常高齢ドライバーと比較して車速では22.5 [°] 以前で小さく、前後加速度では25 [°] 以前では大きく、20 [°] 以降では小さい。右折後半において処理速度の低下に対して低車速での進行という補償的運転行動を行いつつ、その範囲の中で比較的大きな加速と修正操作を行っているものと考えられる。

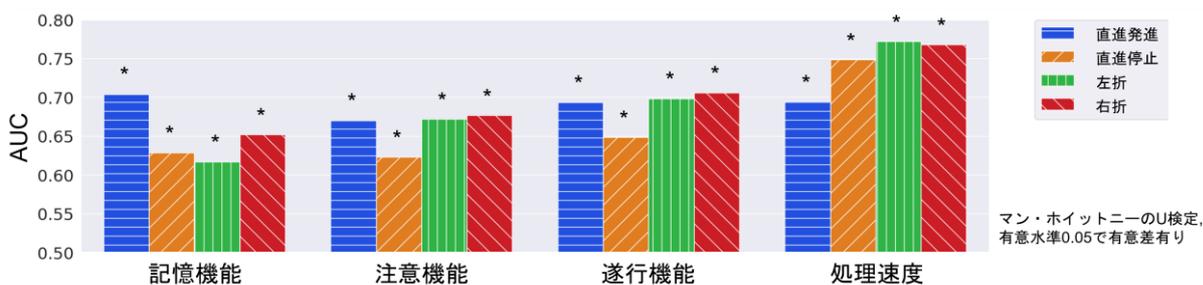


図1 交差検定による精度検証結果

## 5. まとめ

本論文では記憶機能、注意機能、遂行機能、処理速度の4認知機能の低下を車両挙動より検出する手法の構築を目的とし、直進発進、直進停止、左折、右折の4運転シーンにおけるMCIドライバーの挙動傾向の探索と低下を検出する機械学習モデルの精度検証を行った。その結果、全ての認知機能、運転シーンの組み合わせで認知機能低下検出の実現可能性が示唆された。

## 参考文献

- [1] Petersen, R.C. et al.: Mild cognitive impairment as a clinical entry and treatment target, Arch Neurol, 62, 7, 1160-1163 (2005)
- [2] Manly, J.J. et al.: Frequency and course of mild cognitive impairment in a multiethnic community, Annals of neurology, 63, 4, 494-506 (2008)
- [3] 小川義人, 他: 車両挙動を用いた遂行機能低下を伴う軽度認知障害の検出, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, H-4-16 (2023)