２０１４年度　報告書

無信号交差空間における高齢者運転者の抜け落ちやすい行動部類と認知特性に基づく運転指導に関する研究

平成 27 年 7 月 1 日提出

東京大学　大学院工学系研究科

小竹　元基

宇積　勇太朗

東京大学　大学院新領域創成科学研究科

鎌田　実

概　要

日本では，高齢運転者による交通事故が未だに問題であるため，交通事故防止対策が必要である．高齢者において，認知機能の低下が不安全な運転行動と関連性があることは，これまでの高齢運転者に関する研究で示されてきたが，加齢に伴う認知機能の低下には個人差があり，その個人差を考慮した上での対策が必要とされている．

本論文では，日常の運転行動に基づき高齢運転者の認知能力を評価することを目指し，その評価を行うための認知能力評価指標を提案した．また，その指標の導出過程において，日常の運転における抜け落ちやすい行動と運転時の認知特性を整理することにより，運転行動から運転時の認知特性の特徴を把握することが可能になり，その指標により分類された高齢運転者に対して教育を行うことにより，安全な運転行動に導くことが可能になることを示した．

本論文における運転行動とは，交通環境を入力とした認知・判断・操作の結果，車両状態が出力される一連の過程と考える．このうち認知過程を，交通環境中のハザード（事故と関連のある全ての事象）を知覚する過程と，ハザードに対してリスク（事故の発生確率と重大性の組み合わせ）を知覚する過程に分けて考えた．

まず，認知能力低下と日常運転における不安全運転行動の関連を分析したところ，ハザード知覚能力やリスク知覚能力が低下するほど不安全運転行動を起こしやすく，リスク知覚能力の向上によりハザード知覚能力の低下を補える可能性があることがわかった．そのため，リスク知覚能力を評価対象の認知能力として選定した．

次に，リスク知覚能力を「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力に分けて考え，死角のある無信号交差点において相手を発見して停止するための運転行動をもとに，リスク知覚評価指標を検討した．運転指導員の行動分析から，「相手に対する行動予測」の結果は死角消失点に対する減速，死角消失点までの左右確認と減速の継続，および減速の程度に，「自身の運転技能評価」の結果は確認中のブレーキペダル構え行動と減速の程度に表れることがわかり，これらをリスク知覚評価指標として抽出した．

そして，リスク知覚評価指標のうち減速の程度について，交差点の見通しと個人ごとの特性に応じた基準として，減速終了点と車速上限値を設定した．運転指導員の行動分析より，減速終了点と車速上限値を用いることで，相手の属性や進行速度，自身の特性に対す

るドライバのリスク知覚を評価できる可能性を示した.

最後に，高齢者の日常運転行動に対するリスク知覚評価指標の適用とその妥当性を検討した．その結果，実路の運転に基づくリスク知覚評価指標において，リスク知覚能力を向上する運転教育により安全な運転行動になることを確認できた.

以上より，本論文では死角のある無信号交差点を評価場面とすることで，提案したリスク知覚評価指標により，高齢運転者のリスク知覚能力を評価できる可能性を示した.

目次

第 1 章　序論 14
1.1　研究の背景 15
1.1.1　高齢運転者の交通事故の現状 15
1.1.2　高齢運転者の特性 17
1.1.3　高齢運転者の認知能力に関する従来研究 19
1.1.4　認知能力低下に対する運転支援の現状 21
1.1.5　現状の運転支援における問題点 24
1.2　本研究の目的 25
1.3　本研究の方針 25
1.4　本研究の位置づけ 26
1.5　本研究の新規性と意義 26
1.6　本論文の構成 27
1.7　本論文における用語 28

第 2 章　運転行動モデルの検討 29
2.1　はじめに 30
2.2　既存研究の行動モデル 30
2.2.1　SRK モデル 30
2.2.2　リスク回避行動モデル 31
2.2.3　リスクテイキング行動モデル 32
2.2.4　木村の運転行動モデル 33
2.2.5　五十嵐の認知過程モデル 34
2.3　本研究における運転行動モデル 35
2.4　本章のまとめ 36

第 3 章　評価対象とする認知能力の選定 37
3.1　はじめに 38

3.2 概要 38
3.3 対象 39
3.4 認知能力の測定 40
3.4.1 測定対象の認知能力 40
3.4.2 基礎認知能力の測定 41
3.4.3 運転時認知能力の測定 45
3.4.4 基礎認知能力と運転時認知能力の関連 51
3.5 不安全運転行動抽出のための日常運転行動計測 53
3.5.1 概要 53
3.5.2 計測機器 54
3.5.3 不安全運転行動の指標 57
3.5.4 不安全運転行動の抽出 58
3.6 認知能力低下と不安全運転行動の関連 60
3.6.1 基礎認知能力の低下と不安全運転行動 60
3.6.2 運転時認知能力の低下と不安全運転行動 61
3.6.3 評価対象とする認知能力 63
3.7 本章のまとめ 63

第 4 章 リスク知覚評価指標の抽出 64
4.1 はじめに 65
4.2 リスク知覚評価指標の要件 65
4.3 リスク知覚能力の評価方法 67
4.3.1 リスク知覚能力の評価場面 67
4.3.2 死角のある環境におけるリスク知覚過程 68
4.4 リスク知覚評価指標の仮説 69
4.5 リスク知覚評価指標の検討 70
4.5.1 検討のための評価環境とドライバ 70
4.5.2 テストコースにおける運転指導員の行動計測 71
4.5.3 運転指導員の非優先側通過行動 74
4.5.4 リスク知覚評価指標の抽出 79
4.5.5 優先側通行時における適用 82
4.6 本章のまとめ 87

第 5 章 リスク知覚評価指標の基準設定 88

5.1 はじめに 89
5.2 減速の程度に対する基準 89
5.2.1 基準設定の要件 89
5.2.2 基準設定における条件 90
5.2.3 基準の設定 91
5.3 減速終了点と車速上限値を定める変数値の検討 93
5.3.1 概要 93
5.3.2 無確認時間 93
5.3.3 反応時間 101
5.3.4 ブレーキ踏込時間 103
5.3.5 変数値の設定 103
5.4 減速の程度に対する基準の妥当性検討 104
5.4.1 概要 104
5.4.2 運転指導員の非優先側通過行動に基づく検討 105
5.5 優先側通行時における適用 108
5.5.1 概要 108
5.5.2 運転指導員の優先側通過行動に基づく検討 109
5.6 本章のまとめ 114

第 6 章 高齢運転者におけるリスク知覚評価指標の妥当性検討 115
6.1 はじめに 116
6.2 リスク知覚評価指標の適用 116
6.3 高齢運転者におけるリスク知覚評価指標の特徴把握 118
6.3.1 概要 118
6.3.2 リスク知覚評価指標による評価の方法 119
6.3.3 模擬市街路におけるリスク知覚能力評価 122
6.3.4 DS 上のリスク知覚能力とリスク知覚評価指標における対応 136
6.4 実路におけるリスク知覚評価指標の妥当性 139
6.4.1 概要 139
6.4.2 リスク知覚能力を向上する運転教育手法 140
6.4.3 実路における「相手に対する行動予測」能力の評価 145
6.4.4 実路における「自身の運転技能評価」能力の評価 157
6.5 本章のまとめ 167

第 7 章　結論 **168**
7.1　本論文の結論 169
7.2　今後の展望 170

参考文献 **172**

図目次

1.1 原付以上運転者（第一当事者）の年齢層別交通事故件数の推移 [1] 16
1.2 年齢層別第一当事者率 [2] 16
1.3 高齢運転者の特性 [3] 18

2.1 SRK モデル [32] 30
2.2 リスク回避モデル [33] 31
2.3 リスクテイキングに至るプロセス [35] 32
2.4 木村の運転行動モデル [36] 33
2.5 五十嵐の認知過程モデル [37] 34
2.6 本研究における運転行動モデル 35

3.1 茨城県ひたちなか市の位置 39
3.2 高齢運転者の MMSE 得点 41
3.3 高齢運転者の FAB 得点 42
3.4 高齢運転者の WMS-R 得点 42
3.5 VFIT 二重課題における 1 試行の流れ 44
3.6 高齢運転者の VFIT 二重課題における正答率 44
3.7 DS のシステム構成 45
3.8 DS における運転の様子 46
3.9 アイマークレコーダ EMR9 46
3.10 DS における有効視野測定のための視標呈示位置 47
3.11 高齢運転者のハザード知覚能力 47
3.12 DS におけるリスク知覚能力測定のための走行コース 49
3.13 DS における一時停止交差点の例 50
3.14 DS における死角消失点とドライバからの見え方 50
3.15 高齢運転者のリスク知覚能力 50
3.16 ITS21 製 DR の構成 54

3.17 ITS21 製 DR の設置状況 55
3.18 ITS21 製 DR のカメラ映像 55
3.19 衝突回避の条件 57
3.20 ブレーキ踏込時間の算出 59
3.21 高齢運転者のブレーキ G 頻度 59
3.22 高齢運転者の不安全運転行動頻度 59
3.23 高齢運転者の基礎認知能力 60
3.24 高齢運転者のハザード・リスク知覚能力 62
3.25 減速度 0.3G 以上のブレーキ行動発生頻度 62
3.26 ブレーキ踏込時間 100ms 以下のブレーキ行動発生頻度 62

4.1 リスク知覚過程を細分した運転行動モデル 66
4.2 左右に死角のある無信号交差点における通過行動 68
4.3 死角のある環境における運転行動モデル 68
4.4 実験車両の外観（TIIDA，日産自動車） 72
4.5 模擬市街路内の無信号交差点 72
4.6 走行コース（上：コース A，中：コース B，下：コース C） 73
4.7 無信号交差点・非優先側の直進 75
4.8 死角消失点とドライバーからの見え方 75
4.9 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP1） 76
4.10 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP2） 76
4.11 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP3） 76
4.12 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP4） 77
4.13 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP5） 77
4.14 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP6） 77
4.15 無信号交差点・非優先側における規範的な運転行動 78
4.16 リスク知覚評価指標に基づく評価手順 81
4.17 無信号交差点・優先側の直進 83
4.18 無信号交差点・優先側における運転行動（HP1） 84
4.19 無信号交差点・優先側における運転行動（HP2） 84
4.20 無信号交差点・優先側における運転行動（HP3） 84
4.21 無信号交差点・優先側における運転行動（HP4） 85
4.22 無信号交差点・優先側における運転行動（HP5） 85
4.23 無信号交差点・優先側における運転行動（HP6） 85

4.24 無信号交差点・優先側における規範的な運転行動 86

5.1 左右に死角のある無信号交差点 90
5.2 変数の設定 91
5.3 無確認時間 T_{NC} の構成要素 93
5.4 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP1） . . . 95
5.5 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP2） . . . 95
5.6 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP4） . . . 96
5.7 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP5） . . . 96
5.8 DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE2） . . 97
5.9 DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE4） . . 97
5.10 DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE7） . . 98
5.11 DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE9） . . 98
5.12 高齢運転者（HE1〜HE5）の Go/No-go 反応時間（VFIT） 100
5.13 高齢運転者（HE6〜HE10）の Go/No-go 反応時間（VFIT） 100
5.14 高齢運転者（HE1〜HE5）の単純反応時間（VFIT） 102
5.15 高齢運転者（HE6〜HE10）の単純反応時間（VFIT） 102
5.16 減速終了点を定める変数（模擬市街路・非優先側） 106
5.17 左右各方向に対する減速終了点と車速上限値（模擬市街路・非優先側） . . 106
5.18 減速終了点と車速上限値（模擬市街路・非優先側） 107
5.19 運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・非優先側） 107
5.20 減速終了点を定める変数（模擬市街路・優先側） 111
5.21 左右各方向に対する減速終了点と車速上限値（模擬市街路・優先側） . . . 111
5.22 減速終了点と車速上限値（模擬市街路・優先側） 112
5.23 運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・優先側） 112
5.24 運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・優先側） 113
5.25 運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・優先側） 113

6.1 実験車両の外観（プリウス，トヨタ自動車） 118
6.2 減速終了点と車速上限値の例（模擬市街路・非優先側） 121
6.3 無信号交差点・非優先側における運転行動の例 121
6.4 高齢運転者のハザード・リスク知覚能力 122
6.5 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE4） 124
6.6 無信号交差点・優先側における運転行動（HE4） 124

6.7 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE2，3 周目） 126
6.8 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE2，6 周目） 126
6.9 無信号交差点・優先側における運転行動（HE2，3 周目） 127
6.10 無信号交差点・優先側における運転行動（HE2，6 周目） 127
6.11 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE7） 129
6.12 無信号交差点・優先側における運転行動（HE7） 129
6.13 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE9） 131
6.14 無信号交差点・優先側における運転行動（HE9） 131
6.15 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE10） 133
6.16 無信号交差点・優先側における運転行動（HE10） 133
6.17 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE1） 135
6.18 無信号交差点・優先側における運転行動（HE1） 135
6.19 運転教育までの流れ 141
6.20 運転行動モデル 144
6.21 子供の飛出しによるヒヤリハット 146
6.22 右方からの自転車飛出しによる事故 146
6.23 疑似事故映像の対象場面（HE10，無信号十字交差点・優先側直進） 147
6.24 疑似事故映像（HE10，無信号十字交差点・優先側直進） 147
6.25 交差点の鳥瞰図（HE10，無信号丁字交差点・非優先側左折） 149
6.26 運転行動推移（HE10，無信号丁字交差点・非優先側左折） 149
6.27 車両速度推移（HE10，無信号丁字交差点・非優先側左折） 149
6.28 無信号交差点優先側における距離軸の基準 150
6.29 交差点の鳥瞰図（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） 151
6.30 減速終了点を定める変数（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） . . 151
6.31 運転行動推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） 152
6.32 車両速度推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） 152
6.33 交差点の鳥瞰図（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） 154
6.34 減速終了点を定める変数（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） . . 154
6.35 運転行動推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） 155
6.36 車両速度推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） 155
6.37 運転教育前後の不安全運転行動頻度（HE10） 156
6.38 左方からの自転車飛出しによる事故 157
6.39 交差点の鳥瞰図（HE9，無信号丁字交差点・非優先側左折） 159
6.40 運転行動推移（HE9，無信号丁字交差点・非優先側左折） 159

6.41 車両速度推移（HE9，無信号丁字交差点・非優先側左折） 159
6.42 交差点の鳥瞰図（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） 161
6.43 減速終了点を定める変数（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） . . . 161
6.44 運転行動推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） 162
6.45 車両速度推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)） 162
6.46 交差点の鳥瞰図（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） 164
6.47 減速終了点を定める変数（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） . . . 164
6.48 運転行動推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） 165
6.49 車両速度推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)） 165
6.50 運転教育前後の不安全運転行動頻度（HE9） 166

A.1 DSQ の質問紙 185
A.2 DSQ の集計結果 186
A.3 DSQ の集計結果 187
A.4 DBQ の質問紙 189
A.5 DBQ の集計結果 190

B.1 MMSE の検査用紙 192
B.2 FAB の検査用紙（1/2） 193
B.3 FAB の検査用紙（2/2） 194
B.4 WMS-R，論理的記憶 I の検査用紙 195
B.5 WMS-R，論理的記憶 II の検査用紙 196

C.1 疑似事故映像（HE10，無信号丁字交差点・非優先側直進） 198
C.2 疑似事故映像（HE9，無信号十字交差点・優先側直進） 199

表目次

1.1 高齢者の運転に関わる機能と具体的行動内容，事故・違反形態 [3] 18

3.1 実験協力者（高齢運転者，ひたちなか市） 39
3.2 ターンテーブル用サーボモータの仕様 46
3.3 日常運転行動計測の実験協力者（高齢運転者，ひたちなか市） 53
3.4 ITS21 製 DR の計測項目 56

4.1 実験協力者（運転指導員） 71
4.2 相手発見と停止における行動目標と運転行動 81

6.1 高齢運転者の無確認時間 T_{NC} と反応時間 T_R 122
6.2 DS のリスク知覚能力とリスク知覚評価指標における評価の対応（非優先側通行時） 138
6.3 DS のリスク知覚能力とリスク知覚評価指標における評価の対応（優先側通行時） 138
6.4 非優先側通行時と優先側通行時における「相手に対する行動予測」の比較（運転指導員） 144
6.5 非優先側通行時と優先側通行時における「相手に対する行動予測」の比較（高齢運転者） 144
6.6 HE10 の日常運転行動計測状況 146
6.7 HE9 の日常運転行動計測状況 157

第１章

序論

1.1 研究の背景

1.1.1 高齢運転者の交通事故の現状

近年，日本では高齢運転者による交通事故が問題となっている．日本国内における，原付以上運転者（第一当事者）の年齢層別交通事故件数を図 1.1 に示す[1]．交通事故件数は全体として減少傾向にあるものの，65 歳以上の高齢運転者による交通事故件数は依然減少していない．また，図 1.2 に示すように，四輪車同士の交通事故における年齢層別の第一当事者率を見ると，高齢運転者が関与した交通事故においては高齢運転者が第一当事者となる率が高い[2]．つまり，高齢者は交通事故に繋がり得る，不安全な運転行動を起こしやすいといえる．

高齢運転者による交通事故を防ぐため，運転免許証の返納を促す動きもある．しかし，高齢者にとって自動車の運転は，買い物や通院など，自立的な日常生活を送るうえで重要な移動手段である．現代社会では高齢化がますます進行しており，高齢者が自動車の運転を継続できるよう，高齢運転者の不安全となりうる運転行動を抑止する取り組みが必要である．

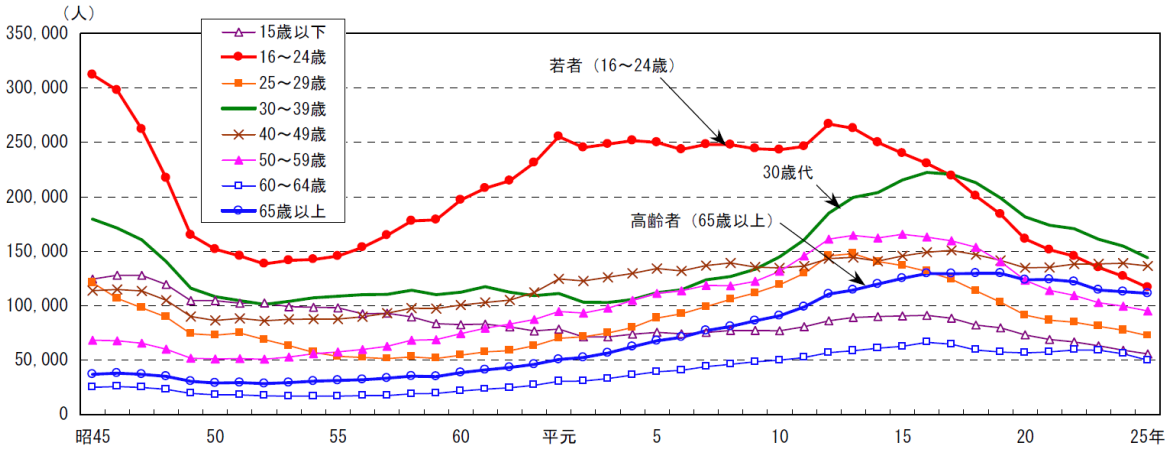


図 1.1 原付以上運転者（第一当事者）の年齢層別交通事故件数の推移 [1]

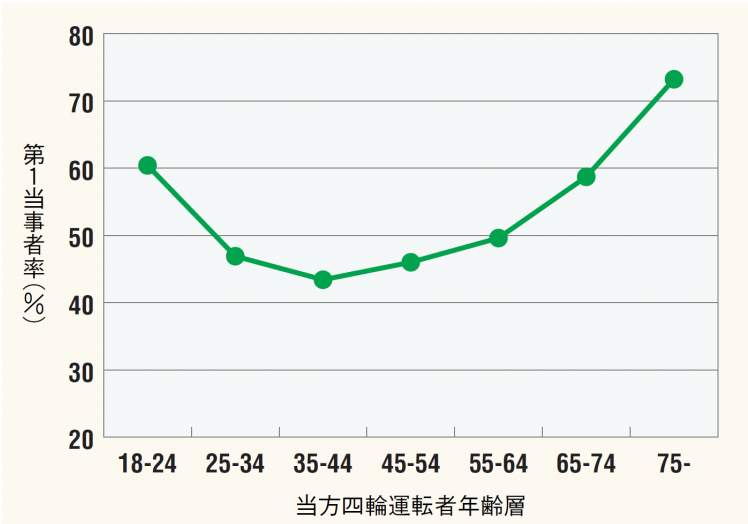


図 1.2 年齢層別第一当事者率 [2]

1.1.2 高齢運転者の特性

本研究では，不安全運転行動を交通事故に繋がり得る運転行動と定義する．高齢運転者の不安全運転行動の要因として加齢に伴う身体機能の低下が挙げられ，表 1.1 のように整理されている [3]．また，鈴木は身体的特性，心理的特性，運転的特性，社会的特性という観点から，高齢運転者の特性を図 1.3 のように整理している [3]．

運転行動を，交通環境を入力とした認知・判断・操作の結果，車両状態が出力されるという一連の過程であると考えたとき，その初期段階に関わる認知能力は特に重要な能力であると考えられる．認知能力の低下による不安全運転行動を抑止するためには，認知能力の低下と不安全運転行動の関連を把握したうえで，高齢運転者に対する運転支援を行う必要がある．

そのため，高齢運転者における認知能力と運転行動の関連を検討した従来の研究と，認知能力の低下に対する運転支援の現状を後述する．

表 1.1 高齢者の運転に関わる機能と具体的行動内容，事故・違反形態 [3]

機能	具体的行動内容		事故・違反形態
認知	視力	相手の車を見落とす 相手の速度を誤認する 信号・標識を見落とす 小さな移動体を見落とす	出合い頭の事故
	聴力	エンジンの音が聞きとりにくい 緊急車両の接近が分からない 踏切警報音が分からない	一時不停止
判断	判断・決定の情報処理に時間がかかる とっさの判断の遅れや誤りが生じる 複雑な情報処理が苦手である		信号無視 右折時の事故 優先通行妨害
操作	瞬間的対応ができない 機敏で巧みな行動がまだできるという錯覚がある 認知から操作に至る時間が遅れる 意識に行動が伴わない		ハンドルやブレーキの操作不適

＜身体的特性＞ ・視力低下 ・聴力低下 ・反射的反応動作の反応時間のムラ ・判断の速さと正確さの低下 ・体力と耐衝撃性の低下 ・疲労回復力の低下	＜運転的特性＞ ・過去の経験にとらわれる ・意識と行動のミスマッチ ・「慣れ」と「だろう運転」 ・より小さい車に乗り換える事で，身体機能の低下はカバーできると考えている ・運転能力の個人差が大きい
＜心理的特性＞ ・複雑な情報の同時処理力低下 ・注意力の配分や集中力の低下	＜社会的特性＞ ・コミュニケーション能力の低下 ・生活構造の違いからくる特性 ・世代からくる特性

図 1.3 高齢運転者の特性 [3]

1.1.3 高齢運転者の認知能力に関する従来研究

運転行動における認知過程は，交通環境中のハザード（事故と関連のある全て事象）を知覚・認識する過程であり，以下に高齢運転者の認知能力を扱った従来研究を紹介する．

加齢に伴い低下する認知能力として，複数の対象に同時に注意を向けるための分割的注意能力[4]，複数の対象の中から必要な情報に注意を向けるための選択的注意能力[5]，不要な反応を抑制するための抑制機能[6]，遠近感や立体感を把握するための深視力，広範囲の視覚情報を取得するための有効視野などがある．これらのうち有効視野は，運転に大きく関わる能力とされ，従来から運転との関連が検討されてきた[7][8][9]．有効視野（UFOV: Useful Field Of View）とは，周辺視野のうち認知に寄与する部分のことである．

Owsley らは，294 名の高齢者（56〜90 歳）を対象に，視感覚機能（視力，コントラスト感度，周辺視感度），有効視野，認知機能，目の健康状態を測定し，測定前 5 年間と測定後 3 年間の交通事故発生との関係を調査した[7]．その結果，有効視野により交通事故発生を最もよく説明，および予測できること，40%以上の有効視野縮小と過去 5 年間の交通事故発生の間に高い相関が見られたことを報告している．

Cushman らは，123 名の高齢者を対象に，有効視野検査を含む認知機能テストと路上運転評価を行い，有効視野により運転能力を最もよく説明できたと述べている[8]．

Myers らは，43 名の高齢者を対象に運転外検査と路上運転テストを実施し，それらの関連を調査した[9]．運転外検査は，視力検査や反応時間課題，分割的注意課題，HVOT（Hooper Visual Organization Test），文字・記号の認識，有効視野検査を含み，ロジスティック回帰分析の結果から，路上運転テストの合否を最も予測できた指標は有効視野であったと報告している．

堺らは，ドライブレコーダによる日常運転観察を行い，有効視野の観点から高齢者の特性調査を行った[10]．その結果として，有効視野の低下したドライバは速度や加減速度の調整能力が低い傾向にあることを示している．さらに，有効視野の低下は自覚しにくいこと，運転そのものが有効視野向上のトレーニングになり得ることを報告している．

以上に挙げた研究は，ハザードが ”見える ” という特性を扱ったものであるが，ハザードを発見するためにはハザードを ”見ようとする ” ことも重要である．ドライバは大きな危険を感じた対象を見ようとすると考えられ，危険に対する高齢運転者の感受性を扱った研究を紹介する．

小川らは，ハザードに対するドライバの危険感受性能力を検査する「危険感受度診断テスト TOK」を用い，年齢層別の危険感受性を評価した [11]．TOK は，日常運転で頻繁に遭遇する交通状況について，運転席から見た前景ビデオ映像を被験者に提示し，その場面の有する危険性を被験者に評価させる検査であり，ビデオ映像で知覚したハザードに対するリスク知覚能力を評価する検査であるといえる．診断結果の分析をもとに，高齢者層の感受性能力の低いことを指摘している．

國分らは，交通状況に対してドライバが知覚したリスクの程度が，交通状況の有する客観的なリスクより小さいことを「思い込み」と定義し，高齢運転者の「思い込み」を運転行動から評価した [12]．この研究では，ドライバの知覚したリスクを減速意図と操舵意図から推定する手法を提案しており，ドライビングシミュレータを用いて高齢運転者の「思い込み」の程度を評価している．なお，客観的リスクとして，提案されたリスク知覚推定手法を運転指導員に適用した結果を用いている．その結果，非高齢者，前期高齢者，後期高齢者の順に思い込みの程度が高くなることを示している．

1.1.4 認知能力低下に対する運転支援の現状

高齢運転者が運転を継続できるよう，認知能力低下による不安全運転行動を抑止するため，個人ごとの認知能力に応じた運転支援が必要である．自動車の運転は，道路，車両，人間の三要素からなり，それぞれの側面からの運転支援方策が提案されてきた．

道路側・車両側の対策

道路側の対策として，視力の低下に対する道路標識の視認性向上，有効視野の縮小に対する道路構造物の配置検討，暗順応やコントラスト感度の低下に対する道路照明の検討など，道路インフラ整備における方策が提言されている [13] [14]．

車両側の対策として，以下に示すような，有効視野の縮小によるハザードの見落としに対する情報提供装置が提案されている．

小竹らは，高齢者の認知能力に応じた情報提供システムを提案している [15]．具体的には，細川らの高齢運転者分類 [16] における「老化自覚型」,「老化非自覚型」,「慎重型」,「衰え型」のうち,「衰え型」を除く 3 タイプのドライバに対し，一時停止交差点の存在を事前に知らせるシステムである．

久保田らは，一時停止交差点情報提供装置を用い，高齢運転者に対する一時停止支援の効果を実証実験により検証している [17]．この一時停止交差点情報提供装置は，一時停止標識の画像認識と GPS 情報から一時停止交差点の位置を特定し，ドライバが減速を行わなかった場合に画像と音声で警報するものである．一時停止交差点情報提供装置の設置による徐行時間の増加，最低車両速度の低下といった効果が確認され，特に有効視野が縮小した高齢運転者における効果が高いことが報告されている．

人間側の対策

人間側の対策として，高齢者に対する運転教育の手法が提案，実施されている．

現在，70 歳以上の高齢者が運転免許を更新する際，高齢者講習の受講が必須となっている [18]．特に，75 歳以上の高齢者の場合，高齢者講習の事前に講習予備検査（認知機能検査）を受ける必要がある [19]．講習予備検査では，時間の見当識，手がかり再生，時計描画により記憶力や判断力を測定し，高齢運転者を「記憶力・判断力が低くなっている方」，「記憶力・判断力が少し低くなっている方」，「記憶力・判断力に心配のない方」に 3 分類する [20]．3 分類のうち「記憶力・判断力が低くなっている方」については，確認期間内に特定の交通違反があった場合，臨時適性検査（専門医の診断）を受け，認知症と判断された場合は運転免許の取り消し，または停止となる．

向井らは，交差点における一時停止と安全運転確認に注目し，行動修正法を用いた運転教育プログラムを提案している [21]．行動修正法は本人に自身の運転上の問題点を気付かせ，行動を修整させるという手法であり，高齢運転者に受け入れられやすいと考えられている．教習所における走行実験の結果，一時停止や徐行といった車両速度の設定については運転教育後の改善が見られたものの，左右の安全確認については一貫した結果が得られなかったことを報告している．

田中らは，ドライビングシミュレータを用いた運転教育に注目し，高齢運転者にとって効果的な教示方法を検討している [22]．教示方法として，被験者に対して口頭のみで問題点を提示する口頭教示，被験者の走行映像を真上からのリプレイ映像で示す客体視教示，被験者に事故やヒヤリハットを体験させる体験型教示を比較しており，先行車との車間距離を指標として運転行動を評価した結果，体験型教示の効果が最も大きかったことを報告している．

太田は，ドライバが自分自身の運転行動を客観視し，その安全性を評価することにより安全運転の実行に結び付くと考え，メタ認知技能を高める運転教育手法を提案している [23]．この運転教育手法では，従来から行われてきた，指導員が生徒であるドライバーに知識を伝達するというティーチング方式ではなく，ドライバ自身に本人の運転について考えさせるコーチング方式を採用している．太田らは，ティーチング方式は初心者のように技能や知識が不十分なドライバに対して有効であるが，高齢運転者のように長年の運転経験を持つドライバに対しては，自身の長短を理解して自らコントロールする方法を学習する，コーチング技法が有効であると述べている [24]．

東京海上日動リスクコンサルティング株式会社は，高齢運転者が起こしやすい事故パターンとその要因となるヒューマンエラーを調査し，事故防止のための安全習慣を提案している [25]．自動車保険における保険金支払いデータから，加齢に伴い増加する事故パターンとして無信号交差点直進時の出会い頭事故，駐車場構内におけるバック事故，無信号交差点における右折事故を抽出している．そして，実車運転行動の調査から，これらの事故パターンの要因として安全確認の省略や運転操作の先行といったヒューマンエラーを挙げており，事故防止のため指差し確認，交差点優先側においてアクセルから足を離すこと，交差点非優先側における二段階停止などの安全習慣を提案した．

民田らは，高齢者講習の運転診断票，および，運転教習所における実車行動データをもとに高齢者の不安全運転行動の要因を調査し，その要因に応じた運転教育手法を提案している [26] [27]．高齢運転者の不安全運転行動に対し，自身の運転行動が不安全であることに気付いていない，自身の運転行動が不安全であることは理解しているがあえてその行動を選択した，自身の意図した通りの運転行動をとれなかった，という 3 つの特徴を抽出し，加齢による身体・認知機能の低下，負の運転行動学習をそれらの要因として抽出している．特に，自身の運転行動が不安全であることに気付きながらその行動を選択する要因として，リスクの過小評価，リスクの知覚・予測能力の低下を挙げている．そして，自身の運転行動が不安全であることに気付いていない場合，自身の運転行動を客観的に把握させる運転教育，自身の運転行動が不安全であることに気付いている場合，安全運転意識を高める運転教育を行うことが効果的であるとしている．

1.1.5 現状の運転支援における問題点

まず，道路側の対策について，個人ごとにばらつきの大きい高齢運転者の能力差に対応できないこと，日本全国の道路への早急な適用はできないことが問題である．個人ごとの能力差への対応という点に関して，例えば有効視野縮小の対策として標識設置位置を検討することを考えたとき，左側の視野が縮小した人，右側の視野が縮小した人など，個人によって認知能力の特性は様々であり，全ての高齢運転者に対して適当な位置を定めることは難しい．

次に，車両側の対策について，運転中にドライバの注意を奪うこと，システムへの依存といった問題がある．ドライバの注意を奪うという点に関して，例えば分割的注意能力や有効視野が低下した高齢者に対する情報提供支援を考えたとき，通常の運転操作に加えて情報提示に対する注意配分も必要となり[28]，情報提供の対象とならないハザードを見落としてしまう可能性がある．また，システムへの依存という点に関して，ドライバがシステムを過信することで，期待される不安全運転行動抑止の効果が得られない可能性が指摘されている[28] [29]．例えば，運転支援としてハザードの見落としに対する警報を考えたとき，ドライバに過信が生じた状態で不警報が起こった場合，ドライバが減速を行わないことにより重大な交通事故に発展する可能性がある．

一方，人間側の対策について，運転教育による知識の獲得は運転中の注意を奪わず，また，ドライバが主体となって交通事故を防ぐ運転支援であるため，システムへの依存という問題は生じない．よって，運転教育により人間側の対策を講じたうえで，有効視野の縮小によるハザードの見落としなど，運転教育で対応できない部分を車両側の対策で補うことが重要であると考える．ただし，現状の運転教育について，個人ごとの認知能力に応じた内容ではなく，また，日常の運転行動における運転教育効果の検討も不十分であるという問題が残されている．例えば，全国的に実施されている講習予備検査について，高齢運転者を記憶力と判断力により分類しているものの，その分類によって高齢者講習の内容を変えているわけではない．また，向井らの研究[21]では教習所における車両速度や左右確認，田中らの研究[22]ではドライビングシミュレータにおける車間時間に基づいて運転教育効果を検討しているが，運転教育の内容と運転行動指標の対応は明らかでなく，さらに日常の運転における教育効果の検討はなされていない．

こうした問題に対し，認知能力と運転行動の対応を明確にしたうえで高齢運転者の認知能力を評価する必要がある．また，個人ごとの認知能力に応じた運転支援の効果を，日常の運転行動において示すことが重要となる．そのため本研究では，認知能力が運転行動に与える影響を把握し，高齢運転者の認知能力を日常の運転行動に基づき評価することを目指す．

1.2　本研究の目的

本研究の目的は，運転行動に関わる認知能力に応じた運転支援を行うため，「日常の運転行動に基づき高齢運転者の認知能力を評価すること」である．そのためには，運転行動に基づき認知能力を評価する指標と，その指標を用いた評価の方法を提案する必要がある．

本研究では，加齢に伴う認知能力の低下を扱うが，認知症の場合は運転免許証返納の義務があるため，そうした進行性疾患による認知能力低下は扱わないこととする．よって，認知症でない，普段から自動車を運転する 65 歳以上の高齢者を研究対象とする．

1.3　本研究の方針

本研究の目的を達成するための方針を以下に示す．

1. 評価対象とする認知能力の選定
   不安全運転行動との関連が大きい認知能力を評価対象として選定する．

2. 認知能力評価指標の抽出
   選定した認知能力を評価するため，運転行動指標を抽出する．

3. 認知能力評価指標の基準設定
   認知能力評価指標に対して評価の基準を定める．

4. 認知能力評価指標の適用とその妥当性検討
   高齢者の日常の運転行動における認知能力評価指標の適用とその妥当性を検討する．

1.4　本研究の位置づけ

本研究では，高齢運転者の不安全運転行動の要因として認知能力の低下に着目している．また，支援方策として，道路，車両，人間の三要素のうち，人間側の対策に注目している．

高齢者ごとに認知能力の特性は異なるため，認知能力に応じた運転支援が重要であり，また，そうした運転支援により不安全運転行動を抑止できることを示す必要がある．そのため，認知能力と運転行動，運転支援を対応付けて考える必要がある．これまで，運転行動に基づく認知能力評価[12]や，運転行動に基づく運転支援効果検証[21][22]が行われてきたが，それぞれを対応付けて考えた研究は少ない．

そこで本研究では，認知能力と運転行動，運転支援を対応付けたうえで，運転行動に基づく認知能力評価を目指す．

1.5　本研究の新規性と意義

まず，本研究の新規性は，実路における運転行動評価に基づき，認知能力と運転行動，運転支援の三要素を対応付けることである．前述の通り，運転行動に基づく認知能力評価[12]や，運転行動に基づく運転支援効果検証[21][22]が行われてきたが，それぞれを対応付けた研究は少なく，実路での検証は行われていない．そのため，ドライビングシミュレータではなく，実路における運転に基づく認知能力評価指標を提案し，認知能力に応じた運転支援に繋げていく点が，本研究の新規性である．

次に，本研究の意義は，高齢者自らによる運転を，可能な限り継続するための運転支援に繋がることである．自動車の運転は日常生活に必要な手段であるだけでなく，自らの意思で移動しており，運転そのものが楽しいという生きがいに関わる要素も含んでいるといわれている[30]．高齢運転者の認知能力特性は個人ごとに様々であり，それぞれの能力に応じた運転支援を行うことで，運転を断念させるのではなく，運転を継続できることを目指している．そのため，運転継続支援に向けた認知能力評価指標を提案する点に，本研究の意義がある．

1.6　本論文の構成

- 第 1 章　序論
  本研究の背景と目的を述べ，研究方針を示した．

- 第 2 章　運転行動モデルの検討
  既存研究の知見をもとに，認知能力と運転行動の関係を整理するための運転行動モデルを検討する．

- 第 3 章　評価対象とする認知能力
  認知能力低下と不安全運転行動の関連をもとに，評価対象とする認知能力を選定する．

- 第 4 章　リスク知覚評価指標の抽出
  第 3 章で対象として選定したリスク知覚能力を評価するための運転行動指標を，運転指導員の運転をもとに抽出する．

- 第 5 章　リスク知覚評価指標の基準設定
  第 4 章で抽出したリスク知覚評価指標に対し，評価のための基準値を設定する．

- 第 6 章　高齢運転者におけるリスク知覚評価指標の妥当性検討
  第 3 章と第 4 章で提案したリスク知覚評価指標について，高齢者の日常の運転行動に対する適用とその妥当性を検討する．

- 第 7 章　結論
  本論文の結論と今後の展望を述べる．

1.7　本論文における用語

- 高齢運転者
  普段から運転する 65 歳以上の人を指す.

- 不安全運転行動
  交通事故に繋がり得る運転行動のことである.

- 相手
  交通事故の対象となり得る他者のことである.

- 認知能力
  運転講堂の認知過程に関わる能力である.

- 基礎認知能力
  運転行動の認知過程を支える，視覚機能や記憶機能といった基礎的な能力を指す.

- 運転時認知能力
  運転行動の認知過程を構成する，ハザード知覚とリスク知覚を遂行する能力のことである.

- ハザード
  交通環境中において，交通事故と関連する全ての事象である.

- ハザード知覚
  交通環境中のハザードを知覚する過程である.

- リスク
  ハザードによる交通事故の，発生確率と重大性の組み合わせである.

- リスク知覚
  知覚したハザードからリスクを見積もる過程である.

第２章

運転行動モデルの検討

2.1 はじめに

運転行動に基づく認知能力評価のため，本章では，人間の行動過程をモデル化した既存研究の知見をもとに，認知能力と運転行動の関係を運転行動モデルとして整理する．

2.2 既存研究の行動モデル

2.2.1 SRK モデル

Rasmussen は，人間の行動レベルを技能ベース（SB: Skill Base），規則ベース（RB: Rule Base），知識ベース（KB: Knowledge Base）の 3 階層に分けて説明している [31]．

図 2.1 [32] に SRK モデルの概要を示す．SB の行動は，あまり意識しない，外部からのシグナルに応じた自動的な行動であり，車のドライブといった熟練者の行動がこれに属する．RB の行動は，日常よく経験する事象に関して，あらかじめパターン化された対処方法をあてはめることによる行動であり，マニュアルに従った行動がこれにあたる．KB の行動は，RB の行動が適用できないユニーク，不馴れ，新規，複雑，緊急な問題が発生したとき，過去の経験や知識を活用して状況を診断することにより，問題解決をはかる行動である．

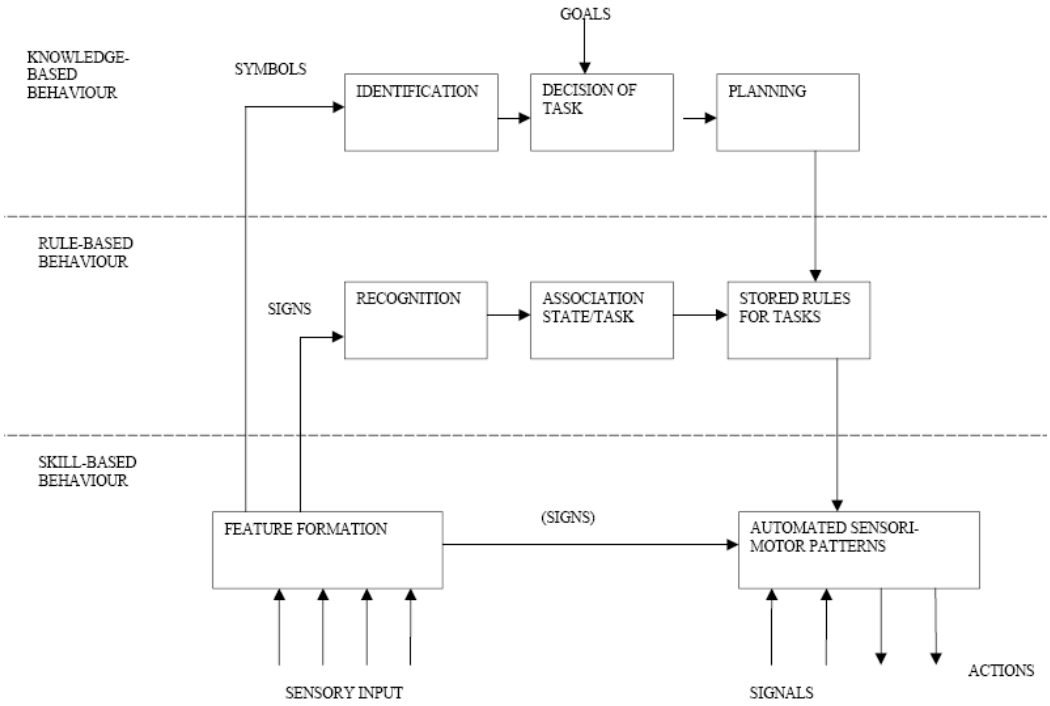


図 2.1 SRK モデル [32]

2.2.2　リスク回避行動モデル

蓮花は，ドライバが知覚したリスクを敢行するか回避するかの意思決定を「リスクテイキング行動」とし，リスク敢行を減少させるという従来のアプローチから，リスク回避を促進するアプローチへの転換を提言しており，「リスクテイキング行動」に至る過程を図2.2[33]のようにモデル化している．

このモデルでは，「ハザード知覚」について，交通状況の中で事故発生の可能性を高めるような環境条件，事象，要因を，ドライバが判別・把握する過程としている．また，「リスク知覚」について，交通状況や道路環境の客観的な事故や損失の可能性を客観的リスク，客観的リスクをドライバ等が感じて評価した程度を主観的リスクと定義し，このうち主観的リスクを見積もる過程としている．Brown らによれば，リスク知覚の入力要素は，ハザード知覚からの出力と，車両コントロール能力に関する自己評価の出力の 2 つであり[34]，蓮花は，後者を「自己技能評価」としてモデルに反映している．そして，高速走行した場合に移動時間が短縮するといった，リスクを敢行した場合に得られる利得を「リスク効用」としている．

リスク回避行動を促進するため，ハザード知覚能力を育成することやドライバーの自己評価能力を高めることで，リスク知覚を高めることが重要であることに言及している．

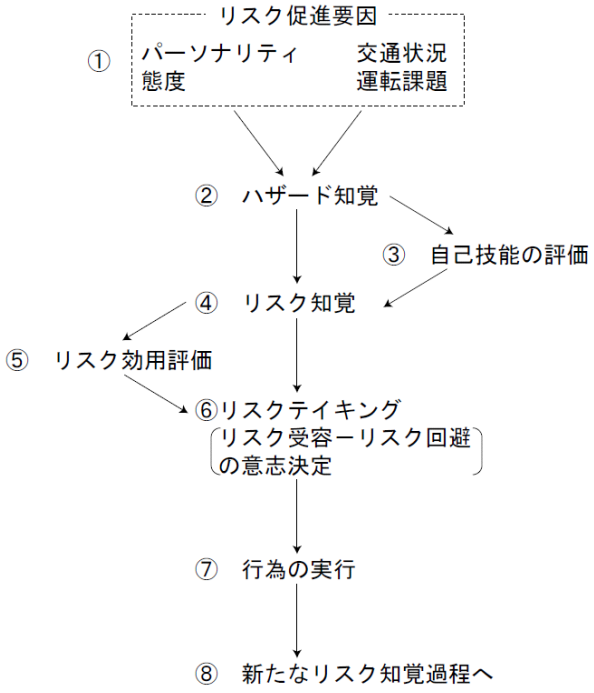


図 2.2　リスク回避モデル[33]

2.2.3　リスクテイキング行動モデル

芳賀は，危険と知りながら敢行する意思決定プロセスをリスクテイキング行動とし，リスクテイキングに至るプロセスを図 2.3 のようにモデル化している [35].

リスクを初めから知覚あるいは予測できなければ，自身の意図に関係なく危険をおかす可能性がある．リスクを知覚あるいは予測できた場合，リスクの大きさを認知し評価するプロセスに移行する．このプロセスでは，リスク（事故・災害の確率と，事故・災害が起きた場合に予想される損失の大きさの積）が主観的に見積もられる．そして，リスク評価の結果をもとに，危険をおかして得られる目標の価値（効用），リスク回避行動の手間やコスト（危険回避の不効用）を加味し，リスクを回避するかテイクするか判断するとしている．

その他，リスクの効用として，仲間にかっこよく見せたい心理や危険なことをするスリルを楽しみたい気持ちなどを挙げている．

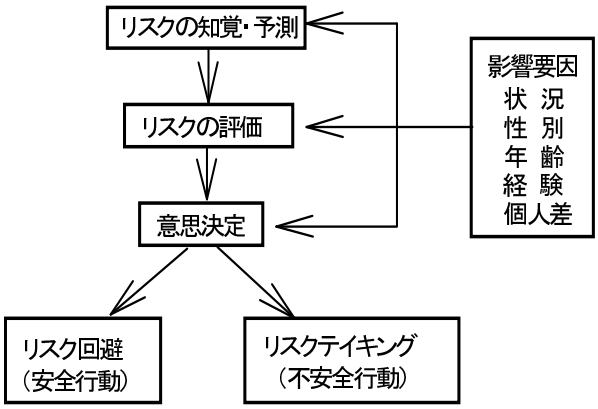


図 2.3 リスクテイキングに至るプロセス [35]

2.2.4 木村の運転行動モデル

木村は，高齢運転者の認知能力と運転行動の関係を明らかにするため，前述の蓮花のモデル[33]などを参考に，図 2.4 のようにモデル化している[36].

このモデルでは，ハザードを，事故可能性と関係する全てのものや事象とし，ハザード知覚を，外界状況に存在するハザードを知覚，認識する過程と定義している．また，リスクを，知覚したハザードの存在する環境において起こりうる事故発生の確率とその事故による被害の甚大性の組み合わせとし，リスク知覚を，ハザード知覚と運転技能の自己評価から状況がもつリスクを見積もる過程と定義している．

モデルは以下のように説明され，運転はこの流れの繰り返しであるとしている．

1. 外界状況からハザードを知覚，認識する（ハザード知覚）
2. 認識されたハザードを運転技能の自己評価と照らし合わせ，外界状況のもつリスクを見積もる（リスク知覚）
3. 見積もったリスクに応じた行動を選択し（判断），運転操作，確認行動を行う（操作）
4. 運転操作は車両を介して外界状況を変化させ，また，確認行動はハザード知覚の入力に影響を与える

木村は，ハザード知覚に関わる能力をハザード知覚能力，リスク知覚に関わる能力をリスク知覚能力とした．ハザード知覚能力について，対象を知覚して認識することを ”見える”と表現したとき，外界状況中のハザードが ”見える”能力であると述べている．また，リスク知覚能力について，リスク知覚過程でリスクが高いと評価した結果，判断過程でリスクを回避する行動を選択し，操作過程における確認行動につながるため，外界状況を ”見ようとする”能力であると述べている．

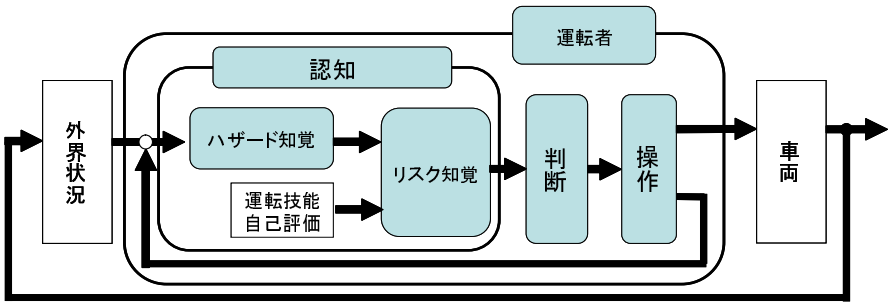


図 2.4 木村の運転行動モデル[36]

2.2.5　五十嵐の認知過程モデル

五十嵐は，高齢運転者に対するインタビュー調査や日常運転行動の分析を行い，木村の運転行動モデルにおける認知過程について図 2.5 のようにモデル化している [37].

図 2.5 の認知過程モデルおいて，リスク知覚は交通環境面のリスク知覚とスキルのメタ認知に分けられている．ドライバは知覚したハザードに対し，自身の持つ一般的知識と過去の経験に基づき，交通環境面のリスクを見積もる．それに対し，スキルのメタ認知として，過去の経験をもとに自身のスキルを客観的に認知し，交通環境面のリスク知覚と併せ，総合的なリスクを知覚する．

過去の経験について，五十嵐は高齢運転者に対するインタビュー調査をもとに，事故経験，無事故経験，ヒヤリハットを挙げている．事故経験により交通環境面のリスク知覚やスキルのメタ認知が改善し，反対に，無事故経験はそれらの改善を妨げるとしている．ヒヤリハットに関しては，個人ごとに両方の作用を想定している．例えば，ヒヤリハットを起こしたとき，「今度はヒヤリハットで済まない可能性があるため気をつけよう」と考えるドライバがいる一方，「ヒヤリハットで済むため重大事故には至らない」と考えるドライバや，「自身の運転技能が高いためヒヤリハットで済んだ」と考えるドライバがいると考えられる．

交通環境面のリスク知覚において，高齢運転者は豊富な一般的知識を持つものの，豊富な無事故経験によりリスクを低く見積もり，不安全運転行動に繋がり得ることを指摘している．そして，無事故経験に基づくリスク知覚を抑制する能力を危険感受性と定義している．

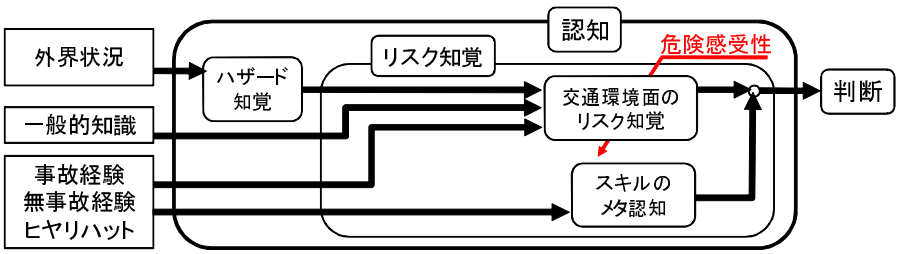


図 2.5　五十嵐の認知過程モデル [37]

2.3　本研究における運転行動モデル

本研究では，蓮花のリスク回避行動モデル[33]と木村の運転行動モデル[36]に対し，基礎認知能力の影響を考慮し，運転行動を図 2.6 のようにモデル化した．このモデルの流れは以下の通りである．

1. 入力となる交通環境中のハザードを知覚する（ハザード知覚）
2. ハザードに対し事故のリスクを知覚する（リスク知覚）
3. 知覚したリスクを敢行するか回避するか判断する（判断）
4. 判断に応じた車両速度設定や安全確認を実現するための運転操作を行い（操作），車両状態として出力される
5. ドライバが知覚する交通環境は車両状態に応じて変化し，次のハザード知覚の入力となる

認知過程のうち，ハザード知覚は，交通環境中の視覚情報を取得する過程であり，有効視野や分割的注意能力といった認知能力が必要である．また，リスク知覚には，交通環境に対する知識や過去の運転経験が影響するという知見[37]もあり，記憶能力などの認知能力が必要である．そして，認知機能の中でも上位に位置すると考えられているものに実行機能（遂行機能）がある．実行機能は目標設定，計画立案，計画実行，効果的遂行といった要素から成り立ち，様々な認知機能が正常に機能するためには健全な実行機能が必須であるといわれている[38]．そのため，実行機能を認知過程全体に関わるものとして位置付けた．

なお，判断過程は，知覚したリスクを敢行するか回避するか選択する過程としており，蓮花のリスク回避行動モデル[33]や芳賀のリスクテイキング行動モデル[35]から，無理をしない，せっかちであるなど，個人ごとの考え方や性格といったパーソナリティの影響が大きいと考えられる．

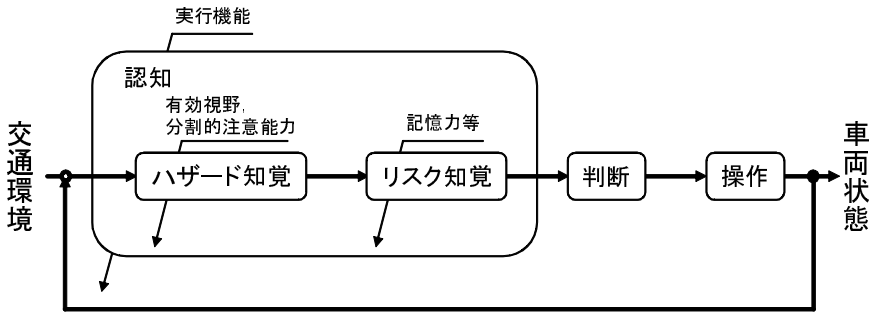


図 2.6 本研究における運転行動モデル

2.4　本章のまとめ

本章では，運転行動に基づく認知能力評価を行うため，既存研究の知見をもとに認知過程を構成するハザード知覚とリスク知覚に関わる認知能力を検討し，運転行動モデルとして整理した．

次章では，これらの認知能力の低下と不安全運転行動の関連を検討し，評価対象とする認知能力を選定する．

第 3 章

評価対象とする認知能力の選定

3.1 はじめに

本章では，認知能力低下と日常運転における不安全運転行動の関連をもとに，評価対象とする認知能力を選定する．

3.2 概要

まず，高齢運転者を対象として，認知能力の測定と，運転行動計測による不安全運転行動抽出を行った．次に，得られたデータに基づき認知能力低下と不安全運転行動の関連を検討し，不安全運転行動との関連が大きい認知能力を評価対象として選定した．

本研究では認知能力と運転行動の関連に注目しているが，運転行動は認知過程だけでなく，その後の判断過程，操作過程も含む．特に，判断過程について，第 2 章 2.3 項で述べた通り，個人ごとの考え方や性格といったパーソナリティの影響が大きいと考える．本研究では，運転に関わるパーソナリティを把握するための参考データとして，実験協力者に対し，運転に取り組む態度や志向，考え方を数量化する DSQ（Driving Style Questionnaire，運転スタイルチェックシート）[40] と，自身の運転行動特性を自己評価させる DBQ（Driving Behavior Questionnaire，運転行動質問紙）[41] [42] を実施している．DSQ と DBQ の詳細と結果については，付録 A に示す．

3.3　対象

本研究では，日常生活の移動手段として自動車が必要である，図 3.1 [43] に示す茨城県ひたちなか市を対象地域とした．実験協力者は表 3.1 に示す通り，普段から自動車を運転する 65 歳以上の高齢者 10 名である．

図 3.1 茨城県ひたちなか市の位置

表 3.1 実験協力者（高齢運転者，ひたちなか市）

	性別	年齢 [歳]	運転免許保有年数 [年]	運転頻度 [日/週]
HE1	男	76	57	7
HE2	男	75	40	7
HE3	男	68	45	3~4
HE4	男	73	49	7
HE5	男	76	46	7
HE6	男	81	60	4
HE7	男	76	52	7
HE8	男	79	58	7
HE9	男	77	42	7
HE10	男	75	45	7

3.4　認知能力の測定

3.4.1　測定対象の認知能力

第 2 章 2.3 節に示した通り，認知過程をハザード知覚とリスク知覚に分けて考えており，ハザード知覚に関わる能力とリスク知覚に関わる能力を測定する必要がある．

ハザード知覚は，交通環境中の視覚情報を取得する過程であり，有効視野や分割的注意能力といった認知能力が必要である．また，リスク知覚には，交通環境に対する知識や過去の運転経験が影響するという知見 [37] から，記憶能力などの認知能力が必要である．そして，これらの過程を遂行するため，実行機能が必要である．よって，パーソナルコンピュータを用いて分割的注意能力を測定する VFIT [44] [45] や，文章の記憶により記憶能力を測定する WMS-R [46]，実行機能を司る前頭葉機能を検査する FAB [47] [48] [49] といった，医学的な検査で用いられる方法により認知能力を測定した．これらの認知能力は，ハザード知覚とリスク知覚を支える基礎的な能力であり，本研究では基礎認知能力と呼ぶ．

ここで，認知能力と不安全運転行動の関係を考えるうえで，机上の検査により測定される基礎認知能力は，運転行動との対応が明確でないという問題がある．

木村は，認知能力を運転行動と対応付けて把握するため，ドライビングシミュレータ（DS）の運転に基づきハザード知覚能力とリスク知覚能力を測定する手法を提案しており [36]，本研究でもこの手法を用いて両能力を測定した．これらの認知能力は，運転においてハザード知覚とリスク知覚を遂行する能力であり，本研究では運転時認知能力と呼ぶ．

なお，本実験は東京大学大学院工学系研究科の倫理審査を受け承認されており，実験協力者には研究内容を説明し，インフォームド・コンセントを得た．

3.4.2　基礎認知能力の測定

医学的な検査で一般的に用いられる方法により認知能力を測定することは，実験協力者の認知能力特性を全国の高齢者の中に位置づけて考えることができるという点からも重要である．

本研究では，ハザード知覚に関わる分割的注意能力を VFIT（Visual Field with Inhibitory Tasks，抑制課題付有効視野測定法）[44] [45] により，リスク知覚に関わる記憶能力を WMS-R（Wechsler Memory Scale-Revised）[46] により測定した．また，総合的な認知能力を簡便に把握するため，認知症のスクリーニングに用いられる MMSE（Mini-Mental State Examination）[50] と FAB（Frontal Assessment Battery）[47] [48] [49] も実施した．

MMSE

MMSE（Mini-Mental State Examination）は，見当識や記憶力，計算力といった 11 項目 30 問からなる質問形式の認知機能検査で，簡単な認知症診断に用いられる．MMSE の検査用紙は付録 B に示す．

30 点を満点とし，21 点以下の場合は認知症などの認知障害の可能性が高いと診断される．図 3.2 に示す通り，実験協力者全員が 22 点以上を記録しており，認知症の疑いはないといえる．

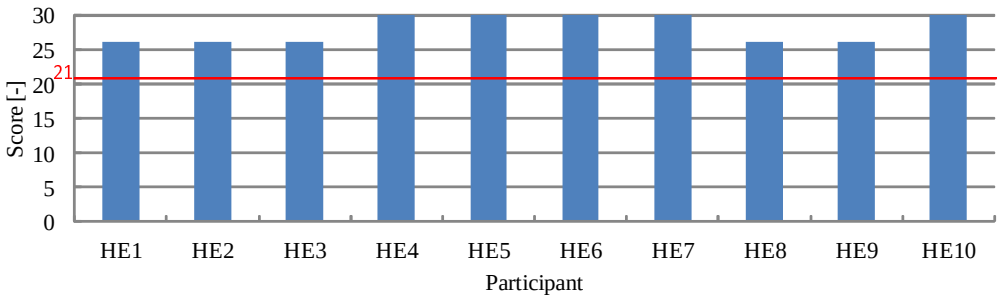


図 3.2　高齢運転者の MMSE 得点

FAB

FAB（Frontal Assessment Battery）は，質問形式の検査により前頭葉機能の諸要素を簡便にスクリーニングするものである [47] [48] [49]．FAB の検査用紙は付録 B に示す．

検査は 18 点満点であり，実験協力者の得点を図 3.3 に示す．前頭葉が司る実行機能は運転行動において重要であると考え，不安全運転行動との関連を検討した．

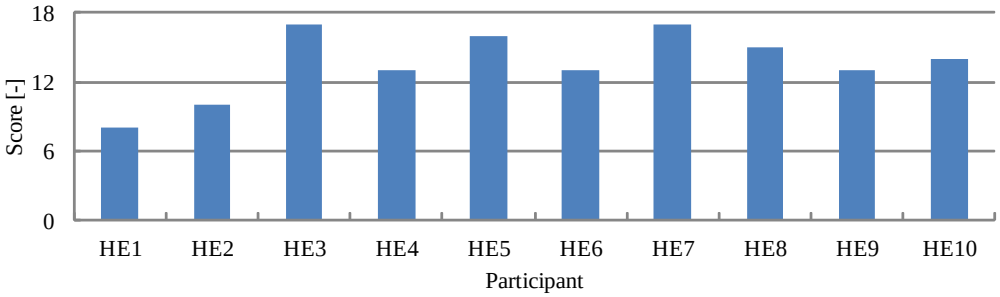


図 3.3 高齢運転者の FAB 得点

WMS-R

WMS-R（Wechsler Memory Scale-Revised）は，国際的によく利用される総合的な記憶検査であり，合計 13 の問題構成からなる [46]．

ドライバは短期記憶と長期記憶を利用しながら運転を行っていると考えられ，論理的記憶の直後課題である論理的記憶 I と，遅延課題である論理的記憶 II を実施した．被検者は検査者が読み上げる文章を記憶し，論理的記憶 I では文章読み上げ直後，論理的記憶 II では文章読み上げの 30〜45 分後に採点を行う．WMS-R，論理的記憶 I および II の検査用紙は付録 B に示す．

各課題ともに 50 点満点であり，実験協力者の得点を図 3.4 に示す．記憶力はリスク知覚に必要な基礎認知能力と考え，不安全運転行動との関連を検討した．

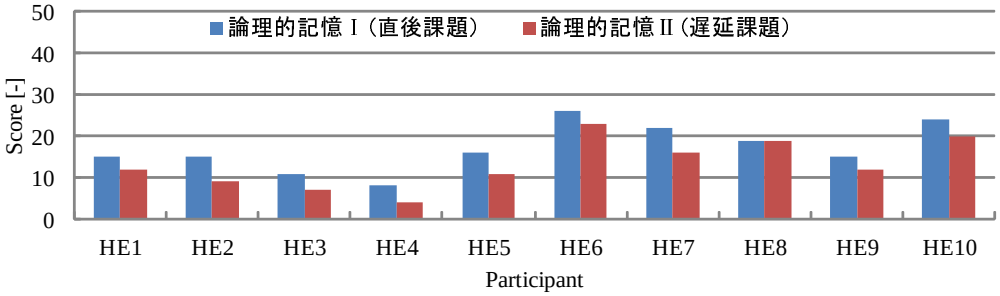


図 3.4 高齢運転者の WMS-R 得点

VFIT

VFIT（Visual Field with Inhibitory Tasks，抑制課題付有効視野測定法）は，一般的なパーソナルコンピュータと安価な入力機器を用いて有効視野を簡単に評価するため，藤田らにより開発された手法である [44] [45].

単純反応課題，Go/No-go 課題，周辺視野課題，二重課題の 4 課題から構成され，各課題とも，はじめに練習を行い，課題に慣れてから本番の測定を実施する．測定にはノート PC（富士通製 FMV-BIBLO NX90X）とゲームコントローラ（ソニー製 DUALSHOCKR3/SIXAXIS）を用いた．なお，被検者は右手で特定のボタン，左手で十字キーを操作する．

このうち，二重課題検査の方法を図 3.5 [44] を用いて説明する．まず，ディスプレイ中央に準備刺激（十字）を呈示しておき（図 3.5 中「1」），1500〜2900ms のランダムな待機時間後，標的刺激（ディスプレイ中央に 2 つの図形と周辺 8 方向のいずれかに 1 つの図形）を 200ms 間呈示する（図 3.5 中「2」）．被検者には，中央の 2 つの図形が同じ図形の場合は ”No-go ” としてボタンを押さないよう指示し，2 つの図形が異なる場合，”Go ” として右手で特定のボタンを押すよう指示する（図 3.5 中「3」）．”Go ” のとき制限時間 2000ms 内に右手で特定のボタンを押すと，周辺図形の種類を選択する画面が現れ，周辺刺激として出現した図形と同じものを左手の十字キーで選択することを要求する（図 3.5 中「4」）．”Go ” 刺激が 32 回，”No-go ” 刺激が 32 回の計 64 回を 1 ステージとし，周辺刺激の呈示位置を中心から 4 °（ステージ I），7 °（ステージ II），10 °（ステージ III），14 °（ステージ IV）と大きくしていく．

二重課題におけるステージ I からステージ IV までの全ての ”Go ” 刺激数に対する，周辺図形選択の正答数割合を正答率として評価した．実験協力者の正答率を図 3.6 に示す．有効視野はハザード知覚に必要な基礎認知能力と考え，不安全運転行動との関連を検討した．

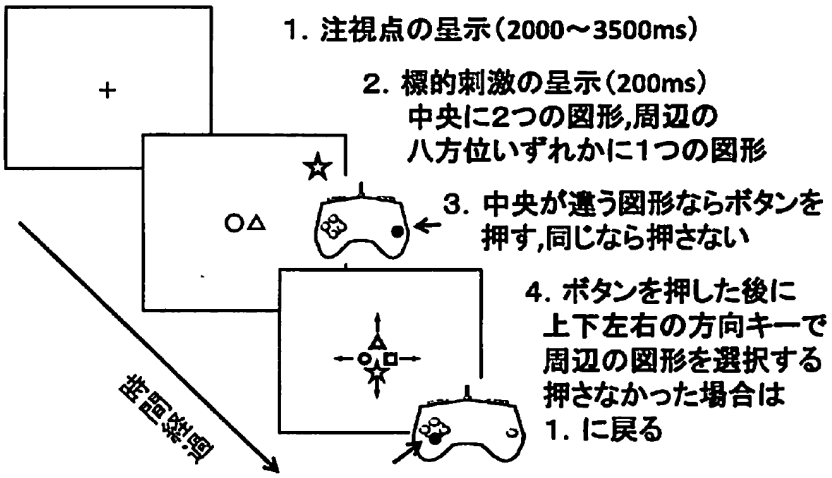


図 3.5　VFIT 二重課題における 1 試行の流れ

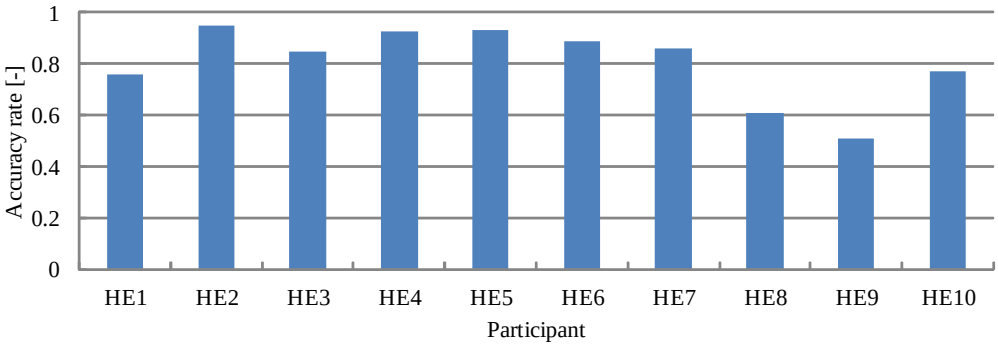


図 3.6　高齢運転者の VFIT 二重課題における正答率

3.4.3　運転時認知能力の測定

運転行動と対応づけて高齢運転者の認知能力を把握するため，木村の提案した手法[36]により，運転の動的過程におけるハザード知覚能力とリスク知覚能力を測定した．

実験条件を統制できること，実験協力者の安全を確保できることから，本実験ではドライビングシミュレータ（DS）を用いた．DS のシステム構成を図 3.7 に，図 3.7 のターンテーブルに使用したサーボモータ仕様を表 3.2 に示す．この DS は，ドライバの操作量（アクセルペダル，ブレーキペダル，ハンドル，方向指示器）を計測するセンサ部，センサからの情報をもとに車両挙動を計算する制御部，位置情報に応じてプロジェクタを介してスクリーンに映像を投影するための描画部，ハンドル操作量に応じてコクピットを回転させるターンテーブルから構成される．ハンドル操作量から計算される車両の実際の回転角度に対し，ターンテーブルと描画はその 1/2 の角度だけ回転する．DS における運転の様子を図 3.8 に示す．

DS では，車両速度や走行位置のほか，アクセルペダル，ブレーキペダル，ハンドル，方向指示器の各操作量を記録した．また，実験協力者が DS に搭乗する際，運転中の視線移動を記録するため，図 3.9 に示す，ナックイメージテクノロジー製アイマークレコーダ EMR9 を装着した．

なお，DS における運転操作に慣れるため，練習走行を実施してからハザード知覚能力とリスク知覚能力を測定した．また，DS はシミュレータ酔い（DS における乗り物酔い）の可能性があり，各測定の間に休憩時間を設けた．

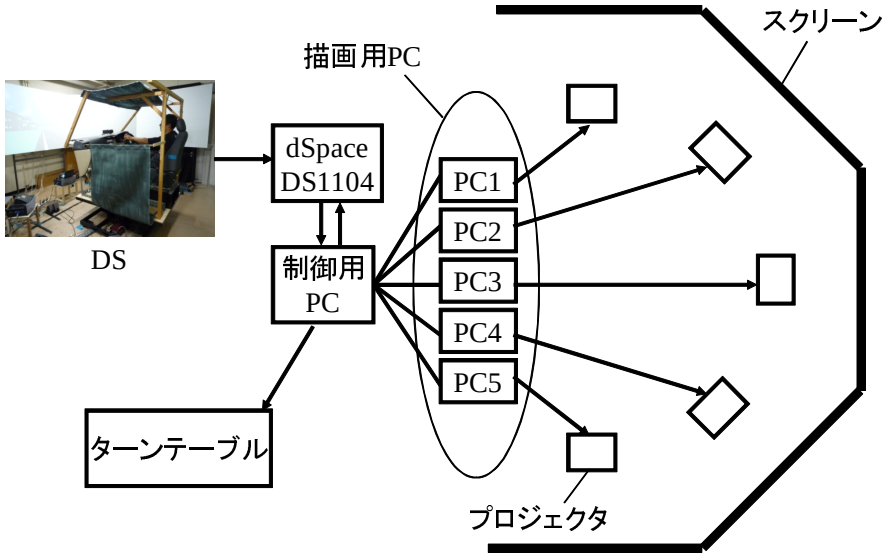


図 3.7 DS のシステム構成

表 3.2　ターンテーブル用サーボモータの仕様

定格出力容量 [W]	400
定格トルク [N・m]	1.3
最大トルク [N・m]	3.8
定格回転速度 [rev/min]	3000
最大回転速度 [rev/min]	6000
瞬時許容回転速度 [rev/min]	6900
慣性モーメント [x10^{-4}kg · m^2]	0.5

図 3.8　DS における運転の様子

図 3.9　アイマークレコーダ EMR9

ハザード知覚能力

運転時のハザード知覚能力を評価するため，運転操作を遂行している状態で有効視野を測定した．

DS 上に，交差点の右左折各 4 回と直線からなる，全長 2000m 程度の走行コースを設定した．正面スクリーン中央付近に先行車を配し，実験協力者が先行車を追従する形で走行を行う．このとき，先行車は実験協力者との車間距離を一定に保つように走行する．

有効視野の測定にあたり，実験協力者に先行車を追従させることで，視点をスクリーン中央付近に集中させている．30m 進行するごとに，スクリーン上に視標（赤の ”×”印）が呈示され，実験協力者は視標を発見次第，声で応答するという形式で視標の検出数を測定した．視標の呈示位置は，図 3.10 に示す通り，水平方向について-45 °，-30 °，-15 °，0 °，15 °，30 °，45 ° の 7 通り，垂直方向について DS 走行環境における高さに従い 0.5m, 1.5 m，2.5m の 3 通りであり，計 21 点のうち中央（0 °，1.5m）の点を除く 20 点である．

直線走行中に出現する合計 63 の視標に対する検出率をハザード知覚能力として評価した結果を，図 3.11 に示す．ただし，HE5 と HE8 については，シミュレータ酔いのためデータを測定できなかった．

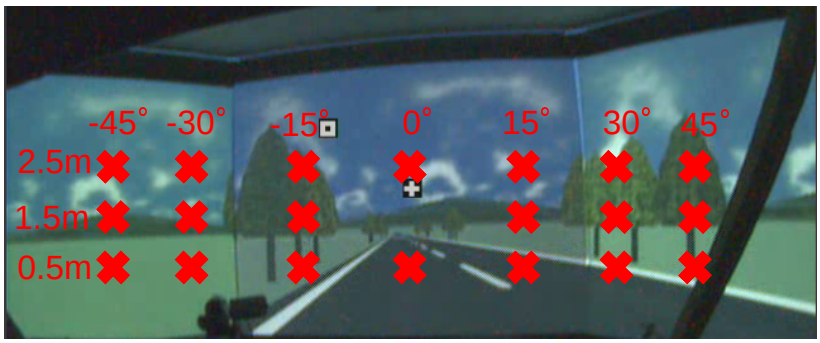


図 3.10 DS における有効視野測定のための視標呈示位置

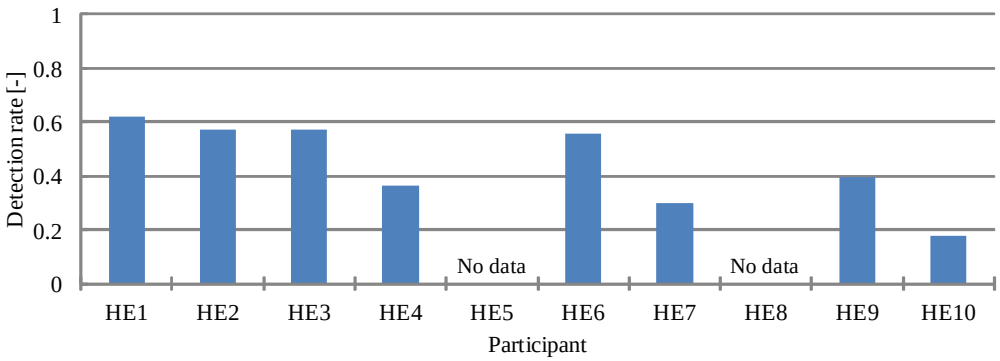


図 3.11 高齢運転者のハザード知覚能力

リスク知覚能力

運転行動は認知，判断，操作を繰り返し行う動的な過程であり，この動的な過程におけるドライバのリスク知覚が重要である．ここで，第 2 章 2.3 項に示した通り，リスク知覚の入力はハザード知覚の結果を含んでいる．そのため，リスク知覚能力をハザード知覚能力と独立に評価するためには，ハザード知覚能力によらず知覚できるハザードに対するリスク知覚を評価する必要がある．交差点における死角はハザードとして知覚しやすく，死角の潜在的なハザードに対するリスク知覚の結果が，交差点における左右確認の行動に表れると考え，死角のある交差点における左右確認の程度を評価した．ここでは，死角に対する確認が明示的に求められることから，無信号交差点の一時停止側通行時の左右確認に注目した．

DS 上に，図 3.12 に示す，8 箇所の一時停止交差点を含む，全長 2800m 程度の走行コースを設定した．ドライバに潜在的ハザードの存在を想起させるため，対向車両や交差車両を配している．また，実験協力者のシミュレータ酔いに配慮し，図 3.12 の分割ポイントにおいて，適宜休憩時間を設けた．

リスク知覚能力として，死角に対する確認の程度を評価した．図 3.13 に死角のある一時停止交差点の例を示す．死角消失点まで確認を継続していた場合 ” 確認 ”，死角消失点前に確認を終了していた場合 ” 不完全な確認 ”，死角に対して全く確認を行っていなかった場合 ” 無確認 ” とした．ここで，死角消失点は図 3.14 の通りである．木村は確認中にブレーキペダルを構えた状態であることも ” 確認 ” の条件としていたが [36]，DS は実車と運転感覚が異なり，特にアクセルペダルやブレーキペダル操作に対する加速度変化が再現されておらず，また，操作感覚も異なることから，ペダル操作における構え行動を条件としなかった．また，木村は DS と実車の運転感覚の違いを考慮し，” 不完全な確認 ” も ” 確認 ” として扱ったが [36]，本研究では DS においても死角に対する確認の程度はリスク知覚能力を反映していると考え両者を区別し，以下のように評価を行った．

左右両方向に死角がある交差点では，左方の死角に対する確認を 0.5 点満点，右方の死角に対する確認を 0.5 点満点とし，左右方向それぞれ ” 無確認 ” を 0 点，” 不完全な確認 ” を 0.25 点，” 確認 ” を 0.5 点として加算した．左右の片方のみ死角がある交差点では，” 無確認 ” を 0 点，” 不完全な確認 ” を 0.5 点，” 確認 ” を 1 点として加算した．このように，各一時停止交差点における確認をそれぞれ 1 点満点で評価することで死角に対する確認率を算出し，全交差点における平均の確認率ををリスク知覚能力として評価した．

図 3.15 にリスク知覚能力の評価結果を示す．ただし，HE5 と HE8 については，シミュレータ酔いのためデータを測定できず，HE3 と HE6 については，シミュレータ酔いのため，途中で走行を中止した．

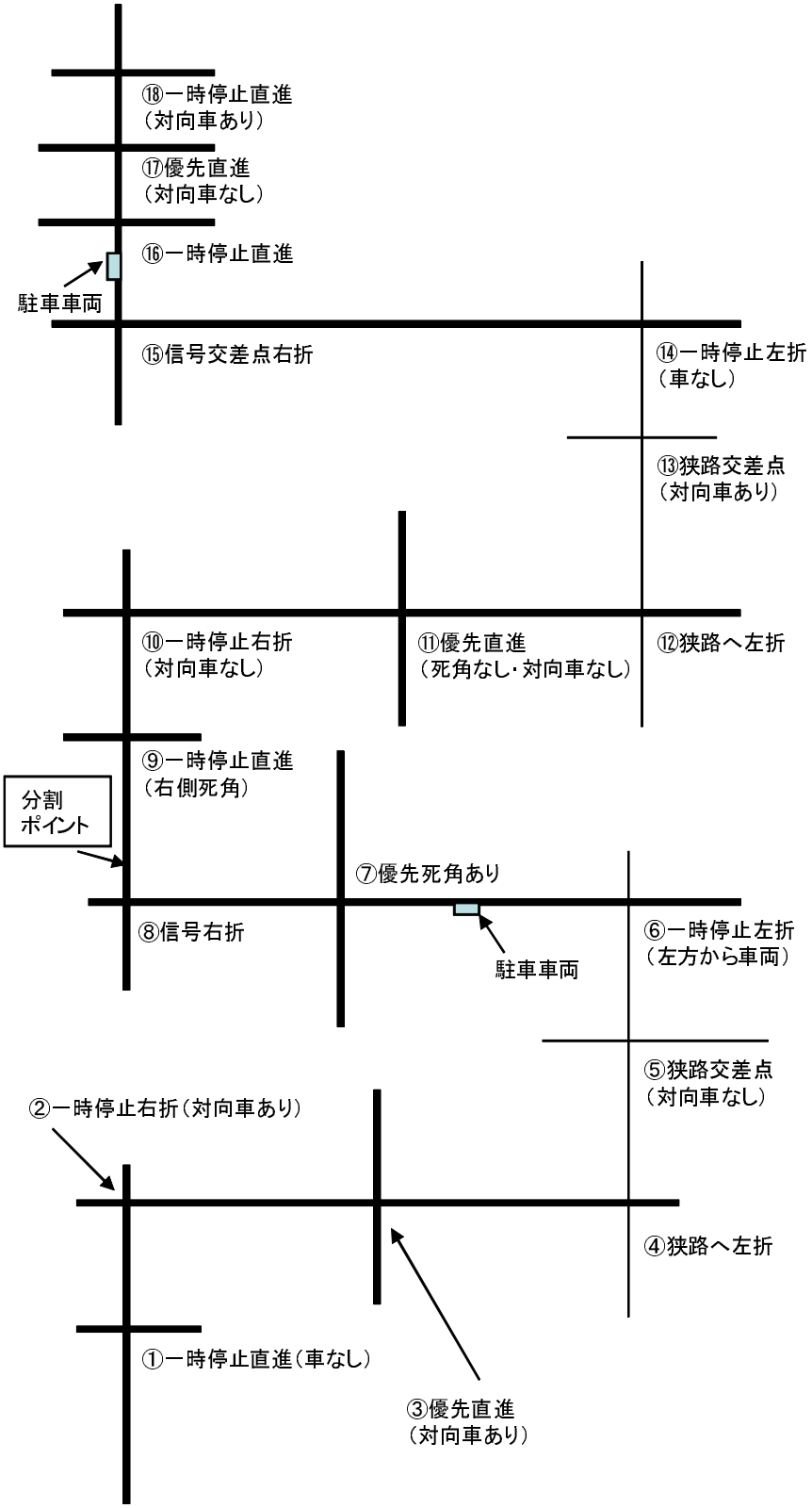


図 3.12 DS におけるリスク知覚能力測定のための走行コース

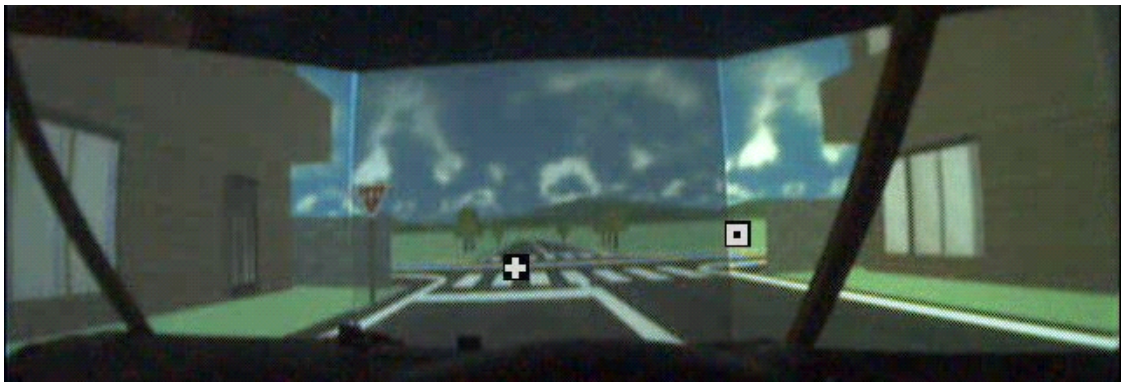


図 3.13　DS における一時停止交差点の例

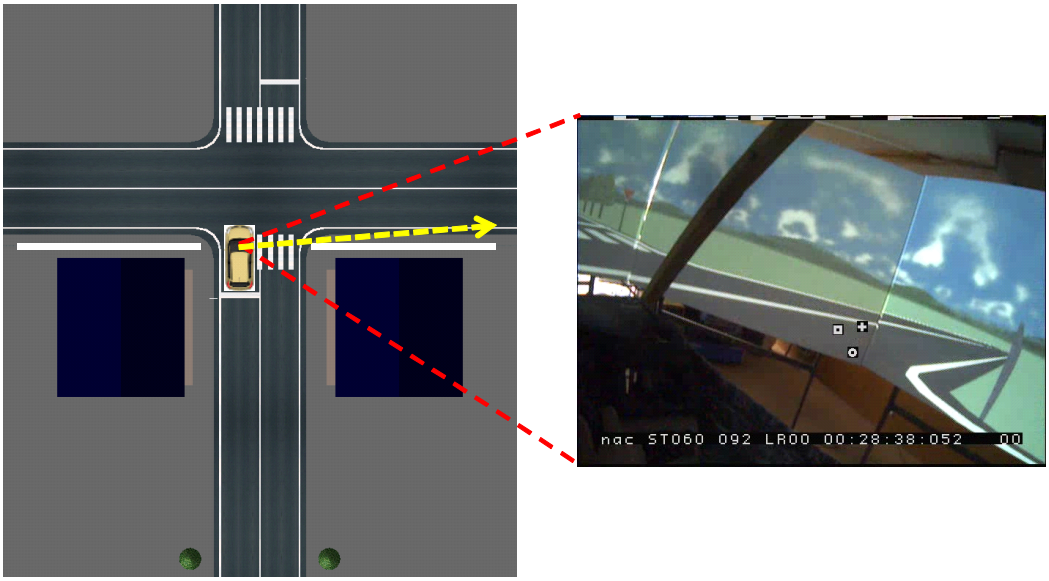


図 3.14　DS における死角消失点とドライバからの見え方

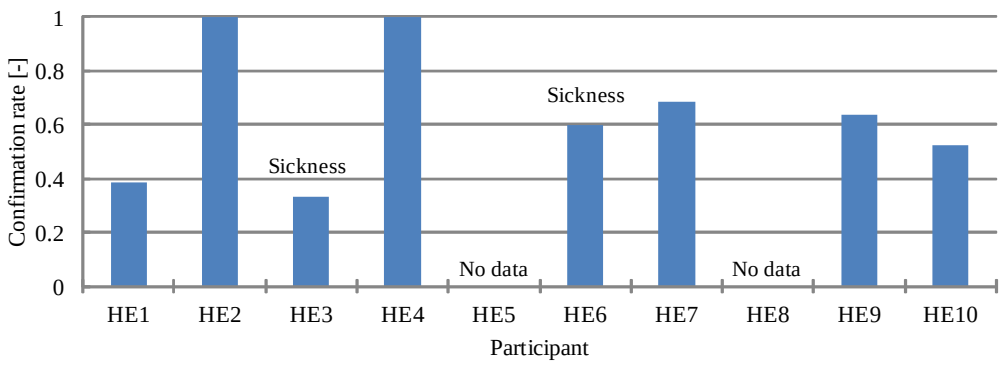


図 3.15　高齢運転者のリスク知覚能力

3.4.4　基礎認知能力と運転時認知能力の関連

第 2 章 2.3 節で述べた通り，ハザード知覚とリスク知覚を遂行するため，実行機能や分割的注意能力，記憶能力といった基礎認知能力が必要と考えた．そのため，これらの基礎認知能力と，運転時認知能力として測定したハザード知覚能力，リスク知覚能力の関連を検討した．

なお，シミュレータ酔いのためハザード知覚能力とリスク知覚能力の測定を行えなかった，または，途中で測定を中止した実験協力者は除外して検討を行った．

実行機能とハザード・リスク知覚能力

実行機能はハザード知覚やリスク知覚の遂行に必要な基礎認知能力と考え，実行機能を司る前頭葉機能を FAB [47] [48] [49] により測定した．

まず，実行機能とハザード知覚能力の関連について，図 3.3 に示した FAB の結果と図 3.11 に示したハザード知覚能力の測定結果をもとに検討した．図 3.3 より，HE1 と HE2 は他の実験協力者に比べ，実行機能を司る前頭葉機能が低下傾向にあるものの，図 3.11 より，ハザード知覚能力は HE4 や HE7，HE9，HE10 に比べて高くなっている．一方，図 3.3 より，HE7 は他の実験協力者に比べ，実行機能を司る前頭葉機能が高いものの，図 3.11 より，ハザード知覚能力は HE10 を除く実験協力者に比べて低くなっている．よって，前頭葉機能の低下が直接的にハザード知覚能力の低下に繋がるわけではないと考えられる．

次に，実行機能とリスク知覚能力の関連について，図 3.3 に示した FAB の結果と図 3.15 に示したリスク知覚能力の測定結果をもとに検討した．図 3.3 より，HE2 は他の実験協力者に比べ，実行機能を司る前頭葉機能が低下傾向にあるものの，図 3.15 より，リスク知覚能力は最も高くなっている．一方，図 3.3 より，HE7 は他の実験協力者に比べ，実行機能を司る前頭葉機能が高いものの，図 3.15 より，リスク知覚能力は HE2 や HE4 に比べて低くなっている．よって，前頭葉機能の低下が直接的にリスク知覚能力の低下に繋がるわけではないと考えられる．

以上より，本研究の実験協力者において，実行機能を司る前頭葉機能と，ハザード知覚能力，リスク知覚能力の関連は見られなかった．ただし，前頭葉機能がさらに低下した場合，ハザード知覚能力やリスク知覚能力が低下するかは不明である．

記憶能力とリスク知覚能力

記憶能力はリスク知覚の遂行に必要な基礎認知能力と考え，WMS-R [46] により測定した．

図 3.15 に示したリスク知覚能力の測定結果より，HE2 と HE4 はリスク知覚能力が最も高いが，図 3.4 に示した WMS-R の結果より，HE4 は直後課題，遅延課題とも最も低くなっており，HE2 は特に遅延課題の成績が HE1 や HE7，HE10 より低くなっている．

よって，記憶能力の低下が直接的にリスク知覚能力の低下につながるわけではないと考えられる．

分割的注意能力とハザード知覚能力

分割的注意能力はハザード知覚の遂行に必要な基礎認知能力と考え，VFIT [44] [45] により測定した．

図 3.11 に示したハザード知覚能力の測定結果より，HE10 はハザード知覚能力が最も低いが，図 3.6 に示した VFIT の結果より，分割的注意能力が HE9 に比べて高く，ハザード知覚能力が最も高い HE1 と同程度になっている．また，ハザード知覚能力が HE10 に次いで低い HE7 は，分割的注意能力が HE1 や HE9 より高くなっている．

よって，分割的注意能力の低下が直接的にリスク知覚能力の低下につながるわけではないと考えられる．

3.5　不安全運転行動抽出のための日常運転行動計測

3.5.1　概要

ここでは，交通事故に繋がり得る不安全運転行動の抽出を行った．他者との衝突事故を考えたとき，必ず相手が存在するため，事故の要因としてドライバ自身の能力だけでなく，相手の存在やその動き，外界の状況といった交通環境も考慮する必要がある．交通参加者の数や属性など交通環境の要素は様々であり，統制環境で全てを再現することはできないため，高齢運転者の実路における日常の運転行動を計測した．

認知能力測定を行った実験協力者のうち，表 3.3 に示す 5 名の自家用車に，約 2 週間ずつ DR を設置した．なお，本実験は東京大学大学院工学系研究科の倫理審査を受け承認されており，実験協力者には研究内容を説明し，インフォームド・コンセントを得た．

表 3.3 日常運転行動計測の実験協力者
（高齢運転者，ひたちなか市）

	性別	年齢 [歳]	計測期間 [日]	記録時間 [時:分]
HE1	男	76	19	13:54
HE2	男	75	15	15:23
HE7	男	76	17	8:25
HE9	男	77	13	12:15
HE10	男	75	22	14:50

3.5.2　計測機器

日常の運転行動を計測するため，常時記録型のドライブレコーダシステム（DR）を高齢運転者の自家用車に設置した．使用した ITS21 製 DR の構成を図 3.16 に，DR の設置状況を図 3.17 に，カメラによる記録映像の例を図 3.18 に，計測項目を表 3.4 に示す．

特に，カメラについて，車内からの交通環境の見え方を把握するため，ルームミラー裏に前方映像カメラ，左前方映像カメラ，右前方カメラを，ドライバの確認行動，および，操作行動を把握するため，車内に顔向き映像カメラ，ペダル操作映像カメラ，ハンドル操作映像カメラを設置した．ただし，顔向き映像は鏡像のため左右反転している．

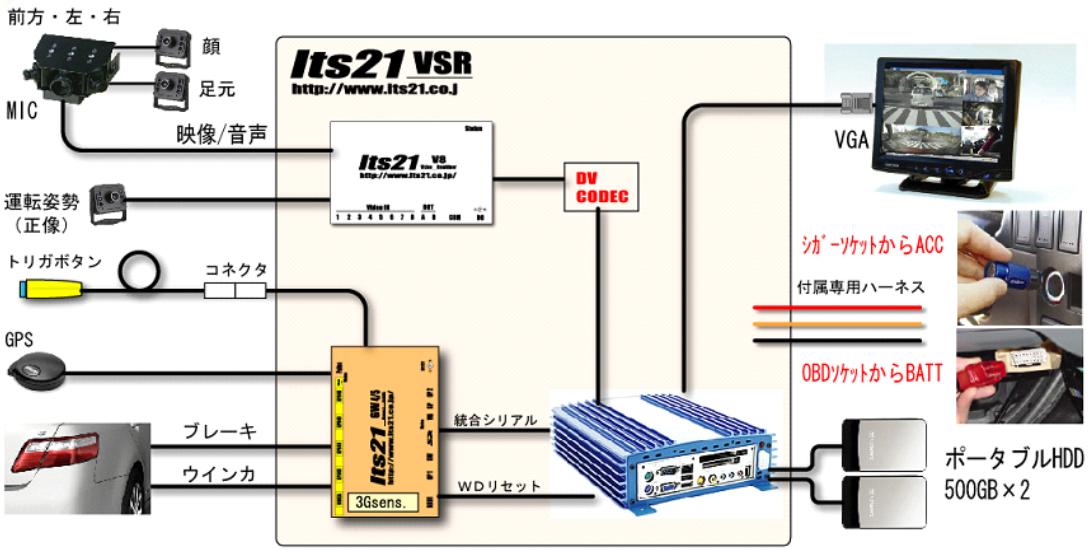


図 3.16　ITS21 製 DR の構成

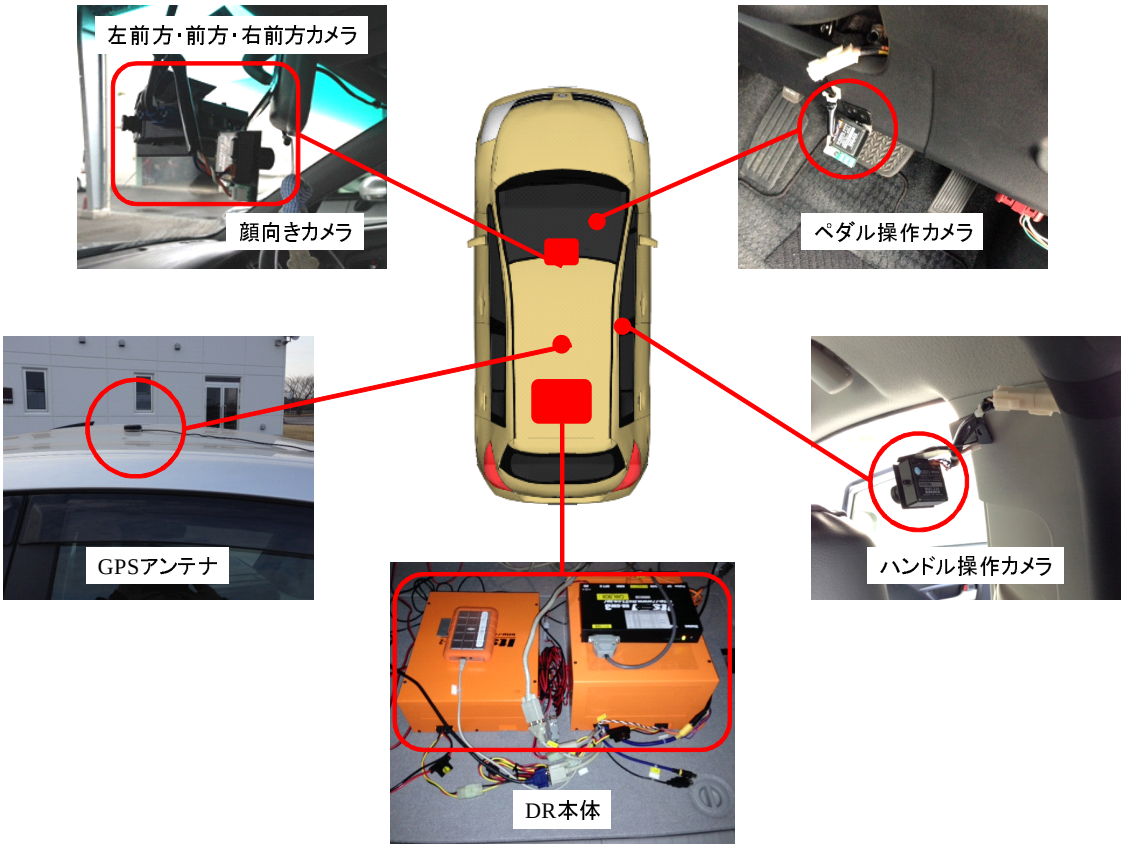


図 3.17　ITS21 製 DR の設置状況

図 3.18　ITS21 製 DR のカメラ映像

表 3.4 ITS21 製 DR の計測項目

GPS	年月日
	時分秒
	緯度
	経度
	高度
	速度
	方位
加速度センサ	前後加速度
	左右加速度
	上下加速度
車両 CAN	ブレーキ
	車両速度
	エンジン回転数
	スロットル
	積算距離
	エンジン冷却水温
	燃料噴射時間
	積算燃料量
	平均燃費
	瞬間燃費
カメラ	前方映像
	左前方映像
	右前方映像
	顔向き映像
	ペダル操作映像
	ハンドル操作映像

3.5.3　不安全運転行動の指標

本研究では，交通事故に繋がり得る運転行動を不安全運転行動としているため，事故回避行動に至った運転行動を不安全運転行動と考えた．事故回避の行動として，急操舵による回避，急減速による回避が想定できる．近年，交通事故に対して「1 件の大きな事故が発生する背景には 29 件の小さな事故が発生しており，更にその背景に，障害までには至らない 300 件に及ぶ事故がある」という，ハインリッヒの法則を当てはめ，ドライブレコーダを用いて事故までには至らなかった事象（ヒヤリハット）を数多く蓄積し，そのデータを分析することで交通事故の要因を明らかにする試みがなされている [51]．このような研究では，ドライバが急ブレーキを踏んだ事象をヒヤリハットとし，交通事故との関係が示されていることから [52]，本研究でも急減速行動に注目した．

ここでは，衝突可能性のある相手の存在を想定し，相手との衝突を回避するための条件を検討する．ドライバが衝突可能性のある相手を知覚したとき，ブレーキペダルに足を乗せるまでの反応時間が存在する．また，ブレーキペダルに足を乗せてから制動力が発生するまでのブレーキ踏込時間が存在し，制動力が発生した後，発生している減速度に応じた距離で停止する．以上のうち，反応時間とブレーキ踏込時間の和である空走時間中に自車が進行する距離を空走距離，制動力発生から停止するまでの距離を制動距離としたとき，図 3.19 に示すように，発見時相手距離（相手を知覚したときの自車から相手までの距離）が空走距離と制動距離の和より大きければ，相手との衝突を回避することができる．この条件を式 3.1 に表す．ここで，式 3.1 の左辺が相手発見時距離，右辺第一項が空走距離，第二項が制動距離である．各変数は，D が相手発見時距離，V が相手を知覚したときの自車速度，T_R が反応時間，T_B がブレーキ踏込時間，G が減速度に対応する．

以上に挙げた変数のうち，ドライバの急減速操作の意図を反映するのは，ブレーキ踏込時間 T_B と減速度 G である．よって，これらの変数を不安全運転行動の指標とし，減速度 G が大きく，ブレーキ踏込時間 T_B が小さいブレーキ行動を抽出した．

$$D > V(T_R + T_B) + \frac{V^2}{2G} \tag{3.1}$$

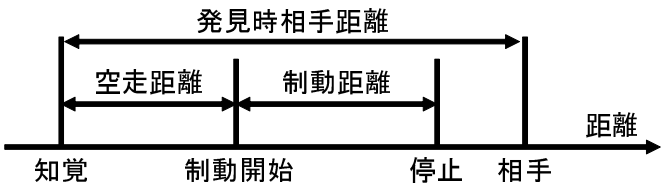


図 3.19 衝突回避の条件

3.5.4　不安全運転行動の抽出

約 2 週間程度の日常の運転行動データから不安全運転行動を抽出するため，減速度 G とブレーキ踏込時間 T_B に対する閾値を設定する必要がある．ここで，ブレーキ踏込時間は直接計測していないため，図 3.20 に示すように，ブレーキ行動における最大減速度の値を最大躍度の値で除することによって算出する．なお，図 3.20 の縦軸は加速度，横軸は時間であり，減速度 G を正にとっているため，加速度を $-G$ と表記した．

既存研究では，前述のヒヤリハットを検出するため，車両前後左右の合成加速度 0.6G 以上，合成躍度 2G/s 以上としたもの [51]，合成加速度 0.8G 以上，合成躍度 8G/s 以上としたもの [53] などがある．車両前後運動に限定したとき，減速度 0.6G 以上かつ減速時の躍度 2G/s 以上の場合，ブレーキ踏込時間に換算すると 300ms 以下，減速度 0.8G 以上かつ減速時の躍度 8G/s 以上の場合，ブレーキ踏込時間に換算すると 100ms 以下となる．

実験協力者のブレーキ G 頻度について，0.15G 以上の減速行動をブレーキ行動としたときの全ブレーキ行動に対する 0.3G 以上および 0.4G 以上のブレーキ行動割合を，図 3.21 に示す．図 3.21 より，個人差はあるが 0.4G 以上のブレーキ行動でも 1%未満程度となっており，0.6G や 0.8G といった大きな値は約 2 週間の日常の運転行動にほとんど含まれない．よって，日常の運転行動における不安全運転行動を検出するためには，減速度の閾値はこれらの値より下げる必要がある．

しかし，減速度の閾値を小さくすると，停止の際にブレーキを強めに踏んだ行動など，事故回避行動とは無関係のブレーキ行動が含まれるという問題がある [54]．そのため，ブレーキ踏込時間の閾値を既存研究 [53] の値をもとに 100ms 以下と小さい値に設定することで，ドライバが意図した急減速行動を抽出できると考えた．よって，本研究では，不安全運転行動検出のための閾値を，減速度 G が 0.3G 以上，かつ，ブレーキ踏込時間 T_B が 100ms 以下と定めた．

以上で定めた閾値により抽出した不安全運転行動数の全ブレーキ行動数に対する割合を図 3.22 に示す．図 3.22 より，HE2 は他の実験協力者より不安全運転行動の発生頻度が小さい，つまり，不安全運転行動を起こしにくいといえる．

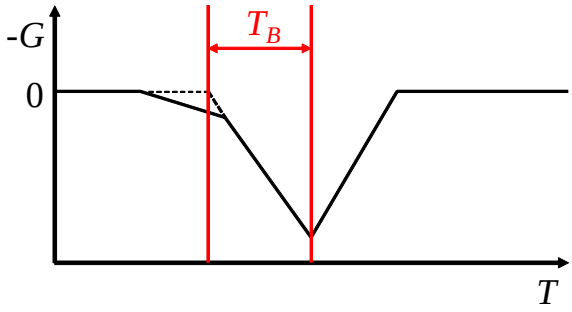


図 3.20　ブレーキ踏込時間の算出

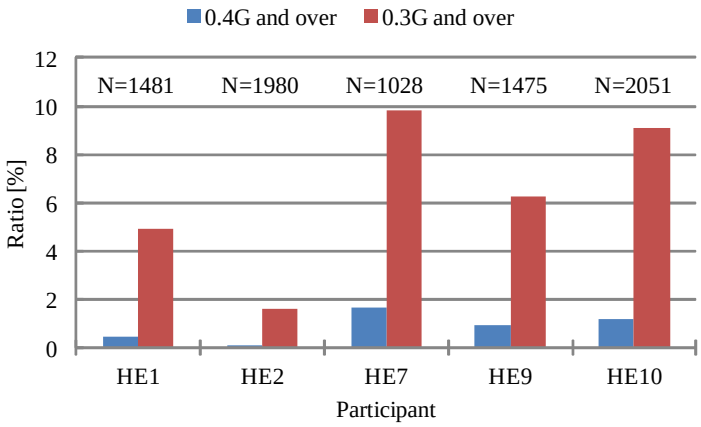


図 3.21　高齢運転者のブレーキ G 頻度
（N:全ブレーキ行動数）

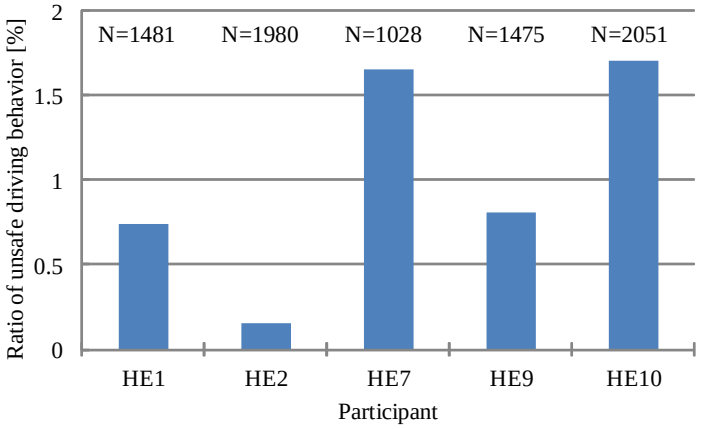


図 3.22　高齢運転者の不安全運転行動頻度
（N:全ブレーキ行動数）

3.6　認知能力低下と不安全運転行動の関連

3.6.1　基礎認知能力の低下と不安全運転行動

日常の運転行動を計測した 5 名の高齢運転者について，FAB と WMS-R，VFIT の結果をそれぞれ満点に対する正答率として正規化し，図 3.23 に示す．

まず，実行機能を司る前頭葉機能について，図 3.23 中 FAB の結果より，HE1 と HE2 は，HE7 と HE9，HE10 に比べて低下傾向にある．HE2 の不安全運転行動発生頻度は他の実験協力者に比べて小さいこと，HE1 の不安全運転行動発生頻度も HE7 と HE10 に比べて小さいことから，前頭葉機能の低下が直接的に不安全運転行動の発生に繋がるわけではないと考えられる．

次に，リスク知覚に必要と考えられる記憶力について，図 3.23 中 WMS-R の結果より，HE1 と HE2，HE9 は，HE7 と HE10 に比べて低下傾向にある．HE2 の不安全運転行動発生頻度は他の実験協力者に比べて小さいこと，HE1 と HE9 の不安全運転行動発生頻度も HE7 と HE10 に比べて小さいことから，記憶力の低下が直接的に不安全運転行動の発生に繋がるわけではないと考えられる．

最後に，ハザード知覚に必要と考えられる有効視野について，図 3.23 中 VFIT の結果より，HE9 は，HE1 と HE2，HE7，HE10 に比べて低下傾向にある．HE9 の不安全運転行動発生頻度は HE2 に比べて大きいものの，HE1 とは同程度，HE7 と HE10 に比べては小さく，有効視野の狭窄が不安全運転行動の一因である可能性はあるが，直接的に不安全運転行動の発生に繋がるわけではないと考えられる．

以上より，基礎認知能力の低下と不安全運転行動の直接的な関連は見られず，運転行動との対応を考えるためには，運転時認知能力の評価が必要である可能性がある．

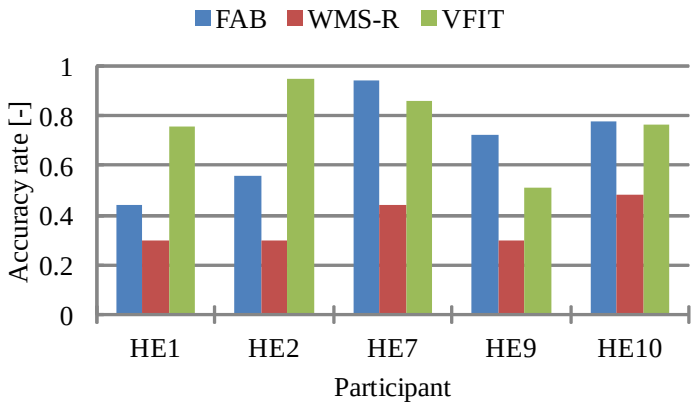


図 3.23　高齢運転者の基礎認知能力

3.6.2　運転時認知能力の低下と不安全運転行動

日常の運転行動を計測した 5 名の高齢運転者について，運転時認知能力の特性により分類するため，横軸にハザード知覚能力，縦軸にリスク知覚能力をとったグラフを図 3.24 に示す．

まず，HE2 はリスク知覚能力が高く，反対に，他の実験協力者 4 名はリスク知覚能力が低下しているといえる．図 3.22 より，HE2 以外の実験協力者 4 名の不安全運転行動発生頻度は，HE2 に比べて大きいことから，リスク知覚能力が低下すると不安全運転行動を起こしやすくなる可能性がある．

ただし，リスク知覚能力が最も低い，HE1 の不安全運転行動発生頻度は，HE7 と HE9，HE10 より小さくなっている．ここで，全ブレーキ行動における減速 G が 0.3G 以上のブレーキ行動発生頻度を図 3.25 に，ブレーキ踏込時間 T_B が 100ms 以下のブレーキ行動発生頻度を図 3.26 に示す．図 3.25 と図 3.26 より，HE1 は，HE7 と HE9，HE10 に比べて 100ms 以下のブレーキ行動発生頻度が大きいものの，0.3G 以上のブレーキ行動発生頻度は小さいことがわかる．HE1 は，HE7 と HE9，HE10 に比べてハザード知覚能力が高く，相手の発見が早いことから相手発見時の距離が大きくなり，大きな減速度が発生しないため不安全運転行動の発生頻度が小さくなっている可能性がある．加えて，図 3.22 より HE7 と HE10 の不安全運転行動発生頻度は HE1 より大きいことから，ハザード知覚能力が低下すると不安全運転行動を起こしやすくなる可能性がある．

リスク知覚能力が高い HE2 のハザード知覚能力は HE1 と同程度だが，図 3.22 より不安全運転行動発生頻度は HE1 に比べ小さくなっている．また，ハザード知覚能力が低い HE9 のリスク知覚能力は HE1 より高く，図 3.22 より不安全運転行動発生頻度は両者同程度になっている．よって，リスク知覚能力の向上により，ハザード知覚能力の低下を補い，不安全運転行動を抑止できる可能性がある．

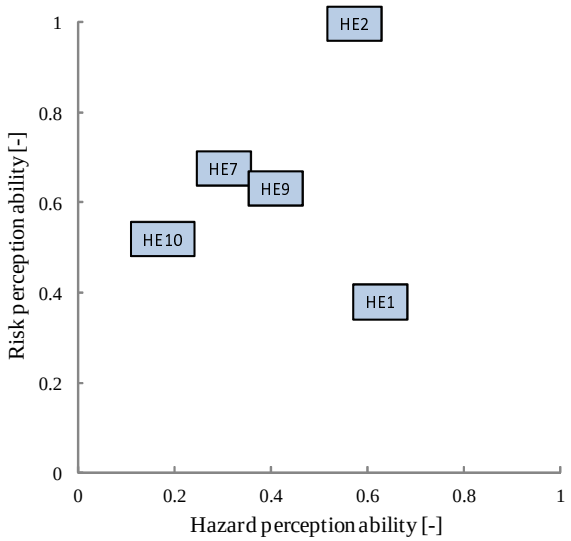


図 3.24　高齢運転者のハザード・リスク知覚能力

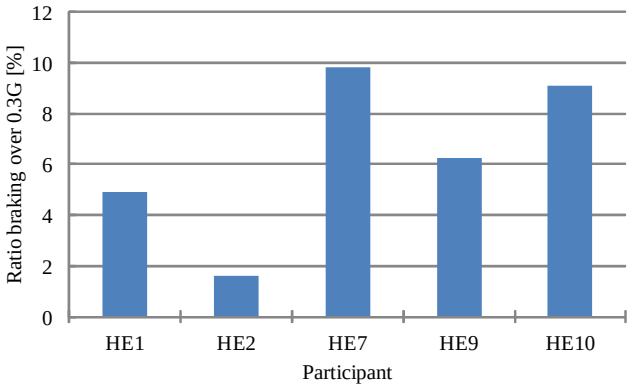


図 3.25　減速度 0.3G 以上のブレーキ行動発生頻度

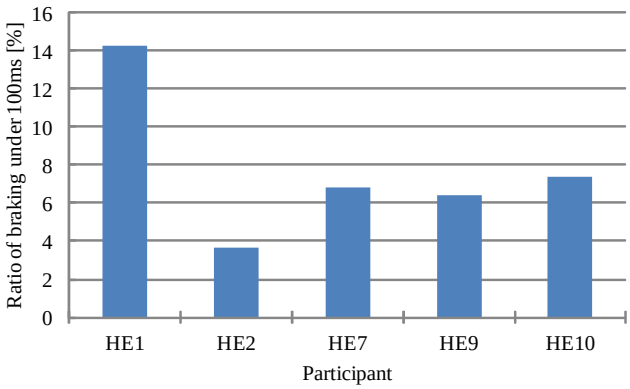


図 3.26　ブレーキ踏込時間 100ms 以下のブレーキ行動発生頻度

3.6.3　評価対象とする認知能力

まず，基礎認知能力の低下と不安全運転行動の直接的な関連は確認できなかった．

次に，運転時認知能力の低下と不安全運転行動の関連について，ハザード知覚能力やリスク知覚能力が低下すると不安全運転行動の発生頻度が大きくなる傾向が見られた．リスク知覚能力が突出して高い高齢運転者は不安全運転行動の発生頻度が特に小さく，リスク知覚能力を向上することで不安全運転行動を抑止できる可能性がある．また，リスク知覚能力の向上によりハザード知覚能力の低下を補える可能性がある．

以上より，本研究で評価対象とする認知能力として，リスク知覚能力を選定した．

3.7　本章のまとめ

評価対象とする認知能力を選定するため，認知能力低下と日常運転における不安全運転行動の関連を検討した．その結果，以下のことがわかった．

- ハザード知覚能力やリスク知覚能力が低いほど，不安全運転行動を起こしやすい
- リスク知覚能力の向上により，ハザード知覚能力の低下を補える可能性がある

よって，本研究では，日常の運転行動に基づきリスク知覚能力を評価することを目指す．

次章では，リスク知覚能力を評価するための運転行動指標を抽出する．

第４章

リスク知覚評価指標の抽出

4.1 はじめに

本章では，リスク知覚能力を評価するための運転行動指標を抽出する．そのため，リスク知覚能力を評価するための場面を定め，リスク知覚能力が高く，規範的な運転行動を行うと考えられる運転指導員の運転に基づき，リスク知覚評価指標を検討する．

4.2 リスク知覚評価指標の要件

リスク知覚過程の検討をもとに，リスク知覚評価指標の要件を定めた．

他車との衝突事故を考えたとき，ドライバは相手（衝突相手となり得る他者）と自身，両方の情報に基づきリスクを知覚すると考えられる．Brown らは，リスク知覚の入力要素は，ハザード知覚からの出力と，車両コントロール能力に関する自己評価の出力の 2 つであると述べており [34]，相手に関する情報は前者に，自身に関する情報は後者に対応すると考えられる．

まず，相手に関する情報について，ハザード知覚からの出力を衝突可能性のある相手とすると，その相手と自車が衝突するリスクを知覚するため，相手の将来の行動を予測する必要がある．具体的には，ハザードとなる相手の速度ベクトルを予測しなければならない．衝突のリスクを知覚するうえで，相手の次の行動を予測することは，相手が自車の動線上に現れる可能性を見積もることであり，リスク知覚過程を構成する一過程であると考えた．この過程を，本研究では「相手に対する行動予測」と呼び，また，相手に対して適切に行動を予測できる能力を「相手に対する行動予測」能力とする．

次に，自身に関する情報として，本研究では車両コントロール能力に関する自己評価の出力を「運転技能の自己評価」と呼ぶ．具体的には，自身の視野範囲や反応時間を見積もり，それに応じた安全確認や車両速度設定をする必要がある．衝突のリスクを知覚するうえで，自身の能力を見積もることは，自身が過失をおかす可能性を見積もることであり，リスク知覚過程を構成する一過程であると考えた．そして，自身の運転技能を適切に自己評価できる能力を，「運転技能の自己評価」能力とする．第 2 章 2.3 項で検討した運転行動モデルに，以上のリスク知覚過程を含めた運転行動モデルを図 4.1 に示す．

「相手に対する行動予測」能力の低下と「自身の運転技能評価」能力の低下，それぞれに対する運転支援の方策は異なると考えられる．よって，「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力を判別して評価できることを，リスク知覚評価指標の要件とした．

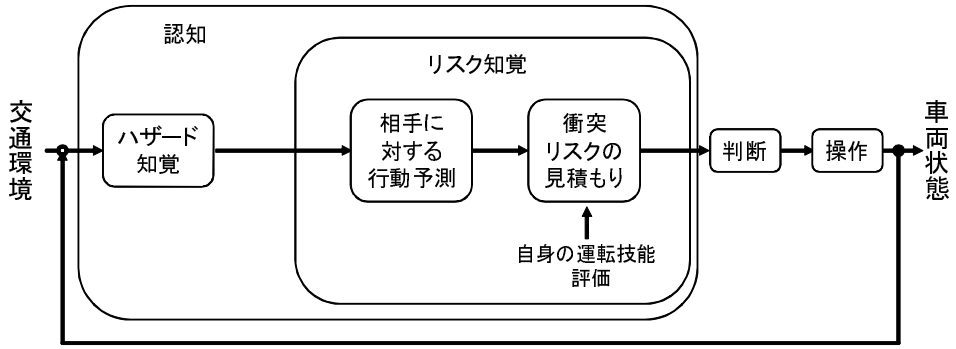


図 4.1　リスク知覚過程を細分した運転行動モデル

4.3　リスク知覚能力の評価方法

4.3.1　リスク知覚能力の評価場面

リスク知覚過程のうち「相手に対する行動予測」は，ハザード知覚の結果として知覚した衝突可能性のある相手に対するリスクを知覚する過程であり，ハザード知覚の影響を受ける．ハザード知覚能力の影響を受けずにリスク知覚能力を評価するには，ハザード知覚能力によらず知覚できるハザードに対するリスク知覚を評価する必要がある．

これに対し木村は，ドライビングシミュレータ（DS）の運転行動に基づきリスク知覚能力を評価する際，死角から現れる可能性のある潜在的ハザードに対するリスク知覚に注目し，無信号交差点における死角に対する左右確認行動により，潜在的ハザードに対するリスク知覚を評価できることを示した [36]．

交差点における死角はハザードとして知覚しやすいこと，死角の潜在的ハザードに対するリスク知覚の結果が左右確認と減速の行動に表れると考えられることから，本研究でも，死角のある無信号交差点通過時の左右確認と減速の行動に注目する．

死角のある無信号交差点では，死角の潜在ハザードとの出会い頭衝突事故のリスクを知覚すると考えられる．このとき，相手の行動に関わらず出会い頭衝突を避けるには，リスク知覚の結果として，相手を発見して停止できるような運転を行う必要がある．無信号交差点には優先関係がある場合が多く，非優先側の場合は，相手に対して自車が必ず停止できるよう，左右確認と減速をしなければならない．一方，優先側の場合は，以下に示す道路交通法第 36 条第 4 項の通り，左右確認や減速の方法について明示的な規定があるわけではなく，ドライバのリスク知覚能力が運転行動に表れやすい可能性がある．

- 道路交通法 第 36 条 第 4 項
  「車両等は，交差点に入ろうとし，及び交差点内を通行するときは，当該交差点の状況に応じ，交差道路を通行する車両等，反対方向から進行してきて右折する車両等及び当該交差点又はその直近で道路を横断する歩行者に特に注意し，かつ，できる限り安全な速度と方法で進行しなければならない．」

以上より，死角のある無信号交差点の非優先側，優先側ともにリスク知覚能力の評価場面として考える．リスク知覚評価指標の検討においては，非優先側通行時の運転行動に基づきリスク知覚評価指標を抽出し，優先側通行時における適用を考える．

4.3.2　死角のある環境におけるリスク知覚過程

4.2 節では，ハザード知覚の過程で衝突可能性のある相手を知覚し，「相手に対する行動予測」を行うという運転行動過程モデルを示した．しかし，図 4.2 のように死角のある環境を考えたとき，死角に存在する可能性がある相手はハザードとして顕在化しておらず，ハザード知覚の過程で知覚できるのは死角の存在だけである．そのため，「相手に対する行動予測」を行うため，リスク知覚過程の初期段階で，死角に存在する可能性がある相手を潜在的ハザードとして想起する必要がある．本研究では，この過程を「潜在的ハザードの知覚」と呼び，死角のある環境における運転行動モデルを図 4.3 のように定める．

交差点における「潜在的ハザードの知覚」は，交通量や周辺状況といったそれぞれの交差点ごとの通行経験に基づくドライバの知識や経験によるものと考えられる [37]．「潜在的ハザードの知覚」が行われない場合，左右確認や減速の行動を起こさないため，実路におけるリスク知覚能力評価において考慮する必要がある．

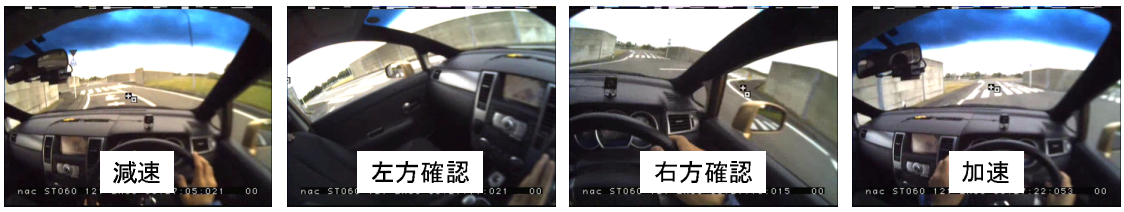


図 4.2　左右に死角のある無信号交差点における通過行動

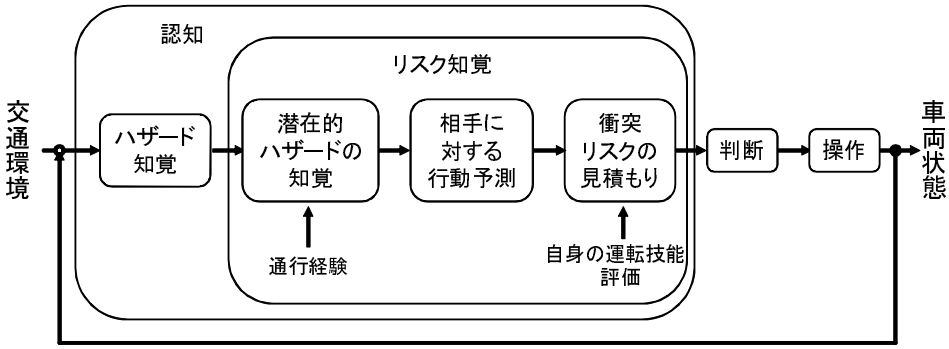


図 4.3　死角のある環境における運転行動モデル

4.4　リスク知覚評価指標の仮説

無信号交差点において，相手の行動に関わらず出会い頭衝突を避けるには，相手を発見した後，停止する必要がある．つまり，リスク知覚評価指標の要件は，相手を発見して停止する行動に基づき，「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力を判別して評価できることである．

「相手に対する行動予測」が適切な場合，相手となる潜在的ハザードが自車動線上に現れる可能性を高く見積もるため，死角を見通すための行動，自車が飛び出さないための行動を行うと考えられる．また，「自身の運転技能評価」が適切な場合，有効視野の狭窄により相手を見落としたり，反応時間の遅さにより停止が遅れたりする可能性を高く見積もるため，相手を見落とさないための行動，いつでも停止できるための行動を行うと考えられる．

以上を仮説とし，これらの行動を反映する運転行動指標を抽出し，リスク知覚評価指標として検討する．

4.5　リスク知覚評価指標の検討

4.5.1　検討のための評価環境とドライバ

まず，評価環境について，死角の潜在的ハザードに対するリスク知覚を検討するため，交通環境中の顕在的なハザードを死角に限定する必要がある．また，リスク知覚能力の要素のうち，「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力を評価対象としているため，「潜在的ハザードの知覚」を統制する必要がある．実環境でこれらを統制することは難しいため，統制環境における運転行動をもとに，リスク知覚評価指標の検討を行う．

統制環境として，ドライビングシミュレータ（DS）とテストコースが挙げられる．DSの場合，評価環境を準備しやすいうえ，天候に影響を受けず，実験協力者の安全を確保しやすいといった利点がある．ただし，車両速度や加速度の感覚がつかみにくいことによる減速行動への影響が不明確であるといった問題がある．そのため，ここでは実車運転行動を計測できる，テストコースを評価環境とした．

次に，リスク知覚評価指標を検討するドライバについて，無信号交差点非優先側において，相手を発見して停止できる運転行動を検討する必要があるため，リスク知覚能力が高く，規範的な運転を行っていると考えられる，運転指導員とした．

以上より，テストコースを評価環境とし，運転指導員の運転行動をもとにリスク知覚評価指標を検討する．具体的には，無信号交差点の非優先側通行時の運転行動に基づきリスク知覚評価指標を抽出し，優先側通行時における適用を考える．

4.5.2　テストコースにおける運転指導員の行動計測

テストコースとして，茨城県ひたちなか市にある，安全運転中央研修所内，模擬市街路を使用した．模擬市街路の全景と無信号交差点の位置および特徴を図 4.5 に示す．走行コースは各無信号交差点を通るよう，図 4.6 に示す通り，コース A，コース B，コース C の 3 通りを設定した．

実験車両は，TIIDA（日産自動車）にドライブレコーダシステム（DR）を設置したものを使用した．実験車両の外観を図 4.4 に示す．DR はデジタルハンズ製のものを設置しており，計測項目は第 3 章 3.5.2 項，表 3.4 および図 3.18 に示したものに準じる．また，運転中の視線移動を記録するため，第 3 章 3.4.3 項の図 3.9 に示す，ナックイメージテクノロジー製アイマークレコーダ EMR9 を実験協力者に装着した．

実験協力者は安全運転中央研修所に所属する運転指導員 6 名であり，実験協力者の情報を表 4.1 に示す．実験協力者に対し，コース内に他者が存在する可能性があること，交通規則に従った普段通りの運転を行うことを教示として与え，コース A，コース B，コース C をそれぞれ 4〜6 周走行させた．なお，本実験は東京大学大学院工学系研究科の倫理審査を受け承認されており，実験協力者には研究内容を説明し，インフォームド・コンセントを得た．

表 4.1 実験協力者（運転指導員）

	性別	年齢 [歳]	運転免許保有年数 [年]	運転頻度 [日/週]
HP1	男	43	25	7
HP2	男	33	17	7
HP3	男	43	25	7
HP4	女	39	20	7
HP5	男	41	23	7
HP6	男	36	17	7

図 4.4　実験車両の外観（TIIDA，日産自動車）

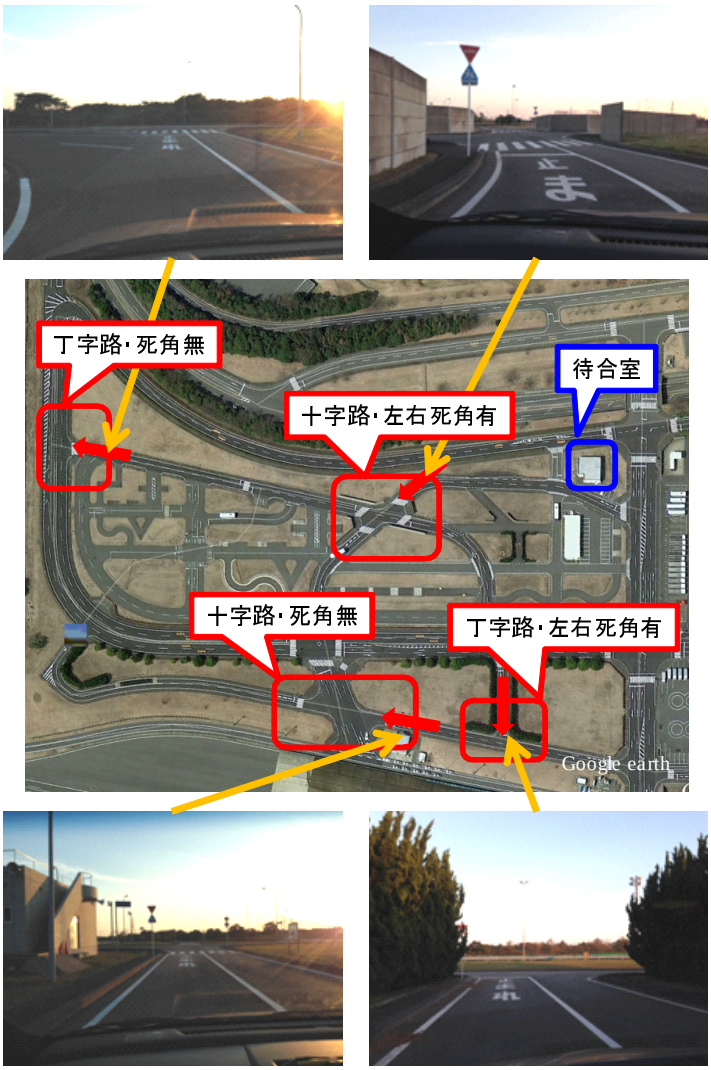


図 4.5　模擬市街路内の無信号交差点

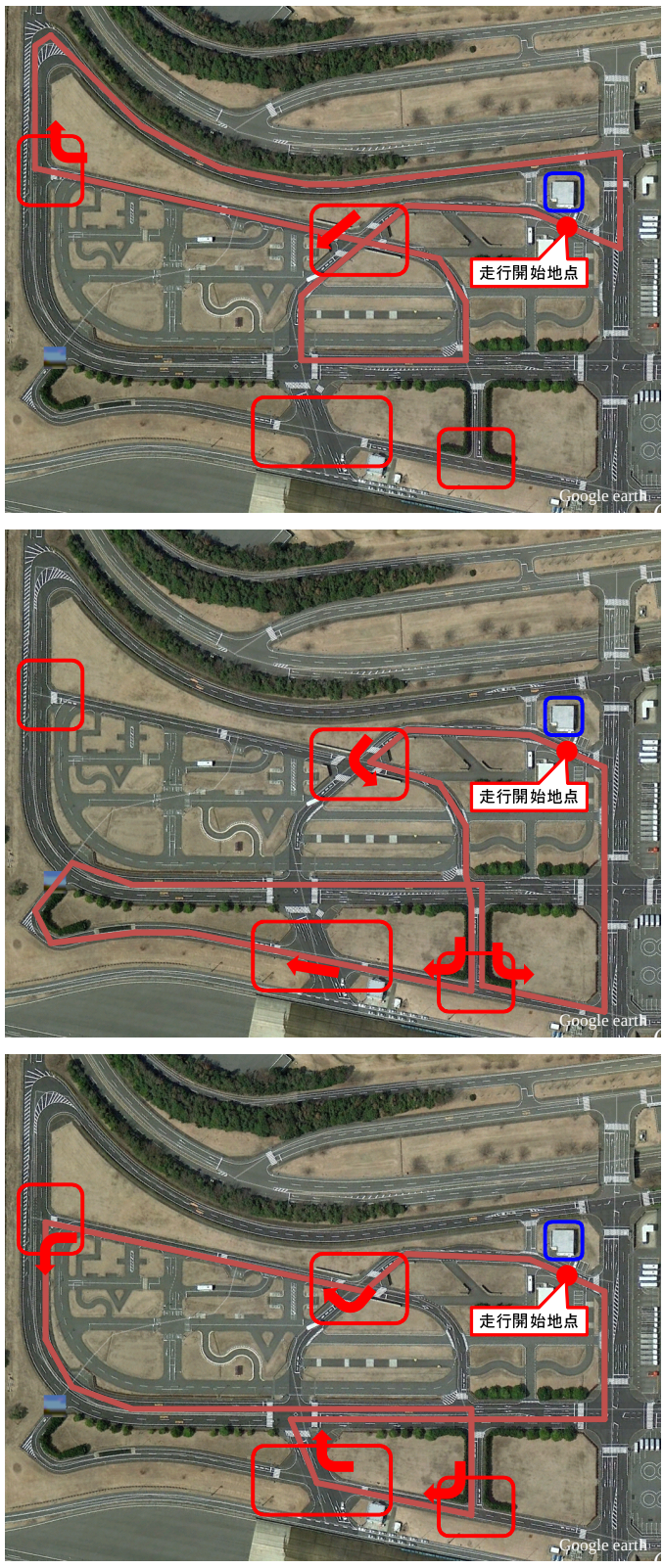


図 4.6 走行コース（上：コース A，中：コース B，下：コース C）

4.5.3　運転指導員の非優先側通過行動

運転指導員に共通する運転行動の特徴を抽出するため，運転指導員の無信号交差点非優先側通行時における運転行動の特徴を整理した．ここでは，左右確認における首振り方向を判別しやすいこと，減速行動が右左折のためでなく左右確認のためであるといえることから，図 4.5 の中央付近に位置する十字路において，図 4.7 のように優先側を直進する際の運転行動に注目した．

リスク知覚の結果は，左右確認と減速の行動として車両速度設定やペダル操作，左右確認に表れると考え，運転指導員 6 名のコース A における 3 周目の走行について，車両速度，ペダル操作，首振り方向の推移を，図 4.9 から図 4.14 にそれぞれ示す．左右確認の指標としてアイマークレコーダにより視線移動を記録したが，一部のデータが西日の影響で欠落していたため，ここでは代わりに首振り方向を示した．首の振り始めから振り終わりまでを首振りとし，アイマークレコーダの動画に基づき首振り方向を判定した．なお，3 周目のデータを取り上げた理由は，1 周目と 2 周目の走行を練習走行としたためである．

各図は，横軸に停止線を 0m とした距離，左の縦軸に車両速度，右の縦軸にペダル操作（正値：アクセルペダル踏込，負値：ブレーキペダル踏込）と首振り方向（1：右方向，-1：左方向）をとった．青マーカが車両速度，緑マーカがペダル操作，赤マーカが首振りに対応し，黒い破線の縦棒が左方向の死角消失点，黒い実線の縦棒が右方向の死角消失点を示す．死角消失点は図 4.8 の通りである．左右で死角消失点が異なるのは，図 4.8 の通り，この交差点の交差角が 90 ° でないためである．

まず，左右確認の行動について，図 4.9 から図 4.14 より，6 名とも一時停止後，死角端を注視して死角からの飛出しがないことを確認し，その後，左右の死角消失点まで死角を覗き込むようにして確認を行っていた．確認回数など，左右間に確認の偏りは見られず，左右ともに注意を配りながら確認を行っていた．

次に，減速行動について，HP2 を除く 5 名は一時停止後，確認中はブレーキペダルに足を乗せながら徐行し，死角に対する確認を終えてから，交差点退出のための加速を開始していた．図 4.12 より，HP4 は徐行中ブレーキペダルを踏み込んでいないが，動画を確認したところブレーキペダルの構え行動を行っていた．図 4.10 より，HP2 は完全に一時停止していなかったものの一時停止線通過後の運転行動の特徴は他の 5 名と共通していた．

以上より，無信号交差点非優先側通行時の左右確認と減速の行動について，運転指導員 6 名に共通した特徴を図 4.15 に模式化して示した．ただし，一時停止について，完全に一時停止を行わない運転指導員もおり，相手との衝突を防ぐうえで完全な一時停止は必須でない可能性がある．

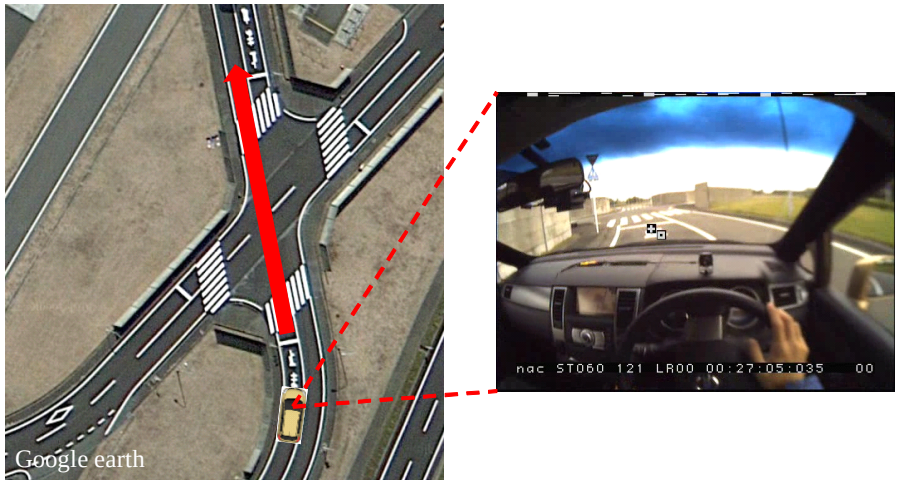


図 4.7 無信号交差点・非優先側の直進

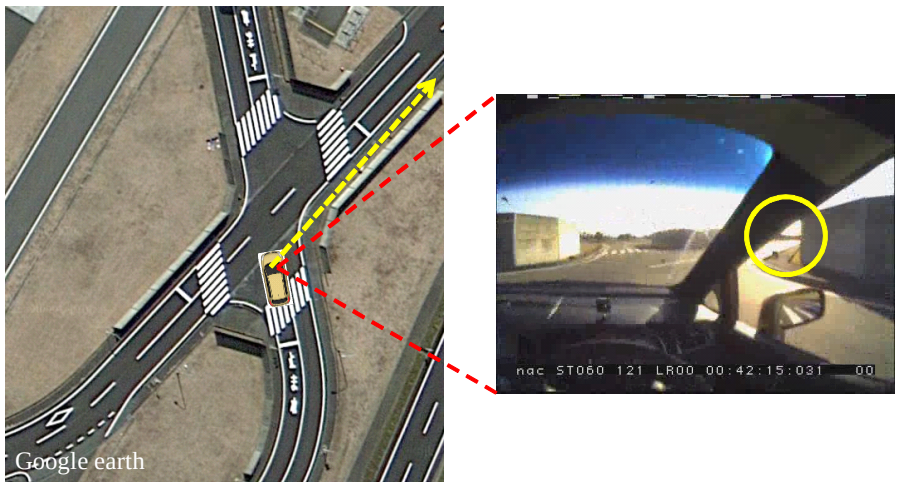


図 4.8 死角消失点とドライバーからの見え方

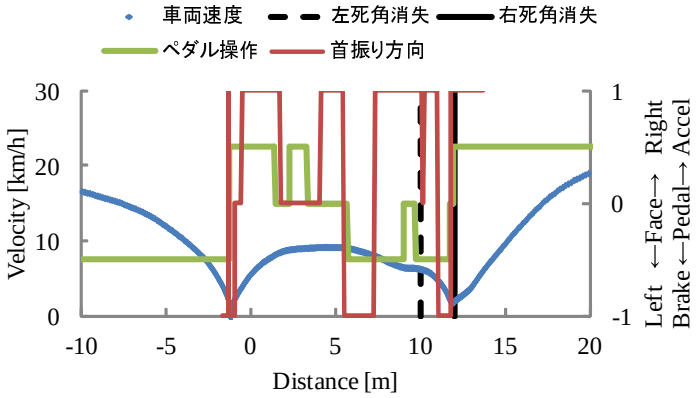


図 4.9 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP1）

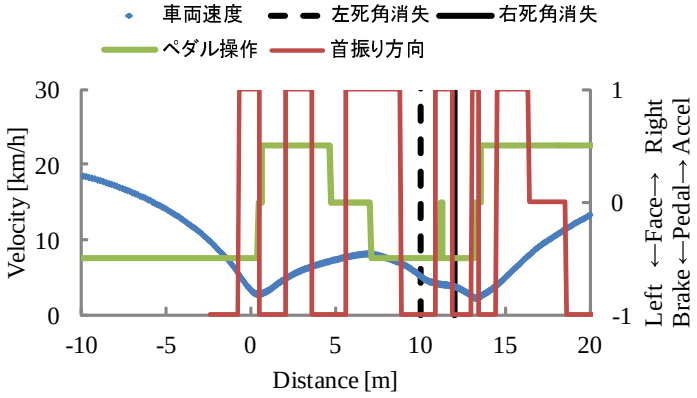


図 4.10 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP2）

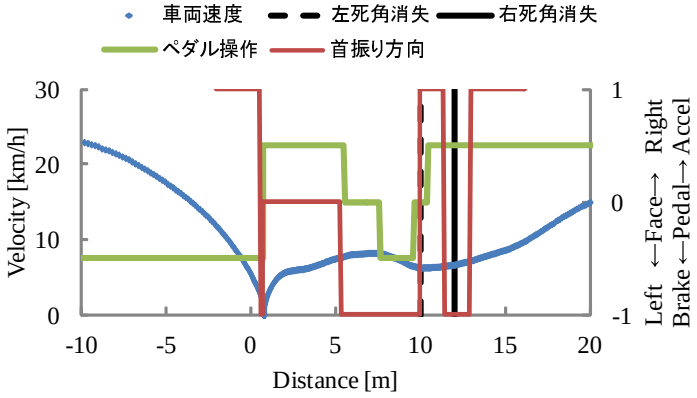


図 4.11 無信号交差点・非優先側における運転行動（HP3）

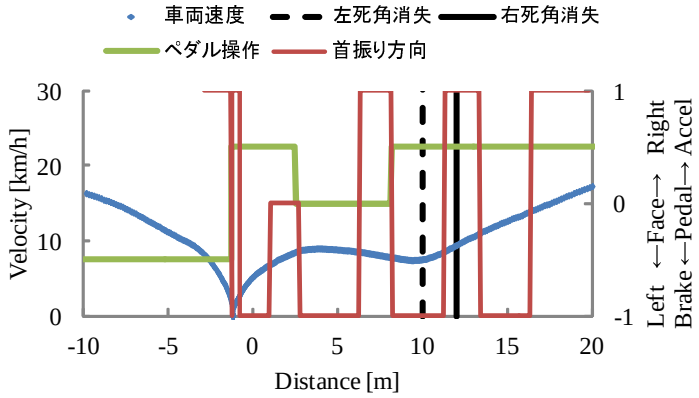


図 4.12　無信号交差点・非優先側における運転行動（HP4）

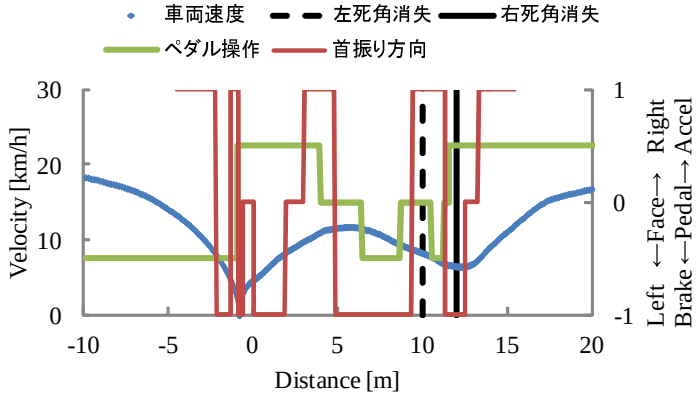


図 4.13　無信号交差点・非優先側における運転行動（HP5）

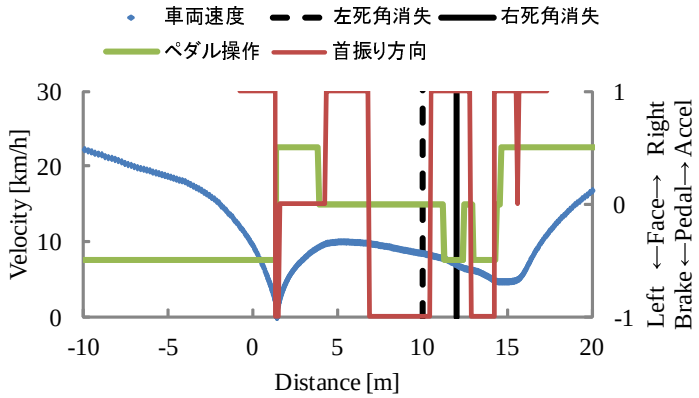


図 4.14　無信号交差点・非優先側における運転行動（HP6）

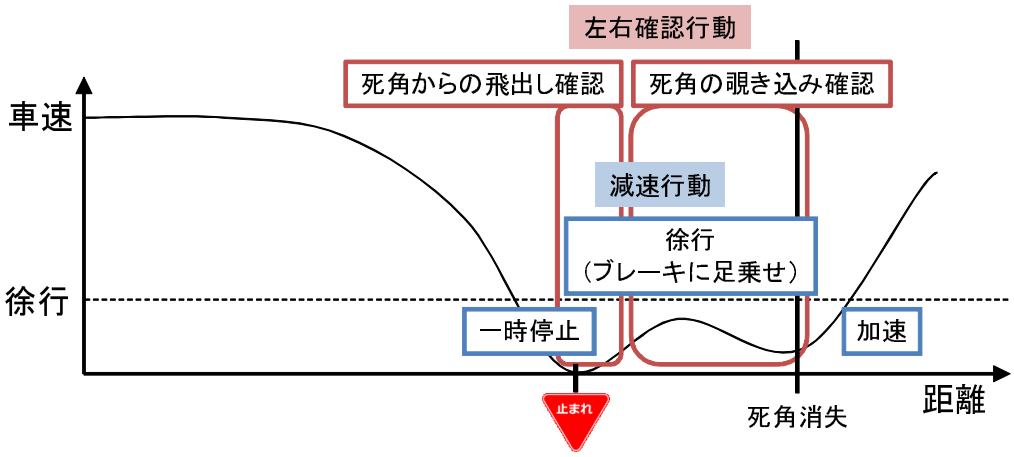


図 4.15　無信号交差点・非優先側における規範的な運転行動

4.5.4　リスク知覚評価指標の抽出

4.4 項で述べた通り，無信号交差点において相手の行動に関わらず出会い頭衝突を避けるには，相手を発見した後，停止する必要がある．運転指導員は無信号交差点の非優先側通行時，相手を発見した場合必ず停止できる行動をとっていると考えられるため，前項で整理した運転指導員の非優先側通過行動の特徴に基づき，リスク知覚評価指標を抽出した．

「相手に対する行動予測」が適切な場合，相手となる潜在的ハザードが自車動線上に現れる可能性を高く見積もるため，死角を見通すための行動，自車が飛び出さないための行動を行うと考えた．これに対し，図 4.15 において，死角を見通すための行動として，死角消失点まで減速しながら左右確認を継続していたと考えられる．また，自車が飛び出さないための行動として，死角消失点に対して減速を行い，死角消失点まで減速を継続していたと考えられる．

「自身の運転技能評価」が適切な場合，有効視野の狭窄により相手を見落としたり，反応時間の遅さにより停止が遅れたりする可能性を高く見積もるため，相手を見落とさないための行動，いつでも停止できるための行動を行うと考えた．これに対し，図 4.15 において，相手を見落とさないための行動として，左右確認中は減速していたと考えられる．また，いつでも停止できるための行動として，左右確認中は減速し，ブレーキペダルに足を乗せながら左右確認を行っていたと考えられる．

以上より，リスク知覚能力を評価するための運転行動指標を以下の通り抽出した．また，相手の発見とその後の停止におけるこれらの行動の位置づけを整理し，表 4.2 に示す．

「相手に対する行動予測」能力の評価指標

- 死角消失点に対する減速
- 死角消失点までの左右確認と減速の継続
- 減速の程度

「自身の運転技能評価」能力の評価指標

- 左右確認中のペダル操作における構え行動
- 減速の程度

「相手に対する行動予測」能力に対する評価指標である死角消失点に対する減速，死角消失点までの左右確認と減速の継続，「自身の運転技能評価」能力に対する評価指標である左右確認中のペダル操作における構え行動は，ドライバが「相手に対する行動予測」と「自身の運転技能評価」，それぞれの過程の結果に基づいた行動を行おうとする意図を反映する運転行動指標であると考えられ，両過程を判別して評価することができる．ただし，「相手に対する行動予測」が不適切な場合，リスク知覚におけるその後の過程に遷移しないため，「自身の運転技能評価」能力は評価することは難しい．

一方，減速の程度は，「相手に対する行動予測」と「自身の運転技能評価」を経た，リスク知覚過程全体の結果を反映する運転行動指標であると考えられる．死角に対する確認を行うという前提のもと，減速の程度における評価が高い，つまり，相手を発見した場合に停止できる車両速度設定であれば，衝突を防ぐうえでのリスク知覚能力は十分だと考えられる．ただし，「相手に対する行動予測」能力が低く，死角に対する確認を行わない場合はそもそも相手を発見することができないため，減速の程度だけではリスク知覚能力を評価できない．

以上より，図 4.16 に示すように，「相手に対する行動予測」能力，「自身の運転技能評価」能力の順に評価し，死角消失点まで左右確認を継続していた場合，減速の程度からリスク知覚能力が十分であるか評価する．なお，減速の程度については評価基準の設定が必要であり，次章で述べる．

表 4.2 相手発見と停止における行動目標と運転行動

	「相手に対する行動予測」	「自身の運転技能評価」
相手発見	○死角を見通す行動 ・死角消失点まで左右確認 ・左右確認のため減速	○相手を見落とさない行動 ・減速して左右確認
停止	○自車が飛び出さない行動 ・死角消失点に対し減速 ・死角消失点まで減速	○いつでも停止できる行動 ・左右確認中は ブレーキペダルに足乗せ ・左右確認中は減速

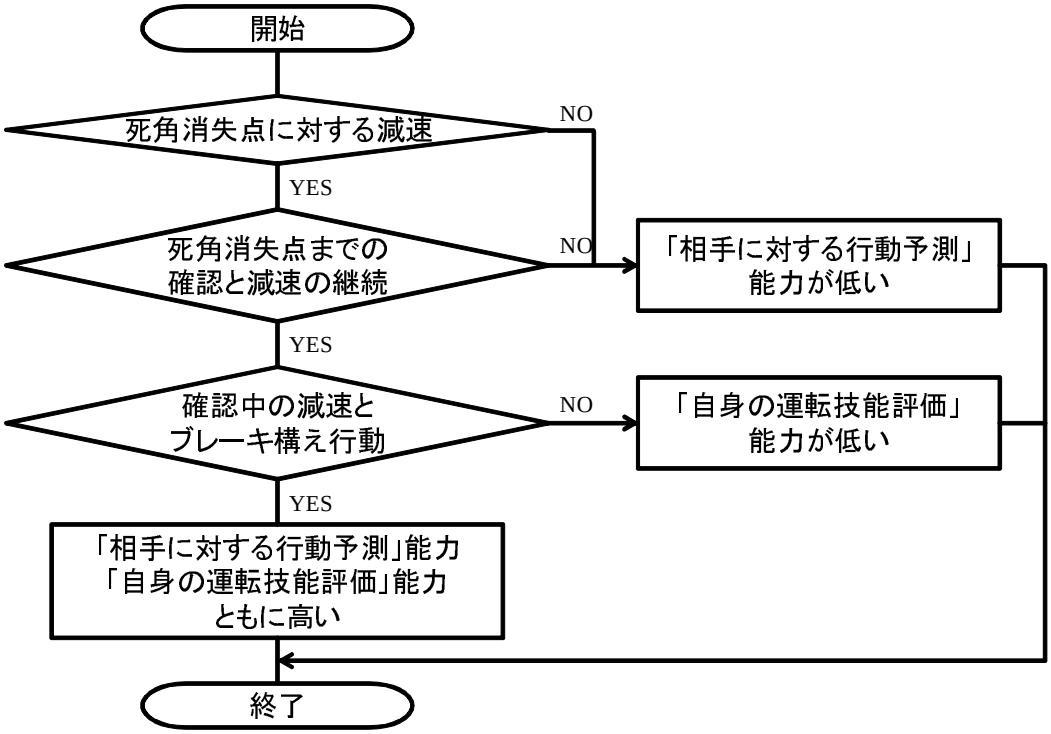


図 4.16 リスク知覚評価指標に基づく評価手順

4.5.5　優先側通行時における適用

左右確認や減速の方法に明示的な規定のない優先側通行時は，ドライバのリスク知覚能力が運転行動に表れやすい可能性がある．ここでは，前項で抽出したリスク知覚評価指標について，優先側通行時の運転行動に適用できるか，また，相手に対して必ず止まれる行動を行う必要があるか，前節で抽出した指標に基づき運転指導員の運転において定性的な検討を行った．

図 4.5 の中央付近に位置する十字路において，図 4.17 のように優先側を直進する際の運転行動に注目した．運転指導員 6 名のコース A における 3 周目の走行について，車両速度，ペダル操作，首振り方向の推移を，図 4.18 から図 4.23 に示す．

各図は，横軸に停止線を 0m とした距離，左の縦軸に車両速度，右の縦軸にペダル操作（正値：アクセルペダル踏込，負値：ブレーキペダル踏込）と首振り方向（1：右方向，-1：左方向）をとった．青マーカが車両速度，緑マーカがペダル操作，赤マーカが首振りに対応し，黒い破線の縦棒が右方向の死角消失点，黒い実線の縦棒が左方向の死角消失点を示す．

まず，左右確認の行動について，図 4.18 から図 4.23 より，HP1 と HP2，HP4，HP6 は，死角からの飛出しがないことを確認し，その後，左右の死角消失点まで死角を覗き込むようにして確認を行っていた．確認回数など，左右間に確認の偏りは見られず，左右ともに注意を配りながら確認を行っていた．ただし，図 4.21 より，HP4 は右方向の死角に対し，右の死角消失通過後約 5m と，他の 3 名より進行方向奥側となっていた．図 4.20 より，HP3 は右方向に対する確認を行っていなかった．図 4.22 より，HP5 は右方向の死角に対し，死角消失点前に確認を終了していた．HP3 と HP5 について，右方向の死角に対する確認が不十分である点が共通している．図 4.17 に示した通り，評価に用いた交差点は直角交差でなく，左方向に比べて右方向に対して，より大きく首を振らなければ死角に対して確認できない．

次に，減速行動について，HP3 を除く 5 名は死角消失点に対して減速し，確認中はブレーキペダルに足を乗せながら徐行し，死角に対する確認を終えてから，交差点退出のための加速を開始していた．特に，図 4.19 より，HP2 は停止線に対し減速し，その後死角消失点まで徐行しており，非優先側通行時と同じように交差点を通過していた．図 4.20 より，HP3 は死角消失点に対してほとんど減速しておらず，アクセルペダルを踏み込みながら交差点を通過していた．

以上の通り，無信号交差点優先側通行時の運転行動は運転指導員間でもばらつきが大きいものの，運転指導員 6 名中 4 名に共通した特徴として，運転指導員の無信号交差点優先側通過時の左右確認と減速の行動を，図 4.24 のように模式化した．図 4.24 に模式化した特徴より，「相手に対する行動予測」に基づく運転行動について，死角を見通すための行動として死角消失点まで減速しながら左右確認を継続し，また，自車が飛び出さないための行動として死角消失点に対して減速を行い，死角消失点まで減速を継続していた．「自身の運転技能評価」に基づく運転行動について，相手を見落とさないための行動として左右確認中は減速しており，また，いつでも停止できるための行動として左右確認中は減速し，ブレーキペダルに足を乗せながら左右確認を行っていた．

よって，運転指導員の非優先側通過行動に基づき抽出したリスク知覚評価指標は，優先側通行時に対しても適用できると考えられる．

ここで，停止線に対して減速してから死角消失点に対する確認と減速を行っていた HP2 と，死角消失点に対して確認と減速を行わなかった HP3 について，非優先側通行時の運転行動を比較した．本章 4.5.3 項に示した図 4.10 より，HP2 は非優先側通行時，完全に一時停止しない唯一の運転指導員だった．一方，図 4.11 より，HP3 は非優先側通行時，HP2 を除く他の運転指導員と同様に完全に一時停止していた．このように，優先側通行時は，非優先側通行時の交通規則遵守だけでは評価できない，ドライバのリスク知覚能力が表れやすい運転場面であると考えられる．

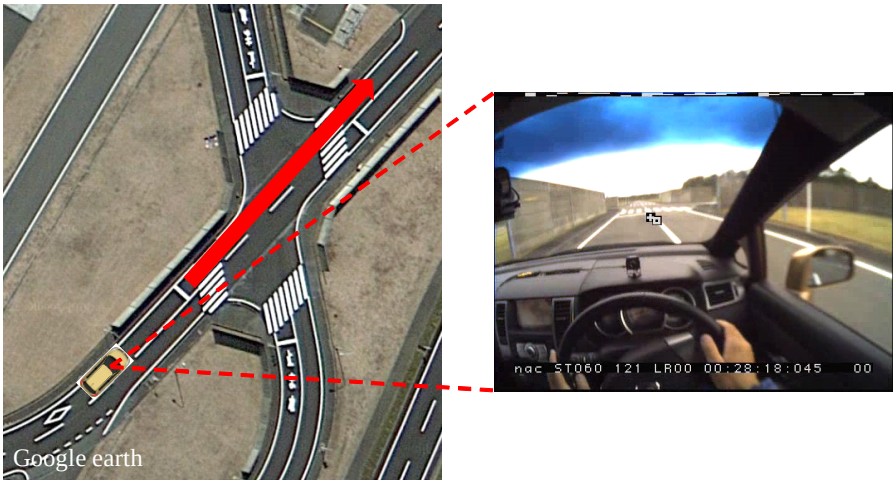


図 4.17 無信号交差点・優先側の直進

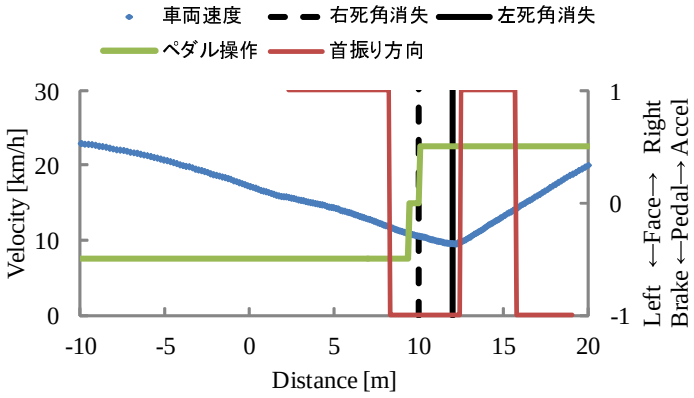


図 4.18　無信号交差点・優先側における運転行動（HP1）

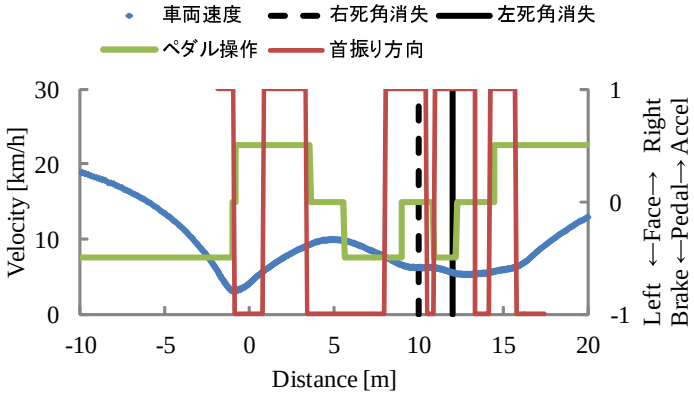


図 4.19　無信号交差点・優先側における運転行動（HP2）

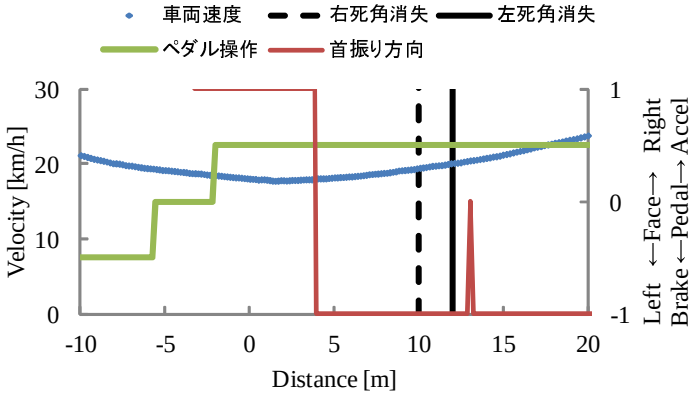


図 4.20　無信号交差点・優先側における運転行動（HP3）

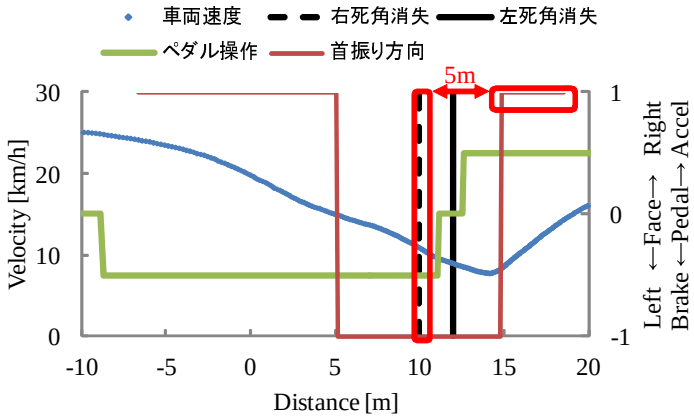


図 4.21　無信号交差点・優先側における運転行動（HP4）

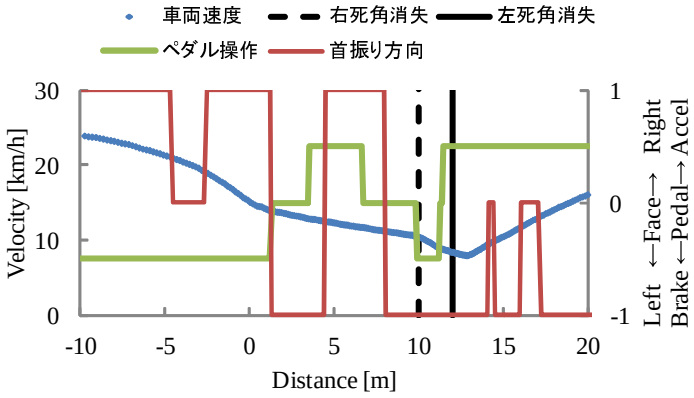


図 4.22　無信号交差点・優先側における運転行動（HP5）

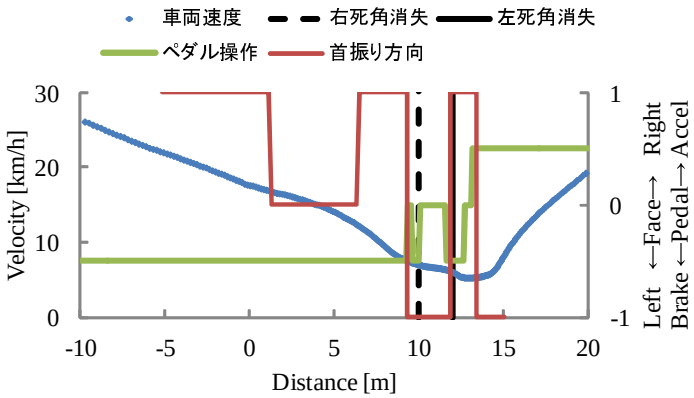


図 4.23　無信号交差点・優先側における運転行動（HP6）

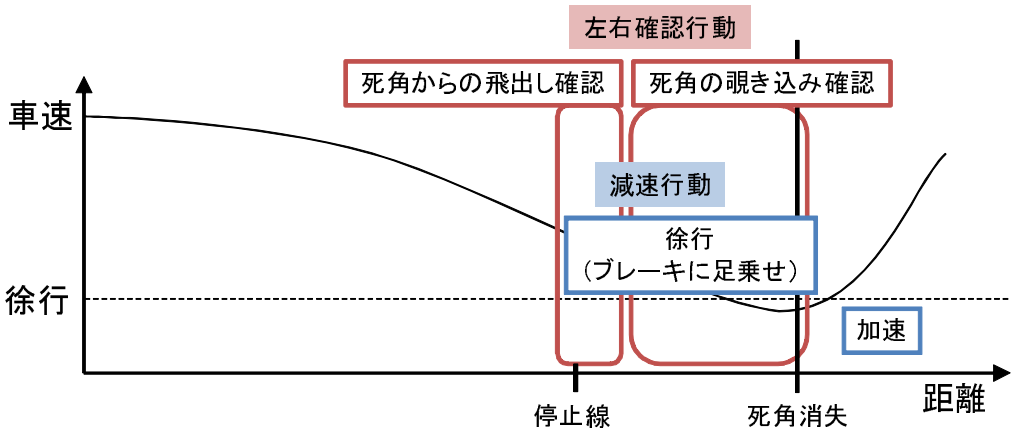


図 4.24　無信号交差点・優先側における規範的な運転行動

4.6　本章のまとめ

本章では，運転行動に基づきリスク知覚能力を評価するため，無信号交差点における死角の潜在的ハザードに対するリスク知覚に注目した．相手を発見して停止する行動に基づき，「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力を判別して評価することを目標と定め，無信号交差点における運転指導員の非優先側通過行動をもとに，リスク知覚評価指標として以下を抽出した．

「相手に対する行動予測」能力

- 死角消失点に対する減速
- 死角消失点までの左右確認と減速の継続
- 減速の程度

「自身の運転技能評価」能力

- 左右確認中のペダル操作における構え行動
- 減速の程度

左右確認や減速の方法に明示的な規定のない優先側通行時は，ドライバのリスク知覚能力が運転行動に表れやすいと考え，評価場面として検討した．運転指導員の優先側通過行動より，抽出したリスク知覚評価指標は優先側でも適用できると考えられるが，左右確認や減速を行わない運転指導員もおり，ドライバのリスク知覚能力が運転行動に表れたと考えられる．

次章では，これらのうち減速の程度について，評価基準を設定する．

第５章

リスク知覚評価指標の基準設定

5.1 はじめに

本章では，前章でリスク知覚評価指標として抽出した減速の程度に対し，評価の基準を設定する．そして，運転指導員の運転に基づき，設定した基準の妥当性と，優先側通行時における適用を検討する．

5.2 減速の程度に対する基準

5.2.1 基準設定の要件

無信号交差点において相手の行動に関わらず出会い頭衝突を避けるには，相手を発見した後，停止する必要がある．そのため，無信号交差点におけるリスク知覚評価指標の要件は，リスク知覚に基づく運転行動が相手を発見して停止するうえで十分であるか評価できることである．

死角のある無信号交差点では，「相手に対する行動予測」に基づき，”自車が飛び出さない”車両速度まで減速すること，”死角を見通す”ことで相手が自車動線上に現れる可能性がなくなってから加速することが必要となる．また，「自身の運転技能評価」に基づき，”いつでも停止できる”よう相手発見から停止までの反応時間に応じた車両速度まで減速すること，”相手を見落とさない”よう必要な確認時間を確保できる車両速度まで減速すること，左右確認を終えてから加速することが必要となる．

以上より，相手を発見して停止するための減速の程度に対する基準値として，減速終了点と，減速終了点に至るまでの車速上限値を定める．

5.2.2　基準設定における条件

無信号交差点の環境として，図 5.1 に示すように，左右両方向に死角がある場合を考える．また，相手は一定速度 V_P で交差道路を進行するものとする．

自車の行動について，相手を発見するため，死角消失点まで左右の死角に対する確認を継続することを前提とする．このとき，発見した相手に対し余裕をもって停止できること，緊急ブレーキで停止できることなど，様々な状況設定が考えられる．ここでは，リスク知覚の結果に基づく運転行動が，相手を発見して停止するために十分であるか，不十分であるか評価するため，緊急ブレーキで停止できることを条件とする．つまり，交差点に進入しながら左右の死角に対する確認を行い，相手を知覚後に緊急ブレーキ行動をとったとき，自車正面が相手側面に到達せず停止できることを自車に対する条件として設定する．

まとめると，左右に死角のある無信号交差点において，左右の死角に対する確認中に交差道路を一定速度 V_P で進行する相手を知覚後，緊急ブレーキ行動により自車正面が相手側面に到達せず停止できることを条件とする．

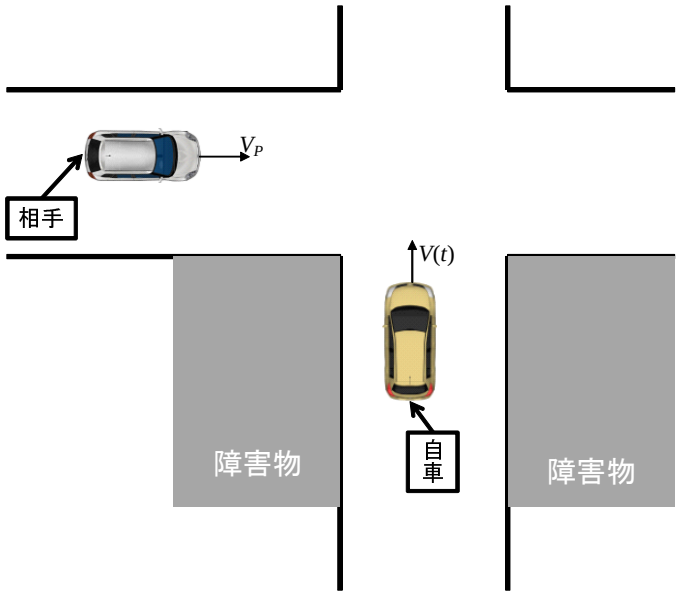


図 5.1　左右に死角のある無信号交差点

5.2.3　基準の設定

減速終了点

「自身に対する行動予測」が適切である場合，”相手を見落とさない”よう死角に対する確認を終えてから加速すると考えられるため，減速終了点は確認終了点と言い換えることができる．「相手に対する行動予測」が適切である場合，”死角を見通す”確認を行うと考えられるため，交差点における交差道路の見通しが十分確保できたときが確認終了点である．交差点の見通しがどの程度であれば確認を終了してよいか検討するため，交差点の見通しを決定する要素として，図 5.2 のように死角端の位置を考える．

図 5.2 に示す通り，自車速度を $V(t)$，自車正面から相手側面までの距離を $D(t)$，死角の見通し距離を $L(t)$，相手側面から死角端までの距離を d，自車側面から死角端までの距離を l とおく．

図 5.2 において，衝突点に対する自車の衝突余裕時間 $V(t)/D(t)$ が，衝突点に対する相手の衝突余裕時間 $V_P/L(t)$ より小さければ自車は相手より先に交差点を通過でき，この条件を式 5.1 に示す．ここで，図 5.2 中，自車と相手，衝突点からなる三角形と，自車と死角端，点 A からなる三角形を近似的に相似と見なすと式 5.2 が得られ，式 5.2 を変形すると式 5.3 が導かれる．そして，式 5.3 を式 5.1 に代入することで，式 5.4 に示す通り，自車正面から相手側面までの距離における減速終了点が導かれる．

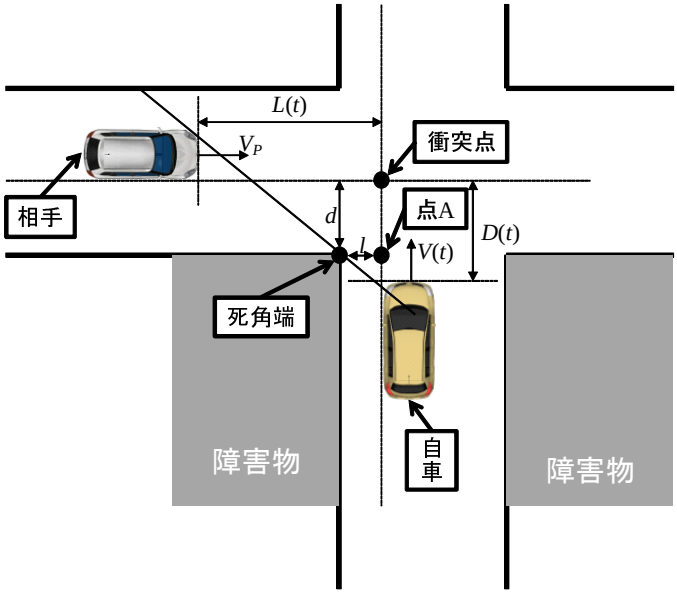


図 5.2 変数の設定

$$\frac{V(t)}{D(t)} < \frac{V_P}{L(t)} \tag{5.1}$$

$$L(t) : D(t) = l : \{D(t) - d\} \tag{5.2}$$

$$L(t) = \frac{lD(t)}{D(t) - d} \tag{5.3}$$

$$D(t) < d + \frac{V(t)}{V_P} \tag{5.4}$$

車速上限値

自車正面が相手側面に到達せず停止するためには，第 3 章 3.5.3 項で検討したように，自車の空走距離と制動距離の和が，自車正面から相手側面までの距離 $D(t)$ より小さければよい．空走距離に関わる空走時間を検討すると，死角に対する左右確認において，片方向に対して確認している時間は，もう一方向に対してよそ見している時間，つまり，無確認時間となる．そのため，空走時間として反応時間とブレーキ踏込時間に加え，無確認時間を考慮する必要がある．

以上より，無確認時間を T_{NC}，反応時間を T_R，ブレーキ踏込時間を T_B，また，発生可能な減速度を G とおくと，条件は式 5.5 で表される．そして，車速上限値は，式 5.5 を満たす解として式 5.6 のように導かれる．

まとめると，式 5.4 で表される減速終了点以前に式 5.6 で表される車速上限値を超過した場合，相手を発見しても停止できない可能性があることを意味する．

$$D(t) > V(t)(T_{NC} + T_R + T_B) + \frac{V(t)^2}{2G} \tag{5.5}$$

$$V(t) < \sqrt{\{G(T_{NC} + T_R + T_B)\}^2 + 2GD(t)} - G(T_{NC} + T_R + T_B) \tag{5.6}$$

5.3　減速終了点と車速上限値を定める変数値の検討

5.3.1　概要

まず，減速終了点を定める式 5.4 において，相手側面から死角端までの距離 d，自車側面から死角端までの距離 l は，接触を想定する相手と自車の位置，交差点形状に基づく死角端の位置から定まる．また，相手速度 V_P は想定する相手の属性により定まる．

次に，車速上限値を定める式 5.6 において，発生可能な減速度 G は路面状態から定まるが，無確認時間 T_{NC}，反応時間 T_R，ブレーキ踏込時間 T_B は個人ごとの特性により異なる可能性がある．

よって，無確認時間 T_{NC}，反応時間 T_R，ブレーキ踏込時間 T_B の値について検討した．

5.3.2　無確認時間

左右両方向に死角がある交差点を考え，左方の死角に対する確認に注目したとき，右方の死角に対する確認時間が無確認時間となる．このとき，無確認時間の構成要素は図 5.3 に示す通り，左方向から右方向に顔を向ける首振時間 T_{S1}，右方向を注視し確認する注視時間 T_H，右方向から左方向に顔を向き直す首振時間 T_{S2} である．なお，T_{S1} と T_{S2} は個人内で大きな差がないと考え，ここでは両者とも左右間の片道首振時間と呼び，左方向から右方向，または，右方向から左方向の片道における，首の振り始めから振り終わりまでの時間とする．

以上をまとめると，無確認時間の構成要素は，左右間の往復首振時間と注視時間である．

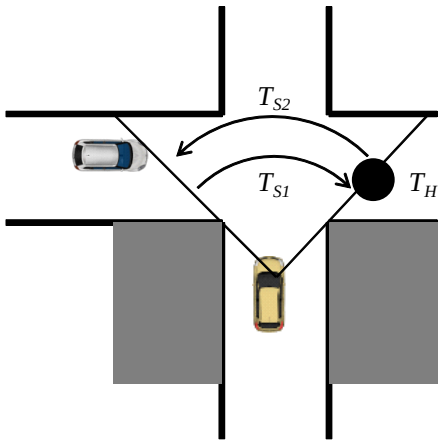


図 5.3 無確認時間 T_{NC} の構成要素

左右間の往復首振時間

ドライビングシミュレータ（DS）や模擬市街路の運転行動に対する動画分析から，首振時間の加齢に伴う変化は大きくないと考え，運転指導員と高齢運転者で定量的な比較を行った．このとき，左右確認における首振り方向を判別しやすいことから，無信号交差点十字交差点通過時の運転行動を対象とした．また，直角交差の十字交差点であれば，左から右への首振時間と右から左への首振時間は大きく変わらないと考えられ，個人ごとの首振時間を把握しやすい．模擬市街路の無信号十字交差点は図 4.5 より直角交差でないため，直角交差の交差点における死角に対する確認行動を計測した，DS における運転行動（第 3 章 3.4.3 項）に注目した．

ここでは，リスク知覚能力測定のために計測した，死角に対する確認行動を分析した．運転指導員のデータは，HP1 と HP2，HP4，HP5 の 4 名について，先行研究 [37] で計測したものを用いた．分析対象の交差点は，第 3 章 3.4.3 項の図 3.12 中，「⑱一時停止直進」の無信号十字交差点である．この交差点の外観は，第 3 章 3.4.3 項の図 3.13 に示している．

無信号交差点の死角に対する左右確認は，第 4 章 4.5.3 項，および，4.5.3 項の分析より，死角からの飛出し確認と，死角の覗き込み確認に分けることができる．死角からの飛出し確認に比べ，死角の覗き込み確認は左右間の首振量が大きいため，死角の覗き込み確認における首振時間を分析した．

首振量は交差点の見通しが大きくなるほど増加し，また，車両速度に依存する可能性もあるため，運転指導員について図 5.4 から図 5.7 の左のグラフ，高齢運転者について図 5.8 から図 5.11 の左のグラフに，車両速度推移とともに距離軸上に左右間の片道首振時間を示した．各図中，右のグラフは視線移動推移として，アイマークレコーダにより計測した水平方向視線角度を距離軸上に示したものである．

図 5.4 から図 5.7，および，図 5.8 から図 5.11 の各グラフは，横軸に停止線を 0 とした距離，左の縦軸に車両速度（青マーカに対応）をとり，黒い縦棒は死角消失点を示している．各図中，左のグラフの右の縦軸は左右間の片道首振時間（赤マーカに対応），右のグラフの右の縦軸は水平方向視線角度（赤マーカに対応）である．

まず，図 5.4 から図 5.7 の左のグラフより，運転指導員 4 名の左右間片道首振時間は，死角消失点に対する距離や車両速度によらず，0.3〜0.5 秒程度である．図 5.4 の左のグラフより HP1 の 4m 付近，図 5.5 の左のグラフより HP2 の 6m 付近，図 5.6 の左のグラフより HP4 の 6m 付近と 9.5m 付近，図 5.7 の左のグラフより HP5 の 6.5m 付近で，それぞれ確認時間が 0.8〜1.2 秒程度と長くなっているが，アイマークレコーダの動画を確認したところ，図 5.4 から図 5.7 の右のグラフに示した通り，左右間に首を振る途中で一時的に正面方向を注視しており，その影響で確認時間が長くなったと考えられる．

次に，高齢運転者について，シミュレータ酔いがなく，かつ，死角の覗き込み確認を行っていた 4 名（HE2，HE4，HE7，HE9）を対象とした．図 5.8 から図 5.11 の左のグラフより，4 名とも左右間の片道首振時間が 0.3～0.5 秒程度と，運転指導員と同程度であった．図 5.8 の左のグラフより HE2 の 8m 付近，図 5.9 の左のグラフより HE4 の 6m 付近で，それぞれ確認時間が 0.7 秒程度と長くなっているが，アイマークレコーダの動画を確認したところ，運転指導員の場合と同様，それぞれ図 5.8 と図 5.9 の右のグラフに示した通り，左右間に首を振る途中で一時的に正面方向を注視しており，その影響で確認時間が長くなったと考えられる．

以上より，高齢運転者の首振時間が運転指導員より長くなる傾向は見られなかった．分析対象の実験協力者については，左右間の片道首振時間が 0.3～0.5 秒程度であったため，片道首振時間を 0.5 秒，つまり，左右間の往復首振時間を 1 秒とした．

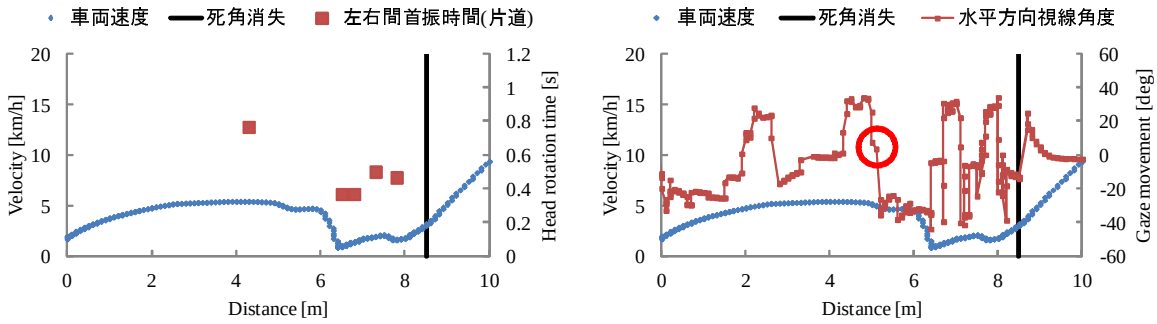


図 5.4 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP1）

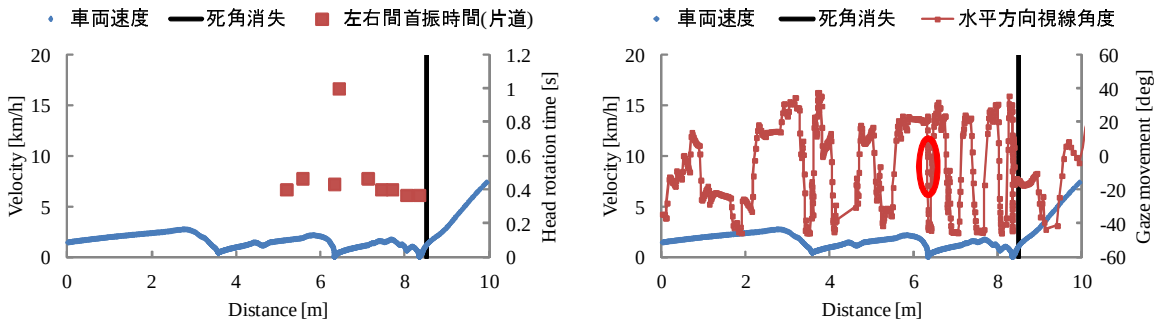


図 5.5 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP2）

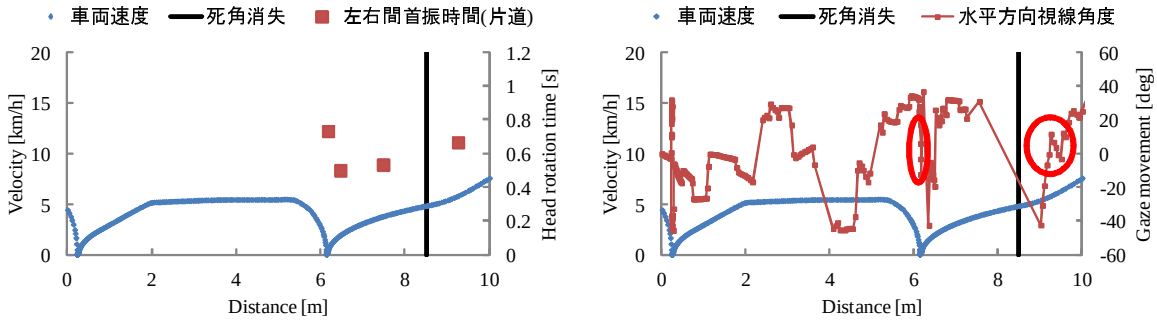


図 5.6 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP4）

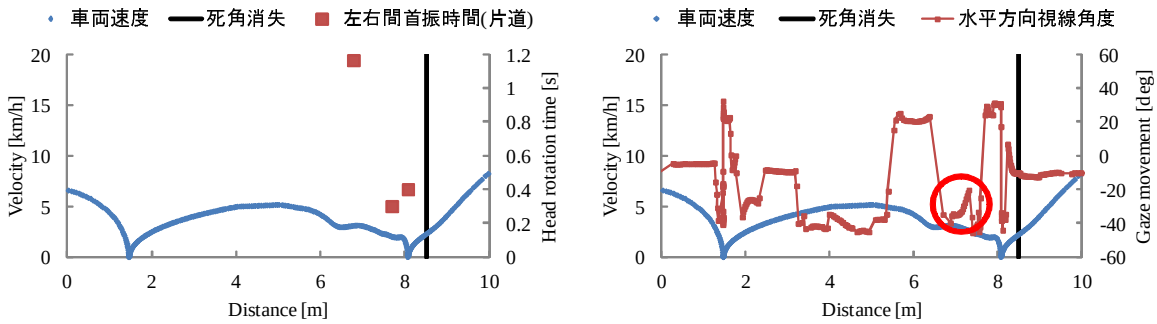


図 5.7 DS における運転指導員の左右間片道首振時間と視線移動推移（HP5）

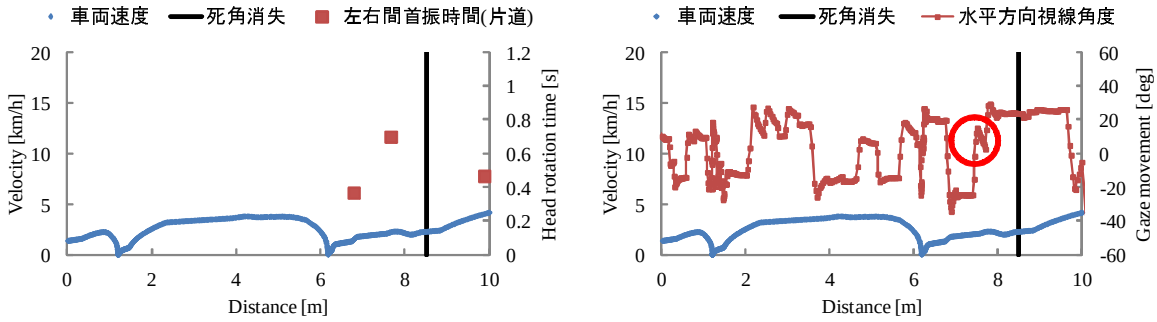


図 5.8 DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE2）

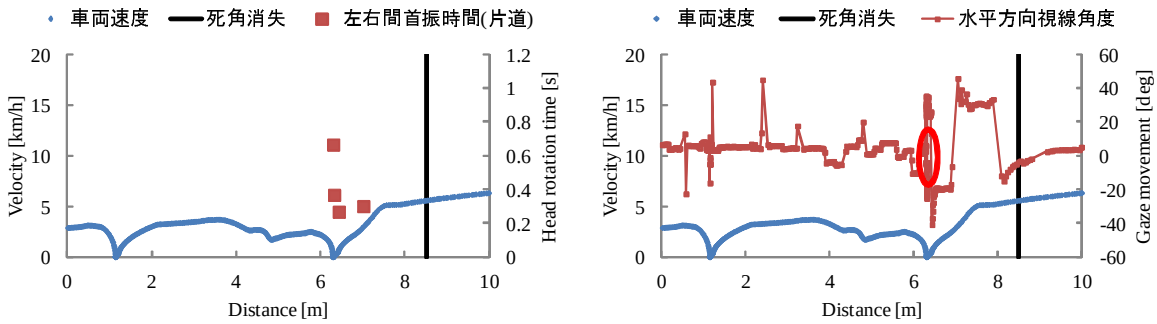


図 5.9 DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE4）

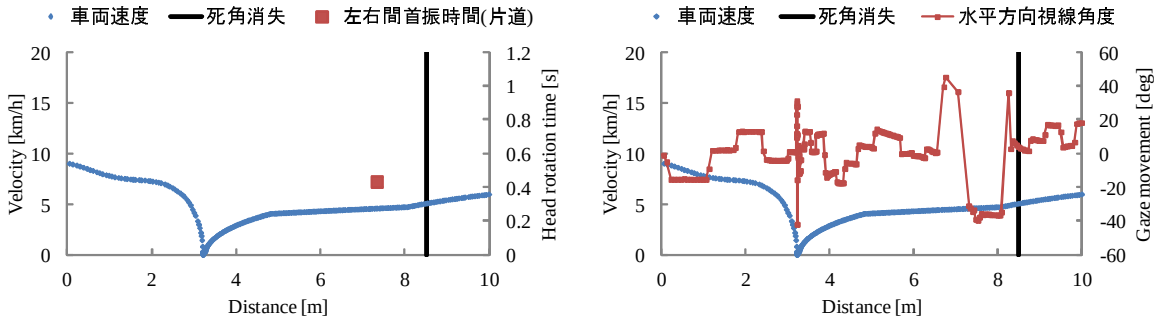


図 5.10　DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE7）

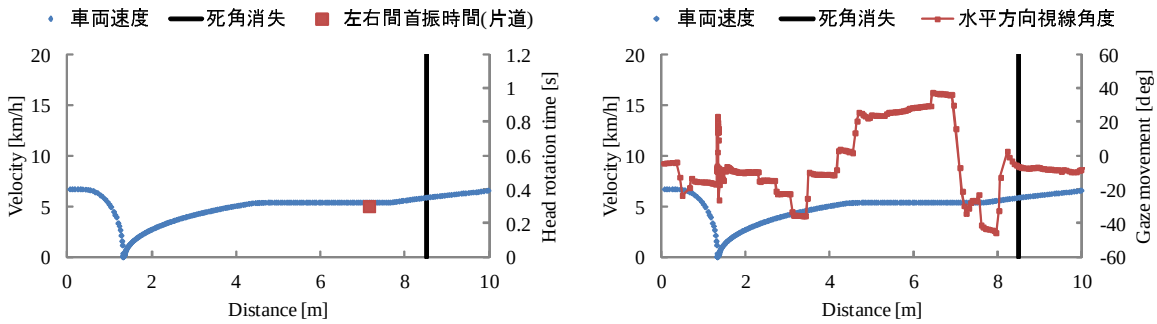


図 5.11　DS における高齢運転者の左右間片道首振時間と視線移動推移（HE9）

注視時間

注視時間を，交差点の見通し範囲内に他者が存在しないことを認識し，元の方向に顔を向き直すという反応における時間と考えた．簡単に考えると，見通し範囲内に他車が存在する，存在しない，という 2 種類の状態があり，他車が存在しない場合だけ元の方向に顔を向き直す反応といえる．対象の種類により行動の有無が変わる反応は Go/No-go 反応と呼ばれ，第 3 章 3.4.2 項で説明した VFIT にも Go/No-go 反応課題として含まれている．

VFIT では，ディスプレイ中央に準備刺激（十字）を呈示しておき，1500〜2900ms のランダムな待機時間後，標的刺激（ディスプレイ中央に 2 つの図形）を 200ms 間呈示する．被検者には，中央の 2 つの図形が同じ図形の場合は ”No-go ”としてボタンを押さないよう指示し，図**??**の左図ように 2 つの図形が異なる場合，” Go ” として右手で特定のボタンを押すよう指示する．試行は ” Go ” 刺激が 16 回，” No-go ” 刺激が 16 回の計 32 回である．ここでは，Go/No-go 反応時間を注視時間と考え，VFIT で測定した値を検討する．

VFIT の Go/No-go 課題において，16 回の ” Go ” 刺激に対する実験協力者の Go/No-go 反応時間を図 5.12 と図 5.13 に示す．青マーカは 16 回の各試行における反応時間を示し，無反応の場合はグラフに反映されていない．また，薄い赤マーカは全試行における平均値を示す．図 5.12 と図 5.13 より，実験協力者間だけでなく，各実験協力者ごとの試行間のばらつきも大きい．このデータに基づき，16 回の試行の平均値に標準偏差値を加えることで，個人内のばらつきを考慮した値を注視時間として用いることとする．

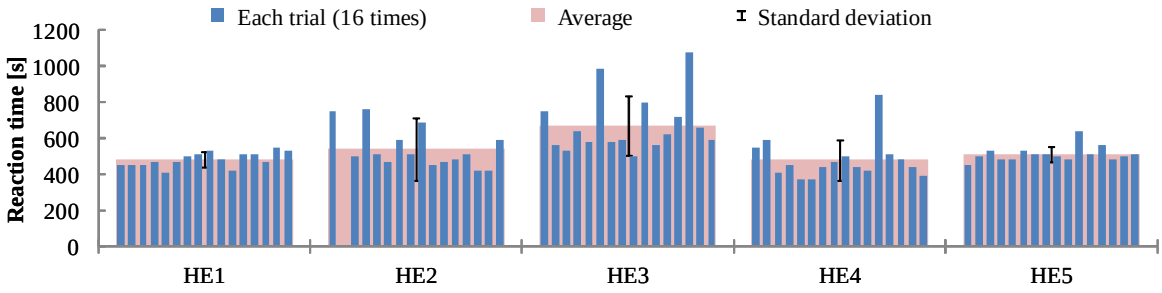


図 5.12　高齢運転者（HE1～HE5）の Go/No-go 反応時間（VFIT）

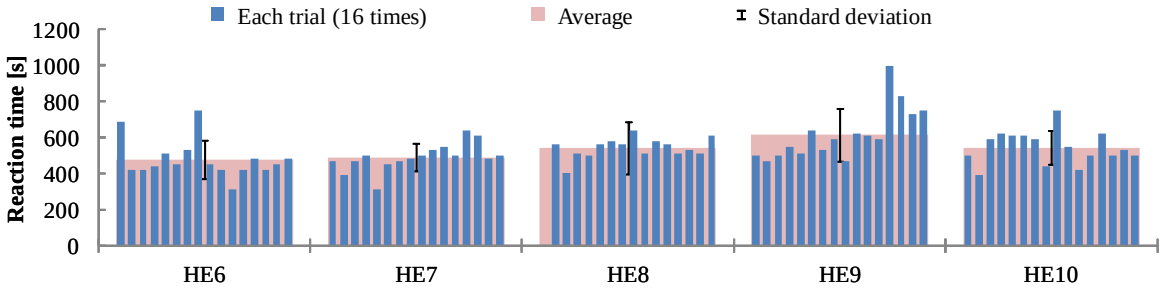


図 5.13　高齢運転者（HE6～HE10）の Go/No-go 反応時間（VFIT）

5.3.3　反応時間

本研究では，相手を知覚してからブレーキペダルに足を乗せるまでの時間を反応時間としている．そのため，反応時間の構成要素は，相手を知覚してから足を動かし始めるまでの反射時間と，足を動かし始めてからブレーキペダルに足を乗せるまでのブレーキ踏替時間である．

反射時間

死角に対する確認中，相手を発見した場合にブレーキを踏み込むという反応における反射時間を検討する．対象の出現を知覚する反応は単純反応と呼ばれ，第 3 章 3.4.2 項で説明した VFIT にも単純反応課題として含まれている．

VFIT では，ディスプレイ中央に準備刺激（十字）を呈示しておき，1500〜2900ms のランダムな待機時間後，標的刺激（ディスプレイ中央に 2 つの同じ図形）を 200ms 間呈示し，被検者が右手で特定のボタンを押すまでの時間を測定しており，試行は全 16 回である．ここでは，単純反応時間を反射時間と考え，VFIT で測定した値を検討する．

VFIT における実験協力者の単純反応時間を図 5.14 図と 5.15 に示す．青マーカは 16 回の各試行における反応時間を示し，無反応の場合はグラフに反映されていない．また，薄い赤マーカは全試行における平均値を示す．図 5.14 図と 5.15 より Go/No-go 反応時間と同様に，実験協力者間だけでなく，各実験協力者ごとの試行間のばらつきも大きい．また，HE2 は 1 試行だけ単純反応時間が 1 秒程度と他の試行より長くなっており，課題に慣れていないことによるミスの可能性がある．このデータに基づき，16 回の試行の平均値に標準偏差値を加えることで，個人内のばらつきを考慮した値を反射時間として用いることとする．

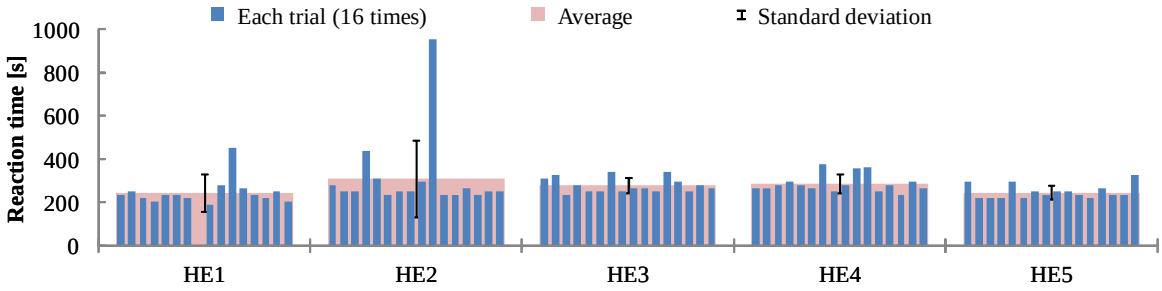


図 5.14　高齢運転者（HE1～HE5）の単純反応時間（VFIT）

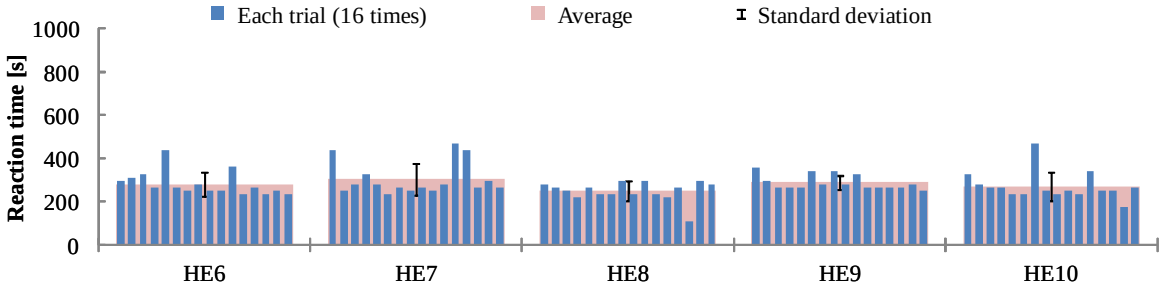


図 5.15　高齢運転者（HE6～HE10）の単純反応時間（VFIT）

ブレーキ踏替時間

ブレーキ踏替時間は一般的に 0.2 秒程度とされ [55]，日常の運転行動を計測した高齢者における動画分析より，HE2 を除く 4 名でブレーキ踏替時間 0.2 秒以下のブレーキ行動が見られた．第 3 章 3.5.4 項の図 3.22 に示した通り，HE2 は不安全運転行動の発生頻度が小さいことから，ブレーキ踏替時間の短い事象が計測期間中に発生しなかったと考えられる．よって，ブレーキ踏替時間を 0.2 秒とした．

はじめからブレーキペダルに足を乗せていた場合，ブレーキ踏替時間は発生しないが，車両速度調整のため常にブレーキペダルに足を乗せているとは限らないため，ブレーキ踏替時間は常に加えるものとする．

5.3.4　ブレーキ踏込時間

ブレーキペダルに足を乗せてから制動力が発生するまでのブレーキ踏込時間は，一般的に 0.1 秒程度とされている [55]．第 3 章 3.5.4 項の図 3.22 に示した通り，日常の運転行動を計測した高齢者全員でブレーキ踏込時間 0.1 秒以下のブレーキ行動が見られたため，本研究でもブレーキ踏込時間 T_B を 0.1 秒とした．

5.3.5　変数値の設定

以上の検討より，無確認時間 T_{NC}，反応時間 T_R，ブレーキ踏込時間 T_B を以下のように定めた．

- 無確認時間 T_{NC}
  左右間の往復首振時間 1 秒と個人ごとの Go/No-go 反応時間の和

- 反応時間 T_R
  個人ごとの単純反応時間とブレーキ踏替時間 0.2 秒の和

- ブレーキ踏込時間 T_B
  0.1 秒

5.4　減速の程度に対する基準の妥当性検討

5.4.1　概要

本章では，リスク知覚評価指標と抽出した減速の程度に対し，相手を発見して停止するために十分な行動をとっているか評価するための基準を設定した．運転指導員は無信号交差点の非優先側通行時，相手を発見して停止するために十分な行動をとっていると考え，減速終了点と車速上限値を運転指導員の非優先側通行時の運転行動に適用することで，設定した基準の妥当性を検討した．

減速終了点と車速上限値の適用にあたり，死角消失点まで左右の死角に対する確認を継続することが前提となるが，第 4 章 4.5.3 項における検討より，運転指導員全員について満たされている．なお，模擬市街路における運転行動計測については，第 4 章 4.5.2 の通りである．

車速上限値を定める変数として，無確認時間 T_{NC} の要素である注視時間，反応時間 T_R の構成要素である反射時間は，それぞれ個人ごとの Go/No-go 反応時間，単純反応時間としたが，運転指導員では測定していないため，実験協力者の高齢運転者全員における平均値を適用した．変数の値として，無確認時間 T_{NC} を 1.65 秒，反応時間 T_R を 0.54 秒，ブレーキ踏込時間 T_B を 0.1 秒，G を 0.5G とした．

5.4.2　運転指導員の非優先側通過行動に基づく検討

交差道路が優先側のため，相手として進行速度 V_P が法定速度の 60km/h である車両を想定した．

減速終了点を定める変数は，図 5.16 に示す通り，左方の死角を基準とする場合と右方の死角を基準とする場合で異なる．左方の死角を基準とする場合，相手側面から死角端までの距離 d_L は 2m，自車側面から死角端までの距離 l_L は 11m である．一方，右方の死角を基準とする場合，相手側面から死角端までの距離 d_R は 4m，自車側面から死角端までの距離 l_R は 12m である．ここで，死角を生成する障害物の隅切り端のうち，自車進行方向から見て奥側を死角端としている理由は，交差点退出まで死角を生成するためである．

左右それぞれの変数値により算出される減速終了点と車速上限値を図 5.17 に示す．図 5.17 は横軸に停止線を 0 とした距離，縦軸に車両速度をとっている．左方の死角に対する減速終了点と車速上限値を青い破線，右方の死角に対する減速終了点と車速上限値を赤い破線で示した．なお，式 5.4 では減速終了点を自車正面から相手側面までの距離 $D(t)$ に対して定めているが，ここでは停止線を基準とした距離軸上に示している．

対象としている交差点に対する減速終了点と車速上限値として，左右両方の死角に対するリスク知覚を評価するため，図 5.17 において安全側をとり，減速終了点は死角消失点に近いほう（赤い破線），車速上限値は値が小さいほう（赤い破線）を設定した．このように設定した減速終了点と車速上限値を図 5.18 に示す．図 5.18 に示した通り，減速終了点以前に車速上限値を超過した場合，相手を発見した場合に停止できない可能性があることを意味する．

運転指導員の運転行動に対し，減速終了点と車速上限値を適用した結果を図 5.19 に示す．図 5.19 より，運転指導員全員とも減速終了点以前の車両速度は車速上限値を下回っている．つまり，基準として設定した減速終了点と車速上限値により，進行速度 V_P が 60km/h の相手を発見した場合に停止可能な運転行動を評価できたと考えられる．

よって，減速の程度の基準として設定した減速終了点と車速上限値に基づき，相手を発見して停止するうえでリスク知覚能力が十分であるか，不十分であるか評価できると考えた．

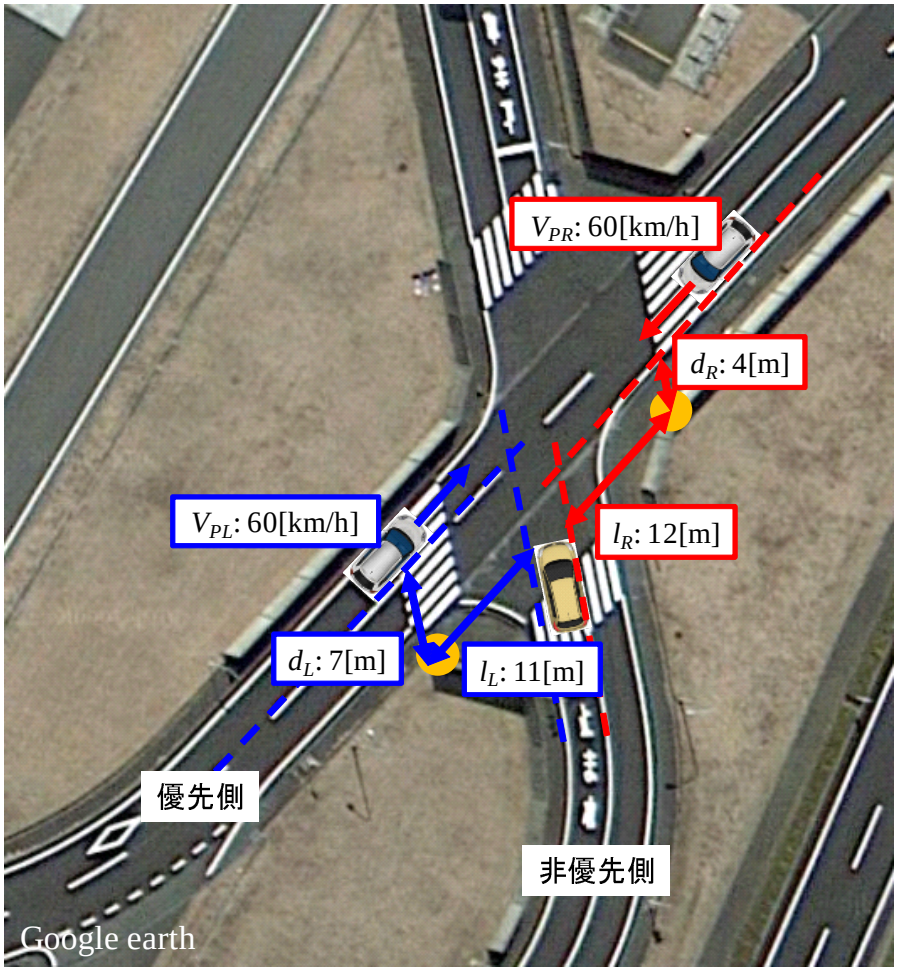


図 5.16　減速終了点を定める変数（模擬市街路・非優先側）

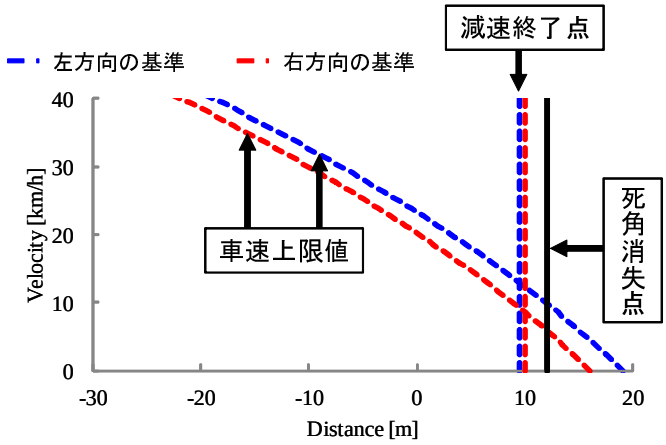


図 5.17　左右各方向に対する減速終了点と車速上限値（模擬市街路・非優先側）

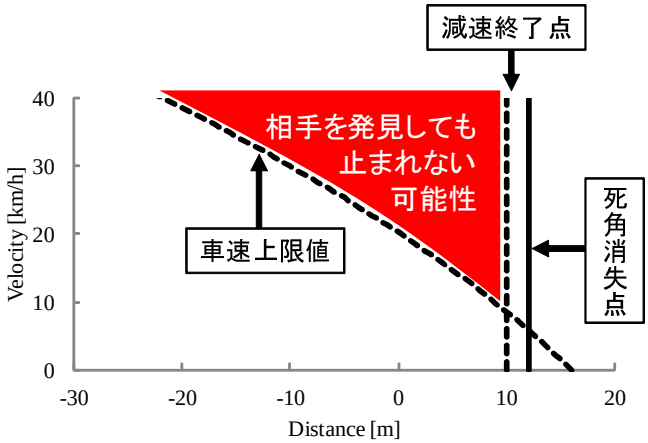


図 5.18　減速終了点と車速上限値（模擬市街路・非優先側）

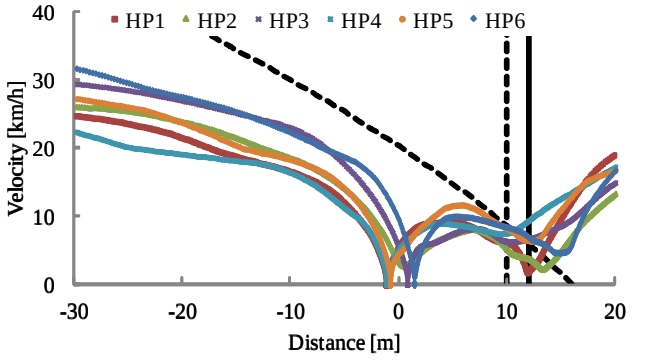


図 5.19　運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・非優先側）

5.5　優先側通行時における適用

5.5.1　概要

第 4 章 4.3.1 項で述べた通り，無信号交差点の優先側通行時は左右確認や減速の方法について明示的な規定がなく，第 4 章 4.5.5 項における検討より，ドライバのリスク知覚能力が運転行動に表れやすいといえる．優先側通行時の運転行動は運転指導員間でもばらつきが大きく，減速終了点と車速上限値を適用したとき，ドライバのリスク知覚能力をどのように評価できるか検討を行った．

減速終了点と車速上限値の適用にあたり，死角消失点まで左右の死角に対する確認を継続することが前提となるが，第 4 章 4.5.5 項における検討より，HP3 と HP5 を除く運転指導員について満たされている．ただし，車速上限値による車両速度設定の評価を検討するため，HP3 と HP5 に対しても減速終了点と車速上限値の適用を行った．なお，模擬市街路における運転行動計測については，第 4 章 4.5.2 の通りである．

車速上限値を定める変数の値は前節と同様，無確認時間 T_{NC} を 1.65 秒，反応時間 T_R を 0.54 秒，ブレーキ踏込時間 T_B を 0.1 秒，G を 0.5G とした．

5.5.2　運転指導員の優先側通過行動に基づく検討

交差道路は非優先側のため，相手として進行速度 V_P が 30km/h の車両を想定した．これは，右方交差道路の停止線から自車側面までの距離が 17m，左方交差道路の停止線から自車側面までの距離が 14m であり，停止状態から 0.2G で 17m 加速したとき，約 30km/h まで加速できるためである．

減速終了点を定める変数は前項と同様，図 5.20 に示す通り，左方の死角を基準とする場合と右方の死角を基準とする場合で異なる．左方の死角を基準とする場合，相手側面から死角端までの距離 d_L は 6m，自車側面から死角端までの距離 l_L は 5m である．一方，右方の死角を基準とする場合，相手側面から死角端までの距離 d_R は 2m，自車側面から死角端までの距離 l_R は 15m である．

左右それぞれの変数値により算出される減速終了点と車速上限値を図 5.21 に示す．図 5.21 は横軸に停止線を 0 とした距離，縦軸に車両速度をとっている．左方の死角に対する減速終了点と車速上限値を青い破線，右方の死角に対する減速終了点と車速上限値を赤い破線で示した．

対象としている交差点に対する減速終了点と車速上限値として，左右両方の死角に対するリスク知覚を評価するため，図 5.17 において安全側をとり，減速終了点は死角消失点に近いほう（青い破線），車速上限値は値が小さいほう（赤い破線）を設定した．このように設定した減速終了点と車速上限値を図 5.22 に示す．

運転指導員の運転行動に対し，減速終了点と車速上限値を適用した結果を図 5.23 に示す．図 5.19 より，減速終了点付近で HP2 と HP6 の車両速度は車速上限値と同程度，それ以外の運転指導員の車両速度は車速上限値を上回っている．特に HP3 は，死角消失点までの確認継続という減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないうえ，車両速度は車速上限値を大きく上回っている．つまり，HP2 と HP6 以外の運転指導員は，進行速度 V_P が 30km/h の相手を発見して停止するうえで，リスク知覚能力が不十分であると評価される．

ここで，相手の進行速度 V_P を 8km/h としたときの減速終了点と車速上限値を適用した結果を図 5.24 に示す．図 5.24 より，運転指導員全員とも減速終了点以前の車両速度は車速上限値を下回っている．つまり，運転指導員全員とも，進行速度 V_P が 8km/h の相手を発見して停止するうえで，リスク知覚能力は十分であると評価される．

また，自身の無確認時間 T_{NC} を 0.83 秒，反応時間 T_R を 0.27 秒としたときの減速終了点と車速上限値を適用した結果を図 5.25 に示す．図 5.25 より，HP3 を除く運転指導員の車両速度は減速終了点以前で車速上限値を下回っている．つまり，HP3 を除く運転指導員について，自身の無確認時間 T_{NC} が 0.83 秒，反応時間 T_R が 0.27 秒の場合，進行速度 V_P が 30km/h の相手を発見して停止するうえで，リスク知覚能力は十分であると評価される．

以上より，優先側通行時における減速終了点と車速上限値は，ドライバの「相手に対する行動予測」について相手の属性や進行速度の見積もり，また,「自身の運転技能評価」について自身の無確認時間や反応時間の見積もりを評価し得る指標であると考えた．

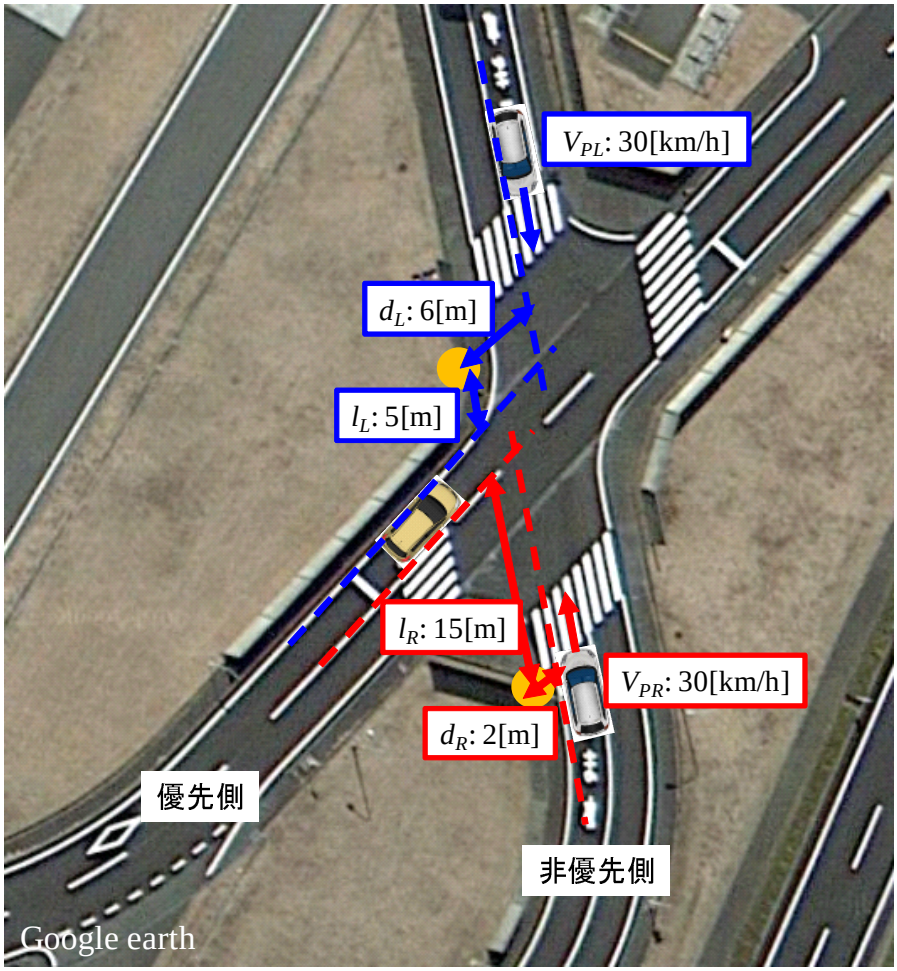


図 5.20　減速終了点を定める変数（模擬市街路・優先側）

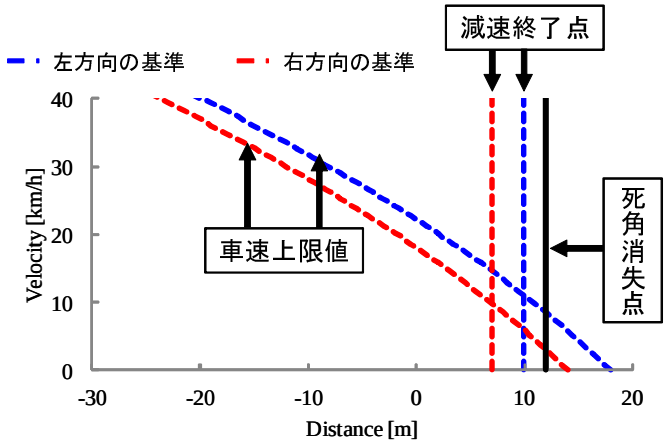


図 5.21　左右各方向に対する減速終了点と車速上限値（模擬市街路・優先側）

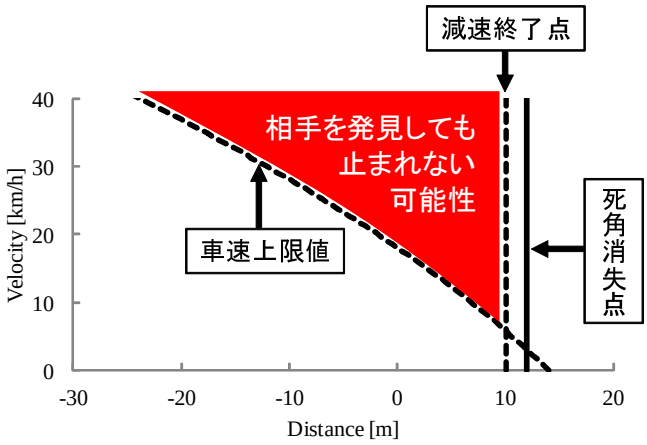


図 5.22　減速終了点と車速上限値（模擬市街路・優先側）

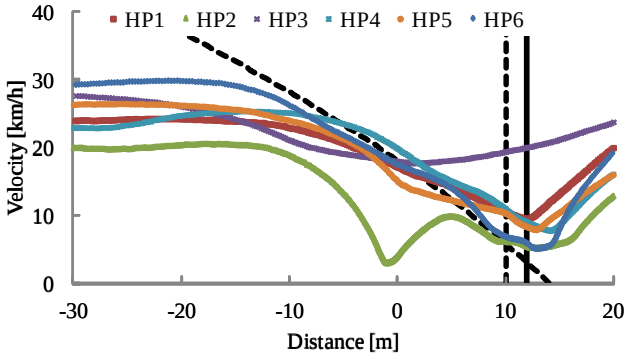


図 5.23　運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・優先側）
（V_P=30[km/h]，T_{NC}=1.65[s]，T_R=0.54[s]）

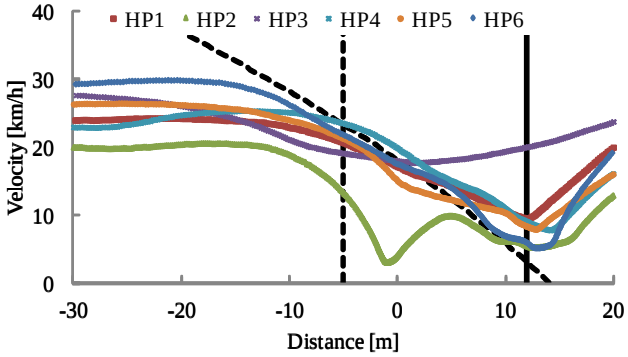


図 5.24　運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・優先側）
（V_P=8[km/h]，T_{NC}=1.65[s]，T_R=0.54[s]）

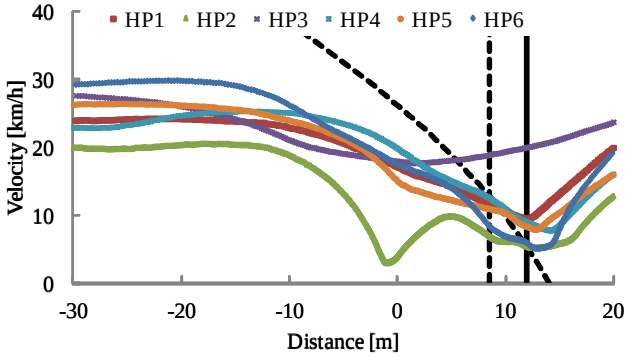


図 5.25　運転指導員の運転行動評価（模擬市街路・優先側）
（V_P=30[km/h]，T_{NC}=0.83[s]，T_R=0.27[s]）

5.6 本章のまとめ

本章では，リスク知覚評価指標として抽出した減速の程度に対し，相手を発見して停止するために十分なリスク知覚能力であるかを評価するため，相手が自車動線上に現れる可能性がなくなる減速終了点と相手に対して停止できる車速上限値を，交差点形状における見通しと各個人ごとの反応時間や確認に要する時間といった特性に基づいて算出する式を導いた．自車正面から相手側面までの距離 $D(t)$ における減速終了点と，自車速度 $V(t)$ における車速上限値は以下の式で表される．

減速終了点

$$D(t) < d + l\frac{V(t)}{V_P}$$

車速上限値

$$V(t) < \sqrt{\{G(T_{NC} + T_R + T_B)\}^2 + 2GD(t)} - G(T_{NC} + T_R + T_B)$$

設定した基準の妥当性として，無信号交差点の非優先側通行時における運転指導員の行動に対する適用により，相手を発見して停止するための行動を評価できることを確認した．また，優先側における適用として，相手の属性や進行速度，自身の無確認時間や反応時間の見積もりを評価できる可能性を示した．

次章では，前章から本章にかけて提案したリスク知覚評価指標を，高齢者の日常の運転行動に対して適用し，その妥当性を検討する．

第６章

高齢運転者における
リスク知覚評価指標の妥当性検討

6.1 はじめに

本章では，高齢者の日常の運転行動におけるリスク知覚評価指標の適用とその妥当性を検討する．そのため，まず，模擬市街路における高齢運転者の運転行動をもとにリスク知覚評価指標の適用とその特徴を把握し，次に，実路におけるリスク知覚評価指標の妥当性を検討する．

6.2 リスク知覚評価指標の適用

本研究では，高齢者の日常の運転行動に基づくリスク知覚能力評価を目的としている．そのため，第一に高齢運転者の運転行動からリスク知覚評価指標の適用とその特徴を把握し，第二に実路におけるリスク知覚評価指標の妥当性を検討する．

高齢者に対する適用

高齢運転者に対してリスク知覚評価指標を適用できること，つまり，高齢運転者のリスク知覚能力を評価できることを示すため，統制環境である模擬市街路における運転行動を評価した．このとき，第 3 章 3.4.3 項で示した DS において評価したリスク知覚能力をリファレンスとし，DS におけるリスク知覚能力の評価と，提案したリスク知覚評価指標における評価が同様の傾向を示す場合，高齢運転者に対してリスク知覚評価指標を適用できると考えた．具体的には，DS におけるリスク知覚能力の評価が高い高齢者に対して，実車運転行動に基づくリスク知覚評価指標における評価が高く，DS におけるリスク知覚能力の評価が低い高齢者に対して，実車運転行動に基づくリスク知覚評価指標における評価が低いかを確認した．

実路における適用

実路においてリスク知覚評価指標を適用できることを示すため，高齢運転者の日常の運転行動を評価した．このとき，前述のような高齢者間の比較を行いたいが，日常の運転行動における走行経路が個人ごとに異なるため，実路では高齢者間でリスク知覚評価指標の基準を統一できないという問題がある．

提案したリスク知覚評価指標は死角消失点や死角の見通しなど，交差点形状を考慮したものであり，それぞれの交差点に適合した基準を設けることができる．しかし，実路においては，例えば茂みの存在により死角消失点を特定しにくいといった理由により，交差点ごとの正確な評価基準の設定が難しい．また，第 4 章 4.3.2 項で述べた通り，実路ではリスク知覚過程における潜在的ハザードの知覚を考慮する必要があるが，潜在的ハザードの知覚は交差点ごとの通行経験に依存するため，ドライバごと，交差点ごとに異なる．

よって，リスク知覚能力の個人間比較ではなく，リスク知覚能力の個人内比較を考えた．もともとのリスク知覚能力が低い高齢者に対してリスク知覚能力を向上する運転教育を行い，運転教育後はリスク知覚能力が高い高齢者として扱うことで，リスク知覚能力における個人内比較を行った．

6.3　高齢運転者におけるリスク知覚評価指標の特徴把握

6.3.1　概要

高齢運転者にリスク知覚評価指標を適用できるかを，模擬市街路走行中の運転行動に基づき確認した．ここでは，第 3 章 3.4.3 で説明した DS におけるリスク知覚能力をリファレンスとし，高齢者間の比較を行った．

第 3 章 4.5.2 項の表 3.1 に示した高齢運転者 10 名を対象とし，第 4 章 4.5.2 項で説明した安全運転中央研修所内の模擬市街路において運転行動を計測した．走行コースをはじめ，実験手順は第 4 章 4.5.2 項で説明した運転指導員における運転行動計測実験と同様である．ただし，HE1 と HE2 を除き，実験車両は図 6.1 に示すプリウス（トヨタ自動車）に第 3 章 3.5.2 項で説明した ITS21 製のドライブレコーダシステム（DR）を設置したものを使用した．なお，本実験は東京大学大学院工学系研究科の倫理審査を受け承認されており，実験協力者には研究内容を説明し，インフォームド・コンセントを得た．

図 6.1 実験車両の外観（プリウス，トヨタ自動車）

6.3.2　リスク知覚評価指標による評価の方法

評価項目

第 4 章 4.5.4 項において，以下に示すリスク知覚評価指標を抽出した.

「相手に対する行動予測」能力の評価指標

- 死角消失点に対する減速
- 死角消失点までの左右確認と減速の継続
- 減速の程度

「自身の運転技能評価」能力の評価指標

- 左右確認中のペダル操作における構え行動
- 減速の程度

第 4 章 4.5.4 項で説明した通り，図 4.16 のように「相手に対する行動予測」能力，「自身の運転技能評価」能力の順に評価し，死角消失点まで左右確認を継続していた場合，減速の程度からリスク知覚能力が十分であるか評価する．ただし，「相手に対する行動予測」が不適切な場合，その結果の影響を受けリスク知覚におけるその後の過程に遷移しないため，「自身の運転技能評価」能力を評価することは難しい.

評価方法

リスク知覚評価指標の適用を検討した運転場面は，無信号交差点非優先側について第 4 章 4.5.3 項で取り上げた交差点の直進時，優先側について同章 4.5.3 項で取り上げた交差点の直進時であり，第 4 章 4.5.2 項の図 4.6 に示したコース A の 3 周目走行を対象とした．また，減速の程度に対する評価基準である減速終了点と車速上限値は，非優先側について第 5 章 5.4.2 項，優先側について同章 5.5.2 項と同様の手順で定めた．なお，相手について，前者は進行速度 V_P が 60km/h，後者は 30km/h の車両とした．基準値の例を図 6.2 に示す．ただし，車速上限値を定めるための無確認時間 T_{NC} と反応時間 T_R は，各個人ごとの値を用いた．

無信号交差点非優先側における評価方法の例を，図 6.3 を用いて説明する．図 6.3 の左右のグラフは，模擬市街路の無信号交差点，非優先側直進時における運転行動を，停止線を 0 とした距離軸上に表わしたものである．

まず，図 6.3 の左のグラフは，死角消失点に対する減速と，死角消失点までの左右確認および減速の継続を評価するため車両速度（青マーカ）と首振り方向（赤マーカ，1：右方向，-1：左方向），左右確認中のペダル操作における構え行動を評価するためペダル操作（緑マーカ，正値：アクセルペダル踏込，負値：ブレーキペダル踏込）を示した．黒い実線縦棒は左右の死角消失点のうち，自車進行方向に対してより奥側のもの，黒い破線縦棒はより手前側のものを示している．奥側，手前側，両方の死角消失点を示した理由は，左右両方向の死角に対する確認終了位置を評価するためである．このグラフから，停止線通過後に死角消失点手前で減速し，左右両方向の死角消失点まで減速と確認を継続しており，「相手に対する行動予測」能力は高いと考えられる．それから，左右確認中はブレーキペダルの踏込みが見られ，「自身の運転技能評価」能力も高いと考えられる．

次に，図 6.3 の右のグラフは，減速の程度を評価するため，車両速度（青マーカ）に対して図 6.2 のように定めた減速終了点と車速上限値（黒い破線）を適用したものである．なお，黒い実線縦棒は左右の死角消失点のうち，自車進行方向に対してより奥側のものを示している．このグラフから，減速終了点以前の車両速度は車速上限値を下回っており，リスク知覚能力は十分であると考えられる．

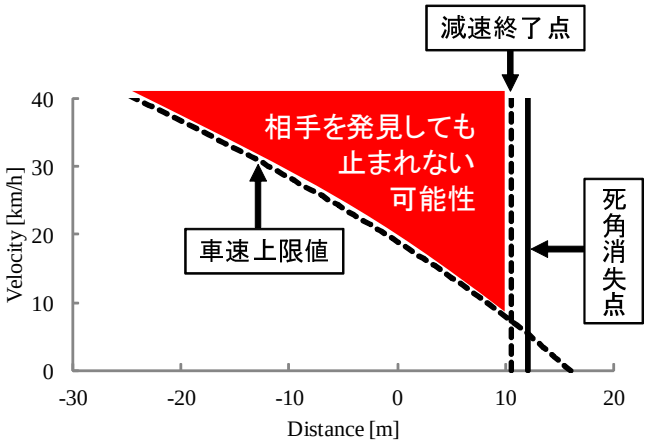


図 6.2　減速終了点と車速上限値の例（模擬市街路・非優先側）

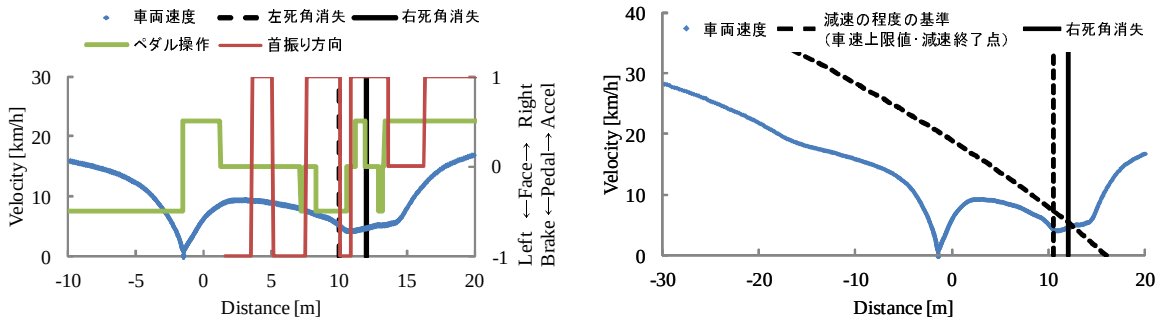


図 6.3　無信号交差点・非優先側における運転行動の例

6.3.3　模擬市街路におけるリスク知覚能力評価

DS において測定したリスク知覚能力をリファレンスとするため，実験協力者の高齢運転者 10 名のうち，第 3 章 3.4.3 項で説明した運転時認知能力測定において，シミュレータ酔いによる中止がなかった HE1，HE2，HE4，HE7，HE9，HE10 の 6 名に対してリスク知覚評価指標を適用した．6 名の運転時認知能力における特性を，横軸にハザード知覚能力，縦軸にリスク知覚能力をとり図 6.4 に示す．

ここでは，リスク知覚評価指標における評価と DS におけるリスク知覚能力の対応をとるため，DS におけるリスク知覚能力が高い高齢運転者から順に分析結果を説明する．なお，車速上限値を定めるための無確認時間 T_{NC} と反応時間 T_R の各個人ごとの値を，DS におけるリスク知覚能力が高い順に上から表 6.1 に示す．

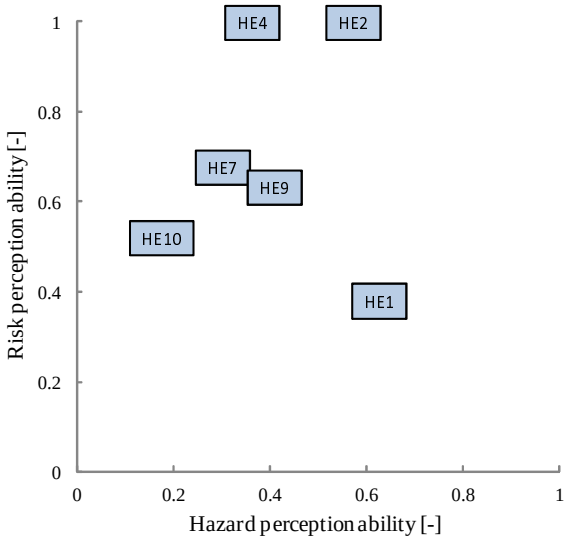


図 6.4 高齢運転者のハザード・リスク知覚能力

表 6.1 高齢運転者の無確認時間 T_{NC} と反応時間 T_R

	T_{NC}[s]	T_R[s]
HE4	1.59	0.53
HE2	1.72	0.69
HE7	1.57	0.58
HE9	1.76	0.52
HE10	1.64	0.54
HE1	1.52	0.53

HE4

HE4 は HE2 とともに，DS におけるリスク知覚能力が最も高い高齢運転者である．HE4 について，図 6.5 に非優先側通行時，図 6.6 に優先側通行時の運転行動を示す．

まず，非優先側通行時について，図 6.5 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対し減速し，左右両方向の死角消失点まで減速と確認を継続しており，「相手に対する行動予測」能力は高いと考えられる．それから，左右確認中はブレーキペダルの踏込みが見られ，「自身の運転技能評価」能力も高いと考えられる．このとき図 6.5 の右のグラフより，減速終了点以前の車両速度は車速上限値を下回っており，リスク知覚能力は十分であると考えられる．

次に，優先側通行時について，図 6.6 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対し減速し，左右両方向の死角消失点まで減速と確認を継続しており，「相手に対する行動予測」能力は優先側通行時の評価からも高いと考えられる．それから，左右確認中はブレーキペダルの踏込みが見られ，「自身の運転技能評価」能力は優先側通行時の評価からも高いと考えられる．このとき図 6.6 の右のグラフより，減速終了点付近で車両速度が車速上限値を上回っているものの，第 5 章 5.5.2 項において検討した運転指導員のうち HP1 や HP4，HP5，HP6 と同程度であることから，リスク知覚能力は高いと考えられる．

以上より，DS におけるリスク知覚能力が高い HE4 は「相手に対する行動予測」能力，「自身に対する運転技能評価」能力ともに高いと考えられ，その結果として減速の程度においてリスク知覚能力が十分であると考えられる．また，優先側通行時においても運転指導員と同程度の車両速度設定であり，リスク知覚能力が非常に高いと考えられる．

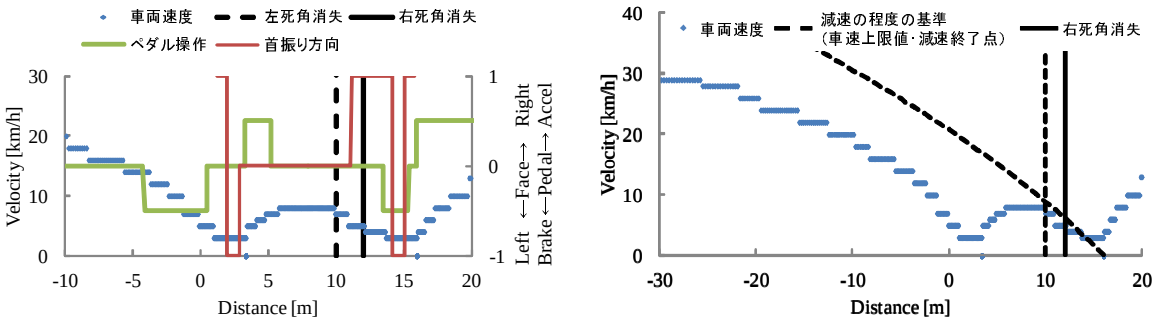


図 6.5　無信号交差点・非優先側における運転行動（HE4）

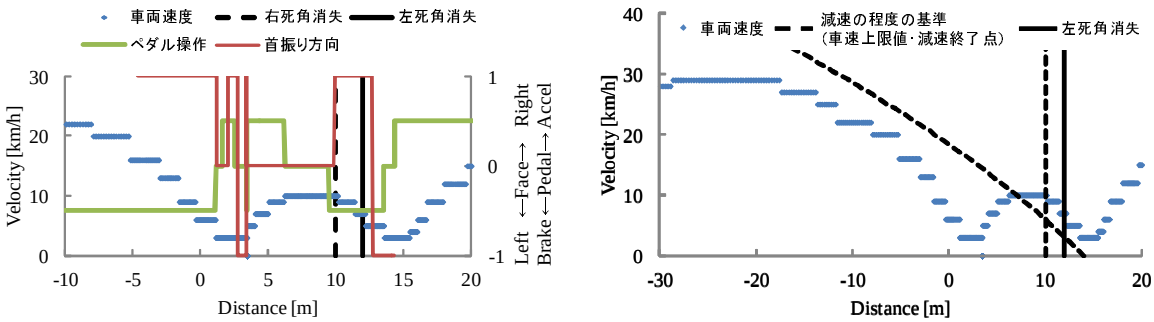


図 6.6　無信号交差点・優先側における運転行動（HE4）

HE2

HE2 は HE4 とともに，DS におけるリスク知覚能力が最も高い高齢運転者である．HE2 について，模擬市街路における周回を重ねるごとに運転行動変化が見られたため，非優先側通行時について図 6.7 に 3 周目，図 6.8 に 6 周目の運転行動を，優先側通行時について図 6.9 に 3 周目，図 6.10 に 6 周目の運転行動を示す．

まず，非優先側通行時について説明する．

3 周目では図 6.7 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対し減速しているものの，左方向に対して死角消失点前に確認を終了し，また，左右両方向の死角消失点前に加速を開始していることから，「相手に対する行動予測」能力が低いと評価される．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.7 の右のグラフのように適用してみると，減速終了点以前の車両速度が車速上限値を上回っており，リスク知覚能力が不十分であると評価される．

一方，6 周目では図 6.8 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対し減速し，左右両方向の死角消失点まで減速と確認を継続しており，「相手に対する行動予測」能力は高いと考えられる．それから，左右確認中はブレーキペダルの踏込みが見られ，「自身の運転技能評価」能力も高いと評価される．このとき図 6.8 の右のグラフより，減速終了点以前の車両速度は車速上限値を下回っており，リスク知覚能力は十分であると評価される．

次に，優先側通行時について説明する．

3 周目では図 6.9 の左のグラフより，死角消失点に対し減速しておらず，右方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低い可能性があると評価される．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.9 の右のグラフのように適用してみると，車両速度が車速上限値を大きく上回っており，リスク知覚能力が低い可能性があると評価される．

一方，6 周目では図 6.10 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対し減速し，左右両方向の死角消失点まで減速と確認を継続しており，「相手に対する行動予測」能力は高いと評価される．それから，左右確認中はブレーキペダルの踏込みが見られ，「自身の運転技能評価」能力も高いと評価される．このとき図 6.10 の右のグラフより，減速終了点付近で車両速度が車速上限値を上回っているものの，第 5 章 5.5.2 項において検討した運転指導員のうち HP1 や HP4，HP5，HP6 と同程度であることから，リスク知覚能力は高いと評価される．

以上より，DS におけるリスク知覚能力が高い HE2 は，3 周目と 6 周目では非優先側，優先側のいずれにおいても運転行動が変化していた．3 周目においては「相手に対する行動予測」能力が低いと評価された一方，6 周目においては「相手に対する行動予測」能力，「自身に対する運転技能評価」能力ともに高く，減速の程度においてリスク知覚能力が十分であると評価されている．また，6 周目では優先側通行時においても運転指導員と同程度の車両速度設定であり，リスク知覚能力は非常に高いと考えられる．第 3 章 3.4.2 に示した図 3.3 より，HE2 は他の高齢運転者に比べ前頭葉機能が低下しているという特徴がある．実行機能の低下により，模擬市街路という非日常的な運転環境に慣れることに時間がかかった可能性がある．つまり，前頭葉機能が低下している場合，リスク知覚能力が非常に高くても，不慣れな交通環境においては適切なリスク知覚を行えない，または，リスク知覚に基づいた運転を行えない可能性がある．

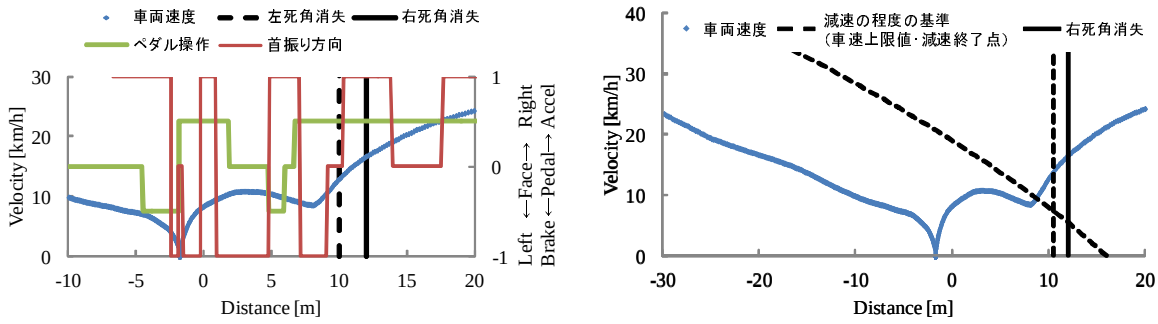


図 6.7 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE2，3 周目）

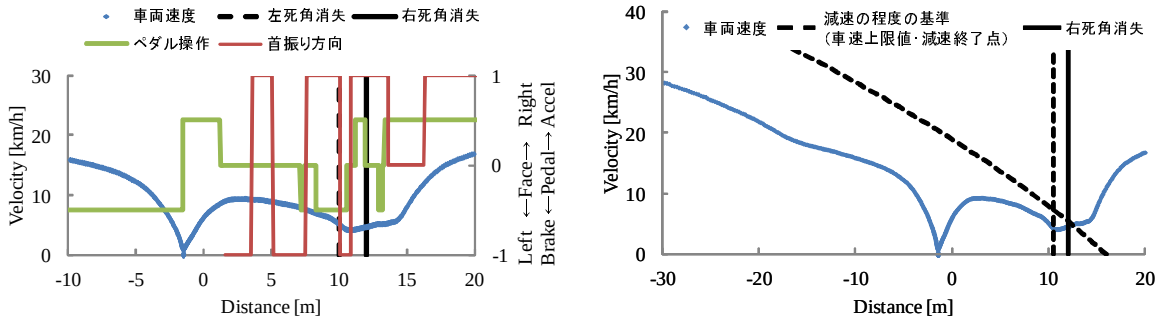


図 6.8 無信号交差点・非優先側における運転行動（HE2，6 周目）

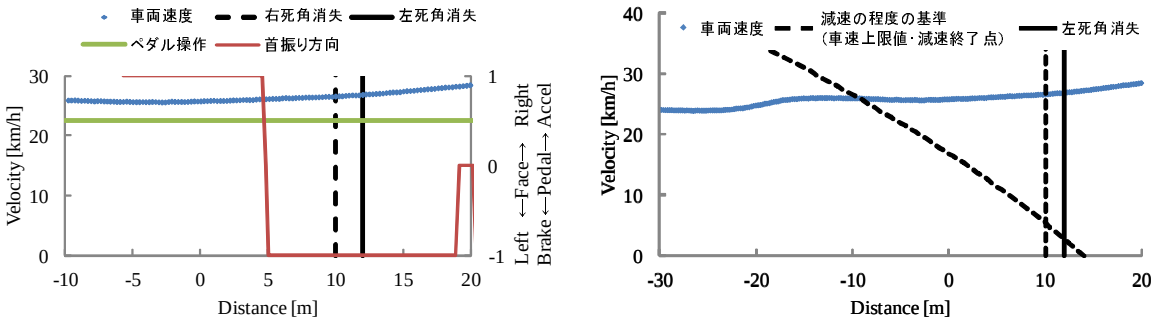


図 6.9 無信号交差点・優先側における運転行動（HE2，3 周目）

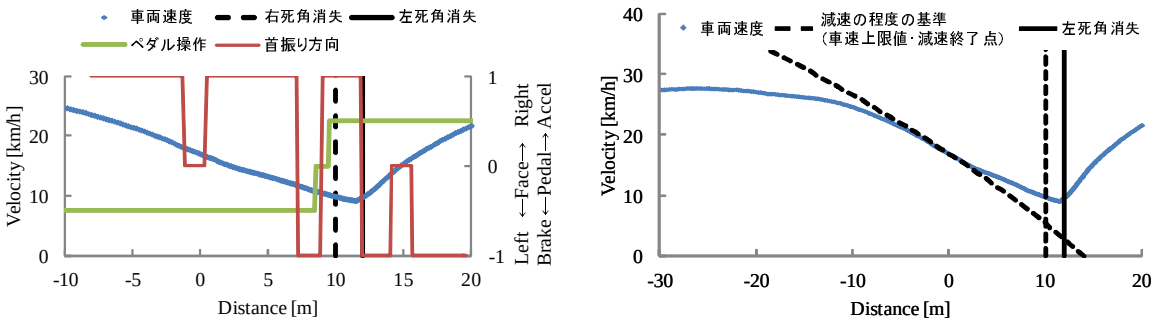


図 6.10 無信号交差点・優先側における運転行動（HE2，6 周目）

HE7

HE7 は評価対象とした 6 名の中で，DS におけるリスク知覚能力が中程度であり，HE9 と同程度の高齢運転者である．HE7 について，図 6.11 に非優先側通行時，図 6.12 に優先側通行時の運転行動を示す．

まず，非優先側通行時について，図 6.11 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対して減速しておらず，左方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低いと考えられる．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.11 の右のグラフのように適用してみると，減速終了点直近における車両速度は車速上限値と一致しており，車両速度設定の点からもリスク知覚能力が低いと考えられる．

次に，優先側通行時について，図 6.12 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対して減速しておらず，右方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低い可能性がある．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.12 の右のグラフのように適用してみると，車両速度が車速上限値を大きく上回っており，車両速度設定の点からもリスク知覚能力が低い可能性がある．

以上より，DS におけるリスク知覚能力が中程度の HE7 は，「相手に対する行動予測」能力が低いと考えられる．

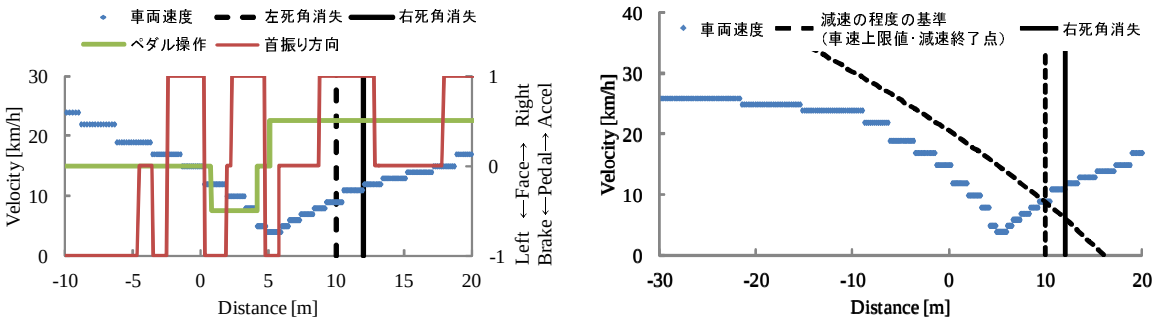


図 6.11　無信号交差点・非優先側における運転行動（HE7）

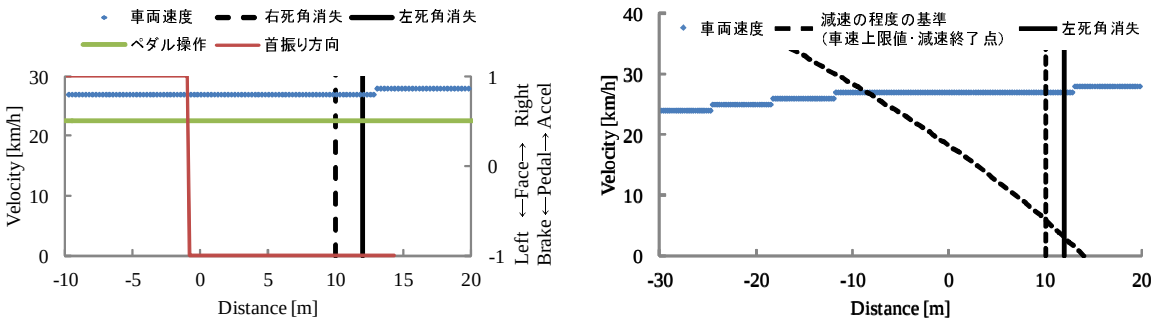


図 6.12　無信号交差点・優先側における運転行動（HE7）

HE9

HE9 は評価対象とした 6 名の中で，DS におけるリスク知覚能力が中程度であり，HE7 と同程度の高齢運転者である．HE9 について，図 6.13 に非優先側通行時，図 6.14 に優先側通行時の運転行動を示す．

まず，非優先側通行時について，図 6.13 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対し減速し，左右両方向の死角消失点まで減速と確認を継続しており，「相手に対する行動予測」能力は高いと考えられる．それから，左右確認中はアクセルペダルを踏み込んでいないものの，動画を確認したところアクセルペダルに足を乗せており，「自身の運転技能評価」能力は低いと考えられる．このとき図 6.13 の右のグラフより，減速終了点直近の車両速度は車速上限値と一致しており，リスク知覚能力は不十分である．前述の通り，HE7 は「相手に対する行動予測」能力が低いと考えられ，異なる評価となった．

次に，優先側通行時について，図 6.14 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対して減速しているものの，右方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低い可能性がある．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.14 の右のグラフのように適用してみると，減速終了点付近で車両速度が車速上限値を上回っており，リスク知覚能力が低い可能性がある．

以上より，DS におけるリスク知覚能力が中程度の HE9 は，「相手に対する行動予測」能力が高いものの，「自身の運転技能評価」能力が低いと考えられ，その結果としてリスク知覚能力が不十分であると考えられる．

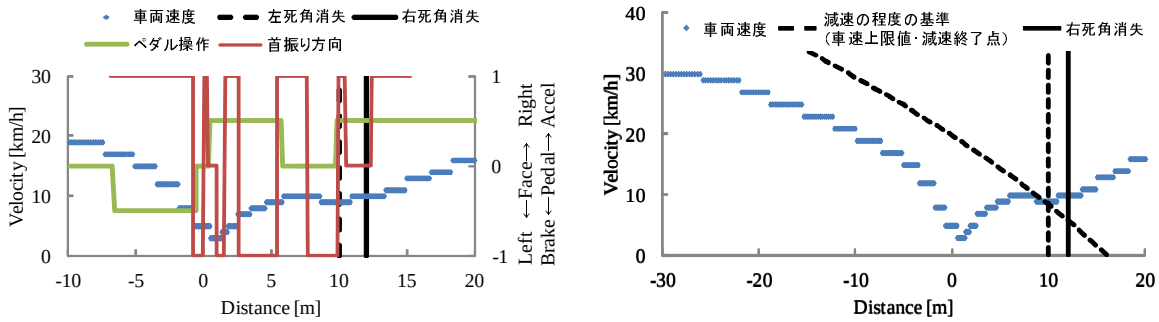


図 6.13　無信号交差点・非優先側における運転行動（HE9）

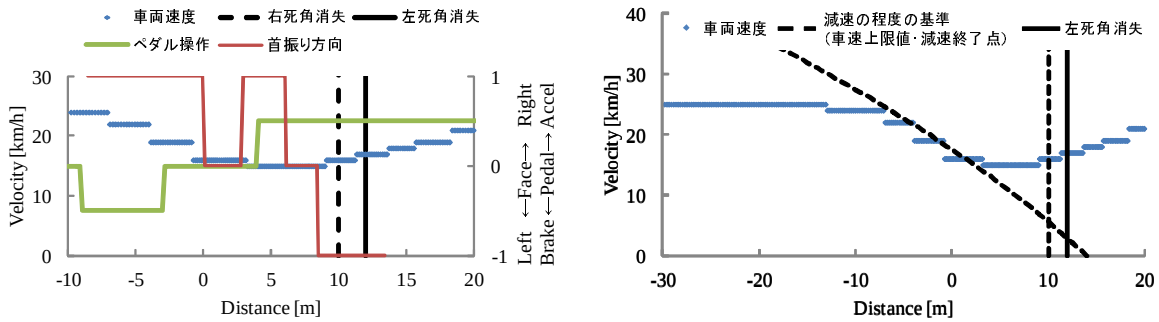


図 6.14　無信号交差点・優先側における運転行動（HE9）

HE10

HE10 は評価対象とした 6 名の中で，DS におけるリスク知覚能力が低い高齢運転者である．HE10 について，図 6.15 に非優先側通行時，図 6.16 に優先側通行時の運転行動を示す．

まず，非優先側通行時について，図 6.15 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対して減速しておらず，左方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低いと考えられる．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.15 の右のグラフのように適用してみると，減速終了点前に車両速度が車速上限値を上回っており，車両速度設定の点からもリスク知覚能力が低いと考えられる．

次に，優先側通行時について，図 6.16 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対して減速しておらず，右方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低い可能性がある．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.16 の右のグラフのように適用してみると，車両速度が車速上限値を大きく上回っており，車両速度設定の点からもリスク知覚能力が低い可能性がある．

以上より，DS におけるリスク知覚能力が低い HE10 は，「相手に対する行動予測」能力が低いと考えられる．

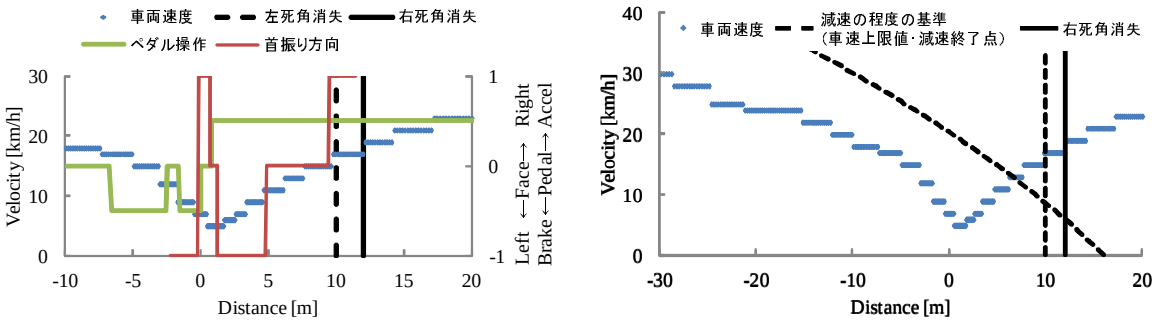


図 6.15　無信号交差点・非優先側における運転行動（HE10）

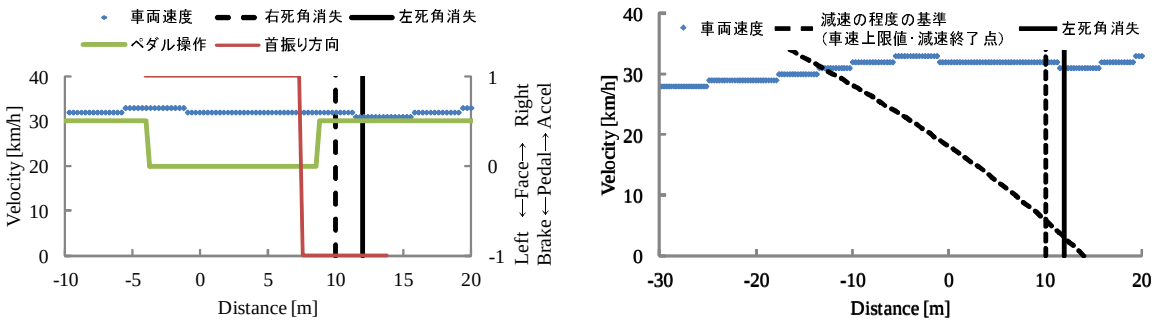


図 6.16　無信号交差点・優先側における運転行動（HE10）

HE1

HE1 は評価対象とした 6 名の中で，DS におけるリスク知覚能力が最も低い高齢運転者である．HE1 について，図 6.17 に非優先側通行時，図 6.18 に優先側通行時の運転行動を示す．

まず，非優先側通行時について，図 6.17 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対して減速しておらず，左方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低いと考えられる．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.17 の右のグラフのように適用してみると，減速終了点前に車両速度が車速上限値を上回っており，車両速度設定の点からもリスク知覚能力が低いと考えられる．

次に，優先側通行時について，図 6.18 の左のグラフより，停止線通過後に死角消失点に対して減速しておらず，右方向に対して死角消失点前に確認を終了していることから，「相手に対する行動予測」能力が低い可能性がある．死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていないが，試みとして図 6.18 の右のグラフのように適用してみると，車両速度が車速上限値を大きく上回っており，車両速度設定の点からもリスク知覚能力が低い可能性がある．

以上より，DS におけるリスク知覚能力が最も低い HE1 は，「相手に対する行動予測」能力が低いと考えられる．

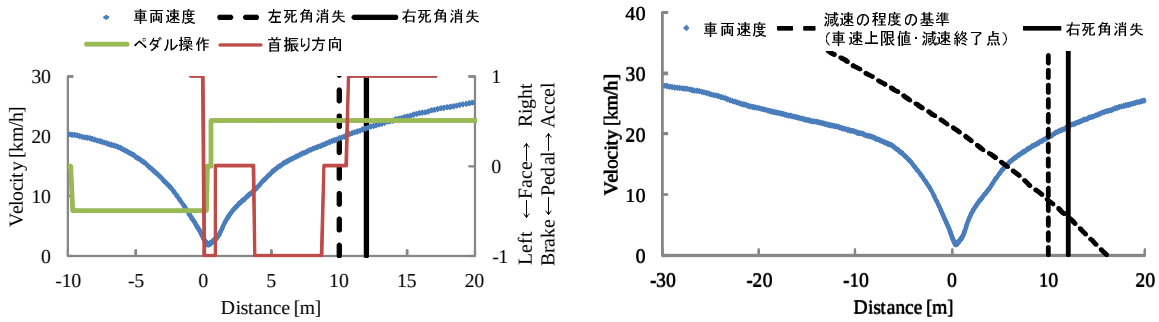


図 6.17　無信号交差点・非優先側における運転行動（HE1）

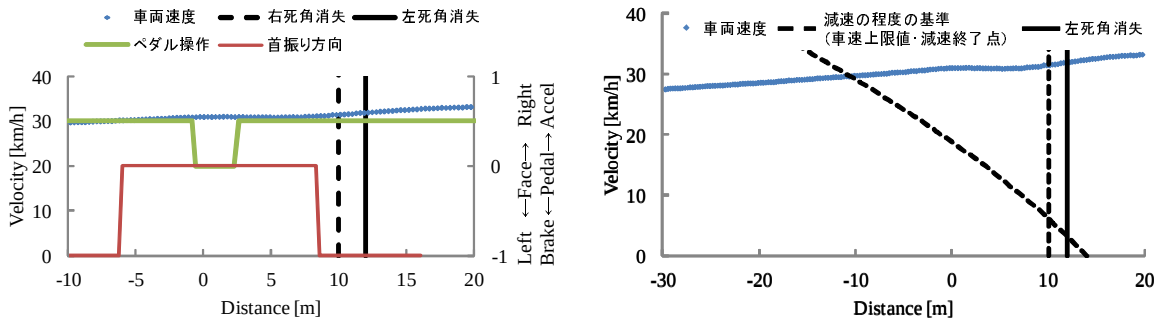


図 6.18　無信号交差点・優先側における運転行動（HE1）

6.3.4　DS 上のリスク知覚能力とリスク知覚評価指標における対応

表 6.2 に，DS におけるリスク知覚能力の評価と非優先側通過行動に基づくリスク知覚評価指標における評価の対応を，表 6.3 に，DS におけるリスク知覚能力の評価と優先側通過行動に基づくリスク知覚評価指標における評価の対応を示す．実験協力者は，DS におけるリスク知覚能力の評価が高い順に上から表している．HE2 については走行の周回を重ねるごとに運転行動変化が見られたため，6 周目走行時の評価を載せている．

まず，無信号交差点の非優先側通行時について，表 6.2 に基づき結果を述べる．

DS におけるリスク知覚能力が最も高い HE4 と HE2 は，リスク知覚評価指標における非優先側通行時の評価より，「相手に対する行動予測」能力，「自身の運転技能評価」能力ともに高いと評価され，減速の程度に基づく評価の結果，リスク知覚能力は十分であると評価された．ただし，HE2 の結果は 6 周目におけるものであり，他の高齢運転者と同じ 3 周目における評価では，「相手に対する行動予測」能力が低いという評価だった．第 3 章 3.4.2 に示した 3.3 より，HE2 は他の高齢運転者に比べ前頭葉機能が低下していることから，実行機能の低下により模擬市街路の運転環境に慣れることに時間がかかった可能性がある．このことから，前頭葉機能が低下している場合，リスク知覚能力が高くても，不慣れな交通環境においては適切なリスク知覚を行えない，または，リスク知覚に基づいた運転を行えない可能性がある．

DS におけるリスク知覚能力が中程度であり，ほぼ同じ値である HE7 と HE9 は，それぞれに異なる評価であった．HE7 はリスク知覚評価指標における非優先側通行時の評価より，「相手に対する行動予測」能力が低いと評価され，死角消失点まで確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていなかったものの，試みとして減速の程度に基づく評価を適用したところ，減速終了点直近の車両速度は基準として設定した車速上限値と一致しており，車両速度設定の点からもリスク知覚能力が低いと評価された．一方，HE9 はリスク知覚評価指標における非優先側通行時の評価より，「相手に対する行動予測」能力は高いものの「自身の運転技能評価」能力は低いと評価され，減速の程度に基づく評価の結果，リスク知覚能力は不十分であると評価された．両者の評価の違いは，死角消失点までの左右確認と減速の継続の有無であり，HE7 は左方向に対して死角消失点前に確認を終了していた．模擬市街路の交差点は第 4 章 4.5.3 項の図 4.7 に示した通り直角交差でなく，非優先側通行時は右方向に比べて左方向に対して，より大きく首を振らなければ死角に対する確認ができない．一方，DS 上の交差点は第 3 章 3.4.3 項の図 3.12 に示した通り全て直角交差である．模擬市街路の交差点形状により，DS では表れなかった交差点形状に対する確認行動の違いが表れた可能性がある．

DS におけるリスク知覚能力が低い HE10 と HE1 は，リスク知覚評価指標における非優先側通行時の評価より，「相手に対する行動予測」能力が低いと評価された．HE10 と HE1 も HE7 と同様に，首を大きく振る必要がある左方向に対して死角消失点前に確認を終了していた．死角消失点までの確認を継続するという減速終了点と車速上限値の適用条件を満たしていなかったものの，試みとして減速の程度に基づく評価を適用したところ，減速終了点前に車速上限値を上回っており，この点からもリスク知覚能力が低いと評価された．

ここで，DS におけるリスク知覚能力が中程度の HE7 は，DS におけるリスク知覚能力が低い HE10，HE1 とリスク知覚評価指標における評価が同じであったが，減速終了点前の車速上限値からの差について，HE7 が 0 であったのに対し，HE10 と HE1 は完全に上回っていた．

次に，無信号交差点の優先側通行時について，表 6.3 に基づき結果を述べる．

DS におけるリスク知覚能力が高い HE4 と HE2 は「相手に対する行動予測」能力，「自身の運転技能評価」能力ともに高いと評価され，減速の程度においては減速終了点付近で車速上限値を上回っていたものの運転指導員と同程度の車両速度まで減速していた．

その他の 4 名は，「相手に対する行動予測」能力が低いと評価され，試みとして適用した減速の程度において車速上限値を大きく上回っていた．ただし，4 名のなかでも DS におけるリスク知覚能力が中程度の HE9 は，死角消失点に対する減速が見られた．また，死角消失点までの左右確認について，HE7，HE10，HE1 は右方向に対して無確認であり，HE9 は死角消失点前に確認を終了していた．模擬市街路の交差点は第 4 章 4.5.5 項の図 4.7 に示した通り直角交差でなく，優先側通行時は左方向に比べて右方向に対して，より大きく首を振らなければ死角に対する確認ができない．

以上より，DS におけるリスク知覚能力の評価と提案したリスク知覚評価指標における評価は同様の傾向を示しており，高齢運転者に対してリスク知覚評価指標を適用できると考えた．また，優先側通行時はドライバのリスク知覚能力が左右確認や車両速度設定に表れやすいと考えられる．

表 6.2 DS のリスク知覚能力とリスク知覚評価指標における評価の対応（非優先側通行時）

○：高評価　×：低評価　-無評価

	DSにおける リスク知覚能力 （0〜1）	リスク知覚評価指標における評価（非優先側通行時）				
		定性評価				定量評価
		相手*1			自身*2	
		死角前減速**1	確認継続**2	減速継続**3	ペダル**4	減速の程度
HE4	1	○	○	○	○	○
HE2	1	○	○	○	○	○
HE7	0.68	×	×	×	-	×
HE9	0.64	○	○	○	×	×
HE10	0.52	×	×	×	-	×
HE1	0.39	×	×	×	-	×

*1「相手に対する行動予測」能力　*2「自身の運転技能評価」能力
**1死角消失点以前の減速　**2死角消失点までの左右確認の継続
**3死角消失点までの減速の継続　**4左右確認中のペダル操作における構え行動

表 6.3 DS のリスク知覚能力とリスク知覚評価指標における評価の対応（優先側通行時）

○：高評価　×：低評価　-無評価

	DSにおける リスク知覚能力 （0〜1）	リスク知覚評価指標における評価（優先側通行時）				
		定性評価				定量評価
		相手*1			自身*2	
		死角前減速**1	確認継続**2	減速継続**3	ペダル**4	減速の程度
HE4	1	○	○	○	○	×
HE2	1	○	○	○	○	×
HE7	0.68	×	×	×	-	×
HE9	0.64	×	×	×	-	×
HE10	0.52	×	×	×	-	×
HE1	0.39	×	×	×	-	×

*1「相手に対する行動予測」能力　*2「自身の運転技能評価」能力
**1死角消失点以前の減速　**2死角消失点までの左右確認の継続
**3死角消失点までの減速の継続　**4左右確認中のペダル操作における構え行動

6.4　実路におけるリスク知覚評価指標の妥当性

6.4.1　概要

実路におけるリスク知覚評価指標の妥当性を検討するため，高齢者の日常の運転行動に基づき確認した．ここでは，もともとのリスク知覚能力が低い高齢者に対してリスク知覚能力を向上する運転教育を行い，運転教育後はリスク知覚能力が高い高齢者として扱うことで，リスク知覚能力における個人内比較を行った．

「相手に対する行動予測」能力を評価できること，「自身の運転技能評価」能力を評価できることを示すため，「相手に対する行動予測」能力における比較と「自身の運転技能評価」能力における比較を行うことを考えた．そのため，模擬市街路において「相手に対する行動予測」能力が低いと評価された HE10 と，「相手に対する行動予測」能力は高いが「自身の運転技能評価」能力が低いと評価された HE9 を対象とし，それぞれの能力を向上するための運転教育を実施した．第 3 章 3.5.2 項で説明した日常運転行動データを運転教育前とし，運転教育後に同様の手順で日常運転行動計測を行い，運転教育前後の比較を行った．なお，本実験は東京大学大学院工学系研究科の倫理審査を受け承認されており，実験協力者には研究内容を説明し，インフォームド・コンセントを得た．

6.4.2　リスク知覚能力を向上する運転教育手法

先行研究で提案されたリスク知覚能力を向上するための運転教育手法に基づき，「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力，それぞれの能力を向上するための方策を検討した．

先行研究の手法

先行研究において，五十嵐は高齢運転者のリスク知覚能力を高めるための運転教育手法を提案している [37]．これは，木村の認知能力特性分類 [36] において，リスク知覚能力が低い高齢運転者を対象とした運転教育である．

ハザードによる事故発生の期待値（事故の重大性と発生確率の組み合わせ）をリスクとしたとき，統計的に小さい事故発生確率を高く見積もらせることは難しいため，事故の重大性を認識させることを目的としている．運転教育手法を考えるうえでは，民田による，高齢運転者の運転教育に関する以下の知見 [27] を参考にしている．

- 安全な運転行動を強化，または，不安全な運転行動を低減させるように学習させる．
- 指導者が一方的に教えるという形式ではなく，教育を受ける運転者も意見を出せるような形式にする．特に，問題志向が望ましいことから，ドライバに問いかけるような形式にする．
- 経験に基づいて知識化できるように，ドライバが経験した内容を基に教育を行う．
- 学習の個人差を考えてなるべく個別対応な形式にする．

まず，運転教育内容について，事故の重大性を認識させるため，体験型教示の効果が大きいという知見 [22] も参考に，高齢運転者に疑似的な事故を経験させるコンテンツとしている．具体的には，高齢運転者に事故映像を見せるものである．

民田の知見 [27] から，被験者自身の事故映像を用いることが望ましいが，事故発生確率は小さいため，事故映像を取得することは難しい．そのため，100 台程度のタクシーにドライブレコーダ（DR）を設置することにより取得された事故映像を用いている [39]．これに加え，自身の運転に置き換えて事故の重大性を認識させるため，被験者本人の DR 映像から抽出した不安全運転行動（交通事故に繋がり得る運転行動）をコンピュータグラフィックス（CG）映像化し，仮想的な歩行者を飛び出させることで交通事故を再現した．

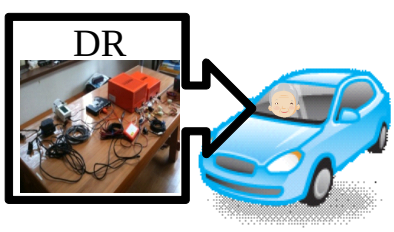
現実に起こったタクシーによる交通事故を自身の運転に置き換えることで，自身の運転が重大事故に繋がることを認識させる内容となっており，コンテンツ作成から運転教育までの流れを図 6.19 に示す．

次に，運転教育手について，上記の運転教育内容を高齢運転者が知識化し，運転行動に反映できるようにすることが要件となる．つまり，高齢運転者が自身の運転を意識化し，問題点を理解する必要がある．しかし，ドライバは習慣的な運転行動を反復していることが多く，意思決定のプロセスを再現することが困難であると言われている [33]．

この点について，図 2.1 [32] に示した Rasmussen の SRK モデル [31] を自動車の運転に適用したとき，運転経験が豊富なドライバほど，SB や RB の運転行動をとっていると考えられる．よって，長年の運転経験を持つ高齢運転者に対し，SB や RB の運転行動を，一旦 KB の運転行動に変化させる必要がある．そのため，運転教育手法として，高齢運転者が持っている知識や経験を問いかけにより引き出すコーチング方式を採用し，被験者本人の DR 映像を見せることで自身の運転を客観的に振り返らせている．高齢運転者に対するコーチング方式の運転教育は，太田らの提言 [24]，民田の知見 [27] からも支持される．

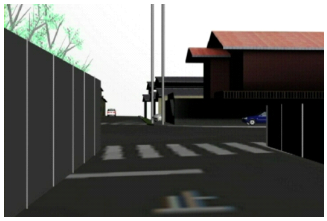
運転教育の手順をまとめると，以下の通りである．

1. 事故映像から起こり得る事故を考えさせる．
2. 自身の運転映像から客観的に運転を振り返らせる．
3. 疑似事故映像により自身の運転が重大事故に繋がり得ることを認識させる．
4. 異なる事故映像でとるべき運転行動を考えさせる．



①高齢運転者の車にDR設置

②不安全運転行動を抽出



③不安全運転行動をもとに
疑似事故映像を作成

④疑似事故映像や事故映像を
用いて運転教育

図 6.19　運転教育までの流れ

「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力を向上するための方策

先行研究の運転教育コンテンツは，自身の運転が重大事故に繋がり得ることを認識させるものである．これは，自身の車両速度の設定やブレーキタイミングでは相手に対して停止できないことを示すものであり，自身の運転技能評価を下げる効果があると考えられる．よって,「自身の運転技能評価」能力を向上するための運転教育コンテンツとして適用する．

「相手に対する行動予測」能力を向上するための運転教育コンテンツを新たに検討する必要があるため，ここでは「相手に対する行動予測」が不適切となる要因を明らかにする．

死角のある環境において「相手に対する行動予測」が不適切であることは，相手となる潜在的ハザードが自車の動線上に現れる可能性の見積もりが低いことを意味する．その理由として，相手が自車に対して停止してくれるという期待が大きいのではないかと考えた．

相手が停止することへの期待が大きいことで「相手に対する行動予測」が不適切になるという仮説を検証するため，死角に対する左右確認と減速の行動を，客観的に相手が停止する可能性が高い状況と，相手が停止する可能性が低い状況で比較した．ここで，道路交通法上，無信号交差点の優先側通行時は非優先側通行時に比べて相手が停止する可能性が高いため，死角に対する左右確認と減速の行動を，優先側通行時と非優先側通行時で比較し，その結果を表 6.4 と表 6.5 に示す．

表 6.4 は，第 4 章 4.5.3 項と同章 4.5.5 項，および本章 6.3.3 項でとりあげた模擬市街路の無信号交差点において，運転指導員の非優先側通行時と優先側通行時の運転行動を比較したものである．また，表 6.5 は高齢運転者の非優先側通行時と優先側通行時の運転行動を比較したものである．なお，高齢運転者は DS におけるリスク知覚能力が高い順に上から表している．

まず，減速行動について，非優先側では運転指導員の全員とも死角消失点に対して減速していたが，優先側では HP3 が死角消失点に対して減速していなかった．

次に，左右確認について，非優先側では運転指導員全員とも死角消失点まで確認していたが，優先側では HP3 が右方向の死角に対して無確認であり，HP5 が死角消失点前に右方向の死角に対する確認を終了していた．また，高齢運転者を見ると，非優先側では HE7 と HE1 が左方向の死角に対して，HE10 が左右両方向の死角に対して死角消失点前に確認を終了していた．一方，優先側では HE7，HE10，HE1 ともに右方向の死角に対して無確認であり，HE9 が死角消失点前に右方向の死角に対する確認を終了していた．ここで，第 4 章 4.5.3 項の図 4.7，および，同章 4.5.5 項の図 4.17 の通り，評価に用いた模擬市街路の十字交差点は直角交差でなく，非優先側通行時は右方向に比べて左方向に対して，優先側通行時は左方向に比べて右方向に対して，より大きく首を振らなければ死角に対する確認ができない．運転指導員，高齢運転者ともに，首を大きく振らなければならない方向に対する確認が疎かになる傾向にあり，リスク知覚の結果として首を大きく振ってまで死角に対する確認を行わなくてよいと考えた可能性がある．

以上より，運転指導員，高齢運転者ともに，相手が停止する可能性の高い優先側における左右確認と減速が非優先側に比べ疎かになる傾向にあり，相手が停止することへの期待が大きいことで「相手に対する行動予測」が不適切になることが確かめられた．本研究の運転行動モデルにこの結果を反映したものを図 6.20 に示す．

よって，「相手に対する行動予測」能力を向上するための運転教育について，相手が停止することへの期待を下げることが要件となる．本研究では，先行研究の運転教育手法 [37] をもとに，この要件を満たす運転教育コンテンツを作成する．

表 6.4 非優先側通行時と優先側通行時における
「相手に対する行動予測」の比較（運転指導員）

確認　〇:死角消失点まで確認　△:死角消失点前に確認終了　×:無確認
減速　〇:死角消失点に対し減速　×:死角消失点に対する減速なし

	非優先側通行時			優先側通行時		
	左右確認		減速	左右確認		減速
	左	右		左	右	
HP1	〇	〇	〇	〇	〇	〇
HP2	〇	〇	〇	〇	〇	〇
HP3	〇	〇	〇	〇	×	×
HP4	〇	〇	〇	〇	〇	〇
HP5	〇	〇	〇	〇	△	〇
HP6	〇	〇	〇	〇	〇	〇

表 6.5 非優先側通行時と優先側通行時における
「相手に対する行動予測」の比較（高齢運転者）

確認　〇:死角消失点まで確認　△:死角消失点前に確認終了　×:無確認
減速　〇:死角消失点に対し減速　×:死角消失点に対する減速なし

	非優先側通行時			優先側通行時		
	左右確認		減速	左右確認		減速
	左	右		左	右	
HE4	〇	〇	〇	〇	〇	〇
HE2	〇	〇	〇	〇	〇	〇
HE7	△	〇	×	〇	×	×
HE9	〇	〇	〇	〇	△	〇
HE10	△	△	×	〇	×	×
HE1	△	〇	×	〇	×	×

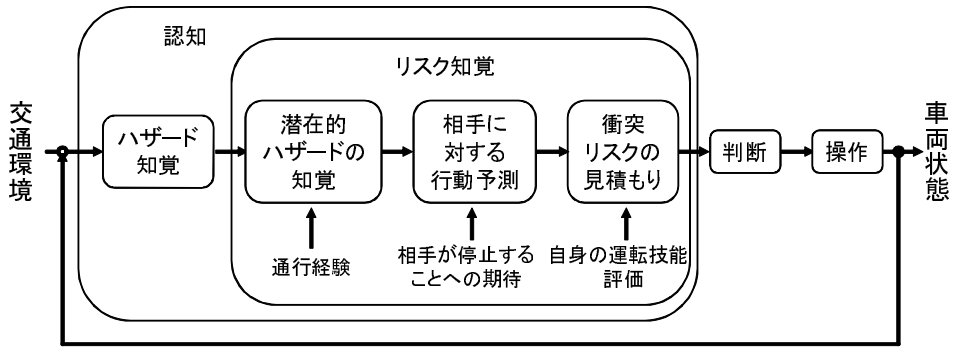


図 6.20 運転行動モデル

6.4.3　実路における「相手に対する行動予測」能力の評価

運転教育の内容

前節で示した通り，「相手に対する行動予測」能力を向上するため，相手が停止することへの期待を下げることが必要である．本研究では，停止することが期待できない相手として子供を考え，子供の飛出し事象を先行研究の運転教育手法[37]に適用し，「相手に対する行動予測」能力が低いと評価されたHE10に対して運転教育を実施した．HE10の日常運転行動計測状況を表6.6に示す．なお，運転教育後の日常運転行動計測について，ドライブレコーダシステム（DR）の不調により記録時間が短くなっている．

運転教育の中で提示する事故事例は，タクシーにDRを設置することにより取得された実際の事故映像が2事例と，自身の運転に基づく疑似事故映像である．現実として子供が飛び出すことを理解させるため，前者のうち1事例を子供の飛出し事象とした．ただし，子供の飛出しにより事故に至った事例はデータベース[39]に含まれていなかったため，図6.21に示す，子供の飛出しによるヒヤリハットで代用した．そのため，もう1事例は実際の事故事例とし，図6.22に示す右方からの自転車飛出しによる事故映像を提示した．

自身の運転に基づく疑似事故映像について，高齢運転者がよく通行する無信号交差点のうち，不安全な運転を行っていると考えられる場面を抽出し，疑似事故映像を作成した．この流れを説明するため，一例として図6.23の運転場面に基づく疑似事故映像を図6.24に示す．図6.23は無信号十字交差点の優先側を直進する場面であり，左方確認の後，アクセルを踏み込み交差点を退出しており，右方確認をしていなかった．また，左方確認についても視線を向けただけであり，死角を覗き込むような確認は見られなかった．そのため，この運転行動を不安全と考え，コンピュータグラフィックス（CG）により再現し，仮想的な歩行者を飛び出させることで，図6.24のような疑似事故映像を作成した．また，自身の運転を客観的に振り返らせるため，ドライバ視点だけでなく，歩行者視点と鳥瞰視点の映像も提示している．HE10に対しては，もう1場面として無信号丁字交差点の非優先側を左折する場面を取り上げ，同様の手順により疑似事故映像を作成した．非優先側における疑似事故映像は付録Cに示す．

表 6.6 HE10 の日常運転行動計測状況

	性別	年齢 [歳]	運転教育前		運転教育後	
			計測期間 [日]	記録時間 [時:分]	計測期間 [日]	記録時間 [時:分]
HE10	男	75	22	14:50	18	2:11

図 6.21 子供の飛出しによるヒヤリハット

図 6.22 右方からの自転車飛出しによる事故

図 6.23 疑似事故映像の対象場面（HE10，無信号十字交差点・優先側直進）

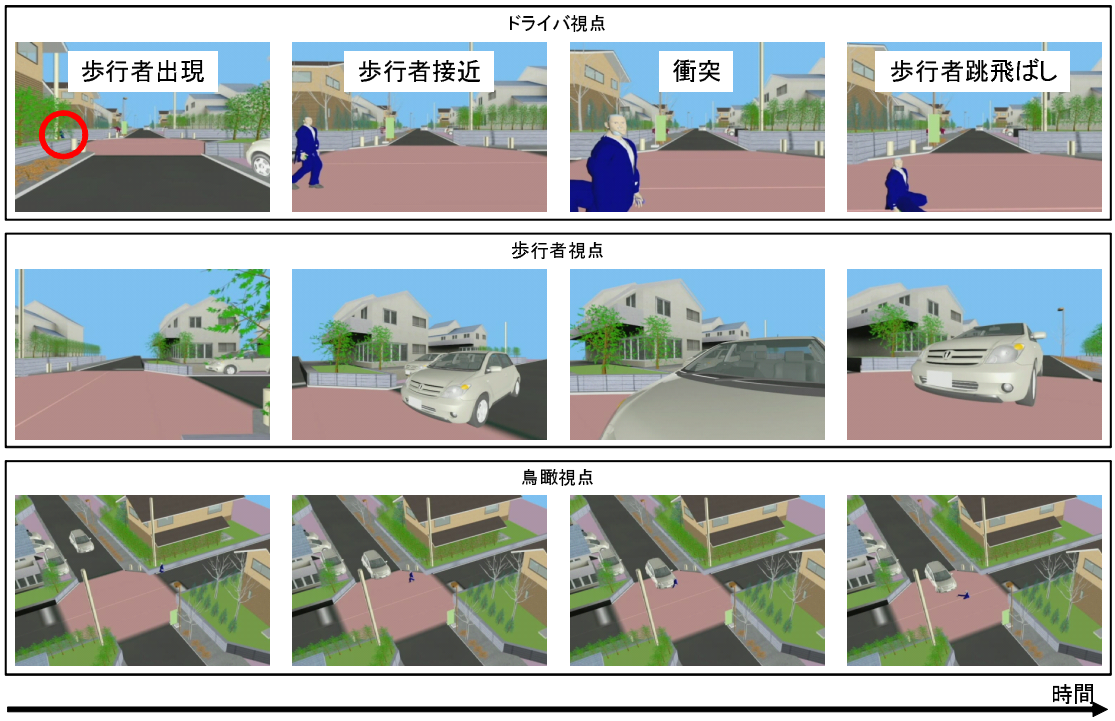


図 6.24 疑似事故映像（HE10，無信号十字交差点・優先側直進）

リスク知覚評価指標における運転教育前後比較

「相手に対する行動予測」能力が低いと評価された HE10 に対して運転教育を実施した．運転教育後の HE10 は「相手に対する行動予測」能力が高い高齢運転者と考え，「相手に対する行動予測」能力に対するリスク知覚評価指標である，死角消失点に対する減速，死角消失点までの左右確認と減速の継続，減速の程度において運転教育前後の運転行動を比較することにより，実路においてリスク知覚評価指標を適用できることを検討した．

ここではリスク知覚評価指標による絶対評価を行わないため，無信号交差点非優先側，優先側のいずれも対象として検討を行った．

・無信号丁字交差点・非優先側左折

左右に死角のある無信号丁字交差点の非優先側を左折する場面を取り上げる．図 6.25 に交差点の鳥瞰図を，図 6.26 に運転教育前後の運転行動推移を，図 6.27 に運転教育前後の車両速度推移を示す．図 6.27 は横軸に停止線を 0 とした距離をとり，運転教育前の車両速度推移を赤マーカ，運転教育後の車両速度推移を青マーカで示している．

以下，図 6.26 をもとに説明する．

まず，「相手に対する行動予測」能力が低い，運転教育前について，左方交差車両の発見遅れによる急減速行動（最大減速度 0.45G）が発生した．図 6.27 より一時停止を行っておらず，その状態で右方向の死角に対して確認を行っていた．右方向に首を振ると同時に左方向の死角から交差車両が出現しており，左方向に首を振ると同時にアクセルを踏み込んだ後，交差車両の存在に気付いたため急減速行動となった．つまり，死角消失点前に確認と減速を終了しているといえ，模擬市街路における評価と同様に，「相手に対する行動予測」能力が低いと評価できる．

次に，「相手に対する行動予測」能力が高いと考えられる運転教育後について，図 6.27 より完全に一時停止しており，停止した状態で右方向の死角に対する確認を行っていた．その後左方向に向き直ると同時にアクセルに踏み替えていたが，間をおいてアクセルを踏み込んでおり，左方向の死角に対して確認を行ったと考えられる．つまり，運転教育前に比べ，死角消失点まで確認と減速を継続するような運転行動に変容した．減速の程度に関しても，運転教育前に比べて車両速度が下がる方向に変化した．

図 6.25　交差点の鳥瞰図（HE10，無信号丁字交差点・非優先側左折）

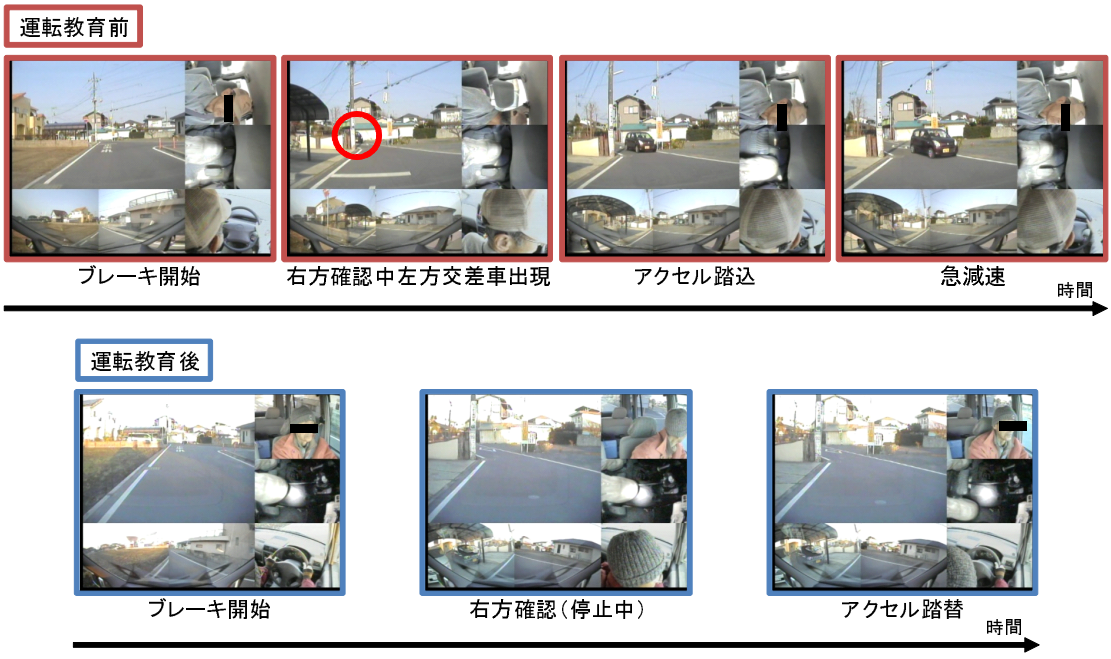


図 6.26　運転行動推移（HE10，無信号丁字交差点・非優先側左折）

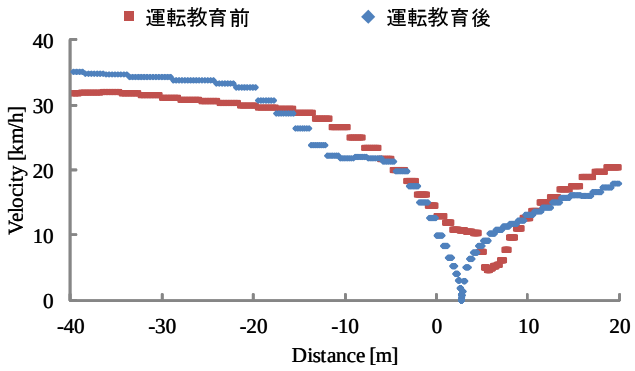


図 6.27　車両速度推移（HE10，無信号丁字交差点・非優先側左折）

・無信号十字交差点・優先側直進 (1)

左右に死角のある無信号十字交差点の優先側を直進する場面を取り上げる．図 6.29 に交差点の鳥瞰図を，図 6.31 に運転教育前後の運転行動推移を，図 6.32 に運転教育前後の車両速度推移を示す．図 6.32 は横軸に距離をとり，運転教育前の車両速度推移を赤マーカ，運転教育後の車両速度推移を青マーカで示している．なお，優先側における横軸の基準は，図 6.28 に示すように，交差点における舗装色が変わる境界線を 0 とした．

本交差点については，航空写真と地図に基づき交差点の死角端をある程度判別できたため，目安として減速終了点と車速上限値を算出し，図 6.32 中に示した．減速終了点を定めるにあたり，右方に比べ左方の死角の見通し距離が小さいことから，相手として左方交差車両を想定し，相手側は非優先側であることから進行速度 V_P を 20km/h とした．これは，左方交差道路の停止線から自車側面までの距離が 5m であり，停止状態から 0.2G で 5m 加速したとき，約 20km/h まで加速できるためである．また，図 6.30 に示す通り，相手側面から死角端までの距離 d を 4.4m，自車側面から死角端までの距離 l を 5.2m とした．

以下，図 6.31 をもとに説明する．

まず，「相手に対する行動予測」能力が低い，運転教育前について，図 6.32 より死角に対して減速を行っていなかった．また，左方向の死角に対しては確認を行っていたものの，右方向の死角に対しては確認を行っていなかった．つまり，死角消失点に対して減速しておらず，また，死角消失点前に確認を終了しているといえ，模擬市街路における評価と同様に，「相手に対する行動予測」能力が低いと評価できる．

次に，「相手に対する行動予測」能力が高いと考えられる運転教育後について，図 6.32 より車速上限値を上回っていたものの，死角に対して減速を行うようになった．また，左右両方向の死角に対して確認を行っていた．つまり，運転教育前に比べ，死角消失点に対して減速を行い，死角消失点まで確認を継続するような運転行動に変容した．

図 6.28　無信号交差点優先側における距離軸の基準

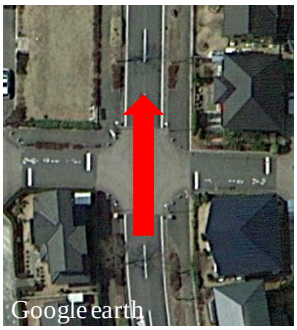


図 6.29　交差点の鳥瞰図（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

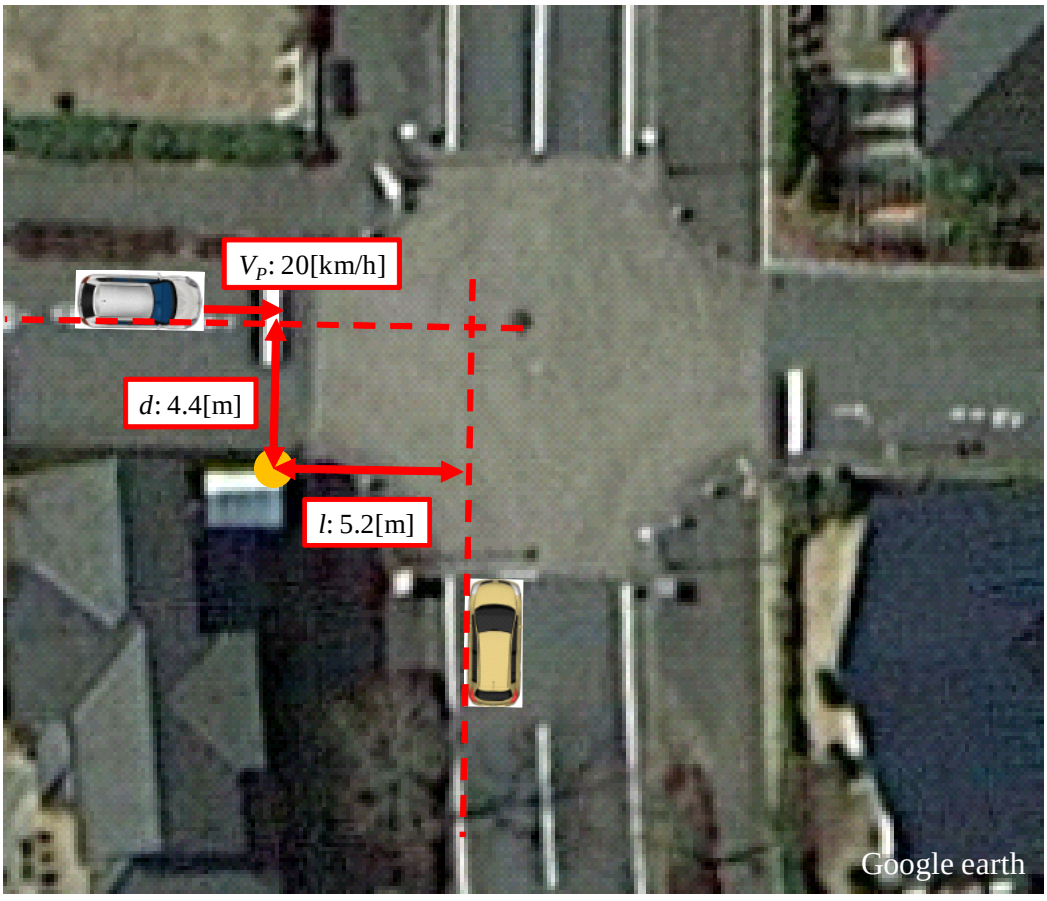


図 6.30　減速終了点を定める変数（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

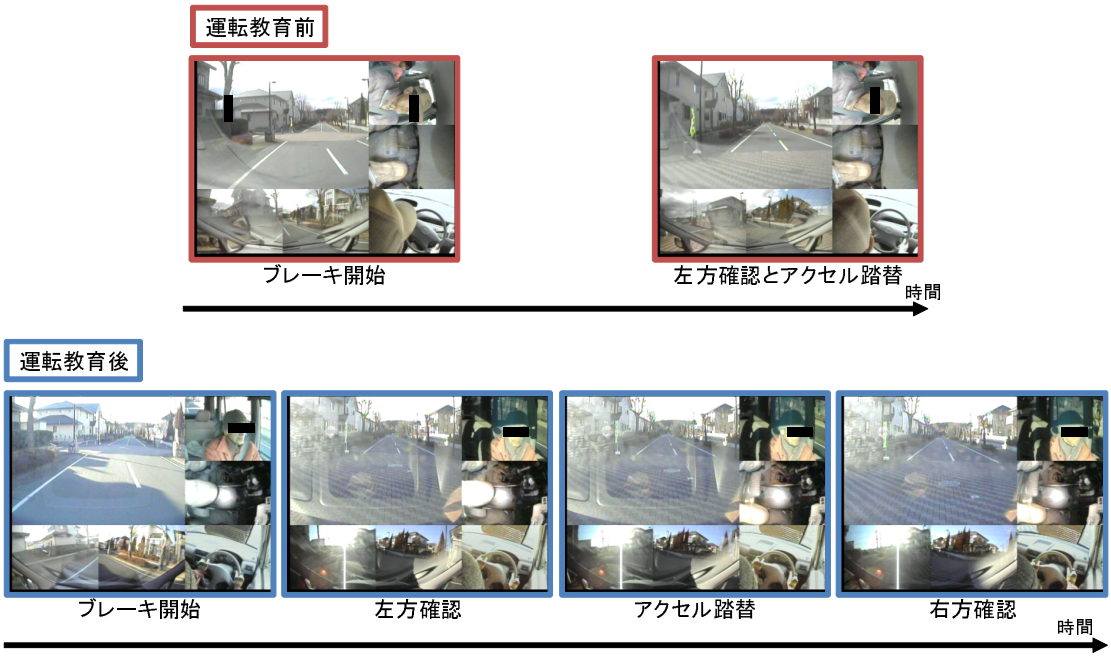


図 6.31　運転行動推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

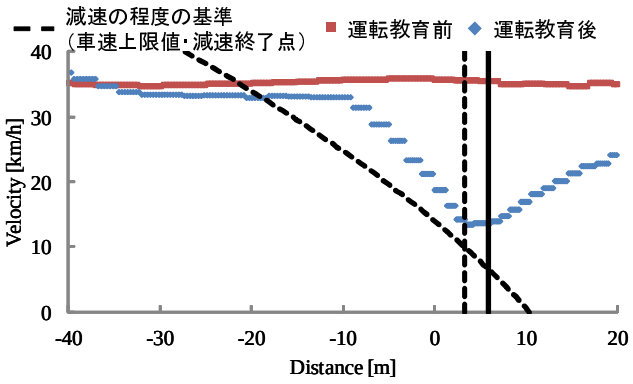


図 6.32　車両速度推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

・無信号十字交差点・優先側直進 (2)

左右に死角のある無信号十字交差点の優先側を直進する場面を取り上げる．図 6.33 に交差点の鳥瞰図を，図 6.35 に運転教育前後の運転行動推移を，図 6.36 に運転教育前後の車両速度推移を示す．図 6.36 は横軸に距離をとり，運転教育前の車両速度推移を赤マーカ，運転教育後の車両速度推移を青マーカで示している．なお，横軸の基準は図 6.28 に示した通り，交差点における舗装色が変わる境界線を 0 とした．

本交差点については，航空写真と地図に基づき交差点の死角端をある程度判別できたため，目安として減速終了点と車速上限値を算出し，図 6.36 中に示した．減速終了点を定めるにあたり，右方に比べ左方の死角の見通し距離が小さいことから，相手として左方交差車両を想定し，相手側は非優先側であることから進行速度 V_P を 20km/h とした．これは，左方交差道路の停止線から自車側面までの距離が 5m であり，停止状態から 0.2G で 5m 加速したとき，約 20km/h まで加速できるためである．また，図 6.34 に示す通り，相手側面から死角端までの距離 d を 7m，自車側面から死角端までの距離 l を 1.5m とした．

以下，図 6.35 をもとに説明する．

まず,「相手に対する行動予測」能力が低い，運転教育前について，図 6.36 より減速終了点前に車速上限値を上回っていた．なお，-30m 付近から車両速度が低下しているが，動画を確認したところ図 6.36 中に示すように路上駐車車両が存在した．右方向の死角に対しては確認を行っていたものの，左方向の死角に対しては確認を行っていなかった．つまり，死角消失点前に確認を終了しているといえ，模擬市街路における評価と同様に,「相手に対する行動予測」能力が低いと評価できる．

次に,「相手に対する行動予測」能力が高いと考えられる運転教育後について，図 6.36 より車速上限値を下回る方向に車両速度推移が変化した．また，左右両方向の死角に対して確認を行っていた．つまり，運転教育前に比べ，死角消失点まで確認を継続するような運転行動に変容した．

図 6.33　交差点の鳥瞰図（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

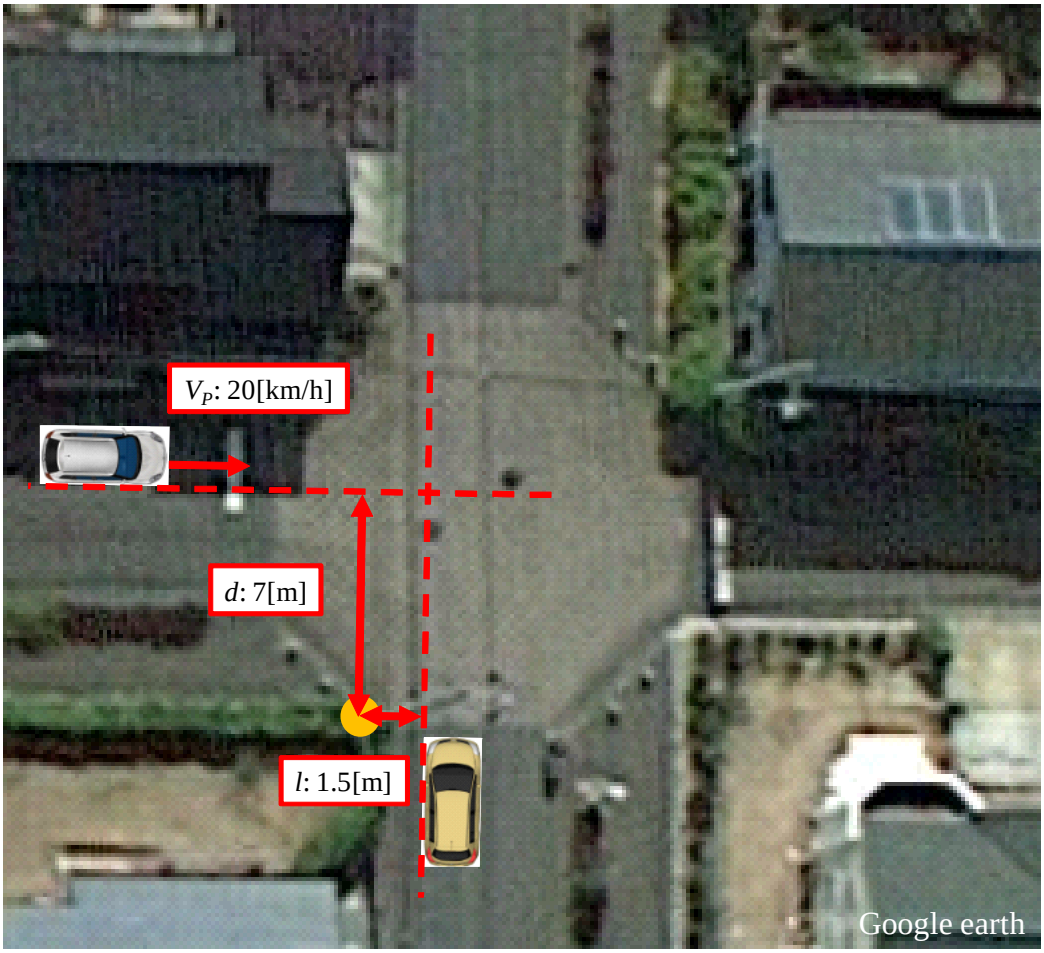


図 6.34　減速終了点を定める変数（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

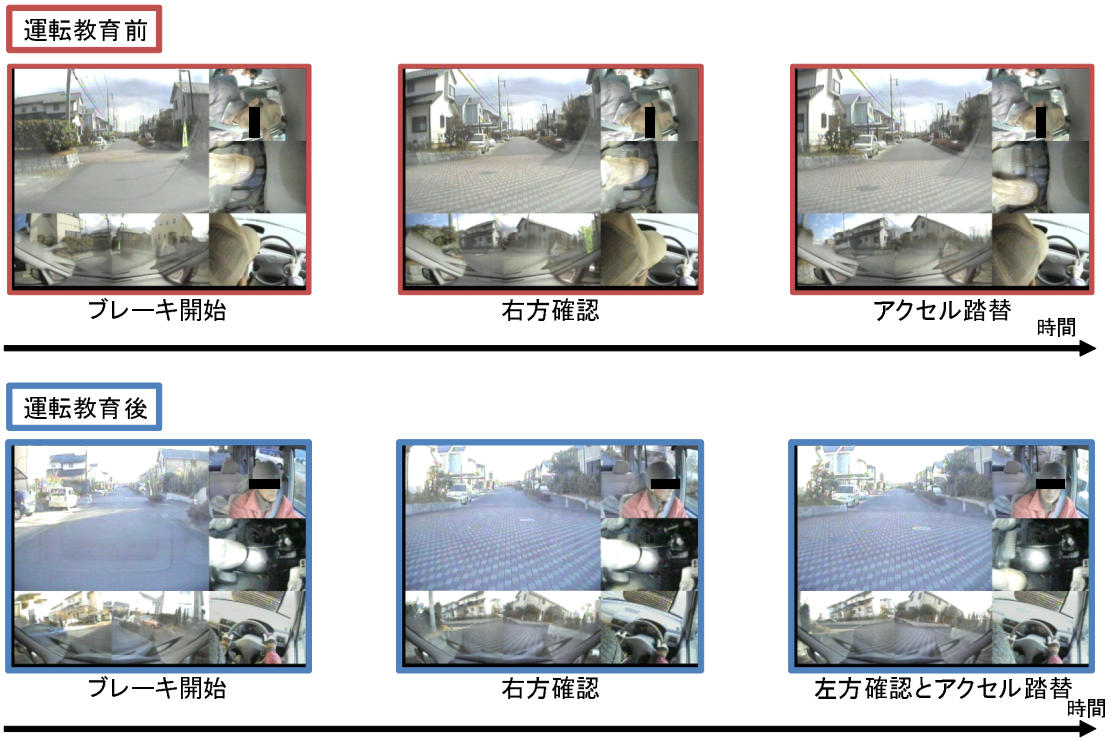


図 6.35　運転行動推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

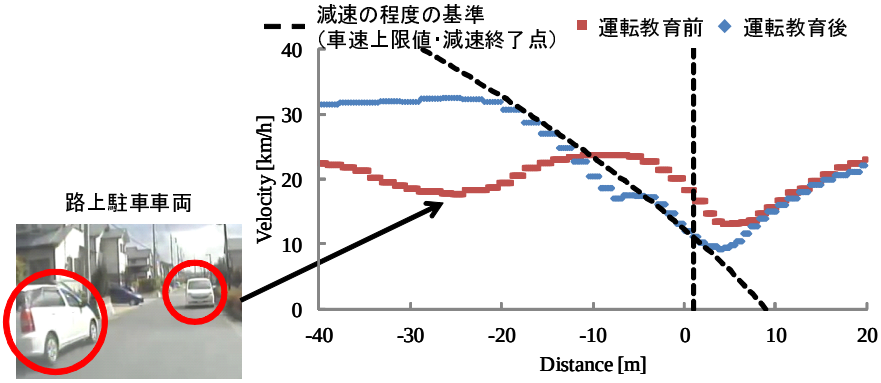


図 6.36　車両速度推移（HE10，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

実路における適用の検討結果

以上に示した通り，非優先側と優先側における検討の結果，「相手に対する行動予測」能力が高いと考えられる運転教育後は，運転教育前に比べて死角消失点に対して減速を行うように，それから，死角消失点までの確認と減速を継続するように運転行動が変化した．減速の程度に関しても，車両速度が下がる方向に変化した．また，減速の程度に対する基準である，減速終了点と車速上限値を目安として適用した結果について，運転教育後は車速上限値を下回る方向に車両速度が低下した．

よって，実路において死角消失点に対する減速，死角消失点までの確認と減速の継続，および減速の程度をリスク知覚評価指標として適用できると考えられる．

ここで，子供の飛出し事象を教材とした運転教育の効果について，第 3 章 3.5.4 項で説明した全ブレーキ行動数に対する不安全運転行動の割合を図 6.37 に示す通り，運転教育後の不安全運転行動の発生頻度は運転教育前に比べ増加した．HE10 は運転教育前はミニバン型の乗用車を運転していたのに対し，運転教育後は軽乗用車に乗り換えていたことから，車格の違いによりブレーキ行動が変容した可能性がある．ただし，上記の通り，運転教育後は死角に対する減速や確認を行うようになったことから，HE10 は子供といった停止することを期待できない相手がいることを理解し，相手が停止することへの期待が下がったと考えらえれる．

そのため，子供の飛出し事象を教材としたリスク知覚能力を向上する運転教育により，相手が停止することへの期待を下げることができると考えられる．

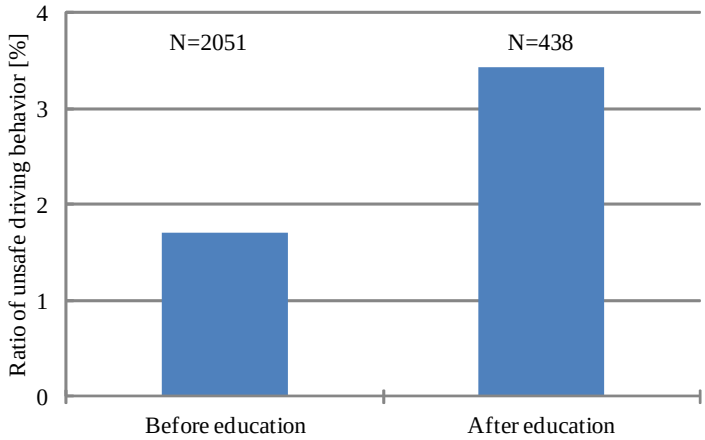


図 6.37　運転教育前後の不安全運転行動頻度（HE10）
（N:全ブレーキ行動数）

6.4.4　実路における「自身の運転技能評価」能力の評価

運転教育の内容

「自身の運転技能評価」能力を向上するため，先行研究の運転教育手法[37]を利用し，「自身の運転技能評価」能力が低いと評価された HE9 に対して運転教育を実施した．HE9 の日常運転行動計測状況を表 6.7 に示す．

運転教育の中で提示する事故事例は，タクシーに DR を設置することにより取得された実際の事故映像が 2 事例と，自身の運転に基づく疑似事故映像である．

前者について，1 事例は図 6.38 に示す左方からの自転車飛出しによる事故映像，もう 1 事例は前節の図 6.22 に示した右方からの自転車飛出しによる事故映像とした．

自身の運転に基づく疑似事故映像については，無信号十字交差点の優先側を直進する場面を取り上げ，前項と同様の手順で作成した．疑似事故映像は付録 C に示す．

表 6.7　HE9 の日常運転行動計測状況

	性別	年齢 [歳]	運転教育前		運転教育後	
			計測期間 [日]	記録時間 [時:分]	計測期間 [日]	記録時間 [時:分]
HE9	男	77	13	12:15	18	12:32

図 6.38　左方からの自転車飛出しによる事故

リスク知覚評価指標における運転教育前後比較

「自身の運転技能評価」能力が低いと評価された HE9 に対して運転教育を実施した．運転教育後の HE9 は「自身の運転技能評価」能力が高い高齢運転者と考え，「自身の運転技能評価」能力に対するリスク知覚評価指標である，左右確認中のペダル操作における構え行動，減速の程度において運転教育前後の運転行動を比較することにより，実路においてリスク知覚評価指標を適用できることを検討した．

ここではリスク知覚評価指標による絶対評価を行わないため，無信号交差点非優先側，優先側のいずれも対象として検討を行った．

・無信号丁字交差点・非優先側左折

左右に死角のある無信号丁字交差点の非優先側を左折する場面を取り上げる．図 6.39 に交差点の鳥瞰図を，図 6.40 に運転教育前後の運転行動推移を，図 6.41 に運転教育前後の車両速度推移を示す．図 6.41 は横軸に停止線を 0 とした距離をとり，運転教育前の車両速度推移を赤マーカ，運転教育後の車両速度推移を青マーカで示している．

以下，図 6.40 をもとに説明する．

まず，「自身の運転技能評価」能力が低い，運転教育前について，図 6.41 より一時停止を行っておらず，右方向の死角に対して確認した後，左方向に首を振ると同時にアクセルを踏み込んでいた．なお，一時停止からの発進後，再度停止しているが，動画を確認したところ図 6.41 中に示すように左方交差車両が現れたため通過待ちをしていた．．つまり，左右確認中にアクセルペダルを構えており，模擬市街路における評価と同様に，「自身の運転技能評価」能力が低いと評価できる．

次に，「自身の運転技能評価」能力が高いと考えられる運転教育後について，図 6.41 より完全に一時停止しており，停止した状態で右方向と左方向の死角に対する確認を行い，その後アクセルペダルに踏み替えていた．つまり，運転教育前に比べ，左右確認中のペダル構え行動においてブレーキペダルを構えるような運転行動に変容した．減速の程度に関しても，運転教育前に比べて車両速度が下がる方向に変化した．

図 6.39　交差点の鳥瞰図（HE9，無信号丁字交差点・非優先側左折）

図 6.40　運転行動推移（HE9，無信号丁字交差点・非優先側左折）

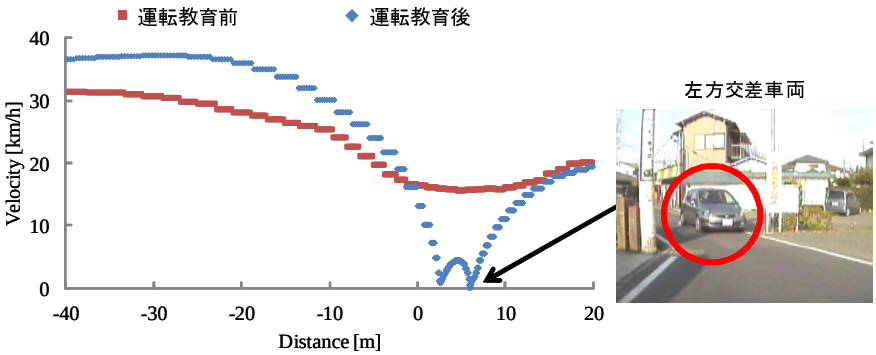


図 6.41　車両速度推移（HE9，無信号丁字交差点・非優先側左折）

・無信号十字交差点・優先側直進 (1)

左右に死角のある無信号十字交差点の優先側を直進する場面を取り上げる．図 6.42 に交差点の鳥瞰図を，図 6.44 に運転教育前後の運転行動推移を，図 6.45 に運転教育前後の車両速度推移を示す．図 6.45 は横軸に距離をとり，運転教育前の車両速度推移を赤マーカ，運転教育後の車両速度推移を青マーカで示している．なお，横軸の基準は図 6.28 に示した通り，交差点における舗装色が変わる境界線を 0 とした．

本交差点については，航空写真と地図に基づき交差点の死角端をある程度判別できたため，目安として減速終了点と車速上限値を算出し，図 6.45 中に示した．減速終了点を定めるにあたり，右方に比べ左方の死角の見通し距離が小さいことから，相手として左方交差車両を想定し，相手側は非優先側であることから進行速度 V_P を 20km/h とした．これは，左方交差道路の停止線から自車側面までの距離が 5m であり，停止状態から 0.2G で 5m 加速したとき，約 20km/h まで加速できるためである．また，図 6.43 に示す通り，相手側面から死角端までの距離 d を 4.4m，自車側面から死角端までの距離 l を 5.2m とした．

以下，図 6.44 をもとに説明する．

まず，「自身の運転技能評価」能力が低い，運転教育前について，右方向の死角に対して確認した後，左方向に首を振ると同時にアクセルを踏み込んでいた．つまり，左右確認中にアクセルペダルを構えており，模擬市街路における評価と同様に，「自身の運転技能評価」能力が低いと評価できる．

次に，「自身の運転技能評価」能力が高いと考えられる運転教育後について，図 6.45 より車速上限値を上回っていたものの，特に減速終了点付近では車速上限値を下回る方向に変化した．また，右方向の死角に対して確認した後，左方向の死角に対して確認を行い，それからアクセルペダルに踏み替えていた．つまり，運転教育前に比べ，左右確認中のペダル構え行動においてブレーキペダルを構えるような運転行動に変容した．

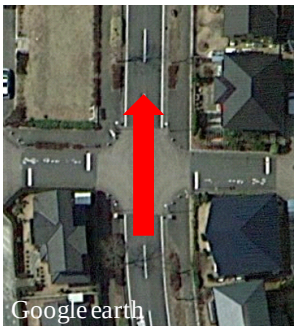


図 6.42　交差点の鳥瞰図（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

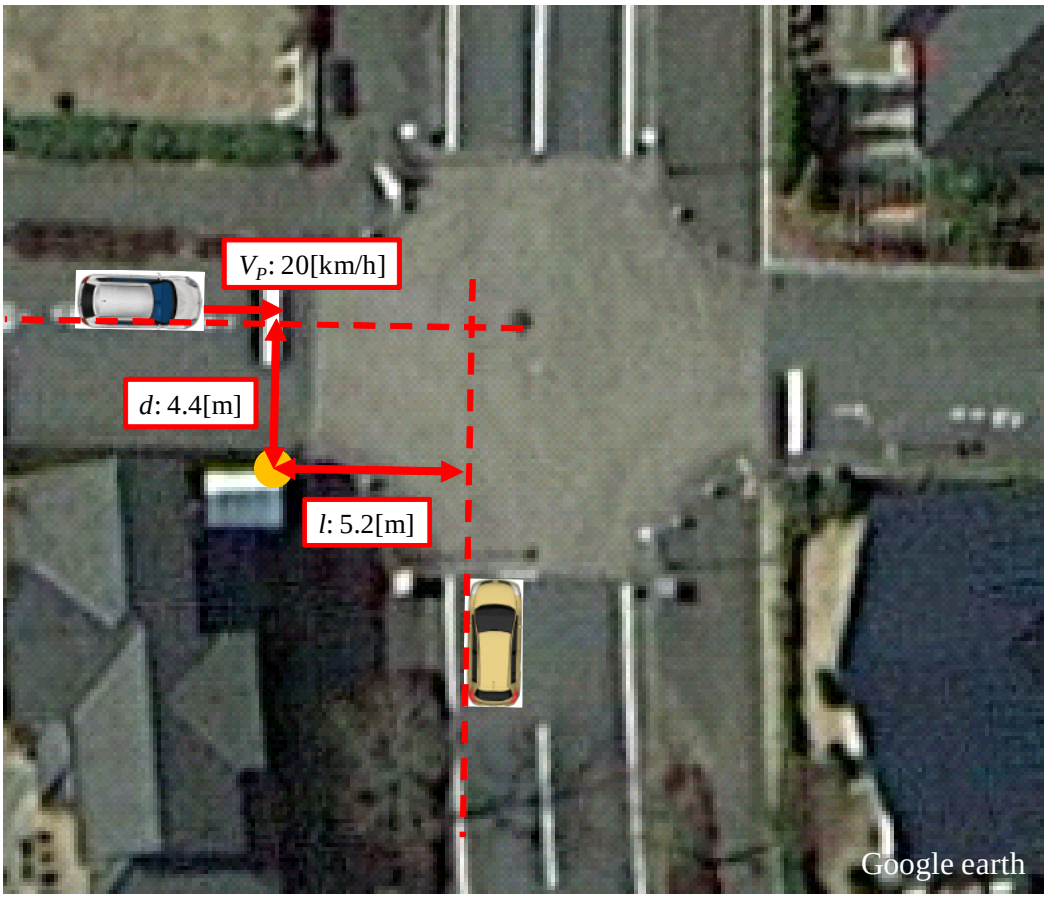


図 6.43　減速終了点を定める変数（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

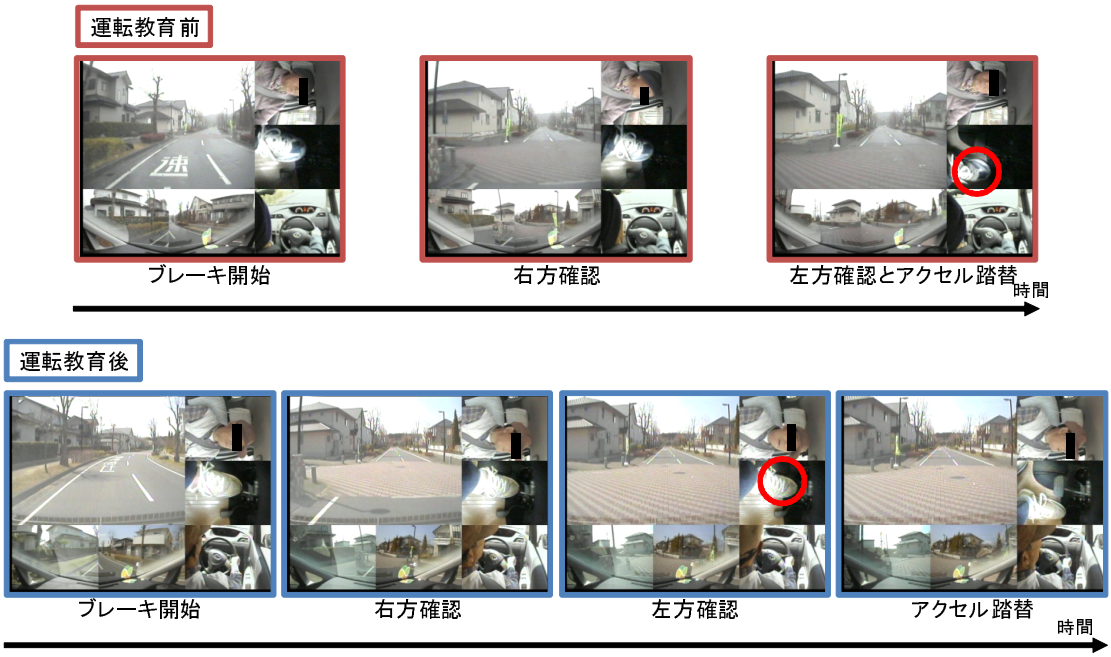


図 6.44　運転行動推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

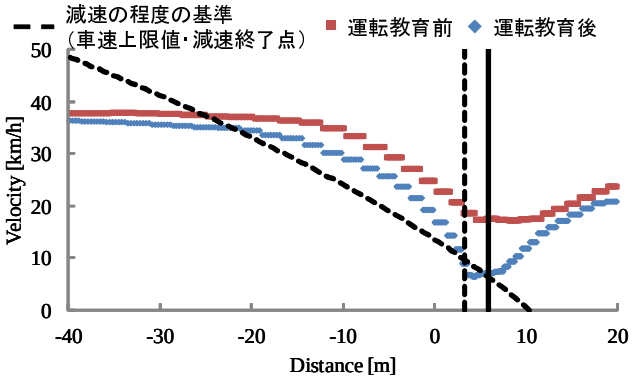


図 6.45　車両速度推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (1)）

・無信号十字交差点・優先側直進 (2)

左右に死角のある無信号十字交差点の優先側を直進する場面を取り上げる．図 6.46 に交差点の鳥瞰図を，図 6.48 に運転教育前後の運転行動推移を，図 6.49 に運転教育前後の車両速度推移を示す．図 6.49 は横軸に距離をとり，運転教育前の車両速度推移を赤マーカ，運転教育後の車両速度推移を青マーカで示している．なお，横軸の基準は図 6.28 に示した通り，交差点における舗装色が変わる境界線を 0 とした．

本交差点については，航空写真と地図に基づき交差点の死角端をある程度判別できたため，目安として減速終了点と車速上限値を算出し，図 6.49 中に示した．減速終了点を定めるにあたり，右方に比べ左方の死角の見通し距離が小さいことから，相手として左方交差車両を想定し，相手側は非優先側であることから進行速度 V_P を 20km/h とした．これは，左方交差道路の停止線から自車側面までの距離が 5m であり，停止状態から 0.2G で 5m 加速したとき，約 20km/h まで加速できるためである．また，図 6.34 に示す通り，相手側面から死角端までの距離 d を 4m，自車側面から死角端までの距離 l を 3.3m とした．

以下，図 6.48 をもとに説明する．

まず，「自身の運転技能評価」能力が低い，運転教育前について，図 6.49 より減速終了点前に車速上限値を上回っていた．また，右方向の死角に対して確認した後，アクセルペダルに踏み替え，それから左方向の死角に対しては確認を行っていた．つまり，左右確認中にアクセルペダルを構えており，模擬市街路における評価と同様に，「自身の運転技能評価」能力が低いと評価できる．

次に，「自身の運転技能評価」能力が高いと考えられる運転教育後について，図 6.49 より車速上限値を上回っていたものの，特に減速終了点付近では車速上限値を下回る方向に変化した．また，右方向の死角に対して確認した後，左方向の死角に対して確認を行い，それからアクセルペダルに踏み替えていた．つまり，運転教育前に比べ，左右確認中のペダル構え行動においてブレーキペダルを構えるような運転行動に変容した．

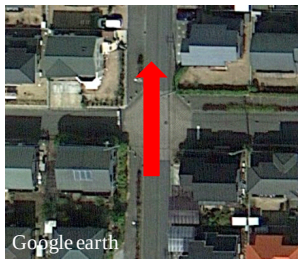


図 6.46　交差点の鳥瞰図（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

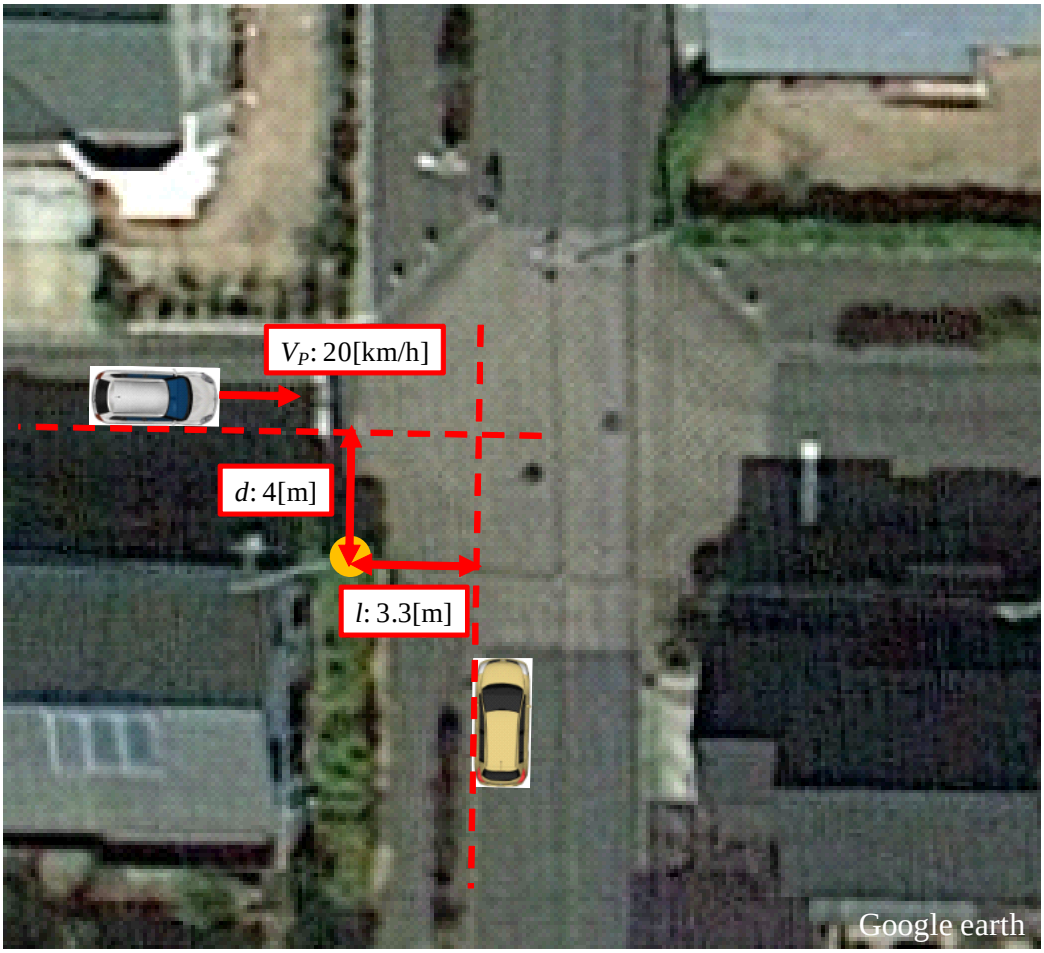


図 6.47　減速終了点を定める変数（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

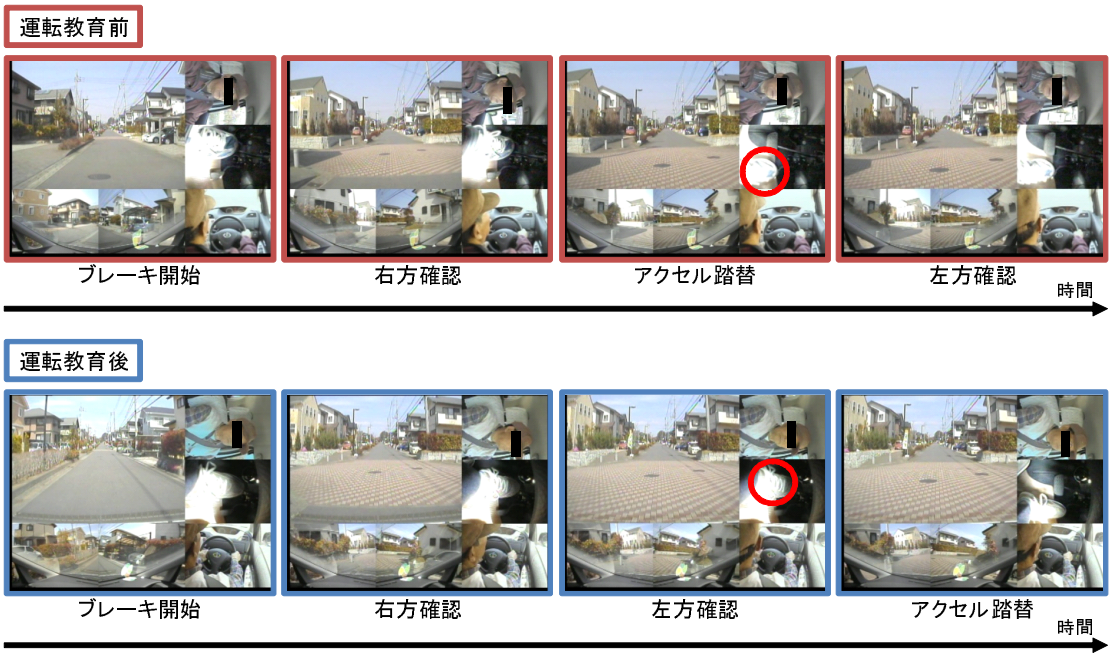


図 6.48　運転行動推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

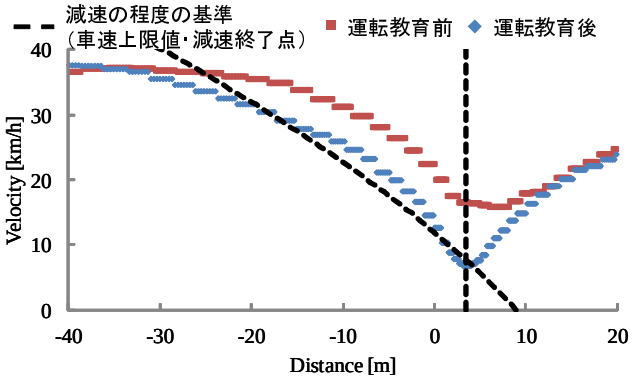


図 6.49　車両速度推移（HE9，無信号十字交差点・優先側直進 (2)）

実路における適用の検討結果

以上に示した通り，非優先側と優先側における検討の結果，「自身の運転技能評価」能力が高いと考えられる運転教育後は，運転教育前に比べて左右確認中のペダル構え行動においてブレーキペダルを構えるようになり，減速の程度に関しても，車両速度が下がる方向に変化した．また，減速の程度に対する基準である，減速終了点と車速上限値を目安として適用した結果について，運転教育後は減速終了点付近で車速上限値を下回る方向に車両速度が低下した．

よって，実路において左右確認中のペダル構え行動と減速の程度をリスク知覚評価指標として適用できると考えられる．

ここで，自身の運転に基づく疑似事故映像を教材とした運転教育の効果について，第 3 章 3.5.4 項で説明した全ブレーキ行動数に対する不安全運転行動の割合を図 6.50 に示す通り，運転教育後の不安全運転行動発生頻度は運転教育前に比べて減少した．上記の通り，ブレーキペダルを構えながら確認を行うようになったことからも，HE9 は自身の運転が事故に繋がり得ることを理解し，自身の運転技能評価が下がったと考えられる．

そのため，自身の運転に基づく疑似事故映像を教材とした運転教育により，自身の運転技能評価を下げることができると考えられ，それにより不安全運転行動を抑止できる可能性がある．

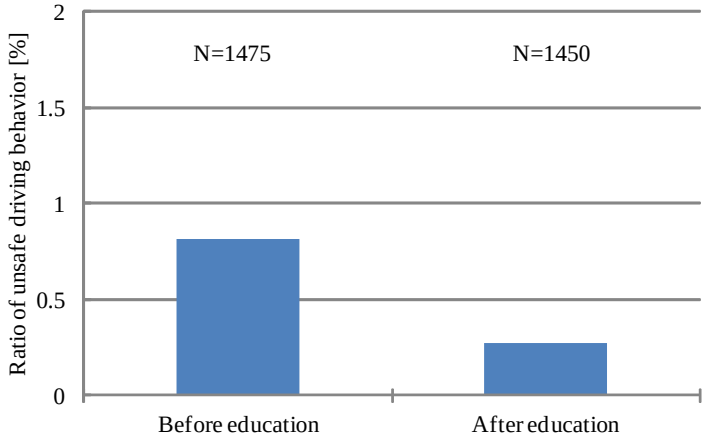


図 6.50　運転教育前後の不安全運転行動頻度（HE9）
（N:全ブレーキ行動数）

6.5 本章のまとめ

本章では，高齢者の日常の運転行動をもとにリスク知覚評価指標の適用とその妥当性を検討した．

まず，高齢運転者に対するリスク知覚評価指標の適用を行い，統制環境の運転行動を評価することにより，その特徴を把握した．高齢者間の比較において，リスク知覚評価指標による評価と DS のリスク知覚能力の評価が同様の傾向を示したことから，高齢運転者に対して運転行動に基づくリスク知覚評価指標を適用できると考えた．

次に，日常の運転行動におけるリスク知覚評価指標の適用を検討した．実路ではリスク知覚評価指標の基準を高齢者間で統一することが難しいため，もともとのリスク知覚能力が低い高齢者に対してリスク知覚能力を向上する運転教育を行い，運転教育後はリスク知覚能力が高い高齢者として運転行動を評価することで，リスク知覚能力における個人内比較を行った．「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力，それぞれに対する結果は以下の通りである．

「相手に対する行動予測」能力

「相手に対する行動予測」能力を向上するため，相手が停止することへの期待を下げる運転教育を実施した．その結果，運転教育後は運転教育前と比べ，「相手に対する行動予測」能力に対応するリスク知覚評価指標における評価が高いことを確認した．

「自身の運転技能評価」能力

「自身の運転技能評価」能力を向上するため，自身の運転が事故に繋がり得る可能性を示す運転教育を実施した．その結果，運転教育後は運転教育前と比べ，「自身の運転技能評価」能力に対応するリスク知覚評価指標における評価が高いことを確認した．

よって，提案したリスク知覚評価指標により，日常の運転行動に基づき高齢運転者のリスク知覚能力を評価できる可能性がある．

第 7 章

結論

7.1 本論文の結論

日常の運転行動に基づき高齢運転者の認知能力を評価するため，高齢者の不安全運転行動と関連の大きい認知能力としてリスク知覚能力に注目し，日常運転行動に基づきリスク知覚能力を評価する指標を提案した．

まず，日常運転における不安全運転行動との関連の大きさから，リスク知覚能力を評価対象の認知能力として選定した．次に，リスク知覚能力を「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力に分けて考え，相手を発見して停止するための運転行動をもとにリスク知覚評価指標を抽出した．そして，リスク知覚評価指標のうち減速の程度について，交差点の見通しと個人ごとの特性に応じた基準を定めた．最後に，高齢者の日常運転行動に対するリスク知覚評価指標の適用とその妥当性を検討した．

以上の結果より，以下に示す知見を得た．

- ハザード知覚能力やリスク知覚能力が低下するほど不安全運転行動を起こしやすく，リスク知覚能力の向上によりハザード知覚能力の低下を補える可能性がある．
- 無信号交差点において，「相手に対する行動予測」の結果は死角消失点に対する減速，死角消失点までの左右確認と減速の継続，および減速の程度に，「自身の運転技能評価」の結果は確認中のブレーキペダル構え行動と減速の程度に表れる．
- 減速の程度に対する評価基準は，交差点幾何形状における見通しと個人ごとの特性に依存する減速終了点と車速上限値により定まる．
- 減速終了点と車速上限値により，相手の属性や進行速度，自身の特性に対するドライバのリスク知覚を評価できる可能性がある．
- 実路の運転に基づくリスク知覚評価指標において，リスク知覚能力を向上する運転教育により安全な運転行動になることを確認できた．

したがって，本論文では死角のある無信号交差点を評価場面とすることで，提案したリスク知覚評価指標により，高齢運転者のリスク知覚能力を評価できる可能性を示した．

7.2　今後の展望

認知能力と運転行動の関連

認知能力のうち，基礎認知能力と運転行動の関連はさらに検討する必要がある．

本研究では直接的な関連を見い出せなかったが，例えば FAB における前頭葉機能が低下した高齢運転者は，不慣れなテストコースの環境に順応することに時間がかかることを示すデータが得られた．このように，特定の条件下で認知能力低下が運転行動に影響することも考えられ，運転条件を整理したうえで，それぞれの認知能力と日常運転に基づく関連の検討を行う必要がある．

また，それぞれの認知能力単独では運転行動との関連を説明できない可能性もある．例えば，運転時の認知能力であるハザード知覚能力とリスク知覚能力について，リスク知覚能力の向上によりハザード知覚能力を補えるなど，それぞれの認知能力を単独で検討しただけでは，運転行動との関連を説明できない場合もある．そのため，認知能力間の相互作用を考慮したうえで，運転行動との対応を検討する必要があると考えられる．

リスク知覚評価指標の実環境における適用

提案したリスク知覚評価指標のうち，減速の程度に対して設定した車速上限値は，左右均等な確認を前提とした．また，左右方向以外の確認は考慮していない．実環境においては様々なハザードが存在するため，安全運転のために必要な確認の方略について，さらに検討が必要である．

本研究では，衝突可能性のある潜在的な相手として，自動車を想定した基準設定を行ったが，実環境を想定した場合，歩行者や自転車の存在も考慮する必要がある．また，相手速度をどの程度まで高く見積もればリスク知覚能力が十分か，ということも検討課題である．

リスク知覚評価指標の活用

本研究で提案したリスク知覚評価指標により，ドライバのリスク知覚能力を「相手に対する行動予測」能力と「自身の運転技能評価」能力に分けて評価することができる．運転支援方策として，本研究ではそれぞれの能力を向上する運転教育という人間側の対策を扱ったが，その他，車両側の対策に活用できる可能性がある．例えば，「相手に対する行動予測」能力が低いドライバは，死角に対する減速や確認が疎かになる可能性が高いため，車両側で死角を検知した場合に自動で減速する対策が考えられる．また，「自身の運転技能評価」能力が低いドライバは，ブレーキペダルの構えが疎かになる可能性が高いため，車両側で加速を抑制する対策が考えられる．これらのように，リスク知覚評価の結果を運転教育や制御介入といった形で活用できる可能性がある．

参考文献

［1］ 警察庁交通局, ” 平成 25 年中の交通事故の発生状況 ”, (2014).
［2］ 交通事故総合分析センター, ” 高齢者の四輪運転中の事故〜その推移と特徴〜 ”, イタルダインフォメーション, Vol.68, (2007).
［3］ 鈴木春男, ” 高齢者の自動車運転能力 ”, 臨床精神医学, Vol.29, No.6, (2000), pp.609-615.
［4］ 石松一真ほか, ”分割的注意と加齢 ”, 心理学評論, Vol.46, No.3, (2003), pp.314-329.
［5］ 金子利佳ほか, ” 周辺刺激の干渉効果における加齢変化 ”, VISION, Vol.15, No.4, (2003), pp.245-254.
［6］ 坂本眞由美ほか, ” 健常高齢者における加齢による注意の抑制機能低下顕在化の要因検討 ”, 神大保健紀要, Vol.23, (2007), pp.35-43.
［7］ Cynthia Owsley, "Vision and driving in the elderly", Investigative Opthalmology & Visual Science, vol.34, No.11, (1993), pp.3110-3123.
［8］ Laura A. Cushman, "Cognitive capacity and concurrent driving performance in older drivers", IATSS Research, Vol.20, No.1, (1996), pp.38-45.
［9］ Renee S. Meyers et. al., "Relation of useful field of view and other screening tests to on-road driving performance", Perceptual and Motor Skills, Vol.91, No.1, (2000), pp.279-290.
［10］ 堺浩之ほか, ” 有効視野の観点からの高齢ドライバ理解 ”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.89-13, (2013), pp.19-22.
［11］ 小川和久ほか, ” ハザード知覚の構造と機能に関する実証的研究 ”, 応用心理学研究, No.18, (1993), pp.37-54.
［12］ 國分三輝ほか, ” 運転行動からのリスク知覚推定と高齢ドライバのリスク知覚分析 ”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.103, No.591, (2004), pp.39-42.
［13］ 社団法人日本自動車連盟, ”「高齢社会を見据えた上でのインフラ整備のあり方」に関する提案 ”, (2010).
［14］ 社団法人日本自動車工業会, ” 交通事故ゼロの社会を目指して ”, (2009).
［15］ 小竹元基ほか, ” 一時停止交差点進入時における高齢運転者のための情報提示による認知支援システム ”, 自動車技術会論文集, Vol.40, No.6, (2009), pp.1605-1610.
［16］ 細川崇ほか, ” 高齢運転者の日常運転行動記録を基にした右折時不安全行動の把握とその評価 ”, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.4, (2008), pp.141-146.
［17］ 久保田文子ほか, ” 高齢ドライバーの一時停止交差点支援に関する実証実験 ”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.5-14, (2014), pp.21-26.

［18］ 警視庁, ” 高齢者講習（70 歳から 74 歳までの方の免許更新）”, http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/menkyo/menkyo/kousin/kousin05.htm.

［19］ 警視庁, ” 高齢者講習（75 歳以上の方の免許更新）”, http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/menkyo/menkyo/kousin/kousin05_2.htm.

［20］ 警察庁, ” 講習予備検査（認知機能検査）について ”, https://www.npa.go.jp/annai/license_renewal/ninti/.

［21］ 向井希宏ほか, ”高齢ドライバーに対する教育プログラムの開発‐一時停止・安全確認行動に注目して‐”, 国際交通安全学会誌, Vol.32, , No.4, (2007), pp.282-290.

［22］ 田中健次ほか, ” 高齢運転者へのシミュレータ教育の効果研究 ”, IATSS Review, Vol.32, No.4, (2007), pp.309-316.

［23］ 太田博雄, ” 高齢ドライバーのためのミラーリング法によるメタ認知教育プログラム開発（本報告）”, 平成 23 年度公益財団法人タカタ財団助成研究論文集, (2011).

［24］ 太田博雄ほか, ” ドライビングシミュレータを利用した若年運転者のための安全教育‐コーチング技法を応用した教育プログラム開発‐”, ITATSS Review, Vol.32, No.4, (2007), pp.317-326.

［25］ 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社, ” 高齢ドライバーの注意確認行動の特性に基づくトレーニング手法に関する研究 ”, 自動車安全運転センター 交通安全等に関する調査研究, (2013).

［26］ 民田和也ほか, ”高齢者講習における運転実習時の記録データに基づく高齢ドライバの運転行動分析 ”, 日本機械学会第 19 回交通・物流部門大会講演論文集, Vol.2010, No.19, (2010), pp.283-286.

［27］ 民田和也, ” 高齢ドライバを対象とした実車運転行動分析に基づく運転教育手法の提案 ”, 東京大学修士論文, (2011).

［28］ 國分三輝, ” ITS 時代のヒューマンファクター：リスク知覚を中心に ”, 国際交通安全学会誌, Vol.30, No.3, (2005), pp.290-298.

［29］ 国土交通省第 3 期先進安全自動車 (ASV) 推進検討会, ” 第 3 期 ASV 中間報告会資料 ”, (2004).

［30］ 警視庁交通部, ” 運転免許を返納された方へ～これからもずっと交通安全～ ”, (2011).

［31］ Rasmussen J., "Human errors - A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations", Journal of Occupational Accidents, Vol.4, No.2-4, (1982), pp.311-333.

［32］ J. L. Garcia-Chico, "Human error", San Jose State University ISE 105 Spring 2006, (2006).

［33］ 蓮花一己, ”運転時のリスクテイキング行動の心理的過程とリスク回避行動へのアプローチ”, 国際交通安全学会誌, Vol.26, No.1, (2000), pp.12-21.

［34］ Brown I. D. et. al., "Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status", Ergonomics, vol.31, No.4, (1988), pp.585-597.

［35］ 芳賀繁, ”不安全行動のメカニズム”, 電子情報通信学会, Vol.SSS99, No.12, (1999), pp.29-34.

［36］ 木村健人, ”高齢運転者の運転支援を目指した認知特性と運転行動の関係の把握”, 交通・物流部門大会講演論文集, Vo.2010, No.19, (2010), pp.279-282.

［37］ 五十嵐亘, ”高齢運転者の潜在的な危険に対する感受性向上を目指した疑似事故映像による運転指導”, 東京大学修士論文, (2013).

［38］ 福井俊哉, ”遂行（実行）機能をめぐって”, 認知神経科学, Vol.12, No.3-4, (2010), pp.156-164.

［39］ 社団法人自動車技術会ほか, ”交通事故ゼロを目指して新たな取り組みへ‐ヒヤリハットデータベースの紹介‐タクシーのドライブレコーダが記録した「あわやの瞬間」をひと・くるま・みちの安全研究に活用する取り組み”, (2009).

［40］ 石橋基範ほか, ”運転者特性把握のための運転スタイル・運転負担感受性チェックシートの開発”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.55-02, (2002), pp.9-12.

［41］ Reason J. T. et. al., "Errors and violations on the road : A real distinction?", Ergonomics, vol.33, No.10-11, (1990), pp.1315-1332.

［42］ 駒田悠一ほか, ”運転行動の自己申告による運転行動と行動特性の分類の試み”, 国際交通安全学会誌, Vo.34, No.2, (2009), pp.230-237.

［43］ 茨城県ひたちなか市, ”ひたちなか市の位置”, http://www.city.hitachinaka.ibaraki.jp/soshiki/3/ichi.html.

［44］ 藤田佳男ほか, ” 脳損傷者・高齢者の自動車運転リハビリテーションに向けた有効視野測定法の開発 ”, Rehabilitation Engineering, Vol.23, No.1, (2008), pp.36-44.

［45］ 藤田佳男ほか, ” 高齢者の運転適性と有効視野 ”, 作業療法, Vol.31, (2012), pp.233-244.

［46］ David Wechsler 著, 杉下守弘訳, ” 日本版ウエクスラー記憶検査法 ”, 日本文化科学社, (2001).

［47］ Dubois B. et. al., "The FAB: A Frontal Assessment Battery at bedside", Neurology, vol.55, (2000), pp.1621-1626.

［48］ 前島伸一郎ほか, ” 高齢者に対する Frontal assessment battery（FAB）の臨床意義について ”, 脳神経, Vol.58, No.3, (2006), pp.207-211.

［49］ Shutaro Nakaaki et. al., "Reliability and validity of the Japanese version of the Frontal Assessment Battery in patients with the frontal variant of frontotemporal dementia", Psychiatry and Clinical Neurosciences, vol.61, (2007), pp.78-83.

［50］ くもん学習療法センター, ” MMSE（認知機能検査）とは ”, http://www.kumon-lt.co.jp/basics/mmse.php.

［51］ 小竹元基ほか, ” ドライブレコーダの採取データによるヒューマンエラー分析の試み ”, 自動車技術, Vol.62, No.12, (2008), pp.28-34.

［52］ 永井正夫, ” 車両の安全技術の最新事情と将来展望 ”, 自動車技術, Vol.63, No.12, (2009), pp.4-10.

［53］ 社団法人自動車技術会共同研究センター将来の交通・安全委員会, ” 将来の交通・安全委員会 - 第 2 次活動報告書 - ”, (2009).

［54］ 森みどりほか, ” しきい値を用いないドライブレコーダーデータ自動分類手法の有効性 ”, 人間工学会, Vol.49, (2013), pp.248-249.

［55］ 高木典雄, ” 自動車による業務上（重）過失致傷事件における過失の認定について ”, 司法研究報告書, Vol.21, No.2, (1970), pp.289.