

報告書

平成26年度自動車安全運転センター 交通安全等に関する調査研究

「事業用自動車用運転行動モニタ設計のための安全意識計測」

平成27年3月31日

株式会社 A T R－S e n s e t e c h

目次

I. 研究の目的と計画	
1. 研究の目的と構成	3
2. 研究の視点と方法	4
3. 研究の計画	6
II. 研究の方法	
1. 計測の方法	9
1. 1. 対象の動作とセンサ	9
1. 2. センサ諸元および計測諸量と精度	10
1. 3. 計測諸量と動作の対応	10
1. 4. コースおよび地点の設定	11
2. 一般の公道での実験	12
2. 1. 道路環境条件の設定と交差点	12
2. 2. 運転者の範囲	13
2. 3. 走行実験の手順	13
3. 中央研修所模擬市街地コースでの計測	14
4. 計測量と解析の流れ	15
III. 研究結果と検討	
1. 一般公道での計測結果と考察	19
1. 1. 全体データによる各運転行動項目の基本的傾向	19
1. 2. 交差点走行形態による運転行動の違い	20
1. 2. 1. 直進交差点での運転行動と業務経験の影響	21
1. 2. 2. 右折交差点での運転行動と業務経験の影響	23
1. 2. 3. 左折交差点での運転行動と業務経験の影響	25
1. 2. 4. 右折交差点と左折交差点の運転行動の比較	27
1. 3. 交差点環境による運転行動の違い	
1. 3. 1. 幹線道路交差点での運転行動と業務経験の影響	29
1. 3. 2. 生活道路交差点での運転行動と業務経験の影響	30
1. 3. 3. 幹線道路交差点と生活道路交差点での運転行動の比較	31
1. 4. 一時停止交差点での運転行動	33
2. 映像センサを用いた確認行動の検出可能性の検討	40
IV. まとめと今後の展望	44
引用文献	48

I. 研究の目的と計画

1. 研究の目的と構成

トラック、タクシーやバスなどの貨客輸送の業務中の交通事故については、従来から多面的な分析と対策が多々なされてきた。とくに、運転者に対する安全運転教育については、安全管理のための法的整備とともに多くの企業で主体的な努力がなされてきている。ただ、業務の現場では、先進的な企業グループにおいても、時間をふくめた投資コストに対しての効果の程度がどうしても“頭打ち”になっている不安がある一方で、規模の大きくない企業では教育研修等にかけることのできるコストに限られることがある。その結果、どちらにおいても運転者個々人の“頑張り”や“注意集中”などの個人努力に頼る方向に流れかねない傾向が往々にして見られる。

そこで、従来からの方法、すなわち車両性能の向上や運転者に対する直接的な運転技法教育に加えて、交通心理学的な“運転者に対するカウンセリング”の視点からの研修技法が提案され、最近特に注目されてきている(文献1)。このカウンセリング的な手法のためには、運転者(クライアント)が自らの運転のあり方を認知することが不可欠であり、この手法のすべての基盤となる。この「認知」、すなわち運転者が自らの運転行動を“知る(その種々の特徴を含めて自ら納得すること)”ためには、教育指導者側の言葉による批判や決めつけではなく、運転者自身が自ら認識できるような自身の運転行動の客観的な表示、分析のための特徴抽出が提供されなければならない。もっとも早くから提供されてきている方法は、ビデオカメラによる映像記録であるが、実用現場では、そのほとんどは事故などのエラー時の証拠や、上意下達式の教育の際の証拠づけに利用されてきているうえ、運転者側では自分の業務が批判減点されること以外に注意が向かず、自己の運転行動の特徴把握に対しては逆に障壁になる傾向が多くみられる(文献5)

当社における研究開発の基本的視点として、交通事故に対する最大要因のうちのひとつであるヒューマンエラーに着目する。現在これに対する従来の事故防止手法が定性的、あるいは個別事象の指摘などによる教育を中心におこなわれており、運転者への働きかけやその効果がかならずしも客観的な方法でおこなわれないなど、明確な指標を持ち得ていない状況に対処するために、当社は運転者行動の定量化、客観化を進めることを志向している。この活動の基盤は、教習所の協力のもとに国際電気通信基礎技術研究所において開発された運転技能評価システムの考え方と実利用にあるが、このシステムは当該研究所の多田研究員(当時、現近畿大学情報工学部)を中心とするグループにより進められた研究の成果として2008年に開発が完了し、当社において製品化したものである。

昨年度における当助成研究において、この視点と手法を前提としたうえで、業務用自動車を運転中の運転者に対して自動的にアドバイスするシステムの開発の基盤技術のうちアドバイスの効果的な提供手法に関する知見を構築することを目的として、運転業務に従事する運転者特有の運転技能特性を分析した。本年度の研究においては、前年度での一般的な傾向を踏まえたうえで、業務中の運転者がスムーズにアドバイスを受け入れやすくするために、交差点ごとの特徴に合わせた運転行動傾向を分析・理解することにより、交差点種類ごとのきめ細かく直感的にわかりやすいアドバイス群の構成の材料とするための基盤的材料を作成する。

2. 研究の視点と方法

我々の研究では、ヒューマンエラーによる事故の要因の中で、運転者側からの改善につながるフェーズとして、事故直前のブレーキングやハンドル操作などの事故回避行動ではなく、それ以前の危険認知、あるいはそれ以前にあるべき危険認知のための警戒意識を運転中の行動（身体動作）から抽出することを出発点とする（図1.）。

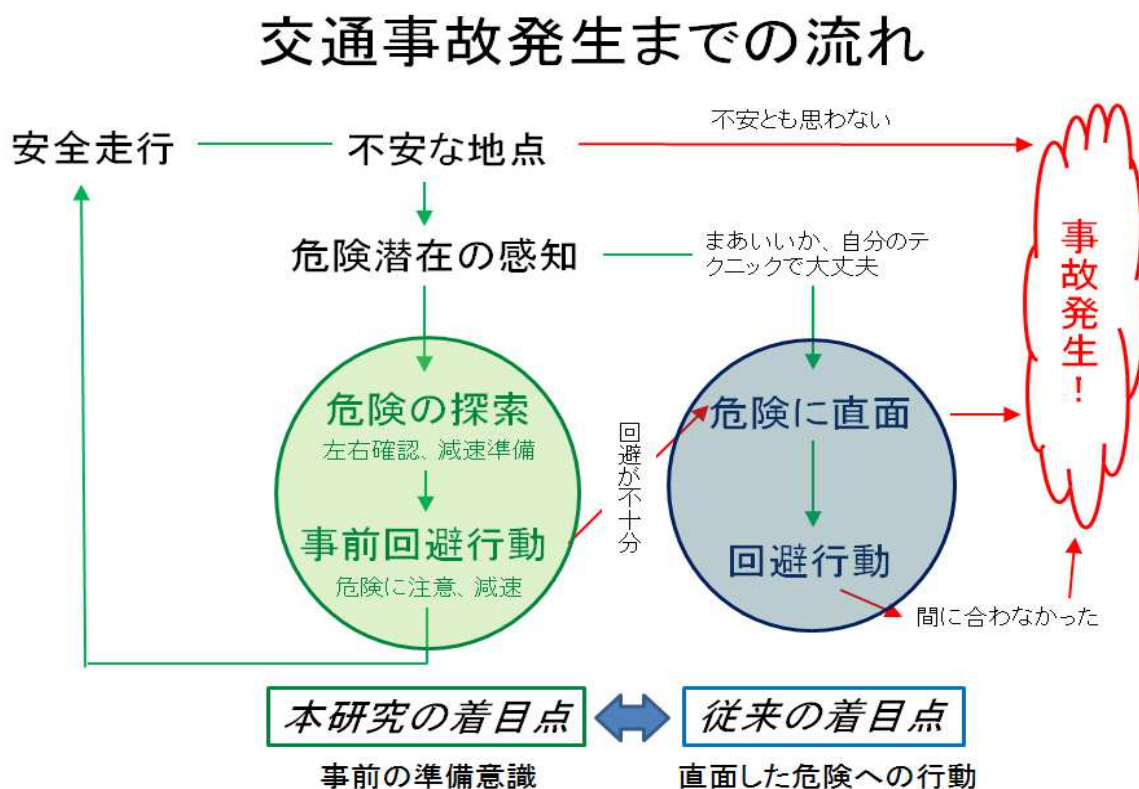


図1. 本研究の着目する対象と従来の“危険回避”との関係

このような“意識”あるいは“予防のための準備”を軸とした視点での研究では、交差点のような危険地点内での危険そのものに対する対処（ブレーキングやハンドリングによる回避、地点形状の詳細に依存する具体的な危険の発見）よりも、危険が予測される地点の手前（物理的のみならず時間的にも）での準備意識を表す運転者の動作を計測する。このような“意識”にかかわる計測の場合、計測条件としては実走行の緊張とできるだけ近い緊張を要求する条件が望ましく、このために計測データ取得は公道上の運転走行を基本とする。

今回の研究の中心点は、昨年度に得られた運転者の基礎的な行動特性の知見を基盤として、より直接的に理解しやすい分類としての通過地点（交差点）の種類による運転行動特徴の違いの解明、とくにその業務経験による変化を解明するものである。この場合、「交差点」などの地点環境の概念を正確に把握する必要がある。すなわち、従来の考え方に於いては具体的な危険対象との遭遇が前提であるため、「交差点」とは危険との遭遇地点であって、（たとえ仮想であっても）危険ポイントとの距離、角度、タイミングなどの物理的パラメータの誤差は大きすぎてはいけない。

わかりやすい例としては、事故の際の現場検証における車両等の位置計測などがこれにあたる。たとえば、GPS 信号による位置精度での誤差は標準の計測方法をとった場合は数メートルから十数メートルあるが、車両が10メートルもずれれば衝突の有無自体が変わることがあり、危険の判定としては不十分な精度である。これに対し、我々の着目点は、“現実にかかる事故の正確な位置”ではなく、“危険かもしれないので注意をはらうべき領域範囲”が計測の対象となるため、位置精度については個別のイベントで個々に要求される精度は必要とされず、それよりも適切な領域範囲の設定が重要となる。このため、個々の交差点例で一つ一つ異なる距離や角度に拘泥せず、要求される運転行動パターンが同じセットになる交差点群を一つのカテゴリーに括って類別することが可能となる。実際に、運転教育現場で類別されている「幹線道路」「生活道路」「右折走行」「左折走行」などの交差点走行のタイプ別に運転教習指導員の評価判定をもとに確認動作量などの運転行動を分析すると、それぞれの運転行動要素の定量化量と評価判定との対応が可能であることが明らかとなった（文献2，3）。この研究結果が当社で使用している運転行動評価技術の基盤となっている。

昨年度の研究においては、運転者の個癖を指摘する際の助言の選択やタイミングなどのアドバイス構成要領の基盤となる運転行動特徴とその業務経験による変化について成果を得た。具体的には、個々の欠点の指摘の羅列をしてしまった場合にはカウンセリング的な“助言”となるよりもむしろ上意下達的な“否定”になる危険が大きいため、指摘ポイントの選定とタイミングについて運転者特性にあわせ込んだアドバイス構成が必要であるが、昨年度の成果に基づいた運転動作間の連動性や運転者ごとの業務経験に合わせて柔軟な構成変化を持たせることが可能となった。

今年度の研究プロジェクトにおいても運転者の準備意識に焦点を当てた研究をおこなうが、最終目的である実業務中のアドバイスシステムの効果を考えた場合、抽象的な個人癖の指摘に加えて、走行中の危険可能地点の特徴、たとえば走行の右折や左折のちがい、幹線道路や生活道路の違いなどに合わせたアドバイスがあったほうがさらに運転者にとって具体的に把握しやすく、アドバイスも平易なものになると期待される。したがって、今年度プロジェクトにおいては、地点の特徴のパターンの違いにしたがった運転行動の分析をおこない、抽出された傾向を示すことでさらに具体的かつ実用的なアドバイスシステムの基盤技術を構築する。

ここで重要なことは、研究の主眼はあくまで運転行動における準備意識の傾向を浮かび上げることであり、事故発生直前の危険回避行動についてのアドバイスを対象とするものではない、という点にある。すなわち、交差点の特徴、とくにその形状については、距離や位置、見通しなどについて詳細な分析（事故発生直前の状況を対象とする“現場検証的な”分析研究に於いては必須）を行うものではなく、交差点特徴をあくまで“類似の運転行動をまとめて表すことのできる”交差点パターンの類別を行ったうえで、その分類に従った運転行動特徴を運転者にわかりやすく提示することとなる。この点で従来の研究における交差点特徴の意義と本研究で重点をおく交差点特徴の類別の方法は大きく異なる点に注意を要する。

たとえば、交差点形状として交差角が極めて小さな鋭角の交差点、5差路や段違い交差点など種々の交差点形状変化にしたがって交差点通過中に必要な確認行動はそれぞれで異なることとなる。このような“特殊な”交差点の場合について個別の評価基準やアドバイスを準備することは実用

的ではなく、パターン化できる典型的な形状や特徴に類別できる場合にのみ評価・アドバイスすることが効果的であると考えられる。むしろ、基本パターンでの準備的運転行動が身についた場合に、運転者自身がこれら要素的準備の組み合わせとして特例的交差点へ応用することが期待できる。

具体的な交差点特徴の類別として交差点走行の形状と交差点環境の二つの柱があり、それぞれ以下のように分類できる。

1. 交差点走行の形状：①直進走行 ②右折走行 ③左折走行
2. 交差点環境：①幹線道路 ②生活道路
3. 交差点形状：①十字路 ②左T字路 ③右T字路

これらの分類は、運転行動の類別の視点から、類似の行動、とくに同一の確認行動を要求する交差点グループをまとめるかたちで分類される。したがって、角度や確認時間など定量的な評価の点においても良好な正当性を担保するためには、例外的な交差点性状、たとえば極端に大きな（小さな）曲り角を持つ交差点、段違い交差点、5差路以上の複雑な交差点などはできるだけ計測対象に含めないことが望ましい。つまり、本研究の目的に沿って、運転行動の特性の変化や注意点を抽出することが主たる目的とし、交差点性状ごとの分類による特徴抽出はこの注意点の理解を平易に浸透させるための手法と考える。つまり、あらゆる交差点について交差点に固有のパラメータを計測し網羅することは本研究の範疇を超えるものとなる。

逆に、上記の範囲でグループ化することで、要求される運転行動が類別できることは、教習所指導員の日常的な指導のなかでチェックポイント表となっていることから経験的に定式化されていることが理解される。本研究の基盤をなす研究（文献2、3、4）の一面として、これら教習所指導員の行動評価を運転者の身体装着センサからの行動定量値と対応させることによって行動評価の内容を定量化した点が重要である。

計測の実手順としては以下ようになる。

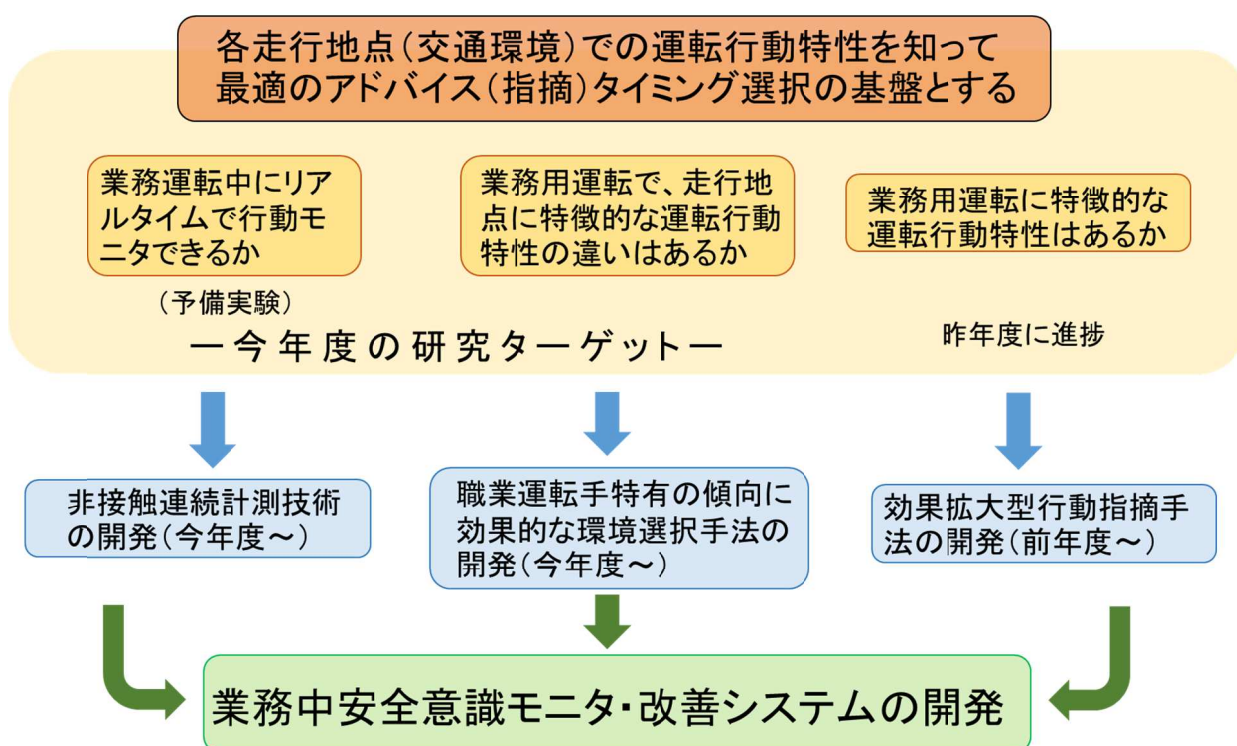
運転者サイドの運転行動を実時間で定量的に計測するために、運転行動計測にチューニングして開発した軽量小型センサを身体（頭部、足先部）に装着した公道上の走行により運転行動を定量計測し、記録されたデータの解析により着目した交差点周辺の道路環境（たとえば見通しの悪い交差点や一時停止点など）と行動意図（右左折など）のもとに必要な動作を行ったかどうか、を判定する。

3. 研究の計画

全体の目標としては、業務用車両における業務運転中においてリアルタイムで運転アドバイスを効果的に行うことによって事故防止に向けた支援を行うシステムの技術を開発することである。現在我々の有しているシステムは、運転行動の定量計測と自動評価を行える点で効果的なアドバイスを行うことができるが、走行後において走行の様子と評価を表示することによる自己の運転行動理解というプロセスを想定しており、研修や講習に適しているが、実際の業務運転中でのリアルタイムでのサービス使用をすることはできない。後者を実現するために必要な主要技術として、①行動センシングのリアルタイム化、非接触化 ②リアルタイム時の限定的時間で必要な効

果拡大型行動指摘手法 ③業務用運転に適合した評価地点・環境選択技術 の3つがあげられる。このなかで、前年度の研究としては②の効果拡大型行動指摘手法を、特に業務用運転に適した内容に特化させて構築するための運転行動に関して、特に確認動作の要素間相関の様相に業務経験の深さに従った特徴があることを発見するなど、従来にない新規の概念を確立、基盤的知見を得ることができた。

この基盤のもとで、目的とするアドバイスシステムの実用的価値を高めるために、今年度のプロジェクトにおいては、通過走行する交差点のパターンごとに類別された運転行動パターンの特徴を、とくに業務経験に従った違いも含めて解明し、その特徴と違いに合わせて運転者自身がすぐにわかりやすい（“右折では特に左側の確認時間をしっかりと！”など）アドバイス構成の了解性の向上を目的とする。下にシステム研究全体の概念図を示す。



今年度の計画

昨年度で開発を進めた上記②の課題項目にひきつづき、③「業務用運転に適合した評価地点・環境選択技術」を開発するための課題として、

- (a) 現在運転者個人の個癖の抽出を中心とし、交差点環境による運転行動特性の違いを平均化している特徴抽出が種々の特徴的交差点環境を通過する際の個別指摘の基礎知見として最適かどうか。

- (b) 各指摘の平板かつ全面的指摘の羅列で安全運転促進効果が十分にあげられるか。

の二つが主要な問題となる。特に(b)については、リアルタイムでの走行中においては、限られた時間、タイミングで効果的な指摘によるものでなければ、効果はおろか運転者の不注意を招いて安全な運転にも影響しかねない問題である。

このため今年度は、

- ① 各種のカテゴリの交差点で、運転行動の要素がどのような達成度とその分布を得ているか、その違いによる交差点特徴はなにか。
- ② ①の交差点ごとによる差異や特徴について業務運転の経験者の経験歴と関連した変化をおこしているかどうか。
- ③ 次年度以降に行う業務中使用のための確認動作非接触計測技術開発の準備として、運転中顔画像の背景光変化、コントラスト質の見極め、顔角度検出技術の概念確立と実映像によるテストについての予備的調査。

の3点についての計測・分析をそれぞれ行い、所期の課題に対する対応方策の基盤的知見を得ることとした。

II. 研究の方法

本研究は、自動車走行中の事故の防止を目的として危険遭遇以前の危険探索のための運転者の警戒意識の推移と程度を検出し、その最適なあり方とこれからの逸脱を判定し、運転者への提示などの方法で事故可能性を減少させる技術の開発の一環として進めている。したがって、その具体的な計測対象としては、運転者の行動であり、特に事故可能性の発見に直結する行動（身体の動き）を検出して分析することとなる。また、運転行動の適切さの判定のためには、時々刻々変化する走行状況に対応する事故可能性に適時に対応した動作であるかどうか、が死活的に重要であるため、道路環境（交差点、見通し、右左折行動など）を知るための地理的位置情報、身体各所の動き、車両の動き（速度、方向変化）など所定の情報が同期されていることが本質的に必要である。

1. 計測の方法

1. 1. 対象の動作とセンサ

頭部および足先の動きをこれらに固定したモーションセンサにより計測し、さらに車両にも同じセンサを固定して車両の動きを計測する。頭部センサでは回転角速度を用いて左右確認の様相を計測し、足先センサではやはり回転角速度を用いてペダル踏みかえのタイミングを判定するが、トラックのオルガン式ペダルや個人のくせなどによる足先の左右平行移動を検出するため並進加速度データも使用する。

センサの固定方法：

頭部：帽子のつばにマジックテープで固定し、運転者が帽子を着用する。

足部：足甲の周囲にゴム伸縮ができる布テープを巻き付け、これにセンサをマジックテープで固定装着する。

これら固定方法については、運転中の安全性（はずれ、ひっかかりなど）、運転への影響（運転しにくさ、気になる、など）を繰り返し検定・確認したうえで最適の方法として採用した。サイズが小さく軽量であるため、形態的、あるいは重みによる運転への影響はまったく見られなかった。マジックテープによる固定では、高周波数領域の機械振動雑音を排除する一方で、必要な周波数領域（25 Hz 以下）での信号抑圧などのフィルタリング効果はみられなかった。

これら計測は GPS 信号からの標準時刻（UTC）により同期されている。

これらセンサでは3軸の角速度および3軸の並進加速度合計6軸の動作量を計測する。運転時の同期計測では、車両に固定したセンサが、ケーブルで接続された GPS センサからの時刻情報を元に、計測（データ蓄積）を開始するとともに、頭/足に固定したセンサに対して開始信号を無線で発信する。この同期信号を受信した頭/足固定のセンサそれぞれは受信信号内の時刻情報とともに計測諸量を内部メモリへの蓄積を開始する。これら3センサの蓄積

情報は時刻情報によって同期されており、時刻情報の周波数は GPS センサによって規定されて 1 Hz であり、各動作量のサンプリング周波数は 2.5 Hz である。

1. 2. センサ諸元および計測諸量と精度

頭固定および足先固定のモーションセンサは同一のものを使用し、車両固定のセンサはモーション検出部・内部記録機能については前二者と同一の性能を持つ。これに加えた機能として、車両センサについては GPS センサ接続および GPS データ取得、時刻同期信号発信機能をもち、他二者は時刻同期信号受信機能を持つ。センサの諸元は以下のとおりである。

物理諸元：

頭/足先固定センサ

サイズ；45×14×45 (W×D×H:mm)

重量；25gr

車両固定センサ

サイズ；45×21×45 (W×D×H:mm)

重量；34gr

モーション検出：

回転検出（角速度を検出）

回転軸；X, Y, Z の 3 軸独立検出

検出精度；0.1dps

最大検出角速度；1500dps (Z 軸), 500dps (X, Y 軸)

温度ドリフト；0.01%/°C

並進移動検出（並進加速度を検出）

並進軸；X, Y, Z の 3 軸独立検出

検出精度；2mG/digit

計測範囲；±4 G

周波数帯域；39.5Hz 以下

サンプリング；2.5Hz

時刻同期；2.4GHz 微弱電波使用（車両固定センサ発信）

検出距離；3m以内

送信；車両固定機側からの一方向発信（時刻情報送信）

バッテリーの持続時間；5時間（標準）

メモリ容量；2ギガバイト（各センサ内最大格納容量）

1. 3. 計測諸量と動作の対応

計測の基盤となる視点は前節に述べたとおり、であり、計測する運転者の動作は具体的に、①確認動作を表す頭部の左右回転 ②警戒意識を（間接

的に) 表す右足のペダル踏みかえ動作を示す足先の回転または左右移動 の 2つの動作を計測する。(文献、多田)①は危険要素の探索行動とほぼ一対一に対応しているかどうかについて「視線の動きで追隨しているので頭の動きは必ずしも対応しない」という俗説的意見がよく見られるが、サイドミラー確認など、ある程度以上の角度を必要とする確認動作については、公道上の対応実験などにより実際の確認と頭部の左右回転とは定量的にも対応付けすることが可能であることが実証されている。(文献2)②については、危険に遭遇した後でのブレーキペダルの踏み込みや加速時のアクセルペダルの踏み込みではなく、危険可能性を意識した際の予備行動としての(アクセル/ブレーキペダル間の)構えの変化を検出する。

・計測データ諸量の保存

走行開始時の主センサへの開始操作によりセンサ間の同期が自動的におこなわれ、各センサ内部のメモリへの各計測データのロギングが開始される。この際 GPS 信号からの標準時情報を時刻ラベルに用いる。走行終了時にやはり主センサへの終了操作によりすべてのセンサのロギングが終了し、各センサのメモリには1走行に対応したデータファイルのセットが保存される。各センサ内のファイル群は走行終了後に USB ケーブルを介して PC に読み込む。記録されたファイル群の形式、内容は以下の要領で保存されている。

- ① 標準時刻をふくむGPS情報ファイル
- ② 車両センサ、頭固定センサ、足先固定センサそれぞれのX,Y,Z軸回りの回転角速度およびX,Y,Z軸方向の並進加速度情報を各センサそれぞれのCSVファイルに保存
- ③ 同期開始を受けた頭、足先固定センサの計測データそれぞれにGPS情報からの標準時刻をラベリング
- ④すべての計測で同期開始時から同期終了時までの期間データを独立ファイルに保存

1. 4. コースおよび地点の設定

運転行動の評価は、交差点周辺での道路環境のもとで適切な行動をとっているかどうかによって行っている。したがって、計測・評価の単位としては、公道上に一定数の標準的な交差点を選び、それらを結ぶコースを走行することを一走行とし、一走行内のそれぞれの交差点周辺の運転行動の分析と評価を行う。対向車や通行人の有無などの各地点での条件の違いによる偏りについては、一回の走行内での計測地点数を増やし、多数の走行を蓄積平均化することによって消去する。このうえで、各コースにおいて今回目的とするそれぞれの交差点カテゴリ(右折、左折、幹線道路 など)のみで構成されるコースを設定し

走行に使用する。

ここで“標準的な交差点”とは通常の走行で確認行動などを必要とする交差点であって、例外的な交差形状（たとえば5差路以上の交差や急角度の交差など）や危険を感じにくい程度の広い見晴らしを持つ交差点などは、評価基準で前提とした道路環境と大きく異なるため選ばない。

2. 一般公道での実験

2. 1. 道路環境条件の設定と交差点

今回の研究では、協力企業の業務実施の条件により、東京都北区周辺の地域内の地点群を選び、走行計測をおこなった。各コースはそれぞれにおいて右折、左折、直進、一時停止等のカテゴリーのみを含む設定として解析した。1 走行の走行時間は10～20分程度となった。走行には普通乗用車を使用した。

・以下に代表的な交差点の例について現場の写真を示す。



右折交差点（左側）と左折交差点（右側）の例



生活道路交差点（左側）と幹線道路交差点（右側）の例



一時停止交差点の例

上に見られる例のような市街地あるいは住宅地内の見通しのききにくい交差点を選んだ。

2. 2. 運転者の範囲

貨客輸送を業とする東京都内企業の所属職員のうち、職業運転手を志望しているが研修中あるいは直後の業務未経験者のグループと営業運転の経験者のグループの2グループを計測の対象とした。前者のグループの年齢範囲は21歳から63歳までの男女運転手（606 走行）からなり、すべて一種免許での運転経験または職業運転手の志望を有している。業務経験者の職業運転手としての経験は1月から15年までの範囲にある。

各地点の分析対象走行データ数							単位: 回
	全体	直進	右折	左折	幹線	生活	
業務未経験者	498	488	500	502	492	503	500
経験5年未満	63	54	68	66	59	67	64
経験5年以上	36	28	35	33	36	36	28

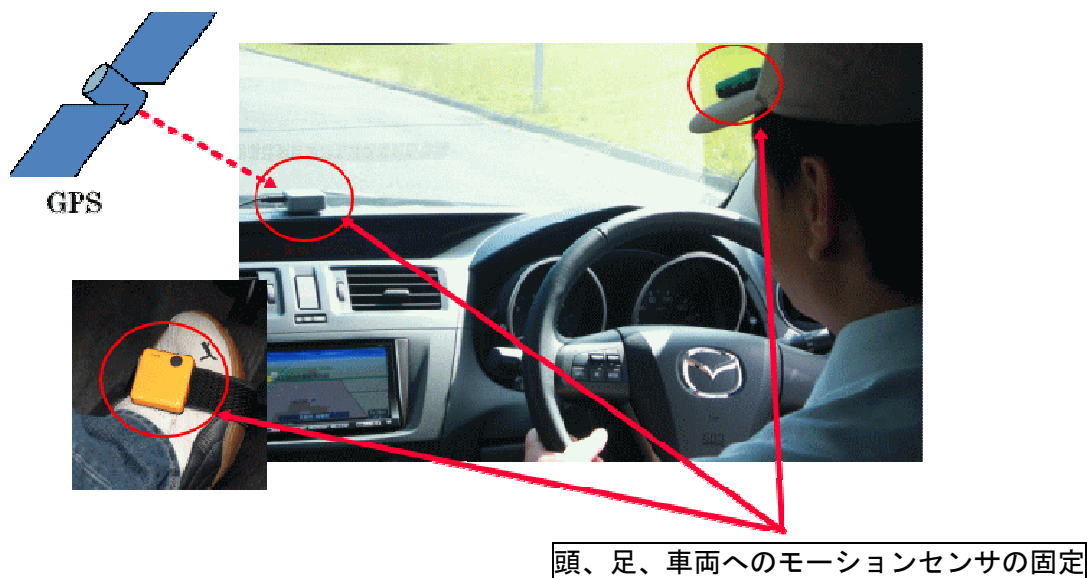
2. 3. 走行実験の手順

・走行時の実験手順は以下のとおりである。

- ①コース開始点に停車し、運転者はつばにセンサを固定した野球帽を被るとともに、足先甲部に伸縮テープでセンサを固定する。
- ②車両固定センサに接続したGPSセンサの受信開始後、車両固定センサの開始ボタンにより、3センサの同期による計測・記録を開始する。
- ③走行を開始し、コースを走行する。走行時には原則として運転者のみが乗車し、すべて自分の判断で運転行動をおこなう。走行終了時には車両固定センサボタンにより全セ

ンサの計測終了を同期しておこなう。一部の運転者では、走行→評価結果の解説→再度同一コースの走行、という手順でおこなった。それ以外では1回の走行と評価のみである。

④車両および身体装着センサのすべてを身体から取り外し、解析用P Cに接続してセンサ内に保存された計測データのコピー（移動）および解析・評価をおこなう。解析・評価に要する時間は1走行あたり10～20秒程度であった。



3. 中央研修所模擬市街地コースでの実験

・計測の設定

運転者：実験スタッフ

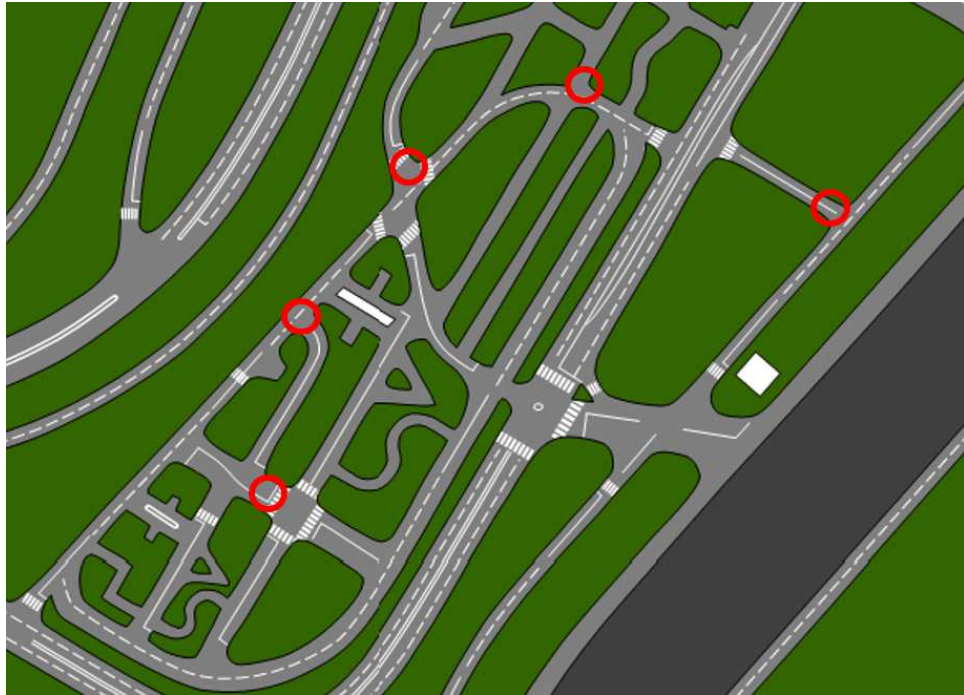
使用車種：普通自動車

計測：日照等の画像照明条件の異なる交差点（日射に対する方向を選択）数点

走行：低速走行中および交差点内停止時の画像を取得。

・計測の地点

地点としては、自動車安全運転センター中央研修所内の模擬市街地コース内に、下記の赤丸印に示した地点を設定した。各地点で、通過途中での日照方向ごとの画像を取得した。



中央研修所における運転画像の取得：転回中の車両及び運転者画像

4. 計測と解析の流れ

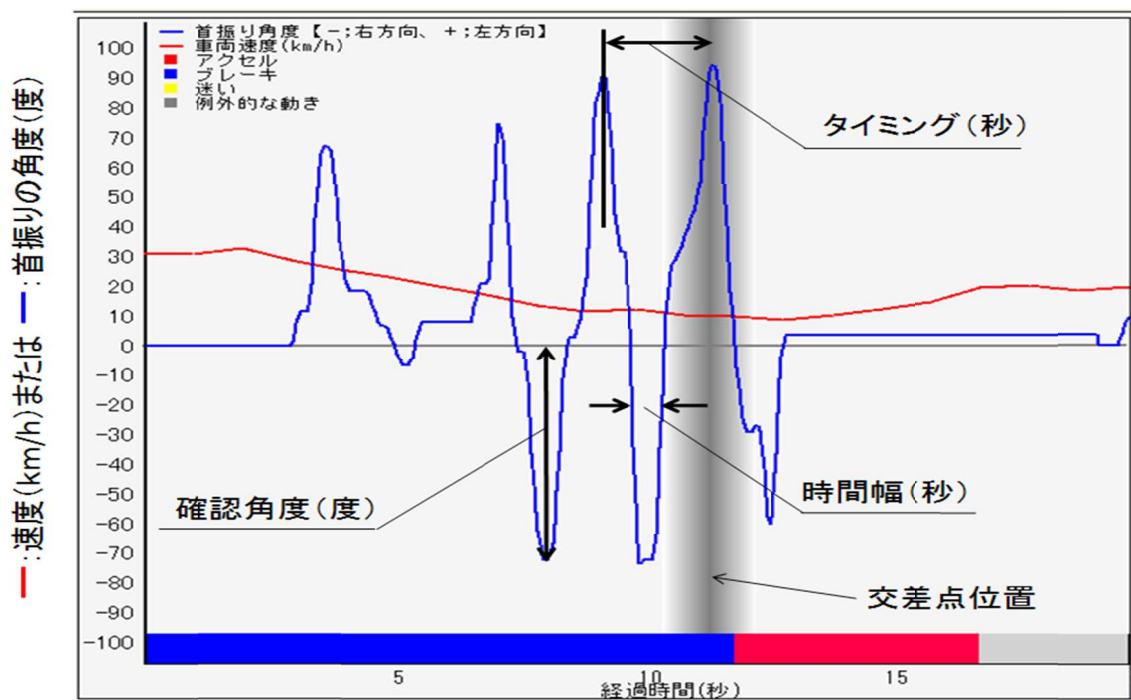
走行終了後、各センサ内のデータファイルはPC内の解析プログラムでコピーされると同時に、走行ごとにまとめて同期処理が行われる。次に、GPSデータの解析により走行（計測）の開始から終了までのすべての走行位置が計算され、あらかじめ指定した各地点周辺の必要なデータ域を切り出す。この準備段階の終了後、角速度および加速度データを組み合わせるうえ、動作の抽出処理をおこなうことにより、以下の量を抽出する。

- (1) 車両速度：GPS信号から指定交差点領域の速度を計算し（サンプリング；1秒）、動作情報と同期対応させる。
- (2) 左右確認に伴う運転者の頭部の左右回転の動き：正面方向からの逸脱角度、交差点通過時刻との時刻差としてのタイミング、確認動作の所要時間としての時間幅の3成分を交差点ごとに求める
- (3) 右足のペダル位置：足センサの回転速度および並進加速度により右足の踏みかえ動作を抽出する。各ペダルの踏み込み動作は導出しない。位置の判定カテゴリーとしては、①右（アクセル）ペダル上 ②左（ブレーキ）ペダル上 ③例外的な動き（変則的な足動作など） ④急激移動（迷い） の4種類として識別した。

◆運転行動の表示：波形図

対象交差点近傍での計測データから求めた運転行動の様子は以下の図のように表示され、提示される。青色曲線は頭部の左右回転による確認行動をあらわし、上側ピークが左確認、下側ピークが右確認を示す。この曲線のピークの様相から、確認の角度、幅、タイミングをそれぞれ定量的

に計測する。同時に、赤色曲線から交差点近傍での最低速度や下の青/赤などのバーの表示から確認時の右足ペダル位置を読み取る。



◆評価

交差点での潜在的な危険に対処するためには、交差点通過からさかのぼったタイミングで準備する必要がある。従来の運転行動評価に於いては、交差点（危険潜在地点）からの距離を測ってそれぞれの行動の適切さを判定することが多かったが、これは交差点の特定の場所で想定される実際の“事故現象”を仮定してそれに対する対処の必要な位置として運転行動を評価するものであったため、以下の点で本研究の視点と異なる。すなわち、この“一般的な安全評価”の要求する“対処”がブレーキングやハンドリングのような直接的な事故回避行動であるために事故可能地点からの距離が正確に測られる必要があるのに対し、本研究では、その前の段階での警戒意識の評価を目的とするために「危険地点からの距離」ではなくて「危険事象からの時間さかのぼり」が重要な評価スケールとなる。このため、交差点形状や地点位置の多大な計測精度を要求しないため、個々の交差点の詳細な違い（交差角度や遮蔽物位置のわずかな違いなど）の識別は必要としない。

「Ⅰ．２．研究の視点と方法」で述べたように、本研究の着目点は潜在的な危険に対しする事前の準備意識にある。この“準備”が十分に行われているかどうかの評価の基準であり、運転者の警戒意識が働いているかどうか、潜在的な危険の発見のための十分な探索を始めているかどうか、が評価の対象となる。

これを具体的な運転動作であらわすと、

- ☆左右の確認を最低限必要な条件でおこなっているかどうか
- ☆安全に確認するために必要な車両速度まで低減しているかどうか
- ☆危険に面した場合に迅速に対処するため右足先をブレーキペダル側に置いているかどうか

の3点に絞ることができる。

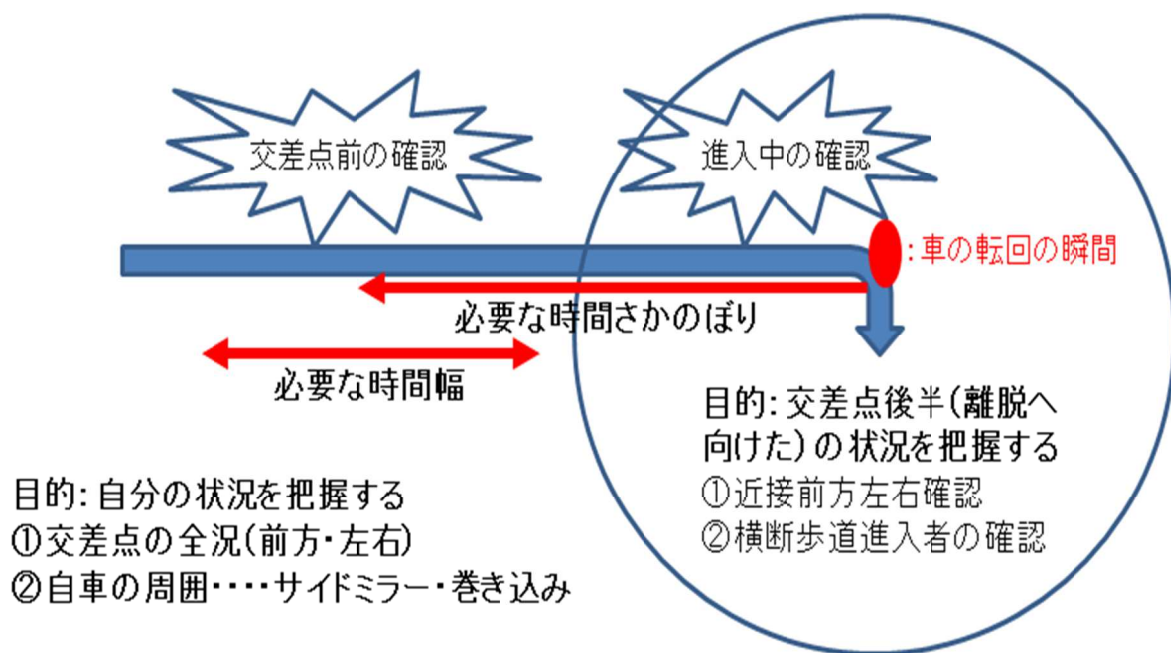
上記3点の一番目に挙げた、左右確認の“最低限必要な条件”としては、

確認のタイミング：危険ポイントの通過時刻から「運転者の準備に必要な時間」のあいださかのぼる必要がある。

確認の角度：ある方向を注目して“みる”場合には、ほとんどの場合頭の向きが追随し、その角度は見るべき方向と一定の関係にある

確認の時間幅：人間が視野のなかで物体を見落としなく認識するためには、最低限の時間幅が必要

の三種が必要である



これら諸条件をそれぞれの交通環境条件において定量的な行動評価として表現するための具体的な設定基準およびその構築の考え方については原論文を参照されたい。(文献[2])

氏名: 走行日時: 15:32:19 走行コース:

総合評価 **A** 良好な運転です 結果表示

安全速度・一時停止 達成度

速度		100
一時停止		100

速度を十分に落とすことができています。予防安全の観点からも、非常に望ましい運転ができています。

左方向安全確認 達成度

確認の深さ		100
タイミング		100
確認時間		100

全体的に、左確認がとても良くできています。

右方向安全確認 達成度

確認の深さ		92
タイミング		92
確認時間		85

概ね、良い右確認ができています。

模範登録

地点別表示

解析の結果へ戻る

システム出力としての運転行動評価表の例：

行動要素ごとの達成度平均とともに交差点ごとの複合評価を平均した総合評価点によって運転行動評価を示す。

Ⅲ. 研究結果と検討

1. 一般公道での計測結果と考察

本研究の基盤的視点として、運転者の行動を計測することによって要注意状況（地点）に対し、危険に対する意識と行動の準備が行われているかどうか、を分析し、危険に対する準備の欠落やその傾向を明らかにするところが中心となっている。昨年度の成果により、運転行動要素間の相関や特定行動要素の特徴が業務経験の長さによって変化することが示され、一般的なアドバイスシステムを業務経験者にチューニングした表現に構成することを可能にした。

本年度の研究においては、運転行動が交差点の特徴によってもつ違いを具体的に明らかにすることによって、運転者にとって具体的でわかりやすい注意目標を明確にすることを目的としている。具体的には、走行の形状、たとえば右折と左折走行では巻込み確認の必要な側が異なる、あるいは、交差点の形状、たとえば左Ｔ字路と十字路交差点では、同じ直進走行でも左確認の必要性が異なる、など、地点や走行の形態のちがによってそれぞれで必要とされる行動は異なっており、これらの違いによる運転行動の差異、特に運転者の運転教務経験の有無による違いを明確にする。

ここで、交差点特徴の違いは多様であり、極端に言えばひとつひとつの交差点の形態は同一のものはひとつしかない、といえる。しかし、左右確認などの運転行動の分析により、必要な運転行動については、細かな距離や位置などの交差点の詳細な形状の差異を超えて類似のパターンに類別できることが示されている（文献２、３、５）。

1. 1. 全体データによる各運転行動項目の基本的傾向

今回の実験結果は全体として約６００走行の計測データからなるが、こ３、のグループを業務未経験者グループと業務経験者グループに分けたうえでその各標準項目得点の平均値を図１．に示す。ここで使用したコースには後で評価する各種交差点カテゴリーが混在して含まれており、これら各種カテゴリーの混在するコースとなっている。したがって、この結果は、業務経験の有無を通した結果平均であるとともに、各種地点についても平均化された結果と見做すことができる。

評価点分布の内容については、全体として６０点～８０点の間に分布していることのみならず、右側確認の評価よりも左側確認の評価のほうが高い得点を得ていること、左右確認ともに時間幅評価よりもタイミング評価のほうが高い得点を得ていること、などの傾向も合わせて先行研究（文献４、５）や昨年度報告で得た結果と類似の結果が得られている。これは、今回の計測対象全体については前回同様の研修教育がおこなわれ、運転業務未経験者においても同様の母集団を用いていることを反映していると思われる。このなかで、確認角度得点が左右確認ともに他要素と比べて相対的に高くなっていること、経験者の得点が全体に低くシフトしている点で昨年度結果等との違いを見出すことができる。前者については、使用コースの違いや運転者グループでの教育の進展などによる効果を想定することができるが、いずれにせよ、今回の交差点類別ごとの違い（変化）に偏った影響を与えるとは思えな

い。また、後者の5年以上経験者の評価点平均値全体の低下については、経験者の“慣れ”による効果による低下のみならず評価対象のなかでの事故経験者の比率が高かった可能性が想定される（計測が研修教育業務の一環として行われるため、軽度のもも含めた事故経験者が研修対象となることが多い）。このため、今回の結果については、単純に業務経験が5年以上ある、というカテゴリーだけではなく、そのなかでも事故をおこしやすい傾向をもつメンバーの混在する集団、ととらえる必要がある。本研究の目的に即して“事故可能性の高い傾向”を抽出するためにはより効果的な対象集団とみなすことができる。ただし、項目ごとの特徴としては未経験者と5年以上経験者との傾向が平行しており、この平均的な結果から業務経験による特徴の違いを抽出することが困難な点については、昨年度の結果と同様に結論できる。ここで、前回同様、本研究のなかでの“未経験者”のグループは、業務としての運転と無関係な、いわゆる「一般の」運転者とは異なっており、「業務経験者と同様に運転業務への意識、準備および研修経験はあるが、実際の業務経験の有無の点だけで異なる運転者グループ」と理解すべきであることを示している。

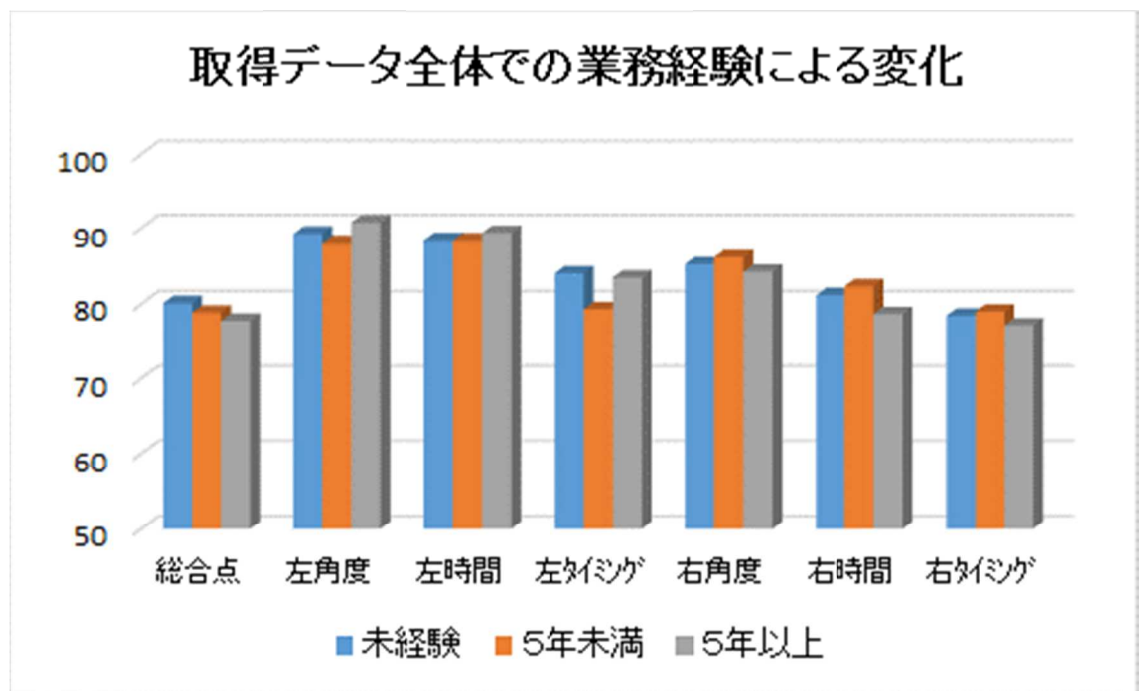


図1. 全体データを総合した評価点傾向

データ数 n : 運転業務未経験者 509 名、運転業務経験者 109 名

1. 2 交差点走行形態による運転行動評価の違い

交差点を通過する場合の重要な特徴として、走行の形状、すなわち①直進走行②右折走行③左折走行の3種類に類別することができる。本研究では、もっとも重要な運転行動の具体例として運転者の右側、左側への確認を選択していることから、車両走行の形状として右折走行、左折走行の違いによってそれぞれ異なった評価を

得ることが予想される。実際、評価基準においても左折走行では左側巻き込み確認が要求されるが右側では要求されないなど左右非対称性をもっている。さらに、先行研究において運転者個々人と第人数運転者平均での左側確認／右側確認の非対称が知られており、その具体的な内容の分析が期待される。

1. 2. 1 直進交差点での運転行動と業務経験の影響

直進交差点に於いては他の走行形状それぞれと同様に直進走行特有の行動傾向が抽出されるとともに、必要とされる行動基準が左右均等である点で、平均的な結果と近いことが期待される。後述の幹線道路／生活道路のカテゴリーにおいては幹線道路直進で特段の確認行動が要求されないため、本研究での交差点直進走行は生活道路のみを対象として計測した。

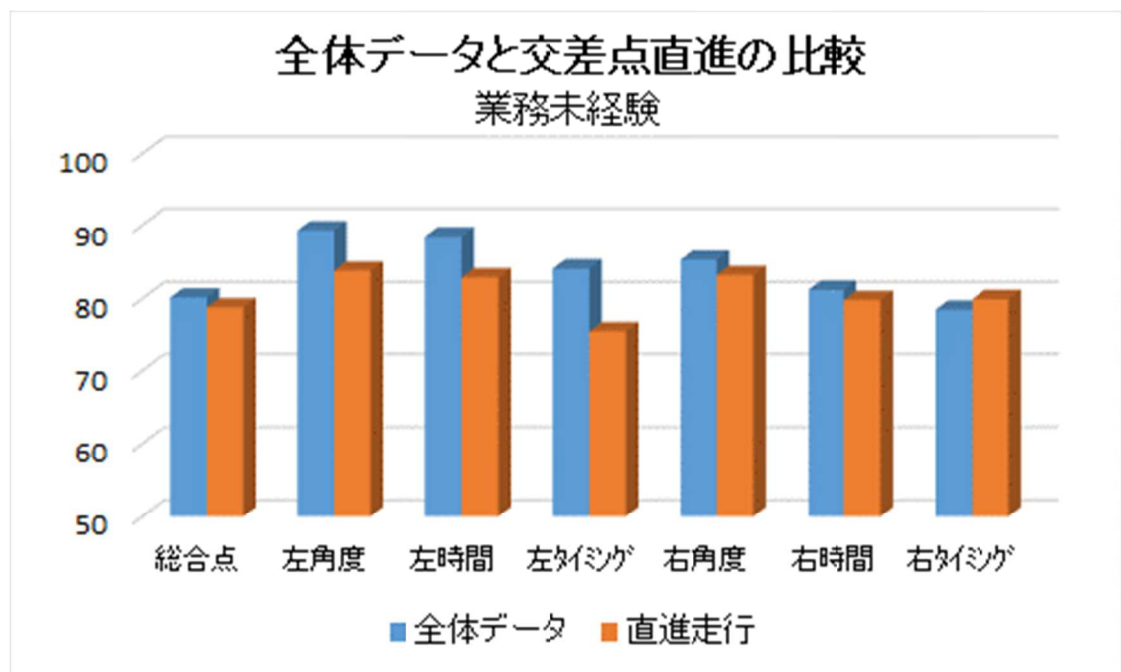


図2. 全体データと直進走行の比較（業務未経験者）

業務未経験者について、前記の全体結果と直進交差点での各運転行動要素得点の比較を図2. に示す。実際には、全体データと直進交差点での評価点分布を比較すると、右側確認では3要素ともに大きな違いは見られないが、左側確認のみで3要素ともに直進交差点の評価点が全体データと比べて低い。この結果として直進交差点での評価は、左側／右側確認においてほぼ等しい得点を得ている。すなわち、業務未経験者においては直進交差点での運転行動は多数の運転者で平均した場合に左右の非対称性はもたないといえる。

この結果から、特に左右非対称な確認行動（たとえば“巻き込み確認”など）を要求されない直進走行においては自然な結果であり、確認行動については、少なくとも多人数の平均としては本来的に左右の非対称性はもたないと考えることができる。従来検討では、上記全体データなどで見られる評価得点平均の左右非対称性については、運転者一般の平均的特性、自動車の左側走行などの特性に由

来するもの、利き腕の分布など諸案が指摘されてきたが、後述の右折走行、左折走行などで見られる右側／左側確認それぞれの評価得点の大きな非対称性と合わせて考えると、全体での左右非対称性の要因は、左側確認の特異な運転者と右側確認の得意な運転者の分布の違いだけではなく、むしろ各コースで見られる左折交差点、右折交差点の分布の差異から発生した部分もあると推定される。

もう1点の特徴として、右側確認、左側確認それぞれで、確認角度＞確認時間＞タイミングの順序で評価点が低下する傾向に於いて全体データと直進交差点で共通している。

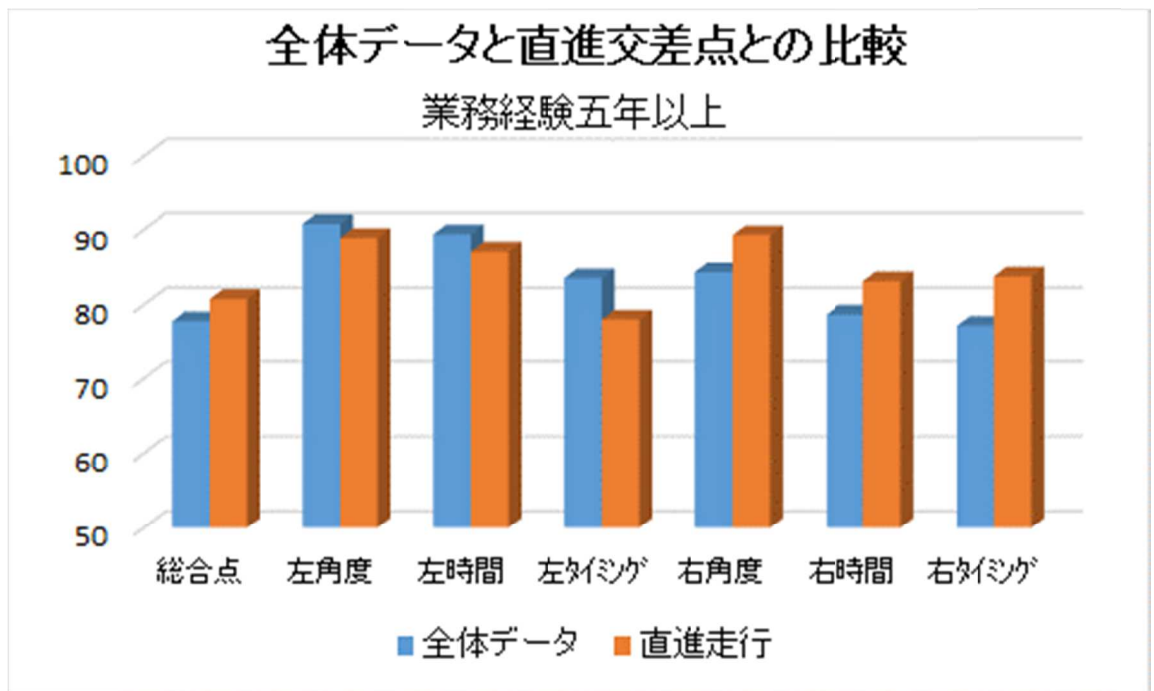


図3. 全体データと直進走行の比較（業務経験5年以上）

5年以上の業務経験者での直進走行の得点分布を全体データのそれと比較すると、左側確認の3項目で直進走行のほうの得点が低い一方で、右側確認の各項目すべてで直進走行に高い得点が見られる。この結果として、全体データでみられた左確認3項目が右確認のそれよりも高い傾向が、直進走行において平坦化する傾向はさらに顕著となっている。ただ、左右それぞれの3項目内での傾向が全体データと直進走行で並行している点がさらに明確になっている。

すなわち、業務未経験者でみられた左右対称傾向と全体データとの並行傾向が、長期の業務経験者ではより明確に表れていることから、直進交差点での運転行動は左右に特定の行動要求がない場合の“自然な”運転行動を要求しており、業務の習熟によりさらに自然な運転行動を示すものと思われる。

直進走行における業務経験の影響をみるために、未経験者、5年以下の業務経

験者、5年以上の業務経験者の3類別について図4. に比較した。

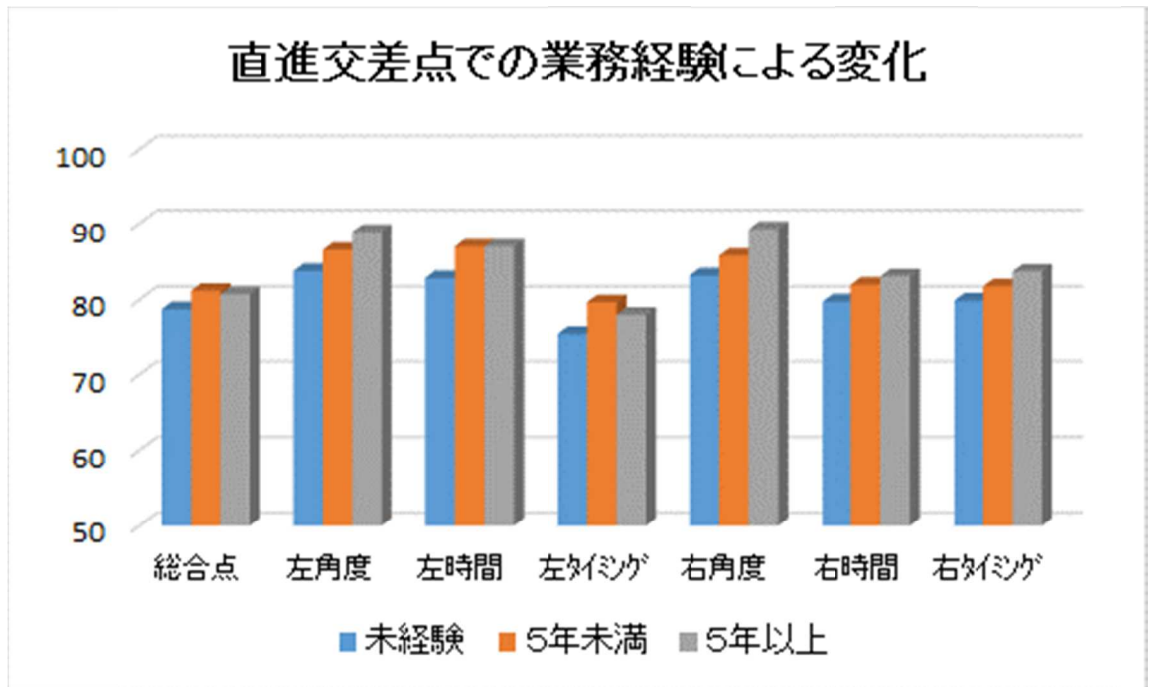


図4. 直進交差点での運転行動評価への業務経験の影響

全体として読み取れる明確な傾向として、業務経験を積むにしたがって各項目の評価が向上する。すなわち、直進交差点では、業務経験により運転行動の質が全般に向上する傾向がある。なかで、速度と左側確認のタイミングの2つの項目では、短期の経験で向上して頭打ちになる傾向がある。この2項目以外は、改善は短期経験から長期経験へ向けて一定した向上を見せていることから、この向上は業務経験による長期的な効果であると思われる。直進交差点では、交差点での運転行動の表現以前に、そもそもその交差点に危険が潜んでいるかどうか、確認が必要かどうか、の認知判断能力が評価に大きく影響している。その点で、長期の業務経験により危険の潜在する交差点の検出能力が向上している傾向も推測される。

1. 2. 2. 右折交差点での運転行動と業務経験の影響

走行形状のうち、右左折走行においては、曲り前のタイミングでの曲り方向への振り返り確認、ミラー確認の必要など、確認行動に左右非対称な要求が発生する。これに伴い、確認行動の適切さにおいても左右それぞれでの特徴が現れることが予想される。実際に、従来の研究でのデータに於いては、運転者個人ごとにはっきりした左右確認の評価点の非対称が見られることがふつうである。本節では、右折交差点においてその非対称性が具体的にどのようなにあらわれるか、その傾向が業務経験によってどのように変化するか、について分析し、結果を報告する。図5. に右折交差点のみで評価した各項目

の得点の分布を示す。

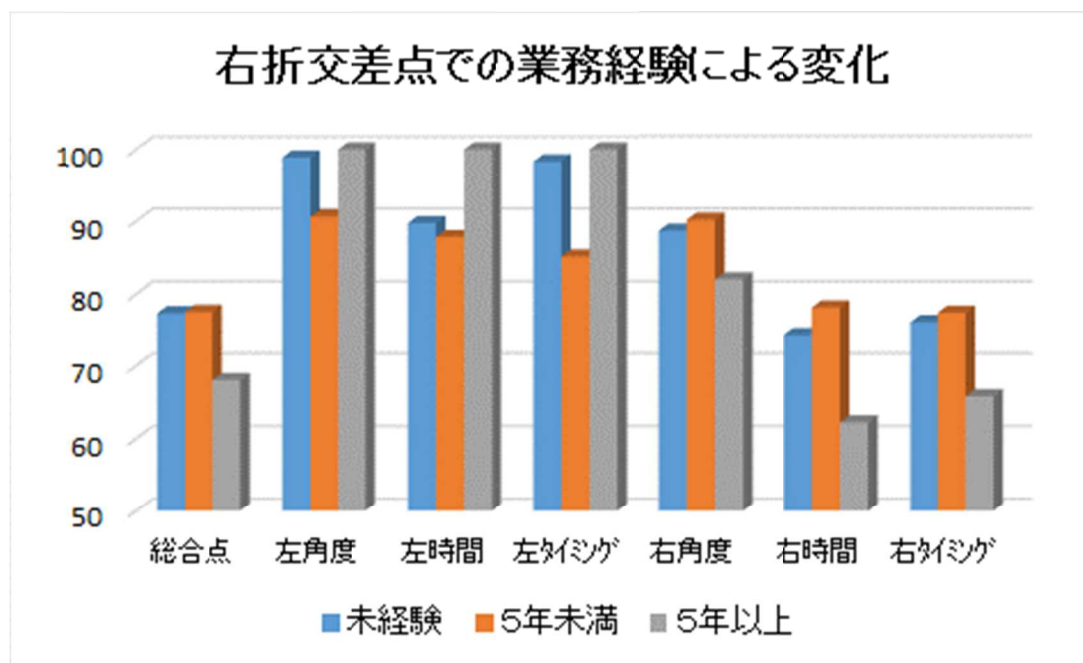


図5. 右折交差点での運転行動評価への業務経験の影響

直進交差点のケースと比較した場合、全体として左右の非対称性、特に左側確認の得点の高さに対する右側確認の得点の低さを明瞭に読み取ることができる。すなわち、すなわち、曲り方向（右側）と反対方向の確認行動の得点が高く、曲りと同じ方向の得点が比較的低い傾向にある。

個別には、速度、つまり交差点を通過する際に必要な最低速度の実現については、全体データや直進交差点とくらべて明確な違いはみられない。

業務経験への依存性に表れる諸傾向を以下に記す。

未経験者のグループでは、上記の全体傾向と同じく左側確認各項目の得点が90点程度以上と極めて高いのに対し、右側確認の各項目では特に時間幅、タイミングの2項目で80点以下のレベルにとどまっている。そのなかで、左右確認それぞれのグループのなかで、時間項目が最も低い得点を示していることが共通している。これは、全体データや直進交差点で現れた、角度>時間>タイミングという得点順序と異なった傾向である。このことは、右折交差点においては左右の確認を通じて確認の時間幅を短縮する傾向を示し、右折時の運転行動が振り返りや自転車確認、場合によっては曲り先の横断歩道進入者確認など多様な行動を要求される、という複雑さによって誘発される“忙しさによる時間短縮”によるものと推測される。

5年未満の短期業務経験者においては、未経験者とくらべて左側確認各項目得点が低下し右側確認各項目得点が上昇することによって左右の非対称性が減少する。また、未経験者で見られた“時間幅項目得点の最小”傾向が消え、一

般的な“角度＞時間＞タイミングの順序に近づく。ただ、この順序傾向の変化については、左側確認のタイミング項目の得点低下を伴っている。つまり、業務経験にしたがい、未経験者で現れたような右側確認の困難さ（得点の低さ）の克服による左右確認の均等化において運転行動技能の習熟向上を見ることが出来る一方で、未経験者でも高得点を得ている左側角度項目や左側タイミング項目で明確な得点低下を示していることは、慣れによる左確認行動の省略、たとえば目だけでの確認などが“慣れ”によって発生していることが疑われる。

5年以上の業務経験者のグループでは、左側確認3項目がすべて満点近くまで向上し、右側確認3項目がおおきく低下することによって、左右確認得点の非対称がもっとも大きくなる。また、ここで速度項目の得点が低下を示している。左側確認の成績向上について、3項目すべてで満点に近い得点をそろえていることから、各項目それぞれでの個別要因や合理的判断などがあるというよりも、長期の職業的習熟により身についた習慣とみなすほうが妥当であろうと思われる。なお、各得点が上限に達しているため、各項目間の順序については議論できない。右側確認の各項目について共通して発生している大きな低下は、角度＞時間＞タイミングという未経験者や一般運転者にみられる傾向の復活と考え合わせると、やはり“慣れ”による省略の影響の可能性がある。ただ、短期経験による向上と長期経験による低下という真逆の傾向が業務経験の長さにしたがい発生していることは、“職業的自覚”や“慣れ”の発生のメカニズムに係わることであり得ると思われる。ここでは特に、①短期経験と長期経験の傾向の違い、および②長期経験による曲り方向側確認の低下と曲り反対方向側確認の大きな向上を特徴として指摘しておきたい。

1. 2. 3. 左折交差点での運転行動と業務経験の影響

前節に示したように、右折交差点での運転行動は左右の大きな非対称性や業務経験の長短による変化の違いなどの特徴を示した。これに対し、左折交差点での運転行動の特性を分析することにより、左折走行での運転行動特性の諸様相を明らかにできるのみならず、右折走行での各特性の比較によりその特性の本態を推定することが可能となる。

全走行について左折交差点での運転行動のみを評価し、各業務経験グループに分けた結果を図6. に示す。

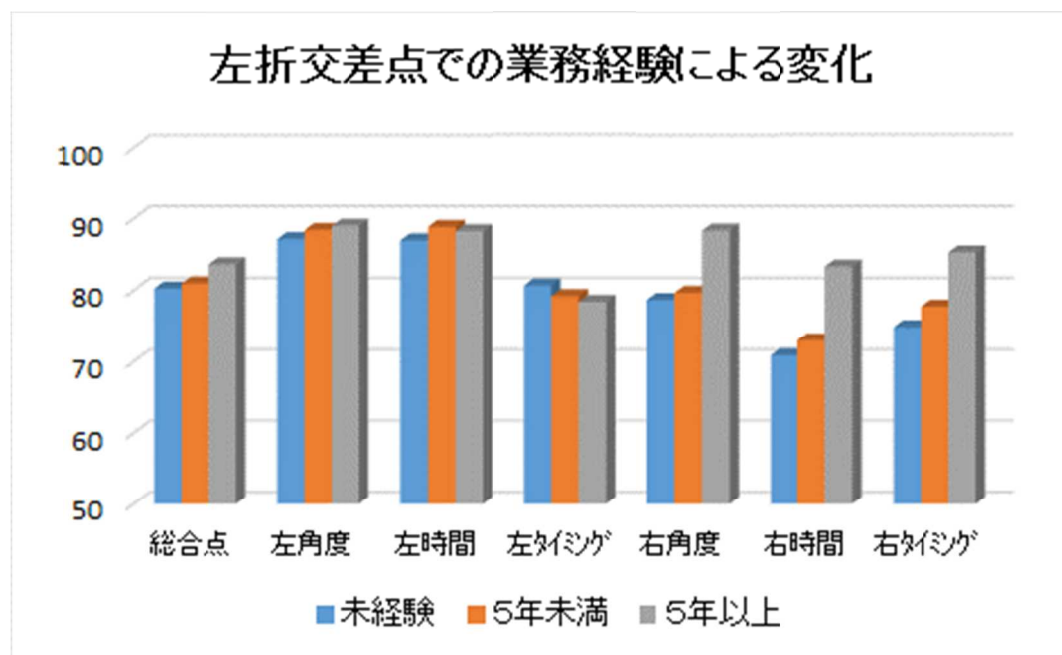


図 6. 左折交差点での運転行動評価への業務経験の影響

速度の項目では右折交差点の場合と異なり、業務経験に従い順次向上する傾向をみることができる。

左側確認の 3 項目では、タイミングの項目が最も低い得点を示す点で全体データや直進交差点と同様の傾向を示し、この傾向は業務経験の進行にかかわらずない。業務経験による変化をみると角度項目で徐々に向上、タイミング項目で徐々に低下、などの傾向がわずかにみられるが、全体として業務経験にしたがう共通傾向はない。これに対し、右側確認の 3 項目では、未経験者のグループでは左側確認よりも低下している点で全体データや右折交差点の場合と同様な傾向を示す一方で、業務経験による影響については、3 項目すべてで業務経験に従った向上がみられ、特に長期の業務経験を経た場合に共通して大きな向上を示す。結果として、長期の業務経験をもつグループで左右確認の得点は同程度となり、左右の非対称性が解消されており、左側確認でタイミング項目が最も低く右側確認で時間項目が最も低い、という直進交差点での分布の様相とほぼ一致する結果に至っている。

ここで、業務経験による変化は左側確認でほとんど見られない一方、右側確認では長期経験のみで大きな変化を起こしていることが左折交差点の最大の特徴といえる。つまり、曲り方向と同一方向である左側確認では業務経験による変化は小さく、曲り方向と反対になる右側確認において短期経験でおこらなかった大きな向上が長期の経験で起こっている。したがって、左折する場合の左側確認は業務経験による向上や慣れの効果が出にくいのに対し、左折の反対側（右側）確認は長期間の習熟のみによる向上傾向を持つと思われる。

1. 2. 4. 右折走行と左折走行の運転行動の比較

右折交差点、左折交差点それぞれにおいてその達成度分布の特徴および業務経験の長さ依存した変化の様相を明らかにしたが、右折走行と左折走行は車両の進行の点で対となる運動である一方で、運転者にとっては左側走行などの要素から非対称な行動要求が多くみられることから、右折交差点、左折交差点の二つの地点カテゴリーでの達成度を比較対照することによって、運転者にとっての困難さや死角になりやすい要素についての手がかりを得たい。このため、前節でのデータを再配置して図7. および図8. にしめす。

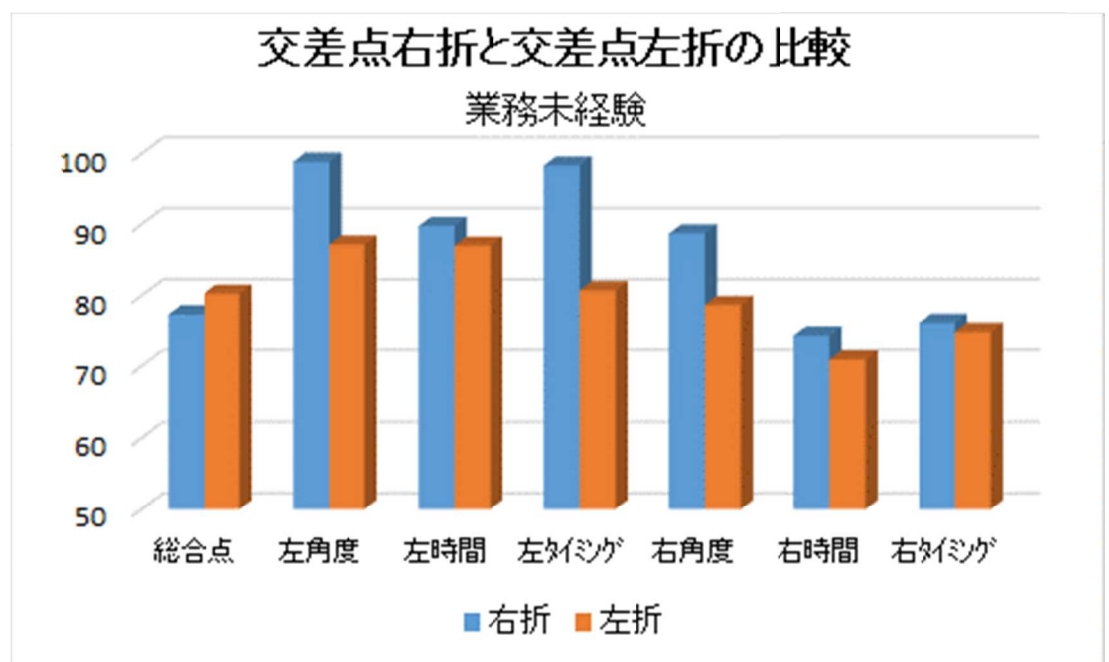


図7. 右折交差点と左折交差点での運転行動評価の比較

業務未経験者のグループでは、右左折双方の交差点走行で左側確認3項目よりも右側確認3項目の達成度が低くなっているすなわち、この「左側確認達成度>右側確認達成度」の傾向は業務未経験者に共通した傾向と推測される。つまり、“業務未経験者は、曲り方向に係わらず右側確認が苦手”という傾向があるといえる。走行の右左折方向で比較すると、各要素項目すべてにおいて右折走行のほうが左折よりも達成度が高い。なかでも左右両側確認での角度項目、左側確認でのタイミング項目で大きな差を示している。また、右側確認3項目では右折と左折で並行して分布しているが、左側確認の3項目には並行性がみられない。すなわち、右側確認での並行した達成度差の要因は、確認そのものでの見落としや省略などの3項目共通の要因である可能性がたかく、左側確認では確認角度やタイミングへの注意集中などの個別の

要因によるものと推測される。

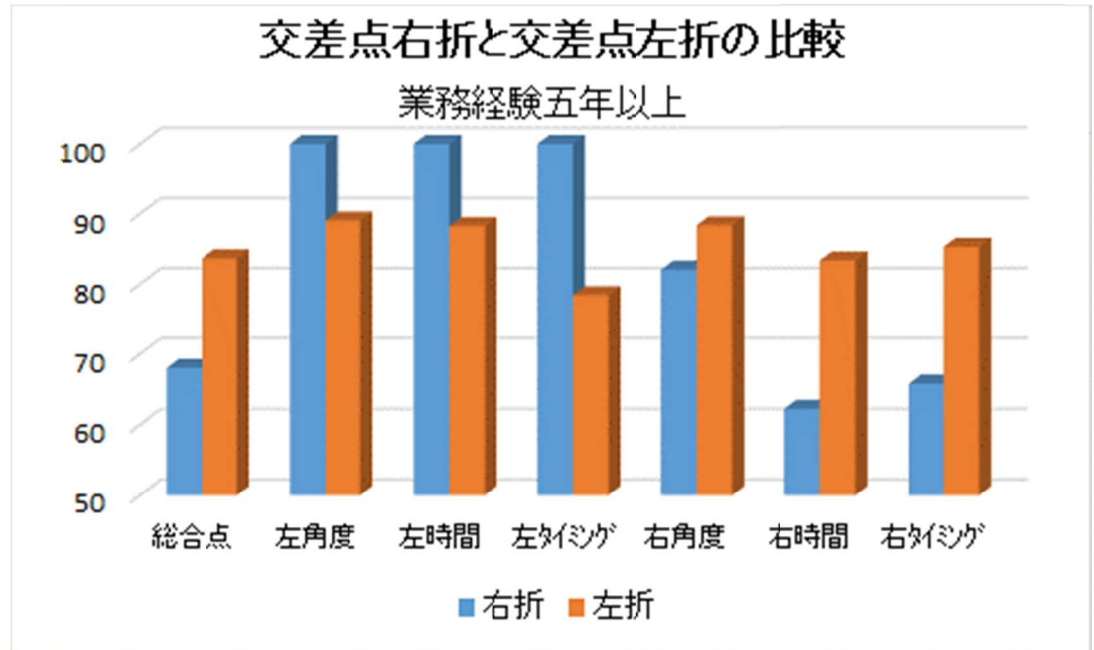


図 8. 右折交差点と左折交差点での運転行動評価の比較

業務経験 5 年以上のグループで右折、左折交差点での達成度の全体分布を比較した場合、右折では左側確認 3 項目が極めて高く右側確認 3 項目が極めて低い、という極端な非対称性を示す一方で、左折では左側確認と右側確認を合わせた全項目で同程度の達成度を示す「均一性」を示す。この様相は業務未経験者と比較した場合大きく変化しており、右折での非対称性の極端化、左折での均一化、を目立った傾向として読み取ることができる。

右折・左折の達成度値を各項目で比較すると、左側確認で右折交差点での達成度が左折のそれを大きく上回る一方で、右側確認では右折交差点での達成度が左折のそれを大きく下回る。すなわち、業務経験の長いグループでは、「左側確認で右折得意、右側確認で右折苦手」の傾向をみることができる。特に右側確認での傾向は未経験者のグループの傾向と大きく異なっており、右折交差点、左折交差点での特徴としては、一般的な傾向というよりも業務経験の長いグループのみに表れる特徴としてとらえることができる。

1. 3. 交差点環境による運転行動の違い

・要求される運転行動が明確に異なる交差点環境および形状の違いとして、幹線道路、生活道路、十字路、T 字路、などがあげられる。今回は幹線道路・生活道路で

の違いを検討する。(文献6, 7)

1. 3. 1. 幹線道路交差点における運転行動と業務経験の影響

本研究で分類する幹線道路とは、中央線をもち、交差する道路に対して優先する道路のグループを指し、その交差点には信号を持つものと信号を持たないものがある。幹線道路を直進する走行のうち、信号が整備されている交差点での走行は評価の対象としない。すなわち、以下の幹線道路走行データは主に右折および左折走行の混在するものである。幹線道路においては生活道路にくらべて高速で進入することが通常であり、確認行動については直視以外にミラー確認、振り返り確認など多種の確認行動がより明確に要求されることが多い。

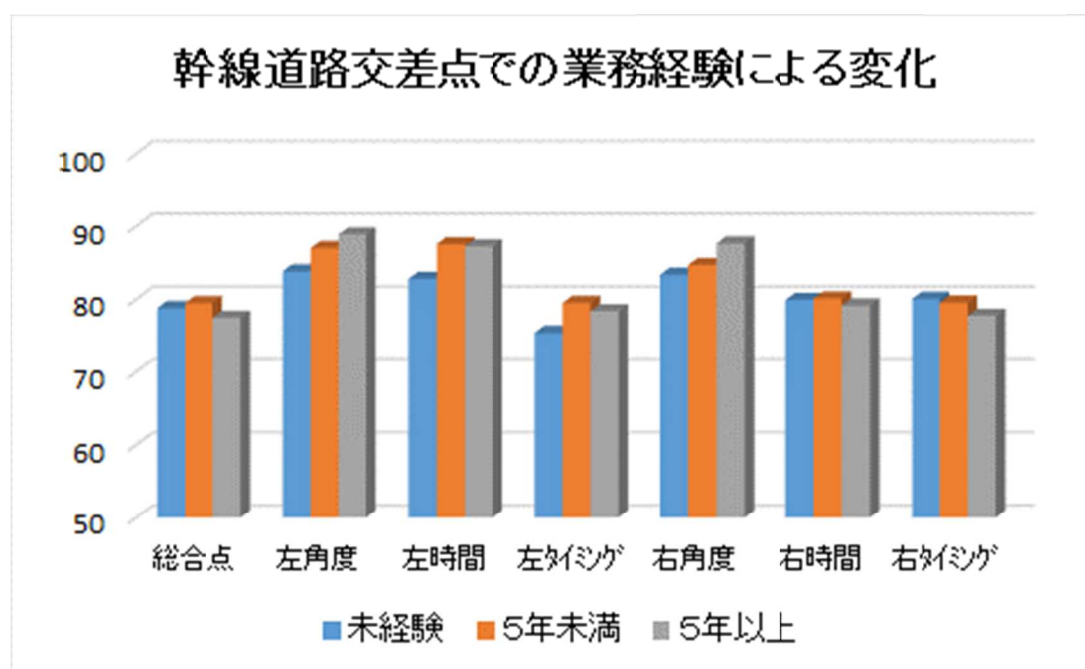


図9. 幹線道路交差点での運転行動達成度への業務経験の影響

全体の分布の傾向としては、左側確認でタイミング項目が若干低く、右側確認で角度項目が少し高い、という点などで全体データあるいは直進走行の分布と類似している。この結果は、このグラフで使用したデータの走行のほとんどが右左折の走行であることから単純に直進走行の混在率が高いために優位を占めたということではなく、むしろ幹線道路特有の弱点項目や得意項目が特にならないことを示唆するものと思われる。

業務経験に従った変化については、左側確認全項目と右側確認の角度項目について向上がみられ、それ以外の速度項目および右側確認2項目については変化が無いかあるいは若干の低下を示している。特に左右両側の確認角度

項目については、未経験、＜5年未満＜5年以上の漸進的な向上を示しており、経験期間に応じた向上効果の傾向をあらわしている。この傾向を直進交差点でのそれと比較したところ、驚くべき類似を示した。具体的には、左側確認3項目と右側確認の角度項目についてほぼ同じ値で同じ業務経験依存変化を示している。これに対し、右側確認の時間項目、タイミング項目の二つでは、幹線道路で下降傾向を持つのにに対して直進交差点では向上傾向を持ち、正反対の特性を示している。この類似については、直進交差点の道路形状が日常道路に限られ、幹線道路データが右左折走行の混在であることから、自明な一致あるいは偶然の一致とすることはできない。したがって、この一致、とくに左右確認の角度項目について業務経験に依存した漸進的な向上が見られる点については、交差点の種別による差異をこえた基本的な運転技能の変化を示すと思われる。

1. 3. 2. 生活道路交差点における運転行動と業務経験の影響

生活道路としては、信号や中央線、横断歩道などの整備されていない道路として分類するが、典型的には住宅地内で人車が混在して通行するような道路を想定している。ここでは高速で交差点に進入することは想定しておらず、速度の抑制の下で基本的な直視確認を確実に行うことが重要となる。生活道路交差点として示す以下のデータは、直進、右折、左折のすべての走行を含んでいる。また、一部に一時停止標識のある交差点を含む

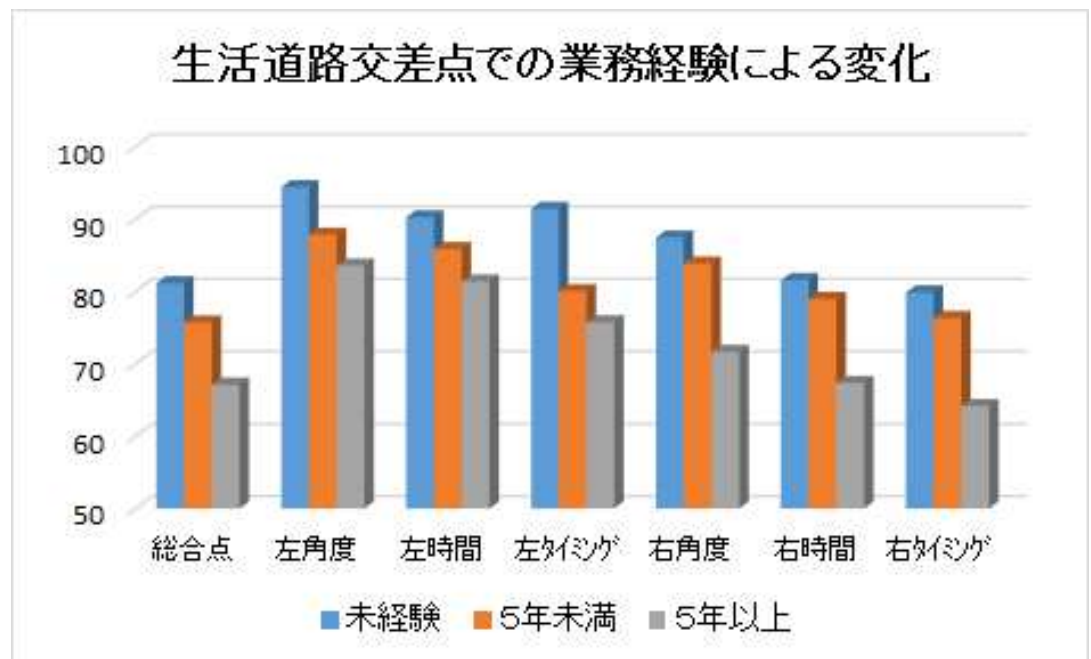


図10. 生活道路交差点での運転行動達成度への業務経験の影響

全体の分布形態について、すくなくとも未経験者のグループではいままでの全体データや直進交差点データと比べて特筆すべき大きな変化はみあたらない。むしろ、業務経験による変化について、速度項目をふくむ7項目すべてにおいて業務経験の進展にしたがった漸進的（一方向的）な低下を明確に示している。前節までの交差点カテゴリーにおいては、このような一方向的な低下は左折交差点における左側タイミング、および幹線道路交差点における右側タイミングの2項目に限られ、それらはいずれもわずかな変化にとどまる。したがって、今回の結果で示された全項目にわたる達成度の明確な一方向低下、については生活道路での交差点走行におけるはっきりした特徴と判定することができる。個別項目での低下には、それぞれ確認角度の減少（頭の回転角が減って眼だけで追う）、確認の短時間での見切り、などの要因を別々に想定することができるが、全項目にわたって、特に速度項目を含んで大幅な低下を起こしていることは、そもそも確認が必要とされる地点で“確認が不要”と判断しているケースが増大している可能性が大きい。すなわち、業務経験が長くなるにしたがって、“慣れ”すなわち多数の生活道路交差点でのヒヤリハット（の無かった）経験値に基づいた確認不要、または簡略化の判断をするケースが増えることが想定される。業務経験による“慣れ”の効果においては、幹線道路の右左折の場合にのみ必要とされる特定の行動（例：巻き込み確認、ミラー確認）よりも、左右への一般的な注意を向ける確認行動が省略されやすいと思われる。

もう一点、左右の確認はともに業務経験による達成度の低下をしめしているが、左側確認の3項目において1段目の変化（未経験から5年未満）よりも2段目の変化（5年未満から5年以上）のほうが少ないかまたは同程度であるのに対し、右側確認においては3項目で1段目の変化よりも2段目の変化のほうが大きい。このことは、左右確認を比較した場合、左側確認では（業務経験にしたがって）より早く経験による“慣れ”が影響を与えるのに対し、右側確認では経験が長期にわたった場合にはじめてその影響をあらわす傾向があることを示している。

1. 3. 3. 幹線道路と生活道路交差点での運転行動の比較

幹線道路と生活道路とは、道路形状（設備）の点で相対するものであり、これら交差点の通過での運転行動評価の対象となる行動内容も大きく異なる（前節序論参照）。このような道路形状の対比が運転行動のうえにどのように現れるか、を調べるために、上記幹線道路での達成度と生活道路でのそれとを比較し、図11.に示す。

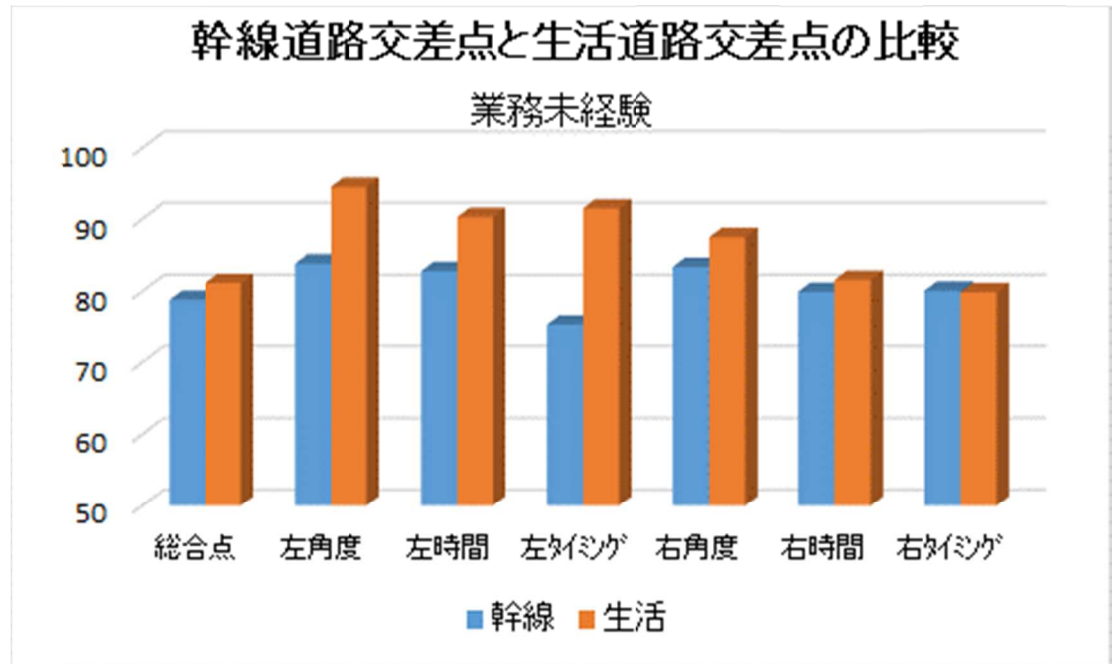


図 1 1. 幹線道路交差点と生活道路交差点の比較（業務未経験）

業務未経験者の場合、全項目で生活道路での達成度が幹線道路のそれを上回るか同等程度であり、特に左側確認の 3 項目でその程度が大きい。未経験者の場合には、生活道路のほうが幹線道路よりも見通しの悪さや歩行者・自転車等の飛び出しの多さなどのリスク要因が明示的に意識しやすいため、生活道路の方でより注意深い運転をおこなう、という表面的な理解が一応は可能であるが、要因についてはさらに詳しい分析が必要である。もうひとつの、差異が左側確認の 3 項目に共通して大きいという点については、他の交差点カテゴリーの結果から推測され得るような要因は見当たらない。幹線道路での達成度は左右確認でほぼ同等レベルであり、生活道路での左側確認 3 項目の達成度が他よりも大きく上回る、という形で上記の差異があらわれるものである。

次に、業務経験 5 年以上のグループにおける幹線道路と生活道路交差点での運転行動達成度の比較を図 1 2. に示す。

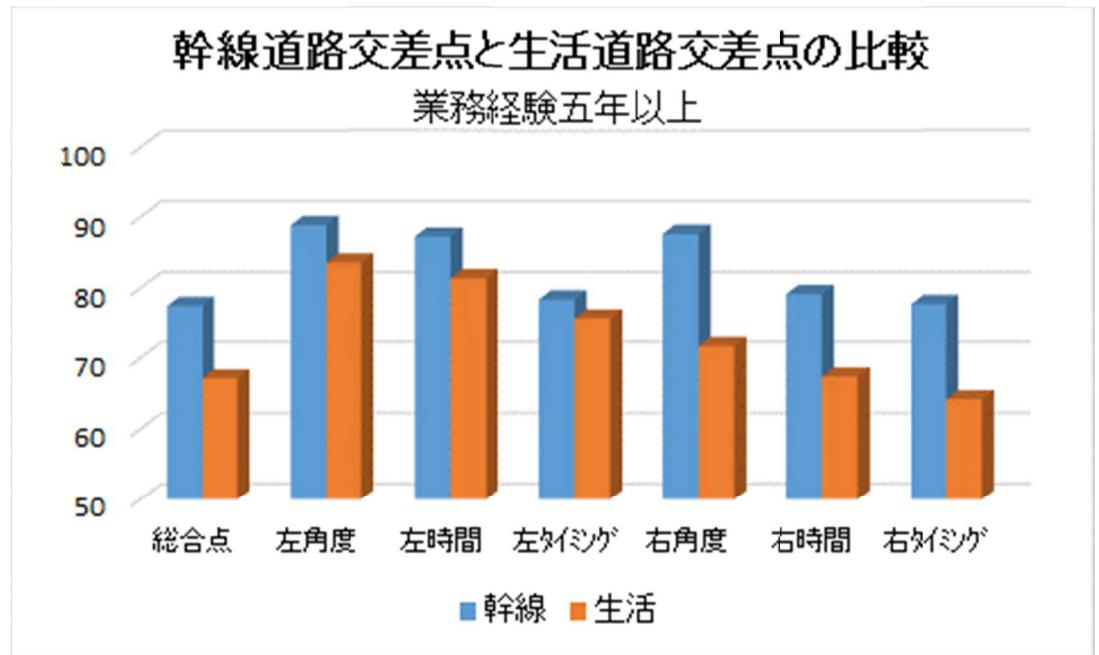


図 1 2. 幹線道路と生活道路の比較（業務経験 5 年以上）

業務経験者の場合、達成度全体の分布を比較した場合、すべての項目にわたって幹線道路交差点の達成度のほうが生活道路のそれよりも高い値を示す。この点で未経験者の場合と正反対の傾向を示している。この幹線道路優位の傾向について、右側確認 3 項目すべてで差が大きくなっており、この点でも右側確認で大きな生活道路優位を示した業務未経験者の傾向と真逆の結果となっている。

すなわち、生活道路で左側確認優位の傾向をもち、幹線道路では比較的左右均一な傾向をもつ、という特徴について業務経験を越えたそれぞれの道路カテゴリーの共通的な特徴としてまとめることができる。この、生活道路での左側確認優位の傾向については、右折交差点の特徴と似ているが、左右それぞれの側の確認のなかでの分布の様相（角度の達成度＞タイミングの達成度＞時間の達成度、など）が異なっており、このデータだけで同一の現象と推定することはできない。

一方で、道路特性で比べた左右確認の優位性やその差異については、幹線道路と生活道路では正反対の特徴を示している。優位な確認方向やそれぞれの差異が大きさも含めてすべて反対傾向を示していることにより、幹線道路と生活道路の両カテゴリーは対をなす道路環境の傾向を持つと思われることが示唆される。

1. 4. 一時停止交差点における運転行動の傾向

一時停止交差点は、必要とされる運転行動の大凡は生活道路のそれとほぼ類似しているため、要素的には左右確認等の項目の達成度に特段の変化を要求されない。しかし、明白に地点固有の危険が予測されており、それを前提と

して運転する場合に運転者の心理的個性が表れやすい交差点と言える。この点で、他の交差点カテゴリーと独立してその運転行動特性を分析することが有意義と考える。実際、交通事故統計においても、営業車両の一時停止交差点における事故も少なからず発生していることがわかっている。また、車両停止の状態についても、“安全確認が十分にできれば”多少のクリーピングや微小速度を許したいというような運転者側の言い訳から、本研究で使用している（教育的）基準である、「完全停止の状態を確認行動を行うための1秒間の停止持続」という厳しい基準まで、その効果について議論があり得るため、特にその停止状態の違いによる運転行動への効果を分析した。

最初に、一時停止交差点での運転行動の達成度について、業務経験の差異による変化を図13に示す。この結果は、一時停止の達成条件として、1秒間の停止持続を要求した。

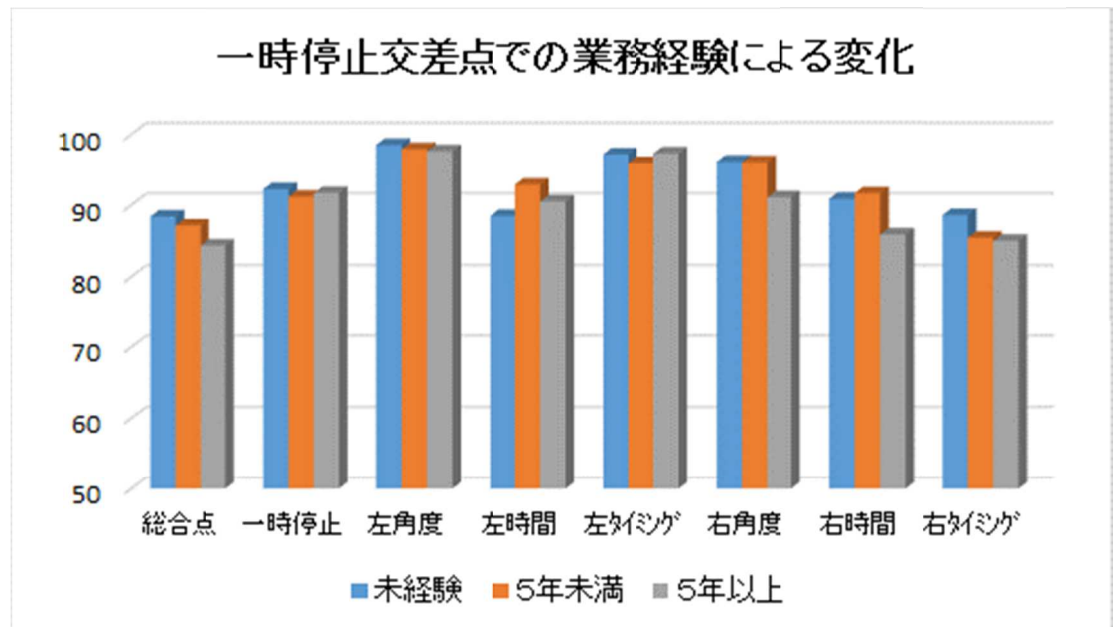


図13. 一時停止交差点での業務経験による変化（一秒停止）

一時停止交差点における業務経験の影響について、左側確認では系統的な増減は見られない一方で、右側確認の3項目では、業務経験にしたがって順次減少している傾向がみられる。全体の傾向をあらわす総合点についても漸減傾向が見られるが、その変化は他の交差点での変化にくらべて大きなものではない。また、その分布の様相についても、左側確認よりも右側確認の達成度が低く、右側では角度>時間>タイミングの順で減少している傾向など生活道路での結果と極めて類似している点については、一時停止の設定されている交差点が事実上生活道路に限られていること、走行データ全体の中で一時不停止の運転行動が極めて少ない（各業務経験グループで10～13%）

ことから、この類似はデータカテゴリーの設定上当然の結果と言える。むしろ、同じ生活道路での環境において一時交差点指定の有無による運転行動の変化を知るために、上記データと生活道路での達成度と比較して差異を見ることが有意義である。下の図14. で一時停止交差点と生活道路交差点での達成度を比較する。

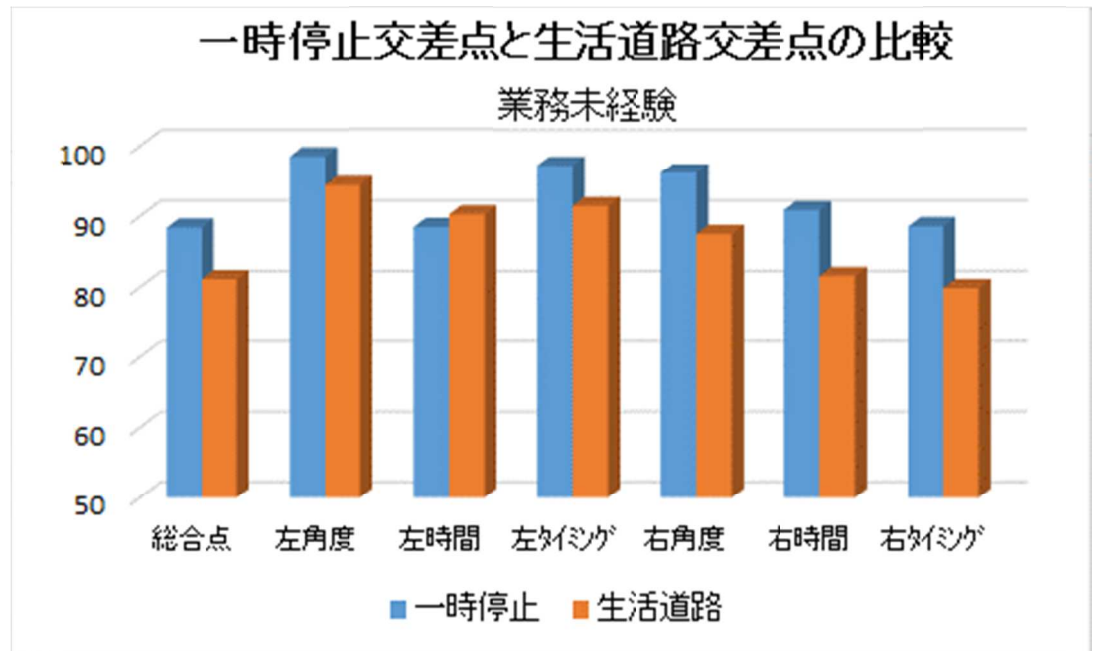


図14. 一時停止交差点と生活道路交差点での達成度比較

一般の運転者に近い業務未経験者のグループでは、総合点を含む全体の項目で生活道路交差点全体よりも一時停止交差点のほうが数%～10%程度高い達成度を得ている。この傾向は、一時停止の標識により運転者の警戒意識が高められ、確認行動がより注意深いものになる傾向を示しており、現場一般での傾向、標識の目的とよく合致している。個別の要素項目を見ると、唯一左側確認の時間項目で一時停止交差点の達成度が生活道路のそれを上回っていない現象が例外的に起こっている。すなわち、一時停止の指示により運転者の警戒意識が高められている状態である場合においても、左側確認の確認時間については、運転者の意識の中では「確認時間を確保すること」が警戒意識と結びつきづらいということが示唆される。

このような、一般的傾向、特異な現象が業務経験によりどのように変化するかをみるために、図15. に業務経験5年以上のグループでの一時停止交差点と生活道路交差点での達成度を比較して示す。

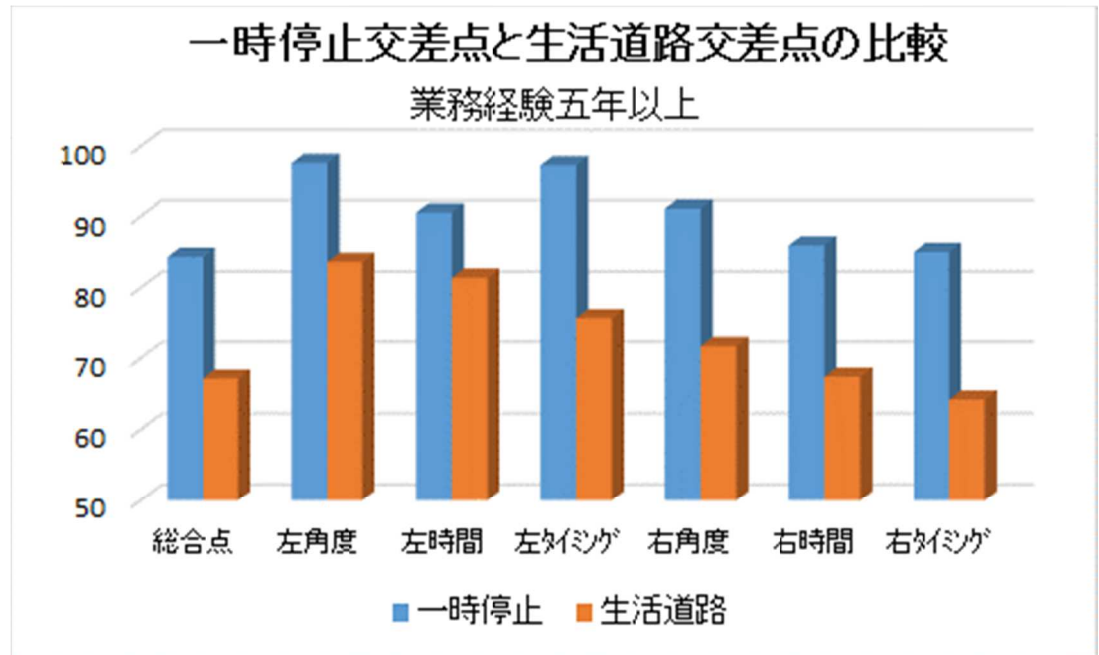


図 1 5. 一時停止交差点での業務経験による変化（一秒停止）

業務の長期経験者の場合、未経験者と同様に全体として一時停止交差点での達成度のほうが生活道路のそれよりも高い値を示しているが、その差はさらに大きい（10～20％）。この差の拡大は一時停止交差点での変化によるものではなく（図 1 3）、生活道路における業務経験に従った達成度の低下（図 1 0）によるものである。生活道路で業務経験にしたがってみられる達成度の全体的低下が一時停止規制の存在により起こらなくなるということから、その低下傾向が業務経験による“慣れ”に起因する警戒意識のゆるみによるものと推定することができる。もう一点、未経験者でみられた左側確認の時間項目のみでの達成度の逆転については、生活道路での達成度の全体的低下によって解消しているが、他の要素項目と比べて差が小さい、という形でやはり左側確認の時間項目だけの特異的現象として現れている。つまり、この特異現象は、業務経験に影響されているものではなく、それと別の要因によって業務経験の有無にかかわらず発生しているものと思われる。

・ 一時停止運転と一時不停止運転の行動の違い

一時停止交差点での運転行動の判定は「一時停止／一時不停止」の二分判定となる。したがって、一時停止交差点の運転行動への影響を知るためには、一時停止に成功した運転者のグループと一時停止をしなかった運転者のグループにわけ、その運転行動各要素の比較を行うことがもっとも単純明快な方法と思われる。このため、1 時停止交差点を通過する際の運転者の行動を、一時停止の可否でグループ分けしたうえで比較したものを図 1 6. に示す。

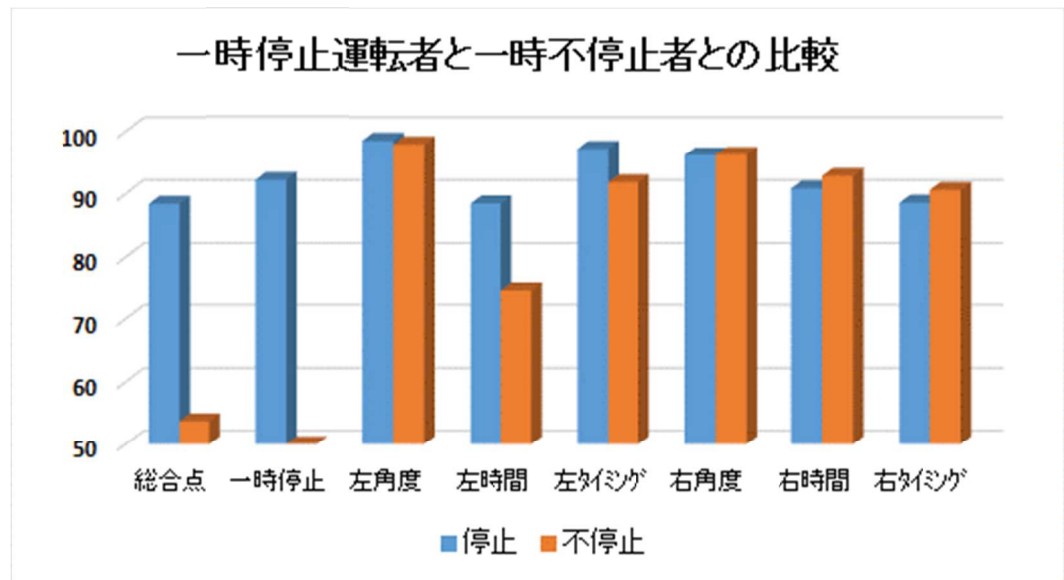


図 1 6. 一時停止交差点での一時停止者と不停止者の評価比較

一時停止運転者と不停止の運転者との比較において、グループ分けの定義により「一時停止項目」と「総合点項目」の2項目で後者が明確に低い点は、定義上当然であるが、これら以外のうち左側確認の時間項目を除くすべての項目において達成度の違いは認められない。すなわち、これらの項目では、一時停止を守る運転者と守れない運転者の運転行動の間には違いがない、つまり一時停止行動とその他の要素との間には関連性がないといえよう。これに対し、左確認の時間項目においてのみ、一時停止を守れない運転者での達成度が低い、という変化が認められる。すなわち、この運転行動要素項目においてのみ、一時停止行動との（正の）連動性があるといえる。ここで、前項の「一時停止交差点と生活道路交差点との達成度の比較」において見出された、左側確認での時間項目のみでみられる逆転（または差の縮小）現象を合わせてかんがえると、この「左側確認時間項目」が一時停止の指定によって何らかの影響をうけて特異的な（他の運転行動要素との連動性や一般性をもたずに）行動変化を起こしていることには間違いのないと思われる。この特異な現象の要因については、他の全項目、およびこの左時間項目であっても長期業務経験者のグループではすべて一時停止の指定によって達成度の向上、すなわち運転者の意識の緊張による行動の適正化が起こっていることから、特定の項目だけの“慣れ”や“気のゆるみ”などを想定することは難しく、緊張による左右確認（角度、タイミングなど）への多岐にわたる意識集中のなかで、左側確認については短時間での確認が十分と見做される可能性があるだろう。つぎに、この特異的な現象が左右非対称に左側確認でのみ起こっている点については、一時停止そのものによる効果というよりも、他に左右非対称を引き起こす要因が疑われる。このため、今回の一時停止交差点分析で使用した交差点データをリストしてみると、一時停止後の走行方向としての分布については、右折走行が圧倒的に多く、右折数85.9%、直進数13.8%、

左折数0.2%というおおきな偏りを示した。すなわち、今回の特異現象（一時停止項目と左側確認時間項目の連動）においては、ほぼ右折走行の際に特徴的に起こると推定することができる。なお、右左折等の走行方向ごとのこの現象の生起の違いについては、直進走行で一時不停止データが得られなかったこと、左折走行が極めて少なかった（2例）ため、今回の研究では分析を見送らざるを得なかった。

・一時停止状態の違い（完全停止/一瞬停止）による運転行動への影響

一時停止交差点での判定基準としての“車両の停止”の状態による運転行動の違いを検討する。一時停止交差点での達成度を判定するために車両の停止を基準としているが、本研究の目的にそって“一時停止をおこなう意識”からの運転“行動”にたいする反映を知るためには、車両自体の停止の様相のちがひによる運転行動のあらわれ方をしらべる必要がある。具体的には、車両の物理的な停止が一瞬でも発生した場合に“一時停止”とみなすことが物理的な定義としては正しく一時停止という（いわば、“一瞬停止”）ことができるが、本研究システムで用いている基準のように、車両が停止した状態のまま確認行動が実施できる時間間隔（具体的には1秒間）停止する、という“完全停止”を要求する場合の2つの基準を想定することができる。意義的には、前者は車両の物理的な状態にもとづく「客観的一時停止」ということができる一方で、後者はそこでの運転行動のあり方を問ういわば「教育的一時停止」ともいうことができる。

本節の最初に言及したように、一時停止については、運転者の意識が実際の車両停止と結びつかない傾向がある一方で、本研究で用いている“一秒間持続停止”行動の効果についても検証することによって、一時停止交差点での運転行動の特性を明らかにしたい。具体的には、現在交差点での停止基準を“一秒間の完全停止の持続”として各走行データを評価しているが、同じデータについて“一瞬でも停止した場合に基準をクリア”として再解析することにより、これら二つの異なった基準をクリアしたグループそれぞれの運転行動の各項目での達成度を比較する。なお、後者においては、計測機器の分解能により、一秒間の平均速度が1.9 km/時以下（計測雑音除去後）をクリアした場合に基準達成とみなす。この速度値は、別に設定した実験により、一瞬停止とその前後の速度を平均した際の上限值であることがわかっている。ここで、前者の基準をクリアした解析結果を仮に「完全停止グループ」後者の解析結果を「瞬間停止グループ」と命名し、どちらの停止条件をも満たさない結果グループを「不停止グループ」と命名する。図17. に停止状態による達成度の変化を示す。

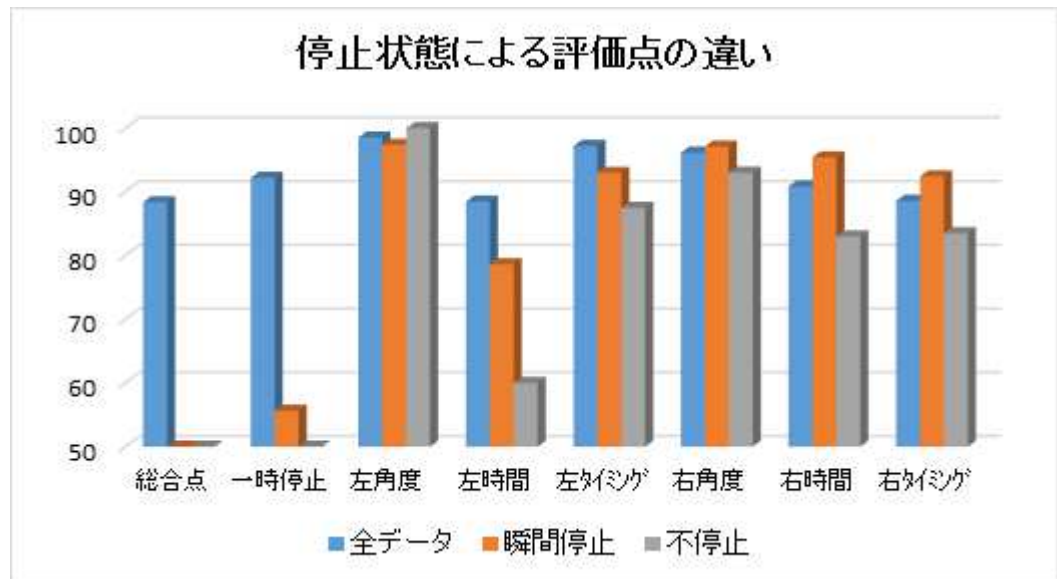


図 1 7. 一時停止交差点での停止状態による達成度の違い

総合点評価については、図 1 6. での説明により、完全停止のグループ以外は 50 % 以下となる点は定義上のものである。

3つのグループは、より丁寧な（長時間の）停止を行った順として並べると全データ（9割以上が完全停止のケース）＞瞬間停止＞不停止となる。したがって、図 1 7. において方向性のある変化がみられた場合、この順序と比べることとなる。まず、左側確認の角度項目では3グループでほとんど変化がみられないが、ここでは3者すべてで100%にちかい達成度を得ることから、「変化が無い」と断定することは適切でなく、むしろ「頭打ちをしている」とみるべきであろう。右側確認3項目ではおおきな、あるいは方向性のある変化はみられない。特筆すべきことは、左側確認の時間項目とタイミングの項目で上記の“丁寧順”とおなじ順序で達成度が低下していることがみられ、とくに時間項目での達成度低下についてはその差が誤差範囲（11～16%）の外にあって明確な変化とみなすことができる。右側確認の3項目については、上記“丁寧順”と異なって「瞬間停止」＞「完全停止」＞「不停止」の順になっているように見えるが、誤差範囲の外にないため、方向性のある結果として議論することは困難である。

図 1 6 でみられた、一時停止行動の違い（一時停止/不停止）による左側確認のみでみられる顕著な低下は、ここで「完全停止」＞「瞬間停止」＞「不停止」の順の変化としてあらわれた。すなわち、この“一時停止地点での不停止運転者に特徴的な達成度低下”は「瞬間停止」運転者ですでに始まっている、と推定することが可能であろう。

2. 映像センサを用いた確認行動の検出可能性の検討

本研究でもっとも注目している運転行動要素はリスク地点での確認行動にあり、確認行動の角度やタイミングなどを定量的に計測できることが本研究で用いている計測手法のもっとも重要な価値のひとつとしてあげることができる。現在、この計測センサとして軽量小型のモーションセンサを身体、具体的には頭部にキャップ帽のつばに取り付ける形で装着している。このセンサは当社により本計測システム専用に開発されており、装着による運転行動への干渉の少なさに対して十分な検討がなされ、十分な実用性が発揮されている。しかし、実際の実用現場においては、9割以上は交通教育の現場で使用されており、残りの実用目的は研究開発での運転行動の計測である。

これら二種の使用態様では、計測対象となる走行単位は長くとも20分程度であり、走行単位を連続的に繰り返したとしても、休憩時間をはさんだ6～8時間程度で業務を設計することが可能である。これに対し、本研究の目的である、業務中の運転に対して連続的に行動評価を続けるためには、業務運転の開始から終了までの連続計測が不可欠となる。実際の営業教務では、もちろん休憩をはさみながらであるが、10時間以上の運転が継続することが通常であり、現況でのセンサの持続時間ではまったく不十分である。また、業務運転は、通常の運転よりもさらに厳しく自由な運転環境を要求しており、頭部に帽子を長時間にわたって間断なく装着することを保証することは、たとえば厳しい社内ルールで制服制帽を義務付けている場合（この場合も完全に守られていることが保証されるものではない）を除き、極めて困難である。さらに、もっとも重要な運転者への運転行動評価結果のフィードバックについても、現在のシステムにおける、「計測終了後の分析、提示」では、長時間の業務運転中の運転者へのフィードバックを行うことができない。

これらの計測システム上の制限による困難を解決するためには、長時間持続電源への代替、身体装着の回避、分析処理システムの直結による分析計算の（準）リアルタイム化、が必要となる。このための代替策として、センサをモーションセンサから映像センサへ変換する方法がある。映像センサでは、顔映像を遠隔で設置したビデオカメラで取得するため、電源の車両バッテリーへの直結、身体装着の回避が極めてシンプルなかたちで可能となる。一方で、従来からの問題として、顔映像からの頭部角度情報の十分な分解能での抽出の困難さがある。

まず、全画面中で顔画像として認識、抽出されるためには、顔認識技術が必要となるが、近来、OpenCVと呼ばれる公開型の画像処理技術が発展してきており、カメラ等製品の付加価値としての開発にしたがってここ数年の画像処理技術の顔画像への応用が順次成熟してきている。特に、運転者の運転中の顔画像処理についても、研究開発のレベルで活発に適用されるようになってきた。しかしながら、映像処理の通例として、屋外での連続した映像においては、背景光の瞬間的な激変や、分析対象（顔）の急激な移動などによる環境変化が激しいため、定量的な計測の精度を常に保証することの困難が予想される。

ここで、代替としての映像技術に求められる基本性能は、頭部の左右回転の角度を、

25 Hz 程度の時間分解能で、～6 度程度の角度分解能により連続的に安定して定量し続けることである。また、業務中の計測・解析・出力を保証するためには、これら処理がリアルタイムまたはそれに準ずる処理速度を持たなければならない。今回の予備的調査においては、上記基本性能そのもの以前に、これらの基盤となる「顔検出」「顔角度検出」「顔角度変化検出」のそれぞれの要素技法が走行中の運転映像の画質でどの程度の実現可能性があるかについて、予備の見積もりをおこなう。

最初に、中央研修所および一般公道での画像・走行映像の対照により、日照などの背景光と顔画像のコントラストについて検討した。ここでは、各交差点、特に見通しの悪い交差点での右左折・直進走行の途中における、重点的に角度精度の必要な領域を見積もったうえで、その領域での日照方向等の背景光の影響を調べた（図18.）。



左：太陽光順光

右：太陽光逆行

図18. 日照方向の違いによる運転中の顔映像のコントラスト

ここでは、車外背景の照度の効果により自動露光調節が働いて顔画像の露光過剰が抑えられる効果が認められた。

次に、取得できた顔映像において、標準的な顔検出技法を用いて顔領域（ROI）の検出をおこなった（図19.）。個々のフレームすべてで検出した場合、条件の良好なフレームでは正確な領域検出が行われたが、左右確認のための顔回転や背景照明光の急激な変化などで顔領域検出を失敗するフレームが多数発生した。実用場面では顔位置が運転席によりほぼ安定しており、特別に何かをのぞき込むなどの例外的な場合にのみ再検出する以外は一度検出した位置を固定して「顔領域」として使用することができるため、すべてのフレームについて顔領域を正確に検出する必要はない。むしろ、検出可能な場合の顔位置の正確な決定技法と固定領域から顔が外れた場合のすみやかな検出の2方法の組み合わせプロトコルの開発が必要と考えられる。



図 19. 運転中の顔領域の検出

顔領域の検出（またはその固定）を前提として、顔角度の絶対値（カメラの位置を中心とする方向からの左右の振れ）を求めるためのルーチンが openCV（一般公開された画像処理ソフトウェア群）で提供されており、これを今回の顔映像に適用したところ、各フレーム個々の顔領域の検出としているため処理速度が各フレーム取得速度を大幅に下回り、最大でも数フレーム/秒程度となった。また、その角度精度についても、極めて不安定であった。ここでも、運転走行中で位置や動きが限られている条件を考慮したうえで、単純化された顔画像の角度検出の技法をあらたに開発する必要があることがわかった。他のオプションとして、コンピュータ内での処理時間を避けてハードウェア上で画像センサに直結した処理をおこなうことによって全体の処理時間を短縮するシステムとして（株）オムロンによる Human Vision Components（商品名、カメラモジュールを含む）が商品化されており、実時間での顔角度検出が可能となっているため、このモジュールを使用して運転中の顔映像の分析への適用を検討することが有意義と思われる。

次に、顔領域および（サンプル時刻領域の）顔角度が既知とした場合、その後のすべてのフレームで顔角度を計算するのではなく、フレーム間のオブジェクトの相対移動を検出する技法（オプティカルフロー法）を用いて顔角度の変化を追跡する方法の可能性について見積もった。ここでは、連続する 2 フレーム間の差分をとることにより、対象となる領域の移動量を見積もる方法である。ここでは、カメラ-顔間の距離を既知とし、顔回転による速度分布の様相をもとに角度変化を見積もることとなる。実際にえられた映像においてオプティカルフロー像を見積もったところ、図 20. の例のようになった。



図 20. オプティカルフロー法を施した運転中の顔画像

この例では、顔の左右回転の動きが少ないため、動きの信号がカメラの揺れなどによる画面全体の背景雑音に埋もれた結果、中央の動きの早いフレームのみで移動量（画面上の各ドットベクトルとして表示）が顕著に表れ、これらの平均が顔表面の移動速度となる。

このような S/N 比の不足による限界を抑えるためには、領域全体のピクセルすべてで移動を検出するのではなく、少量の特徴点を抽出したうえでその動きを追跡することが有効であることがわかっている。このため、今回の映像でも特徴点の抽出をこころみたが、運転走行中の背景光変化や顔への照明方向変化などの要因により、十分に安定的な特徴点抽出ができなかった。もちろん、特定の記録映像の短時間区間を恣意的に選べば有効な特徴点を見つけることができるが、実際の屋外走行中の映像において顔回転角度の検出に使用できる量の特徴点を安定的に発見するためには、分析手法において何等かの工夫が必要とされると思われる。加えて、現時点での標準的な特徴点抽出の技法自体、一定の処理時間を必要とするため、その適用条件の最適化（運転中の顔映像に特徴的な条件を用いた単純化）が必要と見込まれる。

顔検出技法や特徴点抽出の際の安定化のための方法として、使用光の波長域を赤外領域（ $> 600 \text{ nm}$ ）に限る方策がある。実験では、公道上の走行において夕刻の日照時での撮影で、カメラ横からの赤外光照射をおこなうとともにカメラレンズ前に赤外線フィルタ（NICON 社、）を装着してカメラ入射光を赤外線に限った。その結果、カメラレンズ周囲に設置された赤外ランプからの照射によって顔画像のコントラストが向上し、顔範囲の特定に利点が見られたが、主たる背景光である太陽光も大量の赤外線を含むため赤外線波長域特定の効果とは言いがたい。また、場合によっては過度のコントラストのために顔画像のハレーションが起こって顔画像の補足のエラーを発生させることがあった。この点についてはカメラ側での自動露出機能を調整する必要がある。

上記のように、現時点では映像中の顔角度判定のための（公開の汎用的）基本要素技術は存在するが、これらは開発用の技術として機能するとしても、運転中などのダイナミックな変化をもつ映像については、カメラ側への露光安定要求や多大な前処理を必要とするなど、実用機で要求される（準）リアルタイム処理には到底応ずることができないと思われる。

IV. まとめと今後の展望

本研究では、多田ら[1]によって開発された運転行動評価装置（商品名 Object）の評価体系にもとづき、600 名程度の運転走行を対象としてその運転行動の様相を分析した。職業運転手のへの効果的なアドバイスを行うシステムの構築を最終的な開発目標とするため、対象運転者は業務として運転をおこなう職業運転手とし、その対照として職業運転手を志望する者の研修中（業務開始以前）での運転を採用した。

昨年の研究では、評価得点そのもの、評価結果提示の前後比較、直接の評価対象と異なる運転行動要素（潜在要素）の場合およびこれらの経験年数との関係についてそれぞれ分析を行った。具体的には、特定の運転行動項目〔右側確認の時間幅項目〕において経験年数との弱い負の相関を持つこと、左側確認において時間幅項目と他の項目との相関に限り経験年数と正の相関を持つこと、などが明らかにされた。また、運転者に評価結果を提示した後の再走行で提示効果を調べた場合の経験年数と右側確認との間の正の相関が示された。このなかで、右側確認の時間幅項目の達成度が、業務経験に従う変化において特異的な傾向を示していることに着目でき、以下に挙げる本年度の結果との比較が興味深いものと思われる。

本年度の研究では、通過する交差点での走行形態や環境に従ったカテゴリー分けによって運転行動の特徴分類をおこない、それぞれのカテゴリーの交差点ごとにもつ特徴を捉えることによって運転意識の具体的な発現を明らかにすることを試みた。その結果、昨年の研究においてほぼ平均化されていた各項目達成度において、交差点カテゴリーごとの違いとして種々の違いが明瞭に示された。今回得られた結果をリストすると以下のとおりとなる。

☆交差点ごとの個別結果のまとめ

・直進交差点

1. 交差点を直進する走行（生活道路）では、左右の確認の達成度に非対称はない。
2. 直進走行では、業務経験によりすべての項目で達成度が向上し、特に左側角度項目と右側確認の3項目すべてで業務経験の長さに従った漸進的な向上がみられる。

・右折交差点

3. 右折交差点では、左側確認に比べて右側確認の達成度が低い
4. 右折交差点の達成度の左右確認の差は、短期の業務経験で減少した後、長期の業務経験にしたがい、元よりもさらに大きな差に増大する。

・左折交差点

5. 左折交差点では、左側確認にくらべて右側確認の達成度が低い
6. 左折交差点では、左側確認で達成度に対する業務経験の影響がすくなく、右側確認で漸進的向上を示し、特に長期経験で大きな向上を示す。
7. 左折交差点では、長期の業務経験により左右確認の非対称が解消する。
8. <右左折の比較>

・幹線道路交差点

9. 幹線道路交差点では、左右確認の角度項目と左確認の時間項目で達成度が高く、左右確認の

タイミング項目と右確認の時間項目でやや低い達成度を示す。

10. 幹線道路交差点では、左右確認の角度項目と左確認の時間項目で達成度が高く、左右確認のタイミング項目と右確認の時間項目でやや低い達成度を示すが、項目間の達成度の差は比較的小さい。
11. 幹線道路交差点では、左右確認の角度項目で業務経験にしたがった漸進的な向上をしめす。
12. (ほとんどが右左折で走行する) 幹線道路交差点では、左側確認3項目と右側確認の角度項目において、(生活道路のみで成る) 交差点直進走行と同程度の値と同じ業務経験依存傾向を持ち、右側確認の時間・タイミングの2項目では業務経験依存性で逆の傾向を示している。

・生活道路交差点

13. 生活道路交差点では、左側確認にくらべて右側確認の達成度が若干低い。
14. 生活道路交差点では、すべての項目で業務経験に従った漸進的な達成度の低下がおこるが、その低下は長期の業務経験の場合の右側確認において特におおきい。
15. 生活道路交差点では、左確認での達成度低下は早い段階での業務経験により起こるのに対し、右側確認での達成度低下は長期の業務経験を経て起こる。
16. 業務未経験者では、左側確認で生活道路が幹線道路よりも明確に高い達成度を示す一方で、右側確認ではその差が少ない。
17. 長期の業務経験者では、右側確認で幹線道路が生活道路よりも明確に高い達成度を示す一方で、左側確認ではその差が少ない。

・一時停止交差点

18. 一時停止交差点では、業務経験による達成度の変化は少ない。
19. 業務未経験者では、一時停止交差点(すべて生活道路)の達成度よりも生活道路交差点でのそれがすべての項目で向上している。
20. 長期の業務経験者では、一時停止交差点と生活道路交差点との達成度の差が未経験者よりも増大している。
21. 一時停止交差点で完全停止した運転者グループに対し、不停止の運転者グループでは一時停止項目以外に左側確認の時間項目で達成度の低下が見られた。
22. 一時停止交差点での完全停止グループ、瞬間停止グループと不停止のグループの3者の比較では、左側確認の時間項目で達成度の段階的低下と総合点での瞬間停止グループでの大きな達成度低下がみられた。

これら個別の要素的発見項目においては、それぞれの項目で本研究の目的である事業用自動車用運転行動モニタの構築のなかで直接的に利用することができる成果である。たとえば、生活道路交差点での全確認項目にわたる業務経験の長さに従った達成度の低下や左折交差点での右側確認各項目での業務経験に従う達成度の向上は、それ自体を一般的な事実として指摘するだけでなく、各交差点での通過の際に各運転者個人の業務経験情報などの属性と対照しながら、個人それぞれに合わせたメニューの注意や称揚などの指摘を構築することができる。また、次の例として、今回得られた右左折時の左右確認の差異などについても、それ自体を説明するよりも、走行時の運転者の示す傾向と今回の傾向を照らし合わせながら、「プロの経験者としては低下していない点、

左折だけで見られる〇〇の項目だけでの達成度不足」などのきめ細かい指摘をおこなうことができる。これらの例のように、上記に抽出した２３の項目だけでも多面的な活用ができる。特に重要なことは、目的とする「アドバイス」そのものは、走行中の指摘として使われるために複雑な説明が不可能であるとともに、単純な「良い」「悪い」だけでは運転中の意識覚醒への効果が見込みづらい、という側面があるが、今回の結果を他の個人属性と合わせて適時に「個人メニュー」として組み直すプログラムを構築することにより、圧倒的に効果的なアドバイスシステムを作り出すことができる。

さらに、今回の成果の運転行動研究への有効な知見として、上記の要素的発見群をもとに、運転行動における運転者サイドの属性（業務経験の有無、運転者からみた確認方向など）による特徴的傾向を探ると以下ようになる。

- （１）業務経験を経ることによる変化のうち、以下の項目で達成度の向上が見られた。
 - ①直進交差点の全項目
 - ② 左折交差点の右側確認３項目（特に長期の経験）
 - ③ 幹線交差点の左右確認角度
 - （２）業務経験による変化として、以下の項目で達成度の低下が見られた
 - ①生活道路交差点での全確認項目
 - ②一時停止交差点での右側確認３項目（弱い）
 - （３）業務経験による変化として、一度起こった変化が回帰する“U字型変化が見られた
 - ①右折交差点左側確認：短期経験により低下後、長期経験により上昇
 - ②右折交差点右側確認：短期経験により上昇後、長期経験により低下
- ・また、確認方向による達成度の非対称性について、以下の傾向が見られる
- （１）左側確認より右側確認が低い
 - 右折交差点（とくに未経験と長期経験）
 - 左折交差点（未経験と短期経験）
 - 生活道路（とくに未経験と長期経験）
 - （２）左右確認の達成度が均等な交差点
 - 直進交差点（全経験カテゴリ）
 - 左折交差点（長期経験のみ）
 - 生活道路（短期経験）
 - （３）一時停止交差点（主に右折）における特異効果：＝左側確認時間幅達成度

これら列挙した傾向で特に顕著な点は、業務経験に従う変化において、交差点直進走行においてすべての行動項目において明確な向上を示し、生活道路において同じくすべて低下の傾向を示した。この点は、特定の行動項目によらない“交差点走行特有の”傾向として明確に表れており、個別の行動技能ということではなく経験に従って身につける警戒予測（直進交差点での横からの飛び出しなど）や慣れ（狭い道路での無事故の経験）などの意識変化を反映していることがわかる。業務経験に従う変化で興味ある点は、交差点右折の場合に限り、短期経験で起こった変化（向上または低下）が長期経験で逆に変化する、という傾向であろう。そこでは、経験により起こる

警戒意識の向上や慣れによる劣化などの相反する変化において、その時間的な起こり方に差があることを示唆する。次に、右左折の交差点では、予想されるとおりそれぞれで右側確認と左側確認に有意な差が見られたが、その差はどちらの交差点種でも左側確認達成度>右側確認達成度であって、走行方向（右左折）と確認の方向（右側左側）とは単純に対応することはなかった。つまり、人の側の得意不得意に左右の差があるのではなくて、自動車運転の行動（たとえば右ハンドルによっておこる左右行動の違い）において意識の向けやすさの差があるものと思われる。今回の研究によって新しく発見された特徴として、一時停止交差点での運転行動がある。ここでは、一時停止を確実に行えたかどうか、その可不可の違いが他の運転行動に影響しているか、に焦点を当てて比較したところ、一時停止できなかった走行において右側確認の時間幅項目のみが明確に劣化していることが明らかとなった。さらに、その“一時不停止”が、通常は一時停止と認められている“一瞬の停止”においても、車両の1秒間完全静止をおこなった場合と比べるとすでに右側確認の時間幅項目の劣化が始まっていることが示された。すなわち、「十分な停止が不足する＝確認行動を早くすませたい」という意識の結果として、右側確認の確認時間を短縮し、認知の確実さを劣化させるメカニズムを推論させる。ただし、今回のデータにおいては一時停止交差点データの大多数（85.9%）が右折交差点であったため、この特徴が右折交差点特有のものである可能性が高いが、いずれにせよ一時停止行動と他の運転行動項目とが相関したことの発見は極めて重要であって、運転中の意識によるその連関のメカニズムを知るために有用である。

昨年度の研究結果では、内容に関しては事業経験者特有の運転特性の発見や運転行動での行動要素の連動特性の発見など極めて多岐にわたる有意義な成果がいくつも得られたが、これらはすべて基礎研究としての解明のレベルであった。これに対し、上記本年度成果においては具体的な交差点分類にしたがって個別の運転行動の得意不得意が示され、その業務経験による変化が具体的に明確化された点で応用製品においてアドバイス指摘タイミングの具体的な処方箋として適用する可能性が示された。

今後の展開

昨年度、本年度の2年間にわたって展開してきた運転行動の分析については多数の新規な発見と解明、一部では予想外の発見が行われた。これらについては一つ一つが極めて興味深いものであってその行動の違いの背後にある意識の表れについて心理学的な分析を待ち、その展開によっては全く新しい適用を見出す可能性もある。しかし、本研究の本来目指している社会還元として運転中の即時アドバイスシステムの構築があり、このアドバイスシステムの効果向上のための指摘組合せや指摘タイミング、個人属性化などの技術の基盤としては十分な成果が得られたものと考えられる。したがって、今後の研究は（昨年度もふくめた）今回の成果に基づく指摘システムプロトコルの構築に向かった開発研究に注力することとなる。

また、業務運転中のハードウェア使用の円滑化のために必要な行動センサの非接触化について、その実現可能性の事前チェックを本年度研究の一部で試験的に行った。その結果、可能性としては映像からの顔角度検出は可能と思われるが、カメラ調節性能やソフトウェアの処理速度改善などの点ですべてを開発することは実用的ではなく、既存技術の活用としてカメラ一体型システム（オムロン）の活用や他社とのアライアンスなど、先進技術との共同の可能性を探ることが適切

と考えられる。

参考文献

- [1] 蓮花一己、向井稀宏「交通心理学」放送大学教育振興会(2012)
- [2] 多田昌裕、「装着型センサを用いた運転技能自動評価システムとその応用」、自動車技術、Vol64, No10, pp. 66-71 (2010)。
- [3] 多田昌裕 他、「運転挙動解析におけるアイマークレコーダとジャイロデータの関連性の検討」、映像情報メディア学会技術報告、vol. 33, No. 54, pp. 33-36 (2009)。
- [4] M. Tada et. al., 「Elderly Driver Retraining Using Automatic Evaluation System of Safe Driving Skill」、Intelligent Transport Systems, DOI: 10.1049/iet-its.2013.0027, (2013)。
- [5] 中田隆司 他、「企業における運転者教育の充実と Object による運転行動評価との関連」、日本交通心理学会誌、vol. 5, pp. 26-29 (2013)。
- [6] 「指定自動車教習所の教習の標準」全国指定教習所連合会(2012)
- [7] 「運転免許技能試験実施基準」(警察庁)