

腕筋力の違いが操舵回避に与える影響

日大生産工(院) ○寺田 悟士
日大生産工 栗谷川 幸代

1 はじめに

ドライバは運転中の様々な状況において、無意識あるいは意識的に腕の状態を変化させて操舵を行っているものと考えられる。このような腕の状態変化が操舵特性にどのように影響するかを調べることは緊急障害物回避時の運転支援などドライバサポートシステムを開発する上で有用と考える。そこで、筆者らは過去、操舵直前の腕状態と操舵までの反応時間の関係について検討を行い、腕の拮抗筋が同時にまたは偏って収縮している場合には、操舵までの反応時間が遅延するとの結果を得た¹⁾。しかし、これは車両を停止させた状態での計測であり、実際に障害物を回避する際には、操舵開始までの反応時間のみならず、走行環境に応じた操舵が必要となる。

そこで、本研究では、実車による走行実験を行い、腕の状態の違いにより、障害物の操舵回避特性にどのような違いが現れるかを検討した。また、腕の状態の個人差を検討するとの観点から、筋力の違いと操舵回避特性についても併せて検討を行った。

2 操舵に腕の状態が与える影響

ハンドルを左右に振るとき、腕の前腕部の拮抗関係にある手根の伸筋と屈筋はそれぞれの筋群が独立して活動する傾向がある。これに対し、手でハンドルを把持し保舵している状態では、拮抗する筋は同時に活動する傾向があり、手根の関節の固さも変化することからハンドルを抑え込んでいるものと考えられる。これらにより、操舵に伴う筋活動と保舵に伴う筋活動は異なるため、操舵直前の腕の状態によって、操舵特性は異なることが推察される。

ここで、ハンドルを握っている腕の状態が変化すると、等価的にハンドル系の力学的特性が変化し、車両運動に影響を与えるとの報告がある²⁾。これより、飛び出し等の緊急回避時は瞬時に素早く正確な操舵が要求されるため、個人の腕特性の一つである筋力の違いによっても、操舵特性や保舵特性が変化するものと考えた。なお、操舵に関わる腕特性を表現する筋力として、ハンドルを切る力、ハンドルを握る力などが考えられるが、ここでは腕状態を変化させて実験を行うとの観点から、ハンドルを握る力を筋力と定義し、運動能力

測定で用いられる握力を採用した。

3 実験条件

3.1 実験車両

実験車両には国産2480ccの普通乗用車を使用した。

3.2 走行コース

走行時の用いたコースは加速・減速区間がそれぞれ70m、試験区間が160mの全長300m/2車線(車幅3.5m)の直線コースとした。

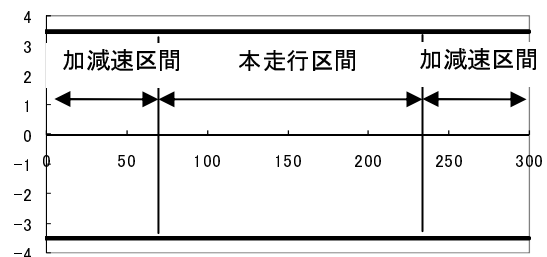


図3.1 コース図

3.3 実験条件

緊急障害物回避時の操舵特性を検討するため、以前検討した停止時と走行時における操舵特性の計測を行った。その際、操舵特性に影響を与えられ考えられる腕状態は、普段の運転中での把持状態(通常)と運転中に発揮しうる強めの把持力(強め)の2条件を設定した。なお、強めの把持力を走行運転中に維持させるため、ハンドルに10kgのハンドグリップを取り付けてこれを握ることでハンドル操作(操舵)ができる状態になるようにした。また、通常の把持力の運転でも、ハンドルを把持する部分の状況を統制するため、ハンドグリップを握った状態でハンドルに固定して、それを被験者に握らせて操舵を行わせるようにした。なお、ハンドルの把持位置は腕状態が把持力だけに依存するように、10時10分の位置に統制した。

3.3.1 停止時のハンドル操作

走行中の速度など、各要素の影響を無視した条件での腕状態の操舵への影響を調べるため、まず始めに停止状態で実験を行った。これは、ハンドルの前方にLEDを設置し、LED点灯したら、ハンドルを中立位置から指定した位置まで出来るだけ素早く操舵するように指示した。操舵方向は左から左右交互にランダムなタイミングで繰り返し、それぞれ5本ずつ行った。なお、停止時の操舵ではタイヤの

路面との摩擦が大きいため、前輪の回転をフリーにした状態でいった。



図3.2 指示用LEDパルス

3.3.2 走行時のハンドル操作

走行時の腕状態の操舵への影響を調べるため、理工学部交通総合試験路に片側2車線の直線コースを設置して、車線変更を行わせて操舵状況の計測を行った。まずは、指定速度（約40km/h）まで加速をしてもらい、一定速度になったところで、停止時の条件と同様にハンドルの前方に設置したLEDを点灯させ、走行中の車線と反対の車線へなるべく早く車線変更するように指示した。走行環境の違いとして、コースの幅に制限がある場合とない場合を設定した。具体的には、車線変更の際にコース上にパイロンを置いてコースを制約したものとパイロンを置かずにコースを制約しないものである。被験者には、コースの制限がある場合にはなるべく早くかつコースを外れないようにと実験の意図を明確に指示した。左右の車線変更方向、コースの制約条件、腕状態のそれぞれ2種類ずつ、合計8種類をそれぞれ1回ずつ計測した。

3.4 計測項目

車両状態量として、前後方向速度、横方向速度、アクセル開度、ブレーキ踏力、操舵角、操舵トルクを1000Hzで計測し、さらに、ヨーレイト、ロールレイト、ピッチレイト、GPSによる位置情報を20Hzで計測した。

腕特性として左右の握力を各1回ずつ、腕状態として、操舵時の腕の筋電位を計測した。筋電位は筋の収縮時に発生する電位であり、図3.3に示すように振幅は筋収縮の強さ(筋肉単位での張力)とほぼ比例する。筋電位計測箇所は、ハンドル把持に関わる筋として、尺側手根屈筋・橈側手根伸筋、操舵に関わる筋として、三角筋を左右それぞれ計測した。(図3.4)

筋電位の被験者間の標準化のためシート圧センサを筒にとりつけ、把持と筋電位の対応をとった。

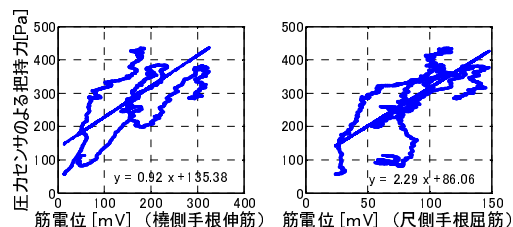


図3.3 圧力と筋電位の対応



図3.4 筋電位計測部位

また、走行後に被験者の主観評価として、「素早く操舵できたか」、「円滑に操舵できたか」を図に示すVAS(Visual Analog Scale)を用いて評価させた。

素早く操舵できた

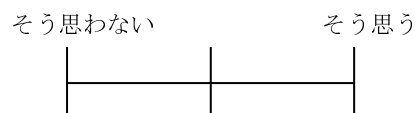


図3.5 VASの例

3.5 手順

被験者にインフォームドコンセントを行った上で、生体センサを取り付け、握力を計測した。次に、筋電位とハンドルを握る力の関係を調べるために、ハンドルのグリップを模した円筒にシート圧センサを巻き付けたものを用いて、最大の力および把持力を変化させた時の力と腕の筋電位を計測した。

走行実験前に、各条件の練習走行を行い、実験方法及び指示の意図を十分に被験者が理解できていることを確認した上で、走行実験を行った。

3.6 被験者

被験者は普通免許を取得して1年以上経過しているドライバを選出した。LED点灯の認知面の差が出ないように、年齢は20代前半で統制し、筋力差がある男性と女性それぞれ1名(計2名)に無償で協力してもらった。被験者情報を表3.1に示す。

表3.1 被験者

	性別	年齢	握力
sub1	男	22	右52.9kg 左47.8kg
sub2	女	23	右30.4kg 左22.6kg

4 実験結果

4.1 操舵の反応時間

図4.1に停止時および走行時（コース制約なし）の操舵角と操舵トルクの時系列変化の一例を示す（sub1）。図より、停止時と走行時におけるLED点灯に伴う操舵開始時の操舵状況に大きな違いは見られない。また、腕状態が通常と強めの比較でも大きな違いは見られない。そこで、LED点灯から操舵角が 20° 以上になるところまでを操舵の反応時間と定義し、各条件における反応時間を図4.2に示す。なお、図は各条件における平均値と標準偏差を表している。図4.2(a)より、sub1では停止時と走行時に反応時間に若干の差があるものの、把持状態の条件間には大きな違いは見られない。一方、図4.2(b)より、sub2ではどの条件間でも顕著な違いは見られなかった。これは、以前行った実験に比べて把持力の差が小さかったことから、明確な違いが見られなかったものと推察される。また、被験者の筋力に応じた把持力の条件設定を行わなかったことも条件間の違いが明確にならなかった理由として考えられる。

これらのことより、通常の運転時にどのくらいの範囲で把持力が変化するかを筋力の差に応じて実際に調べ、そのデータに基づいて操舵特性への検討を行う必要があると考える。

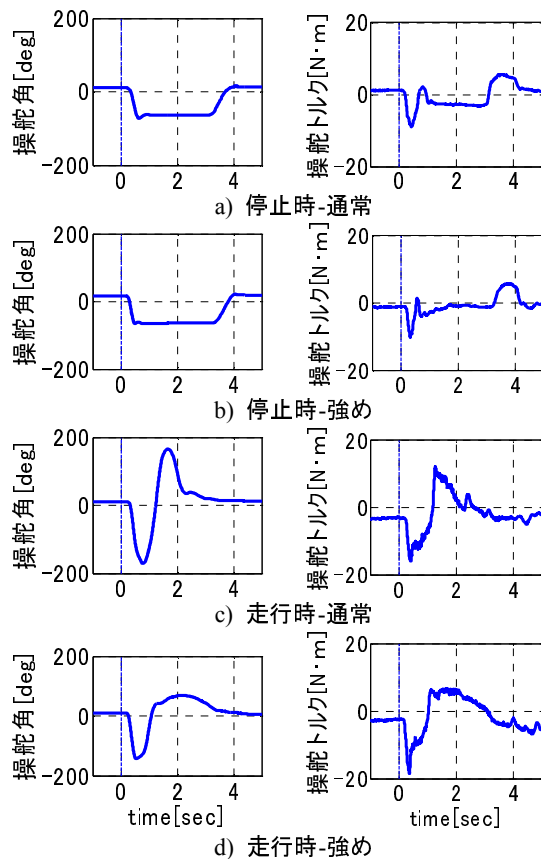


図4.1 sub1の操舵

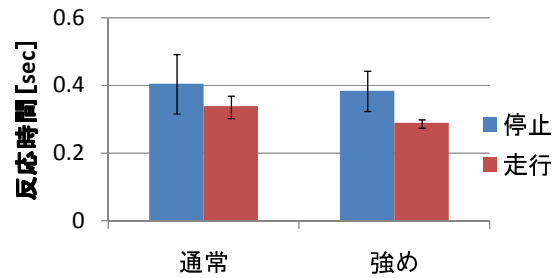


図4.2 (a) sub 1 操舵の反応時間

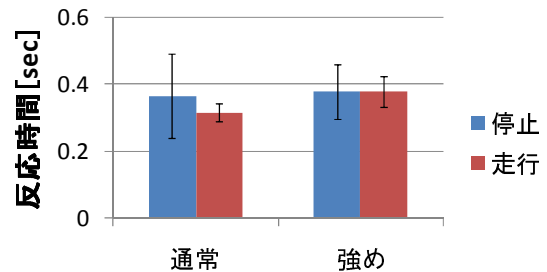


図4.2 (b) sub2 操舵の反応時間

4.2 操舵の変化様式

図4.3に走行時の走行環境の違いによる操舵状況の時系列変化を示す。図4.3(a)より、sub.1ではコース制約がない場合に比べてコース制約がある場合では、操舵角の振幅が小さくなっていることがわかる。コースの制約があることで操舵の反応時間の遅延が予想されたが、今回の実験ではその傾向は見られなかった。これは、設定したコース幅がそれほど厳しい条件ではなく、また、事前に障害物回避という事象の準備をできたためにあらかじめ切り返すことを予想して操舵をしたためと思われる。図4.3(b)に示すようにsub2ではsub1のような傾向は見られなかった。これは操舵の反応時間でもsub2は一定の結果が見いだせなかったことから、実験に対する慣れや条件設定の問題等も推察され、今後の実験計画の見直しが必要と考える。

5 おわりに

実車による走行実験を行い、腕の状態の違いにより、操舵特性にどのような違いが現れるかを検討した。その結果、被験者によって腕状態の操舵特性への影響は様々であることが分かった。しかしながら、実験条件の設定方法に問題がある可能性もあり、これについては被験者数を増やす、実験条件を再検討するなどの引き続き検討が必要である。

また、走行環境の操舵特性への影響に関しても検討を行ったが、顕著な傾向は見られなかった。これらについても、被験者数を増やす、実験条件を再検討するなどの引き続き検討が必要である。

参考文献

- 1) 寺田悟士他：「ドライバの腕状態が操舵特性に与える影響」, 人間工学会誌, vol43, p124-125, 2007
- 2) 景山一郎他：「二輪車のハンドル系における人間の要素」, 日本機械学会論文集 C, Vol.50 No.458 Page.2037-2045 (1984.10)

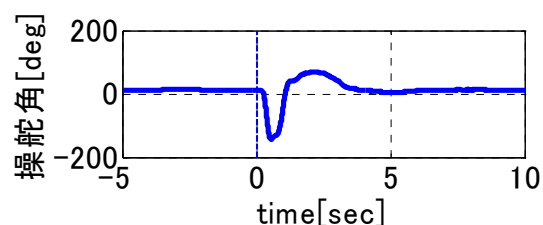
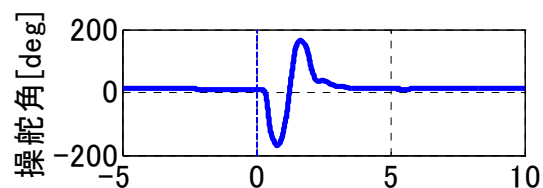


図4.3(a) sub1-コース制約あり

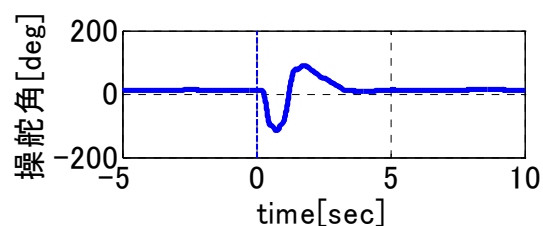
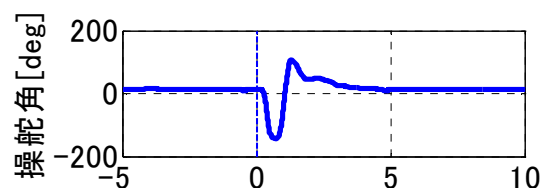


図4.3(a) sub1-コース制約なし

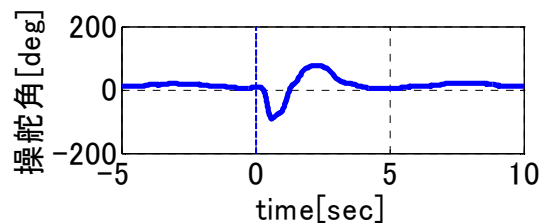
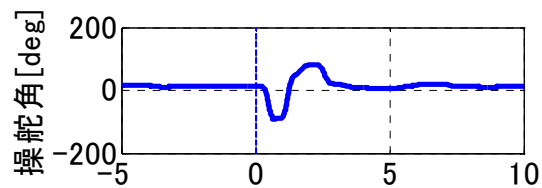


図4.3(b) sub2-コース制約あり

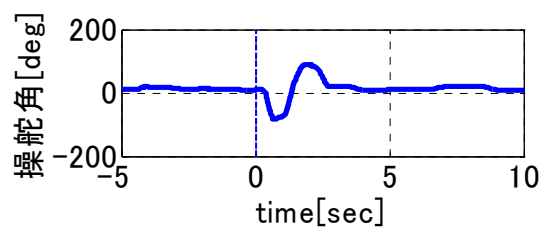
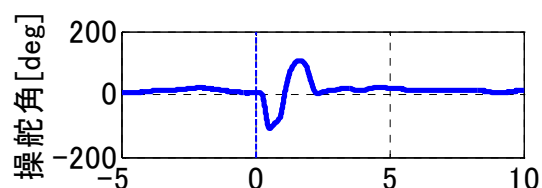


図4.3(b) sub2-コース制約なし