

ハンドル操作による車両コントロールにおける 車速上昇に伴う危険度の増加について

菅沢 深

2024.07.19

略 歴

1975-96 日産自動車

操縦安定性向上の研究に従事
電子制御システム開発
減衰力制御システム
後輪操舵システム、他
操縦安定性評価方法の検討
安全システムの開発
先進安全自動車（ＡＳＶ）

1997-2015 玉川大学

操縦安定性評価方法の理論的研究

2016-22 東京農工大学

走行における危険度評価指標(ACA)の開発
ACA:Acceleration for Collision Avoidance

報告内容

ハンドル操作による車両コントロールにおける 車速上昇に伴う危険度の増加

1. 車速増加に伴う、直接要因

1.1 走行ラインへの影響

1.2 必要な車両運動への影響

2. 車速増加に伴う、車両特性変化による主な要因

2.1 応答速度の低下

2.2 減速加速度による影響の増加

車速が高くなることの危険性の検討

1. 車速増加に伴う、直接要因

1.1 走行ラインへの影響

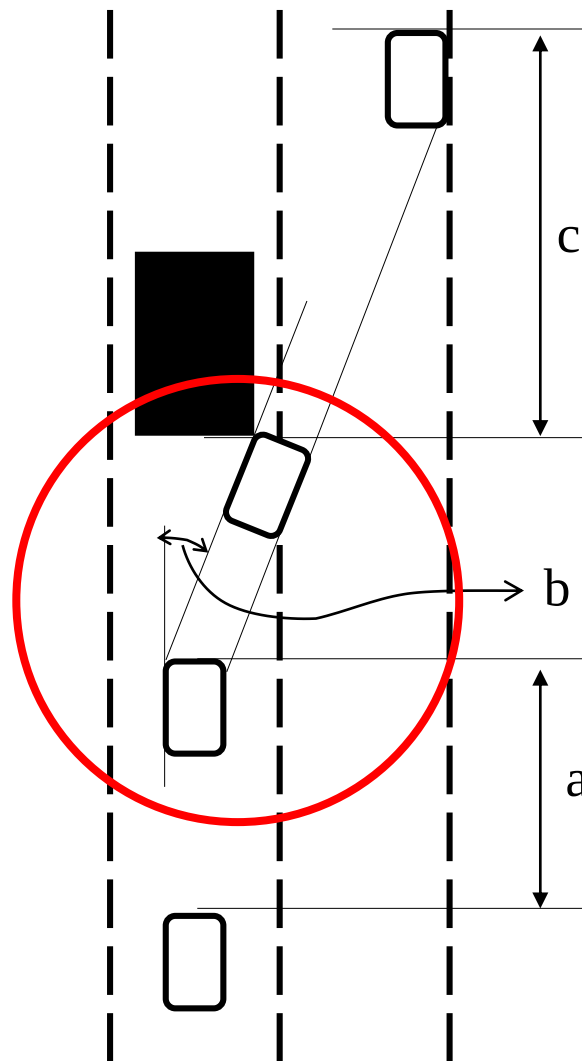
事故回避時の走行ライン

a : 空走距離
⇒長くなる

b : 回避する角度
⇒大きくなる

c : 収束させる時間
⇒短くなる

さらに、
同じ角度を曲がる場合でも、
車に要求される運動性能が、
車速によって変わってしまう。



車速が高くなることの危険性の検討

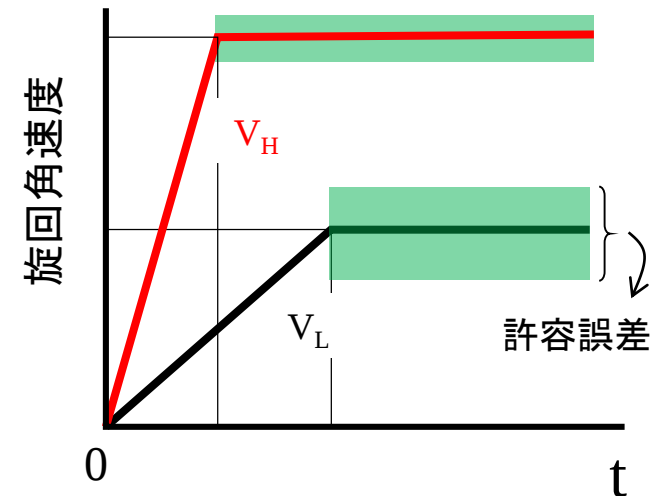
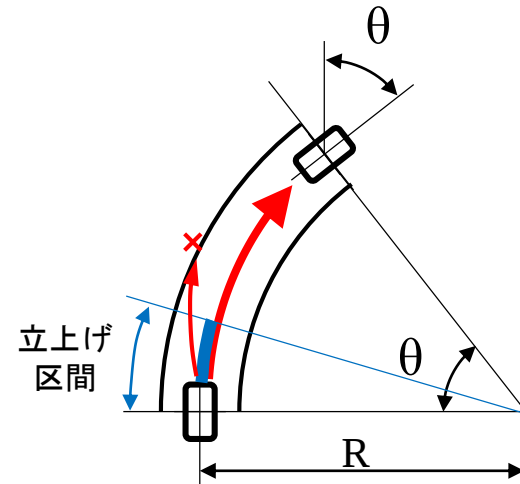
1. 車速増加に伴う、直接要因

1.2 必要な車両運動への影響

旋回時の旋回角速度

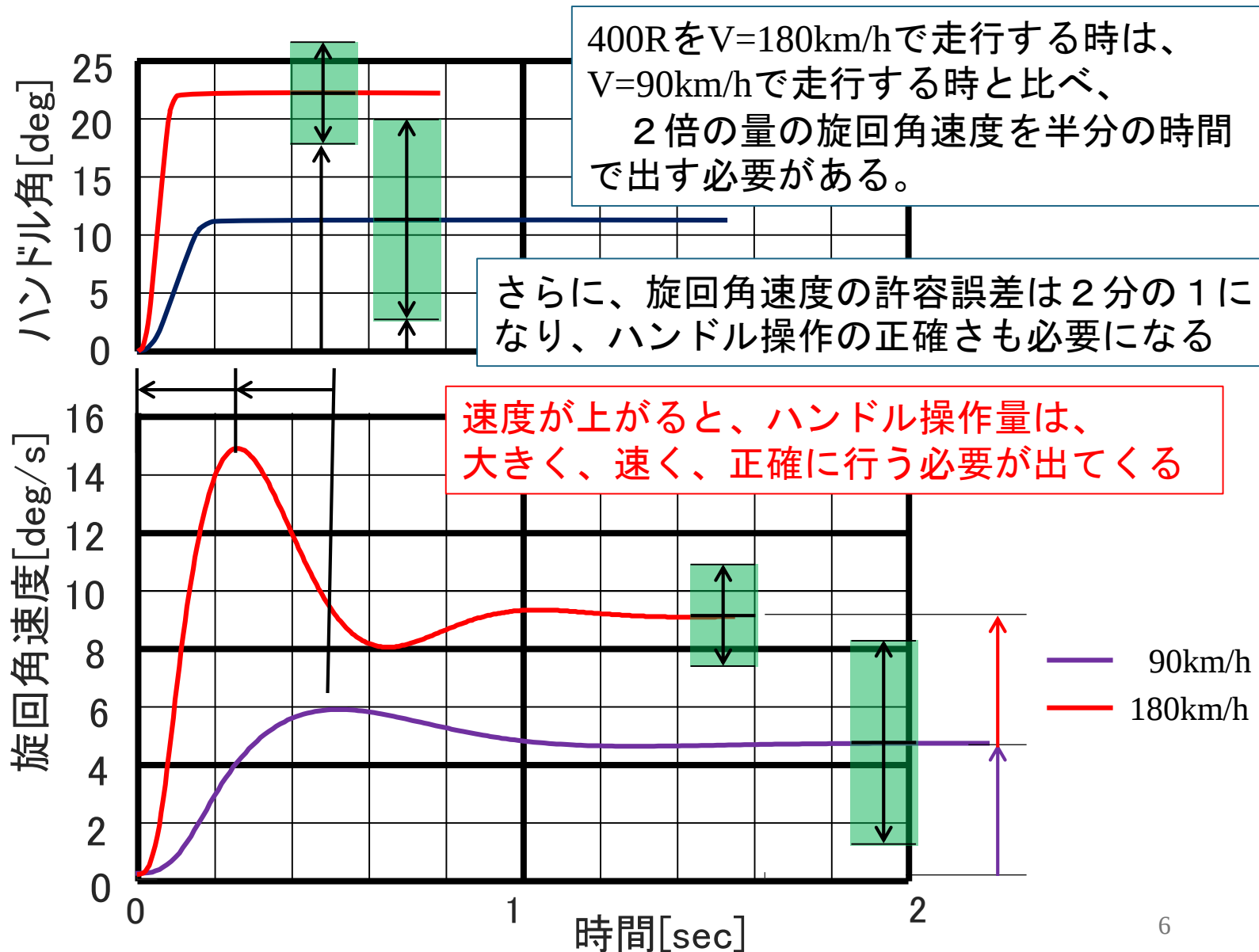
同じカーブでも、
走行に必要な旋回角速度が、車速により大きく変わる

- a) 旋回角速度は、
同じ角度変化を短時間で行うため
・ 車速に比例して大きくなる
- b) 発生までの時間は、
立上げ区間を短時間で走るため
・ 車速に反比例して短くなる
- c) 許容誤差は、
許容横加速度は同じだが、
横加速度 = 旋回角速度 × 車速 なので
車速に反比例して小さくなる



その結果、車速が2倍になると旋回角速度は、
2倍の大きさを、半分の時間で出し、誤差は半分に抑える必要がある⁵。

400Rの道路を走行する時の、ハンドル角と旋回角速度



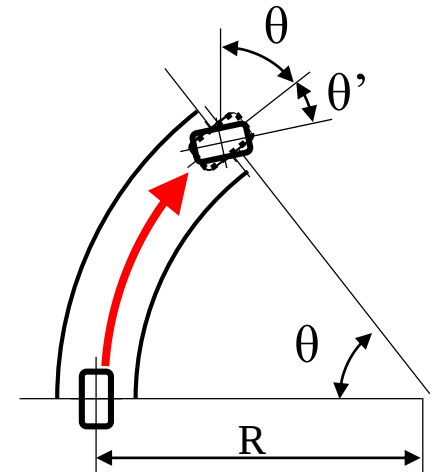
車速が高くなることの危険性の検討

2. 車速増加に伴う、車両特性変化による主要要因

2.1 応答速度の低下

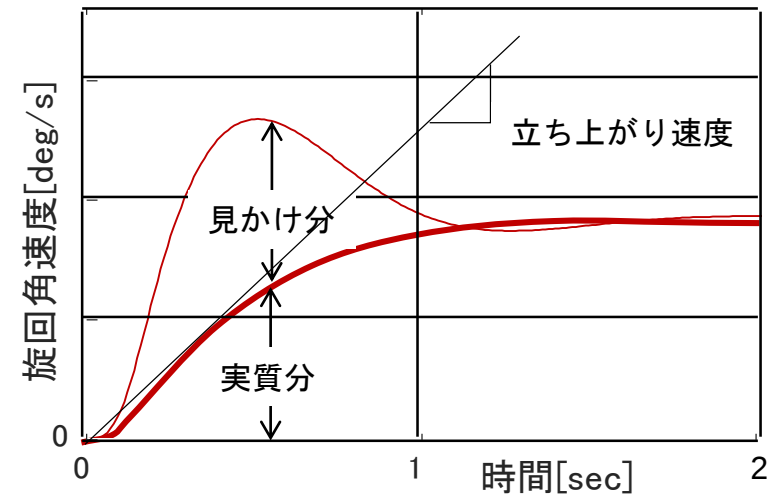
旋回角速度における、「実質分」と「見かけ分」

同じ旋回角速度が生じていても、
実質 (θ) が伴っている場合 と
見かけ (θ') ばかりの場合 とがある。



応答性を判断する時は、実質分の旋回角速度
を用いて、立ち上がり速度を見る必要がある。

立ち上がり速度を比較しやすく
するため、収束値を揃えて重ね
書きしたもので判断する。

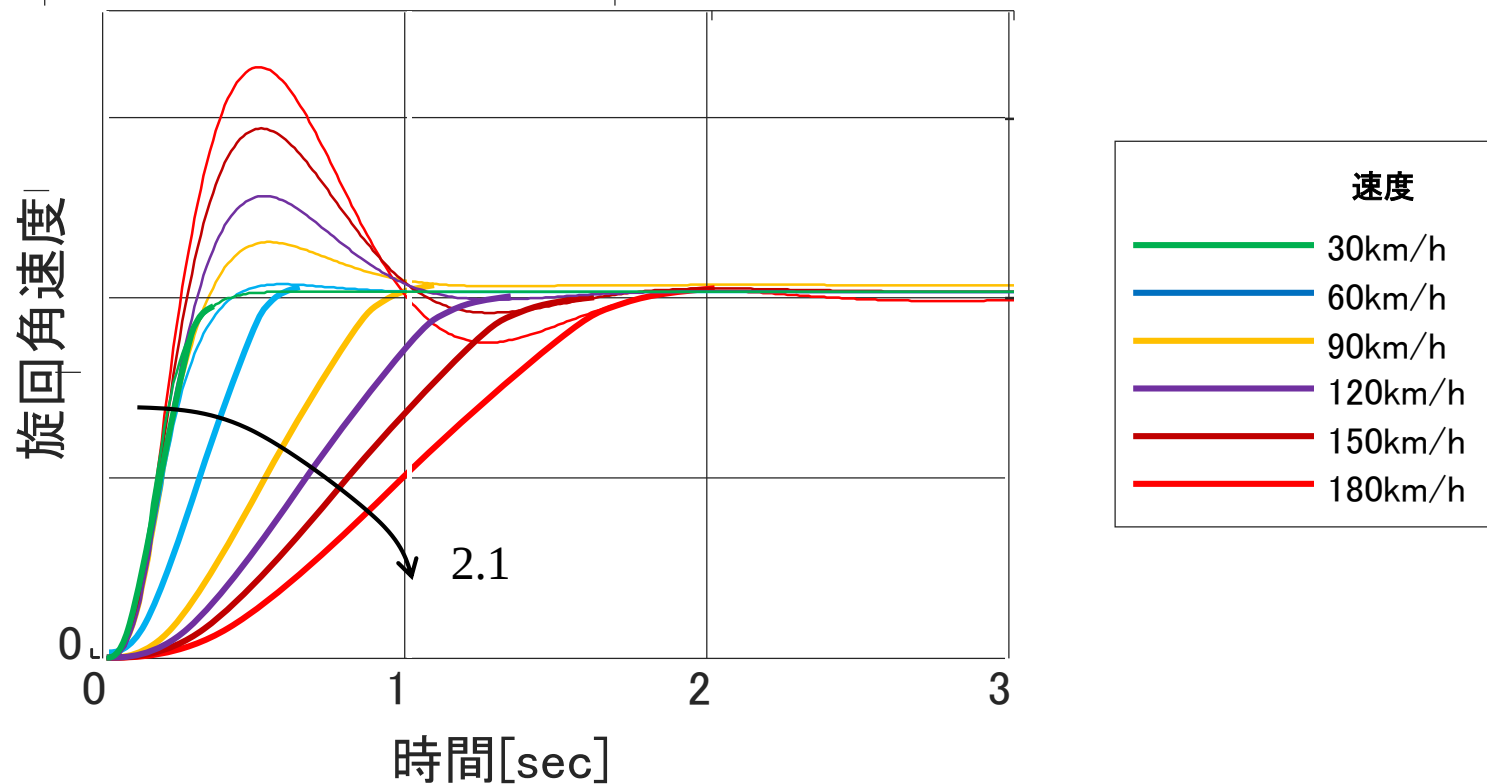


車速が高くなることの危険性の検討

2. 車速増加に伴う、車両特性変化による主要要因

2.1 応答速度の低下

旋回角速度の「実質分」のステップ操舵応答



車両特性変化の影響を受けた結果、高速での車の運動が実際はどうなるかを見る

障害物回避に必要な操舵量のシミュレーション

障害物回避に必要なとなる「操舵量」を、
下記条件でシミュレーションして求める。

必要回避距離： $Ly1=2.5m$ (条件固定)

許容最大横移動： $Ly2=4.0m$ (条件固定)

→ 車線幅3.25mの片側2車線道路で、車幅1.75mの自動車が第一車線の車線中央を走行中に前方に障害物を発見し、ハンドル操作で回避することを想定。

第一車線から完全に車線変更を行い、かつ、第二車線からはみ出さないように回避する。

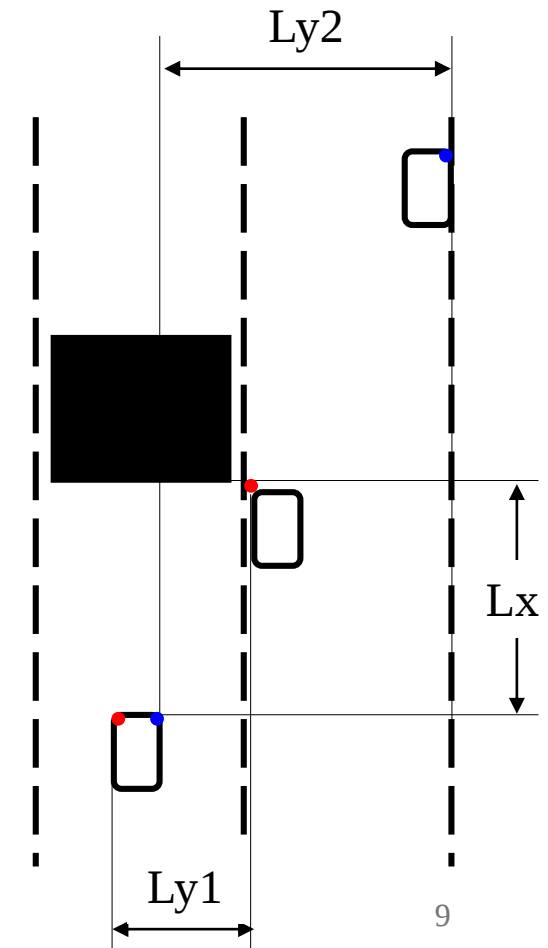
回避区間： $Lx=30m、60m$ (2条件)

→ 障害物の30m手前、60m手前の2パターンでハンドル操作による回避行動をとる場合のシミュレーションを行う。

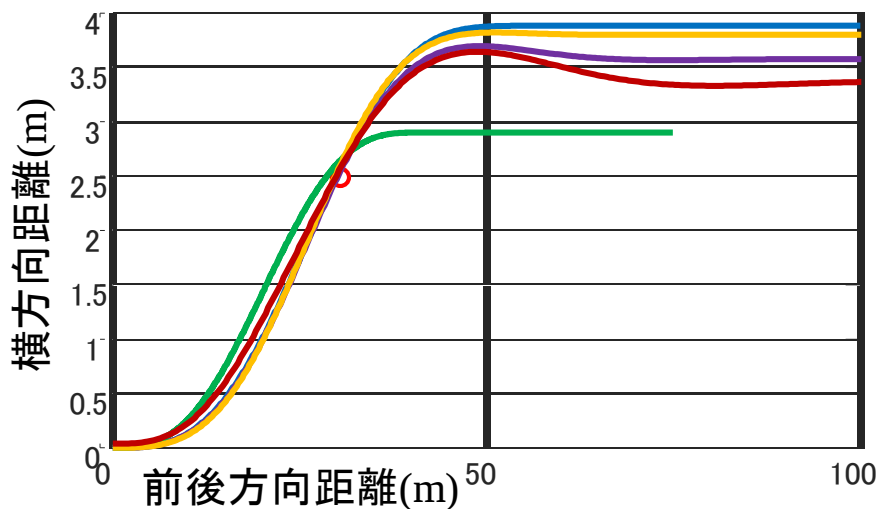
操舵パターン：サイン波一周期操舵 (条件固定)

上記条件を、下記車速で比較する

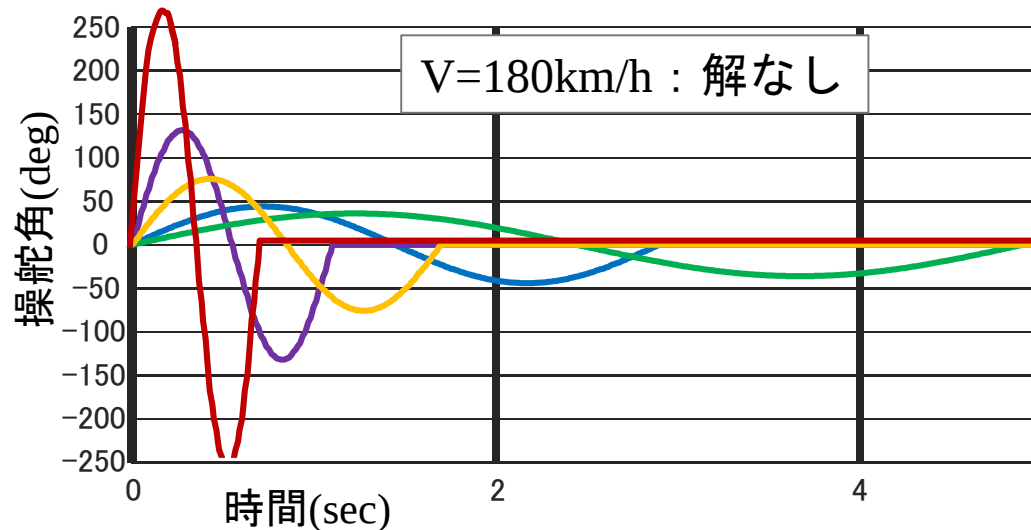
車速：30、60、90、120、150、180km/h (6条件)



障害物回避に必要な操舵量 30m先で2.5m横変位



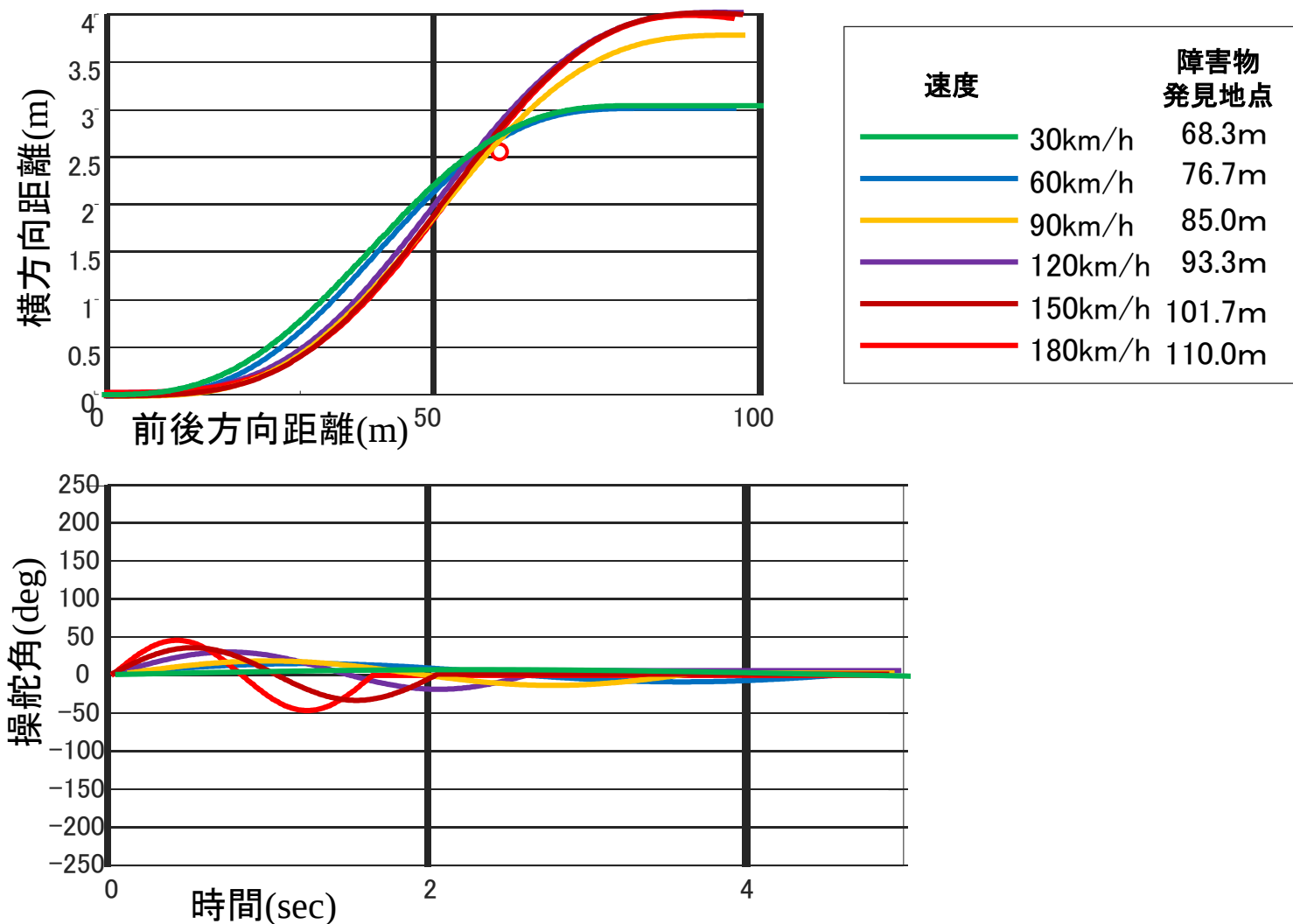
速度	障害物 発見地点
30km/h	38.3m
60km/h	46.7m
90km/h	55.0m
120km/h	63.3m
150km/h	71.7m
180km/h	80.0m



30m先の障害物回避は、高速では困難になり、180km/h では解はない。
120km/h での、1秒で $\pm 130\text{deg}$ の操舵は、実現困難。
次に、 L_x が大きい場合はどうなるかを見てみる。

実質、
100km/h位が限界

障害物回避に必要な操舵量 60m先で2.5m横変位



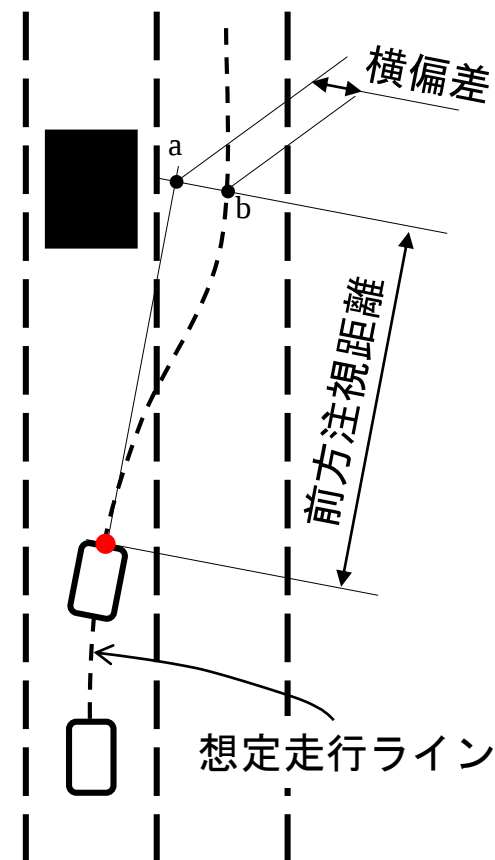
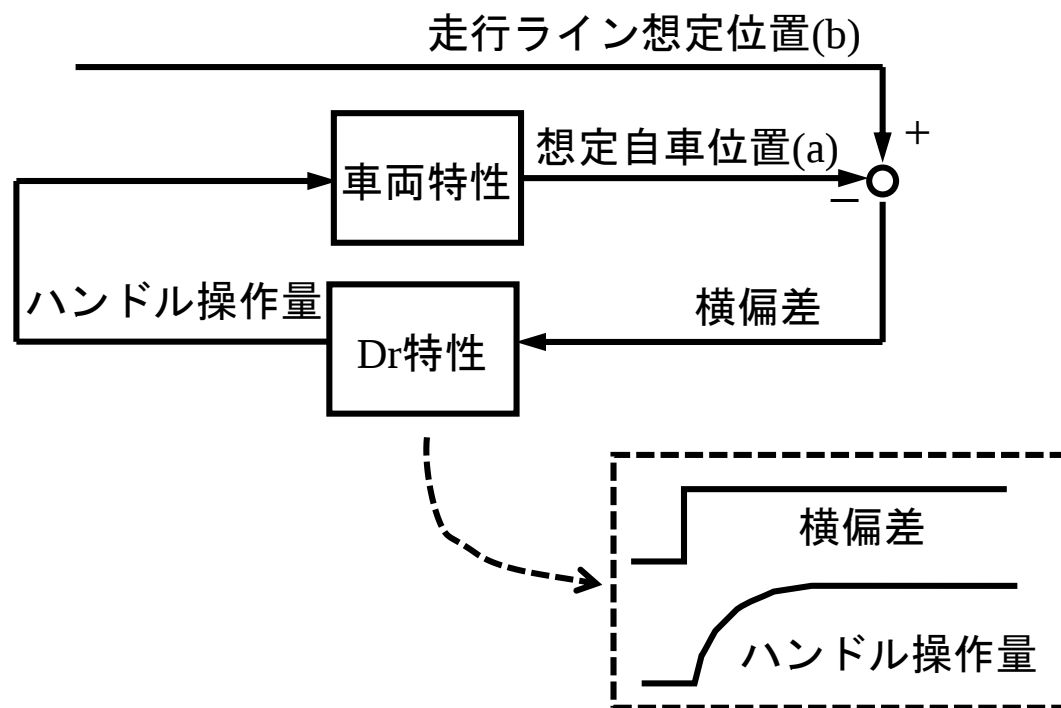
障害物が60m先になると、高速でも回避可能な操舵パターンは出てくる。
しかし、これらは理論上この操舵をすれば回避できるという意味に過ぎない。
車両の応答を熟知したプロドライバーでないと、正しく操作することは困難。

ドライバー特性も考慮した場合のシミュレーション

ドライバー特性も考慮するシミュレーションとして、前方注視点モデルを用いる。

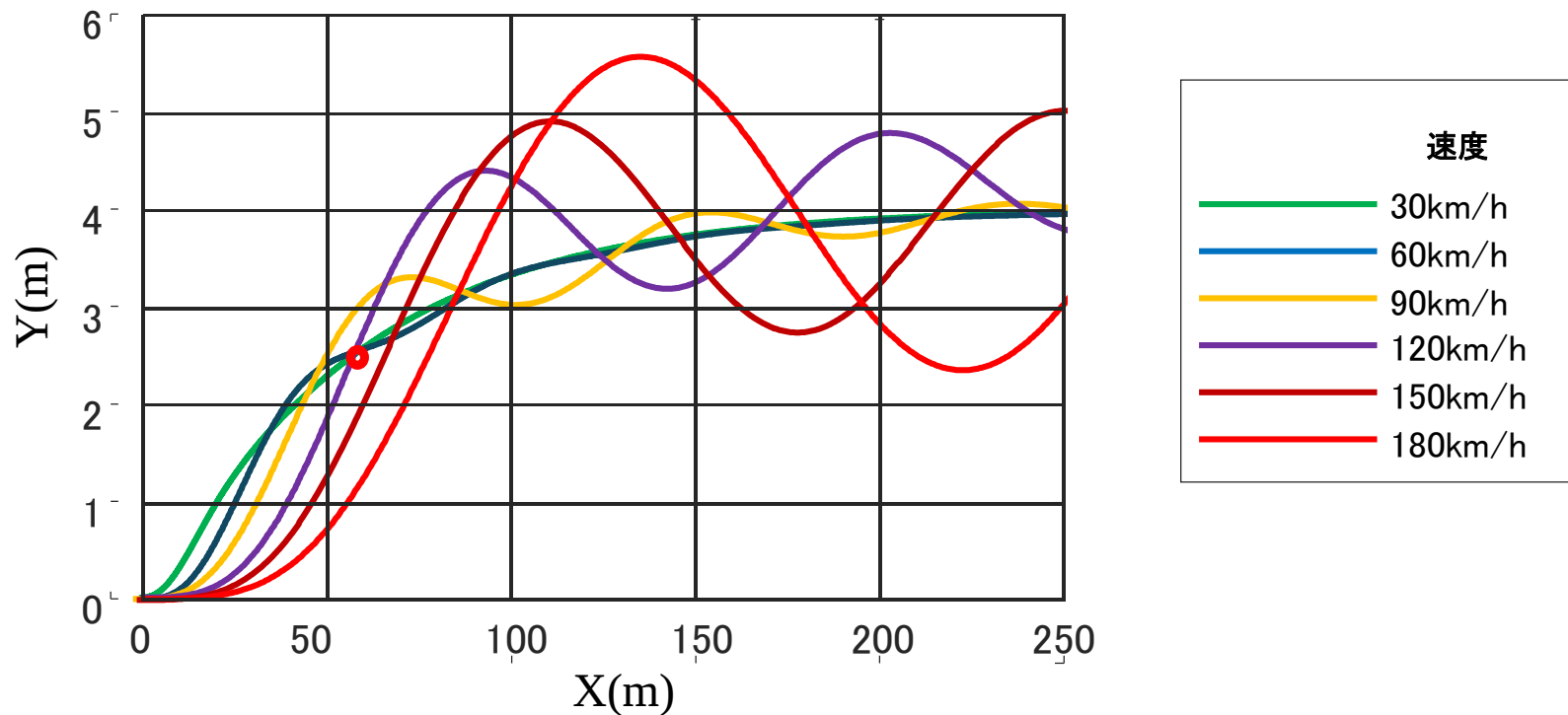
ドライバーのハンドル操作の仮定

図のような想定走行ラインがある時、
現在の車の「前方注視距離」先での、
自車の想定位置(a)と走行ライン位置(b)との
「横偏差」をなくすように操舵する。



ドライバーが持つ応答遅れ特性も考慮している。

ドライバー特性も考慮した場合のシミュレーション



速度が上がるほど、

- ・ 障害物を避けるために必要な横移動距離 (Ym) を移動するために必要となる進行方向の距離 (Xm) が長くなる。
- ・ 応答速度の低下への対応が困難となり、走行ラインが不安定になる。
- ・ ブレーキを踏みながらハンドル操作を行う場合、新たな危険性が生じる。

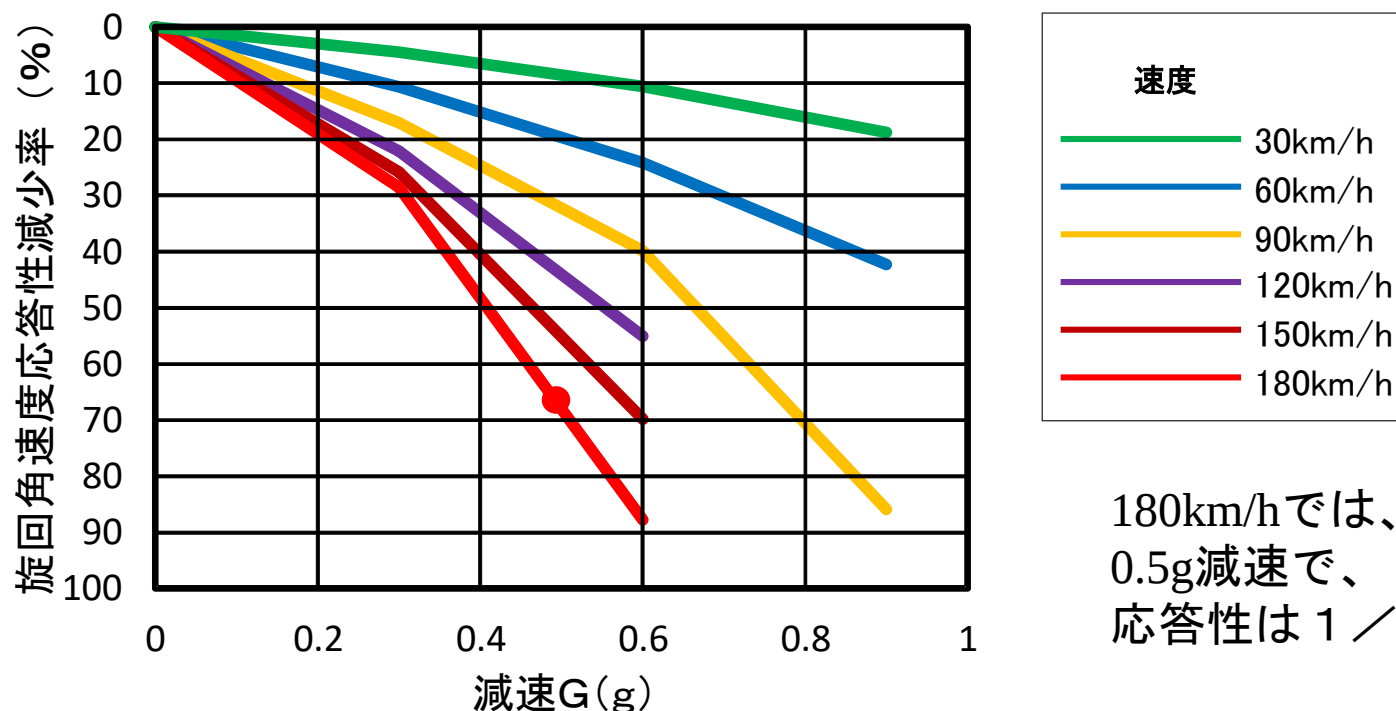
減速加速度による影響の増加

2. 車速増加に伴う、車両特性変化による要因

2.2 減速加速度による影響の増加

減速中は車両特性が変わるため、

「ブレーキ中のハンドル操作」や「旋回中のブレーキ」は、
単独での操作時よりも応答が異なるので注意が必要である。



その変化割合は、図に示すように車速が高くなるほど、

「危険を感じて減速した時の、車両の特性変化が大きく」なる。

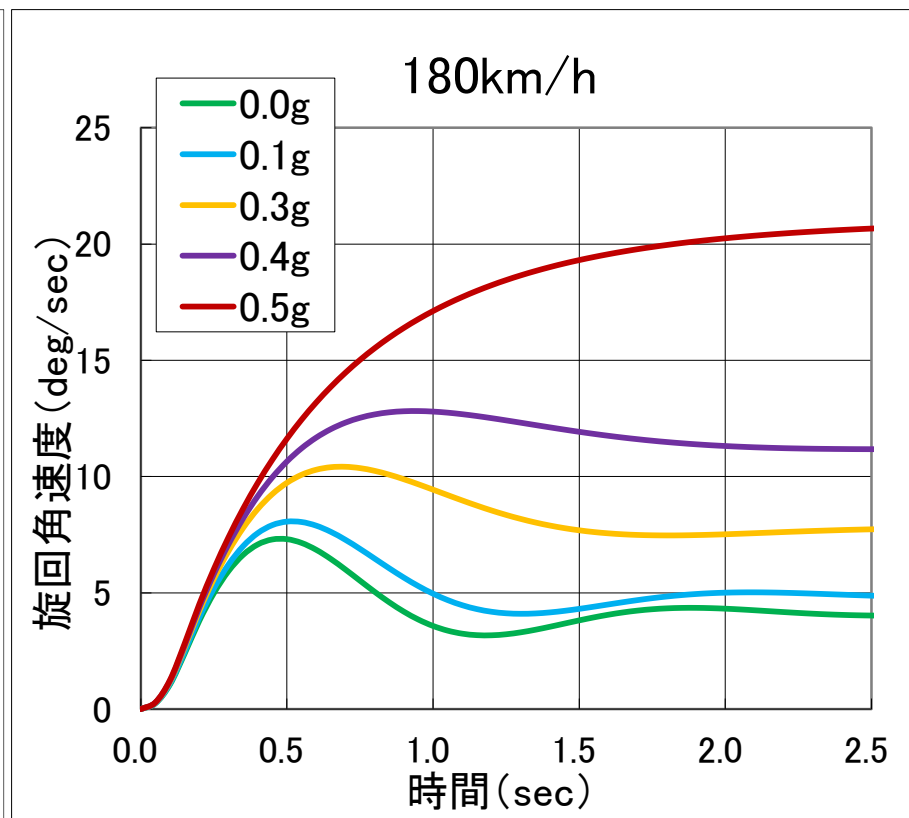
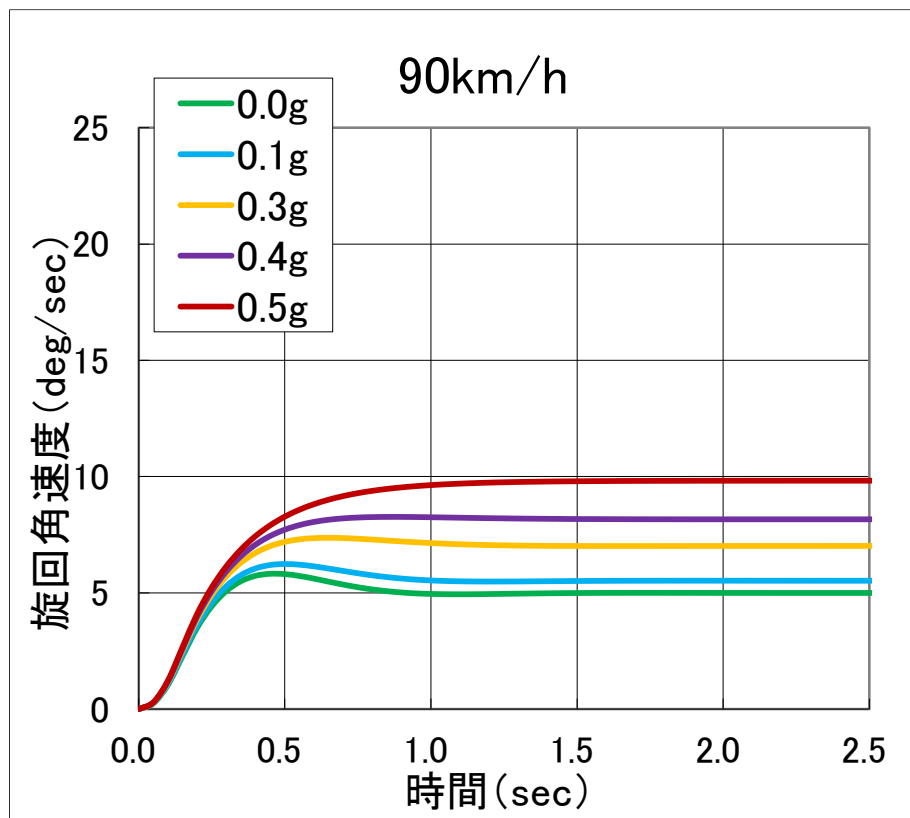
減速加速度による影響の増加

2. 車速増加に伴う、車両特性変化による要因

2.2 減速加速度による影響の増加

下図のステップ操舵時の応答から分るように、「減速による特性の変化」は、定常値の違いも、応答性の悪化も、

90km/h での違いに対し、180km/h になると格段に大きくなるため、ドライバーの対応が困難になり、減速時の危険性も増大する。



まとめ

以上の内容を整理すると、以下のようにまとめられる。

車速増加に伴う危険性の増加の主な要因は以下である

- ・ 走行するために必要な車両運動が厳しくなる
- ・ 車両の応答特性が劣化する

この結果、

- ・ ドライバーの操舵に、
「速く、大きく、精度よく」 が要求される
- ・ 一般ドライバーにとっては、
車両の応答速度の低下への対応は難しく、
走行ラインを安定させることが困難になる

以上