

ハイブリッド車の静粛性が 視覚障害者の歩行に及ぼす影響

中野 泰志(慶應義塾大学)
nakanoy@hc.cc.keio.ac.jp

研究全体の目的

- 一人の視覚障害者がエンジン音の静かな車と衝突しそうになった事例を分析
- ハイブリッド車の静粛性を明確にするために、ガソリン車のエンジン音と音響的な分析を行い比較

問題の所在

- ハイブリッド車の静粛性
 - 歩行者が車の存在に気づきにくい?
 - 接触事故等に巻き込まれる可能性あり?
- 視覚障害者にとっての不安
 - 視覚障害者=路地等を横断する際に車の有無をエンジン音で確認するが多い
 - 新たなバリアになる可能性あり?

研究の構成

- 事例研究：事故事例の分析
- アンケート調査：視覚障害者に調査を実施
- 実験1：音響測定条件を決定するためのフィールド調査
- 実験2：アイドリング音の音響分析実験
- 実験3：発進・通過時の音響分析実験

事例研究

路地で
ハイブリッド車と
思われる車と
接触しそうになった
視覚障害者の
事例の分析

事例研究の目的

- 路地を横断する際、エンジン音がしなかったので、横断しようとしたところ不意に目の前を何かが横切り、怖い経験をしたという報告が一人の視覚障害者から得られた。
- そこで、この事例について、分析を行った。

方法

- ・ハイブリット車と接触しそうな視覚障害者1名に対して、面接及びメールでヒアリングを実施
- a) 本ケースの障害の特徴や日常的な歩行能力等
- b) 接触しそうな場所や状況等を回顧法によって想起
- c) 接触しそうな現場の環境を調査し、その状況をより正確に把握するために、その場面と同様の状況を類似した道路環境を使って擬似的に再現し、確認
- d) ハイブリット車（プリウス平成15年式）とガソリン車（キューブ平成11年式）を様々な条件で実際に走行させ、接触しそうな車がハイブリット車である可能性について検討

結果

a) 障害の特徴と歩行能力

- ・網膜色素変性症による中途視覚障害の40歳代の女性
- ・視力は手動弁程度
 - 日常生活では視覚を活用することはほとんどない
- ・視覚以外の障害はなし
- ・白杖を利用した単独歩行が可能
 - ほとんど毎日、外出
 - 外出先は、毎日同じ場所ではなく、公共交通機関を利用して、東京都内の全域を単独で移動しており、高い歩行能力を有していた

結果

b) ヒアリング結果

- ・幹線道路（都道）を右手に見ながら、歩道を白杖で単独歩行中、幹線道路に繋がる路地を横断しようとした。
- ・一端立ち止まり、音で車がないと判断して渡ろうとした。車がないと判断し、渡ろうとしたら、突然白杖をかすめ目の前を何かが通り過ぎ幹線道路に向かって行き、その時初めて車の音がしたように感じた。
- ・また、残ったサイドの視野で車のようだと感じた。車がないものと判断していたので、不意打ちに目の前を物体（車）と遭遇したのは恐怖であった。
- ・以前より、ハイブリッド車は音がしないからどうしたらいいだろうかと歩行訓練士と話はしていたが、実際に遭遇してみると対策が急務だと実感した。

結果

c) 接触しそうな現場の状況



結果

c) 接触しそうな現場の状況



結果

d) 再現実験

- ・安全が確保されている大学校内で同様な環境を再現し、ハイブリット車とガソリン車を様々なエンジン音条件でランダムに走行させ、確認実験を行った。
- ・その結果、接触しそうな車とハイブリットカーが酷似していることが確認できた。
- ・また、観察の結果、ハイブリット車がモーターで走行したり、アイドリングしているときには、かなり接近しても音を確認することが困難であることがわかった。
- ・そこで、次に、ハイブリット車とガソリン車のエンジン音の音響分析を行うために一連の実験を計画した。

車のエンジン音は
他の視覚障害者にも
重要なのか？

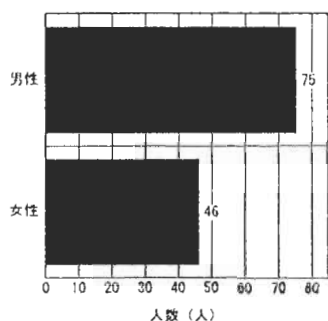
ML やインタビューで調査

13

調査協力者数128名
有効回答数121件

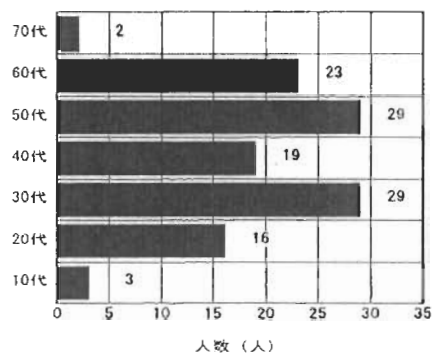
14

Q1-1 性別



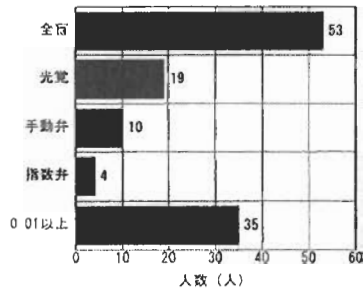
15

Q1-2 年齢



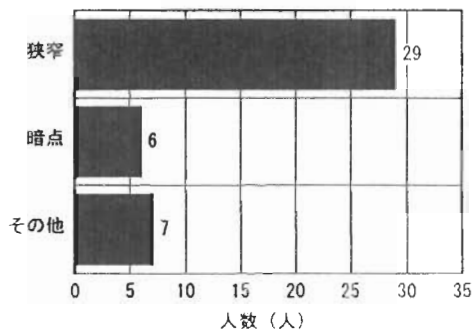
16

Q1-4 視力を教えてください(眼鏡やコンタクト
をしている方はその視力を、そうでない方は
裸眼の視力を記入して下さい)。



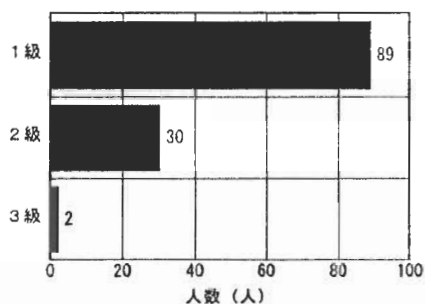
17

Q1-5 視野の状態を教えてください



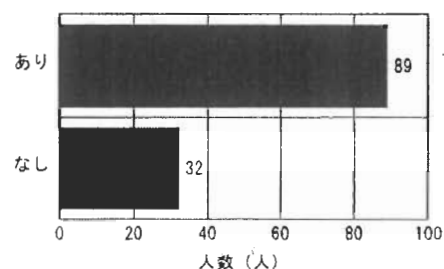
18

Q1-9 視覚障害の程度を身体障害者手帳の等級で教えてください



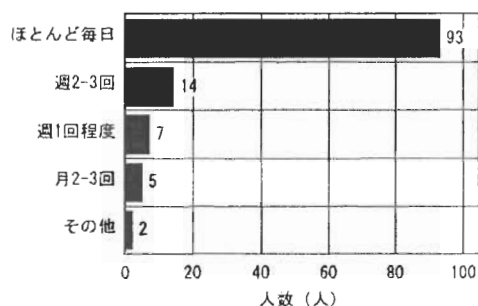
19

Q1-10 歩行訓練を受けたことはありますか？



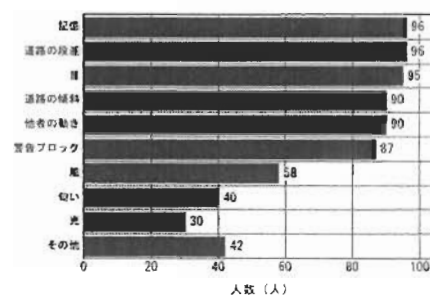
20

Q3 単独歩行の頻度はどれくらいですか？



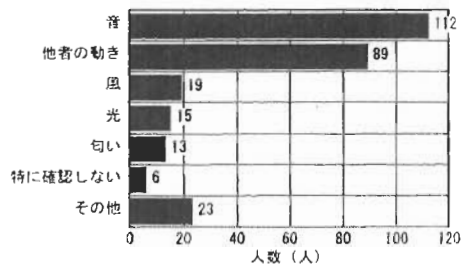
21

Q5 単独歩行中、路地を発見する際、何を手がかりに行っていますか？



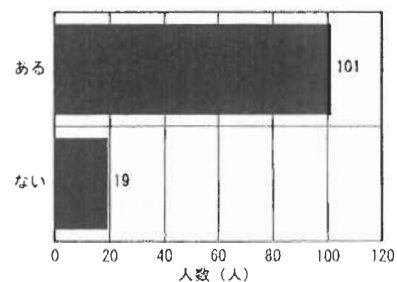
22

Q8 単独歩行中、路地を横断する際に、車の存在の確認は何を手がかりに行っていますか？（複数回答可）



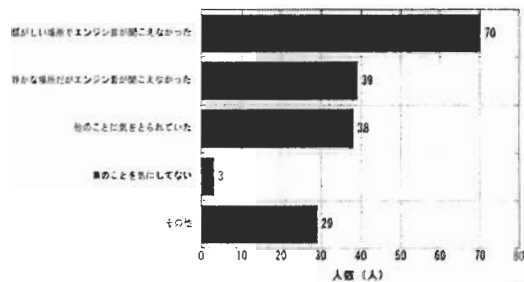
23

Q9 単独歩行中、路地において車の存在に気が付かずに危険な思いをしたことがありますか？



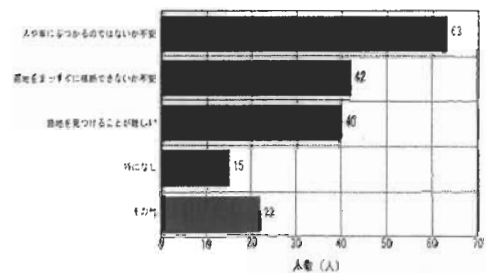
24

→ あると回答された方にお尋ねします。
車の存在に気づかなかったのは
何故ですか？



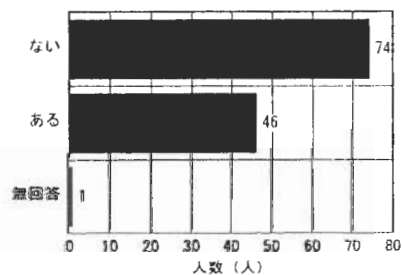
25

Q10 単独歩行中に、路地付近で困ったり、
不安になることがありますか？



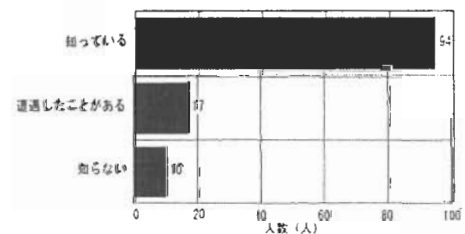
26

Q11 単独歩行中に、交通事故や接触
事故を経験したことがありますか？



27

Q12 最近、エンジンと電動機など二つ以
上の動力源を持つハイブリッド車などの静
粛性の高い（静かな）車が発売されている
ことはご存知ですか？



28

事例とアンケート 調査から

エンジン音が聞こえるか否かが
ポイント
そこで、エンジン音を測定

29

音響分析の流れ

実験1：路地での人と車の距離を
測定（測定条件の決定）



実験2：アイドリング時の音響特
性を測定



実験3：発進・通過時の音響特性
を測定

30

実験1

停止線で停車している
自動車と歩行者の
距離に関するフィールド実験

31

実験1:フィールド実験

目的

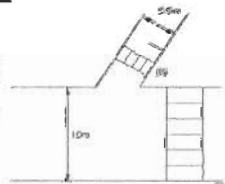
- 車と接触しそうになった事例の分析
 - 停車中の自動車の有無をアイドリング音で確認できないことが原因だと推測
- アイドリング音の音響分析の条件
 - 車と歩行者との距離によって影響を受ける
 - 停止線で停車している自動車と歩行者の距離に関するフィールド実験を実施

32

実験1:フィールド実験

方法

- 路地の停止線で停車している自動車と歩道で停止している歩行者の距離をハンディ型レーザー距離計 (Leica製 DISTO classic⁵) で測定
- 測定条件
 - A) 幹線道路の横断場面
 - B) 幹線道路に合流する路地の横断場面



33

実験1:フィールド実験

結果：歩行者と車の距離



(A) 幹線道路横断場面



(B) 路地横断場面

34

実験1:フィールド実験

結果・考察

- 路地における車と歩行者の距離
 - 幹線道路：5～10.7m、
 - 路地：1.15～5.79m
- 狭い路地を想定した場合
 - 1～5mの範囲で車がいるかどうかを検証する必要がある
 - 音響分析実験の条件として利用

35

実験2

ハイブリッド車とガソリン車の
アイドリング音の比較

36

実験2:アイドリング音の比較

目的

- 視覚障害者は路地において、車の有無をアイドリング時のエンジン音で行っている。
- そこで、停車している自動車のアイドリング音がハイブリッド車とガソリン車でどの程度、異なっているかについて音響比較実験を行った。

37

実験2:アイドリング音の比較

方法

- 集音条件は、車両条件3条件（ハイブリット車モーター駆動時条件、ハイブリット車エンジン駆動時条件、ガソリン車条件）に測定距離3条件（1m、2m、5m）を組み合わせた9条件。
- 実験は周辺の騒音の影響を考慮して、深夜に実施。

38

実験2:アイドリング音の比較

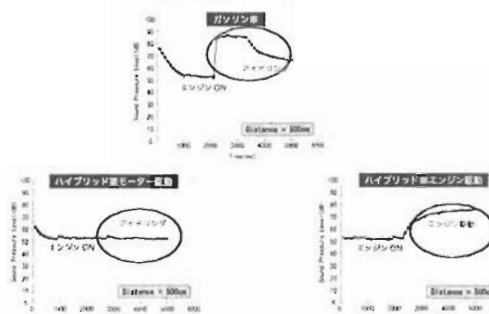
音響測定装置

- ダミーヘッド（株式会社高研製SAMURAI）
 - 身長を165cmに設定
- 音圧測定アンプ（リオン株式会社製精密騒音計NA-42）を通して、デジタルオーディオテープレコーダー（SONY製TCD-D100）とPC（DELL製INSPIRON8600）に転送し、48KHzのサンプリングレートで記録した。



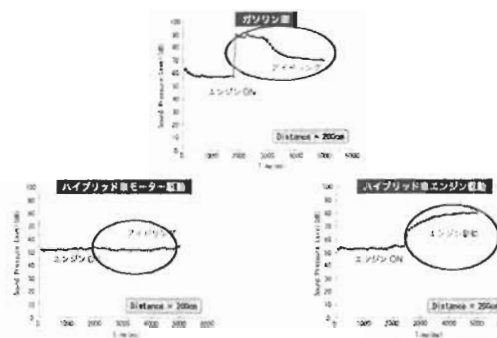
39

アイドリング時の音圧特性
距離：5m



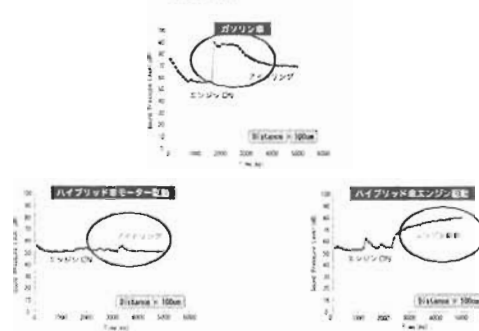
40

アイドリング時の音圧特性
距離：2m



41

アイドリング時の音圧特性
距離：1m



42

実験2: アイドリング音の比較

ハイブリッド車とガソリン車の アイドリング時の平均音圧の比較

距離 (cm)	環境音	ハイブリッド車		ガソリン車
		モーター 駆動	エンジン 駆動	
100	53.44 (1.033)	52.35 (1.157)	65.73 (10.679)	71.41 (10.740)
200		52.50 (0.717)	65.14 (12.079)	70.44 (11.443)
500		53.53 (1.664)	63.15 (10.184)	68.79 (12.310)

(単位: dB, 括弧内は標準偏差)

有意に静か

車両条件の主効果に有意水準 1% で有意差あり
距離の主効果は有意ではなかった

43

実験3

ハイブリッド車とガソリン車の 発車時の音の比較

44

実験3: 発進時の音響分析

目的

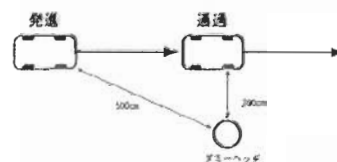
- アイドリング状態から発車する際、エンジン音が変わる。
- この変化が、ハイブリッド車とガソリン車でどの程度、異なるかについて音響分析を試みた。

45

実験3: 発進時の音響分析

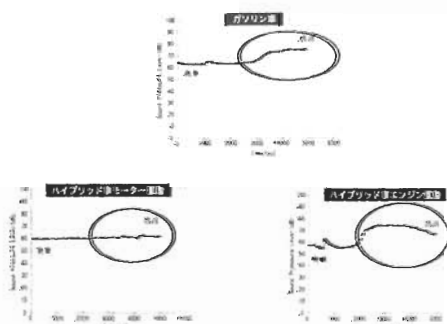
方法

- 測定距離を 2m に固定
- 停車状態から発進したときの音響を測定
- それ以外は実験 2 と同じである。



46

発進時の音圧特性



47

音響特性測定実験から

ハイブリッド車がモーター駆動している時は、アイドリング時も発進・通過時も通常の距離では確認できないくらい静か！

↓
対策が必要！

48

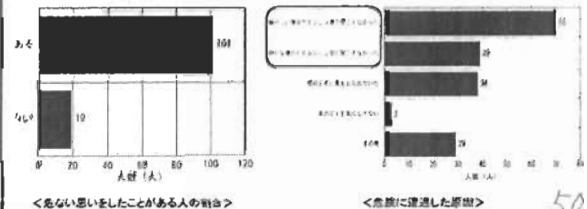
まとめ1

- 視覚障害者が道路を横断する場合、通常、車のアイドリングの音を手がかりに車の有無を確認することが多い。
- 歩行訓練においても道路横断のテクニクとして、車の音を手がかりにするように指導している。
- そのため、ハイブリッド車のように静粛性が高い場合には、その存在に気づかない場合がありうる。

49

まとめ2

- 現時点では、一般道を走行している車はガソリン車が多いため、幹線道路の車の交通量の多い場所で、今回のような事態に遭遇することは稀だと思われる。
- しかし、交通量の少ない路地や狭い道で静粛性の高いハイブリッド車に遭遇した場合には、接触事故等につながる可能性が高い。



50

まとめ3：対策

- 運転手への注意喚起：ヒューマンエラーの可能性があるので不十分
- 歩行者用のエイド：事故にかかわることなので、特別の機器類に依存するのは不適切
- 道路への工夫：走行時に音がでるような工夫は可能だが、問題となっているアイドリング時の対策ができればならない
- 車自体への対策が必要である
 - 最低限、路地でのアイドリング時に何らかの音響手がかりが必要
 - 走行時は静粛で、アイドリング時に存在をアピールできるような工夫が出来れば、環境への配慮と視覚障害者の安全の両方が充足できると思われる

51

ハイブリッド車に反対なのでも、
常時、音を出して欲しい
わけではない。

特に、必要なのは・・・
路地等での発車・低速走行時。
ドライバーが歩行者に気づいて
欲しいとき
(クラクションではなしに)。

52