

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 30 日現在

機関番号：32682

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760068

研究課題名（和文）錯視現象を応用した渋滞緩和への数理的アプローチ

研究課題名（英文）Mathematical Approach toward Eliminating Traffic Congestion as seen in Visual Illusion Phenomena

研究代表者

友枝 明保（TOMOEDA AKIYASU）

明治大学・研究・知財戦略機構・講師

研究者番号：70551026

研究成果の概要（和文）：

サグ部での渋滞は、上り坂であることをドライバーが正しく認識できない錯視現象（縦断勾配錯視）がもたらす速度揺らぎが原因となって生じている。本研究では、縦断勾配錯視を解消するアイデアとして、側面に描くストライプパターンを考案し、このストライプパターンによって道路傾斜をどのように認識するか、錯視解消策の有効性について検証した。さらに、実際の道路において、デルブーフ型の錯視パターンをペイントし、ペイント前後での車の速度を比較することで、錯視パターンと運転挙動の関係も検証した。

研究成果の概要（英文）：

The traffic congestion at “sags” is caused by the enhancement of fluctuations due to the visual illusion where drivers are not able to correctly perceive the slope of the road and fail to realize that it is going uphill. As one solution to correctly perceive road inclination, we proposed drawing stripe patterns on both sides of a road. We investigated how people would perceive slopes in respect to these stripe patterns, and examined the effectiveness of the solution proposed. Moreover, the variation in speed depends on the presence or absence of Delboeuf illusion patterns was also investigated on the real road situation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：工学基礎

キーワード：交通流，自然渋滞，渋滞緩和，縦断勾配錯視，ツェルナー錯視，デルブーフ錯視

## 1. 研究開始当初の背景

高速道路の渋滞を引き起こす最も大きな要因は「サグ部」と呼ばれるドライバーが上り坂だと気づかない場所であることが知られていた。サグ部では、実際は上り坂であるにも関わらず、ドライバーが正しく道路傾斜を認識できないため、適切な加速ができないまま走行してしまう。その結果、車の速度が気づかないうちに低下してしまい、その速度擾乱が増幅伝播した結果、渋滞が形成されてしまうのである。この自然渋滞と呼ばれるサグ部での渋滞形成メカニズムは、数理モデル・実証実験を通じて明らかにされてきた。

一方、渋滞緩和に向けた実際の取り組みでは、注意喚起表示板を用いて、速度低下をドライバーに伝え、車の加速を促すという対策がとられており、一定の成果が得られていた。これは、サグ部における車の加速が渋滞緩和に対して有効であることを意味しているが、渋滞の形成メカニズムを知らないドライバーは"加速する"という意図が伝わらず、注意喚起だけでは必ずしも速度回復を達成できるとは限らない状況であった。

## 2. 研究の目的

自然渋滞は、サグ部において速度擾乱が生じてしまうことに原因があり、それは、視覚を通じて上り坂を正しく認識できない錯視現象によって引き起こされていると考えることができる。そこで、錯視現象を解消することで、自然渋滞の種である速度擾乱の発生を抑制することを目指し、

- (1) サグ部での縦断勾配錯視と呼ばれる錯視現象を解消するアイデアを提案すること、

- (2) 錯視パターンの有無によって車がどのような速度変化を示すかを実際の道路において検証することを目的とする。

## 3. 研究の方法

- (1) GPS、ジャイロセンサーを搭載した車で、縦断勾配錯視が観察される屋島ドライブウェイを実際に走行し、走行データと道路構造データから縦断勾配錯視と運転挙動の関係性について検証する。さらに、縦断勾配錯視が生じる要因をつきとめ、錯視を解消する方策を提案する。提案された方策に関しては、被験者実験を行うことで、錯視解消がどの程度達成されるかを検証する。

- (2) デルブーフ錯視と呼ばれる錯視図形を応用した錯視パターンを実際の道路上にペイントし、ペイント前後での車の速度を測定、比較することで、錯視パターンと運転挙動の関係性について検証する。

## 4. 研究成果

- (1) 屋島ドライブウェイの走行データから、上り坂を下り坂と見誤るポイントにおいて実際に速度低下が観察された。また、道路環境に水平の手がかりが乏しいために縦断勾配錯視が生まれていることもわかった。このことから、側面に描かれるストライプパターンを用いた縦断勾配錯視解消策を考案した(図1)。具体的な方策を以下に示す。提案する縦断勾配錯視解消策とは、実際の水平線

となる手掛かりが道路環境上に乏しい場合にドライバーが道路傾斜を誤認し



図1：ストライプパターン

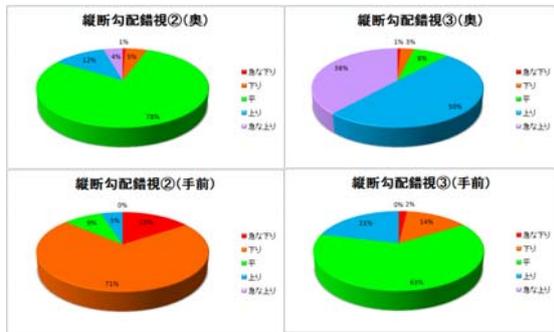


図2：被験者の傾斜認識の変化

てしまうことから、高速道路上の防音壁やトンネル壁にストライプ線を描き、傾斜認識の基準となる水平線として明示することによって、縦断勾配錯視を解消するというものである。この方策は側壁にペイントを施すだけで実現できるため、コストの面においても実践的な方策であると言える。この解消策の有効性について、図1に示すパターンを含めた4枚のイラストを提示し、被験者アンケート（5水準の選択による、のべ218名（外国人を含む））を行って検証した。その結果、周辺情報に強く影響を受けていることが明らかとなり、ストライプパターンによって、道路の傾斜認識が変化することを明らかにした（図2）。図2に示す結果より、図1左では、遠坂を水平と認識する傾向にあり、図1右では、遠坂を上り坂と認識する傾向がみられた。両者の図の違いはストライプパターンの道路面に対する角度だけであるため、ストライプパターンを水平面と認識する傾向が強く、道路の傾斜認識はストライプパターンからの差分によって判断しているこ

とがわかる。さらに、ストライプパターンの無い近坂の認識においては、遠坂の認識を基準とし、相対的に判断していると考えられる。これらの結果から、水平線を明示することで、道路傾斜の認識の変化を実現することができ、縦断勾配錯視を軽減できることを示した。

- (2) 道路上にデルブーフ型の錯視ペイントを施す（図3）ことで走行速度が上がる（31.87km/h（86台，含二輪5台）→35.67km/h（79台，含二輪9台））という結果が得られた。対象とした道路は、住宅街の中にある比較的交通量が多く、歩行者



図3：道路ペイントの施工前と施工後

や自転車の通行も多い場所である。デルブーフ錯視には内円の過小視という錯視現象があり、このペイントを施すことで、道路幅を過小視していると考えられる。道路幅の過小視が生じたため、車両の走行が車線中心により、整流効果が引き出され、速度上昇が実現されたと考えられる。この種の道路ペイントは事故件数を減らすという報告もあり、安全性が向上するとともに速度上昇を達成できるという点から、錯視現象を適切に利用すれば都心部での渋滞緩和も十分実現可能であることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等  
（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計7件）

- ① Daichi Yanagisawa, Akiyasu Tomoeda,

Katsuhiro Nishinari, "Improvement of pedestrian flow by slow rhythm", Phys. Rev. E, 85, 016111 (2012).

② Ryosuke Nishi, Hiroshi Miki, Akiyasu Tomoeda, Daichi Yanagisawa, Katsuhiro Nishinari, "Spontaneous zipper merging of self-driven particles", J. Stat. Mech. P05027 (2011).

③ Daisuke Shamoto, Akiyasu Tomoeda, Ryosuke Nishi, Katsuhiro Nishinari, "Car-following model with relative-velocity effect and its experimental verification ", Phys. Rev. E., 83, 046105 (2011)

④ 友枝明保, "渋滞解消への数理と実証", 社団法人日本道路協会「道路」847号, pp.12-17

他3件

[学会発表] (計 24 件)

① "人の反応伝播速度とロスタイム最小化", 日本応用数理学会 春の研究部会連合発表会

② "人の反応時間と集団運動", 第21回日本数理生物学会 年会

③ "道路傾斜の錯視制御から渋滞緩和へ", JST CREST「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域 第2回領域シンポジウム

④ "サグ部の自然渋滞緩和に向けて～錯視現象とその緩和策～"第4回錯覚ワークショップ -横断的錯覚科学は成立するか-

他20件

[図書] (計 1 件)

① "Unified analysis on Shock Wave Formation in Traffic Jam", VDM Publishing House Ltd. (2010年4月)

[その他]

報道, アウトリーチ活動:  
日本テレビ「不可思議探偵団」(2011/7/4)  
テレビ朝日「モーニングバード」  
(2012/1/16)  
など

ホームページ:  
<http://dow.mydns.jp/>  
<http://home.mims.meiji.ac.jp/~atom/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

友枝 明保 (TOMOEDA Akiyasu)  
明治大学 研究・知財戦略機構・講師  
研究者番号: 70551026