

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：37401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26242003

研究課題名(和文) 錯視効果の交通システムへの活用

研究課題名(英文) Application of visual illusion effects to traffic system.

研究代表者

星加 民雄 (HOSHIKA, Tamio)

崇城大学・総合教育センター・准教授

研究者番号：10331068

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、音や衝撃などを付加し、錯視効果を活用した新型イメージハンプの開発およびラウンドアバウト交差点の進入口における速度抑制システムとして活用することを目的に研究遂行してきた。研究組織は心理学、交通工学、景観デザインの学際研究である。本研究では3種類のイメージハンプの研究開発、施工、走行実験検証を行った。一方、自転車道における速度抑制システムとしての研究開発も同時に行い、施工、走行実験検証を行った。これらの研究成果は、今後、導入されるラウンドアバウト交差点の進入口における速度抑制システム、中央島のシンボルサイン、誘導サインも含め、トータル交通システムとして活用されていくであろう。

研究成果の概要(英文)：This research aims at the development of a new type image hump utilizing the illusion effect. The research team is a member organization that combines psychology, traffic engineering, landscape design research fields. In this research, research and development, construction, and running experiment verification of three types of image humps were carried out. On the other hand, research and development as a speed control system in the bicycle path was also conducted, construction and running experiment verification were carried out. These research results will be utilized as a roundabout transportation system to be introduced in the future. We also believe that symbol signs and guidance sign systems within roundabout circles will be utilized as well.

研究分野：デザイン

キーワード：錯視効果 速度抑制効果 イメージハンプ ラウンドアバウト 交通システム 誘導サイン シンボルサイン 景観デザイン

### 1. 研究開始当初の背景

錯視効果の交通システムに導入した事例としては、積水樹脂工業(株)の3色による路面表示等が挙げられる。一度走行すると学習効果が働き速度抑制効果にはつながらない問題点もある。一方、突起を設け速度抑制効果を図るハンプシステムも世界中で実施されているが、騒音問題や衝撃による事故要因になり施工の見直しが相次いでいる。

このような研究背景の中、本研究は音や衝撃などを付加し錯視効果を活用した新型イメージハンプの開発、およびラウンドアバウト交通システムへの導入等に照準を合わせ研究遂行することになった。研究組織は、錯視研究分野、景観デザイン研究分野、交通工学研究分野等の異分野融合型のチーム構成で平成26年度より研究がスタートした。

### 2. 研究の目的

これまで錯視効果に関与する様々な要素を分析し、イメージハンプの盛り上がり効果に反映させてきた。本研究では、これらの研究成果を発展させ、精度の高いシミュレーション実験を通し、衝撃や音などの物理的要素と心理学的要素を加えた複数の新型イメージハンプの開発に伴う実験道路での検証を行う。検証実験では、錯視効果の安全な活用を前提とした交通工学と実験心理学的見地からの検証に重点を置く。後半の研究では、速度超過が予測される自転車道や誘導サインへの活用、ラウンドアバウト交通システムへの活用等、総合的見地から研究成果を導き出し、交通システムへの新たな導入を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究は、音や衝撃などを付加し、錯視効果を活用した新型イメージハンプの開発と視点移動にともなう誘導サインの開発研究の2つをテーマに実務的研究プロセスで研究遂行した。そのため、研究方法はデザイン的研究プロセスを踏む。アイデア展開から表現効果の検証、実物大での施工を行った上での走行実験検証、問題点の検証、リデザインを繰り返し行いながら現場での本格的導入に向けた最終的デザイン開発研究プロセスを踏襲し、研究を行った。

研究計画では、平成26~27年度は新型イメージハンプの開発研究を目的にデザイン展開に基づく走行シミュレーション実験検証を行った。さらに崇城大学の実験道路への施工を行い研究チーム全員と熊本県警、熊本市の道路関係者とともに走行実験検証を行った。また、速度超過が予測される坂道の自転車道への対応策として九州大学伊都キャンパス行動を利用した社会実験検証を研究チーム全員と関係者で行った。

視点移動にともなう誘導サインに関する調査研究も並行して行った。一方、視点移動にともなう誘導サインについての走行シミュレーション実験、実験道路での走行実験検証は平成27年度後半から28年度前半に実施し交通システムの構築と導入に向けての実用化を目指し研究を行った。

### 4. 研究成果

本研究では以下の3種類のイメージハンプについて実物大サイズを学内実験道路に施工し走行実験検証を行った。

#### (1) ストライプパターンイメージハンプ

##### 特徴

本研究では、新たな試みとして一般的なラインマーキング路面表示と錯視効果によるストライプパターンイメージハンプの開発を目指した。図1に示すように、漸变的に配置したストライプパターンに遠近法と逆遠近法、さらに縦ライン表示が主な表現要素となる。縦のラインを配置することで、Tジャンクション(直行する複数の線)による錯視効果生まれ、階段状の上り、下りを強調した。また遠近法と逆遠近法を交互に併用しアップダウンの効果を強調させた。また、Tジャンクション効果の要因となる縦のライン配置は遠近、逆遠近錯視効果のガイドラインの役割を担っている。

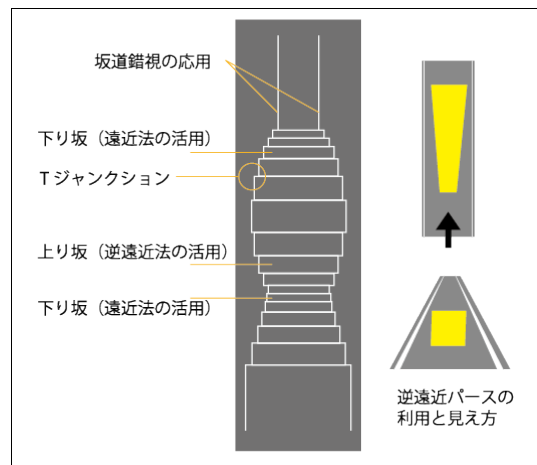


図1: 遠近法とTジャンクション効果を利用したイメージハンプ理論

##### 施工と検証

また図2に示す走行実験検証では奥行き32mに対し約50cmの錯視量(高低差)を確認することができた。錯視効果の検証結果は極めて高い検証結果が得られた。結果として、錯視効果としての盛り上がり効果において高い評価であるが、実際の道路への施工を想定した場合の適合性については、施工面での複雑さ等への検討の必要性が指摘された。



図2: 遠近法とTジャンクション効果を利用したイメージハンプの走行実験(崇城大学オレンジ球場前)

## (2)ジグザグ形式イメージハンプ/タイプ 特徴

複数のジグザグ線は凹凸面を構成する。デッサン描写表現技法で使われている方法であるが、これを応用したのがジグザグ形式イメージハンプである。主な表現要素は、角度の異なる複数の斜線の集合体を活用している。本研究では施工が容易なシンプルな路面標示としての構成に主眼を置いた。ジグザグパターンの斜線傾斜角は、鋭角が効果的であるが、施工面の難しさを回避するため基本的な角度によるデザインの構成とした。さらに実用化に向けたデザイン作業においては、特許申請を視野に入れ、現存するイメージハンプ等の路面標示の施工事例の調査ならびに法的制限等について、多角的な調査研究の上に表現要素を割り出していった。

### 施工と検証

図3(上)は崇城大学学内実験道路に施工したジグザグ形式イメージハンプである。主な表現要素は3つの山型三角形、山形三角形を複数使用していることで、角度を伴う面としての印象を誘発させ立体感を演出する。公道での施工に向け、熊本県警、熊本市警、熊本市道路局等の公開検証を行った(図3下)。専門家による検証では、歩道外側線の必要性和雨天時におけるスリップ防止対策の検討について問題提起された。



図3：ジグザグパターンイメージハンプ施工(上)と検証現場(下)/崇城大学走行実験場

## (3)ジグザグ形式イメージハンプ/タイプ 特徴

ジグザグ形式イメージハンプ/タイプ の公開検証の指摘事項をもとにリデザインしたのがタイプ である。まず車道外側線を設けるため、三角形の頂点を台形型に変えた。このデザインでは、V字パターンの施工と横断ラインの施工を分けて施工することができる利点がある。次に一般の溶融型ラインでの路面標示に対し、リブ(音の鳴るイボ付きライン)を活用した。錯視効果を高めるアイデアとして台形型幅広の横断線とV字パ

ーンと直行する横断ラインの接点をずらし、エッジ効果により錯視効果を増強させた(図4参照)。また施工技術の許容範囲に合わせ、V字をY字にリデザインした。図5はY字部分の詳細図と実際の施工現場の写真である。Y字の足幅(左右の間隔)は一般車両よりやや広い180cmに設定した。施工時間は約3時間に短縮された。施工後、研究分担者である村上泰浩氏の協力のもと、車種、走行速度ごとの走行実験検証を行った(図6参照)。

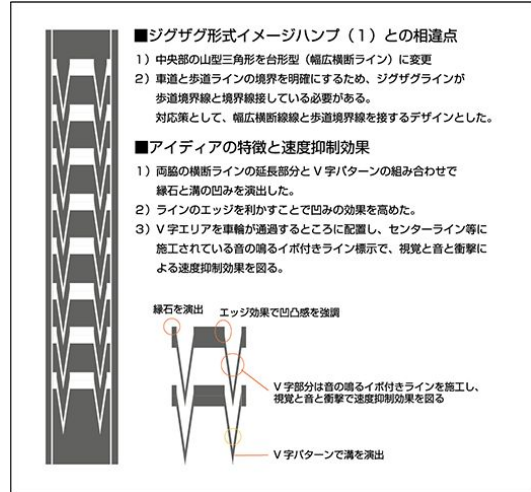


図4：ジグザグ形式イメージハンプ(タイプ2)の表現要素の特徴



図5：ジグザグ形式イメージハンプ(タイプ2)の施工(崇城大学オレンジ球場前)

### 走行実験結果

走行実験では、車両幅の異なるワゴン車両から軽車両までの7車種、時速10km~60kmにおける異なる走行速度による騒音値を測定した。各車両での車内音響に関して、時速30km以上の速度でリブに乗ったときの車内での騒音レベルは10dB前後上昇し、運転者へ警告には十分な効果が得られた。

実験結果を通し、音と振動による注意喚起はリブによる振動からの騒音に左右されるため、安全対策の面での有効性が高いことが確認できた。また一方、車外でのリブ通過時の騒音は道路からの距離5mで75dBを超



図6：ジグザグ形式イメージハンプ(タイプ2)の走行実験/騒音調査(崇城大学オレンジ球場前)



える場合もあり、静かな住宅地への設置には十分な配慮が必要である。しかし本研究の目的であるラウンドアバウト進入口での電気自動車等の走行時における障がい者等への注意喚起には有効活用できる結果が得られた。一方、一般車両幅に合わせたリブの間隔が1.8mとなっているため、軽自動車等の小型車両への対応策の検討は必要である。

#### (4) 自転車道速度抑制システム

##### 路面ラインシートの開発

車両事故だけでなく自転車と歩行者との衝突事故も最近多発している。特に速度超過が予測される坂道や歩道を通行する自転車による事故が相次いでいる。公道だけでなく大型キャンパス内では自転車での移動手段は必要不可欠である。ペDESTリアンデッキを活用した学内自転車通行システム（筑波大学）や九州大学伊都キャンパスなど、広大なキャンパス内での自転車事故は通行量の多い時間帯と比例すると極めて高い。

本研究プロジェクト同様に、本研究においては、視覚と音、体感を伴うラインマーキングシステムの研究開発に主眼を置き、研究分担者である神戸芸術工科大学佐藤優氏は、アトミクス株式会社技術本部（技術本部長小川博己）との共同研究で製品開発を行った。一般車両と比較し自転車は車輪幅が狭くハンプのような突起ではハンドル操作に影響し事故につながる危険性がある。また歩道と併用した自転車通行道路の場合、ハイヒールが挟まったり、段差につまずいたり支障も考慮したデザインが必要である。本研究では、手前と奥の高さを変えた断面形状とし二液反応型アクリル樹脂製のマーキングシートを作成し路面に施工し実験検証を行った。

##### 仮敷設実験検証および実験結果

設置場所は九大伊都キャンパスのスピードが出やすい傾斜路にマーキングシートを設置し、学生被験者による検証実験を行った。マーキングシートの間隔は15cm、30cm、45cmの3種類で比較した。間隔15cmは視覚的な明瞭さがあり、30cmと45cmとの比較では30cmの間隔が振動、注意喚起、速度抑制効果が高い結果を得た。なお、高さについての比較検証では3mmと4mmでは明らかな差はないことがわかり4mmが適切であると結論づけた。

##### 導入および検証

上記研究結果を踏まえ2015年9月26～27日に傾斜型路面マーキングシートを伊都キャンパスゲートの自転車道道路に施工した。施工50日後に現場利用者からのインタビュー調査を行い、振動、音、注意喚起、速度抑制効果、色についての調査結果を得ることができた。その後、複数箇所に設置し学内自転車道道路での事故削減の効果に向けた取り組みが現在も進んでいる。

なお、傾斜型路面マーキングシートは、表面のエンボス効果のデザインが容易にできるため、スリップ防止策として有効利用が可能であることから、車両走行時のイメージハ

ンプへの対応も検討中である。図7は施工後現在使用中の路面パーキングシート（九州大学伊都キャンパス構内）である。



図7：傾斜型路面マーキングシート施工現場（九州大学伊都キャンパス構内）

#### (5) ラウンドアバウト進入時における錯視効果による速度抑制方法

本研究ではラウンドアバウト交通システムにおける進入口での速度抑制としてのイメージハンプの公道への導入を目的に、景観デザインの観点からラウンドアバウト交通システムにおける総合的システムの構築とその実践に向けたシミュレーションも作成した。日本では馴染みが薄い、ラウンドアバウトは信号機のない交差点であるため、交差点手前に徐行、静止を促すための速度抑制方法としての対策が必要である。交差点進入時への対応策として研究遂行してきたジグザグ形式イメージハンプは、前述のように音と衝撃によって減速を促すデザインとなっている。施工が容易で、視覚と音と衝撃の3つの要素で速度抑制効果を図るデザインである。音の静かなハイブリッド車や電気自動車に対する横断時の対応策として有効であり、特に視覚、聴覚障害者への注意喚起には効果的である。図8はラウンドアバウト進入口のジグザグ形式イメージハンプ上を走行する際のシミュレーション画像である。



図8：速度抑制システムとしてのジグザグ形式イメージハンプ（シミュレーション画像）

#### (6) ラウンドアバウト交通システムのトータルデザイン構築

これまで地域の景観のランドマーク的シンボルともなりうるラウンドアバウト交通システムにおける中央島の設置事例の多くは、具象彫刻など地域のシンボルとして象徴

的な形を立体化したものが多い。しかし中央島スペースは交差点の一部であるため、誘導サインとしての役割を担っている。それぞれの進入口における誘導および入口の印象付けは行き先決定の重要な要素となる。地域の景観美に大きく影響するラウンドアバウトの設置計画は、従来の路面標示法の見直しも含め、芸術、景観デザインの視点に立った学際領域による新たな研究開発が必要である。本研究プロセスを通しトータルデザインシステムとして以下の2つを提案する。

- a. 中央島におけるシンボルサイン表示には多視点による異なる印象を重複した多義立体的な立体視覚表現を活用する。4面のうちの一面はシンプルなレリーフ構造の図柄をデザインし、残りの3面に交差点が位置する地名のイニシャルをアルファベット文字で組み合わせる。全国各地の交差点に特徴を持たせつつシステム展開できるシンプルな構成方法が必要である。
- b. 誘導サインには中央島に太陽光発電を設けた蓄電型 LED 誘導サインを設置する。

ジグザグ形式イメージランプの特許申請に合わせ、2015年11月にラウンドアバウト構想の中にイメージランプ構想を組み込み、中央島のシンボルサイン等の総合的見地から設置計画をシミュレーションした。図9はそのシミュレーション画像である。設置予定場所は熊本県(K)益城町(M)を想定し架空の交差点として朝日交差点(A)を想定した。偶然にも半年後に益城町が熊本地震で大きな被害を受けたが、本計画が新たなまちづくりの起爆剤になればと願っている。

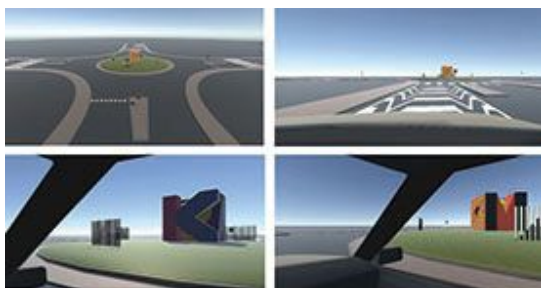


図9：ラウンドアバウト交通システム概略図（速度抑制システムとしてのジグザグ形式イメージランプを採用したイメージ図）

#### (7)国際シンポジウムおよび国際展の企画開催（研究成果の世界への発信）

本研究遂行において、各研究分担者の役割とそれぞれの実績報告会を毎年行うとともに走行実験検証等を行ってきた。毎年開催の報告会に加え、2016年度にはフィンランドにおいて本プロジェクト研究の中間成果発表の位置づけで、エミールセーデル・クロイツ美術館の共催で開催した国際展「REALISM OF MOVEMENT」開催期間に合わせ、国際シンポジウム「International Symposium on Design Research 2016」を芸術工学会と連携して開催した。本シンポジウムは2016年5月4日

～6日の3日間、アアルト大学とエミールセーデル・クロイツ美術館の協力で2会場で開催し大きな反響を呼ぶ成果となった。図10～11に開催状況を示す。



図10：芸術表現としての錯視効果展示作品

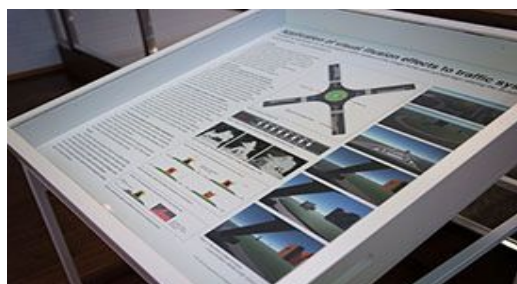


図11：錯視効果の交通システムへの活用/パネル作品

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計9件)

星加民雄, 佐藤優, 藤本英子, 錯視効果の交通システムへの活用 ジグザグ形式イメージランプ凹凸錯視効果とラウンドアバウト交通システム, Design Research No.75, 査読有, 2017, 92-93

星加民雄, 視覚表現要素としての視点位置と錯視効果 - 「イリュージョンの科学とアート展」を通して-, Design Research No.75, 査読有, 2017, 60-61

藤本英子, 自転車走行環境整備デザインガイドラインの策定に向けて, Design Research No.75, 査読有, 2017, 48-49

星加民雄, 異分野融合型研究の魅力と可能性 プロジェクト研究「錯視効果の交通システムへの活用」を通して-, Design Research No.74, (査読有), 2017, 42-43

星加民雄, 総合芸術としての国際展「REALISM OF MOVEMENT」プロデュース-錯視効果を活用した動きの表現およびコラボレーションとしての動きの表現-, 日本基礎造形学会論文集「基礎造形 025」, 査読有, 2016, 78-81

Hoshika T, Application of visual illusion effects to traffic system, International Symposium on Design Research 2016, Aalt University (Finland), Design Research No.71, 査読有, 2016, 31

佐藤優, 小川博巳(アミクス株式会社技術本部), 紀朝也(アミクス株式会社技術本部), 自転車への注意喚起のための傾斜型路面ラインシートの提案, Design Research No.72, 査読有, 2016, 44-45



星加民雄, ジグザグ形式イメージハンブの凹凸錯視効果とその応用, Design Research, No.69, 査読有, 2015, 76-77  
藤本英子, 自転車走行環境における路面標記の景観との調和について, 芸術工学誌 No.69, 査読有, 2015, 50-51

〔学会発表〕(計2件)

星加民雄, 視点位置と錯視効果—イリュージョンの科学とアート展より—第12回錯覚学ワークショップ, 錯覚科学への諸アプローチとその応用, 明治大学, 2018, p.6

星加民雄, ラウンドアバウト交差点手前の速度抑制効果と円形内シンボルサインのシステムの構築, 第27回日本基礎造形学会秋田大会, 2017, p.14

〔図書〕(計1件)

星加民雄, REALISM OF MOVEMENT EXHIBITION (株)グラフィック, 2017, 52ページ(単著)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: ジグザグ線による隆起錯視形状構造及び交差点

発明者: 星加民雄

権利者: 学校法人君が淵学園

種類: 特許

番号: 特願 2015-222118 号

出願年月日: 平成27年11月12日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<https://hoshika-tamio.com/>

作品発表(計3件)

星加民雄, イリュージョンの科学とアート展プロデュース, White Concerto G, White Concerto O, UNERI, SAZANAMI, 揺れ動くチェカーパターン、揺れ動くトランプ・ジョーカーを探せ, 他, 2017

星加民雄, REALISM OF MOVEMENT EXHIBITION, 企画プロデュース(美術館との共同企画) Emil Ceder Creutzs Art Museum (Finland), 2016, Wave Motion Illusion 1955-2015 (10m) Motion Illusion 09/R&B・01 (7m), Tsunami (4m), 他大作7点出展, 2016

星加民雄, 揺らぎ・01・黒の中の青と赤, だまし絵王エッシャーへの挑戦状, 図録「だまし絵王エッシャーへの挑戦状」, p.48, 熊本市現代美術館, 2016

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

星加 民雄 (HOSHIKA Tamio)

崇城大学・総合教育センター・准教授

研究者番号: 10331068

### (2) 研究分担者

佐藤 優 (SATO Masaru)

神戸芸術工科大学・芸術工学研究科・教授

研究者番号: 20093958

### (3) 研究分担者

藤本 英子 (FUJIMOTO Hideko)

京都市立芸術大学・美術学部/美術研究科・教授 研究者番号: 60336724

### (4) 研究分担者

北岡 明佳 (KITAOKA Akiyoshi)

立命館大学・総合心理学部・教授

研究者番号: 70234234

### (5) 研究分担者

村上 泰浩 (MURAKAMI Yasuhiro)

崇城大学・工学部・教授

研究者番号: 10133563

### (6) 研究分担者

中村 英樹 (NAKAMURA Hideki)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号: 10212101

### (7) 研究分担者

坂本 英俊 (SAKAMOTO Hidetoshi)

熊本大学・大学院先端科学研究科部(工)・教授 研究者番号: 10153917

### (8) 研究分担者

八田 泰三 (HATTA Taizo)

崇城大学・工学部・教授

研究者番号: 40208533

### (9) 研究分担者

勝野 眞言 (KATSUNO Makoto)

崇城大学・芸術学部・教授

研究者番号: 10441891

### (10) 研究分担者

森野 晶人 (MORINO Akihito)

崇城大学・芸術学部・教授

研究者番号: 40389523

### (11) 研究分担者

村松 俊夫 (MURAMATSU Toshio)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号: 00262642

### (12) 研究分担者

山本 早里 (YAMAMOTO Sari)

筑波大学・芸術系・准教授

研究者番号: 90300029

### (13) 研究分担者

甲野 善一郎 (KONO Zenichiro)

崇城大学・芸術学部・准教授

研究者番号: 40449955

### (14) 研究分担者

松尾 幸二郎 (MATSUO Koiro)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号: 50634226

### (15) 研究分担者

和泉 信生 (IZUMI Shinobu)

崇城大学・情報学部・助教

研究者番号: 60553584

### (16) 研究分担者

古賀 元也 (KOGA Motoya)

崇城大学・工学部・助教

研究者番号: 30635628