

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：94301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330241

研究課題名(和文) 視聴覚刺激による注意行動誘発と心的負荷に関する基礎検討

研究課題名(英文) Studies of human attention induction using audio visual stimuli and its effect on human mental load

研究代表者

内海 章 (Utsumi, Akira)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・研究室長

研究者番号：80395152

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：周囲の情報に対するヒトの知覚を自然な方法で強化、あるいは低減する感覚・知覚制御は、ヒトの知覚を特定の情報に向けて誘導し、望ましい行動の発現を強化したり、他者とのインタラクションを誘発するなど、ロボティクス・マンマシンインタフェースの分野で重要な要素技術となる。本研究課題では、ヒトのタスクの妨害を起こしにくい周辺視刺激を中心に視覚刺激と音響刺激の組み合わせによるヒトの注意制御について検討を進め、注意誘導の効果を確認した。さらに注意対象の視認性の違いが対象認識時の眼球運動に与える影響を明確化し、視線挙動から視認の有無を推定して注意誘導の適切な制御を行うための基盤となる知見を得た。

研究成果の概要(英文)：This project has investigated attention control methods using audio and peripheral vision stimuli. Peripheral vision is known to have a superior motion-perception capability. Since central vision is usually used for a primary visual task, it would be quite useful if we could control one's attention by providing assistive information through cues of audio and peripheral vision without interfering with the primary task. We have confirmed the effectiveness of the proposed method through experiments. Furthermore, we examined the relationship between visual cognition difficulty and target-tracking eye movements. Observed gaze movement properties and the difficulty of target visual cognition have a linear relationship, suggesting the possibility of more precise estimation of human target cognition based on them.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：注意誘導 心的負荷 視聴覚刺激 周辺視 眼球運動

### 1. 研究開始当初の背景

日常においてヒトが接する情報は増大の一途を辿っている。一方でヒトが知覚できる情報の量には限界があり、接した情報のすべてを受容することはできない。個々の情報に対するヒトの知覚を強化したり逆に低減させたりする知覚制御・感覚制御は、ヒトの知覚を特定の情報に向けて誘導して望ましい行動の発現を強化したり、他者とのインタラクションを誘発するなど、ロボティクス・マンマシンインタフェースの分野で重要な技術となる。本研究課題では、ヒトのタスクの妨害を起しにくい周辺視刺激を中心に視覚刺激と音響刺激の組み合わせによる注意の制御について検討する。注意制御の成立条件の定量化、視覚・音響提示による注意誘導効果、さらに実用システムに近い頭部非拘束条件においてタスクと連動した注意誘導について評価・検討する。

### 2. 研究の目的

視覚情報によりヒトの注意を誘導するには、注視対象に対応した中心視ではなく周辺視に対する刺激提示が重要となる。周辺視の時間分解能は中心視よりも高いことが知られており、周辺視を選択的に刺激することにより速度や移動方向に関する感覚を変化させることができる。周辺視への情報提示にはヒトの注視を直接妨げないという利点があり、中心視による情報取得を補助したり誘導したりできる可能性がある。実際、これまでに複数の研究グループによって低次視覚を利用した周辺視ディスプレイの試作例が報告されてきた[1]。また、近年になって従来知られていなかった遠周辺部の物体認知機能が明らかになり、周辺視が高次の視覚機能も担っていることが分かってきた[2]。これらを利用することで低次(感覚)レベルに留まらず、高次(認知)レベルでヒトの注意を誘導するディスプレイを実現できる可能性がある。一方でこのような人工的な周辺視刺激を行った場合に感覚制御・情報提示を成立させる条件に関してはまだほとんど知られていない。また、実用的な表示装置の実現を考えると、広範囲の頭部・眼球方向の変化に対しても適切な注意誘導を可能にし、かつ利用者のタスクを妨害したり利用者に違和感・不快感を与えたりしないことが望ましいが、そのために必要となる音響刺激等の視覚以外のモダリティとの組み合わせや、注意制御導入による利用者の行動変化についても検討が進んでいない。本研究課題では、効果的な注意制御の実現に必要なこれらの項目について研究する。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、周辺視の低次特性および認知特性を利用した視覚提示と音響提示を組み合わせた注意制御を成立させる条件について行動指標による計測により定量化する。

その中で実用的な表示装置の実現における課題を考慮し、中心視で行われる注意行動等の視覚的行動を妨害したり、利用者に違和感・不快感を与えたりしないための注視行動に合わせた提示刺激の制御、眼球運動と周辺視刺激の関係についても検討する。高輝度LEDパネルを用いた周辺視刺激提示装置を開発し、より現実的な実験環境下において注意制御効果の評価・確認を行う。

### 4. 研究成果

以下では本課題において得られた研究成果について述べる。

(1) 周辺視覚による注意誘導効果の定量化  
視野周辺部への視覚刺激提示による視覚的注意の誘導効果を調べるため、大型ディスプレイの両端に視覚刺激(ランダムドットフロー)を提示し、直後に中央部に文字を短時間提示して参加者にその種別を回答させる実験を実施した(図1)。

実験は暗環境の室内において行い、画像寸法が横 1428mm 縦 804mm の大型ディスプレイ(TH-58AX800F 58V型、Panasonic)を使用した。被験者の位置は頭部正面がディスプレイの中心となるように調整した。ディスプレイと被験者の距離は約 700 mm である。

図2は実験の結果から得られた視認率の推定結果を示している。ここにみられるように、ディスプレイ両端へのフロー刺激提示によって、遅い速度のフロー表示では誘導効果は認められなかったが、早い速度のフロー提示については正答率が最も高くなる文字提示位置がフローの移動方向に変化しフロー提示による一定の注意誘導効果が確認できた。

(図中実線)。さらに被験者にフローの移動方向と視認対象位置の関係をあらかじめ教示したところ、応答時間が早まりフロー提示を積極的に利用した注意行動が観察された。なかでもフローの提示方向と視認対象の提示位置を一致させた順方向条件では逆方向条件に比べ被験者の早い適応がみられた。また被験者に対して行ったアンケートでは順方向条件の刺激提示が最も直感的で視認対

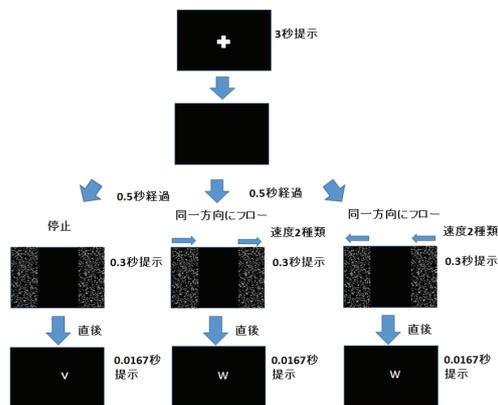


図1 実験手順

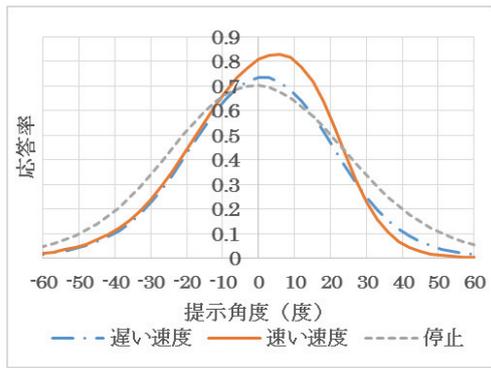


図2 フロー提示による注意誘導効果

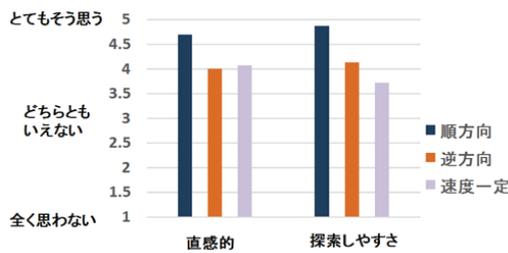


図3 アンケート結果

象を探索しやすいという評価が得られた(図3)。順方向条件のフロー提示が注意誘導に効果的であり、直感的な注意誘導として適していると考えられる。

### (2) 視認行動のモデル化

自動車の運転時のように刻々と変化する状況に応じて歩行者などの注意すべき対象にヒトの注意を誘導し、視覚的な気づきを効率的に誘発させるには、注意の誘導方法に加えて視覚的な気づきの生起を推定する方法が重要となる。視覚的な気づきの生起を推定することができれば、ヒトが注意すべきターゲット(対象)を確認したか否かを判断でき、不必要な誘導を避けながら効率的な誘導情報の呈示が可能になると考えられる。そこで、対象および対象の周囲の視覚的特性が視認行動に与える影響を明らかにするため、対象の視認の難易度の違いと対象視認時の眼球運動の関係の解析を進めた。

実験では視認の難易度に影響を与える要因として、対象の大きさ、明るさ、周囲の妨害の数の3つに着目し、異なる視認難易度における対象視認時の眼球運動を解析した。対象に対する視線挙動を追従時間、最接近時の角度、最接近時の移動方向の差の3項目(図4)について評価した結果、いずれも視認難易度と直線的な関係を持つことが明らかになった(図5に視認難易度と追従時間の関係を示す)。これらの結果から、対象の動きに対する視線挙動が対象およびその周辺の視覚特性によって異なり、対象の視認難易度と一定の関係性を持つことを確認した。ヒトに対する注意誘導を行う際に、移動する対象物

の視認難易度が得られれば対象の動きと視線挙動からより適切に視認の有無を推定できる可能性が示唆される。

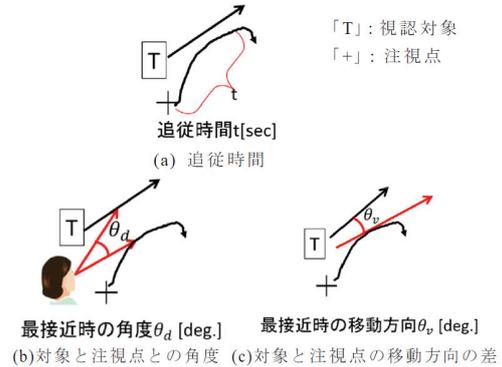


図4 眼球運動に関する解析要素

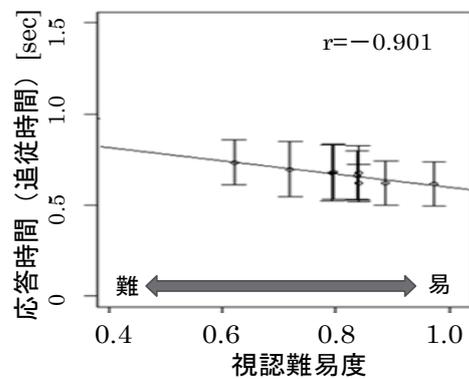


図5 視認難易度と追従時間の関係

### (3) 視覚と聴覚を組み合わせた注意誘導の効果

まず聴覚刺激による注意誘導効果の確認のため、左右方向から呈示されるサイン音(トーン)による注意誘導効果の確認と、注意誘導音の呈示のタイミング(どれくらい事前に呈示されると効果があるのか)による影響を検討した。その結果、500ms程度事前に誘導音を呈示すれば誘導効果が安定して得られることが確認された。逆に100ms以下では妨害となる可能性も示唆された。また、音声(/migi/, /hidari/)による誘導効果も確認された。

以上を踏まえ、視覚と聴覚を組み合わせた注意誘導の効果を確認するためにバーチャルに移動するサイン音と視覚的に移動するブロック刺激との組み合わせによる誘導効果の検討を行った。

聴覚刺激は300Hzの純音で、左または右に500msかけて徐々に移動する場合と移動しない場合を用意した。視覚刺激は、10mm\*10mmの白色の正方形で、画面の下の黒帯の中央から左または右に移動する場合と移動しない場合を用意した。図6に実験画面イメージを

示す。以上の刺激の組み合わせにより、視聴覚刺激がともに移動しない条件(N)、視聴覚刺激が同方向に移動する条件(B)、聴覚刺激のみが移動する条件(A)、視覚刺激のみが移動する条件(V)の4条件が存在する。

画面中央に注視点「+」が呈示された後、被験者はマウスポインタを注視点に合わせると800ms後に純音が正面開始、視覚刺激が中央に呈示される。サイン音および視覚刺激は再生開始後、1200ms~1800msの間で左右に移動した。刺激の移動終了後、300ms後、または、600ms後に、五角形が、左右もしくは真ん中に呈示される(ISI条件)。被験者は、五角形が上向きのおきのみ、なるべく早くボタンを押す様に指示された。

視聴覚刺激のどちらも移動しない条件(N)を基準(赤の実線)として、視覚ターゲットが呈示される位置と移動方向との関係から、BS、AS、VS (S:視聴覚刺激の移動方向に呈示)、BC、AC、VC (C:視聴覚刺激の移動にかかわらず中央に呈示)の6条件との反応時間差 $\Delta RT$ (誘導効果)を被験者毎に求めた。その平均値を図7に示す。図7から、視聴覚による誘導方向と同方向に視覚ターゲットが呈示される条件(実線)ですべて反応が速くなっており、t検定の結果ASのISI=300の場合を除き5%水準で有意であった。また、視聴覚による左右への誘導があるにも関わらず視覚ターゲットが中央に呈示される条件(破線)は、ACとVCのISI=600のおきのみに有意に速くなった。サイン音が移動する方向に注意誘導が可能であること、および、正面に注意している際に、サイン音によって左右に注意誘導されても正面への反応時間が長くないことが示された。

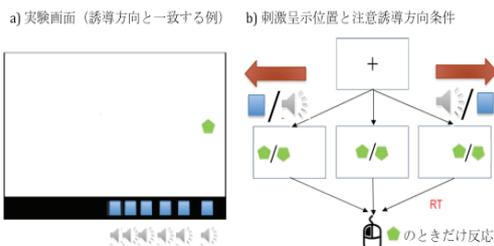


図6 実験手順

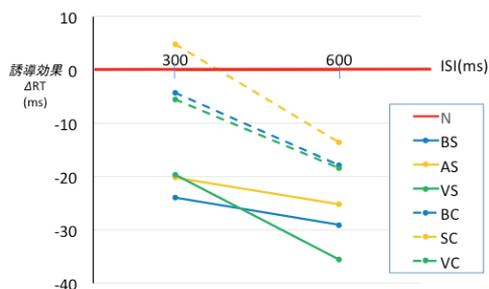


図7 注意誘導効果

移動するサイン音に移動する視覚情報を組み合わせることにより注意誘導効果が確認された。しかし、その効果は視覚情報単独と変わりがなく、視覚に依存しているといえる。条件 BC、AC、VC で有意な妨害効果が確認されなかったことから、有効な誘導方法の一つと考えられ、さらに、「さりげない」かつ「より早く」誘導効果を高めるための視聴覚による誘導を検討する礎となる結果を得た。

(4) 運転タスクにおける注意誘導効果の確認より実用システムに近い頭部非拘束条件において他のタスクと組み合わせられた場合にも、本課題で検討した周辺視野に対するフロー刺激の呈示によって同様の誘導効果が得られるかを検証するため、小型のLEDアレイを用いて、運転シミュレータ運転中の運転者の周辺視野に視覚刺激を提示し実験を行った。実験は運転シミュレータを用いて片側3車線の高速道路を運転する模擬運転環境で行い(図8)、フローの移動方向と視認対象位置の関係をあらかじめ教示した条件(実験I)と教示しない条件(実験II)で実施した。実験結果を図9に示す。ここにみられるようにフローの移動方向と視認対象位置の関係を教示した実験Iにおいて反応時間の有意な向上がみられた。一方、教示を行わなかった実験IIのうち、実験後のインタビューで表示の意味が理解できたと答えた参加者に限って誘導の有無で反応時間を比較すると有意に反応時間が向上していることがわかった(図9、実験II-2)。

実験の結果、誘導刺激とターゲット刺激の関係に気付くことでターゲット刺激への反応が速くなり、反応率が向上した。これらの結果より、LEDアレイを用いた周辺視野への視覚刺激提示は、運転時の注意誘導支援に一定

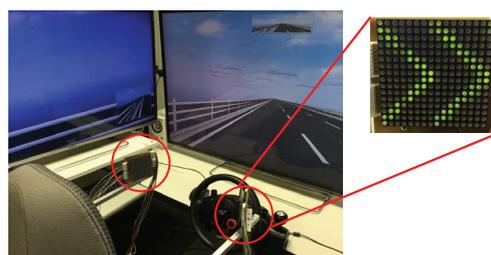


図8 実験環境

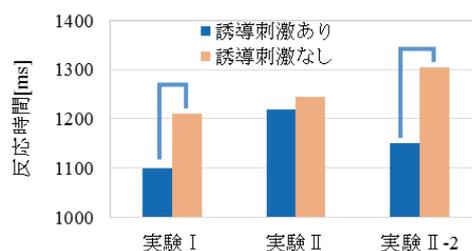


図9 誘導刺激の効果

の効果の有すると考えられる。

以上述べた通り、本研究課題では、ヒトのタスクの妨害を起こしにくい周辺視刺激を中心に視覚刺激と音響刺激の組み合わせによるヒトの注意制御について検討を進め、注意誘導の効果を確認した。さらに注意対象の視認性の違いが対象認識時の眼球運動に与える影響を明確化し、視線挙動から視認の有無を推定して注意誘導の適切な制御を行うための基盤となる知見を得た。

<引用文献>

[1] 岡野 裕, 雑賀 慶彦, 橋本 悠希, 野嶋 琢也, 梶本 裕之: 「周辺視ディスプレイを用いた自己運動感覚の増強」, 日本バーチャルリアリティ学会第 12 回大会論文集, (2007 年 9 月) pp. 139-140.

[2] Thorpe SJ, Gegenfurtner KR, Fabre-Thorpe M, Bülthoff HH. (2001). Detection of animals in natural images using far peripheral vision. *European Journal of Neuroscience*, 14(5), 869-76.

## 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)

[学会発表] (計 13 件)

①Hideho Sakaguchi, Akira Utsumi, Kenji Susami, Tadahisa Kondo, Masayuki Kanbara, Norihiro Hagita, Analysis of Relationship between Target Visual Cognition Difficulties and Gaze Movements in Visual Search Task, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2017), 2017 年 10 月 5-8 日, Banff (Canada)

②Takayoshi Kishida, Kenji Susami, Akira Utsumi, Sensitivity of visual motion to two stimuli presented in peripheral vision with horizontal eccentricities of 20° to 50°, 40th European Conference on Visual Perception (EVP 2017), 2017 年 8 月 27-31 日, Berlin (Germany)

③鈴木祐基, 近藤公久, 内海 章, 須佐見 憲史, 移動する視聴覚刺激による注意誘導効果, 電子情報通信学会 2017 年総合大会, 2017 年 3 月 22 日, 名城大学 (愛知県・名古屋市)

④阪口栄穂, 内海 章, 須佐見憲史, 近藤公久, 神原誠之, 萩田紀博, 視認性の違いが対象認識時の眼球運動に与える影響, 電子情報通信学会 画像工学研究会, 2017 年 3 月 7 日, 九州大学 (福岡県・福岡市)

⑤内海 章, 不二門 尚, 肥塚 泉, 萩田紀博, 再帰性反射を用いた眼球運動計測-動物眼による検討-, 計測自動制御学会第 21 回パターン計測シンポジウム, 2016 年 11 月 19 日, 徳島大学 (徳島県・徳島市)

⑥谷澤拓也, 井上祐太, 内海 章, 須佐見憲史, 近藤公久, 和田 健, 周辺視野への視覚刺激を用いた自動車運転時の注意誘導方法の検討, 映像情報メディア学会ヒューマンイ

ンフォメーション研究会, 2016 年 3 月 8 日, 東京農工大学 (東京都・小金井市)

⑦阪口栄穂, 内海 章, 須佐見憲史, 近藤公久, 和田 健, 対象の動きと眼球運動の相関による気づき検知手法の検討, 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会, 2016 年 3 月 8 日, 東京農工大学 (東京都・小金井市)

⑧井上祐太, 谷澤 拓也, 内海 章, 須佐見憲史, 近藤公久, 高橋和彦, 周辺視刺激による視覚的注意の誘導およびその学習効果の検討, 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会, 2016 年 2 月 22 日, 北海道大学 (北海道・札幌市)

⑨井上祐太, 谷澤 拓也, 内海 章, 須佐見憲史, 近藤公久, 高橋和彦, 視覚刺激の提示による人の視覚的注意誘導に関する検討, 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会, 2015 年 11 月 6 日, 機械振興会館 (東京都・港区)

⑩近藤公久, 中村風沙, 音声に含まれる感情情報の注意誘導に対する影響, 電子情報通信学会 2015 年ソサイエティ大会, 2015 年 9 月 10 日, 東北大学 (宮城県・仙台市)

⑪中西賢汰, 紀ノ定保礼, 内海 章, 多田昌裕, 運転者状態の共有による歩行者事故低減技術の効果検証の試み, 映像情報メディア学会 メディア工学研究会, 2015 年 5 月 29 日, 龍谷大学響都ホール (京都府・京都市)

⑫小坂田 光, 樋口 滉紀, 内海 章, 多田昌裕, 装着型センサを用いたドライビングシミュレータ上でのリアルタイム運転アドバイシステムの開発, 映像情報メディア学会メディア工学研究会, 2015 年 5 月 29 日, 龍谷大学響都ホール (京都府・京都市)

⑬岸田峻佳, 須佐見憲史, 近藤公久, 内海 章, ドライビングシミュレータを用いた自動車運転が心拍・呼吸反応に及ぼす影響, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, 2015 年 5 月 19 日, 沖縄産業支援センター (沖縄県・那覇市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

内海 章 (UTSUMI, Akira)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・研究室長

研究者番号: 80395152

### (2) 研究分担者

近藤 公久 (KONDO, Kimihisa)

工学院大学・情報学部・教授

研究者番号: 60418548

### (3) 研究分担者

須佐見 憲史 (SUSAMI, Kenji)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・連携研究員

研究者番号: 90222059