

|                  |   |
|------------------|---|
| Title            | 複合現実感における人体影響とその軽減策に関する生体情報工学的研究  |
| Sub Title        | An evaluation study on biological effect of mixed reality stimulation used for a driver assistance system and its reduction method  |
| Author           | 中島, 佐和子(Nakajima, Sawako)   |
| Publisher        |   |
| Publication year | 2010  |
| Jtitle           | 科学研究費補助金研究成果報告書 (2009. )  |
| JaLC DOI         |   |
| Abstract         | 本研究の目的は、生体影響の少ない複合現実感(MR, Mixed Reality)技術の開発を通じて、MR機器の可能性を広げることである。第一に、幅広い情報提示を実現するための運転支援用の新しい広視野MRディスプレイを設計し、幅広いユーザ層に対して実世界を意識した生体影響評価を定量的かつ総合的に実施できる生体影響評価システムを開発した。第二に、開発した評価システムを用いて予備実験を行い、生体影響の少ないMR機器の具体的な設計指針の一端を見出すことができた。 |
| Notes            | 研究種目：若手研究(スタートアップ)<br><br>研究期間：2007～2009<br><br>課題番号：19800042<br><br>研究分野：工学<br><br>科研費の分科・細目：メディア情報学・データベース  |
| Genre            | Research Paper  |
| URL              | <a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_19800042seika">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_19800042seika</a>                               |

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

## 様式 C-19

# 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2007～2009

課題番号：19800042

研究課題名（和文） 複合現実感における人体影響とその軽減策に関する生体情報工学的研究

研究課題名（英文） An Evaluation Study on Biological Effect of Mixed Reality Stimulation used for a Driver Assistance System and its Reduction Method

研究代表者

中島 佐和子 (NAKAJIMA SAWAKO)

慶應義塾大学・理工学部・助教

研究者番号：40453542

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、生体影響の少ない複合現実感（MR, Mixed Reality）技術の開発を通じて、MR 機器の可能性を広げることである。第一に、幅広い情報提示を実現するための運転支援用の新しい広視野 MR ディスプレイを設計し、幅広いユーザ層に対して実世界を意識した生体影響評価を定量的かつ総合的に実施できる生体影響評価システムを開発した。第二に、開発した評価システムを用いて予備実験を行い、生体影響の少ない MR 機器の具体的な設計指針の一端を見出すことができた。

研究成果の概要（英文）：

Mixed Reality (MR) sickness, a kind of motion sickness is caused by sensory conflicts between the real world and virtual world. In this study, firstly, we developed an MR display using wide field Head-Up Display for advanced driver assistance systems and its evaluation system available for physically various kinds of people such as elderly and disabled people. Secondly, we made a preliminary evaluation on biological effect in this system. On the basis of these findings, we discussed about a method of diminishing MR sickness for further expansion of MR technology in real environment.

交付決定額

（金額単位：円）

|         | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2007 年度 | 1,180,000 | 0       | 1,180,000 |
| 2008 年度 | 460,000   | 324,000 | 784,000   |
| 2009 年度 | 620,000   | 0       | 620,000   |
| 年度      |           |         |           |
| 年度      |           |         |           |
| 総計      | 2,260,000 | 324,000 | 2,584,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：メディア情報学・データベース

キーワード：バーチャルリアリティ、ディスプレイ、生体医工学、生理心理学、運転支援、ヒューマン・インターフェース、動搖病、サイバーシックネス

## 1. 研究開始当初の背景

複合現実感（MR, Mixed Reality）とは、実環境と仮想環境の情報を巧みに重ねあわせることにより、人間にとて理解しやすい情報を提示し、外科手術や複雑な組み立て作業などを支援するヒューマン・インターフェース技術である。現在、HMD（Head-Mounted Display）やHUD（Head-Up Display）などのバーチャルリアリティ（VR）や五感情報通信やウェアラブル技術の発展に伴い、医療、福祉、交通、教育や芸術などの様々な分野における新しい支援技術としての複合現実感をどのように実現していくかという段階に来ている。一方、こうした人工的な情報をユーザーに対して安全に提示するにはどのようにしたら良いかという生体影響評価の視点からの議論も大切である。肝心の身体への安全性という点での技術的な不透明性が、こうした新しい技術の実用性を制約していることは否めない。このような背景の中で、「安全性を確保した許容範囲の推定」といった、人間と機械の接点における境界領域を定量的に認識し、かつその予防的な利用を見出することは、これからのヒューマン・インターフェース開発の全てに求められる重要な事項である。

今後加速する社会の超高齢化により、様々な身体特性を有するユーザに対応した機器設計が本格的に必要となる。このような背景を踏まえ、複合現実感技術を利用した支援技術としての可能性を拡大させるためには、本来システムがもつ技術的な可能性を広げていくことが必要不可欠となると考えられる。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、生体影響の少ないヒューマン・インターフェースの開発を通じて、実環境指向の複合現実感技術を利用した安全な情報提示方法の可能性を広げることを目指す。これまでに、具体的な応用環境として、自動車運転支援向けの映像重畳装置（MRディスプレイ：図1）の生体影響評価を行ってきた。本研究では、これまでに使用してきた生体影響評価システムの課題を改善し発展させることで、MRディスプレイのもつ機能をさらに充実させ、身体への親和性という観点からユーザへの情報提示の可能性を拡充することを目的に新たな知見を得る。具体的には、以下の二つの段階を従い研究を進める。

（1）情報提示方法の改良と拡充を目的として、MRディスプレイにどのような情報を提示すべきかを再検討するために、幅広いユーザ層を対象に実世界を意識したMRの生体影響評価を定量的かつ総合的に実施できる新しいMRディスプレイとその生体影響評価システムを開発構築する。開発の際には、従来システムを用いての予備的な生体計測実験を行いつつ、新システムで新たに付加する要素や改良点を確認しながら開発を進める。

（2）新たに開発したMRディスプレイと評価システムを用いた生体影響評価実験を行い、映像重畳装置がさらに充実した支援システムとなるように、身体への親和性という観点から情報提示方法の可能性を広げるための具体的な方針を検討する。

## 3. 研究の方法

本研究での生体影響評価実験は、以下の方に基づき実施する。

HUDを用いたMRディスプレイからなる運転支援技術を具体例として取り上げ、振動や搖れるある実環境において生じる実像と虚像（センサ像）の間のMRずれ（画像処理などが原因で実像に対し虚像が僅かに遅れて提示されることにより、身体の動きに伴い両者の間のずれが空間的に広がって知覚される現象）の生体影響評価を行う。

実験システムは、MRディスプレイ、着座式の人体加振装置、振動波形発生器、大型スクリーン（130 inch）、プロジェクタ、2Dドライビングシミュレータなどから構成される。CCDカメラ経由のスクリーン映像（虚像）は、ハーフミラー上（被験者の0.65 m前方）



Fig. 1 MR environment for an advanced driver assistance system.

で再びスクリーンの実像と一致するように映像重畠装置側で電子的に拡大縮小させ、また、虚像の刺激強度（明るさ）に関しても実像と同程度になるように映像重畠装置側で設定する。

刺激提示時間は10分間であり、その間、被験者は2Dのドライビングシミュレータを行ふと同時にピッチ方向に正弦波状の加振刺激を提示される。提示する加振刺激は、周波数が0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 2.0 Hz、振幅が0.675 deg（被験者の頭部位置に生じる変位量）のピッチ方向の正弦波に設定する。走行時を想定し、身体が振動する動的環境における実像と虚像のMRずれの生体影響を評価するために、実像のみ提示した条件A（MRずれなし）と実像にカメラからの虚像を加えた条件B（MRずれあり）の2つの条件で実験を行う。

#### 4. 研究成果

##### （1）

研究の前半部では主に、より幅広い情報提示を実現するための新しいMRディスプレイの設計とその開発を行った。具体的には、視野角の拡大、解像度のアップ、位置決め精度の向上、カラー化などに着手した。この広視野MRディスプレイを利用することにより、重畠映像の質的な向上だけでなく、人間の環境認知において重要な周辺視野への視覚情報支援も可能になった。また、それと並行して、従来の車載用MRディスプレイを利用して、振動環境下におけるMR映像刺激の慣れや音刺激を利用したMR酔いの低減について検討した。その結果、10分間のMR映像刺激による生じる平衡機能の不安定化の影響は繰り返し行うことにより改善されるといった慣れの効果は生じにくいくことや、56 dB(A)のホワイトノイズをMR映像刺激直後に提示することにより平衡機能の不安定化が抑制される（音を提示しないコントロール実験では重心動揺量の増加が見られるのに対して、音を提示した実験においては重心動揺量が増加しない）といったMR酔い軽減策としての聴覚刺激の有用性が示唆された。さらに、MRディスプレイによる作業支援は多様な可能性を備えることから、健常成人だけでなく高齢者や脳卒中などにより身体機能の衰えた人たちを含めて評価をする必要性がある。そのため、身体機能の複雑さに対して柔軟に対応できる計測システムの開発が必要となった。そこで、この新しいMRディスプレイには、MR映像遅延時間を自在に制御できる機能を搭載し、多様な身体機能のユーザに対しても簡便に計測できるベクション刺激による運動残効を利用した生体影響評価指標を新たに開発した。

以上より、幅広いユーザ層に対して実世界

を意識したMRの生体影響評価を定量的かつ総合的に実施できる新しい広視野MR実験システムを構築することができた。

##### （2）

研究の後半部では、本研究で開発した広視野MRディスプレイを搭載した新しい実験システムを駆使し、主に、I) 虚像の映像遅延、II) 虚像の映像表示画角の観点から、ユーザへのMR情報提示をどの程度まで安全に広げることができるかを推定する試みを具体化するための予備実験を行った。運転環境を想定した身体加振周波数帯域（ピッチ方向の正弦波、0.1から2.0 Hz）の振動条件下における10分間の2Dドライビングシミュレータの後に生体影響評価を行った。いくつかの映像遅延条件を用いた実験の結果、実像に対する虚像の映像提示遅延時間が増大するほど、特に1.0から0.4 Hzより低周波な加振領域において、自律神経系の呼吸ピーク周波数が上昇し、また、平衡機能系の重心動揺量（COPの軌跡長）が増大するという加振周波数に依存した傾向が一部に示された。一方、被験者2名を対象とした予備実験では、虚像の提示視野角の拡大によっては、 $17.6 \times 6.2 \text{ deg}$ から $18.2 \times 13.6 \text{ deg}$ の映像範囲においては生体影響の程度を著しく増大させるという程度には至らなかった。

以上より、特に低周波な振動条件下においてMRディスプレイの使用が想定される場合には、映像遅延条件を適切に設定した機器設計を行うことにより、これまで問題としてきた揺れや振動のある実環境での使用において生じる違和感や生体影響を惹起させにくく、また、実用場面に無理なく浸透するような身体への親和性が高いMR機器を実現化させるための方向性の一端を見出すことができた。実環境使用のMRディスプレイによる情報提示方法の可能性を広げるために重要な基礎的知見を得ることができたと考えられる。

#### 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10件）

Sawako Nakajima, Shuchi Ino, Kazuhiko Yamashita, Mitsuru Sato and Akio Kimura, Evaluation of Mixed Reality Sickness by Changing the Time Lag between Real Images and Virtual Images in an Advanced Driver Assistance System, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress of the IUPESM 2009 (WC2009), 査読有, 2009, 426-429

Shuichi Ino, Minako Hosono, Mitsuru Sato, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita and Takashi Izumi, A Preliminary Study of a Power Assist System for Toe Exercise using a Metal Hydride Actuator, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress of the IUPESM 2009 (WC2009), 査読有, 2009, 287-290

Mitsuru Sato, Minako Hosono, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita, Takashi Izumi, Shuichi Ino, Surplus Heat Drive Actuator using MH Alloys for Assistive Devices, Proceedings of the International Conference on Industrial Technology IEEE ICIT 2009, 査読有, 2009, 1138-1143

Shuichi Ino, Minako Hosono, Mitsuru Sato, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita and Takashi Izumi, A Soft Metal Hydride Actuator Using LaNi5 Alloy and a Laminate Film Bellows, Proceedings of the International Conference on Industrial Technology IEEE ICIT 2009, 査読有, 2009, 1215-1220

Sawako Nakajima, Shuichi Ino, Kazuhiko Yamashita, Mitsuru Sato, Akio Kimura, Proposal of Reduction Method of MR Sickness using Auditory Stimuli for Advanced Driver Assistance Systems, Proceedings of the International Conference on Industrial Technology IEEE ICIT 2009, 査読有, 2009, 359-363

Shuichi Ino, Mitsuru Sato, Minako Hosono, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita, Toshiaki Tanaka, Takashi Izumi, Prototype Design of a Wearable Metal Hydride Actuator Using a Soft Bellows for Motor Rehabilitation, Proceedings of the 30<sup>th</sup> International Conference of IEEE EMBS, 査読有, 2008, 3451-3454

井野秀一, 鈴木康夫, 中島佐和子, 立体映像と生体影響 - 生理学的アプローチによる映像呈示技術の安全評価研究 -、光アライアンス, 日本工業出版、査読有、19巻、6号、2008、33-38

山下和彦, 岩上優美, 今泉一哉, 中島佐和子, 井野秀一, 伊福部達, 小山裕徳, 川澄正史, SDA法を用いた姿勢制御能の加齢変化の解析、ライフサポート学会誌、査読有、20巻、1号、2008、31-37

S. Nakajima, S. Ino, and T. Ifukube, A Preliminary Study of MR Sickness Evaluation Using Visual Motion Aftereffect for Advanced Driver Assistance Systems, Proceedings of the

29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biological Society, 査読有, 2007, 3044-3047

中島佐和子, 井野秀一, 伊福部達, 複合現実感の車両応用時の生体影響に関する定量的評価、日本生体医工学会誌、査読有、45巻、1号、2007、84-91

#### [学会発表](計15件)

“Evaluation of Mixed Reality Sickness by Changing the Time Lag between Real Images and Virtual Images in an Advanced Driver Assistance System”, Sawako Nakajima, Shuichi Ino, Kazuhiko Yamashita, Mitsuru Sato and Akio Kimura, 11th International Congress of the IUPESM 2009 (WC09), Munich (Germany), 2009.9.9

“A Preliminary Study of a Power Assist System for Toe Exercise using a Metal Hydride Actuator”, Shuichi Ino, Minako Hosono, Mitsuru Sato, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita and Takashi Izumi, 11th International Congress of the IUPESM 2009 (WC09), Munich (Germany), 2009.9.9

“Proposal of Reduction Method of MR Sickness using Auditory Stimuli for Advanced Driver Assistance Systems”, Sawako Nakajima, Shuichi Ino, Kazuhiko Yamashita, Mitsuru Sato, Akio Kimura, 2009 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT09), Melbourne (Australia), 2009.2.12

“A Soft Metal Hydride Actuator Using LaNi5 Alloy and a Laminate Film Bellows”, Shuichi Ino, Minako Hosono, Mitsuru Sato, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita, Takashi Izumi, 2009 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT09), Melbourne (Australia), 2009.2.12

“Surplus Heat Drive Actuator using MH Alloys for Assistive Devices”, Mitsuru Sato, Minako Hosono, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita, Takashi Izumi, Shuichi Ino, 2009 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT09), Melbourne (Australia), 2009.2.11

「広視野 HUD を用いたドライバ支援のためのMRシミュレータの構築とその評価」, 中

島佐和子，井野秀一，佐藤満，山下和彦，木村彰男，日本バーチャルリアリティ学会第13回大会，奈良，2008.9.26

"Prototype Design of a Wearable Metal Hydride Actuator Using a Soft Bellows for Motor Rehabilitation", Shuichi Ino, Mitsuru Sato, Minako Hosono, Sawako Nakajima, Kazuhiko Yamashita, Toshiaki Tanaka, Takeshi Izumi, 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biological Conference (EMBC08), Vancouver (Canada), 2008.9.22

「広視野 HUD 式ドライバ支援システムに関する基礎的研究」，中島佐和子，井野秀一，佐藤満，山下和彦，木村彰男，ヒューマンインターフェースシンポジウム，大阪，2008.9.3

「振動環境下における MR ドライバ支援システムの生体工学的研究 - 生体影響評価とその軽減策の模索 - 」，中島佐和子，井野秀一，佐藤満，山下和彦，木村彰男，平成 20 年度第 1 回 VR リハビリテーション研究委員会講演会（日本 VR 医学会），三菱プレシジョン株式会社鎌倉事業所，神奈川，2008.6.3

「VR を利用した自動車運転支援システムの低周波振動時の生体影響評価」，中島佐和子，井野秀一，佐藤満，山下和彦，木村彰男，計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2007，東京，2007.11.27

"A Preliminary Study of MR Sickness Evaluation Using Visual Motion Aftereffect for Advanced Driver Assistance Systems"，Sawako Nakajima, Shuichi Ino and Tohru Ifukube, 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biological Conference (EMBC07), Lyon (France), 2007.9.24

「低周波振動のある MR 環境下における平衡感覚特性の時間的推移」，中島佐和子，井野秀一，伊福部達，日本バーチャルリアリティ学会第 12 回大会，福岡，2007.9.19

「運動残効を利用した HUD 式ドライバ支援システムの生体影響評価」，中島佐和子，井野秀一，黒木速人，伊福部達，ヒューマンインターフェースシンポジウム 2007，東京，2007.9.4

「複合現実感における生体影響とその軽

減策に関する研究」，中島佐和子，井野秀一，デンソー出張講義セミナー，デンソースクエア，愛知県刈谷市，2007.6.29

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等  
[http://www.keio.ac.jp/english/research/atoz\\_sci\\_tech.html](http://www.keio.ac.jp/english/research/atoz_sci_tech.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中島 佐和子 (NAKAJIMA SAWAKO)  
慶應義塾大学・理工学部・助教  
研究者番号 : 40453542

(2) 研究分担者  
該当なし

(3) 連携研究者  
該当なし