

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：56301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01099

研究課題名(和文) 没入型デバイスと拡張現実感技術を用いた「電磁界が見えるメガネ」の開発

研究課題名(英文) Development of visualization system for electromagnetic field using immersive devices and augmented reality technology

研究代表者

松友 真哉 (Matsutomo, Shinya)

新居浜工業高等専門学校・電子制御工学科・准教授

研究者番号：90413856

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)：本研究では、直接目で見て観察することができない電磁界を初学者にも直観的に理解させる学習支援ツールとして、没入型デバイスを活用した電磁界可視化システムを提案し開発することを目的とした。本研究の成果として、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)、拡張現実感技術(AR)や仮想現実感技術(VR)を利用して、電磁界という直観的にイメージし難い空間的な分布を、あたかもその場に存在しているかのように提示することを実現した。この可視化システムを利用することによって、ユーザは「電磁界が見えるメガネ」をかけるように気軽に電磁界を観察することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の主たる成果は、電磁界という目には見えない世界を容易に観察可能で、直観的に理解し易い可視化法を提案し、実現できたことにある。本研究は、学術的には近年の電磁界解析の大規模化・高度専門化の流れとは異なり、初学者にも活用可能な電磁界のリアルタイム可視化という新たな発展分野を示すものでもある。また、一般に種々の教材のデジタル化が進む中において、教育現場でより高度にヘッドマウントディスプレイ(HMD)、拡張現実感技術(AR)や仮想現実感技術(VR)を利用する手法を提案したことは社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Since an electromagnetic field is inherently invisible, it is useful to develop effective-teaching materials which can make beginning electromagnetics-learners imagine the electromagnetic field. In this research, we developed a method to combine Augmented Reality (AR) technology / Virtual Reality (VR) technology and immersive device to visualize an electromagnetic field. Additionally, we had newly developed a teaching material to measure an actual magnetic field distribution by using many 3-axis magnetic field sensors, and we have studied a method to effectively visualize a magnetic field. This developed visualization system utilizes AR/VR technology, and it is possible to observe the electromagnetic field in 3D space.

研究分野：電磁界可視化

キーワード：電磁界可視化 没入型デバイス 拡張現実感技術 仮想現実感技術 学習支援システム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電磁界は直接目で見て観察することができないため、電磁気学の授業等で、初学者に電磁界をイメージさせることは難しい。そこで、コンピュータシミュレーションを利用した可視化を活用すれば、ユーザは疑似的に電磁場を観察することができ、理解の一助となる。しかし、単に通常のディスプレイでコンピュータシミュレーションの結果を観察させても実体験として印象に残らず、直観的な理解には結びつかない問題がある。一方、近年、ヘッドマウントディスプレイ等の没入型デバイスの開発が盛んで、民生用のデバイスも市場に数多く出回り始めており、今後更なる普及が予想される。これらのデバイスを有効に活用すれば、ユーザに仮想空間と現実空間の区別なく様々な空間を提示することができ、新たな教育ツールとなる可能性がある。しかしながら、没入型デバイスの教育利用に関しては未だ事例が少なく、多くの教材開発が望まれる。

2. 研究の目的

本研究では、没入型デバイスを活用した電磁界可視化システムを開発することを目的とした。この提案システムは、電磁界という直観的にイメージし難い場の分布をあたかもその場に存在しているかのように提示することで、ユーザに「電磁界が見えるメガネ」をかけているように気軽に電磁界を観察させることができるものである。

3. 研究の方法

<没入型デバイスを活用した電磁界可視化システム>

本研究では、没入型デバイスを利用する開発環境として、図1に示すようなヘッドマウントディスプレイ(HMD)を使用した。仮想現実(VR)空間での電磁界可視化には、Unityを使用した。また、HMD単体では一人で空間を観察することしかできないため、多人数参加型の可視化方法も検討した。図2に検討したシステム構成を示す。

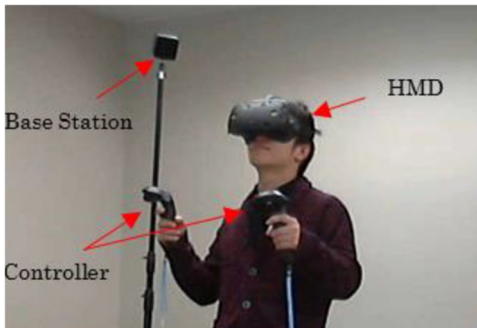


図1. HMDを利用した可視化(外観)

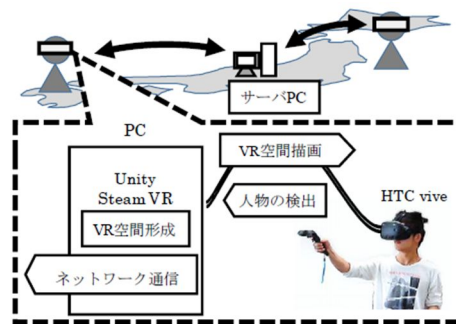


図2. 多人数参加型システムの構成

可視化システムでの可視化対象は、磁界から電界へと拡充していき、ユーザの利用アンケート結果等から可視化機能を追加した。また、拡張実感(AR)を利用した可視化方法の検討も行った。これについては、通常授業での導入容易性から、携帯情報端末で実行可能であることを目標に可視化アプリを開発した。

<計測データとARを利用した方法>

本研究では、当初、コンピュータシミュレーションによる電磁界解析を用いてリアルタイムに電磁界を計算し、ユーザに可視化して提示するアプローチを採用していた。この場合、直観的イメージをユーザに与えることは可能であるが、現実の実験ではないため、仮想の範疇を脱し得ない課題は内在していた。そこで、本研究の新たな発展として、計測データとARを融合した新しい可視化手法を検討した。そのために、3軸磁気センサを縦横10×15個の合計150個配置し、平面上の磁界分布を測定する測定デバイスを製作し、計測データとARを融合した可視化手法を提案した。

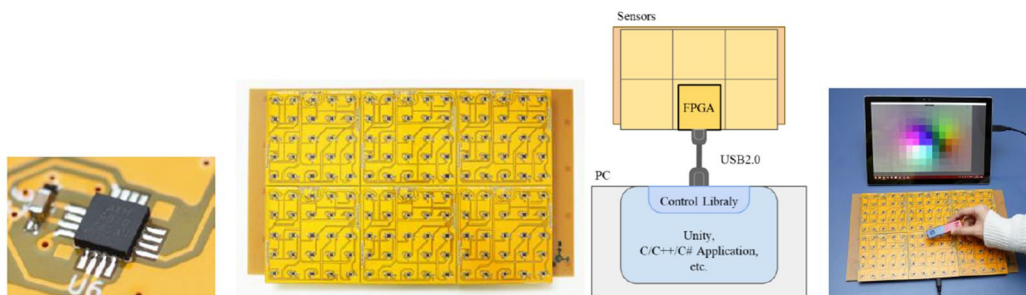


図3. 磁気センサと計測デバイスおよび構成とPC上での磁界観察例

4. 研究成果

まず、HMD を使用した際にコントローラで磁石や電荷を移動させ、それに応じた磁力線、電気力線が描画できる可視化システムを構築した。これによって、ユーザは自らの手で磁石や点電荷を3次元空間内の好きな場所に移動することができ、その際の電磁界分布をリアルタイムに観察することが可能となった。特にHMDによるVR空間での可視化に際しては、VR酔いを引き起こさない観点から、50fps程度の可視化速度が必要であることが分かった。

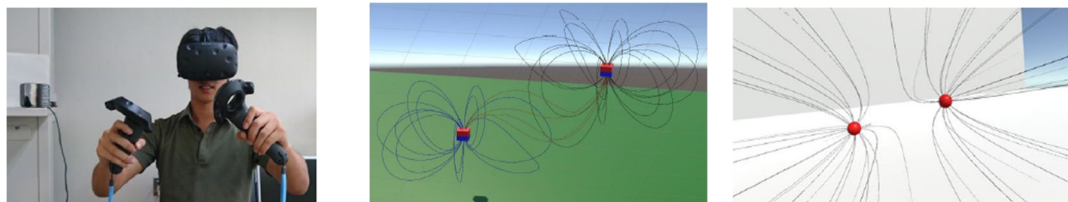


図4. HMDによるVR空間内で電磁界可視化

次に、教材としての機能拡充を目的に、電磁界の断面表示および可視化内容に対応する法則の数式表示を行った。これによって、任意断面での電磁界の様子を観察することが可能となった。また、数式表示機能によって、例えば電荷間の距離を変化させた際に、法則の数式で、どの項が変化するかを直観的に理解できるようになった(図5)。さらに、遠隔授業で複数人が参加し観察空間を共有する方法も検討し、通信速度やユーザどうしの姿の表示法など今後解決すべき点が明確になった(図6)。

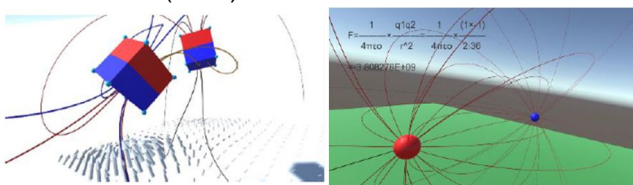


図5. 断面の可視化機能と数式表示

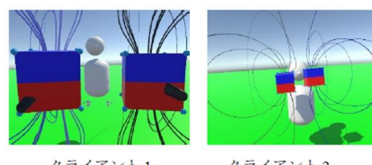


図6. 遠隔授業対応の可視化

また、携帯情報端末とAR技術を利用した可視化手法を検討した。これは、通常の授業等で容易に導入可能な教材として開発を行ったものである。任意のマーカをARマーカとして登録して、磁石の作る磁界が可視化できるようにした。さらに、平面マーカだけでなく、立体マーカも認識できるようにし、磁石を3次的に自由に回転させても追従して可視化を行うことが可能となった(図7)。

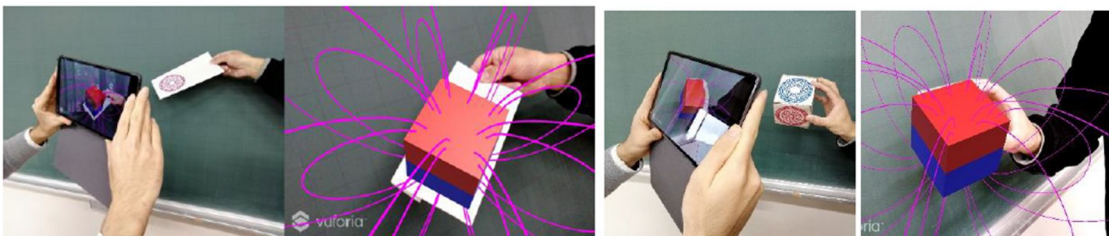


図7. 携帯情報端末とAR技術を利用した可視化

計測データとARを利用した可視化システムを開発した。ARマーカをセンサデバイスに貼り付けてカメラで撮影することで、センサデバイスの場所が特定できる。そして、計測データと撮影画像を合成して可視化することで、センサデバイス断面での磁界の様子が観察できる。また、データを3次的に保持して観察する機能も実現した。これらの試みによって、従来のARやVRの域を超えた、新たな可視化手法を提案することができた。



図8. 計測データとAR技術を利用した可視化

研究成果の一部は「ひらめき ときめきサイエンス」(2016) (2017) (2018)で、小中学生に公開し体験してもらった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 松友真哉, 眞鍋知久, 松木剛志, 田中大介	4. 巻 第103巻第5号
2. 論文標題 AR/VR技術と高速電磁界計算手法を融合した電磁界可視化システムの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気評論 第652号	6. 最初と最後の頁 65-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Noguchi So, Matsutomo Shinya, Cingoski Vlatko	4. 巻 54
2. 論文標題 An Adaptive FEM Based on Magnetic Field Conservation Applying to Ferromagnetic Problems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2017.2754862	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shinya Matsutomo; Tomohisa Manabe; Vlatko Cingoski; So Noguchi	4. 巻 99
2. 論文標題 A computer aided education system based on augmented reality by immersion to 3-D magnetic field	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2017.2665563	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 河村悠汰, 杉龍明, 山内康平, 眞鍋知久, 松友真哉
2. 発表標題 電磁気学教育のためのAR/VR を利用した電磁界可視化システムの開発
3. 学会等名 平成30年度電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山内康平, 谷崎礼治, 眞鍋知久, 松友真哉, 野口聡
2. 発表標題 ARと3軸磁気センサを使った磁界可視化教材の検討
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河村悠汰, 長井玲音, 眞鍋知久, 松友真哉, 野口聡
2. 発表標題 AR/VRを利用した電磁界可視化システムの開発(その2)
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷崎礼治, 山内康平, 松友真哉, 野口聡
2. 発表標題 3軸磁気センサを使った磁界可視化教材の検討
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noguchi So, Matsutomo Shinya, Cingoski Vlatko
2. 発表標題 An Adaptive FEM Based on Magnetic Field Conservation Applying to Ferromagnetic Problems
3. 学会等名 21st International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (Compumag2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河村悠汰、杉龍明、眞鍋知久、松友真哉
2. 発表標題 没入型デバイスを用いた磁界可視化教材の開発
3. 学会等名 平成29年電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福山舟、杉龍明、眞鍋知久、松友真哉
2. 発表標題 VR技術を利用した電界可視化法の検討
3. 学会等名 平成29年電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉龍明、眞鍋知久、河村悠汰、松友真哉
2. 発表標題 Virtual Realityによる教育支援教材の可視化
3. 学会等名 平成29年電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉龍明、徳久龍之介、眞鍋知久、河村悠汰、松友真哉
2. 発表標題 VR技術による遠隔授業支援ツールの検討
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河村悠汰、杉龍明、眞鍋知久、松友真哉、野口聡
2. 発表標題 AR/VRを利用した電磁界可視化システムの開発
3. 学会等名 平成30年電気学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Matsutomo; Tomohisa Manabe; Vlatko Cingoski; So Noguchi
2. 発表標題 A computer aided education system based on augmented reality by immersion to 3-D magnetic field
3. 学会等名 2016 IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (CEFC) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松友真哉
2. 発表標題 AR (拡張現実感) 技術を利用した磁界可視化システムの開発
3. 学会等名 電気学会北海道支部 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----