

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：34203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11404

研究課題名(和文) 3D表示物との自然な相互作用を可能にする視覚的知覚情報の推定に関する研究

研究課題名(英文) Technique of estimating visually perceptual information to enable natural interaction with virtual objects presented with 3-D displays

研究代表者

鈴木 雅洋 (Suzuki, Masahiro)

聖泉大学・人間学部・准教授

研究者番号：30397046

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：3D表示物の位置をユーザーの動作から推定し、推定位置に身体が位置したときに相互作用を実行する技術を研究し、次の成果を得た。(a)最適推定関数の可能性を確認した。(b)関数近似をリアルタイムで高速・高精度で実行できるアルゴリズムの可能性を確認した。(c)対象物への様々な操作が従来法に比べ円滑で自然にできる可能性を確認した。(d)3Dディスプレイを用いた複合現実環境を実現する複数の方式で本技術の必要性、有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3Dディスプレイを用いた複合現実環境や拡張現実環境などで、奥行き知覚の個人差を排除して、実空間で実物を扱う場合と同じような自然なユーザーインターフェイスを提供できる点で、社会的意義は大といえる。また、身体運動から心理的知覚量を推定するという点で非常に独創的であり、かつこれを応用して、3Dディスプレイを用いた複合現実感を実用的技術とする上でのブレイクスルーを提供するという点で、学術的意義も極めて大きいといえる。

研究成果の概要(英文)：We studied a new technique of estimating visually perceptual information to enable natural interaction with virtual objects presented with 3-D displays. The results were as follows. (a) We confirmed the feasibility of optimal function for estimation. (b) We confirmed the feasibility of function approximation algorithms for fast and accurate estimation in real-time. (c) We confirmed it was feasible that proposed technique enables various interactions smoother and more natural than those accomplished with conventional techniques. (d) We confirmed the necessity and effectiveness of the proposed technique in various types of mixed reality environments accomplished with 3-D displays.

研究分野：人間情報学

キーワード：ヒューマンインターフェイス ヒューマンコンピュータインタラクション 共同作業環境 バーチャルリアリティ 拡張現実 臨場感コミュニケーション ユーザビリティ 複合現実

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

近年、3D ディスプレイが普及してきており、様々な応用技術が国内外で数多く研究されている。それらの中でも、3D ディスプレイの画面から飛び出して見える 3D 表示物に対し、ユーザーが直接自分の身体を使って相互作用することを可能とする技術は、今後多くの分野で魅力的なアプリケーションが創出されると期待される。例えば、オンラインショッピングのアプリケーションでは、3D 表示された商品に、実際の商品のように触れることができ、スポーツやゲームのアプリケーションでは、3D 表示されたボールを実物のボールのように打つことができる。

上述のような身体と 3D 表示物とが相互作用するアプリケーションでは、ユーザーが自分の目で知覚する 3D 表示物の位置と、システムが把握する 3D 表示物の位置とが一致することが大前提となる(図 1 参照)。これは、当然のことであるが、従来、この両者を一致させる方法はなかった。つまり、従来技術では、システムが把握する位置は、両眼視差から理論的に計算される位置であり、この位置はユーザーが知覚する位置と異なるのが普通である。これが異なると、円滑で自然な相互作用の実現は困難となる。すなわち、ユーザーは、自らが知覚している位置で相互作用をしようとするが、システムは理論的に求めた位置に手が到達したときに、相互作用させるので、この結果、円滑で自然な相互作用が実現できないことになる。

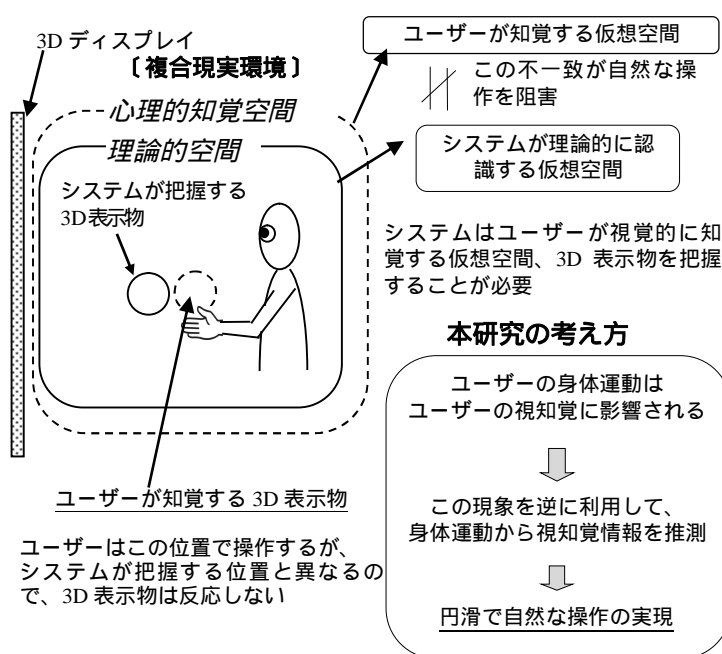


図 1 学術的背景と本研究の基本コンセプト

筆者らは、平成 24～26 年度・科研費・基盤 C、平成 27～29 年度・科研費・基盤 C で、上述の要求を満たすために、3D 表示物が見えている位置をユーザーの動作から推定して、推定した位置にユーザーの身体が位置したときに相互作用を実行する新技術を提案して(図 1 参照)、静止した 3D 表示物や動的 3D 表示物との相互作用でその実現可能性や有用性を実証してきた。提案技術では、動作時間の関数としての動作速度にガウス関数を近似して未来時刻の身体位置を推定する。3D 表示物が見えている位置は、触れる場合は動作終了位置に、打つ場合は最大速度位置になり、これらの位置をそこに身体が到達する前に推定して、到達したら相互作用を実行する。これまでの研究の結果、提案技術によって上記の要求を正確、かつ容易に満たすことができるようになり、効率的で自然な相互作用ができるようになった。

## 2. 研究の目的

本研究は、一連の研究の仕上げと位置づけ、平成 24～26 年度・科研費・基盤 C、および平成 27～29 年度・科研費・基盤 C の成果を踏まえて、技術の高度化、深化を図り、実用レベルを目指して技術の完成度を高め、具体的応用において実用性を実証する。さらに、多様な応用に適用するため、技術の拡幅化することも目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究の目標は、実用に向けた技術の高度化と、用途の拡大に向けた技術の拡幅化とであり、これらの目標を達成するために、次の項目について明らかにしていく。

1) 3D 表示物に対する奥行き知覚とユーザーの身体の運動特性との関係を明らかにする。これまでに、手で触れる動作や手で打つ動作で手の速度と時間との関係がガウス関数で近似できることを示したが、同型の類似の関数についてや、修正項の追加についても調べ、よりよく近似できる最適な関数を明らかにする。また、他の動作（例えば、足で蹴る）についても調べ、動作の種類ごとに最適な関数を明らかにする。

2) 関数近似をリアルタイムで高速・高精度で実行できるアルゴリズムを明らかにする。3D 表示物の視知覚位置の推定は、身体が 3D 表示物に達する前に実行される必要がある。身体が 3D 表示物に向かって動きはじめてからわずかな時間の運動データを用いて、身体が 3D 表示物に達するまでの全体の運動を正確に記述できる関数を高速に求めるアルゴリズムを明らかにする。

3) 上述の方法で推定した 3D 表示物の奥行き知覚位置を用いることにより、対象物を把持する、移動する、打つ、蹴るなどの、対象物への様々な操作が従来法に比べ円滑で自然にできることを実証する。

4) 3D ディスプレイを用いた複合現実環境を実現する複数の方式について効果を調べ、方式ごとに本技術の効果を明らかにする。これまで検討してきた方式に加え、新たに光学シースルー型ヘッドマウントディスプレイを用いた方式についても効果を明らかにする。

5) 運動特性を時間の関数で記述する本技術の特徴を生かした他の応用の可能性も調べ、動作の意図を動作終了前にシステムが理解し、身体能力を超えた速度で相互作用の結果として生じる処理を前もって実行する緊急動作支援システムの実現性を示す。

#### 4. 研究成果

1) 3D 表示物に対する奥行き知覚とユーザーの身体との関係を検討した。これまでに、手で触れる動作や手で打つ動作で手の速度と時間との関係がガウス関数で近似できることを示したが、同型の類似の関数についてや、修正項の追加についても調べて、よりよく近似できる最適な関数の可能性を確認した。

2) 関数近似をリアルタイムで高速・高精度で実行できるアルゴリズムを検討した。3D 表示物の視知覚位置の推定は、身体が 3D 表示物に達する前に実行される必要があるため、身体が 3D 表示物に向かって動きはじめてからわずかな時間の運動データを用いて、身体が 3D 表示物に達するまでの全体の運動を正確に記述できる関数を高速に求めるアルゴリズムの可能性を確認した。

3) これまでに明らかにした方法で推定した 3D 表示物の奥行き知覚位置を用いることにより、対象物を把持する、移動する、打つ、蹴るなどの、対象物への様々な操作が従来法に比べ円滑で自然にできる可能性を確認した。

4) 3D 表示物の奥行き知覚の特性を検討した。3D 表示物と実物とが重なり合ったときの奥行き知覚の特性や、3D 表示物と実物とがそれぞれのエッジで接触しているときの奥行き知覚の特性を検討した。さらに、市販のスマートグラス（光学シースルー型ヘッドマウントディスプレイ）を用いて 3D 表示物を実世界に重畳して表示して、3D 表示物と実物とが重なり合ったときの奥行き知覚の特性を検討した。これらの奥行き知覚特性の下での本技術の適用可能性を明らかにした。

5) 3D ディスプレイを用いた複合現実環境を実現する複数の方式について効果を調べ、方式ごとに本技術の効果を検討した。これまで検討してきた方式に加え、新たに光学シースルー型ヘッドマウントディスプレイを用いた方式について効果を明らかにした。特に、光学シースルー型ヘッドマウントディスプレイを用いた複合現実における魅力的なアプリケーションの一つとして注目されている奥行き融合（DFD : Depth-Fused 3D）による 3D 表示における本技術の必要性、有効性についても検討し、奥行き融合により 3D 表示された実対象と仮想対象との複合対象とのインタラクションにおいても、本技術の必要性、有効性があることを確認した。

5) 運動特性を時間の関数で記述する本技術の特徴を活かした他の応用の可能性も調べ、動作の意図を動作終了前にシステムが理解し、身体能力を超えた速度で相互作用の結果として生じる処理を前もって実行する緊急動作支援システムへの応用の可能性を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 鈴木雅洋, 加倉井優也, 高田英明, 上平員丈	4. 巻 121 (211)
2. 論文標題 ヘッドマウントディスプレイを用いた仮想・実対象間の奥行き融合	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 50-53
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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 門野泰長, 鈴木雅洋, 上平員丈
2. 発表標題 光学シースルーHMDで呈示した仮想対象の奥行き知覚に実対象との重なりが及ぼす影響
3. 学会等名 2019年度第47回画像電子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Suzuki, Yasunaga Monno, Kazutake Uehira
2. 発表標題 Depth perception of virtual objects presented with optical see-through head-mounted displays and individual differences
3. 学会等名 2019 3rd International Conference on Vision, Image and Signal Processing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川 のぞみ, 鈴木 雅洋, 上平 員丈
2. 発表標題 光学透過による複合現実での奥行き知覚に実対象と仮想対象との接触が及ぼす影響
3. 学会等名 画像電子学会 第288回研究会
4. 発表年 2019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
研究 分 担 者	上平 員丈  (Uehira Kazutake)  (50339892)	神奈川工科大学・情報学部・教授   (32714)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------