

令和2年11月6日

報道機関 各位

東北大学 電気通信研究所

## 3次元モーションキャプチャーの新方式を開発 人やモノの動きを連続して滑らかに、しかも正確に計ることが可能に

### 【発表のポイント】

- 磁気式3次元モーションキャプチャーの新方式を開発。
- 深層学習と新提案のフィルタにより、人の手や身体等の動きを連続して滑らかに、しかも正確に計ることが可能に。
- 磁気式マーカーは小型・軽量(約1g)で、電源供給の必要がなく、無線で、複数のマーカーを区別して計測可能。
- モーションキャプチャー技術を活かした便利な応用事例が増える。
- 新提案のフィルタは、さまざまな分野の多くのセンサーの高精度化に貢献することが期待。

### 【概要】

人の手や身体の動き等を計測する3次元モーションキャプチャー技術は、バーチャルリアリティなどさまざまな場面で利用されるようになってきています。しかし、動きを連続して滑らかに計測できないことがある等の問題がありました。

東北大学電気通信研究所の北村喜文教授の研究グループは、磁気式3次元モーションキャプチャーの新しい方式とともに、深層学習とデータ処理のための新しいフィルタを提案することによりこの問題を解決し、人やモノの動きを連続して滑らかに、しかも正確に計ることを可能にしました。

本技術により、モーションキャプチャー技術を利用した便利な応用事例が増えると予想されます。また新提案のフィルタは、モーションキャプチャーに限らず、さまざまな分野の多くのセンサーの高精度化に貢献することが期待されます。

本研究成果は、10月16日にIEEEの科学誌「IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics」のオンライン速報版に掲載されました。

### 【問い合わせ先】

東北大学電気通信研究所

担当：教授 北村 喜文

電話：022-217-5540

E-mail: [icd-office@ml.riec.tohoku.ac.jp](mailto:icd-office@ml.riec.tohoku.ac.jp)

### 【開発の社会的背景】

人の身体の動きなどを計測する3次元モーションキャプチャーは、バーチャルリアリティや映画制作、そしてジェスチャーを利用した未来型のユーザインタフェースを実現する重要な要素技術の1つとして、盛んに研究・利用されてきました。これまで、さまざまな原理に基づくものが提案されてきましたが、いずれも原理上の制約から3次元の運動を計測できる対象に制限があり、利用できる分野は限定的でした。たとえば、道具使用時の細かい手作業中の手指の運動や、土中や障害物の中で動き回る小動物の運動、互いに複雑に絡み合う多関節物体の動き、流体の3次元的な動きなどを直接計測することはできませんでした。

また、どのような原理に基づくものであっても、センサーで計測・出力されるモーションデータ(動作を表す時系列データ)は、一般にノイズが多く含まれています。これらのノイズを除去するためにフィルタリング処理が施されます。しかし、これまでの多くのフィルタリング手法では対象の運動の時間軸上の特徴を仮定して利用いたため、なんらかの原因でデータ欠損が生じた際などに、結果を連続して滑らかに出力できないことがある等の問題がありました。

### 【開発の経緯】

我々は、従来は計測できなかった対象の3次元の動きを計測できる新しい磁気式モーションキャプチャーシステムを実現する研究を進めてきました。これは、励磁コイル(driving coil)によって生成される磁界中に置かれた共振型磁気マーカーが発する誘導磁界を複数の磁界センサーで検出し、それらの計測データを基にマーカーの3次元位置を特定するという原理に基づきます。マーカーは小型・軽量(約1g)、電源供給も必要なく、無線で、複数のマーカーを区別して計測できるなど、他に類を見ないユニークな特徴を有しているため、これまで計測できなかった対象の動きを計測できるようになると期待されてきました。

しかしこのシステムでも、マーカーの姿勢によっては3次元位置が求められないことがあり、そのために、動きを連続して滑らかに計測できないことがある等の問題がありました。また、複数の磁界センサーで検出された磁界強度の分布から繰り返し計算をしてもっともらしい解に近づけるという最適化の手法でマーカーの3次元位置を求めていたため、1つのマーカーの3次元位置を求めるのに時間がかかっていました(約30 msec程度)。

### 【開発した内容】

今回開発したシステムの構成を図1に示します。

複数の磁界センサー(Flux Sensors)で検出された磁界強度の分布から、マーカーの3次元位置を、ディープニューラルネットワーク(DNN)を利用して高速に求めます。そのため、計測空間中の約2億個所にマーカーを仮想的に置き、各磁界センサーで検出される磁界強度を、ビオ・サバールの法則で計算し、これらをラベル付けされたデータとしてDNNの構造を利用して予め学習させました。

また、ノイズを除去するために、新たに非線形フィルタ Structure-aware Temporal Bilateral Filter (SATB Filter)を開発して用いました。

これらにより、高精度で高速のモーションキャプチャーが実現できました。計測誤差は約 1.8 mm (我々の従来手法では約 8mm だった)、15 のマーカーの 3 次元位置を求める時間は約 10 ミリ秒です。図 2 は計測誤差の様子を示すグラフです。

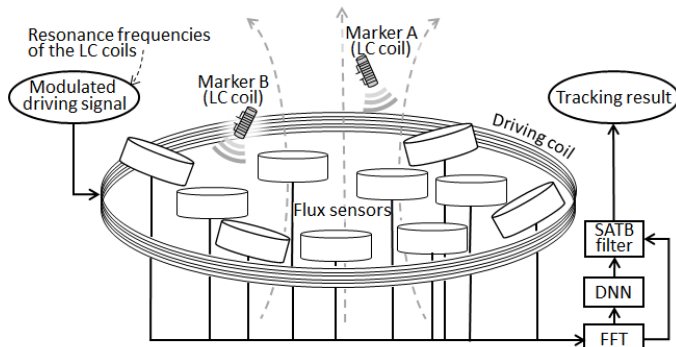


図 1: 本手法の構成

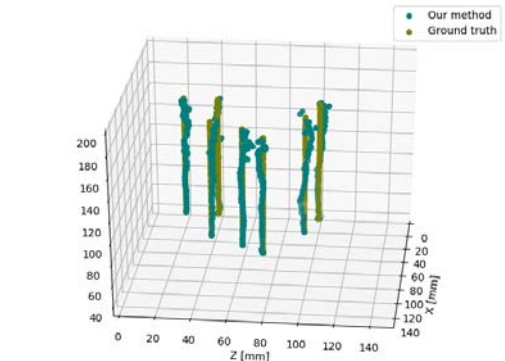


図 2: 計測誤差(真値の比較)

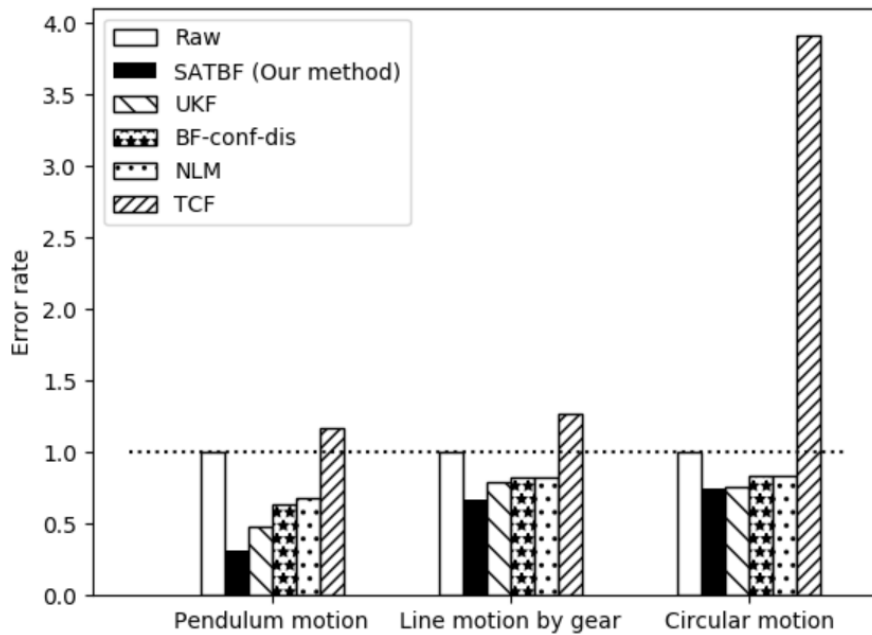


図 3: 磁気マーカーをロボットハンドに付けて動かした際の計測精度の従来手法との比較。黒色が我々が提案する手法。最も誤差が小さくなっていることがわかります。



図 4: 従来は計測できなかったが本開発で可能となった 3 次元の動きの計測例 (これらの動作の様子は動画の中にも入っています)

図 3 は、今回発表の技術の磁気マーカーをロボットハンドに付けて 3 種類の動きをさせた際の計測精度を、主だった従来手法と比較したグラフです。黒が提案手法ですが、従来手法と比べて最も誤差が小さくなっていることがわかります。

図 4 左は、不透明な水中に入れた磁気マーカーの動きをリアルタイム計測している例です。従来手法では、このように水の動きを直接計測できませんでした。

2 つ目は、昆虫(クワガタ)にマーカーを背負わせている例です。これらが飼育箱の中で、土の中や木・葉の下に潜ろうとも、見失わず、長期間継続してこれらの活動を記録できます。ケーブルや電源による制約がないので、運動の自由度を阻害することはありません。マウスなどの小動物の動きの計測・生態観察も同様にできます。

3 つ目は、ボールの中に磁気マーカーを入れていますが、不透明の布袋の中に入った複数の色付きのボールの動きを区別して計測できていることを示しています。

一番右は、10 個の磁気マーカーを両手の指先に付け、指を高速にからめるなどの動作をしても、それぞれを区別して約 100 Hz で計測できている例を示します。

#### 【論文情報】

本研究成果は、10 月 16 日に IEEE の科学誌「IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics」のオンライン速報版に掲載されました。

**論文タイトル:** Reconstruction of Dexterous 3D Motion Data from a Flexible Magnetic Sensor with Deep Learning and Structure-Aware Filtering

**著者:** Jiawei Huang (東北大学電気通信研究所 博士後期課程修了), Ryo Sugawara, Kinfung Chu, Taku Komura, and Yoshifumi Kitamura

**雑誌名:** IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics

**DOI:** 10.1109/TVCG.2020.3031632

**URL:** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9226608> (論文・動画)

#### 【謝辞】

今回の研究開発は、科学研究費補助金(No. 18H04103) および 特別研究員奨励費(No. 17J04295)の研究開発の一環として行われました。

#### 【用語解説】

**ビオ・サバールの法則:**

電流の存在によってその周りに生じる磁場を計算する為の電磁気学における法則。この法則によって磁場は距離、方向、およびその電流の大きさなどに依存することが論じられる。1820 年にフランスの物理学者ジャン＝バティスト・ビオとフェリックス・サヴァールによって発見された。(ウィキペディアより)