

# Graffiti on the Circling Sky

## ～周囲の空間をキャンバスにする落書きインタフェース～

菅野谷知佳<sup>†</sup> 鹿野雄輝<sup>†</sup> 立石駿介<sup>†</sup> 甲斐美月<sup>†</sup> 大瀧健児<sup>†</sup>  
新澤純也<sup>†</sup> 森山多覇<sup>†</sup> 松下宗一郎<sup>†</sup>

**概要** : 元来落書きは退屈な授業におけるノートや近所の塀といった平らなものの上に何らかの筆記具を用いて描かれるものである。本研究では手首に装着するモーションキャプチャーデバイスにて腕の方向の時間変化を計算し、利用者の前面に置かれた仮想的な半球面上に線画による図形を描くインタフェースを作成した。その結果、視覚的なフィードバックを用いることなく容易に描くことのできる図形と、そうではない図形とが存在していることが分かった。

## Graffiti on the Circling Sky : A Wearable Motion Tracking System for Drawing on Virtual Surrounding Half Sphere Around the User

CHIKA SUGANOYA<sup>†</sup> YUKI KANO<sup>†</sup> SHUNSUKE TATEISHI<sup>†</sup>  
MIDUKI KAI<sup>†</sup> KENJI OHTAKI<sup>†</sup> JUNYA SHINZAWA<sup>†</sup>  
TAHA MORIYAMA<sup>†</sup> SOICHIRO MATSUSHITA<sup>†</sup>

**Abstract**: We have investigated a wrist-worn motion tracking device to draw graffiti on an imaginary spherical screen surrounding the user. By using a redundant expression of the device attitude vectors, the user may draw some simple geometric figures intuitively. It was also shown that there were two kinds of graffiti in terms of drawing difficulty without visual feedbacks.

### 1. はじめに

物体の運動を正確に計測するモーションキャプチャーの技術は、映画やアニメーションにおける3D-CGによる作品制作において不可欠なものとなっている。また、近年では利用者の視点運動を正確にトラッキングすることによるバーチャルリアリティの原理を用いたコンピュータゲームが家庭向けに市販される等、モーションキャプチャーの技術が一般社会へと広がりつつある。さらには、従来のキーボードやマウス、ゲームコントローラ等に対し、利用者の手足等の直感的な身体運動を操作入力として用いる手法の研究開発が進められている。ここで、身体運動を正確に計測する手法としては、カメラによる光学式システムが広く用いられているが、設置コストやオクルージョンの問題等から幅広く普及するには至っていない。また、利用者の身体に運動センサを取り付けることで、これらの問題を軽減できるシステムが知られているが、複雑な計算によりモーショントラッキングを擬似的に実現するに留まっている。

一方、微細加工技術の急速な進展による角速度センサ等の運動センサの性能向上には近年目覚ましいものがあり、高価な航法制御装置用の機器がカバーしていた性能領域に接近しつつある。そこで本研究では、コンピュータゲーム等においては比較的短い時間の中で特定の意味をもつ入力動作が行われていることに着目し、短時間内にて利用者周

囲の空間に自由に図形を描くことを目的とした手首装着型モーションキャプチャーシステムの検討を行った。

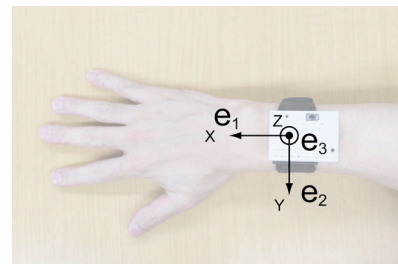


図1 手首装着型モーションキャプチャーデバイス

Figure 1 Wearable motion capture device on the user's wrist

### 2. 手首装着型モーションセンサデバイス

図1に本研究にて使用した手首装着型デバイスを示す。このデバイスは3軸加速度センサ、3軸角速度センサ、16ビット小型マイクロコントローラ並びに2.4GHzワイヤレス通信モジュールを搭載しており、充電式の電池や外装等を含めたデバイスの総重量は約60グラムである。また、角速度信号を時間積分することにより、デバイスの起動時を基準とする絶対座標系に対する姿勢角を図1に示す3つの単位長ベクトル $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$ の方向余弦値にて秒速100回出力している[1]。ここで、角速度センサ出力値の時間変動により、デバイスが静止していても $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$ の値がゆっくりと変化していくが、電源投入後の調整等を行わない状態にて1分間あたり約4度以内の姿勢角変動に留まっている。この値は腕時計の分針の回転よりもかなり遅く、見た目上はほとんど静止しているように感じられる程度であった。

<sup>†</sup> 東京工科大学コンピュータサイエンス学部  
School of Computer Science, Tokyo University of Technology

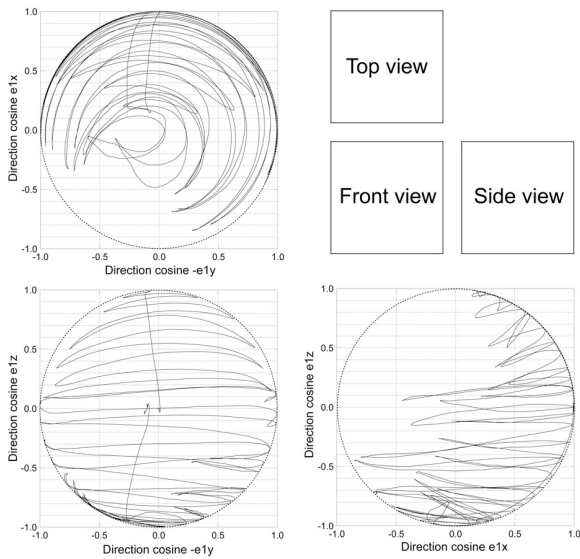


図 2  $e_1$  ベクトル軌跡による腕の可動域の観測結果  
Figure 2 Reachable range of the  $e_1$  vector on the sphere

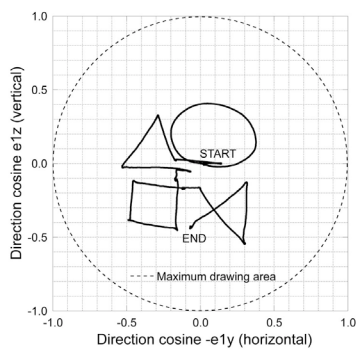


図 3 空中への幾何学図形描画における  $e_{1y}$ - $e_{1z}$  投影図  
Figure 3 Geometric figure drawing in the air

### 3. 空中への自由な図形描画実験

図 1 に示した手首装着型モーションキャプチャーデバイスの  $x$  軸は、前腕が向かっている方向に一致している。ここで、 $x$  軸に沿った単位長ベクトル  $e_1$  は、デバイスを中心とする半径 1 の球面上の 1 点を指し示すこととなる。この時、電源投入時にデバイスが置かれていた時の  $x, y, z$  軸を静止絶対座標軸とし、 $e_1$  ベクトルの方向余弦を  $e_{1x}, e_{1y}, e_{1z}$  と表すと、 $e_{1y}$  及び  $e_{1z}$  は  $x$  軸の延長方向から  $e_1$  ベクトルを観測した際の球面投影図形の座標値に対応する量となっている。ここで、ベクトル  $e_1$  が単位ベクトルであることから、この方法にて描画が可能な領域は、利用者から見て正面前方に置かれた半球面上となる。図 2 は、直立静止にて腕をまっすぐに伸ばし、できる限り長い水平線を上方から下方へと順に空中に描画する運動を行った際の、上方、正面、

側方の 3 方位から見た  $e_1$  ベクトル軌跡の観測結果である。ここでは、デバイスは被験者の右腕に取り付けられているため、左後方に到達不能域が生じる他、正面やや上方にも到達しにくい領域が生じることが見て取れる。しかしながら、被験者の前方における半球面に対しては、ほぼ全域にわたる描画運動を無理なく行えることが分かった。

図 3 は腕を伸ばした状態にて人差し指で空中に  $\bigcirc \Delta \square \times$  の幾何学図形を一筆書きで約 20 秒にて描く運動を行った際の  $e_{1y}$ - $e_{1z}$  の投影図である。ここでは、描画している図形を画面表示するというフィードバックは一切行っていないものの、被験者が意図した図形が描画されていることが分かった。これは、描画が行われる立体角の範囲がそれほど大きなものとはなっていないことから、空中の平面的なキャンバスに実際に描画していたかのような感覚が得られた結果であると考えられる。一方、JIS マークといった若干複雑な図形を描画した際には、始点と終点の位置関係等にずれがある図形が現れることが分かった。そこで、描画が困難となる図形を探索した結果、図 4 に示すように、ひねりを伴う回転が生じるト音記号 (treble clef) や、筆記体による氏名のサイン (signature) において、判読がやや困難となるような図形が描かれていることが分かった。



図 4 ひねりを伴う図形描画における  $e_{1y}$ - $e_{1z}$  投影図  
Figure 4 Graffiti with wrist-twisting motions

### 4. 結論

本研究では利用者の手首に装着するモーションキャプチャーデバイスにより、空中にて自由に線画を描画するシステムの検討を行った。角速度信号の時間積分をベースとした姿勢角計算により、仮想的な半球面上にて簡単に描画を行うことができる図形が確認される一方で、手首のひねりを伴う、やや複雑な図形においては直感的な描画が困難となる場合があることが分かった。そこで、今後はモーションキャプチャーによる入力インタフェースについて、新たなエンターテイメントへの応用を検討していく予定である。

### 参考文献

[1] 松下宗一郎, 菅野谷知佳, 甲斐美月, 鹿野雄輝: 手首装着型モーショントラッキング機器による精密作業評価, 日本コンピュータ外科学会誌 Vol. 18, No. 4, pp.239-240 (2016)