

身体の止まり方を調べるコンピュータ

金谷美優[†] 武政憲治[†] 加賀美嘉樹[†] 佐々木亮平[†]
平井弘一[†] 岩瀬大祐[†] 長岡大地[†] 出畠創士[†] 松下宗一郎[†]

どのような姿勢であっても人は完全に静止していることはできない。また、静止する際の姿勢や、静止に入る前の運動履歴、さらには様々な精神的な要因によっても身体の止まり方に違いが生じてくる。本研究では、利用者の身体に装着した高感度な6軸モーションセンサーの信号より計算される運動パラメータを用いることで、身体の止まり方をリアルタイムで表現するインタフェースの検討を行ったところ、他人に見られているという精神的なプレッシャーによって誘起される微細な身体運動を検出することができた。

A Wearable Computer that Tells How You Can Be Motionless

MIYU KANAYA[†] KENJI TAKEMASA[†] YOSHIKI KAGAMI[†]
RYOHEI SASAKI[†] HIROKAZU HIRAI[†] DAISUKE IWASE[†]
DAICHI NAGAOKA[†] SOUSHI DEJIMA[†] SOICHIRO MATSUSHITA[†]

It is very hard for us to be really motionless. Faint but continuous vibratory motion occurs even while just standing still. In this study, we tried to evaluate the motionlessness with a highly sensitive 6-axis motion sensor. By investigating motion parameters in real-time, we found that a mentally stressful condition may affect the motionlessness.

1. はじめに

利用者の身体にモーションセンサを装着し、身体の運動を分析するコンピュータにおいては、利用者の行動推定や運動学的な能力計測といった応用研究が広く行われてきた。そのような中で、本研究では身体がいかにか動くのかではなく、いかに止まっているのかに着目し、極めて高感度なモーションセンサを用いた解析を試みてきた。そして、利用者の頭頂部にヘッドホン等を用いてセンサ並びに信号処理回路等を設置し、30秒ないし60秒間にわたる直立静止時に生じる微小な運動信号を分析することで、身体の疲労状態と関連のある運動パラメータを見いだしている[1]。また、静止時における身体運動における微小運動の時間依存特性から、安定した運動パラメータの算出には最低約10秒程度の時間が必要であることが分かっている。そして、いわゆる移動平均フィルタ的な信号処理を行うことで、身体運動の止まり方の変化をリアルタイムで観測できる可能性が示唆されている[2]。そこで本研究では、1秒ごとといったリアルタイムに近い時間間隔にて運動パラメータの計算を逐次行い、ヘッドホン型モーションセンサデバイスとワイヤレスで接続されたノートPC等の小型端末にて逐次表示を行うシステムの作成を行った。そして、利用者の身体の止まり具合を手軽に観測できるようになったことで、様々なポーズの「止まり具合」という視点から見た際の質や、周囲からの注目のされかたといった精神的な要素による影響の定量評価を試みている。

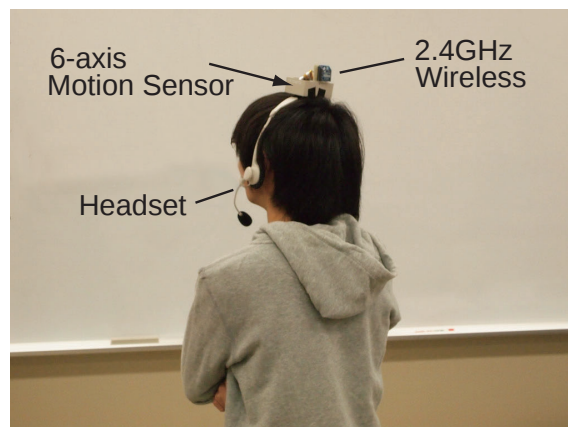


図1 ヘッドホン型モーションセンサデバイス

Figure 1 Headset with a 6-axis motion sensor

2. ヘッドホン型運動解析デバイス

図1は市販のヘッドホンの頭頂部に高感度な6軸モーションセンサー、信号処理用16ビットマイクロコントローラ、2.4GHz帯無線通信モジュールを搭載した運動解析デバイスの装着状態を示したものであり、バッテリーを含めたデバイスの総重量は約130グラムである。運動信号のサンプリング周波数は、身体の屈伸運動や階段昇降といった若干強めの運動負荷に対する運動信号計測の結果から、最大の周波数成分(約40Hz程度)をカバーできる値として100Hzに設定している。また、計測される運動信号の最小分解能は、加速度にて約1.8mG ($1G = 9.8m/s^2$)、角速度で約0.035deg/sであり、完全静止時の雑音の二乗平均平方根(RMS)はそれぞれ約0.9mG、約0.051deg/sであった。

[†] 東京工科大学
Tokyo University of Technology

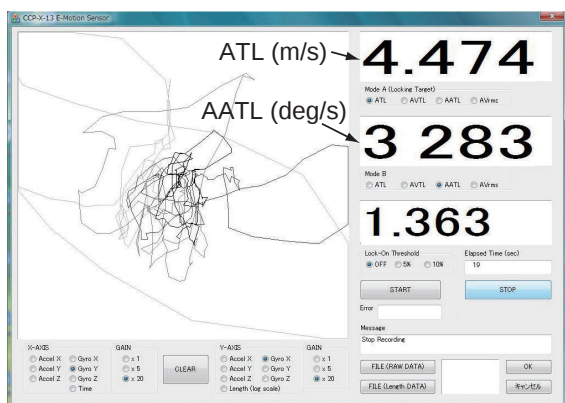


図 2 運動状況のリアルタイムモニタ画面
Figure 2 Screen shot of the real-time motion monitor

次に、モーションセンサーにて計測された 3 軸加速度及び 3 軸角速度の値からは、10 秒間における平均値として以下のようなパラメータの計算を行った。

- 加速度軌跡長 (ATL : Acceleration Trace Length) : 加速度ベクトルの先端が 3 次元空間内で描く 1 秒間あたりの総軌跡長 (単位 m/s)
- 角加速度軌跡長 (AATL : Angular Acceleration Trace Length) : 角速度ベクトルの時間差分により計算される角加速度ベクトルの先端が 3 次元空間内で描く 1 秒間あたりの総軌跡長 (単位 deg/s)

以上の運動パラメータは、いずれも運動の激しさを表現するものであるが、軽い運動疲労からのバランス回復に対し、単調減少する曲線を描いた後に安静時の値に落ち着くことが分かっている [1]。図 2 はこれらのパラメータをリアルタイムでノート PC の画面に表示している例であるが、各パラメータの時間変化を 1 秒ごとに表示することで、実験を行いながら「止まり」の様子を確認することができる。

3. 特徴的な身体運動直後における「止まり」

直立静止時に観測される ATL 等の運動パラメータの挙動には、静止前の運動疲労による影響が現れることから、運動負荷応答の客観計測を行うことができる。一方で、被験者に対する精神的な影響の評価を考え、本研究ではダンス等に代表される演劇表現的な運動をごく短時間に行った直後に直立静止のポーズをとる実験を行った。また、直立静止を行うことによって生じる疲労の効果を考慮し、「止まり」の計測時間を約 100 秒間としている。そして、実験は約 20 人程度の「観客」に見立てた参加者とともに、参加者に注目された状態 (Watched by audience) と、そうではない状態 (Relaxed) において、数名の被験者の「止まり方」を調査した。図 3 は演劇表現的な運動の直後における ATL の変化を示したものであり、参加者に注目されていない際には 100 秒間の間で安静時 (At rest) の値に戻って

行くのに対し、注目された状態では全体に ATL の値が大きく、きちんと止まれていない様子が見て取れる。また、AATL についても、ATL とほぼ同様な挙動が観測されており、精神的な影響による「止まり方」の変化を検知できる可能性があることが分かった。一方、同じ実験条件においても観客の注目の有無による直立静止時運動パラメータに大きな違いが生じない被験者が認められていることから、被験者全員がほぼ同じパラメータ挙動を示す運動疲労応答とは異なる現象であることが合わせて示唆されている。

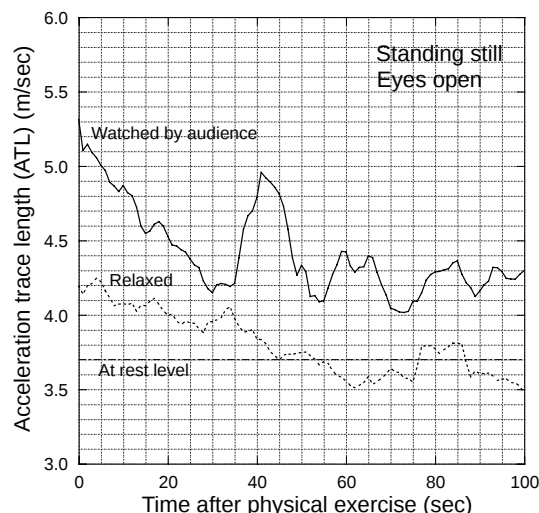


図 3 観客視線の有無に対する直立静止時 ATL の挙動
Figure 3 Changes in ATL with/without being watched

4. まとめと今後の展望

本研究では、利用者の身体の「止まり方」をリアルタイムで評価するシステムを作成した。様々な利用方法を検討していく中で、演劇表現的な運動を行った際に注目をされていたか、そうではなかったのかにより運動パラメータに変化が生じる可能性があることを見いだした。また、運動パラメータ AATL では、その原理から利用者の頭部とセンサーとが回転運動を共にしている限りは同じ値が観測されることから、より自由度の高い装着方法をとることができる。そこで、今後は様々なポーズでの静止を含め、より多様な状況における「止まり方」についての調査を進めるとともに、「止まり具合」を利用者にフィードバックするインタラクションシステムとその効果の検証を進めていきたい。

参考文献

- 1) 松下宗一郎, 細井悠貴, 岩渕圭太, 常時利用可能なヘッドホン型バランス状況モニタ, 第 10 回情報科学技術フォーラム (FIT2011) 講演予稿集, 第 3 分冊, pp.47-54, 函館 (2011).
- 2) Matsushita, S.: Signal Processing Algorithm and Health Care Application for Wearable Sense of Balance Monitoring Headphones, Proceedings of 15th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC2009), pp.115-122, Linz, Austria (2009).