

平成 21 年 6 月 26 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006 年～2008 年

課題番号：18360127

研究課題名（和文） ウェアラブル運動センサによる動作意思の計測

研究課題名（英文） Measurement of using wearable sensor system

研究代表者

牧川 方昭（MAKIKAWA MASA AKI）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：70157163

研究成果の概要： 次世代ロボット社会の実現に必要な、ヒトの関心・意図の計測について検討した。本研究では頭部運動が視覚的関心に従ってコントロールされていることを実験的に検証するため、柔軟変位センサとマイクロプロセッサシステムから構成されるウェアラブルな頭部運動計測システムを開発した。視覚実験の結果、頭部運動の計測によって視覚的関心の強い方向を推定できることが明らかとなり、頭部運動からヒトの視覚的な関心対象が推測できると考えられた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	3,200,000	0	3,200,000
2007 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	6,700,000	1,050,000	7,750,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ウェアラブル，運動センサ，動作意思，計測，ロボット，コミュニケーション，姿勢，体動

## 1. 研究開始当初の背景

次世代のロボット社会では、家庭の中までロボットが入り込んで、人の暮らしをサポートすると予測されている。このような状況下では、ロボットの間違った動作が人間に危害を及ぼす危険性があり、このような事故を防止するためには人の動作意志をロボットに正しく伝達する技術が必要なる。本研究の最終目標は、ロボットが人の動作の意味するところを理解し、人の望まない最適な支援をロボットが実行できるように、人の行動の意味する所をロボットが検知出来る技術を開発することにある。従来、ロボットによる人の行動の理解は、画像処理を中心に研究されてきたが、ロボットの背後に人がいるなど、

人がロボットの視野内に必ずいるとは限らない。そこで本研究では、ウェアラブル動作センサの開発と、動作データからの動作意志の抽出アルゴリズムについて検討を加えた。

## 2. 研究の目的

人間にとって視覚情報が最も重要であることから、視作業には人間の“関心”が強く現れると考えられる。現在、関心の研究では主に眼球運動の計測が行われている。しかし、眼球運動から計測されるのは瞬間の注意点であると考えられる。一方、頭部運動は対象への視覚的関心に従ってコントロールされていると考えられると考える。そこで、本研究では視作業中の頭部運動計測に焦点を当

て、ウェアラブルで日常生活で頭部運動の計測が可能な頭部運動計測装置の開発と、頭部運動に視覚的関心の強さが現れること確かめるために、視標を提示し眼球運動と頭部運動を計測する実験を行った。

### 3. 研究の方法

図1に開発したウェアラブル頭部運動計測システムを示す。頭部・頸部から3点ずつ計測点を選び、その間の距離を計測する。計測できる頭部運動は回旋、前後屈、側屈である。計測時は、装置装着時に基準データを取得し、それをもとに重回帰分析によってセンサデータを頭部位置に変換する3次式を決定した。この変換式を通して、キャリブレーション時に任意に決定される基準点からの頭部正面向きの水平・垂直方向の角度が計測される。距離を計測する変位センサとして、ワイヤインパルスコーダ(WP40-100, LEVEX社)を用いた。ワイヤインパルスコーダは径0.36[mm]のステンレスワイヤを内径1.4[mm]のパイプ状の計測部に差し入れ、リアクタンスの変化から差し入れられたワイヤの長さ変位を計測するものである。パイプ状の計測部を側頭部、後頭部に、ワイヤの自由端を頸部に固定することで頭部運動を計測した。柔軟なワイヤを装着するため、装着者の動作を妨げない。

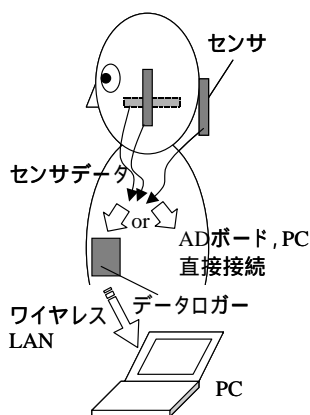
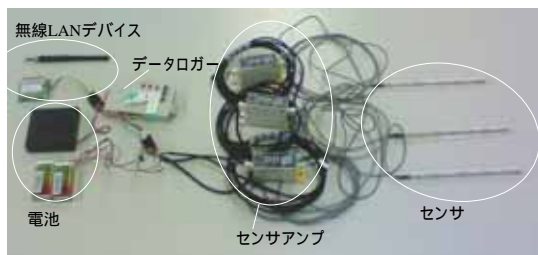


図1. 頭部運動モニタリング装置

計測システムはバッテリー駆動である。また、小型のデータロガーと無線LANデバイスを通してPCと通信することが出来、ウェアラブル計測システムとして装着者を拘束しない計測が実現できる。センサは簡単に位

置調整、着脱するため、ヘッドギアにベルクロを用いて設置した。ヘッドギアにはキャリブレーション時使用するレーザLEDも設置されている。その他の構成物はベストのポケットを利用し、装着できるようにした。

実験では、視覚刺激を提示するためにワイド27型液晶ディスプレイを用いた。ディスプレイは被験者の正面60[cm]の位置に、頭部を運動させなくても自然に画面全体が視界に入るよう設置した。被験者は眼球のみを動かすことによって、画面の全体にわたり文字の判読ができた。これは、眼球運動の補助として機能する頭部運動ではなく、被験者の視覚的関心領域の枠組みに依存して機能する頭部運動を観察するための環境設定である。ディスプレイ枠は黒色のものを使用し、ディスプレイの周りには暗幕を用いて無関係な視覚刺激を抑えるようにした。実験を行った部屋の照明は、通常の十分な明るさとした。被験者はディスプレイを設置した机の前の椅子に座り、姿勢を保って肩以下での動作はしないよう指示した。実験状況を図2に示す。

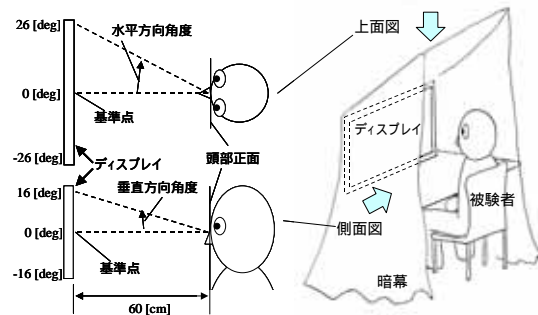


図2. 実験状況

実験としては、1)タッピングタスク、2)読文タスク、の2つを実施した。図3に示すように、画面には白い四角い枠と、その枠内にタッピングの標的となる白い四角形が表示される。図4ディスプレイ枠内はディスプレイの全画面表示状態をハードコピーした画像である。四角形は視覚1[deg]以下であり、この大きさは実験を通して変わらない。はじめは四角形が表示されておらず、白い枠とその枠内中心に"start"という白文字が表示されている。試験者の自由なタイミングで"start"の文字が消え、四角形が表示されるようになる。四角形は図5のように上下左右の4ヶ所のどこかに、ランダムに表示される。

四角形にマウスカーソルを合わせ、クリックすることを被験者に求めた。クリックされると、四角形はクリックされたことを示すために黄色くなってから消え、次の位置に表示される。四角形以外の部分がクリックされると、四角形はそのまま消えて次の位置に表示される。同じ位置に続けて表示されることはない。視作業としては、マウスカーソルと四角形的一致を確かめることである。表示は10

秒間行われ、タスクの最後には枠の表示が消え、クリックに成功した数が枠のあった部分中心にスコアとして表示される。被験者にはできるだけ素早く正確に表示に反応し、高いスコアを出すよう指示した。



ディスプレイ枠

図 3. タッピングタスクの表示例。

更に、図 4 に示すように、表示位置の変化するタッピングタスクを用意した。これは、基本のタッピングタスクの表示される位置が図 6 の から の順で 7ヶ所に変化する。ひとつのタスクが終わってから 10 秒後に次のタスクが開始する。また、図 5 に示すように、基本のタッピングタスクで表示される枠の大きさが、図 7 の小 大と 5 段階に変化するタスクを用意した。この場合、枠の表示位置は画面中央から変化しない。ひとつのタスクが終わってから 10 秒後に次のタスクが開始する。表示位置の変化するタッピングタスクの (図 6) の範囲で最も中心から離れた部分に表示される四角形と、本タスクでの最大の表示範囲で表示される四角形の表示位置は等しい。

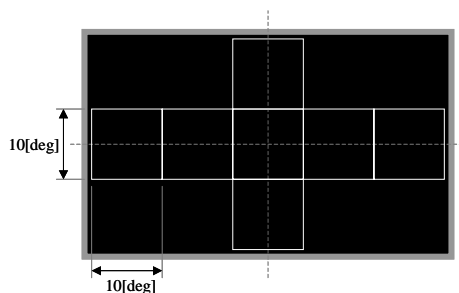


図 4. ディスプレイ上のタスク表示位置 (単位は視角[deg]である)

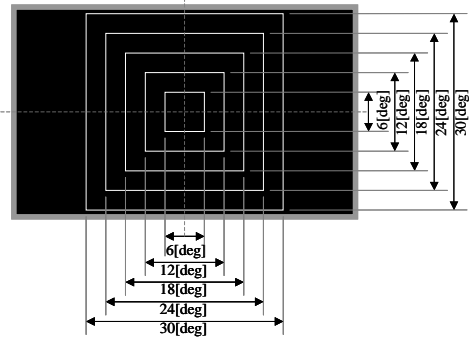
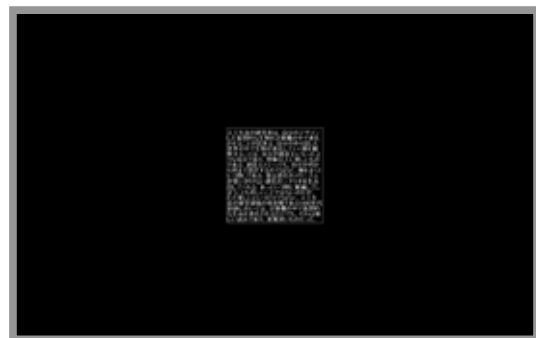


図 5. ディスプレイ上のタスク表示範囲 (単位は視角[deg]である)

また、読文タスク時の頭部運動を検討した。読文タスクにおいては、図 6 のように、枠が画面の中央に表示され、その中に日本語横書きの文章が表示される。ディスプレイ枠内はディスプレイの全画面表示状態をハードコピーした画像である。文字の大きさは視覚 1[deg]以下、1 行あたり約 17 文字、17 行の文章が 1 度に表示され、表示は 3 ページ分ある。はじめは文章が表示されておらず、白い枠とその枠内中心に "start" という白文字が表示されている。試験者の自由なタイミングで "start" の文字が消え、文章が表示されるようになる。画面がクリックされると同じ枠内に次の文章が表示され、被験者のペースで読文が行われる。クリックによって、文章は 3 回替わる。表示位置の変化するタッピングタスクの (図 6) の範囲と、本タスクの文章が表示される範囲は等しい。



ディスプレイ枠

図 6. 読文タスクのディスプレイ表示

#### 4. 研究成果

7 名の被験者全てに同様の傾向が見られた。典型的な結果である被験者 NM の実験結果より、視線移動と頭部運動の計測結果を 2 次元平面内で頭部が移動した軌跡として図 7, 8 に示す。図 7 は呈示枠の位置を変化させた場合、図 8 は枠の大きさを変化させた場合の頭部運動計測結果である。

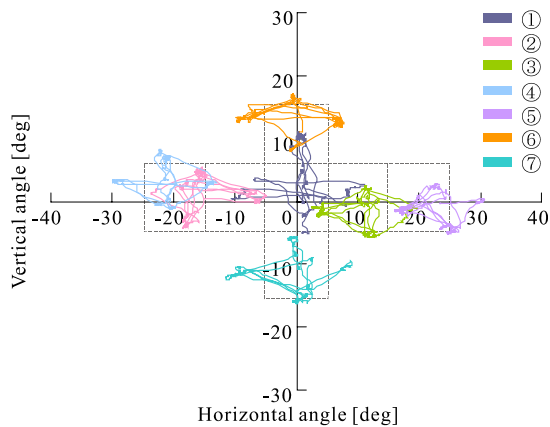


図 7. 呈示枠位置を変化させた場合

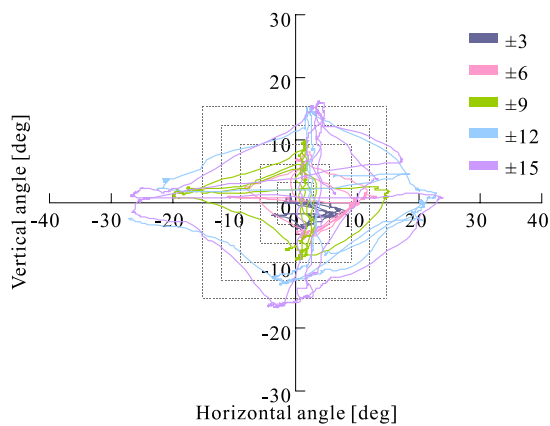


図 8. 呈示枠の大きさを变化させた場合

結果は、図 7 より、頭部を動かさなくても視覚情報が得られる実験環境にもかかわらず、呈示枠が移動した場合、枠位置への頭部運動が行われたことが分かる。また、図 8 より、頭部運動は視線移動範囲が広がってもあまり動かないことが分かる。以上のことから、頭部正面から等しい遠さを持つ視標のタッピングに対しても、視線移動範囲の中心方向へ向く頭部運動がある場合と、視線移動のみで頭部運動がない場合とに分かれることが分かる。タッピングタスク視標表示枠の中心が頭部の正面にある場合、頭部運動は行われていない。

図 9 に読文タスク時の頭部運動の計測結果を示す。結果は、視線移動は横方向に文章一行ずつをたどっていることが分かる。一方、頭部は視線移動とは異なり、横方向には動かさず、縦方向にのみ目立った動きが見られる。特に、縦方向の頭部運動は表示が切り替わる毎に行われていることが分かる。しかし、垂直方向の視線移動に対して頭部運動は小さく、主に眼球運動によって行送りが行われていることが分かる。タッピングタスク時と比較すると、視線の動き、頭部の動きともに異なった様子になっている。

頭部運動を計測することで、瞬間的な注意ではなく、作業目的を含む関心対象について

計測できることが示された。また、視作業ごとに頭部運動の違いが現れることから、頭部運動の様子から作業内容を推定できる可能性がある。頭部運動の計測を利用することで、移動したい方向を自動検知しての移動補助や、歩こうという意図と違う出来事である転倒事故を座ろうという意図に従った休憩と判別する見守り機能など、機械によるサービスがより適切に行えると考えられる。また、頭部という比較的大きく計測しやすいものが対象であることから、生活空間での関心計測に対し、眼球計測に比べより拘束や不快感のない計測方法を用いることが可能になると思われる。

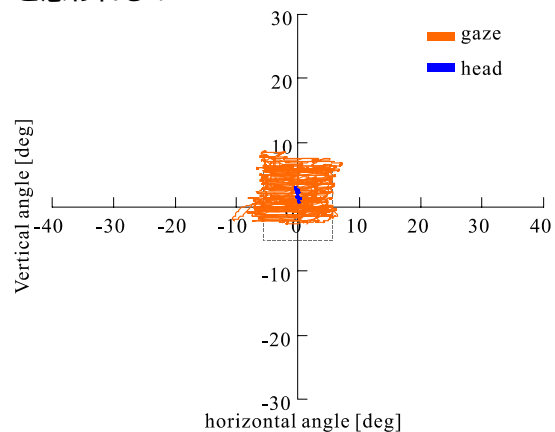


図 9. 読文タスク時の頭部運動

もちろん、頭部は視作業にのみ機能するのではなく、肩や首筋が凝った場合の頭部運動、欠伸に伴う頭部運動など、日常生活における頭部運動には多様な要因が混在している。視覚探索における頭部運動と、その他の頭部運動の間には運動力学的なパラメータの違いも予想されるが、識別のためには、日常生活の中で頭部運動を記録し、頭部運動の要因分離の観点から研究を進める必要がある。また、脳内の視覚的関心領域に関しては、この設定が視覚情報の取捨選択に関連しており、それが視覚情報の処理効率に寄与している可能性がある。今後、歩行などの広範囲の生活動作に関する頭部運動への関心の現れ方や、領域を設定することでの情報処理の効率化についても研究を進めたい。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 28 件)

阿部香織, 牧川方昭, “視覚的関心領域の頭部運動への現れの計測”, 生体医工学シンポジウム 2008 講演予稿集, pp.166-174, 2008, 無

Makikawa M, Shiozawa N, “Gait Assessment System of the Elderly using Portable

Acceleration Monitor Device ” , Proc. of International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement , pp.89-89 , 2008 , 有

Komoto K, Makikawa M , “ Estimation of Trajectory of Human Center of Gravity during Gait Using a Tryaxial Accelerometer and three Gyro Sensors ” , Proc. of International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement , pp.165-165 , 2008 , 有

Kengo Komoto, Masaaki Makikawa , “ Estimation Method of Human Motion Trajectory Using Intertial Sensors ” , Proc. International Conference on U-Healthcare 2008 Biomedical Engineering for u-Healthcare , pp.122-125 , 2008 , 有

阿部香織, 牧川方昭, “ 柔軟構造変位センサを用いたウェアラブル頭運動計測システム ” , 生体医工学 , 46(Suppl.1) , pp.914-15 , 2008 , 無

Shuhei Ishida, Naruhiro Shiozawa, Yoshihisa Fujiwara, Masaaki Makikawa , “ Electrocardiogram Measurement during Sleep with Wearing Clothes Using Capacitively-Coupled Electrodes ” , Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS , pp.2647-2650 , 2007 , 有

Yusuke Sakaue, Masaaki Makikawa , “ Development of Wireless Biosignal Monitoring Device ” , Proc. of 6th International Special Topic Conference on ITAB 2007 , pp.306-308 , 2007 , 有

Nishikawa I., Iritani T., Sakakibara K., Kuroe Y. , “ Phase Synchronization in Phase Oscillators and Complex-Valued Neural Networks and its Application to Traffic Flow Control ” , Progress of Theoretical Physics Supplement , 161 , pp. 302-305 , 2006 , 有

Ayuka KAWATA, Naruhiro SHIOZAWA, Masaaki MAKIKAWA , “ Estimation of Energy Expenditure during Walking Including UP/Down Hill ” , IFMBE Proceedings Volume14 World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006 , pp.431-434 , 2006 , 有

Toishiki M., Sakakibara K., Nishikawa I., Tamaki H. and Nakayama K. , “ Autonomous Distributed Genetic Approach for Route Planning Problems ” , Proceedings of SICE-ICASE 2006 , pp.6075-6079 , 2006 , 有

[学会発表](計41件)

Makikawa M, Shiozawa N, “ Gait Assessment System of the Elderly using Portable

Acceleration Monitor Device ” , International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement , 2008 , Rotterdam, The Netherlands

Komoto K, Makikawa M , “ Estimation of Trajectory of Human Center of Gravity during Gait Using a Tryaxial Accelerometer and three Gyro Sensors ” , International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement , 2008 , Rotterdam, The Netherlands

Nishikawa, M.Nakamura, Y.Igarashi, T.Kazawa, H.Ikeno, R.Kanzaki , “ Neural network model of the lateral accessory lobe and ventral protocerebrum of Bombyx mori to generate the flip-flop activity ” , 17th Annual Computational Neuroscience Meeting , 2008 , Oregon, USA

Toshiyuki Matsuda, Masaaki Makikawa ,ECG Monitoring of a Car Driver Using Capacitively-Coupled Electrodes ,30th Annual International IEEE EMBS Conference , 2008 , Vancouver, Canada

Kengo Komoto, Masaaki Makikawa , “ Estimation Method of Human Motion Trajectory Using Intertial Sensors ” , International Conference on U-Healthcare 2008 , 2008 , Busan, KOREA

R.Kanzaki, H.Ikeno, I.Nishikawa, T.Kazawa, A.Takashima, S. Haupt , “ Whole Brain Olfactory Network Simulation in Insects ” , Bio Super Computing 2009 (BCSC2009) , 2008 , 東京

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

牧川 方昭 ( MAKIKAWA MASA AKI )  
立命館大学・理工学部・教授  
研究者番号 : 70157163

### (2)研究分担者

西川 郁子 ( NISHIKAWA IKUKO )  
立命館大学・情報理工学部・教授  
研究者番号 : 90212117

### (3)連携研究者