

論文審査の結果の要旨

氏名 尾崎 徹

本論文は、「ウェアラブル生体情報端末の開発研究 (Development of Wearable Information Devices for Human Healthcare)」と題し、全6章からなっている。生活習慣病の一次予防を目的に、日常生活中に常時生体情報を計測する小型軽量のウェアラブルヘルスケア機器を開発している。具体的には、循環動態モニタとエネルギー収支モニタを対象に、計測アルゴリズムおよび電源デバイス考案、心電計・加速度計・脈拍計などを実装した新しい小型センサ端末の開発を行っている。

第1章「序論」では、生活習慣病の1次予防の重要性に触れ、著者が提唱するウェアラブル生体情報システムに関して、その有用性と従来の据え置き型のヘルスケアシステムに対する優位性を説明している。関連して、ウェアラブルヘルスケアの最も有用なアプリケーションである循環動態モニタとエネルギー収支モニタを対象として、特に日常生活運動検出の重要性を明示している。さらにウェアラブルヘルスケア機器の必要要件について示し、端末開発の技術的課題について述べている。

第2章「定性的な行動識別技術の検討」では、循環動態モニタリング端末を開発している。心電図と3軸加速度、3軸角速度を24時間計測可能な携帯型センサユニットの最適設計法を述べている。さらに日常生活における基本的な5つの行動パターンを抽出して、上下方向加速度と前後方向軸まわり角速度の出力から上記行動パターンを定性的に識別するアルゴリズムを提案し、上記アルゴリズムの妥当性を評価している。また上記行動識別のために必要なセンサを限定することで、センサユニットを軽量小型化、省電力化する手法を示している。

第3章「運動の定量評価技術の検討：エネルギー収支モニタリング端末の開発」では、エネルギー収支モニタリング端末を開発している。日常生活レベルの軽負荷運動における消費カロリの高精度測定のためのアルゴリズムを提案している。具体的には運動中の安静時に対する脈拍数の差分と酸素摂取量の差分の相関を用いたカロリー計算法を提案し、実測によりアルゴリズムの妥当性を評価している。また上記アルゴリズムを実装したウェアラブルPCと脈拍センサからなる測定システムを構築している。

第4章「運動の定量評価技術の検討：歩行速度検出技術の開発」では、第3章のエネルギー収支モニタリング端末を心理状態や外乱に強いシステムへ発展させるために、絶対的な尺度となる歩行速度計測技術について述べている。具体的には、足首に装着した加速度センサ出力と、データベース化された一般的な足首角度振幅情報から作成された足首角度の擬似波形から水平方向速度を導出するアルゴリズムを提案し、実測によりその妥当性を検証している。

第5章「システムへのエネルギー供給に関する検討」では、上記循環動態モニタリング端末、エネルギー収支モニタリング端末をはじめとするウェアラブルヘルスケア機器に必要な、小型高効率なエネルギー供給デバイスについて述べている。人間の動作により自動発電する発電機を製作し、デジタルテープメジャーに組み込み、無給電で動作するウェアラブル情報機器を開発している。発電機は、腕時計に実装されている自動発電機AGSを改造したもので、テープ引張り動作を利用して液晶表示可能な電力を得ている。また、人間の動作による発電機を分類整理し、スポーツをはじめとするヘルスケア機器への適用可能性を示している。

第6章「結論」において、以上で得られた結果を総括している。

以上のように、本論文は、循環動態モニタリング端末の開発とエネルギー収支モニタリング端末の開発を行い、従来の据え置き型ヘルスケア機器では不可能とされてきた軽量小型で非侵襲 24 時間計測を可能とするウェアラブルヘルスケア機器を実現している。また将来必要となる歩行速度検出技術と自動発電技術の開発を行っている。24 時間計測が有用なアプリケーションに対応する検出情報が日常生活での循環動態と行動あるいは運動量に限定されることが示され、また想定される制約条件下で有用なセンサが脈拍センサ、加速度センサ、角速度センサであることが明示されている。さらに、ウェアラブルヘルスケア機器において、微細加工技術、センサ技術、制御技術、発電技術などにおいて、腕時計技術が種々適応可能なことを示し、従来産業の新分野への発展可能性を示唆している。本成果は、人工物と人間のインタフェースに関する新しい知見を示すもので、人工環境学ならびに人間環境学の発展に寄与するところが大きい。

なお、本論文第2章、3章、5章は、保坂寛、板生清、苗村潔、太田暁生、水谷隆、佐々木健、柴建次、杉本千佳、丹治宏彰、古田拓也、松本博志、小見正幸との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。