

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21504

研究課題名(和文)尿発電を用いたウェアラブル尿失禁センサシステムの構築

研究課題名(英文)A study of wearable wireless self-powered urinary-incontinence sensor system with urine-activated battery

研究代表者

田中 亜実(Tanaka, Ami)

立命館大学・理工学部・助教

研究者番号：70734151

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文):本研究では、エナジーハーベスト技術の有効な活用方法の一つとして「尿発電を用いたウェアラブルなバッテリーレス無線尿失禁センサシステム」を実現させることを目的としている。成果として、発電量がおむつ内の尿量に応じて変化する安全で使い捨て可能なおむつ一体型尿発電デバイス及び低電圧から起動可能なパワーマネジメント回路から構成される尿失禁センサを実現し、発電量に応じて本センサより間欠送信される無線信号の間隔から尿失禁のタイミングと失禁量を検出しておむつの取り替え時期を自動で知らせるシステムを構築した。

研究成果の概要(英文):The purpose of this study was to develop a wearable wireless self-powered urinary-incontinence sensor system with a urine-activated battery as one of the method for effective utilization of energy harvesting. In this research, a self-powered wireless urinary-incontinence sensor system composed of a disposable diaper-shaped urine-activated battery that is safe for humans and an intermittent-power-supply circuit with low-voltage start-up converter was developed that determines the time for a diaper change. The urine-activated battery and the intermittent-power-supply circuit make it possible to detect the number of incidents and the amount of urine in a diaper from the spacing between the sensing signals.

研究分野：電子情報工学

キーワード：尿失禁センサ 尿発電 パワーマネジメント回路 低電圧起動 活性炭 おむつ取り替え

1. 研究開始当初の背景

近年、エナジーハーベストに関するさまざまな研究がなされている。エナジーハーベストとは、「身の回りに存在するわずかなエネルギー」を収穫して電力に変換する技術である。身の回りに存在するエネルギー源としては、振動エネルギーや熱エネルギー、光エネルギーなどが注目されている。エナジーハーベスト技術の利点は、今まで利用されことなく捨てられてきたわずかなエネルギーを活用することができるという点である。

また、子供から高齢者まで幅広い世代において問題となっている疾患に尿失禁がある。尿失禁は、患者及び介護者の日常生活の質に大きな影響を及ぼしており、これまでに、小児の夜尿症や高齢者の尿失禁の治療及び介護におけるおむつ交換のタイミング検出のために、夜尿アラームや尿失禁センサが開発されてきた。しかし、センサ駆動のためには電源供給が必要であり、従来の夜尿アラームや尿失禁センサでは、頻繁な電池残量の確認や電池交換の手間、センササイズの小型化が困難といった問題があった。

2. 研究の目的

本研究では、エナジーハーベスト技術の有効な活用方法の一つとして「尿発電を用いたウェアラブルなバッテリーレス無線尿失禁センサシステム」を実現させ、実用化を目指すことを目的としている。本技術により得られる電力はとても小さく、有効に活用するためには、エネルギー収支のバランスがとれたシステムの構築が重要である。そこで我々は、尿失禁センサシステムの電源として、尿失禁時の排尿を利用した発電を用い、パワーマネジメント回路により、エネルギーの収穫と消費をコントロールすることでバッテリーレスセンサシステムを構築している。本研究で提案するシステムの構築手法やパワーマネジメント回路設計等の技術は、今後のエナジーハーベスト技術を用いたセンサシステムの発展に貢献できる。

3. 研究の方法

(1)平成 27 年度

安全で使い捨て可能な尿発電デバイスの開発を行った。具体的には、正極電極の選定及び電極サイズ・おむつ内での電極配置の検討を行った。また、低電圧から起動可能なパワーマネジメント回路を利用したおむつ取り替え時期検出機能の開発を行った。具体的には、尿失禁センサから間欠的に送信される無線信号の間隔と尿発電デバイスの発電量の関係を確認し、尿失禁が発生したタイミングと失禁量を検出する手法の検討を行った。

(2)平成 28 年度

赤ちゃん用おむつをターゲットとして、失禁回数や各失禁当たりの失禁量とおむつの取り替え時期の関係を評価し、最適なおむつ

取り替え時期判別アルゴリズムの検討を行った。また、無線信号の間隔から尿失禁が発生したタイミングとその時の失禁量を検出する手法及びおむつ取り替え判別アルゴリズムを実装したシステムの試作を行い、人工尿を用いた実験により本システムの評価を行った。

(3)平成 29 年度

介護用おむつをターゲットとし、介護用おむつの構造や吸収特性に適したおむつ取り替え時期検出の手法を検討してシステムを試作した。また、尿発電デバイスと回路基板を接続するコネクタの試作を行った。これらを合わせて、人工尿を用いた実験により本システムの評価を行った。

4. 研究成果

本研究期間では、我々が構築してきたシステムを実用化可能な形へと発展させるために以下の内容を実施し、それぞれに示す成果を得た。

まず、安全で使い捨て可能なおむつ一体型尿発電デバイスに用いる正極電極として活性炭電極や導電性高分子材料が有効であることを示し、特に、正極には活性炭電極を用いて負極であるアルミニウム電極とともにおむつの吸収材の下側に平行に配置することで発電量がおむつ内の尿量に応じて変化する特性を得た。尿発電デバイスの断面図と写真を図 1、発電特性を図 2、おむつ内の尿量と発電量の関係を図 3 に示す。

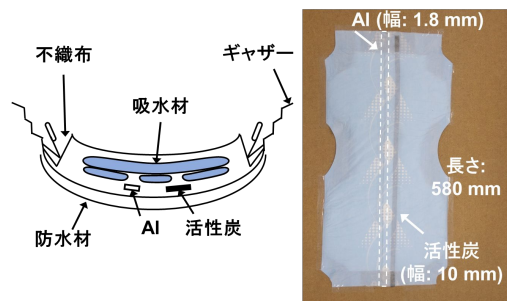


図 1 尿発電デバイスの断面図と写真

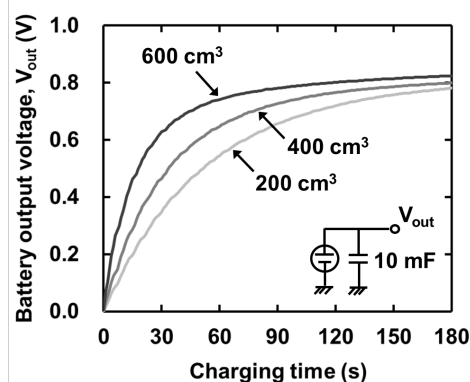


図 2 尿発電デバイスの発電特性

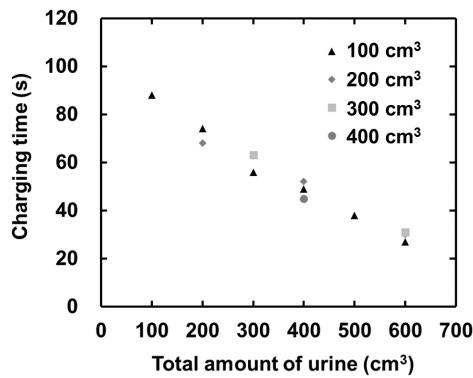


図3 おむつ内の尿量と発電量の関係

また、パワーマネジメント回路を低電圧から起動可能な回路構成とすることにより、尿発電デバイスの発電特性ばらつきに対する尿失禁センサの応答速度ばらつきを低減させたとともに、本回路を用いた尿失禁センサから間欠的に送信される無線信号の間隔が尿発電デバイスの発電量に依存することを確かめ、送信された無線信号の間隔から尿失禁が発生したタイミングと失禁量を検出する手法を確立した。尿失禁センサシステムのブロック図を図4、試作した尿失禁センサシステムの写真を図5、受信信号の特性及び受信信号間隔の特性をそれぞれ図6、図7に示す。

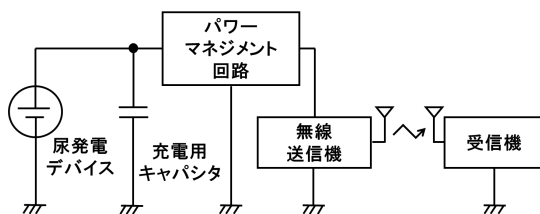


図4 尿失禁センサシステムのブロック図



図5 試作した尿失禁センサシステム

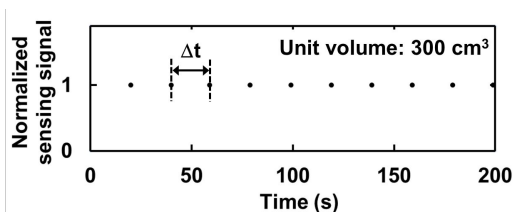


図6 受信信号の特性

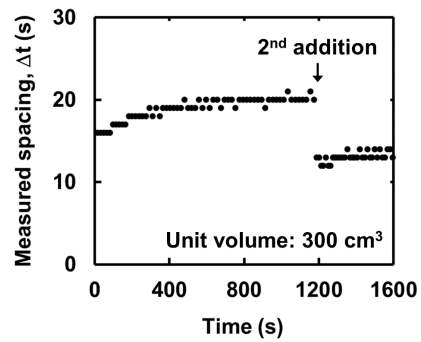


図7 受信信号間隔の特性

さらに、本センサを赤ちゃん用及び介護用おむつに適用するために、それぞれのおむつ構造や吸収特性に応じたおむつ取り替え時期検出手法を検討し、尿失禁の発生タイミングと失禁量からおむつ取り替え時期を自動で検知するシステムを構築した。また、使い捨てとなる尿発電デバイスと繰り返し使用の回路基板を接続するためのコネクタの試作も行い、実際の使用現場における意見収集を行える形へ近づけた。

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)

〔学会発表〕(計 3件)

Hiroya Sakamoto, Ami Tanaka, Ryota Suematsu, Yo Nakajima, and Takakuni Douseki, "Self-powered Wireless Urinary-incontinence Sensor System Detecting Urine Amount and Diaper Change Timing in Under 10 Minutes," The 12th International Symposium on Medical Information and Communication Technology, 2018.

坂本 裕哉, 末松 怜大, 田中 亜実, 道関 隆国, "尿発電電池を用いたおむつ取り替え時期検出可能な尿失禁センサシステム," 電子情報通信学会ヘルスケア・医療情報通信技術研究会第5回研究会, 2017.

Ami Tanaka, Ryota Suematsu, Hiroya Sakamoto, and Takakuni Douseki, "Self-Powered Wireless Urinary-Incontinence Sensor Determines Time for Diaper Change from Spacing Between Sensing Signals," IEEE Sensors 2016, 2016.

〔産業財産権〕

出願状況(計 2件)

名称: 吸収部材の交換要否判断装置

発明者：道関隆国，田中亜実，末松怜大，坂本裕哉
権利者：学校法人 立命館
種類：特許
番号：特願 2016-212102
出願年月日：2016 年 10 月 28 日
国内外の別： 国内

名称：吸収部材
発明者：道関隆国，田中亜実
権利者：学校法人 立命館
種類：特許
番号：特願 2018-056166
出願年月日：2018 年 3 月 23 日
国内外の別： 国内

6．研究組織

(1)研究代表者

田中 亜実 (Tanaka, Ami)
立命館大学・理工学部・助教
研究者番号：70734151

(2)研究協力者

道関 隆国 (Douseki, Takakuni)
立命館大学・理工学部・教授

藤田 智弘 (Fujita, Tomohiro)
立命館大学・理工学部・教授