

排泄検知システムの開発

Developing Human Excretion Detection System

鈴木 誉久* 堀江 永有太* 白木 正孝*
 Yoshihisa Suzuki Nayuta Horie Masataka Shiraki

An aging society means a rise in people who require assistance because of illness and disability. The human excretion system, and its deterioration, lead to various problems. Diapers must be changed, bodies wiped, clothes must be cleaned and odors must be dealt with. Not least of all is an embarrassment to people.

These problems are exacerbated if feces are in a liquid state, where, if pressure sores exist, there is an increased risk of ulcers and infection if excrement is not cleaned up quickly. Also, influence on bedclothes and bed may be spread if they are contaminated.

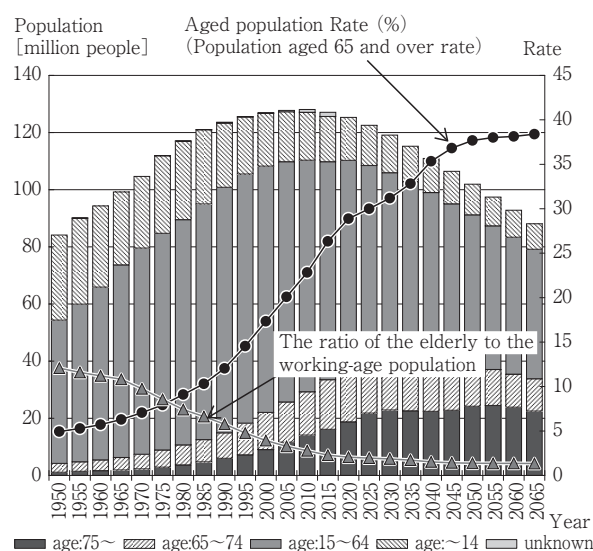
To avoid these problems, we are developing a system to detect human excretion early. This will improve the dignity of people, improve quality of life and reduce work-load for carers. In this study, we explain the background, concepts and experimental results.

KEY WORDS: Excretion care, Gas sensor, Aged society

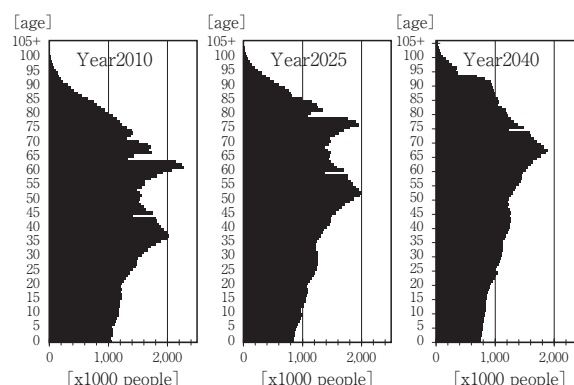
1. はじめに

日本の人口構造は、Fig. 1¹⁾ に示すように急速に高齢化が進行している。65歳以上の人口（高齢者人口）が占める割合は、1970年に7%を超えて「高齢化社会」となり、1995年に14%を超えて「高齢社会」となり、2010年に21%を超えて「超高齢社会」となった。団塊の世代が75歳以上の後期高齢者になる2025年には、高齢者人口は約3700万人となり、その割合は30%を超える。一方、15歳から64歳までの生産年齢人口は、減少の一途をたどると推測され、生産年齢人口の高齢者人口に対する割合は、2025年に1.9、2040年に1.5となり、高齢者1人を支える現役世代が2人を下回る時代が到来する。

このような超高齢社会では、身体機能の低下、病気、障害などによって支援を必要とする高齢者も増加傾向にあり、看護や介護をはじめ、様々な領域で深刻な問題が発生することが推測される。（公財）科学技術交流財団が福祉用具を利用する側の医療・福祉施設（あいち福祉用具開発ネットワーク会員、46社・団体）に対して行った調査²⁾によると、日常業務において課題があると考えている上位5項目は、1位：移乗介助、2位：認知



(a) Population trends



(b) Population pyramid (Year 2010, 2025, 2040)

Fig. 1 Demographics of the aging population in Japan

*開発本部 開発グループ

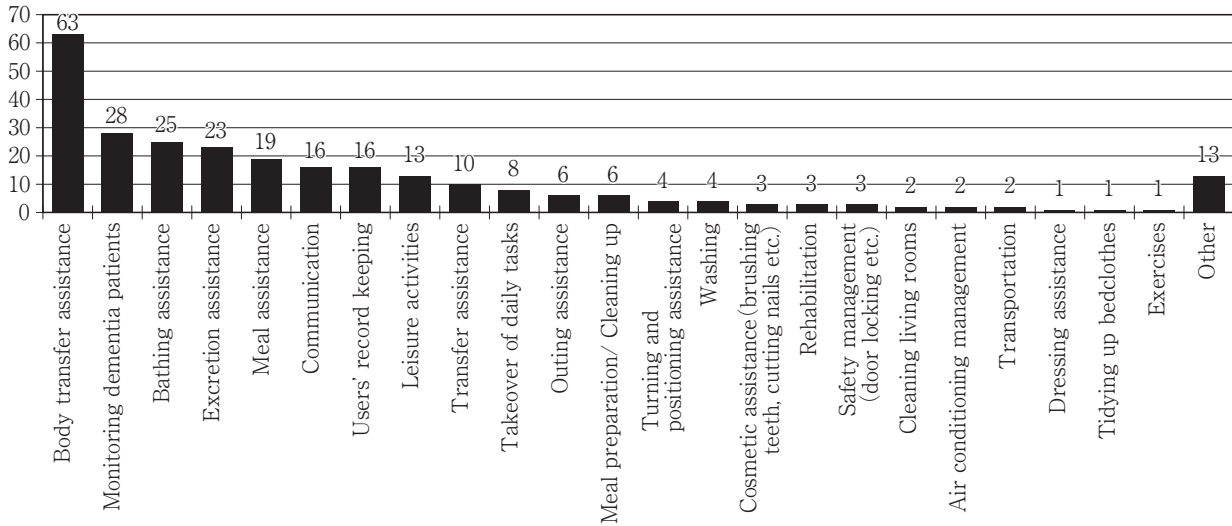


Fig. 2 Survey of issues of daily tasks in medical facility and welfare facility

症利用者の見守り、3位：入浴介助、4位：排泄介助、5位：食事介助であった (Fig. 2 参照)。この上位の中には、高齢者の尊厳に関わる「排泄」があり、これは看護/介護/介助するヒト、看護/介護/介助されるヒトの共通の課題である。排泄機能が低下すると、おむつ交換作業、体拭き作業、清掃作業、におい発生など、様々な問題を引き起こす。特に水様便は、水分を多く含み、角質層を損傷させるタンパク質分解酵素や脂肪分解酵素を多く含む³⁾ 為、放置すると、皮膚炎、褥瘡、感染症が発症する可能性が高まり、また、寝具やベッドへの汚染被害が拡大して清掃や交換などの作業も増大する。

そこで、この便失禁に関わる課題解決、尊厳の保持、QOL (Quality of Life) の向上、作業負担の軽減を目的とし、便失禁を検出して通知する排泄検知システムを開発している。今回、その排泄検知システムの概要、標準ガスを使用したセンサの応答性について報告する。

2. 排泄を検知するシステム

便失禁は、1章で説明したように、失禁後に放置される時間の経過とともに、看護/介護/介助されるヒト、看護/介護/介助するヒト、両者への影響が大きくなる。従って、便失禁を通知するまでの時間は短い方が良い。そこで、センサモ

ジュールは、排泄器官の近くに設置する方針とした。

排便の検出には、非接触かつ非侵襲で検出できるガスセンサを使用することとした。ガスセンサには、電気化学方式、半導体方式、水晶振動子方式、光学方式、歪検出方式などがあるが、実用性や入手性を考慮すると電気化学方式と半導体方式に絞られる。板倉らの研究⁴⁾によると、高齢者の便の臭気には硫化水素と脂肪酸類が多く含まれている。そこで、本システムでは、多く含まれる硫化水素を検出できるガスセンサを選定した。

排便の検出信号を通信する手段には、有線と無線がある。有線で通信する場合、排泄介助や体を動かす際に邪魔になるだけでなく断線する可能性も高い為、無線で通知することとした。センサモジュールの電源は、前記通信手段と同様の考え方により、有線でコンセントから供給するのではなくバッテリーを内蔵して供給することとした。このように、排泄検知システムでは、便の臭気を検出して、無線によって通知する (Fig. 3 参照)。

無線通信方式には、Bluetooth、無線LAN (WiFi)、ZigBee、特定小電力無線などがある。前述のようにバッテリー駆動を考えると低消費電力である必要があること、システムのコストを抑制する為に通知を受け取る機器を汎用機器で調達することなどを考慮してBluetoothを選定した。

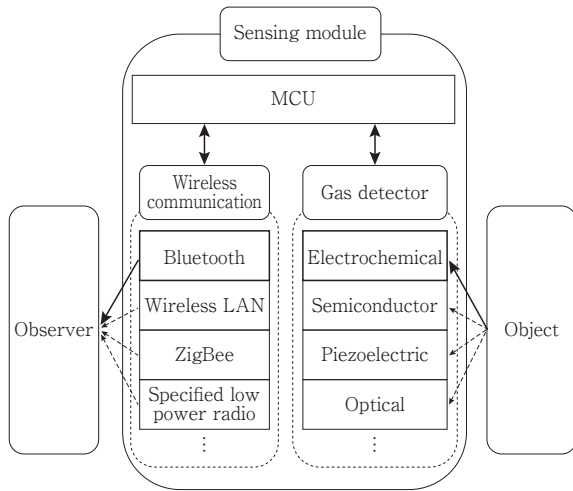
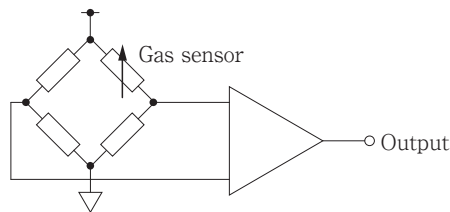
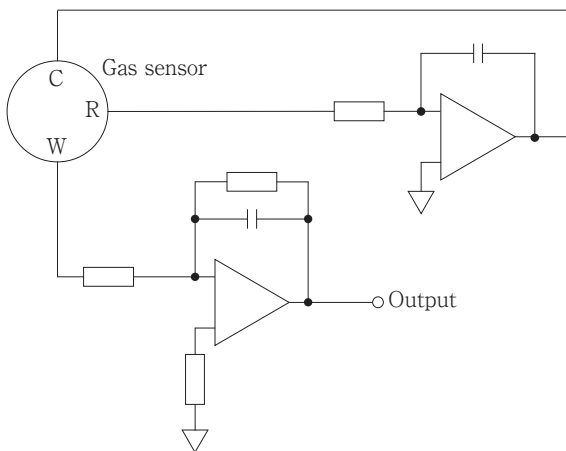


Fig. 3 Block diagram of the detecting human excretion system



(a) For semiconductor gas sensor



(b) For electrochemical gas sensor

Fig. 4 Electrical diagram for gas detecting

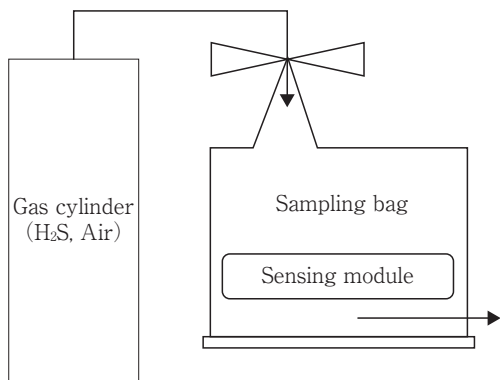


Fig. 5 Block diagram of the measurement system

3. 実験方法と結果

半導体方式ガスセンサは硫化水素に反応するフィガロ技研製TGS2602とTGS2603を、電気化学方式ガスセンサは硫化水素用のフィガロ技研製FECS50-100をそれぞれ使用した。また、半導体方式ガスセンサの検出回路はFig. 4 (a)を、電気化学方式ガスセンサの検出回路はFig. 4 (b)をそれぞれ使用した。

Fig. 5に示すように、サンプリングバッグ（近江オドエアサービス製Flek-Sampler）の中にガスセンサと検出回路を3種類入れ、ガスボンベから、(1) 無臭ガス（住友精化、合成空気AIR ZERO-A）、(2) 硫化水素ガス（住友精化、0.5-1.5ppm）、(3) 無臭ガス、をサンプリングバッグに順次に注入し、ガスセンサの応答を測定した（サンプリング時間 100ms）。なお、サンプリングバッグは、一部を開放して注入したガスが流出するようにした。

硫化水素ガスに対する応答をFig. 6に示す。横軸は経過時間 [s] を、縦軸は測定値をそれぞれ示す。測定値は、無臭ガスの測定値が「0」、硫化水素ガスの測定値が「1」となるように規格化した。また、測定値は、± 1s間の移動平均値とした。いずれのガスセンサも硫化水素ガスに対して応答することが確認できる。ガス応答性は、立ち上がりと立ち下りともに、電気化学方式ガスセンサの

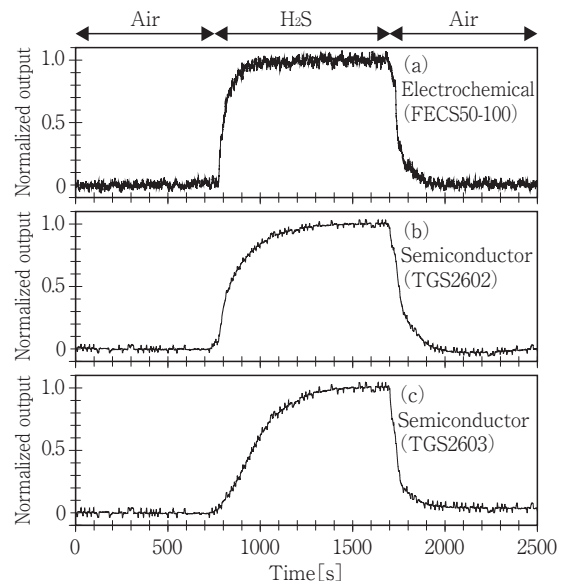


Fig. 6 Responsiveness to the H₂S standard gas

方が、半導体方式ガスセンサより早く応答することが分かる。

排便を検出してより早く通知したり、検出判定を安定化させたりするには応答特性が早い方が望ましい。また、一般的に半導体方式ガスセンサは加熱用ヒーターを内蔵している為、前述のように、人体の近くで使用すると人体が熱の影響を受ける可能性があり、バッテリーで駆動するとバッテリー寿命の観点で不利となる。これらのことから本システムでは、ガスセンサは、電気化学方式の方が適している。

4. おわりに

ヒトは排泄機能を持ち、その機能低下は、おむつ交換作業、体拭き作業、清掃作業、にのびの発生など、様々な問題を引き起こす。特に水様便の場合は、放置すると褥瘡や感染症が発症する可能性が高まり、また、寝具やベッドへの汚染被害が拡大する。今回、これらの課題解決、尊厳の保持、QOLの向上、作業負担の軽減を目的とした排泄検知システムの概要、標準ガスを使用した基本動作の確認、センサの応答特性とセンサの選定について報告した。

今後、実際の便での動作確認、実使用を想定した動作確認、安全対策を実施する予定である。

参考文献

- 1) 2015年までは総務省「国勢調査」、2020年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果
- 2) 「福祉用具参入・開発・実用化促進事業の実施成果について」、あいち健康長寿産業クラスター推進協議会、2017年3月23日資料を元に作成
- 3) 市川佳映、大桑麻由美、真田弘美、「IADの予防とケア」、Visual Dermatology、第17巻、2018、第2号、pp134-138
- 4) 板倉朋世、光田恵、棚村壽三、「高齢者のおむつ交換時における排泄物の臭気特性に関する研究」、日本建築学会環境系論文集、第73巻、2008、第625号、pp.335-341