

自己評価報告書

平成23年4月21日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20300195

研究課題名（和文） 在宅ヘルスケアのための便器内蔵型光学式尿成分自動計測システムの開発

研究課題名（英文） Development of a Spectrometric System for Monitoring Urine Substances Installed in Toilet for Daily Healthcare

研究代表者

田中 志信（TANAKA SHINOBU）

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号：40242218

研究分野：生体医工学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：在宅ヘルスケア，生活習慣病予防，糖尿病，近赤外スペクトル，尿糖計測

1. 研究計画の概要

糖尿病予防を主目的とした家庭用のトイレ（便座及び便器）内蔵型尿成分自動計測システムを開発する。尿成分の計測方法としては、従来の市販品のような酵素電極による電気化学的な方法は用いず、近赤外領域の分光学的手法を用いることにより従来品の難点であった電極寿命や高価格化の問題点を解決する。またシステムの簡易化・低価格化のために近赤外光発光ダイオード（LED）アレイを用いた簡易スペクトル計測システムを試作すると共に、これを組み込んだトイレ内蔵型の尿成分自動計測システムを具現化する。

2. 研究の進捗状況

これまで以下に示すような尿糖計測のための新規な光学的測定法を考案し、プロトタイプシステム試作のための基礎的知見を得てきた。

- (1) 現有設備の FT-IR 型近赤外分光装置を用いて尿の近赤外吸収スペクトルからケモメトリクス的手法（PLS 法）により尿中グルコース濃度の検量モデルが作成可能であることを明らかにした。
- (2) グルコース以外の重要な尿成分としてアルブミンに着目し、これが同時予測可能か検討した。具体的には、グルコース、アルブミン、尿素の3成分混合溶液を合計作成し、上述の手法によりアルブミンの濃度予測を行った。その結果、十分実用に供し得る精度でアルブミン濃度が予測可能であることが確認された。
- (3) 実用性を考慮してサンプル移送や光学計測の自動化が容易な「フロースルー型セル（光路長：10mm）」を用いた簡易近赤外スペクトル計測システムを試作し、FT-IR 装置

と同程度の計測精度が得られることを確認した。

- (4) 単一被験者に比べ複数被験者データから構築した PLS モデルでは計測精度が低下し、その原因が尿中成分で生理的濃度範囲が最大（0～数千 mg/dl）の「尿素」である可能性が示唆された。
- (5) 上記問題に対して尿素濃度ごとの検量モデルを作成することで計測精度が向上するものと予想し、その第1ステップとして物理モデルが成り立つ波長域、即ち尿素濃度の増加に伴い吸光度が増加する波長域が存在することを確認した。
- (6) 実用化に際して必須となるスペクトル計測システムの簡素化に向けて、波長の異なる市販近赤外 LED を複数個（5～6種類）用いることを想定し、まずは光学的なバンドパスフィルタを複数個用いて尿糖値を推定可能であることを予備実験的に確認した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

（理由）

前項記載のとおり、この3年間における研究期間中に、(1) 光学的に尿糖値（尿中グルコース濃度）を計測する手法を考案し、(2) トイレ組込型とするためのフローセル型システムの試作と性能評価も既に実施済みであり、さらに(3) 光学系簡易化のための波長選定もほぼ終了している。また尿サンプル移送のための流路制御系についても基本的な動作確認を終了済みであり、最終年度に実施予定の「トイレ内蔵型プロトタイプシステム試作」に向けての準備は整っている。

ただし尿中の妨害物質として「尿素」が測定精度に大きく影響することが明らかとな

り、この対策として尿素濃度計測用の波長を新たに追加する必要が生じたこと、及びLED光源の変更(後述)が見込まれることから、現在までの達成度を「おおむね順調に進展している」と自己評価した次第である。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度である今年度においては、尿のサンプリング機構を含む「トイレ内蔵型プロトタイプシステム」を試作し、その性能評価を行うことが基本かつ最重要の計画である。

なおスペクトル計測用の光源として、当初は多波長のLEDアレイを想定していたが、これまでの研究結果から尿糖を高精度で計測するためには、2000nm以上の波長域のスペクトルデータが必要であることが明らかとなった。この波長域は水による吸光が非常に大きく、現状のLED(特注品を含む)では十分な光出力を得ることは困難であることから、次の様な方式に変更することとした。

即ち前年度の予備的実験で適用の可能性を確認した「光学的バンドパスフィルタ(BPF)」の利用である。BPFはLEDに比べて波長選定の選択枝が格段に広いうえ、光源に高出力のハロゲンランプを使用でき、2000nm以上の水の吸収が大きい波長域においても十分な入射光強度を得られるという利点がある(但し形状寸法や電力消費、価格等の点ではLEDの方が遥かに優っている)。

なお現時点では尿糖計測用に2波長、尿素計測用に1波長、スペクトル規格化用に2波長の合計5種類のBPFを用いる予定であり、2分岐ファイバ及び二つのフローセルと光検出器(フォトダイオード)による「ダブルビーム型簡易光学系」を構築し、これを前述のプロトタイプシステムに組み込む予定である。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文](計10件)

- ① S. Tanaka, Y. Hayakawa, M. Ogawa and K. Yamakoshi: Development of a near-infrared spectroscopic system for monitoring urine glucose level for the use of long-term home healthcare, Proceedings of SPIE, 6th International Symposium on Precision Engineering Measurements and Instrumentation, ISPEMI 2010 (in press) 【査読有】
- ② 小川充洋, 山越健弘, 田中志信, 山越憲一: ヒト血清アルブミンリン酸緩衝溶液の近赤外領域における分光学的特性およびその定量化の試み, 生体医工学, 48(3), p.259-268 (2010) 【査読有】
- ③ S. Tanaka, Y. Hayakawa, M. Ogawa and K. Yamakoshi: Development of an optical method for monitoring urine glucose level for the use of long-term home healthcare, IFMBE Proceedings, vol.25 (CD-ROM), paper No. 135

(2009) 【査読有】

- ④ S. Tanaka, M. Ogawa, T. Gu and K. Yamakoshi: Development of Urine Glucose Level Monitor for Home Healthcare Using Near Infrared Spectroscopy, Procs. of the 8th IEEE International Conference on BioInformatics and Bio-Engineering, (CD-ROM), pdf No.BE-P235 (2008) 【査読有】
- ⑤ 顧涛, 早川雄翔, 小川充洋, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一, ホームヘルスケアのためのトイレ内蔵型尿成分分析システムの開発, 第23回生体・生理工学シンポジウム論文集, p.143-146 (2010) 【査読無】

[学会発表](計21件)

- ① K. Motoi (他9名, S. Tanaka 7番目), Development and Clinical Evaluation of a Home Healthcare System Measuring in Toilet, Bathtub and Bed without Attachment of Any Biological Sensors, 10th IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine, 2010.10.4, Aquis Corfu Holiday Palace Hotel (Greece)
- ② 早川雄翔, 小川賢人, 田中志信, 小川充洋, 野川雅道, 山越憲一, 在宅健康管理のための光学式尿糖値計測システムの開発研究 - 尿素濃度が予測精度に及ぼす影響 -, 生体医工学シンポジウム2010, 2010年9月23日, 北海道大学(札幌市)
- ③ S. Tanaka, Y. Hayakawa, M. Ogawa and K. Yamakoshi: Development of a near-infrared spectroscopic system for monitoring urine glucose level for the use of long-term home healthcare, 6th International Symposium on Precision Engineering Measurements and Instrumentation, 2010.8.9. Hangzhou Taixuhu Holiday Hotel (China)
- ④ S. Tanaka, Y. Hayakawa, M. Ogawa and K. Yamakoshi: Development of an optical method for monitoring urine glucose level for the use of long-term home healthcare, 11th International Congress of the IUPESM, 2009.9.9, International Congress Center Munich (Germany)
- ⑤ S. Tanaka, M. Ogawa, T. Gu, and K. Yamakoshi, Development of Urine Glucose Level Monitor for Home Healthcare using Near Infrared Spectroscopy, 8th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, 2008.10.9, Royal Olympic Hotel (Greece)

[図書](計1件)

- ① K. Motoi, A. Ikarashi, S. Tanaka, K. Yamakoshi, American Scientific Publishers, Distributed Diagnosis and Home Healthcare, (in press)