# 在宅健康管理のためのトイレ内蔵型光学式 尿中成分計測システムの開発

森本尚央<sup>1</sup>,田中志信<sup>1</sup>,野川雅道<sup>1</sup>,山越憲一<sup>1</sup>,小川充洋<sup>2</sup> <sup>1</sup>金沢大学大学院 自然科学研究科 <sup>2</sup>帝京大学 理工学部 ヒューマン情報システム学科

# Development of an optical system for monitoring urine substances based on near-infrared spectroscopy for the use of home health care

N.MORIMOTO<sup>1</sup>, S.TANAKA<sup>1</sup>, M.NOGAWA<sup>1</sup>, K.YAMAKOSHI<sup>1</sup> and M.OGAWA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University

Department of Human Information Systems, Teikyo University

**Abstract:** We have been developing an optical system for monitoring urinary substances In this study, we carried out preliminary experiments for estimating concentration of urea, sodium chloride, creatinine and glucose using an FT-IR spectrometer. Two kinds of samples were pepared. One was the urine collected from healthy adults mixed with appropriate amount of glucose, and the other was the urine obtained from a male adult suspicious of having diabetes. Absorbance were measured with the wavelength range of 750-2500nm, and the PLS regression analysis was performed. From the results obtained, it was confirmed that, we could estimate concentration of these four substances in the "glucose added samples" with reasonable accuracy, however, deteriorations of accuracy were observed in the samples from the diabetes suspicious subject. To improve the accuracy, we intend to check several matters, i.e., interference substances, wavelength selection, etc. . **Keywords:** Home health care, Near infrared spectroscopy, Urine glucose concentration,

## 1. 諸言

現在,高齢化や食生活,運動習慣の変化に伴い, 生活習慣病の患者数は増加傾向にあり,これを改善 する施策として健康的な習慣を確立することによっ て疾病の発症そのものを予防する「一次予防」の考 え方が重視されつつある.こうした社会背景のもと, 本研究では在宅下における長期的な健康管理を行う 場としてトイレに着目した.トイレで採取可能な尿 は,採取の際に侵襲性がなく反復実施が可能なため, 腎・尿路系疾患や糖尿病などの様々な疾患を発見す るのに活用されている.この中で尿糖検査用の市販 装置として酵素電極法を用いたものがあるが,電極 の構造が複雑なうえに酵素活性が低下するなど問題 点も多い<sup>[1]</sup>.

一方,化学反応を利用しない手法の一つとして原 子・分子の吸光特性を利用した分光分析法が挙げら れる.この方法は酵素電極法と異なり多成分の同時 かつ高速な計測が可能であり,長寿命であるなど利 点が多い<sup>四</sup>.そこで本研究では近赤外分光法を利用 した在宅ヘルスケア用のトイレ内蔵型尿成分分析シ ステムの具現化を目指して研究を行ってきた.今回 は糖尿病発見の指標となる尿中のグルコース濃度, 併せて蛋白投与量の指標となる尿素,血圧管理に有 用な塩化ナトリウム,尿中成分の24時間排泄量推定 に有用なクレアチニンの濃度予測の可能性を検討し た.

## 2. 差分吸光度の算出

近赤外分光法を用いた溶液分析には差分吸光度法 が有用である.吸光度は測定試料の濃度に比例する が,測定試料に含有成分が多い場合はそれぞれの吸 光波長帯域が重なり,測定対象の信号を得ることが 難しい. そこで溶液分析では,溶液の吸光度スペクトルから溶媒の吸光度スペクトルを差し引いた差分吸光度スペクトルを得ることで,溶質固有の吸光度スペクトルを得ることが可能である. 差分吸光度/ Absは入射光量 Ⅰ₀と参照試料(溶媒)の透過光量 Ⅰr, 測定試料の透過光量 Ⅰmから式(1)で表される.

$$\Delta Abs = \log_{10} \frac{I_0}{I_m} - \log_{10} \frac{I_0}{I_r} = \log_{10} \frac{I_r}{I_m}$$
(1)

式(1)の log<sub>10</sub>(I<sub>0</sub>/I<sub>m</sub>)は測定試料の吸光度を, log<sub>10</sub>(I<sub>0</sub>/I<sub>b</sub>)は 参照試料(溶媒)の吸光度を示す.通常,吸光度測 定には入射光量I<sub>0</sub>と透過光量Ir,Imをそれぞれ計測す る必要がある.透過光量は入射光量と比較して光量 が大幅に減少するため,入射光量を計測の上限値に する計測法では十分な透過光量を得ることが困難で ある.一方,差分吸光度は式(1)の右辺で表されるよ うに,透過光量Ir,Imを計測することで算出できる. 透過光量IrとImが共に計測可能な最大範囲まで信号 を増幅することで,通常の吸光度算出と比較し計測 精度の向上が期待できる.

#### 3. 実験装置概要

今回の実験はすべて FI-IR 型分光器 (Spectrum One, Parkin Elmar/計測波長範囲 750-2500[nm], 波長分解能 1.667[nm])を使用しスペクトル計測を行った.1サン プルあたり10回の計測を行い,その平均値を計測値 とした.計測セルには光路長 0.5[mm]の自作フローセ ルを用いた.実験装置概要を Fig.1 に示す.

# 4. グルコース添加尿の濃度予測実験

<u>4.1 実験方法</u> 21-23歳の健常成人男性 11名から随時尿を採取し、それぞれの尿にグルコースを 0-500

[mg/dl](市販尿試験紙の測定範囲)の11段階になる よう添加し,計121サンプルを計測サンプルとした. なお原尿中のグルコース,尿素,塩化ナトリウム, クレアチニンについては臨床検査センターに委託し 濃度を決定した.

得られたサンプルに対して 750-2500[nm]の波長範囲で差分吸光度△Abs を測定し、これから算出した 19個の潜在変数、グルコース、尿素、塩化ナトリウム、及びクレアチニンの各濃度を従属変数とし、全 121 サンプルの PLS 法による回帰分析を行った. 解析ソフトには「統計ソフト R」を使用し、予測濃度 と実測濃度の相関係数(y)及び平均予測誤差(SEP)により予測精度を評価した.

4.2 実験結果 グルコース,尿素,塩化ナトリウム,及 びクレアチニン各成分の濃度予測結果を Fig2 (a)-(d)に示す. 濃度予測精度は、グルコースについては γ=0.970, SEP=38.7[mg/d],尿素は γ=0.999, SEP=30.4 [mg/d],塩 化ナトリウムは γ=0.989, SEP=40.5 [mg/d],クレアチ ニンは γ=0.982, SEP=14.6[mg/d]]となり、本法により グルコース添加尿の各成分濃度を高精度で予測可能 であることを確認した.

#### 5. 高尿糖随時尿の濃度予測実験

5.1 実験方法 糖尿病が疑われる成人男性1名(55歳)の随時尿を朝食前・後を含め1日2~4回採取し,計21サンプルを得た.尿中の各成分濃度を臨床検査 センターに委託し測定したところ,尿糖の最大値は 1028[mg/d],平均 334.5[mg/d],標準偏差 308.7[mg/d]] であった.

<u>5.2 実験結果</u> 4.1 と同様な波長範囲で解析を行った。グルコース,尿素,塩化ナトリウム,及びクレアチニン各成分の濃度予測結果を Fig.3 (a)-(d)に示す. 濃度予測精度は、グルコースについては γ=0.850, SEP=165.2[mg/d],尿素は γ=0.995, SEP=55.6 [mg/d],塩化ナトリウムは γ=0.739, SEP=160.8 [mg/d],クレアチニンは γ=0.826, SEP=35.2[mg/d]となり、濃度予測が可能であることが示唆された.しかし、実用に際しては更なる精度向上が必要と考えられる.

#### 6. 結言

今回の検討により,光学的な方法でグルコース添 加尿,及び高尿糖随時尿中の多成分の濃度予測が可 能であることを確認した.しかし,精度の向上が必 要であると考えられる.そこで,今後は新たな解析 波長,解析方法,妨害物質の検討を行う.更に,被 験者数を増やして追加実験を行うとともに,FF-IR型 分光器に代わるより簡易構造・安価なシステムの試 作開発を行っていく予定である.

# <参考文献>

- [1]大野和重,杉野実,岡本隆生:新型尿糖検査機の開発(イン テリジェンストイレ用)愛知電機技報 No.28,p.3-6(2007)
- [2] S. Kasemsumran, Y.P. Du, K. Murayama, M. Huehne, Y.Ozaki: Near-infrared spectroscopic determination of human serum albumin, γ-globulin, and glucose in a control serum solution with searching combination moving window partial least squares. Analytica Chimica Acta. 512: 223-230, 2004.







