

ある糖尿病患者における生活習慣イベントと関連付けした血糖値の時系列データ解析

竹内 裕之[†] 児玉 直樹[†] 鶴見 克則[‡]

高崎健康福祉大学 健康福祉学部 [†]医療福祉情報学科, [‡]健康栄養学科 〒370-0033 群馬県高崎市中大類町 37-1

E-mail: {htakeuchi, kodama, tsurumi}@takasaki-u.ac.jp

あらまし ある糖尿病患者さんが生活しながら取得した12日間の血糖値の時系列データを対象に、食事、アルコール摂取、運動などの各種生活習慣イベントとの間のダイナミックな時系列相関解析を行った。相関解析では、時間軸上で注目イベントが起きた近傍（ウインドウ幅内）の血糖値データのみを対象とすることにより、注目イベント以外のみが原因の血糖値変動の影響を除去した。その結果、(1)穀物と肉・魚・豆類の摂取がほぼ1時間後をピークに血糖値を上昇させる、(2)運動は直後（30分以内）から血糖値を下降させる即効性がある、(3)アルコール摂取は血糖値を上昇させ、その主原因はビール摂取である、ことなどが判った。

キーワード 時系列データ解析、生活習慣、糖尿病、血糖値

Time-Series Data Analysis of Blood-Sugar Level of a Diabetic in Relationship to Lifestyle Events

Hiroshi TAKEUCHI[†] Naoki KODAMA[†] and Katsunori TSURUMI[‡]

[†]Department of Healthcare Informatics, [‡]Department of Health & Nutrition, Faculty of Health and Welfare, Takasaki University of Health and Welfare 37-1, Nakaorui-machi, Takasaki-shi, Gunma, 370-0033 Japan

E-mail: {htakeuchi, kodama, tsurumi}@takasaki-u.ac.jp

Abstract Time-series data of blood-sugar level of a diabetic for twelve days were analyzed in relationship to lifestyle events such as ingestion, alcohol intake, and exercise. In this analysis, only time-series data of blood-sugar level within a time-window where target lifestyle event occurred were considered so that the influence of other lifestyle events to blood-sugar level variation can be excluded. Following results were obtained: (1) ingestion of grain or meat/fish/beans increased blood-sugar level that peaked after one hour, (2) exercise decreased blood-sugar level rapidly in thirty minutes, (3) alcohol intake increased blood-sugar level whose cause was mainly beer intake.

Keyword Time-series data analysis, Lifestyle, Diabetic, Blood-sugar level

1. はじめに

メタボリックシンドロームに象徴される生活習慣病の予防は少子高齢化社会に突入した我が国にとって最重要課題の一つである。政府はその対策の一つとして2008年度より特定健診・保健指導制度をスタートさせた。特定保健指導においては、対象者への情報提供として

- (1) 生活習慣病の特性や生活習慣の改善に関する基本的な理解を支援する
- (2) 健診結果の提供に合わせて、全員に個別のニーズ、生活習慣に即した情報提供を実施するとあり、対象者ごとの個別の計画を作成することが求められている。さらに、動機付け支援として、生活習慣の改善に対する個別の目標を設定し、自助努力によ

る行動変容が可能となるようにするとある[1,2]。即ち、個人それぞれの生活習慣や日々の健康状態を把握して、きめ細かなフォローアップを実施することが肝要である。我々は以前、先に開発した個人健康管理システムにおける時系列データ解析手法[3-5]を用い、ある糖尿病患者さんの日々の食生活を中心とする生活習慣が、外来診療時に計測している食前血糖値やグリコヘモグロビン（HbA1c）値に与える影響について解析を行った[6,7]。そこでは、患者さんが自主的に蓄積した約4年間にわたる長期的な時系列データを解析して生活習慣と食前血糖値およびHbA1c値の間の相関ルールを抽出し、それを元に生活習慣改善の指針を導出した。

本稿では、同じ患者さんが12日間という短期間に生活をしながら出来るだけ多くの回数自己取得した血

糖値の時系列データを対象に、食事、アルコール摂取、運動などのイベントとの間のダイナミックな時系列相関解析を行った結果を報告する。

2. 研究の方法

2.1. 解析モデル

個人の日常生活では、労働、食事、運動、休養、飲酒、喫煙など様々な生活習慣が、その人の健康状態に複雑に関与していると考えられる。従って、ある1つの生活習慣が関心ある健康状態にどの程度影響しているかを調べるためには、何らかの統計的手法に頼らざるを得ない。また、糖や脂肪の代謝など多くの複雑な生体反応の結果をデータ解析の俎上に乗せる必要がある。本研究の解析手法は、「生活習慣の蓄積が健康状態に変化をもたらし、その影響は時間遅れをもって現れることがある」という極めてシンプルなモデルに基づく[8]。ここでは、生活習慣の蓄積を各種生活習慣データの単純加算値で、健康状態の変化を各種健康データの時間的変化(差分)で表す。また影響の遅れを蓄積と変化の間の遅延時間で表現する。そして、ある期間における生活習慣と健康状態に関する時系列データを元に、生活習慣データの加算数、健康データ変化の時間間隔、遅延時間をパラメータとして生活習慣データの加算値と健康データの時間的変化の時系列相関をチェックする。そして、相関係数の絶対値が最も大きい加算数と遅延時間の条件をみつける。

2.2. 時系列データの取得

本研究では、ある型糖尿病患者さんの12日間の血糖値変化と、食事、運動、飲酒などイベントとの相関を前項で述べたモデルに基づき解析した。血糖値の計測には、アークレイの自己血糖測定器を用い、日常の生活を送りながらできるだけ多くのタイミングで計測した。採血の場所は指先で、計測回数は12日間で合計178回であった。

食事については、食事内容を入力すると食品群別(穀物、肉・魚・豆類、野菜、乳製品、菓子・果物類)に摂取エネルギーが計算されるソフト「食彩生活(タニタ製)」を用いて取得した。アルコールに関しては、ビール1杯140kcal、焼酎1杯85kcal、ワイン1杯75kcalとしてアルコール種別に摂取エネルギーを記録した。また、運動量の計測には「Intelligent Calorie Counter((株)アイ・ティ・リサーチ社製)」を用いた。

なお、これらのデータは対象患者さんから自主的に提供され、解析の結果を公表することが承諾されている。

2.3. 時系列データの解析

これまで、1日1回生活習慣データと健康データが取得されていることを前提に、図1に示す手法で解

析を行ってきた[3-5]。生活習慣データの加算は日毎のデータ加算になり、遅延時間は遅延日数となる。相関係数(ピアソン)の閾値を例えば0.3に設定し、この値を超える加算日数と遅延日数の条件をコンピュータ上で探索する。

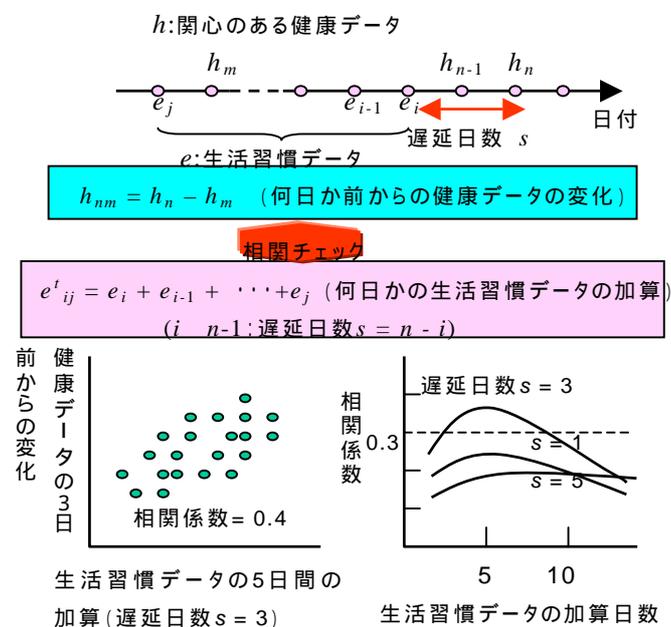


図1 時系列データの処理
Fig.1 Process of Time-Series Data Analysis

本研究では、この手法をモデルの本質は変えないで拡張し、図2に示すように、データ取得の時間間隔を30分とし、30分毎の時系列データ解析を行った。この場合、血糖値は30分毎には計測されていないので、計測値変化のグラフから内挿して値を求めた。実データ(178個)と内挿データを合わせた血糖値のデータ数は549個である。また、食事、飲酒による摂取エネルギー、運動による消費エネルギーに関しては、食事、飲酒時間、運動時間を30分単位で区切り、その値を等配分した。遅延時間も30分を単位とした。

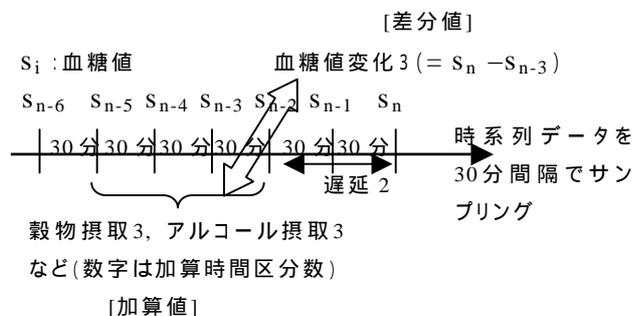


図2 本研究での時系列データ解析手法
(変化3、加算3、遅延2の場合)

Fig.2 Time-Series Data Analysis in This Study

なお、これら手動の時系列データ解析には、SPSS社のデータマイニングツール Clementine を用いた。

3. 解析結果

3.1. 血糖値の時系列変化

12 日間に亘る血糖値の時系列変化を図 3 に示す。飲食直後のデータも含まれているので、60 mg/dl ~ 300 mg/dl 超の範囲で大きく変動している。飲食時の増加後速やかに減少する場合もあれば、なかなか減少しない場合もあった。変動の少ない時間帯におけるデータの殆んどは睡眠中の内挿値である。

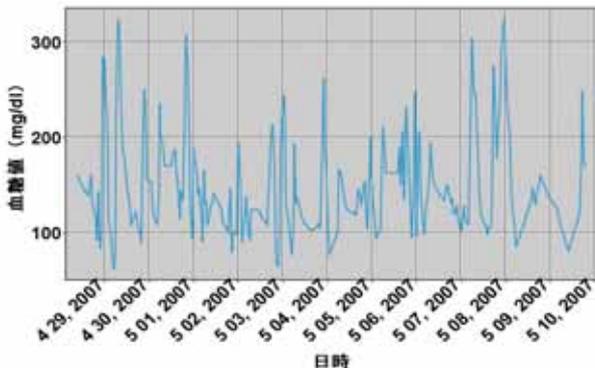


図 3 血糖値の時系列変化 (30 分間隔でサンプリング, 実データ数: 178, 総データ数: 549)

Fig.3 Time-Series Data of Blood-Sugar Level

3.2. 時系列データ解析

解析の目的は、食事、飲酒、運動などのイベントが血糖値変化に与える影響を調べることであるが、それぞれのイベントの持続時間は、12 日間の全時間帯の一部に過ぎない。そこで、それぞれのイベントが起きた近傍の時間帯における血糖値の変化のみに着目して時系列相関をみた。図 4 にその手法を示す。イベントが

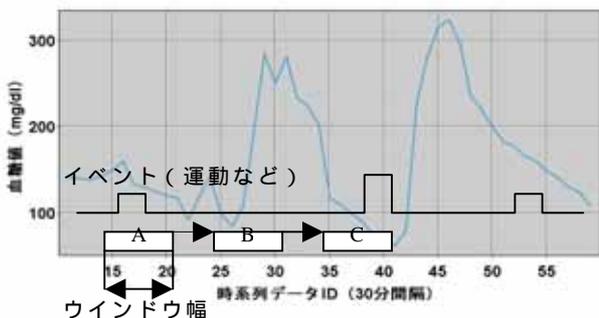


図 4 ウィンドウの設定と解析対象血糖値時系列データ (区間 A,C: 解析対象, 区間 B: 解析対象外)

Fig.4 Definition of Time-Window and Target Data

起きた近傍の時間帯幅 (これをウィンドウ幅と呼ぶ) はイベントの種類によって設定する。例えば、運動の持続時間が最大 1 時間程度であれば、ウィンドウ幅を 2 時間として、2 時間以内の運動量の加算値がゼロであ

る時間区間は解析対象外とする。例えば、図 4 においては、区間 A は解析対象、区間 B は解析対象外とする。ウィンドウをずらしウィンドウ幅内に運動量のデータ値が入ってくる (区間 C) と再び解析対象区間とする。こうすることにより、注目イベント以外のみが原因の血糖値変動の影響を除去することができる。

3.2.1. 食事と血糖値変化

食事が血糖値を上昇させることは言うまでもないが、食品群別にみると穀物と肉・魚・豆類の摂取が顕著に血糖値を上昇させた (図 5,6)。食事時間は概ね 1 時間以内なのでウィンドウ幅を穀物摂取では 3 時間、肉・魚・豆類摂取では 2.5 時間とした。これらのウィンドウ幅は相関係数が最も大きくなるように設定した。両者とも、遅延時間を 1 時間 (遅延 2) とした場合に、より相関係数が大きいことから、イベント (食事) が発生してから 1 時間程度の遅延をもって血糖値がピークになることがわかる。その他の食品群 (野菜、乳製品、果物・菓子類) と血糖値変化の間には顕著な相関は見られなかった。

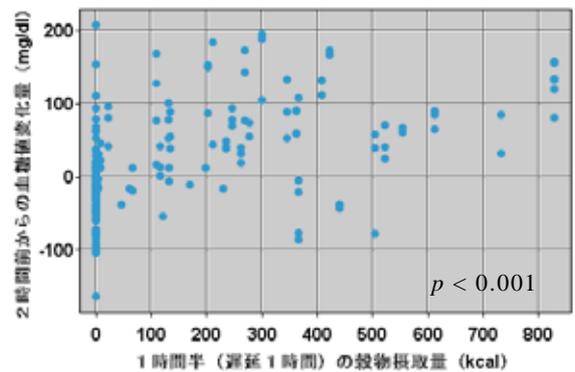


図 5 穀物摂取量と血糖値変化量の散布図 (ウィンドウ幅: 3 時間, $n = 187, r = 0.491$)

Fig.5 Blood-Sugar Level Variation vs Grain Ingestion

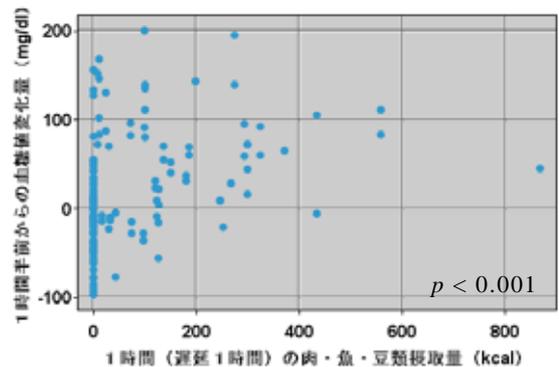


図 6 肉・魚・豆類摂取量と血糖値変化量の散布図 (ウィンドウ幅: 2.5 時間, $n = 150, r = 0.349$)

Fig.6 Blood-Sugar Level Variation vs Meat/Fish/Beans Ingestion

3.2.2. 運動と血糖値変化

運動が血糖値を下げる効果があることは良く知られているが、この患者さんの場合にもその傾向が見られた(図7)。運動の持続時間は最大1時間程度なので、ウィンドウ幅は2時間とした。図7は遅延時間30分(遅延1)の場合で、明らかな負の相関がみられる。しかし、他の条件は同じで遅延時間を1時間(遅延2)にすると図8に示したように相関が殆んど消滅することから、運動の効果は即効性があることが判る。

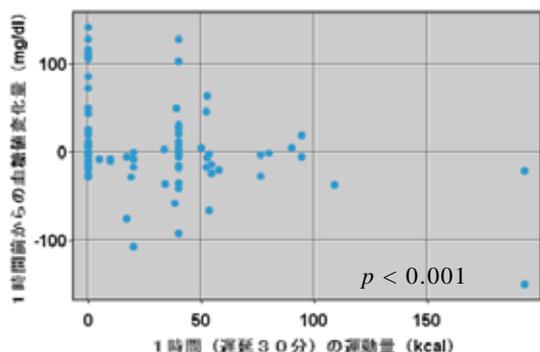


図7 運動量と血糖値変化量の散布図(ウィンドウ幅:2時間, $n = 85$, $r = -0.368$, 遅延: 30分)
Fig.7 Blood-Sugar Level Variation vs Exercise

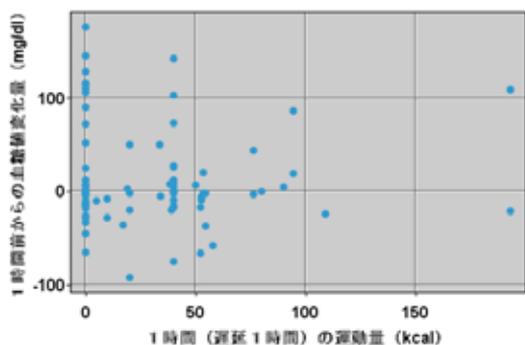


図8 運動量と血糖値変化量の散布図(ウィンドウ幅:2時間, $n = 85$, $r = -0.030$, 遅延: 1時間)
Fig.8 Blood-Sugar Level Variation vs Exercise

3.2.3. アルコール摂取と血糖値変化

一般的に糖尿病患者にはアルコール摂取は良くないとされているが、この患者さんの場合制限的に摂取しており、種別に摂取量を記録している。主たるものは焼酎とビールである。そこで、総アルコール摂取、焼酎摂取、ビール摂取をイベントとして血糖値変化の相関をみた。アルコール摂取は食事と一緒にもしくはそれより長い時間かけることもあるので、ウィンドウ幅を3時間とした。遅延時間は30分(遅延1)としたが、1時間(遅延2)としてもそれほど相関係数の大きさは変らなかった。図9は総アルコール摂取と血糖値変化の散布図であるが、明らかな正の相関を示し、血糖値

を上昇させている。

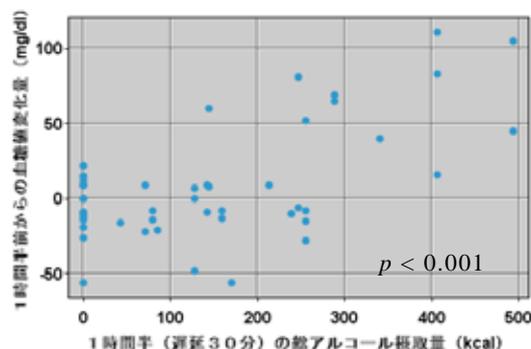


図9 総アルコール摂取量と血糖値変化量の散布図(ウィンドウ幅: 3時間, $n = 51$, $r = 0.590$)
Fig.9 Blood-Sugar Level Variation vs Alcohol Intake

図10、11に総アルコール摂取の場合と全く同じ条件で、ビール摂取と焼酎摂取についての散布図を示す。興味深いことにビール摂取は明瞭な正の相関を示しているのに対し、焼酎摂取は殆んど相関を示さない。このことから、総アルコール摂取が血糖値を上昇させている原因はビール摂取にあることが判る。

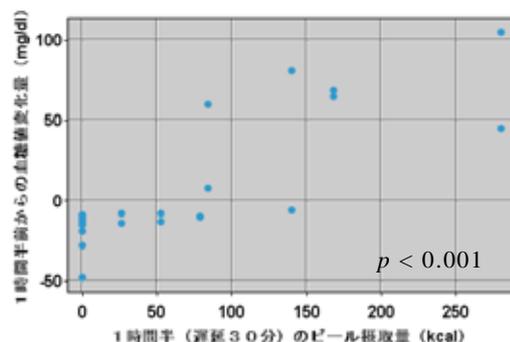


図10 ビール摂取量と血糖値変化量の散布図(ウィンドウ幅: 3時間, $n = 23$, $r = 0.821$)
Fig.10 Blood-Sugar Level Variation vs Beer Intake

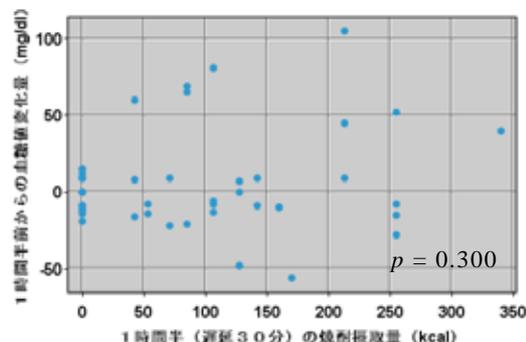


図11 焼酎摂取量と血糖値変化量の散布図(ウィンドウ幅: 3時間, $n = 45$, $r = 0.158$)
Fig.11 Blood-Sugar Level Variation vs Distilled Liquor Intake

4. 考察

4.1. データ解析の手法について

先に開発した、日次のデータ取得を前提とした個人健康管理システムにおける時系列データ解析手法を拡張して、ある糖尿病患者さんの血糖値の30分毎の変化と生活における各種イベントとの時系列相関解析を行った。食事、アルコール摂取、運動など各イベントは生活全体の一部の時間帯で（不定期的に）繰り返し起こることから、その時間帯近傍の血糖値データの変化のみを対象として解析を行うことで、ノイズを低減できたと考える。このことは、全時間帯における血糖値データとの相関係数は小さいが、イベントの種類によって設定したウィンドウ幅内の血糖値データを対象とすることで顕著な相関が得られるケースが多かったことから推察できる。

4.2. 解析結果について

定常的な穀物や肉・魚・豆類の多めの摂取が中長期的に食前血糖値や HbA1c 値を押し上げる原因になることは、同じ患者さんについて前報で報告した[6,7]。今回、食事直後でも血糖値を顕著に上昇させる食品群はこの2項目であった。この蓄積が中長期的に HbA1c 値の増加に繋がったものと考えられる。

また、継続的な運動が HbA1c 値を改善することを前回の解析結果からみることができたが、今回の解析では、即効性があるということを含めて血糖値を降下させることが明らかになった。

さらに一般的に糖尿病患者には制限されているアルコール摂取については、前回、適度の定常的な焼酎、ワイン類の摂取はむしろ HbA1c 値を下げるという結果が得られた[6,7]。しかし今回は、アルコール摂取は明らかに直後の血糖値を上昇させており、その原因がビール摂取であることが明らかになった。興味深いのは、焼酎摂取は血糖値変化との相関があまりみられず、前回の結果とある程度整合しているといえる。

5. まとめ

ある糖尿病患者さんの12日間に亘る、血糖値の30分毎の時系列変化と、食事、アルコール摂取、運動など各種イベントとの相関を解析した。解析には、「生活習慣の蓄積が健康状態に変化をもたらし、その影響は時間遅れをもって現れることがある」というシンプルなモデルを適用し、各イベントを30分毎に区分した加算値と血糖値変化量の時系列相関を、30分単位の遅延時間を考慮して求めた。互いに他のイベントによる血糖値変化の影響を除去するために、各イベントが起きる近傍に適切な時間間隔のウィンドウを設定し、その時間範囲内での血糖値データのみを対象として解析を行った。

得られた主な結果を以下に纏める。

- (1) 穀物と肉・魚・豆類の摂取は、ほぼ1時間後をピークに血糖値を上昇させた。
- (2) 運動は、直後(30分以内)から血糖値を下降させる即効性がある。遅延時間を1時間にすると血糖値変化との相関は消滅した。
- (3) アルコール摂取は、血糖値を上昇させ、その主原因はビール摂取にあった。焼酎摂取と血糖値変化の間には相関はみられなかった。

謝辞

血糖値、生活習慣の時系列データを提供していただいた、竹内順氏に感謝いたします。なお、本研究は文部科学省科研費(課題番号:20300222)の助成を受けている。

文 献

- [1] 特定健診・特定保健指導の趣旨・概要について、厚生労働省保険局資料 2007.
- [2] 特定健康診査・特定保健指導の円滑な実施に向けた手引き Ver1.7, 厚生労働省保険局 Jul. 2008.
- [3] H. Takeuchi, N. Kodama, T. Hashiguchi, and N. Mitsui, "Healthcare data mining based on a personal dynamic healthcare system," Proc. 2nd Int. Conf. on Computational Intelligence in Medicine and Healthcare, pp.37-43, Lisbon, Portugal, Jun. 2005.
- [4] 竹内裕之, 児玉直樹, 橋口猛志, 林 同文, "個人健康管理を目的とした健康データマイニングシステム," DEWS2006 1B-i11, Mar. 2006.
- [5] 竹内裕之, 児玉直樹, 橋口猛志, 林 同文, "個人健康管理システムのための自動相関ルール抽出アルゴリズム," DBSJ Letters, vol.5 no.1, pp.25-28, Jun. 2006.
- [6] 石川昌宏, 児玉直樹, 竹内裕之, "ある糖尿病患者における血糖値およびグリコヘモグロビン値の時系列データ解析," DEWS2008 E1-6, Mar. 2008.
- [7] H. Takeuchi, M. Ishikawa, and N. Kodama, "Time-series data analysis of blood sugar and HbA1c levels of diabetic," Proc. 4th Int. Conf. on Advances in Medical, Signal, and Information Processing, P1.7, St. Margherita Ligure, Italy, Jul. 2008.
- [8] 竹内裕之, 児玉直樹, "生活習慣と健康状態に関する時系列データ解析手法の開発," DEWS2008 E1-5, Mar. 2008.