

# 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

石川 昌宏<sup>†</sup> 児玉 直樹<sup>‡</sup> 竹内 裕之<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>高崎健康福祉大学大学院 健康福祉学研究科 医療福祉情報学専攻 〒370-0033 群馬県高崎市中大類町  
37-1

<sup>‡</sup>高崎健康福祉大学 健康福祉学部 医療福祉情報学科 〒370-0033 群馬県高崎市中大類町 37-1

E-mail: <sup>†</sup>0610101@wm.takasaki-u.ac.jp, <sup>‡</sup>{kodama, htakeuchi}@takasaki-u.ac.jp

**あらまし** 少子高齢化社会に突入した我が国にとって生活習慣病の予防は最重要課題の一つである。生活習慣と糖尿病は深く関係しており、日々の生活習慣を改善することで糖尿病の発症を未然に防ぐ事が可能である。本研究では、ある糖尿病患者の生活習慣（食事・アルコール摂取量・歩数等）と食前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を行い、日々の食生活を中心とする生活習慣が食前血糖値に与える影響について調べた。得られた結果を基に生活習慣改善ルールを作成し、実施したところ、食前血糖値に改善がみられた。

**キーワード** 生活習慣病, 糖尿病, 時系列データ解析, 生活習慣改善ルール

## Time-Series Data Analysis of Blood Sugar and HbA1c Levels of Diabetic

Masahiro ISHIKAWA<sup>†</sup> Naoki KODAMA<sup>‡</sup> and Hiroshi TAKEUCHI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Post-Graduate Course of Healthcare Informatics, Graduate School of Takasaki University of Health and Welfare  
37-1 Nakaorui-machi, Takasaki-shi, Gunma, 370-0033 Japan

<sup>‡</sup>Department of Healthcare Informatics, Faculty of Health and Welfare, Takasaki University of Health and Welfare  
37-1 Nakaorui-machi, Takasaki-shi, Gunma, 370-0033 Japan

E-mail: <sup>†</sup>0610101@wm.takasaki-u.ac.jp, <sup>‡</sup>{kodama, htakeuchi}@takasaki-u.ac.jp

**Abstract** The prevention of lifestyle-related diseases is one of high-priority issues in our country because of declining birthrate and increasing number of elderly people. It is considered to be possible to prevent diabetes by improving one's lifestyles since it deeply related to lifestyles such as ingestion and energy expenditure due to exercise. In this study, time-series data of lifestyles (ingestion, alcohol intake, and walking, etc.), blood-sugar level, and HbA1c level of a diabetic were analyzed. Association rules among lifestyles, blood sugar level, and HbA1c level were extracted. The blood sugar and HbA1c levels of a diabetic were found to be decreased by the lifestyle improvement with a guideline based on the extracted association rules.

**Keyword** Lifestyle-related disease, Diabetic, Time series data analysis, Lifestyle improvement rule

### 1. はじめに

平成 20 年 4 月 1 日から施行される「高齢者の医療の確保に関する法律」により特定健診が義務化となるが、メタボリックシンドロームの診断基準外の人々は義務化の対象外となる。このためメタボリックシンドロームの診断基準外の糖尿病予備群については従来通りの定期的な健診、または、自発的な健診で健康管理をしなければならない。また、現在の糖尿病患者への治療方法は、食事療法や運動療法による生活習慣の改

善が必要不可欠となっている。入院治療を行っている患者の場合には、医師や看護師によって指導・管理を十分に行える。しかし、退院後自宅で食事制限や運動療法を行う場合には医師や看護師等の医学的な観点からの指導・管理が十分に行えない状況になり、継続的に規則正しい生活を送ることは困難な場合も多い。そのため、いかにして自己の生活を規則正しく維持していくかというモチベーション作りが必要になる[1][2]。本研究では、我々が開発した時系列データ解析手法

[3]-[6]を用いて、食生活を中心とした日々の生活習慣が血糖値やグリコヘモグロビン（HbA1c）値に与える影響を解析し、得られた相関ルールを基に生活習慣改善の指針を導出する．そしてその指針に基づいた健康管理を実施することで糖尿病の予防が可能であることを実証する．

## 2. 研究方法

### 2.1 時系列データ取得

本研究では、まず実証研究を行う為の分析調査として、定期的な外来診療を受けているある軽度の糖尿病患者さんの時系列データを対象として、食生活を中心とした生活習慣と食前（空腹時）血糖値および HbA1c 値の相関ルール解析を行った．食前血糖値と HbA1c 値は月 1 回外来診療時に計測されている．生化学データとしては、その他総コレステロール、HDL コレステロール、中性脂肪なども同時に計測されている．

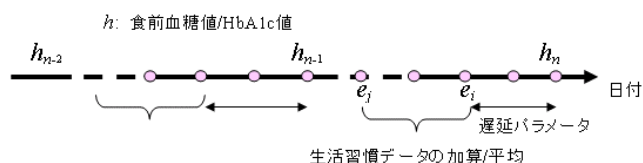
食生活のデータに関しては、食品群別、アルコール種別の摂取カロリーとして約 4 年間毎日記録されている．食品群別の摂取カロリーのデータ取得には、食事内容を入力すると食品群別に摂取カロリー計算されるソフト、食彩生活（タニタ製）を用いている．また、アルコール種別摂取カロリーについては、ビール 1 杯 140 kcal、焼酎 1 杯 85 kcal、ワイン類 1 杯 75 kcal として本人が克明に記録している．

### 2.2 時系列データ解析法

開発した時系列データ解析は、生活習慣データの加算（積分）と健康データの変化（微分）に着目し、遅延パラメータの概念を導入して解析する手法で、代謝を含めた生体内の複雑な反応を最も単純にモデル化したものと言える．すなわち、「生活習慣の積み重ね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」という単純な発想に基づく解析手法である．この解析手法ではデータがほぼ毎日取得されていることが前提であるが、今回の分析調査では、食前血糖値と HbA1c 値が月 1 回しか取得されていないので、時系列データ解析の概念を拡張して図 1 に示す処理を施した．

まず、取得されているデータを時系列データとして扱えるように処理し、SPSS 社のデータマイニングソフト Clementine [7]を用いて時系列データ解析を行った．HbA1c はグルコースとヘモグロビンが結合したものであり、血糖値が定常的に高いレベルの場合に多く生成され、一過性のイベントの影響をあまり受けないので糖尿病診断の良い指標とされている．そこで、HbA1c 値に関しては生活習慣データの 1 ヶ月間の平均との時系列相関をみた（図 1 の処理 1）．食前血糖値に関しては、計測日前の何日間かの生活習慣データの加算と今

回計測値の時系列相関をみた（図 1 の処理 2）．



処理1: 前回計測日から今回計測日の前日までの生活習慣データの平均と今回計測値の時系列相関をとる(遅延パラメータ $s=1$ )

処理2: 今回計測日前の何日間( $i-j+1$ )かの生活習慣データの加算と今回計測値の時系列相関をとる(遅延パラメータ $s$ を変化させる)

図 1 時系列データの処理

Fig.1 Process of time-series data analyses

### 2.3.相関ルール抽出方法

前項で述べた手法で時系列データ間の相関チェックを行い、生活習慣データの平均もしくは加算と食前血糖値および HbA1c 値との相関係数を計算した．そして、相関係数の絶対値がある閾値（ここでは 0.3 とした）を越えた生活習慣データ項目を入力変数とし相関ルールを抽出した．出力変数は食前血糖値および HbA1c 値であるが、データ数がほぼ同数になるように“高い”、“中間”、“低い”の 3 つのシンボル値にクラス分けした．ルール抽出のアルゴリズムは決定木 C5.0 法[8]を用い、判りやすいルールを得るためにルートノードを含め 4 階層程度の決定木になるように枝刈り率を選定した．

## 3. 結果

### 3.1.解析結果

HbA1c 値と生活習慣データの 1 ヶ月間の平均値で、時系列データ間の相関係数の絶対値が 0.3 を越えた項目は野菜平均摂取量(0.333)、穀物平均摂取量(0.380)、総アルコール平均摂取量(-0.488)、焼酎平均摂取量(-0.410)、ワイン類平均摂取量(-0.315)、歩数平均(-0.342)の 6 項目であった．ここで例として、焼酎平均摂取量、歩数平均について相関係数を算出する基となった散布図を図 2 および図 3 に示す．

食前血糖値と生活習慣データの加算値で、時系列データ間の相関係数の絶対値が 0.3 を越えた項目は計測日前日から 6 日間の穀物摂取量の合計(0.367)、計測日 4 日前から 2 日間の野菜摂取量の合計(-0.393)、計測日 3 日前の肉・魚・豆類摂取量(0.360)の 3 項目であった．相関係数を算出する基となった散布図の例を図 4~図 6 に示す．

食前血糖値に関して生成された決定木(図 7)から、「計測日前日から 6 日間の穀物摂取量の合計が 4,893

kcal より多く、計測日 4 日前から 2 日間の野菜摂取量の合計が 212 kcal 以下で、計測日 3 日前の肉・魚・豆類摂取量が 476 kcal より多いと食前血糖値は“高い”傾向がある」というルールが抽出された。

HbA1c 値に関して生成された決定木(図 8)からは、「総アルコール平均が 260 kcal/日以下で穀物平均が 879 kcal/日より多いと HbA1c 値は“高い”傾向がある」というルールが抽出された。

これらの結果から総合的に判断して、この患者さんの生活習慣改善指針を作成した。

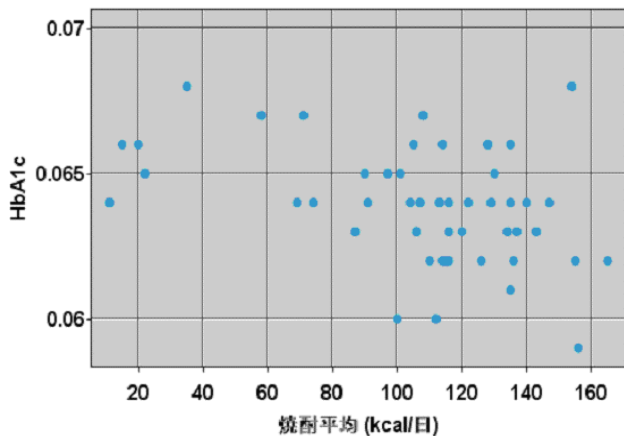


図 2 焼酎平均摂取量と HbA1c の散布図 (相関係数 : -0.410)

Fig.2 Scatterplot of HbA1c level versus shochu intake (correlation coefficient: - 0.410)

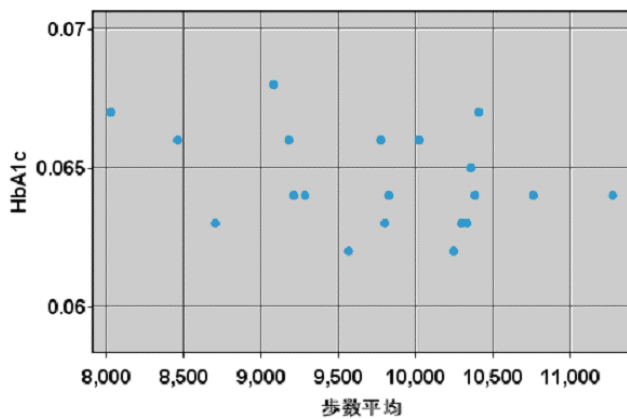


図 3 歩数平均と HbA1c の散布図(相関係数 : -0.342)  
Fig. 3 Scatterplot of HbA1c level versus number of walking steps (correlation coefficient: - 0.342)

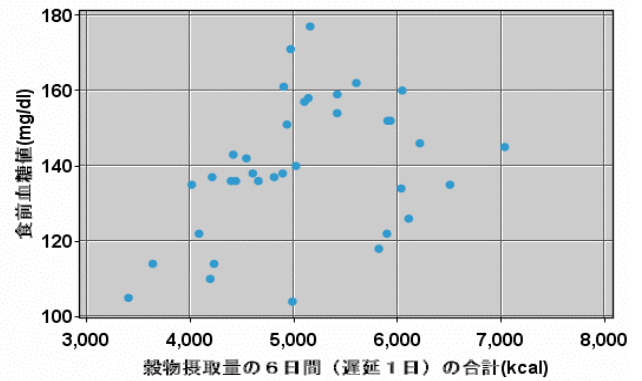


図 4 穀物摂取量と食前血糖値の散布図 (相関係数 : 0.367)

Fig.4 Scatterplot of blood-sugar level versus grain ingestion (correlation coefficient : 0.367)

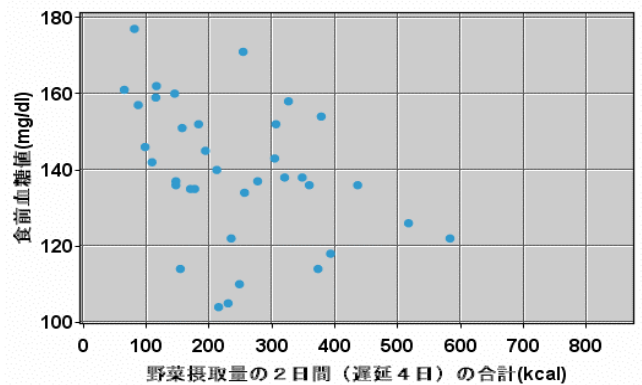


図 5 野菜摂取量と食前血糖値の散布図 (相関係数 : 0.393)

Fig.5 Scatterplot of blood-sugar level versus vegetable ingestion (correlation coefficient : -0.393)

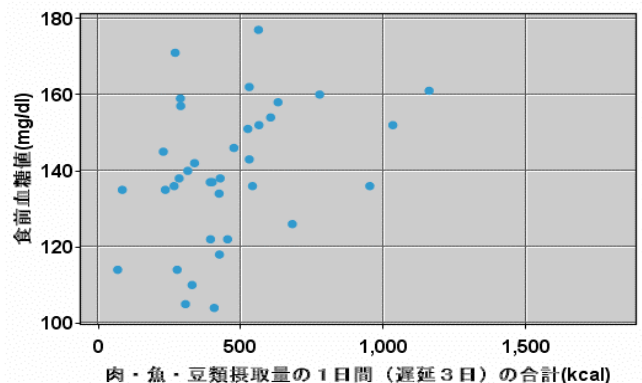


図 6 肉・魚・豆類摂取量と食前血糖値の散布図 (相関係数 : 0.360)

Fig.6 Scatterplot of blood-sugar level versus meat, fish, and beans ingestion (correlation coefficient : 0.360)

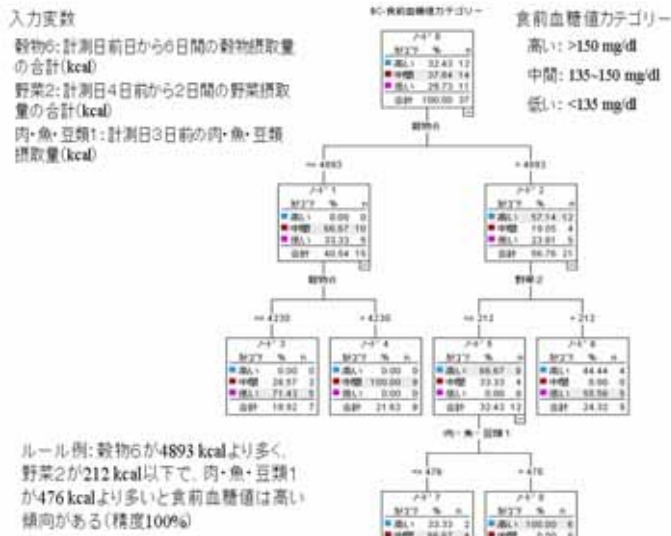


図7 食前血糖値に関する決定木と抽出されたルール  
Fig. 7 Decision tree and extracted rule concerning blood sugar level

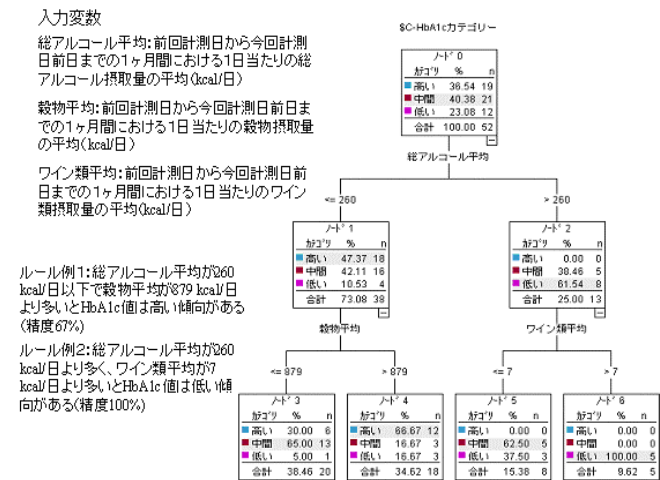


図8 HbA1cに関する決定木と抽出されたルール  
Fig. 8 Decision tree and extracted rule concerning HbA1c level

### 3.2.生活習慣改善指針作成

決定木から抽出されたルールによりこの患者さんの場合、1日当たりの穀物摂取量が800-900 kcalを超えると食前血糖値およびHbA1c値が“高く”なり、アルコールをある程度摂取するとHbA1c値が“低く”なると言える。しかし、糖尿病患者の食事療法などではアルコール摂取を制限することが一般的である。また、今回の解析で、ビールの摂取はHbA1c値を上昇させる傾向がみられたので、生活習慣改善指針としてはビー

ルの摂取を禁止し、アルコールの摂取は焼酎のみとした。また、穀物の摂取に関しては1日800 kcalまでとし、歩数平均に関しては図3からHbA1c値6.5%以下を目安とし1日1万歩を歩くことを目標とした。以上の3点を生活習慣改善指針として当該患者さんに提示し、3ヶ月間データ取得を行うこととした。

### 3.3.改善の効果

生活習慣改善指針を提示する前に取得したデータから10日間分の朝食・昼食・夕食前の血糖値を抽出し、生活習慣改善指針提示後約3ヶ月の最後の10日間の朝食・昼食・夕食前の血糖値とをそれぞれ比較した(表1、表2)。

また、指針提示前10日間の食前血糖値の時系列データと指針提示後3ヶ月の最後の10日間の食前血糖値の時系列データを朝食前、昼食前、夕食前に分けてそれぞれ折れ線グラフで表示した(図9)。いずれの食前血糖値にも改善がみられた。

表1 指針提示前10日間の食前血糖値

Table 1 Blood-sugar level for ten days before lifestyle improvement

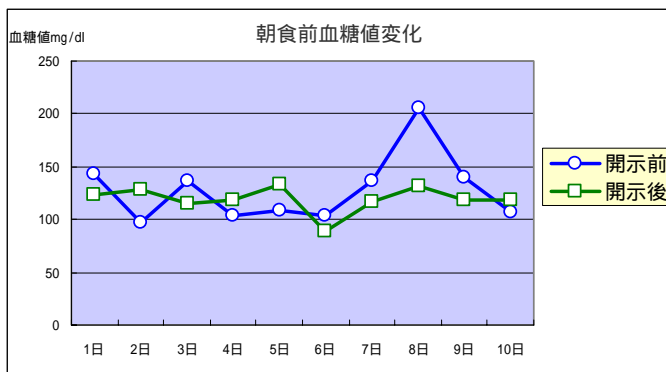
日数	朝食前	昼食前	夕食前
1日目	143	84	110
2日目	97	231	109
3日目	137	147	112
4日目	104	99	100
5日目	108	65	82
6日目	103	110	97
7日目	136	110	105
8日目	206	115	112
9日目	140	120	109
10日目	107	230	230
平均値	128.1	131.1	116.6

2007/4/28 ~ 2007/5/7

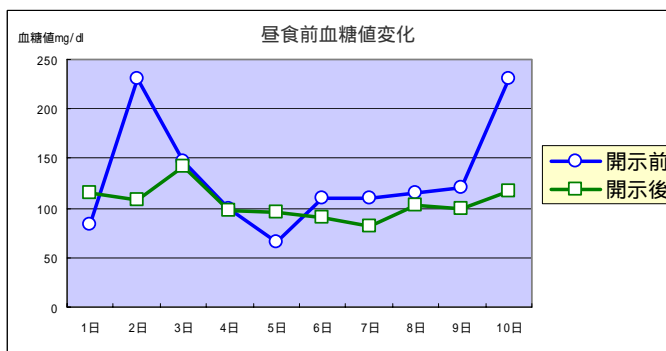
表2 指針提示後3ヶ月の最後の10日間の食前血糖値  
Table 2 Blood-sugar level for ten days after three-months' lifestyle improvement

日数	朝食前	昼食前	夕食前
1日目	124	115	107
2日目	128	109	105
3日目	115	141	120
4日目	118	98	67
5日目	133	95	77
6日目	89	91	108
7日目	116	81	65
8日目	132	103	92
9日目	118	99	82
10日目	119	117	84
平均値	119.2	104.9	90.7

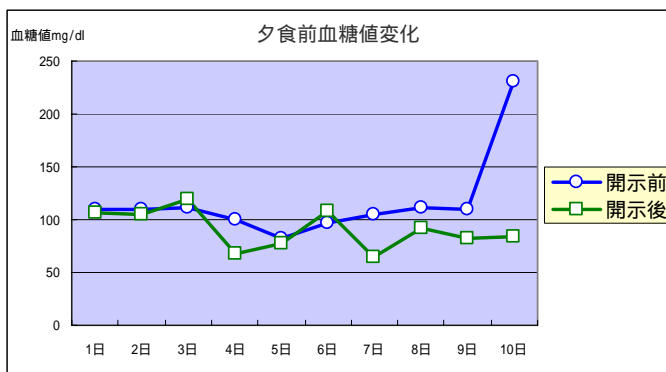
2007/9/21 ~ 2007/9/30



(a) 朝食前血糖値の時系列変化  
(a) Time-series data of blood-sugar level before breakfast



(b) 昼食前血糖値の時系列変化  
(b) Time-series data of blood-sugar level before lunch



(c) 夕食前血糖値の時系列変化  
(c) Time-series data of blood-sugar level before supper

図 9 生活習慣指針提示前と提示約3ヵ月後のそれぞれ10日間の食前血糖値の時系列データ  
Fig.9 Time-series data of blood-sugar level for ten days before and after three months' lifestyle improvement

#### 4. 考察

ある糖尿病患者さんの約4ヶ月間に亘る食前血糖値および HbA1c 値と食生活を中心とした生活習慣データの時系列データ解析を行った結果、穀物摂取量と食前血糖値および HbA1c 値の関係やアルコール摂取が HbA1c 値に与える影響などに関する相関ルールを得ることが出来た。その結果から糖尿病患者さんの生活習慣に合った生活習慣改善指針を作成した。そして、指針提示3ヶ月後には10日間のデータでは提示前の10日間より朝食前血糖値では - 8.9mg/dl、昼食前血糖値では、- 26.2 mg/dl、夕食前血糖値では、- 25.9mg/dlと朝、昼、夕食前の血糖値が全て低下する結果となり、今回研究に協力していただいた糖尿病患者さんについては生活習慣改善指針の有効性が実証できた。しかし、今回の研究では、被験者が一人であったため個人の体質による差を評価することが出来なかった、当然個人の生活習慣や体質などは異なり、生活習慣改善指針も異なってくると考えられる[9]。そのため今後の課題としては複数の被験者について今回と同様の方法で研究を行い、それぞれの生活習慣改善指針を作成し、それを提示することで、どの程度生活習慣の改善が見られるか検証する必要がある。

#### 5. まとめ

糖尿病患者の自発的な生活習慣のコントロールを目的として、本研究で開発した時系列データ解析手法を用いて生活習慣改善指針を作成し、実際に3ヶ月間指針に則った生活を過ごすことで食前血糖値の改善をみた。すなわち、個人の生活習慣の蓄積が糖尿病と深く関わっていることが個人の時系列データ解析により実証された。また、解析の結果得られた生活習慣改善指針を糖尿病患者の健康管理に適用できる可能性を示した。

#### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、長期にわたる HbA1c 値、食前血糖値、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。また、糖尿病患者の運動・食事療法の効果に関してご指導いただいている本学健康福祉学部健康栄養学科の鶴見克則教授に感謝いたします。

#### 文献

- [1] 森治樹, “名医のわかりやすい生活習慣病”, 同文書院, 1999.
- [2] 久保明, “生活習慣病・成人病がわかる本”, 佐藤政男, 法研, 1999.
- [3] H. Takeuchi, T. Hashiguchi, and T. Shintani, “Personal dynamic healthcare system utilizing

mobile phone and Web technology,” Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Advances in Medical Signal and Information Processing, pp.304-307, Malta, Aug. 2004.

- [4] H. Takeuchi, N. Kodama, T. Hashiguchi, and N. Mitsui, “Healthcare data mining based on a personal dynamic healthcare system,” Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Computational Intelligence in Medicine and Healthcare, pp.37-43, Lisbon, Portugal, Jun.2005.
- [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] H. Takeuchi, N. Kodama, T. Hashiguchi, and D. Hayashi, “Automated healthcare data mining based on a personal dynamic healthcare system,” Proc. 28<sup>th</sup> IEEE EMBS Annual Int. Conf., pp. 3604-3607, New York, Sep.2006.
- [7] 牛田一雄・高井勉・小暮大輔, “SPSS クレメンタインによるデータマイニング” 東京図書株式会社, 2003.
- [8] M. J. A. Berry and G. Linoff, Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Support, John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [9] H. Takeuchi, Y. Ikeda, and N. Kodama, “Time-series data analyses for healthcare-data-mining based on a personal dynamic healthcare system,” Proc. 12<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics, P309, Brisbane, Australia, Aug.2007.