

卒業制作 2003 年度 (平成 15 年度)

遠隔コーチング環境実現のための  
フレームワーク構築に関する研究

指導教員

徳田 英幸

村井 純

楠本 博之

中村 修

南 政樹

慶應義塾大学 環境情報学部

橋本和樹

t00763kh@sfc.keio.ac.jp

平成 16 年 1 月 15 日

## 概要

健康管理や運動といった人間の生体情報に関わる活動において、専門的な知識なしに理想的且つ適した処方を見出すのは困難である。このため従来、専門的な指導によって健康管理や運動を行うには同じ場所、同じ時間を共有して行わなければならなかった。他方、心拍数や血液などを測定し、その分析を元に指導を行なう研究は盛んに行われている。

また、現在インターネットの普及により、各家庭から高速な回線を用いてネットワークに常時接続できるようになった。そのような背景の元、生体情報の測定技術やインターネットを用いる事により少ない専門家を効果的に共有し、場所や時間にとらわれずに運動指導を行なうことができると思う。

しかし、現在ある既存のインターネットを用いた遠隔での運動指導におけるモデルは限られた人が限られた資源の中でしか行なうことができない。

そこで、本研究では遠隔で健康管理や運動の専門的な指導を行えるフレームワークを考案し、設計した。そのフレームワークに則り、専門家と利用者間で双方向にコミュニケーションが行えるシステムを構築し、評価することによって、新しい遠隔コーチングの形を提示する。

## キーワード

1, 遠隔コーチング 2, マイクロノード 3, センサー 4, XML 5, IPv6

慶應義塾大学 環境情報学部  
橋本 和樹

## **abstract**

Up to now, doctors and patients must share same time and same place for the implementation of medical assistance which includes physical exercise and health monitoring. This is due to the fact that ideal health management without experts' medical advice is too difficult. However, researches on giving medical advice by analyzing blood pressure and blood composition is actively conducted.

Current popularization of the Internet enabled users to have always-on broadband internet connectivity at reasonable price. Due to this change in networking environment, the use of the Internet and the use of technologies for health monitoring together provide platform for giving medical advice to remote places. However, existing medical advice system for remote places can only be used by limited people at limited resources.

This research approaches this problem by developing a system for supporting remote health management and supporting remote medical advising. The proposed model consists of a function which allows bi-directional communication between a client and a doctor as well as sending/receiving health condition information. This model is called "remote coaching framework." At last, Developed system is evaluated in the real-world situation to validate efficiency of remote coaching frameworks.

## **Keywords**

1, Remote Coaching 2, Micronode 3, Sensor 4, XML 5, IPv6

Faculty of Environmental Information, Keio University  
Kazuki Hashimoto

# 目次

第1章	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.1.1	インターネットアプリケーションの変化	1
1.1.2	インターネットを介した運動による健康管理	1
1.2	研究目的	2
1.3	本論文の構成	2
第2章	既存の遠隔コーチングモデルの問題点	3
2.1	遠隔コーチングの機能	3
2.2	現在行なわれている研究	4
2.2.1	Microcomputer-based data logging device for accelerometry in swimming.	4
2.2.2	Wellcoaches.com	4
2.2.3	e-Fitness Club-COMBI.com	5
2.2.4	Walking-style.com	6
2.2.5	Remote Maintenance System	6
2.3	考察	8
2.4	まとめ	8
第3章	システムモデル	10
3.1	想定するシナリオ	10
3.2	モデルの考察	10
3.3	モデル詳細	11
3.4	本研究における用語の定義	12
3.5	考慮すべき事項	14
3.5.1	情報登録の容易化	15
3.5.2	様々な機器への対応	15
3.5.3	様々な運動処方からの登録	16
3.5.4	専門家と利用者間のアクセスコントロール	16
3.5.5	データ蓄積	16
3.6	まとめ	16
第4章	RCTF の設計	17
4.1	RCTF の設計方針	17
4.2	設計概要	17
4.2.1	機能要件	18
4.3	フレームワーク設計	19

4.4	個人認証機構	20
4.5	運動装置制御機構	21
4.6	マイクロノード	22
4.7	運動情報, 運動処方 of 抽象化	23
4.8	情報管理, ユーザインターフェース	25
4.9	情報の蓄積	25
4.10	まとめ	26
<b>第 5 章</b>	<b>RCTF の実装</b>	<b>27</b>
5.1	プロトタイプ実装	27
5.2	実装環境	27
5.3	実装詳細	29
5.3.1	データフロー	29
5.3.2	通信プロトコル	30
5.3.3	個人認証機構	30
5.3.4	運動装置制御機構	31
5.3.5	サーバ側	31
5.3.6	データベース	32
5.3.7	ユーザインターフェース	33
5.4	まとめ	34
<b>第 6 章</b>	<b>評価</b>	<b>38</b>
6.1	評価方針	38
6.2	評価項目	38
6.2.1	機能評価	38
6.2.2	コスト評価	38
6.3	評価	39
6.3.1	個人認証	39
6.3.2	運動装置制御	39
6.3.3	運動情報蓄積	40
6.3.4	運動情報管理	41
6.3.5	コスト評価	41
6.4	まとめ	42
<b>第 7 章</b>	<b>結論</b>	<b>43</b>
7.1	今後の課題	43
7.2	まとめ	43

# 目 次

1.1	ブロードバンド利用人口の現状と予測「平成 14 年度情報通信白書」より . . . . .	1
2.1	センサー, システム図 . . . . .	4
2.2	Club-Combi.com 概要 . . . . .	5
2.3	Walking-style 万歩計 . . . . .	6
2.4	遠隔エルゴメーター制御システム . . . . .	7
3.1	今までのコーチングモデル . . . . .	11
3.2	提案するコーチングモデル . . . . .	12
3.3	遠隔運動支援モデル . . . . .	13
3.4	本研究による用語 . . . . .	14
4.1	本研究で設計概要図 . . . . .	18
4.2	本研究で提案する動作概要図 . . . . .	19
4.3	ソフトウェア概要図 . . . . .	20
4.4	個人認証機構 . . . . .	21
4.5	運動装置制御機構 . . . . .	21
4.6	設計クラス図 . . . . .	22
4.7	traininginfo.dtd . . . . .	24
4.8	設計 ER 図 . . . . .	25
5.1	iButton & iButton receptor . . . . .	28
5.2	RealSpace6 . . . . .	28
5.3	データフロー図 . . . . .	29
5.4	getID メソッド . . . . .	31
5.5	認証時のデータベースクエリー . . . . .	32
5.6	XML データへの変換 . . . . .	33
5.7	trainig.xml . . . . .	34
5.8	training 構造体 . . . . .	35
5.9	usr_info 構造体 . . . . .	35
5.10	monitor table . . . . .	35
5.11	training menu table . . . . .	36
5.12	training history table . . . . .	36
5.13	運動履歴表示 . . . . .	37
6.1	個人認証失敗 . . . . .	39

6.2	個人認証成功 . . . . .	40
6.3	パケットキャプチャー結果 . . . . .	40
6.4	比較グラフ表示インターフェース . . . . .	41

# 表 目 次

2.1	既存研究の比較 . . . . .	8
5.1	サーバ環境 . . . . .	27
5.2	使用機器一覧 . . . . .	27
5.3	RS6 ハードウェア仕様 . . . . .	28
6.1	コスト . . . . .	42



# 第1章 序論

本章では、本研究の背景、および研究の目的について述べる。また、本論文の構成について述べる。

## 1.1 本研究の背景

### 1.1.1 インターネットアプリケーションの変化

近年ユビキタスコンピューティングという言葉が一般化し、人々の生活の至る所に機器やネットワークが浸透してきた。各家庭に通信インフラが普及し、ネットワークには高速な回線を用いて、常時接続を前提とするアプリケーションも多数開発されてきた。以下の図 1.1 に示すのはブロードバンド利用人口の推移予測である。インターネットを用いれば、時間や場所などの制約を取り除き、世界中の人とコミュニケーションが行える。



図 1.1: ブロードバンド利用人口の現状と予測「平成 14 年度情報通信白書」より

また、近年の爆発的なインターネットインフラの普及により、インターネットアプリケーションを取り巻く状況も劇的に変化してきた。インターネットインフラは普及し、常時接続かつ広帯域化がすすんでいる。今まではインターネットアプリケーション情報の検索、コミュニケーションが主流だった。しかし、より生活に密着した利用が考えられるようになったことで、インターネットを使った健康管理に注目が浴びるようになってきた。

### 1.1.2 インターネットを介した運動による健康管理

運動不足の解消だけではなく、様々な疾患の予防などといった目的から、健康維持、体力増強に対する人々の関心が高まっている。1986年、カナダのオタワで開催されたWHO[1]国際会議で「人々の健康増進のためのヘルスプロモーション戦略」が発表された。その戦略では健康維持、健康増進には運動の取り組みも必要であるということが叫ばれている。また、2003年のUFJ総合研究所の調査[2]によると、現在日常的に健康管理の必要性を感じてると回答した人は全体の94%であった。

健康管理は生体情報に関わる活動のため、専門的な知識なしに、個々人に適した理想的な方法を見出すことは困難である。このため、健康管理や運動といった生体情報に関わる活動には、専

門家の個人個人に適した指導が必要である。[3] 従来、専門家による指導は同じ場所、同じ時間を共有して行われる必要があった。例えば運動における指導は、利用者がフィットネスジムなどの場所に出向き受けなければならない。場所や時間が限定されると、適切な健康管理や運動の指導を受ける事への要求の高まりに十分応える事が困難である。

他方、センサを利用して運動の習熟度、熟練度の測定手法などが研究されている [4]。ここで述べるセンサとは運動時における生体情報（例えば心拍数や血中酸素濃度など）を取得する機器だけではなく、運動の効果測定のための機器や、自転車エルゴメータといった電子制御可能な運動装置も含まれる。例えば、水泳の指導において加速度センサやジャイロセンサなどを用いることにより、腕の振りの角度や加速度を数値的なデータとして取得できる。このデータを用いると、水泳の習熟度を判断でき、より詳細な指導が行える。

## 1.2 研究目的

本研究の目的は、インターネットを介したいつでも、どこでも、確実に、安全に遠隔コーチングを行なえる環境を提供することである。

健康管理のニーズが高まり、専門家による個人指導の要求が高まっている。にも拘らず、専門家の知識や技術といった限られた資源を効率的に共有する仕組みはない。また、専門家の指導において、時間や空間的制約という現代人には避けることのできない問題が既存の仕組みでは、山積みである。

また、既存のインターネット上で行なわれているトレーニングシステムでは、情報の入力の手間であったり、機器依存であったり、包括的に運動を扱えるシステムがない。別々のシステムの上で違う機器での運動管理などしか行なえない状況で、的確かつ理想的な運動指導が行なえるとはいい難い。この問題を解決するためには、インターネットの上で様々な運動機器やセンサなどを扱えるシステムのフレームワークを構築し、その上でのシステムがなくてはならない。

様々な機器を受け止めることができ、利用者の情報を継続的に蓄積していくことができるシステムが出来上がると、継続的な指導や、また過去との比較により、目的に併せた、自らの運動処方というものを受けることができる。そうなれば、運動がより活発になり、生活が豊かになっていくであろう。

## 1.3 本論文の構成

本論文は以下のように構成される。第2章では、本研究で想定する利用環境と既存研究として現在、世の中にある様々なシステムの概要について述べ、比較を行なう。それをふまえた上で本研究における要求事項を洗い出し、既存の問題点について述べ、その問題点解決へのアプローチを提示する。

第3章では、問題点解決をする際に考えられるシステムモデルについて述べ、その特徴、利点をまとめる。第4章では、本研究で提案するモデルに基づき、汎用的な遠隔運動支援機構のためのフレームワーク設計を行なう。第5章で RCTF (Remote Coaching and Training Framework) の具体的な実装について述べる。第6章では、実装された RCTF の評価を行う。他のシステムに対する優位性の検証および、性能評価を行うことにより本研究の有意性を検証する。第7章において、まとめと今後の課題を挙げ、本論文の結論とする。

## 第2章 既存の遠隔コーチングモデルの問題点

本章では、本研究が実現する環境について述べる。そして、実現にあたり問題となる点を列挙して、その問題に関する既存研究について述べる。

### 2.1 遠隔コーチングの機能

本研究で実現する遠隔コーチング支援機構に対する機能要件を以下に示す。

本節では、本研究で述べる遠隔コーチングというものの機能を述べる。遠隔でコーチングが行なえるというメリットはあるが、通常フィットネスジムなどで行なえること以外の機能も満たす。以下に本研究で取り組む遠隔コーチングに必要な項目を5点挙げる。

- 制約の軽減

通常は場所、時間を共有して指導というものが行なわれてきた。遠隔コーチングと言う名の通り、空間的制約、時間的制約を軽減することができる。且つ、同じ場所を共有する場合に取り交わされた情報は遠隔でも実現される。

- プライバシーの保護

本機構では利用者の生体情報や個人情報を用いて、遠隔でコミュニケーションを行なう。勿論、個人情報が利用者と専門家の間を流れる際に除き見や改竄などが行なわれないことが保証されるべきである。

- 利用の簡便性

運動情報や生体情報などを機器、センサを通して入力し、その情報を元にコミュニケーションを行うことで、専門家による遠隔での指導が可能になる。そのため、センサからの情報を取得し、専門家に送り届けるノードが必要である。しかし、そのノードは機器の操作が容易に扱えなければならない。また、遠隔コーチングという点で遠隔で専門家とのコミュニケーションが発生するがユーザの入力の手間はできる限り容易になっている必要がある。

- サービスの一元性

運動装置や生体情報取得機器は数多く存在するが、機器の数だけシステムを拡張していくと、利用者にとっても、システムにとっても負担が大きい。従って、様々なベンダの機器や運動装置でも、本システムの上で動作し、利用者は多種多様な運動の指導を受けられなければならない。

- 場の共有

運動を継続的に続ける要素として、専門家とのコミュニケーション、専門家による個人指導が挙げられる。しかし、フィットネスジムなどで指導を受ける際、周りの人々と場を共有

することが、運動を行う動機付けになっていることもある。発展形としては、インターネットを用いて遠隔でも様々な動機を持った人々が同じ場を共有できることが必要である。

## 2.2 現在行なわれている研究

ここでは、2.1節で挙げた機能要件に関して、現在行なわれている研究について概要、モデル、特徴を述べる。

### 2.2.1 Microcomputer-based data logging device for accelerometry in swimming.

**概要** 水泳中の腕の振りの加速度や加速度を計測するセンサーを開発し、そのデバイスを用い、運動をより客観的にかつ精細な測定をすることができる。運動指導において新しい指標にもなり、また取得したデータをため込むことにより、一元的に管理できるようになる。 [4]

**モデル** 独自に図 2.1の左側のデバイスを開発し、オフラインでの運動のセンシング、そしてそのセンシング情報を蓄積していくことにより継続的なセンサーを用いた運動指導が可能になる。

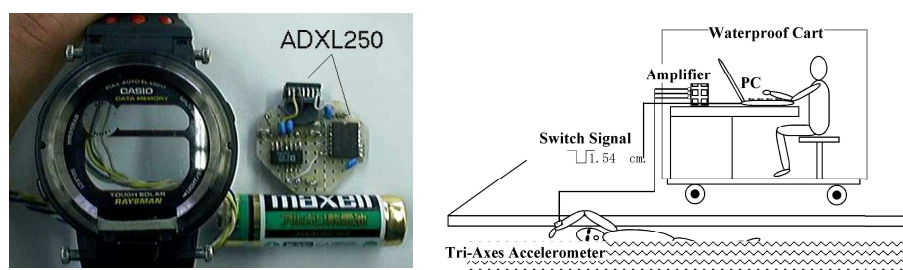


図 2.1: センサー、システム図

**特徴** 新しいセンシングデバイスを作成することにより、今までになかった指標で、より詳細な指導が可能になっている。そのデバイスからとれた情報はその場にいることで情報を蓄積することによって継続的な運動指導が可能になる。しかし、一方でセンサー部分からの情報取得は遠隔で行えないため、空間的制約は強い。

### 2.2.2 Wellcoaches.com

**概要** Wellcoaches.com はアメリカのサイトで、個人別に用意された健康に関する指導をオンラインで提供している。米国では肥満の成人は5,800万人以上と言われ社会的にも健康管理には非常に気をつけている。中高年のビジネスマンなどを対象に、一人一人に専任コーチがつき健康管理のサポートをオンラインで行なうことができ、運動や栄養管理まで、個人の望む専門家による指導を実現している。 [5]

**モデル** Web を通して会員の基本情報や目的、運動歴や食生活など個人個人のパラメータを入力し、登録情報を元に個別のプログラムや専任コーチによるアドバイスがメール、WEB上

で受けることができる。機構としては既存のインターネット上のコミュニケーションツールを使っている。

**特徴** Web上でコーチと指導を受けたいというユーザのコミュニティが形成されており、そこに参加している人同士（健康管理の分野における専門家とその専門家の指導を受けたい一般人）が出会うことができる。

### 2.2.3 e-Fitness Club-COMBI.com

**概要** e-フィットネスでは、オンラインでのフィットネスクラブである。WEB上でのスポーツクラブということで自社が開発した機器を用いて運動を行ない、それに対して、運動処方や運動の指導を行なってくれるというものである。運動の仕方などもWEBを用いて指導し、ストレッチや筋力トレーニングなどの紹介も行なっている。

**モデル** 図 2.2が示すとおり、ユーザがトレーニングを行なう。その前後に、専門のインストラクターから、WEBを通して指導を受け、運動結果の情報をPCからWEB、Mailを使ってコミュニケーションを行なう。また、Club-Combi.comからの情報もWEBから取得し、トレーニングを行なっていくというサイクルである。

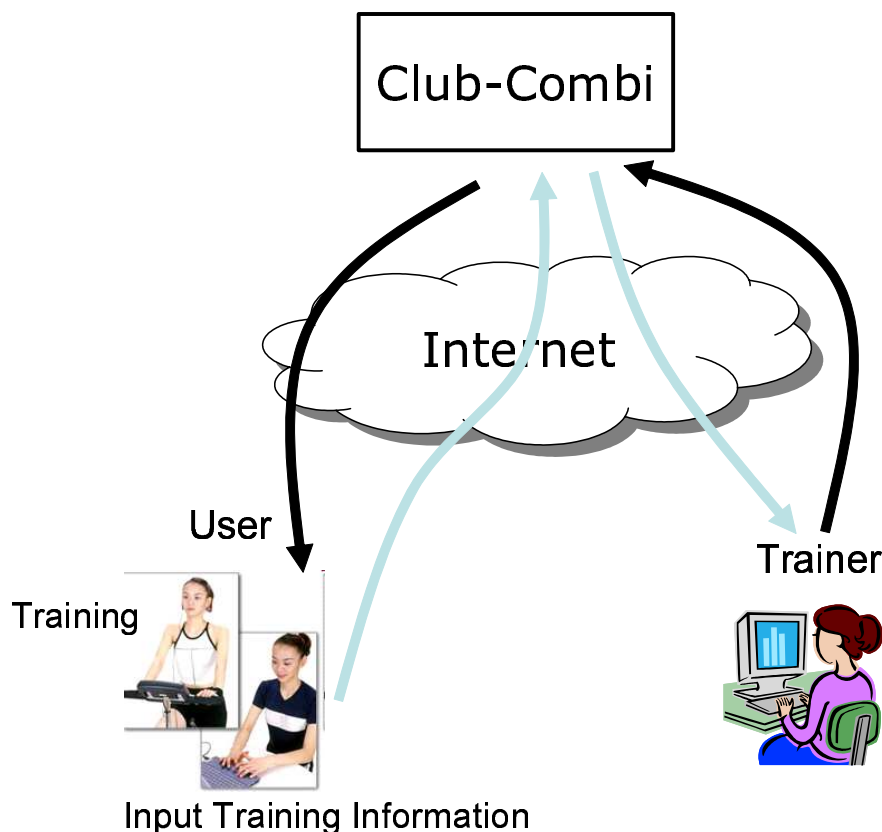


図 2.2: Club-Combi.com 概要

**特徴** 特徴としては有酸素運動を行なう際に、Combi社が販売しているエアロバイクを自宅で

使用することを前提としている。有酸素運動の入力は Web を通して、そのエアロバイクの運動をどれほど行なったかということを手作業で行なう。また、目的にそってインストラクターが週に一回評価、指導をするといった形である。大きく有酸素、ウェイトという二つに別れ、有酸素運動以外は情報提供や一方的な指導に留まっている。また、インターネット上で個人情報を扱う際には SSL を使い情報を秘匿している。

#### 2.2.4 Walking-style.com

**概要** Walking-style.com は OMRON 社が提供しているオンライン上のウォーキングコミュニティの形成、OMRON 社の HJ-700IT という万歩計を使用することにより、歩行記録を随時残していくことができ、体重と歩行を随時登録していくことができる。また、ランキングやイベント、ウォーキングコミュニティといったものを WEB 上で行なっており、ウォーキングの認知、モチベーションの向上といったものに役立っている。また、WEB を通してインストラクターに質問ができ、アドバイスを受けることができる。 [6]

**モデル** OMRON 社が開発した万歩計は特殊な USB ケーブルを用いると、PC と接続することができ、同社が提供するソフトウェアを使い、ランキングなど他人との競争や、WEB 上に Diary という形で Walking 記録が保存されていくというものだ。以下の図 2.3 が Walking-style で使用されている万歩計である。



図 2.3: Walking-style 万歩計

**特徴** オンラインのコミュニティサイトとして、豊富な機能があり、モチベーションの向上に役立っている。また、万歩計からのデータ取得なども 1 click できるようになっており、利用のハードルも低い。

#### 2.2.5 Remote Maintenance System

**概要** 新潟大学木竜研究室が行なっている自転車エルゴメーターの遠隔メンテナンスシステムである。 [7] [8][9] 個人の特性の最もよく現れる中高齢者をターゲットにし、様々な機器と

様々な運動プログラムを組み合わせるシステムを構築しようとしている。ここではネットワーク越しに個人にあった運動負荷制御を行なえるような仕組みを作っている。

モデル 機構としては以下の図 2.4に示す。このシステムは(株)日本光電 [10] のエアロバイクを使い、独自の計測機器をエアロバイクに接続し、その独自ユニットがネットワークに接続され Java 言語で書かれたプログラムが情報を送信し、情報を定期的に蓄積していく。

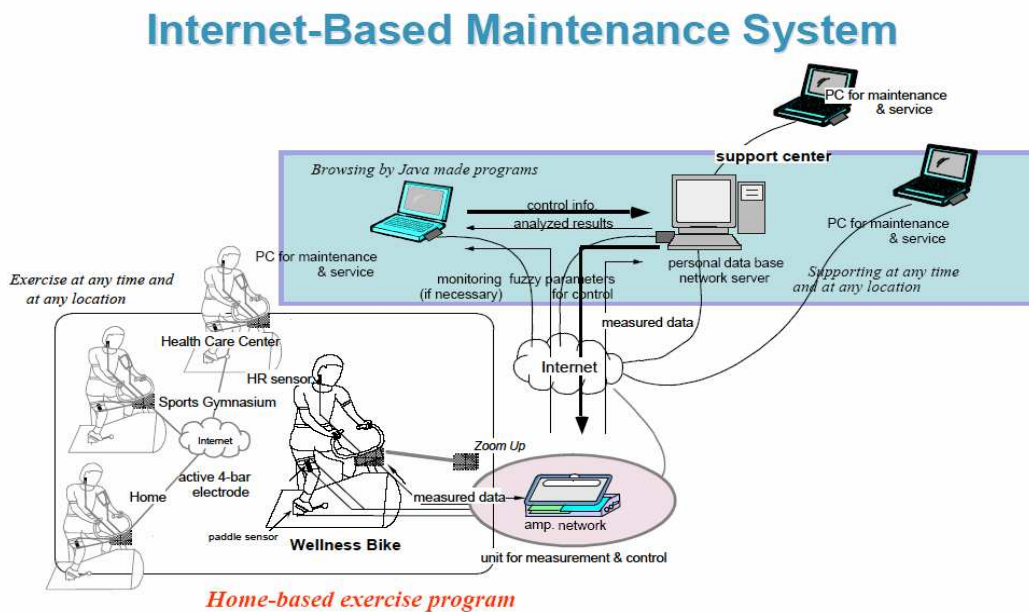


図 2.4: 遠隔エルゴメーター制御システム

特徴 このシステムでは様々な運動負荷制御のプログラムと個人とを適応させようとしている。そのため、エアロバイクから通常取得できるような情報以外にも筋電図電極やペダル位置などのセンサーなども用いて行なっている。また、情報を取得するデバイスを独自に開発し、そのデバイスを持ち歩くことによりユーザがどこでもこのシステムを使えるようになっている。 [11]

## 2.3 考察

これまで述べた既存の研究について、機能ごとにまとめる。また、それぞれの研究が、各機能を実現できているか検証する。表 2.1 に各技術と、その技術が満している機能の関係を示す。

それぞれの記号は、以下の意味を示す。○ は、その研究を利用することにより、実現することが可能である機能。△ はその研究においては想定されていないが、拡張することにより実現可能である機能。× は実現することができない機能である。

表 2.1: 既存研究の比較

	1	2	3	4	5	6
Microcomputer-based data logging device	×	×		×		×
Wellcoaches.com			×	×	×	
e-fitness Club-Combi				×		×
Walking-style						×
Remote Maintenance System	×			×		×

1. 利用の簡便性
2. 遠隔性
3. センサによる運動分析
4. コミュニティの形成による動機向上
5. 運動指導支援
6. 汎用的な運動支援

表 2.1 から分かるように、限定的には遠隔での運動支援や、遠隔での運動指導を行なえるサービス、システムなどは今現在もある。

まず、利用の簡便性という点では優れているシステムは現在存在しない。最低でも環境として PC が必要であったり、計算機を持ち歩いたりしなければならない。

また、規格として運動支援を包括的に扱えるモデルはないため、各自運動機器を開発するメーカーが独自規格、独自仕様なシステムを作っている。多種多様なものが存在しているために、様々なデバイスを用いて、誰にでも利用可能なインターネットを用いた遠隔コーチング環境というものが実現されていない。

## 2.4 まとめ

本章では遠隔コーチングの機能要件を挙げ、各機能についての関連研究について言及した。しかし、関連研究では遠隔コーチングの解決できないとして、不十分な点がある。本研究では健康維持、運動支援のための最適な運動のモデルを作成する。その上でインターネットを用いた遠隔コーチング、遠隔運動支援システムを構築し、フレームワークとして様々なアプリケーション



を構築できるものを提案する。遠隔コーチング、運動支援のモデルに関しては次章以降で詳しく説明する。

## 第3章 システムモデル

本章では、問題点解決をする際に考えられるシステムモデルについて述べ、本研究で用いる問題点解決のためのシステムモデルについて述べる。

### 3.1 想定するシナリオ

#### その1

認証キーを持ち、それをユニットに挿し、自宅で自転車エルゴメーターを漕ぐ。その後ユーザは自宅のPCから自分のトレーニング記録表示ページにアクセスすると、先程行なった結果を閲覧することができる。さらにその結果が蓄積されていくため、過去との比較も容易に行なえ、自分の状態を知ることができる。

#### その2

ユーザがトレーニングを行なっていたが、それほど効果が現れているとは思えない。そこで自分の望むトレーナーに今までのトレーニング記録、自分の目的などをメール、WEBを通して伝え、運動メニューを作成される。認証デバイスを自宅の機器に入れるだけでその運動メニューが自動的に取得されトレーニングを行なうことができる。また、場所を変え出先などでトレーニングを行なう際も、トレーナーが設定してきたメニューが認証キーを持ち歩くだけで、行なうことができる。

### 3.2 モデルの考察

図3.1に示すのが今までの遠隔でのコーチングモデルである。左側にユーザがいて、右側が専門家である。1対1の詳細な運動処方を受けようと思うと、トレーニングを行ない、その結果を専門家に伝える。その後、専門家は運動処方を作成し、その処方を元に、具体的なトレーニングメニューにしてユーザに伝える。その繰返しを行なうことにより、専門家とユーザのコミュニケーションが行なわれ、遠隔でもコーチングを行なうことができる。

図3.2に示すのは新しい遠隔コーチングの形である。ユーザのトレーニングはセンサーデバイスによってアナログ情報をデジタル情報に変換する。運動機器を計算機によって制御し、最低限必要な情報(トレーニングの量、種類:例えばウォーキング10分)を自動的にネットワーク上に保存する。また、万歩計やエアロバイクなどの運動器具を使用した場合や、心拍数センサーなどを用いた、もしくは、運動器具からそのような情報が取得できる場合においては、情報を付加して蓄積していく。具体的には運動の際、心拍数や血中乳酸濃度などといった客観的なデータ、またRPE(Rating of Perceived Exertion:自覚的運動強度)などの主観的なデータを付加

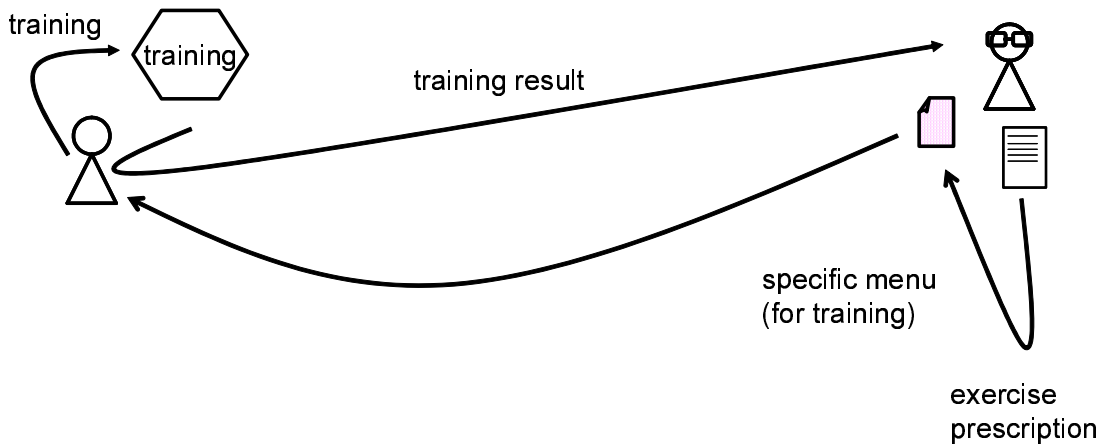


図 3.1: 今までのコーチングモデル

できるものがあれば、より詳細な運動分析、処方というものが行なえる。その蓄積された情報を専門家が閲覧し、運動処方を作成する。この運動処方というものは、ユーザが運動を行なう際にユーザの運動器具により、どのような運動なのかという変換が行なわれ、自動的に取得される。例えば運動処方としては、有酸素系運動を運動強度中程度で 20 分以上というように記述しておく、自転車エルゴメータ側に「減量トレーニング」を「30 分」というメニューという形でトレーニングメニューが送られてくる。

このモデルではユーザの場所、専門家の場所、両者の時間を共有する必要はない。また、運動処方の行ない方、運動器具を特定しないことでシステムの汎用性を保持している。運動処方、運動器具の制御、センサから取得できる情報の定義、それらの情報の蓄積、間をとりなすインターフェースの提供である。システムとして提供する部分は図 3.2 の中で内側の線で囲まれた部分である。

### 3.3 モデル詳細

本研究で提案するモデルを具体的に述べる。以下の図 3.3 に示すのが健康を管理する際のインターネットを使った運動支援モデルの概要である。

本モデルの登場人物としては、ユーザとユーザに関わってくる専門家（運動処方を行なえる運動診断士やアスレチックトレーナー、または医師）という二者を想定している。本モデルではこの両者がアスレチックジムなどで行なう運動指導を遠隔で行なう際のモデルである。

ユーザは認証キーを所有している。そして運動器具は外部から制御可能なものを使用する。例えば運動器具というのは自転車エルゴメータやトレッドミルなどのことをさす。また、運動器具とは別に、ユーザの生体情報（心拍数や血中乳酸値等）を取得できるセンサも使用する。そして運動装置を遠隔から制御して、インターネット上にあるシステムが各運動機器とセンサの情報を取得し、蓄積する。ユーザの運動というものを制御、計測し、その情報をネットワーク上に保持する。そして専門家はネットワーク上にある運動情報を元に遠隔から運動の指導を行なう。その結果、運動処方を作成し、運動処方をネットワーク上に保存する。この繰返しにより継続的に、時間、空間を同じくせず遠隔でのコーチングというものを実現する。

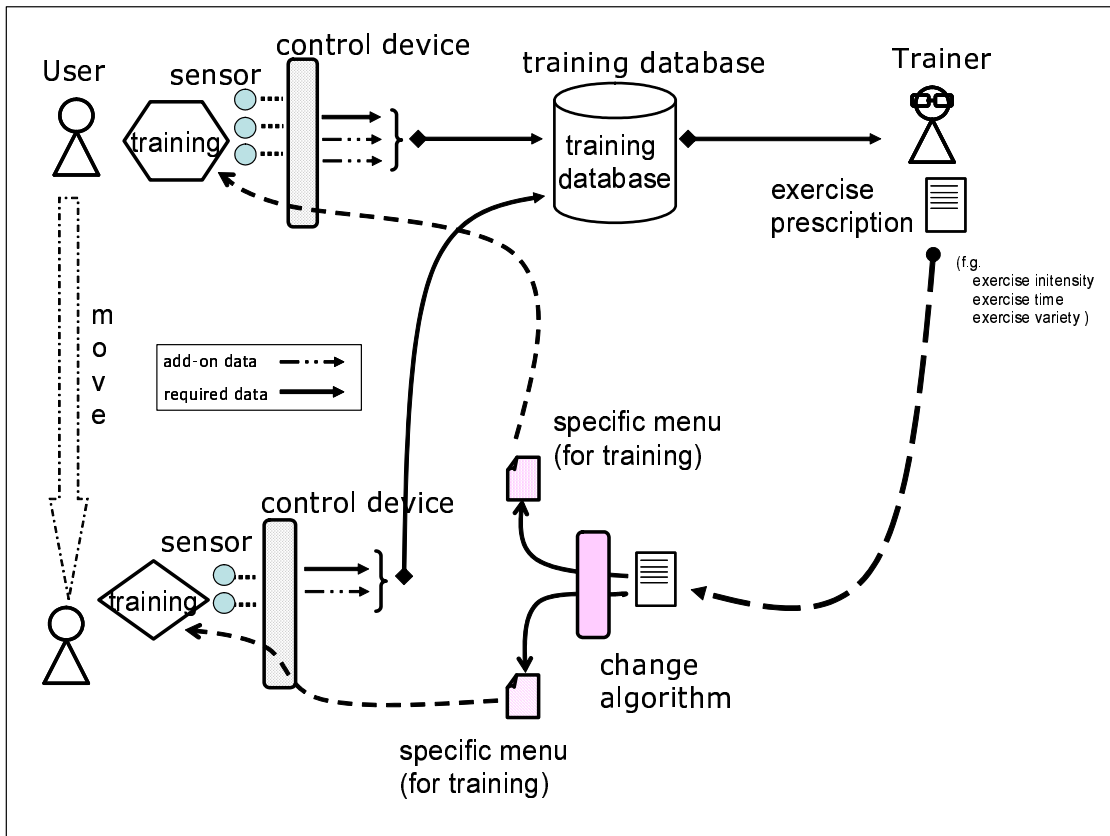


図 3.2: 提案するコーチングモデル

ネットワーク上のシステムが請け負う部分としては、両者の中で取り交わされる情報の保存が主となる。その情報の保持に関しては機器の種類やユーザには一意な識別子を付加することによって、インターネット上で情報の所有者、運動器具というものを一意に識別する。人と機器に識別子を与えることにより、場所、空間を考慮せずに本システムを使用することができる。また、ユーザは現在家庭やジムなどで行なっている運動を、識別子を持つだけで遠隔でのコーチングが受けることができるようになる。

### 3.4 本研究における用語の定義

本研究において用いられる用語の定義を行なう。図 3.4の中に全ての要素を占める。右下の RCTFServer というのはネットワーク上におかれた情報が保存されているサーバのことである。そして、ユーザが認証を行ない運動を行なっている。トレーニング中の情報はユーザと RCTFサーバの間である。非同期にトレーナーがPCなどインターネットに繋がる端末を持ち、情報が保持されているサーバから情報を取得し、処方や指導を登録することができる。

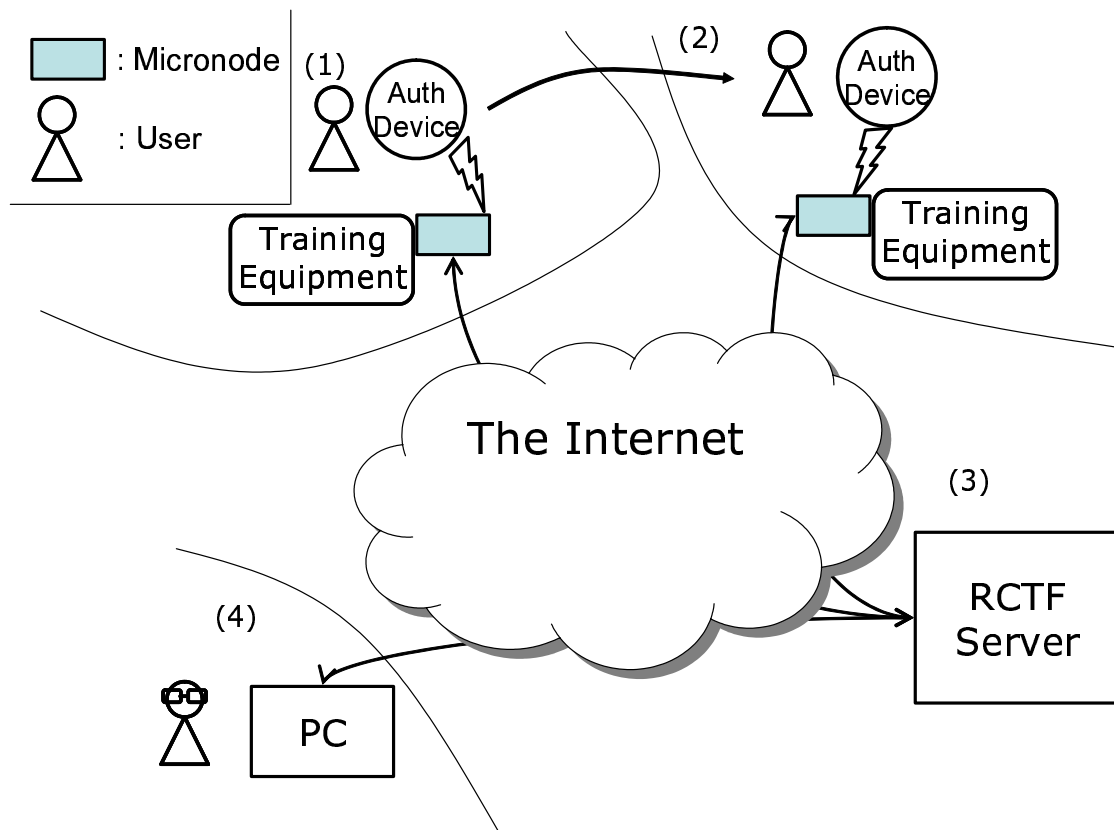


図 3.3: 遠隔運動支援モデル

### 運動情報 [training data]

運動情報とは日常的に運動をどの程度行なっているかなどの頻度の詳細、また運動の内容の情報指す。具体的には有酸素運動を週に四回 15 分エアロバイクの減量トレーニングを行なうなどといった指示のことを指す。

### 運動処方 [fitness conditioning]

運動処方とは専門的な知識を持った医師や運動指導士がユーザの運動情報、生体情報を元にユーザの目的に沿った運動の指導のことを示す。具体的にはトレーニングの量やトレーニングの頻度のことを指す。

### 生体情報 [bio-data]

生体情報とは運動中に変化し、運動処方、運動指導を行なうために必要な人間の情報、例えば心拍数や体重などのデータのことを示す。

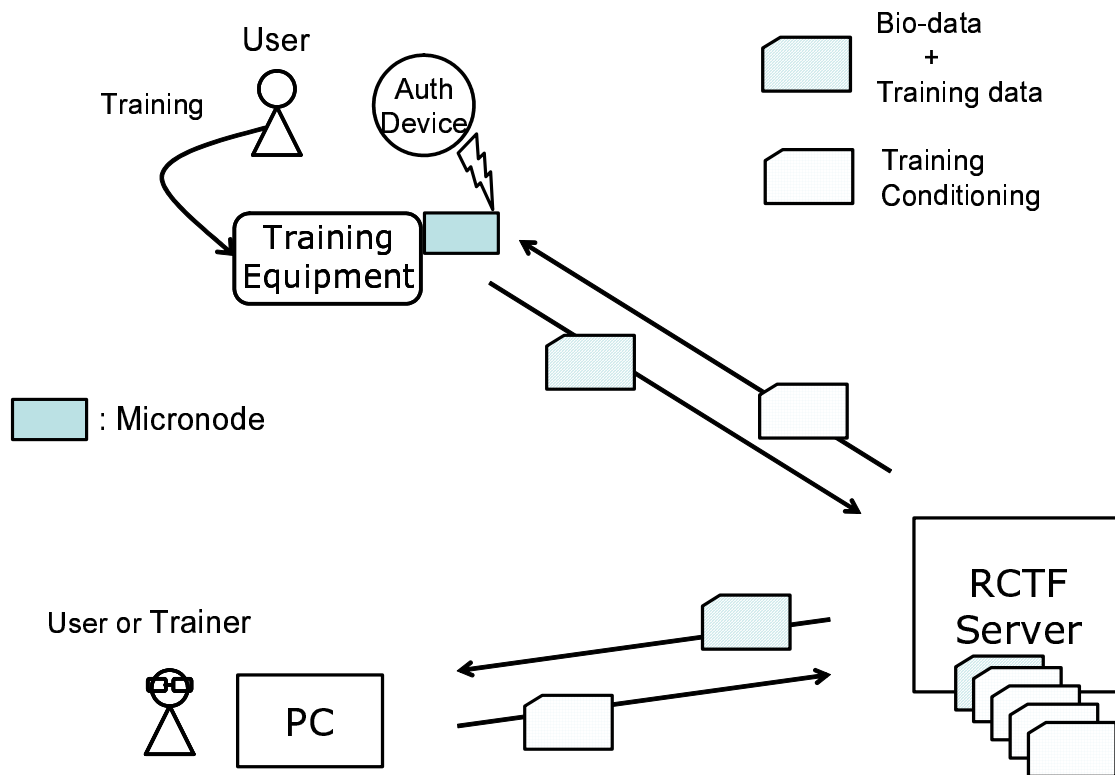


図 3.4: 本研究による用語

### ユーザ [User]

本論文内で言うユーザとは、何らかの目的（健康管理や成人病予防、体力増強等）を持ち運動を行ないたいと思っている人のことを指す。

### 専門家 [Trainer]

本論文内で言う専門家とは、ユーザの生体情報、運動情報を元にユーザの目的にあった運動処方を行なえる人のことを指す。専門家であるがユーザというのは可能である。

### 認証キー [Authentication key]

認証キーというのはユーザを一意に特定するために、ユニークな ID を中に埋め込まれたデバイスである。

## 3.5 考慮すべき事項

本研究におけるシステムモデルが考慮すべき事項は以下の3つである。詳細は次節から詳述する。

- 情報登録の容易化
- 様々な機器への対応
- 様々な運動処方からの登録
- 専門家と利用者間のアクセスコントロール
- データ蓄積

### 3.5.1 情報登録の容易化

情報登録の容易化ということで、現在様々なデバイスがインターネットにつながるようになってきてはいる。しかし、現在ではその大半のデバイスから、情報蓄積、情報登録を行なうには、複雑なアクションを起こさなければいけない。そこで本研究ではそのアクションをゼロにする（以降ゼロクリックと呼ぶ）ことを可能にするためにマイクロノード [12] と IPv6 [13] を用いる。

#### マイクロノード

マイクロノードとは非 PC の機器でインターネットにつながる次世代の機器のことである。限定された機能しか使えないが、PC などより安価でデバイス自体が小型であることが特徴である。今は、インターネットにつながるデバイスと言えば、PC が携帯電話、また、ゲーム機器などといったものがほとんどである。しかし、情報家電や InternetCar などといったプロジェクトのように今後は PC 以外の機器がインターネットにつながることで様々な付加価値を生み出せると考えられている。

#### IPv6 [13]

Internet Protocol Version 6 は IPv4 にとって変わるであろう次世代インターネットプロトコルである。特徴としては、アドレス領域の大幅な増加、アドレス自動設定機構、セキュリティ面での向上が行なわれており、各家庭の一つのセンサーがインターネットにつながり、その情報をセキュリティに守られながらもマイクロノードで情報を取得し、制御できるといった用途には非常に向いている。

以上から示すように本研究では、IPv6 という膨大なアドレスを使い、限定された機能しか持たないが運動機器の制御などを行なうマイクロノードを End-to-End で制御し、ゼロクリックを実現し、利用のユーザビリティを向上させる。

### 3.5.2 様々な機器への対応

従来の 1 デバイス 1 アプリケーションといった形では健康管理というものが誰にでも使え、汎用的なものにはならない。そこで、本研究では様々なデバイスを包括できるシステムのために XML (eXtensive Markup Language) を用いることにする。様々なデバイスを包括する際には、デバイスから取得できる情報のデータフォーマットなどを定義しそのフォーマットに合わせた形にしていくという方法がある。しかし、本研究で提案するモデルは情報のレベルを分ける。まず、最低限必要なものは運動をどれほど行なったかという情報である。（例えば、ダンベル運動を 10 回）次に機器ごとに特有な情報が取得できるものに関しては、運動ごとに機器を分

類すると、大きく分けて有酸素運動と無酸素運動という二種類の運動に分けられる。その後、機器特有の情報が取得できるものについても分け、最大三種類の情報の粒度をつける。運動機器ごとに特殊な情報が入ってくるのでそれを包括するようなデータタイプを定義するのは非常に困難で、かつ現実的ではない。そこで包括的にメタ情報を定義するために、本研究ではXMLのDTD ( Document TypeDefinition ) を定義し、際利用することにより以上の問題を解決する。

### 3.5.3 様々な運動処方からの登録

専門家と利用者間で取り交わされる情報には、利用者が行なった際に情報を登録する運動情報とは逆に、専門家から利用者に入力する運動処方がある。専門家によって様々な運動処方がありえる。様々な機器が混在している中で、抽象的な運動処方を行なうことによって、様々な機器に対する運動メニューへの変換アルゴリズムを用意しておけば、一つの運動処方が自転車エルゴメータやトレッドミルなどのメニューへの変換のアルゴリズムによって、変換され処方が伝えることができる。

### 3.5.4 専門家と利用者間のアクセスコントロール

専門家と利用者のランデブーを考えた際に、利用者が望む専門家に情報を提示できなければならない。そこで、セカンドオピニオンなどを受けやすくなるために、利用者対専門家が多対多の利用を考えた場合、ここでは利用者と専門家間のコミュニケーションである。その際、利用者が自分のデータの表示というものを、好きな専門家に好きなように情報の開示レベル、もしくは拒否というのを設定できなければならない。

### 3.5.5 データ蓄積

データは利用者の所有物である。その情報が他人に閲覧できてはいけない。データの蓄積に関してネットワーク上に保存することで、継続的に個人のデータを蓄積していく。ここでは、蓄積したデータの発見が問題となってくる。データの蓄積モデルということも考慮すべき事項の一つである。

## 3.6 まとめ

本章では本研究で提案する遠隔コーチングのモデルの説明を行ない、そのモデルにおける機能、考慮すべき点をまとめた。次章では本章で述べた点を考慮しながらシステムの設計を行なっていく。



## 第4章 RCTF の設計

本章では、本研究で提案する遠隔コーチングのフレームワーク (Remote Coaching and Training Framework) の機能要件を整理し、RCTF の設計について述べる。

### 4.1 RCTF の設計方針

RCTF の目的としては、インターネットを用いて運動の遠隔コーチングを実現することである。本節ではこの目的を達成するための設計方針を示す。まず、前章のモデルの要件より本フレームワークでの考慮すべき事項は以下に挙げる 3 点である。次節より下記の機能について詳述する。

#### 運動装置の抽象化, 制御

遠隔でのコーチングを実現するために必要となってくるのは遠隔での運動装置からの情報を専門家に送り届けることである。また、専門家、ユーザの両者の時間的制約、空間的制約を解消するためにはセンサにより運動情報を取得し、それを遠隔で共有する必要がある。そこでマイクロノードにより、ユーザの運動メニューで運動装置を制御し、生体情報、運動情報を取得し、サーバに送信できなければならない。また、運動装置といっても自転車エルゴメーターやステッピングマシンなど多種多様なものが存在する。外部から制御し、一つのシステムで包括しようとする装置の抽象化が必要である。

#### 運動情報の抽象化, 保存

遠隔コーチングのフレームワークで実際のコーチングとして、専門家とユーザの間のコミュニケーションを行なえるようにするには両者の間で扱われる情報を抽象化を行ない、また、その情報を蓄積していき、その情報を扱える API を用意する必要がある。

#### 個人の特定

遠隔でのコーチングを実現するためには遠隔で運動装置から情報を取得する。しかし、空間的制約を解消するためにはシステムを設置してある場所では同様に遠隔でのコーチングを実現できなければならない。そこで運動装置制御に関して、それが運動装置により個人を特定するのではなく、システムとして、一意な個人を特定できなければならない。

### 4.2 設計概要

遠隔での運動指導を行なえるためのシステムの設計概要を示す。以下の図 4.2 は本研究で構築するシステムの設計概要を示した図である。

ユーザが運動を行なう際に、まず認証を行なう。また認証に際しては簡易なインターフェースが必要である。認証方式としては ID を取得できれば構わない。マイクロノード側で認証デバ

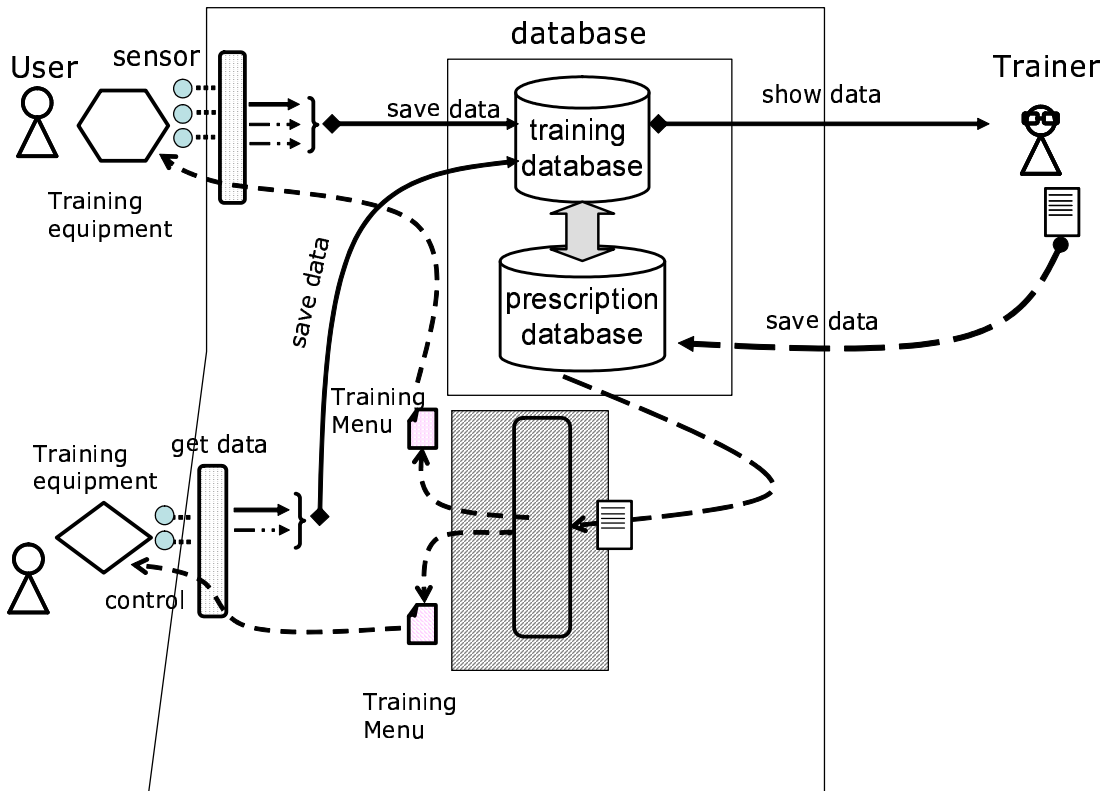


図 4.1: 本研究で設計概要図

イスを制御し、ユーザが持つ ID を識別する。ID を取得すると、サーバ上で認証を行なう。個人認証

サーバ上で認証を行なった後、専門家が処方した運動指導を元に今から行なおうとしている運動器具に併せて、メニューをサーバから取得し、マイクロノード側に送られる。マイクロノードで各機器ごとのコマンドに変更し、そのメニューで機器を制御する。トレーニングの最中には運動機器から取得できるデータをサーバに送信する。運動装置制御、運動処方取得

また、マイクロノードからトレーニング中に取得した情報をサーバ上で保存する。その運動中のデータはユーザが情報を管理する。情報を自由に引き出せ、またユーザが望む専門家に開示することができなければならない。運動情報蓄積、運動情報管理

図 4.2に、本研究で提案する動作概要図を示す。

#### 4.2.1 機能要件

遠隔で運動指導を行なうシステムの機能要件を以下にまとめた。

1. 個人認証
2. 運動装置制御
3. 運動処方共有
4. 運動情報共有

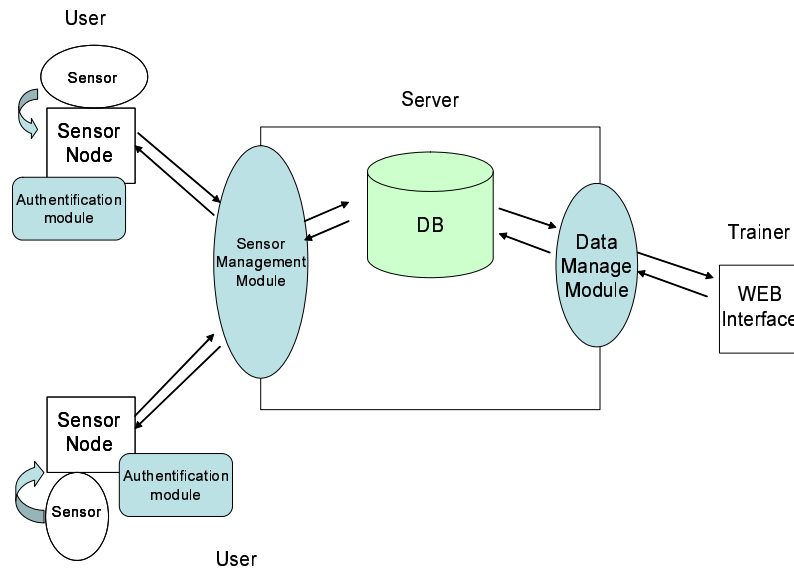


図 4.2: 本研究で提案する動作概要図

### 4.3 フレームワーク設計

以上の機能要件を元に、フレームワークとしての RCTF のソフトウェアはセンサ管理、認証、運動処方管理、運動処方取得、運動情報管理機構からなる。また、センサから取得できる運動情報を抽象化した記述と運動処方、運動履歴の抽象化した記述が定義されている。図 4.3は、本研究で提案する RCTF のソフトウェア概要図である。以下に各モジュールの詳細を述べる。

#### 運動情報取得

機器制御アプリケーションから運動情報を取得してきたデータをユーザごとに情報を蓄積する。

#### 個人認証認証, 特定

認証に関しては、ユーザという運動を行ないたいだけの人誰でも使えるような形を用意しなければならない。本フレームワークでは個人を識別する ID を物理デバイスを用いて取得し、その情報を元に個人特定を行なう。認証要求が行なわれた際に、認証を行ない、運動処方を返す。

#### 運動処方管理

専門家が運動処方を登録すると、登録された運動処方が抽象化された形で保存される。いつでも更新でき、ユーザの運動処方要求があると、運動処方を返す機構である。

#### センサ管理

運動を支援し、制御可能な運動機器全てをセンサと呼ぶ。そこでそのセンサを遠隔から制御するのだが、種々のセンサをネットワーク上で認識し、データの配送や通信などの部分をモジュールとしてまとめ、隠蔽することでフレームワークとしての汎用性を高める。

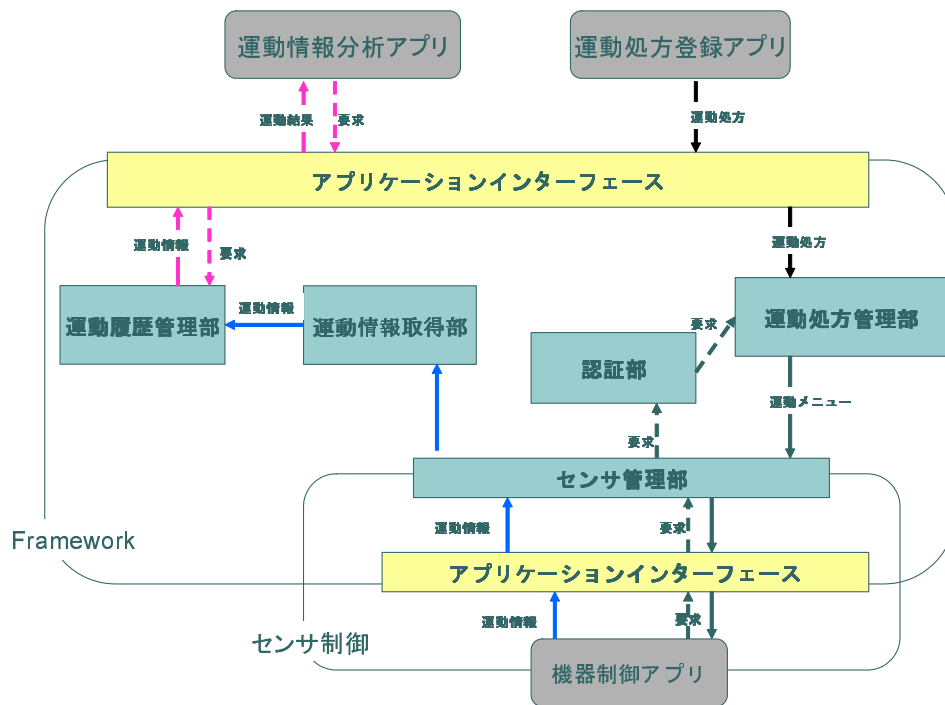


図 4.3: ソフトウェア概要図

#### 運動情報履歴管理

蓄積した運動情報の管理モジュールである。蓄積された膨大なデータから運動情報を扱うアプリケーションが情報取得, 変更や登録などといった機能を持つ必要がある。

### 4.4 個人認証機構

個人認証の動作概要は以下のとおりである。図 4.4に個人認証, 特定する際の動作概要を示す。

- 1 ユーザが認証キーを認証デバイスに挿されるのをマイクロノード側で検知し, ID を取得。
- 2 クライアント側 (マイクロノード) は認証要求メッセージを送信する。
- 3 センサ管理部により, 個人 ID が抽出され認証が始まる。
- 4 個人 ID を本システムのユーザかどうかの認証を行なう。
- 5 認証結果が返り, 認証に成功した場合は運動処方情報も取得し, 認証返答メッセージを作成する。
- 6 認証返答メッセージをマイクロノードに送信する。
- 7 認証が成功していれば次に進み, 失敗していれば初期状態に戻る。

個人の識別子はどのようなデバイスも使えるように, ID とデバイスの ID の二者を併せることによって個人認証を行なう。個人認証を行なうことによって, 個人, さらには情報の特定を行なうため, 認証を遠隔トレーニングの開始イベントとする。

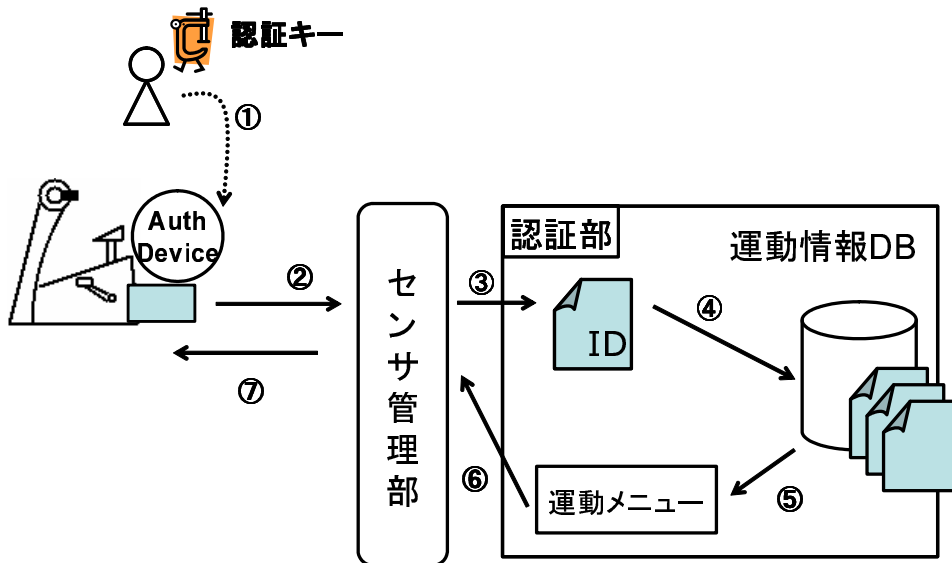


図 4.4: 個人認証機構

## 4.5 運動装置制御機構

運動装置制御の動作概要は以下の通りである。図 4.5に運動装置制御機構の動作概要を示す。

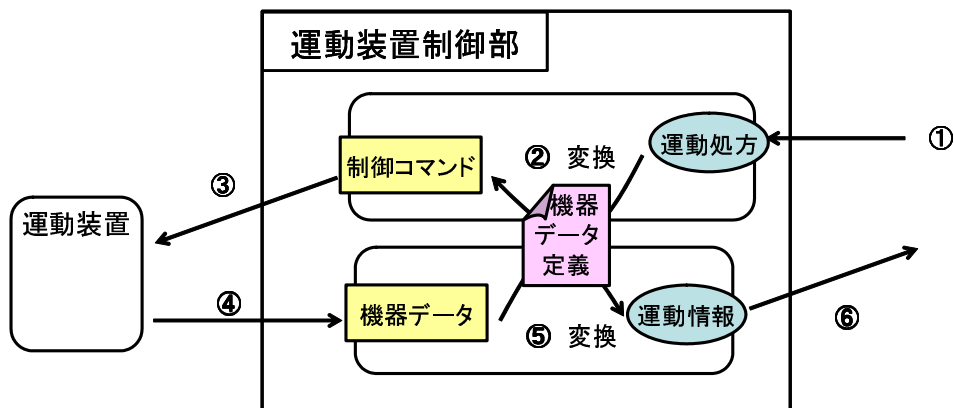


図 4.5: 運動装置制御機構

- 1 認証に成功すると運動処方を取得する
- 2 運動処方を機器の定義ファイルに基づき運動機器固有のコマンドに変換
- 3 制御コマンドとして運動機器を制御
- 4 運動装置から取得できる機器特有のデータを取得する
- 5 機器特有のデータタイプから本システム上に載せるために、メタ情報を付加して変換
- 6 変換された運動情報を運動情報取得部に送信

運動装置制御機構は認証機構と協調して動作する。機能としては認証が終了するとユーザの ID, 使用する機器 ID を受けとり, 運動処方をデータベースから取得する。その運動処方を各機器のコマンドに変換し, マイクロノードが運動装置を制御する。その後, 運動装置から取得できる情報を, 機器の定義に基づき変換し, サーバ側データベースに保存する。機器の定義もデータベースから取得する。

## 4.6 マイクロノード

クライアント側で上に挙げた, 運動装置制御と認証が必要である。上の動作概要を元にクライアント側の設計を行なった。

以下の図 4.6に示すのがクライアント側の設計クラス図である。

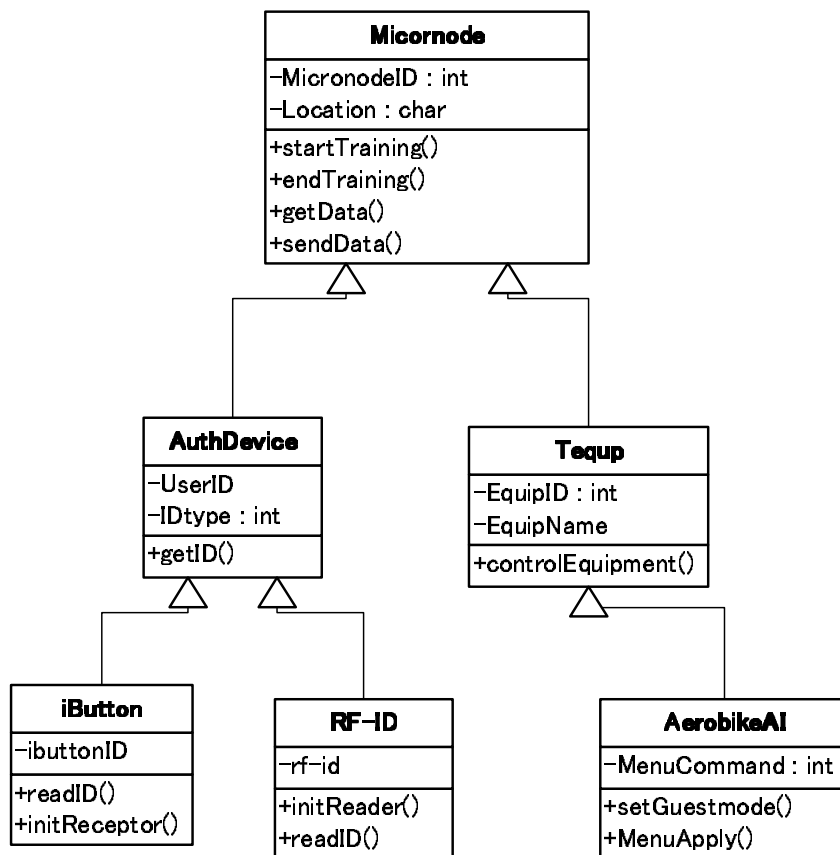


図 4.6: 設計クラス図

認証デバイスクラスと運動装置クラスを継承して, 様々な認証デバイス, 運動装置を作成していく。マイクロノードというクラスが認証デバイスと運動装置を所有している。マイクロノード側ではサーバとの通信などをメソッドとして持つ。また認証では各認証機器が ID を持つのでその ID を取得する。運動装置が行なうのは制御と情報取得である。機器が持つのは自身の機器情報である。

## 4.7 運動情報, 運動処方 of 抽象化

運動機器ごとの違いを受け止めるためには, 運動処方というものから運動機器ごとの制御コマンドに変換しなければならない. また機器から取得できるデータというものも機器ごとにデータフォーマット, 取得できるデータは違う. その違いを同一のシステムで扱えるようにしなければならない. その際に運動機器の種類ごとに運動処方, 運動機器情報のメタ情報を XML で定義する. そして運動制御部においてその変換を行なう.

図 4.7 はトレーニング時に取得できる運動情報の定義である. ルートエレメンを <TP></TP> とした. TP の属性として有酸素運動か無酸素運動という二種類の type を用意した. また, 機器独自の仕様としては TP の odata を拡張していくことにより汎用性を実現する. また,

自転車エルゴメーターを遠隔で運動指導する際に必要となってくる情報というのは最低限必要なものは心拍数と時間と負荷である. その上で各機器ごとに特殊なデータ, センサからの付加的な情報というものも加えていく.

```

<!------- -->
<!-------RCTF Training Parameter DTD----- -->
<!------- -->

<!ELEMENT TP:TrainingParameter (traininginfo?, HeartRate?, Load?,
  PassedTime?,odata?)>

<!ATTELIST TP type (aerobic|anaerobics) #REQUIRED>

<!ELEMENT traininginfo(equipment?)>

<!ELEMENT aerobic (HeartRate, Load, PassedTime)>

<!ELEMENT HeartRate (#PCDATA)>
<!ELEMENT Load (#PCDATA)>
<!ELEMENT PassedTime(#PCDATA)>

<!ATTELIST HeartRate measure CDATA>
<!ATTELIST Load measure CDATA "watt">
<!ATTELIST Pulse measure CDATA "orig">

<!-- option data define -->

<!ELEMENT TP:odata (ai?)>

<!-------Aerobike AI define ----- -->

<!ELEMENT TP:odata:ai (code, course, age, sex, weight, rotation,
calory, pitch, distance, regist, result, key)>

<!ELEMENT code(#PCDATA)>
<!ELEMENT course(#PCDATA)>
<!ELEMENT age(#PCDATA)>
<!ELEMENT sex(#PCDATA)>
<!ELEMENT weight(#PCDATA)>
<!ELEMENT rotation(#PCDATA)>
<!ELEMENT calory(#PCDATA)>
<!ELEMENT pitch(#PCDATA)>
<!ELEMENT distance(#PCDATA)>
<!ELEMENT regist(#PCDATA)>
<!ELEMENT result(#PCDATA)>
<!ELEMENT key(#PCDATA)>

```



## 4.8 情報管理, ユーザインターフェース

トレーニングする際のユーザインターフェースは認証デバイスの ID を読みとらせるということだけである。トレーニングの最中以外の運動処方を共有, 運動管理ということにユーザインターフェースが必要である。トレーニング中の情報に関してはユーザの所有物となる。運動の記録, 情報というものを可視化し閲覧できなければならない。また, 専門家とユーザがコミュニケーションをとり, 運動処方を登録するユーザインターフェースが WEB アプリケーションとして提供する。また, トレーニング中の詳細な情報に関してはセンサから取得された情報などをそのまま表示してもユーザには意味がない。そこで, ユーザに対しての表示はグラフ化により可視化することによってその問題を解決する。また, データ蓄積をした際に起こる蓄積されたデータとの比較も可視化して表示することによって, ユーザの動機向上になる。

## 4.9 情報の蓄積

様々に取り交わされる情報はネットワーク上に蓄積していかなければならない。様々なモデルが考えられるが, 膨大なデータが蓄積されていく, またユーザごとに様々なデータを蓄積していかなければならない。そこでデータベースを用いることにする。ユーザの ID, 機器の ID といったもので一意になるデータなのでリレーショナルデータベースを用いる。

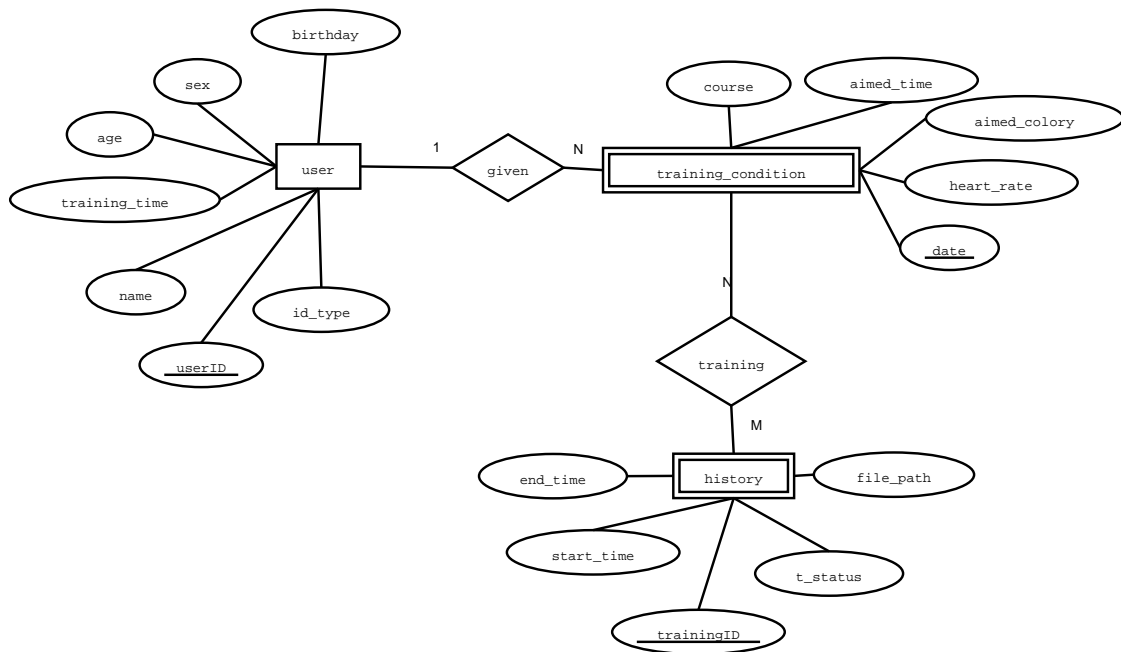


図 4.8: 設計 ER 図

各々のテーブルで UserID をキーとしながらリレーションがあるように設計した。蓄積していなければならない情報は個人情報, 運動処方, 運動情報 (運動履歴) がある。しかし, トレーニングの最中の運動情報は, ある程度時間の塊として取得される。このような時系列データはデータベースのエンティティとしては扱わにくいいため, ファイルとしてバイナリで保存する。

## 4.10 まとめ

本章では, RCTF での機能要件をまとめ, 各々の機能, モジュールの動作概要をまとめ設計を行なった. モデルをフレームワークにおとしこみ, 個人認証や機器制御などの汎用化を行ない, 実際の定義を XML, データベースを RDBMS にて設計した. 次章では RCTF のプロトタイプの実装について実際の運動装置, 制御マイクロノードなどを用いて行なった実装の詳細を述べる.

## 第5章 RCTFの実装

本章では、RCTFに乗っ取ったプロトタイプの実装について述べる。

### 5.1 プロトタイプ実装

本研究では遠隔コーチングのフレームワークの洗練のために、フレームワーク上で動作するアプリケーションをプロトタイプとして実装した。プロトタイプは2002年度 e-care プロジェクト内で作成した、遠隔コーチングシステムを改良した。[14] 実装した機能は以下の通りである。

- 個人認証
- 遠隔での運動装置の制御
- 運動装置からの情報蓄積
- トレーニングの情報閲覧, 専門家の指導

### 5.2 実装環境

まず、実装したサーバの環境を以下の表 5.1に示す。Web サーバは Apache2.0.47 を用いた。また、データベースにはリレーショナルデータベースの PostgreSQL7.3.1 を用いた。

表 5.1: サーバ環境

OS	FreeBSD4.7-RC
Web サーバ	Apache2.0.47[15]
データベース	PostgreSQL7.3.1[16]

次に、本システムで使用した機器を以下の表 5.3に示す。

表 5.2: 使用機器一覧

運動装置	Combi 社 エアロバイク ai
認証キー	DallasSemiconductorInc. iButton[17]
レセプター	DallasSemiconductorInc. receptor[18]
制御ノード	Internet Node 社 RealSpace6[19]

運動装置には Combi 社のエアロバイク ai, これは PC などから RS232c ケーブル経由で制御コマンドを送信して制御できる自転車エルゴメーターである。

また, 認証キーにはユーザを一意に認識するために iButton と呼ばれる直径 16mm の小さなボタン型の物理デバイスを使用することにした。この iButton は, 小さなステンレスケースの中に電子回路が収められている。レセプターとは 1-Wire[20] と呼ばれる規格で制御ノードと接続するものである。今回使用した iButton のチップには 64bit の一意な識別子が入っているため, その ID を元にユーザを特定する。図 5.1 に認証キーとその読み取り用のレセプターを示す。



図 5.1: iButton & iButton receptor

制御ノードにはインターネットノード社の RealSpace6 を使用した。これは IPv6/v4 Dualstack の汎用マイクロノードである。OS は Dallas Semiconductor 社の開発している TINI OS[21] が搭載され, JavaVM も実装されている。そのため Java 言語でアプリケーションを開発できる。また, IPv6 にも対応している。さらに, インターフェースには 1-Wire (iButton レセプターと接続), シリアルポート (エアロバイク ai と接続) がついているため本システムに利用可能である。以下に示す図 5.2 が RealSpace6 である。

表 5.3: RS6 ハードウェア仕様

CPU	DS80C390(Intel 8051 互換 40MHz, 24bits アドレスモード)
メモリ	1MB Flash , 1MB SRAM
network I/F	Ethernet 10Base-T x 1
シリアル I/F	RS232c x 1
1-Wire デバイス I/F	1-Wirex1, RJ11, DC5V 供給可能



図 5.2: RealSpace6

## 5.3 実装詳細

### 5.3.1 データフロー

今回作成したソフトウェアの中で、時間を大きく分けると二つになる。一つはトレーニングを行なう際の動作、もう一つはトレーニング時間以外に行なうデータの参照や編集である。前者の流れを図 5.3にまとめた。

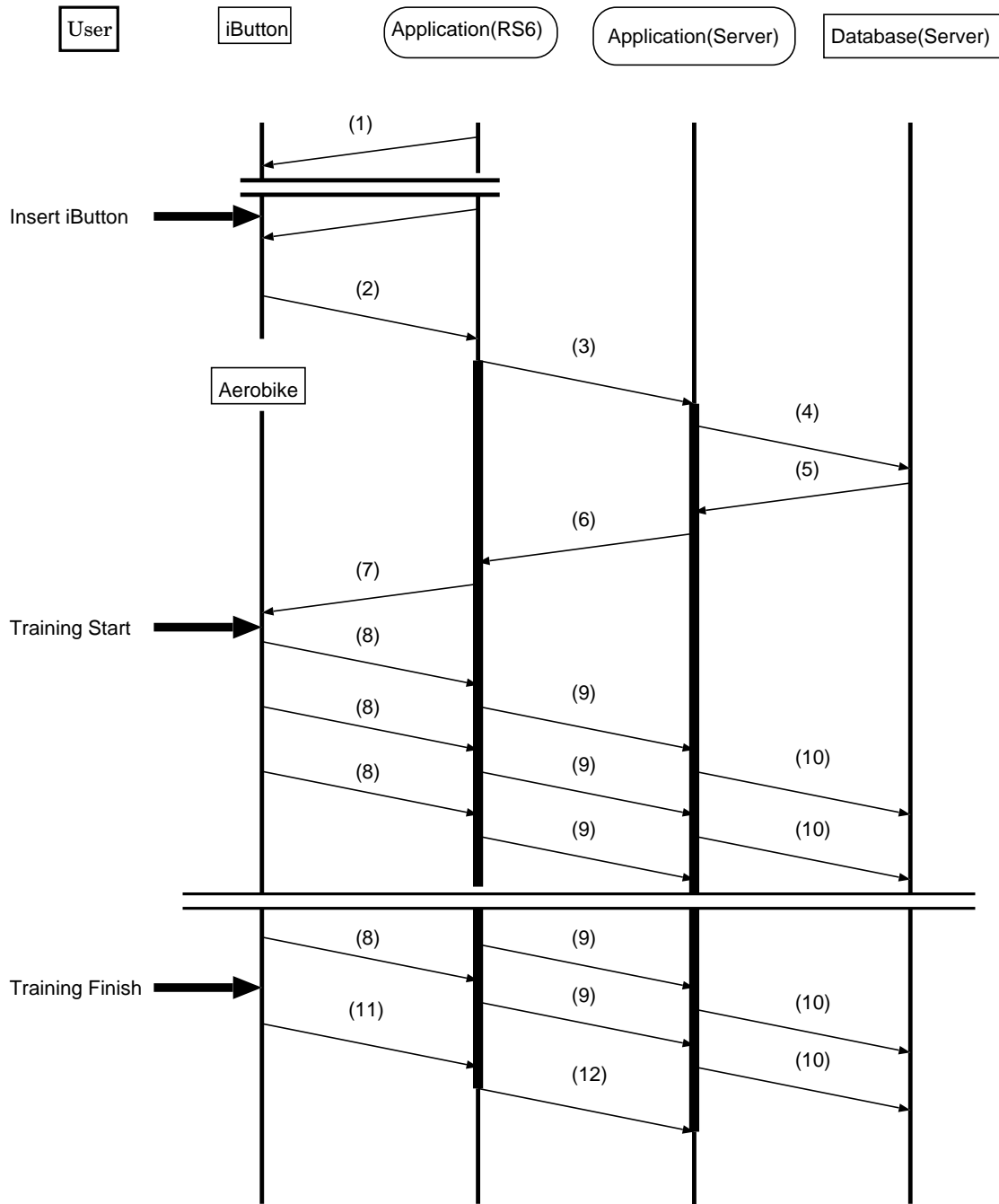


図 5.3: データフロー図

1. 制御ノードが認証キーが挿入されているかどうかを見張る
2. ユーザが認証キーを挿入するとその ID を読みとる
3. 制御ノードがサーバに接続し、タイムスタンプと認証キーから読み込んだ ID を元にした認証要求メッセージをサーバに送信
4. サーバでは ID を元にデータベースにユーザの認証要求 query, 運動メニューを取得 query を発行
5. 認証が成功するとデータベースから運動メニューを取得
6. メニューを運動装置制御メッセージに変換して制御ノードに送信
7. 制御ノードでは受けとったメッセージを元に制御コマンドを運動装置に送信
8. トレーニング中は運動装置から運動情報が書き出される
9. 取り出した情報を元にマイクロノードから運動情報メッセージをサーバに送信
10. サーバに送られてきた情報を解析しデータベースに保存する query を発行
11. トレーニングが終了時には運動装置から出力されるステータスの変更
12. トレーニングが終了したのを制御ノードが検知すると終了コマンドをサーバに送信し、コネクションを切断

以上がユーザが一回のトレーニングを行なう際のデータフローである。認証に失敗すると、初期状態に戻る。

### 5.3.2 通信プロトコル

サーバとマイクロノード間の通信において、XML データの交換には SOAP, XML-RPC などといったプロトコルが考えられるが、エアロバイクのトレーニングには一定時間のトランザクションが考えられるため、今回は独自に TCP を使ったアプリケーションプロトコルとして実装した。また、IPv6 のみの環境でも動くようにサーバもクライアントも IPv6 で実装した。

### 5.3.3 個人認証機構

クライアント (RS6) 側では Java 言語を用いて実装した。起動する (電源が入ると) 認証キーが挿入されているかを定期的にポーリングし続けるデーモンとして作成した。認証キーの中に埋め込まれた ID を読み込むとその UserID と authentication.dtd に沿った XML 形式のメッセージを送信する。XML のパーサーは組み込み系の XMLParser である MinML[22] を使用した。サーバ側は C 言語で実装した。

図 5.4 は iButton クラスの getID メソッドの一部である。

以下の図 5.5 は個人認証時のサーバ側の挙動である。メッセージを解析し、データベースに正規のユーザであるかどうかを SQL の SELECT 文にて問い合わせを行なう。getusr\_info() という関数にて行ない、SELECT に失敗すると exit システムコールを呼ぶ。

```

public String getID(){
    DSPortAdapter adapter= null;
    try{
        adapter = OneWireAccessProvider.getDefaultAdapter();
        adapter.beginExclusive(true);
        adapter.setSpeed(adapter.SPEED_REGULAR);
        OneWireContainer owc = null;
        while(true){
            if((owc = adapter.getFirstDeviceContainer()) != null){
                return owc.getAddressAsString();
            }
        }

    }catch(OneWireException owe){
        System.out.println(owe.getMessage());
    }
}

```

図 5.4: getID メソッド

以下の図 5.6は認証が成功した際に機器に返すコマンドを XML メッセージにする際の処理である。

#### 5.3.4 運動装置制御機構

運動装置制御に関しては RS6 側で実装した。サーバ側にあらかじめ処方された運動処方が蓄積されている。その情報を元に処方をあらかじめ定義された運動機器の DTD を元に機器のコマンドに変換し、運動機器にコマンドを投げる。

以下の図 5.7はトレーニング時のサーバと、クライアントが通信するデータのサンプルである。前章で説明した、training.dtd のフォーマットに従い、作成される。

#### 5.3.5 サーバ側

サーバ側プログラムは C 言語で実装した。データベースとの接続には PostgreSQL 用の C 言語ライブラリである libpq[23] を使った。また、XML を扱うにはは Gnome Project で開発している C 言語ライブラリである libxml2[24] を使用した。以下の図 5.85.9に示すのは、運動情報をプログラム間で保持するための構造体である。

```

usr_info getusr_info(char *buf, int num){
    PGconn *conn;
    PGresult *res;
        ...
        ...

    memset((void *)&command, 0, sizeof(command));
    sprintf(command,
        "SELECT monitorid, age, sex, t_times FROM monitor
        where ibuttonid='%s';", u_info.ibuttonid);
    res = PQexec(conn, command);

    if(PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK){
        fprintf(stderr, "Menu Get SQL error...%s\n",
            PQerrorMessage(conn));

        PQfinish(conn);
        exit(1);
    }else{
        printf("[SQL] user Info query success...\n");
    }
}

```

図 5.5: 認証時のデータベースクエリー

### 5.3.6 データベース

以下に示すのは、データベースの物理設計である。今回データベースは PostgreSQL7.3.1 を使用した。リレーショナルデータベースの設計はユーザ情報を管理するテーブル、ユーザの運動処方（運動メニュー）、ユーザの運動履歴を保存するために前章で設計した ER 図を元に構築した。

各々のテーブルで UserID をキーとしながらリレーションがあるように設計した。蓄積していなければならない情報は個人情報、運動処方、運動情報（運動履歴）がある。しかし、トレーニングの最中の運動情報は、ある程度時間の塊として取得される。このような時系列データはデータベースのエンティティとしては扱わず、ファイルのポインタ、OID のみを運動履歴テーブルに保持する。

図 5.10 はユーザ管理のテーブル定義を示したものである。

また、以下の図 5.11 はトレーニングのメニュー（予定される）を格納するテーブル定義を示したものである。

最後に、図 5.12 はトレーニング記録情報を扱ったテーブル定義である。



```

xmlChar *buff = NULL;
int length = 0;
xmlDocPtr doc;
xmlNodePtr tree, subtree;

doc = xmlNewDoc("1.0");
doc->children = xmlNewDocNode(doc, NULL, "prescription", NULL);
/* ルートノードは<prescription></prescription> */

xmlSetProp(doc->children, "userid", user_info[num].ibuttonid);
xmlSetProp(doc->children, "date", user_info[num].date);

tree = xmlNewChild(doc->children, NULL, "head", NULL);
subtree = xmlNewChild(tree, NULL, "equipment", equip_name);

tree = xmlNewChild(doc->children, NULL, "command", user_info[num].tr.menu);
xmlDocDumpMemory(doc, &buff, &length);
/* xmlChar 型のポインタ buff に XML メッセージを書き込む */

write(accepted, buff, length);

```

図 5.6: XML データへの変換

### 5.3.7 ユーザインターフェース

専門家, ユーザが情報の閲覧, 指導におけるサンプルアプリケーションとして, 今回は両者に WEB ブラウザを用いてアクセスできるような形で WEB アプリケーションとして実装した. 用いた言語は php-4.3.0 である. また, グラフ化にはグラフ化ライブラリである jgraph[25] を用いた. php の WEB アプリケーションとして, WEB 側のユーザ認証は独自に php の session 機能を用いて実装した.

専門家側のユーザインターフェースに必要なモジュールは以下の三つを実装した.

- ユーザのトレーニングに関わる情報の表示
 

以下の画面図は運動履歴の表示用 UI である. 情報のリストをデータベースから SQL クエリーを発行することによって取得した.
- 運動処方の登録
- 指導におけるコミュニケーション

```

<TPS>
<TP type="aerobic" id="23">
  <traininginfo>
    <equipment category="ergometer"> Aerobike ai</equipment>
  </traininginfo>

  <aerobic>
    <HeartRate>0120</HeartRate>
    <Load measure="watt">025</Load>
    <PassedTime measure="orig">0332</PassedTime>
  </aerobic>

  <odata>
    <ai>
      <code>1</code>
      <course>2</course>
      <age>21</age>
      <sex>0</sex>
      <weight>000</weight>
      <rotation>066</rotation>
      <calory>0100</calory>
      <pitch>0</pitch>
      <distance>01152</distance>
      <regist>5</regist>
      <result>00</result>
      <key>99</key>
    </ai>
  </odata>

</TP>
</TPS>

```

図 5.7: trainig.xml

## 5.4 まとめ

本章では、RCTF のフレームワークを設計、構築していくために、プロトタイプの実装を行った。そこでは運動機器には Combi 社のエアロバイク ai を使用し、認証デバイスとしては、Dallas 社の ibutton, RF-ID を用いて、実装した。

次章では、本章の実装の評価を行なう。

```

struct training{
    int t_id;
    int t_status;
    int menuid;
    char *t_begin_time;
    char *t_finish_time;
    char *menu;
};

```

图 5.8: training 构造体

```

struct usr_info_struct{
    char *name;
    char *ibuttonid;
    int monitorid;
    int age;
    int sex;
    int t_times;
    struct training tr;
};

```

图 5.9: usr\_info 构造体

```

CREATE TABLE "monitor" (
    "monitorid" integer NOT NULL,
    "ibuttonid" text NOT NULL,
    "name" text NOT NULL,
    "age" smallint NOT NULL,
    "birthday" date NOT NULL,
    "sex" smallint NOT NULL,
    "t_times" smallint NOT NULL,
    "id_type" smallint,
    CONSTRAINT "monitor_age_check"
CHECK (((age > 0) AND (130 > age))),
    Constraint "monitor_pkey" Primary Key ("ibuttonid")
);

```

图 5.10: monitor table

```

CREATE TABLE "t_menu" (
    "menu_id" integer DEFAULT nextval('
t_menu_menu_id_seq'::text) NOT NULL,
    "monitor_id" smallint NOT NULL,
    "course" smallint NOT NULL,
    "training_time" smallint NOT NULL,
    "aimed_calory" smallint NOT NULL,
    "aimed_pulse" smallint NOT NULL,
    "training_date" date NOT NULL
);

```

☒ 5.11: training menu table

```

CREATE TABLE "train_hist" (
    "training_id" integer DEFAULT nextval('
train_hist_training_id_seq'::text) NOT NULL,
    "t_status" smallint DEFAULT 0 NOT NULL,
    "monitorid" integer NOT NULL,
    "menuid" smallint NOT NULL,
    "t_begin_time" timestamp with time zone,
    "t_finish_time" timestamp with time zone
);

```

☒ 5.12: training history table

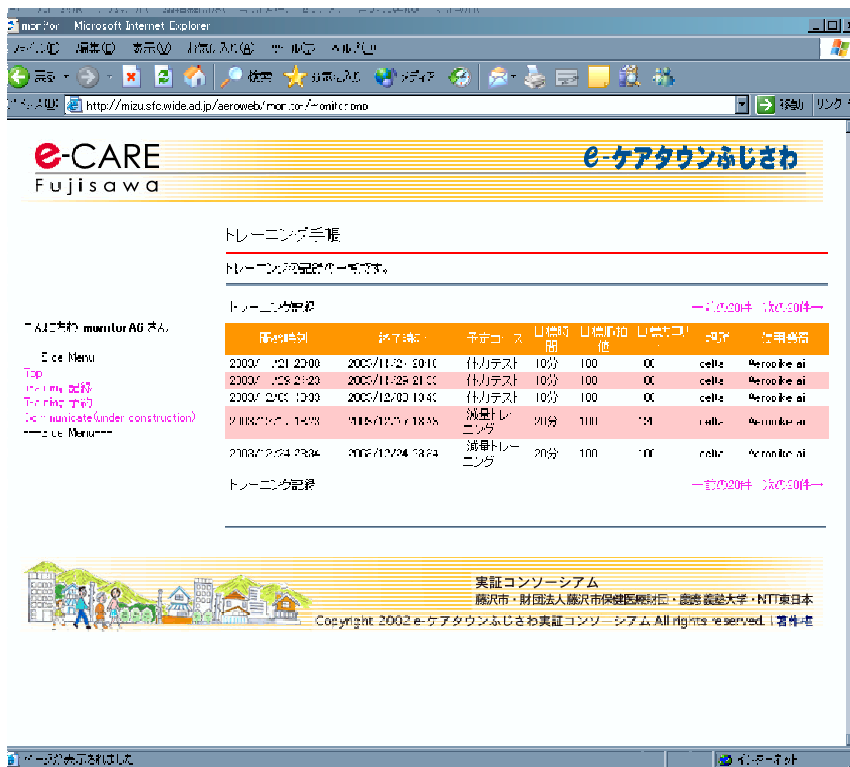


図 5.13: 運動履歴表示

## 第6章 評価

本章では、実装された RCTF に乗っ取ったプロトタイプの評価を行う。他のシステムに対する優位性の検証および、性能評価を行うことにより本研究の有意性を検証する。

### 6.1 評価方針

本節では 4章で述べた遠隔コーチング環境実現のためのシステムの要件を満たしているかどうかの検証を行なう。プロトタイプの機能を評価し、また、フレームワークを用いたことによるトレードオフになるコストを測定した。

### 6.2 評価項目

#### 6.2.1 機能評価

評価すべき機能の項目は以下の 4 点である。

今回 RCTF に乗っ取ってプロトタイプを実装したのだが、実装した機能としては以下の 4 点である。その機能について実際に求められるべき機能の評価を行なった。

- 個人認証

個人認証機能としては認証キーを使い、レセプターに差し込むだけで個人認証が行なわれるかという点を評価した。

- 運動装置制御

ユーザが個人認証に成功した後に各ユーザのあらかじめ設定された運動処方を元に運動機器を制御できたか、また運動中のデータを取得し、サーバに送信することができるか。

- 運動情報蓄積

運動装置が制御され、ユーザの運動中の情報を蓄積できているか。

- 運動情報管理

各ユーザ情報や運動履歴などの情報がデータベースに効率良く蓄積され、運動情報を閲覧し、各ユーザごとの運動処方を編集でき、その情報が反映されているか。

#### 6.2.2 コスト評価

今回フレームワークとして、機器からの情報のフォーマットを定義するのではなく、情報に意味をつけてやり、その意味づけを定義し、同一ルールの元情報に意味をつけることによって汎用

性を持たせた。しかし、想定しているクライアント（運動機器制御のためのノード）は計算機資源の乏しい計算機である可能性もある。現実的に使用にたえるのか、ということの評価した。

## 6.3 評価

### 6.3.1 個人認証

まず電源を入れ、認証キーをレセプターに挿入するとサーバに ID が送信され認証が行なわれるかどうかを検証した。

クライアント側で認証キーが挿入するとサーバに接続が張られ ID とタイムスタンプが送信され、その情報を元にデータベースに query が送られ認証が行なわれていることをサーバ側のソフトウェアで確認した。以下の図 6.1,6.2はサーバ側のソフトウェアのログメッセージである。認証キーを入れ、電源を入れると、ソフトウェアが起動する。そこで認証が行なわれているかどうかを確かめるために二つの認証キーを用意した。一つは本システムのユーザのものではない認証キー、一つは本システムのユーザである。図 6.1は不正なユーザのログであり、図 6.2は正しいユーザの場合のログである。正しいユーザ（認証キー）の場合はユーザの ID を取得し、認証が行なわれていることを確認できた。

```
connection from 2001:200:0:8802:260:35ff:fe00:b213, port 56871
                                time Mon Dec 22 12:30:36 2003

User_id comes....
[SQL] user Info query success...
[error] this user is unknown, terminated...
child (pid = 79646) is terminated
```

図 6.1: 個人認証失敗

### 6.3.2 運動装置制御

認証キーを差し込み、認証に成功すると運動メニューがサーバから制御ノードに送信されそのメニューを元に運動装置を制御する。

この機能は運動装置の液晶画面を見て確認できた。また、トレーニング中のデータを運動装置から読みだしサーバに送信されていることを、サーバ側でパケットキャプチャソフトによりパケットダンプすることにより確認できた。

以下の図 6.3にサーバ上で tcpdump を行なった結果を示す。クライアントである自転車エルゴメータに接続された RS6 から情報が届いていることが確認できた。

```

connection from 2001:200:0:8802:260:35ff:fe00:b213, port 56872
                                time Mon Dec 22 12:35:01 2003

User_id comes....
[SQL] user Info query success...
[SQL] menu select query success...

Create Aerobike ai Menu
[SQL] trainingid get query success...
[SQL] train_hist init query success...
Menu sending.....

```

図 6.2: 個人認証成功

```

[root@mizu ~] # tcpdump -n -i fxp0 port 8888
tcpdump: listening on fxp0
12:53:32.705069 2001:200:0:8802:260:35ff:fe00:b213.56873
    > 2001:200:0:8801:206:5bff:fe05:39fe.8888:
        P 3710328499:3710328551(52) ack 636278216 win 4096
12:53:33.703498 2001:200:0:8802:260:35ff:fe00:b213.56873
    > 2001:200:0:8801:206:5bff:fe05:39fe.8888:
        P 52:104(52) ack 1 win 4096
12:53:34.744269 2001:200:0:8802:260:35ff:fe00:b213.56873
    > 2001:200:0:8801:206:5bff:fe05:39fe.8888:
        P 104:156(52) ack 1 win 4096
12:53:35.701962 2001:200:0:8802:260:35ff:fe00:b213.56873
    > 2001:200:0:8801:206:5bff:fe05:39fe.8888:
        P 156:208(52) ack 1 win 4096

```

図 6.3: パケットキャプチャー結果

### 6.3.3 運動情報蓄積

ユーザがトレーニングを行なった結果、データベースに履歴がデータベースのレコードに残り、その履歴情報にマッチするデータがファイルとして保存されているのを確認し、運動情報蓄積を検証できた。



### 6.3.4 運動情報管理

各ユーザごとに自らの WEB ページを表示させ、本システムを使用しトレーニングを行なうと、自動で運動履歴を増やし運動情報を表示することができることを確認した。また、WEB から各ユーザの運動メニューを変更するとデータベース内の各ユーザのメニューが変更されていることが確認できた。運動情報、運動処方管理インターフェースが機能を満たしていることを検証できた。

以下の図 6.4はユーザが運動履歴の詳細としてグラフを表示している画面キャプチャーである。運動履歴を表示した後、詳細データが存在するものに関しては以下のようにグラフを表示できた。

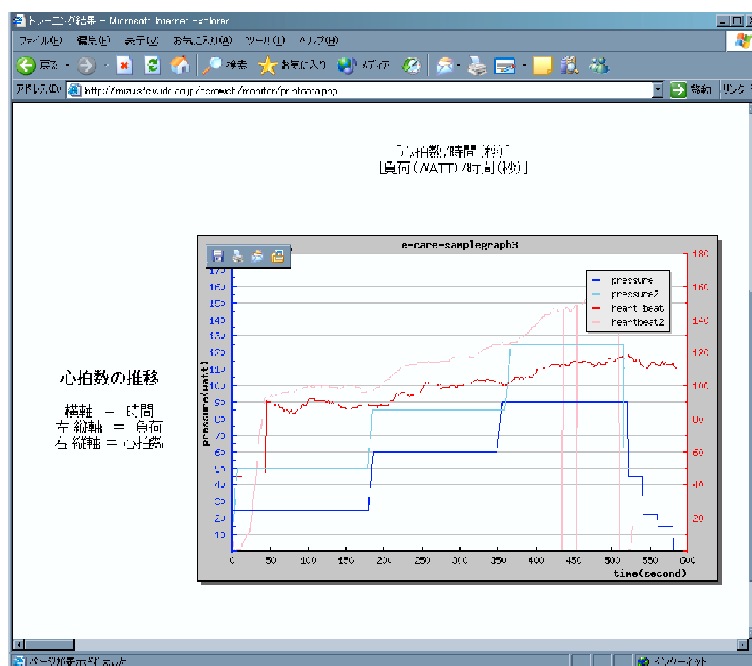


図 6.4: 比較グラフ表示インターフェース

### 6.3.5 コスト評価

フレームワークを用いたことによるコスト評価である。計算機資源を考えなければいけない、クライアントにおいて、XML 変換処理がどのくらいかかるかを調査した。今回使用したのは RealSpace6 (RS6) と呼ばれる 8-bit マイコンの組み込み機器である。5.3に RS6 のハードウェア仕様を掲載してある。

運動機器からの情報変換にかかるコストを計測するために、情報を取得して、データ変換のルーチンのみにかかるコストを計測した。以下の 6.1がその計測結果である。

何も変換をしない、場合においては、データサイズが 53byte ですが、データのサイズは冗長的に意味を付加しているため、約 10 倍になっている。また、データ変換にかかるコストは 1000 回行った際の測定結果の平均である。測定精度はミリ秒単位で測定した。

以上より、本フレームワークを用いることによるコストがデータ量で約 10 倍ほど、1 秒おき

表 6.1: コスト

測定	以前	フレームワーク使用
データサイズ	53 bytes	537bytes
変換時間	0	222.38msec

に機器から取得する際のデータの変換には 220msec ほどかかることがわかった。しかし、運動機器からの情報を 1 秒おきに取得しているが、運動情報の蓄積ということに主眼をおいたモデルにおいては、1 秒おきにデータを取得する際に 200msec の遅延であれば、このコストは問題ではないと考える。つまり、フレームワークによる汎用化とコストの問題はトレードオフの関係にあるため、今回の 220msec のコストであれば十分実用に絶えうるものであると考える。

## 6.4 まとめ

ユーザは自転車エルゴメーター、その他に電源を入れ、認証キーをレセプターに差し込むだけであらかじめ専門家に指示された運動メニューでエアロバイクを制御でき、トレーニング結果を自分自身で必要に応じて確認することができた。また、蓄積したデータを閲覧しユーザに運動メニューを指示することができた。RCTF のプロトタイプとして実装したシステムの機能要件は満たしているといえる。また、フレームワークを用いたことによるコストも非力な RS6 という環境においても、処理できることが確認できた。

本研究で、遠隔コーチングの新しいモデルとして、RCTF を提案し、そのフレームワークに乗っ取りプロトタイプを実装した。そして本章ではこのプロトタイプの評価を行ない、遠隔コーチングをの基本的な機能である、遠隔での運動情報共有は行なえていることが検証できた。そこで次章では本研究のまとめと今後の課題を述べ、本研究の結論とする。

## 第7章 結論

本章では、今後の課題とまとめを挙げ、本論文の結論とする。

### 7.1 今後の課題

今回の実装により遠隔コーチング環境実現のためには今後の課題がいくつか考えられる。以下に今後の課題をまとめた。

遠隔でのコーチングを実現するにあたり、運動の処方をもどのように行なうかなどといった規定はしていない。今回実装したシステムでは基本機能の実装は行なったが、以下の三点がシステムとしても不十分な機能である。

#### 複数対複数のコミュニケーション

専門家とユーザの間のコミュニケーションモデルだが、今は1対1でしか想定していない。このフレームワークを広く広め、使えるものにしていくにはN対Nのコミュニケーション、つまり指導する人も指導を受ける人も複数人というモデルでなければならない。また、その認証を行なえるような認証方式を用いなければならない。

#### 運動機器抽象化

また、今回限定してしまった運動機器や認証キーなどといったものも多数システムに組み込むことによってシステム、フレームワークを洗練するためには必要となってくる。自転車エルゴメーターだけではなく、トレッドミルや他の万歩計や体重計などといった運動、健康に関わるデータを扱えるようにしなければならない。

#### 複数台によるサーバ負荷軽減

さらに、実装したモデルは全てのシステムを中央で一括管理しているが、現実的に複数台で行なえなければ実運用には難しい。複数台や複数のデータベースでの管理というものもできなければならず、情報の保存先が複数あるようなモデルを構築していかなければならない。

今後の課題としては以上の三点があるが、実際の運用実験というものも必要である。本システムは2004年度1月から2月にかけてe-careプロジェクト内で実験を予定している。

### 7.2 まとめ

本研究では、健康管理、疾病予防のための運動を促進するためには運動指導が必要であり、現在は時間や空間的制約が大きく、また専門家という資源を有効活用するためには遠隔で制約を取り除いた運動指導が必要であると述べた。また、運動指導にはセンサの活用や運動器具の活

用などが有効である。そこで遠隔で運動指導を共有し、運動を促進するためのモデルを考案した。そのモデルを実現するためのフレームワークとして RCTF を設計した。

RCTF ではユーザは認証キーとなるデバイスだけを持ち歩けば、自分のトレーニング中のデータはどこでもいつでも引き出せ、かつ運動を行えばその情報は保存され続ける。そしてそのフレームワーク上でプロトタイプ的设计, 実装を行ない基本機能の実現は検証できた。

本研究によって、遠隔コーチングのフレームワークの実現が可能であることがわかった。遠隔コーチングが誰にでもどのような場所でも利用できる環境が実現できれば、健康管理や成人病などの予防に運動を行なうことがたやすくなる。そのためのフレームワークとして RCTF を提案したが、実現のためにプロトタイプをより洗練させ、今後フレームワークとして広く広めていくことが本研究の今後の展望だといえる。以上を持って本論文の結論とする。

# 謝辞

本論文の執筆にあたりまして、ご指導いただきました慶應義塾大学環境情報学部教授 村井純博士、並びに同学部教授 徳田英幸博士、同学部助教授 中村修博士、同学部助教授 楠本博之博士、同学部専任講師 南政樹氏に感謝いたします。

また、絶えず本システムの被験者となっただき実験に協力していただき、ご指導、助言を頂いた独立行政法人通信総合研究所 杉浦 一徳博士、同大学後期博士課程 今泉英明氏に深い感謝の意を表します。

本研究を進めていく上で、ご支援下さった皆様、研究、生活、苦渋、辛酸をなめあった環境情報学部 成瀬大亮氏、村井研究室に入った時から、寝食を共に励ましあい、共に研究してきた、同大学環境情報学部 清水崇史氏、同大学環境情報学部 廣瀬しゅん氏、同大学環境情報学部 谷岡洋平氏、同大学総合政策学部 高橋宏明氏、同大学環境情報学部 犬山隆太郎氏、同大学環境情報学部 横山 祥恵氏に最大限の感謝の意を表します。また、本研究を行なうにあたって、手助けしてくれた慶應義塾大学環境情報学部 馬谷 亜古氏、同大学環境情報学部 遠峰隆史氏、同大学環境情報学部 谷隆三朗氏、同大学総合政策学部 門田 美由紀氏、同大学環境情報学部 小椋康平氏にも感謝します。

常に、よき先輩として、ご指導して頂いた、慶應義塾大学 政策メディア研究科 博士課程 小原泰弘氏、同修士課程 三屋光史郎氏、同日野哲志氏、同小柴進氏に感謝します。

慶應義塾大学 徳田・村井・楠本・中村・南合同研究室の皆様、特に ia 研究グループと、sing 研究グループの皆様感謝します。

本当に皆様ありがとうございました。

最後に、この世に生まれてから齢二十二年、私橋本和樹と関わった全ての人々に感謝します。

## 参考文献

- [1] World Health Organization. <http://www.who.int/>.
- [2] インターネットヘルスケアサービスの可能性  
(株)UFJ総合研究所 研究員 寺島大介, 2003  
. <http://japan.internet.com/research/20030428/1.html>.
- [3] IT健康機器の方向性  
(株)三和総合研究所 研究所 研究員 寺島大介, 2002  
. <http://japan.internet.com/research/20020225/1.html>.
- [4] Ohgi. Y. Ichikawa. H. Microcomputer-based data logging device for accelerometry in swimming. The Engineering of Sport 4. Ujihashi. S. and Haake S. J. eds.. pp637-643, January 2002.
- [5] Well Coaches.com. <http://www.wellcoaches.com/>.
- [6] Walking-style.com omron inc. <http://www.walking-style.com/>.
- [7] "T. Kiryuu K.Takahashi and K. Ogawa". Multivariate analysis of muscular fatigue during bicycle ergometer exercise. IEEE Trans. on BME, vol. BME44-8. pp. 665 - 672, June 1997.
- [8] 山口 謙一郎. 木竜 徹. 田中 喜代次. 斉藤 義明. 中高年者向け自転車エルゴメーターのリモート負荷制御システム電子情報通信学会論文誌 Vol. J83-D-2. no.2 pp 840 - 847, February 2000.
- [9] 山口 謙一郎. 木竜 徹. 田中 喜代次. 斉藤 義明. 個人の運動体力に合わせた中高年者向け自転車エルゴメーターのインテリジェント負過制御法 電子情報通信学会論文誌 Vol. J85-D-2. no.2 pp 329 - 336, February 2002.
- [10] 株式会社 日本光電. <http://www.nihonkoden.co.jp/>.
- [11] T. Kiryuu K.Takahashi and K. Ogawa. Design of wearable units for personal fitting process in wellness environment. 019854-1.pdf IEEE Asia-Pacific Conference on Biomedical Engineering 2003 Keihanna, 2003.
- [12] Micronode concept. <http://www.wellcoaches.com/>.
- [13] S. Deering and R. Hinden. *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*, December 1998. RFC 2460.

- [14] 橋本 和樹. 廣瀬 峻. 横山 祥恵. 南 政樹. 村井 純. 家庭用フィットネス機器を利用した遠隔トレーニング環境実現のためのシステムの設計と実装 2003-OS-93 pp57-64, May 2003.
- [15] The apache software foundation. <http://www.apache.org/>.
- [16] Postgresql database. <http://www.postgres.org/>.
- [17] ibutton homepage. <http://www.ibutton.com/>.
- [18] ibutton receptor : Ds1402d-db8. [http://www.ibutton.com/ibuttons/blue\\_dot.html](http://www.ibutton.com/ibuttons/blue_dot.html).
- [19] Real space6. <http://www.i-node.co.jp/product/rs6index.html>.
- [20] 1-wire specification. <http://www.maxim-ic.com/ibutton/1wirejapanese.htm>.
- [21] Don Loomis. 「the tini specification and developer's guide」, 2001.
- [22] a minimal xml parser. <http://www.wilson.co.uk/xml/minml.htm>.
- [23] C library: the c application programmer's interface to postgresql.
- [24] The xml c parser and toolkit of gnome. libxml2. <http://xmlsoft.org/>.
- [25] Php graphize libray jpgraph. <http://www.aditus.nu/jpgraph/index.php>.