

携帯電話コンピューティングを応用した教材の開発

龍谷大学 大学教育開発センター 2004年度自己応募プロジェクト報告書

樋口三郎^a 渡辺靖彦^b

2005年2月28日

概要

携帯電話で動作する学習用プログラム，および携帯電話上のプログラミング教材の開発の成果を，関係する授業の状況とともに報告する．

1. プロジェクトの目的

近年，われわれを取り巻く情報環境が大きく変化している．これまでは，情報機器といえはいわゆるパーソナル・コンピュータを指し，それはワープロ・スプレッドシート・データベースなどを1つにまとめた機械にすぎず，何か特定の仕事をするのに便利だが，それで生活様式が変わるほどのものではないという認識が支配的だった．

しかし最近では，ほとんどすべての人が携帯電話を常時携帯し，いつでもどこでもネットワークに接続しさまざまな情報を受け取ったり発信したりすることが可能になっている．実際，年間に生産されるマイクロコンピュータ83億個のうち，パソコンに使われているのは約2%の1億5千万台にすぎず，残り98%はパーソナル・コンピュータ以外に利用されている．特に，携帯電話などのパーソナル・コミュニケーションツールは，どこにいてもネットワークにつながり情報を利用できるユビキタス社会を実現するために重要な役割を果たすと考えられている．

教育においても，授業中に学生が携帯電話上でプログラム（以下携帯電話アプリという）を実行することにより，大きな学習効果が得られる可能性がある¹．

また，パーソナル・コンピュータ以外のパーソナル・コミュニケーションツール（携帯電話など）を情報教育でとりあげる重要性が高まっており，特に（それ自身は教育用とは限らない）携帯電話アプリを学生自らが作成することは，教育的効果が大きいと考えられる．

これらの効果を得るため，

1. 携帯電話で動作する学習用プログラム
2. 携帯電話上のプログラミング教材

の2つを開発することが本プロジェクトの目的である．

表1に，プロジェクトに関係する理工学部の授業科目を列挙する．以下では，

^a 理工学部数理情報学科，<mailto:hig@math.ryukoku.ac.jp>，<http://hig3.net/>

^b 理工学部情報メディア学科，<mailto:watanabe@rins.ryukoku.ac.jp>

科目に言及する際に[物数]のような略記を用いる。

表 1 プロジェクトに関係する授業科目

略記	科目名	対象	学年	担当	学生
[物数]	物理数学および演習 I ^c	数理情報学科	1	樋口	140
[計科]	計算科学 II ^d	数理情報学科	3	樋口	110
[微積]	微積分・演習 ^e	情報メディア学科	1	樋口	114
[計基]	計算機基礎実習 I	情報メディア学科	1	渡辺	90
[情セ]	情報メディア基礎セミナー	情報メディア学科	1	渡辺	10
[数演]	数理情報演習 ^f	数理情報学科	3	樋口	8

2. 携帯電話コンピューティングの現状の調査結果

携帯電話を授業に使用しようとする場合、携帯電話を持っていない学生をどのように支援するかが問題になる。

また、携帯電話アプリはすべての携帯電話で使用できるわけではない。さらに、携帯電話会社(キャリア)により、携帯電話アプリの仕様は異なる。現在、日本国内で展開されている携帯電話アプリサービスは、NTT DoCoMo による i アプリ、vodafone による V アプリ、au による EZ アプリがある。いずれもプログラミング言語 Java の規格 J2MECLDC に基づくが、仕様は細部で異なっている。

さらに、ひとつのキャリアの携帯電話でも、機種、あるいは機種グループ(NTT DoCoMo における mova(PDC)と FOMA)により仕様が異なることがある。

この状況から、多くの学生が携帯電話アプリを使って学習することができるためには、できるだけ多くのキャリア、機種に対応した教材とする必要がある。本プロジェクトでは特にこの点に留意した。

この点に関する基礎データとして、表 2 に、授業のいくつかで、学生の利用できる携帯電話アプリ環境を調査した結果を示す。

^c http://www.a.math.ryukoku.ac.jp/~hig/course/physmath1_2004/

^d http://www.a.math.ryukoku.ac.jp/~hig/course/compsci2_2004/

^e http://www.a.math.ryukoku.ac.jp/~hig/course/calculus_2004/

^f http://www.a.math.ryukoku.ac.jp/~hig/course/juniors_2004/

表 2 学生の携帯電話使用状況

授業科目(略記)	[物数]	[計科]	[数演]	[微積]
調査時期(2004年 m 月)	4	9	10	9
回答総数	61	72	8	99
NTT DoCoMo(i アプリ対応)	28	41	7	39
vodafone(V アプリ対応)	10	15	1	25
au(EZ アプリ対応)	6	8	0	11
上記以外の携帯/PHS	13	4	0	5
わからない, 答えない	4	4	0	19

授業科目は表 1 の略記に従う。

3. プロジェクトの成果

3.1. 携帯電話で動作する学習用プログラム

科目[物数], [計科], [微積]で使用するために, 表 3 の携帯電話アプリを開発, 改良し, 公開した². 図 1 にスクリーンショットを示す.

これらはすべて, i アプリ/V アプリ/EZ アプリ(Java)版があり, いずれのキャリアの対応携帯電話でも実行できる.

開発の過程で, すべてのキャリアに対応したアプリを少ない労力で開発するためのノウハウを蓄積した. その一部をWebページ³で公開している.

携帯電話で実際にダウンロードして実行するには, <http://hig3.net/> からリンク`i/V/EZアプリ`を選ぶのが容易である. また, 図 2 のQRコードを携帯電話のカメラで撮影することにより, このURLを取得することができる.

授業中には, 学生にダウンロードして実行することを勧める他に, プロジェクターを用いて, PC 上のエミュレータを用いてデモを行っている.

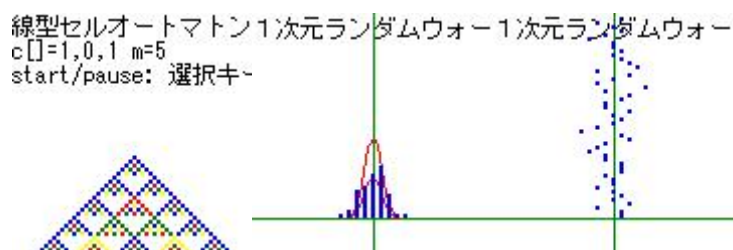


図 1 開発した携帯電話アプリのスクリーンショット



図 2 ダウンロードサイトのQRコード

表 3 開発した携帯電話アプリのリスト

アプリのタイトル	説明
ベクトルの内積外積	2 個の 3 次元ベクトルを数値で入力すると，内積，外積などを計算して 3D 表示します．
複素平面と演算	2 つの複素数 z_1 ， z_2 を，実部虚部，または極表示で入力すると， z_1 ， z_2 ， z_1+z_2 ， z_1*z_2 ， $1/z_1$ ， $\exp(z_1)$ ， z_1 の複素共役の，実部虚部および極表示が計算され，複素平面上に表示されます．
いろんな運動	等速直線運動，等加速度直線運動，等速円運動，等速運動などを理解するためのデモです．
放物運動シミュレータ	重力のもとでの放物運動のデモです．初速を，成分または大きさと角度で指定できます．ユーザが自由に設置できる 1 枚の壁と，地面との衝突判定をしています．
リサージュ図形	振幅，振動数，初期位相の異なる 2 つの単振動を組み合わせると，リサージュ図形とよばれる美しい図形が現れます．
円運動と単振動	等速円運動と単振動の学習用デモです振幅，振動数などのパラメータを指定できます．
1 次元ランダムウォーク	遷移確率を指定したときに，中心極限定理により，ウォーカーの散らばり具合が，遷移確率から計算される平均と分散を持つ正規分布に近づく様子が観察できます．
1 次元線形セルオートマトン	ルール(係数と法)を指定して時間発展を観察することができます．
2 次元線形セルオートマトン	ルール(係数と法)を指定して時間発展を観察することができます．
ウォルフラムのセルオートマトン	S.Wolfram の定義した 256 種類の基本セルオートマトンについて，ルール番号を入力するとそれに応じたシミュレーションを実行します．

3.2. 携帯電話を利用したプログラミング教材(Web-低学年)

低学年の計算機/情報科学の授業[計基]，[情セ]においては，携帯電話上で動作する携帯電話アプリを Java 言語を用いて自ら作成するのは困難であるため，携帯電話内蔵のメールクライアント，Web ブラウザで利用できるデータ，サーバープログラムを作成することを授業の題材とした．

3.2.1. [計基]計算機基礎実習 I

計算機基礎実習 I で 2003 年度までとりあげてきた情報処理機器は，パーソナ

ル・コンピュータだけであった。そしてその授業では、パーソナル・コンピュータの操作およびアプリケーション(ワープロ・スプレッドシート・データベースなど)の利用方法を習得することが目的となっていた。

[課題 1]

共通情報基礎テキスト⁴ p.57-61を読み、自分の携帯電話にメールを出さない。内容は何でもいいです。また、自分の携帯電話からメールを返信さない。カメラ付きの携帯電話をもっている人は、お気に入りの写真を添付して送ってください。

[課題 2]

インターネットを利用して、自分の携帯電話で

1. 表示できる画像のサイズ
2. 表示できる画像の種類

について調べなさい。

また、調べるときにどのような検索エンジンを利用し、どの URL のドキュメントを参考にしたのか、そのドキュメントを探しだすのにどのようなキーワードを用いたかもメモ帳などを利用してメモしなさい。

A) NTT DoCoMo の携帯電話 (mova) の利用者

au などの他のキャリア、NTT DoCoMo の FOMA あるいは PC から、NTT DoCoMo の mova にはそのままでは画像を送ることはできません。そこで、FOMA、au などの他のキャリア、あるいは PC から、NTT DoCoMo の mova に画像をおくる方法を調べなさい。

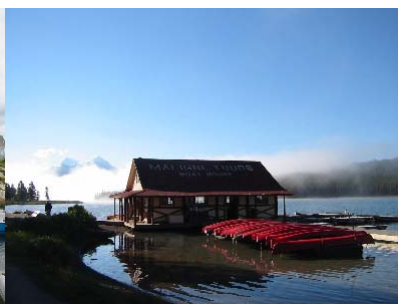
B) NTT DoCoMo の mova 以外の利用者

以下の画像から好きなものをえらんで、自分の携帯電話に送信してください。

1. 画像の種類を確認し、
2. サイズを変更し、
3. 画像の種類を変換して



jpg 形式



gif 形式



png 形式

図 3 計算機基礎実習 I 課題(抜粋)

2004年度には、図3に示す課題を受講生に与え、さまざまな情報を受け取ったり発信したりする新しいメディアとしてコンピュータ(携帯電話をふくむ)を理解させることをめざした⁵

これらの課題(特に課題2)は、教科書あるいは参考書の指定されたページを読み、そこに指示されたとおりに課題にとりくめば達成できる種類のものではない。受講生は、どのような文書(例えば製品仕様書など)を探せばいいのかをまず考え、つぎにその文書がどこにあるのか、あるいはどのようにして探せばいいのかを考え、入手した技術文書を読み取らなければならない。

さらに、それぞれの受講者にとっての答えは所有している携帯電話の種類によって異なるので、収集した情報を主体的に理解しないと課題を完成することができない。また、画像ファイルの形式や変換方法についても自然に理解できる。なお課題作成者(渡辺)は、NTT DoCoMoのmovaにはそのままでは画像を送ることはできないと考えていたが、受講生の中にはこれを可能にする方法を調べ出したものがいて、非常に驚かされた。

3.2.2. [情セ]情報メディア基礎セミナー

[情セ]は少人数で密接に授業を行うので、他の授業に比べて難度の高い課題を与えることができる。そこで、サーバーを構築し、携帯電話向けのコンテンツを提供する課題を与えた⁶。

図4の通り、合計6つの課題を課した。それぞれの課題の目的を以下に示す。

- 課題(第1回)サーバーになるPCの構築(ネットワークには未接続)とネットワークについての基礎知識の収集
- 課題(第2回)サーバーPCをネットワークに接続する
- 課題(第3回)周辺機器のネットワークへの接続
- 課題(第4回)サーバープログラムの起動
- 課題(第5回)静的なコンテンツの作成
- 課題(第6回)時間によって変化するコンテンツ(時刻表)の作成

特に、時間によって変化するコンテンツ(時刻表)の作成は、プログラミングの経験のない1回生には難しい課題であった。

課題作成者は、Javaなどのプログラミング言語を利用しない方法をあらかじめ用意していたが、受講した1回生は全員Javaを自主的に学習し、それを用いて時刻表のコンテンツを作成した。

課題(第4回)

[課題 4-3]

PCのVine Linux上でWebサーバープログラムapacheを起動し、Webブラウザを利用してPCがWebサーバーとして機能していることを

1. 他のPCから
2. 携帯電話から

確認しなさい。

課題(第5回)

[課題 5-2]

自分の携帯電話で表示できるサイズの画像を用意して、その画像を表示するhtmlファイルを用意しなさい。ファイルの名前は、「(自分の名前)2.html」。渡辺の場合、watanabe2.htmlとなる。画像ファイルの名前は、「(自分の名前)2.jpg」とすること。画像の形式はjpg形式ではなく、他の形式でもかまわない。

[課題 5-3]

以下の時刻表を手分けして作成しておくこと

- 龍谷大学発瀬田駅行きバス(平日)(ファイル名:ryukokuweekday.html)
- 以下略

[課題 5-4]

これらのページを、apacheの先頭ページに置くにはどうすればよいのかを調べなさい。

課題(第6回)

[課題 6]

決まった時間にWebページの内容が変更される方法について考えなさい。具体的には、「現在時間にあわせて時刻表を変更する」方法について考えなさい。(あるいは、先発、次発、次々発のバス/電車の時間を表示する)方法は自由です。

図 4 情報メディア基礎セミナー教材(抜粋)

3.3. 携帯電話を利用したプログラミング教材(Java-高学年)

科目[数演]では、既に基本的なJava言語プログラミングを修得した学生を対象に、携帯電話Javaを通して理解を深めることを行っている。そのための教材を開発し、公開した⁷⁾。

特徴は、各キャリアの仕様の差を積極的に対比して、どのキャリアの携帯電

話を持っている学生でも等しく利用できるとともに，広い視点から理解を深められるようにしたことである．

以下に，教材の概要を示す．

1. とにかく i アプリ/V アプリ/EZ アプリを作ってみよう
2. 初めての Canvas and 携帯 へのダウンロード
3. Thread によるアニメーション/Canvas のキーイベント
4. ダブルバッファリング/乱数/画像ファイルの読み込み
5. オブジェクト指向/マルチスレッド
6. 待受時計を作ろう aka double のない世界の暮らし方
7. サウンドの取り扱い
8. Panel/Form と不揮発性メモリ
9. カメラの使い方
10. アプリ作品制作

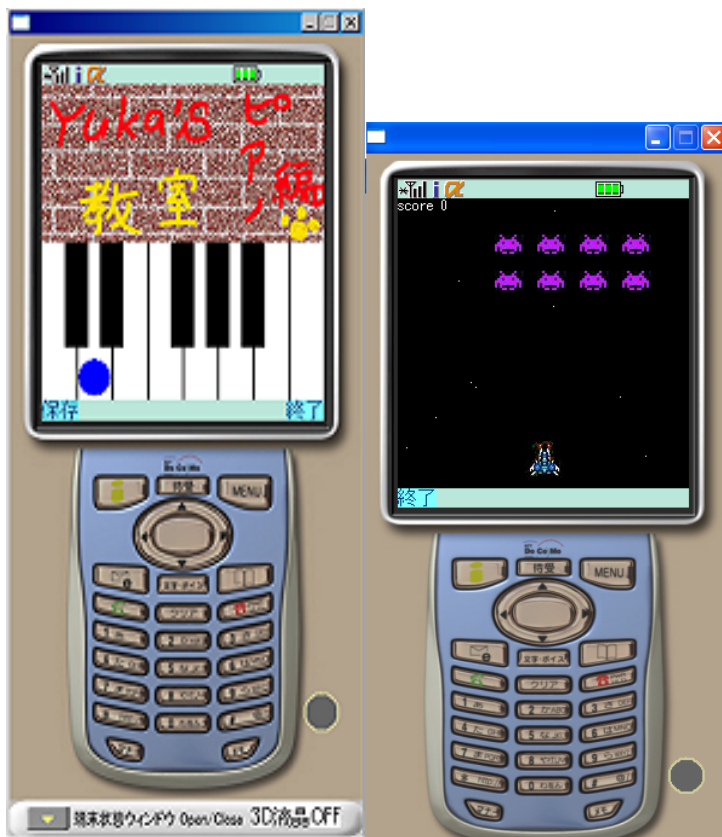


図 5 学生の作成した携帯電話アプリのスクリーンショット

4. 評価と考察

4.1. 効果

携帯電話アプリのプログラミング教材を用いた科目[数演]は、客観的データはないものの、担当教員としては、非常にうまく機能している印象を持っている。半年の授業の最後には、すべての学生がオリジナルなアプリを完成させている。図 5 にその例を示す。

また、この教材の作成準備段階だったときに同科目を履修した学生の中には、翌年に携帯電話アプリの制作を題目とする卒業論文⁸を提出した者もいる。

一方、学習用携帯電話アプリを使用した科目[物数]，[微積]，[計科]について、学期終了時にアンケートを実施し、学習用携帯電話アプリの利用率、学習効果について調査した(アンケートの実施方法、設問は、3科目で厳密に同じではない)。その結果を表 4 に示す。現状では、利用率、学習効果ともに十分でない。

表 4 携帯電話アプリを使用した授業におけるアンケート結果

選択肢	[物数]	[微積]	[計科]
受講者総数	140	114	110
回収総数	48	43	69
紹介したアプリの数	5	2	5
講義で、i アプリ/V アプリ/EZ アプリを紹介しましたが試してみましたか			
どれかを試してみた	7	11	14
どれも試してみなかった	32	31	45
未回答	欄無	欄無	10
(試した人への質問)			
授業内容の理解に役立ちましたか。該当するものひとつにチェックしてください。			
役立った	4	2	0
役立たなかった	4	5	5
どちらともいえない	4	2	11
(試さなかった人への質問)			
試さなかった理由について、該当するものすべてにチェックしてください。			
試しても何かいいことがあるとは思えないため	9	11	12
ダウンロードの方法がわからないため	2	6	12
パケット代がかかるため	4	11	19
携帯電話が対応機種でないため	7	8	9
携帯電話ウィルスを防ぐため	欄無	0	欄無
その他の理由	欄無	3	欄無

授業科目は表 1 の略記に従う。

4.2. 改善策

4.2.1. サイト誘導

‘ダウンロードの方法がわからない’学生が一定数存在する。また、方法がわかっても、その方法が複雑で面倒であるなら、実際にダウンロードを行わない可能性が高まる。授業で実際にダウンロードをして見せるのもひとつの方法だが、それ以外にもこの障害を克服する方法をいくつか考え、実行している。

短いドメイン名の取得

PCのWebブラウザと異なり、携帯電話では長いURLを入力することは苦痛である。携帯電話用サイトには短いURLを与えることが望ましい。また、キャリアごとに異なるURLを用意すると学生が混乱する。これらを克服するため、ドメイン名 <http://hig3.net/> を取得し、キャリア(またはPC)を判して、対応する適切なページにジャンプする仕組みを、スクリプト言語phpを用いて作った。

QRコードの提供

短いURLでも、入力を面倒に感じる学生もいる。そこで、図2のようなQRコードを作成し、授業の際に配る印刷物に記載した。学生は、これを携帯電話のカメラで撮影することにより、携帯電話アプリに対応するページにジャンプすることができる。

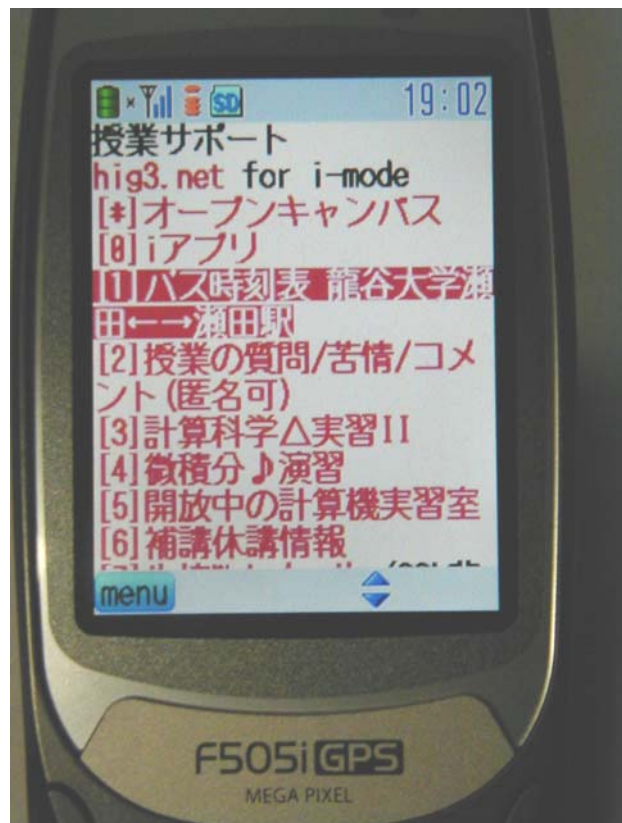


図 6 授業サポートポータルサイト
hig3.net

授業支援ポータルサイトの構築

魅力のあるページから携帯電話アプリのダウンロードページへのリンクがあれば、携帯電話アプリがダウンロードされる可能性が高まる。そこで、授業をサポートするコンテンツを集めたポータルサイト(図6)を構築し、ここにダウンロードページへのリンクを設けた。特に、

- 瀬田学舎-JR瀬田駅間のバス時刻表
- 匿名質問フォーム
- 授業の毎週のアンケートフォーム

などをオリジナルのコンテンツとして制作した。

携帯電話を用いた授業初回の出席チェック

携帯電話用ページに限らず、授業用の Web ページを用意しても、学生が必ず訪れてくれるとは限らない。そこで、学習意欲の高い初回の授業において、携帯電話用 Web ページを利用した出席チェックを行い、この授業用の Web ページの URL 履歴を学生の携帯電話に残すようにした。

演習との連携

授業の一部で行う演習の答を、携帯電話アプリを用いて求めたり、検算したりできるようにして携帯電話アプリをダウンロードすることに対する利益を高めた。

4.2.2. e-learning 連携

携帯電話アプリ上で試験や演習を行い、その結果をサーバーに返送して成績管理すればより高い教育効果が得られるかもしれない。

これは、いわば携帯電話を e-learning のフロントエンドにすることであり、e-learning システムの中に位置づけて開発することが望ましいと考える。

4.2.3. エンタテインメント性

ゲーム、パズルとして遊べる、音楽が聴けるなどのエンタテインメント性を備えた携帯電話アプリであれば、学生が自発的にダウンロードする可能性も高まる。適切に設計されていれば学習効果も高まることが期待できる。

しかし、そのようなアプリは大学教員が片手間に開発できる領域を超えている可能性がある。将来的には、企業が制作した携帯電話アプリ、または学習サービスを購入するという形になる可能性がある。

4.2.4. 通信料の問題

「パケット料金がかかるのでダウンロードしない」学生が一定数存在する。この問題は、通信料金の低下、特に定額制の普及により徐々に解決していくことが期待できる。しかし、それまでは、ダウンロードに必要なパケット料金の額の概算を明示することにより、障害を部分的に取り除くことが必要だと考える。

5. 教育における携帯電話コンピューティングの今後

本プロジェクトにおいては、携帯電話アプリに重点を置いたが、もちろん、携帯電話アプリは、メール、ウェブなどを携帯電話を用いたインタラクティブな教育ソリューションの一要素に過ぎない。携帯電話アプリを用いて、ソリューション全体としての有効性を高めることが最終的目標であるべきである。

技術の動向に視点を転ずると、携帯電話の高機能化、通信速度の高速化、通

信料金の低廉化(とくにパケット定額制の普及)はますます進んでいくことが予測できる。

携帯電話を始めとする組み込みシステムの開発に活躍する人材の育成の必要性から、携帯電話アプリを用いたプログラミング教材の重要性は増していくと考えられる。

一方、この技術の進展は、携帯電話アプリはじめ、携帯電話上で教育用に使用できるコンテンツのさらなるリッチ化を可能にしていくと考えられる。特に、携帯電話による動画配信は、e-learningの文脈で大きな意味を持つだろう。

しかし、リッチ化したコンテンツは、大学教員が片手間に作るものではなくなり、商業ベースで生産されるようになる可能性がある。その場合には、大学教員の果たす役割は、独創的な利用法を考案すること(それをメーカーに注文して実装してもらう)、および携帯電話を含む既製のシステムをユーザとして有効に利用して学生との間によりよいコミュニケーションを築くことになっていくだろう。

経費支出

表 5 経費の支出

費目	金額	主な用途
消耗品費	3108 円	教材保存用 CDR
雑誌等購読費	7352 円	携帯電話コンピューティング関連書籍
その他	139540 円	携帯電話通信料

参考文献

¹ 樋口, 携帯電話Javaによる物理・数学のインタラクティブな教材の実装, 日本物理学会第 59 回年次大会, 2004.

² 樋口, 数学/物理学習用iアプリ/Vアプリ/EZアプリ, <http://www.a.math.ryukoku.ac.jp/~hig/mobilejava/examples/>, 2001--2004.

³ 樋口, 携帯電話Java in Education, <http://www.a.math.ryukoku.ac.jp/~hig/mobilejava/>, 2001--2004.

⁴ 多田, 寺尾他, 龍谷大学共通情報基礎テキスト, <http://www.media.ryukoku.ac.jp/course/minimum/>, 2002.

⁵ 渡辺, 計算機基礎実習I教材, 2004.

⁶ 渡辺, 情報メディア基礎セミナー教材, 2004.

⁷ 樋口, 携帯電話Javaでiアプリ/Vアプリ/EZアプリ!プロジェクト http://www.a.math.ryukoku.ac.jp/~hig/course/juniors_2004/, 2004.

⁸ 携帯電話を用いたインスタントメッセージソフト, 龍谷大学工学部数理情報学科 2004 年度卒業論文.