

研究論文

タブレット端末を用いた電気を学ぶデジタル教材の開発とその実践的活用

遠藤 守^{1,a)} 久原 政彦¹ 岩崎 公弥子² 山田 雅之¹ 宮崎 慎也¹ 安田 孝美³

受付日 2013年1月15日, 採録日 2013年5月27日

概要: タブレット端末によるデジタル教材の開発とその活用手法に関心が集まっている。本研究において我々は、生活に不可欠な「電気」について楽しく学ぶことを目的とした、児童向けのタブレット端末用デジタル教材の開発を行った。本教材は、タブレット端末動作上のアプリケーションと、Bluetoothによって無線接続された発電玩具からなる。本教材の活用により、学習者はタブレット端末上のアプリによって電気についての基礎知識を得ることができるほか、発電玩具を用いて実際に電気をおこし・ためて・つかうことを実験しつつ、その電気の量をタブレット端末を用いて視覚的に確認しながら学習することが可能となった。児童館や科学館でのワークショップの実施により、提案教材の一定の有効性を確認した。

キーワード: デジタル教材, タブレットアプリケーション, ワークショップ

Development and Practical Use of Tablet-based Digital Learning Material for Electricity

MAMORU ENDO^{1,a)} MASAHIKO KUBARA¹ KUMIKO IWAZAKI²
MASASHI YAMADA¹ SHINYA MIYAZAKI¹ TAKAMI YASUDA³

Received: January 15, 2013, Accepted: May 27, 2013

Abstract: Tablet-based digital learning materials and their applications are attracting increased attention. In this research, we have developed a tablet-based digital learning material for children with the purpose of making learning about electricity, an essential part of our life, more fun. This learning material consists of an app running on a tablet and an electric toy connected wirelessly over Bluetooth. With this learning material it is not only possible to obtain a basic understanding of electricity by using the tablet app, but the user can also experiment actually creating, saving and using electricity with the electric toy and visually checking the amount of electricity with the tablet. We were able to confirm the effectiveness of the proposed digital learning material by implementing workshops at a number of Children Facilities.

Keywords: digital learning material, tablet-based application, workshop

1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災は、電力発電所事故などの2次災害に対する防災意識を一層高めることとなっ

た。震災後の国内電力事情に至っては全国規模での節電対策が求められており、とくに日本の将来を担う子供たちへの電気に対する教育および意識改革が重要であると考えられる。

近年の初等教育現場に目を向けると、スマートフォンやタブレット端末などのスマートデバイスの活用に注目が集まっている。国内におけるタブレット端末の活用事例に、2006年度から3年間実施されたNEXTプロジェクト [1] がある。当時はPCを拡張した端末を用いて実施され、様々な学習科目への適用が試行されたが、導入・運用コストや

¹ 中京大学
Chukyo University, Toyota, Aichi 470-0393, Japan

² 金城学院大学
Kinjo Gakuin University, Nagoya, Aichi 463-8521, Japan

³ 名古屋大学
Nagoya University, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

a) mamoru@endo.to



図 1 タブレット端末を用いた金環日食教室の様子

Fig. 1 Children using the tablets during an annular solar eclipse workshop.

コンテンツの開発コストなど様々な要因により継続的な普及には至らなかったと推測される。しかし 2010 年頃より携帯端末の高性能化・高機能化の背景を受けて開発された PC をベースとしない iPad や Android タブレットなどによって、改めてタブレット端末による教育現場への導入の期待が高まった。我が国では 2010 年度より総務省による「フューチャースクール推進事業」[2] や文部科学省による「学びのイノベーション事業」[3] などが展開されており、タブレット端末を活用した本格的な学習環境の構築が始まっている。

現場の必要に基づいて開発する（リクワイアメント・ブル）[4] 手法を取り入れることは、昨今の急速に発展を続ける ICT 技術をいち早く教育現場で活用できる点で有効な手段であるといえる。我々も、地域の科学館や小学校、児童施設、病院などとの共同による、児童へのレクチャーを想定した天文や化学の分野に関する学習教材の開発 [5], [6] を行い、またこれらを実際に活用したレクチャーを実施してきた [7], [8] (図 1)。これらの研究および実施成果から、レクチャー時におけるタブレット端末の適切な利用タイミングや、タブレット端末操作に慣れていない参加児童に対して提供する画面インタフェースなどの設計について多くの有用な知見が得られた。一方で、平面的な操作感を提供するタッチパネルディスプレイの操作インタフェースとしての限界や、すべてのタブレット端末が必ずしも必要なセンサデバイスを搭載していない場合の対処がきわめて困難であることが問題点として指摘された。またタブレット端末の操作に夢中になるあまり、他の学習者とのコミュニケーションが不足しがちになるといった点も明らかとなった。

以上の背景および問題点から、本研究では冒頭に述べた「電気」について分かりやすく学ぶための児童向けデジタル教材を、ワークショップなどでの活用を考慮し設計・開発することを目的とする。

従来のタブレット端末用学習教材の多くは、ソフトウェアのみの利用で完結し、かつその利用者が 1 名であることを前提に開発されている。ワークショップなどで発想支援やグループコラボレーションの手段としてタブレット端末を用いる研究もなされている [9], [10]。これらが他の実物

の学習教材を必要とせず行える点で有効性が認められる一方、本研究では実物の学習教材とタブレット端末を組み合わせる点に新規性がある。

本研究で開発するデジタル教材は、視覚的に見ることのできない電気への興味を持つことが可能なタブレット端末上のアプリケーションによって行い、最終的には、実際に電気をつくり・ためて・つかうことを楽しみながら学べる発電玩具と組み合わせる利用し、ワークショップを通じて学習することを可能にする。具体的には、タブレット端末の操作や電子工作などの経験がまったくない学習者でも容易に理解可能なソフトウェアおよびハードウェアのインタフェースを提案する。さらに、タッチパネルや Bluetooth などタブレット端末特有の機能を積極的に活用することで、触りながら楽しく学べるデジタル教材の開発を行う。

電子学習教材・玩具の先行事例として「アルゴブロック」[11] や「Programmable brick」[12], 「Active Cube」[13] などがあり、「Cubelets」[14] など製品化されているものも存在する。これらはいずれもアルゴリズムやロボティクスなどの基礎を楽しみながら学べる点で本研究との類似性はみられる。しかしタブレット端末との連携は考慮されておらず、またレクチャーやワークショップでの活用を想定して開発されているわけではない。さらに、これらの事例において教材玩具を駆動させるためには、バッテリーがあらかじめ用意されていることを前提としている。本研究で開発する電子玩具の特徴は「電気は有限である」という基本概念を導入している点にある。すなわち玩具そのものの動作を、学習者がその場で発電または蓄電した電気のみによって動作する仕様とする。これにより学習者は、作った（蓄えた）電気がなくなったらその場で電気を作らなければ（蓄えなければ）玩具を動作させることができず、電気を生み出すことの大変さやその大切さを感覚的に理解することを促す。また既存研究における開発デバイスは高価な部品で構成されている。本研究で開発する発電玩具は、落下や破損の危険がともなう小学生向けのワークショップで利用することを想定し、すぐに修理できるか、もしくは簡単に交換できるように比較的安価な部品のみを用いて開発する点に特徴がある。なお、開発する発電玩具は、発電、蓄電、放電、通信の 4 種の役割の異なるモジュールからなり、ワンチップマイコンや LED、ブザー、モータなどを用いて制作する。学習者はこれらを自由に組み合わせてその役割と電気特性について学ぶ。異なる役割のモジュールを用意する意図としては、必要に応じて他の学習者と見せ合い、交換し、共同作業によって実験を行うことを促す狙いがある。

以上により本研究で開発したデジタル教材を実際にワークショップにて活用することにより、電気そのものを身近に感じる事が可能であるかどうかを検証する。併せてタブレット端末と発電玩具とを組み合わせる新しい

形の電子教材の活用可能性を検証する。

2. 電気を学ぶデジタル教材とワークショップでの実践活用

本研究において開発するデジタル教材を用いたワークショップ開発のコンセプトを図 2 にまとめる。本研究では「電気をつくる・ためる・つかう」をテーマとし、電気ワークショップを通じて電気をより身近に感じることを可能にするデジタル教材の設計開発を第 1 の目標とする。その具体的な手段は、スライド資料によるレクチャーだけでなく、タブレット端末や実物の発電玩具を組み合わせた段階的、反復的な学習機会の提供である。発電玩具の開発には、近年電子工作用途で用いられるマイコンなどを組み合わせて行う。

ワークショップ受講者はまず、身近な電気についての基礎知識として、モータによる発電の仕組みをタブレット端末により構築されたアプリを用いて理解する (図 2 上段：電気をつくる)。次にモータの仕組みを応用した風力発電を例にとり、受講者のタッチパネルディスプレイへのタッチ操作によって回転する風力発電のアプリを用いて仮想的に電気をためることを学ぶ (図 2 中段：電気をつくってためる)。そして受講者がタブレット端末上のプロペラを回転させる動作を、発電玩具における手回し発電機に置き換え、実際に電気の発電実験を行う。発電実験では、発電した電気を実際にスーパーキャパシタ (電気二重層コンデンサ) に蓄えたり、光、動き、音などの各種放電モジュールを組み合わせて遊んだりすることによって、電気についての一連の知識と理解を反復的に深めることが可能となる (図 2 下段：電気をつくってためてつかう)。

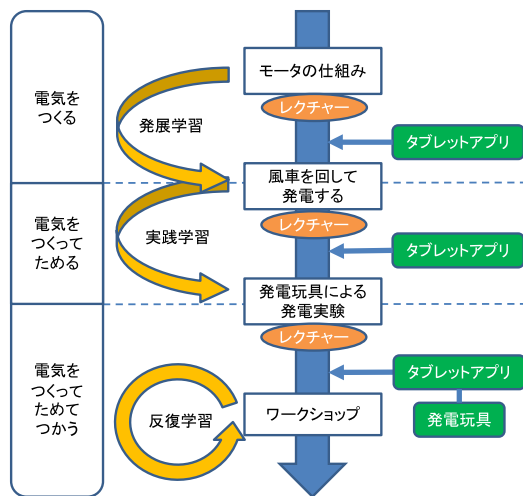


図 2 電気を学ぶデジタル教材を用いたワークショップ開発のコンセプト

Fig. 2 Design concept of workshop with digital learning materials for learning about electricity.

3. 電気を学ぶアプリケーションの開発

3.1 アプリケーション概要

図 3 に開発するアプリケーションの概要を示す。アプリケーションは大まかに、タブレット端末上で動作するソフトウェアと、タブレット端末と連動して動作するハードウェアとに分かれる。2章で述べたとおり、本システムは実際に活用されるワークショップの進行と連動し、時間的経過にともないはじめはソフトウェア中心の内容から、徐々にハードウェアを交えた内容を学習できるよう設計する。

学習内容はまず「モータの仕組み」で発電に関する基礎知識を学び、次に具体的な発電の事例としてモータの風力発電への応用である「風車」をテーマとした学習を行う。最後はこれまでの学習コンテンツに類似するが、実際に発電玩具を用いた発電実験によって動作するコンテンツを用いる。いずれのコンテンツでもタブレット端末の利用経験がない学習者でも操作できるよう、ソフトウェアによるインターフェースでは指 1 本のみによる操作で、かつはじめはタッチ操作のみ、次にタッチパネルを円状になぞる操作、最後にボタンなどの UI を用いた操作を自然に学べるインターフェースとする。また操作に迷わないよう、インターフェースはきわめてシンプルにデザインし、コンテンツの内容についても解説などの文章による説明は極力載せない配慮を行う。また漢字の使い方に関しては小学生が学校で習うものを想定し用いることとした。各部の詳細は以後の節にて述べる。

3.2 タブレット端末用コンテンツ

電気の仕組みを学ぶタブレット端末用アプリとして、図 4 に示すコンテンツを構築した。(a) および (b) は独立したコンテンツであるが、(c) と (d) はコンテンツ内で画面上

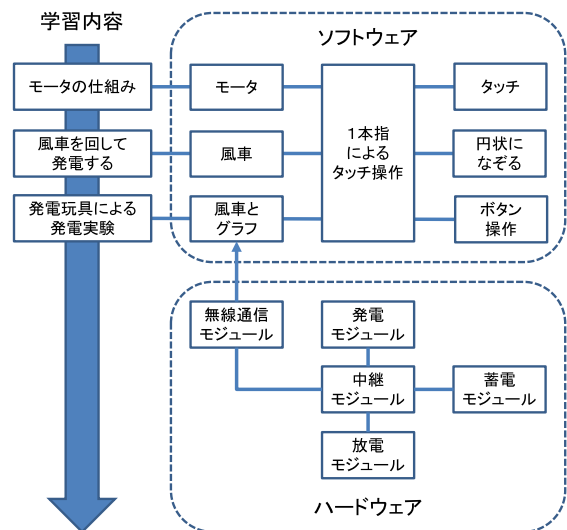


図 3 アプリケーション概要

Fig. 3 Application outline.

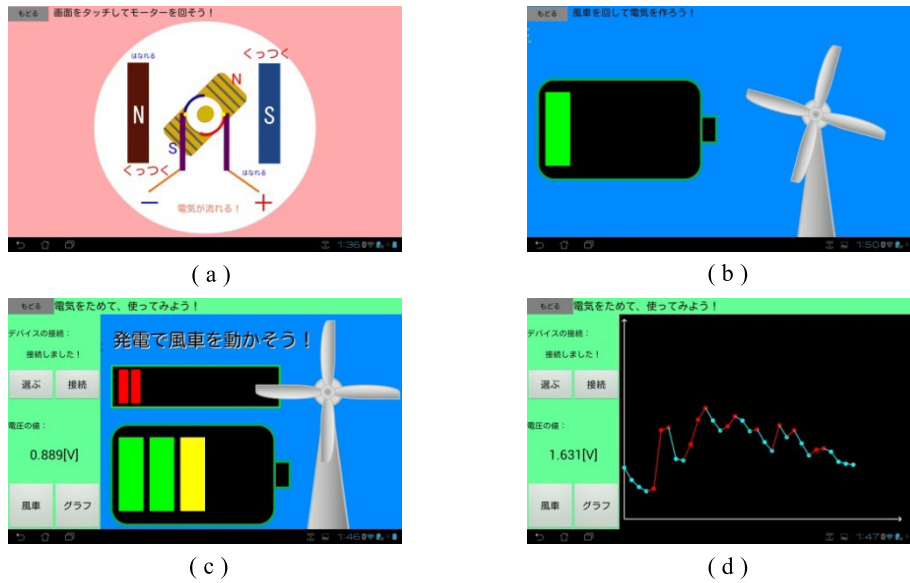


図 4 構築アプリケーション画面。a) モータの仕組み, b) 風車を回して発電する, c) 発電玩具による実験 (風車), d) 発電玩具による実験 (グラフ)

Fig. 4 Application Screens. a) Structure of a motor, b) Electricity generation by turning a windmill propeller, c) Experiment with an electric toy (windmill), d) Experiment with an electric toy (graph).

のボタンにより切り替えて利用する。なおコンテンツ開発には、開発環境として Windows7 PC + Eclipse IDE + Android SDK を用い、動作試験およびワークショップ実施には 10.1 inch Android タブレットを用いる。

3.2.1 モータの仕組み

本コンテンツはモータの基本原則を理解するためのものである (図 4(a))。磁石で挟まれ、線が巻かれたコイル付近をタッチすることでコイルが回転し、その回転の状態によりブラシの接触が切り替わることでコイル両端の N 極, S 極が交互に切り替わり、電気が発生することを表示する。操作は指 1 本によるタッチ操作のみとし、画面をタッチした際のコイルの回転に合わせてコイルが回る様子を音で知らせる。

3.2.2 風車を回して発電する

風力によるモータの回転によって電気をつくり充電する、風力発電を模したコンテンツを開発する (図 4(b))。本コンテンツでは、風車は慣性の力で回転し、一定速度以上の回転になって初めて左にあるバッテリーの充電が開始される。コンテンツ利用者は指 1 本で風車の周りを円状になぞることで風車を回転させることができるが、風車の回りははじめはゆっくりと、その後徐々に回転速度を増す。また高速に回転させている途中でタッチパネルから手を放すとプロペラの回転速度は次第に減速する。このため学習者はプロペラの回転を止めないようプロペラを回し続けなければならない。なお、画面上の電池が満充電になると目標達成のアラームが鳴りコンテンツの終了となる。また 3.2.1 項同様プロペラの回転をより身近に感じるための工夫とし

て、プロペラの回転速度に応じてプロペラ音の再生間隔を変化させる。

3.2.3 発電玩具による発電実験

図 4(c) および (d) は、発電玩具と併せて利用するコンテンツである。(c) は画面構成上 (b) と似ているが、こちらは風車の動きをタッチパネルの操作ではなく、発電玩具からの電圧値によって回転させる。電池上部のゲージは発電した際の瞬間的な電圧値を示すが、本画面ではこの電圧値を時系列で確認することができないため、(d) で示すグラフ表示に切り替えることが可能である。(d) では電圧上昇、電圧低下、電圧一定の 3 色の異なる表示により、電圧の変化を分かりやすく知ることができる。

タブレット端末アプリと発電玩具とは Bluetooth による無線通信によって接続するため、学習者は本コンテンツ開始時に接続処理を行う必要がある。具体的な手順として、タブレット端末の配布時に対で配布する無線通信モジュールの双方に貼り付けられている番号と同じ番号をリストから選択後、「接続」ボタンを押下する。以上の操作により、タブレット端末と発電玩具との間で通信が開始される。

3.3 電気を学ぶ発電玩具の設計と開発

電気を学ぶワークショップにおいて、タブレット端末上のアプリケーションと連動して動作する発電玩具を設計・開発する。以下では開発した発電玩具の各モジュールについて述べる。

3.3.1 無線通信モジュール

発電玩具により発電・蓄電・放電された電気の量 (電圧

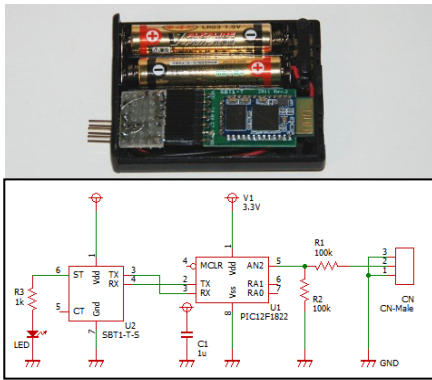


図 5 無線通信モジュール
Fig. 5 Wireless communication module.

値)の情報をタブレット端末に転送し可視化するため、玩具とタブレット端末間を接続するための無線通信モジュールを設計・開発する(図5)。本通信モジュールは単4電池4本を収納可能な電池ケースを加工し実装する。構成はBluetooth通信モジュールおよび制御用マイコン、そして回路動作の単4電池2本からなる。乾電池はマイコンとBluetooth通信モジュールを駆動させるためだけに使用され、発電による電力に依存せず動作するよう設計する。

本モジュールは後に述べる発電モジュールによって作り出された電気や、蓄電モジュールに蓄電された電気の電圧をマイコンによって計測し、その電圧値を一定間隔でタブレット端末にシリアル通信方式により伝送する。なお、Bluetooth通信を行う際にはあらかじめ送信側と受信側でペアリング登録を行う必要がある。本ワークショップでは本モジュールと対となるタブレット端末をあらかじめペアリング登録しておき、配布時にペアになるように双方に共通のラベルを付けてセットで配布する。

3.3.2 中継モジュール

先に述べた無線通信モジュールと以下に述べる発電・蓄電・放電各モジュールを組み合わせて接続するためのモジュールである。4辺のうち3辺をオスコネクタとし、残る1辺にはメスコネクタを実装する。1辺のみメスコネクタを実装する理由は、本中継モジュールを複数個連結してつなげることを想定しているためである。また本モジュールを裏返しにして接続しても電氣的に正しく動作するよう、接続部はマイナス、プラス、マイナスの順で3本ずつのピン配置とし、またメスコネクタにはあらかじめ5本のピンが刺さるコネクタの両端のピン穴を埋めて実装し、ピンの誤挿入を避けるための工夫を施す(図6)。

3.3.3 発電モジュール

学習者が様々な方法により電気を起こすことが可能であることを学ぶため、本ワークショップでは手回し発電機と風力によって回転するソーラーモータ、太陽電池パネルの3種類の発電モジュールを用意する(図7)。手回し発電機は市販の手回し発電ライトを利用する。この際、取っ手

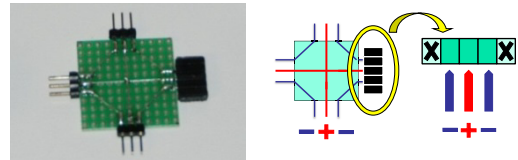


図 6 中継モジュール
Fig. 6 Terminal module.

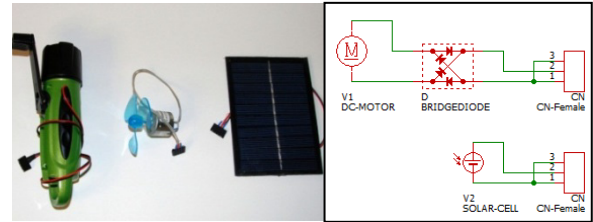


図 7 発電モジュール
Fig. 7 Power generation modules.

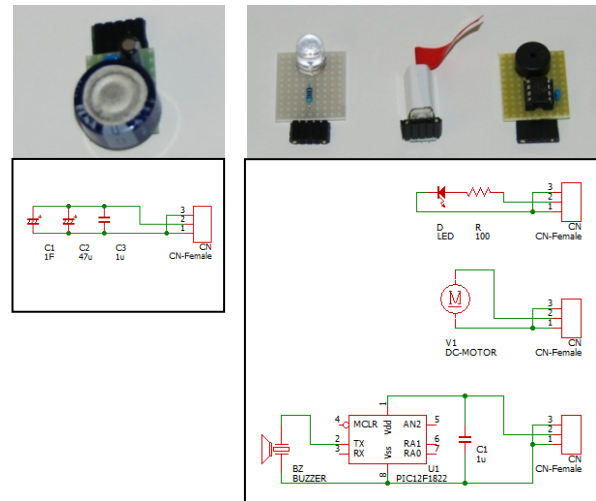


図 8 蓄電(左)および放電(右)モジュール
Fig. 8 Charge (left) and output (right) modules.

を逆回転に回しても正電圧を出力できるよう改良を施す。いずれの発電モジュールも後に述べる蓄電モジュールの最大トップオフ電圧付近で充電ができるよう、出力電圧が6V~8V程度になるよう設計する。

3.3.4 蓄電および放電モジュール

(1) 蓄電モジュール

現在、蓄電を行う素子にはニッケル水素電池やリチウムイオン二次電池など様々な電池が普及しているが、本研究では、1)短時間の充放電が可能で、かつ2)充放電時に電圧が直線的に変化する特性を持つ、スーパーキャパシタ(電気二重層コンデンサ)を採用する。蓄電モジュールの設計にあたり、蓄電初期の電荷がほぼない状況下ではスーパーキャパシタの2端子間の抵抗値はおおよそ短絡状態となるため、安全性の観点から保護用の電解コンデンサを2個実装する。用いるスーパーキャパシタは静電容量0.1F、最大トップオフ電圧5.5Vのものを用いる(図8左)。

(2) 放電モジュール

発電または蓄電された電気を様々なかたちで確かめるために、本ワークショップでは光（発光ダイオード）と動き（モータ）、そして音（マイコン制御による電子ブザー）による放電モジュールを用意する。これらのモジュールはワークショップ実施の際に、友達と交換しあったり、たくさんつなげて変化を楽しむため、たとえば光放電モジュールに用いる発光ダイオードには、様々な色や点滅するものなど、異なる種類の素子を使って制作する。また、モータによる放電モジュールには、始動電圧の低いソーラーモータ用いる。これにより、発電・蓄電電圧が高いときはモータは高速に回転し、逆に電圧が低いときにはゆっくりと回転する（図 8 右）。

4. ワークショップの実施

4.1 児童館・科学館でのワークショップの実施

「電気を学ぼう！つくる、ためる、つかう」と題した本ワークショップは2012年8月5日と11日、11月23日の3日間にわたり愛知県内のA児童館（8月5日実施）の1回、B児童館（8月11日実施）の1回、C科学館（11月23日実施）の2回と合計4回にわたり開催された。参加者数はA児童館の15名、B児童館の12名、そしてC科学館の31名の合計58名からなり、構成は、低学年（小学1～3年生）が40名、高学年（小学4～6年生）が18名であった。3つのワークショップは、ともに同一講師による同一内容のレクチャーであり、参加人数や年齢層もほぼ同じであった。またいずれのワークショップも保護者が若干名付き添ったが、タブレット端末および発電玩具の配布は児童にのみ行い、直接的な参加はしていない。講習時間は当初アンケートを含めて60分を予定していたが、実際の所要時間は開始から終了まで70～80分程度であった（図 9）。

ワークショップの内容は2章で示した大きく3つの内容について、前半の30分間は電気に関する基礎知識の説明や簡易的な発電玩具を用いた学習に充てられ、後半の30分間は発電・蓄電・放電に関する発電玩具を用いたグループ学習形式で実施された。前半は進行役となる1名の講師の説明を中心に進められ、補佐役として主催者側アシスタ



図 9 タブレット端末と発電玩具による遊びの場の提供

Fig. 9 Children playing with the tablet and electric toy at one of the workshops.

ントが必要に応じてサポートにあたった。後半は4名程度の学習者につき2名のアシスタントを1グループとして、数グループが同時進行する形で実施した。

タブレット端末を交えた学習は前半の途中からはじめ、2章で述べた手順により必要に応じてタブレットと発電玩具を持ち替えるなどしながら進められた。最後に、ワークショップ終了後にアンケート調査を行った。

アンケートの設計に関して、筆者らはこれまで他のテーマにおいても同様にワークショップを実施してきた。その際、ワークショップ間での比較を行うことを考慮したアンケート項目の設計を行ってきた。そのため今回のワークショップにおけるアンケートもおおむね同様の項目で設計を行った。具体的なアンケート項目として4段階評価（（そう思う）4・3・2・1（そう思わない））による設問7問と、これらに関する自由筆記による設問10問を設けた。ここで、他の電気に関するワークショップとの比較は、本研究で開発したデジタル教材の特徴などから、今回のワークショップに対する理解度を厳密にはかることができない。そこで筆者らはこれまで実施してきたワークショップとの大まかな比較を行うことで、これまでのワークショップと比較してどの程度の得点が得られたかを評価するとともに、その結果に至った原因について、自由筆記による回答も併せて分析する。

4.2 アンケート評価およびワークショップ実施結果

参加した小学生58名（高学年18名、低学年40名）全員に対して実施したアンケートについて分析を行った。実験結果は4段階評価の平均値で表す（表 1）

表 1 が示すように、結果はいずれも高い評価であることが分かった。また、自由筆記によると、「レクチャーが楽しかった」理由としては、「そうさしたのが楽しかった。自分でできたから」「これをこうしたらどうだろう？などときもんをもったから」など、能動的にタブレットや玩具を使い学んだことが良かった点が多くあげられていた。

また、「電気に興味を持ちましたか」と「タブレットの内容はわかりやすかったですか」に対する相関分析を行った結果、モータ、風力発電、発電玩具のいずれも、5%水準で有意な相関関係がみられることが分かった（モー

表 1 アンケート結果

Table 1 Result of questionnaire.

質問項目	結果
レクチャーは楽しかったですか。	3.79
電気についてわかりましたか。	3.43
タブレットは使いやすかったですか。	3.64
電気に興味を持ちましたか。	3.48
タブレットの内容はわかりやすかったですか（モータ）	3.52
タブレットの内容はわかりやすかったですか（風車）	3.62
タブレットの内容はわかりやすかったですか（発電玩具）	3.62

タ： $r = 0.335$, $p < 0.05$, 風力発電： $r = 0.454$, $p < 0.05$, 発電玩具： $r = 0.309$, $p < 0.05$). すなわち, おのおののコンテンツの内容が理解できた児童ほど, 電気について高い興味を示しており, これは本コンテンツの内容が児童の理解の助けになるだけでなく, 本研究の目的の1つである「電気を身近に感じる」ことにもつながることが分かった. なお, 本質問については, 筆者らの金環日食に関するワークショップ(2012年5月実施)における「金環日食について興味を持ったか」という設問への回答結果が3.5と評価されていることから比較しても, あくまで異なるテーマおよび学習教材の利用による比較ではあるが, 同等の評価が得られたと判断し, 効果を得たものと分析する.

また低学年と高学年の児童の比較を行ったところ, 「電気について分かりましたか」については低学年で3.38, 高学年で3.44であり, また「タブレットは使いやすかったですか」については低学年で3.63, 高学年で3.67といずれも学年による差はあまりなかった. これは, 前述した金環日食のレクチャー(児童館で開催したものについて)では, 理解については, 低学年が3.41, 高学年が3.67と差が生じていることから, 今回のレクチャーおよびコンテンツデザインが, 幅広い年齢の理解に対応できたと考える. これは, 「印象に残っていること」についてのアンケート結果(自由筆記)からも考察でき, 低学年と高学年では, 同じコンテンツを活用しながら, 印象に残ったこと, 学んだことに違いが生じていることから, おのおのの年齢の理解力にあわせて, 電気について学ぶことができたことと分析できる. 低学年では, 記述した23名のうち, 「風車をまわすのがたのしかった」など, 児童自身が操作した内容に関する内容が10名で最も多く, 次いで, 「みんなできょうりよくした事」など, グループで学んだ点についてあげた児童が3名であった. 一方, 高学年では, 記述した16名のうち, 10名が, 「電気をためるところをグラフで見たところ」「電気をためたところ」など, 発電玩具について印象を述べて, 次いで, 5名が「風車をまわせたこと」など, 児童自身が操作した点をあげている. このことから, 低学年にとっては, 自分で操作できるインタフェースデザインが印象に残り, 高学年にとっては, 発電玩具を通じて電気を作る, ためる, 使うといった内容そのものが印象に残っている点がかがえる. なお3章で述べたタブレット端末用アプリの画面デザインに小学生が6年生までに習う漢字を用いたが, アンケート評価からも分かるように, この点に関する問題は生じなかった. この理由について, 講師が利用方法をすべて口頭で説明, あるいはデモンストレーションしながらの活用であったためと推測される.

実際のワークショップの進行に関して, ワークショップ中にアプリケーションが強制終了する事象は1度も発生せず, また無線通信モジュールの設定に手間取ることが予想されたが, 実際には各グループの主催者側アシスタント

によるサポートによりスムーズな進行が実現した. さらにBluetoothによる通信では, 最大15台のモジュールを同時稼働させたが, 懸念された混信などは発生しなかった. 総じてワークショップが円滑に実施されたと評価できる.

5. 考察

タブレット端末用アプリ開発と発電玩具の設計開発, そしてこれらを用いたワークショップによる実践活用を通して得られた課題について考察する.

まずタブレット端末用アプリについてであるが, コンテンツごとのゴールの設定, タッチ操作時の音によるフィードバックなどの工夫が, ワークショップの実施およびアンケート評価を通じて確実に, 学習者に対する理解や記憶の定着に貢献したものと考えられる. また学習者が操作に迷わないよう, インタフェースをきわめてシンプルにデザインしたこともワークショップの円滑な進行の助けになったと考える. 一方でコンテンツが楽しくなればなるほど児童が熱中し, デバイスを激しく操作するなど, 場合によっては端末の落下をも引き起こす危険性があると感じた. この点についてはアプリの作り方の工夫だけでなく, タブレット端末へのストラップの装着など運用面での工夫が必要であると思われる.

次に発電玩具についてであるが, その設計にあたっては当初, 安全性の観点から発電玩具のパッケージングを検討したが, 児童館・科学館の指導員・学芸員からの指摘により, バリ取りによる指のけが防止や, 誤接続防止など必要最小限の対策にとどめた. このことは, 児童達にとって普段見慣れない電子デバイスに直接触れ, 親しみを感じる良い機会となったものと思われる. なお今回のワークショップでは生じなかったが, 口に入れる, 意図的に誤動作させるなどの想定外の遊び方に対する対策については, 今後も継続的に検討・対策する必要があると思われる. また, 設計した各モジュールにおいては異なる起電力で動作するため, 結果としてモータなど多くの電流を消費するモジュールを接続した際に, 他のモジュールが接続されているにもかかわらず電圧・電流不足によって動作しない現象が生じた. これは各モジュールの組み合わせ方によって回路が正常に動作するときとしないときが生じることを理解する想定外の現象を理解する良いきっかけとなった. 一方でより深い理解を得るためには電圧値のみでなく, 電流値の可視化などを行う機構の実装も検討する必要があると思われる. さらに今回は, 中継モジュールを用いて他のモジュールと接続することを可能としたが, おのおののモジュールに中継モジュールの機能をあらかじめ組み込むことで, より小型化が可能であると考えられる.

最後にワークショップの実施にあたっては, 提示する教材の種類がスライド資料やタブレット端末, 発電玩具と複数にわたることから, 児童たちの集中力を保つうえでも,

ワークショップの進行に合わせた適切なタイミングでの教材提示の重要性が再確認された。また本ワークショップで取り扱う学習内容は、小学校低学年の児童では未学習の内容を多く含むが、学年を問わず楽しく学べたという点はアンケート評価の結果からも明らかとなった。一方で事前知識の度合いは児童によってばらつきがあるため、このことがワークショップの進行に少なからず影響を与えたものと推測される。

6. おわりに

本研究では、我々の生活に欠かせない「電気」をテーマとしたデジタル教材の開発とその実践活用を行った。電気への興味を向上するために開発したデジタル教材のうち、タブレット端末アプリケーションでは、タブレット端末操作に慣れない児童でも容易に操作可能であることが確認された。またタブレット端末上のアプリケーションと連動して動作する実物の発電玩具の開発によって、学習者は電気をより身近に感じることが可能になったと考える。さらに本研究ではデジタル教材の開発のみでなく、説明 → 理解 → 実践を反復的に学習するレクチャー型ワークショップの手法を取り入れた。その成果はアンケート調査による評価によって一定の評価が得られたものと考えている。

今回は「電気を身近に感じる」ことを目標の1つとして教材およびワークショップの開発を行ったが、今後は「電気についてより深く理解する」ことを可能にする教材開発を視野にいたれた研究開発およびワークショップでの実践を行っていききたい。

謝辞 本研究の実施にあたり NTT ドコモ東海支社様、およびワークショップの開催にご協力いただきました多くの皆様に深謝いたします。なお本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金、人工知能研究振興財団研究助成、中京大学特定研究助成による。

参考文献

- [1] 独立行政法人メディア教育センター, マイクロソフト: NEXT プロジェクト, 入手先 (<http://www.microsoft.com/ja-jp/education/next/default.aspx>) (参照 2013-4).
- [2] 総務省: フューチャースクール推進事業, 入手先 (http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/future_school.html) (参照 2013-4).
- [3] 文部科学省: 未来を拓く学び・学校創造戦略 (学びのイノベーション事業), 入手先 (http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afidfile/2010/09/30/1297939_4.1.pdf) (参照 2013-4).
- [4] 大谷 尚: 質的研究とは何か—教育テクノロジー研究のいっそうの拡張をめざして, 教育システム情報学会誌, Vol.25, No.3, pp.340-354 (2008).
- [5] 浦 正広, 中 貴俊, 遠藤 守, 毛利勝廣, 安田孝美, 山田雅之, 宮崎慎也: スマートフォンを活用した対話型星座検索アプリの考案と試作, 電子情報通信学会, 信学技報, Vol.111, No.380, MVE2011-60, pp.37-42 (2012).
- [6] 中 貴俊, 秦野やす世, 遠藤 守, 山田雅之, 宮崎慎也: タブレット端末での利用を考慮した原子軌道描画プログラムシステムの開発, 電子情報通信学会, 信学技報, Vol.111, No.380, MVE2011-73, pp.179-183 (2012).
- [7] 岩崎公弥子: プロジェクト型教材開発と小学校の授業実践, 金城学院大学人文・社会科学研究所紀要, 第13号, pp.1-14 (2009).
- [8] 赤尾恵里, 遠藤 守, 中 隆俊, 岩崎公弥子, 毛利勝廣, 安田孝美: 博学連携による金環日食教室のためのタブレット端末用デジタル教材の設計と開発, 社会情報学会, 社会情報学会 (SSI) 2012年大会研究発表論文集, pp.301-304 (2012).
- [9] 森口友也, 桑野元樹, 高田秀志: タブレット端末を利用したダイナミックグループコラボレーション環境の構築, インタラクション 2012, 3EXB-13 (2012).
- [10] 宗森 純, 爰川知宏, 伊藤淳子: 複数タブレット端末を活用したグループ発想支援の考察, グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2010, pp.1-2 (2010).
- [11] 鈴木栄幸, 加藤 浩: アルゴブロック: アルゴリズム教育のための物理言語, 第8回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.245-248 (1992).
- [12] Resnick, M., Martin, F., Sargent, R. and Silverman, B.: Programmable bricks: toys to think with, *IBM Systems Journal*, Vol.35, No.3-4, pp.443-452 (1996).
- [13] 伊藤雄一, 北村喜文, 河合道広, 岸野文郎: リアルタイム3次元形状モデリングとインタラクションのための双方向ユーザインタフェース ActiveCube, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.6, pp.1338-1347 (2001).
- [14] Modular Robotics: Cubelets, available from (<http://www.modrobotics.com/cubelets>) (accessed 2013-4).



遠藤 守 (正会員)

2003年名古屋大学大学院人間情報学研究所博士後期課程(学術)修了。同年、中京大学情報科学部講師。2006年同大学情報理工学部講師。2008年同大学情報理工学部准教授を経て、2013年同大学工学部准教授となり、現在に至る。バーチャルリアリティ、ネットワークシステム、オープンソースソフトウェア等に興味を持ち、その基礎技術開発研究と実社会での応用等、情報技術を用いた新しい電子社会システムの枠組作りに関する応用研究に従事。



久原 政彦 (正会員)

2006年中京大学大学院情報科学研究科修士課程修了。2012年同大学大学院情報科学研究科博士課程を満了し、現在に至る。2006年電気関連学会東海支部連合大会奨励賞、2010年電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション賞等。福祉工学や電子教育システム等に関して、スマートデバイスと組み込み技術を複合的に利用した応用研究に従事。



岩崎 公弥子 (正会員)

2002年名古屋大学大学院人間情報学研究科博士後期課程修了。同年電気通信大学大学院情報システム学研究科助手を経て、2004年金城学院大学現代文化学部講師。2007年同大学准教授。2012年同大学国際情報学部准教授となり、現在に至る。オンラインミュージアム構築や、ミュージアム資料を用いたデジタル教材の制作に関する研究に従事。博士(学術)。



山田 雅之 (正会員)

1994年名古屋工業大学大学院工学研究科修了。1998年中京大学情報科学部助手、2000年同大学同学部講師、2007年同大学情報理工学部准教授。2012年同大学情報理工学部教授を経て、2013年同大学工学部教授となり、現在に至る。人工知能とメディア技術を融合利用した応用研究に従事。博士(工学)。



宮崎 慎也

1994年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了。1997年中京大学情報科学部講師、1999年同大学情報科学部助教授。2007年同大学情報理工学部教授、2013年同大学工学部教授を経て、現在に至る。コンピュータグラフィックス映像を通じた対話型操作システムの構築や、ニューラルネットワークを利用した画像処理、バーチャルリアリティ技術の産業応用に関する研究に従事。博士(工学)。



安田 孝美 (正会員)

1987年名古屋大学大学院博士課程(情報工学)修了。同年、同大学助手。1993年同大学情報文化学部助教授。2003年同大学大学院情報科学研究科教授となり、現在に至る。この間、1986年日本学術振興会特別研究員。1987年日本ME学会論文賞、同学会研究奨励賞、1989年市村学術貢献賞、1994年科学技術庁長官賞、1998年本会坂井記念特別賞、2001年教育システム情報学会論文賞、2006年本会学会活動貢献賞各受賞。平成10年6月～平成11年5月本会論文誌編集委員会応用グループ主査。